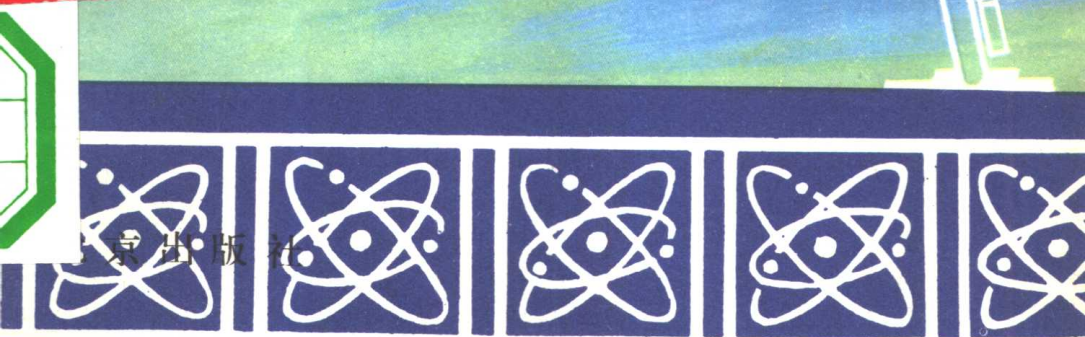
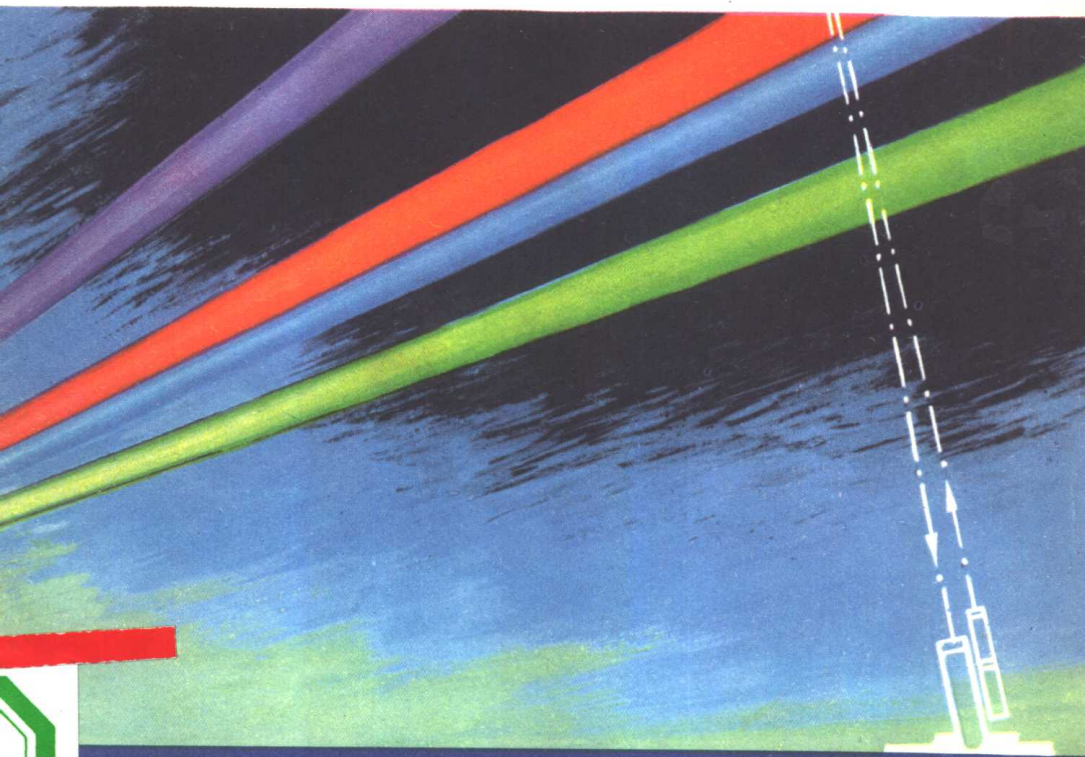


