

激光通信原理和技术

吴 锋

(武汉化工学院 武汉 430073)

激光, 是 20 世纪人类科学最伟大的成就

之一. 激光一词, 来源于英文 laser, 意即受激辐射光放大. 借助于“光泵”, 使激活介质的粒子吸收能量后跃迁到高能态, 以实现粒子数分布的反转. 让这些处于激发态的粒子在初始光信号的激励下产生的受激辐射在光学“谐振腔”内放大和增强, 我们就能够在激光器的输出端得到一束束奇妙的单色光——激光. 自 1960 年制成世界上第一台激光器以来, 激光已经在科学、工业、农业、医学、国防等领域得到越来越广泛的应用. 如激光受控核聚变, 激光焊接, 激光照相, 激光育种, 激光医疗, 激光制导, 激光通信等. 从本质上说, 激光也是一种电磁波. 激光的频率范围是 $3 \times 10^{12} \sim 15 \times 10^{15}$ 赫. 它的光谱频带宽度约为用于通信的无线电载波频带宽度的五万倍. 因而激光比无线电波能容纳更多的信息量.

所谓激光通信, 是以激光光波为载波, 并用脉冲数字编码来调制这一载波的通信方法. 激光具有扩散小、相干性和方向性好、光束功率密度大等优点, 因而适合于保密通信和航天通信. 与无线电微波通信相比, 激光通信由于其通信容量大, 发射天线体积小, 抗射频, 抗电磁脉冲干扰以及反窃听性能好, 特别是抗核破坏能力强等优点而倍受军事和航天领域的青睐.

激光通信可分为无线通信和光纤通信两大类. 本文仅对无线激光通信作一介绍.

一、大气激光通信

大气激光通信是以大气作为激光光束传播介质的激光通信, 可传送电话、数据、传真、电视和可视电话等. 由于 CO_2 激光器发射的 10.6 微

米激光大气传输性能好, 因此目前的大气激光通信系统多采用 CO_2 激光器. 大气激光通信原理框图如图 1 所示.

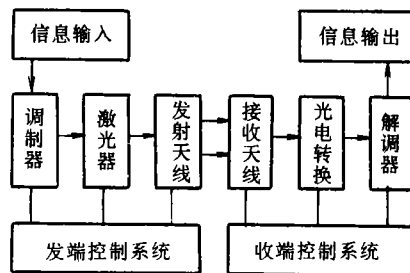


图 1 大气激光通信原理框图

放大后的输入信号经调制器调制, 输出一系列调制脉冲. 这些脉冲进入激励器并激活激光器, 使激光器喷射出一束束载有信息的激光. 这些光束由发射天线定向发射出去. 接收端收到的光信号经多层滤光器滤出杂散光, 然后进入光电倍增管, 转换成电信号. 将这些电信号解调放大, 送入信息输出装置, 从而完成通讯.

激光发射天线是一个望远镜系统, 用来对准接收端, 并使发射光束更加准直, 传播距离更远. 接收天线的望远镜用来对准发射光束并使光束聚焦在光检测器上. 光学天线一般有折射型和反射型两种.

大气激光通信在 60 年代末就已进入实用. 但是, 由于大气的吸收、散射、湍流等影响, 激光束会发生衰减、抖动、偏移、扩散以及强度和相位起伏等, 从而降低通信质量. 因此, 大气激光通信距离较短, 一般为几十公里. 前苏联于 1972 年在立陶宛境内建造的大气激光通信系统, 直线距离可达 160~180 公里. 目前, 大气激光通信主要用于海岛之间, 舰船之间, 边防哨所之间以及导弹发射现场与指挥中心之间的短距离保密通信.

二、空间激光通信

我们知道,一般无线电波在远距离传输时,其波束会产生巨大扩散.随着科学技术和宇航事业的迅猛发展,人类发射的航天器的飞行距离越来越远.其微波通信波束到达地球时,由于扩散现象使得信号能量密度变得非常微弱,以致影响通信.另一方面,发射微波所需要的巨大天线也给航天器的制造和发射增加了技术困难.为了满足军事和宇航的需要,人们开始了空间激光通信的试验和研究.

