

世界初・貴金属オールフリーなバルク結晶育成装置での3.5インチ級酸化ガリウム単結晶を実現
— 高品質かつ低コストな次世代パワー半導体の実用化を加速し、2029年の量産へ —



2026年7月28日

株式会社FOX

株式会社C&A

国立大学法人東北大学

国立大学法人三重大学



東北大学
TOHOKU UNIVERSITY



三重大学
MIE UNIVERSITY



東北大学発ベンチャーである株式会社FOX・代表取締役・小野寺晃、株式会社 C&A・代表取締役、国立大学法人東北大学未来科学技術共同研究センター・教授・鎌田圭、国立大学法人東北大学・金属材料研究所・吉川彰教授（東北大学未来科学技術共同研究センター兼務）、国立大学法人三重大学・半導体・デジタル未来創造センター・姚永昭教授はこの度、貴金属を全く使用しない新規結晶育成手法 Oxide Crystal growth from Cold Crucible (OCCC) method を用いて、次世代のパワー半導体として期待される、実用サイズとして十分な直胴部を有する3.5インチ径の酸化ガリウム結晶の作製に成功しました。

従来の結晶育成手法では、融液を保持するつぼやヒーター部材に貴金属であるイリジウム（約4万円/g、2026年6月相場）を使用していたため、①結晶のコスト低減が非常に困難、②低酸素分圧雰囲気由来のマイクロ・ナノボイド等の欠陥が生じる、などの問題がありました。本開発では、OCCC法結晶製造装置・高周波発振装置の改良や、独自の自動結晶形状制御ソフトウェアの開発により、種結晶からのスムーズな結晶径の拡大可能とする形状制御を確立することで、貴金属のつぼ・部材を一切用いることなく、高酸素分圧雰囲気を適用することで、高品質な酸化ガリウムバルク単結晶を製造する

技術の開発に成功しました。

今後、本成果により欠陥の少ない高品質・大口径の酸化ガリウムを用いた高効率パワー半導体・高周波デバイスの開発と普及が加速し、急速に拡大するデータセンター、再生可能エネルギー設備、送配電機器、蓄電池などの電力変換効率向上や、高耐圧・高出力・高効率が必要なRF／ミリ波／将来6G周辺の電源・送信系デバイスの実現に貢献することが期待されます。これにより、本技術がエネルギー消費の削減や脱炭素社会の実現に寄与し、次世代半導体産業の研究開発基盤となることを目指します。

なお、この成果はNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）「ディープテック・スタートアップ支援事業」、「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」、「官民による若手研究者発掘支援事業費」、および文部科学省「革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術開発事業」、科学研究費助成事業として「日本の半導体産業再興への道を拓く酸化ガリウムの新規バルク単結晶成長法の開発」「融液成長の限界を超越する新規るつぼフリー成長法によるGa₂O₃の成長と欠陥評価」の助成事業の結果得られたものです。

開発技術の詳細は米国メリーランドで開催される国際会議 International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials (IWGO2026) において、2026年8月4日（現地時間）に発表します。

【1. 研究背景】

カーボンニュートラル実現に向け、パワーデバイスの省エネルギー化が求められています。現在主流のシリコン（Si）デバイスはエネルギー変換損失が大きく、これを低減できる新材料の開発が進められています。酸化ガリウムは、Siに対して約3400倍、炭化ケイ素（SiC）に対して約10倍の省エネルギー効果が期待される材料です。また、Siと同様に融液成長が可能なため、SiCより10～100倍速い結晶成長が可能で、低コスト基板の実現が期待されています。しかし、従来法では高価なイリジウムるつぼ等が必要であり、コスト増加や結晶への金属汚染、低酸素分圧成長に起因するボイド欠陥などの課題がありました。

【2. 研究成果】

本研究グループは、イリジウムを一切使用しない新しい結晶育成技術「OCCC法」を編み出し、同技術を搭載した結晶育成炉を開発することで酸化ガリウムのバルク単結晶育成に成功しました。本手法では、高周波磁場により原料を直接加熱・溶融し、原料自身が形成する固化層によって融液を保持します。大口径化には融液量の増大に伴う熱勾配、冷却条件、融液対流、高周波条件の最適化が必要でした。そこで、大容量結晶製造装置の開発に加え、発振器信号と結晶重量を用いて結晶径を自動制御する独自ソフトウェアを開発しました。開発した結晶育成システムを図1に示します。その結果、小さな種結晶から3.5インチ径までの結晶径拡大と直胴部の安定成長を実現し、従来の引き上げ法と同等の大口径酸化ガリウム単結晶育成を可能にしました。半導体単結晶では大口径化が量産化・低コスト化に直結する重要な技術課題であり、本成果はOCCC法の実用化に向けた大きな前進となります。

