

半导体低温激光荧光光谱 测定硅中的硼磷含量

王昌平 刘 彬 吴晓毅 苏九令 缪伯才 钱佑华

(复旦大学物理系)

随着 LSI、大功率器件、红外探测器等器件的发展, 元件制造技术的提高, 对 Si 材料提出了愈来愈高的质量要求, 尤其是 Si 材料中的微量杂质, 因为它的含量及其浓度分布直接影响元件的性能与成品率, 所以对杂质含量的分析显得十分重要。测定杂质分布最常用的手段是先测定电阻率, 再根据 Irvin 曲线求出载流子浓度 $|N_0 - N_A|$, 但这种方法不能测出杂质的种类以及补偿度。杂质种类和浓度分布的测量要比电阻率测量困难得多, 而在硅材料中, 最重要的杂质就是硼、磷, 它们在 Si 中绝对含量的检测, 尤其是基硼(Base Boron), 是国内目前尚未解决的课题。

半导体低温荧光光谱(PL)早就用于对直接跃迁化合物半导体(如 GaAs、GaP 等)多方面的研究, 对于“间接跃迁”的元素半导体 Si, 由于实验技术上的困难, 直到七十年代后才开展比较系统的工作。

Si 中的 PL 谱线有两类: 固有的本征谱线和非本征谱线。非本征谱线的能量位置依赖于杂质的种类, 其强度依赖于杂质的含量。从 B_{T_0} (BE) 硼的束缚激子强度、 P_{T_0} (BE) 磷的束缚激子强度与 I_{T_0} (FE) 自由激子强度等关系中可直接、准确地得到 Si 中硼、磷的浓度含量。

我们成功地设计并研制了一只能在 4K 温度下工作的带三个窗口的金属低温容器, 被测样品采用间接冷却方式, 放置在高真空中, 整条光路没有任何液氮、液氦介质的干扰, 可以对谱线进行细致、定量的测量。低温容器液氮容量为 1.5L, 可做三小时以上的实验, 并可任意移动, 体积比国外同类型产品小得多。实验中我们对 $1\mu\text{m}$ 红外弱信号检测作了系统的研究工作, 用固体探测器获得了成功, 信噪比优于进口的光电倍增管。

我们测定了国内多个单位提供的 Si 材料, B、P 含量为 $10^{13} \sim 10^{15}/\text{cm}^3$ 。本工作介决了国内硅材料中硼、磷含量绝对值的检测问题。