

บทที่ 4

การทดสอบการทำงานของระบบ

จากการศึกษาและตรวจสอบการทำงานของระบบวิเคราะห์ธาตุพบว่าอุปกรณ์บางส่วนชำรุดเสียหายและบางส่วนก็ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานในปัจจุบัน ทำให้ต้องมีการดัดแปลงและออกแบบอุปกรณ์บางส่วนเพิ่มเติม เพื่อให้ระบบวิเคราะห์ธาตุสามารถกลับมาทำงานได้อีกครั้งโดยในการตรวจสอบนี้จำเป็นต้องมีการทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบเพื่อตรวจสอบการทำงานว่ายังสามารถทำงานได้ตามปกติหรือไม่ โดยเฉพาะหัววัดรังสีที่ไม่ได้ใช้งานมานานจึงจำเป็นต้องตรวจสอบว่ามีความเสียหายจุดใดหรือไม่ ซึ่งการทดสอบการทำงานของระบบวิเคราะห์ธาตุแบ่งเป็นการทดสอบการทำงานของระบบต่างๆ ดังนี้คือ

1. การทดสอบการทำงานของหัววัดและพีเอ็มเอสบี
2. การทดสอบการทำงานของพัลส์โพรเซสเซอร์
3. การทดสอบการทำงานของตัวแปลงผันสัญญาณ
4. การทดสอบการทำงานของวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ
5. การทดสอบการทำงานของโปรแกรมอิมูเลเตอร์และโปรแกรมวิเคราะห์ธาตุ

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบระบบวิเคราะห์ธาตุที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพ

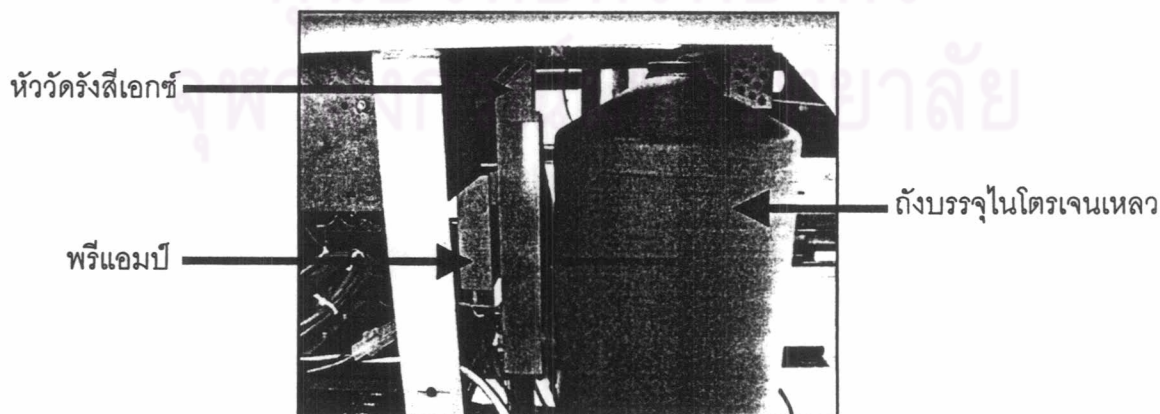
1. แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power supply) Lodestar รุ่น PS-303
2. เครื่องอ่านรูปสัญญาณ (Oscilloscope) HAMEG รุ่น HM1507-3
3. มัลติมิเตอร์วัดสัญญาณระบบเชิงตัวเลข (Digital Multimeter) FLUKE รุ่น 73 II
4. มัลติมิเตอร์วัดสัญญาณระบบอะนาล็อก (Analog Multimeter) KYORITSU รุ่น 1109
5. พัลส์/ฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ (Pulse/Function Generator 20 Mhz) HP รุ่น 811A
6. ไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen)
7. ต้นกำเนิดรังสีพลูโตเนียม-238
8. ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม-241
9. ต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55
10. ไมโครคอมพิวเตอร์
11. สายต่อพ่วงยูเอสบี

4.2 การทดสอบการทำงานของหัววัดรังสีเอกซ์และฟรีแอมป์

การทดสอบการทำงานของหัววัดรังสีเอกซ์และฟรีแอมป์สามารถแบ่งออกได้เป็นสองอย่าง คือ การตรวจสอบระบบสุญญากาศของหัววัดรังสีเอกซ์และสัญญาณจากหัววัดรังสีหลังผ่านส่วนของวงจรฟรีแอมป์

4.2.1 การทดสอบระบบสุญญากาศภายในหัววัดรังสีเอกซ์

โดยปกติหัววัดรังสีเอกซ์จะประกอบไปด้วยผลึกสารกึ่งตัวนำทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานของรังสีไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะทำงานที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่จะเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้ในโตรเจนเหลวเป็นตัวหล่อเย็นและด้วยคุณสมบัติของไนโตรเจนเหลวที่มีจุดเดือดที่ -196 องศา ณ ระดับความดันบรรยากาศทำให้สามารถนำมาใช้ทดสอบระบบสุญญากาศของหัววัดรังสีเอกซ์ได้ด้วย และเพื่อป้องกันน้ำแข็งเกาะบริเวณผลึกสารกึ่งตัวนำซึ่งจะทำให้ความต้านทานบนผิวหน้าผลึกเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เกิดสัญญาณรบกวนมากขึ้น และรังสีเอกซ์พลังงานต่ำทะลุผ่านได้น้อยลงภายในหัววัดรังสีเอกซ์และถังบรรจุไนโตรเจนเหลวจึงจำเป็นต้องออกแบบเป็นพิเศษให้เป็นสุญญากาศเพื่อลดอัตราการระเหยของไนโตรเจนเหลวไม่ให้ระเหยไปอย่างรวดเร็ว ขั้นตอนเบื้องต้นในการตรวจสอบหัววัดรังสีเอกซ์จึงอาจทำได้โดยการสังเกตดูว่าไนโตรเจนเหลวที่เติมลงไปในถังบรรจุนั้นระเหยอย่างรวดเร็วหรือไม่ ถ้าเป็นเช่นนั้นแสดงว่าระบบสุญญากาศภายในหัววัดอาจไม่ดีพอที่จะใช้งาน จำเป็นต้องมีการทำระบบสุญญากาศใหม่ และเช็คการทำงานของหัววัดอีกครั้ง

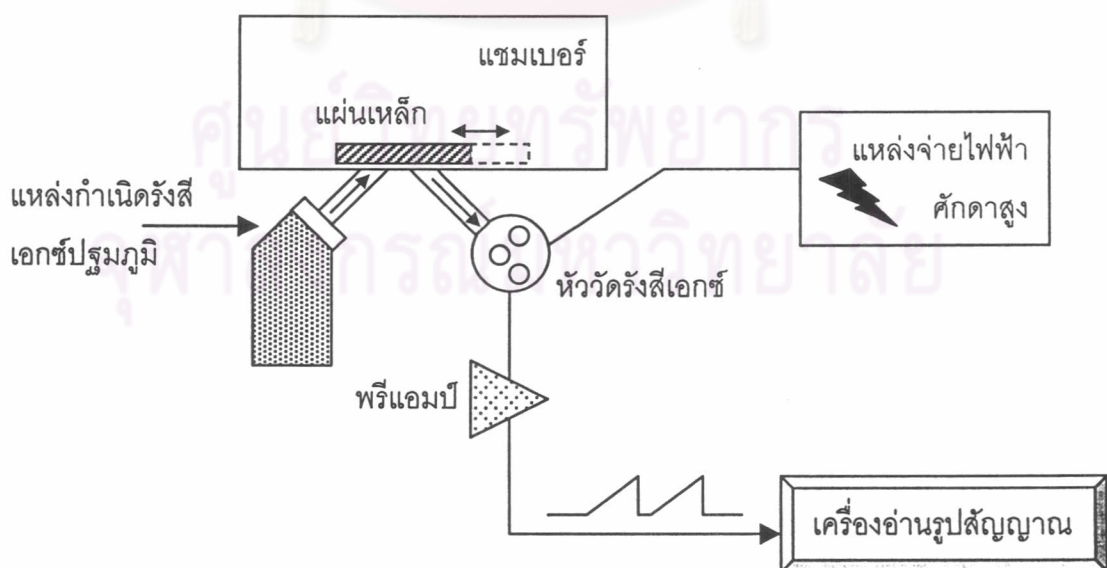


รูปที่ 4.1 หัววัดรังสีเอกซ์และฟรีแอมป์ของเครื่องวิเคราะห์ธาตุ

จากการทดลองเติมไนโตรเจนเพื่อทดสอบระบบสุญญากาศภายในหัววัดรังสีปรากฏว่าในช่วงแรกของการเติมไนโตรเจนเหลวจะมีการระเหยกลายเป็นก๊าซบ้างเนื่องจากภายในถังบรรจุเริ่มมีการปรับสภาพอุณหภูมิภายในเมื่อเติมไนโตรเจนเหลวไปปริมาณหนึ่งอัตราการระเหยเป็นก๊าซจะค่อยๆลดลงทำให้ระดับไนโตรเจนเหลวในถังค่อยๆเพิ่มขึ้น เมื่อเติมไนโตรเจนเหลวจนเต็มภาชนะบรรจุเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะต้องทิ้งไว้หนึ่งวันเพื่อให้ภายในหัววัดรังสีมีการปรับระดับอุณหภูมิ หลังจากนั้นเมื่อตรวจสอบถังบรรจุไนโตรเจนเหลวอีกครั้งปรากฏว่าไนโตรเจนเหลวมีอัตราการระเหยในระดับปกติและจากการตรวจสอบภายนอกของถังบรรจุไนโตรเจนก็ไม่ปรากฏไอน้ำเกาะบริเวณรอบถังซึ่งแสดงว่าระบบสุญญากาศภายในหัววัดรังสีและถังบรรจุยังคงอยู่สามารถรักษาความเย็นได้

