

การพัฒนาเครื่องวัดกาชเรดอน



นาย อุดม วรศรีณย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-763-1

010596

18318745

Development of a Radon Counter

Mr. Udom Vorasarun

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาเครื่องวัดกาชเรดอน

โดย

นาย อุดม วรรณชัย

ภาควิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า


อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร


ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ

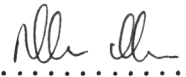



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

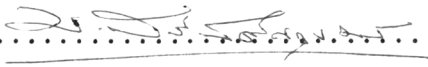
.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ ชุนนาค)

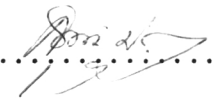
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ศรีไพพรรณ)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร)

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องวัดก๊าซเรดอน
ชื่อนิสิต	นาย อุดม วรศรัณย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2526



บทคัดย่อ

เครื่องวัดก๊าซเรดอน เป็นอุปกรณ์นิวเคลียร์อิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในงานสำรวจแหล่งแร่กัมมันตรังสี วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย การสร้างหัววัดรังสีแอลฟาชนิดสารกึ่งตัวนำแบบซีดทีแบเรียม การออกแบบโครงสร้างของเครื่องวัดก๊าซเรดอนที่สามารถป้องกันความชื้น และการนำหัววัดรังสีแอลฟาที่สร้างขึ้นมาประกอบเข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุทุกชิ้นที่ใช้ในเครื่องวัดก๊าซเรดอนนี้ สามารถจัดหาได้ภายในประเทศ ทำให้เครื่องวัด ที่พัฒนาขึ้นมีราคาถูก และสะดวกต่อการบำรุงรักษา นอกจากนั้นเครื่องวัด ดังกล่าวยังมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก รวมทั้งใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ภายในตัว ทำให้สามารถวัดปริมาณก๊าซได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 วัน วงจรของเครื่องวัด ประกอบด้วย ภาคตรวจวัดก๊าซเรดอน ภาคขยายสัญญาณ และภาคนับรังสี ซึ่งสามารถนับได้จำนวนสูงสุด 99999 ครั้ง โดยมีวงจรบันทึกเวลาสำหรับบันทึกช่วงเวลาของการนับได้นานถึง 999.99 ชั่วโมง ส่วนควบคุมการทำงานของวงจรต่างๆ ซึ่งได้รับการออกแบบให้เหมาะกับงานภาคสนามยิ่งขึ้น

การทดสอบโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีแอลฟาชนิดอะเมอริเซียม 241 พบว่าประสิทธิภาพการนับรังสีของเครื่องวัด มีค่าเท่ากับ 0.059 % จากนั้นได้นำไปทดสอบกับต้นกำเนิดรังสีเรเดียมซึ่งสลายตัวให้ก๊าซเรดอน โดยใช้ช่วงเวลาการนับต่างๆ กัน ปรากฏว่า เครื่องวัดก๊าซเรดอนสามารถประยุกต์ใช้ในการสำรวจบริเวณที่มีก๊าซเรดอนได้

Thesis Title Development of a Radon Counter
Name Mr. Udom Vorasarun
Thesis Advisor Associate Professor Montri Sawadsaringkarn, Ph.D.
 Assistant Professor Suvit Punnachaiya
Department Electrical Engineering
Academic Year 2526



ABSTRACT

The radon counter is a nuclear electronics instrument which has been developed for probing ore deposits source. This thesis composes of Schottky barrier alpha-radiation detector fabrication, structural design for moisture sealing of the radon counter and assembling the Schottky barrier alpha-radiation detector with relevant electronic components. All materials used in this radon counter can be found in Thailand thus this instrument becomes inexpensive and easy for the maintenance. Moreover, the radon counter is small, light and portable. The energy consumption is supplied by battery installed inside and can be used continuously for two days. Its circuitry includes radon detector part, amplifier part, counter part which has the maximum count capacity of 99999 counts, time recorder part which has the maximum period of 999.99 hours and operating control part designed for field operation.

