

RUBRIK

Nr 22 Årg 4

Måndag 4 december 1989

HOLOGRAFI

-den exakta mättekniken

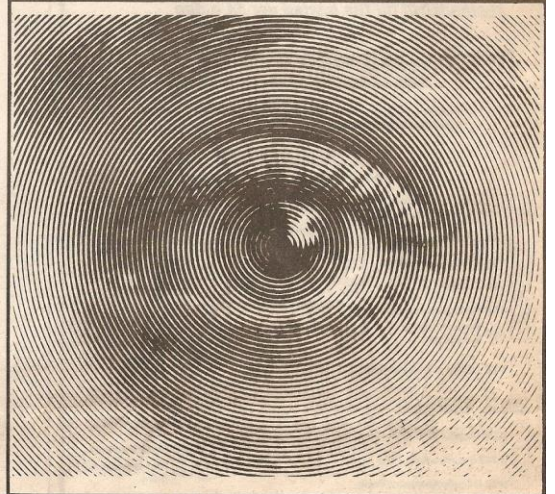
De senaste åren har intresset för holografi ökat kraftigt.

De vanligaste hologrammen är konsthologram och regnbågshologram som bland annat används för att försvåra för kopiering av kreditkort.

De största fördelarna med holografi finns inom mättekniken. Stora föremål kan mätas och kontrolleras med en noggrannhet på en bråkdel av ljusets våglängd.

Tekniken kan även användas för att kartlägga vibrationsskador på människor eller förebygga skador vid sprängning.

SID 4-5



De senaste åren har intresset för holografisk teknik ökat markant.

De hologram man oftast ser är så kallade konsthologram eller regnbågshologram som bland annat finns på vissa kreditkort för att försvåra förfalskning.

Holografins största fördel är dock att tekniken kan tillämpas inom industrin för att göra oerhört exakta mätningar av olika föremål utan att beröra dem.

Det går att registrera förändringar som inte är större än en bråkdel av ljusets våglängd.

Holografi

– framtidens mätteknik

De främsta fördelarna med holografisk mätteknik är att den ger information om hela det föremål som ska undersökas och inte bara inom ett begränsat område.

Skärpedjupet är oändligt och ingen mätutrustning behöver röra vid det föremål som ska testas.

Holografisk teknik har varit känd länge men det är den snabba utvecklingen av lasern som öppnat dörren för ett bredare användningsområde.

De senaste tre åren har intresset ökat betydligt inom alla områden där holografisk teknik kan

princip en ljuskälla av samma typ som ett lysrör. I vardera änden av ett gasfyllt glasrör finns det en spegel. I gasen sker en elektrisk urladdning som skapar ett ljus som studsar fram och tillbaka igenom röret mellan speglarna. Vid varje passage förstärks ljuset.

En av speglarna är lite genomskinlig. En tunn, parallell stråle ljus med vissa speciella egenskaper tränger här ut genom lasern.

Laserljuset har en mängd egenskaper som går att skapa från en vanlig ljuskälla. Finessen med lasern är att ljuset har alla egenskaperna samtidigt.

Ljuset är för det första parallellt. Genom att använda plana eller svagt krökta speglar får knippet av ljusstrålar en liten spridning. I en infraröd HeNe-laser ökar i ex strålens diameter bara en millimeter vid en meters

energi i tiden, rummet och inom ett smalt våglängdsområde. En vanlig laser med uteffekten 10 mW sänder ut strålningen från en yta av ca 1 mm², vilket är betydligt mer än vad solen ger.

Ljuset är högentensivt, d v s det finns mycket ljus per ytenhet och det är också parallellt, d v s kommer ut som en rak, tunn väl samlad stråle.

Sedan början av 60-talet har det konstruerats ett stort antal olika lasrar. De vanligaste som används vid holografi är HeNe-lasern, argonlasern, kryptonlasern, HeCd-lasern och rubinlasern.

Interferens betyder egentligen samverkan och laserljus möjliggör just detta fenomen. När två delar av en laserstråle korsar varandra så kommer de i skärningspunkten, exempelvis då de träffar på ett föremål att ömsom förstärkas och ömsom försvagas.

fisk emulsion går detta fenomen, interferensmönster, att registrera.

