

# 真空沉积 PbTe 薄膜的结构检测

于福聚 徐三保

(中国科学院上海技术物理研究所)

真空度为  $3 \times 10^{-5}$  Torr, PbTe 源温度为  $850^{\circ}\text{C}$ , 在 Si(111) 晶片衬底上沉积 PbTe 薄膜。膜的厚度大约是  $20 \mu\text{m}$ 。我们对薄膜进行了 X 射线衍射分析, 寻找不同生长条件下膜的晶态规律, 并与其光学特性相对照。

用 X 射线衍射仪,  $\text{CuK}\alpha$  辐射, 从  $20 \sim 95^{\circ}\text{C}$  记录了薄膜的衍射谱。根据谱图分析, 薄膜的结构可分为三类: 1. 高度取向 [010] 有织构的近单晶结构; 2. 杂乱取向的多晶结构; 3. 择优取向 [111] 的多晶状结构。测试分析表明, 三种晶态与衬底温度和源中 Te 的过量 (Te 超过 PbTe 中化学计量比的含量) 密切相关。Te 过量不同的膜, 随着衬底温度的上升, 都由多晶变成近单晶结构。Te 过量 1.5% 的样品, 衬底在  $125 \sim 175^{\circ}\text{C}$  时生成的膜是多晶, 衬底温度到达  $200^{\circ}\text{C}$  时, 膜接近单晶。Te 过量少, 则膜由多晶转变为近单晶结构所需的衬底温度就低, Te 过量 0.3%、0.5%、0.8% 的样品, 衬底温度  $175^{\circ}\text{C}$  时就发生了这种转变。Te 过量 0.8% 的样品, 当衬底温度为  $125 \sim 150^{\circ}\text{C}$  时生成多晶膜, 当衬底温度为  $175 \sim 250^{\circ}\text{C}$  时生成择优 [010] 方向的近似单晶状膜, 衬底温度达到  $300^{\circ}\text{C}$  时又反转成多晶膜。

另外, 薄膜表面颗粒度大小与衬底温度和偏离化学计量比的程度有关。一般来说, 当衬底温度升高时, 表面颗粒度变小, Te 过量越多, 表面大粒度的沉积物也越多。我们拍摄了一组表面颗粒度变化的金相照片。无论 Te 的过量和薄膜的晶态如何, 膜体内的晶粒度都为微米数量级。

对薄膜进行光学特性测量表明, 衬底温度为  $175 \sim 275^{\circ}\text{C}$ , Te 过量 0.3% 和 0.8% 的膜, 其折射率高而吸收小; Te 过量 1.5% 的膜, 其折射率明显下降而吸收增大。这说明, 膜的结构对其光学性质有着决定性的影响。晶态越接近单晶的膜, 其光学性能越好。择优取向 [111] 的膜, 其光学性能较差。Te 过量 0.8% 的薄膜, 当衬底温度高达  $300^{\circ}\text{C}$  时, 晶态又回到了多晶, 同时它的表面颗粒度、折射率和吸收系数的变化规律也相仿。

总之, 单晶态状膜的性能较好, 当 Te 过量较多而需要生长单晶态状膜时, 就应提高衬底温度。