

## HOLOGRAFIA

Metoda holografiei a fost elaborata în 1948 de catre Denis Gabor, care a descris o metoda prin care se poate obtine imaginea unui obiect din figura generala de difractie produsa de acel obiect. Aceasta metoda a fost numita *holografia*, (holos= întreg, grafien = scriere, în limba greaca). Denis Gabor a primit pentru metoda sa în 1971 premiul Nobel. Preocupat fiind de îmbunatatirea rezolutiei microscopului electronic, el propune formarea imaginilor optice în doua etape:

—înregistrarea frontului de unda provenit de la obiectul de studiat;

—reconstituirea sa ulterioara, cu toate caracteristicile ce-i apartin, amplitudine si faza, noua metoda fiind numita din acest motiv, holografie.

\*\*\*

Principiul holografiei optice, adica obtinerea înregistrarii complete a unui obiect, plecându-se de la o figura de difractie produsa de obiect. Procedeu prezinta doua etape:

1) peste un fond luminos coerent se suprapune figura de difractie Fresnel, produsa de obiectul luminat coerent cu fondul luminos; interferograma rezultata înregistrata pe o placa fotografica constituind holograma(fig.1), care contine toate informatiile cu privire la amplitudinea si faza lumini difractate de catre obiect;

2) holograma fotografica se ilumineaza cu un fascicol de lumina paralela, monocromatica, si datorita variatiilor în densitatea optica prezentata de placa fotografica apar efecte de difractie, prin ca-

re se reconstituie imaginea obiectului.

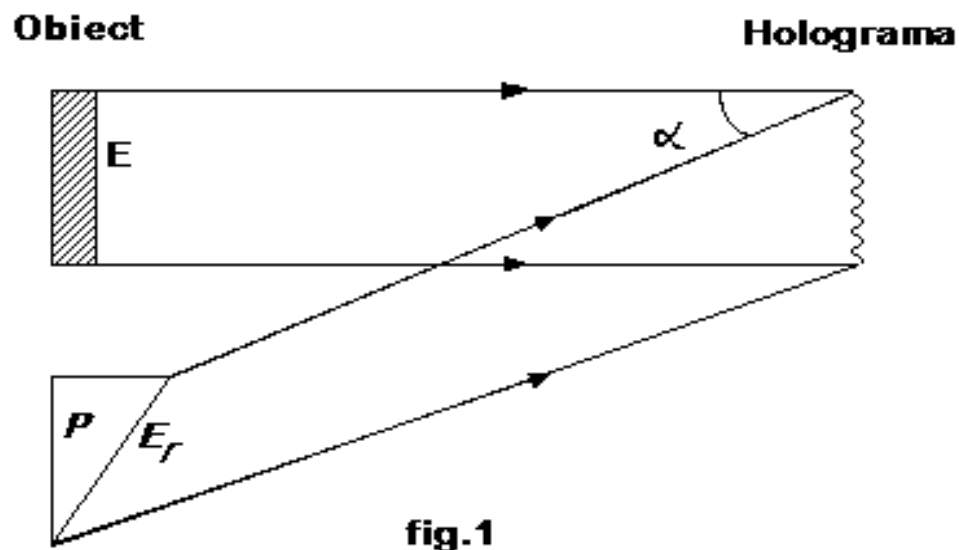


fig.1

Astfel, în timp ce în fotografia obisnuita se înregistrează numai amplitudinea undei provenita de la obiect, informația conținută în fază fiind pierdută, în holografie franjele de pe holograma conțin întreaga informație despre obiect (amplitudinea se manifestă în contrastul franjelor, iar faza în distanța dintre franje). În holografie, aceeași sursă servește atât la iluminarea obiectului, cât și la producerea fondului coerent.

Leith și Upatnieks au perfecționat metoda arătând că fasciculul de lumină care formează fondul coerent, când sosete la placa fotografică, trebuie să facă un unghi destul de mare cu fasciculul difractat pe obiect și că realizarea montajelor este ușurată de utilizarea surselor laser.

Considerăm că intensitatea câmpului electric al undei luminoase difractate de obiect (unda obiect) este descrisă în planul  $(x,y)$  al hologramei de funcția complexă

$$E(x,y,t) = E_o(x,y,t) \exp[i\Phi(x,y,t)].$$

Informație transportată de această undă luminoasă la traversarea planului  $(x,y)$  este conținută atât în amplitudinea  $E_o(x,y,t)$ , cât și în faza  $\Phi(x,y,t)$ .

Imaginea luminoasă a unui obiect se obține plasând în planul  $(x,y)$  un fotodetector (o patură fotosensibilă sau o placă fotografică), care este iluminat cu undă luminoasă ce este fie reflectată de obiect, fie traversează obiectul studiat. Undă luminoasă care cade pe placa fotografică poartă, de asemenea, informația conținută atât în amplitudinea sa cât și în faza. Acum se pune întrebarea dacă pe o placă fotografică este posibil să se înregistreze informația conținută în faza undei

luminoase incidente. Tehnica holografica propusa de D. Gabor arata ca daca unda luminoasa posedea o coerenta suficient de ridicata se poate înregistra pe placa fotografica atât amplitudinea, cât si faza unei unde luminoase.

