

ULSI 硅衬底化学机械研磨技术研究

周建伟[†] 刘玉岭 张 伟

(河北工业大学微电子研究所, 天津 300130)

摘要: 通过对传统硅片研磨加工工艺过程中的问题进行深入研究和分析,总结了影响硅片表面质量的主要影响因素,提出了将化学机械平整化技术应用到 ULSI 硅衬底研磨加工的新方法,在研磨加工过程中减少强烈的、单一的机械作用,增加化学作用.通过实验研究得出了研磨速率提高 20%,表面粗糙度降低,有效地降低了硅片表面损伤.

关键词: 硅片; CMP; 表面活性剂; 研磨速率; 粗糙度

PACC: 6825 **EEACC:** 2520M; 2550E; 8620

中图分类号: TN305.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-4177(2007)S0-0572-02

1 引言

超大规模集成电路硅衬底成型加工包括切片、倒角、研磨、精密抛光等工序.在研磨工序使用研磨机对硅晶片进行双面研磨,研磨被加工的硅晶片时,普遍采用中性的研磨液,研磨液的组分一般包括润滑剂、水、金刚砂微粉磨料等.研磨机理主要是在磨盘的压力和旋转下,通过磨盘的旋转带动研磨液和磨料对晶片表面进行机械研磨,去除硅片表面因前道工序造成的损伤层,降低表面应力,实现晶片表面平整化.在该工序中,研磨液的作用仅仅起到了润滑、冷却和洗去切屑的作用^[1].在上述研磨工艺中,去除硅片表面晶粒主要靠磨料的强机械作用.这种加工方式造成硅片表面粗糙、易出现划伤、残余应力大、碎片、崩边等问题,也使后续抛光去除量大,抛光生产效率低^[2].

化学机械平整化(chemical mechanical polishing, CMP)技术是超大规模集成电路(ULSI)多层布线平整工艺的唯一有效方法^[3,4],目前主要应用于精密抛光及后续工序.

为了解决上述问题,本文采取了增强研磨过程的化学作用、减缓强烈的机械作用、以化学机械研磨工艺替代单一的强机械作用的工艺技术路线,最终达到降低表面粗糙度、减少硅片表面损伤、提高研磨速率^[5]的目的.

2 化学作用及其机理分析

依据硅元素的化学性质,硅可与碱发生化学反

应,即 $\text{Si} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}_2 \uparrow$.在碱性环境下,晶片表面可形成溶于水的、易去除的产物;在磨料的作用下,不断剥离晶片表面,缓和了强烈的机械作用,提高了研磨速率.化学作用均匀地作用于硅片的被加工表面,可使硅片剩余损伤层小,减小了后续工序加工量,有利于降低生产成本.碱性研磨液对金属有钝化作用,避免研磨液腐蚀设备.

适当的表面活性剂可作为分散剂和渗透剂,分散剂可以吸附于固体颗粒表面而产生足够高的位垒和电垒,不仅阻碍切屑颗粒在新表面的吸附,而且,分散剂与渗透剂共同作用,渗到磨料与晶粒的切口微细裂纹中去,使固体颗粒的表面能或界面张力有明显的降低.表面活性物质在颗粒的表面上的覆盖率越大,表面张力降低得越多,则系统的表面吉布斯函数越小.因此表面活性物质不仅可自动吸附在颗粒的表面上,而且还可自动地渗入到微细裂纹中去并能向深处扩展,形成化学能的劈裂作用,在这种劈裂力的作用下微裂纹不但无法愈合^[6],而且扩大,便于磨屑脱离基体,提高研磨效率.

渗透剂兼有润滑剂的作用,能极大地降低研磨液的表面张力,使本研磨液具有良好的渗透性,使研磨液很容易渗透到磨料与硅片之间,具有减小磨料、切屑与硅片表面之间的摩擦作用,有效地降低机械损伤.良好的渗透性促使研磨液及时均匀地作用于磨料与硅片之间,保证其化学作用的连贯性及一致性,并可充分发挥研磨液的冷却作用,防止硅片表面热应力的积累.

表面活性剂的选取一般应遵循以下原则:易溶于水,稳定性好;和其他表面活性剂具有较好的相容性、CMC 值低^[6];环保,成本低.

