

化学机械抛光技术及 SiO₂ 抛光浆料研究进展*

宋晓岚 吴雪兰 王海波 曲 鹏 邱冠周

(中南大学资源生物学院, 长沙 410083)

摘要 随着半导体工业和集成电路(IC)工艺的飞速发展,化学机械抛光(CMP)作为目前唯一能提供超大规模集成电路(VLSI)制造过程中全面平坦化的一种新技术,已成为各国争相研究的热点。介绍了CMP技术的产生、优势、发展、理论、设备与耗材;着重介绍了SiO₂浆料的国内外研究现状,并展望了CMP技术及SiO₂浆料的研究开发和应用前景。

关键词 化学机械抛光(CMP) SiO₂ 浆料

Chemical Mechanical Polishing Technique and the Development of Silica CMP Slurry

SONG Xiaolan WU Xuelan WANG Haibo QU Peng QIU Guanzhou

(School of Resources Processing and Bioengineering, Central South University, Changsha 410083)

Abstract With development of semiconductor industry and integrated circuit technics, chemical mechanical polishing (CMP) has emerged as the most effective technique for achieving global planarization of VLSI being researched by many countries. In this thesis, the author introduces briefly the history of CMP, the advantages, development, theories, technical equipments and expendables of CMP. Focusing on present status of the silica slurry in the world and forecasting the prospect of CMP and the silica slurry.

Key words chemical mechanical polishing (CMP), silica, slurry

20 世纪 60 年代中前期,半导体基片抛光大都沿用传统的机械抛光,如用氧化镁、氧化锆、纯氧化铬等,这样得到的镜面表面损伤极其严重。直到 1965 年, Walsh 和 Herzog 提出 SiO₂ 溶胶和凝胶抛光后,以 SiO₂ 抛光浆料为代表的化学机械抛光 (Chemical Mechanical Polishing, 简称 CMP) 技术在抛光速率、抛光精度及抛光破坏深度等方面都有了很大的提高,并逐步取代了以前的工艺方法。CMP 过程被喻为半导体加工技术的一次革命^[1]。

CMP 过程是集成电路(Integrated Circuit, 简称 IC)生产中硅晶圆片(Wafer)整个沉积和蚀刻工艺的重要组成部分,它借助 CMP 浆料(slurry)中超微研磨粒子的机械研磨作用以及浆料的化学腐蚀作用,用专用抛光盘在已制作电路图形的硅晶圆片上形成高度平整的表面^[2,3]。CMP 技术综合了化学和机械抛光的优势。单纯的化学抛光,抛光速率较快,表面光洁度高、损伤低、完美性好,但其表面平整度、平行度较差,抛光一致性也较差;单纯机械抛光一致性好,表面平整度高,但表面光洁度差,损伤层深。应用 CMP 技术既可以得到高的抛光速率,又能获得完美的表面,其平整度比其他方法高出多个数量级。用这种方法可以真正实现整个硅晶圆片表面平面化,而且具有加工方法简单、加工成本低等优点,是目前唯一能够提供大规模集成电路(LSI)、超大规模集成电路(VLSI)和甚大规模集成电路(ULSI)制造过程中全局平坦化的一种新技术。

1 CMP 技术

1.1 CMP 技术的优势

CMP 的技术优势突出地体现在 IC 制造中对基片表面和金属薄膜的全程平坦化等方面。众所周知,随着半导体加工技术的发展,IC 变得越来越复杂,尺寸越来越小且集成密度特别大,如在 LSI、VLSI 和 ULSI 上通常有一万多个元件,布线密度非常高且采用多层布线,这就要求基片具有很高的光洁度和平整性;另一方面,为了配合多层布线,层间膜也要求得到很好的平坦化;随着单晶片上活性元件密度的提高,对晶片顶部和底部表面的平坦化程度超长和超短程的要求也越来越高等等。所有这些要求都需要有一种理想的表面平坦化技术才能得到满足。平坦化技术有许多种,像以往的化学气相沉积 (Chemical Vapor Deposition, 简称 CVD) 技术、CVD 与蚀刻 (Etch) 组合技术以及深度蚀刻 (Etchback) 等技术都难以实现基片及层间的全程平坦化。而 CMP 技术加工方法简单,成本低,可以增加长程对基片表面的切削,增加抛光选择性,即对被抛光表面的至少 2 种物质有明显不同的蚀刻切削速率,能很好地控制缺陷,实现传统方法不能实现的全程平坦化。

