

· 青年必备知识 ·

郑 沙等◎编

激光与技术的革新

激光与技术的革新 如何开发我们的潜意识 中国科技历程 展望未来世界 走在世界前列的科技 新世纪的武装与防御 了解人体 建筑知识大世界 揭开月球的神秘面纱 遨游太空 激光与技术的革新 如何开发我们的潜意识 中国科技历程 展望未来世界 走在世界前列的科技 新世纪的武装与防御 了解人体 建筑知识大世界 揭开月球的神秘面纱 遨游太空 激光与技术的革新 如何开发我们的潜意识 中国科技历程 展望未来世界 走在世界前列的科技 新世纪的武装与防御 了解人体 建筑知识大世界 揭开月球的神秘面纱 遨游太空 激光与技术的革新 如何开发我们的潜意识 中国科技历程 展望未来世界 走在世界前列的科技 新世纪的武装与防御 了解人体 建筑知识大世界 揭开月球的神秘面纱 遨游太空 激光与技术的革新 如何开发我们的潜意识 中国科技历程 展望未来世界 走在世界前列的科技 新世纪的武装与防御 了解人体 建筑知识大世界 揭开月球的神秘面纱 遨游太空

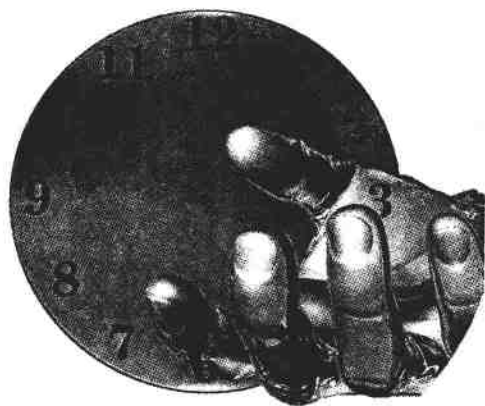


远方出版社

青年必备知识

激光与技术的革新

郑沙 等/编



远方出版社

责任编辑:张阿荣

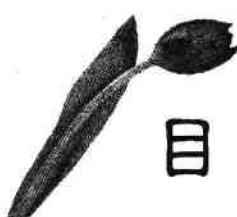
封面设计:冷 豫

青年必备知识 激光与技术的革新

编 著 者	郑沙 等
出 版	远方出版社
社 址	呼和浩特市乌兰察布东路 666 号
邮 编	010010
发 行	新华书店
印 刷	北京旭升印刷装订厂
开 本	787×1092 1/32
字 数	4980 千
版 次	2004 年 11 月第 1 版
印 次	2004 年 11 月第 1 次印刷
印 数	1—3000 册
标准书号	ISBN 7—80595—992—7/G·353
总 定 价	1080.00 元(本系列共 100 册)

远方版图书,版权所有,侵权必究。

远方版图书,印装错误请与印刷厂退换。



目录



第一章 神奇之光..... (1)

具有极高亮度的激光..... (1)

激光器的组成和激光的产生..... (2)

形形色色的激光器..... (4)

气体激光器..... (4)

准分子激光器..... (6)

化学激光器..... (6)

液体激光器..... (7)

固体激光器..... (8)

固体可调谐激光器..... (9)

半导体激光器..... (9)

二极管泵浦固体激光器..... (10)

自由电子激光器..... (10)

第二章 医学中的“神光”..... (11)

用途广泛的激光刀..... (11)

激光切除..... (12)

随心所欲的激光焊接	(13)
治愈眼疾的神奇之光	(14)
激光治疗近视眼	(15)
激光治疗青光眼	(16)
激光治疗白内障	(17)
激光血管成形术	(18)
激光血管再造术	(20)
激光治疗恶性肿瘤	(21)
恶性肿瘤的激光切除	(22)
牙病的激光治疗	(24)
牙病的激光预防	(25)
激光在医疗领域的其他应用	(26)
激光美容术	(27)
激光医疗的回顾与展望	(29)

第三章 科技领域中的激光	(30)
促进化学反应的激光	(30)
同位素分离与核裂变	(31)
造出来的“小太阳”	(33)
激光核聚变装置	(35)
美国的国家点火设施计划	(37)
法国“太阳神”及未来计划	(37)
中国惯性约束核聚变研究	(38)
日本的“新激光Ⅱ”和拍瓦项目	(40)
激光火箭和激光飞船	(41)
激光致冷	(41)

第四章 信息高速公路上的奇光	(42)
计算机的幕后操纵者	(42)
神奇奥妙的激光	(43)
光纤激光通信	(45)
信息高速公路孤立波激光器	(47)
可发往外星球的信号	(49)
激光唱片与激光影碟	(51)
挽救艺术品的神奇之光	(54)
让首领“复活”的神光	(56)
梦幻般的海市蜃楼	(57)
预报地震的激光器	(60)
激光消除雷击	(64)
激光全息妙用	(64)
 第五章 工农业中的激光	(68)
激光精打微细孔	(68)
奇妙的激光切割	(69)
不分巨细,照焊不误	(70)
拉不断的激光粘合	(71)
核电厂不可缺少的激光焊接	(72)
激光标刻与雕刻	(73)
神奇的激光改变材料加工技术	(74)
激光制取纳米材料	(75)
集成电路缺陷的修复	(77)
激光为精密测量提供了强有力的工具	(78)

激光检测物品缺陷	(80)
激光检测酒后驾车	(81)
激光照射种子提高农作物产量	(82)
激光改良品种	(83)
激光微生物育种	(84)
林牧渔业中的激光技术	(85)
监测土壤污染	(86)

第六章 令人不寒而栗的“死光”

激光测距机	(88)
小型人眼安全激光测距机	(89)
激光雷达	(90)
在宇宙飞船自着陆中的激光雷达	(92)
激光制导导弹	(94)
激光制导炸弹	(97)
激光制导炮弹	(101)
攻击光电传感器的激光武器	(103)
“鲇鱼”与“骑马侍从”	(104)
激光枪与“眼镜蛇”	(107)
激光炫目武器	(109)
“军刀 203”	(112)
星球大战计划与激光武器	(114)
高级激光系统——鹦鹉螺	(116)
攻击卫星的高能激光武器	(118)



第一章 神奇之光



有一种神奇之光，它的亮度是地球表面太阳光线的 10^4 倍。它可以将电子计算机的运算速度提高上万倍；它可将书存放在磁盘或光盘中；它能把物质加热到 10 万摄氏度以上；它还能将原子冷却到接近绝对零度——这种神奇之光便是激光！

具有极高亮度的激光

激光最主要的特性之一便是可以产生高得出奇的亮度，或者说具有极高的发光强度。地球上任何一种已知材料，无论其熔点多高，用强激光照射 1 秒钟即开始汽化；任何一种金属或钻石，不管其硬度多大，激光均可轻而易举地在它上面打孔。那么，激光为什么会具有如此高的发光强度呢？

原来，一个普通光源发光，从时间上讲，一般是持续不断地发射。例如一只灯泡，通电后就一直在发光，直到切断



电源为止；从空间上讲，则是向四面八方传播，因而一只灯泡可以照亮整个房间。这就是说，普通光源发出的光能每时每刻都在发散，所以难以产生极向的强度。

激光与普通光截然不同，它的能量可以在非常短的时间内爆发出来，目前最短可以达到几个飞秒（1 飞秒 = 10^{-15} 秒），这比我们“一眨眼”的时间不知短了多少倍！而且，其能量往往集中在一条极细的光束中，光束直径只有若干微米（1 微米 = 10^{-6} 米），而且几乎不发散地向前传播。此外，激光具有非常纯的颜色，这在物理学中被称为单色性，由此，可以通过适当的透镜变换将光束进一步“压窄”。正是这些特性使激光可以产生极高的亮度。

激光器的组成和激光的产生

一台最简单的激光器通常由三部分组成，即工作物质、泵浦源和激光谐振腔。

激光器中首先要具备某种工作物质，它是激光赖以产生的基础。其次，必须能使该工作物质处于粒子数反转分布状态，这就意味着需要向物质提供适当的能量，将足够数量的粒子从低能级“抽运”到高能级，这很像水泵将水从低处抽往高处。因而，常称上述“抽运”过程为“泵浦”，而提供泵浦能量的设备则被称为“泵浦源”。

那么，处于粒子数反转分布状态的工作物质是如何产

生激光的呢,激光谐振腔又起什么作用呢?

如前所述,处于激发状态的原子不能长时间停留在高能级状态。即使没有外界作用,也会自发地由高能级向低能级跃迁,并辐射一个光子。因为原子的这种自发辐射是完全独立的,所以,不同原子发射光子的方向全然不同。刹那间,从工作物质中出现向四面八方传播的光子。

假定工作物质为圆柱形状,这些自发辐射光子必有一部分沿其中心轴的方向传播,多数则与中心轴有一定夹角。后一类“离心离德”的光子很快从工作物质的侧面逃逸出去,对激光的产生没有多大影响;前一类“同心同德”的光子在沿工作物质中心轴方向运动时,将引起路径上处于高能级原子的受激辐射产生与其具有相同频率、相同位相,并沿相同方向传播的光子。该光子与诱发它的光子齐心协力,激励其他原子辐射与它们相同的光子。如此下去,光子数由1到2,由2到4,……以神奇的速度按指数规律增长。更为神奇的是,由于所有这些光子都是受激辐射产生的,这使它们全部具有相同频率、相同初位相、相同偏振态,并沿相同方向传播。

激光作为一种光,与自然界其他光一样,是由原子(或分子、离子等)跃迁产生的,而且是由自发辐射引起的。不同的是,普通光源自始至终都是由自发辐射产生的,因而含有不同频率(或不同波长、不同颜色)的成分,并向各个方向传播。激光则在最初极短的时间内依赖于自发辐射,此后的过程完全由受激辐射决定。正是这一原因,使激光具有非常纯正的颜色,几乎无发散的方向性,极高的发光强度。

而正是这些神奇的特性,使激光在各个领域具有一系列令人难以置信的神奇作用。

形形色色的激光器

1960年5月16日,美国休斯飞机公司的科学家梅曼博士成功地在一根红宝石棒中实现了粒子数反转分布,一道霞光——人们长期为之奋斗的神奇奥妙之光出现了!世界上第一台激光器和“激光器之父”梅曼博士的“合影”,一直珍藏在休斯公司。

自从梅曼的第一台激光器诞生以来,迄今已有上百种激光器问世。形形色色的激光器彼此之间差异极大,最小的只有米粒那么大,而最大的则足以充满几间房间。最弱的输出功率不及一只普通照明灯泡的万分之一,而强激光的峰值功率则可达这种灯泡功率的亿万倍。

气体激光器

这是一类以气体为工作物质的激光器。最常见的有氦—氖激光器、氩离子激光器、二氧化碳激光器、氦—镉激光器和铜蒸气激光器等。

氦—氖激光器是最早出现也是最为常见的气体激光器之一。它于1961年由在美国贝尔实验室从事研究工作的伊朗籍学者佳万博士及其同事们发明。工作物质为氦、氖两种气体按一定比例的混合物。氦—氖激光器是当前应用最为广泛的激光器之一,可用于外科医疗、激光美容、建筑测量、准直指示、照排印刷、激光陀螺等。不少中学的实验室也在用它做演示试验。

比氦—氖激光器晚3年出现的由帕特尔发明的二氧化碳激光器是一种能量转换效率较高和输出能量较强的气体激光器。工业上用于多种材料的加工,包括打扎、切割、焊接、退火、改性、涂覆等;医学上用于各种外科手术;军事上用于激光测距、激光雷达,乃至定向武器。

在发明二氧化碳激光器的同年,科学家们又发明了几种惰性气体离子激光器,其中最常见的是氩离子激光器。它以离子态的氩为工作物质,大多数激光器以连续方式工作,但也有少量脉冲运转。氩离子激光器的主要应用领域包括治疗眼疾、血细胞计数、平版印刷及用作染料激光器的泵浦源。

于1968年发明的氦—镉激光器以镉金属蒸气为发光物质,主要有两条连续谱线,即波长为325.0纳米的紫外辐射和441.6纳米的蓝光,典型输出功率分别为1~25毫瓦和1~100毫瓦。主要应用领域包括活字印刷、血细胞计数、检验集成电路芯片及激光诱导荧光实验等。

另一种常见的金属蒸气激光器是于1966年发明的铜蒸气激光器。一般通过电子碰撞激励,两条主要的工作谱

线为波长 510.5 纳米的绿光和 578.2 纳米的黄光,典型脉冲宽度 10~50 纳秒,重复频率可达 100 千赫。当前水平一个脉冲能量为 1 毫焦左右。这就是说,平均功率可达 100 瓦,而峰值功率则高达 100 千瓦。

铜蒸气激光器发明后过了 15 年才进入商品化阶段,其主要应用领域为染料激光器的泵浦浦。此外,还可用于高速闪光照相、大屏幕投影电视及材料加工等。

准分子激光器

准分子激光器是气体激光器家族中的一名非常特殊的成员,其工作物质由惰性气体(氙、氩、氪、氙等)和卤族元素(氟、氯、溴等)组成。

准分子激光器最常见的有氟化氙(ArF)、氟化氪(KrF)、氯化氙(XeCl)等。这类激光器一般以短脉冲方式在紫外波段工作。70 年代中期,在当时尚处于“孩提”时代的准分子激光器,曾被美国前总统里根的“战略防御倡议”(俗称“星球大战计划”)列为从地面攻击太空目标的候选高能激光武器。

化学激光器

化学激光器是另一类特殊的气体激光器,其泵浦源为

化学反应所释放的能量。这类激光器大部分以分子跃迁方式工作,典型波长范围为近红外到中红外谱区。最主要包括氟化氢(HF)和氟化氘(DF)两种装置。

化学激光器有脉冲和连续两种工作方式。在“星球,大战”计划的推动下,美国于80年代中期以3.8微米波长、2.2兆瓦功率的氟化氘激光器为基础,研制出“中红外先进化学激光装置”,在战略防御倡议局1983年提交国会的报告中,其被称为当时“自由世界能量最大的高能激光系统”。而氧碘激光器则在材料加工中得到应用,并可望用于受控热核聚变反应。化学激光器最近的发展方向包括以数十兆瓦为目标进一步增加连续器件的输出功率,努力提高氟化氢激光的光束质量和亮度,并探索由氟化氢激光器获得1.3微米左右短波长输出的可能性。

液体激光器

最常见的液体激光器是以有机溶液为工作物质的染料激光器。染料激光器最主要的特点之一是其工作波长可以调谐。染料激光器主要应用于要求窄带可调谐或超快光脉冲的场合,如同位素分离光谱学、半导体及其他固体材料激发动力学特性的研究等;在医学领域,则通过选择吸收用来治疗恶性肿瘤。

固体激光器

这是一类以固态基质中掺入少量激活元素为工作物质的激光器。固态基质包括绝缘体和半导体,但半导体激光器通常都不被列入固体激光器中作介绍。用作基质的绝缘体主要有刚玉、石榴石晶体及各种玻璃,而最常见的激活离子则为钕等所谓稀土元素离子。例如,世界上第一台激光器所用工作物质红宝石,就是掺入极少量铬离子的刚玉。

固体激光器最重要的应用是全息技术。此外,还可用于测量等离子体中电子的密度和温度等参量。

用掺有一定量钕离子(Nd^{3+})的钕铝石榴石(YAG)晶体或玻璃为工作物质的激光器,分别被称为掺钕钕铝石榴石(Nd:YAG)激光器和钕玻璃激光器。

掺钕激光器是当前应用最广的固体器件之一,主要用于各种材料的加工,如打孔、点焊、激光标刻及集成电路中厚膜、薄膜电路的加工制造、冗余修复等。在医疗上则可用于多种外科手术。军事上,掺钕钕铝石榴石激光器被广泛应用于激光测距机、目标指示器和激光雷达;将高功率激光束聚焦到靶上产生的高温等离子体可辐射 X 射线和软 X 射线谱;大型激光系统可用于惯性约束核聚变;倍频后的绿光和紫外辐射则是可调谐染料激光器的理想泵浦源。



固体可调谐激光器

这是一类比较特殊的固体激光器，其输出波长在一定范围内可以调谐。最早的固体可调谐激光器是由美国贝尔实验室的约翰逊及其合作者于 1963 年发明的，所用工作物质为掺镍氟化镁。

翠绿宝石激光器的主要应用领域包括去除肿瘤。军事上，美国早在 80 年代就用它研制出致人眼眩激光武器。

掺钛蓝宝石激光器可用于激光测距、激光雷达和遥感。由于它具有较宽的波长调谐范围，因而在干扰与反干扰等光电对抗领域具有很大的吸引力。

半导体激光器

半导体激光器体积非常小，最小的只有米粒那样大。

光纤通信是半导体激光可预见的最重要的应用领域，一方面是世界范围的远距离海底光纤通信，另一方面则是各种地区网。后者包括高速计算机网、航空电子系统、卫生通讯网、高清晰度闭路电视网等。但就目前而言，激光唱机是这类器件的最大市场。其他应用包括高速打印、自由空



二极管泵浦固体激光器

这是以半导体激光二极管为泵浦源的固体激光器。二极管泵浦技术被认为是当前固体激光领域重点研究方向之一,而主要有待解决的问题是将输出功率在现有水平上提高几个数量级。

自由电子激光器

这是到目前为止唯一一种不属于气体、液体或固体激光器中任何一类的激光装置。

自由电子激光器目前仍处于研究和发展阶段,一旦一些具体问题得到解决,必将在生物医学和光化学作用、激光同位素分离、材料加工及固体物理研究等领域得到重要应用,并极有可能被用作高能激光武器。