

中国激光 20 年概貌 (III)

本刊记者 纪 钟 本刊通讯员 群 莅

A 20 years' survey of laser science and technology in China

The correspoendent Ji Zhong The reportor Qun Li

京 城 一 瞥

在这里向读者介绍一个激光研究室——中国科学院物理研究所激光研究室 20 年来的发展。

1960 年梅曼研制成第一台红宝石激光器的事实，激起了北京科技工作者的极大兴趣，中国科学院物理所里的科技人员也不例外，由张志三先生领导的光谱研究室，他们于 1962 年组成了一个七人研究小组，便着手激光器的研究。在不到三个月的时间内，完全重复观测到了红宝石激光器激光振荡的输出特性，并且开始研制国际上第一个共轴脉冲泵浦的新光源*。至今，这个激光研究室已经发生了巨大的变化，是一个有近百人和具有相当规模的研究设施。他们中研究员 1 名，副研究员 4 人，助理研究员及工程师 62 人，初级及辅助业务人员 26 人。每年都有相当数量的论文在有关“学报”和“杂志”上发表，反映其成果颇有影响。国际间科学家的交往十分频繁，这里可以说是一个接待国外学者来访、讲学和工作的“园地”。这个室的工作涉及到激光物理学、激光光谱学、非线性光学、激光器件与光学信息处理等等领域。

二十年来，这个研究室在开展激光器件、基础研究以及激光技术应用方面都取得了较大的成绩。例如，为了提高红宝石激光器的输出功率，他们系统地研究了多种 Q 调制技术，首次报导了用 ADP、KDP 类电光晶体

开关代替克尔盒作 Q 开关。毫微秒开关的总体性能达到当时的国际先进水平**，为开展高功率激光与物质相互作用的同步测量，提供了稳定的器件。对共轴式红宝石激光器的振荡特性开展了系统的研究；并对输出光束的能量、功率、远场及近场分布、模式结构进行了测量，同时用光电及高速照相法进行了时、空扫描观测。此外，对激光振荡荧光谱也作了实测，观察到激光振荡的模式竞争、跳模及模拍等现象，记录到红宝石激光振荡的管道效应。认识到改善工作物质的质量是提高激光束性能的首要因素。对谐振腔结构也作了实验性选择。于 1964—1965 年还组织了提高红宝石激光器输出能量的多途径探索。围绕红宝石激光器的系统研究，这个所还开展了激光红宝石晶体生长的研究，开辟了多层介质膜蒸涂工艺以及非线性光学的实验。这时，他们在理论研究方面也开展了相应的工作，其中包括：“论高阶辐射过程 Raman 效应及其在光谱学中的应用”***，“分子在失调腔中的辐射行为及双腔 Maser 现象”****，“光受激发射的稳定性”*****，“关

* “共轴脉冲 Laser 激光源”，《科学通报》，1963 年，No. 11, 39.

** “毫微秒电光晶体盒”，《物理学报》，1966 年，22, No. 9, 1103.

*** 李荫远，《物理学报》，1964 年，20, No. 1, 164.

**** 李铁城，方励之，《物理学报》，1964 年，20, No. 8, 753.

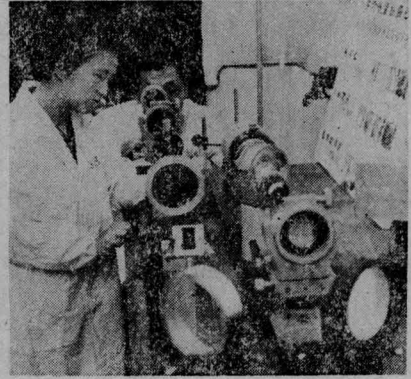
***** 霍裕平，《物理学报》，1964 年，20, No. 10, 954.

于光激光器的线宽”^{*}及“论三能级变频器”^{**}等。

1969年来考虑到激光具有实际应用的 前景,这个研究室扩大了规模,人员增加到 70余人,当时集中在两个主要课题,研制激光大屏幕彩色电视,雷达信号二维显示的 光学信息处理^{***}。先后开展了氩、氦离子激光 器,晶体电光调制器,光偏转器等元、器件的 研制。为了探索激光电视的小型化光源,后 来还成立了半导体激光器研究组。同时还开 展了其他方面应用基础的研究,组建了大功 率二氧化碳激光器研究组,开展了 TEACO₂ 激光器以及冷阴极电子枪控制的电子束预电 离脉冲 CO₂ 激光器的研制, YAG 激光器及 LiIO₃ 非线性晶体材料的生长工作,还对激 光受控聚变以及同位素分离^{****},地震预报 前兆特征识别等进行了研究。

