

เอกสารอ้างอิง



1. ชมรมตรวจสอบโดยไม่ทำลาย "การตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี" เอกสาร
ประกอบการอบรมทางวิชาการ เรื่องการตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วย
รังสีหน้า 29 - 111, 2528
2. ศักดา ศิริพันธ์, เทคนิคการทำภาพ พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 89 - 108, 2523
3. ASM Committee "Radiographic Inspection Nondestructive Inspection
and Quality Control" Metals Handbook Volum 11 pp. 105 -
156. American Society for Metals. Metals Park, Ohio 1976
4. EITB. "Training for Industrial Site Radiography" 1 st ed.
Hills & Lacy, 1977
5. Eastman Kodak Company. "Kodak Films for Industrial Radiography
n.p., New York, 1969
6. Thomas S. Curry III, James E. Dowdey, Rogert C. Murry,
Intensifying and Fluoroscopic Screens in Christensen's
Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology 3 rd
Edition.,pp. 107-112, Lea & Febiger, Phladphia, 1984
7. Langford, M.J., Basic Photography in The Focal Press,
London, New York, 1975
8. Baines, H.,The Science of Photography. New York, 1976
9. James, T.H. (ed), Theory of the Photographic Process. 3 ed
Edition, Macmillan, New York, 1966

ภาคผนวก ก.

เทคนิคการล้างฟิล์มและการล้างกระดาษอัดรูป

ขั้นตอนในการล้างฟิล์ม

กระบวนการล้างฟิล์ม เป็นกระบวนการทำให้ภาพปรากฏเห็นบนแผ่นฟิล์ม โดยปฏิกิริยาเคมี ซึ่งต้องกระทำในท้องมืด น้ำยาเคมีที่ใช้ในการล้างฟิล์มสามารถหาซื้อได้โดยตรงจากผู้แทนจำหน่าย ในการล้างฟิล์มจะต้องควบคุมอุณหภูมิ ระยะเวลา ความเข้มข้นของน้ำยาล้างฟิล์ม ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตน้ำยานั้น เพื่อให้ได้ภาพถ่ายที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด

ขั้นตอนในการล้างฟิล์มมีดังนี้คือ

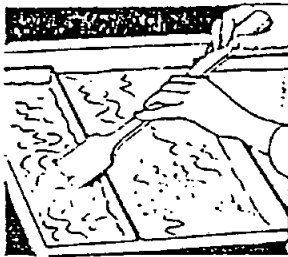
1. การสร้างภาพ (developing) เป็นกระบวนการรีดิวซ์เงินโบรไมด์ที่ถูกรังสีให้เป็นโลหะเงิน ซึ่งมีสีดำ โดยใช้สารละลายที่เป็นด่าง
2. การหยุดภาพ (stop bath) เป็นกระบวนการที่ทำให้น้ำยาสภาพภาพ (developer) ที่ตกค้างอยู่ให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายที่มีสภาพเป็นกรด น้ำยาหยุดภาพเป็นส่วนผสมระหว่างกรดอะซิติก (acetic acid) กับน้ำหรือถ้าจำเป็นใช้น้ำธรรมดาให้ไหลผ่านฟิล์มก็ได้
3. การคงสภาพ (fixing) เป็นกระบวนการชะล้างผลึกเงินโบรไมด์ที่ไม่ได้ถูกรังสีออกจากฟิล์ม โดยใช้สารละลายเคมีที่เป็นกรด นอกจากนี้น้ำยาคงสภาพ (fixer) ยังช่วยทำให้เจลาตินในฟิล์มอยู่ตัว (harden) และช่วยทำให้น้ำยาสภาพภาพที่ตกค้างอยู่มีสภาพเป็นกลาง
4. ล้างน้ำ (washing) เป็นการล้างเอาสารละลายที่ตกค้างอยู่ออกด้วยน้ำ
5. เวตติง (wetting) การแช่ฟิล์มในสารละลายแอโรโซล (aerosol) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดหยดน้ำเกาะบนฟิล์ม เพราะถ้าเป็นเช่นนั้น เมื่อฟิล์มแห้งจะเห็นคราบหยดน้ำเกาะอยู่บนฟิล์ม

6. การทำให้แห้ง (drying) เป็นการผึ่งฟิล์มให้แห้งในอากาศ หรือให้อากาศอุ่นที่ปราศจากฝุ่น เป่าฟิล์ม ซึ่งตามปกติทำเป็นตู้อบฟิล์มมีพัดลมดูดอากาศและที่กรองอากาศ

ขั้นตอนแสดงการสร้างฟิล์มได้แสดงไว้ในรูปที่ ก. 1

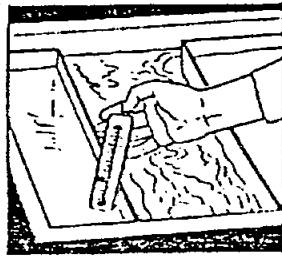


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



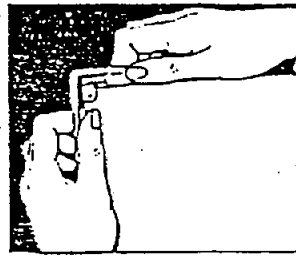
1 STIR SOLUTIONS

Stir developer and fixer solutions to equalize their temperature. (Use separate spoons for each to avoid possible contamination.)



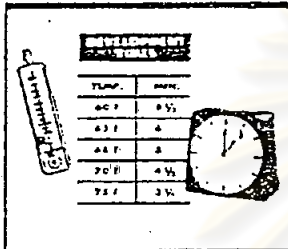
2 CHECK TEMPERATURE

Check temperature of solutions with accurate thermometer. (Use of each solution before checking next one.) Adjust to 68 F.



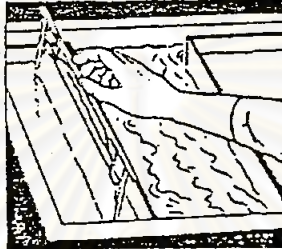
3 LOAD FILM ON HANGER

Attach film carefully to hanger of proper size. (Attach at lower corners first.) Avoid finger marks, scratches, or bending.



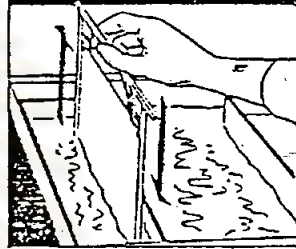
4 SET TIMER

Set timer for desired period of development based on temperature of developer. See chart above for temperature and time.



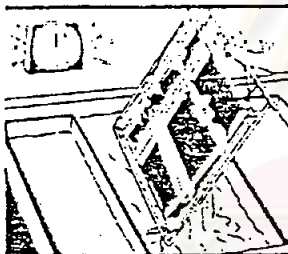
5 IMMERSE FILM IN DEVELOPER

Completely immerse film. Do it smoothly and without pause to avoid streaking. Start timer.



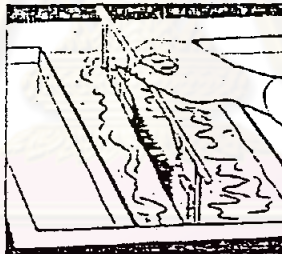
6 AGITATE FILM

Immediately raise and lower hanger several times to bathe film surfaces thoroughly. Repeat at least once each minute.



