

用光声谱研究硅单晶中 $^{31}\text{P}^+$ 离子注入

苏九令 包宗明 王昌平 陆桂华

(复旦大学)

倪 玫

(上海半导体器件研究所)

吴树恩 黄正义 杨中柱 陈 肯

(上海第三分析仪器厂)

本文报道用光声谱法在近红外波段($0.8\sim 1.6\ \mu\text{m}$)研究硅单晶片中 $^{31}\text{P}^+$ 离子注入的效应, 得到了低剂量情况下的结果, 并认为有希望成为硅中离子注入剂量的检测方法。低注入剂量情况下, 离子注入会在半导体中造成局域能级, 在高剂量下离子注入则使半导体晶片的晶格完全破坏, 变成非晶硅。光谱测试表明, 在 $1.1\sim 1.38\ \mu\text{m}$ 波长范围内, 单晶硅几乎是透明的, 而非晶硅则有显著的吸收。据此, 作者预期不同注入剂量($1\times 10^{12}\sim 1\times 10^{15}\ \text{cm}^{-2}$)的离子注入硅的吸收光谱必然介于非晶硅和单晶硅之间, 它们对未注入单晶硅片的归一化光声谱在 $1.1\sim 1.38\ \mu\text{m}$ 波长范围内会出现一谱峰。

实验上测量到的注 $^{31}\text{P}^+$ 硅和 $\alpha\text{-Si}$ 的归一化光声谱证实了上述预计。

结果分析表明:

(1) 不同注入剂量的 $^{31}\text{P}^+$ 离子注入硅片的归一化光声谱在 $1.1\sim 1.38\ \mu\text{m}$ 波长范围内有一个谱峰; 在注入剂量为 $1\times 10^{12}\sim 1\times 10^{14}\ \text{cm}^{-2}$ 范围内, 谱峰高度明显地随注入剂量增加而增大; 当注入剂量大于 $1\times 10^{14}\ \text{cm}^{-2}$ 后, 谱峰高度随注入剂量而增加的趋势逐渐缓慢。

(2) 当注入剂量增大到 $5\times 10^{13}\ \text{cm}^{-2}$ 以后, $^{31}\text{P}^+$ 离子注入硅片的光声谱谱形逐渐相似于 $\alpha\text{-Si}$ 的光声谱谱形, 并在波长大于 $1.4\ \mu\text{m}$ 的范围出现另一个谱峰。

(3) 注入能量不同, 光声谱谱峰高度随注入剂量变化的规律相似, 且在相同注入剂量下的谱峰高度随注入能量增加而增加。

(4) 在注入剂量为 $10^{13}\sim 1\times 10^{15}\ \text{cm}^{-2}$ 范围内, 用椭偏光技术测量表明, 样品对入射光的反射率随注入剂量增加而变大, 当注入剂量接近 $10^{15}\ \text{cm}^{-2}$ 时, 反射率的变化达最大值, 但其值小于 10%。计入样品的反射率随注入剂量的变化, 光声谱谱峰随注入剂量的变化规律并不明显改变。

综上所述, 光声谱技术提供了一种无接触、快速、非破坏性的低剂量离子注入损伤的研究手段, 为离子注入损伤机理的研究提供了一种有效的方法。另外, 本工作也为集成电路工艺过程中离子注入剂量的测试提供了一个可能的途径。