บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

3.1.1 กล้องมองภาพนิวตรอน

3.1.2 กล้องโทรทัศน์

3.1.3 แผงวงจรแปลงสัญญาณภาพ (Video Signal) เป็นข้อมูลภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ แผงวงจร MediaGrabber DSP Card ของ Wearnes

3.1.4 ไมโครคอมพิวเตอร์ใช้หน่วยประมวลผลกลาง Pentium 133 MHz พร้อมจอภาพที่มีความละเอียด VGA และ การ์ดแสดงผล ET4000

3.1.5 ท่อ พีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 36 เซ็นติเมตร ยาว 9 เซ็นติเมตร หนา 0.3 เซ็นติเมตร

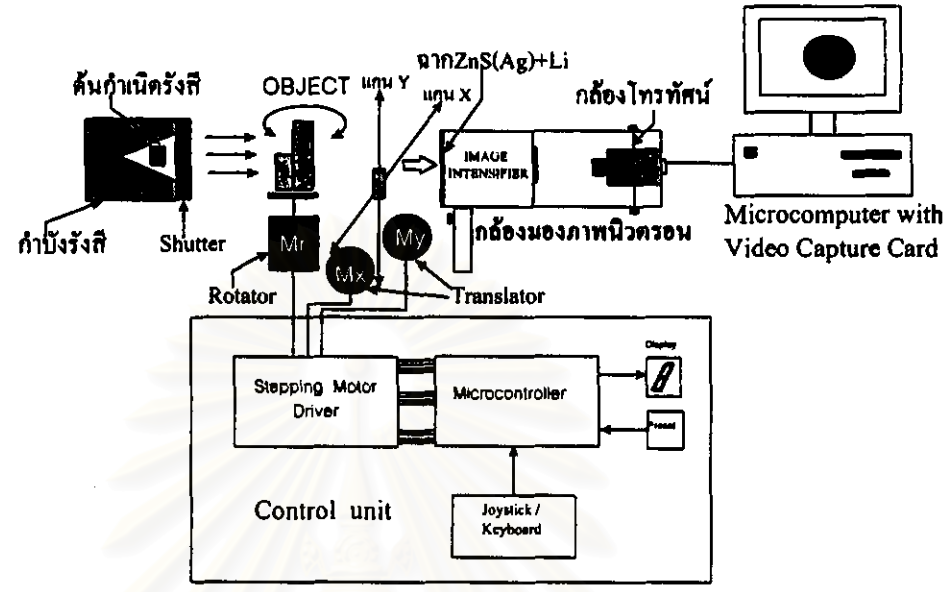
3.1.6 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา Am - 241 ความแรงรังสี 100 มิลลิคูรี

3.1.7 เทอร์มัลนิวตรอนจากเตาปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย (ปปว-1/1) ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

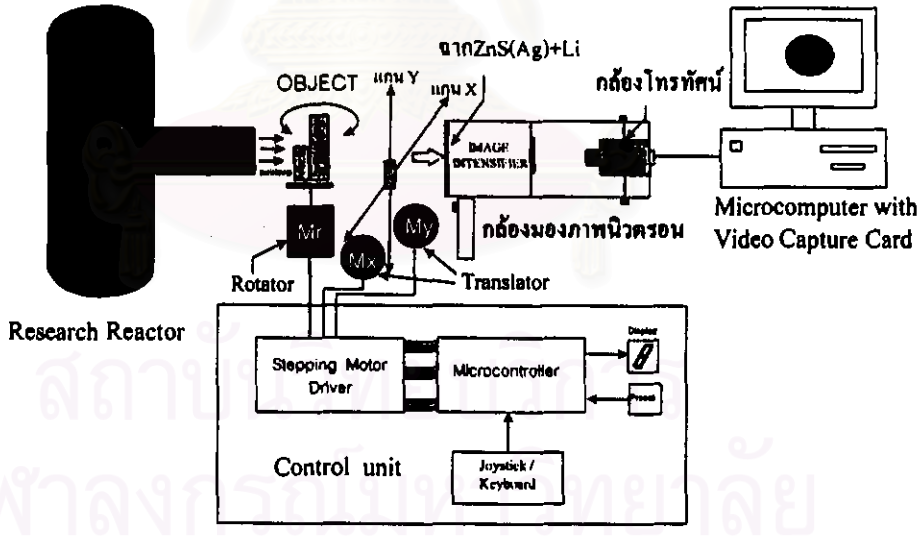
3.1.8 อุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบ

3.2 การพัฒนาระบบถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอนโดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอน

ระบบถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมา และ นิวตรอนโดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอนที่พัฒนาขึ้นออกแบบให้สามารถใช้ถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างที่มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักไม่มากนัก ระบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ระบบขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบ และ ระบบถ่ายภาพโดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอน ซึ่งสามารถเขียนแผนภาพการทำงานได้ดังรูปที่ 3.1



(ก) ระบบถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมา



(ข) ระบบถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

รูปที่ 3.1 แผนภาพของระบบถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอน โดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอน

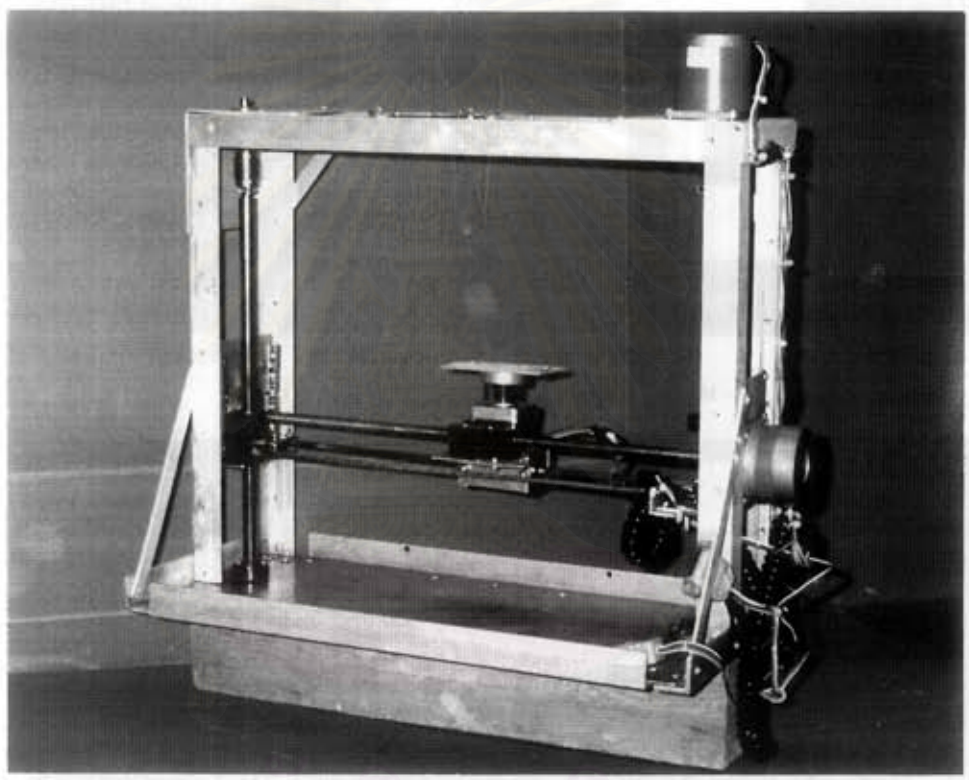
หลักการทำงานของระบบถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอนโดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอนที่พัฒนาขึ้นอาศัยการบันทึกภาพที่ได้จากการถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอน เมื่อลำรังสีแกมมา หรือ นิวตรอน ทะลุผ่านวัตถุตัวอย่าง ไปกระทบกับด้านหน้าของกล้องมองภาพนิวตรอน โดยที่กล้องมองภาพนิวตรอนมีส่วนประกอบ คือ ด้านหน้าของกล้อง จะเป็นฉากเรืองรังสีชนิด ZnS(Ag) ผสม Li และ อุปกรณ์ทวีความเข้มแสง (Image Intensifier) เมื่อลำรังสีแกมมาทะลุผ่านวัตถุตัวอย่างไปตกกระทบด้านหน้าของกล้องมองภาพนิวตรอน นิวตรอนจะไปทำปฏิกิริยากับ ZnS(Ag) ทำให้เกิดการเรืองแสงขึ้น แสงที่ได้จะถูกเพิ่มความเข้มโดยอุปกรณ์ทวีความเข้มแสง ทำให้เกิดภาพที่มีความเข้มมากขึ้นบนจอมองภาพ (Phosphor Screen) ส่วนในกรณีของนิวตรอน นิวตรอนจะทำปฏิกิริยากับ Li ทำให้เกิดอนุภาค อัลฟา (α) และ ทริตอน (^3H) ขึ้น จากปฏิกิริยา $^6Li(n,\alpha)^3H$ และอนุภาคอัลฟาที่ได้จะไปทำปฏิกิริยากับ ZnS(Ag) ทำให้เกิดการเรืองแสงขึ้น และถูกขยายโดยอุปกรณ์ทวีความเข้มของภาพ ทำให้ได้ภาพที่มีความเข้มมากขึ้นบนจอมองภาพ เช่นเดียวกัน จากนั้นจะใช้กล้องโทรทัศน์รับภาพจากจอมองภาพของกล้องมองภาพนิวตรอน เพื่อนำภาพที่ได้มาแสดงบนจอมอนิเตอร์ของไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่านแผงวงจรแปลงสัญญาณภาพเป็นข้อมูลภาพ (MediaGrabber DSP Card) ที่ติดตั้งไว้บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ระบบถ่ายภาพนี้สามารถถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอน สำหรับวัตถุตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซ็นติเมตร ซึ่งเป็นขีดจำกัดของกล้องมองภาพนิวตรอนที่ใช้ แต่ถ้าต้องการถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 เซ็นติเมตร จะต้องใช้อุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน เพื่อทำหน้าที่ขับเคลื่อนวัตถุตัวอย่างในแนวแกน X แนวแกน Y และ หมุนวัตถุตัวอย่าง โดยการทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอนนี้จะถูกเก็บบันทึกไว้บนฮาร์ดดิสก์ของไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการตรวจสอบหรือปรับปรุงคุณภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปต่อไป

3.3 การออกแบบและสร้างระบบขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบ

ระบบขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบที่พัฒนาขึ้นออกแบบให้สามารถวางวัตถุตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก และ มีน้ำหนักไม่มาก ระบบที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ชุดอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน และ ชุดควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบ

3.3.1 ชุดอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน

ในส่วนของชุดอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน ประกอบด้วย สเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor) 3 ตัว ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบชุดอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน ให้สามารถหมุนวัตถุตัวอย่างได้เป็นมุม 360 องศา และขับเคลื่อนวัตถุตัวอย่าง ได้ทั้งในแนวระดับ (X) และในแนวดิ่ง (Y) ดังรูปที่ 3.2

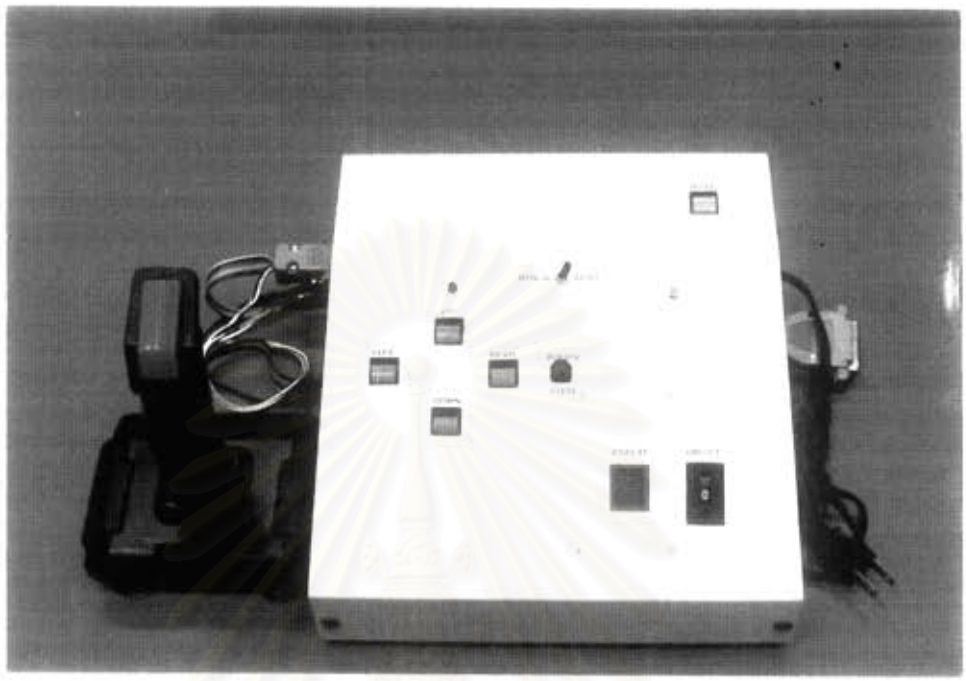


รูปที่ 3.2 อุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน

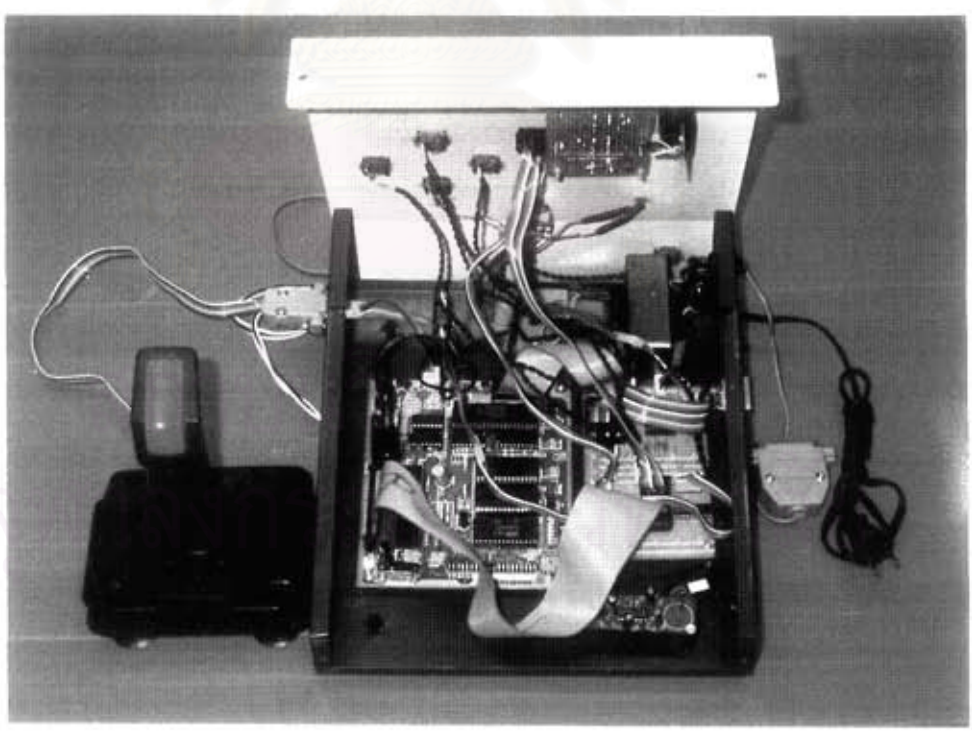
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 ระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน

ในส่วนของระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงานที่พัฒนา ได้ออกแบบให้สามารถควบคุมการทำงานได้ 2 โหมดการทำงาน คือ การทำงานด้วยมือ (Manual) และ การทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatic) ซึ่งทั้ง 2 โหมดการทำงานจะมี สวิตช์สำหรับเลือกการทำงาน ติดตั้งไว้ที่หน้าปัทม์ของชุดควบคุมดังรูปที่ 3.3



(ก) ด้านหน้าของชุดควบคุมการทำงาน



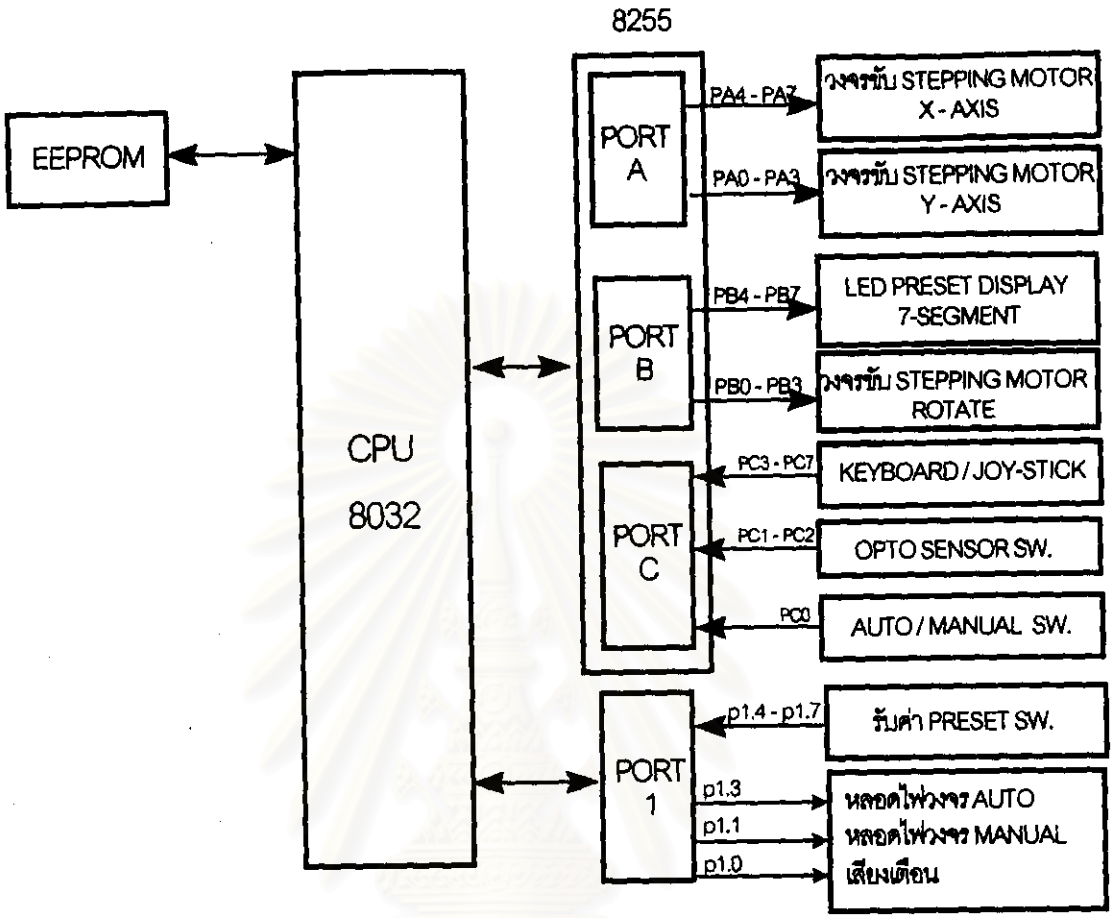
(ข) ด้านในของชุดควบคุมการทำงาน

รูปที่ 3.3 ชุดควบคุมการทำงานของอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน

3.3.2.1 ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller System)

ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน โดยส่งสัญญาณควบคุมผ่านทางวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ ระบบนี้จะควบคุมการหมุน และการเคลื่อนที่ของวัตถุตัวอย่าง โดยสามารถเลือกถ่ายภาพ วัตถุตัวอย่าง ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ด้วย Keyboard หรือ Joystick เพื่อเลือกถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างเฉพาะบริเวณที่สนใจ ในกรณีที่ต้องการถ่ายภาพชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของหน้ากล้องมองกาพนิวตรอน ซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซ็นติเมตร ก็จะเลือกโหมดการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะมีให้เลือกเป็น 3 แบบ คือ แมตริกซ์ 1×1 แมตริกซ์ 2×2 และ แมตริกซ์ 3×3 ในส่วนของ แมตริกซ์ 1×1 จะถ่ายภาพชิ้นงานได้ 1 ภาพ ขนาดของวัตถุตัวอย่างไม่เกิน 3.5 ซม. $\times$ 3.5 ซม. ส่วน แมตริกซ์ 2×2 จะถ่ายภาพชิ้นงานได้ 4 ภาพ ขนาดวัตถุตัวอย่างอยู่ระหว่าง 3.5 ซม. $\times$ 3.5 ซม. ถึง 7 ซม. $\times$ 7 ซม. และในส่วน แมตริกซ์ 3×3 จะถ่ายภาพชิ้นงานได้ 9 ภาพ ขนาดของชิ้นงานจะอยู่ระหว่าง 7 ซม. $\times$ 7 ซม. ถึง 10.5 ซม. $\times$ 10.5 ซม. โดยสามารถเลือกได้จาก Preset Switch ที่อยู่บนหน้าปัทม์ของชุดควบคุม ถ้าตั้งค่า 1 จะเป็นการถ่ายภาพแบบ แมตริกซ์ 1×1 ถ้าตั้งค่า Preset เป็น 2 จะเป็นการถ่ายภาพแบบ แมตริกซ์ 2×2 และถ้าตั้งค่า Preset เป็น 3 เป็นการถ่ายภาพแบบ แมตริกซ์ 3×3 การทำงานของระบบสามารถควบคุมได้จากระยะทางไกลผ่านทางสาย ทั้งนี้เพื่อลดอันตรายจากการได้รับรังสี ในงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีหน่วยประมวลผลกลางเบอร์ 8032 และ ใช้ภาษาอีทีที เบสิก เวอร์ชั่น 2.0 ในการควบคุมการทำงานของระบบ โดยโปรแกรมควบคุมจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำแบบ EEPROM บนแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้สะดวกในการปรับปรุงและแก้ไข แผนผังการทำงานระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังในรูปที่ 3.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

