B. Sc. PHYSICS :SEMESTER -V

TYPE OF COURSE: MINOR DISCIPLINE SPECIFIC COURSE (THEORY)

COURSE NAME: HOLOGRAPHY AND FIBER OPTICS

COURSE CODE: SC23MIDSCPHY502

(Effective from June 2025 Under NEP–2020)

Syllabus

Unit-III

HOLOGRAPHY:

Holography:Introduction (23.1), Principle of Holography (23.2), Recording of the hologram (23.2.1), Reconstruction of the image (23.2.2),coaxial holography (23.3), off-axis holography (23.4), Theory (23.5), Holograms (23.6), Orthoscopic and pseudoscopic images (23.6.1), Holography and Photography (23.6.2) Important properties of Hologram (23.7), Classification of holograms (23.8), Applications (23.9), Medical application (23.10)

Related Examples, Problems & Short Questions

Basic Reference:

A Textbook of Optics by Dr.N.Subrahmanyam, Brijlal and Dr. M. N. Avadhanulu

(as per UGC Model syllabus,25th revise addition 2012, reprint 2018) (S. Chand Co.)

અનુક્રમણિકા

Chapter-1

HOLOGRAPHY (હોલોગ્રાફી)

1. Introduction (પ્રસ્તાવના):

સામાન્ય રીતે વસ્તુનો પ્રતિબિંબ ફોટોગ્રાફી પધ્ધતિનો ઉપયોગ કરીને મેળવાય છે. આ પધ્ધતિમાં ત્રિ-પરિમાણમાં રહેલ વસ્તુ પરથી પરીવર્તિત થતા કિરણો લેન્સ દ્વારા ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર કેન્દ્રિત કરવામાં આવે છે. સૌ પ્રથમ ફિલ્મને વધારો(Develop) કરી નેગેટીવ મેળવવામાં આવે છે. આ નેગેટીવ પરથી પોઝીટીવ ફોટોગ્રાફ મેળવવામાં આવે છે. આ પોઝીટીવ ફોટોગ્રાફ દ્વિ-પરિમાણમાં મળે છે જ્યારે વસ્તુ ચિત્ર ત્રિ-પરિમાણમાં હોય છે. ફોટોગ્રાફ ત્રિ-પરિમાણ ચિત્રને દ્વિ-પરિમાણમાં રેકોર્ડ કરે છે. ફોટોગ્રાફએ જુદા જુદા સમતલો પરથી તીવ્રતાનું વિતરણ આપે છે. પરંતુ તેમાં કળાનું વિતરણ જોવા મળતું નથી. તેથી તીવ્રતાની પેટર્ન જ રેકોર્ડ થીય છે. જ્યારે વસ્તુ ચિત્ર મળતું નથી. ફોટોગ્રાફ્ને જુદા જુદા ખૂણાઓથી જોતા તેનું પ્રતિબિંબ બદલી શકાતું નથી ઉપરાંત અકેન્દ્રિત(Unfocus) ભાગને ફરી કેન્દ્રિત(focus) કરી શકાતો નથી.

સ.ન. 1948માં ડેનીસ ગેબરે બે સ્ટેપની લેન્સ વગરની પધ્ધતિ વિકસાવી. આ ફોટોગ્રાફની નવીન પધ્ધતિને wave front construction કહે છે. આ પધ્ધતિને હોલોગ્રાફી પણ કહે છે. હોલોગ્રાફી શબ્દ બે ગ્રીક શબ્દ હોલો અને ગ્રાફના પરથી આવેલ છે. હોલોને અર્થ whole અને ગ્રાફનો અર્થ લખવું થાય છે. આ પધ્ધતિમાં ઇન્ટરફેરોમેટ્રીક ટેકનીક્નો ઉપયોગ કરી તીવ્રતાનું વિતરણ ઉપરાંત પ્રકાશીત તરંગોની કળાનું વિતરણ રંગોમાં કરવામાં આવે છે.

આ પધ્ધતિથી મેળવેલ પ્રતિબિંબ સાથે પારિમાણીક ચિત્ર આવે છે. તેથી જુદા જુદા ખૂણાઓથી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય છે. અથવા જુદા જુદા અંતરોથી ફોકસ કરી શકાય છે. હોલોગ્રાફી વસ્તુ જેવું જ સાચું પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય છે. રેકોર્ડ કરેલ ચિત્રને હોલોગ્રામ કહે છે.હોલોગ્રાફી માટેની જરૂરિયાત સુસંબધ્ધ ઉદગમ સ્થાનોની તીવ્રતા છે. જ્યારે ગેબરે શોધ કરી હતી ત્યારે લેસરની શોધ થઇ ન હતી લેસરની શોધ થયા પછી લીથ અને ઉપટનીક્સે (Leith અને Upatnicks) એ સૌ પ્રથમ લેસર હોલોગ્રામ બનાવ્યો.

2.હોલોગ્રાફીનો સિધ્ધાંત (Principal of Holography):

હોલોગ્રાફી એ બે સ્ટેપની પ્રક્રિયા છે.

1.હોલોગ્રામનું રેકોર્ડીંગ કરવું: અહીં વસ્તુના પ્રતિબિંબને ફોટોગ્રાફી રેકોર્ડમાં રૂપાંતરિત કરવામાં આવે છે.

2.પુનઃનિર્મિત હોલોગ્રાફ:અહીં હોલોગ્રામને વસ્તુના પ્રતિબિંબ સ્વરૂપે રૂપાંતરિત કરવામાં આવે છે.

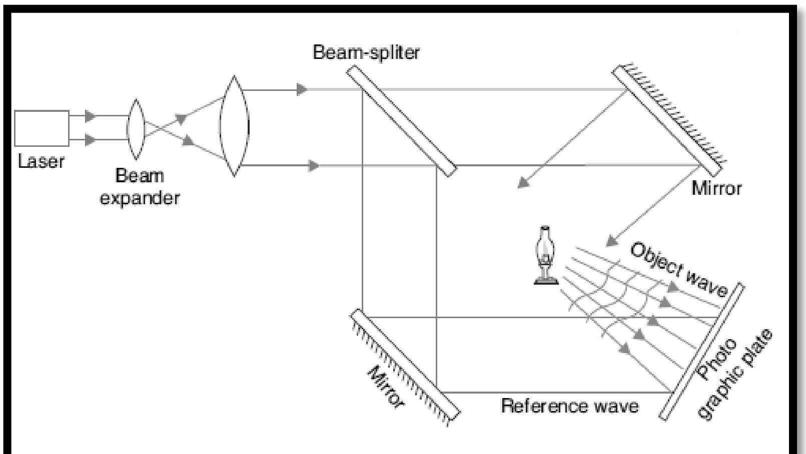
અહીં બંને વખતે લેન્સનો ઉપયોગ કરવામાં આવતો નથી. હોલોગ્રામ બે તરંગોના વ્યતિકરણનું પરિણામ છે.જ્યાં વસ્તુ બીમના તરંગો વિતરિત થાય અને બેક ગ્રાઉન્ડમાં સુસંબધ્ધ તરંગો મળે છે. જ્યારે સાપેક્ષ તરંગો સીધા જ ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર પહોંચી જાય છે. સાપેક્ષ તરંગો મોટાભાગે સમતલ તરંગો હોય છે.આમ , સાપેક્ષ તરંગો અને વસ્તુ પરથી મેળવેલ પરાવર્તિત તરંગોથી મળતી વ્યતિકરણ શલાકાઓ ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર ઉપર રેકોર્ડ કરવામાં આવે છે. આ મેળવેલ ફોટોગ્રાફ્ને હોલોગ્રામ કહે છે.

ગેબરના મૂળ પ્રયોગોમાં,સંદર્ભ બીમ અને પદાર્થ બીમ સમાન ધરીવાળા(કોએક્ષિયલ) કરવામાં આવી હતી. આથી આગળ લીથ અને ઉપટનીક્સ દ્વારા કે જેમણે ઓફસેટ એંગલ(બંધ સમૂહના ખૂણા) પર સંદર્ભ બીમનો ઉપયોગ કર્યો હતો. તેના કારણે ત્રિ-પરિમાણીય પદાર્થોના હોલોગ્રામનું રેકોર્ડિંગ શક્ય બન્યું.હોલોગ્રામ ઉત્પન્ન કરવા અને જોવા માટે અક્ષની બહારની ગોઠવણીનું વર્ણન અહીં કરવામાં આવ્યું છે.

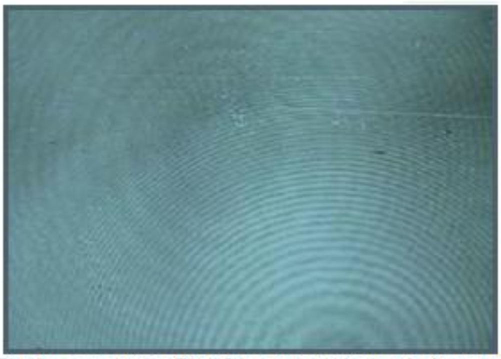
3.હોલોગ્રામનું રેકોર્ડીંગ(Recording of Hologram):

બંધ અક્ષની વ્યવસ્થાથી લેસર બીમને બે ભાગમાં વહેંચવામાં આવે છે. જે સાપેક્ષ (reference beam) અને વસ્તુ બીમ(object beam) થી ઓળખાય છે.(આકૃતિ-1)વસ્તુબીમ સીધો જ ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર જાય છે. જ્યાં વસ્તુબીમ જે વસ્તુનો ફોટોગ્રાફ મેળવવાનો હોય તેની પર આપાત કરવામાં આવે છે. વસ્તુના દરેક બિંદુથી આપાત પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન થઇ ગોળીય તરંગમાં ઉદગમને સ્થાન તરીકે વર્તે છે અને તે તરંગો ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર આપાત થાય છે.

ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર વસ્તુના ગોળીય તરંગો અને સાપેક્ષ તરંગો ભેગા થાય છે. આ બંને તરંગો સુસંબધ્ધ તરંગો છે. કારણ કે એક ઉદગમ સ્થાનમાંથી આવે છે.તે બંને તરંગો વચ્ચે વ્યતિકરણ થઇ શલાકાઓ બને છે. જે ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર આવી વ્યતિકરણ શલાકાઓની ઝોન પ્લેટની રીંગોની શ્રેણીઓ છે. પરંતુ આ તરંગો સંપાત થઇ સંકીર્ણ રેખાઓથી શલાકાઓ મળે છે. આ વ્યતિકરણ શલાકાઓની પેટર્નને સુધારો વધારો કરતાં હોલોગ્રામ મળે છે. અહીં હોલોગ્રમ વસ્તુના પ્રતિબિંબનું રેકોર્ડ કરતી નથી. પરંતુ હોલોગ્રામ તીવ્રતા વિતરણ અને કળાનું બિંદુ એ બિંદુનું રેકોડીંગ છે.



Recording of the hologram



The image on the film for a transmission hologram

આકૃતિ-1

4.પ્રતિબિંબનું પુનઃનિર્માણ(Reconstruction of image) :

આકૃતિ-2 માં દર્શાવ્યા મુજબ પ્રતિબિંબનું પુનઃ નિર્માણ કરવા માટે હોલોગ્રામને લેસરની સમાંતર કિરણાવલી દ્વારા પ્રકાશિત કરવામાં આવે છે. મોટાભાગનો પ્રકાશ સીધો જ પસાર થઇ જાય છે. થોડા તરંગો માટે હોલોગ્રામની વ્યતિકરણ શલાકાઓ વિવર્તન ગ્રેટીંગ તરીકે કાર્ય કરે છે. અહીં પ્રકાશના તરંગો જુદા જુદા ખૂણે વિવર્તન કરે છે. આ વિવિર્તન તરંગોથી આભાસી અને સાચુ પ્રતિબિંબ મળે છે. અહીં આભાસી પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામની બાજુની દિશામાં પાછળના ભાગમાં મળે છે. જ્યારે સાચું પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામની આગળની બાજુએ મળે છે. જે દિશામાં લેસરના કિરણો હોલોગ્રામમાંથી પસાર થઇ આગળ વધે છે તે દિશામાં સામે પ્રતિબિંબ મળે છે. આભાસી પ્રતિબિંબ ફક્ત જોવા માટે છે જ્યારે સાચું પ્રતિબિંબ એ ફોટોગ્રાફ છે.

