

超薄 LiNbO_3 晶片与窗玻璃 的真空扩散法焊接

梁振宪* 侯 洵

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

黄 茹

(西安仪表厂, 西安 710082)

摘 要 超薄 LiNbO_3 晶片与窗玻璃的焊接是制作微通道板空间光调制器的关键工艺之一. 常规的焊接方法满足不了对焊接面的特殊要求. 本文作者依照真空扩散焊原理, 开发了一种用廉价金属铝作过渡层的焊接工艺. 实现了这两种非金属材料之间的机械及电气上的牢靠连接.

关键词 真空扩散法焊接, 微通道板空间光调制器; 真空工艺; 光电子技术

0 引 言

微通道板空间光调制器(MSLM)是一种用于光学信息处理以及大宽屏投影显示的光电子器件. 器件结构中尺寸为 $0.3\text{mm} \times \phi 18\text{mm}$ 的斜切 LiNbO_3 晶片是其工作的核心. 该晶片一面镀有复合介质膜 ($\text{MgF}_2 + \text{ZrO}_2 / \text{SiO}_2$ 全反镜), 另一面镀有透明导电的 ITO ($\text{Sn}:\text{In}_2\text{O}_3$) 膜层. 按设计要求应将 ITO 面牢靠地贴合到 K_9 玻璃与可伐金属环封接后形成的输出窗上, 并使导电膜与环电极之间有良好的电接触¹. 因而需要采用一特殊的微焊接(粘接)工艺. 对这一过程的限制除上述双重功能的要求外还包括: 1) 由于焊接面将处于真空管内, 故应避免高蒸汽压及污染材料的介入; 2) 读出/输出光将通过焊接面, 工艺过程不应破坏已加工好的窗玻璃及 LiNbO_3 晶片的高精度光学面, 且本身不应引入附加的光学畸变. 特别地, 加工温度不应超过窗玻璃的软化点(对 K_9 约为 520°C); 3) 后道工序的兼容性问题, 即焊面应承受高温热冲击及 $400^\circ\text{C}/30\text{h}$ 的热烘烤.

常见的一些焊接(粘接)工艺都不能直接采用, 如导电胶、银膏类焊接会引入有机沾污; 钎焊工艺在上述温度限制区内 ($400^\circ\text{C} - 500^\circ\text{C}$) 难以选择合适的真空焊料且不易保证焊面平整. 在 MSLM 研制过程中, 我们试图采用真空扩散焊技术², 通过大量的实验研究, 选择铝作为过渡层解决了这一技术难题.

1 工艺准备

1.1 焊接结构

按设计要求 LiNbO_3 晶片应紧贴在窗玻璃上. 为了保证有效地通光, 采用图 1 所示的

* 现在西安交通大学电气工程系工作

收稿日期: 1992-11-06

对接方式。即在ITO面及窗玻璃上首先金属化一层 $\phi_{内}$ 15mm的金属膜环节。这层金属首先应保证与ITO及K₄玻璃有良好的粘附性,其次与ITO膜之间形成欧姆接触。玻璃面上的金属膜与可伐环电极通过银膏涂层连接。这样焊接转化为两组件金属膜面间的结合。考虑到一般蒸镀设备难以制备较厚的膜层,满足不了扩散焊接所必需的一定程度塑性形变的要求。为此在这两层金属膜之间安排放置一数十微米厚的金属箔环(即中间夹层)。它可以与膜层是同种或异种材料。

1.2 金属材料的选择

对上述结构的焊接过程除满足一般要求外,温度是限制的主要因素,即 $T_{焊}=450\sim 500^{\circ}\text{C}$ 。真空扩散焊本身对温度也有较为严格的选择。一般遵循 $T_{焊}=(0.53\sim 0.86)T_{熔}(\text{K})^3$ 。满足上述要求的大部分材料为电真空合金材料。一般来说合金材料不利于原子扩散和再结晶过程的进行。纯金属材料如常见的Cu、Ni、Ag等其熔点都过高²。在此我们注意到电子工业中广泛使用的纯金属铝具有如下特点: 1) 熔点低(660 $^{\circ}\text{C}$),恰好满足工艺的温度选择,且在高温下有低的蒸汽压; 2) 塑性好,在压力较小时就可以自由地形变。这对易碎的LiNbO₃薄片特别有利于加压。此外, LiNbO₃的热胀系数呈各向异性与玻璃本身并不吻合。高塑性可较好地消除焊面的残余应力; 3) 与ITO膜可形成良好的欧姆接触; 4) 传热性能好,有利于较快地达到热平衡; 5) 易于加工,能精确地保证LiNbO₃晶片与玻璃之间的平行度。鉴于此,图1结构中的金属膜及过渡用箔层均选用纯金属铝。

1.3 设备描述

真空扩散焊机由真空系统、加热源及加压机构等组成。图2是装配的焊接系统结构示意图。采用石英玻璃钟罩通过橡胶垫圈与真空机组连接形成真空室。电阻丝炉作为外加热源。温度测量通过真空室内的热电偶及室外温度计来完成。压力施加利用了图3所示的特殊夹具。焊件按图1所示的装配顺序对齐,通过旋动顶杆到一定程度使焊面紧密接触。放入真空室后不锈钢具受热膨胀对焊面进一步加压,有利于扩大接触面积,使接头更牢靠。

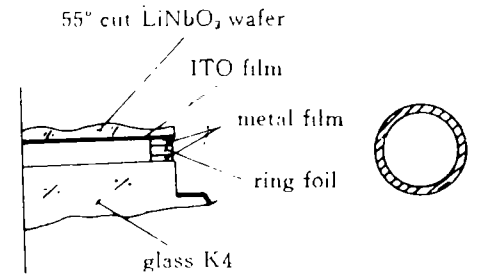


图 1 MSLM用调制组件剖面图
Fig. 1 Configuration of the modulation assembly used in MSLM.

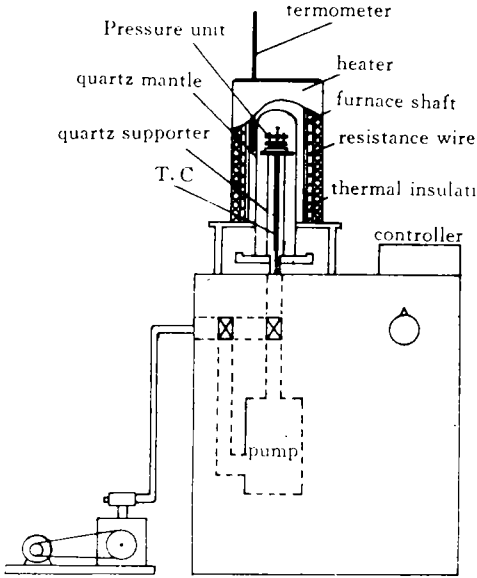


图 2 真空扩散焊设备
Fig. 2 Schematic diagram of the vacuum diffusion welding equipment.



行原子间的高温扩散。但所不同的是这时压力撤消,各焊件及金属膜层不同程度的热膨胀可能对接头有影响。为此将焊好的组件放入真空炉内进行 $400^{\circ}\text{C}/10\text{h}$ 的热处理,待自然冷却后按1)所述检查焊接强度。结果表明,接头依然牢靠。

另外为了检验铝膜与ITO膜之间的电接触情况将镀有ITO膜及Al膜环的 LiNbO_3 晶片同炉热处理。取出后测量接触未发现有明显的变化。

3) 热冲击试验:按设计的MSLM工艺程序复合介质膜($\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$ 全反镜+ MgF_2)是在焊接完成后利用电子束蒸发工艺制备的¹。这一过程中除衬底需加热到 200°C 外坩锅中原料熔化后会成为一个温度很高的辐射热源,焊件不可避免地受到短时热冲击。为此进行的模拟实验是将焊件放入真空炉内使温度迅速升高到 460°C 又快速降温,接着进行另一个升、降周期。连续进行5次。遂后进行机械及电学检验。结果表明,热冲击对焊接强度及Al-ITO间的电接触不构成影响。

对满足上述检验要求的组件进行了介质膜的制备,实际结果证明了焊接面的耐热冲击性。

上述三组模拟实验实际上就是实用的焊接工艺条件的确定过程。由于温度的变化范围不能太大,压力不易调整,加热时间是作为主要变化量,大量的对比实验结果表明 $450^{\circ}\text{C}/30\text{min}$ 是相对最佳的处理条件。

采用包括这一焊接过程在内的一套MSLM工艺制作了一近贴式MSLM样管⁴。其功能与性能均达到设计要求。证明了所采用的上述铝膜、铝箔作中间过渡层的 LiNbO_3 /窗玻璃的真空扩散焊工艺的有效性 & 良好的兼容性。成功地解决了MSLM中的这一技术难题。

真空扩散焊本身仍处于一个发展阶段³。本文所进行的工作又提供了一种廉价、易加工的焊接范例。由于它独特的温度、环境适用范围,在光电器件中有广泛的应用前景。本文工作只进行了初步实用性研究,其有关机理未作详细讨论;此外由于Al易氧化,压力提供不易定量控制,工艺过程本身的难度较大,而且成品率也较低。这些都还需要进一步的完善。

系统的配置得到王治平、庞其昌的帮助,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 梁振宪. 微通道板空间光调制器的研究〔博士论文〕. 中国科学院西安光学精密机械研究所, 1992
- 2 金德宣. 微电子焊接技术. 北京: 电子工业出版社, 1990: 249~257
- 3 电子工业生产技术手册编辑委员会. 电子工业生产技术手册(4). 北京: 国防工业出版社, 1990: 492~503
- 4 梁振宪, 侯洵. 一种近贴式微通道板空间光调制器. 光学学报, 1993, 13