自然科学小丛书

奇妙的激光



北京出版社

自然科学小丛书

奇妙的激光

成殿纪光

北京出版社

自然科学小丛书
奇妙的激光
成殿纪光

北京出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京印刷三厂印刷

787×1092毫米 32开本 2.125印张 31,000字

1979年10月第2版 1979年10月第1次印刷

印数1—49,000

书号: 13071·86 定价: 0.18元

编辑说明

为了帮助广大青年、学生和工农群众学习自然科学知识，更好地为社会主义现代化建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合生产斗争和科学实验的实际，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

目 录

- 一 一种奇妙的光(2)
 - 最亮的光源(2) 最纯的颜色(7) 射得最远的光(14) 聚得最小的光(20) 一分为二看激光(31)
- 二 物质发光的秘密(35)
 - 小小的“太阳系”(35) 状态和能级(37) 跃迁和发光(38)
- 三 一种新颖的光源(40)
 - 三个组成部分(41) 激光器的种类(43)
- 四 激光是怎样产生出来的?(51)
 - 自发辐射和受激辐射(51) 集居数反转和光放大(53) 激 励(56) 谐振腔的作用(58)

激光器是本世纪六十年代出现的一种新的特殊光源。由于激光具有很多优异的特性，因而在工业、农业、国防和科学实验中有着广阔的应用前景。

激光技术是在近代电子学、光学以及量子物理等多种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。激光的出现是人类对电磁波的利用和控制由无线电波段向光频波段的扩展。过去在无线电波段上行之有效的一整套电子技术（如振荡、调制、变频、调谐、探测等），现在被应用到光波上来，从而使得人们能够从光源内部对光束特性加以控制。这是人类对光的利用和控制的一次大飞跃。

我国从六十年代初期开始了激光的研究工作。目前，我国激光的研究和普及推广应用已经取得了一定的成果。可以想见，在实现祖国四个现代化的光辉事业中激光技术必将大显身手！

这本小册子向大家介绍激光的特性，激光的用途，产生激光的原理和方法，一些常见的激光器的性能和

结构，使读者对它有一个初步的认识。

让我们先从什么是激光说起吧！

一 一种奇妙的光

最亮的光源

人类离不了光。白天，大地沐浴在明亮的阳光里；一到夜晚，星星和月亮点缀着寂静的夜空，白炽灯、日光灯、高压水银灯……照耀着人们继续学习和劳动；红红绿绿的霓虹灯引起人们特别的注意；节日的焰火五彩缤纷，摇曳多姿，更增添了欢乐的气氛；乒乓球记分牌上的场致灯，及时报道着友谊比赛的成绩；耀眼的人造小太阳，把一个足球场照得通明透亮；列车前灯的强烈光芒使它能在祖国的原野上彻夜奔驰；三峡中的航标灯指引着夜航的江轮；茫茫大海中的灯塔照耀着黎明前的海洋……真是人类生活离不了光，世界上的光源有千千万万！

光和亮常常是联系在一起的，光源明亮的程度是评价光源的一个重要指标，我们称它为光源的亮度或强度。太阳比月亮要亮得多，电灯要比常用的煤油灯亮，炭弧灯又比电灯更亮，有些光（如红外光、X光）

人眼看不见，但也有强弱的差别。

那么，你知道世界上什么光源最亮吗？

有人会说：太阳最亮！要不，为什么太阳与我们相隔大约一亿五千万公里，却能给我们带来温暖与光明呢！但是，太阳早已算不上最亮的光源了。劳动人民在长期的生产实践中，已经创造出比太阳更亮的光源，人造小太阳（长弧氙灯）的亮度和太阳不相上下，而高压脉冲氙灯的亮度比太阳差不多要高十倍。从最早使用的油灯、蜡烛到近代的人造小太阳，劳动人民把光源的亮度提高了上百万倍。而激光的出现，更是光源亮度上的一次大飞跃。它使光源的亮度在原来的基础上又提高了上十亿倍！一支功率仅为一毫瓦的氦氖激光器的亮度也比太阳约高一百倍，而一台功率较大的红宝石巨脉冲激光器的亮度比太阳要高上百万万倍！可以毫不夸张地说，激光器是现代最亮的光源，它的亮度是过去的一切光源望尘莫及的。迄今为止，只有氢弹爆炸瞬间的强烈闪光，才能与它相比拟。

亮度高有什么用呢？烈日下，如果用透镜会聚阳光，则在焦点上可以点着火柴，燃烧纸张（图1），这就是变光能为热能的缘故。一束光经过会聚后所能达到的温度，主要决定于光源的亮度。一般光源的亮度实在太低了，即使经过会聚，也不能有什么作为。

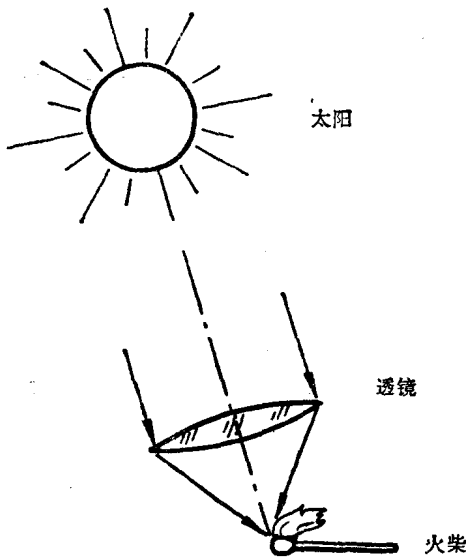


图 1

激光就不同了，会聚中等强度的激光束，可以在焦点处产生几千度到几万度的高温，能使某些材料特别是难熔的金属和非金属材料（如钢材、陶瓷、宝石等）迅速熔化以至气化，因此，在工业上可以把它用在打孔、焊接和切割等方面。

值得指出的是，这种加工是采取无接触方式进行的，操作方便、清洁、不伤材料，工效也大大提高。此外，当使用红宝石或钕玻璃激光器时，还可以隔着玻璃或石英外壳对内部工件进行加工，在人手或一般焊接工具（如烙铁）够不着的地方，经过会聚的极细的激光束可以射进去，完成某些特殊加工任务。比方，现在已广泛采用激光来加工钟表轴承用的红宝石、尼龙喷丝头、金属拉丝模等，能在上面打出头发丝那么细的小孔（图 2）；用激光可以焊接晶体管或集成电路

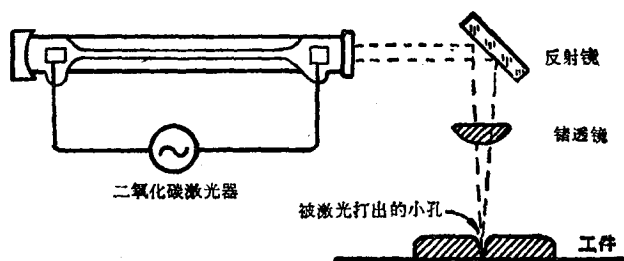


图2 激光打孔

管芯的引线，也可以成功地进行集成电路划片；用激光来裁剪衣服，则更是方便，功率为100瓦左右的二氧化碳激光器，在厚厚的一摞棉布特别是人造纤维布上面，按照预定的程序走一圈就把上百件衣服一次裁好了（如图3）。至于有人设想将激光作成雕刻刀，在玉石、象牙、金属上进行“巧夺天工”的艺术创造，那也是完全可能的。

我国工人和科技人员还利用高温气化原理制成了“激光显

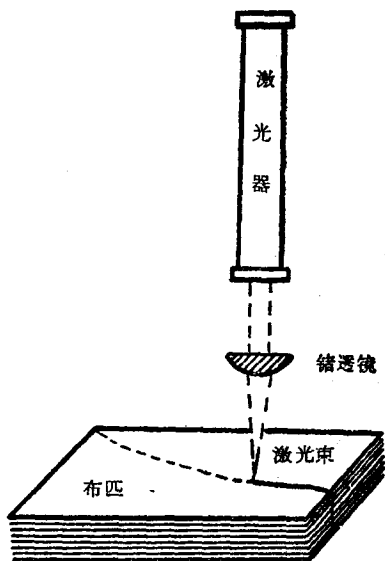


图3 激光裁剪

微光谱仪”，用它可以对微小区域（10—100 微米）内的物质成分进行快速分析，这在工业生产和科学研究中有重要的作用。

会聚高亮度的巨脉冲激光，能在焦点附近产生几百万度至几千万度的高温、几百万个大气压的高压和每厘米几万伏以至更强的电场，因而成为科学研究的一种有力工具。比方，极高的温度和压力可以用来引发热核聚变（图 4）；极强的电场可以用来对带电粒子进

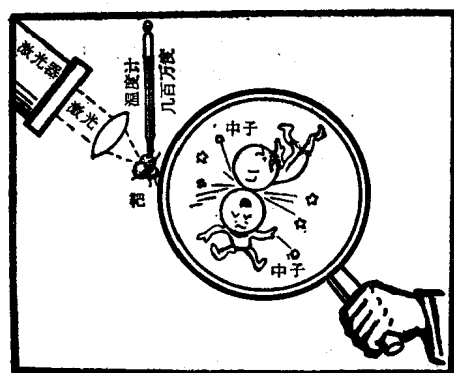


图 4 激光引发热核反应

行加速，使它们在极短的距离上达到接近于光的速度。

高强度激光在军事上可以用来作致盲武器甚至“死光”武器。受到强激光照射的驾驶员、炮瞄手等，可能暂时或永久失明，从而丧失战斗能力；用大能量激光可以在数百米甚至在数公里外将装甲击穿，从而

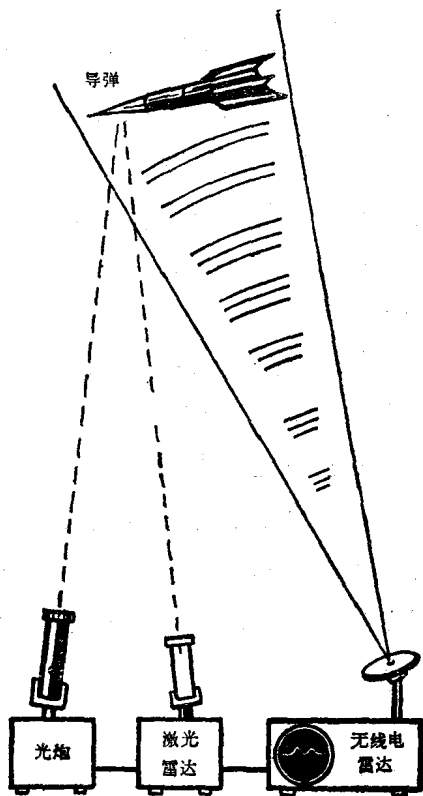


图5 激光反导弹系统

有可能远距离摧毁敌方的飞机、导弹、甚至卫星等（图5）。超级大国为了争霸世界，正在拚命发展激光武器，革命人民对此必须有所警惕。

最纯的颜色

颜色和波长 大家都知道，正午的阳光是白色的，

然而每当清晨，红彤彤的太阳从东方升起，金色的阳光洒满了大地，可见太阳光中包含了红色和金色。赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫，大自然的景色是何等美妙、壮观！太阳光中的色彩是多么丰富！

为什么光会有各种不同的颜色呢？

这事还得从头说起。“一石激起千层浪”这是大家熟知的生活现象，当一个石头落入平静的水中，就会在水面上激起层层波浪，它们以石头落下的位置为中心形成一个个一凸一凹的同心圆环，并且逐渐向外传播开去。我们把水面上凸起的部位称做波峰，凹下去的部位称为波谷，相邻两个波峰或相邻两个波谷之间的距离就称为波长(图6)，水面每秒钟上下振动的次

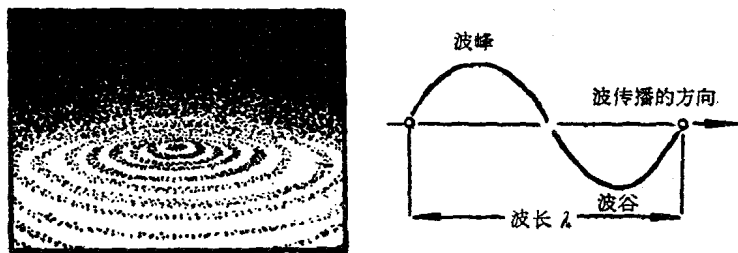


图6 把石块投入水中，在落水处就发出向四方传播的环形波。

数就称为频率，波长越长则频率越低。原来光也具有波动的性质，它和普通无线电波一样都是一种电磁波，但它的波长要比一般无线电波更短，或者说，它的频

率更高。比方，中波广播电台发出的无线电波波长有好几百米，而可见光波的波长还不到一微米（1微米等于一米的百万分之一）。一个小小的蚂蚁也有几千个光波波长那么长，一根头发丝也有上百个光波波长那么粗。通常用埃（ \AA ）作为光波长的单位，一埃只有一万万分之一厘米那么长（ $1 \text{\AA} = 10^{-8}$ 厘米）。

波长在 4000\AA 到 7600\AA 范围内的光能够引起正常人的视觉，我们就把它称做可见光。其他波长更短的光（紫外线、X射线、 γ 射线……）和波长更长的光（红外线……）人眼一概看不见。在可见光范围内，不同波长的光作用在人眼的视网膜上就使人感觉到不同的颜色。红光的波长最长（波长范围从 7600\AA 至 6300\AA ），紫光的波长最短（波长范围从 4000\AA 至 4300\AA ）。比方，氦氖激光器发出的 6328\AA 光看起来就是红色。

普通光的颜色 日光灯、电灯发出包含着多种不同波长的光，因此，它是各种颜色的光的混合。一种光包含的波长范围^①越宽，颜色就越复杂。太阳光包含着所有可见光的波长，也就是说包含着世界上所有的各种颜色，结果就成了白色。让太阳光通过一个三棱

^① 我们这里所说的“波长范围”是一个比较粗略的概念，比方，如果某种光源所发出的光包含了从 6500\AA 到 6400\AA 范围内所有各种波长的光，我们就说它的“波长范围”是 100\AA 。

镜，它就分解成从红到紫各种颜色构成的彩带，就象我们在彩虹中看到的一样（图7）。

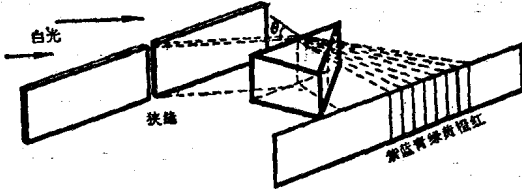


图7 三棱镜分光

人眼习惯在白光下工作，因此白光对照明是很合适的，但在很多其他场合，我们却需要颜色单纯的光，比方信号灯就要求有鲜明的红、绿色。一种光所包含的波长范围越小，它的颜色就越纯，看起来就越鲜，通常就说它的单色性越好。波长范围只有几个埃的光，我们称之为单色光。

劳动人民在长期生产实践中已经创造出了很多单色光源，各种霓虹灯、水银灯、钠光灯、低压气体放电灯等等，都可以作为单色光源的例子，它们发出的光波长范围有的只有百分之几埃。以往最好的单色光源是氟灯，它在低温（ -196°C ）下所发出的光波长范围只有约千分之五埃，因此它的颜色看起来是很鲜艳的。

激光的颜色最纯 激光的出现，在光的单色性上又引起了一次大的飞跃，所有的激光器通常都只发出一种或几种波长的激光，它们包含的波长范围都非

常窄，看上去都是一种很纯的颜色。单色性最好的是氦-氖激光，它的波长范围比千万分之一埃还要小，最小的已经达到一千亿分之几埃，它的单色性比普通光真不知要好多少亿倍。因此，激光是颜色最纯、色彩最鲜的光。

颜色纯有什么用呢？

人们把红、绿、蓝三种颜色的光称为三基色，按照一定的比例将基色光射在白屏幕上，可以合成各种色彩的光。比方，红+绿合成黄；绿+蓝合成青；红+绿+蓝合成白，等等。由于激光的颜色纯，因此，如果我们用红、绿、蓝三种激光作为基色来合成各种颜色，所得到的色彩就十分鲜艳、逼真，可以与自然景色相媲美。将它用在彩色电视技术中，可做成激光大屏幕投影电视（图8）。在激光电视中所用的三种基色是：

红光	氦离子激光器	6471Å
	或氦氖激光器	6328Å
绿光	氩离子激光器	5145Å
	或倍频钇铝石榴石激光器	5300Å
蓝光	氩离子激光器	4880Å

激光的单色性主要是应用在精密测量方面。我们知道，在日常生活和工作中，测量长度是十分重要的，

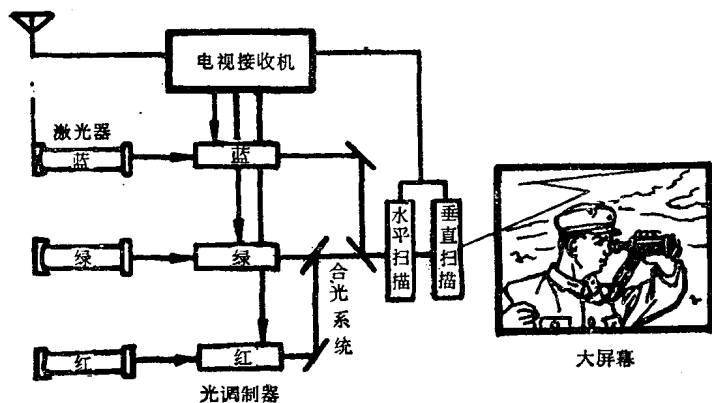


图8 激光大屏幕彩色投影电视

米尺、游标卡尺、千分尺等都可以用来测量长度，但它们测量的精度都不太高。在近代的精密机械和光学加工中，特别是在很多精密的科学实验中，要求有更高的测量精度，比方，测量1米以上的长度而误差不超过1微米，这时人们想到用光波的波长作单位来测量长度（图9）。由于光波波长本身很短，因此可以测

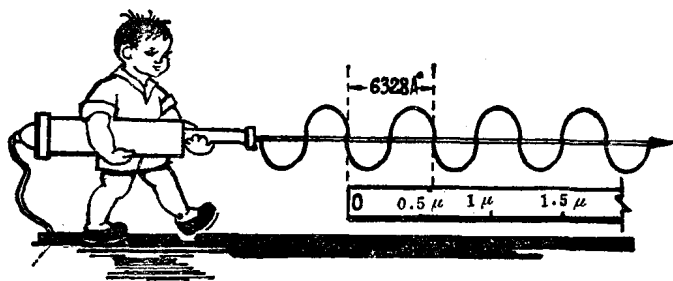


图9 激光测长