ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ
ระบบนับอนุภาคนิวเคลียร์
(Nuclear Counting Systems)

สารบัญ

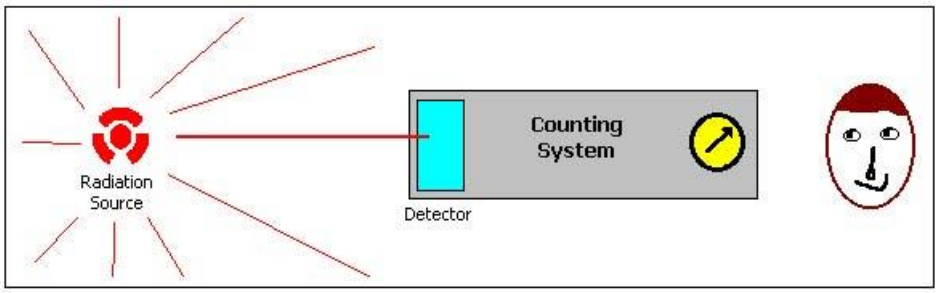
	หน้า
บทนำ	3
คุณสมบัติของรังสี	3
หัววัดรังสี	5
Single Channel Analyzer (SCA) System	8
Multi Channel Analyzer (MCA) System	12
สมรรถนะของระบบ MCA	15
การใช้งานโปรแกรมจำลอง SCA-MCA	17

บทนำ

ระบบ Nuclear counting จะมีการวัดรังสีซึ่งถูกแปลงเป็นสัญญาณทางนิวเคลียร์โดยจะแยกแยะพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และสามารถจัดชนิดของเครื่องวัดได้ดังนี้

- อุปกรณ์วิเคราะห์แบบช่องเดี่ยว หรือ single channel analyzer (SCA)
- อุปกรณ์วิเคราะแบบหลายช่อง หรือ multi channel analyzer (MCA) systems

การกล่าวรวมอย่างสั้นจะอธิบายแนวคิดพื้นฐานของระบบ SCA และ MCA โดยจะไม่กล่าวถึงความซับซ้อนทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การอธิบายจะรวมถึงคุณสมบัติของรังสีนิวเคลียร์และคุณลักษณะของหัววัดนิวเคลียร์รวมทั้งการทำงานของแต่ละส่วนของการทำงานใน SCA และระบบ MCA



ภาพแสดงการวัดรังสี *Ref.

แหล่งกำเนิดรังสีปล่อยรังสีรังสีทุกทิศทาง หัววัดรังสีจะตรวจจับเพียงบางส่วน ของรังสีทั้งหมด การดูดซับรังสีที่หัววัดรังสีที่ตรวจจับแต่ละส่วนจะถูกแปลงเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์และสัญญาณเหล่านั้นจะถูกประมวลผลและสุดท้ายจะแสดงเป็นข้อมูลที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

คุณสมบัติของรังสี

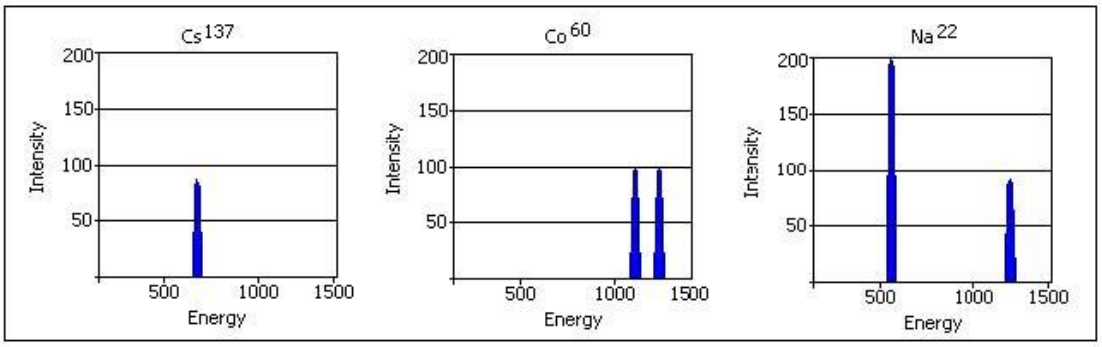
มีคำที่เกี่ยวข้องกับรังสีซึ่งก็คือ ความเข้ม (Intensity) และพลังงาน (Energy) โดยความเข้ม คือจำนวนของรังสีที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่อหน่วยเวลาและถูกดูดกลืนโดยหัววัดรังสี ความเข้มของรังสีขึ้นอยู่กับ activity (ในหน่วย Currie หรือ Becquerel) ของแหล่งกำเนิดรังสี โดยจากตัวอย่างเช่นแหล่งกำเนิดรังสีที่มี activity 100 Becquerel หมายถึงปลดปล่อยรังสีออกมาประมาณ 100 ครั้งต่อวินาที โดยความเข้มของรังสีที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยของเวลาจะเป็นแบบสุ่มไม่แน่นอนตามการกระจายแบบ Gaussian หรือ Normal ดังนั้นหากมีการวัดความเข้มของรังสีซ้ำโดยมีเงื่อนไขเดียวกันก็จะไม่ได้ผลการวัดที่เหมือนกันเพราะจะมีความผันผวนของค่าที่

วัดได้ การจำแนกกลุ่มของพลังงานที่ใช้ในการอธิบายความแรงของรังสีที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดรังสี พลังงานของรังสีคือลักษณะเฉพาะของต้นกำเนิดรังสี ตัวอย่างเช่น Cs^{137} ปลดปล่อยรังสีที่พลังงาน 662 keV ดังนั้น Cs^{137} ที่มี activity เท่ากับ100 Bq จะปลดปล่อย 100 ครั้งของการแผ่รังสีต่อวินาทีและการแผ่แต่ละครั้งจะมี source strength คือ 662 keV (1 keV = $1,6\ 10^{-13}$ Joule).