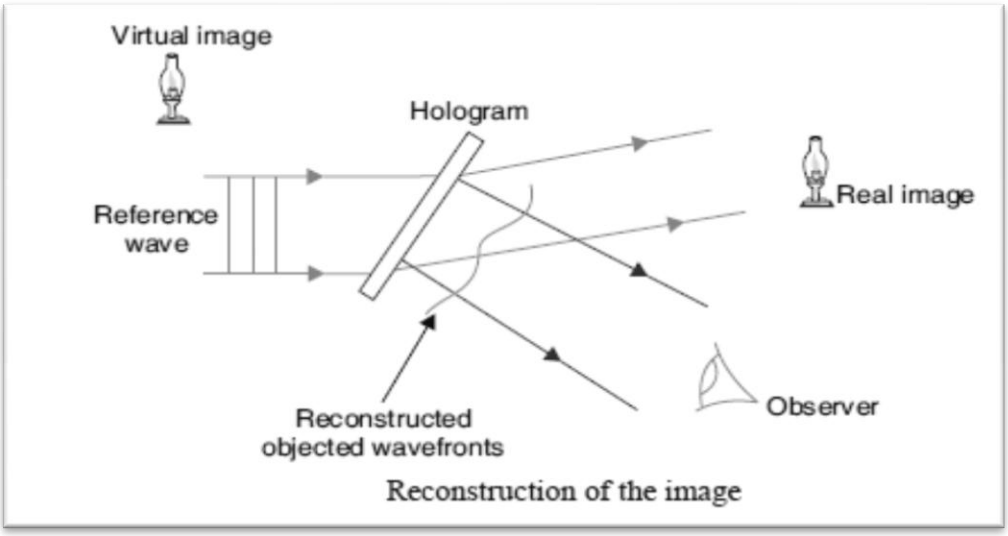
જો અવલોકન કારક પોતાની જોવાની સ્થિતિ થોડી બદલે તો તેને સાચું પ્રતિબિંબ જોઇ શકે છે. આ પ્રકારના હોલોગ્રામને કહે છે. જેમાંથી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ જોઇ શકાય છે. ગેબરે જે હોલોગ્રામ મેળવ્યો હતો તે સમાન ધરીવાળા અક્ષની પધ્ધતિથી મેળવેલ. આ પધ્ધતિમાં સાચું પ્રતિબિંબ એ આભાસી પ્રતિબિંબની આગળ મળે

છે. જેથી જોવામાં મુશ્કેલી અનુભવાય છે. બંધ અક્ષની ગોઠવણીથી આભાસી અને સાચા પ્રતિબિંબને જુદા પાડી શકાય છે. ફોટોગ્રાફ અને હોલોગ્રામ વચ્ચેનો મૂળભૂત તફાવત એ છે કે,

ફોટોગ્રાફ ફેશનની જ વ્યવસ્થિત માહિતી છે. જેમાં દરેક બિંદુવત સાથે સંકળાય છે. જ્યારે હોલોગ્રામમાં દરેક બિંદુમાંથી પસાર થતો પ્રકાશ સંપૂર્ણ હોલોગ્રામ છે.જેથી બે લાભ છે.

-જો અવલોકનકારક પોતાની સ્થિતિ બદલીને પ્રતિબિંબને ત્રિપરિમાણમાં અને

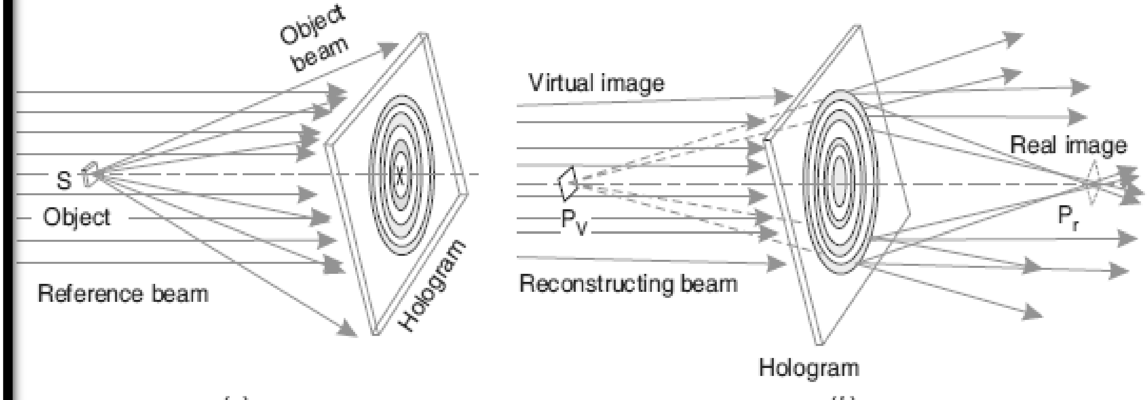
- હોલોગ્રામ તુટીને ટુકડા સ્વરૂપે થઇ જાય તો પણ દરેક ટુકડામાંથી મૂળ ચિત્ર મેળવી શકાય છે.



આકૃતિ-2

5.Co Axial Holography(સમાન ધરીવાળું હોલોગ્રાફી):

હોલોગ્રામ રેકોર્ડ કરવા માટે ગેબોરે અપનાવેલી મૂળ તકનીક એક કોએક્ષિયલ ગોઠવણી હતી.(આકૃતિ -3), જ્યાં તેમણે પારાના ડિસ્ચાર્જ લેમ્પ અને સમરેખ વસ્તુ અને સંદર્ભ બીમનો ઉપયોગ કર્યો. આ ગોઠવણીમાં આભાસી અને વાસ્તવિક ચિત્રો બંને એક જ ધરી પર હોય છે. વાસ્તવિક ચિત્ર આભાસી ચિત્રની સામે સ્થિત છે. આમ, એક ચિત્ર પર ધ્યાન કેન્દ્રિત કરનાર નિરીક્ષક હંમેશા તેની સાથે ધ્યાન બહારની ડબલ ચિત્રો જુએ છે. આમ, ચિત્ર જોવા અથવા ફોટોગ્રાફ કરવા માટે તે અસુવિધાજનક છે.



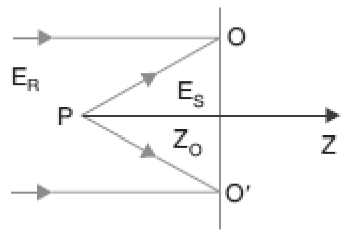
In-line holography (a) Generation (b) viewing
Coaxial Holography

આકૃતિ-3

6.Off-Axial Holography(બંધ અક્ષવાળું હોલોગ્રાફી):

૧૯૬૨ માં, લીથ અને ઉપટનીક્સે એક તકનીકનું પ્રદર્શન કર્યું જેનાથી જોડિયા ચિત્રોને અલગ કરવાનું શક્ય બન્યું. આ તકનીકમાં રેકોર્ડિંગ પ્રક્રિયા દરમિયાન હોલોગ્રામ પ્લેટ પર એક અલગ સુસંગત સંદર્ભ તરંગ પડવાની મંજૂરી આપવામાં આવે છે , જે વસ્તુથી બીમના ઓફસેટ ખૂણા પર હોય છે. ખુલ્લી પ્લેટ સામાન્ય ફોટોગ્રાફિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા વિકસાવવામાં આવે છે જેથી પછી વિકાસાવેલ પ્લેટનું કંપવિસ્તાર સંક્રમણાના સંપર્કમાં પ્રમાણસર હોય. બંધ અક્ષીશ રૂપરેખાંકનનો ફાયદો એ છે કે તે એકબીજાથી અને સીધા બીમથી પણ કોણીય રીતે અલગ પડેલી આભાસી અને વાસ્તવિક ચિત્રો ઉત્પન્ન કરે છે.

7.Theory(વાદ):



Hologram of a point object

આકૃતિ-4

આકૃતિ-4 માં દર્શાવ્યા મુજબ વસ્તુ ચિત્ર P બિંદુ આગળ છે. સુસંબધ્ધ ઉદગમ સ્થાનમાંથી આવતા પ્રકાશનું બીમ વસ્તુને પ્રકાશિત કરે છે. મોટા ભાગનો પ્રકાશ સીધો જ ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર જાય છે. જે સમતલ

તરંગો છે.વસ્તુ ચિત્રને કારણે પ્રકાશનું પ્રકિર્ણન થાય છે. પરિણામે ગોળીય તરંગો ઉત્પન્ન થઇ ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર પહોંચે છે. અહીં ફોટોગ્રાફી પ્લેટ પર સમતલ તરંગો અને ગોળીય તરંગોનું સંપાતીકરણ થાય છે. પરિણામે વ્યતિકરણ શલાકાઓ પ્લેટ પર રેકોર્ડ થાય છે.

ફોટોગ્રાફી પ્લેટના O બિંદુ આગળ મળતું ઓપ્ટીકલ ક્ષેત્ર $E = E_R + E_S$ ------------(1)

જ્યાં E_R = સમતલ તરંગ સાથે સંકળાયેલું ક્ષેત્ર

E_S = વસ્તુ ચિત્રના લીધે પ્રકાશના પ્રકીર્ણનથી મળતું ક્ષેત્ર(કંપવિસ્તાર અને કળા)

પરાવર્તિત તરંગોને લીધે પ્રકીર્ણન સાથે સંકળાયેલું ક્ષેત્ર

$E_S = \frac{E_0}{r_0}\exp[i(kr_0 - \omega t)]$ ------------(2)

અને સમતલ તરંગો સાથે સંકળાયેલ ક્ષેત્ર

$E_R = E_R = E_r exp[i(kZ_0 - \omega t)]$ -------------(3)

જ્યાં $r_0 = PO$ અને Z_0 એ બિંદુ P થી ફોટોગ્રાફી પ્લેટ વચ્ચેનું અંતર છે.

O બિંદુ આગળ મળતી તીવ્રતા

$I = |E_R - E_S|^2$

$= \left|E_r exp[i(kZ_0 - \omega t)] - \frac{E_0}{r_0}\exp[i(kr_0 - \omega t)]\right|^2$

$= |E_R|^2 + \frac{|E_S|^2}{r_0^2} + \frac{E_S E_r^*}{r_0} exp[ik(r_0 - Z_0)] + \frac{E_S^* E_r}{r_0} exp[ik(Z_0 - r_0)]$ ------------(4)

ઉપરના સમીકરણના છેલ્લા બે પદોને ભેગા કરી લખતાં,

$I = |E_R|^2 + \frac{|E_S|^2}{r_0^2} + K\frac{Cos[k(r_0 - Z_0) + \varphi]}{r_0}$ -------------(5)

અહીં કુલ તીવ્રતા I નું વિધેય છે. જે મહ્તમ અને ન્યુનતમ તીવ્રતાઓની શ્રેણી આપે છે. અહીં ગોળીય તરંગો E_S અને સમતલ તરંગો E_R વર્તુળાકાર વ્યતિકરણ શલાકાઓ ઉત્પન્ન કરે છે.

ધારો કે પ્લેટ તીવ્રતા I ના સમપ્રમાણમાં સહયોગ આપે છે. જો પ્લેટનો સંક્રમણ શક્તિ T^2 હોય તો

$T^2 = 1 - \propto I$ ---------(6)

જ્યાં α અચળાંક

ઉપરનું સમીકરણ (6) નીચે મુજબ લખી શકાય

$T = 1 - \frac{1}{2} \propto I$ -----------(7)

જો હોલોગ્રામ સાપેક્ષ બીમ દ્વારા પ્રકાશિત થતો હોય તો પારગમિત તરંગો નીચે મુજબ લખી શકાય.

