

「量子効果等の物理現象」  
平成7年度採択研究代表者

筒井 哲夫

(九州大学総合理工学研究院 教授)

## 「自己組織性分子を用いた新規発光機能材料の設計」

### 1. 研究実施の概要

有機分子を電気刺激で発光させる有機エレクトロルミネッセンス(EL)に関する研究開発の進展にはめざましいものがあり、自発光型ディスプレイとしての実用化が進むとともに、新たなブレイクスルーの芽も出始めている。本研究は分子性超薄膜を用いるキャリア注入形ELの研究に、分子の自己組織性の概念を導入して発光特性を制御する方向で新しい展開を計ること、分子の自己組織性を利用して構築した光の波長のオーダーの超構造体を持つ分子集合系を探索し、光の放射場の量子光学的制御の研究を新たに開拓することが本研究の目標である。

新規発光材料を開拓するという観点から、液晶性ガラス、金属キレート錯体、層状ペロブスカイト化合物などの探索研究を展開すると同時に、真空蒸着法を中心とする各種超薄膜作製手法の開拓、各種超薄膜材料の光物性の研究、新規材料を用いた発光デバイスの作製とそのデバイス物理の研究など多岐にわたる研究を展開してきた。平成11年度の研究成果としては、有機ELの研究に画期的なブレイクスルーをもたらす突破口を開いた三重項発光材料の研究、シリカ微小球を配列したフォトリソグラフィック結晶の光学特性の研究の進展、シリカ微小球配列構造と色素、層状ペロブスカイト化合物などを組み合わせた新しい光学材料の調製とその光物性の研究、有機ELデバイスの動作機構の解明に関連したキャリア移動度や有機薄膜内の電界分布の測定などが挙げられる。

### 2. 研究実施内容

新規発光材料系の構築の課題は我々研究チーム全体を物質の面から支える最重要課題である。発光材料系の広範な探索研究の一環としてキレート錯体の合成と物性研究を展開してきたが、特にイリジウム錯体において、三重項励起状態を極めて高効率に発光させる系を見だし、ELデバイスとしての性能評価を行った。この研究は有機発光材料を自発光型デバイスとして利用する上での新たな突破口を切り開いたものである。フルオレンコアを有するポリマー並びにオリゴマーの合成とその光物性の研究を展開した。次年度は薄膜化し発光デバイスとしての研究を実施する予定である。液晶形成能を有する発光材料について、ロチェスター大学との共同研

究により、発光サイトを組み込み、電気励起発光が可能な液晶性分子を合成し、その液晶形成能について調べた。次年度は発光デバイス作成に取りかかる。

自己組織性材料の新しい展開として、ヘリックスペプチドを自己組織化に集積する単分子膜の研究を行ってきた。ペプチド鎖を基板上に緻密に配列するためのペプチドの分子構造について詳細な考察を行い、分子認識部位や発光部位を組み込んだペプチド鎖を設計するための知見を蓄えつつある。

分子レベルの無機/有機複合体を用いた発光材料系の研究においては、乾式法で高品質の層状ペロブスカイト薄膜を調製する研究を重点的に実施した。本年度で高品質の薄膜を調製する条件がほぼ確立できたので、次年度は発光材料としての特性を重点的に研究する。

自己組織性分子材料を用いたサブミクロン組織構造体の光物性の研究の関連では、微小球を自己組織的に配列したサブミクロン組織構造体の調製と光物性の研究を進め、組織中に埋め込んだ発光中心からの発光に及ぼすストップバンドの影響を実験的に明らかにした。シリカ微小球からなるサブミクロン組織構造体の隙間に発光性物質例えば層状ペロブスカイト化合物などを埋め込む実験を開始した。この研究はこれまでにない新しい新しいタイプのフォトニック結晶を提供できると期待できるので次年度はその光物性の研究を進める。

発光材料を電気励起で発光させるための手段に不可欠である有機薄膜中のキャリア移動現象について、キャリア移動度の測定並びに薄膜中の実効電場の大きさを測定する研究が進展し、有機ELデバイスの動作原理を理解する上で重要な知見を蓄積できた。この成果は発光材料の探索と主に光励起による光物性評価の研究成果を、電気励起で発光させる有機ELデバイスの特性として実証するための研究をサポートする側面も持っている。

### 3. 主な研究成果の発表（論文発表）

"Evaluation of True Power Luminous Efficiency from Experimental Luminance Values", T.Tsutsui, K.Yamamoto, Jpn.J.Appl.Phys, 38, 2799-2803(1999)

"Synthesis and Properties of a Hole-Conducting, Photopatternable Molecular Glass", T.Fuhrmann, T.Tsutsui, Chem. Mater., 11(8), 2226-2232(1999)

"Synthesis and Electroluminescent Properties of Polyurethane with Stilbene Dye Pendant", H.Jeong, D.Zou, T.Tsutsui, Mol.Cryst.Liq.Cryst., 327, 185-188(1999)

"Electric Conduction of Electroluminescent Metal Chelate Thin Films", M.Era, H.Ikeda, H.Tokuhisa, T.Tsutsui, Mol.Cryst.Liq.Cryst., 327, 171-174(1999)

"Fabrication and Optical Properties of Two-Dimensional Ordered Arrays of Silica Microspheres", T.Yamasaki, T.Tsutsui, Jpn.J.Appl.Phys., 38(10) 5916-5921(1999)

"Electroabsorption Spectroscopy on Tris-(8-Hydroxyquinoline)Aluminium-Based Light

Emitting Diodes", F.Rolfing, T.Yamada, T.Tsutsui, J.Appl.Phys., 86(9)4978-4984(1999)

"Time-of Flight Measurement of Hole Mobility in Aluminium ( ) Complexes", S.Naka, H.Okada, H.Onnagawa, T.Tsutsui, Jpn.J.Appl.Phys., 38(11A) 1252-1254(1999)

"High Quantum Efficiency in Organic Light-Emitting Devices with Iridium-Complex as a Triplet Emissive Center", T.Tsutsui, M.Yang, M.Yahiro, K.Nakamura, T.Watanabe, T.Tsuji, Y.Fukuda, T.Wakimoto, S.Miyaguchi, Jpn.J.Appl.Phys., 38(12B), 1502-1504(1999)

"Strong Molecular Structure Dependencies of Emission Bands in Organic Light-Emitting Diodes Zinc ( ) Complexes as Emitting Layer", Y.Yamaguchi, C.Ishii, D.Zou, T.Tsutsui, Display and Imaging, 8, 55-60(1999)

"Organic light-Emitting Device with an Ordered Monolayer of Silica Microspheres as a Scattering Medium", T.Yamasaki, K.Sumioaka, T.Tsutsui, Appl. Phys. Lett., 76(10), 1243-1245(2000)

"Distribution of Average Electric Field in Tris(-Hydroxyquinoline)Aluminum and 4,4'-Bis[N-(1-Naphthyl)-N-Phenylamino]-Biphenyl-Based Double-Layer Light-Emitting Diodes", T.Yamada, F.Rolfing, T.Tsustui, Jpn.J.Appl.Phys., 39, 1382-1386(2000)

"High Electron Mobility in Bathophenanthroline", S.Naka, H.Okada, H.Onnagawa, T.Tsutsui, Appl.Phys.Lett., 76(2), 197-199(2000)

"Voltage Shift Phenomena Introduced by Reverse-Bias Application in Multilayer Organic Light Emittinfg Diodes", D.Zou, T.Tsutsui, J.Appl.Phys., 87(4), 1951-1956(2000)