บทที่ 4

เครื่องมือทดลองและวิธีการทดลอง

4.1 เครื่องมือทดลองประกอบไปด้วย

1. เครื่องวัดรังสีปฏิภาคชนิดปลายเข็ม (needle point proportional counter)
2. แหล่งจ่ายไฟสูง (high voltage power supply)
3. เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า (pulse generator)
4. เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ (linear amplifier)
5. เครื่องวิเคราะห์ความสูงสัญญาณไฟฟ้าแบบดิฟเฟอเรนเชียล (differential pulse height analyzer)
6. ออสซิลโลสโคป (oscilloscope)
7. เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้า (scaler)
8. กาซบิวเทน (butane)
9. เครื่องวัดความหนาแน่นทางแสง (microdensitometer)
10. กล้องถ่ายรูป
11. ฟิล์มถ่ายรูป
12. แหล่งกำเนิดอนุภาค หรือรังสีมาตรฐาน (standard sources)

เครื่องวัดรังสี ปฏิภาคชนิดปลายเข็ม

เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นง่าย อาศัยวัสดุที่หาได้ภายในประเทศ วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องวัดรังสีปฏิภาคชนิดปลายเข็มประกอบด้วย

1. เข็มเย็บผ้า 3 อัน ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก เสียบอยู่บนแท่งไม้คอร์ค ให้ปลายเข็มโผล่ตรงกลางตาข่ายโลหะ และโผล่เลยตาข่ายโลหะ 0.3175 ซม. เข็มขนาดเล็ก

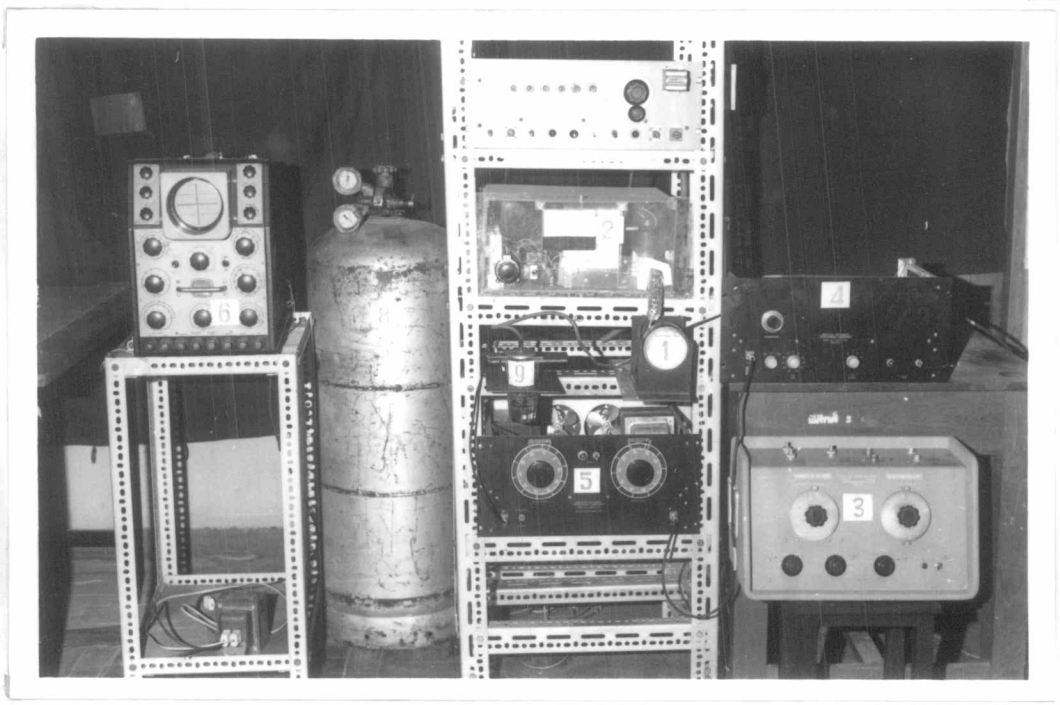
ที่สุดในท้องตลาดเบอร์ 12 ยาว 2.5 ซม. การเจาะรูไม้คอร์คสำหรับเสียบเข็มต้องใช้เข็มอันหนึ่งเจาะแล้วไม่ใช้เสียบทำเป็นขั้วบวก เพราะปลายเข็มอาจจะไม่คมดีพอ และเวลาใส่เข็มในรูที่เจาะไว้ก็เอาทางท้ายเข็มที่มีที่ร้อยด้ายดันเข้าไป ปลายเข็มจะได้คมมาก ๆ เป็นผลให้ได้สนามไฟฟ้าที่อยู่ใกล้รอบ ๆ ปลายเข็มสม่ำเสมอเป็นระเบียบดี

2. ไม้คอร์ค เป็นที่เสียบเข็มเย็บผ้าทั้งสามอัน เข็มแต่ละอันห่างกัน 0.635 ซม. และอยู่ในแนวระดับเดียวกัน ไม้คอร์คติดกาวอยู่กับกล่องพลาสติก ขนาดไม้คอร์คกว้าง 1.2 ซม. ยาว 3.5 ซม. สูง 1.2 ซม.

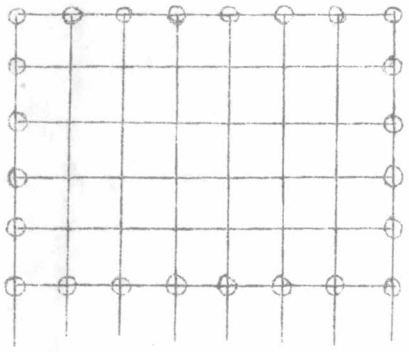
3. กล่องพลาสติก เป็นฉนวนทำหน้าที่เป็นฐานรองไม้คอร์ค ติดกาวกับกระป๋องโลหะ เพื่อป้องกันไฟสูงกระแสตรงระหว่างเข็มกับกระป๋องโลหะ ขนาดกว้าง 3.75 ซม. ยาว 7 ซม. สูง 1.2 ซม.

4. ตาข่ายโลหะขนาดช่อง 0.635 ซม. ทำหน้าที่เป็นขั้วลบของเครื่องวัดรังสี บัดกรีติดกับกล่องโลหะ ทำจากลวดทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มม. กว้าง 3.175 ซม. ยาว 4.445 ซม. การบัดกรีนั้นบัดกรีเฉพาะตรงปลายลวดด้วยหัวแร้งขนาดเล็ก เพื่อป้องกันการเป็นปลายแหลมของตะกั่วบัดกรี ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาตอนหลังได้

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แสดงเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองหมายเลขในรูปตรงกับหัวข้อที่อธิบายเครื่องมือ



○ แทนการบัดกรี

รูปที่ 4.2 แสดงการบัดกรีตาข่ายโลหะ

5. ตัวความจุ (condenser) ขนาด 82 ปิโคฟารัด 20 % ทนโวลต์ได้ 12 กิโลโวลต์ ทำหน้าที่กั้นไฟสูงกระแสตรง และส่งผ่านสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องวัดรังสีไปยังเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้า

6. ตัวความต้านทาน (resister) 22 เมกะโอห์ม 20 % ทำหน้าที่กำหนดเวลาคงที่ของเครื่องวัดรังสี ทำหน้าที่ป้องกันหรือหยุด (prevent or quench) สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากอนุภาคที่ถัดมา และกำหนดขนาดสัญญาณไฟฟ้าเพราะขนาดสัญญาณไฟฟ้าเท่ากับผลคูณของสัญญาณกระแสและความต้านทาน (7)

7. หลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.7 มม. ยาว 1.7 ซม. 2 หลอด มีรูตรงกลางให้ขาของตัวความจุและตัวความต้านทานรอดผ่านออกนอกกระป๋องโลหะได้ หลอดแก้วติดกาวกับกล่องพลาสติก และติดกาวกับขาของตัวความจุและตัวความต้านทานป้องกันกาซรั่วออกทางด้านนี้ และป้องกันไฟสูงกระแสตรงระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ

8. หลอดทองเหลืองนำกาซขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.35 มม. ยาว 3.5 ซม. 2 หลอด ติดกาวอยู่กับกระป๋องโลหะ ทำหน้าที่ให้กาซไหลผ่านกระป๋องโลหะตลอดเวลาทำการทดลอง

9. สายเคเบิล ทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดรังสี ซึ่งผ่านทางตัวความจุเข้าเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์

10. กระป๋องโลหะใส่ฟิล์มขนาด 35 มม. ยาว 30 เมตร ใช้ทำหน้าที่บรรจุวัสดุต่าง ๆ และทำหน้าที่ป้องกัน (shield) อนุภาค รังสีและสัญญาณไฟฟ้าภายนอกกระป๋อง ตัวกระป๋องต่อสายกราวนด์ (ground) ไว้ด้วย กาซบิวเทนไหลผ่านกระป๋องตลอดการทดลอง

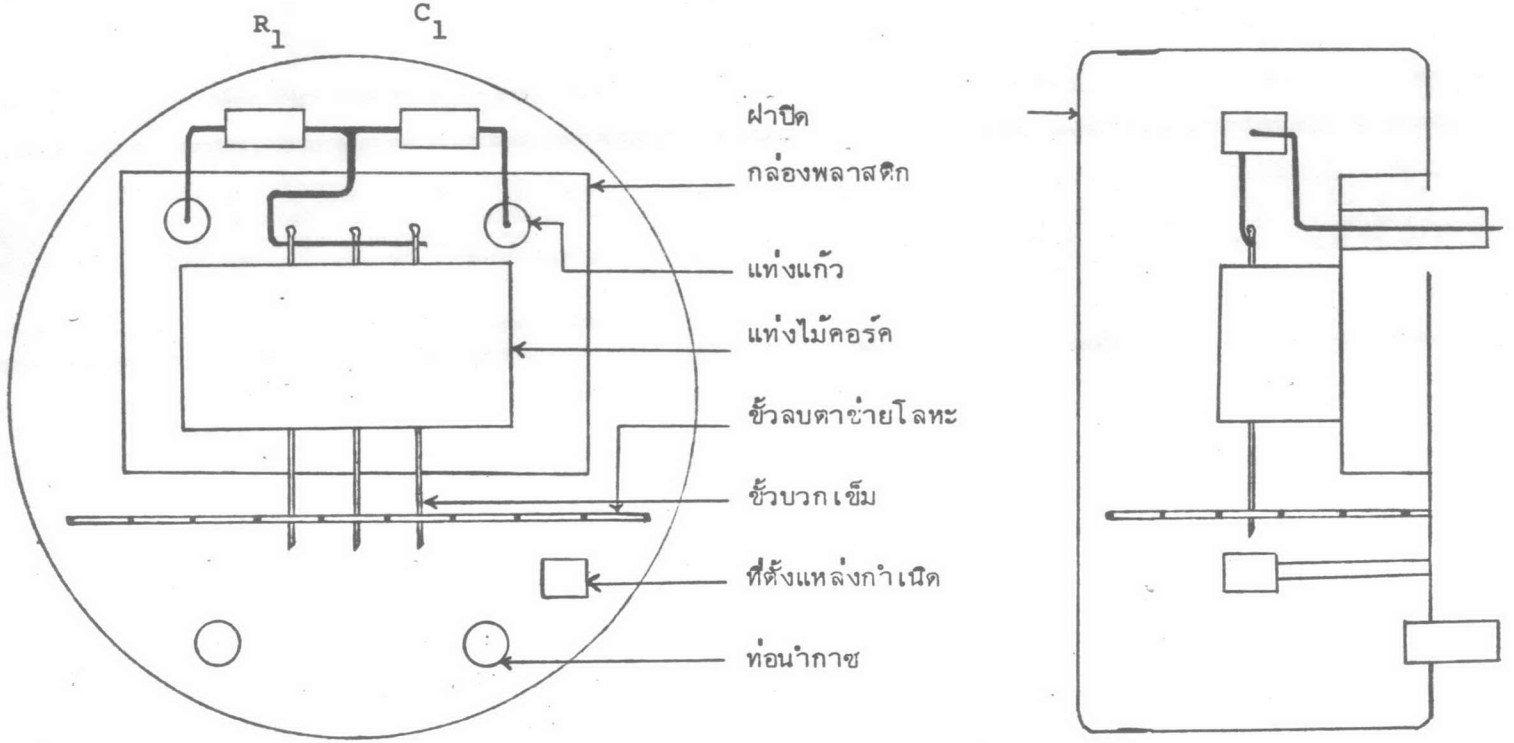
11. กาวอีพอกซี ใช้ติดอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน มี 2 ชนิด คือ แบบ 4 นาที และแบบ 12 ชั่วโมง

