

Spektrální vlastnosti laserového záření a optických zdrojů kolem nás

Ondrej Tomášik
Gymnázium J. G. Tajovského
Tajovského 25, 974 01
o.s.tomasik@gmail.com

Patrik Štíbr
SPŠ Ostrov
Klínovecká 1197, 363 01
patrikstibr@seznam.cz

David Hovorka
SPŠ Ostrov
Klínovecká 1197, 363 01
czdahovorkacz@gmail.com

Jiřina Frýbortová,
CMG Prostějov
Komenského 17
frybortova@cmgpv.cz

Abstrakt:

Cílem miniprojektu bylo dozvědět se o zdrojích optického záření, se kterými se setkáváme v běžném životě, jako jsou lasery, LEDky, zářivky i slunce. Změřili jsme časové, spektrální, prostorové a výkonostní charakteristiky různých optických zdrojů.

1 Úvod

Každý z nás se denně setkává s optickými zdroji záření, jako jsou zářivky, LED, Slunce, lasery a tak dále. Každý z těchto zdrojů má různé vlastnosti, jakými jsou například vlnová délka, výkon, časový průběh a prostorový charakter. A jednotlivé zdroje se těmito vlastnostmi odlišují. Záření z některých zdrojů není okem viditelné, ale může být nebezpečné. Kupříkladu UV záření ze Slunce, nebo výkonná laserová ukazovátka, která jsou volně dostupná a mohou nebezpečným zacházením poškodit náš zrak. Na miniprojektu jsme se zabývali odhalováním celého spektra záření a jeho škodlivostí.

V úvodu jsme dostali základní informace v krátké prezentaci, jaké existuje záření, jaké spektrum záření vidí lidské oko, nebo jaké záření škodí našemu zraku. Dále jsme přešli do laboratoří na krátkou ukázkou odborných pracovišť a samotných laserů. Hlavní část práce spočívala v měření hlavně spektra jednotlivých zdrojů (vyzařovaných vlnových délek). Dále jsme měřili vyzařovaný výkon a časový a prostorový průběh

2 Měření základních charakteristik optických zdrojů

1. Vybrané zdroje a měřící přístroje

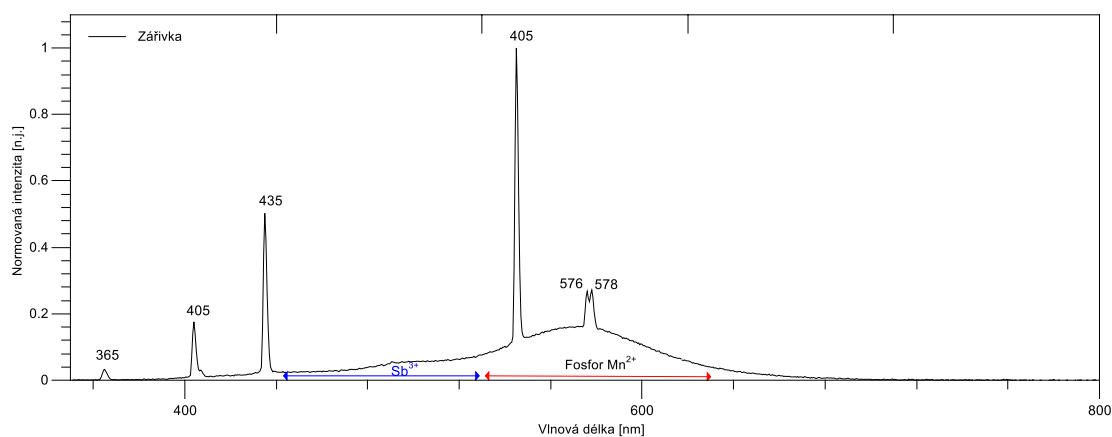
Měřili jsme následující zdroje: Sluneční záření, zářivku bílou LED diodu, laserové ukazovátka (červené, zelené a modré), červený a zelený helium-neonový (He-Ne) laser, počítačovou myš a dálkový ovladač. K měření spektrálních charakteristik jsme použili spektrometry Black-wave a Blue-wave od firmy StellarNet s rozlišovací schopností 1,6 nm.

K měření výkonu jsme použili sondu PS-19 spolu s Wattmetrem EPM2000e od firmy Molectron. Časové charakteristiky jsme zaznamenávali pomocí Osciloskopu TDS 3032 od firmy Tektronix a křemíkové fotodiody. Profil jsme měřili s CCD kamerou WinCamD UCD23