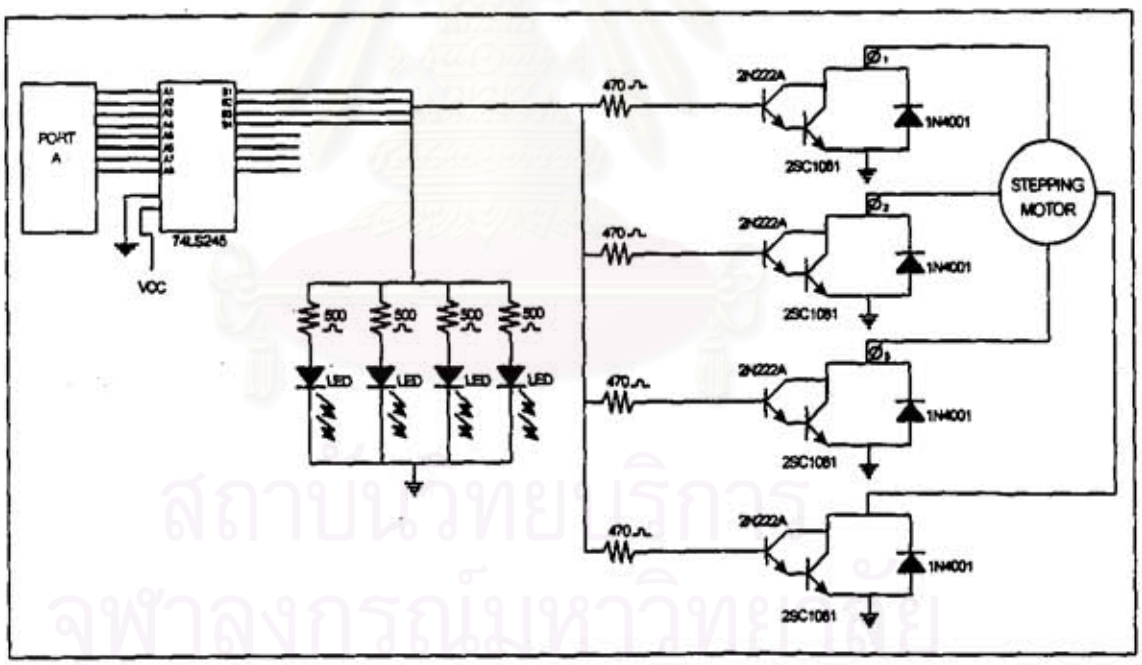
3.3.2.2 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor Driver)

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้สเต็ปปิงมอเตอร์แบบ 4 เฟส ที่มีความละเอียดของสเต็ปเท่ากับ 1.8 องศา โดยวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ที่ใช้สามารถขับกระแสให้เฟสต่าง ๆ ของมอเตอร์ได้อย่างเพียงพอ การขับจะใช้แบบกระตุ้นสองเฟส (Two - Excitation) ดังแสดงในรูปที่ 3.5

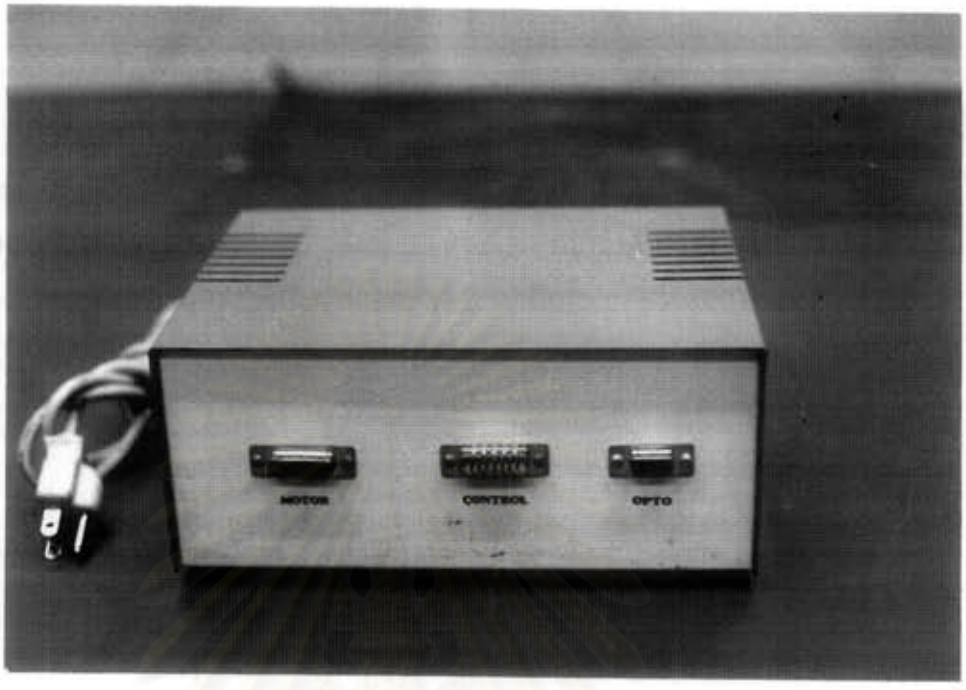
ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
1	1	0	0
0	1	1	0
0	0	1	1
1	0	0	1

รูปที่ 3.5 แสดงการขับสเต็ปปิงมอเตอร์แบบกระตุ้น 2 เฟส

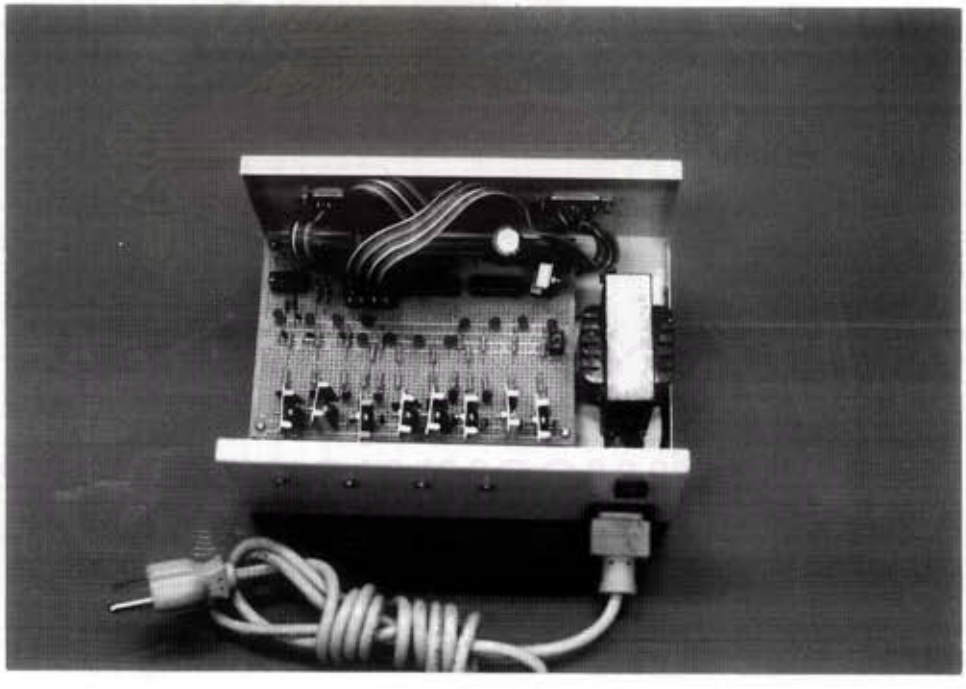
สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านไอซีหมายเลข 8255 เป็นสัญญาณลอจิก ขนาด 5 โวลต์ ซึ่งไม่สามารถที่จะขับสเต็ปปิงมอเตอร์ได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องมีวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์



