มอสบาวเออร์สเปคโตรมิเตอร์สำหรับใช้ศึกษาสนามเฉพาะที่อย่างละเอียด ใน $CoFe_2O_4$

นาย ขจรยศ อยู่ดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

๒๕๒๑

000204

MÖSSBAUER SPECTROMETER FOR USE IN STUDYING THE LOCAL HYPERFINE FIELDS IN $CoFe_2O_4$

Mr. Kajornyod Yoodee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1978

Thesis Title Mössbauer Spectrometer for Use in Studying the Local Hyperfine Fields in $CoFe_2O_4$

by Mr. Kajornyod Yoodee

Department Physics

Thesis Advisor Assistant Professor Thamrong Methasiri

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

S. Bunnag .....Acting Dean of Graduate School

(Assistant Professor Supradit Bunnag Ph.D.)

Thesis Commitee

Kopr Kritayakirana ..... Chairman

(Kopr Kritayakirana, Ph.D.)

Bhiyayo Panyarjun ..... Member

(Assistant Professor Bhiyayo Panyarjun, Ph.D.)

I-Ming Tang ..... Member

(I-Ming Tang, Ph.D.)

Thamrong Methasiri member

(Assistant Professor Thamrong Methasiri, F.D.)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

Thesis Title	Mössbauer Spectrometer for Use in Studying the Local Hyperfine Fields in $CoFe_2O_4$
By	Mr. Kajornyod Yoodee
Department	Physics
Thesis Advisor	Assistant Professor Thamrong Methasiri
Academic Year	1978

ABSTRACT

A Mössbauer spectrometer has been constructed, using a negative feedback system to control the linear velocity transducer consisting of two loudspeaker systems. The velocity linearity of the system is better than 0.5 % in the velocity range ±10 mm/sec. The spectrometer was then used to study the local hyperfine fields inside $CoFe_2O_4$, which is a mixed spinel ferrimagnetic compound. Using a ^{57}Co - Pd source, the spectrum for Mössbauer absorption of the 14.41 KeV gamma rays by the ^{57}Fe nuclei randomly located on the A- and B- sites of the spinel structure of the $CoFe_2O_4$ was observed at room temperature. Since the ^{57}Fe nuclei experience a nuclear Zeeman effect produced by the local hyperfine fields, information about these fields were obtained. It was found that the A - and B - site Fe^{3+} Mössbauer absorption peaks could not be resolved. The field measured was found to be 510.3 ± 17.1 KOe.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	มอสบาวเออร์สเปคโตรมิเตอร์สำหรับใช้ศึกษาสนามเฉพาะที่อย่างละเอียดใน $CoFe_2O_4$
ชื่อนิสิต	นายขจรยศ อยู่ดี
แผนกวิชา	ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธำรง เมธาศิริ
ปีการศึกษา	๒๕๒๑

บทคัดย่อ

มอสบาวเออร์สเปคโตรมิเตอร์สร้างขึ้นโดยใช้ระบบป้อนกลับของสัญญาณลบ (negative feedback) ควบคุมการเคลื่อนที่ของทรานซดิวเซอร์ความเร็ว (velocity transducer) ซึ่งประกอบด้วยลำโพงสองตัว ความเร็วของทรานซดิวเซอร์มีสภาพเชิงเส้นน้อยกว่า 0.5 % ในช่วงความเร็ว ± 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้สเปคโตรมิเตอร์นี้ทำการศึกษาสนามเฉพาะที่อย่างละเอียดของโคบอลท์เฟอไรท์ซึ่งเป็นสารประกอบแม่เหล็กสปินเนลเฟอริ เมื่อให้รังสีแกมม่าที่มีพลังงาน 14.41 กิโลอีเลคตรอนโวลท์จากต้นกำเนิด ^{57}Co - Pd ผ่านไปในสารโคบอลท์เฟอรไรท์ที่อุณหภูมิห้อง นิวคลิไอของเหล็ก (57) ที่กระจายอยู่ตามที่ตั้ง A และ B ของโครงสร้างสปินเนลของโคบอลท์เฟอไรท์จะดูดกลืนรังสีแกมม่าอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องจากนิวคลิไอของเหล็ก (57) ได้รับอิทธิพลจากผลของซีแมน (Zeeman effect) ที่เกิดขึ้นจากสนามเฉพาะที่อย่างละเอียด ทำให้เราสามารถวัดค่าของสนามนี้ได้ ในการทดลองพบว่าการดูดกลืนของ Fe^{3+} ในที่ตั้ง A และ B ของโครงสร้างสปินเนลแยกไม่ออกและจากการคำนวณหาค่าของสนามได้เท่ากับ 510.3 ± 17.1 กิโลเออร์สเตด

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his appreciation to Assistant Professor Dr. Thamrong Methasiri for his advice, guidance and encouragement given throughout the course of this investigation. The author also wishes to give thanks for the many helpful suggestions and aids in servicing the electronic components made by Mr. Virul Mangclaviraj, Chief of the Electronics Division, Office of the Atomic Energy for Peace, and all his staff members, especially Mr. Chana Pewlong, Mr. Somkid Wuthayavanich and Mr. Vasu Srisanan who always gave valuable suggestions for the designing of and construction of various parts of electronic components of the Mössbauer spectrometer. The facilities provided by the Office of the Atomic Energy for Peace are also appreciated.

He would like to express his sincere gratitude to Dr. I-Ming Tang for assistance in explaining and discussing the magnetic hyperfine field theory, reading the manuscript and correcting the English. The Mössbauer spectra were analyzed by a least-squares fit program with the help of Mr. Somchai Thayanyong, Director of the Computer Service Center, Chulalongkorn University, for which the author is very grateful.

Finally, appreciation is extended to Assistant Professor Dr. Bhiyayo Panyarjun and Mr. Sompong Chatraporn who gave advice and valuable discussions concerning the experimental procedure and to the Solid-State Physics Division, Bhabha Atomic Research Centre, Bombay, for providing the $CoFe_2O_4$ ferrimagnetic sample.

TABLE OF CONTENTS

		page
ABSTRACT		iv
ACKNOWLEDGEMENTS		vi
TABLE OF CONTENTS		vii
LIST OF TABLES		ix
LIST OF FIGURES		x
CHAPTER I	INTRODUCTION	1
CHAPTER II	LITERATURE REVIEW	3
	2.1 Introduction to the Mössbauer Effect	3
	2.2 The Use of the Mössbauer Effect in the Study of the Magnetic Hyperfine Structure	20
	2.3 Magnetic Hyperfine Field in $CoFe_2O_4$ Spinel Ferrite	24
CHAPTER III	MÖSSBAUER SPECTROMETER	35
	3.1 Introduction	35
	3.2 Electromechanical Transducer (Loudspeaker-Type)	39
	3.3 Reference Generator	41
	3.4 Feedback System	45
	3.5 Performance of the Feedback System	48
CHAPTER IV	MATERIALS AND EXPERIMENTAL PROCEDURE	57
	4.1 ^{57}Co-Pd Source and Absorber	57
	4.2 Detection System	59

page

CHAPTER V RESULTS..... 64

CHAPTER VI DISCUSSION..... 74

6.1 Mössbauer Spectrometer..... 74

6.2 Observed Spectrum..... 78

6.3 Theoretical Discussion..... 79

6.4 Future Work..... 80

REFERENCES..... 81

VITA..... 84

LIST OF TABLES

Table		Page
2.1	Properties of ^{57}Fe	16
2.2	Some typical energies in Mössbauer effect.....	17

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

Figure		Page
2.1	Line profiles for emission and absorption of γ-quantum by a nucleus.....	4
2.2	Energy distribution of Breit-Wigner shape involved in resonant absorption.....	7
2.3	No overlap for emission and absorption lines due to recoil.....	8
2.4	Mössbauer fraction at $0^{\circ}K$ as a function of the energy of the γ-quantum for various nuclei embedded in a crystal of their own element.....	13
2.5	Mössbauer fraction of ^{57}Fe embedded in stainless steel as a function of temperature.....	13
2.6	Basic setup, emission and absorption lines, and velocity spectrum in a Mössbauer transmission experiment.....	19
2.7	Magnetic hyperfine splitting of ^{57}Fe nucleus.....	22
2.8	A spinel structure, showing the positions of tetrahedral and octahedral sites as well as oxygen ions.....	26
2.9	Spinel structures. (a) Normal spinel structure and (b) inverse spinel structure.....	26
3.1	Block diagram of the velocity spectrometer.....	38

3.2 Electromechanical transducer and the design of the guide spring..... 40

3.3 The triangular wave reference generator and comparator circuit..... 43

3.4 Circuit diagram of the feedback system..... 47

3.5 A scheme of a control system..... 49

3.6 Nyquist diagram of the transducer..... 52

3.7 Frequency response curve |R/E| 55

4.1 Source holder..... 58

4.2 The decay scheme of ^{57}Co..... 58

4.3 Electronic block diagram for low-energy gamma-ray spectroscopy use in Mössbauer study..... 61

5.1 Oscilloscope display of the triangular reference signal, the velocity pick-up signal and the error signal..... 66

5.2 Gamma-ray spectrum of Mössbauer source..... 67

5.3 The 14.41 KeV Mössbauer gamma rays peak being selected by the 406 A SCA..... 68

5.4 The energy calibration curve using the variable x-ray source for the standard sources..... 69

5.5 Mössbauer spectrum of a natural iron absorber..... 70

5.6 Mössbauer spectrum of $CoFe_2O_4$ absorber..... 71

5.7 The folded data Mössbauer spectrum of the natural iron absorber..... 72

5.8 The folded data Mössbauer spectrum of the $CoFe_2O_4$ absorber..... 73