

铂、金和钼在硅界面上的激光诱导反应

沈仲鑫 秦启宗 宗祥福

(复旦大学激光化学实验室)

吴惠法 徐惠德

(中国科学院上海硅酸盐研究所)

本文研究了用声光调 Q Nd: YAG 倍频激光诱导 Pt, Au 和 Mo 在 *p*-型 Si(111) 基片的界面上生成各种金属硅化物的反应。

激光器的倍频材料采用铌酸钡钠($\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$)晶体, 激光输出的波长为 532nm, 脉宽为 90ns, 峰值功率为 1.0kW, 调制频率为 2kHz, 聚焦后光斑直径为 $50\mu\text{m}$, 扫描速度分别为 9.3、14.3 和 21.0 mm/s。Si(111)基片上 Pt, Au 和 Mo 膜的厚度分别为 400–1000 Å, ZrO_2 1200 Å 和 5700 Å。为了降低金属膜对激光的反射, 在表面上涂了光学厚度为入射波长 1/4 的减反膜。经激光辐照后的样品表面用 X 射线衍射、X 射线光电子能谱(XPS)和卢瑟福背散射谱作物相分析, 并用金相显微镜和扫描电子显微镜(SEM)观察了表面形貌。

用声光调 Q Nd: YAG 倍频激光诱导 Pt–Si 界面反应, 经 X-射线衍射分析表明界面上形成了均一的单相 $\text{Pt}_{12}\text{Si}_5$, 由 XPS 分析测得表面经 Ar^+ 离子束刻蚀后 Pt $4f_{7,2}$ 电子谱峰值的化学位移为 1.3eV。CW Nd: YAG 激光($1.064\mu\text{m}$)也能诱导 Pt–Si 的界面反应。但由 X 射线衍射分析表明生成了非均一的多相铂硅化合物, 如 Pt_3Si , $\text{Pt}_{12}\text{Si}_5$ 和 Pt_2Si 。由 XPS 测得经 Ar^+ 离子刻蚀后 Pt 的化学位移值为 1.0 eV, 而且铂硅化合物层的组成随表面深度的不同而改变。由 2.0 MeV $^4\text{He}^+$ 产生的卢瑟福背散射测得表面层中的铂硅原子数比值随激光平均功率密度的增加而增加。用金相显微镜和扫描电镜时对表面形貌的观察表明, 脉冲激光退火可能是通过表面熔化和快速淬冷过程; 而 CW 激光退火可能是一个非熔化的固相扩散过程。

由倍频脉冲激光($0.532\mu\text{m}$)诱导的 Au–Si 界面反应, 经 X-射线衍射法测得三种亚稳态硅化物为 Au_7Si , Au_5Si 和 Au_3Si 。由 XPS 分析表明表面上 $\text{Au}4f_{7,2}$ 峰值的化学位移仅 0.1–0.3eV, 但经 Ar^+ 离子刻蚀后的位移值为 0.5–0.6eV。这些结果表明激光诱导反应在 Au–Si 界面上发生, 而形成的亚稳态相在早期的 Au–Si 相图中是不存在的。

倍频脉冲激光诱导 Mo–Si 界面反应生成的钼硅化合物, 经 X 射线衍射法测定为单相的亚稳态 Mo_5Si_3 。由 XPS 分析测得 Mo 的 $3d_{5,2}$ 电子谱峰值的化学位移为 3.6eV。这种 Mo_5Si_3 对熟知的 Mo–Si 相图是一个补充。