(ก) ด้านหน้าของชุดขับสเต็ปปิงมอเตอร์

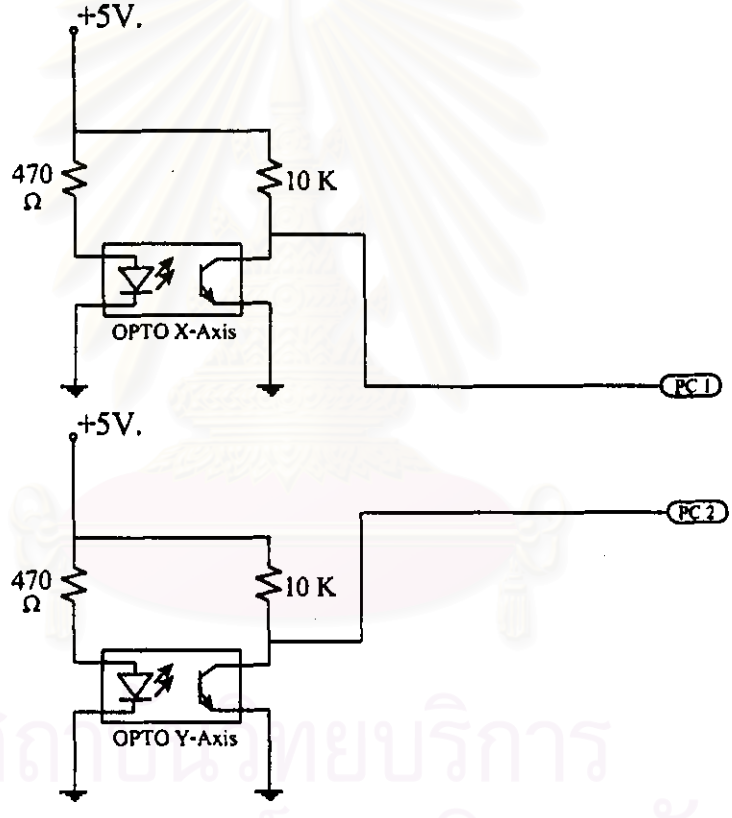


(ข) ด้านในของชุดขับสเต็ปปิงมอเตอร์

รูปที่ 3.7 ชุดอุปกรณ์ขับสเต็ปปิงมอเตอร์

3.3.2.3 วงจรรับสัญญาณจากสวิตช์แสง

เพื่อกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของแกน X และ แกน Y ของอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน จะต้องติดตั้งสวิตช์แสงที่จุดเริ่มต้นของ แกน X และ แกน Y ซึ่งจะส่งสัญญาณเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านพอร์ต C บิตที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เพื่อเริ่มต้นการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอน ในกรณีที่เลือกโหมดการใช้งานเป็นแบบอัตโนมัติ ดังวงจรในรูปที่ 3.8

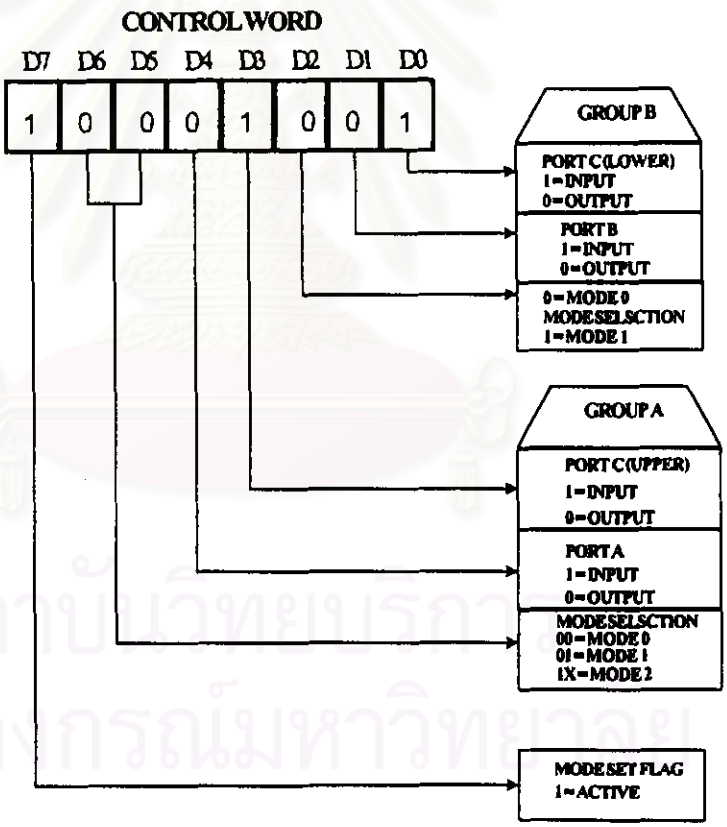


รูปที่ 3.8 แสดงวงจรสวิตช์แสง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2.4 การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบ

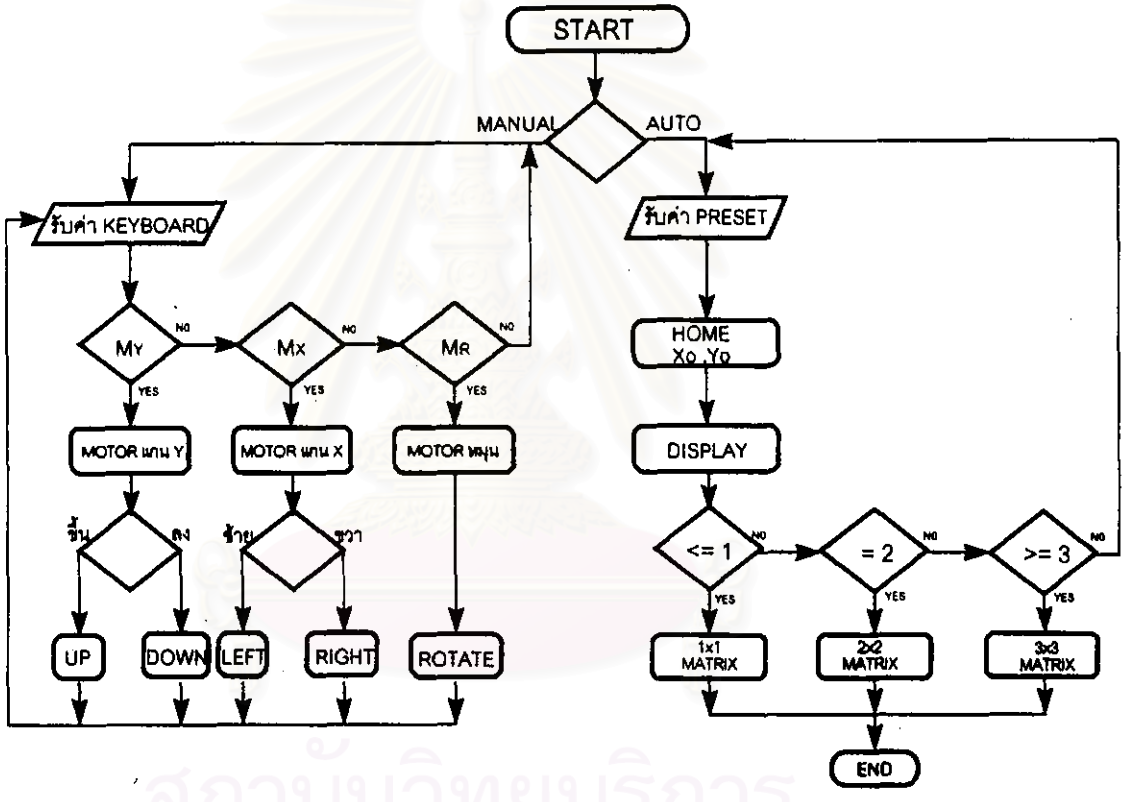
อุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบทำงานได้ ด้วยการรับสัญญาณควบคุมจากระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ โดยสัญญาณควบคุมของระบบจะส่งสัญญาณผ่านไอซีเบอร์ 8255 เพื่อควบคุมการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างวงจรภายนอกกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามลำดับขั้นของโปรแกรมที่ออกแบบไว้ ในการใช้งานของไอซีเบอร์ 8255 ต้องมีการใส่รหัสควบคุม (Control Word) เพื่อส่งไปยังพอร์ตควบคุม ในการใช้งาน รหัสควบคุม คือ 137 (89H) ซึ่งเป็นการกำหนดให้ พอร์ต A และ พอร์ต B ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุต ในขณะที่พอร์ต C ทำหน้าที่เป็น อินพุต



