

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——上卷

激光及应用



## 第一章 激光之源

### 一 激光之父

爱因斯坦（1879—1955年）的相对论使人们改变了对整个世界的看法。简单讲来，相对论认为，宇宙的最高速度的光速；质量随速度增加；坐钟在空间转动的速率随速度的加快而减少；能量和质量遵从下述关系：能量=质量×光速<sup>2</sup>。这从后来原子裂变的过程中得到证实。

然而，激光与爱因斯坦之间的关系如何？并不是每一个人都很了解的。

关于微波激射器与激光器的基础理论，早在1917年，爱因斯坦就对物质的发光机制作了深入研究，在研究原子系统与辐射场相互作用的微观过程时，提出了受激发射的概念。受激发射是微波激射器和激光器得以发明的理论依据，为40年后的“光源革命”开了先河。

爱因斯坦受激发射理论的基本内容是，假设某微观粒子（原子、分子或离子）有两个分立能级，高能级能量为 $E_2$ ，低能级能量为 $E_1$ ，能级上的粒子数密度分别为 $N_2$ 或 $N_1$ ，考虑到粒子与电磁场相互作用时，爱因斯坦指出，存在三种类型能级跃迁：a)自发发射。处于高能级上粒子在不受外界电磁场作用下，自发地跃迁到低能级并发射能量为 $h\nu=E_2-E_1$ 的光子；b)受激吸收。如果频率为 $\nu=(E_2-E_1)/h$ 的电磁波与处在 $E_1$ 上的粒子相互作用，则粒子可吸收入射电磁波而跃迁到高能级 $E_2$ 上；c)受激发射。如果频率为 $\nu$ 的电磁波与处于高能级 $E_2$ 上的粒子相互作用，粒子将从高能级跃迁到低能级 $E_1$ 上而发射一个与入射电磁波频率相同的光子。受激发射的光子与入射电磁波具有相同的频率、位相、偏振和传播方向，它们是相干的。爱因斯坦又指出，受激发射和受激吸收过程是同时存在的，并且跃迁几率相等。按照玻耳兹曼分布规律，在热平衡条件下，处于低能级上的粒子数 $N_1$ 多于高能级上的粒子数 $N_2$ ，这时受激吸收总是大于受激发射，所以通常只能观察到受激吸收而观察不到受激发射现象。由于那时的客观条件限制，人们还看不到受激发射理论在实践中的应用，爱因斯坦的这一颇具建树的首创性激光理论，未能引起人们重视。

后来的实践证明，爱因斯坦提出的激光理论具有划时代的先驱业绩，因而功不可灭。爱因斯坦被人们誉为“激光之父”，乃当之无愧，受之有理！

### 二 后学助威

第二次世界大战后，日臻成熟的微波电子技术促进了微波波谱学的发展，同时人们对物质微观结构也有了较深入的了解，而一些实验与理论上的问题，如在光谱学的研究中所观察到的许多超精细结构也急待加以解释，这些都促成了微波量子电子学的诞生。几年时间里，人们发现了一系列磁共振现象。

1946年，布洛赫在做核感应实验时，观察到微波辐射和工作物质间的共振信号，并首次观察到粒子数反转（即 $N_2 > N_1$ ）的实验现象。

1951年，一些科学家在美国华盛顿讨论如何发展比微波频率高的辐射的应用于通信及其他领域的问题，汤斯对此十分感兴趣。他设想用某种方法破

坏热平衡分布，使多数分子处于较高能级，然后用微波照射这些分子使其受激而辐射能量，这就可以起到放大电磁波作用，最后再把一部分发射的电磁波反馈到仪器中去激发处于高能级的分子，便可能形成振荡。他与另两位助手经过三年试验，经于研制成功了最早的微波激射器——氨分子量子振荡器。苏联的巴索夫和普罗霍洛夫几乎与汤斯同时也独立研制出氨分子微波激射器。

从微波激射器到光激射器有许多新的问题需要解决，其中一个重要的问题是光频谐振腔的设计与制造。根据电磁学原理，为了在谐振腔内保持单一模式振荡，腔的尺寸应与电磁波波长具有相同数量级。光波波长比微波波长小四、五个数量级，制造尺寸与光波波长（ $\lambda$  即 10—8 厘米的数量级）相当的谐振腔在技术上几乎是不可能的，因此，必须寻找一种新的解决办法和途径。1958 年，科学家肖洛和汤斯在一篇著名文章中讨论了由微波激射器到激光器所存在的问题，指出了使光源转变成的受激发射为主的可能性，给出了应该满足的条件，并提出了解决问题的建议。他们建议，使用一种叫法布里—珀罗干涉仪形式的两个平行平面镜作光频谐振腔，使振荡维持一个或少数几个模式。这是从微波激射器到激光器发展过程中关键的一步。汤斯和肖洛在最初的考虑中，建议用钾蒸气作激光工作物质，用钾光谱灯作激励光源。当时，他们也分析了红宝石的几条荧光谱线，认为红宝石的 R1 线很难实现受激发射，因为这条线终止于基态，不易实现能级间粒子数反转分布。

尽管如此，他们的这一重要启示，很快在科技领域内激起了一股研究激光器的狂潮，相继出现了各种各样的实验方案。

无疑，汤斯等人的研究成果，已将激光技术的研究与实验向前大大地推进了一步。

### 三 世界首台激光器的诞生

美国休斯顿实验室的梅曼教授，在研究激光技术的进程中，提出了利用掺铬的红宝石晶体作为发光工作物质，用发光强度很高的氙灯作为泵浦源的方案，冲破禁区，经过约两年的时间，终于在 1960 年 5 月成功地获得了激光，制成世界上第一台红宝石激光器。

梅曼的红宝石激光器由三部份组成：工作物质——红宝石晶体；步频谐振腔和泵浦光源——脉冲氙灯；梅曼将红宝石做成长 4.5 厘米，直径 0.6 厘米的圆棒，把它的两端抛光成光学平面并镀银的形成法布里——珀罗光频谐振腔，其中一端膜中央有一透光小孔，使产生的激光由小孔射出。红宝石固定于螺旋形闪光灯管中央，闪光灯每闪光一次，小孔或半透膜中便射出深红色（波长 6943 埃）的激光。

汤斯、巴索夫和普罗霍洛夫因对微波激射器和激光器发展做出卓越贡献，而荣获 1964 年诺贝尔奖金。可是，最早提出实现光频能级间粒子数反转分布方法并申请过专利的是加里福尼亚大学辐射实验室（汤斯当时是该实验室主任）的研究生古尔德，只是由于他没有认识到需要选择适当的振荡模式而未能成为激光技术的开拓者。

### 四 中国红宝石激光器

世界上第一台激光器研制成功不久，1961年9月，我国第一台红宝石激光器也相继研制成功。

我国第一台红宝石激光器在长春研制成功的。当时，能够获取有关的激光器科技情报非常有限，为了我国经济建设与国防建设的需要，科技工作者们毅然决定依靠自己，自力更生，克服了重重困难，立即投入研制。我国科技工作者提出的新光源研制方案，是利用掺铬的红宝石作工作物质，用脉冲氙灯作泵浦源（激励源），两块互相平行的反光镜组成共振腔。这个方案，与世界上第一台激光器是相类似的。我国自行设计的工作方案中，做泵浦源的氙灯不是螺旋状的，而是直管式的；作为工作物质的红宝石棒也不是像梅曼教授的那台红宝石激光器那样插在氙灯的螺旋圈内，而是把红宝石棒和氙灯置于一只球形聚光器的球心附近，这样便能通过聚光器的聚光作用，来提高氙灯泵浦红宝石受激发射的效率。

采用脉冲氙灯作泵浦源的依据是，根据理论计算，对泵浦源的要求为它照射到红宝石棒表面每平方厘米的光功率，至少要达到15万瓦，可一般的电光源则无法达到这个要求。氙气是一种稀有的惰性气体，在每100升空气中大约只有0.0087毫升的含量，而制作氙灯的氙气还必须达到极高的纯度，直接从市场购买的氙灯只在国外有售，而国内却是一个空白。经过上下各方的努力，很不容易才在上海一家灯泡厂找到所需的氙气。可放电管吹制出来后，做好的灯管放不了两天，便出现炸裂。因为氙灯的电极用的是钨材料，放电管用的是石英玻璃，二者的膨胀系数不相匹配。试验中，发现派勒克斯玻璃倒是能与钨电极匹配，但它的机械强度却不如石英玻璃，灯管制成后，管内通过强大电流时，同样会发生炸裂。后来经过反复试验，制出一种新品种玻璃，这种玻璃的膨胀系数是渐变的，一头的膨胀系数与石英玻璃相同，另一头的膨胀系数与派勒克斯玻璃相接近，这既使灯管与钨电极相匹配，又有足够的机械强度。

在制作掺铬红宝石棒的工作中，同样也遇到不少难题。红宝石是一种晶体，它的化学成分为三氧化二铝( $Al_2O_3$ )，掺进一定浓度的三氧化二铬( $Cr_2O_3$ )后，经精密光学加工，便成了新光源所需的工作物质。他本身要有极好的光学均匀性，在它的两个端面还要用光学研磨的方法磨成光学质量相当高的光学平面，表面的不平整程度要小于红宝石棒所发射的光波波长的 $1/20$ ，而且两个端面彼此平行的偏差度小于 $5^\circ$ ，两个端面镀上银膜之后，一端的反射率要达到99%以上，另一端要求透过率则为2%—5%。这种高精度的晶体光学加工以及与之相应的检验技术，在我国尚属一个全新的课题。我们的科技工作者，夜以继日，通力合作，在无数次试验与探索中，硬是攻克了一道道难关。各种元件都已配备齐了，一台新的光源装置按照设计方案安装起来了，万事齐备，只欠东风。

受激光射的光究竟是什么样子，人们心中无底，毕竟在此之前，谁也没有亲自见过啊！根据理论分析与计算，我国的这一台新光源装置所发射的光束呈鲜红色，光束发散角应当很小，集中在一个方向上。用一种叫做法布里—珀罗干涉仪测量，光束应有极好的相干性，光谱线宽度较窄，光的方向性、相干性、谱线宽度等都应表现出阈值特性。给泵浦源（氙灯）加的电压只有达到某个数值后，光的方向性、相干性、谱线宽度等才能与理论分析相符合，低于这个数值，光束的这些性质会很差，光辐射强度也会急剧下降。

可是，实验中人们所期待的那束呈鲜红色，并没有如期而至。把储能器

的电容增大了，加上氙灯的电压提高了，依然不见红光斑的出现。有人提出：是不是红宝石掺入的铬离子浓度不够？于是，又准备了几根掺入  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  浓度不同的红宝石棒，棒的端面也进行了十分精细的光学加工。终于，红光斑出现了！重复几次的出现红光斑，一闪一闪，格外娇艳。可好景不长，不久由干涉仪拍摄的干涉图片冲洗出来后，人们又一次陷入失望，这束红光并不是受激辐射所致。科技工作者怀着一线希望，认为也许这台新光源已调度到接近受激辐射的临界点了吧？加大氙灯的输入能量试试，又如何呢？氙灯的电压一次又一次提高，达到 1500 伏，随着氙灯的闪光，从红宝石棒的一端射出一束鲜红的光束，在屏幕上投入一个圆圆的光斑。多次试验，结果一样。干涉仪测量结果显示出发射角很小，全部光辐射的能量集中到了 0.01 弧度的圆锥角内，光束有很高的相干性，光谱线宽度在 0.01 纳米（1 纳米=10<sup>-9</sup> 米）以下。受激发射的光源，终于在中国大陆的科研实验室里闪烁着鲜红的光束！

## 五 “激光”——中国的专利

激光的英文全称为：Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation，缩写为 LASER，愿意为受激辐射光放大。而我国制成这种新光源之初，人们称它为“光的受激辐射放大器”。一来这个名字太长，二来念起也有点别扭，书写也不太方便。便有人把它压缩为光激射，也有按基本意思称它为“光量子放大器”的，有人干脆按 Laser 的译音，称为“莱塞”或“镭射”。可较为麻烦的是，只要一提到莱塞，随后还得加注一长串的解释：也叫光受激辐射放大器，光量子放大器，光激射器，镭射等等，总让人感到不太理想。

在此基础上，《光受激发射情报》杂志社（即现在的《国外激光》杂志）编辑部给我国著名科学家钱学森写了一封信，请他给 Laser 取一个中国的名字。钱学森给编辑部回信，建议命名为“激光”。1964 年冬天，在上海召开的全国第三届光量子放大器学术报告会上，提交了钱学森的这个具有中国特色，属于中国专利的建议，受到与会者的一致赞同，从此统一了命名，以“激光”风行天下。

“激光”这个名称，显然比“光受激辐射放大器”、“光量子放大器”、“光激射器”等来得简短，而比起“莱塞”、“镭射”等纯属音译的名称，“激光”更具中国风味。更重要的是很确切地表达了这个概念的基本意思。“光”字的意义本身十分清楚，“激”则很容易使人联想到“激发”，“激励”的一类概念。“激光”是汉语中的缩写，Laser 则是英语中的缩写，前者可望文生义，后者即连那“光”的影儿也见不到。

世界上第一台红宝石激光器，只能输出单一的波长波光，它输出的波长为 6943 埃（1 埃=10<sup>-10</sup> 米）的红光，激光输出为间歇式脉冲输出。我国的科技工作者大胆设想，勇于创新，希望自己研制的激光器能像收音机那样根据人们的需要自由调谐。

我国科技工作者选定的下一个目标是，以氦——氖混合气体作工作物质氦——氖激光器。这种激光器打到屏幕上的红光斑应连续发光，调整反射镜时，红光斑变换出各式花样——激光模式花样。它随着激光器工作条件变化而发生变化。

激光器的种类按工作物质划分，有固体激光器（如红宝石激光器）、气体激光器（如氦——氖激光器）、半导体激光器如染料激光器等。固体激光器中，特别引人重视的是钕玻璃激光器，它的工作物质是将稀土元素钕掺入到硅酸盐或磷酸盐玻璃中制成的，造价低输出能量高。我国在研制钕玻璃激光器方面，令举世瞩目。半导体激光器具有小型化与用途广泛的特点。染料激光器输出的波长可调谐，有着极为特殊的应用价值。

研究工作中发现，单靠加大工作物质的体积，既受到技术上的限制，又不很实用，而靠提高泵浦源的功率，也有一定限度，超过了限度，激光器输出功率不但不再同步提高，反而使激光的性能减弱。我们的科研人员在激光器共振腔上打主意，于是产生了调 Q、锁模等特殊技术。采用调 Q 技术，同样一台红宝石激光器，输出功率猛然提高 100 倍，后来发明的更为先进的调 Q 开关，使激光器的峰值功率达到亿瓦至 10 亿瓦，光脉冲闪光时间缩短至亿分之一秒。而利用锁模技术，可产生闪光的时间只有万亿分之一秒的光脉冲，峰值功率达到百万亿瓦。

## 六 光之单色

太阳光的波长连续地分布在从红外光的很宽的波长上，因此，太阳的辐射能量就分布得很散，落到苛一个很小的波长的间隔能量就很小。根据计算得知，它的波长 650 纳米（红光）附近的亮度是 1560 尔格·秒<sup>-1</sup>·厘米<sup>-2</sup>·纳米<sup>-1</sup>。

激光与普通光源都不尽相同。它的方向性极强，光束的发散角极小，而且辐射能量集中在非常窄的波长间隔内。这样，便产生了其他光源不可比拟的一个特性——亮度高，辐射能量高度集中。输出功率只有千分之一瓦的氦——氖激光器，光束的发散角仅千分之一弧度，能量集中在波长 632.8 纳米（红光）附近，波长间隔只有亿分之一纳米的范围内。由此便可以算出氦——氖激光器产生的激光亮度为 1014 尔格·秒<sup>-1</sup>·厘米<sup>-2</sup>·纳米<sup>-1</sup>，比太阳光的红光附近的亮度高 600 亿倍！

1666 年，牛顿做了一个实验，他让一束太阳光射入暗室，用一块三棱镜投射到白色屏幕上，发现屏幕上映出的是一条红橙黄绿青蓝紫的七色光带。牛顿研究这种现象后得出结论：白色的阳光由红橙黄绿青蓝紫七种光混合而成。而这七种光分别都是单色光，这七种混合而成的白光叫复色光。复色光能分解为七种单色，是因为它在经过三棱镜时发生了折射，而各种单色光对同一种透明材料的折身率各不相同，于是在经过棱镜折射后就发生了实验显示的色散现象。

七种单色光中，红光的波长最长，折射率最小，在白光折射成的七色光带上总处在最外圈，橙光的波长仅短于红光，折射率则稍大于红光，在七色光带总处于第二圈，其余类推，紫外光波长最短，折射率最大，在七光带上总处于最内圈。

比红光的波长更长的光叫红外光，比紫光的波长更短的叫紫外光。我们把红外光与紫外光称为不可见光，而相应地把红橙黄绿青蓝紫七色光称为可见光。

光波是整个电磁波大家族中的一个小家庭，这个小家族的“家谱”仅是整个大家族“族谱”的一部份。而整个电磁波大家族的“族谱”叫电磁波谱。

电磁波谱中，波长更长的无线电波，微波排在光波的前面，波长更短的 X 射线及  $\gamma$  射线排在光波的后面。它们分别占据一定波长范围（波段），依次为邻，但并无十分严格的界限。可见在电磁波谱中占据大约是从 7000 埃到 4000 埃很小的一个波段，这个小波段可依红橙黄绿青蓝紫分为更小的波段，还可作更进一步细分。其实，光波段的每一种细分的小波段，都可对应某一种色光，可有无穷多种不同的色光。

一束单色光通过一条狭缝后，经过棱镜射到屏幕上，会显示出一条有一定宽度的亮线，这就是光谱线。光谱线亮度并不均匀，中间最亮，两边逐渐减弱。最大亮度对应的波长为这束单色光的中心波长，将亮度为最大亮度一半的两个波长间的密度，称为这束单色光的谱线宽度。谱线宽度大，这束光波长范围则大，包含不同波长的光少，因此单色性较差，谱线宽度小，这束光波长范围则小包含不同波长的光少，因此单色性较好。谱线宽度为零，而具有唯一波长的光，才是真正的单色光。但纯而又纯的单色光并不存在，任何光源都有一定的谱线宽度。

普通光源单色性一般比较差。太阳光中红光的波长，覆盖了电磁波谱中的全部红光波段。单色性最好的普通光源要数用同位素氪—— $^{86}$  制成氪灯，它发出的橙红色光，中心波长为 6057 埃，谱线宽度仅千分之五埃左右。1960 年第十一届国际计量会议决定采用氪—— $^{86}$  在真空中发射的橙红色的波长 6057 埃作为国际长度标准，长度单位“米”即由此定义为这种光波长的 165076.73 倍。

不久，激光器问世了。这种崭新的光源，才真正摘取了单色光之冠的桂冠。如氦——氖激光器发射的红光中心波长为 63.28 埃，谱宽度仅有千万分之一埃，将氪—— $^{86}$  创造的单色性世界纪录一下子提高了 10 万倍。

## 七 步调一致的光源

19 世纪初，牛顿的一位同胞，英国医生兼物理学家托马斯·杨曾经做了一个著名实验，后来麦克斯韦的电磁理论又揭示光也是电磁波，“波动说”终于为科学界广为接受，因此，人们将托马斯·杨的实验称为“波动说的判决性实验”，这一实验的重要性在于它显示了光的干涉现象。

这个实验是这样的：实验中设置了两块平行的遮光板，第一块上开有一小孔 S，第二块上开有两个小孔 S1 和 S2，他用强烈的单色光照到第一块遮光板，通过小孔 S 后成为一束细小的光，再照到第二块光屏上（遮光板又称为光屏），通过小孔 S1 和 S2 后，在前方的屏幕上就显示出一列明暗相间的条纹（称为干涉条纹）。这种现象用“微粒说”无法解释，而干涉现象恰恰是波动所独具的一个重要特征。杨氏干涉实验千真万确地显示了光的波动性。

普通光源发出的波光，杂乱无章。象白炽灯泡发光的是钨丝中的原子，每立方厘米钨丝中约包含  $10^{23}$  个原子，每个原子均发出一列光波。假如其中只有 100 亿分之一的原子发光，也呆发出  $10^{13}$  列光波，它们的波长长短不一，发射方向不尽相同，发光时间也有先后之分，同时，延续时间也非常短。显然，这样的光波，不能满足相干条件。两个普通光源发出的光在空间相遇后叠加的结果，使光的强度到处都加强了，却不能显示出时强时弱，有规则变化的干涉花样。

普通光源要获得相干光，必须采取特殊的装置。杨氏的实验，正是巧妙

地设计出了特殊的装置，才率先获得了两列相干光。很遗憾，这样的相干光，强度已减弱到实际上不能利用的地步。激光器的问世，为我们找到了号令统一，训练有素，步调一致的相干光源。杨氏的实验装置中拿走第一个光屏，直接让激光通过第二个光屏的两个孔 S1 和 S2，也同样获得清晰而稳定的干涉条纹。

## 八 光与激光

西方的《圣经》中说，太初之时，宇宙一片混浊，暗淡无光。上帝告诉人们：“要有光！”于是，光明与黑暗便分开了。光明就是白天，黑暗就是夜晚。夜尽昼始，这便是世界的第一天。第二天上帝分出了天与地，第三天上帝分出了陆地与海洋，第四天上帝造就了日月星辰，第五天上帝造就了飞禽走兽，第六天上帝造就了万物，第七天上帝累了，开始歇息。后来又有“万物生产靠太阳”的说法，可见光对于我们这个世界是多么的重要啊！

激光也是一种光，但它的发射方式以及许多特性与普通光却不一样。了解激光产生和性质之前，我们有必要了解一下光的产生以及性质。

原子是由原子核和核外电子所组成，电子总是在一些可能的轨道上绕核运动，由于运动轨道不同，原子具有的能量状态也不同。这个能量状态叫能态，最低的那个能态称基态，其他的称为高能态。电子总是力图处于低能态上，处于不同能态轨道上的电子，能够在这些轨道上跳来跳去，叫做“跃迁”。电子从低能态向高能态跃迁时，要吸收一个光量子（光量子又叫光子），从高能态往低能态跃迁时，要发射一个光子，这就是发光。如果从高能态往低能态跃迁时是电子自发进行的，这时发出的光叫“自发发射”，就是人们常见的那种普通光。如果电子是被别的光子“推到”低能态去而发射的光，这种发射叫“受激发射”，入射一个光子，射出的变成了两个，光显然是被放大的了，这就叫“受激发射光放大”。

光既是粒子又是波，由于光的粒子性，它能直线传播，光的传播速度为每秒钟 30 万公里。光又是一种波，一种在本质上与电磁波一样的波。光的波性又使光具有衍射，干涉等性质。光由于光波波长的不同而显示不同的颜色，红光的波长最长，紫光的波长最短。激光也同普通光一样具有上述性质。

当然，激光还具有普通光所不具备的一些特殊性质。所以，我们可以这样认为：激光是原子受激发射产生的，具有特殊性质的光。可以毫不夸张地说，在今天看来，激光已并不神秘，只不过我们对此缺乏一些更深层次的理解与了解而已。

## 九 受激吸收与能级系统

发光物质除了发生自发辐射、受激辐射之外，还有一个受激吸收过程。一个原子处在基态  $E_0$ ，如这时有一个能量为  $h\nu (=E_1-E_0)$  的光子接近这个原子，就可能被这个原子吸收，把这个原子激发到激发态  $E_1$ 。这就是受激吸收过程。光波通过物质时，强度减弱，就是因为部分光波能量被物质的原子吸收。吸收、自发辐射、受激辐射这三种过程，在发光物质如光相互作用时总是同时存在的。

要使发光物质的受激辐射为主，就得使物质中的原子实现粒子数反转这

样的状态。我们能否也用一种泵浦，比如说强度很大的光源，通过受激过程，把大量的基态原子抽调到激发态，实现粒子数反转呢？

我们已知激发态寿命极短——原子停留在激发态的时间大约只有亿分之一秒左右，又回到基态。受激吸收，也是我们应注意的一个问题。

我们的科技工作者终于找到了 4 能级系统的激光工作物质。而掺进红宝石晶体中的铬工作物质，建立的粒子数反转仅涉及 3 个能级，通常人们称此为三能级工作系统。

在 4 个能级系统中有  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$  个激发态。由基态  $E_0$  跃迁到  $E_3$  的原子迅速转移到  $E_2$ ，而  $E_2$  系亚稳态，寿命较长； $E_1$  则寿命很短，到了  $E_1$  的原子很快又回到基态。这样就可以在  $E_2$  与  $E_1$ ，这两个激发态能级之间实现粒子数反转。

