

CdZnTe 表面处理对其引线超声焊接质量的影响

Influence of Surface Treatment Technology on the Ultrasonic
Welding Property Between the Down-lead and Au
Electrode of CdZnTe Wafer

聂中明, 傅 莉, 任 洁, 徐 聪

(西北工业大学 凝固技术国家重点实验室, 西安 710072)

NIE Zhong-ming, FU Li, REN Jie, XU Chong

(State Key Laboratory of Solidification Processing,

Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

摘要: 采用扫描电镜及 EDS 测试研究了高电阻 CdZnTe 金电极与外引线的超声焊接工艺, 探讨了 CdZnTe 表面处理工艺、接触电极厚度及焊接参数对引线超声焊接质量的影响规律。研究结果表明, 经机械抛光表面处理的 CdZnTe 晶片, 其金电极与外引线间容易实现超声焊接; CdZnTe 电极厚度与引线焊合率之间呈抛物线关系, 获得最佳焊接质量的电极厚度为 180nm 左右。楔入压力和焊接功率是影响 CZT 金电极与引线焊接质量的重要因素, 当焊接功率为 2W、焊接压力为 60×10^{-3} kg、焊接时间 20ms 和烧球强度 1.5W 时, 易获得良好的 CdZnTe 金电极与引线焊接接头。

关键词: CdZnTe 晶片; 超声焊接; 表面处理; 电极厚度

中图分类号: TB34 文献标识码: A 文章编号: 1001-4381(2008)09-0009-04

Abstract: By means of scanning electron microscope and EDS test, the factors which have a great influence on the ultrasonic wire bonding between the CdZnTe(CZT) electrode and the Au down-lead are studied, such as surface treatment technology, electrode thickness of CZT wafer and ultrasonic welding parameters. The results show that CZT wafer with the mechanical polishing treatment was easier to achieve the ultrasonic wire bonding between the Au electrode of CZT and the down-lead. Moreover, the weldability between the CZT electrode thickness and the down-lead shows a kind of parabola relationship. That is to say, there should be an optimal CZT electrode thickness (180nm in this research) for the high bonding rate when the electrode treatment technology had been fixed up. Besides, the welding power and the wedge pressure influence the ultrasonic wire bonding rate greatly. In this test, the optimal welding parameters were as follows: the power 2W, the pressure 60×10^{-3} kg, welding time 20ms and the power for fire ball formation 1.5W.

Key words: CdZnTe wafer; ultrasonic wire bonding; surface treatment; electrode thickness

随着信息技术的发展, 微电子设备的应用越来越广泛。在半导体器件的生产中, 除了成本和性能要求外, 其可靠性也越来越受到重视^[1]。超声焊接技术作为一种特殊的连接方式, 其已经成为当前半导体封装内部连接的主要方式。由于一些半导体材料结构的特殊性及各种因素的影响, 在某些特定的器件上实现超声焊接往往是非常困难的。

CdZnTe(以下简称 CZT) 是制备室温辐射探测器的新型化合物半导体材料, 在核医学、工业在线检测等高新技术领域具有重要的应用前景^[2]。Y. Nemirovsky^[3] 等人报道了关于 CdZnTe 半导体探测器制备, 采用蒸发的方法利用金属 In 作为 n 型 CdZnTe 的

欧姆接触层, 再在其上覆盖一层金层, 来制备探测器的阳极。美国的 Sandia National Laboratories 与 Fisk University^[4] 合作用 In-In, In-Au, Au-Au 作为 CdZnTe 探测器的接触电极, 采用蒸发的方法制备 Au 薄膜, 采用溅射的方法制备 Pt 薄膜, 分析讨论了各种电极对探测器的漏电流及信号收集的影响。T. Narita^[5] 等人则讨论了金与 CdZnTe 晶体的接触性能。

国内外很多学者都对半导体器件的微连接技术开展了广泛的研究。阮世勋^[6] 等在其论文中系统的阐述了金属超声焊原理及其应用。计红军^[7] 等研究了超声焊接引线形态及其界面的金属学特征, 分析了在实际中焊接的形成机理与失效原因。朱正宇^[8] 等通过数理

统计设计优化了半导体封装中超声波压焊的工艺参数, 并指出在金线焊接工艺中只要考虑温度、压力及能量等参数即可。K. S. Kim^[9] 等人研究了金线焊接中微观形貌与力学性能之间的关系, 指出连接的弹性模数与再结晶行为有关。HUANG^[10, 11] 等在金衬底上进行 Al-Si 线压焊时, 发现在焊接界面处有新的界面相, 但对其产生的机理目前正在研究中。金丝球超声波焊接是微电子器件封装过程中常用的焊接技术之一, 但未见有关这种焊接方法在 CZT 半导体器件引线连接中的应用研究报道。本工作主要探讨 CZT 表面处理工艺、电极制备等对其引线超声波焊接质量的影响规律, 确定经优化的 CZT 电极与引线超声焊接参数。对室温 CZT 辐射探测器的研制具有重要的理论意义和应用价值。

1 实验条件与方法

1.1 CZT 抛光、腐蚀及电极制备

采用垂直布里奇曼法生长的高电阻 $Cd_{0.9}Zn_{0.1}Te$ 晶锭, 按(110)方向进行定向切割后对晶片进行机械抛光和超声清洗, 然后用 2%(体积分数)溴甲醇溶液对试样进行化学抛光, 抛光时间为 2min, 抛光后在甲醇中清洗以去除表面残余的 Br。

采用 KYKYSBG-12 型离子溅射仪制备 CZT 金电极。

1.2 CZT 电极与引线的超声焊接

采用 HP120 型金丝球焊机实现 CZT 金电极与金

丝外引线的焊接, 对比分析 CZT 表面处理工艺、接触电极厚度及超声波焊接工艺参数对 CZT 金电极与引线焊接质量的影响规律。

本实验所采用的 CZT 晶片表面处理工艺包括机械抛光和化学抛光; CZT 接触电极厚度分别为: 45, 150, 180, 210nm。拟优化的 CZT 金电极与引线焊接参数主要包括: 楔入压力、焊接功率、焊接时间和烧球强度, 焊接参数优化实验中所选用的 CZT 晶片表面处理工艺均为机械抛光, 电极层厚度为 180nm。在每组实验规范下进行 30 次焊接, 记录焊接成功次数, 再计算出每组规范下的焊合率。

1.3 CZT 电极与引线焊接接头组织与性能测试

采用 JSM-6000 型扫描电子显微镜观察焊点微观形貌, 并对焊接试样进行拉力测试, 以评价外引线与接触电极层的结合强度。拉力测试方法为: 用镊子用力上挑两个焊点间外引线的中部, 直到引线断裂或从焊点脱落为止, 引线断裂为焊合, 焊点脱落为未焊合。

2 实验结果与分析

2.1 CZT 接触电极制备工艺对其引线焊接质量的影响

CZT 晶片接触电极制备工艺对焊接质量的影响主要涉及金电极制备过程中最重要的两个环节: 表面处理工艺和电极厚度控制。CZT 晶片表面处理工艺及其接触电极厚度对 CZT 电极与引线焊接质量的影响如表 1 所示。

表 1 CZT 晶片表面处理工艺及其接触电极厚度对焊接质量的影响
Table 1 Influences of surface treatment technology and electrode thickness on the ultrasonic wire bonding quality

Surface treatment technology of CZT wafer	Thickness of CZT electrode/ nm			
	45	150	180	210
Chemical polishing	Unsuccessful	Unsuccessful	Unsuccessful	Unsuccessful
Mechanical polishing	Unsuccessful	Unsuccessful	Successful	Unsuccessful

对于机械抛光的 CZT 晶片, 其电极与外引线较容易实现超声波焊接, 如图 1 所示。而采用化学抛光的 CZT 晶体, 都出现焊接过程中电极层从 CZT 晶体表面脱落的现象, 无法达到满意的焊接质量。这是由于经机械抛光的 CZT 晶片表面存在台阶状表面结构, 呈沟壑状, 使得电极与 CZT 的接触面积增大, 有利于电极层与 CZT 晶片的相互浸润, 提高 CZT 与电极间的结合强度。而化学抛光的 CZT 表面光洁度较高, 加上

CZT 晶体的硬度较大, 使得 CZT 晶片与电极间的结合较弱。因而在进行焊接时, 引线 with CZT 电极形成的焊点容易因为 CZT 晶片和电极层间的弱结合而随电极层一起脱落, 如图 1 所示。表 2 为经 EDS 测试的焊点脱落部位 1 点的主要合金元素, 可以表明该处金电极层脱落, 暴露出 CZT 晶片表面。

对于机械抛光的 CZT 晶片, 其电极厚度对焊接质量有着十分显著的影响, 如图 2 所示。由图可见, 当

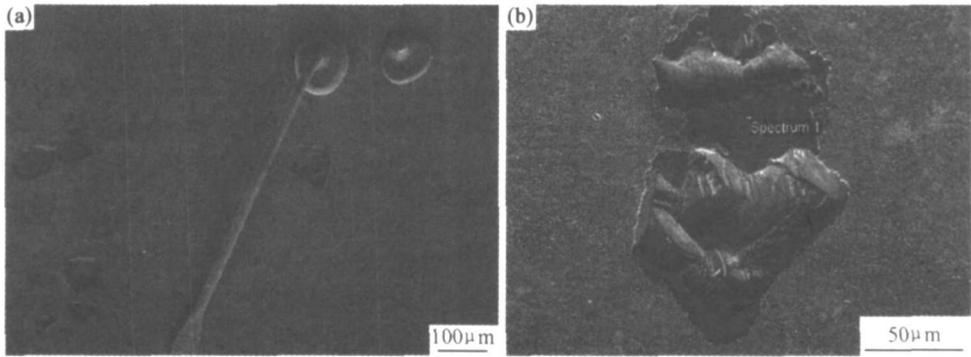


图 1 表面处理工艺对 CZT 电极与引线超声波焊点微观形貌的影响 (电极厚度 180nm)
(a) 机械抛光; (b) 化学抛光

Fig. 1 Effect of surface treatment technology of CZT wafer on the microstructure of the
ultrasonic wire bonding joints between the CZT electrode and the down-lead
(a) mechanical polishing; (b) chemical polishing

表 2 脱落焊点区域 1 点 EDS 测试结果

Table 2 The EDS test results of the point 1 on
the surface where the welded point falls off

Element	Zn	Cd	Te	Au
Mass fraction/ %	1. 13	44. 68	54. 02	0. 18

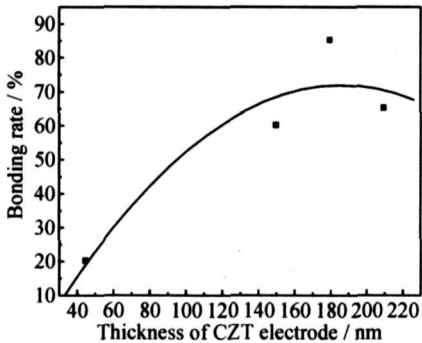


图 2 CZT 电极层厚度对其引线焊合率的影响
Fig. 2 Influence of CZT electrode thickness
on the ultrasonic wire bonding rate between
the CZT electrode and the down-lead

CZT 电极厚度为 45nm 和 150nm 时其超声波焊合率很低;当电极达到 180nm 时, CZT 电极与引线的超声波焊合率最高。可以推测,在特定的表面处理和电极制备工艺下, CZT 金电极厚度与其引线的超声波焊合率呈现一种类似抛物线关系,存在一个最佳的电极厚度,以保证 CZT 电极与引线的焊接质量。当电极层很薄时,在焊接过程中劈刀在电极层焊点位置会产生过大的塑性变形,破坏电极层与 CZT 晶片间的结合强度;但若电极层太厚,电极与引线的结合强度要远好于金电极与 CZT 晶片界面的结合强度,容易随着引线提升过程产生焊点从 CZT 晶体表面脱落的现象。

2. 2 焊接参数对 CZT 电极和引线焊接质量的影响
经机械抛光表面处理的 CZT 晶片,采用离子溅射法制备 180nm 的金电极与外引线的超声波焊接实验结果如表 3 所示。实验结果表明,焊接功率和楔入压力对 CZT 电极与引线的焊接质量有着显著影响。在焊接功率和楔入压力选择适中时,才能在 CZT 电极与引线间获得优良的超声波焊接接头,如图 1 所示。

表 3 焊接参数对 CZT 电极与引线焊接质量的影响

Table 3 Influence of the ultrasonic welding parameters on the bonding rate between the CZT electrode and the down-lead

Welding power/ W	1	1	1	2	2	2	2. 5	2. 5	2. 5	3	3	3
Wedge pressure / 10 ⁻³ kg	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90
Welding time/ms	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Power density for fire ball formation / W	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5	1. 5
Bonding rate / %	0	0	23. 3	0	30	0	0	26. 7	0	0	0	0

当焊接功率或楔入压力过大时,则无法获得良好焊接接头,如图 3 所示。其原因在于:当楔入压力过大时,致使 CZT 晶体表面的电极层,甚至晶体表面受到

劈刀的破坏,这导致焊接无法实现。而当焊接功率过大时,会使电极层和 CZT 晶片的结合强度降低,从而导致电极层和金引线一起随劈刀从 CZT 晶体表面脱

落。而当焊接功率或楔入压力过小时, 由于在 CZT 电极与引线焊接界面处产生的塑性变形能太小, 无法保证 CZT 电极与引线实现牢固结合所需的能量要求, 从

而使焊合率很低, 如图 3 所示。经优化实验发现, 当焊接功率为 2W 和楔入压力为 $60 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 时, CZT 电极与引线的焊合率较高。

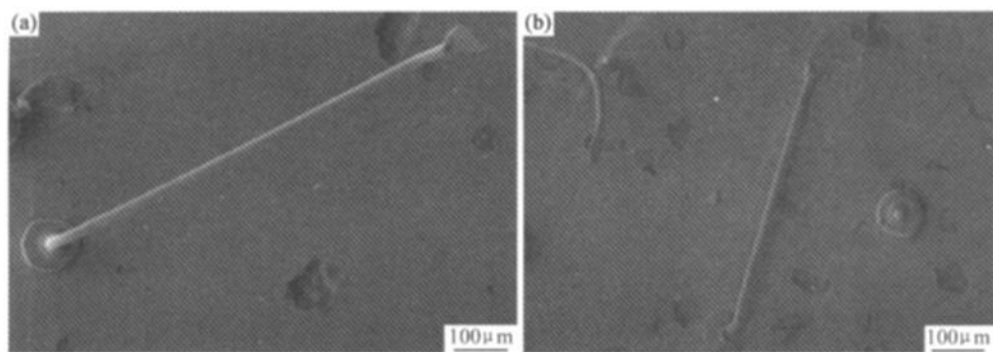


图 3 焊接功率与楔入压力对 CZT 电极与引线焊接接头微观形貌的影响

(a) 楔入压力过大; (b) 焊接功率过小

Fig. 3 Influence of the welding power and the wedge pressure on the microcosmic appearance between the electrode of CZT and down-lead jointing point

(a) high wedge pressure; (b) low welding power

3 结论

(1) 在特定的表面处理和电极制备工艺下, CZT 金电极厚度与其引线的超声波焊合率呈现一种类似抛物线关系, 存在一个最佳的电极厚度, 本实验条件下 CZT 电极厚度为 180nm 时, 可以在电极与引线间获得优良的超声波焊接接头。

(2) CZT 晶片采用机械抛光表面处理工艺, 可以提高 CZT 金电极与引线的超声波焊合率。

(3) 优化的 CZT 金电极与外引线超声波焊接参数为: 焊接功率 2W, 楔入压力 $60 \times 10^{-3} \text{ kg}$, 焊接时间 20ms, 烧球强度 1.5W。

参考文献

- [1] HUTCHY J A, GARNER C M. A Latest technology Roadmap guides development of new devices and materials[J]. Solid State Technology, 2006, 49(1): 31–34.
- [2] JONES L T, WOOLLAM P B. Resolution improvement in CdTe gamma detectors using pulse shape discrimination[J]. Nucl Instr and Meth, 1975, 124: 591–595.
- [3] NEMIROVSKY Y, ASA G, GORELIK J, et al. Recent progress in n-type CdZnTe arrays for gamma-ray spectroscopy [J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A, 2001, 458(1–2): 325–333.
- [4] PASTUOVIC Z, JAKSIC M, JAMES R B, et al. Influence of electrical contacts on charge collection profiles in CdZnTe studied

by IBIC [J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2001, 458: 254–261.

- [5] NARITE T, BLOSER P F, GRINDLAY J E, et al. Development of gold contacted flip chip detectors with IMARAD CZT [J]. Proceedings of SPIE, 2000, 4141: 89–96.
- [6] 阮世勋, 雷运青. 金属超声焊及应用 [J]. 热加工技术, 2004, (12): 38–40.
- [7] 计红军, 李明雨, 王春青. 超声引线键合点形态及界面金属学特征[J]. 电子工艺技术, 2005, 26(5): 249–253.
- [8] 朱正宇, 胡巧声. 半导体封装超声波压焊的工艺参数优化[J]. 封装技术与设备, 2006, (134): 55–60.
- [9] KIM K S, SONG J Y, CHUNG E K, et al. Relationship between mechanical properties and microstructure of ultra-fine gold bonding wires [J]. Mechanics of Materials, 2006, 38: 119–127.
- [10] HUANG Q J, LI N, M, LIU D M. Effects of process parameters on bondability in ultrasonic ball bonding[J]. Scripta Mater, 2006, 54: 293–297.
- [11] LI H J, WANG C Q, GUAN J W, et al. Evolution of the bond interface during ultrasonic Al-Si wire wedge bonding process[J]. Mater Process Technol, 2007, 182: 202–206.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50772091); 新世纪人才支持计划(NCE-T-07-0689); 陕西省自然科学基金(2007E, 05)

收稿日期: 2008-06-02; 修订日期: 2008-07-14

作者简介: 聂中明(1982), 男, 硕士研究生, 研究方向为功能材料及其器件制备工艺, 联系地址: 西北工业大学 78 号信箱(710072)。E-mail:

zm00666@163.com