

# 我国光学科学技术的若干进展

王大珩  
(中国光学学会理事长)

## 提 要

本文综述了中国光学及应用光学(包括激光、红外和光电技术、基础光学和技术光学以及光学技术基础等领域)的发展概况及近况。对于进一步发展中国光学及应用光学,提出应注意的问题。

## 前 言

中国光学学会的成立和《光学学报》的创刊,是我国光学界的一件大事。回顾一下建国三十年来我国光学技术发展的历史是有意义的。既要看到取得的成绩,从中受到鼓舞;也要注意与国外的差距,从中吸取教训,以利于更好地适应四个现代化的需要,赶超世界先进水平。

解放以前,我国只有为数很少的光学界前辈,从事光谱学的工作。也是出于几位前辈科学家的关心,开始注意光学仪器的制造技术。那时仅有一个数百人的工厂,从事简单望远镜的生产。解放以后,由于党对光学事业的重视和关怀,由于国民经济和国防建设的迫切需要,光学事业才开始迅速成长发展。初期的特点是建立了科研机构,筹建工厂,在大专院校设立光学和光学仪器专业,较快地建立起为光学工业生产所必需的光学技术基础。例如在1953年熔炼出了我国第一批光学玻璃。当时以模仿学习外国的技术和仪器设计制造为主,培养了一批人才,初步形成了我国的光学工业。五十年代末到六十年代初,根据国家任务的需要,逐渐转向独立地进行应用研究和自行设计制造现代化的光学装备和仪器,同时也开展了激光和红外等新技术的研究。然而到六十年代中期,正当光学事业获得迅速发展的时候,受到林彪、“四人帮”的干扰破坏,科技人员受到摧残,光学的研究和新生力量的培养几乎被取消,使本来正在缩短的与国外的差距拉大了。粉碎“四人帮”以后,党中央澄清了科技工作上的路线是非,落实科技政策,恢复和加强了对科教事业的领导,光学事业和其他战线一样,重新制定了规划,出现了光学科技领域的春天。

下面对光学方面几个主要领域的进展,作简要的介绍。

## 一、激 光

1959年底到1960年初,我国科学工作者在看到Schawlow和Townes的“红外与光学量子放大器”<sup>[1]</sup>文章后,对于光受激发射的可能性给以充分的注意,认为这是极为重要的设

想和方案,如能成功将是光学史上的一次革命,并积极开展了这方面的工作<sup>[2]</sup>。

1961年9月制成了我国第一台红宝石激光器<sup>[3]</sup>。

1963年7月制成了我国第一台气体 He-Ne 激光器<sup>[4]</sup>。

1964年2月制成了我国第一台半导体 GaAs 激光器<sup>[5]</sup>。

这些类型激光的获得只比国外晚一年稍多。值得提出的是调 Q 固体激光,我国几乎是与国际上同时进行的<sup>[6]</sup>。这些情况说明我国当时的光学技术基础已有能力在短期内跟上国外的发展。

我国于1964年就成立了专门从事激光的研究所<sup>[6]</sup>。这在国际上也是很早的,这一点说明对激光的发展是有预见的。这就有条件从1964年起步研究高能激光器和功率激光器(目的是为了引发激光核聚变)。

1973年,我国用  $10^{10}$  瓦、毫微秒钽玻璃激光束加热聚变物质获得中子(非热核的)。1974年,建成  $10^{11}$  瓦大型单路装置及相应靶室。1977年,建成  $1 \times 10^{11}$  瓦、0.1毫微秒、六路激光系统及相应的靶场。所有这些都是应用国产钽玻璃并自行独立设计的,并且初步见到了靶丸压缩的效果<sup>[7]</sup>。对此,我国在有关理论及计算上也获得一定成就。

对激光作为武器的可能性也进行了研究。

作为激光的重大应用,还应提到同位素分离及光纤通信。近几年我国用  $\text{CO}_2$  激光器在分离同位素硫、硼、氘等已观察到程度不同的浓缩现象。光纤通信已引起国内有关部门的重视,其中关键元件如室温连续双异质结激光器的寿命已可达一万小时,光纤衰减率达  $3\text{db/km}$  ( $\lambda = 0.85\mu\text{m}$ ) 以下。这使得有可能进行长达近十公里的通信线路试验<sup>[8]</sup>。

有关激光基础理论的研究:在谐振腔, Q 开关,超短脉冲的产生和测量,各种散射现象,以及二次及高次谐波、四波混频及参量振荡等非线性光学现象和实际应用方面都有所研究。在激光物质、光谱理论等的研究中应用唐敖庆教授配位场理论的方法取得了成效。据此研究了红宝石基态的分裂。有关集成光学的研究也在开始<sup>[9]</sup>。

