



Title	光エネルギー変換材料における質量制御によるフォトン利用効率の向上
Author(s)	保田, ゆづり
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58390
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文審査の結果の要旨

氏 名	やすだ ゆづり 保 田 ゆづり
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 4 6 0 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 23 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	光エネルギー変換材料における質量制御によるフォトン利用効率の向上
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 乗松 孝好 (副査) 教 授 西嶋 茂宏 教 授 猿倉 信彦 東京工業大学資源化学研究所准教授 長井 圭治

論文内容の要旨

第1章では本論文の緒言について述べた。

第2章では極端紫外光への変換におけるレーザー光フォトン利用効率の向上を目的とした質量制御されたスズの合成について述べた。

近年、極端紫外 (EUV) 光を用いた半導体リソグラフィ技術の実用化に向けた動きが活発化してきている中でも、その光源開発には多くの問題点が含まれている。 最有力な光源設計にはレーザープラズマ方式、放電プラズマ方式もしくはそのハイブリッド型であるが、いずれでも、13.5 nmの発生効率の高いスズを加熱する。高効率を維持しつつ連続的な光源の運転のためには、スズを質量制限しつつ供給および排出する必要がある。本章ではスズ供給の際の形態を低密度材料にして効率を高めた。また質量制限して供給するための材料の合成を述べている。具体的な光源設計の中における材料の位置づけ、低密度スズ化合物を天然高分子の化学的自己組織化をベースに低コスト大量生産可能な方法で合成する方法に関して述べるとともに、ナノスケールの配向挙動を製造条件と関連させて議論している。さらに新しい光源設計に基づいた低密度スズの供給方法である、パンチアウトターゲットと呼ばれているレーザー誘起飛翔型質量制御スズの供給部へのスズ塗布について、インクジェットプリンターに適切なスズ含有溶液の調整を含めて開発している。これにより短時間に低コストで大量に質量制御されたスズを供給することが可能となる。

第3章では、質量制御された可視光応答型有機半導体のフォトン利用効率の向上につて述べた。

現在、有機半導体を用いた太陽光エネルギー変換の効率向上が盛んに競われているが、この状況で次世代の有機半導体による太陽エネルギーの利用の観点から、有機半導体を光触媒として利用する可能性に関して述べている。乾式有機太陽電池として報告されているフタロシアニン(p型半導体)とペリレン誘導体(PTCBI、n型半導体)を可視光応答型光触媒として利用できることを、水中の有機分子の酸化分解を例に見いだした。ここではトリメチルアミンを完全に二酸化炭素にまで無機化できることを実証している。

光触媒による環境浄化への応用は実用レベルに達しているが、なお光の届きにくい水中の利用では多くの課題が残っている。本章ではその問題点について整理し、それを解決するための光触媒反応システムの設計を行っている。その際に一般的な化学工学的な観点だけでなく、光反応に特有の反応に必要なフォトン数の確保を光触媒反応の効率と絶対反応量の維持をしつつ行わせることが鍵となっている。その結果フタロシアニンとペリレン誘導体の厚みを10 nmずつとするという、従来に無い設計となっている点が独創的である。この設計では自然光の利用 (中緯度程度の日照条件) のみで、照射面積1m²で、1日に1 t水処理できる。さらにこの1/3000スケールのモジュールを制作しこれを長時間運転することで設計の実現性を確認するとともに、1ヶ月単位の運転における安定性を確認した。

第4章では総括を述べた。

21 世紀は光の時代と言われるように、基礎科学から通信、加工の産業応用まで広い分野で光の利用が研究されている。光エネルギーを光あるいはその他のエネルギーへ変換する場合においては変換効率のみならず、仕様に応じたフォトン数の利用効率を高めることが、特に産業応用を考えた場合重要となる。本論文は光から光への変換過程の例として、次世代半導体加工用真空紫外光発生過程における質量制御の重要性を論じたものであり、光から化学反応への例として有機半導体を利用した可視光に反応する光電変換膜とその環境浄化への応用を論じたものである。両方の過程に於いて、世界最高クラスの変換効率、世界初の水中での可視光による有機物の分解などの成果を上げている。

レーザー光から 13.5nm の真空紫外光発生過程の研究ではレーザープラズマ方式で発生効率の高いスズを加熱する。高効率を維持しつつ連続的に光源の運転のためには、スズを質量制限しつつ供給および排出する必要がある。スズ供給の際の形態を低密度材料にして効率を高めることに成功した。また質量制限して供給するための材料の合成を行い、具体的な光源設計の中における材料の位置づけ、低密度スズ化合物を天然高分子の化学的自己組織化をベースに低コスト大量生産可能な方法で合成する方法に関して述べるとともに、ナノスケールの配向挙動を製造条件と関連させて議論している。さらに新しい光源設計に基づいた低密度スズの供給方法である、パンチアウトターゲットと呼ばれているレーザー誘起飛翔型質量制御スズの供給部へのスズ塗布について、インクジェットプリンターに適切なスズ含有溶液の調整を含めて開発している。これにより短時間に低コストで大量に質量制御されたスズを供給することが可能となった。

光から化学反応への応用では質量制御された可視光応答型有機半導体のフォトン利用効率の向上につて述べている。現在、有機半導体を用いた太陽光エネルギー変換の効率向上が盛んに競われているが、この状況で次世代の有機半導体による太陽エネルギーの利用の観点から、有機半導体を光触媒として利用する可能性に関して述べている。乾式有機太陽電池として報告されているフタロシアニン(p 型半導体)とペリレン誘導体(PTCBI、n 型半導体)を可視光応答型光触媒として利用できることを、水中の有機分子の酸化分解を例に見いだした。ここではトリメチルアミンを完全に二酸化炭素にまで無機化できることを実証している。

光触媒による環境浄化への応用は実用レベルに達しているが、なお光の届きにくい水中の利用では多くの課題が残っている。本論文ではその問題点について整理し、それを解決するための光触媒反応システムの設計を行っている。その際に一般的な化学工学的な観点だけでなく、光反応に特有の反応に必要なフォトン数の確保を光触媒反応の効率と絶対反応量の維持をしつつ行わせることが鍵となっている。その結果フタロシアニンとペリレン誘導体の厚みを 10 nm ずつとするという、従来に無い設計となっている点が独創的である。この設計では自然光の利用 (中緯度程度の日照条件) のみで、照射面積 1m² で、1 日に 1 t の水処理できる。さらにこの 1/3000 スケールのモジュールを制作しこれを長時間運転することで設計の実現性を確認するとともに、1 ヶ月単位の運転における安定性を確認した。

以上のように、本論文は質量制御により世界最高水準の真空紫外光発生効率の達成や、水中での可視光反応型有機太陽電池の高効率化に成功し、今後の学術の発展に貢献できるものと判断される。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。