

## 分子薄膜の in situ FET 測定

(<sup>1</sup>名古屋大院・理、<sup>2</sup>ウィンザー大学) ○江口 敬太郎<sup>1</sup>、阿波賀 邦夫<sup>1</sup>、Beldjoudi Yassine<sup>2</sup>、Rawson Jeremy<sup>2</sup>

## In situ FET measurements for molecular thin films

(<sup>1</sup>Nagoya Univ.・Science, <sup>2</sup>Univ. Windsor・Chem. Biochem.) ○Keitaro Eguchi<sup>1</sup>, Kunio Awaga<sup>1</sup>, Beldjoudi Yassine<sup>2</sup>, Rawson Jeremy<sup>2</sup>

【序】電界効果トランジスタ法 (FET) は、分子単結晶や分子薄膜の電界効果移動度を測定する方法として幅広く利用されている手法のひとつである。分子薄膜の FET 測定では、大気への試料の曝露がその移動度に影響を与えることがあり、大気曝露の影響として問題視されることがある。このような、大気曝露の影響をなくす、またはその影響を調べるため、作成した分子薄膜を大気曝露することなく FET 測定を真空下で行う方法がとられ、大気曝露によるドレイン電流の減少が報告されている[1]。このような手法は、とりわけ大気下の酸素や水に対して不安定な分子薄膜において有効な手段となっている。一方で、同手法は、分子蒸着と測定を繰り返し行うことにより、移動度の膜厚依存性や accumulation および depletion 膜厚の測定手法としても用いられてきた[2]。このような利点に加え、同測定手法は pn ヘテロジャンクション型の両極性トランジスタの界面における両極性の発現過程の観測を可能とし、その機構を解明しうるものと考えられる。

本研究では、大気不安定なラジカル分子である pyrene-DTDA (図 1a) 薄膜の in-situ FET 測定および CuPc (図 1b)、F16CuPc を用いた両極性トランジスタにおける界面効果・両極性の発現過程の観測を in-situ 測定により行った。

【実験】In situ FET 測定は、高真空環境下 ( $P < 1 \times 10^{-4}$  Pa)、室温にてボトムゲート・ボトムコンタクト型の Pt/SiO<sub>2</sub>/n-Si 基板を用いて行った。すべての分子薄膜は真空蒸着により行った。pyrene-DTDA 薄膜の FET 特性は、薄膜作成後、大気曝露することなく高真空下で測定を行った。また、大気下での測定も行った。CuPc および F16CuPc によるヘテロジャンクション薄膜はそれぞれを下層部 (1 層目)、上層部 (2 層目) とした 2 タイプの試料を作成した。基板を真空装置に導入後は大気曝露することなく FET 測定を行った。測定では、1 層目作成後、ソース・ドレイン電圧を一定に保ったまま、ゲート電圧のスキンを繰り返し行うと同時に 2 層目の蒸着を行いながらソース・ドレイン間の電流値をモニターした。

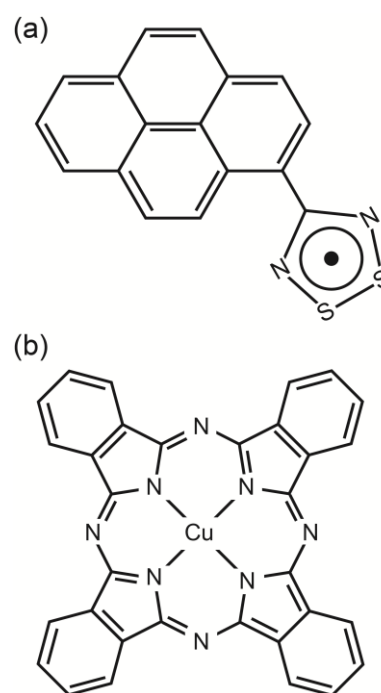


図 1. (a) pyrene-DTDA と (b) CuPc の分子構造。

【結果と考察】図2に pyrene-DTDA 薄膜 (140nm) の in-situ (●) および大気曝露後 (□) の FET 測定により得られたトランスファー特性を示す。In-situ 測定では、p チャンネルが形成されていることが分かり、飽和領域より見積もられた電界効果移動度は  $9.2 \times 10^{-8} \text{ cm}/(\text{Vs})$  であった。一方、大気曝露後真空下で測定された試料では、電界効果は確認されなかった。

