

特別研究報告書

題 目

ガラスキャピラリによる MeV イオンビームの収束

Focusing of MeV ion beams by means of tapered glass capillary optics

指導教員

成沢 忠 教授

報告者

1065068

根引拓也

平成 16 年 2 月 23 日

高知工科大学 電子・光システム工学コース

内容梗概

本論文は、高速イオンビームを簡単かつ安価に収束させ、イオンビーム分析における面積分解能を向上させる手法の開発に関する研究についての成果をまとめたものである。

一般にイオンビームをサブミクロンまで収束するには、多くの費用と手間がかかる。本研究ではガラスキャピラリという安価で作製も容易な部品を用いて、イオンビームを収束することを目的とした。

本論文の構成及び各章の概要について示す。

1．序論

これまでのイオンビーム分析の歴史を振り返りイオンビーム分析における現状と問題点を挙げ、本研究の目的を述べる。

2．小角入射 MeV イオンビームの理論

高速イオンビームを使った分析方法を紹介し、チャネリング現象の理論について説明する。また、高速イオンビームを物質表面すれすれに入射させたときに生じる表面散乱によって、イオンビームがエネルギーをほとんど失うことなくその方向を変える現象について理論的な説明をする。

3．実験装置

本研究で用いるイオンビーム加速器の詳細、新たに設置されたマイクロビームライン、ガラスキャピラリ作製装置について説明する。

4．MeV イオンビームの収束実験

ガラスキャピラリの作製方法について述べ、実際に作られたガラスキャピラリレンズを使った実験について記述する。はじめに、キャピラリレンズの性能実験の結果について記述する。この実験では、マイクロイオンビームを用いて、キャピラリレンズの透過率、その入射位置依存性、透過イオンのエネルギースペクトルの測定を行った。この実験においては、透過率が最大で～2%という結果が得られた。

次に、1mm のイオンビームをガラスキャピラリで収束し、RBS 測定を行ったときの結果について記述する。試料として $1\mu\text{m} : 10\mu\text{m}$ のライン&スペースを用い、ピエゾステージによって数 100nm ずつスキャンしながら測定を行った。この結果を、RUMP を使って解析することで収束ビームの特性を調べた。

5 . 結論

ガラスキャピラリが 2MeV He^+ イオンビームに対して , レンズとして働くことの実証結果をまとめた . また , この収束イオンビームを用いて微細パターンの局所解析を行った結果をまとめた .

Abstract

In this thesis, I report focusing of MeV ion beams by means of glass capillary optics. The purpose is to improve the area resolution of ion beam analyses.

In general, to focus the fast ion beams to sub-micron order necessitates much cost. I aim to focus the fast ion beams by a simple and low cost method compared with the conventional micro-ion beam facilities.

The contents of thesis are as follows.

1. Introduction

The history of ion beam analysis is surveyed. Then, I point out the problems of the ion beam analysis, and our purpose of this thesis is described.

2. The theory of glancing incident MeV ion beams

The analysis method using fast ion beams is introduced. The theory of channeling phenomena is explained. Further, I describe the phenomena that the direction of the glancing incident ion beams is bended by the material surface. The ions reflected by the material surface without hard collisions would not lose their energy significantly.

3. Experimental equipments

The experimental facilities used in this study are described. They are an accelerator, an ion source, a new micro-beam line and a capillary puller.

4. Focusing experiment of MeV ion beams

In this chapter, I explain the fabrication method of the tapered glass capillary. I describe the experiments to test glass capillary optics. The experimental results of feasibility tests of the optics are described. A focused 2MeV He⁺ ion beam is forwarded to the capillary optic and I measured the transmission probability, energy spectrum of transmitted ions and transmission distribution as a function of incident position. The maximum of the transmission probability reaches up to ~2%.

I describe the results of RBS analysis using ion beams focused by capillary optics. In this experiment, I measured the RBS spectra from a sample having 1 μ m lines and 10 μ m spaces. I analyzed the results of these spectra using

RUMP computer simulation code and examined the characteristics of the focused ion beams.

5. Conclusions

My conclusion is that I have shown a clear evidence of the focusing effects of glass capillary optics for 2MeV He⁺ ion beams. I summarize the results of scanning RBS analysis of a micro-structured sample.