

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์



จุดประสงค์ที่สำคัญของงานศึกษาและวิจัยนี้คือศึกษาคุณสมบัติทางทัศนศาสตร์ของสเปกโตรกราฟแบบลิตรวรัของภาควิชาฟิสิกส์ ศึกษาหาเทคนิคและประสิทธิภาพของการถ่ายภาพสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ จากนั้นจึงนำภาพสเปกตรัมที่ได้บางส่วนมาศึกษาวิจัยในการนี้ได้ใช้เวลาส่วนใหญ่ไปเพื่อการศึกษาคุณสมบัติและการหาเทคนิคการถ่ายภาพจากสเปกโตรกราฟ

ในบทนี้จะได้กล่าวสรุปถึงผลงาน อุปสรรคปัญหาของการดำเนินงานและวิจารณ์เสนอแนะต่อผลงานอันจักเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านสเปกตรัมต่อไป

ปัญหาสามัญของการดำเนินงานคือปัญหาด้านอุปกรณ์และเครื่องมือประกอบการศึกษาซึ่งอยู่ในลักษณะจำกัด

ความจำกัดของการศึกษาเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ประการหนึ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือปัญหาเรื่องภาวะอากาศและความเหมาะสมหรือทัศนวิสัยในการสังเกตดวงอาทิตย์ด้วยกล้องโทรทรรศน์ซึ่งเป็นอุปกรณ์นำภาพของดวงอาทิตย์มาสู่สเปกโตรกราฟ โดยปกติช่วงเวลาที่เหมาะแก่การศึกษาอยู่ในช่วงประมาณเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนในเดือนอื่น ๆ นั้นมีเพียงบางวันเท่านั้นที่เอื้ออำนวยต่อการสังเกตการณ์ ดังนั้นการสะสมประสิทธิภาพในการถ่ายสเปกตรัมจึงมิได้ไม่ต่อเนื่องนัก กอปรกับเวลาที่มีอยู่ซึ่งมีลักษณะจำกัดจึงทำให้การถ่ายภาพสเปกตรัมในลักษณะติดต่อกันวันต่อวันจึงทำได้ยาก

อย่างไรก็ตามจากงานที่ได้ทำมาอาจสรุปและให้ข้อวิจารณ์ในส่วนที่สำคัญ ๆ ได้เป็นลำดับดังนี้

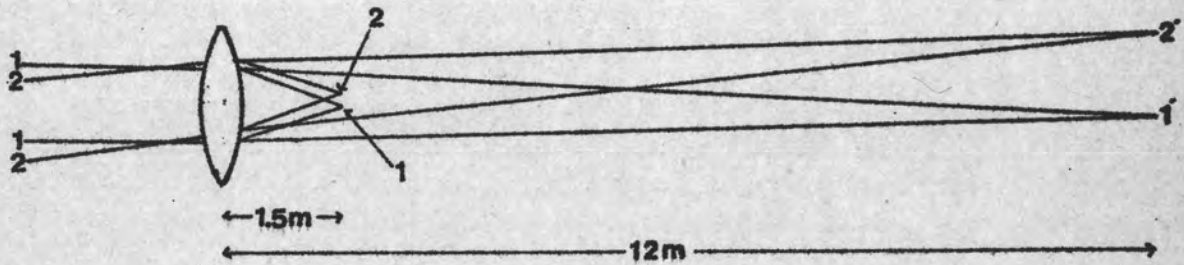
1. กล้องโพลาร์เอซิสโอสต์

กล้องโทรทรรศน์ของภาควิชาฟิสิกส์นี้สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามปัญหาของการใช้กล้องคือระบบตามดวงอาทิตย์ทำงานไม่ได้สมบูรณ์ กล่าวคือภาพของดวงอาทิตย์ที่ได้ไม่หยุดนิ่ง มีการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ อย่างคาดการณ์ไม่ได้ว่าจะหยุดและเริ่มขยับอีกเมื่อไร แม้ว่าจะมีวิธีการเคลื่อนที่ค่อนข้างแน่นอนสำหรับตำแหน่งของกระจกสะท้อนแสงที่รองรับรังสีจากดวงอาทิตย์ตำแหน่งหนึ่ง ๆ

ในกรณีที่ใช้เลนส์ตัวที่มีความยาวโฟกัสสั้นคือ 1.5 เมตร ปัญหาที่เกิดขึ้นไม่มากนักเพราะความยาวโฟกัสสั้น แต่เมื่อใช้เลนส์ความยาวโฟกัส 12 เมตร การเคลื่อนที่ (เชิงเส้น) ของภาพจะมากขึ้นแม้ว่าการเคลื่อนที่เชิงมุมจะคงที่เท่ากับกรณีใช้เลนส์ 1.5 เมตรก็ตาม

พิจารณาผลจากการเคลื่อนที่ของกระจกสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์ ดังแสดงในรูป 6.1 แสงขนานจากจุด ๆ หนึ่งบนดวงอาทิตย์จะตกกระทบเลนส์ที่มุมต่างกัน รังสีขนานหมายเลข 1 จะทำให้เกิดภาพที่ระยะ 1.5 เมตร เมื่อใช้เลนส์ 1.5 เมตร และเกิดภาพที่ระยะ 12 เมตร เมื่อใช้เลนส์ 12 เมตร เมื่อแนวของรังสีเปลี่ยนเป็นแนวหมายเลข 2 ก็จะทำให้เกิดภาพที่ 2 และ 2' ตามลำดับ ในการนี้จะเห็นได้ว่าระยะ 1 - 2 จะน้อยกว่าระยะ 1' - 2' โดยมีอัตราส่วน 1.5 คือ 12 หรือ 1 ต่อ 8

จากการเคลื่อนที่ของภาพดวงอาทิตย์ดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดปัญหาต่อการถ่ายภาพสเปกตรัมสองประการคือ หนึ่ง ในช่วงที่ภาพเคลื่อนที่เร็วจะส่งผลให้ภาพสเปกตรัมไม่ชัดเจน สอง การถ่ายภาพสเปกตรัมของจุดบนดวงอาทิตย์ทำได้ไม่ถนัดนักเพราะจะต้องใช้เลนส์ 12 เมตร จึงจะได้ภาพของจุดใหญ่พอจะเห็นได้ชัด การถ่ายภาพโดยผู้ทำวิจัยคนเดียวซึ่งต้องคอยปรับมุมสะท้อนของกระจกแล้วจึงเดินไปสังเกตตำแหน่งที่สลิตของสเปกโตรกราฟาบบนภาพดวงอาทิตย์ จึงมีหลายครั้งที่ภาพเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งที่ต้องการ



รูป 6.1 แสดงผลของการเคลื่อนที่ของรังสีตกกระทบจาก ระยะจุดเลนส์ที่มีความยาว
โฟกัสต่างกัน

อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่ของภาพก็ไม่ได้เร็วจนถึงขั้นถ่ายสเปกตรัมไม่ได้ เพราะใช้วิธี
จัดภาพล่วงหน้าและคอยให้เคลื่อนที่เข้าสู่สลิตในตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งแม้ว่าจะยุ่งยากและใช้เวลาแต่
ก็ได้ผลที่ดีพอสำหรับงานวิจัยนี้

2. สเปกโตรกราฟแบบลิตโทรวี

สิ่งที่เป็นทั้งข้อดีและข้อเสียของสเปกโตรกราฟที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ น้ำหนัก กล่าวคือ
สเปกโตรกราฟที่มีน้ำหนักมากพอจะทำให้ไม่มีการสั่นหรือขยับที่ขณะปรับมุมต่าง ๆ เช่น ปุ่มปรับระยะ
โฟกัส หรือเปิดแผ่นโลหะบังฟิล์ม ซึ่งจะต้องกระทำขณะถ่ายสเปกตรัมหลาย ๆ แถบบนฟิล์มแผ่นเดียว
กัน อย่างไรก็ตามน้ำหนักที่มากก็ส่งผลให้การเคลื่อนขยับเป็นไปด้วยความลำบาก ในขณะที่ถ่ายสเปกตรัม
ของจุดบนดวงอาทิตย์ ซึ่งมีขนาดที่แลเห็นด้วยตาเปล่าจากภาพของดวงอาทิตย์ประมาณ 0.5 เซนติเมตร
นั้น การเลือกถ่ายจุดที่ต้องการจะต้องมีการเคลื่อนขยับตัวสเปกโตรกราฟทั้งในแนวตั้งและแนวระดับเพื่อ
ให้สลิตอยู่กลางจุดที่ต้องการ เมื่อประกอบกับการเคลื่อนที่ของภาพซึ่งโคกล่าวมาแล้ว จึงทำให้น้ำหนัก
ของสเปกโตรกราฟเป็นอุปสรรคมากขึ้นไปอีก

