

第七章 全息照相

§ 7.1 全息照相装置

相干光照明，记录得到全息图，经线性冲洗，用单色光照射全息图，使物的像重现。

一．基本原理

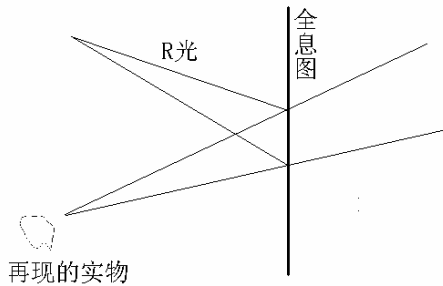
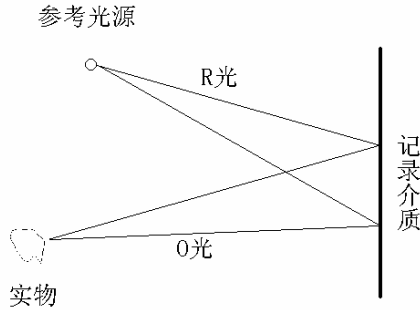
1．原理

根据惠更斯—菲涅耳原理，场点 P 的振动，即复振幅是由波前上的振动情况、即复振幅分布决定的。而波前上的复振幅分布，是由光源决定的。所以，只要确定了波前上的复振幅，则振动在波场中的分布是可以确定的。或者说，只要波前上的复振幅分布存在，或被记录下来，不管光源是否存在，P 点的振动都和光源存在时的情况是一样的。

可以用某种方法记录波前，在用另一种方法使波前再现。当波前再现时，在场点 P 看来，就相当于光源，即发出光波的实物被再现了。由于实物再现时，其光波场的所有因素，振幅、位相等等均出现，即光波场的全部信息都再现了，所以这种记录波前的方法称作全息照相。

全息照相再现的是一个立体的实物。

2. 全息照相的记录及再现方法和装置



记录前用干涉的方法，将实物的光波场（O光）与参考光（R光）的波场相干叠加，干涉的光强分布记录在介质上，得到一张记录衍射花样的图片，即全息图。再现前用衍射方法，用参考光照全息图，衍射光即可以再现实物。

3. 对光源和记录介质的要求

要求光源的时间相干性好，即是单色光，可以用激光实现。记录介质对光强的反应是线性的。用照相底版，必须用线性的底版，并采用线性的冲洗工艺。

二. 光场分析

1 . 记录过程

在场点 Q , O 光和 R 光的复振幅分别为

$$\tilde{U}_O(Q) = A_O e^{i\varphi_O(Q)}, \quad \tilde{U}_R(Q) = A_R e^{i\varphi_R(Q)},$$

在记录介质上的 Q 点, 由 O 光和 R 光干涉产生的光强为

$$\begin{aligned} I(Q) &= (\tilde{U}_O + \tilde{U}_R)(\tilde{U}_O + \tilde{U}_R)^* = \tilde{U}_O \tilde{U}_O^* + \tilde{U}_R \tilde{U}_R^* + \tilde{U}_O \tilde{U}_R^* + \tilde{U}_R \tilde{U}_O^* \\ &= A_O^2 + A_R^2 + \tilde{U}_O \tilde{U}_R^* + \tilde{U}_R \tilde{U}_O^* \end{aligned}$$

I(Q) 中含有关于振幅和位相的信息, 故称全息。

2 . 线性冲洗

经线性冲洗, 全息图的透过率函数是干涉强度分布的线性函数, 为

$$t(Q) = t_0 + \beta I(Q) = t_0 + \beta(A_O^2 + A_R^2 + \tilde{U}_O \tilde{U}_R^* + \tilde{U}_R \tilde{U}_O^*)$$

3 . 再现过程

用参考光 $\tilde{U}'_R = A'_R e^{i\varphi'_R}$ 照射全息图 (衍射), 从全息图上的透射光 (衍射光) 为

$$\tilde{U}_T = \tilde{U}'_R t = (t_0 + \beta A_R^2 + \beta A_O^2) \tilde{U}'_R + \beta A'_R A_R [e^{i(\varphi'_R - \varphi_R)} \tilde{U}_O + e^{i(\varphi'_R + \varphi_R)} \tilde{U}_O^*]$$

$(t_0 + \beta A_R^2 + \beta A_O^2) \tilde{U}'_R$: 透射波, 入射的参考光振幅调制后透射。

$(t_0 + \beta A_R^2) \tilde{U}'_R$ 为 0 级波, $\beta A_O^2 \tilde{U}'_R$ 为调制波。

$\beta A'_R A_R e^{i(\varphi'_R - \varphi_R)} \tilde{U}_O$: 物光波的再现, 是振幅和初位相改变了的物光波, 相当于实物的光强和空间位置发生了变化。+1 级波。

$\beta A'_R A_R e^{i(\varphi'_R + \varphi_R)} \tilde{U}_O^*$ 物光波的共轭波, 是向另一方向汇聚的光波。-1 级波。

+1 级和-1 级波被称为孪生波, 其中+1 级波再现了实物。

三．离轴全息装置

要想得到不受干扰的物光波，应使透射波和汇聚波与+1级波在空间上分开。可以采用离轴全息装置。

全息照相的原理是由 D. Gabor 在 1948 年基于上述分析提出。但当时由于无法得到时间相干性好的光源，所以无法在实验上实现。1960 年激光发明后，得以实现。Gabor 于 1971 年获得 Nobel 物理奖。