แหล่งจ่ายไฟสูง

เป็นเครื่องมือที่สร้างไฟฟ้ากระแสตรงมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าแปรค่าได้ระหว่าง 0-4,500 โวลต์ เพื่อจ่ายให้แก่ขั้วบวกและขั้วลบของเครื่องวัดรังสี หลักการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสูงแบ่งออกเป็นส่วน ๆ คือ

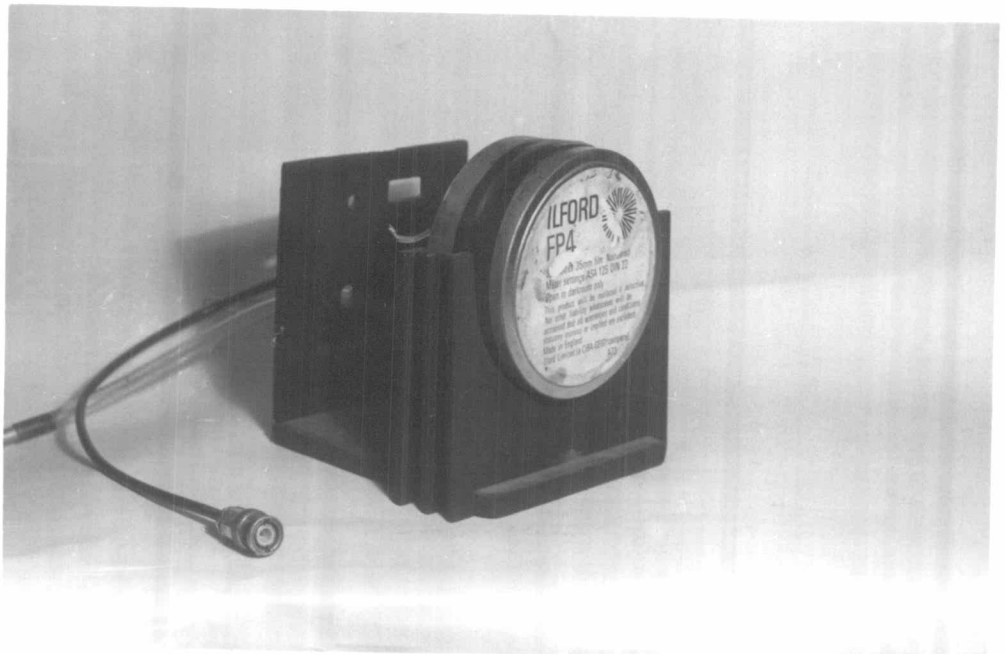
ก. แหล่งจ่ายไฟต่ำกระแสตรงโวลเตจคงที่ เป็นวงจรอิเลคทรอนิคส์ที่สามารถจ่ายไฟต่ำกระแสตรงโวลเตจคงที่แปรค่าได้จาก 0 - 30 โวลต์ และจ่ายกระแสได้สูงสุด 3 แอมแป์ร์

ข. แหล่งสร้างความถี่สูงและแรงเคลื่อนไฟสูง เป็นวงจรอิเลคทรอนิคส์ที่นำมาจากวงจรจ่ายไฟสูงของโทรทัศน์ สร้างความถี่ในการสั่น (oscillate) สูงเกินกว่า 16 กิโลเฮอร์ซ จากนั้นจะมีวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการสั่นนี้ ตอนสุดท้ายมีฟลายแบคทรานสฟอร์มเมอร์ (flyback transformer) แปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น การสั่นและขนาดของไฟแรงสูงควบคุมด้วยขนาดของไฟต่ำกระแสตรงในข้อ ก. ที่จ่ายให้แก่วงจรนี้ ความถี่สูงในการสั่นนี้เป็นปัญหาอย่างมากในการกรองสัญญาณไฟฟ้า



รูปที่ 4.3 แสดงการต่ออุปกรณ์ภายในเครื่องวัดรังสี R_1 = 22 MΩ

C_1 = 82 pF 12 kV



ก.

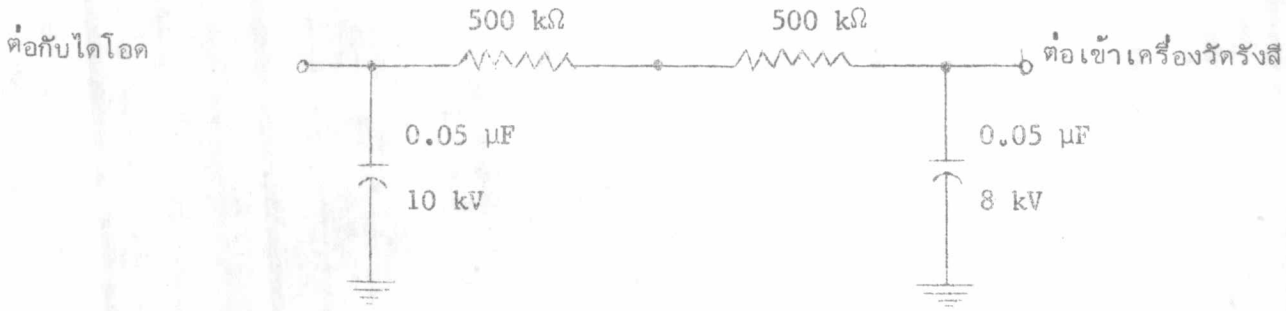
ข.

รูปที่ 4.4 ก. แสดงเครื่องวัดรังสีปฏิภาคชนิดปลายเข็มขณะปิดพร้อมจะทดลอง

ข. แสดงอุปกรณ์ภายในเครื่องวัดรังสีปฏิภาคชนิดปลายเข็ม

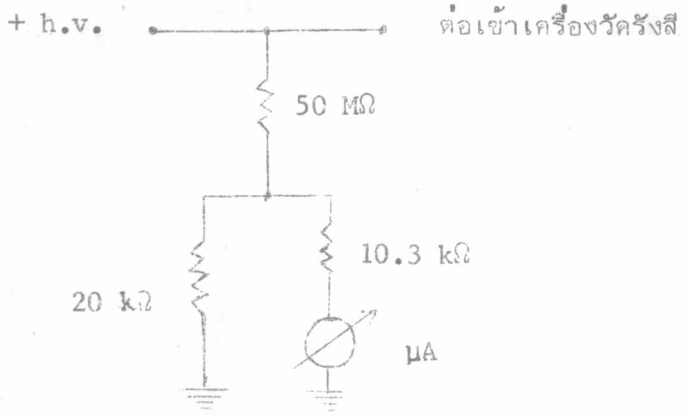
ค. แหล่งแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับแรงสูงเป็นกระแสตรงแบบครึ่งคลื่น (half wave rectifier) ใช้ไดโอด เพราะคุณสมบัติของไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลทางเดียว ใช้ไดโอดเบอร์ MF 25/1b 1 ตัว ไฟฟ้าที่ได้เป็นไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น สัญญาณโวลเตจสูงมาก แอมปลิจูดประมาณ 0 - 4,500 โวลต์ และมีวงจรกรองให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบราบเรียบ เนื่องจากงานที่เราใช้เป็นงานที่ต้องการไฟสูงกระแสตรงที่ราบเรียบและคงที่

ง. วงจรกรองสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงแบบครึ่งคลื่นให้เรียบ ใช้วงจรแบบพาย (π - circuit) มีตัวความจุ 2 ตัว ความจุ 0.05 ไมโครฟารัด ทนโวลต์ได้ 10,000 และ 8,000 โวลต์ และความต้านทาน 500 กิโลโอห์ม 2 วัตต์ 2 ตัวต่ออนุกรมกัน



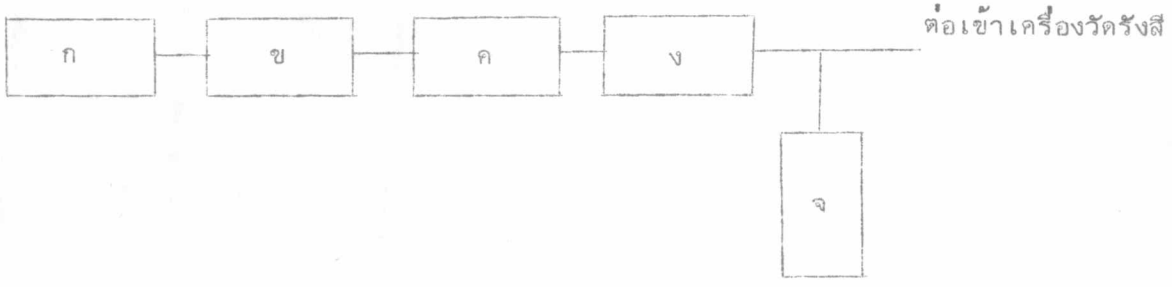
รูปที่ 4.5 แสดงการต่อวงจรกรองสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงแบบครึ่งคลื่นของแหล่งจ่ายไฟสูง

จ. มิเตอร์อ่านแรงเคลื่อนไฟฟ้า เนื่องจากโวลต์มิเตอร์สำหรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง ๆ หายาก จึงใช้การเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าจาก 5,000 โวลต์ เป็นกระแสไฟฟ้า 50 ไมโครแอมแปร์ ใช้วงจรข้างล่างต่อขนานกับที่จ่ายไฟสูง แอมมิเตอร์ที่ใช้เป็นดีซีไมโครแอมมิเตอร์ เต็มสเกล 50 ไมโครแอมแปร์ เมื่อเทียบกับโวลต์มิเตอร์แล้วโวลต์มิเตอร์เปลี่ยนไป 100 โวลต์ ไมโครแอมมิเตอร์จะเปลี่ยนไป 1 ไมโครแอมแปร์



