

Laser (hygiena)

Laser je optický přístroj emitující koherentní záření, tedy záření, které má shodnou vlnovou délku, fázi i směr šíření. Název "LASER" je zkratkou anglického označení **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation.

Vlastnosti laserového záření :

- monochromaticnost (shodná vlnová délka)
- možnost dosáhnout vysoké intenzity
- malá rozbíhavost svazku záření (shodný směr šíření)

Princip laseru je založen na jevu **vynucené emise záření**. Již dříve bylo známo, že excitované atomy nebo molekuly mohou emitovat záření nejen při *spontánním* přechodu atomu na nižší energetickou hladinu, ale též *vynuceně* vlivem vnějšího elektromagnetického záření, jehož frekvence je stejná jako frekvence záření odpovídajícího přechodu elektronu z excitované do základní energetické hladiny.

Obsahuje-li látka částice v excitovaných stavech, pak ozáření látky fotony s energií rovnou rozdílu energetických hladin mezi excitovaným a základním stavem, vyvolá přechod excitovaných částic do nižšího energetického stavu, spojený s emisí záření se stejnou **vlnovou délkou, fází i směrem šíření**, jako mělo záření, které emisi vyvolalo. V základním stavu mají atomy nejnižší energii. Vlivem vnějšího záření (čerpání energie do laserového média) se mohou atomy média laseru dostávat do excitovaných stavů, ze kterých mohou do stavu základního přecházet:

1. **spontánně** – na sobě nezávislé, "náhodné" přechody produkují nekoherentní záření, nebo
2. **vynuceně** – vlivem vnějšího elektromagnetického záření může docházet k vynucené emisi koherentního záření, se stejnými parametry jako vnější spouštěcí záření.

První optický kvantový generátor byl sestaven v roce 1960. Aktivní látkou byl *krystal syntetického rubínu*. V současné době jsou konstruovány lasery na bázi

- plynné
- kapalné
- pevné fáze
- na bázi polovodičů

emitující monochromatické záření pokrývající vlnový rozsah **infračerveného, viditelného i ultrafialového záření**.

Lasery emitující záření ve více vlnových délkách se nazývají multimodální. Laser může emitovat záření nepřetržitě, ve spojitém režimu nebo v režimu impulzním, tj. v záblescích trvajících od desetin sekund do zlomků nanosekundy. Lasery, které vysílají opakované impulzy častěji než 1x za sekundu, se nazývají **lasery s vysokou opakovací frekvencí**.

Využití laserů

- Lasery našly své uplatnění v biologii, medicíně, při možnosti realizace řízené termonukleární reakce, k urychlování částic a v mnoha dalších oborech (estetická dermatologie, chirurgie atd.).
- Jsou součástí mnoha laboratorních přístrojů, měřících a vytyčovacích zařízení ve stavebnictví a geodezii, používají se k vytváření speciálních optických efektů atd.
- Ve strojírenství slouží ke svařování kovových součástek, dělení materiálu atd.

Účinky záření laserů

Účinek laseru na tkáň závisí na vlnové délce vyzařovaného světla. Záření ve viditelné oblasti spektra neproniká do hloubky tkání, proto jsou poškozovány hlavně oči a kůže. Na kůži se uplatňuje tepelný účinek tehdy, když dochází k vzestupu teploty na místě zásahu rychleji než 10–25 °C/min. Hloubka tepelného poškození závisí na vlnové délce:

- dlouhovlnné infračervené záření je absorbováno vodou a neproniká pod povrch,
- krátkovlnné záření může proniknout až do hloubky kolem 5 mm a působit na cévy v hloubi kůže a v podkoží.

Velmi krátké expozice vyvolané záblesky o vysokém obsahu energie, způsobují tak rychlé odpaření vody ve tkáni, že dochází k mikroexplozi, která působí ve tkáni mechanické změny, aniž by při tom docházelo k rozsáhlejší tepelné devastaci okolní tkáně. Tento jev se využívá v plastické chirurgii.

