

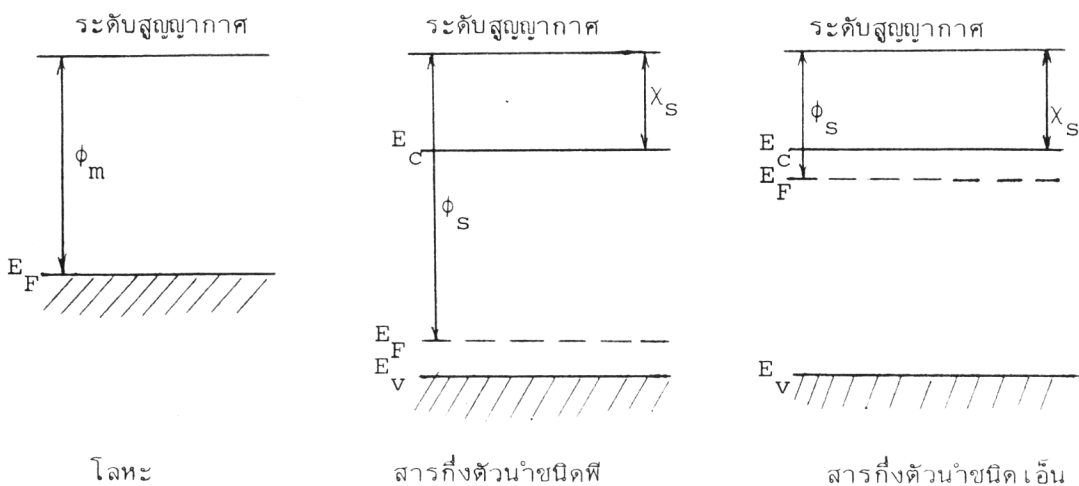
บทที่ 3

หัววัดรังสีแอลฟาแบบซีดกี้แบเรียร์

ในการออกแบบสร้างเครื่องวัดก๊าซเรดอนให้มีขนาดเล็ก กินกำลังไฟน้อย จำเป็นต้องเลือกใช้หัววัดรังสีแอลฟาแบบสารกึ่งตัวนำ จากประสบการณ์ของการผลิตหัววัดรังสีแอลฟาแบบสารกึ่งตัวนำที่ห้องปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ได้พบว่าอุปกรณ์การผลิตหัววัดและเทคนิคที่มีใช้ในปัจจุบันมีความเหมาะสมที่จะผลิตหัววัดรังสีแอลฟาแบบซีดกี้แบเรียร์มากที่สุด⁽⁹⁾ เพราะใช้เวลาในการผลิตต่ำ yield ในการผลิตสูง และสมรรถนะของหัววัดดีกว่าแบบอื่นๆ ยิ่งไปกว่านั้นหัววัดรังสีแอลฟาที่ผลิตขึ้นยังสามารถตรวจจับรังสีแอลฟาได้โดยไม่ต้องมีการไบอัส ดังนั้นจึงได้ใช้หัววัดรังสีแอลฟาแบบซีดกี้แบเรียร์นี้ในภาคตรวจจับก๊าซเรดอน

3.1 หัวต่อแบบซีดกี้แบเรียร์

ผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำอาจมีคุณสมบัติเป็นแบบโอห์มิก (ohmic) คือ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทั้งสองทิศทาง หรืออาจจะเป็นแบบเรียงกระแส (Rectifying) คือ กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดีในทิศทางหนึ่งเท่านั้น ซึ่งเรียกว่า ผิวสัมผัสแบบซีดกี้แบเรียร์ การที่จะเกิดผิวสัมผัสแบบโอห์มิกหรือแบบซีดกี้แบเรียร์นั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของแถบพลังงานของผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำ รูป 3.1 เป็นแผนภาพแสดงแถบพลังงานของโลหะกับสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็น



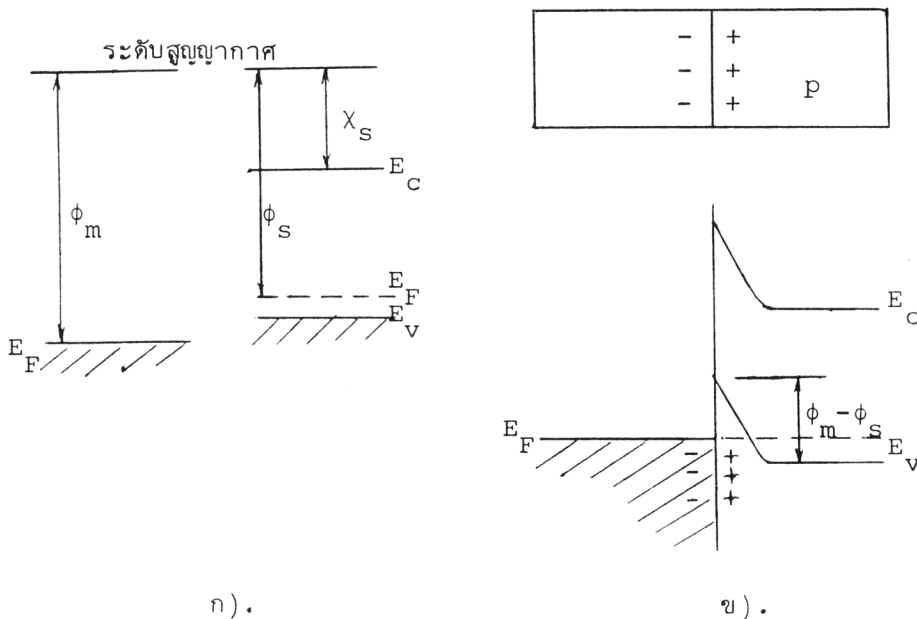
รูป 3.1 แผนภาพแสดงแถบพลังงานของโลหะกับสารกึ่งตัวนำก่อนสัมผัส

จากรูป 3.1 ระดับสูญญากาศ (Vaccum level) เป็นระดับพลังงานของอิเล็กตรอนที่อยู่นอกผิววัตถุ ค่า ϕ_m และ ϕ_s เป็นค่า work function ของโลหะและสารกึ่งตัวนำ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างระดับสูญญากาศกับระดับพลังงานเฟอร์มี (E_F) ของโลหะและสารกึ่งตัวนำตามลำดับ ค่า χ_s เป็น electron affinity ของสารกึ่งตัวนำมีค่าเท่ากับผลต่างของระดับสูญญากาศกับขอบล่างของแถบการนำ (E_C) ส่วน E_V คือ ขอบบนของแถบวาเลนซ์ของสารกึ่งตัวนำ อิเล็กตรอนอิสระของวัตถุที่มีค่า work function น้อยจะมีพลังงานสูงกว่าของอิเล็กตรอนของวัตถุที่มีค่า work function มาก เมื่อนำวัตถุต่างชนิดกันมาทำเป็นผิวสัมผัส จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนผ่านผิวสัมผัส อิเล็กตรอนจะถ่ายเทออกจากวัตถุที่ซึ่งอิเล็กตรอนมีพลังงานสูงไปยังวัตถุที่ซึ่งอิเล็กตรอนมีพลังงานต่ำกว่า การถ่ายเทอิเล็กตรอนดังกล่าวจะเกิดขึ้นจนถึงภาวะสมดุลย์ เมื่อระดับพลังงานเฟอร์มีของวัตถุทั้งสองเท่ากัน

