

29/11/2021

Filtro de Vanderlugt

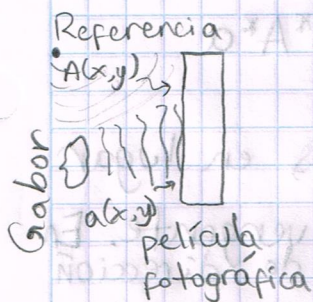
En un sistema 4f, por ejemplo, H es en general compleja, con una fase $\phi(x,y)$ y una amplitud $a(x,y)$. Dependiendo del filtro H será más o menos complejo

$$H(x,y) = a(x,y)e^{i\phi(x,y)} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sistemas de microlitografía} \\ \text{SLM} \rightarrow \begin{array}{l} \text{fase} \\ \text{fase y amplitud} \end{array} \end{array} \right\} \text{Holograma}$$

Película fotográfica (amplitud).

Holografía

¿Cómo puedo hacer un objeto que almacene la fase y amplitud de un frente de onda complejo? Este objeto será un holograma

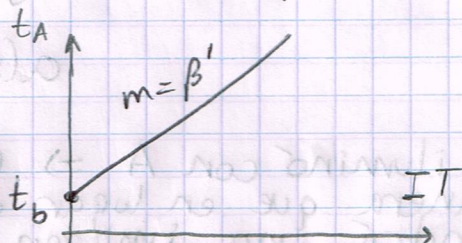


La reacción de la película depende de la intensidad de la luz y así se generan las transparencias.

Lo que Gabor hizo fue que en la película se hace incidir el frente de onda de un objeto arbitrario y la fuente de luz que ilumina al objeto. Esto es un fenómeno de interferencia.

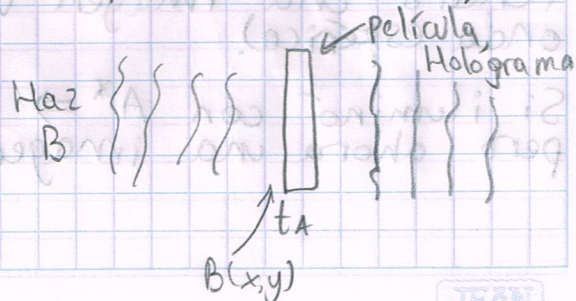
Sea $A(x,y)$ el frente de onda de la fuente en el plano de la película y $a(x,y)$ el frente de onda de la luz reflejada por el objeto en el plano de la película, entonces

$$I = |a + A|^2$$



Pasos de la holografía:

1. Grabado del holograma
2. Revelado
3. Reconstrucción del campo



$$U(x,y) = B(x,y) t_{\#}(x,y) = B(x,y) [t_b + \beta' (|a|^2 + |A|^2 + a^* A + a A^*)]$$

$$= \underbrace{\beta' B |a|^2}_{U_1} + \underbrace{\beta' B |A|^2}_{U_2} + \underbrace{\beta' B a^* A}_{U_3} + \underbrace{\beta' B a A^*}_{U_4}$$

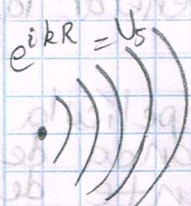
Campos de reconstrucción atenuados

Tienen información de $a(x,y)$.

Por lo tanto, una vez tenemos la película, podemos des-hacerlos del objeto y con un haz B vemos que podemos recuperar a .

Supongamos $B = A$, entonces $U_3 \propto A a^* A$, mientras que $U_4 = A a A^* - |A|^2 a$; de manera que si A es una onda plana (o A constante) tenemos que $U_4 \propto a$ por lo que el holograma contiene toda la información del objeto y sin necesidad del objeto.

Si ahora $B = A^* \Rightarrow U_3 = |A|^2 a^*$ y $U_4 = A^* A^* a$.



$$R = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + z_0^2}$$

El complejo conjugado de U_5 es en lugar de diverger, una onda convergente. En una onda plana cambia de dirección.

• Holograma de Gabor

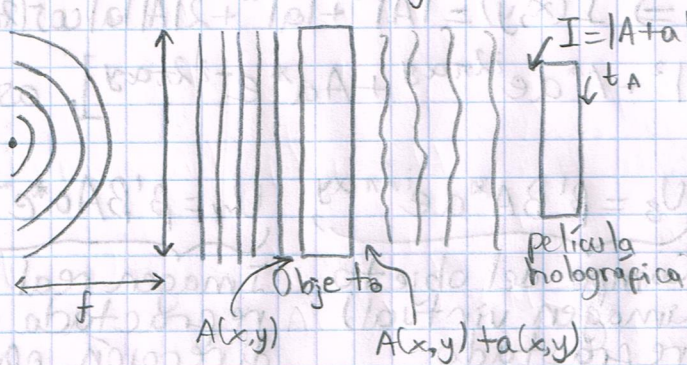
Consideremos un objeto puntual

$$a(x,y) = \frac{a_0}{R^2} e^{ikR}$$

Si iluminó con $A \Rightarrow U_3(x,y) = \beta' |A|^2 a = \beta' |A|^2 \frac{a_0}{R^2} e^{ikR}$ de manera que en lugar de A (per solo tengo normal) se tendrá una imagen virtual de un punto (por ser onda esférica).

