学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

少年百科知识文库

奇异的激光世界—下卷：激光的发展

EBOOK
内部资料 非卖品

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

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

“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，也可以用氨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。

少年读者也可以利用课余时间制作一台前面提到的氨分子激光器。制作这样的激光器，只要由学校提供一部分材料，有成年人的指导，少年读者是有可能胜任的。制作一台氮激光器比那位美国少年制作红宝石激光器容易得多。

上海市曾有一群少年在科技人员及老师的指导和帮助下，制造过二氧化碳激光器。他们制成的二氧化碳激光器发射的红外激光也能把砖头烧得发亮。

少年读者能看到自制的激光器发出激光，那是多么令人喜悦的事啊！虽然激光器的制作比较复杂，也远不如半导体收音机有实用价值，能制作激光器的少年科学家也还是不多的。但是，我们可以从他们身上看到科学事业的光明前途，看到了大有希望的未来。

第二章 神通广大的激光

激光技术可以说是 20 世纪中期发展最快的一门科学技术；激光的问世，标志着人类掌握和利用光波进入了一个新阶段。今天，激光技术已经广泛地应用在生产实践、国防建设、科学实验和日常生活等各方面，创造了一个又一个奇迹。激光科学已经越来越成为人们认识自然、改造自然的一种强大有力的武器。正因为这样，人们把激光看做“光之骄子”，同原子能、电子计算机等高新科技一样，被列为当代最重要的科学技术领域。

一、“死光”武器

我国的古典神话小说《封神演义》中，曾描绘一个异人，能口吐白光，顷刻之间使对方人头落地，死于非命。外国也有一个有趣的传说：公元前 3 世纪，阿基米德曾用一面巨大的凹面镜把太阳光聚集起来，反射出去，烧毁了敌人入侵的兵船。上面两种关于用光作为杀人武器的描绘，从现代科学技术角度来看，前一种纯粹属于古人的幻想；后一种好象有点科学根据，其实也是不切实际的空想。将太阳光聚集起来烧水、煮饭。象太阳灶所做的那样，是可以实现的；但要在远距离，用聚集的阳光烧毁兵船，这是做不到的。计算表明，那样的反射镜直径至少要 2—3 公里。那么巨大的一面凹面反射镜，怎样制造？怎样架设？怎么使它转动来瞄准敌人？这样的问题连现代的科学技术也无法解决，就更不要说公元前 3 世纪会出现这样的奇迹了。

激光出现以后，用光作为武器的幻想有希望变为现实了。由于激光的强度比太阳强度大得多，有人就想到利用激光来制造光武器；而且给激光武器起了一个夸张的、可怕的绰号“死光”。从此，“死光”这一名称深深地印在人们的脑海中，以致一谈到激光就想起“死光”。

真有“死光”吗？可以明确地说。现在还没有能把人一照就死的“死光”。通常所说的激光武器还只是利用激光的巨大瞬时能量，在攻击目标上产生高温、高压力，从而摧毁目标的一种光武器，和真正的“死光”不一样。目前，人们预料，真正的“死光”将是γ—射线中的光子，比可见光的光子能量高百万倍，它对人体的穿透力比 X 光强得多。一旦制成γ—射线激光器，它射出一束无形的强大γ—射线激光束，照到人体上，就穿透人体的皮肤、肌肉，直达内脏，破坏肌体，致人死命，而不落痕迹。把γ—射线激光称为“死光”

才算名符其实。然而，γ—射线激光的研究还刚刚开始，发展情况怎样，要等着瞧呢！

还是让我们来谈谈通常所说的激光武器吧。最早的激光武器是激光枪，用的是红宝石激光器。小巧的激光枪外型和步枪差不多，重量约 12 千克。激光枪射出的激光“子弹”能烧伤敌人的眼睛，使敌人的衣服起火，引起恐慌。但是，只要罩一层白布在身上，就可以使激光反射消散，激光枪也就失效了，可见它并不实用，现在已很少有人提起。

接着出现的是激光炮。那是一种庞大的大功率激光器，它射出强大的激光束能准确地击中目标。国外，有人用功率达 1.5 万瓦的二氧化碳激光击落了一架长 4.5 米，时速近 500 公里的遥控靶机；用氟化氘激光摧毁了一枚正在高速飞行的 71A 型反坦克导弹。此外，还有用激光在坦克上打出拳头大一个洞的消息报道。

那么，激光炮是不是可以用来作武器吧？至少目前还不行；上面所说的仅仅是一些光武器试验而已；这些实验无疑是成功的，但还有是否实用的问题。目前的激光炮，激光设备的效率较低，代价高，装置十分庞大，机动性差，在实战中不会比常规武器更有效。一台工业有的输出激光功率 5000 瓦的二氧化碳激光器加上电源等设备大约重 8 吨，即使堆在一起也要占八九个平方米面积。你可以想象一下功率达一两万瓦的激光器该有多重、多大。用作激光炮的气体二氧化碳激光器更庞大，只能放置在山洞里用。怪不得一些对发展光武器持悲观想法的人讥笑这些大家伙说：其实不需要激光，只要把这笨重、庞大的装置砸在坦克上，也足够把它压垮了。

尽管如此，由于现代战争的需要，激光炮的研究还在进行。比较有希望的是不需要电源，利用化学反应激励的氟化氘激光器，它可以制造成体积较小、效率高的激光炮。美国已经把这样的激光炮安装在试验飞机上，做截击空对空导弹的试验。实际上，人们感兴趣的激光武器是反洲际导弹激光武器。

洲际导弹大都带有核弹头，飞行速度每秒 5 公里以上。它的爆炸力强，破坏范围大，不能让它在自己国土上起爆，要在离国土尽可能远的地方拦截它。当敌方导弹发射以后，先要发现它、监视它，并用计算机算出它的轨迹，确定拦截方案，最后才发射反弹道导弹对付它。整个过程需要相当长的时间，其中的关键是发射反弹道导弹，速度要快，否则，敌方导弹已飞到自己的国土上空，再截击它就为时过晚了。光速度每秒达 30 万公里，比导弹快得多，如能用激光作拦截武器，可以赢得时间，从这一点来说，光武器可能是一种理想的反导弹武器。

但是，随着对激光武器的研究逐步深入，科学家认识到要发展这种武器还有不少困难。除了激光设备庞大、笨重以外，主要问题是大气对激光的影响。温度、气压的起落变化会影响光束质量，使光束无法集中；大气对激光的吸收会随激光强度的提高而急剧上升，强光束难以在大气中传播；雨、雪、雾还会挡住激光，使激光射不到远处。因此，这种武器中实战中应用的可能性极小。

于是，科学家设想把激光武器搬到大气层外的太空中去。装在卫星上。避开了大气层的影响，激光有希望成为空间战的武器，在太空中进行反卫星、反导弹的战斗。特别是军事卫星，它要侦察地面的军事活动，必定有光学观察窗，和许多精密的仪器设备，这正好是激光武器可以攻击的弱点。

1975 年 10 月至 11 月间，位于印度洋上空监视前苏联洲际导弹地下发射

井的美国预警卫星，受到前苏联西部地区一种神秘的强光照射，卫星上的红外探测器短时间失灵了，变成了“盲人”。事情发生之后，不少美国人认为前苏联动用了地对空激光武器。美国官方调查后宣称，造成这一事件的原因是前苏联西部地区某一天然气田失火，烈焰腾空，光照霄汉，亮得使美国卫星上的红外线“眼睛”的也看不见了。

这件事情使激光武器专家受到启发：既然天然气失火可以使卫星暂时致“育”，那末比天然气失火发的光强度大得多的激光当然也可以通过卫星探测窗进入卫星，把它的探测器打毁，使它成为永久性的“瞎子”。看来，在未来的空战中，激光将是一种有效的武器。因此，一些军事大国都在进行空间激光武器的试验。他们计划把激光武器装在航天飞船上送到太空中，或以卫星为激光武器基地，在太空中巡游。这种激光武器能攻击它能找到的所有航天器，也能迅速地探测到敌方洲际弹道导弹的活动，并在导弹刚刚飞出大气层外时，就把它摧毁。

激光武器还在研究中，不能实用。但是，能提高作战武器性能的一些专用装置已开始用于实战。

其中，最重要的是激光制导武器。比如，用激光制导的炸弹，可以命中 2 米宽的小桥。用普遍炸弹平均 100 枚才能炸中一次，用激光制导的炸弹一发就中。1976 年在中东发生的战争中，战场上出现过激光制导反坦克导弹。只见火光一闪，一辆坦克就粉身碎骨。有人猜测这恐怕就是“死光”武器，其实，它是激光反坦克导弹在战场上发挥的威力。

激光制导武器的原理并不复杂。投激光制导炸弹时，先由一架飞机从高空对准投弹目标发出激光束，照射到目标物后，立即产生反射波向上反射。在这同时，另一架载着激光炸弹的飞机接踵而来；机身底面弹舱里的激光炸弹头部的感应装置接收到地面目标反射来的光波后，立即向驾驶员发出信号，表明炸弹已收到目标反射光波，已经处于可投掷状态。驾驶员一按投弹电钮，炸弹离开飞机，自动顺着反射光束奔向攻击目标，最后把目标炸毁。整个过程都在刹那之间完成。

还有，激光火炮目标测距仪也已在战场上使用。这种仪器可以快速测出目标距离，帮助炮手掌握射程，提高火炮的命中率，可以称之为火炮的眼睛。火炮有了这样的“眼睛”，就能增加威力。

“死光”虽然还是纸上谈兵的事，但在人们的心目中，却已把它和激光划了等号。1974 年，美国佛罗里达州原定举办一个题为“造福人类激光周”的激光医学展览会，因得不到公众的支持而没有办成。原因之一，就是当时的市民错把激光当成“死光”，认为激光造福人类是骗人。

其实，激光在医学上早已造福人类。把激光称为生命之光，也许略带夸张，但比起“死光”这一雅号来，却是确切多了。

二、生命之光

激光为人类做的第一件好事，就是进入人的眼底去治疗各种眼病。全世界接受激光治疗，治愈了眼病的人已有成千上万。激光可以医治多种难治的眼病，而最拿手的是我们已提到的视网膜凝结术，还有虹膜穿孔术。所以，激光眼科治疗机，也称激光视网膜凝结器。

