

# 试谈激光技术的产生和发展

四川大学物理系 曾传相

激光技术是六十年代初出现的一项新技术,它是在社会实际需要的推动下产生和发展的。同时激光技术的产生和发展又进一步推动了生产和科学技术的发展。这一事实,正是对科技工作中的唯心论和形而上学观点的有力批判。

## 一、激光技术是社会需要的产物

长期以来,对于科学技术是怎样产生的,一直存在着两种截然不同的看法。恩格斯在《自然辩证法》一书中指出:“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”\* 而唯心论者则认为,科学的发生和发展是靠少数有名科学家的所谓“灵感”和“天才”,谬说种种,荒诞离奇,妄图否认人们的生产活动对于科学技术所产生的决定性作用。

同其他许多科学技术的产生和发展一样,激光技术的产生和发展也绝不是光靠几个有名的科学家的“天才”。关于这一点,我们从激光技术产生的历史背景,可以看得很清楚。

早在1917年,有人就明确认识到电磁波与原子、分子系统相互作用时,存在着感生跃迁过程<sup>[1]</sup>。在1900年到1930年这段时间是建立量子力学时期,过去由光谱学测量的结果,原则上由量子力学达到了统一的理解。同时,由于无线电技术突飞猛进地发展,各种电真空管相继出现。为此,需要对气体放电的性质进行详细的研究。在此过程中,很好地研究了气体放电的激励机构及发射光谱,从而对放电过程中的第一类、第二类非弹性碰撞,共振荧光,激励对原子、分子在能态上分布的影响等问题有了很好的了解。而这些知识对后来出现的激光技术都是很重要的。值得注意的是,在二十和三十年代,有些人根据原子、分子系统内激发态上粒子分布情况,指出了可得到负吸收或光放大<sup>[2]</sup>,在实验中已观察到这种机构所引起的吸收系数的变化。也有人曾观察到由于能级间实现了粒子数反转所产生的负色散现象<sup>[3,4]</sup>。但是,限于当时的生产和科学技术状况,他们的目的并不在于产生光放大方面,而是限于怎样评述正吸收的场合受负吸收的影响所产生的偏差。在1940年左右,有人在讨论气体放电的发光机理时,指出了用实验证明负吸收存在的问题,分析了由负吸收产生光放大,以及由此引起光强度分布的大变化而增加方向性问题<sup>[5]</sup>。而且,电真空技术在三十年代已达到了能作气体激光管所需的技术水平。由此看来,在三十年代末实现激光技术不是不可能的。问题在于,为何当时未实现而要延迟到六十年代初才实现呢?这主要得从当时客观实践的需要状况来解释。

大家知道,与激光技术的产生关系最密切的两门学科是光学和无线电电子学。在三十和四十年代期间,由于量子力学才建立不久,使用量子力学的观点去考察和分析大量的光谱学现象,是大有工作可做的,光谱学在当时正是蓬勃发展的时候。而在第二次世界大战期间,由于军

\* 恩格斯《自然辩证法》第162页 人民出版社1971年版。

事的需要,光学推进到了红外波段,红外技术的研究和应用取得了重大成就。从无线电电子学方面来讲,自十九世纪末发明无线电以来,它一直顺利地蓬勃发展着。到二十世纪三十年代后期,微波技术已经发展起来,出现了许多足以满足当时需要的新型微波电子管。无线电技术在当时还是处于顺利发展阶段,并未遇到原则性的困难。因此,当时在客观上,无论是光学还是无线电电子学,都没有强烈的内在要求去寻求由新原理所支配的相干辐射源。在此情况下,虽然有少数人在实验室中发现有负吸收现象,看到了可用它来放大电磁辐射,但并没引起更多人的注意。何况当时就连提出那种观点的人也没有很自觉地感到有什么迫切需要,因而也不会促使他们在理论与实验上再作进一步探讨。

