

文章编号: 1672-8785(2021)12-0021-05

## 碲锌镉衬底重复利用技术研究

聂 媛 李 乾

(中国电子科技集团公司第十一研究所, 北京 100015)

**摘 要:** 芯片制备工艺完成后, 给芯片留有一定厚度的衬底, 同时利用丝切割技术将多余的碲锌镉衬底取下, 并对其进行重复抛光处理。碲锌镉衬底的锌值分布及半高宽(Full Width at Half Maximum, FWHM)测试结果表明, 碲锌镉衬底质量较好, 可以再次用来制备液相外延碲镉汞薄膜。该薄膜经过标准探测器芯片工艺后, 性能合格。该研究使原本要完全去除的衬底得以重复利用, 提高了碲锌镉衬底的利用率, 降低了探测器的制造成本。

**关键词:** 碲锌镉; 衬底; 再次抛光; 重复利用

**中图分类号:** TN214 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2021.12.004

## Research on Reutilization Technology of CdZnTe Substrate

NIE Yuan, LI Qian

*(The Eleventh Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Beijing 100015, China)*

**Abstract:** After the chip preparation process is completed, a certain thickness of the substrate is left for the chip, the excess cadmium zinc telluride substrate is removed by wire sawing technology, and then the polishing process is repeated. The Zn composition distribution and full width at half maximum (FWHM) test results of the cadmium zinc telluride substrate show that the CdZnTe substrate is of good quality and can be used to prepare the liquid phase epitaxial HgCdTe thin-film again. The properties of the newly prepared HgCdTe are qualified after standard detector chip technology. This research allows the reuse of the original substrate that is originally to be completely removed, improves the utilization rate of the CdZnTe substrate, and reduces the manufacturing cost of the detector.

**Key words:** CdZnTe; substrate; repolish; reutilization

### 0 引言

目前, 红外探测器技术已经发展到第三代, 其主要特点是大面阵、宽谱段、高分辨率和低功耗等。尽管有 II 类超晶格、量子阱等新型探测器材料的竞争, 但碲镉汞在用于制备红

外探测器时具有探测率高、噪声小、响应时间短和响应光谱可调等特点, 仍然是第三代红外探测器研究的主要对象<sup>[1]</sup>。

然而碲镉汞红外探测器存在一个主要的问题: 不容易获得碲镉汞薄膜的外延衬底, 且难

收稿日期: 2021-08-05

作者简介: 聂媛(1984-), 女, 山西寿阳人, 工程师, 主要从事红外材料与器件综合技术研究。

E-mail: nieyuan@cetec.com.com

以制备与碲镉汞材料晶格匹配的大尺寸碲锌镉衬底晶片<sup>[2]</sup>。目前市售的碲锌镉衬底的尺寸最大为 $\Phi 90$  mm, 价格昂贵<sup>[3]</sup>, 导致红外探测器制冷组件的价格一直居高不下。针对这一问题, 各国研究人员都进行了寻找替代衬底的研究<sup>[4-6]</sup>, 同时也对碲锌镉衬底进行了重新抛光处理和再利用<sup>[7]</sup>。由于碲锌镉衬底材料与 Si 读出电路的热膨胀系数不同, 在使用过程中芯片内部容易产生应力, 使得探测器芯片的性能在长时间高低温冲击使用后下降甚至失效。所以需要采用机械抛光、机械化学抛光或湿法腐蚀等方法将碲锌镉衬底完全去除<sup>[8-9]</sup>。因此, 单片碲锌镉衬底只能进行一次碲镉汞薄膜外延生长, 大部分厚的碲锌镉衬底浪费严重。

针对这一问题, 本文选取一定厚度的碲锌镉衬底进行重复利用试验。首先进行碲镉汞薄膜材料外延制备, 并实施标准的探测器芯片制备工艺。采用丝切割的方法将制备芯片的碲锌镉衬底从芯片上切削下来, 重新进行抛光加工处理, 去除表面的损伤层。然后再次进行碲镉汞薄膜材料外延生长以及探测器芯片制备。这种方法可提高单片碲锌镉衬底的利用率, 有效减少衬底材料浪费, 从而降低生产成本。

