

华中科技大学

需求拉动与技术推动

—— 普遍的发展规律

Pulled by demand and pushed by
advances in technology

—— a universal rule

黄德修

武汉光电国家实验室（筹）

华中科技大学

2008. 8. 7

www.hust.edu.cn

wnlo.hust.edu.cn



提纲

**“需求拉动与技术推动”规律（简称P-P规律）
的特点**

通信中的P-P规律扼要回顾

当前所需拉动的某些光电子器件

全光信号处理亟待光电子器件的技术推动

也谈FTTH需求拉动动力

总结



需求拉动与技术推动规律 (简称P-P规律) 的特点



P-P规律的特点

- 普遍性：适应于自然科学与社会科学
- P-P规律的不可逆性
 - 没有需求拉动，技术推动就缺乏方向和动力。
 - 链接性
 - “上游”的需求由“下游”的技术推动
- 基础科学是应用科学与技术的源泉
- 当今的特点是多种技术共同推动需求
- 需求拉动越大、越迫切，技术推动的动力也就越大



通信中的P-P规律扼要回顾

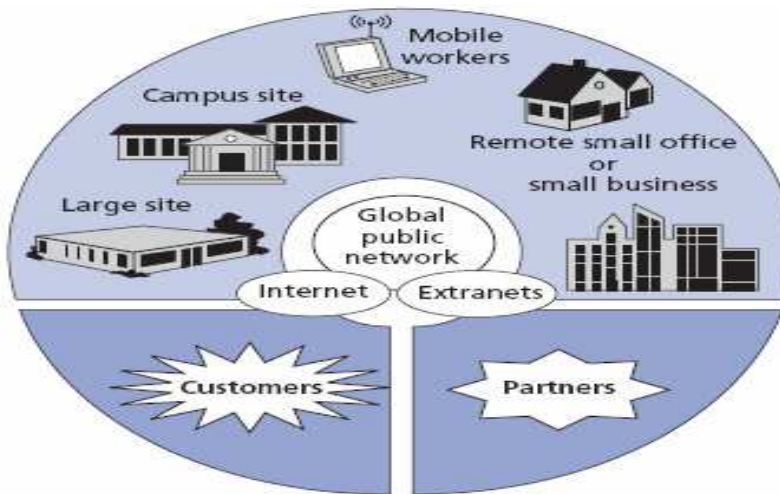
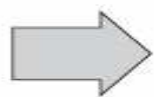


通信中的P-P规律的扼要回顾

- 语音通信的迫切需求由贝尔发明的电话推动
 - 1876年3月10日，A. G. Bell用他发明的电话与其助手通话：
“Mr. Watson, come here – I want you!”



The first telephone
(invented by Bell)

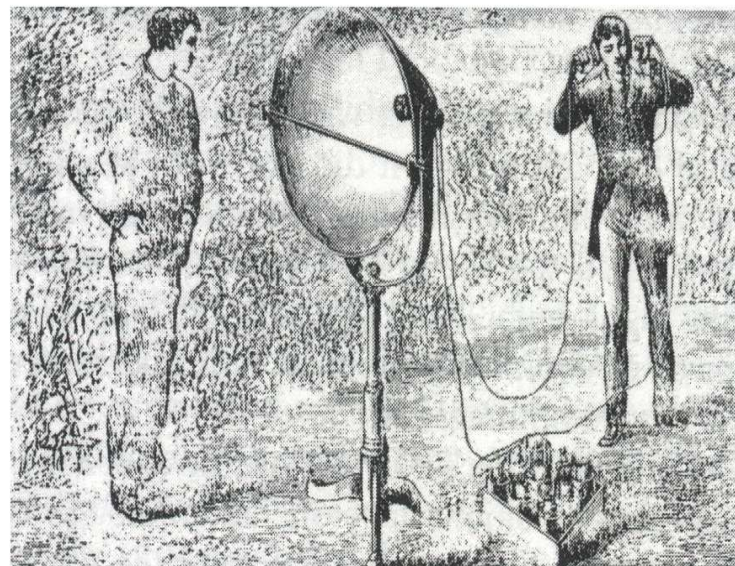
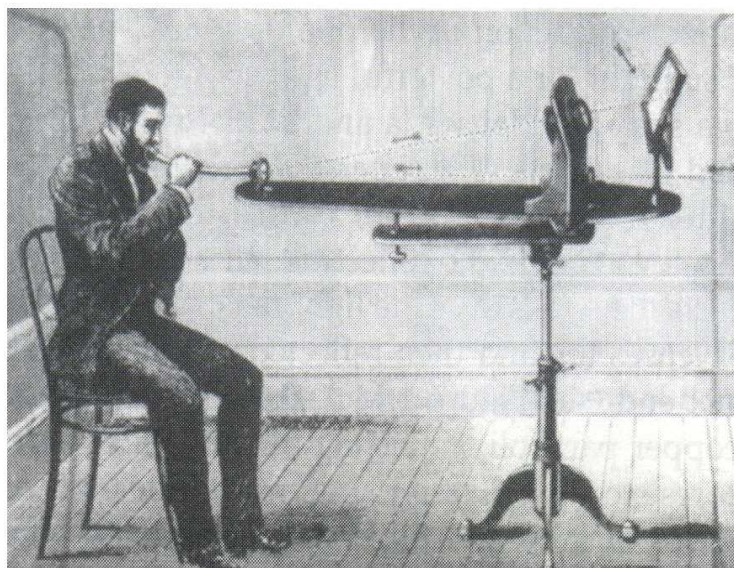


