บทที่ 8

สรุปผลและข้อเสนอแนะต่อโครงงาน

นับตั้งแต่ต้นมาได้กล่าวถึงการดำเนินงานของโครงงานวิจัยนี้มาโดยตลอดทั้งในทางหลักการออกแบบ การสร้างสเปกโทรกราฟ และการใช้งานจริง ในบทนี้จะได้สรุปถึงข้อจำกัดของสเปกโทรกราฟที่ออกแบบสร้างขึ้น ทั้งชุดที่ใช้ศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์และชุดอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาสเปกตรัมของดาวฤกษ์กับเนบูลาเปล่งแสง เพื่อให้เป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องมือที่ออกแบบสร้างไว้ให้ดีขึ้นต่อไป

<u>สรุปผลการออกแบบสร้างและการใช้งานสเปกโทรกราฟเพื่อศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์</u>

จากการออกแบบและสร้างสเปกโทรกราฟเพื่อศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ได้สเปกโทรกราฟที่มีสมบัติดังนี้

มีการกระจายเชิงเส้น 0.053 มิลลิเมตรต่ออังสตรอมหรือคิดเป็นส่วนกลับได้ 18.9 อังสตรอมต่อมิลลิเมตร บนฟิล์ม

มีค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัม 2.5 อังสตรอม หรือคิดเป็นกำลังแยกเชิงสีที่ความยาวคลื่น 5000 อังสตรอมเท่ากับ 2000 เป็นค่าที่ไม่ดีนัก

ได้นำสเปกโทรกราฟที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ มาทดลองใช้เพื่อหารูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์ของแคลเซียมไอออนที่ความยาวคลื่น 3933.68 อังสตรอม หรือที่เรียกว่า เส้น K ผลการใช้งานเมื่อวิเคราะห์แล้วไม่ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้สรุปได้ว่าเป็นเพราะสาเหตุหลักสองประการ คือ

(ก) เหตุที่ค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัมสำหรับชุดสเปกโทรกราฟมีค่ามากถึง 2.5 อังสตรอม ทำให้รายละเอียดของเส้นสเปกตรัมจำนวนมากหายไป และยังมีผลรบกวนต่อรูปลักษณ์ของเส้นและการวิเคราะห์ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์รูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมได้อย่างละเอียด เพราะต้องเลือกตำแหน่งที่จะอ่านค่าให้ห่างกันพอที่จะเชื่อได้ว่าค่าที่อ่านแต่ละจุดเป็นตัวแทนของการให้แสงที่ตำแหน่งนั้นโดยเป็นอิสระต่อกัน

(ข) ในการเทียบมาตรฐานฟิล์ม ผู้เทียบมาตรฐานได้ใช้เวลาเปิดหน้ากล้องน้อยเกินไป ทำให้เส้นลักษณะของฟิล์มที่ได้ครอบคลุมช่วงความทึบแสงจำกัด และอยู่ในส่วนที่มีความสัมพันธ์ระหว่างการให้แสงสัมพัทธ์และความทึบแสงไม่เป็นเส้นตรง จึงประสบปัญหาในการเปลี่ยนค่าความทึบแสงของฟิล์มข้อมูลไปเป็นการให้แสงสัมพัทธ์ จนทำให้ค่าจากการสังเกตการณ์เมื่อผ่านกระบวนการแล้วมีค่าเบี่ยงเบนไปจากข้อมูลอ้างอิงมาก

จากข้อบกพร่องใหญ่ๆทั้งสองประการนี้ ทำให้การสังเกตการณ์ที่กระทำเพื่อหารูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์ของแคลเซียมไอออน ให้ผลที่ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะในส่วนแกนของเส้นจะเบี่ยงเบนไปจากข้อมูลอ้างอิงมาก ถึงแม้ว่าในส่วนที่ห่างจากแกนของเส้นออกมาจะมีผลที่ใกล้เคียงกันดีขึ้น แต่ก็ไม่ดีเพียงพอ ทั้งนี้ยังไม่รวมไปถึงข้อบกพร่องในการจัดภาพของดวงอาทิตย์ให้ตำแหน่งกลางดวงตรงกับช่องแคบเดี่ยว เพราะไม่สามารถควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์ของกล้องโทรทรรศน์ได้เลย

