

基于 PCB 板的射频声表滤波器封装技术研究

金 中,杜雪松,何西良,曹 亮,唐代华,罗山焱,陈婷婷

(中国电子科技集团公司第 26 研究所,重庆 400060)

摘 要:目前主流的终端用射频声表面波(RF-SAW)滤波器均采用基于低温共烧陶瓷(LTCC)基板的倒装焊接技术,标准尺寸为单滤波器 $1.4\text{ mm}\times 1.1\text{ mm}$,封装形式为芯片尺寸级封装(CSP)。介绍了一种基于印刷电路板(PCB)的 CSP 封装声表面波滤波器,其尺寸达到了 $1.4\text{ mm}\times 1.1\text{ mm}$ 。使用该基板后,单个器件的材料成本将降低 30% 以上。通过优化基板的结构,可以达到与 LiTaO_3 匹配的热膨胀系数(CTE)和较低的吸湿性。经后期的可靠性试验证明,该结构的射频滤波器可完全满足工程应用的需求。

关键词:印刷电路板;声表滤波器;倒装焊接

中图分类号:TN713

文献标识码:A

Research of RF-SAW Filter Packaging Technology Based on PCB Board

JIN Zhong, DU Xuesong, HE Xiliang, CAO Liang, TANG Daihua, LUO Shanyan, CHEN Tingting

(26th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: The mainstream packaging for RF-SAW filters in the terminals are mainly used the flip chip technology based on LTCC ceramic board. The packaged standard size is $1.4\text{ mm}\times 1.1\text{ mm}$ for single SAW filter CSP. This paper introduces a CSP SAW filter based on multilayer print circuit board (PCB), and the size goes down to $1.4\text{ mm}\times 1.1\text{ mm}$. With the usage of PCB board, the cost of single device will be cut more than 30%. Through optimizing the board structure, the coefficient of thermal expansion (CTE) of PCB board can match with that of its counterpart LiTaO_3 and the moisture absorption is low. The post-reliability test result shows that the RF-SAW filter with the proposed structure can meet the requirements of engineering applications.

Key words: print circuit board (PCB); SAW filter; flip-chip

0 引言

随着各种新的封装技术的运用,声表面波(SAW)滤波器的封装尺寸不断减小;同时,由于智能手机的井喷式发展,射频声表面波(RF-SAW)器件的尺寸也不断缩小,目前的主流产品已达到单滤波器 $1.4\text{ mm}\times 1.1\text{ mm}$,双工器 $2.0\text{ mm}\times 1.6\text{ mm}$ 。特别是倒装焊接技术的引入,摒弃了传统的点焊线工艺,从而降低了器件的总厚度,也使整个封装从 SMD 级别进入了芯片尺寸封装(CSP)级别。不同厂家对于成本、工艺难度和可靠性等方面的控制水平高低不同,也使不同厂家采用不同的工艺路线。

随着移动终端市场的不断扩大,对于 RF-SAW 滤波器的需求也不断扩大,巨大的市场带来的激烈竞争使 RF-SAW 滤波器的成本压力陡增。目前 CSP 封装的单滤波器售价已低于 8 美分,这也使降低成本成为 RF-SAW 滤波器批量生产的重要题目。

1 印刷电路板(PCB)基板的材料特性及结构

降低成本需从原材料及工艺难度等方面考虑。采用一种基于双马来酰胺三嗪树脂^[1]的印刷电路板进行 RF-SAW 器件的生产,具有以下优点:

1) PCB 板的价格低于陶瓷基板。陶瓷基板需要进行模具的设计和制作,且混料,流延,叠片及冲孔等工艺难度较大,陶瓷又具有收缩性,成品率低,导致陶瓷基板的价格高。PCB 板的价格仅为陶瓷基板的 1/3,且其工艺成熟,应用广,是优秀的基板材料。

2) PCB 板的研发成本远低于陶瓷基板^[1]。由于 1) 中提到的各种原因,陶瓷基板很难进行优化改动,一次定型则无法更改。而 PCB 板因其灵活的布线能力,表面保护层的图形可定制性,使得针对 PCB 板的设计具有相当的灵活性,优化改动可很快实现。模具费用仅为陶瓷基板的 1/20。

收稿日期:2012-10-12

基金项目:重庆市国际科技合作基地基金资助项目(cstc2011gh240001)

作者简介:金中(1981-),男,北京人,工程师,主要从事声表面波滤波器的封装技术的研究。

3) PCB 板在工艺上也有很多优势。因其不易碎裂,整个工艺流程中成品率高于陶瓷基板。如切割工序中,陶瓷由于易碎,易发生整片基板的裂片,严重影响成品率。

因此,使用 PCB 板代替陶瓷基板,是降低成本,快速适应市场需求的选择。

对于以钽酸锂(LiTaO_3)等压电材料为衬底的 SAW 器件,要使用 CSP 封装流程,必须考虑的一个因素是热膨胀系数,这也是大多数 CSP 封装的 RF-SAW 滤波器使用陶瓷基板的原因。表 1 为 LiTaO_3 及陶瓷基板的热膨胀系数。

表 1 陶瓷及 LT 的热膨胀系数

材 料	热膨胀系数/K	
	X 方向	Y 方向
陶瓷(Al_2O_3)	7.5×10^{-6}	7.5×10^{-6}
LiTaO_3	8×10^{-6}	16×10^{-6}

由表 1 可见,在基板材料与 LiTaO_3 的热膨胀系数相差不大时,通过焊球在一定程度上进行柔性连接,可解决因热膨胀系数差别过大而导致的热失配情况,降低失效率。

沿着这一思路,在选择 PCB 板时,我们特别注意在通用的基板材料中选择热膨胀系数与 LiTaO_3 接近或与陶瓷接近的品种,这样就可热匹配方面做到替代。图 1 为 CSP 封装用 PCB 板详细结构。



图 1 PCB 基板的基本结构

随着有机材料工业的不断发展,使我们在热膨胀系数方面有了很多选择。根据 LiTaO_3 的特性,参考陶瓷材料的热膨胀系数^[1],如表 2 所示。

表 2 有机基板材料选择

材料类型	玻璃转化温度/ $^{\circ}\text{C}$	弹性模量/GPa	热膨胀系数/K	吸潮性/%
三嗪马来酸钾	200	30	X, Y 向 7×10^{-6}	0.3

2 应用 PCB 板的射频声表滤波器 CSP 封装
器件的整体结构与目前主流的 CSP 结构完全一致,如图 2 所示。

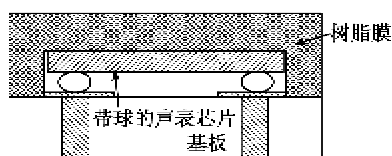


图 2 使用倒装焊接工艺的 SAW 滤波器标准结构

整个 CSP 封装的 RF-SAW 滤波器由以下几部分组成:

1) 树脂膜。一种主要成分为环氧树脂的膜,可起到包裹密封的作用。

2) 带球的声表芯片。芯片上的球可为锡球也可为金球,成球的工艺不同,并对后期的工艺有一些影响。本文中,我们设定此球为金球,采用热压超声的方法植球于芯片的表面。

3) 基板。在整个结构中起到物理支撑和电路连接的作用。

RF-SAW 滤波器的 CSP 封装基本流程中,晶圆植球和切割不再详述,这里只针对倒装焊接开始的流程进行讨论,如图 3 所示。

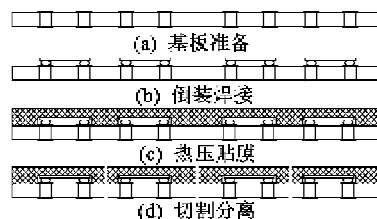


图 3 PCB 基板倒装焊器件封装流程

利用热压超声焊接工艺将植好的金球且切割好的芯片倒装在有机基板上;树脂膜通过热压的方式压合在基板上,同时对器件进行包裹封装;最后在利用砂轮划片机将器件切割分离,形成最终的产品。

通过上面的选择,我们找到了对应的 PCB 板作为 CSP 封装的基板,在倒装焊接工艺上,我们也做了倒装焊接参数详细的对比(八焊球,每个焊球直径 $\varnothing 80 \mu\text{m}$),如表 3 所示。由表可见,陶瓷基板的焊接参数^[2]完全适用于 PCB 基板,即在焊接工艺上两种基板的焊接参数无区别。图 4 为两种不同基板间芯片剪切力的对比。

表 3 倒装焊接参数对比

倒装焊接参数	陶瓷基板	PCB 基板	备 注
焊接温度/ $^{\circ}\text{C}$	150	150	相同
焊接压力/N	8.0	7.5	类似
超声功率/%	20	22	类似
焊接时间/s	0.30	0.35	类似

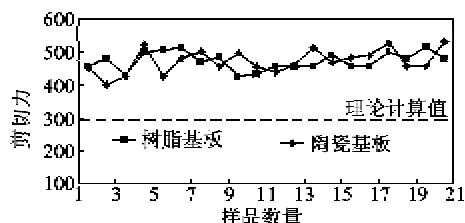


图 4 芯片剪切力测试数据图

根据计算,具有8颗焊球的倒装芯片,其剪切力超过300 g(理论计算值),则可判定为合格。所以,陶瓷基板与PCB基板间,在剪切力方面无任何区别,即PCB基板上的倒装芯片剪切力稍好。

3 PCB基板的CSP封装器件验证

我们使用同一晶圆上的芯片分别使用陶瓷基板和树脂基板进行相同的倒装焊接和贴膜封装,然后进入测试(见图5)。RF-SAW样品器件中心频率为1 842 MHz,带宽为100 MHz,芯片及器件尺寸分别为0.95 mm×0.65 mm和1.4 mm×1.1 mm,测试环境:无匹配测试。

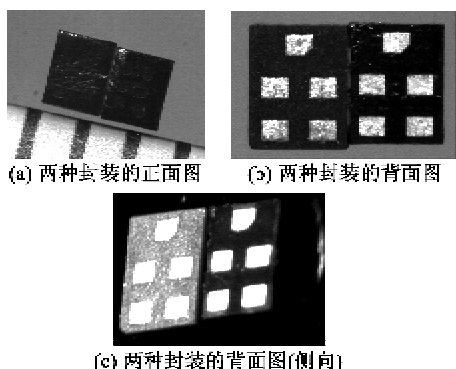


图5 RF-SAW CSP陶瓷基板和树脂基板CSP

通过对比可确认,在晶圆一致的情况下,使用陶瓷基板和使用PCB基板的器件在性能上接近。图6为器件测试对比图。在所有的可靠性测试中,重要的是热冲击实验(即温度循环实验)^[2]和稳态湿热试验(即潮热试验)^[3]。

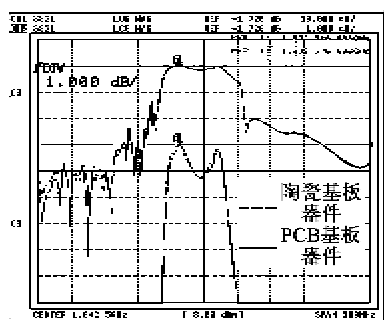


图6 器件测试对比图

热冲击实验是将考验器件在短时间内从极低温到高温或从高温到极低温时,热应力积聚和释放的过程,如果在这些试验中出现了问题,则表明器件中热应力积聚过大,器件的机械稳定性不好。考虑器件结构,我们参照GJB548A-2006温度循环及鉴定和质量一致性检验程序,选择试验方法1010A的条件B和200次循环。针对倒装焊接的CSP器件来说,此实验主要考察其内部腔体的膨胀力与焊球拉

力的大小,如果器件失效,则表明内部腔体的膨胀力大于焊球的垂直拉力,则器件判为不合格^[3]。

稳态湿热试验主要考察树脂封装器件的耐湿性能,通过高温、高湿条件可构成水汽吸附、吸收和扩散等作用,验证PCB基板及其材料在吸湿后膨胀性能满足度,参照GJB360-96稳态湿热试验103方法的条件A。如果发生吸潮,器件的物理机械性能会有较大变化,器件的幅频特性会发生巨大改变^[4]。

将使用PCB基板生产的SAW CSP器件共230只进行相同的试验,陶瓷基板的器件均能通过可靠性试验,详细情况如表4所示。

表4 PCB基板CSP可靠性试验

试验名称	试验条件	PCB基板样品
稳态湿热试验	40℃/95%/240 h	通过
跌落试验	高1.8 m/150 g/6方向/3次	通过
机械振动	10~500~10/XYZ/2 h	通过
机械冲击	半正弦 100 g, 5 ms, 6方向, 3次/向	通过
温度冲击	-55~125℃, 200循环	通过
高温存储	125℃, 168 h	通过

完成可靠性实验后,我们对器件进行了解剖分析和确认(见图7),树脂基板在整个过程中没有发生任何变化。最后,所有的器件都通过了测试。

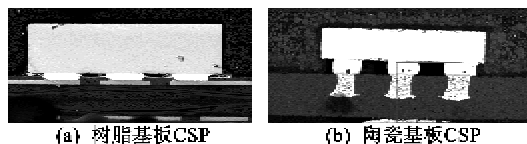


图7 两种封装外壳的解剖分析

4 结束语

一种基于双马来酰胺三嗪树脂BT树脂的基板PCB板应用于SAW滤波器的CSP封装中,从而替代陶瓷基板,在批量生产中将带来30%以上的成本降低。通过后期的性能测试和可靠性试验,验证了该基板能适应RF-SAW CSP封装的需要。在综合考虑贴膜封装等其他工艺参数的微调后,该多层PCB基板能使用在今后的SAW批量生产中。

参考文献:

- [1] 杨海霞,徐红岩,刘金刚,等.封装基板用聚酰亚胺材料研究进展[J].设备和封装技术,2010,35:155.
YANG Haixia, XU Hongyan, LIU Jingang, et al. Research and development of polyimide materials for packaging substrate[J]. Semiconductor Technology, 2010, 35: 155.

(下转第161页)