

Cs吸着n型AlGa_xN薄膜を用いた熱電子発電素子の出力特性と電極間空間の電位分布解析Analysis of Potential Distribution in the Interelectrode Space and Output Characteristics of Diode Thermionic Converter with Caesiated n-type AlGa_xN Thin Film

藤本 拓矢¹、木村 重哉²、吉田 学史²、宮崎 久生²、荻野 明久¹
 FUJIMOTO Takuya¹, KIMURA Shigeya², YOSHIDA Hisashi²,
 MIYAZAKI Hisao², OGINO Akihisa¹

¹静岡大学, ²(株) 東芝 研究開発センター

¹Shizuoka University, ²Corporate Research & Development Center, Toshiba Corporation

1. 背景と目的

Siドープn型Al_xGa_{1-x}NはAl組成比xを変えることで仕事関数を調節でき、xを高くすると仕事関数が低減する。一方で、xの高いn型Al_xGa_{1-x}Nではドナー準位の活性化エネルギーが増加し、ドナーの不活性化を生じるため、ドープ濃度の高い場合に高抵抗化をもたらす原因となる^[1]。本研究では、高いxを持つSiドープn型Al_xGa_{1-x}N薄膜をエミッタとして熱電子発電素子を構成し、電子放出および出力特性からSiドープ濃度 N_{Si} の影響について検討した。また、発電素子の空間電荷効果およびコレクタでの電子反射を考慮した理論解析結果と測定結果を比較し、電極間空間の電子挙動について検討した。

2. 実験方法

Siドープn型Al_xGa_{1-x}N薄膜/SiC基板エミッタとSUS製メッシュコレクタを電極間隔 $d=500\mu\text{m}$ で真空容器内に対向配置し、エミッタの熱電子放出特性を測定した。この測定では、電極間空間へCsをガス分圧 $P_{Cs}=4.3\times 10^{-5}\text{Pa}$ で供給し、エミッタおよびコレクタ表面をCsで被覆することで電子親和力を低減している。

3. 結果と考察

図1(a)はAl_{0.75}Ga_{0.25}N薄膜エミッタの温度 $T_E=500\text{°C}$ のときの熱電子放出特性の測定結果と理論解析結果を示す。 N_{Si} の増加とともに短絡電流が増加する傾向が見られた。また、図1(b)は得られた測定結果をもとに解析した電極間空間の電位分布(コレクタ電圧 $V_C=0\text{V}$)を示す。 N_{Si} が低い場合には放出された電子の多くが電極間空間にとどまり、負の電位障壁が形成されている。 V_C を大きくすることでこれらの電子がコレクタに到達するようになり、大きな飽和電流値が得られたと考えられる。図2はコレクタにおける電子の反射を考慮した理論解析結果を

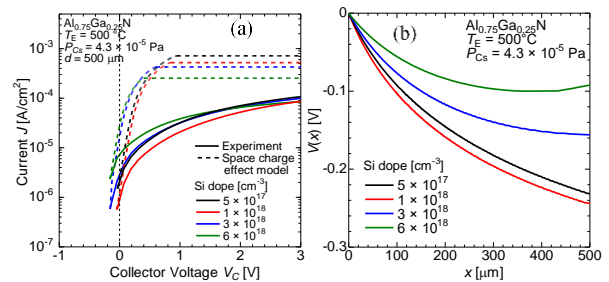


Fig.1. (a) Thermionic emission characteristics of caesiated Al_{0.75}Ga_{0.25}N, (b) Potential distribution in the interelectrode space at $V_C=0\text{V}$.

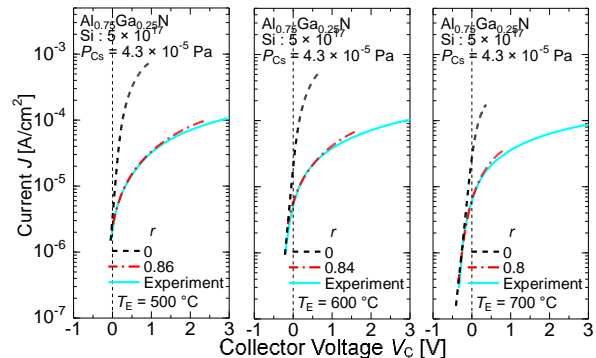


Fig.2. Comparison of the experimental results of I-V characteristics and the calculation results considering reflection at collector.

示す。コレクタ面における電子の反射率 r を約0.8としたとき、計算結果と測定結果がよく一致した。Csが吸着した電極表面では、双極子の形成により急激な運動量の変化が生じ、清浄な表面と比べて反射が増加する^[2]ためと考えられる。また、 T_E の昇温とともに反射率が小さくなる傾向が見られた。これはエミッタからの熱放射によりコレクタ温度が上昇し、表面のCsが脱離したためと考えられる。

参考文献:

- [1] S. Kimura, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **59** (2020) SGGF01.
 [2] Khoshaman, A.H., et al., IEEE Nanotechnol. Mag. **8** (2014) 4-15.