1.2 CMP 技术的发展

正因为 CMP 有上述如此突出的技术优势,该技术在 20 世纪八九十年代得到了强有力的理论及应用研究和商业化开发。

* 湖南自然科学基金资助项目(03JJY3015);国家自然科学基金项目资助(59925412)

宋晓岚,女,1964 年生,副教授,从事高纯超细粉体合成及无机功能材料研究与开发 Tel:0731-8877203 E-mail:xlsong@hnu.net.cn

如 Pietsch 等报道了对 SiO₂ 抛光机理的研究^[4]; Hayashi 等研究了氧化物抛光机理^[5]; 也有不少关于抛光浆料特性、抛光垫 (Pad)、CMP 过程模型的文献报道^[5~7]。由图 1 可知, 有关 CMP 技术的专利也在日益增多。在此期间, IBM、Intel、Micron 和 Motorola 等世界最先进的半导体公司都投入大量资金对 CMP 技术进行了研究开发。其中 IBM 公司在 CMP 技术的许多方面起到了先锋作用。SEMATECH 也认为 CMP 技术是进行多层金属膜平坦化加工的一项强有力的技术, 并发起了重要的联合开发计划以促进 CMP 设备和消耗品的研究开发。

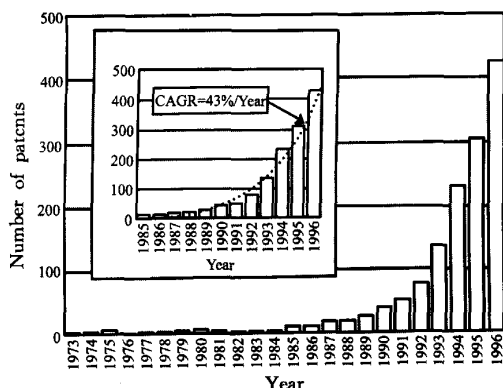


图1 美国历年发表的 CMP 相关专利数

1992年6月, 美国召开了 9th International IEEE VLSI Multilevel Interconnection Conference (VMIC)。在此会议上, CMP 技术作为半导体多层膜的平坦化技术, 由 IBM 和 Microtechnology 两家公司联合发售, 引起了半导体领域加工业者的瞩目。

目前, CMP 技术在美国的生产厂家已经实用化, Intel 公司的 Pentium, IBM 公司、Apple 公司及 Motorola 公司的 Power PC® 都采用了这种技术。另外, CMP 由于本身的技术优势, 其应用领域也在迅速扩展, 比如 CMP 还可用于处理有机物等低介电常数物质。

1.3 CMP 过程机理分析

化学机械抛光分为化学作用和机械作用 2 个主要过程, 它们相互匹配, 将产生理想的抛光效果。描述此过程最具影响的是 Preston 方程:

$$RR = K_p \cdot P \cdot V \quad (1)$$

式中: RR 为晶片去除速率; K_p 为 Preston 常数, 与温度、抛光浆料、抛光布及晶片表面状况有关; P 为压力; V 为抛光垫与晶片表面的相对速率。

由公式(1)可以看出: 机械去除速率与压力和相对速率成正比。 K_p 是比例常数, 代表了所有其他因素的影响。然而这一公式是一个纯经验的关系式, 不能为化学机械抛光工艺过程作出可预见性的模型。

Qin 等^[8]研究了化学机械抛光中的大部分变量, 其中包括抛光浆料的特性(固含量、粒度、粒度分布及模数等)和抛光垫的性质(模数、硬度、粗糙度及分布等)以及工艺条件(压力及速率等), 得出了适用于化学机械抛光工艺中材料抛光的预见性模型(其中部分参数示意如图 2、图 3)。

(1) 缺口深度小于表面层厚度 ($\omega \leq t$)

$$(RR) = \left[\frac{\sqrt{C} C_a \rho_s}{\pi \rho_a} \left(\frac{\sigma}{\beta} \right)^{\frac{1}{4}} (E^*)^{\frac{1}{2}} B_c^{-\frac{3}{2}} \right] PV \quad (2)$$

(2) 缺口深度大于表面层厚度 ($\omega > t$)

$$(RR) = \left[\frac{1}{\pi C} \frac{C_a \rho_s}{\rho_a} \left(\frac{\sigma}{\beta} \right)^{-\frac{1}{2}} \frac{1}{E^*} \times \left\{ C \left(\frac{\sigma}{\beta} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{E^*}{B_w} + 2 \left(1 - \frac{B_c}{B_w} \right) \frac{t}{R} \right\}^{\frac{3}{2}} \right] PV \quad (3)$$

若整个晶圆片非常硬(如 $B_w \gg E^*$, $B_w \gg B_c$), 则(3)式可简化为:

$$(RR) = \left[\frac{2 \sqrt{2} C_a \rho_s}{\pi C \rho_a} \left(\frac{\sigma}{\beta} \right)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{t}{R} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{1}{E^*} \right] PV \quad (4)$$

式中: C 为常数; C_a 为浆料粒子的固含量; ρ_s 为粒子密度; ρ_a 为浆料密度; σ 为抛光垫粗糙高度的 S. D.; β 为抛光垫粗糙顶端平均曲率半径; E^* 为相接触的晶圆片与抛光垫两表面的综合模数; B_c 为化学改性表面层的有效布氏硬度; B_w 为晶圆片衬底材料的布氏硬度; R 为粒子半径。

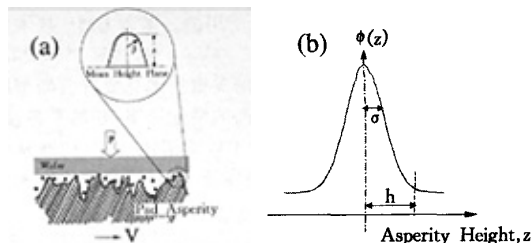


图2 抛光垫表面示意图

(a) 与晶圆片(Wafer)表面改性部分相接触的抛光垫(Pad)表面; (b) 抛光垫粗糙高度的分布(当粗糙高度大于抛光垫与晶圆片之间的距离 h 时, 粗糙面将接触晶圆片表面)

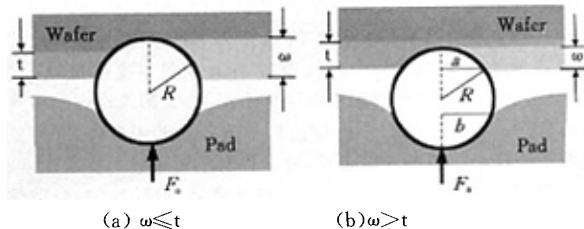


图3 利用软晶圆片材料、单粒子磨削化学改性的表面层示意图

虽然目前的分析不能提供足够的证据证明(2)~(4)式中哪一公式更适合实验所得数据与预测数据的比较, 但可以指出: 若表面层的生长速率比抛光速率大, 使缺口深度 ω 比薄层厚度 t 小时, (2)式更合适。在此情况下, 化学作用对材料抛光速率的影响仅是通过表面层的硬度起作用。当表面薄层的生长速率接近于抛光速率时, 则可以用(4)式表示。若整个晶圆片衬底材料非常硬且粒子不可能渗透到晶圆片衬底内时, 适合使用该方程。而(3)式适用于晶圆片材料比研磨剂更软的情况(如用 Al_2O_3 粒子进行铜的抛光)。值得注意的是, 这些抛光模式的转换也可以由以上提出的模型推出。事实上, 可以从氧化物^[9]和金属晶圆片^[10,11]的化学机械抛光实验中得出抛光模式的转换。

1.4 CMP 设备和耗材

CMP 技术所采用的设备及耗材包括如下几个方面^[12~14]: CMP 设备、后 CMP 清洗设备、浆料、抛光垫、抛光终点检测及工艺控制设备、浆料分布系统、废物处理和测量设备等。其中浆料和抛光垫为耗材, 其余为抛光及辅助设备。图 4 示出了 CMP 设备的简图。其基本组成部分是一个转动着的圆盘和一个晶圆片

