

中国激光 20 年概貌(I)

本刊记者 纪 钟

本刊通讯员 群 莅

提 要

本文以粗犷的线条构画了我国激光科学技术发展的历史进程和所取得的某些成就。首先给读者展示一个“缩影”，接着披露了我国第一台红宝石激光器成胎和诞生的前前后后。文中堆砌了六十年代各类激光器竞相发展的状况；七十年代所形成的此起彼伏的激光应用的浪潮；引发出基础研究必须“往高里提”的急切呼声。介绍一个典型实验室。孕育着的光电子工业正得到广泛的关注。

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

The correspondent Ji Zhong

The reporter Qun Li

Abstract

The historical process and some achievements in the field of laser science and technology in China are presented briefly. First of all, an epitome is given to the readers, and then the entire process of the development of the first ruby laser in our country is revealed. It is shown that various types of lasers were developed in competition during 1960's, and laser application researches emerged one after another in 1970's, moreover, an urgent appeal for enhancing the fundamental research was made. A typical laboratory is introduced. The opto-electronic industry in pregnancy attracts wide attention.

从第一台红宝石激光器问世到今天，已经整整 20 个年头了。

激光科学技术的发展，在经历了它的初期基础研究、技术准备，现在到了全面发展的阶段了。从国际上看，全面发展的主要标志是：激光技术向纵深的发展，从远真空紫外的 1000 埃左右到远红外 400 微米之间的整个电磁波谱都已经获得了激光发射，其中代表激光技术水平的若干激光参数有了相当大的

突破。如钎玻璃激光器系统和二氧化碳激光器都达到了 10^{13} 瓦以上的功率，超短脉冲激光器的脉宽已窄到 10^{-13} 秒，He-Ne 激光稳频度达 10^{-10} ；激光技术已成为整个科学技术领域中强有力的研究工具和崭新的技术途径，它已经获得了广泛的应用，使古老的光学别开生面，解决了许多传统技术所不能解决的难题。尤为引人注目的是，它对自然科学领域的各个学科渗透之深，影响之大，变革之

巨,具有无可估量的意义。激光技术 20 年来所取得的巨大成就已使人们信服地承认,激光技术是二十世纪中的重大发明。

我国开展激光技术的研究是比较早的,在 1961 年 9 月,我国第一台红宝石激光器就研究成功了。激光这门新技术从此在我国便迅速地发展了起来。为了加强力量,形成拳头,于 1964 年在上海筹建起一个激光专业研究所。以后,中央各部委和地方科委也相继建立了激光技术研究单位。到目前为止,我国已建立的激光专业研究所有 20 多个,同时,还建立起一批生产激光器件和整机的工厂以及相应配套的元件、材料等生产单位,初步形成了一支有相当数量的激光技术专业队伍。

激光器件是激光科学技术研究的中心课题,迄今为止,我国已研制成功的激光器种类相当多,国外已有的器件,我国基本上也都有,实际在使用的约有 40 种。我国的钕玻璃激光系统、连续和高重复频率 YAG 激光器、He-Ne 激光器、封离式 CO₂ 分子激光器、TEACO₂ 分子激光器、选支室温 CO 分子激光器等水平都已接近或进入了世界先进行列。与此相配套使用的元件、材料,逐步形成了系列化和商品化,为激光技术的研究和推广,提供了有利的条件。

激光技术在我国的应用具有自己的特色。在微型加工、打孔、焊接、切割、计量检测、准直定向、精密测距等方面已经推广应用,收到了一定的效果,其中用于工业的已定型的激光仪器产品有 40 余种。我国的激光医学应用具有独到之处,治疗的病种达 130 种之多,已积累了大量的临床经验,这是世界各国所少有的。特别是激光在眼科治疗方面的发展,不但比较成熟,而且虹膜切除术跃居世界前列。激光的重大应用基础研究,如激光受控热核聚变,激光通讯和激光分离同位素等也取得了新进展。激光已经为我国的社会主义建设作出了一定贡献。

为了促进激光技术的发展,在加强学术交流方面也不断地受到重视。近 20 年来,召开过四次全国激光学术报告会。概括起来说,第一次会议通过理论和实验的论证,解决了中国开展激光技术的研究是否具备了条件;第二次会议则反映了各类激光器竞相发展、“百花争艳”的盛况;第三次会议是各路会师,交流经验,形成队伍;第四次会议是加强基础,巩固提高。为适应我国七十年代所形成的此起彼伏激光应用的热潮,还召开了多次全国性的和地区性的激光工作会议和激光技术交流会。表 1 列出了其中若干次会议的简况。这些会议对活跃学术思想,加强技术交

