

AlGaN/GaN 二次元電子ガスにおけるドリフト速度-電界特性の温度依存性 Temperature Dependence of Drift Velocity of 2DEG in AlGaN/GaN Heterostructure

若本裕介¹, 河原孝彦², 吉田成輝², 牧山剛三², 中田健², 前田拓也¹

東京大学¹, 住友電気工業株式会社²

Y. Wakamoto¹, T. Kawahara², S. Yoshida², K. Makiyama², K. Nakata², T. Maeda¹

Univ. of Tokyo, EEIS¹, Sumitomo Electric Industries, Ltd.²

E-mail: wakamoto@wbgt.t.u-tokyo.ac.jp

GaN HEMT のモデリングにおいて、二次元電子ガス(2DEG)のキャリア輸送特性に対する正確な理解が重要である。これまでに我々は、 n^+ -GaN コンタクト層により低いコンタクト抵抗を有する Transfer Length Method (TLM) パターンを形成し、自己発熱の影響を排除するためパルス I - V 測定を行い 2DEG のドリフト速度の精密評価を室温下にて実施してきた[1]。本研究では、同構造を用いて 25 K から 573 K の幅広い範囲においてドリフト速度の温度特性を評価したので報告する。

半絶縁性 SiC 基板上に AlGaIn (15 nm)/GaN ヘテロ接合を有機金属気相成長法(MOVPE)により成長した。AlGaIn 層の Al 組成は 20%と 30%の 2 種類を用意した。AlGaIn 層除去のためのドライエッチングを行ったのち、MOVPE によって n^+ -GaN コンタクト層を選択再成長した。その後 Ti/Au 電極を EB 蒸着した。TLM 測定を行い、片側接触抵抗は非常に低い値(0.4-0.6 Ω mm)であった。Hall 効果測定により 2DEG 濃度(Al 20%: $8.1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$, Al 30%: $1.3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$)と高い移動度($\sim 1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)を得た。シート抵抗は TLM 測定で得た値と一致している(Al 20%: 490 $\Omega/\text{sq.}$, Al 30%: 320 $\Omega/\text{sq.}$)。TLM 構造に対し、パルス I - V 測定を 25 K から 573 K の範囲で行った。測定した電圧と電流からコンタクト抵抗分の電圧降下を補正したうえで電界とドリフト速度を得た。図 1 に 25 K, 298, 573 K において得られた Al20%での速度-電界特性を示す。様々なギャップ長にて一様な値が得られており、値の信頼性を裏付けている。温度上昇につれて、低電界において移動度が著しく減少しているだけでなく、高電界におけるドリフト速度もわずかに減少している。図 2 に Al20% (ピンク)と Al30%(赤)における 2DEG の最大ドリフト速度の温度依存性を示す。室温下にて 2DEG 濃度増加に伴いドリフト速度が減少していることが報告されてきたが[1, 2], 低温・高温下でもその傾向は変わらなかった。最大ドリフト速度は 25 K から ~ 250 K まではほぼ一定であり、その後わずかな割合で減少していき、やがて再び一定の値に落ち着いた。データに基づいて得た経験式は黒点線にてよくフィットした。この温度依存性は、主に 2DEG の高電界下での電子状態(E - k 分散における分布)の熱ゆらぎによる極性光学フォノン放出率の違いに起因していると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 22K20423, 23K13362 および公益財団法人カシオ科学振興財団、公益財団法人スズキ財団の助成を受けて実施されました。また、本研究の一部のデバイス作製は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(JPMXP1223UT1184)の支援を受けて、東京大学武田先端知スーパークリーンルーム微細加工拠点において実施されました。

参考文献 [1] 若本 他, 第 71 回応物春, 24p-52A-11 (2024). [2] S. Bajaj *et al.*, *APL* **107**, 153504 (2015).

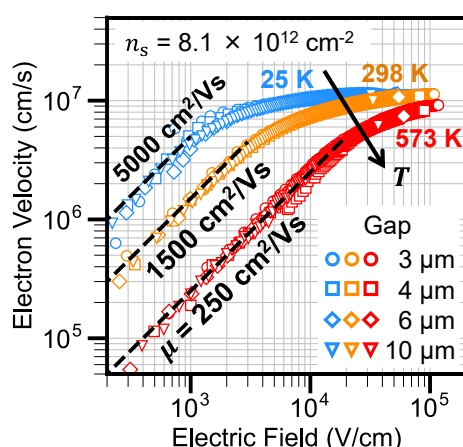


Fig. 1. Velocity-field characteristics of 2DEG in $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}/\text{GaN}$ with various gap lengths in the range from 25 K to 573 K.

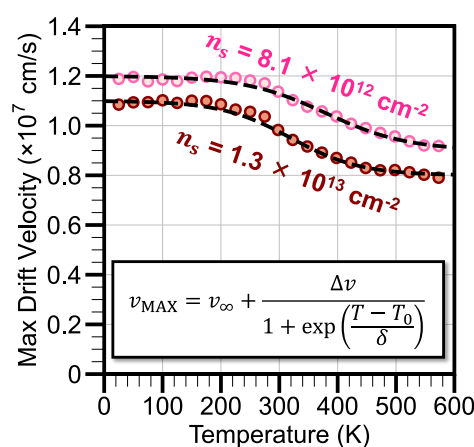


Fig. 2. Temperature dependence of max drift velocity in AlGaIn/GaN at different 2DEG sheet densities. Dashed lines show the calculated values based on an empirical formula.