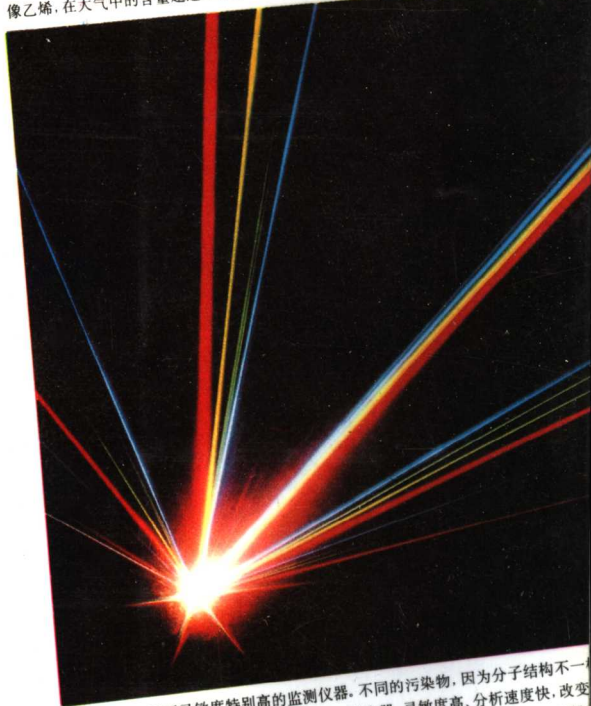


最强的光

少年现代科学技术丛书

编著 / 李海沧

1971年,美国发射的阿波罗登月飞船,载了一辆可在月球上行驶的“月球漫游者”车,车种能直接控制电视摄像机的激光雷达,用来跟踪宇宙航行人,把宇航员的“漫游”情况由电视拍下后,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。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。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。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。有些有害物质会影响农作物像乙烯,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



少的污染物,需要灵敏度特别高的监测仪器。不同的污染物,因为分子结构不同,对激光的灵敏度不同。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,改变波长,可以分辨出污染物的成分和含量。更方便的是汽车运载的测污雷达。环保车辆行驶路线周围几公里之内的大气污染。谈到千里眼,就会想起顺风耳。顺风耳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,用它也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发明的。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方式主要靠传口信或写信,由专人步行或骑马递送,速度很慢。要快,就用火

少年现代科学技术丛书

最强的光

李海沧 编著

少年儿童出版社

最强 的光

李海沧 编著

陈力萍 插图 盛于华 装帧

少年儿童出版社出版发行

(上海延安西路1538号)

邮编 200052

新华书店 上海发行所经销

上海市印刷十二厂排版 江苏武进印刷厂印刷装订

开本 787×1092 1/32 印张 3.375 字数 63.00

1985年1月第1版 1996年4月第5次印刷

印数 60,901—81,900

ISBN 7-5324-1407-8/N-105(儿) 定价:3.90元

致少年读者

少年朋友们，当前，全世界的科学技术突飞猛进，日新月异。为了早日实现我们伟大祖国的四个现代化，你们应该努力学习现代科学文化。你们正处在长身体、长知识的时期，精力旺盛，求知欲强，应该以科学知识武装自己，将来为祖国的宏伟建设事业作出贡献。

为了帮助你们实现这一美好的愿望，我们三家出版社曾在八十年代合编了一套《少年现代科学技术丛书》，受到广大少年读者的欢迎。这次，为了及时反映当代最新科学技术发展的情况，我们三家出版社又将这套丛书修订补充，重新出版。希望通过介绍当前国内外一些影响大、前途广的新科学技术，能有益于你们增长知识，扩大眼界，活跃思想，进一步引起探索科技知识的兴趣和爱好。

怎样通俗地向少年朋友介绍现代科学技术，这是一个新的课题。我们真诚地希望少年读者积极提出批评、建议和要求，让我们共同努力，编好这套丛书。

少年儿童出版社

北京少年儿童出版社

安徽科学技术出版社

目 录

一、光学“石猴”出世·····	1
新奇的表演·····	1
突破的前奏·····	3
激光技术的先驱者——汤斯·····	6
非同凡响·····	14
略显技能·····	17
光子组织者·····	24
庞然大物与小小“芝麻”·····	27
五彩缤纷·····	31
“隐身人”和“变色龙”·····	35
少年激光科学家·····	38
二、神通广大的激光·····	40
“死光”武器·····	41
生命之光·····	47
新型“千里眼”·····	53
光学“顺风耳”·····	57
会放电视的唱片·····	63
撕不碎的“照片”·····	70
激光射进了艺术宫·····	78
生产中初露头角·····	83
激光带来的新发现·····	91
三、大胆地幻想吧·····	95

一、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。

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，在一台模样很特别的仪器前，人头济济。仪器并不大，主体有点像保龄球游戏中玩的大球，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：在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、电子那样难以捉摸，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”。

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。赫兹实验产生的电磁振荡的频率高达 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的；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。 $10^9 \sim 10^{11}$ 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 $10^{13} \sim 10^{15}$ 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分之一；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，是当之无愧的。

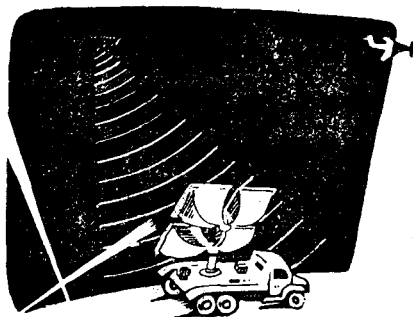
激光技术的先驱者——汤斯

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。

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、旅行家、兰花栽培家和语言学硕士，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，而制造先进的雷达需要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器，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，在荧光屏上显示出目标的方位和距离。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波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，机动性和灵活性提高不少。

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、亚毫米波的问题上。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域进军。

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？因此必须从根本上找到一种产生高频电磁波的新方法。

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波的方法。

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，汤斯是把氮作为计算对象。他不仅从理论上推断氮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，根据自己的新想法，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”这一缩写来为它命名。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，那么，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、亚毫米波的物质。

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。