

40) Téma: Numerické simulace tepelně-optických jevů ve složitých laserových systémech

Školitel: Ing. Ondřej Slezák, PhD. (FZÚ AV ČR - Hilase, slezako@fzu.cz)

Fakultní koordinátor: doc. Ing. Miroslav Čech, CSc. (Katedra Fyzikální elektroniky, FJFI ČVUT in Prague)

Abstrakt: Každé materiálové prostředí vystavené působení nehomogennímu zdroji tepla se stává opticky nehomogenní vlivem tepelně-optických jevů 1 a dokonce nehomogenně opticky anizotropní, t.j. lokálně dvojlomné vlivem elasto-optického jevu 2. Tyto tepelně indukované poruchy fázové vlnoplochy a tepelně indukovaný dvojlom vedou k výraznému zhoršení funkčnosti výkonových laserů. Společně s prahem poškození optických prvků je toto jeden ze zásadních faktorů limitujících současný vývoj laserů s vysokým výkonem. V posledních letech se věnuje nemalá pozornost vývoji spolehlivých výpočetních metod a postupů které umožní přesnou a spolehlivou analýzu těchto jevů následovanou optimalizací parametrů systému k jejich maximálnímu potlačení 3,4. Tepelně-optické simulace jsou multi-fyzikální problémy obsahující prvky laserové fyziky, trasování svazků, vedení tepla, teorii elasticity anizotropních prostředí, elasto-optiky, dynamiky tekutin a polarizační optiky 5,6,7. Část výpočtů se řeší pomocí metody končných prvků (FEM), pro tyto účely využíváme softwarový balík COMSOL Multiphysics a elasto-optická část se řeší pomocí našich vlastních kódů vyvinutých v prostředí MATLAB. Cílem práce bude další vývoj metod tepelně-optických simulací pro dosažení přesnějších výsledků, porovnávání výsledků simulací s experimentálními daty a případná další vylepšení výpočtů. Výsledky simulací budou využívány při návrhu a vylepšování reálných laserových systémů provozovaných centrem HiLASE.

Reference:

1. Chénais, S., Druon, F., Forget, S., Balembois, F. & Georges, P. On thermal effects in solid-state lasers: The case of ytterbium-doped materials. *Progress in Quantum Electronics* vol. 30 89–153 (2006).
2. Koechner, W. & Rice, D. K. Effect of Birefringence on the Performance of Linearly Polarized YAG:Nd Lasers. *IEEE J. Quantum Electron.* **6**, 557–566 (1970).
3. Slezak, O., Lucianetti, A., Divoky, M., Sawicka, M. & Mocek, T. Optimization of wavefront distortions and thermal-stress induced birefringence in a cryogenically-cooled multislabs laser amplifier. *IEEE J. Quantum Electron.* **49**, 960–966 (2013).
4. Khazanov, E. *et al.* Compensation of thermally induced modal distortions in Faraday isolators. *IEEE J. Quantum Electron.* **40**, 1500–1510 (2004).
5. Genevrier, K. *et al.* Thermally-induced-anisotropy issues in oriented cubic laser crystals, the cryogenically cooled Yb:CaF₂ case. *Appl. Phys. B Lasers Opt.* **124**, 1–12 (2018).
6. Sawicka-Chyla, M. *et al.* Numerical Analysis of Thermal Effects in a Concept of a Cryogenically Cooled Yb: YAG Multislabs 10 J/100-Hz Laser Amplifier. *IEEE J. Quantum Electron.* **55**, 1 (2019).
7. De Vido, M. *et al.* Modelling and measurement of thermal stress-induced depolarisation in high energy, high repetition rate diode-pumped Yb:YAG lasers. *Opt. Express* **29**, 5607 (2021).