หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 4

อุปกรณ์และสังเกตการณ์

1. อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็นส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ กล้องโทรทรรศน์และสเปกโตรกราฟ

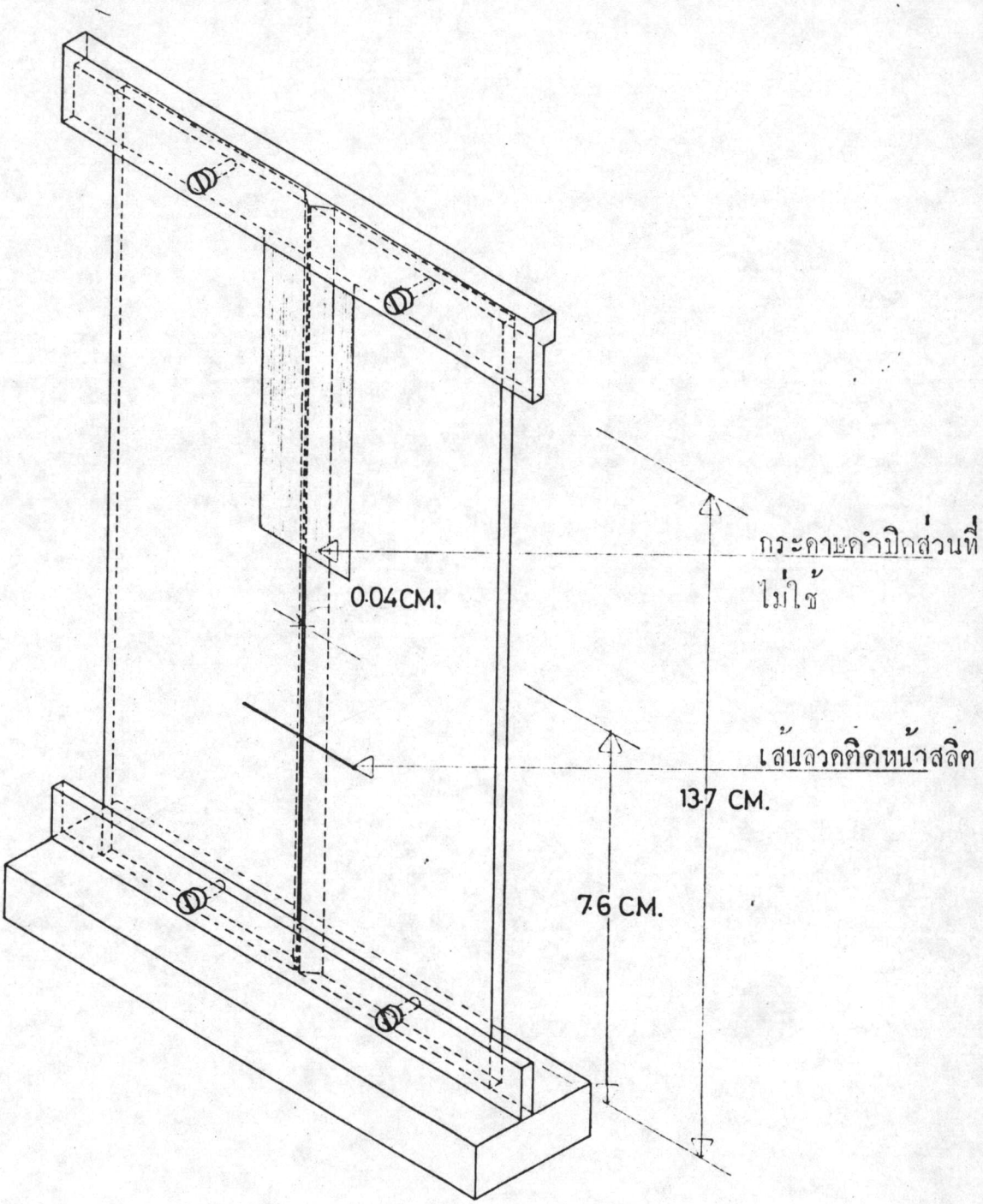
1.1 กล้องโทรทรรศน์ เป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว กล้องนี้ประกอบด้วย

1.1.1 เลนส์หน้า (Objective lens) ซึ่งแก้ความคลาดรงค์แล้ว ผิวฉาบด้วยฟิล์มบางเพื่อลดการสะท้อน ตัวเลนส์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ความยาวโฟกัส 1200 เซนติเมตร ภาพดวงอาทิตย์ที่ปรากฏอยู่ที่ระนาบโฟกัสมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.2 เซนติเมตร แกนมุขสำคัญของเลนส์วางขนานกับแนวเหนือ-ใต้ของท้องฟ้า

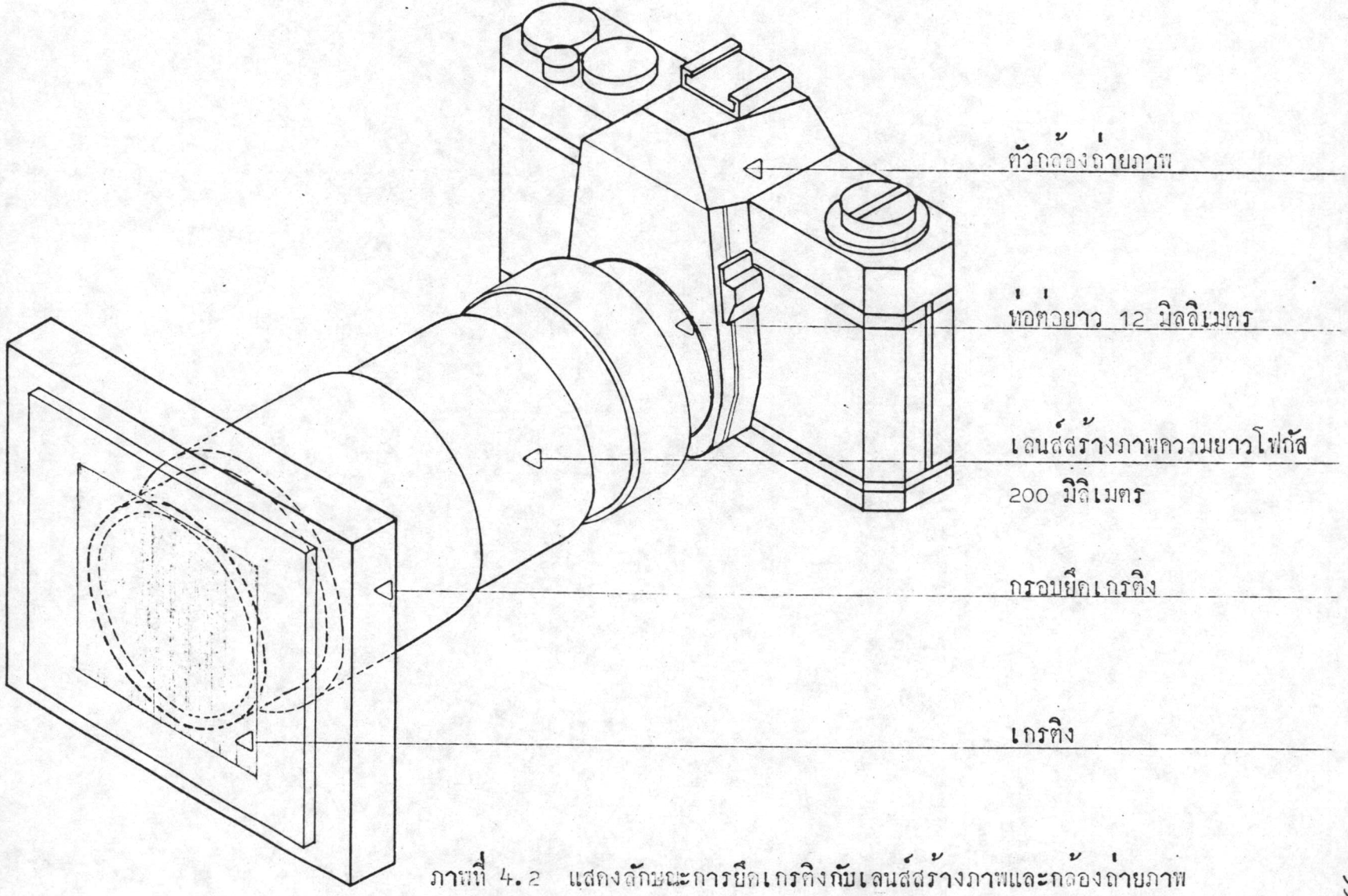
1.1.2 กระจกราบสะท้อนแสงอาทิตย์ เป็นกระจกราบทำด้วยแก้วเซรามิคที่ไม่ขยายตัวเมื่อถูกความร้อน ฉาบผิวหน้าด้วยอลูมิเนี่ยมและเคลือบทับด้วยซิลิกอนโมนอกไซด์ (SiO) ; มีความถูกต้องถึง $\lambda/20$ มีอยู่ 3 บาน บานแรกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร และหนา 7 เซนติเมตร ติดตั้งอยู่ก่อนเลนส์หน้าของกล้องโทรทรรศน์และปรับมุมเงยได้ ทำหน้าที่สะท้อนแสงอาทิตย์ให้ผ่านเลนส์หน้า อีก 2 บานซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร และหนาเท่ากัน ทำหน้าที่สะท้อนแสงจากเลนส์หน้าไปสู่ห้องสังเกตการณ์

