

MSLM调制组件的电光性能

梁振宪* 侯 洵

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 710068)

摘 要 对设计并制作的 $(MgF_2 + (ZrO_2/SiO_2))$ 膜系·LiNbO₃·ITO/玻璃结构的MSLM用调制组件的综合电光性能进行了实验测定。结果表明, 其反射半波电压 $V_{\pi R}$ 为 $1.2kV \pm 0.1kV$, 反射率达99%, 峰值次级电子发射系数为5.8。用其制作的光导址MSLM具有良好的功能与性能。

关键词 光调制; 反射谱; 次级电子发射; MSLM

0 引 言

微通道板空间光调制器(MSLM)已广泛应用于光学信息处理系统中¹。其基本结构是由封在真空管内的光电阴极, MCP、网电极及调制组件等组成。其中前三个部件完成写入光学图象到电子图象的转换、放大; 调制组件的作用是对上述光电子图象具有可控制的响应, 从而以正或负电荷图象形式将其存贮起来。遂后, 这一与输入图象对应的电荷密度空间分布在调制介质中引起静电场并使其光学特性发生变化。让一宽相干光束通过该介质, 其光强便得到二维空间上的调制, 最终使输入图象加载到这一相干光场上。利用同样的调制组件还可以方便地形成电子束寻址的光阀结构², 该结构用于光电混合系统及大屏幕投影显示。可资利用的调制介质包括形变材料^{3, 4}、液晶⁵、及电光晶体。我们设计的具有多种功能要求的调制组件结构如图1所示。其中调制介质选用高纯LiNbO₃电光晶体并以 $(Z \times I)55^\circ$ 切割形式运用。附加在LiNbO₃晶片上的复合介质膜具有正或负电荷的响应及存贮能力, 并作为He-Ne激光的全反镜形成反射读出模式。透明导电的ITO膜使工作电压 V_0 均匀地施加到电光晶片上。经过一完整的工艺过程——晶片抛光、制备介质膜、ITO膜的电子束蒸镀、晶片与窗玻璃的真空法扩散等, 制成该调制组件⁶。本文主要介绍对该组件的实验测定结果, 以确定材料的选择及性能参数。以其为核心制成的开放式MSLM的二维空间光强度调制实验则可直观地表明其功能与性能。

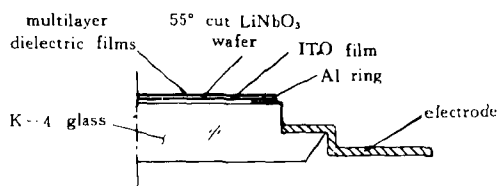


图1 MSLM用调制组件结构示意图

Fig.1 The structure of the electro-optic modulation part in MSLM.

* 现在西安交通大学电气工程系

收稿日期: 1992-10-10

1 斜切 LiNbO_3 晶体的电光调制性能

MSLM调制组件中的电光晶体是以纵向模式工作的。对各种实用晶体电光调制性能的理论分析、比较结果表明^{7,8}, $(Z \times T)$ 55°斜切 LiNbO_3 具有较好的综合调制性能, 包括高的电荷灵敏度、好的传递特性及低的自然双折射率。特别是该取向具有最低的纵向半波电压。图2是晶片电光系数测量光路图。10mW He-Ne激光器作光源, 光束经起偏器、样品、检偏器, 最后进入功率探测器。起、检偏器形成常见的正交读出系统与晶体的感应本征轴成45°夹角。晶片经双面抛光后蒸镀ITO(SnIn_2O_3)透明膜层。通过一特殊设计的样品腔对其施加直流电压。改变电压极性及大小使晶体两本征折射率发生变化(即电光效应)。得到的输出光强随电压的变化关系如图3所示。

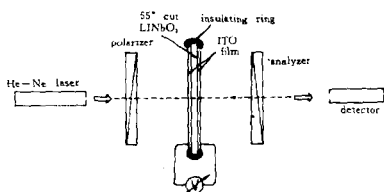


图2 斜切 LiNbO_3 电光效应测试光路图

Fig. 2 Diagram of experimental system for E-O effect measurement of 55° cut LiNbO_3 .

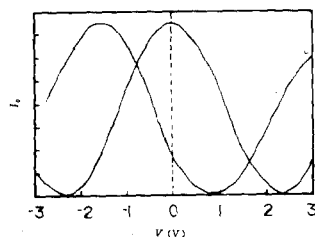


图3 调制输出光强随偏压变化曲线

Fig. 3 Output light-intensity vs applied voltage.