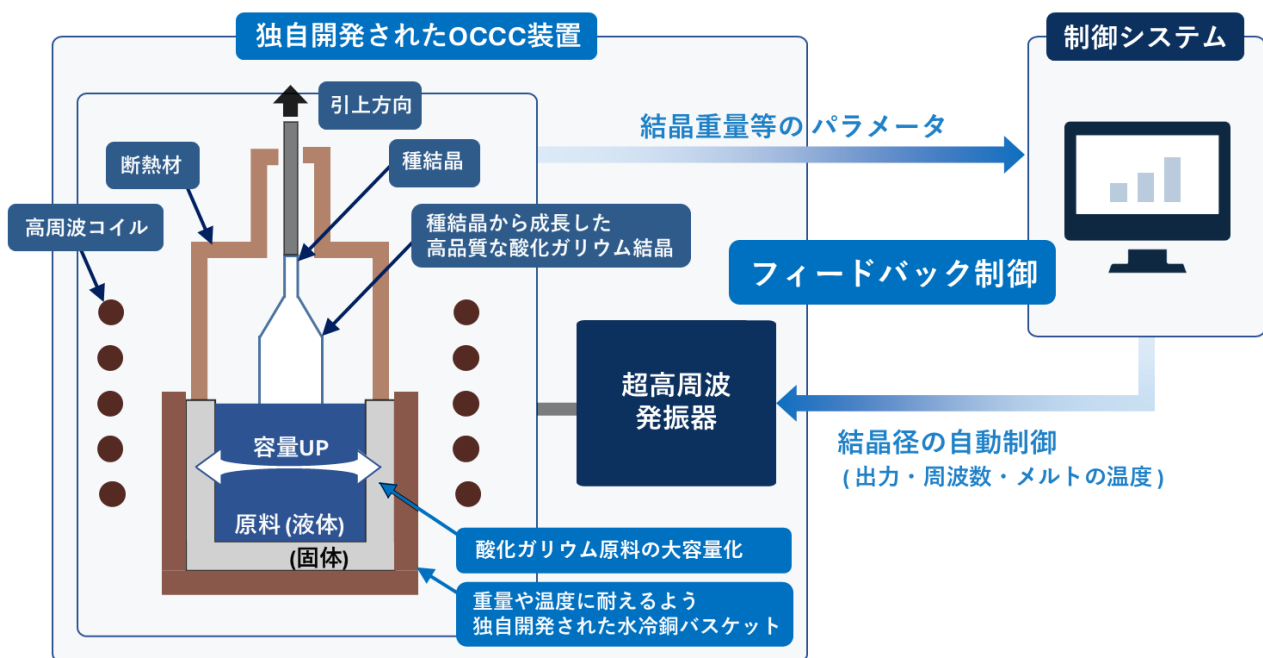


図1：OCCC法を用いた自動結晶育成システムの構成

図2に今回開発した装置により作製した酸化ガリウム単結晶を示します。結晶のサイズは最大約3.5インチのものが得られ、これはるつぼなどの貴金属を全く使用しない結晶育成方法では世界初の成果となります。さらに本手法で開発した結晶はるつぼからの金属汚染もなく、高い酸素分圧雰囲気下の結晶育成が可能なることから非常に高品質な結晶となります。酸化ガリウム基板中の不純物や酸素欠陥はパワーデバイスの初期特性や信頼性を低下させる原因となることから、これらを低減することで高性能なデバイスの実現が期待されます。

また、三重大大学では放射光X線トポグラフィーを用いてOCCC法により育成した酸化ガリウム単結晶の結晶性、転位分布を評価しました。その結果、大口径化工程における結晶方位差や転位分布などの結晶欠陥の特徴を明らかにしました。これらの知見は、結晶成長条件の最適化によるさらなる高品質化・大口径化に向けた重要な指針となることが期待されます。



図 2: 作製した酸化ガリウム単結晶

【3. 今後の展望】

本共同研究の成果を基に、参画企業において以下の通り実用化に向けた取り組みが進められる予定です。

- 株式会社FOX： OCCC法を用いた酸化ガリウム単結晶のさらなる高品質化・大口径化、および安定生産技術の確立に注力する。同時に、本開発で得られた基板を活用した酸化ガリウムパワーデバイスの実用化に向け、国内外の研究機関やデバイスメーカーとの連携をさらに強化することでドリフト層のエピタキシャル成長や電極形成といったデバイスプロセス技術の開発を加速させる。これらの取り組みを通じ、脱酸素社会の実現に寄与する高効率・低損失な酸化ガリウムパワーデバイスの早期実用化を目指す。
- 株式会社C&A： 結晶育成装置の製品化を行い、研究機関および企業への展開を推進する。

【4. 問い合わせ先】

■ 本研究全般、事業化・共同研究に関するお問い合わせ（代表窓口）

株式会社FOX

北原 正典

TEL: 022-200-2081

Email: kitahara@fox-tech.co.jp

■ 結晶育成装置に関するお問い合わせ

株式会社C&A

富田 健稔

TEL: 022-796-2117

Email: t-tomida@c-and-a.jp

■ OCCC法による結晶育成技術・研究内容に関するお問い合わせ

東北大学 金属材料研究所（兼務 未来科学技術共同研究センター）

教授 吉川 彰

TEL: 022-215-2217

Email: akira.yoshikawa.d8@tohoku.ac.jp

■ 放射光解析・結晶評価に関するお問い合わせ

三重大学 半導体・デジタル未来創造センター

教授 姚 永昭

TEL: 059-231-5390

Email: yao@icsdf.mie-u.ac.jp

【5.論文情報】

タイトル : Bulk Single Crystal Growth of β -Ga₂O₃ with Automatic Diameter Control System Specialized for the OCCC Method

著者 : Masanori Kitahara, Taketoshi Tomida, Vladimir Kochurikhin, Gushchina Liudmila, Yasuhiro Shoji, Kei Kamada, Koichi Kakimoto, Akira Yoshikawa

*責任著者 : 東北大学 金属材料研究所 (兼務 未来科学技術共同研究センター) 教授 吉川 彰

国際会議 : International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials (IWGO2026)

URL : <https://iwgo2026.avs.org/>