

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 22 日現在

機関番号：14401
研究種目：新学術領域研究
研究期間：2008～2012
課題番号：20111016
研究課題名（和文） トップダウン空間規制電極による自己組織的分子機能創発
研究課題名（英文） Emergence of self-organized molecular system with top-down nanoelectdes
研究代表者
松本 卓也 (MATSUMOTO TAKUYA)
大阪大学・産業科学研究所・准教授
研究者番号：50229556

研究代表者の専門分野：複合領域、表面科学、反応物理化学、物性化学

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ科学・ナノ材料・ナノバイオサイエンス

キーワード：ナノ電極、自己組織化、分子エレクトロニクス、バイオチップ、分子認識、
ナノ構造体、微細加工、複製モールド

1. 研究計画の概要

ナノスケール空間の少数分子系に現れるゆらぎや確率共鳴を利用して、論理デバイスおよびセンサーとしての機能を創発する。分子の局在性を生かし、酸化還元準位を経由したナノスケールの空間におけるホッピング伝導を用いることで、熱励起による「ゆらぎ」の効果を機能として利用しようとする。この考え方をもとに、構造や物性の揺らぎを許容する少数分子システムを機能化する新しいデバイス原理の構築を試みる。

2. 研究の進捗状況

少数分子系から構成された分子ネットワークにおける確率共鳴現象の観測を行い、論理デバイスおよびセンサーとしての可能性について検討した。チトクロムc/DNA アレイに注目し、酸化シリコン表面上にネットワークを形成し、傾斜蒸着法によるトップコンタクト電極を作成して、電流-電圧特性について調べた。その結果、チトクロムcの酸化還元をクーロンブロッケードに対応した動作を行うことを明らかにした。低温における電流-電圧特性はn次元クーロンブロッケ

ードの理論に良く一致することを発見した。このときの経路次元数 ζ は、分子ネットワークのテクスチャーを反映し、一次元的な構造が強いときには ζ 値は二次元ネットワークのときの値より低くなり、バンドルを含むなど3次元的な要素を含む時には、 ζ 値は二次元のときの値よりも大きくなった。このことは、分子ネットワーク中での電流経路の分岐と合流が存在することを示唆しており、分子ネットワークが分子回路として働いていることがわかった。

さらに、分子ネットワークを構成する個々の要素が閾値特性を持つことに注目し、確率共鳴現象の検出を行った。信号にノイズを重畳したときの出力信号は、信号/ノイズ比が明らかに改善し、信号/ノイズ比が最も良くなるノイズ強度が存在することがわかった。このような特性は、やはり分子ネットワーク中で信号の分岐と合流が起こっていることを示していることから、分子回路を実現できた。

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)

(1) 分子の酸化還元をクーロンブロッカーと見なしたネットワークシステムの構築に成功し、クーロンブロッカーモデルで良く説明できる物性を得た。

(2) 上記システムにおいて、確率共鳴を観測し、分子の自己組織化システムにより脳と類似の働きを示すデバイスを構築できる可能性を示した。

4. 今後の研究の推進方策

分子ネットワークを用いて多入力、多出力の写像型演算を行うことを目指して、多極ナノ電極の形成を行う。トップコンタクトによる多極電極を形成するために、ナノトランスファープリンティングを用いて、ナノスケールの任意形状を持つ金属電極を分子ネットワーク上に転写する。多数の電極からの信号の相関を利用することにより、パターン認識などへの応用を目指す。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕 (計13件) 全て査読有

①Y. Maeda, T. Akita, M. Daté, A. Takagi, T. Matsumoto, T. Fujitani, M. Kohyama, Nanoparticle Arrangement by DNA-programmed Self-assembly for Catalyst Applications, J. Appl. Phys, 108[9], 094326 (4pp), 2010, 査読有

②E. Mikamo-Satoh, F. Yamada, A. Takagi, T. Matsumoto, T. Kawai, Microscopy: Imaging DNA and Protein Polarizations One by One, Nanotechnology, 20[14], 145102(6pp), 2010, 査読有

③B.K.Lee, N.Y.Hong, H.Y.Lee, D.P.Kim, T.Kawai, Replica Mold for Nanoimprint Lithography from a Novel Hybrid Resin, Langmuir, 25[19], 11768-11776, 2009, 査読有

〔学会発表〕 (計 9 件)

①松本卓也、シトクロムcのスラブ光導波路分光と確率共鳴デバイスの構築、第7回バイオ

プティクス研究会・理研シンポジウム「蛍光相関分光と情報伝達 (7)」合同シンポジウム、2010年12月3日、東京農工大学大学院生物システム応用科学府本館(東京都 小金井市) (招待講演)

②松本卓也、ソフトナノマテリアルの電流経路イメージング、第57回応用物理学関係連合講演会、2010年3月19日、東海大学湘南キャンパス(神奈川県平塚市) (招待講演)

③松本卓也、ニューロンを模倣した表面ネットワーク分子デバイスへのアプローチ、第29回表面科学学会講演会シンポジウム、高次階層性を持つ表面分子ナノシステム、2009年10月27日、タワーホール船堀(東京) (招待講演)

〔図書〕 (計 2 件)

①松本卓也、NTS、「超分子ナノエレクトロニクス」超分子サイエンス&テクノロジー—基礎からイノベーションまで— (国武豊喜 監修) 第3章 超分子の新しい展開とナノマテリアル、第2節 超分子デバイス、2009、244 (642-646)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称：ナノインプリントリソグラフィー用の高耐久性レプリカモールドおよびその作製方法

発明者：B.K.Lee、H.Y.Lee、川合 知二、

N.Y.Hong, D.P.Kim,

権利者：大阪大学

種類：特許

番号：特願2009-0006902

出願年月日：2009年6月5日

国内外の別：国内

○取得状況 (計 4 件)

〔その他〕

ホームページ

<http://www-souhatsu.sanken.osaka-u.ac.jp/>