表 1 全国性激光学术报告会、交流会

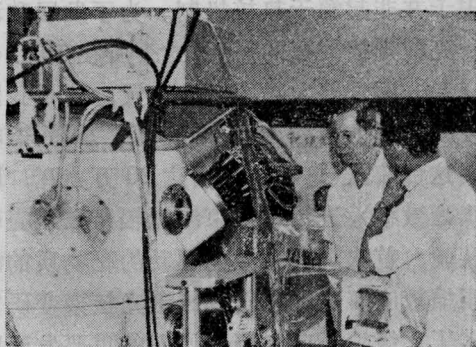
会议名称	时 间	地 点	参加人数	报告篇数
中国科学院光量子放大第一次会议	1962 年 1 月	长春	~40	~15
全国第二次受激光会议	1963 年 7 月	长春	57	68
全国第三次受激光会议	1964 年 12 月	上海	140	103
第四次全国激光学术报告会	1978 年 7 月	广州	260	250
气体激光技术交流会	1973 年 11 月	广州	140	46
全国中小功率固体激光器技术交流会	1974 年 9 月	长春	220	70
晶体生长研究工作交流会	1974 年 10 月	福州	292	143
激光农业应用座谈会	1974 年 12 月	佛山	103	26
全国半导体激光研究与生产攻关交流会	1975 年 6 月	北京	102	36
全国激光功率和能量比对会以及激光计量工作经验交流和规划座谈会	1975 年 6 月	上海	93	15
全国激光机械加工会议	1976 年 11 月	柳州	150	~100
全国激光医学应用和激光医疗器械技术交流会	1977 年 6 月	武汉	300	~100

流，促进我国激光事业的发展起到了一定的作用。特别近两年来，学术性团体，如我国“应用光学学科组激光分组”与不少省、市、自治区的激光学会，都相继成立。激光已作为八大带头学科之一被列入我国重大科研规划之中，它已成为我国现代光学的重要学科分支，越来越显示出它的作用。

一个“缩影”

中国科学院上海光机所是我国激光科学技术研究和发展的一个重要基地，这个所的建立和发展一直受到党和国家的关怀和支持。正当激光作为一门崭新的尖端技术在我国发展起来，并显示出它强大的生命力的时候，在敬爱的周总理的亲自关怀下，国家科委和国家计委及时作出了成立这个所的决定。1973年，周总理身患重病出席党的“十大”期间，还亲自向干福熹同志询问激光工作的情况，并语重心长地作了“激光要发展，要应用”的指示。十几年来，这个所不断发展壮大起来，激光技术获得了很大的进展；职工人数由五百余人增至一千四百多人；研究室由七个增至十四个。这里有一支实力较为雄厚的科技队伍，其中包括若干著名的激光专家和一批第一代激光科技工作者。这支队伍比较年轻，平均年龄不到四十岁，特点是工作干劲大，学术思想活跃。他们中有的是我国第一台激光器研究的开拓者，不少是向激光科学技术高峰努力登攀的骨干，更多的是一批后起之秀。1978年全国科学大会上，该所所有十六个负责项目和十三个协作项目分别或同时荣获国家科委、中国科学院和上海市的重大科研成果奖。看到这人才济济，成果累累的情景，不禁使人想起老所长王大珩同志在给这个所成立的祝贺电中的一句话：北京—长春两支力量合并在上海，可谓“人杰地灵”。

上海光机所的科研工作以发展强激光技

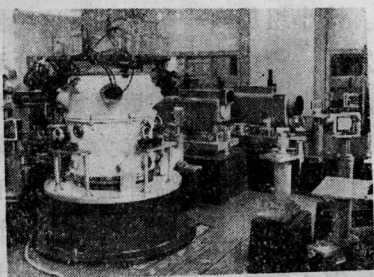


1979年7月，方毅副总理到上海光机所视察，亲自询问激光核聚变研究工作的情况

术为长远方向，同时研究各种激光器、激光材料、元件以及其它单元技术，探索激光的基本物理问题，并积极开发和推广激光技术的应用。所有这些工作侧重基础，侧重提高，远近结合，综合发展，形成了一个有机的整体。

高功率激光器方面，早在1961年底长春光机所邓锡铭就独自形成了调Q的概念，已提出了采用机械转镜的调Q方案，另一小组于1963年研制成功第一台红宝石大功率激光器。该小组从实验中看出了这种器件的进一步发展，已受到红宝石晶体尺寸和质量的限制，因此，自1964年底开始，果断地决定选择铍玻璃激光工作物质为主攻技术途径。在当时国外对这种器件的前景尚有争议的情况下，该所科研人员独立自主地选择这种方案，对于迅速发展我国高功率激光技术具有决定性的意义。1965年秋，这个所成功地建立了国内第一台四级行波放大型铍玻璃高功率激光装置，同时，从实验和理论方面开展了激光核聚变的探索研究。1973年，同时建立了两台万兆瓦级的铍玻璃高功率激光系统，首次成功地辐照氘冰和氧化锂平面靶引发聚变反应，获得了近千个中子/单脉冲的输出。次年，又建成一座末级采用大口径片状放大器的大型单路激光系统，输出功率提高到20万兆瓦，脉宽2毫微秒。这台器件辐照氘化聚乙烯平面靶，使中子产额提高到2万个/单脉冲以上。当然，这种简单的打靶方式所得到

的中子并非起源于热核机制。为了发展和深入研究激光核聚变的需要,这个所在 1975 年建立起一座六路大功率激光装置,这是我国已建成的最大的激光实验装置。1977 年春运用这台装置(总功率输出达 20 万千瓦,脉宽 1 毫微秒),进行了多束激光辐照玻璃壳靶的实验,首次观察到激光驱动的靶物质的初步压缩效应。这标志着我国激光核聚变研究进入了逐级论证向心聚爆原理的重要发展阶段。1978 年以来,有关基础研究又取得了不少新进展。该所的技术途径和实验方案的选择都具有自己的特点。如激光器用的钕玻璃、氙灯、激光薄膜和其他光学元件均系使用国产材料自行研制的,相应的激光等离子体诊断、高精度聚焦靶场、平面与球形聚变靶的制作等许多关键技术问题也是自己研究解决的。其中大型单路和六路装置的真空靶室采用的极高精度的工业电视监控、光电调焦技术就是该所科技人员和工人在 1973 年底研究成功的。

