九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Synthesis and Growth Mechanism of Two-Dimensional Atomic Sheets of Hexagonal Boron Nitride

内田, 勇気

https://hdl.handle.net/2324/2236279

出版情報：Kyushu University, 2018, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

（様式３）Form 3

氏　　名　：内田勇気

Name: Yuki Uchida

論 文 名　：Synthesis and Growth Mechanism of Two-Dimensional Atomic Sheets of Hexagonal Boron Nitride（六方晶窒化ホウ素の二次元原子膜の合成と成長メカニズム）

Title:

区　　分　：甲

Category: Kou

論 文 内 容 の 要 旨

Thesis Summary

ホウ素と窒素から成る層状物質である六方晶窒化ホウ素（h-BN）は、グラフェンや遷移金属カルコゲナイド（TMC）原子膜といった二次元材料の理想的な絶縁層として期待されている。これはh-BNの表面が原子レベルで平滑であり、ダングリングボンドを持たず、低極性の光学フォノンを有することから、二次元材料の本来の特性を引き出すことが期待されるためである。しかし、これまでに用いられているh-BNのほとんどが機械的剥離法によって得られており、そのサイズが小さく（1-30 μm）、厚さが不均一な剥片のため、応用展開に向けて均一かつ大面積に合成する手法の開発が望まれている。最近では、大面積化、低コスト化、形状制御の可能性の観点から、金属触媒を基板として用いた化学気相成長（CVD）法が多数報告されるようになってきた。しかし、多くの研究によって確立されたグラフェンのCVD合成とは異なり、CVD法によるh-BNの厚さ均一性、結晶方位などの制御は依然として挑戦的な課題である。

本論文では、Cu(111)薄膜を用いた単層h-BNのエピタキシャル成長、及び、Ni-Fe合金薄膜を使用した多層h-BNの均一成長に関する研究成果を報告する。これまで、h-BNのCVD合成ではCu箔などの多結晶金属触媒が用いられていることから、その表面に生成したh-BN膜は六方格子の向きがランダムなグレインから構成される、厚さが不均一に成長する、などの問題点がある。本研究では、高結晶性のCu(111)薄膜をサファイア基板上にスパッタリング法によって成膜し、触媒として用いてh-BNを合成した。走査型電子顕微鏡（SEM）観察、及び、低速電子線回折（LEED）測定によって、結晶方位の揃った単層h-BN膜をCu(111)上に大面積に合成できることが明らかにした。さらに、単層という原子一個分の厚さにも関わらず、合成したh-BN膜がCu(111)の酸化を抑制できることも示した。

次に、スピネルやサファイアなどの単結晶基板上に堆積させたNi-Fe薄膜を用いた多層h-BNの均一成長に関しても報告をする。合金を触媒として用いることで、金属中へのホウ素と窒素の固溶度と触媒の結晶構造を制御し、多層h-BNを均一に成長できることを実験的に示した。また、本研究では多層h-BNの成長ダイナミクスの理解も深め、多層h-BNの成長はNi-Fe合金の初期の結晶方位に強く依存することを見出した。さらに、得られた多層h-BN上に成長した単層の二硫化タングステン（WS_2）の光学特性の大幅な向上を観測したことから、本研究で合成した多層h-BNが二次元材料の絶縁層として優れていることも明らかにした。これらの結果はグラフェン、TMCなど多様な二次元材料の電子、光デバイスへの応用を大きく促進するものと期待される。