

酸素雰囲気熱処理プロセスが GaN MOS 界面特性に与える影響

Effects of oxygen annealing process on GaN MOS interface properties

北大量集センター¹, JST-CREST²

○大平 城二¹、千崎 泰¹、谷田部 然治^{1,2}、橋詰 保^{1,2}

Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido Univ.¹, JST-CREST²,

○J. Ohira¹, Y. Senzaki¹, Z. Yatabe^{1,2}, and T. Hashizume^{1,2}

E-mail: ohira@rciqe.hokudai.ac.jp

【はじめに】GaN 系トランジスタは極めて低いオン抵抗動作が可能なため、次世代の超低損失インバータ応用として活発に研究されている。インバータ用途としては順バイアスでのオン・オフ動作が求められるため、ゲート漏れ電流の制御や入力ダイナミックレンジの点から、絶縁ゲート構造が必須である。現在は、堆積法により絶縁ゲート構造を形成しているが、その界面特性は不明な点が多く、また、界面準位密度も比較的高いため、絶縁ゲート型トランジスタのしきい値変動や電流変動を完全には抑制できていない[1]。熱酸化法は絶縁膜形成の基本プロセスであるが、GaN 絶縁ゲート構造に適用された例は少なく、界面特性に与える影響は明らかになっていない。

本研究では、n-GaN 表面に原子層堆積 (ALD) 法により Al_2O_3 を堆積し、 O_2 雰囲気中の熱処理を行い、界面特性の評価を行ったので報告する。

【実験と結果】図 1 に GaN MOS 構造の作製プロセスを示す。転位密度が $5 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 以下の自立基板上に n-GaN 層を MOCVD 法により成長した試料を用いた。n-GaN 層の電子密度は $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である。ALD 法により Al_2O_3 膜を 20nm 堆積した。原料は水と TMA であり、堆積温度は 350°C であった。その後 O_2 雰囲気中で $700 \sim 900^\circ\text{C}$ の間接的熱酸化処理を 30 分間行った。一部の試料は、初期 Al_2O_3 を剥離した後に再度 Al_2O_3 を 20nm 堆積し、その後 MOS ダイオードを作製した。

900°C 以上の処理を行った場合、GaN 表面が酸化されるが、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GaN}$ 界面の平坦性は大きく損なわれた。また、 800°C 以上の間接熱酸化処理を行った試料では、MOS ダイオードに非常に大きな漏れ電流が観測された。これは、熱処理中に、 Al_2O_3 膜に部分的結晶化が生じ、その粒界が顕著なリークパスになったためと思われる[2]。図 2 に、 750°C 熱酸化処理後に Al_2O_3 膜を剥離して、再度 Al_2O_3 膜を 20nm 堆積した試料の容量-電圧 (C-V) 特性を示す。処理を行っていない参照試料と比較して、C-V 曲線の傾きが急峻になり、界面準位の抑制を示唆している。間接酸化とその剥離により、GaN 表面の欠陥密度が減少した可能性がある。

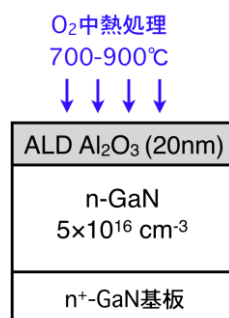


図 1 試料構造と O_2 中熱処理プロセス

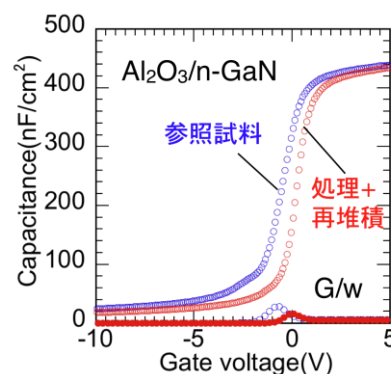


図 2 MOS 構造の C-V 特性

[1] Z. Yatabe, Y. Hori, W. C. Ma, J. T. Asubar, M. Akazawa, T. Sato and T. Hashizume, “Characterization of Electronic States at Insulator/(Al)GaN Interfaces for Improved Insulated Gate and Surface Passivation Structures of GaN-based Transistors”, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 100213 (2014). DOI:10.7567/JJAP.53.100213

[2] Y. Hori, C. Mizue, and T. Hashizume, “Process conditions for improvement of electrical properties of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{n-GaN}$ structures prepared by atomic layer deposition”, Jpn. J. Appl. Phys. **49**, 080201 (2010). DOI: 10.1143/JJAP.49.080201