

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**本格研究開発ステージ ハイリスク挑戦タイプ 事後評価報告書**

|            |  |
|------------|--|
| 研究開発課題名    | : ナノ粒子ペーストを用いたウェットパターンニングによる電極のコンタクト制御技術 |
| プロジェクトリーダー | : 奥野製薬工業(株)                              |
| 所属機関       | : 中許昌美 ((独)大阪市立工業研究所)                    |
| 研究責任者      | : 中許昌美 ((独)大阪市立工業研究所)                    |

**1. 研究開発の目的**

市場規模の極めて大きい青色 LED の製造プロセスを、極限的に低エネルギー・低環境負荷・省資源化することを目的として、これまでに検討がほとんどなされていないウェットプロセス、つまりナノ粒子インクの印刷と熱処理による電極パターンの直接形成を行う。特に、ナノ粒子インクによる電極と青色 LED 基板のコンタクト制御に焦点を絞って研究を遂行し、ウェットプロセスを用いた低電圧駆動、大面積発光の実現を目指す。

**2. 研究開発の概要**

**①成果**

電極形成材料として、透明電極形成用の ITO ナノ粒子インク、金属電極形成用の Ag ナノ粒子インク、コンタクト制御のための Ag-Cu 複合ナノ粒子インクを用い、スクリーン印刷やニードルディスペンサ描画による青色 LED 基板上への電極パターンの直接形成プロセスについて検討した。ナノ粒子インクは溶剤や粘度調整剤などの有機材料を大量に含むにもかかわらず、ウェットプロセスによって得られた青色 LED にコンタミの影響はなく、電気特性、発光特性ともにドライブプロセスと遜色のない性能を示した。さらに、Ag ナノ粒子インクを用いた場合には青色 LED の大面積発光が観察され、ロゴマークなどのような任意の発光形状を有する LED を作製できることを明らかにした。

| 研究開発目標  | 達成度   |
|---|---|
| <p>①ウェットプロセスで ITO 透明電極を直接形成した素子の構築</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・評価パターン開発</li> <li>・ITO 配線の最小線幅 20 <math>\mu\text{m}</math> 以下</li> <li>・抵抗率 <math>10^{-3}\Omega\cdot\text{cm}</math> 台以下</li> <li>・熱処理後の表面粗さ <math>R_a=0.1 \mu\text{m}</math> 以下</li> <li>・印加電圧 5V 以下で発光</li> <li>・電極全面発光</li> </ul> | <p>①印刷による ITO 透明電極の線幅、表面粗さおよび抵抗率を評価するため、パターンを設計した。これを用いてガラス基板及び GaN 基板上に直接描画を行った。印刷の指標となる最小線幅、電気特性に影響する表面粗さ、そして LED の発光に直接影響する抵抗率のいずれも目標値を達成した。パッドパターンを用いて LED を作製し、発光特性を評価したところ、駆動電圧や発光効率についてはドライブプロセスと遜色ない値が得られたが、点発光しか得られなかったため、達成度は 70%である。</p> |
| <p>②ウェットプロセスで銀電極を直接形成した素子の構築</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・評価パターン開発</li> <li>・銀配線の最小線幅 20 <math>\mu\text{m}</math> 以下</li> <li>・抵抗率 <math>10^{-5}\Omega\cdot\text{cm}</math> 台以下</li> </ul>   | <p>②上記 ITO と同様に、Ag 電極形成を行った。印刷による Ag 透明電極の線幅、表面粗さおよび抵抗率についてはいずれも目標値を達成した。パッドパターンを用いて LED を作製し、発光特性を評価したところ、駆動電圧や発光効率においてはドライブプロセ</p>  |

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・熱処理後の表面粗さ Ra=0.3 <math>\mu\text{m}</math> 以下</li> <li>・印加電圧 5V 以下で発光</li> <li>・電極全面発光</li> </ul> <p>③電極パターンと半導体基板のコンタクト制御</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・異種金属ドーブ銀ナノ粒子及び銀ナノペーストの作製</li> <li>・評価パターン開発</li> <li>・銅ドーブ銀配線の最小線幅 50 <math>\mu\text{m}</math> 以下</li> <li>・抵抗率 <math>10^{-5}\Omega\cdot\text{cm}</math> 台以下</li> <li>・熱処理後の表面粗さ Ra=0.3 <math>\mu\text{m}</math> 以下</li> <li>・発光と銅／銀比の相関を検討</li> <li>・印加電圧 5V 以下で発光</li> <li>・電極全面発光</li> </ul> | <p>スと遜色なく、さらに 1mm 角以上の電極においても全面発光することがわかった。達成度は 100%である。</p> <p>③Ag-Cu 複合ナノ粒子インクを電極材料とし、Cu 含有率と LED 特性の関連を検討した。Cu 50%の Ag-Cu 複合ナノ粒子インクを作製し、これを用いて線幅、表面粗さおよび抵抗率を評価したところ、いずれも目標値を達成した。Cu 25%、Cu 50%、Cu 75% の 3 種類のインクを用いて発光特性を評価した結果、Cu 75wt%は導電性が低下して発光不良を起こすことが明らかとなった。Cu 25wt%や 50wt%では印加電圧、発光面積ともに Ag 電極と同等の性能を発揮し、さらに高温焼成時のパターン崩れが抑制できた。達成度は 100%である。</p> |
|---|--|

## ②今後の展開

今後は各機関の自己資金を活用して、LED が全面発光する必要条件について研究を進めるとともに、用途探索を行い、具体的なビジネス展開を図る。また、大きな課題としては ITO ナノ粒子インクの導電性向上が挙げられる。本事業の成果は、大量生産、大量消費型産業である青色 LED 製造に対して、高付加価値、少量多品種、オーダーメイド生産などの製品・サービスの可能性を提案するものである。今後は、青色 LED メーカーとの連携を進めたいと考えている。

## 3. 総合所見

一定の成果は得られているが、現状ではイノベーション創出の期待が低い。

ナノ粒子ペーストの開発、パターンニングなどでは成果は認められるが、デバイス化については成果が不十分である。デバイスメーカーの参画もなく、実用化への展望が見えていない。今後、実用化を目指すのであれば、デバイスメーカーと連携し、市場ニーズに合致した目標を立てる必要がある。