

## 局部参考光束全息图的形成及应用

张凤林

(天津大学精仪中心, 300072)

R.A. 莱沙特

(加拿大, 拉瓦尔大学)

### Local reference beam generation for holography and its applications

*Zhang Fenglin*

(Tianjin University, Tianjin)

*R. A. Lessard*

(University LAVAL, Canada)

**Abstract:** The principle and the method of local reference beam generation for holography are described. A 35 mm portable holographic camera developed by the authors is taken as an example to show the feasibility of the principle. It has been proved that this holographic camera has the ability to diminish the effects of disturbances on holography recordings and some experimental results are presented.

**Key words:** local reference beam, holographic camera

### 一、前 言

在记录全息图时, 如果用连续输出的激光器作为照明光源, 就必须使用防振性能很好的防振台。在一般情况下, 激光器和全部的光学装置都安放在防振台上, 被摄物体也必须置于台上。然而, 由于防振台不便移动, 而有些被摄物体又无法进入实验室和置于防振台上, 因此就不能进行全息照相, 这样就大大限制了全息照相和全息干涉测量技术的广泛应用。

为了克服上述缺点, 近年来国内外许多研究人员都在努力实现全息照相装置的仪器化和小型化, 使其具有使用的灵活性和机动性, 以满足在各种场合下的使用要求。根据利用局部参考光束产生全息图的原理, 我们研制出一种 35 mm 小型全息照相机, 它结构简单, 可以不要防振台, 装在普通三脚架上, 在一般室内条件下就能够进行全息照相。它基本上实现了仪器化和小型化的目标。实践证明, 用局部参考光束记录全息图的光学系统本身具有抗外界干扰的能力。

### 二、基本 原 理

全息记录的依据是光的干涉原理<sup>[1]</sup>。

用局部参考光束产生全息图的光路系统具有很好的抗外界干扰的能力。其基本原理如

下<sup>[2]</sup>：在记录全息图时，设法从物光束取出一部分作为参考光束，再与物光束相干叠加，产生全息图，如图 1(a) 所示。物光和参考光从光源到记录介质平面，几乎经历了相同的路程，因此，也称作共同光路全息照相<sup>[3]</sup>。这种光路系统的特点是结构简单，光学元件少，因而减少了外界干扰的几率。由于两光束具有共同的光路，这样可降低对时间相干性和空间相干性的要求。物体受到外界干扰时，物光位相将改变，参考光也将产生相同数量的位相变化。当光学系统未受到干扰时，记录介质平面上的光强分布如式(1)所示，即

$$I(x, y) = a_0^2 + a_r^2 + 2a_0a_r \cos(\phi_0 - \phi_r) \quad (1)$$

在全息记录过程中，如果存在外界振动等干扰，使物光位相改变  $\Delta\phi_0$ ，参考光位相改变  $\Delta\phi_r$ 。由于两光束具有共同光路，空间的平均方向夹角  $\alpha$  很小，所以， $\Delta\phi_0 \approx \Delta\phi_r$ ，此时光强分布为

$$\begin{aligned} I(x, y) &= a_0^2 + a_r^2 + 2a_0a_r \cos[(\phi_0 + \Delta\phi_0) - (\phi_r + \Delta\phi_r)] \\ &= a_0^2 + a_r^2 + 2a_0a_r \cos[(\phi_0 - \phi_r) + (\Delta\phi_0 - \Delta\phi_r)] \\ &\approx a_0^2 + a_r^2 + 2a_0a_r \cos(\phi_0 - \phi_r) \end{aligned} \quad (2)$$

公式(2)和普通全息照相对静态物体记录全息图的强度公式完全相同。由此可以说明，采用局部参考光束形成全息图，其光学系统本身能够补偿由干扰造成的影响，具有很好的抗振动能力。在公式(2)中未计入时间参数，这是因为光强的积分时间远大于光学周期，故略去随时间变化的多项式。

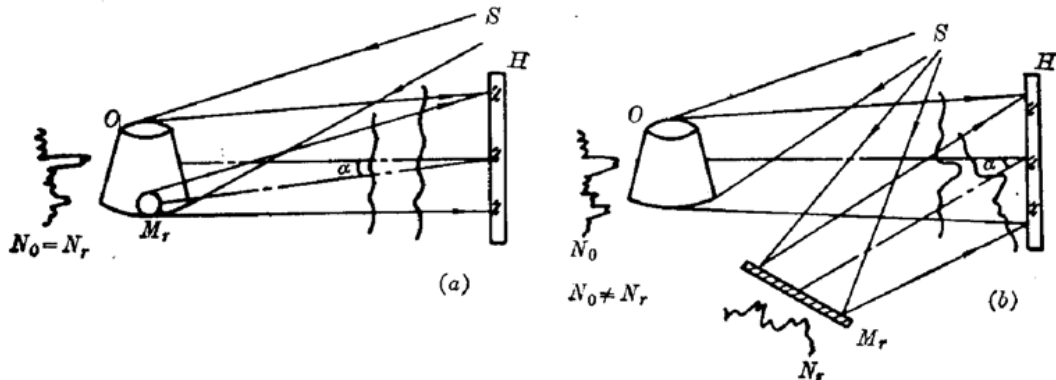


图 1 物光和参考光的不同光路及影响  
(a) 两光束共同光路；(b) 两光束不同光路

图 1(a) 为局部参考光束产生全息图的光路，物光和参考光在空间的平均夹角  $\alpha$  很小，两光束具有共同光路，受外界干扰产生的光程差变化量  $\Delta N_0 \approx \Delta N_r$ ；图 1(b) 为普通的轴外全息光路，物光和参考光的空间夹角  $\alpha$  比较大，两束光受外界干扰程度不等，光程差变化量相差较大，无法实现自动补偿。

### 三、应用实例

基于上述原理研制出的一种 35 mm 小型全息照相机的光学结构原理图如图 2 所示。

对图 2 进行几何光学的近似计算，可得出光程差  $\Delta r$  与其他各量之间的关系式：

$$\Delta r \approx \left( \frac{1}{\cos \alpha} - \frac{1}{\cos \theta} \right) d + \left( \frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \left( 1 + \frac{f'}{l+f'} \right) l \quad (3)$$

在式(3)中， $f' \ll l$ ，则  $(1 + f'/(l+f')) \approx 1$ ，故公式的第二项对  $\Delta r$  影响很小。当物光和参考光入



