

GaO[®]半導体で、SiC を凌駕するチャネル移動度を実現！

～安全・安心かつ低損失を実現する高品質パワートランジスタ（MOSFET）の実用化に大きく前進！～

FLOSFIA は、独自に開発を手掛ける新しい半導体「GaO[®]」（材料名 α -Ga₂O₃:コランダム構造酸化ガリウム）を用いたノーマリーオフ動作するパワートランジスタ（MOSFET）において、先行する市販 SiC の特性を大幅に超えるチャネル移動度 72cm²/Vs を実現しました。「ノーマリーオフ動作」は、ゲートに電圧をかけないときにオフ動作することをいい、安全・安心な電気システムのために重要なパワートランジスタの特性です。また、「チャネル移動度」は、低損失な電気システムのために重要なパワートランジスタの特性です。今回、GaO[®]半導体を用いて、これら二つの特性を同時に実現することに成功しました。今後、電気自動車の燃費向上やロボット・ACアダプタの高機能化、小型化、低コスト化に貢献すること、そして、低環境負荷社会の実現に貢献することを目指し、2021年以降の実用化を目指します。なお、本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「IoT 社会のエネルギーシステム」（管理法人：国立研究開発法人 科学技術振興機構）によって実施されました。

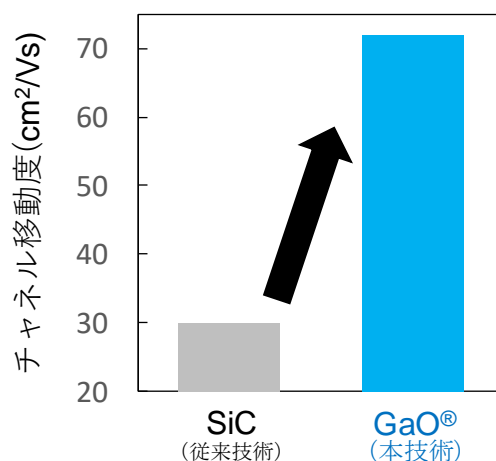


図1 チャネル移動度の値

市販 SiC ではチャネル移動度が 30cm²/Vs だが（FLOSFIA 調べ）、GaO[®]では 72cm²/Vs を実現した。

【研究背景】

電気自動車・ロボット・白物家電に搭載されるインバーターや、家電等に付属している AC アダプタなど、電力変換器に関する技術革新が期待されています。特に期待が大きいのが、使用時に生じてしまう損失の低減や、電力変換器の小型化です。電気自動車においては燃費向上や走行距離アップへの貢献が期待され、ノートパソコンの AC アダプタでは携帯性を上げるために小型化することが期待されています。

しかしながら、電力変換器で使用されている半導体「パワーデバイス」の性能限界により、これらの期待に十分にこたえられない状況となっています。この主原因は、パワーデバイスとして用いられる半導体材料にあります。従来用いられてきたシリコン（Si）では、オン損失やスイッチング損失等が避けられず、これ以上の特性改善が期待しにくい状況にあるためです。そのため、Si よりも材料物性に優れた新規半導体材料によるイノベーションが期待されています。

FLOSFIA が手掛ける GaO[®]はその最有力候補の一つです。長きにわたり、半導体としての応用に不可欠とされる単結晶薄膜の作製自体が不可能とされてきたため、その存在が注目されることもありませんでしたが、京都大学が 2008 年に世界で初めてサファイア基板上に α -Ga₂O₃ 単結晶薄膜を作製したことを契機として開発が加速しました。さらに、FLOSFIA が 2015 年に世界最小（FLOSFIA 調べ）の特性オン抵抗である 0.1m Ω cm² のショットキーバリアダイオードを試作、加えて、汎用パッケージ（TO220）でのサンプル出荷を開始するなど、急速に事業化が進みつつあります。

次の展開に向けて、FLOSFIA では、GaO[®]を用いたパワートランジスタとして、MOSFET の開発にも取り組んできました。2016 年には、コランダム構造を有する P 型半導体「酸化イリジウム」を発見し、2018 年には、新規 P 型半導体層を用いた MOSFET で、反転層チャネルによるノーマリーオフ動作の実証に成功しています。

