

การศึกษาวรรยาการของดวงอาทิตย์ในอาณานิคม

โดยสเปกโตรกราฟ



นายมานิต รุจิโรคม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2523

002371

1701704X

A Spectrographic Study of the Active Regions
in the Solar Atmosphere

Mr. Manit Rugivarodom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Department of Physics

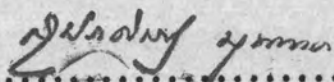
Graduate School

Chulalongkorn University

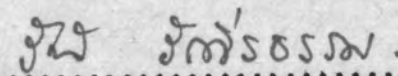
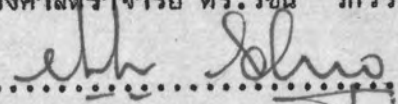
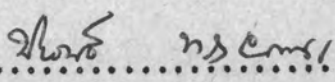
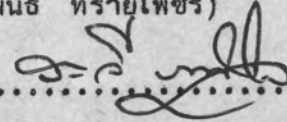
1980

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาบรรยากาศของดวงอาทิตย์ในอาณาบริเวณแก้มันต์
โดยสเปกโตรกราฟ
โดย นายมานิต รุจิโรตม
ภาควิชา ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษิตตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประสิทธิ์ บุญนาค)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชณี รักวีระธรรม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญา เจริญวง)

.....กรรมการ
(นายนิพนธ์ ทรายเพชร)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาบรรยากาศของดวงอาทิตย์ในอาณาบริเวณกัมมันต์
 โดยสเปกโตรกราฟ
 ชื่อผู้เขียน นายมานิต รุจิโรตม
 อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล
 ภาควิชา ฟิสิกส์
 ปีการศึกษา 2523



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางทัศนศาสตร์ของสเปกโตรกราฟแบบ
 ลิตโทรว์ของภาควิชาฟิสิกส์ และเพื่อพัฒนาเทคนิคการได้มาซึ่งสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ใน
 อาณาบริเวณสงบและอาณาบริเวณกัมมันต์ ได้พิจารณาเลือกสเปกตรัมสองชุดเพื่อการวิเคราะห์
 ให้นำภาพของดวงอาทิตย์ขนาด 115 มิลลิเมตรจากกล้องโปลาไรซ์เฮลิโอสต์ที่มีเลนส์
 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร (8 นิ้ว) เอฟ/60 ตกกระทบสลิตของสเปกโตร
 กราฟแบบลิตโทรว์ จัดจนภาพของจุดบนดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางสลิตแล้วจึงบันทึกภาพสเปกตรัม
 ที่ได้ นอกจากนี้ยังได้บันทึกภาพสเปกตรัมอีกชุดหนึ่งที่ได้จากภาพดวงอาทิตย์ขนาด 15 มิลลิเมตร
 โดยใช้เลนส์เส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) เอฟ/10 แต่ลดขนาดเส้น
 ผ่านศูนย์กลางลงเหลือ 3 นิ้วโดยใช้กระดาษบัง สเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่น
 มาตรฐานถูกบันทึกลงในฟิล์มแผ่นเดียวกันนี้ด้วย จากการใช้อัตราของซาร์ทแมนจะให้ความสัมพันธ์
 ระหว่างการกระจายเชิงเส้นและความยาวคลื่นอันเป็นคุณสมบัติทางทัศนศาสตร์ของสเปกโตรกราฟ
 ทั้งนี้โดยใช้เครื่องมือโคโรโทนีเตอร์ช่วยในการบันทึกกราฟแสดงความหนาแน่นของฟิล์ม
 จากการเปรียบเทียบกราฟที่ได้จากการสแกนสเปกตรัมของจุดสเปกตรัม ณ ตำแหน่ง
 60,000 กิโลเมตรจากกลางจุดซึ่งยังคงเป็นอาณาบริเวณกัมมันต์ซึ่งอยู่รอบ ๆ จุด และ
 สเปกตรัมของภาพดวงอาทิตย์ขนาด 15 มิลลิเมตร พบความแตกต่างของสเปกตรัมที่วิจารณ์
 และตีความได้ว่าเป็นผลจากความแตกต่างของอุณหภูมิในบรรยากาศของดวงอาทิตย์

Thesis Title A Spectrographic Study of the Active Regions in
 the Solar Atmosphere
Name Mr. Manit Rugivarodom
Thesis Advisor Professor Dr. Ravi Bhavilai
Department Physics
Academic Year 1980

ABSTRACT

The purpose of this work is to investigate the optical properties of the Littrow spectrograph belonging to the Department of Physics and also to develop techniques for obtaining the spectra of the sun in quiet and active regions. Two good sets of spectra are selected for analysis.

The 115 mm diameter solar image produced by the 200 mm (8 inch) f/60 Polar Heliostat Telescope is projected on the slit of the Littrow spectrograph. Adjustment is made such that a round sunspot falls on the slit and the spectrum is recorded. Another set of spectra is also obtained with the 15 mm diameter solar image produced by the 150 mm (6 inch) f/10 objective of the Polar Heliostat Telescope masked down to 3 inch. Standard wavelengths are recorded on the same film. Hartmann formula is applied in obtaining the relation between the linear dispersion and the wavelength. Analysis is accomplished by microdensitometric tracing of the film.

From the tracing of the spectrum of sunspot, the spectrum at a position 60,000 Km away from the center of the spot but still in the active region around the spot and the spectrum of the 15 mm solar image are compared. Their differences are discussed and interpreted as the differences in temperature of the features in the solar atmosphere.

กิตติกรรมประกาศ



ในงานวิจัยนี้ ผู้เขียนได้รับความกรุณาอนุเคราะห์จากศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล
อาจารย์ที่ปรึกษา ในการเสนอแนะให้แนวทางสำหรับการศึกษาและแก้ปัญหาในส่วนที่เกี่ยวข้อง
โดยตรงและเกี่ยวเนื่องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้เขียนขอกราบ
ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิญโญ เจริญกุล ที่ได้กรุณาให้ยืมและ
ให้คำอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์บางอย่าง

ขอขอบคุณบุคลากรของหน่วยดาราศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาฯ มี
คุณปริดา ภาวิไล และคุณสุทัศน์ รัตนกติกานนท์ เป็นอาทิ สำหรับความช่วยเหลือ
ระหว่างทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่กรุณาสับสนุนให้กำลังใจในการทำงานตลอดมา

และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนช่วยเหลือการวิจัยอันเป็นผลให้งานนี้
สำเร็จลงได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
รายการตารางประกอบ.....	๓
รายการรูปประกอบ.....	๓
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1. วัตถุประสงค์.....	2
2. วัตถุประสงค์ดำเนินงาน.....	2
3. ประวัติการศึกษาเกี่ยวกับดวงอาทิตย์.....	3
บทที่ 2 บรรยากาศของดวงอาทิตย์และเส้นฟรอนฮอฟเฟอร์.....	19
1. โฟโตสเฟียร์.....	20
1.1 การเป็นดอกดวง.....	20
1.2 แฟคิวเล่.....	21
1.3 จุดและกลุ่มจุด.....	22
2. โครโมสเฟียร์.....	24
2.1 สเปกูล.....	25
2.2 แฟคิวเล่.....	26
2.3 โปรมิแนนซ์.....	26
2.4 การลุกจ้า.....	27
3. คอโรนา.....	27



4.	สเปกตรัมของดวงอาทิตย์	28
4.1	การเกิดเส้นฟรอนฮอฟเฟอร์	28
4.2	การกว้างออกของเส้นฟรอนฮอฟเฟอร์	38
5.	องค์ประกอบของบรรยากาศของดวงอาทิตย์	39
บทที่ 3	อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	43
1.	กล้องโทรทรรศน์	43
2.	สเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์	46
3.	ชัตเตอร์	50
4.	เครื่องมือโครโมโซมโตมิเตอร์	50
5.	แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน	53
บทที่ 4	องค์ประกอบของสเปกโตรกราฟ	56
1.	สลิต	57
2.	เลนส์	59
2.1	เลนส์คอลลิเมเตอร์	59
2.1.1	ความคลาดตรงค์	59
2.1.2	ความคลาดทรงกลม	61
2.1.3	โคมา	63
2.2	เลนส์โทรทรรศน์	65
2.2.1	แอสติγμαติสมและความโค้งของภาพ	65
2.2.2	การสว่างจำกัด	67
3.	ปริซึม	68
3.1	แอสติγμαติสมของปริซึม	69
3.2	การเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุด	71
3.3	การกระจายแสงของปริซึม	72

	หน้า
3.4	กำลังขยายของปริซึม 76
3.5	ความโค้งของเส้นสเปกตรัมจากปริซึม 78
3.6	การขยายภาพของปริซึม 80
3.7	วัตถุสำหรับทำปริซึม 82
บทที่ 5	การคำนวณงานและผลการวิจัย 84
1.	การถ่ายภาพสเปกตรัม 84
2.	การล้างฟิล์ม 87
3.	กำลังขยายของสเปกโตรกราฟ 90
4.	การคำนวณความยาวคลื่นของเส้นต่าง ๆ 90
4.1	สูตรของอาร์ทแมน 90
4.2	การบันทึกเส้นมาตรฐาน 91
4.3	การวัดระยะของเส้น 96
4.4	ตัวอย่างการคำนวณ 97
4.5	สูตรของอาร์ทแมนสำหรับช่วงต่าง ๆ 101
4.6	เปรียบเทียบค่าจากการคำนวณและค่าที่แท้จริง 102
5.	การถ่ายภาพสเปกตรัมของอาณาบริเวณกัมมันต์ 103
บทที่ 6	สรุปและวิจารณ์ 106
1.	กล้องโพลาไรซ์เฮลิโอสติท 107
2.	สเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ 108
2.1	สลิต 109
2.2	ฟิล์มและการใช้ฟิล์มแทนแผ่นบันทึกภาพชนิดกระจก 110
2.3	การกระจายเชิงเส้นของสเปกโตรกราฟ 113

3. สูตรของฮาร์ทแมน	118
4. เปรียบเทียบสเปกตรัมของอาณาบริเวณสูงและอาณาบริเวณกึ่งมันต์ ..	119
เอกสารอ้างอิง	141
ประวัติ.....	144

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าโดยประมาณของ κ_v / σ_v ในโฟโตสเฟียร์ จัดทำโดยแลบส์และ อุทซอลด์ (labs , 1951 b, Unsold, 1937) อ้างอิงโดย Minnaert 1953.....	35
2.2	ปริมาณที่มีอยู่ของธาตุบางธาตุในบรรยากาศของดวงอาทิตย์	41
3.1	ธาตุและความยาวคลื่นเป็นอังสตรอมของหลอดไฟให้แสงมาตรฐานที่ใช้ ในงานวิจัยนี้ (ปรับปรุงจาก Jenkins and White, 1957 และ Alonso and Finn, 1975).....	55
4.1	วัสดุบางชนิดและช่วงความยาวคลื่นเป็นไมครอน (micron) ของรังสี ที่ยอมให้ผ่านไปได้ดี (Sawyer, 1951).....	83
5.1	เปรียบเทียบความยาวคลื่นคำนวณและแท้จริง	103
6.1	ความยาวคลื่นที่เป็นเขตแบ่งแสงสีต่าง ๆ	113
6.2	แสดงค่าคงที่สำหรับค่าการกระจายเชิงเส้นที่ความยาวคลื่นช่วงต่าง ๆ	114
6.3	แสดงความยาวคลื่นเป็นอังสตรอมที่คำนวณได้จากสเปกตรัมของโฟโต สเฟียร์เจ็ลีย์ กลางจุด และใกล้จุด	125

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	แผนภาพรูปสี่เหลี่ยมของมอนเตอ	23
2.2	การเกิดการกระเจิงแบบไมโคสกีเรนท์หรือการเกิดเส้นคู่ของไวซคอฟฟ์..	36
3.1	กล้องโทรทรรศน์โพลาร์เฮลิโอสต์ของภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	44
3.2	แผนภาพแสดงตำแหน่งส่วนประกอบของกล้องโพลาร์เฮลิโอสต์ ใน มาตราส่วน 1 เซนติเมตร ต่อ 1 เมตร บริเวณและเงาอยู่ในตัว อาคาร	45
3.3	แผนภาพแสดงส่วนประกอบและทางเดินของแสงของสเปกโตรกราฟแบบ ลิตโทรว์ มาตราส่วน 1 คือ 10 เซนติเมตร	47
3.4	แสดงลักษณะและขนาดของปริซึมที่ใช้กระจายแสงในสเปกโตรกราฟแบบ ลิตโทรว์ มาตราส่วนเท่าของจริง ด้านแดงคือด้านที่ฉาบด้วยปรอท..	48
3.5	แสดงการติดตั้งส่วนประกอบหมายเลข (4) ถึง (7).....	49
3.6	แผนภาพแสดงระบบหักเหและระบบเซอร์โวของเครื่องไมโครเดนซิโต มิเตอร์	52
3.7	แสดงส่วนประกอบแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน	54
4.1	แผนภาพแสดงการจัดองค์ประกอบของสเปกโตรกราฟ	56
4.2	สลิตของสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ สกรูด้านขวามือของภาพใช้ปรับ ความกว้าง เหล็กรูปขากรรไกรใช้เลื่อนปรับความสูง	58
4.3	ลักษณะของสลิตมองด้านข้าง	58
4.4	แผนภาพแสดงความคลาดรงค์ ม. คือแสงสีม่วง จ.คือแสงสีเหลือง และ ค.คือแสงสีแดง.....	60

รูป		หน้า
4.5	แผนภาพแสดงความคลาดที่ทรงกลมของ 'เส้นลูนสองด้าน' แสงขนานนี้เป็นแสง สีเดียว	62
4.6	แผนภาพแสดงโคมา	64
4.7	แผนภาพแสดงแอสติกมาติสม	66
4.8	แผนภาพแสดงตัวอย่างการสว่างจ้าที่สน	67
4.9	แสดงชื่อส่วนต่าง ๆ ของปริซึม	70
4.10	เส้นทางเดินของแสงผ่านภาคตัดขวางหลักของปริซึมที่มีมุมยอด 2A.....	71
4.11	การหาค่าดัชนีหักเหของปริซึมครึ่ง มุมยอด A โดยวิธีการคอลลิเมต อิตโนมีติแสงเข้าและออกหักกัน	73
4.12	แสดงเส้นทางเดินของแสงผ่านปริซึมของแสง 2 ความยาวคลื่น.....	77
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขยายกับมุมตกกระทบของปริซึม มุมยอด 30 องศา $n = 1.523$ ค่าหนึ่ง ซึ่งมีค่ากำลังขยายเป็น 1 ตรงกับมุมที่มีค่าการเบี่ยงเบนน้อยที่สุด	81
5.1	แผนภาพแสดงการจัดอุปกรณ์สำหรับถ่ายภาพสเปกตรัมของดวงอาทิตย์มอง จากด้านบน ส่วนที่อยู่ในกรอบอยู่ในห้องมืด	85
5.2	แผนภาพแสดงทางเดินของแสงสีเดียวในสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว ..	86
5.3	โพสิทีฟ (positive) ของสเปกตรัมและสเกลลีจากการแบ่งด้วยสายตา เปล่าโดยใช้เส้นไฮโดรเจน-อัลฟา (H - alpha) เป็นหลัก	89
5.4	แผนภาพแสดงการจัดเรียงอุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพสเปกตรัมของแหล่ง กำเนิดแสงต่าง ๆ	92
5.5	แสดงการบังแสงด้วยกระดาษดำ	93
5.6	โพสิทีฟของสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ (แถบกลาง) และเส้นมาตรฐาน บางเส้นจากแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานสเปกตรัมของดวงอาทิตย์นี้ถ่าย จากบริเวณสงบกลางดวงอาทิตย์	95

รูป	หน้า
5.7	สเปกตรัมของจุดบนดวงอาทิตย์ 104
6.1	แสดงผลของการเคลื่อนที่ของรังสีตกกระทบจากกระจกเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสต่างกัน 108
6.2	แสดงการติดฟิล์มลงบนแผ่นโลหะใช้แทนแผ่นบันทึกภาพชนิดกระจก 110
6.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความมืดของฟิล์มที่ถูกแสงและความยาวคลื่นของฟิล์มโกดาคิลด์ แพนฟิล์ม 2568 เส้นประแสดงปริมาณพลังงานของดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ณ ระดับน้ำทะเล 112
6.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของการกระจายเชิงเส้นและความยาวคลื่นของสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ที่ใช้ในงานวิจัย 116
6.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของการกระจายเชิงเส้นและความยาวคลื่นของสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ ของบริษัทบอชและลอมบี จำกัด เมื่อใช้ระบบทัศนเป็นควอดซ์และแก้ว..... 117
6.6	กราฟที่ได้จากการสแกนฟิล์มที่บันทึกสเปกตรัมของโฟโตสเฟียร์เจสีย์และเส้นเปล่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน 122
6.7	กราฟที่ได้จากการสแกนฟิล์มที่บันทึกสเปกตรัมของจุด ณ บริเวณกลางจุด 123
6.8	กราฟที่ได้จากการสแกนฟิล์มที่บันทึกสเปกตรัมของจุด ณ บริเวณห่างจากกลางจุดขึ้นไป 0.5 มม ซึ่งเรียกว่าบริเวณใกล้จุด 124
6.9	ลักษณะของเส้นโซเดียม 136
6.10	ลักษณะของเส้นแมกนีเซียม 137
6.11	ลักษณะของเส้นเหล็ก 138
6.12	ลักษณะของเส้นไฮโดรเจน 139
6.13	ลักษณะของเส้นแมกนีเซียม 140