氦原子的能级结构就相似于 4 能级系统。通过实验证明，人们又制成了氦、氖混合气体作工作物质的激光器。这又使激光器的功能向前大大推进了一步。

## 十 振荡——振荡

首先，让我们来做一个有趣的实验吧。在一张条桌两端分别放置一块挡板，两块挡板之间的桌面上摆一些弹子球。当一枚弹子球从档板上反弹回来时，便可能碰撞别的弹子球朝向同一方向滚动。假设每一枚从挡板反弹回来的弹子球都刚好与桌面上的一枚弹子球正面相撞，并有足够的力量使它们一起滚向另一端的挡板。在这种情况下，我们开始做这个实验。我们先让一枚弹子球向左端的挡板滚动，反弹回来后就会成为有 2 枚弹子球滚向右端的挡板，再一次反弹后则又会成为 4 枚弹子球滚向左端的挡板，不断这样滚动，每一次反弹都会使滚动的弹子球数目翻一番。来回振荡的次数越多，滚动的弹子球也就越来越多，积聚的能量也越来越大。这时，我们突然拿走一端的挡板后——比如拿走右端的那一面，这样大量的弹子球就会象出膛的子弹一样从条桌的右端射将出去。这种现象中，两端放置挡板的条桌即可称为共振腔。这个共振腔除两端的挡板和桌面外，其他方向均开放。如有的弹子球朝向那些开放的方向滚动，便会脱离这个共振腔，这个可能影响其他弹子球偏离在两块挡板之间振荡的路线，这就使弹子球只能在垂直于两块挡板的轴线方向上越滚越多。

让我们将这两块挡板换成两面反射镜（其中一面是全反射镜，另一面是部分反射镜），在它们之间放置的是红宝石棒或充氦——氖混合体的放电管；这时“弹子球”是红宝石棒中的铬离子或放电管中的氦——氖原子所发射的光子，这我们不必担心它们受重力作用而坠落，因此“旧顶”这个方向也可以开放了。这就是我们造成的激光器的共振腔。

用脉冲氙灯照射红宝石棒，或接通氦——氖放电管的电源，相当于启动把铬离子或氦、氖原子抽到激发态的泵浦。激发态的粒子自发辐射光子——“弹子球”开始滚动。其中有些光子偏离了轴向，从开放着的方向飞出共振腔，只有沿轴向“滚动”的光子，才会从反射镜这面“挡板”上反弹回来，成为诱发激发态粒子作受激辐射的因素，引起轴向的受激辐射，并产生雪崩式的光子放大。大量轴向“滚动”光子，在“碰”上那面部分反射镜时，一部分反弹回来继续在共振腔内振荡，另一部分则透射出去，这就是激光。

现在，我们终于明白了激光器是由三个主要部分构成的——即激光工作物质、激励能源装置和光学谐振腔。

同时，我们也由此进一步知道了激光的特点：1.方向性好。就是平行度高，发散角小，激光束的发散角已达到二、三分，所以人们常常称激光为“平行光”。2.能量高度集中、亮度极高。3.单色性好。4.相干性好。受激辐射后的光子具有相同特征，它们如从同一个辐射发出，其频率、共振方向都相同，所以相干性特别好。

## 第二章 激光之战

### 一 真实的幻想

历史曾经有过关于强光武器的传说。

公元前3世纪，强大的罗马军队进攻希腊的叙拉古城，遭到城内将士的顽强的抵抗，著名科学家阿基米德也加入了抵抗侵略者的行列。传说阿基米德发明了一种掷石机，掷石机猛烈掷出雨点般的石块，将逼近城墙的罗马士兵打得头破血流。他发明的鸟嘴梁，从城头抛掷出的巨大石块，把城外港湾中的罗马战舰砸沉。另有传说，阿基米德把城里的妇女和老人组织起来，让每人手执一面镜子，将镜面上反射的阳光全聚集到敌航的布帆上，引起了熊熊的大火。3年后，罗马军队才攻陷弹尽粮绝的叙拉古，罗马士兵用血腥的长矛抵住阿基米德时，这位老人正俯首凝视画于沙地上的几何图而痴迷于科学世界的深思，他愤怒地吼道：“滚开些，不要玷污了这幅图！”

18世纪，传说有个法国人用168块玻璃反射镜组成一门“光炮”，显然这位法国人在重温阿基米德的旧梦。每一面镜子长20厘米，宽15厘米，总面积约5平方米，呈半径为0.9米的巨型半球面反射镜。有人为此作了计算，这门“光炮”聚集的太阳光，可于几分钟内将50米开外的松木点燃。虽然在实战中这门“光炮”并不如想象的那样具有强大威力，但是至少可以证明，我们的人类先哲很早以前就在打光的主意了。

### 二 第八张王牌

可以肯定的是，无论正义战争，还是非正义战争，争战双方都会极力使用最为先进的科技手段研制并运用“秘密武器”。同样，激光一问世，立即引起军事专家们的高度重视，激光的高定向强光性质使战斗中的武器家族又添新丁。

70年代，美国的五角大楼产生了一个代号为“第八张王牌”的秘密行动计划，这个行动计划全面展开了激光武器的研究。1972年，研究者在凯特兰空军基地用激光做打靶试验，激光束能将1英里（约1.6公里）远，20英尺（约6米）高的一只扑克牌大小的靶机击中。1975年，已能够用激光束击落飞行中的靶机。1983年3月23日，当时的美国总统里根发表了“星球大战计划”，意欲在外层空间建立激光武器站。在高于10万公里的太空站或人造卫星上安装激光炮，或将激光炮置于地面，而在高4万公里处设置直径大约30米的反射镜，将地面激光炮发射到外层空间的“光弹”转射到敌方导弹头上把它一下子摧毁。整个计划需要30年时间，耗资3000—5000亿美元。

前苏联同样以极大的人力财力投入激光武器研制的军备竞赛。80年代初，前苏联即已经建立了激光武器系统，可以击毁低轨道运行的卫星，用激光武器打击高轨道航天器的研制已成定局。90年代，氦发射一枚装备有激光武器的人造地球卫星。超级大国即加紧研制反导弹激光武器系统第一系列激光武器，又在常规激光武器的研制上展开激烈竞赛。其他一些发达国家也毫无例外地对激光武器的研制发展寄予了厚望。如英国的一些军舰已经安装了由美国提供的常规激光武器，而且已投入了实战。

### 三 炸弹的眼睛

现代战争对于武器的命中率要求都相当高，而激光的出现，更使武器命中大大向前推进了一步。当今世界，已出现了激光制导炸背景。激光制导炸弹头部装有4个排成十字的激光接收器，炸弹的飞行方向由这4个接收器输出的信号控制。当4个接收器收到的激光能量趋于一致时，不产生偏差信号，炸弹就按原来的方向跑。如某一个接收器收到的激光能量少了，它就输出一个偏差信号，调整炸弹的飞行方向。

指挥炸弹飞行方向的激光，可以由一架飞机或是地面操作者发射。激光束打在目标上以后，便产生反射，被装在炸弹头部的激光器接收，只有炸弹正对目标时，4个接收器收到的激光能量才刚好一样，实际上，从目标反射出来的激光束就成了引导炸弹直奔目标的指路明灯。激光制导炸弹之后，科学家们又将目光放到激光制导炮弹上面。有一种被称为“铜斑蛇”的激光制导炮弹，用155毫米大炮发射，射程在4—70公里之间，击中目标的误率仅有1米，真说得上百发百中了。

### 四 坦克死光

当坦克首次出现在第一次世界大战的主战场时，人们从这个钢铁的庞然大物身上，看到了它攻防能力是如此的和谐统一，无不为之惊讶！送给坦克一个雅号“活动的钢铁碉堡”。

1973年，第四次中东战争爆发，仅在短短的18天交战中，双方共投入坦克近6000辆，装甲车9000余辆，这是世界战争史上规模空前的一场坦克大战。

显赫一时的坦克，并没有因此称雄世界，有人发明了反坦克导弹。反坦克导弹身材矮小，发射器可支在地上，也可扛于肩头，机动性强，操作也十分灵便。就在第四次中东战争中，埃及第二步兵师伏击了以色列王牌——第190装甲旅的坦克群。随着埃军指挥员一声令下，一枚枚身长不足1米的反坦克导弹，拖着长长的电线尾巴，如一只只矫捷的凶猛同鹰，向以军的坦克群飞奔过去。仅3分钟时间，便催毁目标。

可是，这种反坦克导弹有个不可克服的弱点，它的准确性是牢牢掌握在射手的手中。也就是说，导弹射手的瞄准水平将直接影响这些反坦克导弹的准确度。另外，反坦克导弹的那条尾巴，也是一种累赘，如自然环境以及其它一些不可抗拒的因素羁绊住了那条尾巴，导弹也就失去了控制，无法攻击目标了。

激光反坦克导弹的出现，使过去那种拖着长长尾巴的反坦克导弹“休息”了。激光反坦克导弹的头部装有激光接收器，形如为反坦克导弹装上了明亮的眼睛。交战中，飞机或是地面向坦克发射激光束，激光束从坦克上反射后就被反坦克导弹头部的激光器接收，反坦克导弹紧紧跟踪目标，便能准确地击中目标。

### 五 神奇助手

要准确地测定目标的距离，就需要有既准又快的测距仪。现实生活中，

需要测试距离的地方不少，山川河流，建筑施工，炮兵指挥官测距，还有地球至月球之间的准确距离等的测试，对国防科技，工农业生产乃至各行业中有关距离的测试都非常重要。可是，一般的光学测距仪，还不能较好较准的达到实际需要的精确程度。激光为人们提供了当代最先进、精确的测距手段。

激光具有很高的亮度，一束激光射到距离目标后，反射回来的光强度是以用光电接收器感受出来。同时，采用调 Q 开关或锁模技术，能够把激光脉冲的闪光时间压短到百亿分之一秒。这样，便能够极准确地测出激光脉冲在激光源与目标之间一个来回所花的时间。

地球到月球的距离就是利用激光，才首次精确地测定的。再如，为适应现代战争的客观需要，科研人员还专门为炮兵部队设计了一种激光测距仪。

炮兵部队专用的激光测距仪，有两只可伸出来的望光镜。左面的寻只望远镜用于瞄准目标并发射激光，经过望远镜之后的激光束，平行度进一步得到改善；右面的那只望远镜用于接收从目标反射回来的激光。测距仪在发出激光的同时，也打开了光电接收器，并触发了里面的计时器开始计算。从目标反射回来的激光，进入接收望远镜，光电接收器一接到信号，计时器便停止计时。计时器测出的激光束往返的时间数据立即输入计算器，计算器计算得出的距离的数值由数字显示器显示出来。这一切都眨眼之间完成的。这种激光测距仪的测量距离达 20 公里，误差仅有 1 米，而整台仪器的自重不足 3 公斤。

还有的激光测距仪具有一机两用功能，既能测距，又能起激光指示器的作用。激光指示器既可安装在武器或仪器上，也可携带，用它精确地跟踪指示照明目标，并将激光信息反射给“寻的器”，直至击中目标。这种武器或仪器还可以用来进行夜间侦察或跟踪，用红外激光扫描摄影机可在 500—1000 米的高空拍摄地面的建筑物、汽车、船舶和飞机等，并能准确地分辨出行人中的农民和军人。

激光测距仪的广泛运用，为科技工作者打开了思路，他们从实际需要出发，不断创新，认真总结经验，为人类的军事、工农业及其它行业都大受裨益。

## 六 无眼之战

比太阳光还要亮几百亿倍的激光，如果直接射向人的眼睛，将对人的视力造成极大的伤害。

激光致盲武器，利用激光束使敌方兵士的眼睛失明或破坏他们坦克望远镜的目视传感器。这种武器通常用于近战，即可手携，又可装在坦克、装甲车或直升飞机上使用。美国陆军已研制成功这种小功率激光武器，用激光束可扫遍半径为 1.6 公里的战场。80 年代中期，美国和前苏联两个超级大国都在许多军舰上装备了这种武器，以防御敌机的近距离攻击。在 50 米以内，这种小功率激光武器可以灼伤敌机驾驶员的眼睛，即使 50 米以外也可造成敌机驾驶员短时间内晕眩而失去对飞机的控制能力，无法有效地攻击目标。

激光束每秒钟飞行 30 万公里，事实上当敌人看见对方发射的激光闪光时，便意味着他已经被击中了。激光束进入眼帘，眼球就把光聚焦到眼底。生物学家作过这样的计算，聚焦的结果，使眼底的光功率密度比进入眼帘的光功率密度达到每平方厘米十万分之一瓦，就会导致视网膜损伤。

激光致盲武器不但能杀伤地面部队，甚至可以用来反坦克反潜艇。坦克也好，潜艇也罢，都离不开潜望镜，外界的光线就是通过潜望镜到达坦克或潜艇那厚厚的铁甲里面，到达驾驶员或观察员的眼睛，这就为激光进入铁甲杀伤敌人提供了通道。

激光致盲武器还可以用来使敌人的侦察卫星变成瞎子。侦察卫星之所以能够以高空看清楚地形地貌，完全是依靠它上面安装的遥感探测器——这就是侦察卫星的眼睛。假如用一束激光烧伤遥感器或者破坏它的工作灵敏度，卫星也就成了瞎子。

## 七 无人区的玩笑

过去进行的军事演习，真真假假，虚虚实实，不管这类军事演习的假想敌方多么神秘，演习的效果总不尽人意。这毕竟掺杂了许多主观成份，终难达到实战中瞬间万变中应有的理想境地。

为了提高军事演习的实战效果，科技工作者们研制了激光模拟武器。飞机、坦克、大炮和其他各种武器都可以装备激光模拟武器，它们能够在原有的射程范围内发射激光。同时给兵士 01 和装备都配上光电接收器，假如在演习中被激光武器击中，接收器的输出信号便引发烟火。激光模拟武器发出的激光强度不大，不会伤人，却足以被光电接收器接收。在演习中使用激光模拟武器，跟实战枪弹射击一样，击中目标后，目标便会产生烟火，表明已受伤亡被剥夺了战斗力。

实际争战中怎样打仗，就怎样练兵。在使用了激光模拟武器以后，真枪实弹的军事演习便可以实现了。比如，战斗机飞临敌方的空域时，将遭到密集的激光炮火封锁，飞行员如无过硬本领，很难逃脱被击中的厄运，因而也就失去了继续参战的资格。地面部队作战的战士如果掉以轻心，也可能很快就会被敌人击中而失去战士作战的起码资格，当然更无胜利者的希望了。

激光模拟武器除了安全可靠，又可追求实战的逼真效果外，还可以大大节省军事演习的庞大开支。比如，一枚反坦克导弹的实际价值上万元，而用激光模拟，发射一发“激光导弹”的费用则不到它的零头。如果过去一场军事演习要耗资千万元的话，激光模拟武器所进行的军事演习则可以节省成万倍的费用。

## 八 高能激光武器

高能激光武器主要用于摧毁敌方的飞机和导弹。高能激光武器激光束能使被照射点材料溶化或是气化，从而击穿坚硬的钢板，或是破坏飞机和导弹的重要部件。这种激光武器可以部署在陆地、舰艇、飞机和卫星上，它的特点是神速，它以每秒 30 万公里的速度前进，精确度极高，只要对准目标不需要前置，就可以摧毁对方。燃料消耗也少，用激光可以依靠反射镜来操作，在宽阔的视野内从一个目标转向另一个目标，不会产生后座力，装在飞机上向任何方向射击，对载机的高速运动没有影响。还有，这种激光武器不会象核武器那样，在制造、运输和使用过程中造成可怕的危害和令人寒悚的污染。

我们已经知道，激光是由闪光灯射出挑激发红宝石晶体，然后突然发出一束波长一致的光束。激光的发射是断续的，所以在传播过程中光波象峰

与峰、谷与谷那样，峰谷相间也重复出现，而且由于光的散发很少，所以细长的光束可以一直传送很远。

目前，激光用途很广，例如医学手术、光学仪、电视录影机、舞台灯光艺术、杀人武器和宇宙太空通讯等都可应用。现在，美国和前苏联两个超级大国，都在利用激光，意欲在太空无血战争中决一胜负。

现在的德国发明的高能激光发射器，将在国内正式投入生产。

根据模型展示，这种高能激光发射器底座象坦克车，燃料槽和激光装置可以迅速移动，而且活动性也强。车顶上装有形如摄影机暗箱的柱，是高能激光仪的上部发振装置所传达的管，由两道屈折臂上下传达。光学照准器和跟踪装置都在头部。这种兵器可以在森林中侦察出敌人的踪迹，它不会象一般电子仪和雷达地样，在近距离中失效。它还可以引导洲际导弹的飞行方向。

## 九 激光反导弹系统

美国劳雷尔公司 (Ioralcorp.) 已经与美国海军签订了价值 480 万美元的合同，这一经费用于开发和研制一套激光反导弹系统。这个系统被命名为多波段、反舰巡航导弹、战术电子战系统 (MATES)。这个项目主要目的是研制一套激光红外线干扰系统，使其能够对抗电子制导的反舰导弹。

根据劳雷尔公司的设计构想，MATES 所阐述的概述可能被集成先进的综合电子系统内，进而成为这个公司下一代综合舰载自防御系统。

历时 31 个月的研制项目将在美国海军研究试验所进行。劳雷尔防务系统公司将提供高速信号处理器，操纵控制台系统设计如 MATES 子系统的集成模块。

劳雷尔电子系统公司将负责设计定位和跟踪子系统，劳雷尔航空电子公司承担探视频跟踪器。

此外，美国已在研制中红外小型化学激光器等。

## 十 潜艇激光通信

激光对潜艇通信的概念，是 60 年代初期提出来的。直到 1978 年，美国国防远景规划局和海军才下决心，正式开始实施激光对潜艇通信的研究发展工作。实施激光对潜艇通信计划有两个主要方案：陆基激光器方案和空间激光器方案。陆基激光器方案的基本构想是，将大功率激光器安放在陆地上，并在地球同步轨道上放置一部可调反身镜。带有信息的激光束自地面发出后，经空间反射镜再转向海面。空间激光器方案的基本构想是，将激光器安装在卫星上，上行线采用无线电通信，下行线就是激光通信。解决这些问题，所涉及的技术相当复杂，其中包括潜艇、激光器、接收机、卫星、水文和气象等各个方面。

1984 年，亚利桑那大学研制了一种原子谐振滤光器。滤光器有效地改善了潜艇水下收信性能，使水下接收的深度增加了数百英尺，将报文传递时间缩短到原来的十五分之一，还可在一定程度上降低对激光器输出功率的要求。而且体积小，更为经济实用。另一方面，氯化氙激光器技术的发展，加之激光穿透浓厚之层与潜航潜艇通信演示的成功，国防远景规划局已确信，激光对潜艇通信的探索方向从陆基激光器方案与空间激光器方案齐头并进的

做法，转到完全集中精力于空间激光器方案。

1985年1月，海军与国防远景规划局签订了一份绝密的协议备忘录，用于指导一项双方联合发展，并于九十年代建成的一套激光对潜艇通信系统计划的实施。1986年政府为激光对潜艇通信计划的拨款为三千零三十万美元。主要用于洛克希德导弹和空间公司及诺斯罗普公司开发一种适合空间使用的氯化氙激光发射样机；由GTE公司及麦克唐纳——道格拉斯公司研制一种适合潜艇使用的原子谐振滤光接收机。曾负责国防C3I的美国前国务卿助理莱撒姆曾称，激光对潜艇通信计划与极低频对潜艇通信计划将提供两个“相互补充的系统”。

## 十一 死光枪

位于新墨西哥州北部的洛塞勒摩斯实验室曾为美国设计第一颗原子弹，为第二次世界大战写下了句号。近年来，它一直在积极研究发展科幻小说中的“死光枪”——中子、分子光束武器。

科学家们用一枚亚力火箭，将一支名为“熊娃娃”的“死光枪”射入180公里高的太空轨道中。“熊娃娃”是设计用于太空中光束武器的一部分，是这种武器的“迷你型”。正式用于战争的“大熊”体星，达100吨。这只迷你型“熊娃娃”是人类在太空中首次试验的分子光束武器，也是美国太空武器技术获得重大突破的第一块里程碑。如果一切顺利的话，“熊娃娃”不但能侦测出所设定的敌人进攻的武器，并可立即以死光予以摧毁。

飞行只有8分钟的“熊娃娃”的死光将做多次试射，试射距离从200米到8公里不等，如果是重达100吨的“大熊”，其光束可射至几百里之遥。

当然，只有“熊娃娃”在地面上测试完美无缺之后，才会让它飞上天露一手，但即使用最精确的模拟操纵装置，科学家们也无法确定在火箭飞行的稀薄大气中，光束到底能射多远。短暂的8分钟试射结束后，对有关“熊娃娃”飞行及发射光束纪录资料的分析和研究至少要耗时8个月，方能理出头绪来。

洛塞勒摩斯实验室将投资5亿美元以上，装置“地面测试加速器”，预定1992年内得以完成，然后再用两年时间兴建高密度坚固的外层建筑物。全部工程将于1984年落成，体重达100吨的“大熊”便安置其中。一旦侦察到前苏联的洲际飞弹袭来，“大熊”立即凌空拦截并将其摧毁于太空之中。

死光枪已从科幻世界步入外层空间作战的行列，由此证明，人类的幻想是多么奇妙，又是多么地令人为之惊诧。科学之于人类，有着无可比拟的力量。

## 十二 星球大战·X光镭射

李维摩尔主持X射线镭射的负责人乔治·查布莱说：热、光、电力或是化学能都可以做为镭射的能量来源，但困难的是将这些能量打入能发出镭射光的材料内，促使材料内的电子逆向。在一般未受激动的原子中，大部分的电子都在低能阶状态，只有少数电子在高能阶。镭射的构想就是以打入的能量将原子内的电子分布作“倒转”，使镭射材料中的绝大部分电子窜向高能阶，留下大批的低能阶空位，经由适当的触发信号，即可使大量的电子降落

在低能阶，而以光子的型态放出巨大的能量。

就大多数镭射而言，能量的放射与能量的供给足以同步，但X射线镭射却太难了。它的电子降落速度实在太快，快到一般实验室所能提供的能量突波亦无法追上，而李维摩尔实验室的人员真的办到了，他们所用的是——核子弹。

美国空军曾以化学镭射及其他的镭射在近距离成功击落了无人驾驶飞机，为什么李维摩尔实验室还要大费心血去搞X射线镭射呢？简言之是看重它的能量威力，在其他波长较长的镭射如想摧毁来犯的飞弹，须花费相当长的驻足时间盯住该飞弹表面的某一点，直到该点熔穿为止，但X射线镭射纵使经过极长的距离，它也可以自身巨大的能量，将飞弹的外壳整个爆炸性的挥发掉，以其巨大的震波，将飞弹的重要部位如下雨般的解体。

专家们估计，光是镭射物质的一个原子即可产生一整瓦的镭射能量，如果一个小小容器能容上兆个原子，其威力实在万分惊人。

X射线除能量大而外，还有另一些特点。X射线镭射不需光学设备，它们和射线散失度超乎寻常的小，将镭射材料做成小小的筒状安插在核子弹的外表，每个都可独立地对准目标，一旦有事，引爆核子弹，以其能量发射镭射，直到整个机构沦为爆炸的火球为止。

所有的镭射在大气中效果都不佳，如可见光一般，可被空气中的水气及灰尘阻隔或是散射，也可以烟幕障蔽。X射线镭射另有一个缺点，它比其他镭射更易为空气分子所吸收，所以只能用于太空。

### 十三 死光终结者

激光武器的出现，立即伴随着研究反激光武器的方案推出。制服激光武器，便是根据光的特性找出它的弱项，人们大致从以下几个方面考虑，研制反激光武器的办法。施放烟幕。光束传播过程中，如遇尘埃，便会发生散射。人站在光束无法照射的地方，同样能看见从窗外射入的光束，还能清晰地看到光束中纷扬的尘灰，这是因为光束发生了散射。如在激光制导的导弹飞行轨迹上施放浓浓的烟幕，使激光发生强散射，起制导作用的光信号强度随之产生衰减，制导能力大大降低。导弹便会偏离甚至失去目标。

施放诱惑光束。对付激光制导导弹，可用一束波长和脉冲方式都与敌方制导的光束相同而强度更大的激光束去扫描飞来的导弹，诱使导弹跟随这束干扰光束跑，放弃本来将要攻击的目标。

发射致盲激光。在激光测距仪、激光雷达及激光制导导弹上，均装有光电接收器，用来接收从目标反馈来的信号。如用一束很强的激光束扫描它们，使它们上面安装的光电接收器在强光作用下超出了额定的峰值，也会无法正常输出控制信号。

反对抗。为了防止假的激光信号干扰，可将制导用的激光信号编码，这样，光电接收器在收到信号时，便可查验信号编码的真伪。

现在，西方国家普遍使用防止激光武器伤害的方法，大致包括遮断激光光束照射、改变士兵在战场上的目视习惯如采取反制措施：

滤光器的发展和运用。激光器作用，旨在过滤照射眼睛和感测器的强光，从而避免肉眼与光学器材的损害。战场上观察敌情的能见度非常重要，通常受到烟幕、气象及地形地貌地物等的影响，所以既看不远，又不确实。现在

