

極低温及び磁場中における有機薄膜太陽電池の光電流特性

(東大物性研) 宮川幹司, 安井基陽, 鈴木孝宗, 松田真生, 田島裕之

Introduction

有機薄膜太陽電池は低コスト、低質量、フレキシブルなどといった工学的な特徴から非常に幅広く研究されている対象である。それと同時に基礎科学物性の研究対象としても有機物を絶縁層とした MIM (Metal-Insulator-Metal) 接合を利用したデバイスの一種であるため、光照射によって容易にキャリアの注入を調節できるといった特徴がある。しかし有機物中におけるキャリア移動度は低温においては非常に小さいと考えられるために、極低温及び磁場中における測定は行われていなかった。本研究はこのような条件下における有機薄膜太陽電池の光電流特性に関する報告である。

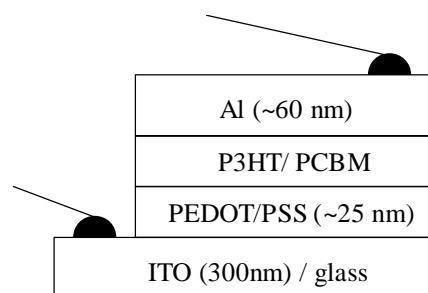


Figure 1. デバイス構造

Experiment

我々は有機薄膜太陽電池デバイスとしてドナー性及びアクセプター性分子を混合し作成されるバルクヘテロ接合を有する太陽電池を作成した。デバイス構造は ITO(300 nm)/PEDOT:PSS(25 nm)/P3HT:PCBM/Al(60 nm) である。活性層(P3HT:PCBM)の膜厚を、25 nm (a:薄い試料)、80 nm (b:厚い試料)のものとした二種類を作成した。デバイス面積は $\sim 6 \text{ mm}^2$ である。

測定は、すべてヘリウム雰囲気下にて行った。変調光を用いた測定においては、バイアス電圧はかけずに行った。光源として 525 nm LED を用い、発振器にて光強度を変調させた。これを石英光ファイバーにて超伝導マグネット内にある試料に照射した。試料部分の光量はシリコンダイオードにて校正した。試料からの光電流を電流電圧増幅アンプにて増幅後、ロックインアンプを用いて測定をした。電流電圧測定に関してはエレクトロメーターを用いて測定を行った。磁場は超伝導マグネットを用いて印加した。磁場方向に関しては電流に対し平行方向(15 T-solenoid magnet)と垂直方向(9 T-split-pair magnet)である。

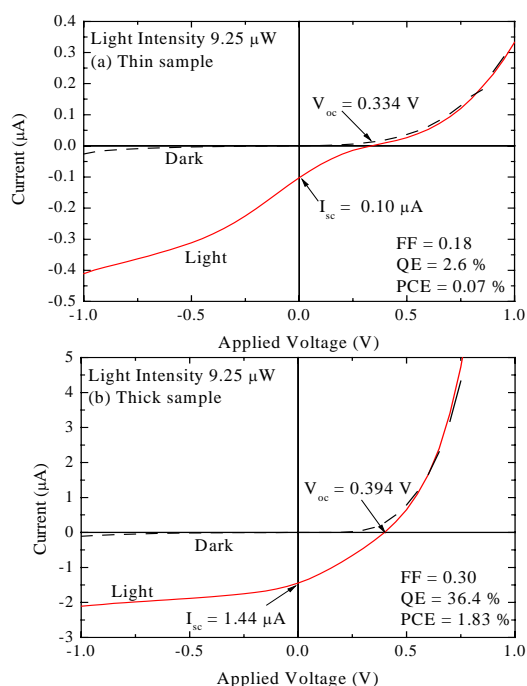


Figure 2. a: 薄い試料及び b: 厚い試料に関する光照射時と暗時における電流電圧特性。光源は 525 nmLED(9.25 μW)。

Results & Discussion

Figure 2 (a)、(b)に室温における(a:薄い試料)と(b:厚い試料)に関する照射時と暗時の電流電圧測定の結果を示す。変換効率はそれぞれ薄い試料に関しては0.02~0.08%、厚い試料に関しては1.8~2.2%であった。薄い試料と厚い試料に関する変換効率の差は、薄い試料に関して光が十分に吸収されていない事に起因すると考えられる。

