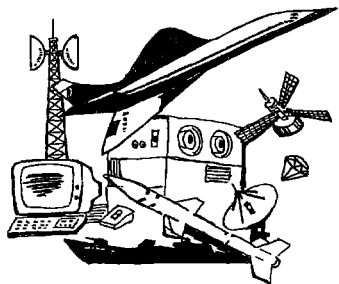


激光的奇异性与技术应用

林 鸿 溢



纪之光。

方向最单一

一束光射出去总是要发散的，如手电筒的光束射出去有很大的发散角，所以在照射目标上形成很大的光斑，普通光中方向性最好的探照灯发散角也在 0.6 度左右。激光的发散

角比探照灯光的发散角小 10 倍以上。红宝石激光发出的光束，在几千里外接收到的光斑也只茶杯口那么大，即使照射在月亮上，其光斑也不过 2km。而如果普通光探照灯照射月亮（事实上由于普通光强度不足，不可能射到月亮上去），则光斑直径将达到几万 km，可以覆盖整个月亮。由于激光的方向性好，强度大，射程远，所以准确性好。

颜色最鲜艳

为什么大自然如此多彩缤纷？因为太阳光正是如此多彩缤纷。在太阳光的照耀下，也就造就了多彩缤纷的大自然。太阳光由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七光组成，每一种颜色都有各自的波长，七种不同波长的光混在一起，便成了白色的太阳光。雨后，空气中有许多微小水滴，当太阳斜射时，天空往往会出现美丽的彩虹，这同在实验室里让阳光通过三棱镜，投射到屏幕上的七色光一样的道理，都是白色的太阳光经过折射分解后显示出各自的颜色，非常鲜艳绚丽。

通过实验，已经研制出多种单色光源，如霓虹灯、钠光灯和水银灯等。其中同位素氪灯发出的光波长范围在低温下只有 0.0005nm，光波长范围越小，它的颜色越纯，越鲜艳。

氦氖激光器发出的光波长范围最小可达到一千亿分之几埃，可见激光的波长范围比最好的普通光的波长范围还要小几亿倍，所以激光是世界上颜色最纯彩色最鲜艳的光。

激光同原子能、半导体、计算机一起被誉为当代科学技术的四大发明。这不仅由于激光具有不寻常的优异特性，而且它在众多领域有着出众的应用。随着时间的推移和技术的不断成熟，它将成为 21 世纪的重要技术，而在众多领域得到更加广泛的应用。

与人类健康密切相关的激光医学，正是医学上的创新，把激光技术引入医学，直接为解除人们的病痛作出了出色的贡献。通过光学系统，可以把激光束聚成小于 1 微米的光斑，自然比普通手术刀的锋刃锐利得多了。尤其是与光导纤维和内窥镜技术相结合，可以将激光引入体内，在器官内部动手术，而不损伤人体外部。现在外科手术中所用的激光刀，就是利用激光束对人体组织作切除、止血、凝固、汽化等手术。通过激光器辐射一种波长容易被人体组织吸收的激光束，在人体组织吸收的过程中，将光能转化为热能，破坏病态组织，达到治疗的目的。在手术过程中兼有消毒和止血的作用，十分方便可靠。激光整容很成功，激光在切割或汽化创口时，同时可以消灭细菌，伤口不感染，愈合很快。激光血管吻合是一项精细的激光手术，也做得很成功。在眼科手术中也应用激光技术，例如用激光束封闭视网膜裂孔，治疗糖尿病性眼底出血，以及清除眼底血管瘤等十分有效。那么，为什么激光可以成为外科手术刀呢？这与激光具有优异的特性有关。

激光也是光，从本质上说光是电磁波，无论普通光还是激光概不例外。但激光不同于普通光之处在于它具有高超的方向性、独特的单色性、巨大的亮度和优异的相干性，被称为 21 世

利用激光所具有的独特单色性, 可以做为精确测量长度的“光尺”。在彩色电视技术中利用红、绿、蓝三色激光为基色可合成各种鲜艳逼真的色彩, 应用于激光大屏幕投影电视, 其效果将是空前的美妙。

