

一种超小型 1 × 2 微机械光开关

鲍俊峰 邹勇卓 吴兴坤

(浙江大学现代光学仪器国家重点实验室, 浙江大学光及电磁波研究中心, 杭州 310027)

摘要 设计制作了一种非硅基底的 1 × 2 微机械光开关, 利用电磁驱动微反射镜运动实现输出端口切换, 开关时间 < 3 ms, 封装尺寸缩小至 21 mm × 16 mm × 12.6 mm, 驱动电压 5 VDC, 经 5 × 10⁶ 次开关重复性测试, 性能稳定.

关键词 光纤通讯; 光开关; 微机械

中图分类号 TN929.11

文献标识码 A

出.

0 引言

随着光纤通讯技术的不断发展和密集波分复用技术的广泛应用, 高速率、大容量的全光网络成为通讯技术发展的必然趋势. 具有切换光路作用的 1 × 2 光开关是一种重要的功能器件, 在光传输系统中主要用于通讯保护, 多路光监控系统、LAN、多光源/探测器换接; 在光测试系统中可用于光纤、光器件、网络、野外工程光缆等的光传感多点监测系统测试, 使原来手工跳线插拔的过程成为可编程电控化, 是现代多路光遥控、遥感中不可或缺的器件^[1].

目前国内外各大器件厂商, 如国外的 JDSU, Dicon, 国内的 O-net、光讯、翔光等, 均推出了各种类型的 1 × 2 光开关. 开关时间大多为 1 ~ 4 ms, 国内产品在 10 ms 左右. 外形尺寸较大, 给开关与系统的集成带来了困难. 我们在发表过的多种光开关衰减器基础上^[2,3] 设计了一种小尺寸的 1 × 2 光开关, 采用电磁线圈驱动, 利用硅微反射镜的运动实现光信号在两个输出准直器端口间的切换, 开关时间 < 3 ms, 封装尺寸达到并小于某些国外产品. 本文将主要阐述器件的原理结构及测试结果, 具体的制作工艺和理论分析将另文分析.

1 器件结构及原理

图 1 为我们制成的 1 × 2 光开关照片. 1 × 2 光开关由三个单光纤准直器, 两个固定微反射镜, 一个由电磁驱动装置和活动微反射镜构成的反射单元和一个固定基板构成. 如图 2 所示. 当驱动电信号为低电平时, 光信号经输入准直器 4 准直, 先后被与光束成 45 度放置的固定微反射镜 1 和活动微反射镜 2 反射, 由准直器 5 输出; 驱动电信号跳转为高电平时, 活动微反射镜运动切出光路, 光信号先后被固定的微反射镜 1 和微反射镜 3 反射后, 从准直器 6 输

