

陽極酸化 High-k 酸化膜上に塗布形成した PS/TIPS-Pentacene 垂直層分離薄膜を用いた有機 FET の高性能化と面内配向制御

Fabrication of high performance organic FETs deposited on anodic high-k oxides using solution processed vertically separated, laterally oriented PS/TIPS-pentacene blend films

信州大工 °伊東 栄次, 上野 純平

Shinshu Univ., °Eiji Itoh, Junpei Ueno

E-mail: eitoh@shinshu-u.ac.jp

有機薄膜トランジスタ(OFET)の実用化には更なる高性能化や塗布型有機半導体材料を用いた印刷方式による低コスト化等が重要である。これまでの高性能な電界効果型の OFET の報告事例の多くは Si 基板とゲート絶縁層に SiO₂ を用いており、駆動電圧の低電圧化も重要な課題である[1,3]。High-k 材料と有機半導体材料の界面の分極はキャリア移動度の低下を引き起こし、絶縁層の薄膜化はピンホール等の欠陥増大が懸念される [4, 5]。これらは high-k 絶縁層に薄い低誘電率絶縁層を積層した 2 層誘電体構造により解決が期待でき、薄膜化により等価膜厚の低減と低電圧駆動が可能である[6]。一方、塗布形成可能な p 型有機半導体として知られる TIPS-pentacene とポリスチレン(PS)などの高分子材料の混合溶液を塗布して比較的ゆっくりと乾燥させると PS 層と TIPS-pentacene が厚さ方向に相分離して自発的に誘電体層と有機半導体層の積層膜を形成することが報告されている [7-9]。本研究では湿式の低温プロセスとして知られる陽極酸化法により形成した HfO₂ や Ta₂O₅ に代表される high-k 酸化膜上に TIPS-pentacene 半導体/絶縁性ポリマー混合溶液をメニスカス法により垂直相分離して High-k/PS/TIPS-pentacene 3 層膜の製膜を試みた。製膜時に溶液を一定方向に移動しながら膜形成することで TIPS-pentacene 層の分子結晶膜の面内配向制御を行うことで OFET の高性能化と作製工程の簡略化と実際に膜構造を分析した。

陽極酸化法により室温で実効膜厚が 7-8 nm の極薄誘電体となりその上に低誘電率のポリスチレン系の高分子絶縁材料を薄く形成することで、5 V 以下の低電圧動作を確認した。また、TIPS-pentacene と PS の混合溶液をメニスカス法により塗布することで PS と TIPS-pentacene 層がそれぞれ 100 nm 以下の薄い膜を形成し、さらに垂直方向に相分離して PS 層が High-k 側に、TIPS-pentacene 層が大气表面側に偏析した 2 層構造となることが膜分析より解明された。つまり、ボトムゲートトップコンタクト型の素子構造を用いれば簡単に高性能なデバイスを構築することができる。相分離により形成した絶縁体と半導体は良好な界面を形成し SS や On/Off 特性が大幅に改善された。また、メニスカス法により掃引方向と速度を制御することで面内配向した結晶性の高い半導体の薄膜が得られ、高移動度かすることも実験的に明らかとなった。

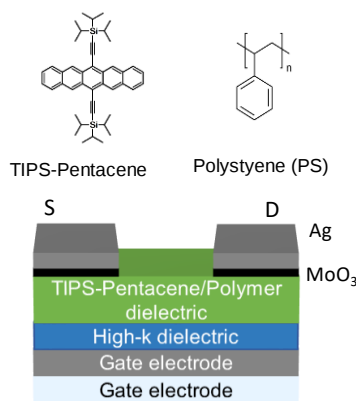


図1 本研究で用いた有機材料の分子構造とFET構造の概略図

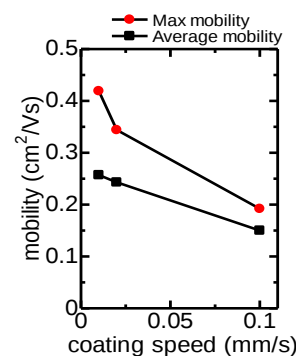


図2メニスカス法により製膜した TIPS-Pentacene blend FET (TIPS-PEN/PS=1:1) の掃引速度と電界効果移動度の関係

References

- [1] Y. Iino, Y. Inoue, Y. Fujisaki, H. Fujikake, H. Sato, M. Kawakita, S. Tokito, H. Kikuchi, Jpn. J. Appl. Phys., **42**, 299, 2003.
- [2] L. A. Majewski, R. Schroeder, M. Grell, Adv. Mater., **17**, 192, 2005.
- [3] W.-J. Lee, W.-T. Park, S. Park, S. Sung, Y.-Y. Noh, M.-H. Yoon, Adv. Mater., **27**, 5043, 2015.
- [4] J. Veres, et al., Adv. Funct. Mater. **13**, 199, 2003.
- [5] J. Tardy, M. Erouel, A.L. Deman, et al., Microelectronics Reliability. **47**, 372-377, 2007.
- [6] A.-L. Deman, J. Tardy, Organic Electronics **6**, 78-84, 2005.
- [7] T. Ohe, M. Kuribayashi, R. Yasuda, et al., Appl. Phys. Lett. **93**, 053303, 2008.
- [8] D. Bharti, S. P. Tiwari, Synthetic Metals **221**, 186-191, 2016.
- [9] D. K. Hwang, C. Fuentes-Hernandez, J. D. Berrigan, J. Mater. Chem. **22**, 5531, 2012.