



Title	多機能微細イオンビーム照射装置の開発とその応用
Author(s)	石川, 一平
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48679">https://hdl.handle.net/11094/48679</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> 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

氏 名 石 川 一 平

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 2 0 5 1 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 2 0 年 3 月 2 5 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 多機能微細イオンビーム照射装置の開発とその応用

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 飯 田 敏 行

(副査)

教 授 上 田 良 夫 教 授 田 中 和 夫 教 授 兒 玉 了 祐

教 授 三 間 圀 興 教 授 西 原 功 修 准 教 授 加 藤 裕 史

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、微粒子試料の表面分析や新しい機能素子開発のためのイオン注入加工等の研究を行なうことを目指して開発した多機能微細イオンビーム照射装置とその応用についてまとめたものである。

本イオンビーム照射装置では、フリーマン型イオン源の改造を行ない、イオン源に内蔵するスパッタリング電極とそのための制御回路系を新しく設計製作した。この改造により、本照射装置でほとんどの種類の単原子イオンビームを取り出せることを示した。ビーム位置の自動調整用に開発した四分分割電極型ビームプロファイルモニターが、微細イオンビームの生成に効果的に使え、適当なアパーチャコリメータとアインツェルレンズを組み合わせることで、最小径 $\sim 2\mu\text{m}\phi$ の $\text{H}^+$ ビームが得られることを示した。微細イオンビーム径の測定については、エッチング時間を最適に調整することによって固体飛跡検出器で簡便に測れることを示した。また、飛行時間測定型実験や過渡応答測定のために高速高電圧デフレクターを設計製作し、ナノ秒オーダーのパルスビームが生成できることを示した。さらに、試料の精密な位置制御ができる三次元可動ターゲットチェンバーを設計製作し、イオンビームを利用した高精度の表面加工や分析に有効に使用できることを示した。また、幅広い共同研究の展開を図るために、本多機能微細イオンビーム照射装置と関連計測機器をインターネットに接続するコンピュータ利用制御システムを設計製作した。そして、本微細イオンビーム照射装置で $200\text{keV}$ 以下の低エネルギー $\text{H}^+$ ビームを利用することにより材料の極表面、特に微粒子のPIXE分析ができることを示した。さらに、 $\text{H}^+$ ビームのエネルギーを変化させながら特性X線を測定することにより深さ方向の分析も可能であることを示した。また、本照射装置のイオンビームで表面処理を行なう方法で、核融合診断用のSiCアルファ粒子検出器を開発した。このSiCアルファ粒子検出器は $150^\circ\text{C}$ 以上の高温下でも安定に動作し、 $^{241}\text{Am}$ 標準アルファ線を約25%のエネルギー分解能で測定した。また、本微細イオンビーム照射装置を利用して、工業高等専門学校生を対象にサテライト型(インターネット利用)遠隔物理教育実験(PIXE分析)を実施し、十分な教育効果が期待できることを示した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、微粒子試料の表面分析や新しい機能素子製作のために開発した多機能微細イオンビーム照射装置とその応用についてまとめたものであり、得られた成果を要約すると以下の通りである。

(1) 従来のフリーマン型イオン源内に新たにスパッタリング電極を設ける方法により、開発した本照射装置でほとんどの種類の単原子イオンビームを生成利用できることを明らかにしている。

(2) ビーム位置の自動調整用に開発した四分割電極ビームプロファイルモニターを利用して、ビーム径が数 $\mu\text{m}$ の微細イオンビームを効果的に生成できることを明らかにしている。合わせて、照射試料の精密な位置制御ができる三次元可動ターゲットチェンバーを開発している。また、微細ビーム径は、エッチング時間を最適に調整することによって CR-39 固体飛跡検出器で簡便に測定できることを明らかにしている。

(3) 200 keV 以下の低エネルギー $\text{H}^+$  微細ビームを利用することにより、材料の極表面、特に微粒子表面の PIXE 分析ができることを明らかにしている。そして、開発した本照射装置が粒子状の環境汚染物質の分析評価に効果的に利用できることを示している。

(4) 100 keV 以下の低エネルギー $\text{H}^+$  ビームで SiC 結晶の表面処理を行なう方法で、核融合診断用の優れた高温アルファ粒子検出器を製作できることを明らかにしている。製作した SiC アルファ粒子検出器は 150°C 以上の高温下でも安定に動作し、 $^{241}\text{Am}$  標準アルファ線を約 25% のエネルギー分解能で測定できることを示している。

(5) 本微細イオンビーム照射装置および関連計測機器をインターネットに接続する計測制御システムを開発し、このシステムがサテライト型の遠隔物理教育実験にも有効に利用できることを明らかにしている。

以上のように、本論文は多機能の新しいタイプの微細イオンビーム照射装置を開発するとともに、それを利用した新しい表面分析法や表面処理方法を確立したものであり、従来のイオンビーム加速器実験では得られなかった表面分析や表面処理に関する多くの知見が得られている。これらの知見は当該分野の発展に寄与するところが大きく、よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。