ในตารางต่อไปนี้เป็นรายการพลังงานรังสีของแต่ละไอโซโทป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบางไอโซโทประดับพลังงานที่ปลดปล่อยออกมามากว่าระดับพลังงานที่มี Intensity ที่แตกต่างกัน

ไอโซโทป	พลังงาน (keV)	Relative Intensity (%)
Cs_{137}	662	85
Co_{60}	1173 1332	99 , 100
Ba_{133}	81 ,276, 302 ,356 383	34, 7, 18 ,62, 8.9
Na_{22}	511 ,1274	200 ,95

ภาพแสดงการกระจายของพลังงานของรังสีที่ปล่อยออกมาจากไอโซโทป *Ref.

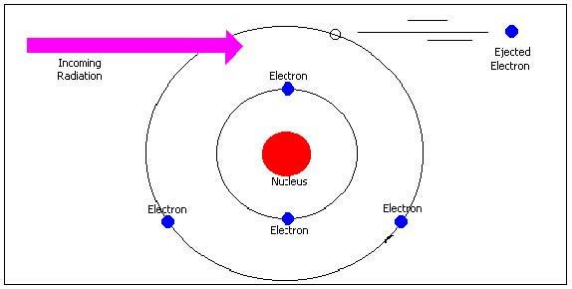


ภาพแสดงการกระจายพลังงานของรังสีที่ปล่อยออกมา *Ref.

หัววัดรังสี

เนื่องจากอนุภาคนิวเคลียร์ที่ต้องการวัด มีสภาวะทางฟิสิกส์ที่แฝงรูปของปริมาณพลังงานจลน์ ($E= MC^2$, $E= h\nu$, $E=KT$) ในหน่วยของอิเล็กตรอนโวลท์(ev)และยังมีคุณสมบัติประจำตัวในการทำอันตรกิริยาต่อตัวกลางที่แตกต่างกันไป ส่วนระบบวัดทางนิวเคลียร์นั้นเป็นระบบของอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งกระบวนการทำงานของระบบเป็นการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณทางไฟฟ้าเท่านั้น ดังนั้นวิถีทางที่จะวัดอนุภาคนิวเคลียร์จึงต้องอาศัยหลักสำคัญในการเปลี่ยนแปลงรูปของปริมาณพลังงาน ให้มาอยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้าด้วยหัววัดรังสี ชนิดต่าง ๆอันได้แก่ หัววัดบรรจุก๊าซ หัววัดซินทิลเลชั่น หัววัดกึ่งตัวนำ เป็นต้น หัววัดรังสีแต่ละชนิดมีกลไกในการรับอันตรกิริยาจาอนุภาคนิวเคลียร์ในลักษณะต่าง ๆกัน ขึ้นกับตัวกลางที่ใช้สร้างหัววัด ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมและประสิทธิภาพในการวัดอนุภาคนิวเคลียร์นั้น ๆแต่ไม่ว่าจะเป็นหัววัดรังสีชนิดใดก็ตามโดยหลักการทำงานแล้วเป็นกระบวนการของการเปลี่ยนรูปของพลังงานมาเป็นปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งสิ้น (Energy to charge conversion process) ประจุไฟฟ้าในที่นี้คือประจุไฟฟ้าของปริมาณอิเล็กทรอน (Q)ที่เกิดในสภาวะของการแตกตัวเป็นคู่ของไอออน ในหัววัดบรรจุก๊าซหรือคู่ของโฮลและอิเล็กตรอนในสภาวะ Excited state ของหัววัดกึ่งตัวนำ

การอธิบายในแง่ของการตรวจนับรังสีคือส่วน Front End ของระบบนับรังสีที่ตรวจจับโดยหัววัดรังสีซึ่งจะแปลงการรับรังสีเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าหรือพัลซ์ โดยทางอุดมคติแล้วหัววัดรังสีควรแปลงรังสีเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าทุกครั้งที่ตรวจจับรังสีแต่ในทางปฏิบัติอาจไม่เป็นไปตามอุดมคติโดยจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการรับรังสีที่ตรวจจับกับจำนวนพัลซ์ทางไฟฟ้าที่เกิดจากการสร้างขึ้นของหัววัดรังสีซึ่งหัววัดรังสีอาจมีประสิทธิภาพถึง 50 %แต่บางชนิดอาจน้อยกว่า 10 % อัตตรกิริยาที่น่าจะที่เกิดขึ้นมากที่สุดในเครื่องตรวจจับเป็นกระบวนการ ionization ในขั้นตอนนี้วัสดุดูดซับพลังงานรังสีแล้วจะมีอิเล็กตรอนบางตัวหลุดออกมาจากวงโคจร

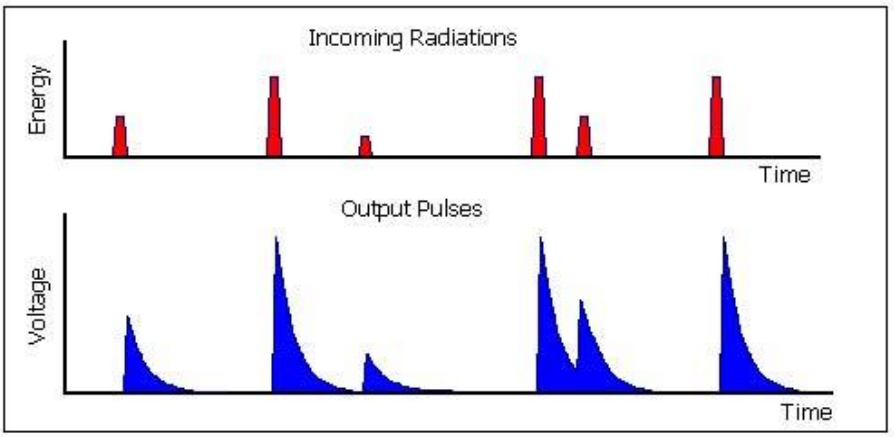


รูปแสดงกระบวนการ ionization *Ref.

