

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | Study of diamond heteroepitaxy on Si substrates for power and sensor devices |
| 著者(和文) | 矢板潤也 |
| Author(English) | Junya Yaita |
| 出典(和文) | 学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10801号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:波多野 睦子,宮本 恭幸,河野 行雄,小寺 哲夫,鈴木 左文,小泉 聡 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10801号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 審査の要旨 |
| Type(English) | Exam Summary |

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号 | 甲第 | 号 | 学位申請者氏名 | 矢板 潤也 | | |
|-------------|-----|--------|---------|-------|-------|-----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 波多野 睦子 | 教授 | 審査員 | 小寺 哲夫 | 准教授 |
| | 審査員 | 小泉 聡 | 学外審査員 | | 鈴木 左文 | 准教授 |
| | | 宮本 恭幸 | 教授 | | | |
| | | 河野 行雄 | 准教授 | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Study of diamond heteroepitaxy on Si substrates for power and sensor devices” (パワー・センサデバイスに向けた Si 基板上へのダイヤモンドヘテロエピタキシーの研究) と題し、英文 5 章から構成されている。

第 1 章 “Introduction” (序論) では、ダイヤモンドを用いたパワー・センサデバイスの利点およびこれらデバイスの実用化に向けたダイヤモンド結晶成長研究の背景と目的を述べている。ダイヤモンドパワーデバイスは、次世代のワイドバンドギャップ半導体材料として期待されており、高い絶縁破壊電界強度や電子および正孔の移動度が高いため高耐圧・低抵抗デバイスに適しており、ダイヤモンド中の窒素-空孔欠陥 (NV センタ) は室温で動作可能な磁気センサとして期待されていると述べている。これらデバイスの実用化のためにはダイヤモンド基板の大面積化・低コスト化が必要であり、パワー・センサデバイスが実現可能なヘテロエピタキシャルダイヤモンド膜成長が本研究のキーであり目的であると述べている。本論文の具体的な研究対象として、Si 上への 3C-SiC 中間層を介したダイヤモンドエピタキシャル核形成技術、およびエピタキシャルダイヤモンド膜の成長技術を通してデバイス応用について説明している。

第 2 章 “Epitaxial nucleation” (エピタキシャル核形成) では、3C-SiC/Si 上へのダイヤモンドのエピタキシャル核形成プロセスを改善する方法について述べている。3C-SiC/Si 上へのダイヤモンド核形成は、その初期過程においてアモルファス層が形成されることによりダイヤモンドのエピタキシャル形成が困難になる。原子状水素を増加させ、そのアモルファス層を選択的にエッチングすることで、エピタキシャル形成が改善された結果について述べている。また、ダイヤモンドの核形成はプラズマ中に電圧を印加することによって行われ、核形成の時間によってダイヤモンドのエピタキシャル性が変化することを述べている。核形成中の電流が 3C-SiC 上に形成されたダイヤモンドの面積に依存するため、電流を In-situ に測定することによってダイヤモンド形成プロセスの時間変化を得ることができる。3C-SiC 上へのダイヤモンド核形成が飽和する領域において、高いエピタキシャル性を持ったダイヤモンドが形成できることを述べている。

第 3 章 “Heteroepitaxial growth” (ヘテロエピタキシャル成長) では、第 2 章で実現したエピタキシャルダイヤモンド核を成長させることによって得られたダイヤモンド (001) および (111) のヘテロエピタキシャル膜について述べている。(001) ダイヤモンド膜においては、これまで報告されているなかで最高品質の 3C-SiC/Si 上ダイヤモンド膜が得られ、膜中の転位密度は膜厚の増加により、他の半導体材料と同様のモデルで減少できることを述べている。また、ダイヤモンド (111) 膜においては、非エピタキシャルダイヤモンド核を酸素によって選択的にエッチングすることによって、エピタキシャルダイヤモンド核のみを成長させることにより、高配向のダイヤモンド膜を世界で初めて実現したと述べている。

第 4 章 “Power and sensor devices” (パワー・センサデバイス) では、第 3 章で成膜したヘテロエピタキシャル膜を用いてショットキーダイオードデバイス及び磁気センサデバイスに向けた NV センタを作製し、評価した結果について述べている。ショットキーダイオードはダイヤモンド (001) を用いて、整流比 10^9 ($\pm 5V$) と高温環境下 (500 K) での動作を実現したと述べている。課題は結晶欠陥に起因するリーク電流であり、それを抑制する再成長方法を提案している。また、ヘテロエピタキシャルダイヤモンド (111) 膜上に NV センタを形成し、形成した NV センタは優先的に [111] 方向へ配向していることにより高感度磁気センサに有用であると述べている。この時のコヒーレンス時間は同様に成長を行った単結晶膜と同程度であり、ヘテロエピタキシャル膜においてもコヒーレンス時間を低減させるような常磁性の欠陥の影響が十分小さいと述べている。課題は膜内ストレスの緩和と配向性の向上であり、それを解決する方法を提案し、最終的な目標である脳計測を実現できる可能性を示している。

第 5 章 “Summary” (結論) では、本論文の結論と今後の展望をまとめている。
以上を要するに、本論文では、Si 上へのヘテロエピタキシャルダイヤモンドを 3C-SiC 中間層を介して製膜する研究を行い、3C-SiC 上へのダイヤモンド核形成の制御、ダイヤモンド (001) 膜中の転位密度の低減、3C-SiC 上の高配向ダイヤモンド (111) 膜の実現、3C-SiC 上ヘテロエピタキシャル膜を用いたショットキーデバイスおよびセンサデバイスを実証したこと、など将来的にダイヤモンドに期待されている低消費電力パワーデバイス、脳磁・心磁計測用センサデバイスを実用化するために重要な大面積化・低コスト化が可能である Si 上へのヘテロエピタキシャルダイヤモンドに新たな道を拓いたもので、工学上、貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士 (工学) の学位論文として十分な価値があると認める。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。