หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๔

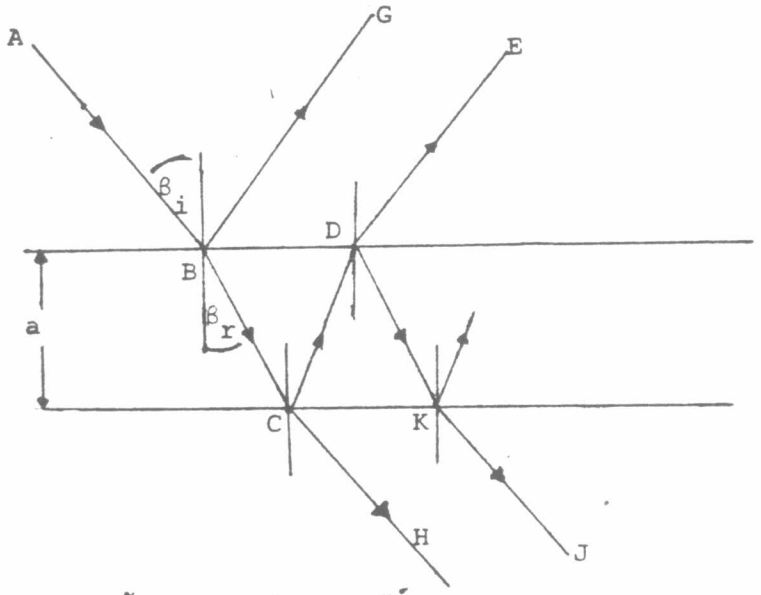
อุปกรณ์ และสังเกตการณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจโครโมสเฟียร์ ดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์ที่สร้างขึ้นเองควบกับตัวกรองแสงแบบฟิล์มบาง กล้องถ่ายภาพและฟิล์มบันทึกภาพที่ไวต่อแสงสีแดง ถ่ายภาพและสังเกตการณ์ แล้วนำฟิล์มไปล้าง และอัดขยายภาพดูรายละเอียด กระทำติดต่อกันทุกวันประมาณหนึ่งเดือน

๑. การแทรกสอดในฟิล์มบาง

หลักการแทรกสอดของฟิล์มบางนี้ เรานำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การเคลือบผิวเพื่อลดการสะท้อนหรือเคลือบผิวเพิ่มการสะท้อน และทำเป็นตัวกรองแสงแบบแทรกสอด (interference filter) โดยการฉาบ (coating) - ฟิล์มบางที่ทำจากสารที่มีดรรชนีหักเหสูงและต่ำเป็นชั้น ๆ ในสุญญากาศ ซึ่งกรรมวิธีผลิตได้พัฒนาไปตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบสำหรับใช้งาน หลักการเบื้องต้นของการแทรกสอดของฟิล์มบางมีดังนี้

เมื่อให้แสงตกลงบนฟิล์มโปร่งใสที่ผิวหน้า แสงส่วนหนึ่งจะสะท้อนออก (B G) อีกส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านไปจนถึงผิวหลัง แสงส่วนนี้ก็จะแยกออกเป็น ๒ ส่วนเช่นกัน ส่วนที่สะท้อนที่ผิวนี้จะกลับไปที่ผิวหน้า แล้วส่วนหนึ่งของแสงนี้จะทะลุออกไป (DE) เป็นดังนี้ไปเรื่อย ๆ ดังแสดงในรูปที่ ๓๓ เรียกการสะท้อนแบบพหุคูณ (multiple refraction)



รูปที่ ๓๓ การสะท้อนและการหักเหของฟิล์มบาง

ถ้าให้

a เป็นความหนาของฟิล์มบาง

AB เป็นรังสีตกกระทบผิวบน ทำมุมตกกระทบกับฟิล์มบาง β_i

BG เป็นรังสีส่วนที่สะท้อนออกไปที่จุด B ตามแนว BG

BC เป็นรังสีส่วนที่หักเหเป็นมุม β_r ตามแนว BC และตกกระทบผิวล่างของฟิล์ม

CH เป็นรังสีส่วนที่หักเหที่ผิวล่างของฟิล์มตามแนว CH

CD เป็นรังสีส่วนที่สะท้อนที่ผิวล่างตามแนว CD แล้วกระทบที่ผิวบนของฟิล์มอีก

DE เป็นรังสีส่วนที่หักเหที่ผิวแรกของฟิล์มที่จุด D

DK เป็นรังสีส่วนที่สะท้อนที่ผิวแรกของฟิล์มที่จุด D

KJ เป็นรังสีส่วนที่หักเห ที่ผิวล่างของฟิล์มที่จุด K เป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ จนกว่าความเข้มของแสงจะจางหายไป รังสีที่แทรกสอดกัน เช่น รังสี BG กับ DE และรังสี

