

Title	Studies on nanoscale electrical and magnetic properties of DNA complexes with nanoparticles and molecules
Author(s)	山田, 郁彦
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48853
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	やま だ ふみ ひこ 山 田 郁 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 1 2 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学 位 論 文 名	Studies on nanoscale electrical and magnetic properties of DNA complexes with nanoparticles and molecules (DNA を用いた微粒子及び分子複合体のナノスケール電気・磁気物性に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 川 合 知 二 (副査) 教 授 多 田 博 一 教 授 鈴 木 義 茂 准 教 授 松 本 卓 也

論 文 内 容 の 要 旨

分子の孤立性を利用した分子間の電子移動を生かした少数分子系素子の作製を目標とした研究を行った。少数分子系素子を作製するにあたっての問題点は要素技術である自己組織化による構造作製・電荷分布の測定技術の確立、信号の取り出し手法が確立されていないことである。そこで当研究では、構造作製として DNA をテンプレートに用い、自己組織化による金属微粒子と遷移金属錯体の配列を行い、電気特性評価を行った。また、原子間力顕微鏡を応用することで絶縁体上に構築された分子のナノ構造に存在する電荷の高分解能分析手法の開発を行った。DNA をテンプレートに用いた構造作製の成果として、金微粒子を有機分子で架橋・結合し、ナノスケールのベルト構造作製に成功した。また、Mn12 核錯体を DNA に化学的に結合することで Mn12 と DNA によるワイヤ構造の作製を行った。Mn12 核錯体と DNA の複合体の電気特性評価を行ったところ、200 K 以上の高温では錯体分子間をホッピングによる電子伝導が起こることを示した。また、この複合体の電気特性を磁場中で評価したところ、200 K 以上で磁気抵抗効果を示すことを発見した。少数分子系素子評価手法として、絶縁体上に吸着した少数分子の電荷測定手法の確立を行った。絶縁体基板上で少数分子の電荷を測定することは不可能と思われてきたが、計算と実験の両面から可能であることを証明した。測定の必要条件は AFM 短針先端と基板表面間に十分な強度の電界がかかることであり、有限要素法を用いた電位計算を行うことで、十分な電界がかかり、測定が可能であることを証明した。また、金微粒子や DNA 等の分子を測定することで、基板表面に吸着した分子の双極子を測定できることを明らかにした。基板表面に電荷を注入することにも成功した。また、基板表面吸着分子の分極率差を検出することにも成功した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

分子を素子として用いた分子エレクトロニクスデバイスの概念が提案され、実現が目指されている。学位申請者は、自己組織化により分子を配列したデバイス構造作製を目標とした要素技術の開発を行った。

本論文では、DNA をテンプレートに用いた分子・微粒子の配列制御と、絶縁体基板上に構築されたナノ構造の電

荷測定および分極率測定手法の確立を行った。まず、分子・微粒子の配列制御においては、DNA 上で分子を用いて金微粒子同士を結合し、金微粒子ベルト構造の作製に成功した。これはナノスケールにおいても構造の制御が可能であることを示す成果である。また、化学的に結合した DNA と Mn12 核錯体複合体を基板に展開し、電気特性評価に成功した。結果、複合体の電気伝導の起源は、Mn12 核錯体間における電子のホッピング伝導であることが明らかとなった。また、DNA と Mn12 核複合体は 200 K 以上で磁気抵抗効果を示すことを発見した。

絶縁体基板上に構築されたナノ構造の電荷及び分極率測定では、計算と実験の両面から測定手法の体系化を行った。現在まで絶縁体基板上の微小電荷の測定は不可能であると信じられてきたが、系の電位を計算することで測定が可能であることを理論的に証明した。実験では吸着分子の電荷及び分極率の測定を試み、基板表面に吸着した分子の電荷及び双極子モーメントに起因する電位変化の検出に成功した。また、吸着分子の分極率差を画像として検出することにも成功した。この手法は絶縁体基板上に構築されたナノ構造の電荷追跡実現に向けた礎となり、発展することが期待される。

これらの結果は、分子エレクトロニクス実現へ道を拓くものであり、学術的な意義も大きいといえる。以上のように、本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。