

激光干涉视力仪及其应用研究

陈国鉴 石锦辉* 许家华

(合肥工业大学)

提要:介绍了利用双光束干涉法检查眼底视觉功能(分辨力)的基本原理,描述了
我们研制的激光干涉视力仪的光路系统,以及对眼科常见病 90 例, 125 只眼的检查
结果,指出了“星点闪烁”现象在眼底视觉测定中的重要意义。

Laser interference optometer and its application in ophthalmology

Chen Guojian, Shi Jinhui, Xu Jiahua

(Hefei Polytechnical University)

Abstract: The basic principle for measuring the visual acuity of the eye fundus using two-beam laser interferometry is described. The optical system of laser interference optometer is described in diagram. The results of clinical research in 90 cases having poor eyesight and special examples with ordinary disease in ophthalmology are reported. It is pointed out that the phenomenon of “flash start” is important in the measurement of visual acuity of the retina-brain system.

检查视觉功能最简单、最常用的方法是看视力表,但视力表只能检测人眼总的视觉功能,有时会遇到这样的问题:

(1) 若一患者的视力太差,看不清最大的E字(或环的缺口)。那么,究竟是眼的成象系统还是视网膜—脑系统不健全呢?

(2) 现在已能用手术治疗白内障和角膜白斑。手术之前,医生面临下列难题,患者丧失的视力是否全部归咎于这混浊的间质?视网膜功能和其潜在的能力如何,手术后能否恢复有用的视力?间质本身混浊,往往使传统的光学仪器如眼底镜和裂隙灯无能为力^[1]。

用激光干涉的方法,不仅可以测量患者视网膜的分辨能力,而且能获得视网膜—脑系统的质量的数据,以至能知道其调制传递

函数 MTF^[2]。

一、激光干涉视力仪的原理

用较弱的激光束在眼球光学系统的节点处(角膜上)形成两个小光点,按照杨氏干涉原理,在视网膜上将形成干涉条纹,见图 1^[3]。改变两光点的距离,就可改变条纹的间距,改

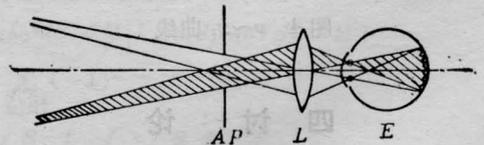


图1 激光干涉视力仪的原理示意图

收稿日期:1985年4月8日。

* 安徽医学院。

变两光点的相对位置,就可改变条纹的空间取向。这样,检查就不仅有光觉,而且有形觉。我们使干涉系统的出瞳位于眼光学系统的入瞳上,便可以单独测定视网膜的功能,而不受眼屈光力的影响。利用干涉原理制成的检测眼视网膜—脑分辨力的仪器,称为激光干涉视力仪^[4]。

二、激光干涉视力仪的光路系统

激光干涉视力仪的光路系统如图2所示。He-Ne激光器1的光束经反射镜2反射、聚光镜3会聚于4处,4位于聚光镜7的两倍焦距上,入窗5位于聚光镜7的物方焦面上。光束经立方体8分光后,到前置镜9和9'。前置镜9和9'的位置是这样设计:入瞳4经透镜7所成的像,正好在镜9和9'的物方焦面上。9和9'的象方焦面上放有全反射镜10和10',光束经它们反射返回后,分别成像在9和9'的像方焦面H上。若使前置镜9沿垂直光轴方向移动距离h,出瞳分离成间距为a的两点。这两光点经后置镜16成像于患者眼球的节点处。进入眼球的双光束,在

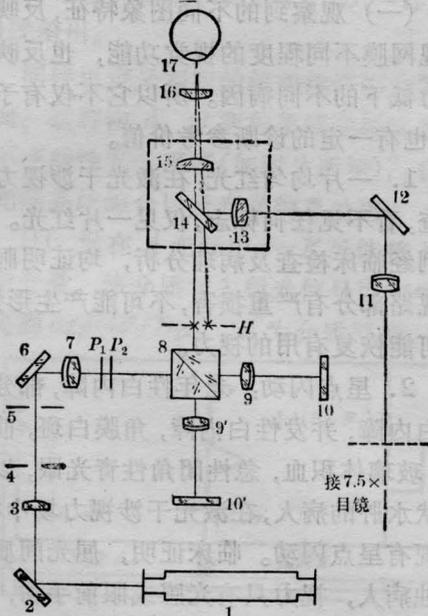


图2 激光干涉视力仪的光路系统图

眼底视网膜上产生正弦变化的干涉条纹。

改变前置镜的位置(垂直于光轴方向),即可改变网膜上干涉条纹的间距,从而改变干涉条纹的视分角,这就实现了激光干涉视力的定量描述。若前置镜9沿垂直其光轴移动h距离后,再绕原光轴旋转某角度,即改变干涉条纹的空间取向(斜条纹),改变偏振片P₁和P₂的相对取向,可控制进入眼球的激光束的光能。

医生通过系统(16, 15, 14, 13, 12, 11)及目镜,观察患眼,并寻找眼球间质的透光部分。为了定位准确,满足医生观察的要求,在设计上使干涉场的出瞳(角膜上)就是医生借以观察的光学系统的物面位置。

由物理光学知,杨氏干涉条纹的光强分布为

$$I(x) = 2I_0 \left(1 + \cos 2\pi \frac{bx}{L\lambda} \right)$$

式中,b是节点处两个光点的距离,L是角膜到网膜的距离,λ是激光波长,x是网膜上一点到O点(光轴与网膜的交点)的距离,用角位移θ=x/L(rad)代替线位移,那么网膜上的光强分布可写为

$$I(x) = 2I_0 \left(1 + \cos 2\pi \frac{b\theta}{\lambda} \right)$$

网膜上这样的干涉条纹,相当于眼科检查视力用的视标。相邻干涉条纹间(变化一周)所对应的角度为

$$\alpha = \frac{\lambda}{b} \text{ (rad)} = \frac{\lambda}{b} \cdot \frac{180}{\pi} \text{ (}^\circ\text{)}$$

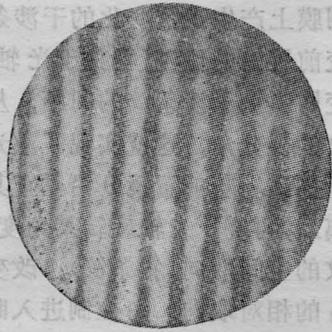
对应于1°视角的干涉条纹数(空间频率)为:

$$sf = \frac{1}{\alpha} = \frac{\pi b}{180\lambda} \text{ (条/度)}$$

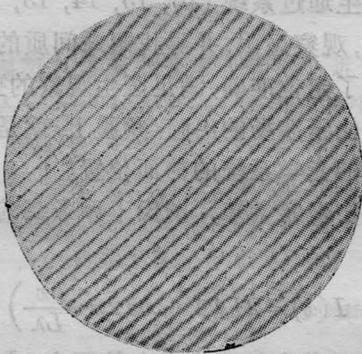
通常以能分辨的最高空间频率的 $\frac{1}{30}$ 来表示视力,把它叫做激光视力(Laser Visual Acuity):

$$LVA = \frac{sf}{30} = \frac{\pi b}{180\lambda} \cdot \frac{1}{30}$$

He-Ne激光的波长为λ=6328×10⁻⁷mm,



a) 视标 $\phi 5^\circ$ LVA(0.07) (条纹取 90° 方向)



b) 视标 $\phi 5^\circ$ LVA(0.2) (条纹取右斜 45°)

图3 干涉仪中条状视标

两光点之间的距离 b 亦以 mm 为单位, 则可得视力值与两光点距离之间的关系为

$$LVA = \frac{27.6}{30} b \approx 0.92b$$

只要改变 b 的数值, 就可改变空间频率进行视力测定。以 $1'$ 作为激光视力 1.0 的话(与国际视力表对应), 此时在角膜上两入射光点的距离 $b=1.09$ mm; 若改变两点距离为 0.109 mm, 则条纹变粗, 视分角变大, 此时的视力为 0.1。

本仪器激光视力(LVA)可从 0.05~1.0 连续变化, 在视网上的视标(干涉场)占 $\phi 5^\circ$, 干涉条纹可以在四个方向: 纵、横、左斜、右斜作变换, 在网膜上的能量 ≤ 0.1 mW, 低下安全值。

三、检查方法与结果

I. 研究对象

选择视觉功能低下的眼科常见病例 90 人, 125 只眼, 其中包括各种类型的白内障 64 只眼, 青光眼 17 只眼, 角膜病 7 只眼, 前房出血、前房积脓、玻璃混浊 5 只眼, 以及眼底视神经、视网膜等其他病变的 32 只眼^[5]。

II. 研究内容

- a) 一般视力与激光干涉视力检查对比。
- b) 手术前后和药物治疗前后视力恢复情况对比。
- c) 屈光间质损害、网膜以上视路功能部分损害以及混合性损害在干涉视力检查中的表现。

III. 结果

视力低下的各种不同眼疾, 在激光干涉视力仪下检查, 表现有不同的特征, 归纳起来大致有下列几种情况:

- a) 一片均匀的红光;
- b) 部分干涉条纹;
- c) 完整的干涉图象,
 - ① 粗干涉条纹;
 - ② 细干涉条纹;
- d) 星点闪动;
- e) 干涉条纹+星点闪动。

(一) 观察到的不同图象特征, 反映着眼底视网膜不同程度的视觉功能, 也反映造成视力低下的不同病因。所以它不仅具有预后价值, 也有一定的诊断参考价值。

1. 一片均匀红光: 在激光干涉视力场中检查, 看不见任何标志, 仅见一片红光。此类病例经临床检查及病理分析, 均证明眼底以及视路部分有严重损害, 不可能产生形觉, 即不可能恢复有用的视力。

2. 星点闪动: 老年性白内障, 部分外伤性白内障, 并发性白内障, 角膜白斑, 前房积血, 玻璃体积血, 急性闭角性青光眼, 以及角雾状水肿的病人, 在激光干涉视力场中检查, 发现有星点闪动。临床证明, 屈光间质完全混浊病人, 视力只有光感或眼前手动, 在激光干涉视力仪下检查都出现星点闪动。此

类病例,经手术或药物治疗后,能恢复形觉。

出现星点闪动的原因是白内障,角膜白斑,前房积血,玻璃体混浊或积血,角膜雾状水肿等混浊的屈光间质,在物理上可视为漫射体,在高度相干的激光照射下,在其后产生激光散斑,所以病人看到斑斑点点的星点闪动。

3. 部分干涉条纹:凡病人在干涉视力仪下检查看不到完整的干涉条纹图象,只看到部分干涉条纹的,这表明或屈光间质不完全混浊,或眼底有相应部分病变存在。

4. 完整干涉条纹:光感或眼前指数病例,激光干涉视力仪下检查,能看到完整的干涉图象,这些病例经临床检查证明,混浊的屈光间质中存在有局部透明区,眼底存在不同程度的视觉功能。

在干涉视力仪下检查,能看到粗、中、细不同程度的干涉条纹,反映着眼底不同程度的分辨能力,把粗细不同的条纹间距换算为不同的视分角,则可对眼底视觉功能(分辨力)进行定量描述。

(二) 各种类型的屈光不正及老光(包括无晶体眼);不论远视力、近视力的好坏,近视、远视、散光的程度如何,只要不合并眼部其他并发症,一般均能见细密干涉条纹,显示特别好的干涉视力。

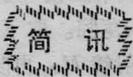
(三) 各种类型的白内障,术前干涉视力测定,21 只眼获得星点闪动的感觉,术后都恢复了不同程度的视力,如果为一片红光,术后则不能恢复形觉。

(四) 各种原因、各种部位的屈光间质混浊,只要有星点闪动存在,药物或手术治疗后,证明能产生形觉。

仪器是在扬州光学仪器厂合作研制成功的,得到许多同志的关心和支持,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 卢信义等;《激光眼科学》,人民卫生出版社,1981年, p. 159~161.
- [2] 山本敏雄;临床眼科,1979, 33:643.
- [3] 冯郁芬;《应用激光》,1984, 4, No. 1.
- [4] 大头仁;《应用物理》,1979, 48, 第4号.
- [5] 石锦辉等;《安徽医学院学报》,1984, 19, No. 2.



上海光机所生长出大尺寸优质 Nd:YAG 晶体

1986年1月14日,来自全国各地的20多位专家对中国科学院上海光机所生长的大尺寸优质 Nd:YAG 晶体进行了技术鉴定。

目前国际上一般采用感应加热坩埚引上法生长 Nd:YAG 晶体。上海光机所在多年生长 Nd:YAG 晶体的基础上,承担了1983~1986年的攻关任务,采用感应加热,电阻加热引上法及温梯法三种工艺生长晶体,研究了晶体的生长习性,注重晶体棒的精细选取,并进行了 RAP(反应气氛法)处理原料和激光棒的实验,提高了激光棒的光学均匀性与激光效率。

参加鉴定会的专家们认为:

上海光机所着重采用引上法研究了晶体的生长

习性,并能从 $\phi 25\sim 37$ mm 晶坯中获取 $\phi 7\sim 12$ mm 的大直径激光棒。晶体成晶率达50%以上,其中优选级棒可达64%,激光棒的光学均匀性和消光比达到和部分超过了国外有关公司优选级棒的质量水平;

该所在国内首先采用温度梯度法生长出大尺寸优质 YAG 激光晶体,为大功率 YAG 片就激光放大器提供了物质基础;

该所在国内首先采用 RAP 法处理 YAG 晶体原料和激光棒,用处理后的原料生长出的晶体可提高效率28%,用 RAP 法处理的激光棒,其激光效率比大气中高温退火法处理的棒高10%。

(吉 禾)