



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development and Exploration of New Materials Related with Carbon and Boron Nitride [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	田村, 貴大
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(総合化学)
Dissertation Number	甲第13357号
Issue Date	2018-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71981
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takahiro_TAMURA_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（総合化学） 氏名 田村 貴大

	主査	教授	忠永 清治
	副査	教授	島田 敏宏
審査担当者	副査	准教授	長浜 太郎
	副査	准教授	分島 亮
	副査	教授	向井 紳

学 位 論 文 題 名

Development and Exploration of New Materials Related with Carbon and Boron Nitride
(炭素及び窒化ホウ素系新規材料の開発と物性探索)

炭素および窒化ホウ素はさまざまな構造を持ち、構造と密接に関連した多様な物性を示す。特に、ダイヤモンドと立方晶窒化ホウ素 (cBN) は非常に高い熱伝導度や広いバンドギャップ、およびドーピング時の電気伝導性や蛍光など多彩な特性で注目される。このような性質のため、未来の電子デバイス材料として、現在開発が進められている SiC や GaN など凌駕するパワー半導体や深紫外 LED などへの展開が期待されている。しかし、ダイヤモンドも cBN も結晶工学における制御性に困難があり、その解決が求められている。例えば、ダイヤモンドでは n タイプのドーピングが困難であり、また cBN は 1cm を超える単結晶や単結晶薄膜の作製が困難である。本博士論文において、筆者はこれらの問題の解決に貢献すべく、新しい実験手法を編み出しながら研究を進めた。

第 1 章は全体の導入であり、研究背景、基礎的な事項と本博士論文の構成について述べている。

第 2 章ではダイヤモンドへの新しいドーピング法の開発について述べている。その手法は、ダイヤモンド薄膜成長のためのマイクロ波プラズマ化学気相成長法 (MPCVD) において、プラズマ中にドーパント元素を含む固体を挿入するものである。ドーピングが実際に行えることを証明するため、ホウ素を用いて実験を行った。さまざまな手法により解析を行ったところ、第 3 章では、ビスマスをダイヤモンド MPCVD 中のプラズマに挿入することによりドーピングの可能性を調べた。ビスマスは低融点であるため、液体状態の元素をプラズマに挿入する技術を開発した。得られた物質は異常粒成長を起こした多結晶ダイヤモンドであった。試料の不均一性からダイヤモンド格子へのビスマスのドーピングは確認できなかったが、ダイヤモンドの粒界にビスマスのナノ粒子を炭素が取り巻いた新しい構造の物質が見出された。ラマン分光から、複雑な振動スペクトルを示す分子状の物質が確認され、また、格子定数が稀な炭素同素体であるチャオアイトと一致する炭素固体の存在を示す透過電子顕微鏡の結果が得られた。

第 4 章では、入手が容易な cBN の 0.3 mm 程度の微小な単結晶を扱う技術を開発し、面指数を制御して研磨した表面とプラズマとの相互作用を調べた。窒素プラズマでは (-1-1-1)N 面が選択的にエッチングされ、(111) B 面が残ることが明らかになった。また、高指数面のエッチングにより周期性のあるナノ構造が表面に形成されることがわかった。さらに、フッ化マグネシウムの固体を窒素プラズマ中に挿入すると、面によるエッチング速度の差が小さくなることが明らかになった。これは、F を含むプラズマを用いた MPCVD により成長した cBN 薄膜の結晶性が高いという未解明の現象を説明する一つの因子であると考えられる。

第 5 章では、cBN の力学的性質を調べるため、第 4 章の手法を用いて得られる微小結晶を試料としたナノインデンテーション技術を開発し実験を行った。まず、さまざまな面指数を持つ表面に対して硬さと弾性定数を求めた。その結果、(100) 面が最も硬く弾性定数も大きいことが分かった。さらに、これまで cBN では見られていなかった pop-in 現象を観察し、定量的解析をおこなった。面方位依存性から、(111) 面の転位が関係していると考えられた。これらの結果は理論的予測と定性的に一致しているが、定量的な解釈は今後の検討が必要である。今後の MEMS 応用などに役立つデータが得られた。

第 6 章はまとめと全体の結論である。

これを要するに、筆者はダイヤモンドの新しいドーピング手法の開発と、cBNの微小単結晶を用いた精密な実験手法の開発を行い、重要な実験データを蓄積することに成功した。得られた結果は、この分野の今後の発展に役立つものである。よって著者は、北海道大学博士（総合化学）を授与される資格があるものと認める。