一种可焊性半光亮镀镍工艺

刘永永[1]，刘涛涛[2]，陈月华[1]，袁礼华[1]，江德凤[1]，朱俊昊[1]

（1. 重庆市光电技术研究所，重庆 400060；2. 西南技术工程研究所，重庆 400039）

摘　要：目的　解决镀镍层可焊性不良的问题，使得光电子器件外壳镀镍层可焊性满足回流焊要求，并且保存半年后可焊性不降低。**方法**　以氨基磺酸镍为体系，考察温度、pH 值、电流密度与沉积速率的关系，采用回流焊和浸润法对镀层可焊性进行表征，并考察镀层的质量、结合力及盐雾性能指标。**结果**　镀液体系在比较宽泛的电流密度和温度范围内，都能得到可焊性优良的镀层，其沉积速率随电流密度的增大呈线性增加。浸润法和回流焊接试验表明，镀层可焊性满足要求。在稳态湿热（45 ℃，RH = 95%）环境中 48 h 或恒温烘烤（150 ℃，1 h）后，镀层可焊性仍均满足要求。**结论**　在电流密度 1 ~ 5 A/dm^2，pH 值 3.2 ~ 4.4，温度 40 ~ 55 ℃的条件下能得到优良的可焊性镀层，满足回流焊对镀层可焊性的要求，并且放置半年后可焊性不降低。

关键词：镀镍；可焊性；回流焊；封装；集成电路封装外壳；镀层质量

中图分类号：TQ153.1　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-3660(2015)07-0023-04

DOI：10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2015.07.005

Solderability of a Kind of a Semi-bright Nickel Plating Process

LIU Yong-yong[1], *LIU Tao-tao*[2], *CHEN Yue-hua*[1], *YUAN Li-hua*[1], *JIANG De-feng*[1], *ZHU Jun-hao*[1]

(1. Chongqing Photoelectric Technology Institute, Chongqing 400060, China;
2. Southwest Technology and Engineering Research Institute, Chongqing 400039, China)

ABSTRACT: Objective To solve the problem of poor solderability of nickel plating layer, make the solderability of the optoelectronic device shell meet the requirements of reflow soldering and guarantee the solderability not to reduce after storage for half a year. **Methods** Taking nickel amino-sulfonate as a system, this paper investigated the relationship among temperature, pH, current density and deposition rate by adopting the reflow soldering and Tin dipping method to characterize the solderability of the coating and investigated the coating quality, bonding force and performance metrics in the salt spray test. **Results** The plating solution system can obtain a plating layer with good solderability within broader ranges of current density and temperature. The deposition rate increased as a linear with the increasing current density and the solderability was proved good. The infiltrating and reflow soldering experiments showed that the solderability of the plating layer all met the requirements in the 45 ℃ steady-state humid environment (95% RH for 48 h) or under the condition of constant baking at 150 ℃ for 1 hour. **Conclusion** When the current density is between 1 A/dm^2 and 5 A/dm^2, pH is 3.2 to 4.4 and the temperature control is between 40 ℃ and 55 ℃, the excellent solderability of plating layer can be obtained and meet the requirements of reflow soldering on the solderability of plating layer and can be kept for half a year with no reduction.

KEY WORDS: nikel plating; solderability; reflow soldering; packaging; integrated circuit packages; quality of coating

收稿日期：2015-01-24；**修订日期：**2015-04-27

Received: 2015-01-24; **Revised**: 2015-04-27

作者简介：刘永永（1985—），男，陕西人，硕士，工程师，主要从事光电子产品镀覆表面技术工艺的研究。

Biography: LIU Yong-yong (1985—), Male, from Shaanxi, Master, Engineer, Research focus: photoelectron products plating surface technology research.

