

冰洲石晶体化学机械抛光(CMP)工艺参数研究

王永宪, 于化东, 臧春雨, 王东海

(长春理工大学材料科学与工程学院, 长春 130022)

摘要 在冰洲石晶体的化学机械抛光过程中, 影响 CMP 的工艺参数有许多, 本文分析了这些工艺参数以及如何利用这些工艺参数来改变或影响 CMP。

关键词 冰洲石晶体 CMP 工艺参数

Study of Technical Parameters of Iceland Crystal on CMP

WANG Yongxian, YU Huadong, ZANG Chunyu, WANG Donghai

(Changchun University of Science and Technology, JiLin Changchun 130022)

Abstract Many technical parameters will affect the chemical and mechanical effect during the CMP on the Iceland Crystal. This paper has analyzed these parameters and how to control these parameters during the CMP.

Key words iceland crystal, CMP, technical parameters

0 引言

冰洲石晶体是一种纯净碳酸钙六角系天然晶体, 易被击裂成菱面体, 并成平行六面体, 每个表面都是平行四边形, 其中一对锐角为 $78^\circ 5'$, 另一对钝角为 $101^\circ 55'$ 。冰洲石晶体是光学质量很高的无色透明晶体。其化学成分纯净, 双折射和偏振现象明显, 紫外光、可见光及近红外光谱透过范围很宽。用它制成的偏振分光元件, 可用于高档偏振光显微镜、偏振分光仪、旋光仪、椭圆偏振仪、光弹实验装置、激光开关、激光通讯及计量仪器中^[1]。

1 冰洲石晶体的 CMP 工艺参数简介

冰洲石晶体进行化学机械抛 (Chemical Mechanical Polishing, 简称CMP) 技术的工艺过程包括: 将晶体粘贴在载盘上, 待抛光面向下压在抛光盘上, 当载盘与抛光盘在一定速度下旋转时, 抛光液从上面以一定的速率滴下, 进入到工件与抛光盘之间进行抛光。此抛光过程中的3个主要组成部分是: 晶体成型坯料、CMP设备(见图1)和抛光液。



图1 CMP设备简图

抛光盘是将机械力传递到抛光面上的主要媒介, 它对晶体表面提供支撑、施加压力, 并在晶体表面与抛光盘之间带动抛光液进行抛光, 达到平整加工的目的。抛光液中的磨粒会对晶体表面产生机械磨损, 疏松材料, 增强化学侵蚀作用并促进抛光表面的剥落进入抛光液, 经溶解后被清除。这一过程提高了材料的去除速率, 从而影响到平整加工。大多数化学反应是各向同性的, 所以单一化学作用达不到平整加工的目的; 而单一的机械研磨, 在理论上可以实现理想的平整加工, 但实际上受材料物理化学性能的影响很难实现。

受很多参数影响CMP机理非常复杂。如CMP设备、研浆、工作温度、抛光垫、抛光盘转速、CMP后清洗、晶片的检测。

2 冰洲石晶体加工工艺参数对抛光质量的影响分析

2.1 研浆

研浆是CMP的关键要素之一, 按pH值分类, 主要有酸性浆料和碱性浆料。实验发现, 冰洲石晶体在强碱性浆料中有较高的腐蚀领域。抛光液的化学作用一方面提高了蚀刻的速度, 另一方面也改变了晶体表面、抛光垫和磨料表面的机械性能, 甚至影响机械作用。pH值会影响到抛光面或磨屑的溶解及可溶性、晶体上表层结构, 以及磨料悬浮的稳定性和磨料的有效性。抛光液的pH值在特定的范围内也会对由某种特定材料制成的抛光盘产生影响, 而且会影响到抛光盘与抛光垫之间的粘附力。pH调制剂有 NH_3 、有机碱(pH值一般在9~11)等。

稳定分散剂的作用是保证浆料中的磨料不发生絮凝和沉降现象, 并使磨料的粘度尽可能低, 具有良好的流动性和抛光布适应性, 提高粒子与浆料的混合性, 以达到提高表面抛光质量的效果。稳定分散剂可选择PVP。浆料研究的最终目标是找到化学作用和机械作用的最佳结合, 以获得去除速度快、平面度好, 同时还要兼顾易清洗、对设备的腐蚀性、废料的处理及环保。

