

GaN/AlN 共鳴トンネルダイオードの動作電圧低減・高電流密度化

Lower Operating Voltage and Higher Current Density of GaN/AlN Resonant Tunneling Diode

名大院工¹, 名大未来研², 名大 VBL³, 赤崎記念研究センター⁴

○岩田大暉¹, 隈部岳瑠¹, 渡邊浩崇², 出来真斗³, 本田善央², 天野浩^{2,3,4}

Graduate School of Eng., Nagoya Univ.¹, IMaSS, Nagoya Univ.², VBL, Nagoya Univ.³, Akasaki R.C.⁴

○D. Iwata¹, T. Kumabe¹, H. Watanabe², M. Deki³, Y. Honda², H. Amano^{2,3,4}

E-mail: iwata.daiki.m8@s.mail.nagoya-u.ac.jp

【背景】共鳴トンネルダイオード(RTD)は室温で高速動作可能かつ小型なデバイスであるため、テラヘルツ光源として有力視されている。GaAs 系 RTD を用いた発振器では、室温で 1.92 THz と電子デバイスにおいて、最高発振周波数での発振に成功している[1]。一方で、単体素子での出力が数 μW 程度と小さいことが課題である。そこで、発振器の高出力化に向け本研究では窒化物半導体を用いた RTD に着目した。GaN/AlN ヘテロ接合を用いた場合、従来の GaAs よりも大きいバンドオフセットを有しているため発振器の高出力化が期待される。我々は、有機金属気相成長(MOVPE)法を用いて作製した GaN/AlN RTD において、初めて再現性のある微分負性抵抗(NDR)を実現した[2]。しかし、RTD の性能指標であるピーク電流密度(J_{peak})とピーク電流とバレー電流の比(PVCR)はそれぞれ 4.4 kA/cm^2 と 1.25 であり、分子線エピタキシー法を用いて作製したものに比べ小さい。また、動作電圧は 11 V 程度であり電力損失が大きい。以上から、本研究では GaN/AlN RTD の動作電圧の低減と J_{peak} の増加に向け、デバイス構造の検討を行った。

【実験方法】作製した GaN/AlN RTD のデバイス構造を Fig. 1 に示す。動作電圧低減に向け、コレクタ層の Si 濃度が従来の $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のデバイスに加え、 8×10^{18} 、 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の GaN/AlN RTD を作製した。これらのデバイスの井戸膜厚はすべて 5.0 nm とした。また、 J_{peak} の向上のため、コレクタ層の Si 濃度を $8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ と一定にし、井戸膜厚を 5.0、3.5、2.5 nm と推移させた。それぞれのデバイスは、MOVPE 法を用いて成長させ、ICP-RIE によるドライエッチング後、電子線蒸着によりオーミック電極を形成し作製した。室温での電流電圧(I - V)測定により、それぞれのデバイス構造に対する動作電圧と J_{peak} の評価を行った。

【実験結果】Fig. 2(a)にコレクタ層の Si 濃度を変化させたときの I - V 特性を示す。Si 濃度が $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である従来の RTD と比較して、 $8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ と $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の RTD では、それぞれ動作電圧が 4.7、7.0 V 程度低減されていることを確認した。これは、コレクタ層の Si 濃度が高いほど、量子準位と電子のフェルミエネルギーのエネルギー差が小さくなり、共鳴トンネル現象に要する電圧が低下したためである [3]。また、それぞれの井戸膜厚での I - V 特性を Fig. 2(b)に示しており、井戸層の膜厚が薄くなるほど J_{peak} が高くなる傾向が見られ、井戸膜厚 2.5 nm の RTD では 42.6 kA/cm^2 と前回報告した RTD に比べ、約 10 倍高い J_{peak} を達成した。以上から、分極によるバンドベンディングが存在する GaN/AlN RTD において、従来の RTD と同様の指針でデバイス構造を設計できることが分かった。

【謝辞】本研究は JSPS-DST 二国間交流事業[JPJSBP120207711]による支援を受けたものです。

【参考文献】[1] T. Maekawa *et al.*, Appl. Phys. Express **9**, 024101 (2016). [2] 岩田大暉 他, 第 69 回 応用物理学会春季学術講演会, (2022). [3] J. Encomendero *et al.*, Phys. Rev. Appl. **13**, 034048 (2020).

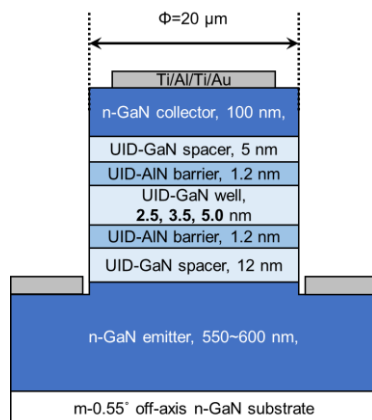


Fig. 1: Schematic cross-section of fabricated GaN/AlN RTD

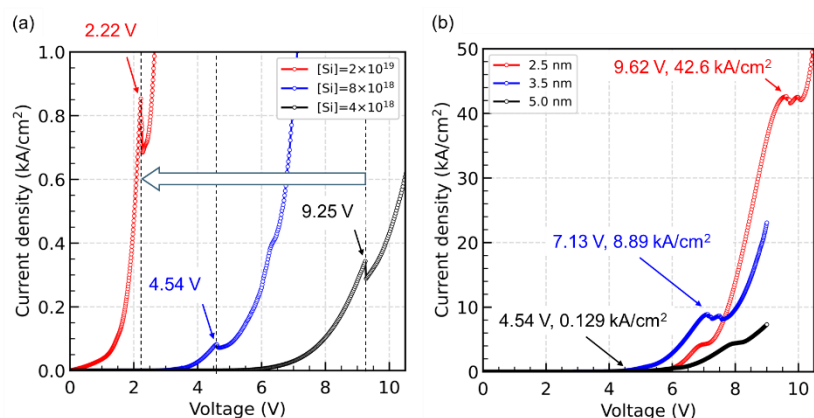


Fig. 2: (a) I - V characteristics dependence on Si concentration. (b) I - V characteristics dependence on the well thickness.