

アモルファス性薄膜の高密度化による電気伝導性・大気安定性の向上

Enhancement of electrical properties and air stability in high-density amorphous films

○(D1)江崎 有¹, 小養 剛^{1,2}, 松島 敏則^{1,2}, 安達 千波矢^{1,2} (九大 OPERA¹, JSTERATO²)

○Yu Esaki¹, Takeshi Komino^{1,2}, Toshinori Matsushima^{1,2}, Chihaya Adachi^{1,2}

(OPERA, Kyushu Univ.¹, JST ERATO²) E-mail: adachi@cstf.kyushu-u.ac.jp

有機半導体薄膜の構造的欠陥として、多結晶性薄膜中には結晶子どうしや基板との間にマクロな空隙が、アモルファス性薄膜中には分子配列の乱れによるミクロな空隙が存在する。これらの空隙がキャリアトラップやキャリア輸送障壁として働くことで薄膜の電気伝導性が低下し、空隙を介して水や酸素分子が膜内に侵入することで薄膜の大気安定性が低下する。著者らはこれまでに、冷間等方圧加圧によって多結晶性薄膜中のミクロな空隙を物理的に圧縮することで、薄膜の電気伝導性とデバイス特性を大きく向上させることに成功した[1]。しかしながら、有機 EL に頻繁に用いられるアモルファス性薄膜中の空隙については当手法で圧縮することはできなかった。そこで本研究では、蒸着中の基板温度制御によって様々な膜密度・分子配向を持つアモルファス性薄膜を作り分けることで、薄膜構造と膜物性の関係を解明し、ひいては電気伝導性・大気安定性を向上させることを目指した。

真空蒸着中の基板温度(T_{sub})を変えれば、基板表面における分子の運動性が変化するために、蒸着膜の構造、すなわち膜密度・分子配向を制御することができる[2]。当プロセスを用いて、アモルファス性の α -NPD 薄膜について、薄膜構造と電気伝導性・大気安定性の関係を検討した。基板温度を 200–350 K の範囲で変化させながら蒸着した α -NPD の単層膜について、角度可変分光エリプソメトリーによって薄膜構造解析を行い、膜密度および分子配向の基板温度依存性を評価した。次に、 α -NPD 蒸着時のみ基板温度を変化させたホールオンリーデバイス(ITO/ α -NPD/MoO₃/Au)を作製した。初期 J - V 特性から電気伝導性を、大気下における連続駆動特性から大気安定性を評価した。

構造解析の結果、膜密度は $T_{\text{sub}} = 275$ K 付近をピークに山型の傾向を示し、一方で分子配向は低温域では水平配向、室温に近づくにつれてランダム配向が支配的となった。初期 J - V 特性より電界強度 1.0×10^5 V/cm における電流密度を、連続駆動特性より時間経過に伴う駆動電圧上昇の傾きを、それぞれ α -NPD 蒸着時の基板温度に対してプロットした(図 1)。分子配向との相関は見られなかった一方で、膜密度が最大となる領域、すなわち $T_{\text{sub}} = 275$ K 付近において、電気伝導性と大気安定性が最も向上することがわかった。この理由として、高密度薄膜中における緻密な分子パッキングによりキャリア輸送パスが改善されたことや、デバイス劣化の原因となる水・酸素分子の侵入が抑制されたことが考えられる。

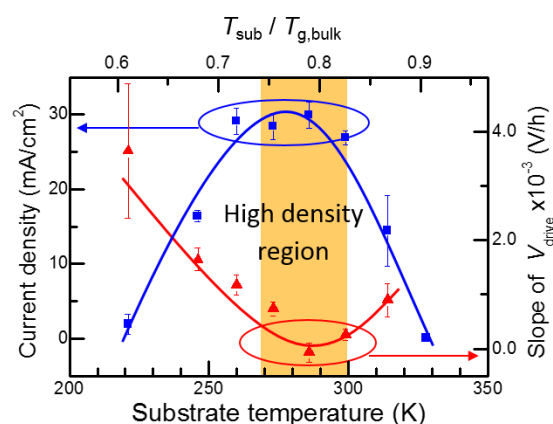


図 1. α -NPD 蒸着時の基板温度(T_{sub})に対する電流密度および駆動電圧上昇の傾き

[1] *Adv. Funct. Mater.* **26**, 2940 (2016). [2] *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **112**, 4227 (2015).