Leonardo technology

AUTOMATIZACE PRŮMYSLOVÉHO ZNAČENÍ

10

Historie vývoje laseru

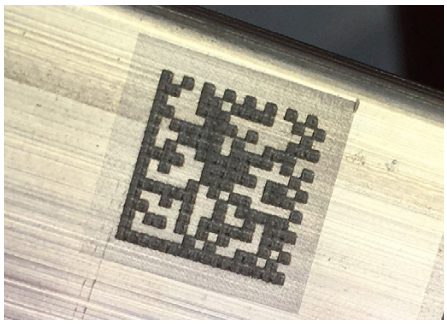
Princip vláknového - FIBER LASERU

Možné dělení typů a druhů laserů

Bezpečnost laseru třídy 1 až 4

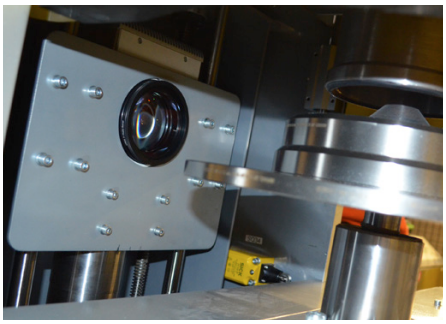
Procesy laserového značení

www.LT.cz



25 Traceabilita dílů pomocí datamatrix kódů z laseru

Bezpečnostní prvky aut jsou nejsledovanějším produktem v rámci kontroly výroby. Pokud se jedná o aktivní prvek bezpečnosti, pak musí být jeho identifikace už od surového hliníkového dílu z extruzní linky.



33 Brzdové kotouče aut identifikuje laserové značení

Leonardo čekala velká výzva v podobě implementace značení do brzdových kotoučů za pohybu na velmi komplikovaném automatu. Díky více jak 14 leté zkušenosti v oboru jsme si i s tímto dokázali poradit.

39 High-tech řešení pro ochranu zraku před laserovým zářením

Mezi rizikové faktory laserového paprsku patří oční a kožní popáleniny, které laserový paprsek může způsobit na lidském těle. Kvůli tomuto nebezpečí je nezbytné při práci používat vhodné ochranné prostředky.

49 Laser Solaris zvládá veškeré jazykové mutace

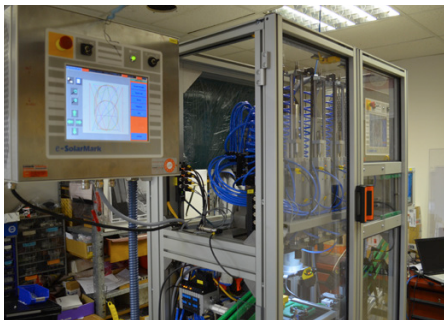
Značné množství českých podniků vyrábí produkty do celého světa a potřebuje tak u nich zabezpečit značení v nejrůznějších jazykových mutacích dle cílového místa určení. I toto není pro Leonardo problém.

53 Leonardo technology na okruhu superbiků

Nejen rychlostí světla, ale přeneseně i díky přesnosti laseru, jezdí dnešní superbiky na mistrovství světa a k vítězství jim dopomáhají motocyklové součásti značené lasery Solaris.

Obsah

- Historie vývoje laseru 4
- O společnosti Solaris Laser S.A. 9
- Princip CO_2 laseru 10
- Princip vláknového - FIBER LASERU 14
- Laserový tandem - značení do dřevěných dřívek 17
- O společnosti BOFA Ltd. - odsávací jednotky k laserům 18
- BOFA CYCLONE odlučovač pevných částic 21
- Konstrukce vektorového laseru SOLARIS 22
- Výkon a účinnost laseru 24
- TEM módy laserového paprsku 24
- Traceabilita (dohledatelnost) dílů pro ABS pomocí datamatrix kódů z laseru 25
- Možné dělení typů a druhů laserů 26
- Identifikace bezpečnostních prvků laserem pro větší bezpečí v autě 31
- Pro zvýšení ochrany před ohněm FireBox 100 32
- Brzdové kotouče aut identifikuje laserové značení 33
- Bezpečnost laseru - Třídy 1 až 4 34
- High-tech řešení pro ochranu zraku před laserovým zářením 39
- Procesy laserového značení 40
- Žíhání laserem - anealing - změna barvy laserem 42
- Laserová trojkombinace - laser, odsávání, software 43
- Pigmenty do plastů na kontrastní značení 44
- Značení PE a PVC trubek na extruzní lince 45
- Princip Dot Matrix laseru 46
- Princip maskového laseru 47
- Co je to FDA 21 CFR Part 11? 48
- Laser Solaris zvládá veškeré jazykové mutace 49
- Princip pevnolátkových Nd:YAG laserů - 1064 nm Infra red 50
- Leonardo technology na okruhu superbiků 53
- MOPA pevnolátkový laser 54
- Princip pevnolátkových Nd:YAG laserů se zeleným světlem 532 nm 56
- Princip pevnolátkových Nd:YAG laserů na vlnové délce 355 nm - UV spektrum 58
- Značení zeleným laserem do plastů s vysokým obsahem skla 59
- Operační módy laseru 60
- Nastavení parametrů laseru 60
- Laserové stacionární značení společně se značením za pohybu 61
- Perforace plastové fólie laserem 62
- Nejenom laserové značení, ale i čištění 63
- Svařování plastů laserem 64
- Značení v lahvárenství s nejsilnějším 100 W laserem 66
- Kvalitní řešení pro laserové svařování plastů 67

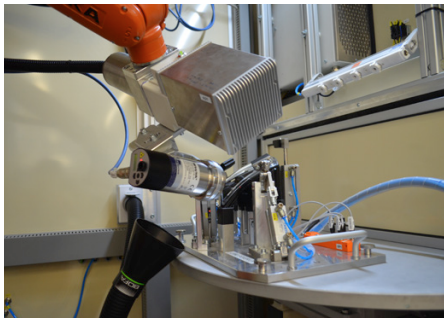


61 Laserové stacionární značení společně se značením za pohybu

Ve speciálním jednoúčelovém stroji probíhá dvojí typ značení, stacionární značení společně se značením za pohybu, pomocí dvou 20 W vláknových Solaris laserů e-SolarMark FL2. Značí se tak motorové ventily.

66 Značení v lahvárenství s nejsilnějším 100 W laserem

Lahvárenský průmysl vyžaduje velmi často značení etiket přímo v plnící lince a tedy ve velmi exponovaném prostředí, kde je velká vlhkost a může dojít k prasknutí plněné lahve. Lasery musí být maximálně zabezpečeny proti stříkající vodě.



67 Kvalitní řešení pro laserové svařování plastů

Laserové svařování plastů se v posledním desetiletí stalo pokrokovou a důležitou průmyslově používanou technologií. Nejenom se značením, ale i se svařováním plastů máme zkušenosti.

Tiráž

Leonardo technology 10
Firemní časopis o automatizaci průmyslového značení. Projekty průmyslového značení řešíme již více jak 14 let.

Vydává:
Leonardo technology s.r.o.
Ulička 37, 691 43 Hlohovec
IČO: 26936712, DIČ (VAT): CZ26936712
Číslo účtu: 4200066029 / 6800
IBAN: CZ08 6800 0000 0042 0006 6029
BIC (SWIFT): VB0ECZ2X
www.LT.cz
www.tiskovehlavy.cz

Facebook:
www.facebook.com/pages/Leonardo-technology/177075202851

Youtube:
www.youtube.com/user/LeonardoTechnologyCZ

Vychází: dle potřeby

Jazyk vydání: český

Distribuce časopisu: zdarma pro zákazníky Leonardo technology

Neoznačené texty a fotografie: Leonardo technology, archiv redakce

Na přípravě časopisu se podílejí zaměstnanci společnosti Leonardo technology.
Kopírování nebo rozšiřování časopisu, případně jeho částí, výhradně s povolením vydavatele.

O nás
Jsme přátelská skupinka vysoce talentovaných profesionálů v oboru průmyslového značení, dostatečně malá, aby byla flexibilní a rychlá. Jsme velmi vynalézaví a kreativní pro zabezpečení i nejtěžších požadavků v automatizaci průmyslového značení a popisu. Pracujeme tvrdě, naslouchámě bedlivě a dáváme důraz na excelentní non stop servis pro všechny naše klienty v klíčových fázích výroby v jejich byznysu. Klíčem k našemu úspěchu jsou lidé, jejich rozmanitost a nápady. Velké zkušenosti se zahraničními partnery a přímá vývojová pomoc při realizaci nových zařízení dávají velký potenciál k rozvoji společnosti. Pracujeme pro vás, zabezpečujeme vaše požadavky na značení, přizpůsobujeme se vašim úkolům a respektujeme vás.

Kontaktujte nás,
vytvoříme Vám řešení na míru.

Bc. Luboš Glier
Servis, obchod, jednatel společnosti
Tel.: 00420 777 584 357
E-mail: glier@LT.cz

Ing. Marek Haumer
Servis, obchod, jednatel společnosti
Tel.: 00420 777 584 636
E-mail: haumer@LT.cz

Ing. Pavel Dobrovolný
Tiskové hlavy, spotřební materiály, etikety
Tel.: 00420 773 684 636
E-mail: dobrovolny@LT.cz

Ing. Jaroslav Čermák
Vedoucí servisního oddělení,
Tel.: 00420 777 585 463
E-mail: cermak@LT.cz

Tomáš Nejedlý
Obchod, Praha, Střední Čechy, západní Čechy
Tel.: 00420 731 584 636
E-mail: nejedly@LT.cz

Michal Valdes
Obchod jižní Morava, Vysočina, Jižní Čechy
Tel.: 00420 731 588 324
E-mail: valdes@LT.cz

Tomáš Darmovzal
Obchod, jižní Morava, Vysočina
Tel.: 00420 774 584 357
E-mail: darmovzal@LT.cz

Bc. Jiří Grácz
Obchod, severní Morava
Tel.: 00420 775 584 636
E-mail: gracz@LT.cz

Ing. Peter Miklášik
Servis, obchod, ředitel slovenské pobočky
Tel.: 00421 911 584 636
E-mail: miklasik@myLT.sk

Jozef Dubec
Obchod, Slovensko
Tel: 00421 911 589 273
E-mail: dubec@myLT.cz

Historie vývoje laseru

Laser je zkratka pro **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation. Světelné vlny jsou totiž zesilovány v procesu stimulace atomů nebo molekul, které mají přebytečnou energii, kterou mohou vyslat v podobě fotonů stejné frekvence a fáze jako má světelná vlna. Na druhé straně **Maser**, značící Microvave Amplification by Stimulated Emission, byl prvním zařízením tohoto druhu a je pouze poněkud uměle oddělován od laseru, protože jeho princip je shodný. Elektromagnetické vlny delší než 1 mm se nazývají mikrovlny, zatímco vlny 13krát kratší než vlnová délka 1-záření, nazývali „**gasers**". Základní principy pro fungování stimulovaného zesilování jsou v podstatě tytéž v celém rozsahu elektromagnetického spektra, avšak lasery, poskytující infračervené záření, viditelné světlo a ultrafialové záření, jsou dosud nejvíce používány a nejlépe známy. Sice slovo Laser vzniklo z prvních písmen slov Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, přesto zdomácnělo a často skrývá něco tajemného za svým názvem LASER. Jde o zdroj záření, dokonale ovladatelný a vyznačující se několika výraznými vlastnostmi. Pokusíme se Vám toto tajemno malinko přiblížit popisem laserové technologie používající se k značení produktů a to jak na těchto stránkách, tak i v popisech jednotlivých technologií.

Není pravda, že lasery jsou novou technologií, ale je pravda, že jsou oborem budoucnosti. Není také pravda, že k nám proniknul laser až v posledních letech. Laserové diody například bylo možné vyrábět v Československu už v roce 1981, samozřejmě pod jedinou značkou na trhu Tesla.

Patent na LASER a Československo v roce 1962

Kdo vlastní patent? Jsou to borci Charles Hard Townes a Arthur Leonard Schawlow (Schawlow je nejznámější pro svou práci s lasery, za kterou v roce 1981 získal spolu s Nicolaasem Bloembergenem a Kaiem Siegbahnem Nobelovu cenu za fyziku.), kteří jej prodali Bell Telephone (business byl velmi úspěšný, protože až do 80. let minulého století inkasovalo Bell Telephone poplatky za licence..). Jsou i články, kde se uvádí, že dodatečně udělili patent i americkému fyzikovi Gordonu Gouldovi, prokázal totiž, že měl nějaké poznámky v bloku, kde uvedl princip laseru jako první. (Amerika, země neomezených možností...). Tento podivín ale měl značnou smůlu v životě a tedy se neprosadil, zabránilo mu v tom i ministerstvo obrany USA, když vojákům nabídl svůj vynález (ponechalo si jej pro sebe a své využití a tak zanikly myšlenky vědce). V Československu se lasery objevují už v roce 1962. A jsme také první ze socialistických zemí, kdo má laser (mimo Sovětský svaz, tam byl dříve). Historii nezměníme.

17. století a Češi popisují podstatu duhy

Tak tedy od začátku několik faktů. O světelné paprsky se zajímali už staří Řekové, ale znalost nestačila na popis světelných dějů. Už v roce 1648 Čech Jan Marek Marků (jinak zvaný Marcus Marci) poprvé popsal rozptyl světa, jenže dějiny už jsou takové, že neprávem se tento objev přisuzuje Newtonovi. Jan Marek Marků poprvé popsal podstatu duhy a tedy složení světla. Sir Isaac Newton něco velmi podobného provedl až v roce 1672, tedy o 24 let později. Současník Newtona Christian Huyghes podstatu světla viděl ve vlnění, nakonec ještě pomohl Thomas Young se svými teoriemi o interferenci.

2,929,922

THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

Whereas Arthur L. Schawlow, of Madison, New Jersey, and Charles H. Townes, of New York, N. Y., assignors to Bell Telephone Laboratories, Incorporated, of New York, N. Y., a corporation of New York,

presented to the Commissioner of Patents a petition praying for the grant of Letters Patent for an alleged new and useful invention therein mentioned, and a description of the same is contained in the specification of which a copy is hereunto annexed and made a part hereof, and complied with the various requirements of law in such cases made and provided, and

Whereas upon due examination made the said Claimants are adjudged to be justly entitled to a patent under the law,

Now therefore these Letters Patent are to grant unto the said Bell Telephone Laboratories, Incorporated, its successors or assigns for the term of SEVENTEEN years from the date of this grant

the right to exclude others from making, using or selling the said invention throughout the United States.

In testimony whereof I have hereunto set my hand and caused the seal of the Patent Office to be affixed at the City of Washington this twenty-second day of March, in the year of our Lord one thousand nine hundred and sixty, and of the Independence of the United States of America the one hundred and eighty-fourth.

Robert C. Watson
Attesting Officer

Obr. 1 Patent US2929922 A na laser

Do r. 1930 už Einstein vyslovuje teorie

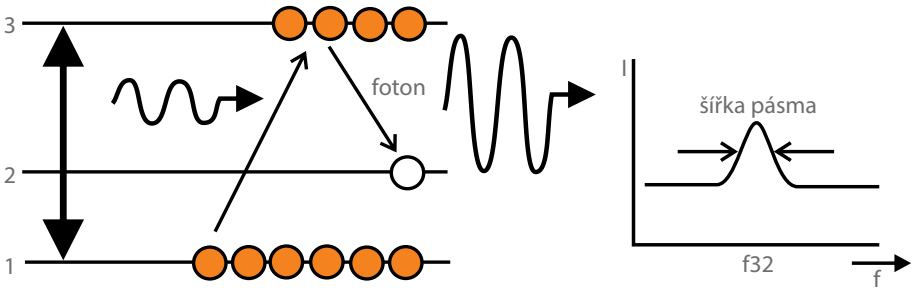
Matematicky vše vysvětlil až James Clerk Maxwell (školáci znají Maxwellovy rovnice, které nemají v oblibě). Ten prokázal spojitost mezi elektromagnetickým polem hmoty, tedy jevy jako elektromagnetické a silové působení. A zde vzniká myšlenka o světle jako elektromagnetickém vlnění. Následuje teorie Maxe Plancka v roce 1910, vykládající světlo jako malé částice energie „kvanty", základ kvantové fyziky. Od kvant se dostáváme k samotné podstatě molekul, k atomům a iontům. Zde je teorie, že vnitřní energie atomu a iontů se nemůže měnit spojitě, ale v určitých kvantech. Částice tak mění své energetické stavy. Existenci vynucené emise, tedy jev, kdy dochází k činnosti kvantových generátorů, jakými jsou lasery, předpovídá už Albert Einstein v roce 1916 (princip indukované emise). Odbočme a zastavme se nad otázkou, zda je rychlost světla konečná? Jenže jak je možné, aby se rychlost šíření světla neskládala z rychlostí zdroje, který se také pohybuje? Albert Einstein nachází řešení a v roce 1905

vytváří speciální teorii relativity. Vzdálenosti a časové úseky v ní závisí na pohybu těles a na volbě souřadnicového systému. Poprvé v historii přestává být prostor a čas absolutní a oddělený od pohybujících se těles. Albert Einstein jde však ještě dále. V roce 1916 zveřejňuje obecnou relativitu, geometrickou teorii gravitace. Ta se již neomezuje jen na inerciální souřadnicové soustavy a prostor a čas v ní vytvářejí sama tělesa. Každé těleso svou přítomností zakřivuje čas a prostor kolem sebe a v tomto pokřiveném světě se pohybují tělesa po nejrovnějších možných drahách, tzv. geodetikách. Pojem síly jako mávnutím proutku mizí, nahrazuje ho zakřivený časoprostor. Časoprostor navíc existuje jen v přítomnosti těles, která ho sama vytvářejí. Bez nich pojem času a prostoru nemá smysl. Prázdnoty se již nemusíme bát, prostor bez těles neexistuje. Časoprostor si představíme jako plochou síťku na pomeranče, kterou získáte v každém obchodě s balenými pomeranči. Pokud ji roztáhnete a jeden roh začnete roztahovat více, tak se tvar jednotlivých ok mění a taky tvar síťky se jedním směrem roztahuje a druhým zmenšuje. Takto se mění i časoprostor kolem nás, ale to už jsme úplně jinde od laserů.

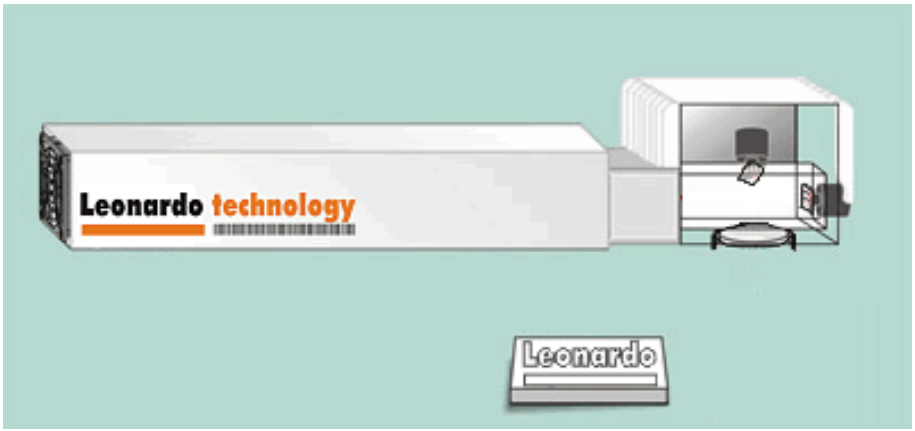
Princip indukované emise - přičemž u laseru je potřeba vynucené vyzařování, to zkoušeli vytvořit v roce 1928 až 1930 Rudolf Ladenburg a Hans Kopfermann. První laser byl vyroben v roce 1960. Avšak základní myšlenky, z nichž masery a lasery vycházejí, neobsahovaly žádné vědecké zákony, které by byly neznámé alespoň některým vědcům již před 30 lety nebo dříve. Einstein jako první poznal a popsal stimulovanou emisi v roce 1917. Richard Chace Tolman napsal v roce 1924, že kdyby měly molekuly nebo atomy vyšší populaci v horním stavu přechodů než ve stavu nižším, došlo by k „záporné“ absorpci. Také poznamenal, ačkoliv to nikdo tehdy nedokázal, že téměř určitě by stimulovaná emise byla koherentní a ve fázi se stimulujícím zářením. Koncem 30. let 20. století byly publikovány ještě aspoň dvě další diskuse týkající se možného zesílení pomocí stimulované emise záření.

Čaroděj Nikola Tesla a paprsky smrti

Nicméně musíme zde vzpomenout Einsteinova odpůrce, kterým byl velký praktik, který teorie Einsteina nepřímo potvrzoval svými objevy, tedy Nikola Tesla. Ten hovořil o kosmických paprscích a jejich rychlosti 50x vyšší jak světlo a už v roce 1918 pracoval s Juliem, synem Colemana Czita a odrážel od Měsíce paprsky, podobné laseru a testoval jakýsi druh „Skopu“ (Teslaskop). Tehdy to bylo na práci přenášet energii na velkou vzdálenost. Kdo ví, co vše měl ve své laboratoři vynálezce Nikola Tesla. Vzpomeňme ale jeho kuličkovou žárovku. Tento prapodivný vynález předvedl již okolo 1890. Byla to žárovka, v níž se odrážely elektrony od středového vlákna vyrobeného z téměř jakéhokoliv materiálu (uhlíku, diamantu, zirkonu a taky rubínu) na vnitřní stěnu samoodrazivé žárovky a pak zase zpět ke zdroji elektronů.



Obr. 2 Princip CO_2 laseru



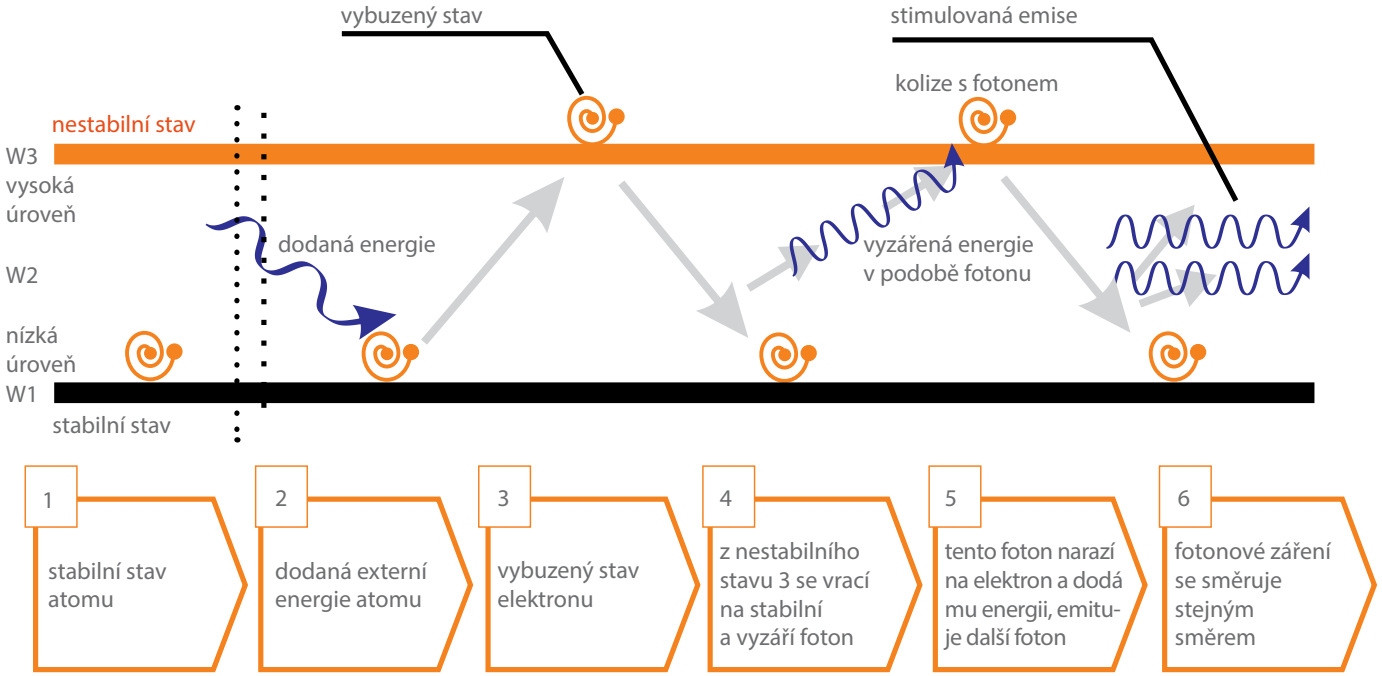
Obr. 3 Možné uspořádání vektorového laseru se skenovací hlavou.

Toto zařízení nevydávalo jen pozoruhodně silné světlo, ale také „odpařovalo“ kuličku uvnitř. Od tohoto zařízení byl jen krůček k vynálezu rubínového laseru. Tak měl podivín a opravdu génius Nikola Tesla laser nebo ho neměl? Kdo ví, zda jej čaroděj Tesla neměl ve svém utajení mnohem dříve než ostatní. Jak následně Dr. Nikola Tesla uváděl... zdokonalil metodu a přístroj, který vyšle do vzduchu intenzivní paprsky částic s tak obrovskou silou, která najednou sestřelí nepřátelskou letku třeba 10.000 letadel na vzdálenost například 400 km.

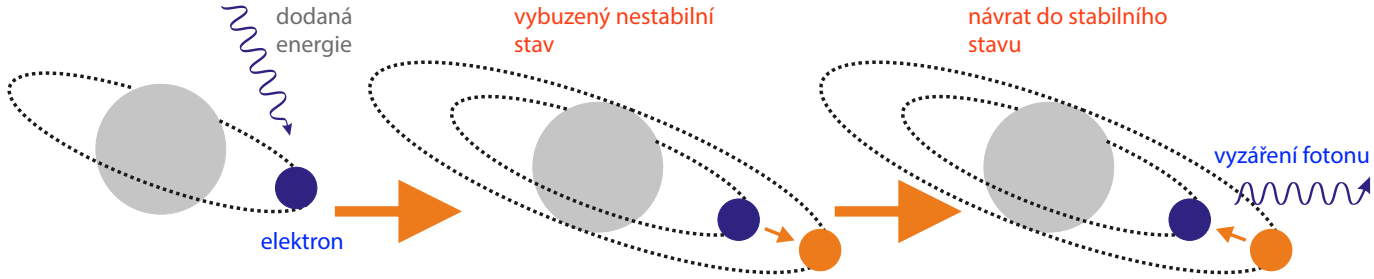
Teslův přívrženec Harry Grindell Matthews obdržel v průběhu 1. světové války od britské vlády 25.000 liber za sestrojení světlometu, který dle autorova tvrzení dokáže zřítit letadlo. Gindell Matthews, bezdrátový elektrotechnik a veterán britské armády, který na přelomu století během Búrské války utrpěl zranění, svůj vynález nakonec zdokonalil a změnil jej v „ďábelský paprsek“. Tento nový elektronický paprsek byl prý nejen s to ničit vzduchoplavidla, ale také imobilizovat pozemní vojska a námořní flotily. Podrobnosti svého vynálezu sice neprozradil, ale obdivem k Teslovi, jehož technologie jej prý inspirovaly, se rozhodně netajil. V roce 1924 Grindell Matthews prezentoval před novináři v Americe svůj vynález. Spolupracoval s francouzskou vládou v Lyonu a s úspěchem svůj vynález předvedl členům britského ministerstva války. Zasáhl tehdy na 18 m cíl. Když se jej ptali na podrobnosti, sdělil, že jeho zařízení využívá dvou paprsků - jeden s nosným paprskem a druhý „ničivým proudem“. Jinými slovy můžeme předpokládat budící paprsek a vlastní vybuzenou energii. První paprsek má nízkou frekvenci a prochází skrz čočku, ten druhý o vyšší frekvenci, zvyšuje vodivost za účelem jednoduššího přenosu ničivé síly. „Kontaktním místem“, na něž se paprsek zaměří, může být například motor letadla. Tesla velmi tvrdě kritizoval tento objev a tvrdil, že nic takového není možné vyvinout.

II. světová válka, MASER a špioni

Později v roce 1939 vědec Valentin Aleksandrovich Fabrikant popisuje vznik prostředí pro vznik laseru. V letech druhé světové války se začaly používat radiolokátory (neboli radary), které pomocí odrazu elektromagnetických vln měly velmi malé vlnové délky – tzv. mikrovlny, které umožňovaly zjišťovat polohu nepřátelských letadel. Po válce vývoj pokračoval a konstruktéři hledali způsob, jak zlepšit parametry mikrovlnných vysílačů a přijímačů. Fyzikové se vrátili k Einsteinově myšlence stimulované emise záření. Prakticky současně dosáhli úspěchu vědci v tehdejším Sovětském svazu a ve Spojených státech, což zavání také špionážní myšlenkou mezi takovými velmocemi. Vše začalo v roce 1917, kdy Albert Einstein předpověděl jev indukované (stimulované) emise, na které jsou kvantové generátory (Lasery, Masery) založeny. Vůbec první kvantový generátor na světě produkoval mikrovlnné záření (Maser - Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation - zesilování mikrovln stimulovanou [indukovanou, vynucenou] emisí záření). Byl postaven Charlesem Townesem a Jamesem Power Gordonem v roce 1954. Odtud už vede jen malý krůček k sestrojení kvantového generátoru světla - laseru.



Obr. 4 Vybuzení fotonu laseru



Obr. 5 Vybuzený elektron atomu

1950 popis polovodičového LASERu a první MASER

Polovodičový laser popsal John von Neumann v roce 1953 a v roce 1954 pracují první Masery. Výrobě laseru předcházela konstrukce MASERU (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation), původně experiment se čpavkem. V roce 1964 následuje Nobelova cena konstruktérům z USA a SSSR (nezávisle na sobě spustily MASER) a následuje bouřlivý vývoj směrem k laseru. První skutečný popis laseru vedoucí k jeho sestrojení byl v roce 1957 (pomineme-li třeba sci-fi knihu Paprsky smrti inženýra Garina od Alexe Tolstoje, kde až neuvěřitelně přesně popisuje něco jako laser...). V jiných pramenech se píše až o roku 1958, kdy vědci Arthur Leonard Schawlow a Charles Hard Townes popisují laser.

Kouzelný dědeček s penězi

A jak to chodí v Americe, objevil se kouzelný dědeček... Jednoho dne jeden teoretický chemik „Hap" Schultz přišel do laboratoře fyzika Charlese Harda Townese, aby se podíval na jeho práci v mikrovlnné spektroskopii. Řekl tehdy, že věří, že by bylo možné vytvořit velmi užitečné speciální reakce, kdyby byly molekuly excitovány do speciálních stavů, ve kterých by byly velmi reaktivní. Jeho bohatá společnost, Union Carbide and Carbon, dala k dispozici fond 10 000 dolarů pro toho, kdo by pracoval na tom, aby vytvořil intenzivní infračervené záření pro dosažení tohoto cíle.

Chtěl, aby na vytvoření takového infračerveného záření pracoval Charles Townes, a byl by mu ten fond dal, což v té době představovalo podstatnou částku peněz na výzkum. Townes mu řekl, že by jeho samotného zajímalo, jak vyprodukovat infračervené záření, ale že nezná dobrý způsob, jak to udělat, a proto na tom nemohl pracovat ani přijmout peníze. Po několika dnech přišel onen kouzelný dědeček znovu a říkal, že se mu líbí práce, kterou dělá Townes, a chtěl mu dát ty peníze, aby je použil pro výzkum, jakýmkoliv způsobem si bude přát. Bylo to velkolepé, byla to šťastná a překvapující událost. Townes tento fond použil na postdoktorátní stáž pro někoho, kdo by s ním výzkum dělal. Tato stáž přivedla Arta Schawlowa z University of Toronto, aby s ním pracoval (později se měl stát spoluvynálezcem laseru), a také Herberta Zeigera (který pomohl Townesovi a studentovi Jimu Gordonovi postavit první maser).

Druhý kouzelný dědeček od vojska a nápad v parku

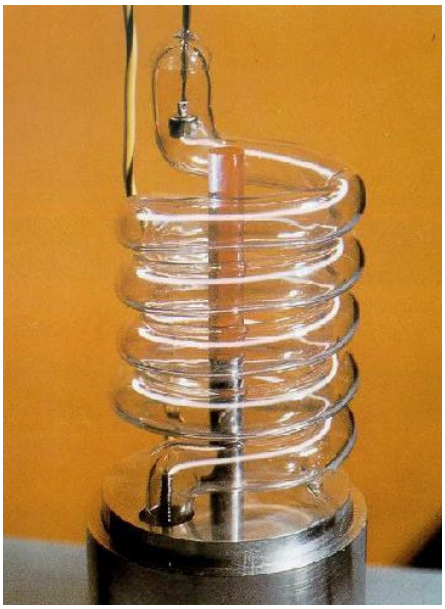
Townes měl zájem o vysoké mikrovlnné frekvence, a tak přišel druhý kouzelný dědeček, byl to úředník U. S. Navy a požádal Townese, aby sestavil a vedl výbor zaměřený na hledání metod produkce krátkých mikrovln. Byl to docela silný výbor, byli v něm mezinárodně uznávaní spektroskopisté a mikrovlnní inženýři. Townes navštívil každou důležitou laboratoř, která se zajímala o toto pole, ale velké myšlenky nenašli žádné. Smutek z neúspěchu, který měl být odhalen a přiznán na posledním setkání ve Washingtonu, nenechal Townese spát. Probudil se v hotelu brzy před setkáním a ještě před snídaní šel ven do blízkého Ranklinova parku a usadil se na lavičku. Myšlenky jej neuklidňovaly, i když se snažil obdivovat krásné azalky, přesto truchlil nad tím, že byli neúspěšní. Vzpomněl si, že nedávno předtím vyslechl kolokvium na Columbia University, které přednesl Wolfgang Paul o molekulárních svazcích, kde šlo o to, jak vytvořit intenzivní svazek molekul nebo atomů v určitém stavu, přičemž použil kvadrupólový kolimátor, který pro tento účel vynalezl. Dále si řekl, že druhý termodynamický zákon nemusí platit v této oblasti a nepůjde tedy o termodynamickou

rovnováhu. Jako správný vědec a fyzik si vše ještě přepočítal na malé obálce, kterou měl v kapse a ujistil se, že to může fungovat. Vrátil se zpět na hotel a diskutoval vše s Artem Schawlowem, ten byl skeptický. Po návratu na Columbia University si Townes řekl, že zaměstná doktoranta na potvrzení své teorie. Našel doktoranta Jima Gordona, který byl ochoten ověřit to, co se všem zdálo velmi nepravděpodobné.

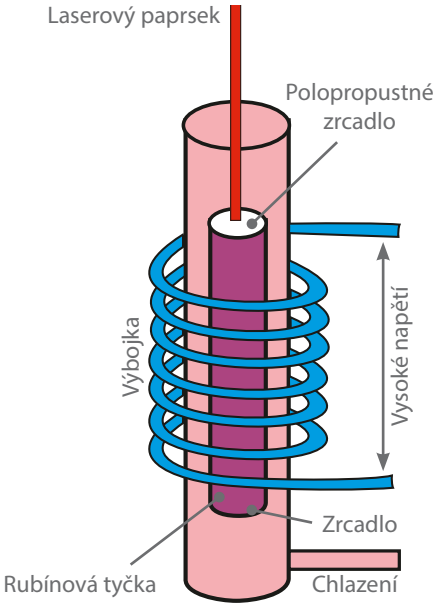
Aktivní prostředí pro Jima Gordona

Ale co je vlastně to aktivní prostředí? Je to látka, u které se dá dosáhnout vyšší četnosti atomů na vyšší energetické hladině, než na hladině nižší. Z toho vyplývá, že se mu nějakým způsobem musí dodat energie z vnějšku. Je jedno jakým způsobem, ať už nekoherentním nebo koherentním světlem, elektrickým proudem, energií z chemických reakcí či jakýmkoli jiným zdrojem energie. Po tomto dodání energie se indukují (vybudí) atomy, které přijaly energii. Následně budeme popisovat tříhladinovou kvantovou soustavu: Uvažujme elektrony na základní energetické hladině W1. Do aktivního prostředí dodáme energii ve formě světla. Elektron tuto energii přijme (samozřejmě ne všechnu - viz dále - ztráty). Elektron povyskočí na vyšší energetickou hladinu W2. Po určité době se vrací na svoji původní energetickou hladinu. Přímý seskok z hladiny W2 na hladinu W1 není povolen, jinak by fotony budící energie samy způsobovaly návrat elektronů na základní hladinu W1. I při silném buzení by se nanejvýš dosáhlo toho, že by se počet vybuzených (excitovaných) elektronů blížil počtu nevybuzených (neexcitovaných). V takovém případě nemůže k zesilování světla dojít. Elektrony musí sestoupit na hladinu W3 nezářivým přechodem (nevzniká světlo), avšak část své energie vyzáří ve formě fotonu (kvantum mechanické energie - tato energie se vlastně přemění na teplo). Aby se co nejvíce elektronů mohlo nacházet na excitované hladině, musí být doba, po které se elektrony udrží na hladině W3 relativně dlouhá ve srovnání s dobou excitace (z W1 na W2). Po „nahromadění" určitého počtu (spíše energie) elektronů na hladině W3 naráz všechny přestupují na základní energetickou hladinu W1 zářivým přechodem, při kterém se vyzařuje světlo ve formě koherentního (se stejnou fází) záření. Tento popsaný jev se nazývá Inverzní populace.

A na co je v laseru (a pro jeho provoz nutný) rezonátor? Jak již bylo řečeno, při zářivém přechodu (z hladiny W3 na W1) se vyzařuje světlo - fotony. Tyto fotony putují aktivním prostředím, až narazí na některé ze zrcadel. Když dopadají na rovinu zrcadla kolmo, tak se od něj odrazí zpět do aktivního prostředí, kde jsou vlastně tyto fotony budící energii pro další a další elektrony. Potom doputují na druhé zrcadlo, kde se opět odrazí a opět excitují nové elektrony. Toto se děje, dokud fotony nemají dostatečnou energii na to, aby prošly ven polopropustným zrcadlem. Fotony, které nedopadají kolmo na rovinu zrcadla se sice také odrážejí, ale po několikátém odrazu opouštějí bez užitku



Obr. 6 Model prvního laseru



aktivní prostředí. U laserů je možné držet elektrony na hladině W3 za pomocí Q-switche.

Jednoho dne to skutečně experimentálně dokázal Jim Gordon v Columbia Radiation Laboratory. I když vše bylo experimentálně potvrzené, vývoj se ubíral ke tříhladinovému elektrospinovému maseru, ale stále přetrvávaly myšlenky, že nelze pracovat se světelnými paprsky na tak krátkých vlnových délkách.

První kvantové generátory mikrovlnného záření dostaly jméno maser, odvozené z počátečních písmen názvu Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation (zesilovač mikrovln pomocí stimulované emise záření). Základem Maseru byla malá komůrka se čpavkovou náplní, vložená do silného elektrického pole. Molekuly čpavku tak v dutině získaly energii, nutnou ke vzniku stimulované emise. Maser sloužil k zesilování velmi slabých mikrovlnných signálů nebo ke generování mikrovln.

Hlavními výhodami maseru byla zejména nízká úroveň šumu a vysoká stabilita kmitočtu. Proto se používaly jako velmi dobré zesilovače. Mnohé masery a lasery byly nedávno objeveny ve vesmíru, ale tam existovaly a byly neobjeveny miliardy let. Dnes známe více než 100 různých maserů a některé lasery s vlnovými délkami až cca jeden mikron, které se vyskytují v přirozeném stavu v mezihvězdném prostoru a v oblacích obklopujících hvězdy.

Paralelní zrcadla a rezonanční obvod

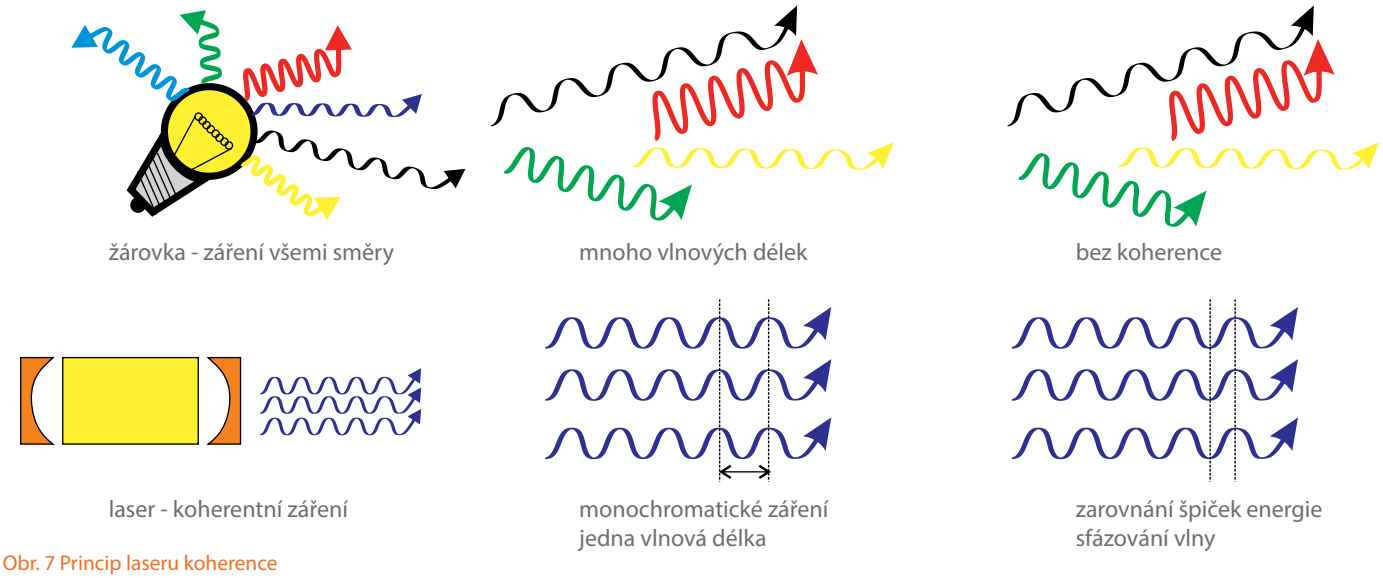
První myšlenku s paralelními zrcadly a práci maseru - laseru v optickém spektru navrhl k diskusi Artur Schawlow právě Townesovi. Townes nyní pracoval pro Bell Labs a proto musel vyčkat celý rok, než Bell Labs si patentuje tuto myšlenku a následně až v roce 1959 vychází Townesův článek, zatím co myšlenka je z podzimu 1958.

Podle ruských pramenů by měla být priorita za objev laseru přiřčena spíše fyziku Valentinu Alexandroviči Fabrikantovi, který od r. 1930 pracoval ve Všesvazovém elektrotechnickém institutu (VEI). Tento vynikající vědec se v podstatě od počátku 30. let minulého století věnoval výzkumu elektrického výboje v plynech, jehož hlavním cílem bylo zdokonalování světelných výbojových zdrojů, a již ve své doktorské práci, kterou obhájil v r. 1940, ukázal na možnost existence prostředí s inverzní populací, které může zesilovat procházející záření v důsledku tzv. stimulované emise. V podstatě prazáklad dnešních CO_2 laserů.

V roce 1951 V. A. Fabrikant, spolu se svými spolupracovníky, přihlásil vynález nového způsobu zesilování světla. V přihlášce bylo uvedeno, že při průchodu světla prostředím s inverzní populací jeho intenzita exponenciálně vzrůstá. Tento princip byl rozšířen na UV, IČ a rádiové záření. Velmi důležité bylo také to, že v přihlášce byl uveden způsob získání inverzní populace čerpáním pomocí impulsního výboje (kromě dříve uvedeného způsobu pomocí rezonance při srážkách 2. řádu mezi vybuzenými atomy a elektrony). Tím byl položen základ pro konstrukci laseru.

Autorské osvědčení bylo vydáno v r. 1959 a diplom o vynálezu v r. 1964 s platností od roku 1951.

Je pozoruhodné, že v sovětském systému nakonec prioritu a Nobelovu cenu za objev laseru, spolu s p. Townesem, dostali pánové Nikolaj Gennadijevič Bassov a Alexandr Michajlovič Prochorov. Následná konstrukce v roce 1960 vodíkového maseru a následně první laser od autora amerického fyzika Theodora Maimana. Připomeňme si, že za objev laseru, který je tak významný, že jej lze srovnávat s největšími objevy v historii lidstva, se v roce 1964 podělil o Nobelovu cenu, americký fyzik, Charles Hard Townes, pracující na Kolumbijské univerzitě v New Yorku se dvěma ruskými fyziky, Nikolajem Gennadijevičem Bassovem a Alexandrem Michajlovičem Prochorovem, pracujícími na moskevském Fyzikálním ústavu akademie věd SSSR.



Obr. 7 Princip laseru koherence

1960 a první funkční laser v rezonančním optickém poli

Od čpavkového maseru už byl jen krůček k sestrojení kvantového zesilovače, pracujícího místo mikrovln se stimulovanou emisí světla. Do cíle se jako první dostal Theodore Maiman. První laser, využívající rubín a výbojku, byl vytvořen Tedem Maimanem z Hughes Laboratory. Předtím byl studentem „Willis Lamb„ a pracoval v mikrovlnné spektroskopii. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - zesilování světla stimulovanou emisí záření. Laser je generátorem koherentního a většinou přísně monochromatického světla (až na výjimky). První Laser postavil v roce 1960 Theodor Maiman. Jednalo se o krychličku ze syntetického rubínu o hraně 1cm. Nejdříve se však musely vyřešit důležité věci - tzv. aktivní prostředí, v němž se dá dosáhnout inverzní populace a také jak v něm udržet světlo dostatečně dlouho na to, aby se mohlo zesílit. Pomohla optika a nabídla tzv. rezonátor, tj. 2 planparalelně (rovnoběžně) uložená zrcadla (ať už rovinná nebo dutá či vypouklá), mezi které se vloží aktivní prostředí. Jedno ze zrcadel je polopropustné, druhé plně odrazivé.

Druhý typ laseru, pro který byl zvolen jiný materiál, ale také krystal a výbojka, byl doveden k činnosti Peterem P. Sorokinem a Mirkem J. Stevensonem. Sorokin byl dříve studentem Bloembergena a Stevenson byl studentem Townesovým, oba prováděli výzkum v mikrovlnné spektroskopii. Mezitím Ali Javan, tehdy v Bell Telephone Labs, ale předtím také student Townese, navrhl velmi dobrý systém s použitím výboje He-Ne; to také brzy fungovalo. Je pozoruhodné, ale docela logické, že všechny první lasery byly postaveny v průmyslových laboratořích. Byly však vytvořeny studenty s docela nedávnou praxí v mikrovlnné rádiové spektroskopii na univerzitách a nezatíženými nezdary. V té době již byly masery uznány za užitečné a jejich výzkum byl vcelku dobře podporován průmyslem.