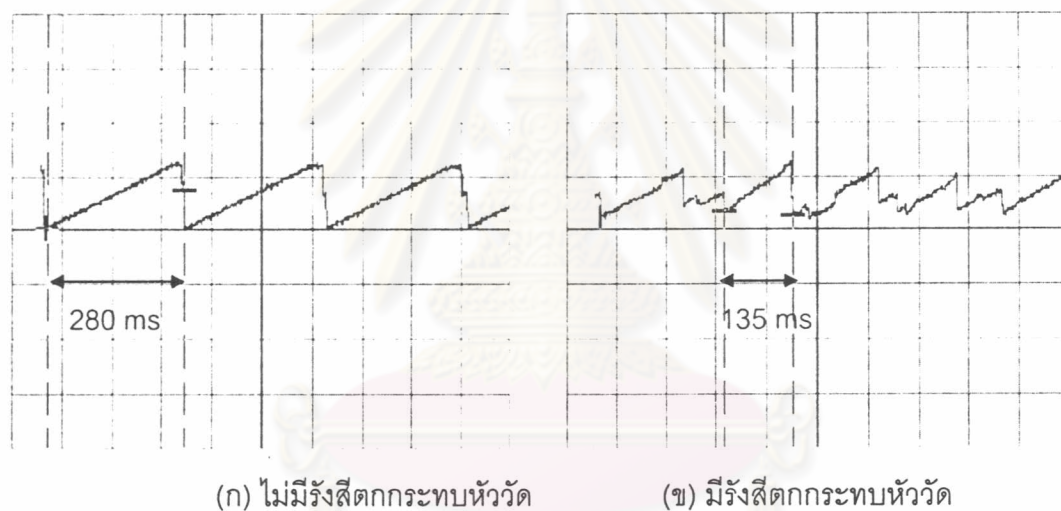
4.2.2 การทดสอบการทำงานของฟรีแอมป์

หัววัดรังสีเอกซ์ชนิดสารกึ่งตัวนำแบบผลึก Si(Li) มีคุณสมบัติเหมือนกับไดโอด เมื่อรังสีตกกระทบผลึกวัดจะเกิดการนำกระแสขึ้นภายในผลึกวัด ในสภาวะปกติจะมีอิเล็กตรอนอิสระบางส่วนเคลื่อนที่ไปมาระหว่างพื้นที่ว่างภายในแลททิซอะตอมของผลึกทำให้เกิดเป็นกระแส ไฟฟ้ารั่วไหล (leakage current) ขึ้น สัญญาณดังกล่าวจะส่งออกมาตลอดเวลาแม้ขณะที่ไม่มีรังสีไปตกกระทบที่หัววัดรังสี ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งไปยังฟรีแอมป์จึงมีการเพิ่มขึ้นของระดับสัญญาณตลอดเวลาจนถึงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ตั้งไว้พัลส์โพรเซสเซอร์จะส่งสัญญาณไปรีเซ็ตให้กลับไปอยู่ในระดับต่ำสุดทำให้รูปสัญญาณมีลักษณะเป็นขั้นบันได (ramp waveform) ที่มีช่วงเวลาในการเพิ่มระดับอยู่ในช่วง 200 ถึง 800 ms



รูปที่ 4.2 แผนภาพการทดสอบหัววัดรังสีและฟรีแอมป์

การทดสอบการทำงานของหัวใจรังสีและพรีแอมป์ดูได้จากสัญญาณที่พรีแอมป์เอาต์พุตว่ามีลักษณะเป็นขั้นบันไดหรือไม่ และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงสัญญาณกับช่วงเวลาในการเพิ่มขึ้นของระดับสัญญาณจนถึงการรีเซตขณะที่มีรังสีตกกระทบและไม่มีรังสีตกกระทบหัวใจ เพื่อเปรียบเทียบดูความแตกต่างที่เกิดขึ้นการทดสอบจะจัดอุปกรณ์ดังแผนภาพที่ 4.2 เริ่มต้นการทดสอบโดยการจ่ายไฟฟ้าคักตาสูงให้แก่หัวใจรังสีขณะเดียวกันจะนำแผ่นเหล็กขนาดเล็กมาปิดกั้นทางด้านหน้าหัวใจรังสี ทำให้อำนาจรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิกระตุ้นอะตอมในแผ่นเหล็กแล้วปล่อยรังสีเอกซ์เฉพาะตัวออกมาตกกระทบหัวใจรังสี อ่านค่าสัญญาณที่ได้จากเครื่องอ่านรูปสัญญาณนำไปบันทึกค่าลงในไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นให้เลื่อนแผ่นเหล็กไปปิดกั้นเฉพาะหน้าหัวใจรังสีเพื่อป้องกันไม่ให้อำนาจรังสีเอกซ์ผ่านเข้าไปยังหัวใจ แล้วอ่านค่าสัญญาณที่ได้จากเครื่องอ่านรูปสัญญาณอีกครั้งนำไปบันทึกค่าลงในไมโครคอมพิวเตอร์ ผลการทดสอบจะแสดงดังในรูปที่ 4.3



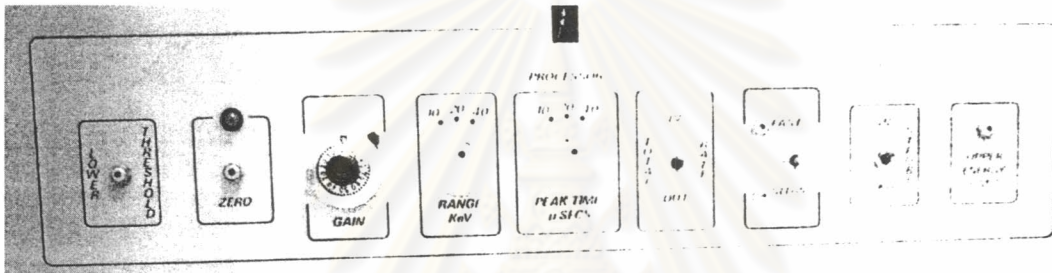
รูปที่ 4.3 ลักษณะสัญญาณที่ออกจากหัวใจรังสี

ผลการทดสอบพบว่าสัญญาณจากพรีแอมป์ที่ไม่มีรังสีตกกระทบดังรูปที่ 4.3 (ก) จะมีลักษณะเป็นขั้นบันไดต่อเนื่องไปจนถึงระดับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงมีค่า 62 mV ก่อนจะถูกรีเซตลงไปที่ระดับกราวด์โดยมีช่วงเวลาของขั้นบันไดเท่ากับ 280 ms ส่วนรูปที่ 4.3 (ข) แสดงลักษณะสัญญาณที่ออกจากพรีแอมป์เมื่อมีรังสีตกกระทบที่หัวใจ จะเห็นว่าลักษณะของสัญญาณจะไม่สม่ำเสมอซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามพลังงานที่เข้ามาในหัวใจ โดยเวลาในการรีเซตจะสั้นกว่าในแบบแรก (น้อยกว่า 280 ms) สัญญาณที่ออกมาจากหัวใจรังสีนี้แสดงให้เห็นว่าหัวใจรังสีและพรีแอมป์ยังทำงานได้ดีและมีสัญญาณรบกวนน้อย สัญญาณที่ออกมานี้จะถูกส่งไปยังพัลส์ไพโรเซสเซอร์เพื่อปรับแต่งรูปสัญญาณให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

4.3 การทดสอบการทำงานของพัลส์โพรเซสเซอร์

พัลส์โพรเซสเซอร์ในระบบวิเคราะห์ธาตุฯมีหน้าที่หลักดังนี้

1. ขยายและแต่งรูปสัญญาณจากพรีแอมพลิฟายเออร์
2. แก้ไข Dead Time
3. คัดแยกสัญญาณที่เป็น Pile-up ทิ้ง
4. กำหนดขีดจำกัดพลังงานสูงสุดที่จะวิเคราะห์
5. ดิจิไทซ์ (Digitize) สัญญาณจากพรีแอมป์
6. ส่งสัญญาณรีเซต FET ในหัววัดรังสี



รูปที่ 4.4 แผงควบคุมด้านหน้าวงจรพัลส์โพรเซสเซอร์

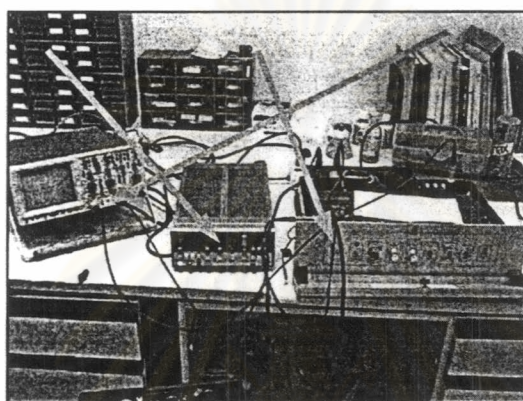
การปรับแต่งค่าของวงจรพัลส์โพรเซสเซอร์เพื่อให้สัญญาณมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์โดยจะมีการปรับแต่งค่าหลักๆ ดังนี้คือ

- Energy Range; 10,20 หรือ 40 eV/ch
- Gain
- Processing Time; 10,20 หรือ 40 μ s
- Lower Threshold & Upper Energy Limited

4.3.1 การทดสอบการปรับแต่ง Energy Range

การปรับแต่ง Energy Range เป็นการปรับอัตราการขยายสัญญาณเพื่อให้พีคของพลังงานจากรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่เราสนใจอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ การทดสอบนี้จะใช้อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณหรือฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์เป็นตัวกำเนิดสัญญาณทางด้านลบที่มีค่าความสูงสัญญาณเท่ากับ 50 mV ค่าความกว้างพัลส์เท่ากับ 150 μ s ค่าไรส์ไทม์ <50 ns และมีความถี่เท่ากับ 1 kHz เพื่อป้องกันเป็นสัญญาณอินพุตเข้าไปวิเคราะห์ในพัลส์โพรเซสเซอร์และวัด

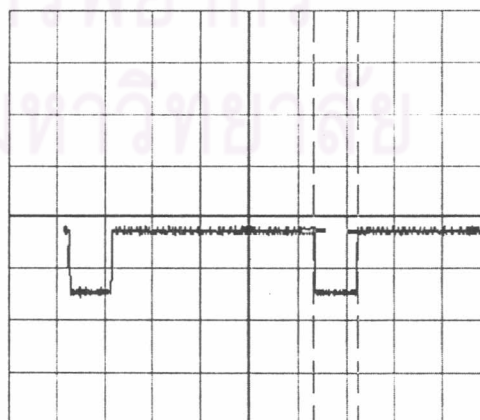
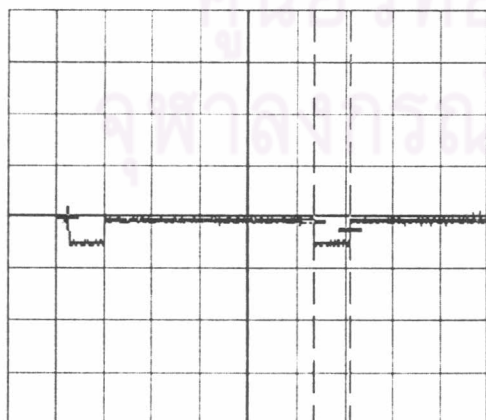
สัญญาณโดยใช้เครื่องอ่านรูปสัญญาณ (Oscilloscope) การจัดอุปกรณ์ทดสอบจะแสดงดังแผนภาพในรูปที่ 4.5 โดยป้อนสัญญาณพัลส์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ผ่านสายนำสัญญาณเข้าสู่พัลส์โพรเซสเซอร์



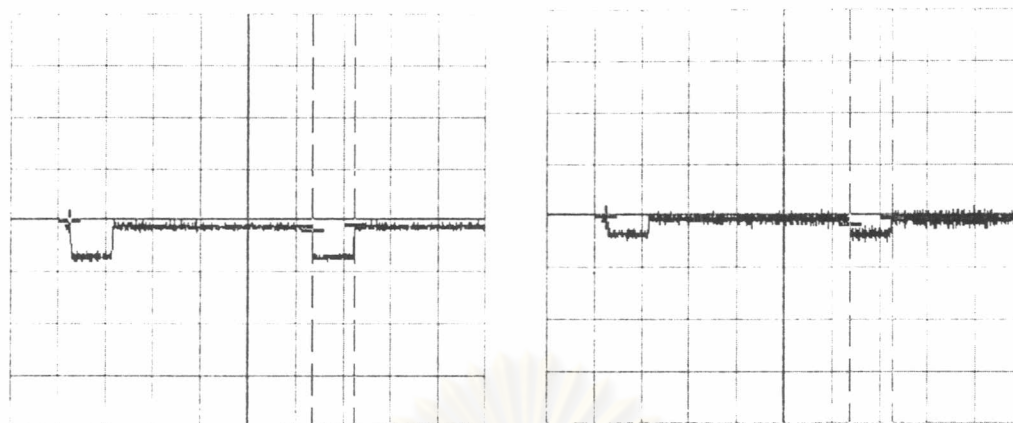
รูปที่ 4.5 แผนภาพการจัดระบบทดสอบความสามารถของพัลส์โพรเซสเซอร์

