

2017年9月12日

株式会社ノベルクリスタルテクノロジー
株式会社タムラ製作所
国立大学法人東京農工大学

φ2インチ酸化ガリウムエピタキシャルウエハの量産を開始 - 低コストパワーデバイス、価格 SiC の 1/3 以下に道 -

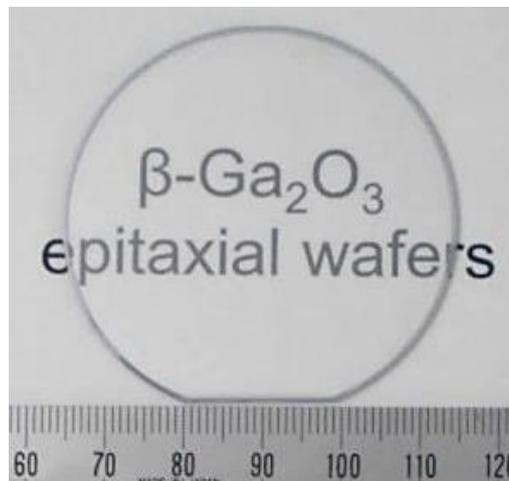


図1 φ2インチ Ga₂O₃ エピタキシャルウエハ

株式会社ノベルクリスタルテクノロジー^{注1}（所在地：埼玉県狭山市、代表取締役社長：倉又朗人）は、株式会社タムラ製作所、国立大学法人東京農工大学と共同開発した次世代パワーデバイス用のφ2インチ酸化ガリウムエピタキシャルウエハ（図1参照 以下、Ga₂O₃ エピウエハ^{*1}）を世界で初めて量産します。これまで販売してきたエピウエハの面積をいっきに13倍までアップします。Ga₂O₃は、耐圧数万ボルトのパワーデバイスを実現することが理論的に可能であり、基板製造の低コスト化が出来るため、パワーデバイス用として、省エネルギー社会の実現に大きく貢献出来るまさに夢の半導体材料です。また、超高輝度LED用基板、紫外線センサ、マイクロ波用デバイス、シンチレーター、高感度固体撮像デバイス等、その応用は多岐に渡り、これからの未来を大きく切り拓く可能性を有します。エピウエハのφ2インチ化により、実用化に向けた研究開発がさらに活発化し、Ga₂O₃パワーデバイスをはじめとした様々な応用分野における早期の製品化が期待されます。

■内容

Ga₂O₃は、SiCやGaNよりも大きなバンドギャップエネルギー^{*2}を有することから、低消費電力と高耐圧を兼備えたパワーデバイスの実現が期待されており、国内外の企業、公的研究機関、大学の研究者らの注目を集めています。更に、融液法によりバルク単結晶を育成出来ることから、将来的に、SiCやGaNに比べて、低価格で高品質な基板を市場に提供

することが可能です。そのため、汎用電源から、太陽・燃料電池による発電システム用パワーコンディショナー、電気・燃料自動車や鉄道車両のモータ駆動システム用のコンバーターやインバーター、耐宇宙環境用をはじめとした耐過酷環境用デバイス、将来の電気飛行機、さらには、送配電系統等、中耐圧から高耐圧領域のパワーデバイス市場において省エネルギー化への貢献が期待されます。

ノベルクリスタルテクノロジーは、2015年10月より、10 mm×15 mm サイズのエピウエハの製造を開始しましたが、ユーザーからのエピウエハの大口径化を求める声が強かったため、タムラ製作所と東京農工大学と協力しながらφ2インチ Ga₂O₃ エピウエハの開発を進めてきました。

