

RFID电子标签Inlay封装工艺参数优化试验

李晓敏, 赵秀萍

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 研究RFID标签Inlay封装工艺对标签质量的影响。**方法** 主要讨论Inlay封装过程中的点胶工艺、拾晶工艺、热压固化工艺等对封装质量的影响,着重研究热压固化工艺参数对封装质量的影响,主要因素有热压应力、热压温度、热压时间等,热压应力设定为3, 3.5, 4 MPa,上下加热头的热压温度设定为160/150 °C, 170/160 °C, 180/170 °C,热压时间设定为10, 12, 14 s,建立三因素三水平的正交试验做对比。**结果** 在电阻、读写情况均正常的情况下,把剪切强度作为评价指标,发现不同组合的封装参数,剪切力差异很大。**结论** 通过实验对比和分析得出最佳的热压固化封装参数组合:热压应力为3.5 MPa,热压温度为180/170 °C,热压时间为10 s。

关键词: RFID标签; 封装; 工艺参数; 优化试验

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)13-0081-04

Optimization Tests of the RFID Tag Inlay Packaging Process Parameters

LI Xiao-min, ZHAO Xiu-ping

(Tianjin University of science & Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of the RFID inlay packaging process on the quality of the label. **Methods** The effects of dispensing technology, crystal picking technology, hot pressing and curing technology in the dispensing process on the quality of the tag were discussed. The key study was the parameters of hot pressing and curing technology including hot-pressing stress, hot-pressing temperature and hot-pressing time. The hot-pressing stress was set at 3, 3.5, 4 MPa, the hot-pressing temperature was set at 160/150 °C, 170/160 °C, 170/160 °C, and the hot pressing time was set at 10, 12, 14 s. Orthogonal tests with three factors and three levels were used to optimize the tests. **Results** Under the normal conditions of resistance and RW, by measuring the shear strength, we found that different combinations of parameters led to different shear stress. **Conclusion** Through experimental contrast and analysis, the best thermal curing parameter combination was obtained: hot-pressing stress 3.5 MPa, hot-pressing temperature 180/170 °C, hot pressing time 10 s.

KEY WORDS: RFID tag; packaging; process parameters; optimization tests

目前,RFID技术的应用已经越来越普遍,逐渐成为企业提高物流供应链管理、降低成本、企业管理信息化、参与国际经济大循环、增强竞争能力等不可缺少的技术工具和手段,所以很多人一直致力于RFID技术的开发^[1]。其中很多人也致力于RFID标签

Inlay封装工艺的研究。目前实现芯片和基板天线的互连有引线键合、卷带承载封装的工艺、倒装键合工艺^[2]等。与其他2种工艺相比,倒装键合工艺在小型电路的封装领域更具有优势。

倒装键合工艺用导电胶作为互连材料,其类型主

收稿日期: 2014-04-03

作者简介: 李晓敏(1983—),女,天津科技大学硕士生,主攻印刷电子及其应用。

通讯作者: 赵秀萍(1959—),女,天津科技大学教授、硕士生导师,主要研究方向为包装印刷及其智能防伪技术。

要有2种,各向同性导电胶(ICA)与各向异性导电胶(ACA)。ICA主要是先采用点胶或印刷的方式将ICA涂布在基板焊盘上,将带凸点的芯片准确倒扣在其上,然后采用热压等方式使导电胶固化,固化后需进行底部填充与再固化、封装,其复杂的工序导致生产成本过高^[3-4]。ACA主要是先将ACA涂布在基板焊盘上,将带凸点的芯片准确倒扣在其上,然后采用热压或紫外方法固化进行封装^[5-6]。二者相比,用ACA导电胶进行封装,操作简单、成本低廉。

文中针对RFID标签制造中核心的封装工艺开展研究,以各向异性导电胶(ACA)实现RFID芯片与天线基板的快速倒装互连,以实现标签低成本高可靠性的制造要求。最终提出优化的RFID标签封装制造工艺参数,构建RFID标签示范生产线,提高国内RFID标签的制造水平,推动电子标签在国内的普及。

