

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	液体中でのレーザーアブレーションにより作製されたCeO2ナノ粒子とその光学的および電気化学的特性に関する研究
Title(English)	Study on CeO2 Nanoparticles Prepared by Laser Ablation in Liquid and their Optical and Electrochemical Properties
著者(和文)	ShiMengqi
Author(English)	Mengqi Shi
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12936号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:和田 裕之,北本 仁孝,中村 健太郎,細田 秀樹,林 智広
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12936号, Conferred date:2024/9/20, 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		Shi Mengqi	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	和田 裕之		准教授	審査員	林 智広	准教授
	審査員	北本 仁孝		教授			
		中村 健太郎		教授			
		細田 秀樹		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Study on CeO₂ Nanoparticles Prepared by Laser Ablation in Liquid and their Optical and Electrochemical Properties」と題し、英文で書かれ、6 章で構成されている。 第 1 章「General Introduction」では、CeO₂ およびそのナノ粒子の特性と共に様々な応用に関する詳細な説明を行っている。結晶構造上、CeO₂ の酸素空孔は光学特性と電極感度に影響を与えることを説明している。ナノ粒子作製法である液中レーザーアブレーション（LAL）法では、高結晶性ナノ粒子の作製が可能で、従来の方法と比べた利点等を説明している。研究目的として、ナノ粒子作製プロセスを検討し、作製した CeO₂ ナノ粒子を用いて化粧品やバイオセンサーに向けた応用研究を進めることが述べられている。 第 2 章「Experiment」では、本研究で使用した実験手順について詳述している。CeO₂ 懸濁液の調製と LAL 法のための装置構成を説明し、併せて、X 線粉末回折法（XRD）、走査型電子顕微鏡法（SEM）、動的光散乱法（DLS）、紫外可視分光法（UV-vis）、エネルギー分散型 X 線分光法（EDS）、サイクリックボルタンメトリー（CV）など、様々な特性評価技術に関する包括的な説明がなされている。 第 3 章「Effect of Laser Fluence on CeO₂ Morphology and Optical Properties」では、原料に CeO₂ 粉末の懸濁液を用いて LAL 法によるナノ粒子化を行った際の懸濁液の濃度、照射時間、レーザー照射量に対する生成ナノ粒子の特性を詳細に解析している。生成ナノ粒子は、X 線回折パターンより、生成 CeO₂ ナノ粒子は不純物を含まない立方蛍石構造を保持していることが述べられている。CeO₂ ナノ粒子の形態は、SEM 画像より、レーザー照射量が高い程、小さく球状のナノ粒子が生成することが示されている。DLS より、高フルエンスになる程、生成ナノ粒子の二次粒子径が大きくなることを示している。この凝集現象に関しては、長時間のレーザー照射と高い粒子濃度が二次粒子の増加にどのように関係するか詳細に考察している。これは高い表面エネルギーを安定化させ全体のエネルギーを最小化しようとするナノ粒子の傾向によるものであると説明し、レーザー照射による CeO₂ 粒子粉末からのナノ粒子生成機構を論じている。併せて、化粧品等におけるナノ粒子の応用として大切な紫外光吸収特性を詳細に調べ、応用研究のための基礎データを示している。 第 4 章「Effect of Focused Laser Ablation on NPs Production and the Morphology Comparison」では、生成 CeO₂ ナノ粒子量を増加させるために、原料として CeO₂ のペレットを用いた LAL 法の結果を示し、併せて、従来のナノ粒子作製方法である沈殿法との比較を行っている。LAL 法は、沈殿法と比較して、サイズと形状の制御に優れたナノ粒子を作製可能で、高い純度と均一性を達成できるこ
--

とを示している。SEM 等より、LAL 法は不純物を低減し、ナノ粒子の形態制御の可能性を示唆すると共に、レーザー照射による CeO_2 ペレットからのナノ粒子生成機構を論じている。併せて、SEM 画像の解析においては、フィルターによる分級後のナノ粒子濃度を定量化するためにデータサイエンス技術を活用して多くのデータを効率的に評価している。

第5章「Electrochemical Properties of CeO_2 NPs in Modifying the rGO-GCE Electrode」では、電気化学センサーの感度向上における CeO_2 ナノ粒子の効果を説明している。酸化グラフェンから還元酸化グラフェン (rGO) への改質と、 CeO_2 -rGO ナノコンポジットの調製について述べており、これにより相乗効果がある複合材料が得られたことを説明している。更に、電気化学分析であるサイクリックボルタンメトリーを用いて、この複合材料で表面修飾したグラッシーカーボン電極 (GCE) の電気化学的特性を評価し、 CeO_2 -rGO 複合体は、アンモニア検出のための電極の感度と選択性を著しく向上させたことを詳細に説明している。作製したナノ粒子の応用例として、 CeO_2 -rGO 複合電極の性能向上は、生物医学診断や環境モニタリングに重要な意味を持ち、このセンサー技術の有用性と様々な分野での利用可能性を述べている。

第6章「General Conclusion」では、本研究で得られた知見をまとめ、本論文の結論と共に今後の研究の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、レーザープロセスを用いて CeO_2 ナノ粒子を作製してその光学特性や電気化学特性を詳細に調べ、その生成機構と発光機構を明らかにすると共に、化粧品やバイオセンサーへの応用を検討したものであり、学術上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（学術）の学位論文として十分な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、東工大リサーチリポジトリ(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。