

用喇曼光谱术研究注硼硅片的损伤分布

吴华生 劳浦东 邬建根 屈逢源

(复旦大学物理系)

实验用的原始单晶硅片取向[111], 电阻率约 $10 \Omega\text{-cm}$, 在室温下以 7° 倾角注 B^+ , 离子束流 $10 \mu\text{A}$, 能量 60keV , 注入剂量 $7 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 。每块样品一半为离子注入区, 一半为非注入单晶区。把每块样品各在乙二醇+硝酸盐+水的溶液中阳极氧化不同时间, 长出不同厚度的二氧化硅层, 并用椭圆偏振仪测出二氧化硅膜厚度, 然后用氢氟酸除去二氧化硅膜, 乘上因子 0.4 就得到每块样品的剥层厚度。在喇曼光谱仪上使用 5145\AA (功率 500mW) 和 6328\AA (功率 70mW) 两个波长, 以背散射方式分别对每块剥去不同厚度的样品, 测量出离子注入区和非注入单晶区的喇曼特征峰(它的频移约 522cm^{-1}) 高度。

记剥去的硅片厚度为 d , 单晶区的特征峰高度为 I_0 , 注入区的特征峰高度为 I_i , 则对一系列样品作图可得到 $(I_i/I_0) - d$ 的实验曲线。

记单晶硅的吸收系数为 α_0 , 单位体积的喇曼散射截面为 S , 表面反射率为 R_0 , 光照面积为 A , 照射到样品上的激光功率为 I_0 , 则 I_0 就可近似地写成

$$I_0 = \frac{I_0 S}{2 \alpha_0} (1 - R_0)^2 A。$$

注入区的 I_i 则采用分层叠加的方法来计算。根据 $(I_i/I_0) - d$ 实验曲线把原始注入(未剥层)样品分成 m 个等厚度 t 的薄层, m 的数目由 $(I_i/I_0) = 1$ 的 d 值和自定的 t 值来确定, 表面薄层序号为 1, 靠单晶衬底的薄层序号为 m 。在 I_i 的计算中, 近似地把每一薄层中损伤所涉及的体积百分数 X 作为常数。对每块剥层样品, 当第 j 薄层处于表面时, 记测得的散射光强为 $(I_i)_j$ 。显然, $(I_i)_j$ 应该是尚未剥去的第 j 到第 m 各薄层所产生的散射光强与单晶衬底所产生的散射光强之和。

从损伤机理来说, 喇曼光谱中所反映的 X 应由两部份组成, 即除了间隙原子、空位和替代原子外, 还包括注入区中因单晶区域尺寸过小对 522cm^{-1} 特征峰高度的抑低。由于间隙原子、空位和替代原子等的存在, 会在注入区中出现晶格虽完整但尺寸过小而对特征峰不作贡献的小区域。这两部分贡献分别用 x 和 y 组成。

计算结果表明, 用喇曼光谱法测得的 n 和 x 的纵向分布与椭圆偏振法测得的结果, x 的纵向分布与 Brice 理论计算结果, 都基本一致, 但喇曼光谱法测量的结果表明, 离子注入造成的 x 部份损伤深度要比其他方法得到的来得深, 说明喇曼光谱法测损伤的灵敏度较高。另外还存在另一种其他测量方法尚未讨论过的损伤分布 y 。