对应一个变化周期的电压的一半即为实测到的半波电压 V_π 数值。 V_π 的统计值为 $2.4 \pm 0.1 \text{ kV}$, 与理论计算结果相一致⁸。值得注意的是, 零偏电压处透过光强与晶片的自然双折射率值及晶片厚度的乘积有关。具体为 $I_0 = A \sin^2(4\pi l_e \Delta n_0 / \lambda)$ 。

2 组件的电光效应及背景均匀性问题

组件的电光效应测试光路与图2所示稍有不同。由于介质镜的引入形成反射模式且使光束两次通过晶片增大了作用长度。除ITO作为一个电极外, 用一金属片作另一面电极。具体如图4所示。此时得到的反射半波电压记为 $V_{\pi R}$, 测量值为 $1.2 \pm 0.1 \text{ kV}$, 满足 $V_{\pi R} = (1/2)V_\pi$ 关系。实际上MSLM操作时是依靠在介质膜中引入电荷通过电容效应转化为施加在晶体上的电压。 $V_{\pi R}$ 越小则要求的电荷密度亦越小。这将有利于提高器件灵敏度以及工作速度。

若使用扩展/准直读出光则可直观地看到自然双折射引入的背景光场的均匀性。典型结果如图5所示。

中间一亮带把整个光场分为两部分。零偏时两本征模之间的相位延迟为 $2\pi \lambda^{-1}(\Delta n_0 l_e)$ 。

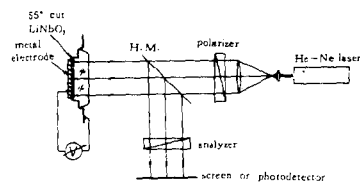


图4 调制组件电光效应测试光路图

Fig. 4 Experimental arrangement for E-O effect measurement of modulation assembly.

上述光场的不均匀反映了自然双折射率 Δn 。或晶片厚度 l 的不均匀。由于设计的晶片尺寸为 $0.3\text{mm} \times \phi 18\text{mm}$ 的超薄平行平板, 高精度加工上的困难使得 l 的不均匀往往成为影响的主要因素。此外, 外加电场引入的双折射率变化是叠加在这一本底上, 结果将影响调制输出图象的均匀性。实验中通过改变外加电压的大小可以看到上述亮带扫过晶片, 证实了这一分析。因此, 提高超薄晶片的高精度加工显得尤为重要。

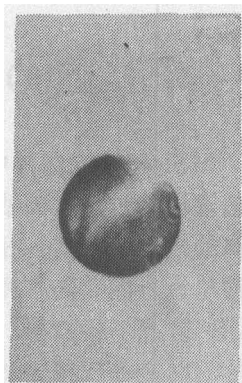


图 5 实测的调制组件背景光场

Fig. 5 Measured output background of modulation assembly

3 复合介质膜的光电性能

MSLM 中对介质膜的选择要求是: 低蒸汽压、抗电子轰击、电绝缘以及良好的粘附性。常见的光学介质膜均可满足上述要求。设计采用 $\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$ 多层 ($\lambda/4$) 膜系, 采用常规电子束蒸发工艺制备了 He-Ne 激光 (633 nm) 的全反射镜。其反射谱线如图 6 所示。中心波长处有大于 99% 的反射率。

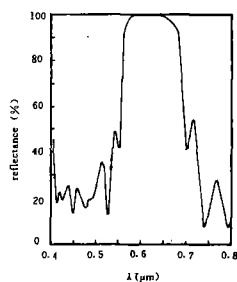


图 6 介质镜的反射率谱线

Fig. 6 Reflectance spectroscopy of dielectric mirror

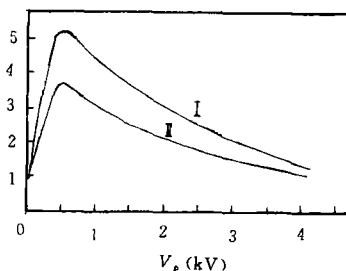


图 7 介质膜的次级电子发射谱

I. 复合膜; II. 介质镜

Fig. 7 Measured secondary electron emission spectroscopy of Multilayer dielectric films.

I. Mirror with MgF_2

II. Mirror

MSLM 对该介质膜的另一要求是有良好的次级电子发射特性。这是 MSLM 具有独特信息处理功能的基础。为增大此效应, 我们设计采用了介质镜上再覆盖一层约 50 nm 厚、具有较高次级电子发射系数的 MgF_2 介质膜 (形成复合介质膜)。两种不同介质膜系的测量结果见图 7。可以看到单纯全反射膜系的 δ_m 为 4.2, 而 MgF_2 + 全反射膜系的 δ_m 为 5.8, 且在整个整量范围内均有较大的数值。这有利于提高写入/擦除过程平均等效 δ 的数值。

对所采用的介质膜还希望有较高的电阻率以及低的载流子迁移率。这直接与器件的存贮性能相关。上述几种膜系经测定均有较高的电阻率且由于无定形结构使迁移率也较小。满足器件要求。

此外, 电光晶片另一面蒸镀的 ITO 膜在膜厚确定的情形下其透过率测量值约为 90%

(633nm). 四探针法确定的面电阻 $R_n \leq 200 \Omega/\square$ 。

4 组件的电光调制结果

利用上述组件按设计的近贴结构制作了一种开放式 MSLM 样管。在图 8 所示的系统上进行了其二维空间光强调制实验。这里利用了 MCP 对紫外光 (254nm) 直接有响应的特性, 样管不带有光电阴极。输入图形掩膜紧贴于 MCP 的输入电极环上。实验中所得到的调制结果如图 9 所示。其中(a)是带有图形掩膜 MSLM 样管实物图。(b)是正交偏

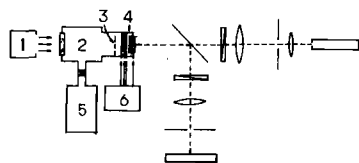


图 8 MSLM样管两维空间光强调制实验装置

- 1 - 紫外灯; 2 - 真空室;
3 - 掩膜; 4 - MSLM样管;
5 - 真空泵; 6 - 驱动电源

Fig. 8 Experiment arrangement to demonstrate the 2-D light-intensity modulation of a prototype MSLM 1 - ultraviolet lamp, 2 - Vacuum chamber, 3 - Patternmask 4 - MSLM; 5 - Pump 6 - Supply

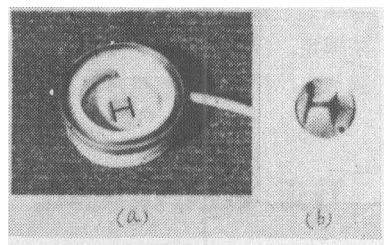


图 9 两维空间光强调制结果

Fig. 9 2 - D spatial modulation output coherent image.

振读出时的输出调制光强分布。有关这一实验的详细描述与讨论可参见文献 6。典型的电子积累模式操作条件是 V_a 约为 2kV, V_b 为 2kV~4kV 跳变。所得到的写入时间为 500ms、擦除时间为 620 ms, 这样得到的复合膜的平均次级电子发射系数为 $\delta = 1.8$, 膜系对电荷图象的存贮时间大于 1 天

5 结 语

按照 MSLM 器件本身的要求所设计并制作的调制组件具有良好的电光性能。 $(Z \times I)55^\circ$ 斜切 LiNbO_3 晶体的半波电压与理论计算值非常接近。所采用的 $\text{MgF}_2 + (\text{ZrO}_2 / \text{SiO}_2)$ 膜系在兼顾其它性能的前提下有效地提高了次级电子发射系数。样管的二维光强调制结果说明了设计、材料及工艺达到实用化要求。根据实验结果应设法改善组件成象的均匀性并提高成象分辨率。

参 考 文 献

- 1 Hara T, Ooi Y, Suzuki Y, Wu M-H. Appl Opt, 1989, 28(22); 4781~4783
- 2 Schwatz A, Wang X-Y, Warde C. Opt Eng, 1985, 24(1); 119~121
- 3 Fisher A D, Ling L C, Lee J N, Fukuda R C. Opt Eng, 1986, 25(2): 261~263
- 4 Mol J. Digest or internat. optical computing conr, 1974: 34~36
- 5 Ignatoyan S S. Proc or 19th ICICHSP, 1990
- 6 梁振宪. 博士学位论文, 中国科学院西安光学精密机械研究所, 1992
- 7 梁振宪, 侯洵. 光子学报, 1992, 21(1): 85~89
- 8 梁振宪, 侯洵. 高速摄影与光子学, 1990, 19(4):366~376

THE ELECTRICAL AND OPTIC PROPERTIES OF THE MODULATION ASSEMBLY USED IN MSLM

Liang Zhenxian, Hou Xun

*Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics,
Academia Sinica, Xi'an 710068*

Received date: 1992-10-10

Abstract A designed and fabricated $[\text{MgF}_2 + (\text{ZrO}_2 / \text{SiO}_2)]$ film · LiNbO_3 plate · ITO film/glass window structure, which will be used in a microchannel spatial light modulator as a complete electro-optic modulation assembly, has been electrically and optically characterized. The experimental results indicate that the reflective half-wave voltage $V_{\pi R}$ is $1.2 \pm 0.1 \text{ kV}$, reflectivity is 99% (633nm) and the peak value of secondary electron emission spectroscopy reaches 5.8. The functional experiments of a prototype MSLM device built with it show that this assembly has good electrical and optic properties.

Keywords Optic modulation; Reflection spectroscopy; Secondary electron emission



Liang Zhenxian was born in Shaanxi, China, in 1962. He received his BS and MS degrees in electronic engineering in 1983 and 1986, respectively, both from Xi'an Jiaotong University. From May 1986 to Nov. 1988 he was a research and teaching assistant in the Institute of Microelectronic Technology at Xi'an Jiaotong University. His previous research has included Ion Implantation and RTA, Interface and bulk defects in Semiconductors; Thin-film Technology; and IC design. Currently, he is pursuing the Ph D degree in Optics at Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica and is involved in research on Electro-optic Modulation Theory, Fabrication of MSLM; and its applications in optical information processing.