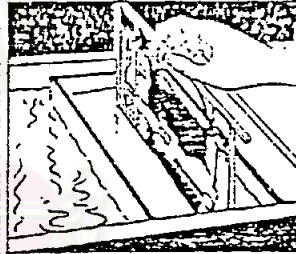
7 DRAIN OUTSIDE DEVELOPER TANK

When alarm rings, lift hanger out quickly. Then drain film for a moment into space between tanks for fast drainage, till hanger.



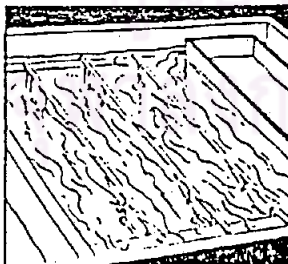
8 RINSE THOROUGHLY

Place film in acid rinse bath or running water. In acid bath, agitate hanger for 30 to 60 seconds; in running water, for 2 minutes. Lift from rinse bath and drain well.



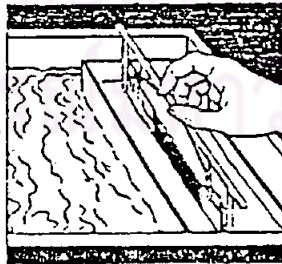
9 FIX ADEQUATELY

Immerse film. Agitate hanger vigorously. Film should remain in fixer for twice time required to "clear" it (when its milky look has disappeared). Never less than 3 minutes.



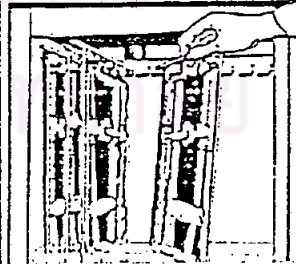
10 WASH COMPLETELY

Remove film to tank of running water. Keep ample space between hangers (water must flow over their tops). Allow adequate time for thorough washing—20 minutes or more.



11 BATHE IN PHOTO-FLO

If facilities permit, use a final rinse of Kodak PHOTO-FLO Solution to speed drying and prevent water marks. Immerse film for about 30 seconds, and drain for several seconds.



12 PLACE IN DRIER

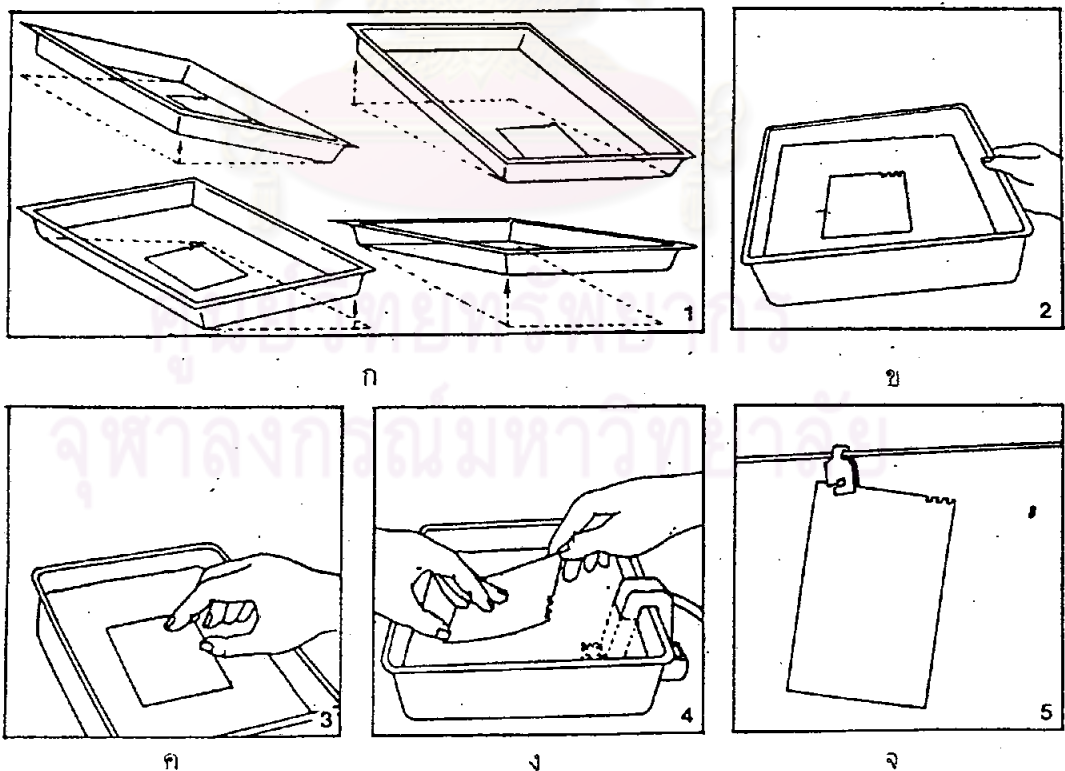
Place in drier, or rack in current of air. Keep films well separated. When dry, remove films from hangers and trim corners to remove clip marks. Insert in identified envelopes.

รูปที่ ก. 1 (1) แสดงขั้นตอนการล้างฟิล์ม

ขั้นตอนในการล้างกระดาษอัดรูป

การล้างกระดาษอัดรูปนิยมล้างในถาด ซึ่งจะมีขั้นตอนและเทคนิคการล้างดังนี้

เลือกใช้ถาดที่มิดกัน เรียบ ถ้าเป็นถาดที่ทำด้วยเหล็กที่ไม่เป็นสนิมยิ่งดี ถาดที่นิยมใช้มีกมขนาด 5×7 (นิ้ว) 8×10 (นิ้ว) และ 10×12 (นิ้ว) ควรรินน้ำยาสร้างภาพลงในถาดใบที่ 1 ซ้ำย่มือสุด น้ำยาหยุดภาพอยู่ในถาดใบที่ 2 ถัดไปทางขวามือ จากนั้นเป็นถาดน้ำยาที่ทำให้ภาพอยู่ตัว และถาดน้ำอยู่ขวาสุด ระดับน้ำยาควรสูงกว่าถาด 1 ซม. และแช่ถาดไว้ในอ่างที่น้ำขนาดใหญ่กว่าขนาดของถาด 3 ใบ เพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของภาคว่าและน้ำยาให้คงที่ที่ 20°C ตลอดเวลาล้างกระดาษอัดรูป เมื่อเตรียมน้ำยาในถาดเสร็จแล้ว คับไฟในห้องเพื่อตัดไฟนริภัยสีส้ม จากนั้นยกขอบถาดด้านที่ใกล้ตัวขึ้นแล้ว วางลงกับพื้นน้ำยาจะวิ่งเป็นคลื่นเข้าหาตัวเรา ขณะที่คลื่นน้ำยาปะทะขอบถาดให้สอดแผ่นกระดาษอัดรูปเข้าใต้ท้องคลื่น เพื่อให้ น้ำยาสัมผัสสารไวแสงพร้อมกัน จากนั้นดำเนินการล้างกระดาษอัดรูป ตามลำดับขั้นดังรูปที่ ก.2



