

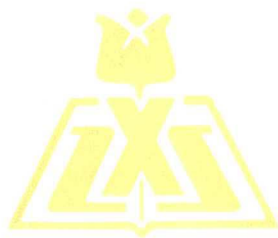
中学生文库

ZHONGXUESHENG WENKU

奇异的光—激光



上海教育出版社



ZHONGXUESHENG WENKU

奇异的光—激光

雷任湛 黄振发 周稳观 编著

上海教育出版社

责任编辑 方 棻 高惠龙
封面设计 范一辛

中学生文库 奇异的光——激光
雷仕湛 黄振发 周稳观 编著

上海教育出版社出版发行
(上海永福路 128 号)

各地新华书店经销 江苏启东印刷厂印刷
开本 787×1092 1/33 印张 3.75 插页 2 字数 67,000
1987 年 2 月第 1 版 1987 年 2 月第 1 次印刷
印数 1—9,900 本

统一书号: 7150·3753 定价: 0.54 元

编 者 的 话

1960年7月7日，美国《纽约时报》上刊载一则消息：梅曼博士研制成功第一台红宝石激光器。从此，一门新兴的技术——激光技术便在世界各地迅速地发展起来。如今，发射激光的器件已有上千种，建立起了专门从事激光研究的机构、专门生产激光器的工厂和公司，大学开设了这门课程。更重要的是，在光学、电子学、机械加工、化工、轻工、医学、农业、邮电通信、原子能、天文、地理、海洋、航天、军事等领域已广泛采用了激光技术，革新了生产工艺，解决了不少过去无法实施的一些生产技术和科学研究手段。所以，人们认为激光技术是当前新技术革命的主要标志之一，誉为二十世纪的三大发明之一。

我国的激光研究和应用的发展也很迅速，常用的激光器已逐步形成系列产品，在科学研究和生产上已发挥重要作用，收到了明显的经济效益。例如，应用我国制造的第三代人造卫星激光测距机，当卫星距地面八千五百多公里高时，测距误差只有5毫米！

激光,是一种有奇异特性的光。它的相干性、单色性、方向性都相当好,或者说,是一种亮度极高的光,它比自然界最强的自然光——太阳光还亮10亿倍以上!当然,激光器的发明绝不是一件偶然事件。在本世纪二十年代,物理学家在发现光及其他微观粒子都具有波粒二象性的基础上,建立了量子理论。在三十年代,爱因斯坦提出受激辐射理论,奠定了通过受激发射的途径获得高亮度光辐射的基础。四十年代麦克斯韦微波技术的兴起,五十年代汤斯博士氨微波量子放大器的成功等等,都孕育着激光的诞生。所以,可以这样说,激光是在近代光学、电子学以及量子物理等多学科的基础上发展起来的,是电子学技术和光学技术的有机结合。

本书扼要介绍激光产生的基本原理,各种激光器的结构和它的性能,以及激光技术各个领域中的应用,让读者初步了解这门新技术。激光技术的内容丰富,发展迅速,所以,这本小册子介绍的内容并不是全面的。我们建议读者在读完这本小册子之后,继续读一些其他激光技术方面的参考书,丰富自己的知识。愿你们将来成为激光科学家。

编者

1986年5月于上海

目 录

第一篇 最亮、最纯、射得最远的光是“激”出来的

1-1	比太阳还亮百亿倍.....	2
1-2	最纯的颜色.....	4
1-3	射得最远.....	6
1-4	原子世界.....	8
1-5	激光是“激”出来的	10
1-6	从打康乐球谈起	12
1-7	光学共振腔	15



第二篇 激 光 器

2-1	红宝石建奇功	19
2-2	力大无穷的钕玻璃激光器	23
2-3	后起之秀	
——掺钕钇铝石榴石激光器.....		26

2-4	小巧玲珑的半导体激光器	28
2-5	品种繁多的气体激光器	30
2-6	孪生原子发射激光	
	——准分子激光器	44
2-7	染料不仅用于织布	
	——染料激光器	47
2-8	在化学反应中建立激光	
	——化学激光器	48
2-9	自由电子建新业	
	——自由电子激光器	50
2-10	问世最艰难的激光器	
	——X射线激光器	52

