



北京大學
Peking University

Optical MEMS





Optical MEMS

- V** MEMS发展回顾
- V** 光纤通信中的应用
- V** 光学研究和应用
- V** 光数据存储
- V** 其它应用





MEMS发展回顾

微电子机械系统 (Micro Electro Mechanical Systems, 缩写为MEMS)

微系统

微机械

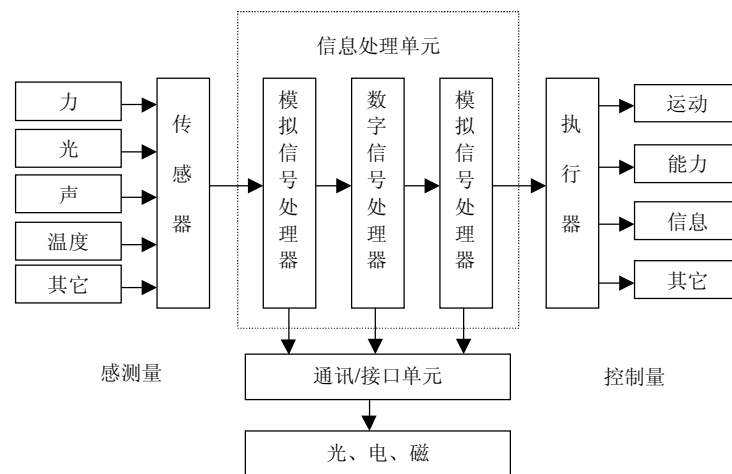
- ▼ 欧洲和美国“微世界”的研究是由半导体工艺技术启动，即带有机械的微电子技术，固称之为微电子机械系统(Micro Electro Mechanical Systems, 美国惯用词)或称之为微系统(Microsystems, 欧洲惯用词)。
- ▼ 日本实现“微世界”(Micro World)以系统方式从机械电子(Mechatronics)开始。固称之微型机械(Micromachine, 日本惯用词)。





MEMS发展回顾

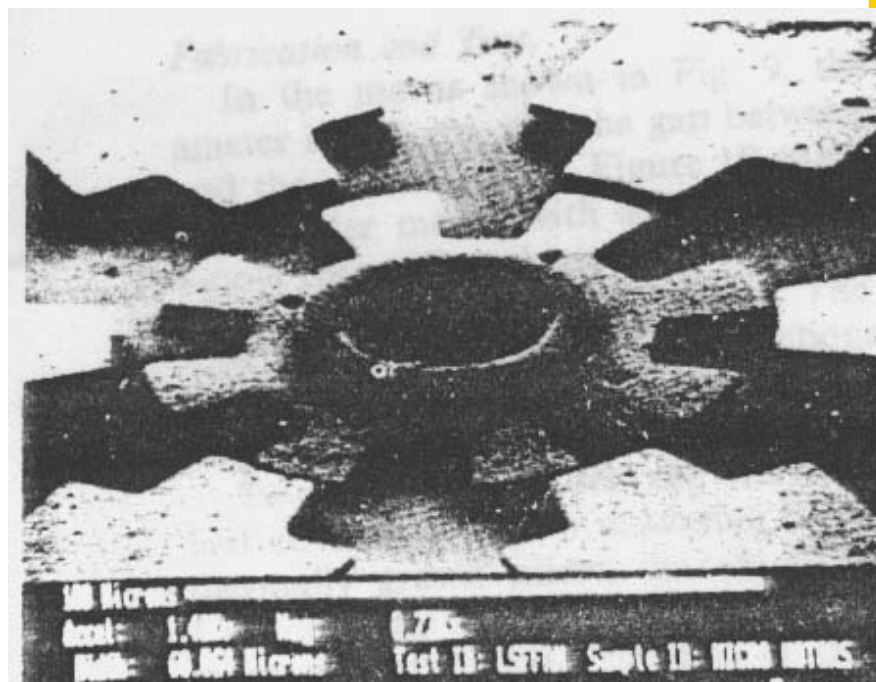
- Ⅴ 从广义上讲，**MEMS**是指集微型传感器、微型执行器以及信号处理和电路，甚至接口电路、通信和电源于一体的微型机电系统。图1是一典型的**MEMS**示意图。由传感器、信息处理单元、执行器和通讯/接口单元等组成。其输入是物理信号，通过传感器转换为电信号，经过信号处理（模拟的和/或数字的）后，由执行器与外界作用。每一个微系统可以采用数字或模拟信号（电、光、磁等物理量）与其它微系统进行通信。**MEMS**在航空航天、汽车、工业、生物医学、信息通讯、环境监控和军事等领域有着广阔的应用前景。





