

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on silicon nanoparticle formation by laser ablation in liquid
著者(和文)	P.CHEWCHINDA
Author(English)	Pattarin Chewchinda
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9992号, 授与年月日:2015年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:和田 裕之,小田原 修,吉本 護,北本 仁孝,中村 一隆
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9992号, Conferred date:2015/9/25, 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

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		Pattarin Chewchinda	
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	中村 一隆	准教授
	審査員	小田原 修		教授			
		吉本 護		教授			
		北本 仁孝		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Study on silicon nanoparticle formation by laser ablation in liquid」と題して英語で書かれ、全5章から構成されている。

第1章 “General 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、シリコンナノ粒子分散溶液はバイオメディカル分野やエネルギー分野での幅広い応用の観点から重要であるが、本研究で用いた液中レーザーアブレーション法でのナノ粒子生成機構が十分に検討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。

第2章 “Laser wavelength effect on silicon nanoparticles formation by laser ablation in ethanol”では、液中レーザーアブレーション法によるシリコンナノ粒子生成における照射レーザー波長依存性を詳細に調査することにより、ナノ粒子の粒径と生成量に関して述べている。Nd:YAG レーザーの基本波(1064 nm)と第二高調波(532 nm)において、シリコンの吸収係数が高い 532 nm のレーザー光照射の方が、生成量が増加し、平均粒径が減少したとしている。生成量に関しては、532 nm の照射の場合は、光熱変換効果によりシリコンの高温領域が増加して生成量が増加したと解釈を与えている。また、粒径に関しては核生成と結晶成長の理論より、吸収係数が高い 532 nm の照射の場合は高濃度の活性種が生成し、臨界半径が低下することから核生成数が増加して平均粒径が低下したとして、これまで明確でなかったシリコンを含む半導体ナノ粒子の液中レーザーアブレーションによる生成機構を提言している。

第3章 “Energy density effect on silicon nanoparticles formation by laser ablation in ethanol and their application in quantum dot-sensitized solar cell”では、液中レーザーアブレーション法によるシリコンナノ粒子生成における照射レーザーエネルギー密度依存性を詳細に調査すると同時に、エネルギー分野での応用を視野に入れた量子ドット増感太陽電池の試作に関して述べている。すなわち、エネルギー密度を高くすると生成ナノ粒子量が増加するとともに、平均粒径が減少することを明らかにしている。高エネルギー密度の際の生成量の増加は、光熱変換により生成する熱量が増加するためと解釈を与えている。また、高エネルギー密度の際の生成粒子粒径の減少は、活性種の高濃度化に伴う核生成数の増加に起因するとしており、これは第2章の結果を支持している。また、シリコンナノ粒子の応用例の一つとして量子ドット増感太陽電池の試作を行っている。構造は色素増感太陽電池に類似したもので、電解質には多硫化物系のものを用いている。シリコンナノ粒子の添加の有無による電気特性の比較を行い、ナノ粒子を添加した方が短絡電流密度と開放電位が増加し、シリコンナノ粒子による増感効果を示している。

第4章 “Inorganic salt effect on silicon nanoparticles formation by laser ablation in electrolyte solution”では、溶媒に各種イオンを添加した際の生成ナノ粒子への影響に関して述べている。すなわち、ナトリウムの塩化物、臭化物、ヨウ化物を添加して濃度を变化させた際のナノ粒子の特性を比較することにより、塩化ナトリウムの場合は高濃度化に伴い二次粒径の増加と凝集が観察されたが、臭化ナトリウムとヨウ化ナトリウムの場合はこのような傾向を示さず、安定な分散特性が得られたことを明らかにしている。これらに関してイオンの分極率の観点からの考察を行い、塩化物イオンは分極率が低いためにナノ粒子表面への吸着が少なく、塩化物イオン濃度が高まった時にはデバイ長が減少して凝集が起りやすいのに対して、臭化物イオンやヨウ化物イオンは分極率が高いためにナノ粒子表面への吸着が十分にあり、濃度が高まってデバイ長が短くなっても高い負のゼータ電位のために粒子間の反発力による分散安定化が得られると解釈を与えている。あわせて、X 線光電子分光の結果から、添加物濃度が高い場合は酸化が抑制される傾向にあることを明らかにして、酸素イオンの分極率がハロゲン化物イオンに比べて低いため、高添加物濃度ではナノ粒子表面への吸着量が低減して酸化が抑制されたと述べている。

第5章 “General conclusions”では、本研究で得られた一連の成果を総括し結論を述べている。

以上を要するに、本論文では、シリコンナノ粒子分散溶液の作製に成功し、更にその生成機構を解明すると同時に、太陽電池等のエネルギー分野での応用に重要である光学特性の新たな知見を得ているため、工業上及び工学上多大に貢献するものである。よって本論文は博士(工学)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。