

液晶性ナフタレンジイミド誘導体を用いた有機 n チャンネルトランジスタ

N-channel organic transistors using liquid crystalline naphthalene diimide derivative

東工大未来研¹, [○](M2) 横山正太郎¹, 臼井孝之¹, 半那純一¹, 飯野裕明¹

Tokyo Tech.¹, [○]Shotaro Yokoyama¹, Takayuki Usui¹, Jun-ichi Hanna¹, Hiroaki Iino¹

E-mail: yokoyama.s.ad@m.titech.ac.jp

【序論】液晶性有機半導体は、液晶相経由で多結晶薄膜を作製することにより、デバイス間のばらつきが小さく実用性の高い有機トランジスタを作製でき、p チャンネルトランジスタではフェニル-ベンゾチエノベンゾチオフェン誘導体 (Ph-BTBT-10) を用いた高移動度のトランジスタが報告されている[1]。対して、n チャンネルトランジスタにおいては、酸素や水分子が電子をトラップし輸送が阻害されることや、電極の仕事関数と有機半導体の LUMO レベルの差が大きく電子注入が困難になる。そこで、LUMO レベルが低く、溶解度も高いナフタレンジイミド (NDI) コアを持つ分子を合成してトランジスタの試作を行った。

【実験】有機半導体材料には当研究室で開発した液晶性有機半導体シクロヘキサン-NDI-フェニル-8 (CyH-NDI-Ph-8 : Fig. 1(a)) を用いた。液晶層の同定は示差操作熱量 (DSC) 測定及び偏光顕微鏡観察より行った。熱酸化膜 (300 nm) 付き Si 基板上に、ベンゾシクロブテン (BCB) ポリマーを製膜[2], CyH-NDI-Ph-8 溶液 (p-キシレン, 0.6wt%) を約 120°C で 3000 rpm, 30 秒でスピコート法により多結晶薄膜を製膜した。その多結晶薄膜上にカルシウム電極, その上に酸化防止としてアルミニウムを真空蒸着することで、ボトムゲートト (a) ップコンタクト型のトランジスタを作製した。1.0 × 10⁻⁵ Torr 以下の真空下で、150°C の熱アニールを行い、50°C 程 (b) 度まで冷めた後トランジスタ特性を評価した。

【結果と考察】DSC および偏光顕微鏡観察より、300 ~ 280°C で低次のスメクチック液晶相, 280°C 以下で高次のスメクチック液晶相を発現した (Fig. 1(b))。再結晶状態からの 1st heating の 152°C に対するピークが冷却過程で現れないため、室温まで高次の液晶相のまま存在していることが示唆される。加熱スピコート法により分子が垂直に配向し、平坦性の高い薄膜が容易に作成できた。作製したトランジスタの出力特性、伝達特性ともに n-チャンネル動作をし、移動度は $2.8 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$, 閾値電圧は 29 V, ON/OFF 比は 5.6×10^3 であった。伝達特性に大きなヒステリシスが見られることから、電子は注入されているもののしだいにトラップされ電流値が小さくなっているものと考えられる。また、移動度が低いのはトラップの影響だけでなく、通常の高結晶薄膜とは違い室温でも液晶相のために分子配向秩序性が結晶相よりも低いことも低移動度の要因と考えられる。

[1] H. Iino, T. Usui, J. Hanna, *Nat. Commun.*, **6**, 6828 (2015).

[2] Lay-Lay Chua et al. *Nature*, **434**, 194 (2005).

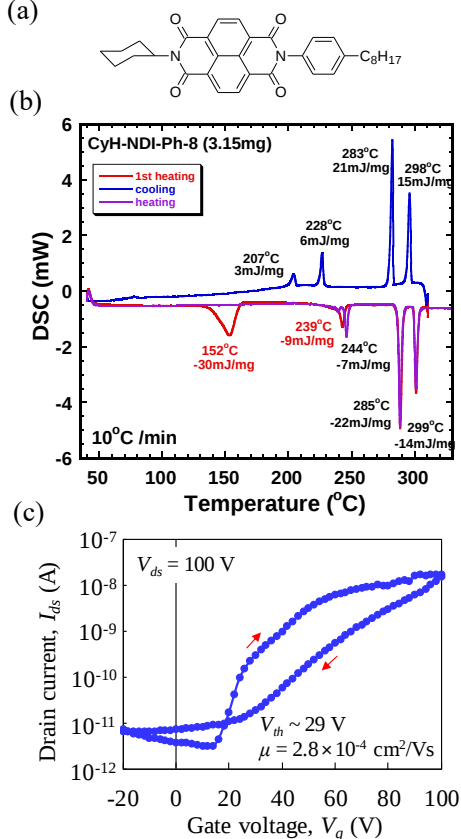


Fig. 1 (a)Chemical structure, (b)DSC curve, and (c)transfer characteristic of FET with the polycrystalline thin film of CyH-NDI-Ph-8.