รูปที่ 3.9 รหัสควบคุมที่ใช้กับไอซีเบอร์ 8255

3.3.2.5 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

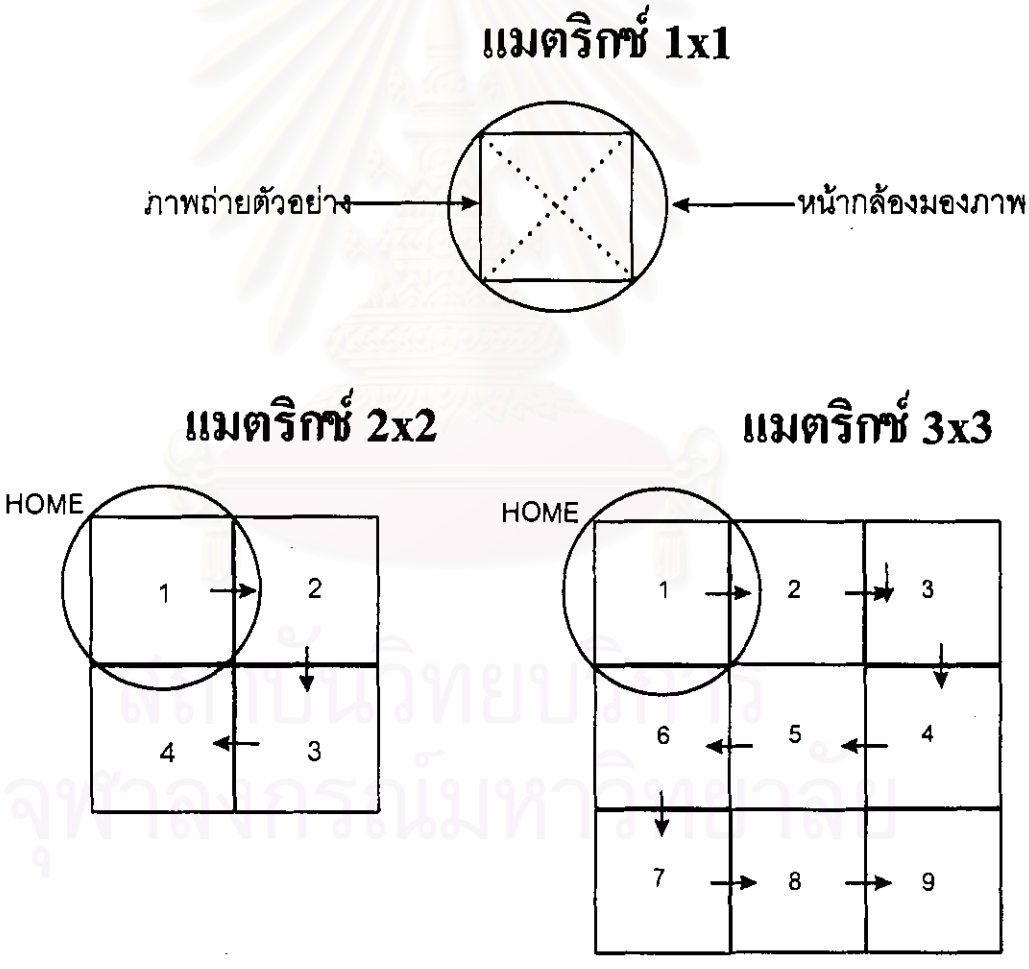
โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบได้ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถควบคุม การติดต่อ รับ / ส่ง ข้อมูล ทาง พอร์ตอินพุต และ เอาต์พุต ของไอซีเบอร์ 8255โดยเขียนด้วยภาษา อีทีที เบสิก เวอร์ชั่น 2.0 [9] โดยเลือกการทำงานได้ 2 โหมด คือ โหมด การทำงานด้วยมือ และ โหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงการทำงานดังในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานโปรแกรมควบคุม

(1) **โหมดการทำงานด้วยมือ** จะควบคุมอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบให้ทำงานได้อย่างอิสระทั้งแนวแกน X แนวแกน Y รวมทั้งการหมุนชิ้นงานทดสอบ โดยใช้ Keyboard หรือ Joystick เป็นตัวควบคุมการทำงาน

(2) **โหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ** จะรับข้อมูลควบคุมการทำงานจากค่า Preset Switch แล้วนำไปแสดงผลที่ Display จากนั้นจะส่งสัญญาณควบคุมไปยังชุดอุปกรณ์กลขับเคลื่อนชิ้นงาน โดยผ่านวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ในสถานะของแมตริกซ์ สำหรับโหมดนี้สามารถให้เลือกการทำงานได้ 3 แบบ ดังในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงการถ่ายภาพในโหมดอัตโนมัติ

ก. ถ่ายภาพแบบแมตริกซ์ 1 × 1 จะทำการถ่ายภาพแบบภาพเดียว โดยวัตถุตัวอย่างที่ทำการทดสอบการถ่ายภาพ จะต้องมีขนาดเล็กกว่าด้านหน้ากล้องมองภาพนิวตรอน คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.5 ซม. × 3.5 ซม.

ข. ถ่ายภาพแบบแมตริกซ์ 2 × 2 จะถ่ายภาพทั้งหมด 4 ภาพ เพื่อนำภาพที่ได้มาต่อกัน โดยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับจัดการภาพถ่ายในการถ่ายภาพแบบแมตริกซ์ 2 × 2 ใช้สำหรับวัตถุตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่าด้านหน้ากล้องมองภาพนิวตรอน คือประมาณ 3.5 ซม. × 3.5 ซม. ถึง 7 ซม. × 7 ซม.

ค. ถ่ายภาพแบบแมตริกซ์ 3 × 3 จะถ่ายภาพทั้งหมด 9 ภาพ แล้วนำภาพที่ได้มาต่อกัน เพื่อให้เห็นเป็นภาพวัตถุตัวอย่างในการถ่ายภาพแบบแมตริกซ์ 3 × 3 นี้วัตถุตัวอย่างควรมีขนาดไม่เกิน 10.5 ซม. × 10.5 ซม.

3.4 การพัฒนาระบบถ่ายภาพโดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอน และ บันทึกภาพลงไมโครคอมพิวเตอร์

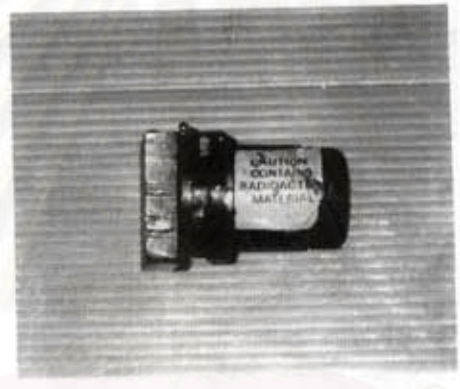
ในส่วนของระบบถ่ายภาพโดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอนที่พัฒนาขึ้น ได้ออกแบบให้สามารถมองเห็นภาพที่ถ่ายด้วยรังสีแกมมา และ นิวตรอน แบบ Real-Time โดยแสดงผลบนจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ และเก็บบันทึกภาพที่ได้ไว้ในฮาร์ดดิสก์ จากนั้นจึงนำภาพที่เก็บบันทึกไว้มาปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้โปรแกรมจัดการภาพสำเร็จรูปบนไมโครคอมพิวเตอร์ได้ทันที ในการจัดระบบถ่ายภาพโดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอนสามารถแบ่งเป็นส่วนประกอบได้ดังนี้

3.4.1 การถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมา

ในการจัดระบบถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมานั้น มีหลักการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพ ซึ่งได้แก่ ความคมชัด (Sharpness) และ ความเปรียบต่าง (Contrast) ดังต่อไปนี้

