

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	電気化学的水分解およびCO ₂ 還元を目的としたSiC光電極の開発
Title(English)	The development of SiC photo-electrodes for electrochemical water-splitting and CO ₂ reduction
著者(和文)	宋 浚太
Author(English)	Jun Tae Song
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9786号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:波多野 睦子,小田 俊理,宮本 恭幸,河野 行雄,小寺 哲夫, 藤井 克司
Citation(English)	Degree; Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9786号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Song Jun Tae		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	波多野 睦子	教授	審査員	小寺 哲夫	准教授
	審査員	小田 俊理	教授		藤井 克司	特任教授
		宮本 恭幸	教授			
		河野 行雄	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、“The development of SiC photo-electrodes for electrochemical water-splitting and CO₂ reduction” (水の光電気化学分解と CO₂還元を目指した SiC 半導体電極に関する研究)と題し、英文 7 章から構成されている。

第 1 章 “Background and objective of the research” (研究の背景と目的) では、エネルギーや地球温暖化問題が深刻化するなかで、人工光合成は新たな技術として注目され、水の光電気化学分解や CO₂還元による燃料や化学工業材料の生成が期待されている、と述べている。次に人工光合成の基本である光電気化学反応の原理と世の中の無機半導体を用いた開発状況を説明し、本研究の目的は、SiC 半導体電極を適用した水の光電気化学分解と CO₂還元の開発にある、と述べている。

第 2 章 “SiC semiconductor and Experimental method” (SiC 半導体と実験方法) では、本論文で取り扱う立方晶構造 3C-SiC 半導体の構造と物性について説明し、SiC 半導体電極の物性と電気的性質の評価方法とそれに必要な装置、水の光電気化学分解の高精度な測定原理と装置、CO₂還元を測定するためのリアルタイム計測システム、について述べている。

第 3 章 “Fundamental property of SiC as photo-electrode and current limitations” (SiC 半導体の光電気化学電極としての基本特性と課題) では、半導体を適用した水の光電気化学分解と CO₂還元を理論的に述べ、3C-SiC 半導体電極の優位性と課題を実験的に示している。まず SiC 半導体電極の作製について述べ、吸収スペクトル測定による太陽光の吸収効率、電気化学インピーダンス測定により水分解と CO₂還元反応に必要な電位を有することを確認している。次にサイクリックボルタメトリ法による光励起電流の測定、クロノアンペアメトリ法による光電流の時間変化の計測により、3C-SiC 半導体電極の光変換効率と表面酸化による耐久性に課題があることを示している。さらにキャリア輸送特性と半導体/溶液界面の反応に基づくモデルを構築して理論的に解析し、変換効率向上に向けた光触媒 Pt 粒子の担持、安定性向上に対するグラフェン保護膜の形成、を提案している。

第 4 章 “The improvement of photoelectrochemical property of 3C-SiC with Pt particles” (Pt 粒子を担持した 3C-SiC 半導体の光電気化学特性の向上) では、変換効率向上を目的として、SiC 半導体表面に光触媒となる Pt 粒子を担持することにより、半導体/溶液界面での反応を促進し、太陽光一水素生成変換効率が 0.003 % から 0.1 % と、約 33 倍の向上を実現したことを示している。まず Pt 粒子の形成方法、特に粒子形成のためのアニールの最適化について述べている。次に Pt 粒子の担持により電気化学反応の開始電圧 (オンセット電圧) が 1.1 V から 0.7 V に低減、光電流の増大が確認できたことを述べている。また Pt 粒子担持により溶液との反応が Pt 粒子を介して起こるために、SiC 半導体電極の耐久性が向上することを確認している。

第 5 章 “The improvement of stability of 3C-SiC with graphene passivation layer” (グラフェン保護膜による 3C-SiC 光電気化学電極の安定性の向上) では、安定性の向上を目的として、SiC 半導体の保護膜としてグラフェンを形成し、SiC の酸化抑制により耐久性の向上の効果を確認したことを示している。まずアニールによる SiC 表面上へのグラフェンの直接形成方法について述べ、グラフェンの保護膜としての効果を電極表面の限定領域にて確認している。電極全体での安定性向上と光電流の増大を実現するには、グラフェン形成プロセスの最適化とグラフェン/SiC 界面準位の低減が必要である、と述べている。

第 6 章 “CO₂ reduction system with 3C-SiC photo-electrode” (3C-SiC 光電気化学電極による CO₂還元システム) では、CO₂還元を目的として、アノードに SiC 半導体電極、カソードに Ag 電極を用い、CO ガス生成を確認できたことを示している。まず微小な生成ガスをリアルタイムに計測可能な、マイクロガスクロマトグラフィを含むシステムの構築について述べている。次にカソード電極の金属材料によるガス発生について検討し、Ag は CO₂還元、Pt は水素発生に有効であることを確認している。

第 7 章 “Conclusion” (結論) では、本論文の結論について述べている。

以上を要するに、本論文では、人工光合成デバイスの実現を目指して、SiC 半導体電極による水の光電気化学分解と CO₂還元の研究を行い、水素発生については Pt 粒子担持により光変換効率が約 33 倍に向上したこと、またグラフェン保護膜により耐久性が向上したこと、CO₂還元による CO ガス生成に成功したこと、などエネルギーや地球温暖化問題を解決するための新たな道を拓いたもので工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士 (工学) の学位論文として十分な価値があると認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。