

# OPTICKÁ KONTROLA KVALITY LASEROVÝCH KRYSTALŮ

Eva Roiková<sup>1</sup> <eva.roikova@tul.cz>, Miroslav Šulc<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technická Univerzita v Liberci, FM, Aplikované vědy v inženýrství; <sup>2</sup>Technická Univerzita v Liberci, FP, katedra fyziky

## ABSTRAKT

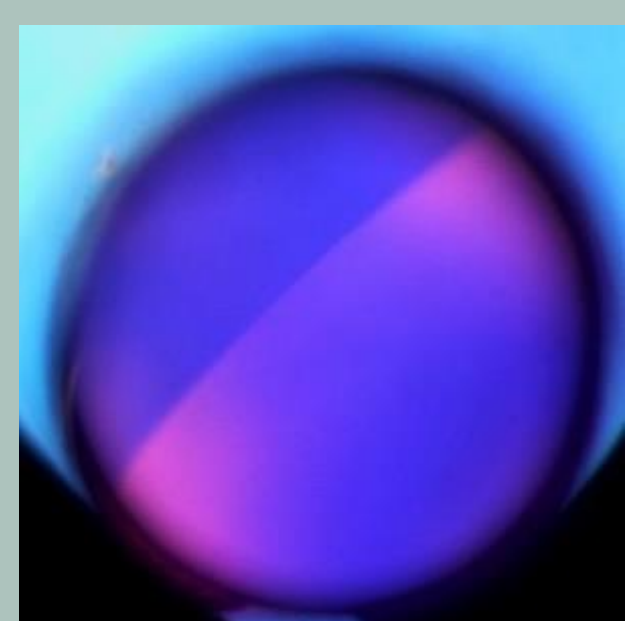
Příspěvek pojednává o inovaci a aplikaci současně používaných metod optické kontroly kvality Nd: YAG laserových tyčí. Byla vytvořena počítačová vizualizace mechanického pnutí v laserových tyčích mezi zkříženými polarizátory a automatizované měření extinkčního poměru laserových tyčí.

Cílem práce bylo inovovat dosavadně používané metody optické kontroly a zároveň se pokusit ověřit závislost mezi velikostí extinkčního poměru a indukovaným mechanickým pnutím v materiálu laserové tyče.

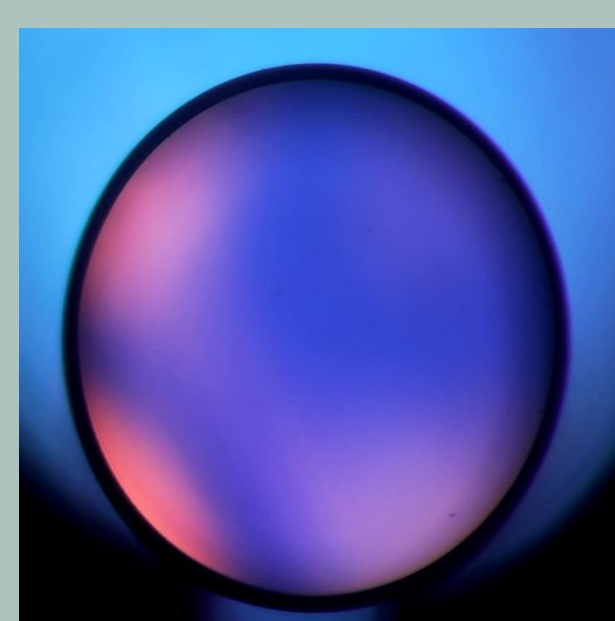
## ÚVOD

Yttrito-hlinitý granát dopovaný ionty Nd<sup>3+</sup> (Nd: YAG) je jedním z nejrozšířenějších typů aktivního media, využívající se pro pevnolátkové lasery. Ověření optické kvality laserových tyčí je důležitou součástí výrobního procesu, jelikož optická kvalita může být ovlivněna jak poruchami v samotném materiálu monokrystalu, tak také následným opracováním.

### Materiálové poruchy

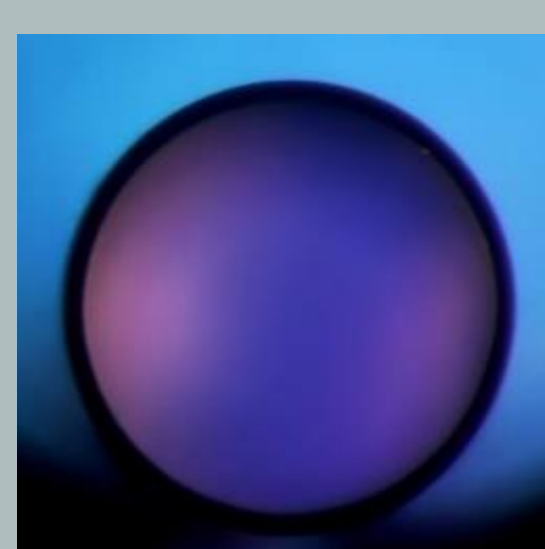


Prasklina

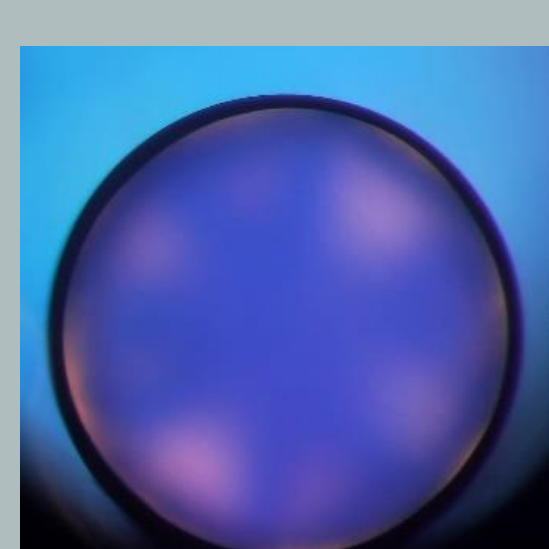


„Šlíra“

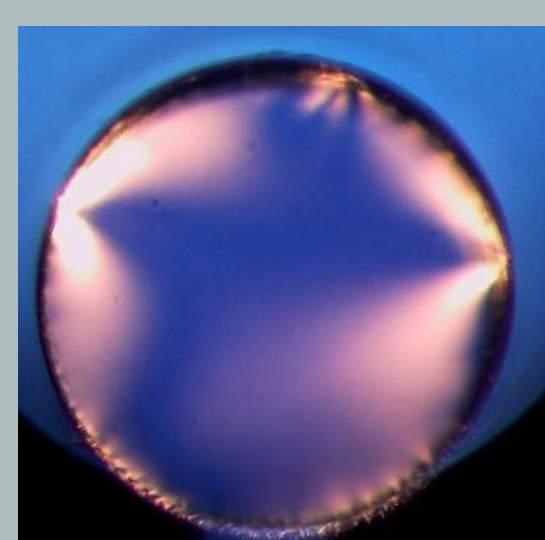
### Poruchy indukované opracováním pláště



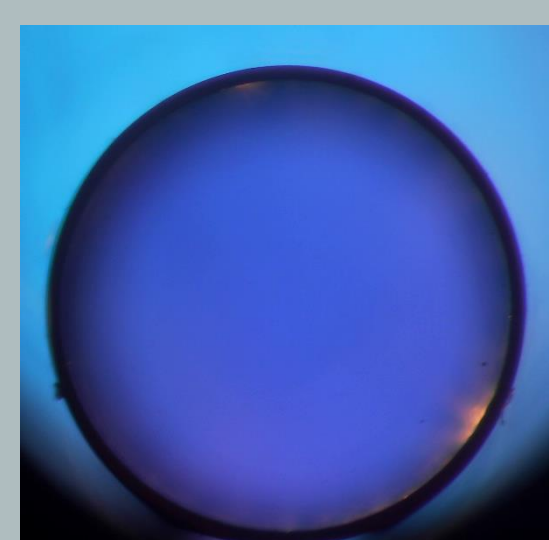
Broušení



Leštění



Částečné broušení



Porucha na okraji

## VIZUALIZACE MECHANICKÉHO PNUTÍ A PORUCH

Laserová tyč je umístěna do polariskopu mezi zkřížené polarizátory, které jsou prosvíceny zdrojem bílého světla. Pomocí zvětšovací optiky lze přes okulár pozorovat interferenční barvy. Tyto barvy vznikají po průchodu polarizovaného světla laserovou tyčí, v jejímž materiálu se nacházejí poruchy, které indukují vznik dvojlomu.

Obrazy laserových tyčí byly převedeny do digitální podoby pomocí kamery pro mikroskopy – Levenhuk M500 BASE.

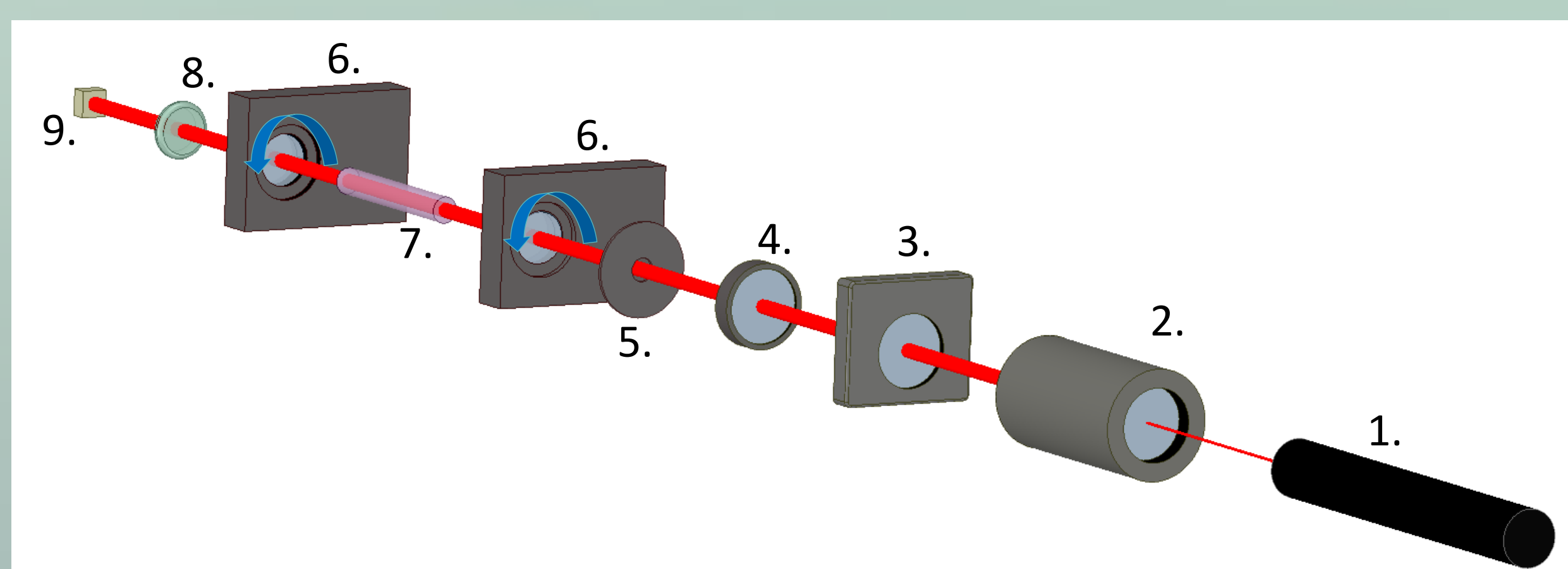


Obr. 1: Polariskop

## AUTOMATIZACE MĚŘENÍ EXTINKČNÍHO POMĚRU

Při měření extinkčního poměru (PER) je měřena intenzita monochromatického záření po průchodu laserovou tyčí, která je umístěna mezi dvěma polarizátory. Nejprve je změřena intenzita záření  $I_{||}$ , které je transmitováno laserovou tyčí mezi paralelními polarizátory, poté je jeden polarizátor otočen o 90° (tzn. polarizátory jsou zkřížené) a je změřena intenzita  $I_{\perp}$  transmitovaného záření i pro tuto konfiguraci. Z rovnice (1) vyplývá, že materiál s vyšší naměřenou intenzitou  $I_{\perp}$  bude mít nižší PER, tudíž tento materiál nebude dokonale homogenní a bude více depolarizovat záření. Pro automatizaci měření byl vytvořen skript s grafickým uživatelským rozhraním v jazyce Python 3.

$$PER = 10 \log_{10} \frac{I_{||}}{I_{\perp}} [dB] \quad (1)$$



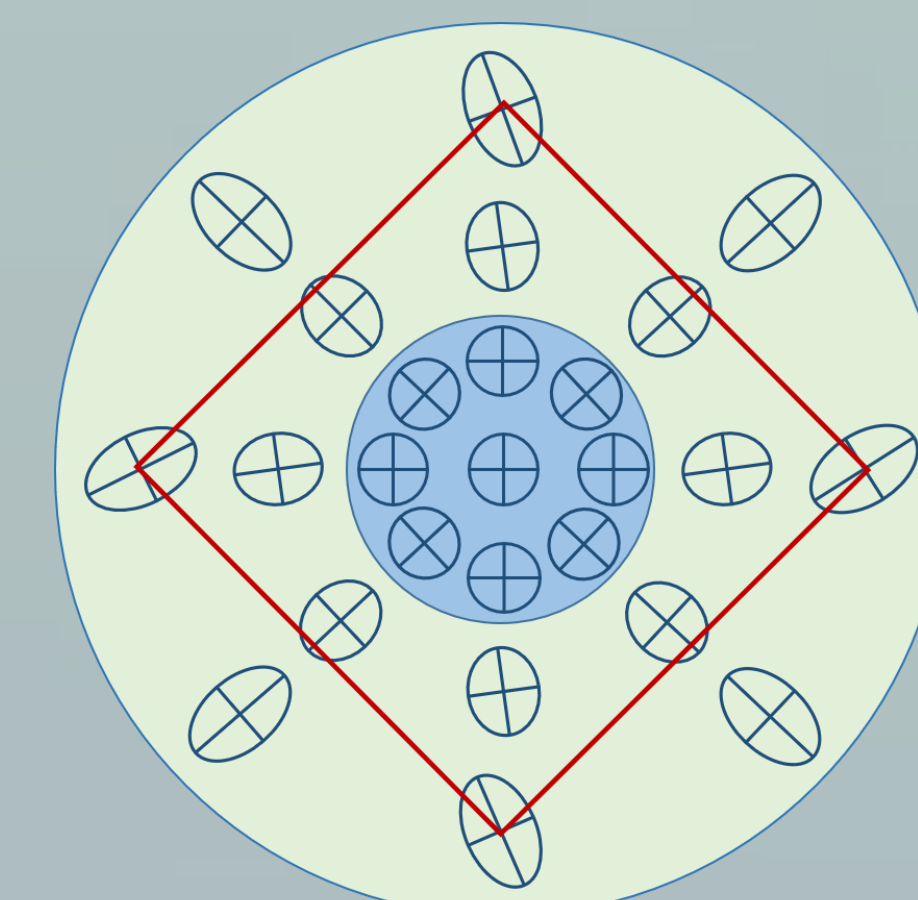
Obr. 2: Schéma automatizovaného měření extinkčního poměru

1. He-Ne laser
2. Expandér svazku
3. Shutter
4. Čtvrtvlnná destička
5. Irisová clona
6. Polarizátor
7. Laserová tyč
8. Filtr
9. Fotodioda

## VÝSLEDKY A DISKUSE

U laserových tyčí s opracovaným pláštěm byl pozorován radiální gradient dvojlomu. To znamená, že kubická krystalová mřížka Nd: YAG krystalu může být působením vnějšího smykového mechanického napětí deformována, tím pádem se také deformuje i kulový tvar optické indikatrix do tvaru elipsoidu, což indukuje vznik dvojlomu.

U laserových tyčí s materiálovou poruchou byly interferenční barvy indukované v místě poruchy, tzn. optická indikatrix v tomto místě již nemá tvar koule, ale je deformována do tvaru elipsoidu. Odlišné velikosti indexu lomu pro ortogonální polarizace v různých místech laserové tyče (nehomogenní rozložení dvojlomu) způsobí vznik interferenčních barev při pozorování v bílém světle mezi zkříženými polarizátory.



Obr. 3: Řezy optických indikatrix deformované působením smykového mechanického napětí v rovině kolmé na osu laserové tyče

## ZÁVĚR

Díky digitalizaci metody vizualizace mechanického pnutí je možné pořizovat obrazy interferenčních barev indukovaných v laserových tyčích. Sledovaný soubor tyčí byl rozdělen vzhledem k typu poruchy a z digitalizovaných obrazů interferenčních barev byly vytvořeny tabulky obrazů jednotlivých poruch vzhledem k jejich závažnosti. Měřením extinkčního poměru bylo potvrzeno, že obrazy laserových tyčí s intenzivnějšími interferenčními barvami mají nižší hodnotu extinkčního poměru (v materiálu tyče je indukován větší dvojlom, a proto více depolarizuje záření). Výsledky této práce budou použity ke zefektivnění procesu výroby laserových tyčí ve společnosti Crytur spol. s r. o.