



後天的に機能を獲得する分子素子

■ 教授 菅原 正 ■ 理学部 ■ 化学科

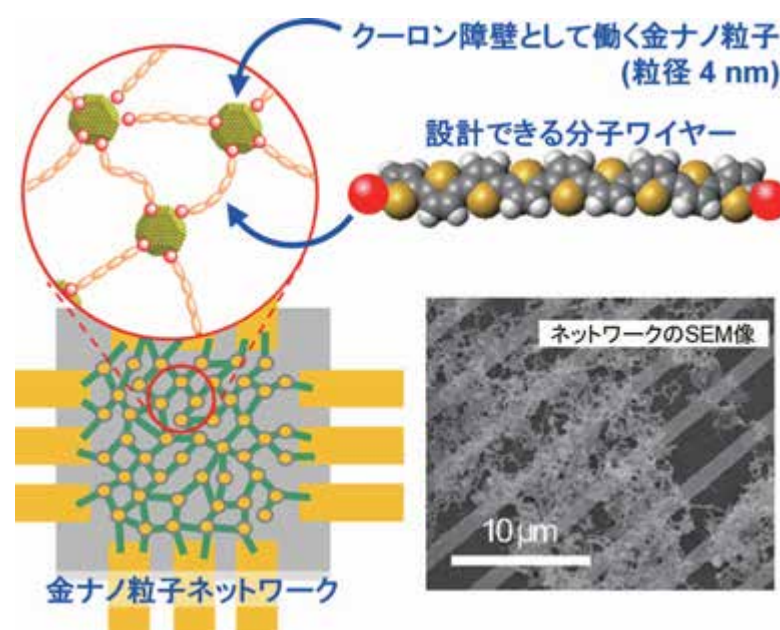


キーワード

有機導体・有機FET・金ナノ粒子・クーロンブロッケード・巨大負性磁気抵抗



当研究室では分子性結晶からなる有機強磁性体、巨大負性磁気抵抗を示すドナーラジカル結晶を創出してきた[1,2,3]。また、単層・単一分子からなる両極性FET（電場効果トランジスタ）素子を実現し、この試料に電場による後天的調教を行うと、顕著な整流性が現れることを示した[4,5,6]。一方、クーロンブロッケードとして働く金ナノ粒子をワイヤー分子で連結したネットワークでは、ナノ粒子間にワイヤー分子を介した単電子トンネル伝導が起こり、スピン分極ワイヤー分子を用いると負性磁気抵抗が現れること、ビオローゲン型ワイヤー分子を用いて、後天的に電解還元を行うと、低温域での抵抗が2千分の1に減少することを見出している[7,8,9]。



ナノ粒子や有機分子といったナノサイズ材料での回路形成の問題点として、配線の難しさが挙げられる。これに対し、本アプローチでは 1) 金ナノ粒子とワイヤー分子の自己組織化により、ネットワーク構造体を作成する。2) 完成したネットワークに含まれる莫大な組み合わせのパーコレーション的電子輸送経路から、必要な機能を担う部分を選び出す、あるいは後天的な機能育成を行う、といった逆転の発想が可能である。すなわち、ある電子機能を予め設計して作り込むのではなく、望んだ回路を育むという点が、これまでの材料開発とは大きく異なる。

（ 今後の展望 ）

将来展望としては、このネットワークを用いた「ニューラルネットワークモデル」の構築がある。電氣的刺激に応じて、非線形な応答およびヒステリシスを示す分子ワイヤーで、多極電極上に分子ネットワークを作製し、パルス電圧によりパーコレーション的な信号経路を形成させる。この経路形成は、分子ワイヤーの構造変形を伴うため、ネットワーク上に信号経路を「記憶」させることができる。また、信号の反復により、記憶の自己組織化が進み、分子ネットワークは刺激に対する応答を「学習」する。さらに、信号経路間に相互作用を導入した場合は、「演算」が可能となり、従来の半導体プロセッサとは異なる、情報処理システムの開発に繋がるだろう。

MESSAGE

後天的な機能付与が可能なナノ粒子ネットワークは、従来の有機機能性物質の開発研究に対して、新しい概念に基づくブレイクスルーをもたらすと期待される。有機素材の耐久性、作動温度の向上など、種々の課題もあるが、これらはまさに企業の基礎研究所が得意とする研究内容である。そのための基礎データを提供する用意がある。

I N F O R M A T I O N

- [1] 菅原ほか, 「スピン化学が拓く分子磁性の展開(日本化学会 編)」, Part I, 2章, Part II, 3章, 化学同人(2014)
- [2] 菅原ほか, 現代化学, 4月号, 49-53 (2011)
- [3] 菅原ほか, 現代化学 7月号, 44-45 (2014)

単層・単一分子ダイオード

- [4] T. Suagwara et al., Pure Appl. Chem. 84, 979-989 (2012)
- [5] 特願2009-38657
- [6] 特願2009-38658

ナノ粒子ネットワーク関連

- [7] 菅原, 先端化学シリーズVI, 136-145, 丸善(2004)
- [8] 菅原ほか, 月刊機能材料 7(28), 38-48 シーエムシー出版 (2008)
- [9] 菅原ほか, 豊田研究報告 68, 85-99 (2015)