

博士論文審査の結果の要旨

氏名	HU, BAOHUA (胡 葆華)
学位名	博士 (工学)
学位番号	甲 第 759 号
論文題目	Study on development of novel materials for organic light-emitting diodes based on hole conducting substituents and their device application (ホール伝導性置換基を用いた新規 OLED 材料の開発及びデバイス応用に関する研究)
論文審査委員	主査 市川 結 鈴木正浩 西井良典 梶 弘典 (京都大学)

(博士論文審査の結果の要旨)

有機発光ダイオード (OLED) は、低駆動電圧、高輝度、広視野角、高速応答、簡単な製造プロセスという特徴があり、次世代の照明およびディスプレイ技術として知られている。この論文では、新規 OLED 材料に関する多角的な研究を行っている。

第 1 章では、OLED 材料の開発状況を概観し、申請者が取り組む正孔輸送性を持つ置換基を有する新規 OLED 材料について言及している。

第 2 章では、スピロ骨格を基盤とした正孔輸送置換基を有する新規 OLED 材料を設計、合成し、ホール輸送材料 (電子ブロッキング材料) としてデバイスに応用した結果を述べている。通常のフルオレン型 (5 員環型) のスピロ化合物だけでなく、一方を 7 員環型としたスピロ骨格を基盤とした新規化合物を提案、合成している点が興味深い。これらの化合物は、ガラス転移温度が高く熱安定性に優れ、また、ホール移動度が高いことを明らかにしている。これらの化合物をホール輸送層に用いたデバイスは、従来材料を用いた場合に比べて、高効率化、長寿命化することを示した。

第 3 章では、ジメチルジヒドロベンゾフランを電子供与性、すなわちホール輸送性のアクリジンと組み合わせた 3 種類の新規電子ブロッキング材料の開発について記述している。これらの材料は、優れた光物理特性と熱安定性を示し、青色蛍光発光デバイスの電子ブロック層材料として用いることで、デバイスの駆動電圧の低減、発光効率の向上、駆動寿命の改善に効果的であることを実験的に示した。

第 4 章では、緑色リン光 OLED のホスト材料としての有用性が知られているキサントン骨格に、正孔輸送性置換基であるカルバゾールを導入した新規 OLED 材料を提案している。合成した新規 OLED 材料は、120°C 以上の高いガラス転移温度を示し、熱安定性に優れていた。カルバゾール基とキサントン骨格の連結様式の違いによって、化合物の光物理特性が変化し、その結果として、発光層ホスト材料として用いたデバイス特性が変化することを明らかにしている。新規材料の電子移動度とホール移動度を評価し、その結果に基づいて適切な共ホスト材料と組み合わせることで理論限界に達する発光量子効率を実現している。共ホスト型の発光層構造とすることで、デバイスの駆動耐久性が向上することも明らかにしている。

第 5 章では、トリアジン構造を基盤とする OLED キャッピング材料を開発している。キャッピング材料とは、薄い金属膜で作られた半透明な光透過カソード電極上に積層する材料で、屈折率整合によって、光の外部取り出しを向上させる効果をもつ。置換基を正孔輸送性のカルバゾールとすることで、高屈折率化し、デバイスの発光効率が向上することを明らかにしている。

以上のように、本論文は、正孔輸送性ユニットを置換基としてもつ OLED 材料を新規に提案、合成し、その有用性を明らかにしている。12 種類の新規材料を、多層膜で構成される OLED のホール輸送層、電子ブロック層、発光層ホスト、キャッピング層へと応用し、デバイス特性や寿命の向上を達成している。本論文で示されていることは技術および学術的な意義があり、その内容は学位論文に値する。

(公表主要論文名)

Baohua Hu, Xiao Cai, Chong Li, Wei Huang, Musubu Ichikawa
New xanthone derivatives as host materials: Improvement of carriers balance for high-efficiency green phosphorescent OLEDs using two host materials
Dyes and Pigments 178 巻 108333 頁～108343 頁(2020 年 7 月発行に掲載)

Baohua Hu, Haifeng Chen, Chong Li, Wei Huang, Musubu Ichikawa
High-refractive-index capping layer improves top-light-emitting device performance
Applied Optics, 59 巻 4114 頁～4121 頁 (2020 年 5 月発行に掲載)

Baohua Hu, Zhenghua Ci, Li Liang, Chong Li, Wei Huang, Musubu Ichikawa.
Spiro derivatives as electron-blocking materials for highly stable OLEDs.
Organic Electronics, 86 巻 105879 頁～105886 頁 (2020 年 11 月発行に掲載)

Baohua Hu, Yin Lu, Zhenhua Ci, Chong Li, Wei Huang, Musubu Ichikawa.
Electron blocking materials based on dimethyl-dihydrobenzofuran derivatives for highly efficient and long-lifetime blue fluorescent organic light-emitting diodes.
Organic Electronics, 87 巻 105916 頁～105923 頁 (2020 年 12 月発行に掲載)