Průmyslníkům bylo zřejmé, že tento obor má svou technickou cenu a vědci v průmyslu se na tento výzkum mohou zaměřit s větší intenzitou, než by mohli v akademickém světě.

Budoucnost 21. století

Je zde jeden významný objev v oblasti „polovodičových“ laserů a to taky vláknové lasery (principielně je to pevnolátkový laser buzený polovodičovými diodami), které jsou nyní masově nasazovány do průmyslových provozů. Jejich působení je v IR spektru nebo ve viditelném spektru. Velká účinnost, pouze vzduchové chlazení, malé rozměry, vysoká kvalita paprsku, dlouhá životnost, to je jen část předností těchto laserů. Budoucnost hovoří pro vláknové lasery, ikdyž tyto lasery nenahradí všechny aplikace.

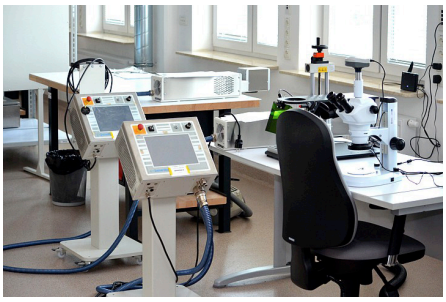
Novou úspěšnou snahou jsou lasery v X-ray spektru (rentgenové záření). Toto je opravdu novinka na poli laserů.

Dále z hlediska povahy laserového paprsku jako elektromagnetické záření, je možné jej vychylovat elektromagnetickým polem, proto se nyní experimentálně pracuje na systému vychylování paprsku pro značení bez skenovací hlavy se dvěma zrcátky, ale s elektromagnetickým vychylováním (jak bylo dříve na televizích).

YAG a CO_2 lasery Solaris

O společnosti Solaris Laser S.A.

Laser Solaris je předním světovým výrobcem průmyslových vláknových laserů a systémů pro laserové kódování, značení a gravírování pomocí CO_2 laserů. Specializuje se na vývoj laserových systémů pro statické a dynamické značení produktů za pohybu.



Solaris Laser vyrábí a vyvíjí laserové systémy od roku 1991. Po celou dobu společnost vede správným směrem Dr. Lech Boruc, který získal svůj doktorát za laserovou technologii v roce 1976. Od té doby působil na univerzitě, kde přednášel o laserové technologii. Obklopen schopným týmem lidí se rozhodl v roce 1991 založit společnost Solaris Laser. Potvrzení jejich vývojových schopností bylo představení laseru pro značení za pohybu, tedy značení produktů na dopravníku, na výstavě v Německu, kdy jen dvě společnosti na světě dosáhly stejného úspěchu. Od té doby lasery Solaris dokázaly značit produkty, jako jsou korunkové uzávěry lahví čísly z databáze v taktu 5.000 ks/min, což je 83ks za sekundu. Solaris Laser je vždy na vrcholu vývoje a je lídr pro značení za pohybu.

Milníky společnosti:

2015 - Představen Enhanced Fiber laser - EFLS laserový systém. Vlastní výroba zeleného laseru Solaris, kompletně s vlastním zdrojem.

2014 - Stěhování do nové budovy Solaris v průmyslové oblasti blízko letiště Warszawa. Celková zastavěná plocha je 3050 m^2, kde je soustředěn vlastní vývoj, výroba, aplikace a testování laserů.

Nové vláknové lasery FLS s atraktivní cenou. Kompletní předělání software a hardware pro nové řídící jednotky CU_2+ k laserům Solaris společně s PC software SolPad.

2013 - Velmi levný laser eMark ECO 10 W, který disponuje mnoha funkcemi laserů vyšší třídy, ale přesto se podařilo vytvořit model s velmi atraktivní cenou.

2009 - Zelený laser DLG ve výkonu 10 W pro speciální aplikace a těžce značitelné produkty, taky pro značení zlata a silikonu. Nové možnosti na vlnové délce 532 nm.

2008 - Získání certifikátu ISO 9000:2000, kterým Solaris splňuje veškeré podmínky jak precizní výroby, vývoje, tak i kvality pro dodavatele.

Představena ekonomická verze CO_2 laseru e-Mark 10 W za velmi příznivou cenu, porovnatelnou s ink jet technologií. Použito několik pokrokových technologií v konstrukci ekonomického laseru, jako jsou možnosti připojení a komunikace.

Na konci roku implementace WiFi připojení do ekonomického laseru Solaris e-Mark 10 W a zprovoznění komunikace s iPhone telefonem. Umožňuje tak jednoduché, levné a dostupné ovládání laseru z telefonu, který je u každého v kapse.

2007 - Získání ocenění „Best new product" pro vláknový Solaris laser FL, jako nejlepší exponát na výstavě Auspack Australie, Melbourne, která se konala od 1. do 4. května 2007. Zde vystavoval Solaris Laser na stánku svého distributora Matthews Australasia.

Představen způsob značení kartónu laserem na výstavě Photonics Mnichov. Karton je pokryt speciálním pigmentem a značení je velmi rychlé i s čitelností čárového kódu. Představení vláknového laseru o výkonu 30W pod označením e-SolarMark FL3.

2005 - Produkce fiber laser systému, překládané jako vláknový laser Solaris FL2 s možností značení za pohybu, vhodného na značení plastů, kovu, fóliového materiálu. Produkce jak kontinuálního, tak i pulsního vláknového laseru.

2003 - Zahájen vývoj laserového systému s dotykovým LCD displejem e-Solar Mark, který byl předběžně představen na výstavě o laserové technice Photonics v Mnichově.

2003 - Rozšíření distributorů do celého světa, Francie, Benelux, Anglie, Německo, Španělsko, Itálie, Portugalsko, Slovinsko, Israel, USA, Kanada a další.

2002 - Do konce roku provedeno na 550 instalací laserových systémů po celém světě.

Založeno zastoupení pro Českou a Slovenskou republiku na poli servisní a obchodní činnosti pro systémy Solaris. Převzetí dohledu nad již instalovanými prvními systémy.

2001 - Systém e-Solar Mark se standardním připojením na LAN Ethernet.

2001 - Provedena instalace nejrychlejší značení vektorovým laserovým systémem na etiketovacím stroji Krones Multimatic v největší německé pivovarní společnosti Wersteiner, se značením na až 72.000 lahví za hodinu v plnícím karuselu s rychlostí 300 m/min a pokoření konkurence velmi hluboko.

1998 - Vytvoření mezinárodní vývojové skupiny na tvorbu nových laserových systémů a celkově změnu pohledu na laserové systémy pro průmyslové použití v balícím a etiketovacím průmyslu.

1996 - Společnost Solaris Laser S.A. byla zvolena členem Laser Institute v Americe.

1991 - Založena velice úspěšná spolupráce s největším US výrobcem laserových systémů, Control Laser Corp. – dodavatel OEM CO_2 laserových systémů pro Control Laser pod obchodní značkou STYLUS.

1991
Založení nynější společnosti se současným zaměřením pouze na laserovou technologii, jak CO_2 laserů, tak i YAG laserů.

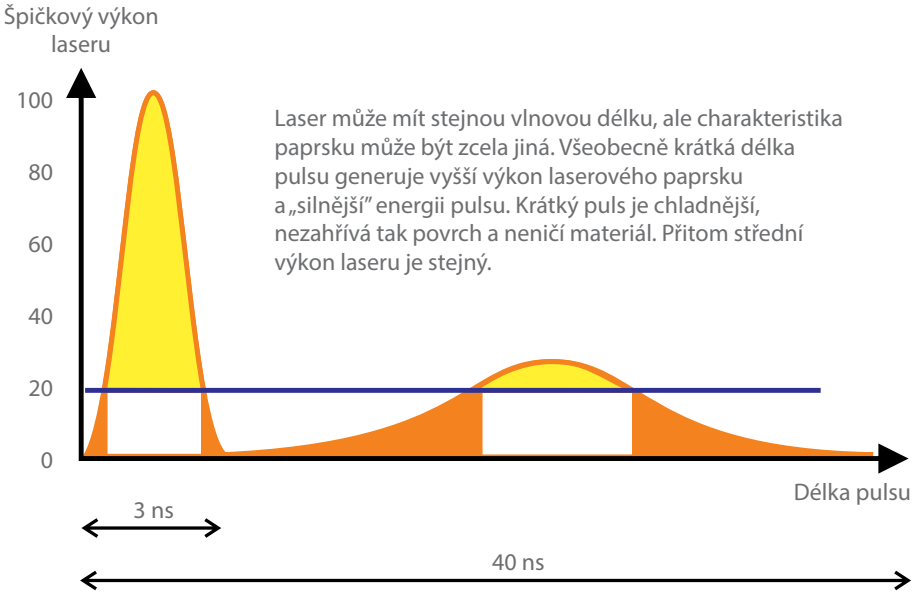
Princip CO_2 laseru

Nechceme hluboce zasahovat do kvantové fyziky, ale pouze nastínit několik zajímavých vlastností principu laseru. Základní vlastností elektromagnetického vlnění, základu světla, je, že s rostoucí energií vyzářených fotonů se bude zkracovat vlnová délka. Jinak řečeno nejmenší fotonovou energii má největší vlnová délka radiové vlny. Potom směrem od nejmenší k největší jsou vlny mikrovlnné, sub-milimetrové, infračervené, viditelné, ultrafialové, rentgenové a gama paprsky (s největší fotonovou energií a nejkratší vlnovou délkou). Ve stejném pořadí jsou CO_2 lasery s nejmenší fotonovou energií, vláknové lasery, Nd:YAG nebo Nd:YVO_4, zelený laser, UV laser (největší fotonová energie).

Principem je dostat elektron z jedné valenční vrstvy 1 na vyšší 3. Tím získá energii a sám nechce zůstat na této úrovni, držíme ho zde buzením plynu. Následně při klesání z vyšší valenční vrstvy 3 do vrstvy 2 se vyzařuje energie ve formě fotonu. To je to světlo vycházející z laseru. Fotony se řadí k sobě a my nechceme mít spontánní emisi fotonů, ale zcela řízenou kontrolu nad emisí fotonů, abychom mohli ovládat laser.

Zde je důležitý poznatek, že podle energie fotonů buď paprsek vidíme nebo ne (je v jiném pásmu, infračervené, ultrafialové apod.). Jde-me-li do důsledku, pak závisí i barva paprsku na vlnové délce. Paradoxně nejmenší výkon a tedy nejblíže k infračervené oblasti má barva paprsku červená, největší má fialová (nejblíže ultrafialovému záření).

Následně fotony směřujeme v rezonanční dutině mezi dvěma zrcadly tak, aby se energie koncentrovala a stala se koherentní. V rezonančním obvodu se zesílí tok fotonů a překoná polopropustné zrcadlo (odrazivost okolo 99,9%). Zajímavostí je, že směr prvního fotonu určuje směr následujícího fotonu (dle matematicko fyzikální teorie je znám směr budoucího fotonu ještě před tím než sám foton vzniknul). Tím, že se fotony mají tak rádi a následují svoji společnou cestu, dochází k jejich stejnoměrnému nasměrování, tedy koherenci. Koherentní paprsek má minimální rozbíhavost, to znamená, že na velmi velkou vzdálenost má stále skoro stejný průměr (průměr se téměř nezvětšuje). Tato koherence má velmi velkou energii, kterou lze pomocí optiky vhodně koncentrovat do malého bodu, což se pak nazývá spot laseru. Excelentní koherence paprsku, monochromatičnost paprsku, jediný směr záření, toto jsou vlastnosti, které lze využít pro zaostření paprsku do velmi malého bodu a tedy koncentrovat energii. Vytváří se světelná energie s vysokou hustotou na malém bodě. Je možné tak koncentrovat laserové záření přes optiku, téměř na difrakčním limitu, což u přírodního světla nelze. Difrakční limit zde existuje, protože lze koncentrovat optikou světlo menší jak je jeho vlnová délka. U CO_2 laserů pro značení dosahuje



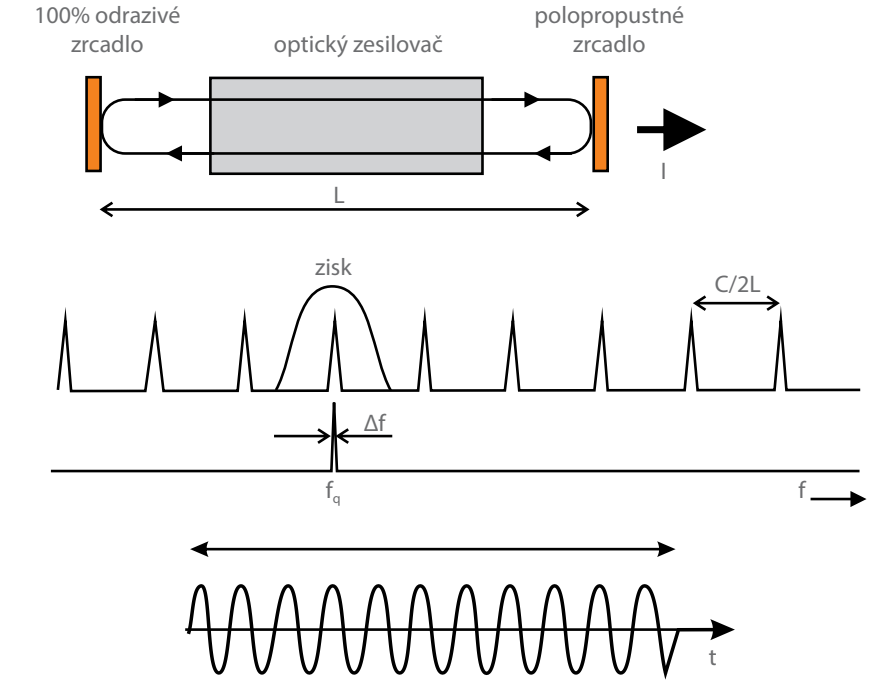
Obr. 1 Špičkový výkon laseru

hodnoty okolo 0,2 mm, u vláknových laserů je zaostřený bod (ve fokusaci) 0,01 mm, čímž docílím velkou koncentraci výkonu na malý bod. Kompaktní lasery jsou také nazývány slab CO_2 lasery s vysokofrekvenčním RF buzením a velkoplošnými měděnými elektrodami.

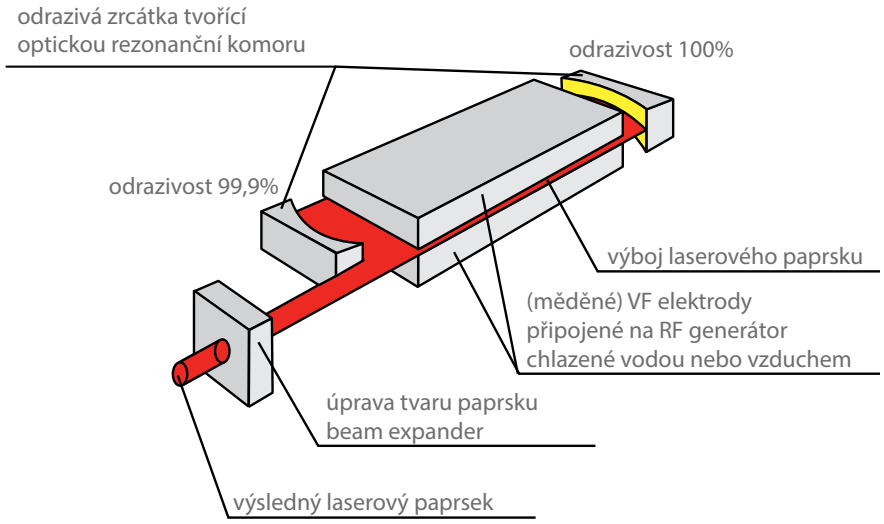
Teplo, které vzniká mezi elektrodami, se musí odvádět a tedy chladit. Do výkonu 55 W je chlazení většinou vzduchem, ale výkony nad 100 W už mají chlazení vodou. Vyšší teplota by poškodila rezonanční komoru, hlavně polohu a zakřivení odrazivých zrcátek a tím pádem by klesnul výkon laseru. Plyn v laserech pro značení o výkonech 10 W až 150 W se nemění, zůstává stejný od výrobce a vydrží běžně v laseru 8 až 10 let než se vyčerpá (dle typu provozu).

I když princip laseru je značně složitější než zde popisujeme, tak jednoduše jde o trubici s vhodným aktivním prostředím, většinou CO_2 plynem. Konce trubice jsou doplněny o dvě rovnoběžná zrcadla. Vzdálenost mezi zrcadly tvoří tzv. rezonátor, mezi nímž je aktivní prostředí. Jedno ze zrcadel je polopropustné. Nyní spustíme laser. V aktivním prostředí první inicializační spontánní foton strhne při srážce s atomem nebo molekulou k hromadné indukované emisi. Atomy padají na nižší energetickou hladinu, což má za následek emitaci fotonů, tedy vyzáření energie. Nyní pomáhá optika zrcadel a odráží fotony zpět do aktivního prostředí a s každým průchodem strhne další řadu fotonů. Fotony šířící se jiným směrem než v ose rezonátoru opouští systém, zanikají. Tím tedy dojde ke koherenci paprsku fotonů a polopropustným zrcadlem na jednom konci opouštějí systém v téměř nerozbíhavém svazku. To je náš CO_2 laserový paprsek ke značení.

Popsaný princip CO_2 laseru se hodí spíše pro CW - continuous wave - kontinuální lasery, kdy paprsek stále vystupuje se stejnou intenzitou. Ale v průmyslu se častěji používají pulsní lasery s velkou výstupní energií a krátkým pulsem. Toho je dosaženo širším pásmem pro rezonanční komoru a více frekvencemi v pásmu. Jednotlivé frekvence musí být ve fázi s hlavní frekvencí. Následně dochází ke sčítání více frekvencí tak, že vzniká puls o vyšší energii a krátkém trvání. Takto jedno-



Obr. 2 Princip CO_2 laseru



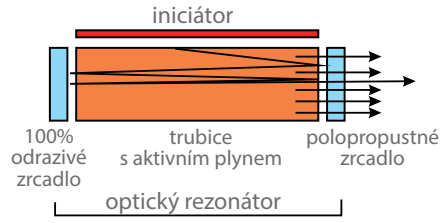
Obr. 3 Princip CO_2 slab laseru

duše popsáno vznikne pulsní laser. Pokud chceme ještě vylepšit kvalitu pulsu, použije se součástka nazývaná Quality switch nebo taky Q-switch (foneticky kjů svitč).

Trubice s aktivním plynem CO_2 je o průměru asi 10 až 20 mm, její délka je okolo 0,5 až 1 m. Je možné také použití dvou rovnoběžných trubic poloviční délky, na jednom konci spojené zrcadly pod úhlem 45°. Sníží se tím konečná délka laserové trubice téměř na polovinu. Paprsek bývá většinou infračervený (10,6 µm, ale i 9,3 µm nebo 10,2 µm apod.) a trvalý výkon je běžný do 200 W. Pro značení se používá nejčastěji 10 W nebo 30 W výkonu. Neopomeňme vlastnosti plynu, ty jsou neuvěřitelné, protože CO_2 laser nemá velké nároky na čistotu plynu a příměsi plynů jako xenon, helium a vodní pára jeho výkon ještě zvyšují. Nejčastěji se používá z větší části Helium (dobře vede teplo) a pak se přidává CO_2 plyn jako aktivní prvek a dále dusík. V tomto mixu plynů dochází k výboji, který přesune elektrony do excitovaného stavu. Vlnová délka nejčastěji pro značení je 10,6 µm nebo také 9,3 µm pro CO_2 laser. Největšími výrobci jsou Synrad a Coherent, laserové zdroje od těchto výrobců používá Solaris. Elektrická efektivita je 10 až 20%, což znamená, že zbytek elektrické energie se přemění na teplo a je nutné jej odvádět.

CO_2 lasery patří mezi nejvýkonnější typy laserů vůbec (dosahují výkonu až 20 kW). CO_2 laser je velmi rozšířený v průmyslu, a to hlavně při zpracování plechů, kdy je díky své vlnové délce 10,6 µm a možnosti svařování či řezání oceli (až 45 mm) téměř nenahraditelný. Používá se zde stále protékající aktivní CO_2 plyn přes rezonanční optický obvod a je zde tedy velká spotřeba plynu. Díky své vlnové délce je při dobré absorpci často využíván při zpracování organických (kůže, papír, dřevo atd.) či polymerních materiálů. Nevýhodou vlnové délky je vedení laserového paprsku, kdy nelze využít vlákno, které se velmi hojně využívá na robotických aplikacích. U CO_2 laserů se k vedení používá jen zrcátek. Aplikace, kdy můžeme efektivně umístit CO_2 laser na robotické rameno již existují, ale vlivem vláknových laserů se k této aplikaci přistupuje jen ve velmi specifických případech (velmi hladký 3D řez). Vedení paprsku je pak dutou vysoce odrazivou „hadicí" nahrazující vlákno. Nepočítá se, že by toto problémové vedení nahradilo vláknové lasery.

Vychylovací systém je tvořen soustavou dvou zrcadel umístěných tak, aby docházelo k vychylování v obou osách (XY). Tomuto způsobu se říká PEN TYPE. Tento princip byl představen v roce 1969, ale až v 80. letech byl představen s CO_2 kontinuálním laserem, tedy laser co má stálý výkon po celou dobu jeho pracovního cyklu, tedy žádné krátké pulsy s velkými časovými mezerami.



Obr. 4 Princip CO_2 trubice

Princip je jako kreslení perem, tedy laser značí přesně, jako když kreslíme perem, při přemístění na jinou polohu pero nadzvedneme a zde laser vypneme a zapneme jej až s „dotykem pera" povrchu a zase značíme a to vektorově, tedy plynule ve dvou osách díky vychylovacím zrcátkům pro každou osu. Za vychylovací soustavou zrcátek je optika, která soustřeďuje laserový paprsek do ohniska. Volbou typu optiky měníme velikost značeného povrchu a také i vlastnosti značení (tloušťka čáry a krok, neboli vzdálenost mezi další čárou, něco jako rozlišení). Skenovací hlavě s dvěma galvo motory / aktuátory se říká vektorová skenovací hlava, nebo rozmítaná skenovací hlava. Navádění paprsku se děje po vektorech s velmi vysokou přesností a rychlostí.

Princip je znám jako Steered Beam Lasers. Výhodou je velmi kvalitní značení do velikosti 400x400mm. Protože je zaostřen paprsek přes optiku a v jejím ohnisku dosahuje maximální intenzity, tak není nutné použít laser o velmi velkém výkonu. Proto systému stačí relativně levná laserová trubice s výkonem 10 až 100 W a vzduchem chlazený systém.

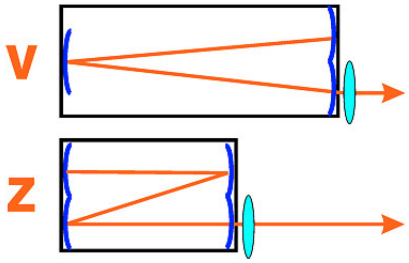
Tvar paprsku z rezonančního obvodu je často čtvercový (obdélníkový) a je optickým systémem transformovaný na kruhový s požadavkem nejvyššího výkonu ve středu paprsku (gaussové rozložení výkonu). Rezonanční obvod má různé tvary odrazivých zrcadel od rovinných až po

vypouklé (používají se častěji). Laserový paprsek může být polarizovaný nebo může mít náhodnou polarizaci (výhodné pro řezání a dělení materiálů).

Kvalita paprsku závisí jak na kvalitě laserového zdroje, tedy tam, kde se paprsek vytváří (dutina s optickým rezonátorem, tvořená odrazivými zrcadly), ale také na způsobu vytvořené rezonanční dutiny. Zrcátka mohou být rovnoběžná nebo zakřivená. Následně optika upravuje vlastní paprsek do požadovaného průměru a vlastností. Lze tak mít rozbíhavý paprsek nebo velmi úzký a koncentrovaný paprsek, vše dle aplikace. Paprsek pak jde na výstupní optiku, která je tvořena čočkami ze ZnSe materiálu, často s nažloutlým povrchem. Některé optiky jsou zcela mléčné a neprůhledné pro lidské oko a viditelné spektrum (pro 10,6 µm jsou zcela transparentní). Tato výsledná optika zaostří paprsek do nejmenšího místa a bod / spot / je okolo 0,2 mm pro CO_2 značící lasery.

Existuje základní pravidlo pro návrh rezonančního obvodu ve vztahu k jeho tepelné stabilitě. Čím je větší průměr paprsku, tím je menší tepelné namáhání optického systému. Výsledkem je delší životnost laseru. Současně je další pravidlo - používejte v laseru co nejméně zrcátek a tím pádem bude systém levnější a stabilnější a bude mít i delší životnost. Rezonanční obvod nedávejte do skleněné trubice (Asijské lasery), ale do hliníkového monobloku a zvýší se tak životnost, díky snadnému odvádění tepla.

Dle tvaru rezonanční komory a počtu rezonančních zrcátek nazýváme V shape nebo Z shape CO_2 lasery. Pokud je rezonanční komora prodloužena dalším zrcadlem, tak dojde k jejímu zkrácení a tím i menším zástavbovým rozměrům. Naopak je potřeba takto malý prostor odchladit. Pokud je rezonanční obvod mezi zrcadly, z nichž poslední (výstupní) je polopropustné a pustí laserový paprsek, jen jakmile překoná určitou mez, tak hovoříme o opticky stabilním rezonančním obvodu. Pokud je ale soustava zrcadel 100% odrazivá a je navržena tak, že paprsek na konci mine poslední zrcadlo (respektive není zde poslední zrcadlo), tak nazýváme tuto soustavu opticky nestabilní. Nestabilní optický rezonátor je velmi náchylný na přesné polohování zrcátek a tak je velmi citlivý i na tepelnou stabilitu. Tato soustava je častěji použitá u RF generátorů CO_2 laserů s měděnými elektrodami v systému SLAB než u DC (stejnosměrným proudem) buzených CO_2 laserů. V průmyslových aplikacích, kde je vyžadována velká stabilita a dlouhodobá odolnost, tak je nutné zabezpečit konstantní teplotu laseru, bez velkých výkyvů.



Obr. 6 CO_2 V Z shape

RF buzení CO_2 laserů

Jeden ze způsobů přenosu energie do plynu je přes radio frequency RF. Ve většině RF laserů je výboj kolmý k ose rezonátoru. Tyto lasery lze regulovat modulací v širokém rozsahu výkonu a s pulzy s vysokou opakovatelností. Základní nevýhodou je snížená účinnost, ale to je stále přijatelné, zejména pro lasery vyšších výkonů, hlavně v porovnání s opotřebením stejnosměrných měděných DC elektrod (toto je jiný způsob buzení, kdy výboj vzniká mezi dvěma měděnými elektrodami, bez RF generátoru).

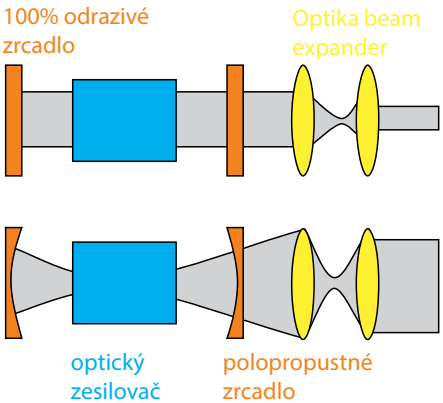
Starší RF generátory se skládají z oscilátoru, který generuje frekvenci zesilovacího válce. Moderní generátory jsou koncipovány jako self-oscilátory a sestávají se pouze z RF zesilovacího válce. Díky své jednoduchosti, ve srovnání s oscilátor / zesilovač generátory, RF generátory poskytují zvýšenou spolehlivost s nízkými nároky na údržbu a dosažení vyšší účinnosti buzení s nízkými provozními náklady.

Existují systémy jako například od firmy Synrad, které kombinují dva polarizované laserové zdroje 25 W do jednoho laseru. Na výstupu je tak deklarovaný výkon 50 W a to s náhodnou polarizací, která je velmi výhodná například pro řezání materiálu. Jde o unikátní systémy, které se vyznačují malými rozměry, ale přitom vysokým výkonem. Zajímavostí je také oddělená elektronika, což má výhodu, když odejde jedna část ovládání trubice, tak druhá část může fungovat jako nouzový režim a pak je tedy i nouzově poloviční výkon laseru (nedojde k úplnému odstavení systému). Napájení bývá okolo 30 V DC pro laserovou trubici, ale proud pro 50 W laser je už 28 A, takže je potřeba odchladit 800 W, tedy už je nutné použít vodní chlazení. Ventilátory by to nezvládly při plném chodu a plné vytíženosti laseru. 10 W laser má napájení také okolo 30 V DC, ale proud jen 7 A.

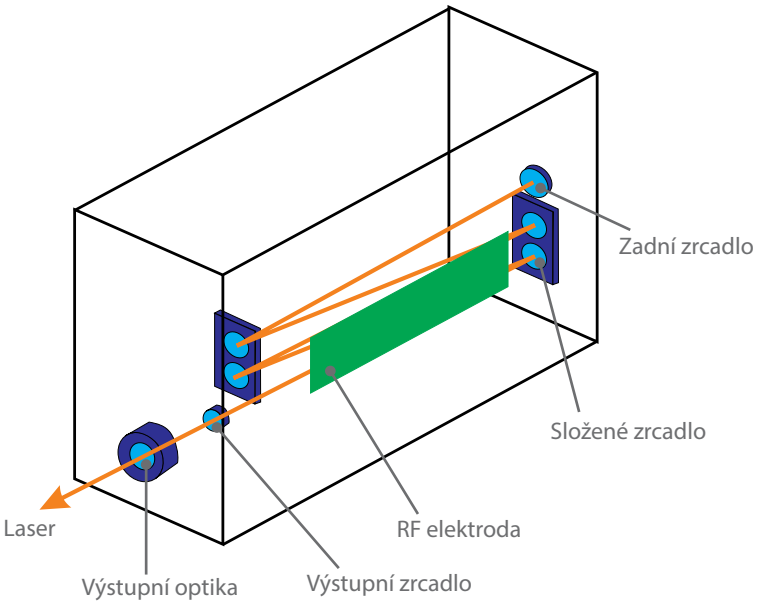
Zaostřovací vzdálenost laseru a hloubka zaostření

Lasery jako optické zařízení používají principu lomu světla a jeho focusaci / zaostření na povrch, kde se na malém bodě koncentruje značná energie pulzu. Pro značící lasery je smyslem zaostření paprsku na co nejmenší bod, kdy koncentrovaná energie pulzu pak způsobí změny povrchu materiálu.

U CO_2 laserů se používá Beam Expander, který rozšiřuje paprsek z laserového zdroje. Smyslem je mít co největší paprsek vstupující na zaostřovací výstupní optiku laseru. Laicky řečeno, čím větší paprsek vstupuje na optiku, tím lepšího zaostření dosáhneme, respektive je co zaostřovat. Proto Beam expandery mají standardně hodnoty zvětšení 1,5x až 6x. Běžně se používá zvětšení okolo 3x, kdy je nejlepší poměr cena a výkon. Paprsek laseru je v místě teoretického výpočtu nejmenší,



Obr. 5 Princip CO_2 laseru

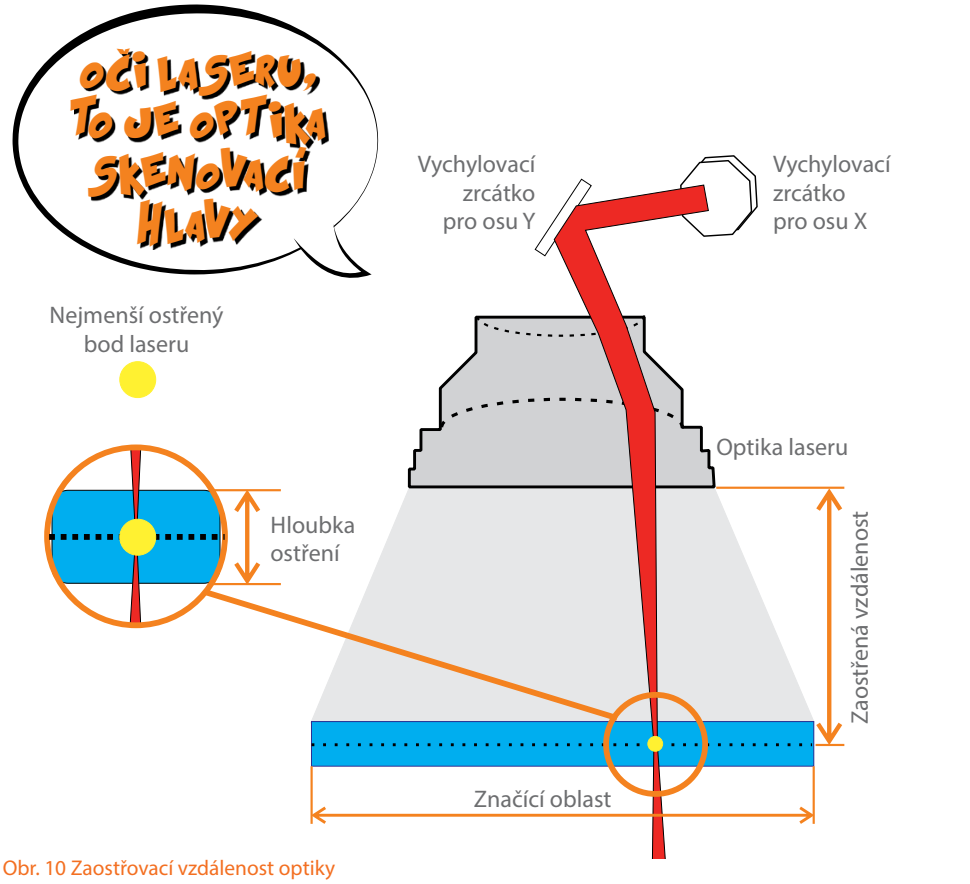


Obr. 7 Princip CO_2 laseru

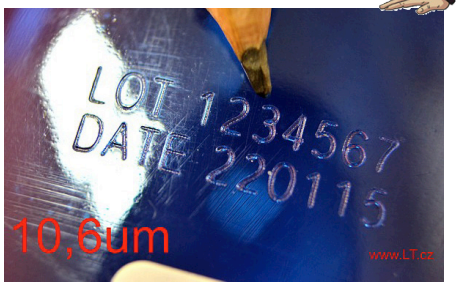
ale v praxi se používá i oblast nad focusací a pod focusací (Pre focus / Post focus) a to do hodnot okolo ±4 mm. Sice se rozostří paprsek a pak je stopa větší, ale často pro značící systémy je to zcela dostačující, někdy naopak vyžadující, kdy koncentrace výkonu není na velmi malém místě, ale je rozložena na větší plochu, což tolik neovlivní materiál.

CO_2 lasery Solaris s vlnovou délkou 10,6 µm nebo 10,2 µm nebo 9,3 µm

Standardní vlnová délka CO_2 laseru je 10,6 µm. Na tuto vlnovou délku je naladěn rezonátor většiny běžně dostupných laserů pro značení, gravírování. Nicméně pro některé materiály je vhodnější zkrácená vlnová délka, jako je 10,2 µm nebo 9,3 µm. Největší rozdíly jsou viditelné pro PET materiál, čirou fólii nebo pro značení desek plošných spojů. Vlnová délka 10,6 µm dělá ostré a přesné značení, které je na PET materiálu jasně viditelné jako ostrá horká jehla, která projela povrchem PET materiálu a okraje plastu se vytlačí nahoru, takže pro dotek je materiál drsnější, je cítit struktura po značení laserem. Naopak 9,3 µm je opravdové zasažení laserovým paprskem, kdy viditelně označený text na PET materiálu je kontrastnější, bělejší, tlustější a přitom na dotek je hladší, jemnější, není tolik poškozen PET materiál. 9,3 µm napěnil PET materiál, což způsobilo malé bublinky v plastu, které dělají větší stopu, plochu po značení laserem. PET materiál není tolik poškozen do hloubky, je tedy více odolnější na vnitřní tlak v PET lahvích. Opticky se tak jeví text lépe čitelný, viditelnější a není potřeba hledat správného nasměrování na světlo a získat největší absorpci v lomu světla. Rozhodně pokud značíte PET materiál nebo desky plošného spoje, použijte lasery Solaris s vlnovou délkou 9,3 µm, tedy obchodní značkou Solaris Light.



Obr. 10 Zaostřovací vzdálenost optiky

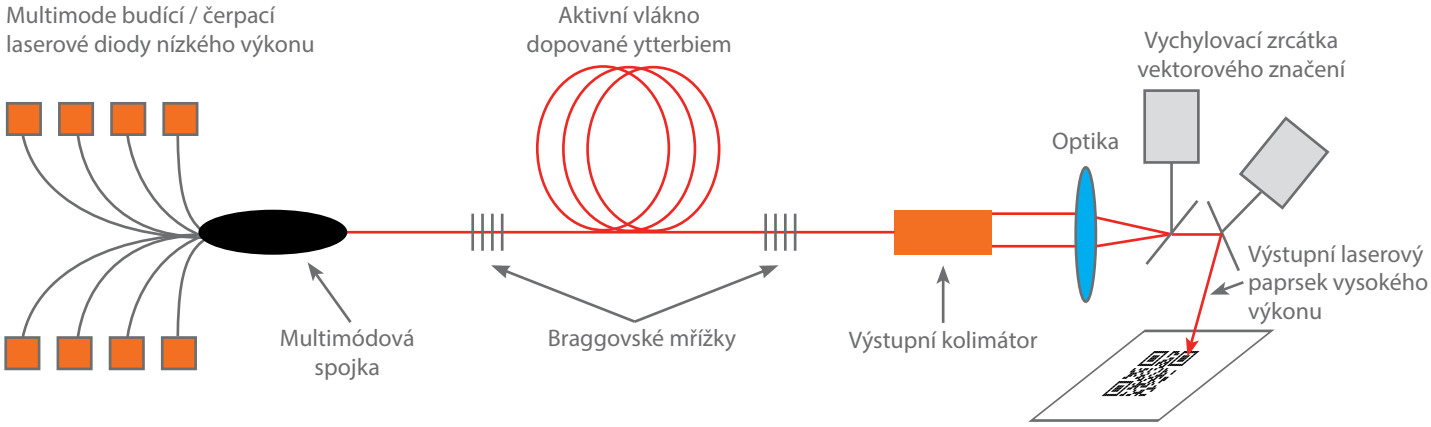


Obr. 8 a 9 Termochemická reakce PET materiálu na IR záření z laseru na dvou vlnových délkách a vizuálním posouzení. 9,3 µm je vizuálně lepší.

Obr. 11 DPSS laser Solaris DLA, zdroj laseru je $Nd:YVO_4$

Princip vláknového - FIBER LASERU

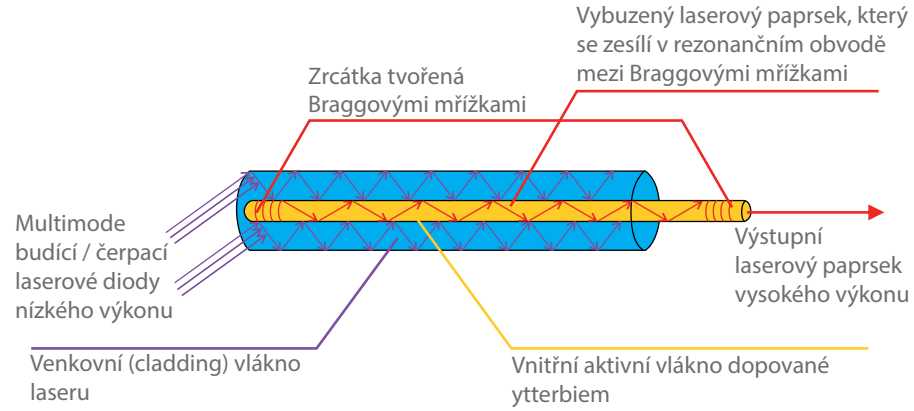
Historie Fiber Glass laseru (laser s optickými vlákny) sahá k samému počátku vývoje laseru v roce 1963 a k osobě Eliase Snitzera, kdy poprvé popsal technologii cladding pumped laserů. Budící světelný paprsek byl namířen do optického vlákna a právě tu efektivní metodu k vytvoření laseru s použitím cladding funkce (skládání paprsků do jednoho vlákna) objevil ve společnosti IRE Polus v Moskvě Valentin Gapontsev a Igor Samartsev. Fiber laser - Vláknový laser vyžadoval projití ještě dvěma dekádami vývoje dříve, než byl představen komerčně veřejnosti v roce 1980. V roce 1990 byl velký skok z miliwattového výkonu do wattové třídy laserů (4 W erbium-doped fiber laser) a pak v roce 1996 v průmyslové kvalitě použitá 10 wattová třída laserů, představená IPG Photonics a později pak i firmami jako Polaroid, Spectra Diode Labs (nyní JDS Uniphase) a Spectra Physics. Přechod do 100 W třídy laserů následoval v roce 2000 společností IPG. Nyní se výkony pohybují v desítkách kilowattů a fiber glass lasery nahrazují klasické YAG lasery, také pro svou kvalitu laserového paprsku.



Obr. 1 Princip vláknového laseru

Ve své podstatě jde o typ laseru, ve kterém ke generování záření dochází v jádru optického vlákna dopovaného prvky ze skupiny lanthanoidů (někdy se označují i jako prvky vzácných zemin). Na dopování se nejčastěji užívá erbia nebo ytterbia, případně obou těchto látek společně, častý je i praseodym. Přitom tato vlákna mohou mít různou podobu, tedy většinou jde o průřez středního vlákna, který je čtvercový, obdélníkový apod. a tím dává vlastní specifikaci laserového paprsku i vlastní individuální užití. Optické vlákno vláknových laserů tak v podstatě odpovídá svou funkcí úloze krystalu u pevnolátkových laserů, tedy vytváří se v něm laserový paprsek a optické vlákno funguje jako optický zesilovač (u pevnolátkových a polovodičových laserů se optických vláken užívá naproti tomu jen k přenosu paprsku od místa jeho zdroje na místo užití - pozor na význam Vláknový laser, kdy je generován laserový paprsek v aktivním optickém vlákně a na druhý typ laserů, kde se pouze přenáší výkon v pasivním vlákně z místa A - zdroje laseru, do místa B - skenovací hlavy. Pasivní vlákno na přenos laserového výkonu není princip Vláknového laseru. Více níže v článku.

Princip spočívá v single-mode diode pumping (velkoplošné MM-multi mode čerpací diody), které emitují výkon (malým optickým vláknem) na stranu optického multi mode vlákna (složeného vlákna s větším průměrem) a vytváří budící světlo, které je absorbováno v ytterbium atomech v single mode optického vlákna - tzv. aktivní optické vlákno. A nyní laicky řečeno - optické vlákno je aktivní, tedy nepřenáší pouze výkon z laserových diod, ale zvyšuje tento výkon. V praxi si lze představit středové optické vlákno, které je obklopeno druhým vláknem, tak jako by v jednom tlustém vlákně bylo ještě jedno menší. Budící diody svítí do velkého optického vlákna a světelný tok působí na vlákno, které je umístěné uvnitř tohoto velkého vlákna. Vnitřní vlákno obsahuje právě aktivní prvek a tím je ytterbium (jako u pevnovláknového laseru, kde je pevná tyčka krystalu dopovaného také ytterbiem). Budící optické diody mají jinou vlnovou délku - budící vlnová délka laseru - než je výsledný paprsek laseru, který vznikne v aktivním vlákně umístěném ve středu velkého / tlustého vlákna. Více diod dokáže pumpovat v optickém vlákně vysokou energii s perfektní kvalitou paprsku. Je zde ještě jeden velmi důležitý princip pro získání laserového paprsku a tou je vysoce výkonný optický zesilovač. Optický zesilovač konvertuje malý světelný signál z budících diod do výkonného paprsku, často tisíckrát silnější, ale identický jako originál. Zvětšení výkonu se dosáhne použitím také více laserových diod. Je zajíma-



Obr. 2 Princip aktivního vlákna

vé, že teplo generované v optickém vlákně je odváděno velkou plochou a není potřeba aktivní chlazení. Protože aktivní vlákno může jen podporovat a podpořit přenos laseru, kvalita paprsku není závislá na pracovním výkonu laseru.

K emisi laseru slouží podnět z laserových čerpacích diod a aktivní optické vlákno. Většina známých fiber glass laserů pracuje v 1550 nm erbium-doped fiber zesilovačů. Pro značení se používají lasery 1062 nm v pulzním módu (frekvence od 20 kHz až 250 kHz) nebo v kontinuálním módu. Místo dvou rovnoběžných zrcadel jsou zde použity Braggovské mřížky. Jedná se o struktury (laicky řečeno o zářezy) vytvořené přímo na jádře optického vlákna zapsáním UV záření periodické změny indexu lomu (laicky UV laser udělá změnu struktury vlákna a na té změně se odráží paprsek, jako když na hladkém zrcadle se udělá vryp, je zde jiný lom světla). Takovéto změny indexu lomu vytvářejí v optickém vlákně „zrcátka", která odrážejí pouze danou vlnovou délku optického záření. Jsou zde vynechány mechanické prvky - zrcátka, které měly ztráty přeměnou energie na teplo, byly náchylné na mechanické poškození, citlivé na teplotu, přesné umístění, nastavení rezonanční frekvence atd., proto je fiber glass laser zcela vhodný pro průmyslové použití a je mechanicky velmi odolný až tak, jak je optické vlákno odolné. Odolnost na vibrace je mnohem vyšší, protože nemá mechanický rezonanční obvod tvořený více mechanickými zrcátky.

Díky jednoduchosti je zde zabezpečen vysoce spolehlivý a poškození odolný laserový systém. Provozní doba života je s použitím velkoplošných diod více, než 150.000 hod. Účinnost vláknových laserů se pohybuje okolo 25% v převodu elektrické energie na laser a okolo 50% účinnosti pro Optika-Optika. Nemá tak velké ztráty, a proto je možné jej chladit pouze vzduchem. Také z pohledu kvality laserového paprsku a jeho koherentnosti se dosahuje velmi dobrých výsledků, které umožňují zaostření do velmi malého bodu. Ve všeobecnosti laser s optickými vlákny má nejnižší provozní náklady a nejvyšší kvalitu laserového paprsku. Naopak energie pulsu je nižší v porovnání s pevnolátkovými lasery.