3.1.1 ผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำชนิดพี

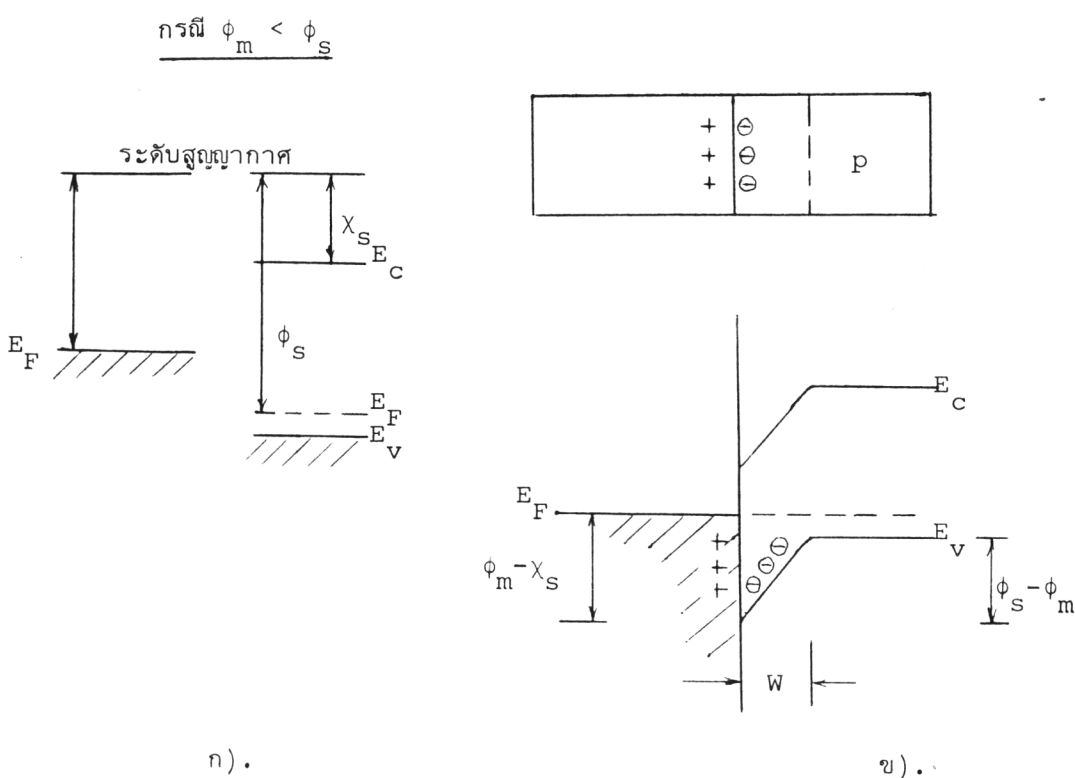
ผิวสัมผัสระหว่างโลหะบางชนิดกับสารกึ่งตัวนำชนิดพีจะมีคุณสมบัติ เป็นแบบโอห์มิกหรือเป็นแบบช็อคก็ขึ้นกับค่า work function ของโลหะจะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่า work function ของสารกึ่งตัวนำชนิดพี ดังนี้

กรณี $\phi_m > \phi_s$



รูป 3.2 ก) แถบพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดพีที่ $\phi_m > \phi_s$
 ข) แถบพลังงานของผิวสัมผัสแบบโอห์มิก

เมื่อนำโลหะและสารกึ่งตัวนำในรูป 3.2 ก) มาทำเป็นฉนวนผสม จะมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากสารกึ่งตัวนำไปสู่โลหะ เนื่องจากระดับเฟอร์มิของสารกึ่งตัวนำมีค่ามากกว่าของโลหะ การถ่ายเทอิเล็กตรอนจะทำให้ระดับเฟอร์มิในโลหะเพิ่มขึ้น และในสารกึ่งตัวนำลดลงจนระดับเฟอร์มิทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน อิเล็กตรอนที่โลหะได้รับการถ่ายเทดังกล่าวจะกลายเป็นชั้นของประจุไฟฟ้าลบที่บริเวณผิวสัมผัส และไม่ทำให้เกิดการโค้งของแถบพลังงานเนื่องจากเป็นชั้นแคบๆ แต่ในสารกึ่งตัวนำหลังจากสูญเสียอิเล็กตรอนให้แก่โลหะไปจะมีโฮลเกิดขึ้นเท่ากับจำนวนของประจุไฟฟ้าลบที่บริเวณผิวสัมผัส เพื่อให้เกิดสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า จากรูป 3.2 ข) แถบพลังงานในสารกึ่งตัวนำที่จะโค้งเนื่องจากโฮลที่เกิดขึ้นจะแผ่บริเวณเข้าไปในเนื้อของสารกึ่งตัวนำ ฉนวนผสมแบบนี้จะไม่มีบริเวณปลอดพาหะ ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นการไบอัสตามหรือไบอัสย้อนก็เกิดการไหลของพาหะประจุได้สมมาตรกัน นั่นคือฉนวนผสมระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำพีที่ $\phi_m > \phi_s$ จะเป็นแบบโอห์มิก



รูป 3.3 ก) แถบพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำพีที่ $\phi_m < \phi_s$

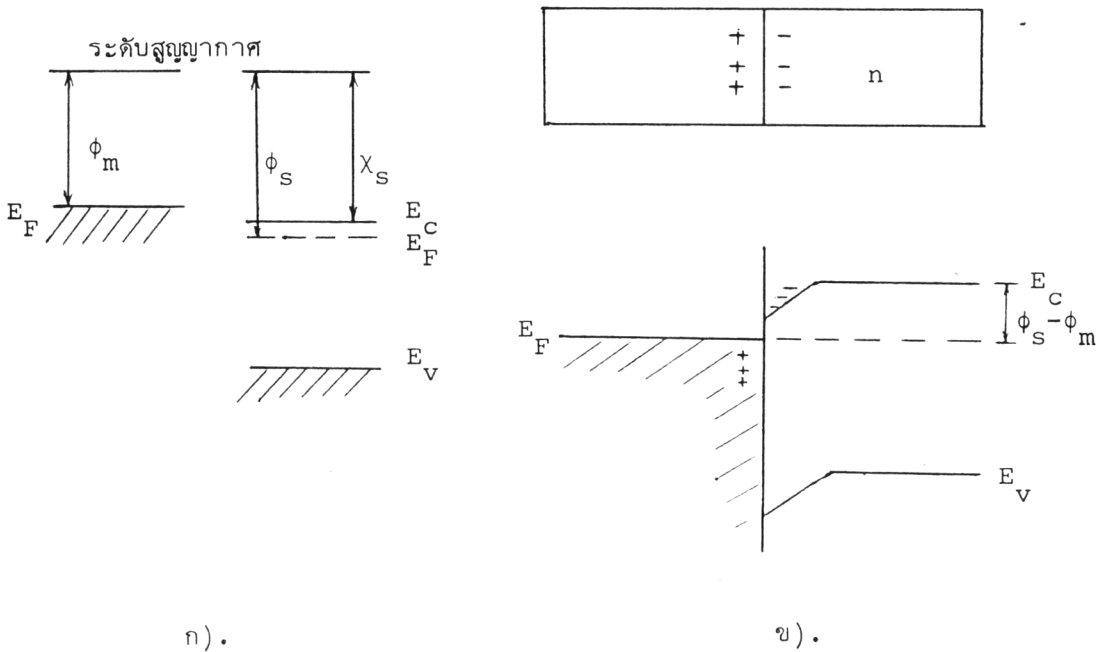
ข) แถบพลังงานของฉนวนผสมแบบซีดัก

หลังจากที่นำโลหะที่มีค่า ϕ_m น้อยกว่าค่า ϕ_s ของสารกึ่งตัวนำชนิดพีมาสัมผัสกัน เพื่อให้ระดับเฟอร์มิทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน อิเล็กตรอนจากโลหะจะไหลผ่านฉนวนผสมมายังสารกึ่งตัวนำ ทำให้โลหะมีสภาพประจุไฟฟ้าบวกเกิดขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัส ส่วนอิเล็กตรอนที่ไหลข้ามผิว

