

O10

HOLOGRAFI

MÅLSÄTTNING.

Laborationen vill visa hur man framställer ett hologram och vilka fysikaliska egenskaper detta har.

FÖRBEREDELSE.

Du skall ha läst detta lab.- PM och motsvarande avsnitt i din lärobok. Du skall kunna svara på instuderingsfrågorna längst bak i detta lab.- PM.

Namn..... Kurs.....
Handledare..... Utförd den.....
Godkänd den..... av.....

INLEDNING

Bakgrund

Nobelpriset i fysik 1971 gick till den vid Stanford, USA, verksamme engelske fysikern Dennis Gabor för hans uppfinning och vidareutveckling av holografi, en metod för tredimensionell avbildning. Hans första teoretiska arbete i ämnet publicerades i tidskriften "Nature" 15 maj 1948 och har titeln "A NEW MICROSCOPIC PRINCIPLE" (se appendix).

Hans avsikt var att förbättra bildkvalité och upplösning hos elektronmikroskop. Upptagning av hologrammet skulle ske med i möjligaste mån monokromatiska (samma energi) elektroner. Återskapandet ur hologrammet av en bild av objektet skulle ske med monokromatiskt synligt ljus. För detta krävdes en uppförstoring av alla mått i uppställningen med en faktor c:a 100 000.

Hologrammet (av grekiska HLOS = hel - fullkomlig) är ett komplicerat linjemönster som uppstår genom interferens mellan en ostörd koherent våg och en från ett objekt reflekterad våg.

Gabor visade att man i hologrammet kunde lagra tillräcklig information om ett objekt för att kunna återskapa en tredimensionell bild av objektet ur det plana hologrammet.

Många problem uppstod vid denna tid för "holograferna". Det gällde bl a att konstruera en monokromatisk ljusvåg av samma utseende som den elektronvåg som använts vid upptagningen av hologrammet. Linsfelen hos elektronlinsen måste kopieras minutiöst och monokromatiskt ljus av tillräcklig intensitet måste framställas.

Lösningen på det senare problemet kom i början på 60-talet med lasern som är vår hittills mest koherenta ljuskälla. De mest fruktbara experimentella och teoretiska arbetena på holografins område har gjorts efter 1962 då E N Leith och J Upatnieks vid University of Michigan publicerade resultat från experiment med laserholografi.

Hologrammets princip

Om två plana monokromatiska och koherenta (se teoriavsnittet) ljusvågor med samma frekvens faller in mot en film, fig. 2 a, kommer de att interferera med varandra så att man i vissa punkter på filmen får förstärkning och i andra försvagning. Vi kommer med andra ord att få ett interferensmönster med ljusa och mörka fransar på lika avstånd. Med hjälp av fig. 3 kan vi beräkna avståndet mellan två ljusa fransar (konstruktiv interferens) till

$$d = \frac{\lambda}{\sin \theta} \cos \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

men

$$\sin \theta = 2 \sin \left(\frac{\theta}{2} \right) \cos \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

$$\Rightarrow d \sin \left(\frac{\theta}{2} \right) = \frac{\lambda}{2} \quad (\text{jfr Bragg-villkor!}) \quad (1)$$

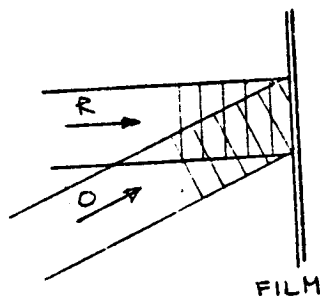


Fig. 2 a Konstruktion.

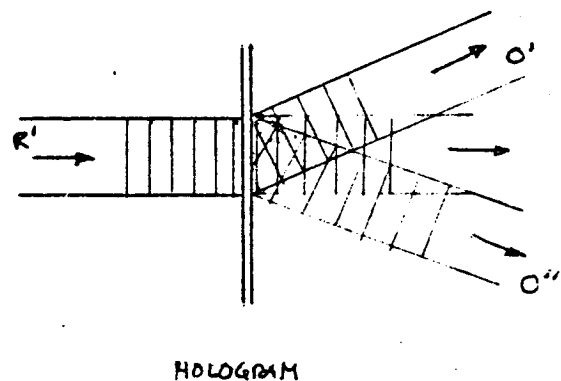


Fig. 2 b Rekonstruktion.

Om linjemönstret får exponera en fotografisk plåt uppstår efter framkallning en fotografisk kopia av interferensmönstret, ett hologram.

När hologrammet belyses med en våg R' , fig. 2 b, fungerar det som ett gitter och strålen bryts upp i tre delar: En obruten våg, en våg o' som är en fortsättning på vågen o och en våg o'' med samma fasskillnader som i o med omvända tecken - en konjugerad objektvåg.

