

ทฤษฎีสถานนำยิ่งยวดชนิดอสมมาตรจากทฤษฎีเมซันของกินซ์เบิร์ก



นายอุดม ทิมราช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

ISBN 974 - 577 - 236 - 4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016467

i 10305920

THEORY OF HIGH T_c SUPERCONDUCTIVITY FROM GINZBURG'S Ψ - THEORY

Mr. Udom Tipparach

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974 - 577 - 236 - 4



Thesis Title Theory of High T_c Superconductivity from
Ginzburg's Ψ - Theory
By Mr. Udom Tipparach
Department Physics
Thesis Advisor Associate Professor Dr. Kitt Visoottiviseth

Accepted by the Graduate School , Chulalongkorn University
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

Thavorn Vajrabhaya Dean of Graduate School
(Professor Dr. Thavorn Vajrabhaya , Ph. D.)

Thesis Committee

Pisistha Ratanavararaksa Chairman
(Assistant Professor Dr. Pisistha Ratanavararaksa, Ph.D.)

Kitt Visoottiviseth Thesis Advisor
(Associate Professor Dr. Kitt Visoottiviseth , Ph.D.)

Virulh Sa-yakanit Member
(Professor Dr. Virulh Sa-yakanit , F.D.)

Chai-Hok Eab Member
(Assistant Professor Dr. Chai-Hok Eab , Ph.D.)

Mayuree Netenapit Member
(Assistant Professor Dr. Mayuree Netenapit, Ph.D.)

อุดม ทิพราย : ทฤษฎีสถานะนำยิ่งยวด ชนิดอุณหภูมิวิกฤตสูงจากทฤษฎีไฟซ์ของกินซ์เบิร์ก
(THEORY OF HIGH T_c SUPERCONDUCTIVITY FROM GINZBURG'S Ψ -THEORY)
อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.กิตติ วิสุทธีวิเศษ, 126 หน้า. ISBN 974-577-236-4

เราได้ศึกษาสมบัติทางอุณหพลศาสตร์และไฟฟ้าพลศาสตร์ สำหรับตัวนำยิ่งยวดชนิดอุณหภูมิวิกฤตสูง ด้วยทฤษฎีไฟซ์ทั่วไปของกินซ์เบิร์ก โดยการใส่ทฤษฎีนี้ เราพบว่าการขึ้นกับอุณหภูมิของ ความยาวอาพันธ์ ความลึกของการทลวง สนามวิกฤตระดับบน และสนามวิกฤตระดับล่าง แตกต่างจากตัวนำยิ่งยวดแบบเดิม นอกจากนี้เราได้คำนวณความหนาแน่นกระแสวิกฤต และสนามวิกฤตที่ย่านานกับผิวสำหรับฟิล์มบางของตัวนำยิ่งยวดชนิดอุณหภูมิวิกฤตสูง



ภาควิชา ฟิสิกส์
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต อุดม ทิพราย
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา กิตติ วิสุทธีวิเศษ

UDOM TIPRARACH : THEORY OF HIGH T_c SUPERCONDUCTIVITY FROM GINZBURG'S Ψ -THEORY. THESIS ADVISOR : ASSO \dot{C} . PROF. DR. KITT VISOOTTIVISETH, Ph.D. 126 PP.

We have studied the thermodynamic and electrodynamic properties for high T_c superconductors within the framework of a generalized Ψ -theory. Based on this theoretical result, we find that the temperature dependence of the coherence length, penetration depth, upper critical field and the lower critical field differs from that of conventional superconductors. Furthermore, we have also calculated the critical current density and parallel critical field for thin films of high T_c superconductors.



ภาควิชา ฟิสิกส์
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต *อุดม ทิพรารช*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Kitt Visoottiviset*



ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deeply felt gratitude to my advisor Associate Professor Dr. Kitt Visoottiviseth , who was especially helpful in guiding, advising, understanding and encouraging me throughout this work and also for preparing this thesis.

