The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	CVD法で合成されたダイヤモンド結晶の微細構造欠陥に関する研究
Author(s)	柳生, 博之
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39736
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【19】

氏　　名	柳（やぎゅう）　生（ひろ）　博（ゆき）　之
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　12478　号
学位授与年月日	平成8年3月25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	**CVD法で合成されたダイヤモンド結晶の微細構造欠陥に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　平木　昭夫 教　授　白藤　純嗣　　教　授　松浦　虔士　　教　授　青木　亮三 教　授　佐々木孝友　　教　授　辻　毅一郎　　教　授　熊谷　貞俊 教　授　小牧　省三　　教　授　村上　吉繁　　教　授　黒田　英三 教　授　山中　龍彦　　教　授　中島　尚男

論文内容の要旨

炭素の結晶体の一つであるダイヤモンドは，従来よりも高温下で高速に動作する半導体素子や大電力用途向けの半導体素子の作製が可能となる，新しい半導体材料として期待されている。本論文では，化学気相堆積（chemical vapor depositio；CVD）法によって合成されるダイヤモンド結晶の，半導体特性に多大な影響を及ぼすと考えられる。結晶欠陥に関する研究についてまとめたものであり，6章で構成されている。

第1章は，序論で，本研究の背景と目的，本論文の構成について述べている。

第2章では，本研究で用いたダイヤモンド合成法，マイクロ波プラズマCVD法について述べ，ダイヤモンドの合成条件，合成手順について詳しく述べている。また，CVD法によるダイヤモンドの形成機構について説明している。最後に，第3章にて用いられた，ダイヤモンド結晶粒の選択核形成技術について述べている。

第3章では，マイクロ波プラズマCVD法によって合成されたダイヤモンド結晶に関して，結晶粒およびその形成過程を走査型電子顕微鏡を用いて観察し，また特に形成初期段階の結晶粒子について透過型電子顕微鏡を用いて観察した結果について述べている。形成初期段階粒子の透過型電子顕微鏡観察法として，側面観察法を考案し，これによって観察を行っている。また側面観察法において結晶格子像観察に成功し，格子欠陥および表面状態に関する重要な知見を得ている。

第4章では，ダイヤモンドへのドーピング技術として期待されるイオン注入法に関し，イオン注入およびその後の結晶性回復処理によって形成される点欠陥について，カソードルミネッセンス法を適用し，評価解析している。イオン注入損傷を受けたダイヤモンド結晶の回復法として，微量の一酸化炭素が添加された水素プラズマ中でのアニール処理を提案している。また，ホウ素を添加して合成されたダイヤモンド結晶に於て，注入欠陥に起因する発光中心の強度が減少することを示しており，この現象について検討考察を行っている。

第5章では，第3章および第4章で得られた知見より，今後再検討および解決が必要不可欠と考えられる課題を抽出し，その解決のための技術的指針を提案している。

第6章は，結論で，本論文で得られた知見および成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は，CVD法によって合成されるダイヤモンド結晶の，半導体特性に多大な影響を及ぼすと考えられる、結晶欠陥に関する一連の研究についてまとめたもので，その主な成果を要約すると次の通りである。

(1)形成初期段階の微小結晶粒子形状の観察より，CVDダイヤモンド結晶の臨界核形状が，熱力学的平衡形で表される可能性のあることを明らかにしている。

(2)成長過程観察より，結晶面方位による成長様式および結晶衝突粒界での二次核形成状態の違いを明らかにしている。

(3)内部格子欠陥として，粒子中央部に刃状転位が，また粒子中央部より｛111｝結晶面に沿って延びるマイクロツインが存在していることを明らかにしている。

(4)形成初期段階の微小粒子の透過型電子顕微鏡観察のために，側面観察法を考案している。この観察法より，シリコン基板上での，ダイヤモンド結晶粒子の詳細な形成状態を明らかにしている。また，この観察法が高分解能観察に適用可能であることを示し，中央部転位および｛111｝面上の成長丘を格子像レベルで捉えることに成功している。

(5)イオン注入欠陥の評価方法としてカソードルミネッセンス法を適用し，注入欠陥に起因する輻射再結合中心に着目して，欠陥種および相対的欠陥密度を評価する方法を提案している。そして，提案した手法に基づいて，イオン注入およびその後の結晶性回復処理が施されたCVDダイヤモンド結晶を評価し，用いた結晶性回復処理の有効性の検討に適用できることを示している。

(6)イオン注入損傷を受けたCVDダイヤモンド結晶の結晶性回復処理法として，従来提案されていた水素プラズマ処理法を改良した新しい処理法を考案している。改良した処理法により，従来の水素プラズマ処理法で問題となっていた再表面層のエッチング効果が抑制されることを明らかにしている。

(7)ホウ素を微量添加して合成したCVDダイヤモンド結晶では，窒素に関連した注入欠陥密度が減少することを見出している。また，ダイヤモンド結晶中の窒素濃度の低減がイオン注入欠陥密度の低減に必要不可欠な要素であることを明らかにしている。

(8)本研究結果より抽出された現有課題を明確にし，それに対する将来的指針を核形成プロセス，結晶成長プロセスおよび注入欠陥状態解明の3つの領域に分けて提案している。

以上のように，本論文は，新しい半導体材料として期待されるCVDダイヤモンドの，マイクロ波プラズマCVD法による結晶成長，およびイオン注入による不純物ドーピングの二つの基盤技術に関し，電子顕微鏡およびカソードルミネッセンス法を用いた評価から，格子欠陥やイオン注入欠陥などの結晶欠陥に関する多くの重要な知見を得，今後の工業的実用化を図るうえで必要不可欠な礎および指針を与えるものであり，電気工学，特に電気材料工学に寄与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。