

次世代ワイドギャップ半導体研究ユニット

ユニットリーダー の氏名・所属	氏名	役職	所属(部局・専攻・講座)
	木村 千春	助教	工学研究科・電気電子情報工学専攻・ エレクトロニクスデバイス講座 (杉野研究室)
ユニットの概要	<p>大阪大学で開発した窒化物半導体の液相成長法をコア技術とし、低転位密度で無歪・無極性な GaN 半導体基板の作製を試みる。次世代の高周波デバイス、高効率パワーデバイスの実現を目指し、作製した結晶の基礎物性評価（内部欠陥、電気特性、表面界面等）、新型デバイス用の MIS 構造設計、デバイス特性評価までをユニット内で補完的に実施する。また、国内関連企業とも連携し、実用化を念頭に入れた高い指向性のユニット構築を目指す。</p>		
研究背景 および目的	<p>窒化物系化合物半導体は、従来の Si や GaAs に比べて、高速・高周波・高耐圧・低損失などの優れた電子物性を併せもつことが知られており、情報通信やエネルギーエレクトロニクス分野でのデバイス応用が期待されている。一方、1) ノーマリーオフ動作を含むしきい値電圧の制御、2) 数百ボルト以上のスイッチング用デバイスの開発、3) オン抵抗の低減、4) 高周波動作に適したデバイス構造の検討、5) 異種材料基板上での結晶成長に起因する転位や結晶欠陥のデバイス特性への影響など、多くの技術課題が存在している。開発が遅れている原因の1つに、異種材料や高転位密度の有極性基板上にデバイス作製を行ってきたことが挙げられる。提案者らは GaN 結晶の育成方法として Na フラックスを用いた液相エピタキシャル (Liquid Phase Epitaxy: LPE) 成長を試み、気相法の GaN 薄膜基板よりも転位密度が自発的に 4 桁以上減少する成長機構を見出した。さらに、無極性な a 面 GaN 成長でも同様の結晶性向上を確認しており、これら新しい高品質基板を用いることで高周波デバイス、パワーデバイスの飛躍的な性能向上が期待できる。本ユニットでは、基板のさらなる高度化や産業化に向けた結晶成長技術の開発を進めながら、各メンバーが独自に研究開発し、高度技術として確立している、内部欠陥評価、電気特性評価、表面界面評価などを通して新しい基板の基礎物性特性を明らかにする。また、GaN 等のワイドバンドギャップ用の絶縁膜層の材料検討、作製技術の開発も行う。福井大学においては、新しい基板を用いた FET デバイス構造の作製と特性評価までを実施する。本ユニットでは、低転位密度で無歪・無極性な GaN 基板を用いてノーマリーオフ型のダブルヘテロ接合 FET の実現を目指すことと、本開発基板を用いることで初めて実現できる新構造デバイスの開発を連携目標とする。</p>		

IDER ユニットの構成

氏名	役職	所属	氏名	役職	所属
[ユニットリーダー] 木村 千春	助教	杉野研究室	上村 昌弘	B4	森研究室
[ユニットメンバー] 川村 史朗	特任研究員	森研究室	首藤 浩文	D1	片山研究室
今出 完	特任研究員	森研究室	小松 直佳	M2	杉野研究室
小椋 隆史	M2	森研究室	曾田 浩司	M1	杉野研究室
反保 昌城	M2	森研究室	松ノ内 恵子	M1	杉野研究室
別所 公博	M2	森研究室	毎田 修	助教	伊藤研究室
北野 芳裕	M1	森研究室	塩島 謙次	准教授	葛原研究室
山田 憲秀	M1	森研究室	酒井 亮輔	M1	葛原研究室
勝池 悟史	B4	森研究室	南 慎治	M1	葛原研究室
岸本 博希	B4	森研究室	[ユニットアドバイザー] 杉野 隆	教授	

1) LPE 技術を用いた GaN 結晶成長 (川村他)