จำนวนอิเล็กตรอนที่พุ่งออกมาจากวงโคจรของพวกเขาขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีที่เข้ามา พลังงานรังสีที่มากขึ้นจะปลดปล่อยาอิเล็กตรอนกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ เพื่อผลิตเป็นพัลส์ไฟฟ้าที่อิเล็กตรอนอิสระ (ประจุไฟฟ้า) จะต้องถูกจับและจัดเก็บไว้ในตัวเก็บประจุ

$$V = \frac{Q}{C}$$

แรงดันเอาท์พุท V ของพัลซ์มีค่าเท่ากับจำนวนของอิเล็กตรอนที่เก็บไว้(หรือQ) หารด้วยความจุ C ของหัววัดรังสี จากสูตรนั้นจะเห็นได้ว่าสูงของพัลซ์มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับพลังงานรังสี



รูปแสดง output ของพัลซ์ที่ออกจากหัววัดรังสีและผ่านกระบวนการปรับแต่งสัญญาณ *Ref.

รูปร่างของพัลส์ออกจากหัววัดรังสีเป็นเอ็กโปเนนเชียลเนื่องจากการคายประจุจากการเก็บประจุ ความสูงของพัลส์เป็นสัดส่วนกับพลังงานรังสีและในทางอุดมคติแต่ละรังสีที่เข้ามาจะผลิตพัลส์ไฟฟ้า บางครั้งมันจะเกิดอะไรขึ้นที่การแผ่รังสีติดต่อกันมาใกล้เกินไป (เนื่องจากการสุ่มในช่วงของเวลานั้น) ดังนั้นพัลซ์ที่สองจะเริ่มที่ส่วนหางของพัลซ์แรก (ซ้อนกันขึ้นไป)

หัววัดรังสีมี 3 ประเภทที่ใช้บ่อยที่สุด, หัววัดรังสีแบบก๊าซ หัววัดรังสีแบบซินทิเลเตอร์และหัววัดรังสีแบบเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งแต่ละประเภทก็จะมีลักษณะการใช้งานแตกต่างกันไปเช่น การสร้างเครื่องตรวจจับก๊าซจะใช้ในงานทั่วไปและทนทาน หัววัดรังสีแบบซินทิเลชั่นจะมีประสิทธิภาพสูงมากและหัววัดรังสีแบบเซมิคอนดักเตอร์มีความละเอียดสูงมาก

การจัดระบบวัดด้วยอุปกรณ์นิวเคลียร์

การจัดระบบวัดนิวเคลียร์ได้เป็นระบบต่าง ๆนั้นขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้วัดต้นกำเนิดรังสี และผลของข้อมูลที่ต้องการ แต่โดยทั่วไปแล้วหลักของการจัดระบบวัดแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ใหญ่คือ

2.2.1 การจัดระบบนับอนุภาค

ใช้วัดความแรงรังสีประกอบด้วย หัววัดรังสีและแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าแรงสูง ส่วนขยายสัญญาณพัลส์ส่วนตัดสัญญาณรบกวน ส่วนบันทึกผลการนับและแสดงผลในหน่วยจำนวนนับต่อหน่วยเวลาหรือค่าเฉพาะCPM หรือ CPS

2.2.2 การจัดระบบวิเคราะห์ระดับพลังงาน

ใช้ในงานวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพ ประกอบด้วยหัววัดรังสีและแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าแรงสูง ส่วนขยายสัญญาณ อุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลส์ อุปกรณ์นับและแสดงผลข้อมูล ผลของการวิเคราะห์พลังงานจะแสดงในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับที่เปลี่ยนไปเทียบกับระดับพลังงานค่าต่าง ๆหรือสเปคตรัม

ระบบวัดนิวเคลียร์จะมีหลักการทำงานดังนี้

1. อุปกรณ์วัดส่วนหน้าซึ่งประกอบด้วยหัววัดรังสีเช่นแบบเรืองรังสี(Scintillation) เมื่อหัววัดรังสีได้รับ ไบอัสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงที่เหมาะสมจะเกิดกระบวนการวัดรังสีที่ตกกระทบหัววัดรังสีโดยรังสีจะทำอันตรกิริยากับผลึกเรืองรังสี (Scintillator) เกิดประกายแสงที่มีความสว่างเป็นสัดส่วนกับพลังงานของรังสี ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณอิเล็กตรอน และได้รับการทวีปริมาณอิเล็กตรอนด้วยหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์(PMT) เกิดเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความสูงเป็นสัดส่วนกับระดับพลังงานของรังสีที่ส่งไปวัดปริมาณรังสีในระบบวัดรังสี
2. ระบบวัดปริมาณรังสี จะทำหน้าที่รับสัญญาณพัลส์จากอุปกรณ์วัดส่วนหน้ามาขยายให้ได้สัญญาณที่มีอัตราส่วนของสัญญาณพัลส์สูงกว่าสัญญาณรบกวน (S/N) ด้วยการขยายพร้อมแต่งรูปสัญญาณในวงจรขยายสัญญาณพัลส์ สัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความสูงของพัลส์เป็นสัดส่วนกับระดับพลังงานจะได้รับการวิเคราะห์พลังงานด้วยวงจรวิเคราะห์ความสูงของพัลส์ซึ่งตั้งค่าศักดาไฟฟ้าอ้างอิงของช่องวิเคราะห์พลังงานไว้เฉพาะค่าที่ต้องการสัญญาณลอจิกที่ผ่านออกมาจากช่องวิเคราะห์พลังงานจะถูกนับอัตราพัลส์ด้วยวงจรเรตมิเตอร์

อุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลซ์

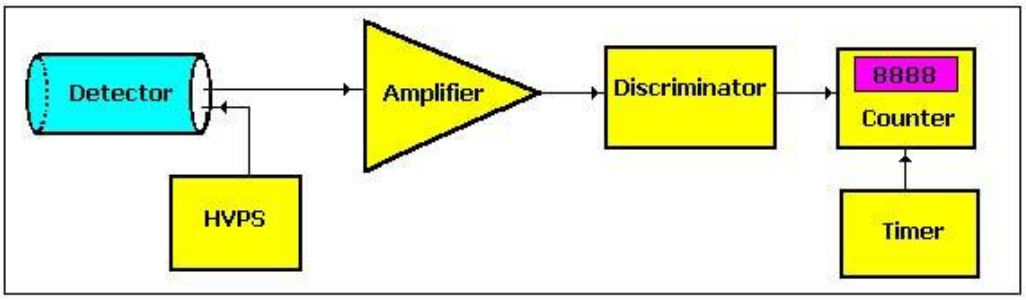
อุปกรณ์นิวเคลียร์ซึ่งทำหน้าที่วิเคราะห์ระดับพลังงานของอนุภาคนิวเคลียร์ ในรูปของการวิเคราะห์ความสูงของพัลซ์ที่เทียบเท่าระดับพลังงานแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. **Single Channel Analyzer (SCA)**
2. **Multi Channel Analyzer (MCA)**

โดยมีหลักการทำงานดังนี้

Single Channel Analyzer (SCA) System

เป็นอุปกรณ์นิวเคลียร์ซึ่งทำหน้าที่วิเคราะห์แบบช่องเดี่ยว ซึ่งมีขีดความสามารถในการวิเคราะห์ต่ำ เนื่องจากการวิเคราะห์ได้ครั้งละ 1 ช่อง สเกลของระดับพลังงานด้วยการหมุนเลื่อนช่องหน้าต่าง **(ΔE)** ซึ่งตั้งจากผลต่างของดิสคริมิเนเตอร์ 2 ระดับคือ **ULD-LLD** เพื่อทำการแยกจำนวนนับที่แต่ละระดับความสูงของพัลซ์ในเวลาเท่า ๆกันทุกจุดแล้วนำข้อมูลจำนวนนับที่ระดับความสูงของพัลซ์ต่าง ๆมาพลอตเป็นกราฟของสเปคตรัมที่วัดได้ จะเห็นว่าต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นานเท่ากับจำนวนช่องสเกลที่เลื่อนต่อเนื่องกันคูณด้วยเวลาที่ตั้งนับแต่ละจุด จึงไม่เหมาะสำหรับวิเคราะห์เชิงคุณภาพของไอโซโทปที่มีครึ่งชีวิตสั้น



รูปแสดงระบบการทำงานของ **SCA** *Ref.

แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าแรงสูง (HVPS high voltage power supply)

หัววัดรังสีทุกชนิดจะกำเนิดสัญญาณพัลซ์ ซึ่งเป็นตัวแทนของอนุภาคนิวเคลียร์หลังการดูดกลืนพลังงานได้สมบูรณ์ จะต้องได้รับการไบอัสที่ถูกต้องและเหมาะสมกับหัววัดรังสี เนื่องจากหัววัดรังสีแต่ละหัวต้องการค่าที่เหมาะสมของศักดาไฟฟ้าและกระแสต่างกัน อีกทั้งต้องการเสถียรภาพของศักดาไฟฟ้าทางเอาท์พุท ดังนั้นแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าแรงสูงจะต้องออกแบบไว้ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมตามแต่ละชนิดของหัววัดรังสี

อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Amplifier)

อุปกรณ์ขยายสัญญาณทางนิวเคลียร์มีคุณสมบัติเป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณพัลซ์แบบเชิงเส้น (Linear pulse amplifier) มีหน้าที่หลัก 2 ประการคือ ขยายและแต่งรูปสัญญาณพัลซ์ ซึ่งมีการเปลียนแปลงทางความสูงในรูปของระดับแรงดันไฟฟ้า เป็นสัดส่วนกับระดับพลังงานต่าง ๆดังนั้นการพิจารณาอัตราขยาย (Amplifier factor) จะกล่าวในเรื่องของ Voltage gain(A_v) ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของสัญญาณทางเอาท์พุท(Vo) กับสัญญาณทางอินพุท (Vi)

$$A_v = \frac{Vo}{Vi}$$

เมื่อเปลี่ยนค่า A_v จะสามารถจัดระดับสัญญาณทางเอาท์พุท (Vo) ให้ตรงกับสเกลของอุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลซ์ที่เราต้องการจะปรับเทียบได้ ส่วนขยายนี้แบ่งออกเป็น 2 ภาค คือ