สัมผัสจะไปรวมตัวกับโฮลในสารกึ่งตัวนำพี ทำให้เกิดบริเวณปลอดพาหะลึกเข้าไปในเนื้อสารพี บริเวณดังกล่าวจะมีสภาพทางไฟฟ้าเป็นลบ เนื่องจากผลของอ็อนของผู้รับ (Acceptor ion) ทำให้เกิดการโค้งงอของแถบพลังงานในบริเวณปลอดพาหะดังรูป 3.3 ข) ผลต่าง $\phi_m - \phi_s$ จะเป็นกัมพางศักย์ไฟฟ้าที่ผิวสัมผัส (V_0) ทำหน้าที่ยับยั้งการแพร่ซึมของโฮล จากแถบพลังงานวาเลนซ์ในสารกึ่งตัวนำไปยังโลหะ ส่วนผลต่าง $\phi_m - \chi_s$ จะเป็นกัมพางศักย์ (ϕ_B) ซึ่งคอยกันการฉีดของโฮลจากโลหะไปยังแถบพลังงานวาเลนซ์ ดังนั้นเมื่อไบอัสตาม V_0 จะลดลงทำให้อิเล็กตรอนแพร่ซึมเข้าไปยังโลหะได้ง่ายขึ้นกว่าการไบแอสย้อน นั่นคือกระแสไหลได้ดีเมื่อมีการไบอัสตาม

3.1.2 ผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

กรณี $\phi_m < \phi_s$



รูป 3.4 ก) แถบพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่ $\phi_m < \phi_s$

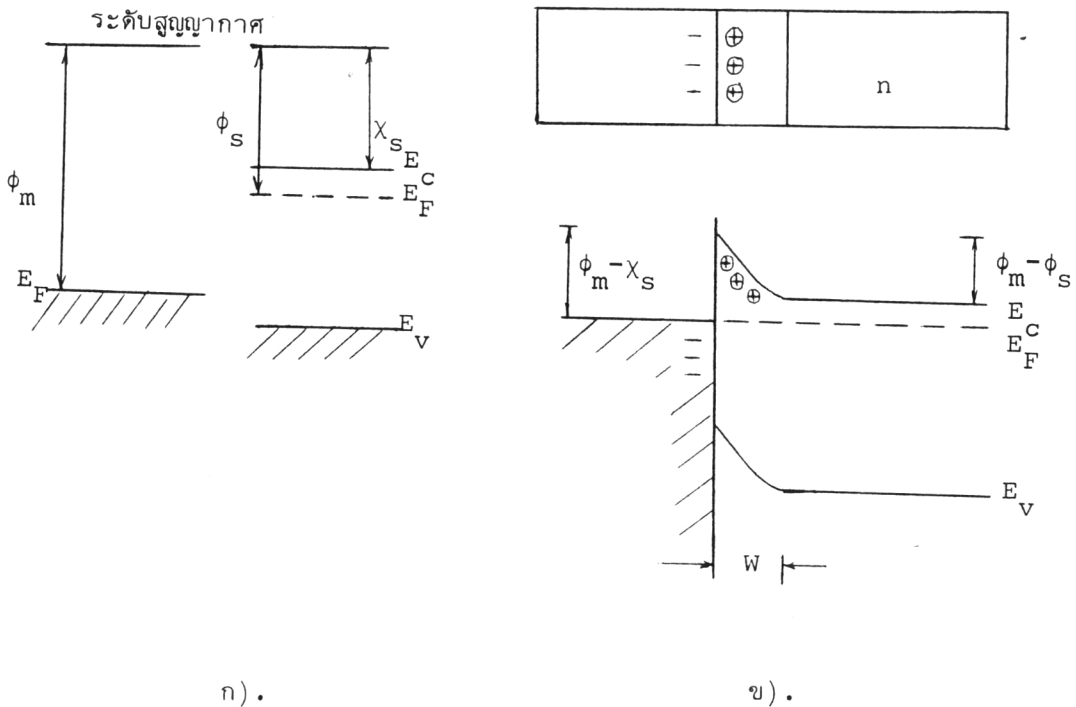
ข) แถบพลังงานของผิวสัมผัสแบบ โอห์มิก

เมื่อนำโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นคู่นี้มาสัมผัสกัน จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนเพื่อให้ระดับเฟอร์มีอยู่ในระดับเดียวกัน โดยที่อิเล็กตรอนในโลหะจะไหลเข้าไปในเนื้อสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ทำให้สารกึ่งตัวนำบริเวณผิวสัมผัสมีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนมากกว่าบริเวณที่อยู่ไกลออกไป และจะเกิดประจุไฟฟ้าบวกที่ผิวของโลหะบริเวณผิวสัมผัส โดยมีปริมาณเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน

ที่ไหลเข้าไปในเนื้อสารกึ่งตัวนำ จะเห็นได้ว่าการถ่ายเทพาหะประจุดังกล่าวจะเป็นการถ่ายเทของพาหะประจุข้างมาก และไม่ทำให้เกิดบริเวณปลอดพาหะ ผิวลัสมผัสดังกล่าวจะมีคุณสมบัติเป็นแบบโอห์มิก

$$\text{กรณี } \phi_m > \phi_s$$

ในกรณีนี้ โลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นสัมผัสกัน การถ่ายเทของอิเล็กตรอนจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นไปยังโลหะจะทำให้เกิดสภาพประจุไฟฟ้าบวกจากอออนผู้ให้ (donor ion) ในเนื้อสารกึ่งตัวนำที่ผิวลัสมผัสเกิดเป็นบริเวณปลอดพาหะ และเกิดชั้นบางๆ ของประจุไฟฟ้าลบในเนื้อของโลหะ ดังรูป 3.5 ซึ่งจะมีกำแพงศักย์คอยกั้นการฉีดและการแพร่ซึมของอิเล็กตรอนจากโลหะไปยังแถบพลังงานคอนดักชัน และจากแถบพลังงานคอนดักชันไปยังโลหะตามลำดับ



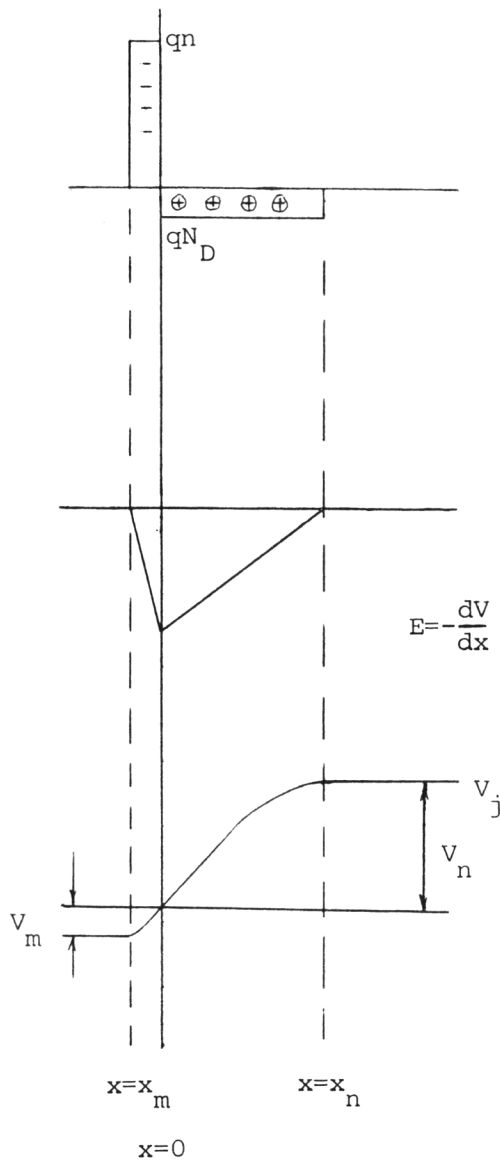
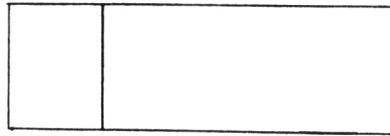
รูป 3.5 ก) แถบพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่ $\phi_m > \phi_s$