关于各种主要和常用激光器:固体激光器有红宝石、YAG、YAP、钽玻璃激光器等,分别用于加工、测距及大功率激光等方面。较新的五磷酸钽材料和激光器也已有了<sup>[10]</sup>。气体激光器有 He-Ne 激光器,  $\text{CO}_2$  及 CO 激光器,氩、氪离子激光器等。半导体方面有 GaAs-GaAlAs 双异质结激光器等。可调谐激光器,如用氮脉冲激光泵浦的染料激光器,氙灯泵浦的染料激光器,连续输出的染料激光器和参量振荡器等都有一定进展。常用器件的技术过关,主要是寿命问题,正在加紧解决,已见成效。其他如 TEA  $\text{CO}_2$  高功率横流闭循环激光器,紫外预电离、高气压、电子束控制放电、波导等  $\text{CO}_2$  激光器,氮分子激光器,碘原子激光器,氦镉激光器,铜蒸气激光器等都取得了初步成绩。目前正在积极开展各种准分子激光器的研究,并已取得初步成效。超短脉冲激光技术亦正在进行研究中。

伴随着激光技术的发展,在激光材料方面也得到了相应的发展<sup>[11]</sup>。

关于激光的其他应用情况,现分述如下。

### 1. 激光测距测速

利用调 Q 的固体激光测距仪对漫射目标的作用距离可达十几公里,现已有产品。利用合作角反射器的激光跟踪系统,用于测量弹道距离,可精确地测量卫星的距离,并已获得初

步结果。对月球的测距也正在计划实施之中。

利用 He-Ne 激光进行光调制,具有角反射器的大地基线测量用激光测距仪,距离可达数十公里,测量精度可达百万分之一,达到了国际先进水平<sup>[12]</sup>。

利用半导体发光采用高频调制的精密工程测距仪,距离可达数公里,精度为 1~2 厘米,已有试制品,但在稳定性和精度上比国际先进水平较为逊色。

利用激光多普勒效应测速亦已获得初步成效。

## 2. 激光应用于精密计量

首先是利用 He-Ne 激光作为长度基准问题。利用兰姆凹陷稳频的 6328 Å 谱线,我国独立测定了与国际长度基准氪<sup>80</sup>黄线波长的比值,得到和国际上同等精度的结果<sup>[13]</sup>。

用碘蒸气饱和吸收作为稳频手段的氦氖激光谱线,稳定度达  $10^{-11}$ ,再现度优于  $4 \times 10^{-11}$ 。用甲烷饱和吸收稳定的 He-Ne 3.39 μ 谱线稳定度达  $10^{-12}$ ,再现度达  $2 \times 10^{-11}$ 。我国对建立如此高稳定、高精度长度波长基准的工作,正在紧跟国际上的发展<sup>[13]</sup>。

利用 SF<sub>6</sub> 饱和吸收的 CO<sub>2</sub> 激光获得了初步结果。

以 He-Ne 激光作为长度测量手段的线纹长度干涉仪和 X-Y 坐标测量仪,精度达 0.1 μ 量级。其他有精密丝杠激光干涉测量仪,激光双频测长仪,激光球面及平面干涉仪等。He-Ne 激光还用来控制印制集成电路的精密间距及光栅刻划的精密间隔等。

激光准直仪在工程上已逐渐获得了广泛的应用。

利用环形激光原理的激光陀螺的研究工作亦获得了初步结果。

用激光测量高压线中的电流已经过现场试验。

## 3. 激光全息术

国外全息干涉术已在工程试验上得到广泛应用。例如,用以进行汽车轮胎缺陷的探测已成为例行工序。我国在这方面才取得试验性结果。利用全息干涉研究弹性振荡模式,国内有很多单位正在进行。全息干涉术应用于高速风洞<sup>[14]</sup>,已取得实验结果。利用全息术进行光弹性模型的三维测量,国内已研制出试验仪器<sup>[15]</sup>。

利用全息术,我国已能自制用于一般光谱仪器的全息光栅。

利用全息图作为光学信息存储的手段及信息摘取技术,已获得比较成功的成果,适用于资料存储。

激光散斑干涉术是研究动态变形的一种有效手段,国内也有一些单位正在进行研究。

## 4. 激光加工

激光打孔已成为制造钟表及仪表宝石轴承的正常生产工序。

利用 CO<sub>2</sub> 激光进行金属切割已应用于生产,激光热处理在初步试验中已显示出优异特性。

激光在半导体、微电子工业以及精密机械中已用作诸如划片、焊接等手段。

## 5. 激光应用于农业和医学方面

利用激光照射使种子产生遗传变异,已对水稻<sup>[16]</sup>、蚕茧<sup>[17]</sup>等育种有良好的效果。现在激光改良作物育种的试验已形成群众性科研活动,有关理论研究需要跟上。

