

有機薄膜太陽電池における電荷輸送測定

(東大物性研) 鈴木 孝宗, 松田 真生, 田島 裕之

【序】有機薄膜太陽電池は低コストかつフレキシブルな太陽電池として、近年盛んに研究が行われているが、ほとんどの研究が I-V 測定を用いた変換効率の評価にとどまっており、太陽電池内部の電荷輸送特性についての研究はほとんどなされていない。しかしながら、電荷輸送特性を理解することは基礎科学的に興味深いのみならず、変換効率の向上にもつながると期待される。そこで我々は、電荷輸送のメカニズムを探るため、Poly (3-hexylthiophene) (P3HT) と fullerene (C_{60}) からなる有機薄膜太陽電池を作成し、変調光照射下における光電流測定を行った。

【実験】試料の作成は過去の報告 [1] を参考に大気中で行った。基板洗浄を施した ITO 電極 (300nm) にホール輸送層である PEDOT:PSS (25nm) をスピコートした後、P3HT/ C_{60} の重量比が 1:1 のクロロベンゼン溶液をスピコートし、活性層 (15nm) を作成した。アルミ電極 (60nm) を真空蒸着した後、4 分間 140 °C でのアニールを施した。

測定はクライオスタットを用い、5K から 290K の温度範囲にて行った。デバイス自体には電圧を印加しないため、観測する光電流は短絡光電流に相当する。

光源には波長 525nm の LED を用いた。発信器を用いて LED に周期的に印加することで、変調光を発生させた。デバイスからの光電流は電流増幅アンプを用いて増幅した。変調光照射下における光電流の様子はデジタルオシロスコープを用いて観測し、光電流の強度はロックインアンプを用いて測定した。

【結果及び考察】10Hz の変調光を照射した際の室温における光電流の様子を図 1 に示す。光照射直後に過渡的に電流が流れるが、時間の経過につれて、(光照射時であるにもかかわらず) 電流が減少し、定常状態に達する挙動が観測された。このような挙動は測定温度を変えても再現された。そこで、これらの過程の起源を探るため、定常電流が支配的な低周波数領域から過渡電流が支配的な高周波数領域まで入射光の変調周波数を変えた上で光電流の入射光強度依存性を各種温度において測定した。

光電流は入射光強度に対して

$$I_{\text{photocurrent}} = P_{\text{Light}}^{\alpha}$$

と表され、 $\alpha \sim 1$ の場合は電荷のロスが無く、 $\alpha \sim 0.5$ の場合は電子正孔対の再結合が生じている事を意味している [2]。室温における測定結果を図 2 に、各種温度における測定結果を表 1 に示す。定常電流が支配的である 1Hz においては、いずれの温度領域において

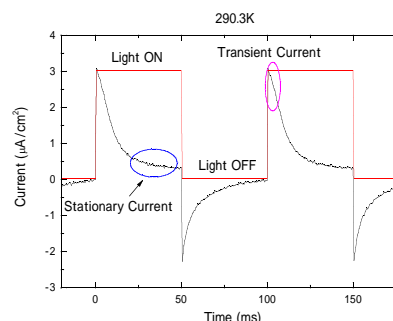


図 1 変調光照射下における光電流の様子

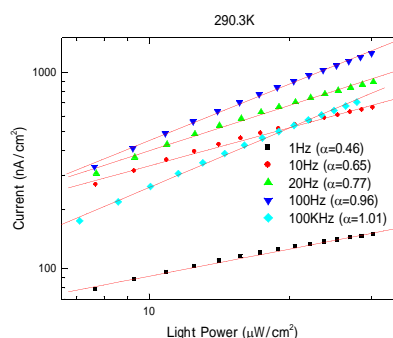


図 2 入射光強度に対する光電流強度

も の値が 0.5 付近であるため、電子正孔対の再結合が起きている。しかしながら、過渡電流が支配的である高周波数領域においては、 の値が上昇し、145K 以上の温度領域では 100Hz 以上では の値はほぼ 1 となった。この結果から、温度 145K 以上、周波数 100Hz 以上ではほぼ電荷のロスが無視できる事が言える。100K 以下では周波数 100Hz 以上でも の値が 1 より小さくなってくるが、これは低温になることで光キャリアの輸送が抑制されるためであると考えられる。

	290.3K	272.5K	225.2K	198.1K	145.1K	99.1K	48.1K	6.94K
1Hz	0.46	0.40	0.40	0.41	0.41	0.44	0.45	0.45
10Hz	0.65	0.64	0.62	0.62	0.62	0.62	0.60	0.57
20Hz	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74	0.69	0.65	0.63
100Hz	0.96	0.93	0.93	0.92	0.92	0.80	0.78	0.75
1KHz	0.99	0.97	0.98	0.97	0.97	0.87	0.85	0.85
10KHz	1.00	0.98	0.99	0.98	0.98	0.90	0.89	0.90
20KHz	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.91	0.92	0.92
100KHz	1.01	0.99	0.99	0.99	0.99	0.91	0.89	0.96

表 1 各温度・変調周波数における光電流の光強度に対する次数

実際、図 3・4 に示した 1KHz の変調光を照射した際の光電流の様子を見ると、5K 付近では低周波数領域（図 1）同様、光照射下においても電子正孔対の再結合によるものと思われる光応答の減少が観測された。一方、150K 付近ではそのような挙動は観測されず、光照射の ON/OFF に対応した光応答が観測された。

当日は光電流強度の温度依存性ならびに周波数依存性の結果についても報告する予定である。

【参考文献】

- [1] Y. Kim *et al*, App. Phys. Lett. **86**, 063502 (2005)
- [2] I. Riedel and V. Dyakonov, Phys. stat. sol. **201**, 1332 (2004)

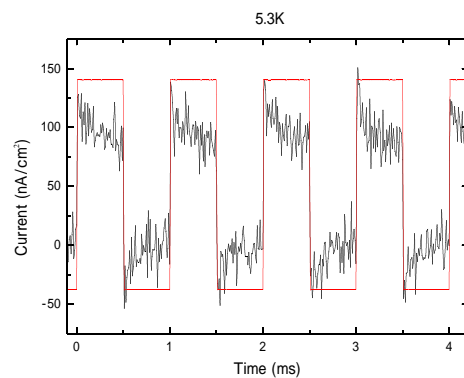


図 3 5.3K における光電流の様子

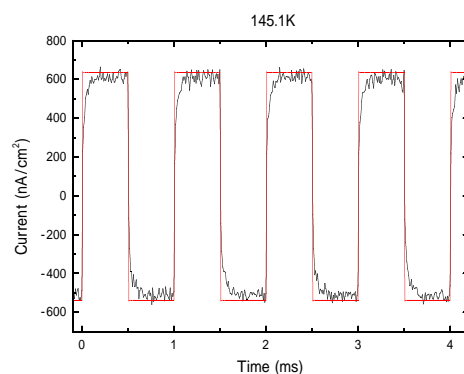


図 4 145.1K における光電流の様子