

Executive Summary

1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สถานะสปีนของตัวนำยวดยิ่ง (superconductor) และแม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnet) มีลักษณะที่แตกต่างกันในกรณีของตัวนำยวดยิ่งที่สถานะการจับคู่เป็นแบบซิงเกิลต (singlet pairing state) สปีนของคู่อิเล็กตรอนมีทิศตรงกันข้ามส่วนสนามแลกเปลี่ยนของแม่เหล็กเฟอร์โรจะบังคับให้สปีนของอิเล็กตรอนมีทิศชี้ไปทางเดียวกัน ดังนั้นจึงเกิดการประชันเฟสกันระหว่างสภาพนำยวดยิ่งและสภาพแม่เหล็กเฟอร์โร มีผลการทดลองที่ยืนยันการเกิดปรากฏการณ์ที่แสดงให้เห็นถึงการร่วมเฟสของสภาพนำยวดยิ่งและสภาพแม่เหล็กเฟอร์โร ในระบบแผ่นประกบตัวนำยวดยิ่งและแม่เหล็กเฟอร์โร เช่นการกวัดแกว่งของอุณหภูมิวิกฤต (superconducting critical temperature) และกระแสวิกฤตโจเซฟสัน (Josephson critical current) ตามชั้นความหนาของแม่เหล็กเฟอร์โรที่แปรค่าไป จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้เกิดคำถามที่สำคัญว่าทำไมจึงเกิดสภาพนำยวดยิ่งเหนี่ยวนำ (induced superconductivity) ขึ้นในชั้นแม่เหล็กเฟอร์โร เนื่องจากโดยลำพังของการจับคู่แบบซิงเกิลตนั้นระยะอาพันธ์ (coherence length) ของคู่อิเล็กตรอนในชั้นแม่เหล็กเฟอร์โรมีพิสัยใกล้จึงไม่เพียงพอต่อการเหนี่ยวนำสภาพนำยวดยิ่งขึ้นในชั้นแม่เหล็กเฟอร์โรได้ ในความเป็นจริงนั้น โมเมนต์แม่เหล็กเฟอร์โรมีลักษณะแบบไม่เป็นเอกพันธ์ (inhomogeneous) จึงอนุญาตให้คู่อิเล็กตรอนมีสถานะการจับคู่แบบทริปเลต (triplet pairing state) โดยที่ฟังก์ชันคลื่นของคู่อิเล็กตรอนต้องมีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันคี่ของความถี่ Matsubara's frequency) และเป็นฟังก์ชันคู่ของโมเมนตัมหรือเรียกว่าสภาพนำยวดยิ่งแบบทริปเลตคี่ (odd triplet superconductivity) สถานะทริปเลตคี่ทำให้สภาพนำยวดยิ่งมีอยู่ได้ใน

ชั้นแม่เหล็กเฟอร์โรและทำให้ระยะอาพันธ์มีพิสัยไกล

สภาพนำยวดยิ่งชนิดใหม่นี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจและ การ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องเป็นปัญหาที่ท้าทายในปัจจุบัน

2 วัตถุประสงค์

2.1 หาอุณหภูมิวิกฤต T_C ของระบบแผ่นประกบสองชั้นตัวนำยวดยิ่งและแม่เหล็กเฟอร์โร F/S โดยที่โมเมนต์แม่เหล็กเฟอร์โรมีลักษณะแบบไม่เป็นเอกพันธ์และมีการกระเจิงเชิงสปินวงโคจร (spin-orbit scattering) รวมอยู่ด้วย

2.2 ศึกษาสถานะเฟสพาย (pi-phase) ของระบบประกบสามชั้น F/S/F ที่มีผลต่อ T_C โดยพิจารณาสถานะทริปเลต และ โมเมนต์แม่เหล็กเฟอร์โรเป็นแบบเอกพันธ์แต่ทิศการเรียงตัวสัมพันธ์กันระหว่างแผ่นแม่เหล็กสองแผ่น

2.3 ศึกษาสมการอุสาเคลแบบไม่เป็นเชิงเส้นเพื่อคำนวณหาคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ ความเป็นแม่เหล็กและการเปลี่ยนเฟสอันดับหนึ่ง

3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 อ่านบทความจากวารสารเพื่อค้นหาประเด็นในการวิจัย วิเคราะห์วิธีการที่ใช้แก้ปัญหา

3.2 พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาแบบทั่วไปที่ดีกว่าวิธีการที่มีอยู่โดยผลลัพธ์ที่ได้ต้องครอบคลุมถึงผลลัพธ์ที่มีมาก่อนหน้านี้

3.3 เขียน สูตรเชิงวิเคราะห์สำหรับอุณหภูมิวิกฤต T_C เป็นฟังก์ชันของพารามิเตอร์วัสดุ จากนั้นเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง ในขั้นตอนสุดท้ายพิจารณาขีดจำกัดของเงื่อนไขทางกายภาพบางประการ ที่ นำ ไปสู่ผลลัพธ์จากวิธีการประมาณแบบโหมดเดี่ยว

4 แผนการดำเนินงานวิจัย

ปีที่ 1

1 ศึกษาทฤษฎีตัวนำยวดยิ่งในกรณีที่พารามิเตอร์ความเป็นระเบียบมีลักษณะแบบไม่เป็นเอกพันธ์ในบริบทของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ของเคอจองและพิจารณาสนามแลกเปลี่ยนแม่เหล็กเฟอร์โรเป็นเวกเตอร์ในปริภูมิสปินโดยรวมผลของสารเจือแม่เหล็กพาราและตัวกระเจิงสปินเชิงวงโคจรอยู่ในชั้นแม่เหล็กเฟอร์โร

2 คำนวณหาอุณหภูมิวิกฤต T_C ในระบบแผ่นประกบสองชั้น F/S และสามชั้น F/S/F โดยในระบบแผ่นประกบสองชั้น S/F จะทำการพิจารณาโมเมนต์แม่เหล็กเฟอร์โรที่มีลักษณะแบบไม่เป็นเอกพันธ์ ในส่วนระบบแผ่นประกบสามชั้น F/S/F จะพิจารณาโมเมนต์แม่เหล็กเฟอร์โรเป็นแบบเอกพันธ์แต่มีทิศการเรียงตัวสัมพันธ์กันระหว่างแผ่นแม่เหล็กสองแผ่น

ปีที่ 2

3 ศึกษาแบบจำลองแม่เหล็กเฟอร์โรเชิงจุลภาคโดยในเนื้อสารแม่เหล็กจะถูกแบ่งกันเป็นโดเมนเพื่อลดพลังงานแม่เหล็กสถิตของระบบ ในที่นี้จะศึกษาความเป็นไปได้ของการเกิดสภาพนำยวดยิ่งเหนี่ยวนำที่สถานะการจับคู่เป็นแบบทริปเลต

4 คำนวณหาอุณหภูมิวิกฤต T_C ในโดเมนแม่เหล็กเฟอร์โรโดยจะพิจารณาปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้อง

5 ผลงาน/หัวข้อเรื่องที่คาดว่าจะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติในแต่ละปี

ปีที่ 1: ชื่อเรื่องที่คาดว่าจะตีพิมพ์ Pair breaking effects on odd triplet superconductivity in ferromagnet/superconductor heterostructures

ชื่อวารสารที่คาดว่าจะตีพิมพ์ Physica C (impact factor 0.948)

ปีที่ 2: ชื่อเรื่องที่คาดว่าจะตีพิมพ์ Domain wall superconductivity in ferromagnet/superconductor proximity effect

ชื่อวารสารที่คาดว่าจะตีพิมพ์ Physica C (impact factor 0.948)

6 งบประมาณโครงการ

งบประมาณรวม 400,000.00 บาท (สี่แสนบาทถ้วน)

รายการ	ปีที่ 1 (บาท)	ปีที่ 2 (บาท)	รวม (บาท)
1. หมวดค่าตอบแทน	120,000	120,000	240,000
2. หมวดค่าวัสดุ	30,000	30,000	60,000
3. หมวดค่าใช้สอย	30,000	50,000	80,000
4. หมวดค่าครุภัณฑ์	20,000	-	20,000
รวม	200,000	200,000	400,000