激光应用于医疗技术比较成功的有视网膜焊接,瞳孔虹膜切除,治疗子宫颈糜烂,治疗附件炎<sup>[8]</sup>等。激光手术刀的应用处于试验阶段,激光照射治疗皮肤病,在某些情况有良好的效果。激光针灸正在进行试验。

## 二、红外及光电技术

国际上,红外技术主要是在第二次世界大战中由于军事上的需要而发展起来的。我国发展红外技术开始于1958年,二十多年来取得了一定的成绩。

作为红外科学技术的重要基础——红外探测器,我国于六十年代初就已制作了真空温差电偶、PbS光敏电阻和半导体热敏电阻,并投入批量生产。多种单元探测器达到了可供使用的水平,其中3~5微米InSb和8~14微米Ge:Hg的第一代产品已定型鉴定,HgCdTe单元器件接近国际水平,温差电致冷PbSe以及近年来发展起来的热释电探测器并不低于国外商品水平(尤其是TGS的 $D^*$ 最高值约达 $1.8 \cdot 10^9$ 厘米·赫<sup>1/2</sup>/瓦)<sup>[9]</sup>。多元列阵探测器也获得了较大的发展,如已研制成功有100元PbS、50元InSb、20元Ge:Hg以及TGS热释电靶红外电视摄像管。新型的固体自扫描CCD红外探测器亦正在大力发展中。在应用项目的带动下,某些配套部件(如微型致冷器、红外光学材料等)获得相应的发展。利用微波偏压、外差接收等手段提高探测率的研究,也有试验结果。

红外技术在导弹制导和靶场测量、夜视、侦察、遥感、卫星姿态控制以及工农业等许多方面均获得成功的应用。近年来在民用方面的推广和使用受到应有的重视,已见成效的有:火车热轴检测、高压输电线过热接头探测、地面和机载森林火灾探测、航测海水、工业高、中、低温辐射测温和生产过程自动控制温度、光谱和气体分析、报警、热成像、测温、红外辐射加热等,对提高产品质量和劳动生产率,减轻劳动强度,防止发生重大事故,节约能源等方面取得了一批成果。近年来,热象仪在医学诊断、针刺麻醉机理研究和气功物理验证等方面的有效应用,为研究生命科学提供了新的手段。将红外技术应用到天文学,在我国首次观测到三等红外星<sup>[10]</sup>。机载多波段扫描仪和红外扫描相机在全国各地区为不同应用部门进行了试飞,取得的遥感数据,已引起各方面的重视。

红外科学技术的基础研究,如探测器件光电过程的物理机制、红外辐射与物质的交互作用(包括大气传输)、40微米以远的远红外研究等,也在进行,并正在加强<sup>[11]</sup>。

在光电真空器件方面,常用光阴极(Ag-O-Cs, Sb-Cs, Sb-K-Na-Cs等)的灵敏度与国外相仿,新的III-V族光电阴极如GaAs等也正在研制中。光电倍增管虽有产品,但光阴极种类及尺寸规格太少。红外变象管已有生产,并利用此管生产了各种红外夜视仪。在微光夜视技术中我国较早地研制了三级串联象增强器。但在进一步发展中使用纤维面板工艺方面尚未完全成熟。用作象增强器件的新形式的微通道板正在研究中。工业电视用三硫化二锑光导摄像管已有产品。彩色电视用氧化铅靶面的光导摄像管已有试制样品,并已达到初步可用的地步。利用二次电导的电视摄像管(SEC)有试制样品,并曾用于X-光电视装置作医疗之用。硅靶面电视管及电子倍增硅靶(SEM)摄像管亦正在研制中,并已获得初步结果。用于核放射测量的闪烁光电计数器已有产品。结合光电成象器件的研制,在有关电子光学的理论和设计方面亦作了一些工作。

### 三、基础光学

这里着重谈几个方面的问题: (1) 光谱学; (2) 光学信息处理; (3) 大气及传转光学; (4) 生理光学。

#### 1. 光谱学

解放前, 我国的老一辈光学家, 几乎都是从事光谱学研究的。解放以后, 在一段时间内, 国际上的一些物理工作者忙于从事于固体物理、高能物理的研究, 从而使光谱学的研究一时呈现低潮。我国的光谱工作在国民经济急需的对金属及资源矿藏等的光谱分析工作中, 起到了积极作用。在原子分子光谱和固体光谱方面, 虽然也做了一些工作, 但比较零星。六十年代初期激光出现不久, 国际上重新出现了光谱学、特别是激光光谱学的兴旺局面, 而我国当时在这这方面的工作还没有开展。这种情形, 不但阻滞着我国激光的工作难于做出创造性的发展, 而且影响到材料科学、能源科学、化学等一切需要研究物质微观机理的领域。粉碎“四人帮”以后, 才对光谱学的研究重视起来, 并引起了多方面的注意; 但目前要适应各科学领域发展的需要, 还要下很大功夫。

