

在 $10.6 \mu\text{m}$ 上硅单晶吸收系数 与电阻率的关系

赵有源 吴仲堃 高如芳 钱佑华

(复旦大学物理系)

本文目的是确定半导体硅吸收系数 α 与电阻率 ρ 的关系, 并以相应曲线作为校正曲线, 用于硅的电阻率、杂质浓度及其分布的测定。我们用 $10.6 \mu\text{m}$ CO_2 激光测量硅样品的透射率 T , 由公式 $T = \frac{(1-R)^2 e^{-\alpha s}}{1-R^2 e^{-2\alpha s}}$ 求得吸收系数 α , 通过定标曲线 $\alpha-\rho$ 确定硅单晶的电阻率 ρ 。样品两面切成平行平面, 研磨后抛光成光学平面。在本实验装置中 $10.6 \mu\text{m}$ 激光束适当地衰减, 经过斩波器和光束调节系统后通过半导体样品, 透射信号用红外探测器接收, 由锁相放大器放大后送到 $X-Y$ 记录仪记录分析。对于 P-Si 和 N-Si 样品, 实验测得的吸收系数 α 和电阻率 ρ 的关系分别绘制成两条曲线 $\alpha-\rho$ 。在 $\rho <$ 几个 Ωcm 范围内, 吸收系数 α 随电阻率的减小而陡峻地上升, 这就提供了低阻硅样品电阻率无接触检测新的有效途径。把实验的 $\alpha-\rho$ 曲线通过 Irvin 曲线变换为 $\alpha-N$ (N 为杂质浓度) 曲线, 与 L. Jastrzebski 等人的结果相符合。我们也用红外傅里叶光谱仪, 在波数为 $400 \sim 4000 \text{ cm}^{-1}$ 范围内, 对一些不同电阻率的硅样品, 测定了吸收谱, 吸收系数随波长或杂质浓度的增加而增大, 与理论预期相一致。适当增大波长能增强硅单晶体内自由载流子吸收效应并相对减小表面效应的影响, 有利于较高电阻率硅样品的检测。从一组实验吸收谱可见, 在 $10.6 \mu\text{m}$ 波长上, 在 $\rho \leq$ 几个 Ωcm 的较宽的电阻率范围内, 硅单晶中自由载流子的吸收占主导地位。我们测量了样品表面光洁度对表观吸收系数的影响, 对于 $\rho \leq 1 \Omega\text{cm}$ 的 P-Si 样品, 估计若用 $0.03 \mu\text{m}$ 的研磨膏对硅样品做单面研磨, 所引起测量误差约为 $\frac{\Delta\alpha}{\alpha} < 7\%$ 。