

用正交柱形透镜制作白光再现全息图

朱建平 杨旭光

(山西大学物理系)

提要: 本文提出了一个用两个正交放置的柱形透镜制作白光再现全息图的方法, 介绍了它的原理和实验结果。

White light reconstructed holograms made with orthogonal cylindrical lenses

Zhu Jianping, Yang Xueguang

(Physics Department, Shanxi University)

Abstract: This paper presents a new method of making white light reconstructed hologram with two orthogonal cylindrical lenses. A brief account of the method and the results of experiments are also presented.

像面全息可以用白光源再现得到白像, 但这种像被底板分为前后两部分, 它们的视差效果不同, 因此容易产生视觉混乱。1980年 K. Bazargan 和 M. R. B. Forshaw 利用第一个全息图重现像的像散特性再制作一次全息图, 可使重现像完全位于底板之后, 克服了视觉上的混乱, 在一定景深内成像清晰^[1]。但这个方法手续较麻烦。我们用两个正交放置的柱形透镜形成像散像, 一次制作全息图即可使重现像完全位于底板之后, 得到了清晰、无视觉混乱的像。

光路及原理

如图1所示, 物点 O 被第一柱形透镜

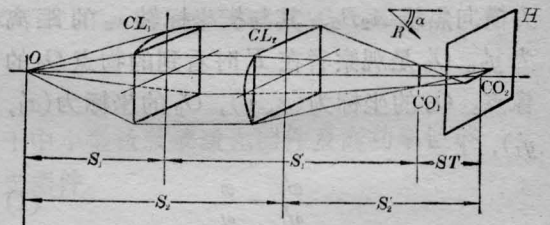


图1

CL_1 成像为纵向焦线 CO_1 , 被第二柱形透镜 CL_2 成像为横向焦线 CO_2 , 底板 H 置于横向焦线 CO_2 附近。参考光自上方入射。

用白光再现, 横向焦线像在底板附近, 纵向焦线像在底板后离底板较远。由于一个物点所对应的两个焦线段 (横向焦线段与纵向焦线段) 相当长 (其长度决定于柱形透镜的大

收稿日期: 1984年9月21日。

小和几何光路),因此这两个焦线像在客观上是十分模糊的。但因人眼的瞳孔很小,当两眼平行于纵向焦线观察时看到的是横向焦线上的一个很小的线段(像点),因而像是清晰的。横向焦线在底板附近,这是一个白的普通像面全息像。如果两眼平行于横向焦线观察,看到的是纵向焦线上的一个很小的线段(像点)。由像点公式知,如果参考点源与重现点源都在 $y-z$ 平面内(图2),则在一般情况下,重现像点的横向色散分量不大,轴上物点的横向色散分量为零,近轴物点的横向色散分量近似为零。由于位于底板附近的横向焦线像的色散近似为零,纵向焦线像与横向焦线像要满足透视关系,因此所观察到的像点的纵向色散分量也近似为零。同时因透视关系,像点的轴向色散分量也可以忽略。所以当两眼平行于横向焦线观察时,将看到一个完全位于底板之后,并且可以在距底板相当远处(决定于 \overline{ST} 的大小),有明显视差,而无视觉混乱的白全息像。

两柱形透镜的几何布置须满足下述无畸变条件才能观察到无畸变的重现象。如图2所示,物点 O_0 被 CL_1 成像为纵向焦线 A_1B_1 ,其与纵坐标轴 y_1 的距离为 x'_1 ,被 CL_2 成像为横向焦线 A_2B_2 ,其与横坐标轴 x_2 的距离为 y'_2 。 O_0 是观察者在 F 时看到的物点 O_0 的像点。 O_0 的坐标为 (x, y) , O'_0 的坐标为 (x'_1, y'_1) ,当

$$\frac{x'_1}{y'_1} = \frac{x}{y} \quad (1)$$

时像点位置无畸变。此时如果观察点 E 与底板的距离为 d 。视角 θ 不大时, $\overline{EF} \approx d$,

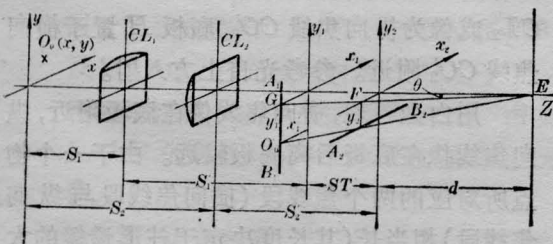


图2

$\overline{FG} = \overline{ST}$,于是由于透视关系必有

$$\frac{y'_1}{y_2} = \frac{d + \overline{ST}}{d} \quad (2)$$

由(1)、(2)式可得:

$$\frac{x'_1}{y_2} = \left(\frac{d + \overline{ST}}{d} \right) \frac{x}{y} \quad (3)$$

由几何光学的物像关系知

$$\frac{x'_1}{x} = \frac{S'_1}{S_1} \quad x'_1 = \frac{S'_1}{S_1} x \quad (4)$$

$$\frac{y'_2}{y} = \frac{S'_2}{S_2} \quad y'_2 = \frac{S'_2}{S_2} y \quad (5)$$

由(3)~(5)式可得:

$$\frac{S'_1}{S_1} = \left(\frac{d + \overline{ST}}{d} \right) \frac{S'_2}{S_2}, \quad (6)$$