Figure 3 に薄い試料に関する各変調光下における光電流の温度依存性を示す。光電流は温度低下とともに減少したが、極低温1.4 Kにおいても光電流の観測をすることができた。また光電流の大きさは変調周波数に依存し、変調周波数が異なると温度依存性も異なる事がわかった。このような傾向は厚い試料に関する観測もできた。

Figure 4 に1.5 Kにおける薄い試料の光電流磁場依存性、Figure 5 に磁場印加時とそうでないときの光電流温度依存性を示す。この実験において磁場は電流方向に平行である。図からわかる様に、磁場印加により有機薄膜太陽電池における光電流は減少する。またこの磁場効果は低温において、特に顕著に現れるものである。さらに興味深いことに、変調周波数が高くなるにつれて、より磁場効果が大きくなる事が分かった。厚い試料に関する同様の現象を観察できたが、薄い試料の方がより効果は顕著であった。

今までにおいてこのような有機薄膜デバイス(MIM device)における磁気抵抗、光電流の磁気効果に関する報告がされている。しかしそれらの報告はより高温部(10 K ~ 295 K)における、また弱磁場下(< 0.5 T)における現象に関するものであった。今回観測した現象は、これらの報告によるものとは明らかに異なる現象であり、ローレンツ力由来のものであると現時点では考えている。この現象を明らかにするべく、同様の現象が他の系においても観測できるか否かについて、現在研究を行っている。当日はこれらの測定結果も含めて、詳細を報告する予定である。

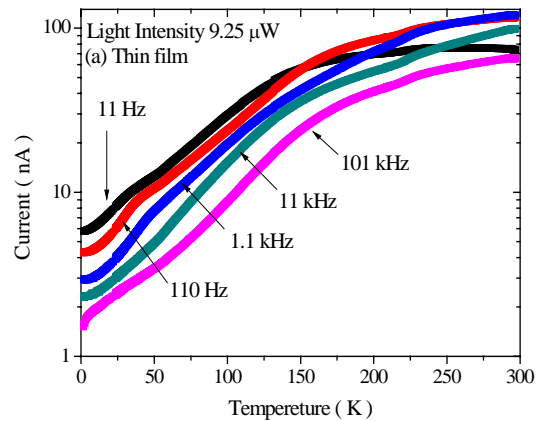


Figure 3. 薄い試料における各変調光下における光電流の温度依存性。

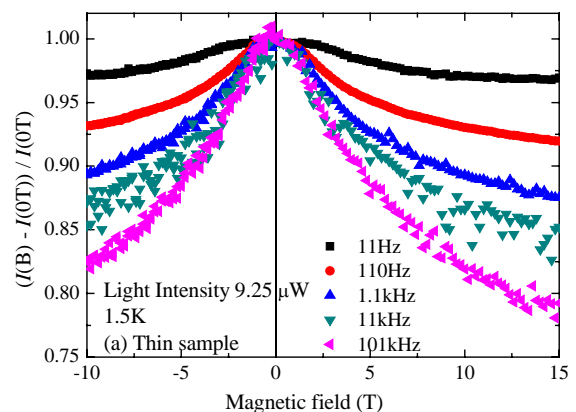


Figure 4. 薄い試料の1.5 Kにおける各変調光の光電流磁場依存性。

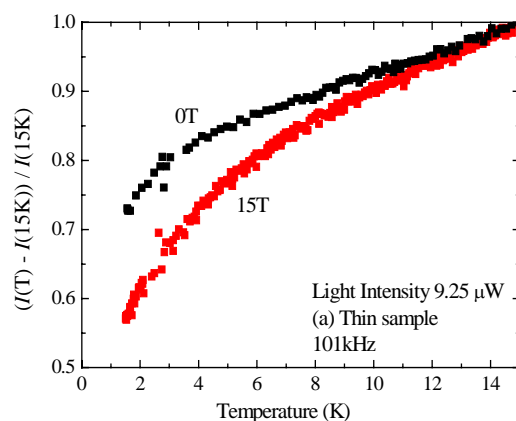


Figure 5. 薄い試料の15 T、0 T下における光電流の温度依存性。