

### 高濃度GeドーピングGaN基板によるp-n接合ダイオードの低オン抵抗化の研究

浅井, 直美 / 三島, 友義 / 太田, 博

---

(出版者 / Publisher)

法政大学イオンビーム工学研究所

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Report of Research Center of Ion Beam Technology, Hosei University / 法政大学イオンビーム工学研究所報告

(巻 / Volume)

42

(開始ページ / Start Page)

3

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2023-02-28

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030270>

# 1. 研究ノート

## 1. 高濃度GeドープGaN基板によるp-n接合ダイオードの低オン抵抗化の研究

太田 博\*, 浅井 直美\*, 三島 友義\*\*

### 1. はじめに

材料物性の観点から、既存のSiやSiCに比べてGaNがパワーデバイス応用において秀でていることは広く認知されるようになり、GaN自立基板の量産によって電流の流れる方向を基板に垂直にした縦型構造を有する理想的なパワーデバイスの開発が活発に行われている。GaN p-n接合ダイオードにおいて、オン抵抗の低減は電力変換システムの高出力化、高効率化の観点で重要である。これまで、縦型p-n接合ダイオードにおいて貫通転位密度 (TDD) の低減によりオン抵抗が低減することを報告してきた<sup>1-3)</sup>。今年度は抵抗率が低い高濃度GeドープGaN基板を用いたp-n接合ダイオードのオン抵抗低減効果および大口径デバイスを考慮した電極サイズ依存性について検討を行った。

### 2. 実験

サイオクス製のHVPE Void-Assisted Separation (VAS) 法によるGeドープ ( $6-8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ) および

Siドープ ( $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ) GaN基板 (ともに貫通転位密度  $TDD \div 3 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ ) 上にバッチ式MOVPE炉でp-n接合エピ層を成長した。高濃度ドープ基板のドーパントにGeを用いた理由は、ドーピング濃度を高くしてもGaN結晶の格子定数がほとんど変化しないことが知られているためである。図1に評価に用いたp-n接合ダイオードの断面構造を示す。設計耐圧は1.5~2 kVとし、オン抵抗低減効果の実験に関しては電極径を100  $\mu\text{m}$ としたが、電極サイズ依存の実験に関してはアノード電極直径を60~800  $\mu\text{m}$ とした。

### 3. 実験結果と考察

図2に順方向 I-V特性評価結果を示す。Siドープ基板上的p-nダイオードに比べ、Geドープ基板上的p-nダイオードではオン抵抗の大幅な低減が見られた。これは、約4 Vまでは両者の特性に差が見られないことから、Geドープ基板のドナーの高濃度化による基板抵抗減少よりもフォトンリサイクリング (PR) 現象の増大により説明される。すなわち、PR

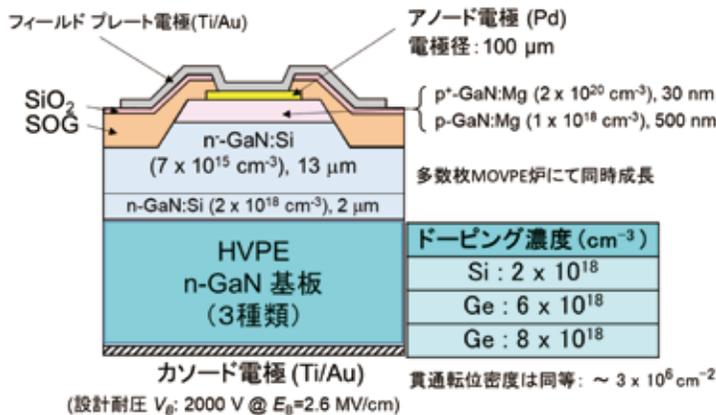


図1 GaN p-nダイオードの構造図

\*法政大学、\*\*法政大学イオンビーム工学研究所

により増加したp-GaN層中の正孔がn-GaN層に注入されると、電気的中性を維持するためより多くの伝

導電子が基板側から注入される。その際、Geドープ基板では伝導電子の数が多いため、PRも高まり導電率変調の度合いが大きくなったことによると思われる。同様の現象は高濃度OドープOVPE基板上p-nダイオードでも観測されており<sup>4)</sup>、高濃度ドープ基板の低オン抵抗化における高い有用性を確認する結果となった。

次に電極径依存の実験を行った。その結果、図3に示すように電流密度が高い領域では電極径により電流密度の違いが発生した。同図の左は通常のSiドープ基板のものであり、電極エッジでの電流密度が高くなる傾向からこのような特性になることは承知していた。ドーピング濃度が高いGeドープ基板上のp-nダイオードではこの電極径依存が明らかに小さくなっている。この理由をT-CADの解析によって調べた。図4はその結果で、ダイオードの同じトータル電流値 (0.4 A) のときのドリフト層中央部か

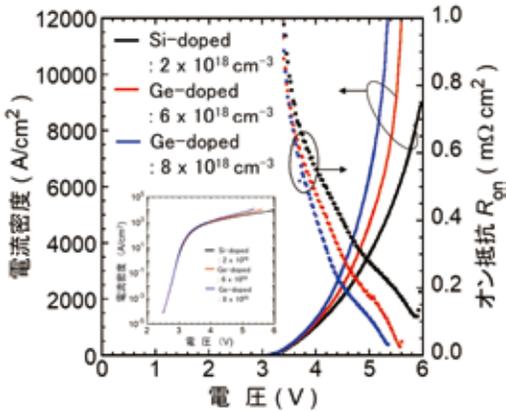


図2 3種類の基板上に試作したGaN p-nダイオードの電流-電圧特性

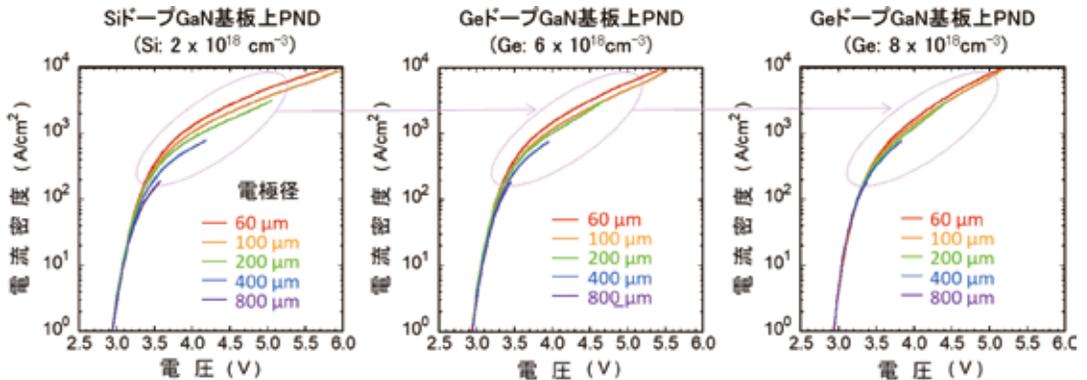


図3 3種の基板上のダイオードの順方向電流-電圧特性の電極径依存

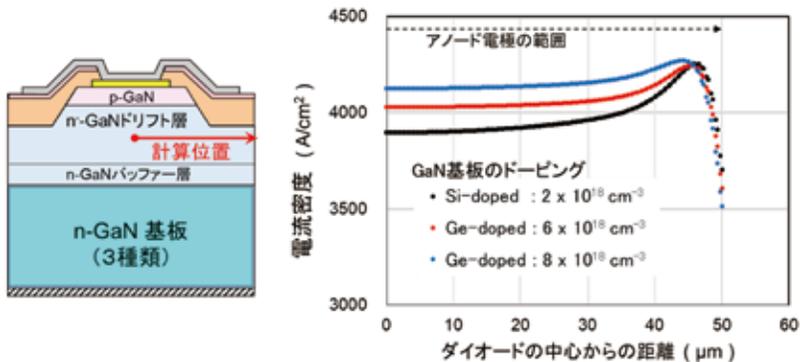


図4 ドリフト層中央部の電流密度の分布

ら外周方向の電流密度をプロットしたものである。高濃度Geドープ基板上のダイオードでは電流密度の均一性が改善されているのがわかる。これにより電極径依存が小さくなったと言える。

#### 4. 結論

以上のように高濃度Geドープ基板を用いると、縦型GaN p-nダイオードの順方向オン抵抗を著しく低減できるばかりでなく、ダイオードの大口径化による電流密度の減少も抑制でき、高出力パワーデバイスの作製に好適であることが明らかになった。

#### 謝辞

本研究は環境省「未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業」の委託を受けてなされた。

#### 参考文献

- 1) 太田ら、2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会 19a-E301-5.
- 2) 太田ら、2019年第67回応用物理学会春季学術講演会 14a-B401-8.
- 3) H. Ohta, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 59, 106503 (2020).
- 4) J. Takino, et al., Appl. Phys. Express 13, 071010 (2020).