Emulsionen eller filmen framkallas sedan och genom att åter belysa den fotografiska plåten med en laser, kommer ljuset från lasern att brytas exakt på samma ställe i det så kallade interferensmönstret och återskapa samt reflektera två strålar med exakt samma vinkel som de ursprungliga infallande laserstrålarna.

Stimulerad

Ljus som består av vissa våglängder kan förstärkas. Det fann Einstein redan 1917 då han utredde de ekvationer som bestämmer strålningens växelverkan med materia. Han fann då ett nytt fenomen kallat stimulerad strålning. I vissa atomära eller molekylära system kan den här strålningen ge mätligt till

I slutet av 50-talet visade forskarna Townes och Schawlow genom teoretiska beräkningar att det är möjligt att använda stimulerad emission för att få en ljusförstärkning i en rubinkristall.

1960 fick forskaren Maiman den första rubinkristallen att fungera som en laser.

Det var först med uppfinningen av lasern 1961 som holografin på allvar kunde utvecklas. Men redan i slutet av 40-talet funderade Stanfordsforskaren Dennis Gabor på hur han skulle kunna förbättra sitt elektronmikroskop. Kvaliteten blev inte riktigt så bra som han ville och han kom fram till att linsen var den svaga punkten. Dennis Gabors forskning kring möjligheterna att framställa bilder utan linsar med holografisk teknik gav honom nobelpriset i fysik 1971.



utnyttjas.

I grova drag kan man säga att holografins främsta fördel ligger i bilden, hologrammets oerhört noggranna återgivning av det avbildade föremålet. Dessutom är det möjligt att avbilda i tre dimensioner.

Noggrannheten vid avbildningen kan utnyttjas till att registrera oerhört små förändringar i det avbildade scenariet.

Som ett lysrör

De flesta har nog sett någon typ av hologram. Ofta har det rört sig om så kallade konsthologram, en bild där en människa eller föremål framträder tredimensionellt när man tittar på bilden. En typ av hologram, så kallad regnbågshologram används till exempel av flera konfektortillverkare för att förhindra förfalskningar.

Men holografiteknikens stora fördel ligger förmodligen på helt nya områden.

Holografiska bilder framställs med olika lasrar. En gaslaser är i

avstånd från lasern. Det här innebär att ljuset kan fokuseras på mycket små ytor.

Med en CO-2 laser som är en gaslaser med mycket hög effekt kan detta förhållande användas till att svetsa, ta hål eller skära.

Vid en vanlig ljuskälla skickar atomerna ut fotoner slumpmässigt både vad gäller tid och riktning. I en laser är fotonerna i fas med varandra, dels i tvärsnittsplanet och dels längs flera kilometer av laserstrålen.

En våglängd

Laserljus består av en enda våglängd, en färg och kallas därför monokromatiskt. Våglängdsbredden för en laser är normalt 10-4 nm och i vissa fall ända ner till 10-9 nm.

De optiska elementen i lasrar gör att det ofta är polariserat. I vissa lasrar är den typiska polarisationsgraden 1:1000 d v s en promille av den totala ljusmängden har en annan polarisation.

Man får imponerande värden när det gäller att koncentrera

ljusstrålar och holografer används. Genom att använda en fotogra-

fi kan strålningen ge mätligt till förstärkning av ljus.

Holografi kan avslöja vibrationsskador

Ett användningsområde för holografi är att mäta hur vibrationer bryter ut sig i olika föremål.

Tekniken kan även användas på människor för att undersöka olika typer av vibrationsskador.

Bussägare får allt oftare problem med framrutor som oförklarligt spricker. En ruta kostar flera tusen kronor och eftersom problemet är vanligt är också självrisken hög.

De här skadorna har länge intresserat såväl försäkringsbolag som bussägare som misstänker att orsaken är felaktiga infästningar och olika typer av vibrationer.

Teknologie doktor Lennart Svensson vid institutionen för mekanisk teknologi på KTH har nyligen gjort en serie holografiska mätningar av bussrutor för att försöka skapa större klarhet i hur vibrationer vid olika motorvarv egentligen påverkar bussrutans olika delar.

Mätningarna visar att upp till 120 km i timmen så finns den huvudsakliga vibrationsenergin i bussrutan i frekvensområdet under 160 Hz, en låg frekvens.

Slutsatsen av Lennart Svenssons studie blev att låga frekvenser är närvarande under

körningen och att dessa kan samverka med egenresonansnoderna i vindrutan och därmed under speciella omständigheter göra att rutan spricker.

