

Úloha 7. týdne – difrakční mřížka v monochromátoru

Cíle cvičení

- Provést rozměrový náčrtek uspořádání tzv. monochromátoru s difrakční mřížkou.
- S využitím červeného světla z helium-neonového laseru nastavit optiku monochromátoru.
- S červeným světlem provést odečty úhlů mřížky pro difrakčních řády 0, ± 1 a ± 2 a orientačně změřit výkon vlny navázané do výstupního vlákna.
- Provést totéž měření na vlnové délce 850 nm, kterou získáte z modulu SFP.
- Diskutovat výhody využití difrakční mřížky v porovnání s jinými způsoby rozkladu světla.

Popis úlohy

Úloha demonstruje využití difrakční mřížky k rozkladu světla. Toho využíváme v tzv. monochromátorech, kdy ze vstupního svazku vybíráme úzkou část spektra, např. pro účely spektrální analýzy.

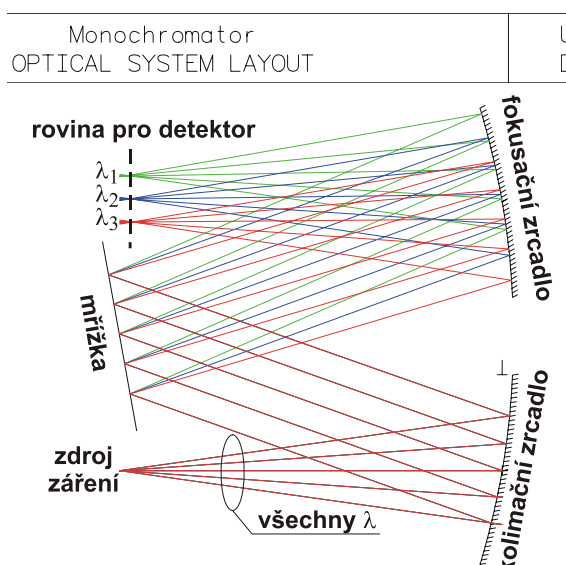
Naše uspořádání využívá tyto prvky (viz obr. 1):

- Vstupní rozbíhavý svazek z vlákna je umístěn v ohnisku kulového kolimačního zrcadla. Po odrazu je záření prakticky nerozbíhavé (říkáme kolimované).
- Kolimované záření dopadá na mřížku, která jej rozptyluje (obráz. 2). Vyjma zrcadlového odrazu vznikají i difraktované vlny řádů ± 1 i vyšších, pro něž platí vztah [1]:

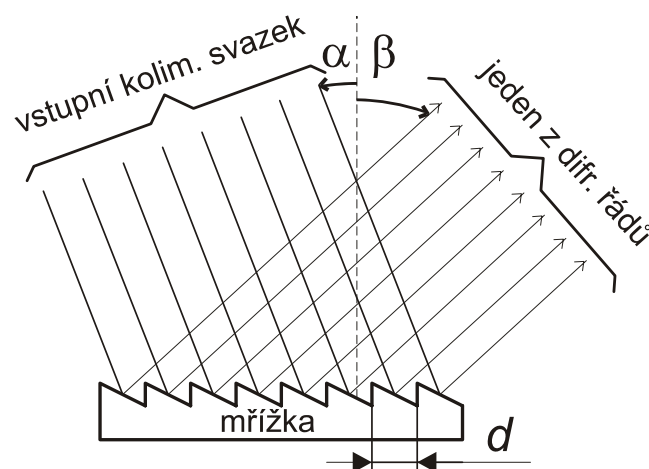
$$m\lambda = d(\sin \beta - \sin \alpha) \quad (1)$$

kde m je řád, λ vlnová délka záření, d perioda vrypů a α , β úhly dopadající, resp. difraktované vlny vůči kolmici k mřížce.

