

การปรับแต่งสนามแม่เหล็กสำหรับการสร้างภาพโดยเอ็นเอ็มอาร์



นายสุภชัย หาทองคำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2536

ISBN 974-583-030-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019558

i1713667x

MAGNETIC FIELD SHIMMING FOR NMR IMAGING



Mr. Supachai Hatongkum

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

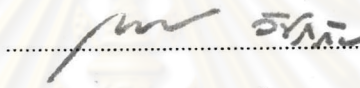
1993

ISBN 974-583-030-5


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับแต่งสนามแม่เหล็กสำหรับการสร้างภาพโดยเอ็นเอ็มอาร์  
โดย สุภชัย หาทองคำ  
ภาควิชา ฟิสิกส์  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เล็งหะพันธ์

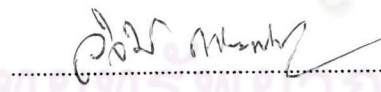


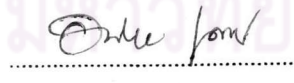
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


 ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรวิทย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิญโญ ปันยารชุน)

 ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เล็งหะพันธ์)

 ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันตสิน เตชะกำพุช)

 ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มยุรี เนตรนภิส)

สูกชัย ทาทองคำ : การปรับแต่งสนามแม่เหล็กสำหรับการสร้างภาพโดยเอ็นเอ็มอาร์  
(MAGNETIC FIELD SHIMMING FOR NMR IMAGING) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วิจิตร  
เส็งหะพันธ์, 47 หน้า. ISBN 974-583-030-5

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการปรับแต่งสนามแม่เหล็กสำหรับแม่เหล็กไฟฟ้าแบบแกนอากาศ  
เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างขั้ว 6.1 เซนติเมตร ที่ความถี่กำลัง 10.0  
เมกกะเฮิรตซ์ หรือ 0.23 เทสลา โดยการช้อนวงแหวนเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 30 เซนติเมตร  
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15, 20 และ 25 เซนติเมตรที่ขั้วแม่เหล็กทั้งสองด้าน พบว่า เมื่อใช้วงแหวน  
ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 20 และ 25 เซนติเมตรมาซ้อนกัน จะปรับแต่งสนามแม่เหล็กบริเวณตรง  
กลางให้สม่ำเสมอมากขึ้น

สำหรับการทดลองเอ็นเอ็มอาร์แบบพัลส์โดยใช้เทคนิคสปีนเอคโคแบบฮาน เพื่อใช้วัดสนามแม่  
เหล็ก โดยการวัดความถี่ที่ระหว่างความถี่กำลังและความถี่อ้างอิงของสัญญาณเอคโค มีการสร้างชุด  
กำเนิดพัลส์ขึ้นใหม่ สามารถกำหนดความกว้าง 90 องศา พัลส์ได้ในช่วง 5 - 100 ไมโครวินาที และ  
180 องศาพัลส์ในช่วง 1 - 600 ไมโครวินาที และสร้างหัววัดขึ้นโดยมีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร  
เพื่อวัดสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งต่าง ๆ ได้ละเอียดยิ่งขึ้น หัววัดมีการชิลด์สัญญาณรบกวนจากภายนอกเป็น  
อย่างดี ใช้คอยล์เดี่ยวเป็นตัวรับ-ส่งสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ โดยคอยล์พันด้วยลวดอบนนำยาเบอร์ 20  
จำนวน 15 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร ใช้ใช้น้ำมันปริมาตร  
ประมาณ 0.3 ลูกบาศก์เซนติเมตรเป็นสารตัวอย่าง สามารถให้สัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ได้อย่างชัดเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



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

ลายมือชื่อนิติ.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## C125328 : MAJOR PHYSICS  
KEY WORD: MAGNETIC FIELD SHIMMING / NMR IMAGING

SUPACHAI HATONGKUM : MAGNETIC FIELD SHIMMING FOR NMR IMAGING. THESIS  
ADVISOR : ASSO. PROF. WIJIT SENGHAPHAN. Ph. D. 47 pp. ISBN 974-583-  
030-5

This research has an objective to shim the magnetic field for air gap electromagnet with 25 cm pole-face and 6.1 cm gap at 10.0 MHz resonant frequency or 0.23 tesla. The method is by attaching the iron rings on the pole edges with 30 cm cutter diameter, 15 20 and 25 cm inner diameter. From this method, when use 20 and 25 cm inner diameter rings the magnetic field was found to be improved in homogeneity around the center.

For Hahn-spin echo pulse NMR technique was used to map the field. It is done by finding the beat frequency of the resonant frequency and reference of the echo signal. We make a new pulse generator that can be controlled 90 degree pulse in 5 - 100 microsecond and 180 degree pulse in 1-600 microsecond. We also make a new probe which has dimension less than 1 cm to detect magnetic field accurately. The probe has good noise signal shielding. Using the single coil which was made by wrapping No. 20 0.5 cm diameter 15<sup>3</sup> turns to receive and transmit NMR signal. The probe which has about 2.3 cm<sup>3</sup> oil sample can show the NMR signal more clearly.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ลายมือชื่อนิสิต..... ฐาณัฐ งามอน  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ฐาณัฐ งามอน  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ -

บิดา มารดา ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เสงี่ยมพันธ์ุ ที่ให้ปรึกษาอย่างดียิ่งในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณ -

คุณไพศาล บุญเกษมสิน ที่ให้คำปรึกษาและช่วยทำเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์

คุณวัชร อุ่นจิต ที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สมาชิกห้องปฏิบัติการเอ็นเอ็มอาร์ ที่ให้คำแนะนำแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในเรื่อง

เอ็นเอ็มอาร์



ศูนย์วิทยพัทยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญ

๗

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	๖
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	๗
กิตติกรรมประกาศ .....	๘
สารบัญตาราง .....	๘
สารบัญรูป .....	๙
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ประวัติความเป็นมาของเอ็นเอ็มอาร์ .....	1
1.2 พัฒนาการทางด้านเทคนิคของเอ็นเอ็มอาร์ .....	2
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์ .....	2
2. หลักการของเอ็นเอ็มอาร์ .....	4
2.1 สมบัติของนิวเคลียส .....	4
2.2 นิวเคลียสในสนามแม่เหล็กสถิต .....	4
2.3 ผลจากสนามแม่เหล็กแบบแกว่งกวัด .....	6
2.4 จำนวนสถานะของสปิน .....	9
2.5 ผลทางการผ่อนคลาย (Relaxation Effects) .....	10
2.6 สมการของบลอค (Bloch Equations) .....	11
2.7 เอ็นเอ็มอาร์แบบพัลส์ (Pulsed NMR) .....	12
3. เครื่องมือการสร้างภาพโดยวิธีเอ็นเอ็มอาร์ .....	15
3.1 ส่วนประกอบของระบบ .....	15
3.2 การปรับแต่งสนามแม่เหล็ก .....	26
4. การทดลองและสรุปผล .....	29
4.1 การทดลองความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กไฟฟ้า .....	25
4.2 การปรับแต่งสนามแม่เหล็กโดยผ่านวงแหวนเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 20 ,25 และ 30 เซนติเมตร .....	34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การปรับแต่งสนามแม่เหล็กโดยแผ่นวงแหวนเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 20 และ 25 เซนติเมตร .....	37
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง .....	40
4.5 สรุป .....	40
4.6 ข้อเสนอแนะ .....	41
เอกสารอ้างอิง .....	42
ภาคผนวก .....	43
ภาคผนวก ก .....	44
ภาคผนวก ข .....	46
ประวัติผู้เขียน .....	47

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณสมบัติของนิวเคลียสที่ขึ้นกับจำนวนโปรตอนและนิวตรอน .....	4
3.1 แสดงการทำงานของไอซี 74LS121 .....	20
3.2 แสดงการทำงานของ 74LS221 แต่ละตัว .....	21
4.1 แสดงความถี่ ( หน่วย Hz) ที่ตำแหน่งต่างๆห่างจากกึ่งกลางแม่เหล็ก(หน่วย cm.) ของสนามแม่เหล็กที่ยังไม่ได้ปรับแต่ง .....	31
4.2 แสดงความถี่ ( หน่วย Hz) ที่ตำแหน่งต่างๆห่างจากกึ่งกลางแม่เหล็ก(หน่วย cm.) หลังการปรับแต่งสนามแม่เหล็กด้วยวงแหวนเหล็กขนาด 15 ,20 และ 25 cm. ....	34
4.3 แสดงความถี่ ( หน่วย Hz) ที่ตำแหน่งต่างๆห่างจากกึ่งกลางแม่เหล็ก(หน่วย cm.) หลังการปรับแต่งสนามแม่เหล็กด้วยวงแหวนเหล็กขนาด 20 และ 25 cm. ....	37
ก-1 แสดงรายละเอียดอุปกรณ์วงจรโพรบ .....	44
ข-1 รายละเอียดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดพัลส์ .....	46

## สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

2.1 แสดงการหมุนของนิวเคลียสภายใต้อิทธิพลของสนามแม่เหล็กสถิต	5
2.2 แสดงการแกว่งกวัดของโมเมนต์แม่เหล็กไปรอบกรอบอ้างอิงหมุน	8
2.3 (a) แสดงโมเมนต์แม่เหล็กของสารในคอยล์ที่สภาวะสมดุลทางอุณหภูมิตั้งแต่ (b) และ (c) แสดงโมเมนต์แม่เหล็กเมื่อใส่พัลส์ $90^\circ$	12
2.4 แสดงการหมุนวงและ การลดลงของแมกนิไทเซชันหลังจากสิ้นสุดพัลส์	13
2.5 แสดงกระบวนการเกิดสปินเอคโค	14
3.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและลักษณะการรับส่งข้อมูลหรือสัญญาณ	15
3.2 แสดงอุปกรณ์ในวงจรเครื่องกำเนิดพัลส์	19
3.3 แสดงการทำงานของวงจรเครื่องกำเนิดพัลส์	21
3.4 วงจรของโพรบ	23
3.5 แสดงส่วนประกอบของโพรบและส่วนของปริแอมป์	25
3.6 แสดงโพรบที่ประกอบเสร็จแล้ว	25
3.7 แสดงลักษณะของแม่เหล็กไฟฟ้า	26
3.8 แผนภาพของแม่เหล็กไฟฟ้า (หน่วย cm.)	27
3.9 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้า	27
3.10 แสดงลักษณะของแผ่นวงแหวน	28
3.11 ภาพถ่ายแผ่นวงแหวนที่ติดตั้งบนขั้วแม่เหล็กแล้ว	28
4.1 แผนภาพแสดงเครื่องมือการวัดความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็ก	29
4.2 ลักษณะสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ที่เลื่อนต่ำจากความถี่กำหนด	30
4.3 ลักษณะสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ที่สนามแม่เหล็กเลื่อนจาก $H_0$	31
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (Hz) และ ตำแหน่งที่ห่างจากจุดกึ่งกลาง ของแม่เหล็ก	32
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และ ตำแหน่ง	33
4.6 แสดงแผ่นวงแหวนเหล็กที่ใช้ปรับแต่งสนามแม่เหล็ก	34
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (Hz) และ ตำแหน่งที่ห่างจากจุดกึ่งกลางของ แม่เหล็ก เมื่อปรับแต่งสนามแม่เหล็กด้วยวงแหวนเหล็กขนาด 15, 20 และ 25 cm.	35

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และ ตำแหน่ง เมื่อปรับแต่งสนามแม่เหล็ก ด้วยวงแหวนเหล็กขนาด 15 ,20 และ 25 cm. ....	36
4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (Hz) และ ตำแหน่งที่ห่างจากจุดกึ่งกลางของ แม่เหล็ก เมื่อปรับแต่งสนามแม่เหล็กด้วยวงแหวนเหล็กขนาด 20 และ 25 cm. ....	38
4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และ ตำแหน่ง เมื่อปรับแต่งสนามแม่เหล็ก ด้วยวงแหวนเหล็กขนาด 20 และ 25 cm. ....	39



คุรุณย์วิทย์ทรัพย์ากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย