

「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出」
平成 23 年度採択研究代表者

H26 年度 実績報告書

本間 敬之

早稲田大学 先進理工学部
教授

固液界面反応設計による新規高純度シリコン材料創製プロセスの構築

§ 1. 研究実施体制

(1) 早大グループ

① 研究代表者: 本間 敬之 (早稲田大学先進理工学部・教授)

② 研究項目

- ・珪藻土を原料とする高純度シリカ生成プロセスの開発
- ・新規高温迅速反応の解析とプロセスの検討
- ・太陽電池構造形成連続プロセスの開発

(2) 京大グループ(研究機関別)

① 主たる共同研究者: 野平 俊之 (京都大学エネルギー理工学研究所・教授)

② 研究項目

- ・シリカ直接電解還元反応における反応プロセス系の高度化
- ・シリカ直接電解還元反応における連続化プロセスの開発
- ・新規化学還元プロセスの開発

§ 2. 研究実施の概要

シリコン太陽電池の需要は今後も一層高まっていくと予想されているが、その原料となる高純度シリコンをより低コストでかつ安定に供給できるプロセスの構築が課題となっている。本研究では、固液界面系に着目してプロセス内反応を高精度に制御することにより、従来手法に代わる新たな生産プロセスを構築するための要素技術開発を進めている。具体的には(1)シリカの高純度化プロセスの開発、(2)シリコン生成のためのシリカ還元プロセスの開発、(3)太陽電池構造連続形成プロセスの開発、をターゲットに研究を進めている。

(1)シリカの高純度化プロセスの開発

本研究では、従来の白矽石に代わる新たなシリカ源として資源的に豊富な珪藻土に着目し、溶液反応系により不純物を高効率に除去するプロセスの提案を目的に、図1に示す流路型リアクターを用いた高精度な不純物抽出反応の探索を進めている。今年度はまず軽元素の抽出除去プロセスの一層の高度

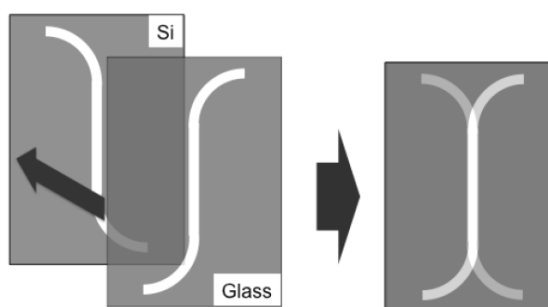


図1 流路型リアクター

化を目指し、7N レベルの高純度化を安定して達成できるプロセス技術を構築した。さらに大容量化に対応可能なリアクター形式の基本設計を確立した。また計算化学的手法による理論解析および顕微ラマン分光法を用いた *in situ* 解析を併用した手法から、流路内における不純物抽出反応メカニズムのモデリングを行い、新規抽出剤の探索などプロセス高度化を進めた[1][2][3]。

(2)シリコン生成のためのシリカ還元プロセスの開発

本研究では、高純度化シリカから太陽電池用シリコンを高効率に生成することを目的に、電解によるもの、熱によるもの、及び還元剤を用いた反応を利用したものの3種の還元プロセスに着目してその開発、改良を進めている。

(2)-1 電解還元プロセス

今年度は特に、プロセスのさらなる最適化に向けた粒状シリカの還元反応、あるいはイオン液体を用いた Si(IV) イオンの還元反応のメカニズムの解析を進めた。前者では、原理上の還元速度として約 0.7 A cm^{-2} が達成可能なこと、および新たな連続プロセスとして液体亜鉛陰極を用いる方法が有望であることを確認した。後者では、 Si(IV) イオンの還元の際に生じる Si 電析膜内部へのイオン液体の混入メカニズム解析に必要となる、再現性の良好な電気化学測定セルを設計した。

(2)-2 熱還元プロセス

$\text{SiO}_2\text{-SiC}$ の組成比を変化させるとともに、 $\text{SiO}_2\text{-C}$ ペレットや SiO-SiC ペレットにレーザ照射し、熱還元反応の進行過程を可視化することが出来た。レーザ照射中(昇温過程)のペレット表面反応プロセスの *in-situ* 計測を行うため、プルームに起因するヒューム捕集デバイスを考案中である。

(2)-3 化学還元プロセス

今年度は特に、Al を還元剤としたプロセスを試行し、950°Cの加熱によって Si 生成が達成されることを確認した。

(3)太陽電池構造形成連続プロセスの開発

本研究では、連続的な太陽電池セル形状形成プロセスの開発を目的に、柱状基体及び微細パターン構造への電析技術を試行している。柱状基体の電析では、約 70 μm の緻密かつ高結晶性の Si 膜の形成に成功した。また微細構造への電析では、還元反応機構の詳細な解析を行うと共に、熱処理プロセス併用による高純度化の手法を見出した。

- [1] Nobufumi Matsuo, Yuki Matsui, Yasuhiro Fukunaka, Takayuki Homma, "Boron Extraction with 2-Ethyl-1,3-hexanediol Using a Microchannel Device for High-Purity Source of Solar-Grade Silicon," J. Electrochem. Soc., Vol.161, No.5, pp. E93-E96 (2014).
- [2] Xiao Yang, Kouji Yasuda, Toshiyuki Nohira, Rika Hagiwara, Takayuki Homma, "Kinetic Characteristics of Electrochemical Reduction of SiO₂ Granules in Molten CaCl₂," J. Electrochem. Soc., Vol.161, No.7, pp. D3116-D3119 (2014).
- [3] Xiao Yang, Kouji Yasuda, Toshiyuki Nohira, Rika Hagiwara, Takayuki Homma, "Reaction Behavior of Stratified SiO₂ Granules during Electrochemical Reduction in Molten CaCl₂," Metall. Mater. Trans B, Vol.45, No.4, pp. 1337-1344 (2014).