MEMS发展回顾

▼ 1959年就有科学家提出微型机械的设想，但直到**1962**年才出现属于微机械范畴的产品——硅微型压力传感器。其后尺寸为**50~500**微米的齿轮、齿轮泵、气动蜗轮及联接件等微型机构相继问世。而**1987**年由华裔留美学生冯龙生等人研制出转子直径为**60**微米和**100**微米的硅微型静电电机，显示出利用硅微加工工艺制作微小可动结构并与集成电路兼容制造微小系统的潜力，在国际上引起轰动，科幻小说中描述把自己变成小昆虫钻到别人的居室或心脏中去的场景将要成为现实展现在人们面前。同时，也标志着微电子机械系统(**MEMS**)的诞生。





MEMS发展回顾

▼ 近年来，随着微机电系统技术的不断成熟，其应用领域不断拓宽。目前，MEMS输出力矩小成为其发展的一个屏障。而光系统无需力矩输出，由于通过微机电系统技术实现了可动结构，使得微机电系统技术与微光学相结合而形成的微光机电系统（Optical MEMS）受到人们更大的关注。可移动结构对光系统来说是非常诱人的，因为小的机械位移常常产生比传统光电或自由载流子效应更强的物理效应。如，在干涉仪中 $1/4$ 波长的位移能产生开/断开关的作用。所以，自从微机电系统技术实现了可动结构以来，微光机电系统为光学装置功能的扩展和光学系统的微型化提供了空前的发展机会。当前，光学正处在与几十年前集成电路发明前的电子学相同的阶段，其发展前景是非常诱人的。微光机电系统在光学研究、数据存储、光纤通信、图象处理和传感系统等领域中都有广泛的应用。





光纤通信中的应用

▼ 随着世界通信业务量的飞速增长，光传送网技术已成为国际上的研究热点。据估计，以光电子信息技术为主导的信息产业产值将在2010年达五万亿美元，成为二十一世纪最大的产业。





- 研究热点 随着世界通信业务量的飞速增长，光传送网技术已成为国际上的研究热点。（全光通信网、WDM全光网、光传送网是同一事物的不同名称，最近ITU的建议是光传送网optical transport network）。
- 趋势 九十年代初，在一些发达国家中，人们预计原有的铜电缆会从1995年起逐渐被FTTH（光纤到户）代替。1998年这种趋势已被证实。但是，步子已经放慢，特别是光纤到户。光传送网的推广，光纤到户能否实现，取决于网络的价格，只有价格到了可接受的地步，才能真正进入家庭，光传送网中低价位光学元器件是降低光传送网成本的关键。





- 原因 传统的光纤网络中存在大量的光/电、电/光转换节点和数字交叉互联电分插复用器，
 - 1)既限制了网络的交换速度，
 - 2)又对不同形式的光信号是不透明的。
 - 3)光功能器件和波导或光纤的连接需要亚微米的定位精度，精密定位是复杂的调整操作，所以提高了光功能器件的成本，限制了光传送网的发展。
 - 4)且光/电、电/光器件的微型化也是很难解决的问题。因此，光通信器件的价格和微型化已成为光传送网发展的瓶颈。
- 目前，微光机电系统技术是解决这一瓶颈问题的有效途径。





√ 优势

√ 1) 微机械光学器件可提高光交换速度,

√ 2) 而且微机械加工技术可提供高精度的定位, 满足光传送网的需求, 能大批量生产, 成本低。光纤通信领域是微机械非常有效的适用领域之一。

√ 3) 对不同形式的光信号是透明的

√ 4) 易于微型化





- ▼ 可用于全光网络的**MEMS**器件包括微型光开关阵列、可调衰减器和光滤波器等。对上述技术的研究是**MEMS**用于光通讯领域的关键。
- ▼ 在全光通信网中，光交换技术的好坏直接决定了传输网的规模、复杂性和灵活性等技术指标。光开关是光交换技术中的核心器件，是影响光交换技术的关键。微机械光开关在开关速度、透明性、功耗和串扰等性能比其它各类光开关具有明显的优点。除此之外，微机械光开关还用于光信息处理系统和光学测量系统，实现光路的转换、切换和光信息处理。在军事领域中，微机械光开关用于核弹、导弹等的引信装置。且因其巨大的商业应用前景，而备受关注。