## 1 试验

选取的碲锌镉衬底厚度为  $1500\ \mu\text{m}$ , 晶相为(111), 尺寸为  $30\ \text{mm} \times 25\ \text{mm}$ 。外延制备中波碲镉汞薄膜的厚度为  $8\ \mu\text{m}$ 。利用标准碲镉汞芯片制备工艺进行探测器芯片制备, 然后进行探测器芯片表面保护。利用丝切割技术将探测器芯片的碲锌镉衬底取下, 使探测器芯片上保留厚度为  $400\ \mu\text{m}$  的碲锌镉衬底; 然后进行减薄处理<sup>[9]</sup>。取下的碲锌镉衬底的厚度约为  $1000\ \mu\text{m}$ 。重新对其进行抛光减薄处理, 去除表面的损伤层。再次利用该衬底进行碲镉汞薄膜材料外延生长和探测器芯片制备(工艺流程见图 1)<sup>[10]</sup>。对重新加工后的碲锌镉衬底的锌值

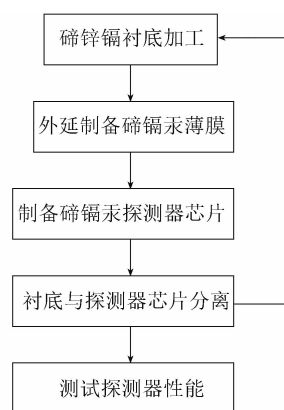


图 1 碲锌镉衬底重复利用的流程图

分布和 FWHM 进行测试, 并对比两次外延生长的碲镉汞薄膜表面以及制备的探测芯片的性能。

## 2 结果与讨论

### 2.1 重复利用碲锌镉衬底的质量

#### 2.1.1 碲锌镉衬底的 Zn 值分布

Zn 值分布是碲锌镉衬底的重要参数。Zn 值大小及分布决定了碲锌镉衬底的质量。图 2 为重复抛光前后碲锌镉衬底的 Zn 值分布图。可以看出, 碲锌镉衬底重新加工后的 Zn 组分分布趋势与此前基本一致, 没有明显变化。这说明碲锌镉衬底在首次进行标准探测器芯片制备工艺时, 虽然经过了高温热处理、钝化薄膜生长、电极制备等不同芯片工艺过程, 但这些过程对碲锌镉衬底材料的 Zn 值分布影响较小。因此, 碲锌镉衬底经抛光后可以继续作为新衬底进行碲镉汞外延膜制备。

#### 2.1.2 碲锌镉衬底的 FWHM 值

(111)方向 CdZnTe 衬底采用(333)高角衍射。衍射光路使用两组 Ge(220)单色器, 并且在探测器前加 1 个 Ge(220)分析晶体进行 FWHM 测试。FWHM 值代表了晶体材料的晶格质量。图 3 所示为对重新抛光前后的碲锌镉衬底进行 X 射线衍射测试过程中选取的一条摇摆曲线。可以看出, 在碲锌镉衬底重复利用前后曲线的对称性很好, 并且衍射强度高, 表明重新取下并进行抛光加工处理后碲锌镉衬底的晶格完整性较好, 可作为新衬底再次进行液相外延碲镉汞薄膜生长。

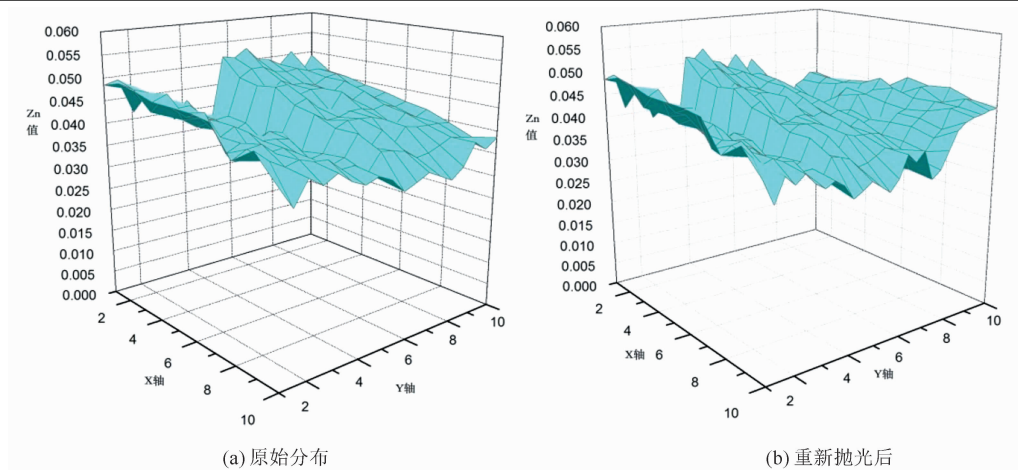


图 2 碲锌镉衬底的 Zn 值分布图

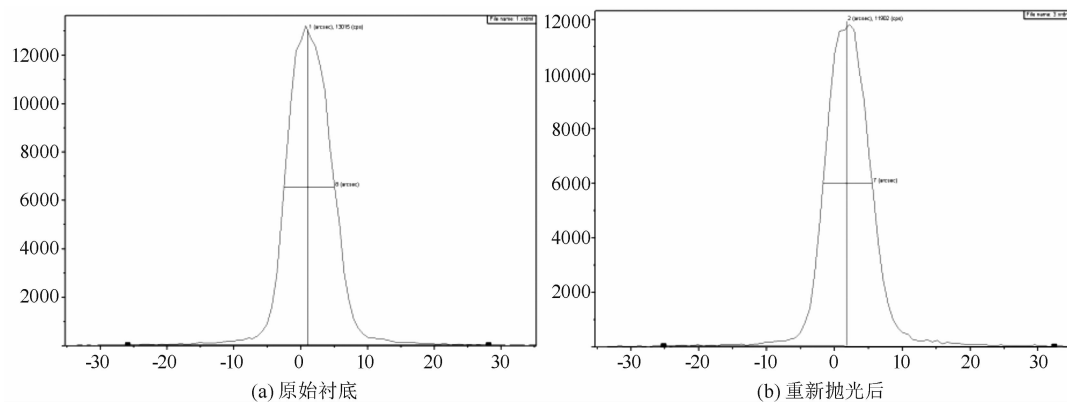


图 3 碲锌镉衬底的 XRD 摇摆曲线

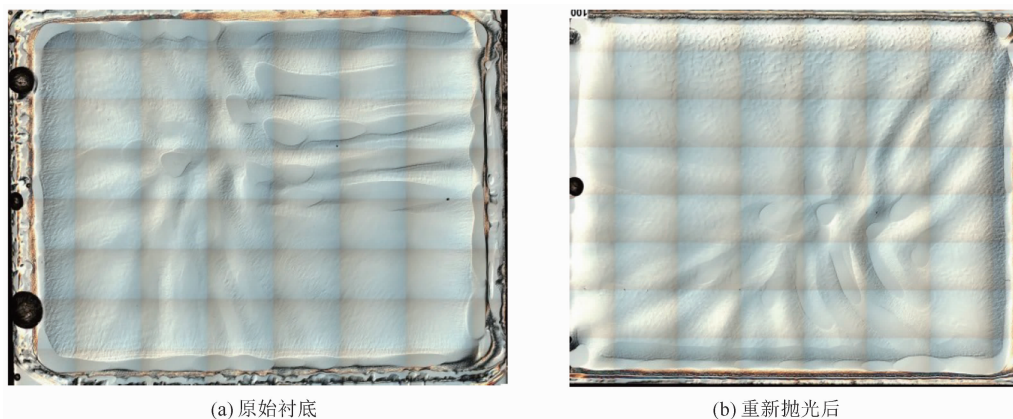


图 4 碲镉汞薄膜的表面轮廓

## 2.2 碲镉汞薄膜

采用标准工艺对以碲锌镉为衬底的中波碲镉汞薄膜进行  $640 \times 512$  探测器芯片制备。利用丝切割技术将碲锌镉衬底取下, 然后进行抛光减薄处理, 去除衬底表面的损伤层, 并再次进行液相外延碲镉汞薄膜生长。图 4 所示为用原

始碲锌镉衬底外延制备的碲镉汞薄膜表面与用重新抛光后碲锌镉衬底制备的碲镉汞薄膜表面。

从图 4 中可以看出, 碲锌镉衬底在重复抛光后再次外延制备的碲镉汞薄膜的质量与此前相比没有差别。对碲镉汞薄膜材料的厚度和组分的标准偏差进行了计算, 其结果均

能满足探测器芯片投片制备对碲镉汞薄膜材料的要求。同时,由于液相外延制备工艺的原因,碲镉汞薄膜表面上会存在母液点。首次制备探测器芯片时将母液点刮除,在表面上会形成一个去除坑。由于衬底的重复使用是利用丝切割的方法将其从碲镉汞衬底的背面取下,所以碲镉汞薄膜表面的母液坑对碲镉汞衬底的再次使用没有影响。而 Singh R 等人<sup>[7]</sup>对制备碲镉汞薄膜质量较差的衬底进行了正面抛光。这种方法会受到碲镉汞薄膜表面母液的影响。因此需要将母液边缘划掉,使碲镉汞衬底的面积减小;同时需要去除的碲镉汞衬底厚度较大,造成了一定程度的浪费。

### 2.3 探测器性能

分别用原始衬底和重新抛光加工后的碲镉汞衬底来液相外延制备碲镉汞薄膜。然后利用标准探测器制备工艺制备出  $640 \times 512$  元探测器芯片。与 Si 读出电路互连后,测试探测器芯片的性能如图 5 所示。

由图 5 可以看出,分别用原始衬底和重新抛光处理的碲镉汞衬底外延制备的碲镉汞薄膜经过标准中波  $640 \times 512$  探测器芯片工艺后,均制备出了性能合格的探测器芯片,说明利用丝切割技术取下的碲镉汞衬底经过加工处理后与正式衬底一样,可以在其表面进行碲镉汞薄膜制备。这使原需减薄抛弃处理的碲镉汞衬底得到重复利用,且单位厚度的碲镉汞衬底所制备的芯片数量增加,碲镉汞衬底的利用率上升,单个探测器芯片消耗的碲镉汞衬底的厚度值降低。

一般情况下,碲镉汞薄膜是在  $900 \mu\text{m}$  厚的碲镉汞层上制备的,单个芯片消耗的碲镉汞衬底厚度为  $900 \mu\text{m}$ 。本试验研究了碲镉汞衬底厚度为  $1500 \mu\text{m}$  时的重复使用情况。结果表明,芯片需要  $400 \mu\text{m}$  左右的厚度支撑,丝切割和再抛光处理有  $200 \mu\text{m}$  的厚度损失,相当于  $1500 \mu\text{m}$  厚的碲镉汞衬底可以制备 2 个探测器芯片,即单个芯片消耗的碲镉汞衬底厚度为  $750 \mu\text{m}$ 。如果原始碲镉汞衬底的厚度为  $2000$

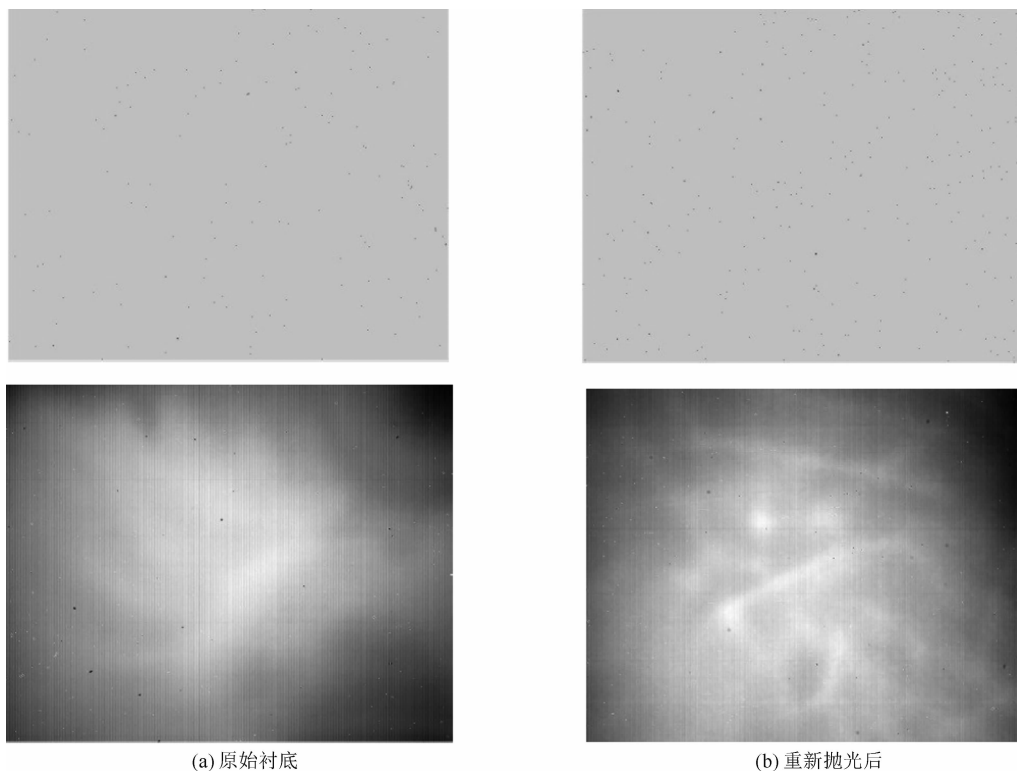


图 5 探测器芯片的电学性能



$\mu\text{m}$ , 那么它可以得到 2 次重复利用, 此时单个芯片消耗的碲锌镉衬底厚度为  $670\ \mu\text{m}$ 。同理, 厚度为  $2500\ \mu\text{m}$  的碲锌镉衬底可以得到 3 次重复利用, 此时单个芯片消耗的碲锌镉衬底厚度为  $620\ \mu\text{m}$ 。综合考虑碲锌镉衬底的原始切割加工和再加工处理, 这种方法可以大大提高碲锌镉衬底的重复利用率, 减小了单个探测器芯片所消耗的碲锌镉衬底厚度, 进而降低了探测器的制造成本。

### 3 结论

本文研究了在合适厚度的碲锌镉衬底表面上外延制备碲镉汞薄膜。在对碲镉汞薄膜材料实施标准的探测器芯片制备工艺后, 将芯片留有一定厚度的衬底, 同时利用丝切割技术将剩余厚度的碲锌镉衬底取下, 然后对其进行重复抛光处理, 去除衬底表面的损伤层。对重新抛光后的碲锌镉衬底进行了 Zn 值分布及 FWHM 测试。结果表明, 碲锌镉衬底质量较好, 可以再次外延制备碲镉汞薄膜。该薄膜经过标准探测器芯片工艺后, 性能合格。这种方法使原需完全去除的碲锌镉衬底得以重复利用, 提高了碲锌镉衬底的利用率, 降低了探测器的制造成本。

### 参考文献

- [1] 王忆锋, 唐利斌. 碲镉汞近年来的研究进展 [J]. *红外技术*, 2009, **31**(8): 435-442.
- [2] 周立庆. 碲镉汞外延用衬底材料的现状和发展 [J]. *激光与红外*, 2005, **35**(11): 808-811.
- [3] 史衍丽. 第三代红外探测器的发展与选择 [J]. *红外技术*, 2009, **31**(8): 435-442.
- [4] Bostrup G. LPE HgCdTe on Sapphire Status and Advancements [J]. *Journal of Electronic Materials*, 2001, **30**(6): 560-565.
- [5] Varavin V S. HgCdTe Epilayers on GaAs: Growth and Devices [J]. *Opto-Electronics Review*, 2003, **11**(2): 99-111.
- [6] Zanatta J P. Heteroepitaxy of HgCdTe (211)B on Ge Substrates by Molecular Beam Epitaxy for Infrared Detectors [J]. *Journal of Electronic Materials*, 1998, **27**(6): 542-545.
- [7] Singh R, Velicu S, Crocco J, et al. Molecular Beam Epitaxy Growth of High-Quality HgCdTe LWIR Layers on Polished and Repolished CdZnTe Substrates [J]. *Journal of Electronic Materials*, 2005, **34**(6): 885-810.
- [8] LucTissot J, Marion F. Collective Flip Chip Technology for Hybrid Focal Plane Array [C]. *SPIE*, 2000, **4310**: 581-586.
- [9] 李春领, 刘海龙. 碲镉汞焦平面器件背面减薄技术 [J]. *激光与红外*, 2014, **44**(6): 637-639.
- [10] 李春领, 谭振. 芯片的衬底的多次使用方法及红外探测器: CN110676205A [P]. 2020-01-10.