

令和8年7月27日

報道機関各位

**有機 EL ディスプレイを新たな時代へ：分子を綺麗に並べて性能 1,000 倍
～超低電圧駆動と大電流密度を誇る薄膜結晶有機 EL 開発に成功～**

■ ポイント

- ・従来の真空蒸着法では困難だった、有機 EL (OLED) 発光層内での巨大な「非エピタキシャル結晶薄膜 (約 1 mm サイズ)」の形成に成功。
- ・結晶化デバイスにより、従来のアモルファス素子と比べて電流密度が 1,000 倍に向上し、1.3 V という極めて低い駆動電圧を達成。
- ・シリコン半導体産業と同様に、有機 EL 産業のパラダイムシフトを決定づける成果。

■ 概要

富山大学 学術研究部工学系の森本勝大教授、本田裕哉氏 (大学院理工学研究科)、中茂樹教授らの研究グループは、高い電荷輸送能を持つ有機半導体材料「ルブレン」を用い、実用的な有機発光ダイオード (OLED) の薄膜構造を維持したまま、発光層を高度に結晶化させる新技術の開発に成功しました。従来の商業用有機 EL の多くは、真空蒸着時に分子がバラバラに並ぶ「アモルファス状態」の薄膜が用いられており、材料本来が持つ優れた電氣的・光学的特性を 100%引き出すことができませんでした。本研究では、ガラス転移温度の低い下地層と独自の「2 段階熱処理プロセス」を組み合わせることで、厚さわずか 50 nm のルブレン薄膜において、約 1 mm もの巨大な単結晶薄膜を基板全体に形成することに成功しました。

この結晶薄膜を組み込んだ有機 EL デバイスは、従来のアモルファスデバイスと比較して同一電圧 (1 V) で**最大 1,000 倍の電流密度**を示し、**1.33 V という極めて低い電圧で発光を開始**しました。さらに、発光スペクトルの先鋭化 (単一の遷移双極子モーメントに由来する純粋な発光) も確認されました。本研究成果は、有機 EL 産業における結晶 OLED へのパラダイムシフトを後押しするものであり、次世代の超高輝度ディスプレイや高電流駆動デバイスへの応用が期待されます。

本研究は科学研究費助成事業 (24K00921、25K07818) の一環として行われ、ほくぎん若手研究者助成金、日揮・実吉奨学会、マツダ財団の支援を受けて実施されました。本成果は、国際学術誌「Synthetic Metals」に 2026 年 7 月 1 日 (オンライン公開) に掲載されました。

■研究の背景

1987年にC.W. Tangらによって提案された薄膜積層型有機EL技術は、アモルファス薄膜を真空蒸着することで低電圧・高輝度動作を可能にし、現在の有機ELディスプレイ産業の基礎を築きました。しかし、アモルファス状態の有機薄膜は分子の配列が乱れているため、材料本来の「電荷の動きやすさ（キャリア移動度）」やデバイス性能に制限をかけていました。一方で、分子が規則正しく並んだ「有機単結晶」は極めて優れた電気特性を示しますが、実用的なデバイス（薄膜積層構造）に組み込むことは製造プロセスの観点から非常に困難とされてきました。そのため、実用的な薄膜デバイス構造を維持したまま、発光層を効率よく結晶化させる技術が長年求められていました。

■研究の内容・成果

本研究グループは、電荷移動度が高いことで知られる有機半導体材料「ルブレネ（Rubrene）」に着目しました。まず、透明電極付きガラス基板上に、ガラス転移温度が低いアモルファス材料（ α -NPD）を下地層として成膜し、その上にルブレネを50 nmの厚さで成膜しました。結晶薄膜を作るプロセスは2段階の熱処理です。ルブレネを成膜した直後、予熱処理により目に見えない微小な「結晶の種」を形成します。その後、デバイスを完成させた後に、本熱処理として下地層の分子運動性を利用してルブレネ分子の結晶を穏やかに大きく成長させました。

偏光顕微鏡による観察の結果、このプロセスによって約1 mmに達する巨大な結晶ドメイン（領域）（図1）が25 mm基板全体に形成されていることが確認されました。この結晶ルブレネ薄膜を組み込んだ有機EL素子（図2）の特性を評価したところ、従来のアモルファス素子と比較して、同じ電圧において**最大1,000倍の電流**が流れるようになりました（図3）。また、わずか0.38 Vで電流が流れ始め、ディスプレイの輝度の基準となる1 cd/m²に達する電圧（駆動電圧）は**1.33 Vという驚異的な低電圧を記録**しました。従来のアモルファス素子からの発光スペクトルは幅広い発光波長を示したが、結晶デバイスでは単一のピークを示す発光へと変化しました（図4）。これは結晶化によって分子の向きが一定に揃い、特定の光（遷移双極子モーメント）が選択的に放出されていることを示唆しています。

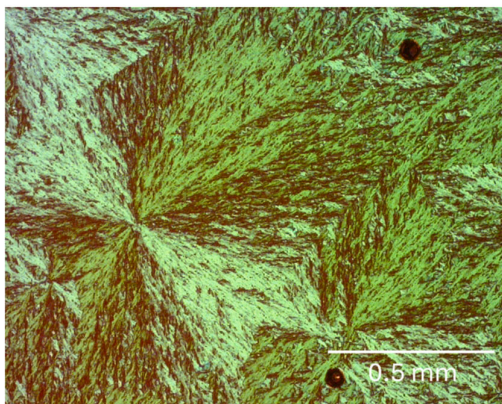


Fig. 1. Polarized optical microscopy image of crystalline rubrene thin film of 50 nm by the two-step annealing treatment.