Om man använder så kallad dubbelpulsad holografi framträder ett linjemönster på vindrutan som överförs till den holografiska plåten. Fördelen med metoden är att den är helt kontaktlös och gör det möjligt att mäta stora objekt.

Stressa vindrutan

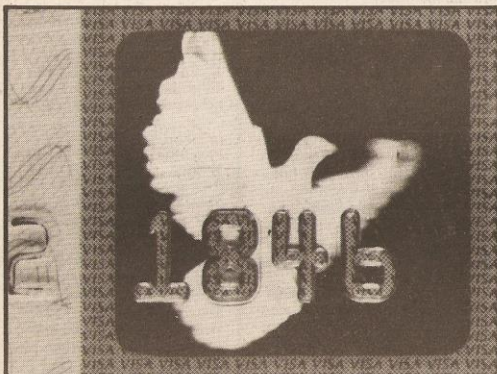
Genom att ändra motorvarv eller på annat sätt stressa vindrutan och samtidigt rikta lasern mot rutan och ta bilder kan man exakt ta reda på var de stora belastningarna finns på bussrutan.

En annan intressant slutsats är att mindre rutor uppvisar en högre grundfrekvens än en stor på grund av sin relativa styvhet. Eftersom vibrationsenergin finns i det lägre frekvensregistret leder detta till att risken för sprickor blir mindre i små vindrutor.

Holografi lämpar sig alltså mycket bra för att exakt registrera mycket små förändringar hos föremål. Samma sak gäller levande kroppar.

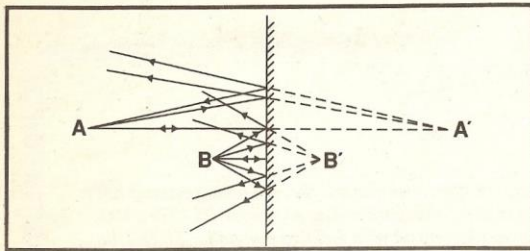
I en studie "Registrering av hand-arm- och helkroppsvibrationer med dubbelpulsad holografi, BHF, 1989:3", redogör

STEFAN HAGBERG

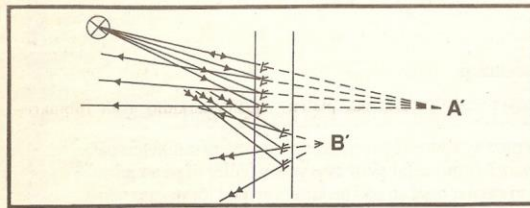


Regnbågshologram, som här på ett VISA-kort, används ofta för att förhindra förfalskning. Foto: Joakim Ståhl.

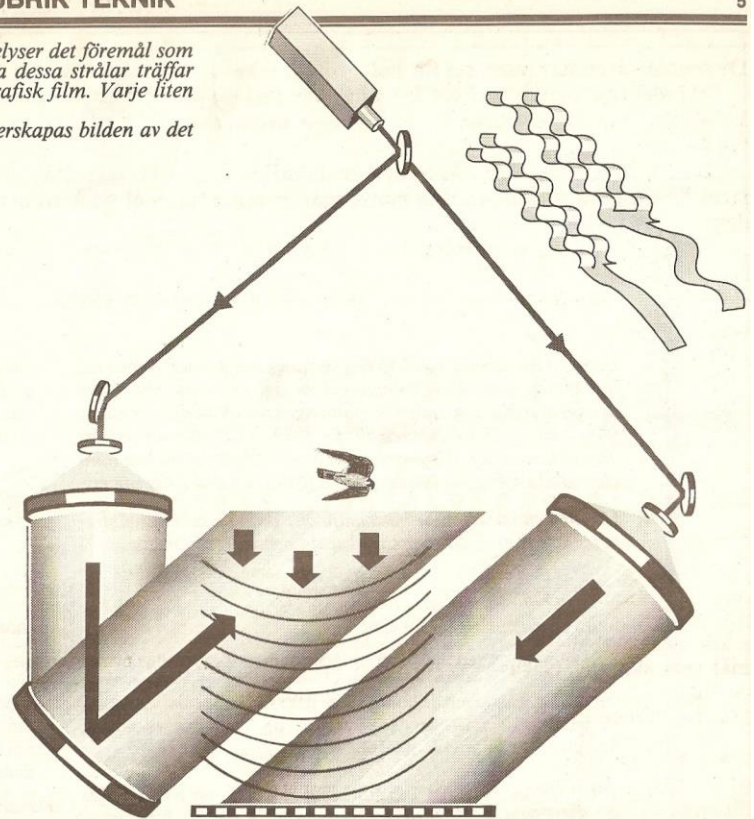
Ett hologram skapas alltid med hjälp av två laserstrålar, en som belyser det föremål som ska avbildas, i detta fall en fågel, och en referensstråle. När båda dessa strålar träffar filmen bildas ett interferensmönster som kan avbildas på en fotografisk film. Varje liten del av fågeln påverkar då interferensmönstret över hela bilden.
När sedan den framkallade filmen belyses med en laserstråle återskapas bilden av det föremål som avbildats, fågeln, och uppfattas som tredimensionell.



