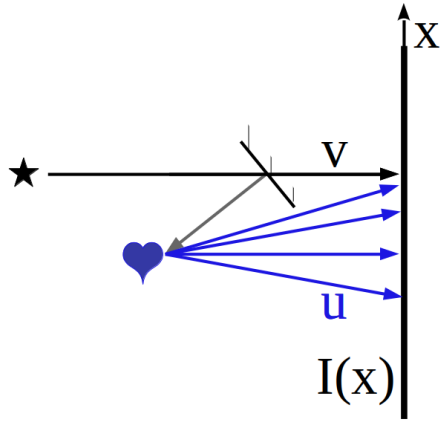


ГОЛОГРАФИЯ

Голография включает два этапа: экспонирование и восстановление.



Экспонирование

На этапе экспонирования когерентный свет от опорного пучка направляется на фоточувствительный слой (голограмму) и частично, с помощью зеркала, - на предмет. Всюду ниже будем считать, что источники расположены слева от голограммы, ось z направлена слева направо, а голограмма расположена в плоскости $z = 0$.

При экспонировании на голограмму падают:

$$\text{опорный пучок } v(z, z_0, x, x_0, t) = b e^{i\phi_v(z, z_0, x, x_0, t)}$$

$$\text{и рассеянная предметом предметная волна } u(z, x, t) = a e^{i\phi_u(z, x, t)},$$

где координаты с нулевыми индексами обозначают положение источника опорного пучка. Здесь мы намеренно ограничимся рассмотрением 2-мерного случая, поскольку этого вполне достаточно для изложения сути явления.

Хотя в общем случае амплитуда волны зависит от расстояния до источника, именно фаза волны, содержащая комбинацию переменных (z, z_0, x, x_0, t) , несет информацию о пространственном положении источника. Например, фаза в виде

$$\phi_v(z, z_0, x, x_0, t) = k \frac{(x - x_0)^2}{2(z - z_0)} + k(z - z_0) - \omega t = k \left(\frac{(x - x_0)^2}{2(z - z_0)} + z - ct \right) + \text{const}$$

в параксиальном приближении описывает сферическую волну, распространяющуюся от точечного источника, расположенного в точке (x_0, z_0) , в сторону положительного направления оси z .

Интенсивность света на голограмме при экспонировании пропорциональна сумме:

$$(u_0 + v_0) \cdot (u_0^* + v_0^*) =$$

$$u_0 v_0^* + u_0^* v_0 +$$

$$+ u_0 u_0^* + v_0 v_0^*,$$

где нулевой нижний индекс указывает на то, что во всех выражениях для волн подставляется $z = 0$. Третье слагаемое пренебрежимо мало, если $a \ll b$, а четвертое можно исключить из дальнейшего рассмотрения, поскольку при восстановлении голограммы связанную с ним волну можно вывести из сюжетно важной области. Таким образом, можно считать, что после проявления прозрачность голограммы пропорциональна сумме первых двух слагаемых:

$$D \sim u_0 v_0^* + u_0^* v_0$$

При восстановлении голограмма освещается слева когерентным светом. Если обозначить восстанавливающий пучок за $v'(z, z'_0, x, x'_0, t)$, то амплитуда волны непосредственно за голограммой выразится как

$$Dv'(0, z'_0, x, x'_0, t) \sim u_0 v_0^* v'(0, z'_0, x, x'_0, t) + u_0^* v_0 v'(0, z'_0, x, x'_0, t),$$

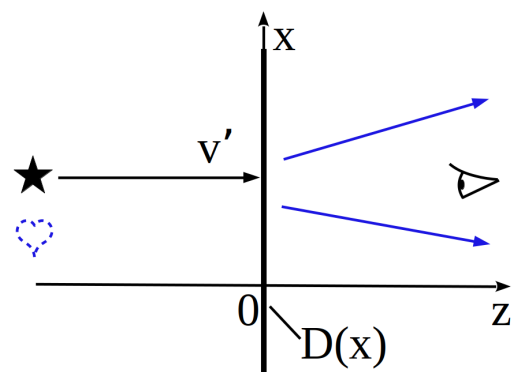
а при $z > 0$ решение должно удовлетворять волновому уравнению и краевому условию.

Принцип анализа голографических изображений состоит в том, что если фаза волны при восстановлении с точностью до постоянной совпадает с фазой волны, рассеянной некоторым предметом, то наблюдатель получает ощущение, будто он видит сам предмет. Причем, чтобы установить вид голографического изображения, достаточно определить фазу непосредственно за голограммой, при $z = +0$. В параксиальном приближении выражение для фазы всегда можно представить в форме

$$k \frac{(x - x_u)^2}{2z_u} - k \frac{x^2}{2f} - \omega t.$$

Эта фаза описывает волну, исходящую из точки предмета $(x, z) = (x_u, -z_u)$, после прохождения линзы с фокусным расстоянием f (при $f < 0$ линза рассеивающая, при $f > 0$ – собирающая), установленной в плоскости $z = 0$. Поэтому голографическое изображение строится так же, как изображение предмета в геометрической оптике.

При экспонировании и восстановлении могут использоваться точечные источники с отличающимися положениями и длинами волн. Как это влияет на расположение, размеры и тип изображений, разбирается в ряде задач.



Восстановление