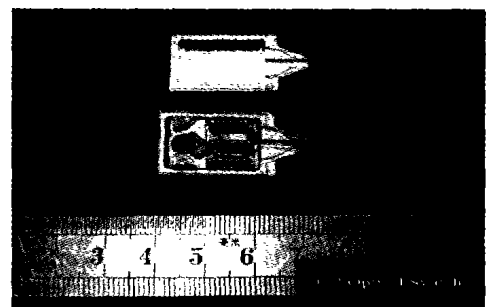


图 1 1 × 2 光开关照片

Fig. 1 Photo of a 1 × 2 optical switch

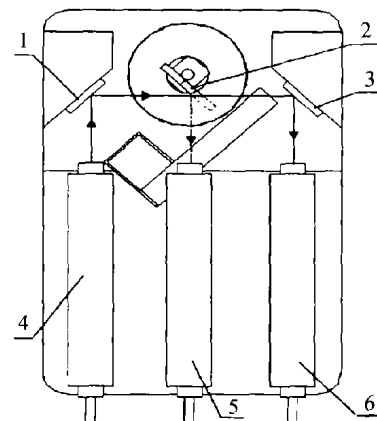


图 2 1 × 2 光开关结构示意图

Fig. 2 Schematic of the 1 × 2 optical switch

作为 1 × 2 光开关的核心部件, 反射单元决定了开关速度和驱动电信号的脉冲形式. 在我们曾经报道过的 1 × 4 光开关中^[4], 采用了如图 3 所示结构的反射单元. 该反射单元具有落地面积小, 开关状态断电自锁, 切换速度快, 但需 ±5 VDC 驱动. 其工作原理为: 当线圈两端接通一个 5 V 电脉冲时, 线圈将使摆杆磁化, 此时, 摆杆装有微镜的一端, 将同时受到永磁铁 1、2 的合力作用, 摆向并停靠在自身极性相异的磁铁一端, 线圈两端电脉冲的方向决定了摆杆的运动方向和停靠状态, 正向脉冲驱动微镜进入光路, 反向脉冲使微镜离开光路. 从而达到快速移动微反射镜, 实现光路转换. 状态切换完成后, 摆杆在永磁体作用下保持当前工作状态的稳定, 实现断电自锁.

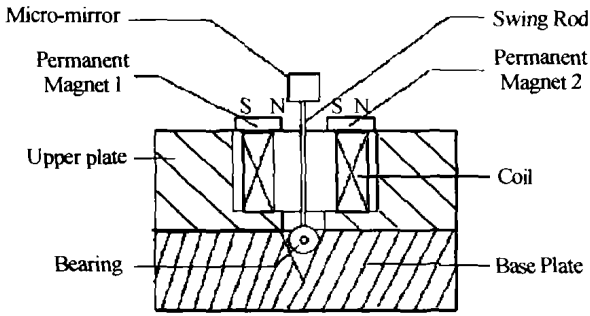


图3 反射单元结构示意图
Fig. 3 Schematic drawing of the reflection cell

在上述反射单元的基础上,我们对永磁铁的排布方式做了一些改进,使之更加适应系统集成要求,实现了0~5 VDC 驱动,同时继承了原反射单元体积小,切换速度快的特点. 图4是我们设计并试验过的两种永磁铁排布方式. 试验结果表明排布方式一(图4(a))需要相对较大的电压驱动,同时切换速度较慢. 而排布方式二(图4(b))在5 V 的驱动电压下即可实现开关状态的快速切换. 分析表明,排布方式二中摆杆,永磁铁和软铁磁极构成的半边弥散磁力分布较方式一中永磁铁对摆杆的单极吸引更有利于摆杆在电磁线圈的磁化作用下切出光路. 经反复试验验证,我们在样机试制中采用了第二种排布方式,取得了较好的效果.

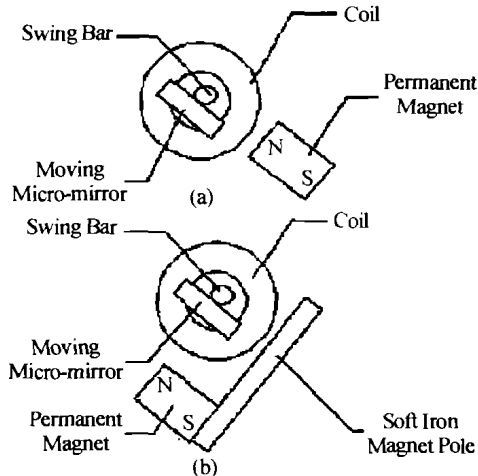


图4 永磁铁排布方式示意图
Fig. 4 Layout of the modified reflection cell

为了减小器件封装尺寸,对光纤准直器的排布方式,我们进行了多种技术方案的比较和可行性研究. 传统的1×2光开关大多采用如图5所示的输入准直器和两根输出准直器相对排列的形式. 而本项目中则采用了如图1所示的输入输出准直器平行同侧排列的方式. 比较而言,后者可以在输入光束方向上减小近一半的长度,并且准直器尾纤的同侧分布,给器件的封装以及器件和系统的集成带来了方便. 虽然在光束的传输路径上增加了两块固定微镜,但从后面的器件性能测试中可以发现,这一改变

对器件的插入损耗并没有很大的影响.

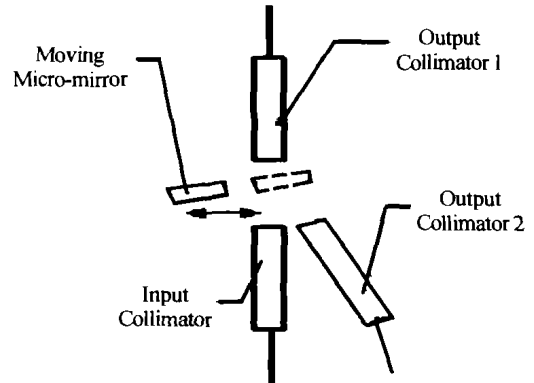


图5 1×2光开关端口传统排列方式
Fig. 5 Traditional arrangement of 1×2 optical switch ports

2 性能测试与比较

1×2光开关的主要性能参数有:插入损耗、开关时间、重复性、开关寿命、外形尺寸、驱动电压和输入功率等.

2.1 插入损耗

用截断法进行测量. 在中心波长 1550 ± 20 nm 下,用 AV38124A 激光光源(电子信息产业部第四十一所)作为输出光源,用 AV6332 型回波损耗测试仪对开关两个输出端口光功率分别进行检测,测得插入损耗为:0.68 dB, 0.72 dB.

2.2 开关时间

用数字信号发生器输出 6.6 Hz 的方波信号驱动开关并调节改变信号峰值电压,同时用数字示波器对 AV6332 型回波损耗测试仪监视的光功率数据采样. 得到了如表1所示不同驱动电压下的开关时间以及图6所示5VDC 驱动光开关响应曲线.

表1 不同驱动电压下的开关时间

Driving Voltage	4.625V	5.375V	6.375V	7.125V	8.188V	8.938V
Switch Time	3.2ms	2.7ms	2.1ms	1.9ms	1.5ms	1.3ms

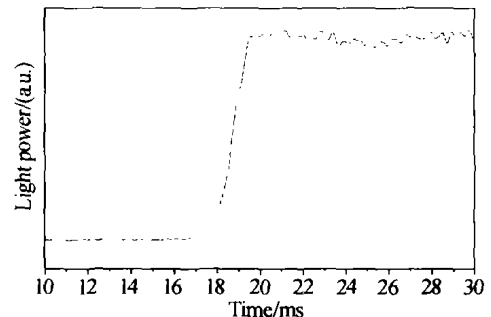


图6 5 VDC 电压光开关动态响应曲线
Fig. 6 Dynamic response of the switch at 5 VDC

2.3 重复性

由 $f=6.5$ Hz, 0~5 VDC 方波信号驱动,重复开关动作 5×10^6 次,测得1×2光开关重复性曲线如图7所示.

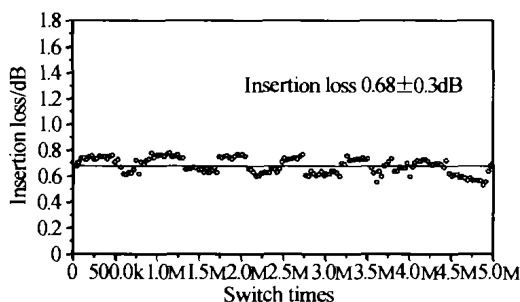


图 7 开关重复性测试图

Fig. 7 Insertion loss as a function of switch times

2.4 开关寿命

在 0 ~ 5 V, 6.5 Hz 方波信号驱动下, 光开关经 5 ×

10⁶ 次切换动作后, 测试其开关速度及各端口插入损耗均无明显变化, 插损为 0.68 ± 0.1 dB.

2.5 外形尺寸

本开关的封装尺寸为 21 mm × 16 mm × 12.6 mm.