$E = TE_2 = \left[1 - \frac{\propto}{2} I\right] E_r exp[i(kZ_0 - \omega t)]$

$= \left[1 - \frac{\propto}{2}|E_R|^2 - \frac{\propto}{2}\frac{|E_S|^2}{r_0^2}\right] E_R exp[i(kZ_0 - \omega t)] - \frac{\propto}{2}\frac{E_S E_r^*}{r_0} exp[ik(r_0 - Z_0)] E_r exp[i(kZ_0 - \omega t)] - \frac{\propto}{2}\frac{E_S^* E_r}{r_0} exp[ik(Z_0 - r_0)] E_r exp[i(kZ_0 - \omega t)]$

$$= \left[1 - \frac{\propto}{2}|E_R|^2 - \frac{\propto}{2}\frac{|E_S|^2}{r_0^2}\right] E_r exp[i(kZ_0 - \omega t)] - \frac{\propto E_S |E_r|^2}{2r_0} exp[i(kr_0 - Z_0)] - \frac{\propto E_S^* E_r^2}{2} exp[ik(2kZ_0 - kr_0 - \omega t) \text{ ----------(8)}$$

ઉપરના સમીકરણ(8)નું પ્રથમ પદ કેટલાક ઘન યાન સાથેનું આપાત સમતલ તરંગ છે. જ્યારે બીજું પદ વસ્તુ પરથી મળેલા ગોળીય તરંગોનું છે.જે આભાસી પ્રતિબિંબ આપે છે. ત્રીજું પદ ગોળીય તરંગોનું છે. જે મૂળભૂત તરંગ છે પણ P બિંદુ આગળથી પામેલ છે. તે વસ્તુ ચિત્રનું સાચું પ્રતિબિંબ આપે છે. જે લેન્સ વગરનો ફોટોગ્રાફ છે. હોલોગ્રામ આભાસી અને સાચું બંને પ્રતિબિંબો આપે છે.

8.હોલોગ્રામ(Hologram):

હોલોગ્રામ એ સાચી ત્રિ-પરિમાણીય છબીઓ છે. આનો પુરાવો એ છે કે વ્યક્તિ ચિત્ર જોતી વખતે પોતાનું માથું ખસેડી શકે છે અને તેને અલગ દ્રષ્ટિકોણથી જોઈ શકે છે. તે ચિત્રનો એક ભાગ દર્શાવે છે .જે બીજા દ્રષ્ટિકોણથી છુપાયેલ હતો.ઉદાહરણ તરીકે , નીચે ત્રણ ચિત્રો બતાવવામાં આવી છે (આકૃતિ -5). તે એક જ હોલોગ્રામમાંથી છે પરંતુ તે હોલોગ્રામને અલગ ખૂણાથી જોઈને મેળવવામાં આવે છે. નોંધ કરો કે પ્યાદુ તેની પાછળ રાજાની સામે અલગ દ્રષ્ટિકોણથી દેખાય છે.

આકૃતિ-5

9.સાચું અને આભાસી ચિત્રો(Orthoscopic and Pseudoscopic Images):

એક હોલોગ્રામ બે ચિત્રોનું પુનર્નિર્માણ કરે છે , એક વાસ્તવિક અને બીજી આભાસી જે વસ્તુની ચોક્કસ પ્રતિકૃતિઓ છે. જો કે, નિરીક્ષક માટે બે ચિત્રો દેખાવમાં અલગ છે. આભાસી ચિત્ર વસ્તુની સમાન સ્થિતિમાં બનાવવામાં આવે છે અને મૂળ ત્રિ-પરિમાણીય વસ્તુ જેવી જ ઊંડાઈ અને લંબાઇ ધરાવે છે. આભાસી ચિત્ર એવી દેખાય છે કે નિરીક્ષક હોલોગ્રામના કદ દ્વારા વ્યાખ્યાયિત દરવાજા દ્વારા મૂળ વસ્તુને જોઈ રહ્યો હોય. આ ચિત્રને ઓર્થોસ્કોપિક ચિત્ર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

વાસ્તવિક ચિત્ર હોલોગ્રામથી સમાન અંતરે પણ બને છે , પરંતુ વાસ્તવિક ચિત્રમાં તેની સામે , જોકે, દ્રશ્ય ઊંડાઈ ઊંધી હોય છે. આ એ હકીકતને કારણે છે કે બે ચિત્રો (આભાસી અને વાસ્તવિક) પરના અનુરૂપ

બિંદુઓ હોલોગ્રામથી સમાન અંતરે સ્થિત છે. વાસ્તવિક ચિત્રને સ્યુડોસ્કોપિક ચિત્ર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે

10.હોલોગ્રાફી અને ફોટોગ્રાફી(Holography and Photography):

હોલોગ્રામ રેકોર્ડ કરવું એ ફોટોગ્રાફ લેવાથી અલગ છે.

i. હોલોગ્રામમાં, લેસર જેવા સુસંગત પ્રકાશ સ્ત્રોતનો ઉપયોગ ‘વસ્તુને પ્રકાશિત કરવા માટે થાય તે જરૂરી છે.

ii. સુસંગત પ્રકાશનો બીજો કિરણ હોય છે જે ફિલ્મ પર અથડાતો હોય છે જેના પર હોલોગ્રામ રેકોર્ડ કરવાનો છે. તેને સંદર્ભ કિરણ કહેવામાં આવે છે. સંદર્ભ કિરણ અને પદાર્થ કિરણ ફિલ્મની સપાટી પર ઓવરલેપ થાય છે અને તેઓ એક અડચરણ પેટર્ન બનાવે છે.

iii. સૂક્ષ્મ પેટર્ન રેકોર્ડ કરવા માટે ઉચ્ચ-રિઝોલ્યુશન ફોટોગ્રાફિક ફિલ્મનો ઉપયોગ થાય છે.

iv. હોલોગ્રામ બનાવતી રેખાઓ સામાન્ય રીતે એક માઇક્રોન કરતા ઓછી હોય છે, તેથી હોલોગ્રાફિક રેકોર્ડિંગ ફોટોગ્રાફિક રેકોર્ડિંગની તુલનામાં ગતિ અને સ્પંદનો પ્રત્યે વધુ સંવેદનશીલ હોય છે.આ ખરેખર ખૂબ જ ગંભીર પ્રતિબંધ છે. તેથી , હોલોગ્રાફી તકનીક પ્રયોગશાળા સુધી મર્યાદિત છે જ્યાં કંપન અલગતા બનાવવામાં આવે છે.

હોલોગ્રામ અને સામાન્ય ફોટોગ્રાફ વચ્ચેનો મૂળભૂત તફાવત આના જેવો છે.

i. ફોટોગ્રાફમાં માહિતી વ્યવસ્થિત રીતે સંગ્રહિત થાય છે . પદાર્થનો દરેક બિંદુ ઇમેજમાં સંયોજક બિંદુ સાથે સંબંધિત છે. હોલોગ્રામમાં આવો કોઈ સંબંધ નથી ; દરેક પદાર્થ બિંદુમાંથી પ્રકાશ સમગ્ર હોલોગ્રામમાં જાય છે. આના બે મુખ્ય ફાયદા છે. જેમ જેમ નિરીક્ષક હોલોગ્રામ જોવામાં બાજુ તરફ ફરે છે , તેમ તેમ ચિત્ર ત્રણ પરિમાણમાં જોવા મળે છે.

ii. જો હોલોગ્રામને વિખેરવામાં આવે અથવા નાના ટુકડાઓમાં કાપવામાં આવે , તો પણ દરેક ટુકડો આખા દ્રશ્યનું પુનર્નિર્માણ કરશે, ફક્ત દ્રશ્યનો ભાગ નહીં.

11.હોલોગ્રામની અગત્યની લાક્ષણિકતા(Important Properties of Hologram):

1.સામાન્ય ફોટોગ્રાફમાં દરેક ભાગ વસ્તુ ચિત્રના જુદા જુદા ભાગનો વર્ણન આપે છે. જો ફોટોગ્રાફનો કોઇ ભાગ નાશ થાય તો તે ભાગનું વર્ણન નાશ પામે છે. જ્યારે હોલોગ્રામનો દરેક ભાગ વસ્તુ ચિત્રનું વર્ણન આપે છે.જો હોલોગ્રામ તૂટી જાય તો પણ સંપૂર્ણ ચિત્ર મેળવી શકાય છે.તેમાં ફક્ત ચિત્ર નાનું મળે છે. તેથી હોલોગ્રામ ચોક્કસ માધ્યમના સમૂહ માટે વાપરી શકાય છે.

2.સાદા ફોટોગ્રાફની એક પ્લેટમાં એક જ ચિત્રને સંગ્રહ કરી શકાય છે. જ્યારે હોલોગ્રામમાં એક કરતાં વધારે ચિત્રો સંગ્રહી શકાય છે. 6×9 સાઇઝના ફોટોગ્રાફ્માં એક ચિત્ર હોય તો તેટલી જ સાઇઝના હોલોગ્રામમાં 300 ચિત્ર સંગ્રહી શકાય છે.

3.હોલોગ્રામમાં રેકોર્ડ થયેલ પેટર્ન વ્યતિકરણ શલાકાઓ છે. જે સાપેક્ષ તરંગોનો ઉપયોગ કરેલ છે. તેથી સાપેક્ષ તરંગોની મદદથી ચિત્રનું પુનઃ નિર્માણ કરી શકાય છે. જ્યારે ફોટોગ્રાફને કોઇ આપેક્ષ તરંગોની જરૂર પડતી નથી.

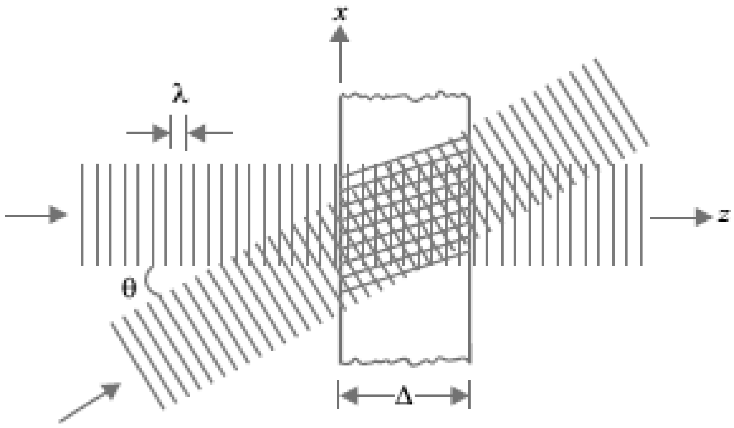
4.હોલોગ્રામમાંથી ચિત્રનું પુનઃનિર્માણ કોઇપણ તરંગ લંબાઇના સાપેક્ષ તરંગોથી કરી શકાય છે. જો પુનઃનિર્માણ માટેના તરંગોની તરંગલંબાઇ λ સાપેક્ષ તરંગોની તરંગલંબાઇ λ_0 કરતા મોટી હોય તો ચિત્ર મોટું મળે છે.અહીં વસ્તુ ચિત્રની સાઇઝ તરંગ લંબાઇઓના ગુણોંતર પર આધાર રાખે છે.

12.હોલોગ્રામનું વર્ગીકરણ(Classification of Hologram):

હોલોગ્રામને તેમની જાડાઈ, રેકોર્ડિંગની પદ્ધતિ, પુનર્નિર્માણની પદ્ધતિ વગેરેના આધારે વિવિધ રીતે વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

i. **પાતળા હોલોગ્રામ અથવા પ્લેન હોલોગ્રામ(Thin Hologram or Plane Hologram)**

હોલોગ્રામ પાતળા (પ્લેન) અથવા જાડા(વોલ્યુમ) હોઈ શકે છે. (આકૃતિ-6 જુઓ).



