

读出电路钢柱打底层对钢柱成球高度的影响

谢 珩, 梁宗久, 杨雅茹

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘 要:针对超大规模红外探测器读出电路钢柱成球后高度过低导致倒装互连难度增加这一问题,设计了试验,并分析讨论了读出电路钢柱打底层(UBM)形状对钢柱成球高度的影响。得出了钢球高度与钢柱尺寸和钢柱生长高度成正比,与读出电路钢柱打底层尺寸成反比,并提出了进一步增加钢球高度的思路。

关键词:红外探测器;读出电路;打底层;钢柱

中图分类号:TN214

文献标识码:A

Effect of UBM of ROIC on indium bump height

XIE Heng, LIANG Zong-jiu, YANG Ya-ru

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

Abstract: It had difficulty in flip chip bonding cause the indium bump height of ROIC was too low in large IRFPAs. We die an experiment upon dimension of UBM and analyzed its influence on indium bump height. The indium bump height of ROIC is in direct proportion to the indium bump size and film thickness, but in inverse proportion to the UBM size of ROIC. To solve the problem, an improved thread of research thoughts is presented in this paper.

Key words: infrared detector; ROIC; UBM; indium bump

1 引 言

对于超大规模红外凝视型探测器^[1],受限于材料尺寸和芯片制备工艺,其像元间距也随之缩小,这就导致了读出电路钢柱打底层和钢柱尺寸的缩小。在上述所有因素的影响下,读出电路钢柱成球后的高度急剧下降,钢球太低会产生两个重大影响:首先,红外探测器与读出电路的连接一般采用倒装互连^[2]的方式,由于器件尺寸很大,钢球又很低,互连时微小的调平偏差就会使探测器一角或一边接触不到读出电路从而导致互连失败;其次,器件的工作温度一般为 77 K,而储存温度为室温,每开关机一次都要经受 200° 的温度冲击,过低的钢球会使器件耐受温度冲击的能力大大下降,多次冲击下焊点很快疲劳失效^[3]导致器件报废。因此必须想办法提高钢球高度,本文通过设计系列实验分析讨论在小像元间距下增加钢球高度的方法。

2 试验设计

以像元中心间距 15 μm 为例,围绕这个尺寸,设计一系列不同大小的 UBM 尺寸和钢柱尺寸来进行试验对比,从中找出能够提高钢球高度的方案,尺寸设计如表 1 所示。

以表 1 第一行为例, $\phi 5$ 表示 UBM 金属层形状为 5 μm 的圆形,8×8 表示钢柱截面形状为 8 μm × 8 μm 的正方形。具体工艺流程为:光刻 $\phi 5$ 孔→生长 UBM 膜层→剥离→光刻 8×8 孔→钢柱生长^[4-5]→剥离→钢柱成球工艺^[6],如图 1 所示。在表 1 所设计的各种尺寸下,分别进行 5 μm 和 8 μm 的钢柱生长,剥离后进行成球工艺,然后对不同 UBM 尺寸下的钢球高度进行对比分析。

作者简介:谢 珩(1979-),男,工程师,主要从事红外焦平面器件工艺研究。E-mail: hargen2000@163.com

收稿日期:2010-08-27; **修订日期:**2010-11-03

表 1 UBM 和钢柱的尺寸设计
(单位: μm)

UBM 尺寸	钢柱尺寸
$\phi 5$	8×8
$\phi 6$	8×8
$\phi 7$	8×8
$\phi 8$	8×8
$\phi 5$	10×10
$\phi 6$	10×10
$\phi 7$	10×10
$\phi 9$	10×10
5×5	10×10
6×6	10×10
7×7	10×10
9×9	10×10

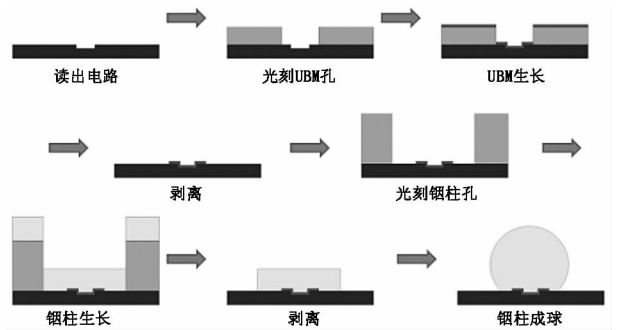


图 1 钢柱生长工艺流程图

3 试验数据与分析

对于 $5\text{ }\mu\text{m}$ 和 $8\text{ }\mu\text{m}$ 钢柱,成球工艺后每一种设计随机取三个点测量钢球高度,并计算平均值,数据汇总如表 2、表 3 所示。

表 2 $5\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱成球高度统计
(单位: μm)

$5\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱					
UBM 尺寸	钢柱尺寸	钢球高度 1	钢球高度 2	钢球高度 3	平均值
$\phi 5$	8×8	7.44	7.36	7.03	7.28
$\phi 6$	8×8	6.61	5.85	6.79	6.42
$\phi 7$	8×8	5.79	6.50	6.50	6.26
$\phi 8$	8×8	5.73	5.44	5.44	5.54
$\phi 5$	10×10	8.95	8.72	8.31	8.66
$\phi 6$	10×10	8.02	8.25	8.14	8.14
$\phi 7$	10×10	8.66	8.66	7.72	8.35
$\phi 9$	10×10	6.49	6.73	5.85	6.36
5×5	10×10	8.40	7.60	8.48	8.16
6×6	10×10	8.07	7.78	7.72	7.86
7×7	10×10	7.37	7.37	7.02	7.25
9×9	10×10	6.14	6.08	5.85	6.02

表 3 $8\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱成球高度统计
(单位: μm)

$8\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱					
UBM 尺寸	钢柱尺寸	钢球高度 1	钢球高度 2	钢球高度 3	平均值
$\phi 5$	8×8	8.10	8.45	8.98	8.51
$\phi 6$	8×8	7.75	8.63	8.57	8.32
$\phi 7$	8×8	7.63	7.81	7.66	7.70
$\phi 8$	8×8	6.96	7.13	7.97	7.35
$\phi 5$	10×10	11.20	11.40	11.10	11.23
$\phi 6$	10×10	10.30	10.20	10.30	10.27
$\phi 7$	10×10	9.87	9.57	9.99	9.81
$\phi 9$	10×10	8.68	9.04	9.27	9.00
5×5	10×10	10.50	10.30	10.50	10.43
6×6	10×10	9.33	9.57	9.87	9.59
7×7	10×10	9.33	9.21	8.98	9.17
9×9	10×10	8.86	8.26	8.56	8.56

为了使结果更加清晰明了便于分析,用 origin 软件对 $5\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱和 $8\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱成球后的平均值做图(图中三角和方块节点曲线,UBM 尺寸标示的 $\phi 8.0$ 应为 $\phi 9.0$ 和 9×9),如图 2 和图 3 所示。

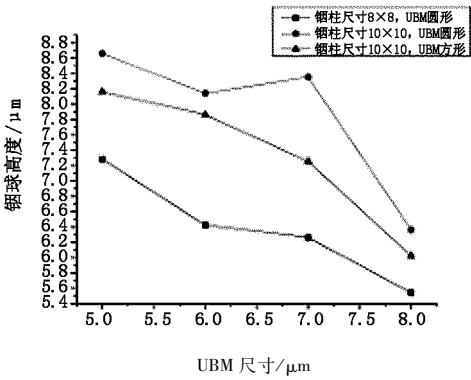


图 2 $5\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱成球图

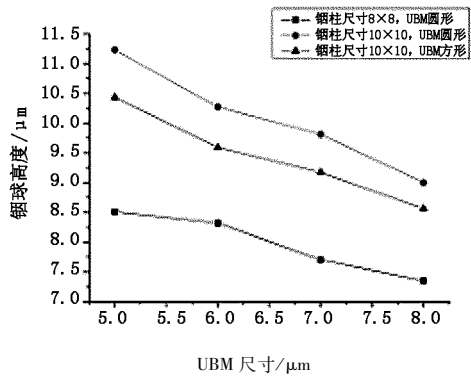
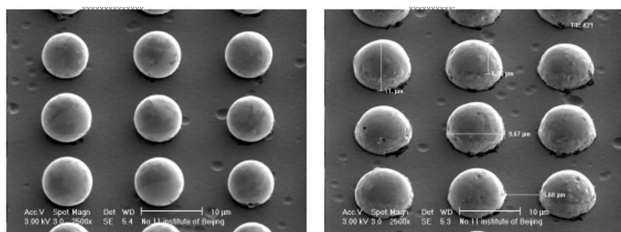


图 3 $8\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱成球图

由上述图表分析可以得出以下几个结果:

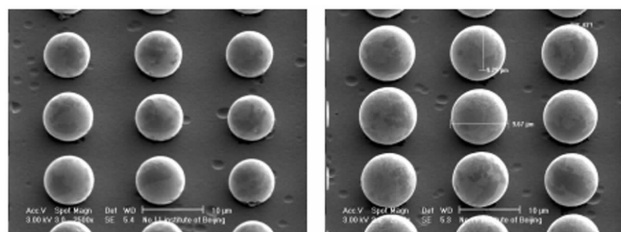
(1) 三条曲线中钢柱高度随着 UBM 的增大由高到低说明了: 对于同样尺寸的钢柱, UBM 尺寸越小, 钢球高度越高, 差异明显, 图 4 所示为 $5\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱成球比较。



(a) UBM 尺寸为 $\phi 5\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $8\text{ }\mu\text{m} \times 8\text{ }\mu\text{m}$ (b) UBM 尺寸为 $\phi 8\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $8\text{ }\mu\text{m} \times 8\text{ }\mu\text{m}$

图 4 扫描电镜拍摄同尺寸钢柱不同尺寸 UBM 的钢球对比图

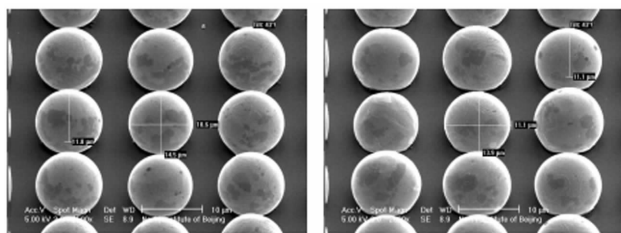
(2) 两幅图中圆形和三角节点曲线都高于方块节点曲线说明: 对于同样尺寸的 UBM, 钢柱尺寸越大, 钢球高度越高, 差异明显, 图 5 所示为 $5\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱成球比较。



(a) UBM 尺寸为 $\phi 5\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $8\text{ }\mu\text{m} \times 8\text{ }\mu\text{m}$ (b) UBM 尺寸为 $\phi 5\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$

图 5 扫描电镜拍摄同尺寸 UBM 不同尺寸钢柱的钢球对比图

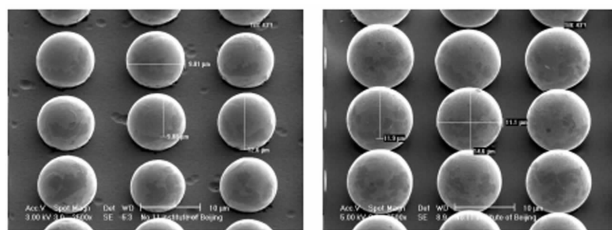
(3) 对于同样尺寸的钢柱, UBM 圆形和方形相比, 由于圆形面积小, 因此圆形 UBM 的钢球稍高, 差异不明显, 图 6 所示为 $8\text{ }\mu\text{m}$ 钢柱成球比较。



(a) UBM 尺寸为 $\phi 7\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ (b) UBM 尺寸为 $7\text{ }\mu\text{m} \times 7\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$

图 6 扫描电镜拍摄不同形状 UBM 的钢球对比图

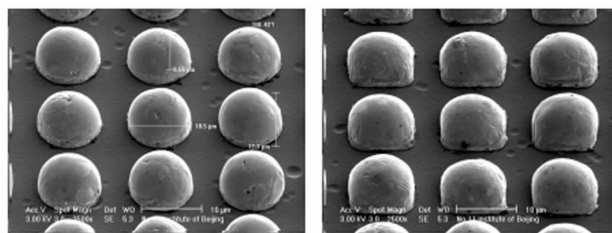
(4) 对于同样尺寸的 UBM, 钢柱高度越高, 钢球高度越高, 差异不明显, 单纯的增高钢柱并不能使钢球明显增高, 而是使钢球的直径更大, 图 7 所示为 UBM 尺寸为 $\phi 7\text{ }\mu\text{m}$ 和钢柱尺寸为 $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ 时不同钢柱高度成球比较。



(a) 钢柱高 $5\text{ }\mu\text{m}$ (b) 钢柱高 $8\text{ }\mu\text{m}$

图 7 扫描电镜拍摄不同尺寸钢柱高度的钢球对比图

(5) 方形的 UBM 尺寸如果和钢柱尺寸接近, 那么钢球将不是球形, 并且成球后高度也较低, 图 8 所示为 $5\text{ }\mu\text{m}$ 高钢柱成球比较。



(a) UBM 尺寸为 $\phi 9\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ (b) UBM 尺寸为 $9\text{ }\mu\text{m} \times 9\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$

图 8 扫描电镜拍摄 UBM 和钢柱尺寸接近的钢球对比图

由此可见: 读出电路打底层尺寸越小、钢柱尺寸越大、钢柱生长的高度越高, 则最终钢球的高度越高。表 2 和表 3 中钢球平均值最高为 $11.23\text{ }\mu\text{m}$, 工艺条件为 UBM 尺寸 $\phi 5\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱尺寸 $8\text{ }\mu\text{m} \times 8\text{ }\mu\text{m}$, 钢柱高度 $8\text{ }\mu\text{m}$, 与上面三点分析相吻合。因此为了提升钢球高度, 工艺尺寸的设计应以上面三点为指导。

4 结论与展望

综合上述分析后得出结论: 钢球高度与钢柱尺寸和钢柱生长高度成正比, 与读出电路钢柱打底层尺寸成反比。

但是对于超大规模红外探测器阵列, UBM 和钢柱的尺寸设计被局限在一个很小的范围内, 考虑到厚胶光刻剥离工艺的难度, 钢柱尺寸的大小有一个工艺极限, 这就导致即使采取最优组合, 读出电路钢柱成球后的高度也不会太高。为了进一步增加钢球的高度, 可以考虑在探测器端也进行钢柱生长, 这样互连时整体钢柱高度会增加, 但是探测器材料相比硅读出电路脆弱的多, 采用这种方法需要在探测器端进行大量工艺实验。

参考文献:

- [1] P. Norton*. HgCdTe infrared detectors[J]. Opto-electronics Review, 2002, 10(3): 159 - 174.
- [2] Ren Chunling, Lu Kai, Ding Rongzheng. Flip chip tech-

- nology and its application[J]. Electronics and Packaging, 2009, 3: 15 – 20. (in Chinese)
- 任春岭, 鲁凯, 丁荣峥. 倒装焊技术及应用[J]. 电子与封装, 2009, 3: 15 – 20.
- [3] Cai Xia, Chen Liu, Zhang Qun, et al. Thermal fatigue failure analysis of SnPb solder joint in flip-chip assemblies [J]. Chinese Journal of Semiconductors, 2002, 6: 660 – 666. (in Chinese)
- 彩霞, 陈柳, 张群, 等. 倒扣芯片连接焊点的热疲劳失效[J]. 半导体学报, 2002, 6: 660 – 666.
- [4] Zhang Peng, Li Zhen, Zhao Kai. The In bump growth on the large scale MCT IR device [J]. Lazer & Infrared, 2008, 38(8): 781 – 783. (in Chinese)
- 张鹏, 李震, 赵凯. 新型大面阵碲镉汞探测器 In 柱生长工艺研究[J]. 激光与红外, 2008, 38(8): 781 – 783.
- [5] Li Fuquan, Wang Qingchun, Zhang Xiaodong. Bump fabrication methods for flip chip [J]. Electronics Process Technology, 2003, 2(24): 62 – 66. (in Chinese)
- 李福全, 王青春, 张晓东. 倒装芯片凸点制作方法[J]. 电子工艺技术, 2003, 2(24): 62 – 66.
- [6] Inagaki M. Solder bumping technology for flip chip application [Z]. SECAP, 2001.