
电子图书
信息技术的结晶
人类文明的载体
网络的基本资源

奇异的激光世界(下卷)

第一章 光学“石猴”出世

提起石猴，赫赫有名；少年读者都知道，说的是大闹天宫的孙悟空。那又何来光学“石猴”呢？这只是比喻，说明一种崭新的光学技术，它的本领胜似孙悟空。让我们来看看它究竟是什么东西，又是如何横空出世的。

一、新奇的表演

一座明亮的大厅里，人来人往，参观各种各样的科学技术新发明。很快，人群被安置在大厅对角的一组新型装置吸引住了：只见大厅一角，一架电唱机里，唱片正在缓缓旋转，然而听不到声音；它的“声音”却在大厅另一角的一个音箱里放送出来。那是悦耳的乐曲——《蓝色的多瑙河》。两角之间并没有电线相连，离得那么远，看来也不是靠电磁感应。“奇怪，这是怎么搞的呢？”一位戴眼镜的老爷爷嘀咕了一句。一位高个子发现了其中的秘密：他无意中一伸手，美妙的音乐就骤然停止了。有人走到高个子伸手的地方向周围仔细一看，发现安置唱机和音箱的两对角上方各有一架“望远镜”，相互对准着，只要有什么东西在它们中间挡一下，唱片在转，声音却被“挡”住了。观众顿时像一群淘气的孩子，都伸手去“挡一挡”这奇怪的乐曲，弄得乐曲断断续续。人们都觉得很新奇：是谁把声音从大厅一角搬到另一角，谁是这辛勤的搬运工呢？

隔壁小厅里还要热闹，在一台模样特别的仪器前，人头济济。仪器并不大，主体有点像保龄游戏中玩的大球，只是多长了两只“角”。旁边放着一架像五斗柜那么大小的电源箱。离仪器不远的地方有一个很普通的小架子，上面插着一把刮胡子刀片。讲解员一按电钮，只听得啪的一声，仪器中央发出像闪电那样的一亮，他转身拿起刀片，把它递给围着看的观众。一位参观者接了过去：粗看实在看不出什么，对着亮处细看，才看到上面有一个微孔，小得恐怕连头发丝也难以穿过。刀片从一个人手中传到另一个人手中，大家都觉得不可思议。这样的能工巧匠是谁呢？

新奇的还有呢：有一部外国科学影片中，出现一位穿着深色西服的科学家——不是魔术师，只见他一手拿一只透明的大气球，里面还套一只蓝色的小气球，另一只手拿起一支特大型手枪；随着一道闪光，“啪”的一声，大气球里面的小气球爆开了花，外面那只透明气球却安然无恙。这真像变魔术，其实是演示一个科学实验。在这个“演出”中，神奇的演员又是谁呢？

我要告诉少年朋友：辛勤的“搬运工”也好、能工巧匠也好、神奇的演员也好，不是别人，就是本书的主角，光学“石猴”——激光。这些新鲜事发生在 20 世纪 60 年代初，都是光学“石猴”刚刚从科学家怀里蹦出来时的亮相。

这样的亮相给人留下的印象很难忘记，因为它不像原子、电子那样难难捉摸，而是看得见、摸得着，给人带来无穷乐趣。但是，像这种寓科学于游艺之中的亮相，往往会造成一种误解，使人认为新出世的光学“石猴”只是一种高级玩具，一点不像那能够大闹天宫，神通广大的孙悟空。

激光虽然不是能解决人类技术领域一切问题的神物，但也决不是一种玩物。激光的出现，标志着人类科学研究的一次重大突破。这种突破不仅使人类的知识水平大大提高，而且为一门新兴的高新技术产业——光电子产业，

奠定了重要的基础。

为了说明这一点，让我们从头开始，源源本本地介绍这位光学“孙悟空”。

二、突破的前奏

激光是一种特殊的电磁波。激光的产生是100多年来科学家深入研究电现象、电磁现象和光现象的结晶。激光的直接创始人，可以追溯到当代伟大的科学家爱因斯坦。1879年，爱因斯坦生于德国，他创建相对论，成为一个划时代的物理学家。爱因斯坦得过一次诺贝尔奖金。有趣的是，他得奖并不是由于举世闻名的相对论，而是因为他在1905年提出的光量子假说。根据这个假说：光是由许许多多光子组成的，不同颜色的光由不同能量的光子组成。爱因斯坦用这种假说解释光电效应获得了惊人的成功。1916年，爱因斯坦在《关于辐射的量子论》论文中提出原子中的电子可以受“激”，放出光子。这种受激辐射的过程就是产生激光的基本物理原理。

激光这个名词是从英文单词“Laser”翻译过来的。最初，根据它的英文发音，译成“莱塞”、“镭射”等，不明其理的人看了简直莫名其妙。后来，有人根据它的意思，翻译成“受激辐射光”。显然，这个译名的含义清楚，而且把它跟普通光的区别明确地表示了出来，但字数太多，读起来不方便。1965年，我国一些著名科学家建议，把“受激辐射光”缩成“激光”两字，这样就比较简明顺口了。

在激光出现以前，科学家在实验室里还研究过受激辐射微波。根据英文“Maser”音译为“曼塞”。受激辐射微波和激光产生的基本物理过程都是“受激辐射”，而且它们都属于电磁波家族，只是频率不一样。因为受激辐射微波先出世，所以可以说它是激光的哥哥。

这里，先要简单地介绍一下电磁波这一家子的情况，让大家认识认识它的成员。

上一世纪，许多物理学家致力于弄清楚电磁波的规律。在发现电磁波之前，英国物理学家麦克斯韦首先用严密的理论推断出电磁波的存在，并描绘了它的性质。一大堆符号和数字竟然能预言一种还没有发现的东西，立刻引起了种种议论，有人赞成、有人反对，也有人并不只是发表空论，而是踏踏实实地工作，想办法寻找产生电磁波的方法。德国物理学家赫兹就是这样的人，他最先找到产生电磁振荡的方法，发现了电磁波并从实验上研究了它的性质。为了纪念他，人们把频率的计量单位命名为“赫兹”。例如，某种电磁波每秒钟振荡1000次，就说它的频率是1000赫兹。

在研究电磁振荡和它传播出去产生的电磁波时，人们发现，电磁波在真空中的传播速度和光的速度完全一致。赫兹实验产生的电振荡的频率高达 5×10^8 赫兹。或者说每秒钟振荡500兆次，这种电磁波的波长约60厘米；它的传播以及它在物体表面上的反射等现象和光也完全一致。因此，科学家们确信两者的性质是一样；光也是一种电磁波，区别只在于振荡频率，或者说波长不同。振荡频率在 10^9 赫兹以下的是无线电波，包括电视、广播所用的各种频率的波 10^9—10^{11} 赫兹的电磁波，波长从几毫米到几十厘米，称为微波。频率再高，在 10^{13}—10^{15} 赫兹左右的是红外线与可见光。频率更高的紫外线，X射线，γ射线也都是电磁波大家族的成员。