આકૃતિ-6

હોલોગ્રામને પાતળો ગણવામાં આવી શકે છે જો તેની ઇમલ્શન જાડાઈ ફ્રિન્જ સ્પેસિંગ કરતા ઘણી ઓછી હોય. નહિંતર તેને જાડા હોલોગ્રામ કહેવામાં આવે છે. જાડા હોલોગ્રામ તેને વોલ્યુમ હોલોગ્રામ તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે.પાતળા હોલોગ્રામ અનેક ક્રમ ઉત્પન્ન કરે છે (i) શૂન્ય ક્રમ જે સીધો પ્રસારિત સંદર્ભ બીમ છે, (ii) પ્રથમ ક્રમનું વિવર્તન જે વર્ચ્યુઅલ છબી ઉત્પન્ન કરે છે , (iii) પ્રથમ ક્રમનું વિવર્તન જે સંયોજક છબી ઉત્પન્ન કરતા પ્રથમ ક્રમની તીવ્રતામાં સમાન છે અને (iv) ઘટતી તીવ્રતાના ઉચ્ચ ક્રમ.

ii. **વોલ્યુમ હોલોગ્રામ(Volume Hologram):**

૧૯૬૨ માં યુરી ડેનિસ્યુકે લિપમેન રંગીન ફોટોગ્રાફી જેવી પ્રક્રિયાનો ઉપયોગ કર્યો. આ પદ્ધતિમાં વસ્તુ તરંગ પદાર્થમાંથી પ્રતિબિંબિત થાય છે અને પાછળની તરફ ફેલાય છે અને આવનારા સંદર્ભ તરંગને ઓવરલેપ કરે છે. બે તરંગો સ્થાયી તરંગ પેટર્ન બનાવે છે. ફોટોનું મિશ્રણ દ્વારા કિનારીઓ તેની સમગ્ર જાડાઈમાં રેકોર્ડ કરવામાં આવે છે જેથી વોલ્યુમ હોલોગ્રામ બને. હોલોગ્રામને ત્રિ-પરિમાણીય જાળી તરીકે ગણી શકાય. વોલ્યુમ હોલોગ્રામમાં તરંગલંબાઇ અને જુદા જુદા ખૂણાનો પરસ્પર નિર્ભરતા હોય છે , કારણ કે સ્કેટરિંગ બ્રેગના નિયમ, $2d\sin\theta = m\lambda$ ને અનુસરે છે. તેથી , ઘટના કોણ અથવા તરંગલંબાઇનેક્રમિક રીતે બદલીને , સંખ્યાબંધ હોલોગ્રામને માધ્યમમાં સંગ્રહિત કરી શકાય છે. વિવિધ અને પરસ્પર અસંગત લેસર બીમનો ઉપયોગ પદાર્થના વિવિધ ઘટક હોલોગ્રામ બનાવવા માટે થઈ શકે છે અને જ્યારે તે પ્રકાશિત થાય છે, ત્યારે બહુરંગી છબી જોવા મળે છે. બ્રેગ સ્થિતિનું પરિણામ એ છે કે જો પુનર્નિર્માણ બીમ સંદર્ભ બીમ સાથે બરાબર મેળ ખાય છે, તો વોલ્યુમ હોલોગ્રામ ઑબ્જેક્ટની મૂળ સ્થિતિ પર વર્ચ્યુઅલ છબીનું પુનર્નિર્માણ કરે છે. જો કે, સંયોજક છબી અને ઉચ્ચ ક્રમના વિવર્તનો ગેરહાજર છે.

iii. **કંપનવિસ્તાર અને તબક્કો હોલોગ્રામ(Amplitude and Phase Holograms)**

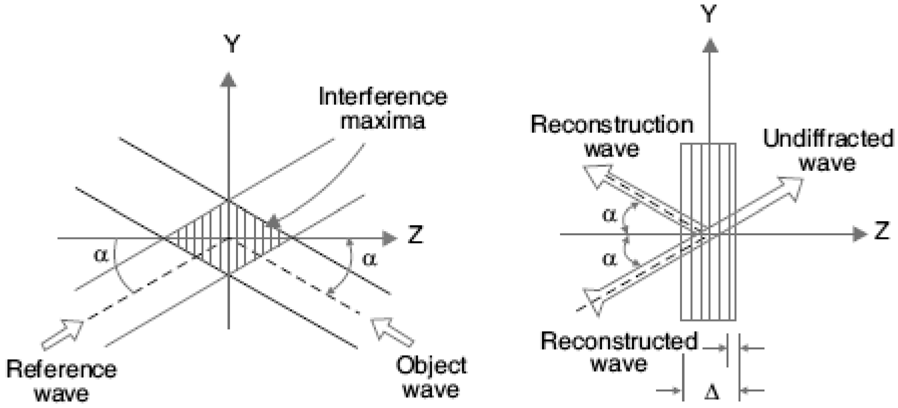
ફોટોગ્રાફિક ઇમ્યુલેશન (મિશ્રણ)માં રેકોર્ડ કરાયેલા હોલોગ્રામ પ્રકાશ તરંગના કંપનવિસ્તાર અને તબક્કા બંનેમાં ફેરફાર કરે છે. રેકોર્ડ કરાયેલા ફ્રિન્જ પ્લેનનો આકાર દખલ કરતા બીમના સંબંધિત તબક્કા પર આધાર રાખે છે. પરિણામે , પુનઃનિર્મિત તરંગ હોલોગ્રામમાંથી પદાર્થ તરંગના કંપનવિસ્તારના પ્રમાણસર કંપનવિસ્તાર ભિન્નતા સાથે જમા થયેલ ચાંદીની ઘનતા અનુસાર પ્રતિબિંબિત થાય છે. તેવી જ રીતે પુનઃનિર્માણ તરંગનો તબક્કો પદાર્થ તરંગના તબક્કાના પ્રમાણમાં મોડ્યુલેટ થાય છે. આમ પદાર્થ તરંગના કંપનવિસ્તાર અને તબક્કા બંનેનું પુનઃઉત્પાદન થાય છે. શોષણ પ્રકારનો હોલોગ્રામ પુનર્નિર્માણ બીમના કંપનવિસ્તારમાં ફેરફાર ઉત્પન્ન કરે છે.ફેઝ પ્રકારનો હોલોગ્રામ માધ્યમના રીફ્રેક્ટિવ ઇન્ડેક્સ(વક્રીભવનાંક) અથવા જાડાઈમાં ફેરફારને કારણે પુનર્નિર્માણ બીમમાં તબક્કા ફેરફારો ઉત્પન્ન કરે છે. કંપનવિસ્તાર હોલોગ્રામ કરતાં ફેઝ હોલોગ્રામનો ફાયદો એ છે કે હોલોગ્રામ માધ્યમમાં કોઈ ઊર્જા વિખેરાઈ જતી નથી અને તેમાં ઉચ્ચ વિવર્તન કાર્યક્ષમતા હોય છે.

iv. **ટ્રાન્સમિશન હોલોગ્રામ (Transmission Holograms)**

ટ્રાન્સમિટિંગ હોલોગ્રામ તૈયાર કરવા માટે, રેફરન્સ બીમ અને ઑબ્જેક્ટ બીમ બંને રેકોર્ડિંગ માધ્યમની એક જ બાજુથી બને છે, જેમ કે આકૃતિ-7માં બતાવ્યા પ્રમાણે. આ બે બીમ હસ્તક્ષેપ પેટર્ન બનાવે છે અને મહતમ વચ્ચેનું અંતર આના દ્વારા આપવામાં આવે છે.

$\Lambda = \frac{\lambda}{2n\ \mathrm{Sin}\ \alpha}$ ---------(9)

જ્યાં n એ રેકોર્ડિંગ માધ્યમના વક્રીભવન સૂચકાંક છે અને α આકૃતિમાં બતાવેલ કોણ છે.



આકૃતિ-7

પુનર્નિર્માણ પ્રક્રિયામાં , હસ્તક્ષેપ ફ્રિન્જ ઘટનાના પ્રતિબિંબ સ્તરો સંદર્ભ તરંગ તરીકે કાર્ય કરે છે. આ પરાવર્તિત સ્તરો હોલોગ્રામના સમતલ પર લંબરૂપ હોય છે. ઘટના પુનર્નિર્માણ તરંગ હોલોગ્રામની બીજી બાજુ તરફ પ્રતિબિંબિત થાય છે. પુનઃનિર્મિત બીમ એવું દેખાય છે કે જાણે બીમ હોલોગ્રામ દ્વારા પ્રસારિત થઈ રહ્યો હોય.

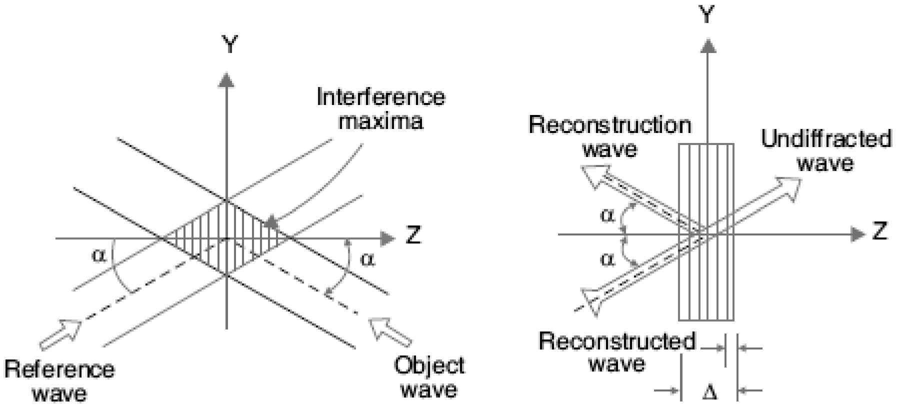
v. **પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામ (Reflection Holograms):**

પ્રસારણ અને પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામ વચ્ચેનો તફાવત સંદર્ભ અને પદાર્થ બીમ વચ્ચેના ખૂણાને કારણે છે. પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામના કિસ્સામાં, પદાર્થ બીમ સંદર્ભ બીમના સંદર્ભમાં લગભગ 180° પર રજૂ કરવામાં આવે છે. વધુમાં, પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામ ઘણીવાર ટ્રાન્સમિશન હોલોગ્રામ કરતાં જાડા હોય છે. હસ્તક્ષેપ ફ્રિન્જ રેકોર્ડ કરવા માટે વધુ ભૌતિક જગ્યા હોય છે.દખલ પેટર્નમાંદ્વારા આપવામાં આવેલા અંતર પર ઊભી પટ્ટાઓનો સમાવેશ થાય છે(આકૃતિ-8)

$\Lambda = \frac{\lambda}{2n\ \mathrm{Sin}\ \alpha}$ ---------(10)

રેકોર્ડિંગ માધ્યમમાં બનેલા પ્રતિબિંબ સ્તરો હોલોગ્રામની સપાટીની સમાંતર હોય છે.આ રીતે બનેલા હોલોગ્રામમાં ખૂબજ સ્તરો હોય છે જે ફક્ત અડધા તરંગલંબાઇ જેટલા ઊંડા હોય છે. પુનર્નિર્માણ પ્રક્રિયામાં , કેટલાક પ્રકાશ પ્રકાશ સ્ત્રોત તરફ પાછા પ્રતિબિંબિત થાય છે , અને કેટલાક આગામી સ્તર પર ચાલુ રહે છે , જ્યાં પ્રક્રિયા પુનરાવર્તિત થાય છે. દરેક સ્તરમાંથી પ્રકાશ તેના ઉપરના સ્તરોમાં પ્રકાશમાં દખલ કરે છે. આને બ્રેગ અસર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે , અને તે પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામમાં પદાર્થ બીમના પુનર્નિર્માણનો

એક આવશ્યક ભાગ છે. પુનર્નિર્મિત તરંગ હોલોગ્રામની એક જ બાજુ પર હોય છે અને આમ એવું લાગે છે કે પ્રકાશ હોલોગ્રામમાંથી પ્રતિબિંબિત થઈ રહ્યો છે.