固定装置。两者都可施力于晶圆片并使其旋转,在含有胶状二氧化硅悬浮颗粒浆料的帮助下完成抛光,用一个自动浆料添加系统就可保证抛光垫湿润程度均匀,适当地送入新浆料以保持其成分不变。

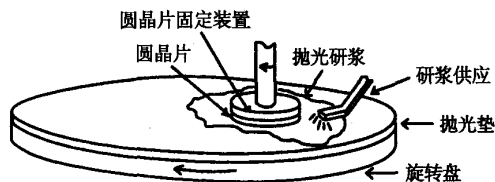


图4 一种化学机械抛光设备简图

在 CMP 中,浆料是影响全面平坦化的关键因素之一。CMP 技术消耗的大量抛光浆料是不循环使用的。随着 CMP 技术的发展,抛光浆料的消耗量迅速增长,实际上抛光浆料成本占 CMP 制程的 40%。因此,CMP 工艺的关键技术是要开发新型抛光浆料,有好的分散稳定性,能提供高的磨蚀速率,好的平整度,高的选择性,好的表面均一性,有利于后续清洗过程,使磨料粒子不残留在芯片表面,影响集成电路性能。同时综合利用抛光垫的机械性能,得到整体最佳的 CMP 工艺。

浆料一般由研磨剂(SiO_2 、 Al_2O_3 等)、表面活性剂、稳定剂、氧化剂等组成,目前应用最为广泛的抛光浆料是纳米 SiO_2 ,此外也有报道使用纳米 Al_2O_3 抛光料的^[15,16]。

2 SiO_2 浆料的研究现状

目前, SiO_2 浆料主要是通过分散法与凝聚法制得。

2.1 分散法

分散法是通过机械搅拌将纳米 SiO_2 粉末直接分散到水中来制备 SiO_2 浆料的。用分散法制备 SiO_2 浆料主要包括以下 3 个过程:①纳米二氧化硅颗粒在液体中润湿;②团聚体在机械搅拌力作用下被打开成独立的原生粒子或较小的团聚体;③将原生粒子或较小的团聚体稳定住,阻止再发生团聚。

采用分散法制备出的 SiO_2 浆料浓度高、颗粒均匀、分散性好、纯度高、粘度较小,但受粉体本身性能的影响特别严重。

卡博特公司在 1990 年公布了制备不含稳定剂的 SiO_2 浆料^[17]及含酸和稳定剂的 SiO_2 浆料^[18]的方法。何斌,王相田等^[19]使用母液分散法制得的 SiO_2 浆料浓度可达 30%,由于加入了表面含有羟基的活性剂,得到的 SiO_2 浆料的分散效果较好。2002 年 Basim 和 Moudgil^[20]研究了研磨剂对浆料的软团聚作用。他们利用超声波及机械分散技术,添加聚氧乙烯和 NaCl 得到了均一稳定的浆料。Basim 和 Vakarelski 等^[21]使用 0.2 μm 的单一粒径 SiO_2 粉和蒸馏水来制备浆料。为了得到稳定的浆料,用 C_{12}TAB ($n=8,10,12$) 系列表面活性剂作浆料的稳定剂,NaOH 调节 pH 值至 10.5,超声分散得到 SiO_2 固含量为 12wt% 的稳定浆料。

2.2 凝聚法

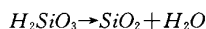
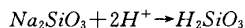
凝聚法是利用水溶液中化学反应所生成的二氧化硅通过成核、生长,采用各种方法脱除其中杂质离子制得的纳米 SiO_2 水分散体系的一种方法。该法制得的 SiO_2 浆料颗粒粒径均一,形状规整,纯度与浓度也较高,且原料便宜,生产成本低。但该工艺路线复杂,工艺控制较难。

凝聚法制备 SiO_2 浆料按原料路线又可分为硅酸钠水解与正硅酸乙酯(醇盐)水解法 2 种。硅酸钠水解又包括酸中和法、电

渗析法、离子交换法,其中离子交换法是最常见的方法之一。

(1) 离子交换法

离子交换法是以硅酸钠为原料,根据离子交换原理以及结晶学原理制备而成。其反应机理如下:

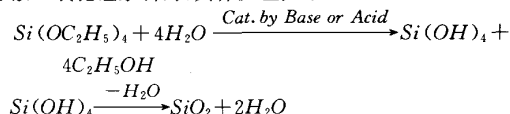


先将稀释后的硅酸钠溶液通过阳离子交换树脂交换,除去钠离子和其他阳离子杂质,得到聚硅酸溶液。然后将聚硅酸溶液继续通过阴离子交换树脂,除去阴离子杂质,再通过阳离子交换树脂,得到高纯的弱酸性的聚硅酸溶液。根据结晶学原理,一个新溶胶相的形成,要经历晶核的形成与长大,而 2 个过程的速度决定了胶粒的大小。因而先将部分聚硅酸溶液制备成母液以完成晶核的生成,即晶种制备,再将剩余的聚硅酸溶液按一定速度加入母液中,即可完成晶粒的增长。最后经加热蒸发浓缩、超滤机浓缩或其他新型化工分离方法浓缩,以达到所需的硅溶胶浓度。

Knoblich^[22]用离子交换法制得了 SiO_2 抛光浆料。Rao 等^[23]用一种名为 amberlite 的离子交换树脂置换硅酸钠得到 pH 约为 2.4 的硅酸,用氨水滴定凝胶化得到 SiO_2 溶胶,Tsai^[24]将硅酸钠通过阳离子交换树脂除去钠离子制得活性硅酸,然后用 KOH 滴定此硅酸溶液制得 SiO_2 溶胶,但其溶胶稳定性较差。

(2) 醇盐水解法

醇盐水解法是在醇介质中催化水解正硅酸乙酯 (TEOS) 来制备单分散二氧化硅浆料的,具体反应如下:



实际上,正硅酸乙酯水解机理十分复杂,包含生成硅醇 ($\text{Si}-\text{OH}$) 的水解反应、生成水的缩合、生成醇的缩合反应。而且在不同的反应条件下,反应的机理不同。

正硅酸乙酯水解制得的浆料纯度高,粒子粒径较小,形貌规整,粒径分布窄,且可以在一定范围内选择合成颗粒的粒径,但相对于其他几种方法,该法制得的 SiO_2 浆料浓度较低,颗粒易团聚,稳定性稍差。

Sudheendra 等^[25]研究了以缩氨酸为催化剂水解正硅酸乙酯 (TEOS) 制取 SiO_2 浆料的方法。Suratwala 等^[26]将正硅酸乙酯 (TEOS) 和氨水的混合物溶于乙醇介质中,调节乙醇、氨水、水和 TEOS 的比例,水解缩合反应制得不同浓度的 SiO_2 浆料。Nishino 等^[27]强力搅拌含有聚乙烯醇 (PVA) 的硝酸溶液,然后加入 TEOS 得到均匀的 SiO_2 浆料。

3 市场前景与展望

目前国外正处于向 0.18 μm 和 300mm 圆片技术过渡的时期,相应的各种 CMP 技术均已成熟,成为 0.18 μm 以下尺寸器件制造的关键技术,其设备市场规模正在迅速增大。而我国 CMP 平坦化工艺的发展起始于“九五”期间,在此期间我国微电子工业发展亚微米线宽的 IC 生产线,与之配套的工艺设备取得了一定进展。目前我国微电子工业较世界发达国家的差距至少在 10 年以上,微电子工艺装备也相应落后了 2~3 代。要缩短同世界水平的差距,无疑就是国内要具有一定规模的先进工艺和制造设备,依靠工艺开发厂家和设备研制单位的共同努力,选定有一定水平的新一代工艺和关键制造设备攻关,实现跨越式发展。

