



新技术革命丛书

新技术革命中的 激光

黄史坚 编

科学出版社

本

新技术革命中的激光

黄史坚 编

科学出版社

内 容 简 介

激光是六十年代初出现的一门新技术，发展速度极快。应用遍及光学、电子学、机械、化工、轻工、医学、原子能、天文、地理、海洋等领域，是新技术革命的主要标志之一，各国都很重视。本书从激光的特点入手，论述它和新技术革命的关系与作用，简单介绍激光的产生、分类、各类激光器的特点和主要用途，接着广泛叙述了激光的各种应用、效益和目前水平。本书的特点是语言生动流畅，叙述深入浅出，以较小的篇幅较全面地叙述了有关激光的各种问题，使读者对激光有一个轮廓性的了解。

本书可供具有中等文化程度的干部、科技人员、广大群众阅读和参考。

新技术革命中的激光

黄 史 坚 编

责任编辑 姚平录

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院开封印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年7月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1984年7月第一次印刷 印张：2 1/2

印数：0001-45,000 字数：37,000

统一书号：15031·596

本社书号：3706·15-10

定 价： 0.33元

前 言

激光是六十年代初期诞生和发展起来的一门新兴技术。二十多年来，经历了理论研究和器件制造，现在其应用已遍及光学、电子学、机械、化工、轻工、医学、原子能、天文、地理、海洋等领域，是新技术革命的主要标志之一。

为了迎接新技术革命在我国到来，作者编写了这本小册子。力求用较小的篇幅，通俗的语言，深入浅出地向广大干部、科技人员、群众普及激光的基本知识，介绍激光的各种用途、效益以及目前的水平。以便在使激光技术更快地在我国推广普及、开花结果方面有所助益。

本书内容分三部分：第一部分从激光的特点入手，阐述激光在新技术革命中的作用；第二部分简单介绍目前成熟的各种激光器及其水平；第三部分全面叙述激光的各种应用和目前的进展。

本书成稿后，电子工业部的梅遂生同志审阅了全稿，提出了不少宝贵意见，在此谨致谢意。由于本人水平和时间有限，难免有不妥之处，欢迎读者指正。

编 者

1984年3月

《新技术革命丛书》

新技术革命的崛起

微电子技术及其影响

信息与社会

新技术革命中的激光

光导纤维

材料与材料科学

海洋——具有战略意义的开发领域

生物技术

遗传工程

统一书号：15031

定 价： 0.33 元

本社书号：3706·15-10

科技新书目：78-33

N51

33

库

目 录

一、激光在新技术革命中的作用	(1)
(一) 什么是激光, 它有什么特点?	(1)
(二) 激光在新技术革命中的作用	(4)
二、激光的产生和激光器	(12)
(一) 激光是如何产生的?	(12)
(二) 激光器的种类和参数	(15)
(三) 固体激光器	(18)
(四) 气体激光器	(20)
(五) 半导体激光器和发光二极管	(24)
(六) 染料激光器	(27)
(七) 集成光学	(28)
三、激光的应用	(31)
(一) 激光通信	(31)
(二) 光纤传感	(36)
(三) 激光电视与显示	(38)
(四) 激光信息处理和存储	(40)
(五) 激光陀螺	(43)
(六) 激光测距与雷达	(45)
(七) 激光制导	(49)
(八) 激光武器	(52)
(九) 光电对抗	(55)

(十) 激光测量与检验分析	(57)
(十一) 激光加工	(59)
(十二) 激光核聚变	(63)
(十三) 激光化学工程	(65)
(十四) 激光光谱分析	(67)
(十五) 激光育种	(68)
(十六) 激光医疗	(70)
结束语	(74)

一、激光在新技术革命中的作用

(一) 什么是激光，它有什么特点？

简单说来，激光也是一种光。它与普通光，如太阳光、灯光一样，也是一种电磁波。但是，激光的产生方法与普通光不同，它是物质“受激”而产生的。要了解激光的特点，势必要了解激光的产生原理（留在第二部分介绍）。这里先从激光的表象叙述激光的特点。