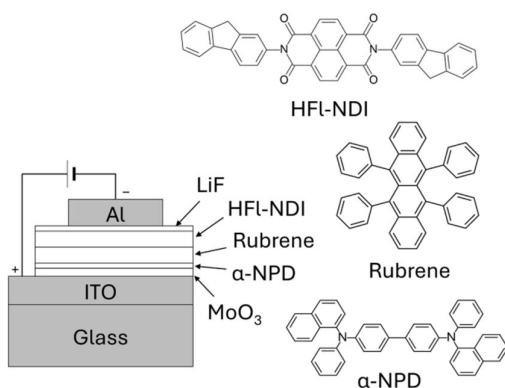


Fig. 2. OLED device and molecular structures.

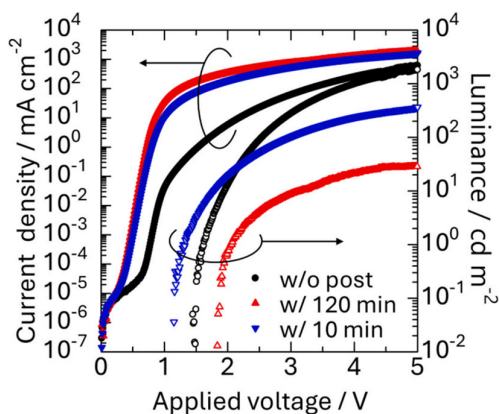


Fig. 3. J-V and L-V characteristics of OLED without, with post annealing for 120 min, and for 10 min.

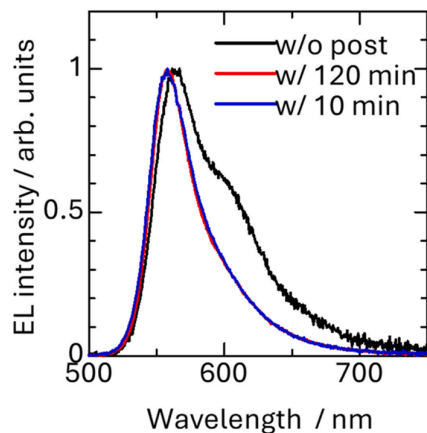


Fig. 4. Emission spectra of OLED without, with post annealing for 120 min, and for 10 min.

■今後の展開

物質の並び方（構造の秩序性）を制御することで飛躍的な性能向上を遂げてきたように、有機 EL の分野においても、アモルファス OLED から「結晶 OLED」へのパラダイムシフトが次のブレイクスルーを牽引するものと期待されます。

今後は、結晶状態において相対的に低下してしまう発光変換効率の課題を、結晶化を妨げない適切な発光材料（ドーパント）の導入などによって解決していく予定です。この技術が確立されれば、現在のスマートフォンやテレビの省電力化・長寿命化に留まらず、次世代の超高輝度ディスプレイ、拡張現実（AR/VR）用デバイス、さらには高い電流駆動が必要とされる有機半導体レーザーなどの新領域の開拓へと繋がるのが期待されます。

【用語解説】

※1) エピタキシャル成長

下地となる基板の結晶配列に合わせて、その上に結晶膜を成長させる技術。優れた結晶を作る一般的な手法ですが、特殊な基板が必要なため有機 EL への応用は困難でした。今回はこの手法に頼らず結晶化に成功しています。

※2) アモルファス（非晶質）と結晶

分子の並び方がランダムで不規則な状態をアモルファス、規則正しく周期的に整列している状態を結晶と呼びます。結晶状態の方が分子同士の重なりが大きくなるため、電気（電荷）が流れやすくなります。

※3) ルブレネ（Rubrene）

有機半導体材料の一種。単結晶状態において、有機材料の中で最高のキャリア移動度（電荷の移動しやすさ）を持つことで知られています。しかし、通常の真空蒸着法で成膜するとアモルファス膜になりやすい性質があります。

【論文詳細】

論文名：

Organic electroluminescent diodes with a thin crystalline layer

著者：

Masahiro Morimoto, Yuya Honda and Shigeki Naka

掲載誌：

Synthetic Metals

DOI：

<https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2026.118226>

【本発表資料のお問い合わせ先】

富山大学 学術研究部工学系

教授 森本勝大

TEL：076-445-6734 Email：morimoto@eng.u-toyama.ac.jp