Virtual enterprise

- 由最初的两个房间的通信演变成邻居间、城市间以至今天的全球通信



➤ 贝尔的“光话” (Photophone) 未能得到当时有效技术推动



1876年，贝尔发明电话 (Telephone)

1880年，贝尔发明“光”话 (Photophone)

1896年，马可尼发明无线电报 (Radiotelegram)



➤ 光纤通信是解决通信容量需求最强大的技术推动，而电子学和光子学又始终是光纤通信的技术基础

1970年光纤通信的曙光：

光纤损耗降至20dB/Km；

半导体激光器室温连续工作。

20世纪90年代中两大技术突破，
使得通信容量剧增：

波分复用；

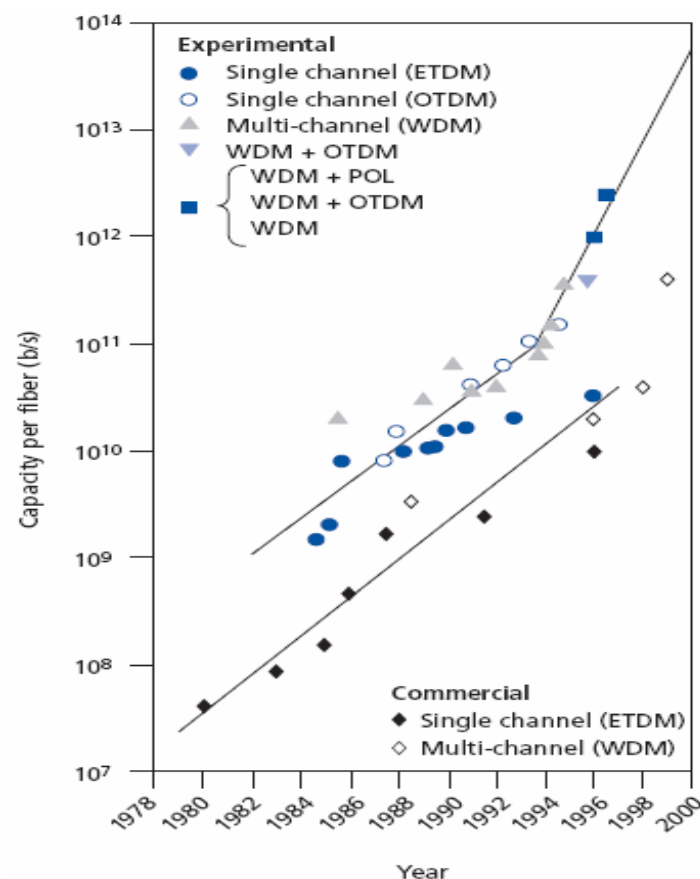
光放大器。

ETDM – Electronic time division multiplexing

OTDM – Optical time division multiplexing

POL – Polarization division multiplexing

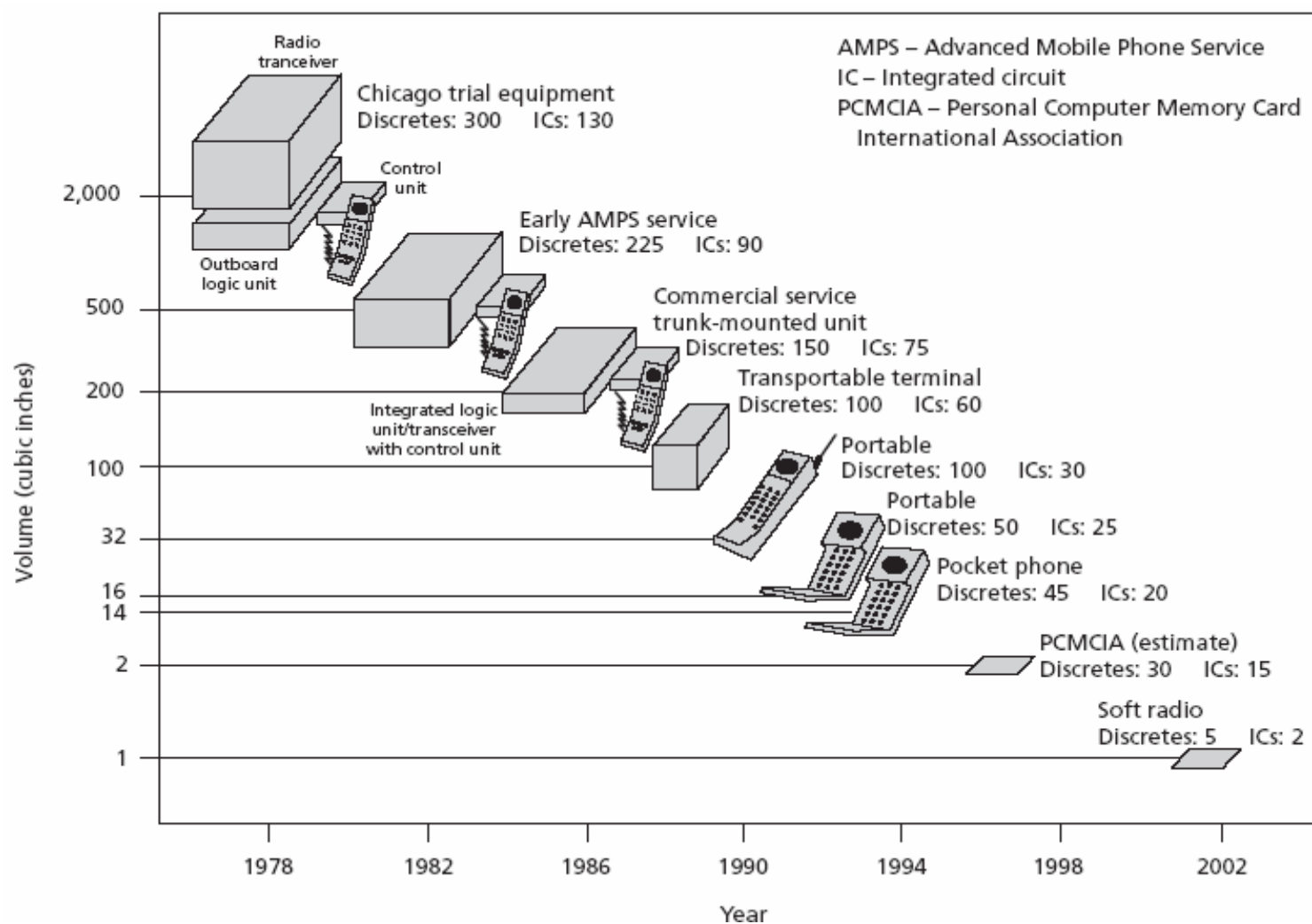
WDM – Wavelength division multiplexing





➤ 移动通信的强大需求拉动，由一系列无线通信技术推动

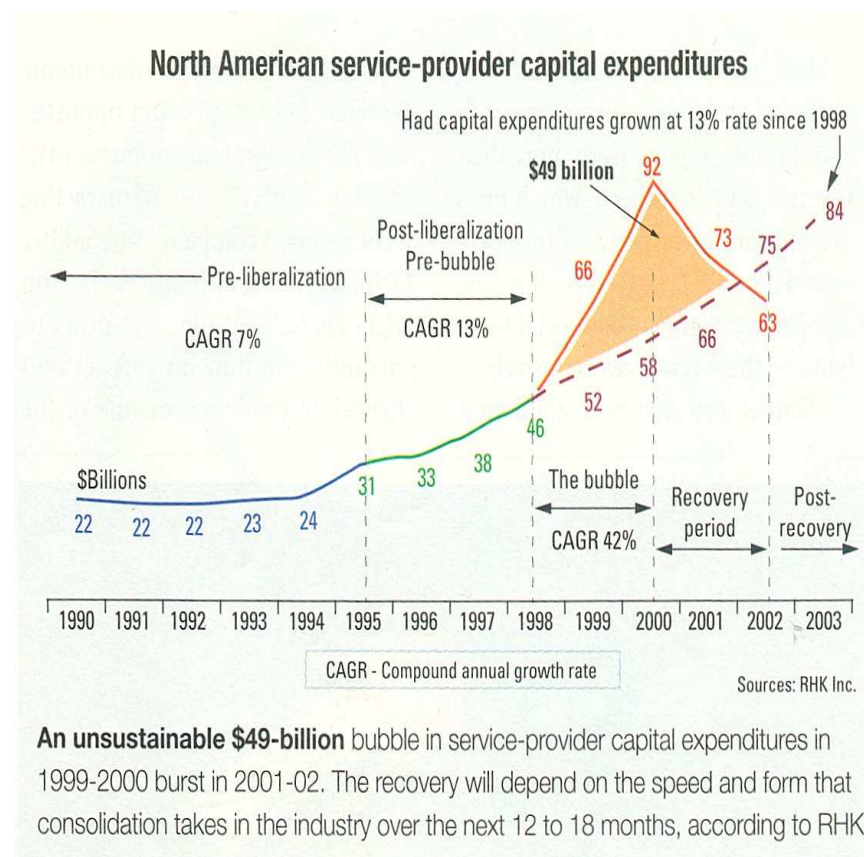
- 移动通信的魅力：灵活性，可实现任何时候、任何地点和任何人的通信
- 19世纪末，马可尼(G. Marconi)在海上进行船之间的通信验证
- 1978年：蜂窝无线通信(Bell Lab)
- 移动终端由最初的车载移动收发台到便携式“大哥大”，再发展到现在各种小型手机；由当初单纯的语音通信发展到今天的移动多媒体通信
- 移动电话数量>>固定电话数量，为此ITU-T不断开放新的频带