ต้นกำเนิดรังสีแกมมา

รังสีแกมมาที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้จากต้นกำเนิดรังสีแกมมา Am-241 ที่มีพลังงาน 60 keV ความแรงรังสี 100 มิลลิคูรี (3.7×10^9 เบคเคอเรล) เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมาแบบจุด ในการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาของวัตถุนั้น จะต้องพิจารณาถึงความหนาของวัตถุ จะต้องให้รังสีทะลุผ่านวัตถุไปตกกระทบที่หน้ากล้องมองภาพ และ จะมีบางส่วนถูกดูดกลืนในวัตถุ โดยภายในวัตถุจะมีความหนาไม่เท่ากัน ส่วนที่หนามากจะดูดกลืนรังสีได้มาก รังสีก็จะทะลุผ่านได้น้อย ส่วนที่บางจะดูดกลืนรังสีได้น้อย รังสีก็จะทะลุผ่านได้ง่าย รังสีที่ตกกระทบบนหน้ากล้องมองภาพทำให้เกิดภาพที่มีความคำแตกต่างกัน และเมื่อผ่านกระบวนการทวีความเข้มแสง ในกล้องมองภาพจึงทำให้เกิดภาพขึ้นมาได้



รูปที่ 3.12 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา Am - 241

ระยะทาง

ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีแกมมาถึงหน้ากล้องมองภาพนั้น มีผลต่อความคมชัดของภาพถ่าย เพราะว่าต้นกำเนิดรังสีแกมมามีขนาดเล็ก การวางต้นกำเนิดรังสีแกมมาจะต้องให้มีระยะห่างที่พอเหมาะ ทั้งนี้เพราะว่าถ้าวางห่างจากกล้องมองภาพมากเกินไป ปริมาณรังที่ตกกระทบที่หน้ากล้องมองภาพก็จะน้อย แต่ถ้าวางไว้ใกล้กันเกินไปภาพถ่ายที่ได้จะขาดความคมชัด

จากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น การจัดระบบเพื่อการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมา ที่ได้ออกแบบไว้ แสดงในรูปที่ 3.1(ก)

3.4.2 การถ่ายภาพด้วยนิวตรอน [4]

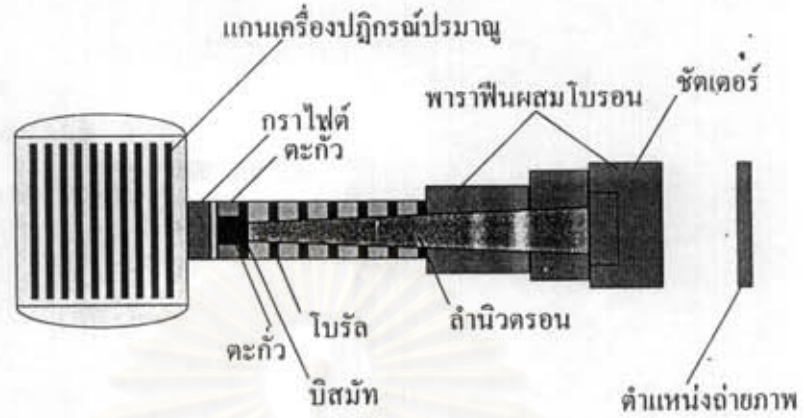
ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน จะมีหลักการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย ลักษณะความเปรียบต่างที่เหมาะสม และความคมชัดของภาพที่ได้จะขึ้นกับค่าของนิวตรอนฟลักซ์ที่ต้นกำเนิดนิวตรอนแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

ต้นกำเนิดนิวตรอน

นิวตรอนที่ใช้ในการทดลองถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ได้มาจากปฏิกิริยาแตกตัว (Fission) ของยูเรเนียม - 235 ในแท่งเชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย (ปปว-1/1) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูรุ่น TRIGA MARK III มีกำลังในการเดินเครื่องสูงสุด 2 เมกกะวัตต์

รูปที่ 3.13 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย (ปปว - 1/1)
*(ภาพจากวารสารของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ)

นิวตรอนที่ใช้ถ่ายภาพในการวิจัยนี้ ได้จากการเดินเครื่องปฏิกรณ์ด้วยกำลัง 100 กิโลวัตต์ และ 700 กิโลวัตต์ มีท่อนำนิวตรอน (Neutron beam tube) จากแกนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูมายังตำแหน่งที่ทำการทดลอง



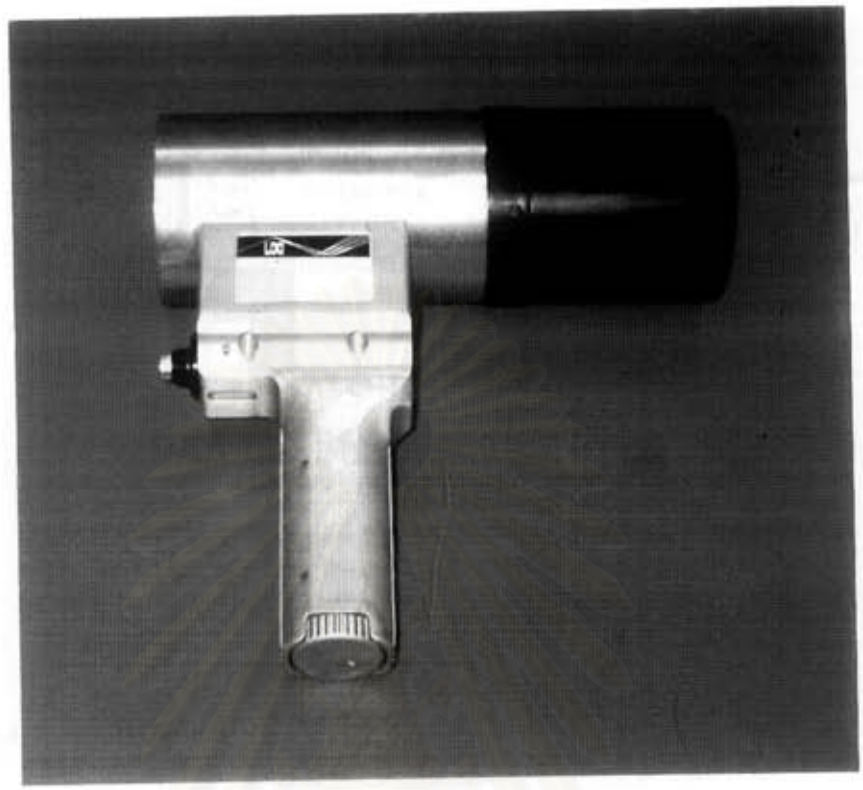
รูปที่ 3.14 ท่อนำนิวตรอน

ท่อนำนิวตรอนมีความยาว 265 เซ็นติเมตร ประกอบด้วยกราไฟต์สำหรับลดพลังงานของนิวตรอน บิสมัทสำหรับลดปริมาณของรังสีแกมมา และ โบรัล (Boral) ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างอะลูมิเนียมกับโบรอน สำหรับบังคับขนาดของลำนิวตรอน ปลายด้านนอกมีชัตเตอร์ ทำด้วยโพลีเอทธิลีน (Polyethylene) หุ้มด้วยเหล็กสำหรับเปิดและปิดท่อนำนิวตรอน อัตราส่วนความยาวของท่อนำนิวตรอน ต่อ ความกว้างของช่องเปิดด้านในของท่อ (L / D Ratio) มีค่า 50 และ 60

ตำแหน่งที่ใช้ในการถ่ายภาพอยู่ห่างจากปลายท่อนำนิวตรอน 70 เซ็นติเมตร มีลำนิวตรอนเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 20×17 ตารางเซ็นติเมตร และมีค่านิวตรอนฟลักซ์ที่ 100 กิโลวัตต์ เท่ากับ 8.81×10^4 นิวตรอนต่อตารางเซ็นติเมตรต่อวินาที และ ที่ 700 กิโลวัตต์ เท่ากับ 7.85×10^5 นิวตรอนต่อตารางเซ็นติเมตรต่อวินาที (การคำนวณค่านิวตรอนฟลักซ์แสดงในภาคผนวก ข)

