2*f* 成分を検出する強度変調光起電力分光及び強度変調光電流分光による有機薄膜太陽電池の解析

A study of organic photovoltaics using 2*f* intensity modulated photovoltage and photocurrent spectroscopies

◦野島 大希[1]、小林 隆史[1,2]、永瀬 隆[1,2]、内藤 裕義[1,2]
（1. 大阪府大、2. 大阪府大分子エレクトロニックデバイス研）
◦H. Nojima[1], T. Kobayashi[1,2], T. Nagase[1,2], and H. Naito[1,2]
（1. Osaka Pref. Univ., 2. RIMED）
E-mail: hiroki.nojima.oe@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに 強度変調光起電力分光法(IMVS)及び強度変調光電流分光法(IMPS)は周期的な変調光を試料に照射し、同じ周波数 *f* で変化する光起電力又は光電流を測定する手法である[1, 2]。これを有機薄膜太陽電池(OPV)に適用すると、基本的には IMVS ではキャリアの 2 分子再結合(BR)過程を、IMPS では単分子再結合(MR)過程(キャリア走行時間がキャリア寿命よりも短い場合は走行時間)をそれぞれ調べることができる。また、実験的には 2 倍の周波数で変化する成分(2*f* 成分)を検出することも可能である。2*f* 成分には単純な MR 過程は観測されないため、BR を含むより複雑な緩和過程に着目した評価が可能となる。本研究ではこの 2*f* 成分に注目した IMVS/IMPS を poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT) 及び [6,6]-phenyl-C_{61}-butyric acid methyl ester (PCBM)を用いた OPV に適用し、その解析を試みた。

実験 P3HT:PCBM を用いたバルクヘテロ接合(BHJ)の OPV を作製し、測定試料とした。測定試料の構造は ITO/ZnO/BHJ/MoO_3/Al であり、電力変換効率は 2.4 %である。IMPS/IMVS では正弦波で変調した 488 nm のレーザーを用い、信号の検出にはロックインアンプを用いた。

結果及び考察 図 1 に IMVS の結果を示す。変調光の AC 成分は peak-to-peak で 50 mW/cm^2 とし、DC 成分を変化させて測定を行った。高周波数側のピークはその変調光強度依存性から BR 過程によるものであることが分かっている。一方、低周波数側の構造(図中矢印で示す)は変調光の DC 成分を増やすことで消滅することからトラップによる信号であることが分かる。この様子は BR 過程が支配的な IMVS においては 1*f* 成分で観測されるものと本質的に同一である。図 2 に IMPS の結果を示す。2*f* 成分が検出されたことから、キャリア密度に関して非線形な緩和過程が含まれることが分かる。これは、今回用いた測定試料では短絡条件でも BR 過程が存在しているか、又は OPV 内で光生成したキャリアが対向電極に到達するまでの取り出し過程にキャリア密度依存性が現れていると考えられる。詳細な解析結果には当日報告する。

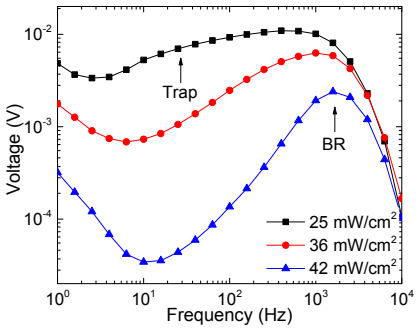

Fig. 1 Modulation frequency dependence of 2*f* IMVS signals of OPV.

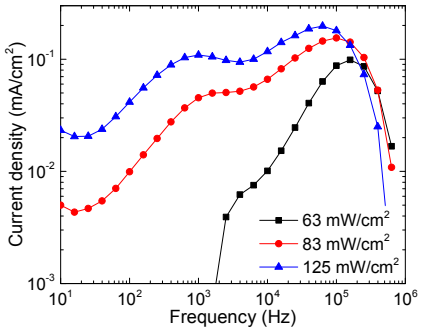

Fig. 2 Modulation frequency dependence of 2*f* IMPS signals of OPV.

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(15H03883, 17H01265)の助成を受けた。

参考文献 [1] J. C. Byers *et al.*, ACS Appl. Mater. Interfaces, **3**, 392 (2011). [2] 野島 他: 第64回春応物 16p-P6-10 (2017).

© 2017年 応用物理学会