นอกจากนี้ เนื่องจากมาตรความทึบแสงได้จัดความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่อยู่หน้าหัววัดไว้ให้มีความกว้าง 0.1 มิลลิเมตรที่สอดคล้องกับค่า 0.01 มิลลิเมตรบนฟิล์ม ด้วยการกระจายเชิงเส้น 0.053 มิลลิเมตรต่ออังสตรอมกำลังแยกของมาตรความทึบแสงควรจะสามารถแยกแสงที่ต่างความยาวคลื่นกันมากกว่า 0.19 อังสตรอมได้ แต่เนื่องจากสเปกโทรกราฟมีกำลังแยกเพียง 2000 หรือคิดเป็นความบริสุทธิ์ของสเปกตรัมเท่ากับ 2.5 อังสตรอมที่มากกว่ามาก ดังนั้นจริงๆแล้วการกระจายเชิงเส้นไม่จำเป็นต้องมากถึง 0.053 มิลลิเมตรต่ออังสตรอม นั่นคือไม่จำเป็นต้องให้เลนส์สร้างภาพมีความยาวโฟกัสถึง 1800 มิลลิเมตร อาจจะใช้เลนส์ที่มีความยาวโฟกัสสั้นกว่านี้ได้(ไม่ต่ำกว่า 200 มม.) หรืออาจจะใช้วิธีหาทางลดความบริสุทธิ์ของสเปกตรัมลงให้ใกล้เคียงกับความสามารถของมาตรความทึบแสงโดยอาจจะคงค่าการกระจายเชิงเส้นไว้ให้เท่าเดิมก็ได้เพื่อเป็นการเพิ่มกำลังแยกของสเปกโทรกราฟไปด้วย

โดยสรุปสเปกโทรกราฟที่ออกแบบมาสำหรับใช้ศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์นี้ไม่เหมาะที่จะใช้หารูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์ ยกเว้นแต่จะทำการแก้ไขให้มีกำลังแยกดีขึ้น ทั้งนี้อาจสรุปข้อบกพร่องในการดำเนินงานได้เป็นข้อๆดังนี้

(1) กำลังแยกของสเปกโทรกราฟไม่ดีพอ ควรปรับปรุงให้มีกำลังแยกดีกว่านี้ โดยเฉพาะความบริสุทธิ์ของสเปกตรัมควรลดให้เหลือน้อยกว่า 1.0 อังสตรอมเพื่อให้

สเปกตรัมที่ได้มีความละเอียดมากขึ้น และมีผลรบกวนกันน้อยลง

(2) การเทียบมาตรฐานยังทำได้ไม่ดีพอ รวมทั้งฟิล์มอาจจะมีความไวแสงสูงจนเกินไป ควรจะเพิ่มเวลาเปิดหน้ากล้องในการเทียบมาตรฐานฟิล์มให้มากขึ้น จะได้ใช้แผ่นบันไดทอนแสงให้ได้ถึงความทึบแสงสูงๆ เพื่อที่ว่าเส้นลักษณะของฟิล์มจะได้ครอบคลุมช่วงความทึบแสงที่กว้างขึ้นและความสัมพันธ์ของความทึบแสงกับการให้แสงสัมพัทธ์จะได้เป็นเส้นตรง

(3) ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ยังมีน้อยเกินไป ควรอ่านค่าฟิล์มแต่ละรูปให้มากขึ้น และควรมีฟิล์มข้อมูลให้มากรูปขึ้น เพื่อลดความเบี่ยงเบนให้น้อยลง และควรเพิ่มความระวังในการล้างฟิล์มให้มากขึ้น

(4) ควรทำการวิเคราะห์สเปกตรัมโดยการนำเอารูปลักษณ์ของอุปกรณ์ที่หาได้จากบทที่ 5 มาร่วมกับการใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า convolution theorem พิจารณาร่วมกับข้อมูลเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง

<u>สรุปผลการออกแบบสร้างอุปกรณ์เก็บข้อมูลสเปกตรัมของดาวฤกษ์และเนบูลาเปล่งแสง</u>

จากการนำบางส่วนของสเปกโทรกราฟเพื่อศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์มาดัดแปลงเพื่อใช้เก็บข้อมูลสเปกตรัมของดาวฤกษ์และเนบูลาเปล่งแสง โดยจัดอุปกรณ์ตามหลักการ objective prism ให้ข้อมูลสเปกตรัมของดาวฤกษ์ต่างๆจำนวน 12 ดวง ที่ครอบคลุมเกือบทุกประเภทสเปกตรัมที่กำหนดไว้ สามารถนำมาใช้ประกอบการศึกษาในเรื่องความแรงของเส้นสเปกตรัมของธาตุต่างๆได้ดี และมีการกระจายเชิงเส้นที่คงที่ที่ 0.018 มิลลิเมตรต่ออังสตรอมที่นับได้ว่ามากสำหรับการใช้งานลักษณะนี้ แต่ชุดอุปกรณ์นี้ก็มีข้อจำกัด คือ

(1) สามารถใช้งานได้เฉพาะวัตถุที่มีความสว่างพอสมควรคือ โชติมาตรควรมีค่ามากกว่า 4

(2) ในวัตถุที่มีแสงจาง(โชติมาตรมาก)ต้องบังคับให้ภาพของดาวฤกษ์เคลื่อนที่กลับไปมาในแนวที่ใกล้เคียงกับแนวของร่องบนเกรตติง เพื่อให้สเปกตรัมของดาวฤกษ์เป็นแถบ ถ้าควบคุมกล้องโทรทรรศน์ไม่ดีการเคลื่อนที่อาจจะไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน ทำให้สเปกตรัมที่ได้เลอะเลือนไม่ชัดเจน และสูญเสียรายละเอียดไป ดังจะเห็นได้ในบางภาพ

