

単一分子伝導における分子形状効果の3次元計測

Three-dimensional measurement of molecular conformation effect on single molecular conductance

○片山 智貴(筑波大学・数理物質科学研究科・電子物理工学専攻)

Tomoki Katayama (Univ. of Tsukuba)

近年、単一分子での伝導特性を測定するためのナノスケール測定技術の発展により、単一分子伝導機構の研究が精力的に進められているが、分子形状の変化が伝導特性に及ぼす影響について精密な実験計測はほとんど行われてきていない。本研究では STM 点接触法の改良を行い、STM 探針-基板間に形成される分子接合の形状を3次的に操作しながら、分子接合を介した電流を計測することによって単一分子伝導における分子形状の効果を測定する。図 1(a)に測定の概要を示す。分子接合の両電極となる STM 探針と基板表面は n 型 Si(001)ウエハーから作製し、測定対象の diethynylbenzene(DEB)分子は両端の3重結合と Si の間の共有結合を利用して STM 探針と基板の間に固定し分子接合を作成する。図 1(b)に分子接合形成後の STM 探針動作を示す。探針-試料間電圧を 2V に固定し、探針の位置を上下 Z 方向に sin 波状に変化させながら、2 周期毎に水平 XY 方向へステップ移動させることで、探針位置を3次的に変化させ分子接合形状を操作する。このようにして STM 探針位置に対して電流値の3次元分布が得られるがその一例を図 2 に示す。中央ボックス中に示すのは電流値 20nA の等電流面であり探針を遠ざけた場合(リトラクト、赤)と近づけた場合(アプローチ、青)でその位置が異なる。3 方向の黄色枠位置で切断した電流面を上下サイドに表示すると、電極間距離が近い場合はコンダクタンスの低い状態(青)にあるが、距離を遠ざけると、瞬間的にコンダクタンスの高い状態にスイッチすることがわかる。また、3 次的なスイッチング位置変化とともに、リトラクト面とアプローチ面の比較からスイッチング位置にヒステリシスがあることがわかる。理論計算より、この電流スイッチングは分子のシス-トランス変化によって引き起こされたものと示唆される。本研究で開発した測定手法によって、これまで分からなかった分子形状の変化による伝導特性の詳細な評価が可能になった。現在行っている金電極に架橋した benzenedithiol(BDT)での実験結果についても発表で説明する。

図 1(a)に測定の概要を示す。分子接合の両電極となる STM 探針と基板表面は n 型 Si(001)ウエハーから作製し、測定対象の diethynylbenzene(DEB)分子は両端の3重結合と Si の間の共有結合を利用して STM 探針と基板の間に固定し分子接合を作成する。図 1(b)に分子接合形成後の STM 探針動作を示す。探針-試料間電圧を 2V に固定し、探針の位置を上下 Z 方向に sin 波状に変化させながら、2 周期毎に水平 XY 方向へステップ移動させることで、探針位置を3次的に変化させ分子接合形状を操作する。このようにして STM 探針位置に対して電流値の3次元分布が得られるがその一例を図 2 に示す。中央ボックス中に示すのは電流値 20nA の等電流面であり探針を遠ざけた場合(リトラクト、赤)と近づけた場合(アプローチ、青)でその位置が異なる。3 方向の黄色枠位置で切断した電流面を上下サイドに表示すると、電極間距離が近い場合はコンダクタンスの低い状態(青)にあるが、距離を遠ざけると、瞬間的にコンダクタンスの高い状態にスイッチすることがわかる。また、3 次的なスイッチング位置変化とともに、リトラクト面とアプローチ面の比較からスイッチング位置にヒステリシスがあることがわかる。理論計算より、この電流スイッチングは分子のシス-トランス変化によって引き起こされたものと示唆される。本研究で開発した測定手法によって、これまで分からなかった分子形状の変化による伝導特性の詳細な評価が可能になった。現在行っている金電極に架橋した benzenedithiol(BDT)での実験結果についても発表で説明する。

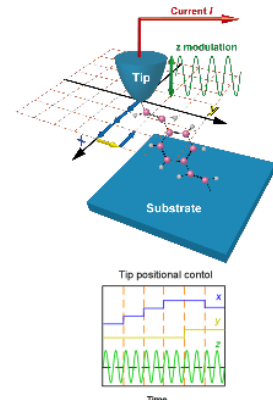


図 1 測定の概略図

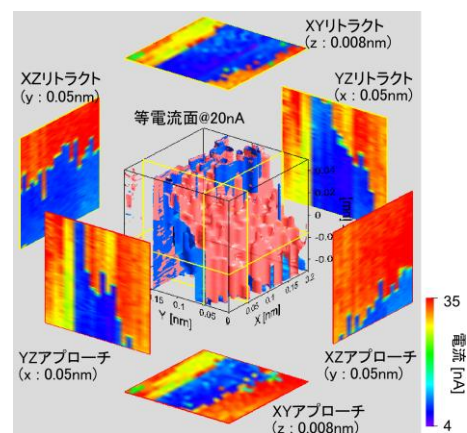


図 2 探針位置に対する単一分子
コンダクタンスの3次元マップ

現在行っている金電極に架橋した benzenedithiol(BDT)での実験結果についても発表で説明する。