

論文内容の要旨

博士論文題目

Boron Nitride Nanotubes: Purification and Alignment Studies

(窒化ホウ素ナノチューブ：精製と配向の研究)

氏名 De los Reyes, Florencio Delen

(要約)

第1章で関連学術分野における研究の進展と知見を総括し研究背景を明らかにしている。窒化ホウ素ナノチューブ (BNNT) は近年注目されているナノ材料であり、エネルギー貯蔵、宇宙および放射線応用などに興味が集まっている。CVD等の方法で合成されるBNNTは多くの場合、平面構造の窒化ホウ素やアモルファスな不純物を包含しており、その高純度化には課題が指摘されてきた。これらの背景を明らかにしたうえで、BNNTの簡便な高純度化方法およびその配向制御など本研究の意義を明らかにしている。第2章ではBNNTの簡便な高純度化方法について論じている。BNNTの精製において安価で入手容易な汎用高分子を検討しEthyl cellulose (EC) が有効であることを見出し条件の最適化に成功している。精製したBNNTでは酸化物や平面性窒化ホウ素不純物を示す赤外吸収バンドがほぼ消失し高純度化が達成されて事が示されている。第3章では高純度化したBNNTの薄膜の形成と配向制御に取り組んでいる。この目的のためにECとpolyvinyl butyral (PV) を可溶化剤として取り上げ、BNNTとの複合膜を調整した。様々な条件で混合溶液を基板上に滴下することで薄膜を形成し、その均質性とBNNTの集積構造を検討した。その結果、最適化条件のもとでBNNTが巨視的に1方向に配向した薄膜を調整することに成功している。走査型電子顕微鏡像の画像解析からBNNTの配向を定量する手法の確立に取り組み、Alignment Factor (AF) を導出している。さらにAFが電子顕微鏡像の観測サイズの対数に依存することを明らかにし、巨視的な配向の評価方法を明らかにしている。さらに巨視的な配向制御に取り組み、基盤をあらかじめ配向処理するMechanical brushing法を開発しその有効性を定量化している。さらにこれらの研究成果をまとめたうえで、その意義と今後の課題を提示し本論文の総括を提示している。

氏名	De los Reyes, Florencio Delen
----	----------------------------------

(論文審査結果の要旨)

窒化ホウ素ナノチューブ (BNNT) は近年注目されているナノ材料であり、力学強度が高いこととともに、比表面積が大きくピエゾ効果や中性子線に対する吸収性や遮蔽性が大きいことなどから、エネルギー変換や放射線応用などへの応用が期待されている。しかし通常の気相化学反応 (CVD) 法で合成される BNNT は綿状で、フィルム化のためには溶媒やポリマーへの分散化が必要とされてきた。本論文は本学博士課程で実施された BNNT の高純度化と溶媒への分散化および薄膜形成と巨視的な配向方向制御に向けた研究の成果がまとめられている。第1章では関連学術分野における研究の進展と知見を総括し研究背景を明らかにしている。従来法により合成された BNNT は平面構造の窒化ホウ素や酸化物を含むアモルファス不純物を包含しており、そのために溶媒への分散性が低くフィルム化などの加工性に乏しい点が大きな課題とされてきた。その解決のためには適切な高分子分散剤を選定することで溶媒への分散化と高純度化が必要と考えられた。本章ではこれらの背景を明らかにしたうえで、BNNT の簡便な高純度化およびその配向制御などに取り組む本研究の意義を明らかにしている。第2章では高分子分散剤を利用する BNNT の簡便な高純度化方法について論じている。BNNT の精製において安価で入手容易な汎用高分子を検討し Ethyl cellulose (EC) が有効であることを見出し、条件の最適化に成功している。精製した BNNT では酸化物や平面性窒化ホウ素不純物を示す赤外吸収バンドがほぼ消失し高純度化が達成されて事が示されている。第3章では高純度化した BNNT による薄膜形成と配向制御に取り組んでいる。この目的のために EC と polyvinyl butyral (PV) を可溶化剤として選定し、両者を比較しつつ BNNT との複合膜を調整した。様々な条件で混合溶液を基板上に滴下することで薄膜を形成し、その均質性と BNNT の集積構造を検討している。その結果、BNNT の長軸方向が一定方向に配向した薄膜を調整することに成功している。走査型電子顕微鏡像の画像解析から BNNT の配向を定量化する手法の確立に取り組み、Alignment Factor (AF) を導出している。AF が電子顕微鏡像の観測サイズの対数に対し直線相関することを明らかにし、巨視的配向の評価方法提示している。これらの検討をふまえ巨視的な配向制御に取り組み、基盤をあらかじめ配向処理する Mechanical brushing 法を開発し、その有効性を定量的に評価している。さらにこれらの研究成果をまとめたうえで、その意義と今後の課題を提示し本論文の総括を提示している。本候補者はこれまでの研究成果と比較しつつ本研究成果の意義を論じたうえで、今後の展望について論じており本論文の総括を提示している。

本論文で示されている研究の成果は、高機能性ナノ材料を探求する関連分野の学理の深化と将来のプロセス開発への展開に顕著な貢献が期待される。よって審査委員一同は、本論文が博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認めた。