探針振動を利用した時間分解静電気力顕微鏡法

Time-resolved electrostatic force microscopy using cantilever oscillation

阪大院理¹, 阪大産研² ^O(D2)荒木 健人¹, 家 裕隆², 安蘇 芳雄², 大山 浩¹, 松本 卓也¹

Osaka Univ. ¹, Osaka Univ. ISIR², ^oKento Araki¹, Yutaka Ie², Yoshio Aso²,

Hiroshi Ohoyama¹ and Takuya Matsumoto

E-mail: araki14@chem.sci.osaka-u.ac.jp

- [序] 静電気力顕微鏡(EFM)は有機分子上に生じる電荷をナノスケールの空間分解能で検出できる有力な手法である。^[1] EFM を用いれば、これらの情報を試料の表面形状と同時に画像化できるため、局所的な電荷のダイナミクスを試料構造と関連付けて調べることが可能である。我々はこれまで、ドナー/アクセプター二層膜構造の有機薄膜太陽電池に対して、探針同期光照射 EFMによって、光励起電荷の時間分解検出が可能であることを報告してきた^[2]。本講演では、マイクロ秒を超える時間分解能で有機薄膜太陽電池中のキャリアの動きをとらえた結果を報告する。
 [実験] 探針振動と同期したナノ秒の光パルスを試料に照射し、生成した光励起電荷による静電気力の変化を、探針の共振周波数シフトから検出した。探針は常に振動しているため、探針先端と試料間の距離は周期的に変化し、これに伴い、探針が検出する静電気力の検出感度も周期的に変動する。したがって、基準時間から遅延時間(t_d)を設けて光を照射し、探針の振動と光照射のタイミングを調整することにより、光照射から一定時間後の電荷の状態を検出することができる。
 今回の実験では、共振周波数 259.720kHz(1 周期:3.85µs)の探針を用いた。また、蒸着法を用いてMDMO-PPV(ドナー)膜上の一部に、C₆₀(アクセプター)膜を形成したものを試料とした。
- [結果と考察] 図1に(a) 試料の表面形状像と(b, c) ta=0、1.6µs それぞれにおいて光を照射した際の 周波数シフトマップを示す。光照射のタイミングに応じて検出される周波数シフト分布が変化す ることがわかる。特に、1.6µs の周波数シフトマップでは、C₆₀(アクセプター) 膜の端に黒い溝 が観測された。これは、生成した電荷の再結合過程を直接的に観測したことを意味すると考えて いる。また、摂動法を用いた数値シミュレーションと実験結果を比較することで、C₆₀/MDMO-PPV 界面で生成した電荷寿命が 2.3 マイクロ秒であることを明らかにした(図2)。本講演では、シミ ュレーションと実験結果の詳細な比較を中心に議論する。



図1 (a)試料の表面形状像(b) t_d=0 と(c) t_d=1.8µs において光 照射を行ったときに得られた周波数シフトマップ

図2 計算(点線・破線・一点 鎖線)と実験(黒点)によって 得られた周波数シフトの比較

[1] K. Araki, et. al., Jpn. J. Appl. Phys., 55, 070305(2016)

[2]荒木 他、第78回応用物理学会秋季学術講演会、6p-A504-2