หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

การตรวจวัดอนุภาคนิวเคลียร์โดยใช้ผลึกสารกึ่งตัวนำได้เริ่มมีมาตั้งแต่ปี 1945 Van Heerden[19] ได้นำผลึกของ silver chloride มาสร้างเป็นตัววัดรังสี และยังได้ทดลองใช้ผลึกชนิดอื่น ๆ ได้แก่ diamond, cadmium sulfide, silver bromide, thallium iodide sulfur, sodium chloride และ zinc sulfide

McKay[19] เป็นคนแรกที่นำผลึกสารกึ่งตัวนำชนิดหัวต่อพี-เอ็นมาใช้ตรวจวัดอนุภาคนิวเคลียร์ เขาได้อธิบายไว้ว่า หัวต่อพี-เอ็นในเยอรมาเนียม (Ge) สามารถใช้ตรวจวัดอนุภาคอัลฟ่าได้ โดยเวลาที่ใช้รวบรวมประจุ (charge collection time) และพลังงานเฉลี่ยที่สามารถทำให้เกิดคู่อิเลคตรอน-โฮลแต่ละคู่ในเยอรมาเนียมมีค่าไม่เกิน 3 eV ในปี 1955 Simon ได้ใช้สิ่งประดิษฐ์ประเภทซอตกี้แบเรียระหว่างทองและเยอรมาเนียมเป็นตัวตรวจวัดอนุภาคอัลฟ่า ต่อมา Mayer และ Gossick พบว่า ความสูงของพัลส์ (pulse height) จากตัววัดฯ แบบนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพลังงานของอนุภาคอัลฟ่า และความสามารถในการแยกพลังงาน (energy resolution) มีค่าประมาณ 12 เปอร์เซนต์สำหรับตัววัดฯ ที่มีพื้นที่รับรังสี 6 ตารางมิลลิเมตร[19]

จากนั้นได้มีกลุ่มบุคคลหลายกลุ่มให้ความสนใจในเรื่องนี้ และได้ปรับปรุงตัววัดรังสีแบบสารกึ่งตัวนำให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ในปี 1959 McKenzie และ Bromley[19] ชี้ให้เห็นประโยชน์ของตัววัดฯ แบบนี้สำหรับใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ และชี้ให้เห็นด้วยว่าตัววัดฯ ที่สร้างขึ้นจากผลึกซิลิกอนสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความร่วมมือและแลกเปลี่ยนความรู้ในระหว่างกลุ่มบุคคลต่าง ๆ จึงทำให้วิทยาการทางด้านนี้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว

ตัววัดรังสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการด้วยกัน อาทิเช่น ใช้ศึกษาคุณสมบัติของสารกัมมันตภาพรังสี ทางด้านการแพทย์ ทางด้านอวกาศ และทางด้านนิวเคลียร์ฟิสิกส์เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับตัววัดฯ แบบสารกึ่งตัวนำจะมีผลตอบสนอง (response) และความไว

(sensitivity) ต่อรังสีสูง กล่าวคือพลังงานเข้ามาน้อย ๆ และในช่วงเวลาสั้น ๆ ก็ยังสามารถตรวจวัดได้ นอกจากนี้ยังมีขนาดกระทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายไปไหนมาไหนได้สะดวก ในปัจจุบันตัววัดฯ แบบสารกึ่งตัวนำจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือ การสร้างตัววัดรังสีอัลฟ่าแบบสารกึ่งตัวนำชนิดหัวต่อพี-เอ็นขึ้นมาใช้งาน โดยออกแบบให้เหมาะสมกับเครื่องมือที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ การสร้างหัวต่อพี-เอ็นใช้วิธีการแพร่ซึมสารเจือปนชนิดเอ็นลงบนแว่นผลึกซิลิกอนชนิดพีโดยอาศัยขบวนการแบบทา (paint-on) สารเจือปนแว่นผลึกที่มีความต้านทานจำเพาะ 147 และ 7500 โอห์ม-เซนติเมตร โดยมีความหนา 280 และ 240 ไมครอนตามลำดับ สารเจือปนชนิดเอ็น คือฟอสฟอรัส ได้มาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นของเหลวซึ่งเป็นสารผสมระหว่าง P_2O_5 กับ $C_2H_6O_2$ (ethylene glycol) ในอัตราส่วน 2 มิลลิลิตรต่อ 10 มิลลิลิตรโดยปริมาตร อุณหภูมิที่ใช้ในการแพร่ซึมประมาณ 800 °C เหตุผลที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 1000 °C ก็เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิเข้าไปมีส่วนทำให้เวลาชีวิต (life time) ของพาหะข้างน้อยมีค่าลดต่ำลงมากนัก ซึ่งจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของตัววัดฯ ด้วย