七十年代以来,这个研究室的方向逐步 转为侧重基础,着力发展提高性工作,并为激 光光谱研究创造了条件。相应地开展起有关 激光器的研究,如氮分子激光器,氮分子泵浦 染料激光器,氩离子泵浦染料可调频激光器, 闪光灯直接泵浦脉冲染料激光器以及利用非 线性效应的参量激光器等;在光学信息 处理的方面加强了基础问题的研究,发展 了非傅氏变换的一般线性变换理论^{*****}, 并进行了相应的实验验证。发展了用非相干 光处理大运动模糊图象的理论,用 $\gamma=1$ 的 正负片互补法,实现了转动大模糊象的再 现^{*****}。在广角全息、彩色全息以及全息照 相的记录材料、方法等方面也有所发展;在实 现双异质结半导体激光器室温连续工作,氩 离子激光器高功率单频输出,双倍频紫外激 光输出等方面,也取得了国内领先的结果。

近三年,这个室积极从事光与物质相互 作用的微观动态物理过程的研究,光学信息 处理,新型激光器,非线性光学以及薄膜光学 的研究。还成立了理论研究组,建立了原子激 光光谱实验室,在近共振激发碰撞感生钠荧



原子激光光谱实验室开展钠荧光观测

光光谱观察中,测量了钠 D 线精细结构转移 截面及其对条件的依赖^{*****}。并在筹建单 原子或少数原子检测技术。在强激光与分子 相互作用的研究方面,提出了强红外场下多 原子分子光致离解的非线性理论^{*****}, 解释了 SF₆ 分解“阈”,内模耦合的单分子非 线性反应过程,并用于说明同位素选择性分 子分解的现象。在分子光谱实验观测中,用 时间、空间、光谱分辨测量技术,系统地观 测了红外多光子吸收引起 BCl₃ 可见荧光的离 解过程,改正了 $P\tau_{\text{衰}}=2.3$ 微秒·托的经验表 达式,使结论 $P\tau_{\text{衰}} \approx \frac{C}{K(T_v)}$ 更为正确,并发 现了可见荧光的光—声—光过程,这一新效 应具有明显的非线性特性,为光与分子相互 作用的非线性弛豫、物理力学、化学物理、激 光分离同位素等边缘学科的研究提出新课题;

* 《物理学报》,1964年,20, No 11, 1079.

** 《物理学报》,1964年,20, No. 12, 1199.

*** “脉冲多普勒雷达的光学信息处理”,《激光》,1977 年,4, No. 6, 25.

**** “红外多光子吸收分离硼同位素研究”,《激光》, 1979,6, No. 11, 11.

***** “用光学方法实现么正变换及一般线性变换” 《物理学报》,1975年,24, No. 6, 438; 1976年,25, No. 1, 31.

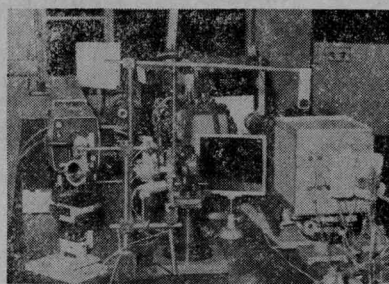
***** “用非相干光处理大运动模糊图象”,《物理学 报》,1976年,25, No. 2, 124.

***** “钠原子第一激发态的非共振发射谱”,《物 理》,1979年,8, No. 5, 394.

***** “多原子分子在强红外激光场作用下的多光 子光致离解理论”,《物理学报》,1978,27, No. 6, 664.

在非线性光学研究中,观察了在液晶中的四波混频效应,并利用这一效应于研究液晶的相变与弛豫,发展了非线性三光子相互作用理论*。此外,在光子统计理论方面也开展了工作**。在图象的信息处理方面,利用非相干光的假色编码技术,成功地给黑白底片以彩色编码***,利用胶片非线性特性实现密度分割,开展了离焦模糊图象扩展动态范围的研究,以及光学 Walsh 变换等的研究。在激光器研究方面,已获得了从紫外到中红外波段、时间从亚毫微秒至连续工作的器件,不同功率、不同规格的器件也正在研制或已于科学实验。

这个研究室的科技人员,现正努力在自己研究的领域里赶超世界先进水平,为四个现代化作出更多的贡献。



光学信息处理实验室正在工作

新兴工业

任何一门新技术的出现,都意味着要应用于社会,造福于人类。如十八世纪的蒸汽机、十九世纪的电力和现在的核能,这已是历史的事实了。五十多年前电子技术的早期,谁也未料想到有了今天的发展规模和在社会上的重要性。激光技术一出现立即得到了应用,这是许多技术所不能比拟的,而今,激光在经历了二十年的发展之后,有许多重要的研究成果逐步从实验室中推向工业生产部门,成为一种有力的生产工具,使工业产品的数量和质量有了成倍的提高。这类激光设备已经是这些生产环节中所不可缺少的组成部

分,如激光打孔,已经在我国钟表行业的生产线中作为生产宝石轴承的一个重要工序了。激光切割、激光微型焊接、激光计量检测、激光准直定向、激光精密测距等等,已经在电子、冶金、工交、建筑、轻纺、化工、机床等系统中发挥了重要的作用。勿容置疑,激光技术以及激光设备在工业中越来越明显地占居了一定的地位。另一方面,激光技术本身的发展所需要的材料、元件和单元技术的生产,也越来越趋向相对集中和专门化,它必将游离出来,形成新兴的激光工业体系。

这一新兴工业的崛起,已经受到了广泛的重视,不少科学工作者呼吁有关方面要大力给予扶植****,并建议“成立激光专业厂、加快推广应用”*****。应该承认在我国孕育着的激光工业确已具备相当的基础,几个工业部(一机部、三机部、四机部和五机部等),都已有了一定的生产规模和相当数量的产品。而今,关键在于国家要有一个统一的组织,加强这方面的领导,及时解决体制、政策方面的问题合理调整科研、生产与供销之间的关系,使新兴的激光工业逐步发展起来。

国家科委于1979年8月莫干山激光会议上,为巩固提高常用激光器产品性能,决定狠抓“四类八种”激光器件及设备的生产,并且于同年11月在天津市召开全国常用激光器工作会议*****,对急需的常用激光器以及相应配套元件、材料的科研、中试、生产进行了定点落实,制定出今后二年我国 He-Ne 激光器、CO₂ 激光器、Ar⁺ 激光器、Nd:YAG

* “三光子矢量模型”,《物理学报》,1979年,28, No. 5, 630.

** “部分偏振的斑纹图样与均匀相干背景之间的统计性质”,《物理学报》,1978年,27, No. 4, 375.

*** “非线性光学变换实现图象的假色编码”,《激光》,1978,5, No. 5~6, 44.

**** “光子学、光子技术、光子工业”,《激光》,1979年,6, No. 1, 1.

***** 《解放日报》,1979年2月3日第2版。

***** “国家科委召开全国常用激光器工作会议”,《激光》,1980年,7, No. 1, 12.

激光器、红宝石激光器、钕玻璃激光器、可调谐染料激光器等七种常用激光器件以及红宝石激光晶体、Nd:YAG 晶体、激光染料、非线性晶体等四种激光材料; 各类泵浦灯、激光反射膜、激光偏光镜、电光调制器、声光调制器、标准具、激光储能电容等七种配套元件和测

试设备的发展计划。

可以预料, 这些措施必将促进我国激光技术向实用化迅速迈进, 从而为发展中的激光工业体系的逐步壮大奠定下扎实的基础。

(续完)

科学札记

掺 Fe-LiNbO₃ 的全息照相性能及应用

LiNbO₃ 晶体具有大的电光系数, 并具有一定浓度的陷阱, 其中一部分陷阱是空的, 另一部分陷阱充满电子, 当适当波长的激光照射晶体时, 电子从陷阱被激发到导带上, 引起自由载流子的浓度不均匀, 由于光伏特效应, 产生电子的迁移, 随后在弱光照射区被空陷阱所捕获, 移动的电荷产生空间电场, 通过电光效应引起折射率变化, 也就是通常所称的晶体产生光损伤。如将这种电光晶体放在光干涉图案中进行曝光, 则形成相应的空间电荷图案, 从而产生相位型全息图。

Fe 离子在 LiNbO₃ 晶体中能提高记录灵敏度。研究表明, 随着 Fe 含量增大, 衍射效率增大, 而且达到最高衍射效率的时间也随之缩短, 也就是说, 随着 Fe 含量增加, 记录灵敏度增大。对于含 Fe 量较高的样品, 由于对 Ar 离子激光的透过率低, 故用 He-Ne 激光(透过率较高)来读出, 才能获得明亮的全息图。

Fe 离子在 LiNbO₃ 晶体中能提高光记录灵敏度的原因是由于 Fe 增加了 LiNbO₃ 晶体中的陷阱数, 空的陷阱是 Fe³⁺, 满的陷阱是 Fe²⁺。欲提高 LiNbO₃-Fe 的记录灵敏度, 应使大部分的 Fe³⁺ 还原成 Fe²⁺,

减少空陷阱, 也就是减少载流子被捕获的机会, 以延长载流子在导带上的寿命; 但 Fe²⁺ 含量不宜超过 90%, 因 LiNbO₃-Fe 还原过度时, 观察不到记录效应。例如, 掺 Fe 量为 0.07% 的 LiNbO₃-Fe 晶体经 Ar 气还原处理后, 颜色过深者观察不到记录效应, 但已还原过度的晶体再经空气中氧化热处理后, 仍可观察到记录效应。

经还原处理的 LiNbO₃-Fe 晶体的全息照相灵敏度有显著改进, 当衍射效率为 1% 时, 曝光能量为 40 毫焦耳/平方厘米, 衍射效率为 10% 时, 曝光能量为 200 毫焦耳/平方厘米, 其最高衍射效率可大于 80%; 存储在这些晶体中的全息图, 在读出时信噪比也有很大的改进。

在记录全息图时, 欲获得衍射效率高的全息图, 必须掌握 LiNbO₃-Fe 晶体的全息照相记录特性曲线, 以便确定恰当的曝光时间。因此在记录时最好用 He-Ne 激光进行监视, 以便控制适当的曝光时间。

(中国科学院上海硅酸盐研究所 何雪梅
方轩明 朱亚男 束碧云 徐良瑛)