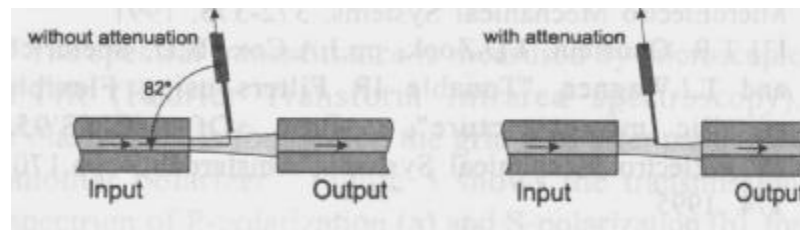
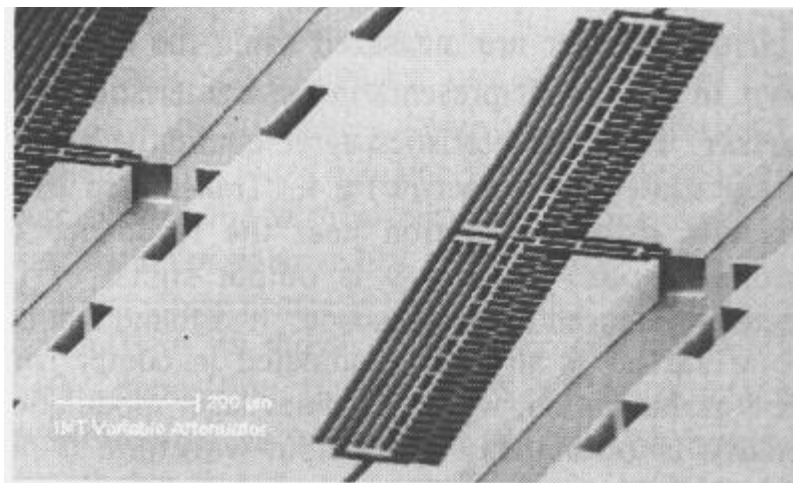
- √ 微机械光开关及其阵列
- √ 可调光衰减器
- √ 光滤波器/密集解复用器





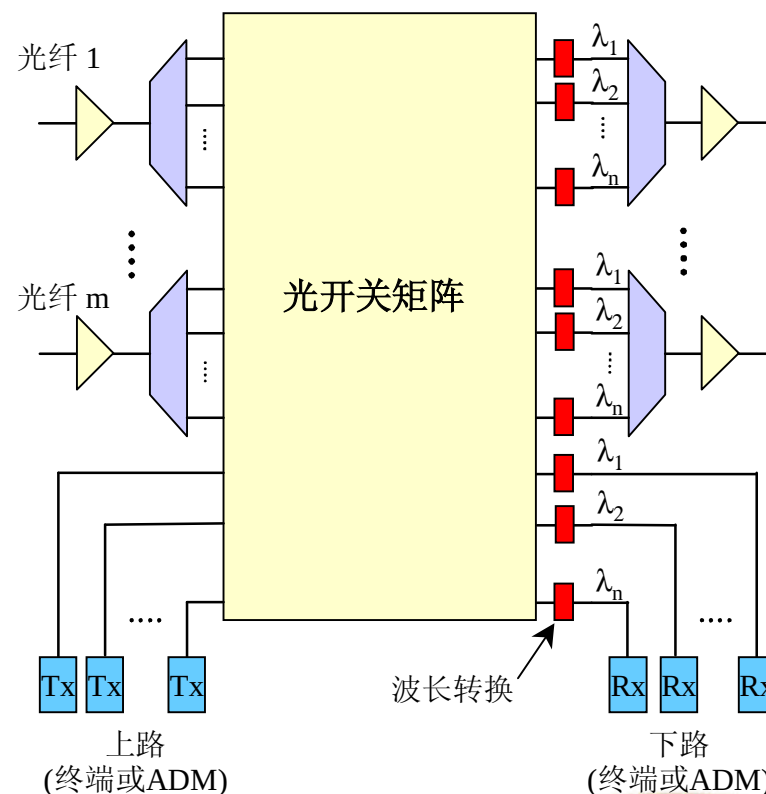
光衰减器是光强度调节和测量中不可或缺的器件，是在网络中进行动态功率调整的主要器件。

光衰减器分为固定衰减器和可调衰减器两种。一般要求光衰减器体积小、重量轻、衰减精度高、稳定可靠、价格低廉，而这正是**MEMS**技术具有的特点。





▼ 光滤波器/密集解复用器是构建**OXC**的重要器件。今天在**DWDM**系统中使用得最多的是下面三种光滤波器：多层介质膜干涉滤波器、光纤光栅和阵列波导光栅。





▼ 多层介质膜干涉滤波器利用镀在玻璃衬底上的多层介电薄膜将某个波长从**WDM**系统中分离出来或复用进去。可以制成各种窄带、宽带或增益平坦用滤波器，也可以级联成为各种**DWDM**模块，非常灵活。它是无源器件，可以在相邻或非相邻信道之间提供**40dB**甚至更高的隔离度，插入损耗和偏振相关损耗很低，可能是多信道**DWDM**系统最佳的选择之一，也可能是最适合于宽带应用的一种**DWDM**器件。但对于信道间隔等于或小于**100GHz(0.8nm)**的**DWDM**系统，镀膜的控制很困难。，目前难以采用。





▼ 光纤光栅是利用紫外激光能够改变光敏光纤折射率的原理，在光纤芯子里产生折射率的周期性调制制成的。这种光栅能够反射特定的波长。可以制成具有很陡反射谱形状和很高信道隔离度的**DWDM**滤波器。其优点是插入损耗低、成本低，因而特别适合制作**DWDM**组件。其缺点有：它是两端口反射元件，需要昂贵的光环行器或制成马赫-曾德尔干涉仪结构来实现被选信号的下路，尤其在信道数很大时会导致成本的急剧增加。再就是它是温度敏感的，需要温度控制或补偿。



