

广角全息术

中国科学院物理研究所 董碧珍 陈正豪 陈岩松

普通平面全息图记录和重现的视角,一般为 30° 、 60° ,最大不超过 180° 。为了增加视角和充分利用全息照相的立体性,人们提出了广角全息术。广角全息图的视角超过 180° ,直至 360° ,也就是说,它能够记录与重现物体 360° 的形象。

国外从1965年开始研究广角全息术。最常见的是把记录材料围成圆柱形或多边形,也可用狭缝制作广角全息图。

1. 分步记录多边形广角全息术

在以往的圆柱形和多边形广角全息术中,因为采用单光束顶光照明,照明的不均匀性是一个很严重的问题。其次,考虑激光的偏振性质,选择参考光束的偏振方向与物光束的偏振方向一致,这对记录全息图最为有利。针对上述问题,我们提出了一种改进办法,称为分步记录多边形广角全息术。

物体放置在有刻度的转盘上,并处于多边形的中心。全息干板放置在一边,在这边的平面上,选择有利的偏振方向。采用发散的顶光和左右两束侧光照明物体,大大地增加了照明的均匀性。顶光的边缘部分照明干板作为参考光束。

摄制了一片全息图之后,转盘转过一个适当的角度 θ ,换上一片未感光的全息干板,曝光摄制第二片全息图,如此下去,直到物体旋转一周(360°)为止。 θ 就是多边形一边的张角,对于四边形来说, $\theta=90^\circ$ 。

干板经过处理后,按原摄制的顺序围成所要求的多边形。用原来顶光照明重现这四边形全息图,一个 360° 的物体形象即可真实地重现在四边形的中间。

2. 用狭缝掩模制作广角全息图

物体放在带有刻度的旋转台上,两束光从物体的左右侧均匀照明物体。发散的参考光束从物体的正上方照到全息板上。狭缝掩模垂直放置并紧贴乳胶上,可左右平移。

物体转动一个适当角度,掩模相应地沿着物体转动方向平移一个缝宽距离,拍摄一张窄条全息图。如此转拍下去,直到整张干板拍摄完为止。实验中,在一张全息图上总共拍摄了70张左右的窄条全息图。干板经过处理后,用单色光照明此广角全息图。移动观察者眼睛,即可观察到立体感很强的物体形象。

实验中需要合理选择缝宽和转角,因为它直接关系到重现象的质量。

缝宽 Δx 的考虑:根据光波衍射的有关公式,可以得出 Δx 的允许最小值。

$$\Delta x = D_e d_n / d_o$$

D_e ——瞳孔直径, d_o ——肉眼距重现象的距离, d_n ——全息图距重现象的距离。

用一些典型数据: $D_e=3$ 毫米, $d_o=60$ 厘米, $d_n=20$ 厘米,代入计算,则 $\Delta x=1$ 毫米。实验中,我们采用 $\Delta x=1.5\sim 2$ 毫米。

转角 $\Delta\theta$ 的考虑:根据光波衍射的有关式子,可以得出 $\Delta\theta$ 的允许最大值

$$\Delta\theta = 2.44\lambda d_o / D_e \cdot D$$

在此, D ——物体最大直径; λ ——记录波长。

取 $D=40$ 毫米, $\lambda=0.63$ 微米,则 $\Delta\theta \leq 1/2$ 。

我们实验中 $\Delta\theta$ 取 4° ,是由于条件限制,为了单一追求广角大的目的,而在畸变上作牺牲。