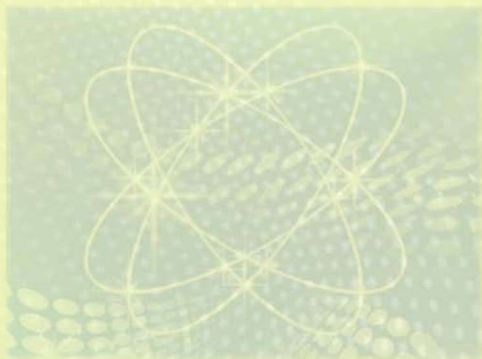


世界科技百科

激光聚焦

宋涛 主编



辽海出版社

世界科技百科

激光聚焦

宋涛 主编

辽海出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

世界科技百科——激光聚焦/宋涛主编. —沈阳:
辽海出版社, 2009. 12
(世界科技百科: 15)
ISBN 978—7—5451—0386—1

I. 青… II. 冯… III. 故事—作品集—世界
IV. I14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 016258 号

出 版: 辽海出版社	地 址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号
印 刷: 河北省三河市延风印装厂	装 帧: 翟俊峰
开 本: 850×1168mm 1/32	经 销: 全国各地新华书店
版 次: 2010 年 1 月第 1 版	印 张: 160 字数: 4800 千字
书 号: ISBN 978-7-5451-0386-1	印 次: 2010 年 1 月第 1 次印刷
	定 价: 953.60 元 (全 32 册)

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。



前言

科学是人类进步的第一推动力，而科学知识的普及则是实现这一推动的必由之路。在新的时代，社会的进步、科技的发展、人们生活水平的不断提高，为我们青少年的科普教育提供了新的契机。抓住这个契机，大力普及科学知识，传播科学精神，提高青少年的科学素质，是我们全社会的重要课题。

科学教育，是提高青少年素质的重要因素，是现代教育的核心，这不仅能使青少年获得生活和未来所需的知识与技能，更重要的是能使青少年获得科学思想、科学精神、科学态度及科学方法的熏陶和培养。

科学教育，让广大青少年树立这样一个牢固的信念：科学总是在寻求、发现和了解世界的新现象，研究和掌握新规律，它是创造性的，它又是在不懈地追求真理，需要我们不断地努力奋斗。

在新的世纪，随着高科技领域新技术的不断发展，为我们的科普教育提供了一个广阔的天地。纵观人类文明史的发展，科学技术的每一次重大突破，都会引起生产力的深刻变革和人类社会的巨大进步。随着科学技术日益渗透于经济发展和社会生活的各个领域，成为推动现代社会发展的最活跃因素，并且是现代社会进步的决定性力量。发达国家经济的增长点、现代化的战争、通



讯传媒事业的日益发达，处处都体现出高科技的威力，同时也迅速地改变着人们的传统观念，使得人们对于科学知识充满了强烈渴求。

对迅猛发展的高新科学技术知识的普及，不仅可以使青少年了解当今科技发展的现状，而且可以使之从小树立崇高的理想：学好科学知识，长大为人类文明作出自己应有的贡献。

为此，我们特别编辑了这套“青少年科普知识丛书”，主要包括《战机大观》、《舰艇博览》、《导弹百科》、《火炮之库》、《战车王国》、《军事先锋》、《武器前沿》、《太空世纪》、《登月传真》、《空间站之窗》、《航空档案》、《宇航时代》、《时间奥秘》、《气象缩影》、《激光聚焦》、《通信展望》、《纳米研究》、《材料世家》、《核能前景》、《能源宝库》、《建筑奇观》、《仿生试验》、《农业新空》、《环保结锦》、《医疗革命》、《民航之窗》、《交通纵横》、《电脑新秀》、《网络世界》、《微生物迷码》、《生活新探》、《人类未来》。这些内容主要精选现代前沿科技的各个项目或领域，介绍其研究过程、科学原理、发展方向和应用前景等，使青少年站在当今科技的新起点寻找未来科学技术的契入点和突破口，不断追求新兴的未来科学技术。