1.1.3 ระบบตามดวงอาทิตย์ (Guiding system) เป็นระบบอีเลกตรอนิกส์ ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนกระจกบานแรกให้หมุนตามดวงอาทิตย์

1.2 สเปกโตรกราฟ อุปกรณ์ที่สร้างและประกอบขึ้นจากส่วนที่มีอยู่ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะและขนาดของสลิต



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะการยึดเกรติงกับเลนส์สร้างภาพและกล้องถ่ายภาพ

1.2.1 สลิต (Slit) ทำด้วยทองเหลือง เพราะไม่แข็งเกินไปจนยากแก่การไสให้เรียบและก็ไม่อ่อนเกินไปพอเหมาะที่จะทำให้ขอบมีความคมดี ตลอดช่วงความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร สลิตที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว ตามภาพที่ 4.1 ตรงช่องที่ให้แสงผ่านมีความยาว 13.7 เซนติเมตร และกว้าง 0.04 เซนติเมตร และติดลวดเส้นเล็ก ๆ ขวางหน้าสลิตไว้ด้วย เพื่อใช้โฟกัสภาพของสลิต

1.2.2 เลนส์รับมุม (Field lens) เป็นเลนส์นูนธรรมดา มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ความยาวโฟกัส 165 เซนติเมตร วางติดกับสลิตทางด้านกล้องถ่ายภาพ ทำหน้าที่สร้างภาพของเลนส์หน้าของกล้องโทรทรรศน์ให้ปรากฏอยู่ที่เกรติง ทั้งยังช่วยลดความคลาดและบีบลำแสงมิให้กระจายกว้างเกินกว่าหน้ากว้างของเกรติง

1.2.3 เกรติงชนิดให้แสงผ่าน (Transmission grating) มีจำนวนเส้นประมาณ 15,000 เส้นต่อนิ้ว หรือ 590 เส้นต่อมิลลิเมตร บริเวณที่ขีดเส้นมีขนาด 6.5 x6.5 เซนติเมตร^2 ดังนั้นถ้าใช้หน้ากว้างทั้งหมดรับแสง จะได้กำลังแยกสูงสุดทางทฤษฎีเท่ากับ 38,400 ในสเปคตรัมอันดับที่ 1 ตามสมการ (3.4) และการกระจายเชิงมุมเท่ากับ 5.90×10^{-5} เรเดียนต่ออังสตรอม ตามสมการ (3.2) เกรติงยึดอยู่ในกรอบแผ่นพลาสติกสำหรับสวมเข้ากับส่วนหน้าของกล้องถ่ายภาพ ดังแสดงในภาพ 4.2

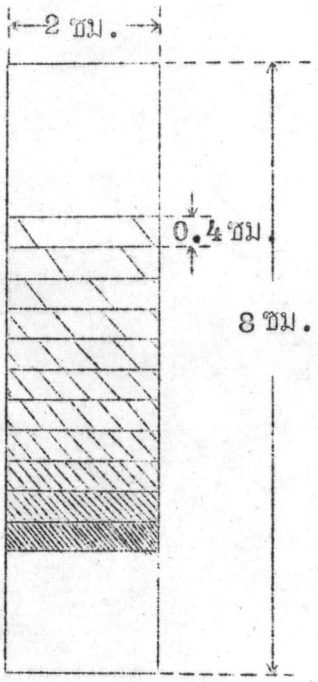
1.2.4 กล้องถ่ายภาพ (Camera) ตัวกล้องใช้กล้องเพนแทกซ์ (Pentax) รุ่นสปอตมาติก-เอฟ (Spotmatic -F) ประกอบเข้ากับเลนส์เทเลโฟโต ของฮานิเมกซ์ (Hanimex) ที่มีความยาวโฟกัส 200 มิลลิเมตร เอฟ/3.5 พร้อมกับท่อต่อ (extension tube) ยาว 1.2 เซนติเมตร เพื่อยืดระยะภาพออกไป ซึ่งจะช่วยให้เลนส์เทเลโฟโตโฟกัสที่สลิตในระยะใกล้ 200 เซนติเมตรได้ ระยะ 200 เซนติเมตรนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับระยะที่เลนส์รับมุมจะสร้างภาพของเลนส์หน้าให้ปรากฏที่เกรติงพอดี ตัวกล้องถ่ายภาพถูกยึดติดกับโต๊ะด้วยขาตั้งกล้องชนิดขาเดียว (monopod)

1.2.5 กล่องดำ เป็นกล่องสี่เหลี่ยมยาว 200 เซนติเมตร หน้ากว้าง 50 x 50 เซนติเมตร^2 ประกอบด้วยโครงลวด ปิดด้วยกระดาษดำโดยรอบ เปิดเฉพาะหัวท้าย ใช้ครอบสเปคโตรกราฟตั้งแต่สลิตจนถึงกล้องถ่ายภาพ เพื่อป้องกันแสงรบกวนจากภายนอก

1.2.6 ฟิล์ม เนื่องจากแสงอาทิตย์มีความเข้มสูง สามารถใช้ฟิล์มที่มีเนื้อละเอียดแต่มีความไวแสงต่ำได้ ในการเก็บข้อมูลจึงเลือกใช้ฟิล์มโกดักชนิดแพนนาตอมิก-เอกซ์ (Panatomic -X) ซึ่งมีเนื้อละเอียดและ ไวต่อแสงสว่างตลอดทั้งสเปคตรัม ฟิล์มนี้มีความไวแสง 32 เอเอสเอ แต่ในการทดสอบสเปคโตรกราฟ หลอดไฟที่ใช้เป็นต้นกำเนิดแสงมีความเข้มต่ำกว่าแสงอาทิตย์มาก จำเป็นต้องใช้ฟิล์มที่มีความไวสูง จึงเลือกใช้ฟิล์ม ไตร-เอกซ์แพนโครมาติก (Tri-X Panchromatic) ฟิล์มนี้เนื้อหยาบกว่าแบบแรก แต่ไวกว่ามาก คือมีความไวแสง 400 เอเอสเอ

1.2.7 แผ่นบันไดทอนแสง (Photoghraphic step tablet) เป็นแผ่นฟิล์มขนาด 2 x 8 เซนติเมตร^2 มีความเทา (density) เป็นขั้น ๆ ลดหลั่นกันลงไป รวม 11 ขั้น อยู่ในช่วงความเทาประมาณ 0.5 ถึง 3.05 แต่ละขั้นมีความเทาต่างกันประมาณ 0.3 ระยะจากขอบหนึ่งถึงอีกขอบหนึ่งของความเทาขั้นเดียวกันกว้าง 0.4 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพ 4.3 ใช้ปิดทาบกับสลิตเพื่อถ่ายภาพสเปคตรัม เทียบมาตรฐานก่อนและหลังการเก็บข้อมูล ภาพสเปคตรัมมีความเทาลดหลั่นกันไปตามแนวสลิต

