

Snížení provozních nákladů laserů v biologických aplikacích

Opticky čerpané polovodičové lasery (OPSL – *Optically Pumped Semiconductor Lasers*) se staly převratnou technologií v oblasti biologických aplikací, neboť nabízí podstatně **lepší výkon, spolehlivost a nižší provozní náklady** než tradičně používané plynové lasery.

Tento článek stručně vysvětluje funkční princip OPSL laserů, ukazuje jak z toho principu plynou požadované optické vlastnosti a snížené provozní náklady a to zejména v porovnání s ion lasery.

1. Aplikační požadavky

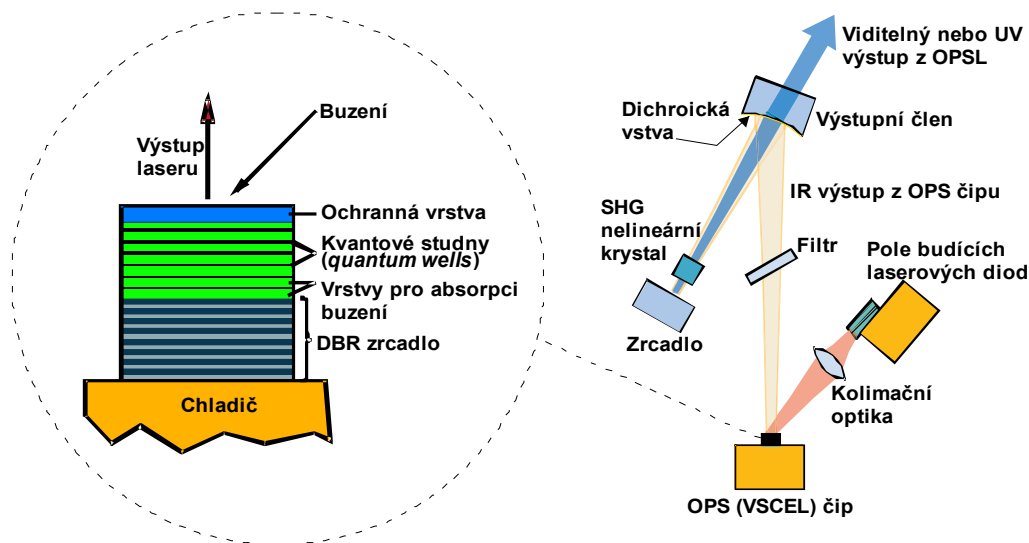
Kontinuální lasery (CW) ve viditelné a UV oblasti jsou již několik desetiletí široce používány v různých přístrojích pro lékařskou diagnostiku, zobrazovací metody a dalších biologických aplikacích. Typickými příklady jsou průtoková cytometrie (*flow cytometry*), konfokální mikroskopie a analýza léků. Přestože techniky v těchto aplikacích mají zcela různé operační principy sdílí velmi podobné požadavky na parametry laserového zdroje a to zejména vysokou kvalitu prostorového módu, nízký šum a vysokou poziční stabilitu. Z praktického hlediska, zejména pro OEM odběratele, je také velmi výhodná dlouhá životnost, vysoká spolehlivost, dobrá konzistence kvality ve výrobě a nízké provozní náklady.

Jako první laserové zdroje pro tyto aplikace byly používány různé typy plynových laserů, zejména ion a HeNe lasery. Hlavní nevýhodou HeNe laseru je omezený výběr vln. délek a nízký výkon.

Ion lasery nabízejí podstatně vyšší výkon a větší výběr vlnových délek, ale mají extrémně nízkou konverzní účinnost elektrické do světelné energie představuje, což je výrazný nedostatek. Nevyužitá energie se uvolňuje v podobě tepla a musí být z laseru odvedena pomocí aktivního chlazení (průtokem vody). Velké množství spotřebované el. energie je nevyužito a představuje zbytečné plýtvání penězi. Navíc musíme uvažovat náklady na chladicí vodu, případně náklady na chladicí jednotku s tepelným výměníkem voda-vzduch. Ion lasery dále mohou vyžadovat zdroj vysokého napětí, který není obecně universálně dostupný.

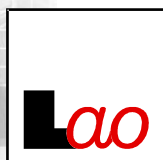
2. Základní princip OPSL technologie

OPSL technologie byla specificky vyvinuta za účelem překonání výše zmíněných nedostatků ion laserů a dalších laserových technologií pro biologické a další příbuzné aplikace. OPSL lasery jsou založeny na **kompletně polovodičové technologii**, která je mnohem efektivnější než plynové lasery.



V OPSL laseru představuje aktivní prostředí velká plocha polovodiče VCSEL (*Vertical Cavity Surface Emitting Laser*). To je monolitický III-V polovodičový čip, který obsahuje vrstvy kvantových jam (*quantum wells*) speciálně navržených tak, aby absorbovaly budící záření a emitovaly laserové záření. Pod těmito kvantovými jámami jsou další polovodičové struktury, které se chovají jako vysoce odrazná DBR zrcadla (*Distributed Bragg Reflector*) optimalizovaná pro danou výstupní vlnovou délku OPSL laseru.

Budící záření do VCSEL je vytvářeno polem laserových diod. VCSEL tak generuje IR laserové záření, které se odráží od dichroické vrstvy na výstupním vazebném členu a pak prochází skrz nelineární krystal, kde nastává frekvenční násobení, k zadnímu zrcadlu. Záření ve viditelné oblasti spektra produkované v nelineárním krystalu pak prochází dichroickou vrstvou na výstupním členu a dále ven z celého laseru.



www.lao.cz

Lasers and Optics

LAO průmyslové systémy
Na Floře 1328/4 143 00 Praha 4

laser@lao.cz
Tel: 241 046 800, Fax: 241 046 850



ISO 9001:2001

Pokud je požadován výstup v UV oblasti, pak se přidá do rezonátoru další nelineární krystal pro generaci UV záření, který provede mixování základní frekvence OPSSL s již násobenou frekvencí. Vysoký výkon uvnitř OPSSL rezonátoru vytváří ideální koncept pro generaci vyšších harmonických frekvencí.

Výstupní vlnová délka OPSSL laseru je určena charakteristikou kvantových jam ve struktuře VCSEL a může být optimalizovaná pro libovolnou vlnovou délku v blízké infračervené oblasti. Účinné *intra-cavity* frekvenční násobení pak umožňuje nastavit finální výstupní vlnovou délku kdekoliv ve viditelné resp. UV oblasti spektra. Navíc lze výstupní výkon OPSSL laseru jednoduše zvýšit zesílením budícího záření laserových diod. OPSSL tak představuje technologii škálovatelnou jak v rámci vlnové délky tak i výkonu a představuje tak do budoucna vysoce efektivní a ověřenou platformu na bázi polovodičů s vysokým potenciálem.

3. Výhody OPSSL

OPSSL nabízí hned několik výhod jak v rámci výstupních parametrů tak v rámci provozních charakteristik a to zejména v porovnání s ion lasery:

- vysoká konverzní účinnost \Rightarrow nízký elektrický odběr \Rightarrow **zanedbatelné provozní náklady**
Např. Genesis 355-100S (150mW CW na 355nm) má příkon pouhých 500W
- téměř nulové rozměrové nároky
- chlazení vzduchem \Rightarrow odpadají náklady s vodním chlazením, zdrojem vysokého napětí...
- extrémně vysoká spolehlivost (díky polovodičové technologii, ověřeno silně v praxi)
- lepší kvalita výstupního svazku (mód TEM₀₀) – nižší šum, časově stabilní v rámci dlouhé doby, pozn.: u ion laseru se výstupní profil v průběhu času mění \Rightarrow nežádoucí výsledky, kalibrace

V tabulce níže porovnáme základní vlastnosti HeNe a ion laseru s OPSSL.

Laser	Kvalita svazku	Poziční přesnost	Šum ve svazku	Výběr vln. délek	Výkon	Konverzní účinnost
HeNe	😊	😊	😊	😬	😬	😊
Ion	😊	😊	😊	😊	😊	😬
OPSSL	😊	😊	😊	😊	😊	😊

4. Porovnání nákladů spojených s nákupem a provozem

Úspory a výhody spojené s OPSSL laserem jsou tak výrazné, že v mnoha případech se vyplatí vyměnit stávající ion laser v daném systému za OPSSL laser, než dále pokračovat s provozem systému s ion laserem a placením nákladů s tím spojených.

Přesná doba návratnosti investice přechodem na OPSSL technologii závisí na vytíženosti systému (počtu provozních hodin) a také na ceně elektrické energie a dalšího spotřebního materiálu.

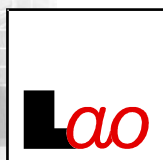
Následující tabulka zobrazuje provozní náklady ion laseru (například vodou chlazený *Innova* nebo *Enterprise* laser pro UV oblast) v horizontu 5-ti let. Náklady jsou vypočteny na základě ceny elektrické energie a vody v USA (Kalifornie) a Německu. Tabulka by měla poskytnout určitou představu a návod o cenové efektivitě při přechodu na OPSSL technologii.

Úspory po 5-ti letech používání OPSSL laseru Genesis namísto ion laseru Enterprise 355nm

	Příklad v USA	Příklad v Německu
Místní cena za kWh elektrické energie	0,131 \$	0,190 €
Místní cena za litr vody	0,001 \$	0,005 €
Elektrická spotřeba ion laseru (kW)	18	
Spotřeba chladící vody ion laseru (l/min)	8,5	
Celkové ušetřené náklady za energii*	17 672 \$	25 650 €
Celkové ušetřené náklady za vodní chlazení**	5 100 \$	25 500 €

** Předpokládáme elektrickou spotřebu OPSSL laseru Genesis 0,5kW

* OPSSL Genesis nepotřebuje vodní chlazení



www.lao.cz

Lasers and Optics

LAO průmyslové systémy
Na Floře 1328/4 143 00 Praha 4

laser@lao.cz
Tel:241 046 800, Fax:241 046 850



ISO 9001:2001