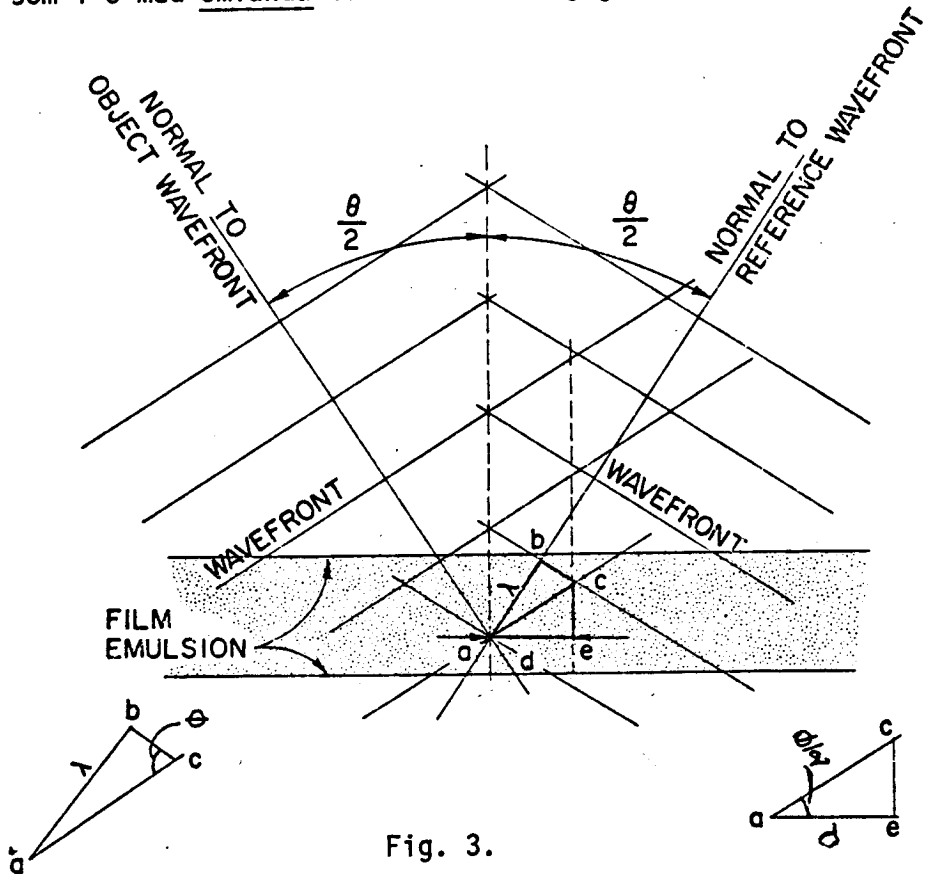


Fig. 3.

Det förefaller troligt att om o' skall vara en kopia av o måste R' vara en trogen kopia av R , dvs referensvågen måste vara sådan att den kan reproduceras vid rekonstruktionen. Det kan visas att detta är det starkaste kravet på referensvågens utseende. Vanligen använder man en plan (kollimerad) eller en sfärisk (punktkälla) referensvåg men även en mera komplicerad våg kan användas om den kan reproduceras exakt. Objektvågen kan vara av nära nog godtycklig form, t ex den reflekterade vågen från något tredimensionellt föremål, innehållande fas- och amplitudskillnader. Fasskillnaderna som är mått på de inbördes avstånden mellan punkter i objektet omvandlas genom interferens med referensvågen till intensitetsskillnader. Därigenom blir det möjligt att registrera fasinformation i ett fotografiskt skikt som i sig självt endast är känsligt för intensitet (jämför vanlig fotografi).

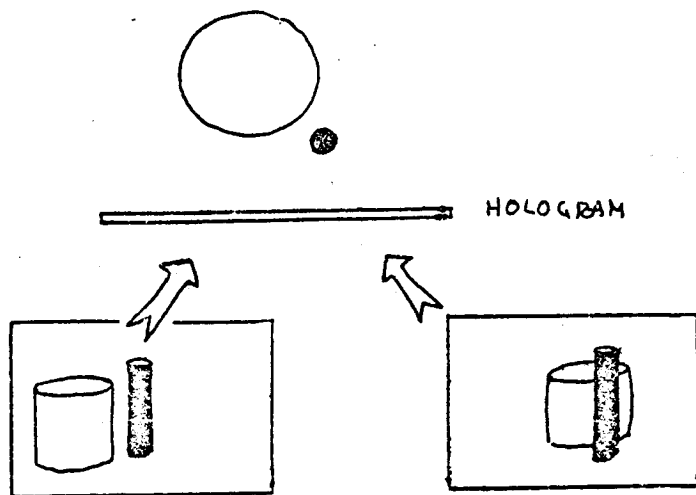


Fig. 4. Parallaxeffekten.

Varje punkt på plåten får information om varje punkt på objektet - inga linser används för avbildningen - dvs varje liten del av hologrammet innehåller information om hela objektet och kan användas för att reproducera en bild av det sett ur sin vinkel. Genom att vid rekonstruktionen betrakta bilden genom olika delar av hologrammet, fig. 4, får man således olika perspektiv på föremålet och om bilden betraktas med båda ögonen får man en helt tredimensionell bild av objektet. Än en gång: Strålningsfältet o' är en exakt kopia av det ursprungliga fältet o från objektet inom de vinklar som upptas av hologrammet.

o' ger således upphov till en virtuell bild på den plats där objektet fanns. Vågen o'' som är den komplexkonjugerade objektvågen ger en reell men oftast starkt distorderad "ut-och-ivänd" bild framför hologrammet (svarar mot en våg som går bakåt i tiden).

Hur ser ett hologram av en vit linje ut och hur skapas den reella och virtuella bilden (strålgången), om vi har en plan våg som referensstråle?

TEORIKoherensbegreppet

För att objektvågen skall kunna registreras måste dess amplitud och fas vara nära konstanta under exponeringen och det ljus som används måste därför vara koherent i tiden och i rummet. Detta innebär att det våglängdsintervall som ljuskällan utsänder måste vara litet och konstant under exponeringstiden och att skillnaden i optisk våglängd för referensvåg och objektvåg inte får vara större än den s k koherenslängden L_c .

$$L_c = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} \quad (2)$$

där $\Delta\lambda$ är källans våglängdsspridning.

Det betyder också att föremål med större utsträckning är L_c längs fältets utbredningsriktning inte kan avbildas.

Matematik

De interfererande fälten från referenskälla och objekt kan i sin enklaste form skrivas

$$\begin{cases} U_R = A_R e^{i(\bar{k}_1 \cdot \bar{r} - \omega t)} = A_R e^{i\phi} e^{-i\omega t} & \text{referensvåg} \\ U_S = A_S e^{i(\bar{k}_2 \cdot \bar{r} - \omega t)} = A_S e^{i\theta} e^{-i\omega t} & \text{objektvåg} \end{cases} \quad (3)$$

vilka är uttryck för planvågor.