Výhody vláknových laserů

Už jen při letmém srovnání principů různých laserů vychází pro vláknové lasery řada předností:

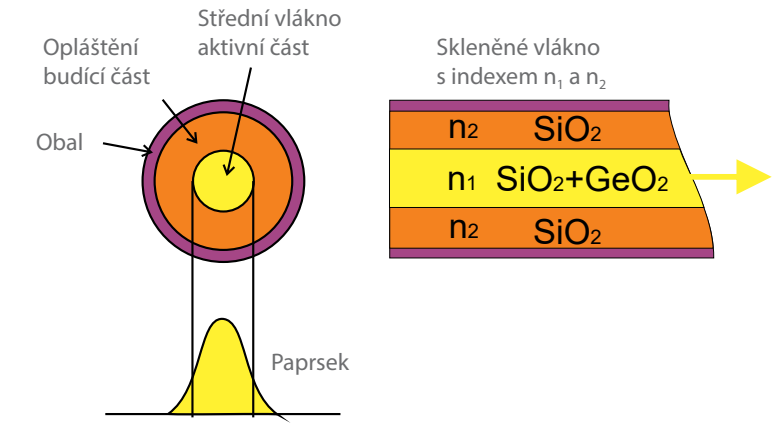
- u vláknových laserů dochází k ještě vhodnějšímu a intenzivnějšímu **způsobu chlazení**, než mají např. pevnolátkové lasery. U vláknových laserů chlazení vzduchem působí na vlákno po celé jeho i několikametrové délce. Často jsou ve značícím laseru vlákna délek 30 m apod., ve kterých se generuje laserový paprsek.
- vláknové lasery **nepotřebují ani nastavování rezonátorů** či speciální optiku, jinak nutnou u pevnolátkových typů laserů při navazování výkonu laseru do výstupního přenosového optického vlákna. Vláknový laser vygeneruje laserový paprsek přímo v optickém vlákně a pak jej ve stejném vlákně vede až ke skenovací hlavě. Naopak pevnolátkový laser vygeneruje laserový paprsek v krystalu a následuje speciální optika na transformaci paprsku do pasivního optického vlákna, které pouze přenáší výkon, toto je princip pevnolátkového laseru (pasivní optické vlákno není principem vláknového laseru).
- kompaktní provedení vláknového laseru vyžaduje jen **nízký příkon** - jen 1 % oproti požadovanému příkonu u výbojkami čerpaných pevnolátkových laserů. Pokud je pevnolátkový laser čerpaný / buzený polovodičovými diodami, tak je poměr příkonu a výkonu větší, ale stále je mnohem efektivnější a ekonomičtější vláknový laser oproti pevnolátkovému laseru.
- vynikající je i kvalita paprsku. Při výkonu 100 W je možné dosáhnout fokusace paprsku i pod 5 µm, což představuje intenzitu záření přes 109 W.cm^{-2}. Se skenovací optikou a výslednou F-Theta lens je možné vyrábět velmi silné vláknové značící a gravírovací lasery se spotem na materiál okolo 0,01 mm.
- **životnost vláknového laseru** se odhaduje a je vyzkoušena okolo 150.000 hodin. Naopak pevnolátkové lasery mají životnost okolo 10.000 hodin až 20.000 hodin, pak se musí u pevnolátkových laserů vyměnit budící diody a často se zjistí poškození i rezonátoru se zrcadly, což je velmi drahá záležitost. Naopak vláknový laser nemá v rezonančním obvodu žádnou optiku, jen Braggovy mřížky a tak není co poškodit.
- na značení a gravírování se výkonově používají lasery o **energii pulsu** pro pulsní lasery typicky okolo 1 mJ (od 0,5 mJ do 2 mJ) a s délkou pulsu 30 až 100 ns.
- délka pulsu je pro značící lasery od 20 do 100 ns a většinou se mění s požadovanou frekvencí spínání.
- frekvence u pulsních laserů je od 10 do 250 kHz a lze mít vláknové lasery i v kontinuálním módu CW.
- **vysoká spolehlivost** vláknového laseru, jeho dlouhodobá stabilita paprsku (zvláště u kontinuálních CW laserů) a stabilita výkonu, která je okolo 1%.

Obr. 3 Princip aktivního vlákna

Vedoucí postavení v oblasti vláknových laserů má dnes americká firma IPG Photonics Corp. s asi 90% obsazením trhu a s výkonovou nabídkou pulzních a kontinuálních laserů od 10 W až po 20 kW, následovaná britskou SPI Southampton Proton Inc. a německou JDS Uniphase GmbH. Solaris Laser používá pro vláknové lasery zdroje převážně od společnosti IPG, s níž má dlouhodobou spolupráci.

POZOR na pasivní přenos laserového paprsku také optickými vlákny - nejde o vláknový laser!

Tento princip laseru, používající také optické vlákna, nemá nic společného s aktivním optickým vláknem ve vláknových laserech. Vláknový laser vytváří laserový paprsek v aktivním optickém vlákně, které je dvojité a tedy i drahé. Nicméně



Obr. 4 Princip vláknového laseru

je potřeba si dávat pozor na firmy, které tvrdí, že mají také vláknový laser, ale v principu jde o pevnolátkový laser, kde je pasivní „obyčejné" optické vlákno pro přenos laserového výkonu ze zdroje do skenovací hlavy. Pozor na tyto firmy, které vám neříkají pravdu.

Pevnolátkový laser, který má mezi pevnolátkovým zdrojem laseru a optickou hlavou pasivní optické vlákno, tak zde optické vlákno zabezpečuje pouze přenos výkonu z laserového zdroje (krystalu) do skenovací hlavy. Zde se jedná, laicky řečeno, o „vodič" laserového paprsku a nezesiluje se laserový paprsek (není zde dvojité aktivní optické vlákno). Naopak v pasivním laserovém vlákně dochází k útlumu laserového paprsku a problémům s napojením mezi laserovým zdrojem a optickým vláknem, kdy se v místě přechodu ztrácí výkon. Pevnolátkový laser s optickým vláknem sloužícím na flexibilní přenos laserového paprsku **NENÍ vláknový laser** v pravém slova smyslu, kdy **NEDOCHÁZÍ** k vytváření laserového paprsku v aktivním optickém vlákně, pouze přenese výkon jako vodičem z jednoho zdroje na spotřebič a to se ztrátami.

Vláknový laser, který není vláknový laser?

Jde o lasery, které jsou často představeny jako vláknové lasery, ale jejich vlákno je pouze optický přenos výkonu z jednoho místa na druhé, tedy ze zdroje laseru do skenovací hlavy. Toto vlákno je pasivní a nezvyšuje výkon z laserového zdroje. Opravdový vláknový laser má aktivní optické vlákno, které je dvojité a do jeho středu je pumpován diodový laserový zdroj, který v optickém vláknu dopovaném ytterbiem vytváří výsledný laserový paprsek, který je na jiné vlnové délce a o vyšším výkonu. Tento princip s aktivním optickým vláknem je skutečný vláknový laser. Je nutné mít optický izolátor v laserech, jinak odrazený výkon může projít zpět a jeho nárůst může poškodit celkovou konstrukci laseru (propálí se například vlákno).

Laserové značící systémy Solaris vytvářejí vysoce kvalitní značení na materiály jako jsou papír, kartón, lepenka, fólie, plasty, dřevo, sklo, kov a spoustu jiných v průmyslu používaných materiálů. Leonardovy Solaris laserové systémy jsou momentálně nejmodernější technologií značení a velice levnou alternativou k inkjet systémům pracujících na technologii CIJ. Leonardo nabízí CO_2, nebo YAG, vláknové systémy (fiber laser), které mohou označovat produkty nebo obaly znaky již od velikosti 0,2 mm (datum výroby a spotřeby, čas, směnu, šarži, čárové kódy, 2D kódy, vektorovou grafiku). Systémy mohou pracovat ve statickém a kontinuálním provozu (značení za pohybu) s maximální možnou produkční rychlostí.

Laserový tandem - značení do dřevěných dřívek

Pomocí laserového značení dokáže Leonardo individualizovat dřevěná dřívka do zmrzlin a umožnit tak výrobcům jejich branding i na místech, kde to dříve nebylo možné. Zároveň je možné pomocí specificky vyznačených kódů pořádat soutěže a využít marketingově každou část dřívka.

Značení dřevěných dřívek od nanuků probíhá za pohybu produktů, tedy v dynamickém módu laseru, pomocí vodou chlazeného 100 W CO_2 laseru eSolarMark s přímou značící hlavou.

Samotný proces značení je velmi specifický, protože se neznačí ve směru pohybu, ale dřívka najíždí pod laser ve vodorovné pozici a značení je kolmo na směr pohybu dopravníku. Značení poté probíhá v pohybu, při rychlosti až více jak 1000 dřívek za minutu, tedy 17 dřívek za sekundu. Zapojení laserů je v tandem funkci, kdy každý laser značí ob jeden produkt a dosáhne se tak dvojnásobku celkové rychlosti značení oproti použití pouze jednoho laseru. Respektive pro každou úlohu je nastavení každého laseru samostatné, a to tak, že jeden značí grafické logo a druhý značí výherní kódy. Při této rychlosti dokážeme pomocí dvou laserů za sebou spojených do tandemu vyznačit na dřívko 8-mi místný číselný kód z databáze, logo uprostřed a na konci dřívka, běžně v taktu linky 700 ks/min až 1000 ks/min.

Optika laseru obsahuje předsazené ochranné sklo, které je jako první v kontaktu s prachem v provozu a s kouřícími zplodinami při značení. Optika laseru se tak snadno čistí a nemůže dojít k poškození čoček skenovací hlavy.

Oproti mechanickému značení, kde se používají raznice, laser není v kontaktu s produktem a nedochází tak k poškození dřeva tlakem, jak se tomu děje s raznicí. Raznice vyžaduje čas na nahřívání na provozní teplotu, dochází k jejímu zanášení a rychlému opotřebení. Laser je tak jednoznačnou volbou budoucnosti.

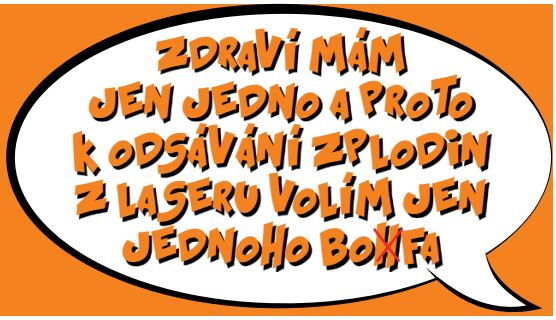
BENEFITY

- Vysoká rychlost značení v taktu přes 1000 ks/min
- Bezkontaktní značení, nepoškozuje produkt
- Tisk dat z databáze, což nemusí být pouze čísla, ale i slova nebo věty
- Tandemové propojení laserů pro zvýšení rychlosti

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

O společnosti BOFA Ltd. - odsávací jednotky k laserům

BOFA (UK) Ltd. je jedna z nejaktivnějších firem v oblasti odsávacích jednotek pro průmyslové aplikace, jako jsou odsávací jednotky pro výrobu plošných spojů, laserové značení, laserové gravírování, gravírovací systémy s rotační frézou, výroba klenotů, broušení kamene, výroba plastů, odsávání výparů z kapalin, odsávání pachů z inkjet systémů...



Obr. 1 Centrála se zaměstnanci společnosti BOFA

Obr. 2 Odsávací jednotka k laserům BOFA

Obr. 3 Instalovaná odsávací jednotka BOFA s laserem SOLARIS

Leonardo technology používá BOFA odsávací jednotky se systémy Solaris, kdy je nesporná výhoda v propojení odsávací jednotky s řídící jednotkou laseru a signalizování nezapnutí odsávání a tedy i sekundární ochrana optiky laseru. Kdyby nebylo odsávání zplodin v prostoru značení laserem, docházelo by k usazování zplodin na optiku laseru a následně k poškození optiky. Výkon laserového paprsku by se spotřebovával na optice laseru a lokální zahřátí nečistoty laserovým paprskem přehřeje bodově optiku, která se poškodí. Nejdříve se poškodí napařená reflexní vrstva na optice a po delším působení tepla z laserového paprsku na nečistotu je možné vysokou teplotou danou vysokým koncentrovaným výkonem poškodit i samotnou optiku, která může v konečném důsledku vypadat jako vypískovaná. Odsávací jednotka BOFA zabrání usazování nečistot a zplodin ze značení na optice a velmi prodlužuje samotnou životnost laserové optiky.

Zplodiny vznikající při značení laserem, nebo gravírování laserem jsou odsávány BOFA odsávací jednotkou přes filtr pevných částic, kde se zachytí veškeré těžší částice a následně kontaminovaný vzduch postupuje do HEPA uhlíkového filtru, kde se vyčistí od mikročástic a organických částí. Efektivita tohoto filtru je 99.997%. Lze tak říci, že laserové pracoviště vybavené BOFA odsávací jednotkou je velmi čisté a nedochází ke kontaminaci okolí. BOFA odsávací jednotky dbají na zdraví obsluhy, pracovníků a chrání jejich respirační systém. Pracoviště je tak čisté, bezpečné a zdravotně nezávadné.

Milníky společnosti:

2016 - BOFA International rozšiřuje skladové prostory o dalších 836 m² a výrobní prostory o 4459 m². Zároveň vydává nový operační systém AD Oracle iQ2 na mezinárodním veletrhu LASYS.

2015 - BOFA rozšiřuje investice v nejméně rozvinutých zemí a v Americe rozšiřuje skladové kapacity o více jak 2320 m².

2014 - Uvedení řady 3D PrintPro odsávací jednotky pro 3D tiskárny.

2013 - Bofa se rozšiřuje o další výrobní prostory a nový sklad o kapacitě 3250 m². Zároveň získává ocenění od asociace PPMA (Processing & Packaging Machinery Association) za prodej a růst společnosti.

2012 - BOFA získává prestižní ocenění Queens Award za exportní obchod. Toho bylo dosaženo ukazatelem prodeje, který je trvalý a má rostoucí tendenci vývozu za období posledních 3 let.

2010 - Továrna BOFA byla rozšířena o další výrobní prostory plochou 185 m². O rok později další továrna byla koupena pro výrobní závod. To s sebou přineslo celkovou výrobní podlahovou plochu na něco málo přes 2787 m².

2009 - Pokrok v laserovém průmyslu, spolu s rozmanitostí instalací laserů, má za následek zvyšující se počet směn a více náročných aplikací, což vyžaduje vývoj ještě vhodnější řady odsávacích jednotek pro lasery. BOFA představila AD Oracle vyvinuté speciálně pro tento účel.

2008 - Hlavně prostřednictvím globálních smluv s velkými OEM partnery, BOFA začíná vidět rychlý růst tržeb ve Spojených státech a Jižní Americe. Pro efektivní dostupnost těchto trhů a zvýšení celkového potenciálu v těchto regionech, bylo rozhodnuto vytvořit, plně vlastněnou, dceřinou společnost. BOFA Americas, Inc byla založena jako obchodní a skladovací společnost pro stávající zákazníky a s potenciálem získávat nové obchodní příležitosti na těchto územích.

2007 - V tomto roce se zavádí řada PrintPRO, speciálně pro širokoúhlé formáty v tiskařském průmyslu pro dokončení tisku.

2006 - Dochází k dalšímu rozšíření společnosti a současný prostor zabírá více než 1579 m² a je umístěný u Balena Close na Creekmoor Industrial Estate.

2004 - Jak se BOFA stává více mezinárodně známým dodavatelem pro kvalitní odsávací systémy, tak se i mění název společnosti z BOFA UK Ltd na BOFA International Ltd, aby se plně uznalo postavení v mezinárodním trhu.

2003 - Zahájení speciální řady Advantage laserových odsavačů, které rozšířily pole BOFA jednotek v rámci laserového průmyslu, které mají vhodné parametry pro lasery pro značení, gravírování a řezání.

2001 - BOFA vyráběla speciální odsávací jednotky, schopné odsávat IPA zplodiny generované z procesu tisku masky na PC desky.

2000 - Opětovné rozšíření vyžaduje další krok a společnost zakoupila nový pozemek o ploše 232 m² pro stavbu továrny v Fleetsbridge Business Park.

1999 - „L" řada odsávacích jednotek byla vyvinuta speciálně pro laserový průmysl.

1994 Bylo rozhodnuto přesunout celou výrobu do svého prvního závodu v západní West Moors. Toto připravilo cestu pro získání ISO 9001 akreditace, které bylo nakonec dosaženo v roce 1996. Jak společnost rostla, nacházela mezeru na trhu pro odsávací jednotky pro lasery. Jednak pro lasery značící datum výroby a spotřeby, tak i pro značení v průmyslu.

1991 - Zavedením COSHH (Control of Substances Hazard to Health) se požadavek pro efektivní odsávání raketově zvedl, Dave Cornell frustrovaný omezením švédských jednotek, a nyní vyzbrojeni zkušenostmi a znalostmi, které se Dave naučil, rozhodl se navrhnout a vyrobit vlastní odsávací a filtrační jednotku. S pomocí nejstaršího syna, Christiana, brzy vyráběl první jednotky v jeho garáži, ale následovala zvýšená poptávka a velká expanze.

1987 - V této době prodejní potenciál byl jasný, takže BOFA UK LTD byla založena 13. dubna tohoto roku. Bez podpůrných předpisů v Anglii a málo pochopení v rámci trhu, společnosti v celém odsávání viděly jen přímý náklad bez finančního prospěchu. Velká snaha prosadit zdraví nad finančními zisky, přináší první instalaci, která se koná v Rediffusion Simulation v Sussexu, kde měl manažer bezpečnosti a ochrany zdraví velkou předvídavost a uvědomil si, že s takovým odsáváním na pracovišti, by bylo méně časté absence z důvodu nemoci a více stabilní a šťastnější pracovní síly a následovalo by pravděpodobně zlepšení ve výrobní kapacitě. Informace o instalaci se brzy rozšířila dál a ne dlouho po jednání s Phillips Telecommunications (Cambridge) vedla k jediné a největší instalaci, jaká kdy byla provedena. Systémy odsávání byly instalovány v podkrovní oblasti a obsluhovaly více jak 1000 provozů pájecích linek. Dokončení instalace trvalo něco málo přes 6 týdnů, a přestože nebyla úplně zcela podpora, včetně počáteční nedůvěry operátorů linky, konečný výsledek se ukázal být velkým úspěchem. Studie provedené po instalaci manažerem pro bezpečnost a ochranu zdraví potvrdily, že první pozoruhodná změna nastala v kvalitě ovzduší v hlavním továrním areálu. Před instalací, šedá mlha byla zřejmá po celém závodě, ale s odsávacím systémem byl problém rychle odstraněn. Více významnou a pozorovatelnou změnou bylo dramatické snížení počtu pracovníků, kteří hlásili bolesti hlavy a snížení celkového pocitu nemoci. Další analýza potvrdila, že dny nemocenské se výrazně snížily.

Zvyšující se poptávka na trhu přirozeně vedla ke vzniku konkurence u výrobců pájecích stanic a svařování, jako jsou OK Industries, Metcal, Adcola zahájily své vlastní značkové odsávací jednotky. Jiné menší společnosti také přišly na trh s vlastní odsávací čistící jednotkou pro pájecí soustavy.

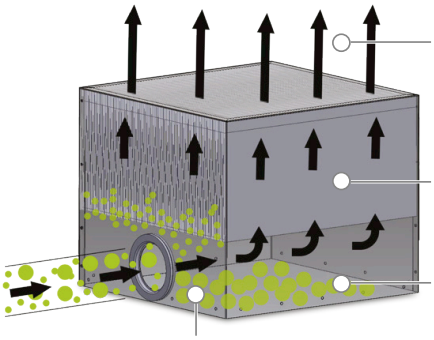
1984 - zakladatel a předseda představenstva společnosti Dave Cornell identifikuje základní elementární švédský filtrační systém pro odsávání škodlivých výparů z kalafuny na pracovištích montážní linky operátorů PCB - plošných spojů. V té době byla Skandinávie v pokročilém studiu a zhodnocení rizika rozvoje astmatu z povolání, prostřednictvím vdechování škodlivých látek, zplodin a kouře. Krátce na to se stává výhradním dovozcem a jediným člověkem, který nabízí plně filtrované odsávání a filtrační systém pro elektronický průmysl, ve Spojeném království.

Technologie filtrace

Mnoho let navrhování a výroby jednotek pro odsávání výparů a filtraci pro celou řadu průmyslových odvětví daly společnosti BOFA zkušenosti a odborné znalosti, které zajišťují, že všechna produktová řešení jsou tím nejlepším, co je na trhu k dispozici. Odborné znalosti a zkušenosti se odráží v konstrukčních a výrobních postupech aplikovaných na řadě patentovaných filtrů.

Technologie filtrace DeepPleat a DeepPleat DUO

Jedinečné vlastnosti produktů DeepPleat a DeepPleat DUO zajišťují prodloužení životnosti hlavního filtru díky optimalizaci zachycování částic, čímž se snižují celkové náklady.



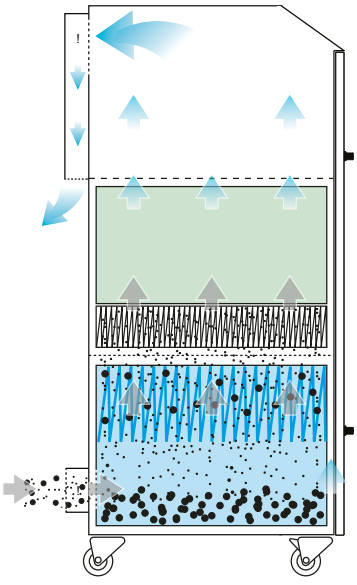
Obr. 4 Princip filtrační technologie DeepPleat a DeepPleat DUO

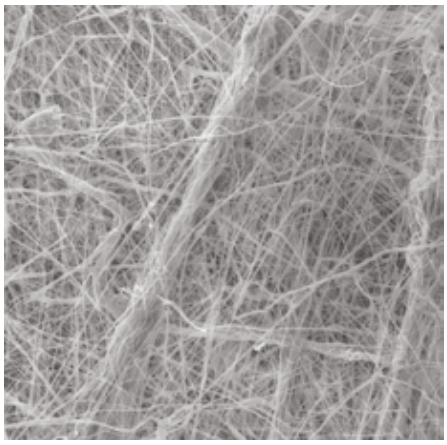
Koncept filtru DeepPleat je navržen do provozu ve zpětném toku. Vzhledem k tomu, že znečištěný vzduch vstupuje do filtrační komory, je rychlost výrazně snížena.

To znamená, že větší částice padají na dno uvnitř filtrační skříně. Menší a lehčí částice jsou pak zachyceny uvnitř filtračních záhybů. Proces má tak vyšší účinnost a zajišťuje mnohem delší životnost celé plochy filtru.

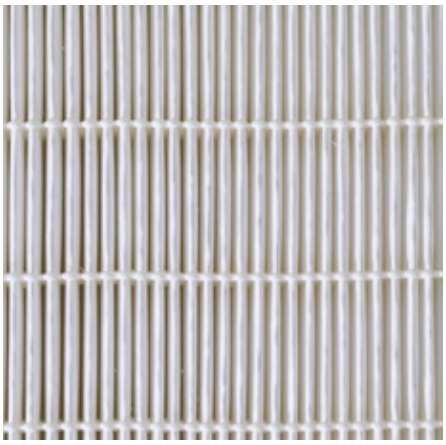
Filtr DeepPleat DUO zahrnuje masivní odpadní komoru uvnitř filtru, který má objemovou plochu 15 l. Nad komorou, ale stále ve skříni, je zapečetěný 200 mm hluboký záhyb s vrstvou média F8, což dává povrchovou plochu přesahující 12 metrů čtverečních pro modely AD Oracle iQ. A pro větší a silnější modely AD500 iQ, AD 1000 iQ a iQ AD 2000 je připravena plocha velikosti 30 metrů čtverečních.

Speciálně tvarovaná těsnicí průchodka nacházející se v komoře umožňuje operátorům snadnou a bezpečnou počáteční instalaci a výměnu použitých filtrů. Tento bezpečnostní aspekt konstrukce je velmi důležitý vzhledem k různým (a v mnoha případech škodlivým) nečistotám nalezeným v použitém filtru.

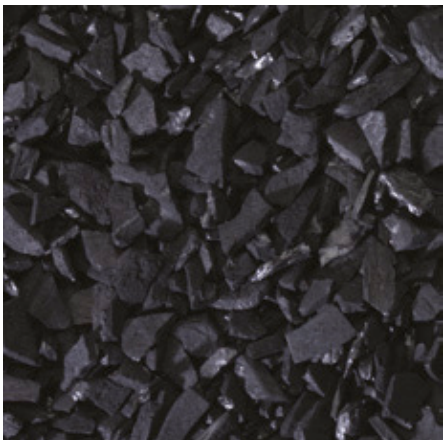

Obr. 5 Princip reverzního průtoku vzduchu



Obr. 6 Před-filtrační médium pozorováno elektronovým mikroskopem při 500 násobném zvětšení



Obr. 7 Filtrační médium HEPA



Obr. 8 Aktivní carbon, neboli aktivní uhlí

Technologie reverzního průtoku vzduchu
Technologie reverzního průtoku vzduchu způsobuje pokles rychlosti a změnu směru vzduchu. Větší částice vypadnou z proudu vzduchu a spadnou do spodní záchytné komory filtru. S méně částicemi vstupujícími do filtru se tak životnost filtru významně zvýší.

Pokročilá technologie uhlíkového filtru
Jako rozhodující pro filtrování a pracovní proces je třeba zajistit, aby znečištěný vzduch byl stále v kontaktu s uhlíkovým lůžkem (pro různé aplikace jsou vybrány specifické druhy uhlíku) po dobu, která je dostatečná k odstranění nečistot a pachů. Tato doba je obvykle označována jako doba prodlevy. Odsávací jednotky BOFA vždy zvažují rovnováhu mezi průtokem vzduchu a typem, hloubkou a povrchovou plochou karbonu použitou k zajištění vhodnosti pro kontaminující látky spojené s aplikací, čímž se dosáhne vhodné doby prodlevy.

Je zde také nebezpečí, že filtrační výkon může být ohrožen v důsledku podmínek, známých jako obtok nebo tunelování. Koncoví uživatelé obvykle spojují takové problémy s předčasným nasycením oxidem. Ve skutečnosti se oba problémy týkají špatné konstrukce či výrobních postupů, což má za následek nedostatečné zachycení nečistot a vypouštění pachů do pracovního procesu. Postupy výroby a zkoušky vyvinuté v BOFA zajišťují, že riziko těchto problémů je odstraněno, takže koncovým uživatelům dáváme jistotu, že filtry umožní bezproblémový provoz po celou dobu jejich životnosti.

Podívejte se na animaci, která ukazuje, proč je právě filtr BOFA DeepPleat DUO nejdéle stávajícím filtrem na trhu, jak prodlužuje životnost vašeho hlavního filtru a snižuje celkové náklady.

Naskenujte pro spuštění videa QR kód nebo zadejte **https://youtu.be/ZB4wh-MuMzc**

Pohodlné ovládání odsávací jednotky BOFA pomocí grafického displeje nebo tabletu díky operačnímu systému iQ2.

BOFA CYCLONE
odlučovač pevných částic

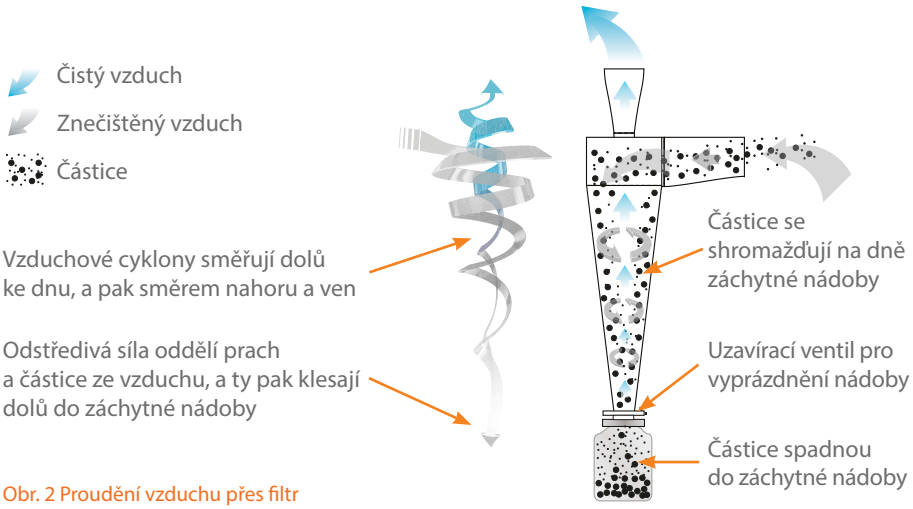
Většina lidí jsou si vědomi odlučovačů cyklonu díky Sir James Dyson a jeho vysavače. Cyklony jsou velmi účinné při zachycování částic 20 mikronů a větší, tj. viditelné pouhým okem. Bohužel laserové značení vytváří řadu částic velikostí od 0,1 mikronu a výše, takže standardní cyklony nejsou vhodné.

BOFA International pověřila Southampton University, aby pomocí CFD (Computational Fluid Dynamics) techniky vyvinuli speciální cyklonový odlučovač, který pracuje velmi efektivněji při nižších velikostech částic produkovaných při laserovém značení. Cyklonový odlučovač je umístěn mezi laserovou odsávací částí a odsávací jednotku BOFA. Proudění vzduchu generované v odsávací jednotce vytváří sílu cyklonu v odlučovači.

Standardní vlastnosti

- snadnost ovládání bez nastavení parametrů
- lehká konstrukce 7 kg pro snadnost přemístění po hale
- malé zástavbové rozměry s velkým odlučovacím výkonem
- neomezený průtok vzduchu dovoluje nastavit správnou hodnotu odsávání a dává nižší hodnotu úrovně hluku
- nemá žádný filtr, a přesto funguje neskutečným překvapivým odlučováním
- velmi nízká úroveň hluku

Obr. 1 BOFA C5 CYCLONE prodlužuje životnost filtru a zvyšuje odsávací výkon.



Obr. 2 Proudění vzduchu přes filtr

Obr. 3 Odsávací jednotka AD Oracle iQ s cyklonem

BENEFITY

- Snadnost připojení ke stávající odsávací jednotce bez nastavení parametrů
- Žádné napájení pro cyklonový odsávací systém
- Neobsahuje žádný vstupní filtr a přesto odloučí pevné částice s velkou účinností

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Konstrukce vektorového laseru SOLARIS

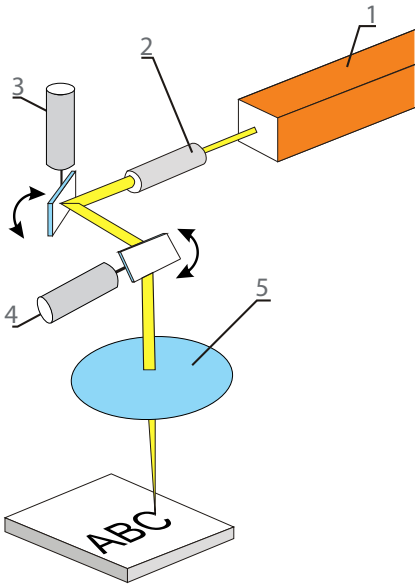
Systém vektorového vychylování paprsku byl poprvé použit u Nd:YAG laseru v roce 1969. Pro CO_2 lasery se představil uvedený systém na začátku 80. let.

Vychylovací systém je tvořen soustavou dvou zrcadel umístěných tak, aby docházelo k vychylování v obou osách (XY). Tomuto způsobu se říká PEN TYPE. Je to jako kreslení perem. Laser značí přesně, jako když kreslíme perem, při přemístění na jinou polohu pero nadzvedneme a zde laser vypneme a zapneme jej až s „dotykem pera" povrchu. Za vychylovací soustavou zrcátek je optika, která soustřeďuje laserový paprsek do ohniska. Volbou typu optiky měníme velikost značeného povrchu a také i vlastnosti značení (tloušťka čáry a krok, neboli vzdálenost mezi další čarou – něco jako rozlišení).

Princip značení SOLARIS laseru

Vlastní značení na povrch předmětu je působení laserového paprsku na povrch předmětu. Působíme tedy značnou energií na malou plochu povrchu. Vlastní laserový paprsek je soustavou optiky soustředěn do ohniska optiky.

Výsledný tisk je soustavou křivek, tedy jde o spojitý obrazec, bez vytečkování nebo bez použití masky. Nádherné křivky. Spojitý přesný tvar křivek, které je možné získat z textu, grafiky, přičemž je podporován formát z CAD, nebo CorelDraw!. Výsledkem je nadstandardně přesné značení na většinu povrchů. Data k tisku mohou mít měnící hodnotu s časem, proto je možné tisk z databáze, data, času, čísla směny, počtu výrobků.



Obr. 1 Vektorový laser s CO_2 trubicí,
Legenda:
1- laserový zdroj, 2- beam expander, optika rozšiřující paprsek, 3 a 4 - galvo motory pro X a Y osu se zrcátky směřující paprsek na 5 - výstupní optiku laseru

Předmět může být statický nebo dynamicky se pohybující, pro oba systémy je možné použít jeden typ našeho SOLARIS laseru.

Značení do předmětu je tedy destruktivní nevratná změna jeho povrchu. Dokáže tedy vypařit látku. Toho se používá ke značení na lakované, eloxované, barvené povrchy, kdy odpaříme povrch laku, barvy...a vytvoříme viditelný nápis. Různé povrchy mají různé vlastnosti svých změn, některé mění barevné vlastnosti (některé plasty), jiné se odpařují. Skleněný povrch je možné značit na povrchu, nebo zaostřit optiku dovnitř skleněného povrchu a značit uvnitř skla, tím měníme vlastnosti materiálu. Vždy mějme na paměti mechanické poškození povrchu, které může mít vliv na výsledné vlastnosti předmětu, příkladem jsou PET láhve, kdy snížíme tlakovou pevnost láhve. Navíc jde o nevratnou změnu, proto pozor, kde značíme, když jde o vratné lahve.

Nelze značit úspěšně s CO_2 laserem kovy (v podstatě mají vysokou tepelnou vodivost a je potřeba tedy vysoký výkon – nebo použít YAG laser, vláknové lasery, které pracují na jiné vlnové délce IR).

Další kapitolou jsou YAG lasery a vláknové lasery. Základem je krystal yttrio hlinitého granátu s příměsí neodymu nebo chromu. Jde často o Nd:YAG označované lasery, což je Neodymium: Ytterium Aluminium Garnet, ale jsou i další lasery nazývané například Vanadové, tedy $NdYVO_4$ nebo Lithium Fluoridové tedy Nd:YLF. K inicializaci stačí obyčejná žárovka a konstantní výkon je i okolo 300 W. Na inicializaci se v průmyslu používá výkonná výbojka nebo blok LED laserových diod. Oproti vláknovým laserům mají velmi malou životnost, ale zase malinko jiné vlastnosti při značení do plastů (dělají často kontrastnější značení než vláknové lasery).

Princip skenovací hlavy a vektorový tisk

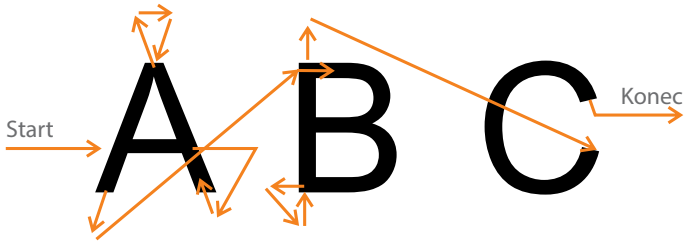
Vektorové značení znamená, že laserový paprsek začíná v bodě daným souřadnicemi a přejíždí na další souřadnice tak, jak je zobrazeno na obrázku. Skenovací zrcátka mají jistou hmotnost a z toho plyne i dynamická setrvačnost, to znamená, že když se rozjedou zrcátka na nějakou rychlost, tak jejich zastavení vyžaduje nějaký čas a zrcátka překmitnou přes bod, kde by měly zastavit a vrací se na další výchozí bod. Z toho vyplývá jednoduchá rovnice, čím vyšší rychlost laserového značení, tím musí být menší hmotnost zrcátek na galvu. Každý laser má nastavení několika zpoždění, která právě eliminují překmity a zlepšují dokreslování znaků. Správné pochopení zpoždění (Delays) u nastavení skenovací hlavy má za následek zrychlení značení a zkvalitnění značení. Naopak nesprávné nastavení nedokresluje vektory a zůstávají otevřená písmenka např. O nebo nuly.

Vektorový laser funguje jako pero, když kreslí na papír. Položíte jej a pohybujete, tak kreslí, zvednete jej, tak přestane kreslit.

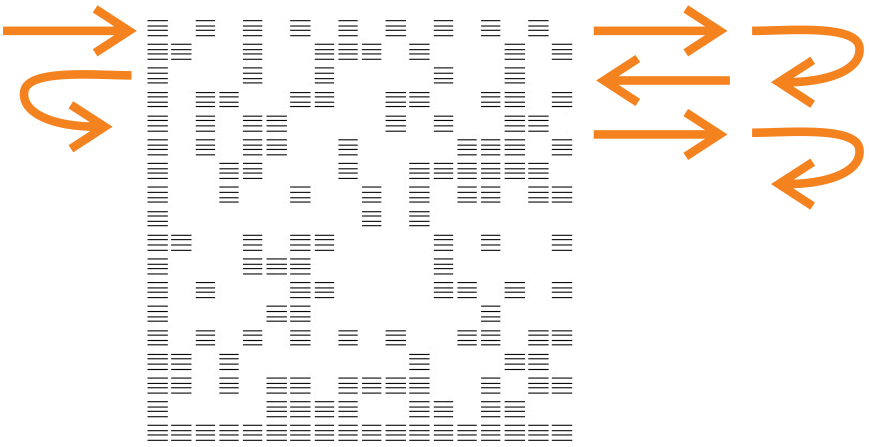
Přesněji je to, jako když je to pero inkoustové a píšete na savý materiál - jak s perem stojíte, teče inkoust a rozpíjí se po papíře. Podobně to je s laserem, položíte paprsek a nehýbete s ním, přenáší se energie a propalují se místa, nebo laser dělá tečky v místě položení paprsku. Toto se nastavuje v parametrech laseru funkcí Zpoždění (Delay) s indexem Pero dolů. Stejně jak rozjedete paprsek a na konci křivky jej musíte zvednout, toto se nastavuje funkcí Zpoždění (Delay) s indexem Paprsek nahoru. Laser má více nastavení zpoždění, jako je zpoždění mezi vektory, zpoždění mezi vrstvami atd. Správným nastavením se eliminuje mimo jiné setrvačná hmotnost zrcátek skenovací - vychylovací hlavy a propalování laserovým paprskem při začátku vektoru a také nedokreslování konce vektoru.

Vlastní výkonová elektronika skenovací hlavy ovládající galvomotory je nejčastěji analogová. Používá se analogových galvomotorů. Spíše by bylo lepší napsat galvoservo, protože vlastní galvoaktuátor má na své ose rotoru ještě připevněný kapacitní enkodér, tedy snímač polohy vychýlení galva, tedy zrcátka. Vychýlení je v několika málo desítkách stupňů, většinou například okolo 40°.

Velikost galva udává jeho točivý moment a tedy i velikost zrcátka, s kterým dokáže hýbat. Procházejícím proudem se galvo zahřívá a jeho maximální teplota může být až 110°C, z toho vyplývá také tepelná stabilita celého systému a následná přesnost značení. Pro představu, proudy do skenovacího galva používaného ve značících skenovacích hlavách jsou okolo 3 A. Galvo snese



Obr. 2 Skenovací hlava - princip vektoru



Obr. 3 Skenovací hlava - princip vektoru dmx

špičky proudu až 20 A. Platí, že čím je tepelně stabilnější galvo, tím je přesnost značení stabilnější. Tepelná odchylka může být typicky 5 µrad/°C (mikroradianů na stupeň celsia). Rychlost galva je například na pohyb a ustálení o 0,1° přibližně 100 µs (mikrosekund).

Snímač polohy býval kdysi odporový, ale nyní se téměř nepoužívá a je v nabídce kapacitní snímač polohy. Jeho přesnost, linearita je 99,9% přes 20° a například typicky 99,5% pro 40° mechanických stupňů.

Vzhledem k analogovému kapacitnímu snímání polohy galva, je použita analogová elektronika skenovací hlavy. Analogová je tedy zpětná vazba o poloze galva. Ovládání motoru galva je možné mít analogové nebo digitální. Analogové je stále rychlejší než digitální, ale stabilita a přesnost závisí na PID regulátoru ve zpětné vazbě elektroniky. Vyladěním PID regulátoru a analogového budiče, lze dosáhnout mnohem vyšších rychlostí než u digitálních skenovacích hlav. Existují varianty digitálních hlav, kde není použita žádná zpětná vazba o poloze a pouze se budí motor galva a předpokládá se ustálení polohy za nějaký čas (empiricky zjištěný). Hybridní digitální hlavy obsahují analogovou budící část pro motor a zpětnou vazbu a digitální část je na vstupu do skenovací hlavy.

Digitální skenovací hlava má obvykle 12bit slovo (rozlišení 4096 bodů na hranu značící plochy) nebo i větší hodnotu 16bit. Rychlé převodníky jsou drahé a vysoká rychlost u převodníku je také drahá, takže je zde kompromis mezi cenou a parametry rychlosti. Někdy je řídící jednotka s 16bit převodníkem a skenovací hlava je 12bit, pak se stavové slovo doplní o nuly na rozsah pro 12bit převodník (ze 16bit slova se udělá 12bit).

Skenovací hlava má díky PID regulátoru časovou závislost na ustálení polohy. PID regulátor je naopak velmi přesný a rychlý. Parametry ustálení se nastavují softwarově, řekněme nastavujeme právě charakteristiku PID regulátoru a optimalizujeme značení. Je možnost nastavit zpoždění:

Before Down
Zapálení laseru ještě dříve a pak jsou tečky před vlastním započetím pálení písmenka, galvo nedojelo na polohu, ale laser už je zapálený).

Before down delay:
Typická hodnota 350 µs (malá zrcátka menší hodnota např. 250 µs, větší zrcátka, větší hodnota).

After down delay:
Pro vláknový laser se nepoužívá tak často, většinou je 0 (někdy se dá 50 µs).

Galvo tak čeká na laser, než se zapálí (propálení produktu na začátku pálení).

Between vector delay:
Změna vektoru na jiný směr a čekání na této poloze před rozjetím na jinou polohu. To se často nepoužívá, ale někdy je dobré nastavit okolo 20 µs.

Before up delay:
Když nedopisuje vektor, dává se například 150 µm.

Jump Delay:
Je pro značení za pohybu na dopravníku (nepoužívá se při statickém značení).

Power step
Pouze pro CO_2 lasery - hodnota se pohybuje od 1 do 9. Jedná se o parametry, které definují řadu kroků, ve kterém výkon laseru dosahuje požadované hodnoty. Typická je hodnota 1.

Power delay:
Hodnota se pohybuje od 0 do 255. Je to doba zpoždění startu laserové emise ve vztahu ke snímací hlavě. Typická hodnota je 0 až 50. Tento typ zpoždění může nahradit doby prodlení.

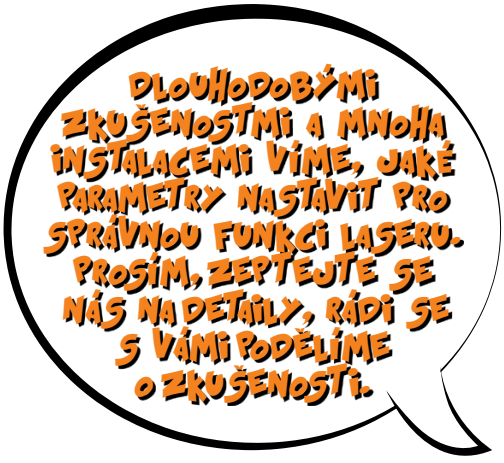
Before layer delay:
Někdy se používá v ms, například 500 ms.

Passes:
Opakování značení do stejného místa.

Wobbling:
Hodnota se pohybuje v rozmezí 0 až 15. Jedná se o parametr vytvářející chvění čar a textu. Pomocí parametru lze získat širokou linku. Typická hodnota je 0.

Optika laseru
Optika laseru má AR coating, což je povrchová úprava optiky, aplikovaná na čočky, která zabraňuje, respektive omezuje odrazivost světla od povrchu, což zlepšuje transmitanci - přenos laserového paprsku. Pro CO_2 lasery se používá optiky ZnFe, proto mají nažloutlý nádech. Existuje zde termín Feeding light - laserové světlo, které jde zpět do laserového oscilátoru, po té co laserový paprsek se dostane na produkt a odrazí se zpět přes optiku do oscilátoru. Tento odrazený paprsek není vhodný pro správný chod laseru, proto se používá optický izolátor.

Optický izolátor je součástka rozdílně polarizovaných sklíček, která zabrání odrazenému laserovému paprsku projít zpět do laserového zdroje. Je zde předpoklad, že laserový paprsek je směrově polarizovaný. Někteří výrobci laserů velmi riskují na úkor ceny laseru a nedávají do svých systémů Optický izolátor, což může velmi rychle poškodit laserový zdroj, nebo v lepším případě odrazený paprsek jen sníží výkon laseru.



Výkon a účinnost laseru

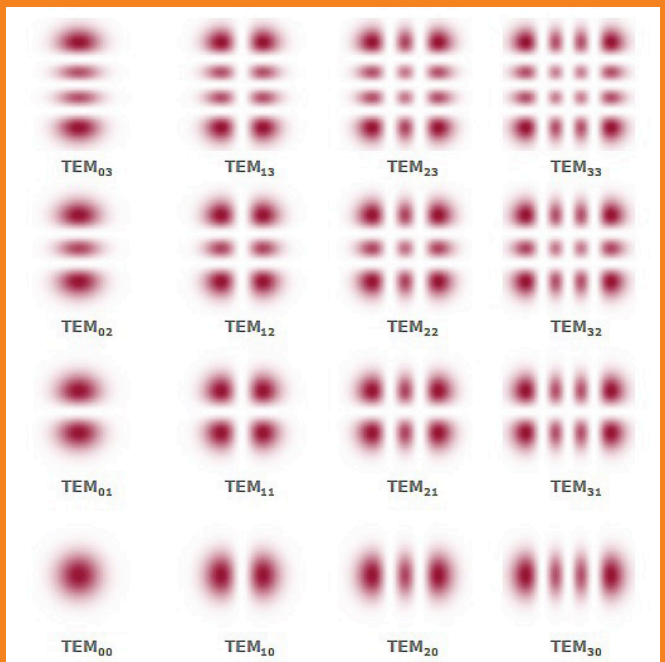
Výkon laseru
Množství energie vyzářené za určitý čas. Označuje se ve Wattech. Někoho možná překvapí, že existují lasery o výkonu mnohonásobně vyšším, než naše lasery použité pro značení (giga watty apod.). Jenže výkon je právě energie za čas. Tedy čím kratší je doba trvání záblesku, tím větší je vyzářená energie. Na značení se používá kontinuální paprsek CO_2 laseru o výkonu od 10 W do 100 W, ten „svítí" stále při značení.