આકૃતિ-8

બ્રેગ અસર હોલોગ્રામ પ્રકાશને પ્રતિબિંબિત કરવાની રીતને પણ બદલી શકે છે , ખાસ કરીને હોલોગ્રામમાં - જેને સફેદ પ્રકાશમાં જોઈ શકાય છે. જુદા જુદા જોવાના ખૂણા પર, બ્રેગ અસર-પ્રકાશની વિવિધ તરંગલંબાઇ માટે અલગ હોઈ શકે છે. આનો અર્થ એ છે કે તમે હોલોગ્રામને એક ખૂણાથી એક રંગ અને બીજા ખૂણાથી બીજા રંગ તરીકે જોઈ શકો છો. બ્રેગ અસર પણ એક કારણ છે કે મોટાભાગના ભલે તે લાલ લેસરથી બનાવવામાં આવ્યા હોય -નવીનતા હોલોગ્રામ લીલા દેખાય છે ,પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામ વધુ ઉપયોગી છે કારણ કે પુનર્નિર્માણ માટે લેસરની જરૂર નથી. તેમને -સફેદ પ્રકાશમાં જોઈ શકાય છે.

vi. **સફેદ-પ્રકાશ પ્રતિબિંબ હોલોગ્રાફી(White Light Reflection Holography):**

આ પદ્ધતિ સ્ટ્રોક અને લેબેરી દ્વારા વિકસાવવામાં આવી છે. આ યોજનામાં , હોલોગ્રામ -સુસંગત પ્રકાશનો ઉપયોગ કરીને ઉત્પન્ન થાય છે પરંતુ પુનર્નિર્માણ પ્રક્રિયામાં-મૂળ સુસંગત તરંગો જેવા તરંગ-ફ્રન્ટ ધરાવતો એક સામાન્ય સફેદ-પ્રકાશ બીમનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વિવિધ તરંગલંબાઇ પર સુસંગત સ્ત્રોતોનો ઉપયોગ કરીને, ઘણા હોલોગ્રામ એક જ ફિલ્મમાં સંગ્રહિત થાય છે. જ્યારે હોલોગ્રામ સામાન્ય સફેદ -પ્રકાશ દ્વારા પ્રકાશિત થાય છે, ત્યારે પ્રતિબિંબમાં બહુરંગી ચિત્ર દેખાય છે.

vii. **રંગીન હોલોગ્રાફી(Colour Holography)**

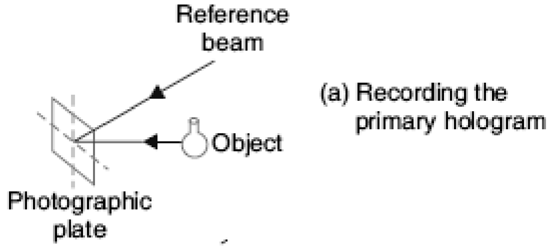
રંગીન હોલોગ્રામ મૂળભૂત રીતે બહુવિધ હોલોગ્રામ છે જે બહુરંગી ચિત્રો ઉત્પન્ન કરે છે. તેમને ત્રણ તરંગલંબાઇ સાથે રેકોર્ડ કરી શકાય છે. જ્યારે રેકોર્ડિંગ તરંગલંબાઇ સાથે પુનઃનિર્માણ કરવામાં આવે છે.હોલોગ્રામ ત્રણ રંગોમાં ઓવરલેપિંગ ચિત્રો ઉત્પન્ન કરે છે જે બહુરંગી ચિત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. પુનઃનિર્માણ કરેલી ચિત્રનું વર્તન હોલોગ્રામ પાતળા માધ્યમમાં રેકોર્ડ કરવામાં આવ્યું છે કે જાડા માધ્યમમાં તેના પર

આધાર રાખે છે. પાતળા રેકોર્ડિંગ માધ્યમમાં રેકોર્ડ કરાયેલ રંગ હોલોગ્રામ ક્રોસ-ટોકથી પીડાય છે.વોલ્યુમ હોલોગ્રામ બ્રેગ અસરનો ઉપયોગ કરીને ક્રોસ-ટોક ચિત્રોને અસરકારક રીતે દૂર કરે છે. ટ્રાન્સમિશન અને પ્રતિબિંબ વોલ્યુમ રંગ હોલોગ્રામ બંને જાડા માધ્યમમાં રેકોર્ડ કરી શકાય છે. ટ્રાન્સમિશન વોલ્યુમ હોલોગ્રામને રેકોર્ડ કરવા માટે ઉપયોગમાં લેવાતા લેસર બીમ સાથે પુનઃનિર્માણ કરવામાં આવે છે , જ્યારે વોલ્યુમ રંગ પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામ તેમની અંતર્ગત તરંગલંબાઇ ભેદભાવ ક્ષમતાને કારણે સફેદ પ્રકાશ સાથે પુનઃનિર્માણ કરવામાં આવે છે.

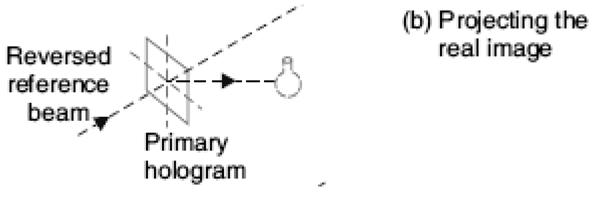
viii. **મેઘધનુષ હોલોગ્રામ(Rainbow Holograms):**

રેઈન્બો હોલોગ્રામ એ એક નવા પ્રકારનો ટ્રાન્સમિશન હોલોગ્રામ છે જે સફેદ પ્રકાશમાં જોવામાં આવે ત્યારે તેજસ્વી,તીક્ષ્ણ અને મોનોક્રોમેટિક ચિત્રને પુનઃનિર્માણ કરવામાં સક્ષમ છે. તે ડબલ હોલોગ્રાફિક પ્રક્રિયા દ્વારા બનાવવામાં આવે છે જ્યાં ટ્રાન્સમિશન હોલોગ્રામ જેવા સામાન્ય હોલોગ્રામનો ઉપયોગ પદાર્થ તરીકે થાય છે અને બીજો હોલોગ્રામ એક ચીરો દ્વારા બનાવવામાં આવે છે. આડી ચીરો પ્રથમ ચિત્રના ઊભી પરિપ્રેક્ષ્યને મર્યાદિત કરે છે જેથી પરિણામી મેઘધનુષ હોલોગ્રામમાં કોઈ ઊભી લંબન ન રહે. આ ચીરો પ્રક્રિયા જોવાના પ્રકાશ પર સુસંગતતાની જરૂરિયાતને દૂર કરે છે જેથી ચિત્રના ત્રિ-પરિમાણીય પાત્રને જાળવી રાખીને , સામાન્ય રૂમના પ્રકાશમાંથી મેળવેલી તેજનો સંપૂર્ણ લાભ લઈ શકાય. હોલોગ્રામને યોગ્ય સપાટી પર જોવામાં આવે ત્યારે સાચા રંગની હોલોગ્રામ ચિત્ર જોઈ શકાય છે. જો દર્શક આ સપાટી પરથી ખસે છે , તો પણ રંગના વિવિધ શેડ્સ જોઈ શકાય છે , પરંતુ રંગ મૂળ વસ્તુ કરતા અલગ હશે. મેઘધનુષ હોલોગ્રામ બનાવવા માટેના પગલાં આકૃતિ માં બતાવવામાં આવ્યા છે.

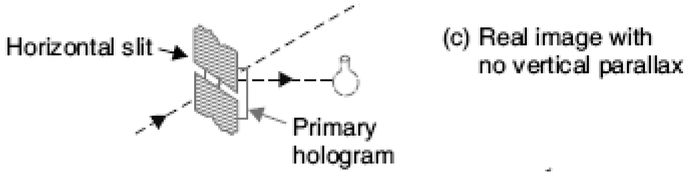
(a) પહેલા વસ્તુનો પરંપરાગત ટ્રાન્સમિશન હોલોગ્રામ બનાવવામાં આવે છે.



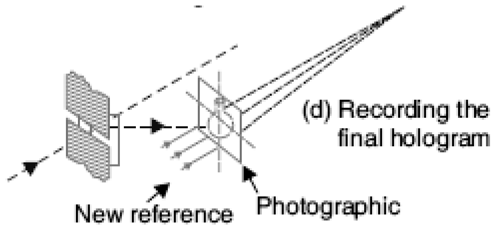
(b) પછી હોલોગ્રામ મૂળ સંદર્ભ બીમના સંયોજક દ્વારા પ્રકાશિત થાય છે. તે એક વિચલિત તરંગ ઉત્પન્ન કરે છે, જે પદાર્થની વાસ્તવિક ચિત્ર છે.



(c) ઊભી લંબન દૂર કરવા માટે પ્રાથમિક હોલોગ્રામ પર એક આડી ચીરો મૂકવામાં આવે છે.

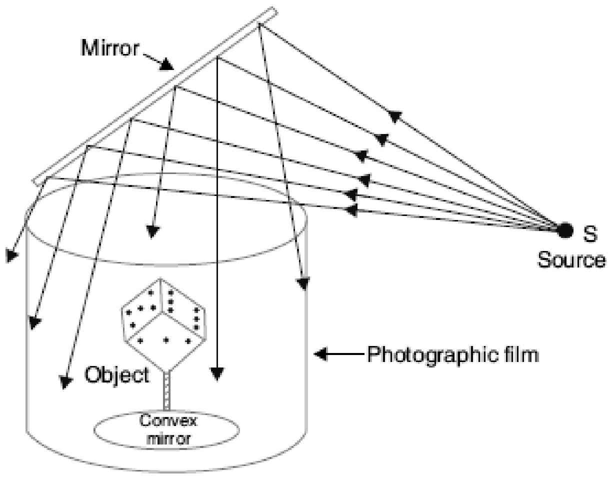


(d) બીજો અને અંતિમ હોલોગ્રામ નોંધવામાં આવે છે જેનો ઉપયોગ પદાર્થના પુનર્નિર્માણ માટે થાય છે.



ix. **૩૬૦° હોલોગ્રામ(360° Holograms):**

આ પ્રકારનો હોલોગ્રામ ૩૬૦ ° ગોળાકાર ફિલ્મ પર બનાવવામાં આવે છે. હોલોગ્રાફ કરવા માટે વસ્તુની આસપાસ નળાકાર સપાટી પર ફોટોગ્રાફિક ફિલ્મ લગાવવામાં આવે છે. ઉપરથી વસ્તુ પર એક અલગ લેસર બીમ બનાવાય છે (આકૃતિ -9). તળિયે એક બહિર્મુખ અરીસો વસ્તુને પ્રકાશિત કરે છે.જ્યારે નળાકાર હોલોગ્રામ પ્રકાશિત થાય છે, ત્યારે આભાસી ચિત્ર સિલિન્ડરના કેન્દ્રમાં જોવા મળે છે અને તેને બધી બાજુથી જોઈ શકાય છે.

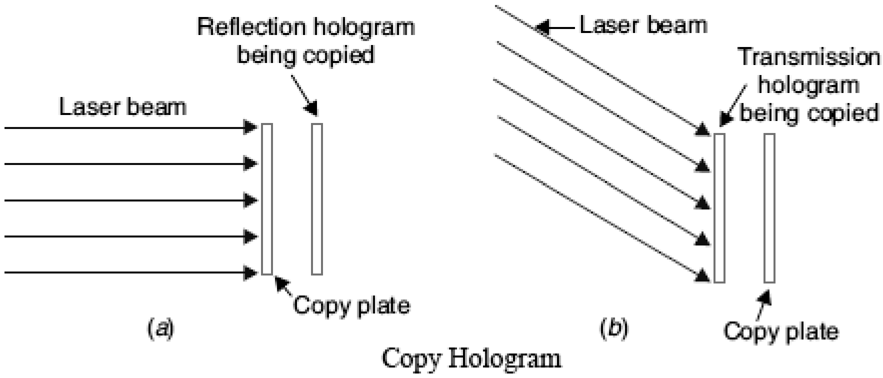


આકૃતિ-9

x. **હોલોગ્રામની નકલ કરવી(Copying Holograms):**

ઘણા વાણિજ્યિક ઉત્પાદનોમાં ઉત્પાદકની ઓળખ અને અધિકૃતતાના ચિહ્ન તરીકે હોલોગ્રાફિક લોગો અને ટ્રેડ માર્ક હોય છે. તેને હોલોગ્રામના જથ્થાબંધ ઉત્પાદનની જરૂર પડે છે. મૂળ માસ્ટર હોલોગ્રામની મોટી સંખ્યામાં

નકલો વિવિધ રીતે બનાવી શકાય છે.માસ્ટર હોલોગ્રામમાંથી પ્રતિબિંબિત અથવા પ્રસારિત પ્રકાશ અને કોપી પ્લેટ પર દખલ કરવા માટે સીધો બીમ બનાવવામાં આવે છે (આકૃતિ-10).



