การสร้างสเปคโตรกราฟสำหรับศึกษาดวงอาทิตย์ และการสังเกตการมืดที่ขอบดวง

นายประเสริฐ ไกรสิงห์เดชา

001600

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2522

I16435977

THE CONSTRUCTION OF A SOLAR SPECTROGRAPH AND THE OBSERVATION OF THE LIMB DARKENING

Mr. Prasert Kraisingdecha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1979

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสร้างสเปคโตรกราฟสำหรับศึกษาดวงอาทิตย์และการสังเกตการมืดที่ขอบดวง

โดย นายประเสริฐ ไกรสิงห์เดชา

แผนกวิชา ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพนธ์ โชวเจริญสุข

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ระลึก ภาวิไล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภิญโญ เจริญกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เส็งหะพันธุ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพนธ์ โชวเจริญสุข)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสร้างสเปคโตรกราฟสำหรับศึกษาดวงอาทิตย์และการสังเกตการมืดที่ขอบดวง

ชื่อนิสิต นายประเสริฐ ไกรสิงห์เดชา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพนธ์ โชวเจริญสุข

แผนกวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2521

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ประกอบสเปคโตรกราฟขึ้นเองจากอุปกรณ์ที่มีอยู่บางส่วนและสร้างขึ้นเองบางส่วน สเปคโตรกราฟนี้มีลักษณะเฉพาะตัว คือ แสงที่ตกบนเกรติงไม่เป็นแสงขนาน ได้ทดสอบคุณภาพของสเปคโตรกราฟนี้ในห้องทดลอง พบว่ามีความคลาดคลอนข้างมาก และได้นำมาใช้ถ่ายภาพสเปคตรัมของดวงอาทิตย์ ฟิล์มข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อหาเส้นการมืดที่ขอบดวงที่ความยาวคลื่น 7 ค่า ได้แก่ 4200, 4400, 4600, 4800, 5000, 5200 และ 5500 อังสตรอมตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้กับข้อมูลอ้างอิงที่ความยาวคลื่น 5000 และ 5500 อังสตรอม พบว่ามีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 5 แสดงว่าสเปคโตรกราฟที่ประกอบขึ้นนั้นพอใช้ได้สำหรับการสังเกตการมืดที่ขอบดวงอาทิตย์

Thesis Title	The Construction of a Solar Spectrograph and the Observation of the Limb Darkening
Name	Mr. Prasert Kraisingdecha
Thesis Advisor	Assistant Professor Praponth Sowchareonsuk, Ph.D.
Department	Physics
Academic Year	1978

ABSTRACT

A spectrograph was constructed from existing optical components; and, some mechanical parts were constructed by the author. The instrument was tested in the laboratory, and found to have rather strong aberrations. Then it was used to observe solar limb darkening. Spectrograms were obtained and analysed for solar limb darkening in 7 wavelengths, i.e., 4200, 4400, 4600, 4800, 5000, 5200 and 5500 Angström. The data were compared with reference data at wavelengths 5000 and 5500 Angström. They were found to be in agreement within 5 percent. It is concluded that the constructed spectrograph is usable for solar limb darkening observation.

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ผู้เขียนได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ โชวเจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำ แนวคิด วิธีการแก้ปัญหา ตลอดจนการฝึกฝนวิธีการทำงานวิจัยด้วย ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ในงานวิจัยนี้ผู้เขียนได้รับความกรุณาให้ยืมอุปกรณ์และห้องสังเกตการณ์จาก ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล และห้องทดลองจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชนี รักวีรธรรม ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณ คุณพงศกร ตันติวณิช-ชานนท์ ที่ให้ยืมอุปกรณ์บางส่วน คุณวิศิษฐ์ เจริญสิทธิ์ และคุณประสาทพร จงรุจา ที่ช่วยวาดภาพประกอบ และคุณนิดา เทียนชัยแสง ซึ่งช่วยเหลือในการพิมพ์วิทยานิพนธ์นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการภาพประกอบ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. มูลเหตุของการศึกษาดวงอาทิตย์ 1