由于激光武器的威胁，必须使视线通过滤光器，不致因幽暗而影响眼观八方的能见度。

利用电视的间接观察。电视是当今武器系统的观察工具，肉眼通过电视镜头摄取的景物一览无遗。如果敌人激光强光束摧毁了电视镜头，另换一个新的就行，不致伤害到人们的眼睛。当然，目前只有战斗车辆、军舰、作战飞机等武器系统才装备有电视，一般仅靠两条腿步行的地面作战兵士，还无利用电视间接观察的福份儿呢。

权宜之计的训练。在感受激光威胁的状况下，没有防护眼睛的装备用时，战场上士兵必须当机立断，采取权宜之计，要以黑色布条贴住一只眼睛，在敌人激光武器攻击下，只有一只产生盲障作用，即使永久性失明，独眼人也总比双目失明来得好吧。记住，这仅是权宜之计而已。

因为，激光光束是一种直接瞄准的武器，战场上的士兵采取防护直接火力射击的方法，以便躲避激光强光的伤害。如果发觉激光攻击警报时，立即戴上一副墨片眼镜，也可降低激光的危害到最低限度。

激光源侦测器。使激光源侦测器，是积极的反制措施，新发明的激光源侦测器具有着 360 度的侦测能力。由于它在战场上发挥侦测的功能，可适时发布敌人激光攻击警报，使有关单位散发烟幕，减少激光危害，炮兵甚至可利用侦测器获取敌人激光源的位置，集中火力摧毁它。

但使用激光侦测器，同样容易被敌人激光源侦测系统发现，所以在使用时，需要特别小心。军事家们分析，用于破坏感测器的低能激光武器很可能在不久的将来大量使用，且造价低廉，携带较为方便，危害眼睛的激光武器也将成为第一线士兵随身携带的必备武器。

有人预测，激光不但会改变作战进程，甚至还会影响战场的胜负呢。

## 第三章 超常规工艺

### 一 淬火·脉冲

用激光对金属表面热处理，将激光束扫描金属表面，不到半秒钟可加热到 760C，靠自身冷却，不需淬火。处理后的金属其硬度及防锈能力都将加强。由于激光工业的出现，不久的将来，工业革命很可能加速发展。

前苏联，农机经常受到摩擦的部位磨损严重，这些零部件进行激光淬火后，可使其耐磨性提高一半至三倍，并能校正微小的变形。预计经济效益每年可达 170 万卢布。

美国的激光技术处于世界领先地位。麻省理工学院的研究人员，已研制出时间仅为  $16 \times 10^{-15}$  秒的激光脉冲。

### 二 条形码·防伪商标

达到实用的红色半导体激光。1992 年 12 月 17 日，日本《日刊工业新闻》报道，松下电器产业公司开发的波长六百三十八纳诺米的红色半导体激光器，这种激光器可用于条形码读出器。条形码系目前世界上较为先进的国际标准的商标使用方法。产品的促销重要手段之一，就是说产品的条形码为标志，表明自己属于正宗产品。

换句话说，产品标注的条形码到底是真是假，用这种激光条形码读出器，立即会辨别出产品的真伪。

### 三 光纤通信的神速发展

光纤就是光导纤维，它是一根比头发丝还细的玻璃丝。光纤通信，就是利用光波在光导纤维中传递信息的通信。光纤通信是 60 年代兴起的，70 年代末到 80 年代初迅速发展起来，成为一门新兴的通信技术。

光纤通信的工作原理，首先是携带有各种信息的电信号转换成光信号（模拟信号或数字信号），再把待传的光信号调制到激光光源上去，然后通过光纤，传到对方，对方接收端的探测器件接到激光光束以后，再把激光信号转变（解调）成原来的电信号。因此，在光纤两端必须有相应的电光、光电转换设备。

光纤通信与电缆通信不同的地方：a），传输的媒介不同，光纤通信用光纤，而不是用金属导体。b），传递的是光信号，而不是电信号。c），因为光通信需要把电信号变为光信号，所以需要光源、光调制机和光检测器，而电缆通信不需要这些器件。

光纤通信的特点：

频带宽、通信量大，传输距离远。光作为一种波长极短，频率极高的电磁波，频率范围很宽，传送信号的光纤比传送电信号的电缆，通信容量大 10 亿倍。一根比头发丝还细的光纤可同时传输几万路电话或几千路电视，而可送至千里之外。据理论计算，一根光缆即可传送世界现有的全部通讯量，一对光纤在一分钟内可传送一部《大英百科全书》的全部内容。

资源丰富，能节省大量有色金属。制造光纤的基本材料是自然界中取之

不尽的石英材料，发展光纤通信丰富的自然资源。用石英材料制造光纤发展通信业，节省了大量的有色金属。如制造一万公里的同轴电缆约需铜 5000 吨，铅 2000 吨，如用光纤，可以节约大量铜、铅等有色金属。

具有多种优良性能。光纤体积小，重量轻。据统计，铺设 40 公里的通信线路，如用铜线则需要 1640 公斤，如改用光纤只需 1 公斤。由于光波频率远离雷电工业强电的频率，避免了电磁干扰，所以抗干扰性强。对外界的雷击、腐蚀有良好的抵抗能力。光屏易于屏蔽，窃听、泄密可能性小，所以保密性能好。光纤很细，十分柔软，易于架设与安装。

可为开辟新的通讯业务创造条件。人们很早就指望能实现可视电话网通讯。用可视电话在相隔很远的两地通话，能同时看到对方的形象和动作，可展示文件、图片资料等，这是社会信息传递的一个飞跃。

光纤通信系统，在各地之间可实现长途自动拨号。如配合无线电通信、卫星通信等手段，从汽车、火车、飞机和轮船上同地球上任何一点都可通话。用户可以自由地点播电视节目，用户只需通过家庭终端设备，将几天或几星期后要点播的节目和收看时间输入，到时候设在系统中的点播节目装置，就会自动播出来，播送到用户家里。可以把许多地方的各种控制系统和计算机互相连接起来，构成一个网络。利用这种通信系统可以合理地、迅速地收集、加工、积累、变换和传递各种信息。

光纤通信系统，能实现可视电话网通信。可用可视电话通信，可利用电视屏显示报纸，也可利用可视电话召开电话会议，利用电视进行电视教学，可视电话还可以进行医疗会诊、参观、技术交流，在军事上可用于了解作战情况。

国内外光纤通信发展概况。美国自 1977 年在芝加哥市内两个电话打通了世界上第一条短距离光纤线路以来，全美国近百个地方建立了总长几百公里的短距离的光纤通信线路。1983 年打通了纽约到波士顿之间长达 600 公里的光纤通信网，总长 2513 公里，80 年代末，美国各城市之间的及城市内部都基本实现了光纤通信。

世界上第一台利用光纤通讯网的录像电话，在法国西南部的比亚里茨正式起用。光纤通讯网是未来的通讯系统，因为光纤的阻力比同轴电缆小 10 倍，但容量却大 10 倍，因此，可以逐步代替传统的铜缆。光纤通讯网可用于录像电话、电视联播网和存取资料及图像。

日本自 1976 年以来，已先后在国内安装了 10 余个通信试验系统，1984 年，日本完成了北起北海道札幌，南至九州福冈的光纤通信干线。目前，日本已铺设了近 10 条海底光缆，还将与美国合作建立横跨太平洋的长达一万公里的海底光缆通信系统。

英国在 1982 年已铺设了光纤通信线路 3600 公里，全部开始营业。从 1985 年起，计划铺设 2.24 万公里。又与法、德等国家筹建世界上横跨大西洋的第一条洲际海底光缆，1988 年投入使用。法国也在铺设从地中海到法国南部全长 200 公里的光缆通信系统，加拿大正在兴建世界上最大的光缆电视网，光缆总长 3000 公里。美、日、法等 8 个国家已宣布：今后建设长途通信干线不再使用电缆，而全部采用光缆。

我国于 1972 年开始进行光纤通信技术研究，1976 年研制出低损耗多模光纤。1978 年，在上海的两市话局之间铺设了第一条长 1.8 公里的光纤通信线路。1979 年以后，北京、上海、南京、武汉和桂林等地先后铺设了光纤通

信试验线路。1982年12月,武汉建成13.5公里市局间的中继光纤通信系统,联系了四个话局。1986年2月,在武汉又通过邮电局科学研究院研制的140兆特率/秒光端机的鉴定,其主要技术指标已达到80年代的国际水平。我国邮电部计划在1986年到1988年,铺设北京到天津,长130公里的光纤通信线路,然后再延伸到沈阳,以至哈尔滨,全长1500公里。同时还计划铺设南京到汉口,再到重庆的光纤通信线路。总线长2300公里,加上支线,总长2500公里。另外,光纤通信小系统正在我国推广。

光纤通信的发展前景。由光纤透光曲线可知。只有波长为0.85微米、1.3微米和1.5微米三种光线容易透过光纤。目前大都用0.85微米的短波光纤。人们正在探索波长在1.3微米和1.5微米的长波光纤。在容量方面,首先发展多路传输,即用一根光纤能传输几个波段的激光,使每一波长的激光能同时传输多路信号。其次是发展双向传输,即在同一根光纤的两端,同时传输同一波长的激光信号。在超高速方面,大力发展“全光通信”技术,就是不经过光电转移过程,直接利用光纜来传输信号和图景,在光纤使用材料方面,利用红外光通信成为发展方向。1978年,英、美三位科学家通过理论分析发现:能传输红外线的光纤其传输损耗远比石英玻璃光纤低,他们提出,今后的光纤发展方向是用能传输红外线的材料来制光纤,并采用能发出红外线的激光作为光源,采用对红外线敏感的材料作元件。

1983年,在日内瓦举行的第四届世界电讯展览会表明,通讯技术正走向智能化、数字化、自动化。未来的光纤通讯技术将和电子计算机结合起来。人们已在研制一种新的通信网,返过去一直分开运行的电话、电视、传真等设备,通过计算机控制,结合成一个系统——可看、可听、可写、可传真、可转发、以电子计算机为大脑,以光纤通信为神经系统。而计算机和光纤通信结合,能沟通各种信息,首先将引起“办公室革命”,然后波及生产和社会生活的各个领域。

#### 四 精美之孔

利用激光方向性强和集中高度能量的特点,可对材料进行打孔、切割、焊接和热处理等机械加工。利用激光束加工时,其加热范围小对邻近区域没有影响,而且对光点的大小,光束的路径及功率都易进行控制和调节。加工时与工件无接触,因而工具不会磨损。

激光打孔是将工件的气体或蒸气压力吹走,留下一个干净的孔,无需再精加工。激光还能以各种角度,在难以到达的区域打孔,又可以轻而易举地在硬质材料上钻出10微米以下的小孔。手表行业是我国应用激光技术最早的工业部门之一。过去手表宝石轴承上的小孔采用机械钻孔的方法加工,加工工序多,噪声大,效率低,一般几十分钟才能加工1粒,改用激光打孔,每秒钟可加工10—20粒,产品合格率达98%以上,比机械钻孔效率提高几十倍,其孔径和孔深的的比值可大于1:50。

钕玻璃激光打孔机和YAG激光打孔机很快取代了人工钻孔。YAG激光打孔机被称为第三代打孔机,每秒钟可以加工14、15只轴承,而传统钻孔工艺5秒钟才能加工1只轴承,激光打孔机使工效也提高了70倍。

化学纤维生产中用的喷丝头,加工要求很高,难度大,要求在直径不到10厘米的硬质合金铝上钻出一万个孔径完全一致的小孔。以往四五个工人紧

张工作一星期的加工任务，用上激光打孔机后，只需一个工人轻松操作几个小时就完成了。

## 五 神功削铁

在电子工业方面，以往对集成电路划片，是采用钻石机械划片，它不仅速度慢而且钻石磨损快、成品率低。采用激光划片，便可以把整个炽热区局限在宽约 0.65 毫米的划沟里，既提高了划片质量和成品率，划片速度也相应提高了。

用激光切割时，把光束会聚在工件上，它就象一把锋利的刀，不但可以切割高硬度、高熔点的材料，而且能切割脆性、粘性材料，如石英、玻璃、陶瓷、塑料、纺织品、纸张等，用激光刀切割木材时，无锯骨，切面光滑，切缝窄等。

一台二氧化碳激光器输出的激光束，经几块透镜聚焦后垂直地射到下面的工作台，要切割的工件就放在这个台子上。它切割速度快，比普通切割工具快 2 倍，切口，切割 6 毫米厚的钢板，切缝仅有 0.3 毫米，切割 0.8 毫米的钛板，切缝更小。

激光研究所帮助尼龙伞工厂生产安装了一台激光裁剪机以后，工效比原来提高一倍，切口平整，废料大量减少，经济效益大有提高，不到一年就收回了投资。过去，打字机上的色带，边子上的毛刺问题总解决不好，成为连续性生产的一大障碍。后来，将一卷色带放上激光机一试，不到 2 分钟就切完了，边缘齐整，没有毛刺。而且原来需要 5 道工序还干得比较毛糙的活，现在只一道工序就漂亮地完成了。

## 六 幻影粘接术

用激光焊接，可以把各种熔点高、熔点不同及高电阻的金属和非金属材料焊接起来，特别是能透过真空的玻璃壁，进行隔离焊接。经它修补的金属几乎完全没有痕迹，即使放在显微镜底下，也很难找到修补的地方。

激光焊接，还有一些新特点呢。它不用焊料，是靠激光束的能量把两片材料熔合起来。激光束可以聚焦成很细小的光点，焊缝很小，也非常平滑。焊接时能量很集中，焊接迅速，热影响范围很小。用其他焊接工艺，有不少不同的金属很难焊接在一起，或无法焊接。如铜与铝、钨和钼、金属与陶瓷等就焊不拢，用激光便可将它们焊拢去。还有，真空里面的电路断了，也不用卸外面的玻壳，用激光就可以焊接起来。

过去，金银制品厂制作的金项链等首饰，是用在人工方法一点一点慢慢焊接起来的，焊好后还不能残留焊料，不然时间一长，残留焊料的地方就容易出现黑点，影响首饰的美观。用上激光焊接机后，细细地激光束比老艺人的巧手更加灵巧，不仅一下子把生产效率提高 30 倍，而且加工技师也有明显提高，激光焊接省掉了焊口抛光磨平这道工序，还可以节省贵重的黄金。

## 七 光照坚挺

机器的不断运转，部件之间发生摩擦，时间一长，必然出现磨损。从而

使发动机的耗油量增加，或影响机械加工中工艺的流程，功率水平下降，负载减少等。

解决这些问题的办法之一，是寻求和采用耐磨性好的材料来制造机械，如掺铬、掺钼、掺硼、掺磷的合金钢有较好的耐磨性。但优质合金的产量相当有限。而且这类材料价格也高，加工难度大，机器成本也相应提高。

另一种办法是，用热处理技术提高材料的硬度。所谓热处理，就是把要处理的材料先加热到适当的温度，然后使它迅速冷却，使材料在突然冷却过程中发生变化而改变材料原有的性能，主要是提高硬度和耐磨性。

用一束功率比较高的激光束，在金属材料的表面扫描，光束照射的部位，会瞬时吸收大量的能量，温度急剧升高，光束移开之后，由于金属的导热性能很好，热能迅速向金属内部传递，于是温度骤然降低。激光用于热处理，还有一些独到的优点。激光热处理引起材料形变小，因为热处理可以在极短时间内（一般仅有千分之一秒）进行。热处理后的零部件，不必再进行“善后处理”。这种热处理的劳动强度低，基本上不产生烟雾，更不会产生废水，因此可以避免环境污染，有利于生态平衡。激光热处理后的材料，不仅比其他工艺热处理的材料费节省，而且能大大延长这些材料的寿命。

例如，一些精密测量器具也需要热处理。有一种叫做块规的精密测量器具，是机械制造厂常用的标准长度如测量角度的工具，它本身质量的好坏，将直接关系到机械加工的精度水平。块规在使用过程中，经常受到磨擦，因此它不仅要有精确的尺寸，而且要有极好的耐磨性，通常也需要进行热处理。但用一般热处工艺，往往会使块规内部金相结构发生变化，由此会引起块规尺寸缓缓地发生变化。

## 第四章 “咔嚓”中的特异功能

### 一 全息照相术

全息照相是成功地应用激光相干性的一个例子。通常物体上各部分所发出的光中，包含光的强度和相位这两部分信息。普通照相只能把光的强弱度化记录在底片上，通过印制，在照相底片上显现出物体的平面像。全息照相不仅要在底片上记录光的强弱情况，同时还要把光的相位也记录下来，也就是把光的信息全部记录下来，在被摄物体再现时，能得到物体的立体图象。

全息照相分成两个过程：一是把物体发出的光的振幅和相位同时记录在感光胶片上，相当于普通照相的摄影过程。二是把物体的形象再现出来，相当于普通照相的冲晒过程。

全息照相的拍摄。拍摄时，激光器射出的激光束分成两束，一束照射到被拍摄物体上，经物体反射后照射到感光胶片上，这部分光称为物光束。另一束经反射镜后，照射在感光胶片上，这部分光束称为参考光束。由于激光是相干光，物光束和参考光束在感光胶上叠加，产生干涉现象。从被摄物体上各点反射出来的物光束，在强度和相位上都不相同，强度差异条纹变黑的程度不同，相位的变化使条纹的分布形状不同。在感光胶片上不现普通照相相片所出现的物体象，而是出现许多明暗不同的花纹，小环和斑点等干涉图样。感光胶片以干涉图样的形式将物体的全部信息记录下来，经显影定影后，就得到全息照片。

物体形象的再现。激光全息照片在普通光的照射下是不能再现出被摄物体原来的形象，必须用激光去照射它才能再现。当一束激光束照射到全息照片上时，被照片上的干涉图样所衍射。其作用和光栅相似，但这是一个明暗对比不同，间距不同而且弯弯曲曲地发生了畸变“光栅”。在照片后出现一系列衍射光波，即在全息图的两旁会分别形成物体的实象和虚象。

全息照相的主要特点。a)，由于全息照相记录了物光束的全部信息，所以再现出来的物体形象与原来的物体一模一样，是一个非常逼真的立体象。而这种立体象还具有普通立体照片所没有的一些特点。和观察物体完全一样，具有相同的视觉效应。如当观察者改变自己的观察位置时，图象的透视情况也和观察原来的景物一样改变。景物中的近物和远物的视差效应十分明显，可以从不同的方向去观察物象。如从某一个方向观察时，一物被另一物遮住，那么，只需把头偏移一下，就可以绕过障碍物，看到被遮住的物体，眼睛必须重新调焦，这和原来直接观察景物完全一样。b)，在拍摄全息照相时，无论胶片的反差特性如何，再现的象和原来物体上反射光的强弱情况，总是非常接近的。即使用高反差的胶片，但再现的色调仍然不受损失，这是普通照相术不可能达到的。c)，全息照片的每一部分，无论多大，总能再现出原来物体的整个图象。也就是说，可以把全息照片分成若干小块，每一块都可以完整地再现原来的物象。因此，即使全息相片缺损，也不会使再现象缺损，只是当全息照片的面积缩小后，象的分辨率降低了。d)，同一张底片上，经过多次曝光后，可以重叠许多个象，而且每一个象又能不受其他象的干扰而单独地显示出来，由于所得的干涉图样随物光束和参考光束间的夹角大小而变化，因此，相应的各种景物再现象出现不同的衍射方向上，因而在各个不同的方向组成了各个景物的独立再现象，e)，全息照片易于复制。如

用接触法复制新的全息照片用这张复制照片再现出来的象仍然和原来照片的象完全一样。

全息照相存贮信息容量非常大，一本厚达几百页的书，它的全部信息可以存贮在一张一平方厘米的全息照处中。采用全息激光术和可擦除的记录介质，能大大提高计算机的内在容量。利用全息方法的全息电影和电视术，观众不必戴上一副笨重的偏光眼镜，就能逼真地直接观看立体电影或电视。

## 二 揭穿鱼洗的老底

明代保留至今一件文物叫做游鱼喷水洗，通常人们叫它鱼洗。这只鱼洗是青铜制成的水盆，盆口直径 36 厘米，盆底直径 22 厘米，盆高 9 厘米，盆口边沿宽 4 厘米。盆底铸有 4 尾凸起的鲤鱼图案，头尾相衔成环形，每尾鱼的嘴朝上方作喷水的姿态，盆边上有一对直立的耳环。

我国古代冶炼及铸造技术历史悠久，工艺先进，举世闻名。明代能制作青铜鱼洗，实属自然而然的事情。但令人称奇的是，这只鱼洗如果装上水，用手掌地鱼洗两侧的耳环上不断来回摩擦，鱼洗便会发出“嗡嗡”的共鸣声，一会儿便从盆底的 4 尾鲤鱼嘴部向上方喷射出一串串水珠，窜出水面高达 30 厘米，令人叹为观止。为此，中央新闻制片厂专门将这只鱼洗拍了专题片，广为传播。

摩擦鱼洗的耳环，为什么会从鱼嘴里往上喷水呢？而有的人摩擦时水喷得很高，有的人使劲摩擦，水还是喷不高。有人说，鱼洗是人福份大小试金石。福气好的人，鱼嘴部喷出的水就更高，反之，就喷得很低。这多少有点儿牵强附会吧？不过古往今来，人们总也无法说清楚这里面符合逻辑的道理。现在，激光技术终于帮助人们解开了鱼洗喷水之谜。

激光专家们在研究中发现，摩擦鱼洗的耳朵时，从盆边会反射出水波，而反射波与盆边振动时产生的水波起到了干涉作用，水面隐约可见干涉图案。激光专家们用一只低频振动发生器，模拟用手摩擦那双耳朵的情形，向鱼洗输入振动信号，使鱼洗产生机械振动。振动频率为 200 赫时，再拍出一张全息照片，振动频率调至 300 赫，再拍一张全息照片，以此类推把拍出的多幅全息照片用作细心地比较，终于揭开了谜底：原来，鱼洗受摩擦而发生振动，振动使水产生了水波，水波传播至盆的四壁而反射，反射波又与入射波互相叠加而形成了驻波，那些鱼洗的制作工匠们非常巧妙地把 4 只鲤鱼的嘴部刚好安排在驻波波腹的位置，当摩擦双耳时产生的频率达到某个数值时，鱼哪位置上的驻波波腹特别强，这时，激起的水柱也就特别高了。

## 三 激光透视

如今，全息照相技术对历史文物的保护和修复，起到了极为重要的作用。古代艺术珍品是人类社会共有的精华，但漫长的岁月无情流逝，不可避免地受到不同程度的损伤，如不及时发现和消除隐患，会产生难以想象而无法弥补的巨大损失。仅仅是消极的补救，实难从根本上解除潜藏的隐患，文物及艺术精品也就谈不上很好的保护了。全息照相术为广大文物工作者，提供了透视文物的内脏的手段。

几年前，一位名叫阿思玛斯的美国物理学家来到意大利著名的水城威尼

斯，为一些文物拍摄了立体照片。近年来，由于含有盐份的空气中的浸蚀，不少珍贵的文物患上了令人头痛的“石癌”——积满污垢并形成滴水嘴。用普通的洗刷方法无法解决“石癌”的蔓延，意大利当局为此伤透了脑筋。后来，阿思玛斯用他携带的激光摄影枪瞄准积满污垢的滴水嘴时，只听见小小的爆炸声之后，上面出现了一片洁白的地方。这个意外的收获竟解决了一个大难题，于是，总部设在纽约的“保存名胜国际基金会”请阿思玛斯再制做这种激光枪。原来，阿思玛斯将激光束射向文物时，发现污垢已吸收激光能，在高温高压下汽化了。而石头将激光反射回去，却没受到任何伤害。经过激光枪的治疗，清除了石头上的雕刻精品和宫殿的墙壁上那“石癌”，使美丽的意大利名城又重放异彩！

利用激光全息照相技术，还可以发现和检查一些文物所存在的隐患。15世纪道纳太罗的涂漆木雕《施洗礼者圣约翰》，就属于艺术珍品，它是道纳太罗后期作品之一，被誉为文艺复兴时期的杰作，500年来，这幅作品曾多次修复。通过对这件作品拍摄的全息照片，发现圣约翰的小腿附近，有不同于其他部位的一些变化。经过分析，发现在100余年前的一次修复过程中，这个部位用石膏粉涂有一疤块。

木版画《圣凯特琳娜》上15世纪菲奥伦廷诺的作品。文物工作者为了考察它的保存情况，为它拍摄了全息照片，从照片上发现了细小的畸变条纹点，这表明这幅木版油画的底漆和木板已脱开了。

科学家们正在考虑实施一个庞大的计划，准备对一些文物连续拍摄数千张激光全息照片，利用容量和高速数据处理技术，重现文物被浸蚀和损坏之前的原貌。

#### 四 探伤·探伤

有一家机床厂，生产的机床在国内同行业中算得上是一流，但要进一步打开销路，占据国际市场，出口到海外去却还有一定的距离，还需要着力提高产品的质量，才有希望将产品推向国际市场。

工程师指出了本厂产品质量上的主要技术障碍——目前，影响机床加工精度的主要原因是机床在载荷时的动变形没有把握好。

他们对机床结构的静变形，热变形和动变形还不太清楚。对机床哪个部位是薄弱环节导致了比较大的动变形，影响到机床的加工精度，还没有找到一种切实可行的实验方法来，机床本身是一个大而复杂的组合结构，用理论计算或传统的测试方法，很难以获取整台机床的真实可靠的结构效应。使用最新的模态分析技术来分析它的动态特性，也没有完全解决问题。

有人提议，现在激光技术解决了不少的问题，还是请激光专家来帮忙，也许会有更好的解决办法呢。

厂里派人到激光研究所，向激光专家们原原本本地介绍了自己生产的机床质量情况，请研究所的工作人员帮忙查找引起机床动态变形的主要原因。

研究所的领导为他们请来从事激光全息和激光散斑技术的科研人员，这两位研究人员向派来的人介绍了全息照相检测技术，又与他们一道研究了应用这种技术分析机床动态变形分布实验的可行性。

他们决定采用一种功率比较高的氦、氛激光器，对机床拍摄了整体的全息照片。拍摄机床静态时，运转时以及加热时等多种不同条件下的大量全息

照片。又用模型设计了不少结构不同的机床，也同样拍摄了全息照片。经过他们反复研究，积累了上万个试验数据，从中选出了合理的床身结构。后来，他们在保持原来机床的长度和重量的条件下，只是改变了一下机床的结构，便明显地提高了床身扭转的刚度和水平弯曲的刚度，由此机床的质量大大提高了，加工精度完全达到了国际先进水平，机床也很快地打入了国际市场。

## 五 激光监测

某机场发生了一起意外事故：已经降落地面的飞机突然冲出了跑道！坐在飞机舷窗旁边的乘客，透过玻璃窗看到飞机闯出了跑道，于是大场惊呼：出事啦！一时间，机舱里一片忙乱，惊恐。人们不知如何是好。真是不幸之中有大幸，飞机未发生爆炸，在跑道外的草坪上滑行了很长一段距离，然后停了下来。刚才失惊的乘客，现在终于松了一口气。

事后，机场方面立即组织了一个事故调查小组。经过调查和分析，最后得出的结论是：飞机的前轮轮胎发生炸裂，导致飞机与地面的摩擦加剧，由于巨大的前冲力，飞机的后部横了过来，冲出跑道。

这是一起大事故。飞机的轮胎为什么会突然炸裂呢？这架飞机上的轮胎是刚换上去的新胎。调查小组的成员百思不得其解，提出了一个疑问：在换新轮胎之前，进行过质量检查没有呢？

很有经验的机械师说：目前轮胎生产厂家对轮胎的质量检查是采用破坏性检测方法，就是说，对轮胎进行解剖，看里面是否有夹层脱离，是否有气泡和裂纹等问题。这种检测方法属于破坏性的，不可能对每只轮胎实行检测，只有采取随机抽样的方法。而抽样检测结果只能说明这批产品的合格率是多少，无法保证每只轮胎都无内伤。即使轮胎发生炸裂的很少，但谁也无法排除这种可能性。

机场负责人都认为，绝对不能发生这样的事故！

可是，轮胎不透明，谁也没有精睛火眼，当然也就不可能看求轮胎内部存在的毛病。而且，解剖每一只轮胎来消除隐患。实际上也办不到。不然轮胎生产率不是等于零了吗？

老机械师缓了口气接着说，有一本杂志上透露了一则消息，国外正在研究利用激光全息照相技术来检验轮胎，称为无损检测技术，意思是说，不用解剖轮胎，也能检查出轮胎的质量。机场负责人和调查小组成员汇同轮胎厂的有关人员，专程赶赴激光研究所，请求协助解决轮胎检测中存在的问题。

经过研究分析，人们认为，轮胎可能出现的问题大致是这样的：轮胎内层之间发生了脱粘，出现气泡或是裂纹等。别看一只气泡不起眼，在飞机巨大的压力下，这只气泡会打开缺口，造成轮胎爆炸。

接着，研究所的同志向机场负责人和事故调查小组，还有轮胎厂有关人员介绍了激光全息照相技术检查轮胎的一些基本原理和操作过程。

用激光全息照相技术检验轮胎，道理并不太复杂。面对一只轮胎，分别拍摄它打足气前后的全息照片，正常情况下，这两张全息照片上的光学条纹分布均匀。如轮胎内部出现了问题，那么，拍出的全息照片的光学干涉图上，出现问题的区域的干涉条纹会发生畸变，因为这个地方受到外力的作用后，发生膨胀的情形不同于其他地方。利用这个道理，我们就可以鉴定轮胎内部到底有没有问题。而且，还能准确地指出问题出现的地方。这种检测轮

胎的方法，不需要对轮胎做什么手术，所以，人们称这种检测方法为无损检测方法。

经过一段时间的研制，激光研究所终于成功地制造出一台用来检验轮胎质量的激光全息干涉检验仪。他们从轮胎成品中随意抽出几条轮胎进行了检测。

这条轮胎是好的，无内伤。研究人员报告说。根据得到的全息干涉图，向检验科送去了报告，检验科把这条轮胎解剖了，果然是一条没有问题的轮胎。

这条轮胎的第三层有 1 厘米脱层。研究人员又报告说。检查科的工作人员把这条轮胎又解剖开来，果然在第三层上发现有 1 厘米的脱粘点。

他们又对其他几条轮胎作了进一步的检验后发现，结果与实际情况相吻合，实验结果给大家一个非常满意的回答。从此之后，激光全息干涉检验仪，也就正式用作轮胎质量的检验仪器。

如今，不少轮胎翻修厂以及轮胎生产厂家大都采用这种仪器。利用这种检测方法，检测速度很快，不到一分钟就可以检验一条轮胎，检验合格率也非常高。为此，人们高度赞扬了激光研究所工作人员以及激光全息干涉检验仪，认为这是为轮胎质量检测工艺流程的顺利进行，立了一大功！

## 六 激光相碟

著名的柯达公司与飞利浦公司联合推出了一种新产品——激光相碟。它是种用新兴的电子科技改造传统的照相底片的一项科技研究新成果。激光相碟的储存量大，保存期长，可用以印制普通的相片，还可以与电视、电脑连用。

激光相碟使用十分方便，摄影爱好者只要将普通影像印制在一张五英寸的激光碟上就大功靠成了。一张激光相碟可储存一百幅底片，而且，日后可拿回处理站加印。

人们还可以通过一部激光碟相在电视上或电脑上观看储存在相碟上的相片。在放映过程中，还可以搜索画面，放大、缩小、摇镜、倒转等。利用激光相碟可直接复制照片，或放大照片。这种激光相碟还可以“一物多用”，同时兼具直播激光唱碟的功能。

这种激光相碟，价值在 500 美元左右，一般家庭都买得起。

## 第五章 艺术辐射

### 一 人类音乐史上的奇迹

1982年8月的一天，79岁的智利钢琴家克劳地奥·阿劳走进西德汉诺威市附近一座现代化大厦。他踏着大步，走过一道一尘不染的走廊，然后按一下按钮，复杂的机器立即卡嗒卡嗒呼呼地作响，过了三十秒钟，世界上第一张商业性质的激光唱片便由此诞生了。那天从宝丽金公司工厂高压模中制造出来的闪闪发亮银色唱片，是克劳地奥·阿劳自己演奏的肖邦圆舞曲。这种唱片直径12厘米，储存在音乐比密纹唱片多一半。激光唱片的生产是20年来研究和发展的结果，正朝着高度传真音乐生产革命性变化。

激光唱片革命分两部分，包括一种新的唱片和一种新唱机。用这一行中人的术语来说，录音媒介就是“声音载体”，亦即利用录音器在它上面将“讯号”录下，然后用拾音器将这些讯号读出，再经过扬声器将讯号重新播放出来的一种东西。密纹唱片采用的办法是利用钻石或蓝宝石唱针沿着唱片的纹道转动，而录音机则利用磁头将录音磁带上的粉状氧化铁花纹读出。至于激光唱片采用的办法，效率绝对比上述两者高得多。声音载体上刻了许多不到千方之一毫米宽的坑纹（用数字编码表示的音乐），而70条这样的坑纹，只等于一条头发或者一条长寿唱片纹道的宽度。

激光唱片这种编码音乐，用的是一只焦点精确的激光“针”读出来。由于那些坑纹都稳当地密封在透明硬塑里，而拾音器与唱片又没有实际的接触，因此，声音永远清晰纯净而没有刮擦的杂音。另外，即使激光遇到一粒灰尘，一个肮脏的手指或是一条刮痕，它也可以借助一套人耳无法察觉得到的自动矫正错误系统，令这一类瑕疵不会暴露。

激光唱机采用现代化的唱片和激光“针”，仍离不开传统的高度传真放大器 and 扬声器。唯一不同的是，激光唱机不用转盘，而用灵巧的激光拾音器。激光拾音器借助敏锐的激光眼读出每张唱片的平均50亿条的坑纹，把莫扎特的音乐，或蜚声全球的当代美国著名歌星麦当娜的声音重新播放出来。

飞利浦公司此前在国际电子消费品工业中获取的重大成就，是1963年发明了盒式录音机。如今，他们又在激光唱片方面取得了更新的成就，它生产的激光唱片和唱机已供不应求。据估计，目前已有数千万音乐爱好者已改用激光唱机和激光唱片，再也不去听过去那种粗糙的声响。

飞利浦古典音乐制作公司于1986年制作的国际商品目录中的一项最精美的产品——莫扎特的“费加罗的婚礼”，这是许多公众公认的莫扎特最优秀的歌剧。

整个录制过程是这样的。录制的整个过程是在伦敦国会广场附近圣约翰教堂的拱形圆顶下面开始的。教堂中殿正中放置了一大堆黑色和银色的扩音器座架，后面坐着圣马田音乐学院45人组成的乐团，由马利纳爵士指挥。马利纳爵士是该音乐学院的创办人，因在音乐和艺术方面的卓越贡献而获封爵士。

乐团所伴奏的是一批世界上最受欢迎而且收费最为昂贵的歌唱天才，来自许多不同的国家。扮演费加罗的是比利时的约瑟·范达姆，美国的巴巴拉·亨德利克斯扮演费加罗的新娘苏姗娜。演唱者中还包括意大利鲁格罗、雷蒙迪、希腊的艾格尼丝、波尔萨、捷克的露西亚、朴普和英国的罗伯特·劳埃德。

教堂后墙附近，是一套在这 12 天录音期间收录他们声音的设备，包括二十四声道的数字录音机、遥控器和精巧的处理机。只有闪烁的灯光和转动的磁带显示出这套设备正在操作。在这套非常复杂精致的设备后面，有一间隔音的控制室，里面的工作情况较为常见：由工作人员处理实际的问题。

飞利浦古典音乐制作公司总部设在荷兰巴阿恩，负责音乐家及曲目安排的高级经理艾利克·史密斯是英国人，这是他第 70 次为飞利浦进行歌剧录音。他坐在控制室两座大扬声器前面，对于地上到处摆着的一条条黑色电线，以及他周围闪烁的数字显示器和荧火指示器，都好像无动于衷。他膝上放着“费加罗的婚礼”的乐谱，手里拿着铅笔，仔细聆听音乐的起伏及扬声器传来的每一个音符和每一下强弱。他常常打断演奏，用电话很客气而又坚定地马利纳爵士商量，看看是否应把双簧管或小提琴的音量降低，或是将喇叭的音量提高。

然而，光是完全技术并不能产生配得起莫扎特天才的制作。史密斯说，我必须是一个有感情的人，我不能因为只顾挑剔而失去情感。费加罗第三幕有一段六重唱结尾的开端，实在太妙了，我听了总忍不住掉眼泪。要是我听的时候眼里没有泪水，我就知道一定有问题。

坐在史密斯身旁的是 56 岁的荷兰人汉斯·劳特施拉格。他是飞利浦古典音乐制作公司的主任平稳调节工程师，做事一向讲求十全十美。他负责这部歌剧录音工作的神经中枢：40 条波道的混音控制机。这是一部电子混音机器，将 40 个扩音器传来的声音拼合，录在 24 条分开的声带上，有些声带录下的是一个歌唱家的声音，有些则是一组乐器的声音。劳特施拉格手边有 40 个音量控制滑钮，每一个控制着一个扩音器，使他可以把音量增加到雷鸣般的高度，或是降低到静寂无声。能用一种魔术师般的特殊技巧去控制这 40 条波道，才称得上是与普通技师有别的天才艺术家。

身为平衡调节师的劳特施拉格，要时时刻刻监督乐团 45 件乐器的声音，以及合唱团和独唱者的声音。他把所有这些声音和谐地融合在一道，使莫扎特的天才与激光唱片的现代化先进的效能都充分表现出来。无论作家、乐团、指挥和歌唱家的水平如何，假如离开了平衡调节工程师的灵敏耳朵，制造出来的激光唱片是不可能达到完美效果的。

史密斯曾这样说过，有人埋怨说激光唱片的声​​音纯净到冰冷，其实，这完全是看你用什么扩音器，把它们放在哪里以及怎样使用的问题。这是一项极为复杂的工作。

马利纳也说，激光唱片录播的声音都非常准确，使人叹为观止，可是，同旧日的密纹唱片不同，激光唱片会把所有的瑕兹也表露出来。

激光唱片录下的声音很传真，甚至连来往车辆的声音、录音厅外面的鸟叫，就是指挥嘀咕的声音也会录进去。就在这次录制歌剧的过程，有人在音乐休止时将原子笔啪地一声按开，就受到了史密斯助手的叱责，可见高度传真所涉及的敏感问题。这位按开原子笔的人，怎么也不会想到，自己在 20 米外也干扰了莫扎特。

需要环境特别寂静的录音，只好在夜间进行了。全部工作完成并一切都令人满意的话，录音工程师这才收拾好 17 卷“原本”——长达 49.6 公里，上面录有近 20 小时音乐的一英寸宽的磁带，这就是 3 张激光唱片的素材。

## 二 绝妙的赞叹

在广播中第一次听到激光唱片的音乐时，无论是不是音乐行家，都被那种高度清晰，纯真的音质所震撼，激光唱片是激光技术发展过程中的一种呈现，它是一小片既轻又薄的塑胶片，由于利用激光束代替唱针来拾取音调，因而音质清纯真切又无所损耗。它的出现为音乐技术带来了革命性的根本改革，成为音乐器材中的新宠。激光唱片未来是否会取代传统唱片和录音带，将它自身是否能经由技术的改进而使功能增加，售价降低而决定的。

6月25日，一个平凡的夏日，警察广播电台工务课的王志安，心里绷着一根兴奋而紧张的弦，手捧着一只精巧，又有几分神秘的王志安走向办公室，一路想着怎么向同事介绍这个“小乐团”。

这是激光唱机，这是激光唱片，按上了电源，小盒子亮起了一排绿色小眼睛，打开盖子放进一张碟片，按下按钮——

啊！多么清晰而美妙的乐章。

同事们听了会出现什么表情？听众从收音机里听到，又是什么样的效果？说到底，同事们的反响如何？

果然，大家对激光唱片清晰，准确的效果赞叹不已。于是，他们决定用激光唱片来广为播音。

6月28日警察广播电台播放激光唱片，警广的“音乐世界”和“平安夜”两个节目先后播出了激光唱片。听众立即有了强烈的反响，许多信件如雪片一般飞向警方，人们都热情洋溢地谈论着自己收听激光唱片的奇佳的音乐效果。

“平安夜”节目主持人凌晨这样说道：开始用激光唱片的那几天，气氛就是稀饭沸腾一样，大家兴奋地挑着那些新买来的唱片。

王志安的话语总是先经过浓缩，绝少用形容词，他简要地说，很满意能带给听众更好的效果和享受，它的音响效果实在太好了。这个称为CD（COMPACT DISC，数位唱盘，包括激光唱片和激光唱盘）的音乐新宠，是从哪儿冒出来的呢？

1983年10月，索尼片的激光唱片及唱机首次在日本东京隆重推出。因为制作成本和水准不同，激光唱片的单价从600—1000元台币不等。至于激光唱机，定价约为445美元左右。预料由于生产的厂家越来越多，将会有第二代甚至第三代激光唱片和激光唱机的诞生。

精致耐用，音质纯真。说来也很神奇，身价如此之高的唱片，却只是一片既薄又轻的“朔胶片”，直径12公分，单面使用，晶亮的表面闪着七彩的反光如一面镜子，既炫目又神秘，但是它的性能极佳，动态范围，杂音度都为90分贝，声音清纯确实。虽是单面使用，但贮存量，每张可录制70分钟的音乐，不怕灰尘也不怕发霉，轻微的刮伤也不会影响再生。光学专家满怀信心地说，激光唱片至少可使用五年之上，并且新技术正在研究可以用一百年以上的激光唱片。它用的是不恒定速度，两百至五百转，外圈与内圈的音响特性完全相同。最重要的是，它是用激光拾取音调，不用唱针，唱头、唱臂，所以不牵涉到唱片、唱针耗损，唱头、唱盘调校等矫正上的困扰，这不但节省了器材，也节省了人力。

比较之下，传统的唱片和录音带（磁带）都有极大的耗损率，尤其是传统唱片，更为娇贵，体积较大，保存也不易，内外圈的响应性不同，细微的声音不确实，动态范围为四、五十分贝，极大声时会有撕裂感，难怪讲究音

响的人都把激光唱片视为新宠。

硬件部分，激光唱机有水平和垂直两种形式。水平式体积小于垂直式，一般约如卡式录音座的大小，但也有更小的。它有电脑装曲录置，听时可任选其中一乐章，同时，操作也很方便。

激光唱片的制作原理是把音波切成每秒4万4千零1百个小段，再把每一个切细的声音依照16个零或一的数位讯号来记录，所以，也称为“数位唱片”。这些讯号切割完成之后，以气体激光的技术，烧在唱片的金属层上，形成许多孔穴。当激光照射时，无孔穴的地方完全反射，有孔穴的地方则产生绕射，传光减弱，这些强弱不同的光转变成电流之后，再变为音波，这就是我们听到激光唱片所演奏的乐曲了。

据专家们估计，激光唱片的原料成本大约为传统唱片的十分之一，是最精确也是成本最为低廉的一种。但是，目前在推广与普及方面尚存在一些问题，比如售价偏高，使得激光唱片市场发展较为缓慢，再如，激光唱片的内容大都局限于古典音乐的范围（约占90%），因为流行歌曲的寿命毕竟较短，更替较为频繁，用这种售价偏高的激光唱片录制极不经济。不可避免的是，大凡一种创新产品的推出，总会有些许迥异的意见和评价。尽管激光唱片的内容不够丰富，价格昂贵，不便于普及，再则，又生不逢时地面临传统唱片早已雄跨世界的客观现实，我们仍有理由坚定的相信：激光唱片从诞生的那一天起，以至不久的将来肯定同样大受青睐。

台湾光学学会理事张荣森说，按目前的趋势发展下去，激光唱片取代传统唱片是必然的了。一项新技术在研究发展的过程中，大量资金及人力的投入是必然，这些投入的资金不被视为成本，而是投资。投资积累到相当程度，技术及生产环境也成熟了，自然会结出璀璨的丰硕的成果，而批量生产的结果，势必令价位也自然而然地下降。

以科学技术发展的观点来看，激光唱片是激光技术发展过程中的一种呈现，激光技术领先的美国、日本正做大规模的投资研究，开拓光电技术的广阔领域。雄心勃勃的研究、设计者心里非常明白，激光唱片要面临一个非常厉害的竞争对象是，可录可洗，反复使用的录音磁带。美国的ECD公司正从温度及“光的集化性”着手研究，使磁片可洗掉重录，如现在受宠的录音带一样，却有录音带所不及的效果。如果该项技术获取成功，激光唱片便会一跃横跨传统唱片与录音带之间，同时具有两种以上的功能了。如此看来，激光唱片的未来应该是可乐观的。

事实上，就技术原理而言，激光唱片对音讯的记录是99.99%的精确，而传统唱片在原音重现时，所涉及和运用的零件太复杂，反而失真。这种失真度的比较在广播上明显表现出来。

至于有人以为激光唱片的音响冷硬，有压迫感，是属于听觉的感受，多少带有主观成分在内，张荣森对这个问题是这样看的：可以把这个问题分为两个部分来解释，一是听觉的习惯，一是主观的意念。

张荣森说，平常我们生活的空间，充溢着各种声音，相互干扰混合，多年来，我们习惯于不纯的声音，一旦接触于高度精密仪器下捕捉的“声音真面目”，那样的精准，反倒倍感生疏，始才觉“冰冷”“抑或”“压迫”……。人的听觉在这方面异常敏感。

的确，人们的耳朵虽不如仪器精确，但是仪器却永远无法标示或分辨“感受”。精于广告心理的专家都曾一致认为，听觉是最富于感受性，最易被打

动的。

科学家们预测，光学技术将为我们的社会带来“活法革命”的巨大影响。回答是肯定的！

### 三 古剑之秘

早在 1000 年以前，我国就已经有了镀铬技术！这揭秘的功劳还应该算在“激光微区光谱分析仪”的头上呢。

我国南方某地出土了两把古剑，经鉴定这两把古剑都已深埋于地下 1000 年后了，令人惊奇的是，这两把剑到出土之日都还很亮，毫无些许斑点锈痕。按理说，我国南方土地潮湿，即使用现代的高级钢材制成的剑，埋在地下一年半载，剑身也会出现斑点锈痕的。人们搞不清楚，这两把古剑到底涂了些什么材料，才使它具有如此高强的防锈能力？于是，人们急需弄清问题的根源，弄清了这个问题，不仅对于了解我国古代的科学技术水平有着极为重要的意义，而且对我们今天的技术发展也有很大的参考价值。

用什么方法来测定这两把古剑上面的涂层物质成分及古剑的材料成份，倒使人们颇为棘手了。依现代化学方法及光学技术分析方法，都需要从古剑上取出一点儿材料来，做为样品才能进行分析。于是，这两把古剑是无价之宝，不能让它出现任何肉眼可见的损伤。

在一次科技成果发布会上，人们发现了一项最新科技成果——“激光微区光谱分析仪”。激光微区光谱分析仪是利用激光作光源的光谱分析仪器。用光学系统将激光束聚焦成微米大小挑斑，打在物体上，使物体蒸发出一点儿蒸汽，蒸汽中形成许多激发态的原子和分子，这种光谱仪的分析灵敏度极高，分析时所取的样品尺寸很小，数量自然也很小了。据研制者介绍，用一小段头发，就能把一个人的血型，血液成份以及个体的其他元素成份一一分析出来，同时，还可了解他曾经得过何种病呢。

发掘出来的这两把古剑被人们送到激光研究所，希望研究人员当场检验，这两把古剑均完好无损，也无任何伤痕。研究人员立即启动激光系统，轻轻地把古剑放于分析台上。只见一个指头按下激光器的触发开关，一束红色的脉冲激光在刀把附近落下，摆在激光系统旁边的各色仪器马上开始工作。画线的画线，记录仪器的屏幕上不停地闪着光，打字机也不停地“嘀嘀嗒嗒”打着字。几分钟之后，研究人员从这些仪器上取下各种数据以及文字记录的结果。研究人员分析完毕，又把古剑放回做工精细的剑盒里。接着研究人员又检验这两把古剑有无损伤，他们拿出 15 倍放大镜，仔细反复将两把古剑翻看了好几遍。他们终于放心了，未发现新的损伤痕迹，完好无缺。

最后，研究人员递上分析结果：这两把古剑的表面都镀有铬。古剑防锈之秘，终于通过激光技术而揭开了谜底。

### 四 光盘之最

这里，向大家介绍两项目前世界上最先进，也就是处于领先地位的激光技术应用的新成果。第一台家用交互式光盘系统，其中包括与其他两家公司联合开发的任选电视游戏机。据说，这种任选电视游戏机将成为下一代家庭娱乐设备。

游戏机和用于该机的其它软件能利用光盘很大的记忆能力把象电视一样的图像和高保真声音结合在一起。

这种“激光”机既能放新的电子书视盘和交互式电影，也能放密纹唱片和普通激光唱片。在放交互式电影时，观众能作出决定故事情节的各种选择。

已有几家分司研制出交互式密纹唱片系统，但先锋公司有关人员坚持说，他们生产的这台家用交互式光盘系统尚属世界同类产品的首家公司。

可多次改写的小型光盘。1993年新年伊始，日立化成工业公司开发了能够多次改写并且在市场上销售的小型磁盘唱机上使用的光盘。

能够和小型磁盘互换的可改写型光盘在世界上尚属首创。这种新型光盘直径12厘米，是在透明的塑料衬底（聚碳酸酯制）上涂布混合特殊色素的聚合物作记录膜，再加上一层薄的金质反射膜而成。

这种可改写的小型光盘，激光照射时间为百万分之几秒。一张光盘可录音达70分钟时间。

据说，这种光盘可改写几十次，已写入（记录）的信息，以90—100摄氏度加热5分钟即可完全消去，能够像磁带一样重新记录。

## 第六章 绿色·生命

### 一 农用激光技术概观

激光对生物有光压、光热、光公及电磁效应，为激光在农业及医学方面的应用，提供了理论依据。

在农业方面，激光技术的应用主要有以下几个方面。

(1) 利用激光照射种子或农作物，使其产生诱发突变和遗传变异，增育新品种。

(2) 促进作物的生长，提高种子的发芽率，增加抗病虫能力，早熟增产。

(3) 利用激光诱虫、除虫、除草、储藏农业副产品及利用激光进行农业基础理论的研究。

利用适当波长和剂量的激光来照射种子或农作物，可以诱发突变和遗传变异，从而培育新品种。现在，已经发现或应用的激光育种的范围，包括水稻、水麦、花生、油菜、烟草、蔬菜、果树和蚕、鸡、鱼以及微生物等，总共有几十个种类，几百个品种。利用二氧化碳、氮分子或氩氟激光器或红宝石激光器照射黄瓜、蕃匣、甜菜等，它们的维生素 C、胡萝卜素和含糖量均比原来有所提高。用激光照射过的油菜种子，经过第二代后，油菜的生长就具有最熟、秆矮、分枝多等显著特点。

近年来，我国有 20 多个省市、自治区所属的 100 多外单位开展了用激光处理种子的实验工作，取得了一定的成效。比如，用氩离子激光器照射的水稻，可提早发芽 49 小时，产量可提高 10%，用钕玻璃激光器照射油菜种子，种后产量可提高 20%，对西红柿、甜菜等进行播前照射，不但发芽率有所提高，同是维生素 C、胡萝卜素、糖分含量均有所提高，激光照射玉米，能使玉米秆和蒿长粗，产量增加。

虫害是农业生产的大敌，据统计，世界上每年因虫害造成作物的损失高达 760 亿美元。如用激光器在田野里进行扫描辐射，经化学防治的效果要高出 4 倍，成本降低 85%，而且不会留下毒物，也不会造成污染。

### 二 激光泳浴

激光研究所承担了用激光技术对稻谷育种和成长的实验任务。他们考虑建立两个实验小组。一个小组从事激光处理种子的实验，另一个小组进行激光照射秧苗的实验。

用适当的光波长和光能量照射种子，会刺激种子的发育。外国学者用红色的光波照射西红柿的幼苗，结果发现，产量提高了。植物就是在阳光照射之下，通过光合作用而生长发育的。光波对于植物的生长有着重要的作用。外国学者曾做的一些实验，对我们激光科技工作者也有很大的启发。实验证明，不同的植物，它们的生长发育似乎需要不同颜色的光波。光的颜色很混杂，阳光包含了紫外到红外整个光谱区全部的色光，太阳光虽然很亮，但分配到某一种色光波段的能量却并不多。所以，太阳光可能出现这样的情况，植物生长并不那么需要色光，太阳光也给了它，而它需要的那种色光，给的能量却又不足。

而激光有很好的单色性，每种激光器输出的光能量差不多全部都集中到

了一种色光上。而且，激光的亮度又很高，比太阳光还高上亿倍。因此，对不同的植物幼苗，利用不同波长的激光来照射它们，可以预期，这些植物体会发生更有效的光合作用，会得到更好的收成。

他们用专门拨出的几块田做试验。一部分用来种植用激光处理过的种子或幼苗，一部分用没有激光处理的种子或幼苗，以便进行对比实验。他们把前一组试验田称为激光组，后一组则称为对照组。两组除种子或幼苗的处理方法不同之外，选种和田间管理工作都一视同仁。

搞激光育种的机器，经课题组的研究人员几周时间的努力，终于赶在稻谷播种之前交付使用了。种子通过小传送带，不断地“拍打”种子。实验从浸种就开始作了记录。他们发现光照辐射过的种子，平均提早1—2天发芽。种子撒在田里后，又发现用激光照射过的种子发育成幼苗的时间，比对照组的又提早2—3天时间。

之后，他们又对幼苗的生长，禾苗伉倒伏及抗病虫害等情况，都做了详细记录：用激光照射的种子长成的幼苗，抗倒伏能力有所加强，抗病虫害的能力明显提高了。对照组的水稻与本地区其他稻田里的生长情况一样，普遍发生穗颈瘟，发病率高达25%。而用激光处理过和中子长成的水稻，只发生轻微的感染，发病率不到1.5%。

扬花抽穗的时间也提早3—7天，收割时他们又分别对激光组和对照组的稻穗进行了抽样检查，测量稻穗的长度，每穗的谷粒数目以及1000粒谷子的重量等，结果能令人满意。经过激光处理的稻种，稻穗比较长，千粒重量提高，每亩地平均增产两成。

试验有了起色，他们又进一步扩大试验，而试验的品种也随之不断增多。

### 三 果树的福星

果园农场从国外引进了一种桃树，这种桃树结出桃子肉厚、糖份高，是制作桃子罐头的理想品种。可是引种好几年了，这批桃树结的果子都少得可怜。不少专家前来会诊，结论是：这些桃树患了桃花不育症，需要向每朵花施花粉，才有希望结更多的果子。然而，如果少量的几朵花，用人工施洒花粉也还办得到，对整个果园农场的一大片果树，每株树都施洒花粉，仅是农场人工办法授粉，是不可能完成的，因为毕竟桃树开的花还是不少的。

于是，见多识广的农场场长在得知激光技术对农作物大有帮助的消息之后，决定向激光技术研究所求援。激光技术研究所的研究人员非常乐意为他们帮忙，还算是自己多进行了一项激光技术的开发利用项目吧。于是，激光技术研究所很快赶制了一套照射果树用激光系统。研究人员启动激光器，不停地向果树盛开的桃花进行“扫描”的照射。

激光照射处理了那些果树之后，场长的心情是相当复杂的，既盼望这次激光照射能有个好结果，也害怕失败。他怀着这种复杂的心情，每天围着果树转悠，盼望着有一天桃子能挂满枝头。终于，场长惊喜地发现，桃树上果然挂满了不少芭蕾。场长象小孩过节一样地惊呼赞叹、结果啦，大家快来看，桃树结果啦！果园的主人们为之欢呼雀跃，奔走相告，分享着这喜悦的新奇。

这一年，果园农场的桃子终于获得了大丰收，从此后果园农场的主人们欢喜地称激光器，为“果树的福星”。

#### 四 激光·葡萄·西红柿

有些葡萄种植园用机器来收葡萄，但由于葡萄的枝干参差不齐，机器收摘葡萄的损失很大。1983年，法国一位工程师设计了一套激光系统。在葡萄田的一端装上激光发射器，又在播种机上装上一副接收器。播种时，激光由发射器射出，指引播种沿着笔直的路线，使种子非常整齐入地，播种整齐，长出来的枝干也整齐，长出来的葡萄亦大致上在相同的位置，因此绝对适合机器收摘，葡萄的损失当然减少了。由于投资少，收益大，所以这种方法种植葡萄，已有农民接受，这也算得上葡萄种植业的一项革命吧。

植物与动物从来都是两家，就是天天用牛奶浇西红柿苗，也长不出带牛奶味的西红柿。

眼下，有一门叫生物工程的新技术，就尽是干这类新鲜事儿的。生物工程的一个重要内容。就是研究生物设计，即利用人工方法合成各种生物体。不仅可以设计出带牛肉味的猪肉有橙子味的香蕉……而且这类植物与动物“杂交”的新鲜事，肯定会层出不穷。

为了探讨激光技术与生物工程“杂交”的可行性，激光技术研究人員特邀了研究细胞融合技术的生物专家。专家认为，从生物工程的发展来看，这种设想完全有可能实现的。把两种不同的生物体细胞，融合成一个细胞，让它发育生长，那么由这两种细胞生长出来的生物体便会兼有原先两种生物的性质。我们能把西红柿的细胞与牛的细胞融合在一体，它们生长发育之后，极有可能获取牛肉味儿的西红柿。

目前常用的两种方法进行细胞融合试验大体是这样的：一种是病毒法，一种是脉冲法。前一种方法是把要融合的细胞放在某种病毒剂中，病毒把细胞的细胞质膜刺破后，两个靠近一起的细胞，便通过这个刺破的孔交融，最后成为一个细胞，它同时含有原来的两个细胞的质膜击穿，来实现交换细胞质的。这两种方法现在虽能使两个细胞相融合，但由于融合后的细胞会受到病毒或电脉冲的损伤，所以还不能用来培育成生物幼体。如有一种方法能够把细胞质膜击穿，又不损伤融合后的细胞，可以预测，细胞工程将获得飞跃的发展。

激光技术来击穿的方法是这样的：用光学系统，可以将激光聚焦成很小的光点，约1微米左右，用这样的光点可将钢的刀片打穿，可把红宝石打穿，要想打穿细胞就更不会成问题了。

用激光尚有一大好处，要击穿细胞的任何部位，一定能准确地打在哪里，要让细胞在哪个部位融合，即可让它们在哪个部位。还有，除被击穿的细胞质的那个部位而外，对细胞的其他任何部位都不会有丝毫损伤。

于是，激光技术研究人員与生物工程专家一道，共同来做这项实验。激光所负责准备一套供一定激光功率、光束直径在1微米的激光实验系统。生物专家负责提供实验用的细胞，进行融合操作以及融合后的细胞培养等。

实验工作乾地得很顺利，他们用激光融合了100对鱼卵细胞。经过一段时间之后，令人惊异的是，这些融合的细胞长成了各式各样的小鱼儿，那姿态形状千奇百怪：有双头的鱼，有双尾的鱼，还有大头的鱼。这种实验的目的并非故意臆造什么怪鱼，而在于验证和发展激光融合细胞的技术，并使融合起来的细胞，能发育成幼体。这不能不说是一个值得庆幸的飞跃。从今往后，便可以做一些更有经济价值和更有意义的实验了。

## 五 激光刺穴

在牧场的牛群中，大约常有 10%—20% 的母牛，因各种原因而未能怀孕产仔。这样既影响群牛的发展，又使产奶量下降。于是，畜牧专家们提议借助激光技术来攻克这个难关。他们试着也用激光技术来治一治母牛的不孕症。

尽管激光技术自身的研究较为复杂，一旦以研制成果出现，而进入使用阶段，具体的掌握动用这个环节上，并不是多么深奥的，所以我们说，是比較容易掌握的，换句话说来说，激光技术运用到治疗母牛的不孕症，也是完全可能的。

激光研究所的研究人员试探地问：你们以前所用的各种医疗手段中，似乎用过针刺牛的某个部位的方法，从而改善牛的生育能力的状况呢？

畜牧专家说：是呀！我们在以往的治疗中发现，在母牛肛门上方的“交巢穴”这一部位，有着极为丰富的外调神经以及植物神经的神经末梢，如果用某种方法刺激这个穴位，与这些神经有连接关系的一些器官，如子宫、卵巢等盆腔器官，也都直接或间接地受到刺激，起到调剂体内生殖激素动态平衡，刺激卵巢的机能活动作用。

研究人员信心大增，高兴地说，激光可以制成光针，用它来照射穴位，就有比较强的刺激作用。来，我们这么分工吧，我们负责提供激光设备和配备相应的技术的人，你们负责选送试验用的母牛以及提供有关母牛的针刺穴位方面的资料，我们共同组建一个试验小组，争取攻下这个难关。

在牧场几位有着丰富经验的工作人员指导之下，开始用激光对母牛的“交巢穴”等穴位进行照射刺激，每天照射一次。他们发现，照射几次后，一些母牛进入发情状态，牧场的技术人员及时对这些进入发情状态的母牛施行人工授精。他们经过连续一个月的试验，先后对 100 余头不孕的母牛进行了激光照射治疗和人工授精，结果令人满意：其中，90 余头母牛果然怀孕啦！

成功的消息传遍整个牧场，人们竞相前来参观，齐声赞道，一束光照一照，不孕的母牛便可以产仔，真是“神光”啊！

对母牛不孕症的治疗试验成功之后，牧场又开展了对母马等母畜不孕症的激光治疗，同样大获成功。

## 六 激光大夫

大家都知道，猪浑身是宝，经济价值也很高。猪虽然比较贱，可一旦生了病，也实在难以伺候呢。如猪生了白痢症，也就是小猪仔的一种常见病，发病率可高啦，如果发病会蔓延得既快又广，立即引起众多的小猪死亡。过去治疗小猪喟抗菌素，磺胺制剂和中草药，虽然也有一定疗效，但疗程长且易复发。而逐头喂药，累得人够呛不说，小猪还常因灌药时受呛而引导异物性肺炎，弄不好还会造成小猪的死亡事故呢。

这个时候牧场的养猪场正发现有些小猪患了白痢症，他们根据兽医提供的资料，决定用激光作光针，照射病猪的交巢穴进行试验。为便于结经分析治疗的效果，激光研究人员对一部分病猪采用常规医疗方法，而对绝大部分的病猪用激光进行医疗。

一个星期以后，根据实验记录，大部分小猪用激光照射了一至二次，白

痢症即治好了，治愈率高达 90%以上。而常规药物的治愈率仅达 60%左右。看来，用激光技术治疗小猪白痢症效果更好一些。另一个优点是，用激光照射治疗简便易行，激光照射一次用时不足一分钟。后来激光技术又用来试验治疗牛犊消化不良症。牛犊消化不良症，同时是幼牛的常见病，且发病率极高。用药物治疗，疗效不太满意，停药后复发率也很高。用激光照射牛犊相应的穴位，第一天大多数病牛犊便恢复了健康，追踪观察半月之后，复发率仅有 9%。

激光器同样能治疗牲口的各种疾病，使农牧场的员工们倍感欢喜，更重要的是，激光技术研究所的同志们还为不少农牧场留下了神奇之光的激光器，并为他们培养了一批能熟练掌握激光器，为牲口治病的“土专家”。

## 七 100 90

那么，激光技术又能否促使那些鸡也长得又快又大呢？如果能实现这个愿望的话，人们以后吃鸡就会既多又便宜了。

这次激光技术研究所的科研人员在与合作实现的不少农牧激光技术实验项目之后，便主动与养鸡场方面联系，用激光刺激鸡胚部位，也就有可能使孵化出来的小鸡长得既壮又快。当然，养鸡场很乐意与激光研究所的科研人员一道实施这个合作试验项目。按照计划，养鸡场专门拨出 400 枚鸡蛋供他们作试验用。其中，100 枚鸡蛋不同激光照射，做对照组，另外 300 枚鸡蛋，又分成几组用不同的波长激光照射。他们给每一枚鸡蛋都打上特有的记号并建卡存档。

诚如人们期望的那样，用激光照射过的鸡蛋，小鸡提前破壳而出，大约提早了两天的时间左右。蛋种孵化成小鸡的比率达到 90%以上，也就是说，100 枚鸡蛋有 90 多枚能孵化出小鸡来。对比之下，那些不曾用激光照射过的鸡蛋，孵化率仅达到 80%左右。然后，他们又对出生的每只小鸡都做了仔细检查，对比了他们的体态与健康状况，并称了鸡的体重。证明用激光照射过的蛋种，孵化出来的小鸡均较为健壮，甚至连叫声也特别脆响，平均体重增加了 3 克左右。

后来，又跟踪这批小鸡的成长，用激光照射的蛋种孵出的小鸡，养育两个半月时间，平均体重达 1750 克。而未经激光照射的小鸡，要养育 3 个月才能达到这个水准。鸡长大后，母鸡所生的鸡蛋重量是，激光组的母鸡下的蛋平均增 10%。

## 八 肥了，鱼儿

激光研究所的科研人员又将科研目标进一步扩大，向渔业方面发展。他们从鱼场取回一批鲤鱼卵，分别放于几个培养器皿里，又用不同功率的激光照射它们。照射后的鱼卵放入鱼缸里，每天观察 3 天，记录孵化过程。几个鱼缸记录到的结果：凡是用激光照射过的鱼卵，它们变为小鱼的时间都比未曾用激光照射过的那组鱼卵短，这就证明了激光照射对鱼与鸡相同的都起了作用。

鱼缸的小鱼长到几厘米后，他们把激光处理过的鱼打上记号，与未经激光照射过的鱼一同放养到养殖场的小饲养池里。一个月后，他们再从饲养池

捞出打过记号的小鱼，发现它们长得又快又大。

他们又大面积地对热带鱼罗非鱼作了激光照射试验，其进展也同样令人满意。生活在海水中的这种热带鱼仔经过激光照射后，生长发育比先前整齐，活动能力与摄食能均大大增强了，很少发生鱼病，而且鱼苗的成活率提高了20%以上，鱼体生长速度快，体长约增长了体重增加约90%，当自然水温从17℃降至13℃时，与未用激光照射时的情况相比，鱼苗死亡率下降了25%。可见，激光技术在渔业方面，也是大有可为的呀！

## 九 激光预测

激光，能否用来预报农作物的病虫害以及长势情况呢？实际上，我们的激光技术研究人員正与农业科技工作者合作，探讨着手利用激光技术为这方面服务，并取得了实质性可喜的进展呢。

光照射到植物上，植物就会吸收光的能量。人们又发现，如植物生长不良或发生病虫害等，它们就不能吸收所有光的能量，而把其中一部分能量分散为荧光。通过了解这种光谱的变化，即可确定植物的病因。国外已在研究用遥感技术做这方面的工作，但阳光提供的光信号较弱，这势必会降低遥感的灵敏性。激光的亮度比太阳光亮上亿倍，用激光来代替太阳光扫描农作物，遥感设备接收到的光谱信号会强得多，那么，监测的灵敏度及准确性也相应地高得多。同时，还可以降低对遥感仪器灵敏度提出的要求，简化设备，降低造价成本。

激光研究所科技人員与农业科技工作者一道协商议题，提出了一些具体的研究方案。首先，在试验田里作原理性的实验，如先测定患有各种病虫害的农作物的激光荧光光谱，这些数据为日后用来判断农作物是否有病虫害的参考依据。然后，可以将激光遥感器装在飞机上面，对农田进行试验性监测。成功之后，可在卫星上装这种仪器，对我国的农田大区域实行监测，这样，还可向世界上其他国家和地区提供这类服务。

他们对玉米、大豆、黄瓜及西红柿等农作物作了大量实验，取得了不少光谱数据。人们利用已获取的实验结果，对另几处暖房的农作物作原理性检测。用这种办法，能发现人的肉眼见不到的病虫害以及不易觉察的植物营养不良状况。

这些可喜的收获，使激光研究人員和农业专家们充满了信心。大家坚定地說：总有那么一天，会像预报天气那样来预报农作物的长势与病虫害情况。

## 第七章 郎中奇术

### 一 医学激光技术应用初探

在医学方面，激光技术的应用较为广泛，发展也很迅速，最早用于眼科，治疗视网膜脱落的疗效达 90% 以上，做虹膜切除手术的成功率也达 80% 左右。采用激光治疗眼疾，不需要麻醉，手术简便且迅速，病人也无痛苦。

激光在外科中主要用来切割、炭化和汽化手术，利用激光手术刀，能做到少出血或不出血，因此特别适用于对血管丰富的脏器进行手术，同时，利用激光代替银针进行针灸也有很好的疗效。

激光血卟啉治癌是制服癌症的一种重要手段。把血卟啉衍生物通过静脉注入人体后，用激光进行照射，肿痛处会显示出桔色红荧光，再通过光纤纤维，用另一种波长的激光照射肿痛，就能准确地杀死癌细胞。

激光的奇妙特性，早已引起医学界同仁的注目。目前，激光已被应用到治疗、诊断以及病理、生化研究等各个方面。在治疗方面，目前激光已用于治疗 150 余种疾病。应用较多的是眼科，利用激光的热作用，可用来凝固和切割，例如用激光焊接视网膜，当把适当波长和强度的激光束聚焦照射眼睛时，激光能量几乎全被眼的色素所吸收，产生的热量将使视网膜组织的蛋白质变成凝胶状态，结疤后就可使视网膜和它下面的脉络膜紧紧地粘连起来，以达到治疗的目的。整个焊接过程，所需的时间不足 0.001 秒呢。

另外，利用激光的压强作用，可以给组织打孔。利用激光给眼房角打孔，可以沟通房水降低眼压，治疗青光眼。给虹膜打孔，可代替常规手术，做虹膜切除，给水晶体打孔，可以治疗白内障等。

利用一定功率的激光聚焦照射，来进行外科手术，这就是有名的激光刀。激光刀不用与活组织接触，便可将手术的部位切开，同时还可以凝固血管，可以封闭直径 2 毫米的静脉血管和直径 1 毫米的动脉血管。对切割血管丰富的肝肾等实质性器官和对于贫血的、血凝性低或容易出血的、年老体弱有病人及婴儿，采用激光手术更能显示它的优越性。

激光还有刺激、消炎、消肿、镇痛、舒张血管等作用。用一定功率的激光对某些疾病进行理疗辐射，同样能收到良好的疗效。特别是对于癌症，利用激光进行早期照射治疗，可以使癌块缩小、变干甚至烧焦汽化掉。前苏联医学界曾有过这样的报道：采用脉冲激光装置，通过胸廓上的“窗口”，对心脏病患者的心肌上各打了直径不超过 0.5 毫米的微孔 25 个和 60 个，这些微孔都成功地使患者的心肌与心室相通，很快治愈了心脏病患者的心绞痛。

还有，激光诊断、激光透视、全息照像、激光内窥镜等，已在医学上获得了重要应用，并填补了医学诊断领域的一些重要的薄弱环节。

静悄悄的手术室里，一个中年心脏病患者痛苦不安地平卧于手术台上。护士给他胸前皮肤消毒，盖上洁白的消毒巾，无影灯均匀地洒下柔和的光亮，照射在手术台上，从消毒巾的圆孔可见到病人心尖区在微微搏动。施行手术的医生沉着地举起激光手枪；，对准搏动的心尖击发。一会儿，病人慢慢抬起身子，他的脸色由白变红，青紫的嘴唇渐而红润。病人激动地用双手轻轻抚摸自己的左前胸，此时，他明显地感觉到，自己的心脏如久旱的土地喜逢甘露，疼痛与焦虑随之烟消云散，痛苦不堪，以致于使他几乎丧失了生活的信心，他甚至明显地感到已直逼死亡的边缘了。不曾料想，那神奇高妙

的微型激光枪竟使他死而复生。面对现实，这位得救的病人不由惊喜地高呼：我又活了！……

这不是幻想，这是千真万确的事实！

在国外，对因冠状动脉硬化而供血不良所引起的心肌梗塞病人，日本已利用微型激光枪给予治疗，并获得非常好的疗效。微型激光在心脏缺血区打开微小的空洞，增加缺血区血液的供应，减轻缺血缺氧而千万的绞痛，从而有效地控制了心肌梗塞的发作。激光——这奇异之光，终于为疾病患者带来了福音！

激光技术的科研领域不断发展，奇异之光越来越多地应用于医学方面。其中，最为突出的是激光治癌。例如，氮分子激光治疗肺癌，可使症状缓解，延长病人的寿命。二氧化碳激光对鼻咽癌病人的近期疗效甚佳。对唇癌、舌癌的效果也不错，并能防止癌细胞的扩散。此外，激光对糖尿病、神经性皮炎以及周围神经损伤造成的肢体瘫痪均有明显疗效。眼科用于虹膜打孔，玻璃体积血等 10 余种眼疾也同样取得了满意的疗效。

另外，激光在妇产科还用于矫正胎位异常以及抗生育。激光麻醉在医学界也开始应用。如：用激光穴位照射可以进行外科、妇科、口腔科的一些手术，比如疝修补术、甲状腺手术、剖腹产、拔牙等，均无不良反应或是并发症呢。

更令人振奋的是，近年来，激光技术在基础理论方面有了长足的进展。如：激光镇痛、激光抗菌、血液细胞学、免疫学、心电图、脑电图的测定，特别是激光在诊断上的应用，可使某些部位的肿痛早期发现。这将为人类尽早诊断并治疗原位癌有极大的帮助。

## 二 心灵的窗户

激光为近视眼患者带来希望。人常说，眼睛是心灵的窗户，一旦窗户蒙尘灾变，对人们特别是对眼病患者而言，总是一种难言的不幸吧？

用一种在几秒钟之内就可治好近视眼疾的激光仪器，有一点能肯定的，就是这种激光器远比外科医生好而非常精确。用锋利而精巧的手术刀使角膜的弯曲变平。这种激光仪器可使最深为 7 屈光度的近视消失。并且效果是持久的。这意味着，凡经过激光手术的患者就不必再找眼科医生，也不必戴眼镜了。