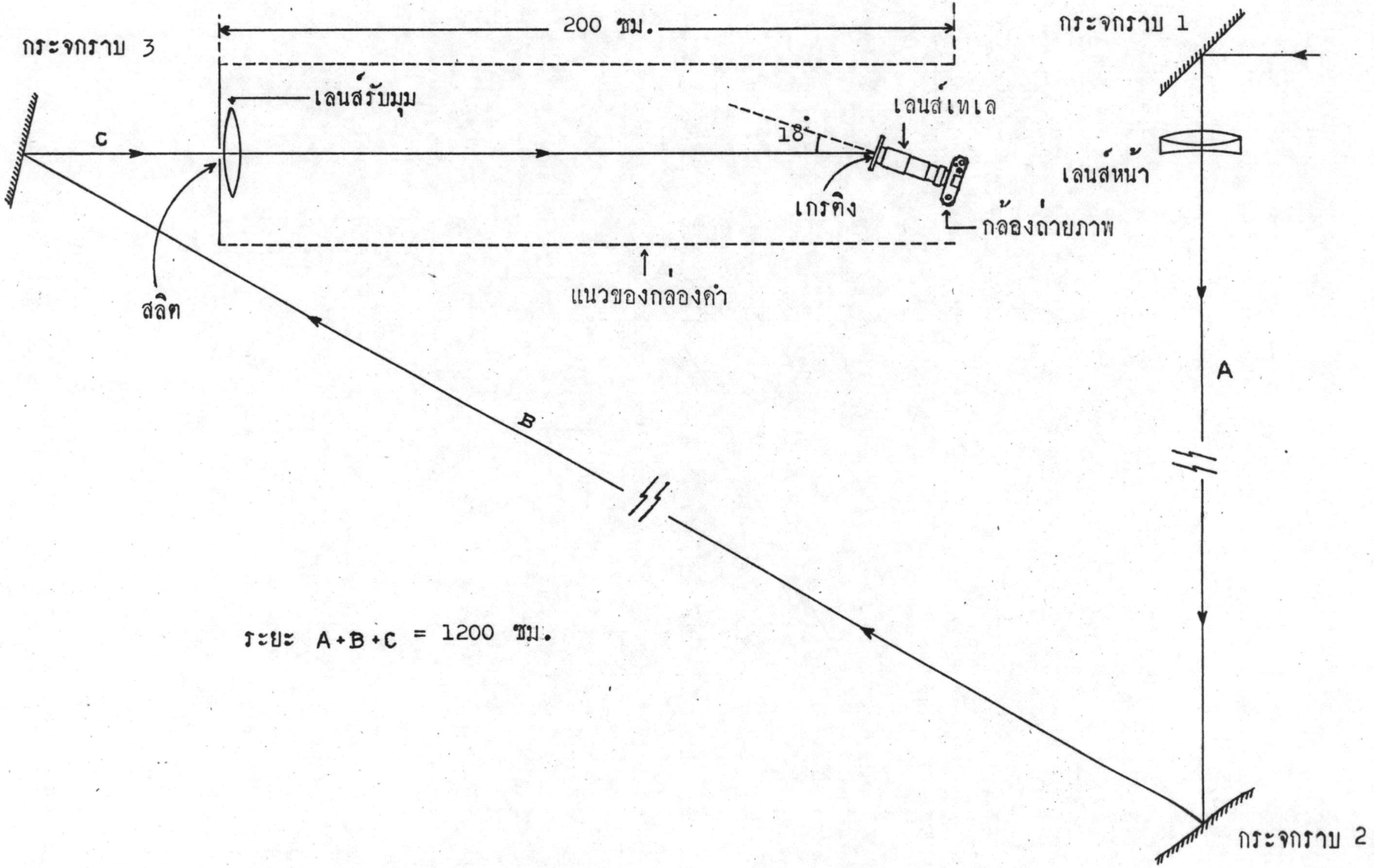
ผลที่ได้จะนำไปหาเส้นลักษณะของฟิล์ม (characteristic curve) เพื่อเป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป



ภาพที่ 4.3 แสดงแผ่นบันไดทอนแสง

2. <u>การจัดวางอุปกรณ์สังเกตการณ์</u>

เนื่องจากกล้องโทรทรรศน์มีเลนส์หน้าที่มีความยาวโฟกัสมาก และติดตั้งอยู่ใกล้กับห้องสังเกตการณ์ จึงต้องใช้กระจกราบช่วยสะท้อนแสงอีก 2 บาน ให้ภาพดวงอาทิตย์ไปตกที่สลิต ซึ่งอยู่ในห้องสังเกตการณ์ดังภาพที่ 4.4 ระยะจากเลนส์หน้าของกล้องโทรทรรศน์ถึงสลิตยาวเท่ากับความยาว โฟกัสของเลนส์หน้า คือ 1200 เซนติเมตร ติดกับ



ภาพที่ 4.4 แผนภาพของการวางอุปกรณ์ขณะถ่ายภาพเก็บข้อมูล

สลิตเป็นเลนส์รับมุม ถัดออกไปประมาณ 200 เซนติเมตรเป็นขาตั้งกล้อง ระยะจากสลิตถึงเกรติงประมาณ 180 เซนติเมตร ระยะนี้กำหนดโดยความยาวโฟกัสของเลนส์รับมุม จากสลิตถึงกล้องถ่ายภาพจะถูกคลุมด้วยกล่องดำกันแสงรบกวนจากภายนอก เมื่อถ่ายภาพสเปคตรัมอันดับที่ 1 โดยให้แสงสีเขียวที่ความยาวคลื่นประมาณ 5000 อังสตรอมอยู่ตรงกลางฟิล์ม แสดงว่าแสงสีเขียวความยาวคลื่นประมาณ 5000 อังสตรอมนี้จะตกเกือบตั้งฉากกับแผ่นฟิล์ม เมื่อคำนวณจากสมการ (3.1) จะทราบว่าแนวแกนมุขสำคัญของกล้องถ่ายภาพจะเอียงทำมุมกับแนวแกนมุขสำคัญของกล้องโทรทรรศน์ประมาณ 18 องศา ค่าของมุมเลี้ยวเบนจากเกรติงของแสงความยาวคลื่นต่าง ๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 4.1