Daca placa fotografica este impresionata si dupa dezvoltare se ilumineaza negativul, notând cu  $I_0$  intensitatea radiatiei incidente si cu  $I$  intensitatea radiatiei transmise de negativ, factorul de transmisie  $T$  al negativului este

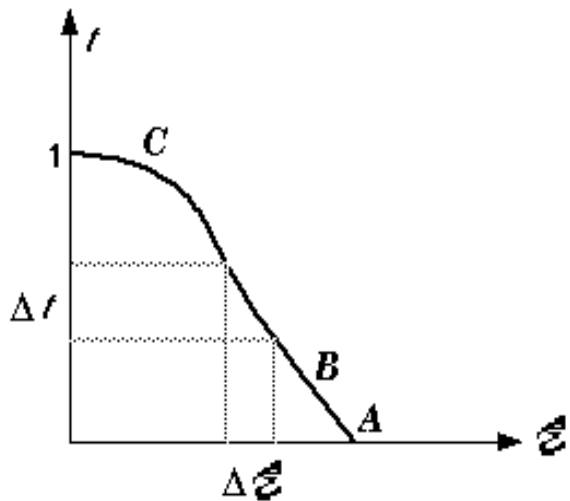
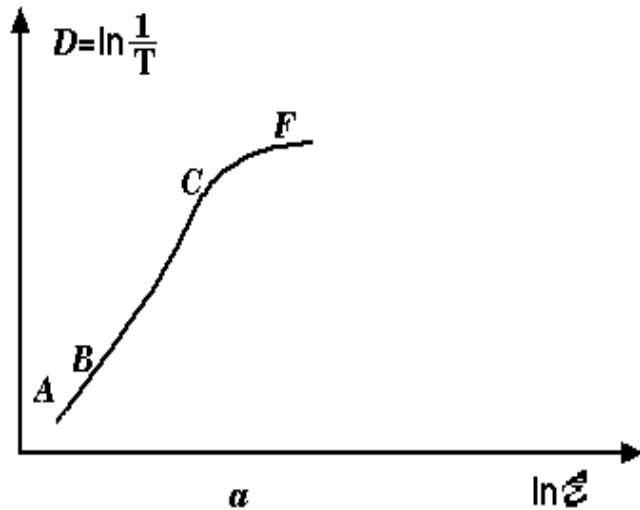
$$T = \frac{I}{I_0}; (T \leq 1)$$

Densitatea negativului,  $D$ , este 
$$D = \ln \frac{1}{T}$$

Prin curba de înnegrire sau curba caracteristica a emulsiei se înțelege curba care da variatia densitatii  $D$  (în negativ) în functie de logaritmul energiei  $\xi$ , primita pe placa (fig.2, a).

Aceasta curba posedea o portiune rectilinie  $BC$ , numita regiune de expunere normala, si doua portiuni,  $AB$ , care corespund unei supraexpuneri.

Daca se noteaza cu  $\xi_0$  valoarea energiei la care incepe portiunea rectilinie, în regiunea  $AB$  se poate scrie  $D = \gamma \ln \frac{\xi}{\xi_0}$ ,  $\gamma$  stanta.

