

## GaN 系パワーデバイス用ゲート絶縁膜技術

### Advanced Gate Dielectrics for GaN-based Power Devices

阪大院工 °渡部 平司, 山田 高寛, 野崎 幹人, 細井 卓治, 志村 考功

Osaka Univ., °Heiji Watanabe, Takahiro Yamada, Mikito Nozaki, Takuji Hosoi, Takayoshi Shimura

E-mail: watanabe@mls.eng.osaka-u.ac.jp

GaN 系半導体は、AlGaN/GaN ヘテロ界面に発生する 2 次元電子ガスを利用した高周波デバイス (Heterojunction Field-Effect Transistor: HFET) や、SiC を越える超高耐圧デバイス (縦型 GaN トランジスタ等) への応用展開が期待されている。AlGaN/GaN-HFET においては、従来のショットキーゲートから、高出力・高閾値電圧動作を目指した MOS 型ゲート構造への変更が検討されている。また、縦型 GaN デバイスにおいても、高品質な GaN-MOS 構造の実現が重要な研究開発課題となっており、GaN 系パワーデバイス用絶縁膜技術の確立が望まれている。

GaN 表面の熱酸化反応は、結晶欠陥部位で選択的に酸化が進行し、不均一な  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  結晶粒の成長を伴う [1]。従って、GaN に対して十分なバンドギャップを有する  $\text{Al}_2\text{O}_3$  や  $\text{SiO}_2$  からなる堆積絶縁膜を用いたデバイス開発が進められてきた。しかし、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  は高電圧印加条件での絶縁膜中への電子注入が顕著であり、 $\text{SiO}_2$  絶縁膜の直接堆積では GaN や AlGaN 基板との界面反応制御が必須となる。我々は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  に窒素を添加した AION 絶縁膜を用いた SiC パワーデバイスの研究開発を進め、電子注入耐性と界面特性に優れたトレンチ型 SiC-MOSFET を報告してきた [2]。我々が提案する AION 絶縁膜を GaN 系 MOS 構造に応用すると、電子注入耐性の向上に加え、窒化条件下での絶縁膜堆積によって GaN や AlGaN 表面の安定化や界面反応抑制が可能となり、界面電気特性と安定性に優れた MOS 構造を実現できる [3, 4]。さらに、高品質 AION 絶縁膜は、極薄 AlN 膜の ALD 堆積と In-situ オゾン酸化を繰り返す事で立体構造デバイスへの適用も可能となり [5]、AION 絶縁膜を有した大電流・高耐圧 (20A/730V) AlGaN/GaN MOS-HFET による高速スイッチングを実証している [6]。さらに縦型デバイスへの応用展開に向けた  $\text{SiO}_2$ /GaN 界面制御に関する取組では、絶縁膜との界面に極薄  $\text{GaO}_x$  層を挿入することで界面欠陥が消失し、電気特性に優れた MOS デバイスを実現可能であることを報告している [7]。さらに近年では、ゲートスタックの信頼性向上の観点から GaN 系半導体上の AION ならびに  $\text{SiO}_2$  絶縁膜の堆積プロセスの高度化にも取り組んでいる [4, 8]。発表当日は、これらの研究開発成果を紹介すると共に、GaN 系パワーデバイス用絶縁膜技術の将来展望についても議論したい。

【謝辞】本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム「次世代パワーエレクトロニクス」 管理人: NEDO) によって実施された。

[1] T. Yamada *et al.*, *J. Appl. Phys.* **121**, 035303 (2017). [2] T. Hosoi *et al.*, *IEDM* 2012. [3] R. Asahara *et al.*, *Appl. Phys. Express* **9**, 101002 (2016). [4] K. Watanabe *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **111**, 042102 (2017). [5] M. Nozaki *et al.*, *Jpn J. Appl. Phys.* **57**, 06KA02 (2018). [6] S. Nakazawa *et al.*, *IEDM* 2017. [7] T. Yamada *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **110**, 261603 (2017). [8] T. Yamada *et al.*, *Appl. Phys. Express* **11**, 015701 (2018).