人眼的视网膜，是感受外来光线的神经组织，它紧贴在眼底上。视网膜

发生病变，出现裂孔，眼球内的玻璃体会通过这个孔进入视网膜下，使视网膜渐渐剥离下来，病人的视力渐渐减退，直到丧失视力。在发病的早期把裂孔封闭，就有可能使视网膜的损伤得到治疗，恢复正常。没有激光，这种手术是很难做的。

早期的视网膜凝结器采用能焊接金属的红宝石激光器。当然要控制激光脉冲的能量，太大反而损伤视网膜，太小又起不了作用。激光能量适中，光束射入眼内，聚焦在裂孔上，使裂孔周围的蛋白质变成凝胶状态，就能把裂孔封闭起来，达到治疗目的。

虹膜穿孔术，就是用激光在虹膜上穿一个小孔，可以减低眼压，治疗闭角型青光眼。青光眼也是一种可能造成病人失明的眼病。用红宝石激光做虹膜穿孔术时，会引起虹膜出血。后来改用氩离子激光发射的蓝绿光来做穿孔术，因为微细血管吸收强的蓝绿光后也会凝结，用蓝绿光做穿孔术，可以防止虹膜出血。现在氩离子激光眼科治疗机已成批生产，成为一种常用的眼科医疗设备。

利用激光能量高度集中的特点，把它作为外科手术上用的手术“刀”，有它的独到之处。常用的二氧化碳激光“刀”，刀刃就是激光束聚集起来的焦点，焦点可以小到 0.1 毫米，焦点上的功率密度达到每平方厘米 10 万瓦。这样的光“刀”所到之处，不管是皮肤、肌肉，还是骨头，都会迎刃而解。

激光“刀”的突出优点之一是十分轻快。用它来动手术时没有丝毫的机械撞击；用功率为 50 瓦的激光“刀”，切开皮肤的速度为每秒钟 10 厘米左右，切缝深度约 1 毫米，和普遍手术刀差不多。用激光“刀”来切开骨头，几乎和切皮肤一样“快”，这就比普通手术刀优越多了。一般，切骨手术要使用锯子和凿子，甚至用郎头敲，比如打开一小块头骨就要用一个小时，医生费力，病人受苦。使用激光“刀”，就可以大大减轻医生的劳动强度，并减轻病人的痛苦。

激光“刀”的另一个突出优点是激光对生物组织有热凝固效应，因此它可以封闭切开的小血管，减少出血。医生在激光“刀”的帮助下，向手术禁区发动了进攻，攻克了一个个顽固堡垒。比如血管瘤，一动刀就会血，往往危及生命，是碰不得的地方；医术再高明的医生也爱莫能助。自从有了防止出血的激光手术“刀”，医生就大胆地闯入这一禁地了。用激光“刀”为病人治疗口腔血管瘤，手术成功率高达 98%。医务工作者还用激光“刀”，成功地对血管十分丰富的肝脏禁区进行了手术。

科学家发现激光封闭血管作用的大小与激光的波长有关。钇铝石榴石激光器输出激光波长 1.06 微米，凝血效果好；而用输出激光波长为 10.6 微米的二氧化碳激光器，效果就不太理想。氩离子激光器发射的蓝绿激光，凝血效果比 1.06 微米的激光还要好。但是，氩离子激光的功率不如钇铝石榴石激光；所以，深入出血禁区的手术，一般都用波长 1.06 激光。

那么，激光“刀”是什么样的呢？尽管它的“刀刃”只是直径为 0.1 毫米的一个小圆点，这把“刀”的刀体却相当大。二氧化碳激光“刀”一般来说，高近 2 米，长近 2 米，宽不到 1 米。钇铝石榴石激光“刀”要小一点，但也没有一点刀的样子。其实，它的主体是一台激光器，包括电源和控制台。激光器是固定的，要使激光束能按医生的意图传到病人身上做手术的部位，还须配置一套叫光转弯的导光系统。

导光系统是激光“刀”的重要部分，它必须轻巧、灵活，让医生得心应

手。二氧化碳激光“刀”，一般用导光关节臂。它由好几节金属管子组成，节与节之间成直角，可以转动，有一点像关节，光学反射镜就装在关节的地方，激光束通过反射镜转弯。钇铝石榴石激光“刀”和氩离子激光“刀”除了用导光关节臂导光以外，还可以光导纤维导光。光导纤维是很细的玻璃丝或石丝，外面包上塑料套，再包上金属软管，比较柔软，可以自由弯曲。光在光导纤维中传导和电在电线里传导相似。用光导纤维就比导光关节臂灵活、轻巧得多了。

现在，凡是用手术刀做的手术，都能用激光“刀”来做。医生可以根据对于手术的要求选择一种更合适的。相反，激光“刀”可以做一般手术无法做了手术。有了光导纤维以后，激光就可以钻到到人的肚子里为人治病，这是手术刀甘拜下风的地方。医生把它和胃镜配合起来，送进病人胃里，如发现胃溃疡出血，只要一开激光，立即能使出血点凝固止血，不用开膛破肚，就可以治好病。除了治疗胃溃疡外，激光还可以进入食道、气管、腹腔，做多种手术。1982 年，美国加州大学的一位科学家宣布了使用激光的一种新技术：用激光来清除堵塞动脉的胆固醇脂脑沉淀物。激光就是通过极细的光学纤维，进入血管的。

激光不和中国古老的针炙治疗结合起来，产生了激光针。这种激光针当然不能用激光“刀”那样强的激光，否则就不是“扎针”，而是打洞了。光针用的是小功率的氦氖激光器。它发出的红光通过一根细长的光纤照到病人的穴位上，通过皮肤，透入穴位，没有一点针刺的痛感，所以，怕打针的小朋友特别欢迎。光针治疗无痛、无菌，也无晕针现象。对某些疾病来说，它跟银针具有相同的治疗作用。扎光针对软组织炎症、失眠、小孩遗尿等疾病疗效相当高，还可治疗原发性高血压、支气管炎、哮喘等疾病。

激光在医学上的应用崭露头角，创造了不少奇迹，显示了它强大的生命力。但是，人们对激光医学寄于最大希望是用激光这种新式“武器”来对付人类的大敌——癌症。

用激光“刀”做恶性肿瘤的切除手术，不仅可以做到边切开、边止血、边消毒；而且可以使癌细胞受到激光的高强度照射后，立即凝固、坏死，并化为青烟，即所谓肿瘤气化。

这样，可以大大地减少癌细胞扩散转移的机会。用激光“刀”治癌的研究正在积极开展，也取得一些临床试验结果。但是，激光“刀”防止癌细胞扩散的效果还不够理想，对治癌的疗效还需要长期观察。

近年来，科学家和医生通力合作，又发展了一种治疗癌症的新技术，称为光敏技术。所谓光敏，就是给人体某一部分发生病变的机体注射一些特殊的化学物质，使病变部分对光照敏感。经过光敏处理以后，再用光照使病变部分产生水、肿、坏死，达到治疗目的。

这种特别的治病方法是偶然发现的：1903 年，有两位外国医生给一位患皮肤癌的病人治疗。由于确实没有什么对症的药，而又为了从精神上安慰病人，便在患处涂一些叫伊红的染料，帮助消炎。几天以后，病人又来看病医生意外地发现癌肿有所缩小。经了解，病人没有用过其他药物，生活上也一切照常，只是每天晒晒太阳。医生研究了这些情况后，认为是伊红染料和阳光的作用，于是再进一步试验，发现了光敏现象。但是，用光敏技术治癌的进展不大。原因是当时选用的光敏物质不能令人满意，也没有理想的光源。

1960 年，美国的利普逊研究成功一种称为 HPD 的光敏物质，光敏技术才

发展起来。这种物质和癌细胞格外亲近，碰到一起就抱成一团。把它注射到人体内，两三天后，正常组织中的 HPD 排泄出去了，而癌肿组织内还大量存在，用短波长的光一照，能发出荧光。这就为医生检查病人是否患癌症提供了有力的诊断工具。更进一步，用橘红光照射含有 HPD 的癌肿组织，HPD 发生化学反应，产生单原子氧，能使癌细胞组织坏死；而人体其他部分下沉的细胞组织中 HPD 已排出，不会受到破坏。

其他治疗方法，象放射治疗、化学药物治疗，都会把正常细胞和癌细胞一起杀死，敌我不分；而光敏技术却是有选择性地杀死癌细胞，这正是治癌的主攻方向之一。

从 1979 年开始，光敏技术治癌采用激光光源。因为激光的波长单纯、功率大，疗效大大提高。蓝紫色激光能使 HPD 产生荧光，用来诊断癌症；橘红色的激光能使 HPD 产生化学反应，用它来照射病变部位，可以达到治癌的目的。科学家还想利用可以分别调出蓝紫色激光和橘红色激光的可调染料激光器，把诊断和治疗结合在一起。

三、新型“千里眼”

无线电技术的发展使“千里眼”、“顺风耳”由幻想变为现实。这里的“千里眼”是指我们已提到过的二次大战中发展的雷达。雷达发出脉冲电波，遇到敌机就会反射回来再为雷达接收器所接收，在雷达荧光屏上显出一个亮点。根据这一亮点可以算出敌机的方位、距离、高度。有经验的观察人员可从亮点显示的情况大致判断目标是什么东西。用这种方法能够发现几十公里至几千公里以外的飞机，当然可称“千里眼”了。然而仔细想来，从无线电雷达“看”一架飞机，或者一艘战舰，无非只是荧光屏上一个亮点，不是训练有素的人员简直莫名其妙。因此雷达探测距离确实可达千里之遥，要说是“眼”只能算艺术夸张了。

出现了激光以后，货真价实的“千里眼”才有希望实现。因为激光的波长短，方向集中，从原理上讲完全可以制造出成像雷达来。那时，从荧光屏看到的将是目标的实际形象，而不是一个亮点。当然要把这种成像雷达造出来还有许多技术难题要解决，所以现在还没有这样的千里眼。

可能有人会问：电视机能不能算千里眼呢？一般来说电视机能让你看到千里外的文艺节目演出、球赛实况等，也可以算千里眼了。其实，电视播送设备的“眼睛”是电视摄像管把摄到的图像变为电波在空中传播，然后才能在电视机上显示出来，如果两地距离超过几十公里还必须用微波中间站传送系统。严格来说，并不能算是千里眼的。

