

神奇之光

● 光电子技术

总政治部宣传部 主编

赵淑芬 等著



特殊性能的光
揭开激光的奥秘
形形色色的激光器

人类的福音
信息时代的先锋
现代战争的利剑
机械



解放军出版社

GF87/09

《高科技知识普及丛书》编委会

总顾问：周光召

朱光亚

主 编：屈全绳

副主编：秦怀保 熊 焰

徐天亮

编 委：刘家新 王峻岩

薛一川 林仁华

张照华 郭创兴

前 言

早在 80 年代，一代伟人邓小平就预言：“下一个世纪是高科技的世纪。”进入 90 年代以来，军委江泽民主席多次指出，要追踪现代科技发展前沿，抓紧学习和掌握高新科技知识，“在全军各个部队、各级机关和广大指战员中，必须迅速掀起并形成广泛、深入、持久地学习现代科技特别是高科技知识的热潮。”

伟人的精辟论断，无疑给我们提出了一个大写的时代课题：学习高科技，进军现代化！

当我们站在世纪的交汇点审视过去时不难发现：科技的发明无不首先应用于军事；当我们展望未来时同样可以断言：谁率先掌握了高科技知识，谁就能占领世纪的制高点。事实就是这样严酷：未来战争，对军人来说，不仅是体力的较量，更是技能和智慧的较量，是综合素质的对抗。

为了更好地贯彻落实军委江主席的指示，我们

根据总政领导的要求，邀请军内外有关专家编写了这套《高科技知识普及丛书》，以信息、生物、航天、海洋、新材料、新能源六大高技术门类为主体，结合军队的实际，分10册作了简明通俗的介绍，以期开阔我们的眼界，增强科技意识，掌握必备的知识。这套丛书只是一个入门的向导，要想进入高科技的殿堂，领略其中的无穷奥秘，需要下一番艰辛的功夫。

