

様式2

プロジェクト名：超音波霧化静電塗布法を用いた有機薄膜太陽電池の作製技術

プロジェクト代表者：福田 武司（理工学研究科・助教）

1 研究目的

有機薄膜太陽電池に代表される有機薄膜を利用する有機デバイスでは、低コストの成膜技術に関する研究が必要不可欠である。一般的には、スクリーン印刷やグラビア印刷、インクジェット法などの印刷法が主流であるが、我々は数 kV という高電圧の印加で有機液滴を微細化する成膜技術である静電塗布法に着目して研究を進めてきた。通常の静電塗布法では数 10nm 程度の微細な液滴を堆積させることが可能であるが、溶液の供給速度が遅いという課題がある。本研究では、この課題を解決する新しい製造プロセスを実現するために、超音波霧化と静電塗布法を組み合わせた新しい手法に取り組むことを目的とした。

2 研究の進め方

今年度は、研究の最初の段階として超音波霧化静電塗布装置の立ち上げを行い、使用する材料に対して超音波印加で霧化しやすい条件の最適化を行った。また、超音波霧化静電塗布法の次の研究段階で必要となってくる従来の静電塗布法を利用した有機薄膜太陽電池の高効率化も合わせて検討を行った。最終的には両者の知見を組み合わせることで独自の成膜技術として確立していく。

3 研究の成果

図1に試作した超音波霧化装置の外観図及びヘキサンを霧化した様子を示す。超音波発生器としては、周波数 3MHz のものを用いて、なるべく微細な液滴が霧化するようにした。また、実際の成膜装置ではガラス管を接続して、基板加熱機構やメッシュ電極を用いた高電圧印加機構を設けた。超音波で霧化した溶液がメッシュ電極でイオン化して、基板上に堆積することで有機薄膜が形成される。ここで、基板を加熱することで、霧化した液滴の付着率を向上させることができる。

各種溶媒を用いて霧化を検討した結果、溶媒の粘度が重要なパラメータであることが分かり、粘度制御の重要性を確認した。特に霧化しやすかった溶媒はヘキサン、アセトニトリル、アセトン、メタノールであった。

次に通常の静電塗布法での有機薄膜太陽電池の高効率化を検討した結果を示す。図2に PEDOT:PSS



図1 超音波霧化装置及びヘキサンを霧化している様子

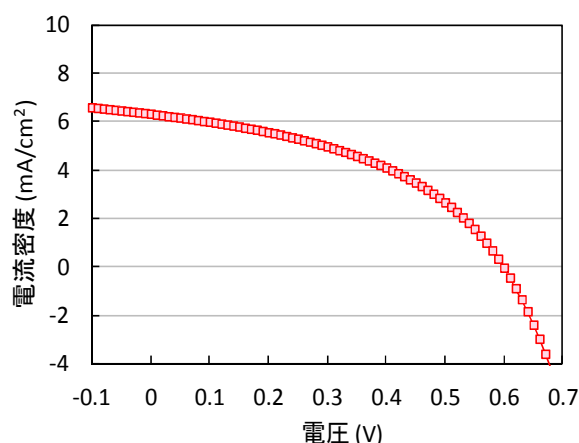


図2 試作した太陽電池の電流密度・電圧特性

と P3HT:PCBM という代表的に用いられる材料を積層した有機薄膜太陽電池の AM1.5 の擬似太陽光の照射下での電流-電圧特性を示す。変換効率は 2% (短絡電流密度: 6.2mA/cm²、開放電圧: 0.62V、曲線因子: 0.52) を実現しており、本手法を用いた有機薄膜太陽電池では世界トップレベルの高い値を示した。また、PEDOT:PSS と P3HT:PCBM 成膜時に最適な添加剤としては、ジメチルスルホキシドとアセトニトリルであることを実験的に見出して、表面の粗さ数 nm という有機薄膜太陽電池には十分な表面平坦性を実現した。

4 今後の展望

本年度の研究成果で超音波霧化のメカニズムや有機薄膜の成膜技術に関する基礎的な知見は得られた。次年度は実際の有機薄膜成膜や薄膜型の有機デバイスの試作を行って、本手法の有用性を実証していく。

5 外部発表

1. T. Ino, et al., "Electrospray deposited P3HT:PCBM solar cells", Jpn. J. Appl. Phys., accepted.
2. 図 2 試作した太陽電池の電流密度-電圧特性 aracterization of the initial growth stage of 3,4-polyethylenedioxythiophene:polystyrenesulfonic acid (PEDOT:PSS) films by electrospray deposition for organic solar cells", J. Non-Cry. Sol, accepted.
3. T. Ino, et al., "Highly Conductive 3,4-polyethylenedioxythiophene:polystyrenesulfonic Acid (PEDOT:PSS) Films as a Transparent Anode for Organic Thin-Film Solar Cells", J. Non-Cry. Sol, accepted.
4. T. Fukuda, et al., "Improved Power Conversion Efficiency of Organic Photovoltaic Cell Fabricated by Electrospray Deposition Method by Mixing Different Solvents", Jpn. J. Appl. Phys., vol.51, 02BK12 (2012).
5. T. Fukuda, et al., "Reduced surface roughness of organic thin film deposited by electrospray deposition method with two solvent technique and its application for organic light emitting diode", Thin Solid Films, vol.520, pp.600-605 (2011).
6. T. Ino, et al., "Depth profile characterization of spin-coated poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene sulfonic acid) (PEDOT:PSS) films by spectroscopic ellipsometry", phys. Stat. Sol. (c), vol.8, pp.3025-3028 (2011).
7. T. Ino, et al., "Real-Time Ellipsometric Characterization of the Initial Growth Stage of Poly(3,4-ethylene dioxythiophene):Poly(styrene sulfonic acid) Films by Electrospray Deposition", J. Nanosci. Nanotechnol., vol.11, pp.8030-8034 (2011).
8. T. Ino, et al., "Surface Modification of Poly(3,4-ethylene dioxthiophene):Poly(styrene sulfonic acid) (PEDOT:PSS) Films by Atmospheric-Pressure Argon Plasma for Organic Thin-Film Solar Cells", J. Nanosci. Nanotechnol., vol.11, pp.8035-8039 (2011).
9. T. Ino, "Real-Time Ellipsometric Characterization of Initial Growth Stage of Poly(3,4-ethylene dioxythiophene):Poly(styrene sulfonic acid) Films by Electrospray Deposition", Jpn. J. Appl. Phys., vol.50, 081603 (2011).
10. T. Fukuda, et al., "Bulk-heterojunction organic photovoltaic cell fabricated by electrospray deposition method", Phys. Status Sol.: Rap. Res. Lett., vol.5, no.7, pp.229-231 (2011).