

文章编号: 1672-8785(2021)06-0024-05

楔焊和金丝球键合参数对键合拉力的影响

袁羽辉¹ 刘 杰² 付志凯¹

(1. 华北光电技术研究所, 北京 100015;

2. 空装驻北京地区第七军事代表室, 北京 100086)

摘 要: 以实际工艺的使用为出发点, 主要研究了压力、功率以及时间对超声楔焊和热超声球焊中第一焊点焊接质量的影响。根据拉力测试仪得到的拉力值来判断焊接质量的好坏。给出了满足探测器芯片楔焊和球焊质量要求的工艺参数, 并达到了提高整体焊接质量的目的。另外还研究了热超声球焊焊接后的两种补强方式, 并对比了它们对引线键合的影响。

关键词: 引线键合; 工艺参数; 影响因素分析

中图分类号: TN21 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2021.06.005

Influences of Bonding Parameters of Wedge Welding and Gold Ball on Bonding Tension

YUAN Yu-hui¹, LIU Jie², FU Zhi-kai¹

(1. North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China;

2. The 7th Military Representative Office, Air Force Equipment Department in Beijing, Beijing 100086, China)

Abstract: The influences of pressure, power and time on the welding quality of the first joint of ultrasonic wedge welding and thermosonic bonding are studied based on practical application. The welding quality is determined according to the tension values measured by the tension tester, and the technological parameters satisfying the quality requirements of wedge and ball welding of detector chips are given. The overall welding quality is improved as well. In addition, two reinforcing methods after thermosonic bonding are studied, and the effects of the two methods are compared.

Key words: wire bonding; technological parameter; analysis of influence factors

0 引言

当今微电子技术的应用十分广泛。随着现代电子产品对轻量化、小型化、低功耗以及高可靠性要求的不断提高, 人们对芯片封装工艺

技术和质量提出了更高的要求。在目前的器件生产过程中, 金丝引线键合是一种常用的连接半导体芯片内部电路与外部插件的工艺方法。它具有工艺简单、适用范围广泛等优点。

收稿日期: 2020-11-26

作者简介: 袁羽辉(1997-), 男, 工程师, 主要从事红外探测器封装工艺研究。

E-mail: 1093565695@qq.com

金丝可提供的拉力体现出引线键合质量, 其优劣程度决定了红外探测器在振动和低温条件下能否正常工作。因此, 为了提高红外探测器与陶瓷基板之间的焊接质量, 研究引线键合具有重要意义。

1 引线键合原理以及两种键合方式的特点

1.1 引线键合原理

引线键合采用引线连接来实现探测器芯片与电学框架引出管脚的电气联通。连接过程涉及第一、第二焊点的固定。此时需要金丝在压力和超声能量的作用下相互接触, 使金丝与焊盘表面形成相互融合的合金, 从而保证电信号的连接。

在键合过程中, 由劈刀提供的超声能量和热能被传递给焊丝及焊盘。金丝吸收的能量为

$$E = k\Delta T^2 + uFAft \quad (1)$$

式中, k 为影响系数; ΔT 为引线键合前后的温差; u 为摩擦系数; F 为劈刀施加的压力; A 为超声振幅; f 为超声频率; t 为超声作用在金丝上的时间。

温差有两个影响因素: 一是键合前设定的工作台温度; 二是焊丝与焊盘表面在键合过程中摩擦所产生的温度变化。由式(1)可知, 键合过程中的能量变化与温差、作用时间、压力和超声功率等四个因素相关。

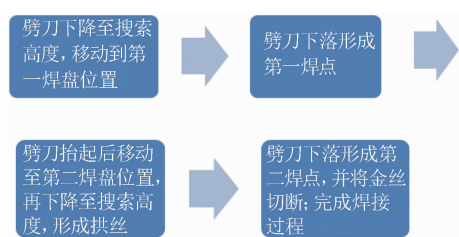


图 1 超声楔焊过程

1.2 两种键合方式的特点

1.2.1 楔形键合的特点

使用金线进行的楔-楔键合(见图 1)广泛应用于陶瓷封装。该方式下的劈刀仅能在一个方向上进行键合。键合劈刀的构造使其可以采用 $25\ \mu\text{m}$ 金引线在最小间距为 $50\ \mu\text{m}$ 的焊盘上

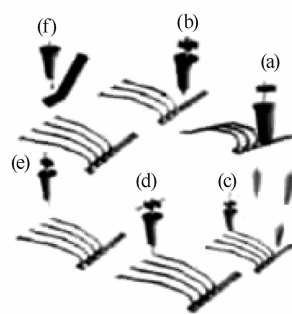


图 2 超声球焊过程: (a)键合劈刀下降; (b)形成第一焊点; (c)形成拱丝; (d)形成第二焊点; (e)扯断金丝; (f)EFO 烧球, 准备下一个循环

进行键合。金引线与芯片焊盘键合时, 接触面的温度保持在正常条件下。因此, 一般不会出现由芯片焊盘或金引线热氧化产生的污染问题。

1.2.2 球形键合的特点

与楔形键合相比, 球形键合(见图 2)一个主要的优势是引线能以 360° 中的任意角度离开。它可在任意方向上形成第二焊点且不损伤第一焊点的球颈。热超声球焊键合比常温下的超声楔焊键合更加可靠。

2 键合参数对键合强度的影响试验

2.1 键合参数

操作人员在引线键合机上设置键合参数。每种芯片键合机的键合参数都需要进行优化, 而且正确的键合参数确保了完美的键合形状以及键合的长期可靠性。控制键合加工的主要参数包括键合压力、键合时间、超声功率和键合温度。这是因为通过改变它们可以控制引线拉力强度。

2.2 楔形键合参数试验

在楔形键合时, 键合温度为环境温度, 因此不去改变它。由于键合压力、键合时间和超声功率三个工艺参数共同决定焊丝的拉力值, 所以在进行分组试验时只改变三个参数中的一个。采用 A 电路与陶瓷基板粘接, 然后对其进行键合。该电路焊盘表面的薄膜材料为铝, 键合丝为 $25\ \mu\text{m}$ 金丝。键合时, 每种工艺参数

各改变5次。在全部完成5次键合后进行引线拉力测试,得到了每种工艺参数下的拉力平均值(见图3~图5)。从图中可以看到引线拉力随工艺参数增加的变化趋势。

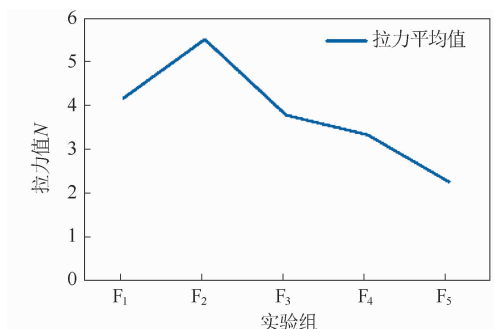


图3 键合压力试验结果

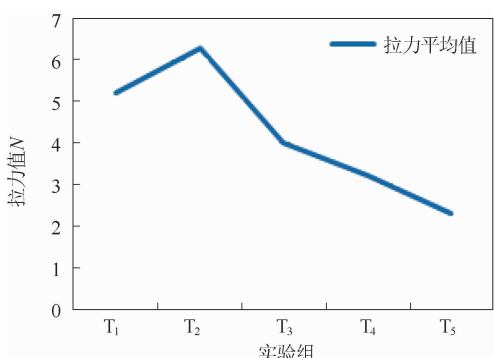


图4 键合时间试验结果

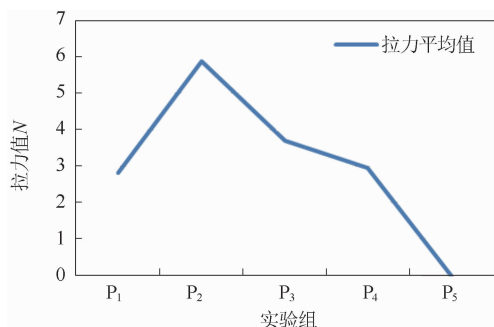


图5 超声功率试验结果

从试验结果中可以看出,键合压力和超声功率是影响键合强度最主要的两个工艺参数。当超声功率过大时,焊丝直接被劈刀压断,无法形成完整的焊接流程。此时,焊盘表面膜层会被损伤,使其与硅电路剥离,导致焊盘无法再次使用,从而影响产品的合格率。通过设置合适的键合压力和超声功率,可以降低这种剥离现象发生的概率。

2.3 球形键合参数试验

在球形键合参数试验中,采用B电路与陶瓷基板粘接。该电路焊盘为镀金焊盘,硬度较大。为了使试验结果与实际使用情况更接近,采用50 μm金丝作为焊丝并对试验中所有的第二焊点进行压球加固处理。这里的工艺参数改变方法与楔形键合参数试验一致(试验结果见图6~图8)。

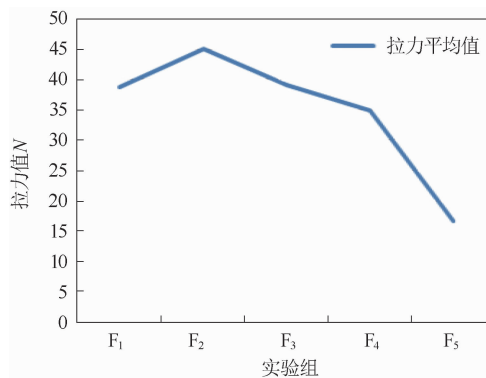


图6 键合压力试验结果

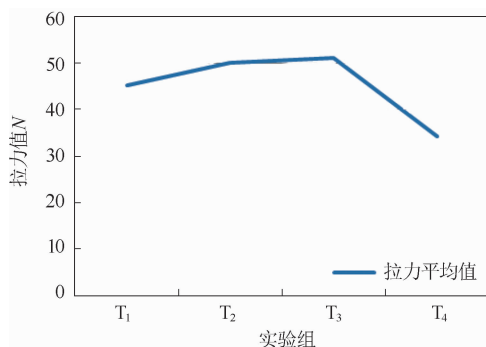


图7 键合时间试验结果

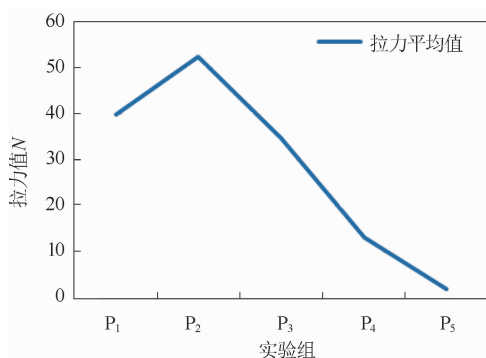


图8 超声功率试验结果

从试验结果中可以看出,键合压力和超声功率是影响键合强度最主要的两个工艺参数,而作用时间对焊丝拉力强度的影响不是很大。

当键合压力过大时, 焊球被劈刀压扁, 影响引线强度。当超声功率过大时, 5次键合试验中仅有1次完成键合。其余4次试验出现的现象如下: 在第一焊点键合完成后, 引线 with 焊球断裂, 且断裂点均为球颈处。

3 热超声球焊补强方法比较

3.1 热超声球焊补强的原因及作用

热压球焊的焊接模式为球-楔键合。根据前面的试验数据可知, 由于球形键合的焊丝拉力远大于楔形键合, 第二焊点处更容易开焊。因此需要在焊接后对第二焊点进行补强处理, 以防焊丝在运输或振动试验过程中发生第二焊点与陶瓷基板脱离的现象。如果不对引线进行补强处理, 那么在一些振动较大的情况下, 由于杜瓦外壳与冷指的振幅不完全相同, 用于连接框架与引线环的引线会在楔形键合处脱开, 导致红外探测器无法正常工作。所以需要通过引线补强来增加引线的可靠性。

3.2 热超声球焊补强方式

一般补强方式包括压球补强和点胶补强(见图9和图10)。其中, 压球补强方式是在键合后再对第二焊点根部进行一次键合, 以增大引线 with 焊盘之间的接触面积, 从而增大焊丝的受力面积并保证焊接强度。点胶补强方式是在焊接后采用可实现电学导通的粘接剂对第二焊点根部进行包覆, 使第二焊点与焊盘粘接在一起。这样可以减小焊丝与焊盘脱开的几率, 即便脱开时也可通过粘接剂实现电学导通, 从而保证芯片的正常使用。

图11所示为球形键合补强试验结果。可以看出, 压球补强后, 拉力均匀性好, 且引线强度较高。但是压球补强对人员掌握键合工艺的要求较高。若在压球处没有压住第二焊点, 则引线的可靠性就会受到影响。此外, 压球补强工艺只适用于金丝等破断力较小的焊丝。对于铂铱丝等破断力较大的焊丝, 键合机无法在焊球上将其切断。因此, 只能采用点胶加固的方式对这类焊丝进行引线加固, 从而保证键合的可靠性。

