

# 眼科领域内激光应用的新动向

江苏省徐州市第一人民医院

传统光学已为眼球这一光学器官提供了一系列检查诊断方法和相应的仪器设备。激光出现后,它的高能量性能很快引入眼科,并得到较广泛的应用。除此之外,激光这一新技术能否为眼科作出更多的贡献,也是激光工作者和眼科医生共同关心的问题。下面就国外这方面的动态作一介绍。

## 一、干涉视力计

当一位光学间质(角膜、晶状体等)混浊的患者来就诊时,医生面临着下列难题:患者丧失的视力是否全部归咎于这混浊的间质;视网膜的功能和其潜在的能力又如何;改善间质的透明度能否恢复有用的视力。间质混浊本身,往往使传统的光学仪器如眼底镜和裂隙灯无能为力。

利用激光器发出的相干光,使其在视网膜上形成干涉条纹,而根据受检者分辨最小间隔的能力来推断其视网膜功能,是一种新的主观视力检查法,这种设备称为干涉视力计。

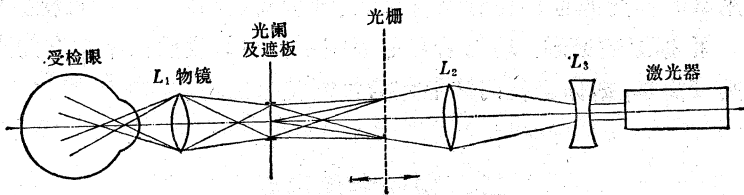


图1 干涉视力计(一)

图1是一种干涉视力计的示意图,由一低能量的氩-氟激光器发出6328埃的平行相干光,经 $-40D$ 的镜片( $L_3$ )发散后的光束照到放在 $+3.5D$ 镜片( $L_2$ )后每吋300线的光栅上,因光栅的衍射作用把激光束分为一系列不同强度的等间距的衍射点,利用其中两个一级衍射点作为二次光源。遮板中央的黑点将激光的0次象遮住,遮板光阑的孔径可在1~10毫米间调节,它将除了从两点发出的等强度的一级象以外所有的光都遮住。同一激光光源经过两个分开着的点的映象所造成的球面波,由于它们的相位相同,在波面迭加时即发生干涉而产生干涉条纹(图2),此条纹的粗细与两个球面波间的发射交角成反比,也即与双象的间距成反比,因此调节光栅与 $L_2$ 的距离即可改变此干涉条纹的粗细。用焦距为105毫米的照相物镜( $L_1$ ),使光源的双象映在受检者的角膜平面(对角膜混浊病例)或瞳孔平面(对白内障病例)上,这时干涉条纹即可映照在视网膜上,使受检者在约 $90^\circ$ 的视野内看到一个圆形的充满了深浅间隔的红色

条纹的映象, 条纹间隔与光栅位置的关系, 可预先列表备查, 如受检者分辨出最小的条纹间隔相当于 1 分角, 则说明视网膜的分辨能力正常。

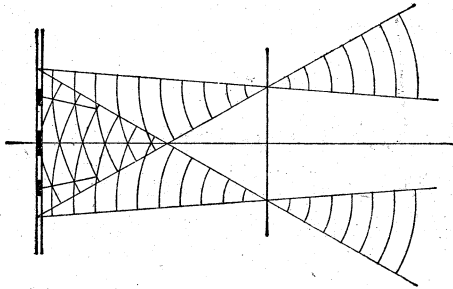


图 2 两个相干光源的球面波产生干涉条纹

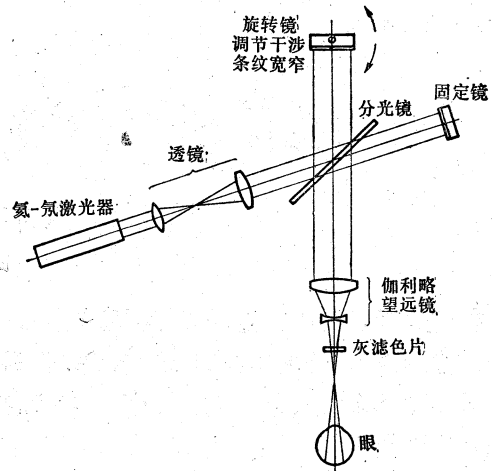


图 3 干涉视力计(二)

