

การสร้างเอ็นเอ็มอาร์สเปกโทรมิเตอร์แบบพัลส์



นายไพศาล บุญเกษมสิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

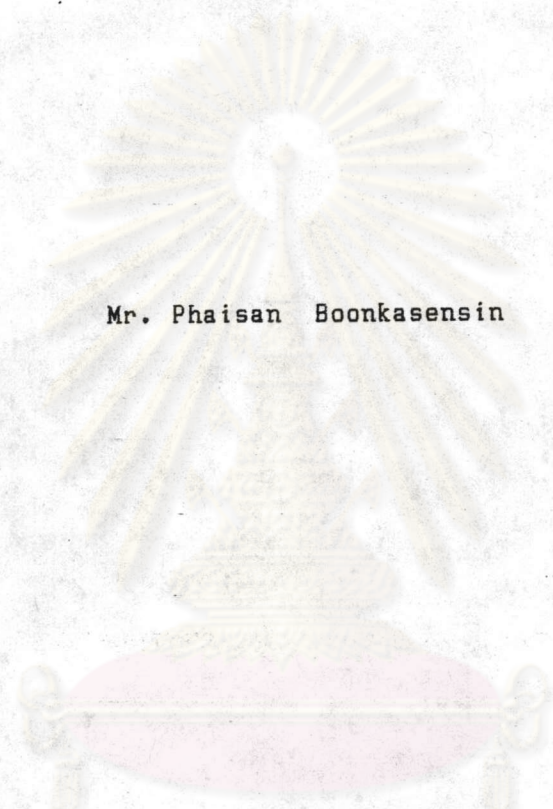
ISBN 974-577-931-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016435

110905889

CONSTRUCTION OF PULSED NMR SPECTROMETER



Mr. Phaisan Boonkasensin

ศูนย์วิทยุโทรทรรศน์วิทยุ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-577-931-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสร้างเอ็นเอ็มอาร์สเปกโตรมิเตอร์แบบพัลส์  
โดย นายไพศาล บุญเกษมสิน  
ภาควิชา ฟิสิกส์  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เล็งหะพันธ์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... *วิจิตร* ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... *วิจิตร* ..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิชโย ปันยารชุน)

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

..... *วิจิตร* ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิฑูร ตรีวิจิตรเกษม)

..... *วิจิตร* ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กิรนนต์ รัตนธรรมพันธ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมเพียงแผ่นเดียว



ไพศาล บุญเกษมสิน : การสร้างเอ็นเอ็มอาร์สเปกโตรมิเตอร์แบบพัลส์ (CONSTRUCTION OF PULSED NMR SPECTROMETER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วิจิตร เล็งทะพันธ์, 77 หน้า.  
ISBN 974-577-931-8

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา และสร้าง เครื่องมือสำหรับวัดสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์แบบพัลส์ ที่ความถี่ 10 MHz ชุดเครื่องมือที่สร้างขึ้นประกอบด้วยเครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟส 10 MHz อาร์เอฟสวิทช์ เครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ อาร์เอฟโพรม เครื่องขยายสัญญาณอาร์เอฟ เฟสเซนซิทีฟดีเทคเตอร์ และ อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ผลการทดสอบการทำเรโซแนนซ์กับ  $^1\text{H}$  ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต  $8 \text{ cm}^3$  ด้วย เครื่องมือที่สร้างขึ้น ให้สัญญาณเอฟไอดี (FID) ที่มีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N) ประมาณ 16 dB

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... ฟิสิกส์  
สาขาวิชา ..... ฟิสิกส์  
ปีการศึกษา ..... 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมเพียงแผ่นเดียว



PHAISAN BOONKASEMSIN : CONSTRUCTION OF PULSED NMR SPECTROMETER.

THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.WIJIT SENGHAPHAN, Ph.D., 77 PP.

ISBN 974-577-931-8

This research was to study and construct the instruments for detecting the NMR signal at 10 MHz, pulse method. The instruments consist of 10 MHz Multiphase Generator, RF Switch, RF Power Amplifier, RF Plobe, RF Amplifier, Phase Sensitive Detector and accessories. Test of the constructed instruments on resonance of  $^1\text{H}$  in  $8\text{ cm}^3$  copper sulphate solution yield free induction decay (FID) signal with signal to noise (S/N) ratio of approximately 16 dB.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... ฟิสิกส์  
สาขาวิชา ..... ฟิสิกส์  
ปีการศึกษา ..... 2532

ลายมือชื่อนิติ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
.....