Při dopadu laserového paprsku na tkáň dochází k těmto základním jevům:

- odraz;
- rozptyl;
- absorpce;



Laser

- transmise.

Ozáření tkáně laserovými paprsky má tyto **účinky**:

▪ fotobiochemické efekty

Fotobiochemickými efekty nastávají jevy jako fotostimulace, fotorezonance nebo fotoaktivace. Taktéž se zde řadí fotochemoterapie, která nalézá využití např. ve fotodynamické terapii.

▪ fototermální efekty

Fototermální efekty způsobují lokální zvýšení teploty tkáně. Tato technika se využívá při **koagulaci** (např. srážení krve, denaturace proteinů) a dalším zvýšením teploty dochází k **vaporizaci** (vypařování vody) až karbonizaci příslušného úseku tkáně.

▪ fotoionizující efekty

Ozáření s intenzitou záření vyšší než $107 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ způsobí fotoionizující efekty. Světelná energie je přeměněna v kinetickou energii elektronů, která snadno naruší vazby mezi atomy. Tento děj probíhá tak rychle, že teplo vzniklé v ozařovaném místě není přenášeno do okolních tkání. Namísto toho jsou dlouhé řetězce organických řetězců rozbity v malé a lehké částice. Tento proces se označuje jako **fotoablace** nebo **mikroexplose**. Fotoablace je umožněna krátkými vlnami excimérového laseru.

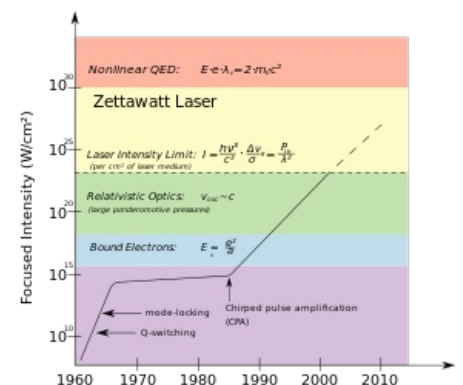
Účinky záření laseru na oko

Účinek záření laseru na oko závisí na jeho **vlnové délce**, neboť ta určuje, v které části oka je záření absorbováno. Rohovka a tekutina v přední oční komoře absorbují téměř veškeré infračervené záření o vlnové délce větší než 1400 nm, což může vést k **ohřátí čočky a rohovky** a způsobit jejich **tepelné poškození**. Záření v rozsahu vlnových délek viditelného světla a krátkovlnného infračerveného záření, tj. 400–1400 nm prochází optickou soustavou oka a může proto poškodit sítnici. Optická soustava oka soustřeďuje svazek záření a tím zvyšuje hustotu energie záření tak, že na sítnici je až cca 100 000 krát vyšší než na povrchu oka. Zásah oka dostatečně intenzivním zářením vede k **tepelnému poškození** sítnice s denaturací bílkovin a inaktivací enzymů. Při zásahu sítnice zábleskem s vysokou hustotou energie vznikají na sítnici ještě ultrazvukové kmity a posuny okolní tkáně. Sítnice se v místě zásahu hojí **jizvou**, jejíž umístění určuje závažnost poruchy vidění. Nejzávažnější je poškození žluté skvrny. Poškození sítnice zářením laserů se vyskytuje zřídka.

Dělení laserů

Základním parametrem pro rozdělení laserů do bezpečnostních tříd je limit přístupné energie AEL (Accessible Emission Limit), který vyjadřuje maximální úroveň emise povolené v dané třídě. Pro rozdělení laserů do tříd z hlediska bezpečnosti obsluhy je rozhodující maximální přípustná dávka ozáření MPE (Maximum Permissible Exposure), která udává úroveň laserového záření, jemuž mohou být za normálních okolností vystaveny osoby, aniž by se u nich projevíly nepříznivé vlivy ozáření. Hladiny MPE jsou maximální úrovně záření, při kterých mohou být oči nebo kůže ozářeny bez okamžitého nebo po dlouhém čase následujícího výsledného poškození. Hladiny MPE jsou závislé na vlnové délce, délce trvání impulsu nebo době ozáření, druhu ozáření tkáně a pro vlnové délky 400 nm až 1400 nm i na velikosti obrazu na sítnici. Lasery jsou rozděleny do následujících bezpečnostních tříd (zjednodušený popis tříd bez uvedení výkonu):

1. **lasery 1. třídy** – mají tak malý výkon, že není zapotřebí pro jejich použití žádných zvláštních opatření;
2. **lasery 2. třídy** – emitují jen viditelné záření o nízkém výkonu, k poškození oka jejich zářením by mohlo dojít jen při déletrvajícím čteném pohledu do svazku;
3. **lasery 3. třídy** – dělí se do 2 skupin:
 - a) **3A třída** – mohou způsobit poškození sítnice při nahodilém zásahu oka svazkem záření, které prochází do oka přes optický přístroj, jako je například dalekohled;
 - b) **3B třída** – emitují záření, které může vyvolat poškození oka při nahodilém zásahu přímým nebo zrcadlově odraženým paprskem;
4. **lasery 4. třídy** – záření může vyvolat poškození oka nebo kůže i difúzně odraženým svazkem paprsků.



Historie vývoje laserů

Typy laserů používané v lékařské praxi

- **CO₂ laser** – záření je v tkáni dobře absorbováno. Penetrace je omezena zhruba do hloubky 0,1 mm. Při použití tohoto laseru dochází i k fotokoagulaci drobných vlásečnic, což omezuje krvácení.
- **Neodymový laser** – používá se většinou k zástavě krvácení nebo ke zprůchodnění trávícího systému.
- **Argonový laser** – hlavní uplatnění nalézá v oftalmologii. Jeho modré světlo je pohlcováno především krví, a tak se používá při fotokoagulaci malých cévek a při odchlípení sítnice.
- **Barvivové lasery** – paprsek způsobuje fragmentaci např. žlučnickových a ledvinových kamenů. Díky laditelnosti své vlnové délky se využívají i v diagnostice, kde vyvolávají luminiscenci zkoumané molekuly.
- **Excimérové lasery** – emitují záření v UV oblasti a vykazují neobvykle čistý řez. Kromě zprůchodňování

ucpaných cév nacházejí uplatnění i v oftalmologii ke korekcím krátkozrakosti a astigmatismu.

Opatření k ochraně zdraví před zářením laserů

Na každém laseru musí být vyznačena třída a jí odpovídající varovný nápis. Opatření dále zahrnují hlavně požadavky na:

- postupy při úpravách laserů, které mohou měnit parametry jejich záření, požadavky a ochranu před nevhodnou manipulací s laserem a jejich spuštění nepovolanou osobou,
- opatření k zamezení přístupu lidí do dráhy svazku aj.

Tato opatření se uplatňují diferencovaně dle třídy. Pro každé pracoviště používající laserů 2. a vyšší třídy musí být vypracovány provozní pokyny a ty jsou projednány s orgánem hygienické služby. Při zacházení hlavně s mobilními lasery, jaké jsou využívány v různých oborech lékařství, nelze zcela vyloučit nahodilý zásah oka. Proto je zapotřebí vybavit ochrannými brýlemi jak pracovníky, kteří s nimi zacházejí, tak osoby pobývající v dosahu záření. Ochranné brýle jsou konstruovány tak, že selektivně zeslabují záření vlnové délky emitované laserem.

Odkazy

Související články

- Laser (biofyzika)
- Laser v stomatologické chirurgii
- Využití laserů v medicíně

Použitá literatura

- BENEŠ, Jiří, et al. *Základy lékařské biofyziky*. 1. vydání. Praha : Univerzita Karlova, 2006. 196 s. s. 128-129. ISBN 80-246-1009-4.