

インピーダンス分光法による移動度評価 — キャリア寿命の影響 —

Influence of charge carrier lifetime on the determination of charge carrier mobility in organic semiconductors by impedance spectroscopy

¹大阪府大院工, ²大阪府大 分子エレクトロニックデバイス研
○高木 謙一郎¹, 永瀬 隆^{1,2}, 小林 隆史^{1,2}, 内藤 裕義^{1,2}

¹Osaka Pref. Univ., ²RIMED

○K. Takagi¹, T. Nagase^{1,2}, T. Kobayashi^{1,2}, and H. Naito^{1,2}

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

【はじめに】 これまでに我々はインピーダンス分光 (IS) 法を用いることで, 半導体膜厚が 100 nm 程度と薄い有機デバイスにおいても, キャリア移動度を評価できることを数値計算及び実験により明らかにしてきた [1,2]. 本研究では, キャリア寿命の違いが移動度評価に与える影響を考察することを目的とし, 数値計算を行った.

【解析】 電子あるいは正孔のいずれか一方のみが電極から注入されるダイオード素子を想定した. 局在準位として単一の離散準位を仮定した. 局在準位に捕獲されたキャリアの放出率をゼロとした. この場合, キャリア寿命 τ はキャリアが注入されてから捕獲されるまでの時間と定義できる. このような条件のもと, 複素インピーダンスを数値計算した. キャリア移動度を $10^4 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 半導体膜厚を 100 nm, 直流印加電圧を 0.1 V とした. τ は $10^{-5} \sim \infty \text{ s}$ (局在準位が存在しない場合に対応) に変化させた.

【結果】 図 1 に計算したインピーダンスから得られた差分サセプタンス ($-\Delta B$) の周波数依存性を示す. 差分サセプタンスは $-\Delta B = -\omega(C(\omega) - C_{\text{geo}})$ と定義される. C_{geo} は幾何容量である. IS 法では微小交流信号により電極から注入されたキャリアの走行時間効果を観測し, 移動度を評価する. $-\Delta B$ が極大となる周波数のうち最も低周波の値 f_{max} とキャリアの走行時間 t_t の間には $t_t = 0.72 f_{\text{max}}^{-1}$ の関係があり, この関係式から移動度が求められる [1].

$\tau = 10^{-5} \text{ s}$ の場合, 移動度, キャリア寿命, 電界の積 $\mu\tau E$ が半導体膜厚と一致する. $\mu\tau E$ の値が膜厚より大きい場合には, $-\Delta B$ の周波数依存性において走行時間効果に由来する極大が観測され, 移動度を評価できることが分かった. 一方, $\mu\tau E$ が膜厚より短くなると走行時間効果が観測されなくなることが分かった.

走行時間から算出した移動度をキャリア寿命

に対してプロットしたものを図 2 に示す. 算出された移動度は設定した移動度の値と一致し, キャリア寿命の値に依らず, 正確に移動度を評価できることが分かった.

図 1 において, キャリア寿命の違いにより $-\Delta B$ の値が変化している. すなわち, $-\Delta B$ の値にはキャリア寿命の情報が含まれていると考えられる. 走行時間効果が観測され, 移動度を評価できる場合においては, キャリア寿命も同時に評価できる可能性を示唆している.

参考文献 [1] T. Okachi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 8965 (2008). [2] S. Ishihara *et al.*, Thin Solid Films **518**, 452 (2009).

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.

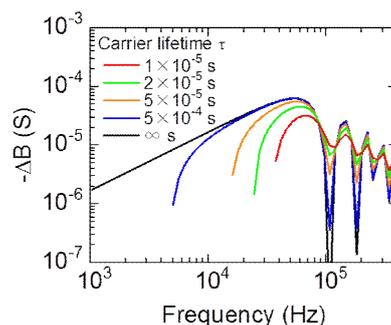


Fig. 1. Frequency dependence of $\delta\Delta B$.

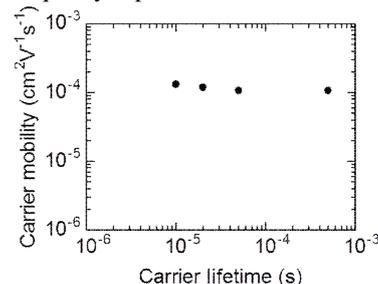


Fig. 2. Carrier mobility determined from transit time effect as a function of carrier lifetime.