Si iluminó con $A^* \Rightarrow U_4 = \beta' |A|^2 \frac{a_0}{R^2} e^{-ikR}$, lo mismo pero ahora una imagen real.

Ahora sí el holograma de Gabor



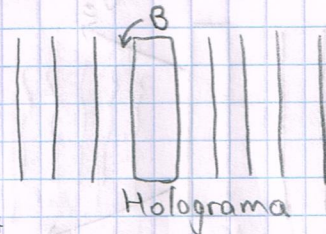
Suponemos que el objeto es mayoritariamente transparente; con función de transmisión

$$t(x_0, y_0) = t_0 + \Delta t(x_0, y_0)$$

de la placa fotográfica revelada.

$$B t_A = B t_0 + \beta' B (|a|^2 + A^* a + A a^*)$$

Onda plana atenuada



$$B t_A = B t_0 + \beta' B |a|^2 + \beta' B A^* a + \beta' B A a^*$$

$|a| \ll |A|$,
difracción
de la onda
plana de acuerdo con $|a|^2$

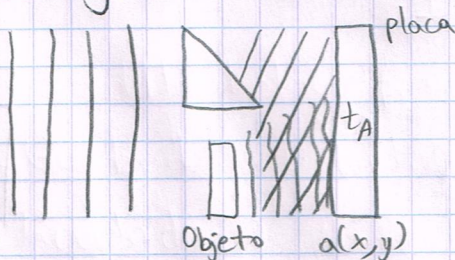
Imagen virtual del campo a transmitido por el objeto

Imagen real del campo transmitido por el objeto.

Aproximaciones para recuperar el campo a:

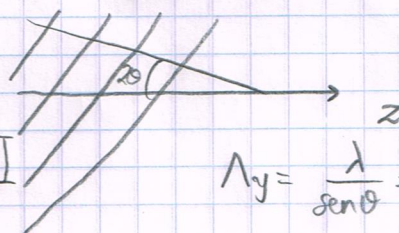
Como $|a| \ll |A|$, podemos despreciar el segundo término, el tercer término podemos suponerlo muy esparcido ya del lado de la imagen (y estudiando muy cerca de la imagen del objeto del eje) siendo la imagen real más concentrada.

• Holograma de Leith - Upatnieks.



Campo de referencia

$$A(x, y) e^{i2\pi\alpha y}$$



$$\lambda_y = \frac{\lambda}{\sin\theta} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{\lambda_y}$$

$$U(x, y) = A(x, y) e^{i2\pi\alpha y} + a(x, y)$$

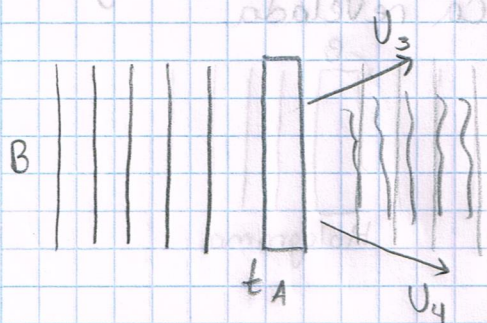
$$\Rightarrow I(x, y) = |A|^2 + |a|^2 + A^* a e^{i2\pi\alpha y} + A a e^{-i2\pi\alpha y}$$

con $a(x,y) = |a| e^{-i\phi(x,y)} \Rightarrow I(x,y) = |A|^2 + |a|^2 + 2|A||a|\cos(2\pi\alpha y - \phi(x,y)) \Rightarrow t_A = t_b + \beta' [|a|^2 + A^* a e^{i2\pi\alpha y} + A a^* e^{-i2\pi\alpha y}]$, así

$$U_1 = t_b B, \quad U_2 = \beta' B |a|^2, \quad U_3 = \beta' B A^* a e^{i2\pi\alpha y}, \quad U_4 = \beta' B A a^* e^{-i2\pi\alpha y}$$

Campo del objeto
(imagen virtual)
refractado

Imagen real
refractada en
dirección opues-
ta



Para separar lo que nos intere-
resa de lo demás se supone que
el campo difractado U_2 está
acotado espacialmente.

Que tan bien se van a sepa-
rar va a depender de α , es
decir, del prisma.