

バルクヘテロ接合型有機太陽電池の構造最適化による開放端電圧向上

木本, 祥紀

<https://doi.org/10.15017/1807078>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏名 : 木本 祥紀

Name

論文名 : バルクヘテロ接合型有機太陽電池の構造最適化による開放端電圧向上

Title

区分 : 甲

Category

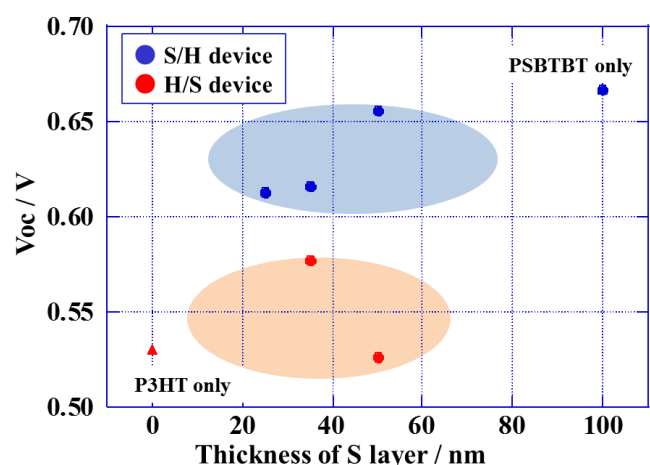
論文内容の要旨

Thesis Summary

環境資源・エネルギー問題の解決策として太陽光発電が注目されている。太陽光発電は火力発電や原子力発電と異なり、発電時の廃棄物のないクリーンなエネルギー源である。しかしながらその発電コストは火力発電の5倍程度と高く、一般への普及は進んでいない。有機薄膜太陽電池は従来のシリコン太陽電池と比較して軽量・フレキシブル・低コストといった利点から次世代のエネルギー源として期待されている。しかしながら光電変換効率(PCE)・耐久性はシリコン太陽電池に及ばず、発電メカニズムにも未解明な点が多い。

本研究ではバルクヘテロ接合(BHJ)活性層の内部構造およびバッファ層に着目し、その構造が開放端電圧(V_{oc})に与える影響およびその向上手法について調査した。

第4章では三成分系有機太陽電池の開放端電圧とBHJ内部構造の相関について述べた。三成分系活性層は主に短絡光電流 J_{sc} を増大させるために用いられるが、その V_{oc} の起源については議論されていない。本研究では2種類のドナーとアクセプターを用いた三成分系素子の内部構造を制御し、三成分系有機太陽電池の V_{oc} の起源を調査した。これによりドナー同士の相溶性が悪い場合には V_{oc} は陽極界面に存在するドナーが支配すること(Fig.1)、ドナー同士の相溶性が高い場合は2つのドナーの HOMO 準位の中間に位置するフェルミレベルが V_{oc} を支配することを発見した。

Fig.1 PSBTBT:PC₇₀BM 層膜厚対 V_{oc} プロット

第5章では有機太陽電池のバッファ層に着目し、新規フラレン誘導体 C₆₀P-DC を陰極バッファに用いた素子を作製した。作製法の最適化を行い、等価回路パラメータや電子オンリー素子の評価から C₆₀P-DC の挿入による V_{oc} 向上のメカニズムを調査した。C₆₀P-DC は最適化した ESDUS 法によって積層することで V_{oc} を向上させ、PCE を改善することに成功した(Fig.2)。また、V_{oc} の増大は C₆₀P-DC のフラレンの持つ深い HOMO 準位によるホールブロッキング効果であることを発見した。

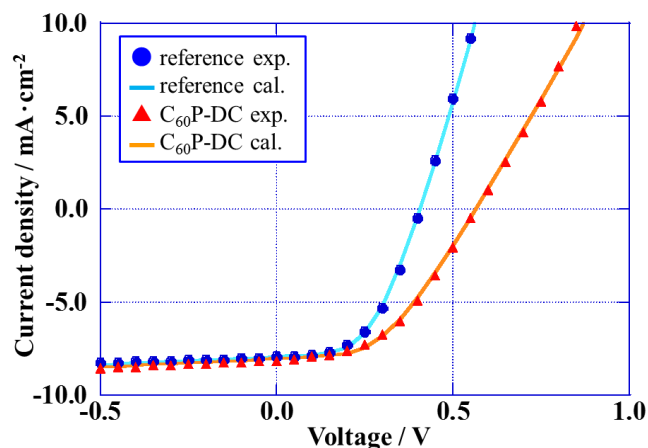


Fig.2 C₆₀P-DC を用いた素子の J-V 特性

第6章ではイミダゾリン含有ハイパーブランチポリマー HI-DVB を陰極バッファに用いた素子を作製した。HI-DVB を活性層/陰極間に挿入することで V_{oc} を向上させ、PCE を改善することに成功した(Fig.3)。また、V_{oc} の増大は HI-DVB による界面電気二重層の形成に伴う PCBM の LUMO と陰極の仕事関数の間のエネルギーアライメントによるものであることを発見した。また、バッファ効果の発現に分子中のイミダゾリンが寄与していること、HI-DVB が安価で高耐久な銅陰極にも適用できること、および等価回路パラメータからエネルギーアライメント型バッファによる V_{oc} の増大が電極間の仕事関数差 V_{bi} の変化によるものであることを実証した。

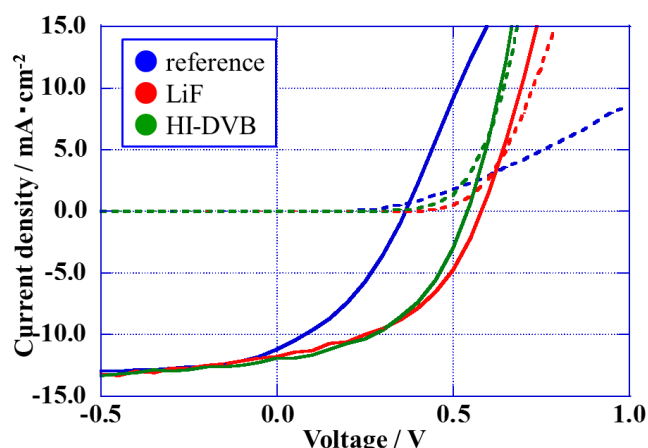


Fig.3 HI-DVB を用いた素子の J-V 特性

第7章では第5章および第6章で得た知見を元に、ホールブロッキング型であるフラレンとエネルギーアライメント型であるポリエチレンジアミンを組合せた複合型陰極バッファを作製し特性評価を行った。複合化による PCE の改善には至らなかったが、PEI-C₆₀ 結合間において形成される ITO/PEI 界面での電気二重層と反対方向のダイポールが陰極の仕事関数を増加させていることを確認した(Fig.4)。

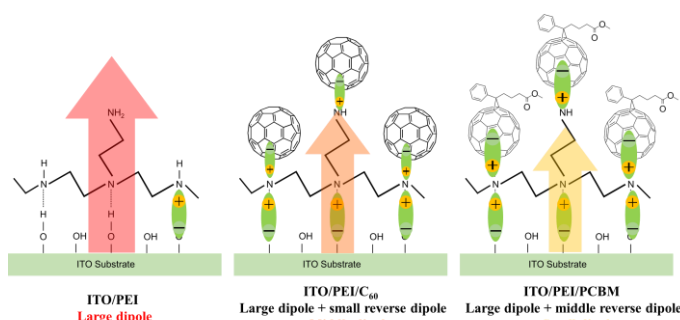


Fig.4 複合型陰極バッファ/電極界面のダイポール

ITO/PEI 界面での電気二重層と反対方向のダイポールが陰極の仕事関数を増加させていることを確認した(Fig.4)。