

金属 Cu 表面三维齿状微图形的复制加工

——约束刻蚀剂层技术(CELT)的应用

刘柱方¹, 蒋利民¹, 汤 傲¹, 张 力¹, 田昭武¹, 刘品宽¹, 曲东升²,
孙立宁², 叶雄英³, 周兆英³, 田中群¹

(1. 厦门大学固体表面物理化学重点实验室化学系, 福建 厦门 361006;

2. 哈尔滨工业大学机器研究所, 黑龙江 哈尔滨 150001; 3. 清华大学精密仪器系, 北京 100084)

E-mail: zqtian@xmu.edu.cn

摘要: 主要介绍了一种 Cu 的 CELT 加工的化学刻蚀体系和捕捉体系, 并通过控制刻蚀时间、刻蚀电流、刻蚀剂浓度、捕捉剂浓度等实验参数和优化电化学模板的制作工艺, 以规整的齿状结构为模板, 在 Cu 的表面实现了三维微结构的复制加工, 得到了与齿状结构模板互补的三维微结构, 用 SEM 和 AFM 对实验结果进行了表征, 表征结果证明约束刻蚀剂层技术在金属三维加工方面的可行性和潜在优势。金属 Cu 由于具有优良的导热导电性能以及很好的延展性, 在微系统(也称微机电系统)中应用广泛, 因此对 Cu 的刻蚀加工对微系统技术的发展具有重要的意义。约束刻蚀剂层技术(Confined Etchant Layer Technique 简称 CELT)作为一种新型的微加工技术^[1], 能够加工复制出复杂三维结构, 到目前为止, 该技术已成功应用于 Si、GaAs 等材料微结构的复制加工^[2,3]。

关键词: Cu; 微图形; 加工

中图分类号: TN405 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4776(2003) 07/08-0265-02

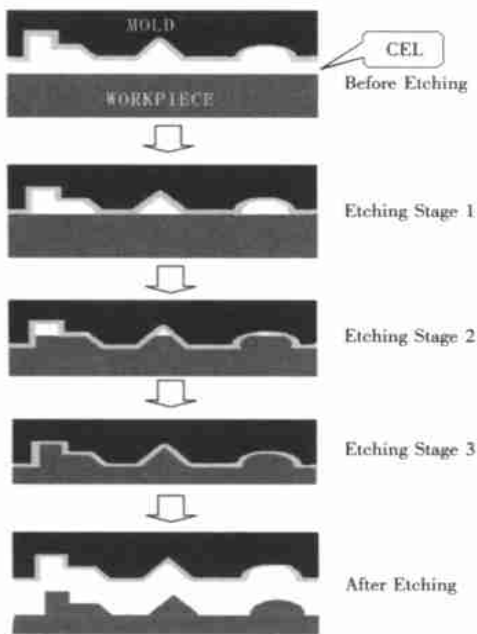


图1 CELT 加工复杂三维微结构的刻蚀过程示意图

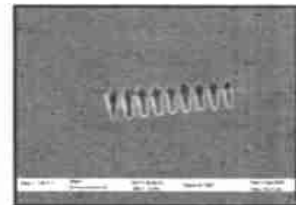


图2 利用 CELT 技术在 Cu 表面刻蚀加工的微结构

参考文献:

- [1] 田昭武, 田中群, 林仲华, 等. 复杂三维超微图形的复制加工技术的困难和对策 [J]. 仪器仪表学报, 1996, 17(1): 14.
- [2] ZU Y B, XIE L, MAO B W, *et al.* Improved etching resolution on silicon by the confined etchant layer technique [J]. *Electrochim Acta*, 1998, 43(1): 1683.
- [3] SUN J J, HUANG H G, TIAN Z Q, *et al.* Three dimensional micromachining for microsystems by confined etchant layer technique [J]. *Electrochim Acta*, 2001, 47: 95.

