

QITEDE
GUANGYUAN
JIGUANGDEGUSHI

第一推动力
·
发明创造的故事

奇特的光源

——激光的故事

主 编 ● 陈芳烈

泰山出版社

QITEDE
GUANGYUAN
JIGUANGDECUSHI

第一推动力
·
发明创造的故事

奇特的光源

——激光的故事

主 编 ⊙ 陈芳烈
副主编 ⊙ 乐嘉龙
 ⊙ 郭仁松
编 著 ⊙ 王其钧

泰山出版社

图书在版编目(CIP)数据

奇特的光源:激光的故事 / 陈芳烈主编. — 济南:泰山出版社, 2009. 4

(第一推动力·发明创造的故事)

ISBN 978 - 7 - 80634 - 058 - 5

I. 奇… II. 陈… III. 激光—普及读物 IV. TN24 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 002759 号

主 编 陈芳烈
责任编辑 戴振宇
装帧设计 路渊源
封面插图 王洪彦
内文插图 谢 征

奇特的光源

——激光的故事

出 版 泰山出版社

社 址 济南市马鞍山路 58 号 邮编 250002

电 话 总编室(0531)82023466

发行部(0531)82025510 82020455

网 址 www.tscbs.com

电子信箱 tscbs@sohu.com

发 行 新华书店经销

印 刷 荣成三星印刷有限公司

规 格 150 × 228mm

印 张 6.5

字 数 72 千字

版 次 2009 年 4 月第 1 版

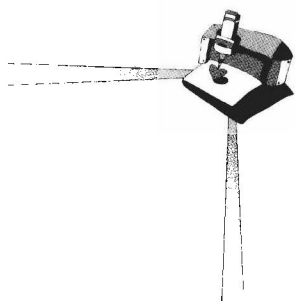
印 次 2009 年 4 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978 - 7 - 80634 - 058 - 5

定 价 8.50 元

著作权所有·请勿擅自用本书制作各类出版物·违者必究

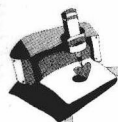
如有印装质量问题·请与泰山出版社发行部调换



前言

在刚刚过去的 100 多年的时间里，人类创造了前所未有的物质文明，取得了无数具有划时代意义的重大科学技术成果。在基础科学领域，相对论的建立，超导现象的发现，以及试管婴儿、克隆羊的降生等等，都为人类认识自然、征服自然作出了重大贡献。在技术科学领域，计算机的诞生，电视、录像技术的发明等，都把人类推向一个崭新的信息化时代；人造卫星的升空，宇宙飞船的上天，以及对月球、火星等的成功探测，都是人类离开地球到宇宙空间寻觅知音的伟大壮举；原子弹、氢弹、隐身武器等的问世，大大增强了现代武器的威力，电子战、数字化战争更是一扫旧战场硝烟弥漫的陈迹；塑料、合成纤维的发明，智能大厦、高速列车等的崛起，使人类衣食住行的条件大大改善……

回顾这些科学技术的历史，我们不难发现，在许多重大科学发明的背后，都留下了众多科学巨人感人的事迹，以及与这些创造发明有关的动人的故事。我们这套丛书正是试图从这样一个侧面，用故事的形式来让人们领略科学的辉煌。我们希望，读者在兴趣盎然的阅读中不仅能获得科学技术知识，还能从中得到启



迪，受到鼓舞，并进而悟出一些科学的哲理。

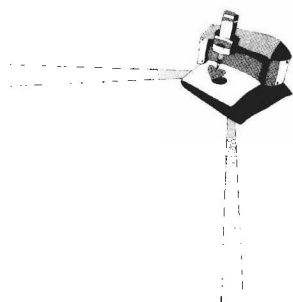
当然，在这100多年里，创造发明多若繁星，这套丛书是很难把它说尽道绝的。在这里，我们只选择了一些与青少年学习、生活比较贴近而又有趣味的题材，把它写成故事，编纂成册，以飨读者。

许多科学家和未来学家预言，21世纪人类不仅将完成20世纪未竟的事业，解决诸如攻克癌症等一系列科学难题，实现人类梦寐以求的到外星世界去旅行等种种夙愿，而且，还将取得一些今天人们所意想不到的重大突破。无疑，这将把人类社会的文明推向一个新的高度。

我们希望，这套丛书能成为青少年读者的朋友，伴随着你们探索知识的奥秘，激励你们去攀登新的科学技术高峰，去创造世界和中国的美好明天。如果真能这样，我们将感到无比的欣慰。

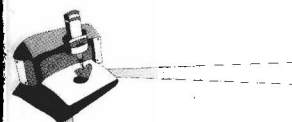
编者

2009年3月

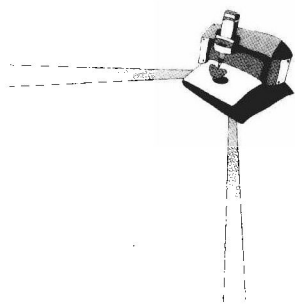


目 录

奇特的光源——激光	/ 1
激光的发明	/ 3
最亮的光源	/ 9
光线射得最远的光	/ 12
发光时间最短的光	/ 14
相干性最好的光	/ 17
颜色最单纯的光	/ 20
激光与光计算机	/ 23
激光与太阳能利用	/ 25
使文物“延寿”	/ 28
给文物体检	/ 31
通往艺术殿堂	/ 35
解开千古之谜	/ 40



强大的威力	/ 42
典型的激光器	/ 50
机械加工的好帮手	/ 55
火眼金睛的激光	/ 62
激光束直线的妙用	/ 73
高明的医术	/ 81
令人神往的光波时代	/ 91



奇特的光源——激光

不论是白天，还是夜晚，人们都离不开光。金色的太阳光芒万丈，无私地将温暖奉献给人类；皎洁的月色莹柔如水，给人们带来了丰富优美的想象。然而，无比智慧的人类并不满足于大自然恩赐的一切。世世代代地追求着更加美好的生活，孜孜不倦地创造出各种各样的光源。

从我国山顶洞人钻木取火开始，到如今人类制造成千上万种的光源，已经有了18000年的历史，然而，人类的创造活动仍在突飞猛进地发展着。1960年，世界上诞生了一种奇妙新颖的光源——激光。它像一颗灿烂的巨星，使古老的光学焕发了青春。

从诺贝尔奖说起

激光是一种崭新的光源，它的颜色非常单纯，只向着一个方向发光，亮度极高。激光是20世纪中继原子能、计算机、半导体后，人类的又一重大发现。目前，激光已在工业、农业、国防、科学各个领域得到了许多卓有成效的应用。

在详细介绍激光的性质和功能以前，不妨让我们先从诺贝尔



奖说起。诺贝尔奖是世界上公认的最高科学荣誉奖赏，表彰在科学上对人类做出重大贡献的科学家。它不但是对某个科学家本人的表彰，而且象征着该科学家所从事的工作对人类社会的发展具有重要的意义。

从第一个激光器的出现到现在不过短短的 20 几年，从事激光研究的科学家已四次获得了诺贝尔物理学奖。1964 年，为表彰美国的汤斯和苏联的巴索夫·普洛霍洛夫对激光基本原理的研究功绩，他们获得了诺贝尔物理学奖，1981 年，美国的布隆贝根和肖洛由于对激光光谱学的研究功绩，也获得了诺贝尔物理学奖。在一个科学研究领域中，有那么多科学家多次获得诺贝尔奖是罕见的。可见激光技术在科学发展中占有多么重要的地位！随着激光技术的发展，激光已进入各个领域，激光使人类进入了光波的时代。它将对人类生活产生越来越大的影响。

激光作为一种令人羡慕的特殊光源，具有高单色性、高方向性、高亮度等优点。



激光的发明

1960年7月10日，美国《纽约时报》首先宣布世界上第一台红宝石激光器问世。现在所说的“激光”，按照英文的涵义是：“由辐射的受激发射所产生的光放大”。“辐射”的意思是发光，“受激发射”是发光的一种过程，通俗一点叫作“受激发光”。这种受激发光的过程，可以产生光的放大，而最终成为激光。

当时，人们并不叫它为“激光”。有的按英文发音，译为“莱塞”；有的意译为“光受激发射”等等。到了1964年10月15日，我国著名科学家钱学森教授建议，叫它为“激光”，得到了一致的公认。