这些年来, 结合激光工作物质和半导体物质的研究, 在固体光谱方面 (如对  $\text{Cu}_2\text{HgI}_4$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 玻璃中的稀土氧化物<sup>[22~24]</sup>, 掺杂氟化钙晶体<sup>[25~26]</sup>, 红宝石的铬离子<sup>[27~28]</sup>, 锗,  $\text{CdSnAs}_2$ ,  $\text{GaAs}$ , 镁离子等) 进行了一些发光和发射光谱、激光光谱以及反射光谱的研究。

此外还开展了分子光谱<sup>[29~32]</sup>和等离子体光谱的研究工作<sup>[33, 34]</sup>。这些年来, 在可调谐激光光谱技术和超短脉冲时间分辨光谱技术发展的基础上, 结合同位素分离及原子分子物理学的研究开展了硼<sup>[35]</sup>、硫<sup>[35]</sup>、氘<sup>[30]</sup>同位素红外多光子光谱的研究, 和苯、甲苯、二硫化碳、三氯甲烷<sup>[37~39]</sup>、碘酸锂<sup>[40]</sup>、光纤等的受激喇曼散射研究<sup>[41]</sup>。在为激光光谱准备物质基础的过程中, 进行了一些喇曼光谱, 铈玻璃受激布里渊散射<sup>[42]</sup>, 钠的近共振散射研究<sup>[43]</sup>以及激光等离子体 (Al I, Al II, Al III) 光谱加宽与位移的研究<sup>[44]</sup>。

#### 2. 光学信息处理

光学信息处理是当代光学发展的一个重要领域。它开始于五十年代, 在六十年代激光和全息照相出现以后, 有极迅速的发展。国内早在五十年代, 就从物体结构函数的谱项表示形式, 引出了信息和信息密度的概念; 并利用镀膜方法, 使纯位相变化的物体转变为振幅变化的象, 进行了全位相显微镜实验。用这个观点解释傅科刀口检验法和泽尼克位相检验法, 实际上是把些方法看成是这一更为普遍概念的特例。

七十年代开始, 研究单位逐渐增多, 研究范围逐渐扩大。在理论研究方面进行了一些有意义的工作。例如提出了利用全息图作么正变换的一般方法 (据此计算全息图的结构), 从而能用光学方法实现各种线性变换。几年来在多方面开展工作, 例如用位相滤波器补偿光学系统象差, 多普勒雷达信息处理, 大运动模糊图象处理, 用全息法改善象质, 光谱相干背景的消除, 汉字识别, 图象相减, 图象假色编码, 编码孔成象, 计算全息及其应用等等。从方法上讲, 大多使用相干光学方法, 实验大多是初步的原理性的。在实验装备方面有傅氏镜头, 侧视雷达数据的光学相关器等。最近利用非相干光学方法也开展了一些工作。许多单位正在开展数字图象处理方法的研究。现在研究单位已较多, 应很好协调, 系统配套, 深入

研究,而不能满足于模仿国外的一些演示性的实验,要尽快作出一些有实用价值的成果。

### 3. 大气及传输光学

从理论和实验上,在以下四方面进行了工作,这些工作主要是结合研究远距离观察的效果和激光传输效果来进行的。

(1) 对常用激光波段,在不同地区及气象条件下,进行大气衰减测量,获得大量数据,有一定实用价值。

(2) 大气湍流对光束漂移,降低成象点分辨率和光频抖动的影响。目的是为设计大型光学仪器及激光多普勒测速研究提供设计依据。

(3) 大功率激光穿过大气时所引起的非线性畸变效应。

(4) 对于光在海洋中的传输问题,也开展了一些工作。

### 4. 生理光学

研究了视神经系统的象点分布的抑制作用对成象清晰的影响,研究了中国人眼的光谱光度效率,以和欧洲人的视觉进行比较。对于生物界的视觉机制,研究了萤火虫复眼的晶柱的光学特性,从而对复眼透镜综合成象的机理得到很大启示;并且利用微电极的方法对生物视觉细胞的光谱灵敏度进行了研究。

## 四、技术光学与光学技术基础

### 1. 光学系统的设计、工艺和检验

建国以来,在不断掌握和设计具有实际需要的各种光学系统的过程中,建立起自己的设计体系和光学设计理论,对成象及象差理论作出了一定的贡献。在设计计算手段上经历由使用对数表、台式计算机进而使用电子计算机进行自动设计并对象质自动作出传递函数评价的过程。