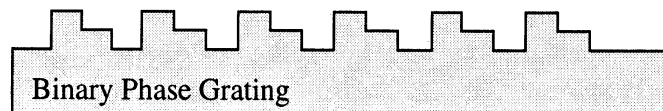


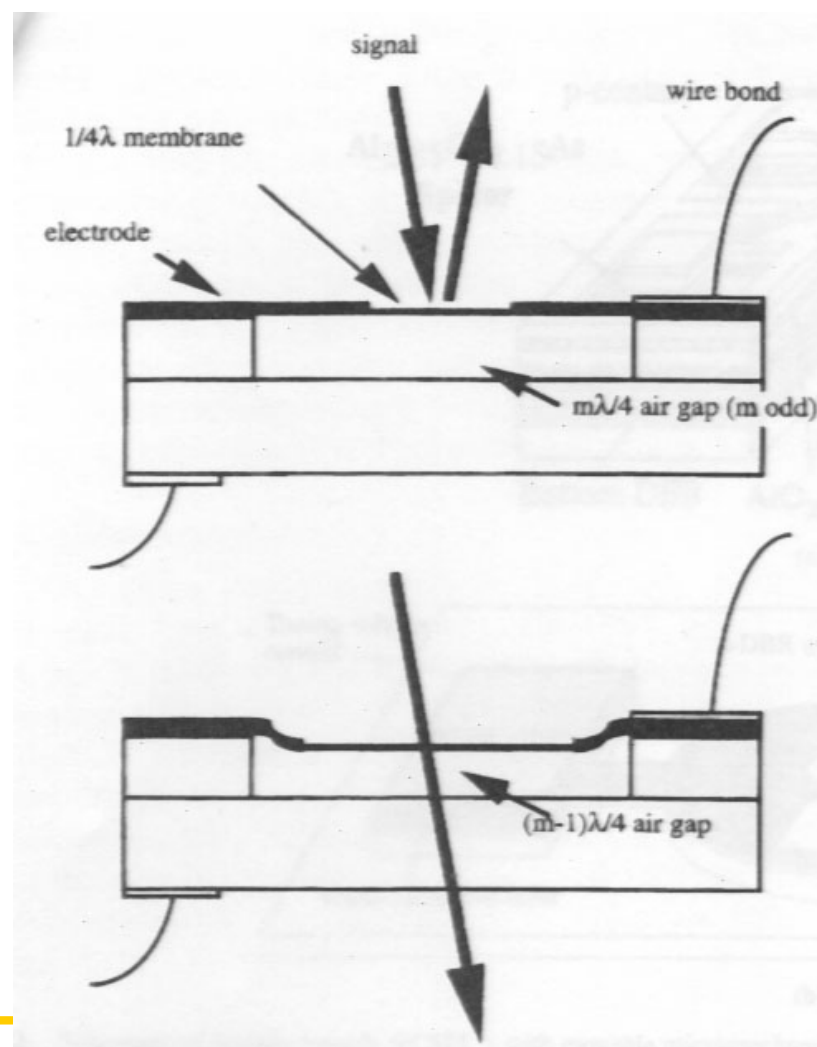
▼ 阵列波导光栅是通过在硅片上沉积 SiO_2 玻璃薄膜，经过高温处理后，再利用光刻制出波导电路图案。其工艺类似于在计算机芯片上集成电子器件。从结构看，它是由两个集成星形耦合器组成的，这两个耦合器则由一系列长度变化的波导连接起来。星形耦合器完成不同波长的耦合，而在两个星形耦合器之间长度等差排列的波导构成了一种相位光栅，而这正是波长选择的基础。其主要优点是可以很紧凑地制出信道数很大的**DWDM**器件，而且成本低，便于集成。而缺点是：与其他滤波器技术相比，它的滤波器通带特性较差、偏振相关损耗很大，而且对温度很敏感，需要温度控制。

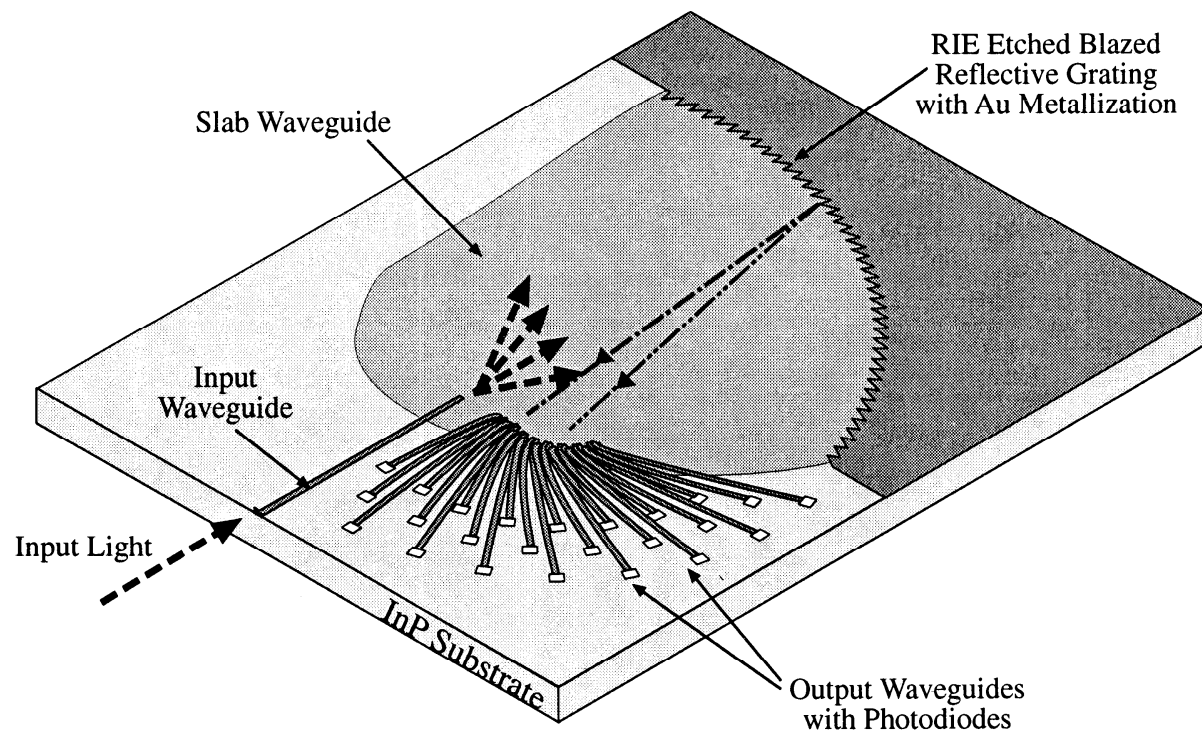




V 不同类型的光栅



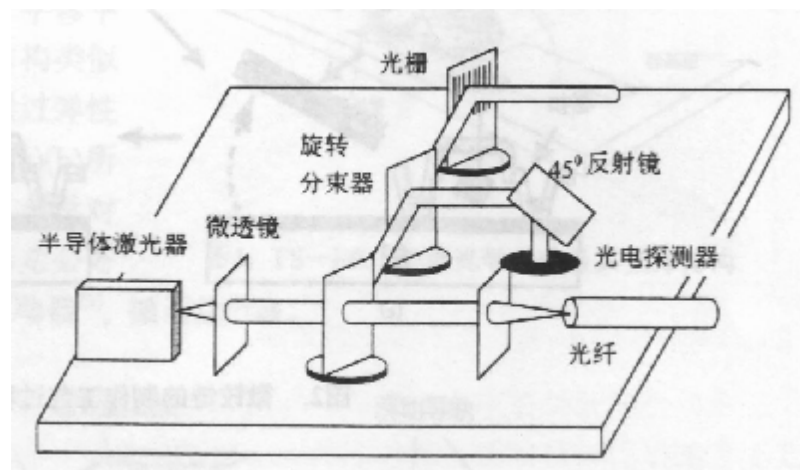






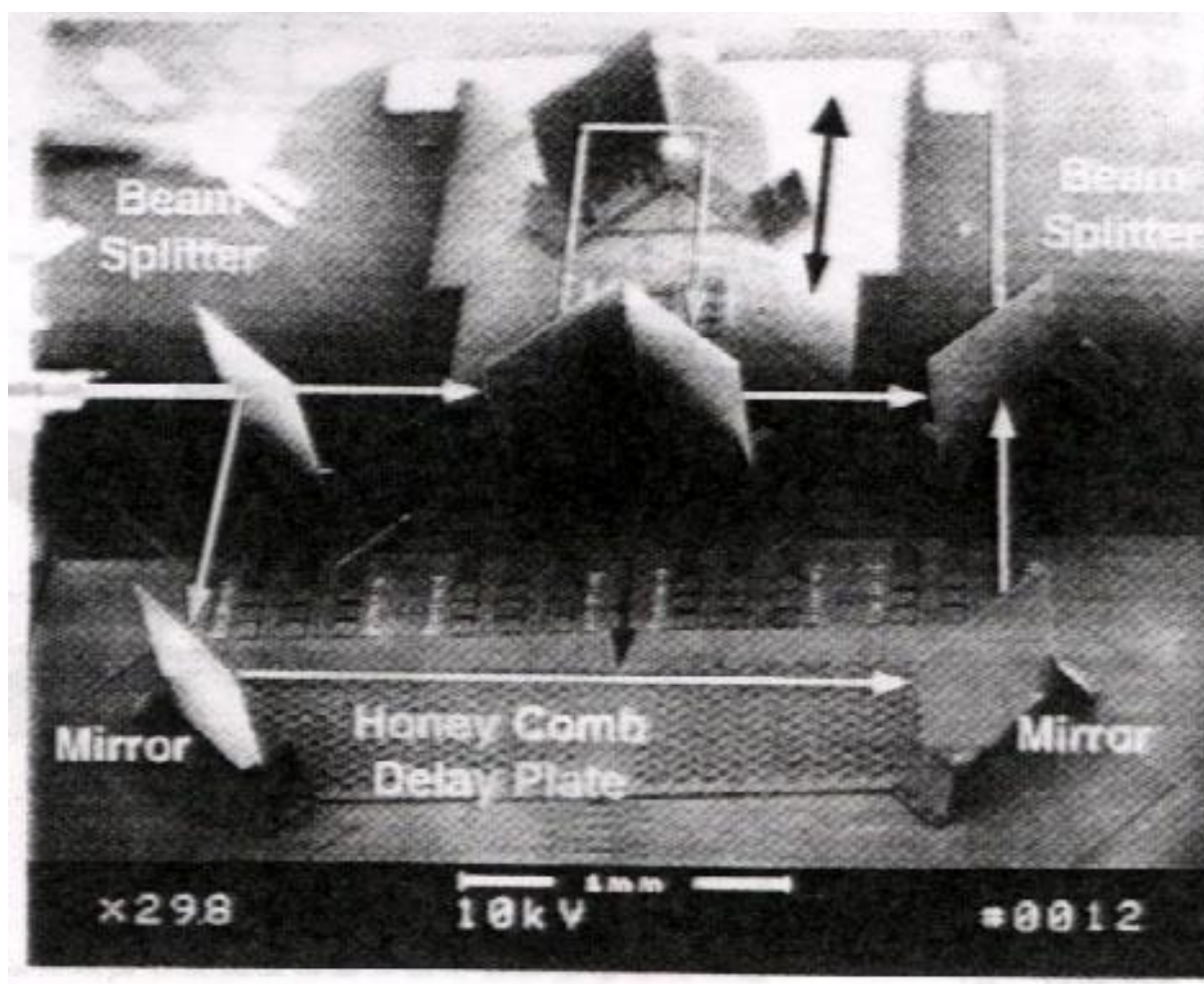
光学研究和应用

- V** 微光学平台是微光机电系统技术应用的一个典型例子，它主要用于光学测量和实验。传统的光学系统平台体积大，系统中的元件是先分开制造然后组装而成，装配量很大，成本很高。而微光学平台，体积小，系统中的元件可集成加工在单一芯片上，对准精度高，可成批生产，成本低。这些优点使微光学平台相对于传统的光学系统有很大的优势。所以，该方面的研究是微光机电系统研究的最基本的一部分。研究包括微衍射透镜（Fresnel, 多阶二元微透镜）、微折射透镜、光束分离器、光栅等。





