

电光、磁光和声光开关和调制上都是主动式的。被动开关材料主要为染料,由于液体在使用上的不方便以及光照不稳定性等,应该寻找固体的被动开关材料。研究材料的非线性吸收及损耗的电子过程,我们有可能获得快速的被动开关材料。如某些玻璃半导体薄膜和掺杂的晶态和非晶态物质。

(3) 快速的存储和记忆材料。目前的存储材料大多是直读式的,速度比较低。要发展快速的存储材料,还是要利用非线性的电子过程,以上提到的双稳态就是一个例子。为了探索响应时间为毫微秒及微秒的存储和记忆材料,就要研究激光引起的材料结构、性质和化学反应的瞬态变化。

(4) 紫外功能材料。当前研究还不多,有机化合物的前途较大,主要是轻原子组成的异形分子。

3. 和激光应用有关的光学介质材料。激光应用的发展对光介质材料也提出新的要

求,目前要侧重研究解决的有:

(1) 用于光通讯的光学纤维。光学纤维的损耗近年有大幅度的降低,多模传输的光纤已有所解决,而单模传输的光纤材料还要花大力量,纤维材料的色散特性和短脉冲激光的传输特性皆需要深入研究。

(2) 低损耗和高热传导的红外及紫外窗口材料,特别是能制成大尺寸。以红外窗口为例,Ge、GaAs 的损耗大,非线性折射率高,而卤化物晶体易潮解,热传导系数小。国外采用 II~VI 族化合物的单晶和多晶材料。

(3) 低非线性折射率、低损耗、高度均匀的光学玻璃,作为高功率激光的棱镜、透镜等光学元件,等等。

综上所述,在激光发展中光学材料的研究内容是极为丰富的,它是一门多学科及技术互相渗透的领域,是需要从事化学、化工、光谱、应用物理等各方面科技人员协作配合,努力工作的。

关于全息术的几个问题

王之江

(上海市激光学会副理事长)

Some problems on holography

Wang Zhijiang

(Vice Director, Laser Society of Shanghai)

一、全息记录和信息量

全息图的信息量与记录的方式有关,而它的最大信息容量则是由底片的尺寸 c , 分辨能力 d , 以及底片的动态范围 R 决定的,它等于 $(c/d)^2 \log R$ 。暂且不计动态范围的差异,则底片的总线条数决定了信息容量的

大小。例如一张大小为 80×120 (毫米²) 的底片,设每毫米可以分辨 2000 线,则它的信息容量约为 4×10^{10} 。对于目视二维图象来说,这样大的信息容量是多余的。我们曾讨论过,利用底片的动态范围,记录三维物体并不需要比记录二维物体具有更多的底片总线条数^[1]。高分辨率全息底片的要求来源于不

* 1979 年上海激光年会上报告。

适当的偏置参考光束和观察重构象的方式。离轴全息当然是对同轴全息的重大改进，但是，在以后的发展中，对信息源和通道是否匹配的问题未引起足够的重视。

我们曾讨论过非冗余记录的条件(图1)。设物体的尺寸为 a ，所需物方分辨尺度为 b ，底片大小为 e ，分辨尺度为 f ，则非冗余记录的条件为

$$L\lambda = be = af \quad (1)$$

其中 λ 为相干光源的波长。一般全息记录则满足

$$L\lambda = be > af \quad (2)$$

(1)式和(2)式的第一个等号是记录物体信息的必要条件，而第二个等号为非冗余记录的条件。

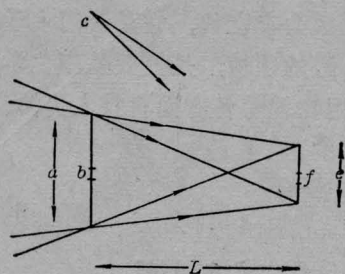


图 1

一般常用肉眼直接观察全息照片的重构象。这时，观察的分辨率并不由记录底片的大小决定，而是由眼睛的瞳孔决定。例如设 $e=2$ 毫米， $\lambda=0.6$ 微米，则在明视距离可分辨 0.1 毫米。当使用每毫米 1000 线的小块底片时，在非冗余条件下，视场大小可达 180 毫米，通过使用 100 毫米左右的大块底片，这种冗余记录的结果不过是增加了观察范围。