[†] 通信作者. Email: jwzhou@hebut.edu.cn

2006-12-12 收到

3 研磨实验

实验仪器为 JZHY-180 界面张力仪, Mettler Toledo 320pH 计, $\Phi 1.5$ 毛细管粘度计, 兰新双面磨片机。

表面活性剂的选取, 经过实验, 分别选定聚乙二醇作为分散剂, 聚氧乙烯叔烷基醇醚(HJFC)作为渗透剂. 为了减少金属离子污染, 选用有机碱羟乙基乙二胺作为 pH 值调节剂, 去离子水作为溶剂, 磨料选用 W14 金刚砂。

将各试剂按如下质量分数混合成研磨液:

聚乙二醇 4%, 羟乙基乙二胺 2%, 聚氧乙烯叔烷基醇醚(HJFC) 0.3%, 金刚砂 31.3%, 去离子水 62.4%。研磨液的 pH 值为 11.8, 粘度为 53s, 表面张力为 36.5mN/m,

在兰新双面磨片机上分别用在线生产用研磨液和 CMP 研磨液进行对比实验. 每台机器每次磨 20 片, 分别研磨 4 组(各 80 片), 研磨压力为 1.5kg. 所得数据如表 1 所示。

表 1 对比研磨实验结果

Table 1 Comparison experimental results on lapping

	平均去除量/ μm	速率均值/ $(\mu\text{m}/\text{圈})$
在线研磨液	56	0.32
CMP 碱性复合研磨液	62	0.40
平均速率差		0.08

实验结论: CMP 速率提高 25%。生产检验, CMP 研磨片表面光亮细腻, 无崩边、划道损伤, 无碎片, 成品率高。

4 结论

在超大规模集成电路硅衬底成型加工前道研磨工序, 采用化学机械研磨, 研磨速率可提高 20% 以上, 可降低硅片表面粗糙度, 有效减少表面损伤, 降低后续工序的加工量, 提高硅片的成品率。

参考文献

- [1] Zhou Jianwei, Liu Yuling, Li Weiwei, et al. The research of the slicing slurry in the process of the ULSI substrate slicing. Proceedings of the 3rd International Conference on Semiconductor Technology, Shanghai, 2004; 284
- [2] Chen Mingjun, Dong Shen, Li Dan, et al. Study on ultra-precision grinding of single silicon material in the ductile mode. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2000, 36(2); 8(in Chinese)[陈明君, 董申, 李旦, 等. 单晶硅脆性材料塑性域超精密磨削加工的研究. 航空精密制造技术, 2000, 36(2); 8]
- [3] Li Weiwei, Zhou Jianwei, Yin Rui, et al. Study of CMP technology for tungsten plug in ULSI. Semiconductor Technology, 2006, 31(1); 26 (in Chinese) [李薇薇, 周建伟, 尹睿, 等. IC 制备中钨插塞 CMP 技术的研究. 半导体技术, 2006, 31(1); 26]
- [4] Zhang Kailiang, Song Zhitang, Feng Songlin, et al. Research and prospects of chemical mechanical polishing for ULSI. Microelectronics, 2005, 35(3); 226(in Chinese)[张楷亮, 宋志棠, 封松林, 等. ULSI 化学机械抛光的研究与展望. 微电子学, 2005, 35(3); 226]
- [5] Zhang Kailiang, Liu Yuling, Wang Fang, et al. Chemic-mechanical polishing of silicon wafer in ULSI. Chinese Journal of Semiconductors, 2004, 25(1); 115(in Chinese)[张楷亮, 刘玉岭, 王芳, 等. ULSI 硅衬底的化学机械抛光. 半导体学报, 2004, 25(1); 115]
- [6] Liu Yuling, Tan Baimei, Zhao Zhiwen. Application of surfactant in semiconductor silicon crystal processing. Journal of Hebei University of Technology, 2004, 33(2); 72(in Chinese)[刘玉岭, 檀柏梅, 赵之雯. 表面活性剂在半导体硅材料加工技术中的应用. 河北工业大学学报, 2004, 33(2); 72]

Study of CMP Lapping Technique of ULSI Silicon Substrate

Zhou Jianwei[†], Liu Yuling, and Zhang Wei

(Institute of Microelectronics, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: By the analysis to the traditional wafer lapping process, the main factors which effect the wafer's surface quality are concluded, then a new method which apply CMP technique into ULSI silicon substrate lapping process is brought up. This method's purpose is to reduce intense, simplex mechanical effect and increase chemistry. The result is verified by experiment that the rate is increased by 20%, moreover, the surface roughness and damage are reduced effectively.

Key words: silicon wafer; CMP; surfactant; lapping-rate; roughness

PACC: 6825 EEACC: 2520M; 2550E; 8620

Article ID: 0253-4177(2007)S0-0572-02

[†] Corresponding author. Email: jwzhou@hebut.edu.cn

Received 12 December 2006