2.2 抛光盘的速度

抛光盘速度是指抛光盘对晶片的相对平均速度。机械去除率同样与线速度成正比, 速度也会影响晶片间反应物和化学产物的进入和离开。晶片速度会影响磨料穿过晶片的速度, 如果抛光盘与晶片的旋转速度相匹配, 则晶片上每一点的速度都是相同的。

2.3 工作温度

由于CMP在某种程度上讲是一个损耗的过程, 温度理所当然会上升。当然, 可以通过循环水冷却或加热抛光液来保持抛光工作台的温度, 同时不断地测量抛光盘的温度, 可将温度控制在一定的范围内。

2.4 抛光垫

抛光垫是输送研磨浆的关键部件, 它用于将研磨浆中的腐蚀粒子送入晶片表面并去除副产品。抛光垫的弹性模量与剪切模量决定了抛光盘在抛光时在载荷与旋转应力作用下

的机械稳定性和韧性。通过对CMP的观察发现,抛光盘的弹性对于决定平整效果及特征尺寸有着非常重要的意义。抛光垫的硬度对抛光均匀性有明显的影响。硬垫可获得较好的模内均匀性(WID)和较大的平面化距离,软垫可以改善片内均匀性(WIW),为获得良好的WID和WIW,可组合使用软、硬垫^[2]。抛光垫常为含有聚氨基甲酸酯的聚酯纤维毡。抛光垫使用后会逐渐“釉化”,使去除速度下降,用修整的方法可以恢复抛光垫的粗糙面,改善其容纳浆料的能力,从而使去除速度得到维持且延长抛光垫的寿命。

2.5 CMP后清洗

晶体经CMP加工后,会有少量浆料残留在表面上,晶体清洗技术会影响到表面质量及下道工序,从而影响晶体的稳定性,因而CMP后清洗是CMP加工的重要部分,其目的是把CMP中的残留粒子等减少到可以接受的水平。CMP后清洗已成功地使用了湿式化学浴处理、喷射处理、去离子水及NH₄OH擦洗、超声及两步抛光等方法,这些方法可单用或组合使用^[3-5]。

2.6 晶片的检测

晶片的检测项目主要有:平整度、表面缺陷及损伤情况。

2.6.1 平整度

抛光片的平整度一般用平整度测试仪测试,在冰洲石的表面微粗糙度用AFM检查。影响平整度的因素主要有:抛光片变形、盆形凹坑等。最好的解决办法是在抛光前对晶片进行化学腐蚀。这样由于晶片两面的损伤层都去除,抛光后不致使晶片弯曲。

2.6.2 表面缺陷

抛光片的表面宏观缺陷较多,一般有划道、蚀坑、波

纹、桔皮、麻点、雾状等,常用激光粒子计数器、TEM、FTIR、TXRF(全反射X射线荧光光谱分析技术)、C-V法等^[6]检测表面缺陷。

3 总结

许多工艺参数在根本上影响CMP的化学和机械作用,但是把某一参数简单地归类于化学参数或机械参数都是不恰当的,因为化学和机械作用是密不可分的。只有找到化学作用与机械作用的最佳结合点,才能获得高去除率、平面度好、无表面损伤的加工工艺。

参考文献

- 1 宋利鹤,等.冰洲石偏振光棱镜的性能测试及制造工艺.光学技术,1994,1:15
- 2 Ali I, Roy S, Shinn G, Chemical-mechanical polishing of interlayer dielectric: A review. Solid State Techn, 1994, 37(10):63
- 3 De Larios J M. Post-CMP cleaning for oxide and tungsten applications. Semiconductor Int'l, 1996, 19(5):121
- 4 Wang Y L, Liu C, Feng M S, et al. A modified multi-chemicals spray cleaning process for post-CMP cleaning application. Mater Chem Phys, 1998, 52(1):23
- 5 Myers T L, Fury M A, Krusell W C. Post-tungsten CMP cleaning: Issues and solutions. Solid State Techn, 1995, 38(6):109
- 6 Fury M A. Emerging developments in CMP for semiconductor planarization. Solid State Techn, 1995, 38(4):47