然而,第二次世界大战后的情况就截然不同了。从无线电技术方面来看,大战期间发展起来的微波技术,战后便在微波多路通讯、电视、射电天文、宇宙航行技术,以及微波波谱学等方面得到广泛应用。这些学科的发展,客观上要求掌握越来越短的波长,以满足迅速增长的通讯容量及可用频带的要求。从定位技术和射电天文来讲,要用更短的波长来增加方向性,并要求大大降低器件的噪声,以便提高接收灵敏度,增大探测距离。为满足上述要求,原有的电子器件在原理上和工艺上都遇到了困难。这就促使科技工作者必须沿不同途径去寻求新的相干辐射源。其中,在五十年代初,有些国家的科技工作者几乎在相同时期分别独立地提出了利用原子、分子系统中的感生辐射现象来产生和放大电磁波<sup>[6~9]</sup>,这一想法,当时得到了比三十年代末更多的人注意。客观实践的强烈需要,也促使提出这种新观点的人去从事实验探索。由于微波波段上自发辐射小,容易产生负吸收,加之有了微波技术及微波波谱学的良好基础,所以在新原理提出后不久,他们中的一些人又独立地做出了微波激射器<sup>[8,9]</sup>。产生这种情况,不是偶然的巧合,而是生产和科学技术发展的必然结果。这类新型器件,原则上可以产生任何频率的电磁波,不受传统器件中载流子惯性和渡越时间的影响。所以,它一出现,很快就在无线电技术及光学界产生强烈的反响。人们看到它适应着客观形势发展的需要,便投入了很多的人力和物力,发掘它的潜力,推动其迅猛地发展。

从光学方面来讲,在战后,传统光学中的许多矛盾也突出起来。首先,由于缺少具有高度相干性的光源,已使许多工作难于开展。例如,有巨大应用潜力的全息术,1948年有人在研究电子显微镜的分辨率时就在原理上提出来了<sup>[10]</sup>,但由于缺少恰当的相干光源而未能实现。另外,第二次世界大战时发展起来的红外技术,在向更长的红外波段推进时,由于缺少适当的光源而遇到很大困难。长期以来处于空白状况的非线性光学性质的研究,更有待应用强的单色光源才能开发。由于传统光源的单色性和相干性都很差,把它们用于精密测量和高分辨力光谱学方面,也是有很大的局限性,工作难于进一步开展……。因此,微波激射器出现之后,很快就有许多人想用它的基本原理来产生相干光。1958年有人详细地论述了这一问题<sup>[11]</sup>,到1959年论及这一问题的工作就更多了。由于社会实践的客观需要,大约在两年后的1960年夏完成了第一台红宝石激光器<sup>[12]</sup>,同时在这个世界上激起了十分强烈的反响。

激光技术发生和发展的历史充分证实了伟大导师恩格斯的科学论断:“社会一旦有技术上的需要,则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进”。\*

由于激光技术适应了社会生产及科学技术发展的客观需要而产生,并且在发展的进程中又同近代生产与科学技术紧密结合,因而它的发展速度是相当快的。

\*《马克思恩格斯选集》第四卷 第505页 人民出版社1972年5月版。

## 二、激光技术的产生和发展是对唯心论和形而上学观点的有力批判

人类对传统光学的研究已有几千年的历史。到十九世纪,有关几何光学和波动光学的规律已经基本搞清楚了。在理论上,用电磁场理论已经能得到统一的解释,并且在实践中也得到了广泛的应用。二十世纪以来,由于量子力学的产生和发展,使人们对光与物质相互作用性质的研究大大向前推进。过去积累的许多由经典理论所不能解释的光谱学现象,原则上能用量子力学观点统一解释。在这种情况下,似乎感到研究的范围窄了,基本理论已完备了,研究方法和工具也够用了。一句话,在一些人的心目中,传统光学成为古老的、停滞不前的学科了。这股潮流,波及面是很广的,影响也是很深的。在从事光学研究和教学的人中间,有些人以传统光学的完美而自豪,把它当成古董欣赏,而更多的人则常常慨叹在光学领域里没什么重大课题可搞。即使有些人明确地看到光学中还有许多空白点,奈何找不到适当的工具,畏于困难,只是束手感叹而已。如此等等,不一而足。这些停止的论点,悲观的论点,无所作为和骄傲自满的论点,曾一度广泛流行。

毛主席教导我们:“马克思主义者认为人类社会的生产活动,是一步又一步地由低级向高级发展,因此,人们的认识,不论对于自然界方面,对于社会方面,也都是一步一步地由低级向高级发展,即由浅入深,由片面到更多的方面。”\* 在传统光学领域里,经过长期研究,的确取得了很大成绩。但是,人们的认识正是由浅入深地向更高级发展着。当我们站在新的高度上,回顾传统的光学时,就会看出它的局限性。由于当时生产技术的限制,已有的光学知识自然无法完成全面和系统的概括。由于传统光学基本上只限于对光子简并度很低、相干性很差的光及其同物质相互作用性质的研究,而所研究的物质体系大多又限于热平衡或准热平衡的情况,故使所得到的结论的适用范围必然要受到限制。反之,激光技术提供了具有高度相干性的和高强度的光源,从而打破了人们在传统光学的研究和应用中长期感到困惑的局面,把它推进到了一个崭新的发展阶段。激光技术的发生和发展,不仅使古老的光学别开生面,并为无线电电子学扩展到光频波段创造了先决条件,促进了光电子学的发展。

革命导师恩格斯指出:“……科学从认识的较低阶段上升到较高阶段,愈升愈高,但是永远不能通过所谓绝对真理的发现而达到这样一点,在这一点上它再也不能前进一步,除了袖手一旁惊愕地望着这个已经获得的绝对真理出神,就再也无事可做了。”\*\* 激光技术的产生和发展给光学和无线电电子学所带来的深刻变化,正说明了这一点。在科学的发展过程中,某种学科在某些时候进展缓慢是常有的事。这种情况绝不是意味着它已完美无缺而不需要发展了。恰恰相反,正说明这门学科遇到了困难,需要人们作出更大的努力。事实也正是如此,激光技术这一重大突破,给传统的光学开创了大有可为的新天地。这是对唯心主义和形而上学观点的有力批判。

## 三、激光技术的产生和发展又给生产和科学技术以较大的推动

激光技术出现之后十多年来,一方面在基本器件、元件材料、实验技术及理论方面做了大量开拓性的工作,另一方面在生产、军事及科学技术的许多领域中得到了广泛的应用。尽管时

\* 《毛泽东选集》第一卷 第260页 1966年版。

\*\* 《马克思恩格斯选集》第四卷 第212页 人民出版社1972年5月版。

间很短暂,有些应用也还不够成熟,它的潜力并未完全充分地开发出来,但是它在许多领域中却已经展现了广阔的应用前景。

从功能上来讲,激光技术同无线电电子学一样,是一门研究相干电磁辐射的产生、放大和应用的技术。因此,它必然会给与它关系最密切的学科——无线电电子学及光学带来更大的推动力。

对无线电电子学而言,激光器产生的具有高度相干性的、高强度的光,就为这门学科扩展到光频波段创造了前提。用激光作载波就可实现光通讯,大大提高信息容量和通频带。由于激光束的方向性好,从而有利于实现保密通讯和远距离的空间通讯。把激光用于各种类型的光定位与制导技术、光学信息贮存与处理、大屏幕激光电视与显示技术、光计算机、新型的电子工业的加工技术等方面,都有十分重要的意义。总之,传统的无线电电子学中,涉及到无线电波或电子束的领域,有许多可以由激光束来代替或补充。十多年来,这些方面得到了广泛的研究和应用发展。但是,作为无线电电子学未来发展方向之一的光电子学却方兴未艾,它的巨大潜力尚待做大量开拓性工作之后,才能得到充分显现。光电子学是介于光学和电子学之间的边缘学科,因此它的研究内容和研究方法必然要涉及到这两方面的知识和技术,从而有可能使从事这两方面工作的人员相互取长补短,打破传统的隔离状况。

对光学来说,由于激光较之传统光学中所用光源性质上有了巨大的变化,因而也对光学的研究和应用带来了深刻的影响。激光所达到的强度是过去任何光源所不能比拟的。这种强光同光学介质的相互作用,产生的非线性极化效应以及与此有关的许多新奇现象的出现,又构成了一个新的研究领域——非线性光学(或称强光学)。它所研究的现象,提供了许多有关物质性质的新知识,不过目前大多数还只处于现象观察与理论探索阶段。此外,激光具有传统光源不可比拟的时间相干性与空间相干性,于是又把相干光学推进到一个崭新的阶段,使相干理论与技术获得了很大的发展。除了用于各种精密的光学测量技术之外,利用激光的高度相干性而发展的全息技术已得到广泛的重视和研究。这一技术无论对生产上还是科学技术方面均有引人注目的应用前景。联系到用于全息技术的波段的进一步扩展(X-射线及声学波段),它的作用将是难以估量的。激光技术给光学的推动还表现在激光光谱学方面的新发展。如上所述,由于激光具有高强度和相干性好等特点,而随着这方面技术的发展不仅可做出频率可调的激光光源,还可取得脉宽短达 $10^{-13}$ 秒的超短光脉冲,这就大大地丰富了光谱学研究的内容。