当前,我国光学系统设计的水平可由以下几例来说明:

(1) 彩色电视摄影用连续变焦距镜头及分色系统:  $f=20\sim 200$ ,  $1:2.2$ ;  $f=16\sim 160$ ,  $1:1.8$ ,新的设计在于缩小镜头的体积<sup>[45]</sup>。

(2) 半导体集成电路工艺用微缩镜头,分辨率为 800 线/毫米,象面直径为 8 毫米<sup>[46]</sup>。

(3) 直径为二米的天文望远镜主焦面、卡塞格林焦面及折轴焦面上的象质优于一般水平。

(4) 激光喇曼光谱仪的光栅与光学系统的设计。

(5) 大型均匀光照系统的设计与计算。

(6) 大口径、长焦距、宽画幅、低畸变光学系统的设计。

在光学检验方面,已在复杂的光学系统中利用传递函数的检测方法;设计了高精度的传递函数测试仪。在测角方面设计了亚秒级精度的测角仪等。研制出数种供光学检验用的激光干涉仪。利用全息照像技术,对非球面、球面进行检验。

在光学工艺方面:在球面铣磨及范成法加工工艺上取得了进展;建立了磨制直径为二米的天文望远镜主镜的设备和工艺。对非球面加工在一定程度上掌握了修磨和检验方法;但对于高精密光洁度光学面的加工(如用于激光的  $F-P$  干涉镜片)的工艺还不够引起重视。

## 2. 光学材料

对于一般型号的光学玻璃,国内已基本能够自给。

关于光学玻璃炼制工艺,采用先进的连续熔炼,最近进行了成功的试验,但为了能用于正常生产,还需要作进一步的改进和试验。

新型玻璃除了镧系光学玻璃已用于高质量的摄影物镜外,最近熔制具有光学均匀性的氟磷玻璃获得成功。利用这种玻璃可以代替氟化钙晶体用于复消色差物镜,对提高显微镜和长焦距物镜的消色质量具有重要意义。

零膨胀微晶玻璃的研制已获得成功,并已用于制备直径为 2.16 米的天文望远镜主镜的毛坯。利用气炼技术能制成长度超过二米的高纯度熔融石英板,并已成功地用于各项工程技术中。

此外,还发展了红外透射玻璃,特别是锗基玻璃,它可使透过波段延伸到  $5.5\mu$ ; 同时还研制出应用于不同波段的红外窗口材料和滤色片,以及热压透红外材料如  $MgF_2$ 、 $ZnS$ 、 $ZnSe$ 、 $CaF_2$ 。

关于人工光学晶体,目前已能生产较大尺寸的  $NaCl$ 、 $CaF_2$ 、 $KBr$ 、 $BaF_2$ 、 $KRS5$  等晶体。

关于激光工作物质,为了发展大功率固体激光器,国内较早研制了掺钕玻璃,相应地对利用铂坩埚熔炼出现的问题进行了研究。近年来对产生大功率激光更为有效的磷酸盐玻璃已趋于定型,对氟磷酸盐玻璃的研究也已取得进展。

我国第一台激光器所用的红宝石晶体就是自行研制的。掺钕 YAG 晶体的研制曾引起国内各方面的兴趣,从事这方面工作的曾多达几十个单位,近年来在工艺上有所改进,但成品率还不高,质量须继续提高。

对于非线性光学晶体如  $LiNO_3$ 、 $BaNbO_3$ 、 $LiIO_3$ 、 $KDP$ 、 $KD^*P$  都有成品。作为信息处理使用的各种功能材料,除上述非线性材料外,其他如铈酸铋钽,锆钛酸铅声光材料,掺铁铋酸锂,硫化砷薄膜等全息存储材料,掺镧锆钛酸铅数据输入转换材料等研制方面都取得一定的成果。

有关光学纤维的制备,低损耗光通信用光导纤维已能用于光通信的试验,并已投入使用。对于成象光缆和纤维面板,也取得了一些成绩,可初步用于实际。

## 3. 光学薄膜技术

这项技术开始时是随着光学镜头上需涂敷减反射膜而逐步发展起来的。目前除了单层膜工艺用于正常生产外,多层膜工艺亦已用于具有特殊需要的光学部件上,包括在可见光范围内具有宽波段的高效率增透膜系<sup>[47]</sup>,在反射镜面上涂敷增反射膜系,在棱镜或平板上涂敷偏振膜系,彩色电视分色系统用的分色膜系,用作激光反射腔镜的窄带高反射膜系<sup>[48]</sup>,激光防护膜系以及带通、低通、高通和窄带滤光片等等。对于复杂膜系或具有特定光谱要求的膜系已能用电子计算机进行自动设计。此外,还有函数膜层,即在光学元件上,膜层特性随位置而变化,属于这种类型的有渐变光密度盘,波长渐变滤光片<sup>[49]</sup>,后者是一种波长随位置变化的窄带滤光片,它可以当作简单的单色仪使用。从波长范围来看,目前已可涂制出从紫外到中红外区域的各种膜层。