ข) แถบพลังงานของผิวลัสมผัสแบบ ช็อตคัท

จะเห็นได้ว่าผิวลัสมผัสที่มีคุณสมบัติ เป็นหัวต่อแบบช็อตคัทแบบ เรียร์นั้น จะเป็นผิวลัสมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำชนิดพี เมื่อ $\phi_m < \phi_s$ หรือระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่ $\phi_m > \phi_s$

ความกว้างบริเวณปลอดพาหะของหัวต่อซีดกีแบเรียร์

โลหะ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น



ก).

ข).

ค).

รูป 3.6 ก) ประจุในบริเวณปลอดพาหะ⁽⁴⁾

ข) สนามไฟฟ้า

ค) ศักย์ไฟฟ้า

รูป 3.6 แสดงผิวสัมผัสที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเมื่อ $\phi_m > \phi_s$ ทำให้เกิดบริเวณปลอดพาหะขึ้น บริเวณดังกล่าวจะไม่มีพาหะประจุเนื่องจากพาหะประจุจะถูกสนามไฟฟ้าที่หัวต่อกวาดออกจากบริเวณนี้ ดังนั้นประจุภายในบริเวณปลอดพาหะจะเกิดจากประจุลบในโลหะและประจุบวกของอ็อกไซด์ผู้ให้ ซึ่งทำให้เกิดสนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า ดังรูป 3.6 ข) และ ค) ตามลำดับ

ความกว้างของบริเวณปลอดพาหะสามารถหาได้จากการแก้สมการ Poisson โดยคำนึงถึงเงื่อนไขขอบเขตที่บริเวณหัวต่อ ในบริเวณปลอดพาหะที่กินเข้าไปในเนื้อสารของสารกึ่งตัวนำ สมการ Poisson จะเขียนได้เป็น

$$\frac{d^2v}{dx^2} = -\frac{qN_D}{\epsilon} \quad (3.1)$$

เมื่อ N_D เป็นความเข้มข้นของอ็อกไซด์ผู้ให้

ϵ เป็นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของสารกึ่งตัวนำ

q เป็นค่าประจุไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์

จากการอินทิเกรตสมการ 3.1 สองครั้งจะได้ศักย์ไฟฟ้า $V(x)$

$$V(x) = V_j - \frac{qN_D(x^2 - 2xx_n)}{2\epsilon} \quad (3.2)$$

เมื่อ V_j คือศักย์ไฟฟ้าที่ $x = 0$

ที่ $x = x_n$, $V - V_j = V_n$

$$\text{ดังนั้น} \quad x_n^2 = \frac{2\epsilon V_n}{qN_D} \quad (3.3)$$

ในทำนองเดียวกันจากการแก้สมการ Poisson ในบริเวณปลอดพาหะที่กินเข้าไปในเนื้อโลหะ จะได้

$$x_m^2 = \frac{2\epsilon V_m}{qn} \quad (3.4)$$

เมื่อ n คือความเข้มข้นของอิเล็กตรอนที่ผิวโลหะบริเวณผิวสัมผัส

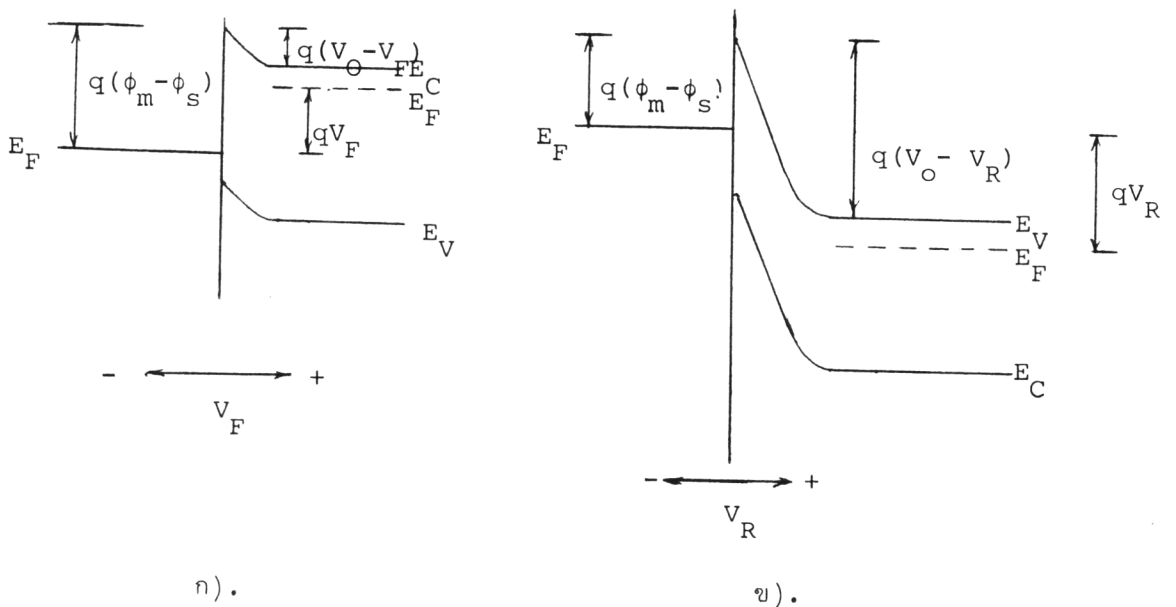
เนื่องจากอิเล็กตรอนในโลหะบริเวณผิวสัมผัสจะเรียงรายเป็นชั้นบางมากๆ ดังนั้น x_m มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ x_n นั่นคือความกว้างของเขตปลอดพาหะจะเท่า x_n

$$W = x_n = \sqrt{\frac{2\epsilon V_n}{qN_D}} \tag{3.5}$$

ค่า V_n แสดงถึงความแตกต่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าในเนื้อสารกึ่งตัวนำที่อยู่ห่างจากหัวต่อ กับศักย์ไฟฟ้าที่ผิวสัมผัส ความแตกต่างดังกล่าวจะประกอบด้วยแรงดันไบอัสจากภายนอก (V_a) และ กำแพงศักย์ของหัวต่อ V_o ดังนั้น

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon (V_o + V_a)}{qN_D}} \tag{3.6}$$

