

文章编号: 0253-2239(2005)05-717-2

位错型微机械可变光衰减器的研究*

谢晓强 戴旭涵** 赵小林 丁桂甫 蔡炳初

(上海交通大学微纳科学技术研究院微米/纳米加工技术国家级重点实验室薄膜与微细技术教育部重点实验室, 上海 200030)

摘要: 介绍了一种基于微机械技术实现的可变光衰减器, 通过微电磁驱动器改变输入输出光纤之间的径向偏移量来调整衰减量。基于波导传输理论分析确定了器件的结构参量, 并通过集成电路微细加工工艺实现了器件的制作和封装。测试结果表明, 该可变光衰减器的插入损耗小于 1 dB, 动态范围约 35 dB, 工作电压小于 5 V, 偏振相关损耗小于 0.1 dB, 体积为 20 mm×15 mm×8 mm, 有望为全光网提供一种低成本, 高性能的光通信器件。

关键词: 光学器件; 全光网; 可变光衰减器; 微机械; 电磁驱动

中图分类号: TN715 文献标识码: A

Research on an Offset-type Micro Mechanical Variable Optical Attenuator

Xie Xiaoqiang Dai Xuhan Zhao Xiaolin Ding Guifu Cai Bingchu

(National Key Laboratory of Nano/Micro Fabrication Technology, Key laboratory for thin film and microfabrication of Ministry of Education, Institute of Micro and Nano science and technology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

Abstract: A variable optical attenuator (VOA) fabricated by micro mechanical technology is presented. Based on micro electromagnetic actuation, the attenuation level is adjusted by changing the radial offset between the input and output optical fiber. The structure parameter was determined through optics, mechanics and magnetic circuit analysis. The device was fabricated and packaged by micromachining technology. The packaged volume of the device is 20 mm×15 mm×8 mm. According to the experiment results, the insertion loss is less than 1 dB, the polarization relevant loss is less than 0.1 dB, dynamic range is larger than 35 dB and the driving voltage is less than 5 V. It promises to be a low cost, high performance passive device for all-optical-networks.

Key words: optical devices; all optical networks; variable optical attenuator; micro machining; electromagnetic

全光网是适应未来通信网络带宽容量需求的最佳方案, 而功率均衡则是其中亟待解决的一项关键技术, 为此大量采用了可变式光衰减器 (Variable optical attenuator, VOA)。目前国外的主要网络传输设备制造商与相关研究机构纷纷开展了基于微机械技术的可变式光衰减器的研究, 以解决现有光衰减器体积大、价格昂贵等影响进一步应用的技术问题。如朗讯 Lucent 和北方电讯 Nortel 研制了静电驱动的可变光衰减器阵列, JDS Uniphase 则报道了利用热驱动的可变光衰减器阵列^[1,2]。日本 NTT 公司研制了波导型 VOA 阵列^[3]。国内相关单

位^[4,5]也开展了这方面的研究。

所设计的位错型微机械可变光衰减器结构如图 1 所示, 硅基板和微电磁驱动线圈固定在底座上, 输入/输出单模光纤分别固定在带有 V 型槽的硅弹性平台及硅基板上, 硅弹性平台位于微电磁驱动线圈正上方, 与硅基板通过支撑悬臂梁相连, 平台底部贴有软磁衔铁。器件封装后的外形尺寸为 20 mm×15 mm×8 mm。

当电磁线圈未加电压时, 输入与输出光纤通过 V 型槽精确对准, 此时通光量最大。当线圈加上一定电压时, 软磁衔铁受线圈吸引, 带动硅弹性平台向

* 国家自然科学基金(50405013)、上海市光科技专项行动计划(022261004)和上海市西部科技合作计划项目(045958007)资助课题。

作者简介: 谢晓强(1977~), 男, 江苏金坛人, 上海交通大学微纳米科学技术研究院硕士研究生, 主要从事微电磁驱动可变式光学衰减器及微细加工工艺的研究。

** 通信联系人。E-mail: xhdai@sjtu.edu.cn

收稿日期: 2004-10-18; 收到修改稿日期: 2005-2-23

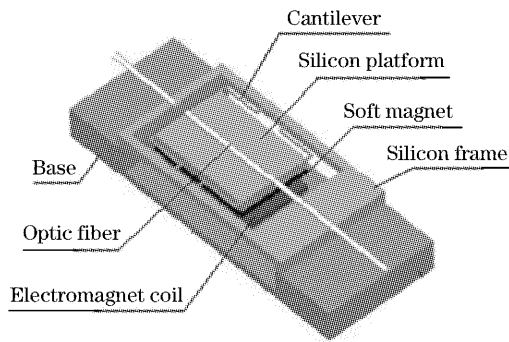


图 1 可变式光衰减器结构图

Fig. 1 Structure of variable optical attenuator

下产生一定的位移,使输入输出光纤之间产生径向位错,耦合效率降低,造成所传输的光信号功率的衰减。而硅悬臂梁的优良刚性与弹性使得光纤位移与加载电压呈恒定的对应关系。这样,加载电压越大,对软磁衔铁的吸引力就越大,输入与输出光纤的径向位错也越大,耦合效率也就越低。通过精确控制加载电压就可以实现光衰减量的连续调整。

本文介绍的可变光衰减器中,主要是改变输入/输出光纤的相对位置来调节衰减量。通过对衰减量的改变与位移量关系的分析,并依据衰减量调整的动态范围,插入损耗的要求,就可确定出所需的径向位错量及输入输出光纤的顶端的初始间距。

对于单模光纤,可以用高斯函数来近似表征单模光纤中的传输模式,并根据国际电报电话咨询委员会(CCITT)对模场半径的建议,建立模场分布函数。由此得到因径向位错量 d 产生的衰减量一位移量关系:

$$L_d = -10 \lg \left\{ \exp \left[- \left(\frac{d}{\omega_0} \right)^2 \right] \right\}, \quad (1)$$

式中 ω_0 为模场半径。据此,可以设计所需的微机械结构以及微电磁驱动器的磁路结构。

新型可变光衰减器的微电磁驱动器采用掩模微电铸工艺制作,硅弹性平台采用单晶硅的湿法刻蚀工艺配合反应离子刻蚀工艺制作,采用倒装法将二者封装在一起。制作好的器件微结构电镜照片如图 2 所示。

采用波长 1550 nm 的稳定化激光光源和光功率计,测试了不同输入电压下,光信号的衰减量。图 3 为测试后的光信号衰减曲线,其插入损耗为 0.68 dB,

动态范围为 36 dB,偏振相关损耗为 0.099 dB,驱动电压不大于 5 V。经重复测试,测试结果的偏差均小于 $\pm 0.5\%$,显示了优良的稳定性与重复性。

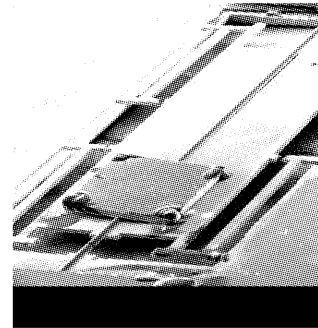


图 2 VOA 微结构电镜照片

Fig. 2 SEM photo of the VOA micro structure

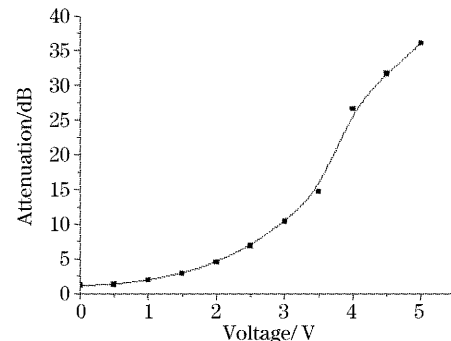


图 3 衰减量的实测曲线

Fig. 3 Attenuation curve of the VOA

参 考 文 献

- 1 Robert Wood *et al.*. A MEMS variable optical attenuator [C]. *Proc. IEEE, MEMS*, 2000, 121~122
- 2 Xiang Jinshan, Chen Bo, Huang Hezhen. Analysis on attenuation of light-blocked attenuator [J]. *Chin. J. Lasers*, 2002, **A29**(12): 1071~1074 (in Chinese)
向金山, 陈波, 黄河振. 挡光型可变光衰减器的衰减量构成的分析 [J]. *中国激光*, 2002, **A29**(12): 1071~1074
- 3 T. Kawai *et al.*. PLC type compact variable optical attenuator for photonic transport network [J]. *Electron. Lett.*, 1998, **34**(3): 264~265
- 4 Yuan Ye, Zou Yongzhuo, Bao Junfeng *et al.*. A novel variable optical attenuator based on micro-electromechanical system (MEMS) [J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(3): 364~368 (in Chinese)
袁野, 邹勇卓, 鲍俊峰等. 一种新型微机电系统可调光衰减器 [J]. *光学学报*, 2004, **24**(3): 364~368
- 5 Liu Zhiqiang, Cao Zhuangqi, Shen Qishun. A variable optical attenuator based on internal reflection [J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(7): 870~873 (in Chinese)
刘志强, 曹庄琪, 沈启舜. 基于内反射效应的可变光学衰减器 [J]. *光学学报*, 2003, **23**(7): 870~873