认识了电磁波一家的成员，曼塞或者说受激辐射微波和激光的兄弟关系

是确实无疑的。曼塞的用途不如激光多，名气也没有激光大，它们产生的原理却一样，都是原子、分子内部的电子受“激”产生的。

在受激辐射过程中，分子和原子群中处在高能量状态的一部分分子和原子，像游泳比赛中的运动员，一听到发令枪的枪声，就一齐起跳，形成步调一致的一群光子。所以，只要我们掌握了这把发令的“枪”就可以控制微观世界的原子和分子了。

可是，要找到这把“枪”不是轻易的事。原子和分子实在太小，1 亿个原子排成一直线只有 1 厘米长。原子中有原子核和电子，处于原子中心的原子核，它的直径只有原子的十万之一；绕原子核运动的电子则更小，至今还没有找到一种方法可以量出它的大小。这样小的东西，看不见，摸不到，如何控制呢？以一般人的常识，是无法理解的。确实，原子和分子的微观世界距离人们的日常生活经验太遥远，只有搞这项专业的科学家，通过复杂的数学运算以及借助于高级精密的观测仪器设备，才从理论上弄清楚了它的奥秘，为进一步利用它奠定了坚实的基础。从这一意义来说，理论上的突破往往比具体的发明更为重要。

经过长距离的科学“接力赛”，从理论到实践的突破来到了。第一个想到用爱因斯坦提出的受激辐射过程来产生电磁波——曼塞和莱塞的科学家是美国人汤斯。汤斯从理论上提出了这种产生微波和光振荡的新概念和新方法，并且设计出产生它的装置——微波激射器，也就解决了产生激光的关键问题。剩下的工作只是把这种新方法、新技术从微波区推广到光学区。所以，他被称为微波激射器之父、激光技术的先驱，是当之无愧。

三、激光技术的先驱者——汤斯

汤斯，1915 年生于美国北卡罗来纳州格林威尔。16 岁就进大学攻读物理学和语言学，24 岁那年获得物理学博士学位。汤斯几乎对每样事物都感兴趣，他是一个达·芬奇式的人物——一位多才多艺的科学家。他除了以物理学家和教授出名，也是一位潜泳运动员、施行家、兰花栽培家和语言家硕士，他还是教堂唱诗班的歌手，曾当过哥伦比亚大学附近一所教堂的执事。汤斯一踏上社会，就碰上第二次世界大战。那时，整个国家都忙于为战争服务。年轻的汤斯一心想从事理论物理学的研究，却找不到相应的工作。最后他只得进一家电气公司，当一名雷达工程师。雷达工程师的职责范围是研究雷达整体结构和工艺的设计，而不是搞纯理论的研究。但是，汤斯的才能并没有因此而被埋没；战争需要雷达，而制造先进的雷达扎实的微波电子学知识。于是汤斯开始悉心钻研微波电子学。不久他就成了一位精通自治微波电子学的专家，发明了第一台微波激射器。

成功是从一次失败的实验开始的。

第一次世界大战时，飞机速度慢，发动机的声音响。防空部队靠耳朵听飞机响声来判断有没有敌机入侵。开始时，请听觉特别灵敏的盲人监听。后来改用装有大喇叭的听音器来侦察敌机的来去。第二次大战期间，飞机的飞行速度大大提高了，差不多可以达到声音速度的一半。用听声音的方法来侦察敌机实在太慢；往往听到飞机马达轰鸣声时，敌机就快到头顶上空了。因此，各国都集中科学家加紧研究制造当时刚诞生的电子防空设备——雷达。雷达的核心部分是微波振荡，它产生频率极高的电磁波，通过雷达天线发射

需要全本请访问 www.ertongbook.com

出去，射向目标；目标把射到它表面上的一部分电磁波反射回来，被雷达接收器接收后，在荧光屏上显示目标的方位和距离。电磁波传播速度每秒 30 万公里，比当时飞机每小时几百公里的速度不知快多少倍，这就满足了尽早发现飞机的要求；另外靠听音确定飞机的方位是很不准确的，只能知道飞机在某方位几十度的一个大概范围。雷达却能以误差只有几度的精确度测定飞机的具体位置。

交战国家都想使自己的雷达性能超过对方的雷达，以便能更有效地对付入侵的飞机，所以千方百计研制新型雷达。改进的途径之一是把雷达的工作频率不断提高。因为当时已出现了能干扰对方雷达的反雷达设备。比如一群飞机飞来，其中一架飞机离开机群很远，上面装着能向对方雷达站发射强电磁波的设备。这种强电磁波信号在对方雷达屏幕上把机群反射的弱电波信号掩盖住了，使雷达变成“盲人”机群就能悄悄地溜进对方上空，这是一种现代电子障眼法。为了对付这种干扰，一方就要设法让自己的雷达发出的电磁频率和对方干扰电磁波频率不一样，而使雷达接收器只对本身发出的电磁波有很高的灵敏度，这样，对方的干扰就不起作用了。因此，需要研究具有新的频率的电磁波。

那时，新设计的雷达，工作频率都做得很高，达到 1 万兆赫兹，波长 3 厘米。理论证明：波长越短，发射出去的波束就越细，发现目标后确定它的位置的准确度就能提高。再有，工作频率越高，发射天线可以造得越小；战地使用，把它安装在车辆上，机动性灵活性提高不少。

为了进一步提高雷达的工作频率,美国空军要汤斯研究波长为 1.25 厘米的雷达，开拓雷达技术的新领域，利用这种新雷达制造更精确的轰炸瞄准设备。汤斯知道波长这么短的电磁波要被空气中的水汽吸收掉，不能用于雷达。试验的结果证明他的预见是对的。

但是，汤斯并没有就此止步，而是转过来研究水汽吸收电波的问题。在研究中，他发现氨也具有吸收电磁波等一系列现象，从而创立了一门全新的物理学科——微波波谱学，这是一把揭开微观世界秘密的钥匙。不久哥伦比亚大学聘请他为物理学教授。

当了教授，他没有停止自己的研究，而是把目标集中到如何产生毫米波、亚毫米的问题上。这是当时科学技术上一大难题，还没有人能解决，强烈的求知欲促使他向这一科学技术新领进军。