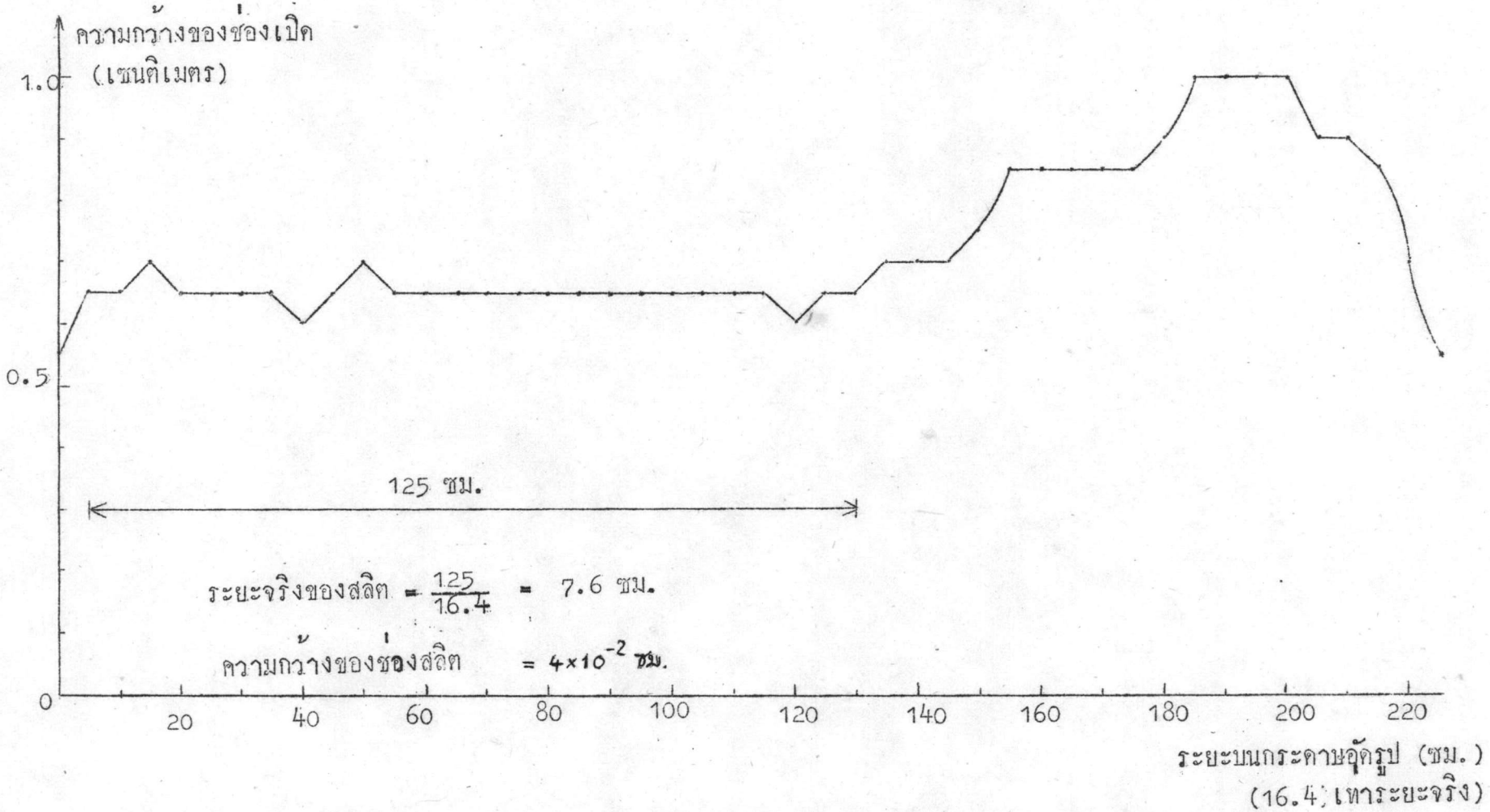
ตารางที่ 4.1 แสดงมุมเลี้ยวเบนออกจากเกรติงของแสงความยาวคลื่นต่าง ๆ เมื่อมุมตกกระทบของลำแสงเข้าสู่เกรติงมีค่าประมาณ 18 องศา

λ (อังสตรอม)	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5500	6000
ϕ (องศา)	-4.0	-3.3	-2.6	-1.9	-1.2	-0.5	0.2	1.2	2.9

3. <u>การทดสอบและวิเคราะห์อุปกรณ์</u>

3.1 <u>ความกว้างของสลิต</u> ทำการวัด 2 วิธีคือ

3.1.1 โดยใช้ฟิล์ม นำฟิล์มยาวเท่ากับความยาวของสลิต มาปิดทับกับสลิตให้สนิท แล้วฉายแสงผ่านสลิตอีกด้านหนึ่ง แสงที่กระทบฟิล์มจะกว้างเท่ากับสลิต นำฟิล์มไปล้างและอัดขยายขนาด 15 เท่าลงบนกระดาษอัดรูป วัดขนาดแล้วคำนวณหาความกว้างจริง ได้ความกว้างของสลิตในช่วงที่สม่ำเสมอเท่ากับ 4.0×10^{-2} เซนติเมตร ช่วงสม่ำเสมอนี้ยาว 7.6 เซนติเมตร วัดจากฐานสลิตขึ้นมา ตามภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงขนาดของช่องเปิดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของสลิต

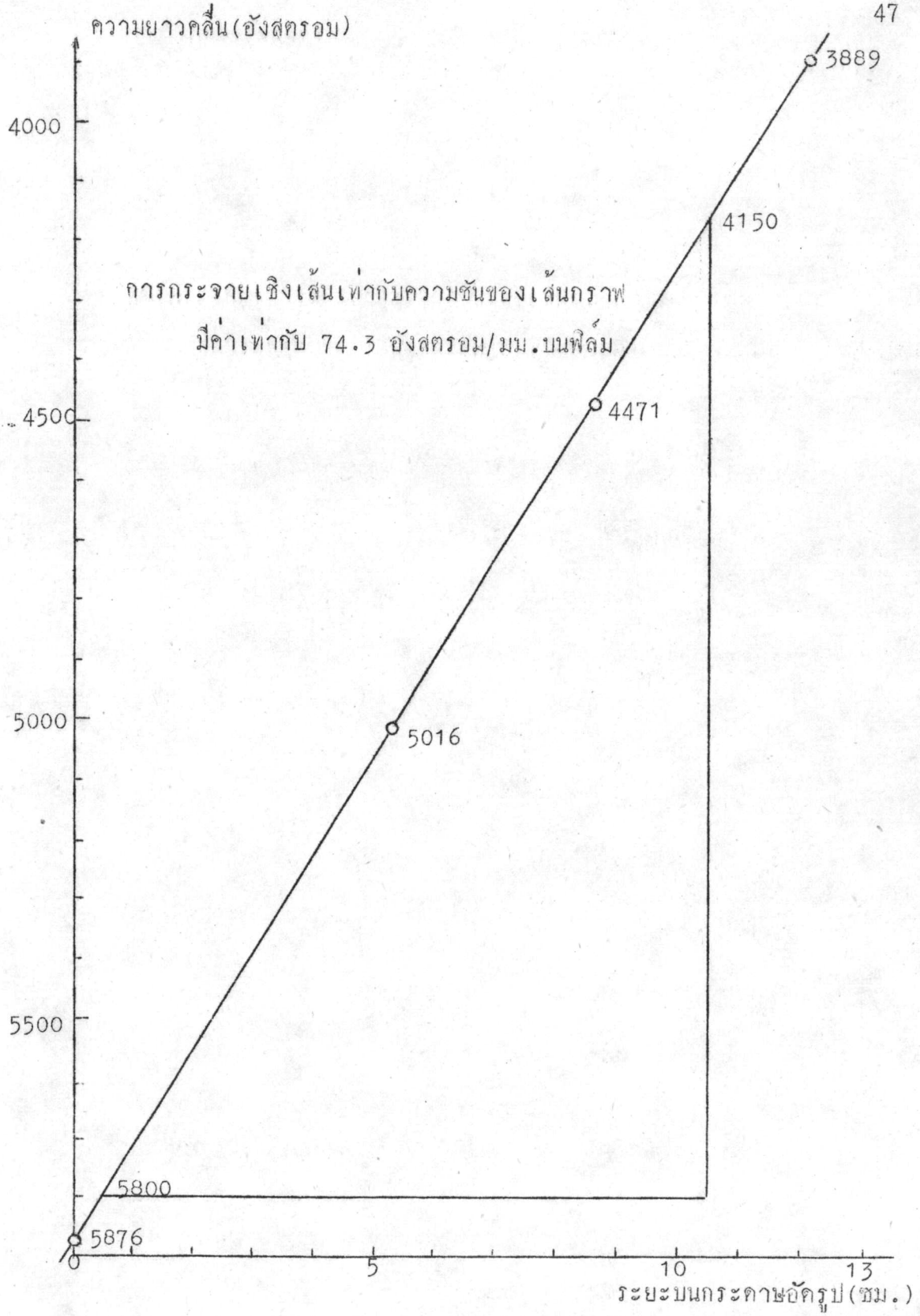
3.1.2 โดยใช้กล้องจุลทัศน์ ใช้กล้องจุลทัศน์แบบเลื่อน (travelling microscope) วัดความกว้างของสลิต ซึ่งได้ค่าเฉลี่ย 4.0×10^{-2} เซนติเมตร ในช่วงสม่ำเสมอยาว 7.6 เซนติเมตรเช่นเดียวกับวิธีในข้อ 3.1.1

ในการเก็บข้อมูล ได้ใช้สลิตในช่วงความยาว 7.6 เซนติเมตรนี้เท่านั้น เพื่อให้ความกว้างของแถบสเปกตรัมแต่ละความยาวคลื่นมีขนาดสม่ำเสมอ ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล

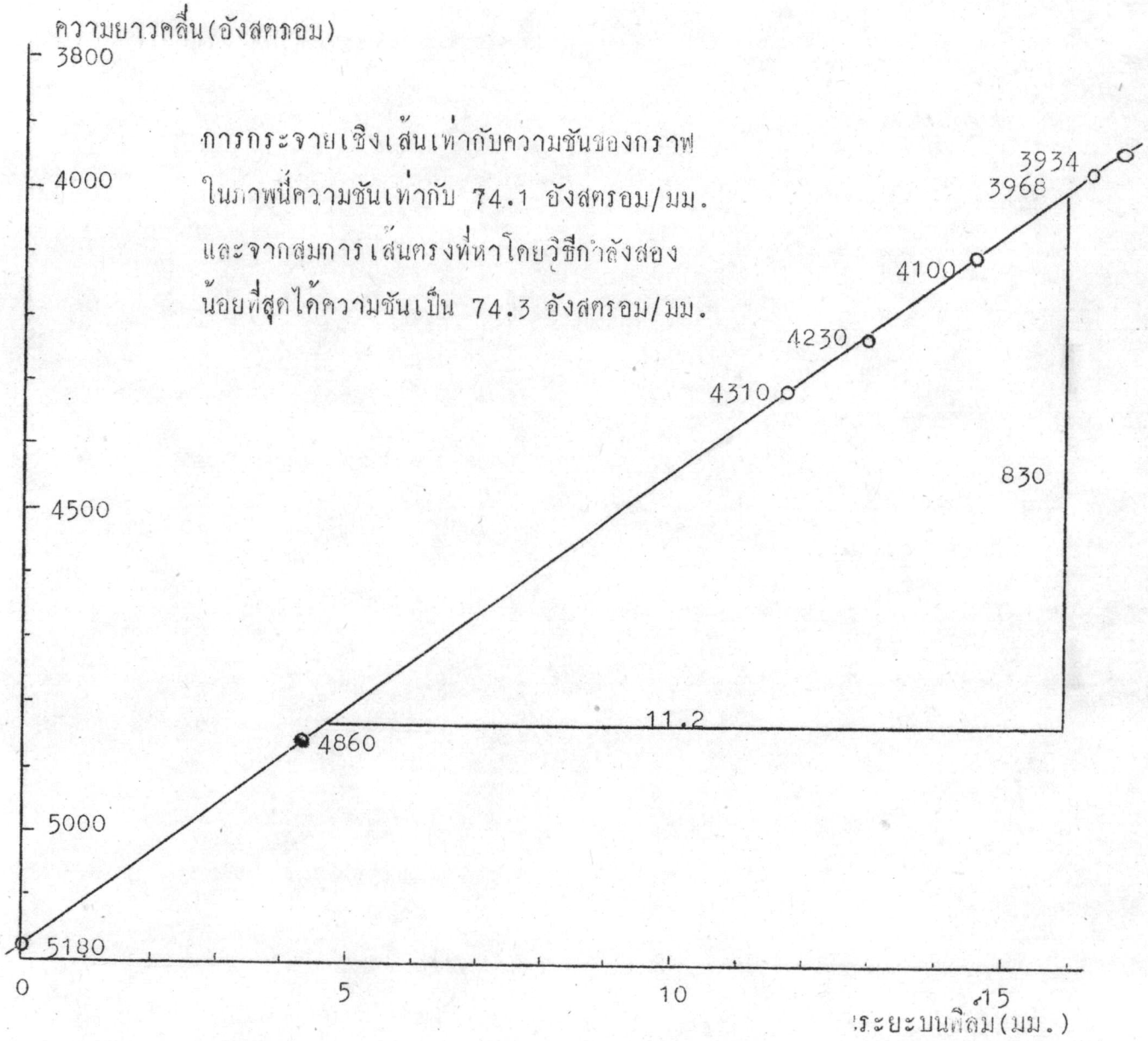
3.2 <u>กำลังขยายของสเปกโตรกราฟ</u> นำแผ่นอลูมิเนียมมาเจาะช่องด้วยเข็มปลายแหลม เป็นแถว ๆ ระยะระหว่างช่องตามแนวดิ่ง 0.5 เซนติเมตร และ 1 เซนติเมตรตามแนวระดับ วางอุปกรณ์เหมือนในส่วนของสเปกโตรกราฟในภาพ 4.4 แต่เปลี่ยนใช้แผ่นอลูมิเนียมเจาะช่องแทนสลิต และต้นกำเนิดแสงเป็นหลอดฮีเลียมวางอยู่หลังแผ่นอลูมิเนียม ถ่ายภาพสเปกตรัมของแนวช่องบนแผ่นอลูมิเนียมนั้น นำฟิล์มไปล้างและอัดขยาย ได้ขนาดขยายเป็น 8.0 เท่า ดังนั้นภาพบนฟิล์มจะมีขนาดเป็น 0.125 เท่าของวัตถุ

จากกำลังขยายที่วัดได้ นำมาคำนวณได้ว่าภาพดวงอาทิตย์บนฟิล์ม จะมีรัศมีเท่ากับ 0.70 เซนติเมตร และระยะทาง 1 ฟิลิปดา (arc second) บนดวงอาทิตย์เท่ากับ 7.3 ไมครอน บนฟิล์ม

3.3 <u>การมืดบริเวณขอบภาพอันเนื่องมาจากเลนส์กล้องถ่ายภาพ</u> ภาพถ่ายจากกล้องคุณภาพปานกลาง บริเวณขอบมักจะมืดกว่าตอนกลางของภาพเสมอ เนื่องจากมีแสงผ่านบริเวณขอบเลนส์น้อยกว่าตอนกลางของเลนส์ จากการทดสอบเลนส์กล้องถ่ายภาพที่ใช้โดยถ่ายภาพกระดาษที่สะท้อนแสงสม่ำเสมอ นำฟิล์มที่ผ่านการล้างแล้ว มาวัดความเทาด้วยไมโครเดนซิโตมิเตอร์ ลักษณะที่ได้ แสดงอยู่ในภาพ ผ 1. ภาคผนวก ความเทาตอนกลางไม่แตกต่างกับบริเวณขอบอย่างชัดเจน เฉพาะส่วนขอบที่สูงขึ้นเป็นผลจากการล้างฟิล์ม ที่เรียกว่าผลที่ขอบ (border effect) ดังนั้นภาพที่ได้จากเลนส์กล้องถ่ายภาพนี้มีความสม่ำเสมอดีพอ



ภาพที่ 4.6 แสดงการกระจายเชิงเส้นของสเปคโตรกราฟที่ได้จากการถ่าย
สเปคตรัมของหลอดฮีเลียม ภาพจริงอัดขยาย 4.5 เท่าของฟิล์ม



ภาพที่ 4.7 แสดงผลการหาค่าการกระจายของเส้นสเปคตรัมบนฟิล์มข้อมูล

3.4 กำลังแยกของฟิล์ม ฟิล์มแพนาตอมิก-เอกซ์ที่ใช้เป็นฟิล์มชนิดเนื้อละเอียดมาก (very fine grain) ตามมาตรฐานของบริษัทโกดัก (Kodak Plate and Film, 1967) โดยมีกำลังแยกอยู่ระหว่าง 136 ถึง 225 เส้นต่อมิลลิเมตร ในการเก็บข้อมูลกำหนดให้ฟิล์มมีกำลังแยก140 เส้นต่อมิลลิเมตร ดังนั้นฟิล์มจะสามารถแยกเส้นหรือเส้นขนานที่อยู่ห่างกัน 7.1 ไมครอนบนฟิล์มได้

