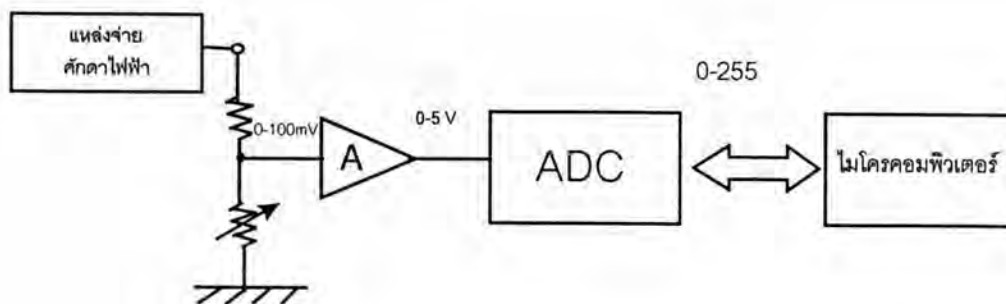


บทที่ 4

การทดสอบการทำงานของระบบและผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข

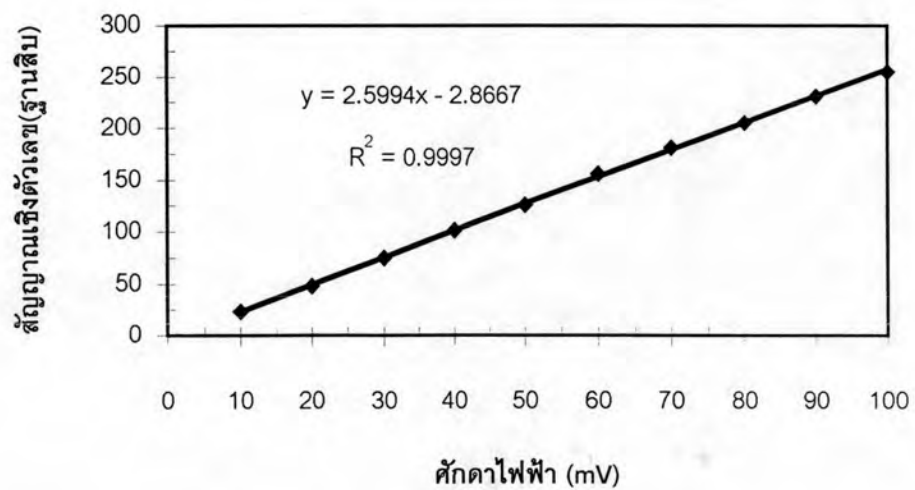
การทดสอบทำโดยจัดอุปกรณ์ดังแผนภาพในรูปที่ 4.1 โดยจำลองสัญญาณเอาต์พุตจากเรทมิเตอร์ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0-100 มิลลิโวลต์ ด้วยแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าและวงจรแบ่งแรงดัน ผ่านวงจรขยายสัญญาณให้สัญญาณเอาต์พุตอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ เพื่อให้อยู่ในพิสัยการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข แสดงผลผ่านไมโครคอมพิวเตอร์ในรูปแบบสัญญาณเชิงตัวเลขที่มีค่าระหว่าง 0-255 ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงระบบการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณเชิงเส้น

ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบความเป็นเชิงเส้นของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข

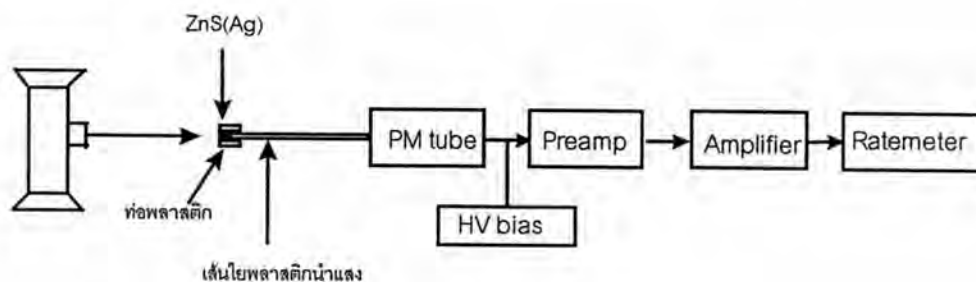
ศักดาไฟฟ้า(mV)	สัญญาณเชิงตัวเลขผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขแสดงผ่านจอคอมพิวเตอร์
100	255
90	231
80	205
70	181
60	156
50	126
40	101
30	75
20	48
10	23



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างศักดาไฟฟ้า และสัญญาณเชิงตัวเลขจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข

4.2 การทดสอบผลตอบสนองของหัววัดรังสีเอกซ์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อเคลือบปลายเส้นใยพลาสติกนำแสงด้วยซินทิลเลเตอร์ที่มีความหนา ต่างๆกัน