亮度最高强

光的亮度是光源在单位面积上的发光强度。亮度的单位是熙提, 光源在 1 平方厘米面积上发光强度为 1 烛光称为 1 熙提。

我们可以把一些光源按亮度大小从小到大排成队: 蜡烛、电灯、炭弧灯、超高压水银灯、长弧氙灯、高压脉冲氙灯和激光器。其中长弧氙灯被称为人造小太阳, 亮度与太阳相当, 而高压脉冲氙灯更比太阳亮 10 倍。而一支功率只有 1 毫瓦的氦氖激光器的亮度比太阳高约 100 倍, 更令人惊奇的是一台大型脉冲固体激光器的亮度比太阳表面亮度高 10^{10} 倍, 就是 100 亿倍! 如此高的亮度是以往所有光源都望尘莫及的, 激光不愧是世界最亮的光源。据观测, 到现在为止, 只有氢弹爆炸的瞬间发出的强烈闪光可以与激光相媲美。

利用激光的高亮度可以在激光束的焦点产生几千度到几万度的高温, 从而可装置成工业上的精密打孔机、切割机、焊接机、手术光刀、衣服剪裁机等。一叠厚厚的衣料, 只要按程序令激光剪裁机在衣料上走一敞, 上百件衣服就剪裁好了。难熔金属和非金属在激光束下立即熔化或气化, 十分容易加工制造。

特性最奇异

光的相干性是什么意思呢? 看来很陌生, 其实大家都看到过, 或亲自做过实验。当你在湖岸上向平静的湖面同时投入两块石头时, 以石头的着落点为中心将分别形成两组凹凸相间的同心圆环状水波, 两组水波各自独立地从中心开始向外传播, 当它们相遇时会发生进一步现象, 就是如果两组波峰与波峰相遇, 则波浪峰就更高; 同样, 如果波谷与波谷相遇, 则波浪谷就更深, 于是湖面波浪起伏将更加剧烈; 如果一组波的波峰与另一组波的波谷相遇, 则波浪就相互抵消了。这就是波的干涉现象。

光波与水波一样也存在干涉现象, 当两列光波相互加强的地方就更加明亮; 而在两列光相互削弱的地方就会更加黑暗; 当两列光波恰好波峰与波谷相遇时, 则相互抵消, 此处应是全黑的, 于是形成明暗相间的鲜明条纹, 这就是光的干涉现象。并非任何两列光波相遇都可以产生干涉现象, 而只有两列光波的频率相同, 振动方向相同, 振动的步调始终保持一定的关系, 才能产生干涉, 形成相干波。激光有十分好的方向性和单色性, 所以它的相干性必定更加好。

激光的相干性在技术上有十分出色的应用前景。全息照相是激光相干性成功应用的例证之一。一束激光分为两束, 其中一束照射到底片上, 称为参考光束, 另一束经被拍摄的景物反射后照射到底片上, 称为景物光束, 两束光在底片上发生相干现象, 这样拍摄照片就是全息照相。这种照片形象逼真, 立体感强, 观察者从不同角度会看到不同位置的景物, 十分奇妙。更令人惊诧的是一张全息照片如果大部分破损了, 只剩下一小角, 仍然可以重现景物的全貌。

我们已经了解了激光材料家族和激光的优异特性, 现在进一步介绍激光的一些重要应用。

激光雷达

激光雷达与微波雷达比较有许多可贵的优越性, 如发射天线小, 假定探测月球上 1 平方千米的区域, 用微波雷达, 需要装置几千米的天线 (目前还无法实现), 而用激光雷达只需直径 30 厘米的小天线, 十分简易; 微波雷达只能探查到高大建筑物和山丘, 而激光雷达可探测到如电线杆之类的小目标。已经先后研制成红宝石、掺钕钇铝石榴石和二氧化碳激光器, 用于军事探测、航空导航、环境调查、导弹制导、目标测距、目标识别和跟踪等领域。图 1. 为激光雷达接收系统。

