光電材料與元件期末考試題

電機一甲 70305160 徐國銘

1.先進國家極力的發展太空雷射武器，以雷射原理說明其可行性與關鍵問題？(20%)

答:1基本资料

编辑

太空武器，是指用于外太空作战的武器；特指专门打击敌方在外层空间运行的飞行器、卫星或弹道导弹的武器。随着高新技术的不断发展，沉寂亿万年的太空将逐渐硝烟弥漫。各科技发达国家为争夺制天权，大力研制的各型太空武器纷纷亮相。目前太空武器大致分为两类：动能武器和定向能武器。

2代表武器

编辑

“利剑”——激光武器



卫星激光炮

卫星激光炮

用激光作武器的设想是基于激光的高热效应。激光产生的高温可使任何金属熔化。同时激光以光速（每秒钟30万千米）直线射出，延时完全可以忽略，也没有弯曲的弹道，因此不需要提前量，简直指哪打哪。另外，激光武器没有后坐力，可以迅速转移打击目标，还可以进行单发、多发或连续射击。激光武器的本质就是利用光束输送巨大的能量，与目标的材料相互作用，产生不同的杀伤破坏效应，如烧蚀效应、激波效应、辐射效应等。正是靠着这几项神奇的本领，激光武器成为理想的太空武器。

终结战争中的太空武器

终结战争中的太空武器

“长矛”———粒子束武器

它是利用粒子加速器原理制造出的一种新概念武器。带电粒子进入加速器后就会在强大的电场力的作用下，加速到所需要的速度。这时将粒子集束发射出去，就会产生巨大的杀伤力。粒子束武器发射出的高能粒子以接近光速的速度前进，用以拦截各种航天器，可在极短的时间内命中目标，且一般不需考虑射击提前量。粒子束武器将巨大的能量以狭窄的束流形式高度集中到一小块面积上，是一种杀伤点状目标的武器，其高能粒子和目标材料的分子发生猛烈碰撞，产生高温和热应力，使目标材料熔化、损坏。

“神鞭”——微波武器

由能源系统、高功率微波系统和发射天线组成，主要是利用定向辐射的高功率微波波束杀伤破坏目标。微波波束武器全天候作战能力较强，有效作用距离较远，可同时杀伤几个目标。特别是微波波束武器完全有可能与雷达兼容形成一体化系统，先探测、跟踪目标，再提高功率杀伤目标，达到最佳作战效能。它犹如无形的“神鞭”，既能进行全面毁伤、横扫敌方电子设备，又能实施精确打击、直击敌方信息中枢。可以说，微波武器是现代电子战、电磁战、信息战不可或缺的基本武器。

“飞镖”———动能武器



动能武器的原理十分简单，说白了，它和飞镖伤人的道理完全一样。一切运动的物体都具有动能。根据动力学原理，一个物体只要有一定的质量和足够大的运动速度，就具有相当的动能，就能有惊人的杀伤破坏能力，这个物体就是一件动能武器。所谓动能武器，就是能发射出超高速运动的弹头，利用弹头的巨大动能，通过直接碰撞的方式摧毁目标的武器。这里最重要的一点是动能武器不是靠爆炸、辐射等其他物理和化学能量去杀伤目标，

终结战争中的太空武器

终结战争中的太空武器

而是靠自身巨大的动能，在与目标短暂而剧烈的碰撞中杀伤目标。所以，它是一种完全不同于常规弹头或核弹头的全新概念的新式武器。其实，未来太空战必然是地、海、空、天一体战的一个组成部分。战端一开，则无论陆地、海洋、天空、太空所有战争机器将一起开动，岂是250人5天就能模拟的。美国在新世纪初演出这场太空模拟战闹剧，无非是向世界宣告：美国有能力保护自己的太空设施不遭破坏，同时具备打击他国太空设施的能力。美国在地球上到处推行霸权主义，现在又想独自“霸天”，也只能是一厢情愿。

“剑阵”——脑控武器

脑控技术又称电子脑控技术，一种能发射电子信号到受害者大脑，并接收受害者大脑信号，借以灌输思维、感官，知晓受害者记忆、思维的隐蔽技术，人类终极迫害科技,施行国家、施行机构不明,属于全世界范围的秘密迫害。受害人,受害的范围越来越广,受害程度越来越深。其范围已波及到几乎全世界所有主要国家的主要城市,甚至达到大街小巷,居家旅行无孔不入的程度。

电子精神控制武器（脑控武器）的工作原理

就象指纹一样每个人都有特定的脑电波特征码或脑电波指纹（脑电波指纹与手指纹和眼睛巩膜指纹一样具有唯一性，世界上找不到具有相同脑电波指纹的两个人），首先在百米内用接收器对准人的头部，采集该人脑电波特征码，存入电脑后，由译码软件根据脑电波特征码进行解码，从脑电波信号中分离出视觉听觉语言情感等各种神经活动信号，以图像文字方式显示在电脑屏幕上，记录在电脑中。反过来可将所需写入大脑的信息，由电脑根据脑电波特征码进行编码后，将信息直接写入大脑，被写入者会觉得那就象自己的直觉一样，从而从控制脑电波入手控制人的大脑。可控制的大脑活动几乎囊括了神经系统活动的方方面面：从视觉听觉触觉味觉嗅觉，到语言情绪潜意识梦境甚至爱情反应，都可以轻易被远距离读取和遥控。这一切早已不需要向大脑内植入电脑芯片就能办到。

脑电波扫描仪的接收范围是方圆100公里－200公里，超过以上距离必须使用卫星，在将脑电波扫描仪接收到的信号发射到卫星上，通过卫星转发几乎就可以在地球上任何地方接收，只要输入脑电波特征码编号。

电子精神控制技术是建立在对脑内信息进行获取、解读、传播和控制基础上的人脑精神控制技术，是计算机通过电磁波-脑电波来对脑内信息进行获取、解读、传播和和秘密遥控人体和大脑（精神）；脑机接口技术其基本原理是：通过记录和分析大脑的信号（脑电波信号、光学信号、核磁共振信号等），推测大脑的思维活动，并翻译成对应的命令来控制计算机或者其他电子设备。

脑控主要危害表现在几个方面：

1.控制你日常的喜怒哀乐情绪。

2.强行控制你的思维功能，虽然它们不能决定你思考的具体内容，但能通过控制大脑神经限制阻断你的思考。它们不仅要控制你的情绪，还要尽力让你的思想符合施害者的意图。当你在思考问题时，它们会经常斩断你的思路，堵塞你的大脑，等你的思想进入它们需要的内容后就通畅了，这是它们常用控制手段。

3.影响你的思想并间接导控你的行为，恶化你的人际关系。使你变得自闭。控导你盲目地往外地跑。

4.他们控制你不协调，在吃饭时噎一下，喝水时呛一点，说话时突然卡住停了下来。四肢的动作不协调，走路摔倒。手工操作时，做出自我伤害的动作等。

5.制造正常状态下身体的疼痛，腹泻，呕吐等。强化你身体的不适感。

脑控试验和定向能武器攻击

控试验和定向能武器攻击的方式非常隐蔽，可能采用X射线、微波信号、穿墙高能微波（through-wall high energy microwave）。可能会产生致命的效果。该攻击方式，如果攻击能量不强，受到攻击者并不能意识到这是外来攻击。例如，催眠，剥夺睡眠，诱导腹泻，诱导分神，产生头痛及其他部位的疼痛，诱导情绪，产生短期记忆中断，发烧，语言能力下降，等。而电击感则很容易被受害者感觉到并且很容易认定它为外来攻击。千万不要受到了攻击而自己却不知道。各国特工之间往往互相合作。有人在中国成为受害者，在加拿大继续受到攻击，那就是中加特工在合作脑控。华人移民和留学生很多被选为脑控的几内亚猪，实施秘密试验, 刚开始受害者往往并不知道。

（一）脑控涉及定向能武器，例如：X射线、微波、穿墙高能微波。脑控试验不仅从身体上直接打击受害者，而且使用技术手段来破坏一个人的精神心理。这比身体的直接袭击后果更加严重。

读取和破解脑波：（Read and crack brainwave patterns）通过高科技脑控激励芯片（或特定的帽子）来读取受害者的脑波，通过无线传输到附近的接收设备。再过滤出特定的波形来破解受害者的思维和记忆。这项技术已经非常先进。

话语传输：（Subvocal Transmission）通过电磁波传输来影响受害者的说话器官和抑制思维器官，使受害者说特定的话。这种话不经过大脑的思考说出，特别细心的受害者能够发现。这种传输可以通过脑控激励芯片（又叫脑控钉）或不用脑控激励芯片进行。受害者的主要特点是说话不经过思考。

意念传输：（Thoughts Transmission）通过脑控波曲线传输特定的想法到受害者的大脑，一般需要脑控钉在受害者的大脑。

许多国家（包括中国在内）都掌握了远程对人脑进行探测和干扰的技术，国际上一般称为"精神控制"或"电子折磨"等（MindControl&ElectronicHarassment）,中国一般称“脑电波扫描仪受害者”或“精神控制受害者”。

3武器研究

编辑

美国波音公司正在研制的反卫星动能武器，可以通过发射高速运动的弹头摧毁目标

太空武器

太空武器[1]

美国空军设想的“上帝之杖”天基威慑武器

上帝之杖

上帝之杖[2]

。

美国空军研制代号为XSS-11的微型卫星正在接近一颗常规卫星（假想图），这种微型卫星能攻击敌方卫星，美国空军目前在控制其运行上已取得初步成功军事用途航天器在地球轨道上运转已有数十年的历史，而具实际攻击能力的太空武器还从未在太空中部署过，不过，太空中相对和平的日子可能不会太长了——美国《大众科技》11月号刊文说，布什渴望太空优势，将颁布新的安全方针，使美国朝着部署太空武器迈出一大步，这毫无疑问将引发一场太空军备竞赛。

太空竞争为人类所熟悉，而太空战争在许多人看来似乎还远得很，如果太空真有爆发战争的可能，它或许不是以惊天爆炸为始，而很有可能于无声无息中悄悄拉开帷幕。

太空武器

太空武器

4新战术

编辑

今年4月15日，在距离地球724公里的高空，美国国家航空航天局(NASA)的一个名为DART(自动会合技术验证)的实验航天器悄悄启动自身的推进器，慢慢靠近一颗失效已久的美国军事通信卫星，然后轻轻地撞击了它。这并不是这颗实验航天器计划中的任务，它原本要靠自身的激光测距仪近距离接触失效卫星，然后在其附近自动飞行，这一技术对在轨卫星维护十分关键。

撞击使DART的信号立即消失，NASA地面控制中心以为它在距离卫星还有几百米时耗尽了燃料，但是5天之后，美国空军跟踪系统在一个更高的新轨道上发现了失效卫星，这表明DART已与目标卫星结成为一体，并将之撞到了更高的轨道上。

作为演示在轨卫星维护新技术的试验，这当然是彻底的失败。然而，该试验却无意中演示了一个原理简单但可能极具破坏力的太空战新战术——将敌方的卫星撞到无法发挥作用的轨道上，从这个意义上来说，试验取得了意料之外的成功。

无需猜测，美国国防部对这一意外成果一定十分感兴趣。人类征服太空的过程永远都有两个基本目标：促进科研进步和提升军事技术水平。虽然美国政府从未公开承认过，但NASA和美国空军彼此在科学技术和军事技术之间你来我往的交流早已不是什么新鲜事物。

正如DART所演示的那样，美国设想要将触角遍布太阳系，围绕这一目标研制的每个系统都有可能用来发动军事进攻，在过去40多年来，从DART的自动会合技术到通信卫星、再到地理测量系统无一例外，就连36年前轰轰烈烈的阿波罗登月壮举也是为了在月球上战胜苏联人，从而发出美国人在太空拥有优势这样一个明确的信息，更别提登月宇航员本身就来自美国空军。

今天，美国总统布什跟他的前任肯尼迪一样，希望继续保持太空优势，白宫不久也将颁布新的国家安全方针，从而使美国朝着在太空部署武器迈出一大步。

5可搭载

编辑

太空武器是什么样子将取决于空间技术的发展，不过，未来可能出现的武器系统包括能够在数小时内打击地球上任何目标地点的空天飞机、可由卫星投射只有6米长却能造成超强摧毁力的“上帝之棒”、可以将激光束射向遥远目标的轨道镜、可摧毁卫星电子装置的电磁脉冲武器、能将卫星推离正常轨道的“卫星拖船”、能对其他卫星进行秘密侦察的间谍卫星以及能够摧毁大型卫星或导致其失灵的微型卫星，等等。

对美国来讲，利用太空武器可以满足对其在全球快速投送武器计划的需要。未来的超音速无人驾驶空天飞机可以利用在太空中飞行的优点，实现在两个小时内打击地球上任何一个地方，这种能力被称为“即时全球打击”。这种由美国空军提出的设想由两种飞行器组成，一个用来运送武器，另一个则用来投射炸弹。根据该设想的初步计划，将由小型火箭推进器作为发射和运载工具，炸弹则由一个能够载重达4.5吨、能自动寻的的通用航天器运载。

此后大概再过15年，美国空军将使用新研制的超高音速飞机取代火箭推进器，该飞机载重高达54吨、最大航程达到1.45万公里，而它最重要的特点是可以重复使用。这种飞机能够从普通跑道起飞，其超高音速主要通过燃烧液氢燃料的超音速冲压喷气发动机实现，在飞行过程中，这种新型引擎可以反复熄火与启动，使飞机“跳跃式”进入地球的外大气层，而它可以搭载的武器也趋向多样化。

目前，有关该技术的相关研究已经在一个代号为“猎鹰”的计划中展开，由美国空军与美国国防部先进计划研究局共同提供研发资金。

不过，发展全球打击能力不仅仅面临着技术上的挑战，在国际政治中也面临着其他国家质疑的担忧。许多国家担心美国将用这种飞机投送核武器，为此，美国国会还特意限定了拨发给通用航天器研究的资金的使用范围，规定其不得用于开发任何核武器和常规武器，美国空军目前因此暂时处于一种尴尬位置，只能开发武器投射装备却不能研制该装备能投送的武器。

6微型卫星

编辑

空天飞机着重利用在太空中飞行阻力更小，因此仅仅擦太空而过，至于真正可长期在太空中“驻扎”的武器，微型卫星或许是最可行也最经济的选择，至少在短期内是这样。微型卫星就是指重量约为100公斤左右的卫星，正常大小的卫星一般都有微型卫星重量的10倍以上。

就在DART的试验失败或者说是意外成功的前几天，美国空军研究实验室发射了一个微型卫星，这个代号为XSS-11的微型卫星肩负着与DART类似的任务，它的首个任务是与将之送入太空轨道后脱离航天器废弃的一级推进器在太空中重新汇合，这项任务得以顺利完成。此后，XSS-11还将在地球轨道飞行一年左右，在此期间它还将与太空中的多个飞行物体进行“接触”试验，这意味着，美国空军在控制微型卫星的飞行上取得了初步成功，为此美国国防部在2006年为该项目又增拨了6090万美元的研究资金。

同期，美国国防先进计划研究局还在进行着另一个名为“轨道快车”的项目，该项目旨在研制出一个维修卫星的原型和一个能接受维修服务的卫星原型，并要达到使两个卫星能在太空中自动汇合，以展开维修和燃料补给服务，该项目将于2006年进行试发射。

如果把XSS-11微型卫星和“轨道快车”结合在一起，两者的潜在用途将大大增加。譬如，带有维修功能的微型卫星可以对在轨运行的大型卫星提供维修服务，为其更换零部件和进行功能升级，而这些潜在用途中的军事用途则更加受美国军方关注。

微型卫星甚至可以被用作其它卫星的“保镖”。XSS-11卫星项目的负责人卫星专家弗农·贝克尔说，多个微型卫星可以围绕在大型卫星的周围构建防护层。美国空军不愿谈论卫星的攻击性用途，但这些功能并不难想到。

在2003年的一次太空武器讨论会上，美国外交学会著名国家安全专家理查德·加温警告说，微型卫星最有效的一个威胁用途是充当“太空雷”。

微型卫星是很好的反卫星武器，因为地面控制中心可以很容易地将微型卫星调动到一个正常卫星的危险距离范围内潜伏起来，然后等待指令自行爆炸将这颗卫星摧毁或令其失效。实际上，太空中的爆炸通常会导致残片四处飞散，不但能摧毁敌方的卫星，也可能危及己方和友方的卫星。不过，爆炸并不是太空雷发挥作用的唯一手段，它还可以靠发射电磁能量来摧毁大型卫星的电子元件，从而导致其失灵关闭，更进一步的话，它甚至能够缠住目标卫星，充当寄生武器，对其进行干扰、发出伪信号、阻挡其视野或导致其失灵。

