

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 5 日現在

機関番号：12608

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2008～2012

課題番号：20108011

研究課題名（和文）

走査型プローブ顕微鏡による高次 π 空間系分子の精密電子物性計測と電子機能の発現

研究課題名（英文）

STM Measurements of Electrical Properties on p-conjugated Molecules and their Functions

研究代表者

真島 豊 (MAJIMA YUTAKA)

東京工業大学・応用セラミックス研究所・教授

研究者番号：40293071

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ科学・ナノ構造科学

キーワード： π 空間系分子、走査型トンネル顕微鏡(STM)、走査型トンネルスペクトロスコープ

1. 研究計画の概要

本新学術領域研究で合成される高次に組織化された π 空間系分子を走査型トンネル顕微鏡 (STM) により分子分解能で観察し、走査型トンネルスペクトロスコープ (STS) により分子内コンダクタンスを精密に計測することにより、 π 空間系分子の新しい電子機能を明らかにすることを目的としている。また、無電解めっきを用いて作製したギャップ長 5 nm のナノギャップ電極に、 π 空間系分子を埋め込んだ分子デバイスを作製することを目的としている。

2. 研究の進捗状況

アルカンチオール自己組織化単分子膜上の金属内包フラレンの分子軌道を分子分解能 STM 像により観察し、密度汎関数法により求めた分子の Kohn-Sham 軌道と比較することにより、金属内包フラレンの配向状態を明らかにした。次に、Current Imaging Tunneling Spectroscopy (CITS)法を用いて、金属内包フラレン内の電子準位の空間分布を検討した。また、高電界を金属内包フラレンに加えた際の分子の配向変化を分子分解能 STM 像により可視化することに成功した。さらに、内包金属を介したトンネル現象により電流が増大し、電界により分子の配向が変化することにより、金属内包フラレン分子が分子配向スイッチとして機能することを明らかにした。

新たな電子材料としての応用が期待される 14 個の π 電子に起因した芳香族化合物であるトリベンゾサブポルフィンについて、ホウ素上にアルキル基を置換したトリベンゾサブポルフィンを京都大学大須賀研究室

にて合成して頂き、分子分解能 STM/STS を用いて分子配向およびエネルギー準位の評価を行った。その結果、トリベンゾサブポルフィン誘導体の分子分解能 STM 像において、HOMO-1 の分子軌道に起因した逆三角形の分子軌道を観測した。また、トリベンゾサブポルフィン誘導体上の STS 測定から、トリベンゾサブポルフィンの HOMO, HOMO-1 に起因した dI/dV ピークを観察し、準位を見積もった。また、トリベンゾサブポルフィン誘導体が STM Tip 先端についた状態で、基板上のトリベンゾサブポルフィン誘導体の STS 測定をしたところ、2つの分子軌道間で分子共鳴トンネルダイオードが形成され、負性微分抵抗現象が観察されることを明らかにした。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由) 本新学術領域研究の研究者との共同研究により、 π 空間系分子の新しい機能として、負性微分抵抗現象を見出し、分子共鳴トンネルダイオードとして用いることを示しているため。

4. 今後の研究の推進方策

分子分解能 STM/STS を用いた π 共役系分子の電子準位の解明と機能開拓をさらに推し進めると共に、本研究により明らかとなった機能を用いた分子デバイスを固体基板上デバイス上で動作させることを目指す。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 17 件)

- ① Yasuo Azuma, Norihiro Kobayashi, Simon Chorley, Jonathan Prance, Charles G. Smith, Daisuke Tanaka, Masayuki Kanehara, Toshiharu Teranishi, and Yutaka Majima: Individual transport of electrons through a chemisorbed Au nanodot in Coulomb blockade electron shuttles; *J. Appl. Phys.*, 109, 024303, 2011, 査読有り
- ② Luis De Los Santos Valladares, Lizbet Leon Felix, Angel Bustamante Dominguez, Thanos Mitrelias, Francois Sfigakis, Saiful I Khondaker, Crispin H W Barnes, and Yutaka Majima: Controlled Electroplating and Electromigration in Nickel Electrodes for Nanogap Formation; *Nanotechnology*, 21, 445304(8), 2010, 査読有り (Cover Art)
- ③ Shinya Kano, Yasuo Azuma, Masayuki Kanehara, Toshiharu Teranishi, and Yutaka Majima: Room-Temperature Coulomb Blockade from Chemically Synthesized Au Nanoparticles Stabilized by Acid-Base Interaction; *Appl. Phys. Express*, 3, 105003(3), 2010, 査読有り
- ④ Masachika Iwamoto, Daisuke Ogawa, Yuhsuke Yasutake, Yasuo Azuma, Hisashi Uemoto, Kazunori Ohashi, Noriko Izumi, Hisanori Shinohara, and Yutaka Majima: Molecular Orientation of Individual Lu@C82 Molecules Demonstrated by Scanning Tunneling Microscopy; *J. Phys. Chem. C*, 114 (35), pp 14704-14709, 2010, 査読有り (Cover Art)
- ⑤ Shigeki Hattori, Shinya Kano, Yasuo Azuma, and Yutaka Majima: *J. Phys. Chem. C*, 114 (18) pp. 8120-8125, 2010, 査読有り

〔学会発表〕 (計 102 件)

- ① Yutaka Majima: Single-Electron Transistors fabricated by Electroless Plated Nanogap Electrodes and Chemisorbed Au Nanoparticle; 2010 10th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology, Nov. 1-4, 2010, Shanghai, China (招待講演)
- ② Majima Y. : Electroless Au Plating and Scanning Tunneling Spectroscopy toward Molecular-based Devices; 60th Anniversary Conference on Coordination Chemistry (60CCCO), September 27-30, Oosaka, Japan (招待

講演)

- ③ Yutaka Majima: Nanogap Electrodes by Self-terminating Electroless Gold Plating Toward Molecular Devices; The 21st International Conference on Molecular Electronics and Devices (21st IC ME&D), IP8 May 19, 2010, Sunchon, Korea (招待講演)
- ④ 真島 豊: 無電解メッキナノギャップ電極を用いた単電子・分子デバイス; 第69回表面科学研究会, 2011, 3/9, 東京(招待講演)
- ⑤ 真島 豊: 分子デバイス構築に向けたナノギャップ電極作製と STM/STS 観察; 高分子エレクトロニクス研究会, 2011, 1/21, 静岡

〔図書〕 (計 2 件)

- ①真島 豊 他、国武豊喜監修、エヌ・ティー・エス、超分子サイエンス&テクノロジー、2009、1244 (pp. 634-641)
- ②真島豊 他、森健彦、長谷川達生監修、シーエムシー出版、有機トランジスタ材料の評価と応用Ⅱ、2008、233 (pp. 176-185)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