图 3 是另一种干涉视力计的设计, 氦-氖激光经光学透镜, 通过分光镜分为两部分, 一部分经固定镜反射, 再经分光镜反射至伽利略望远镜; 另一部分经旋转镜反射, 此两部分光互相干涉, 即在病人眼上产生条纹, 其条纹粗细由旋转镜调节。

这种干涉视力计与病人的屈光状态无关, 只要间质有部分透明即可受检, 故可用来预测某些复明手术的效果, 对白内障病人手术前后对照, 证明预测的准确度很高。对角膜移植术的病人术前术后对照也是吻合的, 但如间质的混浊较厚, 则干涉视力表也将失效, 使预测视力较术后恢复视力为差, 而如能辨清细密的条纹, 则可肯定能得到较好的手术效果。

干涉视力计用激光作光源也存在着设备昂贵、维护复杂的缺点, 而且检查时间较长, 也不易得到病人合作。根据上述原理, 瑞士伯耳尼医院用白炽灯照射两个迭合的光栅板以产生莫尔(Moire)条纹, 则较简单, 据称已在门诊上作为常规检查之用。

## 二、眼底全息摄影

普通的眼底照相只能记录眼底的线条、明暗和色调, 立体眼底照相可在立体镜下重现眼底的三维图象, 如果利用全息摄影, 则不但可重现三维象, 还可利用全息的显微镜下再现技术, 以观察重现象各个层次的微观结构, 为在活体上研究视网膜的微血管构造创造条件。

1966 年范林登(vanLiten)在模型眼上作过全息摄影的尝试。1970 年卡金(Calkins)用氦-氖激光在活的猫眼上作了眼底全息摄影。1972 年魏金斯(Wiggins)等改装眼底照相机, 使之能照出视网膜的全息象(图 4)。他们用 2 瓦输出的氦离子激光器作为光源, 选择 5145 埃的绿色谱线, 使红色的血管在桔红色的眼底背景中更好地得到显示, 据称, 在猫眼实验中对血管直径的分辨力可达 30 微米。

视网膜最大的安全曝光量为  $6 \times 10^{-1}$  焦耳/平方厘米, 根据魏金斯等的实验条件, 角膜表面照射量为 20 毫瓦, 曝光时间为 6 毫秒, 即在视网膜上的能量密度为  $2 \times 10^{-3}$  焦耳/平方厘米, 较安全阈至少小 50 倍。可是按全息摄影的要求, 曝光过程中, 被摄物体的活动的幅度不得大于

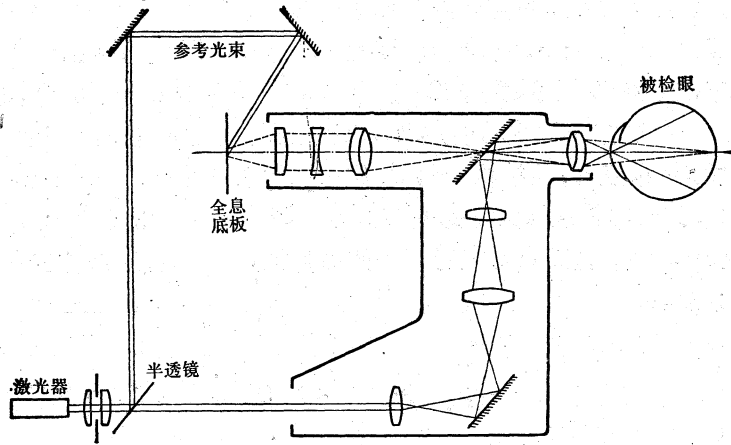


图4 全息眼底照相机示意图

波长的 $1/8$ ,对有快而细小震颤的活体眼来说,曝光时间应控制在 $0.25\sim 1$ 毫秒以内,所以魏金斯等实验时,还需在猫的眼球后注射麻醉剂,使眼球活动尽量减少。如能增加感光乳胶的敏感度,并改进快门装置,则很快即能在临床上应用。

### 三、检查屈光

用激光作大屏幕显示及全息摄影时,常受激光束内斑点影的干扰。在研究消除这些斑点影的过程中发现斑点影与观察者的屈光状态有关系。近视眼者在观察激光斑点影时,如将头部作侧向活动,可发现斑点影逆着头的动向而移动。正视眼或已带上矫正眼镜者,则只感到有

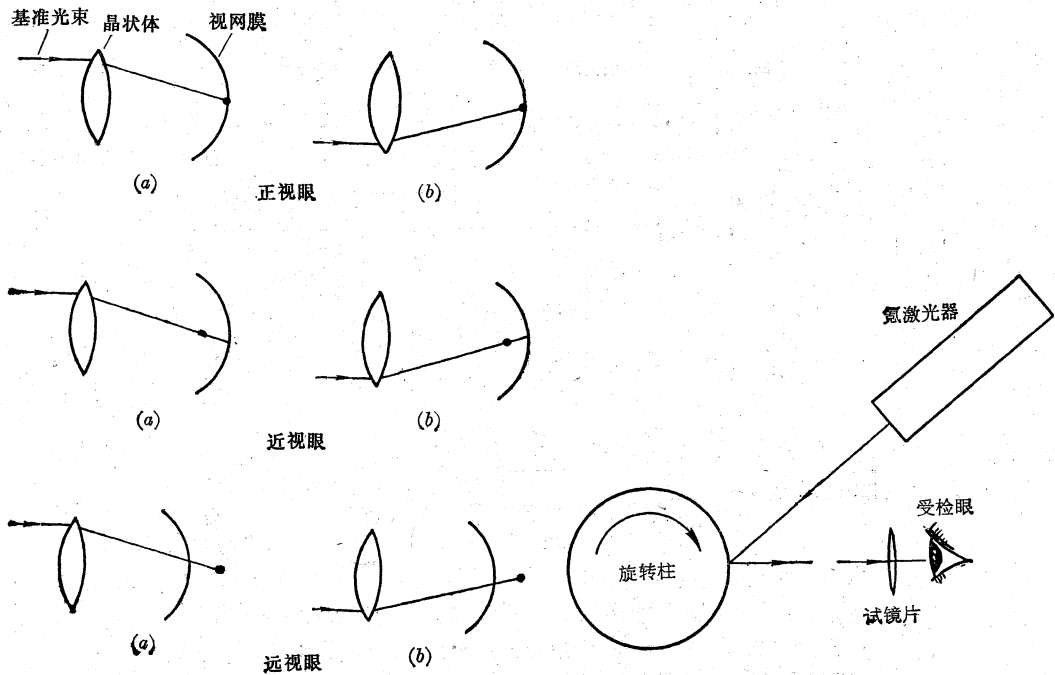


图5 利用斑点影检查屈光不正

很少或没有移动，远视眼则看到斑点影随头作顺向移动。莫翁(Mohon)等用一种简单装置测定在不同波长下眼的屈光和调节，令被检者注视 6.1 米外半径为 15 厘米、每分钟旋转一圈的圆柱体上反射过来的氩激光，分别用 4680 埃(蓝色)、5210 埃(绿色)、5680 埃(黄色)、6740 埃(红色)四条谱线。根据斑点影为顺动或逆动，将远视或近视镜片递增迭加于受检眼前，直至移动停止(图 5)。测定调节度时，嘱被检者调节，使斑点能双向移动，迭加负镜片，直至斑点影只能反向或不动为止，此时的镜度即为眼的调节潜力。据称这一方法适用于大规模检查，并可应用于幼儿或智力较低的人，甚至可对经过训练的动物检查。但看来这种主观验光的方法对测定散光还是有困难的。

#### 四、全息滤片

将摘出的混浊晶状体(白内障)作光学分析后，发现它仅能吸收一部分光，大部分光是被漫射掉的，晶状体内无数的漫射质点，使光波的波阵面发生杂乱的相位异常，因而破坏了成像功能，使患者失明，就象是不能看清粗糙的毛玻璃后面的物体一样；而如果用水润湿毛玻璃，使毛玻璃面上的凹坑都给水分子所填满，这时相位异常得到抵消，便可重复透明(图 6)。

宇航中正在研究用全息照相的方法抵消云雾的漫射，以便透过云雾看清目标，并已得到初步成果。这种设想自然使眼科医生发生极大兴趣，因为很多盲人都是由于角膜、晶状体等中间

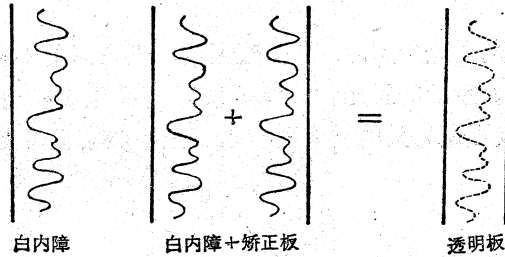


图 6 利用全息照片作矫正板，抵消相位异常，使白内障变透明

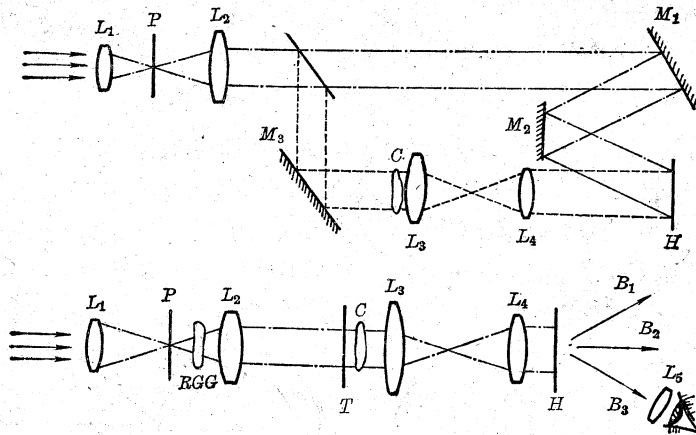


图 7 上图为用干涉仪作全息摄影，下图为全息重现情况

$L_1$ —显微物镜； $P$ —针孔； $L_2$ —平行光管镜组； $M_1$ ~ $M_3$ —反射镜； $C$ —白内障； $L_3$ —场镜； $L_4$ —成像镜； $H$ —全息照片； $B_{1,2}$ —不正确射束； $B_3$ —正确射束； $L_5$ —成像镜； $T$ —标记； $RGG$ —旋转玻璃(消除斑点影噪声用)

质变混而失明的。

米勒 (Miller) 等做了很有启发性的实验, 他们先用涂上一层凡士林的玻璃片来模拟白内障, 按图 7 装置摄得此玻片的全息象, 这张全息照片便记录了此漫射物体的全部相位变化, 峰谷互相对应, 当这张全息照片以 2 微米的精确度套迭在模拟白内障的玻片前时, 后面原来模糊的象便变清楚了。以后他们对用冷凝术摘除的白内障进行同样的实验, 也得到同样的抵消作用, 其效果相当于使原为眼前数指的视力恢复为 1.0。

但是因为: (1) 实验中用的是单色的激光光源; (2) 全息照片是用摘出的白内障用透照法摄取的; (3) 此种抵消滤片迭加时的准直度需精确至几个波长长度。所以, 这种复明的方法离开临床应用还有一段相当大的距离。

### 参 考 资 料

- [1] Gstalter, R. J. et al; *Arch. Ophthalm.*, 1972, **87**, 269.
- [2] Goldmann, H.; *Amer. J. Ophthalm.*, 1972, **73**, 309.
- [3] Wiggins, R. L. et al; *Arch. Ophthalm.*, 1972, **88**, 75.
- [4] Wiggins, R. L. et al; *Appl. Optics*. 1972. **11**, 179.
- [5] Mohon, N. et al; *Appl. Optics*, 1973, **12**, 783.
- [6] Miller, D. et al; *Arch. Ophthalm.*, 1973, **90**, 323.

(上接第 47 页)

### 参 考 资 料

- [1] *Proc. IEEE*, **57**(1969)1374. [2] *IBM J. Res. Develop.*, **10**(1966)162. [3] *Sci. Am.*, **220**(1969)30.
- [4] *Appl. Phys. Lett.*, **9**(1966)306. [5] *Phys. Lett.*, **24A**(1967)280. [6] *IBM J. Res. Develop.*, **11**(1967)130.
- [7] *Appl. Phys. Lett.*, **10**(1967)280. [8] *IBM J. Res. Develop.*, **11**(1967)148. [9] *Z. Naturforsch.*, **22a**(1967)1563. [10] *Appl. Phys. Lett.*, **10**(1967)266. [11] *Appl. Phys. Lett.*, **17**(1970)245. [12] *Appl. Phys. Lett.*, **9**(1966)179. [13] *Appl. Phys. Lett.* **13**(1968)124. [14] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-5**(1969)175.
- [15] *Appl. Phys. Lett.*, **19**(1971)38. [16] *Phys. Lett.*, **25**(1974)144. [17] *Opt. Commun.*, **10**(1974)219.
- [18] *Письма в ЖЭТФ*, **9**(1969)15. [19] *Письма в ЖЭТФ*, **8**(1968)501. [20] *Phys. Lett.*, **30A**(1969)488.
- [21] *Opt. Commun.*, **10**(1974)133. [22] *Appl. Phys. Lett.*, **23**(1973)548. [23] *Japan J. Appl. Phys.*, **11**(1972)692. [24] *Opt. Commun.*, **3**(1971)65. [25] *Appl. Opt.*, **11**(1972)64. [26] *Opt. Commun.*, **3**(1971)177.
- [27] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-8**(1972)373. [28] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-8**(1972)910.
- [29] *Opt. Commun.*, **7**(1973)248. [30] *Appl. Phys. Lett.*, **24**(1974)386. [31] *Appl. Phys. Lett.*, **11**(1967)89.
- [32] *Appl. Phys. Lett.*, **18**(1971)108. [33] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-10**(1974)462. [34] *Appl. Phys. Lett.*, **16**(1970)499. [35] *Appl. Opt.*, **11**(1972)895. [36] *Opt. Commun.*, **4**(1971)283. [37] *Appl. Opt.*, **10**(1971)1348. [38] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-4**(1968)707. [39] *Appl. Phys.*, **1**(1973)171.
- [40] *Opt. Commun.*, **1**(1970)433. [41] *Appl. Phys. Lett.*, **17**(1970)239. [42] *Opt. Commun.*, **5**(1972)134.
- [43] *Appl. Phys. Lett.*, **15**(1969)179. [44] *Appl. Phys. Lett.*, **19**(1971)269. [45] *Appl. Phys. Lett.*, **18**(1971)152.
- [46] *Appl. Phys. Lett.*, **18**(1971)395. [47] *Appl. Phys. Lett.*, **12**(1968)54. [48] *J. Appl. Phys.*, **39**(1968)5859.
- [49] *Appl. Phys. Lett.*, **15**(1969)166. [50] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-5**(1969)166. [51] *Phys. Lett.*, **26A**(1968)558. [52] *Appl. Phys. Lett.*, **19**(1971)480. [53] *Appl. Phys. Lett.*, **24**(1974)373.
- [54] *Appl. Phys. Lett.*, **20**(1972)125. [55] *Opt. Commun.*, **5**(1972)382. [56] *Phys. Rev. Lett.*, **32**(1974)343.
- [57] *Opt. Commun.*, **4**(1971)300. [58] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-8**(1972)819. [59] *Opt. Commun.*, **11**(1974)251. [60] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-8**(1972)802. [61] *Appl. Opt.*, **11**(1972)699.
- [62] *Phys. Rev. Lett.*, **29**(1972)468. [63] *Opt. Commun.*, **8**(1973)157. [64] *Opt. Commun.*, **4**(1971)125.
- [65] *C. R. Acad. Sci.*, **274B**(1972)93. [66] *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-10**(1974)678. [67] *Opt. Commun.*, **6**(1972)166. [68] *Bull. Am. Phys. Soc.*, **16**(1971)1340. [69] *Appl. Phys. Lett.*, **15**(1969)41.
- [70] *Phys. Rev. Lett.*, **26**(1971)652. [71] *Phys. Rev.*, **186**(1969)342. [72] *Appl. Phys. Lett.*, **19**(1971)169.
- [73] *Appl. Opt.*, **11**(1972)354. [74] *Chem. Phys. Lett.*, **13**(1972)40. [75] *Phys. Rev. Lett.*, **27**(1971)707.
- [76] *Nature Phys. Sci.*, **235**(1972)63. [77] *Nature*, **225**(1970)719. [78] *Письма в ЖЭТФ*, **11**(1970)431.
- [79] *Opt. Commun.*, **3**(1971)173. [80] *Opt. Commun.*, **12**(1974)98. [81] *Science*, **180**(1973)451.
- [82] *Appl. Phys.*, **1**(1973)103.