从军事的角度来看，微型卫星作为武器的可爱之处是，敌人可能根本不知道它们就潜伏在本国卫星的身旁，一旦有需要，它就可以根据地面指令对目标卫星发动伏击。

由于重量很轻，微型卫星可以搭乘民用太空发射任务的便车悄悄进入太空。将来，重量和体积都将更小的卫星——重量只有10公斤的“纳米卫星”——也可承担类似的接近和贴靠任务，这些卫星将在距离地球3.2万公里以上的同步轨道上运行，在同一轨道上，还有许多商业和民用卫星在运行，地面上的人想发现纳米卫星的威胁将非常困难，这种情况使纳米卫星如同具有了隐身术，更适合打伏击战。

研究小型卫星技术的国家不只美国，被美国视为优势的技术也一样能被其他国家所用，而人类不可能从地面甄别科研微型卫星和“太空雷”之间的区别，因此，要展开有效的太空战，发现这种威胁是至关重要的。

美国战略司令部司令卡特赖特曾在参议院武装部队委员会听证会上称，航天器小型化发展趋势，可能会对美国轨道情报侦察行动构成威胁，美国在20世纪下半期研制的装备无法搜索或跟踪今日更新、更小型的目标，包括微型卫星，这些小型目标和新型微型卫星在轨道上的出现将威胁到美国载人航天飞行计划，使敌方突然攻击美国卫星成为可能，限制了美国的太空设备防护能力。

正因为如此，美国空军计划最早在2008年发射一颗名叫“探路者”的卫星。跟其他间谍卫星一样，“探路者”基本上是一台功能强大的高倍望远镜。但是，普通的间谍卫星主要用来扫描地面的物体，而“探路者”则只用来追踪将太空中的其他物体，以此识别对美国航天器构成危险的太空垃圾或他国卫星。最终，由一批间谍卫星组成的天基空间侦察系统将同“探路者”一起收集情报。

7太空威慑

编辑

美国军方高级官员毫不讳言所有上述太空系统的目标就是要获取太空优势。美国空军航天司令部司令兰斯·洛德今年3月份在国会作证时说：“我们面临的威胁是非常真实的和危险的，随着我们对现代太空能力的依赖不断增加，建立和保持太空优势的必要性也要相应地不断增加，虽然我们不期待这种优势能以几何级爆发性增长。

但是，就目前阶段来讲，究竟谁是美国在太空中的对手？所谓的威胁具体又指什么？洛德和其他空军官员的回答并不明确，他们指出，伊拉克战争初期，萨达姆的手下曾干扰美国全球定位系统的信号，使美国军队的精确制导炸弹偏离了目标。这些手段显然不能对美国军队构成什么威胁，很快就被瓦解。

五角大楼内部关于太空武器系统的说法从未间断，其中是否有成功的可能外人尚不得而知，但现实是，美国空军长期以来一直追求太空武器却从未有什么重大成果。

1958年，美国空军将军霍默·博什伊就曾提议在月球部署核弹，他显然忽略了这些导弹从月亮飞到苏联至少需要3天时间，还不如从地面发射快。不过自那以后，美国空军在太空中部署武器的梦想就一直没有停止过，先后提出了月球军事基地、载人军事太空站、几种空天军事飞机和其他野心勃勃的太空计划，由此派生的许多太空研制计划目前大多面临着预算超额和进度滞后的困扰。今年7月份，美国审计署就这些早已半死不活的计划向国会提交报告，一些负责人在国会的听证会上承认，像太空雷达和太空导弹防御系统一类的研制计划大大超出预算、早已超出进度但却远远没有达到预期目标。

虽然如此，太空武器对美国军方还是有着难以抵抗的诱人之处，这源于太空武器十分符合美国保持军事威慑力的政策。譬如前文提到的“上帝之棒”，其原理是从太空投掷钨、钛或铀等金属制成的圆柱体，用来摧毁目标。这些金属圆柱从太空中飞落时的速度可达每小时11587公里，所产生的威力相当于一颗小型原子弹。美军认为，这种太空威慑与核威慑相比有很多优点。例如，它杀伤人员少，太空作战以信息瘫痪作为主要作战方式，打击的主要是无人操作的太空设施，这就大大降低了战争的残酷性。再如，它可以减少由于偶然因素和失误造成的战争危机。核武器易发难收，危害极大，冷战期间美苏就曾发生过核控制系统操作失误而导致紧张局势，而太空攻防系统以防为主，精确的远程常规打击不会造成核辐射等长期的环境危害。

尽管美国空军还没有部署可以将敌方卫星清出太空的武器，但它继续在两年一度的“施里弗”军事演习中试验类似系统。该演习始于2001年，是以在20世纪50年代美国军事卫星和弹道导弹开发计划负责人伯纳德·施里弗将军的名字命名的。“施里弗”演习在使用模拟太空武器方面特别成功，其结果是使许多战略家相信，这种武器是未来战争必须拥有的武器。

目前，美国努力的重点放在旨在用可逆转方式使敌方太空硬件不能发挥作用的技术上。例如，五角大楼新的移动地基反通信系统据说可以暂时地干扰敌人的卫星通信。

8国际法

编辑

虽然太空尚未被武器化，但毫无疑问，太空早已军事化，军事通讯卫星、军事导航卫星、军事侦察卫星和军事天气卫星早已在地球上空运行，因此将武器部署到太空中不会向预想中的那样引起繁杂的合法性争议，1967年签署的外太空非军事化条约仅仅禁止任何国家向太空部署核武器和其他大规模杀伤性武器。但是，到目前为止还没有任何国际法禁止在太空中部署其他种类的武器。

9武器化

编辑

到现在为止，太空还是战争的处女地，而这种和平的局面正日益受到威胁，美国近年来太空武器化的步伐越走越急，使全人类不禁担心太空的未来。

美国空军去年8月提出《反太空行动策略》，当年10月就部署了第一个可临时中断敌方卫星通信的“反通信系统”。今年2月，美国2006年军事预算出台，多项预算均遭大砍，惟独太空武器预算逆势增长，仅空军的太空武器预算就多达99亿美元，比上年增加了22.2%。布什政府认为美国必须牢牢抓住太空的控制权，防止太空优势落入他国，但不论军方内外的专家都认为，如果发动太空武器化竞赛，损失最多的将是美国自身。

美国的卫星比其他所有国家都多得多，目前地球轨道上各种卫星共有849颗，其中有425颗(占总数的50.6%)为美国所有，即便10年后，美国卫星所占比例也将保持在40%。这些卫星承担着从天气预报，电视转播，通信到交通工具导航等各方面的任务，而它们大都没有防卫能力。因此，如果美国不断在太空部署武器，会成为其他国家开发反卫星技术借口，而先发制人的打击也一定会招致报复，从而将太空变成战场，美国也将成为最大的攻击目标。

美国太空安全专家也强调，造太空武器的成本虽不如造卫星高，但其破坏性却和卫星的好处形成强烈对比。卫星非常容易被太空武器摧毁，而被摧毁的卫星可能形成残骸群在空间中飘荡，进一步碰撞、摧毁其他卫星、国际太空站、甚至太空飞机、哈勃望远镜等太空器。空间战争所带来的后果可以说是毁灭性和杀伤力均强。这对于生活、经济与国家安全严重依赖卫星的美国来说，无异于引火烧身。

即便从军事角度来讲，美国目前最大的军事优势是不对称军力，即美国可以通过有限的太空军事应用获得军事技术上的相对优势，如果美国坚持朝着发展攻击性太空武器的路走，也只可能在短期内享受太空威慑带来的好处，美国将不可避免地将成为其他国家效仿的对象，从而使其在军事上的不对称优势更加脆弱。

10引发争议

编辑

美国《外交政策》杂志网站最近发表一篇题为《战舰地球》（Battleship Earth）的文章,披露了五角大楼的国防高级研究项目局（DARPA）拟用来对付外星人的11种新型太空武器,其中包括高能液态激光器区域防御系统、“猎鹰HTV-2”超音速飞行器、航空自适应气动光学光速控制系统、“SSBN-X”未来二代核动力潜艇等。这些武器由DARPA与几家世界上最大的武器制造商一道设计和研制。据乐观估计，它们的成本单价至少1000亿美元，也有估计称高达2500亿美元。[3]

《战舰地球》一文引发广泛争议。有人认为,这是美军为了得到公众的支持来增加额外支出发展“星球大战”武器系统；也有人认为,这是美军想借此宣传来提振经济衰退时期的民众士气；还有更多的人认为,美军用来对付外星人的太空武器不一定管用。

美国太空战略专家、空军指挥参谋学院教授保罗-斯普林杰最近声称，他的上级已经授权他讨论五角大楼计划面对外星人入侵的事宜。当他被媒体问到：“你认为外星人的计划会是怎样的？它们首先会有什么动作？”他回答说：“首先，这取决于它们为什么在这里，一方面如果它们为了掠夺资源，只是举例，它们也许会首先清除可能阻止它们目标的障碍。另一方面，如果它们想要占领和征服，很可能会优先处理那些对它们支配地位造成威胁的人。所以就很可能从清除通讯网络和一些对自身和所要的资源造成威胁的武器开始。所以它们也许非常想要掌握每一处核武器，对它们自身的威胁倒是其次，主要是核武器会摧毁它们想要获取的东西。”另外斯普林杰对美军用来对付外星人的太空武器满怀信心。

然而，有些专家并不认为外星人会攻击地球人；他们从外星人的智慧、理智和科技水平，甚至是人类自身对外星人的心理作用来说明它们对我们并不构成威胁。中国数学家、语言学家周海中在1999年发表的论文《宇宙语言学：一门新兴的边缘学科》中就指出：担心外星人威胁是完全没有必要的，因为只要是高级智慧生命，它们的理智在决定着它们必须有分寸地对待其它智慧生命体；外星人与地球人将来是能够和平共处、友好合作和共同发展的。美国天文学家戴维-莫里森最近在接受媒体采访时说，“如果一个文明能够存在数十万年，它一定能解决我们面临的一系列问题，所以没有必要侵略地球、掠夺资源和残杀人类。”他甚至认为外星人是“和平使者”且友善可爱，并风趣地说，“如果外星人来访，我会好好款待它们。”

2.光纖在現代通訊具有相當重要發展，請說明光纖使用雷射波長範圍為何限定在近紅外範圍？請從材料、光學原理說明(20%)

答:光纖通訊光纖通訊（Fiber-optic communication）也作光纖通訊，是指一種利用光與光纖（optical fiber）傳遞資訊的一種方式。屬於有線通訊的一種。光經過調變（modulation）後便能攜帶資訊。自1980年代起，光纖通訊系統對於電信工業產生了革命性的作用，同時也在數位時代裡扮演非常重要的角色。光纖通訊具有傳輸容量大，保密性好等許多優點。光纖通訊現在已經成為當今最主要的有線通訊方式。將需傳送的資訊在發送端輸入到發送機中，將資訊疊加或調變到作為資訊訊號載體的載波上，然後將已調變的載波通過傳輸媒質傳送到遠處的接收端，由接收機解調出原來的資訊。

根據訊號調變方式的不同，光纖通訊可以分為數位光纖通訊，類比光纖通訊。光纖通訊的產業包括了光纖光纜，光器件，光設備，光通訊儀錶，光通訊積體電路等多個領域。

利用光纖做為通訊之用通常需經過下列幾個步驟：

以發射器（transmitter）產生光訊號。

以光纖傳遞訊號，同時必須確保光訊號在光纖中不會衰減或是嚴重變形。

以接收器（receiver）接收光訊號，並且轉換成電訊號。

應用

光纖常被電話公司用於傳遞電話、網際網路，或是有線電視的訊號，有時候利用一條光纖就可以同時傳遞上述的所有訊號。與傳統的銅線相比，光纖的訊號衰減（attenuation）與遭受干擾[來源請求]（interference）的情形都改善很多，特別是長距離以及大量傳輸的使用場合中，光纖的優勢更為明顯。然而，在城市之間利用光纖的通訊基礎建設（infrastructure）通常施工難度以及材料成本難以控制，完工後的系統維運複雜度與成本也居高不下。因此，早期光纖通訊系統多半應用在長途的通訊需求中，這樣才能讓光纖的優勢徹底發揮，並且抑制住不斷增加的成本。

從2000年光通訊（optical communication）市場崩潰後，光纖通訊的成本也不斷下探，目前已經和銅纜為骨幹的通訊系統不相上下[1]。

對於光纖通訊產業而言，1990年光放大器（optical amplifier）正式進入商業市場的應用後，很多超長距離的光纖通訊才得以真正實現，例如越洋的海底電纜。到了2002年時，越洋海底電纜的總長已經超過25萬公里，每秒能攜帶的資料量超過2.56Tb，而且根據電信業者的統計，這些數據從2002年後仍然不斷的大幅成長中。

光纖通訊的歷史

自古以來，人類對於長距離通訊的需求就不曾稍減。隨著時間的前進，從烽火到電報，再到1940年第一條同軸電纜（coaxial cable）正式服役，這些通訊系統的複雜度與精細度也不斷的進步。但是這些通訊方式各有其極限，使用電氣訊號傳遞資訊雖然快速，但是傳輸距離會因為電氣訊號容易衰減而需要大量的中繼器（repeater）；微波（microwave）通訊雖然可以使用空氣做介質，可是也會受到載波頻率（carrier frequency）的限制。到了二十世紀中葉，人們才了解使用光來傳遞資訊，能帶來很多過去所沒有的顯著好處。

然而，當時並沒有同調性高的發光源（coherent light source），也沒有適合作為傳遞光訊號的介質，也所以光通訊一直只是概念。直到1960年代，雷射（laser）的發明才解決了第一項難題。1970年代康寧公司（Corning Glass Works）發展出高品質低衰減的光纖則是解決了第二項問題，此時訊號在光纖中傳遞的衰減量第一次低於光纖通訊之父高錕所提出的每公里衰減20分貝（20dB/km）關卡，證明了光纖作為通訊介質的可能性。與此同時使用砷化鎵（GaAs）作為材料的半導體雷射（semiconductor laser）也被發明出來，並且憑藉著體積小的優勢而大量運用於光纖通訊系統中。1976年，第一條速率為44.7Mbit/s的光纖通訊系統在美國亞特蘭大的地下管道中誕生。

經過了五年的研發期，第一個商用的光纖通訊系統在1980年問市。這個人類史上第一個光纖通訊系統使用波長800奈米（nanometer）的砷化鎵雷射作為光源，傳輸的速率（data rate）達到45Mb/s（bits per second），每10公里需要一個中繼器增強訊號。

第二代的商用光纖通訊系統也在1980年代初期就發展出來，使用波長1300奈米的磷砷化鎵銦（InGaAsP）雷射。早期的光纖通訊系統雖然受到色散（dispersion）的問題而影響了訊號品質，但是1981年單模光纖（single-mode fiber）的發明克服了這個問題。到了1987年時，一個商用光纖通訊系統的傳輸速率已經高達1.7Gb/s，比第一個光纖通訊系統的速率快了將近四十倍之譜。同時傳輸的功率與訊號衰減的問題也有顯著改善，間隔50公里才需要一個中繼器增強訊號。1980年代末，EDFA的誕生，堪稱光通訊歷史上的一個里程碑似的事件，它使光纖通訊可直接進行光中繼，使長距離高速傳輸成為可能，並促使了DWDM的誕生。

第三代的光纖通訊系統改用波長1550奈米的雷射做光源，而且訊號的衰減已經低至每公里0.2分貝（0.2dB/km）。之前使用磷砷化鎵銦雷射的光纖通訊系統常常遭遇到脈波延散（pulse spreading）問題，而科學家則設計出色散遷移光纖（dispersion-shifted fiber）來解決這些問題，這種光纖在傳遞1550奈米的光波時，色散幾乎為零，因其可將雷射光的光譜限制在單一縱模（longitudinal mode）。這些技術上的突破使得第三代光纖通訊系統的傳輸速率達到2.5Gb/s，而且中繼器的間隔可達到100公里遠。