การที่ไม่สำหรับปรับระยะโฟกัสของเลนส์ตั้งอยู่ตอนปลายห่างจากตำแหน่งของสเปกตรัมที่จะปรากฏ (หมายเลข 8 รูป 3.3) ทำให้มีความยุ่งยากในการหาค่าตำแหน่งโฟกัสขึ้นต้นด้วยตาเปล่า ถ้าหากใช้สเปกโตรกราฟเค้นเคียวมีสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรวีที่ผลิตโดยบริษัทบาชและลอมบ์ ออปติคัล (Bausch and Lomb Optical Company) เสริมระบบเชิงกลให้สามารถปรับระยะโฟกัสได้ที่ตำแหน่งที่ภาพสเปกตรัมปรากฏ (Sawyer, 1951) สเปกโตรกราฟแบบหลังนี้จึงน่าจะสะดวกต่อการใช้งานมากกว่า

นอกจากกรณีทั่ว ๆ ไปข้างต้นยังมีข้อสรุปและเสนอแนะสำหรับสเปกโตรกราฟที่ใช้ดังต่อไปนี้

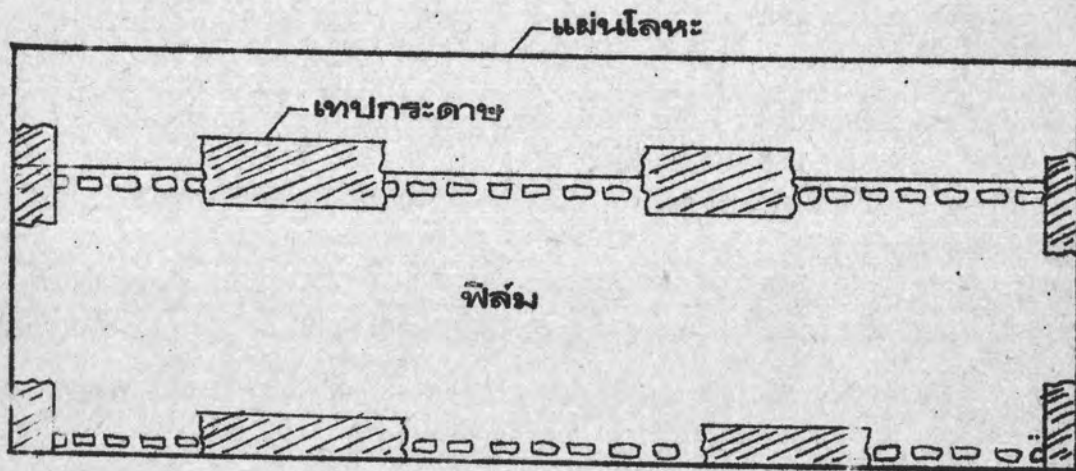
2.1 สลิต สลิตของสเปกโตรกราฟไม่มีขีดแสดงแนวตั้งฉากของสลิตกับระบบเลนส์ ทำให้ต้องใช้ประมาณด้วยสายตาและกำหนดแนวตั้งฉากกับระนาบหรือแนวตั้งของสลิตตามความยาวของสลิตจากการทดลองถ่ายสเปกตรัม

ขีดสเกลบอกความกว้างของสลิตเสียใช้งานไม่ได้ ความกว้างของสลิตที่เหมาะสมคือให้ภาพของสลิตเป็นเส้นขนานและปล่อยให้แสงผ่านไม่มากหรือน้อยเกินไปทำให้ถ่ายภาพได้ในเวลาช่วงไม่เกิน 1 ถึง 2 วินาที ถูกกำหนดโดยการทดลองถ่ายภาพให้ได้ดีที่สุด ปรากฏภายหลังจากการวัดขนาดของเส้นบนฟิล์มพบว่าควรใช้ความกว้างไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร ที่ขนาดสลิตแคบ ๆ สลิตจะไม่ขนานกัน กล่าวคือบางส่วนปล่อยให้แสงผ่านขณะที่ส่วนใหญ่ปิดแสงไว้ จึงต้องแก้โดยการปรับสลิตที่ความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เว้นแต่ต้องการได้ภาพสเปกตรัมทั้งดวง (เมื่อใช้เลนส์ความยาวโฟกัส 1.5 เมตร) จะต้องใช้ความยาวของสลิตทั้งหมดคือประมาณ 2 เซนติเมตร

ปริมาณของแสงซึ่งผ่านสลิตและเข้าสู่ระบบปริซึมและเลนส์เพื่อกระจายแสงและปรากฏเป็นภาพแถบสเปกตรัมนั้น เมื่อรับด้วยแผ่นกระดาษขาวจะสังเกตเห็นเฉพาะเขตแสงสีต่าง ๆ ไม่อาจสังเกตเห็นขีดชัดเจน จึงใช้ประโยชน์ได้เพียงเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของปริซึมสำหรับรับแสงจากสลิตเพื่อให้ช่วงสเปกตรัมจากสีม่วงถึงแดง ดังนั้นในแผ่นบันทึกภาพไม่มีส่วนใดเลยแผ่นบันทึกภาพไป ส่วนการกำหนดระยะโฟกัส ได้ทดลองถ่ายสเปกตรัมที่ตำแหน่งของเลนส์และ

มูรับภาพของแผ่นบันทึกภาพต่าง ๆ กัน และตัดสินด้วยสายตาจากแผ่นบันทึกภาพที่ได้ ทั้งนี้โดยให้
 เส้นสเปกตรัมมีความชัดเจนมาก เส้นเท่าที่ทำได้โดยคัดเลือกจากภาพจากาททดลองถ่าย แล้วจึง
 กำหนดตำแหน่งที่ให้ภาพที่ดีที่สุด เป็นตำแหน่งสำหรับถ่ายภาพสเปกตรัมต่อไป

2.2 ฟิล์มและการใช้ฟิล์มแทนแผ่นบันทึกภาพชนิดกระจก สเปกโตรกราฟแบบลิตโทรอนี้ถูกออกแบบ
 แบบให้ใช้แผ่นบันทึกภาพชนิดกระจกเป็นวัสดุบันทึกภาพสเปกตรัม แต่เนื่องจากไม่อาจจัดหาแผ่นบันทึก
 ภาพชนิดกระจกได้จึงใช้ฟิล์มโกดาสิต แทนฟิล์มนี้มีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร
 ความยาวสุดแต่จะตัดจากม้วน ทั้งนี้โดยยึดด้วยกระดาษเทปบนฐานที่ทำด้วยโลหะรูปสี่เหลี่ยมขนาด
 เท่าแผ่นบันทึกภาพชนิดกระจกคือกว้าง 10 ยาว 25.5 เซนติเมตร ในลักษณะดังรูป 6.2
 โดยที่ให้ค้ำอีมัลชัน (Emulsion) ออกรับแสง ทั้งนี้กระทำในห้องมืด



รูป 6.2 แสดงการติดฟิล์มลงบนแผ่นโลหะใช้แทนแผ่นบันทึกภาพชนิดกระจก

ข้อมูลที่นำเสนอใจที่ได้จากการถ่ายภาพสเปกตรัมทั้งแถบลงบนฟิล์มและผ่านการสแกนด้วยเครื่องไมโครเคนซีโตมิเตอร์แล้ว คือความไวของฟิล์มต่อแสงสีต่าง ๆ

รูป 6.3 เป็นกราฟที่ปรับปรุงจากกราฟที่ได้จากการ สแกนสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ ผ่านตามความยาวของสเปกตรัมโดยลบตำแหน่งเส้นมืดออกไป เพื่อแสดงความไวของฟิล์มต่อแสงความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกับกราฟแสดงปริมาณพลังงานของดวงอาทิตย์ ณ ความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยวัดพลังงานที่ระดับน้ำทะเล กราฟแสดงการจัดเรียงพลังงานนี้ปรับปรุงจากงานของเพททิต (E. Pettit) อ้างอิงโดย Brandt and Hodge, 1964 โดยใช้แกนตั้งแสดงปริมาณเทียบได้กับพลังงานให้กับแกนตั้งแสดงความเข้มของฟิล์ม ปริมาณพลังงานของดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 5000 อังสตรอมมีค่าสูงสุด จากนั้นลดลงทั้งสองข้างแต่ด้านสีแดง (ความยาวคลื่นมากกว่า 5000 อังสตรอม) จะลดลงน้อยกว่าด้านสีม่วง (ความยาวคลื่นน้อยกว่า 5000 อังสตรอม)

