

文章编号: 1672-8785(2022)02-0040-04

楔焊焊点间的高度差对引线强度的影响

袁羽辉

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘 要: 作为红外探测器封装中的关键工艺, 引线键合的质量直接影响红外探测器组件的性能及使用寿命。通过在陶瓷基板与读出电路之间粘接不同厚度的陶瓷垫片来调整焊点间的高度。在键合后使用 DAGE-SERIES-4000-PXY 拉力测试仪得到不同高度差下的引线拉力。实验结果表明, 当陶瓷基板与读出电路间未粘接陶瓷垫片时, 引线强度最高。随着陶瓷垫片厚度增加, 引线强度呈下降的趋势。

关键词: 楔形键合; 影响因素分析; 红外探测器

中图分类号: TN21 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2022.02.007

Influence of Height Difference Between Wedge Solder Joints on the Strength of Lead Wire

YUAN Yu-hui

(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China)

Abstract: As a key technology in infrared detector packaging, the quality of lead bonding directly affects the performance and service life of infrared detector components. The height between solder joints is adjusted by bonding ceramic gaskets of different thicknesses between the ceramic substrate and the readout circuit. After bonding, DAGE-SERIES-4000-PXY tension tester is used to obtain the lead tension under different height differences. Experimental results show that the lead strength is the highest when there is no ceramic gasket bonded between the ceramic substrate and the readout circuit. As the thickness of ceramic gasket increases, the lead strength decreases.

Key words: wedge bonding; analysis of influencing factors; infrared detector

0 引言

目前, 红外探测器的应用十分广泛。随着红外探测器芯片尺寸逐渐增大, 为了降低作用于一些大面阵红外探测器组件芯片上的应力, 通常会在红外探测器与陶瓷框架之间增加陶瓷

垫片, 从而达到减小应力的效果。但该方法会增加芯片焊盘到陶瓷基板焊盘间的高度, 使得引线长度变长并降低引线强度和组件的可靠性。因此, 为提高大面阵红外探测器组件的引线强度, 研究此问题意义重大。

收稿日期: 2021-09-14

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

本文针对引线焊接强度的影响进行简要阐述, 并着重研究焊点间高度对引线强度的影响, 然后测试和分析不同高度对引线强度的影响, 从而为红外探测器封装结构及引线键合工艺提供参考数据。

1 引线焊接强度的影响因素

引线键合就是用引线连接来实现芯片与电学框架引出管脚之间的电气连通。在连接过程中涉及到第一焊点及第二焊点的固定, 而固定则需要金丝在压力和超声能量的作用下相互接触, 使金丝和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, 劈刀将超声能量和热能传递给焊丝和焊盘。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 为引线键合前后温差; u 为摩擦系数; F 为劈刀所施加的压力; A 为超声振幅; f 为超声频率; t 为超声作用于金丝的时间。

作用压力对引线键合的影响如下: 控制金丝在焊盘的某个位置上进行能量传递, 让金丝与焊盘表面紧密贴合, 使得超声能量易于破坏焊盘表面的氧化层, 以至于金丝更容易键合并在超声能量下形成焊点。

超声功率对引线键合的影响如下: 在超声能量的作用下破坏焊盘表面的氧化层并清除焊盘表面的污浊物, 使焊盘露出洁净面且易于形成细小的键合点; 细小的键合点在持续的超声作用下发生塑性形变, 逐渐增大键合面积和键合深度, 最终形成有焊接强度的键合点。

作用时间对引线键合的影响如下: 在压力和超声功率作用于焊盘及焊丝的过程中, 需要一定的作用时间将表面的氧化层破坏。作用时间越长, 接触面反应量越大。室温下, 键合需要增加作用时间来让引线与焊盘之间形成可靠的机械连接。

键合温度对引线键合的影响如下: 温度越高, 键合所需的超声功率越低; 在同一超声功率下, 键合时的温度越高, 引线键合后的强度

越高。在进行方形扁平封装时, 金丝键合的加热温度一般为 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。但对于红外探测器组件而言, 由于探测器可耐受温度较低, 一般在室温下进行劈刀加热。当焊丝温度达到 60°C 左右时, 方便键合。

除了以上概述的键合影响因素之外, 引线的形状及长度对其可靠性也有十分重要的影响。例如, 当引线长度过短时, 在红外探测器组件降温的过程中, 引线在低温条件下收缩, 引线芯片边缘可能会短路, 甚至有可能出现引线断裂或脱焊的情况, 影响组件的正常使用。而当引线过长时, 由于两焊点之间的间距基本一致, 拱丝高度会过高, 可能导致引线倾倒; 或在一定的振动条件下, 引线晃动倾倒的问题会导致引线间接触, 进而引起芯片短路。因此, 控制引线高度对增加引线键合的质量以及封装后组件的可靠性是至关重要的。