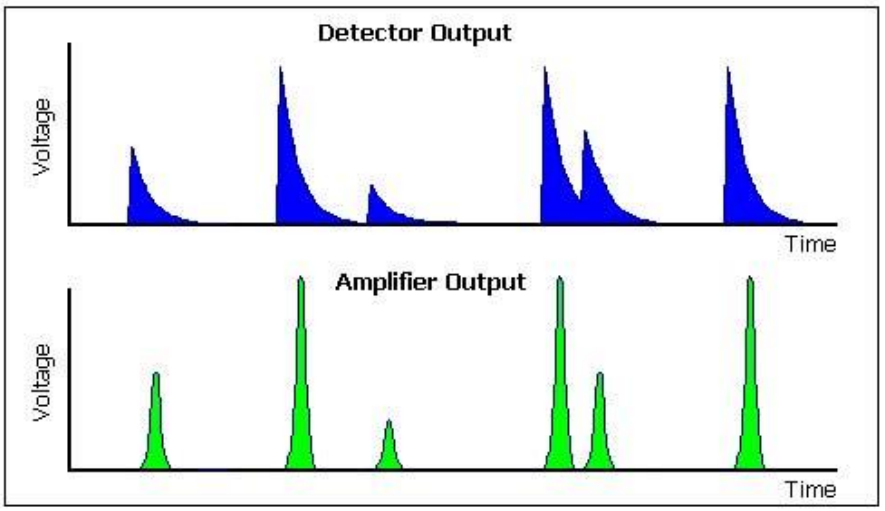
1. ภาคขยายส่วนหน้า(Preamplifier)

ในระบบวัดนิวเคลียร์ ภาคขยายส่วนหน้าจะต้องมีคุณสมบัติเป็นภาคขยายที่มีอิมพิแดนซ์ทางอินพุทสูง (High Zi) และมีอัตราการขยายแรงดันประมาณ 1 ทำหน้าที่เป็นตัวแมทซ์ระหว่างหัววัดรังสีกับภาคขยายหลัก เพื่อลดผลของการเกิดการสูญเสียสัญญาณทางอิมพิแดนซ์ โดยปกติภาคขยายส่วนหน้าจะอยู่ติดกับหัววัดรังสี เพื่อลดการสูญเสียสัญญาณในความจุของสายส่งและสดการรบกวนของสนามไฟฟ้าภายนอกด้วย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

- ภาคขยายที่ไวต่อการเปลียนแปลงของแรงดัน (Voltage sensitive amplifier)
- ภาคขยายที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของประจุ (Charge sensitive amplifier

2. ภาคขยายหลัก (Main amplifier)

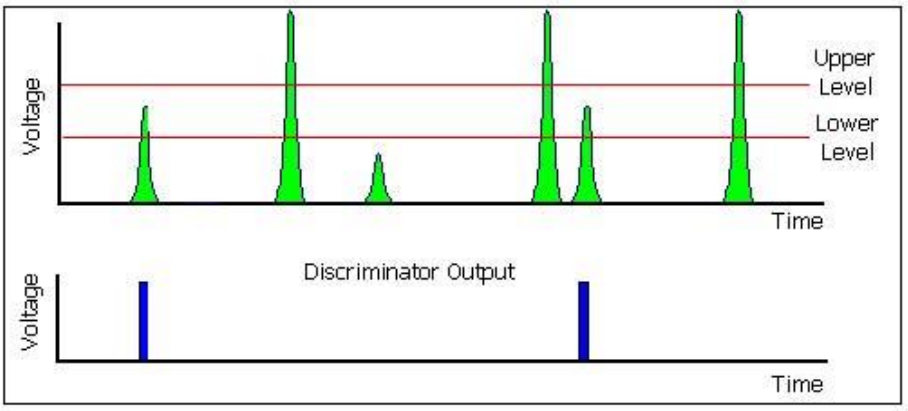
ภาคขยายหลักเป็นส่วนขยายซึ่งรับสัญญาณพัลซ์ จากภาคขยายส่วนหน้า ทำหน้าที่ขยายและแต่งรูปสัญญาณให้เหมาะสมกับการนำไปวิเคราะห์ความสูง มีอัตราการขยายแรงดัน (Voltage gain) ในช่วง 100-5000 เท่า เกนนี้สามารถปรับได้ในช่วงกว้างด้วยการปรับเป็นขั้น ๆ และแต่ละขั้นมีการปรับละเอียด เพื่อให้มีการเปลี่ยนเกนแบบเชิงเส้นต่อเนื่องกัน ทำให้สามารถจัดระดับความสูงของพัลซ์ทางออกสัมพันธ์กับสเกลของอุปกรณ์วิเคราะห์ตามความต้องการ สัญญาณพัลซ์ซึ่งถูกขยายแล้วจะได้รับการแต่งรูปสัญญาณก่อนนำไปวิเคราะห์



ภาพแสดง output pulse จาก Detector และ Amplifier *Ref.

ดิสคริมิเนเตอร์ (Discriminator)

ดิสคริมิเนเตอร์เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ตัดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการในระบบนับอนุภาคนิวเคลียร์ สัญญาณพัลซ์ที่รบกวนในระบบวัด เกิดจากสิ่งรบกวนทางไฟฟ้า (noise) หรือการรบกวนจากแบคกราวด์ที่มีระดับพลังงานต่ำ ๆ เพื่อให้ระบบนับทำงานสมบูรณ์จึงต้องมีการตัดสัญญาณรบกวนที่ไม่สนใจออก โดยปกติอุปกรณ์ดิสคริมิเนเตอร์จะต่อไว้หลังจากภาคขยายสัญญาณและให้เอาท์พุทเป็นลอจิกพัลซ์ไปบันทึกจำนวนนับอนุภาคในสเกลเลอร์ (Scaler) เมื่อระดับพลังงานของอนุภาคสูงกว่าระดับต่ำสุด (Threshold) ที่ตั้งไว้ ซึ่งเรียกว่าระดับดิสคริมิเนชัน ระบบการจัดดิสคริมิเนเตอร์แบบนี้เป็นแบบ Integral discriminator



รูปแสดงกระบวนการเอาท์พุทของพัลซ์ของ discriminator *Ref.

