超高速真空蒸着による有機薄膜成長とデバイス特性への影響

Organic thin film growth by ultra-high-speed vacuum deposition and fabrication of organic thin-film transistors

°松原 亮介、寺岡 拓麻、小島 広孝、中村 雅一（奈良先端大物質）

°Ryosuke Matsubara, Takuma Teraoka, Hirotaka Kojima, Masakazu Nakamura (NAIST)

E-mail: matsubara@ms.naist.jp

有機デバイスの作製方法において、真空蒸着法は、膜厚、純度、および異種分子混合比の制御性に優れるといった利点を有するものの、材料のロスが多い、成膜レートを安定化させるために高速で成膜できない、膜中への残留ガス混入を避けるために高真空が必要であるといった理由から、実用化には向かないと考えられている。これに対し我々は、これまでより桁違いに速い蒸着レートの安定制御および材料ロスの低減を目的として、高熱伝導性のリザーバーおよびキャピラリ付き蓋からなる高速分子線セルを開発し、40 Å/sec を超える超高速レートにおいても実用的な移動度の薄膜トランジスタを作製可能なことを報告してきた（寺岡 拓麻 他、2014 年度秋季応用物理学会, 17a-A4-5.）。本講演では、キャピラリ径や成膜レートの違いによる分子の放出分布やトランジスタ特性の違いを詳細に解析したので報告する。

キャピラリ深さ $l = 3$ mm、直径 $d = 0.25, 0.5, 1.0$ mm の高速分子線セルを用いてペンタセンを蒸着した。放出分布は、ドーム状の基板ホルダに、セル直上を基準として 0° から 15° ごとにガラス基板を設置し、各角度での膜厚を測定した。図 1 にキャピラリ径と成膜レートを変化させた際の放出角度分布を示す。図中の A は、放出角度分布が余弦則（$\cos^n\theta$）に従う成分とキャピラリ内の圧力勾配で分子が加速されることによって生じる平行ビーム成分（ガウス分布）によって決まると考えたときの、平行ビーム成分を示す。分布が鋭くなり始めた中程度の成膜レートにおいて、キャピラリ径が小さいほど平行ビーム成分の寄与が大きくなっている。また、さらに高速レートにしていくと逆に分布は広がっていく。これはリザーバー内からキャピラリ出口までが全て粘性流状態となり、キャピラリ内で分子が加速される効果が消失することによるものと考えられる。

これらの膜を用いて、薄膜トランジスタを作製したところ、$d = 1.0$ mm ではドメインサイズの縮小に伴う移動度の低下が見られたが、キャピラリの縮小に伴ってその傾向は見えなくなっていった（図 2）。これは、チャネル内に存在するキャリア輸送障壁の数以外の移動度制限要因が変化していることを示唆している。詳細な解析結果については講演にて報告する。

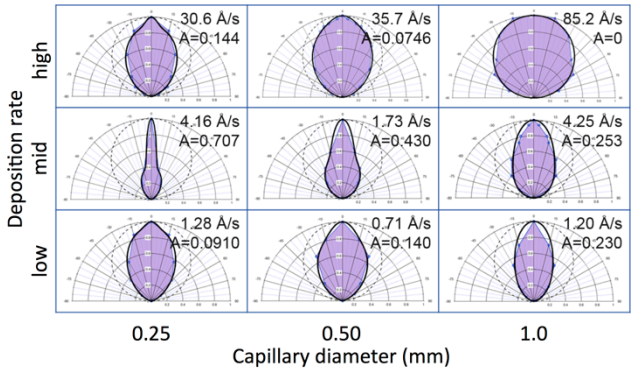

図 1. キャピラリ径および蒸着速度を変化させたときの放出分布の変化.

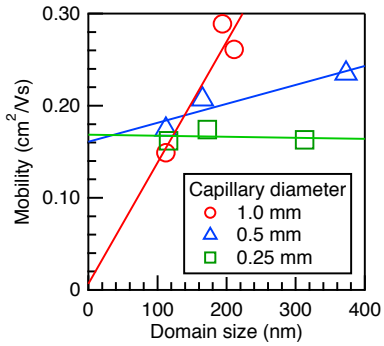

図 2. キャピラリ径および蒸着速度を変化させたときの移動度とドメインサイズの関係.

© 2015年 応用物理学会