การบิดสวิตช์ด้านหน้าแผงควบคุมจะเป็นการปรับขนาดของสัญญาณโดยสังเกตได้ ณ จุดทดสอบภายในวงจร และผลการทดลองจากการปรับแต่ง Energy Range จะแสดงดังรูปที่ 4.6

- 10 eV/ch มีอัตราการขยายสัญญาณเท่ากับ X3
- 20 eV/ch มีอัตราการขยายสัญญาณเท่ากับ X1.5
- 40 eV/ch มีอัตราการขยายสัญญาณเท่ากับ X0.75



(ก) รูปสัญญาณพัลส์อินพุตที่ป้อนให้แก่วงจร (ข) รูปสัญญาณที่ Energy Range 10 eV/ch



(ค) รูปสัญญาณที่ Energy Range 20 eV/ch (ง) รูปสัญญาณที่ Energy Range 40 eV/ch
รูปที่ 4.6 แสดงรูปสัญญาณที่ผ่านการขยายสัญญาณที่ Energy Range ต่างๆ

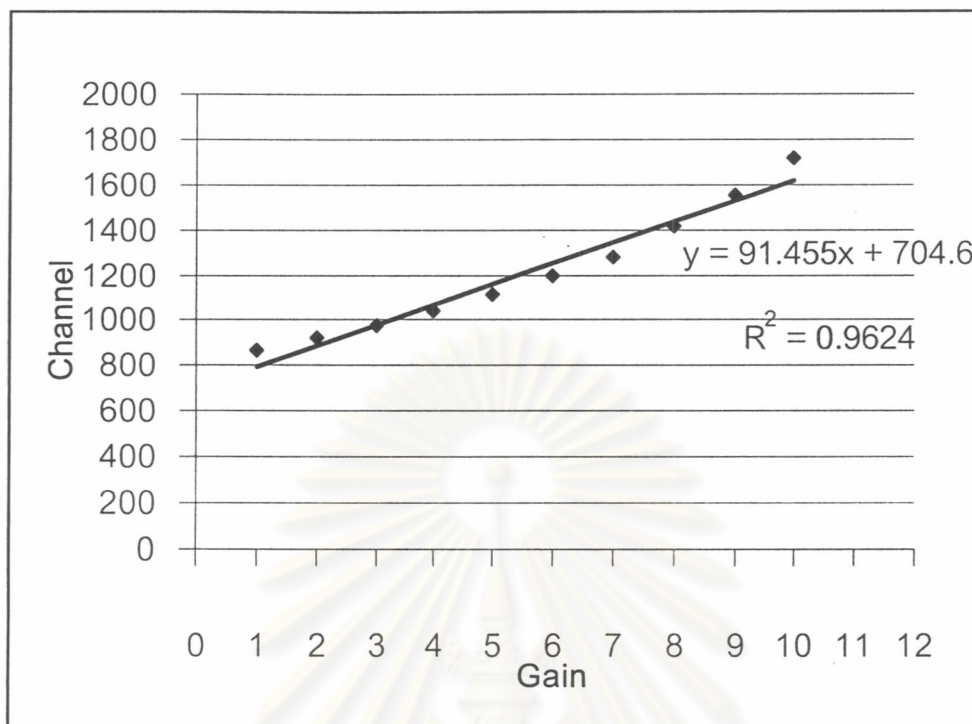
จากการทดลองจะวัดสัญญาณที่จุดทดสอบ (Test Point) TP9 ภายในวงจรพัลส์โพรเซสเซอร์ซึ่งรับสัญญาณอินพุตความสูงสัญญาณเท่ากับ -50 mV ความกว้างพัลส์เท่ากับ 150 μ s ค่าไรส์ไทม์ < 50 ns และมีความถี่เท่ากับ 1 kHz จะได้สัญญาณดังตารางที่ 4.7 สัญญาณที่ผ่านการขยายจากวงจรในส่วนนี้จะถูกส่งไปปรับแต่งและขยายสัญญาณอีกครั้งที่วงจรถัดไป

รูปที่ 4.7 แสดงตารางความสัมพันธ์ระหว่าง Energy Range กับความสูงสัญญาณ

ENERGY RANGE	SIGNAL VOLTAGE	PULSE WIDTH
10 eV/ch	-136 mV \pm 20mV	178 μ s \pm 100 ns
20 eV/ch	-68 mV \pm 10mV	184 μ s \pm 100 ns
40 eV/ch	-32 mV \pm 5mV	184 μ s \pm 100 ns

4.3.2 การทดสอบการปรับแต่งสัญญาณจาก GAIN

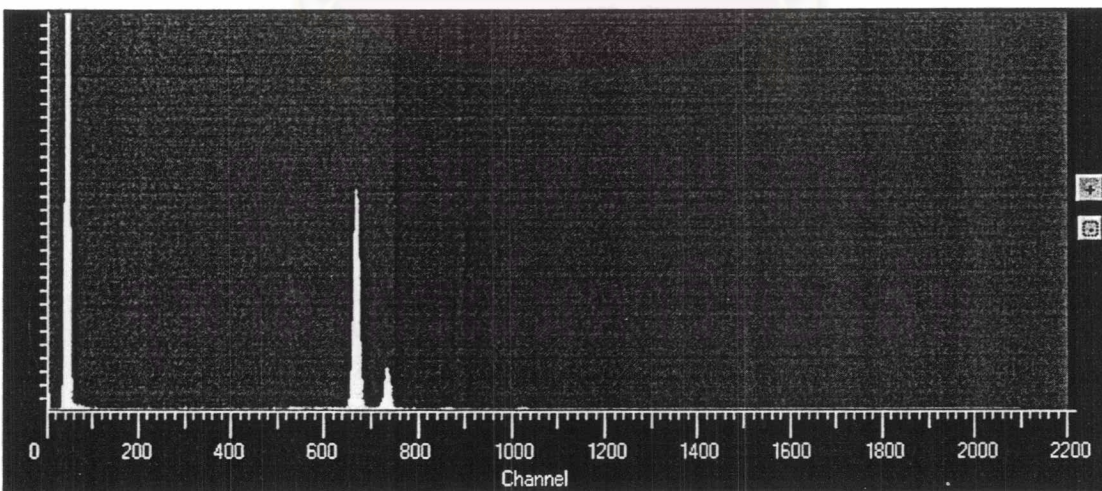
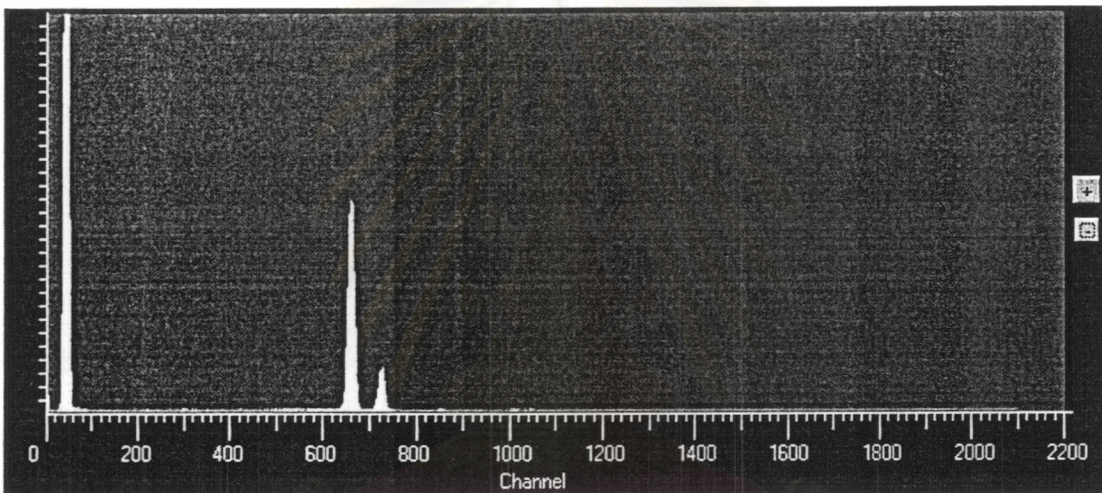
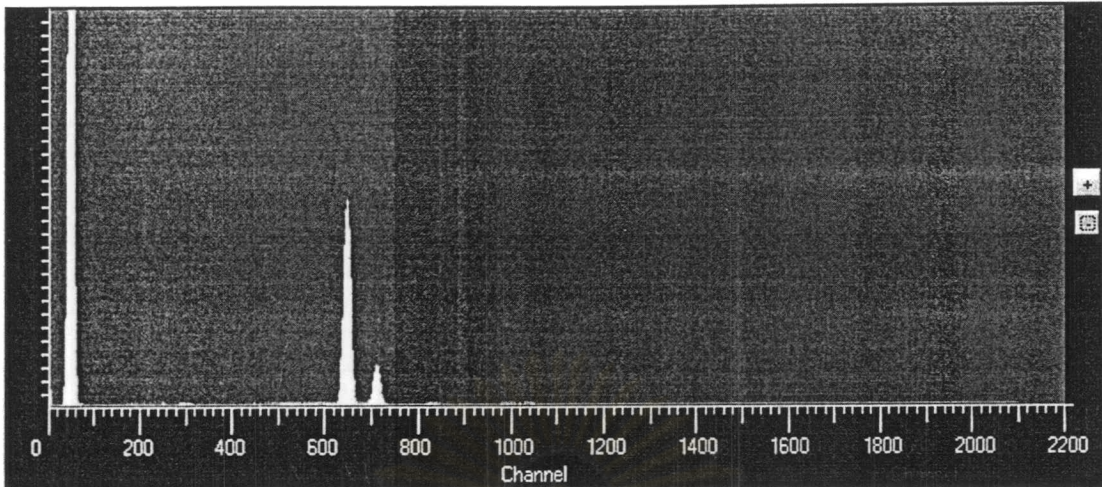
เช่นเดียวกับการปรับแต่งค่า Energy Range ซึ่งเป็นการปรับอัตราขยายอย่างคร่าวๆ การปรับค่า GAIN ซึ่งเป็นวงจรหลังจากวงจรการปรับ Energy Range จะเป็นการปรับอัตราขยายที่ให้ความละเอียดมากขึ้นโดยสามารถปรับได้จากปุ่มหมุนด้านหน้าซึ่งสามารถหมุนได้ 10 รอบ ในการทดลองนี้เราจะใช้รังสีเอกซ์ปฐมภูมิไปกระตุ้นแผ่นทองแดงที่นำมาทดสอบเพื่อแสดงสเปกตรัมพลังงานของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวจากทองแดงและแสดงให้เห็นว่า Channel ที่พลังงานของทองแดง K_{α_1} เปลี่ยนไปอย่างไรเมื่อเพิ่มค่า Gain ขึ้น ผลการทดลองจะแสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนค่า Gain กับตำแหน่งของพีคตำแหน่งพลังงาน K_{α_1} ที่ออกมาจากทองแดง

4.3.3 การทดสอบการปรับแต่ง Processing Time

การปรับแต่ง Processing Time โดยปกติแล้วจะปรับค่าไว้ที่ $20 \mu\text{s}$ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทั่วไป แต่เมื่อต้องการวิเคราะห์สัญญาณให้มีค่า Resolution ที่ดีขึ้นอาจเปลี่ยนไปใช้ช่วงเวลาในการวิเคราะห์มากขึ้นเป็น $40 \mu\text{s}$ ซึ่งจะได้ความแม่นยำ และ Resolution เพิ่มมากขึ้น แต่ก็จะมีข้อเสียตรงที่ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์รูปสัญญาณนานขึ้นทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์เดดไทม์ (Dead Time) เพิ่มสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้นควรจะใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่ $40 \mu\text{s}$ ในกรณีที่อัตราการนับรังสีมีค่าต่ำกว่า 1000 cps จะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ส่วนการใช้เวลาในการวิเคราะห์เป็น $10 \mu\text{s}$ จะได้ประโยชน์ในแง่ของเมื่ออัตราการนับรังสีมีค่าสูง เปอร์เซ็นต์เดดไทม์ที่เกิดขึ้นจะไม่สูงมากเพราะใช้เวลาในการวิเคราะห์สัญญาณแต่ละลูกสั้นที่สุด แต่ก็ทำให้เกิดข้อเสียคือ Resolution ของพีคสัญญาณจะไม่มีดี ผลทดสอบการทำงานของพัลส์โพรเซสเซอร์เมื่อเปลี่ยน Processing Time ที่เวลาต่างๆโดยใช้รังสีเอกซ์ปฐมภูมิไปกระตุ้นแผ่นทองแดงแล้ววัดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวดังในรูปที่ 4.9



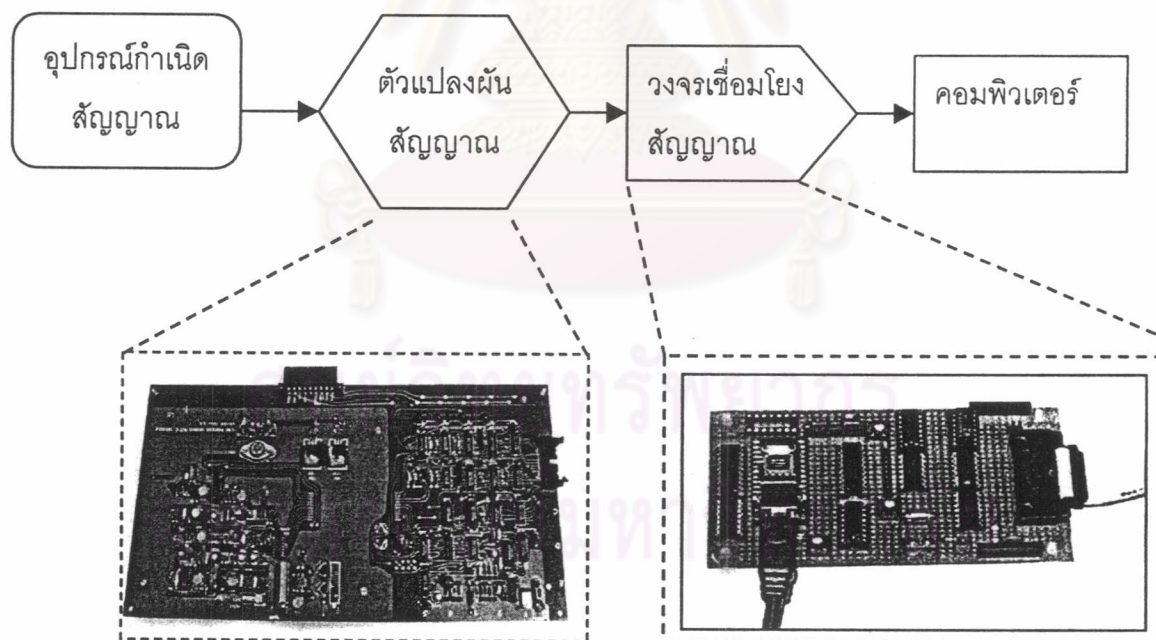
รูปที่ 4.9 แสดงพีคของ Cu K_{α_1} K_{α_2} ที่ Processing Time 10 20 และ 40 μs ตามลำดับ

รูปที่ 4.10 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Processing Time กับ FWHM ของ Cu K_{α_1}

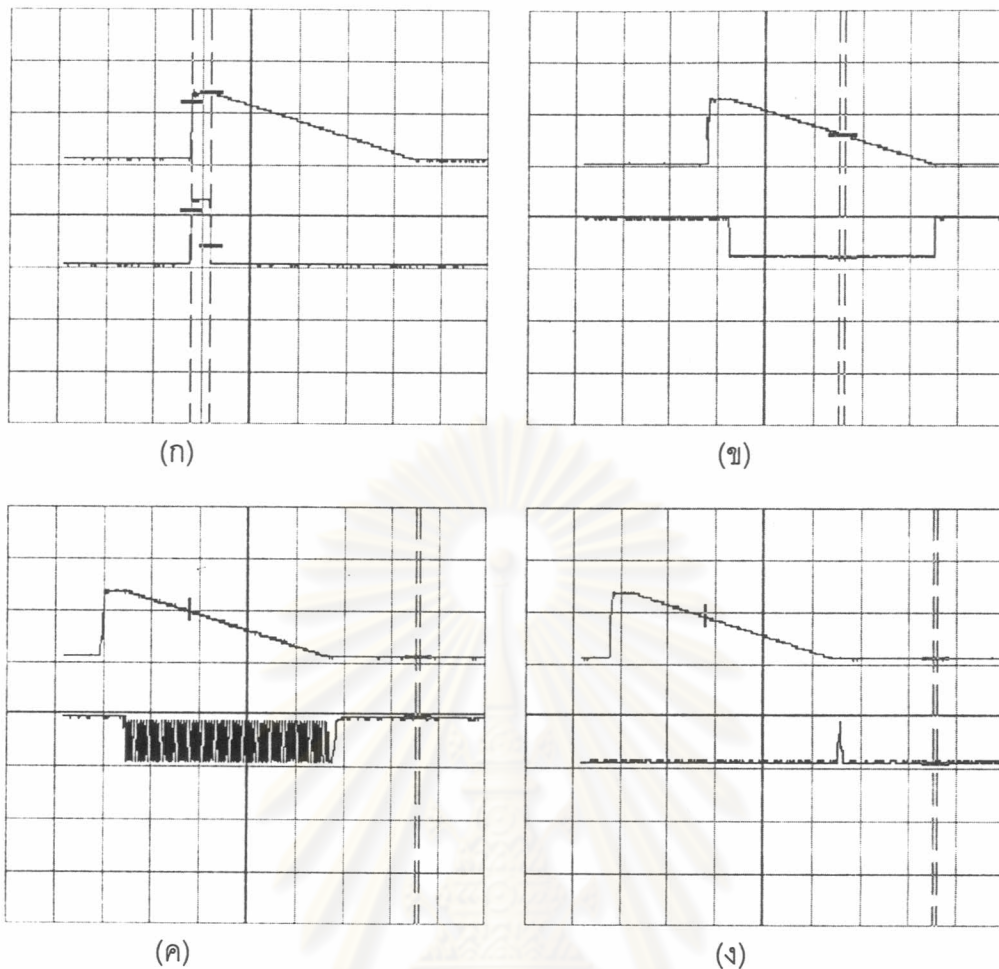
Processing Time (μ s)	K_{α_1} Peak (Channel)	FWHM (eV)
10	631	209
20	641	187
40	648	168

4.4 การทดสอบการทำงานของตัวแปลงผันสัญญาณ

ตัวแปลงผันสัญญาณที่นำมาใช้จะเป็นแบบวิลคินสันความเร็ว 100 MHz ขนาด 11 บิต การทดสอบจะเริ่มต้นจากการป้อนสัญญาณอินพุตด้านลบขนาด 5 โวลต์ ช่วงกว้างของสัญญาณเท่ากับ 2 μ s ความถี่เท่ากับ 1 kHz จากอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณเข้าไปยังตัวแปลงผันสัญญาณ แล้ววัดสัญญาณที่ออกมาว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไรโดยใช้วงจรเชื่อมโยงสัญญาณที่พัฒนาขึ้นส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ตามรูปที่ 4.11

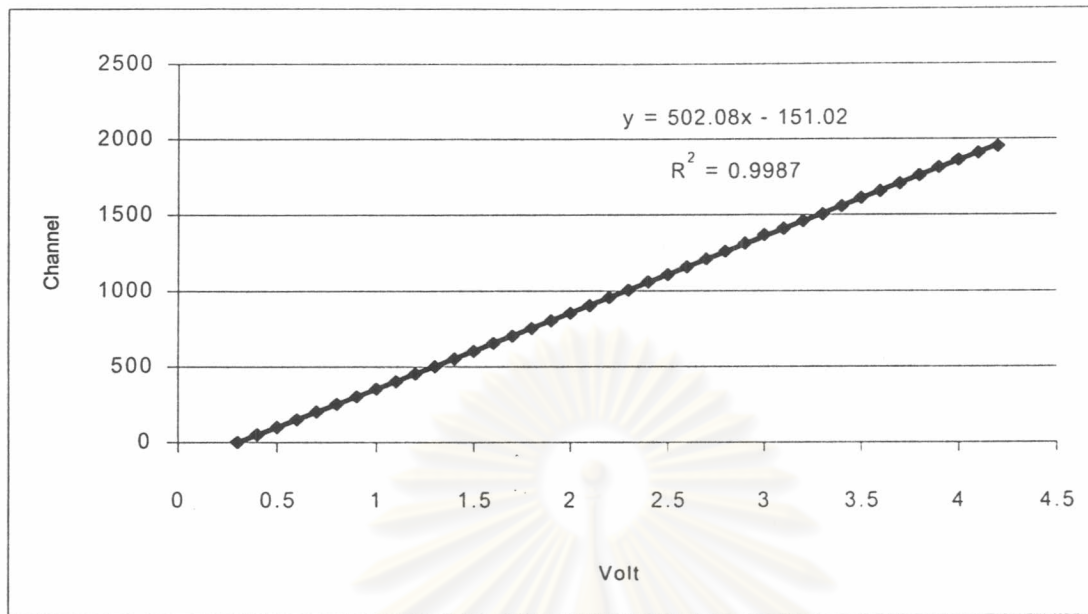


รูปที่ 4.11 แผนภาพการจัดอุปกรณ์ทดสอบตัวแปลงผันสัญญาณ



รูปที่ 4.12 รูปสัญญาณจากวงจรแปลงผันสัญญาณ




จากการทดลองจะได้รูปสัญญาณจากวงจรแปลงผันสัญญาณวิลคินสัน ซึ่งเกิดจากการป้อนสัญญาณอินพุตทางลบเข้าไปในวงจรโดยรูปสัญญาณจะถูกขยายให้สูงขึ้น 1.5 เท่าแล้วไปเก็บไว้ในตัวเก็บประจุดังรูปที่ 4.12 (ก) จากนั้นสัญญาณจาก Peak Detect จะสร้างสัญญาณลอจิกเพื่อกำหนดช่วงเวลาในการเปิด/ปิดเกตของวงจรมับสัญญาณนาฬิกา ดังรูปที่ 4.12 (ข) ขณะเดียวกันก็เริ่มต้นการคายประจุด้วยอัตราคงที่ออกมาด้วยวงจรกระแสไฟฟ้าคงที่ จำนวนสัญญาณนาฬิกาที่นับได้ในช่วงการคายประจุจะถูกส่งไปยังวงจรมับสัญญาณแบบไบนารีเพื่อแปลงให้เป็นเลขดิจิตอลดังรูปที่ 4.12 (ค) หลังจากที่วงจรมับสัญญาณเสร็จเรียบร้อยแล้ววงจรมับสัญญาณก็จะส่งลอจิก ADC Ready ออกไปเพื่อให้คอมพิวเตอร์นำค่าไปประมวลผลต่อไป ผลการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของวงจรแปลงผันสัญญาณจะแสดงดังในรูปที่ 4.13

