

HgCdTe 低压回流液相外延生长

陈新强 沈寿珍 俞振中 金 刚

(中国科学院上海技术物理研究所)

在 HgCdTe 晶体的 LPE 生长过程中, 汞的挥发将造成母液成分与工艺条件的不断变化, 其结果甚至导致整个长晶工艺的失败。本工艺的特点是使汞蒸气压在 LPE 长晶管内持续地进行回流, 从而达到维持母液内汞原子含量不变的目的。

为保证汞蒸汽回流在限定的条件下进行, 应严格地控制热场与惰性气体压力。管内充以氢气, 有利于还原溶液内的氧原子, 减少载流子浓度。LPE 过程中采用了逐步降温工艺。首先将母液升温到稍高于熔点, 平衡一段时间后, 缓慢降温, 并让衬底与母液接触, 降温速率控制在 $0.25 \sim 0.5^\circ\text{C}/\text{分}$, 半小时后, 衬底脱离母液, 外延过程结束。

实验表明, 在作者所采用的工艺条件下, HgCdTe 外延层的厚度通常为 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 。根据扫描电镜测得的外延层附近 Hg、Cd 元素的分布曲线, 估计外延界面的过渡区厚度约为 $3 \sim 4 \mu\text{m}$ 。

实验还表明, 外延层的表面形貌与衬底取向及外延工艺条件密切相关。对于(111)取向的 CdTe 衬底, 往往可以获得十分平整光洁的外延层, 如衬底取向偏离(111)晶向一个小角度, 外延层表面将出现通常的外延波纹, 两个波纹之间为一平整的 {111} 小面, 表明 HgCdTe 液相外延生长是一个 {111} 小平面上二维成核, 横向扩展的过程。随着与(111)晶面偏离的增大, 这种波纹将逐渐变密, 直至成为沟状或链状等复杂结构。此时, 小平面生长过程为随机核化的粗糙界面所替代。

进一步的观察发现, 不同(111)晶面上的外延波纹具有自己的特征取向, 同一衬底的双晶线两边外延面上的波纹结构与取向差异很大。表明液相外延波纹线的取向不取决于工艺条件, 而是与晶面取向有关。

冷却速率对外延层的质量影响很大, 实验指出, 当生长速率过大时, 由于在临近外延片的母液中存在 Cd 与 Hg 的耗尽, 形成组分过冷区, 实验中可观察到与此相应的苞状生长, 甚至形成富 Te 母液相的夹杂, 严重影响外延层的质量。

作者采用低压回流工艺, 已获得了表面平整, 面积大于 1cm^2 的 HgCdTe 外延层, 电学与光学测量指出, 外延层为 P 型导电, 空穴浓度在 $10^{15} \sim 10^{16}/\text{cm}^3$ 之间。外延层透过率曲线的本征吸收边沿较为陡峭。根据吸收边数据, 计算得 HgCdTe 外延层内 CdTe 的克分子比含量在 $0.3 \sim 0.8$ 之间。