ÖVNING 3

Lösningar

Uppgift 1

Interferensmönstret kännetecknas av en viss intensitetsfördelning och ett visst avstånd mellan intensitetsmaxima respektive intensitetsminima.

Maximal intensitet inträffar vid $y_m = \frac{\lambda L}{d} m$

Längre våglängd innebär således större avstånd mellan intensitetsmaxima. Intensitets-fördelningen breddas på motsvarande sätt men bibehåller samma form:

$$I = I_{\max} \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda L} y\right)$$

Energifrågan anknyter till texten i Serway längst ner på sid. 1192. Här förklarar man att intensiteten totalt (eller energin totalt) blir densamma om man tar hänsyn till alla fasskillnader längs hela skärmen. Den formella härledningen av detta är ganska onödig att gå igenom, men själva tankegången kan förklaras.

Uppgift 2

Först bör studenterna rita upp intensitetsfördelningen utan vätska och sedan i samma figur lägga in fördelningen med vätska. När man häller i vätskan kommer ljuset att gå genom ett medium med högre brytningsindex. Högre brytningsindex innebär lägre ljushastighet och kortare våglängd. Det innebär att intensitetsfördelningen dras ihop. Med brytningsindex för vatten lika med 4/3 innebär det att fjärde nya maximat kommer på tidigare tredje maximat.

Avstånden mellan maxima är generellt

$$y_{n+1} - y_n = \frac{\lambda L}{d}$$

Utan vätska är våglängden λ_o och avstånden mellan två närliggande maxima är

$$\Delta y_o = \frac{\lambda_o L}{d}$$

Med vätska är våglängden $\lambda_n = \frac{\lambda_o}{n}$ och avstånden mellan två närliggande maxima är

$$\Delta y_v = \frac{\lambda_o L}{d} \frac{1}{n}.$$

Brytningsindex n kan sedan beräknas ur relationen $n = \frac{\Delta y_o}{\Delta y_v}$

Uppgift 3

Vid antireflexbehandling ställs krav på fasskillnad och på amplitud. För att de två reflekterade strålarna skall utsläcka varandra skall fasskillnaden vara en halv våglängd och amplituderna skall vara lika.

Reflektansen vid en gränsyta mellan två medier med brytningsindex n_1 och n_2 är

$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}\right)^2$$

Eftersom R anger förhållandet mellan intensiteterna blir amplitudförhållandet lika med $\sqrt{R}$

Utgående från detta kan man visa att amplitudvillkoret leder till att antireflexskiktets brytningsindex n_s bör vara lika med $\sqrt{n_g}$, där n_g är glasets brytningsindex (det förutsätts att mediet ovanför skiktet är luft). En grundligare utredning om detta bifogas men den är alltför invecklad för att ta upp på övningen. Här får vi nöja oss med att diskutera skiktets tjocklek.

(a) Det tunnaste antireflexskiktet bestäms av att vägen fram och tillbaka genom skiktet skall vara lika med en halv våglängd. Båda strålarna reflekteras mot tätare medium, så de fasskift som uppkommer där tar ut varandra. Skikttjockleken d blir då (notera att våglängden i skiktet är λ/n_s)

$$d = \frac{\lambda}{4n_s}$$

Ändringen av skikttjocklek blir

$$\Delta d = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{4n_s} = \frac{80}{4n_s}\ \text{nm} = \frac{20}{n_s}\ \text{nm}$$

Med n_s = 1,45 ($SiO2$) fås 13,8 nm.

(b) Vad som icke reflekteras kommer att transmitteras.

Uppgift 4

Fasvägen för vågen som reflekteras i glasplattans undersida är

$$\phi_1 = \frac{2\pi r}{\lambda}$$

där r är sträckan från glasplattans undersida till den punkt där vågorna jämförs.
Fasvägen för vågen som reflekteras i bottenplattan är

$$\phi_2 = \frac{2\pi \cdot 2d}{\lambda} + \pi + \frac{2\pi r}{\lambda}$$

där $2d$ är vägen fram och tillbaka genom kilgapet och π är fasskiftet i reflektionen mot tätare medium. Som startpunkt för beräkning av fasvägen har antagits en punkt precis innan glasplattans undersida. Skillnaden i fasväg är alltså

$$\Delta\phi = \frac{4\pi d}{\lambda} + \pi$$

Om vitt ljus faller in mot plattan så kommer det reflekterade ljuset att vara starkast när denna fasskillnad är en heltalsmultipel av 2π. Således

$$\frac{4\pi d}{\lambda} + \pi = m \cdot 2\pi$$

där m är ett heltal. Löser vi ut λ så får vi

$$\lambda = \frac{4d}{2m-1}$$

Insättning av d ger att endast m=3 faller inom synliga området. Det ger λ= 464 nm d.v.s. blått ljus.