随着镀镍工艺及表面组装技术更广泛、深入地应用于各个领域,许多电子元器件、管座、基片、管帽等都需要表面镀镍。镀镍层一方面充当非可焊基体上的可焊层;另一方面,又要起到一定的保护基体材料的作用。表面贴装技术(SMT)焊接质量问题引起人们的高度重视[1—2],其中很大一部分是由于镀层可焊性不良,造成焊接时浸润不良,导致产品失效[3—5]。

集成电路行业的迅猛发展对封装外壳表面镀层的性能要求越来越高,包括内应力的控制、延展性能、极限强度、抗腐蚀能力、均匀性、可焊性等[6—7]。其中,镀层可焊性是集成电路外壳最重要的性能指标之一。氨基磺酸盐镀镍液在比较宽泛的电流密度和温度下都能很好地工作,在控制好温度、电流密度,添加适当的添加剂时,能得到应力极低,甚至无应力的镀层,在一般情况下操作,其镀层应力相比硫酸镍体系的瓦特镍要小很多,因此氨基磺酸盐镀镍体系主要应用在功能性电镀方面。集成电路外壳产品中,镀镍外壳常出现漏焊、虚焊、流挂等可焊性差的现象,从而造成器件焊接部位电阻过大,外壳密封不严等。

重庆市光电技术研究所的集成电路外壳产品要求表面镀镍,并要求镀层能很好地满足回流焊对外壳镀层可焊性的要求,同时要求镀镍外壳产品长期放置后,可焊性依然能很好地满足回流焊接工艺对腔体镀层可焊性的要求。文中主要介绍该研究所一种可用于集成电路外壳的可焊性镀镍工艺。

1 实验

1.1 产品工艺

材料为 10#钢,尺寸为 50 mm×28 mm×2 mm。产品工艺流程为[8—9]:除油→清洗→预镀镍→熔封、钎焊→表面清理→除油→2 次水洗→酸洗→3 次水洗→预镀镍→回收→2 次水洗→镀可焊性半光亮镍→回收→2 次水洗→浸保护剂→水洗→烘干。

预镀镍[10]工艺条件为:$NiSO_4 \cdot 6H_2O$ 210 ~ 300 g/L,$NiCl_2 \cdot 6H_2O$ 30 ~ 45 g/L,$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 30 ~ 45 g/L,H_3BO_3 30 ~ 45 g/L,pH 值 4.1 ~ 4.6,电流密度 1 ~ 3 A/dm^2,温度 40 ~ 45 ℃。预镀镍采用挂镀方式,镀液过滤速度达到 6 周期/h,并配以阴极移动。此处采用硫酸镍体系镀镍,一方面是为了在满足产品镀层厚度要求的前提下,降低电镀成本(硫酸镍价格更低);另一方面,可以形成双层镍体系,进一步减少镀层孔隙和增加电势差,使得镀层有更好的抗腐蚀能力。

可焊性镍[11—12]工艺条件为:Ni^{2+}(氨基磺酸镍提供)50 ~ 70 g/L,H_3BO_3 30 ~ 40 g/L,$NiCl_2 \cdot 6H_2O$ 2 ~ 6 g/L,SBA 10 ~ 20 mL/L,pH 值 3.2 ~ 4.6,温度 40 ~ 45 ℃,电流密度 1 ~ 5 A/dm^2。该氨基磺酸镍体系镀液为半光亮镍,为得到更低的镀层应力,采用附槽小电流电解 24 h,镀层满足产品的外观和功能性要求。SBA 为可焊性镍专用不含硫光亮剂。由于镀镍层的氧化和钝化都会对镀层可焊性产生不良影响,因此镀镍后不做任何钝化处理。电镀采用 SanRex HKD-1530FU 型电源(日本三社,日本)。

1.2 分析及测试方法

1.2.1 电流密度和温度对可焊性镍沉积速率的影响

采用 10 mm×20 mm×2 mm 的紫铜片作为电镀基材,依次碱性除油、水洗、酸洗、水洗、镀打底镍、水洗后,镀可焊性镍。镀可焊性镍进行两组试验:1)电流密度分别为 1,2,3,4,5 A/dm^2,温度为 45 ℃,pH 值为 4.2,电镀时间为 20 min;2)电流密度为 2 A/dm^2,温度分别为 40,45,50,55 ℃,pH 值为 4.2,电镀时间为 20 min。镀后,经清洗、烘干,采用 XDLM237 型 X-射线荧光测厚仪(Fischer,美国)测试厚度,以此计算不同电流密度、不同温度下的沉积速率。

