

磁場下での有機蒸着膜作製と電界効果移動度の向上

Magnetic-Field-Induced Enhancement of Crystallinity and Charge Mobilities in Organic Thin Films

筑波大院数理物質¹, TIMS² ○田畑頭一¹・佐々木貴之¹・山本洋平^{1,2}Tsukuba Univ.¹, TIMS.², °Kenichi Tabata¹・Yakayuki Sasaki¹・Yohei Yamamoto^{1,2}

E-mail: s-tabata@ims.tsukuba.ac.jp

【緒言】有機半導体デバイスにおいて素子特性を向上させることは、実用化に向けた大きな課題の一つである。そのための方法として、有機デバイス中の有機分子の配向制御が挙げられる。本研究では、大きなパイ共役系を有するディスク状分子であるフタロシアニン(MPc)誘導体 (Fig. 1a) を用いて磁場下での真空蒸着を行い、配向制御と電荷輸送特性の向上を試みた^[1]。

【実験】ガラスもしくは HMDS 処理したシリコン基板上に、無磁場下、および基板に対し垂直方向もしくは平行方向に静磁場 (0.35 or 0.5 T) を印加した状態で MPc 分子の真空蒸着を行った (Fig. 1a, b)。作製した薄膜の X 線回折測定より分子の配向性について検討した。また各薄膜を用いてボトムゲート-トップコンタクト型トランジスタ素子を作製し、各 FET 特性を評価した。さらに磁場による結晶成長の変化の観察のために AFM 測定を行った。

【結果・考察】無磁場下で作製した試料の X 線回折パターンにおいて、 $2\theta = 6.8^\circ$ に(200)に帰属する回折ピークが観測された (Fig. 2a)。このことより、無磁場下においてもガラス基板上で CuPc は edge-on 配向していると考えられる。平行磁場下で真空蒸着を行った試料においても、同位置にほぼ同強度の X 線の回折ピークが観測された。一方、垂直磁場下では回折ピーク強度が約 1.5 倍に増大した (Fig. 2a)。

垂直磁場によりフタロシアニン分子の edge-on 配向性が向上したと考えられる。非磁性のフタロシアニン分子を磁場下で蒸着した際の配向性についても検討した結果、フタロシアニン分子のパイ電子が磁場に対し影響を受けていることを明らかにした。すなわち、垂直磁場により edge-on 配向性を向上させる方向に回転力が働くことが示唆される。続いて、各試料の FET 特性を測定した結果、垂直磁場下で作製した素子は、無磁場下で作製した素子と比較して、電流値が 4 倍、電荷移動度が 2 倍以上向上することを見出した (Fig. 2b, c)。したがって、垂直磁場下での蒸着により、フタロシアニン分子を FET 素子においてより高い電界効果移動度を示す配向構造を実現したと考えられる。AFM 測定により CuPc 薄膜状態は磁場の有無でドメインのサイズ、ラフネスともに変化は観測されず (Fig. 2d, e)、垂直磁場印加が CuPc ドメイン内の分子配向性改善に寄与したことを示唆している。

本研究は、フタロシアニン分子においてパイ電子の反磁性磁化率の異方性が磁場により影響を受けていることから、他の様々な非磁性のディスク状パイ共役分子においても同様に、このような磁場による簡便な方法により分子の配向性やトランジスタ特性の向上が期待できる。

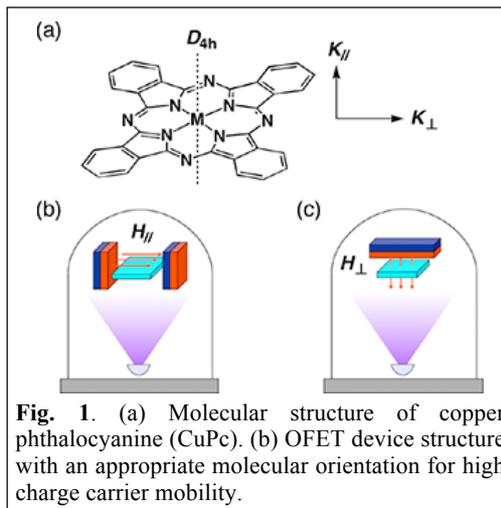


Fig. 1. (a) Molecular structure of copper phthalocyanine (CuPc). (b) OFET device structure with an appropriate molecular orientation for high charge carrier mobility.

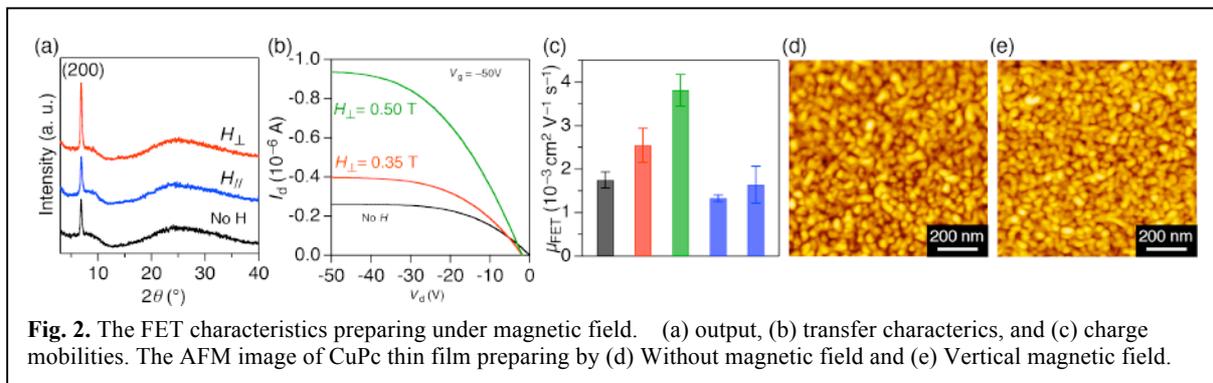


Fig. 2. The FET characteristics preparing under magnetic field. (a) output, (b) transfer characteristics, and (c) charge mobilities. The AFM image of CuPc thin film preparing by (d) Without magnetic field and (e) Vertical magnetic field.

[1] K. Tabata. *et al.*, Appl. Phys. Lett. 101, 043301/1-4 (2013).