激光的特点归纳起来就是方向性很强、颜色很纯、亮度非常高和相干性非常好。

方向性很强 通常人们知道，太阳光和灯光是向四面八方射出的，并没有什么方向性。为了增强方向性，常加装反光罩，如手电筒、探照灯，才有一定的方向性。可是当你踏进激光实验室的时候，就可以看出激光犹如一条直线，笔直射出，方向性比划过夜空的探照灯光还强得多。方向性最好的激光束，投射在几公里远处，光斑仅有茶杯口般大小。就是投射在38万公里以外的月球上，光斑直径也仅有三、四十公里。

激光的许多应用，例如准直、扫平、波束制导、工业和商业扫描，就是借助激光的准直性来进行的。

颜色很纯 也叫激光的单色性好。在 日 常 生 活中，我们常看到有的物体颜色比较纯，另 一 些 则 不然。各种光源发出的光也一样，有的纯一些，有的不纯。日光的颜色就不纯，它经过三棱镜之后，分成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色；雨后天空出现的美丽彩虹，也是由日光经过水滴折射之后形成的。同样地，白炽灯光也是由这七种颜色混合而成的。其实，又何止七色呢！所有这些现象，都说明白光是由一系列的不同颜色混合起来的，所以白光并不白，红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，共寓于其中。但激光就不一样了，它的颜色非常纯。颜色越纯，在光学上就说单色性越好。激光的单色性比目前公认的最好单色光源还要好几千倍。光源的单色性通常用谱线宽度来描述，单位为埃。目前国际上所采用的单色光标准是氪 (Kr^{86}) 灯，波长为6057.80211埃，谱线宽度为0.0047埃。但氪氖激光的谱线宽度只有一千万分之一埃，比氪灯还要纯几个数量级。激光的这种高度单色性，常常被用来做干涉仪，用于测量距离、丝径和其他精密计量方面。用它来测量几十公里的距离，误差可小于1厘米。

亮度非常高 光源亮度与方向性有密切关系。

同样的发光体，光束发散角越小，亮度越高，能量密度也越大。所以亮度表示了光源在某个方向上发光能力的大小。众所周知，日光比蜡烛亮；太阳光又比日光灯强；电弧更会使你觉得刺眼。不过，所有这些光与激光比较，都要逊色得多。即使功率不太大的氦氖激光，亮度也要比太阳光强得多，高能激光或高脉冲功率激光，亮度就更强了。这就难怪会把人眼照瞎。激光所以可用于加工、医疗、武器、核聚变等等，就是因为它有很高的亮度。

相干性非常好 普通光源，无论是天然的还是人造的，由于它们是自发辐射，发出的光波在频率、相位和传播方向上是很不相同的，称为非相干光。而激光则不同，由于它是受激辐射，发出的光的频率是单一的，相位是一致的，方向是相同的。非相干光叠加在一起时，其幅度是起伏不定的，找不出它的变化周期。相干光叠加在一起时，其幅度是稳定的，而且很强，并在时间和空间上都有一定的周期。利用激光的相干性这一重要特征，可以精确测量物体的表面平度、平行度、厚度、长度、球面物体的球径等，并开辟了一种崭新的图像记录与重现的技术——全息照相术。

(二) 激光在新技术革命中的作用

随着现代科学技术突飞猛进的发展，工业发达国家正在进入一个新的科学时代，它必然带来一场规模宏大，涉及各个行业，席卷全世界的产业革命，这就是近年来国际上宣传的所谓第三次浪潮，第三次产业革命，第四次产业革命……等等。在这一技术革命的风暴下，一些传统的产业将日益萧条不振，一些行业正在解体，……。而许多新兴工业部门，却犹如雨后春笋破土而出，迅速崛起。激光，它，也必然是其中的参天一支。

这一场革命，从工业发达国家与地区——北美、西欧和日本掀起，而其波浪却要拍击整个世界。第三世界国家，自然也毫不例外，我国自然也要奋身于其中，从必然中取得自由。多么好的时机啊！因为我们可以利用科技革命的硕果，从较高的起点开始，紧跟技术革命的波涛，跻身于世界先进的前沿。