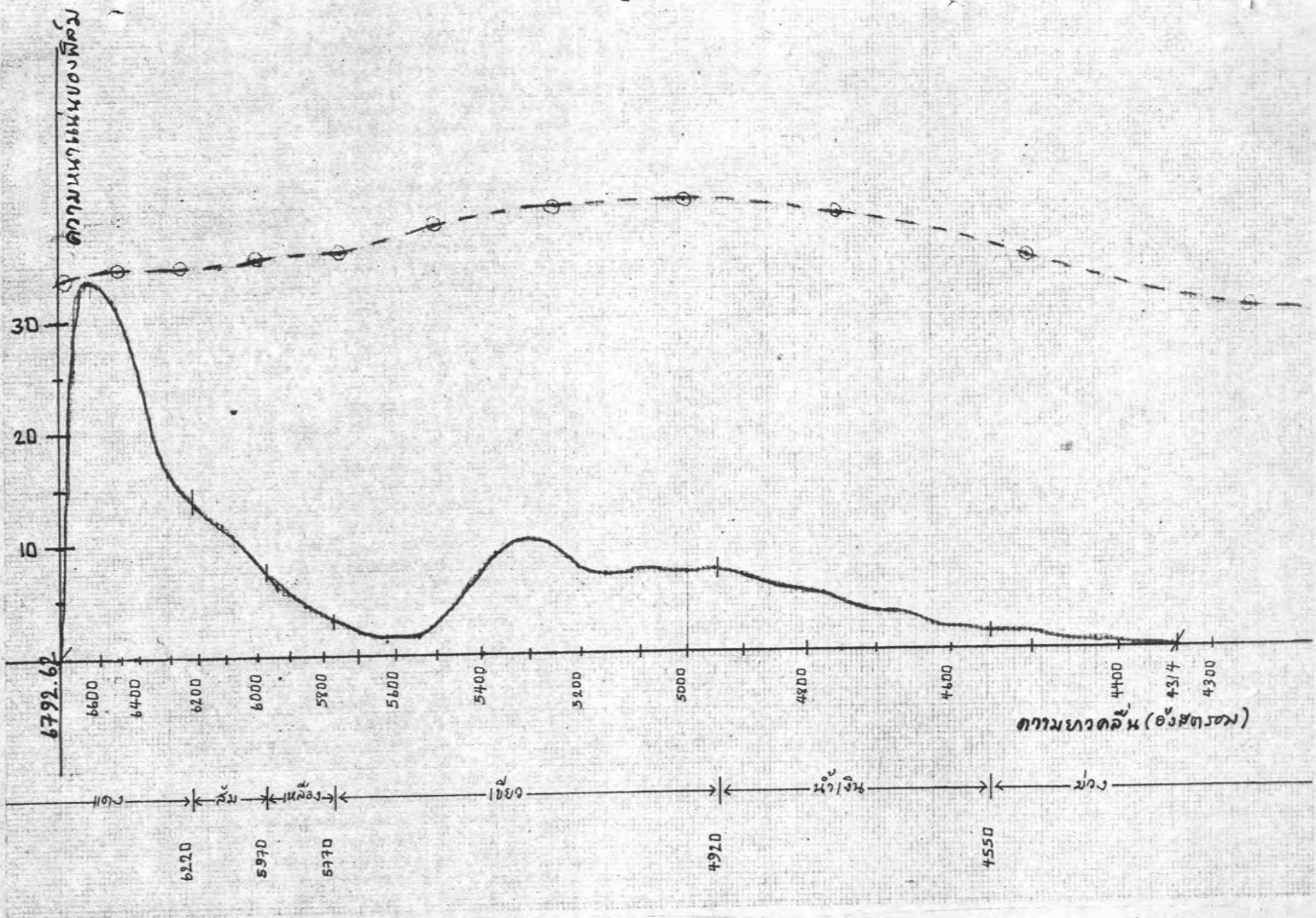
ความยาวคลื่นในกราฟรูป 6.3 ได้จากการคำนวณโดยสูตรของฮาร์ทแมนจากบทที่ 5 และอาศัยหลักการแบ่งเขตสีเพื่อให้ง่ายแก่การพิจารณาจากตารางที่ 6.1

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความเข้มของฟิล์มและปริมาณของรังสีที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ แล้วจะเห็นได้ว่าฟิล์มนี้มีความไวต่อแสงสีแดงที่ประมาณ 6600 อังสตรอมมากที่สุด แม้ว่าปริมาณรังสีจะไม่มากที่สุดก็ตาม ในบริเวณแสงสีเขียวถึงสีน้ำเงินฟิล์มมีความไวต่อแสงปานกลาง ขณะที่บริเวณแสงสีม่วงและน้ำเงินฟิล์มมีความไวน้อยที่สุด

ข้อสรุปนี้สอดคล้องกับสภาพที่ปรากฏในการถ่ายภาพสเปกตรัม เพราะด้วยเวลาที่เท่ากันฟิล์มด้านที่ได้รับแสงสีแดงจะมีความเข้มมากกว่าบริเวณอื่น ๆ

ข้อนำสังเกตอีกคือตรงรอยต่อ ระหว่างแสงสีเหลืองและเขียว (ความยาวคลื่น 5700 - 5500 อังสตรอม) ฟิล์มมีความไวต่อแสงสีนี้ต่ำมากพอ ๆ กับบริเวณสีม่วง

ทั้งนี้ เป็นข้อสรุปสำหรับการใช้ฟิล์มนี้กับเลนส์และระบบทัศนที่ทำจากควอตซ์



รูป 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของฟิล์มที่ถูกแสงและความยาวคลื่น ของฟิล์มโกดาคัลิต แพนฟิล์ม 2568
 เส้นประแสดงปริมาณพลังงานของดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ณ ระดับน้ำทะเล นำมาเปรียบเทียบโดยไม่ใช้สเกลเดิม

ตารางที่ 6.1 ความยาวคลื่นที่เป็นเขตแบ่งแสงสีต่าง ๆ

(Alonso and Finn, 1967)

ความยาวคลื่น (อังสตรอม)	สี
3900 - 4550	ม่วง (Violet)
4550 - 4920	น้ำเงิน (Blue)
4920 - 5770	เขียว (Green)
5770 - 5970	เหลือง (Yellow)
5970 - 6220	ส้ม (Orange)
6220 - 7800	แดง (Red)

2.3 การกระจายเชิงเส้นของสเปกโตรกราฟ จากสูตรของฮาร์ทแมน และค่าคงที่ต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากการทดลองจะทราบค่าการกระจายเชิงเส้นของสเปกโตรกราฟ ณ ความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้ดังนี้

จากสูตรของฮาร์ทแมน

$$d = d_0 + \frac{C}{\lambda_0 - \lambda}$$

เปลี่ยนอักษรตัวแปรระยะทาง d เป็น x แล้วดิฟเฟอเรนทิเอท (differentiate) เทียบกับความยาวคลื่น (λ) จะได้ดังนี้

$$\frac{dx}{d\lambda} = \frac{d}{d\lambda} \left(d_0 + \frac{C}{\lambda_0 - \lambda} \right)$$

ในที่นี้ d_0 , C และ λ_0 เป็นค่าคงที่จึงได้ผลเป็น

$$\frac{dx}{d\lambda} = 0 + \frac{C(-1)}{(\lambda_0 - \lambda)^2}$$

เพราะฉะนั้น
$$\frac{dx}{d\lambda} = - \frac{C}{(\lambda_0 - \lambda)^2} \quad (6.1)$$

เมื่อนำค่าคงที่ดังแสดงในตาราง 6.2 มาแทนค่าในสมการ (6.1) จะสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของการกระจายเชิงเส้น (reciprocal linear dispersion) และความยาวคลื่น (เป็นอังสตรอม) ดังแสดงในรูป 6.4