1.2.2 镀层性能

1)光亮度。镀镍层光亮度的检测使用目测法,目视与实验室半光亮标准板比对。

2)结合力。镀层结合力按照 GB/T 5270—2005《金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学沉积层附着强度试验方法评述》中的百格法进行测试:用硬质不锈钢小刀呈 45°划 10 条相距 1 mm 的平行线或者 100 个 1 mm^2 的正方形格子,划线时施以足够的压力,使划刀直达基体金属,目测镀层是否翘起或脱落。

3)镀层质量。参照 GJB 2440A—2006《混合集成电路外壳通用规范》中的镀层质量考核办法,依据条件 B 进行。在一台加热器中通入氮气,充分排空空气,将外壳产品置于其中预热到 250 ~ 300 ℃。将另一台加热器设为 450 ℃,预热好的外壳置于其中 15 min,之后冷却至 100 ℃以下取出,在空气中冷却至室温。试验过程中始终保持炉内氮气气氛。判断依据:SMZ168BP 双体视显微镜(Matic,厦门)放大 20 倍检验,不允许有起泡、剥落和起皮,键合区、密封环表面或外部引线处不允许有色变。

4)中性盐雾试验。采用的试验设备为 Q-FOG/

CCT600d 盐雾试验箱(中国电子科技集团公司第五研究所,广州),根据 GJB 548B—2005《微电子器件试验方法和程序》中关于中性盐雾试验的规定进行试验,时间为 48 h,基本技术参数如下:温度(35±3) ℃,盐溶液 NaCl 质量分数为 1%,pH 值 6.5 ~ 7.2,样品摆放角度 30°,沉降率 1 ~ 2.47 mL/(80 cm^2 · h),喷雾压力为 0 ~ 241 kPa。。

5) 可焊性[13—16]。试验所用设备为 202TL-1 型可焊性测试台(RPS,美国),参照 GJB 548B—2005 中的可焊性测试方法(浸润法)进行。此方法省略水汽老化,助焊剂为 RMA 型松香,焊料为 39 锡铅焊料(HLSnPb39),熔融焊料温度保持在(245±5) ℃。测试之前应去除熔融焊料表面的异物,被测表面浸入焊剂中的时间为 5 ~ 10 s。评定方法为:将被测试样放于 10 倍显微镜下观察其表面,要求表面覆盖一层新的均匀、平滑、连续的焊料面积不小于测试面积的 90%,在被测试面的其他区域只允许存在小针孔,并不聚集在同一部位,则判定被测试样品合格。回流焊性能测试在产品客户回流焊接工艺组在线测试。

6) 储存可焊性。分别采用以下条件模拟 1 年的储存:(1)采用 CS101-1A 型鼓风干燥箱(银河,重庆)恒温烘烤,即在 150 ℃烘烤 1 h;(2)采用 HC-2057 型稳态湿热试验箱(Heraeus Votsch,德国)进行稳态湿热试验,即在相对湿度 RH = 95%,温度(45±5) ℃环境下放置 96 h。对模拟储存条件后的样品按照前述可焊性测试方法进行可焊性测试。

2　结果及分析

从外观看,镀镍层属于半光亮型,在结合力测试中,镀层无翘起、脱落现象。按照 GJB 2440A—2006 中的镀层质量考核办法,镀镍层在 20 倍放大镜下检验,无起泡、剥落和起皮。经测试,镀镍层厚度在 8 ~ 11 μm 范围内。经过 24 h 盐雾实验,镀层外观无明显变化。

如图 1 所示,镍的沉积速率随电流密度的提高而提高。随着电流密度的增大,沉积速率呈线性增长,电流密度从 1 A/dm^2 增大到 5 A/dm^2,电镀效率未出现降低,通过增重和理论数据比较,电流效率达到 95% 以上。此外,在 1 ~ 5 A/dm^2 的电流密度范围内,镀层的光亮度、孔隙率基本维持在同一水平。