หลังจากที่ผ่านกรรมวิธีการสร้างตัววัดฯ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปก็เป็นการนำตัววัดฯ ไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ในการทดสอบได้ออกแบบ package สำหรับตัววัดฯ เป็นสองลักษณะคือ package แบบฐาน TO-5 และแบบรูปทรงกระบอก ทั้งนี้เพื่อดูผลตอบสนองทางรังสีของตัววัดฯ ในกรณีที่ใช้ package ต่างกัน

การทดสอบแบ่งรายละเอียดออกเป็น 3 กรณีคือ ทดสอบทางกายภาพ ทดสอบทางไฟฟ้า และทดสอบทางรังสี แหล่งกำเนิดรังสีอัลฟ่าที่ใช้ทดสอบคืออเมอริเซียม (Am-241) และเรเดียม (Ra-226) ผลการทดสอบสามารถวิเคราะห์ได้ว่า

ตัววัดฯ ที่สร้างขึ้นจากแว่นผลึกที่มีความต้านทานจำเพาะ 147 โอห์ม-ซม. เหมาะสำหรับใช้เป็นตัวตรวจวัดรังสีอเมอริเซียม โดยให้ค่า Full Width at Half Maximum (FWHM) เท่ากับ 145 keV ที่แรงดันไบแอสย้อนที่เหมาะสมในการใช้งานคือ 20โวลต์ ค่าความจุของหัวต่อเท่ากับ 776 pF ต่อ ตร.ซม. ความกว้างของเขตปลอดพาหะเท่ากับ 12 ไมครอน และแรงดันพังทลายเท่ากับ 108 โวลต์

สำหรับตัววัดฯ ที่สร้างขึ้นจากแว่นผลึกที่มีความต้านทานจำเพาะ 7500 โอห์ม-ซม. เหมาะสำหรับใช้เป็นตัวตรวจวัดรังสีเรเดียม สามารถแยกพลังงานรังสีให้เห็นอย่างชัดเจน โดยมีค่าแรงดันไบแอสย้อนที่เหมาะสมในการใช้งาน 70 โวลต์ ค่าความจุของหัวต่อเท่ากับ 192 pF ต่อ ตร.ซม. ความกว้างของเขตปลอดพาหะเท่ากับ 48.5 ไมครอน และแรงดันพังทลายเท่ากับ 135 โวลต์

นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบตัววัดฯ ที่มี package ต่างกันด้วย จากผลการทดสอบปรากฏว่าตัววัดฯ ที่มี package แบบฐาน TO-5 จะให้ผลตอบสนองทางรังสีดีกว่า package แบบรูปทรงกระบอก ทั้งนี้เนื่องจากมีกระแสบางส่วนไหลสู่ package รูปทรงกระบอกได้ มีผลทำให้กระแสย้อนกลับมีค่าสูงขึ้น และแรงดันพังทลายมีค่าต่ำลง จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงกรรมวิธีการสร้าง package แบบรูปทรงกระบอกให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อให้ตัววัดฯ มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น