本套青少年科普知识读物综合了中外最新科技的研究成果，具有很强的科学性、知识性、前沿性、可读性和系统性，是青少年了解科技、增长知识、开阔视野、提高素质、激发探索和启迪智慧的良好科普读物，也是各级图书馆珍藏的最佳版本。



目 录

激光之谜	(1)
形形色色的激光器	(7)
激光的四大特点	(14)
激光唱机与激光唱片	(22)
激光电影的奥秘	(25)
令人咋舌的激光表演	(27)
激光激发了艺术家的灵感	(30)
大千世界尽现眼前	(33)
“灵魂”永驻在人间	(39)
各牌商品的保护神	(41)
激光打印机	(43)
激光教鞭	(46)
激光光纤通信	(47)
用激光识别条形码	(51)
不陈的“陈酒”	(53)
精绘海图	(56)
穿墙照相	(58)
开刀未必要流血	(60)
神采奕奕整容术	(63)
游刃有余关节腔	(65)
难言之隐——“光”驱	(66)



激光“拉”直老弓腰·····	(68)
顾盼回眸百媚生·····	(70)
心脏、血管的修理新法·····	(74)
攻克癌症又一军·····	(77)
激光骨胶原法诊断血小板功能·····	(80)
细胞分类有“神眼”·····	(82)
激光治牙病·····	(85)
激光探针与激光针灸·····	(87)
“焊接”血管·····	(89)
激光穿心术·····	(91)
展示细胞内部结构的激光显微镜·····	(93)
明辨真伪的激光分析术·····	(97)
反弹琵琶光测电·····	(100)
遗传物质巧“嫁接”·····	(102)
激光镊子“捉”细菌·····	(103)
染色体上动手术·····	(105)
人类的首例无性生殖激光手术·····	(106)
激光切断化学键·····	(107)
化学反应人工控·····	(108)
与碳元素的不解之缘·····	(109)
“星球大战”的保密项目·····	(111)
巡天遥测污染源·····	(113)
激光育出新品种·····	(115)
汪洋激光建牧场·····	(117)
激光造“光篮”·····	(120)
投向“光篮”的炸弹·····	(124)



非凡的“光尺”	(126)
当代科技的“火眼金睛”	(129)
SDI 与激光战	(133)
不宣而战	(136)
激光防空武器	(138)
激光技术模拟	(141)
最亮的光源	(145)
最强的电场	(146)
最大的压强	(147)
最短的光脉冲	(148)
最高的光谱分辨率	(149)
最高的灵敏度	(150)
最大的信息传输力孤立波	(151)
最冷的原子	(152)



激光之谜

本世纪 50 年代，无线电电子学飞速发展，为了探求产生更短的相干电磁波，1954 年美国哥伦比亚大学的汤斯首次制成了氨分子微波激射器，由此打开了通向激光的道路。1960 年世界第一台以红宝石为受激物体的激光器由美国物理学家梅曼研制成功。激光器的问世轰动了全美国，出现了光学物理的“文艺复兴”时代。激光的出现与发展，说要是靠从事电磁波谱学研究的学者们努力的结果，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伟大成就，更是电子学领域的伟大成就，激光为电子学的发展开创了一个崭新的局面。传统电子学的原理，借助光电、电光转换，用途遍及整个电子工程领域。

尽管目前激光技术还处于幼年时代，却已经为人类带来了几千种之多的各种激光发生器，有固体、气体、半导体、有机染料、化学、准分子、自由电子、巨脉冲等各种类型。目前激光器的波长从 100 埃至 0.5 毫米，最大连续功率达 10 千瓦，最大脉冲功率达 10 亿千瓦。

什么样的光是激光？简单地说，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。但是激光产生的方法与普通光不同，它是物质“受激”而产生的光。

1917 年，爱因斯坦在统计平衡观点研究“黑体”



