

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 ZHANG Huiqiu
 学位 博士 (工学)
 学位記番号 新大院博 (工) 第 432 号
 学位授与の日付 平成 27 年 9 月 24 日
 学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
 博士論文名 Preparation and photoelectrical properties of C₆₀-PEG / conducting polymer composite material
 (C₆₀-PEG / 導電性高分子複合材料の作製と光電特性)

論文審査委員 主査 教授・八木政行
 副査 教授・山内 健
 副査 教授・金子隆司

博士論文の要旨

本研究ではフラーレン (C₆₀) を機能化したポリエチレングリコールグラフト化フラーレン (C₆₀-PEG) のゲル内で導電性高分子を合成することで、機能性複合化ゲルを創成する手法を確立し、得られた複合材料の光電特性について評価した。

本論文は 4 章から成り、第 1 章では、本研究の背景および本研究の目的と意義について述べ、最後に各章の構成内容について説明した。

第 2 章では、C₆₀-PEG ゲルおよび C₆₀-PEG / 導電性高分子複合ゲルの作製とその光電特性についてまとめた。C₆₀-PEG ゲルはフラーレンとポリエチレングリコールマクロアゾ開始剤 (AzO-PEG) を反応させることで作製し、化学酸化重合法を用いて C₆₀-PEG ゲル中で PEDOT を重合することで C₆₀-PEG / PEDOT ゲルを作製した。作製したゲルは粉末 X 線回折測定により分析した結果、C₆₀-PEG ゲルと PEDOT は結晶構造であり、C₆₀-PEG / PEDOT 複合ゲルはアモルファスな構造であった。これは、PEDOT の重合プロセスが C₆₀-PEG ゲルの結晶構造に影響し、C₆₀-PEG ゲルと PEDOT が分子レベルで混合していることが示唆された。また、C₆₀-PEG ゲル、および C₆₀-PEG / PEDOT ゲルの断面構造を SEM で観察した。導電特性は、C₆₀-PEG ゲル、C₆₀-PEG / PEDOT ゲル共に紫外線照射により導電率が上昇し、紫外線照射を止めると導電率は低下するという変化が起き、紫外線応答性を示した。C₆₀-PEG ゲルに疑似太陽光を照射したが変化は見られなかった。一方で C₆₀-PEG / PEDOT ゲルは疑似太陽光の照射により光電流が発生した。このときの光電変換効率は 1.2 × 10⁻³% を示した。

第 3 章では、テンプレート法を用いたマイクロロッド構造の C₆₀-PEG / PEDOT 複合材料の作製と光電特性についてまとめた。蛾の目の構造のユニークな反射防止機能を模倣し、室温ではテンプレート法でナノスケールの多く積層シートロッドのマイクロロッド構造膜を作製した。

紫外可視吸収スペクトルではフラットな重合膜からマイクロロッド構造膜の間で、赤方偏移現象が現れた、これは構造の変化でバンドギャップが狭くなったためだと考えられる。さらに CV 測定ではマイクロロッド構造膜のバンドギャップはフラット構造膜より 0.08eV 狭いことが分かった。マイクロロッド構造膜の PCE はフラットな重合膜より高く、特に J_{sc} が大幅に増加した。これは、マイクロロッド構造膜では、平滑構造より、多くの光捕まえて、光誘起変化のキャリア密度を増加することができ、電荷キャリアの移動度を増加した結果と考えられる。

第 4 章では、本論文の研究で得られた成果についてまとめ、今後期待される展望について述べた。この新規な機能性ゲル材料を利用することで、安価で柔軟性に優れた太陽電池の開発が期待される。

審査結果の要旨

本審査論文では、フラーレンを架橋点としたゲルと導電性高分子の複合体の新規作製方法の検討、および複合体の光電特性について以下の点について報告している。

1. 機能化フラーレンゲルである C₆₀-PEG ゲルを作製し、導電性高分子との複合体の作製に成功した。
2. 材料表面をマイクロ加工することで、新規なバイオメテックソフトマテリアルの創成を行った。
3. 作製した複合体は非結晶性を示し、C₆₀-PEG ゲルと導電性高分子が分子レベルで混合していることが示唆された。
4. 作製した複合体の構造を観察したところ、2成分が均一に複合した多孔質構造を有していた。
5. 紫外線に対する応答特性を調べ、光起電力を有することを見出した。
6. 疑似太陽光を照射しその応答性を評価することで、新規光電変換デバイスへの応用について検討し、材料設計の最適化を行った。

以上、本審査論文によって、フラーレンと導電性高分子複合体の新規作製方法および新規光電変換デバイスへの応用が示唆された。

よって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。