

文章编号:1001-9014(2004)06-0469-04

Hg_{1-x}Cd_xTe 光伏探测器的钝化研究

孙涛, 李言谨, 王庆学, 陈兴国, 胡晓宁, 何力

(中国科学院上海技术物理所 功能材料器件中心, 上海 200083)

摘要:用倒易二维点阵对 HgCdTe 光伏探测器钝化及其热处理行为进行了研究,发现溅射沉积的钝化膜会引起 HgCdTe 的晶面弯曲,严重的会出现晶面扭曲和 mosaic 结构,而钝化后的热处理能改善 MCT 晶体的完整性.在不同的钝化介质层钝化 MCT 的研究中发现,ZnS 钝化层在高温下并不稳定,而 CdTe 钝化层却能保持较高的耐温性能.

关键词:HgCdTe; ZnS; CdTe; 钝化; 倒易二维点阵

中图分类号:TN304.2 **文献标识码:**A

STUDY ON THE PASSIVATION OF Hg_{1-x}Cd_xTe PHOTOVOLTAIC DETECTORS

SUN Tao, LI Yan-Jin, WANG Qing-Xue, CHEN Xing-Guo, HU Xiao-Ning, HE Li

(Research Center for Advanced Materials and Devices, Shanghai Institute of Technical Physics,
Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract:The epitaxial layers of HgCdTe passivated by CdTe and ZnS were investigated with high-resolution reciprocal space mapping of X-ray diffraction. It was found that the wafers of HgCdTe were bended and mosaic structures were also observed because of the sputtered passivation layers, and the bended wafers and mosaic structures could be recovered by suitable heating treatment. The experimental results also show that ZnS lacks stability in the high temperature as passivation layer, but CdTe shows excellent performance of high-temperature resistance.

Key words:HgCdTe; ZnS; CdTe; passivation; reciprocal space mapping(RSM)

引言

在 Hg_{1-x}Cd_xTe (MCT) 光伏探测器工艺中,钝化是比较关键的一步,所以,对钝化前后 MCT 晶体结晶度的表征就显得十分重要,但是这方面的研究报道甚少^[1-4].在 MCT 薄膜生长工艺过程中,其结晶质量常以 X 射线衍射摇摆曲线的半峰宽 (FWHM) 来衡量.对于理想体单晶,其摇摆曲线的半峰宽可以根据 X 射线衍射的动力学理论计算出来.对实际生长的钝化结构中,由于受应力、位错等因素的影响,所测得的摇摆曲线半峰宽相对于其本征半峰宽而言都有不同程度的展宽,特别是当 MCT 外延层存在较大的内应力时,摇摆曲线半峰宽的展宽就更加明显了.影响摇摆曲线的展宽的原因可以归结为两类,一类是使晶格的晶向发生变化,另一类是使晶格的晶

面间距发生变化.然而利用摇摆曲线来分析问题时,往往很难将影响摇摆曲线展宽的晶向效应因素和晶面效应因素区分开来.利用高分辨率 X 射线衍射仪以及三轴衍射技术可以测量衍射晶面的倒易点二维图(reciprocal space mapping RSM),并可用来分析晶格的特性,这样可以将影响摇摆曲线展宽的晶向效应因素和晶面效应因素区分开来,使分析变得更加明确可靠^[5,6].

本文中,通过对 MCT 钝化前后及其热处理效应用 RSM 进行了表征,发现溅射的钝化层将会引起 MCT 的晶面弯曲,严重的会出现扭曲和 mosaic 结构.近期研究表明,不同的钝化介质层的 MCT 光电二极管在 80℃ 热处理后由于界面变化而表现出不同的 I-V 特性,其中 ZnS 钝化的二极管热处理后较 CdTe 有较大的表面隧道电流^[7],而我们通过对不同

收稿日期:2003-09-03,修回日期:2004-05-13

基金项目:中国科学院知识创新工程资助项目(KGCX2-SWJG-06)

作者简介:孙涛(1976-),男,贵州贵阳市人,博士研究生,研究方向为 HgCdTe 红外焦平面器件.

Received date: 2003-09-03, revised date: 2004-05-13

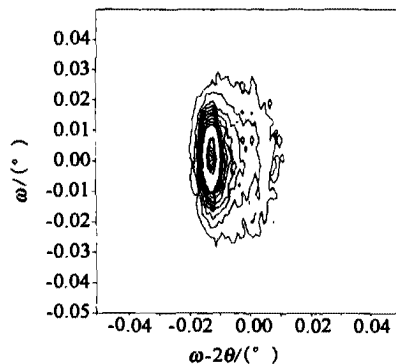


图1 A样品钝化前的倒易二维点阵图(422面)
Fig. 1 The RSM of sample A (before passivation)

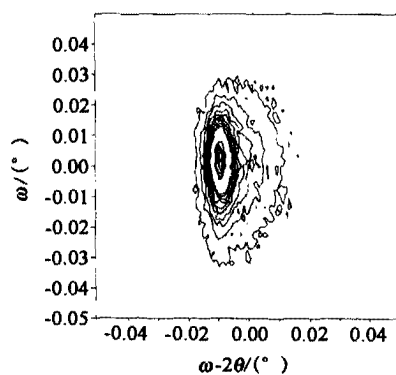


图2 A样品钝化厚度为1800Å(422面)的倒易二维点阵图
Fig. 2 The RSM of sample A (the thickness of passivates is 1800Å)

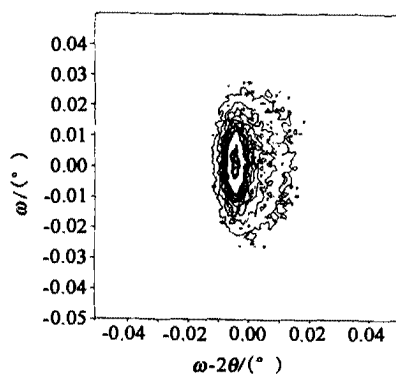


图3 A样品80°C热处理5h后(422面)的倒易二维点阵图
Fig. 3 The RSM of sample A after heat treatment (5h under 80°C)

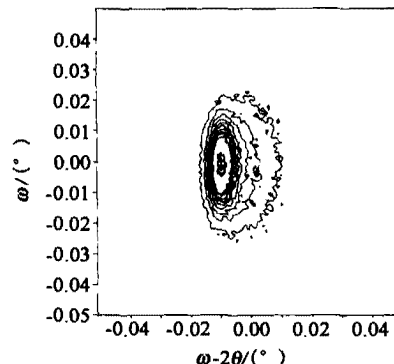


图4 A样品80°C热处理10h后(422面)的倒易二维点阵图
Fig. 4 The RSM of sample A after heat treatment (10h under 80°C)

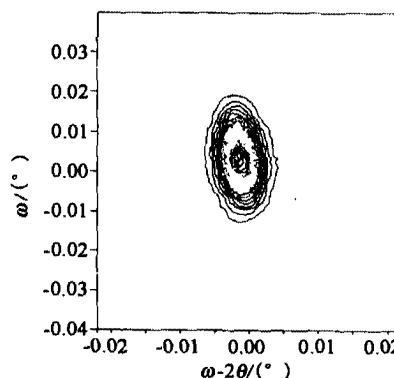


图5 B样品钝化前的倒易二维点阵图(333面)
Fig. 5 The RSM of sample B (before passivation)

60) 高分辨率 X 射线线衍射仪对用溅射 ZnS、CdTe 前后的 HgCdTe 进行了分析. 衍射仪所用的单色器为 Ge(220) 四晶准直单色器, 其 $\Delta\lambda/\lambda$ 为 5×10^{-5} , 采用 ω - 2θ 扫描, 步长为 0.0005° .

图1为MBE生长的HgCdTe外延材料A(衬底为GaAs,外延温度为180°C,MCT表面有800Å原位生长的CdTe)的RSM图,从图中看出,在 ω - 2θ 方向出现一定展宽,这是由于在d空间上出现了变化,图2是溅射1800Å的ZnS后(样品置于冷却靶上,温度为27°C)的RSM图,从图中看出,其 ω 方向出现了展宽,说明HgCdTe的晶面出现严重弯曲.图3为80°C真空热处理5h后的RSM图,从图中看出,经过热处理后,其 ω 展宽方向较图2窄很多,说明HgCdTe的晶面出现严重弯曲状况得到大大改善,这是由于热处理能使表面再生长,表面恢复有序的晶格排列,图4为热处理10h后的RSM图,其晶面弯曲得到进一步改善,能获得较高的晶体完整性,说明在钝化工艺中通过适当的热处理能改善界面状况,

钝化介质层的MCT的热处理前后的RSM图中发现,ZnS钝化层在高温下并不稳定,而CdTe钝化层却能保持较高的耐温性能.

1 实验数据和分析

利用 Philips 公司生产的 Xpert-MRD (PW3120/

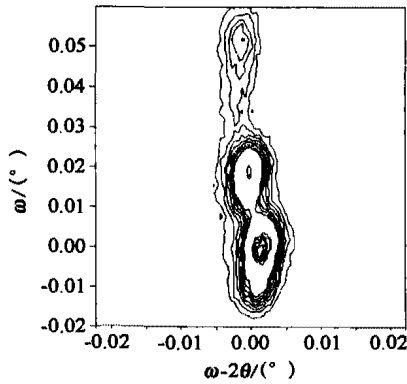


图 6 B 样品钝化厚度为 3200Å (333) 面的倒易二维点阵图
 Fig. 6 The RSM of sample B (the thickness of passivates is 3200Å)

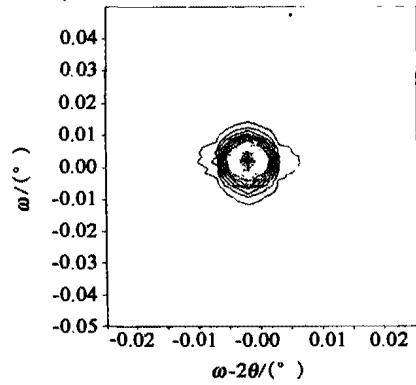


图 9 C 样品钝化前的倒易二维点阵图 (333 面)
 Fig. 9 The RSM of sample (before passivation)

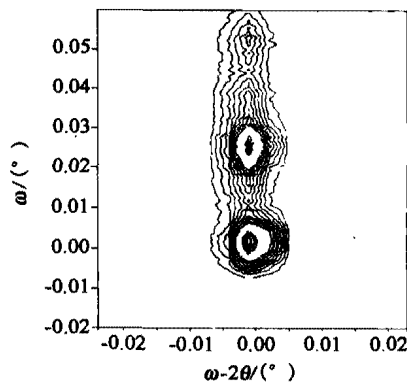


图 7 B 样品 80°C 热处理 5h 后 (333) 面的倒易二维点阵图
 Fig. 7 The RSM of sample B after heat treatment (5h under 80°C)

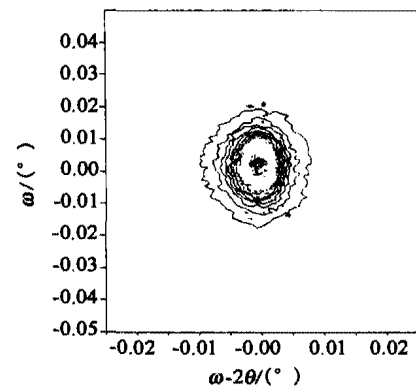


图 10 C 样品钝化厚度为 2500Å (333) 面的倒易二维点阵图
 Fig. 10 The RSM of sample C (the thickness of passivates is 2500Å)

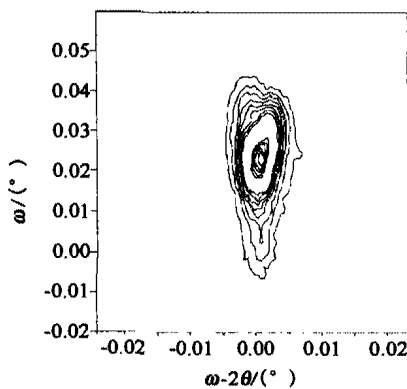


图 8 B 样品 80°C 热处理 10h 后 (333) 面的倒易二维点阵图
 Fig. 8 The RSM of sample B after heat treatment (10h under 80°C)

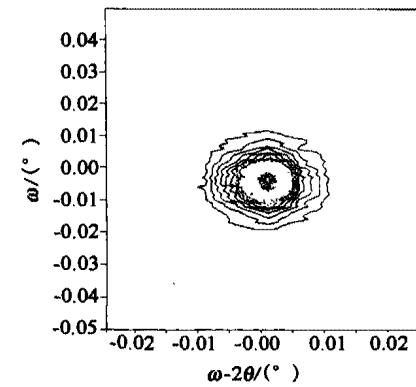


图 11 C 样品 80°C 热处理 10h 后 (333) 面的倒易二维点阵图
 Fig. 11 The RSM of sample C after heat treatment (10h under 80°C)

减少漏电流.

图 5 为 LPE 生长的 MCT 外延材料 B (衬底为 CdZnTe, 外延温度为 460°C) 的 RSM 图, 从图中可以

看出, 衍射图形 ω 方向和 $\omega-2\theta$ 方向均较对称, 说明该材料的晶体完整性较好, 图 6 为测射 3200Å 的 CdTe (样品置于冷却靶上, 温度为 27°C) 的 RSM 图, 从图中可看出, 溅射后的 MCT 的 RSM 图 ω 方向出

现很大展宽,说明 MCT 的晶面出现严重变曲,说明钝化层和 MCT 之间有较大应力,而且沿 ω 方向出现 3 个峰强不同的衍射圆,说明 MCT 的外延面出现大量 mosaic 结构,这种缺陷可大大降低少数载流子的寿命.另外从图中可看出,3 个衍射圆中心并不在一条直线上,说明晶面不仅仅出现了弯曲,甚至出现了扭曲.图 7 为 80℃ 真空热处理 5h 后的 RSM 图,从图中可以看出,RSM 图 ω 方向展宽较图 5 窄,晶面弯曲得到一定改善,但是仍然出现 3 个衍射圆,说明 MCT 的外延面中 mosaic 结构仍然存在,但是其衍射圆的中心几乎在同一条直线上,说明 MCT 的晶体扭曲状况得到了有效改善.图 8 为 80℃ 真空热处理 10h 后的 RSM 图,从图中可看出, ω 方向展宽进一步缩小,晶面弯曲现象得到了明显改善,尽管其衍射圆不对称,但是只有一个衍射圆,说明外延面的 mosaic 结构消失,获得了比较好的晶体完整体.

图 9 为 LPE 生长的 MCT 外延材料 C (衬底为 CdZnTe,外延温度为 460℃) 的 RSM 图,图 10 为溅射 2500Å 的 ZnS 后 (样品置于冷却靶上,温度为 27℃) 的 RSM 图,从图中看出,其 ω 方向出现一定展宽,出现了晶面弯曲,图 11 为 80℃ 热处理 10h 后的 RSM 图,从图中可看出, ω 方向的展宽较图 10 有一定缩小,晶面弯曲得到了改善,但是 ω -2 θ 方向却出现一定方向的展宽,说明晶格参数出现一定变化,这可能是 ZnS/MCT 之间出现互扩散 Zn 取代了 Hg 而与 Te 结合,而被取代的 Hg 逃逸出表面,由于 ZnTe 较小的晶格常数,使得 ω -2 θ 方向却出现一定方向的展宽,说明 ZnS 在高温下并不稳定.而样品 A 在高温热处理后其 ω -2 θ 方向并未出现明显展宽,这是由于 MCT 表面原位生长了 800Å 的 CdTe,阻止 Hg 逃逸出表面,而样品 B 经过热处理后其 ω -2 θ 方向也未出现明显展宽,说明 CdTe/HgCdTe 结构有较

高的热稳定性. White^[7] 在对单纯热蒸发 CdTe、ZnS 和 CdTe + ZnS 复合膜对中波 HgCdTe n-on-p 光电二极管钝化的热稳定性研究中也得到了类似的结论.

2 结语

在本文中,我们通过对 MCT 钝化前后及热处理行为用 RSM 进行了表征,发现溅射将会引起 MCT 的晶面弯曲,严重的会出现扭曲和 mosaic 结构,而钝化后的热处理能改善 MCT 的晶体的完整性.而在不同的钝化介质层钝化 MCT 的研究中发现,ZnS 钝化层的高温下并不稳定,而 CdTe 钝化层却能保持较高的耐温性能.

REFERENCES

- [1] Chen M C, List R S, Chandra D, *et al.* Key performance-limiting defects in P-on-N HgCdTe LPE heterojunction infrared photodiodes [J]. *J. Electron. Mater.*, 1996, **25** (8): 1375—1382.
- [2] Wijewarnasuriya P S, Zandian M, Yong D B, *et al.* Microscopic Defects on MBE Grown LWIR Hg_{1-x}Cd_xTe Material and their Impact on Device Performance [J]. *J. Electron. Mater.*, 1999, **28** (6): 649—654.
- [3] Bhan R K, Koul S K, Basu P K. Analysis of the idealith factor in surface leaky HgCdTe photodiodes for the long-wavelength infrared region [J]. *Semiconductor Sci. and Tech.*, 1997, **12**: 448—454.
- [4] Wenbin Sang, Ju Jianhua, Shi Weiming, *et al.* Comparison of physical passivation of Hg_{1-x}Cd_xTe [J]. *J. Crystal Growth*, 2000, 214/215: 265—268.
- [5] Paul F Fewster. *X-ray Scattering from Semiconductors* [M]. London: Imperial College Press, 2000, 243—276.
- [6] Ni WX, Lytovich K, Alami J, *et al.* X-ray reciprocal space mapping studies of strain relaxation in thin SiGe layers ($\leq 100\text{nm}$) using a low temperature growth step [J]. *J. Crystal Growth*, 2001, 227/228: 756—760.
- [7] White J K, Antoszewski, Pal R, *et al.* Passivation effect on reactive-ion-etch-formed n-on-p Junctions in HgCdTe. [J] *J. Electron. Mater.*, 2002, **31** (7): 743—748.