第三篇 激光的应用

3-1	灵巧的剪刀	56
3-2	精巧的焊接	59

3-3	细小的“光钻”	61
3-4	精确的光尺	62
3-5	农业的好助手	65
3-6	真正的立体照	67
3-7	测距的能手	71
3-8	飞机的“眼睛”	73
3-9	建筑业中的新兵	76
3-10	侦缉的奇军	79
3-11	分子的裁剪	81
3-12	同位素的分离	84
3-13	止血的手术刀	86
3-14	无痛的“光针”	89
3-15	通讯的新秀	92
3-16	神奇的唱片	96
3-17	优美的艺术	99
3-18	特殊的“火柴”	102

3-19	长眼睛的炸弹	106
3-20	导弹的克星	109

第一篇 最亮、最纯、射得最远的光是“激”出来的

太阳光普照着整个大地，给人类带来了光明和温暖。人类和一切生物都生活在光的世界里。没有光，万物就无法生长；没有光，世界将是漆黑一团。光与人类的活动有着多么密切的关系！

今天，我们谈到光，一定会联想到：当黑夜降临的时候，马路两旁一排排灯光照亮了人来车往的道路；教室里一盏盏日光灯把人们的学习环境照得通明；商店、宾馆

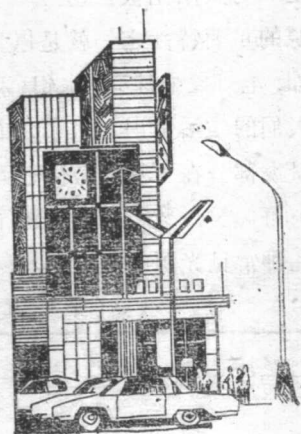


图 1-1 各种照明灯

那五彩绚丽的霓虹灯点缀了夜间的色彩；光芒四射的灯塔给来往船只指明了航向；还有，工厂、铁路、矿山、体育馆以及每家每户所用的照明灯(图 1-1)……，真是多种多样。

这一切光源都是人类在长期的生产劳动和科学实验中不断创造出来的，使人们在夜间或特殊的环境中能继续进行生产、学习和生活。从古代的油灯、蜡烛直到现代的白炽灯、日光灯、汞灯……，可以说一种比一种亮。到本世纪六十年代，又出现一种新颖的光源——激光器，它发出来的光具有很多奇异的特性，我们称它为“奇异的光”。

1-1 比太阳还亮百亿倍

当你用眼睛对着太阳看的时候，一定会感到“刺眼”，这是因为太阳光很强(亮)。光和亮往往紧密联系在一起，光源的重要特性之一就是以亮(或强)的程度来衡量的。比如，电灯比蜡烛亮，水银(汞)灯比日光灯亮等等，这已成了人们的生活常识。太阳表面温度约 6000°C ，所发射出的能量大部分在可见光范围，看上去亮得“刺眼”，在各种光源中可算数一数二的强光源了。为了对比，在表1中列出了几种常见光源的亮度值。

表 1 几种光源的亮度

光 源	亮 度 (10^4 次/米 ²)
蜡 烛	约 0.5
白 炽 灯	约 470
炭 弧	约 9000
超高压水银灯	约 120000
太 阳	约 165000
高压脉冲氙灯	约 1000000
红宝石巨脉冲激光	约 37×10^{14}

随着科学技术的发展,在今天来说,太阳光已经不能算最亮的光源了。我们在建筑工地和体育场上,常常能看到一种长弧氙灯,光亮犹如白昼,它相当于一千只 100 瓦的普通灯泡,和太阳的亮度相接近,人们叫它“人造小太阳”。高压脉冲氙灯的亮度比太阳约高 10 倍。至于激光器那就更为惊人了,它比太阳表面的亮度要高出 200 亿倍!例如一台中等水平的红宝石巨脉冲激光器,输出功率达 1000 兆瓦(10^9 瓦),发散角接近 1 毫弧度(千分之一弧度),也就是说,这台激光器的亮度为 10 亿兆瓦。这就是激光所具有的特性之一——高亮度。可以毫无夸张地说,激光是现在各种光源中最亮的一种光源。

激光为什么会有这样高的亮度?这就得从光源的内在关系说起。普通光源发光时,内部大量的发光中心基本上都是独立的、互不关联的、无秩序的个体化行为;而激光则是在人们有意识的控制下,让各发光中心相互关联,步调一致,有规律的集体化发光行为,从而使发射出来的光能量在时间上和空间上高度集中,成万成亿倍地提高亮度。可以作一个简单的比喻,普通光象一群自由散漫的分子,彼此之间毫不相干,各行其事;而激光则象一支有纪律的、步调整齐的军队,往一个方向、以一个波长发射能量。

激光这种高亮度的特性有着很多用途,比如在工业上可以利用高亮度产生几千度甚至几万度的高温,对难熔的金属和非金属材料进行加工,如对钛金、铂铑、陶瓷、石英、宝石等进行打孔、切割、精密焊接和热处理。钟表行业

应用激光对宝石轴承进行打孔，比过去用机械打孔方法提高工效 70 倍；用激光给生产化学纤维用的喷丝头钻眼，过去一个熟练工人要工作一个月才能完成一块，现在用激光钻眼，只要两小时就够了，而且质量很好；用激光来焊接钛金笔头，比过去提高工效四倍，还省去许多其他的工序；用激光对拖拉机缸套和机车主簧片进行热处理，可以提高耐磨能力，延长寿命一倍以上；激光还可以用来切割材料，无论是钢板，还是韧、脆的陶瓷或百层布料，激光所过之处，就象用锋利的刀片刻纸一样，切缝又细又平整。

巨脉冲激光能在直径为百万分之几毫米或千万分之几毫米的范围内产生几百万度的高温，几百万个大气压的高压和每厘米几千万伏的强电场，因此，它已成了科学研究的一种有力的手段。利用激光的高亮度，也可以用来做成摧毁飞机、导弹的激光武器。因为这种武器发射的“炮弹”是以 3.0×10^5 千米/秒速度射向目标，所以是任何一种武器都不能比拟的。

1-2 最纯的颜色

大家知道，光也可以看作一种电磁波，但是，它的波长要比普通的无线电波短得多。我们感觉到物体有不同的颜色，实际上是由于不同波长的光作用在人眼视网膜上引起不同反应的结果。波长从 0.40 微米到 0.76 微米范围内的光，通常称为可见光，它能引起人们的正常视觉的反应。波

表 1 各色光的波长范围

光的颜色		大致的波长范围(微米)
红	色	0.76~0.63
橙	色	0.63~0.60
黄	色	0.60~0.57
绿	色	0.57~0.50
青	色	0.50~0.45
蓝	色	0.45~0.43
紫	色	0.43~0.40

长小于0.40微米以下的叫做紫外光；波长在0.76微米以上的叫做红外光，这些光人眼是看不见的。

物理学家牛顿用玻璃三棱镜把太阳光分成了红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色彩带，每一种颜色的光称为单色光，含两种以上颜色的光叫复色光。

实际上所谓单色光是指所有辐射波长落在某个范围内的光波，它并不是单一波长的辐射。所以，谱线宽度越窄，波长就越单一，单色性也越好。单色性是衡量一种光源质量的重要标准之一。过去单色性最好的光源是氪灯，它发射波长为605.7纳米的光波，谱线宽度只有0.47皮米，因此它的颜色看起来很鲜艳，令人感到很纯。如今的激光器发射的激光，其单色性就更好了。比如氦氖气体激光器所产生的激光，谱线宽度可以小于一亿分之一纳米(10^{-8} 纳米)，比氪灯的单色性高了十万倍。可以说，激光是颜色最纯、色彩最鲜的光。这又是它区别于普通光源的另一个特性。

激光器与其他单色光源如氪灯等不一样，是因为它是依靠自身内部的规律性，使光能在光谱上强烈地集中起来。因此，激光的单色性比其他单色光有了极大的提高。这对科学实验和精密测量提供了极为有利的条件。