辐射时，得到一条结论：“自然界有两种不同的发光方式。一种叫自发辐射，另一种中受激辐射”。各种各样的人造光源，例如电灯、日光灯等都属于自发辐射光。各种自然现象所发射出来的光，也都属于自发辐射。这些光都有一些共同之处，比如光线向四面八方射出，其中包含着各种各样的颜色。

激光是原子受激发射而辐射的一种光。激光是一种新型的光源，它和普通光源的区别在于发光的微观机制不同。普通光源的发光是以自发辐射为主，各个发光中心发出的光波无论方向、位相或者偏振态都各不相同。激光的发光则是以受激辐射为主，各个发光中心发出的光波都具有相同的频率、方向、偏振态和严格的位相关系。由于这些差别，激光具有强度高、单色性好、相干性好和方向性好等几个特点。

激光的亮度是高压氙灯亮度的 37 亿倍。激光领域是光频电子的范畴。激光器的出现，提供了光频波段的电磁振荡源。今天无线电子学概念、理论和技术原则上都可以延伸到光频波段。电子学进入了一个新的天地。电子学和光学之间鸿沟已经不复存在。光学本来是一门古老的物理学，而今由于激光的发现和运用，崛起了前途无量的光电子学。

激光在过去书中按英文译音为“莱塞”，意思是“光受激发射器”，1964 年以后统称为“激光”。在一些介绍激光的书刊中还常提及一个技术名词叫做“简并度”，这是区别激光与普通光的一个技术指标。激光的简并度高达 10^{17} ，而一般普通光线的简并度仅为千分之一。从电子技术角度看简并度低的光只是一片噪音，从



光学角度看高简并度的光是具有高亮度的单色光。

激光从物理学上去看是电磁场，是整个电磁辐射的一个组成部分。爱因斯坦基于对电磁现象的研究，提出任何物体相互作用的传播速度都不能超过真空中的光速，每秒 30 万公里。

激光既然是“有质量”的电磁波，因此它与普通电磁波一样能够成为“载波”用以传播信息。但是激光在空中传播会受到许多因素的干扰，如它遇到云层、雾粒会造成严重信号衰落，遇到空气中的气流，会产生抖动、扩散等情况。因此如何避免干扰，保证传送质量是激光应用的一大关键。

1870 年，美国物理学家丁达尔，在一次做流体实验时发现了一个有趣的现象，并从中受到了启发。他在一个盛满水的桶侧钻了一个小孔，水照例从小孔中喷射出来，这一现象原本不足为奇，但细心的丁达尔发现，水桶上方的灯光也随着小孔流出的水柱落在地面，竟然会出现一个光点。光应该是沿直线传播的，为什么会沿水柱的弧线传过来呢？经分析，这是因为水的光折射率比空气的光折射率大，光射到水和空气界面的时候，发生了全反射的原故。根据光的全反射原理，人们终于找到了理想的激光传输媒质——光导纤维。

1966 年，有人曾预言“如果把玻璃中的铁离子控制在百万分之一以下，玻璃对光的损失可望达到一千米 20dB”。这句话后半句的意思是，光可以每前进一公里，功率只下降百分之一。1970 年美国克林玻璃公司发现了这一预言，他们完成了光导纤维技术上的重大突破，取得了光前进一米，功率损失降到一百亿分之一的

激
光
聚
焦



光辉成就。

光纤维有完全不受电磁场干扰的特性，比如打雷的时候，不会出现干扰。石英做成的光纤维具有极高的绝缘性能，根本不用担心被雷电击穿。这对要求绝对可靠的全天候精密电子控制是非常有意义的。

制造光导纤维的材料石英，是从石英砂矿中提炼而来，这种资源对于由二氧化硅成份组成的地球来说，真可谓唾手可得、而且是取之不尽，用之不竭。

1904 年，英国科学家瑞利在研究稀有气体氩的时候，看到一片神秘而迷人的深蓝色光，这一发现被瑞利称为瑞利散射。研究表明光凭借着比波长还微小的粒子散射于四面八方。瑞利散射与光波长有关，波长越短散射就越强大，当波长减少到一半时，瑞利散射的强度便会增强至 16 倍，而波长越长的光，瑞利散射强度则越弱。瑞利散射现象对于光的传播有十分重要的意义。

1961 年 4 月 12 日，首次完成人类太空飞行壮举的前苏联太空飞行员加加林，当他从人造卫星“伏司托克”号的窗口探望地球时，看到的是一片深蓝色无比瑰丽的图景，他为之激动不已。解释这一现象的即是瑞利的散射现象，地球之所以呈现如此迷人的青蓝色，是地球外围大气中的氧与氩使太阳光中波长短的蓝紫光发现强烈散射的缘故。

人们都知道玻璃、水晶具有非常好的透光性，其实不然，在一般情况下，玻璃的主要成份是二氧化硅(SiO_2)。我们常见的平板玻璃，玻璃瓶罐是含有氧化钠、氧化钙的钠玻璃，而透明度高的水晶玻璃仍掺杂有氧化铅物质，只有高纯度的石英才是理想的光学材料。



但无论多么高纯的石英玻璃，在制造过程中仍然含有微量的金属和水。这些杂质会对光线有吸收，也就是说即使用这些高级的光学材料也会产生瑞利散射而对光的能量造成一定量的损失。

我们在商场很容易看到一种工艺品，是用一种透明的细丝材料做成的花束，这种花束的根部装有灯泡，在细丝纤维的尖端会发出金光，然而纤维的侧面一点光也没有泄漏。这个原理同样用于医疗上，可用以对胃肠等器官的疾病观察的胃镜等。

这种应用于传导光线的特殊纤维就是光导纤维，光纤维很细，其直径仅为 $3\sim 10$ 微米，越细越柔软。光在光纤维内的传播是以全反射的形式进行的，光纤维内传播的光波有别于自由空间的波，打个比方，光在光纤维中如蛇行一般。光在光纤维内传播的速度随光的波长而不同，当光的波长越大，频率越低时光就越难以通畅。因此在光电子学中也把光纤维看作一种阻止高频率光波通过的滤波器。

激光聚焦

光纤维怎样才能把光传得远，又同时保证传送应有频带这是光纤维技术研究的主题。

光纤最早应用于微波无线和信号中心之间的相互连结。在本世纪 70 年代后期，卫星地面站就采用了光纤电缆替代同轴电缆。然而作为远程的光纤互连应用则于武器装备和军事通信中首开先河。

在军事通信系统中天线向外发射电波，这是最容易被敌方察觉的，一旦发觉随之而来的便是惨遭摧毁。为了有效地保护信号中心各种计算机等昂贵的高级通信设施，目前所采取的有效对策是将天线与信号中心分离开



相距 1~3 公里，以保障信号中心的安全。按传统的办法采用同轴电缆完成远程互连有许多问题很难解决，且不说要耗费大量同轴电缆与同轴电线配套的放大器，还会导致信号噪声，给可靠性带来不良因素。在运输上由于同轴电线重量较重也很不便，特别是同轴电缆易遭雷电破坏。用光纤代替同轴电缆，可以直接在较高的频率范围内工作，同时损耗极低，因此完全不需要线路放大器，从而解决了传输噪声，提高了可靠性。光纤具有的高绝缘特性使天线不怕雷电袭击。

在军用通信中，首先应用光纤网路远程装置，是在 1980 年由美国空军建立的 AN/GRC206 无线电系统。此后许多雷达系统也采用了远程光纤的互连。如新型对空“小猪犬”导弹系统就是采用光纤来互连的。

激光的每一个特点都可以引带出一些应用，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。激光技术是当今一项极富有魅力的新技术。



