



Title	Atomic- and Nanometer-scale Control of Surface Structure of Silicon Electrodes for Efficient Solar Energy Conversion
Author(s)	賈, 建光
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40918
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

氏 名	賈 建 光
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 5 4 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 2 月 18 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	Atomic- and Nanometer-scale Control of Surface Structure of Silicon Electrodes for Efficient Solar Energy Conversion (シリコン電極表面の原子レベルおよびナノメートルスケールでの構造制御と高効率な太陽エネルギー変換)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中戸 義禮 (副査) 教 授 岡田 正 教 授 松村 道雄 助教授 小林 光

論 文 内 容 の 要 旨

太陽電池の大規模実用化は、現代のエネルギー問題、地球環境問題の観点から重要である。しかし、まだ高価であるため、実現には至っていない。本研究では、高効率・低コストな太陽電池ないしは太陽エネルギーの化学エネルギーへの直接変換の開発を基本目標に、最近新しく提案された接合方式について、この方式の原理の確立と効率向上をめざして研究を行った。

新しく提案された接合方式は、シリコンなどの半導体ウェーハの上に4-5ナノメートル(nm)ほどの微細な金属微粒子をまばらに施し、金属の付いていない部分を酸化膜で不動態化して、これをレドックス溶液に接触させるというものである。本研究では、まず、金属微粒子のLB膜を利用して、半導体上の金属微粒子の大きさや粒子間間隔をnmのスケールで定量的に制御することを行い、これをもとに、少数キャリアの拡散長や光起電力の温度変化の金属微粒子密度に対する依存性を測定した。また、この結果をもとに、新しい接合方式の光起電力発生機構を理論的に解析して、この接合方式が少数キャリア支配の理想的な太陽電池となることを明らかにした(第1章)。次に、金属微粒子を付けたシリコン電極について、パルス光照射下における光電流の過渡応答を測定し、これにより、この電極では表面再結合のない理想的な接合が形成されていることを明らかにした(第2章)。

さらに、効率と安定性の一層の向上をめざして、シリコン表面の終端結合の制御をはかり、シリコン電極を濃厚ハロゲン化水素酸水溶液に浸すことによりシリコン表面にハロゲン終端結合を導入することができるを見出した。これによって、シリコン半導体の表面バンドエネルギー(あるいは、フラットバンド電位)を変化させ、光起電力を向上させることができた(第3章)。さらに、この発見を利用して、一つのシリコンチップを用いるだけで高い効率の太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換システムが作製することができた(第4章)。

以上のように、本研究では、新しい接合方式の太陽電池について、半導体表面の構造のナノメートルスケールおよび原子レベルでの制御を行い、光起電力発生機構の理論的解析を行って、この方式の原理を確立するとともに、新しい接合方式が高効率な太陽電池作製に有望であるという結論を得た。

論文審査の結果の要旨

太陽電池の大規模実用化は長く社会より待望されているが、まだ高価であるため本格的な実現には至っていない。このため高効率・低コストな太陽電池の開発が重要な課題となっている。本論文は、従来の p-n 接合に代わって新しく提案された太陽電池接合方式について、この方式の原理の確立と効率向上をめざして行った研究をまとめたものである。

新しく提案された接合方式は、シリコンなどの半導体ウエーハの上に 4-5 ナノメートル (nm) ほどの微細な金属微粒子をまばらに施し、金属の付いていない部分を酸化膜で不動態化して、これをレドックス溶液に接触させるというものである。本論文は、まず、金属微粒子のラングミュアープロジェクト (LB) 膜を利用して、半導体上の金属微粒子の大きさや粒子間間隔を nm のスケールで制御し、これをもとに、金属微粒子の分布状態・密度と少数キャリアの拡散長、光起電力の温度変化、パルス光照射下における光電流の過渡応答などとの間の定量的な関係を明らかにしている。さらに、この実験結果を踏まえて、新しい接合方式における高い光起電力の発生の機構を理論的に解析し、この方式の原理を完成させるとともに、この方式が高効率な太陽電池作製に有望であるという結論を得ている。

さらに、本論文は、裸のシリコン表面にハロゲン終端結合を導入する新しい方法を開拓し、これによって、シリコン半導体の表面バンドエネルギー（あるいはフラットバンド電位）を変化させ、光起電力を向上させることができることを示している。また、この発見を利用して、シリコンチップの表面バンドエネルギーを非対称化し、一つのシリコンチップを用いるだけで高い効率の太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換システムを作製できることを示している。

以上のように、本論文は、新しい接合方式の太陽電池について、半導体表面構造のナノメートルスケールでの制御を行い、光起電力発生機構の理論的解析を行って、この方式を完成させるとともに、半導体表面の原子レベルでの構造制御についても新しい手法を開拓し、これによって光起電力の向上をはかっている。これらの成果は、太陽電池研究を進展させただけでなく、関連する分野に重要な学術的寄与をしている。よって、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。