违背P-P规律的历史教训

- 1999年在“信息爆炸”的煽动下，对通信容量需求作出不切实际的估计，造成大量资金浪费

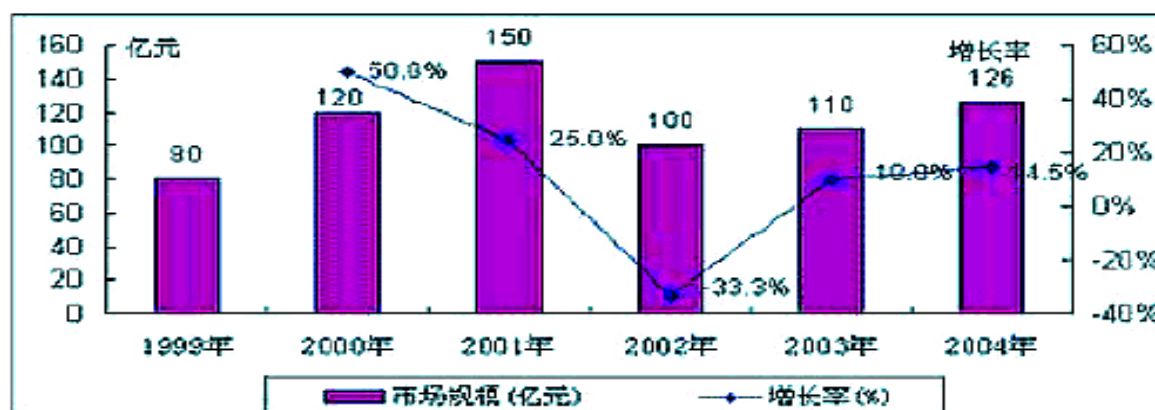
1999年初—2000年中期，北美的通信市场出现“浮夸风”，运营商投入920亿美元（比1998年多投490亿美元）建设通信基础设施。当时估计到2003年，业务需求量将增加500%；





- 在这种“虚拟”需求的拉动下造成(通信设备制造——光电子器件——光电子材料)整个技术推动链的失控和解体，积压大量库存，大量公司倒闭

1999- 2004 年中国光通信设备市场规模及增长情况



数据来源：赛迪顾问 2005 年

- 光电子器件的研发者，既要看到光纤通信设备制造商的“眼色”，还要把握整个通信需求的“脉搏”，才能抓住机遇，规避风险。



➤ 例：美国贝尔实验室固体研究室主任高尔特当机立断案例

1962年美国的IBM、MIT林肯实验室和通用电气的两个研究所同时公布研究出半导体激光器，但一直不能实现室温连续工作，缺乏需求拉动的动力而退出。唯有Bell Lab的高尔特（GOLT）察觉到半导体激光器在光纤通信中的巨大需求，于1970年研制成功RT-CW的半导体激光器。



当前所需拉动的某些光电子器件



当前的光电子器件的推动

- 通信容量需求仍在继续拉动
- 提高光谱效率应为技术推动的着眼点

$$\eta_{spe} = \frac{\text{每信道的比特率}}{\text{信道间隔}}$$

- 为提高 η_{spe}
- 提高S/N, 非线性!
- 提高单信道比特率:

ETDM → STM-64 → STM-256

先进的调制技术 OFDM

QPSK

DQPSK

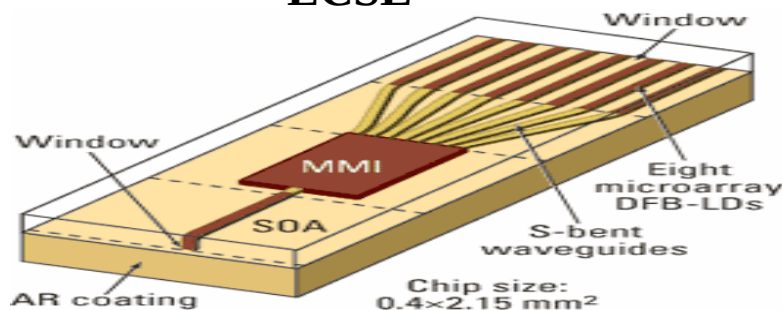
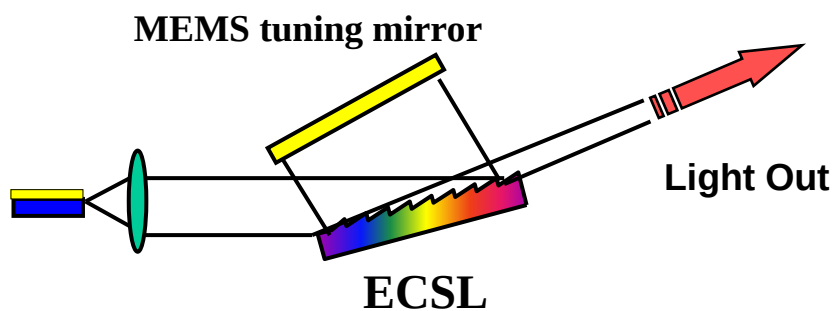
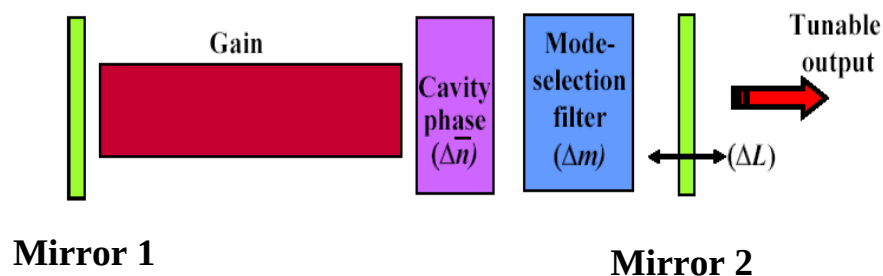
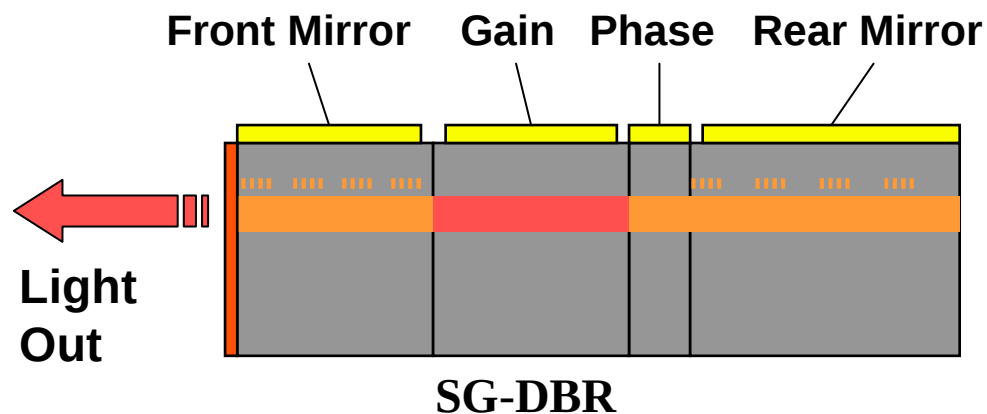
Pol-QPSK

- 减少信道间隔: 0.8nm (100GHz)
 0.4nm (50GHz)
 0.2nm (25GHz)



可调谐激光器

➤ 工作原理



$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta\bar{n}}{\bar{n}} + \frac{\Delta L}{L} - \frac{\Delta m}{m}$$

Tuned by net cavity index change (points to $\frac{\Delta\bar{n}}{\bar{n}}$)
 Tuned by physical length change (points to $\frac{\Delta L}{L}$)
 Tuned by mode-selection filter (via index or grating angle) (points to $-\frac{\Delta m}{m}$)



符合ITU-T波长的多波长激光器

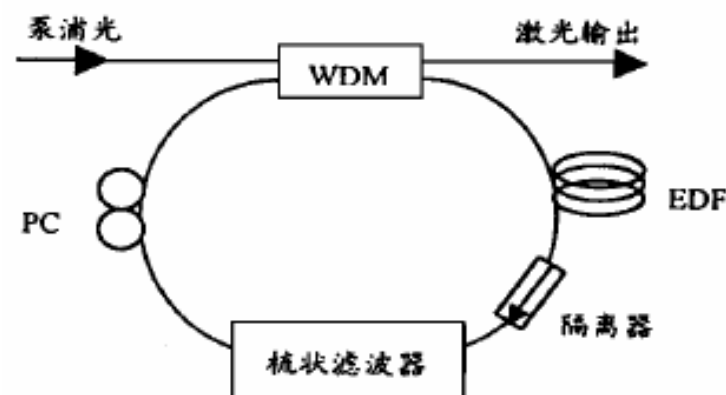
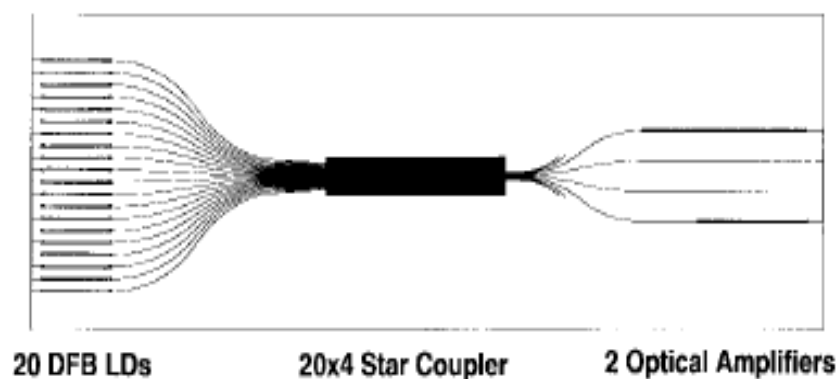
➤ 符合ITU-T波长的多波长激光器主要分为两类：

半导体

缺点：制作工艺复杂，成本高，
与系统中的光纤耦合困难；
优点：输出稳定，功率高

掺铒光纤

缺点：受到线性均匀加宽的限制，工
作性能不稳定；
优点：成本低，易实现满足ITU-T标
准的输出波长





可调谐窄带滤波器

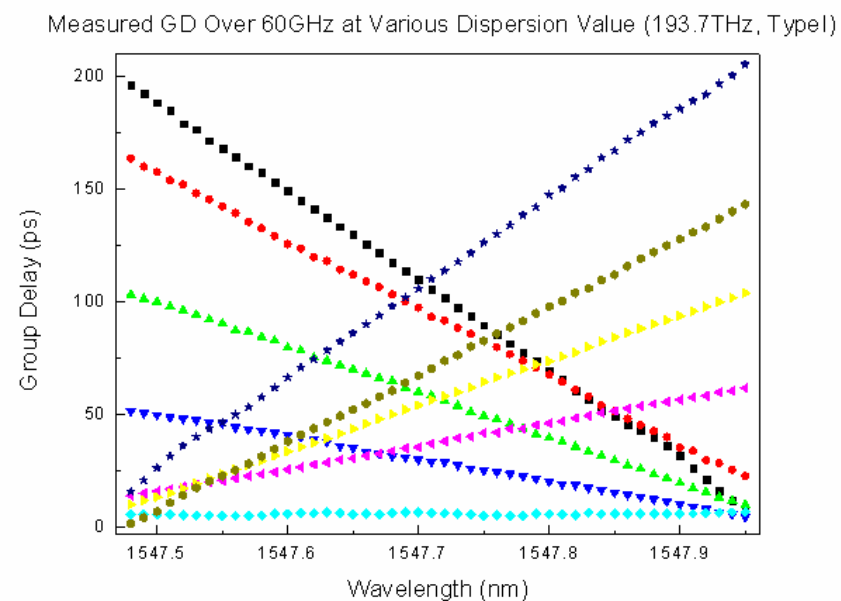
Type	Insertion loss	Channel-spacing / Isolation	Bandwidth (3dB)	Tuning range	Tuning speed	Tuning mechanism
F-P interferometer (F-P 腔滤波器)	2dB	2nm/30dB	<0.5nm	~10nm	ms	PZT
Liquid crystal FP (液晶的FP腔滤波器)	3dB	2nm/30dB	<0.5nm	~50nm	μ s	Crystal orientation
Micromachine FP (微机械的FP腔滤波器)	1dB	2nm/30dB	<0.5nm	~60nm	100 μ s	Micromachine
MZI (MZ干涉滤波器)	LiNbO ₃ : 19 dB Silica: 1 dB	0.4nm/22dB	<0.2nm	~4nm	50ns	Electro-optic
FBG (光纤Bragg光栅)	0.1dB	1.6nm/22dB	<0.2nm	<10nm	2ms	Temperature, stretching
AOTF (声光可调滤波器)	4dB	4nm/30dB	~1.5nm	~60nm	μ s	Acousto-optic
EOTF (电光可调滤波器)	8dB	4nm/25dB	~1.5nm	~50nm	ns	Electro-optic
Ring resonator (环形腔滤波器)	3dB	2nm/30dB	~0.2nm	25nm	ms	Temperature