ระบบนับพัลซ์และตั้งแวลา (Counters & Timer)

เป็นอุปกรณ์นับจำนวนพัลซ์ที่เกิดจากระบบวัดรังสี ในลักษณะการนับสะสมในระบบเลขฐานสองแล้วถอดรหัสเป็นค่าอ่านในระบบเลขฐานสิบ แสดงผลด้วยแผลแสดงตัวเลข มีจำนวนหลักประมาณอย่างน้อย 6 หลัก การใช้งานทุกครั้งต้องใช้ร่วมกับเครื่องตั้งเวลา(Timer) เนื่องจากหน่วยปริมาณนับทางนิวเคลียร์บอกเป็น จำนวนนับ/เวลา เป็น วินาที นาที หรือชั่วโมง

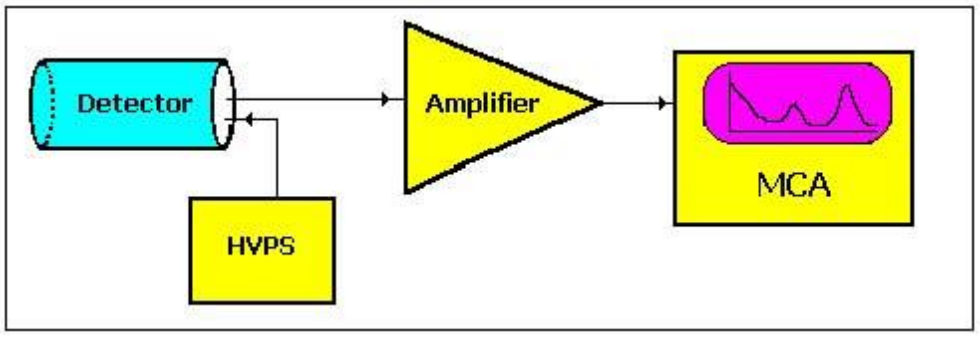
รูปแสดง Single Channel Analyzer system ใน NIM standard *Ref.

Multi Channel Analyzer (MCA)

อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง (MCA) เป็นอุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลซ์ที่มีขีดความสามารถในการวิเคราะห์สูงกว่า SCA ทั้งในด้านความรวดเร็ว (Speed) การเก็บข้อมูลความละเอียดของสเกลของระดับพลังงาน และความสะดวกในการคำนวณผลการวิเคราะห์ โดยเฉพาะปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของอิเล็กทรอนิกส์ได้ช่วยให้ MCA มีประสิทธิภาพสูงด้วยการนำเอาระบบสมองกล (Processor control unit) เข้าร่วมในการทำงาน อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่องนี้มีความสำคัญในด้านการวัด วิเคราะห์ เชิงคุณภาพและปริมาณของไอโซโทปของสาร จึงมีความจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงเบื้องต้นในการทำงานของ

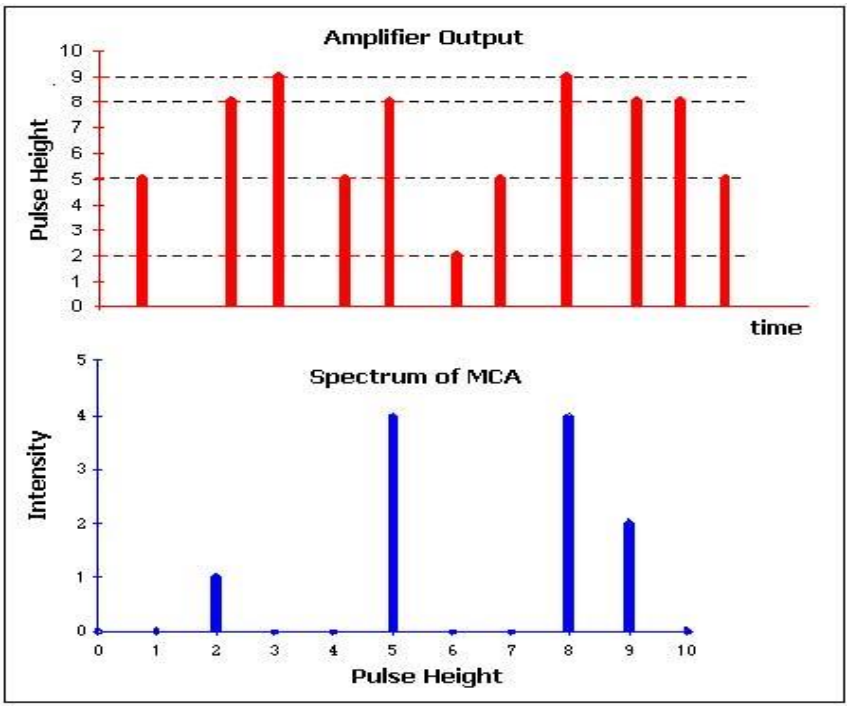
MCA

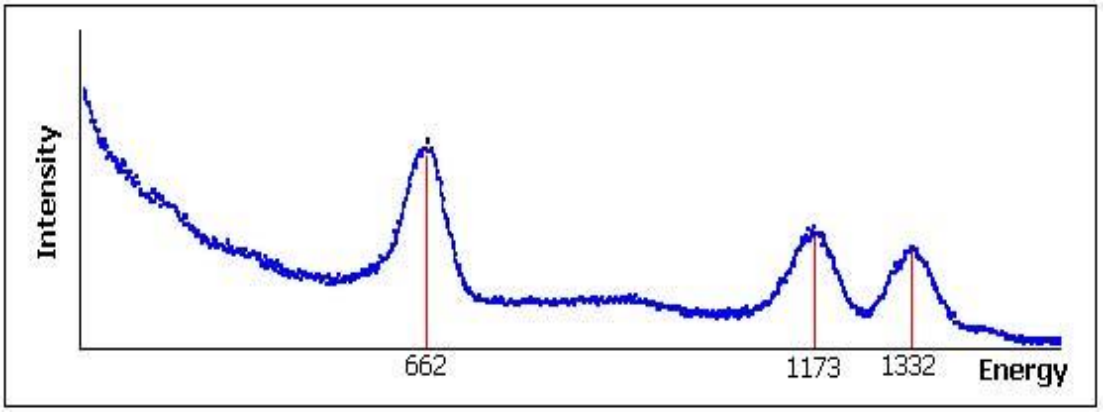
เนื่องจากส่วนของการทำงานภายในอุปกรณ์ MCA เป็นระบบการทำงานของสัญญาณดิจิตอล ในรูปของลอจิกพัลซ์และระหัสไบนารี ดังนั้นวิธีการแยกแยะระดับความสูงของพัลซ์ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกจากเอาท์พุทของส่วนขยาย (Amplifier) จึงต้องมีการเปลี่ยนรูปให้เป็นรหัสทางดิจิตอลเป็นสำคัญ เพื่อให้เหมาะสมกับการเก็บข้อมูล ในแชนแนลแอดเดตรศต่าง ๆของหน่วยความจำ