作者简介:

刘柱方 (1977), 男, 江西安福人, 厦门大学化学系硕士研究生, 主要从事电化学微纳米加工方面的研究工作。

收稿日期: 2003-05-15

Three-dimensional micromachining on Cu —application of confined etchant layer technique (CELT)

LIU Zhifang¹, JIANG Limin¹, Tang Jing¹, ZHANG Li¹, TIAN Zhaowu¹, LIU Pin-kuan²,
QU Dong-sheng², SUN Lin-ning², YE Xiong-ying³, ZHOU Zhaoying³, TIAN Zhong-qun¹

(1. State Key Laboratory for Physical Chemistry of Solid Surfaces, Department of Chemistry, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. The Institute of Robots, Harbin Institute of Technology, Harbin, 150001, China; 3. Dept of Precision Instruments, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: As a novel microfabrication technique, CELT (Confined Etchant Layer Technique) has a great significance for the development of micro electro mechanical system (MEMS) because of its capability of replicating three dimensional complex structures. Previously, CELT has been successfully applied on semiconductor materials such as Si, GaAs. Recently the micromachining of Cu with three dimensional (3D) gear-like molds was performed by CELT regarding its good heat and electricity conductivity and wide application in MEMS. An effective chemical etching and scavenging system for Cu micromachining has been found. By optimizing the experimental parameters, such as etching time, etching current density, concentration of etchant or scavenger, we obtained the etched pattern which is approximately negative copy of the gear-like mold. The results were analyzed with SEM and AFM, which proves that CELT is a promising technique for the 3D fabrication on metals.

Key words: Cu; micromachining; fabrication

(上接第 264 页)

分别应用 EDS 和 XPS 对微加工硅样品的不同区域进行探测分析, 结果表明切屑堆积物因为松散且具有很大的自由表面积所以容易被氧化; 而加工区域内部的 XPS 分析结果显示出有非晶态二氧化硅的产生, 深度值随加工垂直载荷的不同在 0.3~0.6nm。形成原因极有可能是在进行微加工时局部接触点温度很高, 因此单晶硅很容易被氧化从而形成二氧化硅。

对于微加工区域的 AFM 成像表明, 应用原子力显微镜进行的微加工实验可以得到具有良好尺寸精度、轮廓形状及表面粗糙度的微加工区域。而 SEM 的成像表明基于 AFM 的单晶硅微加工是以塑性变形去除材料的, 而且 SEM 成像显示出无论在微加工区域内部还是在其边缘都不产生微裂纹及断裂破坏。因此应用装有金刚石针尖的原子力显微镜进行基于单晶硅及其它材料的二维甚至三维微小器件的加工是可以实现的。

参考文献:

[1] HOKKIRIGAWA K, KATO K. An experimental and theoretical investigation of ploughing, cutting and wedge formation during

abrasive wear [J]. Tribology Int, 1988, (21): 51-57.

[2] GÖBEL H, BLANCKENHAGEN P V. Atomic force microscope as a tool for metal surface modifications [J]. J Vac Sci Technol, 1995, B13 (3): 1247-1250.

[3] SUMOMOGI T, ENDO T, KU WAHARA K. Nanoscale layer removal of metal surfaces by scanning probe microscope [J]. J Vac Sci Technol, 1995, B13 (3): 1257-1260.

[4] VLASSAK J J, NIX W D. Mechanical properties tests using a scanning probe microscopy [J]. J Mech Phys Solids, 1994, (42): 1223-1228.

[5] PUTTICK K E, WHITEMORE L C, CHAO C L, *et al.* Transmission electron microscopy of nanomachined silicon crystals [J]. Philos Mag, 1994, (A69): 91-103.

[6] KIM D E, SUH N P. Plastic deformation of silicon during contact sliding at ambient temperature [J]. J of Material Science, 1993, (28): 3895-3899.

[7] MORRIS J C, CALLAHAN D L. Origins of microplasticity in low load scratching of silicon [J]. J Mater Res, 1994, (9): 2907-2913.

作者简介:

赵清亮 (1968), 男, 河南省长垣县人, 副研究员, 哈尔滨工业大学工学博士, 研究方向为基于原子力显微镜的微纳米加工技术、脆性材料以及光学玻璃的超精密金刚石切削和磨削技术。