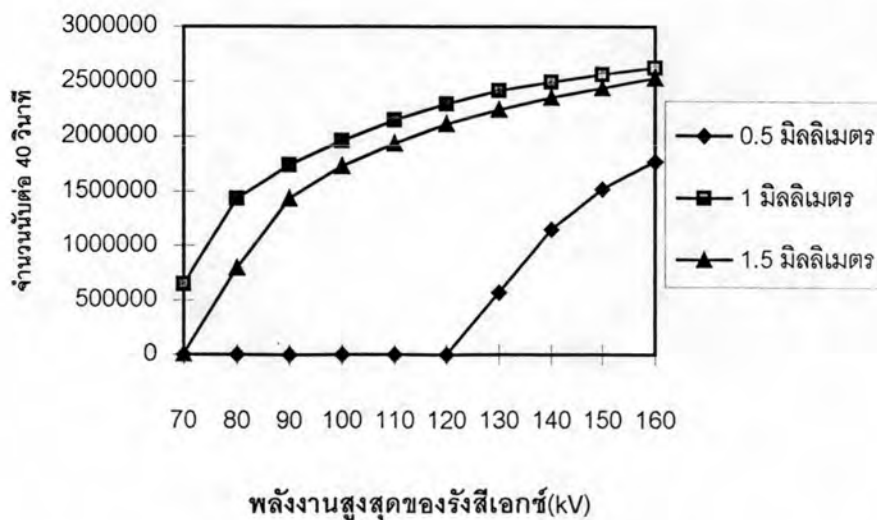
การทดสอบทำโดยจัดอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.3 เพื่อทดสอบผลตอบสนองของหัววัดรังสีเอกซ์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อเคลือบปลายเส้นใยพลาสติกนำแสงด้วย ZnS(Ag) ที่ความหนา 0.5 , 1 และ 1.5 มิลลิเมตร โดยนำท่อพลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับขนาดของเส้นใยพลาสติกนำแสงมาสวมเข้ากับเส้นใยพลาสติกนำแสงแล้วบรรจุ ZnS(Ag)ลงในท่อพลาสติกนั้นโดยอัดให้มีความหนาตามต้องการ อุดปลายด้วยกาวซิลิโคนดำแล้วหุ้มด้วยท่อหุ้มที่บแสง ดังแสดงในรูปที่ 4.3 นำไปวัดรังสีเอกซ์โดยปรับเปลี่ยนพลังงานสูงสุดของรังสีเอกซ์จาก 70 ถึง 160 กิโลโวลต์ ที่กระแสคงที่ 6 มิลลิแอมป์ และวัดปริมาณรังสีในช่วงเวลา 40 วินาที ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงระบบการทดสอบผลตอบสนองของเส้นใยนำแสงเคลือบปลายด้วย ZnS(Ag) ที่ความหนาต่างๆ

ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบการตอบสนองของหัววัดรังสีเอกซ์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อเคลือบปลายเส้นใยพลาสติกนำแสงด้วยซินทิลเลเตอร์ที่มีความหนา ต่างๆกัน

พลังงานของรังสีเอกซ์(kV)	จำนวนนับรังสี (Counts per 40 sec)		
	ความหนาของ ZnS(Ag) เคลือบปลายเส้นใยนำแสง		
	0.5 mm.	1 mm.	1.5 mm.
70	0	646,945	4,915
80	0	1,432,014	795,659
90	0	1,739,131	1,429,715
100	8	1,959,164	1,727,938
110	50	2,145,088	1,930,417
120	1,121	2,290,223	2,107,124
130	572,690	2,414,706	2,242,477
140	1,146,535	2,492,197	2,351,001
150	1,518,490	2,564,118	2,440,310
160	1,770,874	2,625,077	2,526,878

