

อุณหภูมิจากฤดูร้อนของแผ่นประกบตัวนำยิ่งยวดแอนติเฟอร์โรแมกเนติกที่  
แสดงปรากฏการณ์พรอกซิมิตี

นายพงษ์แก้ว อุดมสมุทรรักษ์



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

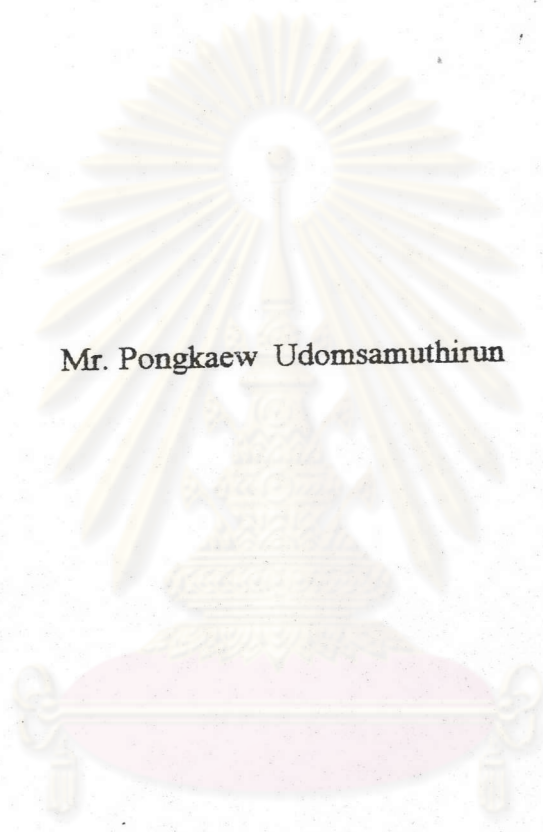
พ.ศ. 2536

ISBN 974-583-011-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019420 117874739

**Critical Temperature of Proximity-Effect Antiferromagnetic Superconductor Sandwiches**



**Mr. Pongkaew Udomsamuthirun**

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

**Department of Physics**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**1993**

**ISBN 974-538-011-9**

Thesis Title            Critical Temperature of Proximity-Effect Antiferromagnetic  
                                  Superconductor Sandwiches  
By                            Mr. Pongkaew Udomsamuthirun  
Thesis Advisor        Professor Suthat Yoksan  
Thesis Co-Advisor    Associate Professor Wichit Sritrakool

---

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

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

Thesis Committee

*Kitt Visoottiviseth*  
..... Chairman  
(Associate Professor Kitt Visoottiviseth, Ph.D.)

*Suthat Yoksan*  
..... Thesis Advisor  
(Professor Suthat Yoksan, Ph.D.)

*Virulh Sa-yakanit*  
..... Member  
(Professor Virulh Sa-yakanit, Ph.D.)

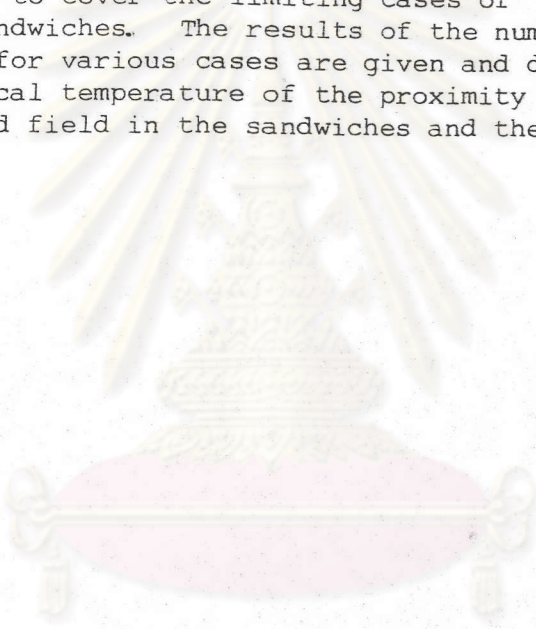
*Pisistha Ratanavararaksa*  
..... Member  
(Assistant Professor Pisistha Ratanavararaksa, Ph.D.)

