

## 1 Pracovní úkoly

1. Proměřte charakteristiky předložených vzorků a naměřené charakteristiky pomocí vhodného software zpracujte.
2. Analýzou získaných výsledků správně přiřadte změřené charakteristiky následujícím vzorkům a zdůvodněte:
  - dielektrický úzkopásmový filtr pro rubínový laser
  - filtr RG7 (horní propust 700 nm)
  - ochranné brýlové sklo pro práci s Nd:YAG laserem
  - rubínový krystal
  - zrcadlo pro Nd:YAG laser
  - zrcadlo pro rubínový laser
  - infračervený filtr (horní propust 600 nm)
  - křemíková destička
  - sklo z černých brýlí
3. Z naměřených charakteristik pro:
  - a) Dielektrický úzkopásmový filtr pro rubínový laser
    - Změřte šířku transmisního pásu  $\Delta\lambda$  pro rubínový laser.
    - Zjistěte vlnovou délku pro maximální hodnotu transmitance  $\lambda_{\max}$  pro rubínový laser.
  - b) Filtr RG7
    - Zjistěte vlnovou délku  $\lambda_{1/2}$ , pro kterou je transmitance rovna  $T = 0,5$ .
  - c) Rubínový krystal
    - Určete polohu všech maxim absorpce  $\lambda_{\max}$  a šířky jednotlivých absorpčních pásů  $\Delta\lambda$ .
    - Spočítejte koeficienty interní absorpce  $\alpha$  (při výpočtu nejprve odečtěte Fresnelovské ztráty na čelech krystalu, které jsou dány indexem lomu materiálu).
    - Rozhodněte, zda se jedná o 3- nebo 4- hladinový energetický systém.
    - Zdůvodněte lokální absorpční maximum na vlnové délce 694 nm.
  - d) Zrcadlo pro Nd:YAG laser
    - Odhadněte jeho použitelnost jako HR (high reflectivity) zrcadla, tzn. oblasti  $\Delta\lambda$ , kde je  $R > 98\%$ .
    - Stanovte a zdůvodněte, zda je vhodné jako HR zrcadlo pro buzení laserovou diodou na vlnové délce  $\lambda = 808\text{nm}$ .
  - e) Zrcadlo pro rubínový laser
    - Odhadněte jeho použitelnost jako HR zrcadla, tzn. oblasti  $\Delta\lambda$ , kde je  $R > 98\%$ .
  - f) Laserový krystal Nd:YVO4
    - Určete polohu významných maxim absorpce v rozsahu 800 až 900 nm. Které z těchto maxim jsou využívány pro čerpání tohoto aktivního materiálu prostřednictvím laserových diod?
    - Odhadněte, jakou šířku generované spektrální čáry by měla mít laserová dioda, kterou by bylo vhodné využít pro čerpání tohoto aktivního prostředí.

- Uvedte významné vlnové délky záření, které jsou generovány lasery s tímto typem aktivního prostředí. Pozorujete pokles transmise na těchto vlnových délkách a proč?
- Rozhodněte, zda se jedná o 3- nebo 4- hladinový energetický systém.

g) Laserový krystal Er:sklo

- Určete polohu významných maxim absorpce v rozsahu 800 až 1000 nm. Které z těchto maxim jsou využívány pro čerpání tohoto aktivního materiálu prostřednictvím laserových diod?
- Odhadněte, jakou šířku generované spektrální čáry by měla mít laserová dioda, kterou by bylo vhodné využít pro čerpání tohoto aktivního prostředí.
- Uvedte významné vlnové délky záření, které jsou generovány lasery s tímto typem aktivního prostředí. Pozorujete pokles transmise na těchto vlnových délkách a proč?
- Rozhodněte, zda se jedná o 3- nebo 4- hladinový energetický systém.

h) Krystal Cr:YAG

- Určete využití tohoto krystalu v laserové technice.
- měřte tloušťku vzorku a spočtete interní absorpční koeficient na vlnové délce  $\lambda = 1,06\mu m$ . Při výpočtu nejprve odečtete Fresnelovské ztráty na čelech krystalu