パワーデバイス用 Ga₂O₃ エピウエハは、数 100 μm の厚みからなる主面(001)面の単結晶 Ga₂O₃ 基板と数 μm～数 10 μm の厚みからなるエピタキシャル膜で構成されています。基板は、EFG 法^{*3}により、タムラ製作所が新たに製造技術を開発しました。エピ膜は、既に、学会、論文等で公表済みの SIP^{注2} (次世代パワーエレクトロニクス、管理法人：NEDO^{注3}) の成果である東京農工大学の HVPE 法^{*4}の技術をベースとして、ノベルクリスタルテクノロジーが独自の大型装置を開発し、φ2インチ基板全面への製膜が可能となりました。それらの技術を組み合わせることにより、図2に示すように、エピ膜厚の均一性 16.5%、キャリア密度^{*5}の均一性 19.7%のエピウエハの開発に成功しました。

また、φ2インチエピウエハを用いて、ショットキーバリアダイオード^{*6}を作製し(図3参照)、エピウエハ面内における電気特性を評価しました。図4に順方向と逆方向の電流密度-電圧特性を示します。順方向特性については、エピ膜のキャリア密度と膜厚から推定される特性が得られています。逆方向につきましても、測定装置の測定下限までリーク電流が抑えられています。面内でほぼ均一な特性が得られていることから、2インチウエハ全面にわたって高品質なエピ膜が形成されていることを確認できました。本技術の詳細につきましては、2017年9月13日(水)より、イタリアのパルマ大学で開催される International Workshop on Gallium Oxide and Related Materialsにて発表致します。また、応用物理学会が主体となって IOP 英国物理学会出版局が刊行する英文誌 Japanese Journal of Applied Physics の Rapid Communication としての掲載が決まっております。

