

インピーダンススペクトルにおける二分子再結合の影響 —解析的アプローチ—

Effects of bimolecular recombination on impedance spectra - analytical approach -

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 素子の特性向上のため、その動作原理を明らかにすることが重要である。インピーダンス分光(IS)法は、素子の膜厚が 100 nm 程度の場合でも電子・正孔の移動度評価が可能である。IS 法における解析解を求めることは、動作原理および物性評価に関する知見を深めるために重要である。しかし、Shockley-Read-Hall 統計による再結合を仮定したモデルにおける複素インピーダンスの解析解は報告されているが[1]、有機 EL 素子の発光層に見られる二分子再結合時における、解析的議論は未だなされていない。本研究では、二分子再結合時における複素インピーダンスに関する解析解を導出した。

【解析】電流の式、ポアソンの式、電流連続の式を用い、素子の複素インピーダンスを解析的に求めた。ここで、電流連続の式では電子と正孔の密度の積に比例する形で再結合の項を考え、再結合定数はランジュバン定数[1]に比例するものとした。この時、素子の複素インピーダンスは、

$$Z_1 = 3R_0 \left(2 + \frac{j\omega}{\beta n} \right) \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k+3} \frac{\left(-\frac{3}{2}j\omega R_0 C_0 \right)^k \left(2 + \frac{j\omega}{\beta n} \right)^k}{\left(3 + \frac{j\omega}{\beta n} \right) \left(3 + \frac{j\omega}{\beta n} + 1 \right) \cdots \left(3 + \frac{j\omega}{\beta n} + k \right)} \quad (1)$$

と表せる。 R_0 は活性層の抵抗、 β は再結合定数、 n は電子の密度、 ω は角周波数、 C_0 は幾何容量、 j は虚数単位である。ここでは、電子と正孔の密度は等しいものとし、拡散電流の影響は無視した。

【結果】再結合定数を変化させた場合における静電容量の周波数特性を図 1 に示す。図 1 より、再結合定数がランジュバン定数よりも小さい場合、低周波域において静電容量の値が負になり(負の静電容量)、再結合定数の減少に従い、負の静電容量の絶対値が増加した。また、電子・正孔の移動度比を変化させた場合における静電容量の周波数特性を計算したところ、移動度比が小さくなることで低周波域で観測される負の静電容量の絶対値が減少することが分かった。この結果は、デバイスシミュレーションを用いた数値解析の結果とよく一致した[2]。当日は、本結果に基づく物性評価についても議論する。

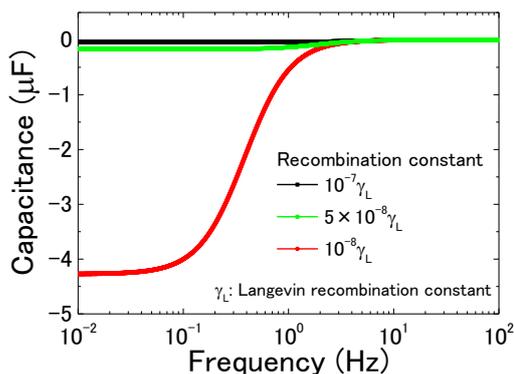


Fig. 1. Capacitance-frequency characteristics with various recombination constants.

【参考文献】 [1] K. C. Kao and W. Hwang, *Electrical*

Transport in Solids, (Pergamon Press, Oxford, 1981). [2] 高田他, 第 74 回応用物理学会学術講演会講演予稿集, 18p-C4-11 (2013).

【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。