รูปที่ ก.2 ภาพแสดงขั้นตอนการล้างกระดาษอัดรูปด้วยถาดใส่น้ำยา

รูป ก.2.ก. ยกขอบภาคน้ำยาสีสร้างภาพด้านซ้ายมือให้สูงขึ้น $1/2$ ถึง $3/4$ นิ้ว แล้ววางภาดลงกับพื้นอย่างเบาๆ และยกขอบภาคด้านที่อยู่ใกล้ตัวเรามากที่สุดขึ้น และวางลงอย่างเดิม ทำเช่นเดียวกันนี้ที่ขอบภาคด้านขวามือ และด้านที่อยู่ใกล้ตัวตามลำดับ เวลาที่ใช้ยกขอบภาคขึ้น และวางภาคลงครบทั้งสี่ด้านนั้นควรใช้เวลาประมาณ 5-6 นาที และต้องทำซ้ำแบบนี้ตลอดเวลาการสร้างภาพ การเขย่ากระดาษอัดรูปอย่างมีศิลปะ คือจังหวะที่ใช้ในการเขย่ากระดาษอัดรูปเท่ากันทุกครั้ง ตลอดเวลาการล้างกระดาษอัดรูปนั้น จะทำให้ภาพที่ได้มีคุณภาพดีคงเส้นคงวาเหมือนกันทุกแผ่น

รูป ก.2.ข. เมื่อครบเวลาสร้างภาพนำกระดาษอัดรูปออกจากภาคที่ 1 แยกกระดาษอัดรูปลงในภาคที่ 2 ซึ่งเป็นน้ำยาหยุดภาพ ซึ่งเป็นส่วนผสมของน้ำกับกรดอะซิติก เขย่ากระดาษอัดรูปเหมือน อย่างที่เคยทำจนครบ 10 วินาที แล้ว

รูป ก.2.ค. นำกระดาษอัดรูปไปแช่ในน้ำยาที่ทำให้ภาพอยู่ตัว เขย่าเหมือนอย่างที่เคยทำอีก 5 - 10 นาที แล้ว

รูป ก.2.ง. นำกระดาษอัดรูปไปล้างน้ำที่ไหลตลอดเวลา ควรใช้กาลักน้ำคัตติที่ขอบภาคเพื่อช่วยการหมุนเวียนและถ่ายเทน้ำให้ดียิ่งขึ้น ทำการชะน้ำ 20 นาที

รูป ก.2.จ. นำกระดาษอัดรูปไปแขวนไว้ในห้องที่ไม่มีฝุ่นละออง บล่อยให้แห้งเองจะดีที่สุด แล้วนำกระดาษอัดรูปที่แห้งสนิทแล้วเก็บไว้ในซองบรรจุกระดาษอัดรูปทันที

การล้างกระดาษอัดรูป และฟิล์มรังสีเอกซ์

การล้างกระดาษอัดรูป

หลังจากถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์เสร็จแล้ว จะต้องนำกระดาษอัดรูปที่ถ่ายแล้วนั้นมาล้างเพื่อคุณภาพที่เกิเกิดขึ้น การล้างกระดาษอัดรูปในการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนดังนี้

1. จุ่มกระดาษอัดรูปลงในภาคที่มีน้ำยาสีสร้างภาพ 800 cc. ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างน้ำยา Dektol กับน้ำ (อัตราส่วน 1 : 2) แล้วเขย่าตามวิธีล้างกระดาษ

อัดรูปในถาด เป็นเวลา 1½ นาที

2. เสร็จจากการล้างด้วยน้ำยาสร้างภาพ นำกระดาษอัดรูปจุ่มลงในถาดที่มีน้ำยาหยุดภาพ ซึ่งเป็นกรดอะซิติก 2 % ทันทัน เชย้าเป็นเวลา 10 วินาที

3. เสร็จแล้วนำกระดาษอัดรูปจุ่มลงไป ในถาดที่บรรจุน้ำยาทำให้ภาพอยู่ตัว 1,000 cc. เชย้าเป็นเวลา 3 นาที

4. นำกระดาษอัดรูปไปล้างน้ำที่ไหลตลอดเวลา นาน 20 นาที

5. นำไปแขวนไว้ในห้องที่ไม่มีฝุ่นละออง โดยปล่อยให้แห้งเอง

ในขณะที่ทำการล้างกระดาษอัดรูปนี้ จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 20° c ตลอดเวลาการล้างกระดาษอัดรูป

การล้างฟิล์มรังสีเอกซ์

การล้างฟิล์มรังสีเอกซ์จะมีขั้นตอนดังนี้

1. จุ่มฟิล์มลงในแท็งก์ที่บรรจุน้ำยาสร้างภาพเป็นเวลา 4 นาที

2. เสร็จจากน้ำยาสร้างภาพแล้วจุ่มฟิล์มลงในแท็งก์ที่บรรจุน้ำสะอาดทันที เป็นเวลา 2 นาที (ในการวิจัยครั้งนี้ ไม่ใช้น้ำยาหยุดภาพฟิล์ม แต่จะใช้ล้างด้วยน้ำสะอาดแทน)

3. หลังจากล้างฟิล์มด้วยน้ำสะอาดแล้ว จุ่มฟิล์มลงในแท็งก์ที่บรรจุน้ำยาทำให้ภาพอยู่ตัวทันที 6 นาที

4. เสร็จแล้วนำมาจุ่มลงในแท็งก์ที่บรรจุน้ำสะอาดอีกเป็นเวลา 20 นาที

5. นำไปแขวนในห้องที่ไม่มีฝุ่นละออง แล้วปล่อยให้แห้งเอง

ในขณะที่ทำการล้างฟิล์มนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 20°c ตลอดเวลา

การล้างฟิล์ม

การอ่านผลกระดาษอัดรูป และฟิล์มรังสีเอกซ์ที่ได้

การอ่านผลกระดาษอัดรูปที่ได้

หลังจากที่ล้างกระดาษอัดรูปและปล่อยให้แห้งแล้วจะนำมาตรวจดูความคมชัด คอนทราสต์ มีความดำหรือจางเกินไปหรือไม่ และภาพมีความบิดเบือนหรือไม่ ถ้าปรากฏว่า ภาพที่ได้มีคุณสมบัติไม่ที่จะต้องวิเคราะห์และหาเหตุผลที่ทำให้เกิดเหตุอย่างนั้น

การอ่านผลจากกระดาษอัดรูป จะต้องระวังไม่ให้ผิวด้านหน้าของภาพเกิดรอยขีดข่วนขึ้น เพราะผิวหน้ากระดาษอัดรูปจะง่ายต่อการเกิดรอยขีดข่วนขึ้นบนภาพจะทำให้เกิด ความผิดพลาดในการอ่านผล

การอ่านผลฟิล์มรังสีเอกซ์ที่ได้

ฟิล์มที่ได้หลังจากล้างและปล่อยให้แห้งแล้ว จะนำมาส่องดูด้วยไฟฟลูออเรสเซนต์ เพื่ออ่านผลจากการถ่ายภาพรังสี แต่ถ้าฟิล์มเห็นได้ชัดเจนอยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องนำมาส่องดูด้วยไฟฟลูออเรสเซนต์

ตรวจดูภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยรังสีว่ามีความคมชัด คอนทราสต์ มีความดำหรือจางเกินไปหรือไม่ มีความบิดเบือนหรือไม่ ถ้าปรากฏว่า ภาพมีคุณสมบัติไม่ที่จะต้องวิเคราะห์หาเหตุผลและทางแก้ไข เพื่อที่จะได้ปรับปรุงในการถ่ายภาพครั้งต่อไป

