

氏 名	李 熙
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 172 号
学位授与の日付	平成 10 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規定第 4 条第 1 項該当
研 究 科・専 攻	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	A Study on Highly Oriented Nucleation of Diamond on Silicon and SiC Substrates by Hot Filament Chemical Vapor Deposition
審 査 委 員	(主査) 教 授 西 野 茂 弘 教 授 山 田 正 良 教 授 更 家 淳 司 助教授 林 康 明

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、メタンガスを原料としたフィラメント法を用いたダイヤモンド薄膜の形成方法について論じたものである。薄膜状のダイヤモンド形成は電子デバイスへの応用など、その研究開発が望まれている。しかし、結晶性の高いダイヤモンド薄膜を得るには基板材料、成長方法などを選択することが重要である。本論文では、ダイヤモンドの核成長の初期過程を“成長時にリアルタイム”で評価するなど、成長初期過程から厚膜形成までを幅広く研究したものである。本論文は 8 章から構成されており、以下に各章の概要を記す。

第 1 章ではダイヤモンドの研究について、背景と目的を記している。この中でダイヤモンドと基板材料(シリコン、シリコンカーバイド)の特性と結晶構造について紹介している。

第 2 章では、ダイヤモンド合成の理論を紹介している。主に CVD 法におけるダイヤモンド合成に関して、核形成と表面化学に関する理論と現在行われている研究を紹介し、本論文の位置付けを記している。

第 3 章には、本研究で行った成長方法及び分析方法について記している。ここでは、炭化過程と BEN (バイアス誘導核形成: Bias Enhanced Nucleation) 処理過程の解析に用いる回転検光子型分光偏光解析法及び XPS (光電子分光解析) の原理について説明している。特に分光偏光解析に関しては、使用する波長と結晶核の平均直径の関連を述べ、後の実験結果の解析の有用性について触れている。

第 4 章ではダイヤモンドの成長を開始する前に、シリコン基板の炭化を行うことにより、SiC 核が形成される機構について述べている。本研究ではメタン雰囲気中でシリコン基板を通電加熱することにより、その表面を炭化し、その後にダイヤモンド膜を堆積させている。実験結果から、ダイヤモンドの核形成には、炭化過程で炭化層に生じるボイドと気相における炭素の過飽和度が大きく関与するを見い出している。

第 5 章では、基板の前処理の方法の一つである BEN 法を用いたダイヤモンドの成長について述べている。BEN 法はメタンガス雰囲気、基板に負のバイアスを印加し、基板上に深いプラズマシートを形成して、前処理する方法である。この過程を偏光解析法を用いて基板の表面状態を測定している。バイアスを印加する過程では、炭化、誘導、核形成、膜形成の 4 段階があるが、これを偏光解析法によるその場測定により初めて明らかにした。この過程とバイアス印加時間を制御することは配向性ダイヤモンド核を得るために重要である。この章では BEN 法による核発生の制御について論じている。

第 6 章では、基板に 6H-SiC 単結晶を用いた場合のダイヤモンドの成長について記している。実験において高密度かつ高配向のダイヤモンド核を得ることはじめて成功した。そして配向した成長核を得ることに関しては、SiC のシリコンよりもカーボン面の方が適しているを明確に示している。また、成長核の

密度については、カーボン面よりもシリコン面の方が高密度の核が形成される結果を得ている。この実験でも前処理にはBEN法を用いている。この処理によって、基板表面がエッチングされ、その表面に多くのSiCの微結晶が形成されている。このことがダイヤモンド核の形成に関係があると推論している。

第7章では、Hollow陰極を用いたダイヤモンドの形成について論じている。Hollow陰極を用いることは広範囲に渡って均一な核を形成するために極めて有効な手段である。この方法と有効性について述べている。

第8章ではまとめとして本研究の課題及び将来の展望について記している。

論文審査の結果の要旨

申請論文はメタンガスを原料としたフィラメント法を用いたダイヤモンド薄膜の形成方法について論じたものである。本論文では、ダイヤモンドの核成長の初期過程を“成長時にリアルタイム”で評価するなど、成長初期過程から厚膜形成までを幅広く研究したものである。ダイヤモンドの核形成過程を各種基板について研究し、核形成の重要性を指摘している。これらの結果は今後の単結晶ダイヤモンドの形成に大きな貢献をするものと判断される。本論文の内容は、下記に示す7編の論文に掲載、公表され、6編が筆頭著者となっている。

- 1) X. Li, T. Miyai and Y. Hayashi

“Analyses of Diamond Nucleation Processes on Carbonized Substrates”. Jpn. J. Appl. Phys. **36**, No. 1 A/B, L8 (1997)

- 2) X. Li, Y. Hayashi and S. Nishino

“Analyses of an Oriented Diamond Nucleation Processes on Si Substrates by Hot Filament CVD”. Jpn. J. Appl. Phys. **36**, No. 8, 5197 (1997).

- 3) X. Li, Y. Hayashi and S. Nishino

“An Improved Method for Large-area Oriented Nucleation of Diamond during Bias Process Via HF-CVD”. Thin Solid Films, **313**, No. 2, 308 (1997).

- 4) X. Li, T. Shirafuji, Y. Hayashi, S. K. Lilov and S. Nishino

“Nucleation of Oriented Diamond on Single Crystalline 6H-SiC Substrates by Bias-enhanced Nucleation in Hot Filament Chemical Vapor Deposition”. Jpn. J. Appl. Phys. **35**, No. 10, 6259 (1997).

- 5) X. Li, Y. Hayashi, S. K. Lilov and S. Nishino

“Bias-enhance Nucleation of Diamond on Single Crystalline 6H-SiC Substrates”. Jpn. J. Appl. Phys. **36**, No. 10B, L1370 (1997)

- 6) Y. Hayashi, X. Li and S. Nishino

“Ellipsometric Monitoring of an Oriented Diamond Nucleation Process in Bias-enhanced Chemical Vapor Deposition”. Appl. Phys. Lett. **77**, 2913 (1997)

- 7) X. Li, Y. Hayashi, S. K. Lilov and S. Nishino

“Growth of Oriented Diamond on Single Crystalline 6H-SiC Substrates”. Journal of Electronic Materials, **27**, No. 1, 30 (1998).

以上の審査結果より、本論文は博士論文として十分な内容を備えていると判定される。