総　説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., **87**〔12〕，436–441（2014）

次世代フォトニクスデバイスとしての有機発光トランジスタ

中野谷　一*・安達千波矢*,**,†

*九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター　福岡県福岡市西区元岡744（〒819-0395）
** JST ERATO安達分子エキシトン工学プロジェクト　福岡県福岡市西区元岡744（〒819-0395）
† Corresponding Author, E-mail: adachi@cstf.kyushu-u.ac.jp

（2014年8月25日受付，2014年10月9日受理）

要　　旨

有機発光トランジスタは電流励起レーザーなどの新しいフォトニクスデバイスとして期待されているが，未だ，その基本素子特性の向上が必要とされている。特に活性層に対する課題は，「いかにして“高い発光特性”と“高移動度化”という相反する課題の両立」という点に集約される。われわれは，この課題の根本的な解決を図るため，有機半導体結晶への発光色素分子ドーピング技術に着目した。本稿では，機能分離型有機半導体結晶を利用した有機発光トランジスタの光増幅特性および電気特性について紹介する。

キーワード：有機単結晶，有機発光トランジスタ，色素ドーピング，光増幅

1. はじめに

有機EL素子（Organic light-emitting diode：OLED）や，有機発光トランジスタ（Organic field-effect transistor：OFET）に代表される有機光エレクロニクス素子は，有機分子を半導体層とする電子デバイスであり，低環境負荷，軽量・フレキシブル，低温製造プロセスや低コスト化の可能性といった有機分子ならではのユニークな特徴を有していることから，次世代のエレクトロニクスデバイスとして，近年，大きな注目を集めている。これらの有機光エレクロニクス分野で用いられる有機分子は，各々のデバイスが示す特徴的な素子機能を最大限に引き出すため，高度に分子設計されたπ共役系有機化合物が一般的に用いられる。例えば，OLEDの重要な素子機能は“電界発光（Electroluminescence：EL）”である。ELは，有機半導体層に注入された電子および正孔の再結合過程により生成された励起分子が，基底状態へと輻射遷移することにより得られる。そのため，高いEL効率を得るためには，発光に寄与する有機分子自身の発光量子収率が高い必要がある。特に，OLEDの発光層として用いられるπ共役系有機化合物は，固体状態においても高い発光量子収率を示す必要があるが，多くの場合，固体状態では強い分子間相互作用が働くために，その発光量子収率は濃度消光と呼ばれる分子間相互作用により著しく低下する。そのために，現在では，ゲスト－ホスト系が幅広く用いられている。一方OFETは，有機半導体層に注入された電荷の流れ（電流）を，素子に印加するゲート電圧により制御するスイッチング素子であり，その重要な素子機能は“電荷輸送”である。一般的に有機分子間の電荷輸送能力（いわゆる電荷移動度）は，隣接する有機分子のπ共役電子軌道の重なりに大きく依存することが知られているため，OFETに用いるπ共役系有機化合物は，強い分子間相互作用が発現可能な結晶性の有機分子を設計する必要がある。

近年，有機薄膜の凝集形態として「有機単結晶薄膜」が注目されている。電荷輸送の観点から，有機分子が弱いVan der Waals力により自己集積化することで形成される単結晶状態では，電荷輸送に対する阻害因子となる分子配列の乱れや結晶粒界がその結晶バルク中にほぼ存在しないため，アモルファス薄膜や微結晶有機薄膜では達成が困難な非常に高い電荷輸送能が期待される。事実，アモルファスシリコンを凌駕する10 cm^2/Vs以上の高い電界効果移動度が得られている。一方，発光の観点から有機単結晶を見た場合，ある種の有機単結晶は結晶状態でも100％に近い高い発光量子収率を示すが，一般には多くの有機単結晶は強い濃度消光を示す。よって，高電荷移動と高発光効率を両立させることは，重要な研究課題である。われわれは，この課題を解決するため，有機半導体単結晶へのドーピングを提案し，電荷輸送能はおもにホスト分子に，そして発光特性はドーパント分子に担わせる機能分離型有機半導体結晶の開発を行っている。特に，出口デバイスとして有機半導体レーザーの実現を目指している。本稿では，近年われわれが研究して

〔氏名〕なかのたに　はじめ
〔現職〕九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター 助教
〔趣味〕娘と遊ぶこと
〔経歴〕2010年九州大学大学院工学府物質創造工学専攻博士後期課程修了。㈱リコー研究開発本部先端技術研究センター，公益財団法人九州先端科学技術研究所有機光デバイス研究室を経て，2014年より現職。有機エレクトロニクスデバイス，とくに有機EL素子，有機トランジスタに関する研究に従事している。

〔氏名〕あだち　ちはや
〔現職〕九州大学大学院工学府応用化学部門 教授，最先端有機光エレクトロニクス研究センター（OPERA）センター長
〔趣味〕ジョギング，読書，旅行
〔経歴〕1991年九州大学大学院博士後期課程修了。㈱リコー，信州大学繊維学部，プリンストン大学，千歳科学技術大学を経て，2005年より九州大学工学部勤務。新しい有機機能性分子の設計とデバイス機能の発現に関する研究に従事している。

© 2014 Journal of the Japan Society of Colour Material