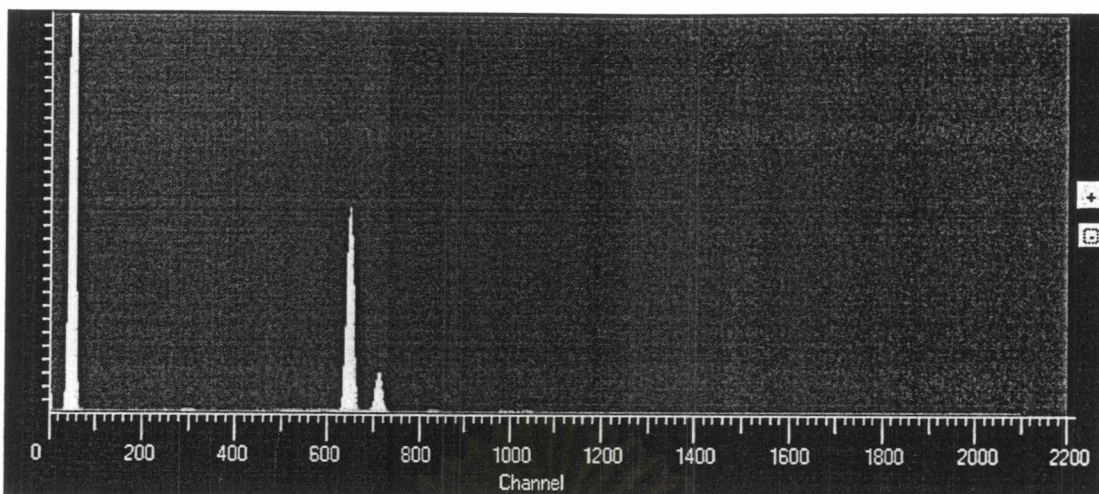


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความเป็นเชิงเส้นของวงจรแปลงผันสัญญาณ

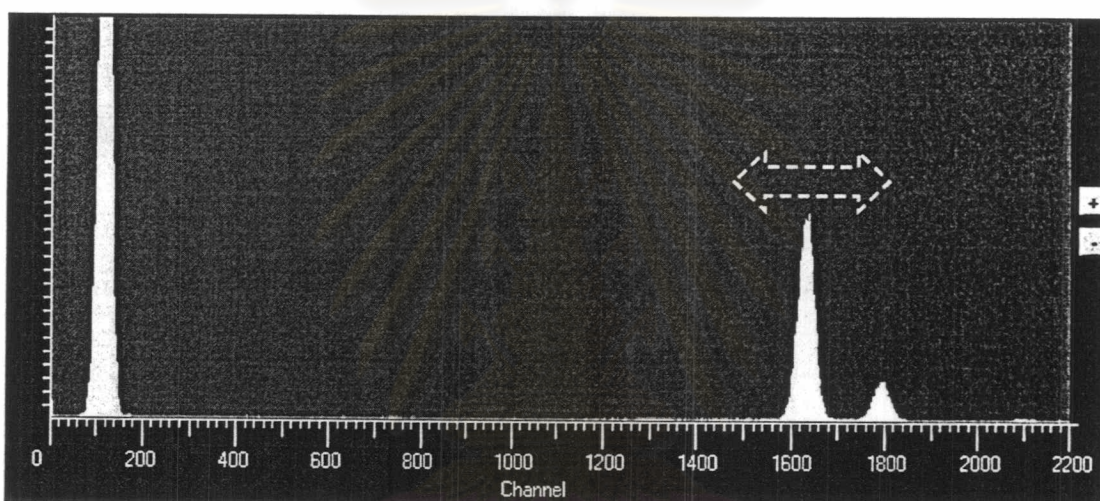
4.5 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมอิมูเลเตอร์สำหรับควบคุมและแสดงผล

4.5.1 การทดลองปรับแต่งรูปร่างสเปกตรัมของพลังงานในรูปแบบต่างๆ

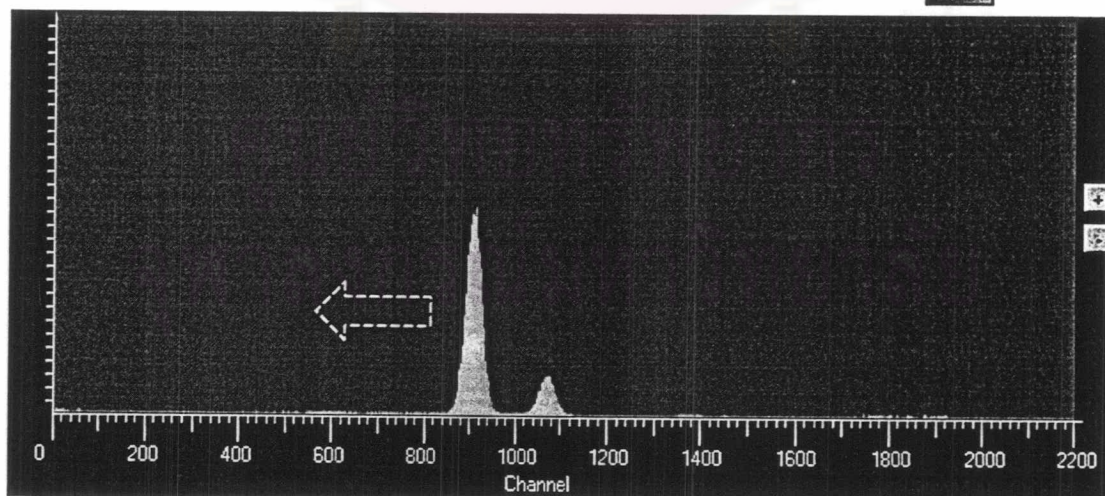
ได้ทดลองปรับแต่งรูปร่างของสเปกตรัมจากการเก็บตัวอย่างทองแดง (K_{α_1} และ K_{α_2}) รูปที่ 4.14 การทำงานของฟังก์ชันต่างๆ จะเริ่มต้นจากการกดปุ่มคำสั่ง เช่น การขยายรูปร่างของสเปกตรัมจะทำได้โดยการกดปุ่ม  ที่โปรแกรมแล้วตามด้วยการเลื่อนเมาส์ไปทางด้านขวาเพื่อยืดสเปกตรัมให้ขยายใหญ่ขึ้น ถ้าต้องการเลื่อนสเปกตรัมไปทางด้านใดด้านหนึ่งให้กดไปที่ปุ่มเลื่อนสเปกตรัม  แล้วตามด้วยการเลื่อนเมาส์ไปทางด้านซ้ายหรือขวา สเปกตรัมก็จะเลื่อนไปด้านนั้นๆ ส่วนการขยายความสูงของสเปกตรัมทำได้โดยการกดปุ่ม + หรือ - ทางด้านข้างของกรอบสเปกตรัมเพื่อเพิ่มความสูงที่ต้องการ เมื่อต้องการกลับไปสู่รูปร่างเดิมให้กดที่ปุ่ม  เพื่อกลับสู่สถานะเดิมตอนเริ่มต้น รูปจากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.14 - 4.18



รูปที่ 4.14 สเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงก่อนการปรับแต่ง