第四代光纖通訊系統引進了光放大器（optical amplifier），進一步減少中繼器的需求。另外，波長分波多工（wavelength-division multiplexing, WDM）技術則大幅增加傳輸速率。這兩項技術的發展讓光纖通訊系統的容量以每六個月增加一倍的方式大幅躍進，到了2001年時已經到達10Tb/s的驚人速率，足足是80年代光纖通訊系統的200倍之多。近年來，傳輸速率已經進一步增加到14Tb/s，每隔160公里才需要一個中繼器。

第五代光纖通訊系統發展的重心在於擴展波長分波多工器的波長操作範圍。傳統的波長範圍，也就是一般俗稱的「C band」約是1530奈米至1570奈米之間，新一帶的無水光纖（dry fiber）低損耗的波段則延伸到1300奈米至1650奈米間。另外一個發展中的技術是引進光孤子（optical soliton）的概念，利用光纖的非線性效應，讓脈波能夠抵抗色散而維持原本的波形。

1990年至2000年間，光纖通訊產業受到網際網路泡沫的影響而大幅成長。此外一些新興的網路應用，如隨選視訊（video on demand）使得網際網路頻寬的成長甚至超過莫耳定律（Moore's Law）所預期積體電路晶片中電晶體增加的速率。而自網際網路泡沫破滅至2006年為止，光纖通訊產業透過企業整併壯大規模，以及委外生產的方式降低成本來延續生命。

現在的發展前沿就是全光網路了，使光通訊完全的代替電訊號通訊系統，當然，這還有很長的路要走。

核心技術

現代的光纖通訊系統多半包括一個發射器，將電訊號轉換成光訊號，再透過光纖將光訊號傳遞。光纖多半埋在地下，連接不同的建築物。系統中還包括數種光放大器，以及一個光接收器將光訊號轉換回電訊號。在光纖通訊系統中傳遞的多半是數位訊號，來源包括電腦、電話系統，或是有線電視系統。

發射器

在光纖通訊系統中通常作為光源的半導體元件是發光二極體（light-emitting diode, LED）或是雷射二極體（laser diode）。LED與雷射二極體的主要差異在於前者所發出的光為非同調性（noncoherent），而後者則為同調性（coherent）的光。使用半導體作為光源的好處是體積小、發光效率高、可靠度佳，以及可以將波長最佳化，更重要的是半導體光源可以在高頻操作下直接調變，非常適合光纖通訊系統的需求。

LED藉著電激發光（electroluminescence）的原理發出非同調性的光，頻譜通常分散在30奈米至60奈米間。LED另外一項缺點是發光效率差，通常只有輸入功率的1%可以轉換成光功率，約是100微瓦特（micro-watt）左右。但是由於LED的成本較低廉，因此常用於低價的應用中。常用於光通訊的LED主要材料是砷化鎵或是砷化鎵磷（GaAsP），後者的發光波長為1300奈米左右，比砷化鎵的810奈米至870奈米更適合用在光纖通訊。由於LED的頻譜範圍較廣，導致色散較為嚴重，也限制了其傳輸速率與傳輸距離的乘積。LED通常用在傳輸速率10Mb/s至100Mb/s的區域網路（local area network, LAN），傳輸距離也在數公里之內。目前也有LED內包含了數個量子井（quantum well）的結構，使得LED可以發出不同波長的光，涵蓋較寬的頻譜，這種LED被廣泛應用在區域性的波長分波多工網路中。

半導體雷射的輸出功率通常在100毫瓦特（mW）左右，而且為同調性質的光源，方向性相對而言較強，通常和單模光纖的耦合效率可達50%。雷射的輸出頻譜較窄，也有助於增加傳輸速率以及降低模態色散（model dispersion）。半導體雷射亦可在相當高的操作頻率下進行調變，原因是其復合時間（recombination time）非常短。

半導體雷射通常可由輸入的電流有無直接調變其開關狀態與輸出訊號，不過對於某些傳輸速率非常高或是傳輸距離很長的應用，雷射光源可能會以連續波（continuous wave）的形式控制，例如使用外接的電吸收光調變器（electroabsorption modulator）或是馬赫·任德干涉儀（Mach-Zehnder interferometer）對光訊號加以調變。外接的調變元件可以大幅減少雷射的「啁啾脈衝」（chirp pulse）。啁啾脈衝會使得雷射的譜線寬度變寬，使得光纖內的色散變得嚴重。

光纖纖維

光纖纜線包含一個核心（core），纖殼（cladding）以及外層的保護被覆（protective coating）。核心與折射率（refractive index）較高的纖殼通常用高品質的矽石玻璃（silica glass）製成，但是現在也有使用塑膠作為材質的光纖。又因為光纖的外層有經過紫外線固化後的壓克力（acrylate）被覆，可以如銅纜一樣埋藏於地下，不需要太多維護費用。然而，如果光纖被彎折的太過劇烈，仍然有折斷的危險。而且因為光纖兩端連接需要十分精密的校準，所以折斷的光纖也難以重新接合。

光放大器

過去光纖通訊的距離限制主要根源於訊號在光纖內的衰減以及訊號變形，而解決的方式是利用光電轉換的中繼器。這種中繼器先將光訊號轉回電訊號放大後再轉換成較強的光訊號傳往下一個中繼器，然而這樣的系統架構無疑較為複雜，不適用於新一代的波長分波多工技術，同時每隔20公里就需要一個中繼器，讓整個系統的成本也難以降低。

光放大器的目的即是在不用作光電與電光轉換下就直接放大光訊號。光放大器的原理是在一段光纖內摻雜（doping）稀土族元素（rare-earth）如鉺（erbium），再以短波長雷射激發（pumping）之。如此便能放大光訊號，取代中繼器。

接收器

構成光接收器的主要元件是光偵測器（photodetector），利用光電效應將入射的光訊號轉為電訊號。光偵測器通常是半導體為基礎的光二極體（photo diode），例如p-n接面二極體、p-i-n二極體，或是雪崩型二極體（avalanche diode）。另外「金屬-半導體-金屬」（Metal-Semiconductor-Metal, MSM）光偵測器也因為與電路整合性佳，而被應用在光再生器（regenerator）或是波長分波多工器中。

光接收器電路通常使用轉阻放大器（transimpedence amplifier, TIA）以及限幅放大器（limiting amplifier）處理由光偵測器轉換出的光電流，轉阻放大器和限幅放大器可以將光電流轉換成振幅較小的電壓訊號，再透過後端的比較器（comparator）電路轉換成數位訊號。對於高速光纖通訊系統而言，訊號常常相對地衰減較為嚴重，為了避免接收器電路輸出的數位訊號變形超出規格，通常在接收器電路的後級也會加上時脈及資料回復電路（clock and data recovery, CDR）以及鎖相迴路（phase-locked loop, PLL）將訊號做適度處理再輸出。

波長分波多工

波長分波多工的實際做法就是將光纖的工作波長分割成多個通道（channel），俾使能在同一條光纖內傳輸更大量的資料。一個完整的波長分波多工系統分為發射端的波長分波多工器（wavelength division multiplexer）以及在接收端的波長分波解多工器（wavelength division demultiplexer），最常用於波長分波多工系統的元件是陣列波導光柵（Arrayed Waveguide Gratings, AWG）。而目前市面上已經有商用的波長分波多工器/解多工器，最多可將光纖通訊系統劃分成80個通道，也使得資料傳輸的速率一下子就突破Tb/s的等級。

頻寬粗體距離乘積

由於傳輸距離越遠，光纖內的色散現象就越嚴重，影響訊號品質。因此常用於評估光纖通訊系統的一項指標就是頻寬-距離乘積，單位是百萬赫茲×公里（MHz×km）。使用這兩個值的乘積做為指標的原因是通常這兩個值不會同時變好，而必須有所取捨（trade off）。舉例而言，一個常見的多模光纖（multi-mode fiber）系統的頻寬-距離乘積約是500MHz×km，代表這個系統在一公里內的訊號頻寬可以到500MHz，而如果距離縮短至0.5公里時，頻寬則可以倍增到1000MHz。

應用極限

雖然目前已經出現很多技術降低諸如色散之類的問題，也使得光纖通訊系統的容量已經達到14Tb/s以及160公里的傳輸距離[2]，仍然有些問題需要工程師與科學家的研究與克服。以下是這些問題的簡單討論。

訊號色散

對於現代的玻璃光纖而言，最嚴重的問題並非訊號的衰減，而是色散問題，也就是訊號在光纖內傳輸一段距離後逐漸擴散重疊，使得接收端難以判別訊號的高或低。造成光纖內色散的成因很多。以模態色散為例，訊號的橫模（transverse mode）軸速度（axial speed）不一致導致色散，這也限制了多模光纖的應用。在單模光纖中，模態間的色散可以被壓抑得很低。

但是在單模光纖中一樣有色散問題，通常稱為群速色散（group-velocity dispersion），起因是對不同波長的入射光波而言，玻璃的折射率略有不同，而光源所發射的光波不可能沒有頻譜的分布，這也造成了光波在光纖內部會因為波長的些微差異而有不同的折射行為。另外一種在單模光纖中常見的色散稱為極化模態色散（polarization mode dispersion），起因是單模光纖內雖然一次只能容納一個橫模的光波，但是這個橫模的光波卻可以有兩個方向的極化（polarization），而光纖內的任何結構缺陷與變形都可能讓這兩個極化方向的光波產生不一樣的傳遞速度，這又稱為光纖的雙折射現象（fiber birefringence）。這個現象可以透過極化恆持光纖（polarization-maintaining optical fiber）加以抑制。

訊號衰減

訊號在光纖內衰減也造成光放大器成為光纖通訊系統所必需的元件。光波在光纖內衰減的主因有物質吸收、瑞立散射（Rayleigh scattering）、米氏散射（Mie scattering）以及連接器造成的損失。雖然石英的吸收係數只有0.03dB/km，但是光纖內的雜質仍然會讓吸收係數變大。其他造成訊號衰減的原因還包括應力對光纖造成的變形、光纖密度的微小擾動，或是接合的技術仍有待加強。

訊號再生

現代的光纖通訊系統因為引進了很多新技術降低訊號衰減的程度，因此訊號再生只需要用於距離數百公里遠的通訊系統中。這使得光纖通訊系統的建置費用與維運成本大幅降低，特別對於越洋的海底光纖而言，中繼器的穩定度往往是維護成本居高不下的主因。這些突破對於控制系統的色散也有很大的助益，足以降低色散造成的非線性現象。此外，光固子也是另外一項可以大幅降低長距離通訊系統中色散的關鍵技術。

最後一哩光纖網路

雖然光纖網路享有高容量的優勢，但是在達成普及化的目標，也就是「光纖到戶」（Fiber To The Home, FTTH）以及「最後一哩」（last mile）的網路佈建上仍然有很多困難待克服。然而，隨著網路頻寬的需求日增，已經有越來越多國家逐漸達成這個目的。以日本為例，光纖網路系統已經開始取代使用銅線的數位用戶迴路系統。

與傳統通訊系統的比較

對於某個通訊系統而言，使用傳統的銅纜作為傳輸介質較好，或是使用光纖較佳，有幾項考量的重點。光纖通常用於高頻寬以及長距離的應用，因為其具有低損耗、高容量，以及不需要太多中繼器等優點。光纖另外一項重要的優點是即使跨越長距離的數條光纖並列，光纖與光纖之間也不會產生串訊（cross-talk）的干擾，這和傳輸電訊號的傳輸線（transmission line）正好相反。

不過對於短距離與低頻寬的通訊應用而言，使用電訊號的傳輸有下列好處：

較低的建置費用

組裝容易

可以利用電力系統傳遞資訊

因為這些好處，所以在很短的距離傳輸資訊，例如主機之間、電路板之間，甚至是積體電路晶片之間，通常還是使用電訊號傳輸。然而目前也有些還在實驗階段的系統已經改採光來傳遞資訊。

在某些低頻寬的場合，光纖通訊仍然有其獨特的優勢：

能抵抗電磁干擾（EMI），包括核子造成的電磁脈衝。（不過光纖可能會毀於α或β射線）

對電訊號的阻抗極高，所以能在高電壓或是地面電位不同的狀況下安全工作。

重量較輕，這在飛機中特別重要。

不會產生火花，在某些易燃的環境中顯得重要。

沒有電磁輻射、不易被竊聽，對於需要高度安全的系統而言十分重要。

線徑小，當繞線的路徑被限制時，變得重要。

現行技術標準

為了能讓不同的光纖通訊設備製造商之間有共通的標準，國際電信聯盟（International Telecommunications Union, ITU）制定了數個與光纖通訊相關的標準，包括：

ITU-T G.651, "Characteristics of a 50/125 µm multimode graded index optical fibre cable"

ITU-T G.652, "Characteristics of a single-mode optical fibre cable"

其他關於光纖通訊的標準則規定了發射與接收端，或是傳輸介質的規格，包括了：

10G乙太網路（10 Gigabit Ethernet）

光纖分散式數據介面（FDDI）

光纖通道（Fibre channel）

HIPPI

同步數位階層（Synchronous Digital Hierarchy）

同步光纖網路（Synchronous Optical Networking）

此外，在數位音效的領域中，也有利用光纖傳遞資訊的規格，那就是由日本東芝（Toshiba）所制定的TOSLINK規格。採用塑膠光纖（plastic optical fiber, POF）作為媒介，系統中包含一個採用紅光LED的發射器以及整合了光偵測器與放大器電路的接收器。

光纖通訊系統簡介

取自:<http://ykuo.ncue.edu.tw/report/042-Optical%20fiber%20communication%20systems.doc>

一、光纖通訊的歷史

近代的「光纖通訊」的發展始於1960年代，而使得「光纖」成為現在及未來通訊的主力乃是基於兩個事件的激發：首先是西元1960年美國物理學家梅門（Theodore Harold Maiman）成功地使紅寶石振盪產生「雷射光」。第二則為西元1966年，科學家高錕（Charles Kao）及George A. Hockham，他們預測所製作的「光纖」，能夠讓「光波」在其中傳輸一公里，仍有原來1﹪的光能量，那麼光纖就能夠像電纜一般，來作為傳輸工具。因為在當時，即使是最好的光纖，光波在其中傳輸20公尺就已使光能量降低至原來能量的1﹪。

到了西元1970年，貝爾實驗室成功製造出可於常溫下連續振盪之半導體雷射（Semi-Conductor-Laser），及康寧玻璃工廠（Corning Glass Work）製造出每公里衰滅小於20分貝的低損失石英質（Silica）光纖後，「光纖」技術一日千里。

今日，由於光電科技的發展，每公里衰滅低於1分貝，傳輸頻寬高於800MHZ的光電纜已可大量生產，再配合「高階數位多工」（High Order Digital Multiplex）技術的發展以及高性能「光電元件」（Opto-Electronic Device）的開發，每秒傳播速度高達九千萬「位元（bit）」，甚至到每秒四億「位元」之高速大容量光通訊系統，目前已達實用化的階段。

二、光纖通訊的原理

當我們用無線電傳送資訊時，必須先化成一系列的電訊號，由發射站轉換成為「無線電訊號（Radio Signal）」，而接收站接到這些訊號後，再將其轉換成電訊號，之後再解碼轉換成我們需要的資訊。同理，光也可以藉著閃爍光源，如訊號閃光燈的開或關而產生一系列的圖形，我們稱之為「光訊號」。光比電有更大的傳輸資訊能力，也就是說光可以斷成為更短的脈衝，因此在相同的時間裏可形成更高密度且資訊豐富的圖形。在這種速率下，藉著合併圖形單元成為一個個的「堆積（Stack）」，就可在同一條纖維中，同時傳送很多不同的資訊。就如同汽車從交流道進入高速公路一樣，不會撞到其它汽車。這也就是為何「光纖」能同時容納很多資訊在其中傳輸的原因。