引线高度控制主要分为对焊盘间高度差的控制以及引线键合时的工艺控制两方面。对于工艺控制而言, 由于使用的是半自动键合机, 因此对引线高度的控制较为容易, 且同一批次的引线高度基本可以保持一致。焊盘间高度差主要体现在结构设计上。由于芯片在低温工作时应力较大, 大面阵芯片均会采用降低芯片应力的设计。但该设计会增加电路焊盘到陶瓷基板焊盘间的距离, 本文则针对这个问题进行实验。

2 实验方法

实验件结构如图 1 所示。制备四组实验件, 仅通过改变其电路下陶瓷垫片的厚度来实现高度差的变化。四组实验所粘接的陶瓷垫片的厚度分别为 0 mm 、 0.6 mm 、 1 mm 和 1.27 mm 。加上电路自身的厚度, 各个实验件的高度差分别为 0.5 mm 、 1.1 mm 、 1.5 mm 和 1.77 mm 。

为保证引线质量仅受焊点间高度差影响, 在实验过程中使用同一台键合设备——K&S 4526 半自动金丝键合机, 从而保证弧高的一致性。由于焊接在电路焊盘上, 第一焊点的位置

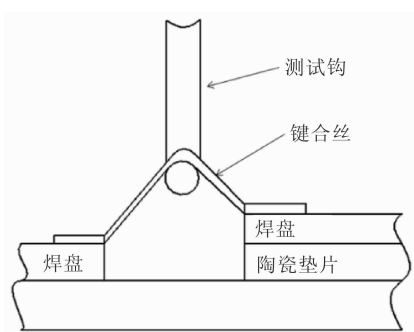


图 1 拉力测试实验件的示意图

置较为固定。为了防止两键合点间距不同造成的强度影响，在第二焊点键合时使用该设备的自动移动功能，使两间距保持一致。由于实验件焊盘之间的高度差不同，且引线高度对引线键合质量也存在一定影响，所以在调节第一焊点寻找高度的同时需要保证弧高与寻找高度之间处于一个固定值，从而保证实验仅受焊点间高度差的影响。采用规格为 $25\ \mu\text{m}$ 、延展率为 $0.5\%\sim 3\%$ 、破断力超过 17g 的金丝进行键合。每组实验件键合 20 根引线，并全部进行拉力测试。将 20 根引线拉力测试数值的平均值作为评判依据。

为了防止陶瓷基板金层氧化导致的脱焊现象，在制备样品前将陶瓷基板放入丙酮中清洗并使用氮气枪将其吹干，然后进行等离子清洗以防止金层表面上的氧化物或污浊物影响键合质量。

3 键合实验结果分析

当读出电路与陶瓷基板件之间没有陶瓷垫片时，引线拉力最强。当陶瓷垫片厚度增大时，键合强度下降。实验结果如图 2 所示。在测试引线拉力时，引线断裂的模式一般分为以下 5 种情况：(1)第一焊点末端断裂；(2)第二焊点末端断裂；(3)第一焊点键合界面脱落；(4)第二焊点键合界面脱落；(5)引线中间断裂。

通常电路焊盘及陶瓷基板焊盘没有质量问题时，大多数引线键合断裂为前两种情况。在四组实验中，第一组实验出现了第一焊点末端断裂，而其余三组出现了第二焊点末端断裂（见图 3(a)）。

