หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๔

เครื่องวัดความหนาด้วยรังสีเบต้า

เครื่องวัดความหนาด้วยรังสีเบต้า (Beta-Thickness Gauging) ใช้วัดความหนาของกระดาษ แผ่นพลาสติด แผ่นโลหะบาง ๆ (metal foil) ความหนาของเคลือบบนวัตถุ (coating material) โดยต้นกำเนิดรังสีที่ใช้อย่างแพร่หลาย คือ Sr^{90}-Y^{90}, Pm^{147}, Tl^{204} และ Kr^{85} ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ใช้วัดความหนาของวัตถุต่าง ๆ กัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๔.๑; ในปัจจุบันนี้ได้มีการออกแบบเครื่องมือวัดความหนามีรูปร่างลักษณะ และส่วนประกอบแตกต่างกันออกไปหลายแบบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้ คือ

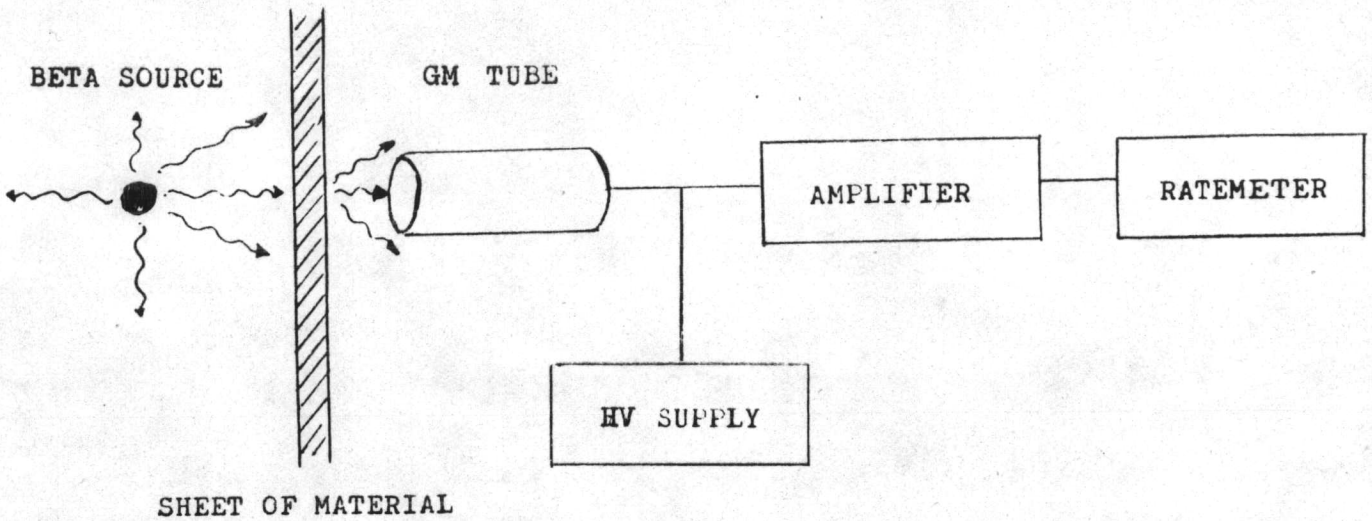
ตารางที่ ๔.๑[๑๐] แสดงคุณสมบัติของต้นกำเนิดรังสีเบต้าที่ใช้สำหรับวัดความหนา

Radioisotope	Half-life	Emitted radiations	Half-thickness, mg/cm²
^{90}Sr-^{90}Y	28 years	0.545-Mev β^- (100%) 2.26-Mev β^- (100%) 1.734-Mev γ (0.02%)	90
^{204}Tl	3.6 years	0.764-Mev β^- (98%)	28.5
^{147}Pm	2.6 years	0.225-Mev β^- (100%)	5.0
^{85}Kr	10.3 years	0.672-Mev β^- (99%) 0.159-Mev β^- (0.65%) 0.513-Mev γ (0.65%)	23.5

๔.๑ เครื่องวัดความหนาสถิต (static gauge)

เป็นเครื่องมือวัดความหนาชนิดที่ให้วัตถุที่นำมาวัดนิ่งอยู่กับที่ เหมาะสำหรับใช้วัดในห้องปฏิบัติการ เครื่องมือมีส่วนประกอบง่าย ๆ เพียงไม่กี่อย่าง ดังแผนภูมิที่แสดงไว้ในรูปที่ ๔.๑ การวัดความหนาของแผ่นวัตถุ ต้องมีการวัดเปรียบเทียบกับวัตถุชนิดเดียวกันที่ทราบความหนา โดยการนำวัตถุที่ทราบความหนาหลาย ๆ ช่วงมาวัด แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับปริมาณรังสีที่วัดได้ เก็บไว้เป็นมาตรฐาน สำหรับอ่านค่าความหนาของวัตถุชนิดเดียวกัน เมื่อนำวัตถุที่ไม่ทราบความหนาเข้าเครื่องวัด รังสีเบต้าจะทะลุผ่านแผ่น

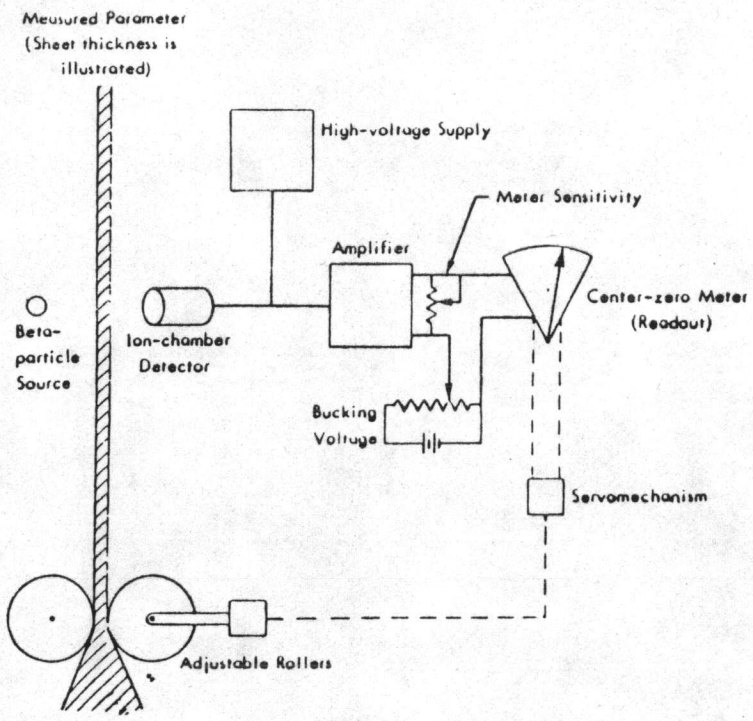
วัตถุเข้าไปในหัววัดไกเกอร์ จะอ่านปริมาณรังสีได้ค่าหนึ่ง นำเอาค่ารังสีที่ได้ไปอ่านหาค่าความหนาจากกราฟ



รูปที่ ๔.๑ แสดงอุปกรณ์การวัดความหนาแบบสถิต โดยใช้รังสีเบต้า

๔.๒ <u>เครื่องควบคุมความหนาระบบความต่างศักดาปรับเทียบ</u> (bucking voltage beta gauge system)

เป็นระบบควบคุมความหนาของกระดาษในขณะที่เครื่องรีดกระดาษกำลังทำงาน ที่ความหนามาตรฐานตั้งศักดาไว้ทำให้ค่าที่อ่านได้เป็นศูนย์ (center-zero meter) ถ้าความหนาของกระดาษที่รีดออกมาผิดไป สเกลจะชี้บอกไปทางบวกหรือลบ ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นวัตถุ จะหนาหรือบางกว่ามาตรฐาน ถ้าความหนาผิดไปเกินกว่าค่าบวกหรือลบที่ตั้งไว้ จะส่งผลกลับไปยังเครื่องควบคุม (servomechanism) คือ ถ้าความหนามากเกินไป เครื่องควบคุมจะบังคับลูกกลิ้ง (adjustable roller) ให้กดแน่นขึ้น ถ้าความหนาน้อยกว่ามาตรฐาน เครื่องควบคุมจะบังคับให้ความกดของลูกกลิ้งคลายออก แผ่นวัตถุก็จะหนาขึ้นหรือบางลงตามที่ต้องการ



รูปที่ ๔.๒[๑๐] แสดงอุปกรณ์การวัดระบบความต่างศักดาปรับเทียบ(bucking-voltage)

การใช้เครื่องควบคุมความหนาชนิดนี้ มีข้อที่ต้องระมัดระวัง อยู่ ๕ ประการ ดังต่อไปนี้ คือ

๔.๒.๑ การสลายตัวของต้นกำเนิดรังสี ทำให้ค่าที่อ่านบนสเกลผิดไป จะต้องมีการเช็คและปรับศักดาเป็นช่วง ๆ ช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับครึ่งชีวิต ของต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ และถ้าใช้นาน ๆ ไปถึงประมาณหนึ่ง ครึ่งชีวิตก็ต้องเปลี่ยนต้นกำเนิดใหม่

๔.๒.๑ ฝุ่นจากกระบวนการผลิตจะเกาะบนต้นกำเนิด และบนหัววัดรังสี ทำให้ค่าที่อ่านได้น้อยลงไป จึงต้องทำความสะอาดทั้งต้นกำเนิด และหัววัดรังสีอยู่เป็นประจำ

๔.๒.๓ การเสื่อมประสิทธิภาพของเครื่องมือ เนื่องจากอายุการใช้งาน จึงจำเป็นต้องคอยตรวจเช็คทุกระบบ ตั้งแต่หัววัดรังสี แอมปลิไฟเออร์ ไฮโวลเตจ เครื่องอ่าน ตลอดจนกระทั่งลูกกลิ้ง จะต้องอยู่ในภาวะที่สมบูรณ์อยู่เสมอ

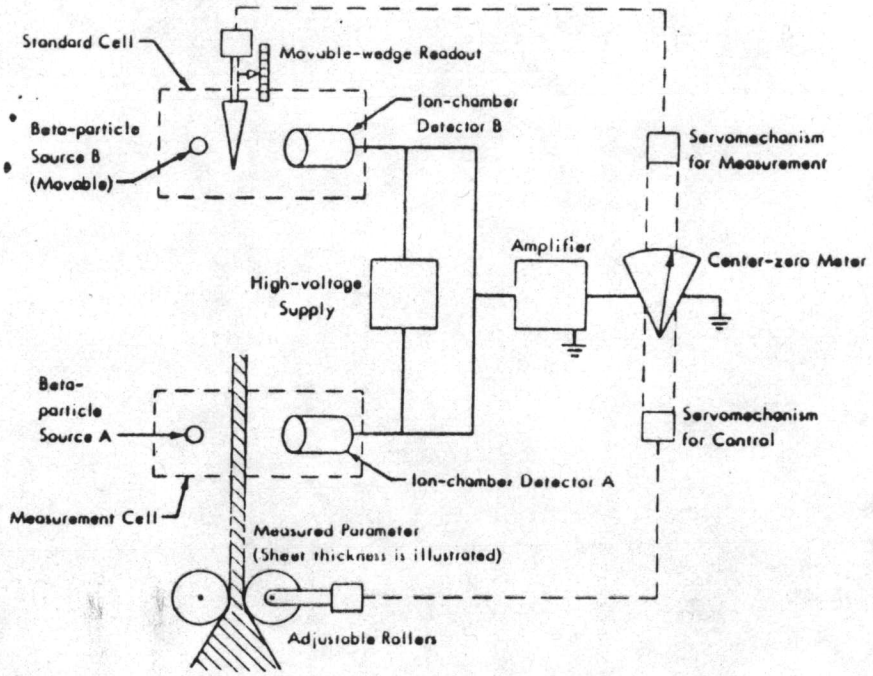
๔.๒.๔ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีผลทำให้ค่าที่วัดเปลี่ยนแปลงไป การใช้เครื่องมือชนิดนี้จึงจำเป็นต้องให้อุณหภูมิของอากาศคงที่สม่ำเสมอตลอดไป

