

## 全息图的观察与“多象”现象

笔者在文献[1]中曾指出,同时考虑一张全息图的透射和反射时可以形成四个再现象,反射象和透射象关于全息干板为镜象对称。尽管文中所用模型过于简化而不严格,而且不同类型全息图的反射机理也有所不同,但对反射象点位置的结论是与实验相符的。文献[1]的另一作者在该文中增加了“八个象”的有关内容,并在此后发表多篇文献对此进行分析和论证<sup>[2~4]</sup>。笔者始终认为,这里“多出的”四个象并不对应于另外存在的真实的成象光波,而只是在特定条件下的一种观测效应。

因反射成象的观测效应可与透射成象同理说明,以下只分析透射成象。依全息理论,一张全息图可以形成两个一级象:原始象 $I_1$ 和共轭象 $I_2$ ,其位置和虚实由记录条件和再现所决定。在常规记录条件下, $I_1$ 为虚象, $I_2$ 为实象,如图1所示。图中 $H$ 为全息片, $C$ 为再现点源。“多象说”认为在 $I_1$ 、 $I_2$ 的另一侧还存在虚象 $I_3$ 和实象 $I_4$ 。以下让我们分析一下 $I_3$ 、 $I_4$ 的真伪和成因。

对于 $I_3$ ,笔者在文献[1]中曾把它称为“实象 $I_2$ 的表观位置”,它来源于特殊的观察条件和人眼的视觉特性。众所周知,人眼的晶状体 $A$ (见图2)的曲率的调节范围有一定限度,它可以使平行光或发散光(物点在明视距离之外)准确地会聚于视网膜 $B$ 上,但当接受会聚光时,光线经晶状体后的会聚点则落在视网膜前方一点 $C$ ,并继续扩展而在视网膜上

产生一直径为 $d$ 的弥散斑。光线的会聚程度越大, $C$ 点距视网膜越远,弥散斑的直径 $d$ 越大。因此,当人眼位于全息片 $H$ 平面与实象 $I_2$ 平面之间并沿箭头 $A$ (参见图1)方向观察时,实象 $I_2$ 两端点 $P$ 、 $Q$ 相应的会聚光波在眼球内会聚于视网膜前方之 $P'$ 、 $Q'$ ,然后在视网膜上 $P''$ 、 $Q''$ 处扩展为二弥散斑(图3)。 $P'Q'$ 和 $P''Q''$ 相对于 $PQ$ 是正立的,而由于人眼的视觉特性(自动将视网膜上的倒象转化为视觉中的正象),人所看到的“象” $I_3$ 则是倒立的。由于每一实象点在视网膜上扩展为一弥散斑,故此表观象是较模糊的。由于人眼位于 $H$ 平面与 $I_2$ 平面之间时,瞳孔中心对 $I_2$ 两端点所张视角一般要比对 $I_1$ 两端点所张视角为大,故 $I_2$ 的表观“虚”象 $I_3$ 一般要比原始虚象 $I_1$ 为大。又因为在观察过程中瞳孔的大小基本不变,对于会聚于 $I_2$ 上某一点 $M$ 的会聚光束(见图4),当人眼靠近 $H$ 平面观察时,瞳孔所接收到的会聚光锥的张角 $\alpha_1$ 较小,视网膜上的弥散斑直径 $d_1$ 较小;当人眼从 $H$ 平面移向 $I_2$ 平面时,瞳孔接收到的会聚光锥的张角变大( $\alpha_2 > \alpha_1$ ),弥散斑的直径变大( $d_2 > d_1$ ),故表观象 $I_3$ 的模糊程度也随之增大。另外,由图3还可看出,当实象 $I_2$ 的大小比瞳孔直径大得多时,若人眼靠近 $H$ 平面,可以接收到会聚于 $I_2$ 上所有点的光波,这时能看到整个物体的视象;若人眼右移到接近 $I_2$ 面,则瞳孔只能接收到会聚于 $I_2$

(下转第383页)