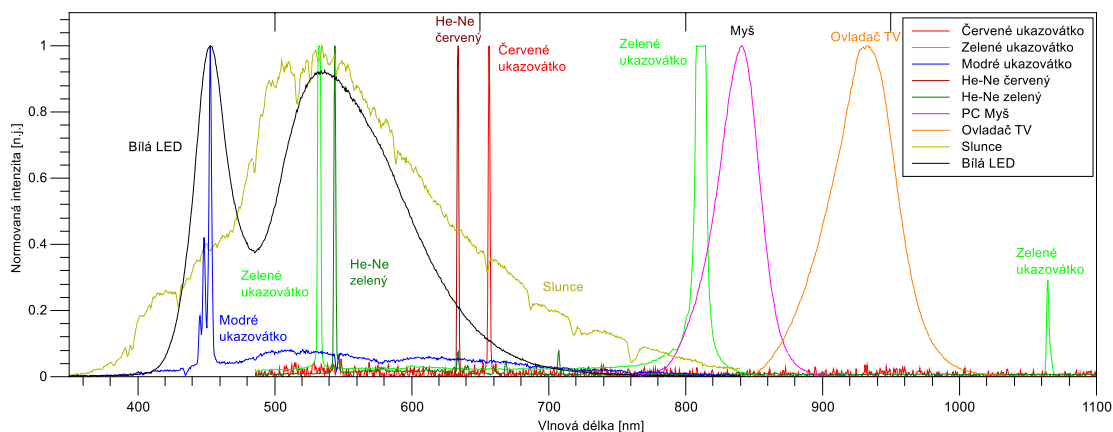
2. Výsledky měření a diskuse

Záření z uvedených zdrojů jsme postupně přiváděli optickým vláknem umístěným v držáku s fokusační čočkou do příslušných spektrometrů připojených k počítači. Pomocí programu SpectraWiz jsme tato spektra zaznamenali a zobrazili do grafů na obrázcích 1 a 2. Vlnové délky a šířky jednotlivých spekter jsme uvedli do tabulky 1 spolu s výkony naměřenými wattmetrem. U vybraných zdrojů (ovladač, zářivky, počítačová myš) jsme změřili časový průběh vyzařování. Výsledky jsou zobrazeny v grafech na obrázku 3. Dále jsme změřili profil svazku He-Ne laseru a dvou laserových ukazovátek, profily jsou zobrazeny na obrázku 4.

Na obrázku 1 je samostatně zobrazeno spektrum zářivek místnosti. V zářivkách dochází k doutnavému výboji a následnému záření v UV oblasti. Stěny trubice jsou opatřeny fosforem obsahujícím mangan Mn^{2+} a antimon Sb^{3+} transformujícím UV záření na viditelné světlo. Ve spektru na obrázku 1 lze pozorovat úzké spektrální čáry odpovídající vyzařování par rtuti a široké spojité spektrum vyzařované luminoforem, které vnímáme jako bílou barvu zářivek [1]. Spektra ostatních zdrojů jsou zobrazena v grafu na obrázku 2. Z obrázku je patrné, že nejširší spektrum odpovídá záření ze slunce, navíc je z důvodu omezeného rozsahu spektrometru zobrazena jen jeho malá část. Křivka dosahuje maxima na 534,5 nm, což odpovídá podle Wienova posunovacího zákona $\lambda_{max} = 2898/T$ ($\mu m, K$) teplotě 5 422 K. Odhadli jsme skutečnou teplotu povrchu slunce (5780 K) s chybou menší než 7 % [2]. Nejužší spektra, (řádově jednotky nm), odpovídají laserům. Vyzařování v úzkém okolí jedné vlnové délky je jejich charakteristickou vlastností. Spektra He-Ne laserů jsou ve skutečnosti patrně ještě užší, naměřená šířka je omezená rozlišovací schopností spektrometrů (1,6 nm). Spektra LED, tedy i zdroje záření v ovladači a počítačové myši, jsou široká řádově desítky nm. Výjimkou je bílá LED, jejíž spektrum je tvořeno užší čarou v modré oblasti a širším spektrem pokrývajícím téměř celou viditelnou oblast. Bílá LED ve skutečnosti vyzařuje v modré oblasti a její povrch je pokrytý luminoforem podobně jako v případě zářivek. Zajímavým zdrojem jsou laserová ukazovátká. Vysoký výkon, (zde kolem 100 mW, ale snadno lze sehnat i výkonnější) je velmi nebezpečný pro zrak. Navíc zelená laserová ukazovátká vyzařují neviditelné infračervené záření, které může i nevědomky poškodit sítnici a často není dostatečně odfiltrováno, jako je tomu v případě námi měřeného ukazovátká.



