

全息图能重现多个一级象吗？

从1980年以来，山东大学吕良晓等同志在一些期刊和会议上发表了一系列文章^[1~4]。这些文章的主要观点有：(1)透射全息图也可以用反射光再现；(2)全息图再现象的数目，并不象通常全息书籍所述，每一衍射级只产生一个再现象，而是有许多个再现象。象的数目也不断升级，从最初宣称的透射全息图用透射和反射方式共生成六个象^[1]，到八个象^[4]，到最后宣称一张透射全息图一共可以再现出三组30个象^[3]。作者在文中宣布他们在实验中观察到“这一奇特性质”，并且在理论上对这些象的位置进行了计算，“计算结果与实验完全符合”。

我们认为，透射全息图原则上是可以反射再现的。但在反射再现的机制的分析上，我们感到他们的文章还有不少问题，我们不拟在此讨论。他们的第二个论断，则完全违背了全息术的常识。例如，他们认为在再现光不变条件下，透射光可以产生四个一级衍射象。这是十分奇特的论点。在任何一本讨论全息术的书籍中都证明了，薄全息图在透射再现时，+1级衍射和-1级衍射各生成一个象，它们构成一对共轭象，这两个象的位置也都有详细的计算(例如见[5]、[6])。这样，就产生了一个尖锐的矛盾：究竟是通常的全息书籍错了，现在由吕良晓等在理论和实验上发展了全息术；还是吕良晓等的论断根本不能成立？这是摆在原文的作者和读者面前一个不容回避、不能含混的问题。

要宣称一个众所公认的科学结论是错的，而代之以一个完全不同的结论，起码应当做到两件事：找出原来结论推导中的错误或遗漏；对自己的观点提出言之成理的论证。对前一点，吕良晓等完全没有做。他们甚至回避了正面提出自己的论点和传统的全息理论的矛盾。对后一点，下面让我们看看吕良晓等的“理论”和“计算”。

在文章[2]中，作者按通常方法求出+1级衍射光的位相因子为：

$$\pi \left[(x^2 + y^2) \left(\frac{-1}{\lambda_1 z_r} + \frac{1}{\lambda_2 z_c} + \frac{1}{\lambda_1 z_0} \right) \right]$$

$$+ 2x \left(\frac{x_r}{\lambda_1 z_r} - \frac{x_c}{\lambda_2 z_c} - \frac{x_0}{\lambda_1 z_0} \right) + 2y \left(\frac{y_r}{\lambda_1 z_r} - \frac{y_c}{\lambda_2 z_c} - \frac{y_0}{\lambda_1 z_0} \right) \quad (1)$$

(见该文 p109 最后一行，原文漏了 π)。为了求得象点 x_i, y_i, z_i ，应与球面波作比较。在 $z=0$ 平面上球面波的旁轴光位相因子的标准形式是：

$$\frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{x^2 + y^2}{2z_i} - \frac{x_i x}{z_i} - \frac{y_i y}{z_i} \right) \quad (2)$$

比较(1)和(2)式，显然只能得出一组 x_i, y_i, z_i 的解。奇怪的是作者居然将式(2)的第二、第三项的负号改为正号，从而得到了 x_i, y_i, z_i 的第二组解。这实在令人费解，球面波的标准形式怎么能随意改变符号呢？

在文章[4]中，作者也用了类似的方法。他们象通常一样将再现光 C 乘以全息底片的振幅透过率 t ，得出透射光的复振幅为：

$$C(|O|^2 + |R|^2) + COR^* + CO^*R$$

作者正确地指出，对再现象起作用的是 COR^* 和 CO^*R 两项。但是在用 COR^* 项和 CO^*R 项推导出一对共轭象的位置之后，笔锋一转，说：“同理，可得出另外两个象相对原物体来说都是倒立的”，从而得出有四个一级透射象的结论。这就使读者莫名其妙：既然透射场中对再现象起作用的两项都已用上了，又到那里去找另外两个象呢？在文章[2]后面作者还预告了一篇待发表的文章(吕良晓、洪景新：“全息图多个再现象的数学计算”)。我们有机会读到了此文。文中他们通过极其繁冗的计算求出了很多“象点”。然而，奇怪的是这些“象点”的位置居然和观察者所在的位置有关。也就是说，在不同点观察，“象”的位置也不同，这又怎么能算一个客观存在于空中的象呢？显然，作者在“什么是象”这个问题上犯了基本概念的错误。