Účinnost laseru
V porovnání s jinými typy laserů jako jsou například argon-iontové lasery s účinností 0,1%, jsou CO_2 lasery vysoce účinné a používají se pro kontinuální chod. Účinnost se pohybuje mezi 30%. Ale pak jsou zde i jodové lasery s účinností okolo 80%. Jde o poměr množství energie dodané a získané z laseru. Jen pro zajímavost, auto má účinnost okolo 20% a taky nám to stačí...

Jednou z největších účinností disponují vláknové lasery, které díky polovodičovým diodám převádí velmi velkou část svého příkonu na výkon laserového paprsku, který vzniká v aktivním optickém vlákně. Účinnosti se dosahuje okolo 25% a chlazení je vzduchem pro výkony do 50 W. Vláknové lasery jsou budoucí zdroje pro laserové značení a gravírování.

TEM módy laserového paprsku

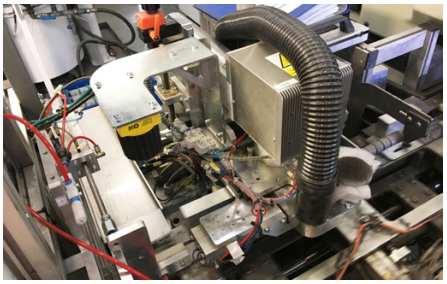
Každá aplikace laseru je unikátní a neexistuje stejné řešení už z principu nastavení laseru a kvality paprsku. Laser může mít rozdílnou kvalitu paprsku, jako je Multimode (MM), což jsou dvě soustředné kružnice s velkým bodem paprsku, nebo s TEM00 (Transverse Electromagnetic Mode), což je jeden velmi malý bod, nebo třetí variantou je cokoliv mezi uvedenými dvěma značeními. Nejlepší kvalitu paprsku a největší sílu má nejmenší bod s TEM00. TEM00 se používá pro značení do plastu. Různé varianty TEM módu paprsku vytváří více obrazců, dokonce i například tvar kružnic jako kytička. Jde o vlastnost nebo princip řešení rezonančního obvodu, kdy lze doladěním zrcadel v rezonátoru upravit jednotlivé Gaussové módy tak, aby se vytvořilo n bodů v horizontálním směru a m bodů ve vertikálním směru a taky q v osovém směru. Index v čísle TEM udává hodnotu nmq, tedy TEM s indexem TEM 00 je žádný další bod v žádné ose, tedy soustředné kružnice a nejsilnější a nejmenší stopa laserového paprsku. Při jiných módech můžeme hovořit o jistém typu frekvenční degenerace paprsku laseru.

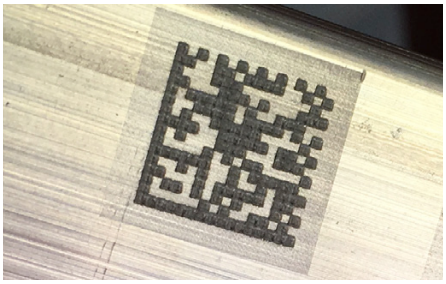


Traceabilita (dohledatelnost) dílů pro ABS pomocí datamatrix kódů z laseru

Bezpečnostní prvky aut jsou nejsledovanějším produktem v rámci kontroly výroby. Pokud se jedná o aktivní prvek bezpečnosti, pak musí být jeho identifikace už od surového hliníkového dílu z extruzní linky. Pro následné zpracování a výrobu ABS ventilového bloku je nutné zabezpečit hluboké značení do hliníkových profilů a strojní čtení dat z Datamatrix kódu. Dámy a pánové, Leonardo přichází s řešením.

Měděné a hliníkové díly špatně absorbují laserový paprsek a tak je nutné ke značení použít vysoký výkon. V projektu značení datamatrix kódů do hliníkových profilů, které se následně obrábějí na součásti ABS brzdného systému aut, je použit velmi výkonný 100 W vláknový laser Solaris e-SolarMark FL10. Ten díky svému výkonu dokáže vygravírovat potřebné značení několik desetin mm do hloubky, a to za méně než 3 sekundy. Vysoký výkon laseru se celý nespotřebuje na značení hliníkového dílu, ale dochází i k odrazům laserového paprsku. Pro laser jsou nebezpečné odrazy zpět do optiky laseru, kdy by zpětný výkon mohl poškodit laserové vlákno. Z toho důvodu laser obsahuje optický izolátor, který ochrání laser. Odrazy výkonu laseru jsou nebezpečné i pro člověka, proto celé místo značení je uzavřeno v automatu. Ihned po vyznačení kódu probíhá kontrola čitelnosti datamatrix kódu pomocí kamerového systému. Je tak zabezpečena 100% kvalita produkce.





BENEFITY

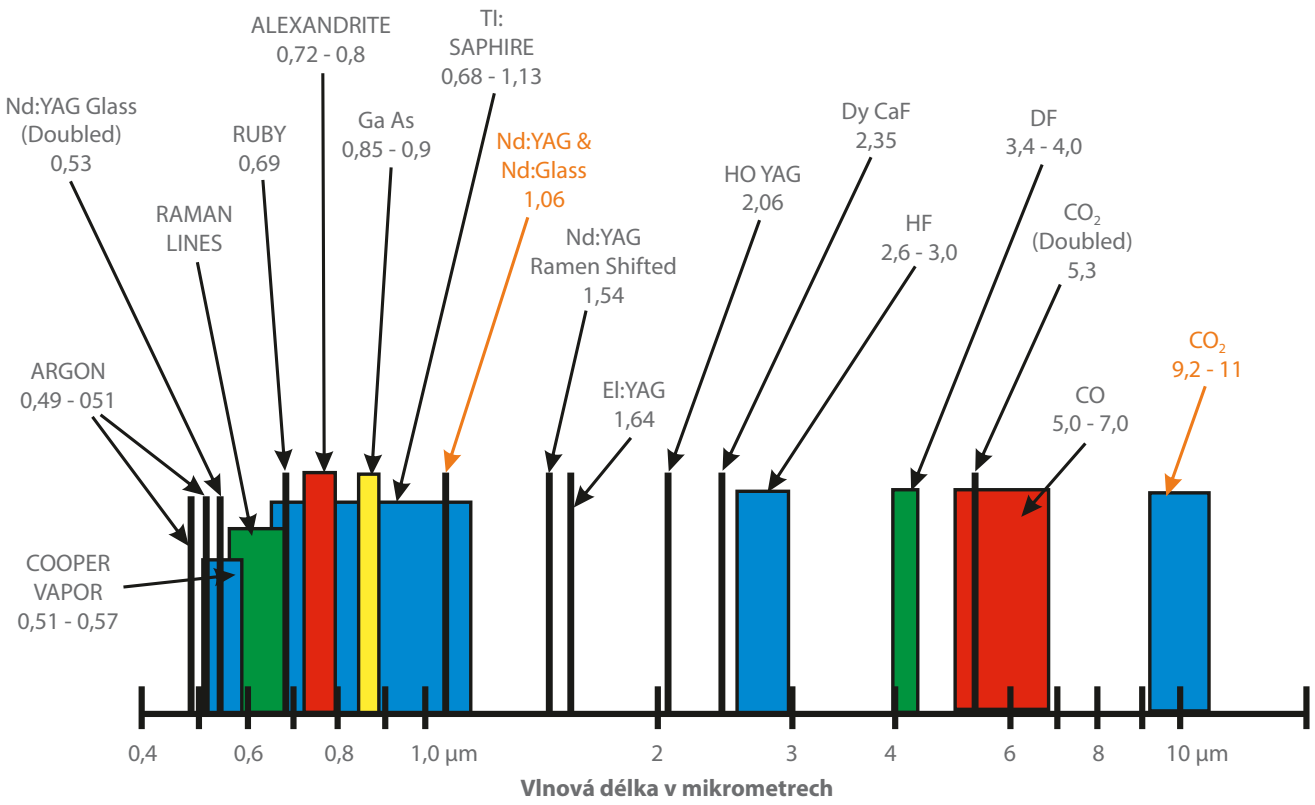
- Velká životnost laserového zdroje, až 150.000 provozních hodin
- Velký výkon laseru pro velmi rychlý proces výroby
- Snadná ovladatelnost laseru

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Možné dělení typů a druhů laserů

Samozřejmě existuje mnoho kritérií pro dělení laserů, my jsme si zvolily pouze základní přehled laserů a dělení dle globálního použití a výroby. Lasery se dají dělit podle materiálu aktivního prostředí nebo podle toho, jestli pracují nepřetržitě, stálou emisí záření (kontinuálně) nebo v impulsním režimu, pulsní emise záření. Podle aktivního prostředí lze rozdělit na pevnolátkové (krystaly například rubínu), kapalinové (barvivové) a plynové (například CO_2 lasery). Polovodičové lasery bych zařadil asi do pevnolátkových, protože laser vzniká v pevné polovodičové struktuře.

Skupenství aktivního prostředí:	pevná - látka Nd:YAG, Nd:YVO_4,Ti:safír,Yb:YAG, ale také vláknové lasery
	kapalina - Fluorescein, rhodamin (Aktivní prostředí je schopné zesilovat záření, které jím prochází díky stimulované emisi. Jedna z hlavních charakteristik laserového paprsku je vlnová délka, která je právě určena druhem aktivního kapalného prostředí)
	plyn - He-Ne, Ar, Kr, CO_2, KrO, (excimerové lasery)
	polovodič - GaAs, GaN, InAsSb (diodové lasery)(diskové lasery)
	plazmatické
Pevnolátkové lasery:	tyčové lasery (tyčinka dlouhá 15 - 20 cm, průměr několik mm - první lasery)
	vláknové lasery (optické vlákno dlouhé řádově v metrech, ale i 30 m a průměr 50 - 300 µm, například typicky pro gravírování a značení průměr 0,7 m double claddid)
	diskové lasery (disk průměru až 100 mm a tloušťky několik desetin milimetru)
Vlnová délka:	submilimetrové
	infračervené 780 nm - 1 mm
	viditelné světlo 360 nm - 780 nm
	ultrafialové 10 nm - 360 nm
	rentgenovské 10 nm - 1 pm
Excitace (buzení, „pumpování"):	excitace (buzení, „pumpování"):
	optickým zářením
	elektrickým polem, elektrickým výbojem
	chemickou reakcí
	elektronovým svazkem atd.
	tepelnými změnami
	rekombinací
	injekcí nosičů náboje
Počet energetických hladin:	dvou, tří, vícehladinové
	molekulární
	elektronové
	jaderné
Režim práce:	pulzní (PW)
	kontinuální (spojitý) CW
	impulsní (Qs) - vysoce energetické pulsy s nízkou opakovací frekvencí, využití v oblasti vědy
Pulsní lasery dle délky pulsu:	milisekundy - pro pulsní svařování (dlouhé pulsy)
	mikrosekundy až nanosekundy s vysokou opakovací frekvencí (gravírování) (krátké pulsy)
	pikosekundy až femtosekundy (mikroobrábění bez tepelného ovlivnění) (velmi krátké pulsy)
Použití v průmyslu:	lasery na řezání
	lasery na svařování a pájení
	lasery na gravírování a značení
	lasery na vrtání
	lasery na mikroobrábění
	lasery na kalení
	lasery na dekoraci skla
	lasery na zaměřování a měření vzdáleností
	lasery v medicíně na oční, dermatologické, chirurgické, onkologické
Holografické lasery:	hologramy
Dle výkonu:	malé výkony od 3 W do 10 W nebo někdy se uvádí až do 100 W
	velké výkony 100 W až do 100 kW zde je to velmi rozdílné
Podle typu laserové hlavy:	pevná hlava a pohyblivý stůl
	pevná hlava s galvo vychylováním - skenovací hlava
	pohyblivá hlava (ploter, robot)



Obr. 1 Druhy laserů

Dle vlnové délky

- **10,6 µm** (také 9,3 µm nebo 10,2 µm) - typické pro CO_2 lasery. Široký rozsah pro značení etiket, odebírání plastových materiálů, barev, lepidel, také pro řezání a vrtání
- **1090 nm** - lasery typu YB (Ytterbium), mají velmi vysoký výkon a excelentní efektivitu chlazení. Velmi dobře lze uchladit jejich vysoký výkon. Dobré pro značení kovů a plastů.
- **1064 nm** - Nd:YAG (Yttrium Alluminium Garnet) které se používají pro mnoho značení, takový univerzální laser pro značení do kovu nebo plastu. Podobným typem je $Nd:YVO_4$ (Yttrium Vanadate), který má obdobné vlastnosti, ale má mnohem vyšší špičkový výkon a extrémně stabilní výkon paprsku. A také vláknové lasery, které se vyznačují velmi vysokou životností a kvalitou paprsku.
- **630 nm** - červený laser - HeNe - často používaný pro měřící systémy. Může být jak polovodičový, tak i plynný laser.
- **650 – 905 nm** polovodičové lasery GaAs, GaAlAs, GaInAs
- **532 nm** - zelený laser, jde o druhou harmonickou z 1064 nm pro Nd:YAG lasery. Používá se pro značení a procesy jako jsou silikonové/křemíkové destičky při výrobě čipů, značení plastů, vysoce odrazivé materiály a kovy. Nově do této skupiny patří i vláknové lasery v zeleném spektru.
- **488 nm – 514 nm** Argonové lasery, tedy plynné lasery, primárně použité pro vědecké účely a biomedicínu.
- **355 nm** - UV lasery používající se pro mikroděrování, opravu LCD a značení plastů, kovů a vysoce reflexních povrchů.
- **330 nm – 1300 nm** - kapalné lasery používané pro vědecké účely. Kapalina je vybuzena často laserovým světlem a vzniká fluorescence.
- **224 nm – 248 nm** - Lasery typu čtvrté harmonické Nd:YAG laseru jsou například z NeCu nebo HeAg a jsou kvazikontinuální (quasi CW).
- **193 nm** - Obecně se jim říká taky Deep UV - nebo jsou označované jako DUV lasery, pro které je světlo o vlnové délce menší jak 200 nm a je problémové jej přenést mimo vakuum. ArF (193 nm) a F2 (157 nm) eximer lasery spadají do této kategorie - vakuum ultra fialového světla. Plynný laser, používá se kombinace inertního plynu a vodíku. Vytváří se tak krátké pulsy v UV spektru. Hlavně se používá pro zdravotní průmysl, přesněji k odpaření povrchu z čočky lidského oka (korekce dioptrií).

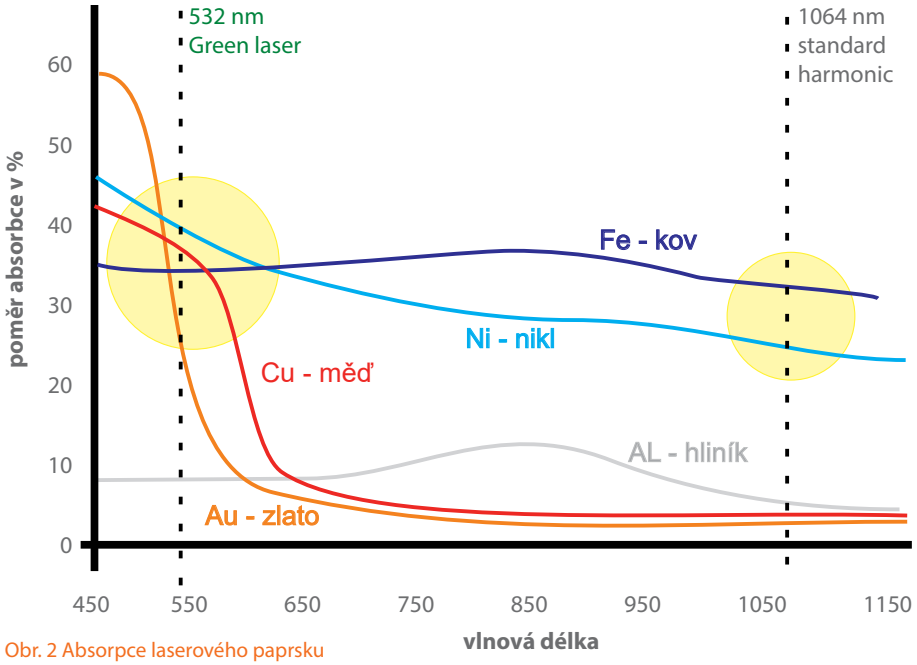
Věděli jste, že ....?

Z vlnové délky a výkonu laseru lze spočítat počet fotonů vyzářených z laseru. Energie jednoho fotonu je úměrná jeho frekvenci a Planckově konstantě. Počet fotonů vyzářených za sekundu spočítáme tak, že vydělíme celkovou energii vyzářenou laserem za 1 sekundu (tj. jeho výkon) energií jednoho fotonu. Je zde jeden platný předpoklad, že foton má nulovou klidovou hmotnost a vždy se pohybuje rychlostí světla. Takže pokud víme přesný výkon, frekvenci, dostaneme přesný počet vyzářených fotonů.

Pro představu laser o vlnová délce 1064 nm a výkonu 30 W vyzáří $3{,}517 \times 10^{24}\ s^{-1}$ fotonů.

Pevnolátkové lasery

Typickým zástupcem je rubínový laser, který byl vůbec první fungující laser na světě. Stále používá krystal syntetického rubínu, ne však tmavě červené barvy, ale již barvy růžové. Pro vybuzení se využívá často xenonové výbojky nebo polovodičových velkoplošných diod. Tento laser pracuje zpravidla v impulsním režimu, kde v miliontině sekundy vyzáří výkon řádově miliony wattů. Musíme si uvědomit, že tak velký výkon je za velmi krátkou dobu. Pro značící účely jsou výkony laserů 8 W až 30 W. Pro tak velké výkony je nutné mít chlazení laseru, které je většinou vodní. Dnes se však již moc nepoužívá pevnolátkový rubínový laser, byl nahrazen polovodičovými lasery známé jako vláknové lasery. Tento laser generuje světlo ve 2 vlnových délkách 692,9 nm až 694,3 nm (červené světlo, jako budící) a druhá vlnová délka 1062 nm, která výkonově převládá, je výstupní laser pro značení. Dále je velmi rozšířen yttriumaluminiový granát s příměsí neodymu, případně chromu (Nd:YAG resp. Cr:YAG). S trochou nadsázky, k čerpání se dá využít světlo i obyčejné žárovky, ale často se používá xenonová výbojka atp. Dá se také provozovat v kontinuálním i impulsním režimu. Musí se však stejně jako rubínový laser nuceně chladit, protože při velkých čerpacích výkonech se krystal značně zahřívá. Generuje v oblasti IR (1064 nm - infračervené záření). Pro budoucnost je velmi perspektivní také sklo a dielektrické krystaly. Sklo, nekrystalický materiál,



Obr. 2 Absorpce laserového paprsku

se dá vyrobit s velmi vysokou kvalitou a je možné jej dopovat různými prvky. Často se dopuje neodymem, vyzařuje též v IR (infračervené) oblasti.

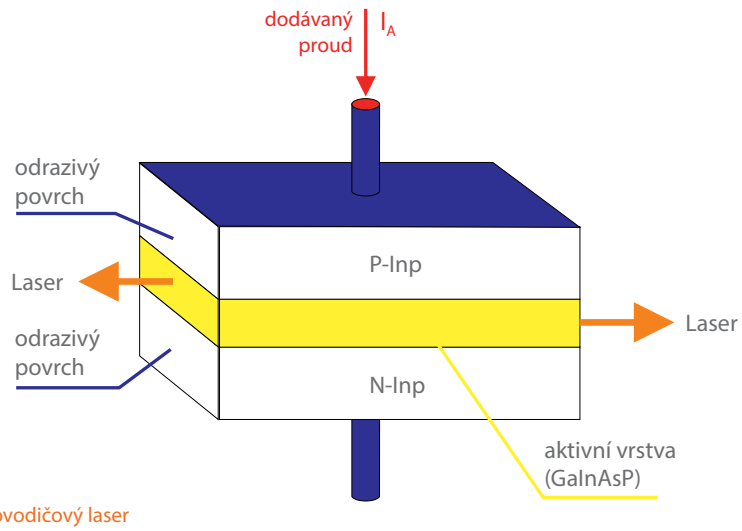
Nyní něco o konstrukčním uspořádání. Pevnolátkové lasery se umisťují do odrazivé komory (dutiny) s kruhovým, lépe eliptickým průřezem. Do jednoho ohniska v případě eliptické dutiny se umístí krystal, do druhého budící lampa (výbojka). Odrazivost dutiny by měla být co možná největší (kvůli ztrátám). Některé paprsky z výbojky se nemusejí nikdy dostat do krystalu, jiné se třeba částečně utlumí. Celková účinnost těchto laserů je však velmi malá (0,1 až pár %). Je to dáno hlavně kvalitou odrazivé dutiny a také značným zahříváním krystalu. Další lasery - Ho:YAG, Er:YAG, Safírový, Alexandritový atp.

Kapalinové (barvivové) lasery

Jejich obrovskou výhodou je, že se dají přeladovat na jiné vlnové délky, tudíž mají velmi značné využití ve spektrometrii. Jako aktivní prostředí kapalinového laseru jsou využívány roztoky organických barviv. Výhodou tohoto typu je nastavení různé vlnové délky od 300 nm do 1500 nm. Jako aktivní prostředí zde slouží různá barviva, např. Rhodamin 6G, Rhodamin B, Fluorescein, Alizarin, různé Coumariny a další, rozpuštěné například v lihu, destilované vodě. Vrátíme se k pokrokové myšlence, že barviva je možné také rozpustit ve skle, tedy vznik „skleněných laserů". K jejich buzení se dá využít světlo jiného laseru, velmi často se používá laseru dusíkového, který generuje v oblasti UV. Rovněž se dá využít světlo z nějaké výbojky. Podobně jako pevnolátkové lasery se umisťují do odrazné dutiny, rezonátoru, v případě buzení výbojkou. V případě buzení jiným laserem je uspořádání trochu jiné, což je spíše pro vědecké účely a použití. Jak ladit a přeladovat tyto lasery? Je to jednoduché, do rezonátoru se umístí difrakční mřížka. Jejím natáčením se mění barva, vlnová délka výsledného světla. Nebo se difrakční mřížka může vynechat, a výstupní paprsek laseru jednoduše rozložit např. hranolem a pak použít jen potřebnou část spektra, kdy se vybere pouze vhodná vlnová délka. Použití s hranolem je velmi časté a jednoduché. Z důvodu degradace aktivního prostředí kvůli vnesenému teplu a světlu při buzení není tento typ laseru v průmyslové oblasti příliš rozšířen.

Plynové lasery

Existují různá provedení těchto laserů. K jejich buzení se povětšinou používá vysokonapěťový doutnavý elektrický výboj. Existují samozřejmě i výjimky, např. Argonový laser, který se budí také elektrickým proudem, ale o malém napětí. Elektrody tohoto laseru musejí být velmi odolné, jelikož jsou v trubici velké proudové intenzity a opotřebovávají se. Elektrický proud předává svoji energii neexcitovaným atomům - to platí také skoro pro všechny plynové lasery. I zde existují výjimky, např. jde o expanzní CO_2 laser, jehož princip zde popisovat nebudeme. Velmi rozšířené jsou kontinuální CO_2 lasery, užívané pro řezání, značení, vrtání atd. V trubici tohoto laseru slouží jako aktivní prostředí směs plynů, a to CO_2, He a N v různých poměrech podle užití. Trubice musí být z křemenného skla, protože se aktivní prostředí velmi zahřívá. Chlazení je nezbytné - jako chladící médium se používá voda, olej, nebo různé jiné roztoky. Pro malé výkony, řekněme do 100 W, je možné použít vzduchové chlazení. Lepším řešením je průtok CO_2 plynu, pak se skleněná trubka tak nezahřívá. CO_2 lasery dosahují i v kontinuálním provozu velkých výkonů (řádově kW). V impulsním režimu i několik desítek TW (terawattů). Tento laser svítí infračerveným světlem o vlnové délce 10,6 μm, ale používají se i lasery na jiných vlnových délkách, například 9,4 μm. Dalšími plynnými lasery proběhneme rychle - nepoužívají se komerčně ke značení. Jedná se například o tzv. HeNe laser. Jeho výhoda je, že má velmi malou divergenci (rozbíhavost) paprsku, tudíž se hodí na zaměřování, ale to spíš dříve a ve vojenském průmyslu. Nyní jej nahradily polovodičové lasery (více například v sekci o vláknových laserech). Generuje většinou v oblasti červenooranžové (632,8 nm), při které má výkon v řádu desítek mW. Také dokáže svítit zeleně, žlutě, ale opět i v IR oblasti. V IR oblasti je výkon v řádu stovek mW. Vše záleží na směsi plynů, tlaku a hlavně na zrcadlech v rezonátoru. Aktivní prostředí, jak už sám název napovídá, je směs plynů helia a neonu. Jako aktivní prostředí zde slouží neon, helium jen podporuje jeho činnost a slouží jako zásobárna energie. Tlak v trubici je malý, řádově desítky až stovky Pa. Budí se vysokonapěťovým doutnavým výbojem. Existuje nepřeberné množství plynových laserů, pro příklad a všeobecný přehled některé uvedu - Argonový (modrý, zelený), Dusíkový (UV), laser s parami Mědi (zelený), Jódový (viditelné, IR) a mnoho dalších. Plynové lasery lze rozdělit na fotodi-



Obr. 3 Polovodičový laser

Tab. 2 Rozdělení laserů Solaris

Laser	Vlnová délka (nm)	Typ laseru Solaris	Buzení	Efektivita přeměny elektrické energie na optickou	Režim	Výkon / Energie	Typické aplikace Solaris laserů	Životnost ~ (h)
1. Nd:YAG Nd:YVO_4	1064	**e-Mark DLA6**	Laserové diody	~7%	Pulsní Q switch	6 W, 8 W	Značení, gravírování	20.000
		e-SolarMark DL				10 W, 20 W	Značení, gravírování, plast, kov, řezání, svařování,	
2. CO_2	10 600	**e-Mark Eco**	Radio frekvenční RF generátor	~25%	Pulsní (0 – 20 kHz)	10 W	Značení, gravírování, řezání, organických materiálů, nekovů (do kovu neudělá nic, pokud je kov lakovaný, odpálí jen barvu)	45.000
		e-Mark				10 W		
		e-SolarMark				10 W, 30 W, 55 W, 100 W		
		e-SolarMark HD				30 W, 55 W, 100 W		
	10 200	**e-SolarMark**				30 W, 55 W, 100 W		
	9 300	**e-SolarMark PET**				20W, 45W		
	9 300	**e-SolarMark HD PET**				20W, 45W		
3. Vláknový	1070	**e-SolarMark CFL**	Laserové diody budící aktivní dvojité optické vlákno	~30%	Kontinuální	20 W	Značení, gravírování, plast, kov, řezání, svařování	150.000
		e-SolarMark FL			Pulsní (20 – 250 kHz)	10 W, 20 W, 30 W, 50 W, 100 W		
		e-SolarMark FLS			Pulsní (20 – 100 kHz)	20W		
4. Diodový	808 – 980	**e-SolarMark**	Laserové diody	~6%	Pulsní	8W, 10W, 20W	Značení, gravírování, plast, kov, řezání, svařování	15.000
5. Green	532	**e-SolarMark GDL**	Laserové diody	~3%	Pulsní (20 – 80 kHz)	5 W, 10 W	Značení, gravírování, plast, kov	15.000
6. UV	355	**e-SolarMark DL-V**	Laserové diody	~2%	Pulsní (20 – 60 kHz)	5 W, 20 W	Značení, gravírování, plast, kov	15.000

Poznámky

1. Má velkou energii pulsu, větší než vláknový laser a proto dosahuje na některých plastech vyšší kontrast jak vláknový laser. Nevýhodou je nižší životnost oproti vláknovému laseru.
2. Jeden z levných průmyslových laserů na značení plastů v automotive a typický představitel datumování v potravinářství. Různé vlnové délky laseru mají odlišnou reakci na plastech, kdy některé plasty pění (uvolní plyny z plastu, které v rozteklém plastu vytvoří bublinky).
3. Preferovaný laser do průmyslu v porovnání s Nd:YAG a Nd:YVO_4, pro svou životnost. Kontinuální laser se používá na značení fóliového materiálu v potravinářství.
4. Časté použití na svařování plastů pro svou vysokou absorpbci laserového paprsku v plastu. Pro značení je dražší jak vláknový laser nebo lasery vlnových délek 1064 nm.
5. Zelený laser často značí na problémové plastové materiály a je velmi studený laser, nezahřívající okolí značení.
6. Velmi studený laser s překvapivými vlastnostmi na některé plasty, ale taky i kovy, jako je například zlato. Typické použití, značení kabelů pro letecký průmysl, kdy nepoškodí do hloubky izolaci.

sociační, atomové, iontové, molekulární, excimerové, elektroionizační, plynové-dynamické, chemické.

Polovodičové lasery

Aktivním materiálem je vlastní polovodič nebo příměsové polovodiče. Podle buzení je lze dělit na lasery s elektronovým svazkem nebo buzené elektrickým proudem. Aktivní prostředí polovodičových laserů je polovodičový materiál, ve kterém jsou aktivními částicemi nerovnovážné elektrony a díry, to znamená volné nosiče náboje, které lze injektovat. Vyznačují se kompaktností a velkou účinností, dosahující až 50%. Předností je také spektrální přeladění v širokém pásmu (ve vlnových délkách od 0,3 μm do 30 μm). Nevýhodou je rozbíhavost generovaného paprsku a to hlavně na teplotě aktivního polovodičového materiálu. Představitelem polovodičových laserů je laser buzený svazkem elektronů - nazývaný diodový laser, kde aktivní prostředí je tvořeno blokem polovodičů. Aktivní prostředí jsou galium arsenid (GaAs), kadmium sulfid (CdS) a kadmium selen (CdSe). Výstupním paprskem diodových laserů jsou obdélníkové plochy.

Pokud budeme dělit polovodičové lasery dále, je zde injekční polovodičový laser, kde aktivním materiálem je polovodič P a N. Rezonátor je tvořen vybroušenými stranami polovodičového materiálu. Odrazem od zrcadel otevřeného rezonátoru a mnohonásobným přechodem oblastí přechodu vzniká laserové záření. Nejznámější je GaAs polovodičový laser.

Přímá a úhlové skenovací hlavy na CO_2 laseru Solaris e-SolarMark ▶

▼ CO_2 Laser Solaris e-SolarMark

▼ Mobilní stanice s vláknovým laserem Solaris e-SolarMark FL

Vláknové lasery

Jejich budící diody jsou polovodičové, single-mode diode pumping (velkoplošné MM-multi mode čerpací diody), které emitují výkon (malým optickým vláknem) na stranu optického multi mode vlákna (složeného vlákna s větším průměrem - double cladding) a vytváří budící světlo, které je absorbováno v ytterbium atomech v single mode optického vlákna - tzv. aktivní optické vlákno. A nyní laicky řečeno - optické vlákno je aktivní, tedy nepřenáší pouze výkon z laserových diod, ale zvyšuje tento výkon. V praxi si lze představit středové optické vlákno, které je obklopeno druhým vláknem, tak jako by v jednom tlustém vlákně bylo ještě jedno menší. Budící diody svítí do velkého optického vlákna a světelný tok působí na vlákno, které je umístěné uvnitř tohoto velkého vlákna. Vnitřní vlákno obsahuje právě aktivní prvek a tím je ytterbium (jako u pevnovláknového laseru, kde je pevná tyčka krystalu dopovaného také ytterbiem). Budící optické diody mají jinou vlnovou délku - budící vlnová délka laseru - než je výsledný paprsek laseru, který vznikne v aktivním vlákně umístěném ve středu velkého / tlustého vlákna. Více diod dokáže pumpovat v optickém vlákně vysokou energii s perfektní kvalitou paprsku. Je zde ještě jeden velmi důležitý princip pro získání laserového paprsku a tím je vysoce výkonný optický zesilovač. Optický zesilovač konvertuje malý světelný signál z budících diod do výkonného paprsku, často tisíckrát silnější, ale identický jako originál. Zvětšení výkonu se dosáhne použitím také více laserových diod. Je zajímavé, že teplo generované v optickém vlákně je odváděno velkou plochou a není potřeba aktivní chlazení. Protože aktivní vlákno může jen podporovat a podpořit přenos laseru, kvalita paprsku není závislá na pracovním výkonu laseru. Jednoduše řečeno, aktivní optické vlákno je obdobou pevného krystalu a je stejně tak buzené diodami a stejně tak jako v krystalu vznikne laserový paprsek, tak i v aktivním optickém vlákně vzniká laserový paprsek.

Dělení laseru dle buzení - Excitace

Buzení, „pumpování", čerpání a podobné názvy vyjadřují druh použité energie dodané do aktivního prostředí, pro spuštění laserového paprsku. Kromě uvedených metod k excitaci laserového paprsku se používají i jiné metody, které patří spíše do laboratorních podmínek, než do běžného průmyslového použití – buzení vysoce energetickým elektronovým svazkem, expanzí horkého plynu aj.

Optické buzení

Energie, potřebná ke vzniku laserového záření, se dodává ve formě světelného záblesku. Například v rubínovém laseru je rubínová tyčinka vložena do spirálové výbojky (první typ laseru). Jejím zábleskem dojde k přechodu atomů na vyšší hladinu, při jejich návratu do základního stavu se část této energie vyzáří ve formě laserového záblesku. Používá se u pevnolátkových a kapalinových laserů. Zdrojem světelného záblesku může být vysokotlaká výbojka nebo blok laserových diod napájených vysokým proudem (typicky okolo 80 A). Životnost takových laserů často závisí právě na životnosti optického buzení. Typická doba životnosti pro Lamp pumped laser je asi 3000 hodin. Pro lasery buzené diodovým blokem je doba životnosti asi 20.000 hodin.

Pozor na vláknové lasery, které jsou buzeny laserovými diodami, ale jejich výkon není tak velký, proto nejsou tolik namáhány a životnost u vláknových laserů je daná životností laserových diod, což se odhaduje až na 150.000 hodin.

Buzení elektrickým polem

Základem je elektrický výboj, ke kterému dochází v plynové náplni laseru. Lasery pracují v kontinuálním provozu a jejich výkon se dá měnit změnou objemu plynu nebo jeho plynulou cirkulací. Často bývá tento princip použitý u CO_2 laserů, kdy jsou v trubici umístěny většinou dvě elektrody (měděné velkoplošné elektrody), které zapálí výboj v CO_2 plynu a spustí emitování laserového paprsku. V praxi je možné mít laser se stálou náplní CO_2 plynu, která v laserové trubici zůstává po celou dobu životnosti laseru (8 let a více). Nebo je trubice plněná CO_2 plynem, který prochází trubicí a zároveň ji chladí. Zde se pak mění výkon laseru právě průtokem plynu. K zapálení se používá RF generátor.

Chemická excitace

K čerpání energie do aktivního prostředí se využívá energie exotermických chemických reakcí. První chemický laser byl zkonstruován roku 1965 a využíval reakce vodíku s chlorem. Později se začala používat reakce vodíku s fluorem. U jiného typu se získává energie disociací (štěpením) molekul jódu ultrafialovým zářením.

Identifikace bezpečnostních prvků laserem pro větší bezpečí v autě

Hlavové opěrky v autech neslouží jen pro naše pohodlí, ale hlavní funkcí je naše bezpečnost, neboť správně nastavená hlavová opěrka nám může zachránit i život v případě nárazu jiného vozidla do zadní části auta. Proto sledování výroby a zpětné vysledování použitých dílů (traceability) je velmi důležitá identifikace o to víc, jelikož jde o bezpečnostní prvek v automotive.

Mechanismus, pomocí kterého se hlavové opěrky nastavují, nese laserové značení od Leonarda. Kvůli příznivému poměru výkon/cena je použita ekonomická varianta laseru Solaris e-SolarMark FLS. Jedná se o vláknový laser o výkonu 20 W s velmi kvalitním laserovým zdrojem, jehož životnost je až 150.000 provozních hodin a vlnovou délkou 1062 nm. Laser má navíc malé integrační rozměry, díky kterým je vhodný pro implementaci do výrobních linek a jednoúčelových strojů v automotive produkci.

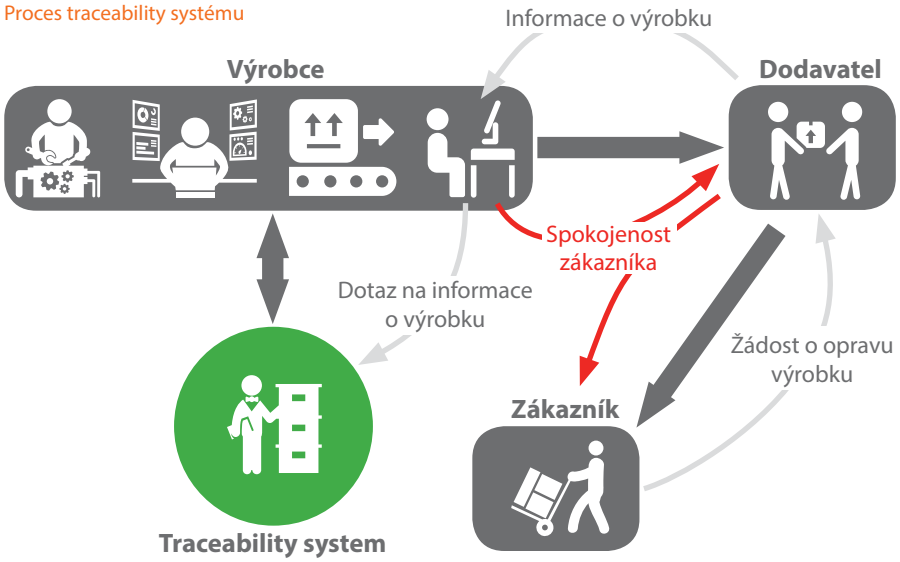
Značení je prováděno staticky, e-SolarMark FLS zvládá i značení za pohybu „On The Fly" na různé druhy kovů a plastů včetně polyethylenu s vysokou hustotou (HDPE), polypropylenu OPP, ABS, nerezové oceli a titanu.

Laser Solaris e-SolarMark FLS

Laser eSolarMark FLS je vybaven autonomní řídicí jednotkou CU0, která splňuje bezpečnostní normy pro ovládání laseru bez použití PLC a PC, včetně tlačítka „total stop". Autonomní jednotka je vybavena informativním malým displejem a čtyřmi tlačítky.

Celé laserové pracoviště je navíc vybaveno odsávací jednotkou BOFA, které zabezpečuje odsávání zplodin z prostoru značení laserem. Díky tomu nedochází k usazování zplodin na optice laseru, což by zapříčinilo její zničení. Navíc vzduch se zplodinami je filtrován přes uhlíkové HEPA filtry. Takto vybavené laserové pracoviště je velmi čisté a nedochází ke kontaminaci okolí, dbá se tak na zdraví obsluhy i všech pracovníků a chrání jejich respirační systém.

Proces traceability systému

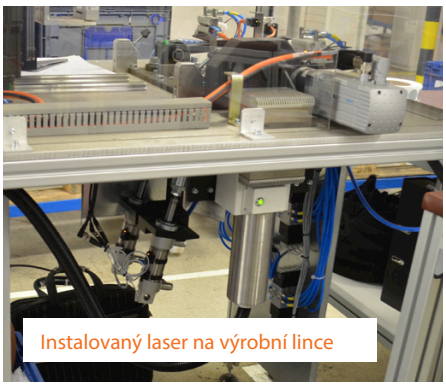


BENEFITY

- Velmi příznivý poměr výkon/cena
- Komplexně řešené pracoviště společně s filtrací vzduchu
- Dlouhá životnost laseru a jeho vysoká spolehlivost
- Velké zkušenosti Leonarda, jako dodavatele do Automotive

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Značení je velmi kontrastní a stálé



Instalovaný laser na výrobní lince

Pro zvýšení ochrany před ohněm FireBox 100

Vzácně může při nasávání hořící žhavý kousek nebo jiskra vznítit nečistoty a plyny ve filtrech. Možný oheň, který je uvnitř odsávací jednotky buď poškodí celou jednotku, nebo dokonce může zapříčinit požár, který se rozšíří i na další prostory mimo odsávací jednotku. Pro procesy, ve kterých taková nebezpečí byla zjištěna, je vhodné instalovat dodatečnou ochranu v podobě FireBox jednotky, která uhasí případný požár v odsávacím systému.

Princip spočívá v umístění hasicího přístroje přímo v odsávací jednotce. K aktivaci hasicího přístroje a vypuštění prášku dojde v případě, že teplota na jeho povrchu je větší než 63 °C. Zařízení FireBox 100 může být také použito pro připojení 230 V AC (13 A) dalšího zařízení, jako je například odsávací jednotka.

Jak hasicí přístroj funguje

Mechanismus hašení funguje na základě patentované konstrukce, která zabezpečí znemožnění hoření a ze speciální plastové hadice, která je stočená kolem vnitřní strany víka filtračního boxu, který zpomaluje hoření v případě požáru. Vzniká tak ochrana odsávacího zařízení proti zápalu a požáru, stejně tak i jiných zařízení v okolí.

Hasicí cívka

Účelem této speciálně navržené cívky je aktivovat zpomalovač hoření v okamžiku, kdy plamen taví trubku, tedy při přibližně 63 °C. Jakmile je spuštěn hasicí přístroj, okamžitě se aktivuje tlakový spínač a vypne stykač, který odpojí jednotky odsávání.

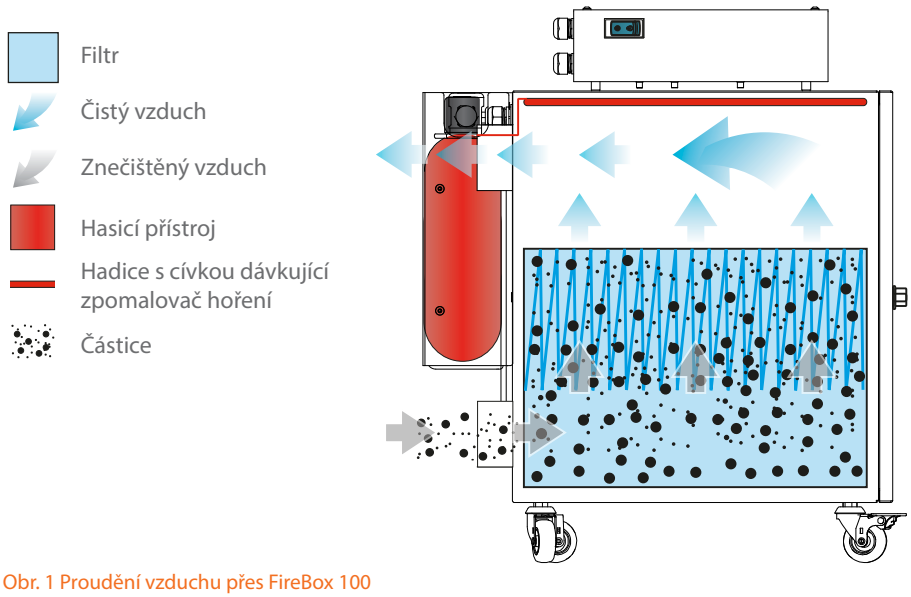
Teplotní senzor

Jako sekundární a další bezpečnostní opatření, má filtrační jednotka teplotní senzor, který je umístěn v dráze proudění vzduchu.

Ten může být uživatelem nastaven pro měření teploty vzduchu, který se zvýší v případě požáru, nebo teplého vzduchu z linky od vstupní části samotného filtru.

Standardní vlastnosti

- pojezdové kolečka pro snadné přemístění
- malé zástavbové rozměry s velkým odsávacím výkonem
- patentovaný systém zhášení plamene
- citlivý senzor teploty
- velmi nízká úroveň hluku
- status warnings
- ovládání / vypínání externích zařízení



Obr. 1 Proudění vzduchu přes FireBox 100

Obr. 2 FireBOX 100 je vybaven hasicím přístrojem a samozhášecím filtrem DeepPleat DUO

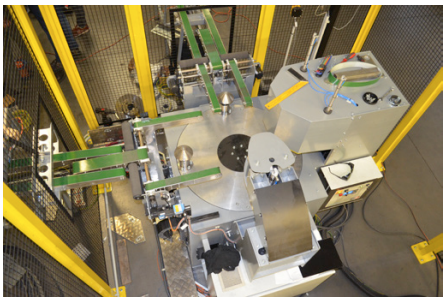
Brzdové kotouče aut identifikuje laserové značení

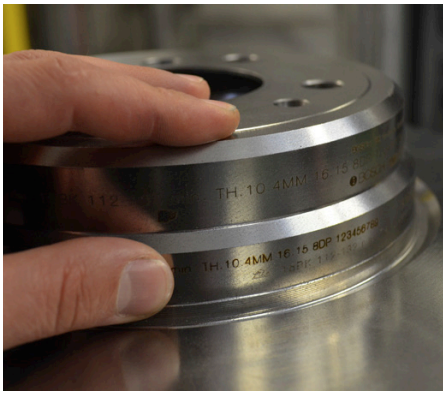
Leonardo čekala velká výzva v podobě implementace značení na brzdové kotouče za pohybu, při jejich rotaci. Produkce brzdových kotoučů je rozmanitá, co do počtu průměrů, velikostí, výšek a hmotností. Proto vznikal velmi komplikovaný automat s variabilním nastavením dopravníkového pohonu a manipulátorem pro XZ osu celé skenovací hlavy. Díky více jak 14leté zkušenosti v oboru průmyslového značení a konstrukční kanceláři s důvtipnými a nápaditými konstruktéry jsme realizovali jeden z nejzajímavějších projektů.