这套丛书发至连队图书室和团以上单位图书馆，供广大基层官兵阅读。

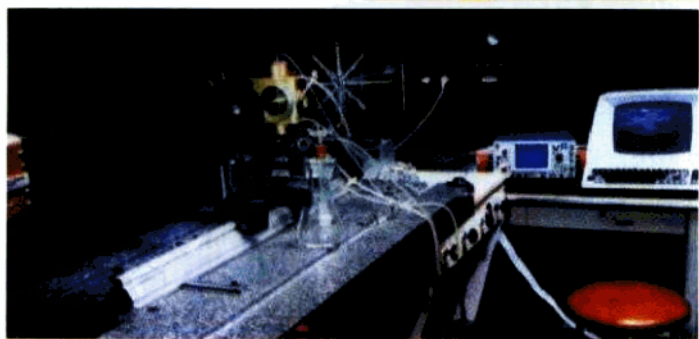
总政宣传部

1997年7月

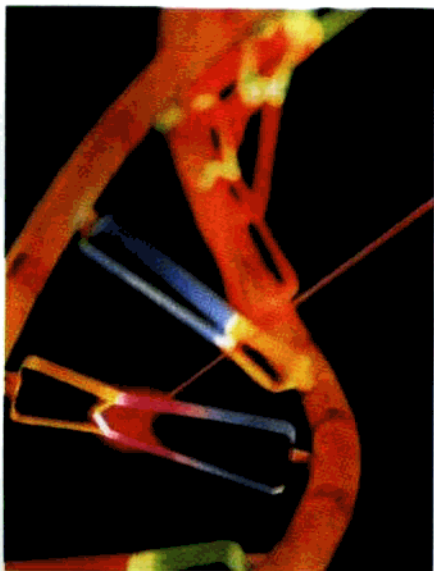
外科医生正在
用激光做手术



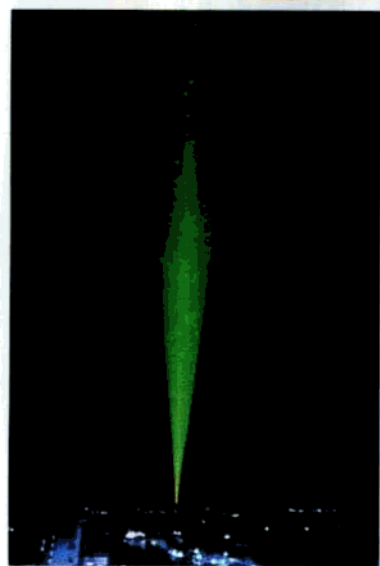
这是一座实验室
中使用的激光装置



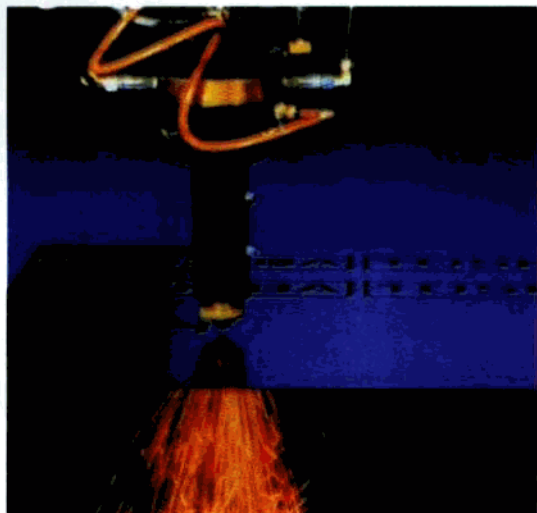
以激光手段改变染色体，进行基因重组



美丽的绿色激光束直冲云霄

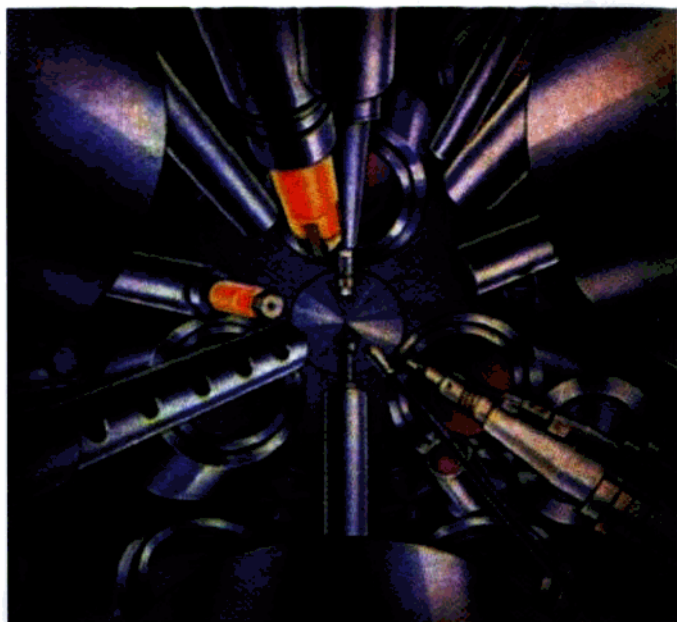


用激光在钢板上打孔



小型
激光视盘
可以存储
高质量的
声像信号





激光核
聚变装置



一种小
型的光纤半
导体激光器
件

目 录

一、特殊性能的光	(3)
亮度极高	(4)
方向同一	(6)
颜色单纯	(8)
相干性强	(10)
二、揭开激光的奥秘	(13)
原子内部爆发的“革命”	(13)
激光的摇篮	(17)
三、形形色色的激光器	(23)
坚固耐用的固体激光器	(24)
结构简单的气体激光器	(26)
小巧玲珑的半导体激光器	(28)
颜色可变的液体激光器	(29)
四、机械加工的巧匠	(31)
精细的“光钻”	(32)
万能的“光焊”	(34)
锋利的“光刀”	(38)
性能超群的激光热处理	(40)