30 多年来, 在反复的实验中, 激光器的性能不断得到改进, 一代胜似一代强, 呈现持续发展的势头。第一代红宝石激光雷达测距机

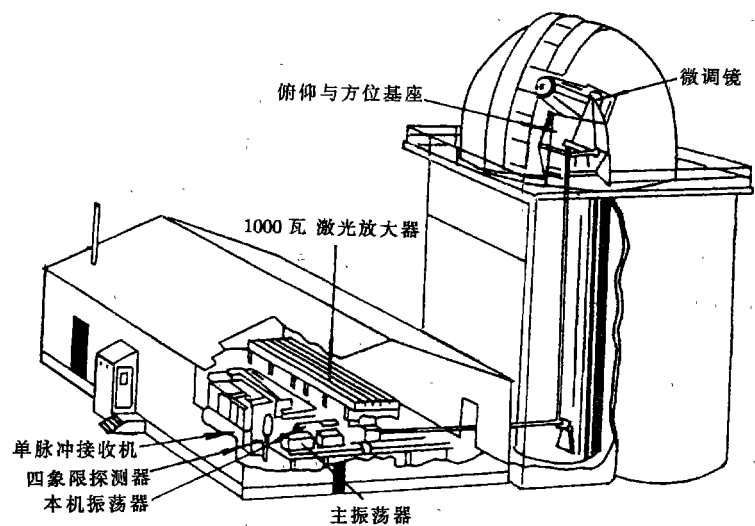


图 1

发射的激光是红色可见光，隐蔽性不好，而且使用过程中发现对人的眼睛有损害，耗电大，效率低，所以必须寻找新材料以取而代之。科学家于是采用钕玻璃或钕钇铝石榴石材料制作激光测距机。这两种激光材料发射眼睛看不见的红外光，隐蔽性好，穿透烟雾的能力比红宝石激光器好，战场火炮命中率可高达97%，这是第二代产品。但仍有弱点，它发射的红外光波长1.06微米，这个波长的红外光对人眼睛仍有损伤作用，而且大气雾和战场烟雾对其传输仍有一定影响，这些弱点限制了第二代激光器的实战使用。因而研制第三代激光器的任务迫在眉睫。

为了解决上述两个缺点，科学家们通过不懈努力，反复的研究，终于得出结论：光波长大于1.40微米的激光对人眼睛基本上无损伤作用。实际工作中，第三激光器选用波长为1.54~2.10微米和10.6微米的激光材料。实验同时表明这些波长的激光对大气雾和战场烟雾有比较强的穿透力。科学家在追求完美的进程中终于取得了阶段性的成功。这些材料是二氧化碳气体、钕玻璃、掺钕铝酸钇和掺钕氟化钇锂等。

第三代激光器已经用于炮兵和坦克测距、舰载测距和目标指示、靶场测距、人造卫星测

距、月球表面和宇宙飞船测距等。太空飞船登月计划中，利用大功率脉冲激光和超级光学探测技术，使探测距离精度高达 ± 6 厘米。用激光测距机对卫星的运行轨道进行实测，精度高达 ± 4 厘米。所达到的精确程度之高超，令人惊叹不已。

全球立体通信网

通讯技术是信息时代极其重要的信息传递手段，它的最新发展是光通讯。大家知道，有线电通讯和无线电通讯是迄今为止最重要的通讯

手段，在这里信息的载体是电磁波，而光通讯的信息载体是光波。从本质上说，光波也是电磁波，只是光波的波长比无线电波短得多，因此它作为信息的载体速度要快得多。

空间激光通讯，包括卫星对卫星、飞机对飞机、空间对地面、地面对空间、陆地对海洋（对潜通讯）和以卫星为中心的激光通讯等，形成全球立体通讯网。图2为卫星激光通讯示意图。

由于技术条件的限制，信息传递交流受到了极大限制，1824年哥伦布发现南美洲新大陆，由于通讯技术落后，西班牙皇后在半年后才得到消息。1865年美国第16届总统林肯遭暗杀，英国女皇在13天后才得知消息。而1969年美国阿波罗登月舱第一次把人送上月球的消息，只用1.3秒就传遍全世界。今天，许多重大事件都可实时向全世界传播。

