บทที่ 4

ความแม่นยำของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างและการนำไปใช้งาน

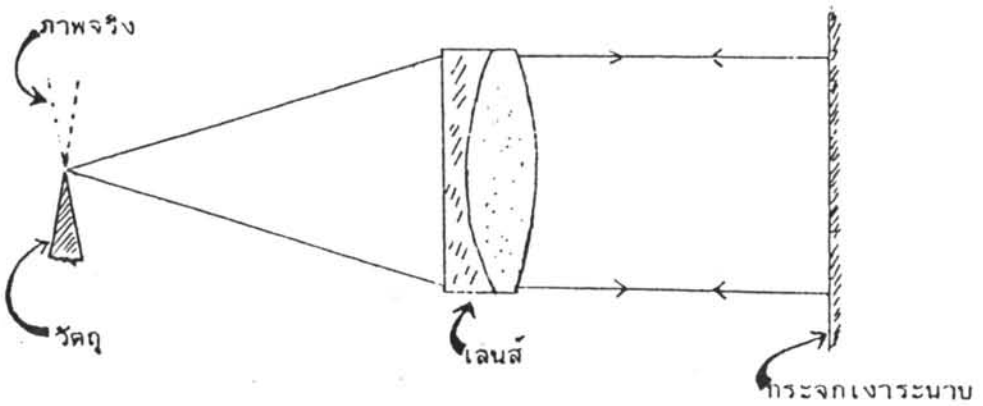
อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ชนิดทไวแมนและกรีน เป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์เกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติของผิว (โดยเฉพาะผิวที่ฉาบเพื่อให้เป็นผิวสะท้อนแสง ซึ่งเป็นผิวที่ต้องให้ความระมัดระวังมาก) เพราะวิธีการนั้นไม่ต้องให้ผิวสัมผัสกันจริง แต่เป็นการซ้อนกันทางทัศน์ (optical contact)[8] และยังเหมาะแก่การพิจารณาความบกพร่องภายใน (interior defect) อันเนื่องมาจากผิวไม่ราบจริง หรือความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของแก้ว ผลที่ได้จากการพิจารณาความบกพร่องโดยอุปกรณ์นี้ สามารถบอกเป็นความคลาดเชิงหน้าคลื่นได้โดยตรง เนื้อหาในบทนี้ จะเกี่ยวกับการนำเอาอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปใช้ ก่อนนำไปใช้ ขั้นแรกต้องมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ ซึ่งจะได้กล่าวถึง วิธีการจัดให้อุปกรณ์อยู่ในลักษณะพร้อมที่จะใช้คือขั้นงานแต่ละชิ้น ต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง การจัดอุปกรณ์ให้รัวการแทรกสอดคมชัดที่สุด และการทราบความแม่นยำ (accuracy) ของอุปกรณ์ เป็นสิ่งจำเป็น เพราะการนำอุปกรณ์ไปใช้จำเป็นต้องจัดให้ใช้งานได้ดีที่สุด และต้องรู้ขีดความสามารถของอุปกรณ์นั้น ๆ สำหรับการนำไปใช้นั้นแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ศึกษาคุณภาพของผิว กับศึกษาความบกพร่องภายในเนื้อแก้ว เมื่อลำแสงหนึ่งผ่านทัศน์อุปกรณ์ หัวข้อต่าง ๆ ดังได้กล่าวมานั้น มีรายละเอียดดังนี้

1. <u>การจัดเตรียมอุปกรณ์ขั้นแรก</u>

ทุกขั้นงานที่ทำขึ้นมาเพื่อที่จะประกอบเป็นอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์นั้น สามารถปรับได้ ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาความไม่สมบูรณ์ในงานการสร้าง จึงทำให้มีปัญหาตอนจัดอุปกรณ์ ให้อยู่ในลักษณะพร้อมที่จะใช้งาน แต่ได้พยายามนำเอาหลักการทางทัศนศาสตร์ เข้ามาแก้ปัญหาดังนี้

ปัญหาแรก การหาตำแหน่งจุดโฟกัสของเลนส์ โดยเฉพาะเลนส์ตัวที่ทำแสงให้ขนานผ่านเข้าสู่อุปกรณ์ เพราะต้องจัดให้รูเข็มอยู่ ณ ตำแหน่งโฟกัสพอดี แม้ว่าจะรู้ความยาวโฟกัสของเลนส์แต่ละตัวจากบทที่ 2 แล้วก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้ว ตำแหน่งดังกล่าวอาจหาได้ โดยอาศัยกระจก ที่มีอยู่แล้วในอุปกรณ์กล่าวคือ จะใช้วิธีการหาตำแหน่งโฟกัส โดยวิธีนอน-ปาราแลกซ์ (non-parallax) หรือที่เรียกว่า

โดยวิธีออโตคอลลิเมชั่น[6] (auto – collimation) ดังรูป 4.1 ทั้งนี้เพราะ ที่ปลายของกระบอกใส่เลนส์ ทำเป็นกระบอก 2 ชั้น ส่วมกัน สามารถเลื่อนเข้าออกได้ดังรูป 2.7 ก. มีช่องสำหรับใส่เข็ม



รูป 4.1 การหาตำแหน่งโฟกัสของเลนส์โดยวิธีนอน-ปาราแลกซ์

ขนาดเล็ก โดยการจัดให้ปลายเข็มนี้ อยู่ ณ ตำแหน่งของรูเข็มพอดี ขณะที่หาตำแหน่งของจุดโฟกัส ต้องใช้วัสดุทึบแสงบังกระจก ที่อยู่ในแนวตั้งฉากเสียก่อน เพื่อไม่ให้เกิดภาพซ้อน จัดระยะระหว่างเลนส์และวัตถุให้ภาพของปลายเข็ม อยู่ ณ ตำแหน่งเดียวกับปลายของเข็มจริงพอดี ไม่ว่าจะมองจากมุมใด

ปัญหาที่สอง การหาตำแหน่งของตัวแบ่งแสงและกระจกทั้งสอง ตำแหน่งของตัวแบ่งแสง จะต้องวางทำมุม 45 องศากับแนวแสงเข้า และกระจกทั้งสองแผ่น จะต้องอยู่ในลักษณะที่ตั้งฉาก หรือเกือบตั้งฉาก จึงจะอยู่ในลักษณะที่ทำให้เกิดริ้วการแทรกสอดได้ การแก้ปัญหานี้ไม่ยาก เพราะถ้าหากสามารถปรับให้ได้ริ้วการแทรกสอด เกิดขึ้นแล้ว ก็แสดงว่าตัวแบ่งแสงและกระจกอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง สำหรับวิธีการปรับต้องพยายามจัดให้ตัวแบ่งแสง อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียง 45 องศาเสียก่อน แล้วตรึงไว้ แล้วจึงปรับกระจกสองแผ่นที่เหลือ การที่จะให้ได้ริ้วการแทรกสอดที่รวดเร็วนั้น จะนำหลักที่ว่า ถ้าแสงขนานผ่านเลนส์รวมแสงจะรวมกันที่จุดโฟกัส ซึ่งมองเห็นจุดนี้ได้ อุปกรณ์นี้จะมีลำแสงขนาน 2 ลำ สะท้อนจากกระจกทั้งสอง เมื่อผ่านเลนส์รวมแสงจึงมีจุดสว่าง 2 จุด ถ้ามองจากตำแหน่งที่ใกล้จากจุดโฟกัส ในตอนนี้ เราจะให้กระจกอันหนึ่งอยู่ในลักษณะตรึงเป็นหลัก แล้วปรับกระจกอีกแผ่นที่สามารถปรับได้สะดวก ปรับจนจุดสว่างทั้งสองซ้อนกันพอดี ในตอนนี้ ภาพที่ได้จะเป็นริ้วการแทรกสอดของลำแสงทั้งสอง ถ้าระยะทางทัศน์ของกระจกทั้งสองจากตัวแบ่งแสงใกล้เคียงกัน