形形色色的激光器

能产生激光的系统，我们称之为激光器。由于科学技术的发展，激光器的设计和制造也日趋完善，名目繁多的各种型号的激光器，像雨后春笋般地不断涌现。

坚固耐用的固体激光器

固体激光器的工作物质是在基质材料的晶体或玻璃中均匀地掺入少量的激活离子（指能级结构具备光放大条件的离子）。真正发光的是激活离子，如红宝石三能级系统中的铬离子、钕玻璃四能级系统中的钕离子等，因此，又称为固体离子激光器。激活离子按元素周期表中所分有三类：过渡性金属元素——铬、锰、钴、镍、钒等；大多数稀土元素——钕、镨、钬、镱等；个别放射性元素如铀等。每种激活离子都具有与之相适应的一种或几种基质材料。晶体已有上百种，玻璃几十种，但真正实用的基质材料不过是红宝石和钕铝石榴晶体以及硅酸盐、硼酸盐、磷酸盐、硼硅和氟化物玻璃等几种。

固体材料的活性离子密度介于气体和半导体之间。固体材料的亚稳态寿命比较长，自发辐射的光能损失小，贮能能力强，故适于采用所谓的调 Q 技术产生高功率脉冲激光。另外，固体材料的荧光线较宽，经“锁模”后可以获得超短脉冲的超强激光辐射。固体激光器

激
光
聚
焦



中，红宝石是三能级系统，其余大都是四能级系统。

固体激光器通常用泵灯进行光激励，所以寿命和效率受到泵灯的限制。尽管如此，固体器件小而坚固，脉冲辐射功率很高，所以应用范围较广泛。

小巧玲珑的半导体激光器

固态物质中，允许大量电子自由自在地在它里面流动的叫导体；只允许极少数电子通过的叫绝缘体；导电性低于导体又高于绝缘体的叫半导体。激光工作物质采用半导体的激光器叫半导体激光器。尽管半导体本身也是一种固体，而且发光机理就本质上讲与固体激光器没有多大差别。但由于半导体物质结构不同，产生激光的受激辐射跃迁的高能级和低能级分别是“导带”和“价带”，辐射是电子与“空穴”复合的结果，具有其特殊性，所以没有将它列入固体激光器。

半导体激光工作物质有几十种，较为成熟的是砷化镓（GaAs）、掺铝砷化镓等。激励方式有光泵浦、电子轰击、电注入式等。

半导体激光器体积小、重量轻、寿命长、结构简单，因此，特别适于在飞机、军舰、车辆和宇宙飞船上使用。有些半导体激光器可以通过外加的电场、磁场、温度、压力等改变激光的波长，即所谓的调谐，可以很方便地对输出光束进行调制；半导体激光器的波长范围为 $0.32 \sim 34$ 微米，较宽广。它能将电能直接转换为激光能，效率已达 10% 以上。所有这些都使它受到重视，所以发展迅速，目前已广泛应用于激光通信、测距、雷



达、模拟、警戒、引燃引爆和自动控制等方面。

半导体激光器最大的缺点是：激光性能受温度影响大，比如砷化镓激光，当温度从绝对温度 77°K 变到室温时，激光波长从 0.84 变到 0.91 微米。另外，效率虽高，但因体积小，总功率并不高，室温下连续输出不过几十毫瓦，脉冲输出只有几瓦到几十瓦。光束的发散角，一般在几度到 20 度之间，所以在方向性、单色性和相干性等方面较差。

结构简单的气体激光器

以气体为工作物质的激光器称为气体激光器。它是目前品种最多、应用很广泛的一类激光器。单色性和相干性都比较好，能长时间较稳定地工作，大都能连续工作。激光波长已达数千种，广泛地分布在紫外到远红外波段范围内。一般说来，气体激光器结构简单、造价低廉、操作方便。由于上述优点，在民用和科学研究中，比如工农业、医学、精密测量、全息技术等方面应用很广。但多数工作气体的气压较低，单位体积中的粒子数大约只有固体中激活离子数的千分之几，所以瞬时功率不高。不过少数象二氧化碳 (CO_2) 气体激光器：不论脉冲辐射功率还是连续辐射功率都达到了相当高的水平。

气体激光工作物质有原子、离子和分子气体三大类。原子气体都是中性的，激活成分分惰性气体（氦、氖、氩、氪、氙）和金属蒸气（铯、铅、锌、锰、铜）等。惰性气体原子的激光波长大都分布在红外、远红外