Nzev a čslo lohy	2 - Difrakce svtelnho zen
Datum měřen	23. 2. 2011
Měřen provedli	Tom Zikmund, Jakub Kkona
Vypracoval	Tom Zikmund
Datum	2. 3. 2011
Hodnocen	

1 Difrakn obrazce

V cel loze jsme pouvali He-Ne laser s vlnovou dlkou $\lambda = 632,8\,\mathrm{nm}$. Paprsek jsme nasmrovali poadovanm smrem pomoc nastavitelnho zrctka.

Pro pozorovn difrakce na hran jsme museli svazek laserovho zen rozit. K tomu jsme pouili objektiv z mikroskopu. Pro vytvoen istho svazku jsme do vstupu z objektivu vloili clonku s malm otvorem (bodov zdroj). Ped objektiv mikroskopu jsme vloili spojnou oku, tak aby jej ohnisko bylo v mst bodovho zdroje a paprsky vychzejc z oky byly rovnobn. Do takto rozenho svazku jsme vloili tenk rovn zastien plech pedstavujc ostrou hranu. Ve vzdlenosti piblin 3,5 m jsme pozorovali difrakn obrazec. V difraknm obrazci byly znateln prouky maxim a minim rovnobn s hranou, nejlpe pozorovateln v okol hrany geometrickho srtnu. V geometrickm stnu bylo mon tyto prouky pozorovat tak, ale s mnohem ni intenzitou.

Pro pozorovn dalch difraknch obrazc jsme pouili zk laserov svazek (bez rozen). U difrakce na tenkm drt jsme pozorovali jedno centrln maximum jeho intenzita nebyla nejvy uprosted, ale spe na okraji. Dal maxima byly od sebe stejn vzdleny a jejich intenzita klesala se vzdlenost od centrlnho maxima.

U difrakce na trbin jsme pozorovali podobn obrazec, kter se liil pouze tm, e nejvy intezita centrlnho maxima byla uprosted. To potvrzuje platnost Babinetova dopkovho principu. Protoe drt a trbina jsou vzjemn doplkov tvary, souet jejich pol mus bt stejn jako pole samotnho svazku bez stntka. Vedlej maxima mus bt u obou obrazc na stejnch mstech, avak jejich pole budou mt opanou fzi.

Dle jsme pozorovali dofrakn obrazec obdelnku, kter mel del stranu vodorovn. Centrln maximum troil obdelnk, jeho tvar odpovdal tvaru apertury. Ve smru kad stany tohoto obdelnku byla ada vedlejch maxim. Tyto maxima tvoily tk obdelnky, jejich jeden rozmr odpovdal dlce pilehl strany hlavnho maxima a druh odpovdal piblin polovin dlky druh strany hlavnho maxima.

U difraknho obrazce kruhov apertury jsme pozorovali jedno kruhov maximum a nkolik soustednch kruhovch maxim okolo nj.

Pro vpoet Fresnelova sla plat vztah

$$N_F = \frac{\bar{x}^2_{max} + \bar{y}^2_{max}}{\lambda z}.$$

Napklad pro difrakn obrazec obdelnk o rozmrech $a = 89\,\mu\mathrm{m}$ a $b = 112\,\mu\mathrm{m}$ ve vzdlenosti 351 cm vychz Fresnelovo slo

$$N_F = 0,009 \ll \frac{1}{2}.$$

Urit se tedy jedn o vzdlenou znu. Fresnelovo slo pro tento obdelnk $N_F = \frac{1}{2}$, prv kdy je difrakn obrazec vzdlen $6,5\,\mathrm{cm}$. Ve Fresnelov zn, tedy bl ne $6,5\,\mathrm{cm}$ jsme vak dn difrakn obrazce nepozorovali. Je to zpsobeno tm, e fze pole v tto zn je velmi promnliv a velmi citliv zvisl na vzdlenosti.