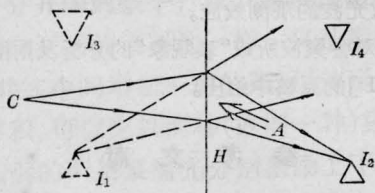


图 1

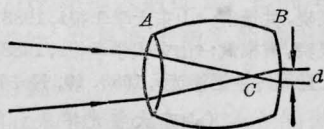


图 2

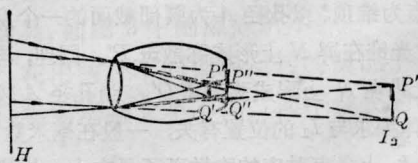


图 3

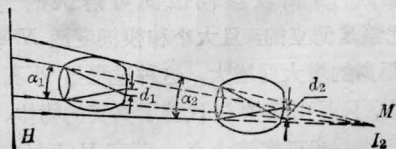


图 4

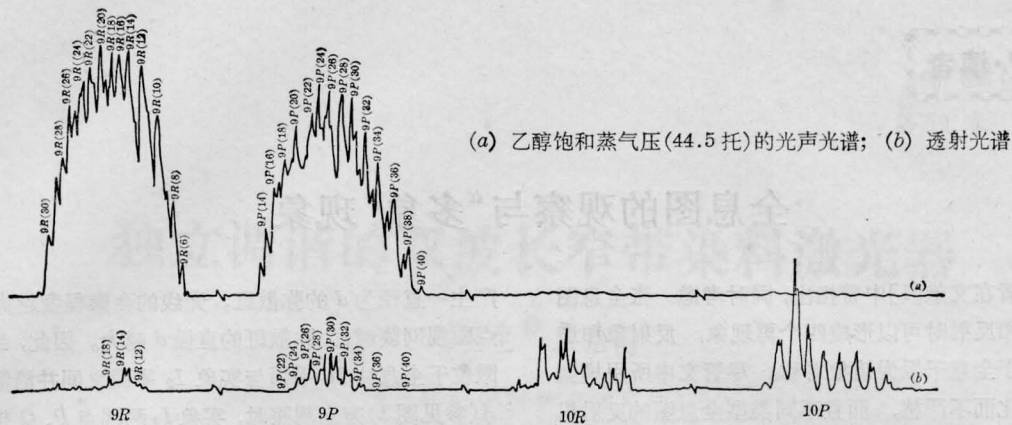


图2 乙醇的光声光谱

9R(12)到9R(20)五条线为最强。在9P支内, 甲醇的光声谱线从9P(16)到9P(38)都有吸收, 其中9P(24)到9P(34)六条线吸收较强。对乙醇蒸气, 在9R支内从9R(6)到9R(30)有十三条吸收线, 其中较强的有9R(10)到9R(26)九条线; 在9P支内, 从9P(14)到9P(40)有十四条线, 以9P(18)到9P(34)

九条线吸收较大。

(中国科学院上海光机所 傅思生  
 廖世强 王忠志 石培昇 孙顺娣  
 长春光机学院 谢京刚  
 1983年5月31日收稿)

(上接第384页)

上部分点的光波, 这时人眼只能看到物体视象的一个局部(且放大而模糊)。当人眼距 $I_2$ 面很近时, “象” $I_3$ 已变得不可辨认。以上所有理论分析结果与对 $I_3$ 的实验观察完全相符。因此可以说明, $I_3$ 的确并不对应于一个独立的新的发散波, 而只是在一定条件下观察形成 $I_2$ 的会聚光波时的一种视觉现象。

至于用细光束观察时“实象” $I_4$ 的形成, 则可以从产生原始虚象 $I_1$ 的衍射波得到说明。图5中以细光束1照射全息图 $H$ , 实际利用的只是 $H$ 上很小一部分 $A$ , 其直径为细光束直径 $D$ (图中未画出)。依全息理论, 全息图上每一局部(只要其大小包括足够多的条纹数目)都可再现原物的象(只是其分辨率有所下降)。由孔径 $A$ 再现 $I_1$ 上 $P$ 点的光波相当于以 $P$ 点为锥顶、以孔径 $A$ 为腰部截面的一个发散光锥, 此光锥在屏 $N$ 上形成弥散斑 $P'$ 。同理, 再现 $Q$ 点的光锥在 $N$ 上形成弥散斑 $Q'$ 。当孔径 $A$ 较小时(其具体要求与 $I_1$ 的位置有关, 一般在毫米数量级之内),  $I_1$ 上各点对应的弥散斑不是太大, 故能在屏 $N$ 上复合成一个虽较模糊但尚可辨认的“实象” $P'Q'$ 。此象是倒立的, 且大小和模糊度随 $N$ 平面与 $H$ 平面距离的增大而增大。这种过程与“小孔成象”十分类似, 只是由虚物 $I_1$ 代替了真实的物体。双孔实验<sup>[5]</sup>可进一步证实这一点。若在 $H$ 上另取一孔径 $B$ (这可由 $H$ 上复一开有两孔的不透光屏来实

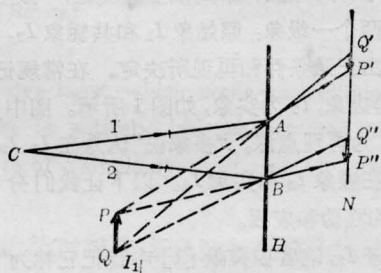


图5

现), 则会发现, 随着屏 $N$ 右移,  $A$ 、 $B$ 产生的“实象” $P'Q'$ 和 $P''Q''$ 分离得越来越远; 用同法观察 $I_2$ 则可找到使两孔对应的模糊象重合成单一的清晰的实象的位置(即 $I_2$ 象面)。可见只有 $I_2$ 对应于一真实的会聚光波, $I_4$ 则不然, 它只是一种在细孔径下对形成 $I_1$ 的发散光波的观测效应。

本文对会聚波所成“表现象”的分析及附图均在文献[1]的原稿中给出。

### 参 考 文 献

- [1] 蔡履中, 吕良晓;《激光》, 1982, 9, No. 10, 621.
- [2] 吕良晓;《山东大学学报》, 1982, No. 3, 104.
- [3] 吕良晓, 洪景新;《山东大学学报》, 1983, No. 2, 112.
- [4] 吕良晓, 黄福武;《山东大学学报》, 1983, No. 2, 126.
- [5] 李正直等;《中国激光》, 1983, 10, No. 7, 445.

(山东大学光学系 蔡履中  
 1983年8月9日收稿)