Intensiteten hos ett ljusfält är kvadraten på dess amplitud. För en komplex storhet innebär detta produkten mellan storheten och dess komplexkonjugat, dvs fältens intensitet i en punkt kan skrivas:

$$\begin{cases} I_R = U_R U_R^* = (A_R e^{i\phi})(A_R e^{-i\phi}) = A_R^2 \\ I_S = U_S U_S^* = (A_S e^{i\theta})(A_S e^{-i\theta}) = A_S^2 \end{cases} \quad (4)$$

Det betyder att intensiteten i en punkt där fälten interfererar kan skrivas

$$\begin{aligned}
 I_F &= (U_R + U_S)(U_R^* - U_S^*) = \\
 &= U_R U_R^* + U_S U_S^* + U_R U_S^* + U_R^* U_S = \\
 &= I_R + I_S + A_R A_S (e^{i(\phi - \theta)} + e^{i(\theta - \phi)}) = \\
 &= I_0 + 2A_R A_S \cos(\phi - \theta) \quad (5)
 \end{aligned}$$

där $I_0 = I_R + I_S$ endast beror av de båda fälten var för sig och kan ses som en likspänningsterm. Den tredje termen innehåller information om fas och amplitud i objektvågen.

Om de fotokänsliga materialet som exponerats med I_F framkallas och återinsätts på sin plats belyst av referensvågen kan de transmitterade fälten skrivas:

$$\begin{aligned}
 T &= U_R I_F = U_R I_0 + U_R U_R U_S^* + U_R U_R^* U_S = \\
 &= U_R I_0 + I_R A_S e^{i(2\phi - \theta)} + I_R A_S e^{i\theta} \quad (6)
 \end{aligned}$$

Den första termen är ren dämpad transmission av referensvågen. Den andra är en modulation av referensvågen med komplexkonjugatet av objektvågen och den tredje termen slutligen är referensvågens intensitet modulerad av objektvågen, dvs en rekonstruktion av objektvågen.

Här har vi förutsatt ett linjärt förhållande mellan exponering och transmission hos det fotokänsliga materialet vilket är en förenkling. Resonemanget ger dock en principiellt riktig bild av förloppet. Vidare har vi förutsatt plana vågor, men man kan visa att det gäller även för vågor av andra former.

Registrerade media

En vanlig fotografisk emulsion ger ett mönster av varierande svärtning - ett absorptionsgitter. Andra material som fotopolymera och termoplastiska material och elektrooptiska kristaller ger gitter av varierande brytningsindex - fasingitter. Fördelen med dessa material är att de absorberar mycket litet strålning och nästan hela intensiteten i referensstrålen kan användas för rekonstruktion av objektvägen. Genom speciell blekningsteknik kan vanliga fotografiska absorptionshologram omvandlas till fashologram (phase-only), (ref. 1).

Den fotografiska emulsionen är ännu det vanligaste mediet för framställning av hologram. Den består av ett mycket stort antal kristaller av ljuskänsligt silversalt - vanligen silverbromid - i ett gelatinskikt som ligger på en bas av acetat (film) eller glas (plåtar). När skiktet exponeras med ljus absorberar kristallerna energi och undergår en fysikalisk förändring. De kristaller som absorberat tillräcklig mängd energier befinnes innehålla spår av metalliskt silver, "groddar".

Vid framkallningen kommer dessa kristaller att helt övergå i silver, sk korn, medan de oexponerade kristallerna inte förändras. Efter framkallningen fixeras emulsionen varvid de resterande silversalterna löses bort. Silverkornen är inte transparenta och variationen i transmission är sålunda en negativ kopia av interferensmönstret mellan referens- och objektväg i emulsionens plan.

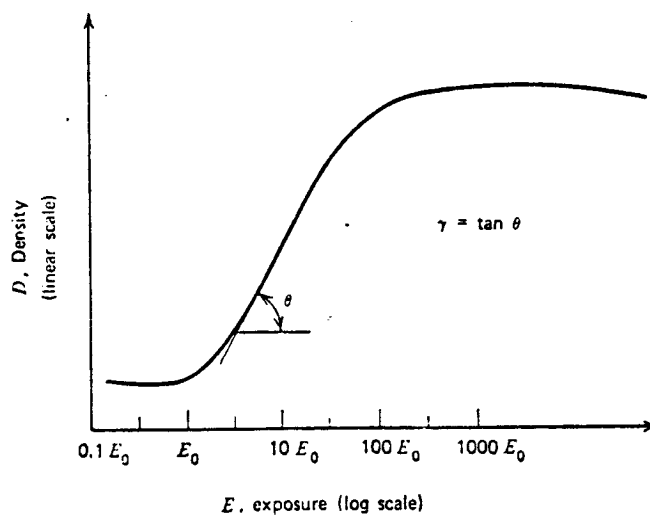


Fig. 7. Svärtningskurvan.

Inom den konventionella fotografien beskrivs sambandet mellan transmission och exponering av svärtningskurvan, fig. 7, den så kallade Hurter-Driffield Curve.

I kurvan avsätts svärtningen D (eng. density) som funktion av $\log E$, där E är exponeringen (energi/ytenhet).

$$D = \log \frac{1}{\tau_i} \quad (7)$$

där τ_i är kvoten mellan transmitterad och infallande intensitet. Lutningen på den räta delen av kurvan kallas emulsionens gamma-värde (γ).

Vid holografiskt arbete är man dock mera intresserad av ett samband mellan amplitudtransmissionen τ_a och exponeringen E beroende på att koherenta signaler är linjära i amplitud och inte i intensitet som fallet är vid avbildning i vitt ljus.