આકૃતિ-10

આના પરિણામે કોપી હોલોગ્રામ બને છે. આ રીતે ઉત્તમ નકલો બનાવી શકાય છે.વૈકલ્પિક રીતે , નકલો બનાવવા માટે એમ્બોસિંગ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિમાં ફેઝ હોલોગ્રામનો ઉપયોગ થાય છે જ્યાં ઇમલ્શનની જાડાઈ બદલાય છે. આ માસ્ટર હોલોગ્રામમાં સપાટી પર રાહત માળખું હોય છે જે ધાતુકૃત હોય છે. ધાતુકૃત હોલોગ્રામનો ઉપયોગ પ્લાસ્ટિકની પાતળા શીટ્સ પર પેટર્નને છાપવા માટે થાય છે.

13.એપ્લિકેશન્સ(Applications):

વિવિધ ક્ષેત્રોમાં વ્યાપક શ્રેણીના એપ્લિકેશન્સ માટે હોલોગ્રાફીનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. અહીં બધાનું વર્ણન કરવું શક્ય નથી. અહીં ફક્ત કેટલાક લાક્ષણિક એપ્લિકેશન્સની ચર્ચા કરવામાં આવી છે.

૧. **સુરક્ષા(Security)**: હોલોગ્રામના ઉપયોગ માટેના સૌથી લોકપ્રિય ક્ષેત્રોમાંનું એક સુરક્ષા અને ઉત્પાદન પ્રમાણીકરણ છે. હોલોગ્રામની હાજરી આ વસ્તુઓની અધિકૃતતા દર્શાવે છે. તેઓ નકલી બનાવવા માટે એક શક્તિશાળી અવરોધ પૂરો પાડે છે. દસ્તાવેજોમાં ઉમેરવામાં આવે ત્યારે સુરક્ષા હોલોગ્રામ અજોડ સાબિત થયા છે, નકલ વિરોધી, ચેડા-પ્રૂફિંગ, કસ્ટમાઇઝિંગ ટિકિટ સુરક્ષા, ક્રેડિટ અને ફોન કાર્ડ્સ, ડ્રાઇવિંગ લાઇસન્સ સહિત ઓળખ દસ્તાવેજો વગેરે.

૨. **ત્રિ-પરિમાણીય ફોટોગ્રાફી (Three dimensional photography)**: હોલોગ્રાફીના સૌથી સ્પષ્ટ ઉપયોગોમાંનો એક છે ત્રિ-પરિમાણીય ફોટોગ્રાફનું ઉત્પાદન, જેમાં ચિત્રમાં રેકોર્ડ કરાયેલ પદાર્થના દરેક બિંદુનું અંતર અને દિશા છે.

૩. **માઇક્રોસ્કોપી(Microscopy)**: હોલોગ્રાફીનો ઉપયોગ માઇક્રોસ્કોપીની તકનીકોમાં કરી શકાય છે. જો નાની તરંગલંબાઇના પ્રકાશ સાથે રેકોર્ડિંગ કરવામાં આવે અને લાંબી તરંગલંબાઇના પ્રકાશ સાથે પુનર્નિર્માણ

કરવામાં આવે તો પદાર્થની વિસ્તૃત છબી મેળવવાનું શક્ય છે. પદાર્થમાં નાના વિસ્તારોની વધુ વિગતવાર તપાસ કરી શકાય છે. આમાં રક્તકણો, એમોઇબા, કેન્સરગ્રસ્ત પેશીઓ વગેરે જેવા સૂક્ષ્મ પદાર્થોનું અવલોકન કરવાની મોટી ક્ષમતા છે.

4. **પાત્ર ઓળખ (Character recognition)**: હોલોગ્રાફીનો ઉપયોગ પાત્ર ઓળખ માટે પણ થઈ શકે છે. પદાર્થમાંથી જટિલ તરંગ આગળનો ભાગ હોલોગ્રામમાંથી સંદર્ભ બીમના સરળ તરંગ આગળના ભાગ દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે. આ પ્રક્રિયા ઉલટાવી શકાય તેવી છે જેથી પદાર્થ તરંગ દ્વારા સંદર્ભ તરંગ ઉત્પન્ન કરી શકાય. આ સિદ્ધાંત હોલોગ્રાફિક પેટર્ન ઓળખનો આધાર બનાવે છે. આનો ઉપયોગ ફિંગરપ્રિન્ટ્સ વગેરે ઓળખવા માટે થઈ શકે છે.

૫. **ડેટા સ્ટોરેજ (Data Storage)**: હોલોગ્રામનો ઉપયોગ ડેટા સ્ટોરેજ ડિવાઇસ માટે પણ થઈ શકે છે અને તેથી તેનો કમ્પ્યુટર ટેકનોલોજીમાં ઘણો ઉપયોગ થાય છે. 10^{12} અક્ષરો/અંક જેવી મોટી માત્રામાં માહિતી એક ઘન સેમી વોલ્યુમ હોલોગ્રામમાં સંગ્રહિત કરી શકાય છે. આ યાદોનું આયુષ્ય લાંબુ હોય છે કારણ કે હોલોગ્રામના ભાગમાં નાના યાંત્રિક નુકસાનથી સંગ્રહિત માહિતી ભૂંસી શકાતી નથી.

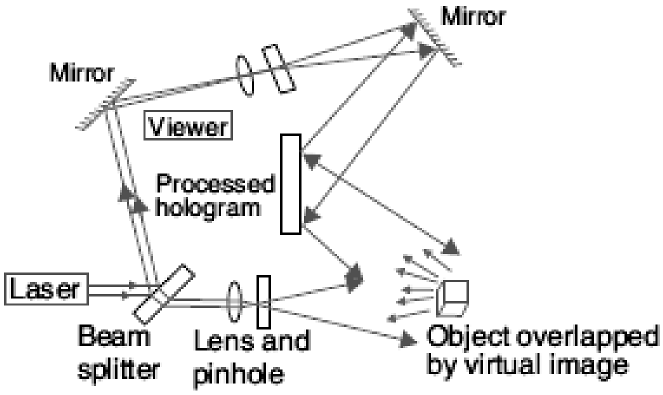
૬. **ફોટોલિથોગ્રાફી(Photolithography)**: હોલોગ્રાફીનો ઉપયોગ માઇક્રોઇલેક્ટ્રોનિક સર્કિટ બનાવવા માટે ઉપયોગમાં લેવાતા ફોટોગ્રાફિક માસ્કના ઉત્પાદનમાં થાય છે.

૭. **હોલોગ્રાફિક પ્રોજેક્શન (Holographic projection)**નો ઉપયોગ વિમાન કોકપીટમાં પાઇલટની આંખના સ્તરે ફ્લાઇટ માહિતી પ્રદર્શિત કરવા માટે થાય છે.

૮.**હોલોગ્રાફિક ઇન્ટરફેરોમેટ્રી(Holographic interferometry)**: હોલોગ્રાફીના સૌથી મહત્વપૂર્ણ ઉપયોગોમાંનો એક ઇન્ટરફેરોમેટ્રીમાં થયો છે. હોલોગ્રાફિક ઇન્ટરફેરોમેટ્રી એ એક ઓપ્ટિકલ તકનીક છે જે અંધારાવાળા વાતાવરણમાં નાના વિકૃતિઓ (૨૦૦ nm થી ૧૦૦ μm) વસ્તુઓને વિઝ્યુઅલાઈઝ કરે છે. તે વસ્તુઓ પર લાગુ થાય છે, જે કંપન-મુક્ત સેટ-અપમાં મૂકવામાં આવે છે.

હોલોગ્રાફિક ઇન્ટરફેરોમેટ્રીનો ઉપયોગ વાઇબ્રેશનલ વિશ્લેષણ, સ્ટ્રક્ચરલ વિશ્લેષણ, સ્ટ્રેસ અને સ્ટ્રેન મૂલ્યાંકન વગેરેમાં થાય છે. હોલોગ્રાફિક ઇન્ટરફેરોમેટ્રીની ત્રણ મૂળભૂત પદ્ધતિઓ છે. તેમને રીઅલ ટાઇમ , મલ્ટીએક્સપોઝર અને ટાઇમ-એવરેજ હોલોગ્રાફી તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

રીઅલ ટાઇમ હોલોગ્રાફી કોઈ વસ્તુમાં થતા નાના ફેરફારોની અસરોને તાત્કાલિક અવલોકન કરવાની મંજૂરી આપે છે કારણ કે તે તણાવને અસર કરે છે. આ પદ્ધતિમાં , પહેલા અવિચલિત પદાર્થનો હોલોગ્રામ મેળવવામાં આવે છે.વસ્તુનો આ હોલોગ્રામ થોડા નાના તણાવને આધિન પદાર્થ પર સુપરઇમ્પોઝ કરવામાં આવે છે (આકૃતિ-11). ફ્રિન્જ પેટર્ન તરીકે દેખાતી વિકૃતિઓનું વિશ્લેષણ કરવામાં આવે છે.



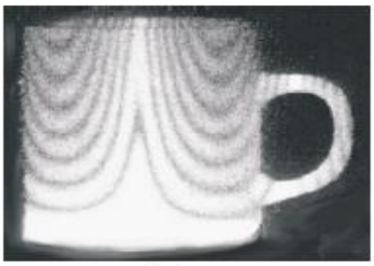
Copy Hologram

આકૃતિ-11

મલ્ટિએક્સપોઝર હોલોગ્રાફી બે અથવા ક્યારેકવધુ એક્સપોઝર. પ્રથમ એક્સપોઝર પદાર્થને અવ્યવસ્થિત સ્થિતિમાં બતાવે છે. ત્યારબાદના એક્સપોઝર એક જ છબી પર બનાવવામાં આવે છે જ્યારે પદાર્થ કેટલાક તણાવને આધિન હોય છે. પરિણામી ચિત્ર બે સ્થિતિઓ વચ્ચેનો તફાવત દર્શાવે છે.(આકૃતિ-12)

જે તકનીકમાં બે એક્સપોઝર કરવામાં આવે છે તેને ડબલ એક્સપોઝર હોલોગ્રાફિક ઇન્ટરફેરોમેટ્રી તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આ તકનીકમાં , અવ્યવસ્થિત પદાર્થનો હોલોગ્રામ પ્રથમ ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર સંદર્ભ તરંગના સંપર્ક સાથે રેકોર્ડ કરવામાં આવે છે. પછી , હોલોગ્રામ દૂર કરવામાં આવે અથવા વિકસિત થાય તે પહેલાં, પદાર્થને તણાવ આપવામાં આવે છે અને તે જ સંદર્ભ તરંગ સાથે બીજા એક્સપોઝર દ્વારા તે જ ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર રેકોર્ડ કરવામાં આવે છે. આ ડબલ એક્સપોઝર પછી , હોલોગ્રામ વિકસાવવામાં આવે છે.

જો હોલોગ્રામ હવે પુનર્નિર્માણ તરંગ દ્વારા પ્રકાશિત થાય છે , તો હોલોગ્રામમાંથી બે પદાર્થ તરંગો ઉદ્ભવશે - એક તણાવ વિનાના પદાર્થને અનુરૂપ અને બીજો તણાવયુક્ત પદાર્થને અનુરૂપ. આ બે પદાર્થ તરંગો દખલગીરી પેટર્ન ઉત્પન્ન કરવા માટે દખલ કરે છે. આમ હોલોગ્રામ દ્વારા જોવા પર , સપાટીની અનિયમિતતાને કારણે થતા હસ્તક્ષેપ ફ્રિન્જ્સ દ્વારા આવરી લેવામાં આવેલી વસ્તુ તેમજ સપાટી જોઈ શકાય છે. આ ફ્રિન્જ્સ પદાર્થમાં તાણનું વિતરણ દર્શાવે છે.



