

n型GaNエミッタの熱電子放出電流-電圧特性に面極性が与える影響

Effect of surface polarity on thermionic emission

current-voltage characteristics of n-type GaN emitter

静大院工¹, (株) 東芝 研究開発センター² ○山本 直輝¹, 木村 重哉², 吉田 学史², 宮崎 久生², 荻野 明久¹

Shizuoka Univ.¹, Corporate Research & Development Center, Toshiba Corp.²

○Naoki Yamamoto¹, Shigeya Kimura², Hisashi Yoshida², Hisao Miyazaki², Akihisa Ogino¹

E-mail: yamamoto.naoki.17@shizuoka.ac.jp

【はじめに】窒化物半導体は、イオン性が高く反転対称性を持たないため、c軸に沿って自発的に分極する。結晶に垂直な面の極性がGa極性とN極性の2種類のn型GaN基板の分極の大きさはGa極性で $+0.034 \text{ C/m}^2$ 、N極性で -0.034 C/m^2 であり、c軸に沿って逆方向に分極している。これまでにn型GaN基板の熱電子放出特性は分極の方向により変化することを確認している^[1]。本研究では、n型GaN基板の熱電子放出特性を評価し、面極性や動作温度の影響を検討した。

【実験方法】面極性が異なるn型GaN基板(厚さ $280 \mu\text{m}$)をエミッタとしてSUS製コレクタと電極間隔 $d=100 \mu\text{m}$ で真空容器内に対向配置した。エミッタの熱電子放出特性は、基板ヒーターによりエミッタ温度 T_E を制御し、接地したエミッタに対してコレクタ電圧 V_C を掃引し測定した。このとき、アルカリ金属ディスペンサーを用いて真空容器内にCsをガス分圧 $P_{Cs}=1.5 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ 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た。

【結果と考察】図1は、(a)Ga極性および(b)N極性のn型GaNエミッタの熱電子放出電流 J の測定結果を示す。 T_E が上昇するとエミッタ面上のCsの脱離しCs被覆率が減少するため、仕事関数が増大する。この結果、 $J=0 \text{ A/cm}^2$ のときの閾値電圧 V_t は減少し、Ga極性では $T_E=600 \text{ }^\circ\text{C}$ のとき $V_t=-1.22 \text{ V}$ 、N極性では $T_E=650 \text{ }^\circ\text{C}$ のとき $V_t=-1.23 \text{ V}$ で最小となった。 $T_E>600 \text{ }^\circ\text{C}$ ではエミッタからの電子放出に対し、コレクタからの逆放出の割合が増加し V_t は増加した。また、 $V_C=0 \text{ V}$ 印加時の短絡電流 J_{sc} は、Ga極性では $T_E=400 \text{ }^\circ\text{C}$ のとき $J_{sc}=0.30 \mu\text{A/cm}^2$ 、N極性では $T_E=500 \text{ }^\circ\text{C}$ のとき $J_{sc}=10.8 \mu\text{A/cm}^2$ であり、異なる T_E で最大となった。これは、N原子の方がGa原子よりも電子親和力が高く、Csから電子を受け取ることで安定化し、NおよびCs原子間に強い引力が生じることで、N極性の面におけるCs吸着が支援されたためと考えられる^[2]。次に、 V_C により J が大きく変化する減速電界領域での電圧電流特性より、電子温度を概算した結果、 $T_E=500 \text{ }^\circ\text{C}$ のときN極性では 0.028 eV 、Ga極性では 0.038 eV であることがわかった。電極間空間における電子の平均自由行程は電極間隔に比べて十分長く無衝突と考えることができるため、電子温度は放出電子自身の温度を反映しており、N極性の自発分極が電子放出に寄与し、低いエネルギーの電子が放出されたと考えられる。

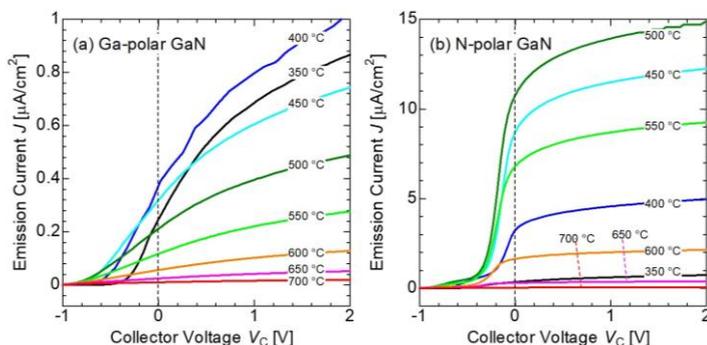


Fig.1. Thermionic emission current J for (a)Ga-polar and (b)N-polar GaN samples at different emitter temperature T_E .

【参考文献】 [1] S. Kimura, et. al., J. Vac. Sci. Technol. B **39**, 014201 (2021).

[2] L. Liu, et. al., Solar Energy **211**, 560 (2020).