๔.๒.๕ การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของอากาศ หรือความกดดันของอากาศมีผลต่อการวัดปริมาณรังสี เนื่องจากรังสีเบต้ามีอำนาจทะลุทะลวงไม่มากนัก การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของอากาศจะมีผลต่อการวัดปริมาณรังสีเบต้า ดังนั้น ความหนาแน่นของอากาศจึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่

๔.๓ <u>เครื่องควบคุมความหนาด้วยรังสีเบต้าชนิดสองเซลล์</u> (two-cell beta-gauge) ประกอบด้วยต้นกำเนิดรังสี กับหัววัดรังสีสองชุด ชุดหนึ่ง เรียกว่า เซลล์มาตรฐาน (standard cell) อีกชุดหนึ่ง เรียกว่า เซลล์วัด (measuring cell) ภายในเซลล์-มาตรฐานมีแผ่นกั้นรังสีชนิดลิ่ม (wedge absorber) กั้นระหว่างต้นกำเนิดกับหัววัด ซึ่งสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ สำหรับใช้เป็นความหนามาตรฐานจะมีเข็มสำหรับชี้บอกความหนาติดอยู่ด้วย ดังแสดงในรูปที่ ๔.๓ เครื่องชนิดนี้มีข้อได้เปรียบ คือ สามารถใช้ทั้งวัดความหนาและควบคุมความหนา ในขณะที่เครื่องระบบศักดาปรับเทียบ ใช้สำหรับควบคุมความหนาเพียงอย่างเดียว

ในการวัดความหนา สัญญาณที่มาจากแต่ละหัววัดซึ่งต่อไว้ให้ต้านกัน ความแตกต่างของสัญญาณ จะถูกขยายด้วยแอมปลิไฟเออร์ แล้วเข้า center-zero meter ความหนาของวัตถุจากเซลล์วัด และเซลล์มาตรฐานจะเท่ากันเมื่อเข็มของ center-zero meter ชี้ที่ **เลขศูนย์** ตัวปรับการวัด (servomechanism of measurement) จะทำหน้าที่ปรับแผ่นกั้นชนิดลิ่ม เพื่อให้อ่านค่าได้ศูนย์ ค่าความหนาที่อ่านได้จาก movable-wedge readout ก็คือความหนาของแผ่นวัตถุที่ต้องการวัด

