

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Thermal Transport Properties of Silicon Nanocrystals and Polystyrene Nanocomposite Thin Film
著者(和文)	ジャンサ フィルマン バグジャ
Author(English)	Firman Bagja Juangsa
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11304号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:野崎 智洋,森川 淳子,平田 敦,末包 哲也,大河 誠司
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11304号, Conferred date:2019/9/20, 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		Firman Bagja Juangsa	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	野崎 智洋		教授		大河 誠司	准教授
	審査員	森川 淳子		教授	審査員		
		平田 敦		教授			
		末包 哲也		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Thermal Transport Properties of Silicon Nanocrystals and Polystyrene Nanocomposite Thin Film (ナノ結晶シリコン・ポリスチレンナノコンポジット薄膜の熱物性に関する基礎研究)」と題し、以下の 5 章から構成される。

第 1 章”Introduction” (緒論) では、真性半導体シリコンの熱伝導率が結晶サイズとともに小さくなる現象について概要を述べたあと、半導体微細構造と冷却問題、およびシリコン微細構造を活用した熱電素子開発を目的としたナノ結晶シリコン (Silicon Nanocrystals: SiNCs) に関する熱物性研究と対比させながら研究背景を述べている。結晶サイズが揃った SiNCs 粉末を合成するプラズマ CVD 法について、既往の粒子合成法と比較し本手法の優位性を明らかにした後、SiNCs 粉末をバルク固体に加工する方法として、ナノ構造を破壊する高温焼結法ではなく常温常圧で塗布によって加工できる高分子材料とのコンポジット化が有効であることを指摘している。さらに、SiNCs と高分子の界面構造及び接触熱抵抗などを影響因子として、量子サイズ効果を有する SiNCs と高分子のコンポジット薄膜の熱伝導率を予測するモデルを構築することが本研究の目的であると述べている。

第 2 章”Bulk-size Thermal Properties of SiNCs and PS Nanocomposite” (SiNCs／ポリスチレンナノコンポジット材料の熱物性評価) では、平均粒径約 6 nm の SiNC をポリスチレン (以下、PS) に添加したコンポジット薄膜を作成し、温度波熱分析法 (Temperature wave analysis: TWA) により温度拡散率を測定するための TWA 素子を開発するとともに、コンポジット薄膜の熱物性評価に適用した。SiNCs の熱伝導率は PS より約 10 倍大きいにもかかわらず、コンポジット薄膜の熱伝導率は純粋な PS と比較して SiNCs 含有量を増大するほど低下することを明らかにした。また、コンポジット材料の密度および比熱の測定から、SiNCs 表面を終端する多量の水素が気泡として機能していないことを確認したうえで、熱伝導率予測モデルには界面熱抵抗の影響を反映させることが必須であることを指摘している。

第 3 章”Thermal Boundary Resistance and Heat Transfer at Material Interface” (材料界面における界面熱抵抗と熱輸送) では、複数の熱伝導率予測モデルに対して界面熱抵抗を考慮した修正を施し、TWA による測定値を再評価した。SiNCs 自身の熱伝導率を変化させるため結晶化度が異なる SiNCs を用いてコンポジット薄膜を作製したが熱伝導率はほとんど変化しないことから、SiNCs/PS 界面に極めて大きな界面熱抵抗 (4×10^{-7} m²KW⁻¹) が形成されることを明らかにした。界面熱抵抗は SiNCs と PS の分子構造のミスマッチに起因しており、母材である PS を輸送されるフォノンには SiNCs を迂回するように輸送されている可能性を指摘している。

第 4 章”Interfacial Properties and Phonon Transport” (界面特性とフォノン輸送) では、SiNCs と PS の界面構造のより詳細な考察を行うため、サイズが異なる (6 nm および 60 nm) SiNCs を用いて界面物性を変化させた。文献調査の結果、高分子構造はフィラーによりひずみを受け、そのため熱輸送能にも大きな影響を及ぼし、その領域は異種材料が接触する界面領域から 100-300 nm におよぶ広範囲において高分子構造に影響を及ぼす可能性があることを指摘している。このことを踏まえ、SiNCs によって PS のバルク物性が本質的に変化している可能性を考慮し、PS のバルク物性を補正することで熱伝導率予測モデルの精度を高められることを明示した。

第 5 章”Conclusions and Outlook for Future Work” (結論および将来展望)」では、各章で得られた知見および結論を総括したうえで、ポリスチレン以外的高分子と SiNCs を複合化する場合に予測される問題点を指摘し、SiNCs・高分子コンポジット材料を薄膜太陽電池や熱電素子へ利用する可能性について将来展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、量子サイズ効果が顕在化する SiNCs とポリスチレンのコンポジット薄膜の熱輸送特性を評価し、フィラーとして用いる SiNCs が高分子のバルク物性を変化させること、そして大きな界面熱抵抗が発現することがコンポジット薄膜の熱物性を支配していることを明らかにしたものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は、博士 (工学) の学位論文として十分な価値を有す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。