

5 Spektrální charakteristiky optických komponentů

26. dubna 2011

Základní praktikum laserové techniky	
Zpracoval: Vojtěch Horný	Datum měření: 21. dubna 2011
Pracovní skupina: 1	Ročník: 3.
Členové skupiny: Vojtěch Horný, Jaroslav Zeman	Hodnocení:

1 Pracovní úkoly

1.1 Cíle úlohy

1. Získat praktické zkušenosti s měřením spektrofotometrem.
2. Změřit spektrální charakteristiky předložených vzorků optických elementů.
3. Zamyslet se nad vlastnostmi těchto vzorků, uvědomit si rozdíl mezi krystalem a zrcadlem. Na základě úvah správně určit a zdůvodnit o jaký prvek se jedná.

2 Pracovní postup a výsledky měření

Měření probíhalo s komerčním spektrofotometrem Shimadzu UV-3600, který umožňuje měřit transmisní spektrum v rozsahu 185 - 3000 nm, tedy v ultrafialové, viditelné i blízké infračervené oblasti. Spektrometr byl propojen s počítačem, ovládání probíhalo pomocí programu UVProbe.

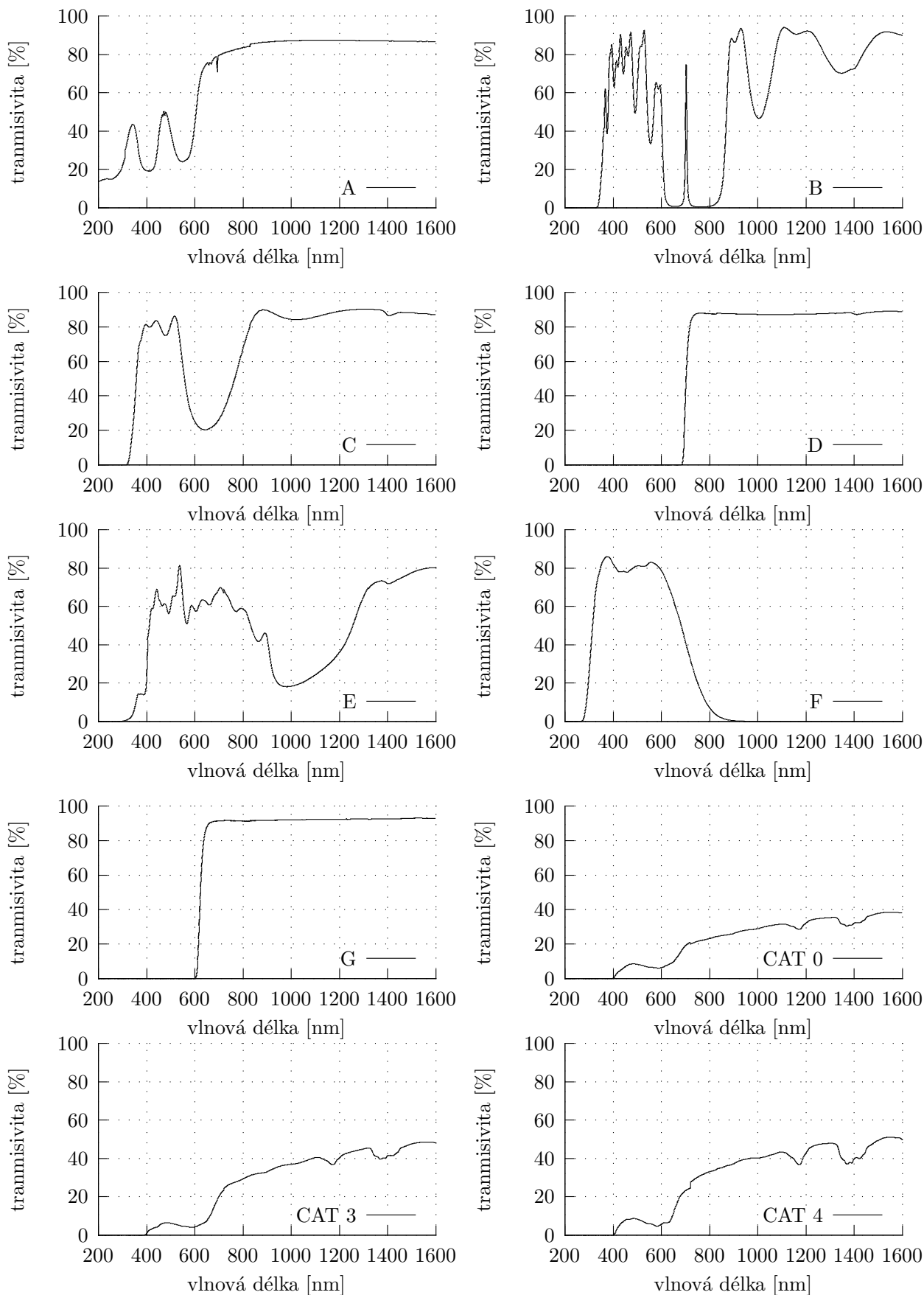
Po prvotním zapnutí počítače a spuštění programu UVProbe jsme vyčkali, až se automaticky zkontroluje správná funkčnost spektrofotometru Shimadzu a jeho komunikace s počítačem. Nastavili jsme rozsah měření od 1600 nm do 200 nm s krokem po 1 nm. Po ověření, že v komoře spektrofotometru nic není, jsme spustili kalibraci přístroje. To bylo nutné, aby program pro zpracování rozpoznal referenční hladinu.

