

光纤在通信领域中的应用

王 明 东

(总装指挥技术学院物理室 北京 101416)

能够传播光的纤维丝称作“光导纤维”，简称“光纤”。信息高速公路就是以现代通信技术和计算机网络为基础，用大容量的光纤作为铺“路”材料，集话音、数据、图像和文字为一体的多媒体信息源为“车”，这些“路”和“车”便构成了“信息高速公路”。对光纤的研究、开发和利用，是以物理学为基础，经过对光传播的研究、光谱的分析、材料的筛选、以及半导体激光器和光电检测器件的研制，在通信领域取得了成功，是物理学和无线电通信的完美结合。

一、光纤的问世

通光的材料和结构对于光信号的通过能力有一定的影响，这就是我们常说的损耗。光纤损耗的主要原因在于玻璃中含有过度金属离子以及拉丝工艺。

1966年，光纤的最低损耗还在每公里1000分贝(记作1000dB/km)。1970年8月首次研制成功损耗为20dB/km的石英玻璃光纤。也就是说，用这种光纤进行通信，中继距离可以增加至1km，已经接近实用水平了。1972年，光纤损耗已降低到4dB/km。不久，光纤通信就进入了实用化阶段，在世界各国广泛推广应用。现在，光纤的最低损耗已低到0.18dB/km，最长中继距离已超过300km，一对光纤可以同时传输数十万路电话。

通过对光谱的分析和对光能量的测试，发现石英玻璃光纤有三个窗口：0.8 μm ~0.9 μm 、1.31 μm 、1.55 μm ，即对于这三种波长的光，光纤吸收弱，并且

波长越长，损耗越小。

二、光纤通信的原理

光纤电话与普通电话很相似，其基本原理和差别如图1所示，在调制器和解调器之间，由光发送器、光纤和光接收器组成的“光传输通路”取代了原来的电话线。光发送器将要送出的电信号转换成光信号，并将光信号送入光纤；光接收器将光纤传来的微弱的光信号转换成电信号，并经放大后，还原成原来的电信号。

光纤通信既可以是模拟传输，又可以是数字传输。模拟光通信中，对光电器件的线性要求很高，且在传输时有噪声叠加，传输距离短，优点是所占用的系统带宽小(一路模拟电话占据4kHz带宽)。数字光通信中，信息仅对应于光脉冲的有无，这不仅对光电器件的线性要求较低，而且可以大大延长中继距离，缺点是它所占用的系统带宽大(一路数字电话要占64kHz的带宽)。可见，数字通信的一系列优点是以占据较宽的带宽换取的。好在光纤频带特宽，正符合高速率、大容量数字通信的要求，因此，光纤通信系统主要用于数字传输。

三、光纤的特点

1. 特宽的马路

与现在的有线电视通信和无线通信相比，光纤通信可真算得上是一条特宽的“马路”，而前者只能算一条“羊肠小道”。通信容量的大小是由它传输的

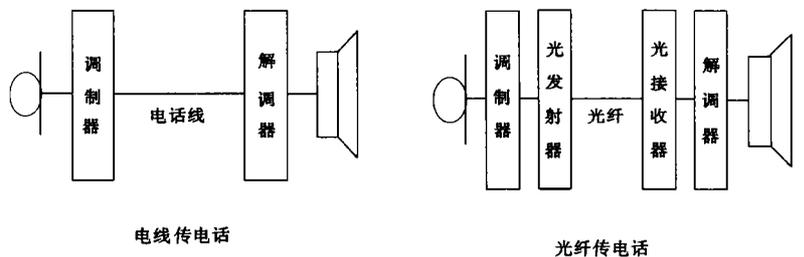


图 1

电磁波的频率的高低来决定的。光波的频率比目前各种电通信方式所采用的电磁波的频率高得多,所以它的通信容量也就比它们大得多。

2. 长距离通信的“能手”

由于损耗,在进行长距离通信,往往需要在传输线路中设立许多中继站,像接力赛跑一样,将衰减了的信号放大,再进行传输。与现有的电传输线路相比光纤的损耗要低得多。目前,光纤通信系统中两中继站之间的最远距离已超过 300km,如采用光放大器,则可直通上万公里。现在的同轴电缆中继距离只有几公里,最长的微波通信中继距离也仅为 50km 左右。从这个意义上说,光纤通信就是长距离通信的“能手”。