Na フラックス法による LPE 技術を用いて、MOCVD-GaN (2 インチ)の基板から GaN の厚膜成長を行った。転位密度 $10^8 \sim 9 \text{cm}^{-2}$ オーダーであった基板は、LPE 開始時に 10^6cm^{-1} オーダーまで低転位化するが、さらに膜厚が増加するに従ってファセット会合が繰り返され、 $10^2 \sim 5 \text{cm}^{-2}$ オーダーのファセット領域が拡大する現象が明らかになった。図 1 の 2mm 厚の透明で平坦性に優れた GaN 結晶が得られており、高転位領域で 10^4cm^{-2} オーダー、低転位領域で 10^2cm^{-2} オーダーのファセットが出現し、低転位領域が優勢になっていることも明らかになった (応物 08 春 27aB3 他)。

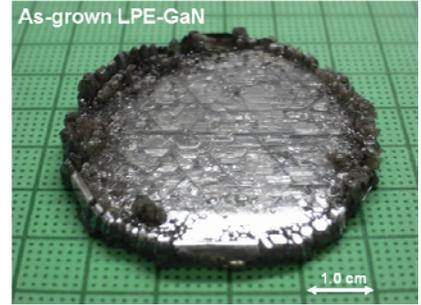


図 1 LPE により得られた GaN 結晶

2) LPE成長Ga結晶表面の評価 (首藤他、IDER内連携成果)

同軸型直衝突イオン散乱分光法 (CAICISS) を用いて、LPE 成長した GaN 結晶 (0001) 表面の評価を行った。真空中で 900°C 、30 分アニール処理した Etched-LPE 結晶、参照用 VPE 結晶ともに 6 回対称の方位角依存性を示す明瞭なピーク・ディップ (図 2) が得られており、LPE 成長 GaN 表面においても良好な結晶性を有することが明らかになった。As-grown の LPE 結晶は表面が酸化膜で覆われているものの、真空熱処理によってある程度の脱酸素化が進行し、結晶性が向上することが確認できた (応物 07 秋 4pZR2、欧文誌投稿中)。

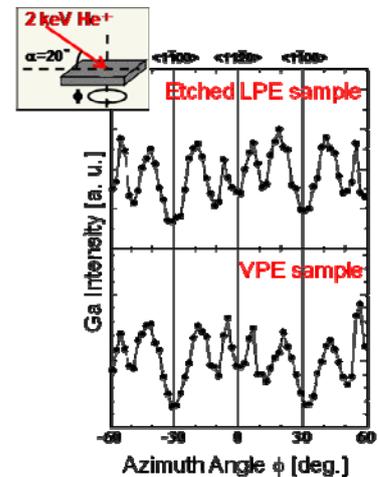


図 2 GaN 試料からの散乱強度 (Ga) の方位角依存性

3) MIS 絶縁膜材料の検討 (木村他)

次世代半導体デバイス用の絶縁膜材料としてアルミニウムシリケート (AlSiO) に着目し、PVD 法により薄膜作製を行って電気特性の評価を行った。得られた薄膜のバンドギャップは 6eV 以上、誘電率は 9 と大きく、Si 組成 12%において最も耐圧に優れていることが分かった。また、成膜後の熱処理によって絶縁特性の向上が確認できた (応物 07 秋 6aH2、応物 08 春 28pM3)。

4) GaN パワーデバイス応用に向けた理論解析 (塩島他)

AlGaIn/GaN HEMT の高周波パワーデバイス、高電圧スイッチングデバイスの実現に向け、理論解析によって以下のことを明らかにした。a) 高耐圧化に適した傾斜フィールドプレート構造を導入し、理論的な最適設計式と理論耐圧を得た。b) HEMT のチャンネル材料中の In 組成を増加することで、高周波特性が飛躍的に向上できることを明らかにした。c) 無極性 GaN 基板上的 AlGaIn/GaN ダブルヘテロ構造において、デルタドーピングを行うことでソース電極の接触抵抗が大幅に低減できることを確認した (信学会 08 総合大会 C-10-9,11,12)。

