

碲镉汞超晶格材料制备工艺的剖析

严 隽 达

(华北光电技术研究所)

超晶格材料具有相应的合金系统所不具备的独特的光电特性、其性质取决于组成超晶格的材料组分和周期性厚度。分子束外延(MBE)和激光辅助淀积与退火技术(LADA)是两种现实的碲镉汞超晶格生长技术。外延生长 HgTe/CdTe 超晶格系统时必须考虑下列特殊因素:

1. 汞与镉、碲的粘附系数相差很大,碲流量决定了外延层的生长速率。

2. 由于汞的粘附系数太低(<0.03)。要求使用 $>10^{17} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 的汞流、因此必须采用单质汞作为汞源。

3. HgTe/CdTe 材料系统在超高真空环境下容易分解, 因此必须在生长周期前后维持一定的汞压,使真空室达到一定的汞压。

4. 衬底加热会促使 HgTe/CdTe 超晶格分解,但是为了保证已吸附的原子或分子有足够的能量在生长表面移动,从而在最低能量配位上凝固形成单晶,又必须对衬底加热。

当采用分子束外延 HgTe/CdTe 超晶格时,如果喷射炉口的面积为 1 mm^2 , 快门开关速度为 $1/10 \text{ s}$, 碲、镉二元素在沸点时的密度流经计算分别为 7.43×10^{17} 原子/厘米²·秒和 1.61×10^{17} 原子/厘米²·秒,当考虑到汞与镉、碲的粘附系数的巨大相差后,汞密度流将远大于 10^{17} 原子/厘米²·秒。

对外延层粘附量的估计表明:当生长层厚度为 $5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2} \mu\text{m}$ 时,相应的分子层数约为 7~15 层,每一层的粘附原子数约为 10^{15} 原子/厘米²,与喷射炉的喷射密度相比,约低二个数量级,所以生长速度很快不易控制,要生长周期性的交替层而且要精确控制每一层的厚度是十分困难的(尽管有机计算机辅助)。此外尚须考虑防止已生长的超晶格在超高真空下加热分解,须有汞蒸汽源,予以降低分解压力等问题。

错综复杂的矛盾,给采用 MBE 方法生长 HgTe/CdTe 带来了巨大的困难。

LADA 工艺是一个瞬间蒸发过程,因而可以充分利用光束本身的特征,例如能量高低、光斑大小、脉冲周期甚至波形等控制源的蒸发量。上述各参数可以在相当宽的范围内变动从而可以显著地降低碲、镉、汞各元素的蒸发量。由于蒸发量的降低给下列各方面带来巨大的方便:1)可以使用化合物例如 HgTe 作为汞源。2)使蒸发量尽量接近粘附量,处于平衡状态或准平衡状态。3)降低生长速度有利于层厚控制。4)实现组分的突变。5)防止源之间的干扰。6)降低污染。7)降低了对真空系统抽速的要求。因此是一种有希望的技术,值得重视。但 LADA 亦存在要求激光系统高度稳定、抗震、扫描能精确控制、造价高等弊病。

无论采用那种工艺生长超晶格系统,对 CdTe/HgTe 互扩散问题不能忽视。