変位電流測定法による有機薄膜太陽電池の負性容量現象の観測

Negative Capacitance Phenomenon in Organic Solar Cells Observed by Displacement Current Measurement

O^(PC)清水 浩二¹、石井 久夫²(1.千葉大院融合、2.千葉大先進)

°(PC)Koji Shimizu¹, Hisao Ishii¹ (1.Chiba Univ.)

E-mail: ishii130@faculty.chiba-u.jp

【序論】有機薄膜太陽電池は、大面積素子、フレキシブルやシースルー素子が可能である点や、低コストで作成できるといった利点があり、近年注目を集めている。しかし、発電効率や寿命などの点において市販の無機太陽電池に劣っているのが現状であり、今後の素子性能の向上にはキャリア挙動の把握・評価が必要とされている。キャリア挙動の評価手法として、インピーダンス分光法(IS)や変位電流測定法(DCM)などが挙げられるが、IS に関連して、近年キャパシタンスがあたかも負の様に現れる Negative Capacitance 現象(NC)が報告されている。NC の発生メカニズムは諸説あり不明な点が多い。その内の一つとして 2014 年には self-heating 効果による NC 発生[1]が報告された。また有機 EL の場合、キャリアバランスや再結合確率の新たな指標となる可能性が期待されている[2]。一方で有機太陽電池は有機 EL と同様にダイオード構造であり、NC がキャリア挙動の指標となることが考えられるが NC の報告例は少ない。また、IS においてバルクヘテロ接合型太陽電池に光を照射すると光強度の上昇につれて NC が徐々に消えていく[3]という報告があるが、その起源の解明はされていない。NC のこれらの挙動を解明するには界面が入り組んだバルクヘテロ接合は複雑すぎるので、急峻な界面を持つ平面積層型素子に対するアプローチが期待される。そこで本研究では、C60 系の標準積層型の有機太陽電池を用いて、DCM による NC の観測とその起源の解明を目指して研究を行った。

【実験】ITO/CuPc(30nm)/C60(40nm)/BCP(10nm)/Al(100nm)型の有 機太陽電池素子を作製し、DCM を行った。素子に三角波を印加し、 forward scan(*dV/dt*>0)と backward scan(*dVdt*<0)の掃引方向に応じた 電流

 $I_{(forward)} = C \frac{dV(t)}{dt} + I_{act}$ $I_{(backward)} = -C \frac{dV(t)}{dt} + I_{act}$ を測定した。得られる電流値は変位電流(I_{dis})と実電流(I_{act})の和で 表され、IV 測定で別に計測した I_{act} を差し引くことで、抽出さ れた掃引方向に応じたそれぞれの I_{dis} 成分を求めた。

【結果】Fig.1 に I_{act} 成分と I_{dis} 成分を示す。暗状態の I_{dis} に 着目すると、forward scan では V>0.8V で負の値に落ち込んだ。こ の結果から DCM でも NC が観測できたと言える。ここで NC 成分 がコンデンサのように CdV/dt と表せるとすると、電圧を折り返す ことで電流値が上下に反転することが期待されるが、掃引方向を 反転してもほとんど変化がなかった。この結果から、NC は単純な Capacitance ではなく、この領域における電流値は掃引方向に依存 しない過渡応答成分によるものではないかと考えられる。また、 光照射時にも同様の現象が見られたが、先行研究[3]とは異なり NC 成分は増加する結果が得られた。続いて過渡電流測定を行うと光 照射時の方が大きな過渡応答成分(Fig.2)が観測され、NC の挙動と 一致する光応答が見られた。過渡応答成分の光応答については、 光照射熱により self-heating 効果が助長されている可能性が考えら れ、現在解析を進めている。講演では、過渡応答成分及び IS と DCM における観測結果の相違についてより詳しく議論する予定である。





dark and illuminated conditions



illuminated conditions

[1] Hajime Okumoto and Tetsuo Tsutsui Applied Physics Express 7, 061601 (2014)

[2] Y. Terao, et al, Proc. 15th Int. Display Workshops 2008, p. 979.

[3] C. Lungenschmied , E. Ehrenfreund , N.S. Sariciftci , Organic Electronics 10 (2009) 115-118