

陶瓷微细镀覆新技术的研究

辜志俊^{1*}, 赵雄超^{1,2}, 郭琦龙¹,
洪艳萍¹, 邓群山^{1,2}, 陈人欢¹

(1. 中科院福建物质结构研究所二部, 福建 厦门 361012; 2 中科院研究生院, 北京 100039)

摘要: 建立微机处理体系 (包括线路、图形设计、光照点选择及活化处理等) 与化学镀铜相结合的微细镀覆新技术. 该技术可在 Al_2O_3 基底上获得性能良好的 Cu 镀层, 其布线速率达 50 mm/s, 线分辨率 35 μm , 工艺简便, 条件温和, 为陶瓷微细镀覆开辟了新途径.

关键词: 陶瓷基底; 微机体系; 微细镀覆; 化学镀铜

中图分类号: TQ 153

文献标识码: A

近年来, 随着微电子技术的迅速发展, 微电子器件和大规模集成电路日益激增, 这就要求电路制作微细化^[1]、布线高速化^[2], 从而对工艺制作提出更高的要求. 但在目前, 微电子工业中仍采用光刻技术, 制作过程需要掩蔽保护, 工艺复杂, 技术难度大^[3]. 铜是一种价格低廉的优良导体, 为布线首选材料. 但铜在高温下极易氧化, 增加了布线工艺的复杂性. 铜布线有薄膜、厚膜两种方法, 厚膜制作需在氮气或某种还原性气氛中进行, 而薄膜制作又因铜沉积之后须待真空室温度降至室温才能取出, 工作效率低^[4,5]. 上述两种过程均难避免铜的高温氧化, 也增加了工艺的复杂性, 大大限制了铜导体的广泛应用.

微细镀覆新技术无需高温操作, 采用化学液相沉积, 条件温和并可避免铜的高温氧化. 此技术可望用于高密度、低成本的混合集成电路互连布线制作.

1 实验

1.1 实验仪器

微机处理体系: 自行研制, 用于陶瓷基底的预处理. 由 TR200 手持式粗糙度仪 (含 TA620 测量平台和 TA630 微调工作台) 测试表面粗糙度, HY-

938A 90 度剥离强度试验机测试镀层性能, 4XB-Z 金相显微镜观察镀层微观形态.

1.2 实验方法

采用 96% Al_2O_3 陶瓷基底, 先用丙酮清洗, 经微机处理体系操作, 丙酮清洗, 再经 Pd^{2+} 溶液活化蒸馏水冲洗后, 放于化学镀铜溶液中, 水浴加热 (温度 $57 \pm 1^\circ C$) 约 7 min 后, 即可得到铜导体的布线或图形. 化学镀液配方如表 1 所示.

表 1 化学镀铜溶液的组成

Tab 1 The component of the electroless copper plating solution

Composition	Concentration / $g \cdot L^{-1}$
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	10
$KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$	14
$EDTANa_2 \cdot 2H_2O$	25
HCHO (37%, $mL \cdot L^{-1}$)	10
NaOH	12

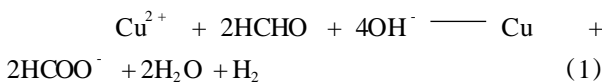
2 实验结果及讨论

2.1 镀层质量与陶瓷基底的粗糙度

本文研制的微机处理体系可根据需要设计电

子线路图, 选择合适照射光源, 调节活化剂 (Pd^{2+}) 的浓度, 就可变更陶瓷基底的预处理条件, 从而改变基底的粗糙度.

化学镀铜^[6]多以甲醛作还原剂, 但甲醛须在碱性介质 ($\text{pH} > 11$) 中才具有还原作用, 其总反应式:



而在预处理过程中, 以 Pd^{2+} 作活化剂的溶液因呈酸性, 故活化后的基底镀前须经冲洗, 若基底表面太光滑, 吸附的 Pd^{2+} 可能从表面被冲走, 这就要求基底表面有一定的粗糙度. 实验证明, 随着基底表面粗糙度的增加, Pd^{2+} 的吸附密度增大, 铜反应加快, 即如图 1 所示, 有以下 3 种情况:

