

InP をドーパント源に用いた P ドープ ZnTe 薄膜の MBE 成長

MBE growth of P-doped ZnTe epilayers using InP as a dopant source

佐賀大¹, 豊橋技科大²

三島 聖也¹, 松尾 健斗¹, 齊藤 勝彦¹, 郭 其新¹, 山根 啓輔², 若原 昭浩², 田中 徹¹

Saga Univ.¹, Toyohashi Univ. Technol.²

°S. Mishima¹, K. Matsuo¹, K. Saito¹, Q. Guo¹, K. Yamane², A. Wakahara², T. Tanaka¹

E-mail: 15236080@edu.cc.saga-u.ac.jp

1. はじめに

ZnTe は室温で 2.26eV のバンドギャップを有する直接遷移型半導体である。近年, ZnTe 系高不整合材料である ZnTeO を用いた中間バンド型太陽電池が期待されているが[1], 太陽電池の高効率化のためには光吸収層のみならず周辺技術の確立も必要であり, 中でも p 型 ZnTe エピタキシャル膜の伝導制御は重要な課題の一つである。分子線エピタキシー(MBE)法による p 型ドーピングは窒素ラジカルを用いたものが知られており, ホール濃度 10^{20}cm^{-3} を超える高濃度ドーピングは容易であるが, 低濃度域での制御性は乏しい。ZnTe の有機金属気相成長においては, 燐(P)ドーピングにより $1.3 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ の高いホール濃度[2]が制御性よく得られており, かつ, アクセプタ準位が比較的浅いことから P は ZnTe に適した p 型ドーパントであると考えられる。我々は, これまで Sn-P 化合物を用いて P のドーピングを試みってきたが, P が P₄分子線で供給されており, ZnTe 薄膜中に取り込まれにくい可能性が示唆された。そこで本研究では, P が P₂分子線で供給される InP を P 源に用いて ZnTe 薄膜への P ドーピングに関する研究を行った。

2. 実験方法

ZnTe 薄膜は分子線エピタキシー (MBE) 法により, 高抵抗 ZnTe(001)基板上に成長した。P 原料には InP を使用した。基板温度を 400°C とし, P フラックス (f_{InP}) を $5 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}\text{Pa}$ の範囲で変化させて成長を行った。成長した薄膜はフォトルミネッセンス (PL) 測定, ホール効果測定等により評価を行った。また, 窒素雰囲気中で 200~275°C の温度でアニールした薄膜についても同様に評価を行った。

3. 結果と考察

Fig. 1 に P フラックスを変化させて成長した薄膜の低温での PL スペクトルを示す。2.33eV 付近と 2.36eV 付近にピークがみられる。2.33eV 付近のピークは伝導帯・アクセプタ準位間(FB)による発光であり, 2.36eV 付近の発光はアクセプタ束縛励起子(I_a)である。Fig. 2 に 200~275°C の温度でアニールを行った後の PL スペクトルを示す。アニール温度が高くなると FB 発光と I_a発光の強度が大きくなっている傾向がみられ, P が活性化していることが示唆される。これらの P に関する明瞭な発光は Sn-P の場合は観測されなかったものであり, InP が P 源として有用であることが分かる。

[1] K. M. Yu et al. Phys. Rev. Lett. 91 (2003) 246403. [2] T. Tanaka et al. J. Cryst. Growth 298 (2007) 437.

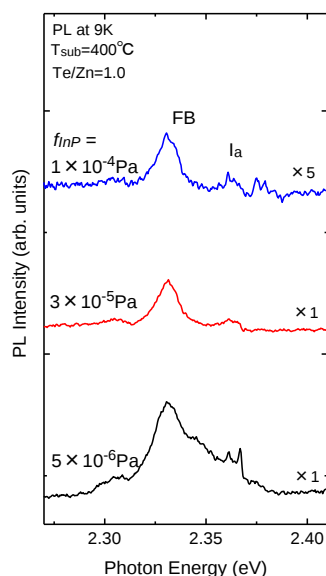


Fig 1. Low temperature PL spectra for P-doped ZnTe epilayers grown at 400 °C under various P flux.

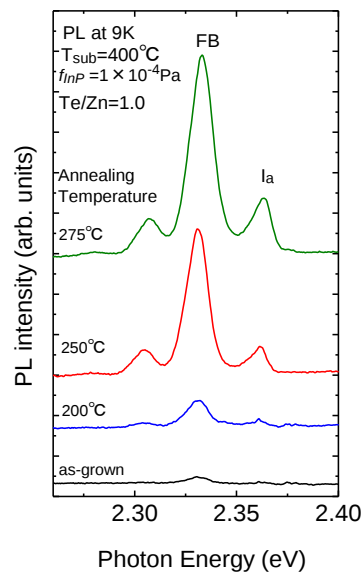


Fig 2. Low temperature PL spectra of P-doped ZnTe epilayers after annealing.