

Si ドープ AlN ショットキーバリアダイオードにおける順方向リーク電流の解析 Analysis of Forward Current Component in Si-doped AlN Schottky Barrier Diodes

佐々木一晴¹, 廣木正伸², 熊倉一英², 平間一行², 谷保芳孝², 中野義昭¹, 前田拓也¹

I. Sasaki¹, M. Hiroki², K. Kumakura², K. Hiramata², Y. Taniyasu², Y. Nakano¹, T. Maeda¹

University of Tokyo¹, NTT Basic Research Laboratory²

E-mail: isasaki@wbg.u-tokyo.ac.jp

窒化アルミニウム (AlN) は非常に大きいバンドギャップ (~6.1 eV) と高い絶縁破壊電界 (~12 MV/cm) により、高耐圧で高温動作可能な電子デバイス材料として期待されている。しかし、高品質な結晶を成長する技術が確立されておらず、結晶欠陥が依然として多いために、詳細な物性理解が不十分であるのが現状である。AlN ショットキーバリアダイオード (SBD) に関しては、現在最も良い理想因子 (n 値) の報告は 1.5 であり、理想的な値 ($n=1.0$) から大きく離れている [1, 2]。そこで、本研究では、AlN SBD の電流輸送機構を詳細に解析し、 n 値と障壁高さのばらつきについて系統的に調べたので報告する。

半絶縁性 SiC 基板上に有機金属気相成長法 (MOVPE) によってアンダードープ AlN、Si ドープ AlN、Si ドープ組成傾斜 $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 層 ($x=1.0 \rightarrow 0.2$) を成長した。AlN 層の貫通転移密度は 10^9 cm^{-2} 程度である。ドライエッチングにより傾斜 AlGaIn 層を除去して Si ドープ AlN 層を露出させ、傾斜 AlGaIn 層にオーミック電極、Si ドープ AlN 上にショットキー電極として Ni/Au 電極を蒸着した。Si ドープ AlN の Si 密度は $1.3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。ショットキー電極直径 200 μm 、400 μm 、800 μm の 3 水準、各 24 電極を用意し、それぞれに対して順方向電流-電圧 (I - V) 測定および容量-電圧 (C - V) 測定を行った。順方向 I - V 測定の結果、直径 200 μm において、理想因子 1.35 (これまで報告されている中で最も 1 に近い値) を示す素子を確認した。これは、電流輸送機構が概ね熱電子放出 (TE) モデルに従うことを示唆している。TE モデルに基づいた解析を行ったところ、障壁高さは 2.58 eV となった。同様に、 C - V 測定の結果からも障壁高さを求めると、3.5 eV 程度という値が得られた。 I - V から得られた値が C - V から得られた値よりも小さい理由は、熱電子放出による成分以上に電流が流れ、飽和電流密度が過大評価されたためと考えられる。

上述のようなほぼ理想的な特性を示す素子のほかに、障壁高さの局所低下を反映したショルダーライク特性 [3] を示す素子も散見された。顕著なリーク成分が存在しない素子を良品と定義し、各直径水準に対し良品率 Y を求めたところ、200 μm で $Y=0.21$ 、400 μm で $Y=0.04$ 、800 μm で $Y=0$ となった。障壁高さの局所低下を生じる欠陥密度を D 、面積を A とすると、 $Y=\exp(-DA)$ と表せ、これを用いると $D=4 \times 10^3 \text{ cm}^{-2}$ 程度であると見積もることができた。これは、AlN 層の貫通転移密度 10^9 cm^{-2} と比較すると非常に小さい値であり、全ての転位が障壁高さの局所低下とリーク電流を引き起こすのではなく、他の要因が存在する可能性が示唆された。

【参考文献】 [1] T. Maeda *et al.*, *Applied Physics Express* **15**, 061007 (2022). [2] C. E. Quiñones *et al.*, *Applied Physics Letters* **123**, 17 (2023). [3] D. Defives *et al.*, *IEEE Transactions on Electron Devices* **46**, 449 (1999).

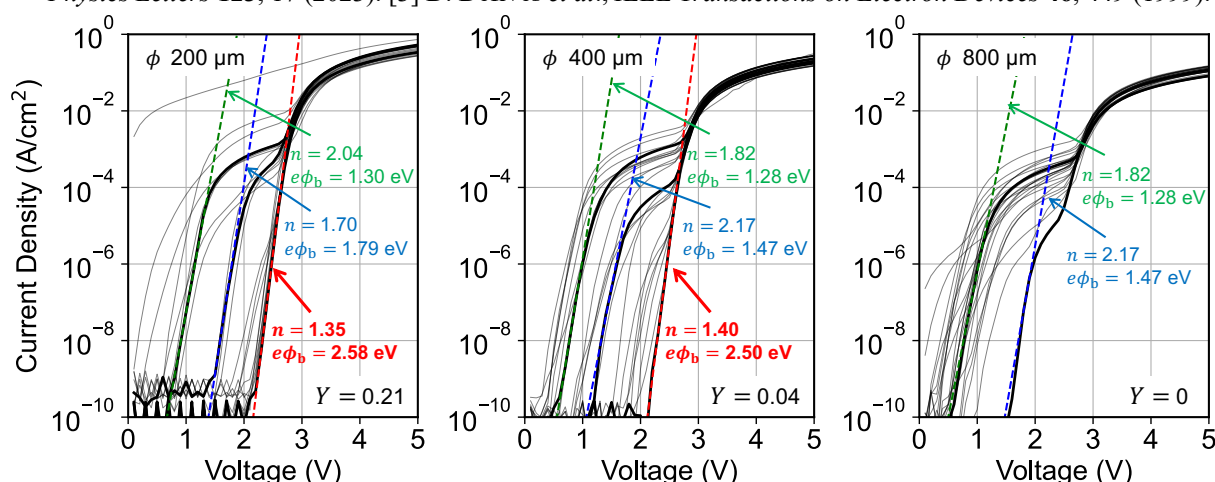


Fig. 1. Forward I - V characteristics of AlN SBDs with the Schottky electrode diameters of 200 μm , 400 μm , and 800 μm . Shoulder-like characteristics are observed, which indicates the barrier height inhomogeneity.