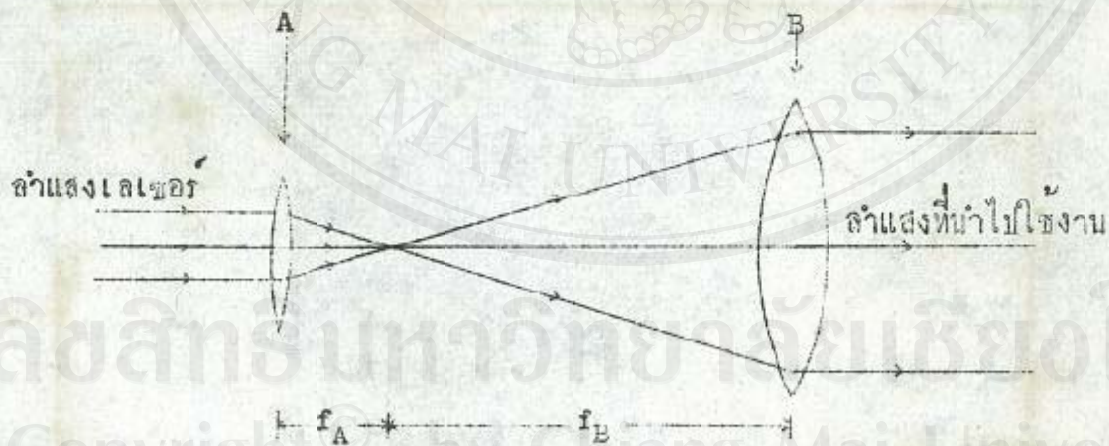


4.1 การจัดตั้งเครื่องมือสำหรับการทดลอง

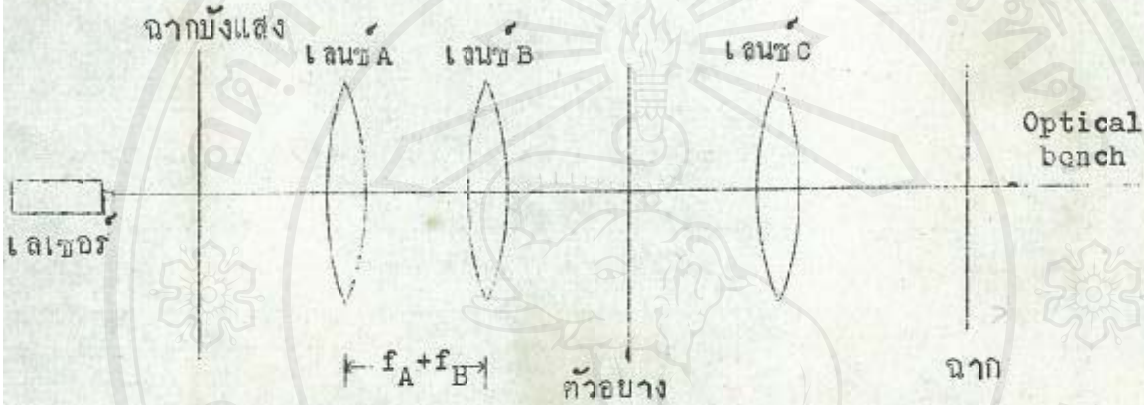
การจัดตั้งเครื่องมือทำได้โดย วาง Optical bench ให้อยู่ในแนวระดับ ติดตั้งเลนเซอร์ที่ปลายข้างหนึ่งของ Optical bench จัดให้ลำแสงเลเซอร์ขนานกับแนวของ Optical bench พอดี ในการทดลองตัวอย่าง (Sample) ที่ต้องการ transform บางอันมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ เพื่อให้แสงเลเซอร์ตกกระทบบททุกส่วนของตัวอย่าง จึงจำเป็นต้องขยายลำแสงเลเซอร์ให้มีขนาดโตขึ้นและยังเป็นลำแสงขนาน โดยใช้เลนส์นูนที่ทราบทางยาวโฟกัส 2 อัน วางให้หน้าเลนเซอร์ให้เลนซ์ทั้งสองห่างกันเท่ากับผลรวมของทางยาวโฟกัสของเลนซ์ทั้งสอง แสงที่ผ่านเลนซ์ออกมาจะเป็นลำแสงขนาน (รูปที่ 4.1)



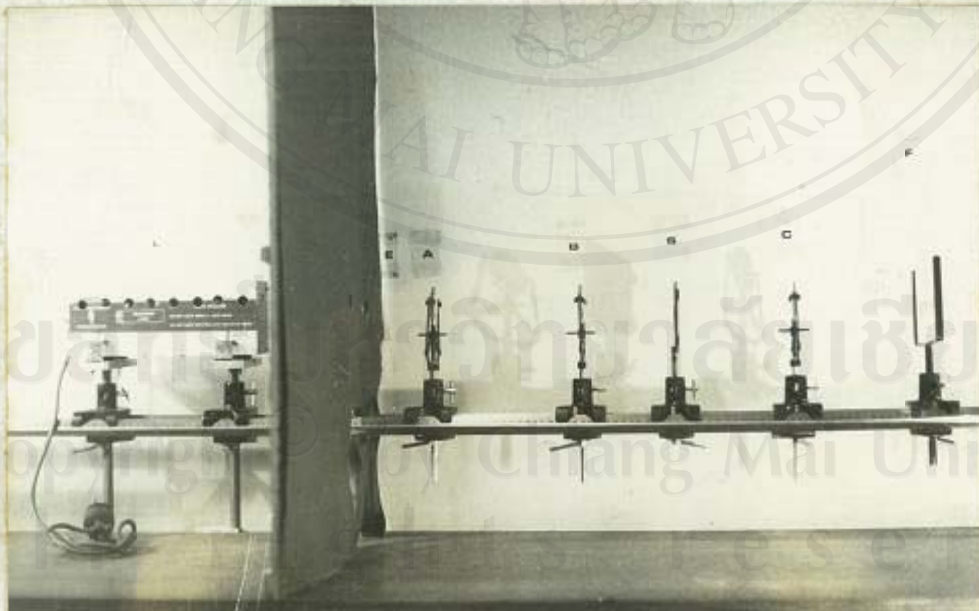
รูปที่ 4.1 Diagram แสดงการขยายลำแสงเลเซอร์ให้มีขนาดโตขึ้นและยังเป็นลำแสงขนาน

การจัดตำแหน่งของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

4.1.1 ตำแหน่งของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการ transform ภาพโดยวิธี Optical Transformation จัดได้ดัง diagram ที่แสดงไว้ตามรูปที่ 4.2 หรือรูปที่ 4.3



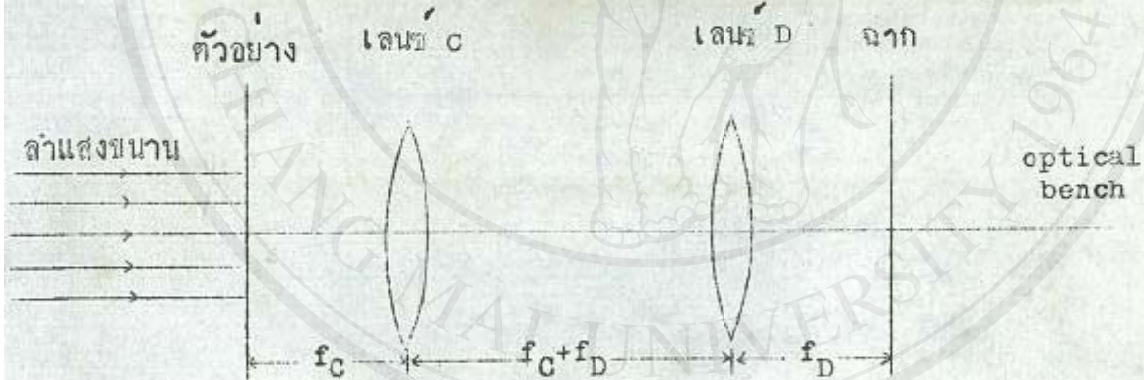
รูปที่ 4.2 diagram แสดงการจัดตำแหน่งของเครื่องมือที่ใช้ในการ transform ภาพโดยวิธี Optical Transformation