Obrázek 1: Spektrum zářivky

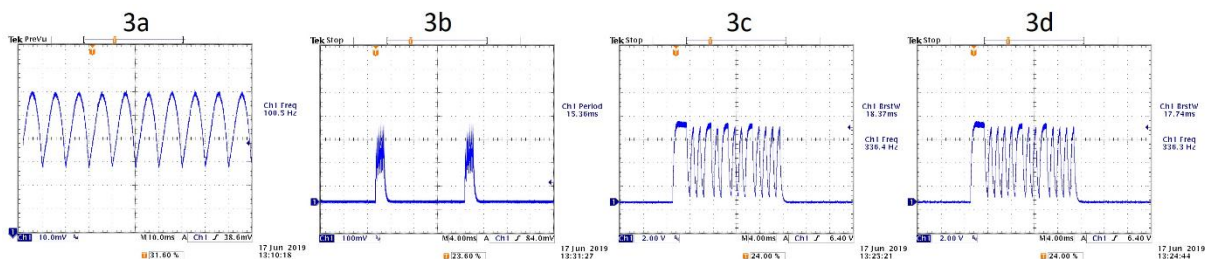


Obrázek 2: Spektrum vybraných zdrojů optického záření

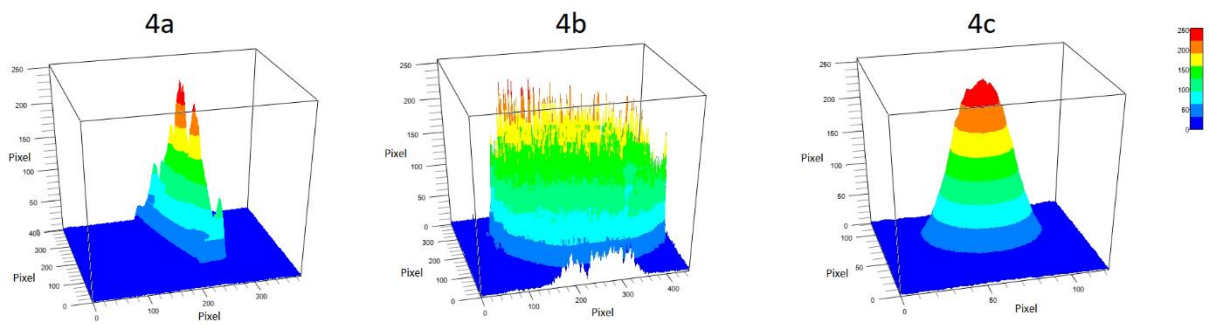
Tabulka 1: Výkon, vlnová délka a šířka čáry vybraných zdrojů

Zdroj záření	Výkon [mW]	Vlnová délka [nm]	Šířka čáry [nm]
Slunce	-	534,5	-
Bílá LED	4,6	453; 536	32,5; 98,4
Červené ukazovátko	123,4	656,5	1,3
Modré ukazovátko	0,9	453	2,1
Zelené ukazovátko	80	532,5; 808; 1064,5	2,1; 8,7; 1,7
He-Ne laser červený	0,4	634	1,2
He-Ne laser zelený	0,8	544	1,3
Myš	0,5	841	3,3
ovladač	3,7	933	4,5

Na obrázku 3 jsou zobrazeny časové průběhy záření žárovky, myši a dálkového ovladače. Žárovka (obr. 3a) má periodický průběh s frekvencí 100,5 Hz co odpovídá usměrněnému průběhu napětí ze sítě. Záření myši (obr. 3b) má periodu 15,4 ms, což umožňuje plynulé snímání jejího pohybu po podložce. Na obr. 3c a 3d je časový průběh signálů z dvou různých tlačítek ovladače, jejichž různý průběh může televizor vyčíst a provést požadovanou akci.



Obrázek 3: Časové průběhy záření žárovky (3a), PC myši (3b), ovladače TV (3c a 3d)



Obrázek 4: Prostorové profil laserových svazků: modré ukazovátka (4a), zelené ukazovátka (4b), zelený He-Ne laser (4c)

Na obrázku 4 pro ilustraci prostorové profily laserových svazků. Na obr. 4a je profil modrého ukazovátka, který má obdélníkový tvar s více maximy. Na obr. 4b je profil svazku zeleného laserového ukazovátka, který má cylindrický tvar. Profil svazku znázorněný na obrázku 4c je ze zeleného He-Ne laseru, jenž má dobře definovaný Gaussovský tvar. Pro tento svazek jsme z měření jeho průměru ve třech různých vzdálenostech vypočítali jeho přibližnou divergenci 3,1 mrad, skutečná divergence měla být přibližně 1,7 mrad.

3 Shrnutí

V rámci miniprojektu jsme byli obohaceni o znalosti, díky kterým jsme změřili vlastnosti různých optických zdrojů, jako například jejich vlnovou délku (spektrum), výkon a jejich intenzitu. Také jsme pomocí osciloskopu změřili časové průběhy signálu tlačítek ovladače, kde jsme díky různým časovým průběhům dokázali rozeznat různá tlačítka. Jako další jsme se dozvěděli, že výkon některých laserových ukazovátek je příliš velký a mohl by poškodit zrak.

Poděkování

Velmi bychom chtěli poděkovat našim odborným poradcům Ing. Karlu Veselskému a Ing. Janu Kratochvílovi za odbornou pomoc při našem projektu. Dále děkujeme fakultě FJFI a ČVUT za zorganizování této akce, a také škole SPŠ Ostrov za finanční podporu pro tuto akci.

Reference:

- [1] [HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FLUORESCENT_LAMP](https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp)
- [2] [HTTPS://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WIENŮV_POSUNOVACÍ_ZÁKON](https://cs.wikipedia.org/wiki/Wienův_posunovací_zákon)