激光的单色性有很广泛的用途，主要用于精密测量。利用激光波长作为长度计量的单位，可以做成世界上最标准、最精细的“尺子”。国际上曾经用光波波长作为“国际标准米原器”，这种“激光尺”相当准确，而且把长度、时间的标准统一起来了。此外，激光的单色性还被利用来制作“光陀螺”，把它应用在精密导航上可以发现飞行方向的微小偏差。在激光单色性的基础上发展起来的拍频技术，可以用来极精密地测定各种位移、转动和振动的速度，它的精度使得每秒移动几个微米或每秒转动十分之一度的速度都可以精确地测出来。

1-3 射得最远

探照灯划破夜空，象一道光柱射向遥远的天边，这是形容探照灯的射程非常远。其实探照灯不能算射得最远的光源，因为它照射的距离不过几公里，光束散开的直径就有几十米。假如探照灯的光能射到月球上，那么在月球上的光斑直径将扩大到几千公里。由现在使用的高压汞灯作为探照灯的光源，是达不到这个要求的。相反，一支氦氖激光器发出的红光，射到 20 公里远的地方，它的光斑直径只有茶

杯口大,如果把激光从地球发射到月球上,它的光斑直径也不过只有2公里。可以说激光器的方向性比探照灯高几万倍。这就是激光的特性之三——高方向性,因而,激光能够射得最远。

大家知道,太阳、白炽灯、日光灯以及长弧氙灯等,它们是向四面八方发射的光(图1-2),可以说没有什么方向性。人们根据需要,常常设计了一种反光聚光装置,为的是增强方向性,如探照灯、手电筒那样让光束朝一个方向射去。但是,光源本身的限制,即使有了很好的反光聚光装置,以上这些光也不能象激光那样发射出一条笔直的光束,所以照射的距离依然不远。

激光器发出的光为什么方向性这样好,几乎可以称为平行光呢?因为激光是在受激发射过程产生的(见后面的介

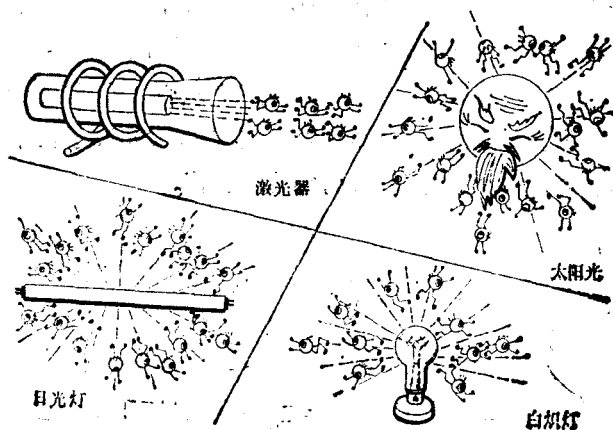


图1-2 各种光源的方向性

绍)。由它产生的光子都朝一个方向传播,所以,激光器不象普通光源那样向四面八方发射光波,而是只向一个方向发射。

激光既然有这样好的方向性,所以用途极为广泛,现在研制成功的激光测距机、激光雷达、激光准直仪等都是应用激光的方向性好这样一个特性。激光测距仪和激光雷达能测量的距离长,分辨能力高。用激光雷达能够精确地测定目标的距离、方位和速度,测量方向的角度精确度达到 ± 0.03 度左右。激光准直仪在矿山、铁路、地下工程、高层建筑、万吨轮船体划线以及大型电机主轴安装定位等方面得到了广泛的应用。

激光方向性好的特点在军事上的应用尤其突出,如激光制导武器中有一种激光“寻的器”,它安装在炸弹的头部,从飞机上发射一束激光照射在所要攻击的目标上,“寻的器”就能够按照激光返回的信号控制炸弹的尾翼而把它引导到指定的目标,命中率可以说是“百发百中”。此外还有装在火炮、坦克等武器上的激光瞄准器,大大提高了命中和杀伤能力,可以称得上是一只明锐的“眼睛”。

1-4 原子世界

激光有那么多优异的点和广泛用途,激光是怎样得到的呢?这一定是大家十分感兴趣的问题吧。

我们知道,光是由发光物质发射出来的,具体一点说是