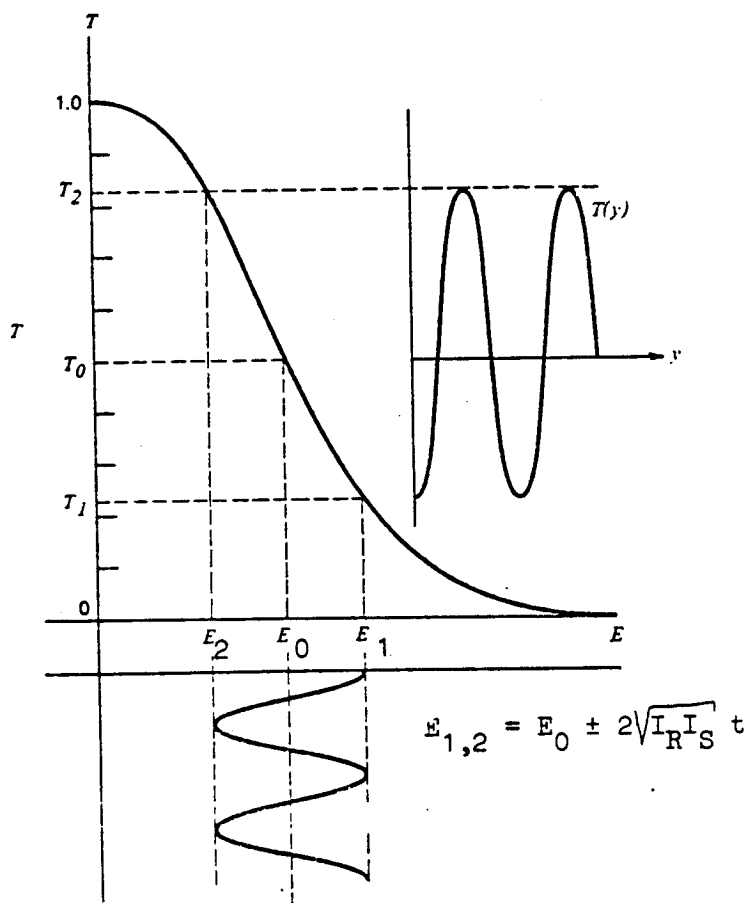


Fig 8 The transfer characteristics of a hologram recorded on a Kodak 649 F plate.

En typiskt amplitudtransmissionskurva visas i fig. 8.

En ideal exponering av ett hologram är en som ger maximal modulation av den transmitterade intensiteten vid rekonstruktionen; dvs intensiteten bör variera likformigt omkring mittpunkten på den räta delen av T/E-kurvan. Exponeringen bör dock inte variera utanför kurvans rätlinjiga del, då detta ger upphov till distorsion i bilden, se fig. 9 och 10.

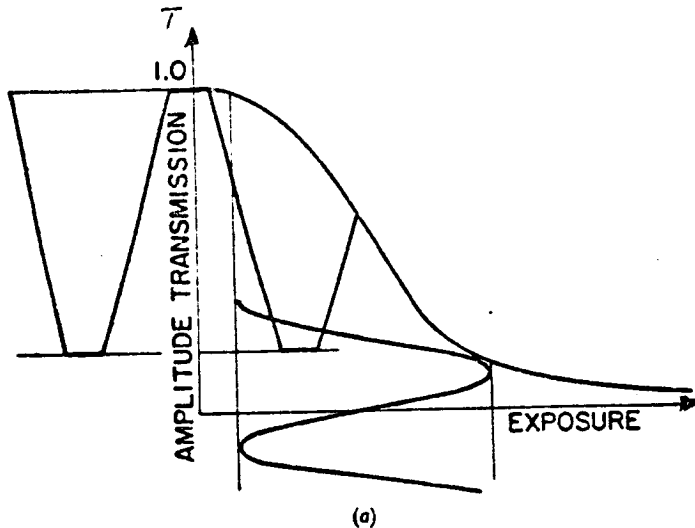


Fig. 9.

Effekt av övermodulering

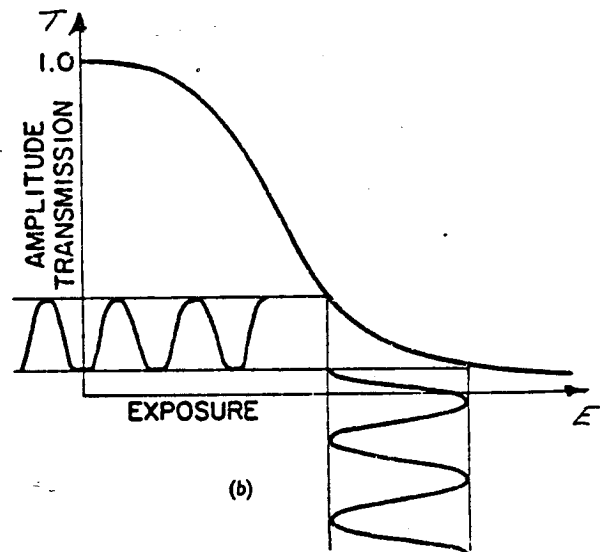


Fig. 10.

Effekt av överexponering.

Genom val av exponeringstid kan vi välja arbetspunkt E_0 i T/E-diagrammet.

Modulationen M som definieras genom

$$M = \frac{2\sqrt{I_R I_S}}{I_0} \quad (11)$$

bör väljas så stor som möjligt inom den linjära delen av T/E-kurvan. Det sker genom val av förhållandet mellan objektvågens och referensvågens intensiteter I_S/I_R .

Film för holografiska arbeten bör ha god upplösning dvs den skall kunna återge ett stort antal linjer per längdenhet. Våra vanliga snabba filmer kan upplösa omkring 50 linjer/mm medan de långsamma filmer som vanligen används för hologram har en upplösning på 3000 linjer/mm eller mer. Upplösningen bestämmer den maximalt tillåtna vinkeln mellan referens och objektvåg. Denna vinkel kan bestämmas genom ekv. (1).

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{\lambda}{2d} \quad (\text{Bragg-villkor})$$

$1/d$ kallas objektpunktens ortsfrekvens och ökar alltså med vinkeln till referensskällan.

Om filmens upplösning är 50 linjer/mm kan en maximal ortsfrekvens av 50 linjer/mm återges. Om en He-Ne-laser används, $\lambda = 6328 \text{ \AA}$, kan vinkeln θ beräknas till $0,0315 \text{ rad}$ eller $1,75^\circ$. Det innebär att objektet måste ligga inom en kon med denna toppvinkel. Olägenheterna är att de föremål som kan avbildas är små och att bilden ligger nära den direkt transmitterade strålningen och blir svår att iakttaga.