blizka a vzdalena zona, frenelovo cislo, reference, jednotky

2 Vpoet velikosti apertur podle difraknho obrazce

Vzdlenost stntka od apertury je ve vech ppadech stejn a to z = 351 cm. U difraknho obrazce trbiny jsme zmili vzdlenost -5. a 5. maxima d_5 = 13 cm. Odtud vzdlenost prvnho minima x_1 = 1,3 cm. Pro vpoet ky trbiny vyjdeme ze vzorce

$$x_m = \frac{m\lambda z}{a},$$

odkud vyjdme ku trbiny

$$a = \frac{m\lambda z}{x_m}.$$

Po dosazen hodnoty x_1 vychz ka trbiny

$$a = 171\,\mu m.$$

Pro difrakn obrazec drtu jsme namili vzdlenost -5. a 5. maxima d_5 = 22,7 cm. Odtud vzdlenost prvnho minima x_1 = 2,27 cm. Z Babinetova principu plyne, e pro difrakn minima drtu mus platit stejn vzorec jako pro trbinu

$$a = \frac{m\lambda z}{x_m},$$

kde a je prmr drtu. Po dosazen x_1 vychz

$$a = 98\,\mu m.$$

Drt tedy pravdpodobn bude mt udvanou tlouku 0,1 mm.

Pi men -5. a 5. maxima obdelnkov apertury nm vyla vzdlenost ve vodorovn ose d_{5v} = 25 cma vzdlenost ve svisl ose d_{5s} = 19,9 cm. Odtud vzdlenost prvnho minima ve vodorovn ose x_1 = 2,5 cm a ve svisl ose y_1 = 1,99 cm. Z vrazu pro intenzitu difraknho obrazce obdelnkov apertury uvedenho v [1] je vidt, e pro jednotliv rozmry obdelnkov apertury bude platit stejn vzorec jako pro trbinu. Proto

$$a = \frac{m\lambda z}{x_m}, \qquad b = \frac{m\lambda z}{y_m}.$$

Po dosazen x_1 a y_1 dostvme

$$a = 89\,\mu\text{m}, \qquad b = 112\,\mu\text{m}.$$

U apertury bylo uvedeno, e se jedn o tverec o stranch $89\,\mu$m, jedna strana tedy odpovd namenm udajm.

Pro kruhovou aperturu jsme namili nsledujc prmry prvnch minim: $d_1 = 19,5\,\text{mm},\ d_2 = 36\,\text{mm},\ d_3 = 53\,\text{mm}$. Pro polomry tedy plat: $r_1 = 9,75\,\text{mm},\ r_2 = 18\,\text{mm},\ r_3 = 26,5\,\text{mm}$. Ze vzorc

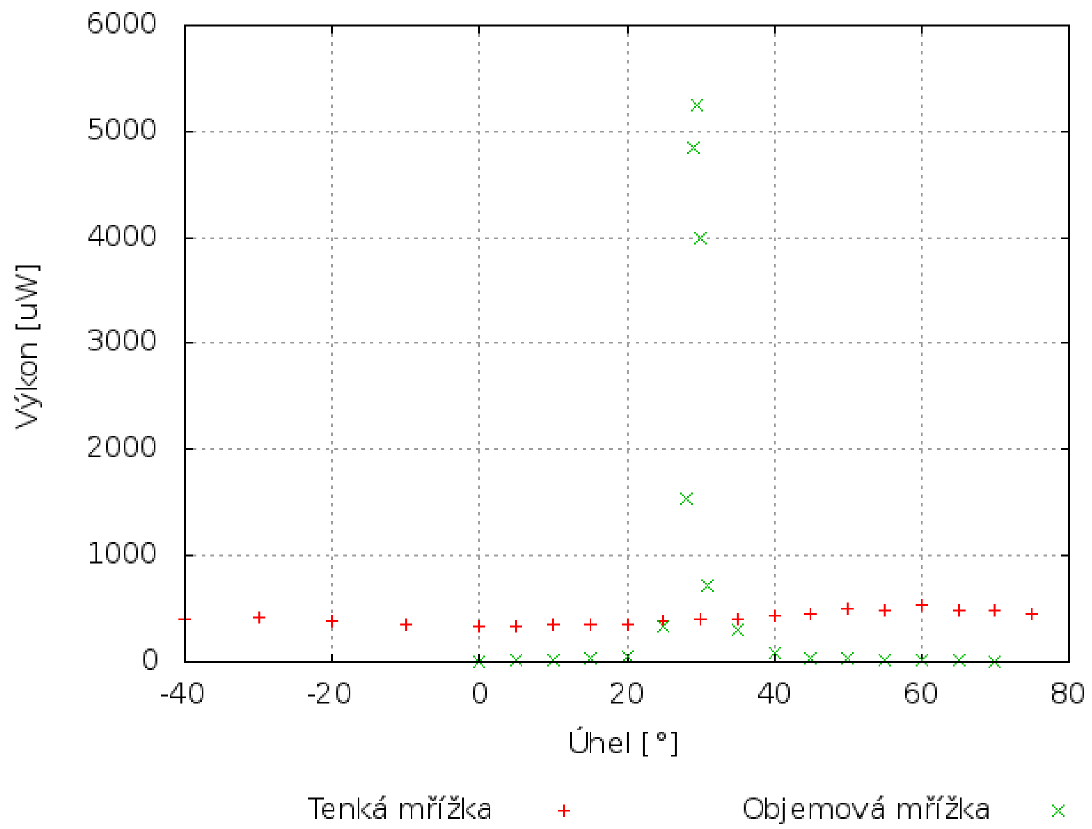
$$r1 = \frac{1,22\lambda z}{d},\ r2 = \frac{2,23\lambda z}{d},\ r3 = \frac{3,24\lambda z}{d}$$

vypoteme ti hodnoty pro prmr kruhov apertury

$$d \approx 277,9\,\mu\text{m} \approx 275,2\,\mu\text{m} \approx 271,6\,\mu\text{m}.$$

Vzjemn odchylka jednotlivch vsledk je dsledkem nepesnho men prmr difraknch minim.

3 Zvislost difrakn innosti na hlu dopadu



Obrázek 1: Zvislost difrakn innosti prvnch du tenk a objemov mky na hlu dopadu

4 Vpoet period mek

Vzdlenost difraknho obrazce od mky je vech ppadech $z = 351\,\mathrm{cm}$. U tenk fzov mky jsme namili vzlenost mezi -1. a 1. minimem $d_1 = 44,7\,\mathrm{cm}$. Odtud vzdlenost prvnho minima $r_1 = 22,35\,\mathrm{cm}$. Dle jsme zmili vzdlenost tetho minima $r_3 = 69,8\,\mathrm{cm}$. Pro vpoet peridy vyjdeme ze skalrn mkov rovnice

$$\sin(\theta_m) - \sin(\theta_i) = m \cdot \frac{\lambda}{\Lambda},$$

kde θ_m je hel difrakce do m-tho difraknho maxima a θ_i je hel dopadu rovinn vlny na mku. hel θ_i je v naem ppad nulov. Pro mkovou periodu Λ bude tedy platit

$$\Lambda = m \cdot \frac{\lambda}{\sin(\theta_m)} \approx m \cdot \frac{\lambda}{\mathrm{tg}(\theta_m)} = m \cdot \frac{\lambda z}{r_m}.$$

Po dosazen r_1 a r_3 vychz

$$\Lambda \approx 9,9\,\mu\mathrm{m} \approx 9,5\,\mu\mathrm{m}.$$

U tenk amplitudov mky jsme namili vzlenost mezi -1. a 1. minimem $d_1 = 41,5\,cm$. Odtud vzdlenost prvnho minima $r_1 = 20,75\,\mathrm{cm}$. Dle jsme zmili vzdlenost tetho minima $r_3 = 63,5\,\mathrm{cm}$. Ze stejnho vzorce jako v pedchozm ppad vypoteme po dosazen r_1 a r_3 mkovou periodu

$$\Lambda \approx 10,7\,\mu\mathrm{m} \approx 10,5\,\mu\mathrm{m}.$$

K dalmu men jsme potebovali watmetr, kter meil vkon svtla dopadajcho na jeho snma. Wattmetr jsme nastavili na vlnovou dlku $\lambda = 632,8\,\mathrm{nm}$ a mili jsme vkon maxima prvnho du objemov mky. Snma jsme se snaili nastavit kolmo na dopadajc zaen a udrovat stle ve stejn vzdlenosti od mky. Pomoc wattmetru jsme nali hel dopadu rovinn vlny na mku, pi kterm byl vkon zen prvnho maxima nejvy. Pro objemovou mku nm vyel tento Braggv hel

$$\theta_B = 29,5^\circ.$$

Pi tomto hlu jsme zmili vzdlenost mky od stntka $z = 121\,\mathrm{mm}$ a vzdlenost prvnho maxima od nuldho maxima $x = 190\,\mathrm{mm}$. Stntko bylo umstn kolmo na svazek nultho maxima. Pro hel mezi paprsky prvnho a nultho maxima tedy plat

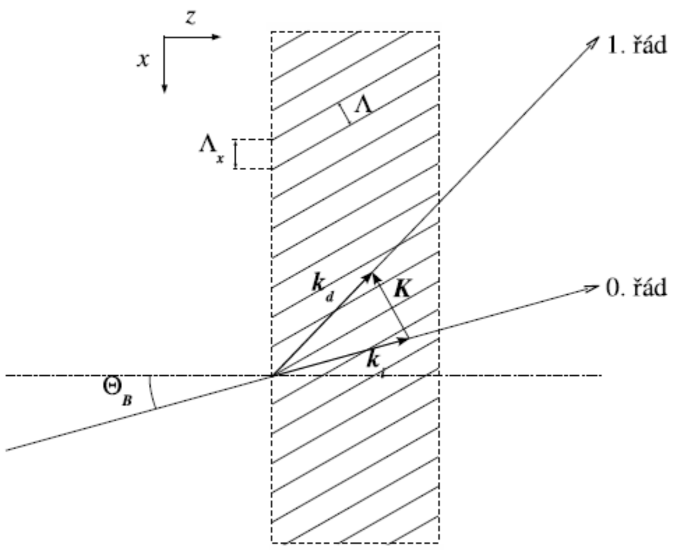
$$\mathrm{tg}(\theta_1) = \frac{x}{y}, \qquad \theta_1 = 57,5\,^\circ.$$

Vlnov vektor vlny nultho maxima oznamе k_1. Z Bragovy podmnky a z obrzku 2 plyne vztah

$$\sin(\frac{\theta_1}{2}) = \frac{\frac{|K|}{2}}{k_1} = \frac{\lambda}{2\Lambda},$$

odkud

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2\sin(\frac{\theta_1}{2})} = 657,8\,\mathrm{nm}.$$



Obrázek 2: Objemov mka pi splnn Braggov podmnce

Nakonec jsme jet zmili vzdlenost nultho a prvnho maxima dal tenk amplitudov mky $r_1 = 54\,\mathrm{mm}$ ve vzdlenosti $z = 465\,\mathrm{mm}$. Z rovnice pro tenkou mku jsme vypotali

$$\Lambda = 5,5\,\mu\mathrm{m}.$$

U tto mky jsme v pedchoz loze mili selektivn kivku.

5 Rozdly mezi difrakc na tenk a objemov mce

Z grafu na obrzku 1 je vidt znan rozdl v rozloen difrakkn innosti na hlu dopadajcho zen vzhledem k typu difrakn mky. Je zejm, e objemov mka je velmi citliv na hel a m vysokou difrakn innost pouze ve velmi zkm rozsahu. To je dno nutnost splnn Braggovy podmnky, kter vyaduje, aby pspvky od jednotlivch elementlnch vlnoploch vznikajcch na mce byly soufzov. A vzhledem k tomu, e v objemov mce se svtlo me it po drahch rzn optick dlky, bude soufzovost splnna pouze pro konkrtn hel. Tento problm nenastv u tenkch mek, kdy neme dojt k vraznmu fzovmu rozdlu elementlnch vlnoploch a difrakn innost se hlem dopadajcho zen mn pouze minimln.

Reference

[1] Kolektiv KFE FJFI VUT: *loha . 2 - Difrakce svtelnho zen*, [online], [cit. 2. bezna 2010], http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP_02.pdf