飞秒自相关仪





光栅光谱仪

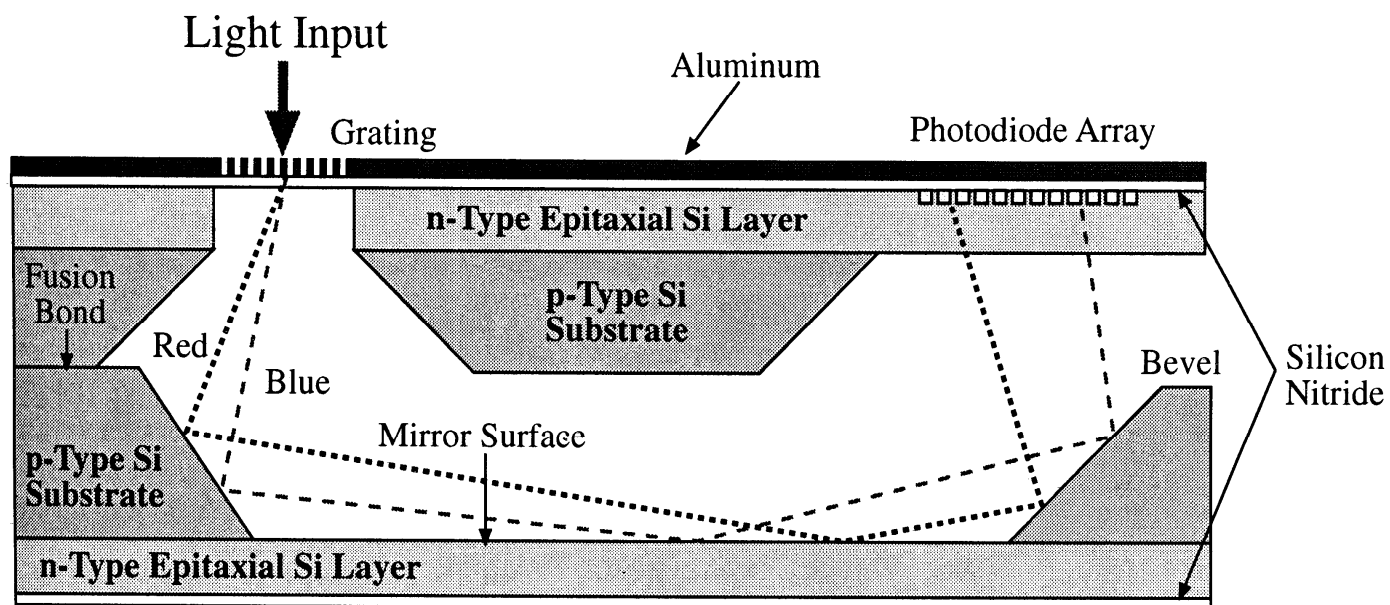


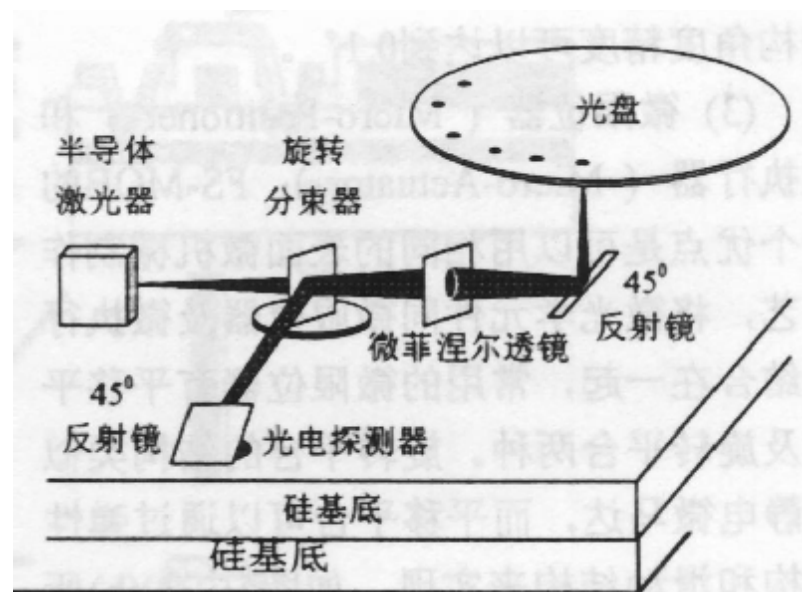
Illustration of a bulk micromachined grating-type spectrometer. After Kwa and Wolffenbuttel (1992) (not to scale).





光数据存储

在光学信息存储系统中，光盘读取头影响存储密度和读取速度，决定整个系统性能的好坏。采用微机械制造的光盘读取头，可大大降低光学读取头是价格和中连、重量，定位速度和读取速度也显著提高。图为读取原理示意图。

