**Thesis Title** System Development of a Time-of-Flight Spectrometer for Surface Analysis of Materials Using Medium-Energy Ion Backscattering

**Author** Ms.Pimporn Junphong

**Degree** Doctor of Philosophy (Physics)

**Thesis Advisory Committee**

| | |
|---|---|
| Prof.Dr.Thiraphat Vilaithong | Chairperson |
| Prof.Dr.Akito Takahashi | Member |
| Assoc.Prof.Dr.Somsorn Singkarat | Member |

## ABSTRACT

This is original study on key components design the time-of-flight Rutherford backscattering spectrometry (TOF-RBS) technique for nano-material surface analysis with high resolution. Upgrading of the existing pulsed-beam accelerator from 150-keV of $d^+$ to 300 keV of $He^+$ was proposed to use for the most powerful method of a near-surface characterization of materials utilizing TOF-RBS.

The multicusp ion source was adopted to replace the old radio frequency rf ion source. Simulation of the ion extraction and focusing system was done for optimization by the computer program KOBRA. By optimization, the filament current was varied between 15 and 20 A at the discharge current of 2 A. The maximum beam current of 19.4 $\mu$A could be extracted from the source at an

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

extraction under a focusing voltage of 10 and 6.5 kV. Configuration of the beam was investigated by the measurements of beam emittance and beam size at the exit of the Einzel lens. The beam emittance and beam size were 6-12 mm mrad and 1.5 mm, respectively, which were very closed to the simulations. Choice of filament metal tungsten (W), extraction test ion-beams (N, Ar, He), and design and test of accel-decel system were completed for the ion-source development. Installation on the 300-kV accelerator was done successfully.

The beam transport was redesigned based on the new multicusp ion source and the existing beam pulsing system (chopper and buncher) to provide $He^+$ ion beam with a few nano-second width and 280-keV acceleration energy. Simulation was done by the computer program Beam Optics, resulting in the beam size at the target position of 1 mm in diameter. The measured beam size was 0.6 mm in diameter. The optimization of the target position was done by the PARMELA program, to be at 3.14 m from the middle point of the buncher.

Installation and test of 300-kV accelerator system for TOF-RBS. Components, beam transport characteristics, beam optic simulation, and role of quadrupole magnet were explained with technical data listed. Design and test of the scattering chamber for TOF-RBS were shown with He-ion scattered spectra which were measured by the MCP detector. The quadrupole triplet was designed by the computer code MAGNET and constructed at the Fast Neutron Research Facility (FNRF). The focusing strength of 50 $m^{-2}$ was chosen, resulting in the number of turn to be 400 turns/coil, which realized magnetic field gradient of 283.5 G/cm and magnetic field of 34.5 G at the current of 3 A. The effective length, bore radius and iron length were chosen to be 17.5, 2.5 and 15 cm, respectively.

Development of TOF-RBS system was implemented in this study. Designing component, fabrication and installation to the accelerator system were completed. Beam extraction and He-scattering tests were done. Some problems are however remained for further improvement.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์** การพัฒนาระบบของไทม์-ออฟ-ไฟลต์ สเปกโทมิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ผิววัสดุโดยการกระเจิงกลับของไอออนที่มีพลังงานระดับกลาง

**ผู้เขียน** นางสาวพิมพ์พร จันทร์ผง

**ปริญญา** วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์)

**คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์**

| | |
|---|---|
| ศ.ดร.ถิรพัฒน์ วิลัยทอง | ประธานกรรมการ |
| Prof.Dr.Akito Takahashi | กรรมการ |
| รศ.ดร.สมศร สิงขรัตน์ | กรรมการ |

## บทคัดย่อ

การปรับปรุงเครื่องมือวัดสมบัติของผิววัสดุให้มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้เทคนิคไทม์-ออฟ-ไฟลต์ ด้วยวิธีการใช้ไอออนฮีเลียมพลังงาน 280 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ แทนลำอนุภาคไอออนดิวเทอรอนพลังงาน 150 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งทำได้โดยเปลี่ยนแหล่งกำเนิดไอออนแบบคลื่นวิทยุให้เป็นแหล่งกำเนิดไอออนแบบสนามแม่เหล็กกลีบมะเฟือง ในการผลิตลำฮีเลียม ซึ่งการทดสอบระบบดึงบีมนั้นใช้ ก๊าซไนโตรเจน, อาร์กอน และ ฮีเลี่ยม ได้ทำการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับไส้ทังสเตนตั้งแต่ 15-20 แอมแปร์ และได้กระแสดิสชาร์จ 2 แอมแปร์ ระบบดึงอนุภาค และระบบบีบลำอนุภาคได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ KOBRA ซึ่งทำการทดลองได้กระแสสูงสุด 19.4 แอมแปร์ เมื่อกำหนดให้ระบบดึงลำอนุภาคใช้ศักย์โวลเตจที่ 10 กิโลโวลต์ และ 6.5 กิโลโวลต์ ที่ระบบบีบลำอนุภาคแบบ Einzel lens ค่า emittance มีค่า 6-12 มิลลิเมตร มิลลิเรเดียน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบีม 1.5 มิลลิเมตร ณ ตำแหน่งทางเข้าของแม่เหล็กสี่ขั้ว ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการคำนวณ การออกแบบลำอนุภาคของเครื่องเร่งตัวใหม่นี้ได้อาศัย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Beam

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Optics ซึ่งมีการเปลี่ยนของระบบบีมบางส่วน เช่น แหล่งกำเนิดไอออนแบบกลีบมะเฟือง ขณะเดียวกันยังคงใช้ระบบบีบลำอนุภาคเดิม ผลการคำนวณได้ขนาดของลำไอออนที่ตำแหน่งของเป้ากระสุน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ซึ่งผลการทดลองวัดได้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตร ซึ่งได้ทำการอธิบายไว้เพื่อเพิ่มประสิทธิการบีบอัดของลำอนุภาค อาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PARMELA คำนวณหาระยะทางระหว่างบันเซอร์และเป้า ที่จะทำให้ได้ลำอนุภาคที่มีห้วงสั้นที่สุด พบว่า อยู่ที่ระยะ 3.14 เมตร เมื่อนับจากกึ่งกลางของท่อบันเซอร์ แม่เหล็กสี่ขั้วแบบ 3 ชุดได้ถูกออกแบบ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MAGNET และได้สร้างขึ้นที่อาคารวิจัยนิวตรอนพลังงานสูง ความเข้มในการบีบลำอนุภาค ถูกเลือกใช้ 50 ต่อตารางเมตร จำนวนขดลวด 400 รอบ ค่าของสนามเกรเดียนมีค่า 283.5 เกาส์ต่อเซนติเมตร และสนามแม่เหล็กมีค่า 34.5 เกาส์ เมื่อจ่ายกระแสให้กับขดลวด 3 แอมแปร์ ค่าความยาว effective มีค่า 17.5 เซนติเมตร รัศมีของขั้วแม่เหล็กเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร ความยาวของตัวแม่เหล็กสี่ขั้วมีค่า 15 เซนติเมตร

ส่วนต่างๆ ของท่อนำลำอนุภาค ได้ถูกสร้างขึ้น พร้อมทั้งติดตั้ง และทำการวัดขนาดของลำอนุภาคที่ตำแหน่งต่าง ๆ ณ พลังงาน 280 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ได้ทำการทดสอบ การวัดสเปกตรัมของการสะท้อนกลับของอนุภาคฮีเลียมด้วย MCP ของซิลิกอน ได้ถูกนำมารายงานไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved