

モジュラスの周波数特性からの有機半導体移動度評価

Mobility determination of organic semiconductors by frequency response of modulus

大阪府立大学大学院¹, 大阪府立大学分子エレ研²○高田 政志¹, 高田 誠¹, 高木 謙一郎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, M. Takada¹, K. Takagi¹, 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】インピーダンス分光法は、活性層の膜厚が 100 nm 程度の場合でも移動度評価が可能であり、有機半導体デバイスのキャリア輸送特性の評価に有効である。一般に、静電容量またはコンダクタンスの周波数特性におけるキャリア走行時間効果から移動度を評価している[1]。本研究では、モジュラス (M : $M(\omega)=j\omega Z(\omega)$, $Z(\omega)$ は複素インピーダンス) の周波数特性からの有機半導体移動度評価法を提案し[2]、作製した有機半導体デバイスの移動度評価を行った。

【解析】アドミタンス Y は、 $Y=G+jB$ と表せる。ここで、 G はコンダクタンス、 B はサセプタンスである。モジュラスは、 ω を角周波数として、

$$M = j\omega Z = \frac{\omega B}{G^2 + B^2} + j \frac{\omega G}{G^2 + B^2} \quad (1)$$

$$(\text{Re}[M] = \frac{\omega B}{G^2 + B^2}, \text{Im}[M] = \frac{\omega G}{G^2 + B^2})$$

と表せる。単電荷注入モデル[3]では、

$$G = \frac{g\Omega^3}{6(\Omega - \sin\Omega)^2 + (\Omega^2/2 + \cos\Omega - 1)^2} \quad (2)$$

$$B = \frac{g\Omega^3}{6(\Omega - \sin\Omega)^2 + (\Omega^2/2 + \cos\Omega - 1)^2} \quad (3)$$

であるから、これらよりモジュラスの虚数成分は、

$$\text{Im}[M] = \frac{6(\Omega - \sin\Omega)}{gt_t\Omega^2} \quad (4)$$

となる。ここで、 $\Omega=\omega t_r$ は走行角、 t_r はキャリアの走行時間、 g は微分コンダクタンスである。モジュラスの虚数成分の走行角依存性を図示すると、 $\Omega=\pi$ の時に最大 (ピーク) となり、ピーク周波数 f_{max} と t_r には $f_{\text{max}}=0.5 t_r^{-1}$ が成立するため移動度を評価できる。

【結果】ITO/F-SAM/Poly(9,9-dioctylfluorene-alt-benzothiadiazole)(F8BT)(100 nm)/MoO₃(10 nm)/Au (50 nm) 構造の有機 EL 素子を作製し、素子のインピーダンス (M プロット) を測定した。モジュラスの虚数成分の周波数特性を図 1 に示す。各電圧においてピークが見られ、この結果から、走行時間の逆数の印加電圧依存性を図示した (図 2)。図 2 よりキャリアの走行時間の逆数が電圧に比例していることが分かり、直線の傾きから移動度は $1.8 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と決定

出来た。この評価法では、 f_{max} と t_r の関係性を測定結果 (図 1) から直接求めることができるため、従来の評価法よりもより簡便な移動度評価が可能となる。

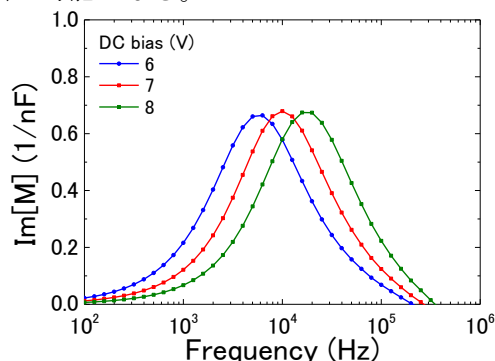


Fig. 1. Frequency dependence of Im[M] at different bias voltages in ITO/F-SAM/F8BT/MoO₃/Au.

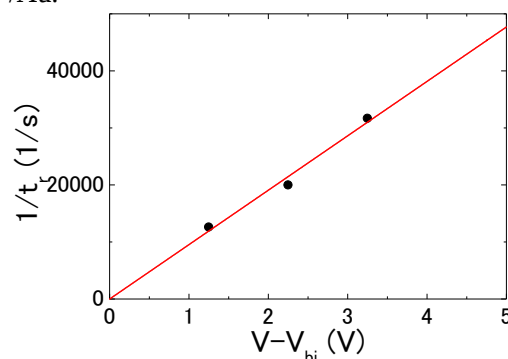


Fig. 2. Bias voltage dependence of transit time in F8BT.

【参考文献】

- [1] T. Okachi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 8965 (2008).
- [2] 松波他, 有機 EL 討論会第 6 回例会予稿集, S9-2 (2008).
- [3] K. C. Kao and W. Hwang, *Electrical Transport in Solids*, (Pergamon Press, Oxford, 1981).

【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。また本研究で用いた試料を提供して頂いた信越化学工業株式会社に深く感謝いたします。