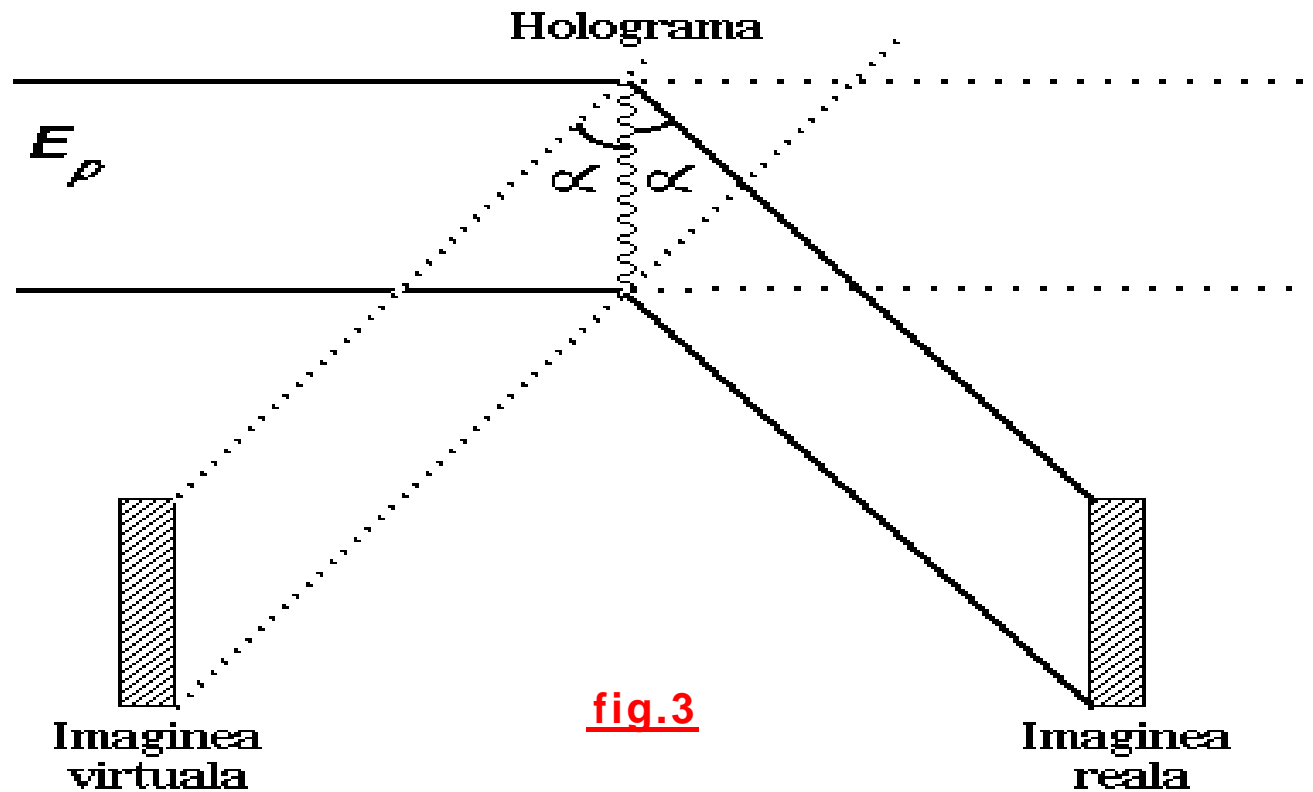


Reconstituirea frontului de unda , adica a undei obiectului, (fig.3), se face de obicei prin iluminarea hologramei cu o unda  $E_p$ , analoga undei de referinta  $D = \gamma \ln \frac{\xi}{\xi_0}$ . Amplitudinea transmisa de holograma va rezulta apoi

$$E_f = -\frac{\gamma}{2} E - \frac{\gamma}{2} E_r^2 E^*$$

adica rezulta trei unde transmise de holograma :

- unda de amplitudine  $E_f = E_p$ , care corespunde undei de reconstituire, transmisa aproape integrala;
- unda  $-1/2\gamma E$ , care reprezinta unda difractata de obiect spre planul hologramei , unda reconstituita integral atît în privinta fazei cît si în privinta amplitudinii;
- unda  $-1/2\gamma E_r^2 E^*$ , care reprezinta o imagine conjugata cu prima fata de planul hologramei (imaginea virtuala din figura 3).



**fig.3**

\*\*\*

Avantajele si posibilitatile unice oferite de holografie rezulta din posibilitatea înregistrării informației totale (continută în amplitudinea și în faza undei). Prin holograma se obtine o senzație perfectă a reliefului și realului imaginilor obtinute, holograma fixând și permitând să se reconstituie frontul undei inițiale. Deteriorarea unei părți a hologramei nu antrenează pierderea de informație, deoarece fiecare punct al suprafeței vizibile a obiectului este înregistrat pe toată suprafața hologramei. Variind orientarea hologramei în spațiu se poate înregistra de fiecare dată pe una și aceeași holograma o informație nouă, deoarece la restituirea unei holograme se utilizează o undă luminoasă având același front față de cel al undei de la înregistrare. În acest mod, metodele holografice pot fi utilizate pentru codajul și decodajul informației, pentru recunoașterea imaginilor etc.

Una dintre posibilitățile unice ale holografiei o constituie înghetarea timpului. Dacă un ansamblu de obiecte în mișcare este înregistrat la momentul  $t_0$  pe o holograma, restituirea ulterioară a acestei holograme va da o undă luminoasă reconstruită, care va fi echivalentă cu unda

reflectata pe ansamblul de obiecte la momentul  $t_0$  si aceasta unda poate fi observata într-un interval de timp oricât de mare îl dorim.

O alta aplicatie importanta pare a fi microscopia holografica. Din optica geometrica holografica rezulta ca marimea  $m$  a imaginii este data de  $m=\lambda_r/\lambda_n$  adica de raportul lungimilor de unda folosite la reconstituire ( $r$ ) si la înregistrare ( $n$ ). S-ar putea obtine cu raze X si raze vizibile o marire de un milion de ori. S-a realizat pe acest principiu microscopul electronic holografic cu o marire de 500 000 000 x.

Tot holografia ofera posibilitatea, unica, de a diviza o imagine optica si de a o asambla, informatia fiind continuta în fiecare punct al suprafetei hologramei.

În fine, holografia ofera posibilitatea , tot unica, de a vedea un obiect înainte ca el sa fie fabricat, daca se utilizeaza calculatoare pentru a sintetiza o holograma artificiala care corespunde unui obiect imaginat.

În cazul în care grosimea paturii sensibile la lumina este mult mai mare decât distanta care separa doua franje de interferenta consecutive, în locul hologramelor plate, bidimensionale, se pot obtine holograme tridimensionale (sau în relief), aceasta idee apartinând lui J.Densiuk.