三、光纖通訊的優點

(一)長距離通信，減低成本：

1.譬如1.3微米波長之光纖用於傳輸時，每公里約有0.4～0.5dB的損失；

而1.5微米之光纖每公里約有0.2～0.25dB之低傳輸損失。

2.和傳統的銅線電纜傳輸系統比較，光纖通信使傳輸的中繼距離增長至

數十公里，並可大幅度地減少中繼器之數目，降低通信系統的成本。

3. 舉例來說：若從台北至基隆，距離不過二十多公里；若採用光纖連接，

則基隆地區就不須設大型機房。由於光纖傳輸損失低，增長中繼區間

的傳輸，減少系統成本及複雜性，更適用於長途傳輸。

(二)光纖質細、輕並富可繞性，容易集結成束，故光纖集結成光纜埋設時， 可節省管道空間。有效提高管道使用率，配置空間的經濟性高，適用於 飛行器，衛星及船艦。

(三)光纖具有極大的通信頻寬，頻寬可達1～2GHz以上。一般普通同軸電 纜的頻寬約330MHz～550MHz，相較之下，光纖有著極高之載訊容量。

(四)光纖材料一般皆為石英玻璃，其具有不腐蝕、耐火、耐水及壽命長之特 性，加上光纖有極佳的柔軟性及應變性，良好的保護外被及抗張物質， 使光纖傳輸可節省經營成本。

(五)由於光纖介質作成如石英玻璃，即為良好絕緣體，不會受到電磁波等之 干擾，適用於容易受雷擊或高電場區，可大大提高通信的傳真度。

(六)保密性高 光信號不會從光纖中幅射出去，適用於軍事，銀行連線及電 腦網路。

由於光纖系統具有上述諸多之優點，使得各國皆看好光纖通信之前景，並已投入大量財力、人力來研究開發。隨著資訊時代的來臨，容量大、低損失、可靠度佳的通信網路是不可或缺的，而光纖通信系統是最佳的選擇。因此，可預期在不久的將來，大部份的銅線電纜將會被光纖取而代之。

四、光纖通訊系統的類別

整體光纖通訊產業包括的範圍相當廣，從局端設備、傳輸設備、傳輸設備中的零組件、及用戶端的網路設備…等都有光纖通訊的專有產品，雖然產品相當繁雜，不過以目前已可商業化量產的產品來分類，其零組件大致可粗分為三大類：光纖及用光纖做成的光纜、光主動元件、及光被動元件等。

所謂光纖，目前仍是以石英玻璃所製成的細微纖維為最主要產品，最近也出現以塑膠為材料的塑膠光纖；數蕊光纖外加包覆材料合併成的纜線則稱為光纜；而光主動元件則包括提供光源的光發送器、接收光源的光接收器、及光放大器…等；在光被動元件方面所包含的產品更是繁多，例如最常見的光纖連接器、光調變器、光隔絕器、光纖耦合器、光衰減器…等。（詳見表一）

表一：光纖通訊系統的類別

類別　說明

光纖可分為3層：核心層（core）、包覆層（clad）、保護層（光纜）。

依材質可粗分為： 玻璃光纖（SiO2）與塑膠光纖（PC、PS、mCOC、PMMA、Sol-Gel）。

光纜包括單模光纜（48﹪）、多模光纜（9﹪）、海底光纜（43﹪）。

依材質可粗分為：室內（PE）、室外（PVC）。

光主動元件涉及光電之間能量的轉換，包括：光發送器、光接收器、光收發器、光放大器、面射型雷射（VCSEL）、光開關、可調式雷射、L Band放大器。

光被動元件光連接器（比重最大）、光耦合器、光衰減器、光訊號調變器、光偏振器、光隔絕器、濾波器、光源分歧器、光波分歧器。

其他DWDM系統

光通訊材料

光纖區域網路設備

電信光傳輸設備

有線電視光傳輸設備

光纖通訊量測設備

以下將較重要的幾種零件加以解說：

光纖：

1.光纖為玻璃SiO2、塑膠等材質抽絲而成的光傳輸媒介，由於光波可透過光纖傳輸數據等資訊，具有傳輸頻帶寬、通訊量大、損耗低、不受電磁干擾、重量輕等特性。

2.光纖構造方面，內層包含一根極細的玻璃柱，稱為軸芯(core)，外圈再以一圈稱為被覆層(cladding)的玻璃包圍，由於被覆層玻璃的折射率較軸芯玻璃柱小，軸芯中傳導的光線如果折射至被覆層，將以全反射的方式折回軸芯內，光波傳導的效率也提高許多。因此，光纖由內而外分為三部分： 1、軸蕊部份 (Core) ：即光纖中傳遞光信號的部份。 2、被覆層部份 (Cladding) ：被覆在軸蕊外圍，為使光線能在核心中傳送。３、保護層 (Jacket)： 被覆層外殼，可防止外力損害光纖之被覆層及軸蕊。

3.光纖實際應用時，可集合多束光纖，再以保護層方式加強外殼防護，即成為所謂的光纜。由於光纖可使用的頻寬極大，現階段使用範圍約在565 Mbps上下，未來透過頻寬切割及分波多工方式，傳輸頻寬可望更進一步擴大

4.光纖類型方面：可概分為單膜、多膜以及特殊用光纖，其中單模光纖因只傳輸一個模態，適用於大容量長距離的光纖通訊，在骨幹光纖佈建之時需求量最大，歷年所佔產值比重約八成，多膜光纖蕊徑較大，可同時傳輸多種模態，傳輸性能雖然較差，然因適用於區域光纖網路佈建使用，未來成長率尤勝單模光纖。特殊光纖則包括塑膠光纖等其他光纖，市場用量相對較小。

光纜

1. 光纜則是將光纖集結後加上防水、被覆以及支撐介質，以達到維持原有光纖的傳輸特性，便於施工及保護光纖的功能。一般光纜的結構可分為光纖緩衝層、纜心以及抗張力體、被覆以及防水層等部分。而依其構造差異，可略分為 （1）、鬆帶型光纜（2）、溝槽型光纜（3）、溝槽型帶狀光纜（4）、帶狀光纖光纜四類（5）、光/電混合纜（6）、室內光纜（7）、通訊光纜等幾大類

2. 國內目前真正可自製光纖的廠商並不多，多半由國外買進光纖，加上封管加工製造成光纜。國外光纖廠商以康寧、朗訊、Alcatel、住友等為產業的領導廠商。（見附錄一、附錄二）

光主動元件：

在整個光纖通訊系統架構當中，光纖主動元件可謂扮演了「承先啟後」的重要角色，因為光纖主動元件的功能主要有進行光電（或電光）轉換，與光訊號放大等等。

透過電光轉換，可將原本使用電氣訊號傳播資訊的過程，自由地改以光訊號進行之，俟抵達目的地後再進行光電轉換，將光訊號轉換回原先的電氣訊號，再由其他電子設備應用，故使得光纖通訊得以實現。此外，在傳播的過程當中，訊號不免會受到環境以及傳播介質的影響而隨著傳播距離增長而衰減，為了維持資訊的正確性，故在傳播過程當中，必須使用放大器將已衰減的訊號加強後再繼續傳送。正由於光纖主動元件具有轉換與放大等等的功能，使得資訊傳播得以使用較具效率的光纖為之，故光纖主動元件的確具有「承先啟後」的功用。

甲、光收發模組：

i.光收發模組係整合光傳送器(transmitter) 及光接收器(receiver)兩大功能，而形成的單一光訊號收發模組。因此，可將其區分為通訊用光源（發射器）及檢光器兩大部分，其中通訊用光源部分主要採用LED及LD兩種光源，LED單價雖然相對便宜，然而 LD因光源性質較佳，加上新開發的面射型雷射（VCSEL）光源性能優越，採用LD的光收發模組比重有逐年增加趨勢。

ii.而檢光器部分尤為光收發模組最重要的關鍵組件，需具備高靈敏度、高頻寬、高可靠度以及低成本、易製造要求。目前檢光器所採用的元件，主要分為 PIN二極體 及APD二極體兩類，其中又以PIN二極體生產成本較低，所佔比重較大。

iii.未來光纖網路傳輸速率要求將不斷提升，光源及檢光器性能的要求將成為光網路發展的重要關鍵。

乙、光放大器：

i.過去，在光放大器仍未問世之前，必須先將光訊號還原回電子訊號，使用電子訊號放大器放大後，再轉換為光訊號傳送。這樣的過程不但繁複，而且電子訊號放大器的適用傳輸速率與頻寬固定，若光纖通訊系統傳輸速度提升下則必須全部更新，如此使得設備成本大增，然而光放大器則無此困擾。近期高密度分波多工(Dense Wavelength Division Multiplexing， DWDM)系統的問世，使得資料傳輸速率大增，但之所以能夠普及，正是拜光放大器去除傳統光電轉換的障礙所賜。除了作為傳輸過程中的中繼器外，光放大器亦可加在發送器中以提高輸出功率，或者用於接收器中作為前級放大以提高靈敏度。

ii.光放大器是在不經過光電轉換的狀況下，直接將光訊號加以放大的光主動元件，由於長距離的光纖通訊將面臨嚴重的光信號衰減問題，因此光纖網路中每隔適當的距離即需以中繼器或光放大器將訊號加以放大。而光放大器因不需經過光電轉換，在網路升級或調整格式時，便不需像中繼器一般加以更換。

iii.光放大器主要可分為三大類：（1）、光纖放大器 (OFA)；（2）、半導體光放大器(SOA)；以及（3）、拉曼放大器(RA)三大類。光纖放大器乃利用摻稀土離子玻璃的增益特性，在光纖中直接將信號放大；半導體光放大器原理則與雷射二極體近似，可在直流偏壓下將入射於活性層內的光放大；拉曼放大器則是利用光與光纖原子間的非 線性交互作用，以產生的Stoke line達到放大功能。目前技術較成熟的光放大器有摻鉺光纖放大器（EDFA）、摻鐠光纖放大器（PDFA）、半導體光放大器三種。

光被動元件：

光纖被動元件的主要功能是對光訊號作接續、分歧、濾波、衰減或隔離，故此類元件包括連接器、耦合器、分波多工器(Wavelength-Division Multiplexer)、光開關、濾波器、隔離器與衰減器等。在整個光纖通訊系統佈建時，整體通訊網路的連結全有賴光纖被動元件來達成，而被動元件的良窳與通訊品質息息相關。舉例來說，良好的被動元件可以使連結時的插入損失(insertion loss)盡可能降低，使得訊號較為清晰，並可確保線路連結的穩定，不致滑落或鬆動而造成通訊不良，因此被動元件可說是光纖通訊的基礎。

甲、光連接器：

i.光纖連接器是一種裝置在光纖終端的機械裝置，可用來作為光纖連接時光路徑的接續零件。依其接續的光纖種類不同，光纖連接器可概括分為單模光纖連接器及多模光纖連接器，而若再依半永久性及永久性光纖接續的用途不同，尚可在區分為光機械式接合以及機器熔接兩類接續方式。

ii.一般衡量光纖連接器性能好壞與否，光訊號傳遞在經過兩個相連的連接器時，其能量耗損所得出的插入損失以及由連接器端面反射計算的反射損失兩項數據將是主要判斷標準。而未來符合線路施工及終端使用便利性的光纖連結器，在光纖網路鋪設人工成本偏高因素下，將是主要成長的產品。〈見表二〉

表二：各種環境對連接器的損耗要求

損耗程度使用環境

0.2dB以下長程通訊系統連接用

02.-0.75dB建築物或工廠內系統連接用

1-3dB在以成本為優先考量下，連接應用產品用

乙、光纖耦合器：

i.光纖耦合器一般又可稱為分歧器，主要用來將光訊號從一條光纖中分至多條光纖中，由於光訊號傳遞並不像銅導線裡電訊號一般的容易分歧，因此欲將光訊號分散至不同管線時，即需要光纖耦合器加以分光。

ii.因此，光纖耦合器廣泛應用於用戶迴路系統、區域網路、有線電視網路系統。組態方面一般可分為雙分支、樹 /星狀及分波多工三類；而依製造方法不同，亦可分為熔接式光纖燒結、微光學及平面波導式三類光纖耦合器。

iii.其中微光學乃採用漸變折射率透鏡棒將光纖傳導的光擴大平行化後，再用半透明的反射鏡將光分成兩部分，分別用透鏡棒聚焦後耦合入光纖中。光纖燒結則是將兩條光纖併在一起熔融拉伸，使核蕊因聚合力而結合，達到光耦合作用，為目前成本最低、可靠性最高且國內業者生產比率最高的耦合器產品。平面波導方法則是採用火焰水解沈積法和光刻蝕，將波導結構製作在矽晶片上，以達到分光耦合作用，國外業者以該項技術生產耦合器比重較高。

丙、分波多工器：

i.分波多工乃是在同一條光纖內同時傳輸數個不同波長的光信號，以倍增光纖傳輸容量所開發的分工技術，由於分波多工可結合EDFA等光訊號放大技術，充分發揮光傳輸的高頻寬特性，將數百個不同波長的光信號同時傳播在同一光纖中，而依其原理開發出來的分波多工器（WDM： Wavelength Division Multiplexing）連帶也成為近年最熱門的光纖被動元件。

ii.分波多工器為雙向性的被動元件，其多工性能可將不同波長光訊號組合入一條光纖中，而其解多工性能則可將一條光纖中傳輸的不同波長光訊號分離出來。

丁、光纖光柵：

光纖光柵是一門新的技術，其所應用的範圍相當的廣，因此不只限用於光纖通訊上，所以在以後的市場上、應用上將有相當看好的市場;光纖光柵其工作原理來自纖核內Bragg光柵之反射機制，以現在最廣泛及最經濟之製成為相位光罩法，製作方法是將光纖剝除被覆後，置於高壓氫氣罐內一段時間後取出，再置於相位光罩(Phase Mask)下，再以準分子雷射(Excimer Laser)曝光約十分鐘即可成為一個反射某一個波長的反射器，而反射波長依相位光罩而定;而所需之主要設備為KrF準分子雷射、相位光罩以及相關光學器具;下圖一便是製做圖示。

光纖光柵的應用相當的廣泛，可用於

•可調波長式雷射(Tunable Laser)

•EDFA的濾波器(增益修飾元件)

•智慧型結構(Smart Structure)

•波長選擇器

•WDM濾波模組的製造

•帶抑濾波器

•搭配光纖耦合器和光纖旋波器可做出塞取多工器(OADM)

•啁啾相位光罩(Chirped Phase Mask)製作啁啾光柵(Chirped Fiber Grating)當做色散補償器(Dispersion Compensator)

　因此光纖光柵是目前光通訊廠商相當重要的研發重點

戊、光開關：

光開關為全光網路中，光纖訊號交互連結的主要元件，其作用主要在於將一光路徑建立或中斷，以決定光信號傳送方向。

己、光衰減器：

i.光衰減器可用於吸收或反射光訊號的餘量，或用於系統損耗的評估與測試。由於光訊號經過各項元件的傳輸，均將引發光源的頻率漂移及線路雜訊，因此，透過光衰減器以吸收相關雜訊將是確保高速光通訊品質的重要元件。

ii.光衰減器目前已廣泛應用在光通訊市場，其產量僅次於連接器、耦合器，市場需求仍穩定成長。

庚、光隔離器：

光隔離器是一種兩端口的光被動元件，主要功能在於使光訊號在傳輸方向衰減很小，而相反方向的光則不會被反射。主要應用在光發射模組、光放大器以及在高傳輸系統中，用以降低雜訊影響。

辛、高密度分波多工器

高密度分波多工器(Dense Wavelength-Division Multiplexer)為近期通訊上的重大發明，其工作原理與分波多工器相同，但其工作於同一波長頻帶，且不同波長間的間隔低於1nm，正因為其波長間隔甚短，故所使用光源頻寬必須很窄，例如DFB雷射，因為其頻寬最窄可達0.2nm，故相當適合使用。此外由於在解多工部份所使用的濾波器精密度也必須相當高，才能確保輸出端訊號的純淨。DWDM主要使用1550nm波長範圍光源，不同波長間間隔僅約0.8nm，故其光源多採用頻寬窄的DFB雷射，而濾波器的特性更決定DWDM的好壞。〈見附錄三〉

五、光纖通訊的應用

在光傳輸不到30年的歷史上，發展初期主要是以電信傳輸為主，不過由於技術的精進與不同需求的增加，近10年光纖應用發展也逐漸擴增到光區域網路及有線電視光傳輸市場，因為光通訊的傳輸必須是相當精確，所以連帶地也帶動了光通訊量測市場的興起。