同其他许多新技术一样,激光技术出现之后,很快就应用到现代军事技术中。在这方面各国所花的人力、物力同其他研究相比,可以说是最多的。目前,主要把它用于军事上的保密通讯、测距、光雷达、激光制导、激光侦察和警戒,以及多种类型的辐射武器等方面。应当指出,激光出现后,人们就注意到如何设法实现“死光”武器的可能性。十多年来,虽然这方面一直有所争议,但对它的研究和发展却从未停止过。

激光在工业加工、精密测量、医学和生物学、化学、科学研究及其他许多方面,提供了许多有价值的应用。例如在工业加工中,用在硬质材料打孔和特殊焊接;在精密测量中,用作基本长度测量和微定位,以及测角和角速度、测流速、测地震、测电流和电压等等;在医学中,成功地用激光治疗多种眼病、进行外科手术以及治疗一些肿瘤等;在化学中,用激光来促进化学反应和分离同位素;在等离子体研究中,除用激光诊断等离子体之外,更用于等离子体加热,为受控热核反应的研究开辟了一条很有希望的途径。为了解决世界能源问题,人们在这方面所给予的注意力是罕见的。

毛主席教导我们：“我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。”十多年来，在党和毛主席的关怀下，我们国家的激光技术得到了迅速的发展。事实证明，只要遵循毛主席的无产阶级革命路线，破除迷信，解放思想，充分发动群众，密切联系社会主义建设的实际，一定能使这方面的工作更加迅猛地向前发展，为社会主义革命和建设事业作出应有的贡献。

### 参 考 资 料

- [1] Einstein, A., *Z. Phys.*, **18**, 6 (March 1917), 121~128.
- [2] Tolman, R. C., *Phys. Rev.*, **23** (1924), 693.
- [3] Ladenburg, R., Kopfermann, H., *Z. Phys. Chemie Abt. A* **139** (1928), 375~385.
- [4] Ladenburg, R., *Rev. Mod. Phys.*, **5** (1933), 243.
- [5] Фабрикант, В. А., *ТР. ВЭИ*, **41** (1940), 236; Докторская Диссертация, ФИАИ (1939).
- [6] Фабрикант, В. А., Вудынский, М. М., Бутаева, Ф. А., Авторское Свидетельство № 148441 (576749/26 ОТ 18 Июня 1951 Г.)
- [7] Weder, J., *Trans. IRE*, **PGED-3** (June 1953), 1~4.
- [8] Басов, Н. Г., Прохоров, А. М., *ЖЭТФ*, **27** (1954), 431.
- [9] Gordon, J. P., Zeiger, H. J., Townes, C. H., *Phys. Rev.*, **95** (1954), 282.
- [10] Gabor, D., A New Microscopic Principle, *Nature*, **161** (1948), No. 4098, 777.
- [11] Schawlow, A. L., Townes, C. H., *Phys. Rev.*, **112** (Dec, 1958), 1940~1949.
- [12] Maiman, T. H., *Nature*, **187** (1960), 493~494.

## 氩激光眼科凝固器

氩激光凝固器在眼科治疗中有独特的优点。眼球本身就是一套光学装置，适宜用光来检查和治疗。氩激光波长是 4880 埃和 5145 埃，是一束兰绿色的激光，它不但可以完全通过眼球中间质，用以治疗视网膜裂洞，而且可以被血红蛋白吸收，因此还可以治疗眼血管病变，如眼底血管瘤、糖尿病性眼底病等。

过去，由于刘少奇、林彪反革命修正主义路线的干扰和破坏，激光在医疗卫生方面的应用很少，尤其是氩激光在眼科治疗中还是一项空白。有的医院曾提出进口氩激光眼科凝固器，但帝国主义国家对我们要价昂贵，而且条件十分苛刻，千方百计进行技术封锁和垄断。

“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”面对帝国主义的挑战，上海手术器械二厂这个只有三百多名工人的小厂，主动挑起试制氩激光眼科凝固器的任务。没有厂房，他们腾出一间十多平方米的浴室作试制场地；没有图纸，他们自己动手设计。克服保守思想的束缚，冲破重重阻力，自力更生，奋发图强，依靠社会主义的大协作，终于在短短的半年多时间里，试制成功了我国第一台氩激光眼科凝固器，为医疗器械工业填补了一项空白。瑞金医院眼科从去年 8 月以来进行 60 余例临床使用，证明能用它治疗八、九种眼病，使病人免除手术痛苦，大大缩短疗程，受到群众的好评。

目前，这个厂的广大工人在批林批孔运动的推动下，正在为完成今年的生产任务而努力。