CH กับ KJ เพื่อความสะดวกในการพิจารณา เราให้รังสี AB ตกกระทบตั้งฉากกับฟิล์มบาง และให้ฟิล์มบางมีดรรชนีหักเหเป็น n

พิจารณารังสี BG กับ DE มีความต่างเฟส (δ) กัน

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2\,na$$

λ คือ ความยาวคลื่นแสงในสูญญากาศ

แต่เนื่องจากการสะท้อนที่ผิวบนของฟิล์ม ซึ่งทึบกว่าอากาศมีเฟสเปลี่ยนไป π ดังนั้น ความต่างเฟสระหว่างรังสี BG และ DE จึงเป็น

$$\delta' = \left(\frac{2\pi}{\lambda} \times 2\,nd\right) \pm \pi$$

เนื่องจากเฟสต่างกัน $2m\pi$ จะเกิดการแทรกสอดเสริมกันและเฟสต่างกัน $(2m \pm 1)\pi$ จะเกิดการแทรกสอดแบบขัดกัน กรณีจะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน เมื่อ

$$\left(\frac{2\pi}{\lambda} \times 2\,na\right) \pm \pi = 2m\pi$$

$$m = 1, 2, 3.....$$

$$2\,na = \frac{1}{2}(2m \pm 1)\lambda$$

และจะแทรกสอดขัดกัน เมื่อ

$$\left(\frac{2\pi}{\lambda} \times 2\ na\right) \pm \pi = (2m \pm 1)\pi$$

หรือ $2\ na = m\lambda$

สำหรับรังสี CH กับ KJ นั้นไม่มีการเปลี่ยนเฟส

ความต่างเฟส

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2\ na$$ ดังนั้น

การแทรกสอดเสริมกัน เมื่อ

$2\ na = m\lambda$

และแทรกสอดขัดกัน เมื่อ

$$2\ na = \frac{1}{2}(2m \pm 1)\lambda$$

เมื่อนำเงื่อนไขการแทรกสอดของแสงสะท้อนและแสงส่งผ่านมาเขียนรวมกันจะได้

$2\ na = \frac{1}{2}(2m \pm 1)\lambda$ แสงสะท้อนเสริมกัน แสงส่งผ่านขัดกัน

และ $2\ na = m\lambda$ แสงสะท้อนขัดกัน แสงส่งผ่านเสริมกัน

สำหรับความหนาขนาดหนึ่งของฟิล์ม ถ้าแสงขาวตกกระทบฟิล์มภาพที่เห็นจากการสะท้อนและส่งผ่านจะตรงข้ามกัน

๒. ตัวกรองแสงเดย์สตาร์ (Day Star Filter)

เป็นตัวกรองแสงแบบฟิล์มบาง ที่ใช้ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ ผลิตโดยบริษัทคาร์สันแอสโตร โนมิคอลอินสตรูเมนต์ (Carson Astronomical Instrument) แบบ ยูนิเวอร์ซิตี้ ความยาวคลื่นของตำแหน่งกลาง (central wavelength) ๖๕๖๒.๘ อังสตรอม ค่าความกว้างของสเปคตรัม (half width) ๐.๔ อังสตรอม และอุณหภูมิใช้งานประมาณ ๔๔ องศาเซลเซียส

ตัวกรองแสงนี้ เมื่อนำไปประกอบกับกล้องโทรทรรศน์จะต้องคำนึงถึงโฟกัสเรโชของเลนส์หน้ากล้องนั้น เพราะตัวกรองแสงนี้ ใช้สำหรับเลนส์ที่มีโฟกัสเรโชไม่น้อยกว่า ๓๐

หน้ารับแสงของตัวกรองแสงนี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑.๒๕ นิ้วหรือ ๓๒ มิลลิเมตร ความกว้างของสเปคตรัมมีเพียงค่าเดียว ไม่สามารถเปลี่ยนได้ตามความต้องการ

สเปรคตรอล ยูนิฟอร์มมิตี้ (spectral uniformity) ของตัวกรองแสงนี้มีค่า $\pm$ ๐.๐๕ อังสตรอมตามข้อกำหนดของบริษัทที่ผลิตว่าเมื่อให้แสงผ่านช่องเปิดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{๑}{๒}$ นิ้ว หรือ ๑๒.๕ มิลลิเมตร เลื่อนไปตลอดหน้ารับแสงของตัวกรองแสงแล้วพีค (peak) ของเส้นกราฟแสดงการผ่านของรังสีต่อความยาวคลื่นอาจจะเลื่อนไป $\pm$ ๐.๕ อังสตรอม จาก พีค เมื่อเปิดหน้ารับแสงเต็มและพลังงานที่สามารถผ่านตัวกรองแสงประมาณ ๑๒% ของพลังงานทั้งหมดที่ตกกระทบสำหรับแสงโพลาไรซ์ (polarized)

๓. การประกอบและการติดตั้งอุปกรณ์

๓.๑ การประกอบอุปกรณ์

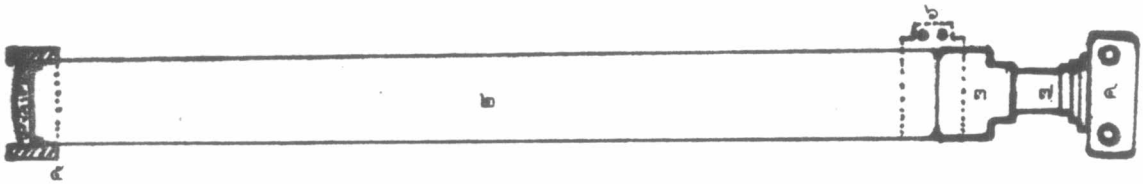
กล้องโทรทรรศน์ที่สร้างสำหรับงานวิจัย มีส่วนประกอบสำคัญต่าง ๆ ดังนี้

๑. เลนส์นูนที่สร้างขึ้นใช้เป็นเลนส์หน้ากล้องโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๘.๖ เซนติเมตร

๒. ตัวกล้อง ทำด้วยท่ออลูมิเนียม ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๘.๖ เซนติเมตร หนา ๑ มิลลิเมตร ยาว ๒.๔๕ เมตร

๓. ตัวกรองแสงฟิล์มบางแบบเดย์สตาร์ฟิลเตอร์

๔. กล้องถ่ายภาพเพนแทก (Pentax)