3.5 การกระจายของสเปคโตรกราฟ จากสมการ (3.2) จะหาการกระจายเชิงมุมของเกรติงได้เท่ากับ 5.90×10^{-5} เรเดียนต่ออังสตรอม เมื่อใช้ระยะภาพของกล้องถ่ายภาพที่หามาได้คำนวณหาการกระจายเชิงเส้นได้เท่ากับ 13 ไมครอนต่ออังสตรอม

ก่อนการเก็บข้อมูลได้ทำการทดสอบหาการกระจายโดยการถ่ายภาพสเปคตรัมของหลอดฮีเลียม สามารถแยกเส้นสเปคตรัมที่มีความยาวคลื่นต่างกัน 74.3 อังสตรอมออกห่างกัน 1 มิลลิเมตรบนฟิล์มคิดเป็นการกระจายเชิงเส้นได้ 13 ไมครอนต่ออังสตรอมตามภาพที่ 4.6 ซึ่งเท่ากับค่าที่คำนวณได้ตอนต้น

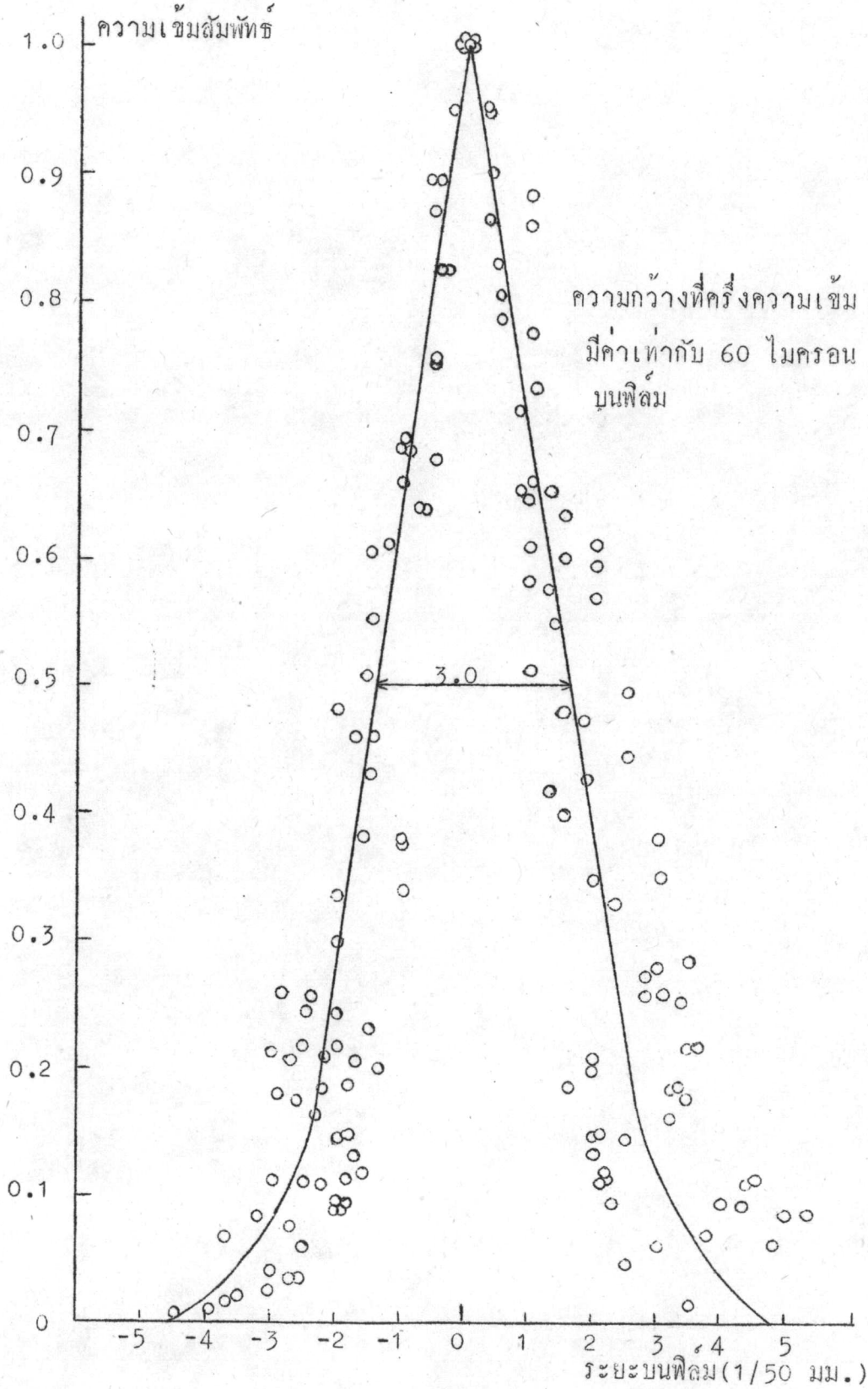
ข้อมูลที่เก็บมาได้เป็นภาพสเปคตรัมของดวงอาทิตย์จึงมีเส้นเฟรานโฮเฟอร์ปรากฏอยู่ซึ่งจะหาความยาวคลื่นของเส้นเหล่านี้ได้จากตารางที่มีอยู่แล้ว นำฟิล์มข้อมูลมาวัดความเทาด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ จะได้ตำแหน่งของเส้นเฟรานโฮเฟอร์บนฟิล์ม นำค่าของความยาวคลื่นและตำแหน่งเหล่านี้มาเขียนกราฟดังแสดงในภาพที่ 4.7 ความชันของเส้นกราฟคือการกระจายเชิงเส้นของสเปคตรัมบนฟิล์มซึ่งได้เท่ากับ 74.3 อังสตรอมต่อมิลลิเมตร หรือ 13 ไมครอนต่ออังสตรอม เป็นค่าที่เท่ากับผลการคำนวณและทดสอบตอนแรก

3.6 กำลังแยกของสเปคโตรกราฟในทางทฤษฎี ขึ้นอยู่กับกำลังแยกของเกรติงหรือของฟิล์ม แล้วแต่ว่าค่าไหนจะหยาบกว่ากัน สำหรับเกรติงกำลังแยกขึ้นอยู่กับความกว้างของลำแสงที่ตกลงบนหน้าเกรติง หรือจำนวนเส้นที่รับแสงของเกรติง ตามสมการ (3.4) ในการเก็บข้อมูลใช้ลำแสงกว้าง 3.2 เซนติเมตร ซึ่งจะตกคลุมจำนวนเส้น

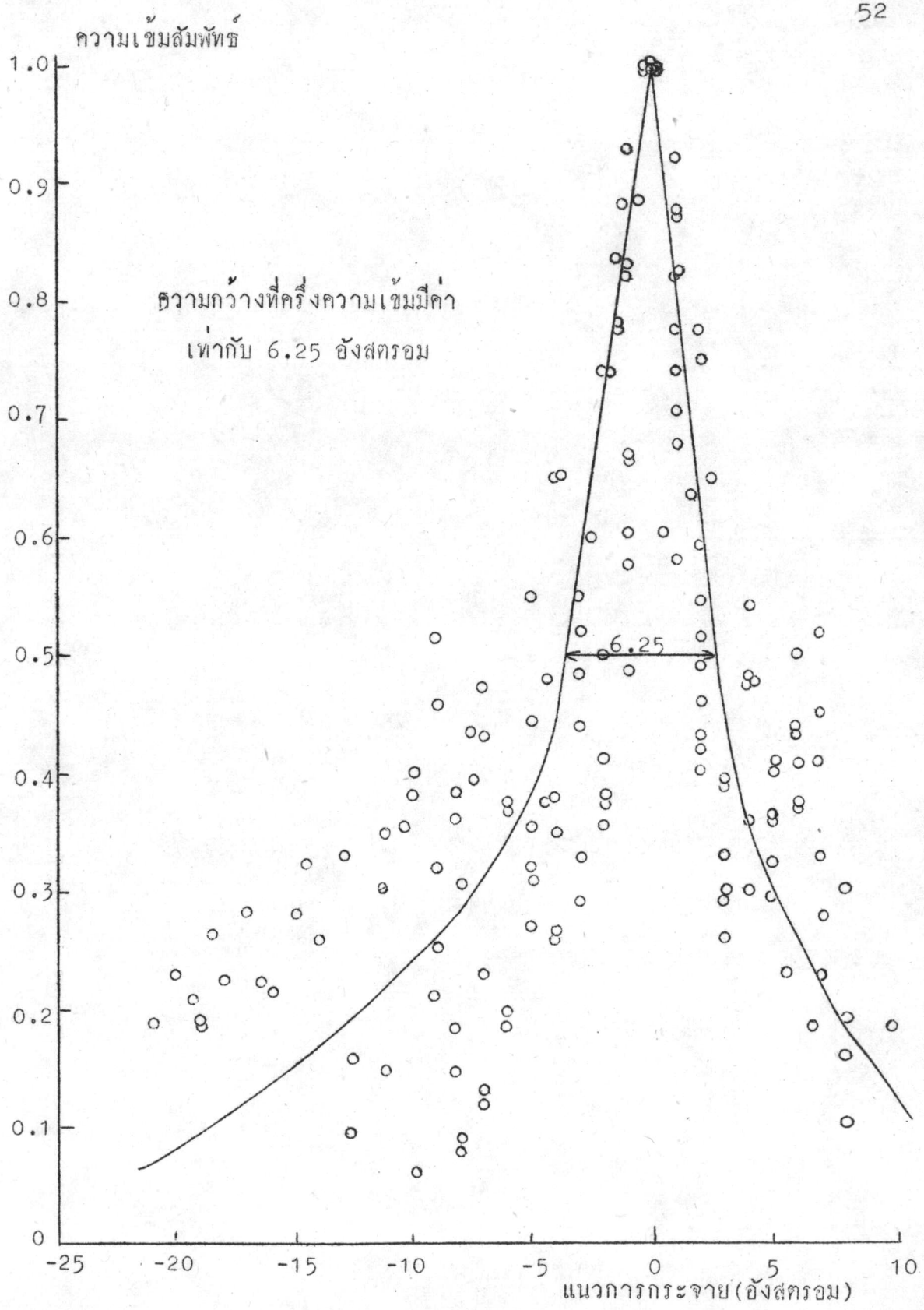
ของเกรติงเท่ากับ 19,000 เส้น ดังนั้นกำลังแยกทางทฤษฎีของเกรติงส่วนที่ใช้จะเท่ากับ 19,000 สำหรับแสงความยาวคลื่น 5500 อังสตรอม กำลังขนาดนี้จะแยกเส้นสเปคตรัมที่มีความยาวคลื่นต่างกัน 0.3 อังสตรอมออกจากกันได้

แต่ผลการหาการกระจายเชิงเส้นได้ค่า 13 ไมครอนต่ออังสตรอม นั่นคือ สเปคตรัมของแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน 1 อังสตรอม จะอยู่ห่างกัน 13 ไมครอนบนฟิล์ม และเพราะว่าฟิล์มมีกำลังแยกเส้นที่อยู่ห่างกัน 7.1 ไมครอน ดังนั้นจึงควรจะสามารถแยกเส้นสเปคตรัมสองเส้นที่มีความยาวคลื่นต่างกัน 0.5 อังสตรอมออกจากกันได้ แสดงว่ากำลังแยกทางทฤษฎีของสเปคโตรกราฟซึ่งรวมถึงฟิล์มด้วยจะมีค่าประมาณ 11,000

3.7 รูปลักษณ์ของอุปกรณ์ (Instrumental profile) คือรูปร่างลักษณะที่ละเอียดที่สุดของข้อมูลจากภาพถ่ายที่อุปกรณ์จะแสดงออกมา นำฟิล์มที่ได้จากการทดสอบในหัวข้อ 3.2 ไปวัดความเทาของฟิล์มที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวสลิตและตามแนวการกระจาย แล้วหาค่าเฉลี่ยจากหลาย ๆ ค่า เขียนกราฟระหว่างตำแหน่งกับความเข้มแสงจะได้กราฟ 2 รูป กราฟรูปที่หนึ่งจะแสดงการกระจายของแสงตามแนวสลิตหรือระยะทางบนดวงอาทิตย์ อีกรูปหนึ่งจะแสดงการกระจายของแสงตามแนวการกระจาย(dispersion) หรือตามตำแหน่งความยาวคลื่น ผลที่ได้แสดงในภาพที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ ที่ครึ่งความเข้ม (half intensity width) ความกว้างของด้านระยะทางมีค่า 60 ไมครอนบนฟิล์ม หรือคิดเป็นระยะบนดวงอาทิตย์เท่ากับ 8.2 ฟิลิปดา ส่วนด้านการกระจายมีค่า 6.3 อังสตรอมหรือ 84 ไมครอนบนฟิล์ม จากขนาดของรูปลักษณ์นี้บอกชัดว่าขีดเริ่มแยกของสเปกโตรกราฟจะต้องไม่ดีกว่า 6.3 อังสตรอม น่าสังเกตว่าเลวกว่าที่ทฤษฎีบอกไว้ นี่เป็นผลเนื่องมาจากความคลาด



ภาพที่ 4.8 แสดงรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ตามแนวสลิต



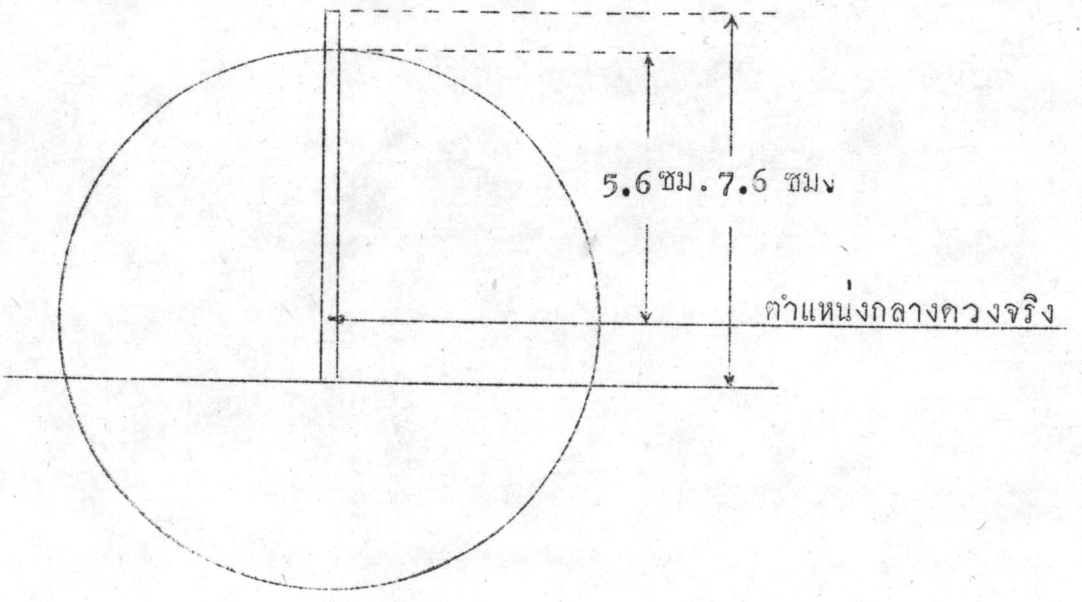
ภาพที่ 4.9 แสดงรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ตามแนวการกระจาย

4. สังเกตการณ์

4.1 ช่วงเวลา เริ่มทำการสังเกตการณ์ตั้งแต่วันที่ 18 มกราคม 2520 จนถึง 31 มีนาคม 2520 ช่วงเวลานี้รวมถึงการจัดตั้งอุปกรณ์และการทดลองระบบเก็บข้อมูลด้วย