IEEE communication magazine, 50-55, Dec. 1998,



动态色散补偿器

➤基于FP标准具的色散补偿



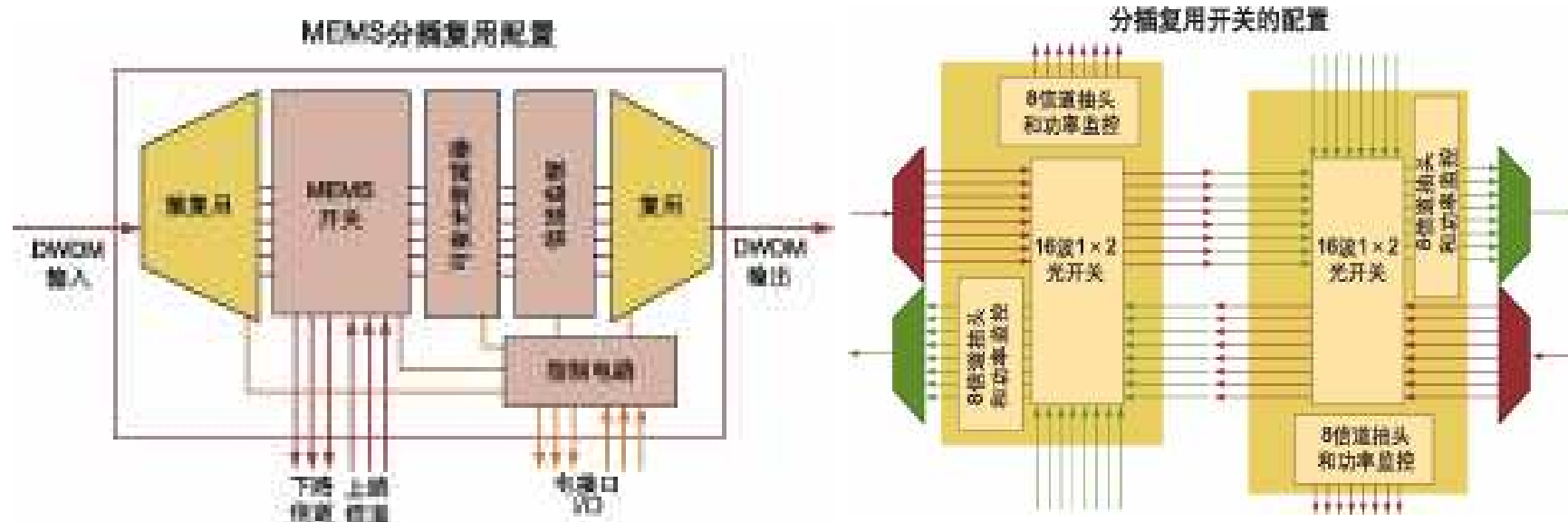
Provided by



可重构的光分插复用器

➤ ROADM主要采用不同的交换结构来实现，参与竞争的实现技术有：

微机电系统(MEMS)、平面波导(PLC)、波长阻挡器和波长选择器(WSS)





用于新型调制格式的调制/解调制器

用于C带的DQPSK格式解调器:

Parameter	Specification
Wavelength	C/L/C+L Band (nm)
Free Spectral Range	21.5, 25, 32.5 GHZ
FSK Error	1 %
Insertion Loss	5 dB
Isolation	>16 dB
PMD	0.1 ps
Return Loss	40 dB
PDL	0.2 dB
Optical Path Delay	1.0 ps
Tuning Range	1.5 FSR
Tuning Speed	1.0 sec
Sensor (NTC)	10 kOhm
Heator	<1W, 5VDC
Fiber type	SMF-28e
Operating temperature	-5~65 ° C
Storage temperature	-40~+80 ° C
Dimension	40×35×8.5 mm



Provided by





可集成的矩阵开关

➤ 可形成竞争的两种可集成式矩阵开关

MEMS

Lucent Lab
(256×256)

SOA

Bristol University
(4×4)

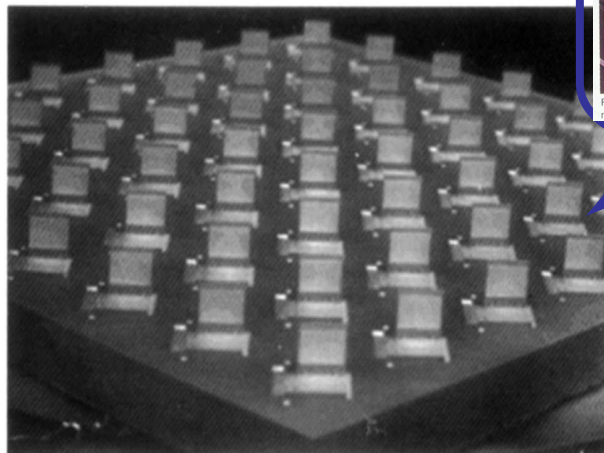


FIGURE 1. A 2-D, 8×8 crossconnect shows the typical layout of a micromirror array.