那时，产生频率高、波长短的电磁波，譬如厘米波，都使用相应的金属盒作为振荡器的谐振腔；产生波长比厘米波更短的毫米波或亚毫米波，须用比火柴梗还要细的金属盒。最难的是盒子的内壁必须打磨得十分光洁，而这却是当时的工艺水平所办不到的。

汤斯遇到难题了。然而，难题的挑战更激起他的兴趣；科学研究从来没有康庄大道，关键是要找到一把克服困难、解决难题的钥匙。

他首先从电磁波的波长必然还要向更短的方向发展这个角度考虑：即使能将产生毫米波的金属盒子奇迹般地加工出来，那么以后要产生微米波用的更细更小的盒子又怎么办呢？因此必须从根本找到一种产生高频电磁波的新办法。

一个另辟蹊径的念头在汤斯的头脑里闪过：利用微小的原子结构所固有的频率来产生毫米波。这真是创造性的大胆设想。接下去要做的不仅要从理论上推导这种设想的可行性，还要用实验来证明技术上也完全是能够办得到

的。

没有任何现成的实验设备，汤斯便利用原来做微波实验的设备，从研究分子运动产生厘米波着手，鉴定自己所依据的原理和实验方法是否对头，为进一步产生毫米波做准备。

1950 年初，美国海军研究署建立了一个由科学家和工程师组成的委员会，研究产生毫米波和亚毫米的方法。

1951 年春，汤斯到华盛顿参加委员会召集的第二次会议。他人虽然坐在会议桌旁，脑子里却不断映现出他思考着的各种计算公式和实验方案。一天清晨，曙光熹微，大地还蒙在一层薄纱之中。他醒来就想起了隔天推导的计算公式还不够完善，正好利用清晨头脑清楚的好时光，重新研究修改。他轻手轻脚地穿好衣服，走出了旅馆，来到附近的富兰克林公园。春天的公园是迷人的，树梢嫩叶初长，花圃盛开着一丛丛火红的杜鹃花，一阵阵鸟鸣声使人觉得早晨格外宁静。汤斯在一只长椅上坐下来，眼睛望着艳丽的花朵出神，脑子却一直想着产生波长极长极短的电磁波的计算公式。一串串数字、一组组方程在汤斯的头脑中像泉水一样涌现出来。突然，他想到一种新的计算方法，连忙从口袋里摸出笔来，可是没有纸，翻遍口袋，只找到一只用过的信封，就把信封撕开，在信封的背面列出了几道算式算了起来。

他奋笔疾书，只几分钟，就算出了需要激发多少分子才能得到分子振荡，以及振荡器的允许损耗值。当时，汤斯是把氨作为计算对象。他不仅从理论上推断氨分子被激发后可以产生波长为 1.25 厘米的电磁波,还设想了能产生这种振荡的具体方法。

汤斯没有立即宣布自己的新发现，而是回到实验室，根据自己新想法，开始着手试制微波激射器。他和同事们，还有研究生，整整工作了两年；这两年中，他们一起设计、制造、试验、拆毁、再造，翻来覆去，一直没有成功。有两个朋友劝他放弃这种劳而无功、浪费钱财的试验，但他毫不动摇，继续试验。

1953 年年底，汤斯应邀到一个波谱讲习班去作短期讲学。一天，他的学生飞也似地跑来报告他一个激动人心的消息：微波激射器成功了；

师生一起来到一家地下餐厅举杯庆贺来之不易的成功。席间，他们想到应该为这一新发明起一个简明、响亮的拉丁或希腊名字。然而胜利的激情使他们无法平静下来，他们争了一夜也没有找到一个合适的名字。直到第二天晚上，他们才满意地创造了一个缩写词“ Maser ”作为那个新发明的装置的命名。它的意思就是“ 微波激射器 ”。以后在 Maser 的基础上又发明了激光器，人们也照汤斯的样子创造了“ Laser ”这一缩写来为它使名。两者只有一字之差。其中“ aser ”是受激辐射一词的英文缩写，而 M 和 L 分别代表微波和光。这也表示它们产生的原理是相同的，只是振荡频率或者说波长不一样。

发现“ 曼塞 ”以后，汤斯谦虚地说这是他学生的胜利和光荣；因为他的学生是冒着当不成博士的风险来从事这项研究的工作的。

不久，汤斯发现“ 曼塞 ”有一个怪脾气，它产生的频率很高的的电磁波，始终固定在一个频率上振荡，用什么办法都无法改变它。当时，汤斯也说不出这样一种激射器有什么实用价值。

后来才明白，“ 曼塞 ”产生的微波能精确地稳定在一个频率上振荡，正是“ 曼塞 ”的优点而不是缺点：既然它每秒钟振荡的次数始终不变，即么，只要测量出振荡的次数，就可以知道准确的时间间隔。于是有人把这种激射

器作为时钟的计时标准，造出了当时世界上最准确的钟，“ 走 ”1 万年误差只有 1 秒。

微波激射器只能产生厘米波。汤斯需要的是毫米波和亚毫米米波。然而，产生毫米波的激射器却迟迟造不出来，也没有发现能辐射毫米波、亚毫米的物质。

汤斯当机立断，决定绕道前进，直接研究用激射器产生可见光振荡的可能性。

1958 年，汤斯和他的合作者肖洛，经过了长期的思考、研究、计算以后，联合发表一篇题为《红外和光激射器》的论文，首次提出光振荡条件的理论计算和光激射器的设计原理，并且还对这种新型激射器的用途作了一番预测。这篇文章立意新颖、论证翔实、假设大胆、计算精确，再加上技术措施切实可行，因此，立刻博得了电子物理学界的广泛注意。欧美很多有条件的实验室，按照论文的提示纷纷试验制造。

1960 年，离汤斯很远的地方，第一台激光器诞生了。在青年物理学家梅曼的实验室中，脉氙灯强烈的光芒，一闪一闪地照射一根红宝石棒。一束像针尖一样细的深红色光从红宝石一端直射出来。这是世界上第一束激光。

梅曼是微波波谱学博士。他当过电子工程师，研究无线电、电视发射机；后来又从事改进红宝石微波激射器的工作，因此熟悉了红宝石晶体的特性，终于在精通微波激射原理及汤斯的光激射理论基础上发明了激光器。

第一台激光器的外观并不显眼，看上去像是一个长 5 厘米、直径 2.5 厘米左右的铝筒。然而“ 人可不貌相 ”，它能发出世界上最强的光。梅曼向新闻界宣布他的发明时，把这种光称为“ 比太阳中心更亮的原子无线电光 ”；当时还没有给它取名。激光（Lser）这一词是一年以后才正式采纳的。

