

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 酸化ガリウム基板を用いた 300nm-350nm 紫外 LED の開発
プロジェクトリーダー	: 株式会社タムラ製作所
所属機関	: 株式会社タムラ製作所
研究責任者	: 平山秀樹(国立研究開発法人理化学研究所)

1. 研究開発の目的

波長 300nm-350nm の UVB-UVA 領域の発光ダイオード(LED)は、効率・出力が低く現状では実用化が難しい。原因としては、絶縁体のサファイアの上に形成されていて横注入構造のため大電流駆動が困難であることと、p 型層と電極での紫外光吸収のため光取出し効率が低いことが挙げられる。本研究では紫外に透明でかつ電気抵抗が非常に低い酸化ガリウム (Ga_2O_3) 基板を用いて垂直注入構造の LED にすることで、電流経路を大幅に増大させて大電流駆動を可能にし、また、InAlGaN 透明 p 型層と高反射率電極を開発することで光取り出し効率を改善し、出力を格段に向上できる技術の開発を目的とする。

2. 研究開発の概要

①成果

本研究では、高出力の $\text{Ga}_2\text{O}_3(-201)$ 基板上的垂直注入型 UV-A、UV-B LED 構造を実現するために、次の3要素の開発を進めた。まず、発光層結晶欠陥低減のために下地層 $\text{Ga}_2\text{O}_3(-201)$ 基板上的 n-AlGaN 層結晶品質の改善を行った。次に、 $\text{Ga}_2\text{O}_3(-201)$ 基板 AlGaN 層ヘテロ界面は材料の違いにより電氣的ポテンシャルバリアが生じるので、その値を垂直注入型 LED 駆動に支障のない値に抑える方法を開発した。それら2つと平行して LED の高出力化に非常に重要である光取り出し率の改善として、p 型層の透明化と高反射率電極の開発を行った。

研究開発目標	達成度
① $\text{Ga}_2\text{O}_3(-201)$ 基板上 n-AlGaN 層結晶品質を改善し、n-AlGaN(1-102)面ロッキングカーブ半値幅 1500arcsec 以下達成。	① $\text{Ga}_2\text{O}_3(-201)$ 基板上的 n-AlGaN 層の間に多層応力緩和 AlGaN 層を挟み、その構造を最適化した。それにより、クラックを発生させずに 3 次元成長 n-AlGaN 層の導入を可能にしロッキングカーブ 1066arcsec を達成。(達成度 100%)
② $\text{Ga}_2\text{O}_3(-201)$ 基板 AlGaN 層のヘテロ界面の電氣的ポテンシャルバリアを 0.5V 以下に低減する。	② SiN_x ドットパターンマスクを作成した $\text{Ga}_2\text{O}_3(-201)$ 基板上に GaN をエピ成長するとポテンシャルバリアが消失する。これを応用し AlGaN でも良好にエピ成長できる方法を確立。ポテンシャルバリアゼロ達成。また追加効果として選択横方向成長 (Epitaxial Lateral Overgrowth: ELO) 効果が得られ、貫通転位が曲り、転位同志の合体が生じ、低転位化した。転位密度 $1.2 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ を達成。(達成度 100%)

<p>③ UV 光の透過率 90%である p 型コンタクト層、UV 光の反射率 60%である反射電極を実現する。</p>	<p>③ 波長が 280–350nm の光に対し透過率が 97%以上である p-型 AlGa_N コンタクト層を実現した。また、Ni/Al 層からなる高反射p型電極を作製し、反射率 70%程度を実現した。p-AlGa_N コンタクト層と高反射電極を用いて、深紫外 LED を作製し、世界最高レベルの外部量子効率 (8.5%) を実現し良好な動作を得た。(達成度 100%)</p>
--	--

②今後の展開

本研究期間で得られた基礎的結果を統合し、高出力 Ga₂O₃ 基板上垂直 UVB、UVA-LED の実証を行う。最終的に1チップより1W以上の出力が得られる垂直型 UVB、UVA-LED を実現し、光防除用の光源や皮膚治療用光源の LED 化を目指す。

3. 総合所見

概ね目標を達成し、次の研究開発フェーズに進むための成果が得られた。イノベーション創出が期待できる。

サファイア基板に代わって、Ga₂O₃ 基板を用いて、深紫外光用 LED を作成するために、着実な基礎データの収集に努め、Ga₂O₃ 基板上のn型 AlGa_N 層の結晶性向上およびポテンシャルバリアの低減化などの主たる目標を達成した。次のフェーズへの展開が期待できる。