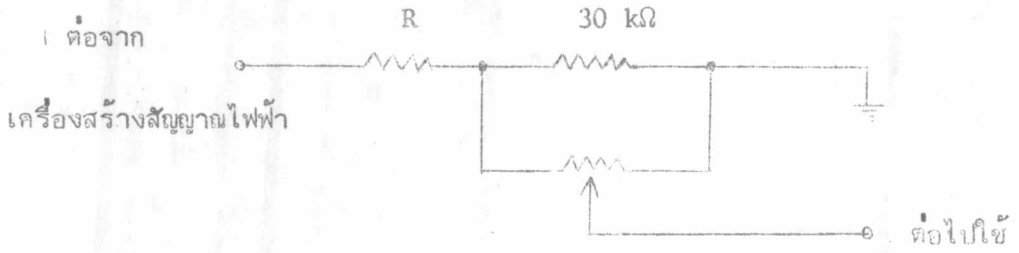
รูปที่ 4.6 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับมิเตอร์ของแหล่งจ่ายไฟสูง

แผนผังการต่อวงจรต่าง ๆ ของแหล่งจ่ายไฟสูง



เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ที่สร้างสัญญาณไฟฟ้าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ทั้งสัญญาณไฟฟ้าบวกและลบ สัญญาณไฟฟ้าเป็นแบบสแควร์มีหลายความถี่และสามารถเปลี่ยนความกว้างของรูปคลื่นได้ (width) เป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าของบริษัท Marconi Instruments ประเทศอังกฤษ แบบ TF 675 E No B040 ให้สัญญาณไฟฟ้า ± 75 โวลต์ ซึ่งนำไปใช้ทดสอบคุณสมบัติการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง โดยมีวงจรแบ่งขนาดสัญญาณต่อเพิ่มเติม



รูปที่ 4.7 แสดงการต่อวงจรแบ่งสัญญาณไฟฟ้าไปใช้

เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์

เป็นเครื่องมือที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องวัดรังสี โดยความสูงของสัญญาณไฟฟ้าคาย (output pulse height) เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความสูงของสัญญาณไฟฟ้าป้อน (input pulse height) หรือมีกำลังขยายคงที่ (constant gain) ถ้าขนาดของสัญญาณไฟฟ้าป้อนไม่ทำให้เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ทำงานหนักเกินไป (over load)

ในการทดลองใช้เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ที่ใช้กับเครื่องวัดรังสีซินทิลเลชัน (seintillation counter) โมเดล 30 - 7 (model 30 - 7) ของบริษัท RCL ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อขยายสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องวัดรังสีปฏิภาคไอออไนเซชันแคมเบอร์ (ionization chamber) หรือเครื่องวัดรังสีซินทิลเลชันให้สัญญาณไฟฟ้าสูงพอสามารถผ่านเครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไฟฟ้าได้

สัญญาณไฟฟ้าป้อนที่ใช้กับเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์นี้ เป็นสัญญาณไฟฟ้าลบขนาดความสูงสุดของสัญญาณไฟฟ้าที่ไม่ทำให้เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าทำงานหนักเกินไป (over load) = 0.0625 โวลต์

สัญญาณไฟฟ้าคายเป็นสัญญาณไฟฟ้าบวกมีความสูงสูงสุด 100 โวลต์ เมื่อเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าไม่ทำงานหนักเกินไป

กำลังขยายสูงสุด 1600 เท่า

การควบคุมกำลังขยาย (gain control) แบ่งออกเป็นสองส่วน

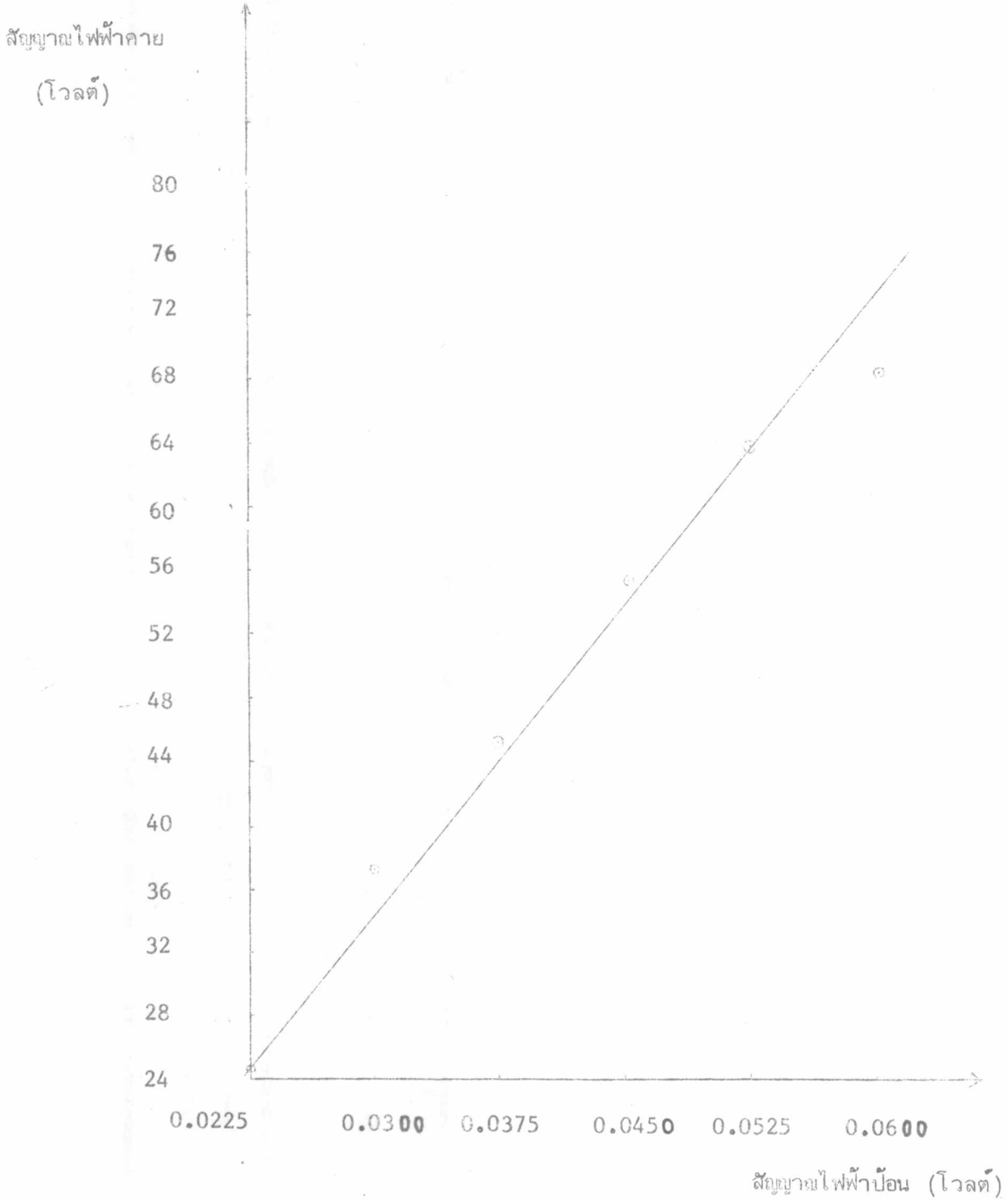
ก. การควบคุมแบบหยาบ (coarse control) มี 5 ตำแหน่งคือ 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$

ข. การควบคุมแบบละเอียด (fine control) มีช่วงสำหรับปรับระหว่างขั้นในแต่ละขั้นเป็นอัตราส่วนสูงสุดต่อต่ำสุด คือ 2 : 1

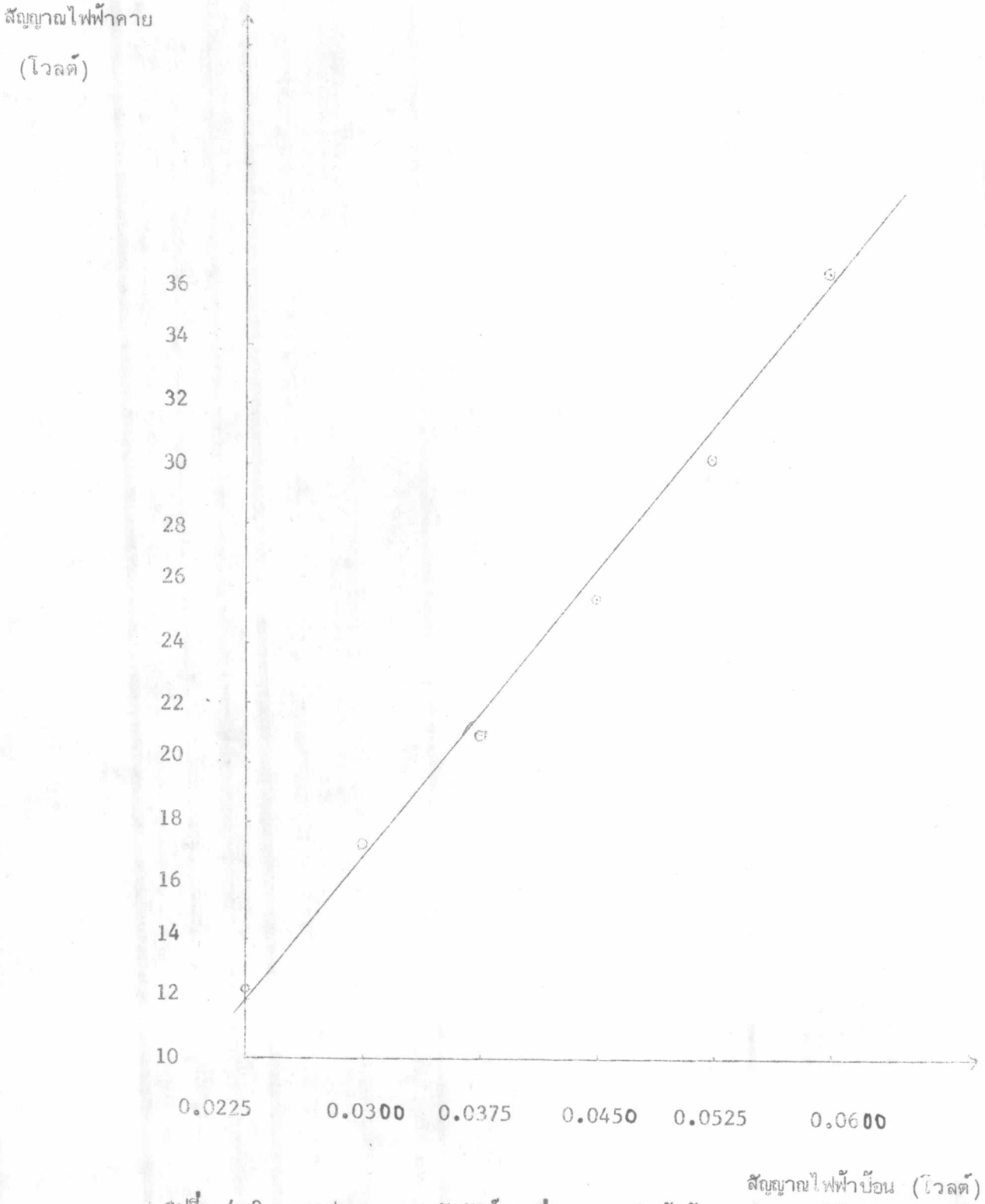
ค่ากำลังขยายโดยประมาณแต่ละจุดเป็นดังนี้ 1 , 100(ตัวเลขแรกแทนการควบคุมแบบหยาบ ตัวเลขที่สองแทนการควบคุมแบบละเอียด) กำลังขยาย 1,600 เท่า ; 1 , 50 และ $\frac{1}{2}$, 100 กำลังขยาย 800 เท่า ; $\frac{1}{2}$, 50 และ $\frac{1}{4}$, 100 กำลังขยาย 400 เท่า ; $\frac{1}{4}$, 50 และ $\frac{1}{8}$, 100 กำลังขยาย 200 เท่า ; $\frac{1}{8}$, 50 และ $\frac{1}{16}$, 100 กำลังขยาย 100 เท่า และ $\frac{1}{16}$, 50 กำลังขยาย 50 เท่า