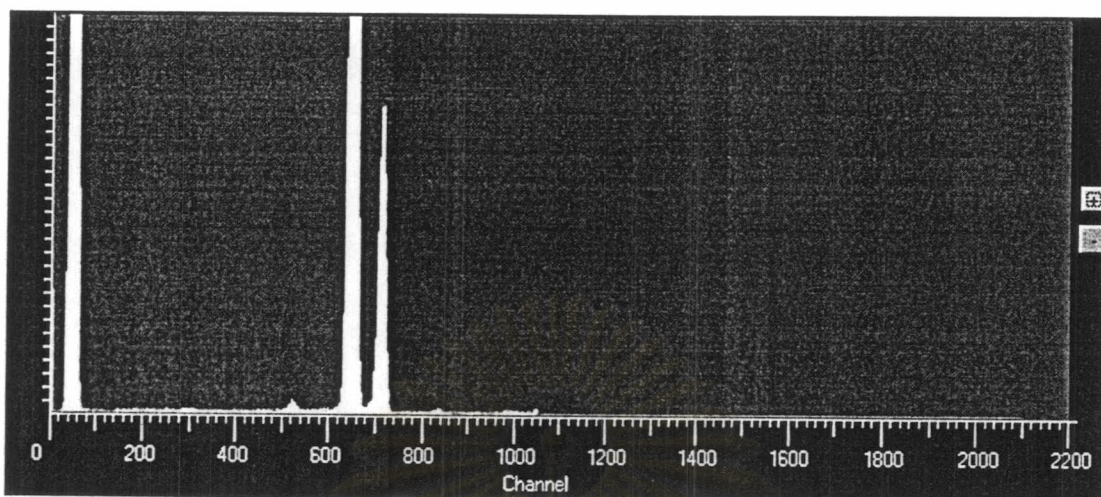


รูปที่ 4.15 สเปกตรัมของตัวอย่างเมื่อใช้ฟังก์ชันการยืดขยายโดยกดปุ่ม

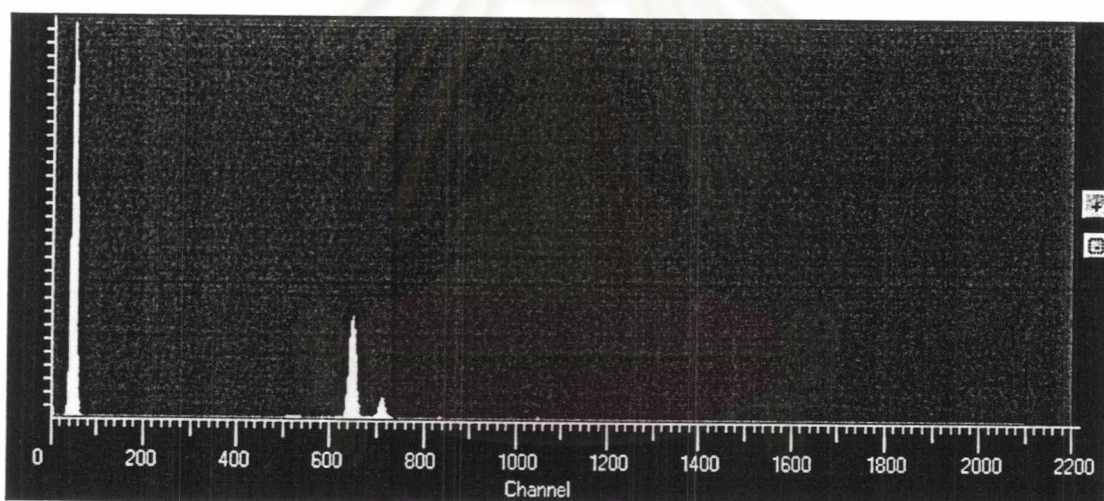


รูปที่ 4.16 สเปกตรัมของตัวอย่างเมื่อใช้ฟังก์ชันการเลื่อนที่โดยกดปุ่ม





รูปที่ 4.17 สเปกตรัมของตัวอย่างเมื่อใช้ฟังก์ชันการขยายความสูงโดยกดปุ่ม +

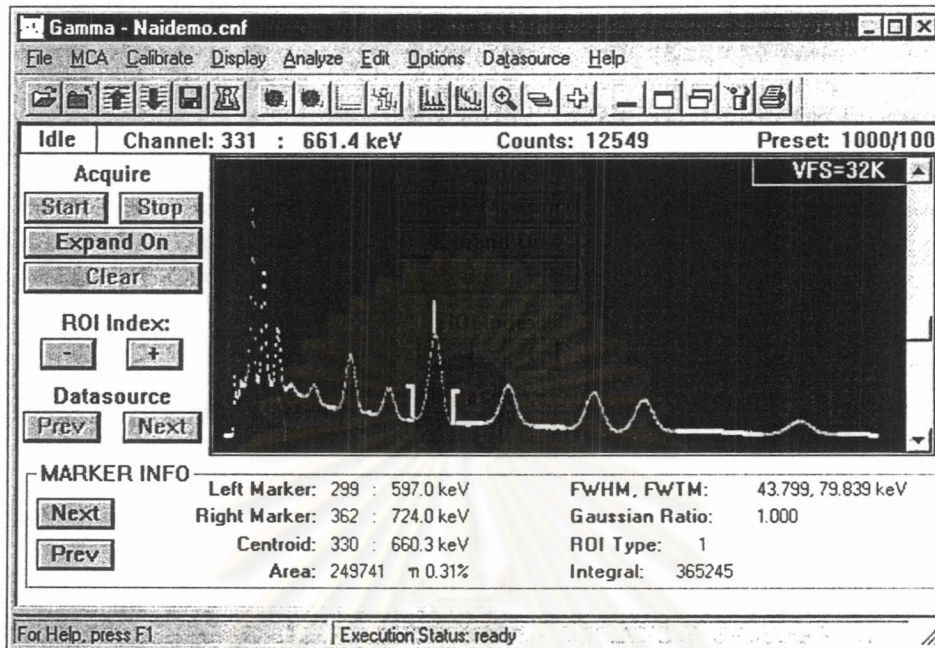


รูปที่ 4.18 สเปกตรัมของตัวอย่างเมื่อใช้ฟังก์ชันการย่อความสูงโดยกดปุ่ม -

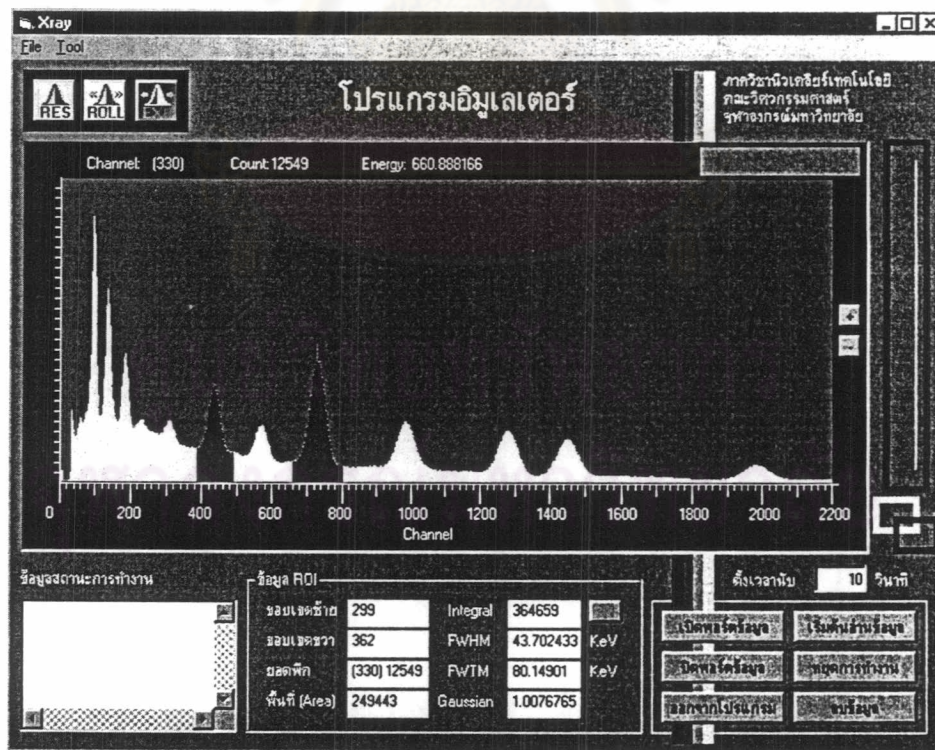
4.5.2 การทดลองการกำหนดช่วงสเปกตรัมที่สนใจในการวิเคราะห์

ในการทดลองกำหนดช่วงสเปกตรัมที่สนใจ (ROI) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัม เราจะเปิดไฟล์สเปกตรัมที่จัดเก็บไว้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับโปรแกรม Genie2000 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์สเปกตรัม โดยจะกำหนดขอบเขตทางด้านซ้ายและขวาเพื่อเปรียบเทียบค่าข้อมูลต่างๆ

ที่เกี่ยวกับสเปกตรัมพลังงานเช่น ค่าแชนแนลของยอดฟิตสเปกตรัม, ค่า FWHM, ค่าพื้นที่ใต้ฟิตจากการคำนวณของโปรแกรม ดังรูปที่ 4.19 และ รูปที่ 4.20



รูปที่ 4.19 หน้าต่างโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัม Genie2000 จากบริษัท Canberra



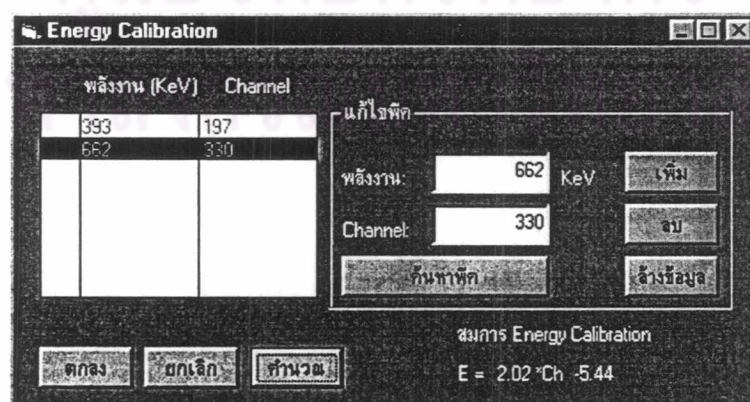
รูปที่ 4.20 หน้าต่างโปรแกรมอิมูเลเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์ธาตุ

จากการทดสอบจะสังเกตว่าค่าจากการคำนวณสเปกตรัมรังสีที่พลังงาน 662 KeV ด้วยโปรแกรมอิมูเลเตอร์ที่พัฒนาขึ้น เช่น พื้นที่, FWHM, FWTM, Gaussian Ratio จะมีค่าใกล้เคียงกับโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัม Genie2000 โดยพื้นที่พีคจะคำนวณจากสูตร Covell Method จากการหาค่าแบ็กกราวนด์ออกจากค่าพื้นที่อินทิกรัลเพื่อนำมาแก้ไขค่าพื้นที่ๆถูกต้อง และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณหาค่า FWHM และ FWTM ต่อไป ส่วนค่า Gaussian Ratio ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง FWHM ต่อ FWTM ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าพีคของพลังงานนี้มีรูปร่างใกล้เคียงกับการแจกแจงข้อมูลแบบ Gaussian ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบการคำนวณระหว่างโปรแกรม Genie2000 กับโปรแกรมอิมูเลเตอร์

Parameter	Genie2000	Emulator Program
FWHM	43.799 keV	43.7024 keV
FWTM	79.839 keV	80.149 keV
Gaussian Ratio	1	1.007
Integral	365245	364659
Area	249741	249443
Peak Position	662 keV	662 keV

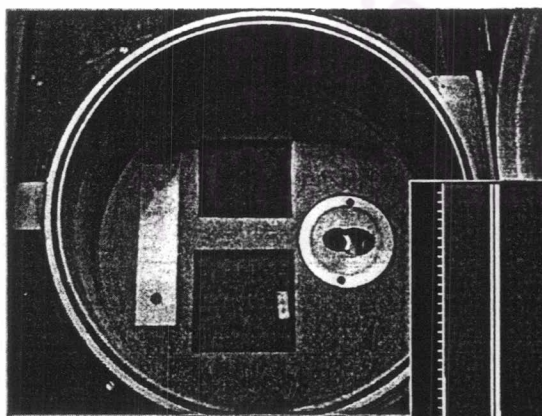
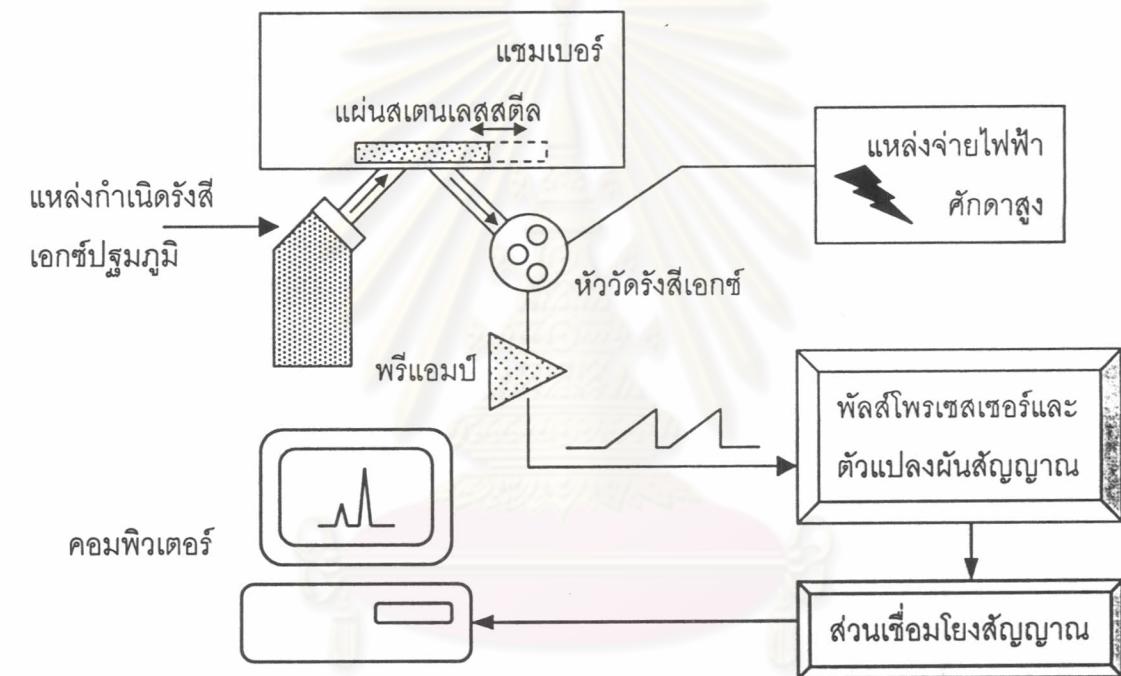
การคำนวณหาค่าพลังงานแทนแต่ละแชนแนลจะคำนวณจากหน้าต่าง Energy Calibration โดยคำนวณจากสูตรสมการการถดถอยเชิงเส้นแบบกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ดังรูปที่ 4.22 โดยการใส่ค่าพลังงานและแชนแนลอย่างน้อยสองพลังงานเพื่อคำนวณสูตรที่จะใช้หาค่าพลังงานในแต่ละแชนแนล