Po zhlédnutí celého pracoviště v době automatického přenastavení na jiný brzdný kotouč, vznikla myšlenka, že pracoviště je spíše inspirováno postavičkami Transformers. Veškeré dopravníkové pásy jsou variabilně nastavovány, co do šířky, výšky i délky pojezdu. V době změny produkce se tak celý dopravníkový systém rozjede a přetváří se do jiných tvarů, stejně jako postavičky Transformers.

Ke značení brzdových kotoučů byl použit výkonný 50W vláknový laser Solaris e-SolarMark FL, který je dostatečně silný, aby bylo značení nejen kontrastní, ale také dostatečně hluboké. Značení se provádí po obvodu brzdových kotoučů při jejich otáčení, tedy za pohybu. Aby byla dodržena zaostřovací vzdálenost na různé produkty, je laserová hlava umístěna na XZ manipulátoru, který zaostřuje laser dle předvolené produkce.

Složitý projekt v rámci manipulace s díly je zvládnut a permanentní laserové značení nyní identifikuje brzdové kotouče z produkce pro auta, autobusy a kamiony.



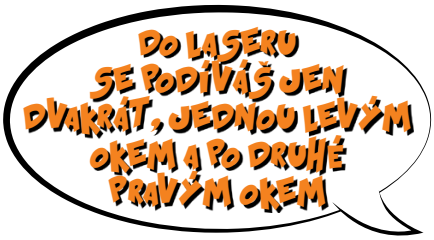


BENEFITY

- Rychlost v přenastavení produkce
- Jednoduché zadávání dat pro značení přes Ethernet komunikaci s PLC
- Velmi vysoký výkon vláknového laseru
- Dlouhá životnost laseru, až 150.000 hod

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Bezpečnost laseru Třídy 1 až 4



Elektromagnetické spektrum (někdy zvané Maxwellova duha) zahrnuje elektromagnetické záření všech možných vlnových délek. Elektromagnetické záření o vlnové délce lambda, (ve vakuu) má frekvenci f a jemu připisovaný foton má energii E.

Vztah mezi nimi vyjadřují následující rovnice:

$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad E = h \cdot f$$

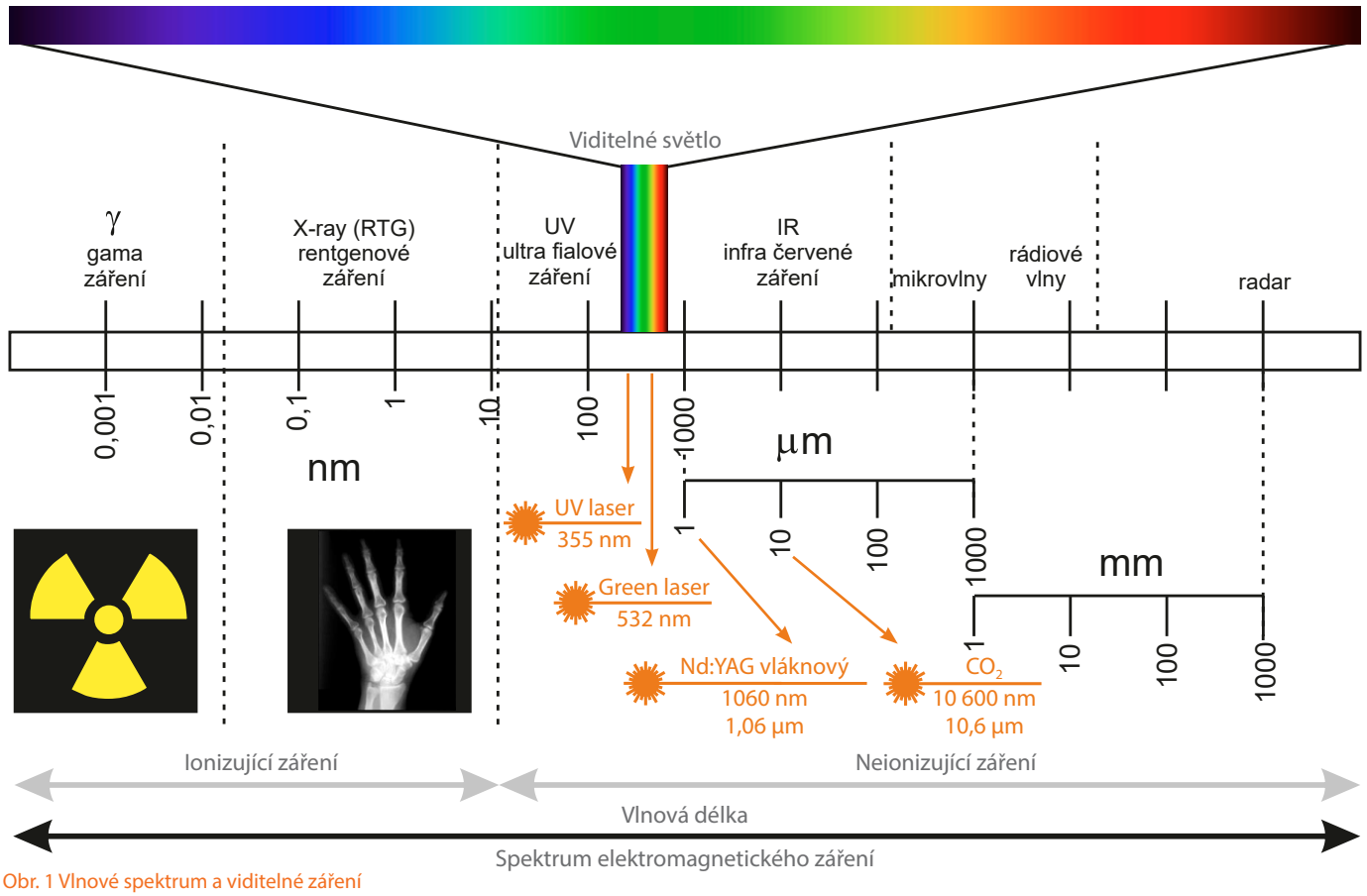
kde
c je rychlost světla (3×108 m/s)
$h = 6.65 \times 10^{-34}$ J·s = 4.1 μeV/GHz je Planckova konstanta.

Přestože je dělení celkově přesné, může občas dojít k překryvům sousedních typů. Například některé záření gama může mít delší vlnovou délku než některé rentgenové záření. To je možné proto, že záření gama je jméno pro fotony vzniklé při jaderném štěpení a jiných jaderných procesech, zatímco rentgenové záření vzniká jako brzdné záření či charakteristické záření elektronu. Překryv tu tedy nastává proto, že paprsky určujeme dle původu a nikoli dle frekvence.

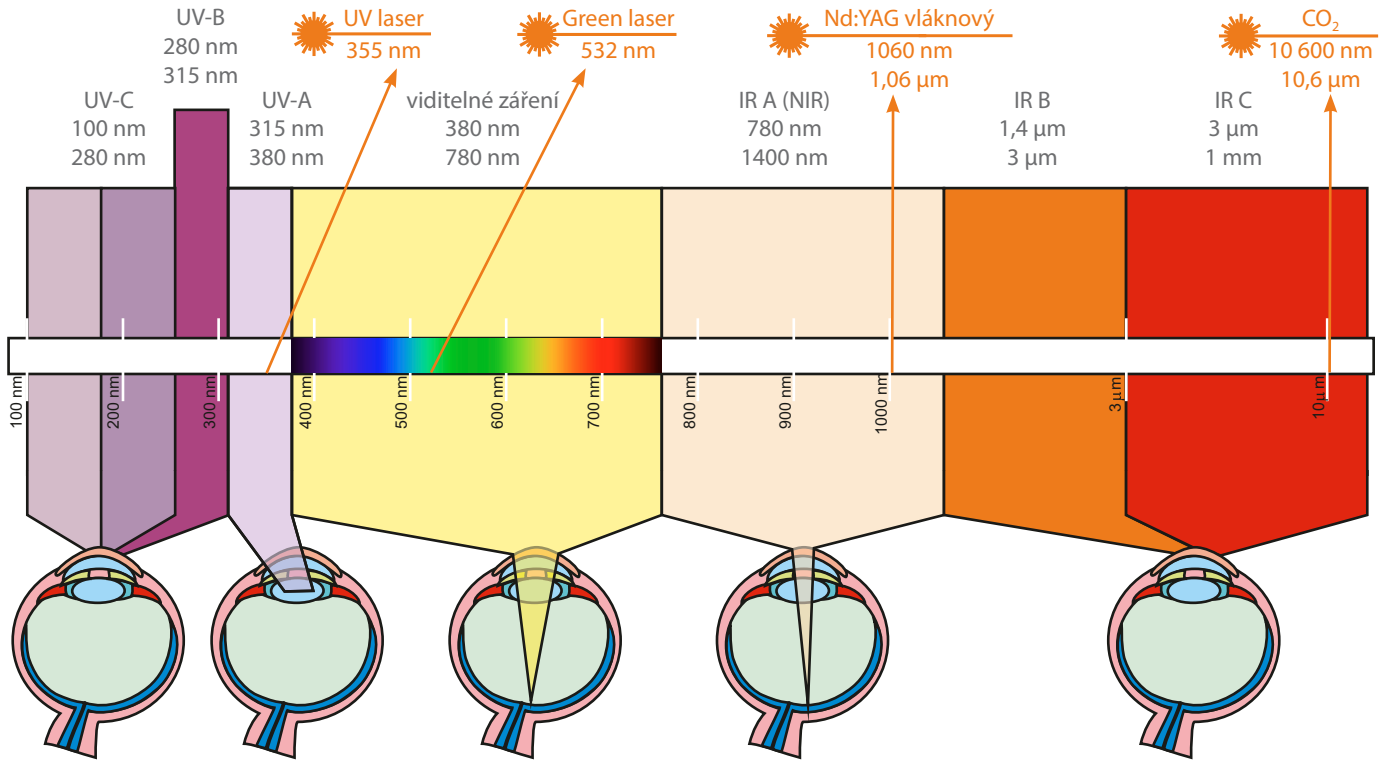
Světlo může materiálem procházet, může se v materiálu absorbovat, nebo taky změnit své vlastnosti. Laserový paprsek narazí na objekt / materiál, a tak se částečně odrazí, částečně může projít materiálem nebo se může absorbovat v materiálu. Pokud objekt absorbuje laserové záření, tak se velmi všeobecně počítá s odrazem ve 120° a s výkonem odrazu 4%, ale u vysoce reflektivních materiálů může být odraz i 90%, s čímž je nutné počítat při konstrukci krytování dle Class 4. U viditelného spektra nejsou žádné přesné hranice. Typické lidské oko bude reagovat na vlnové délky od 400 do 700 nm, ačkoli někteří lidé mohou být schopní si všimnout vlnové délky od 380 do 780 nm.

Mimo viditelné záření jsou lidskému oku i lidskému tělu nebezpečná jiná záření. Lasery pracují v oblasti infra záření a proto je nutné se chránit před jejich paprsky.

Veškeré produkty chránící lidský zrak, jako jsou brýle nebo štíty, musí splňovat evropskou normu obecně známou jako ČSN EN 207 / 208. Všeobecně to znamená, že po dobu 10 sec bude materiál skel a obrouček brýlí odolávat vlnové délce 10.600 nm (což je CO_2 laser) v kontinuálním módu (CW) nebo 100 pulsů v pulsním módu (Q-switch).



Obr. 1 Vlnové spektrum a viditelné záření

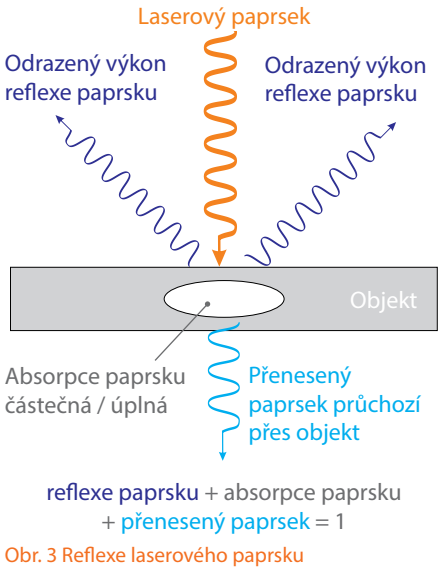


Zobrazení prostupu elektromagnetického záření do lidského oka a jeho absorpce. Laser je neionizující záření, které je možné mít ve spektru od ultrafialového do infračerveného, působení laserového paprsku může zapříčinit poškození zraku a újmu na zdraví!

Obr. 2 Vlnová délka a lidské oko

Rozsah ochrany brýlí je definován řadou od L1 (nejnižší ochrana) do L10 (nejvyšší ochrana). Obecně se používá pro lasery na značení ochrana L3 až L5.

Podíváme-li se na lidské oko a na jeho transparentnost pro elektromagnetické záření a tedy i pro laserové paprsky, pak vidíme rozsah od 370 nm do 1400 nm. UV světlo pod 350 nm je absorbováno na povrchu oka (viz obrázek) a dochází k poškození rohovky nebo čočky. Viditelné spektrum od 380 do 780 nm jde na sítnici. Lidské oko má automatickou ochranu, říká se tomu „blink reflex“,



Obr. 3 Reflexe laserového paprsku

kdy se oko samo zavře, a to při velmi vysokém světelném výkonu a vidíme předmět s větším jasem. Ale pokud je záření o výkonu větším jak 1 mW, pak reflex nefunguje, protože dojde k nenávratnému poškození oka dříve, než zareaguje reflex.

V blízkosti infra záření (780 až 1400 nm) je typicky nebezpečné záření pro oko. Záření dopadne na sítnici a my to zjistíme až jejím poškozením. V této oblasti neexistuje žádná přírodní ochrana nebo reflex. V této oblasti pracují Nd:YAG lasery a nové Fiber lasery (vláknové lasery). Záření o vlnové délce 1400 - 11.000 nm, kde pracují také CO_2 lasery, je absorbováno na povrchu oka. Dochází tak k poškození rohovky jejím přehřátím nebo k jejímu zakřivení a odchlípnutí.

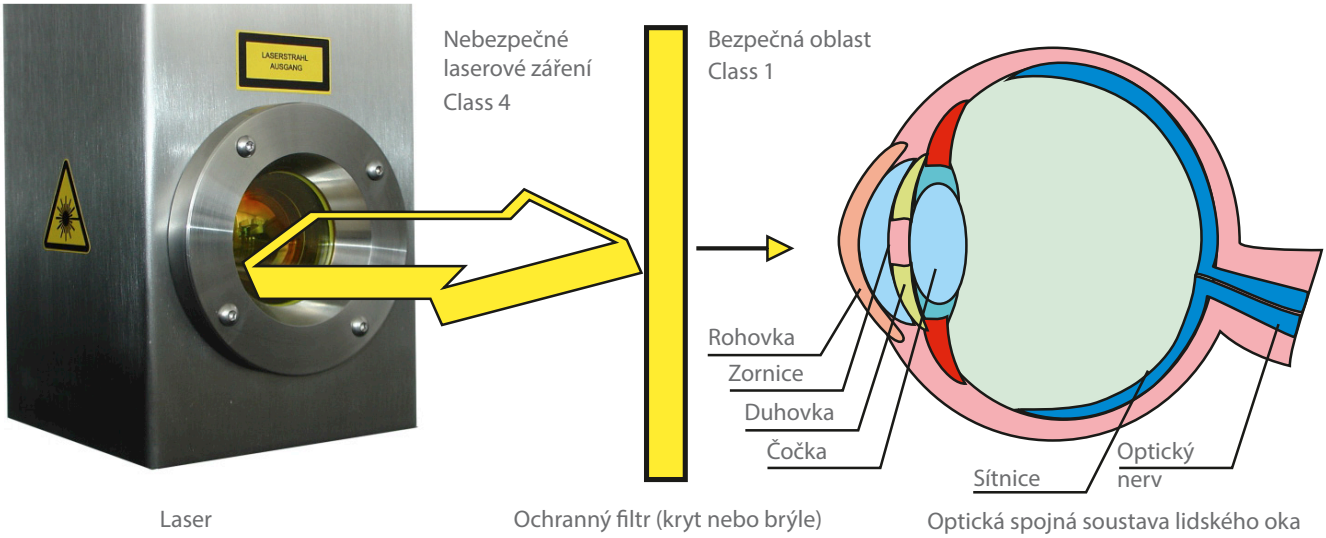
Dlouhodobé studie působení slunečního záření a laserového záření na lidský organismus měly za následek ustanovení bezpečných limitů působení elektromagnetického záření na lidský organismus. Limit vyjadřuje maximální působení záření na organismus. Pro laserové zařízení je vyžadována certifikace dle jednotlivých kategorií použití. Kategorie dovoluje použití standardních bezpečnostních zábran tak, aby omezilo nebo eliminovalo újmu na zdraví dle třídy (Class), v jaké je laser použitý.

Následuje popis tříd laserů a k nim přidružených nebezpečí, která jsou stanovena normou ČSN EN 60825-1 ed. 3. Klasifikace byla vyvinuta, aby pomohla uživateli při hodnocení rizik laseru a pro stanovení nezbytných řídicích opatření. Klasifikace laserů odpovídá potenciální nebezpečnosti přístupného laserového záření s přihlédnutím k možnosti poškození pokožky a oka a neodpovídá potenciální nebezpečnosti ostatních rizik, jako jsou elektrická, mechanická nebo chemická rizika nebo rizika vyvolaná sekundárním optickým zářením. Záměrem klasifikace je rozpoznat zvýšené riziko poškození působením přístupných výkonů přesahujících základní úroveň, podmínky stanovené pro třídu 1, a přesněji popisuje riziko plynoucí z ozáření ve velmi malé vzdálenosti od laseru. Potenciální rizika mohou být velmi omezena použitím dodatečných ochranných opatření, včetně dodatečných technických opatření, jako například krytů.

Třída 1

Laserová zařízení, která jsou bezpečná během používání, včetně dlouhodobého přímého sledování svazku, dokonce i v případě sledování pomocí optických pomůcek (oční lupy a dalekohledy). Třída 1 také zahrnuje vysokovýkonové lasery, které jsou zcela zakrytovány tak, že potenciálně nebezpečné záření není během jejich používání přístupné (zapouzdřená laserová zařízení). Pohled do svazku u laserových zařízení třídy 1, která produkují viditelné záření, může způsobovat oslňující optické efekty, zejména při nízké úrovni okolního osvětlení.

Termín „bezpečný pro oko“ může být použit pouze u laserových zařízení třídy 1. Termín „laser bezpečný pro oko“ by neměl být použit pro popis laseru, který je založen pouze na tom, že vlnová délka výstupu je větší než 1 400 nm. Lasery všech vlnových délek s dostatečným výstupním výkonem mohou způsobit zranění.



Obr. 4 Nebezpečná a bezpečná oblast

Třída 1M

Laserová zařízení, která jsou bezpečná během používání, včetně dlouhodobého přímého sledování svazku nechráněnýma očima. Maximální přípustná dávka ozáření může být překročena a poškození oka může být způsobeno následkem ozáření v případě sledování svazku pomocí optických pomůcek (dalekohledy).

Pro lasery třídy 1M je rozsah vlnových délek omezen na spektrální oblast, ve které většina skleněných optických materiálů použitých v optických zařízeních může významně záření přenášet, to je od 302,5 nm do 4 000 nm. Pohled do svazku u laserových zařízení třídy 1M, která produkují viditelné záření, může způsobovat oslňující optické efekty, zejména při nízké úrovni okolního osvětlení.

Třída 1C

Laserová zařízení, která jsou určena pro přímou aplikaci laserového záření na pokožku nebo vnitřní tkáně pro lékařské, terapeutické nebo kosmetické procedury, jako například odstraňování ochlupení, redukce vrásek a redukce akné. I když vyzařované záření může mít úroveň pro třídy 3R, 3B nebo 4, ozáření oka je zabráněno pomocí jednoho nebo více technických prostředků. Úroveň ozáření pokožky závisí na aplikaci, proto je tento aspekt upraven v nadřazených normách. Tato třída byla zavedena, protože tato zařízení v současnosti na trhu existují a opatření běžně specifikovaná pro třídy laserového zařízení 3B a 4 jsou pro tato zařízení neadekvátní.

Třída 2

Laserová zařízení, která vyzařují viditelné záření v rozsahu vlnových délek od 400 nm do 700 nm a která jsou bezpečná pro chvilková ozáření, ale mohou být nebezpečná při záměrném pohledu do svazku. Časová základna 0,25 sekundy je základní pro definici třídy a předpokladem je, že je velmi nízké riziko poškození pro chvilková ozáření, která jsou poněkud delší.

Následující faktory přispívají za přiměřeně předvídatelných podmínek k omezení poranění:

- neúmyslná ozáření by zřídka odrážela nejhorší podmínky, například zornice v jedné přímce se svazkem, stabilizovaná hlava, nejhorší možná akomodace;
- základní bezpečnostní hranice v maximální přípustné dávce ozáření, na níž je založen limit příslušné emise;
- přirozený odpor proti ozáření jasným světlem.

Pro třídu 2, na rozdíl od třídy 2M, použití optických pomůcek nezvýší nebezpečí poškození oka.

Nicméně, oslnění, zábleskové slepota a přetrvávající zrakové vjemy mohou být způsobeny svazkem laseru třídy 2, zejména při nízké úrovni okolního osvětlení. To může mít nepřímé všeobecné bezpečnostní důsledky vyplývající z dočasného narušení vidění nebo úlekových reakcí. Taková narušení vidění by mohla být významným způsobem spojena s bezpečností práce - kritické operace, jako například práce se stroji, práce ve výškách, práce na vysokém napětí nebo řízení vozidla.

Uživatelé jsou informováni pomocí výstražných štítků, aby se nedívali upřeně do svazku, tj. aby využili aktivní ochranné reakce díky pohybu hlavy nebo zavřením očí, a zabránili nepřetržitému pohledu do svazku.

Třída 2M

Laserová zařízení, která vyzařují viditelné laserové svazky, a jsou bezpečné pro krátkodobá ozáření pouze pro oči bez optických pomůcek. Hodnota maximální přípustné dávky ozáření může být překročena a poranění oka může nastat po ozáření s použitím optických pomůcek (dalekohled).

Nicméně, oslnění, zábleskové slepota a přetrvávající zrakové vjemy mohou být způsobeny svazkem laseru třídy 2M, zejména při nízké úrovni okolního osvětlení. To může mít nepřímé všeobecné bezpečnostní důsledky vyplývající z dočasného narušení vidění nebo úlekových reakcí. Taková narušení vidění by mohla být významným způsobem

Tab. 1 Přehled patologických vlivů spojených s nadměrným vystavením tkání působení světla

Spektrální oblast	Oko	Pokožka
Ultrafialová C (180 nm až 280 nm)	Zánět rohovky	Opálení Zrychlené stárnutí pokožky Zvýšená pigmentace
Ultrafialová B (280 nm až 315 nm)		
Ultrafialová A (315 nm až 400 nm)	Fotochemický šedý zákal	Ztmavnutí pigmentu Fotosenzitivní reakce Spálení pokožky
Viditelná (400 nm až 780 nm)	Fotochemické a tepelné poškození sítnice	
Infračervená A (780 nm až 1 400 nm)	Šedý zákal, spálení sítnice	Spálení pokožky
Infračervená B (1,4 µm až 3,0 µm)	Zkalení rohovky, šedý zákal, spálení rohovky	
Infračervená C (3,0 µm až 1 mm)	Jen spálení rohovky	

spojena s bezpečností práce - kritické operace, jako například práce se stroji, práce ve výškách, práce na vysokém napětí nebo řízení vozidla.

Uživatelé jsou informováni pomocí výstražných štítků, aby se nedívali upřeně do svazku, tj. aby využili aktivní ochranné reakce díky pohybu hlavy nebo zavřením očí, a zabránili nepřetržitému pohledu do svazku. Označení zařízení třídy 2M také varuje před vystavováním uživatelů s optickými pomůckami ozáření.

Třída 3R

Laserová zařízení, která vyzařují záření, které může překročit maximální přípustnou dávku ozáření při přímém sledování uvnitř svazku, ale riziko poškození je ve většině případů relativně nízké. Limit přístupné emise pro třídu 3R je pouze pětinásobek limitu přístupné emise pro třídu 2 (viditelné záření laseru) nebo pro třídu 1 (pro neviditelné záření laseru). Protože je riziko nižší, použije se méně požadavků na výrobce a opatření pro uživatele (v závislosti na národních předpisech) než pro třídu 3B. Přestože zařízení třídy 3R není považováno za skutečně bezpečné, je riziko omezeno, protože:

- neúmyslná ozáření by zřídka odrážela nejhorší podmínky, například velká zornice v jedné přímce se svazkem, nejhorší možná akomodace s celkovou energií svazku dopadající do oka,
- vlastní redukční faktor (bezpečnostní hranice) v maximální přípustné dávce ozáření,
- přirozený odpor proti ozáření jasným světlem v případě viditelného záření a reakce na zahřívání rohovky působením infračerveného záření.

Riziko zranění se zvyšuje s délkou trvání ozáření a ozáření může být nebezpečné pro oko za nejpříznivějších podmínek nebo pro úmyslné přímé sledování uvnitř svazku.

Vzhledem k měnícímu se rozsahu rizika, které je spojeno s lasery třídy 3R, použitelnost specifických opatření uživatele (včetně administrativních opatření a osobních ochranných prostředků pro zrak) by měla být jasně popsána v návodu k použití.

Oslnění, zábleskové slepota a přetrvávající zrakové vjemy mohou být způsobeny svazkem laseru třídy 3R ve viditelném vlnovém pásmu záření, zejména při nízké úrovni okolního osvětlení. To může mít nepřímé všeobecné bezpečnostní důsledky vyplývající z dočasného narušení vidění nebo úlekových reakcí. Taková narušení vidění by mohla být významným způsobem spojena s bezpečností práce - kritické operace, jako například práce se stroji, práce ve výškách, práce na vysokém napětí nebo řízení vozidla.

Laserová zařízení třídy 3R by měla být použita pouze tam, kde je přímý pohled do svazku nepravděpodobný.

Třída 3B

Laserová zařízení, která jsou běžně při pohledu do svazku nebezpečná (to je z jmenovité vzdálenosti s nebezpečím poškození oka) včetně nahodilých krátkodobých ozáření. Sledování difuzních odrazů je běžně bezpečné. Lasery třídy 3B, které dosahují limitu přístupné emise pro třídu 3B mohou vytvářet malá poškození pokožky nebo dokonce představují riziko zapálení hořlavých materiálů. Nicméně, to přichází do úvahy pouze v případě, že má svazek malý průměr nebo je zaostřen.

Třída 4

Laserová zařízení, u kterých je pohled do svazku i ozáření pokožky nebezpečné, a pro která pozorování rozptýlených odrazů může být nebezpečné. Tyto lasery představují často i nebezpečí vzniku požáru.

Více v Nařízení vlády ze dne 22. listopadu 2000 o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, kde Vláda nařizuje podle § 35 odst. 2, § 36 a § 108 odst. 2 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, a podle § 134c odst. 7 zákona č. 65/1965 Sb., zákoník práce, ve znění zákona číslo 155/2000 Sb.: Podmínky ochrany zdraví osob.

Označování

Každé laserové zařízení musí být vybaveno označením, do které třídy je zařazeno, podle požadavků normy ČSN EN 60825-1 ed. 3. Štítky s označením musí být odolné, trvale upevněny, čitelné a zřetelně viditelné během provozu, údržby nebo servisu, v souladu se svým účelem. Musí být umístěny tak, aby byly čitelné, aniž se člověk vystaví laserovému záření přesahujícího limit přístupné emise pro třídu 1. Text a symboly musí být černé na žlutém pozadí s výjimkou třídy 1, kde tato kombinace barev nemusí být použita.

Jestliže velikost nebo provedení zařízení neumožňuje upevnění štítků na zařízení, musí být štítky vloženy do pokynů pro uživatele nebo umístěny na obalu zařízení.

Je také možné štítek přímo natisknout nebo vyrýt na laserové zařízení nebo jeho panel.

Jakékoliv laserové zařízení nemusí být označeno (nebo může být označeno jako laserové zařízení osvobozené od klasifikace), pokud klasifikace provedená výrobcem ukazuje, že za žádných provozních, servisních a poruchových podmínek vyzařování nepřekročí limit přístupné emise pro třídu 1.

Třída 1 a 1M

Kromě případů uvedených výše, musí být každé laserové zařízení třídy 1 opatřeno štítkem s nápisem:

LASEROVÉ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY 1

Každé laserové zařízení třídy 1M musí být opatřeno informačním štítkem s nápisem:

LASEROVÉ ZÁŘENÍ
NESLEDUJTE JEJ PŘÍMO OPTICKÝMI PŘÍSTROJI
LASEROVÉ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY 1M

Místo výše uvedených štítků může být podle úvahy výrobce stejné označení uvedeno i v informačním letáku pro uživatele.

Třída 1C

Každé laserové zařízení třídy 1C musí být opatřeno výstražným a informačním štítkem s nápisem:

LASEROVÉ ZÁŘENÍ
SLEDUJTE POKYNY
LASEROVÉ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY 1C

Třída 2 a 2M

Každé laserové zařízení třídy 2 musí být opatřeno výstražným štítkem a informačním štítkem s nápisem:

LASEROVÉ ZÁŘENÍ
NEDÍVEJTE SE DO SVAZKU
LASEROVÉ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY 2

Každé laserové zařízení třídy 2M musí být opatřeno výstražných štítkem a informačním štítkem s nápisem:

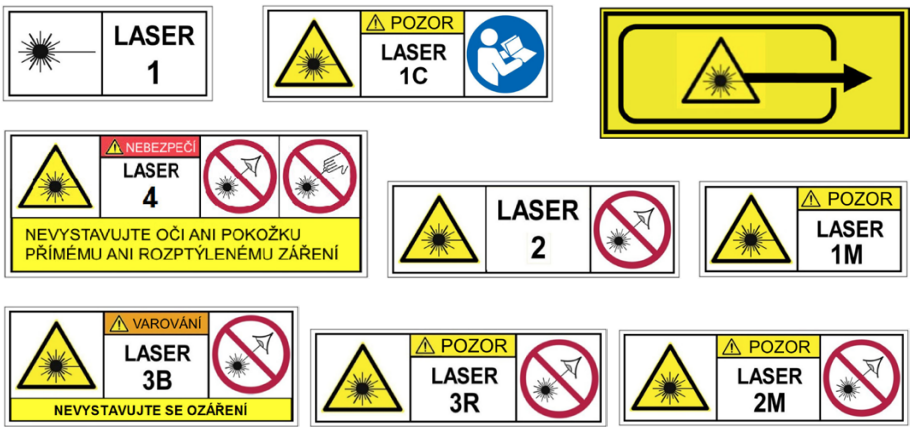
LASEROVÉ ZÁŘENÍ
NEVYSTAVUJTE SE OZÁŘENÍ SVAZKEM ANI NESLEDUJTE SVAZEK PŘÍMO OPTICKÝMI PŘÍSTROJI
LASEROVÉ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY 2M

Třída 3R

Každé laserové zařízení třídy 3R musí být opatřeno výstražným a informačním štítkem s nápisem:

LASEROVÉ ZÁŘENÍ
NEVYSTAVUJTE OČI PŘÍMÉMU OZÁŘENÍ
LASEROVÉ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY 3R

Použití štítků s druhým řádkem nahrazeným textem „NEVYSTAVUJTE SE OZÁŘENÍ“ je taktéž možné.



Obr. 5 Alternativní štítky pro třídy 1 až 4 a apertury

Třída 3B
Každé laserové zařízení třídy 3B musí být opatřeno výstražným štítkem a informačním štítkem s nápisem:

LASEROVÉ ZÁŘENÍ
NEVYSTAVUJTE SE OZÁŘENÍ
LASEROVÉ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY 3B

Třída 4
Každé laserové zařízení třídy 4 musí být opatřeno výstražným štítkem a informačním štítkem s nápisem:

LASEROVÉ ZÁŘENÍ
NEVYSTAVUJTE OČI ANI POKOŽKU PŘÍMÉMU ANI ROZPTÝLENÉMU ZÁŘENÍ
LASEROVÉ ZÁŘÍZENÍ TŘÍDY 4

Štítek u apertury
Každé laserové záření třídy 3R, 3B nebo 4 musí být opatřeno štítkem v blízkosti každé apertury, jíž je vyzařováno laserové záření překračující limit přístupné emise pro třídy 1 nebo 2. Štítek (štítky) musí být opatřeny nápisem:

APERTURA LASERU
nebo
APERTURA PRO LASEROVÉ ZÁŘENÍ nebo
NEVYSTAVUJTE SE OZÁŘENÍ - APERTURA VYZAŘUJE LASEROVÉ ZÁŘENÍ

Alternativní štítek
Jako alternativa k informačnímu štítku s nápisem, může být ke každému zařízení ve výše uvedených případech připevněn graficko-textový štítek (obr. 5), viz norma ČSN EN 60825-1 ed. 3.

Výstup záření a informace o normě
Název a datum vydání normy, podle které bylo zařízení klasifikováno, musí být uveden na informačním štítku nebo na výrobku v jeho těsné blízkosti. Každé laserové zařízení, kromě zařízení třídy 1, musí mít na informačním štítku uvedenu informaci o maximálním výkonu laserového záření, dobu trvání impulzu (pokud má tento údaj význam), a vlnové délce záření (vlnových délek záření). Pro třídu 1 a 1M může být místo štítků na výrobku tato informace uvedena v informačních materiálech pro uživatele.

Štítky pro panely
Každé připojení a každý panel ochranné skříně, který v případě, že je odejmut nebo posunut, umožní styk lidského těla s laserovým zářením překračujícím limit přístupné emise pro třídu 1, musí být opatřen štítky s nápisem (pro případ zapouzdřeného laseru třídy 1M mohou být údaje uvedeny v informačních materiálech pro uživatele):

a) POZOR - PŘI ODSTRANĚNÍ KRYTU SE VYSTAVUJETE LASEROVÉMU ZÁŘENÍ TŘÍDY 1M, NESLEDUJTE JEJ PŘÍMO OPTICKÝMI PŘÍSTROJI, jestliže přístupné záření nepřesáhne limit přístupné emise pro třídu 1M.
b) POZOR - PŘI ODSTRANĚNÍ KRYTU SE VYSTAVUJETE LASEROVÉMU ZÁŘENÍ TŘÍDY 2, NEDÍVEJTE SE DO SVAZKU, jestliže přístupné záření nepřesáhne limit přístupné emise pro třídu 2.
c) POZOR - PŘI ODSTRANĚNÍ KRYTU SE VYSTAVUJETE LASEROVÉMU ZÁŘENÍ TŘÍDY 2M, NEDÍVEJTE SE DO SVAZKU ANI JEJ NESLEDUJTE PŘÍMO OPTICKÝMI PŘÍSTROJI, jestliže přístupné záření nepřesáhne limit přístupné emise pro třídu 2M.
d) POZOR - PŘI ODSTRANĚNÍ KRYTU SE VYSTAVUJETE LASEROVÉMU ZÁŘENÍ TŘÍDY 3R, NEVYSTAVUJTE OČI PŘÍMÉMU OZÁŘENÍ, jestliže přístupné záření nepřesáhne limit přístupné emise pro třídu 3R.
e) VÝSTRAHA - PŘI ODSTRANĚNÍ KRYTU SE VYSTAVUJETE LASEROVÉMU ZÁŘENÍ TŘÍDY 3B, NEVYSTAVUJTE SE OZÁŘENÍ, jestliže přístupné záření nepřesáhne limit přístupné emise pro třídu 3B;
f) NEBEZPEČÍ - PŘI ODSTRANĚNÍ KRYTU SE VYSTAVUJETE LASEROVÉMU ZÁŘENÍ TŘÍDY 4, NEVYSTAVUJTE OČI ANI POKOŽKU PŘÍMÉMU ANI ROZPTÝLENÉMU LASEROVÉMU ZÁŘENÍ, jestliže přístupné záření přesáhne limit přístupné emise pro třídu 3B.

Štítky pro panely s bezpečnostním blokováním
Odpovídající štítek musí být viditelně upevněn u každého bezpečnostního blokování, které může být snadno překonáno a které by mohlo potom umožnit styk lidského těla s laserovým zářením přesahujícím limit přístupné emise pro třídu 1. Takové štítky musí být viditelné především při překonání blokování a během něj, musí být v těsné blízkosti otvorů vytvořených odejmutím ochranné skříně. Tyto štítky musí být opatřeny nápisem uvedeným v odstavci výše a doplněny následujícím textem, který se doplní na nový řádek, umístění bezprostředně za první řádek:

PŘI VYŘAZENÍ BLOKOVÁNÍ

Výstraha pro neviditelné laserové záření
V mnoha případech nápisy předepsané pro informační štítky obsahují termín „LASEROVÉ ZÁŘENÍ". Jestliže je výstupní záření laseru mimo rozsah vlnových délek 400 nm až 700 nm, potom musí být tento nápis změněn na „NEVIDITELNÉ LASEROVÉ ZÁŘENÍ", nebo jestliže je výstupní záření současně v tomto rozsahu vlnových délek i mimo něj, potom musí být nápis změněn na „VIDITELNÉ A NEVIDITELNÉ LASEROVÉ ZÁŘENÍ".

Jestliže je laserové zařízení klasifikováno na základě úrovně viditelného laserového záření, a vyzařuje současně i laserové záření, překračující limit přístupné emise pro třídu 1 v rozsahu neviditelných vlnových délek, musí štítek obsahovat „VIDITELNÉ A NEVIDITELNÉ LASEROVÉ ZÁŘENÍ" místo textu „LASEROVÉ ZÁŘENÍ".

Jestliže jsou použity alternativní štítky, výstraha pro viditelné a neviditelné záření musí být umístěna na doplňujícím štítku, který se umístí pod nebo vedle původního štítku.

Výstraha pro viditelné laserové záření
Nápis „LASEROVÉ ZÁŘENÍ" na informačním štítku může být změněn na „LASEROVÉ SVĚTLO", jestliže je výstupní záření laseru ve (viditelném) rozsahu vlnových délek od 400 nm do 700 nm.

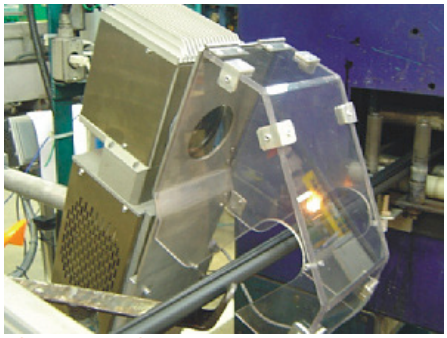
Výstraha před potenciálním nebezpečím pro pokožku nebo vnější části oka
Pro třídu 1, 1M, 2, 2M nebo třídu 3R, jestliže přístupné záření překračuje limit přístupné emise pro třídu 3B, stanovené pomocí apertury o průměru 3,5 mm umístění co nejblíže místu, kde může dojít k ozáření těla, musí být použit doplňující štítek ke štítku zařízení.

Následující výstraha musí být umístěna na kryt zařízení a do informací pro uživatele. Ohraničení textu a symboly musí být černé na žlutém pozadí, včetně třídy 1.

ENERGIE LASERU - OZÁŘENÍ V BLÍZKOSTI APERTURY MŮŽE ZPŮSOBIT POPÁLENINY

Riziko poranění pokožky je pravděpodobné pouze pro velmi divergentní svazky a ozáření v blízkosti apertury.

Zatímco umístění vysvětlujícího štítku na zařízení pro třídu 1 a 1M je volitelné, výše uvedená výstraha není volitelná.



Obr. 6 a 7 Krytí laseru

High-tech řešení pro ochranu zraku před laserovým zářením

Mezi rizikové faktory laserového paprsku patří oční a kožní popáleniny, které laserový paprsek může způsobit na lidském těle. Kvůli tomuto nebezpečí je nezbytné při práci používat vhodné ochranné prostředky. Mezi tyto prostředky se řadí bezpečnostní ochranné filtry a speciální ochranné brýle.

Oko je nejzranitelnější částí lidského těla. Nebezpečí zranění závisí na výkonu a vlnové délce laserového paprsku. Intenzivní světlo nutí oko k obranné reakci v podobě mrknutí, což poskytuje určitý stupeň ochrany. Laserové světlo je však natolik intenzivní, že může oko poškodit ještě dříve, než stihne mrknout. Navíc se využívají lasery na vlnové délce mimo viditelné optické spektrum, které nevyvolají reakci mrknutí. Je zde proto ve srovnání s viditelným světelným paprskem o stejné intenzitě větší nebezpečí zranění či poškození.

Lasery ve viditelném světle a v části spektra blízké infračervenému záření poškozují sítnici, způsobují její popáleniny. Infračervené záření je absorbováno rohovkou a může způsobit poškození rohovky nebo celkovou ztrátu zraku.

Pro eliminaci těchto nežádoucích účinků je nutné při laserovém značení používat ochranné brýle, které plně splňují legislativní požadavky dle norem ČSN EN 207/208 Osobní prostředky k ochraně očí.

Schopnost oka odfiltrovat laserový paprsek je vyjádřena optickou hustotou. Optická hustota, typ laseru, a viditelnost jsou při výběru ochranných opatření stejně důležité. Stejná ochranná pomůcka nemusí poskytovat stejný stupeň ochrany proti infračervenému a ultrafialovému laserovému paprsku.

Pro ochranu očního zraku nabízíme kompletní řadu ochranných brýlí, které zahrnují absorbující filtry vyrobené z plastu, skla nebo skleněných interferenčních filtrů. Navíc všechny ochranné brýle jsou včetně bočního stínění, které poskytuje ochranu proti zpětnému odrazu a bočnímu vstupu rozptýlených a odražených laserových paprsků.

K dispozici je několik typů brýlí, které Vám jsme schopni dodat s filtrem přímo pro váš konkrétní laser a s různou viditelností. K dispozici jsou i universální filtry. Budete mít tak zaručenou 100% ochranu zraku.

Obraťte se na nás, pomůžeme Vám zvolit tu nejlepší variantu ochranných brýlí pro vaše požadavky.

546
Lehké a obklopující
Moderní a atraktivní design. Ergonomický a pohodlný tvar pro dokonalou fixaci.

5X7
100% Overspec
Vysoce všestranné brýle, které můžete nosit přes dioptrické brýle.

561
Všestranné a inovativní
Pečlivě navržené brýle vyrobené z inovativních materiálů, které poskytují integrovanou boční ochranu.

562
Univerzální ochrana
Tyto brýle kombinují inovativní materiály s funkčním designem. Navíc je možné je nosit přes dioptrické brýle.

559
Vysoká ochrana
Jsou určeny pro maximální ochranu před vysoce výkonnými lasery. Rám brýlí je z hliníku.

531
Maximální funkčnost
Perfektní brýle pro průmyslové využití. Jsou speciálně navrženy tak, aby umožňovaly použití skleněných filtrů s velkou tloušťkou.

Procesy laserového značení

Výhody v přímém značení plastových materiálů lasery zahrnují velmi vysokou kvalitu značení, díky velmi malé stopě laserového paprsku, bez kontrastu nebo i za použití speciálních pigmentů a taky rychlost značení s vektorovými lasery umístěnými přímo ve výrobních linkách. Přímé značení na materiálu se používá pro identifikaci výrobku, nejčastěji Datamatrix kódem, nebo i dekoraci a grafický popis. Výhodou je, že se většinou nepoužívá žádný přídavný materiál, značení laserem je tedy vhodné i pro zdravotní výrobky a splňuje spoustu požadavků dle potravinářských (FDA), zdravotních (UID) a vojenských norem (MIL-STD). Správná „Laserová formula" plastu nemůže být toxická nebo nesmí mít negativní efekt na produkt a jeho fyzikální vlastnosti nebo funkčnost.

Pro značení a dekoraci plastů se používají nejčastěji Nd:YAG nebo Nd:YVO_4 lasery a polovodičové vláknové lasery na vlnové délce 1064 nm, tedy blízko infračervenému spektru. Další variantou nastupujících laserů jsou zelené lasery, které emitují paprsek ve viditelném spektru světla a jsou řazeny ke studeným laserům. Tyto lasery opravdu svítí zeleně. Vývoj pokročil a dnes se používají v průmyslových aplikacích na značení a dekoraci také UV lasery, jejichž působení je výhradně fotochemické, bez tepelné složky. Zajímavostí použití zeleného laseru je značení na mezivrstvu plastu, kdy laser ve viditelném spektru světla projde přes průsvitnou vrstvu plastu a zastaví se o druhou vrstvu plastu například černé barvy, na kterou značí. Této vlastnosti se používá často v automobilovém průmyslu pro dekoraci světel, s čímž má Solaris Laser velké zkušenosti.

Dle typu plastového materiálu dochází často k fotochemickému efektu, bez tepelného poškození materiálu a bez gravírace. Tento efekt vytváří kontrast na materiálu, závislý na vlastnostech plastu reagovat na laserové záření. Na výrobcích, kde se nedosahuje kontrastu, protože polymery neabsorbují laserovou energii, tam pomáhají přidané pigmenty do základního Masterbatch.

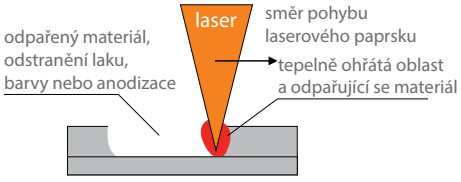
Pro přímé značení laserem hovoří několik aspektů, které zcela zavrhnou drahou inkoustovou technologii inkjet značení. Prvně je to absence spotřebního materiálu, jako jsou inkousty a ředidla, kdy ředidla jsou často odpařena při značení do prostoru výroby a z toho plyne i kontaminace prostoru. Druhý hlavní faktor hovořící pro laser je nesmazatelnost a odolnost nápisu oproti inkoustovému značení, které je závislé na povrchovém napětí plastu a někdy vyžaduje použití plazmy před aplikací inkoustu, jinak jde inkoust z potištěného povrchu snadno dolů. Třetí vlastností je značení skrze průsvitné plochy dovnitř výrobků nebo na velmi těžce přístupná místa díky dlouhé zaostřovací vzdálenosti laserové optiky.

Na plastovém materiálu vznikají 3 základní reakce

- **První (tmavé na světlém)** je dána absorbováním energie laseru do plastu a zvyšuje se lokální teplota materiálu v okolí absorpce na takovou úroveň, že dojde k termální degradaci materiálu polymeru. Může dojít k hoření polymeru za přítomnosti kyslíku v atmosféře. Omezené množství kyslíku uvnitř materiálu substrátu má za výsledek lehké ožehnutí materiálu, které způsobí černou formu polymeru nebo tmavý kontrast značení.
- **Druhá varianta (světlé na tmavém)** je napěnění polymeru. K tomu dochází, když lokální teplota polymeru okolo absorpce je dostatečně vysoká tak, že polymer generuje plyn při hoření nebo odpařování. Tento teplý plyn je obklopen rozteklým polymerem a zachycen v něm jako bublinky. Je-li energie laseru dostatečně kontrolována, napěnění je definované a má za následek odraz světla v bublinkách, a to tvoří světlé značení na tmavém (neodrazivém) povrchu.
- **Třetí variantou (barva)** je tepelná degradace energií laseru jedné barvy v probarvené struktuře a změnu výsledné barvy. Příkladem je kombinace sazí a stabilizované anorganické barvivo. Po zahřátí jsou saze odstraněny a zůstane jen anorganické barvivo. Tyto mixované barvy jsou závislé na specifické barevné stabilitě a nejsou možné všechny barvy.

Procesy laserového značení

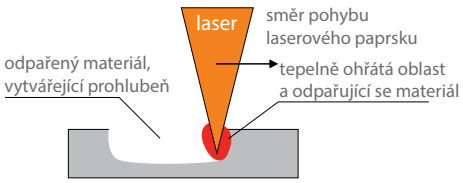
Laserové značení je vizuální změna povrchu označovaného materiálu. Velmi důležitou vlastností materiálu pro kódování je, jak materiál absorbuje laserový paprsek. Podpoření lepší absorpce laserového paprsku můžeme provést změnou vlnové délky laseru. Když je paprsek laseru odražen od povrchu označovaného předmětu, nebo předmět propouští vlnovou délku laseru, pak je velmi složité označit uvedený materiál. Pro optimální značení a výsledek, musí být laserový paprsek absorbován v několika mikronech materiálu, tak že vznikne jeden ze způsobů značení:



Obr. 1 Odstranění laku (Ablation) materiálu laserem

Odstranění laku (Ablation)

Laser je absorbován povrchem materiálu a barva na jeho povrchu je odpařena a provede kontrastní značení na materiálu. Příkladem tohoto procesu je odstranění barvy na bílém kartonu, kdy vznikne bílé písmo. Je to nejčastěji používaný způsob jak označit materiál laserem, odstranit inkoustovou vrstvu a docílit tak kontrastu, tím že vystoupí podkladová vrstva pro inkoust (barvu). Tohoto principu se často používá ve značení v pivovarnictví na značení etiket. Jde o permanentní značení na povrch etikety. Stejně tak se používá na lakovaný papír. Nejčastěji dochází k reakci při použití CO_2 laseru. Příkladem je eloxovaný štítek, kdy se odstraní elox a zůstává podkladní čistý povrch hliníku.

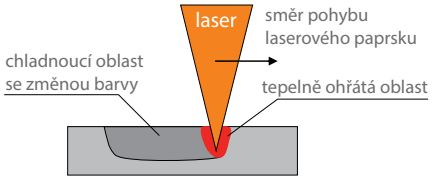


Obr. 2 Gravírování (Engraviring) materiálu laserem

Gravírování (Engraviring)

Laser odstraní povrch materiálu tím, že jej odpaří a materiál nezmění barvu. Výsledek je jako gravírace nebo značení horkou jehlou do plastu. Takové embosování. Často je tento způsob vidět na PET materiálu. Pokud značím na kovy, tak vždy jde o gravíraci, druhý způsob značení materiálů laserem. Stejný princip může nastat i u plastů, kdy

gravíruji do materiálu. Značení kovů s jedinou výjimkou oproti gravíraci je odstranění barvy z povrchu kovu a jeho značení popsaném výše, což je například značení na eloxovaný hliníkový materiál nebo lakovaný povrch, odstraněním barvy. Pro plasty se používá CO_2 laserů, u kovů jsou to YAG lasery (Nd:YAG, Nd:YVO_4) nebo vláknové lasery (fiber laser).



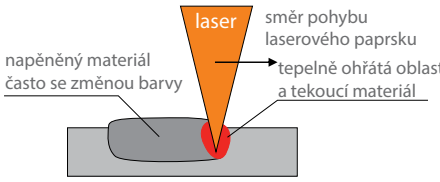
Obr. 3 Termochemický proces laserem

Termochemický proces

Laser mění povrch materiálu svými tepelnými vlastnostmi a vysoká teplota změní nebo přeruší molekulové vazby. Nová formulace materiálu většinou má odlišnou barvu, bez odpaření materiálu. Výsledkem je například na černém plastu šedé písmo. Značení přímo na plasty, kdy plast mění barvu povrchu. Záleží na typu plastu a použití vlnové délky laseru. Nejjednodušeji je možné značení na PVC, které mění barvu povrchu, ale co s ostatními plasty, jako je například polyolefin. Tento plast není možné značit laserem s odpovídajícím výsledkem bez použití speciálních pigmentů.

Žíhání u kovového materiálu je také termochemický proces, kdy kov musí přejít lokálně do tekoucího stavu. Precizní stabilitou laserového paprsku lze dosáhnout velmi vysoké kvality v nastavení teploty povrchu a tím pádem i definovat proces žíhání. Na kovu se tak mění barva povrchu, respektive kov oxiduje v definované oblasti. Tenký oxidační povrch způsobí změnu barvy na černou a nadále nedochází k oxidaci povrchu (nerezaví a je odolný i na solné lázně).

Pokud požadujeme „modrou oxidaci", tak je pak potřeba jiné nastavení laserového paprsku a tento povrch je pak bez reflexe a je zde velký úhel pozorování nápisu. Plně barevné značení kovu, jako je žlutá, modrá, fialová, zelená atd. se dosahuje velmi vysokou frekvencí opakování pulsů a nastavením laseru s velmi stabilním výstupem výkonu. Pro barevné značení na kov se používá frekvence opakování nad 120 kHz u vláknových laserů.



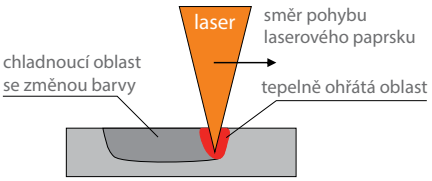
Obr. 4 Napěnění materiálu (Foaming) laserem

Napěnění materiálu (Foaming)

Materiál působením laseru začne pěnit. K tomuto procesu dochází při lokálním zahřátí materiálu, a následně uvolňováním plynu z materiálu. Nejčastěji je to u plastů, kdy dochází i ke změně barvy napěněného materiálu. Například černý plast změní barvu na bílou a stopa po působení laserem vypění materiál nad povrch plastu. Bublinky plynu jsou zachyceny v rozteklém plastu a vytváří napěnění materiálu. Bublinky plynu a prohlubně, struktura plastu, vytváří jiný lom světla a tím pádem i vizuální změnu barvy materiálu. Pozor na některé plyny, které se uvolňují, mohou být agresivní, škodlivé, ale také hořlavé. Zde je možné docílit reakce jak s CO_2 laserem (10,6 µm), tak i s YAG lasery (Nd:YAG a Nd:YVO_4) nebo i s vláknovými lasery (1,064 nm).

Fotochemický proces

Dochází ke změně barvy materiálu, který se po působení laserem neodpaří, nenapění, ale pouze se změní barva materiálu. Tento jev je možné pozorovat jak u plastů, tak i u kovů. Například na nerezovém povrchu lze dosáhnout celé škály barev od modré, červené, žluté... (tepelné vyžíhání povrchu materiálu). Toto tepelné a chemické působení je možné podpořit u plastů použitím pigmentů, citlivých na laserový paprsek. Pigmenty pak dělají barevnou škálu od skoro bílé, červené, modré, zelené... (na pigmenty například s firmou Gabriel Chemie nebo s Merck).



Obr. 5 Fotochemický proces

Značení vícevrstvých materiálů do mezivrstvy

Obzvláště velkou zvláštností laserového paprsku je značení do různých vrstev vícevrstvých materiálů nebo značení dovnitř dílů a součástek, kdy se využívá pronikání laserového paprsku přes transparentní vrstvy plastového materiálu a následné absorpci energie laserového paprsku až na druhé vrstvě materiálu. Tento efekt je velmi vhodný pro značení špatně přístupných míst, přes transparentní povrch, jako jsou například přední světla automobilů. Paprsek zeleného laseru pronikne přes horní vrstvu transparentního skla a značí uvnitř světla auta na druhý, například černý plast. Jde o bezkontaktní značení do již uzavřeného dílu.

Solaris Laser využívá tuto technologii s úspěchem v automobilovém, zdravotním a leteckém průmyslu. Dále je možné značit tabletky v blistru, kdy paprsek laseru projde přes průhledný blistr a zastaví se na pilulce. Laserové značení je proto nápadité a často překvapí svými možnostmi.

Žíhání laserem - anealing - změna barvy laserem

Žíhání je druh tepelného zpracování kovů prováděné za účelem zlepšení některých vlastností, jako je povrchová tvrdost a odstranění účinků některých operací (kalení, tváření). Provádí se zahřátím na „žíhací teplotu“ (200–1200 °C) a následným ochlazením na volném vzduchu nebo v hale při teplotě cca 20 °C.

Kovový materiál mění barvu se změnou jeho teploty zahřívání, což je důsledek žíhání materiálu, kdy se mění vnitřní struktura. Laser může být použitý pro změnu barvy povrchu. Používá se Vláknový laser nebo YAG laser. Nepřidává se žádný materiál. Při značení laserem za účelem dosažení změny barvy je velmi důležitá stabilita laserového paprsku a následně i zaostřovací vzdálenost, která se často nastavuje mimo focus, tedy podostří nebo přeostří.

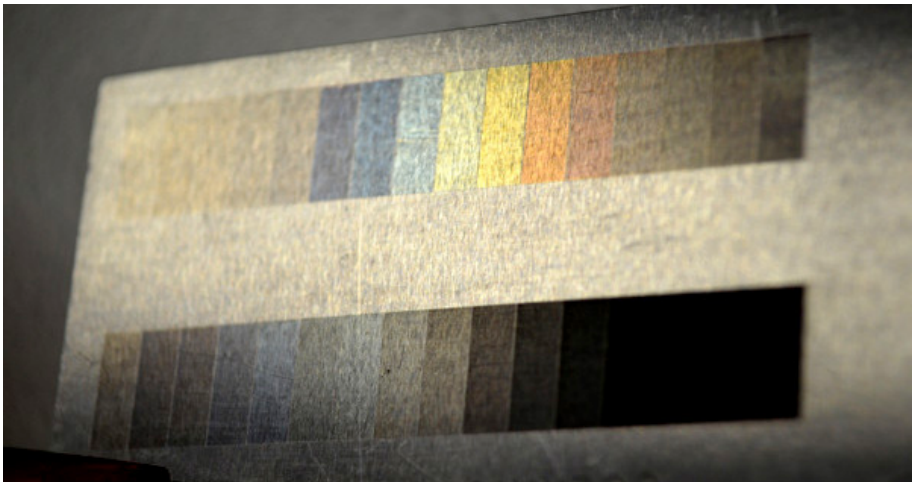
světle žlutý	200°C
slámově žlutá	220°C
zlatě žlutá	230°C
žlutohnědá	240°C
skořicově hnědá	250°C
hnědočervená	260°C
červená	270°C
fialová	280°C
tmavě modrá	290°C
chrpově modrá	300°C
světle modrá	320°C
břidlicově modrá	340°C
šedý	660°C

Obr. 1 Barvy a teplota žíhání, změna barvy laserem

Nastavení laseru je na velmi blízko vedle sebe ležící jednotlivé křivky tak, aby se materiál zahříval co nejvíce. Z důvodu mnoha křivek je značení časově náročné a tedy pomalé. Efektní značení je vykoupené právě dobou značení. Je potřeba si dávat velký pozor na materiál, kdy změnou typu materiálu (jiný druh kovu) je potřeba mít i jiné nastavení laseru. Například pokud s jedním nastavením laseru dosáhnu modré značení na jednom materiálu, tak na druhém materiálu toho nemusím dosáhnout.

Černé žíhání materiálu

Žíhání materiálu do černé barvy je značící technika laseru, která využívá laserového záření pro ohřev kovového povrchu a vytváří malou oxidační vrstvu, které se na lomu světla jeví jako černá písmena. U tradičních technik značení laserem, které odebírají z kovového povrchu, žíhání naopak nevytváří žádné prohlubně nebo otřepy. Teplem se změní jen povrch, ale bez zásahu do velké hloubky. Díky tomu je žíhání laserem se změnou do černé barvy nejlepším značením pro objekty jako jsou ložiska, ventily, řezné nástroje, vrtáky a podobně, které vyžadují naprosto hladké povrchy. Stopkové nástroje nebo precizně opracované povrchy nejsou nyní poškozeny. Malá oxidační vrstva způsobí, že povrch zůstane černý a pokud jde o rezavějící materiály, tak tento povrch nerezaví v místě značení laserem, díky právě malé oxidační vrstvě.



Obr. 2 Žíhání materiálu

Obr. 3 Žíhání ložiska Solaris laserem

Laserová trojkombinace - laser, odsávání, software

Původně při výrobě brzdových hadiček byla použita inkjet technologie, která nestíhala zaschnout při rychlé výrobě. Při následném tvarování a ohýbání na požadované rozměry se inkoustové značení rozmazávalo, sedřelo a stávalo se nečitelným. Situaci vyřešila trojkombinace od Leonarda v podobě laseru Solaris, odsávací jednotky BOFA a softwarového řešení NiceLabel.

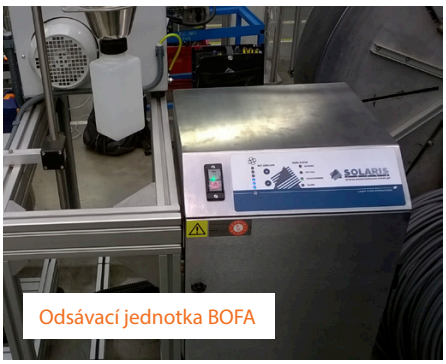
Leonardo nahradil inkoustové značení pomocí vláknového Solaris laseru e-SolarMark FL3 o výkonu 30 W, který je dostatečně silný pro kontrastní značení hadiček za pohybu, které dosahuje rychlosti 30 m/min.

Laser je navíc vybaven odsávací jednotkou BOFA, která chrání optiku laseru před usazováním zplodin. Výkon laserového paprsku procházející přes vrstvu nečistot na optice by se na těchto usazených zplodinách spotřebovával a bodově přehříval optiku laseru, která se přehřátím poškodí. Navíc filtrační jednotka zabraňuje kontaminaci prostředí v okolí laserového pracoviště, čímž chrání zdraví operátora linky.

Laser Solaris e-SolarMark FL3 je softwarově propojen s programem NiceLabel, kde se z firemní databáze zasílají do laseru konkrétní data produkce, která jsou následně nesmazatelně značena na brzdové hadičky.

Brzdové hadičky se odvíjí z velkého kotouče, následně vstupují pod laser, kde se značí, a dále následuje střihač, kde se stříhají na požadované délkové rozměry. Ve vodících kladkách stojanu laseru je rychlostní čidlo, které je propojeno s laserem, a podle toho, jak rychle se hadice odvíjí, tak se automaticky nastavuje i rychlost značení laseru.

Implementovaný laser do výrobní linky



Odsávací jednotka BOFA

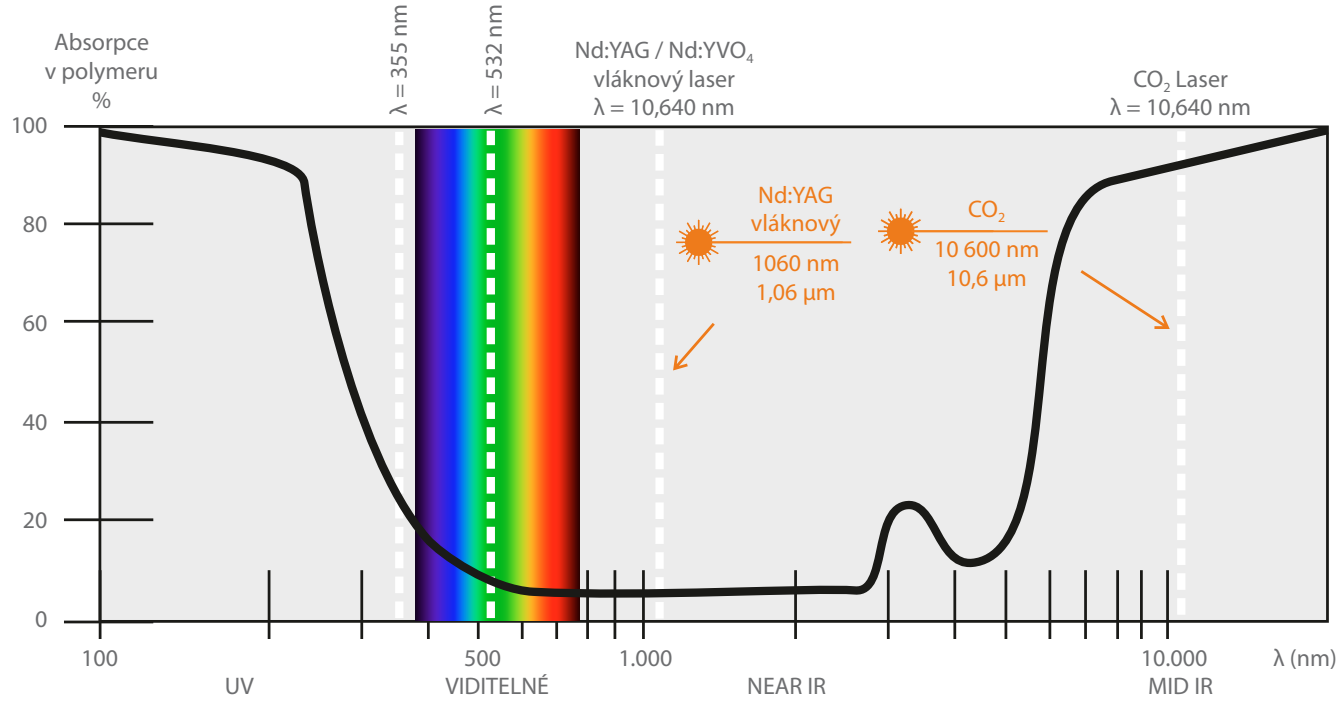
BENEFITY

- Kontrastní značení, bez použití inkoustů
- Ekonomika provozu bez potřeby spotřebních materiálů
- Značení odolává chemii, otěru, provozu v automotive
- Bezkontaktní značení

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Pigmenty do plastů na kontrastní značení

Použití pigmentů zabezpečí kontrastní značení a v některých případech způsobuje také zvýšení rychlosti značení. Je několik způsobů jak docílit laserem viditelného značení.



Obr. 1 Pigmenty absorpce

Jsou dostupné pigmenty v široké škále odstínů pro nejrůznější aplikace. Jednotlivé typy pigmentů se odlišují barvou, speciálními efekty a velikostí částic, případně povrchovou úpravou, usnadňující zapracování pigmentů podle specifického účelu použití. Tyto pigmenty jsou tvořeny plochými lístkovými částicemi slídy nepravidelného tvaru, které jsou pokryty oxidem titaničitým nebo železitým (samostatně nebo kombinací obou oxidů).

Tloušťka každé vrstvy je pečlivě volena a na ní závisí konečný barevný odstín pigmentu. Barva po působení laseru se mění na černou nebo například bílou a je nenávratnou změnou plastu. Kontrast se dosáhne za nízké intenzity laserového paprsku. Výsledná barva slídových pigmentů závisí na tom, jak se světelné paprsky na jednotlivých rozhraních vzduch/oxid a oxid/slída odrážejí a zesilují, čili zda jsou ve fázi paprsky určité vlnové délky. Pokud se na slídové částice pigmentu nanese přesně definovaná vrstvička TiO2, lze takto nastavit barvu světla, které je interferencí paprsků zesilováno. Těchto poznatků je využíváno při zapracování pigmentů a designu konečných výrobků.

Světelný paprsek, který dopadá na destičku pigmentu, má několik možných cest pro odraz. Část světla, které prochází prostředím s nízkým indexem lomu (vzduch nebo jiné médium), dopadne na povrch oxidové vrstvy pigmentu a odrazí se. Část zbývajícího světla pronikne do této vrstvy a vlivem rozdílu vysokého indexu lomu této vrstvy a nízkého indexu lomu vzduchu (nebo jiného média, které částici obklopuje) se paprsek lomí. Prostupující část světelného paprsku se pak znovu odráží na rozhraní s rozdílnými indexy lomu TiO2/slída.

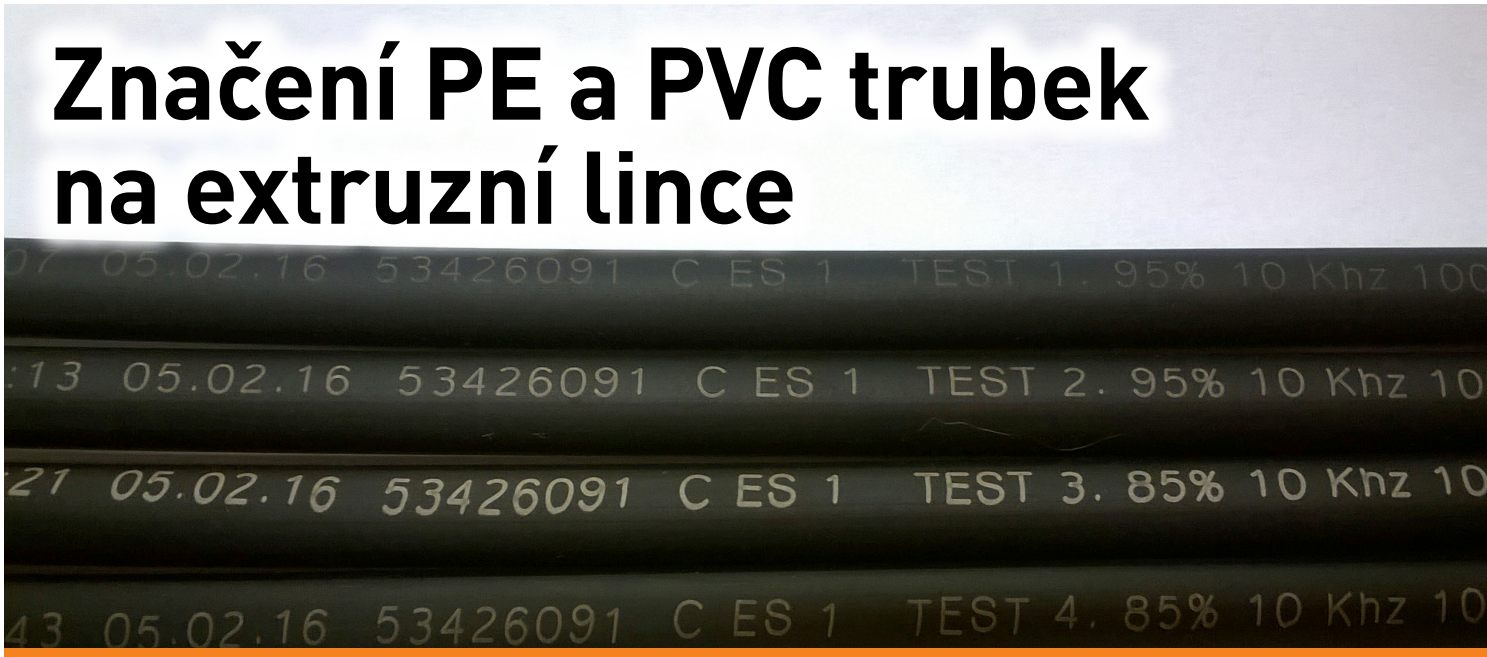
Část světla prochází až do slídy a podléhá, podobně jako na svrchní vrstvě, odrazu a lomu na spodní straně destičky. Velmi malá část světla prochází skrz destičku pigmentu a dopadá případně na další částici pigmentu, kde obdobně dochází k již shora popsaným jevům. Lidské oko zachytí takto odražené světlo z několika paralelně umístěných částic a vnímá je jako třpyt a perleťový lesk. Pro lepší názornost je tento princip zobrazen v následujícím schématickém obrázku. Odraz, lom, transmise a interference světelných paprsků na částicích pigmentů. Odraz světla na částicích pigmentů - kovů.

Existují i pigmenty, které mění barvu na plastu a tak lze provést kontrastní značení na plast v barvě žluté, zelené, modré...

Dále existují pigmenty v podobě laku nebo barvy, které po působení laserového paprsku změní kontrast. Jejich využití je převážně na značení kartonu skupinového balení, s velmi vysokou rychlostí značení a ve spojení se Solaris lasery i značení za pohybu na dopravníku. Karton je zbarven bílým povrchem nebo bezbarvým lakem. Na karton je nanesena barva s pigmentem. Po působení laserem je v místě působení změna barvy a to na velmi černý kontrast, který je vhodný pro značení například čárových kódů.

Lasery pracující v UV spektru mají za následek fotochemickou reakci na termoplastickém polymerním materiálu. Naopak lasery pracující v IR spektru mají termochemickou reakci. Zelený laser je někde mezi UV spektrem a mezi IR spektrem, takže na 532 nm se mixují oba procesy - jak termochemická reakce, tak i foto-chemická reakce.

Značení PE a PVC trubek na extruzní lince



Laser je nejvhodnější zařízení na značení plastů. Solaris Laser značí několik druhů trubek, trubiček a hadiček na extruzní lince velké kapacity. Laserové značení těchto výrobků se vyznačuje velmi kontrastním a stálým značením bez ohledu na velikosti tvarů vytlačovaného výrobku.

Po testech značení na materiál byl zvolen pevnolátkový DPSS diodový laser Solaris, který dosahoval největšího kontrastu. Skenovací hlava laseru vychyluje laser při velmi vysoké rychlosti extruze trubek, přesto výsledný text na trubkách dosahuje vysoké kvality.

Požadavkem zákazníka bylo doplnění stávající linky o značící pracoviště. Proto vznikl stojan k laseru, spolu s ochranným krytováním v místě značení, společně s naváděcími válečky. Snímání rychlosti je zajištěno pomocí enkodéru. Samozřejmě, že při změně rychlosti linky se změní také rychlost tisku. Značení obsahuje metrovací značku. Ovládání laseru je řešeno společně s linkou, proto PLC linky jsou nadřazeny celému systému a laser je podřazen, ale spolupracuje s řídicím systémem linky a střihačem trubek. Povedlo se jednoduše zakomponovat laser do stávající výroby a vyřešit značení v extruzní lince dodatečnou instalací laseru.

BENEFITY

- Snadná implementace do stávající výroby
- Vyřešení nesmazatelného a odolného značení
- Ekonomicky výhodná volba značení bez spotřebních materiálů

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Princip Dot Matrix laseru

První představení tohoto principu laseru bylo v roce 1980. Myšlenkou bylo provedení programovacího a flexibilního laserového systému, zvyšující možnosti značení a instalační aplikace. Kód je programovaný do značícího systému přes klávesnici. Mikroprocesor převede kód do mřížky bodů a synchronizuje aktivaci s laserem, řídí skenovací hlavu (je-li použitá) a pohyb produktu, který bude označen. Každý bod z laseru na značení je nyní možné polohovat na produkt. Vždy jde o bodové značení a písmo se skládá z jednotlivých bodů, stejně jako logo nebo grafika je složené z teček.

Pozor, tohle není princip Solaris Laseru. Solaris Laser používá vektorový vychylovací systém. Tento typ laserové technologie byl vyvinut pro tyto typy laserů

- **Laserové pole**
- **Rotující polygon (také nazývané točící se zrcadlo)**
- **Acusto - optic lasery**

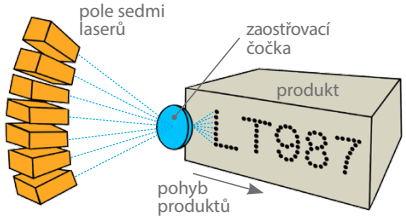
Laserové Pole

Jak název napovídá, pole laserů, obvykle 5 nebo 7 laserových trubic, je použito na tisk znaků o počtu 5 nebo 7-mi bodové matrice. Často se tomuto principu značení laserem říká Guitar, podle uspořádání jednotlivých laserových trubic jako struny na kytaře.

Každý laser tiskne, značí body v definované poloze, což vytváří rozlišení tisku o šíři 5 nebo 7 bodů (rastr). Každý laser se zapne nebo vypne, v závislosti na požadavku, zda je potřeba bod nebo ne.

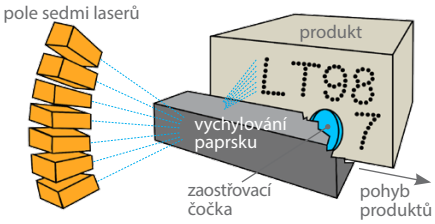
S generováním bodů je možné vytvořit typicky 35.000 teček za sekundu (jde o celkový přepočet více laserů na maximální generování pulsů z jednotlivých laserů). Tento systém může generovat velmi rychlý tisk na jeden řádek, ale s limitovaným formátem a to jen 5 nebo 7 bodů na znak v matrici. Stejně tak je při velmi dlouhém zapnutí laseru zdeformován bod, který je pak oválný, což má vliv na kvalitu značení. Dále není možné značit staticky, ale pouze za pohybu.

Pokud je potřeba značit 2 řádky, pak je nutné instalovat druhou značící hlavu a druhý napájecí systém, nebo beam switch systém (přepínač laserového paprsku), který dovoluje jeden řádek textu tisknout na první pozici a následně po přepnutí na druhou pozici, druhý řádek textu. Dva řádky textu nemůžou být zarovnány na stejnou polohu. Rozlišení laseru je pak 10 bodů nebo 14 bodů.



Obr. 1 Laserové pole se sedmi lasery pro značení jednoho řádku

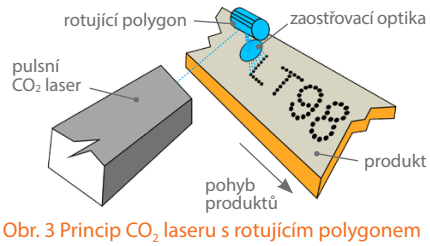
Jednoduchý optický systém dává efektní použití laserového paprsku a znamená to, že laser je možné jednoduše odpojit nebo připojit, když je jeho výkon nízký nebo má poškození. Na druhou stranu ale po připojení nové trubice, která má vyšší výkon, než zbývající, je její bod mnohem ostřejší jak od starší trubice - kvalita tisku je rozdílná v jednotlivých polohách.



Obr. 2 Laserové pole se sedmi lasery pro značení dvou řádků

Rotující polygon (točící se zrcadlo)

V tomto systému je hlavním prvkem vysokou rychlostí rotující zrcadlový polygon, který odráží laserový paprsek jednotlivě přes každou polohu bodu z horní polohy bodu na spodní polohu bodu znaku. Se zapnutím laseru na jednotlivý bod. Zde je perioda času (typicky 1,5x doba nečinnosti), během které není možné použít tisk na místo, a to v případě, kdy roh zrcadla je v poloze laserového paprsku. Toto je důvod pro snížení značící rychlosti. Počet generování bodů a odtud tisková rychlost je limitujícím faktorem pro rychlost značení a zapnutí laseru (aktivita) a nečinnost. Toto omezení může být eliminováno doplněním galvomotoru ovládajícím vychylovací zrcadlo v optickém systému, který může zasáhnout produkt, jak prochází před tiskovou hlavou. Zde je ale již systém velmi blízký vektorovému vychylování paprsku a je nasnadě myšlenka použití vektorového vychylovacího systému Solaris Laser.



Obr. 3 Princip CO_2 laseru s rotujícím polygonem

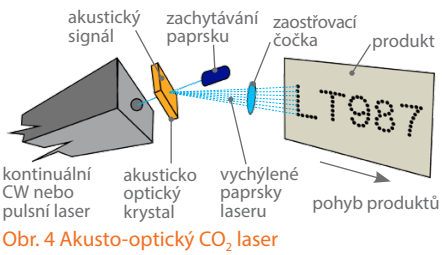
Protože polygon rotuje na velmi vysokou rychlost, je velmi obtížné změnit rychlost, díky setrvačným silám při tak velké rychlosti. Jako výsledek při změnách rychlosti je roztažení nebo zúžení kódu, protože laser nedokáže kompenzovat produkční rychlost v době jejího zrychlení nebo zpomalení. Protože body jsou produkovány s vertikální skenovací hlavou, dlouhý nečinný čas je výsledkem velkých oválných bodů, které můžou mít za následek nevzhledné značení.

Rotující polygon je relativně levná záležitost a má velmi vysokou odrazivost pro laserový paprsek, typicky 99% účinnost.

Acusto Optic Laser systém

Zde laserový paprsek procházejí přes acoustooptic krystal je vychýlen v závislosti na zvuku na krystalu. Úhel vychýlení je závislý na frekvenci zvukové vlny. Proměnnou frekvencí na krystal je provedena rozdílná poloha přibližně za 1um (mikrosekundu), toto dělá velmi přesný a velmi rychlý laser ze všech vychylovacích technologií. V tomto systému je maximální počet bodů, které je možné generovat, je řízen pouze fyzikálními vlastnostmi vychýlení.

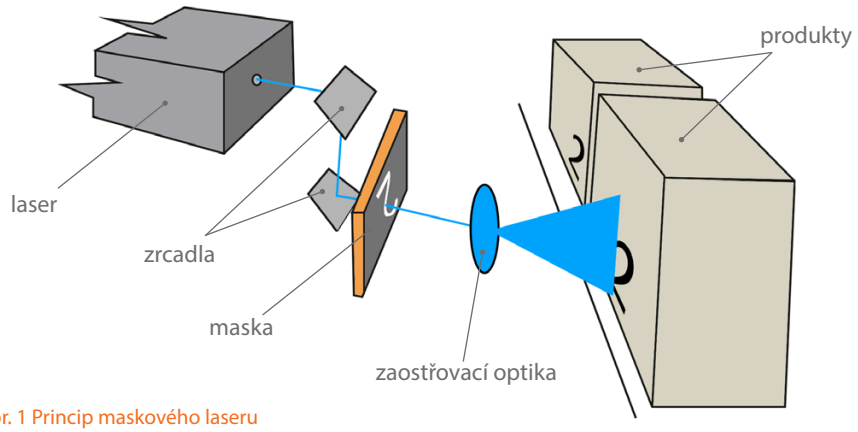
Maximální výkon pro laserovou trubici je typicky do 120 W, který je možný použít s touto technologií a také absorbována energie laseru, která není vychýlena a je odvedena na aktivní chladič. Když se použije maximální kvalita značení, pak tento systém může produkovat téměř kvalitu tištěného písma, zdokonalující tiskovou kvalitu bodového systému produkcí velkého počtu jednotlivých bodů, které skoro není vidět i při maximálním zvětšení. Galvomotorem ovládané zrcadlo může spolupracovat s optickým systémem, takže je možné, aby laserový paprsek mohl být vychýlen i na jiné polohy na produktu, kdy je možné mít více řádků na značení a současně se snižuje rychlost a kvalita tisku.



Obr. 4 Akusto-optický CO_2 laser

Princip maskového laseru

První představení maskového laseru bylo začátkem 70. let s velikostí značící plochy 25x28 mm. Paprsek laseru osvětluje kovovou masku, na které je požadovaný kód nebo obrázek, který se má značit na předmět. Přes kovovou masku prochází paprsky, které jdou na optiku, která zaostřuje na produkt. Paprsky, které neprojdou maskou, zaniknou, přemění se na teplo. Velikost obrázku značeného na produkt lze měnit polohou, vzdáleností od optiky.



Obr. 1 Princip maskového laseru

Většinou se používá CO_2 laser typu TEA - Transversely Excited, Atmospheric pressure, tento typ laseru má velmi vysokou špičku výkonu, typicky 2 – 12 MW a velmi krátký puls, typicky asi 3 - 6 µm. Zásadní jsou tyto dvě vlastnosti laseru plus fakt, že celý nápis je aplikován najednou a tedy velmi rychle. Tento laser je unikátní pro značení za pohybu, při velmi vysoké rychlosti značení a to až do 500 m/min (vektorový laser má možnost tisku standardně okolo 300 m/min, speciální až do 450 m/min). Použití laseru je typické pro lahvárenský průmysl a pivovary. Tyto lasery produkují značení typicky do 30 produktů za sekundu. Pokud je velmi málo značení, okolo 3 až 5 znaků, pak lze produkovat až do 100 produktů za sekundu.

Protože kód je vyřezán do kovové masky, je jeho formát neměnný a je možné jej změnit pouze výměnou masky. Pokud je potřeba měnit kód, pak se často používá rotující kotouč, který obsahuje více masek a pomocí elektroniky je nastavena požadovaná maska. Je tak možné mít relativně proměnný kód. Nevýhodou je pomalá změna kódu a také velmi drahý systém masek.

Ve všeobecnosti je systém velmi veliký, vyžaduje externí chlazení a externí dodávku plynu. Celkově je systém často fixovaný ke konkrétní lince a není přenosný.

TOHLE NENÍ SOLARIS LASER SYSTÉM.
Solaris Laser používá vektorový vychylovací systém.

Vektorově vychylovaná skenovací hlava laseru Solaris e-SolarMark FLS

Co je to FDA 21 CFR Part 11?

Jednoduše jde o uchování dat a dokumentů v podobě elektronického záznamu, kdy je generován většinou textový dokument, obsahující záznam o přihlášení do systému, provedené změny a následný provoz zařízení. Jde o takový log-file, který má validitu díky zaheslovanému přístupu do systému.

Laser systém a FDA 21 CFR Part 11

Laserové systémy Solaris nabízí tyto volby pro splnění uvedených požadavků:

- Použití ovládání laseru v několika úrovních hesel a přístupů k ovládání
- Logging, nebo-li záznam všech aktivit uživatele s časovým údajem a uživatelskými změnami („Audit Trail")
- Logging, nebo-li záznam všech systémových stavů s časovými údaji. Například chybové hlášení
- Rozšířený komunikační protokol pro integraci do zákaznické sítě s centralizovanou správou a uživatelskými daty (ERP systémy a například SAP R3)
- Datová bezpečnost via Windows XP Professional, NTFS souborový systém a nepřerušení napájení díky UPS

Historie FDA 21 CFR Part 11

Již v roce 1991 se podniky, jejichž výrobní program v USA podléhá státnímu (federálnímu) dozoru, začaly dotazovat FDA Amerického úřadu pro potraviny a léčiva (U.S. Food and Drug Administration – FDA)), jak a kdy by mohly namísto dokumentace vedené na papíře začít používat elektronické záznamy a tzv. elektronického podpisu.

Následovalo vydání směrnice FDA v srpnu roku 1997, zkráceně označovanou 21 CFR Part 11 (FDA: Part 11 of Title 21 of the Code of Federal Regulations: Electronic records; electronic signatures). Směrnice CFR 21 Part 11 stanovuje, že výrobní společnosti, jak z oboru farmacie, tak i potravinářství, mohou používat validitu elektronických záznamů a podpisy. Pro ty z nich, které při výrobě anebo distribuci výrobků podléhajících dozoru ze strany FDA (tzv. regulované produkty) používají počítačové systémy, je použití elektronických záznamů a podpisů doslova povinné. Směrnice 21 CFR Part 11 stanovuje procedury a technické požadavky, které jsou podmínkou použití počítačových systémů založených na elektronickém uchovávání dat a využívajících elektronický podpis. Určuje způsoby validace počítačového systému, autentizace uživatele, přístupu k systému a jeho zabezpečení, použití časových značek, uchovávání podkladů pro audit, příjmu záznamů a stanovuje, co je třeba především brát v úvahu při identifikaci požadovaného záznamu. Směrnice 21 CFR Part 11 je důležitá proto, že FDA, a spolu s ním pravděpodobně také další dohlížející úřady auditu a v neposlední řadě i mnozí vedoucí pracovníci v podnicích, budou uchovávat data v elektronické formě záznamu. Směrnice stanovuje, že elektronicky vytvořená výrobní data vyžadují inspekci auditu a elektronickou archivaci.

Jednoduchost implementace

Díky připravenosti zařízení na uvedenou normu shody s 21 CFR Part 11 jde o velmi levnou, finančně a administrativně nenáročnou implementaci, která významně neovlivní hospodaření firmy. Je zde zabezpečena přenositelnost dat a jejich snadná požadovaná archivace.

Budoucnost a 21 CFR Part 11

S růstem složitosti systémů pro automatizaci procesů používaných ve farmaceutické a potravinářské výrobě a současně s rostoucí angažovaností státních dohlížejících institucí, jako je např. FDA v USA, v oblasti validace počítačových řídicích systémů, je patrná potřeba určitého v praxi použitelného systému, jenž umožní tyto systémy specifikovat, konstruovat a validovat. Takovým systémem je směrnice FDA 21 CFR Part 11.

Norma u nás

U nás je dohlížejícím orgánem v oblasti farmacie Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL). Dále SÚKL konstatuje, že pokud by u nás měl výrobce elektronicky vedené záznamy o propuštění šarží (tj. včetně elektronických podpisů) a jeho počítačový systém by byl validován, pravděpodobně by nenarazil na problémy, a to také díky tomu, že v rámci EU zatím nebyl vydán žádný pokyn, který by toto detailně upravoval. Současná globální povaha výroby i spotřeby, ne tak zřídka přicházející proměny osvědčených nadnárodních, firemních apod. standardů ve všeobecně mezinárodně přijímané de facto standardy a v neposlední řadě i skutečnost, že někteří výrobci a dodavatelé již zmiňují směrnici 21 CFR Part 11 v souvislosti s vlastnostmi jimi nabízených produktů, nebrání produkci v rámci EU. Směrnice 21 CFR Part 11 v tento okamžik představuje metodu validace počítačových řídicích systémů v automatizované průmyslové výrobě, v principu ověřenou, mocně podporovanou a všeobecně dobře přijímanou.

```
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:29:Service:Service Menu->File Manager:Entry:
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:29:Service:Service Menu->File Manager:Exit:
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:30:Service:File Manager->Test Marking:Entry:Static marking; New.xml; 0
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:30:Service:Marking:Open:/opt/storage/New.xml
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:31:Service:Marking:Close:/opt/storage/New.xml
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:33:Service:File Manager->Test Marking:Exit:Static marking; New.xml; 0
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:36:Service:File Manager->Change File:Entry:New.xml
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:38:Service:File Manager->Change File:Exit:New.xml
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:39:/opt/storage/New.xml:File Manager->Edit File:Entry:New.xml; F7F992286ED3A199EAACE7D4221CA79F
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:40:Service:Edit File:Started:New.xml
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:47:Service:Edit File:Object deleted:Circular texts->Circular text
<150>CFR: 2006-10-19 14:57:53:Service:Edit File:New object added:Barcode
<150>CFR: 2006-10-19 14:58:22:Service:Edit File:Parameter modified:Barcodes->Barcode->Content => 000100as
<150>CFR: 2006-10-19 14:58:22:Service:Edit File:Parameter to file:Barcodes->Barcode => text=000100as
```

Obr. 1 Ukázka FDA log file v laseru SOLARIS, který slouží ke vysledování změn.

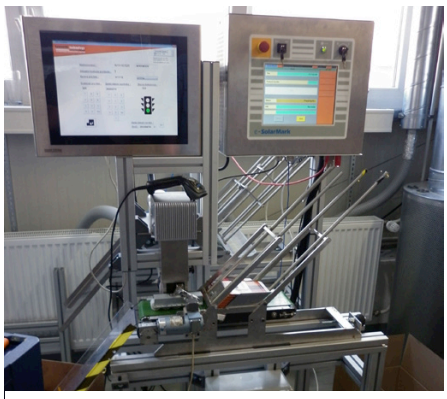
Laser Solaris zvládá veškeré jazykové mutace

Značné množství českých podniků vyrábí produkty do celého světa a potřebuje tak u nich zabezpečit značení v nejrůznějších jazykových mutacích dle cílového místa určení. I toto není pro Leonardo problém, laser Solaris zajistí velmi jemné značení zvládající i piktografická asijská písma (čínština, japonština, apod.). Samotný jazykový font je nahrán v laseru a značící zpráva je načítána z databázového serveru pomocí softwaru NiceLabel.

Leonardo takto značí malé tlakové nádoby a jejich krabičky, které jsou určeny do celého světa. Tlakové nádoby jsou velmi malé, proto musí být paprsek laseru velmi jemný, aby bylo i asijské písmo dobře čitelné. Na značení byl proto vybrán Solaris e-SolarMark FLS, který je napojen na průmyslový počítač All-in-One se softwarem NiceLabel, ve kterém je vytvořena zakázková aplikace ovládající proces značení s kompletní vizualizací procesů.

NiceLabel je nejen komplexní tiskový manažer určený pro návrh a správu tiskových zpráv, ale je taktéž vhodný pro kompletní ovládání pracoviště na úrovni OP panelu v průmyslovém PC.

K celému systému je navíc napojen senzor, který kontroluje vysokou kvalitu značení před konečným balením tlakových nádob do krabiček.



Značící stanice vybavená laserem Solaris e-SolarMark FLS a průmyslovým počítačem se softwarem NiceLabel

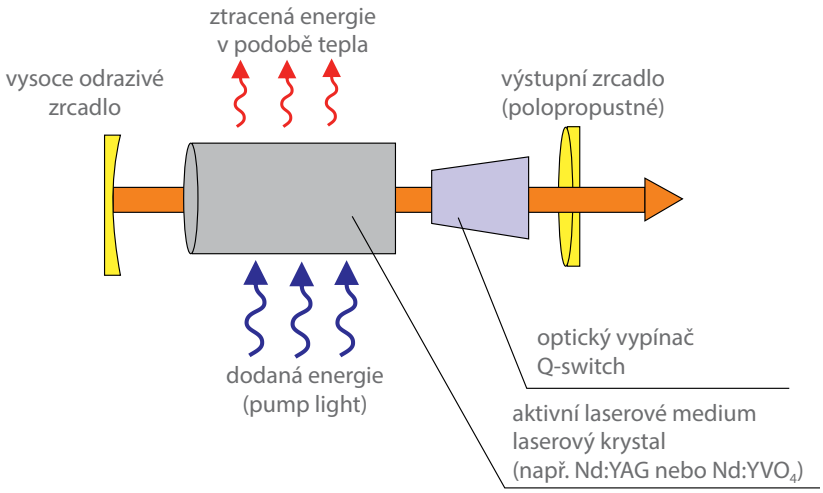
BENEFITY

- Unicode systém napříč jazykovými potřebami zahrnující Asii, Evropu, Ameriku
- Snadná editace zprávy, propojení s databází výroby, sledování produkce přes obslužný software
- Logování, zaznamenávání změn produkce v software

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Princip pevnolátkových Nd:YAG laserů - 1064 nm Infra red

Říká se jim DPSS lasery, tedy Diodově buzený pevnolátkový laser z anglického Diode Pump Solid State laser. Virtuálně jsou to jakékoliv opticky pumpované lasery, ať již diodami nebo lampou (výbojkou), která se používá jen málo. Z funkčního hlediska se pevnolátkové lasery zpravidla dělí podle aktivního prostředí, v němž vzniká laserový efekt. Mezi laickou veřejností je nejvíc rozšířena představa laserů s krystaly drahých kamenů, např. rubínu nebo safíru. Ano, vyrábí se i tyto lasery, které umožňují dosahovat velkých výkonů, ale pouze v krátkých pulzech, protože spojité záření by krystal zničilo. Tuto nevýhodu nemají lasery, jež jsou založeny na sklech s přídavky vzácných prvků (např. Nd:YAG). Tyto dva druhy laserů se označují jako lasery s pevným prostředím (solid-state).