前文的作者在文章中，还多次用了“三组 \times 个象”的说法，意思是采取三种不同方向的照明光束入射在全息底片上，一共可以得到 \times 个象。但为什么采取“三”种入射方向，而不是更多或更少呢？作者

没有从理论上作出解释。我们知道,对于薄全息图,原则上任意方向入射的光束都可以得到衍射象。如果连续改变入射光的方向,岂不可以得到“无穷”多组象?而对于厚全息,只有当照明光在一定的入射角范围内,才能满足 Bragg 条件而产生较强的再现象,但也不能得出有三组象的结论。况且在厚全息条件下, +1 级衍射和 -1 级衍射往往不能同时存在,因而更不可能有那么多象出现。

从上面看到,作者们提出的那些不同于众的新论点,不是错误的,就是含混不清的。那么作者们的实验结果是否靠得住呢?例如在文章[4]中,作者说一张全息图同时可以有四个透射再现象和四个反射再现象。我们没有机会直接看到作者们的实验结果。但我们在全息照相的教学实验中,教员和学生观察透射再现象时也经常发现类似情况。我们认为其中的一些不是真正的象而是假象。现提出我们的分析解释供大家参考。

1. 如果我们用未扩束的激光直接照到底片上(有时为了避免 0 级衍射光对实象的干扰,常常用不扩束激光照明底片,吕良晓等曾多次提到他们也采取了这种实验条件。)这时在看到虚象的同时(见图 1(上)),虚象在全息底片的左下方 A、B 两点,用屏幕放在底片的右上方,即虚象和底片激光斑的连线的延长线上,似乎可以接收到一个倒立的“实象”。但

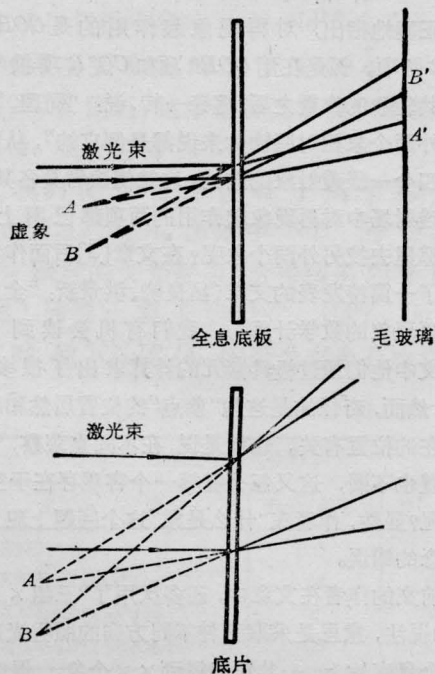


图 1

实际上这并不是一个“象”。何以见得?首先,将屏幕在 A'B' 附近移动,不能找到一个最清楚的象。其次,只要照明的激光束扩大以后,就看不到这个“再现实象”(见图 1(下))。既然这不是“实象”,又是什么呢?这是由于再现的激光束很细,只照在全息底片的很小的一块面积上,因此作为一级衍射光孔径也很小,再现象的焦深必然很大。这时象点虽然在底片的左侧(A, B 处),但焦深一直扩大到全息底片的右面,如图 1(上)所示。所以,粗看起来似乎 A'B' 是一个实象,其实象点还是 AB。而当底片的较大面积受到激光照明时,就不能看到 A' 和 B' 分开来。

2. 当激光束 C(不限于未扩束的条件)照在全息底片上而出现实象时,显然,形成实象的光束是一束会聚光。如果用眼睛放在会聚光束中直接接收(如图 2(下)),会聚光经眼睛晶状体(相当于一凸透镜)的折射,就有可能在视网膜上成一正立实象。由于习惯的影响,人们认为是一个“倒象”。对于晶状体来说,这时的物点是在人眼之后,即物距为负值,则实象的象距是小于晶状体的焦距。一般说来,人的眼睛在肌肉放松时,焦面在视网膜上,所以这象往往是模糊的。因此,在图 2(下)中我们眼睛所看到的还是全息底片衍射得到的实象,如同图 2(上)所示。此外,虚象应在全息底片的左侧有一个固定的位置(即象点),这位置是不能随观察点的改变而移动的。