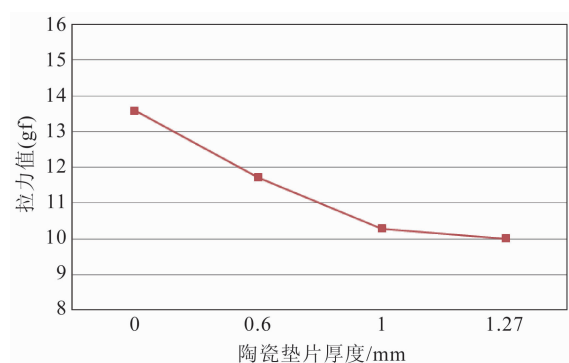


图 2 陶瓷垫片厚度与引线拉力值的关系

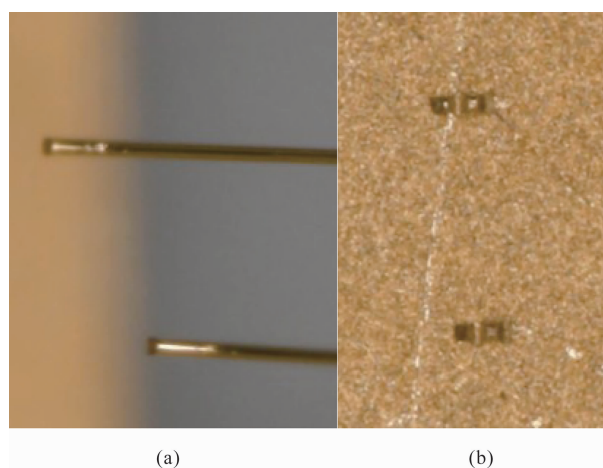


图 3 金丝拉力测试后的焊点及引线

观察后三组实验的第二焊点形状发现，第二焊点较为完整地粘连在陶瓷基板表面，并未出现焊点剥离脱焊的情况（见图 3(b)）。劈刀的外形导致焊点的前端、中间以及尾端均会出现压痕。当引线受到拉力时，尾端压痕受到的拉力较大，故焊点尾端容易发生断裂。

拉力测试钩向上提拉引线的位置为引线弧顶。当陶瓷垫片厚度增加时，第二焊点到弧顶的距离也增加，导致第二焊点受到的拉力大于第一焊点所受的拉力，以致第二焊点发生断裂。

此外，当陶瓷垫片厚度达到 1.27 mm 时，由于实验所用金丝的延展率较低且硬度较高，在键合后出现引线读出电路外围环线接触的情况。电路焊盘外围环线会导致引线间导通的情况，而容易出现质量问题并需重复多次焊接。弧形弧高以及引线拉力由于高度过大会出现不一致的情况。

两焊点间的高度差继续增大后, 在第二焊点键合时, 引线弧线最高点至第二焊点的引线陶瓷基板之间的夹角接近 90° 。在键合时引线容易与劈刀接触, 导致超声能量不能完全传递到焊点处。此外, 由于劈刀带动引线发生振动, 引线陶瓷基板焊盘之间没有形成足够的原子间结合力, 导致键合后拉力急剧下降, 在可靠性实验过程中容易发生第二焊点与陶瓷基板焊盘脱落的情况。

4 结论

对于 $25\ \mu\text{m}$ 金丝楔焊而言, 当电路焊盘与陶瓷基板间无垫片时, 引线强度较高, 工艺稳定性较好。但如果组件对引线键合强度要求不是过高, 那么从现有的工艺及仿真结果来看, 增加垫片厚度有助于达到降低芯片应力的效果。若对引线强度有较高要求, 则可在设计之初考虑焊点间高度差来实现键合焊盘高度匹配。这样可以减小引线长度并提高引线工艺质量和组件的可靠性。

在本文的实验条件下, 引线键合强度与陶

瓷垫片厚度之间存在线性变化关系。增加陶瓷垫片的厚度会降低引线强度和工艺稳定性。但在实施具体工艺时, 引线键合强度由于受温度、焊盘、工艺参数等多种因素的影响而有待深入研究。

参考文献

- [1] 赵振力, 孙闻. 超声功率对 $25\ \mu\text{m}$ 铂金丝球形键合强度的影响及键合点质量评价 [J]. 电子与封装, 2019, 19(11): 4-8.
 - [2] 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.
 - [3] 廖小平, 杨兵. 线弧参数对铝丝楔焊键合强度的影响研究 [J]. 电子与封装, 2013, 13(9): 14-17.
 - [4] 汪洋, 赵振力, 莫德锋, 等. 红外探测器组件封装中的引线特性研究 [J]. 红外, 2018, 39(2): 8-13.
 - [5] 刘媛萍, 任联锋. 高度落差对引线键合拉力的影响分析 [J]. 电子工艺技术, 2016, 37(1): 40-42.
-
- (上接第 14 页)
- [9] Dupuis J R, Mansur D J, Vaillancourt R, et al. High dynamic range DMD-based IR scene projector [C]. SPIE, 2013, 8618: 86180R.
 - [10] Laveigne J, Franks G, Prewarski M. A two-color 1024×1024 Dynamic infrared scene projection system [C]. SPIE, 2013, 8707: 870703.
 - [11] Mchugh S, Franks G, Laveigne J. High temperature MIRAGE XL (LFRA) IRSP system development [C]. SPIE, 2017, 10178: 1017809.