

(報告書様式)

令和3年 9月 30日

金沢大学先端科学・イノベーション推進機構協力会 御中

第5回 若手研究者奨励賞 研究実施報告書

所 属 理工研究域物質化学系
職 名 助教

ふりがな なかの まさひろ
氏 名 中野 正浩

研究実施報告書

(1) 研究テーマ名

表面修飾した金薄膜を利用した“簡便作製可能”な有機電子デバイスの開発

(2) 研究の目的および要旨

次世代エレクトロニクス産業において有機電子デバイスが注目されており、研究レベルではシリコンベースの電子デバイスと遜色ない特性が報告されている。一方、ほとんどの有機電子デバイスは正孔及び電子キャリアを利用するために正孔受容性（ドナー）材料と電子受容性（アクセプター）材料の2種類の有機材料を必要とする。これは素子作製の複雑化を招き、結果として有機電子デバイスの実用化を妨げることとなっている。このような状況の中、申請者は有機電子デバイス中の異種材料界面を、電荷誘起する自己組織化単分子膜（SAM）で修飾することで、正孔・電子キャリアの流れを制御する手法を見出した(審査参考論文参照)。SAM修飾によるキャリア制御法をデバイス中の金薄膜電極に応用することで、ドナー及びアクセプター性材料を必要としない単一材料による“簡便作製可能”なデバイスの実現が期待できる。本研究では、キャリア制御可能なSAM修飾を施した金薄膜を用い、「単一の有機材料による論理回路および光電変換デバイス」を実現することを目的とする。本研究の達成は有機電子デバイスの実用化促進に加え、エレクトロニクス研究に新たな視点を与えることにもつながる。

(3)採択されてからの研究の進捗状況

本研究の目的である「簡便作製可能な有機電子デバイス」を実現するためには、まず金薄膜（金箔）の貼り付けによるデバイス作製を実現する必要があった。通常、電極薄膜の貼り付けによって作製した有機電子デバイスは耐久性が低いことが知られていたが、報告者は被覆材に金薄膜を製膜した「電極シール」を作製し、これを用いて耐久性の高い有機太陽電池デバイスを作製する手法を見出した。加えて、電極シールにSAM修飾を施すことで、素子性能を向上できることを見出した。

(4) 研究の成果

報告者の所属する金沢大学電気化学研究室では、金箔の貼り付けによって有機太陽電池デバイスを作製する手法をすでに見出していたものの、この手法で作製した素子は耐久性が極めて低い（10時間後の光電変換効率：初期値の70%程度）ことが明らかとなった。これは貼り付けた金薄膜（金箔）の剥離によるものである。なお、他の研究グループからも金箔の貼り付けによる有機太陽電池デバイスが報告されているが(H. Murata et. al. Appl. Phys. Express 7, 111602, 2014.)、耐久性は同様に高くはない（15時間後の光電変換効率：初期値の<87%）。以上の結果を受け、報告者は耐久性に優れた金薄膜貼り付けによる有機太陽電池デバイスの実現を目指した。

報告者は、OPV素子の被覆材と上部電極を剥離させ、駆動させた素子の発電層材料の劣化を直接

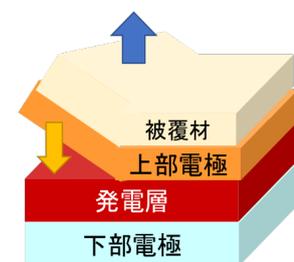


Fig.1 電極剥離、貼付

(→剥離, →貼付)