(3) เกรตติงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ และอุปกรณ์ที่ดัดแปลงขึ้นจะใช้งานได้เฉพาะเมื่อทัศนวิสัยดีพอสมควร ไม่มีน้ำค้าง ฝุ่นละอองมากเกินไป ฯลฯ เพื่อให้ได้ภาพสเปกตรัมที่ดีและลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้กับเกรตติง

ข้อแนะนำสำหรับการแก้ไขสเปกโทรกราฟที่ออกแบบและสร้างขึ้น

สำหรับข้อแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขชุดสเปกโทรกราฟให้ดีขึ้น อาจสรุปได้ดังนี้

(1) ข้อแก้ไขสำหรับตัวชุดสเปกโทรกราฟ

สำหรับชุดสเปกโทรกราฟเพื่อศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ มีข้อควรปรับปรุงคือต้องหาทางเพิ่มกำลังแยกเชิงสีให้มากขึ้น อันอาจจะกระทำได้ 2 วิธี คือ ด้วยการเปลี่ยนเลนส์สร้างแสงขนานจากเลนส์ความยาวโฟกัส 1200 มิลลิเมตร f:15 ให้มีความยาวโฟกัสมากขึ้น เช่นอาจเปลี่ยนมาใช้เลนส์ความยาวโฟกัส 225 เซนติเมตร f:15 แทน อีกวิธีคือ เปลี่ยนช่องแคบเดี่ยวจากของเดิม เป็นช่องแคบเดี่ยวขอบสม่ำเสมอ ที่มีความกว้างน้อยๆประมาณ 0.01 มิลลิเมตร ถ้าสามารถกระทำทั้งสองวิธีจะสามารถเพิ่มกำลังแยกเชิงสีของสเปกโทรกราฟได้มาก(คือลดค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัมได้มาก)

อนึ่งเพื่อให้สเปกโทรกราฟสามารถประยุกต์ใช้งานได้มากขึ้น ควรจะให้ช่องแคบเดี่ยวที่จะเปลี่ยนใหม่มีความยาวอย่างน้อยมากกว่า 3 นิ้ว(7.5 เซนติเมตร) เพื่อให้สามารถศึกษาการมืดที่ขอบดวงได้ในฟิล์มเพียงรูปเดียว เมื่อเลนส์หน้ากล้องโทรทรรศน์มีความยาวโฟกัส 1200 เซนติเมตร f:60 สำหรับเลนส์สร้างภาพที่ใช้อยู่ขณะนี้ เป็นเลนส์ที่มีความยาวโฟกัส 600 มิลลิเมตร f:4 ใช้ร่วมกับ Teleplus x3 ขยายความยาวโฟกัสขึ้นเป็น 1800 มิลลิเมตร ให้การกระจายเชิงเส้นที่ดีพอสมควรอยู่แล้ว แต่หากจะเปลี่ยนมาใช้เลนส์ที่ความยาวโฟกัสเดิมมากขึ้น เช่น เลนส์ขนาดความยาวโฟกัส 1500 มิลลิเมตร หน้ากล้อง 150 มิลลิเมตร แทน และใช้ร่วมกับ Teleplus ก็จะให้การกระจายเชิงเส้นที่ดีขึ้นมากแต่ต้องเปิดหน้ากล้องนานขึ้นด้วย สำหรับฟิล์มที่ใช้อาจจะใช้ฟิล์มเดิมหรือใช้ฟิล์มที่มีความไวแสงลดลงเพื่อจะได้ความละเอียดของเส้นสเปกตรัมมากขึ้น

(2) การแก้ไขสำหรับการวิเคราะห์และการดำเนินงาน

จากข้อสรุปการวิเคราะห์และการดำเนินงานเทียบมาตรฐาน ต้องระวังให้มาก ใช้แผ่นบันไดทอนแสงให้มีช่วงความทึบแสงมากขึ้นด้วยการเพิ่มเวลาเปิดหน้ากล้องให้ได้เส้นลักษณะของฟิล์มในส่วนที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์

และมาตรความทึบแสงที่ใช้วัดความทึบแสงของฟิล์ม ควรหาทางหามาตรที่ให้ผลออกมาเป็นความทึบแสงโดยตรงเพื่อจะได้ลดความผิดพลาดที่จะมาได้จากการเปลี่ยนค่า การล้างฟิล์มควรกระทำในกระบวนการที่ใกล้เคียงกันที่สุดสำหรับฟิล์มแต่ละม้วน ในการวิเคราะห์ข้อมูลควรนำรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ที่หาได้จากบทที่ 5 (รูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมเปล่งออกที่ให้ค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัม) มาร่วมพิจารณาร่วมกับข้อมูล โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า convolution theorem เข้าช่วย

สำหรับชุดอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกภาพสเปกตรัมของดาวฤกษ์และสเปกตรัมของเนบูลาเปล่งแสง ควรหาโอกาสบันทึกภาพสเปกตรัมของเทห์ฟากฟ้าอื่น เช่น ดาวหาง แต่ทั้งนี้ควรมีโชติมาตรน้อยกว่า 4 และทำการบันทึกภาพสเปกตรัมของดาวฤกษ์ให้มากดวงขึ้น