

封装、组装与测试

平行缝焊与盖板

侯正军, 宋备刚, 丁 鹏

(中国电子科技集团公司第四十四研究所, 重庆 400060)

摘要: 在一些特殊环境条件下使用的各种电子元器件, 需要进行密封封装, 以防止器件中的电路因潮气、大气中的离子、腐蚀气氛的浸蚀等引起失效。另外在封装时可以充以保护气体来降低封装环境湿度, 进行气密性封装以延长器件的使用时间。文章通过在SSEC (Solid State Equipment Company) M-2300型平行缝焊机上进行缝焊实验发现, 盖板与平行缝焊的关系是相当重要的。在管座性能稳定的情况下, 盖板质量的好坏直接影响着器件的气密性。

关键词: 平行缝焊; 气密性; 盖板; 蚀刻盖板

中图分类号: TN305.94

文献标识码: A

文章编号: 1681-1070 (2008) 08-0001-04

Parallel Seam Welding and Lids

HOU Zheng-jun; SONG Bei-gang; DING Peng

(China Electronics Technology Group Cooperation the 44th Research Institute, Chongqing 400060, China)

Abstract: Various electronic components using under some special environment conditions, need to seal package to prevent failures of the electric circuit in it because of the etching of the dampness, the ion in atmosphere, decay atmosphere and etc. The use time of components can be extended by hermetic sealing to lower the environment degree of humidity with the protection air. Through experiment on the SSEC (the Solid State Equipment Company) M-2300 parallel seam sealer the results are found: The lids' quality is very important. While the function of the tube socket is stable, the quality of lids influences the hermeticity of devices directly.

Key words: parallel seam welding; hermeticity; lids; etching lids

1 引言

元器件的封装是把经过组装和电互连的器件芯片与相关的功能器件和电路等封入一特制的管壳内, 并通过对管壳内部进行布线、印制线路或利用光纤等方式与外部实现电气连接, 如混合集成电路、声表面波器件、晶体振荡器、固体继电器、光纤耦合器、探测器组件、激光器组件等, 有许多都是由平行缝焊完成最后的封装, 而具有可靠性的外壳常被广泛应用于航空、航天和军事电子设备中。在军用电子元器件中, 产品的密封性

能是主要考核指标之一, 其封装气密性的要求一般是按腔体内部体积而定。混合集成电路的测量漏气速率规定在 $1 \times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s} \sim 5 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ (He)。为了保证该产品有良好的密封性能, 必须使用气密性良好的管座(基座)同盖板(帽)进行可靠的密封。除此之外, 对水汽含量的要求(低于 5000×10^{-6})也很严格。而平行缝焊也就是盖板与壳体间的缝焊, 它的目的是保证器件的气密性, 确保管芯和电路与外界环境的隔绝, 避免外界有害气体侵袭, 以及降低封装腔体内水汽含量和自由粒子数。本文将主要介绍盖板与平行缝焊之间的关系。

2 封盖方法

封盖方法大体分为四种,即:熔焊、焊料焊(也称为钎焊)、胶封、冷焊。对于具有较高要求的密封器件常选用熔焊、焊料焊,其中又以熔焊为主,而平行缝焊就是熔焊中的一种。

3 平行缝焊

平行缝焊是一种电阻焊(也是熔焊),用两个锥形的滚轮电极与金属盖板接触后形成闭合回路,以脉冲(如图1)电流的形式从变压器次级线圈一端经其中一电极流过盖板,再经另一电极回到变压器次级线圈另一端,整个回路的高阻点在电极与盖板接触处,并在高阻点处产生大量的热,由于热量非常集中,能使盖板与管座焊环的接触处呈熔融状态,凝固后形成一连串的焊点,而焊点能相互交叠,这样就形成了气密性焊缝(如图2),达到密封的目的。

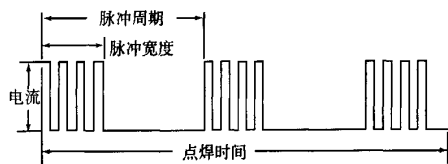


图1 平行缝焊工作电流

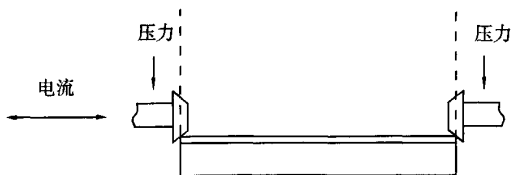


图2 平行缝焊的工作原理示意图

4 盖板

4.1 对盖板的要求

(1) 盖板的待封装区域边缘厚度要薄,并尽可能一致,最好能控制在0.08mm~0.12mm的范围内,以利于平行缝焊的焊接、散热和易于封装;

(2) 盖板表面应比较平整,其平整度最好控制在0.04mm以内,便于保证缝焊气密性(保证盖板与管座之间的熔焊更充分、连接更紧密)和外观质量;

(3) 盖板的拐角半径应控制在1.4mm~1.5mm范围内,使其R同电极锥度达到良好配合,以避免产生电弧把盖板熔穿,从而确保缝焊外观质量和气密性;

(4) 盖板的耐腐蚀性良好,有利于在特殊的环境下工作,同时还能在同一环境下延长器件的使用时间;

(5) 盖板表面应比较平整、具有较高的光洁度、无毛刺、无孔隙、少沾污等特性,这样有利于平行缝焊的封装和提高器件的气密性。

4.2 盖板与管座的匹配

盖板与管座的匹配是相当重要的,对器件的气密性有着直接影响,主要从几个图加以说明。

图3:盖板的封装边缘厚度最好控制在0.08mm~0.12mm,厚度过大会造成封接不上或不牢,保证不了气密性;厚度过小会造成加工的难度增大,同时也容易使盖板被熔穿而导致漏气。盖板的边要成90°,可以保证边的锐度的一致性,也可以保证盖板与管座缝焊面紧密地接触,减小产生电弧的几率,从而提高平行缝焊成品率和外观质量。

图4:盖板上倒圆弧,减少了盖板与电极的接触面积,从而降低了接触电阻,通过对式(1)和式(2)的计算可得缝焊总能量减少。

$$\text{总能量} = \frac{P \times PW \times L}{PRT \times S} \quad (1)$$

$$\text{而 } P = IR^2 \quad (2)$$

式中: P 为缝焊功率; PW 为缝焊脉冲宽度; L 为缝焊封装长度; PRT 为缝焊脉冲周期; S 为缝焊速度。

图5:盖板下倒圆弧,盖板下方就形成了绝缘空隙,造成热量在缝焊表面流动,不能完全形成气密性焊接,就可能导致封接面的某一段或某一点漏气。

图6:盖板做成被削薄的边,在缝焊时会减少接触电阻,以致减少了热量在缝焊表面的流动,也在盖板下方形成了绝缘空隙,从而要增加封装功率,甚至不能形成良好的封接面,可能在缝焊后造成器件漏气。

图7:盖板和管座的角应倒圆弧。否则,在缝焊时很容易在角上产生电弧,而圆弧直径最好控制在1.4mm~1.5mm的范围之内。倒成圆弧是为了减少热量,同时也是为了减小在封装中出现的热应力和机械应力。如果采用矩形缝的方式,电极与角的接触为两次,角上将产生两次热量,特别是在陶瓷管

座中可以降低对陶瓷层间的损伤, 从而确保缝焊气密性。

图 8: 盖板的尺寸与管座所要封装的尺寸最好一样。如图 9、图 10, 也可稍微大点或小点, 但不能比所封装的尺寸大超过 $25\ \mu\text{m}$, 小超过 $75\ \mu\text{m}$ 。盖板过大, 在封装中就会使产生的热量全集中在盖板上, 从而烧坏盖板, 甚至缝焊不上; 盖板过小, 在封装中就会使电极接触不到盖板, 只接触到很少的盖板边缘, 甚至于只接触到管座, 从而造成封装失效。