การทดสอบกำลังขยายของเครื่องมือ

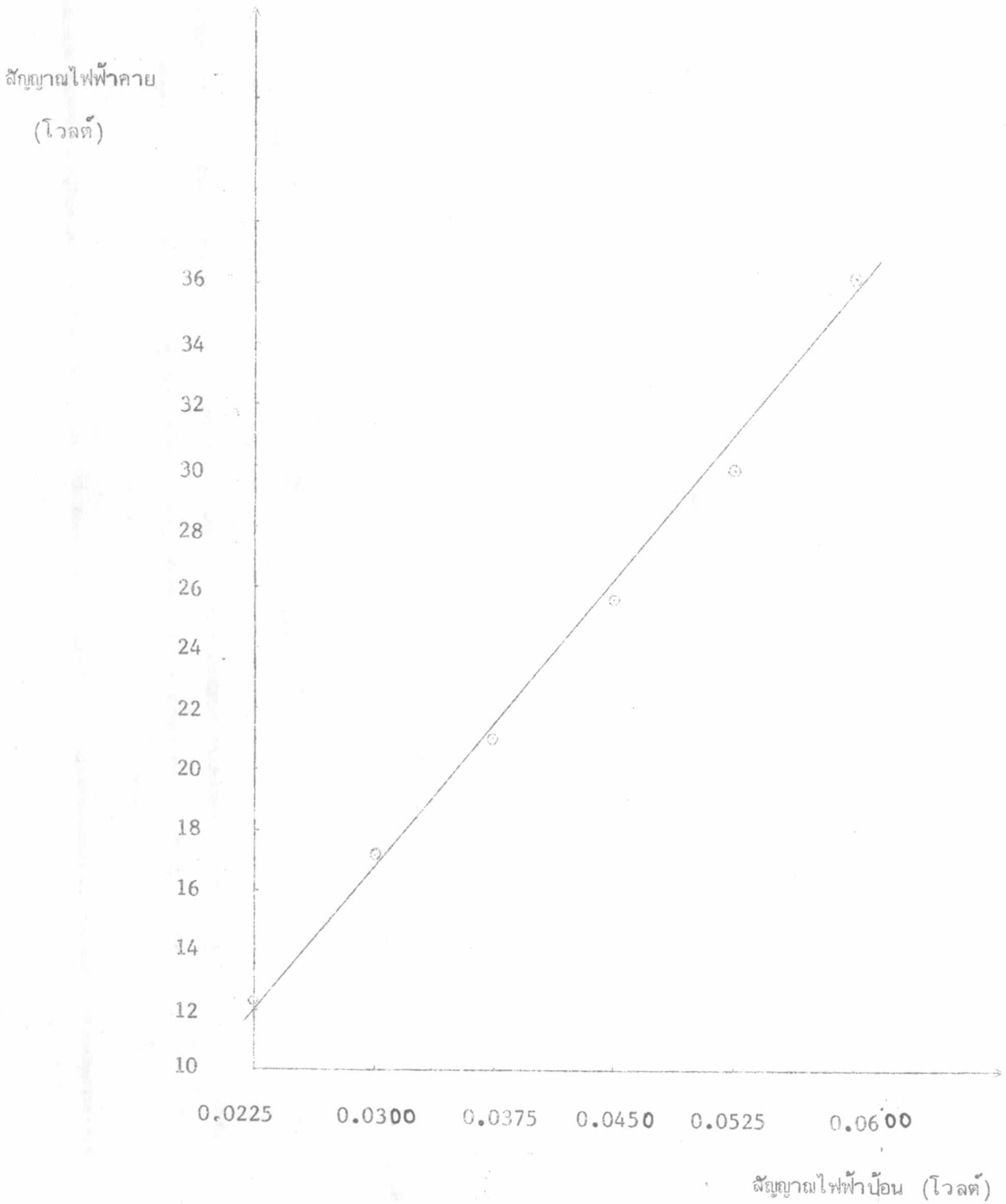
โดยการป้อนสัญญาณไฟฟ้าป้อนที่ความถี่หนึ่งเข้าไปในเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ ปรับการควบคุมกำลังขยายที่ควบคุมแบบหยาบและแบบละเอียดตามที่ต้องการ วัดขนาดสัญญาณคาย เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัญญาณป้อนและสัญญาณคายที่ความถี่อันหนึ่ง และการควบคุมกำลังขยายค่าหนึ่ง ๆ ถ้าความสัมพันธ์นี้เป็นเส้นตรง แสดงว่า กำลังขยายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้านี้มีค่าคงที่ ณ ความถี่นั้น



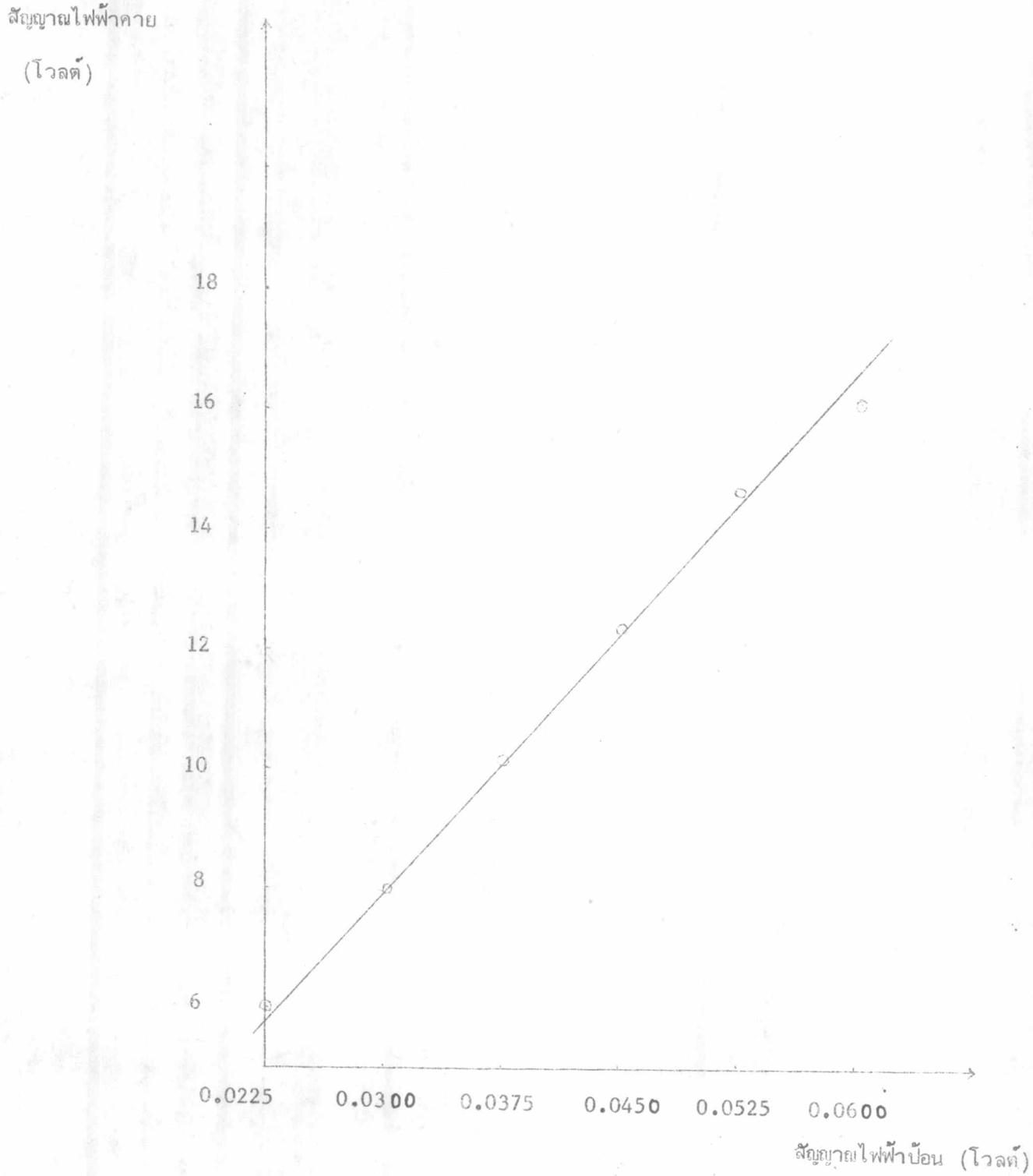
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าป้อนกับสัญญาณไฟฟ้าคายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ สเกล 1, 100



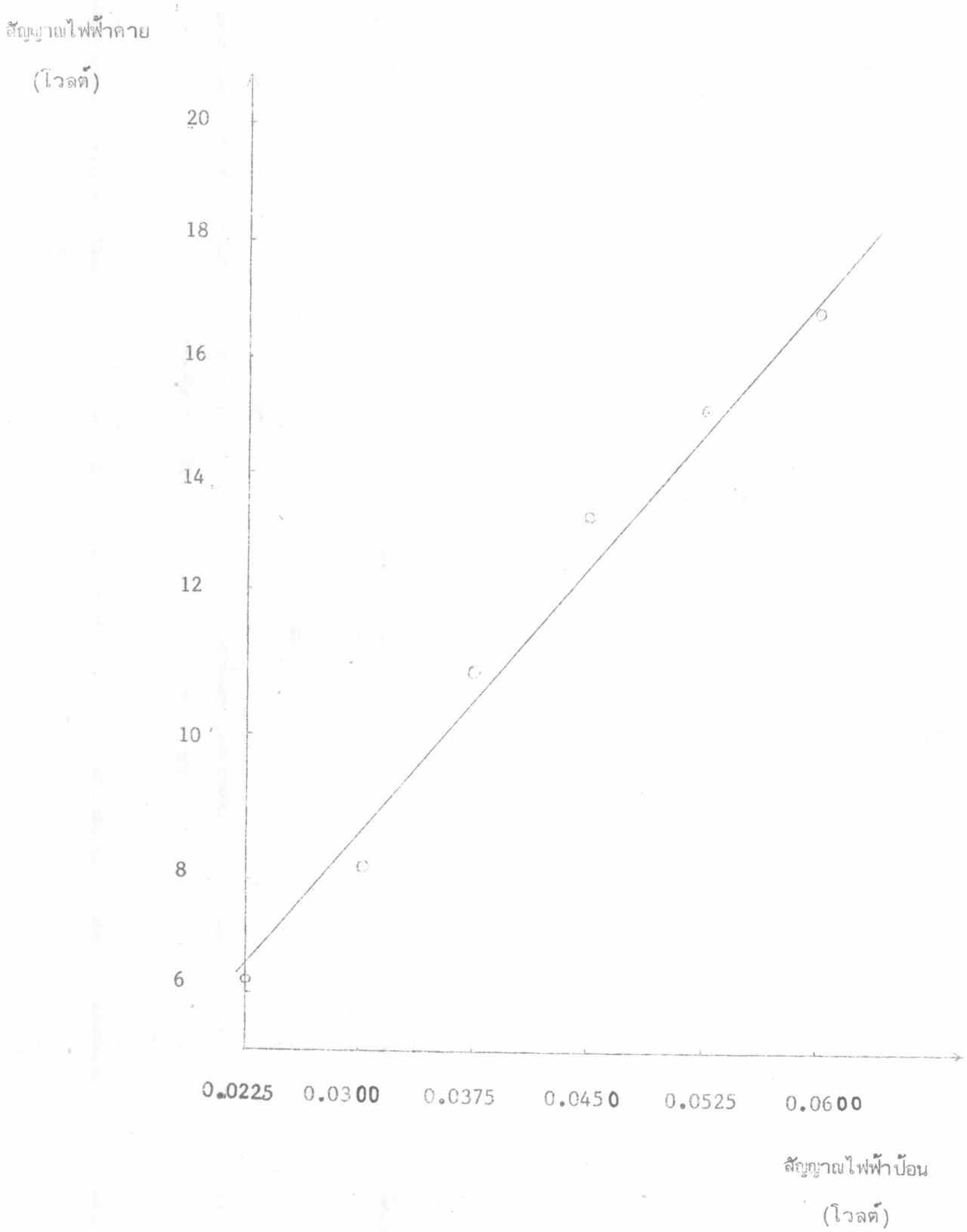
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าป้อนกับสัญญาณไฟฟ้าคายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ สเกล 1, 50



