

氏名	谷村嘉彦
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第15443号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	核融合炉診断用人工ダイヤモンド放射線検出器の開発に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 飯田 敏行
	(副査) 教授 堀池 寛 教授 高橋 亮人 教授 中井 貞雄 教授 西川 雅弘 教授 権田 俊一 教授 三間 瞻興 教授 西原 功修

論文内容の要旨

本論文は、 (n, α_0) しきい値核反応を利用する核融合炉診断用人工ダイヤモンド放射線検出器の開発に関する研究の成果をまとめたもので、全7章より構成されている。

第1章では、核融合炉診断における中性子計測の重要性とこれまでの中性子計測法の問題点について概説している。その上で、本研究の人工ダイヤモンド放射線(中性子)検出器開発の目的と意義について述べている。

第2章では、放射線検出器母材料としてのダイヤモンドの特性についてまとめている。また、ダイヤモンドの物性及び結晶の合成方法について概説している。そして、人工ダイヤモンド放射線検出器の構造と中性子核反応に基づく核融合中性子検出原理の概要について述べている。

第3章では、ダイヤモンド放射線検出器の粒子入射応答についてのシミュレーション計算を行い、検出器設計における最適化や性能評価、そして性能を決定する因子に関する考察を行っている。まず、ポアソン方程式に基づいた検出器内部の電荷移動による検出信号形成のシミュレーション計算を行い、検出器内の電子および正孔のドリフトと信号形成の関係を明らかにしている。次に、検出器内の中性子核反応を正確に模擬したシミュレーション計算により、ダイヤモンド放射線検出器の中性子応答に関するエネルギー分解能の限界を明らかにするとともに、検出器形状の最適化を行っている。そして、 (n, α_0) 反応に対するピーク幅の限界は、生成荷電粒子の放出角度に依存したエネルギー分配割合により決定され、ダイヤモンド核融合中性子検出器の場合には約20keVであることを示している。

第4章では、人工ダイヤモンド放射線検出器の製作方法について述べている。高電圧下で動作させる検出器の漏れ電流を抑制するために、人工ダイヤモンド結晶面上に高耐電圧のショットキー電極と良好なオーミック電極を作成する方法を開発している。また、製作した人工ダイヤモンド検出器の漏れ電流特性を評価し、検出器として十分な電気的性能が得られていることを確認している。

第5章では、人工ダイヤモンド放射線検出器の粒子検出特性を評価するための ^{241}Am α 粒子測定実験の結果について述べている。ダイヤモンド放射線検出器は、大きなバンドギャップのため、室温から340Kまでの温度領域で問題なく使用できることを明らかにしている。また、可視光照射実験の結果から、人工ダイヤモンド検出器内には窒素の置換不純物に起因すると考えられる電子の深い捕獲準位があり、波高欠損や空間電荷蓄積などの検出特性劣化の要因となっていること、また、 α 線検出信号の波形解析より、正孔に対しては浅い捕獲準位があり、比較的短時間で捕獲正孔の再放出が起こることを明らかにしている。

第6章では、重陽子加速器を利用した人工ダイヤモンド検出器の14.2MeV中性子応答測定実験について述べている。本研究において製作した人工ダイヤモンド検出器で、 ^{12}C (n, α) ^{9}Be 反応に起因する信号を十分なS/N比で測定できることを明らかにしている。また、スペクトル拡がりの測定結果は、電荷捕獲による波高損失を考慮したシミュレーション計算の結果と概ね一致することを示している。これらの結果から、製作した人工ダイヤモンド放射線検出器の核融合中性子に対する実用的な応答関数が定められ、DT中性子のエネルギーを約7%の精度で求めることができることを明らかにしている。

第7章では本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

核融合炉の開発においては、エネルギーの源であるDT中性子の発生量やエネルギースペクトルを高精度で測定することが非常に重要である。本論文は、このような核融合炉診断に欠かせない中性子測定のために、母材に人工ダイヤモンドを用いる新しいしきい値反応型中性子検出器の開発研究についての結果をまとめたものである。得られた主な成果を要約すると以下の通りである。

- 1) 人工ダイヤモンド結晶面上に、粒子検出用の高信頼度のオーム電極と高耐電圧のショットキー電極を製作する方法を開発している。これらの電極作成法により漏れ電流の非常に小さな優れた人工ダイヤモンド検出器の製作が可能となっている。
- 2) 標準アルファ線に対する応答波形を詳細に解析し、人工ダイヤモンド検出器中に存在する電子及び正孔捕獲中心の性質と、それらの検出器の特性に及ぼす影響を調べている。これらの結果から、人工ダイヤモンド中性子検出器のエネルギー分解能を制限する要因を明らかにしている。
- 3) 人工ダイヤモンド検出器内の中性子核反応粒子に対する輸送計算コードを開発し、検出器構造の最適設計を可能にしている。
- 4) 重陽子加速器を利用した人工ダイヤモンド検出器の実用的なDT中性子応答関数を決定する方法を開発している。この方法により、本研究において製作した人工ダイヤモンド検出器のDT中性子に対するエネルギー分解能が7%であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は核融合炉診断装置に不可欠な新しい高性能中性子エネルギースペクトロメータを実現したものであり、核融合工学の発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。