

InAlN/AlN/GaN 構造中 2DEG におけるキャリア散乱機構の AlN 層厚依存性

Carrier scattering mechanism of 2DEG in InAlN/AlN/GaN structures depending on AlN thickness

東工大¹, ニューフレアテクノロジー² ◯小森勇太¹, 星井拓也¹, 宮野清孝²,津久井雅之², 水島一郎^{1,2}, 依田孝^{1,2}, 角嶋邦之¹, 若林整¹, 筒井一生¹Tokyo Tech¹, NuFlare Technology Inc. ◯Y. Komori¹, T. Hoshii¹, K. Miyano²,M. Tsukui², I. Mizushima^{1,2}, T. Yoda^{1,2}, K. Kakushima¹, H. Wakabayashi¹, and K. Tsutsui¹

E-mail: komori.y.ac@m.titech.ac.jp

【はじめに】近年、従来の AlGaIn/GaN 系 HEMT に比べ、InAlN/GaN 系 HEMT が、格子整合による高信頼性、大きな自発分極効果による高い 2DEG 濃度から、高周波デバイスへの応用が期待される。一方、InAlN/GaN 構造では 2DEG の移動度が低い問題があったが、界面に AlN スペーサ層を挿入した InAlN/AlN/GaN 構造では移動度が増大でき、かつその厚さに 1nm 程度の最適値があることも知られている[1]。しかし、この機構はまだ充分理解されていない。これまで我々は AlN 層厚 (t_{AlN}) に依存したキャリア散乱機構を移動度の温度特性から調べてきた[2]が、今回は移動度の 2DEG 濃度依存性から検討した。

【実験】 t_{AlN} を 0~2nm で変化させた In_{0.18}Al_{0.82}N/AlN/GaN/Si 基板上に MIS ゲート型 HEMT を形成した(ゲート長:25~100 μm 、ゲート幅:60~100 μm)。これらに対して、常温でスプリット C-V 法により電子の実効移動度 (μ_e) のシートキャリア濃度 (N_s) 依存性を評価した。

【結果】 t_{AlN} が 0nm、1nm、2nm の場合の μ_e の N_s 依存性を Fig.1 に示す。まず、高 N_s 側では、 $t_{\text{AlN}}=0\text{nm}$ に比べて $t_{\text{AlN}}=1\text{nm}$, 2nm では μ_e が増大し、AlN 層の導入効果が明確である。しかし、 $t_{\text{AlN}}=1\text{nm}$ と $t_{\text{AlN}}=2\text{nm}$ の差は小さく、この点はこれまでのホール効果測定等による評価と異なっている。

散乱機構については、これまでの温度依存性の検討から、高移動度が得られる $t_{\text{AlN}}=1\text{nm}$ ではフォノン散乱が支配的であるのに対し、移動度が下がる $t_{\text{AlN}}=0\text{nm}$ や $t_{\text{AlN}}=2\text{nm}$ では合金散乱あるいは界面ラフネス散乱が支配的になると推測していた[2]。 N_s 依存性の観点からは、D. Jena らによるモデル化が報告されている[3]。これによると、高 N_s 側の低下は合金散乱あるいは界面ラフ

ネス散乱、低 N_s 側の低下は転位による点欠陥と局所的な格子歪みによる散乱が示唆される。このモデルと、今回得られた実験結果では、 N_s 依存性の傾きの大きさに違いがあるが、傾きの向きのみを当てはめて考える限りでは、高 N_s 側では AlN 層の導入で合金散乱が抑制されたことが推測できる。一方、低 N_s 側では $t_{\text{AlN}}=0\text{nm}$ に比較して $t_{\text{AlN}}=1\text{nm}$ と $t_{\text{AlN}}=2\text{nm}$ の μ_e の低下が顕著であることから、AlN 層を導入することで 2DEG 近辺の欠陥密度が高くなったことが推測できる。これは AlN 層の格子不整合が原因である可能性がある。

【まとめ】AlN 層の導入による μ_e の増大においては、合金散乱の抑制と格子欠陥の発生とのトレードオフが存在することが示唆された。

謝辞: 有益な議論を頂いた東芝の布上真也氏と名古屋氏に感謝する。

参考文献: [1] M. Gonschorek, *et al.*, APL, 89, 062106 (2006). [2] 小森 ほか, 第 82 回秋季応物, 13a-N305-1, (2021). [3] D. Jena *et al.*, *phys. stat. sol. (b)*, 228, p.617 (2001).

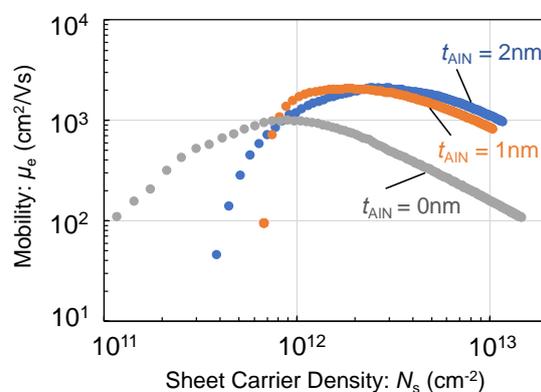


Fig.1 Relationship between 2DEG mobility (μ_e) and sheet carrier density (N_s) for various AlN layer thicknesses (t_{AlN}).