- 1) 基底表面粗糙度小, Pd^{2+} 不易吸附, 铜反应难以发生 (见图 1 a);
- 2) 基底表面粗糙度大, Pd^{2+} 易吸附, 且是分层

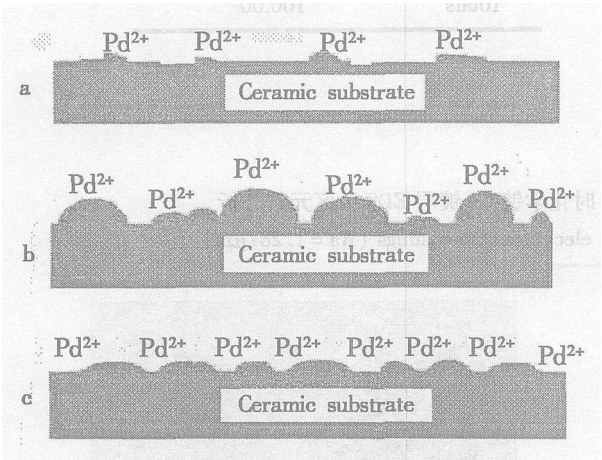


图 1 Pd^{2+} 在陶瓷基底上吸附的示意图
Fig 1 Schemes of Pd^{2+} ion adoption on the ceramic substrates

吸附, 导致铜的沉积层不能牢固的附着 (见图 1 b);

3) 基底表面粗糙度适中, Pd^{2+} 较易吸附, 不出现分层现象, 铜可以牢固地沉积于基底表面 (见图 1 c).

由此可见, 只有基底表面粗糙度适中才能形成较平整的 Pd^{2+} 吸附层, 从而使铜牢固的沉积于基底表面.

实验同时表明, 基底粗糙度对镀层外观也有明显的影响. 由不同粗糙度基底得到的镀层 SEM 照片如图 2 所示.

图 3 示出在粗糙度很大的基底表面上化学镀 Cu 层的 EDS 能谱图. 图中出现的白点为 Cu, 灰色基底为 Al_2O_3 .

2 2 镀层检测指标

与传统工业中广泛应用的混合集成电路互连布线工艺相比, 微机处理体系的微细镀覆工艺布线速率已达到较高的水平, 按设计的电子线路, 选择适合的预处理条件, 就可得到质量良好的镀层. 结果如表 2 所列, 表中方阻和附着力与工业标准参数相差不大, 而线分辨率有望进一步改善 (可达 1 μm).

表 2 镀层指标

Tab 2 The index target of the coating

Wiring speed	Line definition	Sheet resistance	Adhesion
$/\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	$/\mu\text{m}$	$/\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$	$/\text{g} \cdot \text{mm}^{-2}$
50	35	0.02	218

图 5 是精致图形 (中华龙) 的微细镀覆, 图 6 是系列线条微细镀覆的金相显微照片, 图中线条均匀清晰, 镀层光亮致密, (图 6 线宽为 35 μm , 线间距为 30 μm).

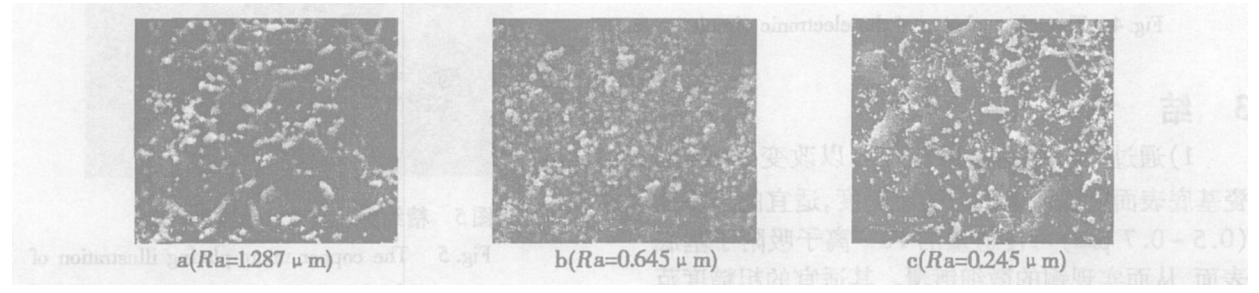


图 2 不同粗糙度基底得到的 Cu 镀层 SEM 照片
Fig 2 The SEM photographs of the Cu coatings with different roughness substrates