在 IC 工艺不断改进,DRAM 及其他逻辑器件微型化、大容

量的要求日益提高的今天, CMP 技术已成为各国争相研究的对象。有人预言, 在整个半导体设备市场上, CMP 将是增长最快的组成之一 (Market Watch, May 1994)。1 年后的统计表明, 这个预言不仅成为了现实, 而且 CMP 的市场暴涨大大超过了所有的预想。1995 年, CMP 设备市场增长 61%, 超过 8.4 百万美元, 比预计的多出 1.4 百万美元。据 VISI Research 资料和 O'Mara & Associates 公司的研究报道, 1998~2001 年, 全球 CMP 设备市场以 30% 的年增长率增长, 2001 年, CMP 设备的销售额超过 10 亿美元。1999~2003 年, 金属膜工艺 CMP 设备市场的年均增长率超过 65%, 到 2003 年达到 1700 亿日元^[28]。可见, CMP 市场的前途是非常光明的。

CMP 技术的重点之一是研制高质、高效的抛光浆料。半导体产业和 CMP 技术的飞速发展对抛光浆料提供了非常广阔的市场。CMP 抛光浆料为不循环使用, 其成本约占 CMP 消耗材料总成本的 40%。国际市场 CMP 抛光浆料在今后 5 年潜在的累计产值将超过 60 亿美元。目前 CMP 抛光浆料全球仅有少数几个主要供货商, 国际市场上广为认同的为 Cabot 公司及 Rodel 公司的产品。Cabot 因进入此领域相对较早且其能自行制造高纯度、稳定性佳的 SiO₂ 浆料而在世界市场处于领先地位, 在某些 CMP 应用中占有超过 80%, 如 W 系列 CMP 浆料; 而 Rodel 因为在抛光垫方面具有高的市场占有率及其具有最长 CMP 历史的商业成功而获得 CMP 抛光浆料的一部分市场。国内硅晶圆生产企业及半导体公司采用的 CMP 抛光浆料全部依赖于进口。由于 CMP 抛光浆料的 60%~96% 以上是水, 运输费用高, 且抛光浆料有着使用寿命的限制, 其品质与性能会随时间而劣化, 因此有必要开发也具有我国自主知识产权和本地化生产的 CMP 抛光浆料产品, 以提供最新鲜的 CMP 抛光浆料产品, 并提供迅速和完整的送货服务与实时且专业的技术支持。由于这些产品技术含量高, 市场容量大, 既能提高我国硅晶圆的合格率、改善硅晶圆抛光片性能和 IC 制造技术, 降低生产成本, 又能打破国际垄断, 解决我国电子器件关键技术受制于人的局面, 取得巨大的社会效益和经济效益。