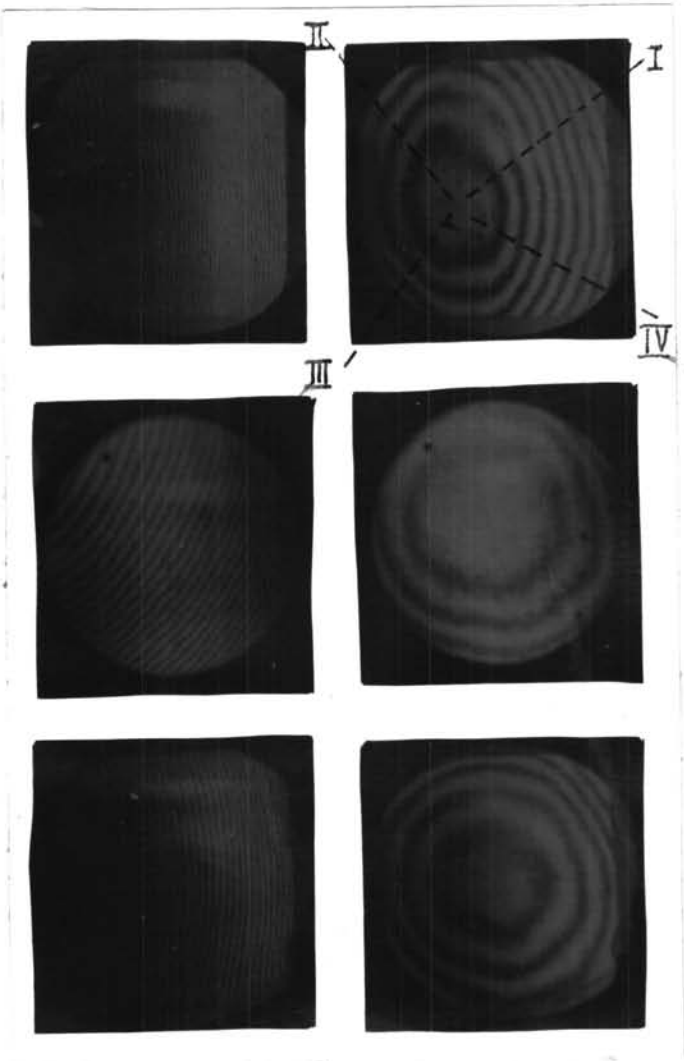
2. ความคมชัดของริ้วการแทรกสอด[13] (visibility or contrast of the fringes)[22]

อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ชนิดทไวแมนและกรีนในอุดมคติ ลักษณะของริ้วที่ได้ ริ้วมืดจะมืดสนิท ทำให้ริ้วการแทรกสอดที่ได้คมชัดดี (คือความเข้มของริ้วสว่าง กับริ้วมืดแตกต่างกันมากที่สุด) แต่ลักษณะที่พบจริงนั้น ริ้วมืดจะไม่มืดสนิท (grey) ทำให้ได้ริ้วการแทรกสอดที่ไม่คมชัดดีนัก[13] ทั้งนี้สาเหตุสำคัญมาจาก

2.1 แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในอุปกรณ์ เป็นแหล่งกำเนิดแสงเกือบสีเดียวจากหลอดไอปรอทความดันต่ำ และใช้รูเข็มซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กมาก กั้นขวางแสงจากแหล่งกำเนิดแสง โดยให้รูเข็ม อยู่ ณ ตำแหน่งโฟกัสของเลนส์ที่ทำให้เป็นแสงขนาน รูเข็มขนาดเล็กดังกล่าว จะทำหน้าที่เสมือนแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ที่เป็นจุด แต่ขนาดของรูเข็มที่เป็นจุดจริง ๆ ทำไม่ได้ ซึ่งถ้ารูเข็มยิ่งเล็กมาก ความเข้มของแสงที่จะเข้าสู่อุปกรณ์ก็ต่ำ โดยปกติแล้ว อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ชนิดทไวแมนและกรีนขนาดเล็กทั่ว ๆ ไปขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเข็มที่ใช้ ประมาณ 1-1.5 มิลลิเมตร[13] แต่อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนี้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเข็มที่ใช้ประมาณ 0.35 มิลลิเมตร ถึงแม้ว่าขนาดของรูเข็มจะเล็กกว่าขนาดของรูเข็มที่ใช้ทั่ว ๆ ไปก็ตาม ริ้วที่ได้ก็ยังไม่คมชัด ทั้งนี้เพราะแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ไม่ใช่แหล่งกำเนิดแสงสีเดียวอย่างแท้จริง ซึ่งตำแหน่งริ้วมืดของแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน จะไม่ตรงกัน ผลก็คือ ริ้วมืดจะไม่มืดสนิท ริ้วการแทรกสอดที่ได้จึง ไม่คมชัด

2.2 ระยะทางทัศน์ของกระจกทั้งสอง เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ ไม่ใช่แหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ที่แท้จริง กล่าวคือ แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ จะให้คลื่นอาพันธ์เป็นขบวน ๆ[4] (wave train) ซึ่งความยาวของขบวนคลื่นอาพันธ์ จะเรียกว่าระยะอาพันธ์ คลื่นอาพันธ์ขบวนที่ติดกันนั้น อาจจะมีเฟสไม่ตรงกัน ดังนั้นการที่ระยะทางทัศน์ของกระจกทั้งสองไม่เท่ากัน ก็หมายถึงว่า คลื่นอาพันธ์ขบวนหนึ่ง (หรือบางส่วน) ไปแทรกสอดกับคลื่นอาพันธ์อีกขบวนหนึ่ง ซึ่งมีเฟสไม่ตรงกัน ผลจะทำให้ได้ริ้วการแทรกสอดที่ไม่คมชัด ด้วยเหตุนี้ จึงต้องปรับระยะทางทัศน์ของกระจกทั้งสอง ให้มีค่าเท่ากัน หรือใกล้เคียงกันที่สุด เพื่อที่จะให้ลำแสงอาพันธ์ทั้งสอง แทรกสอดกันอย่างเต็มที่ ทำให้ได้ริ้วการแทรกสอดที่คมชัด

จากการปฏิบัติจริงก็พบว่า แม้ว่าจะเกิดริ้วการแทรกสอดแล้ว ริ้วการแทรกสอดอาจจะยังไม่คมชัดดี ต้องพยายามปรับระยะทางทัศน์ของกระจกทั้งสองให้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ๆ จะทำให้มีความคมชัดดีขึ้น อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนี้ปรับระยะทางทัศน์โดยเลื่อนกระจก M_1 ไปตามคานคู่ (สัญญลักษณ์ถือตามรูป 1.6)



รูป 4.2 ภาพแสดงริ้วการแทรกสอดจากอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างเมื่อใช้ชุดเลนส์และกระจกคู่ต่าง ๆ กัน

3. การถ่ายภาพริ้วการแทรกล่อดจากอุปกรณ์[13]

