真空蒸着法における DPh-DNTT 薄膜の成長機構

Growth mechanism of DPh-DNTT films prepared by vacuum deposition

神戸大学大学院工学研究科 〇服部 吉晃, 木村 由斉, 吉岡 巧, 北村 雅季

Kobe University, ^OYoshiaki Hattori, Yoshinari Kimura, Takumi Yoshioka, and Masatoshi Kitamura

E-mail: hattori@eedept.kobe-u.ac.jp

近年, 有機薄膜トランジスタ(OTFT)の実用化に向けた有機材料として, 高い移動度と安定性を持つ Diphenyl-Dinaphthothienothiophene (DPh-DNTT)が注目されている. DPh-DNTT は真空蒸着法により薄 膜を形成でき,これまでにOTFTに適した蒸着条件が検討されているが[1],薄膜の成長機構や結晶性に 関連付けた,詳細な研究は行われていない.特に OTFT においては電流の大部分がゲート絶縁膜との 界面を流れるために, 蒸着初期および表面の膜質の調査は重要である. そこで本研究では, 熱酸化シリ コン基板上に真空蒸着法で DPh-DNTT を堆積させ、成長機構を明らかにすることを目的とした.

真空蒸着は~2×10⁻⁴ Paの減圧下で行い, 0.05 Å/sの蒸着速度で行った. 蒸着前の熱酸化シリコン基板 (RMS~0.2 nm)に関して, (A)アセトン/IPA の超音波洗浄, (B)HMDS 処理, (C)UV/オゾン処理, (D)酸素 プラズマ処理の4種類の表面処理を行い、1.2 nmの薄膜を蒸着した.図1に基板温度(T)160 ℃で蒸着 した膜の光学顕微鏡の暗視野像(a,d)及び AFM 像(b,c)を示す. (a,b)はアセトン/IPA 洗浄の結果を示して いる. AFM 像から高さ2.3 nm, 直径 300 nm 程度の平坦な結晶核が形成されていることが分かる. 膜の高 さがDPh-DNTTの分子軸の長さに近いことから,分子が基板に対し,垂直に並んで成長していることが推 察される.また,(a)に示すように,光学顕微鏡から容易に核密度の評価が可能であることが分かる.(c)と (d)はそれぞれ、HMDS 処理及び、UV/オゾン処理を行った基板を示す。(a)と比較して、HMDS 処理は核 が小さく、UV/オゾン処理は核が大きく成長している.また、酸素プラズマ処理においても(d)と同程度の結 晶核が観察された.このことから,親水性の基板表面には大きな核が成長することが推測される.図2は それぞれの基板処理における、160-185 ℃の基板温度での核密度を示す. 基板温度が高いほど、核密 度が小さく,大きな核が成長していることが分かる.また,これらの結果から核密度(N)はアレニウスの式 1/N=Aexp(-E/kT)に従うと推測される[2]. ここで, A, E は定数, k はボルツマン定数である.

次に蒸着させる膜厚を変えて、核が成長する様子を同様の手法で観察したところ、2 層目以降も Layer-by-layer で成長していることが明らかになった. 図3はUV/オゾン処理を行い, T=160 ℃ で25 nm 蒸着した膜の表面の光学顕微鏡(明視野像)と AFM 像である. 最上部の表面でもステップテラス構造の 凹凸があり、フラクタル状に膜が成長していることが確認できる. Layer-by-layer 成長はトップおよびボトム ゲート構造のどちらの OTFT においても理想的であると考えられ, 今後, 製膜した薄膜でデバイスを作製 し、OTFTの特性と成長機構を関連付けることで、さらなるデバイスの改善が期待できる.



images for the submonolayer of DPh-DNTT

on the surface treatments.

and AFM (b) images for the surface of the 25-nm film.

【謝辞】本研究の一部は文科省卓越研究員事業により行われた. また, DPh-DNTT は日本化薬株式会社より 提供して頂いた.

【参考文献】[1] M. J. Kang, et al., Adv. Mater., 23, 1222 (2011). [2] M. Kitamura and Y. Arakawa, J. Phys. Condens. Matter., 20, 184011 (2008).