

回転型 Kelvin Probe による有機太陽電池構造のバンドベンディングと表面光起電力のリアルタイム測定

Real-time Measurement of Band-bending and Surface Photovoltage of Organic Solar Cell Structure Utilizing Rotary Kelvin probe

千葉大院融合¹, 千葉大先進², 千葉大 MCRC³ ○(D1) 大原 正裕¹, 田中 有弥^{1,2}, 石井 久夫^{1,2,3}

GSSE Chiba Univ.¹, CFS Chiba Univ.², MCRC Chiba Univ.³

○Masahiro Ohara¹, Yuya Tanaka^{1,2}, Hisao Ishii^{1,2,3}

E-mail: moohara@chiba-u.jp

1 序論

表面電位の膜厚依存性を測定する際や、光照射などの外乱に対する起電力の応答などを測定する際に表面電位をリアルタイムで測定する技術は不可欠である。

我々は昨年秋の講演会で、真空蒸着による膜の堆積を行いながら表面電位変化を同時に測定できる「回転型 Kelvin Probe(KP)^[1]」の開発について報告した。

本研究ではこれを応用することで、ITO/CuPc/C₆₀ 構造の太陽電池におけるモデル界面を Kelvin Probe 法で測定し、バンドベンディングや表面光起電力の評価を行った。表面電位の膜厚変化は、従来、チャンバー間を移動させながら 1 点ずつ手動で測定されていたが、今回はこれを自動で連続的に測定することに成功した。さらに、得られた連続データを二階微分することで、空間電荷層の電荷分布も評価可能になった。

2 実験

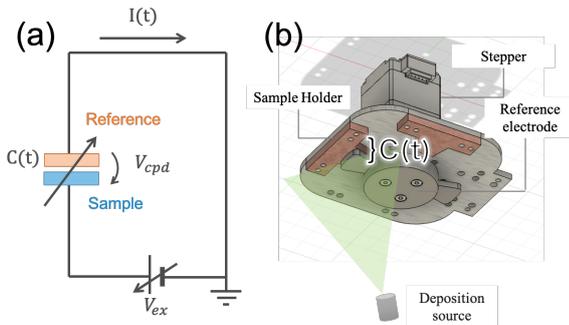


Fig.1 (a)Schematic diagram of measurement system
(b)Geometrical setup of electrodes

Fig.1 に測定回路、装置の概略を示す。2 枚の羽状の参照電極が試料の上方をよぎるように回転し、参照電極-試料間の静電容量の時間変化と接触電位差に比例した電流が回路に流れる。さらに、参照電極が試料を覆わないタイミングで膜の堆積や光照射が可能であり、それらによって変化する表面電位をリアルタイムで測定することができる。

本実験では ITO 基板の上に CuPc と C₆₀ を遮光下で積層し、キセノン光源による白色光を、光強度を変化させながら照射することで表面光起電力を測定した。

3 結果・考察

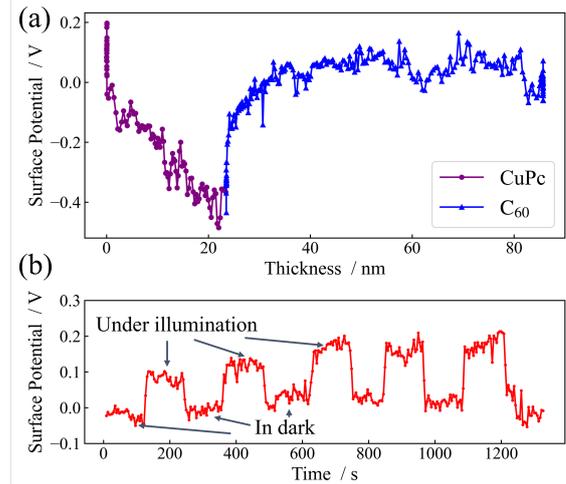


Fig.2 (a) Surface potential of CuPc/C₆₀ structure as a function of film thickness. (b) Photoresponse of surface potential induced by the light illumination.

Fig.2 (a) に作成した太陽電池の表面電位プロファイルを示す。従来の KP 法での測定^[2] と比べ、本実験では連続的にデータを得ることに成功しており、より詳細な電位プロファイルの検証を可能にした。

まず CuPc 層に注目すると、成膜された 22nm までの領域でバンドの直線的な曲がりが見測されている。一方 C₆₀ 層においては、CuPc との界面で 0.25V 程度の真空準位シフトが見測され、その後バンドの曲がりは徐々に飽和している。これらは CuPc/C₆₀ 界面において界面電気二重層が生じ、CuPc の持つドナー性と C₆₀ の持つアクセプタ性により電荷移動が起こっていることを示唆している。

Fig.2 (b) に光照射下での表面電位変化を示す。5 回の照射で徐々に光強度を上げ、最大 0.15V 程度の光起電力を観測した。典型的な CuPc/C₆₀ 構造の太陽電池の開放電圧 (0.3V^[3]) よりも低い結果となったものの、回転型 KP である程度光起電力が測定できることを示している。

講演では、装置や解析の詳細を報告する。

[1] J. C. Mitchinson, *et al.*, J. Phys. E: Sci.Instrum. 4, 525 (1971)

[2] Y. Tanaka, *et al.*, J. Appl. Phys. 116, 114503 (2014)

[3] P. Peumans, *et al.*, J. Appl. Phys. 93, 3693 (2003)