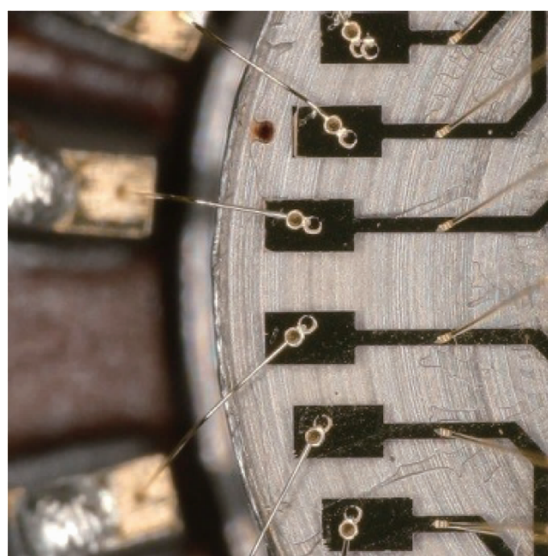


图9 压球补强

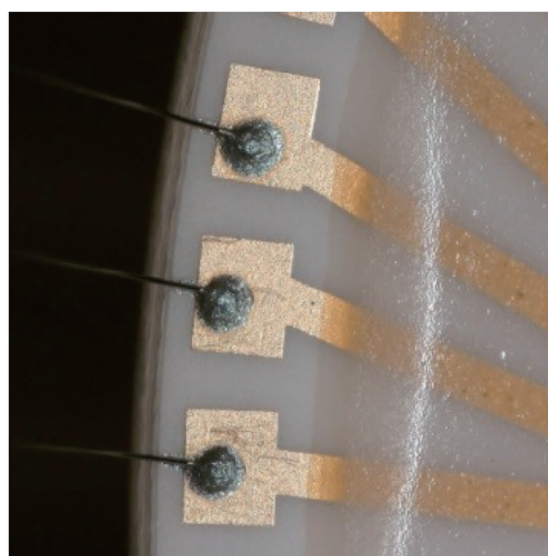


图10 点胶补强

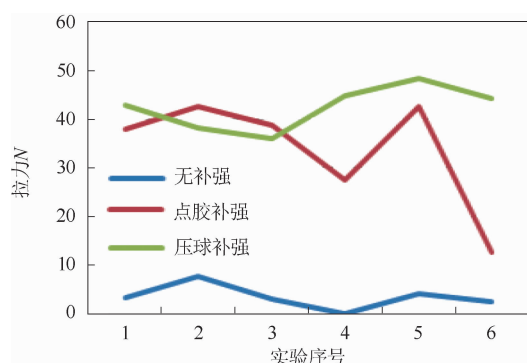


图11 球形键合补强试验结果

4 结论

为了提升引线键合时的可靠性, 在使用键

合设备时应综合考虑以下几个方面:

(1)键合设备应设定合适的键合参数。

(2)在进行楔形键合时,键合压力参数设置为 1.5 ± 0.5 ,键合时间参数设置为 $1\sim 3.5$,超声功率参数设置为 1.4 ± 0.1 。此时焊接强度较高,可以满足工艺需求。

(3)在进行球形键合时,键合压力参数设置为 2.5 ± 0.5 ,键合时间参数设置为 $2\sim 6$,超声功率参数设置为 3.5 ± 0.5 。此时焊接强度较高,可以满足工艺需求。

以上键合参数仅作为参考参数,焊盘表面上的多余物和焊盘的厚度均会对键合后的可靠性产生影响。因此,为了确保键合参数满足工艺使用要求,需在正式键合前进行试焊。另外还对球形键合的第二焊点进行点胶或压球补强处理,以免振动和降温过程中产生的应力使第

二焊点焊盘与引线脱离,从而保证红外探测器的正常使用。

参考文献

- [1] 姚飞闪. 金丝球焊过程及工艺探讨 [J]. 机电信息, 2009, 16(30): 31-32.
- [2] 谭崇峰. 焊线机键合过程的有限元分析与工艺参数试验 [D]. 广州: 广东工业大学, 2015.
- [3] 吴茜茜. 金丝球键合工艺影响因素分析及模型建立 [D]. 苏州: 苏州大学, 2014.
- [4] 朱炳金, 林磊, 宋开臣, 等. InSb 红外探测器芯片金丝引线键合工艺研究 [J]. 红外与激光工程, 2013, 42(1): 46-50.
- [5] 林海青. 金丝球焊工艺及影响因素分析 [J]. 中国新技术新产品, 2016, 22(2): 48-49.
- [6] 金雪文. 一种带有延伸电极的碲镉汞多元红外探测器 [J]. 红外, 2003, 24(5): 50.