

PSD 法により形成した高濃度 n 型ドーパ GaN 薄膜の特性評価

Characterization of highly n-type GaN prepared by pulsed sputtering

○上野耕平¹、小林篤¹、藤岡洋^{1,2}

¹東大生研、²JST-ACCEL

○ Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Hiroshi Fujioka

¹IIS, The Univ. of Tokyo, ²JST-ACCEL

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

はじめに GaN の高濃度 n 型ドーピングは、窒化物半導体素子の信頼性の高い低抵抗オーミックコンタクトを形成する上で必要不可欠な技術である。実際、VCSEL や LED 等の発光素子ではトンネル接合を利用した p 型コンタクトの形成が、また、高周波 HEMT の様な電子素子では寄生抵抗の低減を目的として高濃度 n 型ドーパ層に関する研究が盛んである。しかしながら、一般に有機金属気相成長法で Si をドーパントとして用いた場合には、クラックや表面荒れが問題となる。また、Ge をドーパントとして用いた場合でも、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ を越える電子濃度が得られたとの報告があるものの、Ge の活性化率は低く、高品質な薄膜を得ることは困難である。[1]一方、我々のグループで開発したパルススパッタ体積 (PSD) 法を用いると、GaN に対して Si や Ge を高濃度に安定にドーピングすることができ、電子濃度は $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ まで再現性よく制御可能であることを報告してきた。また、これらドーパントの活性化率は高く、補償アクセプタ濃度も低いので、電子濃度 $4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ において、 $100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と高い電子移動度をもつ極めて抵抗の低い GaN 薄膜 ($0.16 \text{ m}\Omega \text{ cm}$) が形成可能である。[2]そこで本研究では、PSD 法により形成した高濃度 n 型ドーパ GaN 薄膜の電気特性について、温度依存ホール効果測定を用いて詳細に評価を行った。

実験方法 PSD 法を用いて高濃度 n 型ドーパ GaN 薄膜を半絶縁性 GaN テンプレート上に形成した。電気特性は Van der Pauw 法を用いたホール効果測定 (Resitest8400, Toyo corp.) で解析した。

結果と考察 図 1 には PSD 法により形成した高濃度 Si ドーパ GaN 薄膜の電子移動度の温度依存性を示す。イオン化不純物や格子振動等の電子散乱機構を考慮して Mattisen 則 ($\mu_{\text{total}}^{-1} = \mu_{\text{L.I.}}^{-1} + \mu_{\text{Lattice}}^{-1}$) で解析した結果をあわせて図 1 に示す。電子濃度は測定温度範囲において $3.3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ とほぼ一定であり、縮退していることが分かる。電子移動度は 150 K 以下の低温域では、 $106 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と一定であり、これはイオン化不純物散乱によって制限されている。一方、150 K 以上の温度域では電子移動度は緩やかに減少するが、これは格子散乱によって説明可能である。このように、高濃度 n 型ドーパ GaN 薄膜では、補償アクセプタ濃度を下げイオン化不純物散乱を抑制することで、移動度の高い低抵抗な GaN 薄膜の作製が可能であることが分かった。

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 JP16H06414 の助成を受けて行われたものである。

参考文献

[1] S. Fritze *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 122104 (2012).

[2] K. Ueno *et al.*, APL Mater. **5**, 126102 (2017).

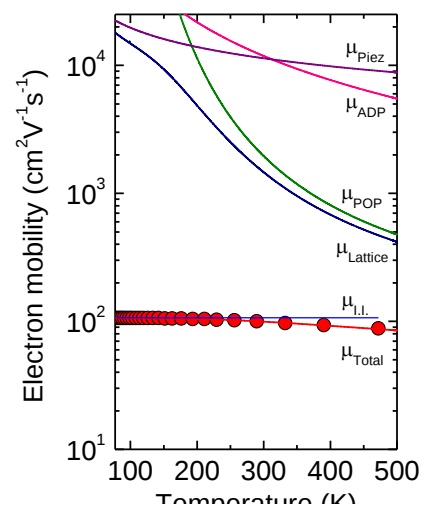


Fig. 1 Temperature dependence of electron mobility for Si-doped GaN. The calculated electron mobility includes interactions with the lattice vibration including polar optical phonon (μ_{POP}), acoustic deformation potential phonon (μ_{ADP}), and piezoelectric phonon (μ_{Piez}) scattering and ionized impurities ($\mu_{\text{L.I.}}$).