รูปที่ 4.22 หน้าต่างแสดงการหาค่า Energy Calibration

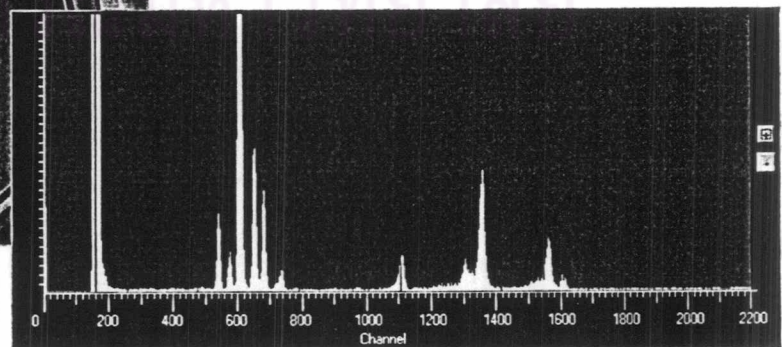
4.6 การทดสอบการวิเคราะห์ธาตุ

การวิเคราะห์ธาตุจากตัวอย่างที่นำมาทดสอบในการทดลองนี้จะใช้แผ่นสแตนเลสสตีลมาทดสอบหาค่าประกอบภายในเพื่อจะตรวจสอบดูว่าเครื่องวิเคราะห์ธาตุของ LINK System ที่ได้รับการปรับปรุงสามารถทำงานได้หรือไม่ โดยนำแผ่นสแตนเลสสตีลใส่ลงในแชมเบอร์แล้วใช้รังสีเอกซ์ปฐมภูมิกระตุ้นผิวของสแตนเลสสตีลให้ปล่อยพลังงานรังสีเอกซ์เฉพาะตัวออกมา จากนั้นจึงเก็บข้อมูลโดยโปรแกรมอิมัลเตอร์แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WinQXAS สเปกตรัมที่เกิดขึ้นจะนำมาเปรียบเทียบแต่ละพลังงานกับข้อมูลในไลบรารีของโปรแกรมวิเคราะห์ธาตุ WinQXAS เพื่อดูว่ามีธาตุใดบ้างเป็นองค์ประกอบหลัก โดยจัดองค์ประกอบการทดลองดังรูปที่ 4.23

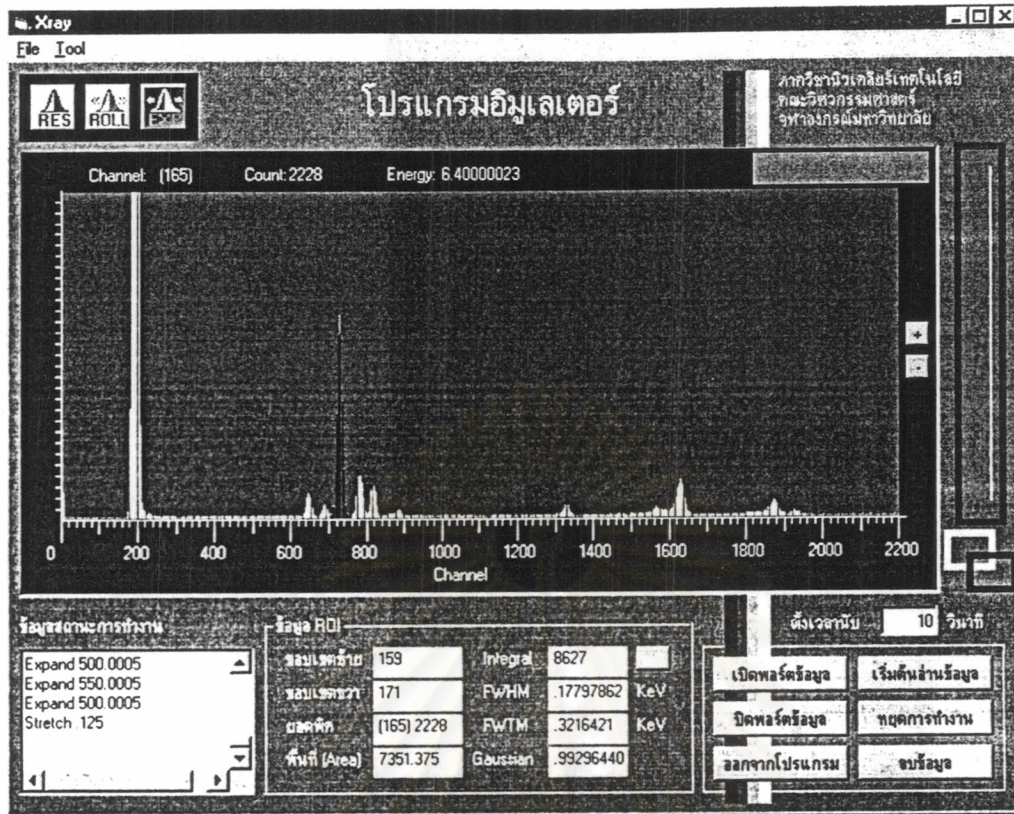


สแตนเลสสตีล

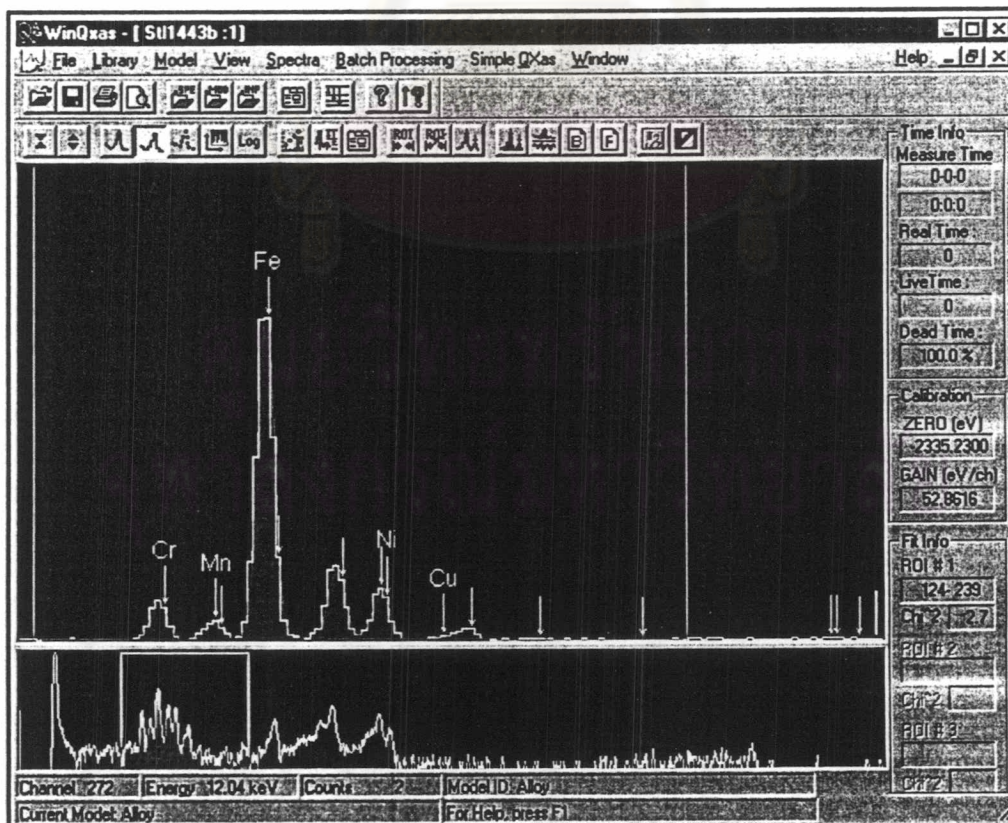
ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบตัวอย่าง



รูปที่ 4.23 การจัดอุปกรณ์และตัวอย่างในการวิเคราะห์ธาตุในเครื่อง LINK System



รูปที่ 4.24 หน้าต่างโปรแกรมอิมูเลเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์ธาตุ

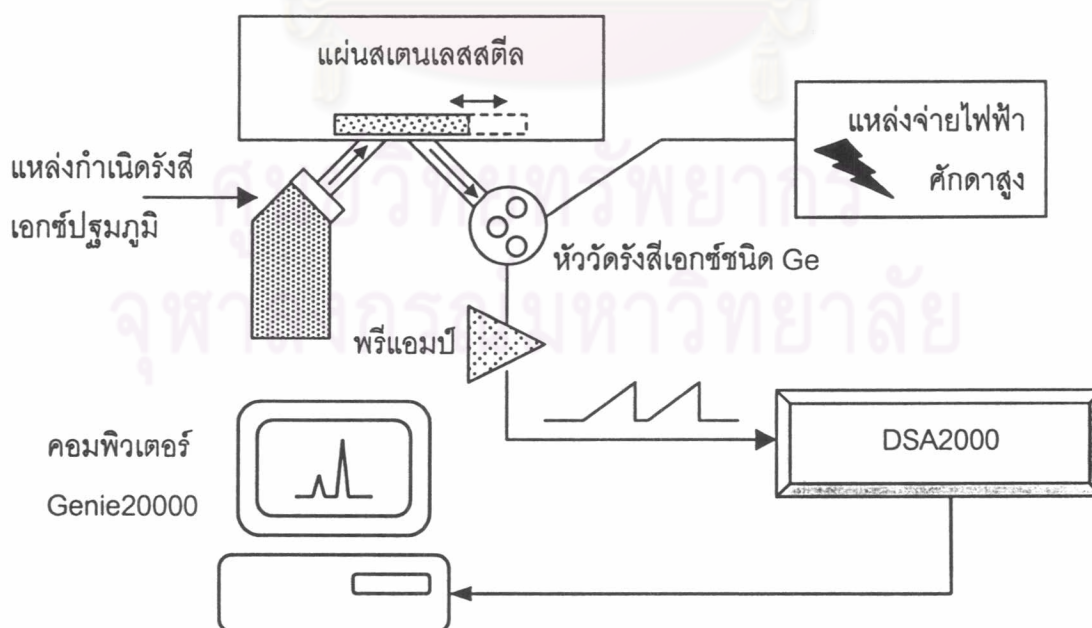


รูปที่ 4.25 หน้าต่างแสดงสเปกตรัมจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WinQXAS

