

一种5-LeadTO-263封装加速度传感器工艺攻关研究

艾希飞, 张雪姣, 程德帅, 向圆

中国兵器工业第二一四研究所, 安徽 蚌埠 233030

摘 要 : 本文针对一种5-LeadTO-263封装外形加速度传感器在封装过程中存在的封装问题, 如内部孔洞、模流冲丝、芯片分层等产品可靠性问题, 通过粘片应力、注塑模流和注塑应力工艺过程仿真, 并根据仿真结果优化工艺参数, 固定工艺流程, 对产品良率提升、可靠性提升提供借鉴意义。

关 键 词 : 5-LeadTO-263封装; 工艺过程仿真; 高可靠塑封技术

Research on the Process of 5-LeadTO-263 Encapsulated Acceleration Sensor

Ai Xifei, Zhang Xuejiao, Cheng Deshuai, Xiang Yuan

China Ordnance Industry No. 214 Research Institute, Bengbu, Anhui 233030

Abstract : This article focuses on the packaging problems of a 5-LeadTO-263 packaged external acceleration sensor during the packaging process, such as internal holes, mold flow punching, chip delamination, and other product reliability issues. Through the simulation of adhesive stress, injection mold flow, and injection stress process, the process parameters are optimized and the process flow is fixed based on the simulation results, providing reference for improving product yield and reliability.

Keywords : 5-LeadTO-263 encapsulation; process simulation; high reliability plastic sealing technology

引言

近年来, 消费类电子产品不断向智能化、信息化方向发展, 生活中 IC 芯片应用的种类增长很快, 功能变得越来越复杂多样, 作为低成本高可靠的 IC 塑封技术显得越发重要。IC 塑封技术是电子产品制造中不可或缺的重要环节, 发展历程也是伴随着电子产品的不断更新而不断发展, 高可靠塑封技术的发展不仅设计到产品的性能、可靠性等诸多方面, 而且还涉及到生产成本、良率、生产周期等实际问题^[1]。TO 系列是 IC 塑封技术中一种重要的封装形式, TO 系列塑封应用非常广泛, 关于 TO 系列封装良率提升及可靠性提升具有非常重要意义。目前, 5-LeadTO-263封装问题主要体现在封装体内部孔洞、胶体模流冲丝、芯片分层、可靠性不高等方面, 为了改善现状, 提升封装良率、提高产品可靠性至关重要^[2]。

一、研究内容

针对以上5-LeadTO-263封装过程中出现的问题, 攻关方向可以从以下4方面入手, 主要研究内容为:

1. 粘片、塑封工艺过程优化: 通过粘片胶与芯片及基座的接触面剪切应力仿真和塑封工艺过程残余应力最大剪切应力仿真, 通过力学仿真结果优化粘片和塑封工艺, 改善因应力不匹配导致的产品分层情况。

2. 模具改善: 通过模流仿真对注塑模具流道排气、表面镀层、注胶口大小等位置改进, 针对性优化模具修改, 减少因模具不匹配导致塑封产品出现质量问题。

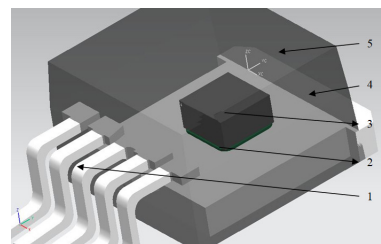
3. 原材料匹配: 塑封产品可靠性提高主要表现在胶体与框架、胶体与芯片、芯片与框架结合面的粘接程度。粘接程度好坏在塑封中主要表现在塑封过程胶体脱模是否顺畅, 注塑前框架表

面洁净度(氧化问题)、粗糙度和环氧树脂胶体 CTE 与框架 CTE 匹配程度, 结合封装体外形要求, 选择 CTE 相匹配的塑封材料。

4. 制定标准化作业流程: 封装流程管控对产品可靠性影响也至关重要, 主要表象在作业时效性、过程一致性、过程异常处理等等。

二、封装过程阐述

对加速度传感器在不同温度载荷工况下的力学性能进行仿真分析, 评估粘片工艺过程中粘片胶剪切应力情况, 以及评估塑封工艺



> 图1 加速度传感器模型

作者简介: 艾希飞, 男, 汉族, 山东青岛人, 本科, 工程师, 技能带头人, 研究方向: 高可靠塑封方向。

过程中塑封料残余应力情况，评估热膨胀及热应力强度。^[3]

加速度传感器模型见图1。图中结构1为引脚，材料为KFC铜；结构2为粘片胶，材料为环氧树脂；结构3为芯片，材料为硅；结构4为基座，材料为KFC铜；结构5为塑封料，材料为环氧树脂。加速度传感器载荷情况，芯片3与基座4通过粘片胶2连接，通过塑封料5将结构2，结构3，结构4形成的整体包裹起来，通过建立加速度传感器的数值仿真物理模型，完成模型的精细网格划分，加速度传感器在使用环境中的温度、受力与变形情况包括2个工况，从而评估加速度传感器的强度是否满足设计要求。

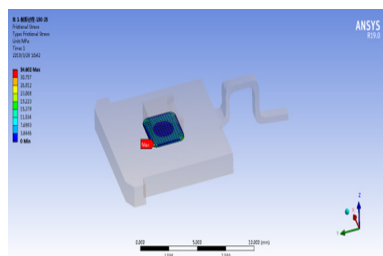
1.粘片工艺过程：加速度传感器从室温升到150℃自然冷却到25℃，环境温度恒定25℃，对流方式为空气常规对流，传感器放置在桌面上，整个过程持续30分钟左右。

2.塑封工艺过程：加速度传感器从室温升到180℃冷却到25℃，环境温度恒定25℃，对流方式为空气常规对流，不考虑压力，传感器放置在桌面上；整个过程持续30分钟左右。

三、粘片工艺过程优化

结合粘片工艺过程实际情况进行数值仿真分析，分析结果如下：

1.粘片胶与芯片及基座的接触面剪切应力分布如图2所示，最大剪切应力34.6MPa，出现在粘片胶边缘，可能引起粘片胶边缘开裂。

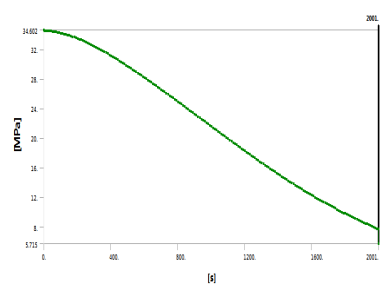


> 图2 剪切应力分布

2.芯片接触面最大剪切应力随时间变化曲线如图3所示。

从以上分析结果可以看到，粘接面的剪切应力在整个时间过程中呈现非线性变化。

芯片粘接到封装基座上后，传感器芯片的敏感结构、粘片胶与封装基座形成了复合材料结构。封装基座材料的



> 图3 粘接面剪切应力-时间变化曲线

热膨胀系数与敏感结构材料的热膨胀系数通常有较大差异，这将导致传感器芯片的敏感结构产生热应力和热变形，即封装效应，封装效应会导致传感器芯片与基座之间出现应力匹配失差，在后期使用过程中或可靠性试验时出现分层现象。根据上述情况，从粘片胶特性、施胶位置、施胶大小（施胶面积）和厚度等方面开展优化，降低应力传导，提高传感器芯片封装后的可靠性和环境适应能力。^[4-5]

粘片胶厚度与施胶面积对于应力的影响试验；以敏感结构直径为8mm为基准（依据芯片大小），对不同施胶厚度、施胶面积对器件应力影响进行试验分析。

通过试验发现，粘片胶厚度与粘接应力成反比如图4所示，即

施胶厚度越大则应力越小。粘片胶和芯片的重叠比例与粘接应力成非正态分布如图5所示，当施胶面积小于传感器芯片面积时，施胶面积与粘接应力明显呈正比，即面积越小则应力越小，在施胶面积与器件面积相等时，应力值最大，之后会逐渐缓慢呈微弱下降趋势。^[6]

通过上述仿真分析，需要对以下几个方面进行优化：

1.优化粘片工艺参数，控制粘片胶溢胶量，减小施胶面积，增

加施胶厚度，控制施胶厚度一致性问题，降低粘接过程中芯片与基座之间的应力残余，以防芯片与基座之间发生分层。

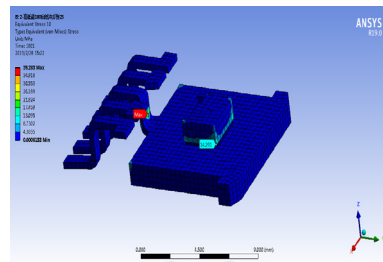
2.控制粘片精度，使芯片处于基座中心位置，减少因位置偏移所带来的其他影响因素。

3.优化粘片胶水，降低粘片胶与芯片之间的膨胀系数差，尽量降低粘片过程中芯片与粘片胶之间的残余应力，以防粘片胶与芯片与基座之间发生分层。

四、塑封工艺过程优化

结合塑封工艺过程实际情况进行数值仿真分析，分析结果如下：

1.塑封工艺过程残余应力最大剪切应力如图6所示，残余应力为39.283MPa，出现在基座拐弯位置，可能引起塑封料与引脚出现分层。

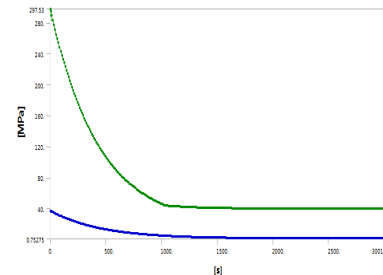


> 图6 残余应力分布

2.传感器最大应力-时间的变化曲线如图7所示。

从以上分析结果可以看到，粘接面的剪切应力在整个时间过程中呈现非线性变化。

对加速度传感器充填过程中不同时间的波前边界位置，利用模流



> 图7 最大应力-时间变化曲线

仿真流动波前资料可以检查充填保压过程的流动情形，检查是否发生充填不饱和（短射）的问题，找出可能的缝合线位置，找出可能的包封位置，检视不同浇口大小、位置对流动的贡献以平衡流

道设计,找出较佳之浇口位置以平衡胶体流动并消除缝合线。[7-8]

通过图8模拟仿真结果分析,需要对以下几个方面进行优化:

1. 优化塑封注塑工艺参数,减少塑封注塑过程中环氧树脂流动对框架引脚拐弯位置所产生的冲击,选用低应力塑封料,降低塑封料与芯片之间的膨胀系数差,尽量降低塑封过程中芯片与塑封料之间的残余应力,以防止塑封料与芯片之间发生分层现象。

2. 优化模具注胶口、流道排气、表面镀层,降低或减少包气和缝合线。通过图8可以看出,电路在注塑过程中存在包气和塑封料与框架之间有缝合线存在。

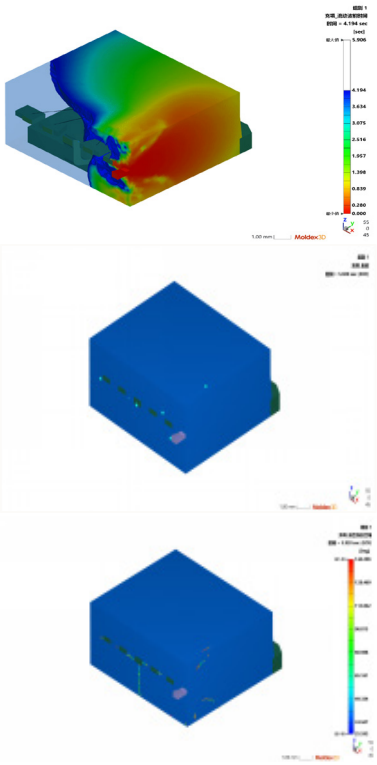


图8 模拟仿真分析结果

五、综述

通过上述力学仿真分析,粘片工艺和塑封工艺都需要进一步优化来提升封装良率、提高产品可靠性。[9]

粘片通过 DOE 实验及工装改善,设计专用粘片电木吸嘴,保证芯片拾取和粘片精度,确保每只芯片的粘片 X/Y 方向的偏移量保证在 20um 以内,角度保持在 $\pm 1.0^\circ$,粘片胶厚度 BLT (um) 稳定在 $35\text{um} \pm 5$ 以内,粘片倾斜角度 Die tilt (um) 在 5um 以内,胶水爬胶高度在芯片厚度的 20% 左右,粘片胶水总空洞率降为 0%,通过稳定以上工艺来优化粘片工艺能力,提升封装可靠性。[10]

塑封通过 DOE 实验及模具设计优化,使其减少包气和塑封料与框架之间缝合线的存在,模具浇口深度设计受型腔深度的限制对于塑封体较薄产品的浇口深度要小于型腔深度的 2/5。如图 9 所示, $A < (\frac{1}{5}) B$ 。宽度一般设计 0.9mm,胶口宽度跟产品尺寸有关,产品越大浇口宽度越大,产品约小等比减少,胶口位置需根据框架预留口设计来确定。

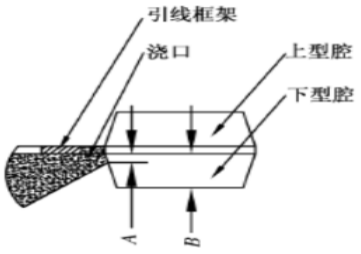


图9 胶口深度

制定引线框架处理措施,避免引线框架上镀银区域氧化,通常使用等离子清洗技术清理框架表面氧化层,针对引线框架易分层位置,对引线框架做特殊处理(增大表面粗糙度、增加锁料孔),其目的增加框架与环氧树脂接触面积,以防塑封料与引线框架之间发生分层,提高塑封可靠性,从而使封装电路达到最佳理想状态。

参考文献

[1] 李冬,陈钊亿.系统级封装可靠性研究[J].电子产品可靠性与环境试验,2024.
[2] 曹华东,罗璜璜.塑封模拟 IC 器件的可靠性提升方法[J].电子工艺技术,2024.
[3] 李泱.塑封器件使用风险与应对措施分析[J].集成电路应用,2024.
[4] 郭涛,徐雁,李平.MEMS 高 g 加速度传感器封装贴片技术研究[J].化工自动化及仪表,2011.
[5] 杨雨君.MEMS 高 g 值双轴压阻式加速度传感器研究[D].陕西理工大学,2023.
[6] 张怡.功率器件塑封过程中引脚压伤问题研究[J].电子与封装,2023,23(08):17-21.
[7] 杨丽.高密度模块封装模流仿真技术研究[D].南京邮电大学,2023.
[8] 李永正,党伟,李昕昕,等.声学扫描技术在高可靠领域塑封器件检测中的应用[J].电子器件,2018,41(01):19-24.
[9] 陈俭春.基于物联网的系列发酵物制品制备装置及工艺过程虚拟仿真开发与应用.河南省,河南莱帕克化工设备制造有限公司,2023-08-25.
[10] 舒吉平.压铸工艺过程与模具设计虚拟仿真实验及数字孪生平台搭建[D].重庆交通大学,2023.