

有機EL素子の動作機構と発光特性

Operation Mechanism and Emission Characteristics of Organic EL Device

小島 勉 †† 前田 昭徳 † 小嶋 憲三 † 大橋 朝夫 †
 Tsutomu Kojima Akinori Maeda Kenzou Kojima Asao Ohashi

1. はじめに

ある種の蛍光物質に電界が印加されると発光が観測される。これを電界発光（エレクトロルミネッセンス：EL）といい、フィルム状の素子を用いれば面状表示素子となる。この形状を得るには有機化合物が素子作成上容易な点で有利である。

現在、有機EL素子は材料の探索、素子構造や電極の改良などにより輝度に関しては、青から赤に至る可視域のいかなる色についても高輝度発光が得られつつある。中には駆動電圧10V（電界 約 1.0×10^6 V/m）以下で約 1000 cd/m^2 に達する高輝度¹⁾が実現している。当研究室では高輝度緑色発光体（中心波長510nm）として知られるアルミキレート錯体（以下、Alq3と略記）を発光層とし、芳香族ジアミン誘導体（以下、TPDと略記）を正孔輸送層とした二層有機EL素子を作成しその動作機構、発光特性を研究している。

2. 素子作成及び実験方法

素子は市販のシート抵抗 30Ω 以下の透明陽電極ITO (Indium Tin Oxide)上に約 600\AA の正孔輸送層 (TPD) と約 400\AA の発光層 (Alq3) を 10^{-4} Paの真空中で蒸着積層した。この時の蒸着速度は約 $0.2\sim 0.4 \text{ nm/s}$ に制御した。最後に上部陰電極Mgを同じく蒸着し素子化した。電極面積は 0.2 cm^2 である。実験に用いた試料は(株)トリケミカル研究所社製の粉末状TPD、と(株)日本感光色素研究所社製の粉末状Alq3である。膜厚、蒸着速度は水晶振動子 (INFICON 008-010-G10) を検出子としモニター (INFICON ITM-130) を用いて監

視した。実験に用いた測定系は電源（菊水電子 PAB18-1A）からスイッチによりパルス幅1秒の直流電圧パルス素子に印加、素子に流れる電流を電流計（ADVANTEST TR-6846）で測定、同時に輝度を輝度計（LS-100、MINOLTA）で観測した。素子の測定および保存は真空度 1 Pa 台の低真空で行なった。

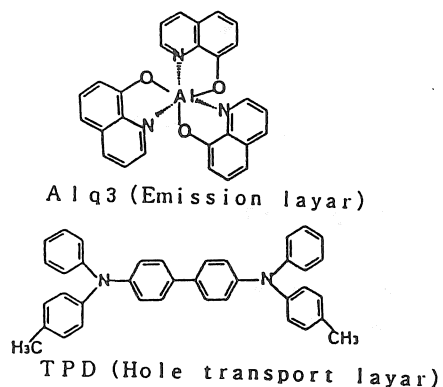


図1、分子構造

3. 結果及び考察

有機EL素子の動作原理は図2で、ITO電極から注入された正孔がTPDのHOMO準位を伝導し、Alq3との界面に達する。一方、電子はMg電極から注入されAlq3のLUMO準位を伝導してTPDとの界面に達する。発光スペクトルの観測から、主として正孔が界面を通じてAlq3層に注入され両キャリアは再結合し励起子を生成して発光するであろうと考えられている。²⁾

図3はEL強度と導電々流を平均電界に対してプ

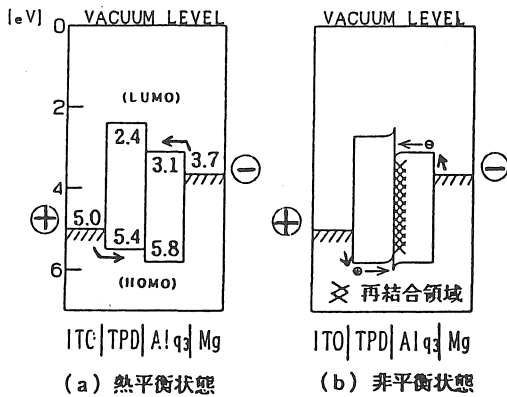


図2、有機二層素子の動作モデル

ロットしたグラフを示す。ELと電流は電界に強く依存する特性を示すが、特に電界約 1.5×10^8 V/m を境に電導機構の変化がみうけられた。以下に、図3に示された電界依存性を説明するために金属/有機、有機/有機界面におけるキャリア注入機構について検討をした。図4は図3のEL強度をトンネルプロットして示した。トンネル機構による注入電流 J は (1) 式で示される。

$$J = \frac{e^3 E^2}{8\pi h \phi} \exp\left(\frac{-8\pi\sqrt{2m_e^*}\phi^{3/2}}{3heE}\right) \dots (1)$$

ここで、 ϕ : 障壁高さ (eV)、 E : 印加電界 (V/m)、 e : 1.6×10^{-19} (C)、 m_e^* : 9.1×10^{-31} (Kg)、 m_e^* : 電荷の有効質量、 h : 6.63×10^{-34} (J·sec)、図4の直線の傾き m は (2) 式で示される。

$$m = \frac{8\pi\sqrt{2m_e^*}\phi^{3/2}}{3he} \dots (2)$$

ここで、電流密度 J を EL 強度に置き換えて考えると EL のトンネルプロットの傾きより $E > 1.5 \times 10^8$ V/m で直線となり m 値は約 1.86×10^9 となった。これより m_e^* を m_e に等しいと仮定すれば $\phi \approx 0.42$ eV、 $0.1m_e$ とすると $\phi \approx 0.93$ eV となる。

$m_e^* = m_e$ の場合 TPD / Alq3 界面の正孔に対するバリア $\phi \approx 0.4$ eV と同程度のバリア値が得られた。従って、EL の電界特性はこの界面をトンネル機構で正孔が Alq3 領域に注入され、再結合発光を生ずるものと説明できる。この結果は江草らの有機二層素子の動作モデル³⁾ 図2 (b) を証明する結果となった。

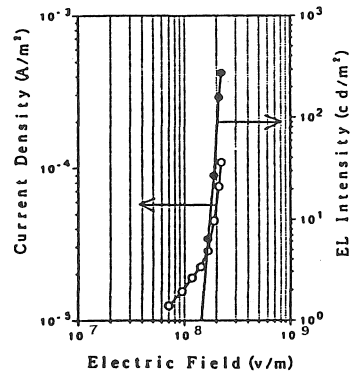


図3、電流密度・EL強度・電界特性

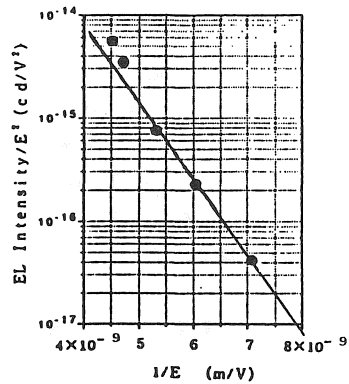


図4、トンネルプロット

しかし、実際には電極/有機物質界面にも電子および正孔に対する同程度のバリア (ITO/TPD; 約 0.4 eV、Mg/Alq3; 約 0.6 eV) が存在し、電流の電界依存性では 1.5×10^8 V/m 以下の電界領域ではむしろショットキー型の伝導が支配的と考えられるなど、電極からのキャリア注入で律速されている可能性も否定できない。

4、まとめ

二層有機EL素子はある高電界を境に発光が顕著になった。これは高電界下において金属/有機、有機/有機界面の障壁を通じてキャリアはトンネル注入されることが明らかとなった。

5、謝辞

本研究に対し適切な助言を頂きました電子工学科高橋欣弘教授に感謝します。更に、ITO基板を提

供して下さったアルバック製膜（株）染野氏に感謝
します。

6、参考文献

- 1) 斉藤省吾：電子材料、11、P.22 (1990)
- 2) C. W. Tang and S. A. VanSlyke Appl、
Phys. Lett、51 (12)、21 Sep、(1987)
- 3) 江草 源間 三浦 東：電子情報通信学会技術
報告、E I D90-79/OME90-40 (1990)

(受理 平成6年3月20日)