

課題番号	Q19E-01
課題名 (和文)	無機/有機複合太陽電池の発電効率向上を可能にするシリコンナノ金平糖状粒子の創製技術の構築
課題名 (英文)	Fabrication of silicon nano-kompeito-like particles toward a realization of high-efficient inorganic/organic solar cells
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 工学部 電気電子工学科 教授
	氏名 佐藤 慶介
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 工学研究科 電気電子工学専攻 電気電子システムコース 氏名 長谷川 由哉
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名

研究成果の概要 (和文)

無機/有機複合太陽電池の発電効率の向上には、光キャリア生成効率の増大が重要であり、高密度な p/n 接合界面を設計する必要がある。本研究では、p/n 接合界面を拡張するために、銀ナノ粒子を用いた金属援用化学エッチング処理と化学研磨エッチング処理の併用によるシリコンナノ粒子表面への突起形態形成技術を確立した。また、65.4m²/g の高い比表面積を有するシリコンナノ金平糖状粒子と導電性ポリマーを複合化した無機/有機複合太陽電池を作製し、突起間への広い空隙形成による p/n 接合界面の拡張により、10.4% の高い発電効率を達成した。

研究成果の概要 (英文)

It is important to design a high-density p/n junction interface in order to improve the power conversion efficiency of inorganic/organic solar cells. In this study, we established a technique to form protrusions on the surface of silicon nanoparticles by a combination of metal-assisted chemical etching using silver nanoparticles and chemical polishing etching. In addition, inorganic/organic solar cells composed of silicon nano-kompeito-like particles with high specific surface area and conductive polymers achieved a high power conversion efficiency of 10.4%. The high power conversion efficiency was attributed to the expansion of the p/n junction interface due to the formation of wide voids between the protrusions.

1. 研究開始当初の背景

太陽電池のコスト削減ならびに性能向上を見据えた次世代型太陽電池として、シリコンナノ粒子と導電性ポリマーを複合化した無機/有機複合太陽電池が国内外の大学、研究機関を中心に開発されている。この無機/有機複合太陽電池の発電効率は、シリコン単体を用いた太陽電池（発電効率は 26.7%）に比べると、半分程度となっている。発電効率の向上には、電気を作る光キャリア生成効率の増大が不可欠であり、シリコンナノ粒子と導電性ポリマーで構成される p/n 界面領域の拡張が重要となっている。そこで本研究課題では、高密度な p/n 界面を設計するために、銀ナノ粒子を用いた金属援用化学エッチング処理と化学研磨エッチング処理の併用によりシリコンナノ粒子表面に金平糖状構造を形成する技術を構築する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、シリコンナノ金平糖状粒子の突起形態形成技術を確立し、シリコンナノ金平糖状粒子と導電性ポリマーを複合化した無機/有機複合太陽電池のセル性能を検証することである。

3. 研究の方法

本研究では、直径 150 nm のシリコンナノ粒子をフッ化水素酸/硝酸銀/純水混合溶液とフッ化水素酸/過酸化水素酸/純水混合溶液に浸漬させ、銀ナノ粒子による金属援用化学エッチング処理を施すことでナノ粒子表面に細孔形態を形成した。細孔形態内部に存在する銀ナノ粒子は、硝酸により完全に除去した。次に、細孔形態のナノ粒子をフッ化水素酸/硝酸/純水混合溶液に浸漬させ、30 秒間化学研磨エッチング処理を施すことでナノ粒子表面の細孔形態を金平糖状形態に改質した。以上のプロセスにより、シリコンナノ金平糖状粒子を作製した。また、無機/有機複合太陽電池は、シリコンナノ金平糖状粒子表面に導電性ポリマーをスピコートにより被覆し、表面/裏面に金属電極を形成することで作製した。

4. 研究成果

シリコンナノ粒子表面に形成した金平糖状形態の平均空隙径（突起間の空隙間隔）、比表面積、多孔度を調べるために、走査型電子顕微鏡、BET 窒素ガス吸着装置、密度測定装置による評価を行った。その結果、ナノ金平糖状粒子表面には複数の突起形状が形成されており、その平均空隙径は 28.3 nm であった。また、ナノ金平糖状粒子の比表面積は最大で 65.4 m²/g を示し、60.8% の高い多孔度を得ることができた。

次に、シリコンナノ粒子表面の金平糖状形態に対して、突起壁面部分の欠陥状態を調査するために、走査型電子顕微鏡による評価を行った。突起壁面部分は化学研磨エッチング処理を行ったことにより滑らかな表面状態に改質されており、微細な凹凸欠陥は完全に除去されていることが確認された。

最後に、高い比表面積と多孔度を有するシリコンナノ金平糖状粒子を用いて無機/有機複合太陽電池を作製したところ、突起間拡張による p/n 界面の増大により 10.4% の発電効率を達成できた。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕（計 18 件）

- ① 佐藤慶介、発電・蓄電材料としての高吸着性ナノ金平糖状粒子、イノベーション・ジャパン 2019、東京、2019 年 8 月 29、30 日
- ② 佐藤慶介、未来の低炭素社会につながる発電・蓄電用ナノ粒子—発電・蓄電材料としてのナノ多孔粒子・ナノ金平糖粒子—、研究シーズ オンラインマッチング展示会、2020 年 8 月 26 日
- ③ 佐藤慶介、発電蓄電に優れたナノ多孔粒子・金平糖粒子—性能を向上させるナノ粒子への表面加工技術—、産学連携オンラインマッチング EXPO、2020 年 12 月 15—17 日