Obr. 1 Schéma pevnolátkového laseru

Nejpoužívanějším typem pevnolátkového laseru je Nd:YAG laser. Aktivním materiálem je izotropní krystal Yttrium Aluminium Granátu ($Y_3Al_5O_{12}$) dopovaný ionty neodymu (Nd_3+) a z toho vzniká zkratka pro laser, složená z počátečních písmen chemických prvků. YAG je zkratka pro yttrito-hlinitý granát ($Y_3Al_5O_{12}$), což je bezbarvý, opticky izotropní krystal kubické struktury. V současné době je nejdůležitějším krystalem pro granátové lasery, neboť je zvládnuta jeho technika pěstování a opracování do tvarů tyčí při zachování nejvyšší optické kvality.

Dominantní postavení pro svoje laserové vlastnosti má YAG dopovaný ionty Neodymu (Nd_3+). Kromě něho bylo docíleno laserové generace i v krystalech YAG dopovaných ionty Erbia (Er_3+), Holmia (Ho_3+), Ytterbia (Yb_3+) a dalšími.

Typická vlnová délka záření emitovaného z Nd:YAG laseru je 1064,1 nm, která je shodná s vlnovou délkou používaných druhou „polovodičovou" technologií vláknových laserů. S menší účinností však může Nd:YAG laser emitovat i záření o vlnových délkách 940, 1120, 1320 a 1440 nm.

Buzení nebo čerpání laseru

Toto by bylo na samostatnou kapitolu, tedy jen stručně. Čerpání krystalu je prováděno buď kryptonovou výbojkou (lampou - staré a je na ústupu, nepoužívá se) typ Laserscript nebo novější polem polovodičových diod typ Laserdiode. Jen nastíníme, že buzení může být z boku krystalu, nebo zezadu krystalu (zado-buzené lasery). Budící diody mají vysoký výkon, ale velkou rozbíhavost paprsku, což pro některé typy DPSS laserů není problém, například pro diskové lasery. Ale často se laserový paprsek z budící diody formuje do vlákna a toto nosné vlákno je nasměrováno na zadní část krystalu. Různým typem buzení se dosahují velmi různé vlastnosti DPSS laserů.

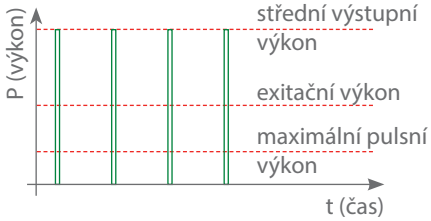
Laserový svazek je modulován speciálním krystalem (AOM - acoustooptic modulation) ovládaným RF signálem. Lasery pracují v kontinuálním CW nebo pulzním módu. Typem buzení se výrazně liší životnost laseru, protože výbojku (5.000 hod max.) nebo diody (20.000 hod max.) je potřeba měnit v servisních intervalech. V závislosti na době buzení může generovat záření jak v impulsním, tak i v kontinuálním režimu. Maximální výkon v kontinuálním režimu dosahuje několika stovek wattů. V impulsním režimu se délka impulsu může v závislosti na druhu modulace jakosti rezonátoru pohybovat v rozmezí od mikrosekund až po jednotky pikosekund a tedy i výkon může být velmi vysoký (ale na krátký čas).

Q-switch

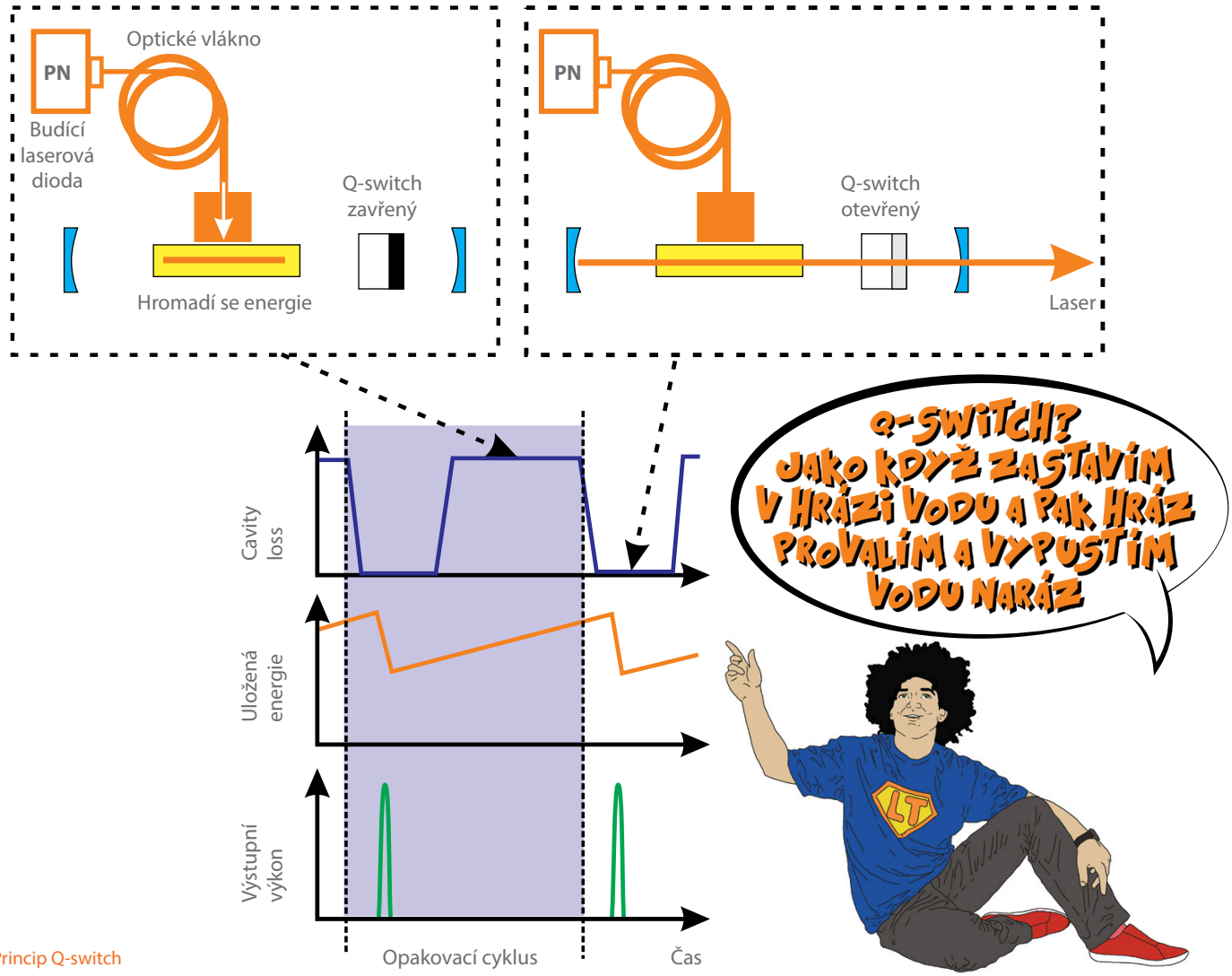
Jde o součástku, která je vložená do rezonančního obvodu a dokáže převést kontinuální mód na pulsní s vysokou energií. Někdy se systém s Q-switch, součástkou nazývá také „quality switch" zlepšující kvalitu paprsku. Při tomto ovládání laserového zdroje dochází k navýšení výkonu jednotlivého pulsu laseru nad hodnotu, která je daná exitačním výkonem.

Q-switch ovládání je zabezpečené umístěním rychlého pulsního spínače přímo v laserovém rezonátoru. Q-switch se nazývá quality switch a produkuje extrémě vysoké pulzy výkonu řádově až stovky kW, ale v časové délce několika nanosekund, nebo taky výkony GW (giga Watt) v časové délce pikosekund. Frekvence spínání je řádově ve stovkách kHz.

AQ switch - acusto optic metoda Q-switch, mění lomový index světla na základě ultrazvuko-



Obr. 2 Operační mód Q-switch



Obr. 3 Princip Q-switch

vých vln. Existuje ještě druhá metoda Q-switch a to je Elektro-optic. Q-switch mění refractive index na základě přivedeného napětí. Z principu je možné mít jak pasivní tak aktivní Q-switch. Aktivní lze ovládat elektricky, pasivní mění své vlastnosti v závislosti na výkonu laseru. Nyní k principu. Pokud není aktivní Q-switch aktivován, tak není ovlivněn rezonanční obvod a vytváří se laserový paprsek z emitovaných elektronů. K čemu dojde, když se zapne / aktivuje Q-switch? Po aktivaci zacloníme průchodu fotonů a zrušíme rezonanční obvod. V oblasti, kde se aktivují elektrony, dochází k mnohem větší aktivaci více elektronů, a tedy zvyšují možnost vyzářit více fotonů, tedy více energie. Deaktivujeme Q-switch a rezonanční obvod je otevřen, ale už máme více excitovaných elektronů a vyzáří se tak více fotonů. Zvyšují tedy laserovou energii a rozdělují ji v pulsy, dávky velké energie.

Nyní to popíšeme velmi názorně pro domácí studenty. Je to jako když proud vody z kohoutku představuje proud fotonů. Tento proud „vodních fotonů" přehradíme svými dlaněmi a nahromadíme energii do dlaní. Dlaně se tak naplní vodou a pak je otevřeme. Vznikne tak mnohem větší energetický náraz, což je právě tok fotonů v pulzích s větší energií - stejný objem vody vyteče za kratší čas a s větší energií.

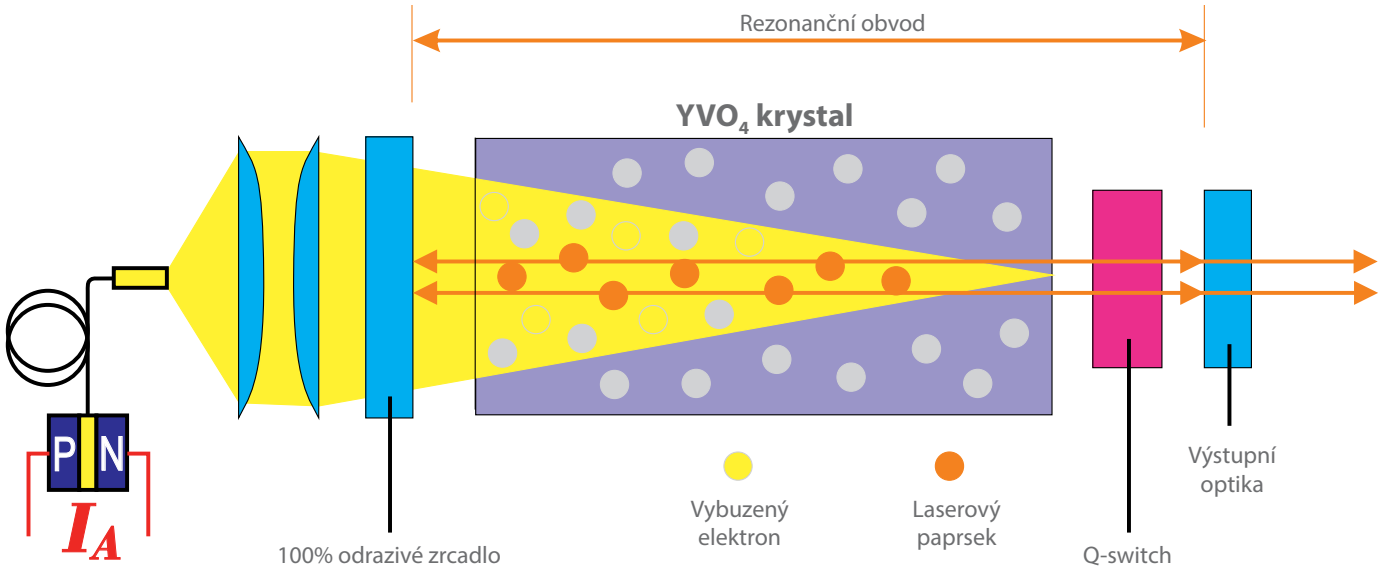
Nd:YAG má díky vysokému výkonu, jednoduchosti konstrukce a vhodné vlnové délce, řadu uplatnění. Hojně je užíván v technologii např. pro vrtání, sváření, žíhání, řezání a značení. Pro značení je využíván hlavně pro anorganické materiály, jako jsou kovy, plasty. Výkon laserů je odstupňován následovně: 5 W, 20 W, 30 W, 50 W a 75 W a 120 W. Vlnová délka Nd:YAG laseru prochází přes křemenné sklo a neprovádí na něm žádné značení. Dále své uplatnění nalezl i v medicíně, vědě, biologii a ve vojenských aplikacích. K vedení laserového výkonu z Nd:YAG laserového zdroje se používá optického vlákna, které není aktivní, ale pouze přenáší výkon do skenovací hlavy. Mylně se často zaměňuje tento princip s vláknovými lasery (fiber laser), kdy vláknové lasery mají aktivní optické vlákno, zvyšující výkon „polovodičového" laseru z budících diod. Vláknové lasery pracují na zcela jiném principu, ale rezonátorem je právě aktivní vlákno.

Ve zdravotnictví se Nd:YAG využívá v oftalmologii pro odstranění druhotného šedého zákalu či vytvoření otvorů v duhovce za účelem redukce nitroočního tlaku. Při odstranění druhotného šedého zákalu je laserem vytvořen otvor do zadního čočkového pouzdra.

Použít vláknový laser nebo Nd:YAG laser?

Je zde několik rozdílů mezi vláknovým laserem a Nd:YAG lasery (dnes používané pevnolátkové lasery pumpované diodami, také ve variantě Nd:YVO_4), přesto oba typy laserů pracují na stejné vlnové délce 1064 nm. Ytterbium Fiber Laser má několik variant, které jsou označovány Mopa & Mofa, kde diody pumpují optické vlákno. Tyto lasery mají exklusivní kvalitu laserového paprsku, stabilitu a velmi vysokou účinnost z přívodní energie ze zásuvky, často okolo 30%.

Naopak starší lampou buzené Nd:YAG lasery jsou neefektivní ve výkonové spotřebě a jejich výkonový výstup je v poměru k příkonu někde mezi 2 až 30%. Vláknové lasery jsou virtuálně bezúdržbové a poslední modely laserových budících diod dosahují životnosti až 150.000 hodin, díky pokrokovému snímání teploty na polovodičovém čipu diody. Jediný spotřební materiál u vláknového laseru je elektrická energie. U laseru typu YAG je



Obr. 4 YVO_4 zado-buzený laser

potřeba měnit diodový blok po asi 10.000 až 20.000 hodinách nebo lampu po 3.000 až 5.000 hodinách. Vláknový laser je extrémně kompaktní a není potřeba nastavovat žádné rezonanční optické části, proto je vláknový laser velmi stabilní, malý a bezúdržbový.

I když má vláknový laser mnoho předností a benefitů, tak přesto není přímou náhradou YAG laserů pro některé aplikace. Před rozhodnutím, jaký typ laseru použít, je nutné provést testy značení na materiál, kdy často plasty dosahují velmi odlišného kontrastu.

YVO_4 a Nd: YVO_4 lasery v principu zadobuzené

Metoda „zado-buzený" laser YVO_4 je čistě pevnolátkový laser s krystalem YVO_4 nazývaným Vanadový. Toto medium je Yttrium Vanadate krystal dopovaný Neodymiem, stejně jako YAG lasery. Metoda zadobuzeného pumpování je jen jednou z možných aplikovaných systémů buzení laserů YVO_4. Rezonátor je tvořen párem dvou zrcadel, kdy zadní 100% odrazivé je pro vlnovou délku laseru 1064 nm, ale pro budící laserový paprsek z diody je propustný. V rezonančním obvodu je vložený Q-switch, který zvyšuje energii vycházející z laseru a právě YVO_4 krystal dokáže mnohem více zesilovat energii v porovnání s Nd:YAG krystalem, je zde větší zesilovací faktor jak u YAG laseru. Použitím Nd:YVO_4 laseru je možné získat stejný výkon jak z Nd:YAG laseru, ale s menší velikostí. Stejný výkon jak z YAG laseru lze získat s menší velikostí krystalu (nižší cena) a menším rezonančním obvodem (malé zástavbové rozměry). Malý rezonanční obvod zabezpečí kratší délku laseru v rezonančním obvodu, což zvyšuje intenzitu laseru. Největší výhodou tohoto laseru je jeho vysoká špička výkonu a krátký puls s větší efektivitou jako YAG lasery. Tvar YVO_4 paprsku je mnohem lepší jak pro YAG lasery, kdy středová část má mnohem větší špičku a paprsek je v TEM 00, tedy má jen jednu špičku výkonu, což dělá z tohoto laseru velmi kvalitní výstup. Největšího výkonu se dosahuje při použití YVO_4 zdroje, okolo 40-50 kHz. Vyšší frekvence nemá efekt na zvýšení výkonu nebo energie pulsu.

95% dodané energie je právě do budící diody, tedy do PN polovodičového přechodu. Světlo této budící diody je okolo 900 nm (často 880 nm nebo 840 nm, tedy červené světlo). Toto světlo - respektive jeho pulzy - je přiváděno na krystal YVO_4, kde se přemění energie dodaná na laserový paprsek o vlnové délce 1064 nm. Velmi důležitá je tepelná stabilita celého systému. Pokud se mění teplota budící diody, mění se i její vyzářená vlnová délka (barva světla), což má za následek nefunkční budící obvod a výsledek nízkého vybuzení krystalu je nižší energie / výkon laseru. Při značení to má za následek neznačení nebo vynechání části značení. Doporučuje se velmi stabilní teplota laserového systému, nezakrývat u vzduchového chlazení otvory, nechat dostatečnou vzdálenost mezi laserem a otvory nasávání a vyfukování vzduchu. Uvnitř laseru je destička korigující teplotu povrchu budící PN diody. Jde o Peltierův jev, který už v roce 1834 objevil Jean C. Peltier. Princip je jednoduchý, dvě destičky, každá z jiného kovu, na každé je přivedena elektroda, a když prochází těmito destičkami z jiného kovu proud, jedna destička se zahřívá a druhá ochlazuje. Tento systém se používá i v počítačích k ochlazování čipů. V laserech se koriguje teplota polovodičových laserových diod a stabilizuje se tak celý laserový systém.

Porovnání YAG / YVO_4 Vanadate / Ytterbium fiber

- **Délka pulsu** je největší u vláknového laseru (okolo 20 ns), menší je u YAG laseru a nejkratší doba pulsu (5 ns) je u vanadatového laseru.
- **Velikost špičkového výkonu** je nejnižší u vláknového laseru (10 kW) (energie okolo 1 mJ pro značící lasery), střední je u Vanadového laseru a nejvyšší puls výkonu je u YAG laseru (100 kW).
- **Frekvence opakování pulsu** je nejvyšší u vláknového laseru (250 kHz), střední u YVO4 Vanadate laseru a poslední je YAG laser (80 kHz).
- **Spodní frekvence opakování pulsu** je nejnižší u YAG laseru (5 kHz) a ostatní lasery začínají na 20 kHz, stejně jako vláknový laser. Vláknový laser lze budit i menší frekvencí, okolo 5 kHz, ale pak klesá energie pulsu z 1mJ, často až na polovinu, tedy 0,5 mJ. Stejně je tomu u vláknového laseru na velmi vysokých frekvencích okolo 300 kHz, kdy i zde klesá energie pulsu. Beze změny energie pulsu 1mJ je vláknový laser mezi 20 kHz až 250 kHz.
- **Pro Q-switched lasers**, Nd:YVO_4 nedovoluje konstrukce takovou energii pulsu jako pro Nd:YAG, protože kapacita uložené energie je nižší pro Nd:YAG z důvodu nižší životnosti a pak i vysoké účinnosti. Na druhou stranu Nd:YVO_4 je vhodnější pro vysoké opakování pulsů vyšší frekvence, kde dokáže generovat velmi pěkné krátké Q-switched pulsy s vysokou energií. Nejčastěji je opakovací frekvence laseru řízena s Q-switch módem.
- **Chlazení vzduchem** je mnohem levnější. Pokud se použije vláknový laser, tak je chlazen vzduchem a není potřeba vodní chlazení. Rodina YAG laserů je pro velké výkony chlazena vodou, ale pro výkony okolo 20 W je možné mít vzduchové chlazení.

Porovnáme-li výsledek značení s pevnolátkovým laserem YVO_4 a vláknovým laserem, tak YAG laser má velmi vysokou špičku výkonu a krátkou dobu trvání. Díky tomu velmi rychle zahřeje materiál tak, že se začne okamžitě odpařovat a po skončení působení pulsu se okamžitě schladí. Dříve než se zahřeje okolí působení laseru, tak je již laserový paprsek vypnutý. Díky tomu nedojde k zahřívání okolí a nedochází také ke kapalné fázi materiálu, ale rychle se odpaří. Naopak vláknový laser působí delší dobu na materiál a tím dojde k roztečení materiálu a ten se pak z tekoucí fáze dostává k odpařování za delší dobu. Tekutá fáze chladne pomaleji a zahřeje okolí působení vláknového laseru. Proto výsledky značení jsou odlišné při použití YVO_4 a vláknového laseru.

Leonardo technology na okruhu superbiků

Nejen rychlostí světla, ale přeneseně i díky přesnosti laseru, jezdí dnešní superbiky na Mistrovství světa a k vítězství jim dopomáhají motocyklové součásti značené lasery Solaris.

Česká a přesto světově známá společnost PP Tuning Racing Parts s.r.o., vyrábí komponenty do sportovních motocyklů série superbiků. Ke značení využila ekonomickou variantu Solaris laseru e-SolarMark EFLS, který má silnou energii pulsu 1 mJ a disponuje zobrazovacím polohovacím ukazovátkem (tzv. pointerem) v podobě červeného světla.

Dříve používala společnost PP Tuning Racing Parts s.r.o. ke značení samolepky, které však byly problémové a nevydržely náročné závodní podmínky na okruhu, velmi brzo ztrácely svou kvalitu nebo odpadávaly. Permanentní značení dílů vyřešil laser od Leonarda, který vypaluje velmi kontrastní, mechanicky a tepelně stálé značení, téměř nezničitelné. Kvalitativně je značení laserem neskutečný skok kupředu a navíc podtrhuje designový prvek funkčních profesionálních moto dílů.

Řekli o nás

Majitel společnosti PP Tuning Racing Parts s.r.o., Pavel Kuzma, při zpětném hodnocení implementace laserového značení sdělil „Laserové zařízení od Leonarda jsem pořídil před půl rokem. Je to investice, která designově vystřelila všechny značené výrobky úplně jinam. To, na co slyší i v Mistrovství světa, je rychlost, spolehlivost a špičkový servis - to jsou atributy, které Leonardo splňuje. Jsem hrdý na to, že spolupracuji se špičkou."

BENEFITY

- Odolné značení
- Bezkontaktní značení
- Designové dokreslení kvality výrobku

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

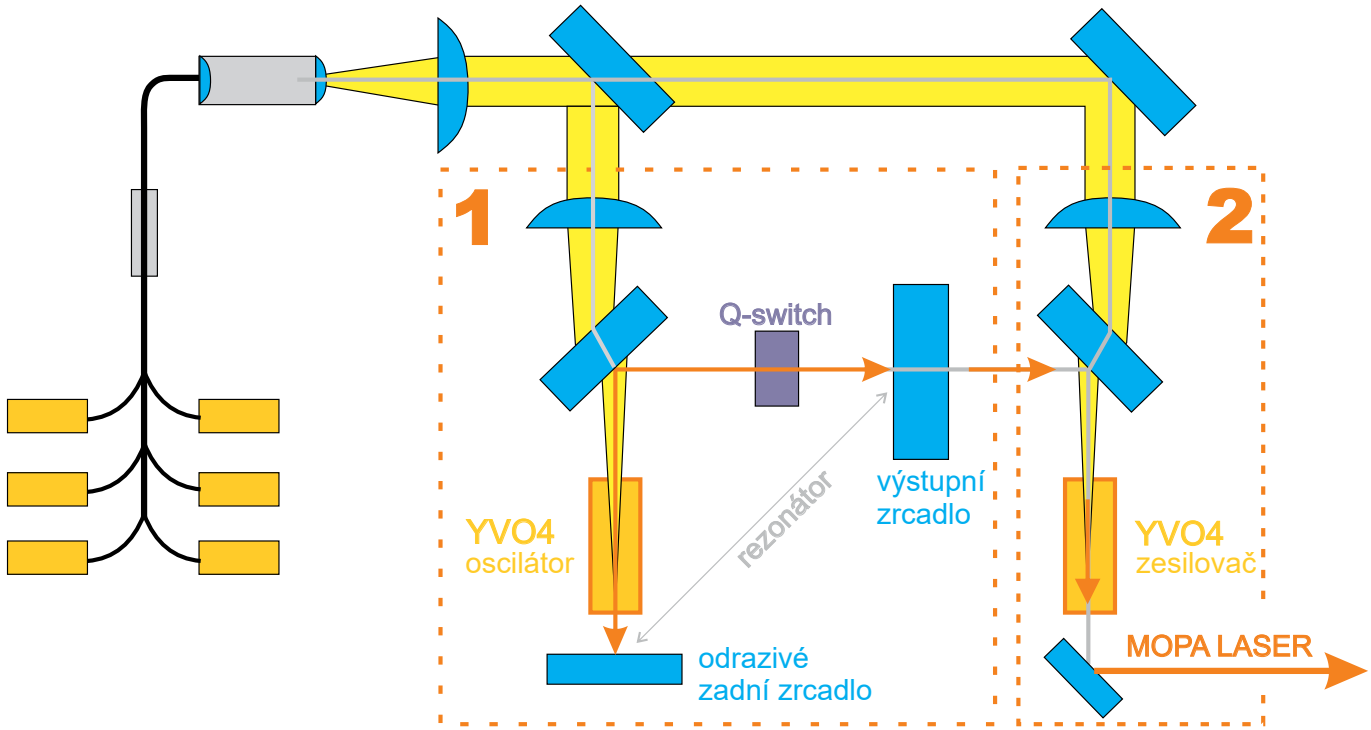
Řídítka BMW S1000RR

Kryt spojkového víka Yamaha R1

Víčko od nádrže

MOPA pevnolátkový laser

Solid State Master Oscillator Power Amplifier Design (zkráceně MOPA laser nebo S-MOPA). Nelze opomenout ani specifické místo ve vývoji laserů této třídy na bázi Nd:YAG, Nd:YVO_4 nebo Yb:YAG. Lasery jsou určeny především pro popisování, případně i jemné obrábění, kde výrobce doporučuje především typ Master Oscillator Power Amplifier Design (MOPA) s vlnovým rozsahem od blízké IR 1064 nm až po ultrafialovou oblast 355 nm. Tento laser se nyní používá hlavně ve spojení s YVO_4 laserovými zdroji, které jsou většinou dva umístěné v jednom laseru. Výhodou tohoto designu je dlouhý servisní interval, excelentní charakteristika laserové radiace a vysoká kvalita paprsku.



Obr. 1 MOPA laser

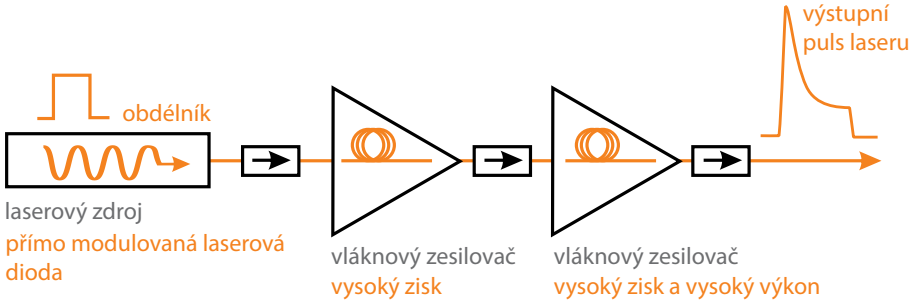
Konstrukce se dvěma YVO_4 zdroji, kdy jeden YVO_4 oscilátor (master oscilátor) je použit jako generátor / zdroj pulsu pro druhý YVO_4 laser, který tyto pulsy ještě jednou zesiluje. Toto uspořádání dává možnost zesilovat špičkové výkony ze zdroje ještě jednou a dosáhne se tak ještě větší špičky výkonu a s použitím Q-switch ještě kratších pulsů. Excelentní kvalita pulsu a vysoká špička výkonu jsou nepřekonatelné. Jednotlivé emitující budící diody jsou napojeny do optického vlákna a jejich výkon se sčítá, proto můžou být jednotlivé diody s malým výkonem a s malou tepelnou ztrátou. Tím, že se tolik nezahřívají, tak je jejich životnost mnohem delší jak u klasického pevnolátkového laseru. Životnost se blíží pak téměř k vláknovým laserům (odhadem 60.000 hodin).

Protože jsou to v podstatě dva lasery v jednom pouzdře, s více budícími diodami, tak je také adekvátní cena laseru více než dvojnásobná jak za standardní YVO_4 laser. Naopak to, co dokáží tyto lasery do plastů a gravírovat do pokoveného skla, to nedokáže žádný jiný laser.

MOPA vláknové lasery

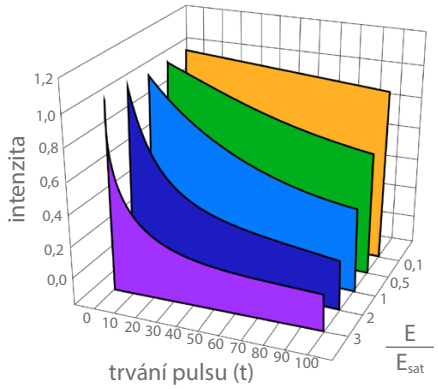
Jde o podobnou konstrukci jako u pevnolátkového MOPA laseru, ale je zde použitý princip na bázi vláknových YAG laserů. Velkou výhodou MOPA laserů je použití hned prvního pulsu, možnost vytváření krátkých nebo dlouhých pulsů, opakovatelnost do 500 kHz, vysoká špička výkonu, velmi rychlé zapnutí a vypnutí laseru. Obvykle MOPA laser dokáže provádět přibližně 2x větší špičku výkonu jak Q-switch lasery a má také vyšší opakovací frekvenci spínání než Q-switch laser. Délka trvání špičky výkonu je asi do 20 nm a celková délka pulsu je přibližně 200 ns. Díky preciznosti ovládání lze měnit jak délku pulsu, délku špičky výkonu, tak i opakovací frekvenci a to vše v přesně definovaných hodnotách. Na přibližně 30 kHz má laser nejvyšší špičku výkonu (a nejdelší dobu trvání pulsu) a naopak při 300kHz je nejnižší špička výkonu a nejkratší trvání.

Přímo modulovaná laserová dioda dává obdélníkové pulsy do prvního vláknového laseru, kde dochází k zesílení pulsů. Nicméně tento laserový puls je použit pro druhý vláknový zesilovač, kde se vytváří již výsledný MOPA laserový paprsek o velkém výkonu a velkém zisku. Výsledný tvar pulsu paprsku lze definovat a nastavit dle



Obr. 2 Mopa vláknový laser

požadavků, respektive ušít na míru. Nejjednodušší je nastavit výrobcem tvar a dobu trvání pulsu a tuto hodnotu (waveform) uložit do FPGA paměti. Pak se dosahuje vždy stejných hodnot výkonu, délky trvání pulsu a snadnost ovladatelnosti laseru. Často má laser uloženo například 30 waveformů a lze mezi nimi přepínat. Nicméně MOPA laserový puls není obdélník, ale je vidět velmi velká špička výkonu a následně pozvolné klesání s dlouhou délkou pulsu. Ostrý náběh a vysoká špička výkonu provedou značnou energii po krátký čas, což je právě to, co potřebujeme od MOPA laseru a čím se odlišuje od vláknového Q-switch laseru.



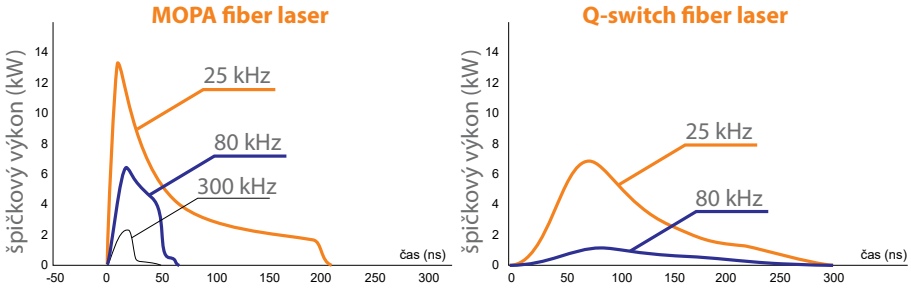
Obr. 3 Puls MOPA laseru

Porovnání Q-switch laseru a MOPA laseru je vidět velmi dobře na grafickém vyobrazení. MOPA má velmi krátkou dobu trvání špičkového výkonu a velmi vysoký puls špičkového výkonu. Graficky je to zobrazené na stejných frekvencích spínání pro názornost porovnání. Q-switch vanadový laser je lepší pro vysoké pulsy opakování vyšší jak 100 kHz. Vláknové lasery, které mají Master oscillator power amplifier (MOPA) system, jsou velmi flexibilní, co se týká opakování pulsů a přerušení pulsu, ale často emituje delší pulsy s nižší energií pulsů a špičkovým výkonem. Hlavní oscilátor produkuje paprsek s vysokou kvalitou a optický zesilovač zvyšuje výkon. Hlavní rezonátor není potřeba mít velmi výkonný a není potřeba jej mít vysoce efektivní, protože hlavní účinnost je dána výkonovým zesílením. Kombinací několika laserových zesilovačů zasazených do běžných oscilátorů je nezbytný koncept High Power laser Energy Research facility (HiPER).

Tvar paprsku je stejný jako u vláknového laseru, tedy velmi precizní Gaussova křivka a kruhový průběh výkonu - Single mode SM. Stopa paprsku je 25 µm až 60 µm dle optické konfigurace. Energie pulsu se pohybuje okolo 1 mJ (podobně jako vláknové lasery) při 30kHz, ale její délka trvání je mnohem kratší, tedy i špičkový výkon je vyšší.

Vláknový laser, který není vláknový laser?

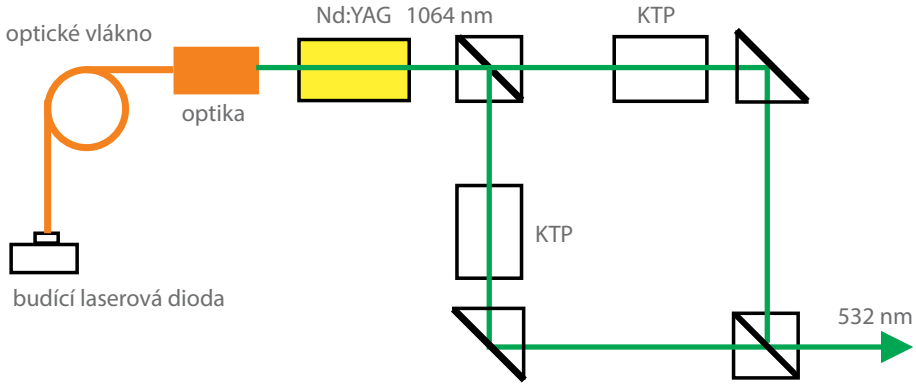
Jde o lasery, které jsou často představeny jako vláknové lasery, ale jejich vlákno je pouze optický přenos výkonu z jednoho místa na druhé, tedy ze zdroje laseru do skenovací hlavy. Toto vlákno je pasivní a nezvyšuje výkon z laserového zdroje. Opravdový vláknový laser má aktivní optické vlákno, které je dvojité a do jeho středu je pumpován diodový laserový zdroj, který v optickém vláknu dopovaném ytterbiem vytváří výsledný laserový paprsek, který je na jiné vlnové délce a o vyšším výkonu. Tento princip s aktivním optickým vláknem je skutečný vláknový laser. Je nutné mít optický izolátor v laserech, jinak odrazený výkon může projít zpět a jeho nárůst může poškodit celkovou konstrukci laseru („propálí" se například vlákno).



Obr. 4 Puls MOPA laseru v porovnání s Q-Switch vláknovým laserem

Princip pevnolátkových Nd:YAG laserů se zeleným světlem 532 nm

Zelené světlo vzniká jako sekundární, druhá harmonická pro lasery na vlnové délce 1064 nm. Zde je popsán princip diodami pumpovaného dvojfrekvenčního Nd:YAG a Nd:YVO_4 laseru ve viditelném zeleném spektru 532 nm. První zelený laser v použitelném výkonu byl vyroben v roce 1996 (Spectra-Physics - v CW módu).



Obr. 1 Princip zeleného laseru

Zelené laserové moduly (včetně těch v ukazovátkách) jsou podstatně složitější. Jako zdroj zeleného laseru je znám princip pevnolátkového Nd:YAG laseru (Neodimium Doped Yttrium Aluminum Garnet) popřípadě Nd:YVO_4 (Yttrium Vanadate) laseru, který je buzený laserovými diodami. Vybuzený paprsek laseru má dvě frekvence s velmi velkým odstupem mezi sebou, hlavní o větším výkonu je na frekvenci 1064 nm a druhá frekvence laseru je o menším výkonu a je ve viditelném spektru zeleného světla, na frekvenci 532 nm. Dvoufrekvenční lasery jsou známé dlouhou dobu, příkladem je He-Ne laser. U zelených laserů se většinou používá systém využívající druhou harmonickou, tedy Second Harmonic Generator (SHG). Jednoduše řečeno je to 1064 nm dělené dvěma, tedy 532 nm.

Diodově pumpovaný laser s druhou frekvencí v zeleném spektru je v základu Nd:YAG laser. Vysoce výkonné na vláknu napařené laserové diody jsou tepelně a termoelektricky chlazené a svým zářením v infračerveném světle na vlnové délce 808 nm budí absorpční skupinu Nd:YAG krystalů nebo krystal Neodymiem dotovaného Yttrium OrthoVanadatu (Nd:YVO_4). V něm dochází ke stimulované emisi (to je princip už známého klasického pevnolátkového laseru) na vlnové délce 1064 nm, a to s poměrně vysokou účinností přesahující 60%. Výstup paprsku z vlákna laseru je přiveden na krystal za použití speciální optiky, výstup je opět v infračervené oblasti. Pumpovací strana krystalu je designována konvexně a dielektricky napařená vrstva pro vysoký přenos infra záření na budících 808 nm a vysokou reflexi na výstupu z krystalu na 1064 nm. Dva konce laseru jsou v podstatě výstupy pro paprsek, ale jeden konec je napařen vysoce reflexní vrstvou na 1064 nm a nereflexní vrstvou pro 532 nm. Další konec krystalové tyčky je pokrytý antireflexní vrstvou pro 1064 nm. Z toho se vytvoří dvě frekvence, jedna je podpořena pumpovací stranou na Nd:YAG laserové tyčce (straight cavity) a druhá na odlišné frekvenci (square cavity). Obě cavity mají stejný zdroj a jsou dále vedené do polarizovaného rozdělovače paprsku (polarized beam spliter). V laseru je ještě piezo elektric transducer (PZT), s kterým lze doladit rezonanční frekvenci. Lze tak přepínat laser do p-polarizace (1064 nm) a s-polarizačního módu (532 nm) pro jednu frekvenci laserového paprsku. Kombinací dvou jednofrekvenčních zelených laserů, použitím dalšího polarizačního rozdělovače - polarized beam spliter (PBS), je možné lineárně polarizovat dvojitou frekvenci laseru na 532 nm.

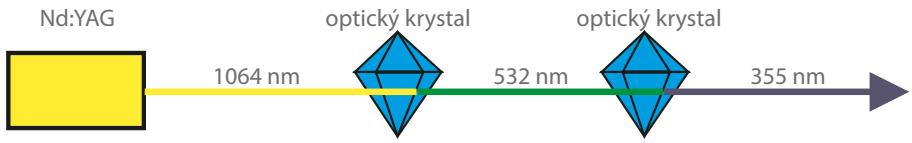
Nyní se používá na rozdělení paprsku do dvou frekvencí z jednoho zdroje, „Birefringent Filter - BF". Filtr obsahuje polarizér, obvykle „Brewster plate - BP" a birefringent krystal. Dále je v modulu za krystalem zařazen další krystal KTP (z $KTiOPO_4$), kterým je frekvence z části výstupního záření zdvojnásobena, a dostane se tak do viditelné - zelené oblasti spektra 532 nm. KTP krystal je často používaný na odfiltrování nelineární frekvence. Celkově se tomuto optickému ústrojí říká BP-KTP filtr. V tomto filtru je možné jednu frekvenci potlačit a ta nejde ven a druhou frekvenci odfiltrovat a ta jde ven z laseru. Na konci je zařazen ještě jeden IR filtr, který z bezpečnostních důvodů propustí ven z modulu pouze zelené záření, nikoli zbylé IR, které převažuje.

Vhodnost použití na značení elektroniky

Second Harmonic Generation (SHG) ve viditelném spektru na vlnové délce 532 nm (green - zelený), která je polovinou základní frekvence na vlnové délce (1064 nm), jsou schopné značit do křemíkových destiček, tenkých paměťových karet, tenkých integrovaných obvodů, bez poškození vnitřní struktury. Dále zelené světlo velmi precizně a kontrastně značí do velkého množství plastů, mědi a zlata. U zlata je zajímavé, že se těžko značí s vlnovou délkou 1064 nm, stejně jako hliník, ale u vlnové délky 532 nm je značení mnohem snadnější. Ukazuje se, že plasty, které jsou používány v automobilovém průmyslu, lze velmi kontrastně značit právě zeleným světlem.

Vhodnost použití pro značení kovů

Stopa paprsku je mnohem menší jak s YAG nebo $YAVO_4$ lasery, navíc paprsek je studený, proto je možné značit velmi ostře. Vysoce reflexní metalové materiály, jako jsou zlato nebo měď, není možné značit běžnými vlnovými délkami. V číslech má například měď odrazivost až 90% standardních



Obr. 2 Zelený a UV laser - jednoduchý princip

vlnových délek 1064 nm (Nd:YAG) a velmi nízkou absorbci. Velmi špatně se využívá termo efektu při značení na měď. Tepelný efekt zapříčiní pálení materiálu a v oblasti aplikace laserového paprsku je opálení. Proto se s výhodou používá zelený laser na vlnové délce 532 nm. Poloviční vlnová délka způsobí snadné značení do měděného materiálu, protože je jednoduše absorbována mědí. Neopálené okraje působení laserového paprsku způsobí velmi ostré značení. Naopak, když chceme šrafovat velkou část oblasti zeleným laserem, například výplň loga, grafiky, tak je zelený laser méně efektivní, protože je pomalý - velmi slabá tloušťka paprsku způsobí nutnost použít velmi jemné šrafování, které zpomalí proces značení. Proto je zde výhodnější vláknový laser.

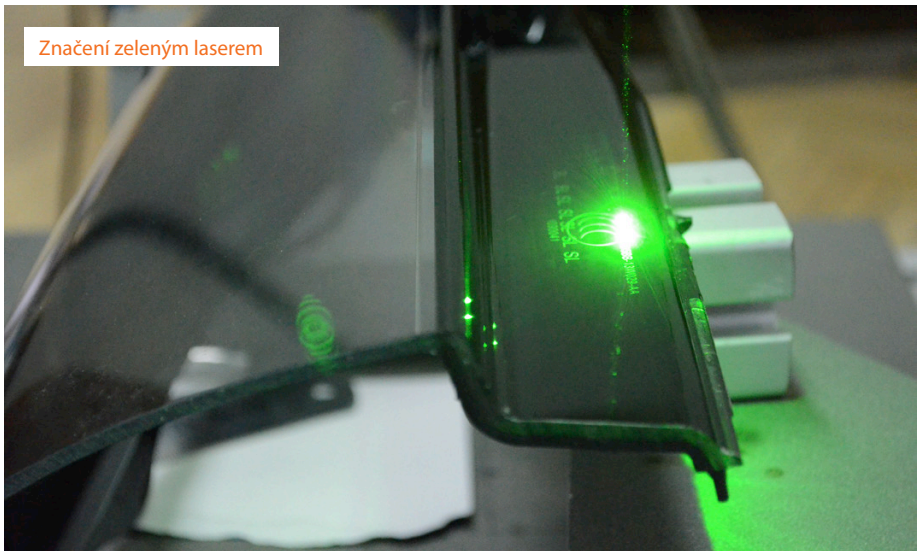
Cena za Green laser

Vcelku velmi komplikované řešení má za důsledek zvýšení ceny laserů se zeleným světlem. Jejich uplatnění je hlavně ve speciálních aplikacích, kde Nd:YAG a Nd:YVO_4 lasery nedosahují předpokládaných výsledků. Na skoro stejném principu fungují i modré, fialové lasery. Nd:YAG krystaly jsou používány ve všech typech pevnolátkových laserů (solid-state lasers) jako jsou frequency-doubled kontinuální lasery, vysoce energetické Q-switched a další. Porovnáním s dalšími laserovými krystaly je životnost fluorescence dvakrát větší jak Nd:YVO_4, a tepelná vodivost je také lepší.