ผิวหน้าของฟิล์มง่ายต่อการเกิดริ้วรอย จึงต้องระมัดระวังในการนำมาอ่านผลเพื่อมิให้เกิดริ้วรอยขึ้นบนฟิล์ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ภาพถ่ายการหาความไวของกระดาษอัดรูป



รูปที่ ข.1 ภาพถ่ายการหาความไวของกระดาษอัดรูป ที่ 160 กิโลโวลต์
84 มิลลิแอมป์-นาที่ FFD = 82.16 เซนติเมตร



ศูนย์วิทยทรัพยากร
รูปที่ ข.2 ภาพถ่ายการหาคความไวของกระตาศอัครูป ที่ 180 กิโลโวลท์
42 มิลลิแอมป์-นาทึ FFD = 82.16 เซนติเมตร



รูปที่ ข.3 ภาพถ่ายการหาความไวของกระตาศอัตรูปที่ 200 กิโลโวลท์

22 มิลลิแอมป์-นาที่ FFD = 82.16 เซนติเมตร



ศูนย์วิทยทรัพยากร

รูปที่ ข.4 ภาพถ่ายการหาความไวของกระดาศอัตรูปที่ 220 กิโลโวลท์
11.5 มิลลิแอมป์-นาที่ FFD = 82.16 เซนติเมตร

ภาพถ่ายชิ้นงานเปรียบเทียบระหว่างกระดาษอัดรูปกับฟิล์มรังสีเอกซ์*



รูปที่ ข.5 ชิ้นงาน เครื่องวัดความดัน

แผ่นบันทึกภาพ	กระดาษอัดรูป
ค่าเอกซ์โพเซอ์ที่ใช้	16 mA - min
ศักดาไฟฟ้าที่ใช้	160 kvp
ระยะ FFD	82.16 เซนติเมตร
น้ำยาล้างกระดาษอัดรูป	DEKTOX
ระยะเวลาสร้างภาพ	1½ นาที

หมายเหตุ*

เป็นภาพที่ได้จากการถ่ายภาพบนกระดาษอัดรูปและฟิล์มรังสีเอกซ์ที่ใช้
เป็นแผ่นบันทึกภาพของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์



รูปที่ ข.6 ชิ้นงาน เครื่องวัดความดัน

แผ่นบันทึกภาพ

ฟิล์มรังสีเอกซ์

ค่าเอกซโพเชอร์ที่ใช้

6 mA - min

ตักควาไฟฟ้าที่ใช้

160 kvp

ระยะ FFD

82.16 เซนติเมตร

น้ำยาล้างฟิล์ม

KODAK GBX DEVELOPER

เวลาสร้างภาพ

4 นาที



รูปที่ ข.7 ชิ้นงาน ลูกปืนขนาดต่างๆ

แผ่นบันทึกภาพ	กระดาษอัดรูป
ค่าเอกซโพเชอร์ที่ใช้	10 mA - min
ศักดาไฟฟ้าที่ใช้	200 kvp
ระยะ FFD	82.16 เซนติเมตร
น้ำยาล้างกระดาษอัดรูป	DEKTOL
เวลาสร้างภาพ	1½ นาที



รูปที่ ข.8 ชิ้นงาน ลูกปืนขนาดต่างๆ

แผ่นบันทึกภาพ

ฟิล์มรังสีเอกซ์

ค่าเอกซ์โพซอร์ที่ใช้

6. mA - min

ศักดาไฟฟ้าที่ใช้

180 kVp

ระยะ FFD

82.16 เซนติเมตร

น้ำยาล้างฟิล์ม

KODAK GBX DEVELOPER

เวลาสร้างภาพ

4 นาที



รูปที่ ข.9 ชิ้นงาน ไมโครมิเตอร์

แผ่นบันทึกภาพ	กระดาษอัดรูป
ค่าเอกซโพเชอร์ที่ใช้	16 mA - min
ศักดาไฟฟ้าที่ใช้	200 kvp
ระยะ FFD	82.16 เซนติเมตร
น้ำยาล้างกระดาษอัดรูป	DEKTOL
ระยะเวลาสร้างภาพ	1½ นาที



รูปที่ ข.10 ชิ้นงาน ไมโครมิเตอร์

แผ่นบันทึกภาพ	ฟิล์มรังสีเอกซ์
ค่าแอมป์ที่ใช้	8 mA - min
ศักดาไฟฟ้าที่ใช้	200 kvp
ระยะ FFD	82.16 เซนติเมตร
น้ำยาล้างฟิล์ม	KODAK GBX DEVELOPER
เวลาสร้างภาพ	4 นาที



รูปที่ ข.11 ชิ้นงาน กุญแจ

แผ่นบันทึกภาพ

ค่าเอกซโพเซอ์ที่ใช้

ศักดาไฟฟ้าที่ใช้

ระยะ FFD

น้ายาล้างกระดาษอัดรูป

เวลาสร้างภาพ

กระดาษอัดรูป

24 mA - min

220 kvp

82.16 เซนติเมตร

DEKTOL

1½ นาที



รูปที่ ข.12 ชั้นงาน กุญแจ

แผ่นบันทึกภาพ

ค่าเอกซโพเชอร์ที่ใช้

ศักดาไฟฟ้าที่ใช้

ระยะ FFD

น้ำยาล้างฟิล์ม

เวลาสร้างภาพ

ฟิล์มรังสีเอกซ์

24 mA - min

200 kVp

82.16 เซนติเมตร

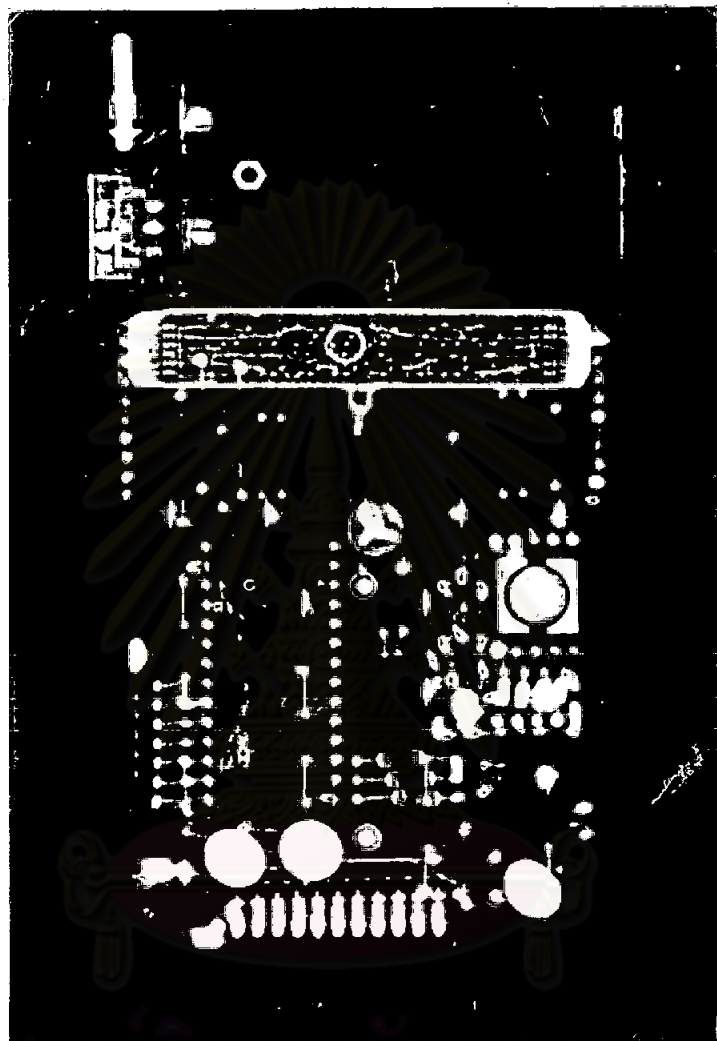
KODAK GBX DEVELOPER

4 นาที



รูปที่ ข. 13 ชิ้นงาน นาฬิกาข้อมือ

แผ่นบันทึกภาพ	กระดาษอัดรูป
ค่าเอกซโพเชอร์ที่ใช้	10 mA - min
ศักดาไฟฟ้าที่ใช้	140 kvp
ระยะ FFD	82.16 เซนติเมตร
น้ำยาล้างกระดาษอัดรูป	DEKTOL
ระยะเวลาสร้างภาพ	1½ นาที



รูปที่ ข.14 ชิ้นงาน เครื่องคิดเลขไฟฟ้า

แผ่นบันทึกภาพ	กระดาษอัดรูป
ค่าเอกซโพเชอร์ที่ใช้	6 mA - min
ศักดาไฟฟ้าที่ใช้	140 kvp
ระยะ FFD	82.16 เซนติเมตร
นํ้ายาล้างกระดาษอัดรูป	DEKTOL
เวลาสร้างภาพ	1½ นาที

เปรียบเทียบผลที่ได้

ภาพที่ได้จากการบันทึกภาพด้วยกระดาษอัดรูป เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับฟิล์มรังสีเอกซ์แล้วปรากฏภาพที่ได้จากการบันทึกภาพด้วยกระดาษอัดรูป จะมีคอนทราสต์และความคมชัดน้อยกว่าฟิล์มเล็กน้อย ส่วนความไวในการเห็นรายละเอียดของชิ้นงานต่างๆ จะใกล้เคียงกัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบนได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์F2 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 1

ความหนา mm.	220 kvp			200 kvp			180 kvp			160 kvp			140 kVp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	1.00	1.30	1.50	0.80	1.20	1.40	0.70	1.00	1.20	0.40	0.65	0.80	0.20	0.35	0.40
6.98	0.90	1.20	1.35	0.70	1.05	1.20	0.60	0.90	1.10	0.25	0.50	0.65	0.10	0.20	0.30
8.14	0.80	1.10	1.25	0.60	0.90	1.10	0.45	0.70	0.90	0.15	0.40	0.40	-	0.10	0.20
10.72	0.70	0.90	1.10	0.40	0.70	0.90	0.20	0.50	0.70	0.05	0.25	0.25	-	0.05	0.10
11.15	0.50	0.80	1.00	0.30	0.50	0.75	0.15	0.40	0.60	-	0.20	0.20	-	-	-
12.79	0.40	0.60	0.80	0.20	0.40	0.60	0.05	0.30	0.40	-	0.10	0.10	-	-	-
14.30	0.20	0.40	0.70	0.10	0.30	0.50	-	0.20	0.30	-	0.05	0.05	-	-	-
16.60	0.10	0.30	0.50	-	0.20	0.30	-	0.10	0.20	-	-	-	-	-	-
18.10	0.05	0.20	0.40	-	0.10	0.20	-	0.05	0.10	-	-	-	-	-	-
20.00	-	0.10	0.30	-	0.05	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.06	-	0.05	0.15	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.56	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.00	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.2 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F3 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 1

ความหนา mm.	220 kVp			200 kVp			180 kVp			160 kVp			140 kVp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	0.80	1.20	1.90	0.55	1.10	1.90	0.40	0.85	1.90	0.25	0.50	1.80	0.10	0.30	1.10
6.98	0.70	1.10	1.90	0.40	0.85	1.90	0.30	0.70	1.85	0.20	0.40	1.65	0.50	0.15	0.70
8.14	0.50	0.90	1.90	0.30	0.65	1.90	0.20	0.50	1.80	0.10	0.30	1.50	-	0.10	0.50
10.72	0.40	0.70	1.90	0.20	0.50	1.90	0.10	0.40	1.70	-	0.20	1.10	-	0.05	0.25
11.15	0.30	0.60	1.90	0.15	0.40	1.80	0.05	0.30	1.60	-	0.10	0.75	-	-	0.10
12.79	0.20	0.50	1.90	0.10	0.30	1.70	-	0.20	1.10	-	0.05	0.35	-	-	-
14.30	0.10	0.35	1.80	-	0.20	1.30	-	0.10	0.65	-	-	0.20	-	-	-
16.60	-	0.30	1.40	-	0.10	0.65	-	0.50	0.25	-	-	0.025	-	-	-
18.10	-	0.20	1.00	-	0.05	0.45	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-
20.00	-	0.10	0.70	-	-	0.35	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-
21.06	-	0.05	0.60	-	-	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.56	-	-	0.40	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.00	-	-	0.30	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	-	0.20	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ค. 3 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 1

ความหนา mm.	220 kVp			200 kVp			180 kVp			160 kVp			140 kVp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	1.20	1.80	1.90	0.95	1.60	1.80	0.50	1.10	1.40	0.20	0.60	0.85	0.05	0.20	0.35
6.98	1.05	1.60	1.80	0.75	1.40	1.50	0.30	0.90	1.20	0.10	0.35	0.55	-	0.10	0.15
8.14	0.80	1.40	1.60	0.50	1.00	1.40	0.20	0.70	0.90	0.05	0.25	0.35	-	0.05	0.05
10.72	0.45	1.00	1.40	0.30	0.60	1.00	0.10	0.30	0.45	-	0.05	0.15	-	-	-
11.15	0.35	0.80	1.20	0.20	0.40	0.75	0.05	0.20	0.40	-	0.025	0.05	-	-	-
12.79	0.20	0.55	0.90	0.50	0.25	0.45	-	0.10	0.30	-	-	-	-	-	-
14.30	0.10	0.40	0.60	-	0.10	0.30	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-
16.60	-	0.20	0.40	-	-	0.15	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-
18.10	-	0.10	0.30	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.00	-	0.50	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.06	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.56	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ค. 4 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F2 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 2

