

アザセン系分子をクプターとして用いたバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の1,8 -ジヨードオクタン添加剤効果

飯田, 裕太 / IIDA, Yuta

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

3

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010431>

アザアセン系分子をアクセプターとして用いたバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の1,8-ジヨードオクタン添加剤効果

Effects of 1,8-Diiodooctane addition on the photovoltaic properties of bulkheterojunction solar cells with azaacene derivatives

飯田裕太

Yuta IIDA

指導教員 緒方啓典

法政大学大学院理工学研究科物質化学専攻修士課程

Bulk heterojunction solar cells made from blends of 2,3-didodecoxy-5,6,11,12-tetraazaphthalene(C_{12} TANC), and Poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylenevinylene] (MDMO-PPV) were fabricated and characterized. The power conversion efficiency of MDMO-PPV/ C_{12} TANC solar cells improved from $3.7 \times 10^{-5} \%$ to $1.9 \times 10^{-4} \%$ by using a processing additive 1,8-diiodooctane(DIO) at an optimum concentration of 0.8 vol.%. It was found that addition of DIO can be effective in the optimization of the morphology and performance of bulk heterojunction polymer solar cells based on non-fullerene acceptors.

Key Words :Bulk heterojunction solar cell, non-fullerene acceptor, C_{12} TANC, 1,8-diiodooctane

1. 緒言

バルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池においては、現在アクセプター分子として、PCBMに代表されるフルーレン誘導体が主に用いられており、フルーレン誘導体に代わる新規アクセプター分子の開発が重要課題となっている。我々の研究室では、アザアセン系分子である5,6,11,12-tetraazatetracene(TANC)¹⁾をアクセプターとした有機薄膜太陽電池を作製し、その特性について報告してきた。その結果、アザアセン系分子の自己凝集力の強さがバルクヘテロ接合におけるマイクロ相分離構造を阻害していることを報告した²⁾³⁾。近年、バルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池において添加剤を成膜時の溶媒に加えることによって、デバイス特性が向上することが報告されている⁴⁾。本研究では、アザアセン系分子の5,6,11,12-tetraazatetracene(TANC)にオクタデシル基を導入し、溶媒に対する溶解度を向上させた2,3-didodecoxy-5,6,11,12-tetraazaphthalene(C_{12} TANC)をアクセプター分子として用いたバルクヘテロ接合太陽電池において、添加剤(1,8-Diiodooctane(DIO))⁴⁾が薄膜のモルフォロジーおよび太陽電池特性に与える効果を調べた。

Fig.1 Chemical structure of (a) TANC, and (b) C_{12} TANC

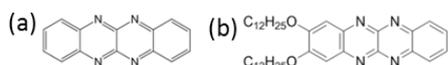
2. 実験方法

アセトン、エタノール、蒸留水の順で超音波洗浄したITO ガラス基板に、適量エタノールを加えたPEDOT:PSS分散溶液をスピコート(3000 rpm,1 min)した。Ar 雰囲気下のグローブボックスに基板を移し、MDMO-PPV : C_{12} TANC (質量比 1:1)をクロロホルム(CHL)に溶かし(0.3 wt%)、基板にスピコート(1000 rpm, 1 min)した。また、クロロホルムに添加剤として1,8-Diiodooctane(DIO)を少量加えた溶媒をいくつか用意し、活性層とした。十分に活性層を乾燥させた後、基板をグローブボックスに接続された真空蒸着装置に移動し、 $\sim 10^{-5}$ PaでAlを蒸着(~ 70 nm)した。作製したデバイスはグローブボックス内で封止を行い、測定はKeithley 2001 Multimeter と Advantest R6144 Voltage/Current Generator を使用し、暗時と AM1.5 G 照射時の J-V 特性を測定した。

3. 結果と考察

(1) 走査型電子顕微鏡(SEM)

MDMO-PPV/TANC, および MDMO-PPV/ C_{12} TANC 混合薄膜の SEM 像をそれぞれ Fig.2 (a), (b)に示す。



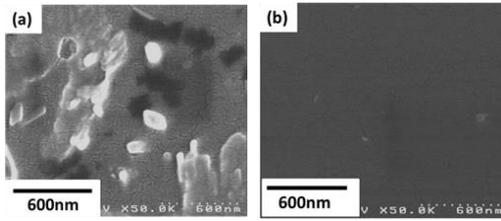


Fig.2 SEM image of (a) MDMO-PPV/TANC, (b) MDMO-PPV/C₁₂TANC

MDMO-PPV/TANC に比べ、MDMO-PPV/C₁₂TANC の場合、混合薄膜におけるアクセプター分子の自己凝集性による結晶化が緩和されている様子が観察された。

(2) 蛍光スペクトル測定

Fig.3 に MDMO-PPV の MDMO-PPV/C₁₂TANC 混合薄膜における蛍光スペクトル($\lambda_{ex} = 450 \text{ nm}$)を示す。