กิตติกรรมประกาศ



๑

ขอกราบขอบคุณ-

รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เล็งหะพันธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในทุกๆด้าน  
อาจารย์เอียน โทมัส และ ดร. จันทร์เพ็ญ ส. โทมัส ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องที่ว่า

วิจัย

ขอขอบคุณ-

คุณสุกษัย หาทองคำ ที่ช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์  
สมาชิกห้องปฏิบัติการเอ็นเอ็มอาร์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและแลกเปลี่ยนทัศนคติขณะทำ

การวิจัย

ศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความสะดวกในการใช้  
เครื่องมือเกี่ยวกับงานโลหะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญรูป.....	๘
บทที่	

1. บทนำ.....	1
1.1 ประวัติความเป็นมาของเอ็นเอ็มอาร์ (NMR-Nuclear Magnetic Resonance).....	1
1.2 พัฒนาการทางด้านเทคนิคของเอ็นเอ็มอาร์.....	2
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	3
2. หลักการของเอ็นเอ็มอาร์.....	4
2.1 สมบัติของนิวเคลียส.....	4
2.2 นิวเคลียสในสนามแม่เหล็กสถิต.....	5
2.3 ผลจากสนามแม่เหล็กแบบแกว่งกวัด.....	7
2.4 จำนวนสถานะของสปิน.....	9
2.5 ผลของการผ่อนคลาย (Relaxation Effects).....	10
2.6 สมการของบลอค(Bloch Equations).....	11
2.7 สัญญาณที่ได้จากเอ็นเอ็มอาร์.....	12
2.8 เอ็นเอ็มอาร์แบบพัลส์ (Pulsed NMR).....	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.	การสร้างเอ็มเอ็มอาร์สเปกโทรมิเตอร์แบบพัลส์.....	17
3.1	โครงสร้างและการทำงาน.....	17
3.2	แม่เหล็ก.....	19
3.3	เครื่องกำเนิดพัลส์.....	20
3.4	การสร้างเครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟส 10 MHz.....	21
3.5	การสร้างอาร์เอฟสวิทช์.....	25
3.6	การสร้างเครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ.....	28
3.7	การสร้างโพรบ(Probe).....	33
3.8	การสร้างเครื่องขยายสัญญาณอาร์เอฟ.....	38
3.9	การสร้างเฟสเซนซิทีฟดีเทคเตอร์(Phase Sensitive Detector). 40	
3.10	การสร้างนอยส์ไอโซเลชันสวิทช์(Noise Isolation Switch)... 42	
3.11	การสร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า.....	45
3.12	การสร้างอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ.....	50
4.	การทดลองและสรุปผล .....	53
4.1	การทดลอง .....	53
4.2	สรุป .....	56
	เอกสารอ้างอิง.....	57
	ภาคผนวก ก .....	60
	ภาคผนวก ข .....	61
	ประวัติผู้เขียน .....	77



สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

2.1 แสดงสมบัติของนิวเคลียสที่ขึ้นกับจำนวนโปรตอนและนิวตรอน..... 4

ก-1 แสดงสมบัติทางเอ็นเอ็มอาร์ของนิวเคลียส..... 60



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

2.1	แสดงการหมุนควงของนิวเคลียสในสนามแม่เหล็กสถิต .....	5
2.2	แสดงระดับพลังงานของสปิน 1/2 เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก .....	7
2.3	(a) แสดงสนามยังผล (Effective field : $H_{eff}$ ) (b) แสดงพฤติกรรมของโมเมนต์แม่เหล็ก .....	8
2.4	แสดงกราฟของฟังก์ชัน $X'$ และ $X''$ ที่ขึ้นกับ $\omega$ .....	13
2.5	A. การทดลองโดยวิธีกระตุ้นด้วยคลื่นต่อเนื่อง B. การทดลองโดยวิธีกระตุ้นด้วยพัลส์ .....	13
2.6	(a) แสดงโมเมนต์แม่เหล็กของสารในคอยล์ที่สภาวะสมดุลทางอุณหภูมิตั้งแต่ (b) และ (c) แสดงโมเมนต์แม่เหล็กเมื่อใส่ 90 องศาพัลส์ .....	14
2.7	แสดงการหมุนควงและการดีเคย์ (Decay) ของแมกนีไทเซชันหลังจากสิ้นสุดพัลส์ .....	15
2.8	แสดงกระบวนการเกิดสปินเอคโค .....	16
3.1	แผนผังของเอ็มเอ็มอาร์สเปกโทรมิเตอร์แบบพัลส์ .....	17
3.2	แม่เหล็กที่ใช้กับเอ็มเอ็มอาร์สเปกโทรมิเตอร์แบบพัลส์ .....	20
3.3	วงจรเครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟส 10 MHz (แผ่นที่ 1) .....	22
3.4	วงจรเครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟส 10 MHz (แผ่นที่ 2) .....	23
3.5	เครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟสที่สร้างเสร็จ .....	24
3.6	แสดงวงจรของอาร์เอฟสวิทช์ .....	26
3.7	อาร์เอฟสวิทช์ที่สร้างเสร็จ .....	27
3.8	วงจรเครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ 2-30 MHz 15W .....	30
3.9	วงจรเครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ 2-30 MHz 140W .....	31

สารบัญรูป (ต่อ)

3.10	เครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ 15W ที่สร้างเสร็จ .....	32
3.11	เครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ 140W ที่สร้างเสร็จ .....	32
3.12	รูปแบบของโพรบที่สร้าง .....	33
3.13	วงจรของโพรบ .....	35
3.14	แสดงการติดตั้งคอยล์ในโพรบ .....	36
3.15	แสดงส่วนของปริแอมป์ .....	37
3.16	แสดงโพรบที่สร้างเสร็จ .....	37
3.17	แสดงวงจรของเครื่องขยายสัญญาณอาร์เอฟ .....	38
3.18	แสดงเครื่องขยายสัญญาณอาร์เอฟที่สร้างเสร็จ .....	39
3.19	แสดงวงจรของเฟสเซนซิทีปดีเทคเตอร์ .....	41
3.20	แสดงเฟสเซนซิทีปดีเทคเตอร์ที่สร้างเสร็จ .....	42
3.21	แสดงวงจรของนอยส์ไอโซเลชันสวิทช์ .....	43
3.22	แสดงนอยส์ไอโซเลชันสวิทช์ที่สร้างเสร็จ .....	44
3.23	แสดงวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 13.8 V 5 A .....	45
3.24	แสดงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 13.8 V 5 A ที่สร้างเสร็จ .....	46
3.25	แสดงวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 13.8 V 25 A .....	47
3.26	แสดงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 13.8 V 25 A ที่สร้างเสร็จ .....	48
3.27	แสดงวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบ .....	49
3.28	แสดงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่สร้างเสร็จ .....	50
3.29	แสดงวงจรตัวลคสัญญาณ .....	51
3.30	แสดงตัวลคสัญญาณที่สร้างเสร็จ .....	51
4.1	ชุดเอ็นเอ็มอาร์สเปกโทรมิเตอร์แบบพัลส์ .....	53
4.2	สัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ที่ได้จาก $^1\text{H}$ ในน้ำมัน $1.2 \text{ cm}^3$ .....	54

## สารบัญรูป (ต่อ)

4.3	สัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ที่ได้จาก $^1\text{H}$ ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต $8\text{ cm}^3$ ..	55
ข-1	ลายวงจรมิมพ์ด้านบนของเครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟส 10 MHz .....	61
ข-2	ลายวงจรมิมพ์ด้านล่างของเครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟส 10 MHz .....	62
ข-3	ตำแหน่งอุปกรณ์ของเครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟส 10 MHz .....	63
ข-4	ตำแหน่งอุปกรณ์ของเครื่องกำเนิดคลื่นหลายเฟส 10 MHz .....	64
ข-5	ลายวงจรมิมพ์ด้านบนของอาร์เอฟสวิทช์ .....	65
ข-6	ลายวงจรมิมพ์ด้านล่างของอาร์เอฟสวิทช์ .....	66
ข-7	ตำแหน่งอุปกรณ์ของอาร์เอฟสวิทช์ .....	67
ข-8	ลายวงจรมิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์ของเครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ 15Wcw .	68
ข-9	ลายวงจรมิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์ของแหล่งจ่ายไฟ $13.8\text{ V}_{\text{DC}}$ 5A .....	69
ข-10	ลายวงจรมิมพ์ของเครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ 140 Wcw .....	70
ข-11	ตำแหน่งอุปกรณ์ของเครื่องขยายกำลังอาร์เอฟ 140 Wcw .....	71
ข-12	ลายวงจรมิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์ของแหล่งจ่ายไฟ $13.8\text{ V}_{\text{DC}}$ 25A .....	72
ข-13	ลายวงจรมิมพ์ของเครื่องขยายสัญญาณอาร์เอฟ .....	73
ข-14	ลายวงจรมิมพ์ด้านบนของเฟลเซนทรีทีปดีเทคเตอร์ .....	74
ข-15	ลายวงจรมิมพ์ด้านล่างของเฟลเซนทรีทีปดีเทคเตอร์ .....	75
ข-16	ตำแหน่งอุปกรณ์ของเฟลเซนทรีทีปดีเทคเตอร์ .....	76