

激光诱导硅表面化学镀镍

陈 超 陆雪标 邱明新

(上海市激光技术研究所, 200233)

蔡 英 时

(上海科技大学物理系, 201800)

摘要: 利用激光诱导化学镀技术,首次在硅片上沉积出金属镍。研究了沉积速率与各实验参量的关系,并对沉积斑的形状进行了分析和讨论。

关键词: 激光, 化学镀

Laser-enhanced electroless plating Ni on silicon

Chen Chao, Lu Xuebiao, Qiu Mingxin

(Shanghai Institute of Laser Technology, Shanghai)

Cai Yingshi

(Department of Physics, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai)

Abstract: Deposition of metallic nickel on silicon substrate by laser-enhanced electroless plating technique is reported for the first time. The dependence of deposition rate on other experimental parameters is studied and the figures of deposited spots are analyzed and discussed.

Key words: laser, electroless-plating

一、引 言

激光增强液相化学镀是激光诱导沉积薄膜的技术之一,沉积速率远高于气相。它不需要真空条件,也无需外加偏压。有人在经过敏化、活化预处理过的玻璃基片上进行了激光增强液相化学镀铜的实验^[1]。

本文用标准的酸性化学镀镍溶液作反应剂^[2],首次成功地在未经预处理的硅片上进行了激光增强液相化学镀镍。

二、实验及原理

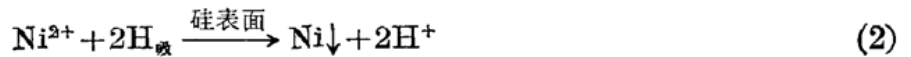
用最大输出功率为35W的CW CO₂激光器作光源。由于反应液池中的镀液对10.6 μm的二氧化碳激光有很强的吸收(吸收深度约几个 μm),所以采用背面沉积法,沉积基板硅片同时作为液池的前窗口,CO₂激光经焦距为10cm的透镜聚焦在硅片/镀液的界面。实验中所用

收稿日期: 1989年12月4日。

• 本课题为国家自然科学基金资助项目。

的硅片有不同掺杂浓度的 n 型(111)、(100)单晶硅和 P 型(111)单晶硅,厚度为 0.4 mm。实验前用稀释氢氟酸溶液泡去硅片表面天然氧化层,并用乙醇乙醚混合液清洗。

在本文的镀镍液中,游离镍离子由氯化镍提供,次亚磷酸二氢钠作还原剂。由于半导体硅表面存在大量未成键的本征活性悬空键,它们对镀液还原剂次亚磷酸二氢钠中的氢原子有极强的吸引力,能从还原剂中脱氢,并吸附在基板表面形成活化面。在一定温度下,表面吸附态氢原子还原界面的镍离子产生金属镍的沉积。沉积在表面的镍原子又进一步从还原剂中脱氢形成活化面。其基本的反应方程如下^[2]:



三、结果与讨论

实验表明,当激光功率达到一定值时,在 n 型和 p 型硅片上均能发生沉积。薄膜只沉积在光照区域,无背景沉积。沉积斑点呈金黄色,与硅片结合牢固。

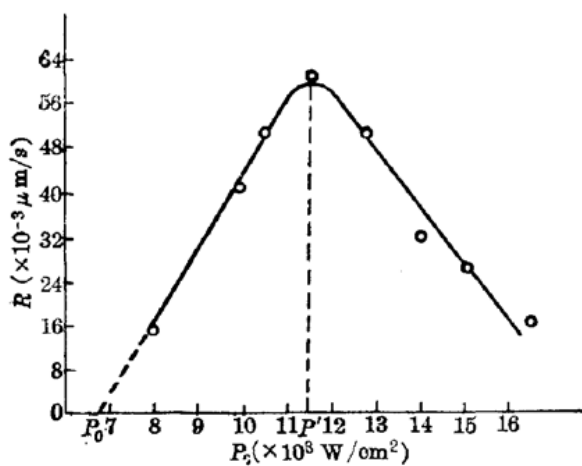


图1 沉积速率与光强的关系

(Si: n 型, (111); $N_d = 2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$; $\text{pH} = 8.2$)

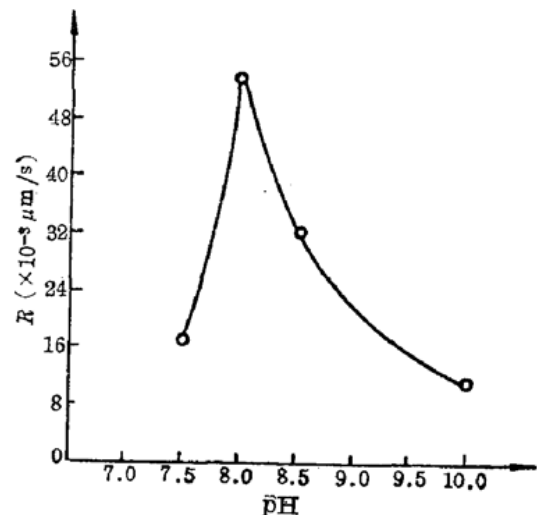


图2 沉积速率与 pH 值的关系

(Si: n 型 <111>; $N_d = 2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $P = 11 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$)