【研究成果】

今回、FLOSFIA では、GaO[®]半導体層を高品質化した MOSFET を試作し、市販 SiC の特性を大幅に超えるチャンネル移動度を実現することに成功しました（図 1）。デバイス構造としては、サファイア基板上に GaO[®]を用いた N+型ソース・ドレイン層や新規 P 型半導体層を用いた P 型ウェル層、ゲート絶縁膜、電極などを形成しました（図 2）。測定したチャンネル移動度は最大 72cm²/Vs を示し、ゲート閾値電圧も十分に大きな値を示しています。本デバイスでは、コランダム構造を有する高品質化した新規 P 型半導体層をチャンネル層として用いており、反転層チャンネルで SiC を凌駕するチャンネル移動度の実証に成功したと解釈されます。

この結果を受けて、デバイスシミュレーションにより耐圧 600～1200V 級 MOSFET の特性オン抵抗を試算したところ、市販 SiC の約 50%以下となることも確認され（FLOSFIA 調べ）、SiC を大幅に凌駕する特性が期待できることが明らかとなりました。

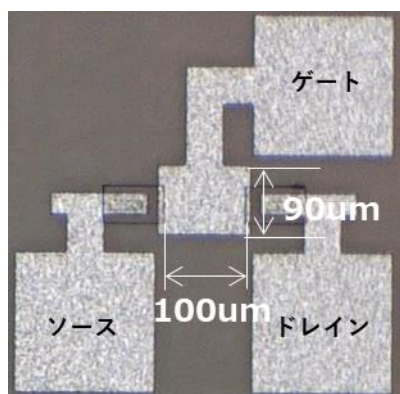


図 2 試作した横型 MOSFET の顕微鏡写真

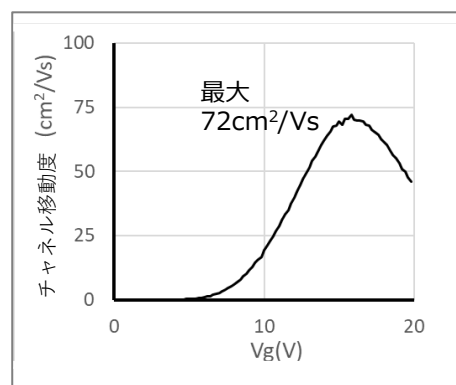


図 3 チャンネル移動度のゲート電圧依存性

【産業応用への道筋】

今回の研究成果は、FLOSFIA の α-Ga₂O₃ パワーデバイス「GaO[®]」シリーズとして量産予定で、さまざまな電力変換器への搭載を目指します。電力変換器の例としては、AC アダプタなどの商用電源、ロボットの駆動回路、電気自動車やハイブリッド車などの自動車、エアコンや冷蔵庫などの白物家電、太陽電池のパワーコンディショナなどが挙げられ、GaO[®]パワーデバイスの採用により、電力変換器全体の小型化やコスト低減に貢献することを目指します。機器の種類にもよりますが、例えば、電力変換器の小型化の程度は、数十分の一に及ぶことがあり、コスト低減効果は電力変換器全体の 50%に及ぶことが期待されます（FLOSFIA 試算）。

【株式会社 F L O S F I A】

京都大学発のベンチャー企業です。様々な智慧・叡智 (sophia) が流れ (flow) 込み集まる会社、そしてこの智慧・叡智 (sophia) を更に磨きあげて、社会に流し戻して (flow) 人類の進歩に貢献する会社でありたいと考え、我々が目指すこのような姿を「FLOSFIA」と名付けています。作り出された電気を効率よく使用するために必要不可欠な低損失・低コストなパワーデバイスを実現するため、GaO[®]パワーデバイスの事業化に取り組んでいます。



- ・会社名：株式会社 FLOSFIA（フロスフィア）
- ・所在地：京都市西京区御陵大原 1 番 29 号
- ・代表者：人羅 俊実
- ・資本金：32 億 852 万円（資本準備金含む）
- ・ホームページ：<https://www.flospia.com>
- ・連絡先：TEL 075-963-5202 FAX 075-320-1712 Mail info@flospia.com

【特記事項】「GaO[®]」は FLOSFIA の登録商標です。

以上