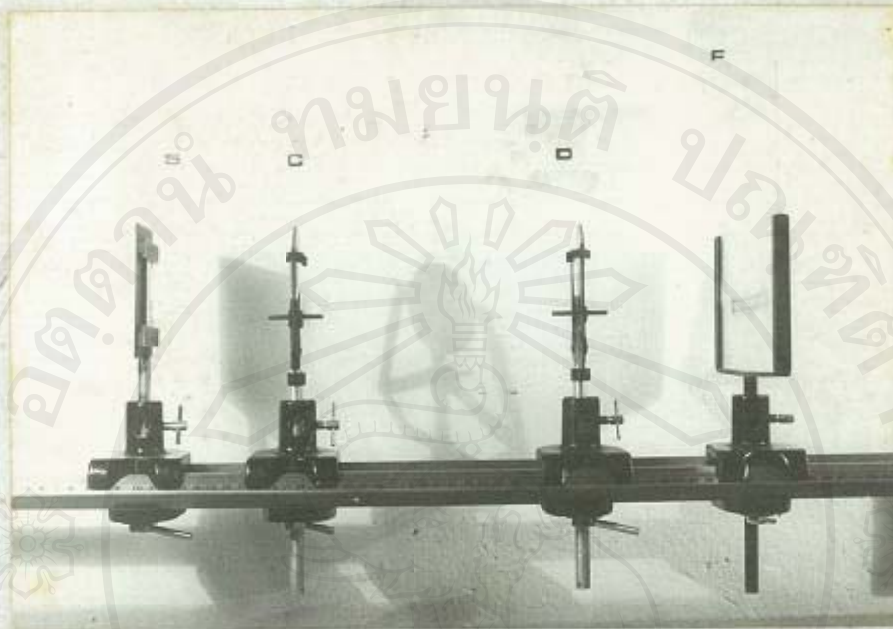
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงการจัดตำแหน่งของเครื่องมือที่ใช้ในการ transform ภาพโดยวิธี Optical Transformation: L เป็นเลเซอร์, ... เป็นฉากบังแสง, ... เป็นเทียน, ... เป็นฉาก

4.1.2 ตำแหน่งของเครื่องมือที่ใช้ในการ transform ภาพโดยวิธี Optical Computer มีลักษณะการจัดคล้ายกับหัวข้อ 4.2.1 แต่เพิ่มเลนซ์ D อีกอันหนึ่งระหว่างเลนซ์ C กับฉาก และมีเงื่อนไขการจัดดังนี้

1. ระยะห่างระหว่างตัวอย่างกับเลนซ์ C เท่ากับทางยาวโฟกัสของเลนซ์ C
 2. ระยะห่างระหว่างเลนซ์ C กับเลนซ์ D เท่ากับผลรวมของความยาวโฟกัสของเลนซ์ทั้งสอง
 3. ระยะห่างระหว่างเลนซ์ D กับฉากเท่ากับความยาวโฟกัสของเลนซ์ D
- ลักษณะการจัดตำแหน่งของเครื่องมือ แสดงในรูปที่ 4.4 หรือ รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 diagram แสดงตำแหน่งของเครื่องมือในการ transform ภาพโดยวิธี Optical Computer



รูปที่ 4.5 ภาพแสดงการจัดตำแหน่งของเครื่องมือในการ transform ภาพโดยวิธี Optical Computer: S เป็นกรอมบีดตัวอย่าง, C,D เป็นเลนส์ที่ไว้ในการ transform ภาพและ F เป็นฉากรับภาพ

4.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดลอง

ในการถ่ายภาพโครงสร้างของสารโดยวิธี Optical Transformation นี้ เราไม่สามารถถ่ายภาพโครงสร้างภายในของสารได้ เพราะเลนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถทะลุผ่านผลึก (crystal) ของสารได้ เนื่องจากความยาวช่วงคลื่นของลำแสง เลเซอร์ต่างกับระยะห่างระหว่างอะตอมของสารมาก จึงไม่สามารถ transform ให้เกิดภาพโครงสร้างภายในของสารได้ ดังนั้นในการศึกษาวิธีการถ่ายภาพโครงสร้างของสารแบบ Optical Transformation นี้ จึงใช้หุ่นจำลองของโครงสร้างของสารที่สนใจเป็นตัว ตัวอย่าง โดยให้จุดแต่ละจุดในตัวอย่างแทนขนาดและตำแหน่งของอะตอมใน unit cell

ที่ประกอบเป็นโครงสร้างของสารแต่ละชนิด ตัวอย่างที่สร้างขึ้นสำหรับการศึกษาวិธีการถ่ายภาพโครงสร้างของสารนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ตัวอย่างแบบสองมิติ (Two dimensional sample) และตัวอย่างแบบสามมิติ (Three dimensional sample) และตัวอย่างแต่ละประเภทมีวิธีการเตรียมดังนี้

4.2.1 ตัวอย่างแบบสองมิติ เป็นตัวอย่างที่ใช้ศึกษาการ transform ภาพใน 2 มิติ ตัวอย่างประเภทนี้เตรียมได้โดยสร้างรูปแบบ (pattern) ที่เกิดจากการเอา unit cell ของ crystal system มา project ลงบนระนาบตามต้องการ หรือสร้าง pattern ที่เป็นโครงสร้างของโมเลกุลอุดมคติ (Idealized molecule) ของสารที่สนใจขึ้นมาก่อนโดยใช้ตัวลอก (Letter press) ที่เป็นจุดกลมสีดำ กดลงบนกระดาษสีขาว แล้วย่อส่วนของ pattern โดยการถ่ายภาพแต่ละ pattern ที่สร้างขึ้นไว้ เมื่อนำฟิล์มไปล้างจะได้ตัวอย่างแบบสองมิติตามต้องการ โดยฟิล์มที่ได้จะมีพื้นสีดำและจุดสีขาว ซึ่งแต่ละจุดจะโชเห็นขนาดและตำแหน่งของอะตอมใน unit cell ที่ประกอบเป็นโครงสร้างของสาร ตัวอย่างประเภทนี้สร้างขึ้นมามีทั้งหมด 5 ตัวอย่างคือ

1. ตัวอย่างที่เป็น unit cell ของสารซึ่งมีโครงสร้างแบบ primitive cubic มี pattern ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6
2. ตัวอย่างที่เป็น unit cell ของสารซึ่งมีโครงสร้างแบบ face center cubic มี pattern ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.7
3. ตัวอย่างที่เป็น unit cell ของสารซึ่งมีโครงสร้างแบบ hexagonal มี pattern ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.8
4. ตัวอย่างที่เป็นโครงสร้างโมเลกุลเดี่ยวของ catechol ซึ่ง project ลงบน plane (010)⁽¹⁾ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.9
5. ตัวอย่างที่เป็นโครงสร้างโมเลกุลอุดมคติ (Idealized molecule) ของ diphenylene naphthacene⁽¹⁾ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.6 ภาพแสดง pattern ของตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ primitive cubic



รูปที่ 4.7 ภาพแสดง pattern ของตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ face center cubic

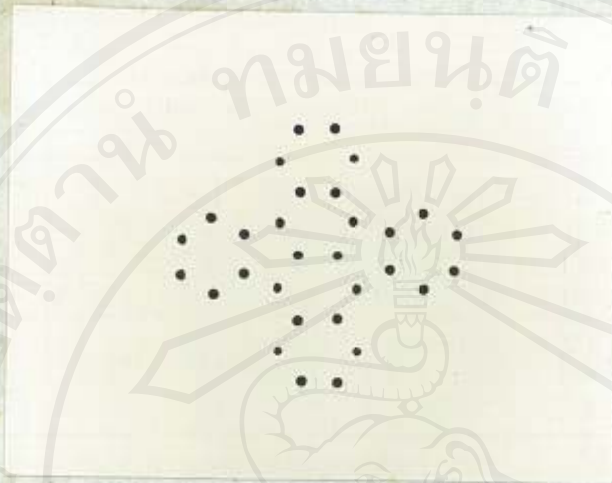


รูปที่ 4.8 ภาพแสดง pattern ของตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ hexagonal



รูปที่ 4.9 ภาพแสดง pattern ของตัวอย่างที่เป็นโมเลกุลเดี่ยวของ catechol ซึ่ง project ลงบนระนาบ (010)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved



รูปที่ 4.10 ภาพแสดง pattern ของตัวอย่างที่เป็นโมเลกุลของ diphénylene naphthacene.

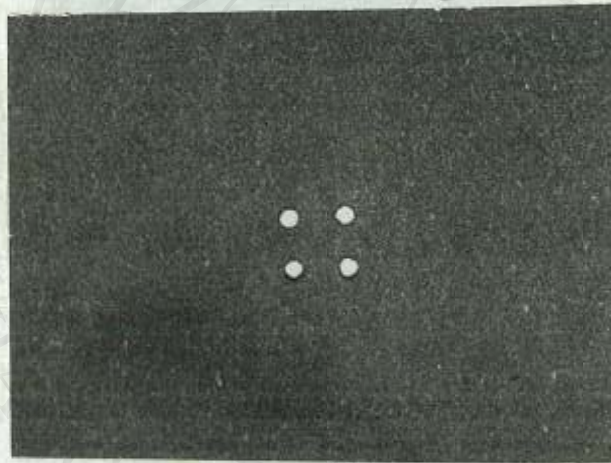
4.2.2 ตัวอย่างแบบสามมิติ (Three dimensional sample)

เป็นตัวอย่างที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ศึกษาการ transform ภาพใน 3 มิติ สำหรับการทดลองศึกษาเฉพาะ unit cell ของ crystal ที่เป็น primitive tetragonal ซึ่งมีลำดับชั้นการเตรียมดังนี้

1. สร้าง pattern ที่เกิดจากการ project ระนาบ (001) หรือ (00 $\bar{1}$) ของ unit cell ที่เป็น primitive tetragonal โดยใช้เครื่องเจาะ (punch) กระทบกดลงบนแผ่นกระดาษสีขาว จะได้ชั้นของแผ่นกระดาษสีขาว ซึ่งเป็นแผ่นกลม นำชั้นกระดาษที่ได้ไปสร้างเป็น pattern บนแผ่นกระดาษสีดำ ดังแสดงไว้ตามรูปที่ 4.11 แล้วขอส่วนโดยการถ่ายภาพของ pattern ไว้อย่างน้อย 2 ภาพที่มีขนาดเท่ากัน เมื่อนำฟิล์มไปล้างจะได้ภาพที่มีพื้นขาวจุดดำ

2. นำฟิล์มที่ได้จากข้อ 1 จำนวน 2 ภาพมาตัดออกจากกันแล้วนำแต่ละอันอัดไว้ในกรอบสไลด์

3. นำกรอบสไลด์ทั้งสองอันมาผนึกติดกันโดยใช้ pattern บนฟิล์มทั้งสองตรงกันพอดี (ถ้าต้องการให้ฟิล์มห่างกันมาก ๆ ควรใช้กระดาษหนา ๆ กั้นระหว่างกรอบของสไลด์) จะได้ตัวอย่างแบบสามมิติตามต้องการ



รูปที่ 4.11 ภาพแสดง pattern ที่มีโครงสร้างแบบ primitive tetragonal project ลงบนระนาบ (001) หรือ (00 $\bar{1}$)

4.3 การทดลองและผลการทดลอง

4.3.1 ใช้ตัวอย่างแบบสองมิติ เพื่อหารูปแบบการเลี้ยวเบนและภาพของตัวอย่างที่เกิดจากการ transform ซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

1. การปรับแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนล โดยให้ลำแสงขนานจากเลนเซอร์ผ่านตัวอย่าง ซึ่งจะเกิดรูปแบบการเลี้ยวเบนที่มีรูปแบบแตกต่างกันไปตั้งแต่ตำแหน่งที่แสงออกจากตัวอย่างจนถึงระยะอนันต์ ใสกลองถายรูป (แทนฉาก) รับรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนล ณ ตำแหน่งที่สนใจ และเพื่อให้ได้รูปแบบการเลี้ยวเบนมีขนาดโตขึ้น รายละเอียดของภาพชัดเจขึ้น ใช้เลนส์ขนานที่ทราบทางยาวโฟกัสขยายรูปแบบการเลี้ยวเบนที่สนใจนั้น โดยเลื่อนกลองถายรูปให้ไกลออกไป และจกระยะระหว่างรูปแบบการเลี้ยวเบนกับเลนส์ และเลนส์กับกลองถายรูปให้เหมาะสม โดยอาศัยหลักการคำนวณระยะภาพจากสูตรของเลนส์บางคือ

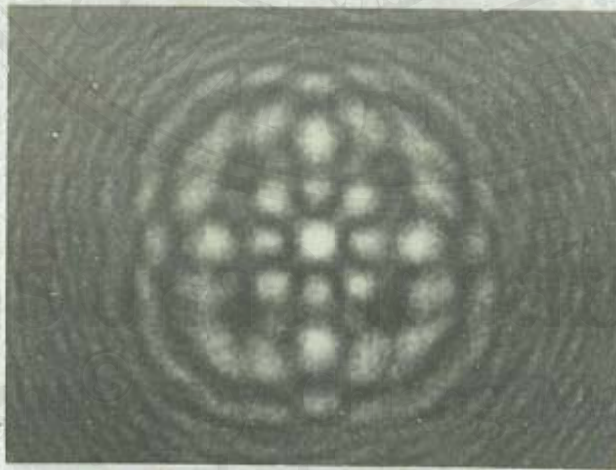
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

ซึ่งในที่นี้รูปแบบการเลี้ยวเบน ณ ตำแหน่งที่สนใจจะทำหน้าที่เป็นวัตถุ

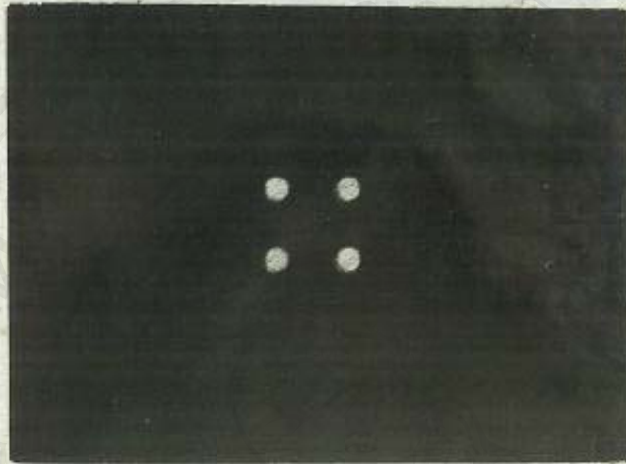
2. ใช้เลนส์ขนาน transform ให้เกิดภาพของตัวอย่างโดยเลื่อนเลนส์ขนานหรือกลองถายรูป จนกระทั่งปรากฏภาพของตัวอย่างในกลองถายรูปชัดเจน ไม่มี fringe เกิดขึ้นรอบ ๆ ภาพหรือแต่ละส่วนของภาพ
3. การปรับแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ที่เกิดจากตัวอย่างในระนาบโฟกัสของเลนส์ โดยเลื่อนกลองถายรูปให้อยู่ในตำแหน่งจุดโฟกัสของเลนส์พอดี
4. ทดลอง transform ให้เกิดภาพของตัวอย่างโดยวิธี Optical Computer ซึ่งตำแหน่งของตัวอย่าง, เลนส์และฉาก สามารถจัดได้ตามหัวข้อที่ 4.1.2 หรือรูปที่ 4.4

จากการทดลองโค่นการทดลองดังนี้

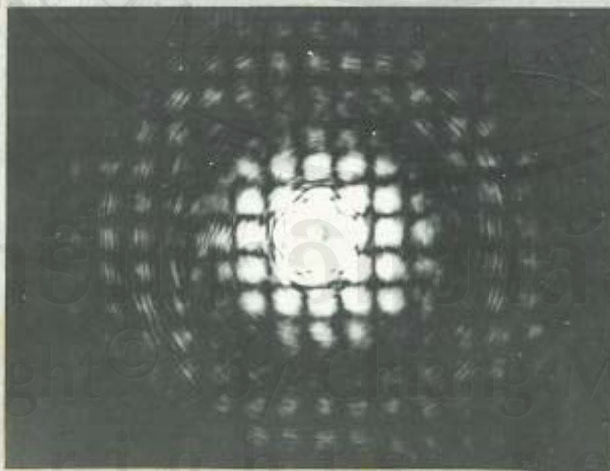
1. ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ primitive cubic (ตามรูปที่ 4.6) โดยผลการทดลองดังรูปที่ 4.12 ถึง 4.15
2. ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ face center cubic (ตามรูปที่ 4.7) โดยผลการทดลองดังรูปที่ 4.16 ถึง 4.19
3. ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ hexagonal (ตามรูปที่ 4.8) โดยผลการทดลองดังรูปที่ 4.20 ถึง 4.23
4. ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลเดี่ยวของ catechol ถึง project ลงบน plane (010) (ตามรูปที่ 4.9) โดยผลการทดลองดังรูปที่ 4.24-4.27
5. ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลคู่ของ diphenylene naphthalene (ตามรูปที่ 4.10) โดยผลการทดลองดังรูปที่ 4.28 ถึง 4.31



รูปที่ 4.12 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสนซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ primitive cubic ห่างจากตัวอย่าง 29.25 ซม. โดยใช้เลนส์นูนทางยาวโฟกัส 10 ซม. ขยายรูปแบบการเลี้ยวเบน ระยะวัด 12.8 ซม. และระยะของ 4.6 ซม.



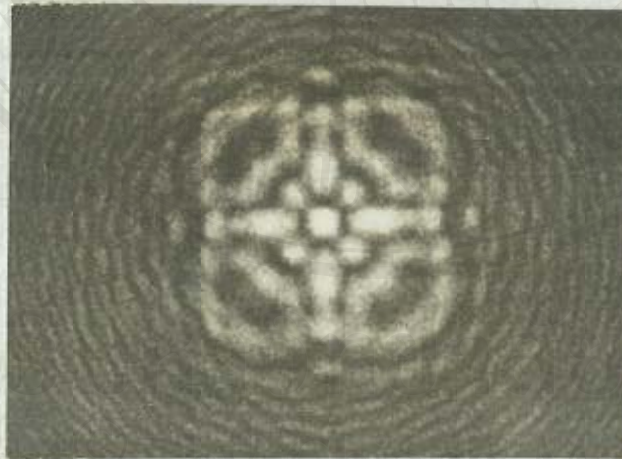
รูปที่ 4.13 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ primitive cubic โดยใช้เลนส์ขนทางยาวโฟกัส 10 ซม. ระยะวัตถุ 12.2 ซม. ระยะภาพ 55 ซม.



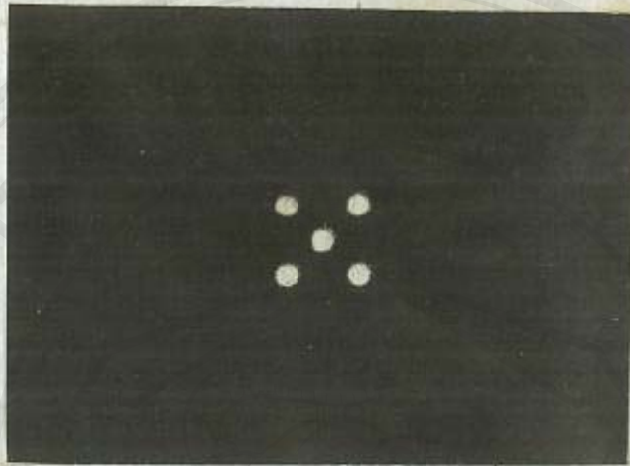
รูปที่ 4.14 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ซึ่งเกิดจาก ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ primitive cubic



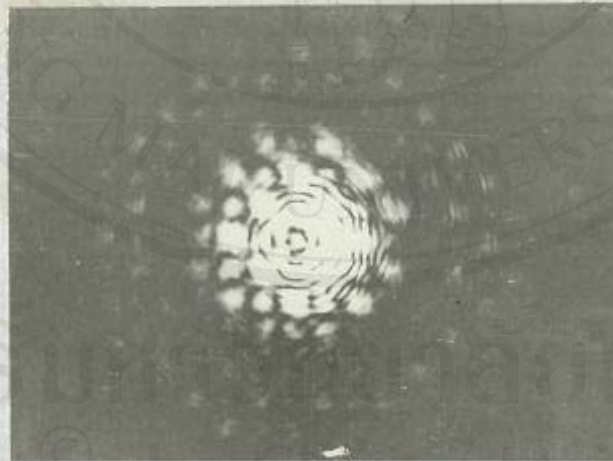
รูปที่ 4.15 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ primitive cubic โดยวิธี Optical Computer



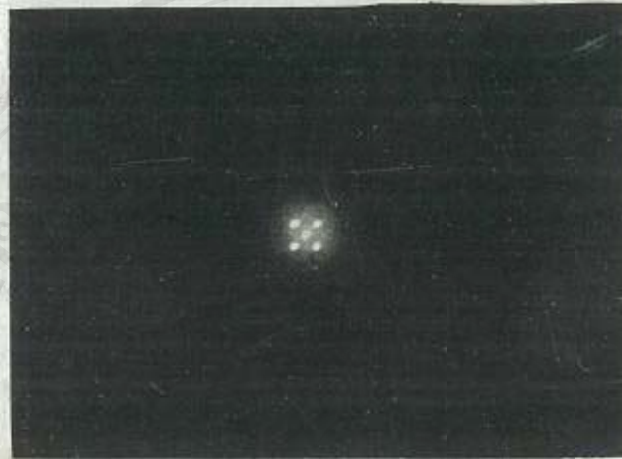
รูปที่ 4.16 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนลซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ face center cubic ห่างจากตัวอย่าง 39.50 ซม. โดยให้เลนส์ขนาน ทางยาวโฟกัส 10 ซม. ขยายรูปแบบการเลี้ยวเบน ระยะวัตถุ 14.20 ซม. และระยะภาพ 77.9 ซม.



