



東北大学

解禁時間 (テレビ、ラジオ、WEB): 平成 21 年 7 月 17 日 (金) 午後 5 時
(新聞) : 平成 21 年 7 月 18 日 (土) 付 朝刊

平成 21 年 7 月 15 日

報道機関各位

東北大学多元物質科学研究所

光発電プロセス評価のための最新局所電場解析法の開発に成功

< 説明 >

高効率の太陽電池材料の開発など、微小領域での光励起プロセスの精密な解析技術の確立が現在大きな研究課題となっている。東北大学多元物質科学研究所の進藤大輔教授のグループは、これまで透過電子顕微鏡の中に複数のピエゾ駆動探針を導入し、導電性の評価や磁化過程の観察など、先端研究を実施してきたが、今回、探針の一つに光ファイバーを介したレーザー照射口を導入し、光発電プロセスの評価に極めて有効な光励起現象の解析を行った。光照射に伴う電子とホール形成は、最先端の電子線ホログラフィーにより電場の変化として検出される。この新しい解析技術を用いて、極最近、電子写真等に用いられている有機感光体にレーザーを照射し、電子とホール形成に伴う電場の変化を高い精度で検出することに初めて成功した。今後、新しい高効率の太陽電池材料の開発にも応用できるものと期待されている。

< 研究成果の概要 >

進藤大輔らは日本電子(株)と共同で、透過電子顕微鏡内で二本の探針を独立駆動できる独自の装置にさらなる改良を加え、可動アームの一つにレーザー照射機能を付与した、新たな多機能型試料ホルダを開発した(特許出願中)。

1. 図 1 (a) は試料ホルダ先端部の外観を示している。アーム 1 の先端にレーザー照射口があり、電子顕微鏡外で赤色レーザーを照射した際、(b) に示すように試料部が赤く映し出されているのがわかる。
2. 新規開発した試料ホルダを駆使して、電子写真技術に利用されている有機感光体への光照射実験を行った。その概略を図 2 に示す。この実験では、レーザーが誘発する現象そのものを高精度で観測するために、電子顕微鏡で用いる電子(入射電子線)が引き起こす有機感光体の帯電現象を避ける特別な工夫を施した。それが(a)の試料上部に示す「シールド」で、試料への電子線照射を防いでいる。この状態で、もう一つの可動アームに装着した微細なガラス棒で有機感光体の表面を擦ることにより、(b) に示すように、有機感光体の表面に負の電荷を発生させる。この後、(c) に示すようにレーザーを照射すると、有機感光体内に電子とホールが形成され、ホールは有機感光体表面の負電荷の一部と対消滅することにより、負電荷数が減少するものと予想される。
3. 観察結果は図 3 の通りである。透過電子顕微鏡の最新技術である電子線ホログラフィーを用いて、シールドの外に漏れ出ている電場の変化(等高線として表示した電位分布の変化)が詳細に捉えられている。ガラス棒で擦った直後は、有機感光体表面に発生した負電荷に伴う電場は、(a) のような 3 重の等高線として観測される。しかし、レーザーを照射すると光励起によって生じたホールと負電荷の一部が結合・消滅し、電場が弱くなり、1 本の等高線のみが観察された。
4. この手法は、今後太陽光発電における高効率の発電素子材料等の開発を進める上でも極めて有力な解析手段として利用されるものと大きな期待が寄せられている。
5. 本研究結果は、7 月 17 日公開の電子顕微鏡学の専門誌 Journal of Electron Microscopy (58 巻 4 号) に掲載される。

