動的共有結合を用いた有機トランジスタの閾値電圧制御

Controlling of the Threshold Voltage in an Organic Transistor using Dynamic Covalent Chemistry

東大生研 [1]，学振 PD [2]　○(P)南木 創 [1,2]，南 豪 [1]

IIS, Univ. of Tokyo [1], JSPS PD[2], °Tsukuru Minamiki[1], Tsuyoshi Minami[2]

E-mail: tsukuru@iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】 有機トランジスタの活性層は，共役性分子 (有機半導体) 間の非共有結合的な相互作用を介して構築される高次な分子集合体であり，簡易な製造プロセス (溶液法) との適合性や素子の機械的柔軟性に優れていることから，ディスプレイやセンサ [1] への応用に向けた研究開発が進められている．一方で，有機半導体の物性的特徴は，他の半導体材料に基づいたトランジスタと比較して素子特性のばらつきを大きくする要因となっている．とりわけ，閾値電圧の均一性は電子回路の特性に影響を及ぼすため，有機トランジスタの実践的応用には簡便な閾値電圧制御法の確立が重要となる．我々は化学刺激に基づく可逆的制御法の確立を指向し，グルコースとフェニルボロン酸との間に働く動的共有結合 [2] に着目した．当該反応機構を組み込んだ有機トランジスタを作製し，化学種添加をトリガーとした閾値電圧の制御を検討したので報告する．

【実験】 閾値電圧の制御性を評価するため，浮遊ゲート構造 [3] に基づいた電荷変調型有機トランジスタ [4] を作製した (Fig. 1b)．Al ゲート電極表面を UV/O_3 処理によって酸化させた後，オクタデシルホスホン酸によって被覆処理し，ゲート誘電体層を形成した [3]．バイアスストレスや素子間のばらつきによる電気特性への影響を極力排除するため，半導体層には高分子系材料 (PBTTT) を用いた．また，浮遊ゲート電極を延長させた部位に，4-メルカプトフェニルボロン酸によって修飾された金電極を導入した (Fig. 1b)．当該電極をリン酸緩衝液 (100 mM, pH 7.4) に浸漬し，グルコース濃度を増大させた際のトランジスタ特性を測定することで，閾値電圧の制御性を検証した．

【結果と考察】 グルコース濃度の増大に伴い，正方向への伝達特性および閾値電圧のシグモイド型シフト (Fig. 1c) が観測された．この結果はフェニルボロン酸の分子認識能を反映している．すなわち浮遊ゲート電極上のフェニルボロン酸がグルコースと結合してアニオン性フェニルボロネートエステルが形成され，これに伴い当該電極上における負電荷密度が増大した結果であると考察している [2]．この結果は，動的共有結合による有機トランジスタの駆動制御のみならず，分子認識情報に基づく分子メモリやセンサの構築に向けた重要な知見と言える．その詳細を発表する．

【謝辞】 本研究は，JSPS (科研費 特別研究員奨励費 16J08092)の支援を受けて行われた．

[1] T. Minamiki et al., *Appl. Phys. Lett.*, **104**, 243703 (2014). [2] T. Minami et al., *Chem. Commun.*, **50**, 15613 (2014). [3] T. Sekitani et al., *Science*, **326**, 1516 (2009). [4] M. Barbaro et al., *IEEE Trans. Electron. Dev.* **53**, 158 (2006).

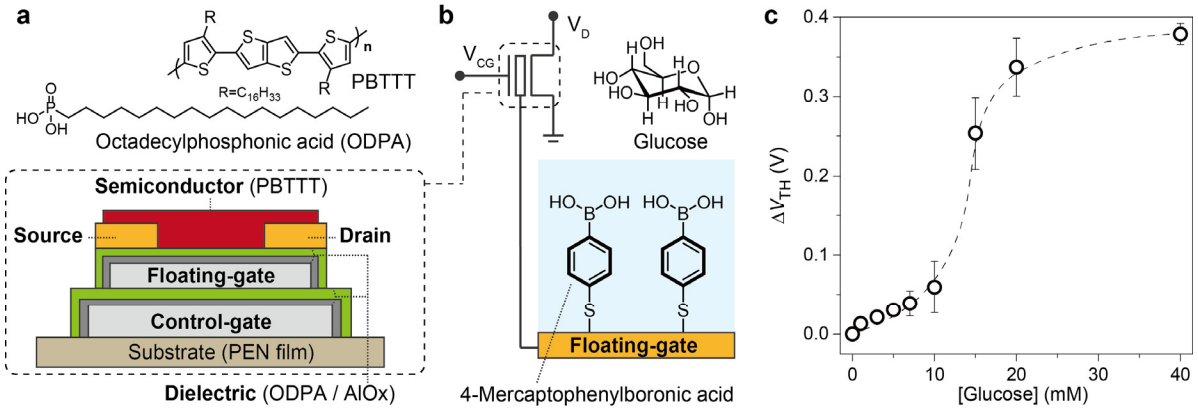

Fig. 1 (a) A schematic structure of a charge-modulated organic transistor. (b) A phenylboronic acid-modified floating-gate electrode for glucose recognition. (c) Changes in threshold voltage of the device by glucose at various concentrations in a phosphate buffer solution (100 mM) at pH 7.4. at r.t. [Glucose]=0–40 mM.

© 2017年 応用物理学会