大约半年以后，我国的科学家也成功地研制出一台红宝石激光器。

激光的发展史是人类探索光和电两种自然现象之间联系的历史。这方面的工作，如果从麦克斯韦在理论上预言电磁波存在算起，到激光出世，几乎整整花了 100 年。其中包括了爱因斯坦在内的许许多多现代物理学界伟人的研究成果。但是，激光的直接创始人应该是以汤斯为代表的一大批科学家，他们为制造出第一台激光器作出了无与伦比的贡献。为此，汤斯获得了 1964 年诺贝尔物理学奖金。同时获奖的还有在激光理论方面作出贡献的两位前苏联科学家。

四、非同凡响

叙述过激光的身世以后，接下去就要谈谈激光的“ 性格 ”和“ 特征 ”了。由于激光也是光，只不过是一种比较特殊的光，所以我们还要从光说起。人们对光和光学现象的观察和研究有几千年历史了，在我国春秋战国时的思想家墨子的科学著作《经说》中，就有关于光现象的描述。光和人类生活有着密切的关系，人们天天都生活在光的世界里。但是直到本世纪初，人们才对它的本质有较深入的了解。

向平静的湖里扔一块石子，水面上会产生一圈圈的波纹，这是最直观的波——水波。拨动一根琴弦，会在空气中产生听得见的声音，人们称之为声波。广播电台、电视台的天线发射出我们看不见、听不到的一种波，它们就是电和磁交替变化的电磁波。光是我们能感觉到的，然而没有人觉得它是一

种波动。现代科学理论证明，光也是一种电磁波，具有波的特性；只是可见光的波长极短，不到 1 微米，频率极高，每秒钟振荡 10^{13}—10^{15} 次，所以人们无法感觉到它的波动。

光是原子、分子的运动产生的。改变分子和原子的能量状态，会产生光振荡。

那么，这种能量状态是怎么改变呢？

本世纪初，科学家已为我们画出原子世界的图像。它真像我们的太阳系：太阳的位置上是原子核，一颗颗电子像行星一样，在各自的轨道上绕原子核运转。

氢原子是最简单的原子，它只有一个电子围绕原子核转。电子在靠近原子核的轨道上运转时，能量较小；在离原子较远的轨道上运转时，能量较大。如果把氢原子的一个电子激发到能量大的较远的轨道上，再把它激回到原来轨道上，它便释放出一个光子，这就是发光。要使氢原子发光，可以用电离的办法：把稀薄的氢气注入一只放电管内。通电后，电子从阴极发出，在电场中加速，飞向阳极，电能转化为电子动能。高速的电子和氢原子碰撞，把氢原子的电子撞出来。也有的电子只是把能量传给氢原子的电子，使它们从能量较小的轨道“激发”到能量较大的轨道上去，能量便得到了提高。原子中的电子能量提高后，原子就处于激发状态，很不稳定，好比放在一个圆锥尖顶上的小球，随时都会掉下来。当处于激发状态的高能量的原子回到低能量状态时，就以光的形式把能量释放出来。从目前人类已掌握的知识来看，光就是这样产生的。

原子发光的先决条件是必须受到外界的能量激发。几乎各种能量都能成为这种激发条件而转化成光能。

激光固然具有光的性质，但并不等于所有的光就都是激光。譬如太阳光、灯光和烛光等，这些光产生时原子内部的能量变化是杂乱无章的，光的颜色也各不相同。这些光射向四百八方，“各行其事”，一点不守“纪律”。这种“自发辐射”的光好比广场上的人群，各走各的，互不相关。激光原子、分子在一定的方式激发之下产生的受激辐射。犹如一队士兵听到命令，马上列成整齐的队伍，每个人都按一定的次序、间距和步伐，有组织地排成一条狭长笔直的人龙开步向前走。在这里指挥员的命令就好比是激发因素，一个个士兵就是受激发的原子、分子。梅曼实验室中世界第一台激光器射出的深红色光束，就是发自红宝石中的受激发原子。科学家从这种不寻常的红光中看到了一个崭新的物理奇境。

五、略显技能

激光的“有组织”，突出地表现在每个原子发出的光的频率十分一致，也就是波长一致。光的波长不同，对人眼的刺激也不同，人就看到了各种不同的颜色。所以波长一致的光，它们的颜色也就一样。激光另一个“有组织”的表现，是每个原子发的光，步调绝对一致，方向高度集中。科学家掌握激光的特性以后，让激光登上显示现代科学技术的大舞台，让它干了三件不可思议的奇事。这几件事看起来已经够伟大了，其实还只是它略显小技而已。

第一件奇事是刺破青天，去叩响月球“广寒宫”的大门。1969 年，美国宇航员乘坐宇宙飞船首次登上月球。其实激光早在 1962 年就已经捷足先

需要全本请访问 www.ertongbook.com

“登”上月球。那次，科学家使用的是红宝石激光束。激光从地球到月球上，再从月球返回地球，越过万里长空，来去只花了 2.6 秒。科学家拍摄了这一珍贵的镜头，摄下了激光在月球上的足迹——一个明亮的红点。就是图上方框中间一点。

手电筒发出的光只能照亮眼前一小块地方；探照灯亮多啦，但在黑茫茫的夜空里，最远也不过照射 20 公里左右。为什么激光可以射到距离地球 38 万多公里的月球上还能反射回来呢？

这是因为激光的方向集中，能量集中，再加上探月用的激光器能在不到千分之一秒的时间内把光能量释放出去，所以强度极高。

探照灯的光柱看来像是一束平行光。其实它是圆锥形的，只是锥角不到 10 度，肉眼觉察不出罢了。地球离月球距离约 38 万多公里。探照灯光即使是很细、很尖的圆锥，经过这样长的距离，圆锥的底面便扩展成一个直径约 4 万公里的圆。探照灯光的光强度虽然不算小，但分散到那么大的范围内，每单位面积得到的光能就微弱得几乎等于零了。所以用探照灯的光照月球，光在途中就基本消失殆尽，自然是有去无回了。即使是微波雷达，发射单一波长的微波，波束比探照灯光集中得多，它射到月球表面上，也要散在 100 公里左右的区域内。上面月球图中的方框就是微波束在月球表面的大致尺寸。

激光的光束方向集中，所以有人称它为平行光。实际上，世界上是不存在在几何意义上的平行光的。激光束看起来上下两边几乎平行；仔细量一量，并非如此：上下边仍有大约 0.1 度的夹角。所以严格地说，激光束不是细长的圆柱，而是细长的圆锥。通过光学望远镜的帮助，这一锥角可以小到万分之五度左右。在地面上不大的范围内，几乎觉察不到光锥的底面随着距离拉大而扩展；但光锥通过地球到月球这样摇远的路程，射到月球上时，光锥底面还是明显扩展了；大约形成直径 3—4 公里的一个圆，从地球上看去，只有一小点。由于激光的光强度比探照灯光强亿万倍，因此从月球表面上反射回来的光仍然非常强，这就是地球上能收到“回光”的道理。后来，人们在月球上安装了反射器，回光就更强了。

第二件奇事是让激光束钻到人的眼睛里治眼病。眼睛很像照相机，瞳孔和瞳孔后的晶状体是一个光线可以进入的“窗口”。细得像一条线的激光束，正好从这里射入眼内。晶状体像透镜一样，它把激光聚集在眼底上。焦点非常小，只有几十微光，和头发丝直径差不多；因此能量高度集中，温度可达 1000 多度，用它来做精确度很高的眼科手术非常理想。比如，把眼底视网膜上的裂孔封闭起来。这类手术通常需要把眼球从眼眶中摘出来做，病人很痛苦；现在用激光去“焊接”，对准患处之后，医生一按开关，只要千分之一秒就可以把裂孔封闭好。速度之快使病人还不知道手术已经结束。

第三件奇事是离开激光器一两米远的地方放一块 3 毫米厚的钢板，激光束一下子就能在钢板上打出一个小洞来。看到如此惊人的表演，人们一定会问 :激光究竟有多大的能量呢？它打洞时释放的总能量还不及一只 15 瓦的电灯泡 1 秒钟内发出的能量呢。然而，为什么用 15 瓦电灯泡发的光就没有这种能耐呢？这要从激光释放能量的时间十分短促说起，上面讲的打洞激光的能量大约只有 4 焦耳左右。少年读者也许不大熟悉“焦耳”，只知道“瓦”，因为家里的电灯泡、日光灯管都讲瓦数。“瓦”是表示功率的单位，它跟表示能量的单位“焦耳”不是一回事，它们之间的关系可以通过下面这个算式

联系起来：

功率（瓦）×时间（秒）=能量（焦耳）根据这个算式，我们知道一只功率为 40 瓦的电灯泡，点 1 秒钟，它消耗的能量等于 40 焦耳。换句话说，就是 40 焦耳的能量，在一秒钟里释放出来的功率为 40 瓦。写成算式：

$$\text{功率（瓦）} = \frac{\text{能量（焦耳）}}{\text{时间（秒）}}$$

从算式我们可以看到：如果某一个能量值保持不变，释放这些能量的时间越短，则由此发出的瞬时功率就越大。因此，打洞激光的能量虽然只有 4 焦耳，如果它是在 100 亿分之 1 秒内释放出来的话，那么在一瞬间，它的功率是 400 亿瓦，相当于美国 70 年代初发电功率的五分之一左右。由此可见激光的力量有多么强了。

农历月半时的月亮，看起来明亮如镜，但测量一下它的亮度，只及蜡烛光的一半；太阳亮得多，大约比月亮亮 60 万倍。可是和激光一比就差得远了。太阳表面每平方厘米和各个方向发射的功率总计约 7000 瓦，其中包括各种波长的辐射。像激光束截面那么大小的太阳表面，以激光束锥角发射的光功率仅 0.05 瓦。如果把它跟红宝石激光器发的红光相比，那么太阳在红光这一波长上仅发射 0.000001 瓦的功率。而红宝石激光器以脉冲的形式发射的光强度可达 1 亿瓦，真要比太阳亮亿万倍。

我们还没有谈激光的波长一致具有的特殊意义呢；这是科学家继发明红宝石激光器以后，在研究一种新的气体激光器氦氖激光器时，才发现的一个非常重要的特点，利用这一特点，科学家做出了测量长度的标准“尺”——光尺。

长度的标准是怎么定出来呢？

18 世纪末，科学家认为，地球的大小是不变的。1790 年，法国科学界测量了地球的子午线，提出把从赤道经过巴黎到北极的子午线的四千万分之一作为长度标准，直到 1889 年，在第一届国际计量大会上，才正式规定了国际米基准——米原器。那是用高稳定的金属制造的标准尺，存放在巴黎的度量衡局里。

后来，物理学家研究光的本质时，发现光的波长极为稳定，用光的波光作为长度标准，有着无可比拟的优越性，因此，1960 年 10 月，在第十一届国际度量会议上，规定 1 为的基准长度等于 36 氪在真空中所发射的橙色光波长的 1650763.73 倍。当时认为这种光的波长最稳定。

太阳光为什么就不能用来当长度标准呢？因为它发的光不是单一的，包含的光波长从 0.4 微米到 0.77 微米都有，还有肉眼看不到的紫外光和红外光。

作为“标准尺”的光，光波长必须绝对一致，颜色的纯度越高越好。86 氪灯是一种光谱灯，装在仪器中，专门校正光谱仪用。86 氪灯克点像霓虹灯，也是靠放电发光的。它的体积比霓虹灯小得多，长度比家庭里用的 3 瓦经济灯还要短，灯管里面充的是氪的一种同位素 86 氪气体，它发的橙色光是激光问世以前最纯、最稳定的单色光。一般光波在真空中和在玻璃、水、空气一类的介质中传播时，波长有所不同。由于作为长度标准要很准确，所以加上“在真空中”这一条件。

然而 86 氪发的光，强度太弱。这个缺点使科学家感到很不满意，一直想找一种能够取代 86 灯亮得多，而且波长纯度也比 86 氪高 10 万倍以上，激光

确实是一种十分理想的长度标准。1982 年，世界各国科学家共同确定激光作为新的国际长度基准。现在用“ 光尺 ”已经做到测 1 米长度，误差只有一亿分之一米。

激光怎么会具有这些特性呢？因为组成激光的每一成员——科学家把这些成员称为“ 光子 ”，是这一定的相互关系组织起来的。原来，在原子世界内也要“ 团结一致 ”才有力量！然而，这种“ 组织 ”并不能随心所欲。科学家不可能让一个灯泡发出激光，而必须用激光器，并按照科学规律把光子“ 组织 ”起来。激光器也可以说是光子“ 组织者 ”。

六、光子组织者

激光一般由三部分组成：第一是产生激光的物质，称为工作物质；第二是激光谐振腔，由两面光学反射镜构成；第三是能源，或称激发源。

如果把激光比作光子的大合唱，那么，挑选工作物质好比挑选合唱队的队员。合唱队员必须用相同的音调，才能唱出动听的歌曲。而激光工作物质必须能产生大量频率一致的光子，这样，激光的颜色才能纯，光强度才能高。

谐振腔可以比作乐器的共鸣箱，提琴、吉他都少不了共鸣箱；声音通过它的作用，才能变得宏亮动听。光子群若没有激光谐振腔帮助，会像广场上的人流一样，各奔东西，没有定向。有了激光谐振腔，光子在其中来回激荡，方向越来越集中，光子群也不断壮大，最后成为一束强光从谐振腔的一个反射镜中射出来。

为了说明激发源的作用，我们可以用公园假山上的人工瀑布来作比喻。瀑布从几米高的假山石上冲泻下来的水帘形成的。水花飞溅，水声哗哗，好听极了，真像一首有形的美妙“ 乐曲 ”。这首“ 乐曲 ”演奏时，需要一个水泵，不断把水泵到假山上。光子大合唱要唱起来也要一个泵，这就是激发源，激发源发出的光、电或者热，把光子“ 激 ”上“ 山 ”，才可能产生美妙的激光。用光来激发光子的激发源直接称为“ 光泵 ”，这可以和水泵相对应，是一种形象化的说法。

再好的比喻也总有不足之处。为了使少年朋友有一个更为准确的概念，我们再详细谈一谈红宝石激光器。

科学家找光子“ 合唱演员 ”比合唱队指挥挑演员难得多。合唱队挑演员只要请报考者试唱一下，看看外貌，从中物色合格的“ 演员 ”。因为光子实在太小，单个的光子简直难以捉摸。找啊，找啊，总算找到第一种激光物质——红宝石。红宝石是氧化铝和氧化铬组成的晶体，也叫人造宝石，它能吸收蓝光和绿光。自然光是由红、绿、蓝三基色组成的白光。在自然光照明下，红宝石吸收了其中的蓝光和绿光，让红光透过，或反射出来，看起来就是红色的。正是由于它那种像玫瑰花一样的美丽的红色，更兼晶莹透亮，光华闪烁，才获得了“ 红宝石 ”的美称，被人们用来做首饰或装饰品。然而，科学家注意的却是红宝石的原子结构——能量阶梯，或称为能级结构。研究后发现其中铬离子在能量变化中可能发射出暗红色的光子群，这就满足了做激光工作物质的基本条件。

红宝石吸收蓝光和绿光，科学家就用脉冲氙灯产生的蓝绿光来激发它。这种灯用石英管做成，管内充氙气，两端是电极；加上脉动电压后，这种灯能发出能发出脉冲形式的白亮闪光，所以称为脉冲氙灯。它虽然也叫灯，却

不是用来照明的；因为它发的白光中含有大量的蓝绿光，专门让它为红宝石激光器提供激发源，也因此而称为光泵。

用在第一台激光器里的氙灯，灯管做成螺旋形，再把一根磨制成细长圆柱形的红宝石棒放在中心。脉冲氙灯发出的光向四面八方散射，为了有效地利用它的光能，还要把宝石棒和脉冲氙灯一起装到一个内壁反射率很高的容器里，使光能集中到红宝石棒上。

这样的装置只能产生大量单一波长（0.6943 微米）的光子，但还不能形成“有组织”的激光。第一台激光器的发明者梅曼，按汤斯的设想，在红宝石棒的两端磨出两个光学平面，相互平行，而与棒的轴线垂直。平面上还镀上银，一端镀得厚一点，形成一面反射镜；另一面少镀一点，让一小部分光透出来，大部分光反射回去。这样在轴线方向的光可以在两端面之间来回反射，不断发生受激辐射过程，“激”出越来越多的光子，光子群不断壮大，最后有一部分光子从一端平面中发射出去。这两面端反射镜构成了“激光谐振腔”，它把光子组织到一个方向上，越来越集中。而其他方向上发出的光，射到端面经过一两次反射就偏离出红宝石棒，在空间损耗掉了，所以得不到增强，形成不了激光。

这些过程比你读完上面这段文字要快得多，大致上是以光速进行的。一根 10 厘米长的红宝石棒，在十亿分之一秒的时间内，光子可以在其中来回跑三趟。一个光子一下子就可以“激”起一大群光子。这第一个光子好比发令枪发出的信号，其他光子应声而起。激光腔的作用是不让轴线上不断壮大的光子群逃逸出去，把它们在一个方向上“组织”起来。

正因为激光是这样被组织起来的，所以它具有波长一致，能量集中，方向集中等特色。

激光器一般是由三个部分组成的。但是，从第一台红宝石激光器问世以来，随着激光技术的迅速发展，20 多年间，科学家陆续创造了各种形式的激光器。现在的激光器，从外形到结构。已经跟第一代激光器有了相当大的变化。

我们来看看它们的变化吧。

七、庞然大物与小小“芝麻”

继红宝石激光器之后发展的一种钕玻璃激光器，是迄今最大的固体激光器。它的工作物质已由红宝石改成了钕玻璃。

这种大型激光器是为探索可控核聚变，解决人类面临的能源问题而研制的。所谓核聚变，是较轻的原子核聚合成一个较重的原子。这一过程会释放出大量能量。1 克氘聚变成氦时会产生的能量是 1 克煤在燃烧时发出的能量的 1000 万倍。而且氘可以从海水中提炼，简直是用之不尽，取之不竭。再加上这种变化不产生任何污染，可以说是最理想的能源了。但是，要产生这种聚变需要上亿度的高温，热核反应的名称就是从此而来。所以，这种反应只在星体上，比如太阳上发生，或者在氢弹爆炸时发生。它们都是无法控制的，当然也不能直接当作能源。

激光一出现，因为它的能量集中，人们就想到制造巨大的激光器来“点燃”热核反应。

要制造这种大型激光器，现在还非用钕玻璃不可。红宝石之类固体激光

物质是人造晶体，要在高温晶体炉里拉制，不可能做得很大；而钕玻璃是一种搀入稀土元素钕的玻璃，可以和普通玻璃那样熔炼，做成直径二三十厘米，长 1 米的大棒。

钕玻璃看上去呈淡紫色，做成激光器后能产生 1.06 微米的红外光。现在的巨型激光器都用几十厘米直径的圆盘状钕玻璃，两面抛光成发亮的镜面。许多个这样的圆盘串成一串作为大型激光器的工作物质，长度可达几十米。如果一台激光器算一路的话，一个热核反应实验装置就需要由 20 路这种装置组成。还要配上相应的大功率供电设备，整个装置体积庞大，安装调整也要求非常高的精确度，比如，引到大厅尽头反应装置里的每一路激光，到达的时间误差不能超过一千亿分之一秒。为了达到这样高的精度，安装调整都要请电脑帮助。激光系统总输出功率可达 100 万亿瓦（1014 瓦）左右，但它的发光时间仅 0.1 毫微秒（10^{-10} 秒），甚至更短。

