塗布グラフェン膜を用いた有機半導体膜の分子配向制御と縦方向移動度評価

Molecular Orientation Control of an Organic Semiconductor Film by a Solution Processed Graphene and its Vertical Carrier Mobility Measurement

阪大院工 [1], JASRI[2], ○山田 啓太郎 [1], 小金澤 智之 [2], 鈴木 充朗 [1], 末延 知義 [1], 中山 健一 [1]
Osaka Univ.[1], JASRI[2], °K. Yamada[1], T. Koganezawa[2], M. Suzuki[1], T. Suenobu[1], K. Nakayama[1],
E-mail: nakayama@mls.eng.osaka-u.ac.jp

緒言：膜厚方向への電荷輸送特性を示す縦方向移動度は一般的に 10^{-3} cm^2 V^{-1} s^{-1} オーダー以下となり、有機電界効果トランジスタで観測される移動度と比較すると非常に低い。縦方向電荷輸送を促進するためには膜厚方向への分子軌道重なりが最大となる face-on 配向状態が望ましいが、有機半導体分子の多くは edge-on 配向を示すため分子配向の制御が重要となる。本研究では、結晶性有機半導体材料で分子配向を制御する手法として、酸化グラフェンを塗布成膜し還元処理することで得られる reduced graphene oxide (rGO)を template layer として使用し、rGO と有機分子間に働く π-π 相互作用によって face-on 配向状態を誘起することを試みた。また、rGO による分子配向制御が、縦方向移動度にもたらす効果について検証した。

実験：基板(ガラス又は ITO)上に酸化グラフェン水分散液をスピンコートした後、ヒドラジン蒸気処理と加熱による還元処理を行い rGO 膜を形成した。rGO 上に結晶性低分子である CuPc, DNTT, pentacene を真空蒸着によって成膜し、それらの分子配向を微小角入射広角 X 線散乱(GIWAXD)法によって評価した。縦方向移動度はホールオンリーデバイスを作製し SCLC 法により評価した。

結果・考察：GIWAXD による測定の結果、CuPc 単膜では面外(q_z 軸)方向に π スタック距離に相当する面間隔を示す回折は観測されず edge-on 配向(Fig.1a)を示しているのに対して、rGO 上の CuPc 膜では、π スタックに由来する 11-2 面の回折が面外方向に観測され face-on 配向を示した(Fig.1b)。pentacene と DNTT も同様に、rGO 上ではヘリンボーン平面が基板面に対して垂直となる face-on 配向を示した。CuPc 膜の移動度測定の結果、rGO による face-on 配向化によって電流密度が増加し、ホール移動度が 3.5×10^{-5} cm^2 V^{-1} s^{-1} から 1.6×10^{-3} cm^2 V^{-1} s^{-1} まで大幅に向上した(Fig.1c)。また、rGO 上の DNTT 膜は 0.27 cm^2 V^{-1} s^{-1} という高い値を示し、face-on 配向化に加えて、ヘリンボーン面内方向の優れた電荷輸送特性によって高い縦方向移動度が実現されたと考えられる。

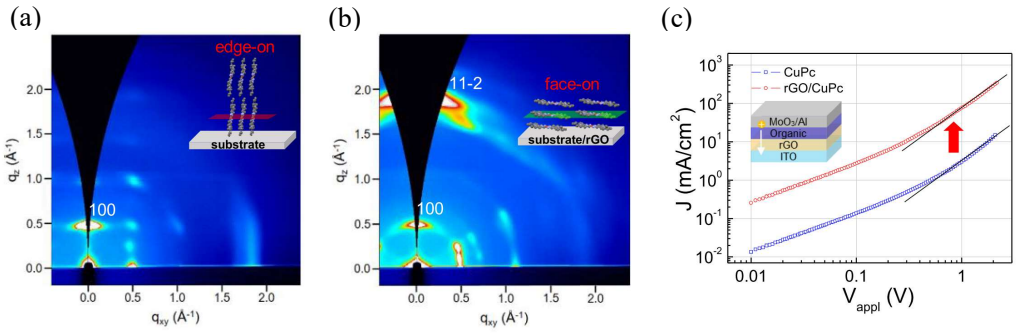

Fig. 1. GIWAXD patterns of CuPc films (a) without and (b) with rGO, and (c) $J-V$ plots of CuPc hole-only devices.