在工艺方面,对于真空蒸发法,利用电子枪轰击加热涂敷已使用得比较成功,用它可

蒸涂高熔点物质,以增强膜层的牢固度和化学稳定性。最近利用激光加热进行蒸涂获得良好效果。新建立起的大直径镀膜机,用电子枪加热,蒸涂直径可达三米。在化学滴注镀膜方面突破了应用于小尺寸部件的界限,已试验成功直径大于二米的多层化学镀层<sup>[50]</sup>。

在膜厚控制技术方面,发展了利用压电石英振荡器的频率随着附着膜层的厚度而改变的控制方法,获得了一定波段范围内提高控制精度并不受膜层干涉厚度限制的效果。对任意膜厚的光学控制方法也开展了一些研究,建立了试验装备。

对于三防保护膜层发展了效率高的防水有机涂层<sup>[51]</sup>。最近更发展了利用离子交换改造光学表面耐三防质量,这是一项极有前途的创造。

#### 4. 光度、色度、辐射度、照明光学

光度基准:我国于1974年建成铂凝固点黑体辐射的光度主基准。随之建立了或正在完成光通量、照度、亮度、全辐射、 $0.2\sim 2.5\mu$ 光谱辐射、激光能量和功率、感光、颜色等一系列标准。前些年,我国在测定光度能量当量 $K_m$ 值方面,作出了准确的结果。有了这个基础,对于最近国际光度定义的改变,在我国建立并采用新基准极为方便。

在色度学方面:对于确定彩色电视合理的三色分色曲线进行了一些工作,取得了较好的颜色复现的效果。此外,对中国人皮肤色度进行了系统的研究,研制了直读式色度计,目前对于色度学应用于国民经济各方面开始有所注意。

此外,电光源的研究,对照明技术应用于现代化国民经济建设方面和前沿科学技术上的需要,起到了显著的作用。

#### 5. 精密刻划

建国以来,首先注意到的是精密度盘及分划尺的刻划。为了提高检验刻划的精度,发展了光电读数方法,利用计量光栅加上莫尔条纹的计量方式(圆盘和长度)。由此有效地降低局部线纹误差,从而可以大大提高计量和刻划的精度。利用这个原理加上莫尔条纹的细分技术,成功地使圆分度机测量精度达到 $0.1''$ 以下,刻划精度最大直径误差一般不大于 $0.2''/米$ 。在长度计量方面,则不难达到 $0.1\mu$ 的精度。高精度编码器可达到 $1''$ 精度的水平。角度编码器的制备技术为光学读数数字化具备了可能,但国内还缺少整装光学精密编码器的生产。

关于光谱仪用光栅的刻划技术,自从1958年研制光栅刻划机以来,1966年以前已能提供一般光谱仪上所需的定向光栅。七十年代以来,采用了莫尔条纹或光波干涉方法来控制刻线间距,成功地消除了罗兰鬼线,能刻划出较大面积的光栅( $150\times 120\text{mm}^2$ )<sup>[52]</sup>,可用于天文台从事太阳光谱的研究。由于光谱仪器的使用范围越来越广,国际上大量使用复制光栅,我们也可较便宜地制出复制光栅,以适应数量上的需要。

再者,利用激光全息技术制成全息光栅我国也已获得成功,并有产品。

建国以来,我国从无到有建立起军用、民用门类比较齐全的光学工业体系。仅以民用为例,就包括有显微镜,测量仪器,精密计量仪器,航摄仪器,照相机及电影机等门类,可供国防、国民经济建设和一些出口的需要。对于光学工业技术的一般进展,这里就不叙述了,仅就与前沿科学技术有关的光学工程介绍一些,以标志我国当前在工程光学上的技术水平。

##### (1) 遥感技术用光学设备

当代的遥感技术是一种多信息识别手段,近期的发展主要是对图象进行光谱光度识别。



我国在这方面的研究开始不久,研制了航空遥感用四波段多光谱照相机和多光谱(包括红外)扫描仪,已初步取得可用的遥感图片;研制了解释遥感图片用的彩色投影合成仪。为了研究地面目标的光谱特性,研制了地物光谱计,并用以得出一些实例结果。

