

News Release

2022.4.4

世界初、貴金属ルツボを使用せず実用サイズの酸化ガリウム単結晶を作製
—超低コストの製造法で酸化ガリウムパワー半導体実用化に貢献を！—



株式会社 C&A
国立大学法人東北大学



東北大学発ベンチャーである株式会社 C&A・代表取締役社長・鎌田圭と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）はこの度、貴金属ルツボを使用しない新規結晶育成手法 Oxide Crystal growth from Cold Crucible (OCCC) method を開発し、次世代のパワー半導体として期待されている酸化ガリウム結晶（最大約 5cm 径）の作製に成功しました。従来の結晶育成手法では、融液を保持するルツボに貴金属であるイリジウム（ルツボ材：約 1.5 万円/g, 2022 年 2 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製法由来の酸素欠陥が生じる、などの問題がありました。本開発では、ルツボフリーの結晶育成手法であるスカルメルト法をベースとし、C&A で独自装置を開発することで、貴金属ルツボを使用することなく高品質な酸化ガリウム結晶を作製することに成功しました。この成果により、酸化ガリウム基板を安価に製造することが可能となり、低損失な酸化ガリウムパワー半導体の実現に大きく寄与することが期待されます。

なお、本研究は「宮城県新エネルギー等環境関連設備開発支援事業」、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」にて実施されました。

【1.研究背景】

カーボンニュートラルの実現のために、家電・電気自動車・産業用機械・再生可能エネルギー等の電力変換をおこなうパワーデバイスの省エネルギー化が必要となっています。現在はシリコンを用いたパワーデバイスが主流となっていますが、エネルギー変換ロスが大きいため、この損失を低減する材料の開発が加速しています。酸化ガリウムは、その優れた材料物性からシリコン(Si)と比べ約 3400 倍、炭化ケイ素(SiC)と比べても約 10 倍の省エネルギー効果があると言われていています。さらに酸化ガリウムは Si と同様に原料を溶かし、液体から結晶成長させる融液成長が可能であるため、成長速度が速く、一度に大容量の結晶を製造できます。この成長速度は、すでに実用化されている SiC と比べ 10~100 倍程度速いため、非常に低コストな基板が期待されています。しかし、現状の結晶作製方法は、融液を保持するルツボに非常に高価な貴金属であるイリジウムを用いているため、コスト低減が困難となっています。また、ルツボからイリジウムが酸化ガリウム融液中に溶けだし、育成した結晶への金属汚染の原因ともなります。さらに、イリジウム坩堝の酸化を防ぐために低酸素分圧下での成長を余儀なくされ、製法由来の酸素欠陥が生じる等の問題もありました。

【2.研究成果】

そこで、本研究グループでは図 1 に示すルツボを使用しない新規の結晶育成装置ならびに結晶育成技術 OCCC method を開発しました。この方法では、酸化ガリウムの原料を隙間の空いたバスケットの中に充填し、高周波コイルで磁場を発生させ、酸化ガリウム原料を直接加熱します。これは、マイクロ波より食材を直接温める電子レンジのような加熱方法です。そして高周波磁場の出力をさらに上げることで酸化ガリウム原料が融解します。この時、原料融液と水冷したバスケットの間に焼結に適した温度域が生じ、ここで原料が固化し、融液を保持するルツボの代わりとなります。このように、原料の中心部のみを高周波加熱により溶かしつつ、周辺部を適切に冷却することで、安定した育成状態を実現することが出来ます。この状態で融液に種結晶を接触させ結晶成長させることで、大口径の酸化ガリウムインゴットを作製します。この方法自体は、導電性のよい金属材料等ではスカルメルト法として広く利用されていますが、酸化ガリウムのような導電性の低い酸化物材料を加熱するには非常に高い周波数の磁場を安定して発生させる装置が必要です。C&A では、独自の高周波加熱装置を開発し、これを熱源として、そこにシリコンやガリウム砒素、タンタル酸リチウム、YAG、LYSO などで量産実績のある引き上げ法を組み合わせることで、次世代のワイドギャップ半導体材料である酸化ガリウムのバルク単結晶育成を可能としました。

