

Al₂O₃ あるいは AlTiO ゲート絶縁膜を用いた
InAlN-GaN 金属/絶縁体/半導体構造における絶縁体/半導体界面固定電荷
Insulator/semiconductor interface fixed charge in InAlN-GaN
metal/insulator/semiconductor structures with Al₂O₃ or AlTiO gate insulator

北陸先端大 ○ 山口慎也*, 宇井利昌, 長谷川貴大, 鈴木寿一**
Japan Advanced Institute of Science and Technology
○ S. Yamaguchi*, T. Ui, T. Hasegawa and T. Suzuki**
E-mail: *s1430076@jaist.ac.jp, **tosikazu@jaist.ac.jp

[序論] InAlN-GaN 系電界効果トランジスタ (FET) は、大きい自発分極による高密度二次元電子ガスを利用できるため、優れた特性を有するデバイスとして期待されている。InAlN-GaN 系 FET においてゲートリークを抑制するためには、InAlN 上にゲート絶縁膜を形成した金属/絶縁体/半導体 FET(MIS-FET) 構造の採用が有効である。このような MIS 構造では、絶縁体/半導体界面固定電荷がデバイス特性、特に閾値電圧に大きな影響を与えるが、界面全体で固定電荷が電氣的にほぼ中性になるという報告 [1] がある一方で、そうならないという報告 [2] もあり、絶縁体側界面固定電荷についての明確な理解は得られていない。本研究では、Al₂O₃ あるいは AlTiO ゲート絶縁膜を用いた InAlN-GaN MIS 構造を用いて、絶縁体側界面固定電荷の挙動を調べた。

[実験と結果] サファイア基板上 In_{0.18}Al_{0.82}N/AlN/GaN ヘテロ構造に対し、Ti/Al/Ti/Au オーミック電極形成、ゲート絶縁膜原子層堆積 (ALD)、Ni/Au ゲート電極形成、Ar-H₂ 雰囲気中アニールを行って MIS 構造を作製した。ここで、ゲート絶縁膜として Al₂O₃ および Al_xTi_yO ($x/y = 0.73/0.27$, 以下 AlTiO) [3,4] を用い、その膜厚は ~10-30 nm とした。AlTiO は Al₂O₃ の原料となるトリメチルアルミニウム (TMA)-H₂O と TiO₂ の原料となるテトラキスジメチルアミノチタン (TDMAT)-H₂O を交互供給することにより得た。作製した MIS 構造に対し、周波数 $f=1$ MHz における C - V 測定を行った (図 1 上)。これから Al₂O₃ の誘電率 $k_{\text{Al}_2\text{O}_3}=8.2$ 、AlTiO の誘電率 $k_{\text{AlTiO}}=13$ が求まる。また、容量の積分から二次元電子ガス密度 n_s を得て、閾値電圧を決定した (図 1 下)。

図 2 に閾値電圧のゲート絶縁膜厚依存性を示す。両者は線形的関係になっており、この直線の傾きと、GaN の分極電荷密度 $\sigma_0/q=2.1\times10^{13}\text{ cm}^{-2}$ [5] から、絶縁体側界面固定電荷密度 σ_{ins}/q を見積もることができる。表 1 に見積もられた σ_{ins}/q を示す。AlTiO ゲート絶縁膜では、絶縁体側の正の界面固定電荷が Al₂O₃ ゲート絶縁膜に比べ抑制されており、このことが比較的浅い閾値電圧をもたらしていることがわかる。また、InAlN の分極電荷密度 $\sigma_1/q=5.1\times10^{13}\text{ cm}^{-2}$ [5] との比 $\sigma_{\text{ins}}/\sigma_1$ を表 1 に示す。Al₂O₃ ゲート絶縁膜の場合、この比はおよそ 1 であり、界面が電氣的にほぼ中性になっているのに対し、AlTiO ゲート絶縁膜の場合は、界面が負に帯電している。

[結論] InAlN-GaN MIS 構造においてゲート絶縁膜と

して AlTiO を用いることにより、正の絶縁体界面固定電荷が抑制されることがわかった。

参考文献

[1] S. Ganguly *et al.* APL **99**, 193504 (2011).
[2] G. Dutta *et al.* IEEE EDL **35**, 11 (2014).
[3] C. Mahata *et al.* APL **100**, 062905(2012).
[4] T. Ui *et al.* PSSC **10**, 1417 (2013).
[5] F. Bernardini *et al.* PRB **63**, 193201 (2001).

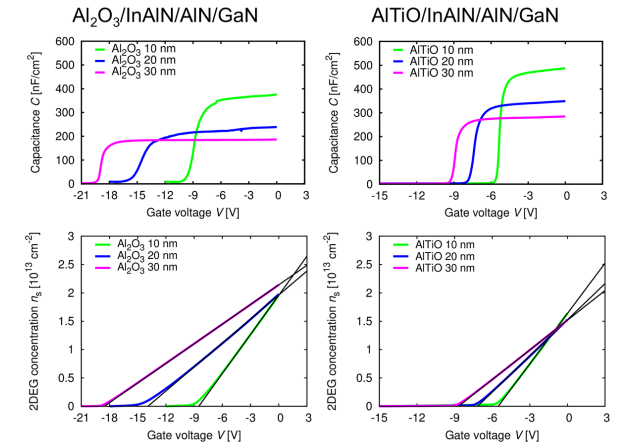


図 1: InAlN-GaN MIS 構造の C - V 特性 (上) および n_s - V 特性 (下)

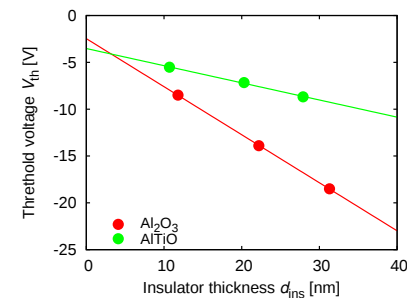


図 2: InAlN-GaN MIS 構造における閾値電圧の膜厚依存性

表 1: 界面電荷密度とその比

	Al ₂ O ₃	AlTiO
σ_{ins}/q [10^{13} cm^{-2}]	~ 4.8	~ 3.8
$\sigma_{\text{ins}}/\sigma_1$	~ 0.95	~ 0.75