

プラズマ励起原子層堆積保護膜によるAlGaIn/GaN HEMTの表面安定化

Surface Stabilization of AlGaIn/GaN HEMTs by Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition

豊田工業大学, °鈴木 貴之, 山田 富明, 河合 亮輔, 川口 翔平, 張 東岩, 岩田 直高

Toyota Tech. Inst., °T. Suzuki, T. Yamada, R. Kawai, S. Kawaguchi, D. Zhang, and N. Iwata

E-mail: sd15420@toyota-ti.ac.jp

AlGaIn/GaNヘテロ接合を用いた高電子移動度トランジスタ(HEMT)は、マイクロ波通信および電力制御用のパワーデバイスとして好適である。しかしながら、高密度の表面準位により、ドレイン電流の減少などの特性劣化が生じる。AlGaIn/GaN HEMT特性の安定化に向けては、表面保護膜が広く議論されているものの^[1], 化学気相成長法による成膜では表面未結合手の良好な終端は困難である。今回我々は、未結合手の終端に優れるプラズマ励起原子層堆積(PEALD)法を用い、SiN_xまたはAl₂O₃の素子表面への保護膜効果を評価したので報告する。

作製したHEMTの構造とトランジスタモデルを併せてFig.1に示す。素子の作製においては、ウェハ上へSiO₂/SiN_x膜を堆積した後、ドライエッチングによる素子分離を行った。次に、Au/Ti/Al/Ti構造を用いたオーミック電極を形成し、その後Au/Ni構造のゲート電極を形成した。最後に3nmのSiN_xまたはAl₂O₃膜をPEALD法により堆積し、ゲートの両端を覆った。

作製したHEMTの静特性をFig.2に示す。SiN_xまたはAl₂O₃保護膜を形成したHEMTと保護膜を適用していないHEMTのオン抵抗(R_{on})は、それぞれ6.7, 7.6, 9.0 [$\Omega \cdot \text{mm}$]であった。SiN_x膜を適用したHEMTは最も低い R_{on} と高いドレイン電流が認められた。保護膜効果を評価するため、トランジスタモデル(Fig.1)を用いて解析を行った。このモデルにおいて R_{on} は、ソース電極からドレイン電極までの抵抗和で表される。接触抵抗 R_c (Transmission line methodより0.7 [$\Omega \cdot \text{mm}$]と算出)およびゲート下のチャネル抵抗 R_{ch} (ホール効果測定より0.6 [$\Omega \cdot \text{mm}$]と算出)は保護膜効果に依存せず、それぞれのHEMTにおいて等しい。よって、保護膜の堆積による影響は、ゲート-オーミック電極間の抵抗 R_{go} で評価することができる。SiN_xを保護膜に適用したHEMTの R_{go} は2.2 [$\Omega \cdot \text{mm}$]と最も低く、この結果はSiN_x膜によって表面未結合手が良好に終端されたことを示唆する。

次に、深いピンチオフ電圧から順方向へゲートパルス電圧を印加したときのドレイン電流 I_D の応答をFig.3に示す。保護膜を適用したHEMTの I_D は、保護膜を適用していないHEMTに比べて小さい。一方、SiN_xを適用したHEMTの時定数は長く、これはSiN_x保護膜下の表面準位がより深いレベルであることを示唆している。

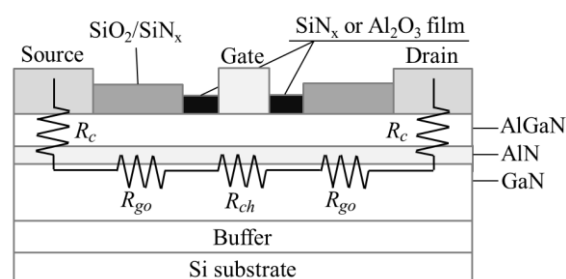


Fig.1. Structure of the fabricated HEMT and the transistor model for passivation effect analysis.

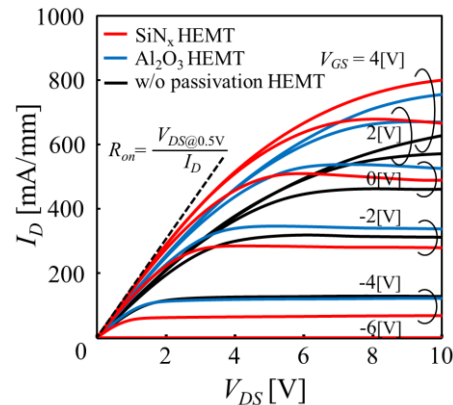


Fig.2. I_D - V_{DS} characteristics of the fabricated HEMTs.

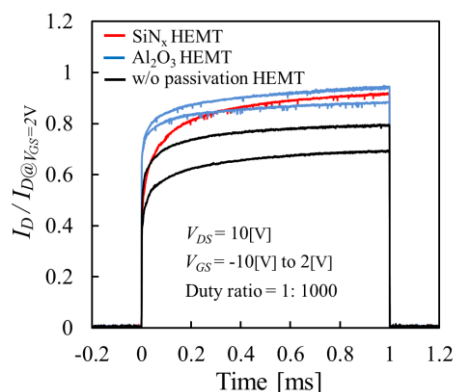


Fig.3. Normalized I_D responses to the gate pulse.

[1] R. C. Fitch *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B, 2011.