把上述几毫米大小的高分辨率底片，改为低分辨率的大块底片，在合理的拍摄条件下，可记录同样的物体信息，例如 $e=30$ 毫米， $f=\frac{1}{80}$ 毫米，物体的分辨率不变，则 $L=5000$ 毫米，视场大小可达 120 毫米。相对于高分辨率底片，采用了低分辨能力的大尺寸底片

后会遇到两个问题。第一，物光束对底片的照度随分辨率下降而成平方律下降，同时感光颗粒的面积也同时增加。审查实际的底片特性表明，曝光时间不仅不增加，反而可以缩短。这一点已被我们的实验所证实。第二，观察重构象必须要使用仪器，仪器的光瞳不小于底片的大小，以至不降低物体的分辨率。我们曾在重构的实象处加一块透镜，将全息底片缩小到眼瞳大小，然后用肉眼观察，既保持分辨能力，又增加了象的强度。

在以上的讨论中，我们实质上假定了底片和光瞳的位置相重合。当底片位于物体和光瞳之间时，一般总要引进一定的冗余度。因为底片接近物体必定要求有更高的分辨率数，而底片离开光瞳，只要物体大于光瞳，总是意味着需要比光瞳为大的底片。

光瞳的概念在光学仪器理论中是十分重要的，但在全息术中一向被忽视了。我们也已经讨论过光瞳在全息术中的作用，认为光瞳和物体具有同等的重要性，由此可推断，底片位于物体和光瞳的中心位置时，冗余度最大。

在成象全息的情况下，底片的大小和物体相当，底片的分辨能力不应低于物体的分辨能力，并且与光瞳大小以及光瞳离开物体的距离有关。显然，这里也可以采用低分辨率底片，并且满足非冗余记录的必要条件。

在全息显微技术中，情况和普通的艺术应用略有不同。举例来说，为了记录 1 微米大小的雾滴，根据(1)或(2)的第一个等式，必须要使雾滴约有 1 弧度的发光角。因此，若用平行光照射，则经过雾滴($n\sim 1.3$)聚焦之后，约有 0.2 弧度的发散角，可见只能分辨大于 5 微米的雾滴。为了造成近乎 1 弧度的发光角，不应该采用平行光照明。图 2 是一种可能的照明方式，样品位于抛物面镜的焦点附近，平行光束经抛物镜后大角度照明样品，在显微术中，视场角是不大的。因此全息底片与物体的距离 l 可以缩短，否则底片(或接收器)

要求很大,并且照度很低,使用位于物体附近的点参考源,则底片的分辨率基本上由视场角(2倍)决定。

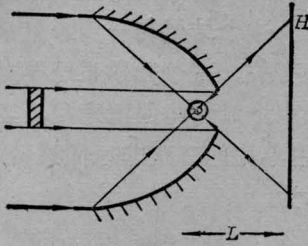


图 2

二、立体显示

在全息照相出现之前,立体显示可分为两种。一种是利用单目运动立体感,这是依靠一只眼睛(或光学系统)相对于物体运动,以及眼睛(或仪器)的调焦变化而感觉三维景物,即从不同角度去观察物体以及观察物体的深度,大家知道这种立体感是不够鲜明的。

双目立体感则是利用视差来判断三维景物,双目立体镜、立体测距仪,以及传统的偏光立体电影都是利用这个原理,只有双目立体感才包含准确的空间定位感。

全息立体显示具有上述两种立体显示的综合效果,高分辨率全息底片的冗余记录包含着对物体的不同观察角度的信息。一只眼睛在全息记录角范围内扫描便能获得立体感,当全息底片的水平尺寸足够大时,可以用双眼同时观察重构象,图3表示照相光路和重现时允许的目视范围。由此可见,要使全

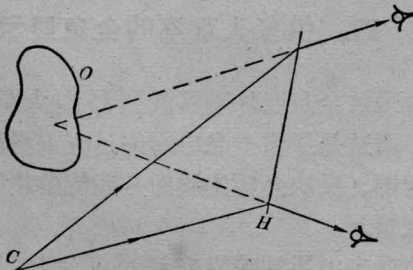


图 3

息显示达到双目立体感的条件是很苛刻的,在一般情况下都没有满足。

全息照片中记录的远多于二维物体的信息量并不与物体的三维信息有直接关系。因此,已有一些方法既保持了立体显示的能力,又减少了信息的多余度。抽样全息是一种方法^[2],彩虹全息则是舍弃垂直视差而保持水平视差的一种方案。