การดูภาพริ้วการแทรกล่อด ใช้ตามองจากจุดโฟกัสของเลนส์ที่ทำหน้าที่รวมแสงยนาน ไปยังหน้าเลนส์อันเดียวกัน การถ่ายภาพทำได้ โดยวางกล้องให้เลนส์หน้ากล้องอยู่ที่เดียวกับตา แล้วโฟกัสเลนส์หน้ากล้อง ไปที่เลนส์ที่ทำหน้าที่รวมแสงยนานนั้น สำหรับกล้องที่ใช้ถ่ายภาพริ้วการแทรกล่อดที่ได้จากอุปกรณ์นี้เป็นกล้องเพนแทกซ์ และใช้ฟิล์มโกดักไตรเอกซ์ เอ.เอส.เอ. 400

4. ความแม่นยำของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้าง

ความแม่นยำของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ บอกเป็นค่าความคลาดเชิงหน้าคลื่นที่เหลืออยู่ ของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ในหน่วยของความยาวคลื่นของแสง เช่น $\pm \frac{\lambda}{8}$ หรือ $\pm \frac{\lambda}{20}$ โดยที่ λ คือค่าความยาวคลื่นของแสง ซึ่งปกติจะใช้แสงสีเหลืองของเส้นสเปกตรัม D แต่กรณีที่ทำใช้ค่า $\lambda = 546.1$ นาโนเมตร เป็นแสงสีเขียวจากหลอดไอปรอท และค่า λ ที่จะกล่าวถึงต่อไปจะหมายถึงค่านี้

ความแม่นยำของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ คือ ค่าความคลาดเชิงหน้าคลื่นที่ยังเหลืออยู่ ของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ ซึ่งสามารถอ่านได้จากริ้วการแทรกล่อดที่ยังเหลืออยู่ ในขณะที่ยังไม่ได้ใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ตรวจสอบหาค่นอุปกรณ์ใด ๆ สำหรับการตีความจากริ้วการแทรกล่อดที่ยังเหลืออยู่ มาเป็นปริมาณความคลาดเชิงหน้าคลื่นที่ยังเหลืออยู่ในหน่วยของความยาวคลื่นแสง จะใช้วิธีที่ได้กล่าวไปแล้ว ในหัวข้อ 3.3.3 ของบทที่ 2 ซึ่งเป็นการตีความจากริ้วการแทรกล่อดที่มีลักษณะเป็นวงกลม หรือส่วนของวงกลมอย่างแท้จริง แต่ริ้วการแทรกล่อดที่ได้จากอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้าง ในบางกรณีมีลักษณะไม่เป็นวงกลมอย่างแท้จริง ในกรณีเช่นนี้ จำนวนริ้วที่เหลือของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ จะใช้การเฉลี่ยจำนวนริ้วที่นับได้ ซึ่งการนับจะนับจากริ้วกลางไปยังขอบของภาพการแทรกล่อด และนับ 4 แนว แล้วนำจำนวนริ้วที่นับได้ทั้ง 4 แนวมาเฉลี่ยเป็นจำนวนริ้วที่ยังเหลืออยู่ของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ สำหรับแนวทั้งสี่ ที่จะใช้นับจำนวนริ้วการแทรกล่อดนั้นจะ เป็นแนวเส้นประที่เขียนไว้ ที่ภาพถ่ายริ้วการแทรกล่อด

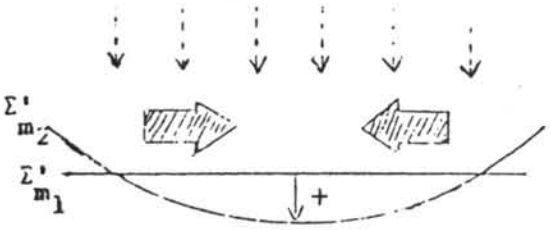
การบอกค่าความแม่นยำ ของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น จะแบ่งเป็น 3 กรณีคือ กรณีแรก ความแม่นยำของอุปกรณ์ เมื่อใช้ชุดกระจกและเลนส์ที่ซื้อมา กรณีที่สอง ความแม่นยำของอุปกรณ์เมื่อใช้ชุดกระจกและเลนส์ที่ผลิตขึ้นเอง และกรณีที่สาม ความแม่นยำของอุปกรณ์ เมื่อใช้ชุดเลนส์ที่ซื้อมาแต่ กระจกเป็นชุดที่ผลิตขึ้นเอง รูป 4.2 เป็นภาพแสดงริ้วการแทรกล่อด จากอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างโดยใช้ชุดกระจกและเลนส์ต่าง ๆ กัน 3 ลักษณะ เพื่อพิจารณาความแม่นยำของอุปกรณ์ซึ่งแยกอธิบายได้ดังนี้

รูป 4.2 ก. กับ ข. เป็นริ้วการแทรกล่อด ที่เกิดจากการใช้ชุดเลนส์กับกระจกที่ซื้อมา ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดหน้าเลนส์ 4.8 เซ่นติเมตร เมื่อกระจกเอียงเล็กน้อยและตั้งฉากกัน ตามลำดับ ลักษณะวงรียของริ้ว แสดงว่าหน้าคลื่นมีความคลาดเอียง ริ้วการแทรกล่อดที่เหลืออยู่ในกรณีนี้ หาได้จากการเฉลี่ยจำนวนริ้วตามแนวเส้นประ 4 แนว ดังรูป 4.2 ข. ซึ่งจะได้ประมาณ 5 ริ้ว ดังนั้น ความแม่นยำของอุปกรณ์มีค่า $\pm \frac{5\lambda}{2}$ นับว่าค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจาก กระจกที่ซื้อมา ไม่ใช่กระจกที่ใช้ในงานการแทรกล่อดโดยเฉพาะ อีกประการหนึ่ง ความหนาของกระจกดังกล่าวน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งปกติงานทางการแทรกล่อดของแสง กระจกควรหนามากกว่า $\frac{1}{5.5}$ ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระจก[21] ในกรณีที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 35 เซ่นติเมตร

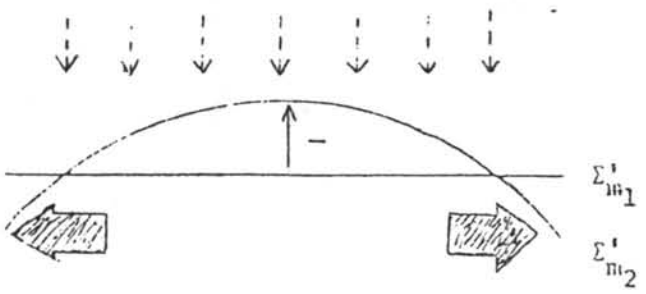
รูป 4.2 ค. กับ ง. เป็นภาพริ้วการแทรกล่อด ที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ชุดเลนส์และกระจกที่ฝนขึ้นเอง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดหน้าเลนส์ 4.0 เซ่นติเมตร เมื่อกระจกเอียงเล็กน้อยกับตั้งฉากกันตามลำดับ จะมีริ้วเหลืออยู่ประมาณ 2 ริ้ว นั่นคือความแม่นยำของอุปกรณ์มีค่า $\pm \lambda$