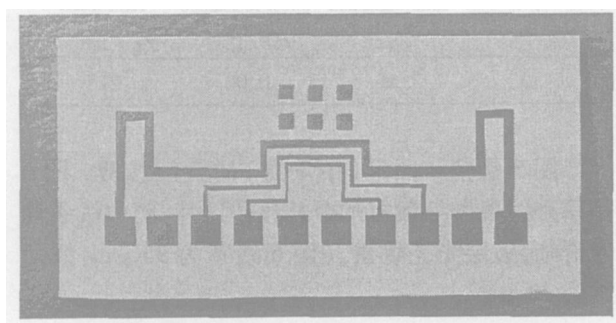
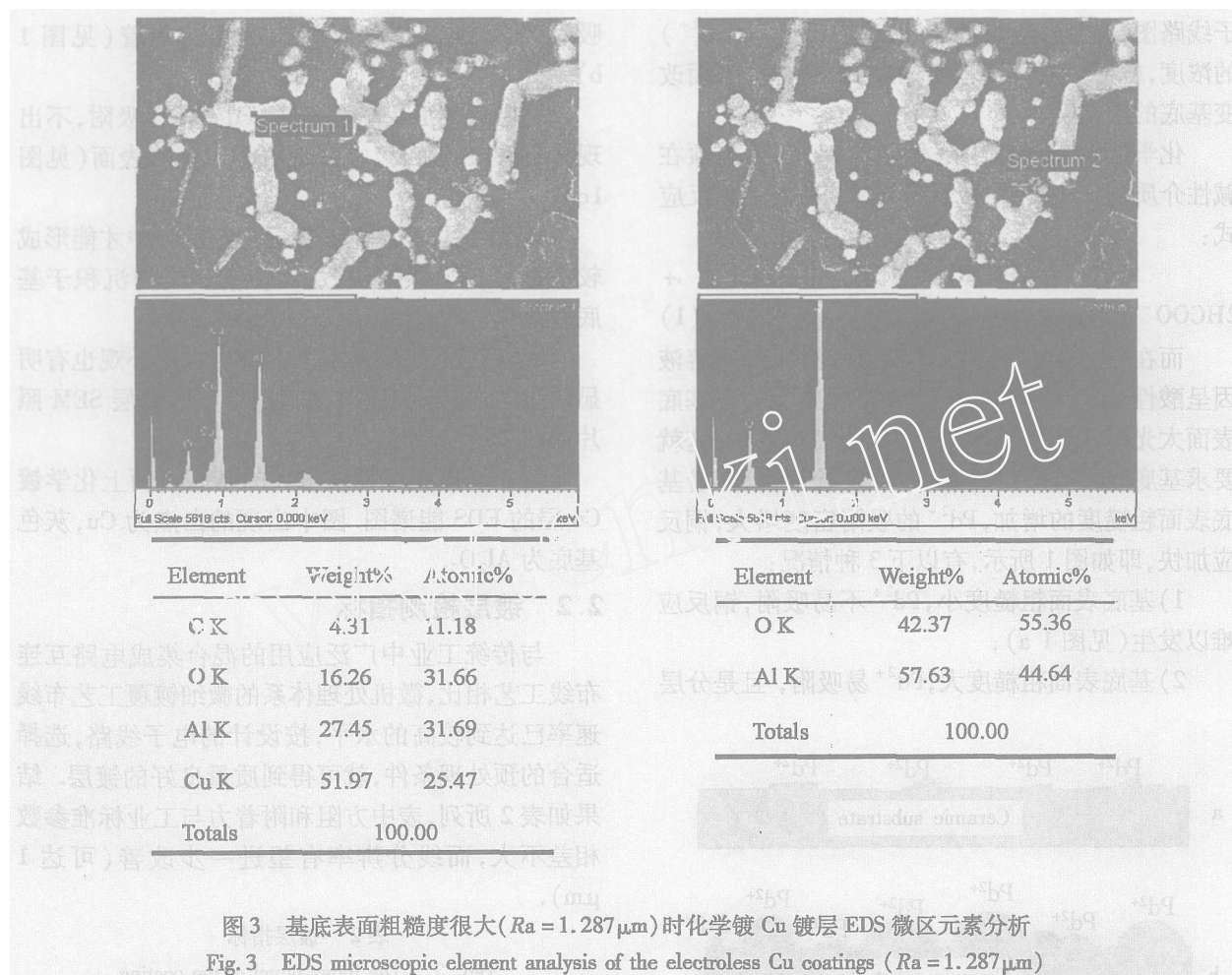