EXPERIMENTELLA METODER

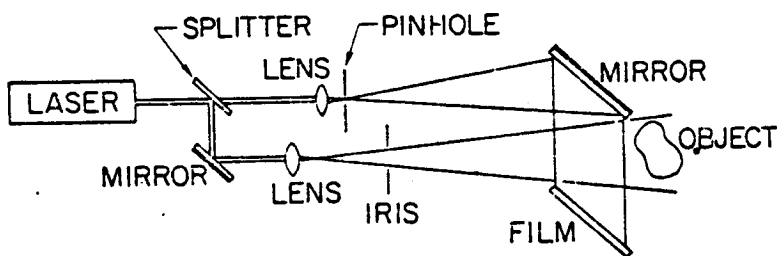
Typindelning av hologram

Hologram kan indelas efter flera kategorier som ansluter till den använda metoden, bl a

- A. Typ av diffraktionsmönster; Fourier, Fraunhofer, Fresnel.
- B. Ythologram eller Volymhologram.
- C. Amplitud- eller fashologram.
- D. Transmitterande eller reflekterande hologram.

Fresnelhologram

Den vanligaste typen av hologram är numera Fresnel-hologram (near-field diffraction). Den principiella geometrin för upptagning av ett sådant hologram visas i fig. 14.



Basic Geometry for a Three-Dimensional Fresnel Hologram.

Fig. 14.

Referensvågen är sfärisk (punktkälla). Vinkeln mellan referens- och objektvåg är i allmänhet relativt stor ($\approx 30^\circ$) för att man vill undvika överlagringar av reell och virtuell bild och direkt transmitterad våg. Därigenom blir objektets ortsfrekvenser höga. Detta ställer krav på god upplösning hos filmen, vilket i sin tur leder till längre exponeringstider, ty god upplösning kan endast fås till priset av lägre känslighet. Med små linjeavstånd i interferensmönstret och långa exponeringstider blir också kraven på mekanisk stabilitet i uppställningen stora. Små förändringar i objektet eller i de optiska väglängderna, av storleksordningen $\lambda/4$, under exponeringstiden gör att interferenslinjerna flyter samman och information förstörs. Objekt, linser, speglar och film måste noga behålla sina inbördes avstånd under exponeringen.

Volymhologram

Vi har tidigare inte tagit någon hänsyn till den fotografiska emulsionens tjocklek utan utgått från att hologrammet uppstått i ett plan. Emulsionerna har vanligen en tjocklek av 5 till 20 μ . Intuitivt kan ett sådant skikt förefalla tunt, men det skall jämföras med delningsavståndet mellan hologrammets linjer.

Betrakta två planvågor som interfererar, fig. 15 a. Vågornas utbredningsriktningar bildar för enkelhets skull lika vinklar θ med normalen till emulsionen. Enligt ekv. (1) kan avståndet mellan interferensfransarna bestämmas till

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

om emulsionens brytningsindex $n = 1$.

Emulsionen kan betraktas som tunn om dess tjocklek $L < d$ men tjock om $L \gg d$. I det första fallet blir resultatet ett ythologram, i det senare ett volymhologram.

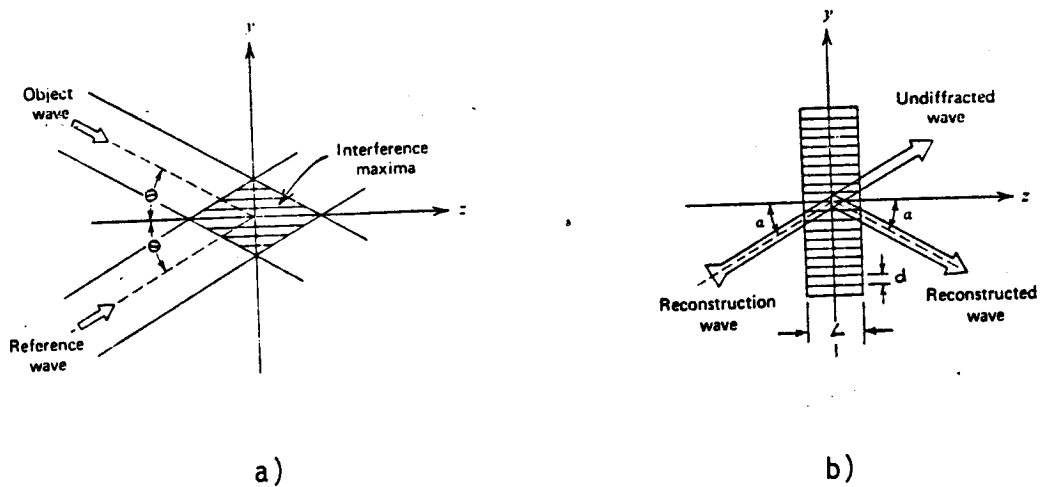


Fig. 15. VOLYMHOLOGRAM: a) Interferens mellan två planvågor.
b) Rekonstruktion med hologram.

Vid rekonstruktionen av ett volymhologram, fig. 15 b, kan varje "linje" betraktas som en spegel - silver har utkristalliserat sig i plan genom emulsionen, parallella med bisektrisen till vinkeln mellan referensvåg och objektvåg. Maximal intensitet hos den rekonstruerade objektvågen erhålles för $\alpha = \theta$ vilket ger virtuell bild och $\alpha = -\theta$ som ger en reell bild (Bragg-villkor). Observera att om emulsionen är tillräckligt tjock uppstår endast en bild.

Reflexionshologram

Om referensvåg och objektvåg får infalla från motsatta sidor mot emulsionen kommer planen för konstruktiv interferens att ligga något annorlunda i emulsionen, fig. 16 a. Om infallsvinklarna u och v är lika ligger dessa plan parallella med emulsionens yta.

Objektvågen rekonstrueras då på samma sida som den infallande referensvågen; vi har fått ett reflexionshologram, fig. 16 b.