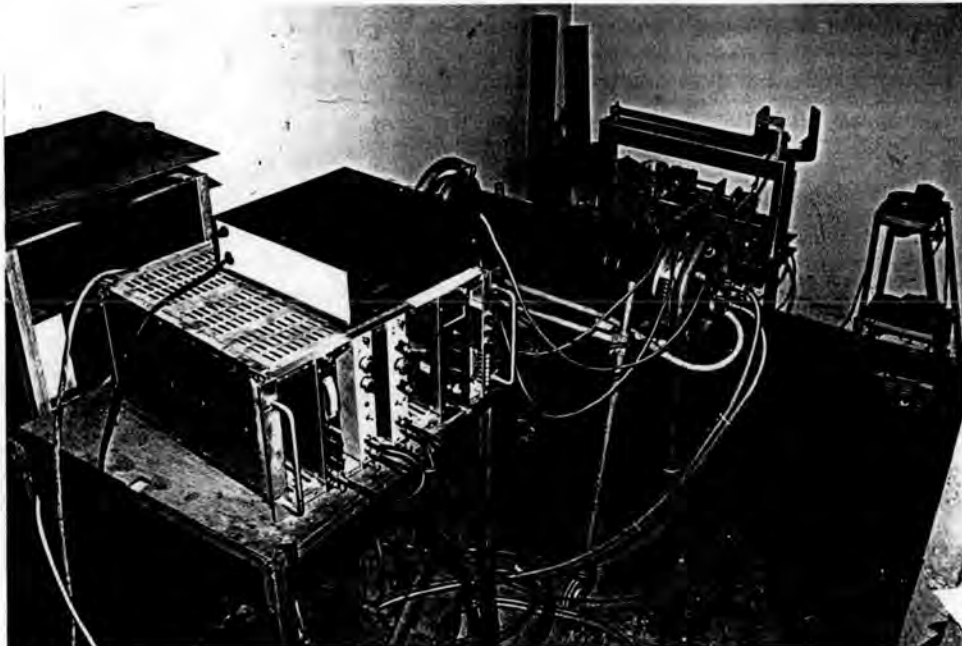


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการตอบสนองของหัววัดรังสีเอกซ์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อเคลือบปลายเส้นใยพลาสติกนำแสงด้วยสารซินทิลเลเตอร์ที่มีความหนาต่างกันที่พลังงานสูงสุดต่างๆของรังสีเอกซ์

4.3 การทดสอบเก็บข้อมูลด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เส้นใยพลาสติกนำแสงเคลือบปลายด้วย ซินทิลเลเตอร์สำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี

ในการทดสอบเก็บข้อมูลโพรไฟล์ของวัตถุตัวอย่างเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี จะต้องเลือกระดับพลังงานของรังสีเอกซ์ให้เหมาะสมกับวัตถุตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยสังเกตจากข้อมูลโพรไฟล์ทางจอภาพขณะทำการสแกนเพื่อให้ได้รายละเอียดของตัวอย่างมากที่สุด วางวัตถุบนระบบหมุนตัวอย่าง จัดแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ให้ได้ระยะลำรังสีตรงกับตำแหน่งวัตถุ สำหรับระบบสแกนในงานวิจัยนี้จะจัดให้ปลายเส้นใยนำแสงเคลือบปลายด้วยซินทิลเลเตอร์อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ 50 เซนติเมตร

การจัดอุปกรณ์ระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้เส้นใยนำแสงเคลือบปลายด้วยซินทิลเลเตอร์นั้น ส่วนของแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ ระบบสแกนและหมุนวัตถุตัวอย่าง ถูกจัดอยู่ภายในห้องซึ่งมีการป้องกันรังสี ส่วนระบบวัดนิวเคลียร์และไมโครคอมพิวเตอร์ จะอยู่ภายนอกห้อง แสดงผังรูปที่ 4.5

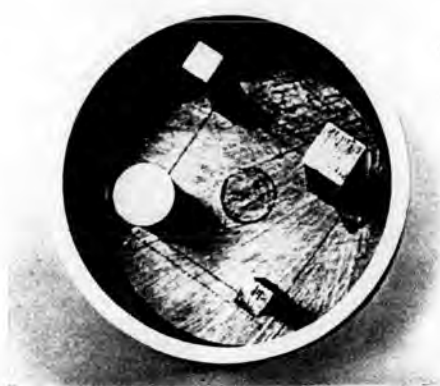


รูปที่ 4.5 การจัดอุปกรณ์ระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้เส้นใยนำแสงเคลือบปลายด้วยซินทิลเลเตอร์

4.4 ผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี

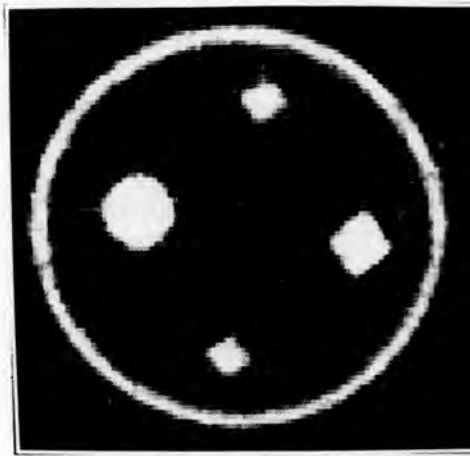
ผลของการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีจากข้อมูลโพรไฟล์ที่ได้จากตัวอย่างวัตถุที่นำมาทดสอบ ซึ่งเป็นท่ออลูมิเนียม ภายในบรรจุแท่ง หรือ แผ่นอลูมิเนียมที่มีรูปร่างและขนาดต่างกัน 7 แบบ ดังนี้