光纖通訊系統的應用目前大致可分為三大類：電信光傳輸方面、光纖區域網路方面、有線電視方面，底下就一一加以探討。

1.電信光傳輸方面

電信光傳輸設備為光通訊產業的最大應用者

在最早期的電信架構上，是由一中央交換機（Centralized Switch，或稱交換所）與各用戶（End User）直接連線，稱為中央交換網路（見圖二），單一線路只服務一個最終用戶，但由於各用戶間所處的距離長短不一，為避免長距離線路侷限於只被一位使用者佔用，造成通訊設備因無效率的運用而形成的浪費，所以階層網路（Hierarchical Network）也就衍生而成。階層網路的架構（見圖三），原則上在地方是由『交換所』及用戶所組成的中央交換網路負責，各中央交換網路再以頻寬較大的『幹線』（Carrier Trunks）相互連接，並用多工（Multiplexing）的方式以增加幹線的傳輸容量，現在使用較多的多工技術是以『分時多工』（Time Division Multiplexing，TDM）為主；在階層網路下，由於地區性的通訊交由各地區的中央交換網路處理，而長途通訊才會經由多工機再透過幹線來傳輸，因此地區性通訊與長途通訊的資源使用都可得到較有效率的分配，並且能夠獲得較大的傳輸容量。

光纖傳輸的頻寬與速度遠優於銅質電纜

在過去的電信架構中，由於單一的語音傳輸管道（voice channel）只需要64Kbps的頻寬即可，所以在各地區交換所間的幹線大多只使用可容納較高傳輸量的銅質電纜作為連接的媒介，例如DS3(或稱T3，44.736Mbps)及E3（34.368Mbps）…等，不過隨著電信傳輸量的增加，過去銅質幹線的頻寬已逐漸不敷使用，因此擁有較高傳輸容量的光纜也就開始運用在幹線上，甚至已經開始取代銅質電纜；在傳統的光纖系統中，光纖的傳輸速度都是銅質電纜的數倍以上，例如在同步光纖網路系統/同步數位階層（SONET/SDH）中，較低光纖傳輸速率的OC-3速率都可達155Mbps，速度將近銅纜E3的5倍，如果以較高光纖傳輸速率的OC-192（10Gbps）來說，其速度更是接近E3的300倍（見表三） 。

隨著光纖技術的應用增加，SONET/SDH的光纖傳輸協定標準也就被制訂出來，SONET（Synchronous Optical Network，同步光纖網路）與SDH（Synchronous Digital Hierarchy，同步數位階層）的基本架構都是以同步傳送模式作為基礎，只是SONET是由美國訂定的光纖傳輸標準（美規），SDH是ITU（International Telecommunication Union）根據SONET為藍本，之後再訂定改編適用於美國以外的全球同步傳輸標準，此標準除了適用於光纖網路外，也適用於其他以『同步傳輸』為標準的傳輸方式。目前在全球許多國家的長途骨幹網路上都已普遍採用SONET/SDH的光纖網路，大多以提供2.5Gbps、5Gbps、或10Gbps的系統為主，在中繼幹線上則是OC-3及OC-12為多數。

ATM架構可使光纖網路更具有彈性與擴充性

不過因為SONET/SDH等同步傳輸技術具有部分先天上的限制及數據資訊傳輸的增加，ATM網路傳輸將會成為未來另一重要的骨幹傳輸架構，未來新一代的骨幹網路許多都會採用ATM架構。ATM（Asynchronous Transfer Mode，非同步傳輸模式）正如其名為一種非同步的傳輸方式，最主要特別的地方即是運用許多固定長度的訊框(Fixed-length Cells) (53 bytes)進行資訊傳輸，此運送方式可提供有時間先後性的資料（如語音及影像）進行高速（2.5Gbps以上）傳輸，並且可以達到『品質服務』（Quality of Service，QoS）的保證。由於ATM具有網路建構彈性、未來設備擴充性、及傳輸速度…等特性，所以ATM的崛起也將助益於光纖網路的發展與盛行，能使光纖傳輸發揮更大的效用。WDM與DWDM等多工技術的出現，可以使光纖傳輸更有效率，大大地提高光纖通訊的應用範圍。

雖然SONET/SDH的光纖傳輸方式為目前較普及的傳輸方式，不過由於SONET架構上的光纖資訊都是只能以單頻率（也就是單色）的方式傳輸，在目前頻寬需求殷切的時代來說似乎較不符合效益，所以也就有了以不同波長作為多工的『分波多工』（Wavelength Division Multiplexing，WDM）技術，WDM的簡單原理就是利用一條光纖傳輸兩個或以上不同波長（顏色）的光訊號以達到增加容量或頻寬的多工效果；最近幾年，光纖多工的技術又更進一步達成了『高密度分波多工』（Dense Wavelength Division Multiplexing，DWDM），所謂DWDM與WDM原理類似，只不過DWDM可以高密度的方法讓八個以上不同波長的光資訊同時透過一條光纖傳輸，以現今的技術最多可將約80筆的資料封包多工放在單一光纖上傳輸，以充分達到寬頻的效果，並且大大地降低光纖通訊的傳輸成本；如果以DWDM的技術再配合摻鉺光纖放大器（EDFA）的運用，現在已成為有線通訊增加傳輸容量的最佳解決方式。

2.光纖區域網路方面

人們對於頻寬的需求帶動了光纖區域網路的發展

如前所述，由於價格高昂及需求的問題，所以早期光纖發展僅限於長途通訊幹線上的運用，不過近幾年在通訊量的快速增加及網際網路的爆炸性成長下，光纖網路的應用已從過去的長途運輸（Long Haul Transport）的骨幹網路擴展到大城市運輸（Metro Transport）的區幹線，未來一、二年更會因為Datacom流量的增加、技術的進步、及光通訊成本的下降，而使光通訊的應用再度向接取端傳輸（Edge Transport）的中繼幹線（如Fiber to the Building…等）發展。

雖然光纖產品的售價快速下降，但由於光纖產品價格要降到一般消費者可以接受的範圍及實際工程架設的困難，所以在短期內光纖到桌（Fiber to the Desk，FTTD）應仍是不多見，不過在光纖區域網路的骨幹上卻是未來一年內即可見到。目前在光纖區域網路的主流是Fast Ethernet（100Mbps以上）及Gigabit Ethernet（1Gbps以上），由於光區域網路在成本的考量上比電信骨幹網路較為重要，所以其光源大多使用成本低廉的LED及新發展的VCSEL（Vertical Cavity Surface Emitting Laser、垂直共振腔表面放射雷射），將增加光纖區域網路的普及性。

目前區域光纖網路的普及僅限於骨幹上，不過根據評估此市場就不遜於電信骨幹網路的市場，如果未來因光纖產品價格的下降而可達到FTTD，則相關的主、被動元件市場的龐大將是無可言語。

3.有線電視光傳輸方面

有線電視的雙向傳輸帶動了HFC的興起，也增加了對於光纖光纜的需求

早期有線電視傳輸的介質是採用同軸電纜（Coaxial Cable）傳輸，整個同軸電纜所運用的頻帶也只有從50MHz到550MHz，大約可放送100個頻道，其他剩餘的頻帶卻因沒有使用而形成浪費，之後因為HFC（Hybrid Fiber Coaxial、光纖同軸電纜）架構及雙向傳輸的出現，因此有線電視系統也可運用在數據資料的傳輸。HFC主要是用光纖將訊號從頭端（Head-end）傳送到在用戶附近的光投落點（Optical Network Unit、ONU），之後再用同軸電纜以串接的方式將高品質的射頻訊號送到500~1000個用戶處。

HFC用50~550MHz的頻帶下載電視節目，另運用550~750MHz的頻帶以調變的方式進行數據、影像、或電話…等數位的下載服務，此外再用5~35MHz的頻帶作為訊號的上行使用。

由於這兩年運用同軸電纜作雙向傳輸的市場呈現倍數的成長，過去舊型的傳統線纜架構都必須重新鋪設HFC，所以有線電視傳輸市場也將成為光纖傳輸設備與零組件快速成長的另一動力。

六、結論

綜合以上所述，在未來頻寬需求仍不斷成長下，光纖通訊的趨勢已然形成，台灣廠商自然不能放棄此一龐大商機。就整體來看，通訊設備市場仍為歐美主要廠商的天下，在掌握規格制定與既有的市場基礎下，國內廠商所能著墨的範圍不大，因此台商的主要商機仍然在光通訊零組件的製造上。

在光通訊零組件中，我國廠商從事被動元件的時間較長，發展也較為成熟，加上目前生產自動化的程度不高，仰賴人力較多，故承接歐美廠商的外包訂單較為容易。特別是未來需較為低廉的通訊零組件，包括各式連接器、耦合器與濾波器等被動元件與低功率的主動元件，此部份產品的要求不若長距離傳輸嚴苛，注重的是成本的低廉，且需求量龐大，此部份正好適合台灣廠商來發展，因此，我國廠商目前應留意此塊市場的發展。

台灣目前由於只有少數廠商自行生產光纖，所以產值仍小，不過光纜業卻是相當發達，大多數的光纖都是自國外進口，然後國內在將其加工成光纜，初期光纜業者是以滿足台灣的內需為主，不過隨著產能的開發及許多業者的投入，目前各光纜廠商也積極地投入國際市場

總之，在現今光纖通訊蓬勃發展之際，國內廠商若能積極投入產品與製造技術的研發，加上適當的策略結盟，未來商機將是十分龐大，而光纖產業也將成為未來台灣股市中的明星產業。

附錄一

充膠單模光纜：低損失，傳輸容量大，外徑小、重量輕，易於施工，適用於大容量通訊傳輸系統。

無金屬單模光纜：低損失，傳輸容量大，內無金屬導體，不受電磁感應干擾，適用於高壓電力線平行區間之通訊傳輸。

溝槽型單模光纜：低損失，傳輸容量大，外徑小，重量輕，易於施工，適用於市內中繼和用戶迴路大容量通訊傳輸系統。

充膠鎧裝海底單模光纜：低損失，傳輸容量大，適用於海底光纖傳輸系統。

附錄二：海底光纜

優良之光學特性及機械特性，可用於淺海區域之佈放。

高抗張強度設計。有單鎧或雙鎧結構可供選擇以適用不同需要。

沒有銅導體之設計。

溝槽型中心體結構設計，海纜單長可達１５公里。

海纜結構

單鎧

機　械　及　環　境　特　性

項目單鎧雙鎧

海纜外徑　(mm)4569

海纜空氣中重量　(kg/km)　5，30013，700

允許最大張力　(N)　40，000100，000

允許最小彎曲半徑　(mm)30倍光纜外徑

工作及儲存溫度-30℃ ~ +60℃

訂購記號編碼說明：

附錄四 全球光纖通訊產業各分項領域之領導廠商

分項領域領導廠商

光纖 Corning、Lucent、Alcatel、Sumitomo、Fujikura、Furukara

光纜 Siemens、Lucent、Pirelli、Alcatel、Sumitomo、Corningㄒ

塑膠光纖Mitsubishi Rayon Co.、Asahi Chemical Co. 、Taray industries

光纖放大器Lucent、Pirelli、Ciena、Corning、Nortel、Alcatel、Fujitsu

VCSELHoneywell、Mitel、CSEM、Mode、infineon、Agilent、Microcosm

發送器/接收器Lucent、Nortel、Alcatel、Fujitsu、AMP、Agilent、Hitachi、NEC、Siemens

光纖連接器Lucent、AMP、3M、Siecor、Molex、Seiko、Alcoa Fujikura、Diamond

DWDM元件Corning-OCA、JDS-FITEL、DiCon、Lucent、Hitachi、Pirelli、3M

光被動元件 E-TEK、DiCon、Corning、Lucent、Uniphase、ADC、Gould

光通訊設備 Lucent、Alcatel、NEC、Nortel 、Fujitsu、Siemens、Ciena

國內光纖通訊相關投資廠商

產品國內相關生產公司

光纖材料上詮、冠德光電、卓越光纖

光纜冠德、聯合、大同、台林、華新麗華、三光惟達、太平洋及華榮等八家

新進業者：大亞、台一

光主動元件冠德光電

光被動元件三光惟達、上詮、台精、百訊光電、亞銳光電、卓越光纖、冠德光電、蒲朗克光電、華榮國際、光炬、波若威、光隆光電、光紅光電

新進業者：鴻海、環科

光通訊設備主要仍由國外業者主控，國內業者搭配部分產品出貨

其他重要元件DWDM filter 精碟、玉山光訊

雷射光源國聯、全新等

光纖的應用

取自:<http://www.ieo.nctu.edu.tw/~ieofuture/102/OF4.html>

光纖雷射碎脂：

將一根極細的光纖穿入皮下，用雷射光溫和的熱作用，把肥油一點一點的融解掉，讓融掉的油脂被身體自行吸收掉，因為傷口極小不會對人類造成身體影響，且經由雷射光纖的熱作用還會由內激發真皮層膠原蛋白再生，因此術後不僅肥油不見了，皮膚也變得緊實有彈性，連最難的肥胖紋也獲得改善，再也看不出曾經胖過的痕跡。

內視鏡：

內視鏡是利用光纖最基本的原理，應用於工業、神經外科……其優點有:能清楚看見人體內的構造，在最少的傷害下進行治療「 膠囊內視鏡」，當患者吞服下膠囊內視鏡，在經過腸胃消化系統的時間內不斷拍攝小腸腸道的影像，在人體內每秒可拍攝2張彩色照片，將影像資料傳送至患者身上的無線傳輸接受器，最後，膠囊內視鏡會與糞便一同排出。它的優點是檢查方法簡單、無痛、無侵襲性，如同吞服藥丸，檢查過程方便易施行，可以自由活動不受限制，敏感度高，影像清晰，且單一拋棄式膠囊，不重覆使用，不怕交錯感染。

電信網路:

所佔比例最大，在長途海底纜線中 有九成半以上都採用光纖來取代傳統電纜。將來的目標是要將光纖直接舖設到每一個用戶家庭，也就是所謂的光纖到家(FTTH)，這就是將多媒體推展至每個用戶的最佳的方式。

數據傳輸網路:

光纖區域網路提供了使用者一個高速傳輸網路雖然這些網路從機房到個人電腦都還是採用銅線來傳輸，但其餘部份卻幾乎已經光纖化。光纖已從骨幹網路(Backbone)逐漸運用到校園主幹網路，也就是光纖到大樓(FTTB)最後的目標是將光纖從機房直接拉至每一台電腦上，也就是光纖到桌上(FTTD)。

光纖影像生命探測器:

利用光纖影像生命探測器，能夠找尋受困者，並與受困者做雙向溝通，瞭解他周邊環境及身體狀況，以無線傳送讓指揮官看到救助隊員鏡頭所拍攝到的影像，進而決定搶救方案。

光纖監測:

透過光纖的反射量、張力等資料，也可以用來監測橋樑安全和土石流狀況。當橋樑建好時，沿著橋墩鋪設光纖，隨時記錄光纖的反射量，如果橋樑彎曲變形，原本拉直的光纖也會變形，反射量會變差，如果達到需要維修的程度，工程光纖埋在土中，如果有土石流的情況，光纖會稍微被拉開，張力改變；而如果用打光反射來觀察光纖張力的變化，可以監測土石流的狀況。人員可以馬上察覺進行維修。預防瓦斯漏氣也可用光纖。在瓦斯開口處兩邊拉上光纖，讓紅光從瓦斯開口處通過，若瓦斯從開口處漏氣，氣體分子會大量吸收紅光，通過光纖的紅光功率會因此而變小，儀器就可以察覺瓦斯正在漏氣。

LED光纜燈:

LED燈頭與光纖導光管接合後簡稱為"光纜燈"，其LED的冷光更可緊密的與導光管相接，降低照射面的反射損失，提高"光纜燈"的亮度。適用於舞台、廣場、水中、馬路彎道、路面、階梯、建物、景觀造景等；並具有超省電、長壽命、耐候佳等特性。

3.LED在高亮度的發展上，從內部與外部效率有哪些作法，從學理上，LED亮度的最大極限為何？(20%)

答:高亮度LED之「封裝熱導」原理技術探析

前言：過去LED只能拿來做為狀態指示燈的時代，其封裝散熱從來就不是問題，但近年來LED的亮度、功率皆積極提升，並開始用於背光與電子照明等應用後，LED的封裝散熱問題已悄然浮現。

　上述的講法聽來有些讓人疑惑，今日不是一直強調LED的亮度突破嗎？2003年Lumileds Lighting公司Roland Haitz先生依據過去的觀察所理出的一個經驗性技術推論定律，從1965年第一個商業化的LED開始算，在這30多年的發展中，LED約每18個月∼24個月可提升一倍的亮度，而在往後的10年內，預計亮度可以再提升20倍，而成本將降至現有的1/10，此也是近年來開始盛行的Haitz定律，且被認為是LED界的Moore（摩爾）定律。

　依據Haitz定律的推論，亮度達100lm/W（每瓦發出100流明）的LED約在2008年∼2010年間出現，不過實際的發展似乎已比定律更超前，2006年6月日亞化學工業（Nichia）已經開始提供可達100lm/W白光LED的工程樣品，預計年底可正式投入量產。

▲Haitz定律可說是LED領域界的Moore定律，根據Roland Haitz的表示，過去30多年來LED幾乎每18∼24個月就能提升一倍的發光效率，也因此推估未來的10年（2003年∼2013年）將會再成長20倍的亮度，但價格將只有現在的1/10。（圖片來源：Lumileds.com）

　不僅亮度不斷提升，LED的散熱技術也一直在提升，1992年一顆LED的熱阻抗（Thermal Resistance）為360℃/W，之後降至125℃/W、75℃/W、15℃/W，而今已是到了每顆6℃/W∼10℃/W的地步，更簡單說，以往LED每消耗1瓦的電能，溫度就會增加360℃，現在則是相同消耗1瓦電能，溫度卻只上升6℃∼10℃。

■少顆數高亮度、多顆且密集排佈是增熱元兇

　既然亮度效率提升、散熱效率提升，那不是更加矛盾？應當更加沒有散熱問題不是？其實，應當更嚴格地說，散熱問題的加劇，不在高亮度，而是在高功率；不在傳統封裝，而在新封裝、新應用上。

　首先，過往只用來當指示燈的LED，每單一顆的點亮（順向導通）電流多在5mA∼30mA間，典型而言則為20mA，而現在的高功率型LED（註1），則是每單一顆就會有330mA∼1A的電流送入，「每顆用電」增加了十倍、甚至數十倍（註2）。

　註1：現有高功率型LED的作法，除了將單一發光裸晶的面積增大外，也有採行將多顆裸晶一同封裝的作法。事實上有的白光LED即是在同一封裝內放入紅、綠、藍3個原色的裸晶來混出白光。

　註2：雖然各種LED的點亮（順向導通）電壓有異，但在此暫且忽略此一差異。

　在相同的單顆封裝內送入倍增的電流，發熱自然也會倍增，如此散熱情況當然會惡化，但很不幸的，由於要將白光LED拿來做照相手機的閃光燈、要拿來做小型照明用燈泡、要拿來做投影機內的照明燈泡，如此只是高亮度是不夠的，還要用上高功率，這時散熱就成了問題。

　上述的LED應用方式，僅是使用少數幾顆高功率LED，閃光燈約1∼4顆，照明燈泡約1∼8顆，投影機內10多顆，不過閃光燈使用機會少，點亮時間不長，單顆的照明燈泡則有較寬裕的周遭散熱空間，而投影機內雖無寬裕散熱空間但卻可裝置散熱風扇。

▲圖中為InGaN與AlInGaP兩種LED用的半導體材料，在各尖峰波長（光色）下的外部量子化效率圖，雖然最理想下可逼近40％，但若再將光取效率列入考慮，實際上都在15％∼25％間，何況兩種材料在更高效率的部分都不在人眼感受性的範疇內，範疇之下的僅有20％。（圖片來源：Lumileds.com）

　可是，現在還有許多應用是需要高亮度，但又需要將高亮度LED密集排列使用的，例如交通號誌燈、訊息看板的走馬燈、用LED組湊成的電視牆等，密集排列的結果便是不易散熱，這是應用所造成的散熱問題。

　更有甚者，在液晶電視的背光上，既是使用高亮度LED，也要密集排列，且為了講究短小輕薄，使背部可用的散熱設計空間更加拘限，且若高標要求來看也不應使用散熱風扇，因為風扇的吵雜聲會影響電視觀賞的品味情緒。

■散熱問題不解決有哪些副作用？

　好！倘若不解決散熱問題，而讓LED的熱無法排解，進而使LED的工作溫度上升，如此會有什麼影響嗎？關於此最主要的影響有二：(1)發光亮度減弱、(2)使用壽命衰減。

　舉例而言，當LED的p-n接面溫度（Junction Temperature）為25℃（典型工作溫度）時亮度為100，而溫度升高至75℃時亮度就減至80，到125℃剩60，到175℃時只剩40。很明顯的，接面溫度與發光亮度是呈反比線性的關係，溫度愈升高，LED亮度就愈轉暗。

　溫度對亮度的影響是線性，但對壽命的影響就呈指數性，同樣以接面溫度為準，若一直保持在50℃以下使用則LED有近20,000小時的壽命，75℃則只剩10,000小時，100℃剩5,000小時，125℃剩2,000小時，150℃剩1,000小時。溫度光從50℃變成2倍的100℃，使用壽命就從20,000小時縮成1/4倍的5,000小時，傷害極大。

■裸晶層：光熱一體兩面的發散源頭：p-n接面

　關於LED的散熱我們同樣從最核心處逐層向外討論，一起頭也是在p-n接面部分，解決方案一樣是將電能盡可能轉化成光能，而少轉化成熱能，也就是光能提升，熱能就降低，以此來降低發熱。

　如果更進一步討論，電光轉換效率即是內部量子化效率（Internal Quantum Efficiency；IQE），今日一般而言都已有70％∼90％的水準，真正的癥結在於外部量子化效率（External Quantum Efficiency；EQE）的低落。

　以Lumileds Lighting公司的Luxeon系列LED為例，Tj接面溫度為25℃，順向驅動電流為350mA，如此以InGaN而言，隨著波長（光色）的不同，其效率約在5％∼27％之間，波長愈高效率愈低（草綠色僅5％，藍色則可至27％），而AlInGaP方面也是隨波長而有變化，但卻是波長愈高效率愈高，效率大體從8％∼40％（淡黃色為低，橘紅最高）。

▲從Lumileds公司Luxeon系列LED的橫切面可以得知，矽封膠固定住LED裸晶與裸晶上的螢光質（若有用上螢光質的話），然後封膠之上才有透鏡，而裸晶下方用焊接（或導熱膏）與矽子鑲嵌晶片（Silicon Sub-mount Chip）連接，此晶片也可強化ESD靜電防護性，往下再連接散熱塊，部分LED也直接裸晶底部與散熱塊相連。（圖片來源：Lumileds.com）

▲Lumileds公司Luxeon系列LED的裸晶採行覆晶鑲嵌法，因此其藍寶石基板變成在上端，同時還加入一層銀質作為光反射層，進而增加光取出量，此外也在Silicon Submount內製出兩個基納二極體（Zener Diode），使LED獲得穩壓效果，使運作表現更穩定。（圖片來源：Lumileds.com）

　由於增加光取出率（Extraction Efficiency，也稱：汲光效率、光取效率）也就等於減少熱發散率，等於是一個課題的兩面，而關於光取出率的提升請見另一篇專文：高亮度LED之「封裝光通」原理技術探析。在此不再討論。

■裸晶層：基板材料、覆晶式鑲嵌

　如何在裸晶層面增加散熱性，改變材質與幾何結構再次成為必要的手段，關於此目前最常用的兩種方式是：1.換替基板（Substrate，也稱：底板、襯底，有些地方也稱為：Carrier）的材料。2.經裸晶改採覆晶（Flip-Chip，也稱：倒晶）方式鑲嵌（mount）。

　先說明基板部分，基板的材料並不是說換就能換，必須能與裸晶材料相匹配才行，現有AlGaInP常用的基板材料為GaAs、Si，InGaN則為SiC、Sapphire（並使用AlN做為緩衝層）。

▲為了強化LED的散熱，過去的FR4印刷電路板已不敷應付，因此提出了內具金屬核心的印刷電路板，稱為MCPCB，運用更底部的鋁或銅等熱傳導性較佳的金屬來加速散熱，不過也因絕緣層的特性使其熱傳導受到若干限制。（製圖：郭長祐）

　對光而言，基板不是要夠透明使其不會阻礙光，就是在發光層與基板之間再加入一個反光性的材料層，以此避免「光能」被基板所阻礙、吸收，形成浪費，例如GaAs基板即是不透光，因此再加入一個DBR（Distributed Bragg Reflector）反射層來進行反光。而Sapphire基板則是可直接反光，或透明的GaP基板可以透光。

　除此之外，基板材料也必須具備良好的熱傳導性，負責將裸晶所釋放出的熱，迅速導到更下層的散熱塊（Heat Slug）上，不過基板與散熱塊間也必須使用熱傳導良好的介接物，如焊料或導熱膏。同時裸晶上方的環氧樹脂或矽樹脂（即是指：封膠層）等也必須有一定的耐熱能力，好因應從p-n接面開始，傳導到裸晶表面的溫度。

　除了強化基板外，另一種作法是覆晶式鑲嵌，將過去位於上方的裸晶電極轉至下方，電極直接與更底部的線箔連通，如此熱也能更快傳導至下方，此種散熱法不僅用在LED上，現今高熱的CPU、GPU也早就採行此道來加速散熱。

■從傳統FR4 PCB到金屬核心的MCPCB

　將熱導到更下層後，就過去而言是直接運用銅箔印刷電路板（Printed Circuit Board；PCB）來散熱，也就是最常見的FR4印刷電路基板，然而隨著LED的發熱愈來愈高，FR4印刷電路基板已逐漸難以消受，理由是其熱傳導率不夠（僅0.36W/m.K）。

　為了改善電路板層面的散熱，因此提出了所謂的金屬核心的印刷電路板（Metal Core PCB；MCPCB），即是將原有的印刷電路板附貼在另外一種熱傳導效果更好的金屬上（如：鋁、銅），以此來強化散熱效果，而這片金屬位在印刷電路板內，所以才稱為「Metal Core」，MCPCB的熱傳導效率就高於傳統FR4 PCB，達1W/m.K∼2.2W/m.K。

　不過，MCPCB也有些限制，在電路系統運作時不能超過140℃，這個主要是來自介電層（Dielectric Layer，也稱Insulated Layer，絕緣層）的特性限制，此外在製造過程中也不得超過250℃∼300℃，這在過錫爐時前必須事先瞭解。

　附註：雖然鋁、銅都是合適的熱導熱金屬，不過礙於成本多半是選擇鋁材質。

■IMS強化MCPCB在絕緣層上的熱傳導

　MCPCB雖然比FR4 PCB散熱效果佳，但MCPCB的介電層卻沒有太好的熱傳導率，大體與FR4 PCB相同，僅0.3W/m.K，成為散熱塊與金屬核心板間的傳導瓶頸。

　為了改善此一情形，有業者提出了IMS（Insulated Metal Substrate，絕緣金屬基板）的改善法，將高分子絕緣層及銅箔電路以環氧方式直接與鋁、銅板接合，然後再將LED配置在絕緣基板上，此絕緣基板的熱傳導率就比較高，達1.1∼2W/m.K，比之前高出3∼7倍的傳導效率。

　更進一步的，若絕緣層依舊被認為是導熱性不佳，也有直接讓LED底部的散熱塊，透過在印刷電路板上的穿孔（Through Hole）作法，使其直接與核心金屬接觸，以此加速散熱。此作法很耐人尋味，因為過去的印刷電路板不是為插件元件焊接而鑿，就是為線路繞徑而鑿，如今卻是為散熱設計而鑿。

■結尾

　除了MCPCB、MCPCB＋IMS法之外，也有人提出用陶瓷基板（Ceramic Substrate），或者是所謂的直接銅接合基板（Direct Copper Bonded Substrate，簡稱：DBC），或是金屬複合材料基板。無論是陶瓷基板或直接銅接合基板都有24∼170W/m.K的高傳導率，其中直接銅接合基板更允許製程溫度、運作溫度達800℃以上，不過這些技術都有待更進一步的成熟觀察。

▲Philips公司的彩色動態式LED照明模組，四組燈泡內各有一個1W的高亮度、高功率LED，且分別是紅、綠、藍、琥珀等四種顏色，主要用於購物場所的氣氛照明、牆壁色調的改變、建築物的戶外特效照明等。

在世界上近十年來，LED發光二極體發展極為迅速，尤其是為了踏入照明領域，LED上游廠商及各學術單位均不遺餘力的研發高亮度LED晶粒，隨著LED亮度增加，從以前只能用於指示及室內顯示而延伸到戶外警示燈、交通路誌燈及各種顯示看板。

材質與製程突破

氮化鎵材質的不斷提升，不僅彌補了以前Gap及InGaAIP系列材料的亮度不足，更使得在可見光領域裡高亮度LED的生產成為可能，也因此使照明應用的研發極具吸引力。

二六族材料的應用

LED高亮度的發展除了從材質上著手以外，還有從大晶粒、發光效率的開發，以及如何提高LED的驅動電流來得到高亮度，以前AIGaAs和InGaAIP LED Chip亮度提高很快，然而這兩種材質的活性層能帶結構限制了只能用於長波長的可見光發光二極體，所以為了得到藍光和藍綠光發光二極體，而採用了二六族材料或InGaN材料，在應用領域中，這類元件竄起極為迅速，而二六族材料有較軟的缺陷，使得氮化鎵基材料成為製作紫光、藍光、綠光等發光二極體元件的唯一可用材料。(圖一)

《圖一　傳統光源與LED光源的演進》



《圖一　傳統光源與LED光源的演進》

LED應用現況

目前已經可以做出高功率、高亮度氮化鎵基藍、綠光晶料，因而可應用於汽車警示燈、交通號誌燈、全彩大屏螢幕顯示器等以前LED晶粒所無法達到的應用領域，這種氮化鎵基晶粒的製造應歸功於MOCVD製程的研發，在氮化鎵MOCVD技術領域，金屬有機物是典型的三甲基鎵(TM Ga)三甲基銦(TMIn)和三甲基鋁(TMAl)，攜帶氣體是氮氣或氫氣，對於生長InGan來說，氮氣是首要選擇的攜帶氣體，因為氫氣減少銦的摻入。(圖二)

《圖二　MOCVD的內部組織》



《圖二　MOCVD的內部組織》

光蝕刻方法



《圖三　電極均在頂面的異質活性層元件》



《圖三　電極均在頂面的異質活性層元件》

如(圖三)所示，這是一種兩個電極都在頂面的異質活性層元件，它會將兩電極做在上面主要是基層(Substrate)材質Sapphire是絕緣的，因此比傳統的單電極在頂的異質活性層元件的製作流程更為困難，一般的製作流程是在Gan上蒸一層NiAu，應用一般的光蝕刻方法，將金屬層刻成單個元件。

NiAu層材質

NiAu層的厚度很薄，這層金屬層必需有三種材質堆疊起來：第一，金屬層必需摻入Mg的Gan層而形成良好的阻抗接觸；其次是這金屬層必須很薄，以便使發光處是透明或半透明狀；第三，金屬層還必須有足夠的厚度，以便使電能得以擴展，並且使電流能均勻注入有台階的活性層內，這些要求都需要在金屬層的厚度上形成配對條件，最近國外的報導還有使用比NiAu更透明的NiOx層或PtRu層，以獲得更透明的金屬層。

高亮度LED電流驅動

LED發光二極體的半導體材質當電流導通時，活性層溫度會上升到攝氏150度左右，而且LED半導體還有一特性是隨著溫度上升，亮度反而下降，所以為了得到高亮度，也可以使用大電流驅動，但是大電流驅動的情況下，晶粒溫度上升則是不能避免的，因此將這些影響亮度的高熱導出將是一個值得探討的課題。

低溫高亮度的LED

Lumileds研發了一種高散熱性元件(圖四)，將晶粒Bonding在具有高導熱效果的銅質基材上，此基材直接座落在散熱片上，當大電流驅動LED使發亮時，所產生的熱就可經由散熱片導出，晶粒將維持某一較低溫度，使得LED的亮度一直維持在高亮度情況下，而不會因溫度的上升使亮度減少。

高功率大晶粒的LED目前以Lumileds的產品為最具代表性，最大驅動電流可達1A，一般使用驅動電流在400MA~500MA，輸出光量可達181m/w，最大可達30 1m/w，晶粒製作尺寸在1mm×1mm。

應用效益

這種做法的好處是可以得到較高的亮度，而且體積可縮減到最小，光點集中，有利於光學設計，一般為了得到較高的光源，有時會使用LED矩陣，但因用LED矩陣會使面積變大，佔據較大空間，因而喪失了發光二極體體積小的特點，而且使用LED矩陣將會用到一些驅動電路，使得零配件增多，成本提高。但大晶粒使用大電流將使晶粒溫度大幅升高，因此在使用設計上對基材的散熱考慮變得十分重要。