By using Americium-241 standard alpha source, the detection efficiency of the radon counter is found to be 0.059 %. By using radium source which decays to give radon for several detecting periods, it shows that this radon counter can be used in the radon gas exploration.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจาก รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี สวัสดิ์ศฤงฆาร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ โดยได้ให้คำปรึกษาแนะนำที่เป็นประโยชน์มากสำหรับการดำเนินงานทุกขั้นตอน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว ที่ได้ให้คำแนะนำอย่างดียิ่ง ตลอดจน รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช รองศาสตราจารย์ ดร. ชาตรี ศรีไพพรรณ และรองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว ที่ได้กรุณาตรวจแก้วิทยานิพนธ์ ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อคณาจารย์ทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณต่อห้องปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ภาค-
วิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และภาควิชานิเวศลิษฐ์
เทคโนโลยี ที่มีส่วนช่วยในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณวินัย อนุวัฒน์มงคล คุณเวชยันต์
มโนเวชพันธ์ ที่ได้ช่วยทำแผ่นวงจรพิมพ์ขึ้น พร้อมทั้งขอขอบคุณ คุณวิมล ประทักษ์บุญกุล และ
คุณชวัญ เรือน ชันทะกิตติ ที่ได้สละเวลาสำหรับงานพิมพ์ต้นฉบับวิทยานิพนธ์นี้

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. หัววัดรังสีแอลฟา	4
2.1 ชนิดของหัววัดรังสี	4
2.2 คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำ	6
2.3 ชนิดของหัววัดรังสีสารกึ่งตัวนำ	12
3. หัววัดรังสีแอลฟาแบบซีดทีก์แบเรียม	16
3.1 หัวต่อแบบซีดทีก์แบเรียม	16
3.2 การผลิตหัววัดรังสีแบบซีดทีก์แบเรียม	24
3.3 ฐานประกอบของหัววัด	25
3.4 คุณสมบัติของหัววัดรังสีแบบซีดทีก์แบเรียม	26
4. การออกแบบเครื่องวัดก๊าซเรดอน	32
4.1 การออกแบบภาคขยายและดีคัลญูมาตรบกวน	35
4.2 การออกแบบภาคนับรังสี	43
4.3 การออกแบบโครงสร้างทางกลของเครื่องวัดก๊าซเรดอน ..	54
4.4 หลักการทำงานของวงจรถ่าย	57
5. การทดสอบ	61
5.1 การทดสอบทางวงจรถ่ายอิเล็กทรอนิกส์	61
5.2 การทดสอบการวัดปริมาณรังสีแอลฟา	73
6. ผลสรุปและข้อเสนอแนะ	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก ก. ข้อมูลวงจรรวม	84
ภาคผนวก ข. การอินเวอร์สลาปลาซทรานสฟอร์ม	106
ภาคผนวก ค. รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	108
ภาคผนวก ง. ต้นแบบแผ่นวงจรมพิมพ์	110
ประวัติผู้เขียน	111

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ตารางรกรกแสดงการทำงานของวงจรควบคุมการแสดงผล	52
6.1 ผลการวัดในอะเมอริเซียม 241	74
6.2 ผลของจำนวนนับของรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอน	75

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 หัววัดรังสีแบบซินทิลเลเตอร์	4
2.2 หัววัดรังสีแบบบรรจุภาซ	5
2.3 แผนภาพแสดงแถบพลังงาน	6
2.4 ก) การกระจายฟังก์ชันเฟอร์มีกับอุณหภูมิจึง	8
2.4 ข) การหาจำนวนอิเล็กตรอนและโฮลในแถบการนำ และแถบวาเลนซ์ ..	8
2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้า ...	11
2.6 หัววัดรังสีรอยต่อพีเอ็น	13
2.7 การกระจายของประจุที่รอยต่อพีเอ็น	13
2.8 โครงสร้างหัววัดรังสีแบบซีดกี้แบเรียม	14
3.1 แผนภาพแสดงแถบพลังงานของโลหะกับสารกึ่งตัวนำก่อนสัมผัส ...	16
3.2 ก) แถบพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดพีที่ $\phi_m > \phi_s$	17
3.2 ข) แถบพลังงานของผิวสัมผัสแบบโอห์มิก	17
3.3 ก) แถบพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดพีที่ $\phi_m < \phi_s$	18
3.3 ข) แถบพลังงานของผิวสัมผัสแบบซีดกี้	18
3.4 ก) แถบพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่ $\phi_m < \phi_s$	19
3.4 ข) แถบพลังงานของผิวสัมผัสแบบโอห์มิก	19
3.5 ก) แถบพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่ $\phi_m > \phi_s$	20
3.5 ข) แถบพลังงานของผิวสัมผัสแบบซีดกี้	20
3.6 ก) ประจุในบริเวณปลอดพาหะ	21
3.6 ข) สนามไฟฟ้า	21
3.6 ค) ศักย์ไฟฟ้า	21
3.7 ก) ผลการไบอัสตาม	23
3.7 ข) ผลการไบอัสย้อน	23
3.8 โครงสร้างของหัววัดรังสีซีดกี้แบเรียมที่ผลิตขึ้น	25

