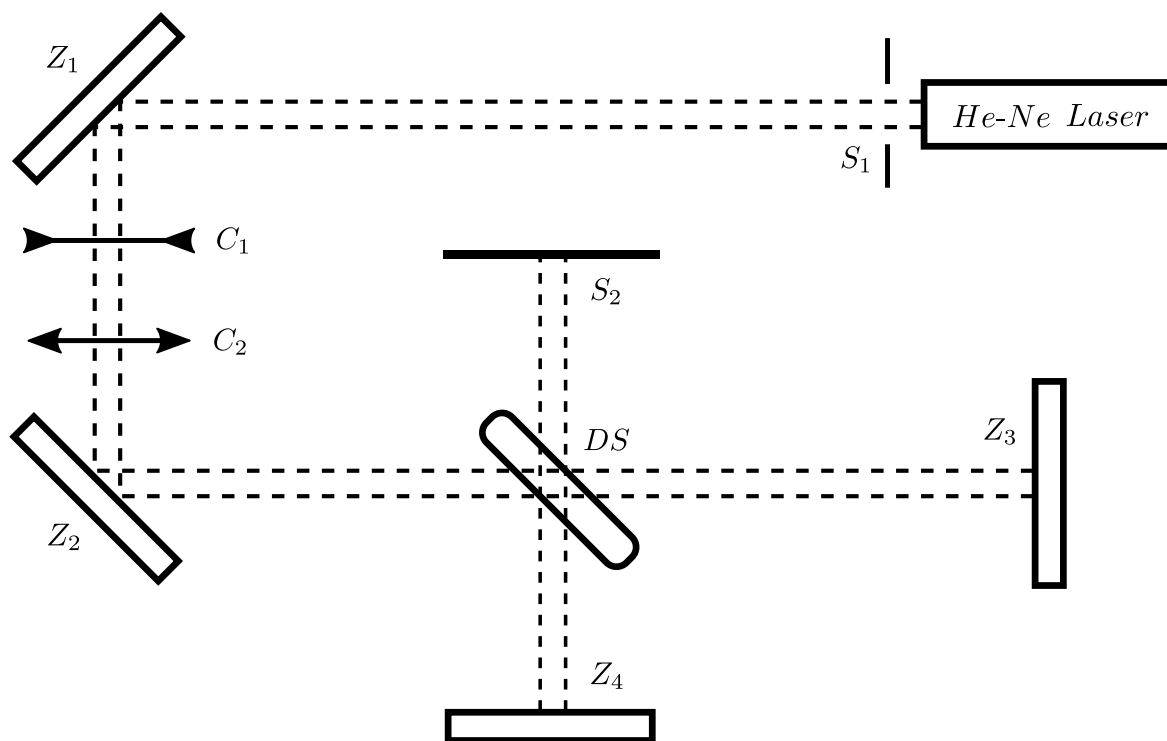


Úkol

1. Změřte divergenci laserového svazku. Průměry svazku změřte na milimetrovém papíru i měřičem profilu svazků a obě metody porovnejte.
2. Sestavte Galileův teleskop. Změřte, kolikrát rozšiřuje průměr svazku, a výsledek porovnejte s výpočtem rozšíření ze známých ohniskových délek čoček.
3. Sestavte Michelsonův interferometr. Vysvětlete princip vzniku interferenčních proužků.
4. Pozorujte, popište a vysvětlete změny v interferenčním obrazci při:
 - (a) naklánění zrcadla Z_4 ,
 - (b) posunu zrcadla Z_3 mikrometrickým šroubem,
 - (c) vkládání skla do svazku ve čtyřech polohách kolem děliče svazku a
 - (d) ohřátí vzduchu v různých místech průchodu svazku.

Teorie

Cílem tohoto praktika bylo sestavit funkční Michelsonův interferometr pomocí základních komponent podle obrázku 1. Použit byl helium-neonový laser, zrcadla $Z_1 - Z_4$, rozptylná čočka C_1 , spojná čočka C_2 , dělič svazku DS a dvě stínítka S_1 a S_2 .



Obrázek 1: Diagram sestavení Michelsonova interferometru

Divergencí svazku je obvykle myšlen zlomek

$$d_o = \frac{D_2 - D_1}{s}, \quad (1)$$

kde D_1 je průměr svazku v místě výstupního otvoru laseru a D_2 průměr svazku ve vzdálenosti s . Protože však není jistý průběh má tvar svazku v těsné blízkosti výstupního otvoru laseru, bereme zde divergenci jako

$$d = \frac{D_b - D_a}{b - a}, \quad (2)$$

kde D_a a D_b jsou průměry svazku ve vzdálenosti a resp. b od výstupního otvoru laseru ($a < b$).

