

文章编号:1001-5078(2007)06-0524-03

半导体湿法腐蚀中溶液的红外热像分布及变化特性

罗 颖,叶玉堂,刘 霖,陈镇龙,田 晓,王昱琳
(电子科技大学光电信息学院,四川成都 610054)

摘要:提出了半导体湿法腐蚀中溶液热分布及其变化特性的红外热像分析方法。该方法的实质是湿法腐蚀中伴随着热量的生成与腐蚀液的热对流,利用红外热像分布图可以有效地显示该特征。实验结果表明:在半导体腐蚀过程中,化学热以半导体材料为中心,向四周梯度状对流;向上的热对流速率明显大于水平的热对流速率;红外热像仪可以实时纪录热对流过程,并获得任意时刻、任意小区域的热对流情况,使得对湿法腐蚀过程中热对流特性的分析和理解更加直观。该方法的引入对半导体腐蚀过程中温度精确控制、腐蚀性能提高有重要的价值。

关键词:湿法腐蚀;红外热像;热对流

中图分类号:TN219; TN305.7 **文献标识码:**A

The Distribution of Solution Infrared Image and Its Mutative Characteristic in the Processing of Semiconductor Wet Etching

LUO Ying, YE Yu-tang, LIU Lin, CHEN Zhen-long, TIAN Xiao, WANG Yu-lin
(School of Opto-electronic Information, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract:Infrared image analytic method is put forth aiming at the thermal distribution of solution and its mutative characteristic in the processing of semiconductor wet etching. As heat is generated and heat convection simultaneously takes place in etching solution during the processing of wet etching, the thermal characteristic could be analyzed effectively with the distribution of infrared image. Experiment results show as follows: in the processing of semiconductor etching, chemical heat centers in the semiconductor material, and is convected gradually in all directions; the vertical heat convection velocity is obviously swifter than the horizontal; the process of heat convection can be realtimely recorded, and the heat convection situation can be gotten in any small area at any time by infrared camera which makes the analyse and understanding of heat convection characteristic in the processing of wet etching more intuitionistic. This method is valued in precisely controlling the temperature and improving the etching performance in the processing of semiconductor etching.

Key words:wet etching; infrared image; heat convection

1 引言

半导体湿法刻蚀过程中的热生成及热对流特性一直是国内外学者研究的热点。Douglas C. Hall 等人分别用湿热氧化 AlGaAs 的方法研究了在氧化还原反应过程中各个反应的产物以反应系统能量的变化^[1-2];Fereydoun Lakestani 等人通过确定加热物体

基金项目:国家自然科学基金(No. 60277008);教育部重点项目(No. 03147);国防科技重点实验室基金项目(No. 514910501005DZ0201);四川省科技厅资助课题(No. 04GG021 - 020 - 01)。

作者简介:罗 颖(1983-),男,布依族,硕士研究生,主要从事光电集成和激光微细加工研究。E-mail:luoying_4610619@163.com
收稿日期:2006-10-26

表面的一个调制点,利用温度探测器检测距热源距离不断增加的被调制物体表面温度的相移,分析固体材料的热扩散^[3];Junchang Li 等人理论上阐述了媒体介质中时间对热扩散速率的影响,等等^[4]。但是,以上学者的研究均停留在理论描述上,缺乏有效的实验支撑和观测手段,对该领域的发展形成了阻碍;另一方面,随着半导体产业不断地发展,生产的半导体晶面面积不断增大,热分布不均匀大大降低了大面积刻蚀中腐蚀面的均匀性,所以湿法腐蚀过程中的热扩散和热对流具有重要的研究价值。

本文提出采用红外热像图分析的方法,顺序采集半导体腐蚀过程的红外热像图,并转化为灰度值进行分析,借助计算机对数据的处理,可以有效地实现腐蚀液的热生成和热对流的实时监控。

2 试验方法

红外热像法分析腐蚀过程中腐蚀液热分布实验装置如图 1 所示,它主要分为腐蚀装置、红外热像仪及三维平台和计算机等三部分。红外热像仪安置在三维平台上,由计算机控制,通过空间位置的调节来改变观测的角度;腐蚀的进程中的红外辐射信号通过红外热像仪传输到计算机,然后再进行处理。红外热像仪的性能参数决定了实验效果的优劣,这里采用的是 SAT - HY600 红外热像仪,其响应率为 4mV/K,温度分辨率可达到 0.1°C。