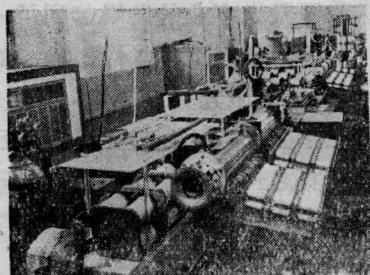


1975 年建成的激光核聚变六路打靶装置的真空靶室

在发展钕玻璃激光系统的同时,横向激励大气压 CO_2 大功率激光装置也相继建立了起来。这个系统是由锁模振荡—前置放大级、大口径紫外光预电离放大级和电子束控制放大级三部分串接组成的,预期不久也将用来进行激光加热等离子体的实验研究。

总之,激光核聚变的研究,经过十多年的努力,已初具规模,但是要取得这个领域的新突破,还必须付出艰巨的劳动。

除大功率激光系统的研究之外,这个所



TEA CO_2 大功率激光装置全貌

还进行了各种中小能量和功率的激光器研究,归纳起来主要有以下六类:

- 钕玻璃激光器,主要使用硅酸盐玻璃系列,包括单脉冲器件,重复脉冲器件以及超短脉冲器件等。

- 晶体激光器,使用的晶体有红宝石、钇铝石榴石等,其中石榴石器件又有毫微秒单脉冲、高重复率脉冲、超短脉冲、连续、倍频、可调谐等种。

- 气体激光器,工作气体有氦-氖、二氧化碳、一氧化碳、氩、氮、氙、甲基氟、甲醇蒸气、铜、铝蒸气等。其中,二氧化碳器件因结构而异又有直管式、折迭式、闭合循环式、波导式等。

- 半导体激光器,包括砷化镓单异质结器件和双异质结器件。对光集成激光技术也开展了研究。

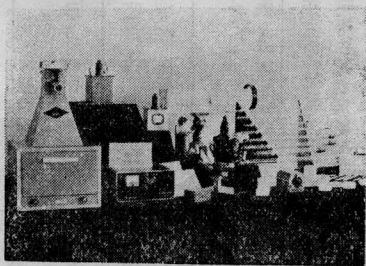
- 准分子激光器,已获得激光输出的工作体系有氟化氙、氯化氙、溴化氙、氟化氙等。

- 染料激光器,主要使用的染料是若丹明 6G,泵浦的手段有氙灯、钇铝石榴石激光、氮激光、氩激光等。

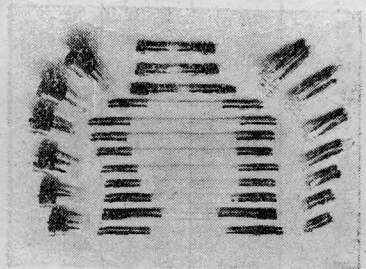
表 2 中列出了该所最具代表性的激光器的简单情况。从中可以看出,这些激光器有的居国内领先地位,有的填补了国内空白,有的已接近国际先进水平。

上海光机所在激光器发展过程中对许多必要的元件、材料、工艺和单元技术,也开展了大量的工作,现在已有了较为厚实的基础。该所在研制激光玻璃方面,已形成一套比较完整的理论和工艺技术体系,定型了十多个

玻璃品种,质量和性能都比较好,而且已成批生产,广泛应用。此外,还研制了优质的红宝石和钇铝石榴石晶体,最近又用独特的工艺制成成功 $\phi 52$ 毫米 $\times 45$ 毫米大尺寸的蓝宝石。激光元件方面,该所拥有研制各种大能量脉冲氙灯、大功率脉冲氙灯、高重复率脉冲氙灯、大功率连续氙灯和短脉冲氙灯的熟练技术和丰富经验,其中高重复率脉冲氙灯和短脉冲氙灯的性能已接近国际先进水平。其他元件中如适于各种波长的高反射膜、减反射膜、半透射膜、晶体表面保护膜以及干涉滤光片,质量大多达到了较好的水平。这个所在光学设计、光电子学、激光参量测试、光学加工、检验、精密机械等单元技术方面的工作都是颇为出色的。



激光元件、器件和材料



泵浦激光器用的各类氙灯

该所正积极准备出口高重复 YAG 激光器、TEACO₂ 激光器、波导 CO₂ 激光器、激光玻璃、脉冲氙灯、激光薄膜、光学镜片、F-P 标准具、激光平面干涉仪等激光和光学产品。

随着激光技术的发展,激光的基础研究得到逐步加强,在某些方面的研究已取得了一定成果。

- 对谐振腔的新式结构及腔的模式理

论、模式测量、辨认和分离,高激发态下的模式限制、激光动力学过程、激光器的最佳工作状态、激光束的调制和传输特性等激光器理论方面进行了大量研究;

- 激光非线性光学的研究,如倍频与高次谐波、四波混频与频率转换、参量振荡与放大、自聚焦效应观测与克服等技术的研究取得了较好的进展;