单目运动立体感可以用时变化的多幅投影图来代替,这就是普通电影的立体感。由此可知,全息电影应该以解决双目立体电影为第一步。

此外,众所周知,在全息立体显示中,还遇到真象和膺象的问题。全息重构的两个象中(正一级和负一级),一个是正常的三维景物的重现,另一个则是其反演。后者实非三维物体之重现,而是膺象。前者可以具有双目立体感,后者虽也有随目视位置而变的假“立体感”,但由于深浅倒置,只能引起头脑混乱。如前所述,一般全息照相并不具备双目立体感,因此这种问题还未为人们所注意,但在观察白光全息片的反面时容易感觉到这一点。

三、彩虹全息的实用可能性

上面已经提到,全息术也象普通成象系统那样,其中光瞳和物体应是对称的,彩虹全息术正是如此。在重构物体的同时,也再现光瞳。因为光瞳呈水平狭缝,于是既保持了水平视差,又除去白光重现引起的模糊。

彩虹全息由于能用白光显示,为艺术上的应用提供了可能性,但是达到实用还要解决一系列问题。色差是彩虹全息不可避免的。载波频率越高,全息图的色散也越大,这样观察范围是大了,而且容易观察到单色象。但这种颜色不是物体的自然色,而是假彩色。自然彩色的全息照片也可以制作,却仅限于某个特定的观察位置,既能观察到自然色又有较大观察范围的方法,至今还没有找到。

色模糊是白光显示彩虹全息的又一个问题,它直接影响到象的清晰度。色模糊与狭缝对全息照片的张角成正比。当然,狭缝太窄了,衍射引起的模糊也要起作用。但是,作为艺术应用,狭缝的宽度不应小于眼瞳,全息片也不可离眼睛太远。因此,衍射作用是不重要的,我们的计算结果表明,色模糊与载波频率无关。

彩虹全息基本上是一种成象全息,色模糊与象点至全息片的距离成正比。我们的计算表明,当狭缝宽度为几毫米时,并设它至全息片距在明视距离附近,象的深度可达2厘米,如果光学系统的横向放大倍数为5倍,则物的深度可达50厘米。

为了达到一定的象清晰度,光瞳应该限制得足够小。这就为采用低分辨力底片作记录提供了可能,我们设想了一种彩虹全息照相机,以光瞳平面上的点源作为参考束,由于采用了低分辨率底片,用一个点源不可能记录长度大于双目间距的狭缝。为此,可采用两个参考点分别与两段狭缝对应。

图4是彩虹全息照相机的光路图。由图中几何关系可知,

$$\phi = \frac{D}{L}, \quad \phi' = \frac{f_1 D}{(L + f_2 + f_1)(l - f_1)}$$

为了使 $\phi' \sim \phi$, 应使 $f_1 = l - f_1$, $L \gg f_1 + f_2$, 即应满足 $l = 2f_1$ 。令 $l = 500$ 毫米, 则物体象与出瞳之间正好为明视距离。假定使用每毫米100线的航空胶片, 则参考点距离狭缝远端可达15毫米, 狭缝宽度可以取7毫米。

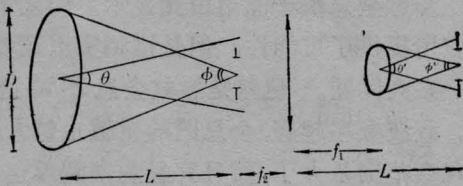


图 4

立体感决定于两目距离 d 对物体的张角, 在象方面, 这个张角为 $\theta' = \frac{d}{e - f_1}$, 而在物

方, $\theta = \frac{d}{L}$ 。因为 $L \gg (l - f_1)$, 因此 $\theta' \gg \theta$ 。

可见这个系统可以增强立体感。

一般认为一步彩虹全息的质量不如二步彩虹全息。这个结果与一步彩虹全息的光学系统质量有关。这个光学系统要对一定光瞳位置的光束形成物体的清晰象, 当物在远处时, 可采用单片的二次非球面透镜(图5), 面型可表示为