รูป 4.2 จ. กับ ฉ. เป็นริ้วการแทรกล่อด เกิดขึ้นเมื่อใช้ชุดเลนส์ที่ซื้อมา แต่ชุดกระจกเป็นชุดที่ทำขึ้นเอง เป็นภาพเมื่อกระจกเอียงเล็กน้อยและตั้งฉากกันตามลำดับ เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ว่าความคลาดของเลนส์ที่ฝนขึ้นนั้น จะมีผลมากน้อยอย่างไร พบว่าลักษณะของริ้ว จะไม่ต่างกับริ้วที่ได้จากชุดเลนส์และกระจกที่ทำเอง แต่จำนวนริ้วในกรณีนี้เหลืออยู่ประมาณ 3 ริ้ว นั่นคือความแม่นยำของอุปกรณ์มีค่า $\pm \frac{3\lambda}{2}$ จำนวนริ้วในกรณีนี้ เหลืออยู่มากกว่าตอนใช้ชุดเลนส์ที่ฝนเอง เพราะช่องเปิดของเลนส์ที่ซื้อมาในกรณีนี้ มีขนาดใหญ่กว่าช่องเปิดของเลนส์ที่ทำเอง ถ้าพิจารณาช่องเปิดเท่ากันแล้ว คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดเป็น 4 เซ่นติเมตร ความแม่นยำจะมีค่าพอ ๆ กันคือ $\pm\lambda$ เป็นสิ่งที่ส่อแสดงว่าเลนส์ที่ทำขึ้นมีคุณภาพพอที่จะนำมาใช้ ในงานการแทรกล่อดได้ เมื่อใช้ช่องเปิดซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซ่นติเมตร

เครื่องหมาย $\pm$ ที่ติดหน้าตัวเลขความแม่นยำของอุปกรณ์ เป็นเครื่องหมายของความคลาดเอียง หน้าคลื่นจากหน้าคลื่นอ้างอิง ซึ่งอาจจะกำหนดกระจกแผ่นใดในสองแผ่น เป็นแผ่นกระจกอ้างอิงก็ได้ จึงติดทั้งเครื่องหมายบวกและลบ ในกรณีที่กำหนดผิวอ้างอิงแน่นอนลงไปแล้ว ก็สามารถบอกความแม่นยำเป็นบวกหรือลบแต่เพียงอย่างเดียวได้ ซึ่งจะต้องใช้การพิจารณา การเลื่อนของริ้วเมื่อเลื่อนกระจก M_1 หรือ M_2 สัญญลักษณ์ต่าง ๆ ที่กล่าวถึงในที่นี้ ถือตามรูป 1.6 ในกรณีที่ทำให้กระจก M_1 เป็นแผ่นกระจกอ้างอิง และใช้การเลื่อน M_2 ออกไป ดังนั้น ความแม่นยำที่มีเครื่องหมายบวก จึงมีความหมายว่าเป็นริ้วที่กระจก M_2 มีความนูนมากกว่าแผ่นกระจกอ้างอิง จะสอดคล้องกับการคิดเครื่องหมายของความ



รูป 4.3 ความคลาดเยิงหน้าคลื่นบวก



รูป 4.4 ความคลาดเยิงหน้าคลื่นลบ

คลาดเยิงหน้าคลื่นที่วัดจากหน้าคลื่นอ้างอิง โดยที่หลักทั่วไปในการคิดเครื่องหมายนั้น ถือว่าแสงเข้าทางซ้าย เป็นหลัก ระยะทางที่วัดไปทางขวาเป็นบวก วัดไปทางซ้ายเป็นลบ ในรูป 4.3 นั้นความคลาดเป็นบวก ลูกศรประเป็นทิศทางของแสง หน้าคลื่น Σ'_{m_2} ที่สะท้อนจาก M_2 จะมีความคลาดหน้าคลื่นเป็นบวก เมื่อเทียบกับหน้าคลื่นอ้างอิง Σ'_{m_1} ที่สะท้อนจาก M_1 จากรูปนี้บอกค่าความแม่นยำของอุปกรณ์ มีเครื่องหมายบวก ลูกศรใหญ่แสดงทิศทางการเลื่อนของริ้วเมื่อเลื่อนกระจก M_2 ย้อนทางกับลูกศรประ สำหรับค่าความแม่นยำที่มีเครื่องหมายลบ จะมีลักษณะตรงข้ามกันดังรูป 4.4

5. <u>การนำอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปใช้งาน</u>

ขอบเขตของการนำอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ไปใช้ จะไม่รวมถึงการตรวจคุณภาพของเลนส์ และการขัดเฉพาะที่เพื่อแก้ไขที่ค้นอุปกรณ์ที่นำมาตรวจสอบโดยอุปกรณ์นี้ ผลการทดสอบเลนส์ในบทที่ 3 พบว่า เลนส์รงค์ที่ซื้อมาเป็นเลนส์ที่แก้ดีแล้ว ส่วนเลนส์ที่ฝนขึ้นเองยังคงมีความคลาดทรงกลมอยู่ การแก้ไขเพื่อให้นำมาใช้ได้ โดยการทำกรอบใส่เลนส์ให้มีช่องเปิดเล็กลง จะได้มีส่วนลดความคลาดทรงกลมที่ยังเหลืออยู่ สำหรับตัวแบ่งแสง จากการพิจารณาริ้วการแทรกสอดจากอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ขณะที่เกิดริ้วการแทรกสอด ไม่ว่าจะจัดแสงให้ผ่านบริเวณใดของตัวแบ่งแสง ก็พบว่าลักษณะของริ้วการแทรกสอดยังเหมือนเดิม เป็นการยืนยันว่าตัวแบ่งแสงไม่ทำให้หน้าคลื่นบิดไปแต่อย่างใด แสดงว่าตัวแบ่งแสงจะมีผลกับหน้าคลื่นน้อยมาก พอที่จะนำมาใช้ได้ แต่กระจกที่ซื้อมาไม่มีวิธีที่เหมาะสมพอที่จะตรวจสอบ จึงได้นำอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ มาใช้ตรวจสอบคุณภาพของผิวกระจกที่ซื้อมาและฝนขึ้นเอง นอกจากนี้ ยังใช้ตรวจสอบความบกพร่องภายในของแก้วและปริซึม ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

5.1 การศึกษาคุณภาพของกระจกที่ซื้อมาและฝนเอง คุณภาพของกระจก ดูได้จากค่าความคลาดเยื้องหน้าคลื่นที่ยังเหลืออยู่ของผิวกระจก การพิจารณาคุณภาพของผิวกระจกโดยใช้วิธีนี้นับว่าเหมาะสมดังได้กล่าวมาแล้ว แต่จะต้องมีกระจกที่ถือเป็นกระจกมาตรฐาน ในกรณีที่ทำได้ใช้กระจกที่ใช้ในอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ชนิดเฟบรี-เพอรอต (Fabry-Perot) เป็นกระจกมาตรฐาน และเนื่องจากเป็นกระจกที่ใช้ในงานการแทรกล่อต ดังนั้นกระจกมาตรฐานนี้ อย่างน้อยควรจะมีความราบ $\pm \frac{\lambda}{8}$ ส่วนกระจกอีกแผ่นหนึ่ง เป็นกระจกที่ต้องการจะทดสอบ รูป 4.5 แสดงริ้วการแทรกล่อต ที่ได้จากการใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ทดสอบกระจกที่ซื้อมาและกระจกที่ฝนเองโดยทุกกรณี จะใช้ฟูดเลนส์ที่ซื้อมา ซึ่งถือว่าเป็นเลนส์ที่แก้ดีแล้ว และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดเป็น 4.8 เซนติเมตร มีรายละเอียดดังนี้