### (2) 高速摄影

我国自行研制的高速摄影机,在摄影速率上基本上形成系列。利用 35 mm 底片的间歇式高速摄影机,摄影频率可达 240 帧/秒。旋转棱镜补偿式摄影机,用电影画幅摄影频率达 2000 帧/秒,用半幅摄影时可达 6000 帧/秒<sup>[53]</sup>。

转镜式高速摄影机用空气蜗轮拖动转镜,频率达 480 万帧/秒,达到了国际先进水平<sup>[54]</sup>。

另外,还有利用光电效应的克尔盒高速摄影机,利用电控光阀的象增强管摄影等。

这些设备在核试验、等离子体研究以及快速现象的分析中都发挥了一定作用。

### (3) 天文仪器

一项具有国际水平的成果是一种新型等高仪,它在测量中能自动消除蒙气差,并且是将等高棱镜系统放在具有水平窗口的真空室中得到的。

目前正在研制主镜直径为 2.16 米的天文望远镜,主镜准备采用我国自制的零膨胀玻璃<sup>[55]</sup>。

我国还自行设计制造了 60 厘米斯密特照相望远镜,用自制的光栅装备了太阳光谱仪。

### (4) 飞行体(包括导弹及卫星)测轨及空间技术用光学技术装备

研制了大型精密跟踪光学电影经纬仪,用以精密测量发射体的飞行轨迹。带有红外跟踪、激光测距以及电视跟踪等新技术,使能实时输出数据并起到单站定位的效果。测角精度达到 10'' 以下。还研制了弹道相机系列,用于弹道测量设备的校准及弹道精密测量,其定向精度可在 3'' 以下。

此外,还研制了目视跟踪经纬仪。为了精确测量卫星轨道,还研制了激光卫星测距仪,并已得到初步结果。

同时,研制了卫星上使用的照相机和控制卫星姿态的红外地平仪。

为了保证卫星在受太阳光照下的热平衡,研制了地面模拟太空环境的试验装备,其中包括模拟太阳辐射的人工设备,其光照直径达 4 米。

### (5) 光谱仪器

我国现在生产的一般光谱仪,品种少,产量少,每年还要花大量外汇进口。作为代表我国生产水平的光谱仪器,有原子吸收分光光度计,真空紫外光量计和最近试制成功的激光喇曼光谱仪等,均达到了较高水平。关于开展现代光谱研究所急需的各波段的可调谐激光器,实际上是一种光谱单色仪,国外早有商品,我们还处在实验室的研究试制阶段。

### (6) 半导体技术用光学技术设备

这是我国比较薄弱的环节,影响着当前半导体集成电路工艺的发展,现正组织力量,注意这方面的发展。

## 结 论

综观我国的光学科学技术,建国以来,从无到有,取得了较大进展。对于进一步发展我

国光学事业,为实现四个现代化,打下了一定的基础,并且具备了一定的能力和水平。下面提出在今后发展中需注意的几个问题:

(1) 加强光学和应用光学的基础理论研究。一方面是光学应用于其他重要前沿基础科学(如激光光谱学,激光化学,光学信息理论),以促进其他科学和技术的发展(例如材料科学、农业科学、空间科学的发展);另一方面为光学的应用研究及发展工程广开途径。

(2) 加强发展研究,以提高光学装备的质量、经济性及实用性。特别是需要重视现代光学技术中所必须的现代综合技术,如光机电的综合利用,电子计算技术的有效利用,新材料的有效利用等,使之达到生产数量多,产品质量好,能保持现代科学技术发展的水平。

(3) 改革管理体制,注意经济效果,避免重复及浪费,填补空白,加强薄弱环节,使光学科学技术发展的各个环节,包括理论研究,实验研究,试制发展,器件设计,工艺生产,材料研究,总体工程等各方面都能按照客观发展的经济性的需要,按计划办事,以加快发展速度。

### 参 考 文 献

- [1] A. L. Shawlow, C. H. Townes; *Phys. Rev.*, 1958, **112**, No. 6 (15 Dec), 1940.
- [2] 王之江、王能鹤;《自然杂志》年鉴,1979, 1-29.
- [3] 王之江、汤星里,沈冠群,华喆年;《科学通报》,1964, No. 2 (Feb), 151.
- [4] 邓锡铭、杜继禄等;《科学通报》,1963, No. 12 (Dec), 40.
- [5] 王乃弘、潘君骅等;《科学通报》,1964, No. 7 (Jul), 619.
- 注: [3]~[5]发表文章的日期与文中所述出激光的日期,由于种种原因而有滞后。
- [6] 纪锺、群莅;《激光》,1980, **7**, No. 1 (Jan), 3.
- [7] 邓锡铭、徐至展、余文炎;《激光》,1980, **7**, No. 5~6 (Jun), 11.
- [8] 私人通信
- [9] 潘慧珍等;《激光》,1980, **7**, No. 5~6 (Jun), 108. 刘弘度等;《激光》,1980, **7**, No. 5~6 (Jun), 118.
- [10] 廉汝林、伍允诵;《激光》,1979, **6**, No. 6 (Jun), 62. 何慧娟、陆国贤等;《激光》,1979, **6**, No. 12 (Dec), 16.
- [11] 千福熹;“中国的激光材料研究”,1980年国际激光会议报告。
- [12] 纪锺、群莅;《激光》,1980, **7**, No. 2 (Feb), 10.
- [13] 王宪华;《光明日报》,1980 (Jun 3), 3.
- [14] 《激光》,1978, **5**, No. 5~6 (Nov), 42.
- [15] 赵晔英、梅家福;《激光》,1979, **6**, No. 10 (Oct), 34.
- [16] 《激光》,1977, **4**, No. 2 (Apr), 4.
- [17] 《激光》,1975, **2**, No. 2 (Apr), 62.
- [18] 丁爱华等;《激光》,1980, **7**, No. 4 (Apr), 43.
- [19] 私人通信
- [20] 林钧挺;在1979年10月(杭州)“国家科委光学与应用光学学科组红外、光电分组成立大会”的报告。
- [21] 私人通信
- [22] 千福熹等;《科学通报》,1963, No. 9 (Sep), 50.
- [23] 千福熹等;《科学通报》,1963, No. 12 (Dec), 41.
- [24] 千福熹等;《科学通报》,1964, No. 1 (Jan), 52.
- [25] 沃新能、刘颂豪等;《科学通报》,1964, No. 1 (Jan), 57.
- [26] 刘颂豪、沃新能等;《科学通报》,1964, No. 1, (Jan), 56.
- [27] 吕大元、余文炎等;《科学通报》,1963, No. 11 (Nov), 45.
- [28] 吕大元、余文炎等;《科学通报》,1964, No. 1 (Jan), 59.
- [29] 高兆兰等;《物理学报》,1961, **17**, No. 2 (Feb), 113.
- [30] 徐积仁等;《物理学报》,1961, **17**, No. 2 (Feb), 617.
- [31] 钱人元等;《物理学报》,1962, **18**, No. 3 (Mar), 159.
- [32] 唐明道;《物理学报》,1963, **19**, No. 12 (Dec), 830.
- [33] 周同庆等;《物理学报》,1965, **21**, No. 9 (Sep), 1591.
- [34] 孙湘等;《物理学报》,1965, **21**, No. 9 (Sep), 1606.

- [35] 徐积仁等;《激光》, 1978, 5, No. 5~6(Nov), 14; 四川大学激光物理、化学研究室;《激光》, 1978, 5, No. 5~6(Nov), 18.
- [36] 四川大学物理系光学专业;《激光》, 1978, 5, No. 5~6(Nov), 18.
- [37] 中国科学院物理研究所 101 组;《激光》, 1978, 5, No. 5~6(Nov), 22.
- [38] 梁振斌等;《激光》, 1978, 5, No. 5~6(Nov), 22.
- [39] 路铁群;中国光学学会成立大会学术报告, 1979 年 11 月, 北京
- [40] 中国科学院物理研究所 101 组;中国光学学会成立大会学术报告, 1979 年 11 月, 北京
- [41] 高佩娟等;中国光学学会成立大会学术报告, 1979 年 11 月, 北京
- [42] 刘颂豪等;《激光》, 1978, 5, No. 5~6(Nov), 23.
- [43] 张绮香等;《物理》, 1979, 8, No. 5(Oct), 394.
- [44] 张在宣等;《激光》, 1978, 5, No. 5~6(Nov), 20.
- [45] 私人通信
- [46] 私人通信
- [47] 私人通信
- [48] 《光学技术》, 1980, No 4(Jul), 20.
- [49] 《光学工艺》, 1979, No. 4, 26.
- [50] 《光学工艺》, 1978, No. 1, 2.
- [51] 《光学工艺》, 1979, No. 3, 38.
- [52] 梁浩明等;《光学学报》, 1981, 1, No. 1 (Jan), 51.
- [53] 私人通信
- [54] 私人通信
- [55] 私人通信

## Progresses of optical science and technology in China

WANG DAHENG

(Director, Optical Society of China)

(Received 15 May 1980)

### Abstract

In this paper, the state of the art and the outline of optics and applied optics in China including lasers, infrared and opto-electronical techniques, fundamental optics, and fundamentals of technical optics and optical techniques are reviewed. The issues for further development of optics and applied optics in China are proposed.