这一场革命，在我国，我们把它统称为新技术革命，它也必将为我国带来产业的大发展，因为科学技术是生产力，是先导。这一场革命必将开拓电子计算机、激光、遗传工程、光导纤维的应用，占地球表面

面积71%的海洋也要得到开发。

激光！从1978年3月全国科学大会之后，第二次被提为技术革命的一项重要内容。的确，用高、精、尖来形容激光技术远远没有过分，还可以加上多、快、好和强。如果把这些词凝聚在一起，那就是：

使传统的光学发生深刻的革命，重新散发出芳香

光学，从我国春秋末年墨翟（公元前468—376年）在他的《墨经》中论述了光的直线性前进开始，经历的路程不仅仅是几次的产业革命，而是漫长的两千多年。于是，人们勉强用褒义的词汇说它已经成熟，其实这“成熟”二字倒是评论它古老与陈旧了。是的，到了现代，光学的确是一筹莫展，远不像无线电电子学一样，几乎是每十年开拓一个频段，一派欣欣向荣景象。六十年代，激光的出现，为光学领域提供一种全新的光源，使光学前景豁然开朗。顿时，整个光学领域十分活跃，许多新的光学分支，例如非线性光学、激光光谱学、全息光学、信息光学、集成光学、纤维光学、高速摄影光学、医疗光学、光电子学等等，脱颖而出，使历史悠久的光学又呈现出生机勃勃，形成了完全能与其他技术科学相竞争的局面。随着而来的是，基础光学理论，又获得迅速发展，出现了一系列的光学新效应。这些新的光学效应与现象的总数大大

超过过去光学两千多年的历史所发现的现象的总和。这些现象自然会带出许许多多的应用来。

我们在前面提到过，激光的每一个特点都可以举出一些应用来，而正是这些应用才使激光被列为新技术革命的主要特征之一。例如利用激光的高频特性和相干性，可以带出大容量光纤通信、空间通信和水下通信，加速信息技术和通信技术的发展；利用相干性、单色性和波长可调性的激光雷达，则可以用于资源勘查，公害监控，大地测量；利用空间相干性可以进行图像处理、光学计算、无损检查、激光印刷、信息显示；利用它的单色性和波长可调谐性可以进行同位素分离、化学反应控制和各种光谱分析；利用高度方向性则可用于土建准直测量、机械安装校准、隧道掘进、交通控制、精密加工和加热压缩等；利用激光的基础现象又可以进行生物、化学、物理研究和电子工程、材料工程、能源工程、农业工程、生物工程等等的开发。如果说本世纪后半期出现一百项新技术应用的话，那么激光的各种用途将会名列前茅。所以说，激光的出现，使科技界瞠目结舌，在它短短25年的发展历史中，激光方面已有四人次获得诺贝尔奖金就不足为奇了。这样，我们就可以看出，它在新技术革命中的作用是何等之大！

使电子技术更上一层楼 电子技术是新技术革命的先导，这一观点已毋庸置疑。但是，激光的出现，进一步促使了光电子学的形成与成熟，使电子学又迎来了严峻的挑战！事实上，挑战已经开始。

无线电电子学发展到本世纪五十年代，人们已不能用宏观的调谐结构来产生波长更短的相干电磁波了。于是，美国哥伦比亚大学的汤斯，1954年首次制成氨分子微波激射器，打开了通向激光的道路。终于到1960年，第一个红宝石激光器应运而生了。因此，我们完全有理由认为，激光的出现与发展，主要是搞电磁波谱学学者努力的结果，是相干电磁频谱向高频段发展的必然。它不仅是光学领域的一项很大成就，可以服务于光学的各个方面；更是电子学领域的一项很大成就，开拓了电磁频谱的一个既高又宽的频段，为电子学开创一个崭新的局面。这就是利用传统电子学的原理方框，借助光电、电光转换，在光频段上来完成传统电子学功能的系统，激光通信、激光雷达、激光测距、激光制导、激光导航、激光计算机、激光信息处理、激光唱机、激光对抗，等等，都是一些典型的光电子学系统。可见其用途之广，几乎遍及整个电子工程领域。

