

モジュラスから見た有機 EL 素子のキャリア注入、輸送過程：デバイスシミュレーション

Carrier injection and transport in organic light-emitting diodes studied by device simulation of modulus plots

大阪府立大¹, 大阪府立大分子エレクトロニックデバイス研²

○高田 政志¹, 永瀬 隆^{1,2}, 小林 隆史^{1,2}, 内藤 裕義^{1,2}

Osaka Pref. Univ.¹, RIMED² ○M. Takata¹, T. Nagase^{1,2}, T. Kobayashi^{1,2}, and H. Naito^{1,2}

E-mail: mtakata@pe.osakafu-u.ac.jp

【はじめに】 有機 EL 素子(OLED)において、キャリアの注入、輸送過程を明らかにすることはデバイスの高性能化のため重要である。しかし、多層構造を有する OLED において電子・正孔の注入、輸送過程は複雑であり、電流-電圧特性のみでは考察が難しい。高橋によりモジュラス ($M(\omega)=j\omega Z(\omega)$)プロット(M プロット)の印加電圧依存性より、多層構造におけるキャリア注入、輸送過程が解析されている[1]。ここで $Z(\omega)$ は複素インピーダンスである。本報告では、デバイスシミュレーションにより様々な印加電圧における M プロットの形状と OLED のキャリア注入、キャリア輸送との関連を明らかにすることを目的とする。

【解析】 解析には SILVACO 社製のデバイスシミュレーションソフトウェア ATLAS を使い、電流の式、ポアソンの式、電流連続の式を自己無撞着に解くことにより数値解を求めた。デバイス構造は ITO/4,4-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl(α -NPD)/Tris-(8-hydroxyquinolate)aluminum (Alq_3)/LiF/Al を仮定した。

【結果】 各印加電圧(V)におけるバンド図の計算結果を図 1 に示す。 $V=0$ V 時では、注入障壁により、電子・正孔とも注入されないが(図 1(a))、印加電圧(2 V)を加えると、電子・正孔がそれぞれ Alq_3 、 α -NPD 層の界面側に蓄積されることが分かる(図 1(b))。 $V=10$ V では電子・正孔とも OLED 中を走行することが分かる。 M プロットの印加電圧依存性を図 2 に示す。ここでは、各プロットを y 軸方向に印加電圧に比例してシフトさせ、 M プロットの虚数成分($\text{Im}[M]$)の原点を右 y 軸の印加電圧の値に対応させている。図 2 より、低電圧域では半円が分離して観測され、低周波域の半円は Alq_3 に、高周波域の半円は α -NPD に対応している。これは、膜厚を変化させて、 $\text{Im}[M]$ の周波数依存性を計算することで判断できる。さらに印加電圧を上昇させると、 M プロットにおける半円が 1 つとなり、実験結果と矛盾しない結果が得られた。この結果に基づき、当日はキャリア注入、輸送過程をより詳細に議論する予定である。

【参考文献】 [1] 高橋淳一, 表面科学 33(2), 81 (2012).

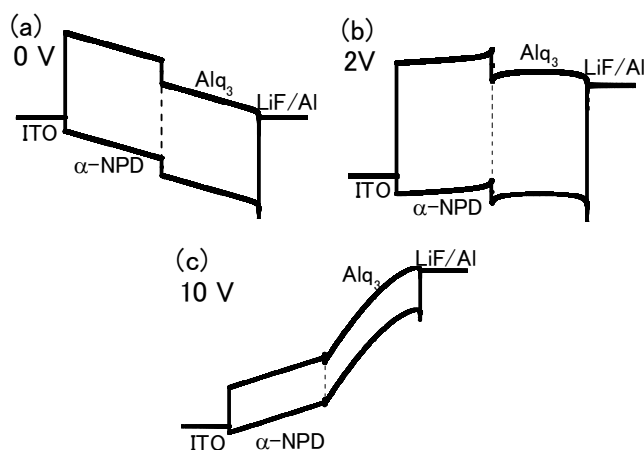


Fig. 1. Illustration of energy band diagrams (a) $V=0$ V (b) $V=2$ V (c) $V=10$ V.

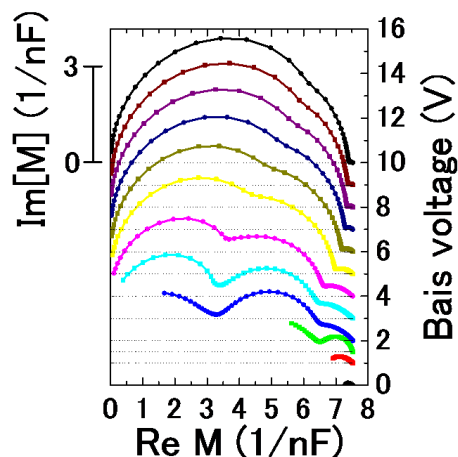


Fig. 2. Modulus plots at different bias voltages.

【謝辞】 本研究は、総合科学技術会議により制度設計された最先端研究開発支援プログラムにより、日本学術振興会を通して助成された。また本研究の一部は、科学研究費補助金及び新学術領域研究「元素ブロック高分子材料の創出」の助成を受けた。