参考文献

- 1 Tucker T. The evolution of CMP technology in device manufacturing applications and challenges [J]. Semiconductor FABTECH ICG, Publishing Ltd, London, UK, 1995, (2): 265
- 2 Malik F, Hasan M. Manufacturability of the CMP process [J]. Thin Solid Films, 1995, 270(1-2): 612
- 3 Jairath R, Farkas J, Huang C K, et al. Chemical-mechanical polishing: process manufacturability [J]. Solid State Techn, 1994, 7: 71
- 4 Pietsch G J, Higashi G S, Chabal Y J. Chemomechanical polishing of silicon: surface termination and mechanism of removal [J]. Appl Phys Lett, 1994, 64(23): 3115
- 5 Hayashi Y, Sakurai M, Nakajima T, et al. Ammonium-salt-added silica slurry for the chemical mechanical polishing of the interlayer dielectric film planarization in ULSI's [J]. Jpn J Appl Phys, 1995, 34(1:2B): 1037
- 6 Sugimoto F, Horie H, Arimoto Y, et al. pH-controlled chemical mechanical polishing method for thin bonded silicon-on-insulator wafers [J]. Jpn J Appl Phys, 1995, 34(1: 1): 30
- 7 Farkas J, et al. Oxidation and etching of tungsten in CMP slurries [C]. In: advanced metallization for ULSI applications in 1994, Proceedings of Conference, Austin, Texas, 1994. 556
- 8 Qin K, Moudgil B, Park C W. A chemical mechanical polishing model incorporating both the chemical and mechanical effects [J]. Thin Solid Films, 2004, 446(2): 277
- 9 Ouma D O. Modeling of chemical mechanical polishing for dielectric planarization D, Ph. D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, USA, 1999
- 10 Biemann M. Chemical mechanical polishing of Tungsten [D]. Master's Thesis, University of Florida, USA, 1998
- 11 Luo Q. Chemical mechanical polishing of Copper thin films [D]. Clarkson University, USA, 1997
- 12 Steigerwald J M, Murarka S P, Gutmann R J. Chemical mechanical planarization of microelectronic materials [M]. A Wiley-Interscience publication, John Wiley & Sons, Inc, New York, USA, 1997. 324
- 13 Kaufman F B, Thompson D B, Broabie R E, et al. Chemical-mechanical polishing for fabricating patterned W metal features as chip interconnects [J]. J Electrochem Soc, 1991, 138(11): 3460
- 14 Sivaram S, Bath H, Leggett R, et al. Planarizing interlevel dielectrics by chemical-mechanical polishing [J]. Solid State Techn, 1992, (5): 87
- 15 雷红, 雒建斌, 马俊杰. 化学机械抛光 (CMP) 技术的发展、应用及存在的问题 [J]. 润滑与密封, 2002, (4): 73
- 16 陈杨, 陈建清, 陈志刚. 超光滑表面抛光技术 [J]. 江苏大学学报 (自然科学版), 2003, 24(5): 55
- 17 Cochran H. Aqueous colloidal dispersion of fumed silica without a stabilizer [P]. USA Pat, 5,116,535, 1992
- 18 Miller D G. Aqueous colloidal dispersion of fumed silica, acid and stabilizer. USA Pat, 5,246,624, 1993
- 19 何斌, 王相田, 刘伟. 纳米 SiO₂ 水溶胶的制备技术研究及应用 [J]. 上海化工, 2000, (9): 14
- 20 Basim G B, Moudgil B M. Effect of soft agglomerates on CMP slurry performance [J]. J Colloid Inter Sci, 2002, 256(1): 137
- 21 Basim G B, Vakarelski I U, Moudgil B M. Role of interaction forces in controlling the stability and polishing performance of CMP slurries [J]. J Colloid Interf Sci, 2003, 263(2): 506
- 22 Knoblich B, Gerber Th. Aggregation in SiO₂ sols from sodium silicate solutions [J]. J Non-Crystalline Solids, 2001, 283(1-3): 109
- 23 Rao A V, Nilsen E, Einarsrud M A. Effect of precursors, methylation agents and solvents on the physicochemical properties of silica aerogels prepared by atmospheric pressure drying method [J]. J Non-Crystalline Solids, 2001, 296(3): 165
- 24 Tsai Ming-Shyong. The study of formation colloidal silica via sodium silicate [J]. Mater Sci Eng B, 2004, 106(1): 52
- 25 Sudheendra L, Raju A R. peptide-induced formation of silica from tetraethylorthosilicate at near-neutral pH [J]. Mater Res Bull, 2002, 37(1): 151
- 26 Surawala T I, Hanna M L, Miller E L, et al. Surface chemistry and trimethylsilyl functionalization of stober silica sols [J]. J Non-Crystalline Solids, 2003, 316(2-3): 349
- 27 Nishino Hironobu, Takahashi Ryoji, Sato Satoshi, et al. Phase separation in the solution of water glass and poly (vinyl alcohol) [J]. J Non-Crystalline Solids, 2004, 333(1): 284
- 28 葛勋冲. CMP 系统技术与市场 [J]. 电子工业专用设备, 2003, 32(1): 17

(责任编辑 石咏)

作者: 宋晓岚, 吴雪兰, 王海波, 曲鹏, 邱冠周
作者单位: 中南大学资源生物学院, 长沙, 410083
刊名: 材料导报 **ISTIC** **PKU**
英文刊名: MATERIALS REVIEW
年, 卷(期): 2004, 18(12)
被引用次数: 3次

参考文献(28条)