รูปที่ ๓๔ แสดงการประกอบอุปกรณ์

๕. ไม้ที่กลึงแล้วสำหรับยึดระหว่างเลนส์และตัวกล้อง

๖. แผ่นอลูมิเนียมโค้งสำหรับยึดระหว่าง ตัวกรองแสงและตัวกล้อง โดยใช้นอตช่วยยึด

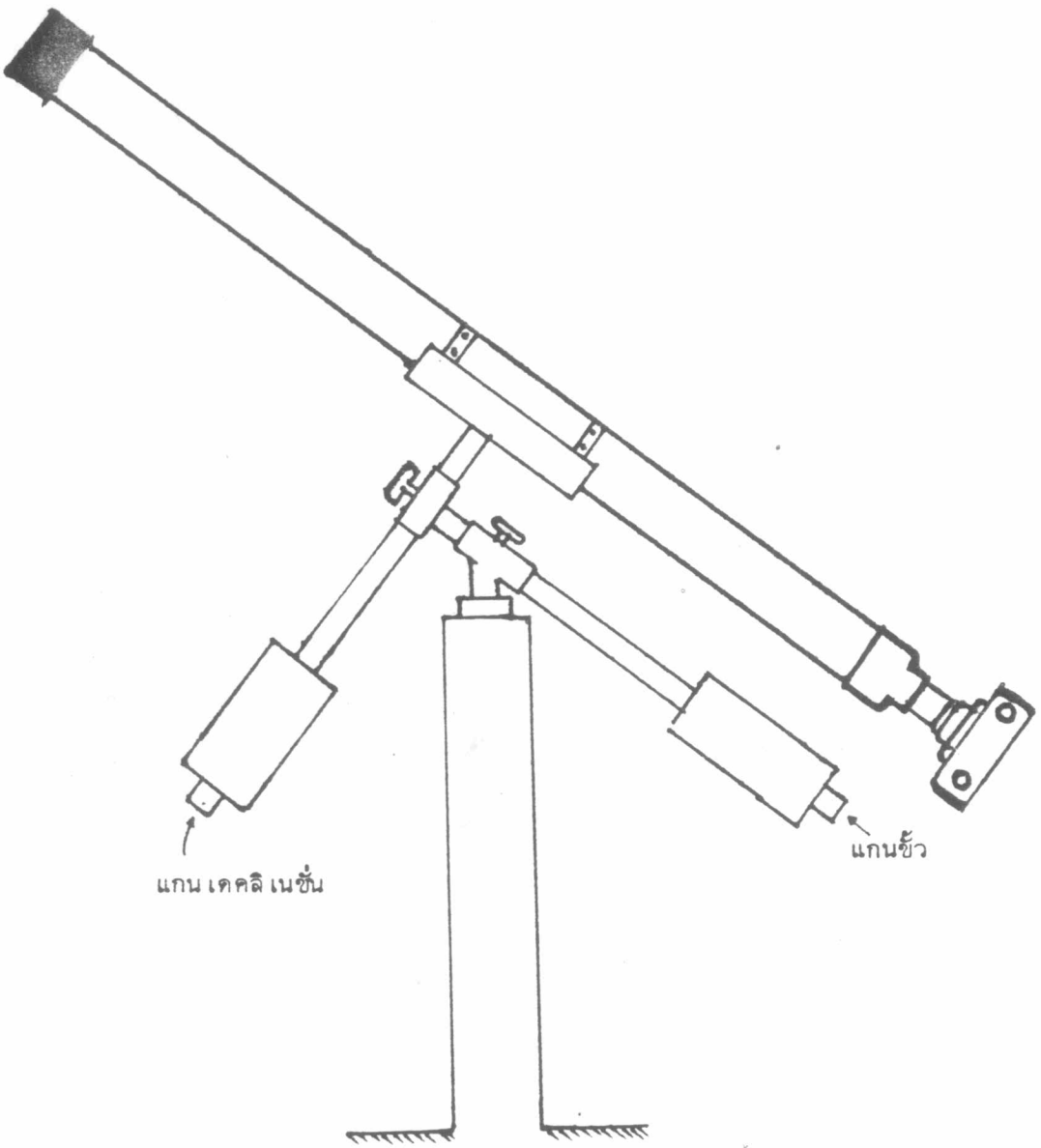
๗. ท่ออะแดบเตอร์ (adapter tube) ทำด้วยทองเหลือง ๒ อันที่ซ้อนแนบสนิท ท่อใหญ่ยึดกับตัวกรองแสง ท่อเล็กยึดกับกล้องถ่ายภาพ ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างตัวกรองแสงและกล้องถ่ายภาพ โดยสามารถปรับระยะห่างของกล้องได้ตามต้องการได้

๓.๒ การติดตั้ง (mounting)

ตัวกล้องโทรทรรศน์จะต้องติดตั้งบนฐานที่มั่นคง และสามารถหันเหได้คล่องแคล่วราบเรียบ คงที่ไม่สั่นไหว คือ หมุนไปมาได้รอบแกน ๒ แกน ซึ่งตั้งได้ฉากกัน เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง จึงทำให้เทห์ฟากฟ้า ปรากฏเคลื่อนที่ตามการหมุนรอบตัวปรากฏของท้องฟ้าด้วย กล้องโทรทรรศน์ประสงค์จะชี้ไปที่จุดหนึ่งจุดใดบนท้องฟ้านิ่งอยู่เป็นระยะเวลาหนึ่ง จำเป็นต้องหันเหเพื่อลบล้างผลเนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลก

การตั้งกล้องแบบง่ายที่สุด คือตั้งแบบฐานตั้งอัลตาซิมุท (altazimuth mounting) คือ กล้องจะติดตั้งบนแกนหมุนสองแกน แกนหนึ่งอยู่ในแนวดิ่ง กล้องสามารถกวาดมุมอาซิมุท (azimuth) ได้โดยรอบ และอีกแกนอยู่ในแนวนอน ทำให้กล้องหมุนกวาดมุมอัลติจูด (altitude) ได้อย่างน้อยครึ่งรอบ

