

| | |
|--------------|---|
| Title | 高品質ダイヤモンド半導体を用いた放射線検出器とその実用化に関する研究 |
| Author(s) | 佐東, 秀徳 |
| Citation | 大阪大学, 2013, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/59963 |
| 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 | 佐 東 秀 徳 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工学) |
| 学位記番号 | 第 2 6 2 3 5 号 |
| 学位授与年月日 | 平成 25 年 3 月 25 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻 |
| 学位論文名 | 高品質ダイヤモンド半導体を用いた放射線検出器とその実用化に関する研究 |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 伊藤 利道 (副査) 教授 森 勇介 教授 西村 博明 教授 片山 光浩 教授 尾崎 雅則 教授 栖原 敏明 教授 近藤 正彦 教授 大森 裕 教授 八木 哲也 |

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は以下の6章から構成されている。

第1章は序論であり、研究の背景、目的と意義について述べた。

第2章では、ダイヤモンド放射線検出器の概要と放射線測定に関する基礎事項について説明した。

第3章では、モンテカルロシミュレーション法を利用して、個人線量計、エアモニタを想定したダイヤモンド検出器構造の最適化を試みた。このため、人体等価原子番号に近い原子番号を持つダイヤモンドと一般的に用いられているシリコンとの個人線量計としてのエネルギー特性を比較し、ダイヤモンドの優位性を定量的に明らかにした。さらに、ダイヤモンド個人線量計の検出器構造の最適化を行い、エネルギー特性が良好な検出器構造を見出した。次に、重元素層を併用したダイヤモンドエアモニタの検出効率向上について検討するため、重元素層併用による検出効率変化の調査を行い、検出効率向上の効果を確認して最適な金属厚さを導いた。また、得られた最適厚さを利用して積層構造とすることにより、広いエネルギー範囲で検出効率が向上する検出器構造を見出した。さらに、適切な種類と厚さの金属を積層することで、検出効率が向上しつつ、エネルギー特性が良好な検出器構造を見出した。

第4章では、ダイヤモンド放射線検出器内のキャリアの輸送特性を考慮したモデルを提示して、そのモデルをモンテカルロシミュレーションに組み込み、実験値と比較することで、提示したモデルの評価を行った。このため、CVDダイヤモンドの合成と検出器の作製を行い、その検出器が優れた性能を持つことを実証した。最終的に、本検出器を用いた実験結果と提示したモデルを用いたシミュレーション結果とが良く一致し、この結果から、ダイヤモンド放射線検出器内におけるキャリアの輸送特性を考慮したシミュレーション方法の有用性を明らかにした。この方法により、現状の結晶品質を考慮した実用的な検出器構造の検討が可能となった。

第5章では、耐放射線性に優れると考えられているダイヤモンドを用いた、広範囲に亘る線量率の測定が可能なサーベイメータの実用化開発を行った。このため、CVDダイヤモンド検出器と市販のシリコン検出器を用いて γ 線に対する耐性を比較し、ダイヤモンド検出器の方が格段に耐放射線性が優れていることを定量的に明らかにした。その後、CVDダイヤモンド検出器とシリコン検出器を組み合わせてサーベイメータを試作し、線量率直線性を評価した。その結果、一般的なシリコン線量計の測定範囲を大幅に超える線量率の測定が可能なサーベイメータの実

用化に成功した。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめ、本論文の結論とした。

論文審査の結果の要旨

本論文は、申請者が博士後期課程在籍中に行った高品質ダイヤモンド半導体を用いた放射線検出器とその実用化に関する研究成果をまとめたものであり、以下の6章から構成されている。

第1章では、本論文の研究背景を述べ、本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、ダイヤモンド放射線検出器の概要と放射線測定に関する基礎事項について述べ、後述する本論文の研究成果を理解しやすくしている。

第3章では、モンテカルロシミュレーション法を用いて、個人線量計やエリアモニタを想定したダイヤモンド検出器構造の最適化を試みている。具体的には、まず、人体等価原子番号に近い原子番号を持つダイヤモンドと一般的に使用されているシリコンについて個人線量計に要求されるエネルギー特性を比較し、ダイヤモンドの優位性を定量的に明らかにした上で、ダイヤモンド個人線量計の検出器構造の最適化を行うことによって、エネルギー特性が良好な検出器構造を見出している。また、ダイヤモンドエリアモニタの検出効率を向上させるため、重元素層併用による検出効率の増加を定量的に求め、検出効率向上の機構を明らかにするとともに、最適な元素やその厚さを導き、ダイヤモンド層との積層構造化を行うことにより、広いエネルギー範囲で検出効率が向上する検出器構造を提案している。

第4章では、ダイヤモンド放射線検出器内で励起されたキャリアの輸送特性を考慮したモデルを提案し、そのモデルをモンテカルロシミュレーションに組込んだ新たな解析方法の有用性を明らかにしている。具体的には、まず、高品質CVDダイヤモンドの合成と検出器の作製を行い、その検出器が優れた性能を持つことを実証している。次に、当該検出器で得られた実験結果と提案モデルを用いたシミュレーション結果とが良く一致することを示すことにより、ダイヤモンド放射線検出器内におけるキャリアの輸送特性を考慮したシミュレーション方法の有用性を明らかにしている。また、この解析方法により、結晶品質を考慮した実用的な検出器構造の検討が可能となることに言及している。

第5章では、耐放射線性が優れていると考えられているダイヤモンドを用いた、広範囲に亘る線量率の測定が可能なサーベイメータの実用化開発を行った結果について述べている。具体的には、まず、CVDダイヤモンド検出器と市販のシリコン検出器を用いて γ 線照射に対する耐性を比較し、ダイヤモンド検出器の方が格段に耐放射線性が優れていることを定量的に明らかにした上で、現状技術に立脚したCVDダイヤモンド検出器とシリコン検出器を適切に組合せたサーベイメータを試作し、実用機器に要求されている線量率直線性が十分満たされていることを実証する等、一般的なシリコン線量計の測定範囲を大幅に超える線量率の測定が可能な新規サーベイメータの実用化に成功している。

第6章では、本研究で得られた研究成果をまとめ、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は、高品質 CVD ダイヤモンドを用いた放射線検出器の素子構造の適正化やその有用性について、実験とシミュレーションにより実証するとともに、その動作特性を解析する手法を新たに提案し、現状技術に立脚した実用的な新規デバイスの試作にも成功している等、電気電子情報工学の進展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。