(a)

(b)

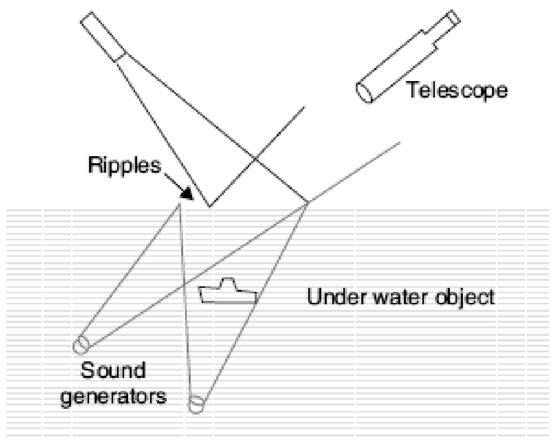
The Zebra-like pattern of fringes on (a) a vibrating coffee cup (b) on a violin shows the nodal pattern of vibrations.

આકૃતિ-12

ત્રીજી તકનીકને સમય - સરેરાશ હોલોગ્રાફિક ઇન્ટરફેરોમેટ્રી તરીકે ઓળખવામાં આવે છે જેનો ઉપયોગ કંપનશીલ પદાર્થોના અભ્યાસમાં થાય છે. આ તકનીકમાં, કંપનશીલ પદાર્થનો હોલોગ્રામ ફોટોગ્રાફિક પ્લેટને સંદર્ભ તરંગ સામે ખુલ્લા પાડીને તૈયાર કરવામાં આવે છે , જેથી તે સમય દરમિયાન કંપનશીલ પદાર્થ અનેક ઓસિલેશનમાંથી પસાર થાય. પરિણામી હોલોગ્રામમાં પદાર્થના કંપનની ક્રમિક સ્થિતિઓને અનુરૂપ ચિત્રોની સંખ્યાના સુપરપોઝિશનને કારણે સ્થાયી તરંગ પેટર્ન હોય છે. હોલોગ્રામમાં તેજસ્વી વિસ્તારો અપ્રભાવિત પ્રદેશોને અનુરૂપ છે જ્યારે બધીજ રેખાઓ કંપનના સતત કંપનના ક્ષેત્રો સૂચવે છે.
આ તકનીક કોઈપણ કંપન પ્રણાલી અથવા મશીનના કંપનશીલ ઘટકના કંપન વિશ્લેષણમાં ખૂબ ઉપયોગી છે.આજકાલ, ઉપરોક્ત તકનીકોનો ઉપયોગ બિન-વિનાશક પરીક્ષણમાં વ્યાપકપણે થાય છે. જોકે હોલોગ્રાફી ઘણી સમસ્યાઓ હલ કરી શકે છે, તે હજુ પણ પ્રમાણમાં ખર્ચાળ પ્રક્રિયા છે.

9. **ધ્વનિ હોલોગ્રાફી(Acoustical Holography):**

સુસંગત ધ્વનિ તરંગો ઉત્પન્ન કરવાનું સરળ છે. તેથી , શરૂઆતમાં અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોનો ઉપયોગ કરીને હોલોગ્રામ બનાવી શકાય છે અને પછી દ્રશ્ય ચિત્રના પુનર્નિર્માણ માટે દૃશ્યમાન પ્રકાશનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. પ્રકાશ તરંગો ગાઢ પ્રવાહી અને ઘન પદાર્થોમાં નોંધપાત્ર અંતર સુધી પ્રસારિત થઈ શકતા નથી જ્યારે ધ્વનિ તરંગો તેમના દ્વારા પ્રસારિત થઈ શકે છે. તેથી , અપારદર્શક પદાર્થનો ત્રિ-પરિમાણીય ધ્વનિ હોલોગ્રામ બનાવી શકાય છે. દૃશ્યમાન પ્રકાશમાં આવા હોલોગ્રામને જોઈને પદાર્થની આંતરિક રચના અવલોકન કરી શકાય છે. આવી તકનીકો દવા અને ટેકનોલોજીના ક્ષેત્રોમાં ખૂબ ઉપયોગી થશે. એક તકનીકમાં, બે ડૂબી ગયેલા સુસંગત ધ્વનિ તરંગ જનરેટર પદાર્થ દ્વારા વિખેરાયેલા સંદર્ભ અને સંકેત તરંગોનું ઉત્સર્જન કરે છે (આકૃતિ-13).



આકૃતિ-13

પાણીની શાંત સપાટી પર, આ બે યોગદાનલહેરો. લહેરો પેટર્ન એ હોલોગ્રામ છે. પેટર્નનો ફોટોગ્રાફ લેવામાં આવે છે અને જ્યારે જરૂર પડે ત્યારે પુનઃનિર્માણ કરવામાં આવે છે. ધ્વનિ તરંગો ઘન અને પ્રવાહી પદાર્થો દ્વારા ફેલાય છે , તેથી એકોસ્ટિકલ હોલોગ્રાફી પાણીની અંદરની સબમરીન વગેરે શોધવા અને શરીરના આંતરિક અવયવોના અભ્યાસમાં ફાયદાકારક છે.

10. હોલોગ્રાફિક ઓપ્ટિકલ તત્વો(Holographic optical elements):

પરંપરાગત ઓપ્ટિકલ તત્વો રીફ્રેક્શનના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. ડિફ્રેક્ટિવ ઓપ્ટિકલ તત્વ (DOE) ડિફ્રેક્શનના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. DOEs ગ્રેટિંગ્સ, લેન્સ અથવા અન્ય કોઈપણ પ્રકારના ઓપ્ટિકલ તત્વ તરીકે કાર્ય કરી શકે છે. મોટા ઓપ્ટિકલ છિદ્રો , હલકો અને ઓછો ખર્ચ DOEs ની મુખ્ય લાક્ષણિકતાઓ છે. તેઓ અનન્ય ઓપ્ટિકલ ગુણધર્મો પ્રદાન કરી શકે છે જે પરંપરાગત ઓપ્ટિકલ તત્વો સાથે શક્ય નથી. તેઓ એલ્યુમિનિયમ, સિલિકોન, સિલિકા, પ્લાસ્ટિક વગેરે જેવી સામગ્રીની વિશાળ શ્રેણીમાં બનાવી શકાય છે જે વપરાશકર્તાને ચોક્કસ એપ્લિકેશન માટે સામગ્રી પસંદ કરવામાં વધુ સુગમતા પ્રદાન કરે છે. DOEs નો ઉપયોગ વધુ વિશિષ્ટ કાર્યો કરવા માટે થઈ શકે છે , જેમ કે કારના પેનલ સાધનોને વધુ સલામતી માટે વિન્ડશિલ્ડમાં દૃશ્યમાન બનાવવા.DOE ની કેટલીક મહત્વપૂર્ણ વિશેષતાઓ નીચે મુજબ છે.

• ઘણા જુદા જુદા ઓપ્ટિકલ તત્વો એકબીજા સાથે દખલ કર્યા વિના એક જ સબસ્ટ્રેટને શેર કરી શકે છે. આમ, એક જ DOE નો ઉપયોગ લેન્સ, બીમ સ્પ્લિટર અને સ્પેક્ટ્રલ ફિલ્ટર તરીકે એકસાથે થઈ શકે છે.

• વિવર્તક તત્વો ખૂબ જ હળવા હોય છે, કારણ કે તે માત્ર થોડી જાડાઈની પાતળા ફિલ્મોમાં બને છે.

• કારણ કે DOE અનન્ય ઓપ્ટિકલ કાર્યો ઉત્પન્ન કરી શકે છે જે પરંપરાગત પ્રતિબિંબીત અથવા રીફ્રેક્ટિવ ઓપ્ટિકલ તત્વો દ્વારા શક્ય નથી, તેઓ સિસ્ટમ રૂપરેખાંકનમાં વધુ સુગમતા પ્રદાન કરે છે.

• પરંપરાગત કાચના લેન્સની ઓછામાં ઓછી એક સપાટી વક્ર હોય છે , જ્યારે વિવર્તક લેન્સ માટે આવી કોઈ આવશ્યકતા નથી. સબસ્ટ્રેટના કોઈપણ મનસ્વી આકાર પર વિવર્તક તત્વ બનાવી શકાય છે.

• તેમને સાંકડી તરંગલંબાઇ બેન્ડ પર કાર્ય કરવા માટે બનાવી શકાય છે.

• DOE નું ઉત્પાદન અને પ્રતિકૃતિ પ્રમાણમાં સરળ અને સસ્તી છે કારણ કે સપાટીને કોઈ ચોકસાઇ આકાર આપવાની જરૂર નથી.

14.હોલોગ્રાફીના તબીબી ઉપયોગો(Medical Applications of Holography):

હોલોગ્રાફિક તકનીકનો ઉપયોગ વિવિધ તબીબી ઉપયોગો જેમ કે ઓપ્થાલ્મોલોજી , એન્ડોસ્કોપી,ઓટોલોજી, ઓર્થોપેડિક્સ અને ઘણા બધામાં પણ થાય છે. હોલોગ્રામ રેકોર્ડિંગ તકનીકોમાં તાજેતરના સુધારાઓ અને

રીપલ્સ ટેલિસ્કોપ પાણીની નીચે પદાર્થ ધ્વનિ જનરેટર્સ હોલોગ્રાફિક ઇન્ટરફેરોગ્રામના અર્થઘટન માટે સાધનોની ઉપલબ્ધતા અને ટીશ્યુ , નેત્રવિજ્ઞાન, દંત ચિકિત્સા , યુરોલોજી, ઓટોલોજી,પેથોલોજી અને ઓર્થોપેડિક્સ દ્વારા ઇમેજિંગમાં હોલોગ્રાફિક તકનીકોની સફળતા દર્શાવે છે કે હોલોગ્રાફી તબીબી ઉપયોગો માટે એક શક્તિશાળી સાધન તરીકે ઉભરી શકે છે. અહીં કેટલીક એપ્લિકેશનોની ચર્ચા કરીએ.

૧. હોલોગ્રાફિક એન્ડોસ્કોપ

એન્ડોસ્કોપિક હોલોગ્રાફી માનવ શરીરના કુદરતી પોલાણની અંદર બિન-સંપર્ક , ઉચ્ચ રીઝોલ્યુશન, ૩ડી ઇમેજિંગ અને બિન-વિનાશક માપન માટે એક શક્તિશાળી સાધન પૂરું પાડે છે. તે હોલોગ્રાફી અને એન્ડોસ્કોપીની સુવિધાઓને જોડે છે. હોલોગ્રાફિક એન્ડોસ્કોપી બે પ્રકારની હોય છે. એક સ્વરૂપમાં ,હોલોગ્રામ એન્ડોસ્કોપની અંદર રેકોર્ડ કરવામાં આવે છે, જ્યારે બીજા સ્વરૂપમાં બાહ્ય રેકોર્ડિંગ ઉપકરણનો ઉપયોગ થાય છે.