美国原子能公司阿格纽博士参观上海光机所混频与变频实验室



美国加州大学林绍基教授参观上海光机所参量振荡与放大实验室



英国剑桥大学斯拉希教授参观上海光机所 CARS 光谱实验室



美国康乃尔大学汤仲良教授参观上海光机所激光玻璃自聚焦实验室

表 2 上海光机所研制的若干中小功率激光器

序	器件名称	结构特点	性能水平	起止时间
1	YAG 高重复率激光器	晶体棒外加滤光液循环冷却, 二棒串接, 多反射镜调 Q, 水冷脉冲氙灯泵浦	输出功率 100 兆瓦, 脉宽 6 毫微秒, 重复率 100 次/秒, 发散角 8 毫弧度, 连续工作 100 分钟, 累积寿命 50 小时, 达到当时国外先进水平	1976 初~1976.8
2	YAG 连续大功率激光器	二棒串接, 端面修磨, 选择最佳模式匹配(定型产品)	输出功率 150~200 瓦, 发散角 < 10~15 毫弧度, 总体效率 1.3%, 运转寿命(调换氙灯一次) 50 小时。	1978 初~1979 初
3	YAG 染料锁模激光器	半共焦腔, 单横模工作, 用五甲川染料锁模	输出脉宽 20~200 微微秒, 单脉冲能量 1 毫焦耳, 输出单脉冲几率 > 90%, 空间、时间、频率均为高斯分布, 能量稳定性优于 80%, 为国内先进水平	1976~1979 初
4	YAG 高功率倍频激光器	一级振荡, 一级放大, KDP 倍频	得到大于 0.1 焦耳的 0.532 微米绿光输出, 脉宽 4 毫微秒, 发散角 0.5 毫弧度, 重复率 0.5 次/秒, 达到国内先进水平。	1978~1979.9.
5	固体高功率倍频激光器	YAG 振荡器加三级 Nd 玻璃放大器, KDP、KD*P 倍频	能量转换效率达 60% 以上, 功率转换效率 79%, 最高倍频输出达 1 焦耳, 脉宽~6 毫微秒, 发散角小于 0.8 毫弧度, 达到国外先进水平	1977~1979.2
6	Nd 玻璃微微秒激光器	由染料锁模振荡器、单脉冲选择器和四级放大器组成	输出脉宽 10 微微秒, 峰值功率 10 ¹⁰ 瓦, 发散角为 0.5 毫弧度, 为国内先进水平。另一台锁模振荡器输出脉宽 5 微微秒, 峰值功率 10 ⁸ 瓦, 发散角为 1 毫弧度, 接近国外先进水平。	1977~1979.6
7	冷电子束控制 CO ₂ 激光器	冷阴极电子枪, 激发体积 8 升(长 1.7 米), 工作气体 1.6 大气压	最大激光能量 430 焦耳, 最大光能密度 54 焦耳/升, 脉宽 1~3 微秒, 效率 10~16%, 光能密度接近当时国外水平	1974~1975.10
8	热电子束控制 CO ₂ 激光器	热阴极电子枪, 激发体积 3.7 升, 工作气体 1 大气压	最大激光能量 240 焦耳, 最大光能密度 68 焦耳/升·大气压, 尖峰功率 50~100 兆瓦, 平均功率 30 兆瓦, 效率 10%; 光能密度接近当时国外水平	1974 初~1975.10
9	JG-1 型三折 CO ₂ 激光器	由三根水冷放电管平面折迭而成, 激光腔采用扩大模体积的多镜腔, 腔长 6.5 米, 配电源成一整机, 并配充气台	连续输出 250 瓦, 连续运转 300 小时, 寿命 1000 小时, 可重新充气使用, 功率达到国外同类器件水平, 但采用封装式, 运转经济	1975.8~1975.12
10	JG-2 型六折 CO ₂ 激光器	由六根水冷放电管做空间圆柱型折迭, 腔长 12.5 米, 与电源配成整机, 附有充气台	连续输出 500 瓦, 可连续运转, 配有储气瓶, 可封离使用, 运转经济	1975.8~1976.12
11	横流闭循 CO ₂ 激光器	由放电盒、鼓风机、热交换器、循环通道组成, 单程平凹腔, 腔长 1.25 米, 激发长度 86 厘米	最高输出 2.9 千瓦, 水平与美国同类器件相当, 高于日本水平, 为我国第一台成功运转的、功率最高的千瓦级横流闭循 CO ₂ 激光器	1977.8~1979.10

(续表 2)

12	波导 CO ₂ 激光器	用 Pylex 玻璃作介电波导放电管, 直径 1.5 毫米, 长 130 毫米, 内腔式平板腔	输出功率 2 瓦, 横式 E _H 1 ₁ , 单位激活长度输出功率 0.15 瓦/厘米, 单位激活体积输出功率 9.2 瓦/厘米 ³ , 连续运转, 接近国外报导水平	1978.4~1979.3
13	CO ₂ 选支激光器	采用压电陶瓷自控回路控制腔长, 光栅耦合选择不同输出波长, 腔体封闭	在 9.4~10.4 μ 范围内可选出 80 条光谱线, 输出功率为 10~20 瓦, 单支 TEM ₀₀ 模。在 10 瓦以下工作时, 频率稳定度为 $\sim 10^{-3}$, 功率稳定度 2%, 累积寿命 5000 小时。	1975.4~1979.11
14	CO 选支激光器	在 CO 室温电激励激光器上用光栅选支, 放电管长 1.8 米, 内径 $\phi 12$ 毫米	1979 年初在 5.3~5.7 μ 范围内可选出 60 条谱线, 其中最大单支功率达 6 瓦左右, 达到当时国外报导水平, 1979 年 10 月对电极进行适当处理后, 功率提高到 9 瓦, 寿命已达 550 小时以上。	1978.10~1979.10
15	快放电泵浦准分子激光器	采用平行平板传输线 Blumlein 线路, 工作在 1 个大气压以下, 外腔结构	在 XeF 体系中获得 162 条谱线, 比国外发表的多 124 条新谱线	1978.3~1978.11
16	紫外预电离高压准分子激光器	采用紫外光预电离放电泵浦, 工作气压 2~3 大气压, 圆筒形放电管, 内腔结构	在 KrF、ArF、XeCl、XeBr 等体系中实现激光振荡, 其中 XeBr 体系所用的含溴化合物属于独创, ArF 体系获得 193 毫微米波长, 为目前国内最短振荡波长。	1979.6~1979.7
17	YAG 激光泵浦染料激光器	由 YAG 振荡放大器、倍频和频器及染料激光器组成, 曾用过若丹明 6G 等十多种染料	实现 0.28~0.7 μ 之间可调, 连续工作 8 小时, 重复率 1~10 次/秒。其中若丹明 G 在 0.53~0.56 μ 范围内转换效率达 30%。居于国内先进水平。	1975~1978 初
18	氙灯泵浦染料激光器	重复率脉冲氙灯泵浦若丹明 6G 染料, 染料循环流动	调谐波长为 4400~7000 \AA (带宽 0.5 \AA), 重复频率为 ~ 40 次/秒, 峰值功率为 $\sim 2 \times 10^4$ 瓦 (平均 1 瓦), 脉宽为 ~ 0.6 微秒, 发散角为 1~2 毫弧度	1978.11~1979.11
19	五磷酸铍小型晶体激光器	用山东大学研制的晶体, 准半共心腔, 氙灯泵浦, 染料激光纵向泵浦	在 1 毫米厚的晶体上输出功率 30 瓦, 单脉冲峰值功率 300 瓦以上, 斜率光量子效率 15%, 激光阈值 24 微焦耳, 与西安 205 所氙灯泵浦器件同期填补国内空白	1978~1979.1
20	四磷酸铍小型晶体激光器	本所自制四磷酸铍晶体, 准半共心腔, 用氙灯泵浦染料激光纵向泵浦	在 0.5 毫米厚晶体上输出功率 20 瓦, 单脉冲峰值功率 200~300 瓦, 斜率光量子效率 18%, 激光阈值 16 微焦耳, 在国内首次获得室温输出	1979 初~1979.6
21	铜原子蒸气激光器	采用铜的卤化物和纯铜的蒸气为工作物质, 用谱振 Blumlein 电路自加热和自激励, 充 Ne20 托	波长 5106 \AA , 5782 \AA , 脉宽 30 毫微秒, 1978.11 出光, 填补国内空白。目前平均输出功率 1.8 瓦, 脉冲重复频率 16 千赫	1978.5~1979.8
22	光泵远红外激光器	用 CO ₂ 激光作泵浦源, 以有机分子蒸气为工作物质, 股钢支腔, 室温水冷	1978 年 12 月泵浦甲基氟蒸气获得 496 μ 波长激光输出, 为当时国内最长振荡波长, 1979 年 5、6 月泵浦甲醇蒸气获得 70 μ 和 118 μ 波长激光输出, 填补国内空白。	1978~1979.6

• 强光辐射效应方面，他们研究过不同参数的强激光对各种透明介质、非透明介质和金属材料等的破坏机理和规律；

• 激光等离子体物理方面，他们研究了高功率激光与等离子体的相互作用某些机理，探讨了激光向心聚爆的物理模型。

这样一个与激光技术发展的历史进程相一致的专业研究所，它反映了我国激光事业发展的一个缩影，但还不是全貌。因此，这个所的广大科技人员还积极参加国内学术交流活动，交流自己的经验，学习别人的长处，把自己的工作推向前进。特别是近几年来，国际的交往更加频繁，据统计，自1972年以来，该所接待了来自20个国家90多批外宾，计200多人次，其中有不少国际知名的激光专家与该所科技人员进行了学术交流，有的还



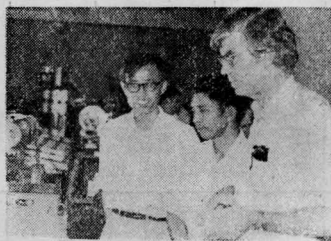
1978年9月南斯拉夫科学院代表团访问上海光机所



1979年6月日本科技会议代表团参观上海光机所



1979年9月美国电气电子工程师学会(IEEE)访华团访问上海光机所



1979年9月国际光学委员会(ICO)主席、西德埃尔兰根-纽伦堡大学罗曼教授访问上海光机所

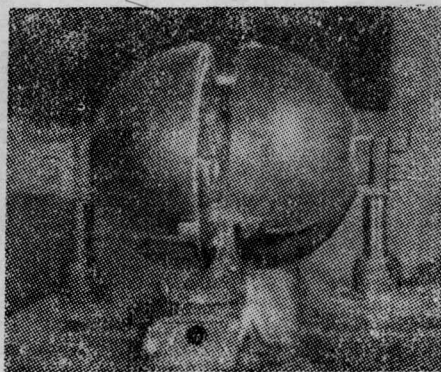


1979年6月美国加州大学王正平教授参观上海光机所

在该所进行短期的工作。这样一来，这个所的学术气氛就更为活跃了。

前前后后

在激光技术迅速发展了20年之后的今天，回过头来看看我国第一台激光器——红宝石激光器诞生的前前后后，这是非常有意思的回味。下图是我国第一台红宝石激光器的实验装置。



我国第一台红宝石激光器实验装置

在长春以中国光学专家王大珩领导的光学研究工作者在五十年代末正在探索着自己的研究工作中所遇到的种种难题，最后归结为能不能超越古典光学领域中几个“不可能”的禁区—光源的亮度只能减弱不能提高；光束趋于分散而不是相反；象趋于模糊而不是相反；波长只会变长不会变短，等等。当时顾去吾同志曾提出了一个新设想：把原子发光体摆在法布里——珀洛干涉仪中，借以延长某一频率的光波波列，期望提高单色性。当时这个思想活跃的集体在读到肖洛和汤斯关于光受激发射的设想时就开始了这方面的具体探索。所以，梅曼的成功加快了长春光学工作者们的步伐。当时，年青的光学专家王之江根据我国的实际情况，经过一系列的理论和计算提出了适合本国条件的实验方案，并领导完成了国内首次激光实验。由于已有的红宝石晶体长仅30毫米，认为以螺旋氙灯为光泵的转换效率不会高，而采用直管氙灯并配备球形成像耦合聚光系统更为合理。中国式的第一台红宝石激光器正是按照这个设计思想而成胎的，具体参数见表3。

表3 第一台红宝石激光器主要技术参数

元 件	主 要 参 数
红宝石棒	铬离子浓度: 0.04% 长 30 毫米, ϕ 5 毫米 一端全镀银, 另一端镀银面透 过率在 2~15% 之间
直管脉冲氙灯	电极间距 40 毫米 内 径 8 毫米
聚光腔	两个反射半球, 球面半径 60 毫米
电源	电容量 2660 微法 电 压 350~550 伏

这台激光器于1961年7月第一次进行运转,看到了荧光现象。经过两个月的努力,即在同年9月,观察到器件输出,可在数米远的距离处获得显然区别于荧光的明亮光斑。接着又利用光电检测和示波器显示出光讯号

呈“尖峰”效应,从而肯定已获得激光输出。用电学法量得脉冲输出能量约为0.003焦耳。姑且不说,我国宣布这一成功消息比苏联同类试验结果早两个月,而从这台激光器的成胎和诞生的前前后后,无论在设计思想和克服各个技术环节的种种困难上,都体现了学中有创,自力更生的精神。

如果说第一台激光器的诞生仅仅看作是一个开端,那么它的作用应该如何去估价呢,在这里,不妨给读者披露一个报告中的一段话。

“重要的发展方向的另一个例子是受激发射,特别是受激光发射。从受激光发射能够取得波束非常窄的单色相干光波,其强度远远超出以前能达到的数量级。这在基础科学的研究方面将提供一个全新的锐利工具,开拓原子及分子物理的新境界,建立全新的光化学研究及其他强光效应的研究;这就将在光学中形成强光光学的分支。受激光发射,不但对基础学科会有影响,它也将在工程技术方面,在远程飞行体的定位、探测、追踪技术上开辟广阔的前景,它也将为宇宙通讯创造新的可能性。因此,受激发射技术的成长和发展有可能将在今后十年内,在科学技术中引起一次广泛的波澜,建立起另一门尖端技术。”

这是我国1963~1972年全国科学发展规划纲要(草案)中,对激光这一新领域作出的估计,今天来看这个意义,仍然不失其指导作用。

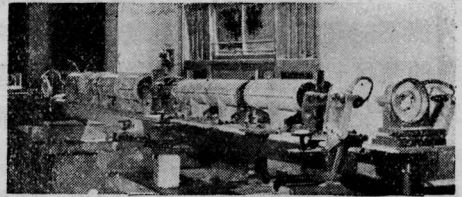
竞相发展

第一台中国式红宝石激光器的诞生,打开了我国激光技术发展的大门,各类激光器随后象雨后春笋一样竞相发展。在这里仅堆砌了主要几种激光器的发展简况,这就是我国六十年代激光技术发展的特点。根据统计,我国现在已有了40余种激光器,表4列

表 4 各类激光器及其首次运转的时间

器 件 名 称	首次运转时间
红宝石激光器	1961年9月
He-Ne激光器	1963年5月
钕玻璃激光器	1963年6月
CaF ₂ :U ³⁺ 激光器	1963年6月
GaAs P-N 结激光器	1963年12月
CaWO ₃ :Nd 激光器	1964年
纯 Xe、He-Xe 激光器	1964年
CaF ₂ :Dy ²⁺ 连续红外激光器	1964年
CO ₂ 分子激光器	1965年
氩离子激光器	1965年
氮离子激光器	1965年
HCl 化学激光器	1965年
无机液体激光器	1967年
YAG 激光器	1968年
GaAs-GaAlAs 双异质结激光器	1971年
CO ₂ TFA 激光器	1971年
CO ₂ 气动激光器	1972年
DF、HF 气动化学激光器	1973年
N ₂ 激光器	1973年
碘原子激光器	1974年
气体爆炸气动激光器	1974年
室温连续工作双异质结 GaAs 激光器	1975年
固体爆炸气动激光器	1975年
连续可调谐染料激光器	1975年
氟化氙准分子激光器	1977年
XeBr、XeCl 准分子激光器	1978年
电子束泵浦 XeF 准分子激光器	1978年
五磷酸钕激光器	1978年
室温 CO 分子激光器	1978年
室温选支 CO 分子激光器	1978年
CHF ₃ -HCN 远红外激光器	1978年
16 μ CO ₂ 激光器	1979年
四磷酸铷锂激光器	1979年

高功率钕玻璃激光器系统已达到了 $2\sim 3\times 10^{11}$ 瓦*,而且正在安装 10^{12} 瓦的器件。



高能钕玻璃激光器

He-Ne 激光器是我国目前使用最广泛的一种气体激光器件,据统计,我国研究、生产 He-Ne 激光器的单位约有 80 家,其中不少厂家已成立了流水线进行生产,全国年产 He-Ne 激光管约一万五千支左右。常用的器件尺寸是 240 毫米和 300 毫米。激光管的寿命在几千小时,有些单位采用了低熔点玻璃封接新工艺**,器件寿命已达到了万小时。对激光管的结构作了改进,使放电着火电压比通常的管子降低 $\frac{1}{3}$ ***。

利用甲烷饱和吸收稳定的 He-Ne 激光器,在取样时间为 1 秒和 10 秒时,稳定度优于 1×10^{-11} ,复现性均在 4×10^{-11} 以上。在一些实验中,稳定性和复现性也有达到 10^{-14} 以上的。利用碘吸收稳频的器件,取样时间 1 秒时,稳定度 $(2\sim 3)\times 10^{-11}$,取样时间 10 秒,稳定性为 5×10^{-11} ,复现性 2×10^{-10} ****。

只有提高 He-Ne 激光器的质量,尤其是激光器的寿命,才能使激光在应用中发挥作用。我国从 1975 年至 1979 年,先后专门组织过 7 次技术交流会,对 He-Ne 激光器进行性能测试对比,讨论技术攻关和技术交流。

出了若干主要激光器以及它首次运转成功的时间。

右图是一台高能钕玻璃激光器。我国第一台钕玻璃激光器是 1963 年 5 月份在长春光机所获得激光振荡的,玻璃工作物质是自己研制的。当时,干福熹同志在他多年光学玻璃研究的基础上,寻找了硅酸盐基质材料和适当的掺杂浓度,成功地研制出激光玻璃工作物质,为今天所形成的初具规模的钕玻璃激光系统奠定了基础。迄今为止,我国

* 中国科学院上海光机所激光核聚变研究室:“六束激光照射微球靶的实验研究”,《激光》,1978,5, No5~6, 9

** “用低熔点玻璃封接氩-氟激光管的一种方法”,《激光》,1979,6, No 8, 50。“光学窗口和激光腔片的低熔点玻璃封接技术”,《激光》,1979,6, No 9, 39。

*** “甲烷饱和吸收稳定的氩-氟激光器”,《激光》,1978,5, No 5~6, 141。

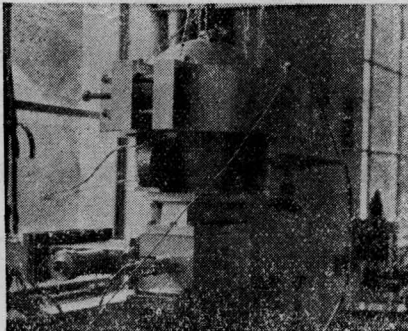
**** “碘饱和吸收稳定的氩-氟激光器的性能研究”,《激光》,1978,5, No 5~6, 142。

第一台 He-Ne 激光器是在 1963 年 5 月制成的,这已载入我国激光发展的史册之中,当时,器件输出功率约 1 毫瓦,光束发散度小于 0.00032 弧度。经过二年之后,He-Ne 激光器就进行定型生产,有商品出售,可见发展之快。

在气体激光器中,CO₂ 气体激光器也是一种应用较为普遍的器件。我国的 CO₂ 激光器种类较多,输出功率在 500 瓦以下普通的封离式 CO₂ 激光器,现在可作到一米单模输出 52 瓦,连续点燃 5000 小时以上*。

在刚开始研究 CO₂ 激光器的 1965 年,研究条件是相当艰难的,连所用的 CO₂ 气体,都是实验人员自己用 CaCO₃ 加热分解得到的,再经过一系列的实验工艺处理,才获得了光谱纯的 CO₂ 气体,当然,后来的实验证明气体的纯度并不是重要的因素,但是,科学研究的过程总是曲折的,这可成为后来者的借鉴。

