

PSD 法による高濃度高移動度 n 型 GaN の開発

Development of heavily doped high electron mobility n-type GaN by pulsed sputtering

○上野耕平¹、荒川靖章¹、小林篤¹、太田実雄^{1,2}、藤岡洋^{1,3}

¹東大生研、²JST-さきがけ、³JST-ACCEL

○Kohei Ueno, Yasuaki Arakawa, Atsushi Kobayashi, Jitsuo Ohta, Hiroshi Fujioka

¹IIS, UTokyo, ²JST-PRESTO, ³JST-ACCEL

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

GaN への高濃度 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、VICEL 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 型ドープ層の利用が検討されている。しかしながら、有機金属気相成長(MOCVD)法では Si ドーピングによる歪みや自己補償効果により 10^{20} cm^{-3} を超えるような高濃度ドーピングは一般には難しいため、素子作製後に MBE 法による高濃度 n 型ドープ層の再成長が試みられている。[1] 一方、これまでの研究でパルススパッタ堆積(PSD)法を用いるとドナー添加により GaN の電子濃度を 10^{16} cm^{-3} から 10^{20} cm^{-3} を超えるような領域まで広範囲にわたって再現性よく制御できることがわかってきた。そこで今回 PSD 法により作製した高濃度 n 型ドープ GaN 薄膜の電気特性について、ドーパント濃度と電子濃度、電子移動度の関係を詳細に評価した。

図 1 には PSD 法により作製した Si ドープ GaN 薄膜のドーパント濃度[Si]と室温における電子濃度[n]の関係を示す。ここで[Si]および[n]は SIMS 測定およびホール効果測定によりそれぞれ評価した。 $[n]=2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上の領域で[Si]と[n]はほぼ一致しており、これらの薄膜は縮退し、かつその補償比が極めて低いことがわかる。次に図 2 には室温における電子濃度[n]と電子移動度 μ_e の関係を示す。PSD 法では高濃度領域でも高品質な n 型 GaN 薄膜の作製が可能であり、電子濃度 $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ においても電子移動度は $110 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と高いことがわかる。この移動度は同程度の比抵抗の ITO 膜と比べ数倍高く、ITO より透過率の高い次世代透明電極としての利用が期待される。また、この比抵抗の値($\rho=280 \mu\Omega \text{ cm}$)は MBE 法で作製した高濃度 n 型 GaN 薄膜と比較しても十分低い。図 2 には補償比 θ をパラメータとし、縮退した半導体におけるイオン化不純物散乱の理論[2,3]をもとに計算した移動度の値を併せて示してある。今回得られた μ_e の実験データは、 $[n]=8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上の領域では、理論計算の最高値よりも高いことがわかる。以上述べた様に本研究で、PSD 法を用いて GaN への高濃度 Si ドーピングを行うと従来考えられていたよりも高い移動度を持つ低補償比高品質 GaN 薄膜の作製が可能になることが明らかになった。

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] L. Lugani *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 202113 (2014).
- [2] D. M. Szmyd *et al.*, J. Appl. Phys. **68**, 2376 (1990).
- [3] I. Halidou *et al.*, Microelectron. J. **32**, 137 (2001).

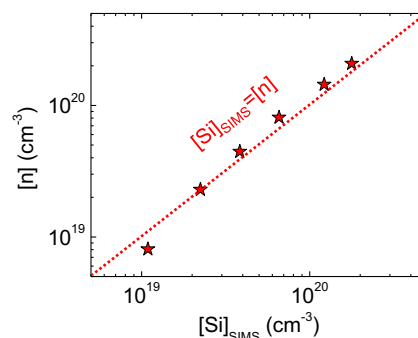


Fig. 1 Relationship between electron concentration and Si doping concentration estimated from SIMS.

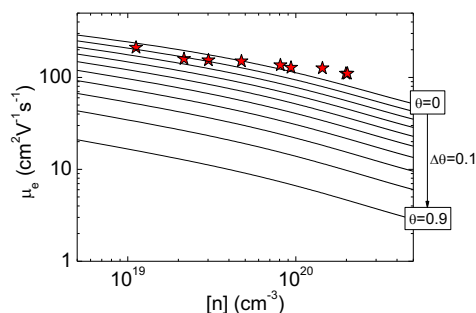


Fig. 2 RT electron mobility vs electron concentration. Solid lines also show calculated mobilities from ionized impurity scattering rate in degenerate semiconductor.