

Title	シングルイオンマイクロプローブの開発と照射効果研究への応用
Author(s)	田中, 照也
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/11094/697
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	田中照也
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17033 号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	シングルイオンマイクロプローブの開発と照射効果研究への応用
論文審査委員	(主査) 教授 飯田 敏行 (副査) 教授 堀池 寛 教授 三間 冨興 教授 朝日 一 教授 西川 雅弘 教授 田中 和夫 教授 西原 功修 教授 粟津 邦男

論文内容の要旨

本論文は、核融合炉用機能材料の中性子動的照射効果の模擬実験装置として開発した、繰り返し型の単一高速イオン発生装置「シングルイオンマイクロプローブ」とその応用研究についてまとめたもので、全7章より構成されている。

第1章では、核融合炉材料開発における中性子照射効果研究の重要性とその特徴について概説した。そして、シングルイオンマイクロプローブ開発の目的と意義を明らかにした。

第2章では、シングルイオンマイクロプローブの概要、装置全体の構成について述べた。シングル(単一)イオンビーム、ナノ秒パルスビームおよびマイクロビームの生成を主要な目標性能として設定し、実現の鍵となるコンポーネントの詳細な設計について述べた。

第3章では、最適なイオンビーム輸送を行うための精密なビーム測定診断技術について述べた。4分割扇型電極を用いたイオンビームモニタリングシステムを開発し、 $\sim 30\mu\text{m}$ の精度でビームプロファイルおよび軌道位置の測定をリアルタイムで行えることを実証した。また、受光部分を改造したCCDカメラ素子が、 $25\mu\text{m}$ (水平) $\times 15\mu\text{m}$ (垂直)程度の分解能を持つ簡便な挿入型イオンビームプロファイルモニターとして非常に有用であることを示した。さらに、固体飛跡検出器CR-39のイオンビーム応答測定実験を実施し、アパーチャーでコリメートしたビームのプロファイルを $\sim 1\mu\text{m}$ の精度で観察できることを明らかにした。

第4章では、運転者の支援および高精度照射実験のために開発した、ビーム制御パラメーターの自動最適化システムについて述べた。シンプレックス法に基づいて作成したコンピュータプログラムにより、最大4パラメーターの最適化が適切に行えることを確認し、本シングルイオンマイクロビーム発生装置の最適制御が可能となった。

第5章では、本装置の主要なビーム性能について様々な粒子検出器を用いて行った評価試験の結果について示した。そして、第2章で示した開発目標(装置の主要性能)を達成できたことを述べた。

第6章では、開発したシングルイオンマイクロプローブを利用した応用研究について述べた。シリコン半導体検出器のイオン応答特性をシングルイオンビームの利用により精密に測定した。また、測定データを利用して、散乱の取り扱い方が異なる代表的な2種類の荷電粒子輸送計算コードの精度評価を行った。核融合診断用光学窓材料の照射効果研究では、サファイア試料の中性子誘起発光現象を本シングルイオンマイクロビーム照射装置で模擬し、中性子照射効果で問題となる照射損傷による発光スペクトルの変化を観測した。無機絶縁材料の中性子誘起電気伝導の研究と

核融合診断用人工ダイヤモンド中性子検出器の開発では、前者に対しては、絶縁体中の電子の挙動解析に、後者に対しては、検出器のエネルギー分解能を低下させる結晶中の不純物や欠陥と電子、正孔の相互作用の基礎研究に本シングルイオンマイクロビーム装置が非常に有用であることを示した。

第7章では、本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論とした。

論文審査の結果の要旨

核融合炉の開発においては、各種材料に対する中性子照射効果の研究が非常に重要である。本論文は、核融合炉用機能材料の中性子動的照射効果研究のために開発した繰り返し型単一高速イオン発生装置とそれを利用した照射効果研究について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) 核融合炉機能材料の中性子動的照射効果を模擬するために、独自のシングルイオンマイクロプローブ装置と必要な精密関連計測装置を開発している。
- 2) 微細イオンビームの複雑な制御系に修正シンプレックス法に基づく多パラメータ最適化プログラムを導入し、その有効性を明らかにしている。
- 3) シングルイオンマイクロプローブ装置を用いたシリコン半導体検出器の精密応答測定データを基に、荷電粒子輸送計算コードの精度を評価すると共に低エネルギー領域における計算限界を明らかにしている。
- 4) シングルイオンマイクロプローブ装置が、ダイヤモンド中性子検出器のエネルギー分解能低下の原因解明や無機絶縁材料の照射誘起電気伝導機構解明等の動的照射効果研究に非常に有用であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は核融合炉用機能材料の中性子照射効果機構の解明に有効な模擬実験装置とそれを用いた動的照射効果研究の手法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。