

Kompaktní světelné zdroje na laserové bázi

Jan Vosejпка¹

1 Motivace

Menší, lehčí a intenzivnější zdroje světla otevírají nové aplikační možnosti v osvětlovací technice. Možným uplatněním světelných zdrojů na bázi laseru jsou například reflektory v automotive, světlomety v průmyslových, sportovních a kulturních aplikacích, nebo další speciální aplikace.

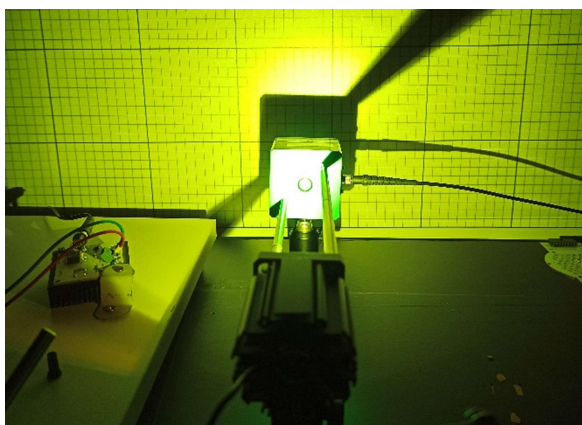
Běžné bílé diody jsou založené na modré LED diodě s vyzařováním na energii o vlnové délce okolo 450 nm a luminoforu v práškové nebo vrstevové podobě, který alespoň část modrého světla přemění na světlo o vyšších vlnových délkách. MonaLIGHT pracuje principiálně stejně, ale místo modré LED diody má laserovou diodu a luminoforem je monokrystal.

2 Princip technologie

Polovodičové laserové diody mají oproti LED užší emisní spektrum, vyšší světelný výkon a lepší směrovost. Při aplikaci tak může dojít k redukci většího počtu diod. Koherenci záření, která v osvětlovacích aplikacích není žádoucí, naruší luminofor. Jako luminofor se označuje takový materiál, který dokáže absorbovat světlo o kratší vlnové délce a vyzářit ho na delší vlnové délce. Pro složení bílého světla je nejčastěji využit luminofor s vrcholem emisního spektra mezi zelenou a žlutou barvou (např. YAG: Ce). Krystal luminoforu pro MonaLIGHT se vyrábí výbrusem z kuličky monokrystalu a jeho dalšími funkcemi je odvod tepla a dle tvaru výbrusu i určování šířky výstupního světelného kužele. Aby ve výsledném světelném spektru zůstala část modrého světla a nedošlo k tzv. plné konverzi, nahrazuje se část krystalu luminoforu čirým krystalem, který přebírá všechny funkce luminoforu kromě absorpce a přeměny spektra. Rozhraní mezi luminoforem a čirým krystalem navíc pracuje jako difuzér a „smíchává“ pronikající modrý paprsek se zářením luminoforu a výsledkem tak je homogennější barva světla na průřezu výstupního světelného kužele.

Účinnost laserové diody je podobná účinnosti LED diody, takže s vyšším světelným výkonem je třeba pracovat i s množstvím generovaného tepla. Vyšší teploty mohou poškodit diodu a také mohou způsobit „zhášení luminoforu“, kdy klesá účinnost světelné přeměny a klesá intenzita světla. Pro co nejlepší odvod tepla je modulu zdroje vyrobeno z mědi a je třeba umožnit další posun tepla z modulu na další konstrukce. Zvyšování výkonu navíc způsobuje posuny emisních spekter diody i luminoforu a může se tak stát, že emisní spektrum diody se dostane mimo ideální hodnoty absorpčního spektra luminoforu, který tak bude přeměňovat méně světla a světlo bude více modré. Ukázka z měření emisních spekter je na obr. 1.

¹ student bakalářského studijního programu Aplikovaná věda a informatika, obor Aplikovaná a inženýrská fyzika, specializace Fyzika technologických procesů, e-mail: vosejпка@students.zcu.cz



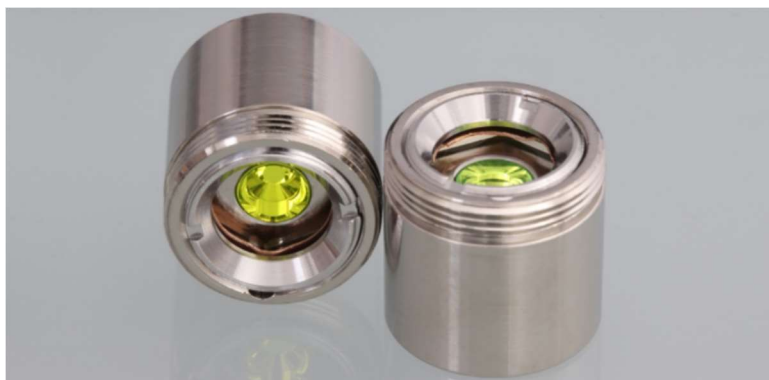
Obr. 1: Ukázka z měření emisního spektra luminoforu YAG: Ce.

3 Cíle výzkumu

Při vývoji zdroje bylo třeba změřit spektra diod a luminoforů a určit provozní teploty laserové diody v závislosti na přivedeném proudu a posuny emisních spekter diody i luminoforu v rozsahu těchto příkonů. Značné důsledky na světelný tok měla kvalita opracování krystalu s luminoforem (hrubost povrchu krystalu luminoforu, struktura spoje luminoforu s čirým krystalem, tvar krystalu). Zkoumány byly i vztahy mezi světelným tokem a použitým přitlačným sklíčkem, které drží krystal na místě a má možnost antireflexní úpravy. Dále bylo třeba rozhodnout o nejlepší lepidle na uchycení přitlačného sklíčka ke krystalu a způsobu uchycení samotného sklíčka. Při vývoji zdroje bílého světla hrálo velkou roli i měření barevného bodu v souřadnicích CIE a zkoumání vlivů na posun tohoto bodu.

4 Výsledky

Modul na obr. 2 ve tvaru válečku o průměru 12 mm a výšce 11,6 mm dokáže vyprodukovat světelný tok až 1500 lm při příkonu 13 W. Směrovost světelného kužele může být až taková, že pod úhlem 16° od středu kužele je svítivost 50%. Modul lze snadno integrovat, či osazovat doplňkovou optikou. Pro určitou geometrii krystalu lze paprsek s velkou účinností zavést do optického vlákna.



Obr. 2: Laserový modul s monokrystalem luminoforu.