

GaN系トランジスタにおける界面制御

Interface control technologies for GaN transistors

北大 量集センター、橋詰 保

Hokkaido Univ, T. Hashizume
hashi@rciqe.hokudai.ac.jp

1. はじめに

近年の結晶成長技術の進展により、低転位密度(10^4 - 10^6 cm $^{-2}$)の基板・エピタキシャル層が実現している。これに伴い、各種接合の電気的特性が格段に向上する傾向が見られ、GaN本来の特性が出現してきていると考えられる。ここでは、GaN自立基板、あるいは自立基板上にエピ成長したGaN層に形成したショットキー接合、pn接合、MOS接合の特性を概観し、GaNトランジスタへの界面制御の可能性を議論する。

2. ショットキー接合とMIS接合

図1に、Ni/n-GaN接合の室温I-V特性を示す。サファイア基板上n-GaNに形成した接合は、理想因子が比較的高く(1.3)、また逆バイアス領域で大きな漏れ電流とその強いバイアス依存性が見られた。一方、自立基板上エピ層に形成した試料は、直線性に優れた順方向特性を示し、その理想因子 n は1.05-1.08の良好な値となった。また、逆バイアス領域でも低い漏れ電流を示し、穏やかなバイアス依存性が観測された。サファイア基板エピ層の場合、転位密度は 1×10^9 cm $^{-2}$ 程度であったが、自立基板上のエピ層では転位密度減少がショットキー界面近傍の点欠陥発生を抑制したため、特に逆方向漏れ電流の大幅な減少に関連していると思われる。図2に、自立基板上n-GaNに形成した接合の逆方向I-V特性の温度依存性とフィッティング結果を示す。解析には、熱励起電界放出(Thermionic field emission: TFE)モデルを用いた。TFEモデルでバイアス依存性と温度依存性を同時に再現でき、良好なショットキー界面が形成されていることを示している。すなわち、低転位密度の結晶を使用することで、ほぼ理想に近いショットキー接合界面が形成できる可能性を示した結果である。これらの結果は、Sudaらの報告と良く一致し[1]、ユニバーサルな特性を示していると考えられる。

図3に、C-V評価より求めたAl $_2$ O $_3$ /n-GaN構造の界面準位密度分布を示す。自立基板上にMOCVD法でエピ成長されたn-GaN層を用いており、Al $_2$ O $_3$ はALD法で30nm堆積した。堆積のみの試料(as-deposited)では、 10^{12} cm $^{-2}$ eV $^{-1}$ 台の比較的高い準位密度を示すが、堆積後N $_2$ 中のポストアニール(500℃)で準位密度は低減する。これは一般的な傾向と一致する。さらに、大気中で逆バイアスを加えながら300℃でアニール処理を行うと、準位密度は大幅に減少する。この試料は、周波数分散が極めて抑制され、また、200℃環境の測定においても、室温C-V特性と同様の結果を示し、安定性にも優れていることが明らかになった。MOS接合においても、低転位密度の結晶を使用することで、非常に良好な界面を実現できる可能性を示している。

[1] J. Suda et al., Appl. Phys. Express **3**, 101003 (2010).

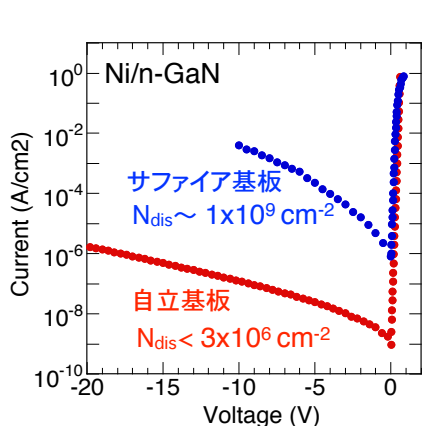


図1 GaNショットキー接合の
室温I-V特性

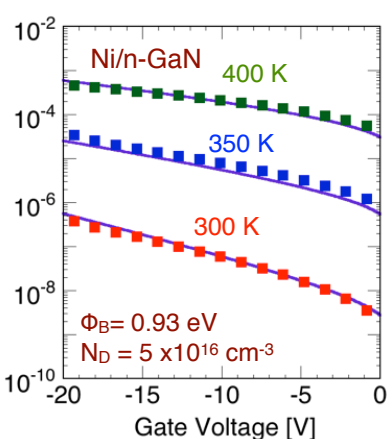


図2 自立基板上エピ試料のI-V特
性とTFEモデルによる計算値

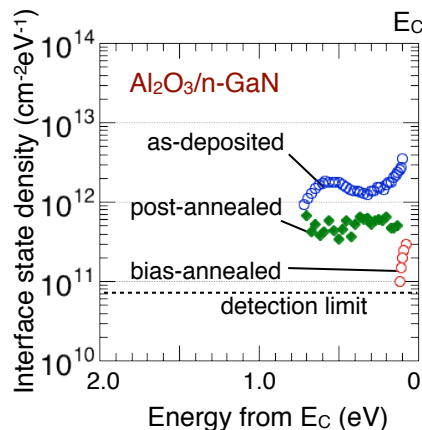


図3 Al $_2$ O $_3$ /GaN MOS接合の
界面準位密度分布