“激光”一词的涵义，已经道破了激光产生的原理。其核心是受激光发光过程和光的放大。而要了解这些问题，就必须知道原子结构的奥秘以及原子为什么会发光。

原子结构的秘密

从1909年意大利科学家伽利略发明了望远镜，人们对浩瀚的宇宙不停地进行观察和分析计算，知道了月亮绕地球旋转。地



球绕太阳旋转，太阳带着太阳系的八大行星又以每秒 250 千米的速度绕银河系中心转动，整个银河系也在运动着，以每秒 210 千米的速度向麒麟星座飞去。现在被人们发现的宇宙直径已达 49 亿光年。整个宇宙是一个无限美妙、无限广阔的世界。

另一方面，从古希腊和罗马时代，人们已经开始探索微观世界的奥秘。18 世纪初期，人们认识了千变万化的物质都是由分子组成的，分子是由原子组成的。原子很小，它的直径约为一百亿分之一米（ 10^{-10} 米），用普通的显微镜观察，也看不见它。不同的物质由不同的原子组成。如水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的；食盐的分子是由一个氯原子和一个钠原子组成的等等。

到了 20 世纪初，人们终于在实验的基础上揭开了原子结构的奥秘。原来，原子的结构好像是一个小小的太阳系。原子是由原子核和若干电子组成的，电子围绕着原子核不停地旋转。就像地球绕太阳旋转一般。宏观宇宙浩瀚无垠，微观原子微乎其微，但是，它们却如此地相似！原子核带有正电核，电子带有负电荷，正、负电荷的数量正好相等，因此，整个原子看起来并不带电。氢原子的结构最简单，核外只有 1 个电子。氦原子中有 2 个电子，氧原子中有 16 个电子，铀原子中有 92 个电子，真是一个“大家族”。

电子可以在许多特定的轨道上绕原子核旋转。这些轨道犹如登山的台阶，一级一级由低向高延伸，但是台阶通常是一级一级等间隔的，电子的轨道越低，间隔越小；轨道越高，间隔就越大。爬上上楼要费力气，电子从低轨道跳跃到高轨道同样需要能量，这个能量可以通过吸收外界的电、光、热等来取得。所以，如果没有外界能量的提供，电子总是处在最低的轨道上。一般说来，电子处于低轨道的原子总是多于电子处于高轨道的原子。



原子为何会发光

如果，原子中的电子得到了外界的能量，比如热能（对物质加热）、光能（用光照射）、电能（加上电压，让气体放电）等，电子就能从较低的轨道跳跃到较高的轨道上去。这种过程叫作激发。相反，电子从较高的轨道跳回较低的轨道，它就会把从外界得到的那份能量又“吐”了出来。这份能量可以转变为光能。这种过程就是发光。

电子在不同轨道之间跃迁，发光的波长也不相同，就是说，光的颜色不同。

电子从较高轨道往下跳有两种不同的形式：一种是自动的，另一种是受影响的。

水总是从高处往低处流，成熟的果子总是要纷纷下落，这是因为地球对物体有吸引力。原子中的电子也是这样，因为受到原子核的吸引力，处于较高轨道的电子是不稳定的，总是力图跳回到较低的轨道上来。这种自动跳迁的发光形式，通常叫作自发发光。

另一种发光形式叫做受激发光，意思是说电子从较高的轨道往下跳，是受到外界光子的“刺激”才产生的。这种现象并不奇怪，在大自然中也常有这样的事。比如，夏天的树枝上，常常传来蝉的“知了，知了”声。秋天的草丛中，蟋蟀发出的叫声。春天的稻田里，可以听到青蛙的“呱呱”声。这类动物，只要有一只先叫起来，其余的受到“刺激”，也以同样的声音跟着叫。

发光的形式不同，发光的性质也不同。自发发光时，光线射向四面八方，光子的状态（指光的传播方向、光的波长等性质）都是各不相同的。受激发光时，光线向同一方向，光子具有完全



相同的状态，根本无法区别哪一个光刺激电子跃迁的，哪一个光电子跃迁时新产生的。

光能放大吗

通过一次受激发光过程，原来的光子和新产生的光子一模一样，一个光子就变成了两个相同的光子。而这两个光子又去激发其他原子，又产生了新的更多的完全相同的光子……这个过程不断地进行着，这就意味着光被加强了，或者说，光被放大了。光越放越大，就能成为激光。可见，受激发光过程是产生激光的最基本的过程。激光本来的含义，正是由于受激发光所产生的光放大。

受激发光过程，早在 1917 年，由物理学家爱因斯坦首先提出。但是，过了 40 多年，才在实验技术上实现了光的放大。原因在哪里呢？

世界是复杂的，事物总是处于对立的矛盾之中。光子和原子的相互作用也是这样。一种物质总是由大量相同的原子组成。有些原子中的电子处于较高的轨道，我们把它称为高能级的原子。原子中的电子处于较低的轨道，我们把它称为低能级的原子。当一个光子和这些原子相互作用时，一方面，这个光子可以去“刺激”高能级的原子，使它产生受激发光，使光得到放大；另一方面，这个光子也可以被低能级的原子所吸收（“吃掉”），光子的能量转变为电子的能量，使电子从低的轨道跃迁到高的轨道，使光减弱。这两种过程是同时存在的，它们相互竞争着。对于光子来说，它对待高能级的电子和低能级的原子，是“一视同仁”的！它们和光子相互作用的机会是一样的。这好似有奖储蓄，每一份对奖券中奖的机会是相同的。如果在大量相同的原子



中，处于高能级原子的数目比较多，处于低能级的原子数目比较少，那么，高能级的原子和光子作用的机会就多，也就是受激发光的机会就多。而低能级的原子和光子作用的机会就少，即光被吸收的机会就少。这样一来，受激发光过程将超过光的吸收过程而占据主导地位，新产生的光子数目超过光子被原子吸收的数目，总的来说，光就被放大了。

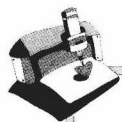
由此可见，光通过介质和原子相互作用时，究竟是放大，还是衰减，取决于高能级的原子数目多，还是低能级的原子数目多。哪一个能级的原子数目大，它们和光子作用的次数就多。这好比集体有奖储蓄，哪一个单位认购的份数多，哪一个单位中奖的机会就多。

要获得光的放大，必须造成这样一种局面：介质中高能级电子的数目大于低能级原子的数目。遗憾的是，电子总是喜欢处在较低的轨道上，也就是低能级的原子数目比较大，这就是产生光放大的困难所在。然而，有志者，事竟成！人们通过种种努力，采取对介质加热、光照、气体放电等方法，强迫电子处在某些较高的轨道上，造成高能级的原子数目大于低能级的原子数目。这时，光通过这样的介质，就能放大了。我们叫这种介质为放大介质。

反光镜的奥妙

光通过放大介质可以被放大。放大介质的几何尺寸越长，光的放大就越显著。但是，如果把放大介质做得很大，工作起来就很不方便。有人把放大介质（如气体放电管）做到10米长，就得把两个房间的隔墙打通。如果做成几十米长的话，就只能在很长的走廊里做实验了。

人们设想把放大介质放在两面反光镜（通常叫反射镜）之

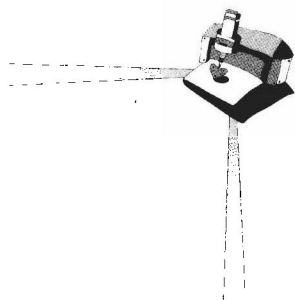


间，并且使这两面反射镜互相平行。光可以在这两面反射镜之间来回反射，每经过一次放大介质，光就被放大一次，来回反射的次数越多，光放大的次数也就越多。比如，放大介质的长度为1米，光在来回反射中通过介质一百次，相当于将放大介质延长为100米，光的放大就非常显著了。

这样一对反射镜，称为谐振腔。其中一面反射镜对光的反射率为百分之百，叫全反射镜。另一面反射镜为部分反射镜。顾名思义，当光通过这面反射镜时，一部分光波被镜子反射回谐振腔内，一部分从镜面透射到谐振腔外。而被透射出来的光，就是我们所需要的激光。

反光镜的妙用不仅是使放大介质的激发能量充分地用来产生激光，而且激光的许多奇异特性都与谐振腔有关。比如，激光具有很好的方向性。激光只沿着和反射镜垂直的方向发射出来，而其余各种方向都没有激光输出。什么道理呢？我们都有这样的生活经验：当我们手持电筒，将一束光垂直射向一平面镜时，这束光将被镜子反射，按原路返回；当我们将这束光斜射在镜面上时，这束光将被镜子反射到另一侧。激光谐振腔的两端，有两面严格平行的反射镜。只有沿着垂直镜面方向传播的光，才能来回反射，并得到多次放大而成为激光；其他方向的光，被镜面反射后，很快逃出谐振腔外，而得不到放大。

总之，激光产生的过程是这样的：在某种激发条件下，使介质处于高能级的原子数目远大于低能级原子数目的状态。在这种状态下，受激发光的过程大大超过了光的吸收过程，光可以得到放大。由于受激发光的特点，被放大的光具有完全相同的传播方向和波长等性质。在谐振腔的作用下，只有沿着垂直于镜面的方向传播和一定波长的光，才能在腔内不断地被放大，直到形成很强的激光输出。



最亮的光源

人类制造的光源成千上万，不同的光源明亮的程度也不相同。在照明方面，人们总喜欢光源的亮度高一些。在大多数人看来，世界上最亮的光源应该是太阳。因为，太阳普照大地，整个世界沐浴在明亮的阳光之下。太阳表面的亮度比蜡烛大 30 万倍，比白炽灯大几百倍。但是，人类已制造出比太阳更亮的光源。人们在足球场上看到的氙灯（人造小太阳）的亮度已经和太阳表面的亮度相近，而人们比较少见的高压脉冲氙灯的亮度比太阳高近 10 倍。激光的出现，更是光源亮度上的一次惊人的飞跃。一普通激光器的亮度比太阳表面的亮度大 10 亿倍。可见，激光是当今世界上最亮的光源。

激光的亮度真可以比太阳大 10 亿倍吗？初听起来，实在无法理解，难以想象！但是让我们慢慢分析一下道理，看一下事实，就不会感到惊讶了。

通常，我们说一个光源亮不亮，主要和三个因素有关系。这三个因素就是光源的发光面积、发光时间以及光线发散的程度。

先讨论光源发光时间。你也许会注意到这样一个事实：当我们在照相馆里拍照的时候，摄影室里经常亮着几盏大功率的白炽



灯泡。而如果我们用手提式照相机在室内拍照，只要配上一个小小的闪光灯就可以了。为什么呢？原来，这与光源的亮度和光源的发光时间有关。当一个光源发光的能量固定时，如果发光的时间越短，光源的亮度就越高。因为它把能量集中在很短的时间内爆发出来，亮度自然就大。闪光灯虽然总的发光能量比白炽灯小得多，但是，闪光灯的发光时间比白炽灯短得多。所以，在闪光灯闪光的一刹那，它的亮度并不比白炽灯小。

再看一下，光线发散的程度对亮度的影响。正如前面说过的，当一个光源发光的能量固定时，如果它的发光向着四面八方散开，光的能量就被分散开来；如果它的发光集中在某个方向上，光的能量就被集中起来。显然，光线发射的程度越小，光源的亮度就越大。

最后，同样可以推理，光源发光的面积对亮度的影响。当一个光源发光的能量固定时，如果光源发光的面积越小，光源的亮度也就越大，这是很容易理解的。因为，光源把能量集中在很小的面积上发射出来，看起来自然亮些。

从以上的分析。可以得出这样的结论：当一个光源发光的总能量固定时，如果这个光源发光时间越短，发光面积越小，光线发散程度越小，那么，这个光源的亮度就越大。根据激光的特征，激光的发光时间可以短到一微微秒（ 10^{-12} 秒）；光束的发散角可以小到 $1/10$ 度；发光面积可以小到一平方毫米，这三个因素综合起来，激光的亮度比起太阳表面的亮度大上10亿倍，就不是什么稀奇的事情了。

现在让我们来实际比较一台普通的短脉冲激光器和一支高压脉冲氙灯的亮度（它的亮度和太阳相当）。假定激光和氙灯发光的总能量相同，一般来说，氙灯的发光时间为万分之一秒（ 10^{-4} 秒），发光面积为15平方厘米，光线射向四面八方。而激光的发