

審査の結果の要旨

氏名 王 彭穎愷

本論文は **Thermal conductance of thin films composed of hetero nanotubes based on single-walled CNT** (単層 CNT を元にしたヘテロナノチューブ薄膜の熱コンダクタンス)と題し, 単層カーボンナノチューブ (Single-walled carbon nanotube, SWCNT) をテンプレートとして窒化ホウ素ナノチューブ (Boron nitride nanotube, BNNT) が同心状に形成されたヘテロナノチューブ薄膜の熱コンダクタンスの実測と BNNT による熱コンダクタンス向上のメカニズムについて議論したものであり, 全 5 章から構成される.

第 1 章は, **Introduction** (序論) であり, 単層 CNT の幾何構造, 電子構造, フォノンモード, 熱伝導特性に関しての従来知見を整理するとともに, 1 次元ヘテロ構造の合成, 物性や応用について議論している.

第 2 章は, **Motivation, challenges and organization of the thesis** (研究目的と論文の構成) である. SWCNT 薄膜は透明導電膜や可飽和吸収材料としての応用が期待されており, 窒化ホウ素コーティングによるヘテロナノチューブとすることで, 可視域での透明度は変わらずに優れた熱安定性が得られることからヘテロ薄膜の伝熱特性の解明が期待されている. SWCNT 薄膜とこれを元にしたヘテロ薄膜の熱コンダクタンスを実験的に比較するとともに, 薄膜ネットワークの熱コンダクタンスのモデル化の必要性が議論されている.

第 3 章は, **Structural thermal transport property of carbon nanotube bundles** (カーボンナノチューブバンドルの熱伝導特性) である. SWCNT 薄膜の熱コンダクタンスは, SWCNT の長さ, バンドルサイズ, SWCNT バンドル同士の接触熱抵抗によって大きく変化することが知られている. 本章においては, SWCNT のバンドル化による熱伝導率の低減について MEMS 構造を用いた計測によって明らかとし, 熱コンダクタンスのバンドル直径依存性について新たな半経験的モデルを提案している.

第4章は、Measurement of sheet thermal conductance of thin films composed of coaxially combined single-walled carbon nanotube and boron nitride nanotubes (同心の単層CNTと窒化ホウ素ナノチューブよりなる薄膜のシート熱コンダクタンス計測)である。様々な透過率のSWCNT薄膜とヘテロ化薄膜の熱コンダクタンスについて、放射温度計を用いた直接法によって実測している。透明導電膜として用いられるSWCNT薄膜を元にしたヘテロナノチューブ薄膜の熱コンダクタンスは、透過率90%の薄膜においては、ヘテロ化によって80%程度の熱コンダクタンスの向上が実現することが示されている。SWCNT薄膜の透過型電子顕微鏡(TEM)像から、SWCNTバンドルの直径分布やバンドルのネットワーク特性長さ分布などが実測されており、これらに基づいたネットワークモデル構築が議論されている。SWCNT薄膜の熱コンダクタンスは、SWCNTバンドルの熱コンダクタンス、バンドルの有効長さ、およびバンドル間の接触熱抵抗に分解して表現されている。また、ヘテロ化による熱コンダクタンス向上について、ヘテロナノチューブの熱コンダクタンス向上とこれらの接触部分での熱抵抗低減とに分解して議論している。

第5章は、Summary (結論) であり、上記の研究結果をまとめたものである。

以上要するに本論文は、SWCNTと窒化ホウ素ナノチューブとが同心状に形成されたヘテロナノチューブ薄膜の熱コンダクタンスの実測と窒化ホウ素ナノチューブ形成による熱コンダクタンス向上のメカニズムを議論したものである。本論文はナノマテリアルの熱物性に関する新たな知見を与えており、ナノ材料工学及び分子熱工学の発展に寄与するものだと考えられる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。