1 仪器和材料

实验材料:高频天线,用导电银浆丝网印刷制作;芯片,FM11RF0,上海复旦微电子;导电胶水,DELO AC265。

实验仪器:半自动电子标签封装机(深圳才纳)、万用表、RFID电子阅读器、电子显微镜、剪切力测量仪。

2 实验

2.1 方法

文中主要研究RFID电子标签Inlay封装工艺,对制作过程中的点胶工艺、拾晶工艺、热固化工艺进行分析研究,特别是在热压固化过程中的热压时间、热压温度、热压应力、点胶量等对Inlay质量的影响。通过改变不同的热压时间、热压温度、热压应力和点胶量,测试其Inlay标签的电学性能、机械力学性能、标签的响应性能等情况,再通过优化试验得出最佳封装参数组合。

2.2 过程

用半自动电子标签封装机进行封装,封装机主要有点胶系统、拾晶系统、热压固化系统。首先通过点

胶系统中的点胶头将适量的导电胶点到天线基板上,然后拾晶系统中的吸嘴通过真空吸取芯片,芯片背面的凸点分别位于天线基材的两侧,将芯片倒贴放在点有胶水的位置上,再通过热压固化系统进行热压固化,将芯片和天线基板之间形成导电通路。在Inlay流程中每个工艺都有十分重要的作用,都会影响封装后标签的读取。

2.2.1 点胶工艺

点胶工艺是RFID电子标签Inlay封装中非常重要的一部分,点胶的质量直接影响RFID电子标签Inlay的结果。在点胶工艺中,由于点胶位置和点胶量都会对RFID电子标签Inlay产生影响,所以必须调整好点胶的位置,使导电胶能准确地滴到天线合适的位置上。

2.2.2 拾晶工艺

芯片拾取对位工艺主要是将天线焊盘和芯片凸点进行精确对准定位。通过吸嘴拾取芯片,然后把芯片倒装在滴有导电胶的位置上。

2.2.3 热压固化工艺

热压固化工艺在整个封装工艺中具有举足轻重的作用,有很多因素影响封装质量,特别是热压时间、热压温度及热压应力等3个参数。模拟热压固化过程见图1。

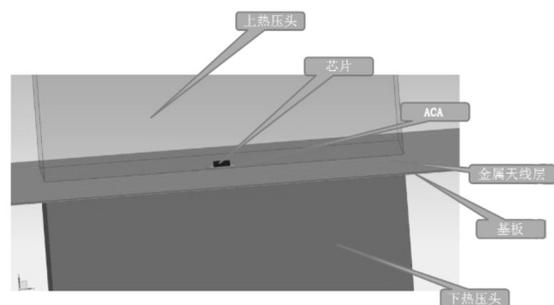


图1 热压固化过程模拟

Fig.1 Simulation diagram of hot pressing and curing process

1) 热压应力^[7-10]。热压应力是为了使固化后导电胶水的导电颗粒,将芯片凸点与天线基板稳定连接,形成通路。合适的应力能使导电胶中的导电颗粒、芯片凸点、天线基板产生良好的接触。若应力过小,导电颗粒、芯片凸点和天线基板连接不稳定,不能良好接触;若应力过大,可能导致天线基板、芯片、导电胶颗粒严重变形,甚至会发生断裂,反而使粘结

强度下降。

2) 热压温度。热压温度是使导电胶在短时间内迅速固化,若热压温度低,则导电胶固化程度低,黏结强度也低;若温度高,虽然导电胶的固化程度较高,但是过高的温度会使导电胶中的聚合物产生气泡并有可能发生裂纹^[11-14]。所以在热压固化过程中,设置合适的温度非常重要。该实验的固化温度可以通过封装机上的上下加热头的温度组合来实现,上加热压头直接对芯片进行加热,下热压头对基板的反面进行加热。

3) 热压时间^[15]。热压时间是为了使芯片和天线基板粘贴牢固,固化时间太短不利于导电胶导电粒子的流动,形成的导电颗粒不均匀;固化时间过长会使芯片与天线连接处扭曲变形^[9],而且会影响生产效率。在保证封装质量的前提下,时间越短越好。

3 实验结果及分析

3.1 点胶量和点胶位置

点胶的位置应准确地点在天线焊盘节距的中间位置,最理想的点胶形状为圆形,表面圆滑既不凹陷也不拖尾(点胶量以芯片作为一个正方形,点胶量刚好作为正方形的外接圆即合适)。不宜过多或过少,以刚刚跨过天线焊盘节距为宜,过多会造成胶水的浪费,同时造成外观不美观;过少则会出现粘结不良等现象。合适的点胶量见图2。

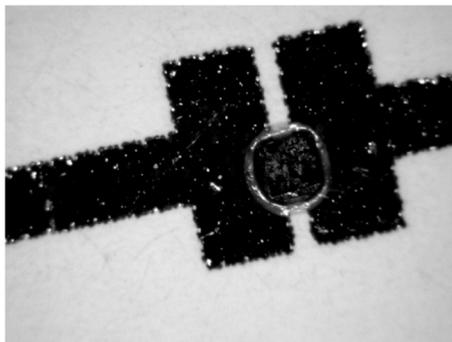


图2 点胶量合适

Fig.2 Proper amount of dispensing

一定要保证芯片的凸点与天线的两端能够接触,否则,就不能形成闭合回路,标签也就不能正常读

写。图2中芯片凸点与天线两端接触正常。图3封装的标签芯片凸点和天线左端没有接触,导致不能正常读写数据信息。

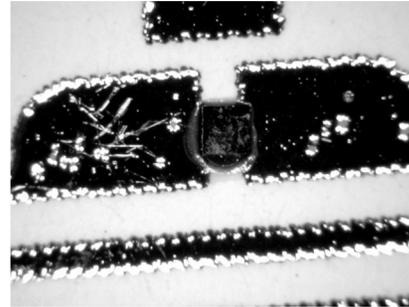


图3 芯片位置

Fig.3 The location of the chip

3.2 热压固化

在热压过程中,选择热压应力(A)、热压温度(B)、热压时间(C)等3个可控因素作为正交实验的因素,因素水平见表1,并根据因素水平选择正交表 $L_9(3^4)$ 。封装完成后,测量其电阻、读写响应、剪切力,在电阻合适、读写相应正常的情况下,把剪切强度作为评价指标。

表1 正交试验因素—水平

Tab.1 Factor -level table for orthogonal experiment

水平	因素		
	A 应力/MPa	B 温度/℃	C 时间/s
1	3	160/150	10
2	3.5	170/160	12
3	4	180/170	14

正交实验安排及结果见表2,方差分析见表3,由表3可得因素—指标图,见图4。

从这个方差分析表可以看出, $F_A > F_{0.01}(2, 2)$, 说明因子A即热压应力对热压固化工艺有极显著的影响; $F_{0.05}(2, 2) < F_B < F_{0.01}(2, 2)$, 说明因子B即热压温度对热压固化工艺有显著影响;对于因子C即热压时间,对热压固化工艺几乎没有影响。从图4可以看出,当热压应力为3.5 MPa,热压温度为180/170 ℃,固化工艺质量最好,对于时间,则可以从最经济的角度考虑,选择10 s,所以合适的固化工艺参数为热压应力为3.5 MPa,热压温度为180/170 ℃,热压时间为10 s。

表2 正交试验安排及实验结果

Tab.2 Orthogonal experimental arrangement and experimental results

水平	因素			空列	测量指标 剪切力/N
	A 应力/MPa	B 温度/°C	C 时间/s		
1	1(3)	1(160/150)	1(10)	1	4.51
2	1	2(170/160)	2(12)	2	6.29
3	1	3(180/170)	3(14)	3	7.59
4	2(3.5)	1	2	3	8.91
5	2	2	3	1	10.62
6	2	3	1	2	11.32
7	3(4)	1	3	2	6.84
8	3	2	1	3	7.12
9	3	3	2	1	8.84

表3 方差分析

Tab.3 Analysis of variance

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	F比	显著水平
因子A	26.61	2	13.305	221.75	$F_{0.05}(2,2)=19$	***
因子B	9.35	2	4.675	77.92	$F_{0.01}(2,2)=99$	**
因子C	0.74	2	0.37	6.17	$F_{0.1}(2,2)=9$	
误差e	0.12	2	0.06			
总和	36.82	8				

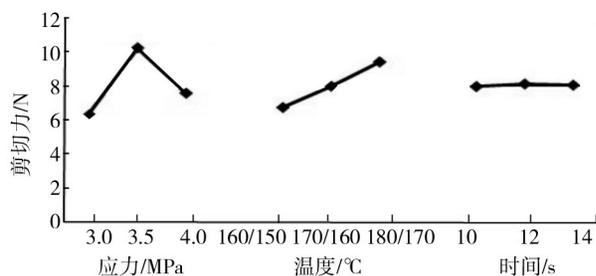


图4 因素-指标

Fig.4 Factor-index map

4 结语

文中分析了在RFID标签Inlay封装过程中,点胶工艺、拾晶工艺、热压固化工艺对封装质量的影响,重点分析了热压固化过程中的热压应力、热压温度、热压时间对封装质量的影响。通过封装芯片后,电阻、读写情况均正常的情况下,把剪切强度作为评价指

标,建立三因素三水平的正交试验,得出最佳的热压固化工艺参数为热压应力为130 g,热压温度为180/170 °C,热压时间为10 s。实验结果表明,合适的点胶位置和点胶量,精确的拾晶精度,以及合适的热压应力、热压温度、热压时间都对RFID封装工艺的质量有着重要的影响。这不仅对RFID电子标签Inlay封装工艺的生产企业有参考价值,而且对RFID封装设备的优化也有非常重要的指导意义,同时,也能提高印刷电子行业和电子封装行业数据化、规范化的生产。

参考文献

- [1] 蔡十华,王建秋,王琼华,等. 射频识别技术的进展[J]. 江西科学, 2007, 25(4): 434—437.
CAI Shi-hua, WANG Jian-qiu, WANG Qiong-hua, et al. The Progress of the Radio Frequency Identification Technology[J]. Science of Jiangxi, 2007, 25(4): 434—437.
- [2] 段国晨,齐暑华,吴新明,等. 微电子封装用导电胶的研究进展[J]. 中国胶粘剂, 2010(2): 54—60.
DUAN Guo-chen, QI Shu-hua, WU Xin-ming, et al. The Research Progress of Microelectronics Packaging with Conductive Adhesive[J]. China Rubber Goo, 2010(2): 54—60.
- [3] 陶军磊,安兵,蔡雄辉,等. 各向异性导电胶倒装封装电子标签的可靠性[J]. 电子工艺技术, 2010, 31(5): 249—252.
TAO Jun-lei, AN Bing, CAI Xiong-hui, et al. The Anisotropic Conductive Adhesive Flip Chip Packaging Reliability of Electronic Tags[J]. Electronic Technology, 2010, 31(5): 249—252.
- [4] LI Y, LU D, WANG C P. Isotropically Conductive Adhesives (ICAs)[M]. New York: Springer US, 2010: 121—225.
- [5] 褚华斌. ACA封装电子标签的工艺与可靠性研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
CHU Hua-bin. Research on the Process and Reliability of RFID Tag Packaged by ACA[D]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology, 2007.
- [6] 张军. 各向异性导电胶膜粘接可靠性的研究[D]. 天津: 天津大学, 2005.
ZHANG Jun. Research on the Process and Reliability of the Anisotropic Conductive Film Bonding[D]. Tianjin: Tianjing University, 2005.
- [7] 刘彩凤,曹彬. 无源RFID标签芯片贴装工艺分析和质量控制[J]. 物联网技术, 2011(8): 44—45.
LIU Cai-feng, CAO Bin. The Process Analysis and Quality Control of Passive RFID Tag Chip Packages[J]. The Internet of (下转第92页)

- [9] 苏俊明,李振亮,李亚,等.吨袋包装机料仓额定容量设计计算方法研究[J].包装工程,2014,35(7):95—100.
SU Jun-ming, LI Zhen-liang, LI Ya, et al. Research on Hopper Rated Capacity Design Methods of Ton Bag Packing Machine[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(7): 95—100.
- [10] 李宝安,李行善,罗先和.动态称重系统计量误差的动态校正[J].仪器仪表学报,2001,22(3):251—254.
LI Bao-an, LI Xing-shan, LUO Xian-he. Dynamic Correction of Measurement Errors in Dynamic Weighing System[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2001, 22(3): 251—254.
- [11] 毛建东.动态称重系统的动态补偿和校正[J].食品与机械,2006,22(2):84—86.
MAO Jian-dong. Dynamic Compensation and Correction in Dynamic Weighing System[J]. Food & Machinery, 2006, 22(2): 84—86.
- [12] 杨祖彬,曾莉红.基于食品安全的我国食品包装机械技术发展路径探讨[J].包装工程,2011,32(13):117—120.
YANG Zu-bin, ZENG Li-hong. Discussion on Technical Development Path of China's Food Packaging Machine Based on Food Safety[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13): 117—120.
- [13] 戴宏民,王晨宇,周均.面向安全卫生壁垒的食品包装机械设计技术[J].包装工程,2012,33(9):135—138.
DAI Hong-min, WANG Chen-yu, ZHOU Jun. Technology-oriented Barriers to Health and Safety of Food Packaging Machinery Design[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9): 135—138.
- [14] 周欢伟,陈新,陈新度.基于属性约束的食品包装机械优化设计规划和算法[J].包装工程,2011,32(21):7—10.
ZHOU Huan-wei, CHEN Xin, CHEN Xin-du. Optimum Design Planning and Algorithm of Food Packaging Machine Based on Attribute Constrain[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 7—10.
- [15] 李晓刚.基于Matlab/Simulink的缓冲包装系统动态响应及影响因素分析[J].包装工程,2011,32(1):65—68.
LI Xiao-gang. Analysis of Dynamic Response and Influencing Factors of Cushioning Package Based on Matlab/Simulink[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 65—68.
- [16] 杨冠林,吴传续.机械产品运输包装设计的标准化流程研究[J].包装工程,2012,33(19):142—144.
YANG Guan-lin, WU Chuan-xu. Research on Standard Operating Procedure in Transport Packaging Design of Mechanical Product[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(19): 142—144.

(上接第84页)

- Things Technology, 2011(8):44—45.
- [8] JESUDOSS P, MATHEWSON A, WRIGHT W M D, et al. Mechanical Assessment of an Anisotropic Conductive Adhesive Joint of a Direct Access Sensor on a Flexible Substrate for a Swallowable Capsule Application[J]. Microelectronics Reliability, 2013, 53:452—462.
- [9] WU Guang-hua, BO Tao, YIN Zhou-ping. Study on the Shear Strength Degradation of ACA Joints Induced by Different Hydrothermal Aging Conditions[J]. Microelectronics Reliability, 2013, (6): 1—6.
- [10] LEE J S, KIM J K, KIM M S, et al. Reliability of Flip-chip Bonded RFID Die Using Anisotropic Conductive Paste Hybrid Material[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2010(10):175—181.
- [11] KIM S C, KIM Y H. Flip Chip Bonding with Anisotropic Conductive Film (ACF) and Nonconductive Adhesive (NCA) [J]. Current Applied Physics, 2013, 13:14—25.
- [12] KAY R W, STOYANOV S, GLINSKI G P, et al. Ultra-fine Pitch Stencil Printing for a Low Cost and Low Temperature Flip-chip Assembly Process[J]. IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 2007, 30(1): 129—136.
- [13] JANG K W, PARK J H, LEE S B, et al. A Study on Thermal Cycling (T/C) Reliability of Anisotropic Conductive Film (ACF) Flip Chip Assembly for Thin Chip-on-board (COB) Packages[J]. Microelectronics Reliability, 2012, 52: 1174—1181.
- [14] ZHANG Yan, LARSSON R. Homogenization of Delamination Growth in an ACA Flip-chip Joint Based on Micropolar Theory[J]. European Journal of Mechanics A/Solids, 2009, 28: 433—444.
- [15] SEPPALA A, RISTOLAINEN E. Study of Adhesive Flip Chip Bonding Process and Failure Mechanisms of ACA Joints[J]. Microelectronics Reliability, 2004, 44:639—648.