千里“眼”成像雷达虽然一时还做不到，但比它略逊一筹的激光雷达已经造出来了。它和微波雷达相比有不少优点：虽然两者都可来测距、测角，但激光雷达的光，波长短，光束细，精度比微波雷达高 10 倍以上。激光雷达从 1500 米的高空探测地面，光束直径仅 10 几厘米，可以分辨得出地形的高低变化，这也是微波雷达所做不到的。其次，激光雷达比微波雷达轻巧得多。为了在一定距离上保持同样的波束大小，激光雷达只须用直径为几厘米的透镜，而微波雷达要用直径 60 米以上的天线。远程微波雷达的天线，直径更大，一般要固定安装在雷达站里。而整个激光雷达用卡车就可以装运，甚至几个人就可以抬着走了。再有，激光雷达可以测量目标的速度等参量，这是一般

雷达所做不到的。激光雷达还有良好的抗干扰性能，不受地面电波的干扰，这是军事上很受重视的一个特性。

激光雷达在发展中还有一些问题要解决，如大气影响激光的传输和因光束太细而带来的搜索目标的困难等。现在常把两种雷达结合起来：用微波雷达作范围较大的搜索，搜索到目标以后，再用激光雷达在小范围内跟踪目标，并精确测定目标的座标及运动速度。

激光雷达是一专多能的。除了军事上用的雷达以外，还有非军用的雷达，它们不一定都称为雷达。有一种叫做测距仪的激光雷达测量月球地球之间的距离，绝对误差小于 15 厘米，相对误差小于 4×10^{-10}。若是以这样高的精确度测 1 米长的物体，误差还不到 4 个氢原子大小。氢原子的直径约 10^{-10} 米，或者说一万分之一微米。精密测量地球和月球之间的距离及其变化对科学研究十分重要。人们可以通过这样的测量，了解地球和月球的形状及表面地形，从而测算地球上各处重力变化；另外，测量地球某一固定点到月球之间距离的变化可以算出大陆漂移的具体数据，还可以根据月—地距离的变化，了解月球引力和地球上潮汐变化的关系。此外，激光测距仪还能测定人造卫星的位置和人造卫星的轨道。

激光雷达在宇宙航行中十分有用。宇宙空间没有空气，激光束不会受影响；装在航天器中的雷达要求体积小，重量轻，耗能少，这正好是激光雷达的特长。已经制成能够追踪宇宙飞船的激光雷达，因为它的精度高，可以使在轨道上飞行的两个太空飞行器准确地对接合拢。

1971 年，美国发射的阿波罗登月球飞船，载了一辆可在月球上行驶的“月球漫游者”车，车上装着一种能直接控制电视摄像机的激光雷达，用来跟踪宇宙航行员，把宇航员的“漫游”情况由电视摄像机摄下后，通过无线电发射设备，将信号送回地面。这种雷达很小，重量只有几千克。

由于激光雷达光束的分辨率高，不但能识别高楼、大山等庞然大物，而且能发现电线杆、烟囱、电线等细小目标。所以军事上，用激光雷达做成避撞器，装在低空飞行的歼击机和直升飞机上，可以防止发生飞行碰撞事故。

有的激光对大气成分的变化非常敏感，科学家利用这个特点，发明了探测大气污染的测污雷达。

人类进行生产活动产生的各种有毒有害物质，如果不加治理，任意向外界排放的话，危害无穷。比如，一氧化碳在大气中的含量只要超过十万分之一，对人就有致命的危险。有些害物质会影响农作物的生长，象乙烯，在大气中的含量超过千万分之一，就会使大片庄稼结不出果实。为了能及时测得这些含量极少的污染物，需要灵敏度特别高的监测仪器。

不同的污染物，因为分子结构不一样，能吸收不同波长的激光。最新的激光测污雷达使用可调波长激光器，灵敏度高、分析速度快，改变激光的波长，测定吸收量，可以分辨不同污染物的成分和含量。更方便的是汽车运载的测污雷达，环保工作人员带了它可以探测车辆行驶路线周围几公里之内的大气污染。

四、光学“顺风耳”

谈到千里眼，就会想起顺风耳。顺风耳也是传说中的神物，用它可以听到远方敌人营帐里的各种声音。所以人们便把无线电通讯称为顺风耳。

激光一出现就与通讯结下不解之缘。

第一台气体激光器——氦氖激光器是美国贝尔电话实验室研制成的。电话实验室是研究电话的，怎么也研究激光器呢？因为，那儿的科学家预见到激光有可能成为最先进的通讯工具。

古代的通讯方式主要靠传口信或写作，由专人步行或骑马递送，速度很慢。要快，就用火光来传消息。我国早在周代，镇守边关的守军就已经用燃点烽火的办法向都城报告外敌入侵的消息，可算是最早的光通讯了。西欧至19 世纪前半叶出现过讯标机发报法。如从巴黎到土伦，沿途 680 公里，每隔一段便在高地上建造一座传送塔，共计 120 座。发送员摆动长杆代表特定讯号，接收员用望远镜看。传送一个讯号，经过 120 站，约需 1 分钟。这也是一种光通讯，比烽火进步多了，但仍有很大的局限性。电报、电话发明以后，千里之外通话就象近在咫尺。电波从上海到北京只需二百分之一秒钟，比火车、飞机快得多。现在，原始形式的光通讯被淘汰了，只在一些特殊场合才使用，两地之间的通讯都使用电话、电报和传真电视。

电话、电报发明到现在 100 多年来，通讯经历了巨大的变化。从有线到无线，从长波到微波，从地面到空间，从传声到传形等等。而现代工农业、军事技术和科学研究的飞速发展，对通讯的要求越来越高，突出的矛盾是目前的通讯线路容量大大不够。

所谓线路容量就是一条通讯线路能同时通话的路数。通讯所用的电波频率越高，容量越大。打一个比喻：如果一层住 60 户，两层就住了 120 户，盖 20 层就可以住 1200 户，这可住的户数就是容量。显然，房子造得越高，容量也越大。

我们日常使用的市内电话，一条线路上只能同时有一对用户通话；后来出现了利用高频载波的多路通信技术，一条传输线路上同时通话的数量可以多到成千上万路。从绝对数字来看，已经不算少了；但如果从发展眼光看，还是远远不够的。随着社会物质文明的进步，人们相互间的通讯需求，必然日趋增多；而且，现在人们已经不满足听声音，更希望能在电视屏幕上见面。这就要求通讯传输线路的容量比现在的多上几万乃至几十万倍。不过，要增加线路的容量非要从更高频率的频段中发展不可。目前看来，适合于通讯的更高频段要数光频了，它比微波高万倍以上。理论上算起来一条光路可通电话几十亿路，电视几十万路。所以人们又想到了光通讯。

普通光源发出来的光，频率很杂，不能用来作大容量通讯；只有频率极纯的激光才能担当这一重任。

激光出现的第二年，科学家就用它在大气中做光通讯的试验。结果并不理想，因为激光受风、雨、雾、雪等气候条件的影响，看来只能作短距离通讯之用，但是，却发现它具有两大突出的优点：保密性好、不受外界杂电波的干扰。

国外有一种名叫“激光通”的最新通讯设备。它的信息传递方式是十分神奇的：漆黑的夜晚，一架飞机在空中寻找目标。当它飞近一座圆顶建筑物时，突然从圆顶上射出一束红外激光，直指夜空；飞机立刻过去，机身一接触到激光，它立即向下发出一束绿色激光。上下两束激光相遇重合后，整条光束收缩一条极细的光线。飞机和建筑物之间就通过这条激光线传送信息。传送速度之快是惊人的，它可以在 1 秒钟之内传送大致相当于一部大英百科全书的信息容量。要知道一部最新版的 16 开精装大英百科全书共 30 册，约

4200 多万字，堆在桌上足有 1 米多高呢！

更有前途的是半导体激光光学纤维通讯，也称光纤通讯。激光在光纤中传播可以避免受大气影响。和通讯电缆相比，光纤细、轻，价格低而效率高；加上半导体激光器体积小，耗电省，很适于通讯用。现在还在研究把激光器和通讯系统象集成电路那样制作在一小片光学玻璃上，成为集成光路。这一项研究成功后，未来的通讯设备就更小巧实用了。

目前，1983 年，美国电话电报公司为美国的商业系统安装了 2.4 万公里的光缆。正在用光缆铺设两条超级通讯线路，把东海岸和西海岸的城市连系在一起。在我国上海市，已有一个光纤通讯试验段接入市内电话网使用了 3 年多。这条光缆埋设在地下管道中，全长 1.8 公里，通话容量为 120 路。

最有趣的要算日本大阪附近筹建的世界上第一座光纤化通讯实验“城市”。“城市”中只用 3 条干线光缆和 14 条配线光缆，就把全“市”300 户用户和现代文明联系起来了。这里“通讯”的涵义是现代化的，内容十分广泛。

“市民”通过家里的电视机荧光屏，可以读书、看报，了解天气好坏，查飞机、火车时刻表，还可以查阅科技文献。“市民”可以通过荧光屏和商店营业员对话，从屏上一一出现的商品中选择自己想要的告诉营业员，请商店把货物送上门来。“市民”还可以随意点播电视节目；到约定的时间，点播好的节目就会自动出现在电视机荧光屏上。“市民”们各家看各家的节目，甚至一家人各看各的节目，互不相扰。

这一“城市”里的电视教学也是新型的：不仅老师和学生能看到对方的动作和表情，听到对方的声音，而且学生之间也能相互交流。学生虽在家里听课，但与在学校里读书并无两样。

总之，在这座“城市”里，几乎一切生活事务都可以通过配有计算机的光纤通讯系统解决。

已经谈了很多关于激光顺风耳的事，现在我们该回答“谁是这辛勤的搬运工”了。这一问题是本书一开头就提出来的。回答当然是激光。但是，为什么把激光称为“搬运工”呢？它怎样把消息从一地传到另一地呢？

光通讯和电波通讯的道理是相似的。无线电广播中，人的声音通过话筒变为相应变化的电信号，频率约为 100 赫兹到 8000 赫兹，称为声频信号。电波的频率比人耳听得见的声音频率要高得多。比如某一电台的广播频率是 792 千周，即 79200 赫兹。这么高的频率，又是不加声频信号的等幅电波，人是无法感觉到的。我们通过一种调制电路，使 792000 赫兹电波的波动幅度随着声频信号的变化而变化。声频信号本身在空中传不远，而高频率的电波从电台发出后可以传得很远电波“运载”着声频信号传出去，并通过喇叭变为声音，放大后，传到你的耳朵里。所以，电波确实是“搬运工”，技术上称为“载波”。载波可以用中波、长波或短波以不同频率在空中传播。