空间激光通信是在外层空间利用激光束来传递信息的一种通信方式.例如卫星之间,卫星和飞船(航天器)之间的激光通讯等.

空间激光通信网由深空激光通信链路和星地微波通信链路两部分组成.图2给出了空间激光通信网的示意图.地球外轨道上布设的三颗互成 120° 角,能覆盖整个地球的同步卫星,起着将激光通信转换为微波通信的中继站作用.卫星与航天器(或卫星与月球,卫星与其它行星)之间是没有空气(或空气极为稀薄)的宇宙空间,利于激光传输;而在星地之间,空气密度较大,是微波通信的良好场所.

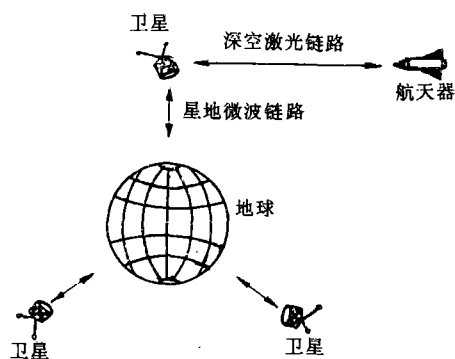


图2 空间激光通信网示意图

研究表明,空间激光通信的跨越距离比目前的微波通信远两倍以上,同时避免了巨大的微波发射天线.美国“杰米尼7号”宇宙飞船在太空飞行时,曾使用激光通信系统与地面通信长达2分钟.除宇航外,军事领域也对空间激光通信情有独钟.1980年1月,美国空军首次成功地完成了飞机对地面的激光通信实验.飞机

距地面9公里,离地面站的激光器最远达48公里.美国国防部拟在同步卫星上安装激光通信系统,来进行早期导弹预警.空间激光通信目前仍处于实验研究发展阶段.有专家预测,在2000年左右,可能会有供实际使用的空间激光通信系统问世.

三、水下激光通信

潜艇,特别是战略核潜艇与指挥中心之间进行安全、有效的保密通信,是关系到提高潜艇战时生存能力和突袭能力的重大问题.目前大多数潜艇使用的甚低频(VLF)通信系统,水下接收深度仅为15~20米,显然不能满足潜艇对隐蔽性的要求.90年代投入实用的极低频对潜通信系统(ELF),水下通信深度虽然可达上百米,能使潜艇处于安全位置.但是,ELF系统数据传输率小(1比特/分),发射机效率低,且发射天线异常庞大,防原子辐射和生存能力很差.因此,研制优良的卫星或飞机对潜激光通信系统(SLC)已是目前水下激光通信的研究重点.

水下激光通信,波长为455~500纳米的蓝绿光在海水中传输时衰减率低,激光数据传输率高,单色性强,方向性好,不易截获和干扰,使得潜艇能在300米深处极为隐蔽地接收信号.

SLC系统有机载和星载两种.机载系统以航空母舰为基地,直接由飞机实行激光对潜通信;星载系统则以同步卫星为中继站,卫星收到指挥中心的微波信号后,由SLC系统转换为载有同一信息的蓝色(波长455纳米)激光束射向海面,并对特定海域连续扫描.潜艇装有性能优良的水下激光接收机,能从日光、星光和海洋生物发出的光中识别并接收微弱的激光信号.这些激光信号经光电转换,解调放大等一系列技术处理后,被还原为原始信号.

美国早在1978年就开始由国防高级研究计划局和海军着手研究SLC系统,累计研究经费已达数亿美元.到目前为止,在由氯化氙激光(308纳米)经喇曼频移转换成蓝光以及铯原子谐振滤波器的研究方面已取得重大技术突破,并成功地多次完成了机载SLV实验.预计在不远的将来,水下激光通信可实现实际部署.