จากสมการ 3.6 เมื่อหัวต่อถูกไบอัสตามด้วยแรงดัน V_F แลพบพลังงานของสารกึ่งตัวนำจะ ถูกยกให้สูงเพิ่มขึ้น qV_F ทำให้กำแพงศักย์ V_o ลดลง ผลก็คือ อิเล็กตรอนในแถบพลังงานคอนดักชัน ของ สารกึ่งตัวนำแพร่ซึมข้ามบริเวณปลอดพาหะเข้าไปในโลหะได้ง่ายขึ้น ทำให้กระแสผ่านได้ดีดัง รูป 3.7 ก) ในทางตรงกันข้ามเมื่อหัวต่อถูกไบอัสย้อนด้วยค่า V_R การแพร่ซึมของอิเล็กตรอนจาก สารกึ่งตัวนำเข้าไปในโลหะจะยากขึ้น ดังรูป 3.7 ข)

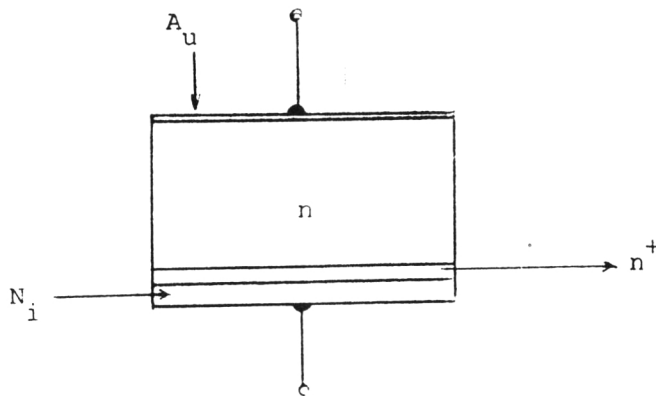


รูป 3.7 ก) ผลการไบอัสตาม
ข) ผลการไบอัสย้อน

3.2 การผลิตหัววัดรังสีแบบซีดทีแสบ เรียร์

หัววัดรังสีแบบซีดทีแสบ เรียร์ที่ประกอบเข้ากับเครื่องวัดกาซเรดอน ผลิตขึ้นจากการฉาบโลหะทองลงบนแว่นผลึกซิลิกอนชนิดเอ็น ส่วนด้านล่างของแว่นผลึกจะทำเป็นผิวสัมผัสแบบโอห์มิกโดยการสร้างชั้น n^+ ด้วยการเติมฟอสฟอรัสและซุบนิเกิลสำหรับแว่นผลึกซิลิกอนชนิดเอ็นที่ใช้มีความต้านทานจำเพาะ 3500 โอห์ม-เซนติเมตร ทหนา 280 ไมครอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ผิวด้านหน้าเป็นชนิดซีดมัน ส่วนด้านหลังเป็นชนิดผิวขัดหยาบ รายละเอียดของกระบวนการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ทำ final cleaning โดยต้มใน Trichloroethylene (เดือด) 5 นาที Acetone (เดือด) 5 นาที น้ำปลอดอื้ออน (เดือด) 5 นาที กรดไนตริก (เดือด) 10 นาที น้ำปลอดอื้ออน (เดือด) 5 นาที ล้างด้วย HF 10 % 2 นาที ต้มในน้ำปลอดอื้ออน (เดือด) 10 นาที เป่าแห้งด้วยกาซไนโตรเจน
- 2) ทำชั้นออกไซด์บนแว่นผลึกซิลิกอนที่มีอุณหภูมิ 850°C ด้วยกระบวนการ wet oxidation อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง 30 นาที ได้ชั้นออกไซด์หนา 0.4 ไมครอน กัดชั้นออกไซด์ด้านหลังออกด้วย Buffer HF
- 3) ทำชั้น n^+ ด้านหลังของแว่นผลึกที่อุณหภูมิ 850°C ด้วยแหล่งกำเนิดสารเจือ $POCl_3$ เป็นเวลา 20 นาที ได้ความหนาชั้น n^+ 0.1 ไมครอน
- 4) กัดออกไซด์เฉพาะด้านที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเติมสารเจือออกด้วย Buffer HF
- 5) ซุบนิเกิลแบบไร้ไฟฟ้าที่ด้านหลังของแว่นผลึก โดยใช้น้ำยาซึ่งมีส่วนผสมของน้ำ 500 CC ดังนี้ $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ 38 กรัม, $(NH_4)_2HC_6H_2O_7$ 65 กรัม, $NaH_2PO_2 \cdot H_2O$ 10 กรัม, NH_4Cl 50 กรัม เติม NH_4OH จนได้ค่า $pH = 9$ ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 10 นาที
- 6) กัดชั้นออกไซด์ด้านหน้าออกด้วย Buffer HF
- 7) ฉาบทองหนา 400 อังสตรอม บนด้านหน้าของแว่นผลึก
- 8) ตัดแว่นผลึกออกเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 1.5 ซม. x 1.5 ซม.
- 9) บรรจุชั้นสารซิลิกอนซึ่งผลิตขึ้นลงในฐานประกอบที่ทำจากซุบเปอร์โนลอน