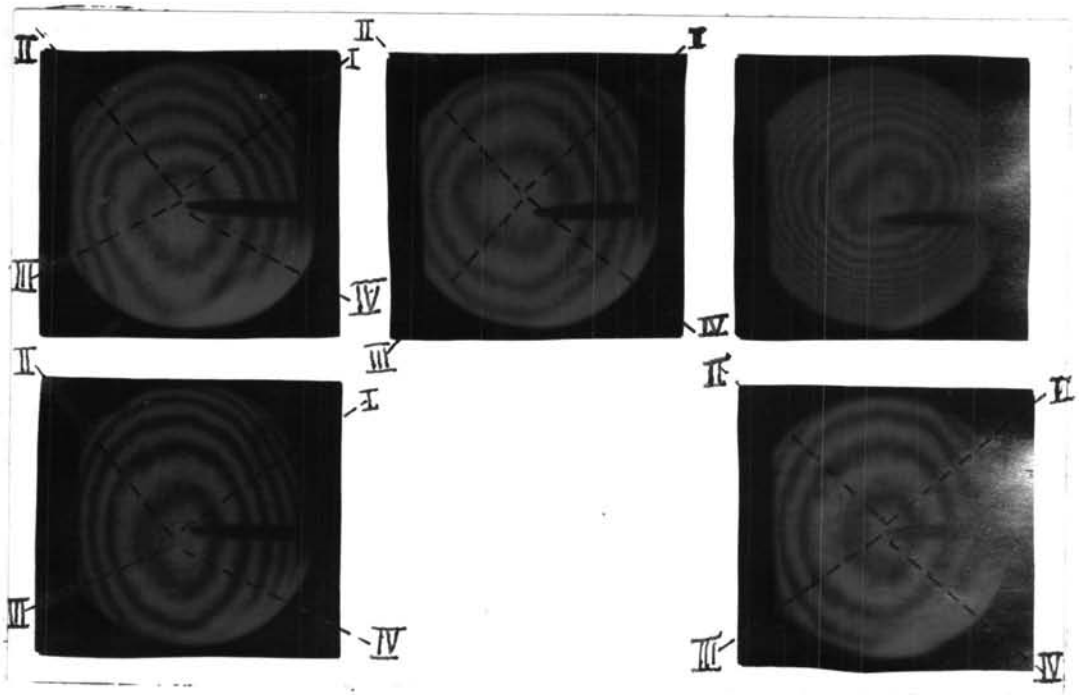
รูป 4.5 ก. กับ ข. เป็นภาพริ้วการแทรกล่อตที่ได้จากทดสอบผิวกระจกที่ซื้อมาสองแผ่นตามลำดับ รูป 4.5 ก. ริ้วการแทรกล่อตที่ได้ บอกถึงความคลาดเยื้องของหน้าคลื่นตำแหน่งที่ปลายเข็มชี้ในภาพ แสดงบริเวณที่เป็นส่วนนูนขึ้นมาของกระจก จำนวนริ้วที่เหลืออยู่ จะใช้การเฉลี่ยจำนวนริ้วที่นับได้ใน 4 แนว และแนวเส้นประสี่แนวของแต่ละรูป คือแนวที่นับจำนวนริ้ว โดยจะนับจากริ้วกลางจนถึงริ้วที่ขอบ จากรูป 4.5 ก. จำนวนริ้วเฉลี่ยที่เหลืออยู่เป็น $\frac{(6+5+4+4)}{4}$ ริ้ว ดังนั้นความคลาดหน้าคลื่น ของกระจกแผ่นนี้มีค่า $\frac{(6+5+4+4)}{4} \cdot \frac{\lambda}{2} \doteq +2.4\lambda$ ส่วนรูป 4.5 ข. จากการพิจารณาริ้วการแทรกล่อตจะพบว่าหน้าคลื่นยังมีความคลาดเยื้องอยู่บ้างเล็กน้อย บริเวณที่ปลายเข็มชี้ในภาพ จะเป็นบริเวณที่นูนขึ้นมาของกระจกความคลาดเยื้องหน้าคลื่น ของกระจกแผ่นนี้ มีค่า $\frac{(4+3+3+4)}{4} \cdot \frac{\lambda}{2} \doteq 1.8\lambda$

รูป 4.5 ค. ง. และ จ. เป็นการพิจารณาผิวกระจกที่ฝนเองทั้งสามแผ่น ตามลำดับ รูป 4.5 ค. เป็นการพิจารณาผิวของกระจก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นแผ่นหนึ่งในจำนวน 2 แผ่นที่ฝนขึ้นมา และเป็นแผ่นเดียวกับแผ่นที่ตรวจสอบผิวราบ ด้วยผิวราบมาตรฐานในรูป 2.21 ง. ลักษณะของริ้ว แสดงว่าหน้าคลื่นยังมีความคลาดเยื้องอยู่ และลักษณะของผิวแผ่นกระจกเป็นผิวเว้า บริเวณที่ปลายเข็มชี้ในภาพมีความลึกมากกว่าบริเวณอื่น รูป 4.5 ง. เป็นแผ่นแก้วกลมเล็กซึ่งเป็นแผ่นเดียวกับที่ได้ทดสอบผิวราบ โดยแผ่นราบมาตรฐานดังรูป 2.21 ก. ลักษณะริ้ววงรีบอกถึงความคลาดเยื้องของหน้าคลื่น บริเวณปลายเข็มชี้ในรูปเป็นบริเวณนูนของผิวกระจก ซึ่งค่าความคลาดเยื้องหน้าคลื่นที่เหลืออยู่ของกระจกแผ่นนี้ มีค่าเป็น $\frac{(6+5+4+4)}{4} \cdot \frac{\lambda}{2} \doteq 2.4\lambda$ รูป 4.5 จ. เป็นริ้วการแทรกล่อตที่ได้ เมื่อทดสอบแผ่นกระจกสี่เหลี่ยมที่ฝนขึ้นเอง เป็นแผ่นเดียวกันที่ได้ทดสอบผิวราบ ด้วยแผ่นราบมาตรฐาน ดังรูป 2.21 ข. จากลักษณะของริ้วทำให้ทราบได้ว่า หน้าคลื่นยังมีความคลาดเยื้องอยู่เล็กน้อย

ก.

ข.

ค.



ง.

จ.

รูป 4.5 ภาพรัวการแทรกสอดจากอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างเมื่อใช้ทดสอบผิวกระจกต่าง ๆ

บริเวณปลายเข็มชี้ เป็นบริเวณที่นูนของกระจก ความคลาดเยิงหน้าคลื่นของกระจกแผ่นนี้ มีค่า

$$(\frac{4 + 4 + 4 + 3}{4}) \cdot \frac{\lambda}{2} = 1.9\lambda$$

จากทุกรูปของรูป 4.5 นั้น ได้ทราบค่าความคลาด เยิงหน้าคลื่นที่ยังเหลืออยู่ ของกระจกที่ขัดมา และกระจกที่ผลิตเอง โดยเทียบกับผิวกระจกมาตรฐาน ซึ่งอย่างน้อยควรมีความราบ $\pm \frac{\lambda}{8}$ (ซึ่งหมายความว่า ค่าความคลาด เยิงหน้าคลื่นที่ได้ จะต้องมีความคลาดเคลื่อนปริมาณ $\pm \frac{\lambda}{8}$ รวมอยู่ด้วย)

การทดสอบผิวราบของแผ่นแก้วที่ผลิตเอง ก่อนที่จะขัดผิวให้เป็นกระจกเงาราบ โดยใช้แผ่นราบมาตรฐาน (รูป 2.21 ก. และ 2.21 ข.) กับการทดสอบผิวราบของแผ่นแก้วแผ่นเดิม เมื่อขัดผิวให้เป็นผิวสะท้อนแสงแล้ว โดยใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น (รูป 4.5 ง. และ 4.5 จ.) ผลการทดสอบทั้งสองแบบนี้บอกถึงความเว้าหรือความนูนของผิวได้ตรงกัน แต่ค่าที่ได้ของแต่ละผิวอาจจะไม่ตรงกัน ดังตาราง 4.1 เป็นตารางสรุปผลการทดสอบผิวราบที่ผลิตขึ้นเอง โดยการทดสอบกับแผ่นราบมาตรฐาน ซึ่งการทดสอบ

การทดสอบผิวราบของแผ่นแก้วที่ผลิตเอง ก่อนที่จะขัดผิวให้เป็นกระจกเงาราบโดยแผ่นราบมาตรฐาน	การทดสอบผิวราบของแผ่นแก้วที่ผลิตเอง เมื่อขัดผิวให้เป็นกระจกเงาราบแล้ว โดย อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น
แผ่นแก้วกลมเล็ก (พิจารณาจากรูป 2.21 ก. เป็นผิวนูนมีค่า $+ \lambda$ (λ = 589.3 นาโนเมตร)	กระจกกลมเล็ก (พิจารณาจากรูป 4.5 ง.) เป็นผิวนูน มีค่า $+ 2.4\lambda$ (λ = 546.1 นาโนเมตร)
แผ่นแก้วสี่เหลี่ยม (พิจารณาจากรูป 2.21 ข.) เป็นผิวนูน มีค่า $+ \frac{\lambda}{4}$ (λ = 589.3 นาโนเมตร)	กระจกสี่เหลี่ยม (พิจารณาจากรูป 4.5 จ.) เป็นผิวนูนมีค่า $+ 1.9\lambda$ (λ = 546.1 นาโนเมตร)

ตาราง 4.1 สรุปผลการทดสอบผิวราบที่ผลิตขึ้นเอง ก่อนที่จะขัดให้เป็นผิวสะท้อนแสง โดยใช้แผ่นราบมาตรฐานกับผลการทดสอบผิวราบของแผ่นแก้วที่ผลิตเอง เมื่อขัดให้เป็นผิวสะท้อนแสงแล้ว โดยใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น

กระทำตอนที่ยังไม่ได้ฉาบผิว กับการทดสอบผิวราบที่ฝนขึ้นเองดังกล่าว เมื่อฉาบให้เป็นผิวสะท้อนแสงแล้ว โดยใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น

ผลการทดสอบผิวราบที่ฝนขึ้นเอง โดยใช้แผ่นราบมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.4 เซนติเมตร ค่าส่วนโค้งที่เหลืออยู่ ซึ่งก็คือความคลาดเชิงหน้าคลื่นที่ยังเหลืออยู่ของผิวแก้ว มีค่าดังตาราง 4.1 (ช่องซ้ายมือ) ซึ่งค่าดังกล่าว เป็นค่าที่พิจารณาว่าแผ่นราบมาตรฐานราบจริง แต่จากการนำแผ่นราบมาตรฐาน ที่ใช้ทดสอบผิวราบที่ฝนขึ้นเองนี้ ไปตรวจสอบกับแผ่นราบมาตรฐานอีกแผ่นหนึ่ง ซึ่งมีความราบ $\pm \frac{\lambda}{8}$ ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ พบว่า แผ่นราบมาตรฐานแผ่นที่ใช้ทดสอบผิวราบของแผ่นแก้วที่ฝนขึ้นเองนี้ ยังเป็นผิวเว้า ซึ่งมีส่วนโค้งเหลืออยู่ $-\frac{\lambda}{2}$ โดยที่ λ = 589.3 นาโนเมตร ดังนั้น ค่าส่วนโค้งที่เหลืออยู่ ซึ่งมีค่าดังในตาราง 4.1 (ช่องซ้ายมือ) จะต้องคิดค่าส่วนโค้งที่เหลืออยู่ ของแผ่นราบมาตรฐานนี้รวมไปด้วย และเมื่อคิดค่าส่วนโค้งที่ยังเหลืออยู่ ของแผ่นราบมาตรฐานที่ใช้ตรวจสอบความราบของผิวราบที่ฝนขึ้น จะได้ว่า แผ่นแก้วกลมเล็ก ซึ่งเป็นผิวนูนจะมีส่วนโค้งเหลืออยู่ประมาณ + 1.5λ (λ = 589.3 นาโนเมตร) และแผ่นแก้วสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นผิวนูนจะมีส่วนโค้งที่เหลืออยู่ประมาณ + $\frac{3\lambda}{4}$ (λ = 589.3 นาโนเมตร)

ผลการทดสอบผิวราบทั้งสองผิว เมื่อฉาบเป็นผิวสะท้อนแสงแล้ว ซึ่งการทดสอบใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ค่าส่วนโค้งที่เหลืออยู่ของผิวแก้วเมื่อฉาบแล้ว มีค่าดังตาราง 4.1 (ช่องขวามือ) จะพบว่า แผ่นแก้วกลมเล็ก เมื่อฉาบให้เป็นผิวสะท้อนแสงแล้ว เป็นผิวนูนมีส่วนโค้งเหลืออยู่ 2.4 λ (λ = 546.1 นาโนเมตร) และแผ่นแก้วสี่เหลี่ยม เมื่อฉาบให้เป็นผิวสะท้อนแสงแล้ว เป็นผิวนูน มีส่วนโค้งเหลืออยู่ 1.9 λ (λ = 546.1 นาโนเมตร)

จะเห็นได้ว่า ค่าส่วนโค้งที่เหลืออยู่ ที่ได้จากการทดสอบผิวแก้วทั้งสองแผ่น (เมื่อฉาบผิวแล้ว) โดยใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น จะมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบผิวแก้วทั้งสองด้วยแผ่นราบมาตรฐาน (ถึงแม้ว่าจะคิดค่าส่วนโค้งที่เหลืออยู่ ของแผ่นราบมาตรฐานเข้าไปด้วยแล้วก็ตาม) ที่เป็นดังนี้เพราะ ค่าส่วนโค้งที่เหลืออยู่ในกรณีการทดสอบด้วยอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์นั้น อ่านจากรัศมีการแทรกสอดที่เหลือ ของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ ซึ่งรัศมีการแทรกสอดนี้ นอกจากจะเป็นผลจากผิวของแก้วที่ฝนไม่ราบจริงแล้ว ยังเป็นผลจากความคลาดที่ยังเหลืออยู่ของเลนส์ ความบกพร่องภายในของตัวแบ่งสำแสง รวมทั้งการฉาบผิวที่ไม่สม่ำเสมอ (ซึ่งมีผลน้อยมาก) ด้วย จึงทำให้ค่าส่วนโค้งที่เหลืออยู่ ที่ได้

จากการทดสอบผิวที่ขัดแล้วด้วยอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้าง มีค่ามากกว่าการทดสอบผิวโดยใช้ผิวราบมาตรฐาน