五、人类的福音	(44)
农业现代化的好帮手	(44)
生物工程的利器	(51)
祭起神光斩病魔	(55)
六、信息时代的先锋	(63)
信息世界的难题	(64)
出类拔萃的激光大气通信	(66)
异军突起的激光光纤通信	(69)
七、现代战争的利剑	(76)
精确实用的激光测距	(78)
明察秋毫的激光雷达	(82)
给飞弹装上眼睛的激光制导	(86)
不伤一兵一卒的激光模拟	(91)
无坚不摧的激光束能武器	(92)

光电子学是光学与电子学相结合的产物，已有多年的发展历史了，但它作为一个特殊重要的领域，还是近些年的事。光电子学是伴随着激光器的问世和激光技术的发展，而成为一门独立学科的。让我们从世界上第一台激光器的出世讲起——

1960年5月15日，在美国加利福尼亚州著名的休斯实验室，科学家梅曼激动地宣布：获得了波长为694.3纳米的激光。同年7月7日，休斯公司在纽约举行了隆重的新闻发布会，正式宣布：世界第一台激光器诞生了！从此，一种神奇的光——激光横空出世，并与原子能、半导体、电子计算机和航天技术一起，成为20世纪最重大、最实用的科技成就之一。

激光作为一种人造光，其英文缩写为LASER（译音为“莱塞”，我国台湾等地将其译为“镭射”），意思是“在辐射的激发下产生的光放大”。1964年，我国著名科学家钱学森给它起了中国名——“激光”。这就是我们今天使用“激光”一词的由来。

激光从诞生到现在，虽然不到40年，但它却在

工业、农业、国防和科学技术研究等各个领域大显身手，渗透到人们生活的方方面面。

可以预言，激光作为光电子学中一门应用性和渗透性极强的学科，将稳稳地站在当代科学技术的前沿，神奇的激光必将照亮 21 世纪的广阔领域。

未来是光 and 电的世界。谁能在激光这一技术领域的竞争中获胜，谁就将赢得未来。

一、特殊性能的光

光是大自然的化妆师，是世间万物生长的源泉。金色的朝霞，蔚蓝的天空，郁郁葱葱的群山，万紫千红的花朵，哪一个不是因阳光而如此绚烂！可是你知道吗？还有一种人造光，它比太阳更瑰丽，它将人间的生活装点得更多姿。这就是激光。

光，人们每天接触，时刻用着。激光尽管是人造的，但同样是光，本质与普通光没有什么不同，只不过它的发光机理、性能特色与众不同罢了。概括起来，激光的独特性质（图1）主要有：亮度极高（比太阳亮千亿倍）、颜色单纯（也就是波长一致）、相干性强（因为频率、相位和传播方向相同）、方向同一（严格朝着单一方向发射，散开的程度很小），通过凸透镜后能高度集中。

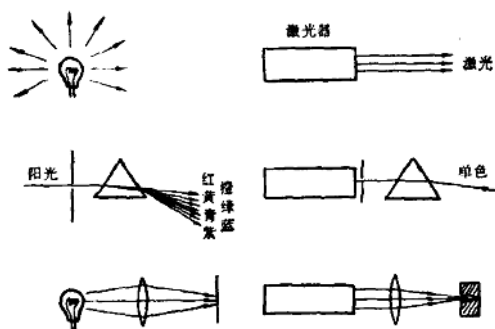


图1 普通光（左）与激光（右）的特性比较

亮度极高

假如有人问什么光最亮，可能我们会回答：太阳光最亮。因为只要我们的眼睛直接对着太阳看一会儿，就会感到头晕，睁不开眼睛。也许有人知道人造小太阳（长弧氙灯）的亮度已经赶上了太阳，知道高压脉冲氙灯更比太阳亮上10倍。但是科学家告诉我们，在激光面前，无论是太阳、人造小太阳，还是高压脉冲氙灯，它们的亮度都算不了什么！

