

量子ドット発光ダイオードの定電流駆動における 内部量子効率とキャリア注入効率変化の解析

Evaluation of Degradation Behavior of Internal Quantum Efficiency and Carrier Injection Efficiency in Quantum Dot Light-emitting Diode under Constant Current Drive

シャープ¹, 東大ナノ量子機構² ○土江貴洋¹, 上田雅也¹, 両輪達也¹,
岩田昇¹, 和泉真¹, 荒川 泰彦²

Sharp¹, NanoQuine, Univ. of Tokyo², °Takahiro Doe¹, Masaya Ueda¹, Tatsuya Ryowa¹,
Noboru Iwata¹, Makoto Izumi¹, Yasuhiko Arakawa²
E-mail: doe.takahiro@sharp.co.jp

量子ドットを発光層材料とした量子ドット発光ダイオード(Quantum Dot Light-emitting Diode: QLED)は、量子ドット由来のシャープな発光ピークにより低消費電力、高色域ディスプレイとしての応用が期待されている。高い発光効率を長期間にわたって示す長寿命 QLED ディスプレイの実現には発光効率低下要因の解明が重要となる。一定電流駆動下における発光効率の低下要因については Chang ら¹⁾により、初期劣化は QD の内部量子効率の低下、後期劣化は断面 TEM 像の変化よりホール輸送層(HTL)材料の劣化であることが示唆されている。

本研究では長期安定性に重要となる HTL の劣化挙動を明らかにするため、時間分解 EL 測定より HTL のホール移動度を算出した結果、電流駆動下における素子発光効率の低下に伴いホール移動度が低下しており、HTL 材料の劣化が明確となった。また異なる HTL 材料を用いた発光素子において発光効率の低下速度を評価した結果、図 1 に示すようにホール移動度の高い TFB, OTPD, PVK の順に発光効率の低下が抑制されることが明らかとなった。これらの結果を HTL 材料のバンドラインナップ等の材料物性ととも考慮すると、長期間にわたって安定な発光素子の実現には高移動度の HTL 材料を用いて電子-ホール注入比であるキャリアバランスを改善することが重要であると示された。

さらに初期における発光効率の上昇挙動、いわゆるポジティブエージング現象において、QD の内部量子効率低下の要因を取り除いた結果、キャリア注入効率が大きく上昇しており、同時期におけるホール移動度の劣化が少ないことも分かった。このキャリア注入効率の上昇要因として、Lee ら²⁾が経時変化による電子輸送層(ETL)での電子注入抑制を報告しており、本研究においても類似の現象によるキャリアバランスの改善が主要因であると推察される。

これらの結果より本研究における QLED 発光素子の初期のキャリア注入は電子リッチであり、電子、ホールそれぞれの注入量変化によるキャリアバランスの変化が初期のポジティブエージングや、長期的な発光効率の劣化を示すと推察され、長期安定性の向上にはキャリア注入効率の安定化が必須であると示された。

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業 (JPNP12004) の結果得られたものです。

- 1) Chang, et al., ACS Nano, 12(10), 10231 (2018).
- 2) Lee, et al., Appl. Mater. Interfaces, 11, 36917 (2019).

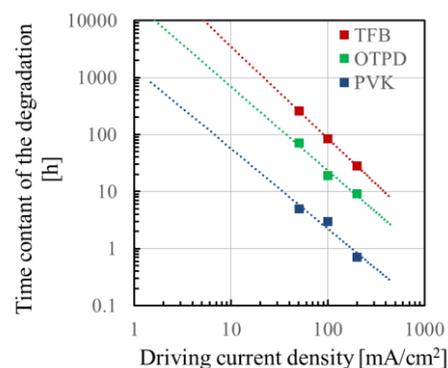


図 1 異なる HTL を用いた発光素子における一定電流駆動による発光効率の低下速度と駆動電流の関係

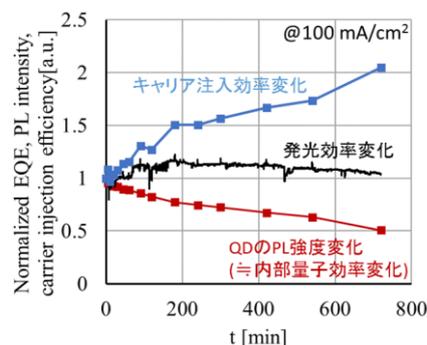


図 2 一定電流駆動下における発光効率、QD の PL 強度、及びキャリア注入効率の変化