ดังนั้น การศึกษาคุณภาพของผิวกระจก โดยใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างนี้ จึงบอกได้แต่เพียงความมากน้อย ของความคลาดเชิงหน้าคลื่นที่เหลืออยู่เท่านั้น ความคลาดที่แท้จริงยังไม่สามารถบอกได้ นอกจากเมื่อทดสอบอุปกรณ์แต่ละชิ้น ที่ประกอบในอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์นั้นสมบูรณ์จริง ๆ

5.2 <u>การศึกษาความบกพร่องภายในของแก้ว</u> ลักษณะการจัดอุปกรณ์แสดงดังรูป 1.10 การตีความจากริ้วการแทรกสอด ขณะใช้อุปกรณ์ ตรวจสอบความบกพร่องภายใน ต้องคำนึงถึงความแม่นยำของอุปกรณ์ด้วย จากการพิจารณาค่าความแม่นยำของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้าง เมื่อใช้ยุดเลนส์และกระจกลักษณะต่าง ๆ ดังได้กล่าวไว้ในตอนก่อนแล้ว จึงตกลงที่จะใช้ยุดเลนส์และกระจกที่ผลิตขึ้นเองเพราะความแม่นยำดีกว่า คือมีความแม่นยำ $\pm$ 1λ แม้ว่าพื้นที่ที่ตรวจสอบจะน้อยกว่า การตรวจสอบเนื้อแก้วได้นำแก้วหลายชนิดมาตรวจดู ที่น่าสนใจคือได้นำแก้วที่ทำเป็นสไลด์และแผ่นแก้วปิด (cover glass) ที่ขายในตลาดมาตรวจสอบ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางทัศน์ของแก้วเหล่านั้น รูป 4.6 เป็นภาพริ้วการแทรกสอดจากอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้าง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิด 4 เซนติเมตร เมื่อใช้ตรวจสอบแก้วชนิดต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

รูป 4.6 ก. เป็นภาพริ้วการแทรกสอดที่ได้จากการตรวจสอบแผ่นแก้วใสแผ่นหนึ่งซึ่งมีอยู่ในห้องปฏิบัติการ ลักษณะของริ้วบอกถึงความไม่สม่ำเสมอของระยะทางทัศน์ของแผ่นแก้วใส (ซึ่งอาจจะเกิดจากผิวไม่ราบจริง หรือความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของแก้ว) จากการดูการเลื่อนของริ้วเมื่อเลื่อนระยะทางทัศน์ของกระจก M_2 ออกไป โดยการผลักเบา ๆ ที่ฐานของกระจก M_2 จะทราบได้ว่าบริเวณ I และ IIมีระยะทางทัศน์น้อยกว่าบริเวณอื่น ส่วนบริเวณ III และ IV มีระยะทางทัศน์มากกว่าบริเวณอื่น

รูป 4.6 ข. เป็นตัวอย่างริ้วการแทรกสอดอย่างหนึ่ง ของแผ่นแก้วที่ใช้ตัดทำเป็นกรอบรูป ริ้วรูปวงรีแสดงว่าหน้าคลื่นมีความคลาดเอียง บริเวณปลายเข็มชี้ในภาพเป็นบริเวณที่ระยะทางทัศน์น้อยกว่าบริเวณอื่น

รูป 4.6 ค. เป็นลักษณะของริ้วการแทรกสอด ขณะตรวจสอบเนื้อของแผ่นแก้วผิวราบมาตรฐานอีกแผ่นหนึ่งซึ่งมีอยู่ในห้องปฏิบัติการ จากการพิจารณาการเลื่อนของริ้ว เมื่อเลื่อนระยะทางทัศน์ของกระจก M_2 ออกไป ทำให้ทราบว่า บริเวณปลายศรชี้(ในรูป 4.6 ค) เป็นบริเวณที่มีระยะทางทัศน์น้อยกว่าบริเวณขอบประมาณ 3 ริ้ว แต่ถ้าคำนึงถึงความแม่นยำของอุปกรณ์ที่สร้างแล้ว กล่าวคือ

พิจารณาเทียบกับลักษณะของริ้วการแทรกล่อด ขณะที่ยังไม่มีทัศนอุปกรณ์อยู่เลย ดังรูป 4.6 ฉ. ซึ่งผลจากการพิจารณาการเลื่อนของริ้วในรูป 4.6 ฉ. โดยการเลื่อนระยะทางทัศน์ของกระจก M_2 ออกไป ทำให้ทราบว่าริ้วที่ได้ (ในรูป 4.6 ฉ.) เป็นรูปของความคลาดหน้าคลื่นบวก มีจำนวน 2 ริ้ว นั่นแสดงว่าพื้นที่ที่กำลังตรวจสอบ ของแผ่นแก้วผิวราบมาตรฐานแผ่นนี้ ณ บริเวณปลายศรชี้ จะมีระยะทางทัศน์น้อยกว่าบริเวณขอบเพียง 1 ริ้วเท่านั้น หรืออาจกล่าวได้ว่า พื้นที่ที่กำลังตรวจสอบเนื้อของแผ่นแก้วผิวราบมาตรฐานแผ่นนี้ ทำให้เกิดความคลาดหน้าคลื่น $+\frac{\lambda}{2}$ โดยที่ λ = 546.1 นาโนเมตร

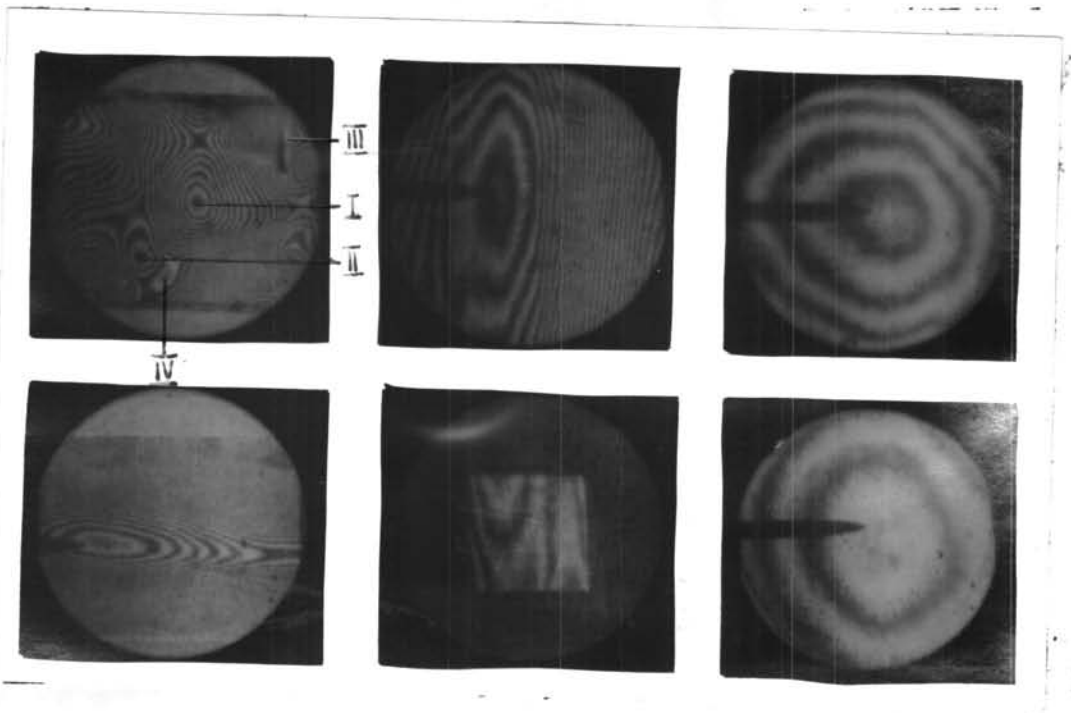
รูป 4.6 ง และ จ. เป็นภาพตัวอย่างหนึ่งของริ้วการแทรกสอด ที่ได้จากการตรวจสอบแผ่นสไลด์ และแผ่นแก้วปิดตามลำดับ พบว่าแผ่นสไลด์ มีระยะทางทัศน์ไม่สม่ำเสมอ คือทำให้หน้าคลื่นบิดไปมากกว่าแผ่นแก้วปิดมาก อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงระยะทางทัศน์ของแผ่นแก้วปิดจะมีผลต่อการเห็นมากกว่าแผ่นสไลด์ก็จริง แต่เมื่อพิจารณา การเปลี่ยนแปลงระยะทางทัศน์ในระยะสั้น ๆ (เป็นไมครอน) บนแผ่นแก้วปิดแล้ว พบว่าจะมีผลต่อการเห็นวัตถุเล็ก ๆ น้อยมาก

5.3 <u>การศึกษาความบกพร่องภายในของปริซึม</u> ก่อนที่จะมีอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ยนิดทไวแมนและกรีน การทำปริซึมขนาดใหญ่เพื่อให้ได้กำลังแยกสูง มีปัญหา คือ แม้ว่าจะมีการฝนผิว โดยเทียบกับแผ่นราบมาตรฐานอย่างดีแล้วก็ตาม ก็ยังให้เส้นสเปกตรัมที่ไม่คมชัด[13] ผลการพิจารณาด้วยอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ยนิดนี้ ทำให้ทราบต้นตอของปัญหาว่า เป็นเพราะดัชนีหักเหของเนื้อแก้วไม่เท่ากันโดยตลอด แม้ว่าจะใช้แก้วที่ดีแล้วก็ตาม ความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของเนื้อแก้วสามารถตรวจสอบและแก้ไขได้โดยใช้อุปกรณ์นี้ ซึ่งการแก้ไขคือการขัดเฉพาะที่ เหตุนี้ ปริซึมขนาดใหญ่ที่ดีในระยะหลัง สามารถสร้างได้ แม้ว่าแก้วที่นำมาทำจะไม่เป็นแก้วที่ดีนัก

ได้ทดลองนำปริซึม 60 องศา กับ 45 องศา ที่อยู่ในห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ ของภาควิชาฟิสิกส์มาตรวจสอบ เพื่อพิจารณาความบกพร่องภายในของปริซึม โดยใช้อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น

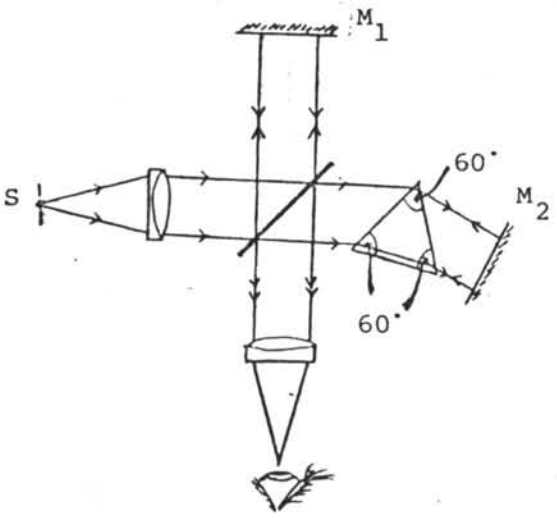
รูป 4.7 ก. แสดงการจัดอุปกรณ์ ในการตรวจสอบปริซึม 60 องศา รูป 4.7 ข. เป็นภาพริ้วการแทรกสอด ที่ได้จากการตรวจสอบเนื้อปริซึม 60 องศาอันหนึ่ง ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ บริเวณปลายเข็มชี้ในรูป 4.7 ข. คือ บริเวณที่ปริซึมมีระยะทางทัศน์มากกว่าบริเวณอื่น การแก้ไขอาจทำได้โดยการขัดบริเวณที่ปลายเข็มชี้นี้ลงไปก่อน (ขัดผิวใดผิวหนึ่ง) ซึ่งขัดเป็นบริเวณ ๆ ไป จนภาพริ้วการแทรกสอดที่ได้ เป็นภาพสม่ำเสมอกันทั่วภาพ ที่เรียกว่าการขัดเฉพาะที่ ซึ่งจะไม่กล่าวถึงรายละเอียด

ก. ข. ค.

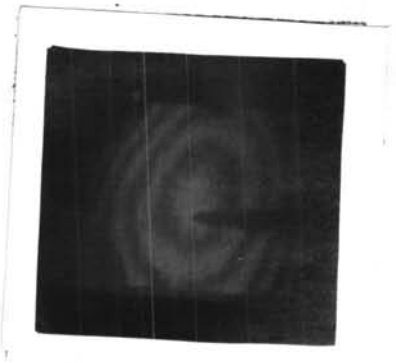


ง. จ. ฉ.

รูป 4.6 ภาพรัวการแทรกสอดจากอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้าง เมื่อใช้ทดสอบความบกพร่องภายใน ของแก้วชนิดต่าง ๆ

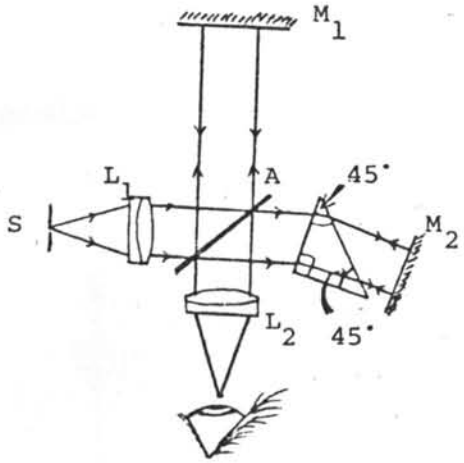


ก.



ข.

รูป 4.7 รูป ก. การจัดอุปกรณ์ เพื่อตรวจสอบความบกพร่องภายใน ของปริซึม 60 องศา
รูป ข. ริ้วการแทรกสอด ที่ได้จากการตรวจสอบปริซึม 60 องศา อันหนึ่ง ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ



ก.

ข.

รูป 4.8 รูป ก. การจัดอุปกรณ์ เพื่อตรวจสอบความบกพร่องภายในของปริซึม 45 องศา
รูป ข. ริ้วการแทรกสอด ที่ได้จากการตรวจสอบปริซึม 45 องศา อันหนึ่ง ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

รูป 4.8 ก. แสดงการจัดอุปกรณ์ ในการตรวจสอบปริซึม 45 องศา รูป 4.8 ข. เป็นภาพรัวการแทรกสอด ที่ได้จากการตรวจสอบเนื้อปริซึม 45 องศาอันหนึ่ง ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ บริเวณตอนล่างขวามือ และตอนบนซ้ายมือ เป็นบริเวณที่มีระยะทางทัศน์มากกว่าอีก 2 มุม

การขัดเฉพาะที่ ในการแก้ไขความบกพร่องภายใน ของทัศนอุปกรณ์ ที่ตรวจสอบโดยอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนี้ เมื่อขัดแก้แล้ว ค่าความแม่นยำของทัศนอุปกรณ์นั้น จะต้องไม่ดีไปกว่า $\pm \lambda$ อันเป็นความแม่นยำของอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ที่สร้างขึ้น