气动 CO₂ 激光器是在 1971 年开始研究的,流量为 10 公斤的燃烧式器件,连续输出功率 3.7 万瓦**;用 H₂+CO+O₂+N₂ 和 C₂H₂+CO+O₂+N₂ 两种工作体系的气体爆炸气动激光器,输出能量达 500 焦耳,激光脉宽 500 毫秒**。下图为脉冲气爆激光器。采用含氮量高的四硝基甘脲、RDX、662 和 7201 等四种固体炸药做工作物质,研究成功固体爆炸气动激光器,得到能量为 8.6 焦耳的激光输出,脉冲半宽度为 10~40 毫



脉冲气爆激光器

秒**。

从 1972 年起开始研制横向流动的器件,现在研制成功的横向流动闭合循环器件连续输出功率可达 2 千瓦***,平均每厘米放电长度上的比功率为 20 瓦。

我国在 1971 年还研制成功了横向激励高压激光器,简称 TEACO₂ 激光器。目前该器件的水平是:最大输出能量 400 焦耳/升·大气压****;锁模 TEACO₂ 激光器的脉冲宽度为几毫微秒。

除了上述的两种气体激光器之外,我国还研制成功了氙离子、氩离子、金属蒸气、准分子等气体激光器。这些激光器也获得了可喜的进展。

在我国早期出现的激光器中,半导体激光也是其中的一类。1963 年 12 月中国科学院半导体所首先研制成功,工作物质是砷化镓 P-N 结,用扩散法制成试验样品,尺寸为 0.15×0.2×0.8 毫米³ 的长方型体,谐振腔的两反射面是用其解理面,激光电源的脉冲是宽度为 2 微秒的矩形,放置在 77°K 的低温下工作。当注入电流很小时,发光强度各向同性,谱线宽度较宽,有 170 埃;当注入电流增加时,发光强度峰值波长位置向短波移动,谱线宽度减少,在电流超过 2600 安培/厘米后,谱线变窄到小于 10 埃。利用高分辨光栅光谱仪可以看到发射谱的精细结构,最强的相干辐波长在 8400 埃附近,射线宽小于 0.5 埃。

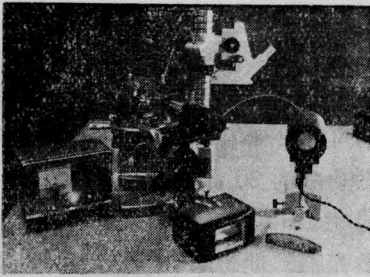
现在我国已制成的半导体激光器还有单异质结 GaAs 激光器、双异质结 GaAs 激光器、

* “电极及气体成分对二氧化碳激光器寿命等参数的影响”,《中国光学学会成立大会——学术报告征文摘摘要汇编》,1979 年 11 月 18 日。

** “二氧化碳气动激光器”,《激光》1978, 5, No 5~6, 49。

*** “横流 CO₂ 激光器获 2 千瓦连续输出”,《激光》, 1979, 6, No 8, 63。

**** “电子束控制放电 CO₂ 激光器”,《激光》, 1978, 5, No 5~6, 55。

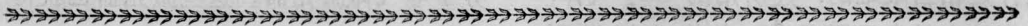


半导体激光器及其实验装置

YAG 光泵二极管、可调谐碲化锡铅半导体激光器等。左图是双异质结半导体激光器及实验装置的照片。这类器件在室温下连续工作的寿命达 5000 小时*。

(待续)

* “500 小时室温连续激光 GaAs/GaAlAs 双异质结激光器”《激光》，1979, 6, No 7, 44.



简 讯

国家科委召开全国常用激光器工作会议

国家科委于 1979 年 11 月 30 日至 12 月 6 日在天津市召开了全国常用激光器工作会议。会议是为了统筹组织和安排我国目前较为成熟，且各方面又很急需的常用激光器以及相应配套元件、材料的科研、中试、生产工作。会议得到国家计委和国家经委的大力支持。国家计委、中国科学院、一机部、四机部、五机部、教育部、部分省市科委及其有关所属研究所、工厂、高校的代表 90 人出席了会议。

会前国家科委曾组织人力对我国常用激光器的现状有重点地进行了实地调研，发现我国常用激光器目前存在的问题是：品种少，质量差；缺乏中试环节，研究成果不能迅速转化为生产力；全国缺乏统一规划和领导，有些器件的工作大量重复，而有些器件的工作又几乎无人问津；相应配套元件、材料和测试设备缺乏配套安排等。从这些问题出发，科委有关部门按照全国统筹安排，择优支持的原则，提出了今后二年常用激光器以及有关元件、材料的全国重点

科研、生产计划，提交大会讨论。

与会代表围绕着国内外常用激光器的发展和问题展开了热烈的讨论。在此基础上，制定出了今后二年我国 He-Ne 激光器、CO₂ 激光器、氩离子激光器、Nd:YAG 激光器、红宝石激光器、钨玻璃激光器、可调谐染料激光器等 7 种常用激光器；红宝石激光晶体、Nd:YAG 晶体、激光染料、非线性晶体等 4 种激光材料；泵浦灯、激光反射镜、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 7 种配套元件和扫描干涉仪一种测试设备的定点科研、中试和生产计划。

会议决定：新的二年计划中规定的部分任务采用合同制进行落实，以经济规律管理科研和生产；80 年底前后召开全国常用激光器评比会，检查会议精神的落实情况和检阅全国常用激光器工作的成果。

(陶永祥)