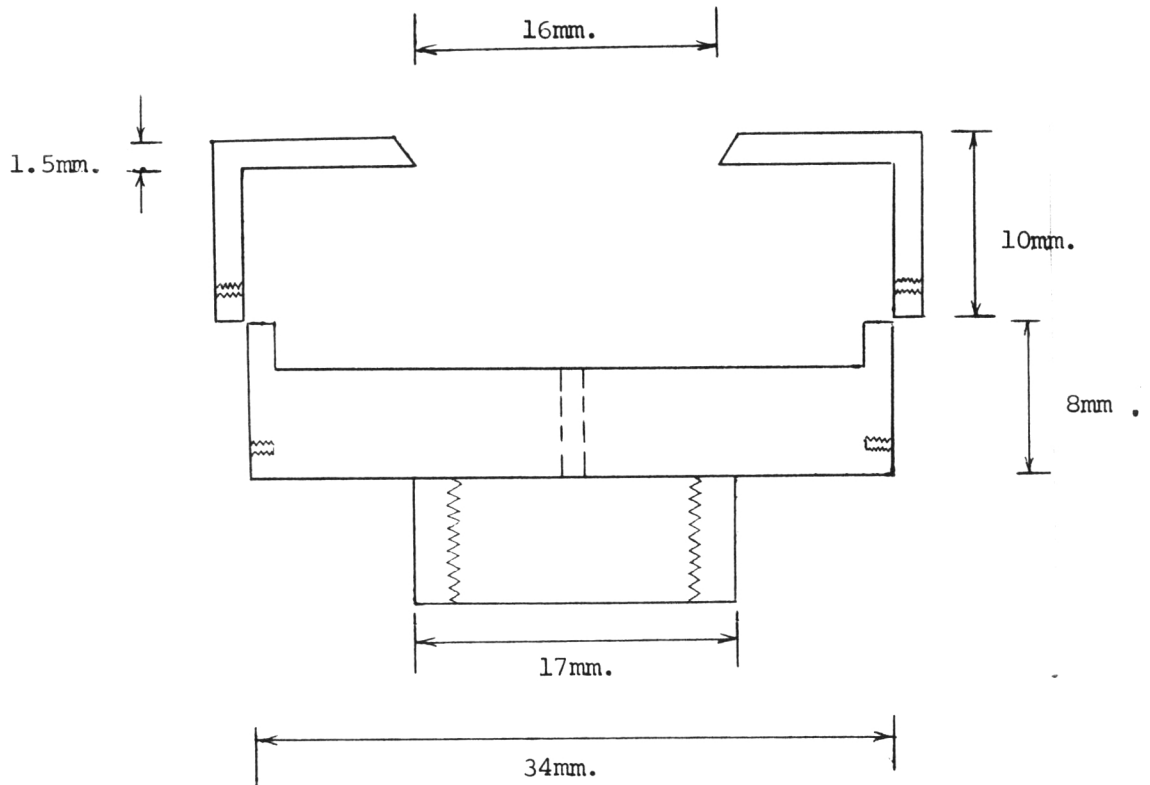


รูป 3.8 โครงสร้างของหัววัดรังสีชนิดกึ่งแบเรียร์ที่ผลิตขึ้น

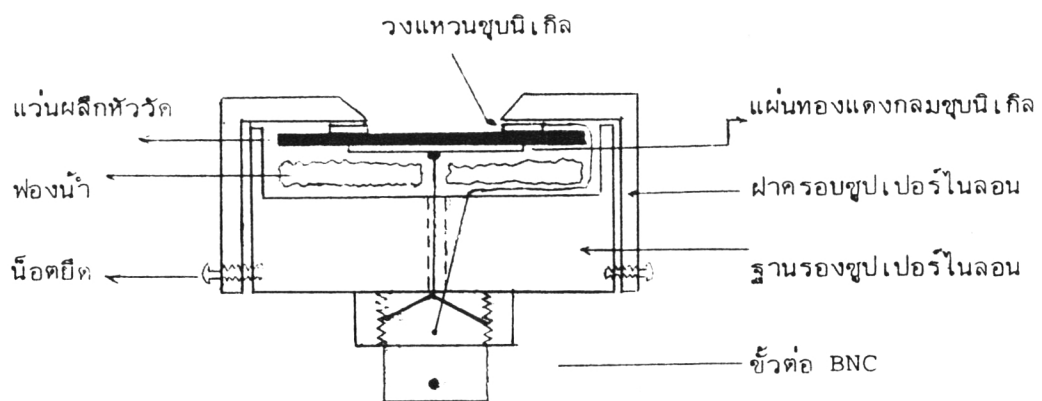
3.3 ฐานประกอบของหัววัด

เพื่อให้สะดวกแก่การใช้งานเมื่อต้องการถอดเปลี่ยนหัววัดโดยไม่ต้องบัดกรีเชื่อมสาย และสะดวกสำหรับการบำรุงรักษา จึงต้องสร้างฐานประกอบเพื่อใช้บรรจุหัววัดรังสี ฐานประกอบนี้กึ่งจากซูปเปอร์ไนลอนซึ่งมีอยู่ 2 ส่วน ดังรูป 3.9 ส่วนแรกเป็นส่วนฐานรอง, ด้านบนกึ่งเป็นแอ่ง ด้านล่างกึ่งเป็นบ่าและเจาะเกลียว ทะลุด้านบนด้วยรูเล็กๆ ส่วนที่สองเป็นฝาครอบทำเป็นหมวก ซึ่งตรงกลางเจาะเป็นหน้าต่างเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม.

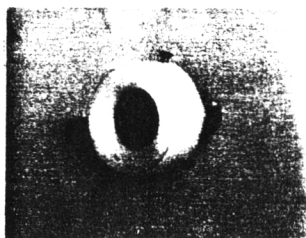
การบรรจุหัววัดรังสีลงในฐานประกอบจะเป็นดังรูป 3.10 ซึ่งแวนผลึกจะวางอยู่ระหว่างแผ่นวงแหวนซูปนิเกิล และแผ่นทองแดงซูปนิเกิล โดยมีแผ่นฟองน้ำรองรับกันการกระแทกและเป็นฉนวนกันไม่ให้เกิดการสั่นไหว แผ่นทองแดงซูปนิเกิลจะเชื่อมต่อเข้ากับขั้วสัญญาณของ BNC ส่วนแผ่นวงแหวนจะเชื่อมกับสายกราวด์ของ BNC ฝาด้านบนจะใช้ครอบและยึดด้วยน็อตด้านข้าง เมื่อหัววัดบรรจุลงในฐานประกอบก็พร้อมที่จะใช้งานดังแสดงในรูป 3.11



รูป 3.9 แบบกลึงฐานประกอบชุดเปอร์ไนลอน



รูป 3.10 โครงสร้างของฐานประกอบ



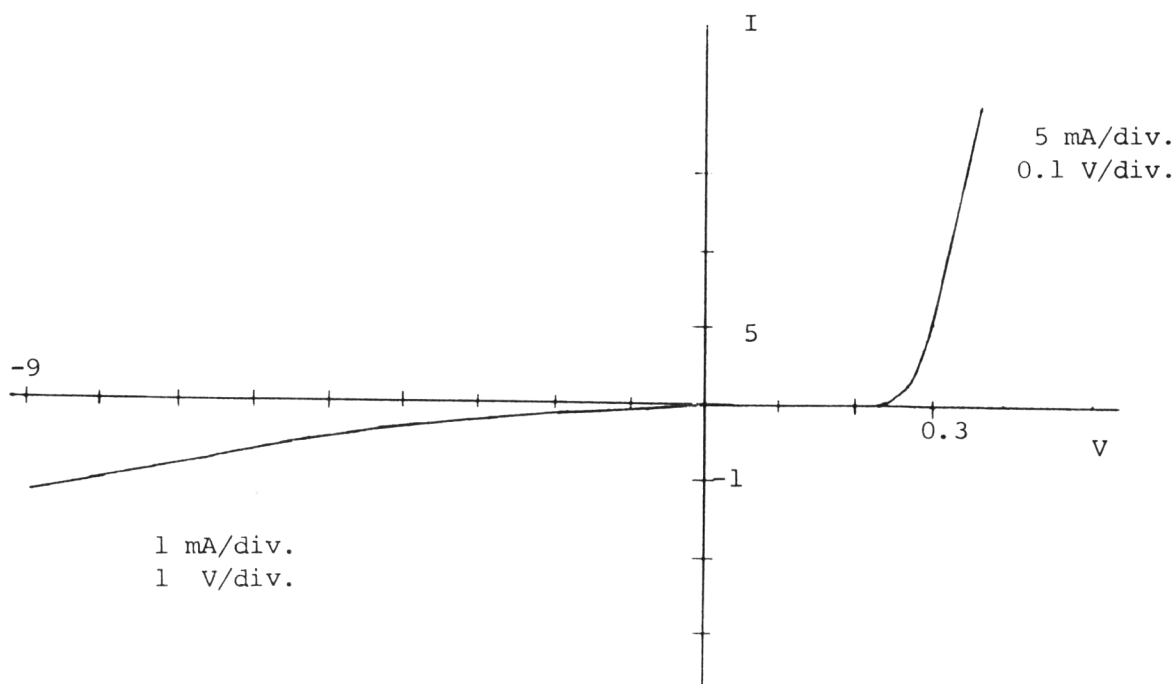
รูป 3.11 รูปหัววัดรังสีแอลฟาซึ่งพร้อมที่จะใช้งาน

3.4 คุณสมบัติของหัววัดรังสีแบบซีออตกีแบเรียร์

3.4.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัววัดได้แก่ ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน (I-V characteristic) และความจุของหัวต่อ (Junction Capacitance)

