



Title	電子サイクロトロン共鳴プラズマ中での反応性スパッタリングによる立方晶窒化硼素薄膜の合成に関する研究
Author(s)	若土, 雅之
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42145">https://hdl.handle.net/11094/42145</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について <a href="#"></a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	若 土 雅 之
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 9 4 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 11 年 9 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科 電子情報エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	電子サイクロトロン共鳴プラズマ中での反応性スパッタリングによる立方晶窒化硼素薄膜の合成に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 西川 雅弘 (副査) 教 授 権田 俊一 教 授 中井 貞雄 教 授 飯田 敏行 教 授 堀池 寛 教 授 三間 罔興 教 授 西原 功修 助教授 上田 良夫

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマ中での反応性スパッタリングによる立方晶窒化硼素 (c-BN) 薄膜の合成を目的として行い、窒化硼素 (BN) 薄膜の内部応力と剝離現象解明、および c-BN 相形成条件の検討に関する研究結果をまとめたもので、序論、本論 6 章、結論の計 8 章より構成されている。

第 1 章では序論として、本研究に至る歴史的背景と研究目的を述べている。

第 2 章では本研究にて扱う BN の結晶構造の種類とそれらの物性について述べている。

第 3 章は成膜実験装置構成、手法、探針法ならびに発光分光法によるプラズマの計測結果を示している。本方式の特徴は ECR プラズマ中にて固体硼素ターゲットを加熱することで DC バイアスにてスパッタが可能であり、スパッタ硼素と窒素プラズマにて化合物 BN を形成する従来試みられていない方式にある。

第 4 章では、本成膜方式における成膜時の固体硼素ターゲットの挙動を記し、実際に成膜実験で得られた BN 薄膜の基本的な特性評価 (化学結合、元素組成) 結果を述べている。

第 5 章は本論文における主要な結果を述べた章であり、イオン衝撃効果と c-BN 形成条件について記した部分である。c-BN 形成には、成膜時における反応最表面へのイオン衝撃が必要であること、c-BN 形成に要するイオンエネルギーの閾値は最表面におけるイオン/硼素原子粒子束比の値によって変化すること、さらに同粒子束比を増加することによって閾エネルギー値を低く抑えることができるが、同時に c-BN 形成効率も低下する実験結果を中心に述べている。

第 6 章は、得られた BN 薄膜の剝離現象について言及し、剝離の原因となる薄膜の内部応力の測定に関して行った実験結果について述べている。c-BN 形成効率の高い試料は共通して 5~6 GPa の圧縮応力を有し、成膜後の剝離現象を示す。c-BN 薄膜の剝離の抑制に対しては h-BN による中間層の導入が効果的である結果を示している。

第 7 章では、本研究の結果と過去に提唱されている c-BN 形成モデルを比較・検討し、いずれのモデルに対しても本研究結果と巨視的実験事実、微視的原子過程両面において合致するものはなく、さらなるモデルの検討の必要性を提示している。

第8章では上記の知見を統括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は次世代の機能性材料としての応用が期待される準安定物質である立方晶窒化硼素 (c-BN) を、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマ中で固体純硼素ターゲットを用いて反応性スパッタリングする従来試みられていない方式によって薄膜合成する手法ならびに合成された薄膜の内部応力の問題に関する研究の成果をまとめたものである。主な結果を要約すると以下の通りとなる。

- (1) ターゲット材には固体純硼素を用い、それを ECR プラズマ中にて加熱することによって電気抵抗率を低下させ、DC バイアスによるスパッタが可能であることを示している。
- (2) 基板へ適切な自己バイアスを印加し、形成されるイオンシースにて加速されるイオンのエネルギーを制御することによって、薄膜として c-BN を合成することに成功している。結晶相の評価は赤外吸収と電子線回折法の両手法によって行い、評価の正当性を確認している。
- (3) 基板最表面へ照射するイオンのエネルギーが低い場合、合成される BN 相は六方晶 (h-BN) となるが、c-BN 相が合成されるイオンエネルギーの閾値は基板へ入射するイオンと硼素原子の粒子束比に依存することを示している。上記の粒子束比が高くなれば c-BN 相合成に要するイオンエネルギー値を低く抑えることができる反面、c-BN 形成効率 (試料中の c-BN 相比率) も低下する傾向を報告している。
- (4) 得られた c-BN 薄膜試料は成膜時のイオン衝撃のために大きな圧縮応力を示す。c-BN 薄膜の圧縮応力と c-BN 形成効率の相関を系統的に調べ、結果と過去に提唱された c-BN 形成モデルとの比較を試みているが、本論文における実験結果の示す傾向はいずれのモデルとも完全には一致せず、さらなる検討の必要性を述べている。
- (5) 巨大な圧縮応力によって生じる c-BN 薄膜の剝離現象の抑制手法の1つとして、基板と c-BN 層の間への h-BN 中間層導入による効果を示している。

以上のように、本論文はイオンプロセスによる準安定相薄膜合成のために要するパラメータ予測に有用な知見を提供し、さらにイオン衝撃によって誘発される薄膜の内部応力と準安定相形成機構との相関を示し、巨大な圧縮応力による剝離現象の抑制手段を提示している点など、プラズマプロセス工学、材料工学に寄与、貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。