図 3a に F16CuPc 薄膜上に CuPc を蒸着した場合のトランスファー特性を時間 (膜厚) に対してプロットしたグラフを示す。また、図 3b は任意時間のデータを抜き出したグラフである。CuPc 蒸着前の  $t=200\text{s}$  では、n チャンネルの単極性の状態であることが分かる。CuPc 蒸着開始 ( $t=600\text{s}$ ) 後、n チャンネルの電流増大が確認され、 $t=1100\text{s}$  後に p チャンネル由来の電流が観測された。その後、CuPc の蒸着終了 ( $t=2350\text{s}$ ) まで n チャンネル・p チャンネルの電流は単調に増加し、蒸着終了後は基板の温度低下とともにわずかに電流値の減少がみられたものの、室温においても両極性のトランスファー特性が確認された。この基板の温度低下は、CuPc 蒸着時にフィラメントからの輻射熱により温められていたことに起因しており、その最大温度は約  $44^\circ\text{C}$  であった。

CuPc 蒸着直後は、n チャンネルの電流値のみ増大し、その後 p チャンネルの電流が増大したことから、CuPc と F16CuPc との界面において電荷移動によるキャリア生成が起こり、電子は F16CuPc 薄膜内を流れることができる一方、正孔は F16CuPc 薄膜内を流れることはできず、CuPc 薄膜による p チャンネルが形成されるまで流れることができなかつたものと考えられる。また、飽和領域から見積もられる電子の移動度[3]は、 $t=200\text{s}$  のとき  $0.0024\text{cm}/(\text{Vs})$ 、 $t=3500\text{s}$  では  $0.016\text{cm}/(\text{Vs})$  であり、CuPc の蒸着による電子の電界効果移動度の大幅な向上が確認された。

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 研究拠点事業「強相関分子系の新しい有機エレクトロニクス」の支援および文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業の支援を受けて実施された。

【参考文献】 [1] Y. Inoue, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **44**, 3663, (2005). [2] M. Kiguchi, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, L1408, (2003). [3] Christos D. Dimitrakopoulos and Patrick R. L. Malenfant, *Adv. Mater.* **14**, 99, (2002).

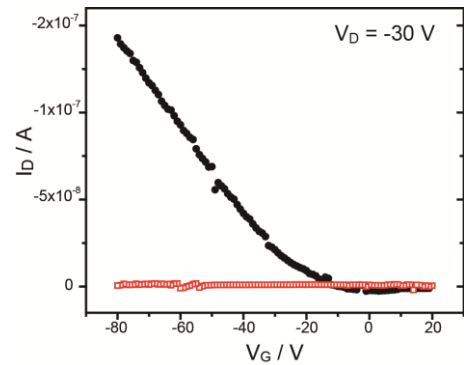


図 2. In-situ (●) および大気曝露後 (□) における pyrene-DTDA 薄膜のトランスファー特性.

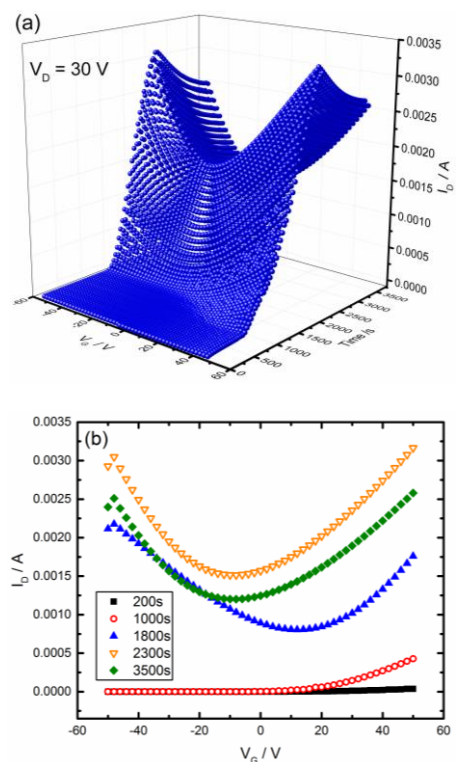


図 3. (a) F16CuPc 薄膜上への CuPc 蒸着によるトランスファー特性の変化. (b) 任意時間におけるトランスファー曲線.