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า	
3.9	แบบกลิ้งฐานประกอบซูเปอร์ไนลอน	26
3.10	โครงสร้างของฐานประกอบ	26
3.11	รูปหัววัดรังสีแอลฟาซึ่งพร้อมที่จะใช้งาน	27
3.12	ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของหัววัดแบบซีอติกส์แบเรียม	27
3.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{C^2}$ กับแรงดันไบอัส	28
3.14	แผนภาพแสดงการทดสอบผลตอบสนองต่อรังสีแอลฟา	29
3.15	ผลตอบสนองต่อรังสีแอลฟา โดยใช้ Mixed Source	30
3.16	ผลตอบสนองต่อรังสีแอลฟาโดยใช้ Americium 241	30
4.1	แผนภาพการเชื่อมโยงของวงจรภายในเครื่องวัดก๊าซเรดอน ..	33
4.2	วงจรสมมูลย์ของหัววัดรังสี	34
4.3	วงจรขยายส่วนหน้าชนิดไวต่อประจุ	36
4.4	วงจรขยายหลัก	37
4.5	วงจรขยายหลักต่อเนื่อง 2 ภาค	39
4.6	วงจรไบอัส	40
4.7	การทำงานของวงจรตัดสัญญาณรบกวน	41
4.8	วงจรตัดสัญญาณรบกวน	42
4.9	สัญญาณพัลส์สมมาตรที่ได้จากการหาความถี่ด้วย 2	44
4.10	แผนภาพแสดงวงจรสร้างฐานเวลา	45
4.11	แผนภาพแสดงขาภายนอกของ LED 7 ส่วน ขนาดเล็ก	46
4.12	วงจรถอดรหัสและแสดงผล	47
4.13	แผนภาพแสดงการควบคุมระบบการทำงาน	48
4.14	วงจรควบคุมการ เริ่มต้นทำงานของวงจร	49
4.15	วงจรควบคุมการหยุดนับและหยุดบันทึกเวลา	50
4.16	แผนภาพทางเวลาแสดงการทำงานของวงจรรูป 4.15	51
4.17	วงจรควบคุมการแสดงผลของ LED 7 ส่วน	53
4.18	รูปแสดงรายละเอียดของโครงสร้างทางกลของเครื่องวัด	55

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
4.19 ขนาดรูปร่างของเครื่องวัดกาชเรตคอน	56
4.20 ภาคขยายสัญญาณและตัดสัญญาณรบกวน	58
4.21 วงจรของภาคนับรังสีทั้งหมด	60
5.1 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขยายหลัก 1 ภาค ก) การทดลอง ข) ทฤษฎี	62
5.2 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขยายหลัก 2 ภาค ก) การทดลอง ข) ทฤษฎี	63
5.3 ก) รูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม	65
5.3 ข) รูปคลื่นสัญญาณแบบ step	65
5.4 ผลตอบสนองต่อรูปคลื่นสัญญาณแบบ step ของวงจรขยายหลักภาคเดียว	65
5.5 ผลตอบสนองต่อรูปคลื่นสัญญาณแบบ step ของวงจรขยายหลัก 2 ภาค	66
5.6 รูปคลื่นสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียล	66
5.7 ผลตอบสนองต่อสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียลของวงจรขยายหลักภาคเดียว	67
5.8 ผลตอบสนองต่อสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียลของวงจรขยายหลัก 2 ภาค	67
5.9 วงจรขยายหลัก	68
5.10 รูปคลื่นสัญญาณของสมการ 5.9	71
5.11 รูปคลื่นสัญญาณของสมการ 5.10	71
5.12 รูปคลื่นสัญญาณของสมการ 5.11	72
5.13 รูปคลื่นสัญญาณของสมการ 5.12	72
5.14 การแยกพัลส์โดยอาศัยการแต่งรูปคลื่นแบบเกาส์เซียน	73
5.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับกับช่วงเวลาในการวัด	76
6.1 การนำไปใช้งานของเครื่องวัดกาชเรตคอน	80
6.2 รูปร่างภายนอกเครื่องวัดกาชเรตคอน	81
6.3 วงจรภาคนับรังสี	81
6.4 วงจรภาคขยายและตัดสัญญาณรบกวน	82
6.5 แสดงการประกอบชิ้นส่วน	82

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
ง.1 แผนวงจรมิตรภาพของภาคนี้บั้งสี	110
ง.2 แผนวงจรมิตรภาพของภาคขยายและตัดสัญญาฉบับกวน	110