I am very much obliged to the thesis committee , Assistant Professor Dr. Pisistha Ratanavararaksa , Professor Dr. Virulh Sakyakanit , Assistant Professor Dr. Chai-Hok Eab and Assistant Professor Dr. Mayuree Netenapit for their valuable construction , criticism and helpful suggestions ; Associate Professor Payong Tunsiri for help as a coordinator.

I would like to thank the Chulalongkorn University Alumni Association under the Royal Patronage of the King for the scholarship and the Department of Physics , Chulalongkorn University for the Teacher Assistantship.

Finally , I would like to extend my appreciation to my parents , who have given me the encouragement throughout the entire study.



CONTENTS

	page
ABSTRACTS	iv
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
LIST OF ILLUSTRATIONS	x
CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
II THEORY OF SUPERCONDUCTIVITY	7
2.1 The Basic Phenomena	7
2.1.1 Zero Resistance and the Critical temperature	7
2.1.2 Perfect Diamagnetism , or the Meissner Effect	8
2.1.3 The Critical magnetic Field	11
2.2 London - Pippard Phenomenological Theory	12
2.2.1 Derivation of London Equations	12
2.2.2 Pippard's Generalized Equation	17
2.2.3 Flux Quantization in a Superconductivity Ring	20
2.3 Thermodynamics of the Superconducting State ..	24
2.3.1 Gibbs Free Energy	24
2.3.2 Entropy and Specific Heat	27
2.4 Ginzburg - Landau Theory	30
2.5 Microscopic Theory of Superconductivity	35
2.5.1 BCS Theory	36
2.5.2 Strong - Coupling Theory	44

	page
III GINZBURG - LANDAU THEORY	46
3.1 The Phenomenological Ginzburg Landau Theory ...	46
3.1.1 The Ginzburg - Landau Free Energy	47
3.1.2 The Ginzburg - Landau Equations	48
3.1.3 Solution in Simple Cases	50
3.1.4 Flux Quantization	56
3.1.5 Surface Energy	57
3.2 Microscopic Ginzburg - Landau Theory	64
3.2.1 General Formulation	64
3.2.2 Microscopic Derivation of Ginzburg - Landau Equations	71
IV GINZBURG Ψ -THEORY OF HIGH - T_c SUPERCONDUCTIVITY.....	84
4.1 The Model	85
4.1.1 The Coefficients Temperature Dependence.	85
4.1.2 Ginzburg Ψ - Theory and External Magnetic Field	87
4.2 Minimization and Results	87
4.2.1 The Ginzburg - Landau Equations	87
4.2.2 Thermodynamic Field and Specific Heat....	92
4.2.3 The Lower Critical Field	93
4.2.4 Nucleation at Surfaces	99
4.3 Application for Thin Films	102
4.3.1 Critical Current of a Thin Wire or Film.	102
4.3.2 Parallel Critical Field of Thin Films ..	104
V DISCUSSION AND CONCLUSION	106
REFERENCES	112
APPENDIX	120
VITA	126

LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure	page
2.1 Kamerlingh Onnes's data on the superconductivity of mercury	7
2.2 Meissner effect in superconductivity	9
2.3 Three positions of a superconductor in the neighborhood of permanent magnet	10
2.4 Phase diagram in $H - T$ plane	12
2.5 Solution of the London equation	16
2.6 Integration contour for evaluation of fluxoid	21
2.7 Flux trapping in a superconducting ring	23
2.8 Entropy S of aluminum in the normal and superconducting state as a function of the temperature	27
2.9 The heat capacity of Nb in the normal and superconducting state showing the sharp discontinuity at the critical temperature	29
2.10 The screening of electron 1 by the positive ions of the lattice solid circles represent the two electrons considered	37
2.11 Phonon exchange between normal and superconducting material	38
2.12 Plot of the temperature of the energy gap parameter $\Delta_0(T)$	42
3.1 Surface region between normal and superconducting material	54
3.2 Vortex state in applied magnetic field of strength just $H_{c1} < H < H_{c2}$	62
3.3 Magnetization versus applied magnetic field for a bulk superconductor	63
3.4 Superconducting magnetization of a type II superconductor	63