

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	白金微粒子を堆積したイオンビーム照射炭素材料に対する分光学的研究
Title(English)	Spectroscopic Study on Ion-beam-irradiated Carbon Materials with Platinum Nanoparticles
著者(和文)	木全哲也
Author(English)	Tetsuya Kimata
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11570号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中村 一隆,笹川 崇男,吉本 護,舟窪 浩,松田 晃史,和田 裕之,多田 朋史
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11570号, Conferred date:2020/9/25, 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

(博士課程)

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	木全 哲也	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	中村 一隆	准教授	松田 晃史	講師
	審査員	笹川 崇男	准教授	和田 裕之	准教授 (応用化学系)
		吉本 護	教授	多田 朋史	特任教授 (元素戦略研究センター) 教授 (九州大学)
		舟窪 浩	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Spectroscopic Study on Ion-beam-irradiated Carbon Materials with Platinum Nanoparticles”と題して英文で書かれ、全7章から構成されている。

Chapter1 “Introduction”では、本研究の背景と意義を述べ目的を明らかにしている。すなわち、イオンビーム照射格子欠陥を有する炭素担体上の Pt ナノ微粒子が燃料電池用電極触媒として高い酸素還元反応 (ORR) 活性を示すことが注目されているが、炭素担体へのイオンビーム照射が Pt ナノ微粒子との界面欠陥構造及び電子構造に及ぼす影響が十分に理解されていないことを挙げ、本研究の目的と意義を具体的に述べている。

Chapter 2 “Catalytic activity of the Pt nanoparticles for fuel cell applications”では、電気化学測定により、イオンビーム照射したグラッシーカーボン基板上の Pt ナノ微粒子の ORR 活性を未照射基板上との比較により評価している。イオンビーム照射基板上では最大で約 2.2 倍の高活性化があることを見出している。

Chapter 3 “X-ray spectroscopy of the Pt nanoparticles on irradiated carbon substrate”では、380 keV Ar⁺を照射したグラッシーカーボン及び高配向性熱分解グラファイト (HOPG) 上に Pt ナノ微粒子を堆積することで試料を作製し、X線吸収分光及び X 線光電子分光を用いて界面電子状態を分析している。イオンビーム照射した炭素担体表面上に堆積した Pt ナノ微粒子は未照射に比べ Pt 酸化物の形成が抑制されていることを明らかにしている。また、イオンビーム誘起欠陥が Pt から C への電荷移動による Pt-C 結合の形成を促進することを明らかにしている。

Chapter 4 “Raman spectroscopic analysis of irradiated graphite surface with Pt nanoparticles”では、Pt ナノ微粒子を堆積したイオンビーム照射 HOPG に対するラマン分光測定により、イオンビーム照射した HOPG の表面構造及び Pt ナノ微粒子との界面構造を分析している。ピーク強度比 (D/D') から、 $1.0 \times 10^{12} \sim 1.0 \times 10^{13}$ ions/cm² のフルエンスでは空孔欠陥が生成され、 5.0×10^{13} ions/cm² 以上のフルエンスで sp³ 欠陥が生成され始めることを見出している。また、ピーク強度比 (D/G) から算出されるフォノン相関距離を用いて Pt ナノ微粒子と相互作用する欠陥の数を推定し、 1.0×10^{13} ions/cm² のフルエンスで照射した HOPG 表面では、5 nm の Pt ナノ微粒子との界面には平均で 3 つの点欠陥が存在することを明らかにしている。

Chapter 5 “DFT calculation of the Pt cluster on defective graphite structure”では、DFT 計算により炭素担体の欠陥構造が Pt d 電子状態に及ぼす影響を調べている。格子欠陥を導入した 3 層のグラファイト構造と Pt₁₃ クラスターを用いて計算を行い、最表層だけでなく 2 層目の空孔欠陥も考慮した計算においても Pt₁₃ の d バンドセンターが低下することを見出している。

Chapter 6 “Ultrafast dynamics and coherent control of optical phonons”では、光学フォノンのコヒーレント制御理論を拡張し、非共鳴条件及び任意のパルス波形を取り扱える理論モデルを構築している。サブ 10 fs の近赤外光パルスにより、ダイヤモンド試料に対して過渡透過率計測を行い、実験結果は構築した理論モデルからの計算結果と良く一致することを示している。

Chapter 7 “Conclusion”では、本研究で得られた成果を総括し、結論と今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文では、炭素担体へのイオンビーム照射によって Pt ナノ微粒子の ORR 活性が向上することを見出し、炭素担体へのイオンビーム照射が Pt ナノ微粒子との界面欠陥構造及び電子構造に及ぼす影響を分光学的手法により明らかにし、イオン照射炭素担体での Pt から C への電荷移動が促進される界面電子構造に関する新たな知見を得ている。よって、物質科学の分野において学術的に価値が高く、その発展に貢献するところが大きいことから、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分に価値があるものと認められる。

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。