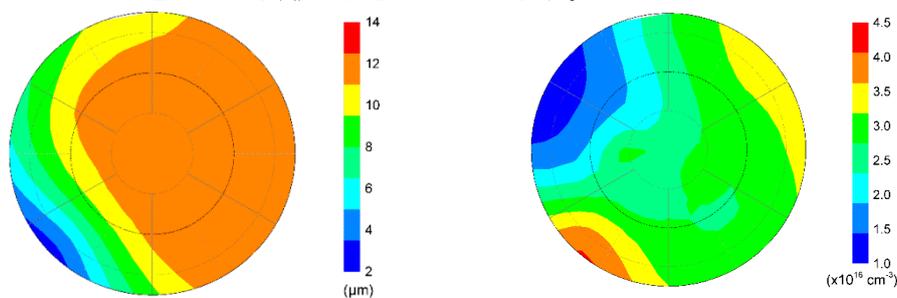


図2 エピ膜厚分布(左図)とキャリア密度分布(右図)の等高線図

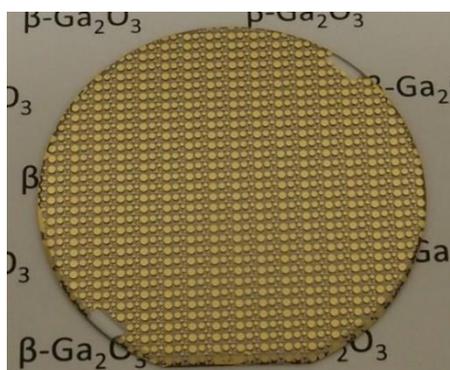


図3 ショットキー電極付φ2インチ Ga₂O₃ エピウエハ

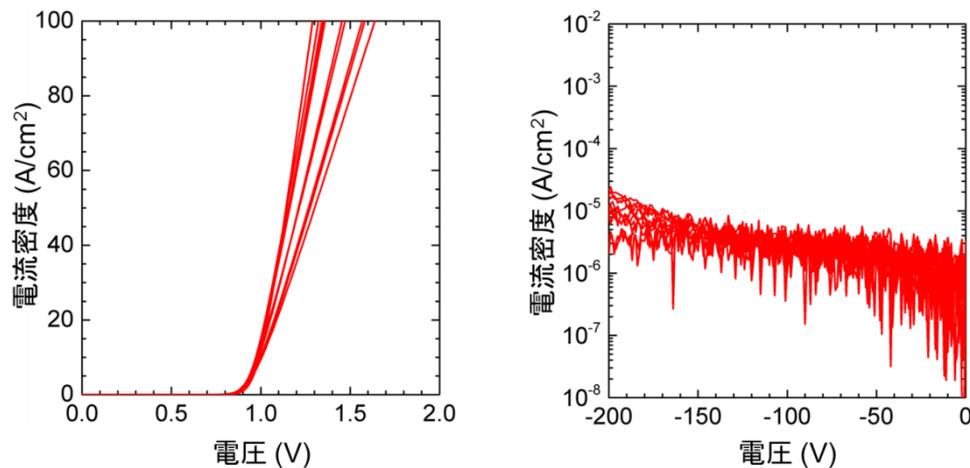


図4 SBDの順方向（左図）と逆方向（右図）の電流密度-電圧特性

■今後の展開

今後は、 Ga_2O_3 パワーデバイス開発の更なる進展のため、 Ga_2O_3 エピウエハの低コスト化、大型化、高品質化に取り組んでいきます。2018年度には、デバイス量産用 ϕ 4 インチのエピウエハの製造を開始します。2019年度には、SiC エピウエハの価格を下回ることを実現し、将来的には SiC エピウエハの 1/3 以下の価格で Ga_2O_3 エピウエハを提供する予定です。

これからも、 Ga_2O_3 パワーデバイスの実用化に尽力すると共に省エネルギー社会への実現、さらには、他の産業分野の発展に貢献していきます。

■用語解説

※1 エピウエハ

単結晶の半導体ウエハ基板の上に、エピタキシャル膜と呼ばれる厚さ数 μm から数10 μm 程度の電気特性等の異なる別の単結晶薄膜を形成したものの。

※2 バンドギャップエネルギー

固体内電子の、伝導帯の最も低いエネルギーレベルと価電子帯の最も高いエネルギーレベルの間で、電子が存在できないエネルギー状態。金属ではバンドギャップはゼロであり、絶縁体では大きな値となる。半導体はこの中間にあり、バンドギャップの大きさによりその伝導特性が大きく変化する。

※3 EFG (Edge-defined Film-fed Growth)法

坩堝と坩堝内に配置した幅1 mm未満のスリットが入ったダイを設置し、原料を投入、誘導加熱により融液となった原料は、毛細管現象により、スリットを通してダイの上部に到達。ダイ上部に種結晶を接触させて単結晶を育成する方法。結晶の形状は、ダイの上部の断面形状に依ってきまる。

※4 HVPE (Halide Vapor Phase Epitaxy)法

反応管内に、薄膜の原料となる金属材料と反応させたハロゲン化合物ガスと別の原料ガスを流し、加熱した基板上で化学反応させて半導体膜を製膜する方法。 Ga_2O_3 の場合、一塩化ガリウム(GaCl)と酸素(O_2)を用いる。

※5 キャリア密度

n 型半導体を流れる電流の担い手である自由電子の密度。

※6 ショットキーバリアダイオード

金属電極と半導体との接合によって生じる電位障壁を利用したダイオード。低い順方向電圧と、低スイッチング損失を特長とする。

■問合せ先

株式会社ノベルクリスタルテクノロジー

《研究内容》 営業部

TEL : 04-2900-0072

《報道関係》 上記に同じ

株式会社タムラ製作所

《研究内容》 コアテクノロジー本部セミコン開発室 TEL : 04-2900-0045

《報道関係》 経営管理本部 経営支援グループ TEL : 03-3978-2013

国立大学法人東京農工大学

《研究内容》 大学院工学研究院 応用化学部門 教授 熊谷 義直 (くまがい よしなお)

TEL : 042-388-7469

《報道関係》 総務部総務課広報・基金室

TEL : 042-367-5930

注1：ノベルクリスタルテクノロジーは、タムラ製作所のカーブアウトベンチャーであり、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の技術移転ベンチャーとしての認定会社です。

注2：内閣府総合科学技術・イノベーション会議が進めている国家プロジェクトである「戦略的イノベーション創造プログラム」の略称。

注3：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構