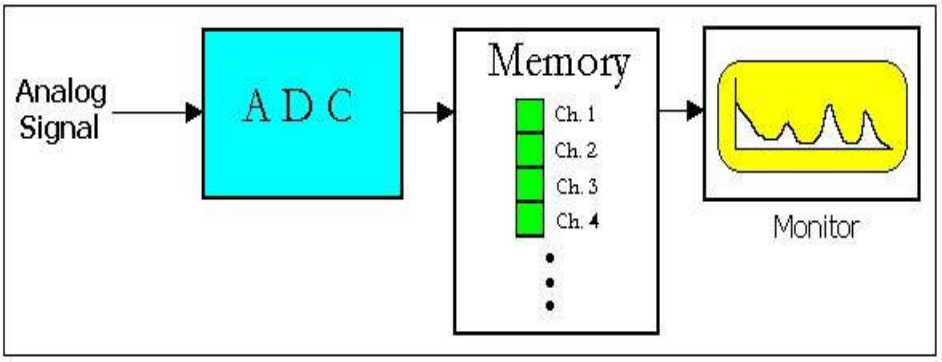
รูปแสดงระบบการทำงานของ MCA *Ref.

กล่าวคือ พัลซ์เอาท์พุทของภาคขยายจะต้องส่งผ่านข้อมูลแก่ภาค ADC (Analog to Digital Converter) เพื่อเปลี่ยนให้เป็นรหัส Binary (ฐาน2) ที่ค่าต่าง ๆ ตามความสูงของพัลซ์และบันทึกจำนวนครั้งของอนุภาคนิวเคลียร์ที่มีระดับความสูงของพัลซ์ค่าต่าง ๆในแชนแนลแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลที่ถูกบันทึกในหน่วยความจำจะอยู่ในรูปของรหัส Binary ดังนั้นเมื่อขช้อมูลถูกเรียกทางส่วนแสดงผลจะต้องผ่านภาคเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (Digital to Analog Convertor) ก่อนที่จะแสดงผลเป็นรูปสเปคตรัมบนจอภาพ ซึ่งกระบวนการของสัญญาณในส่วนต่าง ๆเป็นไปตามขั้นตอนการควบคุม(Sequential control) ของแต่ละส่วนของ MCA



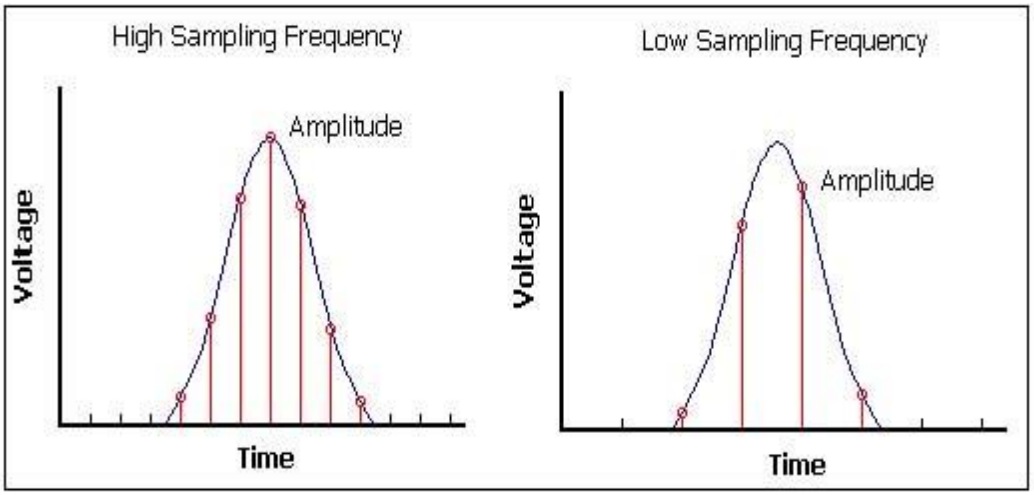


รูปภาพทั้ง 2 รูปแสดงกระบวนการแสดงสเปคตรัมของพลังงานของ Cs^{137} และ Co^{60} sources โดย Cs^{137} ปลดปล่อยรังสีที่พลังงาน 662 keV, และ Co^{60} ปลดปล่อยรังสีในส่วนพลังงาน ทั้ง 2 peaks, 1173 keV and 1332 keV. *Ref.



*Ref.

กระบวนการที่สำคัญที่จะได้สเปคตรัมที่มีความแม่นยำถูกต้องจากกระบวนการที่ผ่าน ADC คือ Sampling Frequency ของ ADC ต้องสูงกว่า ความถี่ของสัญญาณพัลซ์อย่างมากมิฉะนั้นการแปลง Amplitude ของพัลซ์ก็จะคลาดเคลื่อนไป



*Ref.