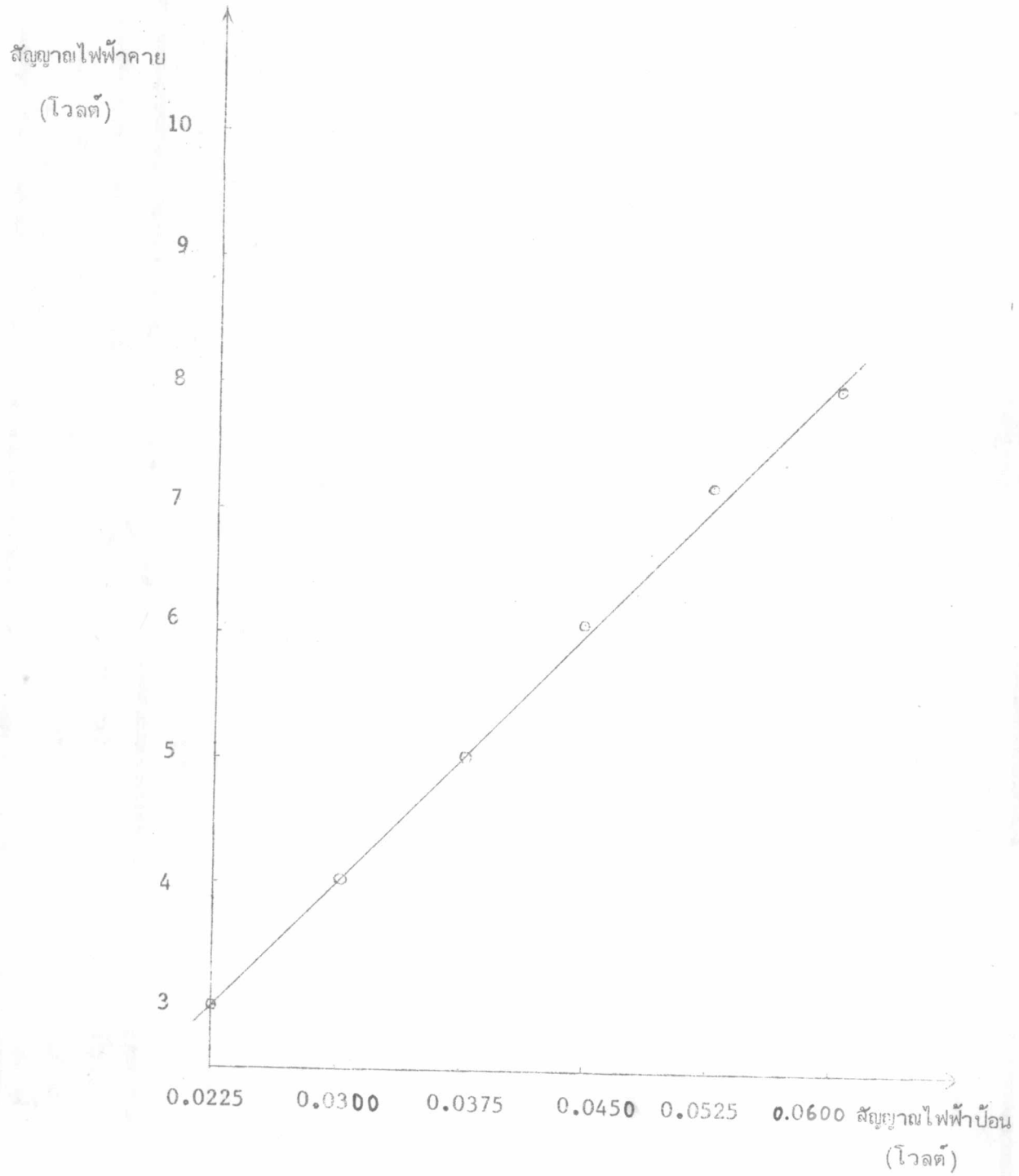
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าป้อนกับสัญญาณไฟฟ้าคายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ สเกล $\frac{1}{2}$, 100



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าป้อนกับสัญญาณไฟฟ้าคายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ สเกล $\frac{1}{2}$, 50



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าป้อนกับสัญญาณไฟฟ้าคายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ สเกล $\frac{1}{4}$, 100



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าป้อนกับสัญญาณไฟฟ้าคายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ สเกล $\frac{1}{4}$, 50

เครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไฟฟ้าแบบดิฟเฟอเรนเชียล

เป็นเครื่องมือที่ยอมให้สัญญาณไฟฟ้าสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งผ่านไปได้ก็ต่อเมื่อ แอมปลิจูด (amplitude) หรือความสูงของสัญญาณไฟฟ้านั้นมีขนาดอยู่ในช่วง A - ΔA ถึง A หรือ สัญญาณไฟฟ้ากลุ่มต่าง ๆ ที่มีขนาดอยู่ในช่วงต่าง ๆ ที่กำหนดให้ สำหรับแบบชิงเกิลแชนแนล (single channel) A เรียกว่า "ช่องระดับ" (channel level) ΔA เรียกว่า "ช่องหน้าต่าง" (channel width)

รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าผ่านเครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไฟฟ้าแบบดิฟเฟอเรนเชียลในช่วง A - ΔA ถึง A

ในการทดลองใช้เครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไฟฟ้า โมเดล 114 เอ (model 114 A) เป็นเครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ได้ 2 แบบ คือ

แบบดิฟเฟอเรนเชียลและแบบอินทิกรัล* ในการทดลองใช้เฉพาะแบบดิฟเฟอเรนเชียลเพราะต้องการหาสเปคตรัมของพลังงานของอนุภาคหรือรังสีจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ

สัญญาณไฟฟ้าป้อนที่ใช้กับเครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณไฟฟ้าบวก

สัญญาณไฟฟ้าคายของเครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณไฟฟ้าบวก มีขนาด 0.25 โวลต์เท่ากันหมด เมื่อสัญญาณไฟฟ้าป้อนมีขนาดอยู่ในช่วง A - ΔA ถึง A

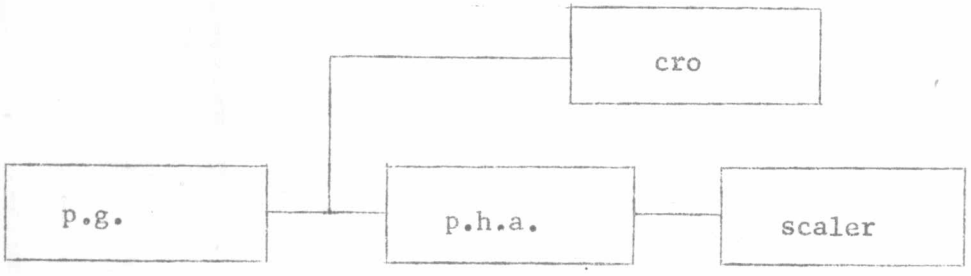
ที่ปรับช่องระดับและช่องหน้าต่าง

ก. ที่ปรับช่องระดับ มีหน้าปัทม์ 2 ชั้น หน้าปัทม์ใหญ่แบ่งออกเป็น 10 ช่อง หน้าปัทม์เล็กแบ่งออกเป็น 10 ช่อง และแต่ละช่องของหน้าปัทม์เล็กยังแบ่งย่อยออกเป็น 10 ช่องอีก หน้าปัทม์เล็กหมุนได้ 1 รอบ หน้าปัทม์ใหญ่จะหมุนไปได้ 1 ช่อง

ข. ที่ปรับช่องหน้าต่าง มีหน้าปัทม์สองชั้นลักษณะเช่นเดียวกับที่ปรับระดับสูง

การทดสอบการทำงานของที่ปรับช่องระดับ

ต่ออุปกรณ์ดังแผนภาพ



* แบบอินทิกรัลนั้น ยอมให้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความสูงมากกว่าความสูงของช่องระดับที่จัดไว้ผ่านไปได้หมด ส่วนสัญญาณไฟฟ้าที่มีความสูงต่ำกว่าช่องระดับผ่านไม่ได้ ดังนั้นสัญญาณไฟฟ้าที่นับจากแบบอินทิกรัล คือสัญญาณไฟฟ้าที่สูงกว่าระดับสูงที่จัดไว้

ตั้งเครื่องวัดความสูงของสัญญาณไฟฟ้าแบบอินทิกรอล ป้อนสัญญาณไฟฟ้าบวกขนาดต่าง ๆ แล้วปรับสเกลของที่ปรับช่องระดับ เพื่อให้เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าหยุดนับสำหรับสัญญาณไฟฟ้าแต่ละค่า บันทึกขนาดสัญญาณไฟฟ้าบวก และสเกลที่ปรับระดับสูงที่เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าหยุดนับ แล้วนำมาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ของทั้งสองค่าต่อไป

การทดสอบการทำงานของที่ปรับช่องหน้าต่าง

ต่ออุปกรณ์เช่นเดียวกับวิธีการทดสอบการทำงานของที่ปรับช่องระดับ

1. ตั้งเครื่องวัดความสูงของสัญญาณไฟฟ้าแบบอินทิกรอล ที่สเกลของที่ปรับช่องระดับ = 75.2 แล้วป้อนสัญญาณไฟฟ้าบวก ปรับขนาดสัญญาณไฟฟ้าจนถึงสัญญาณไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านเครื่องวัดความสูงของสัญญาณไฟฟ้าได้ (ปรับสัญญาณไฟฟ้าสูงสุดที่เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้านับ)