同一时间里，要播送两套节目，一套音乐，另一套是新闻，就要用两种不同频率的载波。比如上海人民广播电台用 792 千周、990 千周和 1197 千周等 6 个频率播送 6 种节目。如果这些节目合在一起用同一频率播音，那么，6 种不同的声音便夹杂在一起，彼此干扰，谁也听不清。即使是频率不同的载波，如果用的频率相差太小，相互串音，也还是听不清。根据理论计算和实际经验，邻近的两种载波，它们的频率于至少要相差 20 千周，才能同时在空中传播不同的节目而互不干扰。问题是即使按每隔 20 千周设一个广播电台，

整个中波波段从 540 千周到 1650 千周这个频率范围内也只能设 56 个广播电台。这个数量，对现代化的广播事业来说是太少了，对现代化通讯就更显得不够。因此科学家发展了短波波段。短波的频率从几兆周到十几兆周，范围比中波段要宽广得多，可以容纳较多的电台，用于通讯可以达到几千路。

在激光通讯中，先把音频信号载到不同的频率的电波上，再把“携带”有音频信号的电波经过一种叫电光调制器的元件，载到光波上。光波传送出去，被接收后，人们象从卡车上卸货一样，先把电波“卸下”、分开，再从各个载波电波上把声音信号取出来，复原为声音。因为光的频率高，频段广阔，可以容纳亿万条互不干扰的通讯“道路”。

五、会放电视的唱片

我国伟大的诗人白居易，曾描写过一个歌女弹奏的琵琶曲。诗中用“大珠小珠落玉盘”、“间关莺语花底滑，幽咽泉流水下滩”等佳句形容琵琶乐声，令人拍手叫绝。但是，文字描写得再好，也只能让你想象乐曲有多优美；假如当时能把这首琵琶曲录制下来，你能亲耳听到，那种感受就要真切得多。当然。那时候的人也许想都不敢想，怎么可能把瞬息即逝的声音留下来呢？

1877 年，留声机出现了，这是伟大的发明家爱迪生的一项杰作。爱迪生发明的机器，经过不断的改进，才成为今天的电唱机。

电唱机的主要部分是由马达带动作匀速旋转的唱片和拾音、放音器。放音的时候，要用拾音器把存在唱片中的声音取出来。唱片上的纹道很粗，肉眼也能看清楚，一张唱片上记录的信息比较少。

人们对文化生活的要求是越来越高的，有了收音机还不满足，想把自己喜爱的节目保留下来，随时可以听，所以使电唱机、录音机得到了发展。同样，人们有了电视机也不满足，还想把自己喜爱的节目，或者某些“镜头”保留下来，随时可以观看，这就使录像技术得到了发展。

随着激光技术的发展，科学家研究出一种特殊的录像技术，把图像和声音记录在一种特殊的唱片里。把唱片放在专用的放像机里，就可以在配套的电视机屏幕上看到彩色的画面，同时伴有立体声的音响。声音之悦耳、图像之逼真，胜过一般彩色电视机播放的节目。用这种放像机最大的好处是可以随自己的爱好，选择不同内容的唱片，看得高兴，可以一遍又一遍地反复看，不像收看电视台播放的节目那样，受时间、地点的限制。

这种特殊的唱片叫电视唱片。由于录放都要靠激光来帮忙，又叫激光电视唱片，方向集中，可以在很硬的材料上打出小孔，这种孔只有人体内红血球的几分之一那么大，肉眼看都看不到，电视唱片的录制技术就利用了激光这种特性。

少年读者会问：打孔和记录图像有什么关系？

仔细看看报纸上印的新闻照片，可以发现它们是由无数个深浅不同的黑色小点组成的，一幅图像约含几十万个像点。为了使图像动起来，每秒钟要变 20 几幅，再加色彩、声音，需要记录千千万万个信号。所以，唱片上的纹道只有 0.4 微米宽，纹道之间间隔只有 1.7 微米，大约是头发丝的四十分之一。每纹道上还要打成许多长短不等的凹痕，要观察它还必须借助显微镜。这样细致的刻痕，只有靠激光来帮忙才行。

录制电视唱片，要用功率大的蓝绿激光，把光束聚集成不到 1 微米的小

点，唱针是无法做到这样细微的。刻制的过程和录制声唱片相似，在唱盘母版上，按各种声音、图像信号的要求，打出一圈一圈刻痕，每段刻痕长短不一，大致在 1 微米左右，唱盘母版是一张玻璃圆板，上面镀了一层金属薄膜，厚度约 0.16 微米。所用的金属要选能吸收激光，又易熔化的材料，一般是碲。因为刻痕太细微，玻璃圆板要做得十分光洁，上面的膜层要十分均匀，制作母版是件很细致的工作。

母版录刻以后，就可以象做声唱片一样，用压制的方法大量复制。这种复制也要用非常精细的工艺、技术。先翻印出一块有一定硬度的金属版来，这是一块刻痕凸出的凸板。再用流动性及致密性好的塑料，加热后压在这块凸板上，制成与母版一样的电视唱片。母版和唱片的制作必须在超净化、无尘埃的工作室中进行，因为即使有一粒灰尘掉在唱片上也会影响唱片的质量。实际制作要比这里描述的复杂得多要用自动化的设备来进行。制成的电视唱片上，肉眼根本看不到什么纹道和刻痕，透过它表面涂敷的薄薄一层塑料保护膜，看到的是宝石般的光芒，绚丽异常。

声唱片放送时，靠唱针沿着纹道“读”出来，“读”出的信号送入放音器变为声音。电视唱片上的纹道和刻痕又细又小，象唱针尖这样的面积上就有千百个刻痕；显然，用唱针是无法“读”出的，必须用激光来帮忙。激光能聚集成一个小于 1 微米的小点，把它聚在电视唱片的表面上，焦点处在完好的金属膜上或处在刻痕上，反射光大不一样。随着唱片的转动，反射光逐点变化，这种光强度的变化经过一个光电二极管，就变为电信号，再送到彩色电视机里，形成彩色电视图像在屏幕上映现出来。

在唱片录制和放送时，有一个重要的技术问题：唱片要转得十分平稳，光点不能串行，要始终聚集在唱片面上。由于唱片上点与点之间的距离，道与道之间的距离都是微米级的，激光焦点又不能差分毫，上述要求几乎象骆驼穿针眼一样难。比如唱盘的转动，每秒钟 25 转至 30 转，每一转之间的误差应小于百万分之一秒，跟踪道纹的精度要达到 0.15 微米。这样的要求，只有借助于一套光电跟踪自动控制系统才能达到。

小小一张电视唱片集中了许多现代技术的新成就。人们花了许多力气去研究它、发展它，使它具有很多特点。

一张直径 30 厘米的电视唱片，可以播放一小时的电视节目，而且可以做出许多特技镜头：看！一只毛茸茸的小鸡，慢慢地从蛋壳中钻出来；可是，只要按一个按钮，就能使这个镜头倒过来——小鸡慢慢地退到蛋壳里，蛋壳复原成完整的鸡蛋。一只乌龟在缓缓地爬，看得人都觉得累，按一下另一个按钮，它就奔起来了，速度比兔子还快。一枚火箭从发射架飞速地冲向蓝天，快得你来不及眨眼，再按一个按钮，它就能慢慢地飞行，让你看清每一个动作

激光电视唱片已经以录像片、卡拉 OK 等方式进入娱乐圈，它还有一些港台式的新名字，称为“镭射唱碟”，“镭射影碟”，“镭射影碟卡拉 OK”等等。其实，就是我们所说的激光电视唱片和激光放像机之类。

其中，“镭射唱碟”已进入寻常家庭，成为现代音响不可缺少的部分。荷兰飞利浦公司和日本索尼公司可以说是最著名的激光唱机、激光唱片生产厂家。由于可以采用数字编码技术，录制密度非常高。所以激光唱片具有优异的电声指标——动态范围大、噪声小、频响宽、高保真等，这是普通唱片和录音磁带所不可比拟的。一张直径 12 厘米的唱片，厚度为 1.2 毫米，重只

有 15 克左右，可以放送 1 小时优美的立体声音乐，供你尽情欣赏。

这样看来，电视唱片只是供人玩玩的娱乐品了。不完全是这样。现在，高密度信息存贮成为一门非常重要的技术，电视唱片的用武之地大得很哩！

电视唱片既然可以录进电视图像，自然也可以录进图片和文字资料，而且是大量的资料。一张电视唱片中可以存进 5 万页资料，相当于 1200 册《儿童时代》，它能贮存多少知识内容可想而知；因此，激光电视唱片真可称之为知识银行了。你要到这“知识银行”取知识比到银行取钱还方便。放像机上装上编号、倒转、快转、慢转等控制系统，放进一张存有大量图书资料内容的电视唱片（这些图书堆起来有 2—3 米高），你要找出其中某一页、某一行，只要按动一两个按钮，录像机就能在 1 分钟之内把它“找’咄来，显示在电视机屏幕上。这样的技术发展起来是很有用的。比如用电视唱片贮存汉字，配上电子计算机，它可以成为一部活字典；也可以用这样的装置控制排字机，代替排字工人，使排字自动化。还有，在非常小的唱片上贮存绝密文件、珍贵资料和市场信息等等，不论储藏保管还是传递交换都极为方便。

激光电视唱片记录密度高，放送时无磨损问题，寿命长，而且变化自如。但是，激光电视唱片也还有一些弱点，影响了它的广泛应用，需加以改进。

从娱乐角度讲，电视唱片和声唱片一样，家庭无法录制，电唱机难以和录音机竞争，激光电视唱片暂时也还竞争不过能录能放的磁带录像机。

从技术角度讲，激光电视唱片记录图像和声音是永久性的，不能象录像磁带那样把已记录下来的内容擦掉重录，从而限制了它的应用范围。要弥补这个不足，关键是找一种可录可擦的唱片材料。