2.6 驱动电压及输入功率

1 × 2 光开关由 0 ~ +5 V 脉冲电压驱动, 输入功率为 125 mW.

表 2 中将本项目试制的 1 × 2 光开关与国内外的主要器件厂商的产品作出了一个具体的性能比较.

表 2 器件性能比较

	The 1 × 2 optical switch	Overseas manufacturers		Domestic manufacturer
		JDSU ³	Dicon ²	
Insertion Loss	0.6 ~ 0.8 dB	< 0.5 (0.3 typical) dB	0.8 Max dB	0.8 Max dB
Switch Time	2.7 ms	< 4 (2.5 typical) ms	5 Max ms	8 Max ms
Repetition	± 0.1 dB	< ± 0.02 dB	0.1 dB Max	± 0.05 dB Max
Switch Lifetime	> 5,000,000 cycles	100,000,000 cycles	100,000,000 cycles	10,000,000 cycles
Driving Voltage	4.5-5.5 VDC	5 ± 10% VDC	12-15 VDC	4.5-6.0 VDC
Power Consumption	125 mW	/	150 mW	162 mW
Dimensions	21 × 16 × 12.6 mm	17.3 × 10.4 × 8.0 mm	20.83 × 12.70 × 7.21 mm	43 × 18 × 9.8 mm

3 结论

我们研制的 1 × 2 光开关是一种性能优越的光路切换器件, 可广泛应用于光交换网络和光纤测试系统中. 通过准直器预配对及光路调节工装的设计应用等一系列措施, 可进一步降低器件插损, 提高器件装调效率. 同时, 通过活动单元的阵列, 可将其扩展为 1 × N 光开关.

参考文献

1 杨建义, 江晓清, 王明华. 用于光纤通讯的光开关研究进展. 光通信研究, 2000, (4): 42 ~ 48
 Yang J Y, Jiang X Q, Wang M H. Study on Optical

Communications, 2000, (4): 42 ~ 48
 2 晏辉鸣, 万鹏, 吴兴坤. 光纤直接耦合微加工型 1 × 2 光开关. 光子学报, 2004, 33(5): 536 ~ 539
 Yan H M, Wan P, Wu X K. Acta Photonica Sinica, 2004, 33(5): 536 ~ 539
 3 袁野, 曹钟慧, 钱包俊峰, 等. 一种 MEMS 可调光衰减器性能测试及动态响应分析. 光子学报, 2004, 33(4): 439 ~ 442
 Yuan Y, Cao Z H, Bao J F, et al. Acta Photonica Sinica, 2004, 33(4): 439 ~ 442
 4 曹钟慧, 鲍俊峰, 袁野, 等. 硅基底 1 × 4 MEMS 光开关. 光学学报, 2003, 23(9): 1041 ~ 1044
 Cao Z H, Bao J F, Yuan Y, et al. Acta Optica Sinica, 2003, 23(9): 1041 ~ 1044

A Micromachining – based Miniature 1 × 2 MEMS Optical Switch

Bao Junfeng, Zou Yongzhuo, Wu Xingkun

State Key Laboratory for Modern Optical Instrumentation, Center of Optical and Electromagnetic Research, Zhejiang University, Hangzhou 310027

Received date: 2003-07-21

Abstract A non-silicon based miniature-size 1 × 2 optical switch is reported. The switch comprises of a micro-mirror driven by electromagnetic actuator with a unique configuration in conjunction with a permanent magnet. The switch time was measured < 3 ms at 5VDC application and packaged size reaches as small as 21 mm × 16 mm × 12.6 mm. A 5 × 10⁶ repetition test was conducted and the switch exhibits a stable operation through out the test.

Keywords Fiber optic communication; Optical switch; Micro-mechanical System



Bao Junfeng was born in 1976, in Hubei, China. He received his Bachelor Degree from Tongji University in 1998 and is currently working towards his Ph. D. Degree in Optical Engineering at Zhejiang University. His current research focuses on micro-machining based optical switches, variable attenuators and other opto-electronic devices.