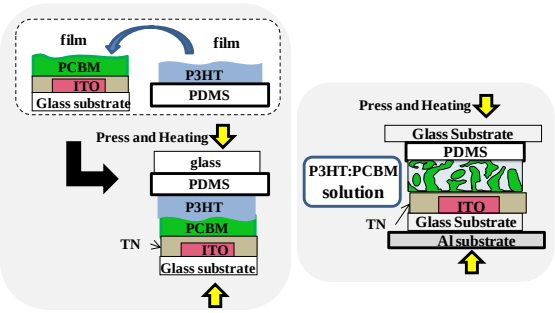
PDMS スタンプを用いて形成した光電変換層を有する逆構造型バルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の作製と評価

Fabrication of inverted bulk-heterojunction organic solar cell with the active layers deposited using PDMS stamp

○小林 弘季[1]、伊東 栄次[1]（1. 信州大工）
°Hiroki Kobayashi[1], Eiji Itoh[1] (1. Faculty of Engineering, Shinshuu Univ.)
E-mail: eitoh@shinshu-u.ac.jp

[はじめに] 塗布型の有機薄膜太陽電池は、フレキシブルな基板上に低温、塗布プロセスで素子を作製することができるため、次世代型の太陽電池として期待されている。高性能化の鍵として積層化や pn 界面の制御及び、材料開発などが挙げられる。塗布法による光電変換層の積層方法は、下層を難溶化する方法[1]や ESDUS[2]などがあるが、本研究では転写法を用いた積層を検討した(Fig1)。転写では上層と下層を分けて製膜するため、下層の溶解を抑えることができる。一方、バルクヘテロ構造では活性層が p 型と n 型の混合層でありキャリア生成は大きいがキャリア輸送性が低くなるため、加熱処理や溶媒アニールにより、キャリアの輸送性を向上させることが必要となる。しかし、加熱処理には 150℃近い加熱が必要であり、溶媒アニールは長い時間を要するため成膜工程の低温化と時間の短縮が必要とされる。本研究では PDMS[poly(dimethylsiloxane)]スタンプで薄く伸ばした溶液を 80~150℃で加圧しながら比較的短時間で結晶化を促しながら乾燥して成膜した。[3]これらの積層膜または混合膜を酸化チタンナノシート(TN)[4]上に形成しその上に MoO_3/Ag を蒸着した逆構造型セルの性能を比較検討した。

[実験方法] パターン化した ITO 上に UV オゾン処理を行い、電子選択層として TN を交互吸着法を用いて製膜した。その後、水分除去と安定化のため熱処理(120℃)を行った。積層構造では、その上に n 型半導体としてクロロホルム(CF)を溶媒とした PCBM をスピンコート法を用いて製膜した。p 型半導体である P3HT（溶媒:CF）を PDMS スタンプ上にスピンコート法を用いて製膜を行い、転写法によって積層をした。バルクヘテロ構造の場合は、クロロベンゼン(CB)を溶媒とした P3HT:PCBM 混合溶液を伸ばし、溶液が乾燥する前に PDMS スタンプを重ね加圧、加熱をすることで乾燥させた。最後に正孔選択層の MoO_3(20nm)、と Ag(50nm)を真空蒸着した。光電変換特性の測定は Ar 雰囲気中の真空対応のグローブボックスで ITO 側から擬似太陽光(100mW/cm^2)を照射して測定を行った。



(a) heterojunction (b) bulk-heterojunction

Fig.1 Laminating process of the active layer

[結果と考察] Fig.2 に測定結果を示す。光変換層の積層時の加熱温度を 80℃から 120℃に上げることによって積層構造型とバルクヘテロ構造型ともに変換効率が向上した。積層構造においては光電流が 3.021 mA/cm^2 から 4.830 mA/cm^2 に増加し、効率は 0.638%から 1.130%に向上した。これは加圧を加えながら加熱を行ったことで PCBM が拡散し界面が増加したためと考えられる。バルクヘテロ構造型においては、加圧時の加熱を 80℃から 120℃に上げることによって光電流は 5.482 mA/cm^2 から 7.502 mA/cm^2 に増加し効率は 0.974 から 2.766 に向上した。これは加圧と加熱を同時に行う事で活性層の結晶化が促進し効率向上に起用したと考えられる。適切な加圧、加熱条件については現在検討中であるが詳細は当日報告する。

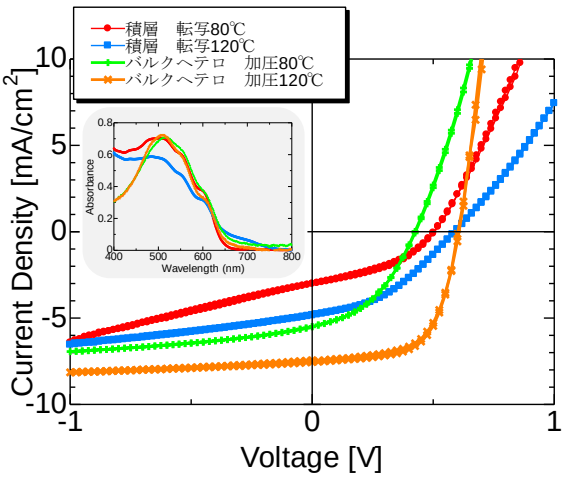


Fig.2 Photovoltaic properties of ITO/TN/(PCBM/P3HT) or (PCBM/P3HT)/MoO_3/Ag devices under A.M1.5 illumination.
Inset: Absorption spectra of the photovoltaic cells.

[参考文献]
[1]Y. Yamaguchi, et al. Sci. Rep. 2014, 4, DOI: 10.1038/srep07151
[2]M. Shakutsui, et al. Organic Electrons. 10 (2009)834-842
[3]M. Ikawa, et al. Nat. Commun. 3:1176 doi: 10.1038/ncomms2190 (2012).
[4]E. Itoh, Y. Maruyama, K. Fukuda. Jpn. J. Appl. Phys. 51,02BK13. (2012).

© 2015年 応用物理学会