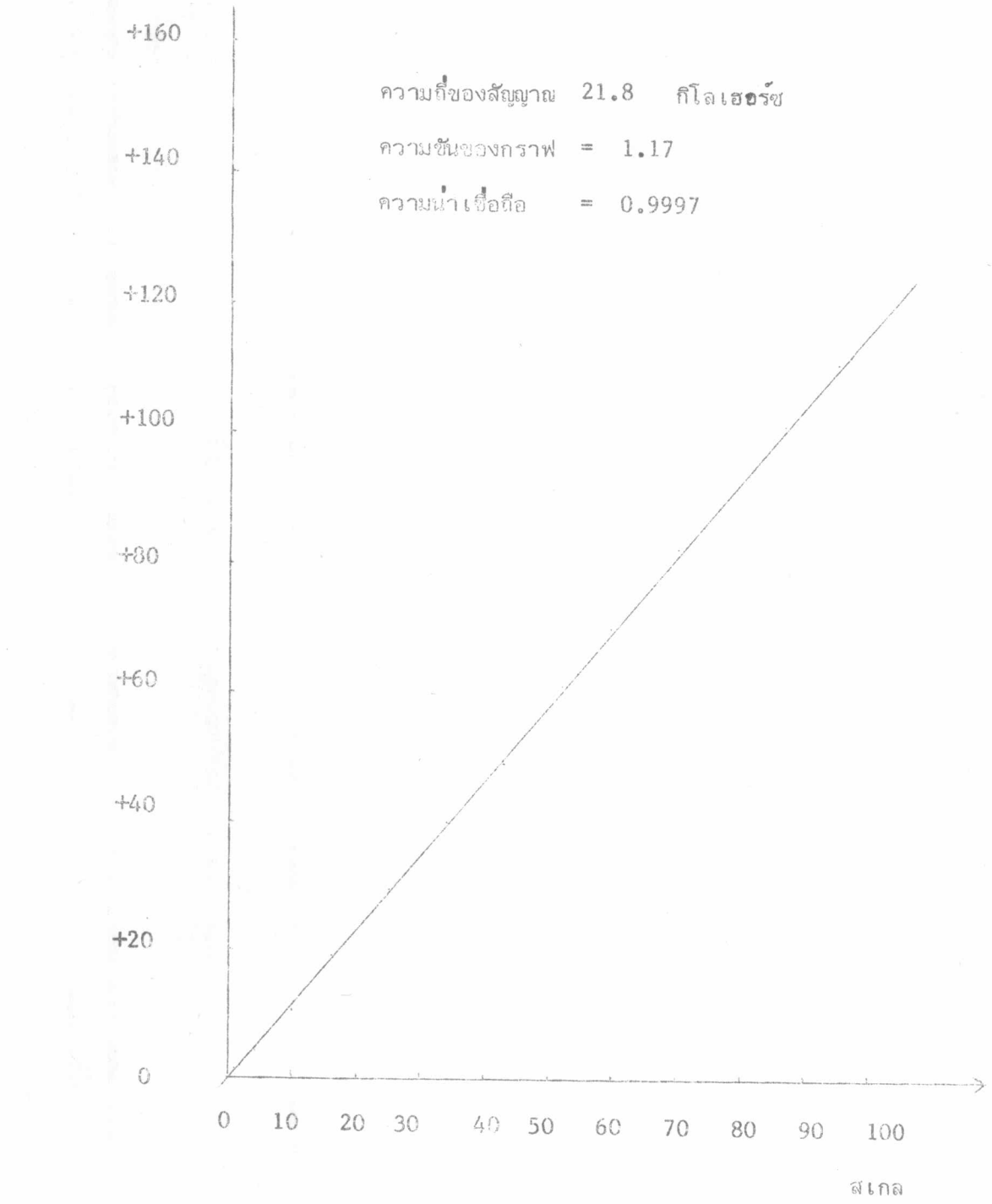
2. ตั้งเครื่องวัดความสูงของสัญญาณไฟฟ้าจากแบบอินทิกรอลเป็นแบบดิฟเฟอเรนเชียล ปรับสเกลของที่ปรับช่องหน้าต่างให้เกือบเป็นศูนย์ ตอนนี้เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าก็ยังนับอยู่ ปรับสเกลของที่ปรับช่องหน้าต่างไปที่สอง เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าก็ยังนับอยู่ ต่อไปปรับขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้ต่ำที่สุดที่เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้ายังนับอยู่

3. ตั้งเครื่องวัดความสูงของสัญญาณไฟฟ้าแบบอินทิกรอลอีก ปรับสเกลของที่ปรับช่องระดับจนเครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าเริ่มนับ

4. บันทึกสเกลของที่ปรับช่องระดับที่เริ่มนับตามข้อ 3 และสเกลของที่ปรับช่องหน้าต่างตามข้อ 2 โดยทำซ้ำกับข้อ 1, 2, 3 แต่เปลี่ยนสเกลของที่ปรับช่องหน้าต่างไปเรื่อย ๆ แล้วนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสเกลทั้งสองเพื่อนำไปใช้

ออสซิลโลสโคป

เป็นเครื่องมือทดสอบที่มีไว้สำหรับตรวจดูสัญญาณไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ต้องการ ตรวจดูข้อบกพร่องหรือปรับแต่งวงจร นับว่าเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากในทางอิเลคทรอนิคส์ ในการทดลองนี้ใช้ออสซิลโลสโคปในการวัดขนาดสัญญาณไฟฟ้า ตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณป้อนกับสเกลของที่ปรับช่องระดับของเครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไฟฟ้าตั้งที่ปรับช่องหน้าต่างที่สเกล 2

ที่ใช้ในการทดลองและศึกษาการทำงานของเครื่องวัด ที่สร้างขึ้น ออสซิลโลสโคปที่ใช้โมเดล 1049 (model 1049) มี 2 ปีม ใช้กับความถี่สูง ๆ ในช่วงเมกะเฮอร์ซ

เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้า

เป็นเครื่องมือที่สร้างสัญญาณไฟฟ้าคายออกมาสัญญาณหนึ่ง เมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าป้อนตามจำนวนที่กำหนด เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าแบบคู่ (binary scaler) จะสร้างสัญญาณไฟฟ้าคายออกมาหนึ่งสัญญาณ เมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าป้อนสองสัญญาณ เมื่อนำเอาเครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าแบบคู่มาต่อกันแล้วจะได้สเกลของ 2, 4, 8, 16,... เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าแบบสิบ (decade scaler) จะสร้างสัญญาณไฟฟ้าคายออกมาหนึ่งสัญญาณ เมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าป้อนสิบสัญญาณ เมื่อนำเครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าแบบสิบ มาต่อกันแล้วจะได้สเกลของ 10, 100, 1000,...

ในการทดลองใช้เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าโมเดล 101 - M (model 101 M) เป็นเครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าที่นำเครื่องนับสัญญาณไฟฟ้าแบบคู่มาต่อกันมีสเกลให้เลือก 2 สเกล คือ 8 และ 64 เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้านี้ มีที่ตัดสัญญาณไฟฟ้า (discriminator) ทำหน้าที่ยอมให้สัญญาณไฟฟ้าเกินขนาดที่กำหนดผ่านได้

กาซบิวเทน

ในงานวิจัยนี้ ไม่ใช่กาซบิวเทนที่บริสุทธิ์ แต่เป็นกาซหุงต้มที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้เกิดการเกิดไอออนและได้สัญญาณไฟฟ้า กาซบิวเทนไหลผ่านเครื่องวัดรังสีตลอดการทดลอง เพื่อกำจัดกาซออกซิเจน สิ่งไม่บริสุทธิ์อื่น ๆ ในอากาศ และโมเลกุลของกาซบิวเทนที่เกิดไอออนแล้วคุณสมบัติเปลี่ยนไป ป้องกันผลเสียที่จะเกิดแก่การเกิดกาซมัลติพลิเคชัน

เครื่องวัดความหนาแน่นทางแสง

เป็นเครื่องมือที่ออกแบบเพื่องานวิจัยและการวิเคราะห์ ซึ่งจำเป็นต้องวัดความหนาแน่นทางแสง (optical density) หรือที่ว่างในฟิล์มถ่ายรูป เพลต หรือทรานสปาเรนซี

หลักการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นทางแสง อาศัยหลักเกี่ยวกับแสงใช้ระบบลำแสงแบบดับเบิลบีม (double - beam system) ซึ่งเป็นลำแสงสองลำแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเดียวกัน แต่ถูกเปลี่ยนทิศทางแยกกันและให้ตกที่โฟโตมัลติไพลเออร์แบบเชิงเดี่ยว (single multiplier) ถ้าลำแสงสองลำที่ตกลงบนโฟโตมัลติไพลเออร์มีความเข้มแตกต่างกันจะเกิดสัญญาณขึ้นหนึ่งสัญญาณ เมื่อสัญญาณถูกขยายก็จะถูกส่งต่อไปที่เซอร์โวมอเตอร์ (servo moter) ทำให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนออพติคัลแอทเทนูเอเตอร์ (an optical attenuator) เพื่อที่จะลดความแตกต่างของความเข้มแสงทั้งสองลำแสงให้เป็นศูนย์ การปรับตำแหน่งของออพติคัลเอทเทนูเอเตอร์นี้ จะทำให้ปากกาบันทึกความหนาแน่นทางแสงจากฟิล์มลงบนกระดาษที่อยู่บนส่วนที่เรียกว่า "สเปซิเมน" (specimen)

เครื่องวัดความหนาแน่นทางแสงที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบ Automatic Recording Microdensitometer , Model Mk III c. Serial No. 920

กล้องถ่ายรูป

ใช้กล้องถ่ายรูป Franka ซึ่งใช้กับฟิล์มขนาด 6 x 6 ซม.

ฟิล์มถ่ายรูป

ใช้ฟิล์มของบริษัทโกดัก จำกัด VP - 120

แหล่งกำเนิดอนุภาคหรือรังสีมาตรฐาน

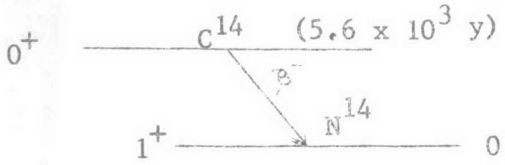
1. แหล่งกำเนิดอนุภาคเบตา คาร์บอน -14 (carbcn - 14 source)[9]

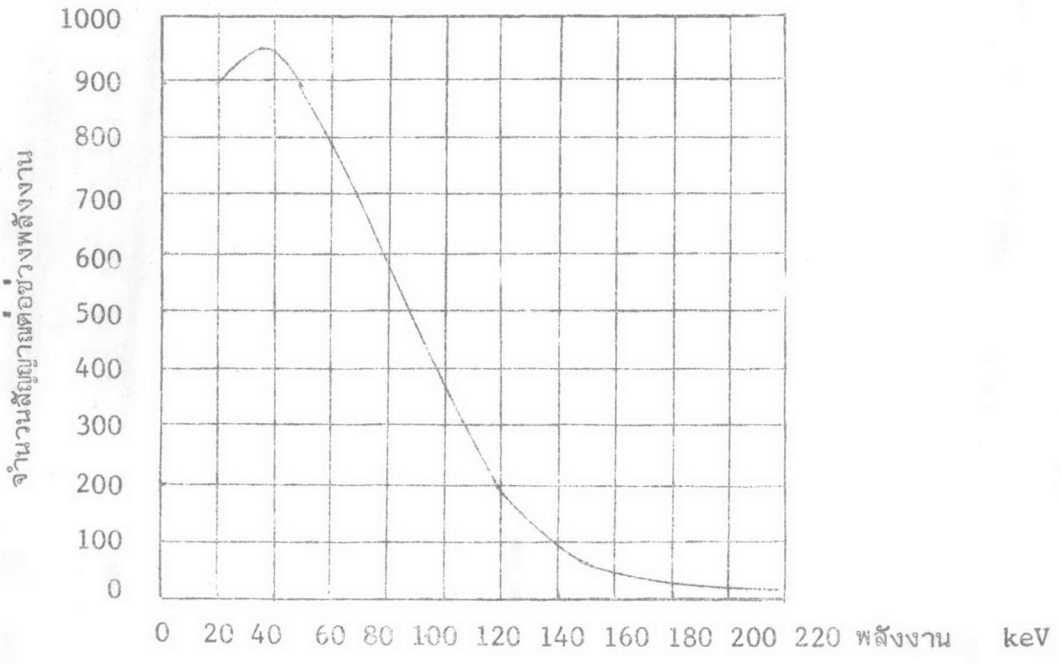
คาร์บอน -14 เป็นไอโซโทปหนึ่งของคาร์บอน ตามปกติคาร์บอน -12 เป็นธาตุที่เสถียร (stable) คาร์บอน -14 จะสลายตัวให้อนุภาคเบตาลบ เพราะ

คาร์บอน -14 มีนิวตรอนมากกว่าปกติเมื่อเทียบกับคาร์บอน -12 คาร์บอน -14 พยายามลดนิวตรอนโดยการสลายตัวของนิวตรอนตามสมการ

$$n \longrightarrow p + e^{-} + \bar{\nu} \qquad (4.1)$$

ทำให้นิวเคลียสใหม่มีเลขอะตอมเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย แต่มวลอะตอมเท่าเดิมได้ธาตุใหม่คือไนโตรเจน -14 ซึ่งอยู่ในสถานะเสถียร อนุภาคเบตาที่ได้จากการสลายตัวของคาร์บอนมีพลังงานสูงสุดประมาณ 0.155 MeV คาร์บอน -14 มีครึ่งชีวิต (half life) 5.6×10^3 ปี ตั้งลักษณะแสดงการสลายตัว





(15)

รูปที่ 4.16 เครื่องวัดรังสีแบบแบ่งโดย Angus , Cockroft และ Curran ปี 1949 ได้หาสเปคตรัมของคาร์บอน -14 ไว้

2. แหล่งกำเนิดอนุภาคเบตา ธัลเลี่ยม[9] -204 (thallium - 204 sources)

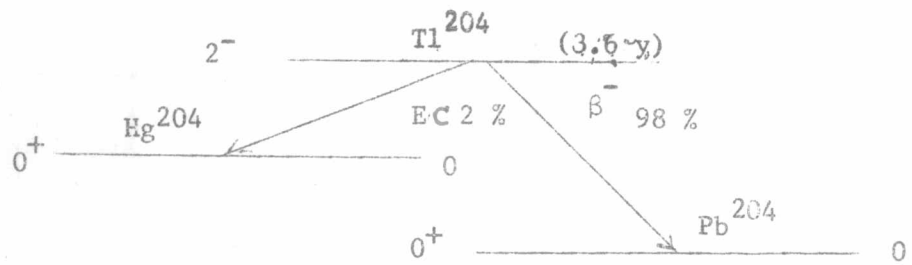
ธัลเลี่ยม -204 เป็นไอโซโทปหนึ่งของธัลเลี่ยม ธัลเลี่ยม -204 เป็นแหล่งกำเนิดอนุภาคเบตาลบและยังให้รังสีแกมมาด้วย การสลายตัวของธัลเลี่ยม -204 สลายตัวให้อนุภาคเบตาถึง 98 % และเกิดการจับอิเลคตรอน (electron capture) ให้รังสีแกมมา 2 % เมื่อเกิดการจับอิเลคตรอนจะทำให้เลขอะตอมลดลงไปหนึ่งหน่วย แต่มวลอะตอมเท่าเดิมดังสมการ

$$e^- + p \longrightarrow n + \nu \qquad (4.2)$$

ทำให้นิวเคลียสใหม่เป็นนิวเคลียสของปรอท -204 ที่เสถียรหลังจากคายพลังงานรังสีแกมมาสูงสุด 0.38 MeV ถ้าธัลเลี่ยม -204 สลายตัวให้อนุภาคเบตาลบจะทำให้เลขอะตอมเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย แต่มวลอะตอมเท่าเดิม ดังสมการ (4.1)

$$n \longrightarrow p + e^- + \bar{\nu} \qquad (4.1)$$

ทำให้นิวเคลียสใหม่เป็นนิวเคลียสของตะกั่ว -204 ที่เสถียร พลังงานสูงสุดของอนุภาคเบตาลบ 0.764 MeV ธัลเลี่ยม -204 มีครึ่งชีวิต (half life) 3.6 ปี ดังลักษณะแสดงการสลายตัว

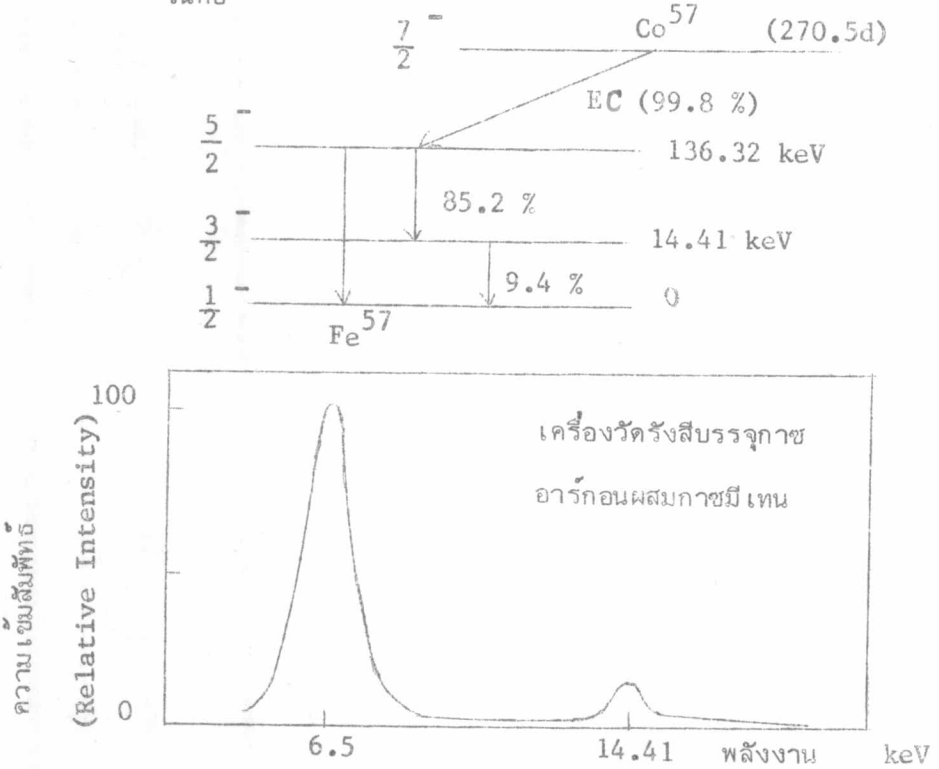


3. แหล่งกำเนิดรังสีแกมมา เหล็ก[12]-57 (iron -57 source)

เกิดจากการสลายตัว (decay) ของโคบอล์ท -57 โคบอล์ท -57 เป็นไอโซโทปหนึ่งของธาตุโคบอล์ท -59 เกิดการจับอิเลคตรอน (electron capture) ทำให้เลขอะตอมของโคบอลท์ลดลงหนึ่งหน่วย แต่มวลอะตอมเท่าเดิม ดังสมการ (4.2)

$$e^- + p \longrightarrow n + \nu \qquad (4.2)$$

ทำให้นิวเคลียสที่เกิดขึ้นใหม่เป็นนิวเคลียสของเหล็ก -57 ที่ยังไม่เสถียรและคายรังสีแกมมาออกมามีพลังงานที่เป็นยอดสูง (peak) ที่วัดได้โดยเครื่องวัดรังสีแบบรูปทรงกระบอกบรรจุกาซอาร์กอนผสมกาซมีเทน คือ 6.5 keV และ 14.41 keV สำหรับแหล่งกำเนิดเหล็ก -57 นี้เป็นแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาที่สำเร็จ ทำมาเพื่อการศึกษามอสเบาร์ เอฟเฟค (Mossbauer effect) ลักษณะแสดงการสลายตัวของโคบอล์ท -57 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 270.5 วันคือ



รูปที่ 4.17 แสดงสเปคตรัมของรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาเหล็ก -57

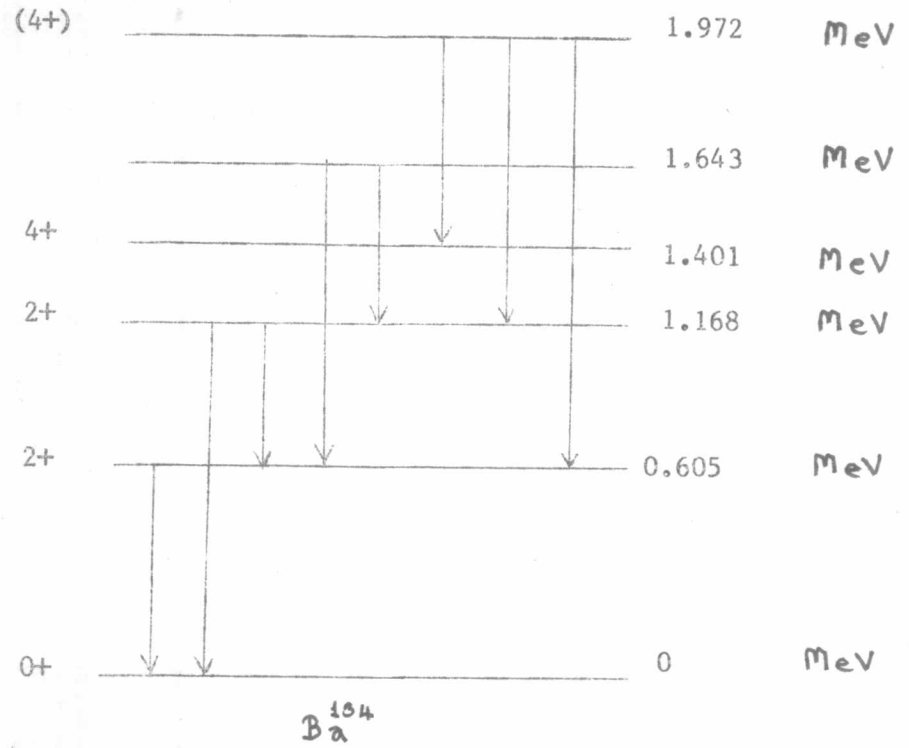
4. แหล่งกำเนิดรังสีแกมมา ซีเซียม[15]-134 (cesium -134 source)

ซีเซียม -134 เป็นไอโซโทปหนึ่งของซีเซียม เนื่องจากซีเซียม -134 มีนิวตรอนมากเกินไป จึงต้องลดจำนวนนิวตรอนลง โดยการสลายตัวให้อนุภาคเบตาลบตามสมการ

$$n \longrightarrow p + e^{-} + \bar{\nu} \qquad (4.1)$$

และ $$Cs^{134} \longrightarrow Ba^{134} + \beta^{-} + \bar{\nu} \qquad (4.3)$$

เมื่อซีเซียม -134 ให้อนุภาคเบตาลบแล้ว นิวเคลียสใหม่เป็นนิวเคลียสของแบเรียม -134 ยังไม่เสถียรจึงปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา ดังลักษณะแสดงการสลายตัวในช่วงที่ปลดปล่อยรังสีแกมมา