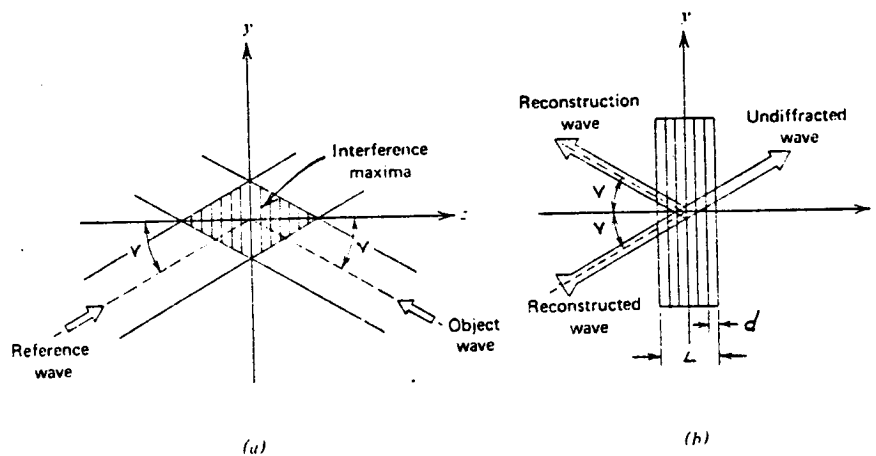


Fig. 16. Reflexionshologram.

Holografisk interferometri

I avsnittet om Fresnel-hologram konstaterade vi att vibrationer och deformationer av olika slag kunde omöjliggöra upptagningen av hologram, beroende på att interferensfransarna flyttade sig. Om emellertid störningarna införs under kontrollerade betingelser kan vi utnyttja oss av detta för att bestämma små deformationers art och storlek. Detta gör man i metoder för holografisk interferometri.

Låt oss studera tre metoder som utnyttjar holografisk interferens.

1. Jämförelse mellan virtuell bild och objektet självt ("Real Time Hologram Interferometry").

Ett hologram exponeras och framkallas på vanligt sätt samt återinsättes i exakt samma läge. Den virtuella bilden kommer nu att sammanfalla med objektet. Om detta utsätts för någon liten deformation, får vi interferens mellan det verkliga objektfälten och det virtuella bildfälten så att svarta interferensfransar uppstår i de punkter där optiska vägskillnaden har ändrat sig $(n + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$.

Vi får alltså en bild av objektet med svarta linjer som likt höjdlinjerna på en nivåkarta utvisar storleken av den förflyttning som varje del utsatts för. Om objektet belyses och betraktas parallellt med rörelsens riktning kommer avståndet mellan två mörka linjer att motsvara en halv våglängds förflyttning. I alla andra fall kommer motsvarande förflyttning att vara större än detta värde.

2. Dubbelexponering av hologram.

Hologrammet exponeras två gånger, varvid halva exponeringstiden användes för att avbilda det odeformerade objektet och den andra halvan för det deformerade objektet.

Vid rekonstruktionen erhåller vi på samma sätt som tidigare en bild av objektet med mörka linjer eller ytor. Den här gången uppstår de genom interferens mellan de två något olika virtuella bildfälten. Det är viktigt att inga andra förändringar än objektets deformation inträffar i strålgången mellan de båda exponeringarna.

3. Exponering under deformation av objektet ("Time average holography").

Om ett hologram tas upp av ett vibrerande föremål, t ex ett svängande membran, och exponeringstiden är längre än svängningstiden erhålles direkt en interferens mellan membranets ytterlägen (egentligen mellan samtliga lägen i svängningen, men då plattan uppehåller sig längre tid i närheten av sina ändlägen blir interferensen mellan dessa den dominerande).

Fördelarna med holografisk interferometri framför andra metoder är

- 1) Hög mätnoggrannhet även vid grova ytor
- 2) Mätning av varje synlig punkt på föremålets yta ur samma bild
- 3) Metoden är beröringsfri
- 4) Metoden är självkalibrerad, våglängden som är en naturkonstant utgör mätnormal

Vissa nackdelar finns emellertid också, t ex

Framkallning och fixering krävs vid varje mätning

Utvärdering av den interferometriska bilden

Resultatet av holografisk interferometri blir en tredimensionell bild med ett överlagrat linjemönster, där avståndet mellan två linjer svarar mot en förändring av objektvågens optiska väglängd med λ . Låt oss se hur vi ur detta mönster kan beräkna deformationens verkliga storlek i en punkt på objektet.

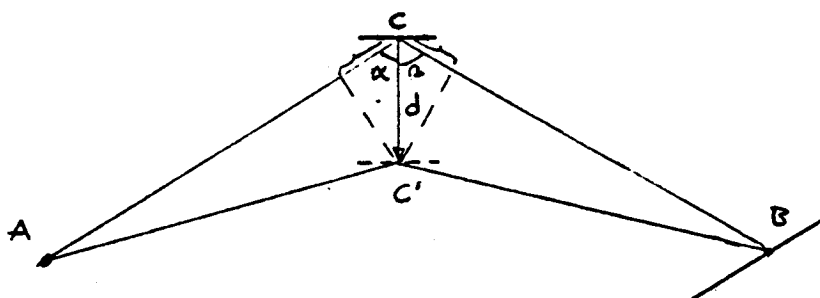


Fig. 17.

Vi betraktar ett enkelt fall, se fig. 17.

Objektvägen utgår från punkten A och reflekteras från objektet i punkten C mot filmen i B.

Objektet deformeras nu så att D förflyttas till C' - en sträcka d. Väglängden för objektvägen förkortas därmed en sträcka Δl .

$$\Delta l = d(\cos \alpha + \cos \beta) \quad (12)$$

Om $\alpha = \beta = \frac{\pi}{4}$ får vi

$$\Delta l = 2 \cdot d \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (13)$$

Vi räknar antalet linjer från en orubbad punkt i objektet till den punkt vars förflyttning vi skall bestämma. Antag att vi finner 10 linjer. Då blir

$$d = 10 \sqrt{2} \frac{\lambda}{2} \simeq 7 \cdot \lambda$$

Om vi använder en He-Ne-laser är $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ och deformationen blir

$$d = 7 \cdot \lambda \simeq 4,4 \text{ \mu m}$$

UTFÖRANDE

I den här aktuella laborationen skall följande studier göras:

UPPGIFT 1: Studium av reflekterat laserljus från en matt yta.

