文章编号:1001-5078(2015)07-0814-03

· 红外材料与器件 ·

平面 PN 结 InSb 红外焦平面探测器的研究

李忠贺,李海燕,杜红燕,亢 喆,邱国臣 (华北光电技术研究所,北京100015)

摘 要:研究了基于 Be 离子注入技术的平面型和 Cd 扩散技术的台面型锑化铟红外焦平面阵列(IRFPA)探测器芯片工艺流程。并进行了芯片 I-V、成像结果等对比测试,Be 离子注入平面型器件和扩散台面型芯片的性能水平相当,具备一定的工程应用水平。 关键词:锑化铟,离子注入,红外焦平面阵列探测器,平面结

中图分类号:TN213 文献标识码:A DOI:10.3969/j.issn.1001-5078.2015.07.017

Study of InSb IRFPA with planar PN junctions

LI Zhong-he, LI Hai-yan, DU Hong-yan, KANG Zhe, QIU Guo-chen (North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: Technological processes of InSb infrared focal plane arrays (IRFPA) detector chips with planar PN junctions based on Be ion implantation and mesa PN junctions based on Cd diffusion were studied in this paper. Comparison tests were carried out for *I-V* curve and imaging quality of two processes. Experimental results show that chip performances with planar PN junctions based on Be ion implantation are comparable with that with mesa PN junctions based on Cd diffusion, which provide a reference for engineering application.

Key words: InSb; ion implantation; IRFPA detector; planar PN junction

1 引 言

InSb 焦平面红外探测器技术在近 20 年以来取 得了飞速发展,已经进入了成熟应用期,目前正向着 高分辨率、小尺寸、数字化等方向发展^[1-4]。在器件 结构上通常采用台面型和平面型两种方式,台面型 器件具有工艺简单、串音小等优点,但在膜层的台阶 覆盖上存在厚度不均等问题,在高分辨率、小尺寸焦 平面器件台面刻蚀上还存在线宽限制等问题,而平 面型器件可以有效避免台面腐蚀制备中侧向钻蚀对 光敏面均匀性的影响,降低膜层对台阶覆盖特性的 要求。在成结工艺上主要有热扩散工艺和离子注入 工艺,热扩散具有工艺简单、成本低廉、无损伤等优 点,但在杂质浓度、分布等参数精确控制上有先天不 足,已经不能满足大规模焦平面阵列的技术要求,取 而代之的则为参数控制更为精确的离子注入技术, 离子注入技术可在较低温度下对 InSb 进行掺杂,并 能精确控制掺入杂质的浓度分布和注入深度,从而 在较大面积上获得浅而均匀的掺杂层,形成较理想 的突变结。因此更适宜制作高密度的平面结阵列, 提高光敏芯片的占空比。但离子注入会引入晶格损 伤,需要增加退火工艺进行损伤消除。所以,基于热 扩散成结的台面型器件仅适合在单元、小规格焦平 面芯片上使用,而在大规格、小尺寸焦平面芯片的制 备上需要采用基于离子注入成结的平面型器 件^[5-9]。如以色列 SCD 公司研发的 1920×1536 规 格 10 μm 中心间距的 InSb 焦平面探测器,就是采用 了离子注入技术的平面型器件^[4]。而国内对此方 面的研究并不成熟,因此开发离子注入成结的平面 型器件对 InSb 焦平面探测器的发展具有重要意义。

本文介绍了基于 Be 离子注入技术的平面型

作者简介:李忠贺(1981-),男,工程师,主要从事光电探测器的研究和生产。E-mail:zhli1981@163.com 收稿日期:2014-12-09;修订日期:2015-02-02

InSb 焦平面器件的制备,进行了 I-V、组件性能、图 像演示等方面的测试,并与目前采用的 Cd 扩散台 面型器件工艺进行了对比。

- 2 器件制备
- 2.1 器件结构

实验用 InSb 芯片采用 128 × 128 规格,中心距 50 μm。分别采用 Be 注入平面结和 Cd 扩散台面结 形式,生长铟柱后与硅读出电路经倒装互联后形成 混成式焦平面阵列。

其结构形式如图1所示。





2.2 制备过程

2.2.1 离子注入平面型器件工艺

所用 InSb 晶片为 N 型 <111 > 晶向,77 K 载 流子浓度为(4~8)×10¹⁴/cm³、迁移率大于 3× 10⁵ cm²/V.s、位错密度 <100 个/cm²。

晶片经磨抛、清洗、表面化学抛光后生长 SiO₂ 保护层。光刻 6 μm 厚光刻胶掩膜,坚膜处理后进 行离子注入,注入元素为 Be、注入能量为 100 keV, 剂量为2×10¹⁴/cm²,样品温度为室温、样品倾斜垂 直方向 7°以避免沟道效应。去除掩膜、清洗后进行 退火,腐蚀去除 SiO₂ 保护层,经清洗后进行钝化,光 刻、腐蚀出电极孔并溅射金属电极,生长铟柱后与硅 读出电路倒装互联,通过背减薄后制作增透膜,经装 配封装后进行组件测试。器件主要工艺过程示意如 图 2 所示。



所用材料参数与注入平面型器件相同。 器件工艺采用目前应用的工艺流程,晶片经磨 抛、清洗、表面化学抛光后进行闭管 Cd 扩散,经减 薄、光刻、台面腐蚀、钝化、金属化和铟柱生长后与硅 电路倒装互联。通过背减薄后制作增透膜,经装配 封装后进行组件测试。主要工艺过程示意如图 3 所示。



3 结果和讨论

3.1 芯片 I-V 测试

在液氮温度下通过 HP4155 半导体参数分析仪 对两类芯片进行了 *I-V*测试,典型曲线如图 4 所示, 测试温度 77 K,三角形为注入平面型器件 *I-V*曲线, 圆形为扩散台面型 *I-V*曲线,二者的零偏电流分别 为 – 14.3 nA 和 – 12.1 nA, – 1 V 偏置情况下的电 流分别为 – 21.2 nA 和 – 22.4 nA,开路电压分别为 90 mV 和 95 mV,可以看出,注入平面型器件的测试 结果可以达到目前应用的扩散台面型器件 *I-V*测试 结果。





3.2 组件测试

将芯片与硅读出电路倒装互联,背减薄并镀制 增透膜后装入杜瓦进行图像测试,结果如图5所示, 其中图5(a)为扩散成结台面型器件典型测试结果, 图5(b)为注入成结平面型器件典型测试结果。可 以看出两种类型的芯片组件测试图像相近,仅在盲 元、划痕等方面存在差异。

主要性能指标如表1所示。



图 5 组件图像测试结果 Fig. 5 Results of component image

表1 器件主要性能指标

Tab. 1 Main performances of FPAs

样品类型	峰值探测率 /(cm・Hz ^{1/2} ・W ⁻¹)	响 <u>应</u> 率 ∕(V・W ⁻¹)	响应率 不均匀性	盲元率 /%
应用要求	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 4 \times 10^8$	≥10%	≤1
扩散台面型	3.02×10^{11}	1.05×10^{9}	7.86%	0.14
注入平面型	2. 30×10^{11}	1.03×10^{9}	8.24%	0.18

从表1中可以看出,注入平面型组件的性能指标与扩散台面型指标相当,可以满足实际工程应用的主要性能指标要求。

3.3 成像演示

使用注入平面型焦平面组件分别对测试杜瓦、 手及五分硬币进行了成像演示,结果如图6所示,可 以看出基于离子注入的平面型焦平面组件已具有良 好的成像效果、图像清晰可辨识。



图 6 图像采集 Fig. 6 Imaging demonstration

4 结 论

采用 Be 离子注入成结技术,制备了平面型焦 平面阵列,测试了器件的 *I - V* 特性,和互联封装后 的组件性能,并进行了成像演示,结果表明 Be 离子 注入能量 100 keV,剂量为 2×10¹⁴/cm²,经过器件工 艺后制备的焦平面器件平均峰值响应率达到2.30× 10¹¹ cmHz^{1/2}/W,响应率达到 1.03×10⁹ V/W,响应率 不均匀性 8.24%,盲元率 0.18%,具有良好的成像 效果,图像清晰,与目前工程应用的 Cd 扩散台面型 焦平面器件性能水平相当,为今后高密度、高性能焦 平面芯片的研制奠定了基础。其采用的主要工艺 步骤,除离子注入和退火工艺外,与现有工艺设备、 流程相兼容,可以顺利的开展大规格焦平面探测器 的研制。

参考文献:

[1] CHEN Boliang. Development state of IRFPA imaging device [J]. Infrared and laser engineering, 2005, 34(1):1 – 7. (in Chinese)

陈伯良. 红外焦平面成像器件发展现状[J]. 红外与激 光工程,2005,34(1):1-7.

[2] CHEN Boliang, LU Wei, WANG Zhengguan, et al. Characterization for 64 × 64 Insb photovoltaicinfrared detector array[J]. J. Infrared Millim. Waves, 2000, 19(2):89 – 92. (in Chinese)

陈伯良,陆蔚,王正官,等.64×64元 InSb 光伏红外探 测器列阵性能表征[J].红外与毫米波学报,2000,19 (2):89-92.

- [3] WEI Shuling, YING Mingjiong. Wet etching of Insb for focal plane arrays [J]. Laser & Infrared, 2008, 38(9): 899-901. (in Chinese)
 韦书领,应明炯. InSb 晶片湿法化学刻蚀研究[J]. 激光与红外,2008,38(9):899-901.
- [5] DU Hongyan. PN junction in InSb by Be ion implantation
 [J]. Laser & Infrared, 2012, 42(2):161 164. (in Chinese)

杜红燕. InSb 中 Be 离子注入成结研究[J]. 激光与红 外,2012,42(2):161-164.

- [6] M Shoanan, R Kalish, V Richter. Changes in InSb as a result of ion implantation [J]. Nuclear Instruments and Methods in physics Research B, 1985, 7(8):443-447.
- S J Pearton, S Nakahara, A R Von Neida, et al. Implantation characteristics of InSb [J]. J Appl Phys, 1989, 66 (5):1942-1946.
- [8] C E Hurwitz, J P Donnelly. Planar InSb photodiodes fabricatedby Be and Mg ion implantation [J]. Solid State Electronics, 1975, 18(9):753 – 756.
- [9] LI Haiyan, DU Hongyan, ZHAO Jianzhong. Study on InSb ion implantation annealing technology[J]. Laser & Infrared, 2013, 43(12):1372-1375. (in Chinese) 李海燕, 杜红燕, 赵建忠. 锑化铟离子注入退火技术研 究[J]. 激光与红外, 2013, 43(12):1372-1375.