

有機金属気相成長法における InSe 薄膜の成長機構

Growth mechanism of InSe in metal organic chemical vapor deposition

NTT 物性基礎研, °遠藤 由大, 関根 佳明, 谷保 芳孝

NTT Basic Research Lab., °Yukihiro Endo, Yoshiaki Sekine, Yoshitaka Taniyasu

E-mail: yukihiro.endo.cd@hco.ntt.co.jp

2次元層状半導体の InSe は $1000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超える高い室温キャリア移動度[1]、赤外～可視光領域にバンドギャップエネルギー[2]をもつことから、ナノ光電子デバイスへの応用が期待される。一方、 In_xSe_y には多様な結晶相が存在することから、結晶相を制御した成長技術の確立が課題である。前回[3]、有機金属気相成長(MOCVD)法を用いて原料供給量比と成長温度を調整することにより、InSe, $\beta\text{-In}_2\text{Se}_3$, $\gamma\text{-In}_2\text{Se}_3$ の各結晶相を選択的に成長できることを報告した。今回、InSe の成長機構を明らかにするため、その成長初期過程を調べた。

InSe 薄膜はC面サファイア基板上にMOCVD法により成長した。成長温度は 450°C である。In原料にはトリメチルインジウム(TMIn)、Se原料にはジエチルセレン(DESe)を用いた。

図1(a-c)に、異なる原料供給比 $[\text{DESe}]/[\text{TMIn}]$ で成長した InSe の AFM 像を示す。原料供給比は、TMIn 流量を固定し、DESe 流量を変えることにより調整した。 $[\text{DESe}]/[\text{TMIn}] = 72.6$ では、数 10nm 程度の多角形状の InSe ドメインが形成された[図1(a)]。Se 流量を減らした $[\text{DESe}]/[\text{TMIn}] = 24.2$ では、最大 500 nm 程度の三角形状のドメインが形成された[図1(b)]。このドメイン形状の変化は、InSe の結晶構造を反映したドメインエッジの成長速度の異方性に由来すると考えられる[4]。InSe は 60° 毎に In 原子の結合手の数が異なる。In 原子の結合手が 1 本のエッジよりは、2 本のエッジのほうが Se は安定的に取り込まれやすい。Se 供給量が過剰な条件下においては各エッジの成長速度の差は小さいが、Se 供給量が少ない条件下では Se が安定に吸着しやすい結合手 2 本のエッジの成長速度が大きいため三角形状のドメインが形成したと考えられる。さらに Se 流量を減らした $[\text{DESe}]/[\text{TMIn}] = 4.8$ の条件下では、高さ数十 nm の 3 次元島が観察された。これは、In リッチな成長表面となり凝集した In 原子と Se 原子が反応したためと考えられる。上記の結果から、原料供給比が InSe のドメイン形状、平坦性の制御に重要なパラメータであることがわかった。

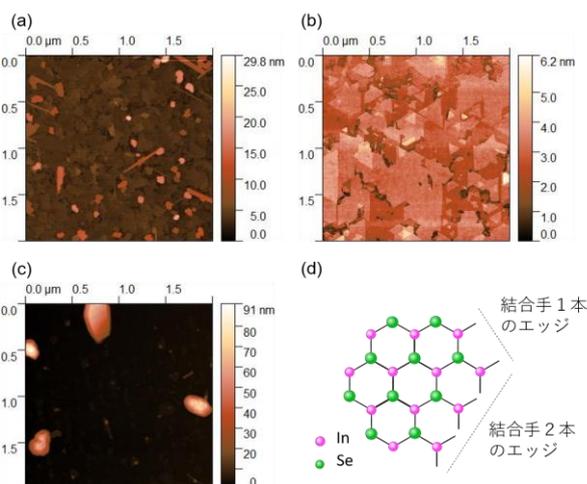


Fig. 1 AFM images of InSe grown on Sapphire substrate at different $[\text{DESe}]/[\text{TMIn}]$ ratios; (a) 72.6, (b) 24.2, (c) 4.8. (d) A schematic view of the crystal structure of InSe.

[1] D. A. Bandurin *et al.*, *Nature nanotech.* **12**, 223-227 (2017). [2] Z. Yang *et al.*, *Adv. Mater. Technol.* **4**, 1900108 (2019).

[3] 遠藤他、第 68 回応用物理学会春季学術講演会、18a-Z31-4. [4] T. Hayashi *et al.*, *Journal of Crystal Growth* **219**, 115-122 (2000).