

分子性導体ナノ結晶を利用した バルクヘテロ接合型太陽電池の開発

Development of Bulk Heterojunction Solar Cell with Nanocrystals of Molecular Conductors

松田真生 東京大学物性研究所 助教

Masaki MATSUDA, the Institute for Solid State Physics,
the University of Tokyo, Research Associate

【概要】

将来のエネルギー需要は一層増加することが予想されているが、現在の我々の生活では「エネルギー消費」は「CO₂排出」に直結しており、無尽蔵かつクリーンな太陽エネルギーを利用した発電素子＝太陽電池の開発は、今後の飛躍的な発展が切望される研究分野である。特に、比較的容易なプロセスで作製される有機薄膜太陽電池は、作製時の消費エネルギーが小さいことや活性層に貴金属を用いないことから、「真の低環境負荷型太陽エネルギー利用素子」であると言える。よって、その早急な実用化が求められている一方で、変換効率の低さが解決すべき大きな課題となっている。本研究では、「構成成分として分子性導体のナノ結晶を取り入れたバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の開発」という新しい視点から有機薄膜太陽電池の高効率化を目指す。

【Abstract】

It is expected that demand for energy will increase due to economic and population growth, although energy consumption leads to environmental destruction, especially to increased air pollution from traditional means of producing energy. Therefore, the development of solar cells, which utilize inexhaustible and clean solar energy, is strongly desired. Above all, organic solar cells are “environmentally friendly”, since energy consumption for fabricating devices is relatively

low and the active layer(s) of them does not contain rare metal. However, energy conversion efficiency of organic solar cells is not sufficient for practical use, and improvement of the efficiency is a most important issue. In this study, I propose a development of the bulk hetero-junction solar cell with nanocrystals of molecular conductors, which is a new approach to improve energy conversion efficiency of organic solar cells.

【研究目的】

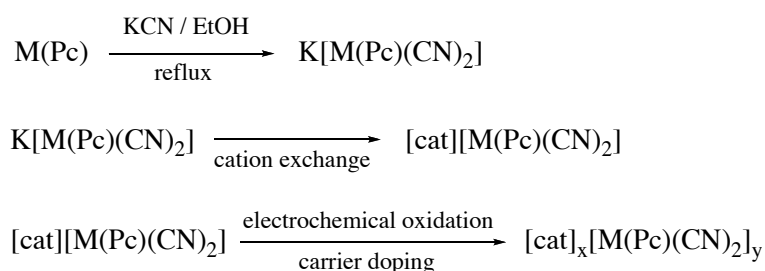
有機化合物や金属錯体といった低分子化合物への化学的なキャリアドーピングにより、高い導電性を示す分子結晶、すなわち、「分子性導電体」を得ることができる。

分子性導電体を用いることによって、近年、その低環境負荷という特色に加えて、軽量性や柔軟性と安価な製造コストという点から大きな注目を集めている有機薄膜太陽電池の変換効率を向上させ得ることを期待し、そのために必要となる分子性導電体導入方法を確立させることを当初目標とした。

【研究経過と成果】

分子性導電体としては、まず、申請者が以前から開発に携わっているジシアノ金属フタロシアニン ($[M(Pc)(CN)_2]$) を構成成分とするものを対象とした。その合成スキームを下に示す。金属フタロシアニンは、非常に安定な化合物であり、古くから有機半導体材料として有機薄膜素子の構成成分としても利用されているものである。

一方、金属元素を含まない、有機化合物のみからなる分子性導電体の構成成分として、最も広く用いられている Bis(ethylenedithio)tetrathia fulvalene (BEDT-TTF) についても対象とした。



$[M(Pc)(CN)_2]$ を成分とする分子性導電体の作製スキーム

分子性導電体の作製は、適切なカウンターイオンと組み合わせ、電気化学的なキャリア注入により行った。キャリア注入の制御により、多様な電子状態を構築できるのも分子性導電体の特徴である (図 1)。

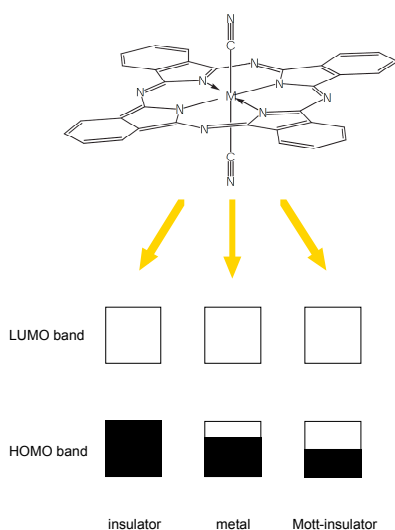


図 1 [M(Pc)(CN)₂]を用いた分子性導電体の多様な電子状態

実験計画に従い、いくつかのアプローチから複数の分子性導電体に関し導入方法を試みた。そのうち、バルク結晶を「すり潰す」という、もっとも単純な手法で分子性導電体の微小結晶を作製することを達成できている。「すり潰す」条件 (使用する乳鉢、溶媒などの選択や時間) により、得られる結晶サイズに依存が見られ、現在の段階では [M(Pc)(CN)₂] および BEDT-TTF のいずれを構成成分とする分子性導

電体に関しても、サブミクロンオーダーのサイズにすることができている (図 2)。この手法は、これまでに報告されている数百以上のほぼすべての分子性導電体に関しても同様に微小化することが可能になることを示唆すると言える。

一方、[Fe(Pc)(CN)₂]について、その光照射による電気特性の変調を検証した。フォトリソグラフィにより作製した楕形電極上に [cat][Fe(Pc)(CN)₂] を展開し、その電圧-電流 (*I-V*) 特性を調べた (図 3)。その結果、光照射のない状態では電流はほとんど流れないのに対し、光照射下では大きな電流を観測する

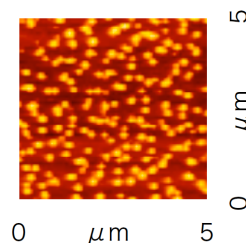


図 2 作製した分子性導電体微小結晶の AFM 像

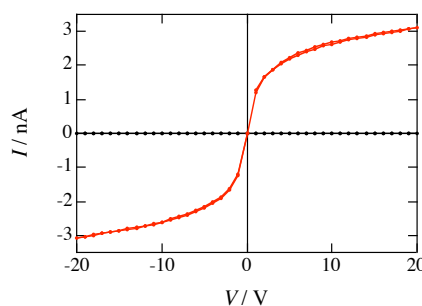


図 3 [cat][Fe(Pc)(CN)₂]への光照射による *I-V* 特性の変化

ことができ、 $[\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2]$ が光照射によりキャリアを生成する特性を持っていることを確認できた。

【今後の課題と発展】

複数種の分子性導電体に関して、微小結晶を作製する手法をほぼ確立することができた。今後はこれを如何に太陽電池に組み込むかであるが、図2に見られるような微小結晶を、他の有機太陽電池の構成分子あなる溶液に分散することで分子性導電体とのバルクヘテロ接合を形成することが可能になると考えられる。引き続き研究を継続することで有機薄膜太陽電池の変換効率向上を目指す。

また、図3に見られる $[\text{cat}][\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2]$ の光照射への電流応答性は、分子性導電体そのものを光キャリア生成の起源として利用できる可能性を示唆しており興味深いものである。この現象を利用した新しい太陽電池の開発を目指した研究も継続して行う。

【発表論文リスト】

“Fabrication and properties of nanocrystalline of molecular conductors.”

M. Matsuda and H. Tajima, to be submitted.

“Photo-irradiation effect on soluble phthalocyanine compounds.”

M. Matsuda and H. Tajima, to be submitted.