实验中发现,在电流密度不变的情况下,温度在 40 ~ 55 ℃范围内,都能得到均匀、一致的镀层。如图 2 所示,随着温度的提高,沉积速率保持不变。此外,随着温度的升高,镀层光亮度有一定增加,结晶略显粗糙。

可焊性测试中,每组 5 个样品。测试结果显示,镀镍层在未长时间放置的情况下,焊锡浸润面积达到 95% 以上,满足 GJB 548B—2005 对集成电路以及光电子器件外壳镀层的可焊性要求,回流焊接性能良好。样品在室内敞开放置 6 个月(平均温度 24 ℃,相对湿度 RH 为 60%),可焊性测试发现,浸润面积达到 85% 以上,回流焊接性能良好。稳态湿热 48 h 后,样品的浸润面积大于 95%,具有很好的可焊性,回流焊接测试显示性能良好;稳态湿热 96 h 后,样品的浸润面积大于 70%,具有很好的可焊性,回流焊接测试显示性能较差。150 ℃恒温烘烤 1 h 后,样品的浸润面积达到 95% 以上,具有良好的可焊性,回流焊接测试显示性能良好。

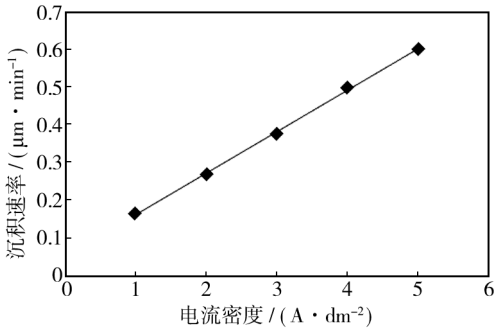


图 1　电流密度对沉积速率的影响

Fig. 1 The influence of current density on the deposition rate

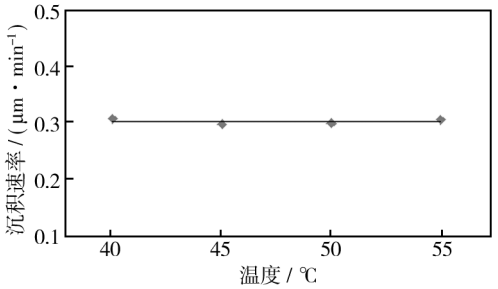


图 2　温度对沉积速率的影响

Fig. 2 The influence of temperature on the deposition rate

3　结论

1) 镀镍层满足集成电路外壳对镀层质量的要求。通过恒温烘烤和稳态湿热实验表明,该镀镍层储存半年到一年,可焊性依然能满足集成电路外壳回流

焊接要求。

2）该氨基磺酸镍镀液体系、可焊性镍专用光亮剂 SBA 及合适的镀后处理，使得镀镍层具有良好的可焊性，完全满足集成电路外壳的回流焊接需求。

参考文献

[1] 辛峰杰. 常见的几种 SMT 焊接缺陷及解决方法[J]. 质量工程师，2005(11)：38—39.
XIN Feng-jie. The Common SMT Welding Defects and Corresponding Solutions [J]. Quality Engineering, 2005(11): 38—39.

[2] 攸宝成. SMT 焊接技术发展动态[C]//第四届全国电子工业焊接学术会议论文集. 广州：机电部工艺研究所，1992：1—10.
YOU Bao-cheng. SMT Welding Technology Development Trends[C]//The Fourth Session of the National Electronic Industry Welding Academic Conference Proceedings. Guangzhou: Technology Research Institute of the Mechanical and Electrical Department, 1992: 1—10.

[3] 周振凯. 浅谈影响半导体器件引线可焊性的因素[J]. 电镀与环保，1990，10(1)：41—42.
ZHOU Zhen-kai. The Influencing Factors of the Solderability of Semiconductor Devices Lead[J]. Electroplating and Environmental Protection, 1990, 10(1): 41—42.

[4] 李承虎，邹文忠. 元器件可焊性测试技术研究[J]. 企业技术开发，2014，33(7)：38—39.
LI Cheng-hu, ZOU Wen-zhong. Test Technology Research of Solderability of Component[J]. Technology Development, 2014, 33(7): 38—39.

[5] 陈勿初. 浅谈镀镍件的可焊性[J]. 电镀与环保，2005，25(1)：42.
CHEN Wu-chu. Introduction to the Solderability of Nickel Plating[J]. Electroless & Pollution Control, 2005, 25(1): 42.

[6] 邹森，李亚明，杨凤梅. 电流密度对氨基磺酸镍电镀镍镀层的影响[J]. 山东化工，2011，40(8)：55—60.
ZOU Sen, LI Ya-ming, YANG Feng-mei. The Effects of Current Density on the Nickel Plating Sulfamate[J]. Shandong Chemical Industry, 2011, 40(8): 55—60.

[7] SHARIF Ahmed, CHAN Y C. Interfacial Reaction on Electrolytic Ni and Electroless Ni(P) Metallization with Sn-In-Ag-Cu Soder[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2005, 393: 135—140.

[8] 苏鹤林，张华. 镀镍层防钝化与可焊性[J]. 电镀与环保，1996，16(3)：33—34.
SU He-lin, ZHANG Hua. The Passivation and Solderability of Nickel Plating Layer[J]. Electroplating and Environmental Protection, 1996, 16(3): 33—34.

[9] 程永红. 可焊性光亮镍工艺[J]. 电镀与环保，2006，26(1)：23—24.
CHENG Yong-hong. Solderable Bright Nickel Plating[J]. Electroplating and Environmental Protection, 2006, 26(1): 23—24.

[10] 王珊珊，祝要民，任凤章，等. 电镀工艺对镍纳米膜微观结构及硬度的影响[J]. 表面技术，2010，39(2)：52—54.
WANG Shan-shan, ZHU Yao-min, REN Feng-zhang, et al. Effect of Plating Process on the Microstructure and Hardness of Ni Nano-films [J]. Surface Technology, 2010, 39(2): 52—54.

[11] 羊秋福. 印制电路板氨基磺酸盐镀镍工艺[J]. 电镀与精饰，2004，26(1)：24—26.
YANG Qiu-fu. Sulfamate Nickel Plating Process for Printed Circuit Board [J]. Plating and Finishing, 2004, 26(1): 24—26.

[12] 张甲敏，许光日，陈军龙，等. 钢带氨基磺酸盐镀镍工艺[J]. 电镀与涂饰，2007，26(6)：7—9.
ZHANG Jia-min, XU Guang-ri, CHEN Jun-long, et al. Sulfamate Nickel Plating Technology for Steel Strip[J]. Electroplating and Coating, 2007, 26(6): 7—9.

[13] 魏兴无. 电子元器件的可焊性及检测方法[J]. 中南民族学院学报(自然科学版)，1999，18(3)：16—19.
WEI Xing-wu. The Solderability of Electronic Components and Detection Methods[J]. Journal of Zhongnan Nationalities Institute (Natural Science Edition), 1999, 18(3): 16—19.

[14] 李承虎，邹文忠. 元器件可焊性测试技术研究[J]. 企业技术开发，2014，133(7)：38—39.
LI Cheng-hu, ZOU Wen-zhong. Test Technology Research of Solderability of Component [J]. Technology Development, 2014, 133(7): 38—39.

[15] 冯庆，冯生，杨清海，等. 高可焊性电镀纯锡工艺及镀层性能测试[J]. 电子工业专用设备，2008(1)：10—13.
FENG Qing, FENG Sheng, YANG Qing-hai, et al. Process of High Solderable Electroplating Tin and Test of Deposit Performance[J]. Electronic Industrial Specialized Equipment, 2008(1): 10—13.

[16] 曹志洪，黄俊华，马军. 关于可焊性试验的试验方法及设备研制的探讨[J]. 电子产品可靠性与环境试验，2013，31(5)：37—39.
CAO Zhi-hong, HUANG Jun-hua, MA Jun. Disscussion on Test Method and Equipment Development of Solderability Test[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2013, 31(5): 37—39.