$$y^2 = ax + bx^2, \quad (3)$$

中心部分的焦距为

$$f = \frac{\pm r}{n-1} = \frac{\pm a}{2(n-1)}. \quad (4)$$

为了光瞳平面 ($L_p = 2f$) 消象散, 面型系数应满足^[3]:

$$L_p = \frac{-a \pm a\sqrt{1+b}}{2b} = 2f \quad (5)$$

(4)式代入(5)式, 得到

$$b = \frac{9}{16}.$$

上面已经假定 $f = 250$, 当 $n = 1.5$ 时, $a = 250$ 。因此非球面平面透镜的面型曲线为

$$y^2 = 250x + 0.5645x^2. \quad (6)$$

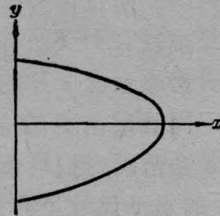


图 5

四、供多人观察的全息显示

通常全息照片不可能被许多人同时观察, 而这是探索全息电影的过程中亟待解决的问题。反映问题实质的是系统的拉格朗日不变量。

对于电影放映机来说, 底片尺寸约为20毫米, 孔径角不大于 $1/2$, 则拉格朗日不

变量 $j < 10$ 。如果投影屏为 5 米大的镜面，则在距离 10 米远处，观察区域不大于 20 毫米，还不足双眼间距。电影是依靠具有漫射性质的银幕来扩大拉格朗日不变量的，例如 5 米大的银幕，在 10 米远处有两位观众（观察范围约 1 米），则拉格朗日不变量 $j \sim 50$ 。实际情况是允许近十米观察范围，即拉氏不变量大到数千。

尺寸为 100 毫米的高分辨率全息底片，视场角也可大至 0.5 弧度以上，可见拉格朗日不变量为 50 以上。但此时象的尺寸也不大于 100 毫米。把全息底片放大到几米大，意味着象缩得很小，把全息重构象放大到几米，必须使观察角缩小到不足 0.1，即只能供 1~2 人观看。而依靠漫射屏扩大观察范围是不适用于全息显示的。因为这必定失去三维信息，有一种“投影全息”^[4]乃是在一个方向（垂直）上形成散射，而在水平方向上保持原有视差。

我们认为多象系统是解决供多人观察的一个全息显示的途径。

微透镜系统是多象系统的一个例子，即在每一个象素单元内制作许多微透镜或微反射镜。

全息术为多象系统提供了新途径。同一物体用不同角度的参考光作全息记录，这张全息图便是一个多象系统，全息电影要求的是多光瞳的全息图。因此，一种全息立体电影的方案可描述如下（图 6）。

首先，用二只普通电影摄影机摄出二个象（图 6(a)），双镜头的位置与双目观察位置相当。第二步，将二组照片用激光及双物镜放映在反射屏上，复原为立体原物，屏将光束会聚在全息片上，摄出全息图（图 6(b)）。全息重现时，双物镜的重现位置即双目的位置。若使二象分别为两眼所观察，便获得立体感（图 6(c)），如同当时双眼在摄象位置所见。如前所述，放映屏应该是一个多象系统，形成多个光瞳象——多个观察者的双目位置，从

