สมบัติทางแม่เหล็กของ $Sm_nCo_mN_x$ จากกราฟฮิสเทอรีซิส

นาย ฉัตรชัย ศรีนิติวรวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-298-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17010874

MAGNETIC PROPERTIES OF $Sm_nCo_mN_x$ FROM HYSTERESIS GRAPH

Mr. Chatchai Srinitiwarawong

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the
Requirements for the Degree of Master of Science
Department of Physics
Graduate School
Chulalongkorn University
1996

ISBN 974-634-298-3

Thesis Title	Magnetic Properties of $Sm_nCo_mN_x$ from Hysteresis graph
By	Mr. Chatchai Srinitiwarawong
Department	Physics
Thesis Advisor	Professor Thamrong Methasiri, F.D.
Thesis Co-advisor	Professor I-Ming Tang, Ph.D.

Accepted by the Graduate school, Chulalongkorn University in Partial Fullfillment of the Requirements for Degree of Master of Science.

Santi Thoongsuwan .....Dean of Graduate school

(Associate Professor Santi Thoongsuwan, Ph.D.)

Thesis Committee

Wijit Senghaphan .....Chairman

(Associate Professor Wijit Senghaphan, Ph.D.)

T. Methasiri .....Thesis Advisor

(Professor Thamrong Methasiri, F.D.)

I. Ming Tang .....Thesis Co-advisor

(Professor I-Ming Tang, Ph.D.)

.....Member

(Associate Professor Prapaipan Chantikul, Ph.D.)

Mayuree Natenapit .....Member

(Associate Professor Mayuree Natenapit, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ฉัตรชัย ศรีนิติวรวงศ์ : สมบัติทางแม่เหล็กของ $Sm_nCo_mN_x$ จากกราฟฮิสเทอรีซิส
(MAGNETIC PROPERTIES OF $Sm_nCo_mN_x$ FROM HYSTERESIS GRAPH)
อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. ธำรง เมธาศิริ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร. อิ มิง ถัง,
80 หน้า. ISBN 974-634-298-3

สารประกอบ Sm-Co ที่มีสัดส่วนของ Sm และ Co แตกต่างกัน 3 ชนิดคือ 1:5 2:7 และ 2:17 แอนนีลภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนที่อุณหภูมิต่างๆกันเพื่อศึกษาผลของการจับไนโตรเจนที่เติมเข้าไปกับค่าแมกนิไตเซชันอิ่มตัว การแอนนีลที่อุณหภูมิต่างๆทำให้สัดส่วนของไนโตรเจนภายในสารประกอบไนไตรด์มีค่าแตกต่างกัน ไนโตรเจนที่เติมเข้าไปจะไปจับอยู่ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของโครงผลึกซึ่งจะทำให้เซลหน่วยขยายตัว โดยตรวจพบจากการขยายขนาดของค่าคงตัวของโครงผลึกจากกระสวนรังสีเอกซ์ที่เลี้ยวเบนในโครงผลึกของสารประกอบไนไตรด์ ค่าแมกนิไตเซชันอิ่มตัวของสารประกอบไนไตรด์ $SmCo_5N_x$ และ $Sm_2Co_7N_x$ มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงที่สัดส่วนของไนโตรเจนในสารประกอบไนไตรด์มีค่าต่ำแต่หลังจากสัดส่วนของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นค่าแมกนิไตเซชันอิ่มตัวกลับมีค่าลดลง ในสารประกอบ $Sm_2Co_{17}N_x$ นั้นในช่วงแรกที่สัดส่วนของไนโตรเจนยังมีค่าน้อย ค่าแมกนิไตเซชันอิ่มตัวมีค่าสูงและจะลดลงเมื่อสัดส่วนของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น พฤติกรรมของค่าแมกนิไตเซชันอิ่มตัวในสารประกอบไนไตรด์ชนิดนี้อธิบายได้โดยแบบจำลองกลุ่มอิเล็กตรอนของสโตเนอร์

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

#C725684 : MAJOR PHYSICS
KEY WORD: HYSTERESIS GRAPH / Sm-Co COMPOUNDS / SATURATION MAGNETIZATION
STONER COLLECTIVE ELECTRON

CHATCHAI SRINITIWARAWONG : MAGNETIC PROPERTIES OF $Sm_nCo_mN_x$ FROM HYSTERESIS GRAPH. THESIS ADVISOR : PROF. THAMRONG METHASIRI, F.D. THESIS CO-ADVISOR : PROF. I-MING TANG, Ph.D. 80pp. ISBN 974-634-298-3

The effect of nitrogen on the saturation magnetization of Sm-Co compounds are investigated. The Sm-Co compounds with the composition of Sm and Co 1:5, 2:7 and 2:17 are annealed in the nitrogen atmosphere at various temperatures. Annealing temperature is used to control the nitrogen mole fraction in the Sm-Co-N compounds. The saturation magnetizations of $SmCo_5N_x$ and $Sm_2Co_7N_x$ initially increase and then decrease when excess nitrogen is introduced. The behavior of this property of $Sm_2Co_{17}N_x$ is different. The saturation magnetization decreases monotonically with increasing absorption of nitrogen. The behaviors of saturation magnetization of Sm-Co compounds are interpreted in the terms of a Stoner collective electron model.

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to express his deeply grateful to his advisors Prof. Thamrong Methasiri F.D. and Prof. I-Ming Tang Ph.D. for their continuous encouragement, guidance and valuable suggestion during the time. His extremely grateful go to department of physics, faculty of science, Chulalongkorn university and Mahidol university for the instrumentation work. Finally, he would like to express his sincere thank to the National Metal and Materials Technology Center for financial support.

TABLE OF CONTENTS

		Page
ABSTRACT IN ENGLISH		iv
ABSTRACT IN THAI		v
ACKNOWLEDGMENTS		vi
TABLE OF CONTENTS		vii
LIST OF FIGURES		ix
LIST OF TABLES		xi
CHAPTER I	GENERAL PROPERTIES OF RARE EARTH TRANSITION MAGNETS	
	Introduction	1
	Magnetism of Rare Earth (RE) Elements	1
	Magnetism of Transition Metal (TM)	3
	RE-TM Compounds	5
	Sm-Co Compounds	6
	Aim of Study	8
CHAPTER II	THEORETICAL BACKGROUND	
	Exchange Interaction	19
	Heisenberg Hamiltonian	21
	Weiss Molecular Field Model	22
	Stoner Collective Electron Model	24
CHAPTER III	THEORETICAL MODEL	32
CHAPTER IV	EXPERIMENTAL DETAILS	42

CHAPTER V RESULTS AND DISCUSSION

Nitrogenation Process..... 49

X-Ray Diffraction Results..... 50

Magnetization..... 52

REFERENCES..... 76

CURRICULUM VITAE..... 80

LIST OF FIGURES

		Page
Fig. 1.1	The electron configuration of rare earth elements	10
Fig. 1.2	Spin and orbital state of electron in 4f shell	10
Fig. 1.3	The variation of L and S of iron group ions	11
Fig. 1.4	Electron configuration of iron group ions	11
Fig. 1.5	Rare earth cobalt compounds	12
Fig. 1.6	Rare earth iron compounds	12
Fig. 1.7	Curie temperature of RE-Co and RE-Fe compounds	13
Fig. 1.8	Magnetic symmetry of RE-Fe-Co compounds	14
Fig. 1.9	Curie temperature of RE-Fe-Co compounds	14
Fig. 1.10	External magnetic field via intrinsic magnetic moment	15
Fig. 2.1	Graphical solution of equation 2.17	27
Fig. 2.2	The energy shift cause by an exchange interaction	28
Fig. 2.3	Caculation value in the collective electron model	28
Fig. 2.4	Simple picture of 3d and 4f band	29
Fig. 2.5	3d and 4f overlapping	30
Fig. 2.6	3d and 4f band	31
Fig. 3.1	DOS of Nd_2Fe_{17}	36
Fig. 3.2	DOS of $Nd_2Fe_{17}N_x$	37
Fig. 3.3	DOS of transition metals	38
Fig. 3.4	DOS of nearly free electron	38
Fig. 3.5	DOS of nickel	39
Fig. 3.6	The small area under the curve	40
Fig. 3.7	Graphical diagram of a caculation value of a magnetic moment	40
Fig. 3.8	Total magnetic moment and Fermi energy	41
Fig. 4.1	Crucible furnace	45

Fig. 4.2 Nitrogen absorption rate..... 46
Fig. 4.3 Compactor unit..... 47
Fig. 4.4 Magnetic hysteresisgraph..... 48
Fig. 5.1 Relation between annealed temperature
and nitrogen mole fraction..... 58
Fig. 5.2 XRD pattern..... 61
Fig. 5.3 Crystal structure of Sm-Co compounds..... 63
Fig. 5.4 Hysteresis loop of Sm-Co compounds..... 66
Fig. 5.5 Relation between saturation magnetization in emu/g
and annealed temperature..... 70
Fig. 5.6 Relation between saturation magnetization in Bohr magneton
and annealed temperature..... 73

LIST OF TABLES

		Page
Table 1.1	Effective magneton numbers for iron group ions.....	16
Table 1.2	Magnetic properties of Sm-Fe compounds.....	17
Table 5.1	Nitrogen mole fraction of Sm-Co compounds.....	55
Table 5.2	X-Ray data of Sm-Co compounds.....	64
Table 5.3	Lattice constant of Sm-Co compounds.....	65
Table 5.4	Saturation magnetization of Sm-Co compounds.....	69