我国也已建成输出万亿瓦的钕玻璃激光系统，称为“神光”装置。

和这种巨型激光器相映成趣的是半导体激光器。其中用得最广的是砷化镓激光器。它的结构和一般晶体三极管很相像，里面的芯片的长度和宽度都不到 1 毫米，厚约 0.1 毫米，比一粒芝麻还小。砷化镓这种半导体材料也是一种晶体，劈开的晶面之间相互平行，而且是天然的光学平面，镀上一点银之类的反射材料，正好当“光学谐振腔”用。这种激光器接上电源就能发出激光，在室温下发的光，波长 0.8—0.9 微米。你别看它小，却是现在效率最高的激光器。上面说的那种庞然大物，效率只有 1%左右，而半导体激光器最高效率达 70%一 80%。它的电源设备只有半导体收音机那样大小，重量轻、体积小，便于携带。用这种激光器制成的通信机、测距仪也特别小。曾经有人用它制成一种瞄准器，装在里面的半导体激光器发出一束激光，经过几十米或 100 米左右，射到目标上再反射回来，根据反射回来的光束的强度可以确定是否已经瞄准了。瞄准器如用红宝石激光制造，体积大，至少重几千克；用半导体激光器制造的瞄准器可装在步枪上，也可以装在士兵的头盔内。这种新的瞄准器在近战中很有实用价值。现代化的射击训练场里激光器装在木枪上，接收器装在靶子的红心中央，瞄准得好，靶子中心收到光束变为电信号，发出声响，说明射中靶心。这种设备，也可以在游艺场里代替枪，更能提高游客的兴趣。

现在，科学家正在研究更小的激光器；把激光器制造在薄膜上，就象集成电路中的薄膜电路那样。以后可能会有针尖大小的激光器。

钕玻璃激光器和半导体砷化镓激光器都是把固体作为激光工作物质的。还有一类激光器用各种气体做工作物质，称为气体激光器，它们的品种相当多，在激光器中占有很重要的地位。

八、五采缤纷

提出气体激光器理论的是前苏联科学家，发明气体激光器的则是美国科学家。它的发展极快，在可见区域已经可以产生几千种波长，或者说几千种颜色的光，用“五彩缤纷”来形容它们实在显得太不够了。

这类激光器和大家看到的霓虹广告灯有相近的地方：都有发出各种色彩的光的放电管；用的电源也和霓虹灯电源十分相近，有的甚至可以直接用霓虹灯电源。但是激光放电管的形状不象霓虹广告灯那样千姿百态，几乎都象

日光灯管那样笔直细长。它和霓虹灯的最大差别是：激光放电管两端各贴有一块反射镜，两埠镜面保持平行，这跟红宝石两端的镜面作用一样，也称为光学谐振腔；还有，给霓虹灯灌注什么气体取决于要它发什么颜色的光；而选激光气体时却要看它能产生什么样波长的激光振荡。

气体激光器的激励源就是电源，一般是几千伏到几万伏的高压电源。加上高压电后，放电管内的稀薄气体放电，在放电中，游离电子从电源获得能量，速度加快，然后在相互碰撞中使工作物质中的原子或离子受到激发而产生激光。

如按红、橙、黄，绿、青、蓝、紫的次序来说，首先要提到氦氖激光器。它出现于 1961 年，是目前使用最普遍的一种激光器。

普遍的氦氖激光器的放电管大概和我们常用的 12 瓦日光灯管一样长、40 瓦日光灯管那样粗，从管外望进去看得到里面有一个大的铝阴极筒，管外两端是光学反射镜，管内抽真空后，充入千分之几个大气压的氦氖混合气体。电源接通后，电极之间产生放电，发出含有很多不同波长的自发辐射光，它们合在一起看起来呈鲜红色，和普通霓虹一样，但最终输出的激光却是单一的波长为 0.6326 微米的橘红色光。两种光的颜色很相近，但明亮程度相差很大。

这种小功率激光器是连续工作的，一般用于指向、准直、测量，工作方式和用途与大功率脉冲固体激光器不一样。它的激光功率约 1 毫瓦，手电筒里电珠的发光功率也比它大得多。然而，它的光线集中在不到 1 毫米直径的一条细线内，和同样粗细的一束太阳光相比强得多，肉眼不能正视它发出的光束，否则有瞎眼的危险。所以激光器上贴有警告标志：“ 不可直视！ ”

氦氖激光器有许多品种。最大的“ 大哥 ”长 6 米，输出激光功率 1 瓦，可以把卡片烧个洞，这在连续工作的可见激光中已经很了不起了。最小的‘ 小弟 ”可以放在手掌之中，它发的光也同样比太阳光还亮。

能产生红色激光的气体有 10 多种，如果连暗红色也算进去的话，则有 20 多种。大家熟悉的金子、银子，它们的蒸气也能产生红激光；金蒸气能产生橘红和暗红的激光，银蒸气能产生深红的激光。

金子、银子会产生激光，可以算是一件趣闻。不过，要使它们产生激光，比用稀有气体难一点；放电管是陶瓷做的，用电热丝加热到很高的温度，使管里放着的金粒或银粒蒸发成气体状态。下面提到的金属蒸气激光器都需要这种加热装置，只是不同的金属加热温度不相同罢了。

能产生黄、橙色激光的气体也有 20 多种，人们熟悉的有一氧化碳以及水银、铜、锌的蒸气。比较重要的是氙离子、氪离子产生的黄色激光，都比氦氖产生的红色激光，功率强千百倍。

产生绿色激光的气体激光器也有许多种。鹤立鸡群的是氩离子激光器，它的自发辐射光呈蓝紫光，能产生非常强的绿色激光，光色异常美丽。有趣的是，如果需要的话，还可以叫它发出纯净、洁亮的蓝色激光，比蓝宝石的光彩还要好看。氩离子激光器发射的激光是迄今为止，连续可见光激光器中功率最大的一种，被誉为“ 光子炮 ”。一般常用的氩离子激光器能发几瓦至十几瓦功率的激光，用于大屏幕彩色电视、水下电视和科学研究等方面。

大型的氩离子激光器输出功率达二三百瓦，比氦氖激光器强千万倍，但它消耗的能量非常大，工作电流一般要几十安培，消耗电功率几万瓦。工作时，放电管亮得象电弧那样耀眼。由于整套装置体积太大，使用起来不如氦