ความหนา mm.	220 kVp			200 kVp			180 kVp			160 kVp			140 kVp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	1.60	1.70	1.75	1.40	1.50	1.70	1.30	1.35	1.50	0.90	1.10	1.30	0.40	0.60	0.90
6.98	1.50	1.60	1.60	1.30	1.40	1.50	1.10	1.20	1.40	0.70	0.90	1.15	0.20	0.40	0.65
8.14	1.40	1.50	1.50	1.20	1.30	1.40	1.00	1.10	1.30	0.60	0.80	1.05	0.10	0.30	0.45
10.72	1.30	1.40	1.50	1.00	1.20	1.20	0.80	0.90	1.05	0.35	0.50	0.80	0.025	0.20	0.30
11.15	1.20	1.30	1.30	0.90	1.05	1.10	0.60	0.80	1.00	0.25	0.40	0.60	-	0.10	0.20
12.79	1.00	1.20	1.15	0.70	0.90	0.80	0.40	0.60	0.80	0.10	0.30	0.40	-	0.05	0.10
14.30	0.80	1.00	1.00	0.50	0.70	0.70	0.30	0.40	0.60	-	0.15	0.30	-	-	-
16.60	0.55	0.80	0.80	0.30	0.50	0.50	0.10	0.30	0.40	-	0.025	0.20	-	-	-
18.10	0.45	0.60	0.65	0.25	0.40	0.40	0.05	0.25	0.30	-	-	0.10	-	-	-
20.00	0.40	0.55	0.50	0.20	0.30	0.30	0.025	0.10	0.25	-	-	0.05	-	-	-
21.06	0.30	0.50	0.45	0.10	0.20	0.20	-	0.05	0.15	-	-	-	-	-	-
22.56	0.25	0.40	0.30	0.05	0.10	0.15	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-
24.00	0.10	0.30	0.25	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	0.20	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.5 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูป เบอร์ F3 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 2

ความหนา mm.	220 kvp			200 kvp			180 kvp			160 kvp			140 kvp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	1.20	1.50	1.70	1.00	1.30	1.50	0.65	0.90	1.20	0.50	0.65	0.95	0.20	0.30	0.50
6.98	1.10	1.40	1.60	0.90	1.20	1.40	0.50	0.80	1.10	0.40	0.55	0.80	0.10	0.20	0.40
8.14	1.10	1.30	1.50	0.80	1.10	1.30	0.45	0.70	1.00	0.30	0.40	0.65	0.05	0.10	0.30
10.72	0.85	1.20	1.30	0.60	1.00	1.15	0.35	0.50	0.85	0.20	0.25	0.50	-	0.05	0.20
11.15	0.80	1.05	1.20	0.50	0.85	1.00	0.25	0.45	0.75	0.10	0.20	0.35	-	0.25	0.10
12.79	0.60	0.90	1.10	0.40	0.60	0.80	0.15	0.25	0.55	-	0.10	0.25	-	-	-
14.30	0.45	0.70	0.90	0.30	0.40	0.60	0.05	0.10	0.35	-	-	0.15	-	-	-
16.60	0.25	0.40	0.70	0.10	0.20	0.40	-	0.05	0.20	-	-	0.05	-	-	-
18.10	0.10	0.30	0.50	0.05	0.15	0.30	-	-	0.10	-	-	0.025	-	-	-
20.00	0.05	0.25	0.40	0.025	0.10	0.25	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-
21.06	0.025	0.15	0.30	-	0.05	0.20	-	-	0.025	-	-	-	-	-	-
22.56	-	0.10	0.25	-	0.25	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.00	-	0.05	0.15	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	-	0.10	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก. 6 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบันได. เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ 4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 2

ความหนา mm.	220 kvp			200 kvp			180 kvp			160 kvp			140 kvp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	1.90	1.90	1.90	1.70	1.90	1.90	1.60	1.90	1.90	0.90	1.40	1.80	0.30	0.70	1.10
6.98	1.80	1.90	1.90	1.60	1.90	1.90	1.40	1.80	1.85	0.60	1.10	1.65	0.10	0.40	0.70
8.14	1.70	1.90	1.90	1.50	1.90	1.90	1.10	1.60	1.80	0.40	0.90	1.50	0.05	0.20	0.50
10.72	1.60	1.90	1.90	1.25	1.80	1.90	0.80	1.40	1.70	0.20	0.55	1.10	-	0.50	0.25
11.15	1.50	1.85	1.90	0.95	1.60	1.80	0.50	1.10	1.60	0.10	0.35	0.75	-	-	0.10
12.79	1.40	1.70	1.90	0.70	1.30	1.70	0.20	0.60	1.10	-	0.15	0.35	-	-	-
14.30	0.90	1.50	1.80	0.40	1.00	1.30	0.10	0.30	0.65	-	0.05	0.20	-	-	-
16.60	0.40	0.80	1.40	0.10	0.50	0.65	-	0.10	0.25	-	-	0.025	-	-	-
18.10	0.30	0.65	1.00	0.05	0.30	0.45	-	0.05	0.20	-	-	-	-	-	-
20.00	0.20	0.45	0.70	-	0.15	0.35	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-
21.06	0.10	0.30	0.60	-	0.10	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.56	0.05	0.20	0.40	-	0.05	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.00	-	0.10	0.30	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	-	0.20	-	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ค. 7 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F2 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3

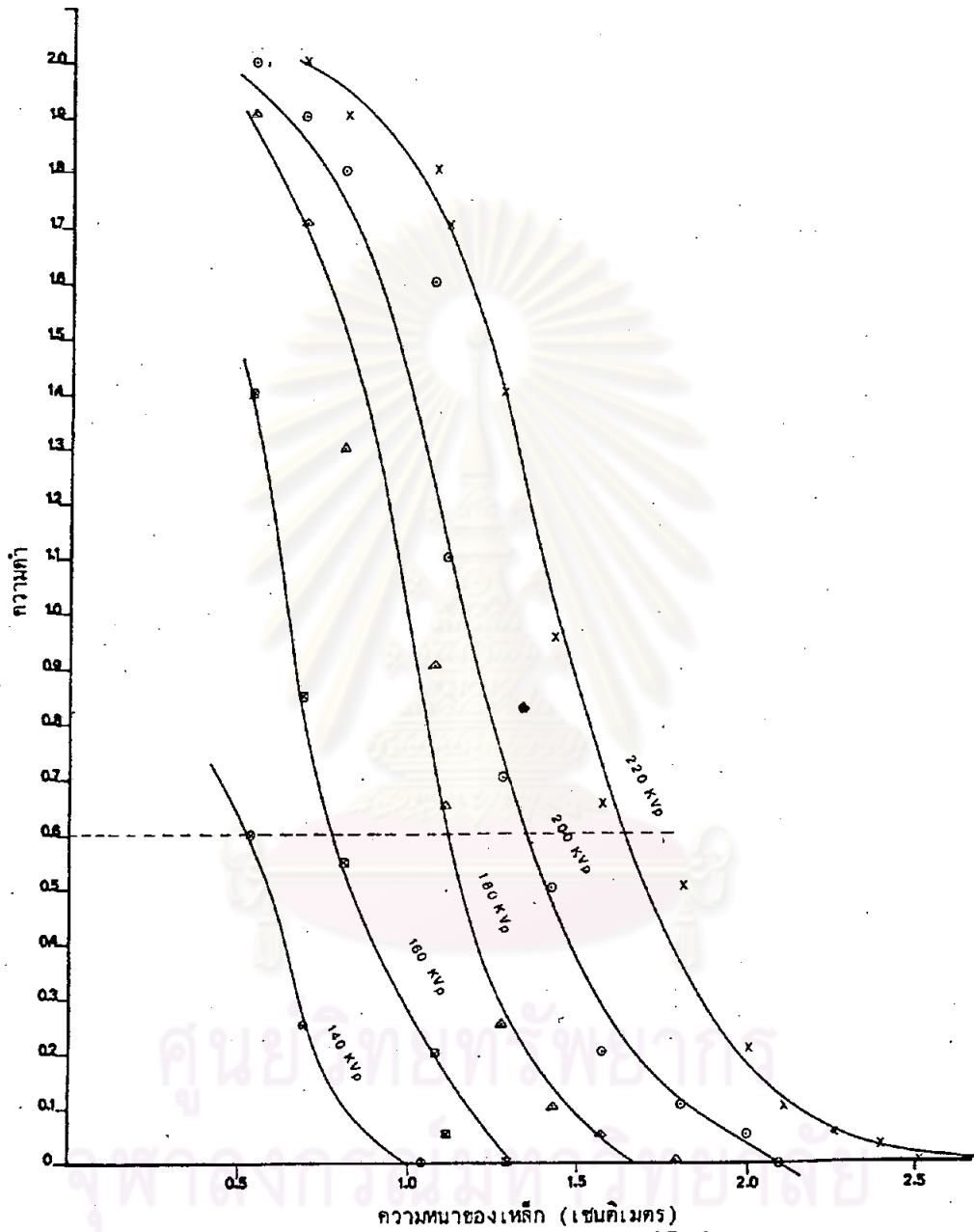
ความหนา mm.	220 kvp			200 kvp			180 kvp			160 kvp			140 kvp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	1.60	1.70	1.70	1.50	1.70	1.60	1.30	1.40	1.50	1.00	1.20	1.40	0.50	0.70	0.80
6.98	1.50	1.60	1.60	1.40	1.60	1.50	1.10	1.20	1.30	0.60	0.90	1.10	0.30	0.40	0.60
8.14	1.40	1.50	1.50	1.20	1.50	1.40	1.00	1.10	1.20	0.50	0.80	1.00	0.20	0.30	0.45
10.72	1.20	1.40	1.40	1.00	1.30	1.30	0.70	0.90	1.00	0.30	0.60	0.80	0.10	0.15	0.20
11.15	1.10	1.30	1.35	0.85	1.20	1.20	0.50	0.75	0.85	0.25	0.40	0.60	0.05	0.05	0.10
12.79	0.90	1.10	1.25	0.70	1.00	1.05	0.35	0.50	0.60	0.10	0.25	0.40	-	-	0.05
14.30	0.80	1.00	1.15	0.60	0.80	0.85	0.25	0.40	0.50	-	0.10	0.30	-	-	-
15.60	0.65	0.80	0.90	0.40	0.60	0.60	0.10	0.30	0.40	-	0.05	0.15	-	-	-
18.10	0.50	0.65	0.80	0.25	0.45	0.50	0.05	0.15	0.25	-	-	0.10	-	-	-
20.00	0.40	0.50	0.60	0.15	0.35	0.40	-	0.10	0.15	-	-	-	-	-	-
21.06	0.30	0.40	0.55	0.10	0.25	0.30	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-
22.56	0.25	0.35	0.45	-	0.15	0.25	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-
24.00	0.10	0.30	-	-	0.10	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	0.10	-	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ค. 8 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F3 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3

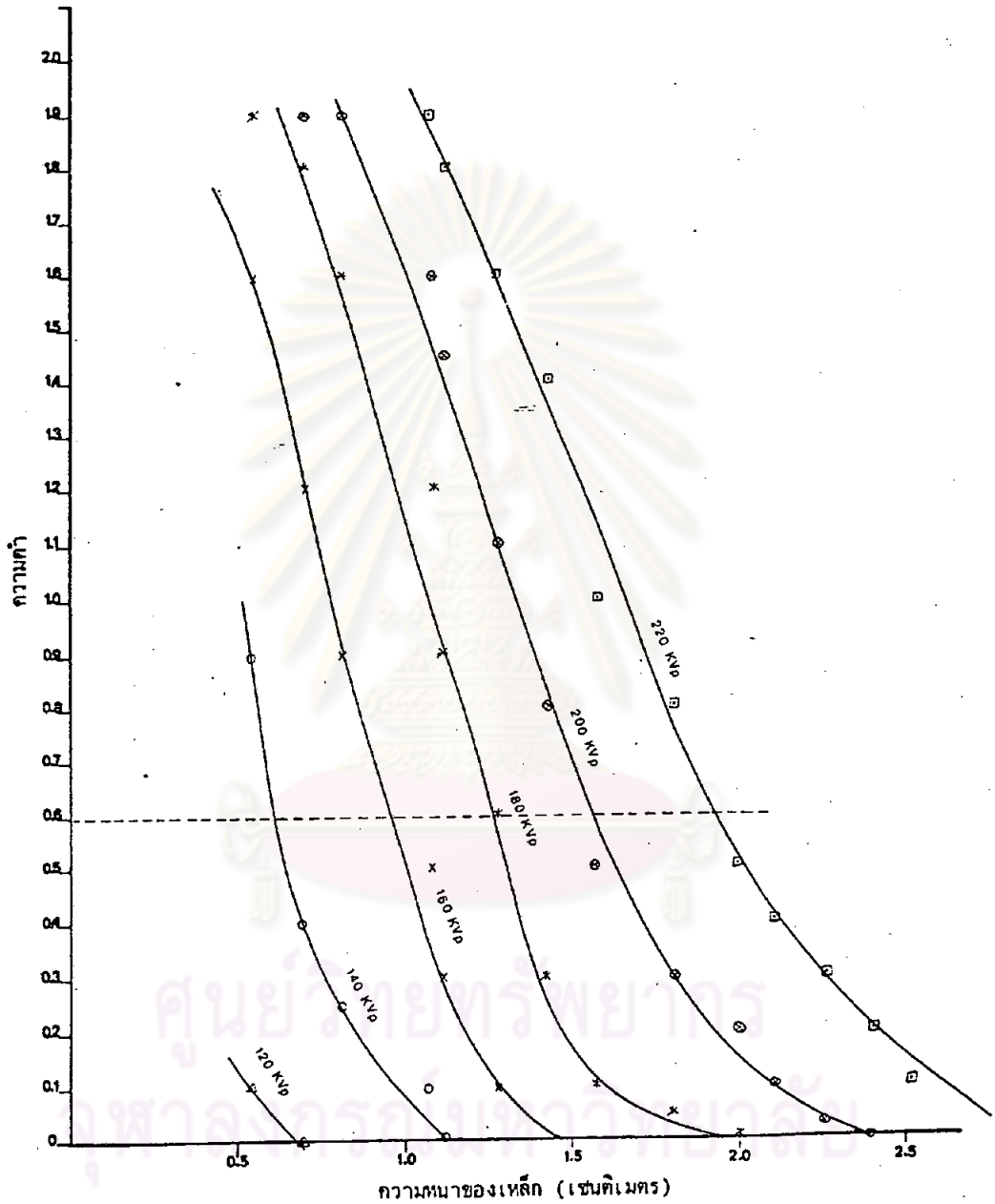
ความหนา mm.	220 kVp			200 kVp			180 kVp			160 kVp			140 kVp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	1.10	1.40	1.50	1.00	1.20	1.40	0.80	1.00	1.20	0.50	0.80	0.90	0.30	0.30	0.45
6.98	1.00	1.30	1.40	0.80	1.00	1.30	0.70	0.80	1.10	0.35	0.55	0.65	0.10	0.20	0.30
8.14	0.90	1.10	1.30	0.70	0.90	1.20	0.60	0.70	1.00	0.30	0.40	0.55	0.05	0.10	0.25
10.72	0.80	1.00	1.20	0.60	0.70	1.00	0.40	0.50	0.80	0.15	0.25	0.40	-	0.25	0.10
11.15	0.65	0.90	1.10	0.50	0.60	0.90	0.30	0.40	0.70	0.05	0.15	0.30	-	-	0.05
12.57	0.45	0.70	1.00	0.35	0.45	0.70	0.020	0.30	0.45		0.10	0.20	-	-	-
14.30	0.40	0.60	0.75	0.25	0.30	0.50	0.10	0.15	0.30	-	-	0.10	-	-	-
16.60	0.20	0.35	0.50	0.10	0.20	0.30	-	0.05	0.20	-	-	-	-	-	-
18.10	0.10	0.25	0.45	0.05	0.10	0.25	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-
20.00	0.05	0.15	0.35	-	0.05	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.06	0.25	0.10	0.30	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.56	0.125	0.05	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.00	-	0.025	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ค. 9 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆของเหล็กชั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3