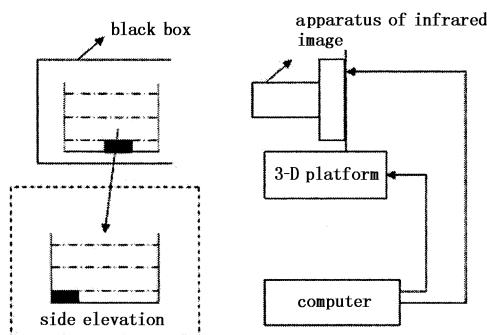


图 1 红外热像仪法观测腐蚀进程实验装置

Fig. 1 schematic of infrared image method in wet-etching apparatus

实验在室温下进行,采用体积比 $H_2SO_4:H_2O_2:H_2O = 1:2:17$ 的混合腐蚀液。每组实验共采集了 360 幅溶液的灰度分布图,每幅图之间的间隔为 0.1s。实验

所得到温度灰度图可以很直观地呈现了腐蚀进程中溶液的热生成及热对流过程,再经过计算机对灰度图的处理,可以得到腐蚀液的温度分布的特征。考虑到外部环境(人体温度、太阳的辐射)对实验结果造成的影响,实验装置还添加了黑箱。

3 实验结果及讨论

每组实验都客观地反映了腐蚀进程中热像分布的变化,大体上都是一致的,在此抽取出其中的一组实验数据进行分析。在对每一组实验灰度分布图组中,我们选取了四幅来进行比较,然后对腐蚀过程中热像的分布特性进行分析。

图 2(a)~(d) 反应了腐蚀整个过程的情况。如图 2(a)所示,腐蚀开始时基片的温度与溶液温度存在明显的差异,图中可以看到基片大体的形状,基片周围腐蚀液温度开始升高,灰度值呈非对称分布;反应少许时间,如图 2(b)所示,腐蚀产生的热量继续增加,基片周围的灰度值继续升高,成带状分布;如图 2(c)所示,反应 7.5s 后,整个面上的温度灰度值显现出了明显的梯度变化,以基片为原点向左递减;而反应 11.4s 后,如图 2(d)所示,大体的灰度分布的形状和 7.5s 时差不多,只是总体的值升高。

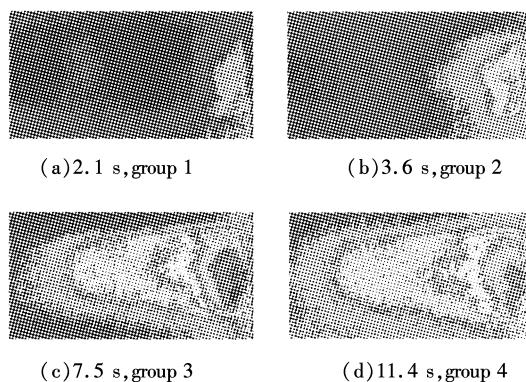


图 2 腐蚀液侧面红外热像图

Fig. 2 side infrared image of corrosive liquid

我们将图 2(a)~(d) 的温度灰度转为三维分布立体图,如图 3(a)~(d) 所示,通过它可以更加直观的分析腐蚀进程中温度扩散的过程。对腐蚀过程中时序选取的红外灰度图像进行分析,可以大体的看到,腐蚀过程产生热量,而且产生的热量不断地增加。腐蚀产生的热量使得基片和溶液的温度升

高,溶液的温度升高大体为:腐蚀初期腐蚀产生的热量迫使基片和基片周围的浅液层温度开始升高,液层与液层间温度出现了差异,导致了热量在液层间传递;总体上,在水平液层面上主要是液层与液层之间的温度差异引起的热扩散及温度梯度导致的热应力引起的热对流,在竖直液层面上主要是热扩散;对比四个灰度图可以得到,在水平液层面上由于两种效应的作用,热传导的速率相对来说要快的很多,而在竖直液层面上主要是热扩散的作用,使其热传导的速率要相对缓慢的多。

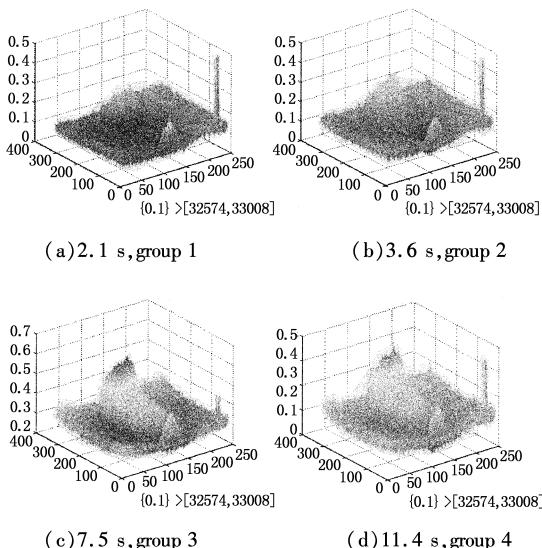


图3 腐蚀液侧面三维灰度图

Fig.3 side three dimension gray-scale picture of corrosive liquid

4 结论

实验表明,利用腐蚀液的红外热像图能实时有效的表征腐蚀液中热分布的变化情况,并有效分析腐蚀过程中溶液的热分布变化特征;运用腐蚀液的红外热像图分析及表征腐蚀进程中的热分布简化了热分析的过程,便于量化地表征热流密度。在以后的工作将进一步结合热传导理论量化地分析溶液中腐蚀液的热传导密度及大面积基片的相邻微小面元间的热传导。

参考文献:

- [1] Yong Luo, Douglas C Hall. Nonselective wet oxidation of AlGaAs heterostructure waveguides through controlled addition of oxygen [J]. IEEE Journal of Selected Topics In Quantum Electronics, 2005, 11(6): 1284 – 1291.
- [2] Robert T Brown. Laser-assisted selective chemical etching for active trimming of GaAs waveguide devices [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 1990, 5(2): 346 – 348.
- [3] Fereydoun Lakestani, Antonio Salerno, Alberto Volcan. Method for measuring thermal diffusivity on bulk samples [C]// Proc. of SPIE 2004, 5405: 447 – 455.
- [4] Junchang Li, Yunchang Fu. On the speeds of the thermal diffusion [C]// 1999 International Conference on Industrial Lasers, Fuxi Gan, Horst Weber, Zaiguang Li, Qingming Chen, Editors, September 1999: 382 – 387.
- [5] R S Burton, T E Schlesinger. Wet thermal oxidation of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ compounds [J]. J. Appl. Phys., 1994, 76(9): 1.
- [6] Gershonw, Abrahamm. Apparent contact angles on rough surfaces: the Wenzel equation revisited [J]. Colloids and Surface A: Physicochemical and Eng Aspects, 1999, 156: 381 – 388.
- [7] Lamenc, Kolhy, Yulmy, et al. Dynamic cycling contact angle measurements: study of advancing and receding contact angles [J]. J. of Colloid and Interface Sci., 2001, 243: 208 – 218.
- [8] LI Jia-zhi. The principles of semiconductor chemistry [M]. Beijing: Science Press, 1980: 243 – 244. (in Chinese)
- [9] Liu Lin. A new order-selective etching method in laser induced wet-chemical etching [J]. Chinese Journal of Laser, 2006, 33(1): 49 – 52. (in Chinese)
- [10] Liu Lin. New method of laser induced wet-chemical [J]. Opto-Electronic Engineering, 2005, 32(10): 89 – 92. (in Chinese)
- [11] Liu Lin. Laser etching holes diameter controlling and transverse etching [J]. Journal of Optoelectronics · Laser, 2005, 16(7): 841 – 844. (in Chinese)
- [12] Notten P H L, Van den Meerakker Jeam, Kwly J J. Etching of III-V semiconductors, an electrochemical approach [M]. Oxford: Elsvier Advanced Technology, 1991.
- [13] MARMUR A. Contact angle hysteresis on heterogeneous smooth surfaces [J]. J. Colloid and Interface Sci., 1994, 168: 40 – 46.