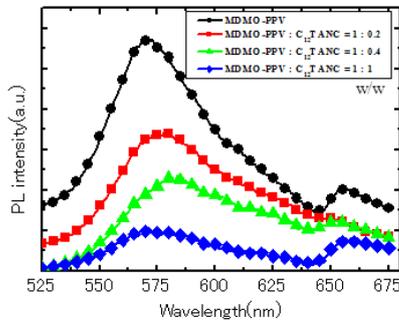


Fig.3 PL quenching of MDMO-PPV for MDMO-PPV/C₁₂TANC BHJ films

C₁₂TANC の組成比が大きくなるほど、MDMO-PPV の蛍光強度が小さくなる様子が確認され、MDMO-PPV から C₁₂TANC へ電子移動(電荷分離)が起こっていることが分かった。

(3) J-V 特性

Fig.4 および Table 1 に MDMO-PPV/C₁₂TANC 有機薄膜太陽電池の J-V 特性と太陽電池特性の詳細を示す。

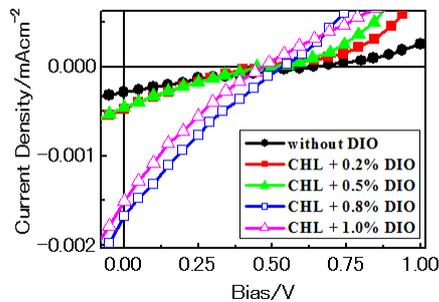


Fig.4 J-V characteristics of MDMO-PPV/C₁₂TANC blend solar cells processed from CHL solutions of various DIO concentrations (vol%)

Table 1 Photovoltaic properties of MDMO-PPV/C₁₂TANC blend solar cells

Solvents	$J_{sc} [\times 10^{-4} \text{ mA/cm}^2]$	$V_{oc} [\text{V}]$	FF[-]	PCE $[\times 10^{-4} \%$]
without DIO	2.86	0.637	0.201	0.367
CHL+0.2%DIO	4.70	0.471	0.199	0.440
CHL+0.5%DIO	4.55	0.453	0.210	0.434
CHL+0.8%DIO	16.8	0.537	0.212	1.910
CHL+1.0%DIO	15.1	0.467	0.204	1.440

DIO を添加することにより J_{sc} および PCE の値が増加した。添加量 0.8 % において、 J_{sc} および PCE は最大値を示した。 V_{oc} , FF に関しては、DIO 添加による大きな変化は見られなかった。このメカニズムを解明するために、混合薄膜における DIO 添加効果を TEM で調べた。

(4) 透過型電子顕微鏡 (TEM)

Fig.5 に MDMO-PPV/C₁₂TANC 混合薄膜の TEM 像を示す。

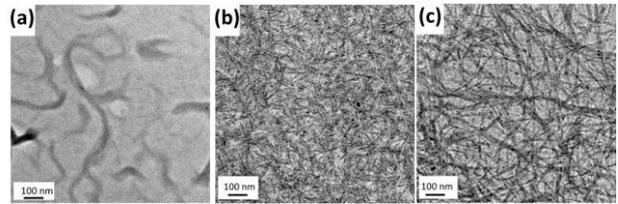


Fig.5 TEM images of MDMO-PPV/C₁₂TANC films from CHL solvent with (a) 0 %, (b) 0.5 %, (c) 0.8 %, of DIO (v/v)

コントラストの濃い部分が C₁₂TANC であると考えられる。DIO を添加していくと、C₁₂TANC が繊維状のドメインへと成長する様子が見られた。これより、DIO が C₁₂TANC の結晶性に大きな影響を与えることが分かった。さらにその詳細を調べるため XRD 測定を行った。

(5) X 線回折 (XRD)

MDMO-PPV/C₁₂TANC 混合薄膜の XRD 測定(in plane 測定)の結果を Fig.6 に示す。

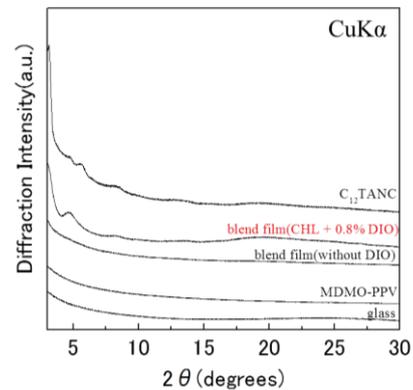


Fig.6 XRD patterns of MDMO-PPV, C₁₂TANC, and MDMO-PPV/C₁₂TANC blend film with or without DIO

DIO を添加しない MDMO-PPV/C₁₂TANC 混合薄膜において、回折ピークが全く見られなかったが、DIO 添加に

より、C₁₂TANC 由来と思われる回折ピーク(2 θ =3°および2 θ =4.65°)が観測された。これらの結果から、DIO を添加するとマイクロ相分離構造が実現するとともに C₁₂TANC の結晶性が増加し、電荷輸送特性が改善されたと考えられる。

4. 結言

新規アクセプター分子としてアザアセン系分子の C₁₂TANC を用い、MDMO-PPV とのバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池を作製した。DIO を添加することにより薄膜のモルフォロジーをコントロールし、電池特性を向上させることに成功した。

5. 参考文献

- 1) Kyosuke Isoda, *et al*, *Chem.Lett.***41**(2012)937-939.
- 2) 緒方 啓典他, 第 72 回応用物理学会学術講演会 (31a-L-12)
- 3) 田中正樹他, 2012 年春季第 59 回応用物理学関係連合講演会(18p-F10-6)
- 4) J.K.Lee, *et al*, *J.Am.Chem.Soc.*, **130**(2008)3619.