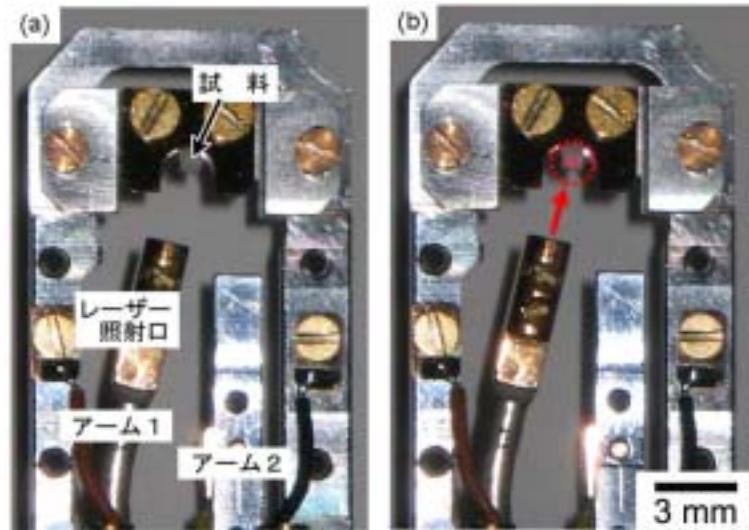


図1 透過電子顕微鏡内で試料へレーザーを照射できる特殊な試料ホルダ。本研究で独自に開発したもの。(a) ホルダ先端部の写真。レーザー照射機能を備えたアーム1と、試料の摩擦など種々の用途に用いるアーム2の、二本の可動アームを搭載している。(b) 透過電子顕微鏡の外部で、試料にレーザーを照射した状態。

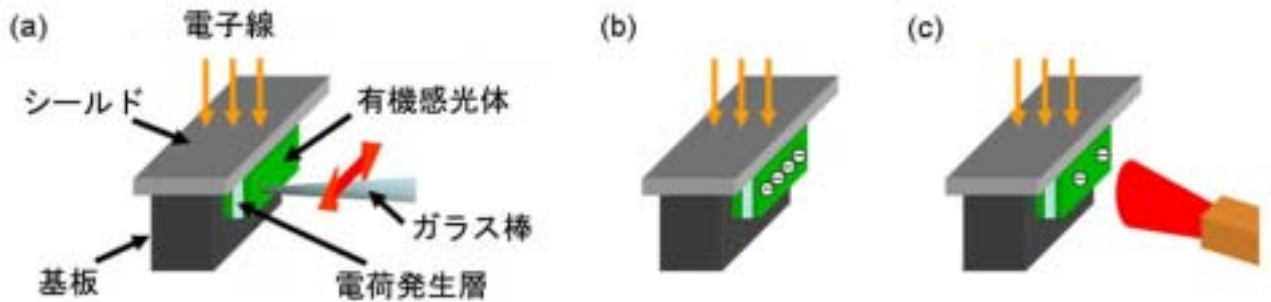


図2 有機感光体に対するレーザー照射実験の模式図。(a) 有機感光体試料の配置とガラス棒を用いた摩擦帯電の模式図。電子線が有機感光体にあたって帯電するという効果を抑えるために、試料上部にシールドを設置している。(b) 摩擦帯電によって有機感光体の表面に負の電荷が発生。(c) レーザーを照射すると、有機感光体内部で発生したホールと、摩擦帯電で生じた負電荷が結合・消滅し、表面の電荷量が減少する。これによって、試料近傍の電場も変化する。