UPPGIFT 3: Upptagning av hologram av tredimensionellt objekt samt studium av parallaxeffekt.

UPPGIFT 4: Realtime hologram interferometry på tryckkärl.

O B S !

TIITA EJ IN I DEN ODIVERGERADE STRALEN!

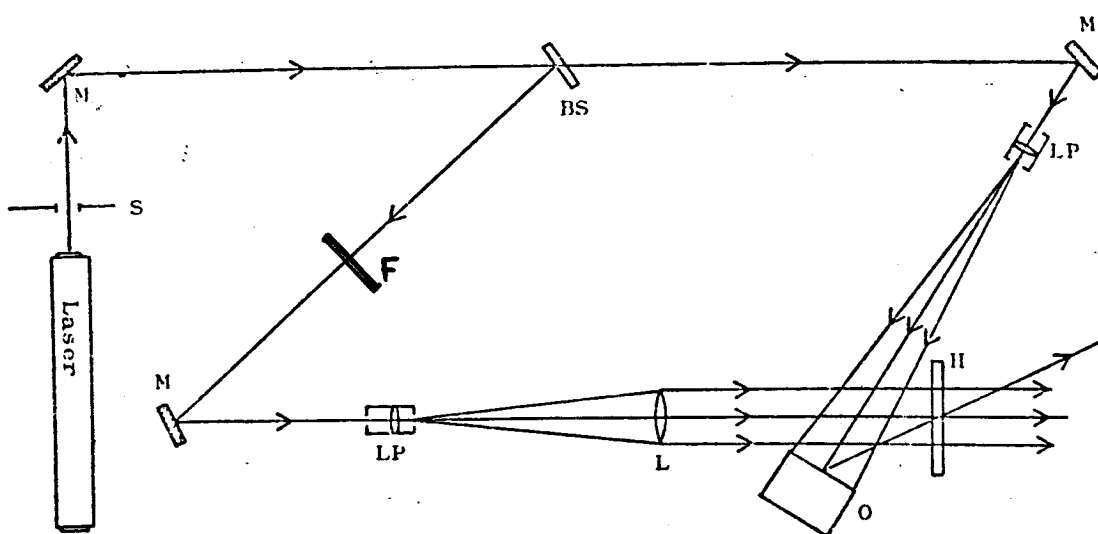
VIDRÖR EJ OCH 'PUTSA' EJ NÅGRA LINS- ELLER SPEGELYTOR!

RUBBA INTE I ONÖDAN NÅGON "FAST" DEL I STRÄLGANGEN!

Instrumentering

En granitskiva med en vikt av c:a 500 kg som är monterad via en vibrationsdämpad sängbotten på ett stadigt träbord utgör underlag för uppställningen.

Som ljuskälla används en laser, Spectra - Physics Model 120 med en uteffekt av 5 mW vid TEM₀₀ ("Transverse Electric and Magnetic Mode" parallell med optiska axeln), $\lambda = 6328 \text{ \AA}$, med vertikal polarisering. För övrigt finns, se fig. 19:



S Slutare som, undvikande av vibrationer, ej är monterad till plattan

M Spegel monterade i stadiga socklar

F Gråfilter för justering av I_s/I_r .

BS Stråldelare (Beam-Splitter)

LP Strålexpander som innehåller ett mikroskopobjektiv 10 X som bryter samman strålen genom en hålbländare $\phi 25 \mu\text{m}$. Hålbländaren rensar strålen från all strålning som blivit spridd mot damm i luften och smuts på speglar.

O Objekt

L Lins för skapande av planvågor

H Hologramhållare

Uppgift 1

Belys den vitmålade väggen bakom hologramhållaren med den kollimerade referensstrålen och studera det reflekterade laserljuset från den matta ytan.

Den kornighet som ytan uppvisar kallas granularitet och kornen "granulerer" eller "optisk sand" (eng "Speckle Pattern"). Effekten beror på att ljus från varje punkt på ytan kan interferera med ljus från varje annan punkt (koherent ljus). Eftersom ytan är ojämnheter kommer strålar som reflekteras i en riktning inte att vara i fas med varandra i hela fältet.

Studera vad som händer när Du rör på huvudet. Vad händer om Du betraktar ytan genom ett litet hål, eller "kisar", - dvs minskar ögats apertur?

Referenser:

1. M. Lehman, "Holography, Technique and Practice", The Focal Library, London, 1970. En elementär bok om holografi och dess tillämpningar.
2. H J Caufield, "The Applications of Holography", John Wiley & Sons, New York, 1970. En något mera fyllig bok av elementär typ.
3. G W Stroke, "An Introduction to Coherent Optics and Holography", Academic Press, New York, 1966. 270 sidor späckade med figurer fotografier och matematik omkring koherenta fält och holografi; för den som önskar tränga in i teorin. Boken innehåller också omtryck av Gabor's första artiklar i ämnet.
4. A Abramson, "Industriell användning av holografi för mätning av dimension, deformation och vibration", kompendium från lasergruppen vid Inst. Mekanisk Teknologi, KTH.

Upptagning av ett hologram

Följande data är aktuella vid våra försök:

Laser: Spectra Physics, Model 120

Uteffekt: 5 mW vid TEM₀₀

Stråldiameter: 0,65 mm vid 1/e²-punkten

Stråldivergens: 1,7 millirad

Polarisation: Vertikal

Emulsion: Agfa-Gevaert, Scienta 8 E 70

Känslighet: 200 erg/cm² (se dock T/E-kurvan för 8 E 75)

Upplösning: 3000 linjer/mm

Emulsionstjocklek: 7 μ

Mörkrumsbelysning: Filter G4 (mörkgrön) eller G8 (blågrön)

Framkallare: Agfa-Gevaert G 3 P

Fixerblad: -"- G 334

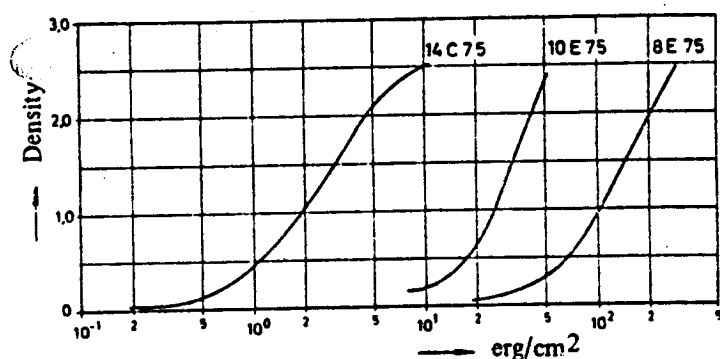


Fig. 1 Characteristic curves at λ 633 nm

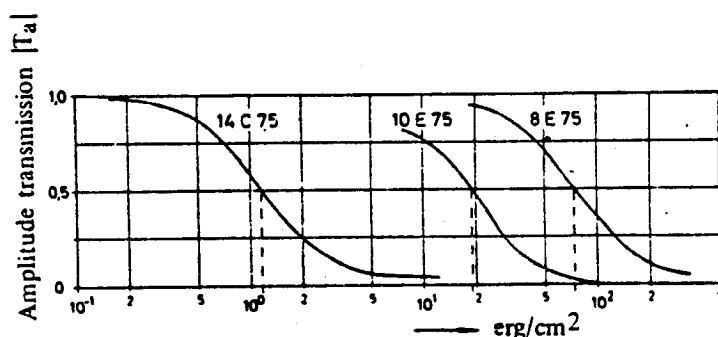


Fig. 2 Amplitude transmission curves at 633 nm

OBS! Allt arbete från det att kartongen med plåtar öppnas tills den exponerade plåten legat i fixerbadet i 20 sek sker med endast mörkrumslamporna tända!

Öva alltså in handgrepp och promenader med hjälp av övningsplåt i ljus (blunda gärna andra gången).

- Kontrollera att strålgångarna fungerar, att objektet är i ordning och vägskillnaden mellan de två strålgångarna inte är för stor.
- Kontrollera att intensitetsförhållandet mellan de två fälten är vettigt.
- Tag en glasplåt ur kartongen utan att lämna fingeravtryck - tag i kanterna. Glöm ej att stänga kartongen!
- Montera plåten i hologramhållaren med emulsionssidan mot referensvägen. Emulsionssidan är den som klibbar när man känner med tungspetsen i plåtens hörn.
- Vänta 15 sek efter senaste förflyttning så att ev vibrationer dämpas ut och exponera, "TYSTNAD, TAGNING" - dvs inga ljudvågor under exponeringen.
- Demontera och lägg plåten i framkallningen med emulsionssidan uppåt. Framkalla i 4 min., jämför sedan med gråfilter, framkalla ev. i max. 1 min.. Stoppbad och därefter fixeras i c:a 1 min.. Håll hela tiden emulsionssidan upp.
- Skölj i vatten några minuter. (För tidsbeständiga hologram bör man skölja i rinnande vatten c:a 15 min..)
- För att få en jämnare och snabbare torkning av plåten lägger Du plåten i metanol under c:a 1 min efter det att plåtens glassida har avtorkats.

Så snart plåten har torkat kan rekonstruktion av fälten ske.

Uppgift 3

Upptagning av 3-D-hologram samt studium av parallaxeffekten.

Tillverka ett hologram enligt de allmänna anvisningarna av tredimensionellt objekt.

För att få en ljusstark och kontrastrik bild vid rekonstruktionen bör Du använda hela laserintensiteten. Tag därför bort gråfiltret.

Studera den virtuella bilden. Beskriv egenskaperna hos den.

-"- -"- reella -"- -"-

Studera parallaxen (jfr fig. 4) genom att titta med ett öga genom olika delar av hologrammet. Studera vad som händer med bilden om endast en liten del av hologrammet används. Detta kan göras genom att man bländar av hologrammet med en pappskiva med hål. Hur går det med ljusstyrkan, skärpan och upplösningen i bilden?

Beskriv förändringarna.

Är referensstrålens riktning mot hologrammet kritiskt? Bör vi betrakta hologrammet som ythologram eller volymhologram?

Uppgift 4

Real-time hologram interferometry

Med den här metoden kan man kontinuerligt följa små förändringar hos objektet. Det ger oss möjlighet att bestämma lämplig deformation för beräkningar. Objektet för detta försök är en kubisk vattentank.

Tag upp ett hologram på vanligt sätt. Tänk på att det måste kunna återinsättas i strålgången i exakt samma position. Arbeta försiktigt som en ficktjuv!

Vid rekonstruktionen studeras interferens mellan objektfält och virtuellt bildfält. Om Du genast får ett antal interferensfransar beror det på att någonting rubbats. Försök ej att justera!

Trycket i behållaren ökas sakta genom påfyllning av vatten, S A K T A ! och interferensmönstret studeras. Anteckna vad som händer och bestäm utvidgningen av tanksidan.

Instuderingsfrågor till laboration:

010 HOLOGRAFI

1. Vilket är det viktigaste kravet på det infallande ljuset vid framställning av ett hologram?
2. Vad är parallaxeffekten?
3. Redogör för koherensbegreppet.
4. Beskriv skillnaden mellan absorptionshologram och fashologram.
5. Ange några olika typer av hologram.
6. Rita en skiss över den principiella geometrin vid upptagning av ett Fresnelhologram.
7. Vad avgör om ett hologram är ett ythologram eller volymshologram?
8. Vad menas med begreppet holografisk interferometri?
9. Beskriv metoder för holografisk interferometri.
10. Vilka fördelar och nackdelar har holografisk interferometri?
11. Varför uppkommer ett "speckle pattern" när man belyser t.ex. en vit vägg med en laserstråle?