氖激光器那样方便。

能发蓝紫色激光的，要算氦镉激光器，它的工作物质是镉蒸气。镉蒸气是一种剧毒的金属蒸气，它产生的激光是波长为 0.4416 微米，混合成比珠光更美的白色激光。

如果需要紫色激光，可用氩、氪、氙气的离子来产生。

有一种用途很广的氢分子脉冲激光器，产生的是紫外激光，波长 0.337 微米。它发光时间非常短，不到一亿分之一秒，要用灵敏度极高的快速示波器和探测器才能测量它的各种特性。这种激光肉眼是看不见的，只能通过间接观察法证明它是否存在，方法是让它照射在一张白纸或一块白布上，白色的表面经它一照射，会发出蓝色的荧光。

氮分子激光可用于高速照相、光化学反应、医疗等方面，还可以作为其他激光器的“ 光泵 ”。氮分子脉冲激光器做起来比较简单，国外把它叫做业余爱好者激光器；只需要一块印刷电路板，几条有机玻璃就可以制造出一架激光器来。它可以用纯氮作为工作物质。没有纯氮，空气也行，因为空气中五分之四是氮气。

九、“ 隐身人 ”和“ 变色龙 ”

另外有两种较为特殊的激光器。一种是二氧化碳激光器，可称“ 隐身人 ”，因为它发出的激光波长为 10.6 微米，“ 身 ”处红外区，肉眼不能觉察，它的工作方式有连续、脉冲两种。连续方式产生的激光功率可达 20 千瓦以上。可用来切割十几毫米厚的硬质合金钢板，割逢不到 1 毫米。脉冲方式产生的波长 10.6 微米激光也是最强大的一种激光。人们已用它来“ 打 ”出原子核中的中子。二氧化碳激光器的出现是激光发展中的重大进展，也是光武器和核聚变研究中的重大成果。最普通的二氧化碳激光器是一支长 1 米左右的放电管。它的一端贴上镀金反射镜片，另一端贴一块能让 10.6 微米红外光通过的锗平面镜片作为红外激光输出镜。一般的玻璃镜片不让这种红外光通过，所以不能做输出镜。放电管放电时发出粉红色的自发辐射光，它产生的激光是看不见的，打在砖上足以把砖头烧到发出耀眼的白光。做实验时，一不小心就会把自己的衣服烧坏，裸露的皮肤碰到了也要烧伤，所以这种激光器上都贴着“ 危险 ”的标记，操作要特别留神。

二氧化碳激光器形式很多。放电管最长的达 200 多米，要占据很大的场地。科学家想出办法，将笔直的放电管弯成来回转折的形状，或是把放电管叠起来安装，将它们的实际长度压缩到 20 米左右；为了使激光器的光路不受振动的影响，整个器件安放在地下室粗大的管道内。后来发明的一种称为横向流动的二氧化碳激光器，长度缩到只有一张大办公桌那样长短，能射出几千瓦功率的激光。这样的激光器已被许多汽车拖拉机厂用来加工大型零件。

输出功率更大的一种二氧化碳激光器结构象大型喷气发动机，开动起来声音响得吓人，它能产生上百万瓦的连续激光，是连续方式发射激光中的最强者。最初的激光打坦克靶实验，用的就是这种激光器。它是科学家把空气动力学和激光科学相结合而制造出来的。

以脉冲方式发射的二氧化碳激光器也有很多种，在科研和工业中用途极广。如果按每一脉冲发生的能量大小作比较，那么，脉冲二氧化碳激光器又是脉冲激光器中的最强者。

这里，我们要回到激光先驱者汤斯曾经研究过的问题上来，谈一谈毫米波和亚毫米波的产生。随着激光技术的发展，许多科学家对这一难题又发起了进攻：采用放电或利用强大的二氧化碳激光作为激励源去激发氟甲烷、氨等气体分子，一步步地把发射出来的激光波长延长，扩展。开始达几十微米，后来达几百微米，也就是亚毫米波了。本世纪 60 年代中期到 70 年代中期，随着微波技术的发展，科学家根据激光的原理和方法产生了毫米波。这样，从光波到微波之间的空白地带便被不断发现的新红外激光填补了。

从研究中，科学家发现毫米波很有实用价值：大气对它的吸收率很小、阻碍它传播的影响也小，可以用它来作为新的大气层通讯工具。

另一种比较特殊、新颖的激光器，可以形象化地称它为“ 变色龙 ”。它不是龙，但确实能变色；只要转动一下激光器上的旋钮，就可以获得红、橙、黄、绿、青、蓝，紫各种颜色的激光。现在它已经是激光器家族中的佼佼者，名字叫染料激光器。

难道染料跟激光器也有关系吗？一点不错。这种激光器的工作物质确实就是染料，如碳花青、若丹明和香豆素等等。科学家至今还没有弄清楚这些染料的分子能级和原子结构，只知道它们与气体工作物质的气体原子、离子结构不一样；气体产生的激光有明确的波长，而染料产生的激光，波长范围较广，或者说有多种色彩。染料激光器的光学谐振腔中装有一个称为光栅的光学元件。通过它可以根据需要选择激光的色彩，就象从收音机里选听不同频率的无线电台广播一样。

染料激光器的激励源是光泵，可以用脉冲氙灯，也可以用氦分子激光器或氩离子激光器发出激光。用一种颜色的激光作光泵，结果能产生其他颜色的激光可以说是染料激光器的特点之一。

这种根据需要可以随时改变产生激光的波长的激光器，主要用于光谱学研究；许多物质会有选择地吸收某些波长的光，产生共振现象。科学家用这些现象分析物质，了解材料结构；还用这些激光器来产生新的激光，研究一些奇异的光学和光谱学现象。

十、少年激光科学家

激光器虽然是崭新的现代发明，激光技术也成为项尖端技术，但它也决不是高不可攀的。

在第一台红宝石激光器出现后一二年，美国德克萨斯州就有一位 15 岁的少年自制了一台红宝石激光器，在中学生科学展览会上获得了第一名。

他是一个优等生，喜欢篮球、足球。在掌握了一部分激光的基础知识后，便想做一台激光器试度。开始，这计划看起来是无法实现的。有人告诉他自制激光器的想法不切实际：就拿激光的核心部分 kk 红宝石晶体来说，价值之高决不是一个中学生负担得起的。但是他并不气馁，而是鼓起勇气，给几家制造红宝石晶体的公司写信，请求帮助。最后，终于有一家公司满足了他的愿望；一支精心包装的红宝石棒寄到他的手里。作为宇航工程师的父亲，不仅在精神上鼓励他工作，并且请了一位搞电子技术的同事给他指导和帮助。这位少年每天做完学校布置的课外作业后，把余下的时间都用于制作激光器。他花了 3 个月时间先装好 4000 伏的高压电源，接着安装激光器主体部分，竟然一次成功。激光器内出一道红色的激光束，能在刀片上打出一个小孔。

需要全本请访问 www.ertongbook.com