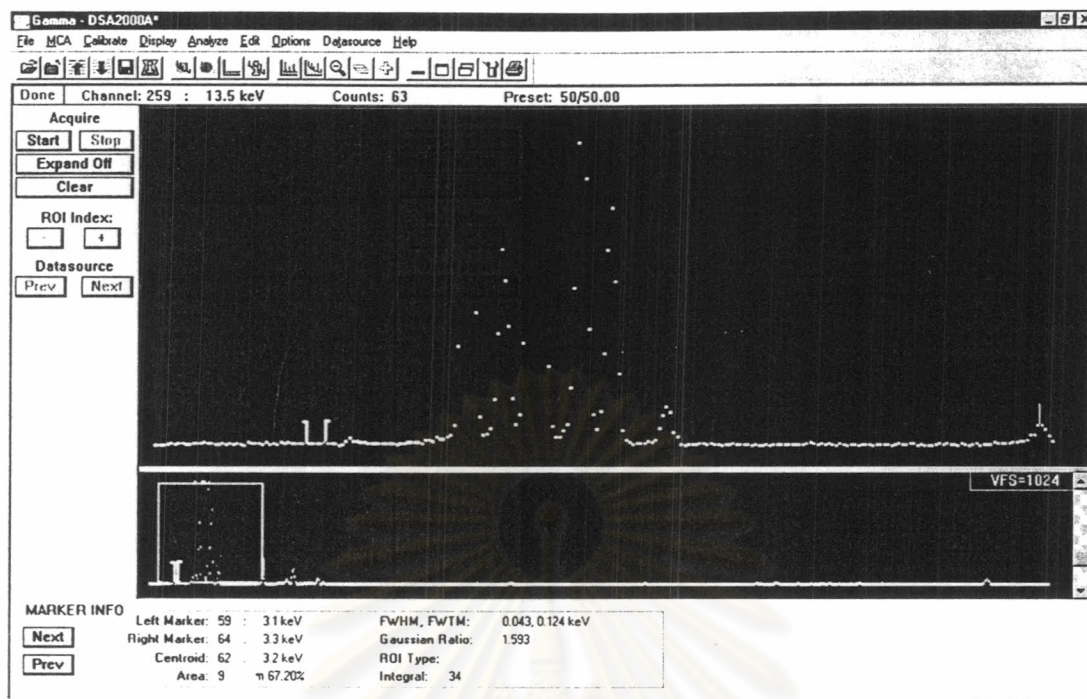
WinQXAS version 1.30, Aug.2001		Apr. 01 2003 12:15:20		
Document filename: St11443b				
Spectrum ID:				
Model ID: Alloy				
Fitting Region: channels 124 - 239, Chisquare = 2.7				
Line	E(KeV)	Peak area	st. dev	Chi-sq
Cr - KA1	5.412	943	± 33	1.2
Cr - KB1	5.947	273	± 10	0.8
Mn - KA1	5.895	198	± 26	0.8
Mn - KB1	6.491	52	± 7	1.4
Fe - KA1	6.399	8382	± 88	1.8
Fe - KB1	7.059	1933	± 20	2.5
Ni - KA1	7.478	895	± 25	2.9
Ni - KA2	7.461	465	± 13	2.9
Ni - KB1	8.265	260	± 7	1.4
Cu - KA1	8.048	55	± 9	0.7
Cu - KA2	8.028	28	± 5	0.7
Cu - KB1	8.905	15	± 3	0.7
U - L3M1 Escape	9.876	1	± 9	1.6

รูปที่ 4.26 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WinQXAS จากเครื่องวิเคราะห์ธาตุ ที่ปรับปรุง

หลังการทดสอบเครื่องวิเคราะห์ธาตุของ Link System ที่ได้รับการปรับปรุงจึงได้ทดลองจัดระบบวิเคราะห์ธาตุขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบผลโดยใช้หัววัดรังสีเอกซ์เป็นแบบ Ge และใช้เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม DSA2000 จากบริษัท CANBERRA ในการจัดการสัญญาณที่มาจากหัววัดเพื่อส่งไปเก็บยังคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Genie2000 ในการควบคุม การประมวลผล และจัดเก็บผลในรูปแบบเท็กซ์ไฟล์เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WinQXAS เช่นเดียวกับระบบวิเคราะห์ธาตุที่ของเครื่อง LINK System ดังรูปที่ 4.27



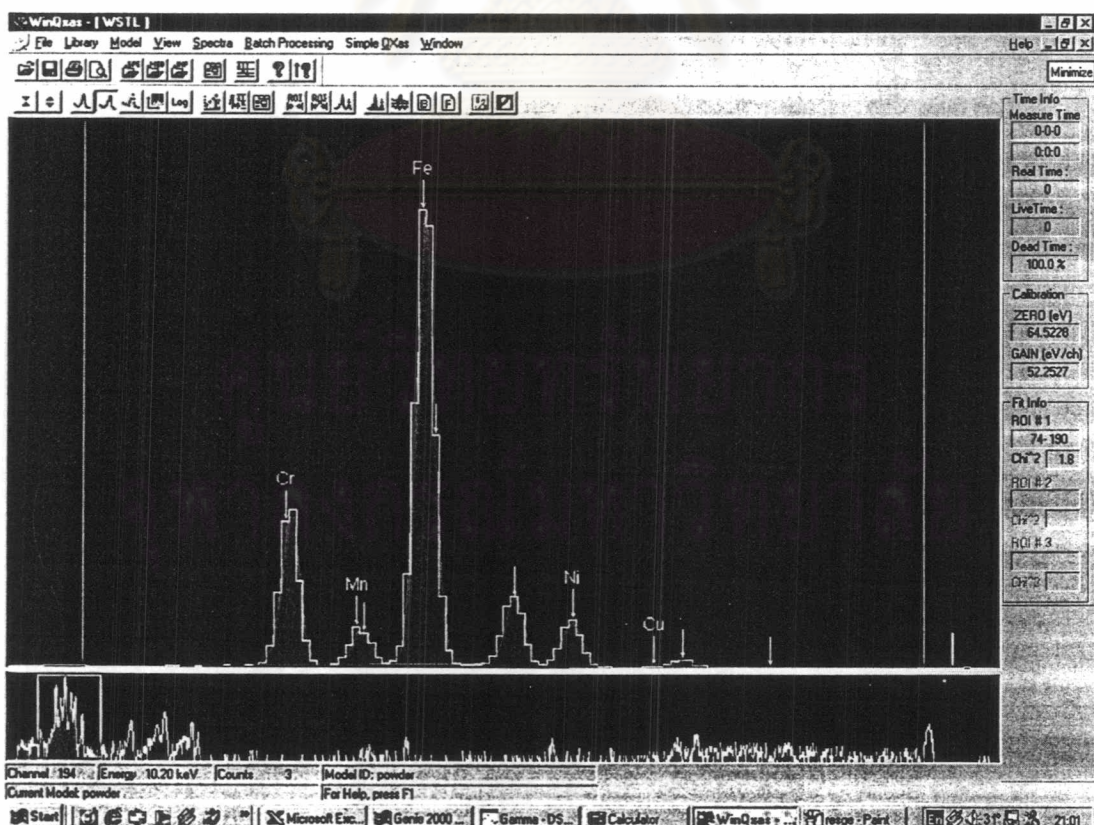
รูปที่ 4.27 การจัดการทดลองเครื่องวิเคราะห์ธาตุจากหัววัดรังสีเอกซ์ชนิด Ge



For Help, press F1 Execution Status: ready

Start Microsoft Exc... Genie 2000... Gamma - D... Calculator WinQxas - [...] st82ge - Paint 21:01

รูปที่ 4.28 หน้าต่างโปรแกรม Genie2000 แสดงการเก็บข้อมูลตัวอย่างจากหัววัด Ge



รูปที่ 4.29 หน้าต่างโปรแกรม WinQXAS แสดงการวิเคราะห์ตัวอย่างจากหัววัด Ge

WinQXAS version 1.30, Aug.2001 Apr, 17 2003 08:58:48

Document filename: WVSTL
Spectrum ID:
Model ID: powder

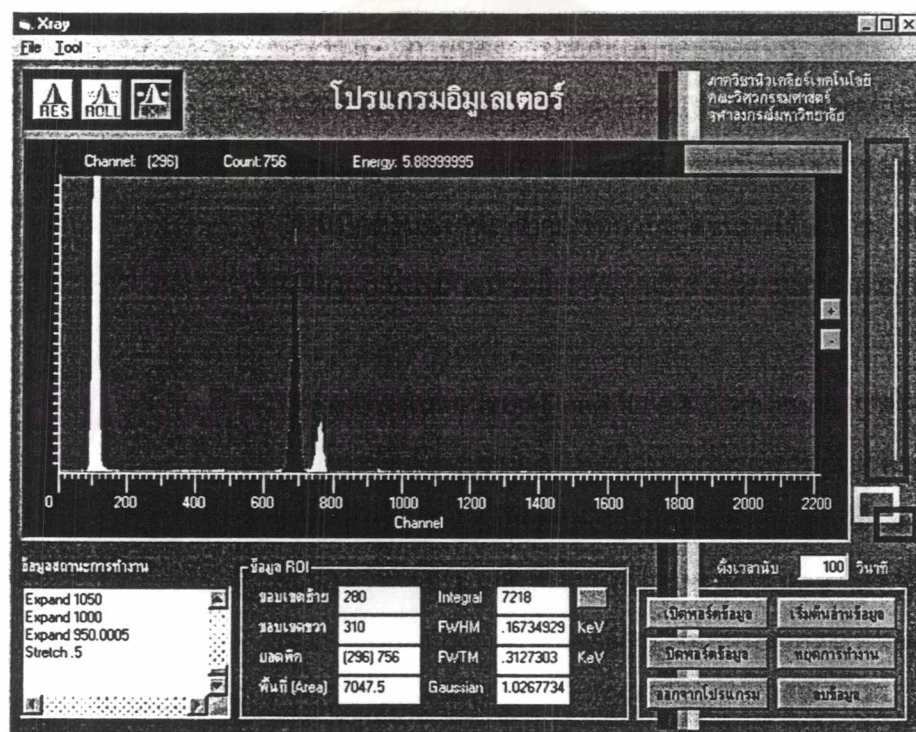
Fitting Region: channels 74 - 190, Chisquare = 1.8

Line	E(KeV)	Peak area	st. dev	Chi-sq
Cr - KA1	5.412	7799	± 91	0.6
Cr - KB1	5.947	1332	± 16	2.7
Mn - KA1	5.895	625	± 40	2.5
Mn - KB1	6.491	105	± 8	2.9
Fe - KA1	6.399	24062	± 151	2.7
Fe - KB1	7.059	3886	± 24	5.9
Ni - KA1	7.478	1680	± 35	1.3
Ni - KA2	7.461	858	± 18	1.3
Ni - KB1	8.265	388	± 8	1.7
Cu - KA1	8.041	26	± 12	0.8
Cu - KB1	8.905	4	± 2	1.1

รูปที่ 4.30 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ธาตุที่ได้จากหัววัด Ge

4.7 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวิเคราะห์ธาตุ

การทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องวิเคราะห์ธาตุโดยทั่วไปจะใช้ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิชนิดไอโซโทปจาก Fe-55 ซึ่งให้รังสีเอกซ์เฉพาะตัวของ Mn K_{α} (5.89KeV) ผลลัพธ์จากการทดสอบมีค่า FWHM เท่ากับ 167 eV เมื่อคำนวณจะได้ค่า Resolution ประมาณ 2.83 %



รูปที่ 4.31 หน้าต่างแสดงผลการหา Resolution ของระบบวิเคราะห์ธาตุ