据说，采取俄国人的手术方法无法使深度近视者恢复到正常的视力。如果有人不想戴眼镜，而想戴隐形眼镜，因为眼球表面已有了疤痕，所以也就不可能的了。

当然，诚如硬币之有两面，任何事物均呈正反两面之势。所以，作为一个唯物主义世界观的人，更应接受这样一个事实：凡是能于透视事物之时，作两面观者，才能对事物的本质作客观公正的评价啊！

想做这种激光手术的人应当了解的是：眼睛应当是定型的，原则上医生只给 21 岁以上的患者动这种手术。再则，想接受这种手术的人还要不怕痛。因为术后眼睛要红 2 - 3 天，每天要涂可的松药膏，以便尽可能地防止出现疤痕。

国外的激光治疗近视眼的状况是这样，那么，我国在这方面的进展又是如何的呢？

我们都知晓，眼睛是人的重要器官，也是一个结构精密的器官。人们不是常说，要象爱护自己的眼睛一样爱护祖国的每一寸土地。可见祖国神圣的领土是多么的重要，同样，亦可见我们每一个人身上的眼睛是更为至关重要的呀！

在眼睛的某一部位上，哪怕仅有几微米大小的毛病，也会给眼疾患者带来极大的不幸和痛苦的。而为患眼疾的病人动手术，象花工绣花一样的精细，被行人中称为“微雕艺术”。也就是说，手术时稍有闪失，便极有可能把眼球的某些部位的组织给弄伤，就是技术相当精到的大夫，做眼科手术的时也精神紧张，神情专一，否则可能铸成不可弥补的损失。

用激光给眼睛动手术，操作简便，病人也感觉不到什么痛苦。然而，人类社会已发展到后工业社会的今天，人们更加珍视的个人价值与他应有的社会价值。人们已经和正在创造更为可观的生存新观念，在此基础上，为人类自身的幸福创造了可喜的优厚条件。激光技术的医学应用方面也是这样。人的双手常常能创造出令人意想不到的惊喜，激光为眼产动手术的方法是这样的：将激光聚焦成直径1微米左右的光点，它能很准确地只对眼睛的病区动手术，不必担心伤害眼球的其他组织。

用激光眼科治疗机给眼睛动手术，很多手术可以仅于门诊即可完成，无需住院治疗。而且手术时间很短，千分之一秒即可完成，真可谓功成于眨眼之间呀！这样，病人也不用再忍受长时间眼睛凝视不动之苦。

比如，治疗视网膜脱落，过去的手术是把眼球剥离出来，在反面一点一点地将脱落的视网膜焊接上，手术时病人相当痛苦。

这一天，主刀医生对眼疾患者说，我们准备采用一种新的方法为你动手术，这种手术叫做激光焊接法。用这种激光方法治疗视网膜脱落症，一点儿也没有痛苦。在门诊动手术，不需住院，手术完了就回家。

这是真的吗？眼疾患者将信将疑，惊异的问道。

在门诊部临时准备的一间手术室内，放着一台激光眼科治疗机，眼疾患者坐在治疗机的对面。只见主治医生娴熟地按了几下机器的电键，顿时机器闪出了红色的光束，很快，手术就做完了。主治医生站起身来，说，行了，手术做完了。眼疾患者惊喜地问道：这么快就完啦？主治医生问眼疾患者手术时感受如何？眼疾患者答道：没什么特别的感受，我只见红光闪了几下，只是这红光闪亮有点儿刺眼罢了。

一次眼病手术，经过激光眼科治疗机的治疗就这样成功地完成了。

如今已能用激光治疗数10种眼科病症了，而其中大部分手术均可于门诊内进行，病人既减轻了痛苦，又节省了费用，真是一举数得了啊！

### 三 奇异针灸术

激光技术的不断发展，利用激光已难受治疗许多一般治疗方法难以治愈的疾病。象恶性烂脚，腿肿得老粗老粗的，又流脓水，且又臭又脏。恶性烂脚患者已经到许多医院进行过多次常规治疗，老不见效。到激光门诊部一试，经一束红色激光照射几次之后，患者的脚疾便消了肿，不久即痊愈了。

治疗脸上的小黑痣，激光治疗的疗效也很好。如果人的面孔上长了几颗小黑痣，就如白玉中掺杂了几粒斑点，总令人不太愉快吧。爱美之心人皆有之，如能除却那些令人不快的小黑恙，真乃一桩好事呀。但由于这涉及到叫

人敏感的美容问题，事情似乎有点儿复杂了。

一般的手术除却黑痣，往往会留下些许疤痕，这就是人们常说的美中不足了。现在这个问题用激光便能很好地解决了，用一束激光在黑痣部位照上几下，黑痣立即会被消除，且不留痕迹。

激光美容，超现代派追求时髦的新感觉！

激光的神奇医疗之“特异功能”，不断引起医学界各方人士的鼎力探索，人们的思路一旦“开禁”，什么天造奇迹也可以降落我们这个文明社会的，勿需赘述，曾经叫人倍感神秘的古老中国，如今正朝着领导世界新潮流的通天大道迈着坚实的步伐！这是任何明眼人也不会否认的客观事实，你说呢！

驰名中外的针灸术，自古以来均以一根小小的银针刺刺激穴位，以求达到“针到病除”的目的，这曾使千万国外同仁为之惊叹，为之倾慕不已。中国传统医学发展到了九十年代的今天，能否将针灸术来一个伟大的改革呢——换句话说来讲，不断吸收最新的“高新科技”——激光技术，来与传统医学有机地结合，以期达到珠联璧合地疾病防止效果。回答是肯定的，借用我国一位哲人的话说，这叫做“古为今用，洋为中用，推陈出新”吧。

银针的一大功用是，给穴位造成一种适度的刺激，以此“治病救人”。激光既然可以做成“刀”，那么，将激光也做成一种治病用的“针”，也是符合逻辑的新思路吧！

激光研究所热情地为医学界的热心人提供了一台带光导纤维的氦—氖激光器。氦—氖激光器输出的红色的激光，经过一根光导纤维后，射出的光斑很小，用这种光导纤维可以将光点任意照射人何况的任何部位。

医学界的使用这种带光导纤维的氦—氖激光器之先行者，以此在人体人的穴位乾地实质性实验。反应较好，感觉这与银针针灸差不多，有相同的针感刺激作用。

用这种激光器照射人体大腿上的几个穴位时，被照射者明显地感到自己的大腿失去了痛觉，开始麻木起来了。这正好说明这样一点，即激光束刺激人体某个穴位时，起到了局部麻酸的良好效果了。

从此之后，一种新颖的针灸术——光针，正式在一些医学里启用。激光针既可治疗疾病，同时又可代替麻醉剂，用作对病人的手术前的麻醉。激光针有几点优点：

- 1、不会产生痛感，老人、小孩都不用害怕。
- 2、清洁卫生，不会发生什么不良的交叉感染。
- 3、疗效显著，无副作用，且省时而又有节省一定的费用。

可以这么自信地说，激光技术在医学界的广泛应用，为人类文明健康与社会进步开创了全新的领域。

#### 四 神了，激光刀

我们很有必要再来谈一谈激光刀——医用激光手术刀在临床手术中的实验与运用。

起初，人们于诊断出病人属癌症中期时，都提出了自己的意见，并趋于一致的结论，但具体到治疗方案的问题，产生了不尽相同的意见，明显的分歧在于：施行手术，抑或是采取常规药物保守疗法。

其实，持歧议的双方均各有自己较为客观的正确一面。主张施行手术的

一方认为，病人患的肝癌已至中期，如不采取施行手术的断然措施，势必使癌细胞进一步扩散，诚如是，那么真是“病人膏肓”了。

而主张采取常规药物保守疗法的一方则认为，施行手术相当危险。理由是，因为肝脏的血管密集，手术中很难止血。毕竟，肝脏还是个手术禁区呀。

本次癌症中期患者的治疗方案主持人心中十分明白：不主张施行手术的一方，担心的是开刀是流血太多，危险也就很大。

于是，主持人试探性地问道，假如有一种办法能使手术流血不多，你们是不是可以放弃你们原来的主张呢？

可以！持不主张施行手术的一方，抬头表示同意试一试。

好，这样定了吧——施行手术！

主持人接着向坐中的治疗方案参与者介绍了这种施行手术时，流血不多，且安全可靠的办法：

如今，有一种手术刀，叫做激光刀，用这种激光刀来施行手术，流血量很少。

激光刀与我们通常使用的各式刀具迥然不同，它是一束聚焦成直径大约几微米激光光点，激光的相干性很好，亮度极高，用这种光足以将钢质刀片打上孔。用它在人的肌体组织上进行扫描，即或将肌体组织切开，这个道理同我们常用的手术刀切开肌体组织没有什么两样。

激光刀是用光的热量把肌体组织切开的，在切开肌体的同时，激光的能量又把切口的微细血管焊接起来。也就是说，激光手术刀一边具有开刀的功能，一边又具有烧结止血的功能，因此，这样手术后的病人失血量不会太多，情况就是这样。

在激光研究制作单位的具体指导与配合之下，很快成立了激光手术的专门医疗小组。这次手术不仅在该市属首创，即使在海内外亦尚属首例。各方上下齐心协力，为这次手术进行了非常周密的，大量的准备工作。

同时，对手术过程中的监测与必要的应急措施也进行了相应的安排布置，均有专人具体负责指挥及管理。

各方配合默契，整个专门医疗小组犹如一台精密的仪器，一丝不苟地协调工作，终于用激光刀成功地为病人做了肝癌切除手术，取得了令人满意的疗效。

手术的成功，在社会各界的均引起了较为强烈的反响。新闻界的朋友，敏感而及时地对此作了重头报道——从此，人们知道，激光手术正在和将要为众多疾病患者带来福音。于是，人们为之奔走相告，为之欢欣！

激光手术刀的用途很广，皮肤科、妇科、肿瘤科均以不失时机的用上了。而且，过去一些需要住院开刀的病人，如今仅于门诊部即可进行了。再如，以往给痔疮患者施行手术，大都需要住院半月左右，现在门诊施行手术，只需在 15 分钟之内，即可完成切除手术。最令人放心的是：手术后，患者可马上回家休息，以利静养。

## 第八章 警官的“保镖”

### 一 激光·指纹

日本警视厅宣布：最近，发明了一种利用激光在现场提取指纹的高新技术。

实践证明，这种方法较之过去使用的用胶纸和照相提取指纹的方法，更加便捷，也有较多的优越性。

目前，世界范围的大多数国家的警方，在现场提取指纹时，往往采用传统方法，即首先在指纹留下的地方撒上一层铝粉，用一种特制胶工在指纹上印下，然后，撕下这张胶泥，胶纸上的指纹即清晰可见了。

但是，有一点不容小视，即这种老办法存在着许多缺点。例如，用这种方法很难在一些涂了防油污的新建筑材料上，或者在一些沾有油渍的橱柜上提取指纹，也很难在纸张，布料或纤维织物上提取指纹，因为这样提取的指纹很不清晰。这样，对指纹的鉴定及处理带来诸多不便。

如今，利用激光提取指纹便可以克服上述存在的不便和难以回避的缺点。激光提取指纹的办法是，把留在油污材料上或纤维织物上的指纹，先喷上一种乙醛化合物，指它同指纹液中的氨基酸发生化学反应，再用激光对它普照射，它就呈现出青色的明显指纹，再用照相记录下来。如果指纹不是留在油污材料上，而是留在普通材料上，甚至是金属或玻璃器皿上，那就不用喷洒乙醛化合物，仅用激光一照，指纹就清晰地显现出来。

使用激光提取指纹这种办法，尚有另一个优点，即它不用在指纹上撒上一层铝粉，这便可避免其它东西与指纹相接触，以便保持指纹的原样，它也省去了用胶纸来套印的技术手续，同时也相应地省支了不少人力与时间。

这种激光器在需要提取指纹时，可以随身携带，使用起来也十分方便。不管指纹留下的时间已相隔多久，只要它没有被其它别的痕迹所破坏，激光一照，留下的指纹就能立即显示出它的“庐山真面目”来。

### 二 潜指纹探测装置

加拿大的警官真有福气，如今用上了激光潜指纹探测装置。这是一名加拿大的警官在拍照白纸上的肉眼看不见的指纹，但他用的不是照相机，而是新近发明的激光潜指纹探测装置。

他把印有指纹的白纸，先在 75 的炉子中烘烤了两周，又在自来水中浸泡了 5 分钟，然后，拿出来晒干，放在探测装置下面。这个潜指纹探测装置在激光的帮助之下，就能观察到清晰的指纹，将其拍摄下来。警官利用它，可以找到肉眼看不见的潜指纹。

激光指纹鉴定术的原理是这样的：

原来，我们每个人每时每刻均在分泌着汗液，而在汗液中又含有微量的核黄素，它在激光的作用下会发出荧光。戴上手套之后，同样会在手套上留下汗渍的印子，这样，在激光的照射下，就会显现出光亮的指纹图案来。

利用激光技术取指纹，还可以判断出犯罪分子作案的时间——如果离作案的时间太远的话，在激光的作用下，指纹图会发橙色荧光，而离作案时间比较近时，指纹图会发出绿色的荧光。

激光指纹鉴定术的出现，能够克服以往提取指纹的不足之处。无法提取的指纹，激光能够提取，而提取的指纹难以处理的，激光能够令人非常满意地进行处理。

激光指纹鉴定术，冲破了老式的提取指纹的模式，为具有现代手段作案的“职业杀手”们，布下了难以逃脱的天罗地网——人类社会就是这样不断发明，不断创新，在光大正义的同时，无情的惩治了恶魔。

也许，这就是人们常说的：魔高一尺，道高一丈吧。

### 三 会说话的头发的丝

人的头发与人体素质有着十分密切的必然联系。

某经济大国意欲出巨资，买下我国湖南长沙马王堆出土的女尸头发，一时间引起了人们的不少惊叹呢。后来，人们得知，人的头发是人体健康状况的“信息宝库”呢。利用人的头发，便可确知人身高，体重与血型、甚至于病史等。所以，人们自然而然会想到人的头发丝与破案线索之间关系了。

要打开“信息宝库”也不难，关键是必须掌握微量分析技术。将一根头发放于天平之上，你是无法称出它的重量的，用最灵敏的化学分析法，光谱分析法也难以奏效。天无绝人之路，在侦察过程中，人们终于利用激光技术成功地解决了微量分析问题。

在一次侦破工作中，发现一位老者被人杀害。公安干警赶赴作案现场，搜索了好几遍，也未发现什么新的线索，好不容易在一个不起眼的角落找到一根除死者以外的一根头发丝，公安干警小心翼翼地将头发丝夹于现场记录本里。

现场勘察分析：老者处于半睡眠状态之下被人杀害，而现场又无任何搏斗的痕迹。对这根头发丝进行成份分析，将起到至关重要的作用，其实，人们心里明白：这根头发丝也就是本案的唯一线索了。

公安干警立即与有关部门联系，激光研究部门正好研制成功了一种新型光谱分析仪——激光微区光谱仪。这种光谱仪采用激光器做光源，分析灵敏度很高。又由于有很好的相干性，能够被透镜聚焦成很小的光点，直径比头发丝还小，所以使用这种激光微区光谱仪进行成份分析时，只要很小一点样品即可。比较而言，普通光谱分析常需对样品进行预先处理后才能进行分析，而激光微区光谱仪再需要进行这种繁琐的预先处理。

那根头发丝很快送进了实验室里，立即进行分析工作。头发丝被人小心翼翼地送上仪器的载物台，然后掀动仪器上的启动开关，只见从载物台的上方发出一束非常细小的红色的激光，准确地打在头发丝上。仪器旁边的一台台记录仪也同时不停地打字画线，一台微机的荧光屏上跳动着各种数据。负责分析工作的同志眼望荧光屏，嘴里一连串地报出了各种数据：头发丝的主人年龄约 37 岁，体重 58 公斤，身高 1.65 米左右，患有肠炎及轻微神经分裂症，吸烟，血型为 A 型……。眨眼工夫，各种所需的数据就到手了。

根据这一根头发丝分析而得来的各种数据，很快确认了罪犯，一举将其捉拿了归案。为人民除了一大祸害，人们为之拍手称快，高度赞扬了人民公安干警出奇制胜，兵贵神速，有力打击了不法分子。

### 四 激光枪模拟训练

美国的一些执法机关和警察部队正在训练的工作人员，使用看不见火光的，低能量的激光光束，而不用子弹。那些发出震耳欲聋的枪声的枪支与此不同的是，激光武器完全没有危害，它们只是用于训练，并未用于实际的对抗中去。

美国执法机关打算靠配备激光枪来减少开支费用，同时也减少危险。执法机关还希望使他们的工作人员的判断力锻炼得更加敏锐，以防止在诉讼案件中出现不应有的伤亡。

行政官员哈罗德·格罗斯曼对佛罗里达州奥兰多的从事激光训练模拟装置的制造者这样说道：“大多数警察部门一年到靶场去两三次，目标上的灯光很好，而不移动，子弹也不可能飞回来。这只是在打靶，与实际案情中出现的情况并不一样。”

传统的打靶用空气弹当然安全，受训人员却不能十分清楚地看到子弹是否击中“作案者”。在这些情况下，激光武器模拟训练便应运而生了。

人们把小而轻的激光发射极安装在手枪、自动枪或冲锋枪上。当一个空气弹射出的时候，爆炸声能使传感器活动起来，而传感器则是给带电池动力装置的激光器传递信号的。这时被透镜集中在一起的激光光束非常接近一个真子弹的弹道。光波脉冲可被安装在“作案者”背心内的光导纤维检测到。在每次射击时，安装在背心上的发音器便全发出响声，而胸前4个靶环中的某个环被击中就会出现光点。如在背心里某处插入一把钥匙，响声就会停止。

自1985年中期起，施瓦兹电光学系统装置就出现在市场上。美国联邦调查局正在用它来训练其成员，同时，美国的谍报机关及保安部队已和有关部门签定了合同，为他们生产这样的训练武器。

一个受训者站在电子屏幕前，手里举着一个装有激光发射器的左轮手枪。一个操作开卷式录象带的工作人员通过电子屏幕放映录像，内容是找寻一辆交通工具。（共有40个方案，其中有些方案可以有多种结局，下一步受训者不知道将发生什么事）当录像放到造成威胁的场面时，例如作案人开始行动，受训者必须作出反应也就是用激光，向电视屏幕上的作案者射击。一个连接屏幕的微机处理就会记录下时间和射击的位置。如果打中了要害地方，录象就停止，一个光点显示出“子弹”击中的位置，屏幕上还显示了受训者的反应时间（以4分之一秒度量），并告诉他作出射击的决定是否正确。

亚特兰大州立大学的心理学教授詹姆斯·戴布斯说：“这些场面是那样逼真，它所引起的压力反应如同身临其境。”

可以这么说，激光枪用于模拟训练，如今日益被证明是警察和保安力量用于训练的理想工具。

其实，咱们中国人民解放军沈阳军区军训模拟器材研究所组织也进行过实兵、实战的军事对抗演习。攻防双方就象真的到了战场，真瞄真打，丝毫不敢松懈麻痹。

一门隐蔽着的反坦克大炮，紧紧盯住1千多米外的“敌”坦克，只听轰地一声巨响，隆隆开进的坦克即刻黄烟滚滚，横卧路旁。而另一辆“敌”坦克则巧妙地利用地形地物，左突右闪，瞄准正朝它射击的火箭筒，一声巨响，300米外的火箭阵地上冒起滚滚红烟。这巨响，浓烟，跟真枪实弹一样逼真。然而，枪膛及炮膛内部未装任何弹药。

这种以光代弹的特殊演习，事前每个人的武器上都安装了一个小巧玲珑

激光模拟射击器。攻防中，只要瞄准对方，扣动板机，一束对人体及物体皆无害的激光就立即射击，击中对方，致使对方的烟幕显示器冒出滚滚浓烟，手中武器闭锁生灵。这样，用不着裁判，胜负之分，即显而易见。

## 五 激光破奇案

1980年的一天，两个蒙面人闯入位于纽约市区的一家大银行。他们躲过自动警报器的监视，以手枪镇住银行职员，于光天化日之下抢走一笔巨款，随即夺路潜逃，带着装有巨款的皮包，钻进早已在门外接应的汽车里，整个过程仅用去几十秒钟。

这两个持枪歹徒作案时，手上戴着一对绿色的塑胶手套。歹徒之所以使用这种手套，是因为塑胶材料所具有的特性，可以避免潜存指纹在化学药剂或粉末作用下显示出来。

汽车拐进了另一条街，歹徒们又换乘了另一辆等候在那里的汽车，离车之际这两个歹徒就顺手脱下那对塑胶手套，扔在汽车里。他们以为，既然塑胶手套上留不下指纹，又何必顾忌呢？

警方很快发现了那辆被遗弃的汽车，经查核，这辆汽车是这伙歹徒从别处偷来的。车上除了留下的手套而外，搜遍整个车身也没有发现一根头发，半个指纹或是其他什么可以作为线索依据的东西。过去，象这样一种有预谋且策划周密，干净利落的入室打劫案，纽约警方已遇上过多起，大都将其列入“不解之悬案”而已。

这例劫案似乎也以此类推，列入这“不解之悬案”之一档呢？

最后，那对塑胶手套和一些被警方充作“物证”的东西，均被送到设在华盛顿的联邦调查局“法科学实验室”。果然不出所料，最初用常规套印指模分析法，毫无结果。接着，科学家们搬出了他们的最新式秘密武器——一台氦离子激光器，它能发出一束直径仅有铅笔尖那样粗细的浅蓝色氦离子激光，用这种氦离子激光束对那对塑胶手套进行扫描，从手套里面及外面的某些部位均发出了亮光，并显示出指纹图案来。在一旁观看的侦探们，惊奇得瞠目结舌，激动万分——在塑胶手套上竟能取出指纹来，这真是人世间的一大奇闻！至少，当时这些现场观战的侦探先生们作如是观，这毕竟尚属一桩新鲜事儿呀。

科学家们将显示出来的指纹，取最佳标样拍照，并把这指纹照片输入新型的指纹识别专用电脑。电脑装置把输入后的图样和联邦调查局中所存有的指纹档案逐步进行比较，几小时后，它终于找到一个和输入的标样图案完全吻合的指纹。

这宗轰动一时的抢劫案，终于被最新的激光指纹技术破获了。

## 六 激光与人体皮肤

人的指纹痕迹中含有微量的氨基酸，这是塑料、橡胶等制品“吃”不掉的。用激光照射指纹时，这些氨基酸就会发出荧光来，结果便显示出指纹图样。此外，人的手指上沾染的墨水、机油、染料等物质中，也含有荧光物质，经激光照射后，就能发光。

这里，让我们来看一看到底小偷的道法高明，还是激光的本领高强——

美国一家激光公司制作过一部激光指纹显示仪。1985年，这台激光指纹显示仪在亚特市举行的美国法学会年会上展出时，起初没有引起人们的重视。有一天，一个小偷在展台上偷走一部设备时，被警卫人员看见了。这个小偷赶忙掏出一张展出台的业务卡片，把它交给警卫，表示他是获得批准后才搬动这台激光指纹显示仪的。就这样，那个小偷当着警卫的面将仪器偷走了。

第二天早晨，展出台的工作人员才发现这一失窃案。警方用常规方法，在业务卡片上探测不到任何指纹。人们想起了那部激光指纹显示仪，把这张卡片放到那台仪器中去测试时，很快就显示出两个指纹：一个是值班警卫留下的，另一个显然是小偷的。警方根据这一线索很快破了案。

激光指纹技术不仅十分灵敏，而且可以检测出时间很久的指纹。有人曾用氩离子激光扫描几年没有被打开过的书，发现了几个可以辨别的旧指纹。

使警方大感兴趣的是，激光还能把积存在人体皮肤上的指纹显示出来。这种皮肤上取指纹的方法，对侦破勒杀案或强奸案是很有帮助的。因为在这类案件中，罪犯的指纹往往会留在人体的皮肤上。

激光指纹显示仪，在大显身手的同时也默默地为人类除害。

## 七 低头认罪

在侦缉工作中，应用的激光技术很多。不妨让我们再举一例。

这个故事发生在一个西欧国家的某保密研究机关里。

早晨上班时，掌管钥匙的秘书发现保险箱被人打开了，里面的保密文件不翼而飞。据保密人员判断，保险箱是被一种叫“热矛”的高温切割工具的火焰熔化切开的。除了地板上收集到的金属熔珠和碎屑外，现场没有任何可供破案的痕迹。

警方抓到一名嫌疑犯，审讯时，犯人矢口否认他曾到过此地。当证人指出，为什么他穿的裤子上会有金属熔珠时，他说裤子的这些熔珠是前天晚上，他在自己家里做一些焊接工作时留下的，与警方收集的物证无关。到这嫌疑家中搜查时，确实发现他曾在家中做过一般焊接工作，地板上还留下一些金属的熔珠。经警方的光谱分析判断，保险箱金属熔珠和嫌疑犯家的金属熔珠的成份不一样，前者除铁和锰之外，还含有铬、钴、镍、钼和钒，后者仅含铁和锰。

现在，问题的焦点集中在嫌疑犯裤中的金属熔珠的成份如何。警方的实验室遇到了难以克服的困难：从嫌疑犯裤子上取下的金属熔珠的直径仅有20—100微米，不足一根头发丝直径的十分之一，这么一点样品对于通常光谱分析技术来说是太小了，实在是不足以取样的呀。警方四处奔走，多方求援，最后在一个激光技术研究单位的支持之下得到了解决。

激光技术研究单位利用新发展起来的激光显微光谱技术，分析这种熔珠微粒。分析结果表明：嫌疑犯裤子的金属熔珠成份，与保险箱材料的成份完全一样，而与他家中的金属熔珠成份不一样。

尽管罪犯的手段高明，而且又在家中布下了疑阵，但是，在先进的科学技术面前他不得不低头认罪。

## 八 哈罗！希思罗城

目前，无论是建造办公大楼或是民用住宅，大都是在建筑施工结束之后才开始考虑安全措施的问题。建筑竣工之后再安装各类安全设施，无疑是一种低效能方法，且费用颇高。所以，越来越多的建筑从一开始设计时，便将安全设施安装上了。这对于建筑房屋是一种行之有效的方法。进一步而论，这种方法对整个城市的建设是否同样有意义呢？

希思罗电讯公司正在进行一个大胆的尝试——希思罗是经过精心设计正在兴建中的一座城市，它座落在佛罗里达州，在奥兰多以北。按照美国希思罗电讯公司负责人托马斯·雷曼的说法：“这座城市破天荒地建筑施工同时也进行安全设施的施工。”

希思罗这座从 1988 年 1 月开始施工的城市，每一所房屋都在建造的同时置入光导纤维电缆。

这种先进的多功能电缆将所有的新住宅与办公室联结起来并一直通到离这些建筑不远的警报监测站。这种光导纤维电缆在传递警报信号的同时，还可以用于电话传送、计算机连接和电缆电视。因此，希思罗拥有巨大的发展潜力。正如雷曼所说地那样：“我们正在建造的房屋可以使用 200 年，科学技术的发展不会使我们的住宅和办公室显得过时，因为我们不是在建房时运用了科学技术，而是采用建筑同期可以适应一切科学技术发展同步而铺施的一应管道”。

希思罗占地 3500 英亩，将建造 4200 所住宅，其中已有好向百所竣工，另有 200 所正在施工中。600 英亩土地被用来建造一个国际商务中心，它将招收大批工作人员。还有 1200 万平方英尺的土地用来建造办公大楼，并已完成 7 万平方英尺。待到希思罗城建成的那天，它的商业也将独具特色。眼下，人们仅仅将希思罗当作奥兰多的一个居住区，但希思罗的设计者们却希望，将来希思罗的居民们不但在那里居住，而且能够在那里工作。

希思罗城的一切成就都要归功于一种叫做集成数字网络的技术（简称 ISDN），它在数字通信中具有国际水准。通过集成数字网络，包括安全信号在内的多种信号可同时在所安装的光导纤维电缆中传递。ISDN 技术使未来的科学技术永远可以通过这些电缆得到应用，不必另辟蹊径。

希思罗的发展者们为了创造一个电信奇迹，正在与南方贝尔电讯公司和北方电讯公司合作，两个公司对希思罗电信网的投资加在一起超过 5000 万美元，其中包括建造一个叫做 Dms——100 超波节的造价 800 万美元的数字转换控制室，这将是整个城市的音频、视频、数据、遥测以及安全信号的处理中心。这两个大公司之所以在希思罗城建设上投巨资，其目的就在于这不仅仅是城市建设上投资，更重要的是科学技术的投资。雷曼这样说过：“我们意识到经济的发展与通讯能力紧密联系在一起。如果要在国际市场上竞争，我们需要快捷而清晰的通信服务，当然其中也包括安全保卫。”

希思罗城拥有豪华的住宅，各式各样的俱乐部，而且将有一个繁华的商业中心，看来似乎需要采取安全保卫措施的东西不会太少。那么，要完成这一使命，将从三个大的方面入手，以达到确保希思罗城的安全保卫工作在系统品种中实现其一体化：警报监测；保安队伍；安全控制。

1、警报监测。希思罗的中心控制室是以巨大的投资兴建的，属世界一流水平，采用 UL 序列。1988 年年末，所有警报信号均已开始在住宅或办公室与中心控制室之间的光导纤维电缆中通过集成数字网络传递。光导纤维电缆深埋于房屋之外的地下，在室内，警报接触点通过同轴电缆与屋内的集成电

路板联接，盘结于建筑中挑纤电缆不仅仅用于传递警报信号，还可以用于其它通讯以及即将投入应用的高清晰度电视。

集成数字网络（ISDN）效益得益于畅通无阻的D线路。其优点在于当发送警报信号时，决不占用声频线路。在ISDN网络中，使用者在同一时间内可以在电话中交谈，传送计算机数据以及通过安全系统向中心控制室发送安全信号。而不必象其它安全技术在应用中那样，需要一个数字拨号控制盘，需要强调的是，这些功能全部都承载于一小根纤维之上呢。

假如一个既在希思罗居住又在那儿工作的话，他可以在自己办公室内检查他自己家中安全系统的状况。通过ISDN网络，在他办公室的集成网络终端机上能够通过D线路检验他家中分布在各处的警报接触点的工作状况，当然为防止窃取别人家的信息数据，每家都有自己的专用指令，这有点儿象每个人的房门钥匙一样。

2、保安队伍。希思罗仅有17人的保安队伍，由两部分组成：一部分来自于自愿当警察的青年，他们经过训练后如通过警官考试，则被雇用并派往分布在各处的警察所。他们的任务就是对人们发出的报警信号作出反应。这部分人大约占整个警力的1/2—3/4左右。其余的部分则是富有经验的老警官，他们的任务是，对年轻的申请者进行训练。保安队伍负责着希思罗城居住区和办公大楼昼夜24小时的安全。每一班保安人员均由一名有经验的警官负责。3、安全控制。希思罗城居住区前，是一个被鲜花围绕，中间有自动喷泉的大型广场。广场尽头是一座大型的，很有气派的红砖门房，它不但担任检测任务，而且中心警报控制室便设置于此。当居民或采访者开车到达后，他可用所持的安全卡使大门打开进入或者通过另一条小路经安全人员检查后进入。

希思罗城将目前常用的大门通行证制度发展的为通用安全控制卡制度，即每个居民以及在本城商务中心工作的雇员均拥有一张自己的卡片，凭此卡片进入希思罗希城的设施，允许一个人进入与否是由中心警报控制室决定的。

已经落成的国际商务中心白天对外开放，但一到晚上，则由微迹辨别仪和磁迹自动检测锁控制。每位老板都给自己的雇员制定出活动范围和时间。如果任何一位老板提出要求，希思罗电讯公司的负责人雷曼可以提供给他一个何人何时进入这所建筑的报告。

在希思罗城，不受欢迎的采访者的人数很少，其原因在于，首先宅远离拥挤不堪的大都会，其次，整座城市都被湖水及灌木丛环绕，最后，还由于有环绕整个城市的安全防卫网。

希思罗不是一个绝对安全的城堡。——雷曼如是说：事实上，如果一个入侵者想要进入的话，他总会有办法的。我们所建造的是一座城市，随着这座城市的发展，我们还将重新考虑很多安全问题。但有一点是肯定的，这是头一次在建设城市的同时，也把安全措施一并采纳进去。

## 第九章 激光·高新科技

### 一 激光技术与高新科技

激光的出现，使古老的光学焕发了青春，把光学研究推进到了一个崭新的阶段。同时，它还不断的深入到了物理学、化学、天文学、电子学以及空间技术、计算机技术、能源科学技术等许多科学技术领域，并发挥巨大的威力且尚具不可估量的潜力。例如：激光热核聚变，激光分离同位素、激光计算技术、激光空间技术等已开始受到人们的充分重视。

受控热核聚变，是一种获得原子能的重要方法。在一定条件下，使两个很轻的原子核，例如氢的同位素氘和氚相互碰撞而聚合起来，变成一种新的较重的原子核，同时也能释放出大量的核能，这个反应过程叫原子核的聚变反应。为了使聚变的燃料发生反应，首先必须把它们加热到几千万度的高温。以往，这样的高温只能靠原子弹爆炸的一瞬间来得到，这是人们无法控制和利用的一个过程。但激光出现以后，利用激光具有高亮度、高方向性等特点，聚焦以后在极小的范围内，获得惊人的能量密度，从而可在极短的时间里，获得超高压和超高温，用以点燃热核燃料，实现能受人工控制的热核反应。

激光分离同位素，目前是激光化学的一个重要生长点，同步素在科研，生产中用途很大，但是在自然界里，它总是以同位素混合物的形态存在。由于它们之间的性能十分接近，只能根据它们在重量上的微小差别，采用气体扩散法来加以分离。以往分离铀 235 和铀 238，就是采用气体扩散法，它需要上千级扩散装置，设备非常庞大，投资高，耗电量大，效率却很低。采用激光法来分离同位素，利用各种同位素分子的能量状态和吸收光谱的不同，用一定波长的激光只激发其中的一种同位素分子，就可达到分离的目的。在分离效率方面，用激光分离一次，就可以把铀 235 铀的浓度，从 0.7% 提高到 60%，大大提高了分离效率。另外，用激光来分离同位素，还可以降低成本，减小装置的体积，并有便于隐匿的优点。

光学计算机，是激光深入到计算技术的一个重要成果，它使计算机的面貌焕然一新。它加快了计算速度，增大了信息容量，使计算机技术产生了革命性的突破，为从现在的第四代计算机（大规模集成电路）发展到第五代的全数字化的光学计算机，展现了美妙的前景。从理论上说，光学计算机的速度可以达到每秒百亿次到千亿次，存贮信息的容量是 XX 位。

在星际航行和空间技术方面，由于激光在宇宙间定向传输的时候，光能损耗很小，因而在宇宙空间中利用激光来通信和导航，将是非常理想的。

把激光应用到照相技术方面，已产生了崭新的激光全息照相技术——象激光全息防伪商标及激光照相排版技术的广泛运用，已是有目共睹的了。

另外，在光波不能或不是通过的场合下，也可采用超声波或射频来组成全息图，但是在再建成像时，主要还是使用激光来再建像，这就是当前发展的超声全息技术，射频全息技术等等。在医疗诊断中使用超声全息技术能显示人体中软组织的情况（如心脏、肝脏、肠胃等的病变），它克服了以往在诊断中 X 光透视不能完全了解软组织的体大问题。

总之，激光技术与高新科技的有机结合，正将后工业革命的进程推向全新的高潮，也正理直气壮地改写着人类社会的辉煌历史——世界充满希望！

人类社会的骄傲在于，人的观念革命促使社会的必然进步——人啊，这

个值得全世界骄傲一万次的动物，OK！

## 二 寻找同位素

一寸光阴一寸金。可见光阴和黄金的可比值是多么的精贵啊！社会的进步，终于使人们认识到：其实，这个世界还有比黄金贵重的东西呢。比如，在医疗、农业、原子能工业中用的各种同位素，它们的价值均比黄金贵重得多。一克硫 24 同位素价格大约是 60 美元，一克氙同位素的价格约为 200 美元，一克溴 79 同位素的价格更贵，约 7000 美元，而一克黄金的价格，不过 20 美元左右。

同位素是指原子核内的质子数相同而中子数不同的那些元素。因它们的原子核内质子数目相同，所以在元素周期表上，它们居于同一个位置，因而将它们称为“同位素”。自然界里，大多数元素均以几种同位素的混合物存在的。而我们要使用的往往不仅是其中的某一种同位素。如铀这种元素，就是以质量数 234、235 和 238 这三种同位素存在于铀矿之中，用做核燃料的是同位素铀 235。这就需要采用分拣的方法获得，各种原子质量有些微小的差异，而物理性质与化学性质则极为相似。所以以常规化学提纯方法，难以把其中的一种同位素提纯出来。用沙里淘金也难以形容这类提纯同位素的高难度。换句话说，同位素的贵重，主要在于它的提纯难度太大，数量稀少。

于是，人们想到了用激光分离同位素。按照原子光谱理论，原子核质量不同的原子，其能级结构亦略有差异，它们发射的光波波长，也有一定差别，反映到光谱图上，便有发生错位的光谱。利用各个同位素的原子在能级上略有差异这一点，用单色性很好的激光，有选择地对不同的同位素原子作光激光，最后将激发的那种同位素分拣出来。

再如，用物理方法，把用激光激发了的同位素分离出来。用波长比较短的激光，将一种同位素的原子光电离，利用电学的方法，把已经被光电离子的同位素收集起来，也能把其中一种同位素分离出来。

要能够只把其中一种同位素的原子激发。就必须用一种单色性极好的光束——用一种光谱线宽度很窄的光束，来照射同位素混合物，也就是只能给我们要分离的那种同位素“开小灶”。利用激光光谱线极窄的特点，就能只让其中一种同位素的原子受激发或电离，而其余的同位素原子却依然处于基态。这就是之所以要利用激光分离同位素的基本道理。

70 年代初，我国的激光科技工作者，已能利用激光成功地将铀的几种同位素分离出来。

## 三 235 · 235

核电站用的燃料以及制造原子弹所用的“炸药”，均为铀 235，这是铀的一种同位素。

天然铀矿中有三种铀的同位素：铀 238，其含量最高，占了 99.28%；铀 235，其含量为 0.66%；铀 234，其含量为 0.06%。然而，这三种铀同位素中，仅铀 235 能用于核燃料，但同位素铀 235 的含量对核电站来说，不得低于 3%，如用于原子弹的“炸药”则要求会更高，铀 235 含量需达到 90%以上，依核工业的术语，就是将铀 235 同位素进行浓缩或富集，其实，就是将铀 235 从

天然铀矿中提炼出来。

过去用气体扩散法提炼同位素铀 235，其工作原理为，将铀矿产品加热到一定温度，让它变成蒸气，这时，在铀矿蒸气中，原子质量比较重的铀 238 的运动速度，要比原子质量较轻的 235 慢一些。它们流过较长的一段距离之后，铀 235 便会跑到铀 238 的前面。这时将前面的铀蒸气收集起来，铀 235 的浓度就会比原来提高。据此，科学家们设计出了气体扩散生产铀核燃料的工厂。用气体扩散法，为我国生产出了制造第一颗原子弹用的铀，和供应核发电站的燃料。不过，这种方法制造铀 235，造价很高，建一座气体扩散法工厂，约需 30 亿美元，生产用电需 200 万千瓦以上，生产工序达几百道。

在利用激光技术成功地分离出了氢的同位素之后，激光研究所的科技工作者设想了应用激光技术分离铀 235 的两个工作方案：一种叫原子法，一种叫分子法。原子法系利用铀原子蒸气作为分离工作物质；分子法是利用铀的分子化合物气体作为工作物质。目前，主要先搞原子法。

原子法亦可采用两种技术方案，一种是两步光电离法，或称两步解法，另一种是一步光电离法。两步光电离法是这样的：先用一束波长调谐到铀 235 吸收光谱中心频率的激光，照射从加热炉里喷出来的铀原子蒸气，让铀 235 的原子激发到激发态，而铀 238 依然留在基态。再用第二束激光照射这种铀原子蒸气流，把已经处于激发态的铀 235 原子电离。在蒸气流途中放置带电杯，已经电离的铀 235 离子气体，就被带电杯偏转，拉到一边去。未发生电离的铀 238 原子气体，将通过带电杯继续往前流动。这样，两种同位素须分离出来了。此法可一次将铀 235 的浓度从原先的 0.66% 浓缩到 60% 左右。

一步法就是用来频率比较高的激光，直接把铀 235 的原子电离，下一步的分离工作与两步法相同。用激光分离技术，生产设备比较简单，生产成本明显下降，而生产用电大概仅占全体扩散法的千分之一，生产投资约为气体扩散法的 50%。

采用激光法生产铀燃料，似乎更适合我国国情，并取得了一定进展。可以预料，21 世纪生产铀核燃料的主要手段，就是激光方法，铀燃料的生产也将与生产煤及石油一样，形成专门的工业体系，而用激光法生产铀燃料的技术，也势必由此形成一个全新的令人惊羨的一大产业。

#### 四 皮秒脉冲激光器

世界万物，无时不刻不在发生着运动：宏观天体运动、地质构造运动、微观粒子的运动……；物理的运动、化学的运动、生命中的运动……

一位哲人说过：宏观在宇，微观在握。有的运动我们凭肉眼即可观察。如汽车在公路上奔驰，飞机在蓝天翱翔，轮船在江河中航行的等等。有的运动则必须凭借某种仪器才可观察得清楚。如在显微镜之下，我们观察到微生物的运动，从射电望远镜中，我们观察到离地球上百亿光年的类星体正以巨大的速度飞离而去，在化工厂的控制室里，工人们随时从仪表盘上了解到原料在密封罐中的化学反应进行到了什么程度……

然而，尚有一些运动，是我们既不能用肉眼，也极难借助一般仪器所能观察得到的。以化学反应为例，大多数化学反应，我们能够较为精确地掌握参加化学反应的有哪些物质，反应之后得到的是什么物质。还有一点，我们就难以把握了——究竟这种化学反应是怎样一步一步地从原先的反应物质演

变成另外的物质，我们就了解甚少，甚至无从了解，如果我们能掌握这方面的信息，对于我们的化学工业，必将产生深远的实质性的影响。

对于瞬息万变的过程，我们可以运用激光技术，来解决这些不解之难题。现在，科学家们正着手研究一种叫做皮秒光谱学的技术，就是专门用于研究瞬为过程的。皮秒（1皮秒=10<sup>-12</sup>秒）这种光谱技术需要能发射脉冲时间小于皮秒的激光系统。这一点，现在的激光技术是能够满足的。现在，我们的激光技术已发展到可以产生飞秒（10<sup>-15</sup>秒）量级的激光脉冲了。用这种超短脉冲激光束做探针，就可以控测瞬变过程中的第一个远过程。

例如，我们要研究由A物质和B物质发生化学反应形成产物C的过程，便可以利用皮秒吸收光谱技术，或者皮秒发射光谱技术，追踪在这个反应过程中物质A，或物质B，或生成物C随时间的变化情况，探测在这个反应过程中产生的过微性物质。以控测在反应过程中物质A的变化而言，我们可以向反应物发射一束脉冲重复率比较好，脉冲宽度为皮秒量级的激光束，根据物质A在不同时刻吸收激光脉冲能量的状况，即可知道A的变化了。如用一种频率可调谱的皮秒脉冲激光器来探测，可以探出在反应过程中是否产生了中间产物。

世界的变化与发展，使我们认识到，宏观世界是那么的震撼人心，同样，掌握了微观世界，了解到个中奥秘，亦令人类社会有着无穷无尽的发展，给人们带来无穷无尽的，深刻而巨大的飞跃和神奇的变化。

世界真奇妙，而我们又所知甚少。激光技术以及其它一些高新科技的迅猛发展，将人类展示出未知世界里的不尽之奥秘。这就是人类社会的希望所在！

## 五 点火·点火

从人类的祖先点燃第一缕篝火至今，我们已开发了薪柴，开发了煤炭，开发了石油、天然气、出现了风能、地热能、太阳能以及电热能……

现代社会，犹如一个挥霍无度的巨富翁，无情而悄然地吞噬着我们地球仅有而不多的那点儿能源。无怪乎有识之士为之惊呼：人类现有的能源开发手段，无论如何也经不起如此挥霍，何况很多天然能源终究会消耗殆尽呀！

“能源危机”，令科学家们更为急切地寻觅新的能源开发技术。

原子核裂变产生出神奇的巨大能量，地球的原子反应堆应运而生，出现了利用原子核裂变的原理发电的核电站。目前，根据计算，核聚变燃料的燃烧值，比原子能发电站用的铀235核燃料还高8倍，且核聚变燃料的世界贮量比铀燃料更大，核聚变燃料就藏于海水之中。有人初略估计，从海水中提炼出的核聚变燃料，足够我们用上千亿年。真可谓取之不尽，用之不竭的能源！

问题是，要把这种核聚变燃料点着火，又绝非易事儿呢。

解决氢、氦核聚变发电的问题，科学家们设想了两种技术途径，一是使用一种叫做托克玛克的装置，二是利用高功率激光，打在由核燃料做成的“弹丸”上，把它加热到上亿度的高温——须知，点燃核燃料的“火柴”的温度必达1亿度高呢。

我国科学家首先设想建立一输出功率为10亿瓦级的激光器系统，先研究在激光作用下核燃料丸产生的等离子体的各种物理特性，然后建立更高功率

的激光系统，研究让核燃料丸达到点火温度的条件。为能获得激光对核靶丸有更好的作用效率，又设想用多路激光打击核丸。

对用于核聚变研究的高功率激光系统的要求是很高的。对激光器输出的激光束的发散性、脉冲宽度、激光光波波面质量等，均有相当高的要求。对于激光打靶系统的光路也提出了严格的要求。如在光路设计上，要求它能使各路激光同时打到核靶丸上，先后到达的时间相差不能大于 10 亿分之一秒；各路激光要同步地聚在核靶丸的同一个地方，彼此不能相差微米量级。也就是说，激光核聚变是多种先进学科的综合。

我国利用激光打靶已获成功，得到了相当数额的热中了。这种工作在上世界上也仅有少数几个工业发达的国家方能做到。于此，又建立了输出功率为一万亿瓦的高功率激光系统。从而获得了更多的核聚变试验数据。

目前，用激光已可以将核燃料丸加热到几千万度的高温，一束激光可以使核靶丸产生 10 个热中子。这些研究成果，极大地增强了人们最终实现激光核聚变的信心。

## 六 污染监测仪

激光传感器能测出 3 英里远处有无化学药剂存在，该仪器已由美国加利福尼亚州的休斯飞机公司为美陆军研制成功并命名为遥控分光计，缩写为 RAS。这种仪器有助于部队避开污染区，不管这种污染是永久性的（在地上持久不散）还是暂时性的（气态组成）。

RAS 能利用 COXX 激光器发出的的千束光测出化学药剂中国有的红外吸收光谱，并对从化学药剂上反射回的能量加以分析，依此判断其类型、数量和污染物的分布。

RAS 的战场试验已完成，正向仪器小型化和轻型化努力。现在陆军使用的探测器可以由战士携带。但仅在接触有毒化学剂后才起作用。

休斯公司希望，能在 90 年代中期为陆军生产大约 4000 台先进的 RAS。

在国际组织推举出的 1992 年重要科技产品 100 项中，有一种小型污染监测仪。

激光雷达是一种用激光代替无线波的类型雷达的测距技术，它可以帮助人们绘制出城市空气污染情况的三维立体图。但是直到目前为止，这种设备体积很大，使它的用途受到了限制。洛斯阿拉莫斯国家实验室研制新的小型激光雷达，重量仅有 200 磅，它可以方便地移动，研究人员已用它记录墨西哥市上空的烟雾。

另外，也属该国际组织推举的 1992 年重要科技产品 100 项之一的“超级存储器”，也用属激光技术应用的实例。可见，目前世界上人们对激光技术的利用已有足够的重视。

“超级存储器”系美国电话电报公司贝尔实验所的科研成果之一。美国电话电报公司贝尔实验所的研究人员通过压缩光束穿过一条维形光导纤维，能够在—块薄薄的磁光膜上记录每平方英寸 450 亿位的数据。这种密度可以在一个针尖大的面积上存储两套《战争与和平》巨著，这项技术叫做近场扫描光显微技术，意味着可使目前的磁存储容量一下子提高达 300 倍之巨。

## 七 激光发射宇宙飞船

美国在激光技术开发领域内，已压下大赌注，出巨资以显其世界领先科技的实力。

如美国劳伦斯·利弗莫尔实验室从 1985 年 4 月起，投入 1 亿 7 千 6 百万美元，准备在 8 年时间里，建造世界上最大的激光器——新星激光器，用于激光受控核聚变研究。它将在 10 亿分之一秒内产生一百万亿瓦的功率。

同样，美国在航空航天技术领域内，也投入巨资研究并开发激光技术的天地。

美国航空和航天管理局会同战略防御机构 SDIO，正在发起研究用一种威力巨大的地面激光系统，来推进宇宙飞船进入预定轨道。

这种方法的极大好处是，飞船的驱动能量可以从地面供给，而无需以燃料形式随飞船带上空中。在这种设想中，空气本身也将作为一种燃料。发射时，空气挤压着飞船的圆锥形船身前部，然后进入像裙子式样的燃烧舱。在这个燃烧舱里，空气被激光爆裂成等离子体而转为能量，其中从地面发射的激光，是由覆盖在飞船尾部的抛物柱面反射镜聚焦后进入燃烧舱的。美国现有 10 家工程技术研究所正通力合作，从事这种新型宇宙飞船的研制工作，他们希望，1995 年研制成一种这样的实验性飞船的样机。

## 第十章 光学前沿

### 一 非线性光学

许多教学书上都这样讲，光是直线传播的。大都讲些光的反射、光的干涉、光的衍射等等。就没有人去讲光的非线性——非线性光学。课本上讲，光是直线传播的，两束光交叉之后，它们彼此不相干，依然各自按照原来的方向传播。光的强度也不会发生变化。红色的光束透过透明玻璃片之后，它依然是红色的，绿色的依然是绿色的。不过如此而已。

对于普通人而言，上述的常识也并无什么错误可言。世界毕竟是从未知而到已知，从知之甚少，到知之较多，或是从浅层的知到复杂的知……。这样不断打开知识的大门，使人类社会的成员从匍匐荒野到今天的昂首阔步，享受并不断创造着现代文明，并永远前行！

激光的出现，使光学领域内色彩纷呈，新生事物层出不穷。

过去没有的东西，在激光技术世界里今天已有了，过去不知道的，在激光技术世界里今天人们也知道了。总之，世界在多元化进程之中，永远都那么扑朔迷离，而又永远令人惊羨。朋友们肯定还记得这样一首歌，歌中这样唱道：外面的世界很精彩……

我们同样有理由这样认为：在光学世界里，在特定的环境与条件下，光也是非线性的。

要回答这个问题，我们有必要一道重温激光技术世界里的重要一课。

### 二 奇异现象

1961年，科学家们曾做过这样一个有趣的实验。一束红宝石激光器输出的激光，经过透镜聚焦之后，穿过一块透明的石英晶体片。以往的经验告诉人们，在这块石英晶体片后面的纸屏上，我们能够看到的是，一个红色的光斑而已，而此实验却出了“怪招”——在红色光的外围，还呈现出蓝色的光环。于是，科学家们便对这蓝色的光环的光波波长做了测量。发现它的波长是347.7纳米，刚好是红宝石激光波长的一半。为搞清这蓝色光环的由来，科学家们从实验装置上的石英晶体片取下来，然后另换上一块普通玻璃片，再做原来的实验。这回蓝色的光环再没有在红色光斑的外围出现。人们认为，这蓝色光环的出现与石英晶体片有很大关系。除石英晶体片而外，其它晶体材料有无改变光波颜色的功能呢？科学家们用其它一些晶体片如磷酸二氢氨（AOP）、磷酸二氢钾（KDP）、磷酸二氢铷（PDP）、铌酸锂（LIN603）、碘酸锂（LI103）、铌酸钡钠（BNN）等做实验，均出现了把红光变成蓝光的现象——这个现象是把光波波长缩小一半，即相当于将光波频率增加一倍，人们管这种现象为光的倍频。

利用功率较高的激光，通过一些晶体材料（亦称非线性晶体材料），除可产生频率增加一倍的光波，尚可产生频率增至3倍、4倍甚至到15倍的光波。一束肉眼看不见的红外光通过一块晶体即可得到红光、黄光、蓝光……甚至至于可得到X射线波段的相干光。

科学家们不久又发现，不仅在通地晶体片的光束中出现倍频光波，在晶体片的反射光束中，同样有频率加强的光波。也就是说，入射光为一束，反

射光就不只一束了。把晶体片放在液体里，由于材料的折射率及光波频率有关，液体对从晶体片表面产生的倍频光波的折射率也就不相同，它们从液体出射的方向也就不一样（折射角不相同）。由此，科学家们观察到了这样一个奇异的现象——光的入射角不等于反射角。

### 三 光的和频

用激光技术进行实验，常常会出现一些普通光所绝不会出现的“奇怪现象”。例如，用激光做实验，会出现“光的和频”这样一种现象。

我们让一束波长 1.06 纳米的激光（如由一种叫 YAG 激光器输出的激光）和一束波长 694.3 纳米的红色激光（如由红宝石激光器输出的激光），同时穿过透明的晶体材料（如用 KDP 或是 ADP 晶体材料做成的片子），这时，在出射的光束中会出现分束光：原先入射的这两束光，每束入射光产生的倍频光，还有一束是这两束光共同产生的光。这第 5 束光的波长，根据科学家用光谱仪测定，波长等于 418.9 纳米，如果换成光波频率，它刚好等于 YAG 激光的频率与红宝石激光频率相加的值。

科学家换了另外波长的激光，也换了另外的晶体材料片，进行了多次实验，发现两束激光通过晶体片之后，均会多出一束由它们的光波频率相迭加的光束。针对这种光学现象，后来科学家们为它起了个名字——叫做那“光的和频”。

科学家们对两束光波通过晶体片后所得到的光束的频率，做了认真测量，又发现了属于两束光波频率相减的光束。即是说两束在可见光区间的激光，经过晶体片之后，会产生一束落在远红外区的光波。科学家们又将这种现象叫做“光的差频”。

象彩色电影、彩色电视，是根据红黄蓝“三原色原理”获得其他各种颜色的。在彩色电影、彩色电视中用的光源。其本质是含有多种彩色的，只是利用了三种不同颜色的材料，有选择地反射或吸收，而产生其他几种色光。而上述所说的“奇异现象”，入射到材料上的不是包含多种颜色的复色光，而是单色光。只有两种颜色的光波，通过晶体之后，新产生了第三种颜色的光束，只有用激光方能凑效，它是强光与物质相互作用产生的新现象，这种新现象就属于非线性的光学现象。

### 四 聚焦新术

用一块放大镜把太阳光聚焦成光点，将一根火柴棍放在光点之下，很快便会点着。经透镜而聚焦的光点，其温度比太阳光高得多呢。我们拿来一块透镜，做个试验，可以看清楚光束在它里面的传播过程。

从侧面进入的光线在界面上发生折射。根据光的折射原理，这种倾斜面入射的光束，折射光线是朝下方传播的。这条光线传到对面的界面时，光线又发生一次折射，折射光线同样往下偏折。几何光学常识告诉我们越倾斜的小块，光线通过它们时发生的偏折程度越厉害。在透镜边缘部分切出的小块，它们的界面倾斜程度比较大，通过这里挑线往下方偏折的程度也最大。在靠近透镜中央部分切出来的小块，界面倾斜得小，通过这部分的光线偏折得也小。在透镜下方切出来的小块，它们两个界面的倾斜方向，刚好与由透镜中

心线上方切出的相反，从透镜下方通过的光线，它们是朝上方偏折的。于此，我们即可明白，从透镜各部分通过的光束，它们将会聚在一点上去，用光学术语讲，就是被聚焦了。

光线不是通过表面弯曲的透镜，而是通过两个表面都平面的玻璃片或是晶体材料片，对光束是不会发生会聚作用的。如通过是激光束，就会出现另一种“奇异现象”——那就是不管是平面玻璃片还是平面晶体片，或是放在平面盆中的液体，激光束通过时均会发生会聚现象，也就是说，不论其材料表面是否呈曲面，对激光而言都成了“透镜”。激光束通过材料时，自己为自己创造了会聚的条件。这种自行发生光束会聚的现象，被称为自聚焦，这同样是强激光在物质中传播时出现的一种新的现象。

激光束在材料里发生自聚焦，有如下一些特点：普通光束通过透镜后，是逐渐收缩的，收到最细形成焦点后，又会扩展开来。而激光自聚焦后聚成一条线。激光束进入物质，从发生聚焦这一点开始，光束一直保持这样细小的尺寸，直到从物质中出来为止。聚焦起来的光线很细，直径在 50—100 微米，亮度很高。如激光功率很高，光线还会分裂成两条或更多条呢。

聚焦后的光线几乎呈一束平行的细线，发散角比光衍射规定的衍射角还要小。根据光的衍射原理，不管用什么办法把光束变成平行光束，它总是仍保留一定的发散性，最小的角度就是衍射角，被称为衍射发散角。而自聚焦得到的光束，竟然超越了这个限度。用科学家们的话来讲，这是因为激光在物质内发生了“自陷”的缘故。

## 五 自散焦

激光束通过某些物质之后，会出现会聚现象，激光束通过某些物质时，同样会出现发散的现象，这些物质似乎又成了“发散透镜”。人们将这种现象视为自散焦现象。

一束氦—氖激光从左向右通过一只里面装有液体的盒子，盒子里面装的是水或苯，或是甲苯、二硫化碳等。如激光进入液体盒时，光束直径为 1 毫米。如往液体里滴进一滴牛奶，从盒子侧面观察，即可看这束氦—氖激光在液体里面是逐渐扩大的，这与通过一只发散透镜相类似。随着盒子的激光束功率的升高，光束变大的现象还更为明显，这种现象，人们便叫它为自散焦。

激光束通过物质之后，究竟是发生自聚焦还是自散焦，这主要是由激光束通过物质时，出现这类奇异现象，主要是由于激光来的材料在传播时，也引起了材料折射率的变化。而普通光源所发的光，其功率不高，因而也不会使材料的折射率发生什么变化。所以一般的理论，光学材料的折射率对于同种波长的光束来讲，是一个常数。对于激光而言，有一些材料如碳化硅，激光的功率越高，其折射率也就越大。通常，人们使用的激光器输出出来的激光束，其中心附近强度最高，越往边缘的地方，强度越弱。所以，激光束在这类材料中通过时，它对光束中心处的折射率变得最大，边缘地方就要小些。这好比一只凸透镜的特性，光束因而出现自聚焦现象。

而某些物质性质则与此相反，光束强度越高，它的光学折射率越小。如一些有机溶液便有这等性质。所以当激光束通过它们时，对光束中心而言，材料的折射率变得最小，对于光束边缘部分，材料的折射率则较大。材料折射率的这种变化，又好似一只凹透镜，光束通过时会出现发散现象。

某些物质究竟是表现出凸透镜或是凹透镜的性质，这又与通过的激光束的功率水平有关，象硫化镉晶体即是如此，随着实验中的激光束输出的光功率的变化，从晶体片出来的光束直径也发生变化，当功率小时变细，反之则变粗。由此表明，当激光功率较低时，硫化镉晶体片表现出凸透镜性质，而当功率很高时，便表现出凹透镜性质。

由上述客观现实，我们终于明白：激光束通过某些物质之后，由于某些特定的客观条件和材料的影响，在出现自聚焦的同时，也还存在另外一种现象，即自散焦现象。

我们似乎可以这样说，多一种现象的出现永远要比少一种现象出现，更有意得多。起码一点，我们可以由此而多一种参照系，多一种分析、观察、比较及认识客观事实的实实在在可供人们充分利用的“真凭实据”。

事实证明，大凡成功的硕果——无论社会科学领域，抑或是自然科学领域，都由那些点滴的新发现开始，而“幻化”为令全人类都为之震撼，为之翘首的丰硕成果！

你说是这样吗，我可爱的朋友……

## 六 新型光学兆

激光技术中还有一个奇异的光学现象——超短现象。超短现象就是闪光时间（通常称为脉冲时间）很短的光脉冲，在物质中传播时出现的一些奇异现象。

这种超短现象有不少，让我们随机例举一二。

平时，我们大都见过或亲历过这样的事，即飞快的子弹击中窗玻璃时，玻璃不碎，子弹穿透窗玻璃时留下一个小洞，如同石块击打窗玻璃，那玻璃必碎无疑。手掌迅速掠过火苗，人并不感到烫手，循环往复亦不会感到难受。但倘若将手停留在火苗上，抑或缓慢移动，手便会被烤得难受，甚至烫伤手掌呢。这类现象说明，人在瞬间感受外来刺激以及长时间感受外来刺激，反应会迥然不同。闪光时间极短的激光脉冲通过物质时，与闪光时间比较长的激光通过物质时相比较，亦会有不尽相同的效应出现。

如今，激光技术能让我们获得闪光时间短于亿分之一秒，甚至千万亿分之一的光脉冲，且光脉冲的功率又较高，所以，我们便能发现一些奇异的新兆——一系列奇特的新现象。

光进入物质之后，被物质的原子吸收，需要一定的时间。如入射光闪光时间非常短，一闪而过，物质的原子尚未“感觉”到光波的作用，这种作用即已结束，结果是物质没有吸收到光能量，而通过的光束也未损失能量，我们可以这样认为，物质是“全透明”的。

光学实验中我们知道，氨气体对波长在那 10.6 微米附近的光波吸收强烈。将一束连续的二氧化碳激光（它的波长为 10.6 微米）通过一只厚度为 1 厘米，里面充气压 1 托的氨气体的盒子，结果进入的激光束有一半的能量被气体盒吸收了。然后改用脉冲输出激光的二氧化碳激光器做实验，它输出的激光波长仍为 10.6 微米，但激光的闪光时间变短了。把激光器输出的激光脉冲时间调至 6 纳秒时，它通过同样一只氨气体盒，激光能量便损失很少，仅有大约 3.5% 的能量被氨气体吸收。把激光器输出的激光脉冲时间，再变短至 2 纳秒时，激光能量被这只氨气盒吸收得更少，仅吸收它能量的万分之 7，这

时可将这只氦气体盒看着是全透明的了。

其实，除上述条件之外，用闪光时间很短的红宝石激光器输出激光束通过红宝石片时，同样可以见到随着激光闪光时间变短，被红宝石片吸收的能量也减少的现象。而用普通光束作这个实验，红宝石片对光波的吸收位置，就在 694 纳米这一段上。但用闪光时短至 30 微米的红宝石激光器（波长为 694.3 纳米）通过红宝石片时，有 90% 以上的能量通过红宝石片，它仅吸收了 10% 的能量。这说明，本来对这个波长的光辐射是不透明的材料，如将入射的闪光时间变短之后，它也变的原子激发到相同的激发能态。有相同性质的激光再度通过它们时，这时进入的激光即会诱发已处于激光态的原子作受激发射。又因受激辐射与诱发它们跃近的光辐射相同，所以受激发射出来的能量，也就补充到入射光中去，增加了它的能量。

用一束激光功率比较高、闪光时间又比较快的激光，通过物质时出现这样的情形：将激光脉冲分成前半部与后半部，前半部的激光进入物质之后，将物质的原子激发到相同的激发态，而后半部分的激光通过时，使这些在激发态的原子诱发出辐射，它填补回前半部的激光波原子吸收而失去光的能量，即发生前失后补的情况。于是，从物质里出来的激光束的能量实际上等于没有减少。因此从总体而言，这物质成了透明材料，人们称这种现象为“自感应透明”。

物质吸收光波能量的过程大致是这样的：物质中的原子大多数处于基态，基态的原子犹如饥饿的孩子，见到送来的食品就要吃掉，光波通过时，物质也要吸收它的能量。它吸收到能量之后便跳于激发态。原子的另一特点是，到了激发态之后，仍要回到基态上来。它回到基态时，就把原先吸收来的那份能量再以光波形式放出来，或是将它变成原子作热运动的能量，被光束照射过的物质温度会升高的原因即在于此。如果用激光照射，还会出现新情况：由于同一个激光脉冲中的各个光子传播的方向、光频率、位相等差不多是一样的，激光束通过物质时，便使物质中的各个吸收了激光能量即表现为“透明”的了。

激光技术，不仅仅给人类社会带来了一次伟大的“光源革命”，也同样不仅仅是在工业、农业、国防、科技等众多领域内产生了广泛的实际应用，更为重要的是，激光技术的出现并广为应用于社会的各个领域，从根本上改写了光学世界的历史，同时，还给光学世界的理论研究提出了许多令人耳目一新的课题，从而揭示了现代光学世界的新篇章。

我们有理由充满信心、满怀希望地预测出这样一个令人类社会值得骄傲自豪，值得为之欢呼的命题——

21 世纪激光技术的勃兴，必将世界从电子时代推进到光学时代！

## 结束语：21 世纪光学世界前景展望

现代社会的飞速发展带来科技领域日新月异的巨大变化。而且，更为重要的是，如今的科技领域内更注重其信息学、系统学、工程学等诸方面的大规模有机地协同作战，以多学科多领域的一体化进程的大发展为推导，更加讲究相互间的紧密配合，也就是说，往往以跨学科的巨大威力来显示科技界强有力的生命力。可以毫不夸张地说，我们这个后工业也已高度文明先进发达的世界，是科技进步为其支撑点，而一步一步迈向世界科技领域与全社会精神文明与物质文明的高峰。

激光技术的勃兴与诱人的成果，同样说明了这个道理。激光技术也可以毫不夸张地说，早已进入并将以巨大潜力继续进入世界范围内的各个领域。

可以预测的是，21 世纪的激光技术令人惊羨，而现实的走向——将由两个非常显赫的部分所组成。一是向高科技尖端领域如航空航天、宇宙范围内、人造卫星系统及其它高新领域进军，以综合学科的进步成果为依托，激光技术发展为手段，以激光技术的最新成果为高新科技领域作出难以估量的伟大贡献；二是朝着社会发展进程中那些“普及”的领域迈进。激光技术将在现有成果的基础上，更广泛深入地“渗透”到工业、农业、军事、医学、能源以及研究物质构造和化学反应机理等各个领域的每一个角落，为人类的生存与发展提供更加切实的帮助。将由此而产生更加深远的影响，从而取得显著的经济效益与社会效益。

以上两个显赫的组成部分，均是立足于世界范围而言。这里，为有志于科学技术特别是有志于激光技术进一步拓展的老朋友以及新朋友展示一点儿新的“思路”。可以肯定，激光技术将为我们正迅猛发展的世界，带来新的生机与活力，激光技术将以崭新的面貌与其它学科的高新科技有机结合，为人类创造出一个可喜可贺的全新局面。

未来，属于我们！

例如，作为六大高新科技之一的遥感技术，是 70 年代逐步发展起来的一门综合性相当强的新兴科学技术。被称为宇宙中“眼睛”的遥感技术，是空间科技中的重要组成部分，它是集现代光学技术、红外技术、微波技术、雷达技术、激光技术、全息技术、电子学技术、电子计算机技术等为一体的现代化信息采集手段，目前已广泛应用于农业、林业、地质矿产、气象、水文、海洋、军事、测绘、地理、工程建设、环境监测与保护等 40 多个领域，在国民经济规划，管理和决策中日益发挥着极其重大的作用。所产生的社会效益与经济效益十分惊人，已受到世界各国政府的高度重视，其发展前景甚为可观。以此，我们同样可以看到的是，现代高新科技的飞速发展，始终离不开综合的，跨学科的协调与超速大推进。

再如，激光技术的“普及”，甚至于细致到步入公共建筑设施及庭园厅室。象美国的西约克郡有一家公司，80 年代即发明一种奇妙的光导纤维地毯。它是在一般地毯制作过程中编入丙烯酸系光学纤维而制成的，这种地毯能发出各种闪光的美妙图案，不仅能用来装饰房间，还可以作为舞会及演出的照明等。在公共建筑内铺上这种地毯，还能起到安全作用，如突然停电时，地毯便会显示各种箭头，指引人们前进。

激光技术无论从宏观的宇宙范围内，抑或从微观的任何一个角落，都显示了前所未有的崭新的光学世界的新潮流和不可磨灭的广泛领域内的辉煌

业绩！

自从美国“阿波罗”宇宙飞船登上月球以来，人类对月球的兴趣日渐其浓了。科学家们准备将来在月球建立大型居民点，去开发那里的资源及进行各种科学研究。但是，月球上没有空气，未来的居民怎样生活呢？如果用宇宙飞船从地球上运载空气到月球上去，每公斤竟要花费几万元，费用贵得惊人！

怎样才能让空气源源不断地从地球上输送到月球上去呢？

科学家们正在研究一种“宇宙输气管”，让地球上的空气沿着这根长长的管道，昼夜不停地送往月球。

那么，月球距离我们人类所居住的地球为 38 万公里，又用什么材料才能制成这样长长的“管子”呢？让我们来看一看，我们那些可敬可爱、值得敬佩的科学家们，又是怎样动作的呢？科学家们拟从激光技术的开发利用入手，来制作这种“宇宙输气管”。这种神奇的“宇宙输气管”是由地面上的强大激光器，发射一种环状截面的激光组成的。它象一个“光管”，激光的能量密度很大，形成了一层肉眼看不见的管壁，空气在“管中输送时，不但不会逃出“管子”的外面去，而且还会因为激光的高速度（每秒可达 30 万公里），而带动空气向前飞奔。由于激光具有功率大，方向准确，发散角小，不受地球引力影响等特点，空气在这种理想的“管子”里能非常稳定地、高速度地输送过去、供未来的月球居民点的需要。看来，未来的激光“宇宙输气管”，将为“地球村”的居民们寻求到天涯咫尺的“友好邻帮”呢！这真是，世界真奇妙。

高新科技革命的滚滚洪流，正以日新月异之势，将世界从电子时代推进到光学的时代。让我们站在 20 世纪末的今天，来展望 21 世纪将是怎样一个光学时代——

光学实验研究较早的国家为前德意志民主共和国、英国、法国以及加拿大。美国则后来居上，花了数 10 亿美元，而日本亦不甘落入其后，也倾注了近 30 亿美元。据称，前苏联也投入了四至五倍于美国的实验研究经费以及发展基金，开展规模宏大的光学电脑计划呢。这些，亦足见世界范围内强国乃至超级大国，均将其目光倾注于奇异之光——激光的发展与研究的“光辉道路”之上，且已“大见成效”了。

光学产品之于世界市场上的竞争力，对于任何一个国家来说，都是至关重要的。由于光有变幻无穷的性能，在导线之中能作平行直线前进，不象电子那样互相干扰，适合于长距离高速度携带大量信息，因而大大超过了电子所具有的传统功能。尽管目前光学产品尚属崭露头角，方兴未艾的阶段，但未来的前景，也就是说，其增长率必将远远超过那些曾经显赫一时的电子产品。

我们仅以光纤电话、光纤彩电影视、全息摄影、激光唱片和光碟、光学电脑等几个方面来展望激光技术进入下一世纪——21 世纪的前景，亦可知晓光学时代的发展，将如何为人类服务。

光纤电话。光纤电话，主要是将音束及资料讯号，利用激光，经同细如毛发的超纯度玻璃纤维输送。一根细如毛发的光纤线路，其传送功能不但抵得上相当于 600 多条铜线的电话线路，而且通讯效果也远远超乎传统的电话线路。

目前，世界各国的电话通信部门，都在竞相安装光纤电话线路。前德意志民主共和国于 1987 年—1990 年间，以 15 亿美元的巨资，在全国各地安装

超过 80 万公里的光纤电路。美国的长途通讯企业，亦计划以 35 亿美元的巨资来装置光纤通讯网络。

另外，欧美各国的电话企业，正在同心协力，计划以 3700 海里的海底光纤线路，来联结欧美之间的电话通讯，使得 3.8 万条电话线路或资料能同时传送。如果用传统的同轴电缆线路，则只能传送 9000 条电话或资料。

据日本《科学新闻》透露，以东京工业大学教授末松安晴为首的高新技术开发事业团，研制出光回路集成半导体激光。这种激光，在目前来说，属于世界上首屈一指的高性能半导体激光，为下一个世纪更先进的光纤通讯展示出可喜的前景。

光纤彩色影视。光纤在传送电视信号上的效率也十分惊人，远远超过通常铜线电缆的最大负荷力。例如，要传送一个完美而鲜艳逼真的影视信号，每秒钟约需传送 900 万粒子的资料，而光纤线路则具有每秒钟能传送好几亿粒子的能力，因此光纤线路能绰绰有余地处理好彩色影视的信号传送。

全息摄影。光学科技在资料储存上所起的作用也是十分巨大的。一张激光唱片能以数字形态在其铝面上储存音乐 150 亿微点。当激光唱片以每分钟 500 转的速度旋转时，透过激光扫描，使其中的资料光束送到一张电脑晶片之上，把它转换为声音。

还有，光碟对资料的储存能力更为惊人。一张直径为 4.7 英寸的光碟，能储存相当于 25 万页打字印刷的资料。

光学电脑及其他。目前，光学电脑的效能，较之现代电子超级电脑还要快 1000 倍。美国通信部门现已研制出取代电晶体的一种光学装置，使通讯设施的改造迈进了一大步。日本国如今已研制成功一种结合电子与光学最佳积效的综合性微晶片。

激光技术的不断衍进，令人们真切实在地感受到，它的神秘莫测，以及足以诱人高蹈的广阔前景。光学世界，因激光技术而更为光高照人，激光技术也因其自身的光辉而令全世界的公民为之欢呼，为之雀跃，为之笑逐颜开，因而也为之享用无尽！

奇异之光——激光，早已从神坛上的萌动理论走向了实验室，今天，步入了科技、经济、文化、社会娱乐及社会生活的各个领域，开创了无数美好的应用前景，并以一种独有的高技术资历，活跃于高新科技大发展的广阔舞台。

OK，激光！

永远的 OK，光之骄子，奇异之光，致力于改变我们这个世界的激光！