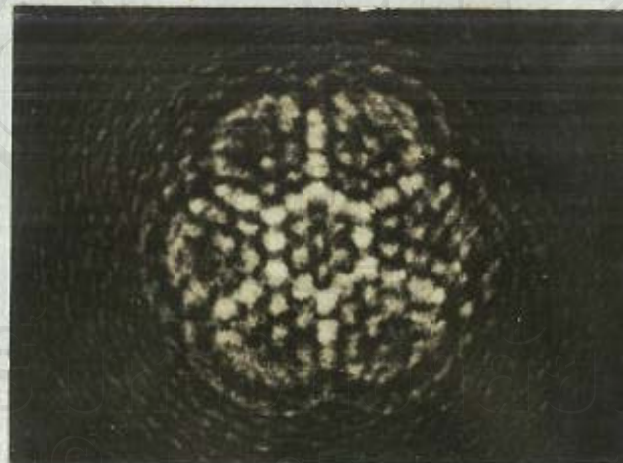
รูปที่ 4.17 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ face center cubic โดยใช้เลนส์นูนทางยาวโฟกัส 10 ซม. ระยะวัตถุ 12.2 ซม. ระยะภาพ 55 ซม.



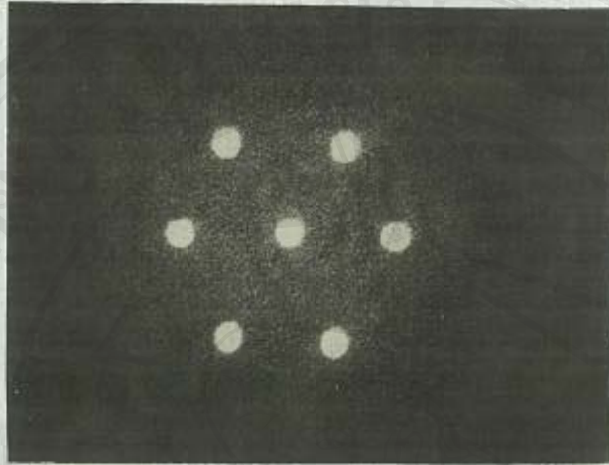
รูปที่ 4.18 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ face center cubic



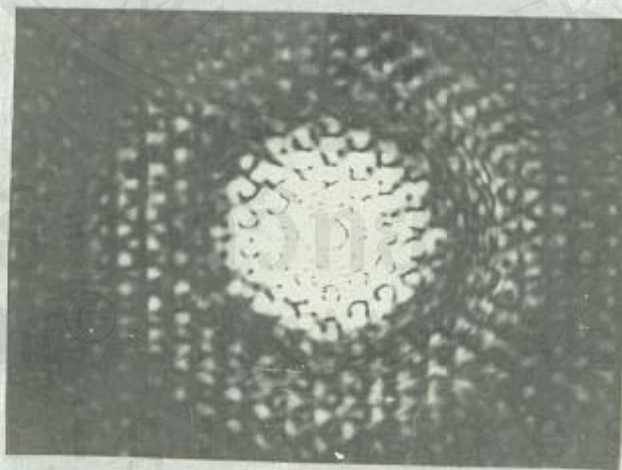
รูปที่ 4.19 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ face center cubic โดยวิธี Optical Computer



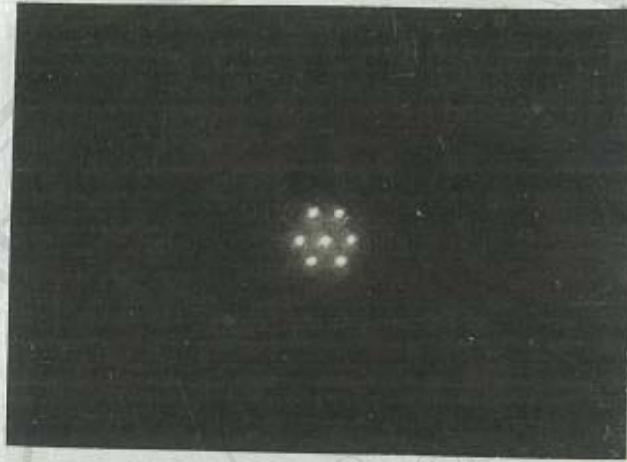
รูปที่ 4.20 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนล ซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ hexagonal ห่างจากตัวอย่าง 25.55 ซม. โดยใช้เลนส์ขนานทางยาวโฟกัส 10 ซม. ขยายรูปแบบการเลี้ยวเบน ระยะวัตถุ 12.65 ซม. ระยะภาพ 47.8 ซม.



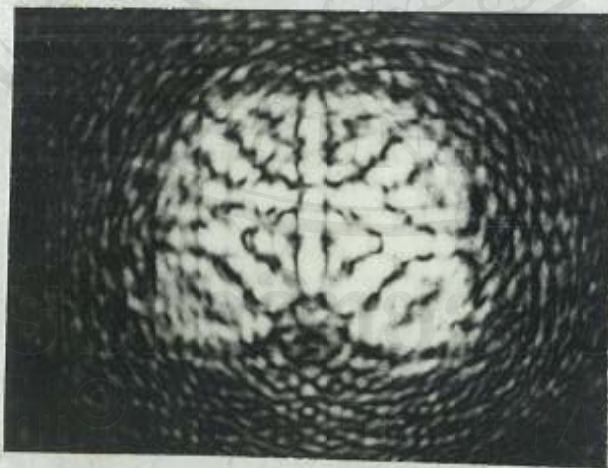
รูปที่ 4.21 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ hexagonal โดยใช้เส้นศูนย์กลางยาวโฟกัส 10 ซม. ระยะวัตถุ 11.6 ซม. ระยะภาพ 71.8 ซม.



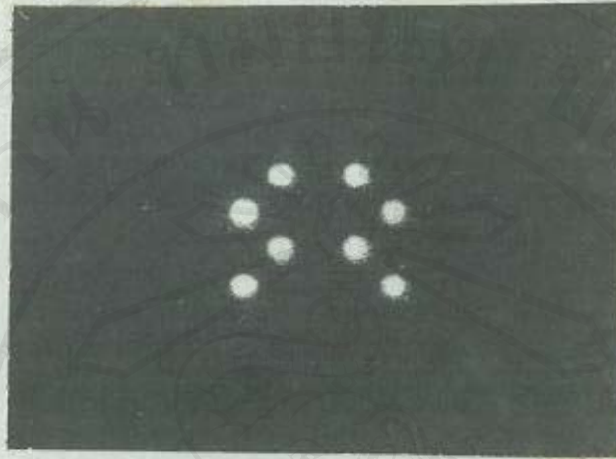
รูปที่ 4.22 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจาก ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ hexagonal



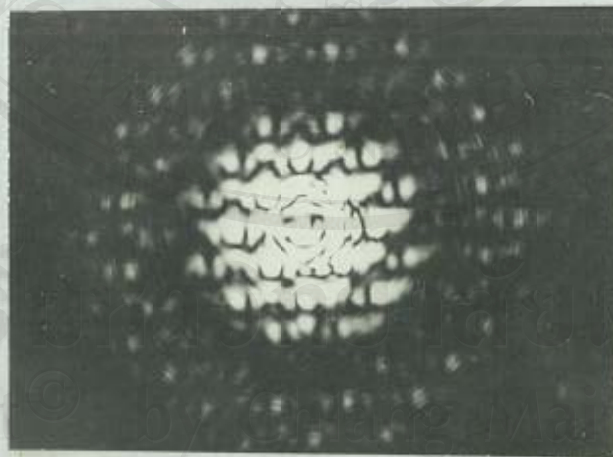
รูปที่ 4.23 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ hexagonal โดยวิธี Optical Computer



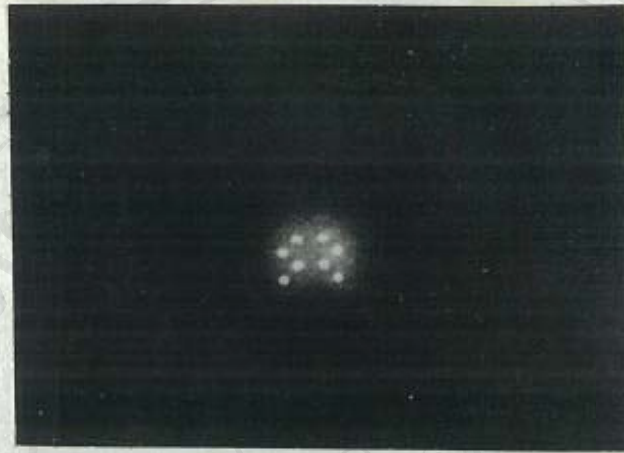
รูปที่ 4.24 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสนัล ซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลเดี่ยวของ catechol ห่างจากตัวอย่าง 24 ซม. โดยใช้เลนส์นูนขยายรูปแบบการเลี้ยวเบน



รูปที่ 4.25 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็น โมเลกุลเดี่ยวของ catechol โดยใช้เลนส์นูนทางยาวโฟกัส 10 ซม. ระยะวัตถุ 11.6 ซม. ระยะภาพ 71.8 ซม.