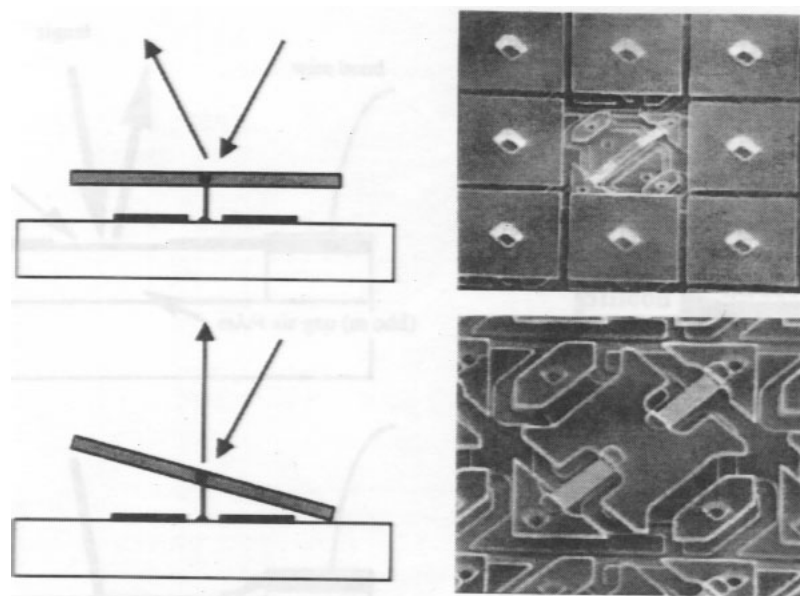




其它应用

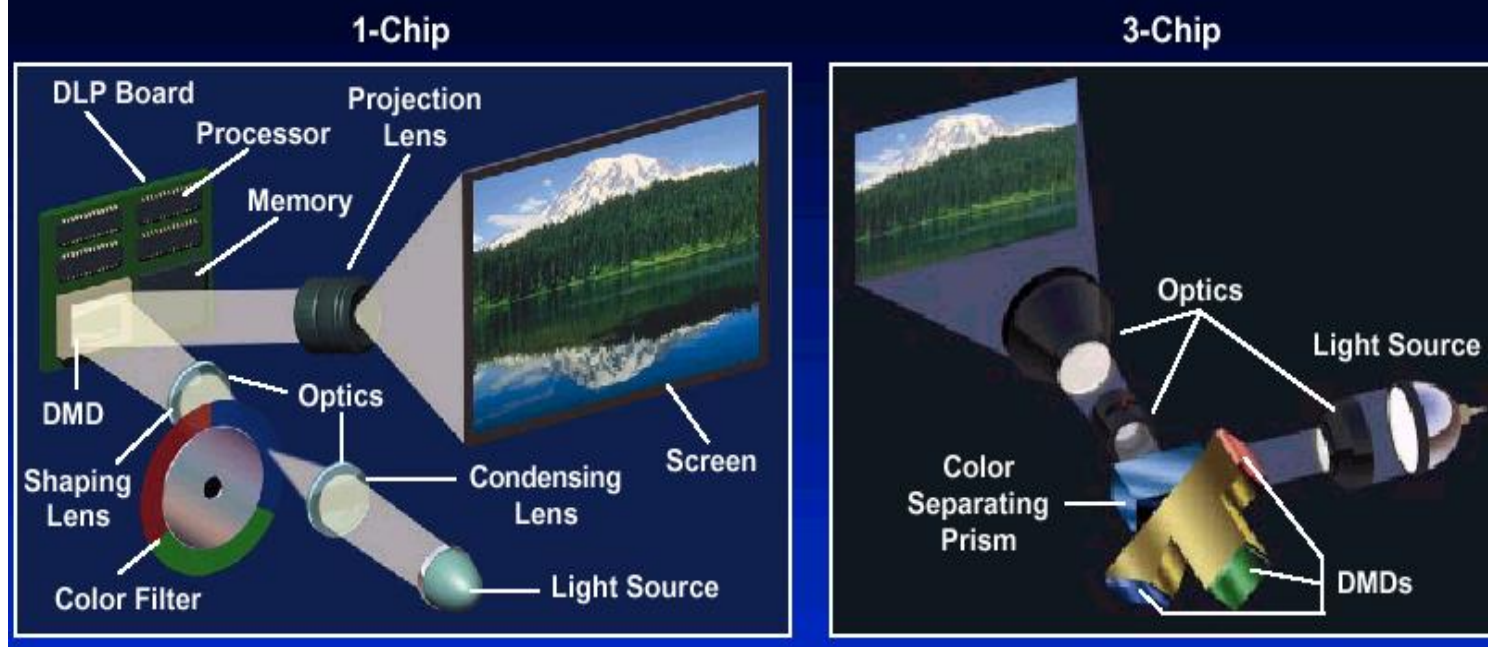
V 1投影显示器

数字微镜装置可被用来作投影显示器（DMD）。图示为美国TI公司研制的DMD，它通过可以旋转 $\pm 10^\circ$ 的扭转镜来完成投影显示的。微镜通过支撑柱和扭转梁悬于基片上，每个微镜下都有驱动电极，在下电极与微镜间加一定的电压，静电力使微镜倾斜输入光被反射至镜头、投影到屏幕上。未加电压的微镜处的光线反射至镜头外。这样，微镜使每点产生明暗，投影出图象。





DMD COLOR PROJECTION DISPLAYS

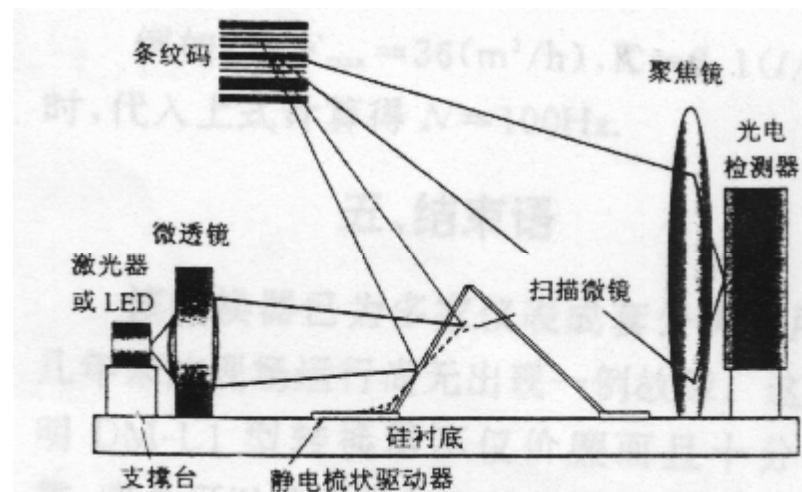




V 2 光学扫描仪

图示为一微光学扫描条码读出器的原理图。

V 另外，微光机电系统还可应用于传感系统等领域。





北京大学
Peking University

谢谢！