รูปที่ 4.6(ก) เป็นภาพวัตถุตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นท่ออลูมิเนียมรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 75 มม. ขอบวงแหวนหนา 3.5 มม. ภายในบรรจุแท่งโลหะอลูมิเนียมรูปทรงกระบอกตันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13 มม. จำนวน 1 แท่ง รูปทรงสี่เหลี่ยมตันขนาด 6.5x6.5 มม. จำนวน 2 แท่ง และ ขนาด 10x10 มม. จำนวน 1 แท่ง และรูปที่ 4.6(ข) เป็นภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 1 เมื่อสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ด้วยมุมทีละ 3.6 องศา 95 เรย์ซัม จำนวน 50 โพรไฟล์ปรับค่า SD ของเรทมิเตอร์เท่ากับ 3 ใช้เวลาในการสแกนเก็บข้อมูลดังกล่าวประมาณ 60 นาที พบว่าสามารถมองเห็นวัตถุภายในท่ออลูมิเนียมได้ชัดเจน แต่รายละเอียดบางอย่างยังไม่สมบูรณ์ เช่น แท่งอลูมิเนียมรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดเล็กค่อนข้างจะสังเกตรูปลักษณะได้ยาก แต่ขนาดโตขึ้นจะสามารถบอกรายละเอียดได้ดีขึ้น ทั้งนี้เพราะระยะห่างเรย์ซัมเป็น 1 มม. รูปที่ 4.6(ค) เป็นภาพโทโมกราฟีที่ได้จากการสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์เช่นเดียวกับรูปที่ 4.6(ข) แต่ปรับค่า SD ที่ 10 โดยมีระยะห่างระหว่างเรย์ซัมเป็น 1 มม. พบว่ารายละเอียดของภาพดีขึ้น รูปที่ 4.6(ง) เป็นภาพโทโมกราฟีเมื่อเลือกปรับค่า SD ที่ 3 และระยะห่างของเรย์ซัมเป็น 0.6 มม. สแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ด้วยมุมทีละ 3.6 องศา จำนวน 50 โพรไฟล์

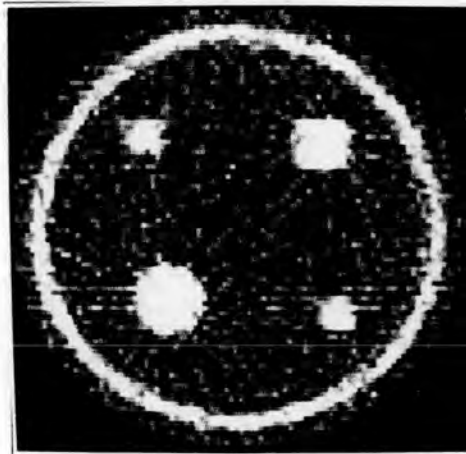


ก) วัตถุตัวอย่างที่ 1

รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 1

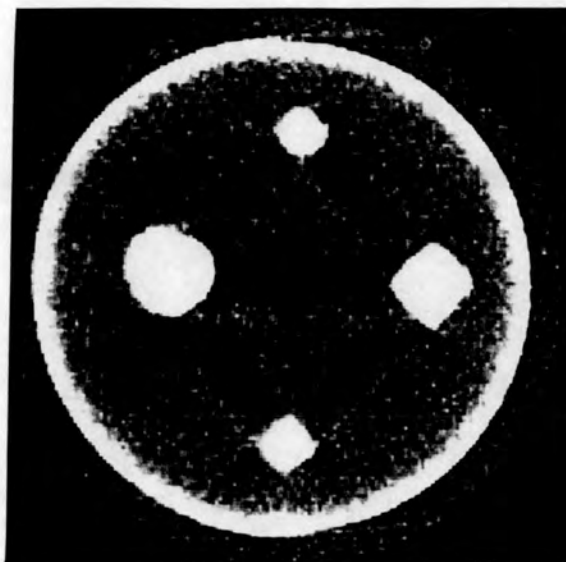


ข) ภาพโทโมกราฟีเมื่อปรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD)ของเรทมิเตอร์เท่ากับ 3 และระยะห่างของเรย์ซัมเป็น 1 มม.



ค) ภาพโทโมกราฟีเมื่อปรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD)ของเรทมิเตอร์เท่ากับ 10 และระยะห่างของเรย์ซัมเป็น 1 มม.

รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 1(ต่อ)



ง) ภาพโทโมกราฟีเมื่อปรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD)ของเรทมิเตอร์เท่ากับ 3 และระยะห่างของเรย์ซัมเป็น 0.6 มม.

รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 1(ต่อ)

รูปที่ 4.7(ก) เป็นวัตถุตัวอย่างที่ 2 ซึ่งเป็นท่ออลูมิเนียมรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลางภายนอก 50 มม. ขอบวงแหวนหนา 5 มม. ภายในบรรจุแท่งโลหะอลูมิเนียมรูปทรงสี่เหลี่ยมตันจำนวน 3 แท่ง ขนาด 10x10 มม. 8x8 มม. และ 6x6 มม. ตามลำดับ รูปที่ 4.7(ข) เป็นภาพโทโมกราฟีจากการสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ด้วยมุมทีละ 7.2 องศา จำนวน 25 โพรไฟล์ และ 117 เรย์ซัม ใช้เวลาในการสแกนเก็บข้อมูลดังกล่าวประมาณ 40 นาที พบว่าภาพที่ได้มีรายละเอียดที่ยังไม่สมบูรณ์นัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจำนวนโพรไฟล์ค่อนข้างน้อยไปเมื่อพิจารณาขนาดของวัตถุตัวอย่าง รูปที่ 4.7(ค) เป็นภาพโทโมกราฟีจากการสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ด้วยมุมทีละ 3.6 องศา จำนวน 50 โพรไฟล์ และ 117 เรย์ซัม ใช้เวลาในการสแกนเก็บข้อมูลดังกล่าวประมาณ 80 นาที พบว่าภาพที่ได้ให้รายละเอียดที่ดีพอ ทั้งนี้เพราะมุมที่หมุนแต่ละโพรไฟล์มีขนาดเล็กลง ทำให้มีจำนวนโพรไฟล์เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกปรับมุมที่หมุนเปลี่ยนไปแต่ละโพรไฟล์เป็น 3.6 องศา

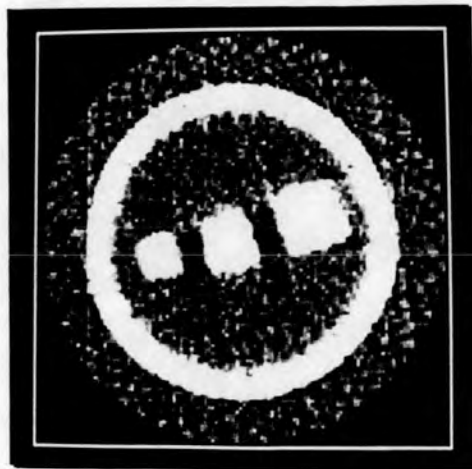


ก) วัตถุตัวอย่างที่ 2

รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 2



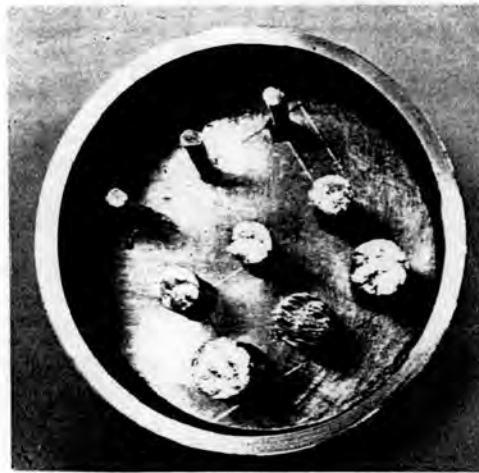
ข) ภาพโทโมกราฟีเมื่อหมุนวัตถุตัวอย่างที่ละ 7.2 องศา ระยะห่างเรย์ซัมเป็น 0.6 มม.



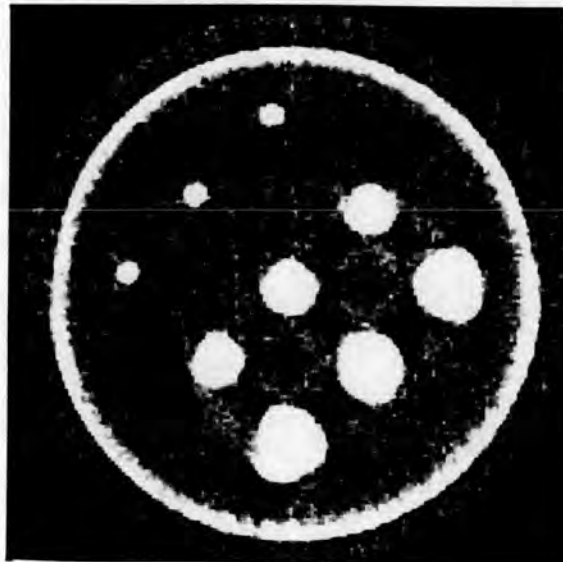
ค) ภาพโทโมกราฟีเมื่อหมุนวัตถุตัวอย่างที่ละ 3.6 องศา ระยะห่างเรย์ซัมเป็น 0.6 มม.

รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

รูปที่ 4.8(ก) เป็นวัตถุตัวอย่างที่ 3 ซึ่งเป็นท่ออลูมิเนียมรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลางภายนอก 75 มม. ขอบวงแหวนหนา 3.5 มม. ภายในบรรจุแท่งโลหะอลูมิเนียมรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลาง 10 มม. 8 มม. และ 3.5 มม. อย่างละ 3 แท่ง รูปที่ 4.8(ข) เป็นภาพโทโมกราฟีจากการสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ด้วยมุมทีละ 3.6 องศา จำนวน 50 โพรไฟล์ และ 159 เรย์ซัมพบว่าภาพที่มีรายละเอียดเป็นที่น่าพอใจ



(ก) ภาพวัตถุตัวอย่างที่ 3



(ข) ภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 3

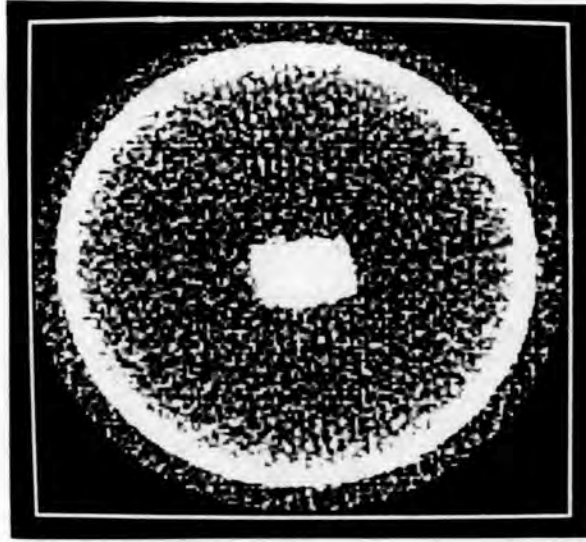
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 3

รูปที่ 4.9(ก) เป็นภาพวัตถุตัวอย่างที่ 4 ซึ่งเป็นท่ออลูมิเนียมรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 75 มม. ขอบวงแหวนหนา 3.5 มม. ภายในบรรจุแผ่นอลูมิเนียมความหนา 1 มม. จำนวน 8 แผ่นวางห่างกันโดยมีช่องว่างระหว่างแผ่นเท่ากับ 1 มม. รูปที่ 4.9(ข) เป็นภาพโทโมกราฟีที่สแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ด้วยมุม 3.6 องศา จำนวน 50 โพรไฟล์ 159 เรย์ซัม ระยะห่างระหว่างเรย์ซัมเป็น 0.6 มม. ที่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสี 50 ซม. รูปที่ 4.9(ค) เป็นภาพโทโมกราฟีที่สแกนที่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสี 70 ซม. พบว่าภาพช่องว่างแผ่นอลูมิเนียมนี้ไม่สามารถแยกรายละเอียดได้ดีพอทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนาดความกว้างของระยะสแกนใกล้เคียงกับช่องว่างระหว่างแผ่นอลูมิเนียม

