

## パルススパッタ堆積法による Sn 添加 GaN 薄膜成長

### Growth of Sn-doped GaN via pulsed sputtering deposition

東京大学生産技術研究所 ○西川祐人, 上野耕平, 小林篤, 藤岡洋

○Yuto Nishikawa, Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Hiroshi Fujioka

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

E-mail: ynishika@iis.u-tokyo.ac.jp

**【背景】** 14 族元素である Sn は  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  や  $\text{In}_2\text{O}_3$  などの酸化物ワイドギャップ半導体では、Ga サイトを置換することで n 型ドーパントとして機能することが報告されている。一方、GaN の n 型ドーパントとしては Si のイオン化エネルギーが小さく優れた特性を示すことから、Ge や Sn などの n 型ドーパントについて十分な検討は行われていない。イオン半径に着目すると Si ( $r_{\text{Si}^{4+}}=40 \text{ pm}$ ) は Ga ( $r_{\text{Ga}^{3+}}=62 \text{ pm}$ ) よりもイオン半径が極端に小さいのに対して、Ge ( $r_{\text{Ge}^{4+}}=53 \text{ pm}$ ) や Sn ( $r_{\text{Sn}^{4+}}=69 \text{ pm}$ ) は Ga とイオン半径が近い。[1] 高濃度に Ge や Sn は不純物を添加した際には Si に比べて格子歪が小さく、高品質な n 型 GaN 薄膜が得られる可能性がある。実際、これまでの研究ではパルススパッタ堆積法を用いて GaN に Ge を添加すると、電子濃度が  $5.1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  と極めて高濃度まで制御でき、原子レベルで平坦な表面モフォロジーを有する n 型 GaN 薄膜が得られることを報告した。[2] そこで本研究では、パルススパッタ堆積法を用いて新たに Sn 添加 GaN 薄膜成長を行い、その特性を評価することを目的とした。

**【実験方法】** 結晶成長実験はパルススパッタ堆積装置を用いて実施した。基板にはサファイア基板上半絶縁性 GaN(0001)テンプレートを用い、温度を  $700^\circ\text{C}$  近傍に設定して結晶成長を行った。本研究で作製した試料では、添加した Sn に比べて Si や O、C 等の残留不純物は十分に低い濃度であることを確認している。薄膜の構造評価には XRD やラマン散乱測定等を、また電気特性評価にはホール効果測定などを用いた。

**【結果と考察】** 図 1 には、パルススパッタ堆積法を用いて成長した膜厚 300 nm の Sn 添加 GaN 薄膜の室温における電子濃度と電子移動度の関係を示す。比較のために同手法を用いて作製した Si および Ge 添加 GaN 薄膜のデータを合わせて示す。Sn 添加 GaN 薄膜では電子濃度  $1 \times 10^{18} \sim 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  の範囲で制御可能であり、電子移動度は Si や Ge 添加 GaN 薄膜と比較しても遜色ないことが分かった。図 2 には電子濃度  $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  の Sn 添加 GaN 薄膜の表面 AFM 像を示す。原子レベルでステップアンドテラス構造が得られ、クラックなどのない平坦な薄膜が得られた。当日は、より高濃度に Sn を添加した試料の電気特性や薄膜中の歪を解析した結果を合わせて報告する。

**【謝辞】** 本研究の一部は JST A-STEP JPMJTR201D の助成を受けて行われたものである。

**【参考文献】** [1] Shannon *et al.*, *Acta A* **32**, 751 (1976). [2] K. Ueno *et al.*, *APEX* **10**, 101002 (2017). [3] Y. Arakawa *et al.*, *APL* **110**, 042103 (2016).

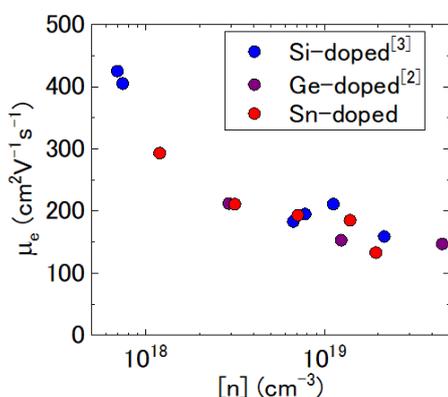


Fig. 1 Electron concentration vs. electron mobility measured at room temperature

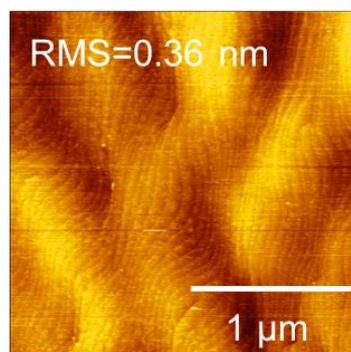


Fig. 2 AFM surface image of Sn doped GaN films with  $[n]=2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$