評価するという手法を確立している(Fig.1)。この被覆材・上部電極の剥離手法から着想を得て、被覆材・上部電極を貼り付けるという方法で耐久性に優れた太陽電池デバイスを作製することができるのではないかと考えた。すなわち、被覆材の貼り付きによって、金薄膜の剥離を阻止できることが期待できる。加えて、そのような方法で太陽電池を作製する場合、上部電極の表面(上部電極と発電層の界面)を分子修飾できることから、本研究において非常に有用な手段となることが考えられた(Fig.2)。報告者は、金薄膜を製膜した被覆材を「電極シール」とし、これを用いて有機太陽電池を作製した。発電層を製膜した基板に、作製した電極シールを熱圧着法で貼り付けることにより、目的とする太陽電池素子を作製した。「電極シール」の貼り付けによって作製した有機太陽電池は、Fig.3 に示すように良好な特性を示した(従来の方法で作製した有機太陽電池の約8割の性能)。さらに、デバイスの簡便作製を見据え、塗布電極(銀)を用いた電極シールを作製し、使用した場合も同様の特性を得ることができた。加えて、想定していた通り、このような電極シールを利用したデバイスの耐久性は、金薄膜を貼り付けただけのデバイスとは異なり、非常に良好であるという結果が得られた(100時間後の光電変換効率: ~100%)。

また、当初予定していた SAM を用いた「簡便作製可能な」デバイス実現の可能性を明らかにするため、電極シールに SAM 修飾を行い、太陽電池デバイスを作製した。正孔輸送の役割を持つペンタフルオロベンゼンチオールで修飾した電極シールを用いた素子では、性能が未修飾の素子に比べて向上した。このことから、SAM による有機デバイスの特性向上と、それを利用した簡便作製可能なデバイスの実現が期待できる結果となった。

(5) 今後の研究の推進方策

電極シールの SAM 修飾によって、有機デバイス特性の更なる向上が可能かどうかの検討を行う。有機デバイスの下部電極の SAM 修飾による性能向上の報告はすでに多くの研究者に注目されているものの、上部電極の SAM 修飾を行った例はなく、興味深い結果が得られる可能性がある。加えて、下部電極の SAM 修飾と組み合わせることでの効果も調査する。

(6) 研究発表 (令和元年度、令和2年度)

[1] 2021年電気情報通信学会総合大会、フレキシブル有機エレクトロニクス若手シンポジウム
「有機太陽電池の光耐久性向上に向けた異種材料界面の改質」中野 正浩 (招待講演)、2021年3月12日、CI-5-5

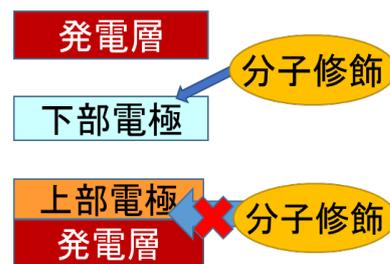


Fig.2 電極表面修飾

(a)下部電極 (b)上部電極

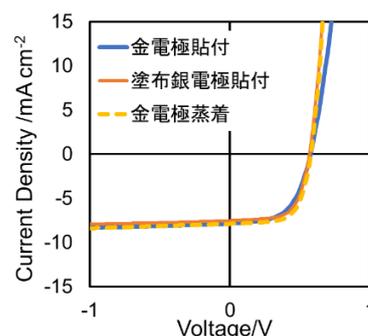


Fig.3 素子性能比較

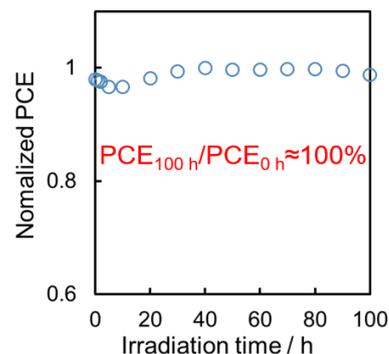


Fig.4 電極シールを用いた素子の耐久性

[2] 2021年岡山大学次世代研究グループ講演会「高耐久性有機電子デバイスのための材料開発」、中野 正浩（招待講演）、2021年2月24日

(7) その他顕著な成果

特許（出願）

有機薄膜太陽電池の製造方法及び有機薄膜太陽電池、特願 2021-121588