

การศึกษาโลหะผสม  $Ni_{1.55}MnGe_{0.45}$  ด้วยวิธีนิวตรอนดิฟแฟรคชัน



นายธีรชาติ นิมนาคอน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๐

001066

I15844407

NEUTRON DIFFRACTION STUDY OF  $\text{Ni}_{1.55}\text{MnGe}_{0.45}$

Mr. Theerawoot Nimwanadon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

Thesis Title      Neutron Diffraction Study of  $\text{Ni}_{1.55}\text{MnGe}_{0.45}$

By                      Mr. Theerawoot Nimwanadon

Department          Physics

Thesis Advisor      Associate Professor Dr. Virulh Sayakanit

---

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

*Visid Prachaubmoh*  
..... Dean of Graduate School  
(Professor Visid Prachaubmoh, Ph.D.)

Thesis Committee

*Koppr Kritayakirana*  
..... Chairman  
(Mr. Koppr Kritayakirana, Ph.D.)

*Wijit Senghaphan*  
..... Member  
(Assistant Professor Wijit Senghaphan, Ph.D.)

*A. Tachagumpuch*  
..... Member  
(Mr. Anuntasin Tachagumpuch, Ph.D.)

*V. Sayakanit*  
..... Member  
(Associate Professor Virulh Sayakanit, Ph.D.)

Thesis Title            Neutron Diffraction Study of  $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$   
Name                    Mr. Theerawoot Nimwanadon  
Thesis Advisor        Associate Professor Virulh Sayakanit  
Department            Physics  
Academic Year        1977

## ABSTRACT

The ternary intermetallic compound  $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$  has been prepared at the Office of Atomic Energy for Peace for studying the magnetic structure of this material. This compound is known to have a cubic Laves phase,  $\text{Mg Cu}_2$  type structure with lattice constant  $a = 6.762 \text{ \AA}$ . The neutron diffraction study of this compound has been performed in order to determine its magnetic structure and magnetic transition temperature.

It is found that the ternary intermetallic compound  $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$  is an antiferromagnetic material possessing magnetic moment of 3.6 Bohr magneton per manganese atom at room temperature and 4 Bohr magneton per manganese atom at 90 K respectively. An analysis of the diffraction pattern indicates that the magnetic unit cell is equal to the chemical unit cell and that the two nearest manganese atoms are coupled antiferromagnetically to each other. The Neel temperature of this compound has also been estimated from the intensity of the (200) peak at different temperatures and is found to be 534 K.

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การศึกษาโลหะผสม  $Ni_{1.55}MnGe_{0.45}$  ด้วยวิธีนิวตรอน ดิฟแฟรคชัน

ชื่อนิสิต                    นายธีรวิทย์ นิมมานาดอน

อาจารย์ที่ปรึกษา        รองศาสตราจารย์ ดร. วิรุฬห์ สายคณิต

แผนกวิชา                 ฟิสิกส์

ปีการศึกษา                2520



บทคัดย่อ

โลหะผสม  $Ni_{1.55}MnGe_{0.45}$  ได้เตรียมขึ้นที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เพื่อใช้ในการศึกษาหาโครงสร้างแม่เหล็กของสารชนิดนี้ สารชนิดนี้มีโครงสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เลฟส์เฟส แบบ  $MgCu_2$  โดยมีค่าแลตทิสคอนสแตนท์  $a = 6.762$  อังสตรอม การศึกษานิวตรอนดิฟแฟรคชันของสารนี้กระทำขึ้นเพื่อหาโครงสร้างแม่เหล็กและอุณหภูมิที่สารนี้เปลี่ยนคุณสมบัติจากสภาพแม่เหล็กชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่ง

จากการทดลองพบว่า โลหะผสม  $Ni_{1.55}MnGe_{0.45}$  เป็นแม่เหล็กชนิดแอนตี้เฟอร์โรแมกเนติก โดยมีค่าของโมเมนต์แม่เหล็กขนาด 3.6 บอร์แมกนีตอนต่ออะตอมของแมงกานีสที่อุณหภูมิห้อง และ 4 บอร์แมกนีตอนต่ออะตอมของแมงกานีสที่อุณหภูมิ 90 เคลวิน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ ดิฟแฟรคชันแพตเทิร์นของสารนี้พบว่า ยูนิตเซลล์ของแม่เหล็กของสารนี้มีขนาดเท่ากับยูนิตเซลล์ทางเคมี ธาตุแมงกานีสสองอะตอมที่อยู่ใกล้กันที่สุดมีทิศทางของแม่เหล็กตรงกันข้ามกัน และมีขนาดของแม่เหล็กโมเมนต์เท่ากัน ค่าของอุณหภูมิจุดเปลี่ยนของสารนี้ ซึ่งประมาณจากการวัดความเข้มของยอด (200) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าเท่ากับ 534 เคลวิน

*ACKNOWLEDGEMENTS*

*The author wishes to express his sincere appreciation to Associate Professor Dr. Virulh Sayakanit for his helpful and valuable suggestions.*

*He is also grateful to Mr. Somphong Chatraphorn of the Physics Department, Chulalongkorn University for helpful discussions.*

*Sincere thanks are also given to the Office of Atomic Energy for Peace of Thailand for providing facilities for sample preparation and for the use of the neutron spectrometer on which this work was performed.*



## CONTENTS

	Page
ABSTRACT IN ENGLISH	iv
ABSTRACT IN THAI	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
LIST OF ILLUSTRATIONS	ix
LIST OF TABLES	x
CHAPTER	
I. INTRODUCTION	1
II. NEUTRON DIFFRACTION	
II.1 Neutron Source and Neutron Beam	4
II.2 Nuclear Scattering by Neutrons	6
II.3 Diffraction of Neutrons by Material	8
II.4 Temperature Dependence of the Elastic Scattering	10
II.5 Principle of Magnetic Scattering	11
II.6 Scattering by Antiferromagnetic and Ferromagnetic Materials	12
II.7 Nuclear Structure Factor of Cubic Laves Phase Compounds	16
III. EXPERIMENTAL PROCEDURE	
III.1 Sample Preparation	18
III.2 Neutron Diffraction Study of $\text{Ni}_{1.55}^{\text{Mn}} \text{Ge}_{0.45}$	18
III.3 Neutron Diffraction Study at Room temperature	22
III.4 Experiment at Low Temperature	25



III.5 Neel Temperature of  $\text{Ni}_{1.55}\text{MnGe}_{0.45}$

Determined by Neutron Diffraction Technique

30

IV. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

34

REFERENCES

36

VITA

38



## LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure	Page
1 Diagram of neutron spectrometer	20
2 Block diagram of electronics for neutron spectrometer	21
3 Neutron diffraction pattern of $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$ at room temperature	23
4 Magnetic form factor of manganese	24
5 The magnetic unit cell of $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$	27
6 Neutron diffraction pattern of $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$ at 90 K	28
7 Neutron diffraction pattern of $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$ at 573 K	31
8 Intensity of (200) plane at various temperatures	33

## LIST OF TABLES

Table	Page
1 The scattering amplitude of some atoms	7
2 The square of nuclear structure factor of cubic Laves phase compounds	17
3 Comparison between observed and calculated relative intensities of $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$ at room temperature	26
4 Comparison between observed and calculated relative intensities of $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$ at 90 K	29
5 Comparison between observed and calculated relative intensities of $\text{Ni}_{1.55}\text{Mn Ge}_{0.45}$ at 573 K	32