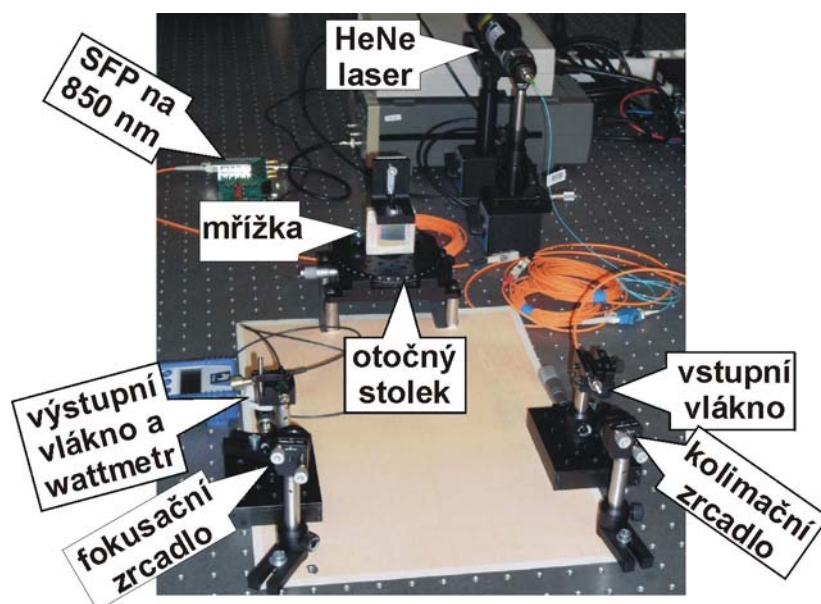
- Přesně k výstupnímu zrcadlu směřuje jen jeden řád na jedné vlnové délce. Výstupní zrcadlo je opět kulové a zaostřuje záření do výstupní roviny. V ní může být přímo detektor anebo v našem případě (praktické uspořádání je na obr. 3) vlákno vedoucí k wattmetru.
- Je-li vlnová délka kratší či delší než právě přijímaná, zobrazí se mimo výstupní rovinu. K dosažení vysoké selektivity bývá ještě ve výstupní rovině štěrbina- čím užší, tím užší část spektra pronikne pro jedno nastavení mřížky na výstup, ovšem také klesá výstupní výkon. Na rozlišení má také (a zejména!) vliv celá optika a její jemné nastavení.



Obr.1. Ilustrativní náčrtek průchodu světla různých barev monochromátorem.



Obr.2. Schematický náčrt funkce difrakční mřížky (volně převzato z [1], obr. 2.1.2).



Obr. 3. Praktické uspořádání úlohy.

POZOR: Zrcadla mají odraznou plochu nanесenu na přední straně skla, což jim dává vynikající vlastnosti, ovšem dotykem je poškodíte.

Postup měření:

1. Nakreslete si geometrické uspořádání úlohy. Využijte milimetrového papíru na stole.
2. Připojete He-Ne laser a oddalováním/přibližováním konce vstupního vlákna nastavte kolimovaný svazek (sledujte na pomocném stínítku).
3. Nastavte mřížku zhruba na zrcadlový odraz a ověřte, zda svazek ve výstupní rovině dopadá na jádro vlákna. Pokud ne, konzultujte s vyučujícím, kterým prvkem systém doladit.
4. Natáčejte rukou mřížku a zaznamenejte si úhly pro jednotlivé řády $m = 0, \pm 1$ a ± 2 . Wattmetrem určete orientačně výkon ve vláknu. Tímto měřením ověříte platnost rovnice (1), jedinou neznámou je řád m . Uvědomte si, že v daném uspořádání je $\alpha + \beta = konst.$
5. Přepojte vstupní vlákno na modul SFP. Protože je záření neviditelné, musíte při určování úhlů spoléhat na wattmetr. Řád ± 2 již nebude možné zobrazit.
6. Při zpracovávání elaborátu uveďte, jaké výhody a nevýhody má použití mřížek v porovnání s jinými způsoby rozkladu světla.

Použité vybavení

- Lasery: He-Ne ($\lambda = 632$ nm), modul SFP ($\lambda = 850$ nm)
- Dvě kulová zrcadla: $f = 50$ mm, průměr 1" (25,4 mm)
- Mřížka: 1200 vrypů/mm
- Vstupní vlákno: typu OM3 (50/125 μm)
- Výstupní vlákno: plastové typu HFBR, jádro o $d = 975$ μm
- Wattmetr: kalibrovaný na 3 vlnových délkách (630, 780 a 850 nm).

Literatura

- [1] Hui, R., O'Sullivan, M.: Fiber Optic Measurement Techniques. 1st ed., Elsevier, 2009, ISBN 978-0-12-373865-3.