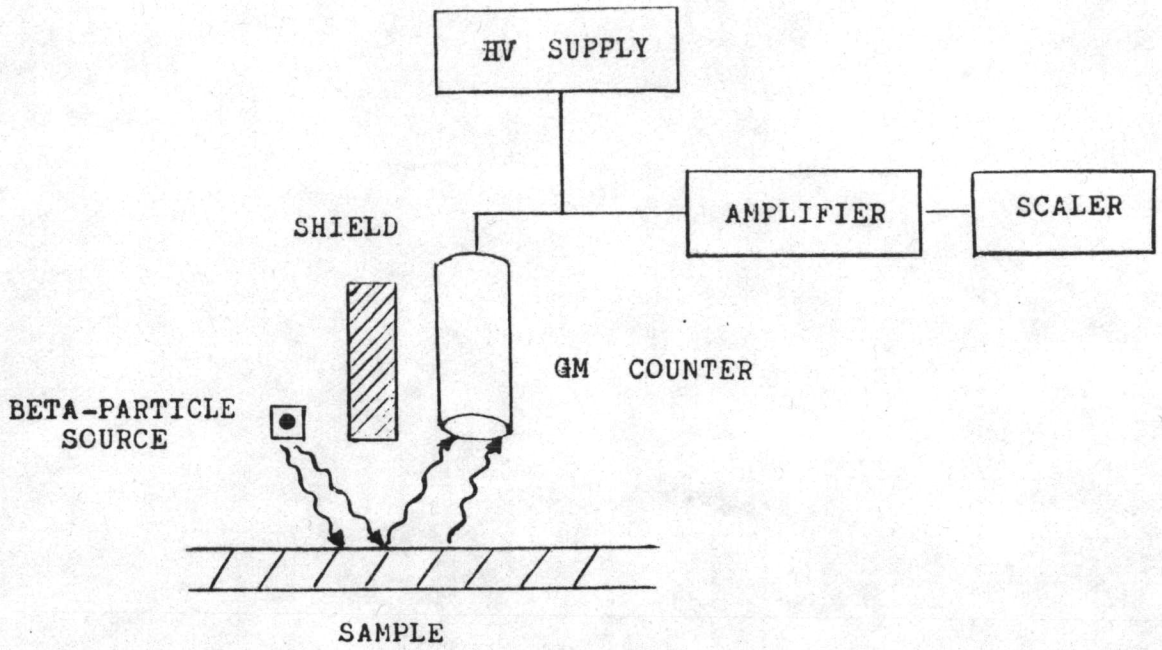
1179634 73



รูปที่ ๔.๓[๑๐] แสดงอุปกรณ์การควบคุมความหนาของแผ่นวัตถุชนิดสองเซลล์

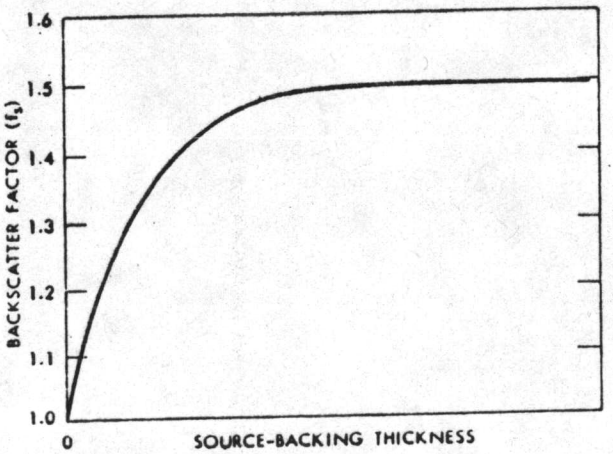
ในการควบคุมความหนาของแผ่นวัตถุ เมื่อสัญญาณเข้ามาถึง center-zero meter ตัวปรับการควบคุม (servomechanism for control) จะทำงานคอยกดหรือขยายลูกกลิ้ง เพื่อให้ได้ความหนาตามมาตรฐานที่ตั้งไว้ในเซลล์ควบคุม เช่นเดียวกับเครื่องระบบศักดาปรับเทียบ

๔.๔ <u>เครื่องวัดความหนาชนิดรังสีสะท้อน</u> (backscatter beta-particle gauge) อาศัยคุณสมบัติในการสะท้อนกลับของรังสีเบต้า สำหรับวัดความหนาของแผ่นวัตถุ หรือหาความหนาของเคลือบบนแผ่นวัตถุ จัดเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ ๔.๔



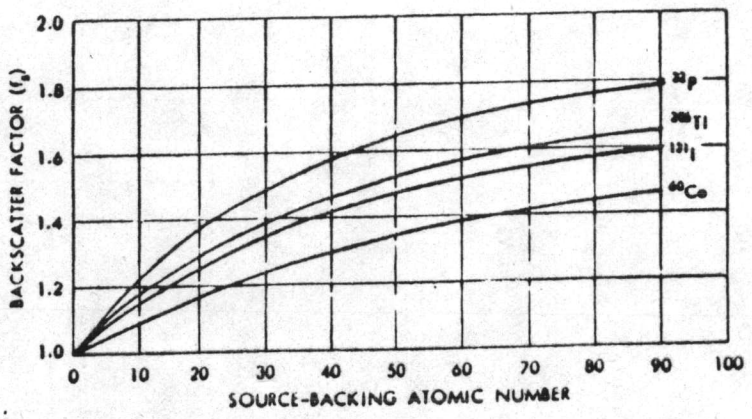
รูปที่ ๔.๔ แสดงอุปกรณ์การวัดความหนาของวัตถุด้วยรังสีสะท้อน

การวัดความหนาอาศัยคุณสมบัติการสะท้อนรังสีของแผ่นวัตถุ สำหรับวัตถุชนิดเดียวกัน แผ่นที่หนากว่าจะสะท้อนรังสีได้มากกว่า ปริมาณรังสีสะท้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นแต่เพียงเล็กน้อย ความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับแบคสแคตเตอร์แฟคเตอร์ (backcatter factor; f_s) แสดงไว้ในรูปที่ ๔.๕



รูปที่ ๔.๕[๑๐] แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับแบคสแคตเตอร์แฟคเตอร์ (f_s)

นอกจากนี้วัตถุต่างชนิดกัน มีจำนวนเลขอะตอมต่างกันจะสะท้อนรังสีได้ไม่เท่ากัน ความสัมพันธ์ระหว่างแบคสแคตเตอร์แฟคเตอร์กับจำนวนเลขอะตอมของสาร สำหรับต้นกำเนิดรังสี P-32, Tl-204, I-131 และ Co-60 แสดงไว้ดังรูปที่ ๔.๖



รูปที่ ๔.๖[๑๐] แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบคสแกตเตอร์แฟคเตอร์กับจำนวนเลขอะตอมของสาร

จากความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับแบคสแคตเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ ๔.๔ จะเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$R = R_s\ (1 - e^{-kx}) + R_o \qquad \text{----------(4.1)}$$

เมื่อ R เป็นปริมาณรังสีสะท้อนเมื่อแผ่นวัตถุมีความหนา x มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร

k เป็นค่าคงที่ (ตารางเซนติเมตร/มิลลิกรัม)

x เป็นความหนาของวัตถุหน่วยมิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร

R_o เป็นปริมาณรังสีสะท้อนที่วัดได้เมื่อไม่มีแผ่นวัตถุ

R_s เป็นปริมาณรังสีสะท้อนที่ความหนาอิ่มตัว

ค่าคงที่ k เป็นฟังก์ชั่นของพลังงานของรังสีเบต้า กับส่วนประกอบของแผ่นวัตถุ;

R_o ขึ้นอยู่กับความแรงของต้นกำเนิด, หัววัดรังสี และระยะทางระหว่างหัววัด กับต้นกำเนิดรังสี; ปริมาณรังสีสะท้อนที่ความหนาอิ่มตัว R_s คือ ปริมาณรังสีสะท้อนที่มีค่าสูงสุด เป็นค่าคงที่ไม่ว่าจะเพิ่มความหนาขึ้นอีกเท่าไร ปริมาณรังสีสะท้อนก็จะไม่เพิ่มขึ้น สำหรับแผ่นวัตถุที่ทำจากสารบริสุทธิ์ เช่น เหล็ก ตะกั่ว อะลูมิเนียม ฯลฯ จะหาค่า R_s จากความสัมพันธ์ในรูปที่ ๔.๖

$$R_s = f_s R_o \qquad \text{----------(4.2)}$$

จากการวัดความหนาของแผ่นวัตถุตามแสดงในรูปที่ ๔.๔ ถ้าให้ปริมาณรังสีที่อ่านได้เมื่อไม่มีแผ่นวัตถุ $R_o = 0$ สมการที่ ๔.๑ จะเขียนใหม่ได้ ดังนี้

$$R = R_s (1 - e^{-kx})$$

$$\ln \left(1 - \frac{R}{R_s}\right) = -kx \qquad \text{----------(4.3)}$$