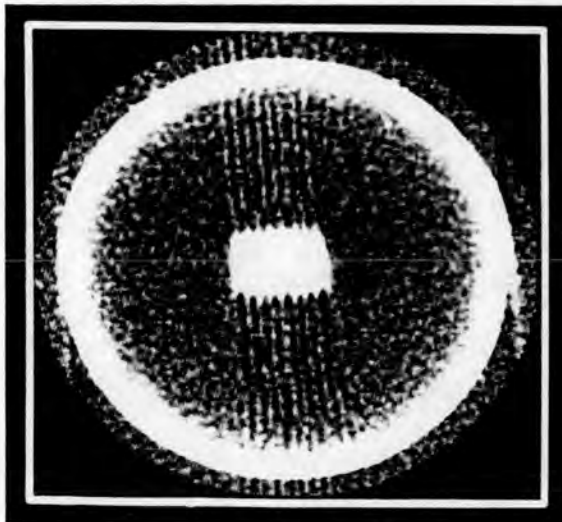


(ก) ภาพวัตถุตัวอย่างที่ 4

รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 4



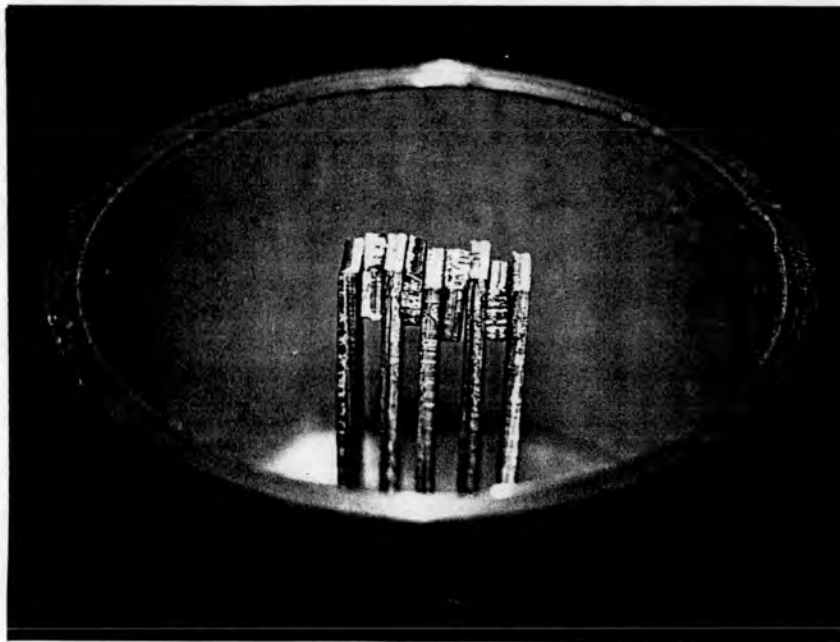
(ข) ภาพโทโมกราฟีเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสีเท่ากับ 50 ซม.



(ค) ภาพโทโมกราฟีเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสีเท่ากับ 70 ซม.

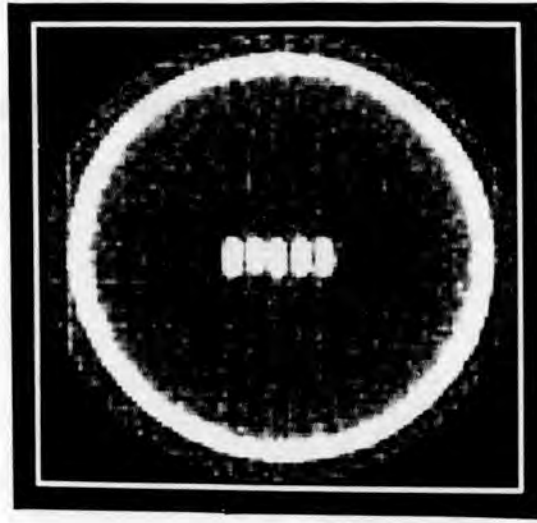
รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 4 (ต่อ)

รูปที่ 4.10(ก) เป็นวัตถุตัวอย่างที่ 5 ซึ่งเป็นท่ออลูมิเนียมรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลางภายนอก 75 มม. ขอบวงแหวนหนา 3.5 มม. ภายในบรรจุแผ่นอลูมิเนียมความหนา 2 มม. จำนวน 5 แผ่นวางห่างกันโดยมีช่องว่างระหว่างแผ่นเท่ากับ 2 มม. รูปที่ 4.10(ข) เป็นภาพโทโมกราฟีที่สแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ด้วยมุม 3.6 องศา จำนวน 50 โพรไฟล์ 159 เรย์ซัม ระยะห่างระหว่างเรย์ซัมเป็น 0.6 มม. ที่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสี 50 ซม. รูปที่ 4.10(ค) เป็นภาพโทโมกราฟีที่สแกนที่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสี 70 ซม. พบว่าภาพโทโมกราฟีสามารถมองเห็นช่องว่างระหว่างแผ่นอลูมิเนียมซึ่งเรียกว่า “slit” ที่มีระยะห่าง 2 มม. ได้อย่างชัดเจน

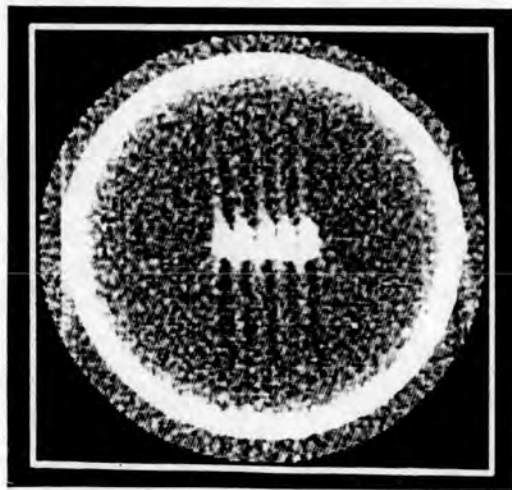


(ก) ภาพวัตถุตัวอย่างที่ 5

รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 5



(ข) ภาพโทโมกราฟีเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสีเท่ากับ 50 ซม.



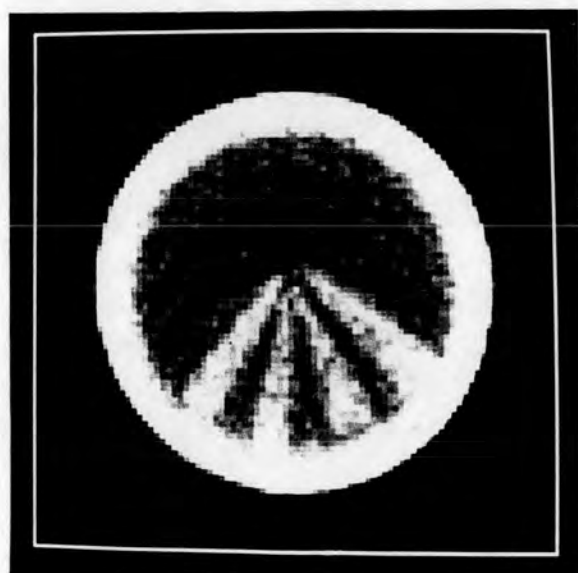
(ค) ภาพโทโมกราฟีเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสีเท่ากับ 70 ซม.

รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 5 (ต่อ)

รูปที่ 4.11(ก) เป็นวัตถุตัวอย่างที่ 6 ซึ่งเป็นท่ออลูมิเนียมรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลางภายนอก 50 มม. ขอบวงแหวนหนา 5 มม. ภายในบรรจุด้วยแท่งอลูมิเนียมทรงสามเหลี่ยมตัน ด้านฐานยาว 5 มม. ด้านข้างยาวด้านละ 20 มม. จำนวน 4 แท่ง รูปที่ 4.11(ข) เป็นภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 6



(ก) ภาพวัตถุตัวอย่างที่ 6



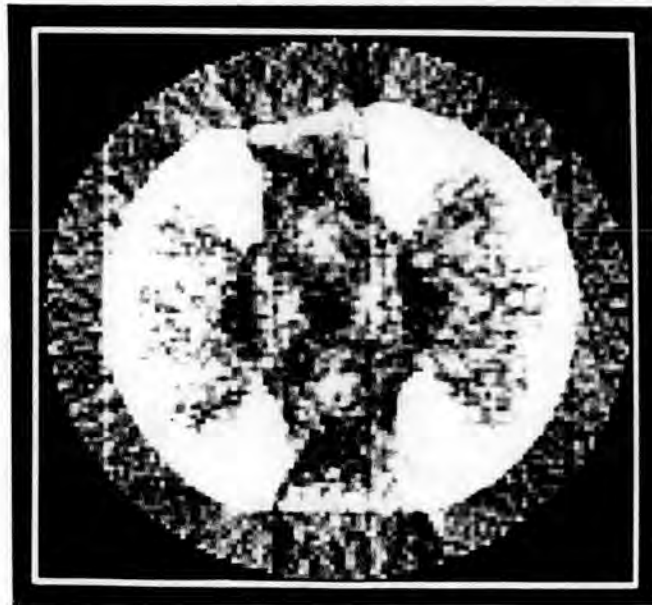
(ข) ภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 6

รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 6

รูปที่ 4.12(ก) เป็นวัตถุตัวอย่างที่ 7 ซึ่งเป็นลูกสูบจักรยานยนต์ ขนาด 150 ซีซี รูปที่ 4.12(ข) เป็นภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 7 ที่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสี 50 ซม. รูปที่ 4.12(ค) เป็นภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 7 ที่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสี 70 ซม.

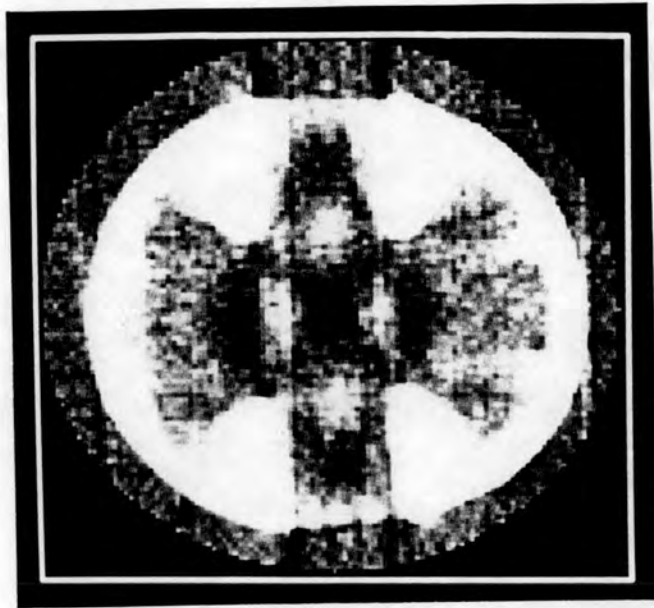


(ก) ภาพวัตถุตัวอย่างชนิดที่ 7



(ข) ภาพโทโมกราฟีเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสีเท่ากับ 50 ซม.

รูปที่ 4.12 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 7



(ค) ภาพโทโมกราฟีเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสีเท่ากับ 70 ซม.

รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายและภาพโทโมกราฟีของวัตถุตัวอย่างที่ 7 (ต่อ)