Výsledky

Úkol 1

Pro určení divergence svazku metodou projekce na milimetrový papír jsme změřili průměr svazku ve vzdálenosti $a = (0,78 \pm 0,01)$ m

$$D_a = (2,5 \pm 0,7) \text{ mm}$$

a ve vzdálenosti $b = (2,49 \pm 0,10)$ m

$$D_b = (6 \pm 1) \text{ mm}.$$

Dosazením těchto hodnot do vztahu (2) získáme divergenci svazku

$$d_I = 0,0020 \pm 0,0007.$$

Pomocí měřiče profilu svazku byly změřeny průměry svazku v osách X a Y v oblasti $\frac{1}{e^2}$ násobku amplitudy ve vzdálenosti $a = (0,77 \pm 0,01)$ m od výstupního otvoru laseru

$$D_{a,X} = (1090 \pm 30) \mu\text{m},$$

$$D_{a,Y} = (1120 \pm 30) \mu\text{m}$$

a ve vzdálenosti $(2,49 \pm 0,10)$ m

$$D_{b,X} = (3015 \pm 30) \mu\text{m},$$

$$D_{b,Y} = (2940 \pm 30) \mu\text{m}.$$

Jako průměr laserového svazku uvažujeme aritmetický průměr hodnot v obou souřadnicích

$$D_a = (1105 \pm 30) \mu\text{m},$$

$$D_b = (2978 \pm 30) \mu\text{m}.$$

Dosazením do vztahu (2) získáme divergenci svazku

$$d_{II} = 0,001\,09 \pm 0,000\,07.$$

Úkol 2

Jako první byly na optickou desku umístěny zrcadla $Z_1 - Z_3$ seřazená tak, aby se laserový svazek promítal zpět na stínítko S_1 co nejbližší k výstupnímu otvoru laseru. Následně byla mezi zrcadla Z_1 a Z_2 vložena rozptylná čočka C_1 s ohniskovou vzdáleností $f_1 = -25$ mm a spojná čočka s ohniskovou vzdáleností $f_2 = 200$ mm tak, aby společně sdílely ohnisko. Průměr svazku vystupujícího z této soustavy je

$$D_s = (12 \pm 1) \text{ mm.}$$

Úkol 3

Dále byl na optické desce postaven Michelsonův interferometr podle diagramu 1. Jeho princip spočívá v interferenci dvou svazků rozdělených děličem svazku DS a odražených zrcadly Z_3 a Z_4 . Ke střídání světlých a tmavých proužků dochází kvůli mírnému natočení zrcadla Z_4 od směru kolmého dopadu svazku, délka ramene se tedy mírně liší v závislosti na místě odrazu od Z_4 a tedy i na místě dopadu na stínítko.

Úkol 4

Nakláněním zrcadla Z_4 je možné měnit hustotu interferenčních proužků a jejich směr. Z vysvětlení výše plyne, že čím větší je náklon zrcadla od kolmého směru dopadajícího svazku, tím více uvidíme interferenčních proužků. Zároveň platí, že natáčením podle svislé osy nastavujeme počet svislých proužků, podle svislé horizontální nastavujeme počet horizontálních proužků (pakliže je druhé natočení nulové). Odpovídají-li si obě natočení, proužky jsou diagonální. Lze také pozorovat efekt přetočení proužků přetočíme-li zrcátko z jedné strany na druhou.

Při posunu zrcadla Z_3 dopředu či dozadu se posouvají interferenční proužky.

Vložením skla mezi dělič svazku a zrcadlo Z_3 či Z_4 dojde k deformaci proužků. Plochy skla nejsou totiž dokonale rovnoběžné a tvoří klín, což tedy vlivem vyššího indexu lomu v různých místech prodlužuje optickou dráhu více než jinde. Vložení skla před dělič svazku má minimální efekt.

Zahřátím vzduchu mezi děličem svazku a zrcadlem Z_3 či Z_4 dojde k chaotickému pohybu interferenčních proužků, protože teplý vzduch má odlišný index lomu. Určitý efekt je pozorovatelný i při ohřátí vzduchu před děličem svazku.

Diskuse

Divergence svazku měřená milimetrovým papírem se liší dvojnásobně od hodnoty měřené digitálně. První z těchto měření je však zatíženo značnou chybou, výrazným důvodem tohoto rozporu může být také skutečnost, že na milimetrovém papíru byla šířka svazku měřená od jedné strany světelné stopy ke druhé nahlédě na intenzitu světla zatímco digitálně byl měřen průměr svazku s hraniční intenzitou $\frac{1}{e^2}$ amplitudy.

Závěr

Byla naměřena divergence svazku pomocí milimetrového papíru

$$d_I = 0,0020 \pm 0,0007$$

a pomocí měřiče profilu svazku

$$d_{II} = 0,001\,09 \pm 0,000\,07.$$

Byl sestaven Galileův dalekohled, který rozšířil svazek na průměr

$$D_s = (12 \pm 1) \text{ mm}.$$

Byl sestaven Michelsonův interferometr, byla vysvětlena jeho funkce a změny interferenčního obrazce při různých manipulacích.

Reference

- [1] Pokyny k měření “Stavba Michelsonova interferometru a ověření jeho funkce”, dostupné z http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/pokyny/mereni_320.pdf, 18. 4. 2018