

文章编号: 1002-2082(2005)01-0060-03

# MEMS 与 MEMS 光开关

梁宏军<sup>1</sup>, 张兴社<sup>2</sup>

(1. 西安通信学院 数理教研室, 陕西 西安 710106;

2. 中国人民解放军陆航局驻西安地区军代室, 陕西 西安 710032)

**摘要:** 微机电系统(MEMS)技术是一种新型制造技术,在光通信的发展中得到广泛的应用,有极大的市场价值。在整个光通信中,光开关是较为重要的光无源器件,在光网络系统中可对光信号进行选择操作。随着光通信的日益发展,对光开关的技术要求也日益提高,利用MEMS技术制作的新型光开关具有体积小、重量轻、能耗低、集成化程度高等特点,从而日益成为研究的热点。本文简单介绍了MEMS技术和其主要特点,并较详细地阐述了MEMS技术在光通信中的应用,以及MEMS光开关的结构、发展趋势和目前存在的主要问题。

**关键词:** 微机电系统;光开关;光通信

中图分类号: TN256

文献标识码: A

## MEMS and MEMS Optical Switch

LIANG Hong-jun<sup>1</sup>, ZHANG Xing-she<sup>2</sup>

(1. Xi'an Institute of Communication, Xi'an 710106, China;

2. Xi'an Military representative agency of army airforce of PLA, Xi'an 710032, China)

**Abstract:** MEMS (micro-electro-mechanical system) is a new fabricating technique, which is widely used in the optical communication and has a great value in the communication market. The optical switch is an important passive device, which can selectively control optical signals in the optical communication of optical network system. The new type of optical switch, which is made with MEMS, has many advantages, such as small size, light weight, low consumption and high integralization. Therefore, the research on the optical switch has become an object which more and more experts are hunting for. In this paper, the MEMS and its main characteristics are briefly introduced, the application of MEMS in the optical communication thoroughly described, and the structure, the trend of development and the main problems of the MEMS optical switch are analyzed respectively.

**Keywords:** MEMS; optical switch; optical communication

### 1 MEMS 技术

MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) 技术也称作微机电系统技术,是指可批量制作并集微型机构、微型传感器、微型执行器、信号处理及控制电路、接口、电源等于一体的微型器件或系统。MEMS 是随着半导体集成电路微细加工技术和超精密机械加工技术的发展而发展起来的。MEMS 技术的主要特点如下。

1) 微型化。MEMS 器件体积小、重量轻、耗能低、惯性小、谐振频率高、响应时间短。

2) 以硅为主要材料的机械电器性能优良。硅的强度、硬度和杨氏模量与铁相当,密度类似铝,热传导率接近铂和钨。

3) 可批量生产。用硅微加工工艺可在一块硅片上同时制造成百上千个微型机电装置或完整的 MEMS。

4) 集成化。可以把不同功能、不同敏感方向或致动方向的多个传感器或执行器集成于一体,或形成微传感器阵列、微执行器阵列,甚至可以把多种功能的器件集成在一起,形成复杂的微系统。

收稿日期: 2004-08-26 修回日期: 2004-11-08

作者简介: 梁宏军(1968-),男,陕西岐山人,西安通信学院讲师,硕士,主要从事物理教学工作。

5) 多学科交叉。MEMS 涉及电子、机械、材料、制造、信息与自动控制、物理、化学和生物等多种学科,并集约了当今科学技术发展的许多尖端成果。

## 2 MEMS 光开关

### 2.1 MEMS 光开关在光纤通信中的应用

光纤通信在实现了高速、大容量点对点的传输后,于上世纪末已进入了光纤网络时代。MEMS 在光纤通信领域的应用范围十分宽广,几乎所有光网络中的各个组成单元都能采用 MEMS 制作器件,并由此产生了一个新名词:微光电机系统(MOEMS)。利用 MEMS 技术可以制作光纤通信传输网中的许多器件,如光分插复用器(OADM)、光交叉连接开关矩阵(OXC-AS)、光调制器、光滤波器、波分复用解复用器、可调谐微型垂直腔表面发射半导体激光器(VCSEL)、可变光衰减器、增益均衡器及用于光路分配和耦合的微透镜阵列等多种微型光学器件。

光开关是较为重要的无源光学器件,它可在光网络系统中对光信号进行选择开关操作。随着光信号传送业务量的快速增长,以及接入网和高速数据网大容量高速交换的需求,组建全光传输网络成为光通信技术发展的必然趋势。光交叉连接(OXC)技术是全光网络的关键技术之一。OXC 系统作为全光网络不可缺少的节点设备,可以使全光网络中信息传输的光信号进行直接交换和交叉连接。它与当前应用的电交叉连接相比,省去了光-电及电-光变换过程,设备相应简化。采用直接交换和交叉连接不仅可以减少干扰的可能性,而且可以尽快消除同步网络中的干扰,提高网络的灵活性和可靠性,还可以使光传输系统无中继传送更长的距离。在 OXC 设备中,光开关及更为复杂的光开关矩阵系统是其关键器件。传统的机械式光开关虽然串音小,重复性好,插入损耗低,价格相对便宜,但随着现代光通信的发展,要求光开关器件具有更高的工作速度、更低的插入损耗和更长的工作寿命。在器件的体积上,由于全光网单元器件的增多,为使器件小型化,就要求器件有更高的集成度;在成本

方面,由于网络的扩充,所需器件将会大大增加新的光网络核心器件技术,并对光开关提出更高的要求。由此也带来了光网络设备高昂的成本。因此,必须采取技术措施发展新技术,降低光学器件的成本,这样才能被用户所接受。用传统手段制造的光开关难以满足上述要求,在此情况下,MEMS 光开关应运而生。

MEMS 光开关技术被认为是一项革命性技术,给光通信领域带来了一系列前所未有的 MEMS 研究热。人们对 MEMS 光开关研究始于 20 世纪 90 年代中期。虽然起步较晚,但发展较快,而且研究单位和研究者众多,成为一种最流行的光开关制作技术。贝尔实验室的“跌挠板”式光开关,被称为世界上第一个有实用价值的 MEMS 光开关;美国 OMM 公司的“Cro-GuaN”光开关号称世界上第一个 MEMS 光开关,该公司的小阵列(4×4 和 8×8)光开关产品已进入实用阶段,大于 32×32 阵列的光开关也在开发之中;另外,美国 Onix 公司也制作了基于微镜技术的光开关,其中微镜技术是该公司的专利技术。在 MEMS 光开关的制作中,这些国外的研究单位和公司大多采用了 MEMS 平面工艺。

### 2.2 MEMS 光开关技术

一般说来,MEMS 光开关从空间结构上可分成两种:2D 开关和 3D 开关。这两种结构在如何控制和引导光束的能力方面有很大的差别,可以在光通信网络中发挥各自不同的作用。在 2D 开关中,微镜的排列只有两个位置,即开和关两种状态。这种排列极大地减化了控制电路的设计,一般只需提供足够的驱动电压使微镜发生动作即可,但是当要扩展成大型光开关阵列时,这种结构的弱点便显露出来了。因为各个输入输出端口之间的光路传输距离各有不同,所以各端口的插入损耗也不同,这就使 2D 光开关只能用在端口较少的环路里。这种二维光开关阵列插入损耗小于 4dB,开关时间小于 10ms。由于受光程损耗的限制,最大可以实现 32×32 端口。如果要想实现更高端口密度,则在技术上十分困难。

在 3D MEMS 光开关中,微镜能沿着两个方向的轴任意旋转,因此可以用不同的角度来改变光路

的输出。在  $N \times N$  的阵列中, 它只需要  $N$  或  $2N$  个微镜即可; 但是如果只有  $N$  个微镜, 则每个镜的有限旋转角度将会引入新的插入损耗。因此, 现在多采用两组微镜阵列 ( $2N$ )。这种结构的最大优点是光程差所引起的插入损耗对光开关阵列端口数的扩展将不会产生很大的影响。但是, 另一方面, 它所需要的控制电路和结构设计将会变得较为复杂。

利用 MEMS 技术制作的新型光开关体积小、重量轻、能耗低, 可以与大规模集成电路制作工艺兼容; 易于大批量生产和集成化, 方便扩展, 有利于降低成本。此外, MEMS 光开关与信号的格式、波长、协议、调制方式、偏振作用、传输方向等均无关, 并在进行光处理过程中不需要进行光-电或电-光转换。特别是大规模光开关阵列, 几乎非 MEMS 技术而不能实现, 而 OXC 必须使用大规模光开关阵列。因此, 大规模 MEMS 光开关阵列已经成为目前发展全光通信技术中极其重要的技术路线。

### 3 MEMS 光开关的发展和目前存在的主要问题

随着光通信的发展, 一些国际通信公司也大力开发制造新型光开关。其中光调制光开关和波导调制光开关的技术发展较快, 其开关时间具有几个 ps 到 10ps 的开发潜力, 可以满足全光通信网络实现高速光交换、光交叉连接的要求。因此, 光调制光开关和波导调制光开关是今后光开关的发展方向。但是, 光调制光开关和波导调制光开关串音大的缺点目前尚无技术突破, 还处于实验室研究阶段, 而且价格昂贵, 近几年要达到实用化的水平并投入市场不太可能。目前采用较为成熟的 MEMS 技术研制开发光开关、光开关阵列, 并在此基础上组建、完善全光交换机及其交换矩阵系统等全光网络节点设

备, 具有非常大的现实应用价值。

目前, MEMS 技术还存在一些问题: 一是迫切需要用于微电子机械系统设计的先进的模拟工具和模型建立工具 (大多数微电子机械设备都是用功能差的不能准确预测执行情况的分析工具来建立的, 这种方式效率低下, 费时费力), 只有运用合适的开发工具, 并配以连通高性能工作站以及本地的和远程的超级计算机网络才能从根本上改变这种局面; 其次, 微电子机械系统的包装面临独特的挑战, 因为微电子机械装置形状差异大, 并且部分装置还要求放置于特定的环境中, 所以几乎每开发一套微电子机械系统就需要为其设计一个专用的包装。容许设计者从已有的标准包中挑选出新的微电子机械设备的包装也不失为一个较好的办法。

### 4 结论

目前, MEMS 光开关及其阵列在现有光通信中的应用越来越广泛。长途传输网中的光开关/均衡器、发射功率限幅器, 城域网中的监控保护开关、信道均衡器、增益均衡器, 以及无源网中的调制器等都需要光开关及其阵列。总之, 大力发展 MEMS 技术和 MEMS 光开关具有非常大的市场价值和理论价值。

#### 参考文献:

- [1] Stephen A Campbel 著, 曾莹译. 微电子制造科学原理与工程技术[M]. 第二版, 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] Julian W Gardner. 微传感器、微机电系统和灵巧器件[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [3] 沈庆国. 现代通信网络[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.