TOYODA GOSEI在去年日本電子展曾展出只用19顆大晶粒所做出的交通號誌燈，Agilent也有用大晶粒發光二極體做出的交通號誌燈，比起傳統的交通號誌燈使用200個~300個5mmLED組裝，在材料使用及控制電路上節省了相當多的材料，伴隨而來的是組裝的人工成本也大幅降低，因此大晶粒發光二極體在高亮度使用上具有一定的空間。

TIP LED提高發光效率

傳統發光二極體的晶粒結構使得發光效率只有15%，所以如何提高發光效率也是中游廠商所要考慮的，HP首先將四元材質晶粒作成TIP LED，將內部光源反射出來，其發光效率竟可提高55%，最近美國CREE公司也有將晶粒作成類似的形狀。

這種形狀上的改變也將原本高亮度的GaN LED在提高了32﹪的亮度，因這形狀上的設計有PATENT的問題，因此在國內研究機構及製造廠商對這方面的研發還比較缺乏。

發光二極體的發展

傳統的白熾燈在應用上無法克服耗電量大、壽命短的缺點，在顯示資訊上的應用，如霓虹燈、平面招牌看板等，雖然有色彩鮮艷的效果，但只能單調顯示及簡單圖文變化，處於現今21世紀要傳遞的訊息漸漸複雜化、靈活化，一般的看板、霓虹燈已不敷需求，因此對於新材料的開發日益變成為人類的迫切性，因而發光二極體就變成近代新寵兒。

應用優勢

近幾年隨著微電子技術、自動化技術及計算機技術的突飛猛進，使LED顯示器的應用得到長足的發展，1993年後超高亮藍光、紅光、綠光LED的出現，使LED得以實現全彩顯示器，並且將LED顯示從室內擴展到室外，特別在體育場、廣告的顯示多元化，更得到人們的喜愛。

LED受空間限制小，具有全彩效果、視角大的優成，而且堅固耐用、壽命長、穩定性高、耗電量小、重量輕，可顯示大量資訊。所以LED顯示器是在應用上的最佳選擇，在將來也勢必為社會經濟發展中扮演越來越重要的角色。

另一個LED應用的重要性是用在照明上，近2~3年來借著高亮度、高效率藍光LED的開發量產及YAG燭光粉技術應用造就了白光LED的出現，因而讓LED的應用層面更往前推進一步，白光LED比傳統白熾燈發光效率高一倍且壽命更長達10倍。

環保概念具足

在地球資源有限及環保觀念下，更使得人類對LED更加重視，據統計，台灣假如有25%白熾燈和100%日光燈被白光LED取代，將可省下一座核能電廠的發電量，這在一切資源靠國外進口的台灣，將是一個福音，相對的就可減少輻射源的產生及火力發電廠原油使用量，對溫室效應的防止、地球綠化的環境有極大的貢獻。

結語

LED用於照明除了發光效率高、壽命長的優點，還有低耗電量(約為白熾燈泡的八分之一，日光燈的二分之一)、低發熱量、光色純、高防震性、易搬運、不易碎、安全無污染、小型化、可做成各式形狀，目前應用面極廣，例如：室內特殊照明、手電筒、閃光燈、裝飾燈、液晶顯示器及攜帶式電子產品(PDA、行動電話)等的背光，汽車或船笑的室內閱讀照明、車燈、沈車駕駛面板照明彩色化，由於白光LED在2010年發光效率將可達到120lm/w，在成本不斷下降及大量生產下，長期而言，在未來將可取代目前的白熾燈泡及日光燈。

總而言之，高亮度LED的時代已來臨，尤其是近來GaN發光二極體的製作流程已十分成熟，這主要還是取決於MOCVD生長磊晶的製程突破以及MOCVD材料的處理，業界經過許多的挑戰和克服困難，才可以成功地製作高功率、高亮度的藍色、綠色等短波長的LED發光二極體。在未來，對氮化物元件的探索，還有許多地方需要改進，其中要有更好的光補出，較低的正向電壓以及較高的抗靜電效果。

4.從近代物理的理論，雷射的發現是必然還是偶然？先解釋愛因斯坦的受激輻射理論(20%)答:1958年，美國科學家肖洛Schawlow和湯斯Townes發現了一種神奇的現象：

將氖光燈泡所發射的光照在一種稀土晶體上時，晶體分子會發出鮮艷的、始終會聚在一起的強光。根據這現象，他們提出了"雷射原理"，即物質在受到與其分子原生振蕩頻率相同的能量激勵時，都會產生這種不發散的強光--雷射。

雷射的發明帶來了數十億美元的商機，它可用來

去除不要的刺青，眼睛的雷射手術可矯正視力的缺

陷，工廠的生產線可用它來切割鋼材和其他的材料，

超市和百貨公司用它來掃瞄價格；它可用於光學通訊

和光學資料的儲存，並可用於如CD 和DVD 播放機

等的電子裝置中。所有這些科技創意的根源都植基於

物理的基礎研究，尤其是1917 年愛因斯坦所提出的

輻射量子理論的論文。

“Laser”（雷射）是英文Light Amplification by

Stimulated Emission of Radiation〈受激輻射式光波放

大器〉的縮寫，它是指任何一種由相干光子所組成的

狹窄聚光束，並加以放大的裝置。在雷射裝置中，發

出雷射光的媒介物，不管是如紅寶石或石榴石的晶

體、或氣體、亦或是液體，其中的原子或分子都被「打

上來」，使得它們在高能階的數目都比在基態時來的

多。

當原子以快速的連鎖反應射出時，所造成的結果

便是放出一道相干光束，此過程稱之為「受激輻射」。

愛因斯坦在1917 年的一篇論文中首次探討受激輻射

的可能性，當時他才於一年前將研究重心由廣義相對

論轉到物質與輻射的相互影響，以及兩者間如何達到

熱平衡的議題上。在加入「能量應該量子化」的想法

後，愛因斯坦提出了一個熱學統計基礎的改良理論。



5從光纖的特性，如果你從美國加州矽谷發一封mail回台灣，訊號傳遞在光纖中光走的模式(single,multi)轉換情況？(20%)

答:專網建設的傳統方式

　　組建專網的傳統方式是： 通過租用或自建到電信局的市內中繼電路，並向電信局租用長途專線電路，將本地的通信設備與異地的通信設備聯網，為用戶提供語音通信和數據通信業務。採用傳統方式組建專網有著不可克服的局限性。

　　1、租用的長途專線電路一般為雙絞線，其信道窄，一般只有64K，且保密性差，即使採用諸如xDSL等數字傳輸技術，也存在物理上泄密的可能。

　　2、所能提供的業務範圍小，一般只涉及電話、傳真、電報等業務，以及一些以語言為基礎的二次復用。

　　3、技術層次低，其發展潛力已到盡頭。而且有資料表明，隨著IP業務的發展， 數據通信業務將超過已統治電信行業100多年的電話通信業務。

光纖城域網在專網建設中的局限

　　近幾年許多專網單位逐步在全國發達地區建設光纖城域網。光纖城域網對專網的技術升級起了巨大的推動作用。但是光纖城域網專網組網中也有局限。

　　首先是投資多、建設難度大。光纖的成本與遮罩雙絞線成本相比，價格不是一個數量級的。況且光纖傳輸設備的價格也十分可觀，而且存在光纜地下通信管道的建設費用昂貴及建設管道過程中與各級政府職能部門配合的問題，單單鋪埋炮纜這項工程就十分棘手。 　　其次是綜合利用效率低。目前許多專網單位已建成光纖城域網的地區多為省會城市， 一般採用點對點的PDH傳輸系統，只是開放語音業務，用以替代原專網的市內中繼線。其他諸如數據、圖像等非語音業務亟待開發， 綜合應用效率就顯得十分低，而且點對點的PDH傳輸系統沒有自愈功能。 因而光纜城域網正向SDH傳輸系統發展，但其投資是一般單位無法承受的。

　　第三是覆蓋範圍小。由於城域光纜網建設資金投入巨大的制約因素，使光纖城域網只是在發達地區建設，不能覆蓋到全國所有地市，而接入網技術則剛好可以填補這個空白。因此從這個意義上説，光纖接入網技術又是光纖城域網的延伸，光纖城域網和光纖接入網如能很好地協調建設，將會共同成為專網的重要組成部分。 光纖接入網在專網建設中的應用

　　目前流行的光纖接入網，是在SDH傳輸環上的任一點延伸出一個接入平臺，其核心設備是一種綜合接入的高智慧平臺，它可同時接入電話交換網、DDN網、X.25網、ISDN網、幀中繼網、ATM網、CATV網以及WWL網，並可直接向用戶提供以上業務。

　　電信部門建設光纖接入網的目的就是將光纖拉到大樓、路邊和小區，並將業務的提供點儘量靠近用戶的需求點。當電信部門將光纖接入網站點建在專網單位的辦公地點後，專網單位就可依據自己的業務需要，讓電信部門提供相應的通信業務。電信部門不可能單獨為專網單位的業務提供電路板，但專網單位可以出錢購買提供該業務的電路板。因為專網單位不需為整個通信系統投資，只是為具體提供業務的電路板投資，這樣專網單位在組建專網中的投資可以大幅度降低。 　　專網單位是非專業通信企業，若想跟上通信的現代化步伐，靠國家投資、自己建設必將走入耗資大而見效微的誤區。而電信部門在接入網建設發展中迫切需要建設許多站點，站點的建設用地一般採用購買和租用的辦法解決，這是一筆很大的投資。專網單位可以採用以資源換投資的方式，互利互惠，搭上電信部門的這趟快車共同發展，應用接入網技術組建本單位的專用數字綜合通信網路，那麼專網單位的通信工作必將跟隨電信發展而發展，從而開闢了一個全新的專網通信工作領域，專網單位在專網建設中應緊緊依靠電信部門，發揮機房、電源、空調器和環境安全等方面的資源優勢，以資源換取建設接入網站點的投資，電信部門將光纜拉到專網單位的大樓，設備裝進專網單位的機房，設備由電信方自行維護，專網單位代為照看，雙方共同建設接入網站點，電信方根據專網單位的需要提供相應的通信業務。 專網應用光纖接入網技術的未來 　　我們可以預期電信技術及業務的發展方向將會向高速率、大容量、多元化的綜合數字通信業務發展。隨之發展的專網從不同角度來看會有以下變化：

　　首先從建設發展的角度來看，接入網站點作為電信網路的重要組成部分，其發展已經納入電信建設的規劃，這樣就可以在建設上保證接入網站點的發展不會在短期內落伍，從而帶動專網的建設。

　　其次，從用戶對頻寬的需求來看，必將從64K向2M發展，接入網站點可提供從64K到2M乃至更高的頻寬通道，可以很好地適應用戶對頻寬變化的需求。

　　第三，從技術發展的角度看，由於接入網站點的作用是將各種通信業務綜合匯接，並直接給用戶提供全數字的通信業務。當一種新通信業務出現，其技術規範必將符合ITU的接入標準，從而保證新業務都能在接入網內傳輸，而電信部門為了能提供新業務，就會要求接入網設備提供商開發新的業務介面，從而在技術上保證了一旦有新業務的出現就能直接為專網單位所用。

　　第四，從投資的角度看，將來各種已有的通信業務費用必將隨著新通信業務的出現而不斷下降，而通信所需用地則會隨著使用通信的人數增加、電信壟斷的結束和電信同行的激烈競爭而不斷上漲。兩種因素相反變化，無形中會提高接入站點用地的提供者在通信領域的地位。這樣在將來的通信發展中，專網單位以資源換投資的做法將會更有份量，專網單位在專網建設中將會得到更多的優惠。

　　綜上所述，可以認為，借助電信部門的光纖接入網建設的機遇，應用光纖入網技術，是專網技術提升和改造的一個新途徑。

第七講 農村光纖接入網的新天地

　　近幾年我國光纖接入網正在快速的發展，除省會城市和沿海經濟發達的大、中城市正在大力建設光纖接入網以外，廣大的農村地區也在積極地規劃和建設光纖接入網。光纖接入網在農村的發展，主要有電話業務和有線電視業務兩大市場。

一、農村發展接入網的必要性

　　1．適應電信網的發展趨勢目前中國的本地電話網，基本完成了交換網和局間傳輸網的數字化，鄉鎮以上已經實現了局問的光纜化，而接入網的光纖化水準仍然較低，大量的銅纜接入已經成為電信網發展的“瓶頸”。

　　農村地區大量的小容量端局和模組局，由於機型落後、容量小、局間網路複雜，長期以來形成“小容量、多局所”的局面，不僅與本地網“大容量、少局所”的發展方向相悖，而且嚴重影響了本地網的交換網向二級結構的進一步演變。

　　隨著信息産業結構發生的巨大變化，對單一的電信網提出了更高的要求。電信、有線電視、電腦網路服務之間的界限越來越模糊，隨之將引發行業的融合和網路的融合。為滿足用戶對電信的多種需求，目前分散、複雜的網結構將難以勝任如此繁雜的功能。因此要根據市場的需求對網路的結構進行調整，並最終使各種分散的業務網如：電話網、分組交換網、DDN網和有線電視網等綜合成未來以ATM技術為核心的B-ISDN網。

　　本地電話網的建設，將逐步對容量校機型落後、不能提供數據業務的小端局和模組局進行調整和自然淘汰，在這個過程中，需要利用接入網技術增加交換局的覆蓋半徑、調整平衡局間的業務量、完善網路管理，在原有機房面積不增加的情況下，增加交換機的容量從而達到減少局所的目的。接入網是整個電信網的重要組成部分，是實現電信網由單一媒體向多媒體轉變的基礎。

　　2．農村接入網亟待提高承載業務的能力

　　當今網路技術的發展、業務需求的多樣化、信息速率的不斷提高和業務的相互滲透，使電信、廣播和電腦由原來的分離逐步走向融合，三種業務的融合使目前只能承載單一業務的銅纜接入網面臨的問題日益突出。 　　隨著電腦技術和電信技術的發展，特別是以IP技術為基礎的網路由於其技術新、容量大、成本低、效率高，具有很大的發展潛力。多媒體業務，中、高速數據業務和寬帶視頻業務以及IP延伸的各種新業務，在市場成熟後將以爆炸性的速度發展。

　　從目前本地網的情況來看，用戶對電信業務需求的種類以電話業務為主，近期還有少量的窄帶數據業務需求，寬帶業務的需求還有待時機。對於農村地區的用戶來説，對有線電視的需求將大大超過電信。電視機的普及率高於電話普及率。從電話業務用戶的發展數量來看，1999年全國農村的電話用戶數比1998年平均增長5％，近幾年電信資費的調整對農村通信的發展還將有比較大的促進，預計今後幾年不僅農村電話將快速發展，縣城和鄉鎮的電話普及率也會大幅度提高。

　　隨著接入網技術的日漸成熟和接入設備價格的下降，必須加快接入網的建設步伐，農村接入網的建設，首先要滿足用戶對電話和有線電視的需求。網路的建設應該超前以適應未來網路向寬帶化的方向發展，滿足各種用戶的不同需求，為用戶提供優質、高效的服務，提高自身的競爭能力。

　　二、設置綜合業務目標局的意義

　　以往本地電話網的局所只限定在電話業務節點的範疇，比如電話端局、電話匯接局、農話局、農話匯接局和模組局等。在接入網的規劃和建設中，提出了綜合業務目標局的概念。綜合業務目標局是指未來能作為語音、數據、圖像等多種業務的綜合業務節點。

　　由於接入網的承載能力和接入的業務種類不再是單一的窄帶電話業務，它所面對的業務節點除了電話交換機以外還有各種低、高速數據節點、視頻業務節點和租用線等多業務節點。綜合業務目標局的建設應該在現有電話業務交換節點的基礎上，逐步增加窄帶和寬帶數據業務節點的功能。接入網的發展和建設也要根據數據業務的發展情況，逐步由目前的電話業務接入逐步過渡到窄帶或寬帶業務的接入。

　　所以綜合業務目標局不僅要對電話交換機的機型有所選擇外，如交換系統要具備大容量、高處理能力、能夠提供V5系列介面或有條件升級。還要有容納多種業務節點，如各種數據節點。有線電視前端設備，接入網局端設備及多種傳輸設備。隨著多媒體業務、IP業務的發展，綜合業務目標局建成多業務節點，正好符合接入網向綜合業務接入的發展需求。

　　近幾年本地網正在朝“少局所、大容量”的發展目標過渡，局所的調整給接入網綜合業務目標局的發展奠定了基礎，本地網保留的局所一般是容量比較大、功能齊全、地理位置適中的交換局，同時也是目前開展的窄帶和寬帶數據業務節點。綜合業務目標局的設定，應該符合本地網的局所調整，也就是説目標局的選擇應該在本地網局所調整的基礎上進行或與本地網的局所建設統籌考慮。局址要選擇位於覆蓋範圍的中部，以利於交換和傳輸網的網路佈局，同時兼顧電信大用戶和電信用戶密集的地方，以利於用戶對多種業務的接入。

　　三、光纖接入網網路結構

　　（1）本地傳輸網的現狀分析

　　本地傳輸網的物理結構可以從兩個層面來分析，即本地網的局問傳輸網和用戶網。由於以往的局所比較多，許多地方的鄉鎮都設有小容量的端局，因此局間傳輸網通達到鄉鎮。隨著我國本地局間傳輸網的數字化、光纖化程度不斷提高，大部分地區都完成了光纖到鄉鎮的目標。局間傳輸網採用的技術為PDH、SDH，網路的拓撲結構一般是環形。但是對於模組局來説，由於模組局的傳輸往往不是標準的PDH，也不具備自愈環的組網能力，所以是星型的拓樸結構。

　　與局間傳輸網的情況相反，用戶網的數字化、光纖化的程度比較低，採用的手段也比較落後。大部分地區沿用架空銅纜，網路的拓撲結構一般是以鄉鎮為中心的星型或線形結構。

　　按照本地網“少局所、大容量”的局所調整，鄉鎮一級的小容量局所將逐步由接入網設備替代。接入網的覆蓋範圍，也就由原來的村到鄉擴大到村到縣，原來鄉鎮間的局間光纜的路由一部分可以利用（路由走向符合現有接入網的需求），一部分要調整後利用。目前農村的網路拓撲結構如圖1所示。

　　（2）有線電視網的網路現狀

　　由於目前我國大部分地區有線電視網只提供單向的業務。有線電視網的網路為二級結構，即中心局和分局。在市區中心局以市為單位，分局以區為單位。農村一般以縣為單位設置中心局，鄉鎮設置分局。中心局之間採用光纜環連接，中心局與分局之間為星型連接，有些鄉鎮的電視臺是一種局部的星型拓撲結構。分局的有線電視前端設備通過星型拓撲結構的光纜連接到光節點，光節點一般放在行政村，從光節點到用戶採用同軸電纜，以樹形或總線形的拓撲結構連接到每個用戶，每個光節點可以覆蓋1km2範圍的用戶。目前有線電視網路的拓撲結構如圖2所示。

（3）電信網和CATV網的比較

　　從兩種網路的現狀看到，兩種網路的上層都是環形結構，並且是光纜環形網，但是這兩種光纜環形網的起點是不一樣的， CATV的中心局是設在縣一級。中心局之間是光纜環，也就是縣一級是光纜環。縣與鄉之間是星型的結構，電信網的端局之間，也就是鄉鎮與縣局之間的主于光纜是環形結構。 　　CATV網從用戶到光節點是樹形、總線形的拓撲，採用同軸電纜每500m設一個放大器完成信息的傳輸，電信網從用戶到交換機，一般是星型或線形拓樸結構，採用銅纜雙絞線完成信息的傳輸。

　　兩種網路傳送的信息是截然不同的，電信網是雙向窄帶業務，傳輸的一般是數字信號。CATV網是單向寬帶業務，傳輸的是模擬信號。隨著技術的發展，雙向的HFC和寬帶無源光網路技術的不斷商用化，將使這兩種業務融合到一起。

　　2．接入網的網路結構 　　按照接入網的物理參考模型，接入網分為主幹層、配線層和引入層。近期和中期光纖接入網的規劃和建設，首先要完成主幹層的光纖化，在城區意味著光纖到路邊（FTTC）、光纖到小區（FTTZ）、光纖到大樓（FTTB），光纖到大樓一般是指電信大用戶即電信業務需求量大和業務種類多的高層建築。在主幹層光纖化的基礎上，再將光纜進一步向用戶端延伸，在城區意味著光纖到大樓（FTTB）、光纖到辦公室（FTTO），遠期光纖接入網的目標是實現引入層的光纖化，即實現光纖到家庭（FTTH）。

　　城區主幹層的拓撲結構如圖3所示，圖中的ONU通過ODB接入主幹層光纜環。

　　在農村主幹層的光纖化，是指完成從縣綜合業務目標局到鄉鎮所在地。經濟比較發達的部分行政村之間的主幹光纜的建設。隨著光纖化進程不斷向配線段延伸，在農村則意味著光纖逐步推向行政村或自然村。配線層的拓撲結構雖然可以為環形、星型、線形。但是從本地網的現狀看到，配線層的網路基礎大部分是行政村到鄉鎮的架空桿路，網路拓撲結構一般呈星型和鏈形，農村主幹層光纜拓撲結構如圖4所示。

　　3．接入網的網路保護

　　接入網的安全可靠性由接入網設備、線路和網路拓撲結構的安全可靠性決定。對於光纖接入網而言，設備的安全可靠性由設備的安全性指標決定，可以採用設備備用或關鍵插板熱備用的措施達到保護目的。線路的安全可靠性由光纜、光節點、光接頭和光接線（盒、箱、架）等元器件的指標決定，採用留有冗余度作為備用的方法，為網路提供一定的保護。從拓撲結構來看，目前只有環形的網路拓撲結構可以提供安全可靠性保證。對於非環形的拓撲結構，可以通過設備的主備用和線路的雙路由等保護措施來達到保護目的。

　　（1）主幹層的保護措施

　　本地網的局所調整後，綜合業務目標局的覆蓋半徑將延伸，主幹層承載的業務量頻寬至少在155Mb／s，主幹光纜的故障將影響成千上萬的用戶，因此，安全可靠性要求比較高，主幹光纜採用環形的拓撲結構，組成光纜線路保護環和光纜設備自愈環。 　　線路保護倒換方式。光纜線路保護環是指每個ONU單獨佔用一組纖芯，通過環形的光纜從兩個方向通達局內，一旦一個方向的光纜發生中斷，採用線路倒換的辦法通過另一個方向的光纜繼續進行，該ONU可獨享這組纖芯上的傳輸頻寬。這種保護方法ONU的傳輸系統不用備用，只是通過局內和遠端的ODF人工或自動進行倒換，需要一定的倒換時間。這種方式的優點是ONU獨享一對光纖，與環上的其它ONU沒有關係，一旦出現故障只影響它接入的用戶；光纜線路保護環雖然用纖較多，但ONU不需要備用，投資相對比較少；ONU接入主幹環相對靈活，可根據需要隨時調整，並且頻寬獨享、易於升級，適合ONU“多個數，小容量”的環路。缺點是需要一定的倒換時間，如果用戶對安全可靠性提出要求，ONU的傳輸系統需要採用熱備用，主備用系統分別接入不同方向的ODF，對運營維護的要求比較高，比如對光纜衰耗的監視、對傳輸系統誤碼率的監視、ODF的自動調線，一旦發現異常可以及時倒換。

　　光纜設備自愈環保護。光纜設備自愈保護環是依靠SDH、SPDH傳輸系統的自動倒換技術，將網路連成環形改善網路的生存性，達到網路的保護。在光纖自愈環中各種業務的用戶獨佔所需的頻寬，而且業務量集中流向業務節點，也就是由ONU流向OLT，ONU之間不發生關係，一個光纖自愈環系統由若干ONU組成，它們共亨一組纖芯和傳輸頻寬。這種方式的優點是安全可靠性高，節省光纜芯數、適合ONU“容量大，數量少”的光纜環路。缺點是雖然接入同樣多的用戶需要的纖芯數量相對較少，但是ONU需要備用傳輸系統，由於傳輸設備是雙備份的，其投資依然昂貴，根據用戶需求的不斷增加，傳輸系統的頻寬也將不斷升級，系統連接的某個ONU擴容將對整個系統造成影響。另外用纖方式也不靈活，特別是在城市地區，ONU的位置必須處在主幹光纜環上，否則還要通過配線光纜進行二次接入（配線光纜距離比較近，所需頻寬銅纜又不能承受）造成一定的浪費。

　　非環形拓撲結構的主幹光纜的保護措施。因為ONU所在地的地理環境和主幹層光纜環的物理路由走向不能形成環形的拓樸結構，或要通過很遠的物理迂迴路由來實現環形拓撲。在這種情況下應該放棄組環的方案。

　　星型、線形、鏈形和樹形拓樸結構的安全可靠性，只能依靠設備的線路倒換來達到對網路的保護。對重要的大用戶ONU的傳輸設備應該具有自動倒換功能，在光線路發生故障時自動倒換到備用系統，為用戶提供較高的可靠性，這種保護方式傳輸系統、光纜路由和光纜芯數都是需要雙備份，這部分投資也是雙倍的。為了節省投資，對於只提供普通電話業務接入的ONU，當光纜發生故障時，可以考慮通過局端的ODF和遠端的ODB進行人工倒換，有條件可以設置雙路由，沒有條件可以通過備用的纖芯進行倒換。這種方式適合ONU容量比較小的農村地區。

　　非環形拓撲結構的主于光纜，如果不具有主備用系統，應該儘量在光纜的物理路由和線路上提高可靠性。一種是採用頂留纖芯的保護措施，在市區同管道不同管孔、同纜不同纖，在農村不同纜或同纜不同纖。

　　（2）配線層的保護措施 　　配線層光纜的拓樸結構可以是環形、星型、線形和鏈形，ONU通過主幹層光節點的光線路設備，如光配線（箱、盒、架）進入主幹層光纜環。

　　光網路的安全可靠性是與犧牲頻寬、增加投資成正比的。隨著配線層的光纖化進程的不斷向前推進，光纖越靠近用戶，ONU的數量就越多而每個ONU的容量就越小。配線層處於主于層和引入層的中間，配線層的安全可靠性要求應該比主幹層低。一旦光纜發生故障，影響面也不會很大，保護的等級就應該比主幹層低。

　　配線層的保護應該根據ONU接入用戶的性質、業務量大小、光纜網路的拓撲結構以及建設單位的投資情況，靈活選擇不同的保護措施。對於電信大用戶，如銀行、證券、保險、科研、黨政部門、新聞部門、智慧大廈等單位，信息量比較大，對網路的可靠性要求高，今後也是中、高速數據業務和寬帶視頻業務的潛在用戶，這些單位的ONU是要重點保護的，光線路的倒換應該是自動的、無損傷的。

　　四、在光纖接入網中逐步實現電信網與CATV網的融合

　　1．局所的融合

　　農村綜合業務目標局一般設在縣城所在地，根據全縣鄉鎮的數量和人口分佈情況，最多在經濟發達、人口稠密的鄉鎮再設一個目標局。一般CATV網的中心前端也設在縣城，正好與電信網的目標局地理位置、覆蓋範圍相近似。 　　從目標局的功能來看，它是一個多業務節點，因此也可以包含CATV的節點。如果採用光纖環路作為傳輸媒介，CATV的分前端可以利用接入網的主幹光纜環接入目標局的CATV中心前端。綜合業務目標局的設置已經為今後的融合奠定了基礎。

　　隨著技術的發展，多種業務的融合己成定局，CATV和電話業務的融合，在農村是走向融合的第一步，也是關鍵的一步。從目前的情況看，兩種業務的融合，在目標局有兩種不同的選擇，一種是同纜分纖的方法，CATV總前端設備單向傳送有線電視節目，採用獨立的傳輸系統，從總前端到前端的傳輸系統佔用主幹光纜環的一部分光纖。電信業務也採用獨立的系統，從OLT到ONU也佔用主幹光纜環的一部分光纖，有的廠家將電視信號和電信信號在光纖接入的局端設備中，通過波分復用（WDM）耦合到一起傳送到ONU，在ONU中分離出兩種不同波長的光信號，再分別由兩種不同的設備將光信號轉換成電信號傳送到用戶端。

　　另一種融合的方法是全程綜合，可以稱得上是“三網合一”的方式之一，採用HFC雙向傳輸技術，同纜同纖同引入線，在目標局將電話業務節點、數據節點和CATV總前端的語音，數據、CATV節目分別調製到不同的射頻上，然後混頻通過一個光發送系統傳輸到遠端的光節點，通過光節點進行光電轉換，將混頻的電信號用同軸電纜傳給用戶單元，用戶單元解調分離出三種信號，通過三種介面為用戶提供語音、數據、電視。此種方式的優點在於CATV網、電腦網、電信網“三網合一”的程度比較高，但電話基本業務和低數數據業務的傳輸品質比較差，價格較昂貴。目前在廣大的農村地區很難推廣。

　　2．網路的融合

　　（1）主幹層和配線層的融合

　　傳統的CATV網的中心局（中心前端）到分局（前端），是星型的拓撲結構，網路的安全可靠性比較差。線路發生故障將影響幾千個用戶，所以網路的可靠性是不能忽視的。 　　中心局總前端通過主幹層光纖環路與各分局的前端相連，形成物理環形邏輯星型的結構，使網路的安全可靠性得到保證。接入網配線層的拓撲結構一般為環形和星型，與CATV前端到光節點的拓撲結構基本一致。

　　兩種業務的融合首先是網路拓撲結構的一致，在物理路由一致的前提之下，在主幹和配線段首先可以採用同纜分纖的方式，各自選用不同的系統，最常見的是（HFC＋DLC）方式，有線電視採用HFC單向傳送電視業務。有源光纖接入設備傳送電信業務。主幹光纖網路可以是有源的（HFC＋DLC），也可以是無源的（HFC＋PON）。這種方式在HFC上只傳送CATV和VOD業務，而傳送數據以及電話業務則由PON或DLC承擔。此種方式的優點在於，電話基本業務和低速數據業務的傳輸品質和可靠性高，價格較低。此方式有利於郵電部門在保證基本電信業務的同時擴充傳送CATV和V0D業務的能力。

　　也可以採用波分復用即同纜同纖不同波長的方式，最常見的是1300μm窗口傳送電信業務、 150μm窗口傳送有線電視業務。

　　（2）引入層的融合

　　對於光纖接入網而言，引入層是指用戶端到光網路單元（ONU），一般使用銅纜雙絞線，呈星型的拓撲結構；對於CATV網而言是指光節點到用戶端，一般使用同軸電纜，呈樹形或總線形的拓樸結構。 　　目前農村的ONU大部分放置在行政村，一個ONU容量達到500線以上，平均每線綜合造價才能夠比較經濟合理。對於經濟發達、人口稠密、電話普及率比較高的行政村，設置一個0NU便可以接入500個用戶，而對於經濟欠發達，人口密度和電話普及率低的地區，ONU要覆蓋幾個行政村接入的用戶數量才能達到500個以上，考慮到經濟和通信品質，用戶到ONU的距離控制在800m～2km，也就是覆蓋半徑可以到2km。

　　有線電視網的光節點，可以覆蓋的用戶數在800～2000，由於電視普及率大大高於電話普及率，光節點覆蓋半徑在1km範圍，就可以擁有大量的用戶。同軸電纜每500m設置一級放大器，最多可以達4級，由於同軸電纜的每公里造價比銅纜貴，同軸電纜的長度也不宜太長。

　　可以看到電信業務和CATV業務可以在同纜分纖的方式下，從綜合業務目標局，主幹光纜和配線光纜幾個部分進行聯合建設，在農村光纖接入網網路的建設中為CATV提供一定數量的光纖芯數，光分支點設備，同時在接入設備的遠端機房為CATV前端或光節點設備留有一定的局房面積和位置。就可以為採用銅纜分纖、雙絞線和同軸電纜重疊入戶的方式提供聯合建設的條件。如果採用波分復用技術，從目標局到遠端可以採用一套元源光網路設備，到光節點再將兩種不同的光波分離出來，通過不同的終端設備0NU和光節點，將兩種業務分別送到用戶，這樣不僅避免重復建設，也為今後的進一步的融合奠定基礎。

　　從以上分析可以看出，在同纜分纖基礎上，由於普及率、設備覆蓋半徑、拓撲結構的差異，引入層的融合是不可能的。也可以説在近期，農村電話和CATV可以在主幹層和配線層實現網路的融合，在引入層的融合必須要等到傳輸系統、局端和遠端設備的融合，也就是從系統上將語音、數據和圖像綜合在一起，通過光纜傳送到光節點，從光節點到用戶端使用同軸電纜到用戶單元，經數據機分離出電話、數據和電視。