

HVPE 法によるトンネル接合に向けた高濃度ドーピングの検討

High doping performance of HVPE-grown GaAs films for tunnel diodes

産総研¹、大陽日酸² ○大島 隆治¹、庄司 靖¹、牧田 紀久夫¹、生方 映徳²、菅谷 武芳¹

AIST¹, TNSC², °R. Oshima¹, Y. Shoji¹, K. Makita¹, A. Ubukata², T. Sugaya¹

E-mail: r.oshima@aist.go.jp

【研究背景】III-V 族多接合太陽電池は、非常に高い変換効率が得られる一方で製造コストが高いこと課題である。我々は、ハイドライド気相成長 (HVPE) 法を用いた低コスト化を検討している。これまでに、HVPE 法を用いた 2 インチ上の GaAs 高均一成膜[1]、GaAs セル (変換効率 22.1%) [2]、InGaP セル (同 12.1%) [3]の開発を行ってきた。今回、InGaP/GaAs 2 接合セルの実現のために高濃度ドーピングおよびトンネル接合の検討を行った。

【実験】HVPE 法を用いて GaAs 薄膜、および n⁺-GaAs/p⁺-GaAs トンネル構造を作製した [2]。基板温度は 660°C であり、GaAs の成長速度は 8 μm/h である。p 型、n 型のドーパントには DMZn (1000 ppm), H₂S (200 ppm) を用いた。GaAs 薄膜のドーピング濃度は二次イオン質量分析 (SIMS) 測定、キャリア濃度は電解液容量電圧 (ECV) 測定により評価した。トンネル接合試料は表面に直径 0.5 mm の点電極を形成し、メサによる素子分離を行った。

【結果と考察】図 1 は p 型、n 型ドーパ GaAs 薄膜中のドーピング濃度とキャリア濃度のドーパントガス流量依存性を比較した結果である。Zn ドープでは、DMZn 流量の増大に従いキャリア濃度が増大し、作製した範囲での活性化率はほぼ 100%であった。一方、S ドープでは、H₂S 流量 4 sccm までの範囲の活性化率は約 70%であり、10 sccm 以上でキャリア濃度が 5×10¹⁸ cm⁻³で飽和した。GaAs トンネル接合の構造図を図 2(a)、I-V 特性を図 2(b)に示す。トンネル構造中の p⁺層のキャリア濃度は 2×10¹⁹ cm⁻³、n⁺層のキャリア濃度は 5×10¹⁸ cm⁻³とした。n⁺層の H₂S 流量条件として 10, 50 sccm を用いて作製した試料のトンネル特性を比較したところ、50 sccm の条件において 5 A/cm² のトンネルピークを得た。以上から、トンネル接合の動作を得るためのキャリア濃度は p⁺層では十分であるが、n⁺層では十分でないことが分かる。しかし、高 H₂S 流量で過剰にドーパした n⁺層は格子間などに不純物が入り込まれ、欠陥を介したトンネル電流が発生し可能性が考えられる。

【謝辞】本研究は、国立研究開発法人 NEDO 「超高効率・低コスト III-V 化合物太陽電池モジュールの研究開発」の委託の下で行われた。

[1] 大島、他、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-136-8. [2] R. Oshima, et al., J. Photovolt., 9, 154 (2019). [1] 庄司、他、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-136-5.

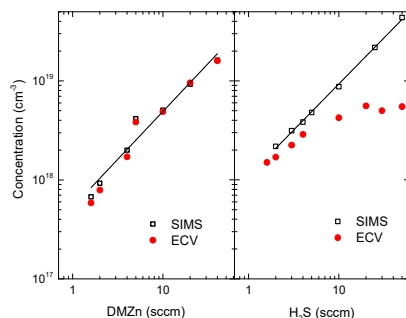


Fig.1 Doping and carrier concentration of GaAs films as a function of dopant gas flow rate.

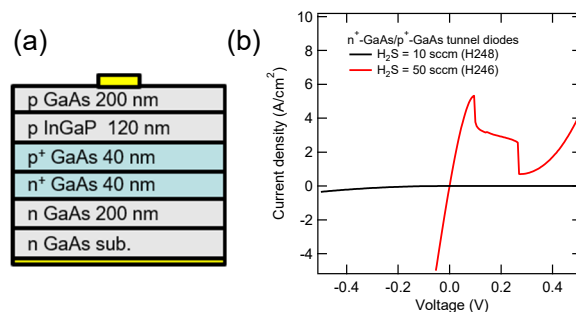


Fig. 2 (a) Schematic structure and (b) I-V curves of GaAs tunnel diodes.