

単分子接合の交流特性  
AC characteristics of single-molecule junctions

山内一正、酒井 明

Kazumasa Yamauchi and Akira Sakai

京都大学工学研究科 材料工学専攻

Department of Materials Science and Engineering, Kyoto University  
Sakyo-ku, Kyoto 606-8501

微細な金属電極間ギャップに有機分子を一個挟んで作製される金属/分子/金属単分子接合は、従来のシリコンデバイスに代わる微細素子としての応用が期待されている。これまでに単分子接合の電子伝導については多くの研究が行われているが、実デバイスで重要となる高周波信号の伝達に関する実験はまだ未踏の領域である。理論面では Büttiker ら[1]によりメゾスコピック接合の交流伝導が議論されており、また一準位共鳴トンネル系については、その交流アドミッタンスが準位の幅  $\Gamma$  とフェルミエネルギーからの距離  $\Delta E$  の関数として与えられている[2]。しかし具体的な単分子接合に関して、これらの理論と実験結果とを比較した研究は行われていない。我々は単純な単分子接合が一準位モデルでよく記述できることに着目し、接合の  $I$ - $V$  特性の測定から  $\Gamma$  と  $\Delta E$  を求めて接合の交流サセプタンス（アドミッタンスの虚部）を評価することを試みた。同時にネットワークアナライザを用いて RF 領域における単分子接合のアドミッタンスの直接測定を行い、理論値の妥当性の検証を行った。

MCBJ 法を用いて Au/BDT/Au 単分子接合を形成し、単分子コンダクタンスと状態にある接合について  $I$ - $V$  特性の測定を行って、一準位モデルによる理論式との比較から  $\Gamma$  と  $\Delta E$  を決定した。その結果、 $\Gamma$  はコンダクタンスと正の相関があり、また  $\Delta E$  は 0.4~1.0 eV の間に分布することが明らかになっている。また得られた  $\Gamma$  と  $\Delta E$  は、他の測定結果とほぼ一致している。次に取得した  $\Gamma$  と  $\Delta E$  の値を Fu and Dudley [2] によるアドミッタンスの理論式に代入して、虚部であるサセプタンスを評価した。サセプタンスの符号が正から負にクロスオーバーする周波数は 170 THz 付近と推定され、従って少なくとも RF 領域では接合は capacitive であり、サセプタンスは  $\sim 10^{-8} G_0$  と非常に小さい値となる。一方、ネットワークアナライザにより 100 kHz~1 GHz の周波数領域で直接測定された接合のサセプタンスは、正から負へのクロスオーバーを示すものの、その大きさは  $\sim 10^2 G_0$  であり、 $\Gamma$  と  $\Delta E$  から評価されたサセプタンスよりも  $10^6$  のオーダー大きくなっている。接合の等価回路を用いた解析から得られる電極間静電容量の値は数 10 fF であり、電極断面積も  $0.3\sim 0.5 (\mu\text{m})^2$  であると評価される。従って、この電極間静電容量が BDT 分子の容量よりもはるかに大きく、RF 領域では分子の交流特性をマスクしてしまっていることが分かる。BDT 分子の場合、分子サセプタンスを観測するためには、電極間静電容量を少なくとも 0.1 fF 以下に低下させることが必要である。

[1] T. Christen and M. Büttiker, Phys. Rev. Lett. **77**, 143 (1996).

[2] Y. Fu and S. C. Dudley, Phys. Rev. Lett. **70**, 65 (1993).