คุณสมบัติการเคลื่อนย้ายในตัวนำยิ่งยวดโลหะทรานซิชัน

นายสำเนา ผาติเสนะ

003609

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. ๒๕๒๐

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TRANSPORT PROPERTIES OF THE TRANSITION METAL SUPERCONDUCTORS

Mr. Samnao Phatisena

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17912891

Thesis Title Transport Properties of the Transition Metal Superconductors

By Mr. Samnao Phatisena

Department Physics

Thesis Advisor Dr. I-Ming Tang

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

..... Dean of Graduate School
(Professor Dr. Visid Prachuabmoh)

Thesis Committee

..... Chairman
(Dr. Anantasin Tachagumpuch)

..... Member
(Dr. I-Ming Tang)

..... Member
(Dr. Kopr Kritayakirana)

..... Member
(Dr. Pisistha Ratanavararaksa)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

Thesis Title Transport Properties of the Transition Metal Superconductors

Name Mr. Samnao Phatisena

Thesis Advisor Dr. I-Ming Tang

Department Physics

Academic Year 1977

ABSTRACT

The thermal conductivity coefficient is calculated for a d-band superconductor described by a Hamiltonian which combines a Bardeen-Cooper-Schrieffer-type electron-phonon interaction between the d-electrons of the transition metal with the Anderson Hamiltonian. Since the heat current is carried only by normal s-electrons in both the normal and superconducting phases, the Green's functions for the s-electrons are used in Kubo's expression for thermal conductivity. Because of the hybridization term in our Hamiltonian, the s-band electrons also begin to condense into superelectrons which do not carry any heat. Numerical evaluation of thermal conductivity of the d-band superconductor is carried out as a function of temperature. The resulting curve shows the general features of the thermal conductivity behavior seen in superconducting niobium.

หัวข้อวิทยานิพนธ์ คุณสมบัติการเคลื่อนย้ายในตัวนำยิ่งยวดโอหะทรานซิชัน
ชื่อนิสิต นาย สำเนา ผาติเสนะ
อาจารย์ที่ปรึกษา Dr. I-Ming Tang
แผนกวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา ๒๕๒๐

บทคัดย่อ

การหาค่าสัมประสิทธิ์ของสภาพนำความร้อนในตัวนำยิ่งยวดโลหะทรานซิชัน เราใช้ฮามิลโทเนียนซึ่งได้จากอันตรกริยาระหว่างดีอิเลคตรอน ในทฤษฎีของบาร์ดีน คูเปอร์ และชีรีฟเฟอร์ รวมกับฮามิลโทเนียนของแอนเดอร์สัน เนื่องจากเอสอิเลคตรอนในสถานะปกติเท่านั้น ที่เป็นตัวนำความร้อนทั้งในสถานะปกติและในสภาพนำยิ่งยวด เราจึงใช้กรีนฟังค์ชันสำหรับเอสอิเลคตรอนคำนวนหาสภาพนำความร้อนจากสูตรของคูโบ และเนื่องจากไฮบริไดเซชันของดีแบนด์กับเอสแบนด์ ดังนั้นเอสอิเลคตรอนบางส่วนจะกลายเป็นอิเลคตรอนยิ่งยวดซึ่งไม่นำความร้อน เราคำนวนหาค่าตัวเลขของสภาพนำความร้อนของตัวนำยิ่งยวดโอหะทรานซิชันเป็นฟังค์ชันของอุณหภูมิ กราฟที่ได้มีลักษณะคล้ายกราฟสภาพนำความร้อนของโอหะไนโอเบียมในสภาพนำยิ่งยวด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is particularly grateful to Dr. I-Ming Tang of Mahidol University who suggested this problem and gave freely of his valuable time, knowledge and experience in supervising it to completion.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

	Page
ABSTRACT	iv
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
LIST OF ILLUSTRATIONS	ix
CHAPTER I TRANSITION METALS	1
I.1 Band Structure of Pure Transition Metals	1
I.1.1 The Transition from Bound to Free Bands	1
I.1.2 Resonance Bands	4
I.1.3 d-Band in Tight Binding	6
I.1.4 Width of the d-Band	7
I.1.5 Density of States of the d-Band	8
I.2 Transport Current in Transition Metals	10
I.3 Anderson Model for Transition Metal	13
CHAPTER II SUPERCONDUCTIVITY	16
II.1 One-Band BCS Theory	16
II.1.1 Mechanisms of Superconductivity	16
II.1.2 Bogoliubov Formulation	18
II.2 Transport Properties of One-Band Superconductors	21
II.2.1 Thermal Conductivity	21
II.2.2 Ultrasonic Attenuation	24
II.2.3 Electrodynamic Properties	26

Page

CHAPTER III THEORY OF TRANSITION METAL SUPERCONDUCTIVITY.... 30

III.1 Suhl-Matthias-Walker Model 30

III.2 Other Possible Mechanisms for Superconductivity in the Transition Metals 33

III.3 Theory for the Electron-Phonon Coupling Constant 37

III.4 Hamiltonian of the Transition Metal Superconductors 39

CHAPTER IV GREEN'S FUNCTION TECHNIQUE..... 41

IV.1 Double Time Temperature Dependent Green's Functions 41

IV.2 Self-Consistent Solutions 44

CHAPTER V THERMAL CONDUCTIVITY..... 51

V.1 Mechanisms of Thermal Conductivity 51

V.2 Kubo's formulas for the Transport Coefficients 52

V.3 Calculation of the Thermal Conductivity 53

V.4 Analytical Treatment 58

V.5 Numerical Solutions 63

CHAPTER VI CONCLUSIONS..... 70

REFERENCES..... 73

VITA 76

LISTS OF ILLUSTRATIONS

Figure		Page
1.1	Conventional LCAO description of the formation of metallic conduction bands	2
1.2	(a) The bottom of free electron bands lies a little below the assumed muffin-tin zero.....	3
	(b) Conventional LCAO description of the formation of metallic conduction bands in terms of the muffin-tin potentials	3
1.3	(a) d-bands crossing s-bands	4
	(b) s-d hybridization.....	4
1.4	(a) Band structure of a transition metal.....	5
	(b) Band structure of a noble metal	5
1.5	Energy shift and width of a narrow band.....	7
1.6	X-ray absorption and emission spectra	8
1.7	Density of states for the d-band in b.c.c. chromium....	9
1.8	Density of states for the d-band in f.c.c. metals.....	9
1.9	k-space of metal with two zones.....	12
3.1	Variation of $\gamma_o(Z)$ for the three transition metal series.....	38
5.1	Log-log plot of $K/(n/mk_B)$ vs temperature of superconducting Nb.....	67
5.2	Thermal conductivity of normal and superconducting Nb.	69