

การศึกษา  $Ni_2MnGe$  ด้วยวิธีนิวตรอนดิฟแฟรคชัน



นายสมพงษ์ ฉัตรภรณ์

005234

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2519

NEUTRON DIFFRACTION STUDY

OF  $\text{Ni}_2\text{MnGe}$

Mr. Somphong Chatraphorn

A Thesis Submitted in Partial fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



*[Handwritten Signature]*

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

*[Handwritten Signature]*

ประธานกรรมการ

*[Handwritten Signature]*

กรรมการ

*[Handwritten Signature]*

กรรมการ

*[Handwritten Signature]*

กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิรุฬห์ สายคณิต

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title                    Neutron Diffraction Study of  $\text{Ni}_2\text{MnGe}$   
Name                                Mr. Somphong Chatraphorn  
Department                        Physics  
Academic Year                    1975

#### ABSTRACT

Ternary intermetallic compounds with their chemical formula given by  $\text{X}_2\text{YZ}$  and assumed a cubic  $\text{L}_{21}$  structure are known as Heusler alloys. Investigations show that the magnetic properties of these alloys are related to their chemical structure and to the ordering of the manganese atoms on a f.c.c. sublattice. A review is given of the effects of disorder on the intensities of superlattice lines, and of the use of neutron diffraction to determine quantitatively the extent and types of chemical and magnetic order in Heusler alloys.

A detailed neutron diffraction study of  $\text{Ni}_2\text{MnGe}$  shows a preferentially disorder as well as a random disorder  $\text{L}_{21}$  structure with  $\alpha(5) = 0.575$  and  $\alpha(7) = 0.033$ . Magnetic neutron diffraction shows a magnetic moment of 3.2 Bohr magneton per atom of manganese on the B site. Curie temperature was estimated to be about  $353^\circ\text{K}$ .

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษา $Ni_2MnGe$ ด้วยวิธีนิวตรอนดิฟแฟรคชั่น
ชื่อ	นายสมพงษ์ นัคราภรณ์
แผนกวิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2518

บทคัดย่อ

โลหะผสมออยด์เลออร์เป็นอินเทอร์เมทัลลิกคอมเปาคที่มีสูตรทางเคมีอยู่ในรูป  $X_2YZ$  และมีโครงสร้างของผลึกเป็นรูปลูกบาศก์แบบ  $L2_1$  จากการศึกษาวิจัยพบว่าโลหะผสมพวกนี้มีคุณสมบัติแม่เหล็กขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีและการจัดระเบียบการเรียงตัวของโลหะแมงกานีสตามตำแหน่งต่างๆในผลึก เรื่องราวเกี่ยวกับผลของการจัดระเบียบการเรียงตัวของอะตอมตามตำแหน่งต่างๆในผลึกที่มีต่อความเข้มของซูเปอร์แลตทิซไลน์ รวมทั้งการใช้วิธีการทดลองทางนิวตรอนดิฟแฟรคชั่น สำหรับการศึกษานาคนและชนิดของการจัดระเบียบทั้งทางเคมีและทางแม่เหล็กของโลหะผสมออยด์เลออร์โดยทั่วไป ได้มีการรวบรวมไว้ในผลงานนี้ด้วย

การศึกษา  $Ni_2MnGe$  ซึ่งเป็นโลหะผสมออยด์เลออร์ชนิดหนึ่ง โดยวิธีนิวตรอนดิฟแฟรคชั่น พบว่าระเบียบการจัดเรียงตัวของอะตอมมีทั้งแบบพีริเฟอเรนเชียลและแบบแรนคอม โครงสร้างแม่เหล็กที่ศึกษาได้จากนิวตรอนดิฟแฟรคชั่นเป็นแบบเฟอร์โรแมกเนติก โมเมนต์แม่เหล็กมีขนาด 3.2 บอร์แมกเน็ทตอน ต่ออะตอมของแมงกานีส อุณหภูมิคูรีวัดได้ประมาณ  $353^\circ K$



## ACKNOWLEDGEMENTS

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

He is also grateful to Mr. Theerawoot Nimwanadon from the Office of Atomic Energy for Peace for his helpful discussion.

Sincere thank are also given to Office of Atomic Energy for Peace for providing facilities for sample preparation and neutron spectrometer where this work has been performed.

## CONTENTS

	Page
ABSTRACT .....	iv
ACKNOWLEDGEMENTS .....	vi
LIST OF ILLUSTRATIONS .....	ix
LIST OF TABLES .....	x
CHAPTER I INTRODUCTION .....	1
II HEUSLER ALLOYS .....	3
II. 1 The Heusler Structure .....	3
II. 2 Chemical Order and the Heusler Structure .....	8
II. 3 Magnetic Order and the Heusler Structure .....	17
III NEUTRON DIFFRACTION .....	20
III. 1 Nuclear Scattering of Neutrons ..	23
III. 2 Magnetic Scattering of Neutrons .	23
IV EXPERIMENTAL PROCEDURE .....	30
IV. 1 The Ni-Mn-Ge System .....	30
IV. 2 Sample Preparation .....	31
IV. 3 Neutron Diffraction Measurement .	34
IV. 4 Chemical Order Determination ...	36
IV. 5 Magnetic Order Determination ...	42

	Page
CHAPTER V            CONCLUSION AND DISCUSSION .....	45
REFERENCES .....	51
VITA .....	54



## LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure		Page
1	The Heusler, $L2_1$ , structure .....	7
2	Magnetic form factor of manganese .....	25
3	Neutron diffraction pattern of $Ni_2MnGe$ at room temperature .....	35
4	Neutron diffraction patterns of $Ni_2MnGe$ at liquid nitrogen and room temperatures .....	38
5	Relative neutron diffraction intensity versus degree of disorder .....	40
6	Relative neutron diffraction intensity versus degree of disorder .....	41
7	The chemical and magnetic unit cell of $Ni_2MnGe$ .....	46
8	The model magnetic structure for disorder $Ni_2MnGe$ .....	48

## LIST OF TABLES

Table		Page
1	A summary of the magnetic and structural properties of Heusler alloys .....	9 - 10
2	The arrangements of atoms of an alloy $X_2YZ$ on four interpenetrating f.c.c. sublattices A, B, C and D .....	14
3	Neutron scattering length for manganese, nickel and germanium .....	24
4	Lattice spacing (d), Bragg angle ( $\theta$ ), geometrical factor (L), multiplicity factor (j) and magnetic form factor (f) for $Ni_2MnGe$ ....	37
5	Observed and calculated relative intensities of $Ni_2MnGe$ at room temperature .....	43
6	Observed and calculated relative intensities of $Ni_2MnGe$ at liquid nitrogen temperature ...	44