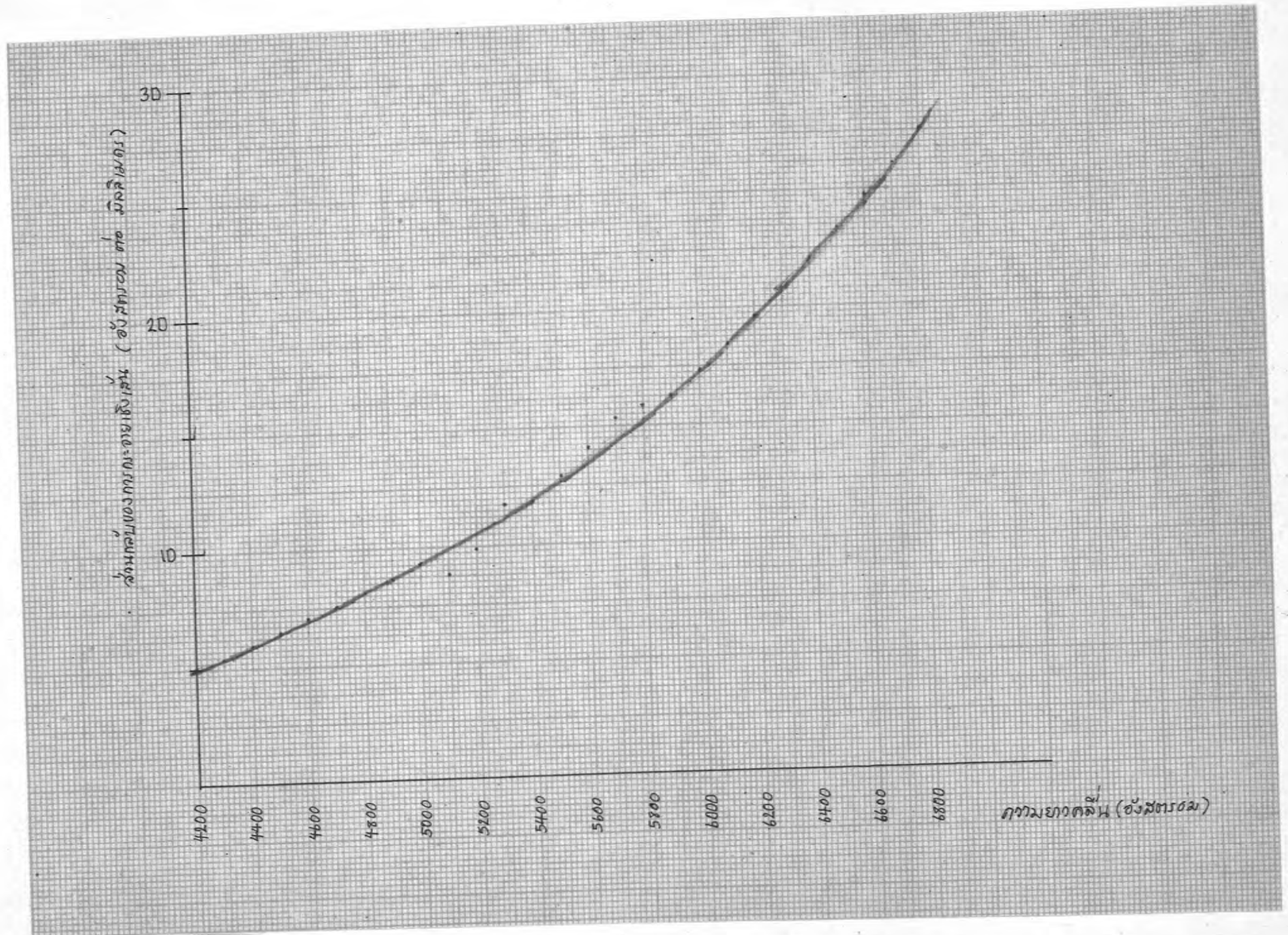
ตาราง 6.2 แสดงค่าคงที่สำหรับการกระจายเชิงเส้นที่ความยาวคลื่นช่วงต่าง ๆ

ช่วงความยาวคลื่น (อังสตรอม)	C	λ_0
6678.19 - 5875.62	-543753.03	2930.988
5875.62 - 5769.59	-1779552.5	491.62287
5769.59 - 5047.74	-401782.45	3219.9534
5047.74 - 4916.04	-25336.952	4416.0466
4916.04 - 4471.48	-986438.65	1969.6235
4471.48 - 4358.35	-979375.59	1980.1345

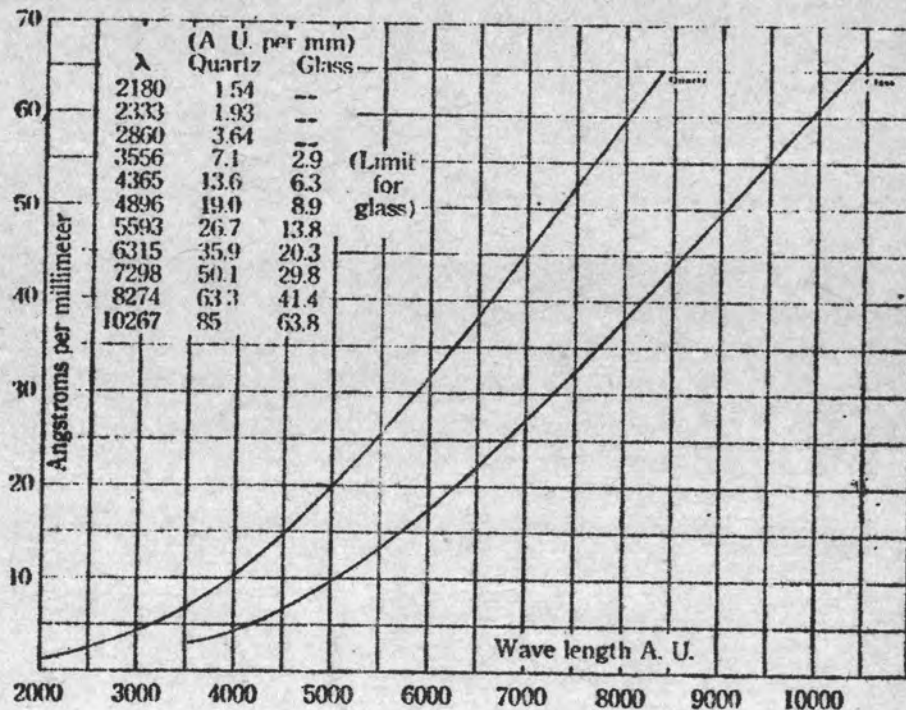
จากกราฟที่แสดงในรูป 6.4 จะเห็นได้ว่า ค่าส่วนกลับของการกระจายแสงมีค่าสูงขึ้น เมื่อความยาวคลื่นมากขึ้น นั่นหมายความว่าที่ความยาวคลื่นมากจะมีการกระจายของแสงน้อย แต่ที่ความยาวคลื่นน้อยจะมีการกระจายของแสงมาก

กราฟที่ได้มีลักษณะสอดคล้องกราฟของ เครื่องสเปกโตรกราฟแบบดิฟฟราคทีฟของ
บริษัท บอชและลอมป์ ซึ่งแสดงในรูป 6.5

ความแปรปรวนของค่าส่วนกลับของการกระจายแสงระหว่างความยาวคลื่น
5000 - 5900 อังสตรอมนั้น เป็นเพราะอยู่ระหว่างรอยต่อของช่วงคลื่น ในการคำนวณ
ค่าจากสูตรของฮาร์ทแมนและเป็นระยะที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงค่าส่วนกลับของการกระจาย
แสง ส่วนบริเวณต่ำกว่า 5000 และสูงกว่า 5900 อังสตรอม มีลักษณะเชิงเส้น
ที่ชัดเจนมาก



รูป 6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ส่วนกลับของแรงการกระจายเชิงเส้นและความยาวคสปริงของสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์
ที่ใช้ในงานวิจัย



รูป 6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของภาชนะกระจายเชิงเส้นและความยาวคลื่นของสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ ของบริษัทบอสและลอมป์ จำกัด เมื่อใช้ระบบทัศนเป็นควอตซ์ และแก้ว (Sawyer, 1951)

ข้อนำสังเกตเกี่ยวกับสเปกโตรกราฟนี้คือขนาดความยาวของแผ่นบันทึกภาพคือ 25.5 เซนติเมตร แต่ภาพสเปกตรัมที่ปรากฏบนฟิล์มยาวประมาณ 22 เซนติเมตร กล่าวคือยังเหลือความยาวอีก 3.5 เซนติเมตร ดังนั้นถ้าใช้ฟิล์มที่มีความไวต่อแสงสีแดงช่วงความยาวคลื่นมากกว่า 6792.62 อังสตรอม ก็จะสามารถขยายเขตการบันทึกภาพออกไปได้อีกประมาณ 700 อังสตรอม หรือ ไม่ก็เพิ่มเวลาในการเปิดชัตเตอร์มากขึ้น เพื่อให้ได้สเปกตรัมด้านสีม่วงมากขึ้น แต่นั่นย่อมทำให้ภาพทาง สีแดง ต่ำเกินพอดี

ถ้าหากสามารถสร้างอุปกรณ์ให้กำเนิดแสงจากสารตัวอย่างใดสเปกโตรกราฟนี้ก็จะนำมาใช้งานด้านวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพของสารผสมในทางสเปกตรัมได้ และยิ่งในงานวิเคราะห์นี้แหล่งกำเนิดหยุดนิ่งเวลาสำหรับการเปิดชัตเตอร์ จึงไม่มีปัญหาอย่างอื่น ทำให้ได้เส้นสเปกตรัมมากเส้นขึ้น ทั้งนี้โดยเลือกฟิล์มบันทึกภาพที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์สารผสมชนิดต่าง ๆ

3. สูตรของฮาร์ทแมน

สูตรของฮาร์ทแมนสำหรับการคำนวณค่าความยาวคลื่น (เมื่อทราบระยะทาง) หรือระยะทาง (เมื่อกำหนดหาตำแหน่งจากความยาวคลื่น) จะใช้ได้ดีในช่วงใดนั้นขึ้นกับช่วงสเปกตรัมและคุณสมบัติคือการกระจายแสงของสเปกโตรกราฟ สำหรับบริเวณที่สเปกโตรกราฟมีการกระจายเชิงเส้นสัมพันธ์กับความยาวคลื่นอย่างเส้นตรง (linear) แม้ว่าระยะระหว่างเส้นที่รู้ค่าจะห่างกันก็ได้ค่าที่ผิดพลาดไม่มาก ส่วนบริเวณที่มีการกระจายเชิงเส้นสัมพันธ์กับความยาวคลื่นอย่างเส้นโค้ง (ระหว่างประมาณ 5000 ถึง 6000 อังสตรอม ในรูป 6.4) นั้นค่าจะถูกต้องมากถ้าเส้นมาตรฐานอยู่ใกล้กันและหรือเส้นที่ต้องการรู้ค่าอยู่ใกล้กับเส้นมาตรฐาน

ในทางอื่นจะเพิ่มความถูกต้องของค่าจากการคำนวณได้มากขึ้น ถ้าหากการวัดระยะทางถูกต้องมาก ทั้งนี้ขึ้นกับอุปกรณ์สำหรับการใช้วัดระยะทางและสำหรับการใช้สแกนด้วยเครื่องไมโครเคนซีโตมิเตอร์นั้นการใช้อัตราส่วนระหว่างระยะบนฟิล์มต่อระยะบนกราฟที่ออกมาให้มีค่าน้อย คือได้ระยะบนกราฟยาวจากระยะบนฟิล์มสั้น ก็จะได้ค่าถูกต้องมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอาจเกิดความผิดพลาดในด้านความละเอียดจากการต่อแผ่นกระดาษกราฟได้

4. เปรียบเทียบสเปกตรัมของโฟโตสเฟียร์เฉลี่ย กลางจุด และบริเวณใกล้จุด

จากสเปกตรัมของจุดซึ่งเป็นอาณาบริเวณที่มีนัยตั้งแสดงในรูป 5.7 จะเห็นได้ว่า บริเวณนอกจุดมีความเข้มของแสงมากกว่าบริเวณในจุดมาก ซึ่งเป็นปัญหาสำหรับการกำหนด เวลาเปิดหน้ากล้องถ่ายภาพให้ได้คุณภาพความหนาแน่นของฟิล์ม (film density) ที่เหมาะสม สำหรับที่บริเวณจุดภาพสเปกตรัมที่ได้แสดงขอบเขตที่ชัดเจนของบริเวณมืดและบริเวณสว่างของจุด โดยที่ตรงกลางจุดจะมีสีดำ (ในภาพ) มากกว่าบริเวณสว่างซึ่งอยู่รอบนอก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยตลอดของความยาวคลื่นแล้วพบว่าขอบเขตของจุดที่ความยาวคลื่น หรือแสงสีต่าง ๆ ไม่เท่ากัน กล่าวคือหากขอบเขตของจุดที่ทุกความยาวคลื่นเท่ากัน รูปของ จุดที่ปรากฏในสเปกตรัมจะต้องเป็นแถบมืดแบบขนานมีความกว้างของแถบเท่ากันโดยตลอด แต่ ที่ปรากฏคือมีลักษณะคอคบเป็นระยะ ๆ กล่าวคือเรียยที่บริเวณแสงสีแดงและโป่งออกที่บริเวณ สีเหลืองและเกือบเท่ากันตลอดบริเวณสีเขียวจนถึงน้ำเงินเริ่มโป่งออกจนขยายกว้างขึ้นมากที่สุด บริเวณแสงสีม่วง

เมื่อนำฟิล์มที่ถ่ายสเปกตรัมของจุดไปสแกน 2 ครั้ง ครั้งแรกที่กลางจุด ครั้งที่ 2 ที่ห่างจากกลางจุด 0.5 เซนติเมตร บนฟิล์มเทียบเท่ากับระยะทาง 84.26 มิลลิเมตรความโค้ง หรือ 60,000 กิโลเมตร ซึ่งเรียกว่าบริเวณใกล้จุด ได้กราฟแสดง ความหนาแน่นของฟิล์มซึ่งบอกตำแหน่งและลักษณะของเส้นมืด

กราฟที่ได้สำหรับตรงกลางจุดแสดงรายละเอียดจากช่วงความยาวคลื่นของเส้น H_{α} จนถึงเส้น H_{β} นอกบริเวณนี้ความแตกต่างของความหนาแน่นของฟิล์มไม่ชัดเจนพอที่จะจำแนกเส้นได้ แต่ปรากฏลักษณะของเส้นเปล่งแสงที่บางความยาวคลื่นนอกบริเวณนี้

สำหรับกราฟบริเวณใกล้จุดแสดงรายละเอียดจากบริเวณเส้นไฮเดียม (D_1) จนสุดบริเวณสีม่วง เพราะเหตุว่าบริเวณแสงสีแดงฟิล์มได้รับแสงเกินพอดี (over exposure)

ความแตกต่างที่ชัดเจนของสเปกตรัมของจุดและสเปกตรัมใกล้จุด คือความกว้างออกของเส้น (widening) พบว่าเส้นของโฟโตสเฟียร์เฉลี่ย (mean photosphere) มีการกว้างออก (คือเส้นใหญ่) มากกว่าเส้นของจุด แสดงให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์ของการ ดูดกลืนและการกระเจิงที่โฟโตสเฟียร์เฉลี่ยมีการกว้างออกมากกว่ากลางจุด

นอกจากนี้จำนวนเส้นของสเปกตรัมอาณาบริเวณใกล้จุดมีน้อยกว่ากลางจุด แต่ความเข้ม (ความลึกเมื่อเทียบกับบริเวณต่อเนื่องข้างเคียง) ของเส้นที่ใกล้จุดมีมากกว่า อย่างไรก็ตามจากการที่เส้นสเปกตรัมของจุดมีการกว้างออกน้อยจึงทำให้สามารถแยกเส้นต่าง ๆ ออกจากกันได้ง่าย คือมีความชัดเจนกว่าสเปกตรัมของบริเวณใกล้จุดที่มีลักษณะเส้นที่หยาบ

จากการเปรียบเทียบกราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของสามบริเวณคือ หนึ่ง กราฟจากการสแกนฟิล์มที่แสดงในรูป 5.6 ซึ่งภาพดวงอาทิตย์ได้จากเลนส์ความยาวโฟกัส 1.5 เมตร มีขนาดเล็กไม่อาจจำแนกจุดได้ อันถือเป็นสเปกตรัมของโฟโตสเฟียร์เฉลี่ย สอง กราฟจากการสแกนที่กลางจุด และสาม กราฟจากการสแกนบริเวณห่างจากกลางจุด 0.5 เซนติเมตร ซึ่งถือว่าเป็นสเปกตรัมของอาณาบริเวณใกล้จุด ทั้งนี้โดยเปรียบเทียบเฉพาะในช่วงจากเส้นไฮเดียม (D_1 ความยาวคลื่น 5895.94 อังสตรอม) จนถึงเส้นไฮโดรเจน เบตา (H_β ความยาวคลื่น 4861.34 อังสตรอม)

พบว่าสเปกตรัมของโฟโตสเฟียร์เฉลี่ยและสเปกตรัมของจุดมีจำนวนเส้นและลักษณะเส้นคล้ายกัน แต่ทั้งสองแตกต่างจากสเปกตรัมของอาณาบริเวณใกล้จุดทั้งในแง่ของจำนวนเส้นและลักษณะของเส้น