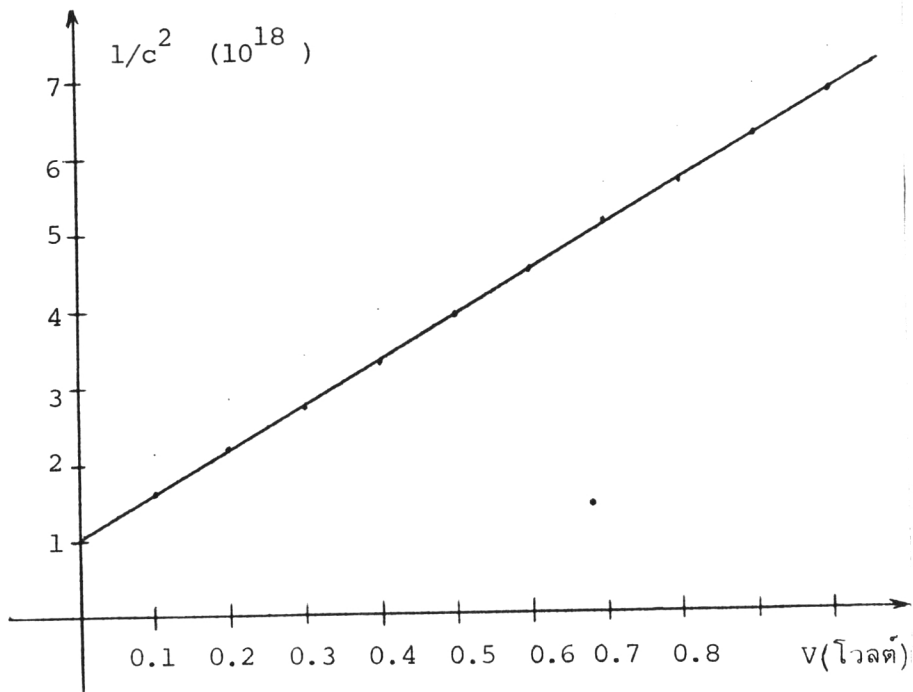
ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน เราสามารถหาเส้นกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันได้โดยใช้ curve tracer ทำการทดสอบในที่มืดเพื่อไม่ให้มีผลกระทบจากแสง ซึ่งจะได้รูป 3.12



รูป 3.12 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของหัววัดแบบซีออตกีแบเรียร์

จากเส้นกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันที่วัดได้ พบว่าค่า cut-in voltage มีค่าประมาณ 0.28 โวลต์ ส่วนกราฟทางค่านไบฮัสเซียนที่ 9 โวลต์ มีค่ากระแสรั่วไหลประมาณ 1.2 มิลลิแอมป์ ซึ่งยังมีค่าสูงอยู่ ทำให้เกิด noise จากกระแสรั่วไหลขึ้น แต่อย่างไรก็ตามหัววัดนี้ก็ยังสามารถใช้ได้กับเครื่องวัดก๊าซเรดอน เพราะการใช้งานจะไม่มีการไบฮัสเซียนให้กับหัววัด

ลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้ากับแรงดัน สำหรับค่าความจุหัวต่อของหัววัดรังสีนี้สามารถหาได้โดยใช้ capacitance meter เมื่อหัววัดถูกไบฮัสเซียนมากขึ้นบริเวณหลอดพาหะจะมีขนาดกว้างขึ้น ทำให้ค่าความจุของหัววัดลดลง รูป 3.13 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไบฮัสเซียนกับค่า $\frac{1}{C^2}$

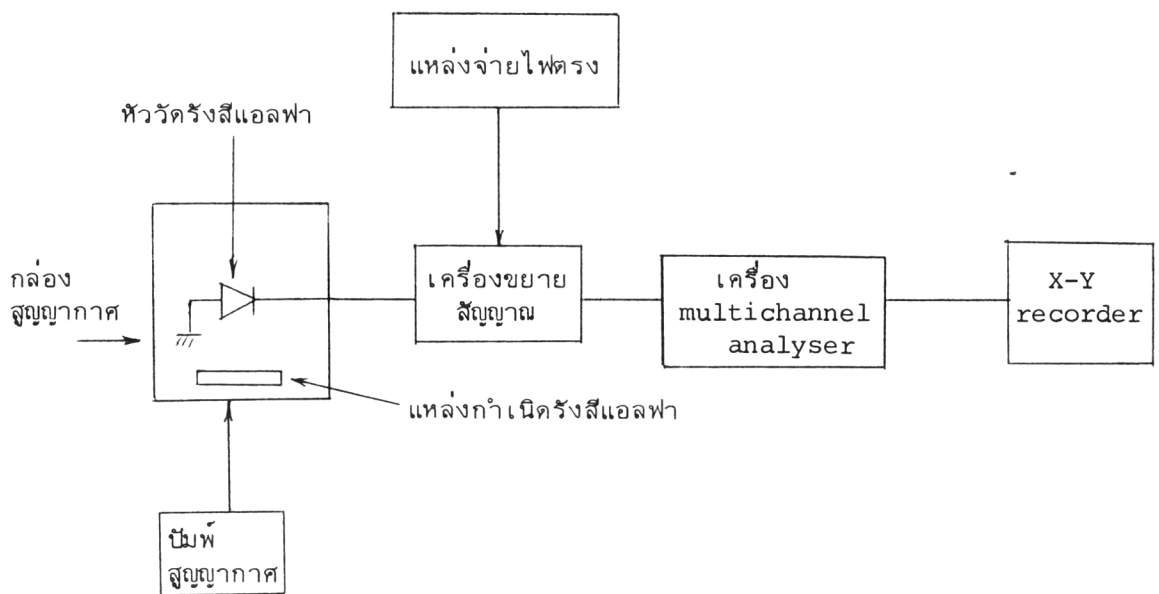


รูป 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{C^2}$ กับแรงดันไบฮัส

ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{C^2} - V$ เป็นเส้นตรงแสดงว่าผลที่ได้ตรงตามสมการ (3.6) ซึ่งแสดงถึงหัวต่อแบบชั้นบันได ส่วนความชันของเส้นตรงแสดงถึงข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มข้นของไอออนผู้ให้ และค่าตัดแกนของแรงดันแสดงถึงกำแพงศักย์ของหัวต่อ

3.4.2 ผลตอบสนองต่อรังสีแอลฟา

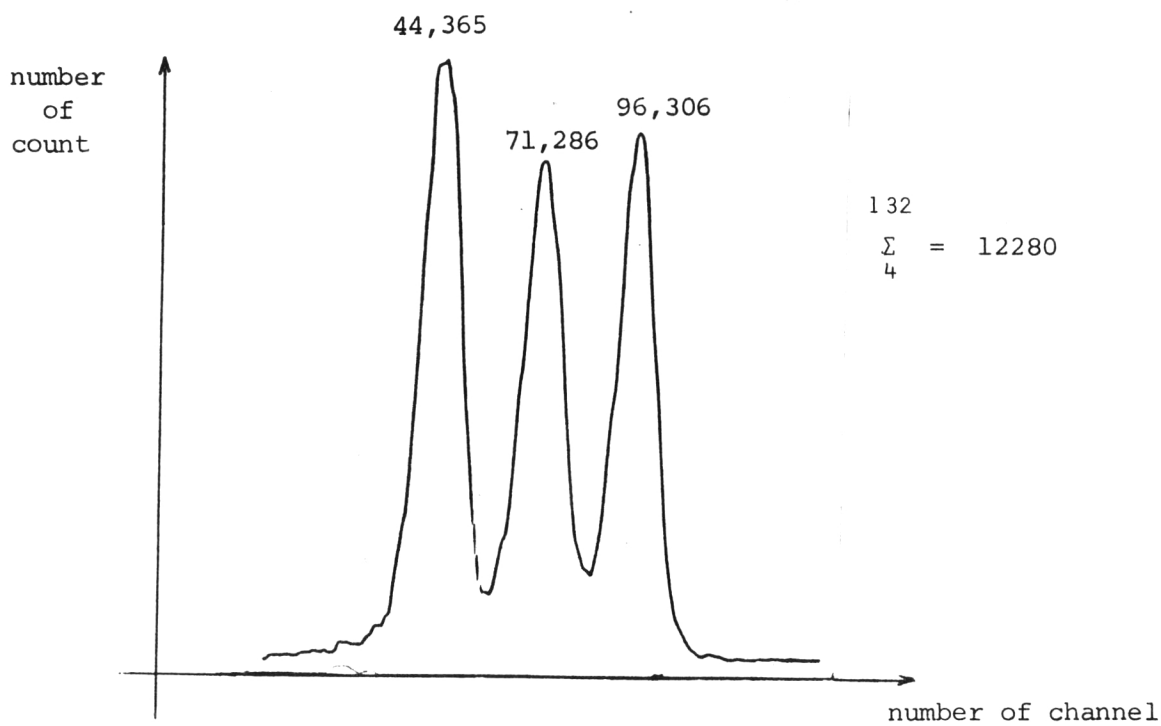
การทดสอบได้ใช้แหล่งกำเนิดรังสีสองชนิด คือ Americium 241 ซึ่งมีพลังงาน 5.476 MeV และ Mixed source ที่ประกอบด้วย Plutonium 239 Americium 241 และ Curium 244 ซึ่งให้รังสีแอลฟาพลังงาน 5.157, 5.476 และ 5.808 MeV ตามลำดับ วางห่างจากหัววัดรังสีแอลฟา 2.5 เซนติเมตร โดยไม่มีการไบอัส ผลตอบสนองต่อรังสีจะแสดงที่จอเครื่อง Multichannel Analyser และมีการบันทึกผลตอบสนองด้วยเครื่อง X-Y recorder การทดสอบได้แสดงในรูป 3.14