八十年代后期，科学家经过努力找到了几种材料。其中，磁光式光盘是目前用得最多，已形成商品，也是最先进的一种。它把现有的磁记录技术和激光技术结合起来用于读、写、擦除和重写数据或其他信息。

普通磁记录用外加磁场来逐点记录、消除盘片上的磁性。磁光式光盘用激光束逐点加热改变磁性来记录、也用激光束加热来消除记录。普通磁记录用探头测磁性来读出，磁光式光盘用激光束来读，不同磁性对光产生不同影响，检测反射光就可以读出信号。

这种磁光式光盘可擦可写，容量大、体积小，保存期长、性能可靠，已做成计算机硬盘在市场上销售。它的存储信息的容量比普通磁盘约高 100 倍。可以用作庞大的数据库。

这类光盘出现不久，还有待进一步提高性能，因此还不能完全取代硬盘产品。

至于娱乐用的电视唱片，由于它的刻录技术相当复杂，即使有可以重新录制的光盘材料，也无法在家里重录。

六、撕不碎的“照片”

有一种特殊的“照片”，看上去象一张照相底片，上面灰蒙蒙的一片，并没有图像。但是把它对准一束红色的激光，调好角度再看时，奇迹出现了；映现在你眼前的竟是一匹英骏的小马，闪着瓷器特有的亮光。但是，你又发现小马后面还隐隐约约有一点东西。这时，你不妨略微移动自己的眼睛或者把这张“照片”转动一下，立刻可以看到小马后面有一只玻璃小鸭子，亮晶晶的十分可爱。

这种特殊的“照片”，就是全息照片。全息照片中的物体形象立体感强、有棱有角，仿佛实物就在你的眼前，这是它的第一个特点。

关于全息照片，还有一个小故事呢！有一次，一伙强徒看中了一家珠宝商店玻璃柜台里陈列着的珠宝，当这伙强徒破门而入，打破柜台玻璃，用手去拿时，发现那些看起来光华闪烁、镶嵌精美的珠宝首饰竟然只是一些薄玻璃片，原来它们不过是一些全息照片而已。

激光全息照片的立体感和我们看到的普通立体照片、立体电影并不一样。普通立体照片实际上只是人的左眼与右眼观察到的不同物像重合在一起，并不能产生真正的立体感觉。比如，我们坐在火车里看远处的树、山，动得很慢，铁路旁的电线杆动得很快，这是一种起初的立体感。你看全息照片时，摆动脑袋也得到同样的效果，但看普通立体照片就不会有这种感觉了。

全息照片的第二个特点是可以记录大量信息。一张全息照片包含的信息，超过 1000 张从不同角度、不同距离拍摄的普通照片。一张面积为 400 平方厘米的全息照片包含的信息内容大约为一幅 500 行扫描的电视图像的 36 万倍。而且，利用全息照片的摄制和观察都与激光束射入的角度有关这一特性，可以在一张底片上重叠录下多至几百幅全息图像。这样，全息照片能记录的信息就更大了，因此可以用来作为贮存信息的元件。科学家认为这种元件和人脑有相似的地方，即使结构不一样，功能却有相同之处，将来也许可以用全息的原理去制造人工脑呢！

全息照片的另一个特点是撕不碎。用全息照片作记录时，物体上每一点发出的光波都记在整个底片上，或者说底片上每一部分都记有整个物体发出的光波。因而即使把这种“照片”撕去二分之一、四分之三甚至五分之四或更多一点，都能从残留下来的部分看到同样的完整物体像，只是看起来暗淡一点，模糊一点而已。所以，受到擦伤、划痕，以至撕得粉碎的全息照片都不影响观察物像的原貌。这是普通照片根本做不到的。人们称它为撕不碎的“照片”，的确是很形象化的比喻。

全息照片为什么会有这样的一些特点？为什么普通照片没有这些特性呢？这要从拍摄的原理谈起。

假如用一束激光照明一个微小颗粒，从小颗粒上反射出来的光波基本上是不断向外扩大的球面波。我们向小颗粒看去，是明亮的一点。用照相机照这小颗粒的相时，光波通过镜头在底片上形成一个亮点，这一点的亮度与小颗粒反射出来的光强有关。照相底片可以记录下这一点的亮点，但记不下小颗粒在三维空间的位置，印出来的照片上也只有一个亮点，看起来没有一点立体感觉。拍摄全息照片时，不用照相镜头，而用一束发出平面波的激光和小颗粒反射出来的球面波一起照到底片上。整个底片都受到光照，它记录下来的不是一个亮点，而是一组同心圆；当同心圆间隔很小时，看起来是模糊的灰蒙蒙一片。这组同心圆是平面波和球面波干涉的结果，就象用刀把一个圆萝卜切成一片片薄片，叠在一起，成为一组同心环那样。底片经冲洗后，放到原来的位置，再用拍摄时那束发出平面波的激光，以拍摄时的角度照到底片上，我们可以看到在原来放置微小颗粒的位置上有一个亮点。注意！这个亮点在空间，而不是在底片上，我们看到的光就象是从这个亮点发出来的。所以，全息照片记录下来的不仅是一个亮点，还包含亮点的空间位置，或者说记下从亮点发出的整个光波。全部奥妙就在于这种新奇的拍摄方法，在于这一束平行（平面波）激光束。这一激光束，我们称之为参考光束。

因此，任何物体实际上都可以看成是无数个明暗不同的亮点组成的立体图像。用上面的拍摄方法拍成的全息照片就是无数个同心圆组成的复杂图形，看起来也是灰暗的一片。同样，这张全息照片不仅记录了物体各点的明暗，还记下了各点的空间位置。当用参考光束照明冲洗后的底片时，我们看到的光就象是从原物体上发出来的。所以，我们说它记录了有关物体发出的全部光信息，全息照片的名称就是因此而得来的。

不过，激光全息照片只有在激光照射下，眼睛看上去才有立体的形象，而激光器是一种价格较贵的设备，一张照片要配备一架激光器，除了科研部门、专门的场所中有可能设置外，要普遍、广泛地应用是不可能的。针对这个缺点，科学家不断研究，终于发明了一种在白炽灯光下也能看到全息景象的全息照片，称为白光全息或彩虹全息。

全息照相的发明，主要意义不在干照相；它作为激光技术的一个方面，在工业、农业、科研等领域具有广泛的实用价值。

从照相方面讲，这是一种全新的技术。因为全息照片有逼真的立体感，用它来代替普通照片有独特的效果。在国外，已有人用全息照片做成书的插页，做成商标，做成立体广告；博物馆用它来代替珍贵文物展出。国外有一家机械制造公司，到另一个国家开商品介绍会，就用全息照片代替实物办了一个机床展览会。展览厅里全部是各种机床的全息照片，这些全息照片看起来和真的机床并没有什么两样，反而更加引起参观者的兴趣。

构思精巧的全息照片也是一件精美绝伦的艺术品。美国和法国等国家都有全息照片博物馆，集中了全世界最精美的作品。

从立体景象的全息照片得到启发，科学家想到了全息电影和全息电视。实验性的全息立体电影已经在前苏联出现。放映这种电影时，观众看到的景象并不在银幕上，而是在观众之中，使人有身临其境的真实感觉。至于全息电视，因为它涉及的技术问题比较复杂，目前还在研究。1982 年，德国的电视台播送的立体电视，并不是激光全息电视，它的原理和普通立体电影一样，观看时要戴一副特殊的眼镜。估计到本世纪末，电影和电视又要换代了；到那时，人们的文化娱乐生活，可能会由于激光全息立体电影和激光立体电视的出现而变得更加丰富多彩。

全息照相的另一项重要应用是制作可以在一些特殊场合代替玻璃的全息光学元件、这种特殊的光学元件具有加工方便、小巧、轻、薄等优点。一个凹透镜可以使光束发散，一束平行光波照上去变为球面波。我们前面谈到的用小颗粒拍摄的全息照片也会把平行光参考光束变为球面波；这样的全息照片也就是一个特殊的凹透镜。用类似的方法可以制作出凸透镜、柱面透镜等光学元件。这种元件和纸一样薄，一样轻，还不会碎。现在已经有用全息光学元件做成的望远镜，它的厚度和一般近视眼镜片差不多。还有人报道用全息光学元件做成窗玻璃。这种奇异的窗玻璃不会影响人的视线，却能反射大量的阳光，兼有窗帘的功能；更有趣的是，可以把它反射的阳光集中到装在窗檐下的一排太阳能电池上，转化为电能，供室内使用，真是一举三得。

全息照相技术有明察秋毫的本领。因为全息照片能精确地再现原来被拍摄的物体，我们可以用它作标准检查原物有没有变化；事实上只要有 1 微米的变化，就可以用全息照相技术检查出来。科研生产部门，还让激光全息摄影来担任成品内在质量的“检验员”。检验时，给被检物加上一点压力或加点热；如果物体内部有裂痕、微孔，它的表面就会发生相应的变化。尽管这

种变化的程度极为细微，肉眼根本无法觉察，但在全息摄影这对“火眼金睛”下面，所有这些瑕疵、隐患，统统暴露无遗。这种方法除了可以精密地检查内在质量外，还有对被检物丝毫无损的优点，特别适用于贵重物品，例如珍贵文物、古代雕塑品的检查。希腊科学家曾用这种方法查出古代塑像受风化的程度。生产上用这种方法检查精密零件、飞机蒙皮、飞机轮胎的内在质量。在国外的飞机轮胎工厂里，已经起用了激光全息照相“检验员”。这种方法还被用来作生物学研究，比如研究脑壳受力时产生的形变，研究蘑菇的生长速度等等。

还在发展当中的是全息存贮技术。我们在谈全息照相特点提到过它的存贮信息，也就是记录信息的能力。从理论上计算，用光盘存贮信息，每平方厘米可以存贮的信息量约为 10^6 位，而用全息存贮，每平方厘米可以存 10^8 位，高 100 倍！而且读出信息的时间只有百万分之一秒！

现在，已经可以把信息存贮到材料里面去，全息照相用的材料不是一薄层底片，而是整个一块晶体。目前达到的水平是每立方厘米内存贮 10^{10} 位以上。这样。一小块晶体可以存入 10 万册图书，一个图书馆只要保存几块记录晶体就可以。这看来带有一点幻想色彩，然而是有希望做到的。更重要的是全息存贮的发展将会促进计算机的发展、换代。