2. ข้อมูลทางดาราศาสตร์เกี่ยวกับดวงอาทิตย์ 1

2.1 ลักษณะทั่วไป 1

2.2 อุณหภูมิยังผลของดวงอาทิตย์ 2

3. โครงสร้างของดวงอาทิตย์ 3

3.1 โครงสร้างภายใน 3

3.2 บรรยากาศ 5

4. ปรากฏการณ์สำคัญในโฟโตสเฟียร์ 8

4.1 ดอกดวง 8

4.2 จุดมืด 9

4.3 แฟคคิวเลของโฟโตสเฟียร์ 10

5. วัตถุประสงค์ 10

6. วิธีดำเนินงาน 11

บทที่ 2 การมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ 13

1. สมการของการมืดที่ขอบดวง 14

2. นิยามพื้นฐาน 15

2.1 ความเข้มจำเพาะ 15

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.2 ความเข้มจำเพาะเฉลี่ย 18
2.3 ฟลักซ์ 18
2.4 การไม่แปรผันของความเข้มจำเพาะ 20
3. การแผ่รังสีแบบวัตถุดำ 21
4. กฎของเคอร์ชอฟ 22
4.1 สัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนและการปล่อย 22
4.2 กฎของแพลงค์-เคอร์ชอฟ 22
5. สมการของการถ่ายเทพลังงาน 23
5.1 ฟังก์ชันของแหล่งกำเนิด 23
5.2 ภาวะขอบเขต 25
5.3 การแก้สมการ 26
6. การสร้างแบบจำลองบรรยากาศของดวงอาทิตย์ 28
บทที่ 3 หลักการและทฤษฎีของสเปคโตรกราฟ 29
1. ช่องเปิดแสงเข้า 29
2. ตัวทำแสงขนาน 29
3. ตัวกระจาย 30
3.1 เกรติง 30
3.2 สมการของเกรติง 33
3.3 การกระจาย 33
3.4 กำลังแยก 34
4. ตัวรวมแสง 35
5. ฟิล์ม 35
บทที่ 4 อุปกรณ์และสังเกตการณ์ 37
1. อุปกรณ์ 37

หน้า

1.1 กล้องโทรทรรศน์ 37
1.2 สเปคโตรกราฟ 37
2. การจัดวางอุปกรณ์สังเกตการณ์ 42
3. การทดสอบและวิเคราะห์อุปกรณ์ 44
3.1 ความกว้างของสลิต 44
3.2 กำลังขยายของสเปคโตรกราฟ 46
3.3 การมีดบริเวณขอบภาพอันเนื่องมาจากเลนส์กล้องถ่ายภาพ 46
3.4 กำลังแยกของฟิล์ม 49
3.5 การกระจายของสเปคโตรกราฟ 49
3.6 กำลังแยกของสเปคโตรกราฟในทางทฤษฎี 49
3.7 รูปลักษณ์ของอุปกรณ์ 50
4. สังเกตการณ์ 53
4.1 ช่วงเวลา 53
4.2 ขนาดของการให้แสงและการล้างฟิล์ม 53
4.3 วิธีการเก็บข้อมูล 53
4.4 ปัญหาของการถ่ายภาพและการแก้ไข 55
บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล 56
1. การคัดเลือกฟิล์มข้อมูล 56
2. การวัดความเทาของฟิล์มด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์.. 56
2.1 วิธีการวัดความเทาของฟิล์มข้อมูล 58
3. การหาเส้นลักษณะของฟิล์มข้อมูล 60
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มจำเพาะที่ผิวดวงอาทิตย์กับที่ระนาบฟิล์ม 60
3.2 การให้แสง 65

หน้า

3.3 ความเทาของฟิล์ม 67
3.4 ความสัมพันธ์ของการให้แสงกับความเทาที่เกิดขึ้น 69
3.5 ความชันของเส้นลักษณะหรือแกมมา 71
3.6 การเขียนกราฟของเส้นลักษณะจากข้อมูลที่ได้ 72
3.7 การปรับและเลื่อนจุด 75
4. การหาเส้นการมืดที่ขอบดวง 80
4.1 การหาตำแหน่งกลางดวง 80
4.2 การหาค่า $\log_{10} E$ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนดวงอาทิตย์ .. 84
4.3 การปรับเส้นโค้ง 84
4.4 เส้นการมืดที่ขอบดวง 85
4.5 การเปรียบเทียบข้อมูล 85
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ 93
1. คุณภาพของสเปคโตรกราฟที่ประกอบขึ้นเอง 93
2. กล้องโทรทรรศน์ 94
3. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล 95
3.1 ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งกลางดวงจากสลิต ... 95
3.2 ความคลาดของสเปคโตรกราฟ 95
3.3 การล้างฟิล์ม 96
4. ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ 96
เอกสารอ้างอิง 98
ภาคผนวก 99
ประวัติ 103

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงมุมเลี้ยวเบนออกจากเกรติงของแสงความยาวคลื่นต่าง ๆ เมื่อมุมตกกระทบของลำแสงเข้าสู่เกรติงมีค่าประมาณ 18 องศา	44
5.1	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการและของสหสัมพันธ์ของเส้นลักษณะของฟิล์มข้อมูล	79

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบระดับความลึกเฉลี่ยในชั้นโฟโตสเฟียร์ที่ปล่อยรังสีออกมาจากกลางดวงและบริเวณใกล้ขอบดวง	13
2.2	นิยามของความเข้มจำเพาะ	16
2.3	แสดงทิศทางของกสรสังเกตไม่ขึ้นกับความลึกของบรรยากาศ	17
2.4	แสดงชั้นบรรยากาศบาง ๆ ที่เป็นแผ่นขนาน	17
2.5	แสดงการพิสูจน์ความไม่แปรผันของความเข้มจำเพาะ	20
2.6	การแสดงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มจำเพาะเมื่อรังสีผ่านสสาร.	23
2.7	แสดงความหนาของแผ่นบรรยากาศกับความลึกทัศน์	24
3.1	แสดงการจัดเกรติงแสงผ่านแบบที่นิยมกัน	31
3.2	แสดงการวางเกรติงสะท้อนแบบระนาบที่นิยมกันทั่วไป ก. ใช้กับเลนส์ ข. ใช้กับกระจกเว้า	32
4.1	แสดงลักษณะและขนาดของสลิต	38
4.2	แสดงลักษณะการยึดเกรติงกับเลนส์สร้างภาพและกล้องถ่ายภาพ	39
4.3	แสดงลักษณะของแผ่นบันไดทอนแสง	42
4.4	แสดงแผนภาพของการวางอุปกรณ์ขณะถ่ายภาพเก็บข้อมูล	43
4.5	แสดงขนาดของช่องเปิดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของสลิต	45
4.6	แสดงการกระจายเชิงเส้นของสเปคโตรกราฟที่ได้จากการถ่ายภาพสเปคตรัมของหลอดฮีเลียม	47
4.7	แสดงผลการหาค่าการกระจายของสเปกตรัมบนฟิล์มข้อมูล	48
4.8	แสดงรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ตามแนวสลิต	51
4.9	แสดงรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ตามแนวการกระจาย	52
4.10	แสดงการวางสลิตกับภาพดวงอาทิตย์	53
4.11	แสดงการวางสลิตกับแนวภาพดวงอาทิตย์ขณะเทียบมาตรฐาน	54

ภาพที่ หน้า

4.12 แสดงตำแหน่งกลางดวง ขอบดวง และแนวต่าง ๆ บนฟิล์ม 55
5.1 แสดงลักษณะของฟิล์มข้อมูลที่ดี 57
5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มจำเพาะที่ผิวดวงอาทิตย์กับ ระนาบของสลิต 60
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มจำเพาะที่ระนาบสลิตกับที่ ระนาบฟิล์ม 62
5.4 แสดงการวัดค่ามุม i และ i' 66
5.5 แสดงการวัดความเทาเฉพาะของฟิล์ม 68
5.6 แสดงเส้นลักษณะของฟิล์มหรือกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการให้แสง กับความเทาที่เกิดขึ้น 70
5.7 แสดงกราฟที่ได้จากค่าความเทาของแผ่นบันไดทอนแสงจริงกับค่า ความเทาของแผ่นบันไดทอนแสงจากฟิล์มข้อมูลที่ความยาวคลื่น 5500 อังสตรอมก่อนการปรับจุด 74
5.8 แสดงลักษณะการติดแผ่นบันไดทอนแสงกับภาพดวงอาทิตย์ที่สลิตและแสดง จุดที่ใกล้กันและห่างกันมากบนแผ่นบันไดทอนแสงซึ่งเป็นผลให้เกิดการ ให้แสงที่ไม่เท่ากันขึ้น 76
5.9 แสดงเส้นลักษณะของฟิล์มข้อมูลในแต่ละความยาวคลื่นภายหลังการปรับ และเลื่อนจุด 78
5.10 แสดงเส้นการมืดที่ขอบดวงเมื่อตำแหน่งกลางดวงอยู่ตรงและไม่ตรง กับสลิต 81
5.11 แสดงตำแหน่งที่เปลี่ยนไปเมื่อสลิตเลื่อนออกไปจากกลางดวงจริงเป็น ระยะ 2.0 ซม. 82
5.12 แสดงเส้นการมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 4200 อังสตรอม 86
5.13 แสดงเส้นการมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 4400 อังสตรอม 87

ภาพที่ หน้า

5.14 แสดงเส้นการมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 4600 อังสตรอม 88

5.15 แสดงเส้นการมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 4800 อังสตรอม 89

5.16 แสดงเส้นการมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ที่ได้เปรียบเทียบกับข้อมูล-อ้างอิงที่ความยาวคลื่น 5000 อังสตรอม 90

5.17 แสดงเส้นการมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 5200 อังสตรอม 91

5.18 แสดงเส้นการมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ที่ได้เปรียบเทียบกับข้อมูล-อ้างอิงที่ความยาวคลื่น 5500 อังสตรอม 92

6.1 ก. ภาพสเปคตรัมของดาวเมื่อถ่ายในเวลาสั้น ๆ หรือมีระบบตามดาว. 94

ข. ภาพสเปคตรัมถ่ายโดยไม่มีระบบตามดาวในช่วงเวลานานกว่า ... 94

ผ.1 แสดงการมืดที่ขอบของภาพ 100

ผ.2 แสดงความเทาของแผ่นบันไดทอนแสงในฟิล์มข้อมูลที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ขนาดขยายของภาพ 20 เท่าและช่วงเปลี่ยนความเทาเป็น 0.083 ต่อเซนติเมตร 101

ผ.3 แสดงความเทาของแผ่นบันไดทอนแสงจริงด้วยขนาดขยาย 10 เท่าและช่วงเปลี่ยนความเทา 0.135 ต่อเซนติเมตร 102