

単一ポリフィリン分子トランジスタにおける分子の回転 と異方性分子軌道の効果

Effect of molecular rotation and anisotropic molecular orbital in a single H2TPP molecule transistor

東大生研¹、東大ナノ量子機構²、JST-CREST³

○坂田修一^{1,2}、北川裕一¹、小尾匡司¹、吉田健治^{1,2}、石井和之¹、平川一彦^{1,2,3}

IIS¹ and INQIE², the Univ. of Tokyo, JST-CREST³

○Shuichi Sakata¹, Yuichi Kitagawa¹, Masashi Obi¹, Kenji Yoshida¹, Kazuyuki Ishii¹, Kazuhiko Hirakawa^{1,2,3}

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

はじめに：Park らの単一分子トランジスタの報告 [1] 以降、様々な分子に関してその伝導特性やスピン、分子振動などの物性を調べる研究が盛んに進められている [2]。これらの単一分子デバイスの特性は、分子そのものの特性に加えて、単一分子の電極間での配置にも大きく影響される。特に異方性のある分子軌道を持つ分子を用いた単一分子デバイスにおいては、その効果は顕著である。したがって、分子の配置がデバイス特性に与える影響を解明することは今後の分子デバイスの設計に関して極めて重要である。しかし、これまで電極間のある特定の安定的配置に分子を置くことは可能であったが、その配置を外部から操作することは困難であったため、分子配置の影響は明らかにされてこなかった。本研究では、テトラフェニルポリフィリン分子 (H2TPP 分子、Figure (a)) を用いて単一分子トランジスタを作製し、同一サンプルにおいて分子の配置を複数の安定的配置に変化 (回転) させることに成功し、回転と異方性分子軌道の効果を明らかにしたので報告する。

実験・結果：熱酸化膜を有する導電性 Si 基板上、3 次元的な狭窄構造を持つ金のナノ接合を作製する。その接合に対して H2TPP 分子塗布下で高速制御断線 [3] を適用することにより単一分子接合を作製した (Figure (b))。作製した単一 H2TPP 分子トランジスタにたいして、複数回測定を行うと、 $I_{SD}-V_G$ 特性に現れるクーロンピークが Figure (c) に示すようにシフトした。これらのクーロン安定化ダイアグラムを解析することにより、(i) すべてピークは共通の分子に起因した電気伝導であること、(ii) 異方性分子軌道に起因した微分負性抵抗が観測されること、(iii) 微分負性抵抗の大きさの変化から分子が回転していること、(iv) 分子の軌道エネルギーが回転により大きく変化することがわかった。以上から、異方性分子軌道を持つ分子を介した電気伝導は、回転により電極-分子界面のトンネル現象が大きく変化するだけでなく、電極-分子界面の変化が分子自身の電子構造にも影響を与えていることがわかった。本結果は、単一分子デバイス設計に不可欠な知見を与えるだけでなく、単一分子メモリーなどの新たなデバイスの可能性も示唆する重要な結果である。

参考文献: [1] H. Park et. al., *Nature*, **407**, 57 (2000) [2] R. Vincent, *Nature*, **483**, 357 (2012) など [3] 坂田修一他、第 73 回応用物理学会学術講演会、12a-C8-8、松山、9 月 (2012)

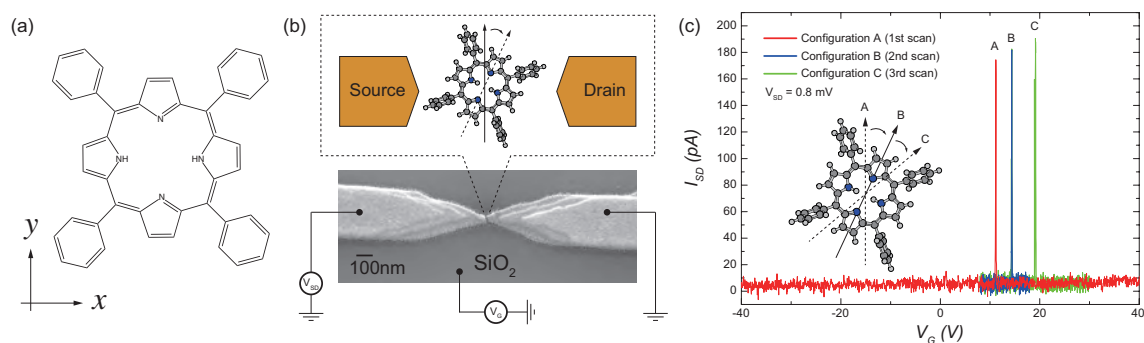


Figure (a) Chemical structure of a H2TPP molecule (tetra-phenyl-porphirin). (b) Scanning electron microscope (SEM) image of an electromigrated junction and schematic device structure of a single H2TPP molecule transistor. (c) $I_{SD}-V_G$ characteristics measured at $V_{SD} = 0.8$ mV at three different molecule configurations.