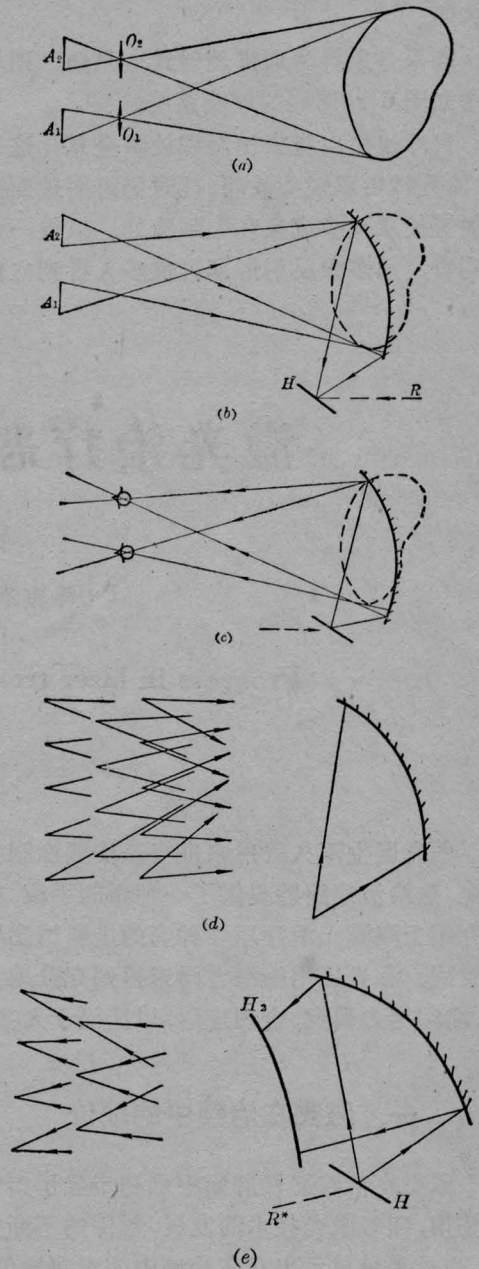


图 6

而可以被多人观察。多象屏可以这样去制作：电影院的一个座位以一个光点代表，与许多座位对应的多光点和参考光束相干涉形成的全息片作为屏（图 6(d)），这个屏恰能符合上述要求，由于座位远近不同，形成的多个象将会有不同倍率，因此，要求双镜头电影摄影机的物镜入瞳间距不宜过大，以免放大后超

过目距。

如果多象屏为通常透射式全息图, 则可采用如图 6(e) 那样的放映系统。

自然也可以省去摄制和放映全息片这二步, 而直接由双镜头放映, 此时仍可用球面镜反射屏使双镜头成象在人眼瞳处, 以供一个人观看, 用多象反射屏即可供多人看到立体

象。

参 考 文 献

- [1] 王之江, 《科学通报》, 1978, №12, 719
- [2] Lin L. H.; *Appl. Opt.*, 1968, 7, 545.
- [3] 王之江, 《光学设计理论基础》, p. 312.
- [4] "Progress in Optics", Vol. 15, p. 141, Projection-Type Holography.

激光治疗恶性肿瘤的进展

刘 德 民

(上海市激光学会副理事长)

Progress in laser treatment of malignant tumors

Liu Demin

(Vice Director, Laser Society of Shanghai)

激光诞生不久就用来进行杀伤癌细胞的研究, 这给治疗癌肿提供了一种新的手段。本文介绍上海激光治疗恶性肿瘤的进展情况可以看到, 激光应用的潜力尚未得到充分地发挥, 必须努力研究, 合理应用, 以造福于人类。

一、激光在治癌中的地位

激光在治疗恶性肿瘤中已初步显示出它的作用, 随着激光技术的发展, 器件的不断完善, 也越来越显示出它在治癌中的重要地位。

从已有的实验性研究及临床的研究资料可以设想, 激光的治癌有多种途径。它既可完成目前主要治癌手段外科切除肿瘤, 也能在目前的若干探索途径发挥作用, 如用激光照射的光化作用改变癌生物学过程, 封闭血管断绝肿瘤的血供, 局部凝固及加热杀伤癌细胞, 激光照射激发机体的免疫力等。综上所述, 激光在治疗恶性肿瘤的实践中将发挥

它更大的威力。

激光治疗恶性肿瘤目前所使用的方法:

1. 激光束作为外科手段切除肿瘤。用激光束切除恶性肿瘤比常规外科手术有其独特的优点, 如激光切除出血少, 由于激光可封闭血管及淋巴管可防止癌细胞的扩散转移成为可能, 在需要时可同时切除与肿瘤有关的骨质; 这是常规外科刀所作不到的, 因而简化了手术程序, 缩短了手术时间, 术后反应小。但激光切除过的部位是否会产生组织的特异后遗症, 这是大家所关心的问题, 这种关心是必要的、正确的。可是一切事物都有它的双重性, 而且还有质与量的关系, 不能从单一因素去看待, 比如放射线对机体肯定有害, 但为什么还使用放射线来治疗恶性肿瘤呢? 这是众所周知而且很容易回答的问题。激光同样如此, 就是因为一次手术的能量即可产生手术后的特异后遗症。但到目前为止

* 1979年上海激光年会上报告。