

**Rámcové téma disertační práce:** Nové typy pláštěm čerpaných thuliových vláken pro vláknové lasery s vysokým výkonem

**Školitel:** doc. Ing. Pavel Peterka, Ph.D., Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR (ÚFE), [peterka@ufe.cz](mailto:peterka@ufe.cz)

**Školitel-specialista:** Prof. Ing. Václav Kubeček, DrSc., KFE

**Program/obor:** Aplikace přírodních věd / Fyzikální inženýrství

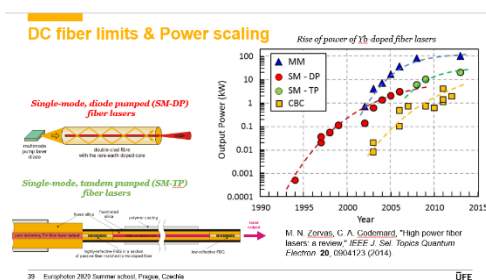
**Anotace:** Vláknové lasery jsou považovány za jeden z nejrychleji se rozvíjejících oborů laserové fyziky. Ve srovnání s jinými typy laserů jsou vláknové lasery oceňovány pro vynikající kvalitu paprsku, dobrý odvod tepla díky vysokému poměru plochy povrchu vlákna k objemu, možnosti celovláknového upořádání a díky tomu nízkým nárokům na údržbě, vysokému průměrnému výstupnímu výkonu a dalším výhodám. Vysoký průměrný výkon vláknových laserů umožnil zejména vynález optického čerpání přes plášť ve vlnovodné struktuře optického vlákna s dvojitým pláštěm [1, 2]. Takové vlákno slouží jako účinný transformátor vysoce výkonného záření laserových diod, která však má nízkou zářivost (čerpací záření je navázáno do vnitřního pláště s velkou plochou průřezu) na laserový paprsek s vysokým výkonem a vysokou zářivostí vycházející z tenkého jádra dopovaného ionty vzácných zemin.

V této práci budou teoreticky a experimentálně studovány nové geometrie a uspořádání dvouplášťových optických vláken dopovaných thuliem pro vláknové lasery s vysokým výkonem. Cílem výzkumu je najít způsoby a principy, jak přizpůsobit absorpci čerpání podél aktivního vlákna tak, aby se zvýšila celková účinnost aktivního vlákna. To zahrnuje návrh průřezu vlákna, včetně distribuce dopantů a nanostrukturování [3], jakož i optimalizaci rozložení vláken (včetně ohýbání vláken, kroucení a chlazení). K přípravě aktivních vláken bude použita nedávno vyvinutá metoda dopování keramickými nanočásticemi [4]. Vláknové lasery dopované thuliem budou testovány v laboratorních vláknových laserových zařízeních emitujících ve spektrálním rozsahu 1,9–2,05  $\mu\text{m}$ .

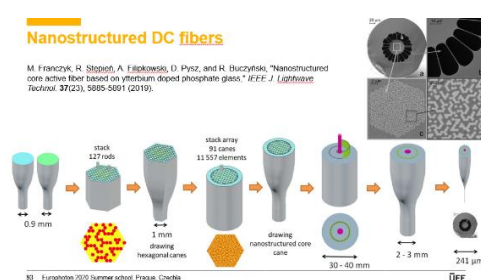
## Literatura:

1. P. Koska, P. Peterka, and V. Doya, "Numerical modeling of pump absorption in coiled and twisted double-clad fibers," *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* **22**(2), 4401508 (2016). <http://doi.org/10.1109/Jstqe.2015.2490100>
2. M. Franczyk, D. Pysz, P. Pucko, D. Michalik, M. Biduś, M. Dłubek, and R. Buczyński, "Yb<sup>3+</sup> doped silica nanostructured core fiber laser," *Opt. Express* **27**(24), 35108-35119 (2019). <https://doi.org/10.1364/OE.27.035108>
3. M. Kamrádek, I. Kašík, J. Aubrecht, J. Mrázek, O. Podrazký, J. Cajzl, P. Vařák, V. Kubeček, P. Peterka, and P. Honzátko, "Nanoparticle and solution doping for efficient holmium fiber lasers [Invited paper]," *IEEE Photonics J.* **11**(5), 7103610 (2019). <http://doi.org/10.1109/jphot.2019.2940747>
4. P. Peterka, "Double-clad fibers for high-power fiber lasers," in Proc. 9th EPS-QEOD Europhoton Conf., Prague, 30 Aug - 4 Sept 2020, Summer School Tutorial p. SS2.1. Obrázky z přednášky a [odkazy na začátky příslušných míst videozáznamu](#):

<https://youtu.be/h17GjmLTjw4?t=2817>



<https://youtu.be/h17GjmLTjw4?t=5644>



**PhD project topic:** Novel double-clad thulium-doped fibers for high power fiber lasers

**Supervisor:** Pavel Peterka (Institute of Photonics and Electronics of the Czech Academy of Sciences)

**Supervisor-specialist:** Prof. Ing. Václav Kubeček, DrSc. (Czech Technical University)

Fiber lasers are generally considered as one of the youngest and most rapidly developing branch of lasers. Compare to other types of lasers, fiber lasers are appreciated for their excellent beam quality, good thermal management thanks to high surface to volume ratio, potential all-fiber setup and correspondingly low maintenance, high-average-output power and other advantages. The high-power operation of fiber lasers was enabled mainly by the invention of cladding pumping within a double-clad fiber structure [1, 2]. Such a fiber serves as an efficient transformer of the low-brightness, high-power radiation of the laser diodes (coupled into the large area inner cladding of the DC fiber) into a high-brightness, high-power laser beam coming out from the rare-earth-doped, narrow fiber core.

In this thesis, novel geometry and layouts of double-clad thulium doped fibers for high-power fiber lasers will be theoretically and experimentally studied. The research goal is to find ways and guidelines how to tailor the pump absorption along the active fiber so that the overall efficiency of the active fiber is increased. It involves design of the fiber cross section, including dopant distribution, nanostructuring [3] as well as optimization of fiber layout (including fiber bending, twisting and cooling). The recently developed, ceramic-nanoparticle doping method will be used for preparation of active fibers [4]. Thulium-doped fiber lasers will be tested in laboratory fiber laser setups emitting at around 1.9-2.05  $\mu\text{m}$ .

**References:**

5. P. Koska, P. Peterka, and V. Doya, "Numerical modeling of pump absorption in coiled and twisted double-clad fibers," *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* **22**(2), 4401508 (2016). <http://doi.org/10.1109/Jstqe.2015.2490100>
6. M. Franczyk, D. Pysz, P. Pucko, D. Michalik, M. Biduś, M. Dłubek, and R. Buczyński, "Yb<sup>3+</sup> doped silica nanostructured core fiber laser," *Opt. Express* **27**(24), 35108-35119 (2019). <https://doi.org/10.1364/OE.27.035108>
7. M. Kamrádek, I. Kašík, J. Aubrecht, J. Mrázek, O. Podrazký, J. Cajzl, P. Vařák, V. Kubeček, P. Peterka, and P. Honzátko, "Nanoparticle and solution doping for efficient holmium fiber lasers [Invited paper]," *IEEE Photonics J.* **11**(5), 7103610 (2019). <http://doi.org/10.1109/jphot.2019.2940747>
8. P. Peterka, "Double-clad fibers for high-power fiber lasers," in Proc. 9th EPS-QEOD Europhoton Conf., Prague, 30 Aug - 4 Sept 2020, Summer School Tutorial p. SS2.1. Slides from the talk and [links to the respective parts of the videorecordings:](#)

<https://youtu.be/h17GjmlTjw4?t=2817>

<https://youtu.be/h17GjmlTjw4?t=5644>