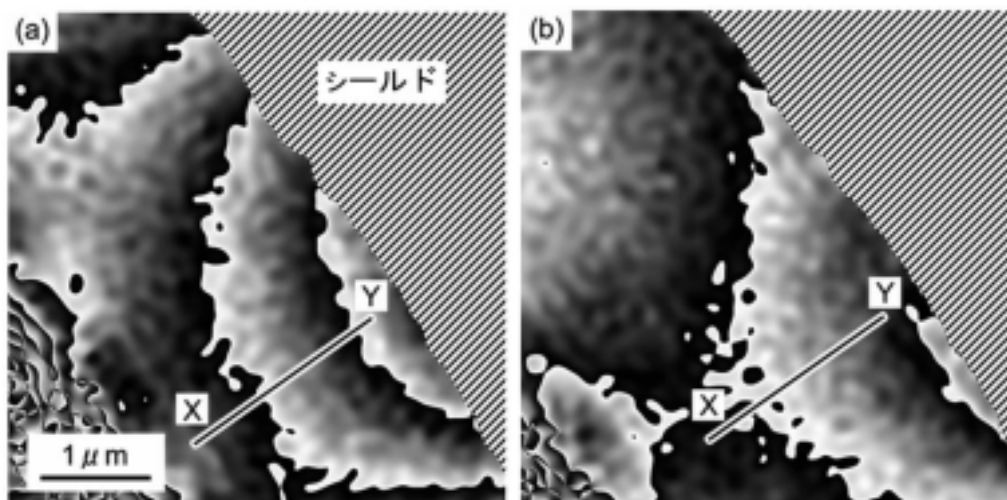


図3 シールド（斜線部）の外部の電場を電子線ホログラフィーで観察した結果。等高線状の模様は等電位線の分布を表す。有機感光体試料は、電子線の照射を防ぐために、シールドの下部（紙面裏側）に設置している。(a) 試料に摩擦帯電を施した直後の状態。(b) レーザー照射を施した後の状態。X-Y線に沿って電位の変化を評価したところ、(b)に比べて(a)では約2倍大きな電位の勾配が観測された。

（お問い合わせ先）

東北大学多元物質科学研究所

担当：広報情報室長 教授 村松淳司

mura@tagen.tohoku.ac.jp

Tel. (022)217-5163

教授 進藤大輔

shindo@tagen.tohoku.ac.jp

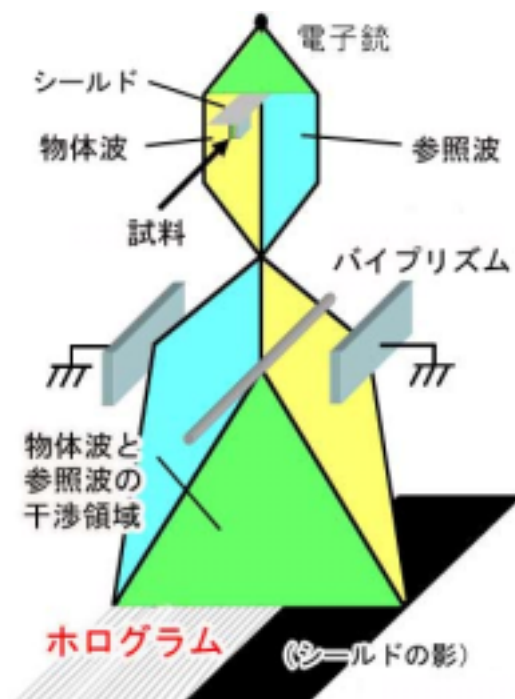
Tel. (022)217-5170

用語説明

電子線ホログラフィー

透過電子顕微鏡法では、薄膜や微粒子を透過した電子を利用して、像の観察をはじめとする様々なタイプの実験を行う。この際、試料の電場や磁場の影響で、波としての性質を持つ電子の位相（波の伝わり方を記述する因子）は、入射前の状態と比べて変化する。この位相の変化に関わる情報を、電子波の干渉実験により求める手段が電子線ホログラフィーである。

実験・解析プロセスの概念図を資料1に示す。実験では、上述した物体波（試料、もしくはその周囲の電磁場が存在する空間を通過した電子波）と、位相の変化を受けていない参照波を、バイプリズムという機器を使って干渉させる。その結果、ホログラムという干渉パターンが得られる。デジタルデータ化したホログラムを、コンピュータで画像解析することで、最終的には電場や磁場の分布の様子をイメージングすることができる。



電子写真技術

多くのコピー機等で利用されている印刷の方式。有機感光体で覆われたドラムの帯電、露光、現像・転写等のプロセスから成る。ほぼ一様に帯電させたドラムへ、小さく絞ったレーザーを照射すると、その部分の電荷量が減少する。この部分は、予め帯電させたトナー粒子を引き寄せる作用を示す。従って、レーザーの照射位置を操作すれば、印刷したいパターンの通りにトナー粒子をドラムに吸着させることができる。

有機感光体

光をあてると電子とホール（正孔）の対を生成する性質を持つ有機系材料。電子印刷技術では、例えば右図のような層状構造をドラムの表面に敷設している。電子・ホール対は中央の「電荷発生層」に生じる。「電荷輸送層」は、光照射で生じたホールを表面に移動させる機能を担う。ホールが表面に移動すると、予め（摩擦等により）表面に誘発させておいた負の電荷と結合し、それによって表面電荷量を操作することができる。「下引き層」には、基板から電荷発生層に電荷が流入するのを防ぐ働きがある。