Lasery až na 266 nm - UV spektrum

Pokud vezmeme až čtvrtou harmonickou, tak lze mít i tento laser. Používá se nelineární krystal jako je LBO (lithium triborate) a BBO (barium betaborate). Běžně se tyto lasery nepoužívají na značení a taky jejich cena pro značící lasery je hned vyřazuje. To už jsme ale v UV spektru, kde se častěji dodávají lasery na vlnové délce 355 nm. Lasery pro značení v UV spektru mají výkon od 0,5 W, přes 5 W do 20 W. Energie pulsu je 20 µJ (mikro Jaulů) pro 0,5 W laser a přesto překvapí svými vlastnostmi a studeným světlem laseru. Laser na 5 W má energii pulsu 100 µJ a pro 20 W laser je energie pulsu 200 µJ. Přesto energie není stejná v celém rozsahu frekvence spínání, ale například pro 5 W laser je energie nejvyšší 100 µJ právě pro 50 kHz. Délka pulsu je 5 ns až 25 ns. Dle konfigurace optiky je možné mít laserový spot 23 µm (mikro metrů). Hloubka značení je přitom velmi minimální a proto se laser hodí také pro značení kabelů, kdy nepoškodí izolaci kabelu.

Záření tohoto UV laseru se pohybuje v ultrafialové oblasti od 157 nm do 351 nm. Jelikož jsou tyto vlnové délky velmi dobře absorbovány i ve vzduchu, je nutno aplikace s touto vlnovou délkou provádět ve vakuu, jinak se snižuje účinnost laseru. Pro zdroj UV laseru se používají i excimerové lasery. Paprsek excimerového laseru má vysokou kvalitu s nízkou divergencí. Aktivní prostředí je směs plynů (xenon, xenon a argon), které určuje vlnovou délku záření. Díky buzení elektrickým výbojem se molekuly plynu dostanou do excitovaného stavu (excited dimers) - odtud pramení název excimerový laser. Nejčastější využití aplikací s excimerovým laserem je při jemném opracování bez tepelného ovlivnění (vrtání, mikroobrábění) v mikroelektrice či medicíně. Lze vyvinout velmi krátký pulz o výkonech v řádu miliwattů po kilowatty. Nevýhodou je krátká životnost aktivního prostředí, proto převládají aplikace s pevnolátkovými lasery, kde se odděluje čtvrtá harmonická z laseru.



Značení zeleným laserem

NiceLabel®

NiceLabel
nová produktová řada 2017

Společnost NiceLabel vydala zcela novou řadů softwarů NiceLabel 2017 - komplexní tiskový manažer návrhu a tisku štítků s čárovými kódy, do kterých zapracovala 25 let svých zkušeností z oboru. Tyto softwary jsou postaveny na nejmodernějších technologiích.

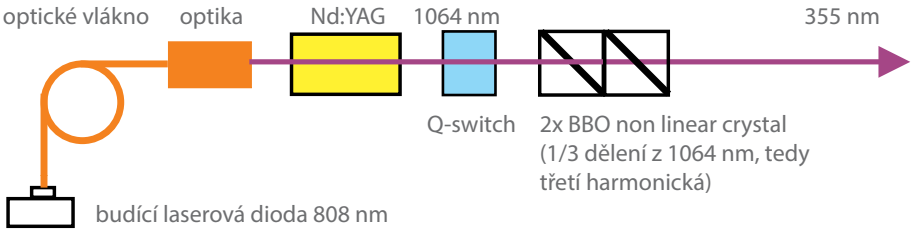
Jednoduše vytvořte řešení, které bude poskytovat skutečnou hodnotu
- Touch
- Web
- Cloud
- Mobile

Kontaktujte nás, navrhneme řešení, které Vám bude nejvíce vyhovovat.

www.LT.cz

Princip pevnolátkových Nd:YAG laserů na vlnové délce 355 nm - UV spektrum

Cold marking UV laserem - E-SolarMark DL family zahrnuje také lasery v UV spektru, pod označením e-SolarMark DL-V. Kratší vlnová délka dovoluje více čisté značení a to hlavně díky photo-thermal a photo-chemical procesu probíhajícím při značení. Nedochází zde k dobře známému fenoménu hloubkové tepelné penetrace, ohřívání povrchu ani odstranění materiálu odpařením, protože tyto lasery způsobují „studené značení". UV světlo je pohlcováno ve vzduchu, a proto tyto lasery pracují mnohem lépe ve vakuu. Většina vědeckých aplikací je proto prováděna právě ve vakuu. Pro běžné značící práce s UV lasery v průmyslu se vakuum nepoužívá, až na výjimky (elektrotechnický průmysl, výroba čipů).



Vlnové délky UV laserů nejběžněji používané v průmyslu:

- 355 nm - UV lasery používající se pro mikrodělování, opravu LCD a značení plastů, kovů a vysoce reflexních povrchů.
- 330 nm – 1300 nm - kapalné lasery používané pro vědecké účely. Kapalina je vybuzena často laserovým světlem a vzniká fluorescence.
- 248 nm– 224 nm - lasery typu čtvrté harmonické Nd:YAG laseru jsou například z NeCu nebo HeAg a jsou kvazikontinuální (quasi CW).
- 193 nm - obecně se jim říká Deep UV - nebo jsou označované jako DUV lasery, pro které je světlo o vlnové délce menší jak 200 nm a je problémové jej přenést mimo vakuum. ArF (193 nm) a F_2 (157 nm) eximer lasery spadají do této kategorie - vakuum ultra fialového světla. Plynný laser se používá jako kombinace inertního plynu a vodíku. Vytváří se tak krátké pulsy v UV spektru. Hlavně se používá pro zdravotní průmysl, přesněji k odpaření povrchu z čočky lidského oka (korekce dioptrií).

Výsledkem studeného značení je mnohem lepší kontrast a na některých plastových materiálech nedochází vůbec k poškození materiálu. Studené značení je zcela bez typické tepelné destrukce okolo značící oblasti a neopaluje tedy okolí. Výhodou je také nízké znečištění prostoru, kde se značí a proto se často tyto lasery používají v superčistých prostorách pro výrobu elektroniky.

Odstranění povrchu UV laserem může dosahovat pouze jeden mikron a je velmi přesné, což umožňuje velmi precizní odstraňování vrstev například v elektronice, při výrobě čipů, pamětí apod. Laser lze použít také na mikrovrtání, pokovování tenkým filmem, čištění povrchu a obnažování plastů, keramiky a kovu. Také lze laser použít na žíhání, dotování povrchu nebo na fotochemické značení zahrnující změnu barvy. Mikrovrtání se například používá pro inkoustové inkjet hlavy o rozlišení 720 dpi, kdy se dosahuje extrémní kvality otvoru a nepoškození okolí.

Princip laseru je velmi obdobný jak zelený laser, jen se odděluje vlnová délka 355 nm místo zeleného světla (532 nm). V podstatě jde o třetí harmonickou ze základního zdroje záření 1064 nm. U zeleného světla to je druhá harmonická (532 nm ze zdroje 1064 nm). Vlnová délka není již ve viditelném spektru, ale její poloha je velmi blízko viditelnému spektru, které začíná na 400 nm pro lidské oko. Je možné mít jak kontinuální paprsek laseru, tak i Q-switched, s výkony pro značení běžně používaných od 3 W do 8 W. Optický rezonanční obvod může být doplněn o dělení třetí harmonické, nebo druhý princip je, když je oddělený rezonanční obvod a mimo rezonátor je oddělovač třetí harmonické. Zní to velmi jednoduše, jako by se přidělalo ke známému Nd:YAG laseru jen „optické udělátko", které oddělí vyšší harmonické. Není tomu zcela tak. Vyrobit stabilní laser, s dlouhou životností a fungující ve velkém pracovním tepelném rozpětí od 20°C do 45°C je opravdu věda. Z tohoto principu se jeví jednodušší zelený laser na výrobu než UV laser.

Nicméně UV lasery jsou nějakou dobu již používány v průmyslu a jejich vhodnost je například na značení základních křemíkových čipů pro elektroniku (lasery jsou studené v UV spektru a nespálí integrované obvody). Taktéž jejich použití je pro kabelový průmysl, kdy se značí na obal izolace, která se nepropálí a nepoškodí. Fotochemická reakce na izolaci je v několika mikrometrech a tak není poškozena izolace. Tento typ značení je vyhledávaný v leteckém průmyslu.

Solaris Laser představil značící laser v UV spektru pro značení jak za pohybu, tak i ve statickém režimu již v roce 2010.

Lasery až na 266 nm - UV spektrum

Pokud vezmeme až čtvrtou harmonickou, tak lze mít i tento laser. Používá se nelineární krystal jako je LBO (lithium triborate) a BBO (barium betaborate). Běžně se tyto lasery nepoužívají na značení a také jejich cena pro značící lasery je hned vyřazuje. To už jsme ale v UV spektru, kde se častěji dodávají lasery na vlnové délce 355 nm. Lasery pro značení v UV spektru mají výkon od 0,5 W přes 5 W do 20 W. Energie pulsu je 20 µJ (mikro Jaulů) pro 0,5 W laser a přesto překvapí svými vlastnostmi a studeným světlem laseru. Laser na 5 W má energii pulsu 100 µJ a pro 20 W laser je energie pulsu 200 µJ. Přesto energie není stejná v celém rozsahu frekvence spínání, ale například pro 5W laser je energie nejvyšší 100 µJ právě pro 50 kHz. Délka pulsu je 5 ns až 25 ns. Dle konfigurace optiky je možné mít laserový spot 23 µm. Hloubka značení je přitom velmi minimální a proto se laser hodí také pro značení kabelů, kdy nepoškodí izolaci kabelu.

Značení zeleným laserem do plastů s vysokým obsahem skla

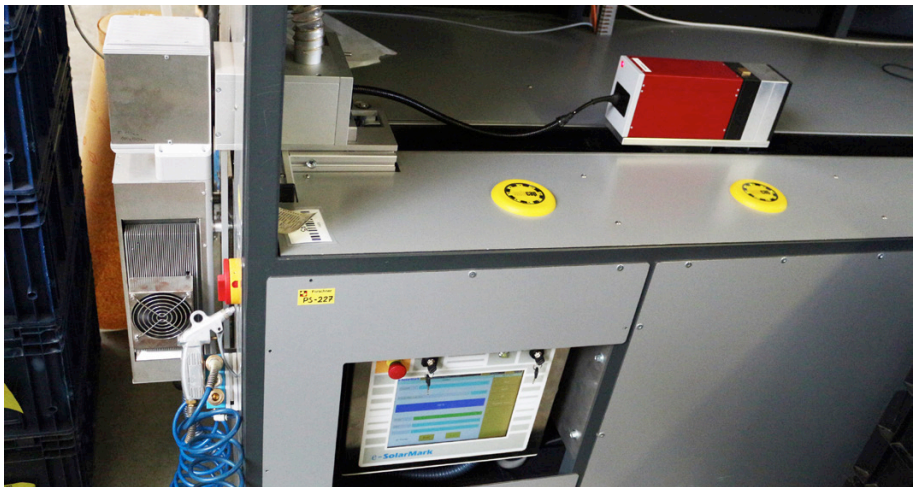
Vysoká pevnost plastů vyžaduje přidávat zpevňující komponenty v podobě skelných vláken - glass fibre - GF. Kontrastní značení do těchto plastů je nelehký „oříšek“, na který našel Leonardo řešení v podobě zeleného světla.

Značení do materiálů s vysokým podílem skla je velmi obtížné, protože pomocí běžného laseru nelze dosáhnout velké rychlosti značení a kontrastu. Leonardo tento problém vyřešil instalací zeleného laseru Solaris eSolarMark DLSG, jehož vlnová délka je 532 nm. Celý laser je instalován v automatu spolu s automatickým podavačem.

Díky vlnové délce 532 nm je laser schopen velmi kontrastního značení při nižším výkonu laseru a velkých rychlostech. Lze říci, že zelené lasery jsou efektivnější, rychlejší a variabilnější pro použití v průmyslovém značení.

Další přidanou hodnotou laseru je jeho studené působení. V praxi to znamená, že nezahřívá produkt.

Leonardo technology nabízí zelený laser Solaris v několika výkonových řadách spolu s řídicí jednotkou, volitelnou skenovací hlavou a optikou.



BENEFITY

- Zasílání dat do proměnných polí
- Propojení s PLC / automatem přes LAN (Ethernet)
- Datamatrix kódy s proměnnými údaji
- Značení grafiky, loga, piktogramů
- Variabilní optiky pro různé velikosti značící plochy
- Přímá hlava pro snadnost instalace do automatu

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Operační módy laseru

Hlavním a klíčovým faktorem laseru na působení materiálu je výkon a časové trvání laserového paprsku. Základní typy práce laseru a jeho rozdělení jsou:
- kontinuální paprsek laseru
- pulsní paprsek laseru
- Q-switch pulsní paprsek

Kontinuální mód laserového paprsku

Zdroj laseru je buzen kontinuálně, stále a paprsek laseru je také stále emitován.

Tento způsob emise laserového paprsku je označován CW, tedy continuous wave.

Výstupní výkon je také vybuzeným výkonem laseru, střední hodnota je maximální hodnotou.

Q-switch řízení laseru

Jde o součástku, která je vložená do rezonančního obvodu a dokáže převést kontinuální mód na pulsní s vysokou energií. Někdy se systému s Q-switch součástkou říká také „quality switch" zlepšující kvalitu paprsku. Při tomto ovládání laserového zdroje dochází k navýšení výkonu jednotlivého pulsu laseru nad hodnotu, která je daná exitačním výkonem. Q-switch ovládání je zabezpečené umístěním rychlého pulsního spínače přímo v laserovém rezonátoru. Q-switch se nazývá quality switch a produkuje extrémě vysoké pulzy výkonu řádově až stovky kW, ale v časové délce několika nanosekund, nebo také výkony GW (giga Watt) v časové délce pikosekund. Frekvence spínání je řádově ve stovkách kHz. Z principu je možné mít jak pasivní tak aktivní Q-switch. Aktivní lze ovládat elektricky, pasivní mění své vlastnosti v závislosti na výkonu laseru. Nyní k principu. Pokud není aktivní Q-switch aktivován, tak není ovlivněn rezonanční obvod a vytváří se laserový paprsek z emitovaných elektronů. K čemu dojde, když se zapne / aktivuje Q-switch? Po aktivaci zacloníme průchodu fotonů a zrušíme rezonanční obvod. V oblasti, kde se aktivují elektrony, dochází k mnohem větší aktivaci více elektronů a tedy zvyšují možnost vyzářit více fotonů, tedy více energie. Deaktivujeme Q-switch a rezonanční obvod je otevřen, ale už máme více excitovaných elektronů a vyzáří se tak více fotonů. Zvyšují tedy laserovou energii a rozdělují ji v pulsy, dávky velké energie.

Pro laickou představu, jak Q-switch funguje, popíšeme jednoduchou aplikaci, kdy tekoucí voda z kohoutku je nabírána do dlaní a je zastaven tak proud vody o nějaké energii. Následné nahromadění vody do dlaní a její uvolnění zabezpečí větší energii, než měl samotný proud vody z kohoutku. Zvyšujeme tak energii na krátkou dobu, vybuzením elektronů do nestabilní valenční vrstvy W3 a držení elektronů po co nejdelší dobu. Něco podobného jako dlaně dělají s vodou Q-switch uvnitř laserového rezonátoru - pulsy energie o vyšší hodnotě, než když není použit Q-switch.

Pulsní mód laseru

Při tomto ovládání laserového paprsku dochází k pumpování buzení krátkých pulsů, které zároveň generují krátké výstupní pulsy laserového paprsku. Maximální pulsní výkon je vždy menší jak exitační výkon. Střední hodnota výkonu je závislá na délce pulsu a frekvenci spínání laserového paprsku. Pulsy mají jiné vlastnosti na působení materiálu, jak kontinuální paprsek laseru.

Nastavení parametrů laseru

Výkon laseru	výstupní síla paprsku	Vyšší výkon znamená tlustší stopu a hlubší značení. Naopak nižší výkon znamená přesný opak, nedostatečně hluboké značení, velmi tenká stopa. Pokud se výkon přežene, tak je propálen povrch, tepelně poškozen, okouřené okraje.
Rychlost skenovacích zrcátek	nastavuje rychlost pohybu paprsku	Vysoká rychlost znamená kratší značící čas. Pokud je rychlost velmi vysoká, tak dochází k nedostatečnému přenosu tepla z laserového paprsku a není dostatečně vykreslen nápis.
Frekvence pulsů	interval pulsů, dávkování laseru	Všeobecně platí, že čím je nižší frekvence pulsů, tak tím je vyšší energie pulsu. Pokud je velmi nízká frekvence pulsu a vysoká rychlost pohybu skenovacích zrcátek, tak pak není spojitá čára paprsku na produktu, dochází k vynechání míst a přímka je tečkovaná.
Nezaostřený spot paprsku	nastavení zaostřovacího bodu	Mimo zaostřovací vzdálenost dojde k rozostření a tedy zvětšení stopy paprsku. Výkon se rozloží na větší plochu a je tedy menší poškození materiálu. Pokud se značí do kovu, tak dochází k žíhání materiálu a ne k jeho odstranění - na povrchu není mechanické poškození, ale jen kontrastní značení.
Opakování značení	nastavuje počet opakování značení	Sice zvyšuje čas na značení opakováním tisku, ale zase je možné nastavit laser tak, aby se nepoškozoval materiál a laserový paprsek šel do hloubky. S každým opakováním tisku se odebere vrstva materiálu a postupuje se hlouběji.
Vyplnění tvarů křivek	nastavuje výplň uzavřených křivek například 2D kódu	Výplň tvarů je možné nastavit velmi jemně a pak se zvyšuje doba potřebná na značení. Velmi jemné šrafování znamená i větší odebírání materiálů, tedy často i hloubku.

Laserové stacionární značení společně se značením za pohybu

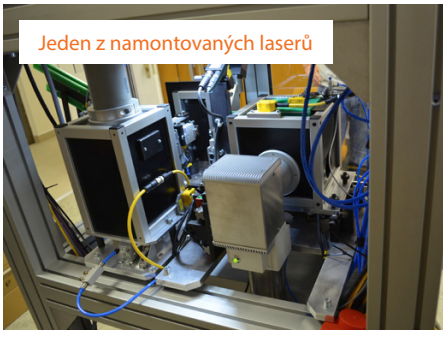
Ve speciálním jednoúčelovém stroji probíhá dvojí typ značení - stacionární značení společně se značením za pohybu - pomocí dvou 20 W vláknových Solaris laserů e-SolarMark FL2. Značí se tak motorové ventily určené do automobilového průmyslu. Je velká pravděpodobnost, že právě vaše auto má ventily označené od Leonarda.

Pro Leonardo technology spočívala velmi složitá úloha ve vyřešení značení ve vysokém taktu linky a to po obvodu produktu na rotační část a současně druhé značení ve statickém režimu. Spojení s velmi šikovnou konstrukční kanceláří přineslo benefity pro obě strany. Zakousnutí do projektu silou pitbula a pod heslem "jestli je to těžké, dej do toho víc, jestli je to nemožné, dej do toho všechno" se podařilo projekt vyřešit. Každý laser značí ventil na jiném místě a jeho značící čas je do max. 2 sek. První laser značí číselnou řadu na dřík ventilu a to za pohybu, kde se pro tento účel ventil roztáčí. Druhý laser značí stacionárně 2D kód zespodu na čelo ventilu. Mezi lasery je ventil přepravován pomocí pneumatického manipulátoru.

Každý laser je vybaven autonomní řídicí jednotkou CU2 s dotykovou barevnou obrazovkou velikosti 10,4" pro plné ovládání laseru a tvorbu zpráv na řídicí jednotce.

Laserová pracoviště jsou napojena na jednu odsávací jednotku BOFA, která je plně dimenzována pro odsávání zplodin z obou prostorů laserového značení.

Stacionární 2D kód zespodu ventilu



Jeden z namontovaných laserů

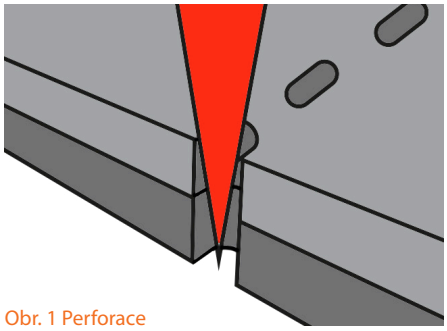
BENEFITY

- Rychlost značení
- Malé zástavbové rozměry
- Přesnost v nastavení a stabilitě laseru
- Nadstandardní přístup konstrukční kanceláře v unikátnosti řešení projektu

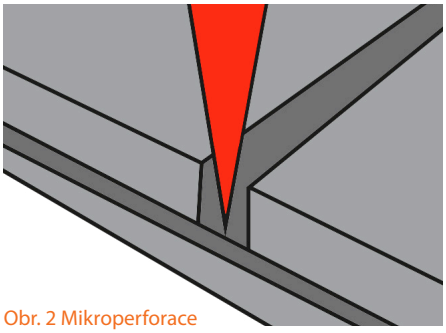
Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Perforace plastové fólie laserem

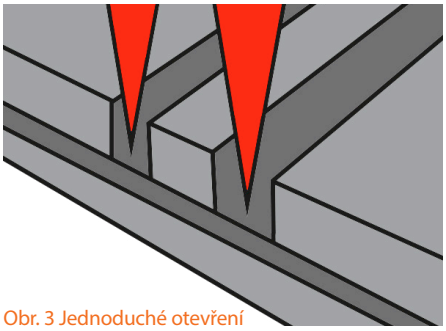
Až 25.000 děr za sekundu. Perforování obalové plastové fólie se provádí z důvodu jednoduchého oddělování pro snadné otevření obalu v definované poloze. K perforaci se používá CO_2 laser s vysokou frekvencí spínání a s velmi stabilním výkonem. Je možné dosáhnout velikosti děr okolo 200 mikronů a rychlost pohybu fólie může být až okolo 600 m/min.



Obr. 1 Perforace



Obr. 2 Mikroperforace



Obr. 3 Jednoduché otevření

Existují 3 základní důvody perforace

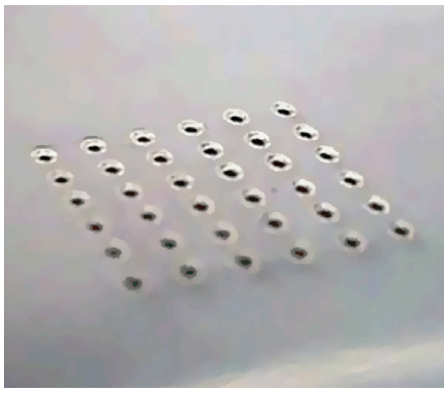
1. Ventilace a odvod vody - děrování fóliového materiálu tak, že dokáže strukturou mikroděr odejít voda. Používá se například pro výrobky balené v miskách a jejich následný ohřev v mikrovlnce, kdy není potřeba otevřít misku a při ohřívání rozpínaný teplý vzduch uniká ven a pára je z větší části zadržována v misce. Nedochází k velkému vysoušení ohřívaného produktu. Druhá aplikace je s perforovanými otvory většího průměru, kdy se v obalu (pytlíku) s obsahem produktu jednoduše vyfukuje vzduch a nedojde tedy k poškození obalu. Výhodou laseru je, že sám zataví plast tepelnou energií v okolí díry a nedochází tak k dalšímu trhání materiálu v místě perforace. Více výrobků se tak vejde do skupinového balení, protože se z pytlíku vytlačí vzduch.

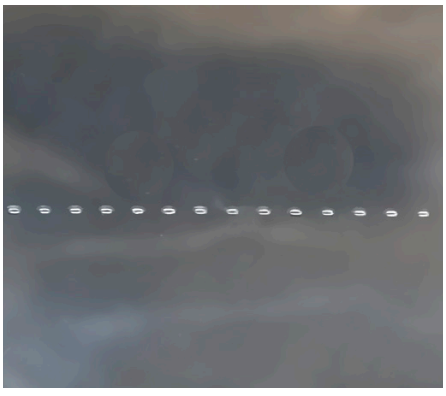
2. Jednoduché otevření Easy tear off. Perforování obalu s ochrannou AL hliníkovou fólií a obsahem dusíkové atmosféry. Okraj obalu v místě, kde je vyžadováno definovat odtržení, je laserem porušena horní plastová vrstva. Vnitřní hliníková ochranná bariéra není poškozena, protože CO_2 laser nepronikne přes hliník.

3. Designové a ochranné perforace dokumentů. Vstupenky, papírové a fóliové materiály lze snadno perforovat laserem v přesně definovaném tvaru a poloze, bez opotřebení řezného nástroje, protože zde žádný řezný a výsekový nástroj není.

Vlnová délka laseru je možná 10,6 mikronů, 10,25 mikronů nebo 9,35 mikronů. Značení je za pohybu, často nazývané „On the fly". Vychylování laserového paprsku je provedeno skenovací hlavou na 560 mm šíři jedním laserem, diagonálně ve značící oblasti 400x400 mm. Je možné definovat počet děr i jejich četnost. Seřízením laseru je definována také velikost děr. Pro přímé linky v perforaci lze definovat počet linek vedle sebe nebo také definovat tzv. zubatou čáru, která není přímá a usnadňuje definování trhání materiálu obalu pro perforaci. Laser nemá fyzický kontakt s materiálem a neopotřebuje se tedy žádný mechanický nástroj a obal není namáhán dotykem nástroje. Velký rozsah materiálů pro perforaci.

Existují i další aplikace s perforací, kdy je použit femtosekundový laser, který dosahuje velikosti děr okolo 1 mikrometru a materiál není ohřívaný a nepřenáší se energie do okolního prostředí. Používá se na perforaci hliníkové fólie.





Nejenom laserové značení, ale i čištění

Leonardo si dokáže poradit i s velmi specifickými potřebami svých zákazníků, jakými je například laserové čištění výrobků pro potřeby dalšího zpracování.

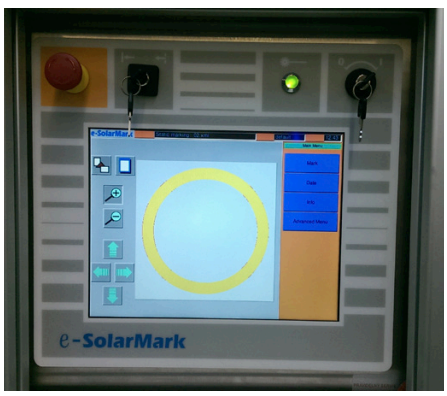
Pomocí laseru přesně čistíme kovové komponenty, které prošly při výrobě barvením. Následný technologický proces vyžaduje ultrazvukové svařování produktů. Aby svár byl proveden na 100%, je zapotřebí provést důkladné vyčištění, spočívající v odstranění barvy v místě sváru.

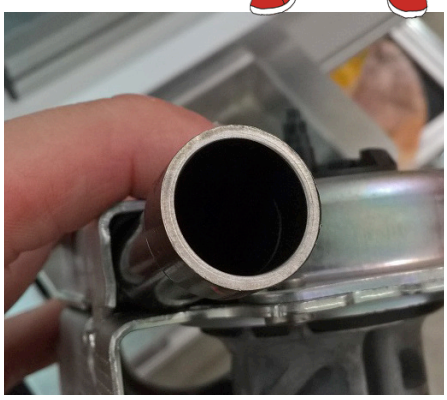
Pro toto čištění byl vybrán výkonný vláknový 50 W laser Solaris e-SolarMark FL5. Přesně nasměrovaná energie laseru důkladně vyčistí místo spoje od nánosů barvy a přitom nepoškodí kovový podklad, což umožní následující snadné a kvalitní ultrazvukové svařování, kde se dva kusy materiálu spojí dohromady skrze vysocefrekvenční akustická chvění. Akustická energie je přeměněna na tepelnou energii třením a části jsou spojeny prakticky okamžitě.

BENEFITY

- Laser vyřešil přesnost čištění, zkrátil dobu potřebnou na čištění, zlepšil proces svařování efektivní předpřípravnou metodou
- Změnou produktu se jednoduše změní nastavení laseru, bez nutnosti měnit přípravky, čímž je docílena univerzálnost napříč produkty
- Šetrné na výrobek díky bezkontaktnímu odstranění barvy

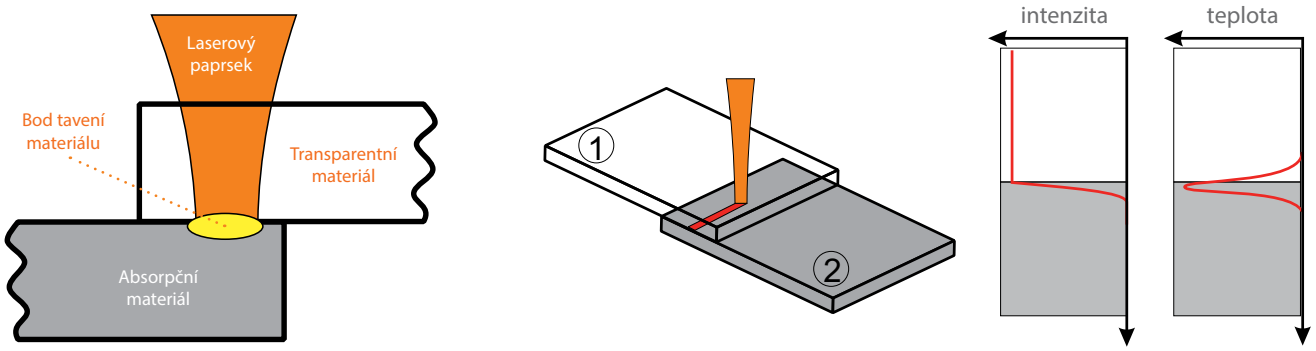
Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.





Svařování plastů laserem

Laserové svařování plastů se v posledním desetiletí stalo pokrokovou a důležitou průmyslově používanou technologií. Pokračující rozvoj nových laserů s vlnovou délkou ve spektru viditelné infračervené oblasti (zelený laser) a spektru blízké infračervené oblasti v koordinaci s vývojem souvisejících absorbérů přidaných do plastových materiálů poskytují možnost spojovat transparentní a neprůhledné absorpční plastové materiály. Automobilový průmysl, zdravotnický průmysl, elektronický průmysl, to jsou jen některé z oblastí, kde je široce realizována technologie laserového svařování plastů.

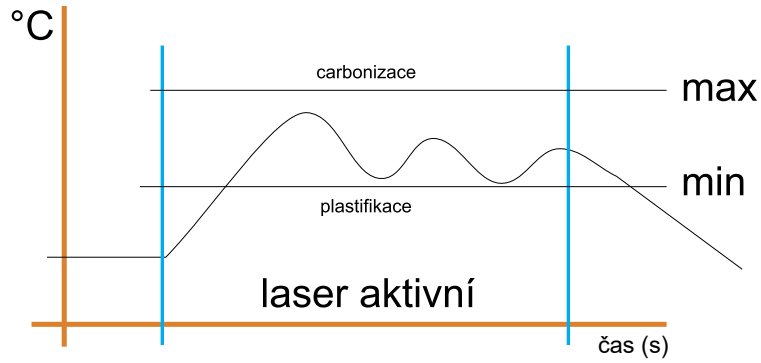


Obr. 1 Svařování laserem

V současné době roste zájem průmyslu o rozšíření svařování rozdílných plastových materiálů. K překonání problémů spojených se svařováním plastových materiálů je velmi důležité pochopení mechanismů spojování, morfologie a molekulární chování konstrukce plastu. Také pochopení výsledných mechanických a tepelných vlastností, hustotu difúze, migrace, deformace, atd.

Už na počátku 70. let se prováděly úplně první pokusy laserového svařování termoplastických polymerů. Byl použit CO_2-laser na 100 mikronový polyethylenový film a svařoval se v přeplátovaném spoji. Nicméně k průlomu pro laserové svařování polymerů došlo až v polovině 90. let minulého století, kdy byly vyvinuty stabilní diodové lasery v rozmezí vlnových délek 800 - 1100 nanometrů na výkonových úrovních do 200 wattů. Dnes se nejčastěji používá vlnová délka laseru pro svařování 980 nm nebo 1064 nm. Typický rozsah výkonu laseru pro svařování plastů je 10 až 50 W. Diodový nebo vláknový laser Solaris je obvykle integrován se zrcadly, vychylovanou skenovací hlavou laserového paprsku nebo umístěním laseru přímo na robotu. Pro zvýšení rychlosti svařování se nyní uplatňuje kombinace robotu a laseru se skenovací hlavou. K vedení výkonu laserového paprsku od laserového zdroje se používá optického vlákna, kdy vlákno je u diodových laserů pasivní (nezvyšuje výkon laseru, pouze jej přenáší) nebo aktivní optické vlákno zvyšující výkon laserového zdroje (princip vláknového laseru). Vláknový laser Solaris má velmi stabilní výkon a parametry laserového zdroje jak v kontinuálním módu (CW), tak i v pulsním módu laseru. Stabilita laserového výkonu je velmi důležitá pro svařování plastů, kdy je potřebné dosáhnout konstantní teploty plastu.

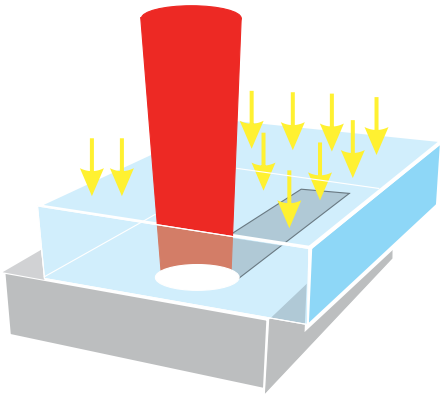
Základní princip laserového svařování polymerů je znázorněn na obrázku. Překrytý spoj dvou plastů je základní konfigurací pro svařování polymerních materiálů. „Horní" část plastu je transmisní pro vlnovou délku laseru (laser prochází přes materiál) na „spodní" polymer, který naopak velmi absorbuje laserový paprsek a tedy i mění jeho energii na tepelnou (zahřívá se). Schopnost absorbovat laserové světlo je důsledkem chemických barviv nebo pigmentů, také nazývaných „absorbers", které se přidávají k polymeru před lisováním. Nejpoužívanější absorbér jsou saze, ale používá se mnoho dalších barviv nebo pigmentů. Zajímavý je jiný typ svařování, kdy se přidává infračervený kapalný absorbér jako aditivum mezi povrchy jen před svařováním. Tato absorpční kapalina se prodává pod obchodním označením „Clear Weld" a během svařování absorbuje energii laserového paprsku na rozhraní mezi povrchy materiálů. Dochází tak k roztavení povrchů a jejich svaření jen v úzké oblasti kolem spoje. Jedním z velkých problémů souvisejících s laserovým svařováním termoplastických polymerů je řízení absorpce energie paprsku v ploše materiálu



Obr. 2 Sledování teploty pyrometry při svařování plastů laserem

na společném rozhraní. Většina polymerů je obvykle průhledná nebo průsvitná ve viditelné a blízké infračervené oblasti, pouze s pigmenty nebo chemickými přísadami je dosaženo vhodné absorpce k vlnové délce laseru. Při svařování laserem je absorbér přidán pouze do „spodní" absorbující části, zatímco „horní" část musí být k vlnové délce transparentní.

V důsledku uvedených vlastností principu svařování leží svár „uvnitř" dvou materiálů, podobným způsobem, jak je známo z odporového svařování kovů. Jednou z výhod spojených s laserovým svařováním polymerů je tedy neviditelný spoj prováděný vysokou rychlostí s velmi nízkým tepelným příkonem a minimálním ovlivněním okolí sváru. Optimální kvalita sváru, co se týká pevnosti, se obvykle dosahuje při určitém vedení energie (tj. energie dodaná na jednotku délky), což znamená, že je určitý poměr mezi výkonem a rychlostí svařování. Příliš nízké vedení energie může mít za následek mírné adhezní přilnutí, zatímco příliš vysoká energie laseru může mít za následek rozklad materiálu (shoří, zuhelnatí). Ke sledování teploty svařování slouží řada metod. Nejběžněji se používají pyrometry, které nabízejí možnost sledovat proces svařování on-line. Měření teploty je bezkontaktní a může být propojené s on-line řízením výkonu laseru. Pro správnou kvalitu sváru je nutné mít dostatečný přítlak svařovaných ploch. Běžně svařitelné materiály se skládají z různých kombinací obou amorfních polymerů (jako je ABS, PC, PU, PMMA, PVC) a semikrystalických polymerů (jako jsou PP, PE a POM), např. následující kombinace: ABS - PC / PU -PC / PP - PE / PMMA - PVC / PC - POM / PMMA - POM.



Obr. 3 Svařování plastů

Svařování laserem je velmi rychlé, paprsek lze nasměrovat přesně na definované místo a proto opakování procesu je velmi přesné. Přesnost působení paprsku také neovlivňuje okolí sváru. Velká flexibilita ve změně tvaru produktu, kdy je laser připraven v řádu sekund svařovat jiný produkt na jiné místo, to jsou výhody laseru. Laserové svařování od Leonarda je budoucnost pro automobilový průmysl.

Svařování dvou plastů je možné provádět vibračně (zahřejí se dvě styčné plochy a spojí), ultrazvukem, tepelným nahřátím, IR světlem a také laserem. Vláknový laser je na vlnové délce IR světla, a tedy dochází ke spojení laserového a IR svařování. Jde o svařování plastu za působení radiace, která ve spojení s ovládáním laserového paprsku je velmi přesná a nasměrování paprsku je řízeno skenovací hlavou. Stopa paprsku může být přitom od 0,01 mm až například do 2 mm. Mezera mezi dvěma materiály musí být maximálně 0,1 mm, jinak ke spojení nedojde. Z toho důvodu je vyžadována vysoká kvalita plastových dílů z formy a také vytvoření přítlaku dvou materiálů, které se přiblíží na minimálně možnou vzdálenost. Spojení dvou materiálů za pomoci laseru je možné, pokud jeden z materiálů je absorpční a laserový paprsek se v něm zachytí a druhý materiál je transparentní pro laserový paprsek. Díky těmto vlastnostem paprsek pronikne, penetruje s malým útlumem přes transparentní materiál A (v našem případě čočka) a jde dále na vrstvu materiálu B, který je absorpční pro laserový paprsek. Působením laseru dochází k zahřátí materiálu a teplo se přenáší na optiku (transparentní materiál) a působením tlaku na oba materiály se eliminuje mezera mezi materiály a dochází ke spojení materiálu. Podmínkou svařování je použití dvou materiálů s odlišnou absorpcí pro laserový paprsek – jinak proces svařování nelze provést. Díky malému, lokálnímu působení laserového paprsku na materiál, není namáhán celý plastový díl. Laserový paprsek lze velmi přesně nastavit, co do výkonu a frekvence, a máme tak velkou kontrolu nad procesem svařování. Ve spojení s tepelnou kontrolou v době svařování nedojde k přehřátí materiálu a k jeho spálení, karbonizaci a degradaci svařeného spoje. Spoj je také velmi nenápadný a díky preciznosti svařování na malé ploše je velmi pevný. Celý proces je nekontaktní a neobsahuje opotřebovatelné nástroje, které by vyžadovaly servis a kontrolu. Systém má velmi vysokou životnost a tím pádem i náklady na provoz jsou mnohem nižší.

	ABS	PA6	PA66	PC	PE-HD	PE-LD	PMMA	POM	PP	PS	PBT	SAN	TPE	PPS
ABS	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
PA6		●			●	●			●	●	●			
PA66			●	●	●	●			●	●	●			
PC	●		●	●	●	●			●	●	●	●		●
PE-HD	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
PE-LD	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
PMMA	●				●	●	●	●	●	●		●		
POM	●				●	●	●	●	●	●				
PP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
PS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
PBT	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●		
SAN	●			●	●	●	●		●	●	●	●		
TPE									●	●			●	
PPS				●										●

● DOBRÉ SVAŘOVÁNÍ
● STŘEDNÍ KVALITA SVAŘOVÁNÍ
● ŠPATNÉ SVAŘOVÁNÍ
● VŮBEC SE NESPOJÍ MATERIÁL

Obr. 4 Tabulka svařování polymerů

Značení v lahvárenství s nejsilnějším 100 W laserem

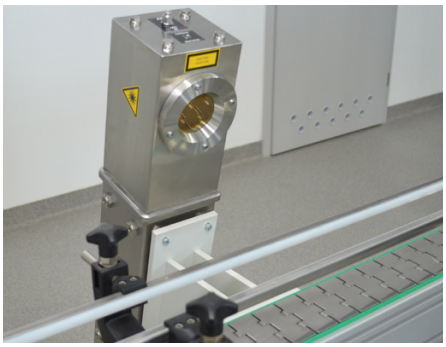
100 W vláknový laser s IP65

Lahvárenský průmysl vyžaduje velmi často značení etiket přímo v plnící lince a tedy ve velmi exponovaném prostředí, kde je velká vlhkost a může dojít k prasknutí plněné lahve. Kapalina je všude. Lasery musí být maximálně zabezpečeny proti stříkající vodě, tedy s krytím IP65.

Pro tyto účely nabízíme HD Solaris lasery, které jsou komplet v nerezovém zapouzdření s maximální odolností proti stříkající vodě. Lasery jsou vybaveny vodním chlazením a patentovaným systémem proudění tlakového vzduchu, což zabezpečí nesráživost a zamezí kondenzaci vzduchu uvnitř laseru, která by mohla způsobit poškození elektroniky.

Předností u těchto HD laserů je použití ušlechtilých kovů, jako je nerez a to i na pasivní chlazení skenovací hlavy, kdy je hliníkový chladič nahrazen nerezovým. Optika laseru je chráněna speciálním ochranným sklíčkem, které zabrání poškození drahé optiky v případě nehody, například při prasknutí skleněné láhve v lince. Tato malá investice do ochranného skla má velkou důležitost v porovnání s cenou laserové optiky, kterou chrání.

Výkonný napájecí zdroj k laserům je umístěn v řídící jednotce. Jednotky s velmi výkonným 100 W $C0_2$ laserem jsou chlazené kapalinou a obsahují veškeré kontrolní funkce pro sledování chladícího oběhu laseru. Nespočet našich zkušeností s instalacemi do lahvárenského průmyslu jsou zárukou kvality našeho řešení se Solaris laserem.



BENEFITY

- Zapouzdření s IP65 (vodě odolné)
- Statické a dynamické značení za pohybu
- Vysoká rychlost značení
- Splňují normu 21 CFR Part 11
- Velká plocha značení, maximálně 400 x 400 mm
- Vodní chlazení

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

Kvalitní řešení pro laserové svařování plastů

Laserové svařování plastů se v posledním desetiletí stalo pokrokovou a důležitou průmyslově používanou technologií. Automobilový, zdravotnický či elektronický průmysl, to jsou jen některé z oblastí, kde je široce realizována technologie laserového svařování plastů. Nejenom se značením, ale právě i se svařováním plastů, máme mnohaleté zkušenosti.

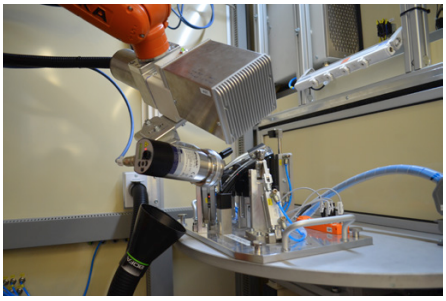
Pro svařování tvarově složitých produktů jsme instalovali Solaris Laser FLS na robotické rameno Kuka. Tento robot plynule pohybuje laserovou hlavou nad tvarově složitým produktem a kopíruje jeho tvar tak, aby byla zajištěna přesná ohnisková vzdálenost laseru. Spolu s laserem je na robotu instalován pyrometr, který snímá teplotu sváru, tak aby byla zabezpečena stálá kvalita sváru.

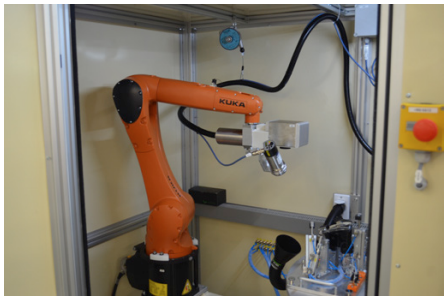
Základní princip laserového svařování polymerů spočívá v překrytí dvou rozdílných plastů, kdy horní část plastu je transmisní pro vlnovou délku laseru (laser prochází přes materiál) na spodní polymer, který naopak velmi dobře absorbuje laserový paprsek a tedy i mění jeho energii na tepelnou (zahřívá se). Schopnost absorbovat laserové světlo je důsledkem chemických barviv nebo pigmentů, také nazývaných „absorbers", které se přidávají k polymeru před lisováním. Při svařování laserem je absorbér přidán pouze do spodní absorbující části, zatímco horní část musí být k vlnové délce transparentní. V důsledku uvedených vlastností principu svařování leží svár uvnitř dvou materiálů, a to podobným způsobem, jak je známo z odporového svařování kovů nebo ultrazvukového svařování. Mezi zásadní výhody spojené s laserovým svařováním polymerů patří tedy neviditelný spoj prováděný vysokou rychlostí s velmi nízkým tepelným příkonem a minimálním ovlivněním okolí sváru.

Řízení teploty s pyrometrem

Monitorování teploty s pyrometrem pro laserové svařování má několik výhod. Automaticky se mění teplota sváru a to velmi rychle, takže teplota nepřesáhne hodnotu pro destrukci (zničení) sváru (karbonizace, zuhelnatění nebo pěnění materiálu a uvolnění plynu).

Pyrometr zaznamenává elektromagnetickou reakci v infračerveném spektru (tepelné záření). Kvalitní sváření je závislé na křivce teploty s předdefinovanými max. a min. hodnotami. Měření teploty s pyrometrem eliminuje přehřátí a pěnění nebo krátery v materiálu, proto je svár bez anomálií.





BENEFITY

- Přesné polohování laserového paprsku
- Rychlý přesun laserového paprsku
- Tvorba vlastní dráhy paprsku pro nejrůznější dráhy sváru
- Vysoká životnost laseru, až 150.000 hod.

Zaujalo Vás dané řešení? Kontaktujte nás, vytvoříme Vám řešení na míru.

LEIBINGER

JET SET BY LEONARDO TECHNOLOGY

NiceLabel

SOLARIS LASER www.solarislaser.com.pl

ITW BETAPRINT DIVISIÓN DE ITW ESPAÑA, S.A. SISTEMAS DE IMPRESIÓN Y ETIQUETADO

TANOS

ALE More than a printer

AVERY DENNISON

MICROSCAN

GERMARK IDENTIFICATION SOLUTIONS

Reggiana Macchine Utensili

Setting the Standard TEKLYNX BAR CODE SOFTWARE

ac codiergeräte

NOVEXX SOLUTIONS

Limitronic

ALLEN CODING A DIVISION OF ITW

QUINTEST

LVS Label Vision Systems, Inc.

BOFA THE WORLD LEADER IN FUME EXTRACTION TECHNOLOGY

YouTube

www.tiskovehlavy.cz

www.LT.cz