(a). **આંતરિક હોલોગ્રામ રેકોર્ડિંગ એન્ડોસ્કોપ**

એન્ડોસ્કોપ સાધનની અંદર એક લઘુચિત્ર હોલોગ્રાફિક સેટઅપને સમાવે છે અને પ્રતિબિંબ હોલોગ્રામ રેકોર્ડ કરે છે. તેમાં મુખ્યત્વે ત્રણ ભાગો હોય છે; એક ફિલ્મ કારતૂસ, એક ડાયાફ્રેમ અને એક સિંગલ મોડ ઓપ્ટિકલ ફાઇબર (કોર વ્યાસ ૪ μm) કેબલ. ત્રણ ભાગો ત્રણ એડજસ્ટેબલ સ્ટેનલેસ સ્ટીલ ટ્યુબમાં એસેમ્બલ કરવામાં આવે છે. ફિલ્મ એન્ડોસ્કોપમાં સામાન્ય રીતે મૂકવામાં આવે છે. હોલોગ્રામને શક્તિશાળી માઇક્રોસ્કોપ હેઠળ જોવામાં આવે છે જે વ્યક્તિગત કોષોનું નિરીક્ષણ કરવાની મંજૂરી આપે છે. મોટા હોલોગ્રામ છિદ્રને કારણે,ઓછા સ્પેકકલ અવાજ અને ઉચ્ચ બાજુના રીઝોલ્યુશનવાળી છબી મેળવવામાં આવે છે. પુનઃનિર્મિત છબીમાં 7 μm નું લેટરલ રિઝોલ્યુશન મેળવવામાં આવ્યું છે જે દર્શાવે છે કે આ તકનીકનો ઉપયોગ કોષીય રચના વિશ્લેષણ માટે થઈ શકે છે અને ગાંઠ નિદાનમાં બાયોપ્સીને પણ બદલી શકે છે. હોલોગ્રામ રેકોર્ડ કરતા પહેલા પેશીઓના કોન્ટ્રાસ્ટને વધારવા માટે ચોક્કસ રંગોનો ઉપયોગ કરી શકાય છે જેમ કે સ્ત્રીરોગવિજ્ઞાન અને જઠરાંત્રિય માર્ગમાં વ્યાપકપણે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

(b). **બાહ્ય હોલોગ્રામ રેકોર્ડિંગ એન્ડોસ્કોપ**

બાહ્ય હોલોગ્રામ રેકોર્ડિંગ એન્ડોસ્કોપમાં , પરંપરાગત એન્ડોસ્કોપનો ઉપયોગ થાય છે. સિસ્ટમ બાહ્ય સંદર્ભ બીમનો ઉપયોગ કરીને એન્ડોસ્કોપની બહાર હોલોગ્રામ રેકોર્ડ કરે છે.અત્યંત નાના બાહ્ય વ્યાસવાળા એન્ડોસ્કોપનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. ઉચ્ચ અવાજની સિગ્નલનો ગુણોતર(સિગ્નલ-ટુ-નોઈઝ રેશિયો) મેળવવા માટે,હોલોગ્રાફિક એન્ડોસ્કોપે ગ્રેડિયન્ટ-ઇન્ડેક્સ (GRIN) રોડ લેન્સનો ઉપયોગ કરવો આવશ્યક છે. સ્પેકકલ અવાજ એ જ GRIN લેન્સ દ્વારા ઑબ્જેક્ટને પ્રકાશિત કરીને અને ઇમેજ કરીને ઘટાડવામાં આવે છે.

ઇલેક્ટ્રો-ઓપ્ટિક ક્રિસ્ટલનો ઉપયોગ હોલોગ્રાફિક એન્ડોસ્કોપમાં ફોટોગ્રાફિક સ્ટોરેજ ડિવાઇસ તરીકે થઈ શકે છે જેથી ઇન-સીટુ રેકોર્ડિંગ ,પુનઃનિર્માણ અને ભૂંસી શકાય.મૂત્રાશયની દિવાલમાં કેન્સરગ્રસ્ત ગાંઠોને વહેલા ઓળખવા માટે હોલોગ્રાફિક એન્ડોસ્કોપનો ઉપયોગ સફળતાપૂર્વક કરવામાં આવ્યો છે.

2. **નેત્રરોગવિજ્ઞાનમાં હોલોગ્રાફી**

આંખની ત્રિ-પરિમાણીય ચિત્રનું રેકોર્ડિંગ એ નેત્રરોગવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં હોલોગ્રાફીના પ્રારંભિક ઉપયોગોમાંનો એક હતો. કોઈપણ રેટિના ડિટેચમેન્ટ અથવા ઇન્ટ્રાઓક્યુલર અલગ શરીર શોધી શકાય છે. હોલોગ્રાફીનો ઉપયોગ કોર્નિયલ ટોપોગ્રાફી અને સ્ફટિકીય લેન્સ ફેરફારોને માપવા અને ચેતા માથા અને કોર્નિયા બંનેની સપાટીની લાક્ષણિકતાઓના અભ્યાસ માટે પણ થઈ શકે છે.મધ્ય સપાટીનો આકાર નક્કી કરવાની વર્તમાન પદ્ધતિઓ મધ્ય ભાગ અને તેની પરિઘને ચૂકી જાય છે.હોલોગ્રાફિક તકનીકનો મુખ્ય ફાયદો એ અતિ ઉચ્ચ ચોકસાઇ (સબ-અમ રેન્જ) છે જેની મદદથી આવા માપન શક્ય છે. કોર્નિયાના સ્થિતિસ્થાપક વિસ્તરણને હોલોગ્રાફિક ઇન્ટરફેરોમેટ્રી દ્વારા પણ માપી શકાય છે. આ માહિતી કોર્નિયલ સર્જરી માટે મહત્વપૂર્ણ છે. અત્યાર સુધી કરવામાં આવેલા અભ્યાસો દર્શાવે છે કે હોલોગ્રાફીમાં કોર્નિયામાં થતા ફેરફારો , સ્ફટિકીય લેન્સમાં થતા ફેરફારો ,અને ચેતા માથા અને રેટિના બંનેની સપાટીની લાક્ષણિકતાઓની તપાસ કરવાની ક્ષમતા છે.

3. **ડિફ્રેક્ટિવ બાયફોકલ ઇન્ટ્રાઓક્યુલર લેન્સ**

ડિફ્રેક્ટિવ ઓપ્ટિક્સનો ખૂબ જ ઉપયોગી ઉપયોગ એ વૃદ્ધ વ્યક્તિઓ માટે રીફ્રેક્ટિવ ભૂલોને સુધારવા માટે છે જેમનું બાયફોકલ ઇન્ટ્રાઓક્યુલર લેન્સનો ઉપયોગ કરીને મોતિયા માટે ઓપરેશન કરવામાં આવ્યું છે. આવા વ્યક્તિઓને નજીકની અને દૂરની વસ્તુઓ માટે તેમની આંખોનું ફોકસ બદલવામાં મુશ્કેલી પડે છે. બાયફોકલ લેન્સ કુદરતી આંખના લેન્સની જગ્યાએ ઇમ્પ્લાન્ટ કરવામાં આવે છે. બાયફોકલ લેન્સ એ પરંપરાગત રીફ્રેક્ટિવ લેન્સ અને ડિફ્રેક્ટિવ લેન્સનું મિશ્રણ છે , જેમાંથી પહેલો અનંત અંતર પર કેન્દ્રિત છે અને બીજો નજીકની દ્રષ્ટિ માટે. ડિફ્રેક્ટિવ લેન્સની કાર્યક્ષમતા 50% પર સેટ છે, આમ નજીકના અને દૂરના બંને કેન્દ્ર સમગ્ર દ્રશ્ય ક્ષેત્રમાં સમાવિષ્ટ છે. ડિફ્રેક્ટિવ લેન્સ પરંપરાગત લેન્સના પાછળના ભાગમાં બનાવવામાં આવે છે. જ્યારે આંખો દૂરની વસ્તુ માટે કેન્દ્રિત કરવામાં આવે છે , ત્યારે ડિફ્રેક્ટિવ લેન્સની હાજરીને કારણે ઝાંખું ચિત્ર સુપરઇમ્પોઝ થાય છે અને તેનાથી વિપરીત , જે દેખીતી રીતે ચિત્રની ગુણવત્તા ઘટાડે છે. મોટા ભાગના કિસ્સાઓમાં , માનવ દ્રશ્ય દ્રષ્ટિ અને રેટિના પ્રક્રિયા સિસ્ટમ દ્વારા ઝાંખી ચિત્ર કાઢી નાખવામાં આવે છે.

૪. ઓર્થોપેડિક્સમાં હોલોગ્રાફી

હોલોગ્રાફી ઓર્થોપેડિક રચનાઓના સંપર્ક રહિત અભ્યાસ માટે એક ઉત્તમ સાધન પ્રદાન કરે છે , ખાસ કરીને ફિક્સેશન પિન અને સળિયા પરના તાણને માપવા માટે બાહ્ય ફિક્સર.આવા અભ્યાસો ઓસ્ટિઓસિન્થેસિસમાં મહત્વપૂર્ણ છે જેમાં લાંબા હાડકાના ફ્રેક્ચર માટે બાહ્ય ફિક્સરનો ઉપયોગ થાય છે , જેથી બંને ફ્રેક્ચર થયેલા છેડાઓના ડિસલોકેશનને અટકાવી શકાય જે મુખ્યત્વે ફિક્સેશન પિનની મજબૂતાઈમાં ઘટાડો થવાને કારણે થાય છે.

15.પ્રશ્નો(Questions):

૧. હોલોગ્રાફીનો અર્થ શું છે? તેને વેવ ફ્રન્ટ રિકન્સ્ટ્રક્શન કેમ કહેવામાં આવે છે?

૨. ઑફ-એક્સિસ કન્ફિગરેશનનો ઉપયોગ કરીને હોલોગ્રામ કેવી રીતે જનરેટ થાય છે અને ચિત કેવી રીતે પુનઃનિર્માણ કરવામાં આવે છે તેનું વર્ણન કરો?

૩. હોલોગ્રામ શું છે? તે સામાન્ય ફોટોગ્રાફથી કેવી રીતે અલગ છે? હોલોગ્રામ કેવી રીતે જનરેટ થાય છે અને જોવામાં આવે છે તેનું ટૂંકમાં વર્ણન કરો.

૪. યોગ્ય આકૃતિઓની મદદથી હોલોગ્રાફીમાં રેકોર્ડિંગ અને પુનર્નિર્માણ પ્રક્રિયાઓનું વર્ણન કરો.

૫. હોલોગ્રાફીનો સિદ્ધાંત લખો. હોલોગ્રામનું સંક્ષિપ્ત રેકોર્ડિંગ અને ચિત્રોનું પુનર્નિર્માણ સ્વચ્છ આકૃતિ સાથે સમજાવો.

૬. હોલોગ્રાફી શું છે ? તે સામાન્ય ફોટોગ્રાફિક તકનીકથી કેવી રીતે અલગ છે ? હોલોગ્રામના બાંધકામ પુનર્નિર્માણ સાથે હસ્તક્ષેપ અને વિવર્તન ઘટના કેવી રીતે સંબંધિત છે ?યોગ્ય આકૃતિ સાથે વિગતવાર સમજાવો.

૭. હોલોગ્રાફી શું છે? તેના સિદ્ધાંત અને હોલોગ્રામના રેકોર્ડિંગ અને પુનર્નિર્માણની પ્રક્રિયાનું વર્ણન કરો.

૮. હોલોગ્રામ ફોટોગ્રાફથી કેવી રીતે અલગ છે?

9. હોલોગ્રાફી શું છે? તેના ઉપયોગો લખો.

10. કોએક્સિયલ કન્ફિગરેશન કરતાં ઓફ-એક્સિસ કન્ફિગરેશનનો શું ફાયદો છે?

11. હોલોગ્રાફીનો સિદ્ધાંત સમજાવો?

12. હોલોગ્રામના કેટલાક મહત્વપૂર્ણ ગુણધર્મો સમજાવો?

13. હોલોગ્રામ કેવી રીતે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે? સમજાવો.

14. હોલોગ્રાફી અને ફોટોગ્રાફી વચ્ચેના તફાવતો લખો?

15. હોલોગ્રાફીના કેટલાક મહત્વપૂર્ણ ઉપયોગોની ચર્ચા કરો?

16. એકોસ્ટિક હોલોગ્રાફી સમજાવો.

17. હોલોગ્રાફીના કેટલાક મહત્વપૂર્ણ તબીબી ઉપયોગોનું વર્ણન કરો.

18. DOEs (ડિફ્રેક્ટિવ ઓપ્ટિકલ તત્વો) શું છે? તેમની મુખ્ય લાક્ષણિકતાઓ અને ઉપયોગોનું વર્ણન કરો.