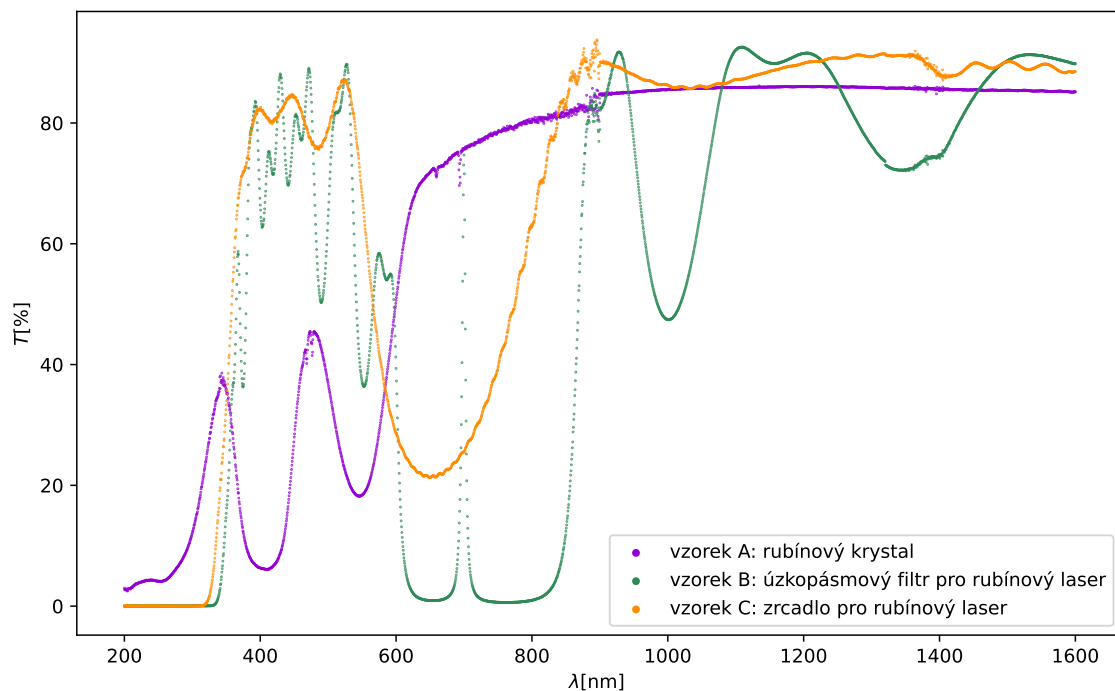
4. Vysvětlíte, proč při měření vzorků menších, než je plocha měřícího svazku, by naměřená charakteristika neodpovídala skutečnosti.

## 2 Vypracování

Vzorky k proměření byly označeny písmeny A-I. Přiřazení k vzorkům ze seznamu se nachází v Tab. 1. Naměřená transmisní spektra se nacházejí na obrázcích 1, 2 a 3.

Objekt	Přiřazený vzorek	Zdůvodnění
A	Rubínový krystal	Absorpční peak na vln. délce laserového záření rubínu
B	Dielektrický úzkopásmový filtr pro rubínový laser	Vysoká transmise bezprostředně kolem vln. délky laserového záření rubínu
C	Zrcadlo pro rubínový laser	Snížená transmise pro vln. délku záření rubínu
D	Filtr RG7 (horní propust 700 nm)	Náhlý pokles transmise pro vln. délky kolem 700 nm a méně
E	Zrcadlo pro Nd:YAG laser	Snížená transmise kolem 1060 nm
F	Ochranné brýlové sklo pro práci s Nd:YAG laserem	Velmi nízká transmise pro vln. délky nad 1000 nm
G	Infračervený filtr (horní propust 600 nm)	Náhlý pokles transmise pro vln. délky kolem 600 nm a méně
H	Křemíková destička	Vysoká absorpce až do 1000 nm
I	Sklo z černých brýlí	Absorpce ve viditelném spektru

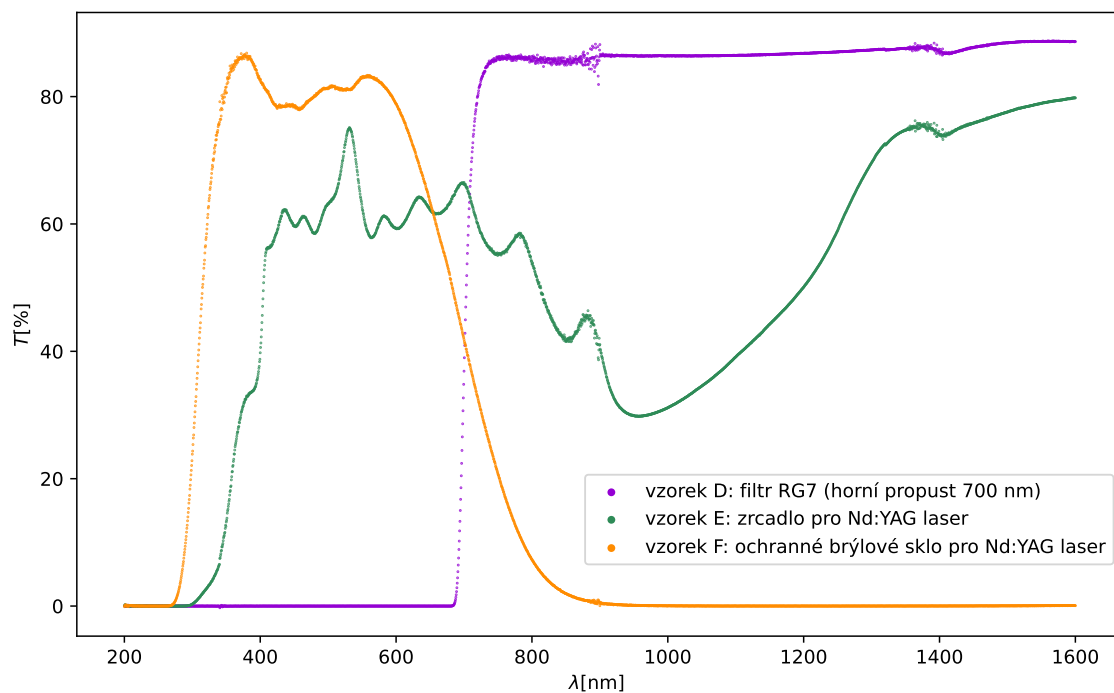
Tab. 1: Přiřazený seznam proměřených vzorků se zdůvodněním.



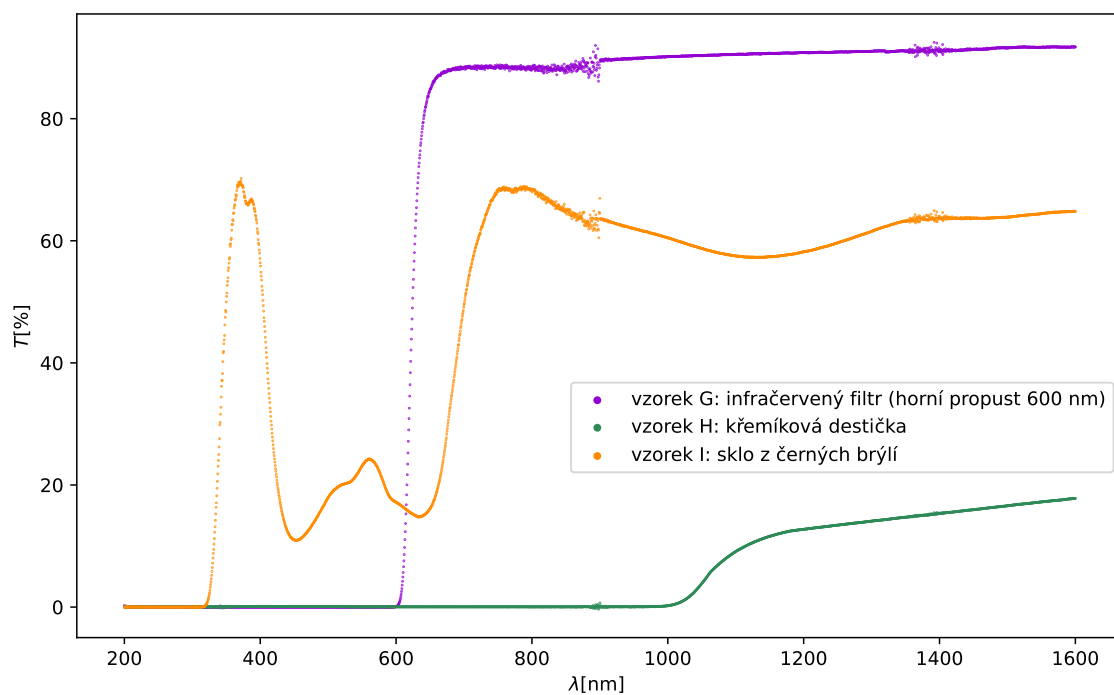
Obr. 1: Transmisní spektra vzorků A, B a C.

### 2.1 Dielektrický úzkopásmový filtr pro rubínový laser

Šířku transmisního pásu jsme určili jako  $\Delta\lambda = 11,3 \text{ nm}$  a vlnovou délku pro maximální transmitanci jako  $\lambda_{\text{max}} = 700 \text{ nm}$ .



Obr. 2: Transmisní spektra vzorků D, E a F.



Obr. 3: Transmisní spektra vzorků G, H a I.

## 2.2 Filtr RG7

Vlnovou délku, pro kterou je transmise rovna  $T = 0,5$  jsme určili jako  $\lambda_{1/2} = 703,5 \text{ nm}$ .

## 2.3 Rubínový krystal

Jednotlivá maxima absorpce  $\lambda_{\max}$  a jim příslušné šířky absorpčních pásů  $\Delta\lambda$  a koeficienty interní absorpce  $\alpha$  se nachází v Tab. 2. Absorpční pík na 693 nm odpovídá vlnové délce zářivého přechodu při generování laserového záření.

$\lambda_{\max}[\text{nm}]$	$\Delta\lambda[\text{nm}]$	$\alpha[\text{cm}^{-1}]$
410,0	162,4	2,47
545,5	142,3	1,50
693,0	5,5	0,32

Tab. 2: Polohy a šířky jednotlivých maxim absorpce.

Z toho, že k absorpci na této vlnové délce dochází, soudíme, že se jedná o tříhladinový energetický systém.

## 2.4 Zrcadlo pro Nd:YAG laser

Vzhledem k tomu, že transmise kolem 1 mikrometru je stále ještě kolem 30 %, pak je vyloučeno, aby reflektivita byla >98 %. Transmise na 808 nm je zhruba 50 %, tedy zrcadlo není vhodné pro čerpání diodou.

## 2.5 Zrcadlo pro rubínový laser

Transmise pro vlnové délky kolem 695 nm je příliš vysoká – kolem 30 %, tedy zrcadlo není použitelné jako HR zrcadlo pro tuto vlnovou délku.

## 2.6 Laserový krystal Nd:YVO4

## 2.7 Laserový krystal Er:sklo

## 2.8 Krystal Cr:YAG