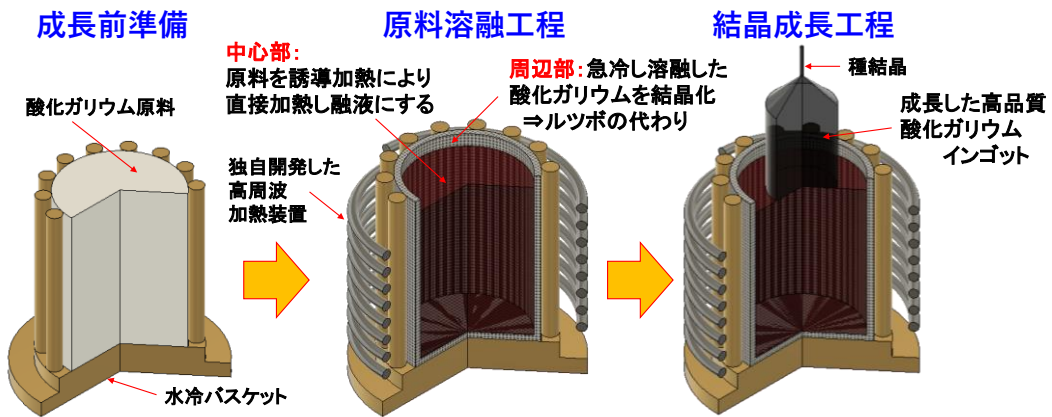


図 1:開発した新規成長法: Oxide Crystal growth from Cold Crucible (OCCC) method

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 5cm のものが得られ、これはルツボを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ルツボからの金属汚染もないことから、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結晶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。

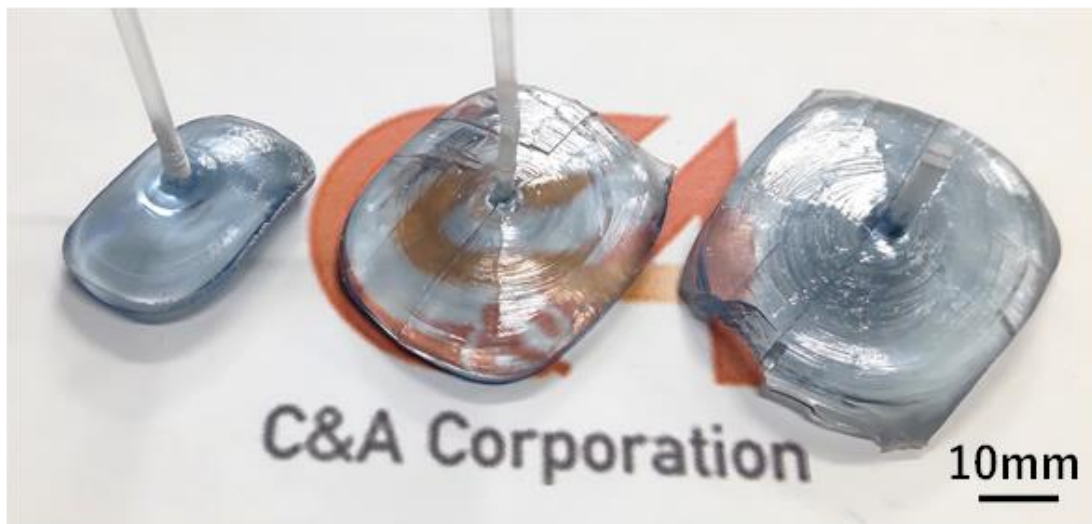


図 2:作製した酸化ガリウム単結晶

【3.今後の予定】

今回の成果を元に、2インチ径の酸化ガリウム基板を生産し、C&A から販売を計画しております。また、結晶成長条件を最適化することにより、より結晶欠陥を低減させた基板の実現や結晶サイズのさらなる大型化を目指しております。酸化ガリウムパワーデバイスとして実用化するには、今回使用した基板を元にドリフト層をエピタキシャル成長させ、電極作製などのデバイスプロセスが必要です。これらに対しては、国内外の研究機関、デバイスメーカーと密接に協力関係を築くことで低損失なパワーデバイスの実用化に寄与することを目指します。

【4.問い合わせ先】

株式会社 C&A 担当：富田、TEL：022-796-2117、E-mail：t-tomida@c-and-a.jp
東北大学 担当：吉川、TEL：022-215-2217、E-mail：akira.yoshikawa.d8@tohoku.ac.jp