图 4 电子线路的微细镀覆

Fig 4 The microplating of the electronic circuit



图 5 精细图形的微细镀覆

Fig 5 The copper microplating illustration of the fine pattern

3 结 论

1)通过微机处理体系操作可以改变 Al_2O_3 陶瓷基底表面所需微细区域的粗糙度,适宜的粗糙度 ($0.5 \sim 0.7 \mu\text{m}$)可使适量的 Pd^{2+} 离子吸附于基底表面,从而实现铜的微细镀覆。其适宜的粗糙度范围为 $0.5 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 。

2)微细镀覆新技术预处理后可单独进行化学

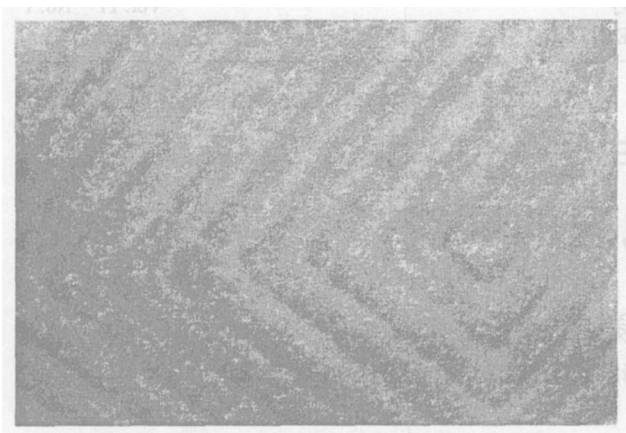


图 6 系列线条微细镀覆的金相显微照片

Fig 6 The metallurgical micro-photographs of the micro-plating lines

液相沉积条件温和,可获得线条清晰、镀层致密、线分辨率高的精致微细铜导体(宽为 $35\ \mu\text{m}$,线间距为 $30\ \mu\text{m}$)图像。

3)微机处理体系微细镀覆的布线速率达 $50\ \text{mm/s}$,方阻为 $0.02\ \Omega/\square$,附着力为 $218\ \text{g/m}^2$ 。

4)此技术为陶瓷基底的金属微细镀覆开辟了新途径。

参考文献 (References):

- [1] Xia Zhangneng (夏章能), Xu Jie (徐洁). Electroless Ni-P alloy plating on the AlN ceramic substrates [J]. Materials Protection (in Chinese), 1996, 31 (6) 19 ~ 22
- [2] Kobayashi T, Ishibashi J, Honma H. Improvement of adhesion for layer-to-layer connection for built-up printed circuit boards [J]. Plating and Surface Finishing (in Chinese), 2000, 5: 76 ~ 80.
- [3] Wang Jian (王建), Yu Zu-zhan (郁祖湛). The development of laser plating technique [J]. Plating and Finishing (in Chinese), 1999, 21: 1 ~ 3.
- [4] Ji Xiaodong (季晓东). Hybrid thick film microcircuits [J]. Communication and Radiated Television, 1997, 4: 64 ~ 68
- [5] Long Jidong (龙继东). Pattern electroplating technology for thin film microwave integrate circuit [J]. Electronic Warfare Technology, 1995, 4: 22 ~ 25.
- [6] Zeng Weimin (曾为民), Wu Chunsu (吴纯素), Wu Yinshun (吴荫顺). Electroless copper plating [J]. Journal of Nanchang Institute of Aeronautical Technology, 1998, 1: 83 ~ 92

Study on the New Technique of Cu Micro-plating Based on Ceramics

GU Zhi-jun^{*1}, ZHAO Xiong-chao^{1,2}, GUO Qi-long¹,
HONG Yan-ping¹, DENG Qun-shan^{1,2}, CHEN Ren-huan¹

(1. Institute of Matter Structure Chinese Academy of Sciences, Corrosion Division, Xiamen 361012, China,

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: By combining the computer processing system (including the design of the line and the pattern, the choice of the scanning area and the treatment of the activation) with the electroless-plating technology, this article provides a new approach for the micro-plating based on the ceramics. The copper film based on ceramics with good properties can be obtained under the mild operating conditions. The line resolution is $35\ \mu\text{m}$ and the wiring speed is $50\ \text{mm/s}$. The results had also showed that the quality of the copper plating is closely related to the roughness of the ceramic substrates.

Key words: Ceramic substrates, Computer management system, Micro-plating, Electroless copper plating