

樋口昌芳

(独)物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点
独立研究者／グループリーダー

エレクトロクロミック型カラー電子ペーパー

§1. 研究実施の概要

【研究のねらい】 電子ペーパーは、電源を切っても表示が続く次世代ディスプレイであり、将来新聞やポスター等の代替品として、省エネルギーと省資源に寄与すると期待されている。従来の電子ペーパーは白黒表示であるため、カラー化が重要な研究課題となっている。本研究では、革新的エレクトロクロミック材料(電気で色が変わる材料)の創製と、それを用いたカラー電子ペーパーの開発を目的とする。

【これまでの研究の概要、及び研究進捗状況】 これまでに我々は、ビス(ターピリジン)と鉄などの金属イオンからなる有機／金属ハイブリッドポリマーが優れたエレクトロクロミック機能を有することを見出している。現在、新しい有機モジュール(金属配位部位を 2 ヶ所有する有機分子)を設計・合成し、金属イオンとナノスケールで数珠つなぎに結合させることで様々な有機／金属ハイブリッドポリマーの開発を行っている。また、新しい表示デバイス素子の開発も並行して行っている。

【研究成果】

次の(A)～(D)に関する研究成果を得た。

(A)有機／金属ハイブリッドポリマーの開発(下記3項目)

(A-1)アゾ基を有する新規有機モジュールの合成とそれを用いたハイブリッドポリマーの開発

(A-2)二座配位の新規有機モジュールの合成とそれを用いたハイブリッドポリマーの開発

(A-3)ランタノイド金属イオンを含む有機／金属ハイブリッドポリマーの開発

(B)有機／金属ハイブリッドポリマーの電子・光物性評価

(C)新デバイス構造の探索

(D)新応用分野の開拓(医療応用)

【今後の見通し】 学術的知見を統合し製造プロセスへと展開することで、従来にないエレクトロクロミック型カラー電子ペーパーを開発する。また、新しいデバイス構造を探索・発明することで、簡素で実用性の高い革新的表示デバイスを実現する。さらに、新規物質群である有機／金属ハイブ

リッドポリマーの電子・光物性を解明し、カラー電子ペーパー以外のアウトカム(太陽電池や二次電池など)も含めた基礎・基盤技術の確立を目指す予定である。

§2. 研究実施体制

(1) 樋口グループ((独)物質・材料研究機構)

① 研究分担グループ長: 樋口 昌芳 (物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点、独立研究者/グループリーダー)

② 研究項目

- ・有機/金属ハイブリッドポリマーの開発
- ・エレクトロクロミック型カラー電子ペーパーの作製
- ・新デバイス構造の探索

(2) 森山グループ((独)物質・材料研究機構)

① 研究分担グループ長: 森山 悟士 (物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点、独立研究者)

② 研究項目

- ・有機/金属ハイブリッドポリマーの物性評価
- ・エレクトロクロミック型カラー電子ペーパーの物性評価

§3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

(A) 有機／金属ハイブリッドポリマーの開発

【研究目的】 有機／金属ハイブリッドポリマーは、有機モジュールと金属イオンが交互に錯形成した構造を有する新しいタイプのポリマーである(図1)。本研究項目では、様々な分子構造を有する有機／金属ハイブリッドポリマーを設計・合成し、未踏の研究分野を開拓することを目的とする。

【方法・結論】 平成22度は、様々な構造の有機モジュールを設計・合成し、金属イオンとの錯形成挙動を解明することで新しい有機／金属ハイブリッドポリマーの開発を行った。得られた有機／金属ハイブリッドポリマーの分光学的特性を種々のスペクトル測定から明らかにするとともに、原子間力顕微鏡による直接観察などにより、そのポリマー鎖の長さや形状を明らかにした。また、ポリマーフィルムを作製し、エレクトロクロミック特性を評価した。具体的には、下記の3項目を重点的に行った。

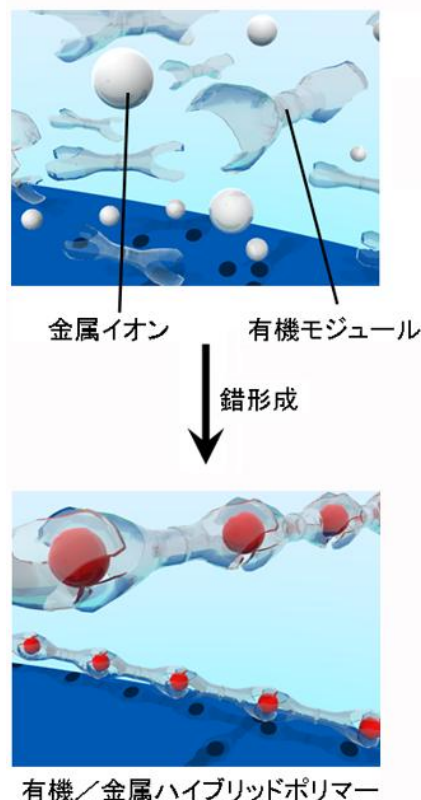


図1 有機／金属ハイブリッドポリマー形成の模式図

(A-1) アゾ基を有する新規有機モジュールの合成とそれを用いたハイブリッドポリマーの開発

ターピリジン以外の三座配位部位として、アゾ基を導入した配位部を有する新規有機モジュールを設計・合成した。

得られた有機モジュールと六配位の金属イオンとの錯形成を行い、有機モジュールと金属イオンが交互に連結した新規有機／金属ハイブリッドポリマーを開発した。電気化学特性やエレクトロクロミック特性を明らかにした。

(A-2) 二座配位の新規有機モジュールの合成とそれを用いたハイブリッドポリマーの開発

これまで合成してきた有機モジュールは全て三座配位部位を有しているため、鉄やコバルト、ルテニウムといった六配位の金属イオンと過不足なく錯形成し、ハイブリッドポリマーを形成した。一方で、銅やパラジウムなどの四配位の金属イオンを用いる場合には、二座の配位部位を有する有機モジュールが必要となる。そこで平成22年度は、有機／金属ハイブリッドポリマーにおける使用金属イオンの種類を増やすことを目的として、二座の配位部位を両端に有する有機モジュールの開発研究を行った(特許出願済)。

(A-3) ランタノイド金属イオンを含む有機／金属ハイブリッドポリマーの開発

これまでに合成した有機／金属ハイブリッドポリマーでは遷移金属イオンを用いてきた。一方、発光特性など特異な機能を有するランタノイド系金属イオンをハイブリッド内に導入できれば、エレクトロクロミック特性以外の機能も期待される。有機／金属ハイブリッドポリマーの有用性に関する基礎的知見を得る目的で、ランタノイド系金属イオン(ユーロピウムやテルビウム)の導入を行った。これらの金属イオンは特に酸素元素に対して強い配位性を示すことが知られているため、ターピリジン部位にカルボン酸の側鎖を導入した新しい有機モジュールを設計・合成し、それとランタノイド系金属イオンを錯形成させることで目的とするハイブリッドポリマーを得た(特許出願済)。

(B) 有機／金属ハイブリッドポリマーの電子・光物性評価

【研究目的】有機／金属ハイブリッドポリマーの電子物性評価を、平成 22 年度から 25 年度にかけて約 3 年半で行う。EBJ 法によって作製したマイクロからナノスケールのギャップを持つ微小電極を取り付け、極低温から室温までの電子輸送特性を調べる。得られた結果を理論研究と組み合わせることで解析することにより、材料の基礎物性およびポリマー材料・金属電極間の界面物性を明らかにする。

【方法・結論】平成22年度は、微小電極を用いて有機／金属ハイブリッドポリマーの電気伝導特性を明らかにした。

(C) 新デバイス構造の探索

【研究目的】これまでに得られた成果をさらに発展させるとともに、デバイス構造を探索・発明することで、革新的な表示デバイスを実現する。本研究項目は、平成 25 年度から 27 年度の 3 年間で行う予定であるが、平成22年度に研究を前倒して開始し、以下の成果を得た。

【方法・結論】デバイス構造を変更することで、プリンタブル電子ペーパーを実現した。本デバイスにおいて、プラスチック基板を従来のガラス基板の代わりに用いることで、デバイスのフレキシブル化も実現できた(特許出願済)。

(D) 新応用分野の開拓(医療応用)

【研究目的】本研究は、革新的エレクトロクロミック材料の創製と、それを用いたカラー電子ペーパーの開発を目的としている。得られた学術的知見を統合し製造プロセスへと展開することで、従来にはないエレクトロクロミック型カラー電子ペーパーを開発するとともに、新しいデバイス構造を探索・発明することで、簡素で実用性の高い革新的表示デバイスを実現する。しかし本研究のねらいは、それだけにとどまらない。新規物質群である有機／金属ハイブリッドポリマーの電子・光物性を解明し、カラー電子ペーパー以外のアウトカムも含めた基礎・基盤技術の確立を目指している。

【方法・結論】平成22年度は、有機／金属ハイブリッドポリマーの医療応用を探索し、鉄やルテニウムイオンを含むハイブリッドポリマーがDNA鎖と定量的に強く会合することを明らかにした¹⁾。次年度以降、本成果を基にして、DDS(ドラッグデリバリーシステム)への応用を目指す予定である。

§4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. Jinghua Li, Zdenek Futera, Hongfang Li, Yoshitaka Tateyama and Masayoshi Higuchi, “Conjugation of organic-metallic hybrid polymers and calf-thymus DNA”, Phys. Chem. Chem. Phys., vol. 13, pp.4839-4841, 2011 (DOI: 10.1039/c0cp02037k)

(4-2) 知財出願

① 平成22年度特許出願件数(国内 3件)

② CREST 研究期間累積件数(国内 3件)