Resolution ของ ADC

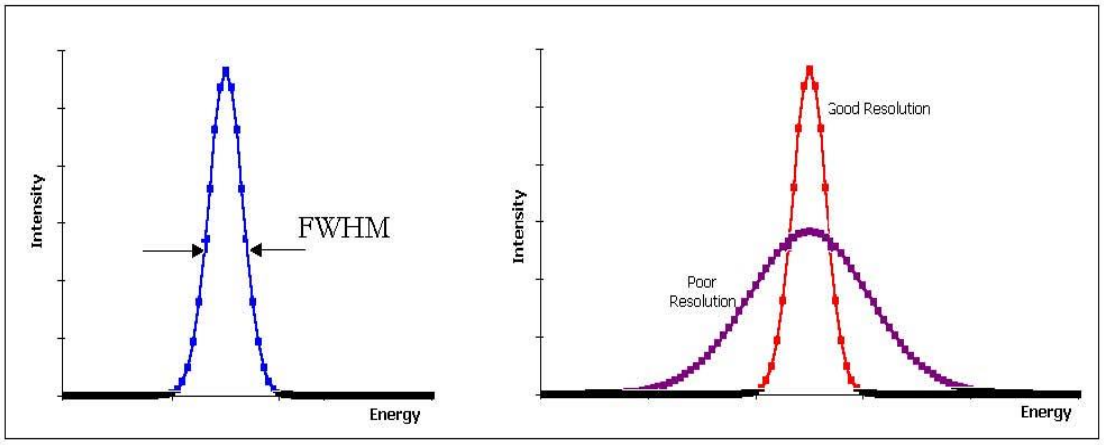
หมายถึงความละเอียดในกระบวนการแปลงค่าของข้อมูลที่ได้ซึ่งหมายถึงความสามารถในการแยกแยะสัญญาณอินพุทที่เป็น analog ที่มีค่าเล็กน้อยให้สามารถถูกแปลงมาเป็นข้อมูลที่เห็นได้อย่างชัดเจนเช่น ความละเอียดระดับ 10 bit ADC converter หรือ 10^{10} = 1024 digital step จากอินพุท 10 โวล์ทก็จะมี resolution = 10 / 1024 ได้ประมาณ 10 มิลลิโวล์ทต่อ Channel แต่ถ้าความละเอียดเป็นระดับ 12 bit ก็จะมี resolution ประมาณ 2 มิลลิโวล์ทต่อ Channel ซึ่งหมายความว่าเช่นถ้ามีค่าของพัลซ์ที่มี Amplitude ระหว่าง 1110 mV กับ 1115 mV ที่ resolution 12 bit ก็จะสามารถแยกแยะ channel ใน spectrum ของ MCA ได้ในขณะที่ resolution 10 bit ก็จะแยกแยะ channel ไม่ได้โดยจะรวมเป็น channel เดียวกันใน spectrum ของ MCA

*Ref.

สมรรถนะของระบบ MCA

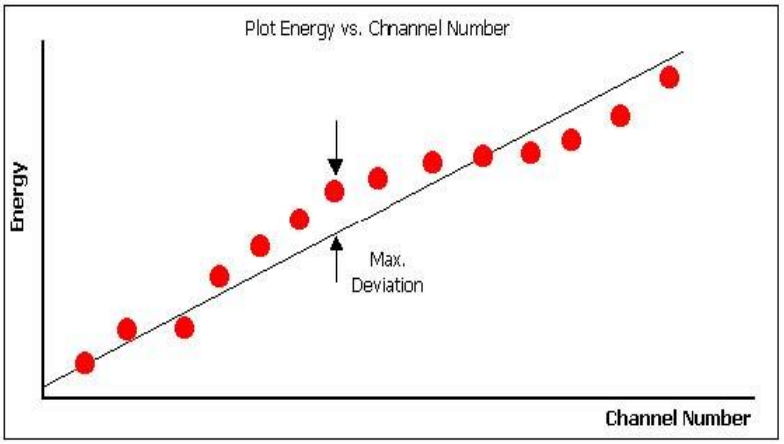
พารามิเตอร์บางชนิดซึ่งสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบ MCA คือ Energy Resolution หรือความละเอียดในการแยกแยะพลังงาน, integral non-linearity สมรรถนะเหล่านี้ขึ้นอยู่กับ 2 สิ่งคือ Detector และ ส่วนต่าง ๆ ทางอิเล็กทรอนิกส์เช่นภาคขยายและส่วนของโมดูล MCA

Energy Resolution เป็นค่าที่จะบอกให้ทราบว่าหัววัดรังสีมีความสามารถที่จะวัดพลังงานที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ดีมากน้อยเพียงใด ค่าของการแยกแยะพลังงานจะกำหนดในรูปของ FWHM หรือ "Full Width at Half Maximum" โดย resolution ที่ดีจะมี FWHM ที่แคบเพื่อที่จะแยกแยะความแตกต่างของพีคพลังงานที่น้อยได้ดีดังแสดงในรูป



รูปแสดง Resolution จาก FWHM *Ref

ดังที่กล่าวก่อนหน้านี้ว่ารังสีจะถูกแปลงเป็นพัลซ์ทางไฟฟ้าของความสูงของพัลซ์ที่เป็นสัดส่วนกับพลังงานของรังสี ใน ADC ความสูงของพัลซ์จะถูกแปลงเป็นจำนวนช่องของสัญญาณ ดังนั้นในทางอุดมคติของพลังงานรังสีจำนวนของช่องควรจะเป็นเส้นตรงแต่ในทางปฏิบัติจะไม่เป็นเช่นนั้น ซึ่ง Integral non-linearity (INL) คือค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดของความสัมพันธ์ความเป็นเชิงเส้น



รูปแสดง Integral non-linearity (INL) *Ref

Reference

Hendri's note ,IAEA workshop ,BATAN ,Indonesia