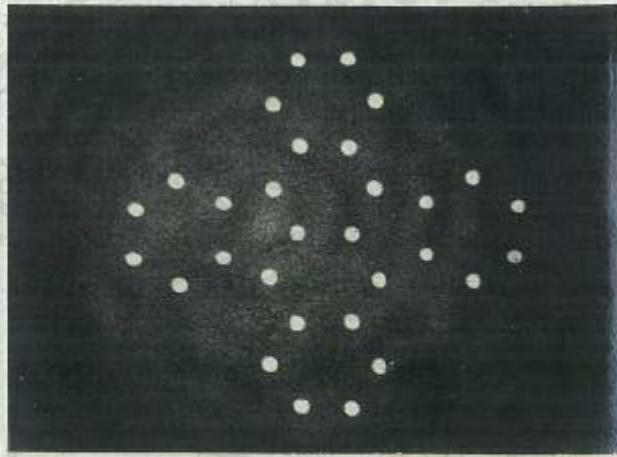
รูปที่ 4.26 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจาก ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลเดี่ยวของ catechol



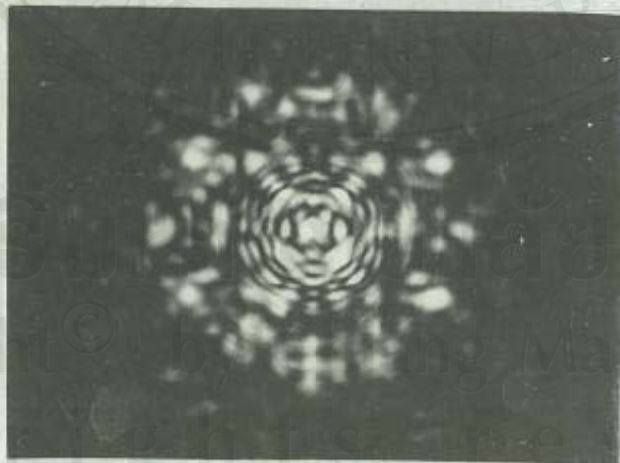
รูปที่ 4.27 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็น โมเลกุลเดี่ยวของ catechol โดยวิธี Optical Computer



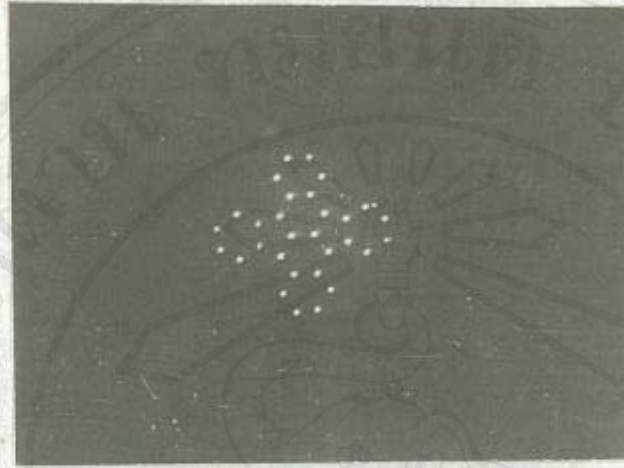
รูปที่ 4.28 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนล ซึ่งเกิดจากตัวอย่าง ที่มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลอุมคคคของ diphenylene naphthalene ห่างจากตัวอย่าง 24.45 ซม. โดยใช้ เลนส์ขนานทางยาวโฟกัส 10 ซม. ขยายรูปแบบการเลี้ยวเบน ระยะวัตถุ 13.55 ซม. ระยะภาพ 38 ซม.



รูปที่ 4.29 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็น
โมเลกุลของ diphenylene naphthacene โดยใช้
เลนส์ขนทางยาวโฟกัส 10 ซม. ระยะวัตถุ 12.4 ซม.
ระยะภาพ 51.2 ซม.



รูปที่ 4.30 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจาก
ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลของ diphenylene

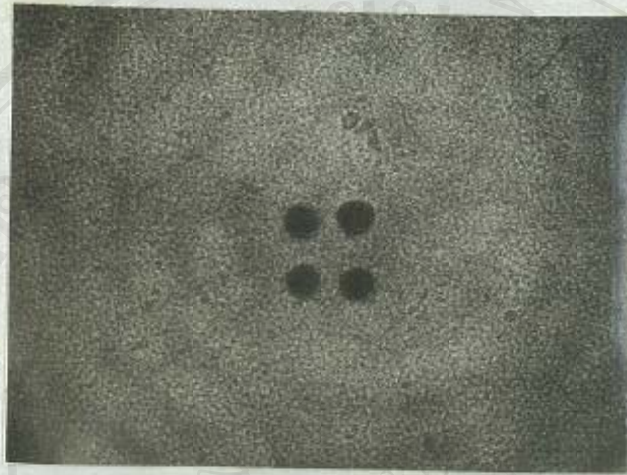


รูปที่ 4.31 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเป็น
โมเลกุลอะตอมคึกของ diphenylene naphthacene โดยวิธี
Optical Computer

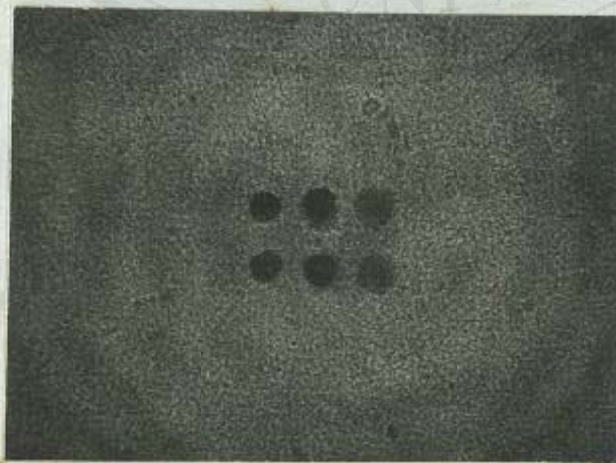
4.3.2 ใช้ตัวอย่างแบบสามมิติ ทดลองหาภาพที่เกิดจากการ transform ซึ่งทำ
การทดลองดังนี้

1. โต้แสงขนานจากเลเซอร์ตกตั้งฉากกับตัวอย่างแล้ว เลื่อนเลนส์หรือกล้อง
ถ่ายภาพจนมองเห็นภาพของตัวอย่างชัดเจน
2. หมุนตัวอย่างให้ทำมุมอื่นกับลำแสงเลเซอร์
3. เลื่อนกรอบสไลด์ให้ตำแหน่งของ pattern บนฟิล์มทั้งสองไม่ตรงกัน
และให้ลำแสงตกตั้งฉากกับตัวอย่าง

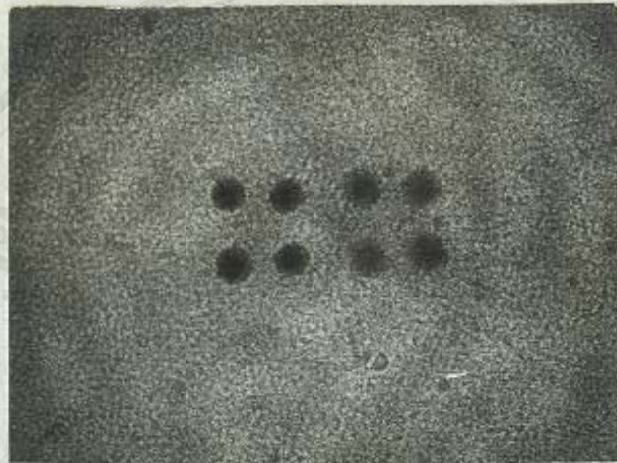
จากการทดลองได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.32 ถึง 4.34



รูปที่ 4.32 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างแบบสามมิติที่มีโครงสร้างแบบ tetragonal โดยวางตัวอย่างให้ตั้งฉากกับลำแสงและใช้เลนส์นูนทางยาวโฟกัส 10 ซม. วางทางจากคานหลังของตัวอย่าง 12.7 ซม. และคานหน้าของตัวอย่าง 12.4 ซม. (ฟิล์มของตัวอย่างห่างกัน 0.3 ซม.) ระยะภาพ 51.2 ซม.



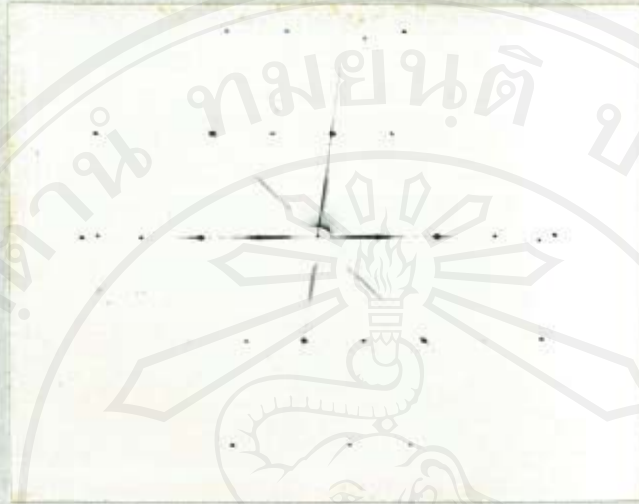
รูปที่ 4.33 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างแบบสามมิติ โดยวางตัวอย่างให้ตั้งฉากกับลำแสงและใช้เลนส์นูนทางยาวโฟกัส 10 ซม. วางทางจากคานหลังของตัวอย่าง 12.7 ซม. และคานหน้าของตัวอย่าง 12.4 ซม. (ฟิล์มของตัวอย่างห่างกัน 0.3 ซม.) ระยะภาพ 51.2 ซม.



รูปที่ 4.34 ภาพที่เกิดจากการ transform ตัวอย่างแบบสามมิติ โดยให้แสงตกตั้งฉากกับตัวอย่างและเลื่อนให้ตำแหน่งของ pattern บนฟิล์มทั้งสองไม่ตรงกัน

4.3.3 นำรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอรต์ที่ได้จากการทดลองและ X-ray diffraction pattern มาเป็นตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างและการทดลองดังนี้

1. ถ่ายภาพของฟิล์มที่เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอรต์จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.3.1 ตามรูปที่ 4.14, 4.18, 4.22, 4.26 และ 4.30 เพื่อยอส่วนให้เล็กลง เมื่อนำฟิล์มไปล้างจะได้เป็นภาพ positive เหมือนกับรูปแบบการเลี้ยวเบน
2. ถ่ายภาพจากฟิล์มที่เป็น X-ray diffraction pattern จากผลึกของ Dimethyl glycine hydrochloride ($(C_4H_8NO_2).HCl$) ซึ่งถ่ายแบบ Precession photograph โดยใช้ monochromatic X-ray และ Oscillation photograph โดยใช้ white radiation นำฟิล์มไปล้าง-อัดภาพให้มีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 4.35 และ 4.36 แล้วถ่ายภาพที่อัดแล้วอีกครั้งหนึ่งเพื่อยอส่วนให้เล็กลง เมื่อนำฟิล์มไปล้างจะได้ตัวอย่างตามต้องการ



รูปที่ 4.35 แสดง X-ray diffraction pattern จากผลึกของ
Dimethyl glycine hydrochloride ซึ่งถ่ายแบบ
Precession photograph โดยใช้ monochromatic
X-ray



รูปที่ 4.36 แสดง X-ray diffraction pattern จากผลึกของ
Dimethyl glycine hydrochloride ซึ่งถ่ายแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ทารูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ของตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1 และ 2 โดยใช้ต้นกำเนิดแสงเค็ม เพื่อศึกษาว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ของรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร สำหรับวิธีหารูปแบบการเลี้ยวเบนของฟรอนโฮเฟอร์ทดลองเหมือนกับข้อ 3 ในหัวข้อ 4.3.1

จากการทดลองโค่นการทดลองดังรูปต่อไปนี้

1. ตัวอย่างที่เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ primitive cubic (ตามรูปที่ 4.14) โค่นการทดลองดังรูปที่ 4.37

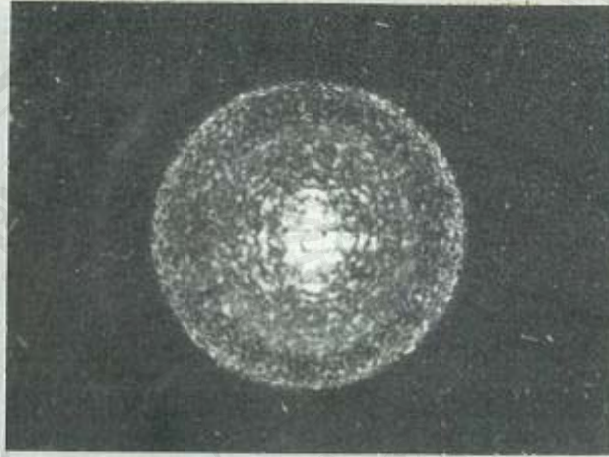
2. ตัวอย่างที่เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนของฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ face center cubic (ตามรูปที่ 4.18) โค่นการทดลองดังรูปที่ 4.38

3. ตัวอย่างที่เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างแบบ hexagonal (ตามรูปที่ 4.22) โค่นการทดลองดังรูปที่ 4.39

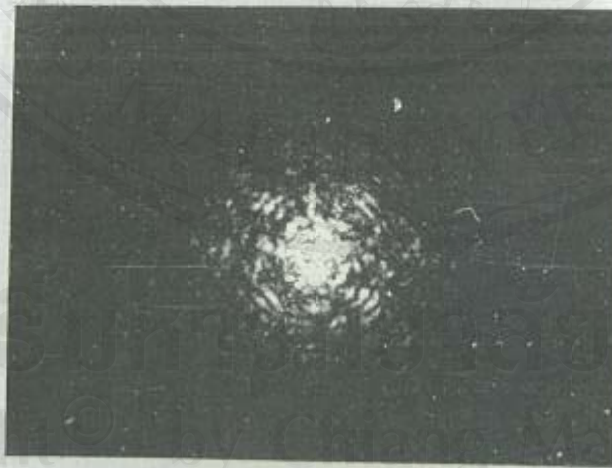
4. ตัวอย่างที่เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจากตัวอย่างเป็นโมเลกุลเดี่ยวของ catechol (ตามรูปที่ 4.26) โค่นการทดลองดังรูปที่ 4.40

5. ตัวอย่างที่เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ซึ่งเกิดจากตัวอย่างที่เป็นโมเลกุลคู่ของ diphenylene naphthalene (ตามรูปที่ 4.30) โค่นการทดลองดังรูปที่ 4.41

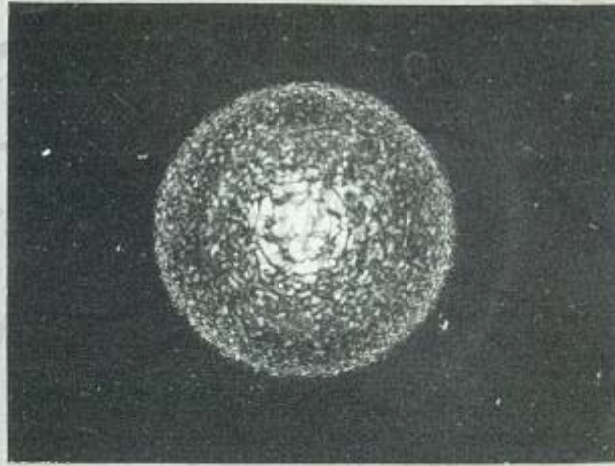
6. ตัวอย่างที่เป็น X-ray diffraction pattern ของผลึก Dimethyl glycine hydrochloride ซึ่งถ่ายแบบ Precession photograph โค่นการทดลองดังรูปที่ 4.42 และถ่ายแบบ Oscillation photograph โค่นการทดลองดังรูปที่ 4.43



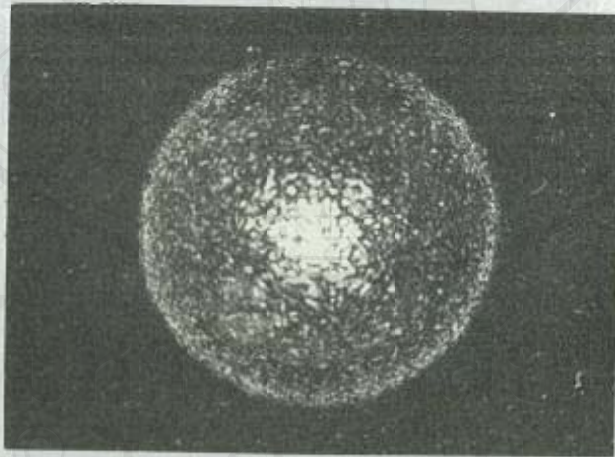
รูปที่ 4.37 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ ที่เกิดจาก
ตัวอย่างตามรูปที่ 4.14



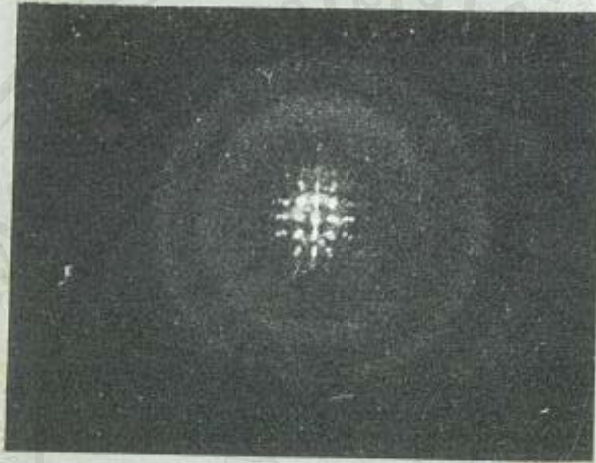
รูปที่ 4.38 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ที่เกิดจาก
ตัวอย่างตามรูปที่ 4.18



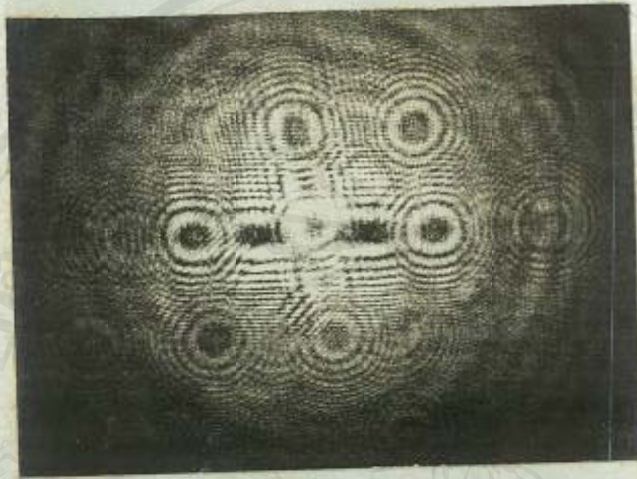
รูปที่ 4.39 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮสเฟอริที่เกิดจาก
ตัวอย่างตามรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.40 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮสเฟอริที่เกิดจาก
ตัวอย่าง ตามรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.41 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนฟรอนโฮเฟอร์ที่เกิดจาก
ตัวอย่าง ตามรูปที่ 4.30



ก

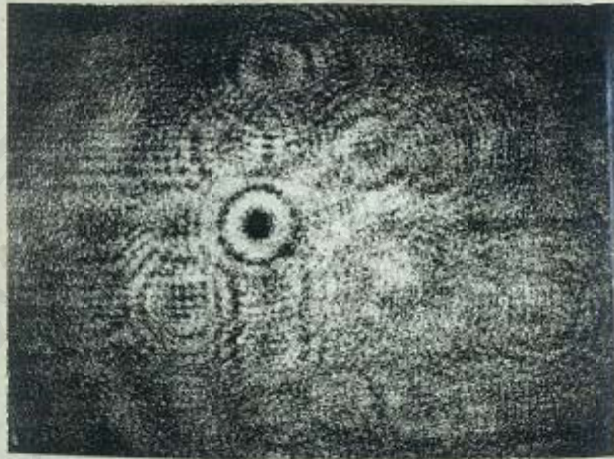


ข

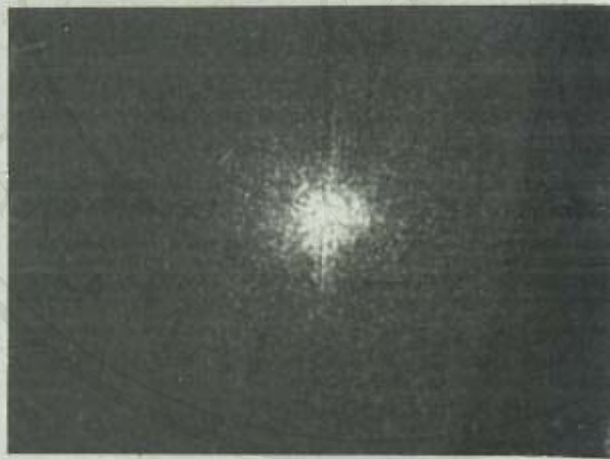
รูปที่ 4.42 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนที่เกิดจากตัวอย่างเป็น X-ray diffraction pattern ตามรูปที่ 4.35

(ก) เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสนิจห่างจากตัวอย่าง 22.4 ซม. โดยใช้เลนส์นูนทางยาวโฟกัส 10 ซม. ขยายรูปแบบการเลี้ยวเบนระยะวัตถุ 16.1 ซม.

ระยะภาพ 26.5 ซม.



ก



ข

รูปที่ 4.43 ภาพแสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนที่เกิดจากตัวอย่างเป็น X-ray diffraction pattern ตามรูปที่ 4.36

(ก) เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสนเอล ห่างจากตัวอย่าง 18 ซม. ใช้เลนส์ขนานทางยาวโฟกัส 10 ซม. ขยายรูปแบบการเลี้ยวเบน ระยะวัตถุ 12 ซม. และระยะภาพ 35 ซม.