1. Tucker T [The evolution of CMP technology in device manufacturing applications and challenges](#) 1995(02)
2. Tsai Ming-Shyong [The study of formation colloidal silicic acid sodium silicate](#) 2004(01)
3. Rao AV; Nilsen E; Einarsson M A
[Effect of precursors, methylation agents and solvents on the physicochemical properties of silica aerogels prepared by atmospheric pressure drying method](#) [外文期刊] 2001(03)
4. Knolich; Gerber Th [Aggregation in SiO₂ sols from sodium silicate solutions](#) [外文期刊] 2001(1-3)
5. Ielmann M [Chemical mechanical polishing of Tungsten](#) 1998
6. Malik F; Hasan M [Manufacturability of the CMP process](#) 1995(1-2)
7. Ouma DO [Modeling of chemical mechanical polishing for dielectric planarization](#) D 1999
8. Qin K; Moudgil B; Park C W
[A chemical mechanical polishing model incorporating both the chemical and mechanical effects](#) 2004(02)
9. Farkas J [Oxidation and etching of tungsten in CMP slurries](#) 1994
10. Sugimoto F; Horie H; Arimoto Y [pH-controlled chemical mechanical polishing method for thin bonded silicon-on-insulator wafers](#) 1995(01)
11. Hayashi Y; Sakurai M; Nakajima T [Ammonium salt-added silica slurry for the chemical mechanical polishing of the interlayer dielectric film planarization in ULSI's](#) 1995(01)
12. Pietsch G J; Higashi G S; Chabal Y J
[Chemomechanical polishing of silicon: surface termination and mechanism of removal](#) 1994(23)
13. Jairath R; Farkas J; Huang C K [Chemical-mechanical polishing: process manufacturability](#) 1994
14. 葛励冲 [CMP系统技术与市场](#) [期刊论文] - [电子工业专用设备](#) 2003(01)
15. Nishino Hironou; Takahashi Ryoji; Sato Satoshi
[Phase separation in the solution of water glass and polyvinyl alcohol](#) 2004(01)
16. Suratwala T I; Hanna M L; Miller E L
[Surface chemistry and trimethylsilyl functionalization of silicon dioxide](#) 2003(2-3)
17. Sudheendra L; Raju A R [peptide-induced formation of silica from tetraethyl orthosilicate at near-neutral pH](#) [外文期刊] 2002(01)
18. asim G; Vakarelski I U; Moudgil B M
[Role of interaction forces in controlling the stability and polishing performance of CMP slurries](#) 2003(02)
19. asim G; Moudgil B M [Effect of soft agglomerates on CMP slurry performance](#) 2002(01)
20. 何斌; 王相田; 刘伟 [纳米SiO₂水溶胶的制备技术研究及应用](#) 2000(09)

21. [MillerDG Aqueous colloidal dispersion of fumed silica](#) 1993
22. [CochraneH Aqueous colloidal dispersion of fumed silica without a stabilizer](#) 1992
23. [陈杨;陈建清;陈志刚 超光滑表面抛光技术](#)[期刊论文]-[江苏理工大学学报\(自然科学版\)](#) 2003(05)
24. [雷红;雒建斌;马俊杰 化学机械抛光\(CMP\)技术的发展、应用及存在的问题](#)[期刊论文]-[润滑与密封](#) 2002(04)
25. [SivaramS;Bath H;Leggett R Planarizing interlevel dielectrics by chemical-mechanical polishing](#) 1992(05)
26. [KaufmanF;Thompson D B;Broobie R E Chemical-mechanical polishing for fabricating patterned W metal features as chip interconnects](#) 1991(11)
27. [SteigerwaldJM;Murarka S P;Gutmann R J Chemical mechanical planarization of microelectronic materials](#) 1997
28. [LuoQ Chemical mechanical polishing of Copper thin films](#) 1997

引证文献(3条)

1. [尹青. 张国玲. 唐会明. 孙涛 SiO₂抛光液对AlN基片抛光性能的影响](#)[期刊论文]-[微纳电子技术](#) 2010(6)
2. [张梅. 黄晖 碲铋晶片的机械化学磨抛分析](#)[期刊论文]-[红外技术](#) 2008(2)
3. [宋晓岚. 李宇烟. 江楠. 屈一新. 邱冠周 化学机械抛光技术研究进展](#)[期刊论文]-[化工进展](#) 2008(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cldb200412007.aspx