

文章编号:1001-5078(2007)12-1281-02

混合式长波线列 TDI 红外探测器改进互连工艺研究

沈悦, 谢珩, 张毓捷
(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘要:根据目前混合式红外焦平面互连工艺以及对长波线列延时积分红外探测器产量增长的需求,结合现有的工艺设备能力,开发出“共片工艺”,以最大限度地提高在互连工艺段的生产效率。

关键词:长波红外探测器;倒装互连;共片工艺

中图分类号:TN215 **文献标识码:**B

Flip Chip Technology Development of Linear TDI LWIR

SHEN Yue, XIE Heng, ZHANG Yu-jie
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: Based on the advanced flip chip technology of linear TDI LWIR and the need of the market, we did lots of experiment combining with the equipments. We have got “multi-pieces technics”, to improve the flip chip efficiency furthest.

Key words: LWIR; flip chip; multi-pieces technics

1 引言

随着红外成像技术的快速发展,各类红外产品对红外焦平面组件的需求越来越迫切,同时需求量也日益加大。长波线列时间延时积分红外探测器组件(Linear TDI LWIR)作为核心器件之一面临着批量生产的考验。为进一步提高产量,需要在各个环节上挖掘潜力,在充分保证产品质量的同时,提高工艺的效率和组件的成品率。

为改变目前倒装互连工艺周期长、效率低的情况,我们引入了“共片工艺”,即在完整的硅读出电路上进行倒装互连、回流及其一系列后续工艺,最后进行划片。相对于单片工艺,共片工艺大幅提高了互连工艺效率以及此后的测试效率,为提高线列TDI LWIR组件的产能做好了准备。

2 工艺实验

2.1 倒装焊原理及功能

倒装芯片是将芯片的有源面(具有表面键合压点)面向基座的粘贴封装技术(即把芯片反转,将有源面向下放置,这就是称为“倒装”的原因)。这是

目前从芯片器件到基座之间最短路径的一种封装设计,为高速信号提供了良好的电连接。由于它不使用引线框架或塑料管壳,所以质量和外形尺寸都有所减小。倒装焊机使用对准键合工具吸住芯片,利用自对准显示系统将芯片放在基座上,芯片的焊料凸点被定位在相应的基座接触点,用加热加压的方法引起焊料回流并形成基座和芯片之间的电学和物理连接。

与其他互连技术相比,倒装芯片互连技术有一些独特的优点^[1-2]:

(1)有可靠的电学性质,因连接线短,寄生阻抗低,具有良好的抗电磁干扰能力;

(2)在实现电互连的同时,也起到了机械连接作用,具有很高的机械可靠性和有效的热传导特性;

(3)具有无源自对准的能力,在回流焊接过程中,焊球的表面张力完成自对准,对准精度高。

作者简介:沈悦(1983-),男,助理工程师,主要从事红外焦平面器件的研究工作。E-mail:shenyue83@126.com

收稿日期:2007-08-23

2.2 互连过程

线列 TDI 红外探测器组件的光敏芯片和读出电路是分开制备的。在读出电路表面制备与探测器芯片电极一一对应的钢柱,互连时把探测器芯片上的电极与读出电路上的钢柱面对面一一对准,压焊在一起,目前通常采用重叠影像的方式来实现对准^[3]。

在探测器与读出电路之间放置一光学对准装置,把两芯片表面的图像同时成像在同一个视频监视器上,通过对准测试十字线来实现对准。从监视器上判断两个芯片的互连电极完全对准以后,由微处理器控制精密机械系统实现两芯片的焊接。

(1)这时监视器上同时显示探测器和读出电路的像,此时通过探测器和读出电路上的对准标记与调平标记首先使探测器相对读出电路保持水平,然后再将读出电路芯片的钢柱和探测器芯片的焊点一一对准。如图 1、图 2 所示。

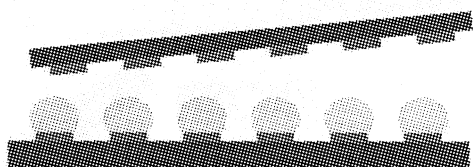


图1 探测器与读出电路未调平与对准前示意图



图2 探测器与读出电路的调平与对准后示意图

(2)在调平与对准完成后,执行压焊程序,完成压焊。如图 3 所示。



图3 压焊完成示意图

(3)在压焊完成后,还需对倒装好的芯片进行回流,即将芯片在高温环境下放置较短的时间,使钢柱处于熔融的状态,释放压焊过程中产生的应力,同时也可对在压焊过程中可能产生的压偏现象进行一定程度的校正。如图 4 所示。



图4 回流作用示意图

另外,回流还可以是熔融状态下的钢与金属电极形成一定程度的合金,从而使读出电路与探测器

之间互连得更为牢固。

2.3 单片与共片工艺

上述倒装互连工艺此前每次只对应于单个探测器及单个读出电路进行互连,工艺准备周期长并且对准调平的步骤复杂且耗时长,因此效率不高。共片工艺则是用多个探测器芯片依次与一片含多个管芯的读出电路进行互连,互连工艺完成后,一次性进行回流,并通过低温探针台测试后,最后再将每个互连完成的探测器芯片划开。如图 5 所示。

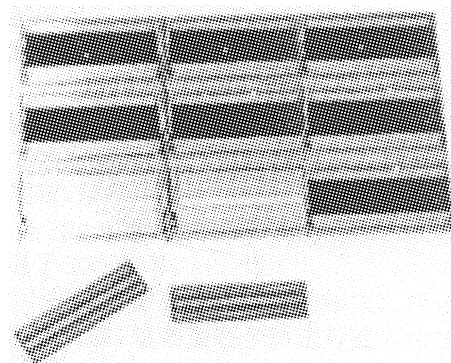


图5 在一整片电路上互连9只探测器

共片工艺可以从以下几个方面提高生产效率:

(1)避免频繁多次将读出电路单个管芯放置于倒装互连设备上,只放一整片电路就可进行多次的互连工艺。

(2)降低了互连过程中多次进行调整焦距等操作过程的繁琐程度。

(3)由于读出电路现为整片,因此大大减少了在钢柱成型处理、倒装互连、回流等工艺过程中接触芯片的次数,降低了损伤和碎片的几率。

(4)大幅减少了对读出电路上钢柱的成型处理所需时间。

(5)大大提高了探测器芯片测试的效率。

为了从数字上体现出共片工艺的优势,我们从读出电路表面清洗、钢柱成型处理、倒装互连等相关工艺所需时长对单片工艺和共片工艺进行一个横向的对比。

现对 9 支探测器进行从去胶到完成整个互连的全过程做一个详细的数据比较,如表 1 所示。

表1 从去胶到完成互连的9支器件所用时间比较

	清洗电路 时间/min	钢柱成型处 理时间/min	互连时间 /min	回流时间 /min	总时长 /min
单片工艺	60	45	200	30	335
共片工艺	25	20	150	30	225

对于互连9支探测器来说,共片工艺相比于单

(下转第 1286 页)

降低缺陷态密度,从而优化器件的 $I-V$ 特性。实验中,反偏压 5V 时,AlGaIn P-I-N 二极管暗电流密度由 $2.0 \times 10^{-1} \text{ A/cm}^2$ 降为 $5.7 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$,串阻由 $18.010 \text{ k}\Omega$ 减小到 $1.071 \text{ k}\Omega$ 。

参考文献:

- [1] 张春福,郝跃,周小伟,等. AlGaIn PIN 紫外探测器的结构及性能分析[J]. 电子器件,2005,28(2):421-427.
- [2] 胡正飞,沈晓明,周盛容,等. AlGaIn 材料金属接触的性能和界面结构研究[J]. 激光与红外,2005,35(11):867-872.
- [3] Kuo-Chin Huang, Wen-How Lan, Kai Feng Huang. Inductively coupled plasma reactive ion etching-induced GaIn defect studied by Schottky current transports analysis[J]. Japanese Journal of Applied Physics, 2004, 43(1):

82-85.

- [4] 游达,王庆学,汤英文,等. 高 Al 含量 AlGaIn 多层外延材料的应变与位错密度研究[J]. 激光与红外,2005,35(11):880-882.
- [5] P Kozodoy, J P Ibbetson, H Marchand, et al. Electrical characterization of GaIn p-n junctions with and without threading dislocations[J]. Applied physics letters, 1998, 73(7):975-977.
- [6] 亢勇,李雪,何政,等. 高 Al 组分 AlGaIn 的 ICP 干法刻蚀[J]. 激光与红外,2005,35(11):885-887.
- [7] 周劲,郝一龙,武国英. AlGaIn PIN 结构紫外探测器研制和建模分析[J]. 微纳电子技术,2003,7/8:422-425.
- [8] 陈志忠,秦志新,胡晓东,等. Ti/Al/Ni/Au 与 N 型 GaIn 的欧姆接触研究[J]. 高技术通讯,2004,2:36-39.

(上接第 1282 页)

片工艺的工作效率提高了 32.8%。对于 12 支来说提高 36.4%,而对于 15 支来说提高 37.6%。单从工艺时间的损耗来看,共片工艺中整合的读出电路个数越多,生产效率越高。

但增大电路尺寸的同时也意味着与互连工艺相关的、加热制具、清洗所用容器、划片机、倒装互连设备等都要进行相应的工艺调整,随着电路的尺寸进一步加大就需要购置适应该尺寸的更大型化的工艺设备,这需要充足的资金和时间来实现。对于线列 TDI LWIR 来说,由于外形尺寸较小,这就意味着即使是 2in(1in=2.54cm)硅片也能够整合几十个读出电路。

从对小规模共片工艺研究的一段时间来看,各个工艺步骤的改良都可以比较顺利地完,且难度不大,可以很快地从实验阶段过渡到正式生产阶段。现阶段的研究方向是充分挖掘现有工艺设备的生产能力,找到一个最合理的共片电路数量,在保证质量的同时最大程度地提高生产效率。

2.4 未来发展

基于未来更大规模量产化的考虑,仅从倒装互连及其相关工艺来看,我们需要更具集成化的共片工艺来完成目标产量。而小规模量产化的成功经验也为长远的目标打下了良好的基础。现使用的新型倒装互连设备最大可承载 8in 的硅片(如图 6 所示),该硅片可整合 300 多个线列 TDI 读出电路。同时该设备还兼具回流功能,从而进一步的提高了生产效率。

当然也正如前面所提到,随着电路尺寸的加大,

势必会有诸多的工艺改进以及各种方面的难题需要克服,这需要在今后进行更大尺寸共片工艺的实验中继续总结,逐步完善。

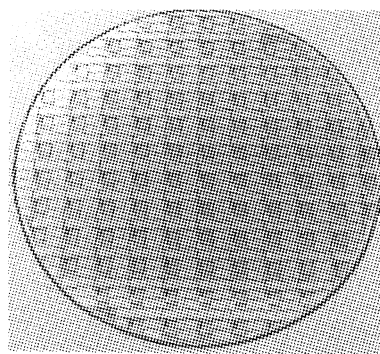


图6 直径为 8in 的读出电路芯片

3 结 语

本文详细地论述了长波线列 TDI 红外探测器倒装互连工艺的技术改进及量产化进展,指出了今后一段时间对于长波线列 TDI 红外探测器在互连方面的发展趋势。现已实现并完善了对于小规模量产化各个方面的工艺改革,并为此后更大规模的量产化提出了比较现实的构想。

参考文献:

- [1] Flachsbarth B. Precision self-alignment techniques for optoelectronic integration[D]. Ph D dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, 1999.
- [2] 关荣锋,赵军良. 倒装芯片互连技术在光电子器件封装中的应用[J]. 河南理工大学学报,2005,24(1):50-53.
- [3] 孙娟,李建林. 混成焦平面器件倒装互连设备对准精度分析[J]. 红外技术,1997,19(5):30-32.