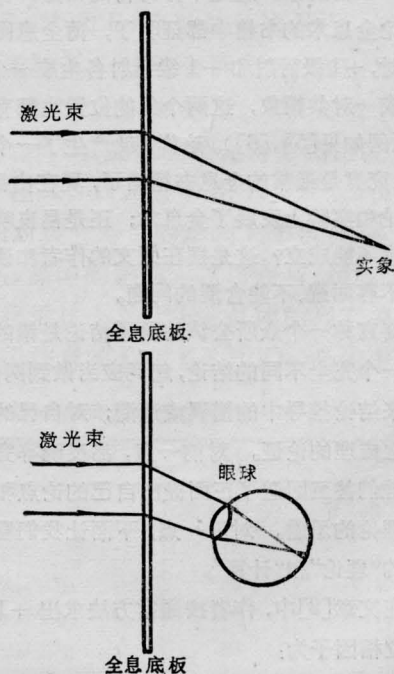


图 2

而现在看到的所谓“虚象”则随眼睛晃动得很厉害，放大倍数也随眼睛前后移动而急剧变化。这也是和真正虚象的重要区别。

如果对上述论点还有怀疑，可以做一个最简单的光学实验。在一凸透镜左面 $2f$ 处放一物，显然在透镜右面 $2f$ 处将出现一个倒立的实象(光路如图3)。如果把眼睛放在透镜和象面之间并向左侧看，则似乎也能看到一个“正立虚象”，其现象和前面说的从全息底片上看到的现象完全一致，都是会聚光对于人眼的作用。如果有人认为物通过凸透镜能同时成两个象，一个是实象，另一个是虚象，这岂不是太可笑了。

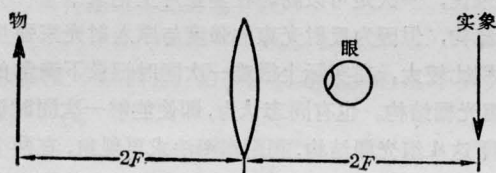


图 3

总之，我们认为在全息底片的透射光中，只有两束一级衍射光波，相应地也只能有两个衍射象。在厚全息效应明显时，甚至只能有一个一级衍射象。如果观察反射光的衍射，也应得出同样的结果。这是

理论和实验得出的一致结论。

[后记] 去年11月，我们读了“激光”第9卷第10期蔡履中、吕良晓两同志的文章“透射全息图的反射再现”后，觉得文章论点有错误，当即给“激光”编者写了一封信(主要论点与此文相同)，意在尽快引起读者注意，展开讨论。此后，我们又查阅了吕良晓同志等的其他文章，发现这些错误观点是系统的，并有一定影响。因此综合了几篇文章中的问题，对原给编者的信加以补充，写成此文。

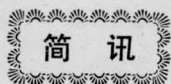
参 考 文 献

- [1] 吕良晓;《山东大学学报》(自然科学版), 1980, No. 1, 72~79.
- [2] 吕良晓;《山东大学学报》(自然科学版), 1982, No. 3, 104~113.
- [3] 吕良晓, 洪景新;《激光》, 1982, 9, No. 5, 94.
- [4] 蔡履中, 吕良晓;《激光》, 1982, 9, No. 10, 621.
- [5] H. M. 史密斯;《全息学原理》(中译本), 44 页.
- [6] J. W. 顾德门;《傅里叶光学导论》(中译本), 246~247 页.

(北京大学)

陈怀琳 秦克诚

1983年4月27日收稿)



第二届全国集成光学学术会议在长春召开

中国光学学会第二届全国集成光学学术会议于1983年9月20日在长春举行。这次会议是根据1981年桂林会议精神，由中国光学学会委托中国科学院长春物理研究所筹备的。

会议有特邀报告5篇。

中国科学院北京半导体所庄婉如作了从“IOOC '83”看集成光学及光电器件近年来发展动态的报告；上海交通大学王端骧教授作了国际光波导科学讨论会情况介绍的报告；上海交通大学陈益新副教授作了日本大学中集成光学研究概况的报告；山东工学院王建琨副教授作了电子束制版技术的报告；武汉

邮电研究院潘中浩副总工程师对光纤通信现状与集成光学若干问题作了书面介绍。另外在分会场上还提出了“波导理论及计算”方面研究报告9篇，“波导制备及测试”方面研究报告14篇，“波导器件及工艺”方面研究报告17篇，以及其它方面文章2篇。

会议期间，高等院校代表组织了一次集成光学科研和教学座谈会，交流了情况。部分教授、专家在会议期间专门开了二次会议，畅谈了集成光学的意义和前景，提出了一些积极建议。

(于荣全)