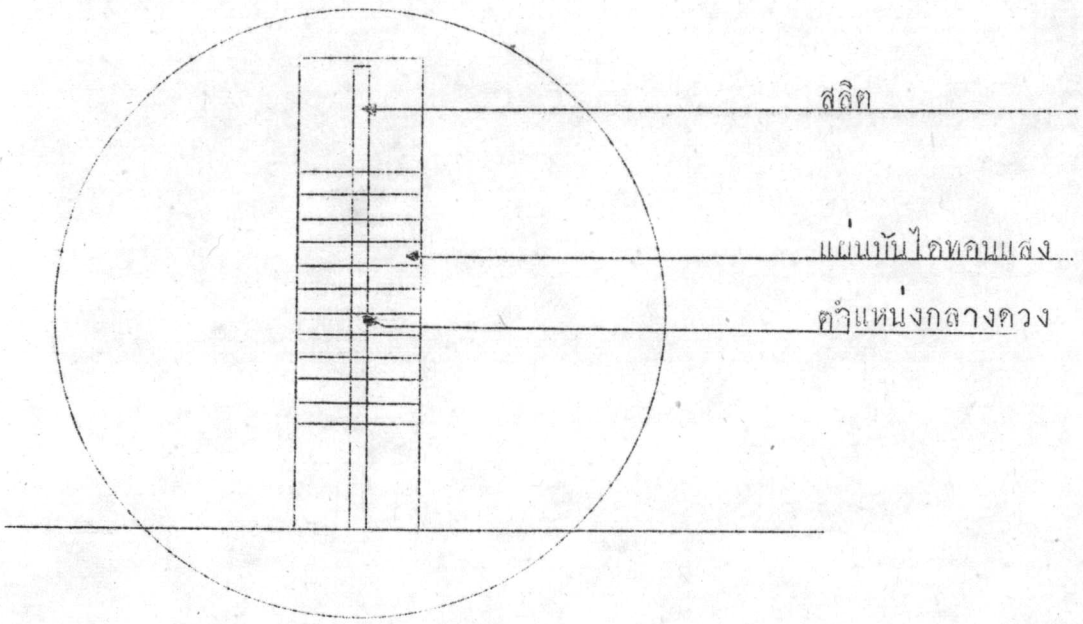
4.2 ขนาดของการให้แสง (Exposure) และการล้างฟิล์ม โดยการทดลองถ่ายภาพสเปคตรัมของดวงอาทิตย์ ด้วยขนาดหน้ากล้องและความเร็วต่าง ๆ กัน และใช้เวลาล้างฟิล์มต่างกัน แล้วนำมาตรวจสอบด้วยตา พบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้หน้ากล้อง เอฟ/5.6 ความเร็ว 1/500 วินาที ล้างฟิล์มด้วยน้ำยา เอช ซี 110 (HC - 110) ของบริษัทโกดัก ผสมน้ำด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 15 ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และใช้เวลาล้าง $3\frac{1}{2}$ นาที

4.3 วิธีการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 4.10 แสดงการวางสลิตกับภาพดวงอาทิตย์

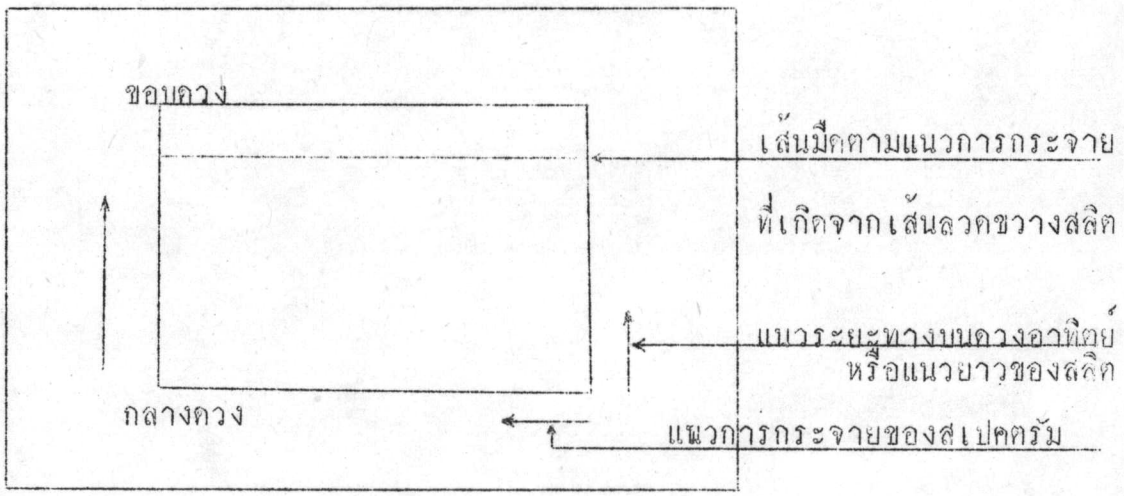
4.3.1 ข้อมูล จัดภาพดวงอาทิตย์ให้เส้นผ่าศูนย์กลางทาบตรงกับความยาวของสลิตและให้กลางดวงอยู่ตอนล่างของสลิต โดยประมาณว่าขอบดวงอยู่ไม่เกินช่วงใช้งาน 7.6 เซนติเมตร ดังภาพ 4.10 ถ่ายภาพสเปคตรัมซึ่งรวมตั้งแต่กลางดวงถึงขอบดวง



ภาพที่ 4.11 แสดงการวางสลิตกับภาพดวงอาทิตย์ขณะเทียบมาตรฐาน

4.3.2 การเทียบมาตรฐาน ตั้งตำแหน่งดวงอาทิตย์โดยให้บริเวณกลางดวงอยู่ตรงกลางสลิต นำแผ่นบันไดทอนแสงปิดทาบสลิตไว้ดังภาพที่ 4.11 แล้วถ่ายภาพสเปคตรัมที่มีแผ่นบันไดทอนแสงปิดอยู่ โดยใช้ขนาดหน้ากล้องเท่าเดิม แต่ลดความเร็วลงเหลือ 1/125 วินาที เพื่อให้การให้แสงสูงสุดในขณะเทียบมาตรฐานมีค่ามากกว่าการให้แสงสูงสุดในขณะถ่ายภาพสเปคตรัมเพียงอย่างเดียว การเก็บข้อมูลทุกครั้งจะต้องมีการเทียบมาตรฐานเช่นนี้เสมอ

4.4 <u>ปัญหาของการถ่ายภาพและการแก้ไข</u> สเปคโตรกราฟที่ใช้ไม่มีเลนส์ทำแสงขนานก่อนแสงตกสู่เกรติง ภาพสเปคตรัมที่ได้จึงเกิดความคลาดที่เรียกว่า แอสติก-มาติซึม (astigmatism) อันเนื่องมาจากแสงเข้าไม่ขนาน ลักษณะความคลาดที่เกิดขึ้นทำให้ความคมชัดของภาพทางแนวนอนและแนวตั้งเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน กล่าวคือเมื่อปรับระยะโฟกัสของกล้องถ่ายภาพให้ภาพของสลิตหรือสเปคตรัมชัด จะทำให้เส้นมืดตามแนวการกระจายซึ่งเกิดจากเส้นลวดที่ขวางสลิตพร่ามัว หรือในทำนองกลับกัน ภาพของสเปคตรัมจะพร่ามัว การแก้ไขได้คำนึงถึงข้อมูลเป็นหลัก ข้อมูลที่ต้องการคือภาพขอบดวงของดวงอาทิตย์ที่มีคุณภาพดีหรือมีความคมชัดดี ดังนั้นจึงโฟกัสให้เส้นมืดตามแนวการกระจายชัดที่สุด โดยยอมให้การกระจายแสงตามแนวสเปคตรัมเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 แสดงตำแหน่งกลางดวง ขอบดวง และแนวต่าง ๆ บนฟิล์ม