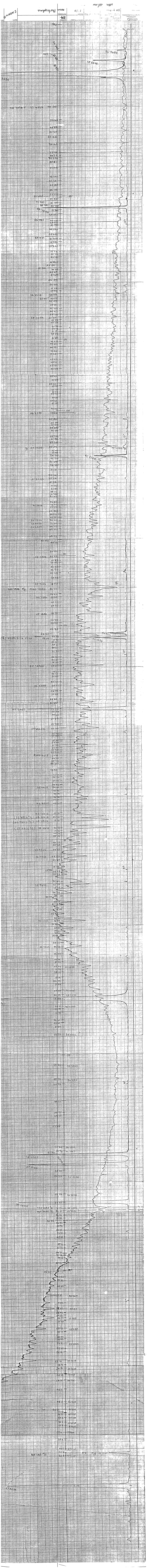
มีข้อนำสังเกตว่าความยาวคลื่นของสเปกตรัมใกล้จุดมีการเลื่อนไปทางสีม่วง เมื่อเทียบกับสเปกตรัมของอาณาบริเวณใกล้จุดทั้งที่กราฟทั้งสองสแกนจากแถบสเปกตรัมเดียวกัน (ฟิล์มซึ่งแสดงโพสิทีฟในรูป 5.7) สำหรับสเปกตรัมของโฟโตสเฟียร์เฉลี่ยและของจุดมีตำแหน่งของเส้นไม่ตรงกันพอดี เนื่องจากตำแหน่งของระบบปริซึมและตำแหน่งมุมรับภาพในสเปกโตรกราฟไม่เท่ากันพอดีในการถ่ายภาพทั้ง 2 ครั้งนี้ เพราะต้องทำการปรับตำแหน่งระนาบของภาพดวงอาทิตย์ขณะเปลี่ยนเลนส์ของกล้องโทรทรรศน์ใหม่ แต่อย่างไรก็ตามสามารถเปรียบเทียบลักษณะของเส้นได้

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสเปกตรัมของโฟโตสเฟียร์เฉลี่ยและจุดจะพบว่า สเปกตรัมของจุดมีจำนวนเส้นมากกว่า ซึ่งน่าจะเป็นไปได้ที่เป็นผลเนื่องมาจากการแยกออกของเส้นจากซีแมนเอฟเฟค (Zeemann effect) แต่เนื่องจากการกระจายแสงไม่สูงนักจึงแลเห็นจากกราฟได้ไม่ชัดเจน

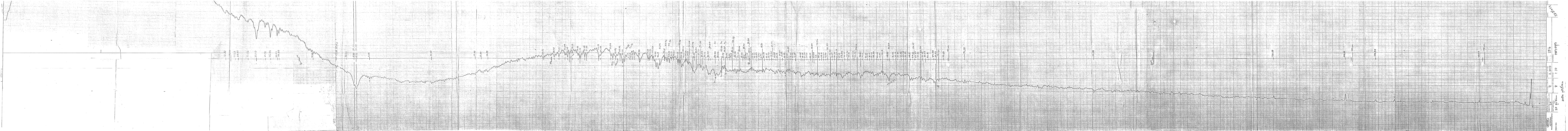
กราฟแสดงสเปกตรัมของทั้ง 3 บริเวณแสดงในรูป 6.6 รูป 6.7 และ
 รูป 6.8 ตามลำดับ ในกราฟของโฟโตสเฟียร์เฉลี่ยนั้นเริ่ม 0.00 เซนติเมตร
 ของสเกลชั่วคราวที่กำหนดขึ้นในการวิเคราะห์ที่เส้นฮีเลียม (6678.19 อังสตรอม) จะ
 เห็นเส้นเปล่งแสงของแสงมาตรฐานด้วย ส่วนกราฟของจุดและบริเวณใกล้จุดเริ่ม
 0.00 เซนติเมตรที่เส้นโซเดียม (5895.94 อังสตรอม) ซึ่งเทียบกับกราฟของโฟโต
 สเฟียร์เฉลี่ยได้เท่ากับ 38.38 เซนติเมตร

เส้นสเปกตรัมที่คำนวณได้จากสูตรยาวทแมนของบริเวณทั้ง 3 คือโฟโตสเฟียร์เฉลี่ย
 กลางจุด และบริเวณใกล้จุด แสดงไว้ในตาราง 6.3

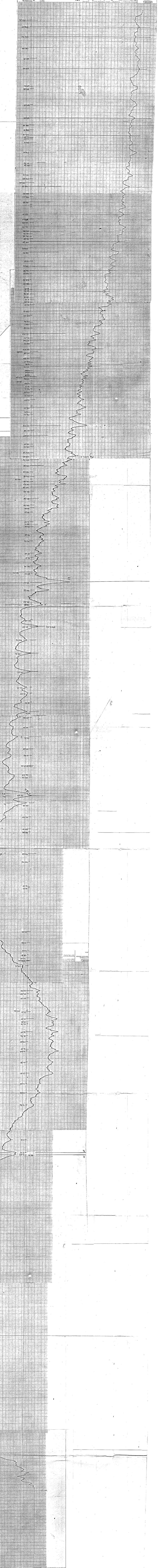
รูป 6.6 กราฟที่ได้จากการสแกนฟิล์มที่บันทึกสเปกตรัมของโฟโตสเฟียร์เฉลี่ย
และเส้นเปล่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน



รูป 6.7 กราฟที่ได้จากการสแกนฟิล์มที่บันทึกสเปกตรัมของจุด ณ บริเวณกลางจุด

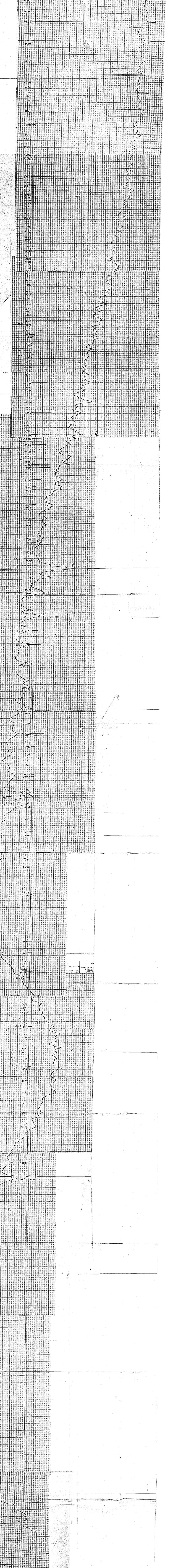


รูป 6.8 กราฟที่ได้จากการสแกนฟิล์มที่บันทึกสเปกตรัมของจุด ณ บริเวณห่างจาก
กลางจุดขึ้นไป 0.5 เซนติเมตร ซึ่งเรียกว่าบริเวณใกล้จุด



100.00
 90.00
 80.00
 70.00
 60.00
 50.00
 40.00
 30.00
 20.00
 10.00
 0.00

0.00
 10.00
 20.00
 30.00
 40.00
 50.00
 60.00
 70.00
 80.00
 90.00
 100.00



0.00
 10.00
 20.00
 30.00
 40.00
 50.00
 60.00
 70.00
 80.00
 90.00
 100.00

ตารางที่ 6.3 แสดงความยาวคลื่นเป็นอังสตรอมที่คำนวณได้จากสเปกตรัมของโฟโตสเฟียร์
เฉลี่ย กลางจุด และใกล้จุด ค่าในวงเล็บเป็นค่าที่เทียบกับแผนที่มาตรฐาน กรณีที่ไม่มีวงเล็บ
แสดงว่าไม่อาจจะระบุค่าที่เทียบกับแผนที่มาตรฐานได้ เพราะหลายช่วงมีเส้นฟรอนฮอฟเฟอร์จำนวนมาก
และเส้นไม่ชัดเจนพอจะแยกออกจากกันได้

โฟโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
38.38	5894.40 (5895.94D ₁)	38.38	5894.40 (5895.94D ₁)	38.38	5894.40 (5895.94D ₁)
38.71	5889.07 (5889.97D ₂)	38.70	5889.24 (5889.97D ₂)	38.70	5889.24 (5889.97D ₂)
40.70	5856.95 (5857.47)			40.71	5856.79 (5857.47)
		40.76	5855.98 (5857.47)		
43.30	5815.22 (5816.37)			46.10	5771.00
46.71	5761.20 (5763.07)				
47.29	5751.92 (5753.10)			48.00	5740.64
		49.46	5717.76	49.43	5718.22
50.20	5706.32 (5709.42)			51.04	5693.46
51.69	5683.60 (5688.26)				
52.00	5678.93 (5682.68)			52.76	5667.54
				54.45	5642.60
				54.73	5638.52
				55.93	5621.17
56.02	5619.88 (5624.63)				
56.68	5610.46 (5615.68)			56.84	5608.19
		56.87	5607.76		
		57.77	5595.06	57.45	5599.56
58.63	5583.04 (5586.76)				

โพโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
				58.65	5582.76
		58.77	5581.10		
				58.95	5578.60
				59.45	5571.70
				60.53	5556.93
				60.74	5554.08
				62.65	5528.46
62.95	5524.49 (5528.40)				
				63.33	5519.48
				63.78	5513.57
64.11	5509.26 (5513.00)				
66.01	5484.74 (5487.75)				
66.52	5478.25 (5481.95)				
		66.59	5477.36		
66.85	5474.07 (5476.94)				
				67.64	5464.12
68.54	5452.89 (5455.63)				
		68.78	5449.92		
				68.80	5449.67
69.20	5444.73 (5446.97)				
				69.29	5443.63
		69.49	5441.17		
				70.00	5434.92
70.11	5433.58 (5434.55)				
		70.42	5429.80		
70.57	5427.98 (5429.71)				
		70.83	5424.83		
71.01	5422.65 (5424.10)				
		71.08	5421.81		
				71.20	5420.36

โพโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
		71.56	5416.03		
71.73	5414.00 (5415.23)				
72.11	5409.45 (5409.74)				
		72.47	5405.17		
72.55	5404.22 (5404.15)				
		72.72	5402.20		
73.19	5396.64 (5397.15)			72.94	5186.25
		73.47	5393.35		
73.51	5392.88 (5393.16)				
		73.74	5390.18		
74.35	5383.05 (5383.40)				
75.34	5371.58 (5371.49)				
		75.57	5368.93		
		75.85	5365.72		
76.81	5354.77 (5353.40)				
77.18	5350.59 (5349.40)				
		77.38	5348.33		
77.41	5347.99 (5345.80)				
		77.69	5344.84		
77.89	5342.59 (5340.50)				
		78.09	5340.35		
		78.39	5337.00		
		78.80	5332.44		
78.91	5331.22 (5328.30)				
		79.18	5328.23		
79.28	5327.12 (5324.19)				
		79.47	5325.02		
				79.60	5323.59

โพโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
				79.77	5321.72
		79.84	5320.95		
79.90	5320.29 (5316.63)				
		80.23	5316.67		
		80.44	5314.38		
		80.70	5311.54		
80.71	5311.43 (5307.35)				
		80.99	5308.39		
81.17	5306.44 (5302.33)				
81.54	5302.44 (5297.83)				
		81.76	5300.07		
82.78	5289.14 (5283.60)				
		83.07	5286.05		
		83.26	5284.04		
83.51	5281.39 (5281.79)				
		83.78	5278.54		
				83.80	5278.33
83.99	5276.32 (5276.03)				
		84.26	5273.49		
84.36	5272.44 (5269.40)				
		84.57	5270.24 (5272.03)		
		84.80	5267.83		
				84.98	5265.96 (5276.03)
85.35	5262.11				
		85.56	5259.93		
85.75	5257.97				
		85.80	5257.45		
86.01	5255.28				

โพโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
		85.89	5256.52		
		86.28	5252		
06.41	5251.17				
		86.56	5249.63		
		86.88	5246.35		
87.29	5242.17				
		87.58	5239.22		
87.80	5236.99				
		87.84	5236.59		
		88.12	5233.76		
				88.30	5231.94
		88.37	5231.24		
		88.74	5227.52		
				88.79	5227.02
88.81	5226.82				
		89.06	5224.31		
		89.22	5222.71		
89.48	5220.12				
89.74	5217.54				
		89.80	5216.94		
		90.07	5214.26		
		90.32	5211.79	90.63	5208.74
90.68	5280.24	90.68	5208.24		
		90.98	5205.30		
91.00	5205.10				
		91.28	5202.36		
91.31	5202.06				
		91.64	5189.84		
91.76	5197.68(5183.62, b_1)				

โฟโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
		92.13	5194.41		
		92.38	5191.66		
92.81	5187.51(5172.70,b ₂)			92.79	5187.80(5181.62,b ₁)
		93.15	5184.23(5184.62,b ₁)		
93.30	5182.89(5167.33,b ₃)				
		93.64	5179.54		
93.85	5177.54			93.85	5177.54(5172.70,b ₂)
				93.69	5179.06(5167.33,b ₃)
		94.06	5173.82(5172.70b ₂)		
		94.36	5172.68		
		94.66	5169.84(5167.33b ₃)		
		94.96	5167.01		
95.20	5164.74				
		95.26	5164.18		
		95.57	5161.27		
95.71	5159.95				
		95.74	5159.67		
		95.96	5157.62		
96.03	5156.96				
		96.32	5154.26		
96.58	5151.84				
97.01	5147.85				
97.42	5144.07				
98.35	5135.54				
98.86	5130.89				
99.15	5128.26				

โพโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
		96.59	5151.75		
				96.73	5150.45
		96.85	5149.33		
				97.03	5147.67
		97.27	5145.45		
		97.49	5143.42		
		97.78	5140.76		
		98.08	5138.00		
		98.28	5136.18		
		98.40	5135.08		
		98.88	5130.71		
		99.17	5128.08		
		99.46	5125.45		
		99.73	5123.01		
				100.08	5119.87
		100.17	5119.06		
		100.29	5117.98		
		100.58	5115.38		
100.80	5113.42				
		100.99	5111.72		
101.05	5111.19				
				101.07	5111.01
		101.23	5109.60		
101.49	5107.28				
		101.68	5105.60		
101.85	5104.10				
		101.89	5103.74		
		102.27	5100.39		
102.32	5099.95				
		102.57	5097.76		

โฟโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
102.61	50.97.40				
102.95	5094.43	102.98	5049.16	102.94	5094.51
		102.98	5049.16		
103.35	5090.93				
		103.36	5990.8		
		103.77	5087.28		
		104.06	5084.77		
104.10	5084.42				
		104.33	5082.43		
		104.63	5079.85	104.46	5081.31
104.69	5079.33				
		104.88	5077.70		
104.95	5077.10				
		105.33	5073.84		
105.70	5070.68(5068.78)				
		105.73	5070.43		
				105.94	5068.64
106.30	5065.58(5065.25)				
		106.48	5064.06		
		106.62	5062.87	106.83	5061.10
		107.08	5058.99		
107.15	5058.40				
107.66	5054.12				
		107.67	5054.04		
		107.92	5051.95		
108.09	5050.53				
		108.18	5049.78		
				108.29	5048.86
		108.38	5048.11		

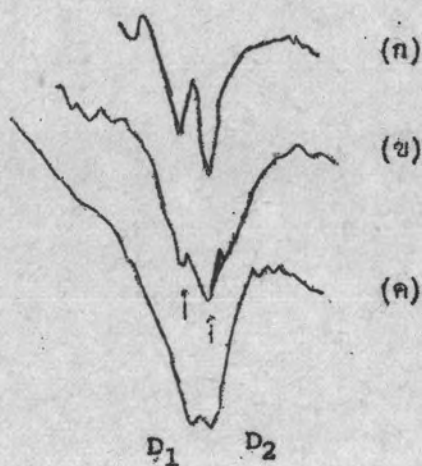
โพตสเพียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
		108.70	5043.44		
		108.99	5038.96		
		109.29	5034.40		
109.34	5033.65				
		109.58	5030.06		
				109.67	5028.72
109.79	5026.95				
		109.97	5024.31		
		110.22	5020.68		
				110.58	5015.53
110.61	5015.11				
		110.66	5014.40		
		110.93	5010.61		
110.95	5010.32				
		111.06	5008.80		
		111.56	5001.95		
111.75	4999.38				
		111.81	4998.58		
		112.08	4994.98		
112.24	4992.87				
		112.44	4990.26		
		112.82	4985.36		
				113.01	4982.94
113.10	4981.80				
		113.20	4980.54		
113.36	4978.53				
		113.46	5977.29		
113.61	4975.43				
		114.08	4969.68		
		114.30	4967.03		

โพโตสเพียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
114.49	4964.77 (4967.49)				
		114.68	4962.52		
115.01	4958.66 (4957.46)				
		115.19	4956.57		
115.34	4954.85				
		115.49	4953.14		
115.75	4950.19			115.79	4949.74
		116.03	4947.06		
		116.26	4944.51		
116.51	4941.77				
		116.53	4941.55		
		116.88	4937.76		
117.08	4935.62				
		117.22	4934.14		
		117.83	4927.75		
				117.84	4927.65
		118.19	4924.06		
		118.50	4920.92		
		119.33	4913.05		
		119.58	4910.86 (4920.52)		
				119.98	4907.35 (4920.52)
		120.11	4906.22		
		120.50	4902.81		
		120.78	4900.37		
				121.04	4898.11
		121.30	4895.85		
		121.63	4892.99		
		121.91	4890.56		
		122.69	4883.83		
		122.99	4881.25		
		123.23	4879.19		

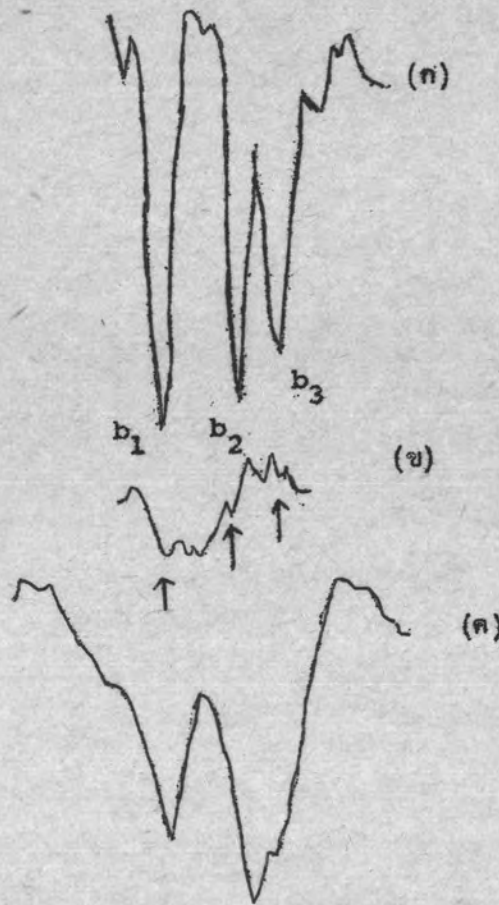
โฟโตสเฟียร์เฉลี่ย		กลางจุด		ใกล้จุด	
ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น	ระยะ	ความยาวคลื่น
				123.33	4878.33
		123.38	4877.90		
				123.58	4876.19
		123.76	4874.65		
		124.18	4871.06		
		124.43	4868.93		
		124.90	4864.93		
		125.29	4861.62		
				125.61	4858.91 (4871.71)
		126.08	4854.94 (4871.71)		
		126.33	4852.83 (4861.34, H _β)		
				126.78	4849.04 (4861.34, H _β)
145.08	4703.03 (4703.00 Mg)			146.20	4694.57 (4703.00 Mg)

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะของเส้นหรือกลุ่มของเส้นที่เกิดจากธาตุเดียวกันแล้วพบลักษณะที่แตกต่างกันสำหรับสเปกตรัมของทั้ง 3 บริเวณ ดังแสดงในรูป 6.9 ถึง 6.13

จากข้อมูลทั้งหมดนี้สามารถยืนยันยืนยันการมีอุณหภูมิต่ำของจุด การแสดงลักษณะของสนามแม่เหล็กของจุด และการมีอุณหภูมิสูงกว่าโฟโตสเฟียร์ของบริเวณใกล้จุดอื่นเป็นการแสดงความเป็นไปได้ที่จะเป็นสเปกตรัมที่ได้จากพลาสมาซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าโฟโตสเฟียร์



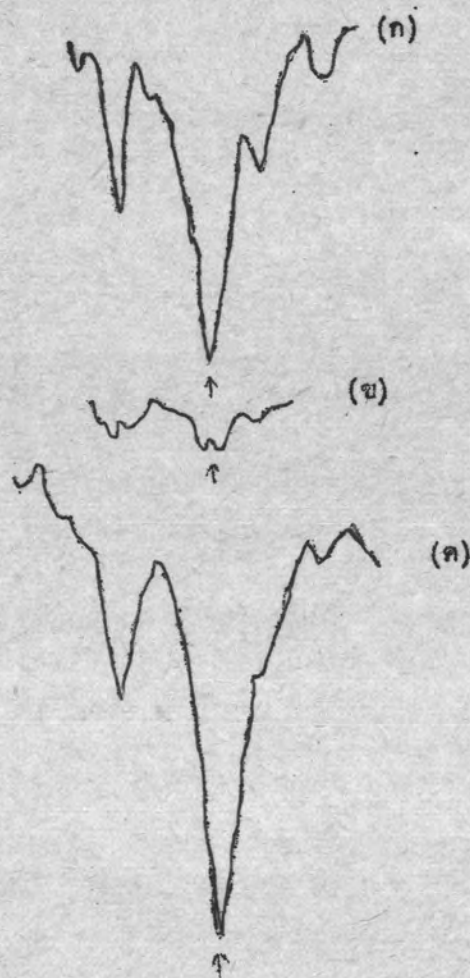
รูป 6.9 ลักษณะของเส้นโซเคียม (D_1 5859.94 อังสตรอม ,
 D_2 5889.98 อังสตรอม) ณ บริเวณต่าง ๆ คือ (ก) โฟโตสเฟียร์ (ข) กลางจุด
 (ค) โกลล์จุด ลักษณะโดยทั่วไปไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ที่กลางจุดมีลักษณะของเส้นอีก
 เส้นหนึ่งเกิดขึ้น และเส้นของบริเวณโกลล์จุดไม่คมชัดเมื่อเทียบกับ โฟโตสเฟียร์และ
 กลางจุด ซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่สูงและมีการกว้างออกของเส้นมากกว่าบริเวณอื่นซึ่งมี
 อุณหภูมิต่ำกว่า ทั้งนี้แสดงความเป็นไปได้ที่บริเวณโกลล์จุดนี้จะเป็นบริเวณของพลาจ อันเป็น
 บริเวณสว่าง (มีอุณหภูมิสูงกว่าโฟโตสเฟียร์) โกลล์จุด



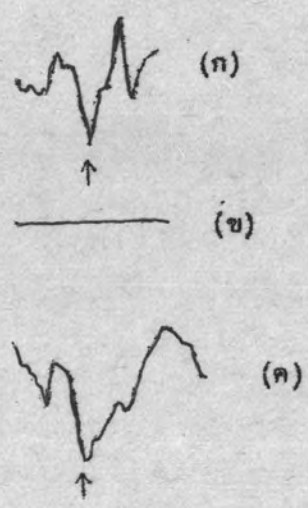
รูป 6.10 ลักษณะของเส้นแมกนีเซียม (b_1 5183.62 อังสตรอม , b_2 5172.70 อังสตรอม และ b_3 5167.33 อังสตรอม) ในบริเวณต่าง ๆ คือ (ก) โฟโตสเฟียร์ (ข) กลางจุด (ค) โกล์จุด ลักษณะที่แตกต่างกัน เห็นได้ชัดเจน ความคมชัดใน (ก) มีมากที่สุด ในขณะที่ (ค) แสดงถึงภาวะกว้าง ออกที่ชัดเจนจนเส้น b_2 และ b_3 ซึ่งมีความยาวคลื่นใกล้เคียงกันเกือบรวมเป็นเส้นเดียวกัน ส่วนสเปกตรัมกลางจุด (ข) นั้นแม้จะชัดเจนพอสมควรแต่ยังแสดงลักษณะของเส้นมากกว่า 3 เส้น โดยเฉพาะเส้น b_2 แสดงลักษณะการแยกออกของเส้น เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่พอเห็นได้ เป็นการยืนยันการมีอุณหภูมิต่ำและการมีอยู่ของสนามแม่เหล็ก และกรณีของสเปกตรัมโกล์จุดยืนยันการมีอุณหภูมิสูงชัดเจนกว่ากรณีเส้นโซเดียม



รูป 6.11 ลักษณะของเส้นเทลิก (4920.52 อังสตรอม) จะพบว่า
 เส้นของโฟโตสเฟียร์ (ก) และโคโรลจุด (ค) ลักษณะคล้ายกัน แต่ของบริเวณโคโรลจุด
 มีการกว้างออกมากกว่า ส่วนกรณีของกลางจุด (ข) ซึ่งไม่ค่อยชัดเจน เพราะอยู่ใน
 เขตที่ฟิล์ม ได้รับแสงน้อย แต่ก็แสดงลักษณะของเส้นที่พอเห็นได้
 ความแตกต่างคือลักษณะของเส้นที่ใกล้เคียงกันมีความเข้มของฟิล์มเท่า ๆ กัน ซึ่งต่างจากกรณี
 โฟโตสเฟียร์และโคโรลจุด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ต่างกันของบริเวณเหล่านี้ส่งผลให้
 การดูดกลืนในแต่ความยาวคลื่นแตกต่างกันไปด้วย



รูป 6.12 ลักษณะของเส้นไฮโดรเจน (H_{β} 4861.34 อังสตรอม)
 ยังคงยืนยันลักษณะการกว้างออกของบริเวณใกล้จุด (ค) แต่มีรูปร่างคล้ายกับโฟโตสเฟียร์
 (ก) ส่วนของกลางจุด (ข) มีลักษณะการแยกออกของเส้นค่อนข้างชัดเจน บริเวณนี้
 สำหรับกลางจุดฟิล์มเกือบได้รับแสงน้อยกว่าที่ต้องการ (under exposure) แต่ลักษณะ
 ของเส้นก็ชัดเจนแต่แตกต่างจากบริเวณต่อเนื่องข้างเคียง



รูป 6.13 ลักษณะของเส้นแมกนีเซียม (4703.00 อังสตรอม)
เส้นของกลางจุด (ข) ไม่อาจแยกออกได้เพราะฟิล์มได้รับแสงน้อย แต่เมื่อพิจารณา
กรณีโฟโตสเฟียร์ (ก) และโคโรลาจุด (ค) จะพบว่ายังคงมีการกว้างออกของเส้นเช่นกัน