如果将来采用损耗极低的非石英光纤,两中继站之间的距离可达数千公里,甚至上万公里。这对跨海越洋通信具有更重要的意义,因为海底设中继站维修困难,将使线路成本大为增加。长距离无中继通信是人们盼望已久的,随着光纤通信技术的发展,它一定会变为现实。

3. 模范“保密员”

人们对通信系统的另一重要要求就是保密性能要好。特别是军事通信,对保密性的要求更高。现代无线电通信都是不太保密的,因为无线电波无孔不入,很容易被别人窃听。随着科学技术的发展,有线电通信保密性它也不容易保密了。即使采用加密码的方式进行通信,也会被越来越“聪明”的电脑轻易破译。

光纤通信是目前保密性最好的通信方式,这主要是由于光纤的特殊结构使得光波只能在光纤中传输,不会跑到光纤之外去。即使在拐弯很大的地方,漏出的光波也十分微弱。如果在光纤表面涂上一层吸光剂,光纤中的光波就根本跑不出来。这样,无论采用什么方式,都不能在光纤外面窃听到光纤中的传输信号。

4. 抗干扰的“标兵”

任何通信系统都应具有一定的抗干扰能力。如今,在我们生活的空间里存在着各种电磁干扰源。而现有的电通信系统都不能满意地解决这些问题,唯有光纤通信不受上述各种干扰的影响,主要有两个原因:一来光纤是绝缘体,不怕雷电和高压;二来光纤中传输的是频率很高的光波,各种干扰源的频率一般都较低,当然不能干扰频率比它高得多的光波。近几年的试验表明,在核爆炸的条件下,现今所有的

电通信都将中断,唯有光纤通信几乎不受影响。

5. 节省大量的有色金属

现有的电话线和电缆由铜和铅等金属材料制成。而光纤的材料主要是石英(二氧化硅,即砂子),这种材料在地球上取之不尽,用之不竭。1kg 高纯度的石英玻璃可拉制出上万公里的光纤,而制造 1km 8 管同轴电缆需要耗铜 120kg,耗铅 500kg。由此可见,用光缆取代电缆,可以节约大量的有色金属。

6. 轻量级的“冠军”

通信设备的体积和重量对许多领域,尤其是对航空航天以及军事等领域来说,具有特别重要的意义。不仅节约了空间,更重要的是增加了飞行器的灵活性和通信系统的抗干扰能力。根据飞机设计师的计算,高性能的飞机每增加 1 磅重量,成本费就增加 1 万美元。如果在宇宙飞船和人造卫星上使用光纤通信,其意义就更大了。

四、光纤技术的发展

自从 1970 年拉制出世界上第一根损耗为 20dB / km 的石英光纤以后,光纤通信就进入了蓬勃发展的新时期。正是因为光纤通信的先进性和快速发展,才促进了信息化社会的早日到来,由此也可以看出物理学的研究和应用对社会进步的贡献。

1. 光纤越来越透明

随着研究的深入,光纤损耗不断降低,一次性拉制的光纤越来越长。研究表明,开发长波段可进一步降低光纤的传输损耗。利用掺杂的石英系材料制出的长波长单模光纤,在 1.55 μm 区的最低损耗可低达 0.2dB / km,后来很快就突破了 0.2dB / km,逐渐接近 0.15dB / km 的理论极限。

在光纤损耗不断下降的同时,另一些重要参数也在不断改进。从多模光纤到单模光纤,从 1.31 μm 零色散光纤到 1.55 μm 零色散位移光纤,使得光纤在 1.55 μm 波长区的损耗最低,同时色散又是最佳,这样,既能传输超高速率的光信号,又能使光信号传输很远的距离,这样的光纤可以传输各种各样的信号。

2. 光电器件越来越可靠

光纤是光纤通信的基础,而作为光源的激光器是光纤通信的心脏。半导体激光器体积小,耗电少,能直接用电流调制,使用方便。在研究的初期,半导体激光器的寿命很短。1973 年,激光器的寿命已

(下转第 55 页)

现代物理知识

第一,他认为实验的目的不仅是观察和试验,而更重要的方面在于实验是科学推论的组成环节。第二,帕斯卡常常选择一些关键性的实例,根据实例的讨论得到一般的原则,然后由此原则演绎出个别的具体情况验证。这样,他就把实验和推论过程有机地融为一体了。帕斯卡进行流体静力学的研究时,就表现出他的这一特点,他运用了各种各样的实验或思想实验,把一系列实验联系在一起展开了巧妙的推论。

帕斯卡处理真空和大气压问题时就运用了一般流体平衡的观点,这可从他的论文题目:《关于自然界中最轻的流体空气和最重的流体水银之间的平衡》清楚地看到。帕斯卡关于流体静力学的论文《论流体平衡及空气重量》发表于1653年,在这篇文章中他明确叙述了流体的平衡,浸在流体中的物体所受的压力等重要内容。

帕斯卡研究流体静力学时充分运用了思想实验,他设计出了一个水压机模型并将它作为推论的基础。在帕斯卡时代,人们已经使用这样一个原理:“无论什么物体,只要它的重心不下降,单靠本身的重量不会运动”。以这个原理为出发点,帕斯卡分析容器中流体的情况后得出结论:在流体内部加在某一部分的力,由于流体的连续性和流动性而传到容器的所有部位,这就是著名的帕斯卡原理。该原理的发现具有十分重要的意义,帕斯卡将其运用于分析水压机的工作就得出了水压机的工作原理:在水压机中,如果两个活塞上分别加上与其面积成正比的重物,那么两活塞下的水面受到相等的压力,容器中的水处于平衡状态而静止,整个装置也就处于平衡状态,这一原理为人类制造液压机械奠定了理论基础,正是在这一原理的指导下,人类才有可能制出品种繁多的各式各样的液压机。

(上接第28页)

超过了数千小时。1977年,贝尔实验室研制成功室温下寿命为100万小时砷化镓半导体激光器。后来研制开发出了波长为 $1.31\mu\text{m}$ 的镓砷磷半导体激光器。这也是目前用得最多的一种光源。随着 $1.55\mu\text{m}$ 波长区的开发,镓砷磷半导体激光器的发光波长也移到了 $1.55\mu\text{m}$ 区。现在高速光纤通信系统用的光源要求是单频激光器,如动态单纵模激光器,多量子阱激光器等,它们从性能到寿命都较好地满足了系统的需要。

光电器件除了光源外,还有光电检测器,它们也是由相应的半导体材料制成的,通过不断改进技术和工艺,这些器件能将微弱的光信号变为电信号,灵敏度高,噪声低,光电转换效率高,响应速度快。

3. 传输速率越来越高

80年代初期实用的光纤通信系统速率为 44.7Mb/s ,80年代中期即达到 400Mb/s 。80年代后期建设的长途干线和海底光缆系统大部分是四次群和五次群光纤通信系统,速率为 140Mb/s 和 565Mb/s 。90年代以后,有些干线扩容到 1Gb/s 以上。1994年 2.5Gb/s 同步数字系列达到实用化水平,现在开始在干线上应用。1995年, 10Gb/s 系统现场试验成功。今后建设的长途干线和海底光缆系统将采用 10Gb/s 系统。这就是说,仅用一对光就可以使12万人同时通话。现在实验室试验的最高速率是一根光纤传130个信道、每个信道传输 20Gb/s 信号,总共速率达 2.6Tb/s 的容量,前景相当看好。

科苑快讯

20世纪最具影响力的工程技术成就评出

美国工程院致函中国工程院院长宋健作详细介绍

据《科学时报》报道 在2000年国际工程科技大会召开前夕,美国工程院秘书长致函中国工程院院长宋健,详细介绍了由美国工程院联合30多家美国职业工程协会、历时半年评出的20世纪对人类社会

生活影响最大的20项工程技术成就。这20项工程技术成就依次为:电力系统、汽车、飞机、自来水、电子技术、无线电和电视、农业机械化、计算机、电话、空调制冷技术、高速公路、航天技术、因特网、成像技术、家用电器、保健设施、石油化工、激光和光纤、核技术以及高性能材料。

20世纪工程技术的进步,极大地提高了劳动效率,从根本上改变了人们的生活质量,提高了平均寿命。

(卞吉 秦宝 编)