

文章编号: 1672-8785(2017)08-0019-04

碲镉汞薄膜减薄损伤的扫描电镜研究

许秀娟¹ 周 哲² 折伟林¹ 付 伟¹ 李春领¹

(1. 华北光电技术研究所, 北京 100015;

2. 中电科电子装备集团有限公司, 北京 100070)

摘 要: 对由碲镉汞薄膜减薄工艺导致的损伤层的研究至关重要。采用扫描电镜研究了碲镉汞薄膜经减薄工艺后的损伤层, 获得了非常有价值的实验结果。结果对由碲镉汞薄膜减薄工艺形成损伤层的认识和后续的工艺优化具有非常重要的指导意义。

关键词: 碲镉汞; 减薄; 损伤层; 扫描电镜; 透射电镜

中图分类号: TN213 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2017.08.004

Study of Damage of Mercury Cadmium Telluride Films after Polishing by SEM

XU Xiu-juan¹, ZHOU Zhe², SHE Wei-lin¹, FU Wei¹, LI Chun-ling¹

(1. North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China;

2. CETC Electronics Equipment Group CO., LTD., Beijing 100070, China)

Abstract: To study the damage of a Mercury Cadmium Telluride (HgCdTe) film caused by its thinning technology is most important. By using the Scanning Electron Microscopy (SEM) to study the damage layer of the HgCdTe film after thinning, valuable experimental results are obtained. These results are of great significance both to the understanding of the damage of HgCdTe films caused by thinning technology and to the subsequent optimization of the related thinning technology.

Key words: HgCdTe; polishing; damage layer; SEM; TEM

0 引言

碲镉汞是制作红外探测器的重要材料, 在红外遥感、导弹预警、红外侦察、成像制导、天文观测以及航天领域等方面都有大量的应用, 至今仍是重要战略战术应用首选的材料体系。随着红外技术的不断发展, 先进的红外系统要求探测器具有更高的探测识别能力和双/多色同时探测能力。碲镉汞作为第三代红外探测器发展的重点材料, 随着需求和应用的拓广, 对技术指标的要求越来越高。基于现有的工艺水平如

何有效提高碲镉汞探测器最终的技术指标变得迫在眉睫。随着研究的深入, 人们深刻认识到, 与碲镉汞探测器工艺制备过程有关的缺陷会直接影响光电探测器的灵敏度, 其中, 制备工艺中由碲镉汞减薄工艺产生的损伤层会直接影响器件工艺的成品率和质量(性能和寿命)。所以掌握器件减薄工艺对碲镉汞薄膜造成的损伤状况显得尤其重要, 并具有实际意义。只有了解和掌握了减薄工艺中的损伤信息, 才能找到优化和改进碲镉汞薄膜减薄工艺参数的方法, 才能有

收稿日期: 2017-04-11

作者简介: 许秀娟(1978-), 女, 黑龙江庆安人, 硕士, 高级工程师, 主要从事红外材料和器件光电性能的研究。

E-mail: xuwenying1001@163.com

效地控制最终薄膜加工的质量,从而提高碲镉汞芯片的质量。本文采用扫描电子显微镜对由碲镉汞薄膜减薄工艺形成的损伤层及损伤程度进行研究,并以此来评价和掌握碲镉汞薄膜经过减薄工艺后引入的损伤的详细信息。

1 碲镉汞薄膜的损伤类型和损伤深度

碲镉汞薄膜在减薄工艺过程中产生的损伤主要分为两类^[1,2],即表面损伤和亚表面损伤。由于减薄工艺过程对薄膜表面层晶格产生的直接破坏作用,表面层内的晶格会发生严重的畸变,产生缺陷、空位等,表面原子格点位置会横向偏离,表面原子会纵向错位。减薄工艺中出现的表面损伤一般为划痕、破碎、微裂纹、凹坑和橘皮等,亚表面损伤主要指相变、位错、层错、微裂纹以及残余应力等。薄膜损伤层的存在会严重影响后续工艺中碲镉汞薄膜探测器的性能,也会导致探测器的性能不均匀,甚至形成盲元。

有些文献报道了碲镉汞薄膜损伤层的评价方法^[2],还报道了对经化学抛光后的碲镉汞薄膜分别用扫描电子显微镜^[2-6]和透射电子显微镜^[7,8]进行的损伤层测试。实验结果显示,扫描电子显微镜测试获得的深度信息与透射电子显微镜测试获得的损伤层的深度信息完全吻合。由于由透射电镜测试所得的结果具有高准确性,实验结果也说明采用扫描电子显微镜测试损伤层是可信、可靠和可行的,实际工作中,只有掌握碲镉汞薄膜减薄工艺中各个不同模式下的最大损伤程度,才能使减薄工艺水平和最终碲镉汞芯片的质量得到有效提高。因此,本文选用扫描电镜来开展碲镉汞薄膜减薄工艺中各个模式下损伤的研究。

2 实验

测试所用的碲镉汞样品为液相外延生长的碲镉汞材料,经磨抛工艺按照不同的方法进行减薄。首先用美国 FEI 公司生产的扫描电镜对减薄后的实验样品进行表面形貌测试,然后对其进行物理解理,再用扫描电镜对其解理面进行形貌测试。

用扫描电镜对碲镉汞薄膜减薄后的表面形貌进行分析^[2],可观察到亮暗相间的二次电子像、表面划痕以及一些其他的区域缺陷;但该过程无法给出损伤层的厚度信息。采用扫描电镜对经减薄工艺后的碲镉汞薄膜的解理面的形貌进行分析,可直观地得到损伤层的厚度信息,但该项测试的关键在于将样品成功地物理解理。用扫描电镜进行的测试虽属于破坏性测试,但它具有快捷、可行、可靠、准确和实用等优点。另外,扫描电镜虽然不能直接给出样品损伤的具体类型,但人们却可以通过解理面的形貌像来观察损伤层的存在和厚度信息。

3 结果与讨论

为了更快捷有效准确地评估碲镉汞薄膜减薄后损伤层的状况,本文选用两种不同的磨抛工艺方法分别对碲镉汞薄膜进行减薄。把减薄后的碲镉汞薄膜作为实验样品,用 FEI 的扫描电镜测试样品的表面形貌像和解理面形貌像开展薄膜损伤的研究。

3.1 粗磨

样品为采用液相外延方法生长的碲镉汞薄膜材料,采用磨抛工艺中的粗磨方式进行减薄。

图 1 是碲镉汞薄膜经磨抛工艺中的粗磨方式减薄后表面上不同位置的扫描电镜测试结果。图中清楚直观地显示出了碲镉汞薄膜的表面损伤状况,表面凹凸不平、划痕深浅不一、方向各异。虽然从扫描电镜测试结果上仅能观察到一些表面损伤类型信息,无法准确获知亚表面损伤的状况,但表面损伤信息有助于进一步分析和优化磨抛工艺以及进行后续的亚表面损伤研究。

图 2 是碲镉汞薄膜经磨抛工艺中的粗磨方式减薄后片上不同位置的解理后截面的扫描电镜测试结果。从图 2 的形貌像不仅能观察到表面损伤的状况,还能清楚地观察到解理面上损伤层的信息。实验结果显示,损伤层的厚度深浅不一,从 1.2 μm 到 4.67 μm 不等。原因可能是碲镉汞薄膜自身的表面起伏使磨抛器具与整个样品表面接触不均匀,使得减薄对表面层晶格产生

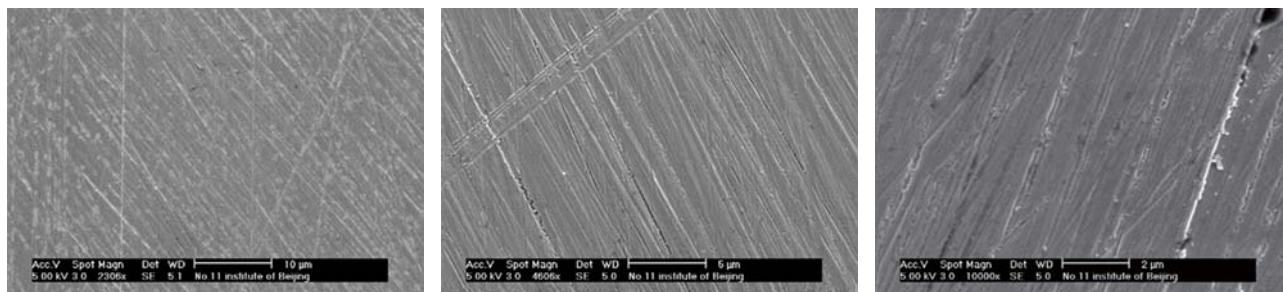


图 1 碲镉汞薄膜的表面 SEM 测试结果

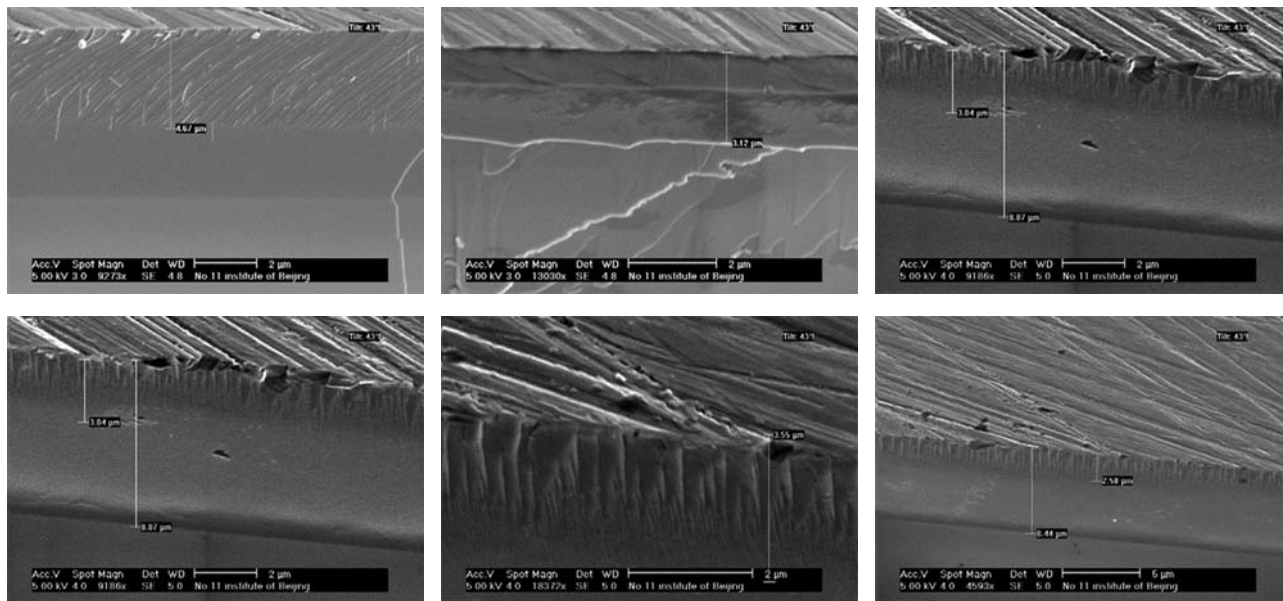


图 2 碲镉汞薄膜截面的 SEM 测试结果

直接破坏作用,引起表面原子格点位置横向偏离和程度不同的纵向错位,致使表面的粗糙度不同,表面层的晶格遭到严重破坏,因此出现了表面划痕的深浅不一,最终导致解理面上出现了损伤程度深浅不一的情况。虽然损伤有不同的展现形式,但是我们都准确地确定出损伤层。另外,从图 2 中虽然可以通过形貌像清楚地观察到损伤层的信息,却无法获知解理面上损伤的具体类型。要想精确地获知损伤类型,后续可借助于透射电镜测试。但扫描电镜表征出的损伤深度情况可为后续抛光工艺参数的改进和优化提供指导方向和重要的参考性依据。

3.2 细磨

样品为采用液相外延方法生长的碲镉汞薄膜材料,采用磨抛工艺中的细磨方式进行减薄。

图 3 是碲镉汞薄膜经磨抛工艺中的细磨方式减薄后片上不同位置解理后截面的扫描电镜测试结果。从图中的形貌像能观察到表面损伤状况,且能清楚地观察到解理面上的损伤层。结果显示,表面未观察到裂纹时,解理面上却观察到了严重的裂纹现象,即不可见的亚表面损伤。这是由于磨抛导致的表面层下一定深度内的晶格发生了严重畸变,形成了内部损伤,损伤的深度深浅不一。这是减薄对碲镉汞薄膜表面层晶格产生了直接破坏作用,使其与整个样品表面接触不均匀的缘故。相较于磨抛工艺,单纯采用粗磨减薄后损伤深度的起伏有所好转,深度在 $2 \sim 3 \mu\text{m}$ 之间波动,最大损伤深度明显减小。由此可见,扫描电镜表征的这一损伤信息同样可为后续抛光工艺参数的改进和优化提供参考。

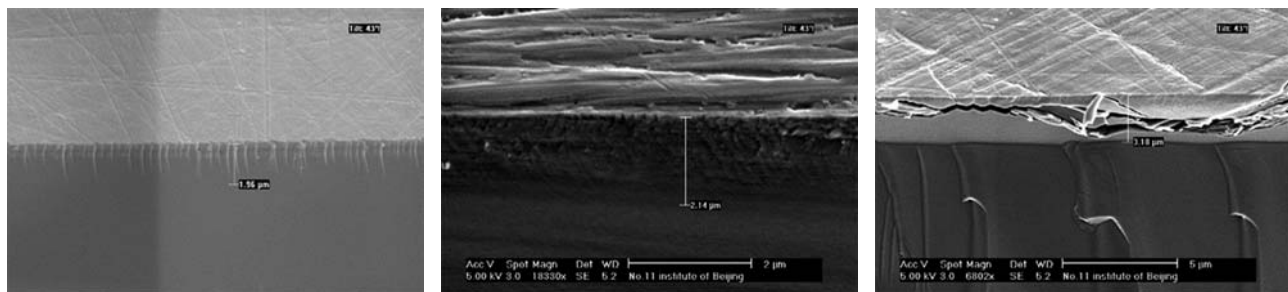


图3 碲镉汞薄膜截面的SEM测试结果

4 结论

采用扫描电镜分别测试了碲镉汞薄膜经过粗磨和经过细磨后的表面形貌像和解理面形貌像,得到了经过两种不同减薄工艺后的碲镉汞薄膜损伤层信息,获得了非常有价值的实验结果。实验结果显示,采用细磨的方式对碲镉汞薄膜进行减薄产生的损伤层的最大深度比采用粗磨方式要小得多。通过扫描电镜对减薄后的碲镉汞薄膜损伤层进行研究,认识并掌握了碲镉汞薄膜的损伤层信息,这为后续碲镉汞薄膜减薄工艺方法和参数的优化与改进提供了重要的参考依据和指导意义。这也表明采用扫描电镜测试碲镉汞薄膜的损伤层是评价碲镉汞薄膜减薄后损伤层的一种非常有效的检测方法。

参考文献

- [1] 郎艳菊. CZT 晶体加工表面/亚表面损伤研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [2] 许秀娟, 田震. 碲镉汞薄膜减薄工艺损伤层的评价方法及应用 [J]. 激光与红外, 2015, 45(3): 235-239.
- [3] 康俊勇, 黄启圣, 王家库, 等. HgCdTe 晶片研磨和抛光表面的扫描电镜观察 [J]. 红外技术, 1999, 21(6): 24-27.
- [4] Li Y, Yi X J, Cai L P. Study on Surface Oxidative Characterization of LPE HgCdTe Epilayer by X-ray Photoelectron Spectroscopy [J]. International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2000, 21(1): 31-37.
- [5] Madejczyk P, Piotrowski A, Klos K. Surface Smoothness Improvement of HgCdTe Layers Grown by MOCVD [J]. Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences, 2009, 57(2): 139-146.
- [6] Farrell S, Mulpuri V, Rao G, et al. Comparison of the Schaeke and Benson Etches to Delineate Dislocations in HgCdTe Layers [J]. Journal of Electronic Materials, 2013, 42(11): 3097-3102.
- [7] Mollard L, Destefanis G, Rothman J, et al. HgCdTe FPAs Made by Arsenic-ion Implantation [C]. SPIE, 2008, 6940: 69400F.
- [8] Mollard L, Destefanis G, Bourgeois G, et al. State of p-on-n Arsenic-implanted HgCdTe Technologies [J]. Journal of Electronic Materials, 2011, 40(8): 1830-1839.

新闻动态 News

美国洛克希德·马丁公司将研制地球同步碳循环观测任务有效载荷

据 www.lockheedmartin.com 网站报道, 美国洛克希德·马丁公司将为美国国家航空航天局 (NASA) 的地球同步碳循环观测 (GeoCARB) 任务研制一台搭载于商业地球同步轨道卫星的先进红外光谱仪, 以帮助科学家们更好地了解地球的碳循环和植被健康状况。

相关人员表示, 该公司在红外探测和搭载有效载荷方面具有丰富经验, 他们也将与俄克拉荷马大学、NASA 以及科罗拉多州立大学合作完成此次任务。

洛克希德·马丁公司位于帕洛阿尔托的先进技术中心 (ATC) 将基于詹姆斯·韦伯望远镜 (JWST) 的近红外相机 (NIRCam) 设计来研制这个搭载有效载荷。与深空探测不同, 预计于 2022 年升空的 GeoCARB 红外光谱仪将用于测量地球大气中的二氧化碳、一氧化碳和甲烷以及太阳光诱导荧光数据。

□ 岳桢千