图1是激光强度与沉积速率的关系曲线。由图可见,激光光强存在一个阈值 P_0 ,同时还存在一个最佳值 P' 。当光强从 P_0 逐渐增加到 P' 时,沉积速率相应递增;当激光强度超过 P' 后,沉积速率随光强而递减。这一现象反应了溶液温度对沉积过程的影响。阈值光强对应于化学镀的阈值温度,而最佳光强则对应于最佳温度。在阈值温度与最佳温度之间,温度越高,界面反应的速率常数越大,符合常规热化学反应规律,故沉积速率相应增大。而当光强超过 P' ,界面沉积微区内的镀液温度超过最佳温度时,镀液将出现自分解,同时基片表面温度过高也有助于表面吸附氢原子的解吸,因而沉积速率下降。

图2给出溶液 pH 值对沉积速率的影响,pH 值存在一个最佳值,在 $\text{pH} = 8.2$ 时,沉积速率最大。这是由于参加沉积反应的表面吸附态氢原子密度和沉积反应产物氢离子浓度都受 pH 值的影响,在最佳 pH 值时,平衡反应速率最大,即沉积速率最大。

图3是硅片掺杂浓度对沉积速率的影响。由图可见,沉积速率随掺杂浓度的增大而增大。

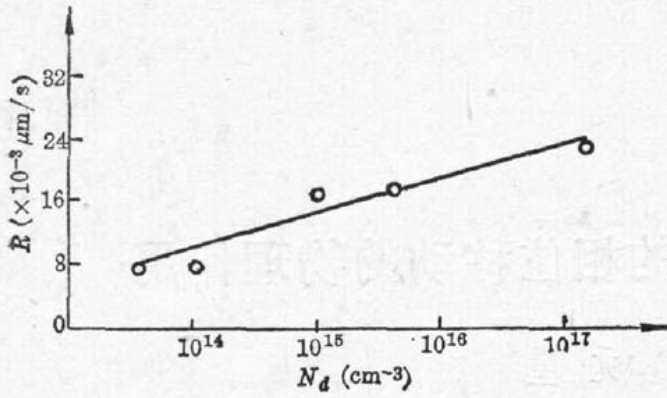


图3 沉积速率与硅片掺杂浓度的关系
(Si: *n*型 <111>, $P=11 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$, $\text{pH}=8.2$)

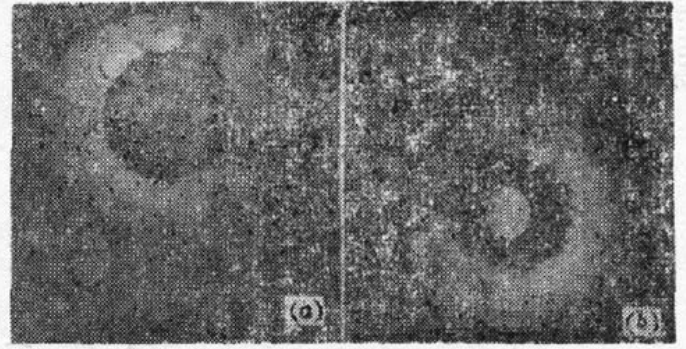


图4 沉积斑形状

(a) $P=11 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$; (b) $P=20 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$
(Si: *n*型, <111>, $N_d=2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $\text{pH}=8.2$, $t=2.5\text{s}$)

这是由于硅片对入射 CO_2 激光也存在吸收,其吸收系数 α 随掺杂浓度的增大而递增^[3],所以在其它条件相同的情况下,掺杂浓度高,界面温度也高,相应地沉积速率变大。

图4给出在其它条件相同的情况下,激光强度对沉积斑形的影响。当光强较低时,沉积斑形呈实心圆形,中心厚边缘薄(图4(a)),而当光强较大时,沉积斑形为中空的圆环形(图4(b))。这是因为高斯激光束在硅/镀液界面产生的温度场为中心高、边缘低的钟型函数分布,当激光强度较低时,光照中心的温度低于或接近最佳温度,所以沉积斑点是一个中心厚、边缘薄的实心圆斑,而当光强较大时,中心温度已大大超过最佳温度,该微区内的镀液开始自分解,沉积速率接近于零,因而沉积斑点是一个中心空的圆环。

参 考 文 献

- 1 袁加勇 *et al.*, 中国激光, **14**(10), 635(1987)
- 2 伍学高 *et al.*, 化学镀技术, 四川科学技术出版社, 1985
- 3 A. Φ. 约飞主编, 周廉等译, 科学和技术中的半导体, 第1卷, 科学出版社, 北京, 1963, p. 66

(上接第618页)

择间接加热式结晶更为方便。

本工作得到上海冶金所离子束实验室资助,作者在此致谢。

参 考 文 献

- 1 J. F. Gibbans, K. F. Lee, *IEEE Trans. Electron. Devices Lett*, **EDL-1**(6), 117(1980)
- 2 D. A. Antoniadis, *Energy Beam-Solid Interactions and Transient Thermal Processing*, J. C. C. Fan and N. M. Johnson eds, North-Holland, New York 1984, 587.
- 3 鲍希茂, 杨敏, 半导体学报, **6**(6), 655(1985)
- 4 鲍希茂, 黄信凡, 邢昆山, 物理学报, **36**(1), 74(1987); Bao Xi-Mao, Huang Xin-Fan, and Xing Kun-Shan, *Chinese Physics*, **7**(3), 676(1987)
- 5 闵乃本, 晶体生长的物理基础, 上海科学技术出版社, 上海, 1982, 229