4.2 วิธีการทดลอง

เมื่อสร้างเครื่องวัดรังสีปฏิภาคชนิดปลายเข็ม และทดสอบคุณสมบัติของเครื่องมือการทดลองเรียบร้อยแล้ว ศึกษาการทำงาน คุณสมบัติของเครื่องวัดรังสี และการนำไปใช้ประโยชน์ แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน

1. ทดสอบว่าเครื่องวัดรังสีทำงานหรือไม่

ก. ทดสอบความพร้อมที่จะทำงานของเครื่องวัดรังสี เริ่มด้วยไม่ใส่แหล่งกำเนิดอนุภาคหรือรังสี แล้วใช้ออสซิลโลสโคปจับดูสัญญาณไฟฟ้าว่าปรากฏบนจอหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีสัญญาณไฟฟ้าบนจอออสซิลโลสโคปในช่วงความต่างศักย์ระหว่างขั้วประมาณ 1,000 โวลต์ ขึ้นไป แสดงว่า เครื่องวัดรังสียังมีข้อบกพร่อง แต่ถ้าที่ความต่างศักย์ระหว่างขั้วต่ำ ๆ ไม่ปรากฏว่ามีสัญญาณไฟฟ้า จนกระทั่งสูงขึ้นถึงประมาณ 4,000 โวลต์ จึงมีสัญญาณไฟฟ้าน้อย ๆ ถือว่าเครื่องวัดรังสีพร้อมจะทำงาน และสัญญาณไฟฟ้าน้อย ๆ นั้นคือ ภูมิหลัง (back ground) ต่ออุปกรณ์ตามแผนภาพแล้วปฏิบัติตามลำดับขั้น คือ

- เปิดกาซบิวเทนไหลผ่านเครื่องวัดรังสี เปิดแรง ๆ ประมาณ 20 วินาที เพื่อไล่อากาศออกไปให้หมด แล้วเปิดให้อัตราการไหลของกาซบิวเทนคงที่

- เพิ่มความต่างศักย์ระหว่างขั้วให้แก่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเครื่องวัดรังสีอย่างช้า ๆ จนถึง 4,200 โวลต์

ในการทดลองแต่ละครั้งเปลี่ยนอัตราการไหลของกาซ 2 ครั้ง คือ 30 ฟอง/นาที และ 60 ฟอง/นาที

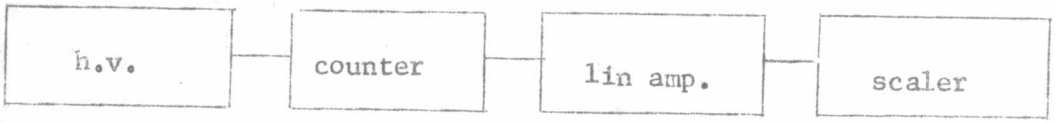
ข. เมื่อทดสอบตามข้อ ก. และแก้ไขข้อบกพร่องจนเครื่องวัดรังสีพร้อมที่จะทำงานแล้ว ใส่แหล่งกำเนิดอนุภาคหรือรังสีในเครื่องวัดรังสี เพื่อศึกษาลักษณะและขนาดของสัญญาณไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ระหว่างขั้วต่าง ๆ ต่ออุปกรณ์ตามข้อ ก. โดยใส่แหล่งกำเนิดด้วย แล้วปฏิบัติเป็นขั้น ๆ คือ

-เปิดกาซบิวเทนไหลผ่านเครื่องวัดรังสี เปิดแรง ๆ ประมาณ 20 วินาที เพื่อไล่อากาศออกให้หมด แล้วเปิดให้อัตราไหลของกาซคงที่

-เพิ่มความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเครื่องวัดรังสีเรื่อย ๆ จนถึงเริ่มมีสัญญาณไฟฟ้าปรากฏบนจอออสซิลโลสโคป แล้วค่อย ๆ เพิ่มความต่างศักย์ระหว่างขั้วทีละ 200 โวลต์ บันทึกลักษณะ , ขนาด ของสัญญาณไฟฟ้าที่ปรากฏบนจอออสซิลโลสโคป

ในการทดลองแต่ละครั้งปรับค่าความดันของกาซบิวเทนให้ไหลในอัตราคงที่ คือ 30 ฟอง/นาที และ 60 ฟอง/นาที อนุภาคและรังสีที่ใช้มีอนุภาคแอลฟาจากเซ็มนาฝิกา อนุภาคเบตาจาก Tl^{204} และ Cs^{134}

2. หาคุณสมบัติการทำงานของเครื่องวัดรังสี จากการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการนับ และความต่างศักย์ระหว่างขั้วที่ให้แก่เครื่องวัดรังสีที่ความดันของกาซบิวเทนค่าหนึ่ง ๆ สำหรับแหล่งกำเนิดแต่ละชนิด ต่ออุปกรณ์ดังภาพ



ปฏิบัติตามลำดับขั้นเช่นเดียวกับข้อ 1 ข. กำลังขยายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์เลือกตามความเหมาะสม เพื่อให้เครื่องนับสัญญาณไฟฟ้านับได้ทัน และศึกษาได้ถึงความต่างศักย์ระหว่างขั้วสูง ๆ เมื่อมีแหล่งกำเนิดอนุภาคหรือรังสี 3 อย่าง มีเงื่อนไขในการทดลองคือ

ก. แหล่งกำเนิดอนุภาคแอลฟา (เข็มนาฬิกา)

ที่ความดันอัตราการไหลของกาซ 30 ฟอง/นาที

ที่ความดันอัตราการไหลของกาซ 60 ฟอง/นาที

ข. แหล่งกำเนิดอนุภาคเบตา (Tl^{204})

ที่ความดันอัตราการไหลของกาซ 30 ฟอง/นาที

ที่ความดันอัตราการไหลของกาซ 60 ฟอง/นาที

ค. แหล่งกำเนิด Cs^{134}

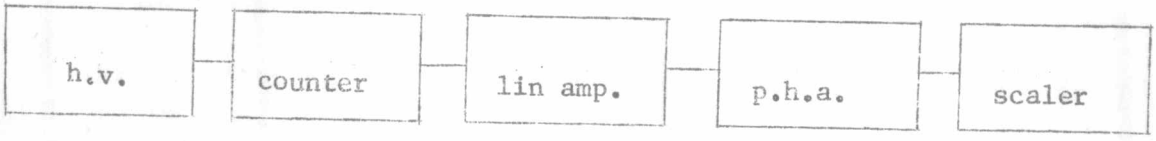
ที่ความดันอัตราการไหลของกาซ 30 ฟอง/นาที

ที่ความดันอัตราการไหลของกาซ 60 ฟอง/นาที

3. หาสเปคตรัมของพลังงานของอนุภาคหรือรังสีจากแหล่งกำเนิดทั้งสามชนิด

มีวิธีการหา 2 วิธีการ โดยแยกออกเป็นวิธีการหาโดยใช้เครื่องอิเลคทรอนิคส์และวิธีการหาหรือวิธีทดสอบจากการถ่ายรูป

ก. วิธีการหาสเปคตรัมของพลังงานของอนุภาคหรือรังสีโดยใช้เครื่องอิเลคทรอนิคส์จัดอุปกรณ์ตามแผนภาพ



สเปคตรัมของพลังงานของอนุภาคแอลฟา จากเข็มนาฬิกา ใช้ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว 3,600 โวลต์ อัตราการไหลของกาซบิวเทน 30 ฟอง/นาที

สเปคตรัมของพลังงานของอนุภาคเบตาจาก Tl^{204} ใช้ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว 3,600 โวลต์ อัตราการไหลของกาซบิวเทน 60 ฟอง/นาที

สเปคตรัมของพลังงานของ Cs^{134} ใช้ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว 4,000 โวลต์ อัตราการไหลของกาซบิวเทน 60 ฟอง/นาที

สเปคตรัมของพลังงานของอนุภาคเบตาจาก C^{14} ใช้ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว 3,600 โวลต์ อัตราการไหลของกาซบิวเทน 60 ฟอง/นาที

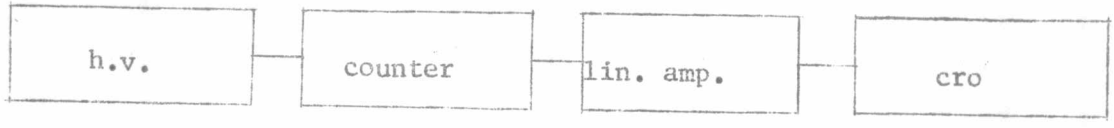
สเปคตรัมของพลังงานของรังสีแกมมาจาก Fe^{57} มีคอลลิเมเตอร์ ใช้ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว 3,600 โวลต์ อัตราการไหลของกาซบิวเทน 60 ฟอง/นาที

สเปคตรัมของพลังงานของรังสีแกมมาจาก Fe^{57} ใช้ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว 3,600 โวลต์ อัตราการไหลของกาซบิวเทน 60 ฟอง/นาที

สเปคตรัมของพลังงานของรังสีแกมมาจาก Fe^{57} ใช้ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว 2,000 โวลต์ อัตราการไหลของกาซ $Ar + CH_4$ 60 ฟอง/นาที

ข. วิธีหาสเปคตรัมของแหล่งกำเนิดอนุภาคหรือรังสี จากการถ่ายรูปแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

ก. ต่ออุปกรณ์ดังแผนภาพ



ใส่แหล่งกำเนิดอนุภาคหรือรังสีในเครื่องวัดรังสี ปล่อยกาซบิวเทนผ่านเครื่องวัดรังสีที่ความดัน 60 ฟอง/นาที ปรับเครื่องจ่ายไฟสูงไปที่ความต่างศักย์ระหว่างขั้วที่ต้องการ ปรับกำลังขยายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบสิเนียร์และออสซิลโลสโคปให้ได้สัญญาณไฟฟ้าพอเหมาะบนจอออสซิลโลสโคป

เตรียมกล้องถ่ายรูปโดยตั้งความไวชัตเตอร์ที่ B เอฟนัมเบอร์ = 4 ระยะโฟกัส = ∞ เพราะมีเลนซ์โคลสอัพ (closed up) อยู่ที่หน้าออสซิลโลสโคปติดกับหน้ากล้อง ใช้กล้อง Franko และฟิล์มของบริษัทโกดัก จำกัด VP-120

ถ่ายภาพโดยเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าแบบลิเนียร์ และเวลารับแสงของฟิล์ม (exposure time) สำหรับแหล่งกำเนิดแต่ละชนิด

ข. ล้างฟิล์มจะได้ภาพออกมาเป็นภาพเนกาตีฟ จากนั้นก็นำมาเข้าเครื่องวัดความหนาแน่นทางแสง (microdensitometer) ได้รูปกราฟเปรียบเทียบว่า บริเวณใดของฟิล์มได้รับแสงมากน้อยเท่าใดในแต่ละความสูงของสัญญาณไฟฟ้า หรือเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของสัญญาณไฟฟ้าบนจอออสซิลโลสโคป และจำนวนอนุภาคแต่ละความสูงนั่นเอง