

Posudek školitele na disertační práci Ing. Michala Kamrádka

Téma práce je z oblasti vláknových laserů, zejména těch, ve kterých je zesilujícím médiem optické vlákno dopované thuliem nebo holmiem. Aktuální výzvou pro výzkum těchto typů vláken je zlepšit jejich účinnost a chlazení, aby mohly být používány ve vysokovýkonných aplikacích na vlnových délkách v okolí 2 mikrometrů, podobně jako ytterbiové vláknové lasery na vlnové délce v okolí 1 mikrometr.

Těžiště práce Michala Kamrádka leželo ve dvou doplňujících se úlohách. Prvním výzkumným cílem byl rozvoj metody dopování nanočásticemi za účelem zvýšení účinnosti laserů v okolí vlnové délky 2 μm . Druhou úlohou pak byl rozvoj metodiky určování koeficientů přenosu energie mezi blízkými ionty vzácných zemin a využití této měřicí metody pro charakterizaci aktivních vláken pro vláknové lasery v okolí vlnové délky 2 μm .

Michal provedl rozsáhlou experimentální studii porovnávající optická vlákna s různou koncentrací holmia a oxidu hlinitého a vyrobená jednak standardní metodou dopování z roztoku (solution doping), jednak metodou dopování nanočásticemi (nanoparticle doping). Tato metoda byla poprvé popsána v literatuře právě naším týmem. Studie Michala Kamrádka dala jednoznačnou odpověď na porovnání obou metod. Při srovnatelných koncentracích dopantů byly změřené fluorescenční a laserové charakteristiky u vláken připravených oběma metodami podobné. Výhoda metody dopování nanočásticemi přichází při vyšších koncentracích aktivního prvku, kdy pro vysokou účinnost aktivního vlákna je třeba zachovat poměr oxidu hlinitého a aktivního prvku a dosáhnout tak vysokou koncentraci oxidu hlinitého je snazší právě metodou dopování nanočásticemi. Podobné chování lze očekávat vedle holmia i u dalších prvků vzácných zemin. Své výsledky doktorand shrnul v několika konferenčních příspěvcích a ve vyzvaném článku do časopisu IEEE Photonics Journal v říjnu 2019.

Pro věrohodné modelování a optimalizaci vláknových laserů je klíčové znát spektroskopické parametry použitého aktivního vlákna. Pro thuliová vlákna se však dosud používaly koeficienty přenosu energie jen odhadované nebo zjištěné z jiných hostitelských materiálů než z křemenného optického vlákna. Doktorand poprvé určil koeficienty přenosu energie jak pro křížovou relaxaci ${}^3\text{H}_4$, ${}^3\text{H}_6 \Rightarrow {}^3\text{F}_4$, ${}^3\text{F}_4$, tedy pro tzv. "two-for-one" proces, díky kterému je tak účinné čerpání thuliových laserů na vlnové délce 0.79 mikrometrů, tak také nežádoucích procesů jako je opačná křížová relaxace ${}^3\text{F}_4$, ${}^3\text{F}_4 \Rightarrow {}^3\text{H}_4$, ${}^3\text{H}_6$ a dále ${}^3\text{F}_4$, ${}^3\text{F}_4 \Rightarrow {}^3\text{H}_5$, ${}^3\text{H}_6$. Doktorand k tomu využil numerický model, kterým fitoval naměřené křivky pohasínání fluorescence. Výsledky publikoval v časopise Optical Materials Express společnosti OSA (nyní Optica).

Michal Kamrádek se výborně zorientoval v problematice přípravy preforem speciálních optických vláken, kde se postupně stává klíčovým pracovníkem našeho týmu. Spolu s dalším školitelem Ivanem Kašikem připravil vlákna, která byla s úspěchem použita i v dalších projektech a aplikacích. Zmíním zde alespoň širokospektrální zdroj záření

s rekordní šířkou pásma přes 150 nm při výkonu kolem 100 mW, modově synchronizovaný vláknový laser s vláknem s nakloněnou mřížkou a zejména thuliová vlákna pro projekt Tactical Advanced Laser Optical System pro Evropskou obrannou agenturu. Vedle technologie přípravy optických vláken zvládl i dosti odlišné úlohy z oblasti spektroskopie optických vláken dopovaných prvky vzácných zemin a jejich numerického modelování. Oceňuji i jeho studijní úspěchy, protože jako absolvent VŠCHT musel předměty doktorského studia zvládat s větším nasazením, než kdyby měl hlavní studijní průpravu z fyzikálně zaměřených oborů. Doktorand pomohl v řadě dalších činností týmu, zvláště bych ocenil jeho rozšířenou přednášku o technologii přípravy speciálních optických vláken v rámci předmětu 12VLS „Vláknové lasery a zesilovače“.

Disertační práce Michala Kamrádka přinesla množství významných výsledků, které posouvají úroveň poznání v daných oblastech a mají přímý dopad na významné aplikace v praxi. Vzhledem k uvedeným výsledkům doporučuji práci k obhajobě.

V Praze, dne 16. ledna 2022

doc. Ing. Pavel Peterka, Ph.D.