一般的全息照片，只能一张一张制作，价格也很高；除了科研上使用以外，只能当作高级艺术品。80 年代出现了一种新的压印全息技术。用这种方式制造全息照片，先要做成一块金属的微浮雕版；把它当作印版，在镀有金属膜的特殊纸张上压出全息照片。这比印邮票还要方便，可以大批生产，成本大大降低，应用面也越来越广。

这种全息照相不仅有立体感；在阳光或灯光下呈现多种色彩，衬在银白色的金属背景上，显得更为绚丽。人们用它来装饰书刊、玩具、旅游纪念品，很具魁力。

这种全息照相也包含着丰富的信息，而且完全取决于制作时采用的景物和拍摄方式，就象加了密码一样。没有原始印版，无法复制。因而，它成为防止伪造的有效手段。已经在纸币、信用卡、磁卡及外交签证等凭证上出现各种全息标识以防伪造。在我国，也已有不少厂商采用全息照相来防止有人伪造商标，欺骗顾客。

值得一提的是，全息照相这项重大技术成就，却是在与普通摄影毫不相干的科研领域内发明的。发明者加伯研究这一课题的目的是想要提高电子显微镜的分辩率。他设计了这种新的成像方法，并于 1948 年公开发表在科学杂志上。但是，当时没有激光这样好的单色光，技术上也有一些困难，加伯并没有取得成效，他的论文也没有人重视。

直到十多年后的 1964 年，因为出现了激光器这种理想的光源，全身照相技术才开始发展起来。很快，全息照相术便成为一种用途十分广泛，并且具有无限发展潜力的新技术。加伯因为首创全息照相的理论，荣获 1971 年诺贝尔物理学奖。他本人由此而被世界公认为“全息照相之父”。

七、激光射进了艺术宫

在全息立体显示中，激光和艺术开始发生关系，互相渗透。1970 年前后，激光就大摇大摆地进入艺术宫了。它进入了音乐、歌舞、电影、雕刻、绘画、

摄影等艺术领域；它以出类拔萃的“特技”紧紧地扣住了艺术家的心弦；它与艺术的结合，甚至产生了新颖的“激光艺术”。

1970 年，在美国洛杉矶天文馆的天象厅里，举办了一场“激光音乐会”。场内用人工天象放映机在天棚上映出月亮、星星。伴着优美的乐声，空间出现了瑰丽多彩、瞬息万变、富有幻想色调的激光图案。它们所具有的独特艺术魅力，给观众留下久久不能忘怀的印象，就象游历了一个神话中的艺术宫一样。

激光音乐会演出获得成功后，群起仿效。英美两国的艺术团都演出过激光歌舞剧，日本国家电子管弦乐队也运用激光产生的奇幻背景来增强演出效果。法国的激光电子音乐还到我国来作过短期演出，整台表演全部用电子计算机控制。1983 年春节，上海电视台连续播出的“群星璀璨电视歌会”节目中，激光布景大显身手：电视屏幕上出现了著名的歌坛明星苏小明，随之而起的是《军港之夜》抒情、优美的歌声。背景由变幻的云雾化为无边无际、波光闪闪的大海，画面传出了歌词中的诗情，歌声里充满着天幕上的画间，情景交融，把观众带入诗情画意之中。随着不同的歌声，激光背景又化为火光闪闪、硝烟弥漫的战场，化为蒙蒙细雨，化为彩色群星，化为飘动的轻纱……激光背景图案明亮、艳丽、新奇、变幻，能加强歌声的感染力；音、光、色混为一体，美妙无比，使人感到像在梦境中一般。

激光音乐会使用了世界上最亮的激光光源；发射蓝光、绿光、黄光的氩氖激光器，发射红光的氪离子激光器，还有发射橘红色光的氦氖激光器，发射蓝紫光的氦镉激光器，都在其中争奇斗艳。这些不同色彩的激光，通过旋转着的凹凸花玻璃，就能产生变化不定的云雾、海浪之类的图案。进一步把光束射到一面小镜子，镜子一转动，反射出来的光点就画出一条线，再加一面转动的镜子，光点就能在平面上画出各种几何图形。再进一步，用电脑控制这两面小镜子，可以使激光束在空间画出各种复杂的图形；还能使这些图形像动画片那样活动起来。

你看，几个三角形出现在开幕上，一旋转，化成了两只彩蝶，扑扑地飞来飞去，眨眼间又化成了几个光点。两个小三角向上扩张着，化出了一只翅膀，一个鸟头，又一只翅膀，噢，原来是一只企鹅！说话间，企鹅挥动着翅膀，摆动着两只三角形的脚，啪哒、啪哒地朝前走，还能合着电子音乐的节拍一摇一摆。这样的表演吸收着许多孩子，连成年人也感到新奇。在这里，激光束成了主要演员，而电脑充当了导演的角色。

法国一个演出队到上海来表演的激光电子音乐，就是这种电脑控制的激光束在空间和天幕上画出来的各种图案、文字，配上几种电子乐器奏出来的乐曲构成的声、光立体画。给人印象最深的是明亮的蓝光、绿光束扫出来的方形光柱，光柱投在双层天幕上，变为交叉的双菱。光柱渐渐收细，再慢慢扩张，好象空间也在一缩一张。忽然，喷雾器喷出一阵阵烟雾，烟雾和激光柱混为一体，光柱扩张时，看起来好象波涛在翻滚，又象黄山上的云海。演员从光柱中向观众走来，简直象是从碧波中浮出来的。这样的表演加上节奏感强烈的电子音乐，使人觉得象是在仙境之中。

这样的音乐会，可以说是用激光给音乐“染色”。有人称之为“有色音乐”或“彩色幻想音乐”。科学家也发现，人眼在不同音调影响下，对颜色会有不同的感觉。所以也可以说，用音乐为激光增色。在优美的音乐声中展开激光画面，能使人对激光的色彩产生特殊的新鲜感，激起感情的共鸣，产

生神奇的幻觉。

激光道具、激光特技也开始在电影中应用，出现了激光手术刀和用激光全息术制作的特技镜头。

激光也开始成为艺术家手中的特殊“画笔”和“雕刻刀”。雕刻家已往雕刻艺术品，不仅是一种创造美的形象思维活动，也是一种繁重的体力劳动。雕刻家的工作室会不断传出凿子和岩石撞击的声音，郎头敲凿子的声音。用激光“刀”就安静得多了，雕刻家也可以省下许多精力，放到艺术创作上去。激光雕刻可以用绿松石、彩色有机玻璃、彩色塑料等不太坚硬的材料，也可以用比较硬的彩色宝石。雕刻家可以调节激光“刀”的强度，先用大功率激光雕出雏形，再用功率较小的激光精雕细刻。因为激光“刀”用起来比钢凿自如得多，刻出来的形象也更为逼真。

用具有关节的激光“刀”可以做得相当灵活，用上光导纤维，就比一般画笔更灵活了。艺术家尝试用激光“刀”来作版画，开创了一种新的艺术风格。用激光可以在木板或者有机玻璃板上刻蚀作画。这种刻蚀速度很快，也无需艺术家用力，所以作品的笔调特别流畅、明快。

各种激光雕刻机正在走向市场。艺术家的手笔通过雕刻机可以成批复制，形似神。几何图案的制作更是雕刻机的拿手戏。还有一种激光雕刻机和计算机相结合，和电视摄像机相联结。你坐在摄像机前，看着一个荧光屏，从变化不定的表情中选取一幅最满意的，一按电钮，这一微笑的影象就凝固在荧光屏上并输入计算机，经过图像处理变成控制激光束的信号；受控制的激光束就能在木板、玻璃、塑料或陶瓷上刻上你的肖像，配上新型的框架，就成为一件艺术品。当然这样的雕刻机也可以刻出摄像机摄入的其他图像、可以刻出计算机产生的各种图像。

摄影家也开始使用激光了。有人用激光把彩色照片上的色彩分离出来，变为各种电信号，再用计算机根据作者的意图合成种种新的彩色照片，可以变成色彩和原来成互补的照片，也可把色彩稍加强调，成为一张特色照片。现在激光摄影已成为艺术百花园中一朵奇葩。

地处上海市郊青浦县的大观园中曾展出过“金陵十二钗”红楼人物的塑像。一个透明的圆洞，缓缓旋转，中间除一只小小的碘钨灯以外，空无一物。观众透过圆筒中心看去，却能看到林黛玉举手指袖，徐徐而动。依次看去，薛宝钗、贾探春、王熙凤个个会笑会动，栩栩如生，就如缩小的真人在筒内一样。这种艺术新品引来了大批游客，还被外地旅游点邀请去展出，成为受人欢迎的旅游项目。

其实，这是一种称为环视 360 度全息照相的新型摄影艺术作品。

当然，红楼人物是戏曲演员扮演的。演员按技术人员的要求做慢动作：举手、说话、微笑等等。同时一台电影摄影机围着演员边转 360 度、边拍摄，摄下 2000 幅左右的照片。然后在实验室把这许多照片合成到一张大胶片上，每幅照片在胶片上只占不到 1 毫米的一小片。合成以后把大胶片卷在有机玻璃筒上，做好支撑旋转的架子，就成了一件赏心悦目的艺术品。

这是一种特殊的全息照相，也具有立体感，圆筒一转，人眼看到的图像不断变化，就象电影一样，时而微笑，时而眨眼，非常逼真。

激光正在渗透到文体艺术的各个领域中去，它与人们日常生活的关系更密切了。不久的将来，激光也许会成为人类精神生活中的重要角色。

八、生产中初露头角

谈到这里，我们还没有涉及激光与国民经济的关系。在这一小标题下，要谈一点激光在农业生产与工业生产上的应用——生产中初露头角。

激光能为农业做什么？

“万物生长靠太阳”。地球上的生物离不开太阳的光和热，如果没有太阳，地球将是一个死气沉沉的大冰球，连一个细胞都无法生存。

太阳光照对植物的生长、发育、开花、结果都有影响。比如，秋菊开放之前，增加光照，可以提前开花；把它放进暗室，花期可以推迟到冬季。早在古代，就有人用光来控制植物生长，但在激光出现之前，收效甚微。激光问世之后，进行了许多有成效的科学实验。