Ett sätt att skapa en tredimensionell bild av ett föremål är att placera det framför en spegel. Strålarna från föremålen A och B reflekteras så att vi uppfattar dem som om de vore placerade i punkterna A' och B'. Den bild vi ser blir tredimensionell.



Ett hologram bygger i princip på samma teknik men i stället för en spegel är det ett gitter av speglar där alla är olika vinklade.
Det ljus som träffar bilden reflekteras så att vi uppfattar det som en tredimensionell bild av A' och B'.



Teckning: Björn Hågglund

Blixtsnabb kamera fångar ljuset när det far förbi

Med holografisk måtteknik är det möjligt att mäta stora fartyspropellrar med en noggrannhet på bråkdelar av ljusets våglängd.

Det säger Nils Abramson professor på KTH i Stockholm.

Just nu arbetar han med att utveckla en höghastighetskamera som ska kunna avbilda ljuset när det flyger förbi.

Nils Abramson har arbetat med måtteknik sedan 50-talet och insåg redan då holografins kom på 60-talet att det fanns oerhörda utvecklingsmöjligheter.

Inom ramen för professuren i produktionsteknisk måtteknik har Nils Abramson och hans kolleger gjort ett flertal viktiga rön där holografisk teknik spelat stor roll.

Just nu forskar han kring hög-

fingerar" och nervfunktionsrubbingar.

I hologrammet går det också att utläsa hur underliggande organ påverkas, ett faktum som enligt forskarna underlättar studier av vibrationernas påverkan av skelett, brosk, senor och mjukdelar.

Den holografiska tekniken har gett ökade möjligheter att studera vibrationers utbredningsgrad inom en mängd områden. Genom att rikta lasern mot olika maskiner kan man exakt registrera olika vibrationskällor och undersöka vad vibrationsdämpande åtgärder haft för effekt.

På KTH arbetar man också med sprängforskning i samarbete med SveDeFo, Stiftelsen för

hastighetsfotografering med hjälp av holografi där han uppnått världsunika resultat.

Holografisk måtteknik används mer och mer ute i industrin för att mäta deformationer och vibrationer, samt för HNDT, Holographic Non Destructive Testing.

Men tekniken har ändå inte spridit sig så fort som man kunde förvänta sig.

Mitt allmänna intryck är att industrin är rädd för optik, säger professor Nils Abramson. Lasrar och optik har överhuvudtaget spridits ganska långsamt jämfört med elektronik.

En anledning som Nils Abramson pekar på är att optiken är en relativt ung teknik på det här området. Men det har gått mera långsamt i Sverige än i många andra länder.

Exklusiv och dyrbar

Holografin är fortfarande en ganska exklusiv metod och det är främst dyrbara viktiga detalj-

svensk Detonikforskning. Ett av försöken forskarna gjort visar vad som händer vid en sprängning på ytan av en sten. En liten laddning detonerar och samtidigt tas holografiska bilder av förloppet.

Det går att se cirkelformade ytvågor som breder ut sig över stenen. De går mot stenens ytterkant där de studsar och sedan åker inåt igen, säger Torng Carlsson som gjort sitt licentiatarbete om just sprängning.

Sprängvågor

Syftet med försöken var att undersöka hur sprängvågor påverkas om geometri och material förändras. Med hjälp av holografi kan man se hur formen på vågorna förändras och om de

er som idag mäts med holografiska metoder, framför allt inom flyg- och rymdindustrin som exempelvis Saab i Linköping.

Jämfört med annan teknik är holografiska metoder väldigt exakta.

Det är mycket hög noggrannhet. Man kan mäta på bråkdelar av en ljusvåglängd, det vill säga bråkdel av en tusendels millimeter.

Med hjälp av holografi kan man till exempel avbilda vingen på ett flygplan. Sen belastar man vingen och gör ytterligare en avbildning. Bilden består sen av ett otal svarta linjer där varje linje motsvarar en nedböjning av vingen på ca 0,3 tusendels millimeter. På detta sätt kan man med hjälp av holografi mäta svagheter i vingen.

Det visar sig omedelbart i linjemönstret genom att det blir olika bredd på linjerna och olika antal. Vid större utböjning ökar antalet linjer.

På senaste åren har man allt

dämpas eller förstärks. Man kan också mäta hastigheterna som vågorna utbreder sig med.

Genom att säga ut en kil från en sten och fylla utrymmet med plast har man efterliknat en situation där sprängvågorna passerar mellan berg och lergrund där hus och andra byggnader kan finnas.

Vid ett annat försök har man fräst ur en grop i en sten. Genom att spränga i gropen har man kunnat studera vad som händer i omgivningarna kring gropen.

Resultaten ökar förståelsen för vad som händer vid sprängning och kan bland annat användas för att förbättra skyddet mot sprängvibrationer.

STEFAN HAGBERG

oftare kunnat läsa om holografi i internationella vetenskapliga tidskrifter. Ar holografins på väg att bryta igenom som teknisk.

När holografins var riktigt ny i slutet på 60-talet och början på 70-talet så var holografins väldigt populär. Sen gick luften ur ballongen, men under de senaste tre-fyra åren har intresset vuxit stadigt för varje år.

En anledning till att intresset svalnade på 70-talet ser Nils Abramson i alltför högt ställda förväntningar på tekniken innan den egentligen var färdigutvecklad. Men under tiden har forskningen fortsatt arbeta och idag finns det en stadigt ökad industrianpassning i tekniken.

Flyger förbi

Själv forskar Nils Abramson kring tekniken att använda holografi som höghastighetskamera. Han har själv världsrekord i att göra snabba bilder.

Jag kan avbilda själva ljuset när det flyger förbi så man ser ljuset i slowmotion när det hoppar och studsar mot en spegel.

Den här kunskapen är mycket värdefull för att mäta storleken på olika föremål. I och med att man vet var ljuset befinner sig vid en viss tidpunkt går det att skicka iväg en kort ljuspuls mot ett föremål och när man åter tar emot pulsen så mäter man tiden och vet hur långt bort ljuset har åkt. På det här sättet har professor Nils Abramson bland annat mätt propellrar med en tiondels millimeters exakthet. Formen på propellern mäts genom att det tar olika tid för ljuset att återvända beroende på hur långt borta propellerdelen är.

På det här sättet går det att exakt ange formen på vilket föremål som helst.

Fördelen med denna måtteknik är förutom noggrannheten, snabbheten och bekvämligheten att man inte behöver beröra föremålet.

Som en radar ungefär. Med den skillnaden att Nils Abramsons höghastighetskamera är mycket mer exakt.

Nils Abramsons tanke har varit att använda tekniken för verkstadsindustriellt bruk.

Det har skickats laserpulser till månen, så det behöver inte bli särskilt stora mätfel även på mycket stora avstånd.

Ekonomi hinder

Det främsta hindret idag är ekonomin. Små lasrar kostar idag bara några tusen kronor, men stora och bra lasrar går på flera miljoner.

Nils Abramson har just fått medel till en laser vars puls är på ett par picosekunder. Han väntar nu på att lasrarna ska sjunka i pris så han kan köpa en med ljuspulser på en picosekund. Ett annat problem är storleken. Idag är en argonlaser med effekt på några watt flera meter lång, drar mycket ström och måste vattenkylas, men en förändring är på väg mycket snart tror Nils Abramson.

De flesta lasrar kommer snart att ersättas med halvledarlaser.

För att ersätta en argonlaser av nämnd typ behövs en halvledarlaser av en sockerbits storlek.

När det gäller utvecklingsarbetet kring lasrarna så är det framför allt USA och Japan som kommit längst. Stjärnornas krig och vätekräftsforskningen har bidragit.

USA och Japan står för det främsta utvecklingsarbetet inom det här området.

STEFAN HAGBERG