

審査の結果の要旨

氏名 車 振 赫

本論文は” Thermal properties of PDMS composite containing aligned CNTs (配向 CNT-PDMS 複合材料の熱物性)”と題し、カーボンナノチューブ(carbon nanotube, CNT)配向膜の熱物性および CNT とジメチルポリシロキサン(PDMS)複合材料の作成と熱物性評価に関するものである。CNT の長さ方向の熱伝導率は他の材料を凌駕すると予測されており、複合材の熱伝導率向上フィラーなどの応用が検討されている。本論文においては、単層 CNT および多層 CNT の垂直配向膜を、CNT の配向を保ったまま、PDMS 複合材料を作成する方法を提案し均質な複合材料の作成を実現している。また、垂直配向 CNT および PDMS 複合材料の膜方向の熱伝導率をレーザーフラッシュ法によって測定している。論文は全 5 章よりなっている。

第 1 章は、"Introduction (序論)"であり、CNT の幾何学構造、熱物性、CNT-ポリマー複合材料などの最近の研究動向と電子デバイスにおける熱界面材料 (Thermal Interface Material, TIM)としての CNT 複合材応用の可能性について議論し、本論文の構成を述べている。

第 2 章は、”Thermal properties of CNT forest with various volume fractions (垂直配向 CNT 膜の密度依存の熱物性)”である。スーパーグローブ法と呼ばれる CVD 法によって合成した垂直配向カーボンナノチューブ(単層 CNT と多層 CNT)に対して、横方向から機械的に圧縮するスキージ法を開発することによって、CNT の密度を 3%程度から 25%程度まで連続的に変化させて、膜厚方向の熱伝導率の測定を実現している。単層 CNT の場合、低密度では密度に比例して熱伝導率が増加するが、膜密度が約 15%程度以上になるとより急激に熱伝導率が増加するとの測定結果を得ている。すなわち、低密度の単層 CNT の多くは膜の両端に渡っていないために、膜の熱伝導に十分に寄与していないことを明らかにしている。また、高密度となると単層 CNT 同士の接触が急増し、より多くの単層 CNT が膜の熱伝導に寄与する。一方、多層 CNT 配向膜の場合には、上記な特異な現象は観察されない。

第3章は、”Enhanced thermal properties of PDMS composite with vertically aligned CNT forest (垂直配向 CNT 膜との複合による PDMS の熱伝導特性向上)”である。第2章のスキージ法によって密度を変化させた CNT 垂直配向膜の配向を保ったまま、ジメチルポリシロキサン(PDMS)複合材料を作成する方法を提案し、膜厚方向の温度拡散率と熱伝導率の計測をしている。垂直配向を保った CNT と PDMS の複合材料の熱伝導率は、PDMS の熱伝導率よりも最大 40 倍程度大きくなることを示しており、柔軟な熱界面材料としての応用の可能性を示している。

第4章は、”Development of fabrication method for polymer composite with reduced-size of CNT forest (薄い垂直配向 CNT 膜によるポリマー複合膜作成技術開発)”である。アルコール CVD 法によって合成した高品質単層 CNT の垂直配向膜を用いて、その配向構造を保った PDMS 複合材の作成方法を提案している。CNT 垂直配向膜に PDMS 溶液をのせて基板を垂直に傾けて硬化させる方法である。電子顕微鏡観察や偏光ラマン分光によって均質性や配向性を検証するとともに複合化のメカニズムを議論している。

第5章は”Conclusion (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、垂直 CNT 膜の配向を保った PDMS 複合材の作成方法を提案し、その熱伝導特性を評価したものであり、配向 CNT 複合材の熱界面材料としての応用可能性を示している。本論文は CNT 応用技術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。