这就是无畸变条件。当观察点离底板较远, d 比 \overline{ST} 很大时(6)式可近似写为:

$$\frac{S'_1}{S_1} = \frac{S'_2}{S_2} \quad (7)$$

此时 CL_1 与 CL_2 成像的角放大率相等。

这个全息像当用照像机(或透镜)翻拍时,所得到的像点照片是透镜有效光阑(光圈)所截取的两焦线段间的最小模糊圆。与用两只眼睛所看到的焦线上的像点不同。所以说:我们看到的白全息像将不能用照像机翻拍。用照像机翻拍下的照片也只有当光圈很小,并且在很远处由光圈所截取的两焦线间的最小模糊圆很小时照片才是清晰的。



图3

(下转第18页)

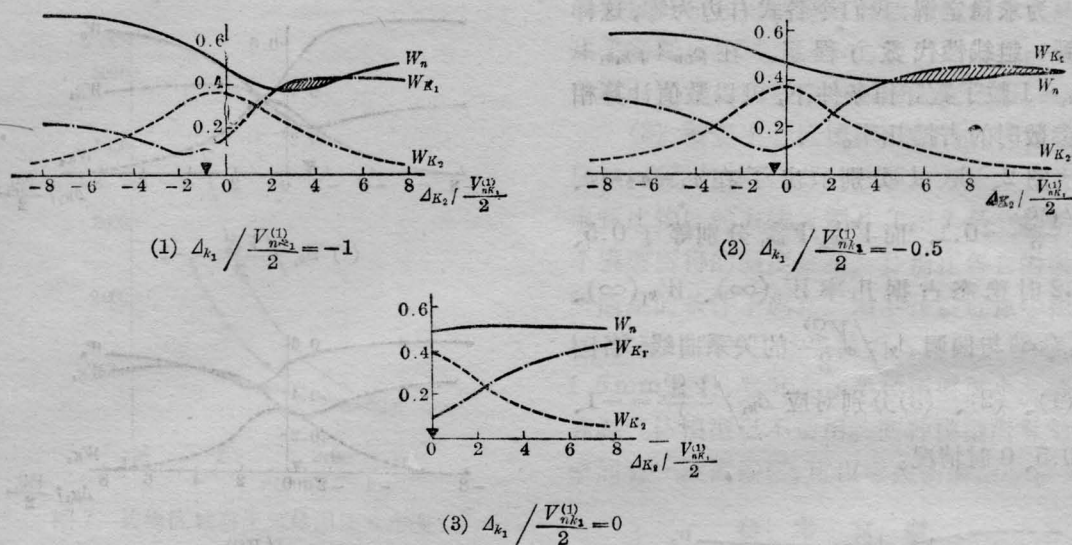


图4 $W_n(\infty)$ 、 $W_{k_1}(\infty)$ 、 $W_{k_2}(\infty)$ 与偏调 $\Delta_{k_2} / \frac{V_{nk_1}^{(1)}}{2}$ 的关系

▼ 表示 k_1 能级位置, $r_1=r_2=r$, $V_{nk_2}^{(1)}/V_{nk_1}^{(1)}=2$, $r / \frac{V_{nk_1}^{(1)}}{2}=0.1$

发态对基态粒子数的翻转。图2、3、4阴影区域示出这个一般不大的翻转, 在我们所列参数下, 最大值约是4.7%;

4. 占据几率这种近简并翻转大小及区域是与 $V_{nk_2}^{(1)}/V_{nk_1}^{(1)}$ 及各 r 大小都有关系。它是一定的能级结构条件(包括间距、衰减、波函数相关性等)及场参数(强度、偏调等)下所可能产生的一种近简并效应。内弛豫因子的引入, 意味着只考虑了能级的自然展宽, 因此作者预期着在消除多普勒效应和其它影响条

件下, 对本理论结果进行实验检验。

参 考 文 献

- [1] Н. Б. Делоне, В. П. Крайнов; "Атом в сильном световом поле", Атомиздат М, 1978.
- [2] В. И. Ритус; ЖЭТФ, 1966, 51, 1544.
- [3] А. Е. Каплан; ЖЭТФ, 1973, 65, 1416.
- [4] В. А. Зон; Опт. и спектр., 1975, 38, 13.
- [5] С. П. Гореславский, В. П. Крайнов; ЖЭТФ, 1979, 76, 26.

(上接第24页)

实验数据及结果

两柱形透镜的大小为 $6 \times 6 \text{ cm}^2$, 焦距为 $f_1=f_2=11.3 \text{ cm}$, $S_1=35 \text{ cm}$, $S'_1=16.7 \text{ cm}$, $S_2=39.1 \text{ cm}$, $S'_2=15.9 \text{ cm}$, $\overline{ST}=3.3 \text{ cm}$, $\alpha=30^\circ$, $z_R=20 \text{ cm}$ 。用天津 I 型全息板并漂白。所得全息图用卤钨灯重现, 可观察到文中所预言的像, 如果把光源远移, 由于点光源性

增强所观察到的白全息像将更加漂亮。用普通灯泡在远处亦可看到清晰的白全息像。

用海鸥 DF 照像机加近摄圈在离底板 30 cm 处, 光圈取为 2 所翻拍的照片见图 3, 其清晰程度远逊于直接用眼睛观察。

参 考 文 献

- [1] K. Bazargan, M. R. B. Forshaw; Opt. Commun. 1980, 32, No. 1, 45~47.