综上所述, 盖板封装边缘的厚度、倒角程度、大小等都对气密性有影响。

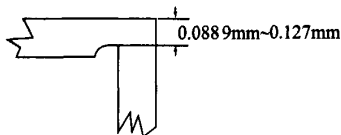


图 3 盖板厚度、边成 90°

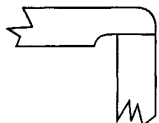


图 4 盖板上倒圆弧

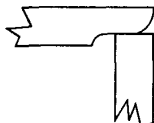


图 5 盖板下倒圆弧

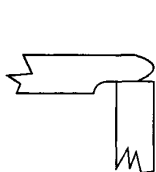


图 6 盖板的薄边

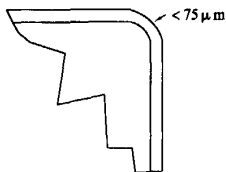


图 7 管座与盖板四角倒圆弧



图 8 管座与盖板的尺寸匹配

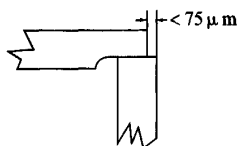


图 9 盖板比管座小不超过 $75\ \mu\text{m}$

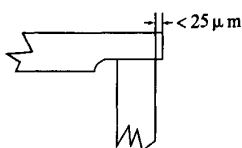


图 10 盖板比管座大不超过 $25\ \mu\text{m}$

4.3 热膨胀系数的匹配

平行缝焊盖板的热膨胀系数主要取决于盖板基础材料的本身。首先应根据底座焊环的热膨胀系数来决定盖板基础材料的选择。目前用量最大的是氧化铝陶瓷底座, 其次就是可伐 (KOVAR 合金) 底座, 而与陶瓷热膨胀系数相匹配的金属焊环是 KOVAR 合金或 4J42 铁镍合金。而目前所用盖板均采用可伐材料, 与陶瓷底座的热膨胀系数相匹配。

4.4 蚀刻盖板

蚀刻盖板在平行缝焊众多盖板中是最好用、最具稳定性、封接效果最好的, 当然也最能保证器件缝焊气密性。除具有普通盖板要求外, 蚀刻盖板应制作成 T 形结构, 便于盖板对管座的安放和定位, 并能增加盖板的强度和平整度 (如图 11)。

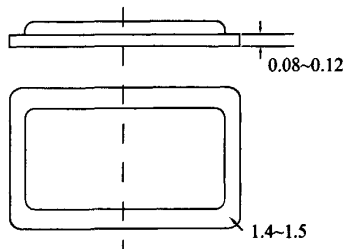


图 11 蚀刻盖板结构示意图

蚀刻盖板有严格的质量要求, 多选用 0.4mm 的可伐合金材料制成 T 形盖板。因此, 选取合理的加工方法是相当重要的。

(1) 应用模具冷挤压成型后, 再用一般性腐蚀的加工方法。该方法最大的问题是盖板质量难于达到缝焊的严格要求。

(2) 二截式钎焊加工方法。先机械加工成两块金属板, 然后以钎焊获取 T 形盖板。该方法容易实施, 盖板质量较 (1) 加工的有所提高, 但是经过两次加工后的盖板平整度和批量生产中盖板质量的一致性难以得到保证。这无疑会对钎焊工艺控制提出较高的要求。

(3) 蚀刻加工方法。是用与产品相同形状的掩模保护金属基片, 再用腐蚀液蚀刻掉不需要的部分, 获取所需盖板。该方法具有如下特点:

- 不同冲裁模具便可很方便地加工各种形状的金属制品 (引线框架、盖板);
- 产品的几何尺寸、形位公差易于保证, 其加工精度由掩模的分辨率来实现;
- 产品的一致性, 合格率高;

- 适于小批量加工、成本低；
- 模具易加工，蚀刻设计生产周期短。

蚀刻盖板很适合平行缝焊的需要，应该加强蚀刻技术的发展，以提高平行缝焊质量。

4.5 盖板与镀层

盖板镀层与封装参数有一定的关系，对于镍层来说，功率需求较小，而金层的功率要高些。还有一个特点就是：同样厚度的镀层，如果电镀的方法不同，也会影响缝焊参数。一般来说，化学镀的金层比电解方法镀的金层所要求的功率要小。

对电镀来说，不镀 Au 的外壳，表面层要镀化学 Ni 或 Ni-Pd 合金，一般都是合金镀镍，含有的磷杂质可以降低焊接温度。而磷含量不宜太高，太高会使玻璃相增多、硬度变大，平行缝焊时易产生裂纹而导致漏气，即使对镀好的镍盖板在纯氢气炉中高温（780℃）退火和不退火都没有什么区别；而磷含量较低时，就无法降低焊接温度，其可焊性差。特别是陶瓷管座，当需过高的焊接温度时，陶瓷底座与焊环可能因热应力而开裂。在实际生产中，采用磷含量适当的工艺配方，可以得到满意的效果。

对 Au 镀层的外壳，一定要控制好地层 Ni 与 Au 的厚度比例，因为平行缝焊主要是通过封口处大电流放电熔化 Au、Ni 层形成合金而达到密封的，当然形成合金的温度越低越好焊。而 Au-Ni 和仅有一个最低共熔点（如图 12）。因此镀层的熔点越低越有利于封装。

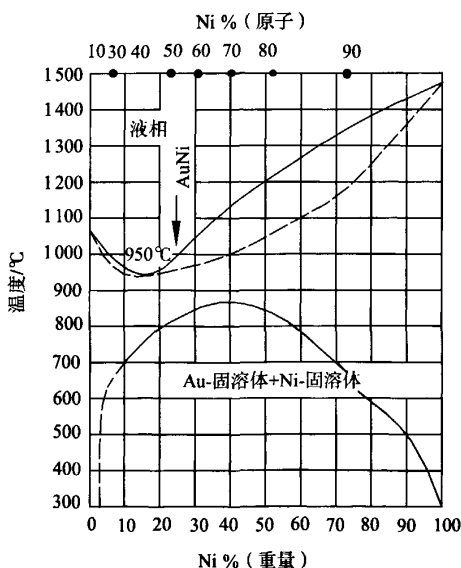


图 12 Au-Ni 相图

对于只镀金（99% 的纯金镀层）的盖板来说，其工艺方法还不成熟，只有很少的厂家采取直接镀金，而不用镍层来过渡。由于纯金的熔点为 1063℃，一般都比前两者提到的镀层熔点温度要低，且硬度也低很多，在封装过程中浸润性相当好，因此易于封装。特别对陶瓷管座来说，它能减小对陶瓷底座的热冲击，提高封装成品率和可靠性。

镀层的致密程度、均匀程度、光洁度也与平行缝焊有着很大的关联。当镀层比较疏松时（有颗粒状），在封装过程中，封接面就不能很好地进行紧密结合，甚至粘结不牢而漏气；若镀层不够均匀，一般从肉眼上可以看出镀层的颜色有明显的差异，甚至有花斑，那么就会影响缝焊参数，甚至难以封装；镀层的光洁度一样特别重要，由于盖板的厚度不均匀，往往边沿厚、中间薄，平行缝焊时各点电阻不一造成密封不严，因此均匀的镀层厚度是封装的必要条件。

4.6 耐腐蚀性能

作为高可靠性的平行缝焊盖板，耐腐蚀性能是非常重要的。尤其是器件在潮湿及其更加恶劣的环境当中，如果耐腐蚀性差，该器件就很快锈蚀穿孔而失效。因此人们在盖板的镀层工艺配方及工艺优化上作了大量的实践工作，发现在同一镀层的条件下，化学镀的镀层比电解镀的镀层好、酸性条件下镀镍的镀层比碱性条件下镀镍的镀层好、镀层厚些要比镀层薄些好、镀层致密的比镀层疏松的好、镀层光洁度高的要比光洁度低的好、用双向电流脉冲镀的要比单向脉冲镀的镀层好；另外仅镀镍的要比镀镍后再镀金的好。

4.7 浸润性

盖板的浸润性主要是指盖板镀层在熔融的情况下相对管座的浸润情况。如图 13 所示，浸润性与润湿角 θ 有很大的关系，润湿角越大，浸润性越差。图 13 中， γ_{gl} 为熔融焊料与镀层之间的界面张力； γ_{gs} 为可伐材料与镀层之间的界面张力； γ_{ls} 为熔融焊料与可伐材料之间的界面张力； θ 为熔融焊料与可伐材料之间的接触角。

在封装的熔融温度时有良好的浸润性就会与管座结合得很好。具有良好浸润性的盖板，一般在封装过程中能够看到焊液总比电极先移动，以相对较小的功率就能密封好器件；若浸润性比较差，就不能看到流动的焊液，所需封装温度较高，而且不

（下转第 8 页）

中的重要内容。另外,由于无铅焊料熔点较高,将对元器件、印制板特性带来更高的要求。多种原因使得制造厂家选用无铅焊料时,必须根据各自生产的产品,考虑多方面的因素,以保证最终产品的可靠性和使用寿命。无铅化是一个长期的过程,目前仍处于与有铅共存时期,这期间对铅污染的问题是一个较难解决的问题。由于无铅与有铅的共存而产生的焊点剥离问题是无铅化过程中的最大难点。

参考文献:

[1] 无铅焊料的可靠性研究[EB/OL].www.ecnet.com.

[2] 肖盈盈,张文典,等.无铅焊料研究和亟待解决的问题[J].电子与封装,2006,6(4).

[3] 无铅焊料:已引起普遍关注[EB/OL].中国铝业网.



作者简介:

侯瑞田(1964-),男,山西人,工程师,1984年毕业于山东大学自动化专业,现为国营785厂第一研究所研究室副主任。

(上接第4页)

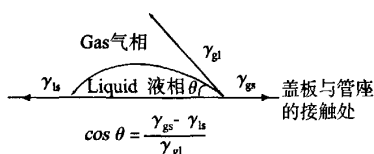


图13 盖板浸润性

易进行密封封装,甚至封装不上。

4.8 新型盖板的兴起

近年来,只有密封作用的盖板不再能满足产品的多样化和特殊性要求,随着对器件内的水汽含量、氧气含量、氢气含量等的控制(如图14所示),吸气剂盖板开始被使用。吸附剂的特点具有单向吸附性、局部电磁屏蔽功能、稳定性好(吸气剂在固化期间不会有任何损耗)和离子含量低(钠离子、钾离子、氯离子的含量远远小于 500×10^{-6})等,并且吸附剂只在特定的环境下起作用。

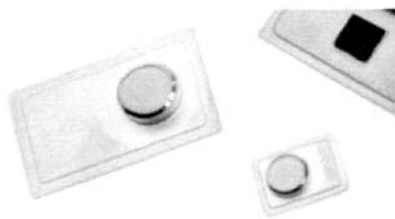


图14 新型盖板

盖板的多样化也发展得越来越明显,比如阶

梯型盖板、窗口型盖板、光学透镜型盖板等来满足新兴产业的发展。

5 结束语

盖板对平行缝焊的影响是不可忽视的,平行缝焊要取得更进一步的发展,必须从盖板的热膨胀系数、耐腐蚀性、与管座尺寸的匹配、以及在提高器件的可靠性等诸多方面来提高盖板的质量。

参考文献:

- [1] 宁利华,赵桂林.平行缝焊用盖板可靠性研究[J].电子与封装,2005,10:24-25.
- [2] 陈玉华,侯正军.影响平行缝焊成品率的因素[J].电子与封装,2003,4:28-30.
- [3] 侯正军,陈玉华.平行缝焊[J].电子与封装,2004,3:27-30.
- [4] 黄章勇.光电子器件和组件[M].北京:北京邮电大学出版社,2000.
- [5] 金属及陶瓷集成电路外壳电镀技术讲座[C].中科院电子学研究所,2002.



作者简介:

侯正军(1977-),男,重庆人,工程师,毕业于长春理工大学,长期从事于电子封装工程,曾发表专业论文多篇。