การตั้งกล้องอีกแบบที่นิยมกันคือ การตั้งแบบอีเควตอเรียล (equatorial telescope mounting) โดยการตั้งให้แกนหมุนอันหนึ่งขนานกับแกนหมุนรอบตัวเองของโลก เรียกแกนนี้ว่าแกนขั้ว (polar axis) ส่วนแกนหมุนที่ตั้งได้ฉากกับแกนขั้ว เรียกว่าแกนเดคลิเนชั่น (declination axis) โดยตัวกล้องจะหมุนรอบแกนนี้ และขณะเดียวกันก็หมุนรอบแกนขั้วด้วย



รูปที่ ๓๕ แสดงการตั้งกล้องแบบอีเควตอเรียล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๓๖ ภาพถ่ายกล้องโทรทรรศน์ที่สร้างขึ้นประกอบกับตัวกรองแสงแบบฟิล์มบาง และกล้องถ่ายภาพ

๔. การสังเกตการณ์

แบ่งออกเป็น ๒ ขั้นตอน ดังนี้

๑. การเก็บข้อมูล โดยการถ่ายภาพดวงอาทิตย์ จากอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น ถ่ายภาพติดต่อกันเป็นเวลา ๑ เดือน จากวันที่ ๑๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๒๔ ถึงวันที่ ๙ มีนาคม ๒๕๒๔ โดยใช้กล้องถ่ายรูปแพนแทก กับฟิล์มถ่ายภาพแบบโคดาลิธ แพน ฟิล์ม ๒๕๖๘ (Kodalith Pan Film) เนื่องจากขนาดของภาพโตกว่าฟิล์ม ดังนั้นจึงต้องถ่ายภาพดวงอาทิตย์ ๒ ครั้ง ที่ขนาดความเร็วชัตเตอร์ขนาดใดขนาดหนึ่ง คือ ถ่ายครึ่งซีกบนและครึ่งซีกล่าง

ถ่ายภาพโดยใช้ความเร็วชัตเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ คือ $\frac{๑}{๖๐}$, $\frac{๑}{๓๐}$, $\frac{๑}{๑๕}$, $\frac{๑}{๘}$, $\frac{๑}{๔}$, $\frac{๑}{๒}$ วินาที ตามลำดับ จากนั้นสังเกตพฤติกรรมของพวยกาซด้วยตาเปล่า โดยอาศัยเลนส์ใกล้ตาเป็นเวลาประมาณ ๑ $\frac{๑}{๒}$ ชั่วโมง

๒. การล้างฟิล์มและการอัดขยายภาพ

นำฟิล์มที่ถ่ายภาพดวงอาทิตย์ มาล้างด้วยน้ำยา ดี-19 ซึ่งผสมสำเร็จรูปแล้วของบริษัทโกดัก ๕ นาที แล้วหยุดปฏิกริยาด้วยน้ำยาเอฟ-5 เป็นเวลา ๑๕ นาที แล้วแช่ในน้ำไหลอีก ๓๐ นาที โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำยาทั้งสองชนิดนี้ให้มีค่าประมาณ ๒๐ องศาเซลเซียส

จากนั้นก็อัดขยายภาพโดยมีกำลังขยาย ๓.๕ เท่า โดยใช้ภาพที่มีความเร็วชัตเตอร์ $\frac{๑}{๖๐}$ และ $\frac{๑}{๔}$ วินาที เพื่อให้ได้ภาพภายในดวงและภาพพวยกาซที่ขอบดวงตามลำดับ อัดภาพบนกระดาษมันบาง เบอร์ ๓ ของบริษัทโกดัก โดยใช้น้ำยา ดี-72

พิจารณาจากภาพถ่ายภายในดวงอาทิตย์ เพื่อเลือกภาพที่ถ่ายในวันที่มีทัศนวิสัยดี ได้ภาพชัดเจนเพื่อที่จะอัดขยายภาพ ขนาด ๑๐ เท่า สำหรับการหาขนาดเฉลี่ยของค่าย่อยโครโมสเฟียร์