

Title	Study on Depositions of Nano-Structured Carbon Films Using Microwave Plasma CVD Method and Their Field Emission Characteristics
Author(s)	王, 佳宇
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48459
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	王 佳 宇
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 0 6 9 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 18 年 9 月 27 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気工学専攻
学 位 論 文 名	Study on Depositions of Nano-Structured Carbon Films Using Microwave Plasma CVD Method and Their Field Emission Characteristics (マイクロ波プラズマ CVD 法によるナノ構造炭素薄膜の作製とその電界放射特性評価に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 伊 藤 利 道 (副査) 教 授 伊 瀬 敏 史 教 授 熊 谷 貞 俊 教 授 辻 毅 一 郎 教 授 佐 々 木 孝 友 教 授 杉 野 隆 教 授 西 村 博 明 教 授 中 塚 正 大 教 授 斗 内 政 吉

論 文 内 容 の 要 旨

This thesis focused mainly on fabrication of nano-structured carbon films deposited using a microwave-plasma chemical-vapor-deposition (MPCVD) method and on their field emission (FE) characteristics. The main goal of this thesis was to obtain the nano-structured carbon films that stably yielded high FE current densities suitable for cold cathodes in vacuum electronics. Several kinds of the nano-structured carbon films investigated in this study included (1) undoped and B-doped wrinkled carbon nano-sheets, (2) highly-oriented carbon nano-sheets with large-angle-crossed structures, and (3) undoped, B-doped and N-doped carbon needles, which were fabricated on Si wafers or polycrystalline CVD diamond films under different deposition conditions. The structure and FE characteristics of the films thus grown were investigated. The carbon films fabricated with different deposition parameters yielded different surface morphologies and different FE characteristics. The maximum FE current densities obtained at a macroscopic electric field, E_m , of $4.5 \text{ V}/\mu\text{m}$ from the carbon films with N-doped carbon needles exceeded $200 \text{ mA}/\text{cm}^2$. Furthermore, possible FE mechanisms applicable for these carbon films were found to include a statistical F-N model considering field-dependent parameters at relatively low E_m and a FE-current saturation model based upon a space-charge-limited current mechanism working mainly at relatively high E_m .

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、真空エレクトロニクス関連への応用が期待されているナノ構造炭素薄膜に関し、マイクロ波プラズマ化学気相合成 (CVD) 法により、報告例の無かった新規のものも含め、数種類の異なった形態の炭素薄膜を作製すると

ともに、それらの炭素膜の電界電子放射特性を評価・解析することによって得られた研究成果をまとめたものである。主な成果は以下の通りである。

- (1) ガス圧力、ガス流量、マイクロ波電力や基板温度などを調整することにより、従来の報告値に比べ、かなり大きな電界放射電子電流密度が得られる幾つかのナノ構造炭素薄膜の作製に成功している。その代表例をあげると、波打ったナノ炭素シートの集合体、概ね方向が揃い互いに交差する炭素シートの集合体（新規）、及び、無数の針状炭素を有するナノ構造炭素膜（新規）、及び、それらのホウ素や窒素をドーブした膜などがある。また、窒素ドーブした針状炭素を含有したナノ構造炭層薄膜において、 $4.5 \text{ V}/\mu\text{m}$ のマクロ電界で最も大きな電界放射電流密度として $200 \text{ mA}/\text{cm}^2$ を得ている。新規開発したナノ構造炭素薄膜では、少なくとも数十時間連続動作させても電界電子放射特性に安定性があるものが得られることを実証している。
- (2) このようなナノ構造炭素膜から得られる電界放射電子電流の印加電界依存性について詳細に検討することにより、新たな解析方法を提案している。すなわち、従来提案されていた「マイクロにみれば不均一構造を有する炭素膜の構造にガウス型分布を考慮する」統計的 Fowler-Nordheim (F-N) 機構に基づく方法では、電界電子放射特性を決める局所的電界増大因子の膜全体にわたる平均値、並びに、電界放射領域（面積）は、マクロ的な印加電界に依存しないものとされていた。これに対し、実測データを詳細に検討することにより、それらが印加電界に依存して変化するとして考慮できることを初めて見出し、電界電子放射領域が急激に増大するという観測事実について、従来の統計的 F-N 機構に比べより合理的に説明できることを実証している。
- (3) 電界電子放射特性は3領域に分離して考慮すべきとの提案を行い、大きな電界放射電子電流密度が得られる電界領域では、何らかの電流制限機構が働いていることを見出している。また、そのような電流制限機構の可能性の一つとして、空間電荷制限電流機構を取り上げ、観測された電界放射電流特性がうまく説明できることを示している。

以上のように、本論文は、真空エレクトロニクス関連への応用が期待されているナノ構造炭素薄膜について、応用上最も重要な要件の一つである放射電子電流特性に関して、従来報告例を凌駕する幾つかの異なる微細構造の薄膜の作製に成功している。また、それらの放射電子電流の印加電界依存性に関して、従来法を発展させた解析方法を提案している。よって、本論文は、電気材料物性工学に関する研究進展に貢献しており、博士論文として価値あるものと認める。