这是光电相互渗透的结果，它已经向传统的电子

工程发出挑战。可不是么！激光通信，亿万人共享一个激光信道；测光测距，万里距离不差分毫；激光制导，高空投弹百发百中；激光宇宙引导，飞船保持对接、停靠，……。

加速工业社会向“信息社会”过渡 许多国外预测科学家认为，在这一场新技术革命中，有一个特点就是社会将由工业社会向“信息社会”过渡。人们不禁要问，什么是“信息社会”呢？简单说来就是在这个社会里，各方面都很发达，科学很先进，物质文明达到了空前的程度。此时相应地，人们迫切需要知识与各种情报，于是社会的信息内容很丰富，信息流通量很大。这么大的信息量靠现在的这些通信手段已不适应，而是要用现代化的通信技术、计算机和各种终端设备组成一个全国范围甚至是世界范围的通信网，使电话、电报、数据、传真、图像、图纸资料、合同数据，等等，都可以统一由这一个通信网来传送。人们已把知识和一切情报视同财富、资本和资源来对待。通过这样一个网，人们坐在办公室或家里即可进行社会交流，例如订票、咨询、了解行情、查阅资料、观看节目和比赛，直至做买卖。这样的一个网，必然由光纤通信和计算机来组织，才能得到最大限度的满足。因为正如在第三部分光纤通信中所述的一样，光

纤带宽很宽，就象一列很长很长的列车，可以装载很多很多的货物——信息，而且“运费”也很便宜。例如目前的海底电缆系统每话路公里造价要近20美元，而海底光纤系统，仅为5美元左右，比前者要便宜3倍。同时，把各种信息综合成一个网来传送以后，可以节省几套管理人员。还可以节省铜。正因为光纤通信和计算机能为信息社会组织起这样功能齐全的通信网，美国、日本和西欧等工业发达国家才竞相大搞光纤通信，规划到2000年，依靠它建成全国范围的通信网——综合服务数字通信网。

为新技术革命提供一种独特的工具 作为工具，用高、精、尖来形容激光，我们认为是恰如其分的。激光，作为一种光源，它的比较对象是普通光；而作为相干高频电磁波，它的比较对象自然是微波。普通光源不能全面地与激光较量，而微波也不能以精密加工工具的面貌出现。只有激光，光束可以聚焦到很细，可以精细到光点只有1微米，显然完全能作为一种微细加工工具。事实上，今天它已逐渐被作为电子器件工艺的重要工具使用了。日本东芝公司的彩色显像管就有一半以上用激光焊接，成品率达到99.5%以上，工效也比其他方法提高几倍。而作为电子元器件微调，正如第三部分中加工一节所述，效率和精度更

是其他方法无与伦比的。所以有人饶有风趣地说：激光 + 计算机 = 数量 + 质量。用于蒸发薄膜和集成电路布线，其精度和准确度预示着人类将能在分子水平上工作。还有人更进一步地遐想，人类可否利用激光来解剖细胞，对遗传工程作出新的贡献？现在已有人用激光在细胞上打孔成功，并把不同的生物基因注入到细胞中去，借以研究细胞的变异。

直接促进军事科学技术的发展 激光在军事科学技术中应用广泛。从通信到雷达，从空中到水下侦察，从战术武器的制导到战略武器的革新与改造，都有激光的用场，所以各国，特别是苏联和美国，对军用激光方面的研究很早，投资也很大。

此外，在人们追求生活质量方面，激光的贡献也不差。办公、交往可以坐在家里进行；电视将用光纤来传送；音响设备将要逐步激光化。这种激光唱机伴有图像的，叫做激光电视唱机。激光唱机音响很宽，整个音频段从20—20000赫都能响应出来，音色很丰富。信噪比很大，在90分贝以上（普通唱机只有60分贝），音乐非常清晰、丰富和悦耳，被誉为“梦的音响设备”。激光音频唱机和电视唱机已在国外开始流行。这就是追求生活质量的一个方面。

以上概括了激光在新技术革命中的作用，而对于