3.4.3 กล้องมองภาพนิวตรอน

กล้องมองภาพนิวตรอนเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดในการทำวิจัยนี้ โดยทำหน้าที่เปลี่ยนรังสีแกมมา หรือ นิวตรอน ที่ทะลุผ่านวัตถุตัวอย่างให้เป็นภาพมองเห็นได้ทางด้านหลังของกล้องมองภาพนิวตรอนเป็นจอมองภาพ (Phosphor Screen) ซึ่งสามารถมองเห็นภาพได้ทันที แบบ Real - Time ลักษณะของกล้องมองภาพนิวตรอนจะเป็นแบบถือหิ้วได้สะดวก สามารถใช้ในการถ่ายภาพด้วยรังสีในภาคสนามได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 กล้องมองภาพนิวตรอน

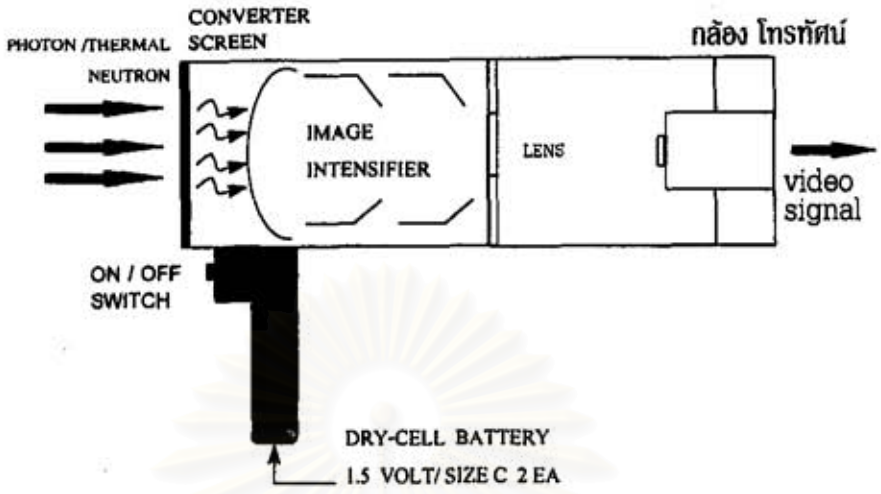
ส่วนประกอบของกล้องมองภาพนิวตรอนแบ่งเป็น 2 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ

(1) ฉากเรืองรังสีทำจาก สังกะสีซัลไฟด์ (ZnS(Ag)) ผสมกับ ลิเทียม - 6 (Li - 6)

(2) อุปกรณ์ทวีความเข้มแสง (Image Intensifier)

ดังนั้นกล้องมองภาพนิวตรอนในการทำวิจัยนี้ จึงสามารถใช้ได้ทั้งระบบถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมา และ นิวตรอนซึ่งแสดงการทำงานดังรูปที่ 3.16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



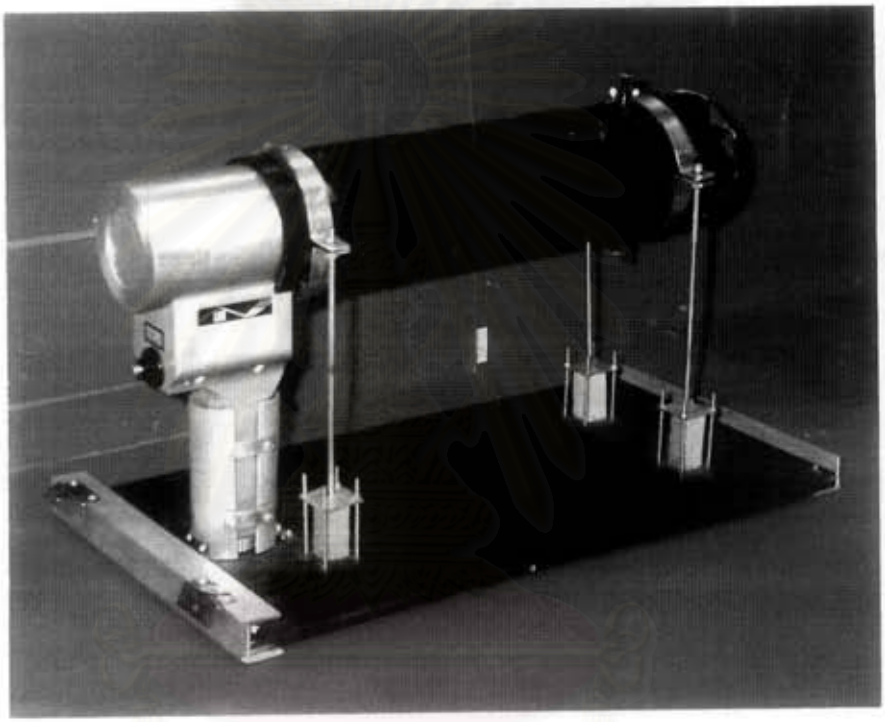
รูปที่ 3.16 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของกล้องมองภาพนิวตรอน

3.4.4 กล้องโทรทัศน์

กล้องโทรทัศน์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนภาพที่ได้จากกล้องมองภาพนิวตรอน ให้เป็นสัญญาณภาพ (Video Signal) อีกทีหนึ่ง เพื่อความปลอดภัยจากการได้รับรังสี ในขณะทำการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอน ซึ่งสัญญาณภาพที่ได้นี้ จะนำไปใช้แสดงบนจอไมโครคอมพิวเตอร์อีกที โดยผ่านแผงวงจรเปลี่ยนสัญญาณภาพเป็นข้อมูลภาพบนไมโคร-คอมพิวเตอร์ กล้องโทรทัศน์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความไวแสง 0.3 ลักซ์ และมีลักษณะดังแสดงในรูป 3.17

รูปที่ 3.17 กล้องโทรทัศน์

ส่วนประกอบของกล้องโทรทัศน์ที่สำคัญจะมีตัวปรับโฟกัส (Focus) และ ตัวปรับรูรับแสง (Iris Diaphragm) ทางด้านหน้าของกล้องโทรทัศน์ เพื่อใช้สำหรับปรับความคมชัดของภาพในขณะทำการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอน ได้ออกแบบให้กล้องโทรทัศน์ติดตั้งอยู่ทางด้านหลังของกล้องมองภาพนิวตรอนโดยมีท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซ็นติเมตร ยาว 35 เซ็นติเมตร เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างกล้องมองภาพนิวตรอน และ กล้องโทรทัศน์วงจรปิด ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างกล้องมองภาพนิวตรอนและกล้องโทรทัศน์

3.4.5 แผงวงจรแปลงสัญญาณภาพเป็นข้อมูลภาพของไมโครคอมพิวเตอร์

การแปลงสัญญาณภาพเป็นข้อมูลภาพ จะต้องนำสัญญาณภาพจากกล้องโทรทัศน์มาแปลงเป็นข้อมูลภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ โดยผ่านแผงวงจรแปลงสัญญาณภาพเป็นข้อมูลภาพบนไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ แผงวงจร MediaGrabber DSP Card ของ Wearnes แล้วเก็บลงบนหน่วยความจำในรูปของไฟล์ภาพ (Graphic Filc Format) ในรูปแบบ ไฟล์ PCX

รูปที่ 3.19 แผงวงจรแปลงสัญญาณภาพเป็นข้อมูลภาพของไมโครคอมพิวเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย