

# 软脆碲锌镉衬底的新型化学抛光技术研究

侯晓敏, 张瑛侠, 巩 锋  
(华北光电技术研究所, 北京 100015)

**摘 要:**碲锌镉(CdZnTe)是液相外延碲镉汞(HgCdTe)薄膜的最佳衬底材料。获得高质量的CdZnTe衬底表面对于提升红外探测器的性能有着十分重大的意义。针对CdZnTe表面加工技术进行了研究,开发出一种新的化学抛光技术,使得抛光后的CdZnTe表面粗糙度Ra可达0.3 nm。

**关键词:**碲锌镉衬底;化学抛光;表面粗糙度

**中图分类号:**TN213 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2018.10.012

## Study of new chemical polishing technology for soft-brittle CdZnTe substrates

HOU Xiao-min, ZHANG Ying-xia, GONG Feng  
(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China)

**Abstract:** CdZnTe is the best substrate material for liquid phase epitaxial HgCdTe thin films. High quality CdZnTe substrate surface is very important to improve the performance of infrared detector. In this paper, the surface processing technology of CdZnTe was studied, and a new chemical polishing technology was developed, which making the surface roughness, Ra, of polished CdZnTe to 0.3 nm.

**Key words:** CdZnTe substrate; chemical polishing; surface roughness value

### 1 引 言

碲锌镉(CdZnTe)衬底是液相外延碲镉汞(HgCdTe)薄膜的最佳衬底材料<sup>[1]</sup>。衬底表面的缺陷、机械损伤和表面粗糙度可以延伸至外延层,影响外延层的结晶完整性,进而导致探测器组件盲元和暗电流的增加。因此,建立CdZnTe衬底超精密加工表面完整性体系,突破高质量衬底表面加工技术,获得高质量的CdZnTe衬底表面对于提升红外探测器的性能具有十分重要的意义<sup>[2]</sup>。

然而针对软脆CdZnTe材料表面加工,除日本的

Nippion公司技术水平接近Epi-ready级Si wafer表面质量外,包括美国(美国购买日本CdZnTe衬底,为此美国分析人士认为如此重要的战略物资受制于人,建议提高经费投入进行研制)在内的其他各国的各研究机构都没有在CdZnTe衬底表面加工质量上取得突破。如何获得高质量的CdZnTe衬底表面一直是困扰碲镉汞红外探测器整个行业的技术难题。

当前国内CdZnTe衬底表面加工后的晶片表面质量同国外先进水平有较大的差距。日本Nippion公司代表了目前国际上在CdZnTe衬底表面加工技

术领域的最高水平,其加工后的 CdZnTe 衬底表面粗糙度 Ra 为 0.2 ~ 0.25 nm,而国内外几家主要研究机构的 CdZnTe 衬底加工后的表面粗糙度 Ra 基本在 0.5 ~ 1 nm<sup>[3-4]</sup>。

本文主要介绍了一种针对软脆 CdZnTe 衬底的新型化学抛光技术——NH 化学抛光,利用微分干涉显微镜检测表面形貌及光学轮廓仪测试表面粗糙度 Ra,并与传统的溴-甲醇化学抛光工艺进行了对比。

## 2 实验

### 2.1 原理

化学抛光是一种化学腐蚀的抛光方法,在抛光过程中,化学腐蚀的作用占据了主导地位,机械磨削作用微乎其微,可以忽略不计。抛光时晶片与抛光盘之间布满了不含研磨剂的纯化学试剂,直接与晶片表面发生化学反应生成相对容易去除的氧化层,该氧化层通过晶片与抛光垫的相对运动被去除。化学抛光工艺是整个 CdZnTe 表面加工过程中的最后一步,对于能否获得高质量的表面起着至关重要的作用。

目前,用于 CdZnTe 衬底的化学抛光工艺几乎都采用溴甲醇作为腐蚀液<sup>[5]</sup>。然而采用溴甲醇化学抛光工艺加工后的 CdZnTe 衬底表面橘皮较重,表面粗糙度也较大。这是由于溴作为氧化剂,其氧化性强,与 CdZnTe 反应较快,反应方程式如下:



反应产物中 CdBr<sub>2</sub> 和 ZnBr<sub>2</sub> 都易溶于甲醇,而 Te 则留在晶片表面,同时 Br<sub>2</sub> 还会与表面的 Te 缓慢反应生成少量不溶于甲醇的 TeBr<sub>4</sub>,也留在 CZT 表面。这就会造成表面橘皮较重,并且粗糙度与抛光时间成正比。同时经过溴甲醇腐蚀后的表面有一定量的悬挂键或畸变,表面吸附能较高,极易吸附环境中的分子或原子,因此抛光后的 CdZnTe 表面极易产生亮点。

根据化学原理,Cd 和 Te 的二价氧化物具有两性,分别溶于酸和碱<sup>[6]</sup>。因此,选用一种碱性腐蚀溶液——NH 腐蚀液,其中的氧化剂比溴的氧化性弱,该腐蚀液与 CdZnTe 反应后的产物基本都溶解于腐蚀液中,少量沉积产物通过晶片表面与抛光垫的相对运动被带走。并且抛光后的表面吸附能低,使得抛光后的表面不容易吸附环境中的分子或原子。

### 2.2 实验

实验中采用的抛光设备是英国 Logitech 公司的 CP3000 化学抛光机,表面形貌检测采用的是 Olympus MX61 检测显微镜,放大倍数为 100 倍,而表面粗糙度测试采用 BRUKER WYKO GT-X8 光学轮廓仪,测试范围均为 126 μm × 95 μm。

实验选取 <111> 晶向的 CdZnTe 衬底,面积为 20 mm × 25 mm,表面依次经过研磨-机械抛光-化学机械抛光工艺。采用 NH 溶液作为化学抛光的腐蚀液。

在化学抛光工艺中,腐蚀液的 pH 值对于抛光后的表面质量起着决定性的作用,经过反复试验得出:如果腐蚀液的 pH 值低于 10,在化学抛光的过程中腐蚀液对碲锌镉几乎没有腐蚀作用,以至于晶片承受过大的来自抛光垫的机械作用而产生大量划痕。如果腐蚀液的 pH 值高于 12,会造成工艺过程控制难度加大,并且在化学抛光的过程中极易将碲锌镉晶片的表面严重氧化。因此,将腐蚀液的 pH 值选定为 10 ~ 12 为最佳。抛光后的 CdZnTe 衬底表面粗糙度 Ra 为 0.3 nm 左右,最低可到 0.28 nm,如图 1 所示。

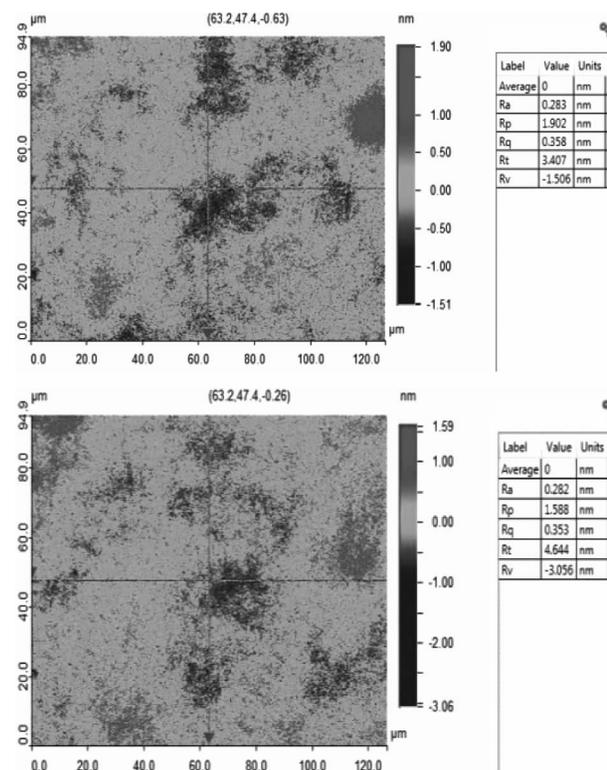


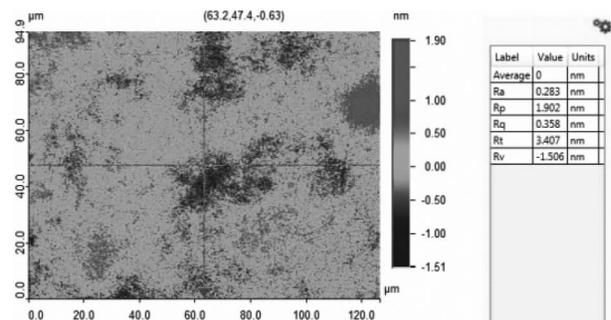
图1 新技术加工后的 CdZnTe 衬底表面粗糙度测试结果(126 μm × 95 μm)

Fig. 1 Surface roughness value of CdZnTe substrate after new technology processing

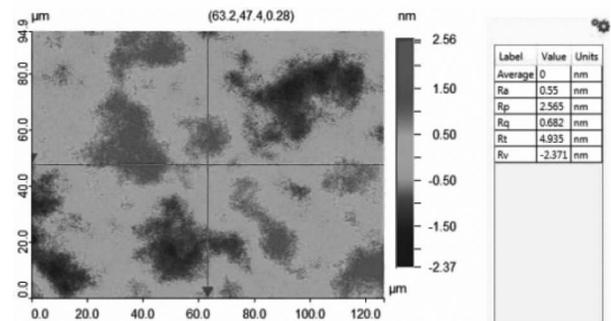
另外,该腐蚀液与碲锌镉反应后的产物基本都溶解于腐蚀液中,少量沉积产物通过晶片表面与抛光垫的相对运动被带走。另外,抛光后的晶片表面吸附能低,使得抛光后的晶片表面不容易吸附周围环境中的分子或原子,因此抛光后的碲锌镉晶片表面的粗糙度低,晶片表面光亮洁净无粘污。

### 2.3 实验结果对比

目前,用于 CZT 衬底的表面加工工艺采用溴甲醇化学抛光,抛光后的表面粗糙度  $R_a$  为 0.5 nm 左右,而采用 NH 腐蚀液的新技术加工后的表面粗糙度  $R_a$  则为 0.3 nm 左右。图 2 和图 3 为新老工艺加工后衬底的测试结果对比。



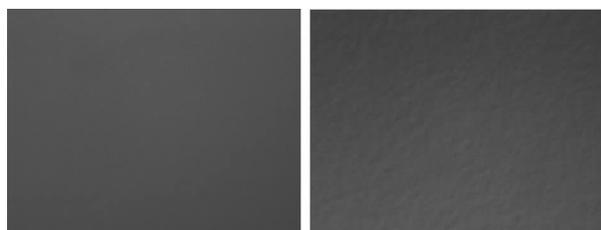
(a) 新技术加工后 CdZnTe 衬底



(b) 传统工艺加工后 CdZnTe 衬底表面

图 2 新技术与传统工艺加工后表面粗糙度对比 ( $126 \mu\text{m} \times 95 \mu\text{m}$ )

Fig. 2 The comparison of surface roughness value after new technology processing and traditional processing ( $126 \mu\text{m} \times 95 \mu\text{m}$ )



(a) 新技术加工后 CdZnTe 衬底 (b) 传统工艺加工后 CdZnTe 衬底

图 3 新技术加工后衬底与传统工艺加工后 CdZnTe 衬底表面形貌对比 ( $\times 100$ )

Fig. 3 The surface morphology comparison of CdZnTe after new technology processing and traditional processing ( $\times 100$ )

### 2.4 应用

通过液相外延工艺在表面生长碲镉汞薄膜后,经过对比发现采用新技术加工后的 CdZnTe 衬底外延后的表面形貌明显优于传统工艺加工后的 CdZnTe 衬底外延后的表面形貌,由于在后续的器件工艺中对材料的平面度有着很高的要求,因此,采用新技术加工后的 CdZnTe 衬底也将为后续的器件工艺奠定一个良好的基础。

### 3 结论

采用新技术加工后的 CdZnTe 衬底表面粗糙度  $R_a$  约为 0.3 nm,最低可到 0.28 nm,该技术指标与代表目前国际上最高水平的日本 Nippon 公司相当,达到了国内一流、国际领先的水平。

与传统的溴甲醇化学抛光工艺相比,抛光后的 CdZnTe 衬底表面粗糙度显著降低,表面质量明显优于溴甲醇化学抛光后的表面。同时,采用新技术加工后的 CdZnTe 衬底表面非常光亮、干净,表面无亮点等粘污,而溴甲醇化学抛光则一直存在抛光后表面有少量亮点的问题,并且多年来无法从根本上解决。因此该技术同时解决了衬底表面粗糙度和表面亮点两个困扰多年的技术难题,同时对于外延后的表面形貌有着显著的提升,为后续的器件工艺也奠定了良好的基础。

软脆 CdZnTe 衬底高质量表面加工技术的成功突破能够直接提升液相外延的 HgCdTe 薄膜质量,作为碲镉汞红外探测器组件一项核心共用技术,该技术的突破对整个碲镉汞红外焦平面探测器组件性能进一步提高有巨大推动作用。

### 参考文献:

- [1] ZHANG Zhenyu, GUO Dongming, et al. Chemical mechanical polishing research of CdZnTe functional crystalline with soft brittle nature[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2008, 44(12): 215 - 225. (in Chinese)
- [2] ZHA Gangqiang. Processing and surface quality controlling of CdZnTe crystal[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2004. (in Chinese)

- 查刚强. CdZnTe 晶体的加工与表面质量控制[D]. 西安:西北工业大学,2004.
- [3] A Bensouici, V Carcelen, J L Plaza, et al. Study of effects of polishing and etching processes on  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  surface quality [J]. *Journal of Crystal Growth*, 2010, 312: 2098 – 2102.
- [4] P Moravec, P Hoschl, J Franc, et al. Chemical polishing of CdZnTe substrates fabricated from crystals grown by the vertical-gradient freezing method[J]. *Journal of Electronic Materials*, 2006, 35(6): 1206 – 1213.
- [5] ZHANG Mei, HUANG Hui. The analyses of cadmium telluride wafers by mechanical chemical polishing[J]. *Infrared Technology*, 2008, 30(2): 111 – 113. (in Chinese)  
张梅, 黄晖. 碲锌镉晶片的机械化学磨抛分析[J]. *红外技术*, 2008, 30(2): 111 – 113.
- [6] CHEN Jun. The surface treatment and passivation studying of CZT crystal [D]. Chengdu: Sichuan University, 2006. (in Chinese)  
陈俊. CdZnTe 晶体的表面处理和钝化研究[D]. 成都: 四川大学, 2006.