

光 STM による有機太陽電池評価、他

Evaluation of Organic Solar Cell by Laser-Combined Scanning Tunneling Microscopy

吉田 昭二, 武内 修、重川 秀実

Shoji YOSHIDA, Osamu TAKEUCHI and Hidemi SHIGEKAWA

筑波大学数理物質科学研究科

Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

有機薄膜太陽電池は pn 接合界面の活性領域を大きくとることを目的として、しばしば p 型領域と n 型領域とが三次元的に複雑に入り交じるバルクヘテロジャンクション(BHJ)と呼ばれる構造を持つよう作成される。BHJ は図 1(a)に示したようなナノスケールの複雑な微細構造であり、材料や試料の作成条件に依存したナノオーダーの不均一性を伴う。この不均一性により、太陽電池の各部位は異なる発電効率を持つことになるが、デバイスとして動作するにはすべての部位が対向する 2 つの電極間で並列接続された形になり、外部から観測される特性からはナノオーダーにおけるばらつきを測定できない。実際、外部に取り出される電流は必ずしも各部位の電流が足しあわされるのみではなく、条件によっては高性能の部位で生成された光電流の多くが低性能の部位でリーク電流として失われ、結果として取り出せる電流が非常に限られた値となる場合もある。

我々はそのような BHJ 構造内におけるナノスケールでの性能のばらつきを評価するために、金属電極を取り去った有機太陽電池試料に光変調走査トンネル分光法(LM-STS 図 1(b))を適用した[1]。LM-STS では断続的な光を照射しながら STS 測定を行う。トンネル電流は図 2(a)に示すように明状態と暗状態の I-V カーブの間を周期的に往復するため、それぞれの状態の I-V カーブを一度に取得することが可能である。生成される光キャリアのうち、ホールは通常通り ITO 基板により集められ、電子が STM 探針により集められることになる。LM-STS によって得られる暗状態・明状態の電流電圧(I-V)特性からは、探針直下における pn 接合のダイオード特性、明状態における太陽電池の短絡電流(Isc)・開放電圧(Voc)・内部抵抗などのパラメーターを導出可能(図

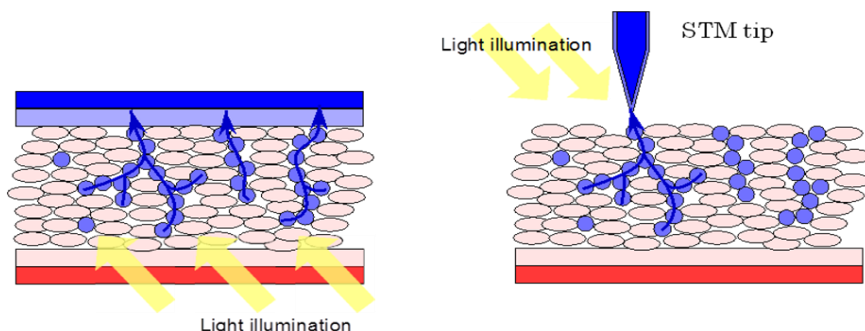


図 1(a) BHJ 太陽電池の素子構造

(b) LMSTS 測定の模式図

2(b))であり、それぞれのナノスケールにおける空間分布を可視化できる。本研究では PEDOT:PSS/ITO 上にトルエン溶液のスピンコートによって作製した MDMO-PPV : PCBM 混合膜と、クロロホルム溶液のスピンコートによって作製した P3HT : PCBM 混合膜を計測し比較する。図 2 は MDMO-PPV : PCBM 混合膜の(a)STM 形状像 (b)暗電流像($V_s=-3.7V$) (c)短絡電流像($V_s=0V$)である。STM 形状像の突出した部分に PCBM クラスタが形成されているが逆バイアス条件の暗電流像(b)を見ると、MDMO-PPV 上では暗電流が観測されているのに対し、PCBM クラスタ上では MDMO-PPV/PCBM 界面 pn 接合の整流特性のため暗電流はほとんど流れない。一方、ゼロバイアスで測定した短絡電流像から、高い短絡電流が得られる領域は PCBM クラスタの分布とほぼ一致しているが PCBM クラスタ内部にも分布があることがわかる。

さらに発表では P3HT : PCBM 混合膜のデータを提示するとともに、それぞれの試料による特性の空間分布の違いを、有機薄膜の構成と関連づけて検討する。

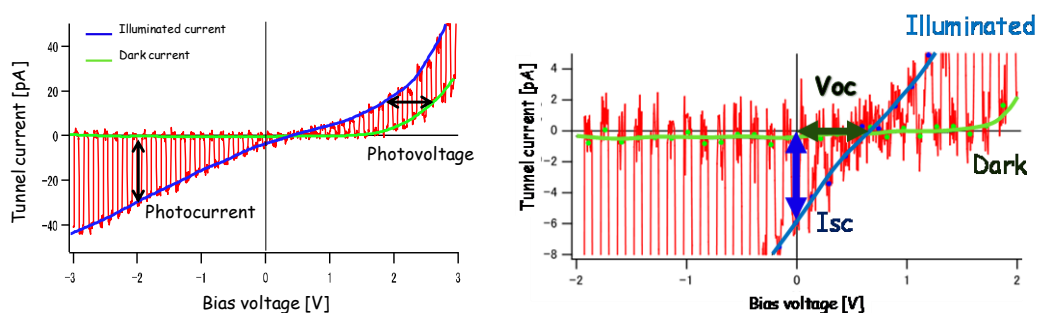


図 2 (a)有機太陽電池表面上で取得した I-V カーブ (b)ゼロバイアス付近の拡大図

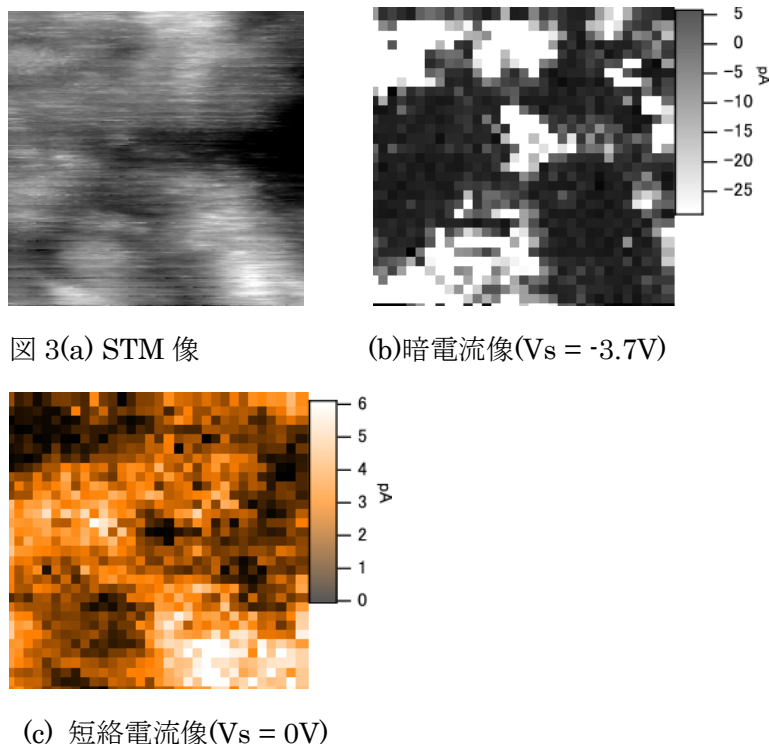


図 3(a) STM 像

(b)暗電流像($V_s = -3.7V$)

(c) 短絡電流像($V_s = 0V$)