这里提到了一个重要的光学名词——亮度。它是评价光源明亮程度的重要指标。那么什么是亮度

呢？光学上规定亮度的定义是：光源在单位面积上，向某一个方向的单位立体角内发射的光功率。亮度与发光面积、光源的发散角成反比，与发射功率成正比。激光之所以比太阳光还亮，原因就在于激光束的面积比普通光源的发光面积小，同太阳的表面积相比更是微乎其微，而且激光的发散角是普通光源的数百万分之一，使激光的能量得以高度集中，从而提高了亮度。表 1 给出了几种光源的亮度。

表 1 几种光源的亮度表

光 源	亮度 (单位: cd/m ²)
蜡烛	9×10^5
电灯	9×10^8
碳弧	1×10^{10}
超高压汞灯	2.2×10^{11}
太阳	3×10^{11}
长弧氙灯	3×10^{11}
高压脉冲氙灯	1.8×10^{12}
红宝石激光器	3×10^{22}

从表中，我们可以看出，一台红宝石激光器的亮度可以比太阳表面亮度高 10^{11} 倍，即 1000 亿倍。这个数字尽管令人难以置信，但它却以无可辩驳的事实告诉我们，激光是现代最亮的光源，它的亮度是过去的一切光都望尘莫及的。

当然，这里我们还必须指出，虽然激光的亮度

比太阳高得多，但它输出的能量却比太阳要小得多，绝不能把激光的亮度误解为激光器所能给出的光能量。太阳连续输出的能量高达1亿艾焦（1艾焦= 10^{18} 焦），而目前输出能量最大的化学激光器，最大能量也不过是1兆焦。因此，即便是亮度最高的或最强大的激光器，它所能给出的光能量与太阳在相同时间内所给出的光能量，也是根本无法比拟的。

激光的这种高亮度特性有什么意义呢？我们可能都做过这样的实验：在烈日下用透镜聚焦，去点燃火柴或把纸片烧一个洞。这个实验说明，光能够变成热能。同样道理，激光束经过透镜，能在焦点附近产生几千摄氏度到几万摄氏度的高温，可使某些难熔的金属和非金属材料迅速熔化以至气化。目前，工业上已成功地利用激光进行精密打孔、焊接和切割。比如，现在已广泛采用激光束加工钟表轴上的红宝石、尼龙喷丝头、金属拉丝模等，能在上面打出像头发丝那么细的小孔。用激光束裁剪衣服则更是方便，功率为100瓦左右的二氧化碳激光器，在厚厚的一叠衣料上面，按照预定的程序走上一圈，就可以把上百件衣服一次裁好。

方向同一

前面我们讲过，激光诞生于1960年，可你知道

吗，就在激光问世不久的1962年，人类第一次从地球用这种神奇的光，照亮了万里之外的月球表面。究其奥秘，激光之所以能照亮极远距离的物体，就在于激光的发射方向是同一的，用光学术语来讲，这叫作方向性好。

光学上讲的方向性，是指光束的指向性，常以光束的发射角的大小来评价。发射角越小，光束发散就越小，方向性就越好。若发射角趋于零，我们就可近似地把它称为“平行光”。探照灯光在某种程度上可以说是“平行光”，但因探照灯光源总有一定大小（光源面积），镜面又不可能做到绝对准确，加上光通过镜孔会产生衍射，引起发散，所以普通光中方向性最好的探照灯的光束也总有10毫弧度（1毫弧度=0.057度）的发射角。

而激光的发射角，比探照灯的发射角小10倍以上，比微波小约100倍。如果借助光学发射系统，激光束的发射角可以小到几乎等于零，接近于真正意义上的“方向同一”。

激光的方向性好，在实践中具有重要的意义。如借助光学发射系统的红宝石激光器，在几千千米外接收到的光斑只有一个茶杯口大小，就是照到月球上，光斑也不过2千米大小。利用激光的这一特性进行精确测距，在军事上和工农业生产中都有着广泛用途。人们熟知的激光测距机和激光雷达，测量目标的距离、方向和速度，比普通微波雷达要精确得多。用激光进行短距离地面通信，保密性特别强，