Postupně jsme poté do komory přístroje vkládali jednotlivé vzorky. K sedmi neznámým komponentám jsme přidali ještě trojici slunečních brýlí rozdílné kvality. Je třeba si uvědomit, že pokud vzorek nepřekrývá celý otvor pro měření, ale pouze jeho část, pak naměřená transmisivita vzroste, protože část měřícího záření se dostane do cestou mimo vzorek, tedy vzduchem, u kterého jsme zkalibrovali jednotkovou propustnost. Ke zpřesnění měření by se dala menší část otvoru zakrýt nepropustným materiálem, znovu provést kalibraci a samotné měření.

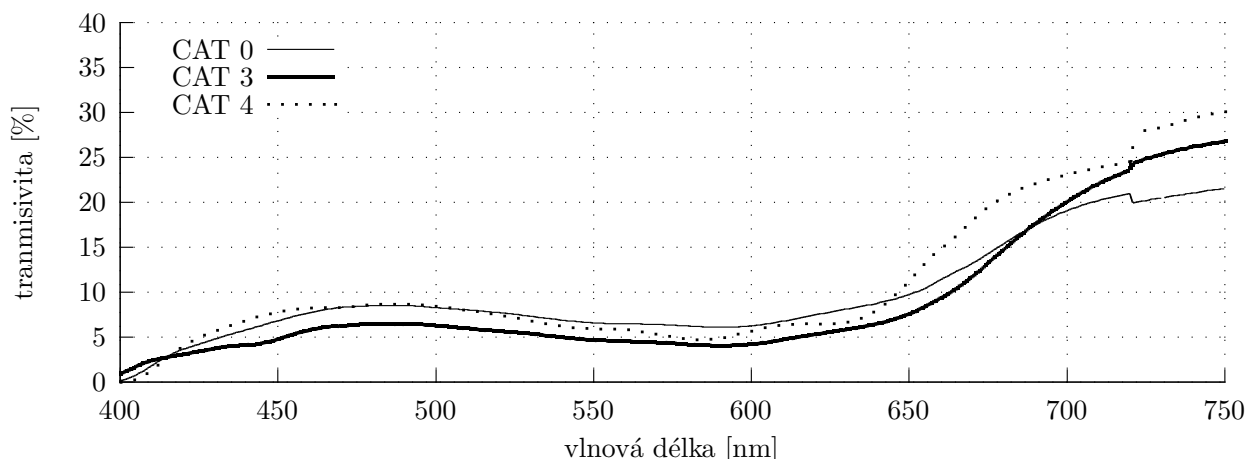
V sadě grafů naleznete naměřené transmisní křivky jednotlivých komponent. Samotné přiřazení je v popisku pod grafem. Zde uvádím pouze několik argumentů pro přiřazení. Postupovali jsme tak, že jsme okamžitě rozhodli u jednoznačných spekter a u zbývajících jsme postupovali vylučovací metodou a také s ohledem na tvar optické komponenty.

Nejjednodušší bylo rozhodování o vzorku D - filtr RG7 (horní propustnost 700 nm) a o vzorku G - infračervený filtr (horní propustnost 600 nm). Jelikož je vlnová délka rubínového laseru 694,3 nm a zrovna v této oblasti je u vzorku A úzký propad transmisivity, dá se vypořádat, že se jedná o rubínový krystal. V místě generace laserové vlny musí být zvýšená absorpce, tedy dochází k úzkému snížení transmisivity. U vzorku C je v těchto místech úroveň propustnosti nízká, v okolí vysoká. To napovídá, že vzorek C je úzkopásmový filtr pro rubínový laser.

Nyní již vylučovací metodou můžeme stanovit, že vzorek B je zrcadlo pro rubínový laser. Zbývá rozhodnout o dvou komponentách pro Nd:YAG laser o vlnové délce 1064 nm. Zde jsme se rozhodli podle fyzické podoby prvku. Vzorek E je zrcadlo pro Nd:YAG laser. Jelikož je vzorek malý, transmisivita stoupla. Skutečná transmisivita je tedy nižší. Vzorek F jsou ochranné brýle pro práci s Nd:YAG laserem. Dobře propouštějí viditelné světlo, infračervené světlo nepropustí.