## C325386 : MAJOR PHYSICS

KEY WORD: CRITICAL TEMPERATURE/ANTIFERROMAGNETIC SUPERCONDUCTOR/PROXIMITY-EFFECT

PONGKAEW UDOMSAMUTHIRUN : CRITICAL TEMPERATURE OF PROXIMITY-EFFECT ANTIFERROMAGNETIC SUPERCONDUCTOR SANDWICHES. THESIS ADVISOR : PROF. SUTHAT YOKSAN, Ph. D. THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. WICHIT SRITRAKOOL, Ph. D. 80 pp. ISBN 974-583-011-9

The purpose of this thesis is to investigate the superconducting proximity effect between thin films of antiferromagnetic superconductor (AFS) by using the McMillan tunneling model and the mean field theory of AFS given by Nass, Levin, and Grest. By assuming the nesting condition for the one-dimensional electron band, the spatial uniformity of the order parameter and the temperature independence of the staggered molecular field, we can derive the critical temperature ( $T_C$ ) equation of AFS<sub>1</sub> - AFS<sub>2</sub> system. Our  $T_C$  equation can be shown to cover the limiting cases of AFS-normal metal and AFS-superconductor sandwiches. The results of the numerical calculation of critical temperature for various cases are given and discussed. We find that the decrease of critical temperature of the proximity bilayer is due to proximity induced staggered field in the sandwiches and the tunneling phenomenon effect.



ศูนย์วิทยพัชกร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....ฟิสิกส์

ลายมือชื่อนิสิต..... พงษ์เทพ อดิสรณ์

สาขาวิชา.....ฟิสิกส์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... สุทัศน์ ภัคสัน

ปีการศึกษา..... 2535

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

พงษ์แก้ว อุดมสมุทรหิรัญ : อุณหภูมิวิกฤติของแผ่นประกบตัวนำยิ่งยวดแอนติเฟอร์โรแมกเนติก  
ที่แสดงปรากฏการณ์พรอกซีมิตี (CRITICAL TEMPERATURE OF PROXIMITY-EFFECT ANTI-  
FERROMAGNETIC SUPERCONDUCTOR SANDWICHES) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. สัทสน์  
ยกส์าน อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. วิชิต ศรีตระกูล, 80 หน้า. ISBN 974-583-  
011-9

จุดมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์นี้คือ การศึกษาปรากฏการณ์พรอกซีมิตีของแผ่นประกบที่ประกอบด้วย  
ฟิล์มบางตัวนำยิ่งยวดแอนติเฟอร์โรแมกเนติกโดยใช้แบบจำลองการทันเนลของแมกมิลแลนและทฤษฎีสนาม  
เจเลียของตัวนำยิ่งยวดแอนติเฟอร์โรแมกเนติกของ แนส, เลวิน และ เกรสท์ จากการสมมติเงื่อนไขการ  
แผ่งตัวของอิเล็กตรอนใน 1 มิติ และค่าพารามิเตอร์ความเป็นระเบียบที่มีค่าคงที่และค่าสนามโมเลกุล  
ที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ เราสามารถหาสมการของอุณหภูมิวิกฤติของแผ่นประกบที่ประกอบด้วยตัวนำยิ่งยวดแอนติ-  
เฟอร์โรแมกเนติกชนิดที่ 1 กับชนิดที่ 2 ได้ สมการอุณหภูมิวิกฤติที่ได้อีกยังแสดงว่าสามารถครอบคลุมกรณี  
ของแผ่นประกบที่ประกอบด้วยตัวนำยิ่งยวดแอนติเฟอร์โรแมกเนติกกับโลหะปกติและแผ่นประกบตัวนำยิ่งยวด  
แอนติเฟอร์โรแมกเนติกกับตัวนำยิ่งยวดอีกตัว ได้แสดงและอภิปรายผลการคำนวณเชิงตัวเลขของอุณหภูมิ  
วิกฤติในหลายกรณีและได้พบว่าสนามโมเลกุลเหนี่ยวนำและปรากฏการณ์ทันเนลจะมีผลทำให้อุณหภูมิวิกฤติของ  
ระบบแผ่นประกบลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....ฟิสิกส์.....  
สาขาวิชา.....ฟิสิกส์.....  
ปีการศึกษา.....2535.....

ลายมือชื่อนิสิต.....พงษ์แก้ว อุดมสมุทรหิรัญ.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....สัทสน์ยกส์าน.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his appreciation to his advisor, Prof. Suthat Yoksan for his advice, guidance and encouragement given throughout the course of investigation.

He would like to express his gratitude to his co-advisor , Assoc.Prof. Wichit Sritrakool for his encouragement and his help in various ways.

He would also like to thank the thesis committee, Assoc.Prof. Kitt Visoottiviseth, Prof. Virulh Sa-yakanit and Assist. Prof. Pisistha Ratanavararaksa for their reading and criticizing the manuscript.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## TABLE OF CONTENTS

	Page
ABSTRACT IN ENGLISH.....	iv
ABSTRACT IN THAI.....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
LIST OF TABLE.....	ix
LIST OF FIGURES.....	x
CHAPTER I SUPERCONDUCTIVITY.....	1
DC Electrical Resistance.....	1
London Theory.....	2
Magnetic Levitation.....	6
Flux Quantization.....	7
Energy Gap.....	7
Electron-Phonon Interaction and Cooper Pairing.....	8
CHAPTER II ANTIFERROMAGNETIC SUPERCONDUCTOR.....	14
Introduction to Antiferromagnetic Superconductor(AFS).....	14
Neutron Scattering Studies of AFS.....	15
Nass-Levin-Grest Theory.....	17
CHAPTER III THE SUPERCONDUCTING PROXIMITY EFFECT.....	24
CHAPTER IV AFS <sub>1</sub> -AFS <sub>2</sub> SANDWICH.....	36
CHAPTER V T <sub>c</sub> EQUATION.....	51
Case I.....	51
Case II.....	51
CHAPTER VI DISCUSSION AND CONCLUSIONS.....	62
REFERENCES.....	72

APPENDIX A.....	75
Antiferromagnetism.....	75
APPENDIX B.....	78
CURRICULUM VITAE.....	80



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## LIST OF TABLE

Table	Page
2.1 Magnetic structure of antiferromagnetic superconductors as determined by neutron diffraction.....	16



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## LIST OF FIGURES

	Page
Fig. 1.1 The general behavior of a normal conductor and a superconductor.....	1
Fig. 1.2 Effect of magnetic field on typical element superconductor.....	3
Fig. 1.3 Meissner effect.....	5
Fig. 2.1 $T_c/T_{c0}$ as a function of $H_Q/\Delta_0$ .....	21
Fig. 3.1 $T_c$ of S-N sandwich vs. $\Gamma'_s$ .....	31
Fig. 3.2 $T_c$ of $S_1$ - $S_2$ sandwich vs. $\Gamma'_1$ .....	33
Fig. 3.2 $T_c$ of $S_1$ - $S_2$ sandwich vs. $\Gamma_2$ .....	34
Fig. 5.1 The diagram of AFS's when not in proximity.....	51
Fig. 5.2 The diagram of an S-N sandwich.....	52
Fig. 5.3 The diagram of an $S_1$ - $S_2$ sandwich.....	54
Fig. 5.4 The diagram of an AFS-N sandwich.....	56
Fig. 5.5 The diagram of an AFS-S sandwich.....	58
Fig. 5.6 The diagram of an $AFS_1$ - $AFS_2$ sandwich.....	60
Fig. 6.1 $T_c$ of AFS-N sandwich vs. $\Gamma_2$ .....	63
Fig. 6.2 $T_c$ of AFS-N sandwich vs. $\Gamma'_1$ .....	64
Fig. 6.3 $T_c$ of AFS-S sandwich vs. $\Gamma_2$ .....	66
Fig. 6.4 $T_c$ of AFS-S sandwich vs. $\Gamma'_1$ .....	67
Fig. 6.5 $T_c$ of $AFS_1$ - $AFS_2$ sandwich vs. $\Gamma_2$ .....	69
Fig. 6.6 $T_c$ of $AFS_1$ - $AFS_2$ sandwich vs. $\Gamma'_1$ .....	70
Fig. A.1 Ordered arrangement of spin moment .....	75
Fig. A.2 Susceptibility $\chi$ versus T for $MnF_2$ .....	76