

仔细观察厚的 AlInN 薄膜

一系列的特性分析方法表明：虽然氮化铝铟 (AlInN) 薄膜具有一些极佳的属性，但是表面凹坑会使其让人失望。

为了生产晶格匹配的 GaN 基激光器，覆层材料必需从传统选择 (AlGaIn) 转变为 AlInN 合金。

遗憾的是，对于厚度与覆层相当的 AlInN 层的特性，人们知之甚少——但是来自日本的研究人员正在弥补这一缺憾，采取的方法是在蓝宝石上制作此类结构，然后使用一系列方法对它们进行仔细观察，包括 x 射线衍射、横断面透射电子显微镜和光谱椭圆仪。

在名古屋理工大学和名城大学近期的这次合作之前，对于厚度大于 100 nm 的 AlInN 薄膜的报道非常少，而对于那些较厚的薄膜则尚未提供细节。

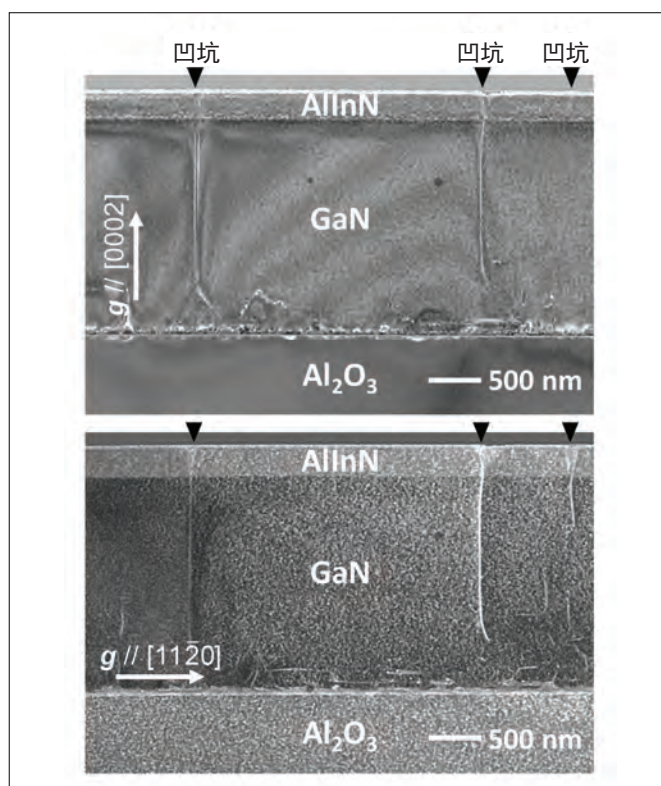
为了研究厚的 AlInN 薄膜，这支来自日本的团队采用了一块 2 英寸的蓝宝石基 GaN 模板，将其装入一个 MOCVD 反应室，并沉积厚度为 40 nm、90 nm 和 300 nm 的 $\text{Al}_{0.17}\text{In}_{0.83}\text{N}$ 层，采用的是传统的前驱体，基座温度为 830°C，压力为 13.3 kPa。

AlInN 薄膜以 0.6 μm /小时的速度沉积，这明显比用于 GaN 的生长速率低。通信作者 Makoto Miyoshi 解释说：“不过，考虑到传统 AlInN 生长，这种生长速率未必是缓慢的。”

x 射线衍射扫描产生一个很强的尖峰（对于 AlInN）和周期性的小尖峰。综合起来，这表明 AlInN 是一种单晶晶体，很有可能与 GaN 形成一个突变界面。x 射线光谱与某个对应的仿真具有很高的关联度，这就确认了 AlInN 合金的厚度和成分。

为了确定晶体质量，研究人员转向 X 射线摇摆曲线、原子力显微镜和横截面、暗场透射电子显微镜（沿着两个不同的晶体方向）。这些方法的运用结果显示 AlInN 薄膜具有：在很大程度上依存于底层 GaN 的镶嵌度；包含平坦区域和凹坑的表面，凹坑的尺寸随着薄膜厚度的增加而增大；而且，这些由于底层 GaN 中的穿透性位错而产生的凹坑是“纯刀刃”型位错和“刀刃/螺旋”混合型位错。

300 nm 厚 AlInN 薄膜表面的均方根粗糙度为 1.82 nm。据 Miyoshi 和他的同事们称，这个数值虽然不如原子级平坦表面的那么小，但考虑到凹坑的影响，它仍然是“相当不错的”。



沿着两个不同晶体方向获得的横断面、暗场透射电子显微镜图像显示：薄膜表面上的凹坑源于底层 GaN 中的穿透性位错。

然而，该研究团队认为：这些 AlInN 薄膜对于制作激光器并不好。Miyoshi 说：“我们必需减少表面凹坑”，他补充说薄膜的厚度将必须增加至 500 nm 左右。

Miyoshi 和同事们已转向使用椭圆偏振光谱测量来确定薄膜的厚度，还有它的光学常数和带隙。这种方法显示：AlInN 薄膜的带隙数值为 4.02 eV。

该研究团队计划对 AlInN 薄膜进行更多的实验。它们开展的工作将包括：了解 AlInN 生长的机理、生长穿透性位错较少的独立式 GaN 衬底、生长 500 nm 厚的 AlInN 薄膜、以及控制 AlInN 薄膜的杂质掺杂和导电性。

参考文献

M. Miyoshi et al. Appl. Phys. Express 11 051001(2018)