无线电短波通讯的频率范围为3~30兆赫，微波通讯的频率范围为1000~10000兆赫，后者频率提高几百倍，可以容纳上千门电话和多路电视，而激光的频率范围为 $1 \times 10^7 \sim 100 \times 10^7$ 兆赫，比微波提高1万~10万倍，假定每路电话频带宽为4千赫，那约可容纳100亿路电话。全世界人口按50亿人计算，那么全世界所有的人同时利用一束激光通话仍绰绰有

现代物理知识

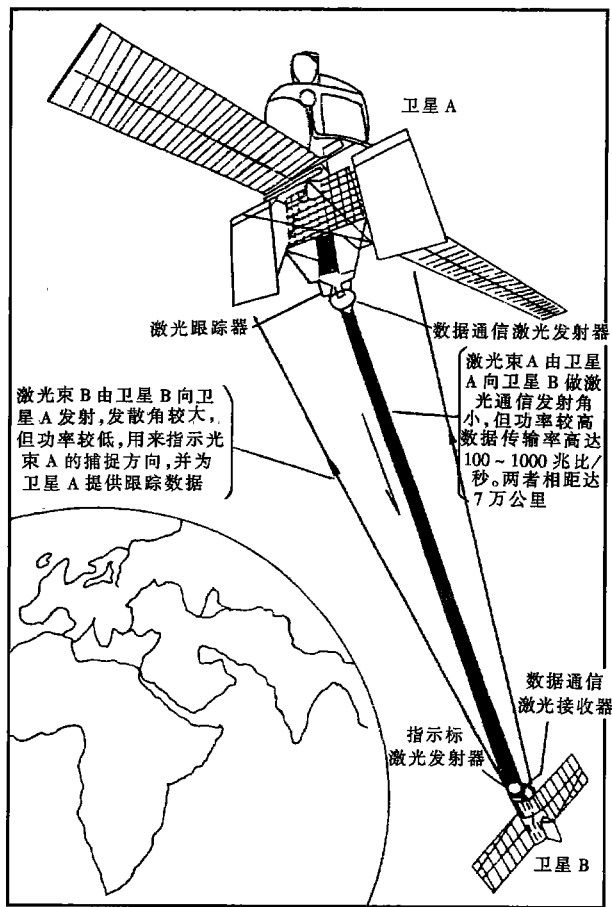


图 2

余。再看传送彩色电视, 假定每套彩色电视的频带宽度为 10 兆赫, 那么只要一束激光就可以同时播发 1000 万套彩色电视节目, 使电视事业空前繁荣, 电视节目更加丰富多彩。

蓝绿激光与海底通讯

1981 年 5 月的一天, 在美国圣迭戈海域出现一架飞机, 这次飞行事先没有透露消息, 其目的是为了进行特殊的通讯实验。当飞机上升到 13000 米高空时, 突然从飞机舱发射一束人眼不易发现的蓝绿激光, 激光束带着通讯信息穿透大气和云层, 进入海水, 直接把信息传送到正在实战深度巡航的导弹核潜艇上, 潜艇上的激光通讯接收系统立即显示出来自高空的信息。这是一次成功的实验, 被称为“蓝绿通讯”。

长期以来对潜艇通讯问题一直未能解决,

因为海水对无线电波衰减十分严重, 一般通讯深度只有 10~15 米, 而当今核潜艇工作深度已达到 200~500 米。因此, 解决潜艇与陆地通讯技术成为一大课题。科技工作者在寻找解决办法的实验中发现, 波长为 0.47~0.54 微米的蓝绿激光可以穿透海水深达 300 米。由于海水对蓝绿激光损耗小, 所以称为“蓝绿窗口”。

蓝绿通讯的关键技术是研制大功率、长寿命激光器。因此通过实验寻找蓝绿激光材料成为首当其冲的事。现在已研制出汞溴激光材料、稀有气体卤化物激光材料, 最近又发展了氧化氙和氙氯化物激光材料。蓝绿窗口的军用价值是巨大的, 而且探明海底资源, 开发海底宝藏, 寻找海底沉船, 以至于探测作为人类摇篮的海底世界的奥秘, 都是十分有意义的。