

Ni/ β -Ga₂O₃ ショットキー接合の障壁高さの温度依存性の評価における 熱電子放出-拡散モデルに基づく解析の重要性

Temperature dependence of barrier height in Ni/ β -Ga₂O₃ Schottky junction

Obtained by the Analysis Based on the Thermionic Emission-Diffusion model

棟方晟啓¹, 佐々木公平², 江間研太郎², 中野義昭¹, 前田拓也¹,

東京大学¹, ノベルクリスタルテクノロジー²

A. Munakata¹, K. Sasaki², K. Ema², Y. Nakano¹, T. Maeda¹

Tokyo Univ.¹, Novel Crystal Technology, Inc.²

E-mail: makki@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

酸化ガリウム(β -Ga₂O₃)は、高い絶縁破壊電界を有するため、高耐圧かつ低損失なパワーデバイス材料として期待されている。酸化ガリウムの障壁高さの温度依存性に関しては、報告例はあるものの測定手法ごとに差異があり、詳細な議論がなされていない[1]。本研究では、Ni/ β -Ga₂O₃ SBD について、298 K から 473 K の範囲で容量-電圧(C - V)測定と電流-電圧(I - V)測定を行い、緻密に解析することで、障壁高さの温度依存性を求めたので報告する。

測定した SBD のショットキー電極の金属は Ni (20 nm)/Au (500 nm) で、電極は 3.2 mm × 3.2 mm の正方形である。まず、 C - V 測定を行った。1/ C^2 - V プロットにおける傾きから、実効ドナー密度が $4.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ で温度によらず一定であることがわかった。また、温度上昇につれて拡散電位が減少した。障壁高さは、拡散電位、伝導帯底とフェルミ準位のエネルギー差、空乏層端に電子が存在することによる電圧降下(kT)の和から求められる。 C - V 測定から求めた障壁高さは、温度上昇につれてほぼ線形に単調減少し、その温度係数は -0.43 meV/K となった。

次に、 I - V 測定を行った。図 1 に得られた I - V 特性を示す。熱電子放出(TE)モデルに基づいて解析を行ったところ、 I - V 曲線のフィッティングはよく一致するものの、障壁高さの温度依存性が -0.14 meV/K となり、 C - V 測定の結果と一致しない。この不一致の原因は、TE モデルが「障壁を越えるエネルギーを持つ電子はすべて電流輸送に寄与する」と仮定していることに起因すると考えられる。これまで我々は Ni/GaN SBD の I - V 特性の解析において、高温になると電子の移動度が低下するため空乏層での拡散輸送が無視できず、熱電子放出-拡散(TED)モデル[2]を適用する必要があることを指摘している[3]。図 2 に、 β -Ga₂O₃ における熱速度 v_R と拡散速度 v_D の比較を示す。 v_D の計算においては、 β -Ga₂O₃ のホール効果測定について報告された移動度を用いた[4]。 β -Ga₂O₃ の電子移動度が室温付近で $100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度と低いため、室温においても v_D が v_R より低く、電流が拡散輸送によって制限されることがわかる。その結果、TE モデルでは障壁高さの過大評価が生じてしまう。図 3 に C - V 、 I - V (TE 解析)、 I - V (TED 解析) による障壁高さの温度依存性を示す。TED モデルに基づく解析により、 I - V 、 C - V とともに一貫した障壁高さの温度依存性(-0.43 meV/K)が得られた。

本研究より、障壁高さの精密評価において、移動度が低い場合には TE ではなく TED モデルに基づいて解析することが重要であるということがわかる。得られた結果は、金属/ β -Ga₂O₃ ショットキー接合を有する電子デバイスの温度依存性を考える際に有用である。

【参考文献】 [1] M. Higashiwaki *et al.*, *APL* **108**, 133503 (2016), [2] S. M. Sze and K. K. Ng, *Physics of Semiconductor Devices* (Wiley, New York, 2007) 3rd ed., pp. 153-162, [3] T. Maeda *et al.*, *APEX* **10**, 051002 (2017), [4] T. Adam, *et al.*, *APL* **113**, 062101 (2018)

【謝辞】 本研究は公益財団法人精密測定技術振興財団 2022 年度研究助成および公益財団法人池谷科学技術振興財団 2023 年度研究助成の支援を受けて実施しました。

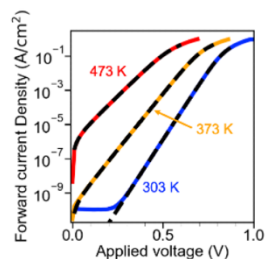


Fig. 1 Forward I - V characteristics of the Ni/ β -Ga₂O₃ at 303, 373 and 473 K. The calculations based on the TED model are also shown as broken lines.

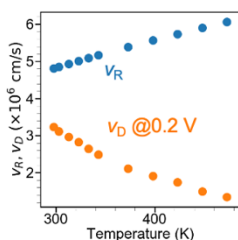


Fig. 2 Temperature dependence of thermal velocity (v_R) and effective diffusion velocity (v_D) @0.2 V.

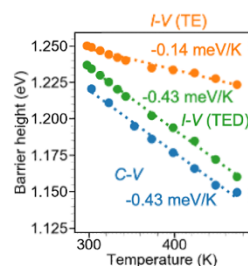


Fig. 3 Temperature dependence of barrier height in Ni/ β -Ga₂O₃ obtained by C - V and I - V analyzed by TE and TED models shown as blue, orange and green circles.