最初，人们试验用红宝石激光来照蔬菜种子；用氦氖激光或氩激光照水稻、小麦种子等。这些实验都观察到了效果。比如用氩激光器发出的蓝绿光照水稻种子，可以获得早发芽、快长苗的效果。照后 15 天，比没有照过的种子长的苗高一倍。又如用氦氖激光发出的红光照射马铃薯种 1 分钟，可使之提早一周出苗。用激光照青瓜秧，反复几次照射后，青瓜藤的雌花增加一倍半，结出来的瓜含糖量提高；照其他植物，效果也都很好，或者提高出苗率，或者促进多开花、结硕果。既然光照对农作物的茁壮发育大有好处，科学家就设想把激光用到大田里去。只是，在广阔的田野上，如果让所有的作物都受到激光照射，这需要多少台激光器啊！就算能够配备足够的激光器了，那么，1 亩地的耕作成本也太高，这是不合算的。

然而，对光合作用的理论研究，为人们提供了一线光明。科学家发现：植物生长中至关重要的光合作用是一种快速的多次化学反应过程；反应分三个阶段，需要光照的只是一个十分短促的阶段，因此，激光只要在反应时间内一扫而过就行了。已经设计出各种大田扫描用激光器；一台激光器可以照射几十亩乃至几百亩地。

更省事、更有效的方法还是用激光来培育新品种。利用遗传特性，把激光照射产生的优良变异继承下去。我国的一些农业科研单位已用激光培育了一批早熟、抗病、高产的良种。这些种子的优点是否能代代相传，还要经过多年反复实验，才能下结论。

苗壮还要防虫咬。激光防治农业病虫害方面也已露了一手。激光照种能提高作物的抗病力是一方面；更积极的方面是用激光杀虫。研究表明激光可以直接杀死十多种害虫，如皮蠹、桃蚜之类。这种杀虫方法不但没有化学毒剂污染的问题，还可以杀灭一些杂草，一箭双雕。

此外，激光在农业科学研究中是一种强有力的工具。比如，农业科学研究现在已经发展到研究生物细胞及其分子的水平。人们设法改变细胞内部染色体以改变细胞的性能，称为细胞手术。然而，一般细胞的直径只有几微米至十几微米大，染色体更加微小，哪里来这样超微型“手术刀”呢？现在，我们可以把激光聚成 1 微米的小光点。用这种微型“手术刀”将会创造奇迹来。

激光在工业上的应用，现在最主要是激光加工。

劳动生产的加工手段从新石器时代的石刀、石斧开始到近代的机械加工，经历了多次变革；不论怎样改变加工工具和工艺，加工时，工具总是跟被加工物件直接接触的，因此不可避免地存在着刀具磨损和工件变形等问

题。电加工技术出现后人们逐渐采用电火花、电子束、等离子体和激光加工技术。加工时，工具不是坚硬的刀具，而是电子流，离子流和光子流，可以说是“以柔克刚”。其中最有前途的可算激光加工。

激光加工的原理并不复杂，和太阳光经透镜聚焦烧纸有相似之处，加工中有的是靠工件吸收激光变热的热效应，热集中在工件表面极小一点上；在高温下这一点范围里的金属表面即刻熔化，化为一缕青烟。整个过程连续不断地快速进行，就将工件的表面或小孔加工出来了。也有的除了热效应外，还加上激光本身能量强大的光的冲力，形成冲击波，冲打工件完成加工。根据加工的不同要求，供切割、打孔用的激光器必须有输出功率足够强的激光束，使工件局部气化；如果是焊接，激光的强度就要比较适中，即使材料充分熔化又不能把材料打穿。

激光加工有一些共同的长处。各种材料，无论多硬、多脆、多韧，都可以用激光来加工。象钟表里用的宝石，比合金钢还硬。要在宝石上面打一个针尖大小的孔，以前只能用极细的钨丝沾上金钢砂粉来钻孔、研磨；钻一个孔要经过七道工序，费时费力。现在用激光，在不到千分之一秒时间内，就可以打出只有头发丝直径十分之一的微孔。上海一家工厂的技术人员经过多年研究和改进，发展一种达到国际先进水平的激光加工技术。用激光加工，20 个工人一年可以生产 2 亿粒宝石轴承，速度比老方法快 50 倍，用电量只有老方法的二百分之一，场地也大大减少。又如，要在直径仅 10 厘米的化纤喷丝头上打出 1 万个直径为 60 微米的小孔，用机械方法相当费时费力，用激光打孔方便、迅速，大大提高了工效。由此可见激光加工在工业上应用的巨大潜力。

激光光点可以聚集到直径只有 1 微米那么大小的一个点，加工量极微，一次加工量可以控制在 1 微克左右，加工精度很高。同时由于加工时间很快，工件跟激光束接触的地方，甚至在热量还没有传到邻近区域去以前，加工程序已经完成了，所以工件不会因为受高温作用发生热形变。科学家曾经做过这样一次表演：在冰块上放一小粒金属屑，在强大的激光脉冲照射下，金属屑倾刻化为气体蒸发掉了，而金属屑下的冰块仍旧保持原样，一点都没有融化。所以激光特别适用于精密、微量加工；它已经成为精密机械加工工业上的一种重量加工设备。比如激光微形焊接，激光在微电阻上刻划以便调整阻值，在微电子工业中就是必不可少的。微电子工业上，要在 1 平方厘米面积的硅片上，制作几十个集成电路，每小块集成电路上还有几十个二极管、三极管和电阻。集成电路上每一个电阻，每一条引线宽只有 100 微米左右。要焊接引线，要调整电阻，而又不损伤硅基片，只能求助于激光微焊机，激光电阻修整机。

奇特的是，激光可以通过透明的玻璃，或者透过红外激光窗口，对容器内部的部件进行加工。灯泡里的钨丝断了，用激光透过泡壳就可以把里面的钨丝焊接起来，使它重新发光。电子管里的零件坏了，也可以用激光来修理。其原理就是象玻璃之类的透明体不吸收激光，激光通过它们直接传到里面的加工件上。眼科医院里，医生用激光通过人眼的水晶体去治疗眼底的疾病，也是同样的道理。

少年读者如果还记得本书开头讲过的那个激光“魔术”的话，现在，“魔术”的秘密就可以揭穿了。科学家里手拿的是做成手枪形的红宝石激光器。他一扣扳机，激光器射出一道红色激光；激光穿过透明气球，被透明气球内

的蓝色气球所吸收。激光在蓝色气球上打了一个孔，它爆开了，而透明的外层却纹丝不动。

激光在工业上另一个重要的用途是用来作为测量工具。

测量和计量，被称为“工业的眼睛”。可见它们对于工业生产是很重量的。现在，有了激光，这对“眼睛”就更明亮了。我们已谈过“光尺”，能用来作精密测长。工业上已经用“光尺”来校验精密螺纹，校验钟表宝石上微孔的直径和圆度，给坐标镗床作精密定位等等。

我们知道，利用激光束的直线来测距、瞄准、导向等，要比雷达准确得多。激光制导武器、激光瞄准测距仪都已在战场上使用。在土木工程施工中，激光的这种特性也很有用。比如挖掘隧道、铺设地下管线等，让掘进机沿着激光束指引的方向前进，可以使隧道打得又准又直；用激光束作为准绳，对建造高层建筑，装配大型机器，监视水坝、桥梁的变形等等有很大的帮助。

北京市在建造 100 米高的京西电站烟囱和 380 米高的大气气象塔工程中，都成功地应用激光来准直，误差不到 10 公分。又如安装 30 万千瓦汽轮发电机组，要求误差小于 0.1 毫米，这是一项既费工、劳动强度又大的工作。采用激光准直方法，大大加快速度，节省了 270 个工作日，施工期缩短 40 天，这就是意味着多发电 2 亿多度。

激光还可以用来测距离，测液体、气体的流速，测转速，测间隙，测细丝直径，测钢板厚度，测高电压、大电流，测微粒大小，测材料表面质量，测材料的化学成分等等，真是不胜枚举。

九、激光带来的新发现

激光问世以来，科学上出现了不少有趣的现象，它们都是人们以前用一般光源观察不到的，有一些还是和人们原有的经验相违背的。

假定有一块均匀的透明材料，光线通过这块材料时在界面发生偏折，它在材料里面是以直线传播的。一束平行光线只有通过具有凸面或凹面的透明材料——透镜，才会发生聚焦或发散的现象。光线在透明材料内部传播时，不会聚集或发散。这是千百年来，从许多自然现象和科学实验中的总结出来的规律。但是当激光出现之后，人们有了光强极高的新光源。用这种光源做实验时发现了违反经验的现象；在均匀透明材料内传播的光束，当把它的光强增加到某一程度时，光束不再直线传播，而自动地会聚起来；会聚以后的光强更高，甚至可以使透明材料炸裂。事实上，科学家在制造强激光器时，就发生过作为激光物质的钕玻璃棒自行炸裂的事故。这也是激光自动会聚造成的，现在称为自聚焦现象。科学家对这一问题作了几年研究才弄清它的道理，同时也找到了防止激光物质自行炸裂的方法。概括地讲，就是强激光改变了透明材料的光学性质。

还有，日常生活经验告诉我们，红光通过透明材料后仍是红光，绿光通过透明材料后仍是绿光。假如红光和绿光混在一起，可以用透明有色材料滤光片把红光挡住，只让绿光通过，或者反之。用滤光的方法可以从白光光源获得各种色光，譬如舞台上的各种彩色灯光就是这样来的。交通灯有红、绿、黄之分也是灯罩上的有色玻璃起着滤光片的作用。但是没有一种透明材料能产生光源中所没有的新色光。激光出现后，奇迹就发生了：红宝石激光器产生的红光经过一种透明的晶体变成了紫外光；1.06 微米的红外线通过一块透

明的晶体变成了绿光……经科学家研究后才知道，激光束经过晶体后，它的波长缩短了一半，频率增加一倍，这种现象称为光学倍频。所用的透明材料称为倍频晶体。现在还发展成倍频技术，专门用倍频来产生新波长的激光。1975 年前后，科学家用多次倍频产生了一种短波长的激光，它的波长是 0.0038 微米，在电磁波大家族中，地位处在紫外光和 X 射线之间，被称为“软 X 射线”。这种激光是那时波长最短的激光，创造了一项世界纪录。

除了有不吸收光的透明材料以外，还有要吸收光的不透明材料。但在极强的激光照射下，这些不透明材料居然变得透明了。

现在知道用激光可以在金属和非金属材料上加工打孔的人比较多；但是，可以使激光模似大自然在空气中产生人工微型雷电，知道的人也许就不多了。在实验室里，只要有较强的激光，比如横向激光器发出的 10.6 微米红外脉冲激光就行；将它射到空气里，立刻能看到耀眼的一闪，听到响亮的一声“啪”，真象夏天大雷雨时的雷鸣电闪。这是激光的强电场使空气电离以后发生的现象。

将激光照到金属表面上，当功率密度超过每平方厘米 10 兆瓦时，也会造成局部电离的情况，发出轻微的爆炸声。这种现象也是前所未知的。

激光不仅能使空气发生局部电离，还能产生超声波。超声波是一种频率很高的电磁波，然后通过换能器把它转换成声振动。超声波用光来产生，这也是过去没有听说过的奇事。现在，用很强的激光照射石英晶体，就能直接产生很强的超声波，频率可以达到几十兆赫兹，脉冲功率可以高达几千瓦。

还有一些更加重要的发现是在比较专门的科学实验中观察到的。在用激光照射化学反应物的实验中，化学家发现，可以用激光做“分子剪刀”对分子进行“裁剪”。这样，化学家就能象服装设计师裁剪新式服装那样，“缝制”出各种新的化学合成材料。在激光化学实验中，科学家还发现了用爱因斯坦的光量子理论无法解释的多光子吸收现象……

今天，激光技术已经为许多人所重视。工业界重视它，是因为激光在工业上发挥的独特“才能”以及巨大的发展潜力；而科学家对激光技术感兴趣是因为它能作为人们认识世界、探索科学新领域的有力工具。一方面，激光科学技术是量子科学、电子学、光学和多种技术综合成的新产物。另一方面，因为它神通广大，激光技术又是各种新兴学科的生长点。从激光技术发展以来，科学家在物理、化学、生物和医学等等方面，用激光发现了许多新的现象，形成了许多边缘学科。有些现象至今还没有研究清楚，也许要等下一代年轻科学家来寻求答案了。

结语：大胆地幻想吧

我国著名作家、诗人、历史学家和考古学家郭沫若老爷爷曾向科学工作者提出“请你们不要把幻想让诗人独占了”。其实，科学家以自己的辛勤劳动创造着诗人还没有幻想到的奇迹。激光科学技术的灿烂远景会使最富于幻想的诗人也目瞪口呆！

从激光器方面来说，20 多年来，人们研究过的大约有几千种，但是有实用价值的只有几十种。为此，人们还在设法改进现有的激光器，并不断研究新的激光器，希望获得能量更大、功率更高的激光；获得脉冲宽度比兆兆分之一秒更短的激光；获得波长更短、可调范围更宽的激光。

70 年代中期，科学家发明了氟化氙、氟化氪等一大类紫外和真空紫外激光器。这类激光器的工作物质是一种不稳定的分子，存在时间很短，瞬间就分离成原子。严格说来，它们还没有资格称为正式的分子，因而叫做准分子。这类激光器也就称为准分子激光器。这种新的激光器能产生短脉紫外激光，在材料微加工和集成电路制造方面很有实用价值。武器专家们则想用它们来做地对空激光炮。

70 年代后期，出现了另一种新颖激光器，它的工作物质是加速器中的高能电子，称为自由电子激光器。

我们把原子里的电子称为束缚电子，因为它们受到原子核的作用，只能在固定的轨道上运动，就象地球绕太阳运动一样。与之相反，我们把脱离原子的电子称为自由电子，因为它们不受束缚，能以更大的自由度运动。彩电显像管内的电子枪发出的电子束就是自由电子组成的。自由电子束通过一个空间强度周期性变化的强磁场，就能产生激光。

最初的自由电子激光器是用电子加速器改装而成的，也是庞然大物，和我们平时看到的激光器大不相同。从原理上讲，这种激光器能产生从紫外到红外各种波长的激光，并且波长可以调节，是一种理想的高功率可调高激光器。事实上，人们已经成功地研制出小型的在红外波段可调的自由电子激光器。

科学家们还在研究以太阳光为能源的激光器和以原子能激发的激光器，供给太空宇宙飞行中应用。

更重要的是 X 光激光器。X 光激光的波长是可见光的波长的百分之一到千分之一。它于 80 年代中期问世。产生 X 光激光的一种方法是用目前最庞大的研究核聚变用的激光照射某种材料，比如硒做成的箔，使之产生微型爆炸，从而产生 X 光激光，波长为 20 毫微米左右 5 毫米微米左右。另一种方法是用小型核爆炸作为能源产生强大的 X 光激光。有人计划用 12 倍于广岛原子弹威力的核爆炸产生 X 光激光，以此来拦截洲际导弹。显然，这样的 X 光激光器很难付诸实用。以后又开发小型的可放在办公桌上的激光系统来产生 X 光激光。这种激光器还在进一步发展，将成为科学研究的新式武器。可以用来“观看”原子，分子的“内幕”。那时，科学家关于原子世界的种种假设和理论，就能用眼睛加以检验。这将使科学发展进入一个新阶段，也许会引起一次新的工业技术革命。

γ 激光器也是一个探索中的课题，至今还没有获得它的手段。γ 激光的波长只有 X 光激光波长的千分之一。这才是真正的死光！但是，科学家能获得它就必须将使它能为人类服务，而不是它危害人类。

有迹象表明，太空中也存在自然的激光作用。对这种天文新现象的研究会帮助人们了解宇宙，甚至从中获得启示，造出更新的激光器来。

从应用方面说，最有吸引力的要算用激光帮助解决能源问题。随着现代工业技术的不断发展，人类对能源的需求越来越大。靠激光帮助来分离同位素，人们将能有效地从铀矿石中提炼出纯度高的铀同位素，供原子能发电站作为发电原料。靠激光的帮助，人们还可能从海水中获得氢的同位素氘和氚，并且它们发生可控的核聚变反应来发电。这意味着实现把海水当能源的理想。据估计，仅这两项能源，人类可以用几百亿年，再也不用担心会发生“能源危机”了。

材料也是现代技术发展中的一个重要问题。象塑料和化纤等合成材料在

现代生活中的地位越来越重要。30 年代还只有一些小日用品采用合成材料。现在，大至工业、农业、国防，小至人们衣食住行，几乎都少不了合成材料。将来，有激光这把“分子剪刀”帮助，人们会造出各种更合心意的合成材料，用以发展工业，制造更多价廉物美、色彩鲜艳的日常百货，丰富美化人们的生活。

介绍过能源、材料以后，人们必然会想到信息，这是人类现代文明的三大支柱。一提信息必然会想到电子计算机。在现代战争技术中，少不了这一现代“智多星”兼“神算子”；随着科学技术的发展，计算机已成为不可缺少的万能武器；计算机不仅进入了工矿企业、银行、商店，还进入了千家万户。人们可以通过计算机和大洋彼岸的朋友通讯，了解那里的最新消息；可以从计算机上知道气象、交通、金融和商品信息。

随着计算机的应用越来越广泛，人们对它的要求也越来越高。而靠电子运行的电子计算机的一些主要性能快要达到极限了。

比如，目前最高的计算速度约为每秒 100 亿次，算得是够快的。但是，在“星球大战”之类庞大计划中，需要比它快 100 倍、1000 倍的计算机，这时，电子已无能为力了。只有以光子运行的光计算机才可能算得更快。又如，现在的电脑比人脑算得快，然而只能作机械的二进制运算，没有人脑具有的形象思维能力、理解能力和综合能力。这种差别与结构有关：电脑里的信息排成队，一个接一个传送、处理；而人脑由数百亿神经细胞构成、相互连接、协同工作，可以同时平行处理许多信息，所以有理解、综合的能力。科学家正在研究模拟人脑的神经细胞型计算机。这电子线路、集成块是不可能做到的，而光计算机提供了希望。

1990 年，有位日本科学家说光计算机可以比作宝岛上的珍宝，科学家已经登上宝岛，但还没有发现珍宝。一旦我们找到了它，将会引起又一次科技和工业的革命。

未来的宇宙航行和空间技术中也少不了激光。现在已经用的还只是卫星跟踪、探测等有限的几方面。今后在人类向太空挺进时，激光不仅可以解决通讯、导航等技术问题，还可以通过它在宇宙空间传送能量，甚至用激光作为火箭或宇宙飞船的动力，制造出光子火箭和光子飞船。这样，人类将会飞得更远、更远。

再想象一下，激光会使人们日常生活发生什么样的变化？

很可能可以在 21 世纪的某一天，当你走进电影院看电影或在家里打开电视机时，演员、景物都跳出了银幕或电视屏；景物就在你的周围，伴随着优美的立体音乐，演员也在你身边演出。这不是梦境，而是激光全息电视和激光全息电影的杰作。

那时，你家里的激光电话已不止一台。拎起话筒，你想要见到的亲戚或朋友就可以出现在你在的眼前，你可以和他促膝谈心。实际上，你们之间可能远隔千里。

那时，会有更加新型的激光录像机和激光收录机。你不但可以随意地选择节目，而且可以使你的全家都成为“演员”，录下你觉得值得回味的场景，如孩子的降生、朋友的聚会、欢乐的婚礼、老人的百岁大寿……你会成为业余导演兼摄影师。那时的邮局很少再送信，人们除了使用激光电话联络以外，送往邮局的将是录音、录像光盘，寄出去的目的不再是通消息，而是送给朋友作为纪念品的。

甚至小孩子的玩具也用上了激光，激光枪、激光万花筒、激光工艺品琳琅满目。最有趣的也许是一种连环画，每一页上没有线条和文字，代替它们的是展现在眼前会发声音的一幅幅立体图画。

那时，你驾车出门去也不用担心发生撞车之类的不愉快事件；高效可靠的激光避撞器使盲人都可以放心地开车。也许人们除了游览、社交，已很少外出，买东西只要靠电视电话通知服务中心就可以；连现在的超级市场和自动售货系统也显得十分陈旧了。

人们尽可以作种种大胆的设想……

可是，我们没有想象 21 世纪将会有怎样的激光武器，多么怕人的死光。我们希望到那时，人类的技术不仅可以制造它们，而且可以使这种制造成为不必要。

科学需要创造，需要幻想。但是，科学又是老老实实的学问，需要实事求是，脚踏实地去探索。