## Al<sub>2</sub>0<sub>3</sub>/GaN 界面に形成されたチャネル中の電子移動度

Electron mobility in a channel formed at an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GaN interface 産総研-名大 GaN-OIL<sup>1</sup>,名大 IMaSS<sup>2</sup>, <sup>O</sup>田岡紀之<sup>1</sup>,グェンフウ チュン<sup>1</sup>,山田永<sup>1</sup>,高橋言緒<sup>1</sup>,清水三聡<sup>1,2</sup> AIST-NU GaN-OIL<sup>1</sup>, IMaSS<sup>2</sup>, <sup>O</sup>N. Taoka<sup>1</sup>, N. H. Trung<sup>1</sup>, H. Yamada<sup>1</sup>, T. Takahashi<sup>1</sup>, and M. Shimizu<sup>1,2</sup> E-mail: taoka-nori@aist.go.jp

【背景】GaN パワーIC や GaN パワーデバイスの特性 は、MOSFET のチャネル中のキャリア輸送特性に大き く左右される。近年、高品質な GaN MOS 構造の形成が 報告されているが、MOSFET 中の電子移動度は、150-200cm<sup>2</sup>/Vs とバルク移動度の15%ほどである[1-3]。プロ セスダメージによる移動度の低下等も考えられるが、本 質的に絶縁膜/GaN 界面の移動度はどの程度まで向上す るのか、見極めることは非常に重要である。そこで本研 究では、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GaN 界面を有する蓄積モードの n チャネ ル GaN MOSFET(Ac-MOSFET)を作製し、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GaN 界 面における電子移動度を詳細に調べた。

【実験方法】n型 GaN 層(ドナー濃度(*N<sub>d</sub>*):5×10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>)を サファイア基板上に MOCVD によって形成後、素子分 離のためにメサ構造を形成した。次に、GaN 表面の犠牲 酸化、酸化物の除去を行なった。その表面にトリメチル アルミニウムと酸素プラズマを用いた原子層堆積法 (PEALD)により、厚さ 30 nm の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層を形成した。

その後、700℃の堆積後熱処理を窒素雰囲気中で行った。 最後に Ni ゲート電極、ソース・ドレイン(S/D)コンタク トを形成することによって Ac-MOSFET を作製した。

【結果および考察】図1に、Ac-MOSFET から得られた ドレイン電流( $I_D$ )、ゲート・S/D間容量をゲート電圧( $V_g$ ) の関数として示す。Ac-MOSFET では、 $I_D$ はバルクチャ ネル電流( $I_{blk}$ )と表面チャネル電流( $I_{suf}$ )の和で表される。 表面チャネルは、MOS 界面が蓄積状態にある場合に形 成されるため、フラットバンド電圧( $V_{FB}$ )から正側の  $V_g$ 







Fig. 2: Mobility of Ac-MOSFET as a function of  $N_s$ . \*Mobility of Si MOSFET ( $N_d$ :7×10<sup>16</sup>cm<sup>-3</sup>) is a benchmark [4].

では、 $I_D = I_{ph} + I_{suf}$ が成り立つ。 $I_p$ はフラットバンド状態での $I_D$ である。一方、負側の $V_g$ では $I_{D} = I_{blk}$ となる。 $C - V_g$ カーブから $V_{FB}$ は 0.6V(図1の破線)と求められた。 $I_D - V_g$ カーブは $V_{FB}$ 付近で傾きが変化し、 $V_{FB}$ から正側ではその傾きが大きくなっていることがわかる。同様の $I_D - V_g$ カーブはチャネル長を変えた場合にも確認され、 $I_D$ はゲート長に依存した。これらのことは、 $V_{FB}$ から正側の $V_g$ では、表面チャネルが形成されており、 $I_{suf}$ がゲート変調されていることを示している。図2は、 $I_{suf}$ から求めた表面チャネル中の電子移動度の表面チャネル電子濃度( $N_s$ )依存性である。図2 中の赤色破線は、 $I_p$ から求めたバルク移動度( $\mu_{Blk}$ )を示している。参考として、反転モードの Si MOSFET の移動度も示す[4]。中高  $N_s$ 領域( $10^{12} - 10^{13}$  cm<sup>-2</sup>)において、Ac-MOSFET の移動度は、Si MOSFET の移動度よりも高く、更に  $N_{s} = 1 \times 10^{12}$  cm<sup>-2</sup>付近において、760 cm<sup>2</sup>/Vsと非常に高いことが分かる。この値は $\mu_{Blk}$ の 65% であり、Si の場合は 57% である。GaN と Si では、電子移動度に寄与するフォノンモードが異なるため更なる議論が必要であるが、その割合は概ね一致する。また、反転と蓄積モード MOSFET の中高  $N_s$ 領域の移動度はほとんど一致することが知られている[5]。つまり図 2 は反転や蓄積モードに依らず Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GaN 界面に閉じ込められた電子移動度は、 $\mu_{Blk}$ の6割程まで達することを示している。

【謝辞】この成果は NEDO より委託を受け実施した。本研究におけるデバイス作製は、文部科学省「ナノテクノ ロジープラットフォーム」事業の支援を受けた AIST-NPF 施設において実施されました。参考文献: 1)T. Nomura *et al.*, Solid-State Electronics **52**, 150(2008). 2)H. Kambayashi *et al.*, JJAP, **52**, 04CF09 (2013). 3) S. Takashima *et al.*, APEX, **10**, 121004(2017). 4) S. Takagi *et al.*, TED, **41**, 2357(1994). 5) J. B. McKeon *et al.* EDL, **18**, 200(1997).