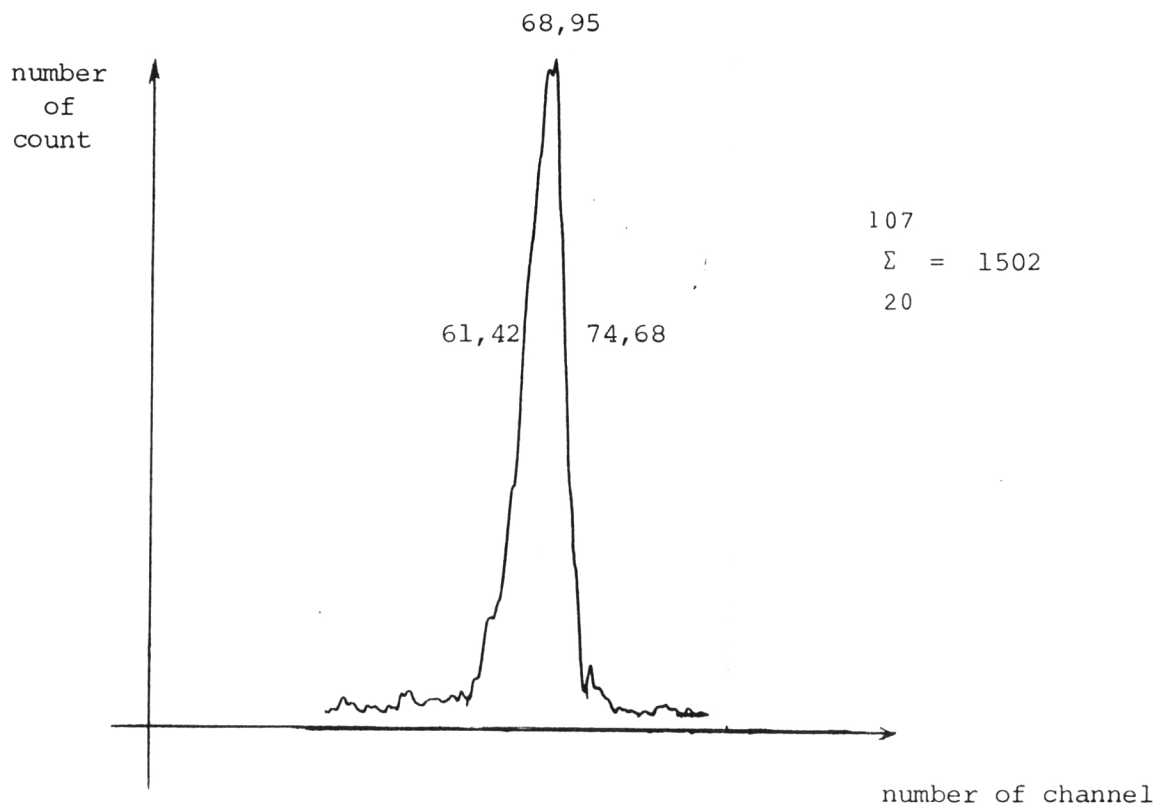
รูป 3.14 แผนภาพแสดงการทดสอบผลตอบสนองต่อรังสีแอลฟา

การที่หัววัดและแหล่งกำเนิดรังสีวางในห้องสุญญากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคแอลฟาจากแหล่งกำเนิดถูกกลดทอน ผลการบันทึกกราฟจะได้ รูป 3.15 และ 3.16

จากผลตอบสนองต่อรังสีแอลฟาทั้ง 2 รูป แสดงถึงความสามารถในการแยกพลังงานของหัววัดได้ด้วยค่า Full width at half maximum (FWHM) ซึ่งเป็นผลต่างของพลังงาน ณ ตำแหน่งครึ่งหนึ่งของความสูงของกราฟรูป 3.16 หัววัดรังสีที่มีความสามารถแยกพลังงานได้ดีนั้นจะมีค่า FWHM ต่ำ คือ รูปกราฟจะแคบ



รูป 3.15 ผลตอบสนองต่อรังสีแอลฟา โดยใช้ Mixed Source



รูป 3.16 ผลตอบสนองต่อรังสีแอลฟาโดยใช้ Americium 241

เนื่องจากพลังงานของอนุภาคของ แหล่งกำเนิด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวน channel จากกราฟรูป 3.15 พบว่าผลต่างของพลังงานจาก channel 44 ถึง channel 71 = 5.476 - 5.157 MeV ดังนั้นค่าพลังงานใน 1 channel = $(5.157 - 5.476)/(44 - 71) = 0.012$ MeV ในทำนองเดียวกันจาก channel 71 ถึง 96 ค่าพลังงานใน 1 channel = $(5.476 - 5.808)/(71 - 96) = 0.013$ MeV ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าพลังงานทั้งสอง = 0.0125 MeV เมื่อหาช่วงพลังงานจาก channel 61 ถึง 74 ในกราฟรูป 3.16 จะเท่ากับ $0.0125 \times 13 = 0.1625$ MeV ดังนั้นค่า FWHM ของหัววัดรังสีนี้ = 162.5 keV

สำหรับประสิทธิภาพของการตรวจนับรังสี คำนวณได้จากจำนวนนับรังสีทั้งหมดของหัววัดต่อ ปริมาณรังสีที่ตกกระทบบหัววัด ซึ่งจำนวนนับรังสีทั้งหมดของหัววัดสามารถอ่านได้โดยตรงจากเครื่อง Multichannel Analyser ส่วนปริมาณรังสีที่ตกกระทบบหัววัดหาได้จากค่า Activity ของแหล่งกำเนิดคูณด้วย solid angle ที่ source ทำกับหัววัดในหน่วยขององศาหารด้วย 360 การที่ต้อง พิจารณา solid angle เพราะถือว่าแหล่งกำเนิดเป็น point source ดังนั้นลำของอนุภาคจาก แหล่งกำเนิดมายังหัววัดนั้นเป็นเพียงส่วนของ solid angle เท่านั้น จากการวัดดังกล่าวพบว่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสีมีค่าประมาณ 22%