Graf 1: Naměřené transmisní spektra optických elementů. A - krystal pro rubínový laser, B - zrcadlo pro rubínový laser, C - úzkopásmový filtr pro rubínový laser, D - filtr RG7, E - zrcadlo pro Nd:YAG laser, F - ochranné brýle pro práci s Nd:YAG laserem, G - infračervený filtr, CAT 0 - levné reklamní sluneční brýle, CAT 3 - sluneční brýle vysoké úrovně ochrany, CAT 4 - sluneční brýle nejvyšší úrovně ochrany. Vzorčky A a E byly malé, transmisivita by tedy ve skutečnosti měla být nižší.



Graf 2: Transmisní spektra slunečních brýlí různé úrovně ochrany

Zajímavé výsledky vyšly pro nepovinnou část úlohy, totiž přeměření vlastností slunečních brýlí. Proměřili jsme troje brýle, označené zde CAT 0 (zdarma jako reklamní předmět), CAT 3 (200 Kč ve výprodeji) a CAT 4 (300 Kč). Dle zdroje [2] jsou brýle CAT 0 jsou vhodné spíše jako módní doplněk a jako ochrana před větrem či mrazem. CAT 3 jsou nejčastěji používané sluneční brýle. Hodí se pro běžný letní den. Brýle CAT 4 poskytují ochranu před velmi silným svitem, zejména pro horolezce nebo na zářící sněhové pláni.

Z hlediska ochrany před UV zářením se všechny chovají naprosto stejně. Jejich plastové filtry nepropustí záření s vlnovou délkou menší než 400 nm. Jedná se o vlastnost plastu, z něhož jsou vyrobeny. Rozdíl je pouze v prostupnosti pro viditelné světlo, což ilustruje graf 2. Logicky všechny brýle propouštějí více pro vyšší vlnové délky. Propustnost se pohybuje většinou pod 10%, pouze pro vlnové délky nad 650 nm povyskočí místy až na 25%. Nedá se říci, že by sluneční brýle nižší kategorie propouštěly nutně více světla. Křivky se několikrát protnou. Paradoxně ale nejvíce světla propustí brýle CAT 4 a nejméně brýle CAT 3.

3 Dodatečné úkoly

Úzkopásmový dielektrický filtr Na grafu 1C pozorujeme hluboký propad v okolí 620 nm. Šířka v polovině propadu je 220 nm. Transmisivita pro 694 nm je 25%. Maximální hodnota transmitance pro vzorec C je 90,5% pro vlnovou délku 885 nm.

Filtr RG7 Transmitance je rovna 0,5 na vlnové délce 703,6 nm. Filtr je široký 10,1 mm. Jeho transmitance na 1064 nm je 0,871. Je třeba započítat ještě vliv odrazů na stěnách (4 % na každé), interní transmitance pak vychází na 0,930.

Rubínový krystal Maxima absorpce, jejich šířky a koeficienty absorpce udává tabulka 1. Šířka krystalu byla 11,6 mm.

Tabulka 1: Parametry absorpčních maxim rubínového krystalu

vlnová délka [nm]	$\Delta\lambda$ [nm]	transmitance [-]	koeficient absorpce [m^{-1}]
468	4	0,48	62,7
476	4	0,485	61,8
660	4	0,751	24,5
694	3	0,715	28,7

Zrcadlo pro Nd:YAG laser Na grafu 1E vidíme poněkud zkrleslý průběh transmisní křivky pro zrcadlo pro Nd:YAG laser. Vzorek byl menší než otvor ve spektrofotometru. Proto si dovoluji odhadnout, že jako HR zrcadlo můžeme použít vzorek E pro vlnové délky 930 - 1090 nm. Prostupnost pro vlnovou délku 808 nm je 57%, což je určitě nedá použít jako high reflexive zrcadlo.

Zrcadlo pro rubínový laser Vzorek B může být použit jako HR zrcadlo pro oblasti 628 - 687 nm a 720 - 835 nm. Pro rubínový laser může být použit jako polopropustné zrcadlo ($R=0,945$).

4 Závěr

Úspěšně jsme provedli měření transmisních spekter pomocí komerčního spektrofotometru Shimadzu UV-3660. Získali jsme praktické zkušenosti pro měření se spektrofotometrem. Na základě spekter jsme rozhodli o funkci sedmi neznámých vzorků. Dále jsme vypočítali další požadované vlastnosti u vybraných vzorků.

V nepovinné části jsme proměřili ještě transmisní spektra různých slunečních brýlí. Ukázalo že, že z hlediska ochrany před UV zářením není mezi nimi měřitelný rozdíl.

Reference

- [1] *Návod k úloze 1* [online],
[cit. 23. dubna 2011], <http://people.fjfi.cvut.cz/blazejos/public/ul1.pdf>
- [2] *Kategorizace slunečních brýlí* [online],
[cit. 23. dubna 2011], <http://www.icona-bryle.cz/?slunecni-bryle-icona-a-de,8>