

多層構造有機 EL 素子のモジュラスプロットの解析

Analysis of modulus plots in multi-layer organic light-emitting diodes

大阪府立大学大学院¹, 株式会社サムスン日本研究所², 大阪府立大学分子エレ研³○高田 政志¹, 高田 誠¹, 佐藤 朱里², 藤田 悦昌², 永瀬 隆^{1,3}, 小林 隆史^{1,3}, 内藤 裕義^{1,3}Osaka Pref. Univ.¹, Samsung R&D Institute Japan², RIMED³ °M. Takata¹, M. Takada¹, S. Sato²,Y. Fujita², T. Nagase^{1,3}, T. Kobayashi^{1,3}, and H. Naito^{1,3}

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

【はじめに】多層構造を有する有機 EL 素子 (OLED) において電子・正孔の注入、輸送過程などの動作機構に関する考察は電流-電圧特性のみでは難しい。インピーダンス分光法では、有機半導体層および電極/有機半導体層の界面のインピーダンスを時定数の違いにより分離することができるため、モジュラスプロット (M プロット、 $M(\omega)=j\omega Z(\omega)$, $Z(\omega)$ は複素インピーダンス) に着目することによって、多層構造の OLED におけるキャリア注入、輸送過程を解析できる[1]。本報告では、デバイスシミュレーションおよび実験の両面から M プロットの挙動を調べることで OLED のキャリア注入、キャリア輸送過程に関する考察を行った。

【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 を用い、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。また、同様の素子構造を有する素子を作製し、インピーダンスアナライザ ModuLab を用いて素子のモジュラスを求めた。

【結果】 Alq_3 層の膜厚を固定し、 α -NPD 層の膜厚を変化させた場合におけるモジュラスの虚数成分 ($Im[M]$) の周波数依存性の実験結果を図 1 に示す。図 1 より低周波域のピークが Alq_3 層に、高周波域のピークが α -NPD 層に対応していることが分かる。 M プロットの印加電圧依存性のシミュレーション結果と実験結果をそれぞれ図 2(a),(b) 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 ($Im[M]$) の原点を右 y 軸の印加電圧の値に対応させている[2]。図 2(a) および (b) 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 層に、高周波域の半円は α -NPD 層に対応している。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、シミュレーションと実験で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、輸送過程を詳細に議論する予定である。

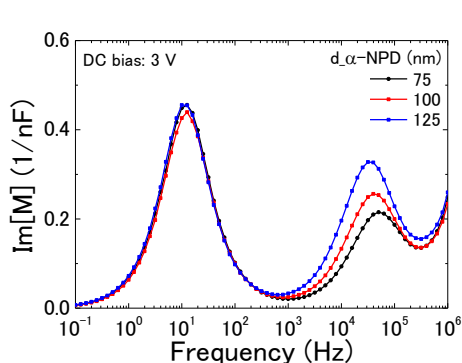
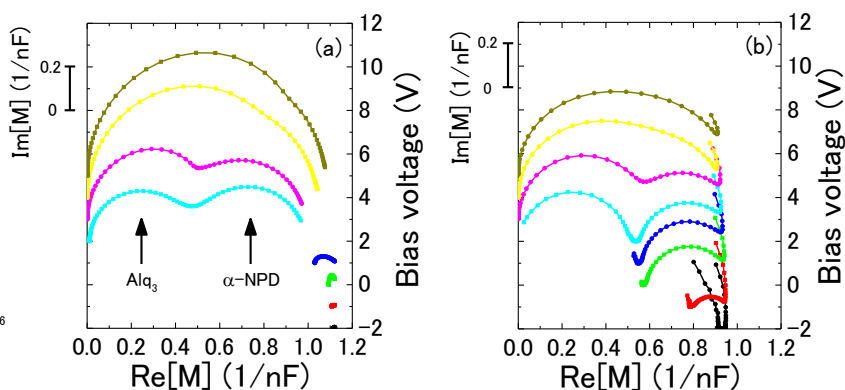
Fig. 1. $Im[M]$ -frequency plots with different film thickness of α -NPD layer

Fig. 2. Modulus plots with different bias voltages (a)simulation (b)experiment

【参考文献】

[1] 高田他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集, 17a-PG1-3 (2014).

[2] 高橋淳一, 表面科学 **33**(2), 81 (2012).

【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。