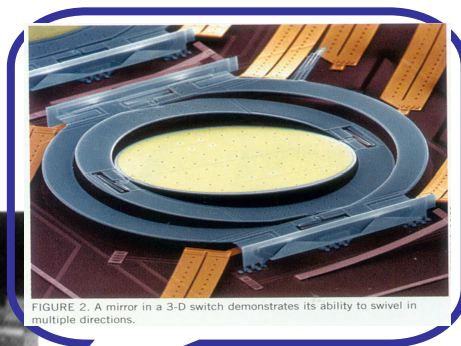
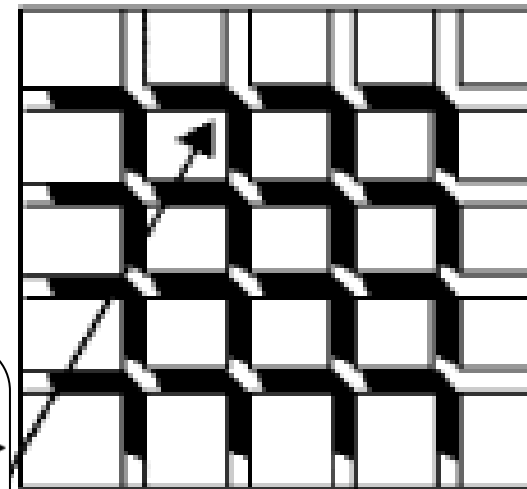
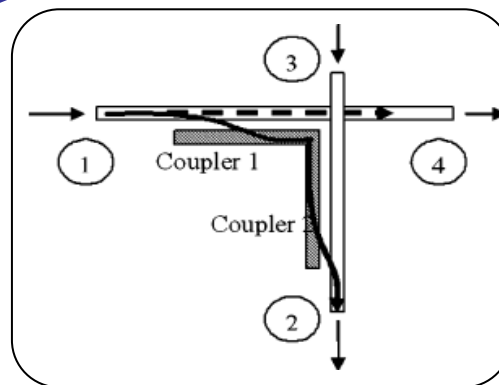


FIGURE 2. A mirror in a 3-D switch demonstrates its ability to swivel in multiple directions.





全光信号处理亟待光电子器件 的技术推动



全光信号处理等待光电子器件的技术推动

➤ 全光信号处理包括

- 脉冲整形
- 2R/3R再生
- 时钟恢复
- 光交换
- 波长转换
- 数据格式转换
- 光逻辑
- 光延时/缓存

.....

➤ 意义（需求）

- 克服和改善O/E/O方式功耗大、工作速率受限、体积大、价格昂贵等不足



全光信号处理中参与竞争的光电子器件

	SOA	微环	PPLN
规模集成	√	√	?
插损	小	小（有源）， 大（无源）	大
应用	光开关 波长转换 全光码型转换 全光逻辑门 全光2R/3R再生 全光缓存 	光开关 复用/解复用器中的滤波器 光调制器 波长转换 全光码型转换 全光逻辑门 全光缓存 全光3R再生 OADM 	波长转换 全光码型转换 全光逻辑门 全光信号再生 



也谈FTTH需求拉动动力



我国FTTH的需求拉动动力

➤ 需求拉动动力不足

某些典型业务所需带宽

带宽数字服务	下游带宽	上游带宽
广播式视频； 广播TV	1.5~6Mb/s (每信道)	—
交互式视频；Video on demand (VOD) 交互式TV；交互式竞赛；信息服务	64kb/s~6Mb/s	9.6~64kb/s
Internet, WWW、FTP等、 E-mail、IP电话 广播	14.4kb/s~10Mb/s	9.6~128kb/s
对称数据；桌面多媒体；家庭办公； 电视会议；可视电话；FAX	64kb/s~1.5Mb/s	64kb/s~1.5Mb/s
小规模商务和家庭业务 因特网家庭主页 因特网信息服务	9.6~384kb/s	64kb/s~1.5Mb/s



xDSL能提供的带宽

	调制技术	下行速率	上行速率	传输距离 (实际距离取决于线路质量)	基带模拟语音
IDSL	2B1Q	56、64、128、144Kbps	56、64、128、144Kbps	最长5Km	无
HDSL	2B1Q	2Mbps	2Mbps	最长3.5Km	无
SDSL	2B1Q	最高8Mbps	最高8Mbps	最长3.5Km	无
ADSL(全速率)	DMT	最高8Mbps	最高800Kbps	最长3.5Km	有
ADSL(全速率)	CAP	最高8Mbps	最高800Kbps	最长3.5Km	有
ADSL(G.1ite)	DMT	最高1.5Mbps	最高800Kbps	最长4.5Km	有
VDSL	TBD	最高51Mbps	最高19Mbps	最长200-1000M	有

中国电信建设, 2000 12 (10) pp.25



- 目前我国家庭信息带宽需求与经济承受能力
 - 目前我国绝大多数家庭较为普遍占用的带宽在已有布线（双绞线、同轴线）的覆盖范围之内
 - 中国的老百姓有较多的后顾之忧



机遇和策略

➤ FTTH的需求有待：

- 占用宽带较宽的业务：如可视电话、HDTV及一些新业务（如信息家电、家庭办公等）的出现
- 能提供更多为广大消费者青睐的信息内容
- 家庭经济收入和消费观念的提高

➤ 发展策略：

- 瞄准日本、美国等国际市场开发FTTH产品（双工器、三工器、多路分支器、低成本的AWG等）。
- 近期开发FTTB、FTTC较现实为FTTH积累经验和技術



总结



结论

- 正确运用“需求拉动与技术推动”的规律才能处于不败之地。
- 光电材料——光电子器件——光纤通信设备是满足社会通信需求的技术推动链，其中每个环节既是对前者的推动，又是对后者的拉动。



Thanks for your attention!