

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	南 かのん
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	閻 紀旺
副査	慶應義塾大学教授	工学博士	小茂島潤
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	大宮正毅
	慶應義塾大学教授	Ph. D.	堀田 篤
学士（工学）、修士（工学）南かのん君提出の学位請求論文は「廃シリコン粉末へのレーザ照射によるシリコンカーバイド系ナノ構造体の生成」と題し、6章から構成されている。 半導体基板の切断工程では大量のシリコン粉末が排出され、産業廃棄物として処理されている。これは重大な資源の損失であり、再利用先の検討が急務である。一方、近年、カーボンニュートラルが世界的に注目されており、高性能リチウムイオン電池の需要が高まっている。シリコン負極が従来の黒鉛負極の10倍近い理論容量を持つため、廃シリコン粉末の活用先の一つとして期待されている。しかし、シリコン負極は高容量である一方、充電時に体積膨張により割れやすいため寿命が短いという問題がある。長寿命の負極を製造する有効な手段として、シリコン（Si）と炭素（C）との複合やナノサイジングが挙げられる。そこで本研究では、廃シリコン粉末と黒鉛粉末を混合した固体ターゲットに対してレーザ照射を行い、単一プロセスによるシリコンカーバイド（SiC）系ナノ材料の生成を試みている。新たなレーザ照射方法と照射条件を採用することにより、Cシェルを持ったSiCナノ構造体の生成に成功している。また、レーザ照射時のブルーム形態変化のリアルタイム観察によりナノ構造体の生成メカニズムを解明している。 第1章では、廃シリコン粉末の再利用の重要性や、リチウムイオン電池負極材料としてのSi/C複合ナノ材料およびレーザ照射によるナノ構造体生成の従来研究について概説し、本研究の目的および概要を述べている。 第2章では、レーザ照射によるSiC@Cコアシェルナノ粒子の生成を試み、各元素のレーザ誘起ブルームの形状の違いから生成メカニズムを考察している。 第3章では、SiC@Cコアシェルナノ粒子生成の副産物として、照射後のターゲット表面にSi-SiC複合構造体の形成を確認している。また、照射痕からの距離ごとに生成された構造体の組成変化を調査し、熱伝導と輻射熱の観点から複合構造体形成のメカニズムを議論している。 第4章では、デフォーカス状態でのレーザ照射によりブルームの成長速度を制御し、SiC@Cコアシェルナノワイヤの生成に成功している。また、レーザ誘起ブルームの形状の変化からナノワイヤの生成メカニズムを説明している。 第5章では、2枚の平行プレートによるブルームの挟み込みを行い、閉じ込め効果によって高アスペクト比のSiC@Cコアシェルナノワイヤの生成に成功している。また、電池性能評価試験により、生成されたSiCナノ構造体が、シリコンナノ粒子よりも高い負極性能を持つことを示している。 第6章では、本研究の結論および今後の課題について述べている。 以上要するに、本論文は資源循環型ものづくりや脱炭素社会の実現に向け、産業廃棄物である廃シリコン粉末からリチウムイオン電池へ応用可能なシリコンカーバイド系ナノ構造体を生成する可能性を示したものであり、生産加工学および材料工学の分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（マルチディシプリナリ・デザイン科学専修）科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		