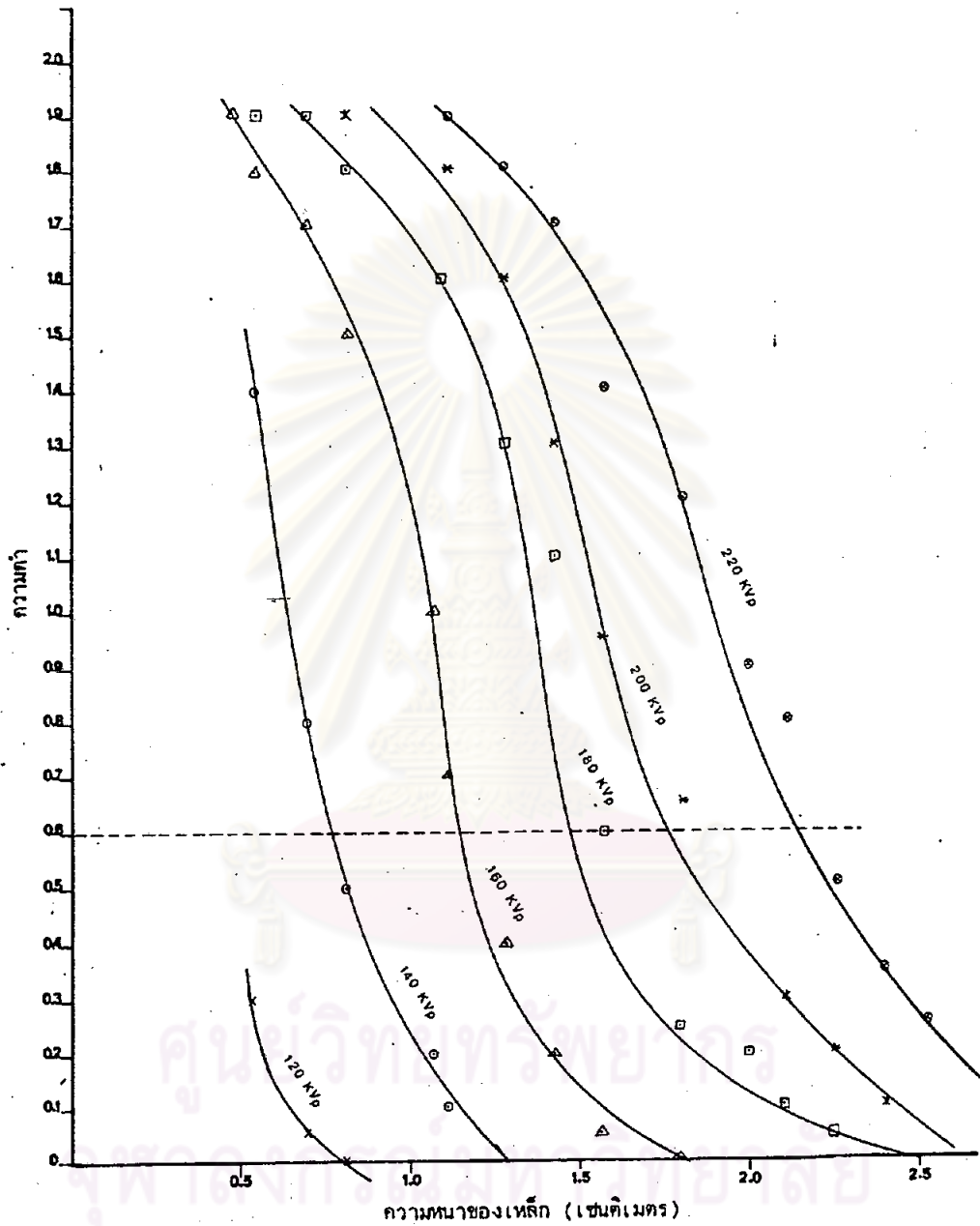
ความหนา mm.	220 kvp			200 kvp			180 kvp			160 kvp			140 kvp		
	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min	12 mA-min	20 mA-min	30 mA-min
5.48	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.80	1.90	1.90	1.30	1.60	1.80	0.50	0.90	1.40
6.98	1.90	1.90	1.90	1.80	1.90	1.90	1.60	1.80	1.90	0.75	1.20	1.70	0.25	0.40	0.80
8.14	1.80	1.90	1.90	1.70	1.60	1.90	1.20	1.60	1.80	0.45	0.90	1.50	0.10	0.25	0.50
10.72	1.70	1.90	1.90	1.50	1.45	1.90	0.80	1.20	1.60	0.20	0.50	1.00	-	0.10	0.20
11.15	1.60	1.80	1.90	1.00	1.10	1.80	0.55	0.90	1.30	0.05	0.30	0.70	-	-	0.10
12.57	1.30	1.60	1.80	0.60	0.80	1.60	0.25	0.60	1.10	-	0.10	0.40	-	-	-
14.30	0.85	1.40	1.70	0.40	0.50	1.30	0.10	0.30	0.60	-	-	0.20	-	-	-
16.60	0.55	1.00	1.40	0.20	0.30	1.00	0.05	0.10	0.25	-	-	0.05	-	-	-
18.10	0.40	0.80	1.20	0.10	0.20	0.75	-	0.05	0.20	-	-	-	-	-	-
20.00	0.20	0.50	0.90	0.05	0.10	0.40	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-
21.06	0.10	0.40	0.80	-	0.25	0.30	-	-	0.50	-	-	-	-	-	-
22.56	0.05	0.30	0.50	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.00	0.025	0.20	0.35	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.33	-	0.10	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



รูปที่ ค. 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำกับความหนาของฟิล์มชั้นบันได เมื่อใช้
 กระจกอัลตร้าเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 ที่ 12 มิลลิแอมป์-นาที
 $FFD = 82.16$ เซนติเมตร



รูปที่ ค. 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความหนาของฟิล์มชั้นบั้นไต เมื่อใช้
 กระจกอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 ที่ 20 มิลลิแอมป์-นาที
 FFD = 82.16 เซนติเมตร



รูปที่ ค.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำกับความหนาของฟิล์มชั้นมันไค เมื่อใช้
 กระจกอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 ที่ 30 มิลลิแอมป์-นาที
 FFD = 82.16 เซนติเมตร

ประวัติการศึกษา

นายวิสิทธิ์ชัย นิตยาพร เกิดเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2498 ที่จังหวัด
กรุงเทพมหานคร สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง เมื่อพ.ศ. 2521



ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย