ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์ เครื่องมือ และกระบวนการลิโธกราฟีด้วยแสงอัตราไวโอเลต (UV- Photolithography)

สำหรับการใช้สารไวแสง AZ P4620

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่อง Spin สำหรับ Wet Film AZ P4620

ขนาดความกว้างของแผ่น AlTiC เท่ากับ 6 นิ้ว เคลือบความหนาสารไวแสงที่ 20 μm (6"_20 μm) มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. Speed =150 rpm
2. Dispense = 2300 หยด
3. Speed = 300 rpm
4. Time delay = 5 sec
5. Speed = 800 rpm
6. Time delay = 5sec
7. Speed =600 rpm
8. Time delay = 2 sec
9. BSR
10. Stop

เครื่อง cup spiner for specify

1. ความหนาสารไวแสง 20 μm กำหนดความเร็วรอบ 1000 rpm ใช้เวลาเท่ากับ 10 วินาที
2. ความหนาสารไวแสง 8 μm กำหนดความเร็วรอบ 3100 rpm ใช้เวลาเท่ากับ 10 วินาที

เครื่อง hot plate

1. ความหนาสารไวแสง 8 μm วางบนเครื่อง hotplate ที่อุณหภูมิเท่ากับ 90 °c ใช้เวลาเท่ากับ 3 วินาที
2. ความหนาสารไวแสง 20 μm อบความร้อนที่อุณหภูมิเท่ากับ 90 °c ใช้เวลาเท่ากับ 7 วินาที

เครื่อง Develop สำหรับล้างสารไวแสง AZ P4620

Specialty 40 μm 60 cycle

1. น้ำยา 453 = 60 cycles speed 60 rpm
2. น้ำยา DI = 30 cycles speed 100 rpm
3. Spin = 10 secs speed 500 rpm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. Spin = 90 secs speed 1000 rpm
5. Spin 10 secs speed 500 rpm
6. Spin 10 secs speed 50 epm

Specialty 40 µm 20 cycle

1. น้ำยา 453 = 20 cycles speed 60 rpm
2. น้ำยา DI = 30 cycles speed 100 rpm
3. Spin = 10 secs speed 500 rpm
4. Spin = 90 secs speed 1000 rpm
5. Spin 10 secs speed 500 rpm
6. Spin 10 secs speed 50 epm

Specialty 40 µm 80 cycle

1. น้ำยา 453 = 80 cycles speed 60 rpm
2. น้ำยา DI = 30 cycles speed 100 rpm
3. Spin = 10 secs speed 500 rpm
4. Spin = 90 secs speed 1000 rpm
5. Spin 10 secs speed 500 rpm
6. Spin 10 secs speed 50 epm

<u>กระบวนการลิโธกราฟีโดยการใช้ AZ P4620เคลือบฟิมฟ์หนา 40 µm</u>

1. Spin โดยการใช้เครื่อง cup spiner โดยการใช้น้ำยา resist AZ P4620 เคลือบครั้งละ 20 µm เนื่องจากเครื่อง cup spiner ได้ถูกตั้งค่ามาสำหรับเคลือบ 8 µm และ 20 µm
2. เมื่อทำการ spin coat 20 µm เรียบร้อยแล้ว นำไป hot plate เพื่อให้น้ำยา resist หนืดน้อยลง
   - Hotplate 1 = 3 นาที 90 ^{o} c
   - Hotplate 2 = 3 นาที 90 ^{o} c
3. เมื่อน้ำยา resist แห้งแล้ว นำไป Mask Aling โดยการใช้รังสี UV ที่กำลัง watt = 275 wait

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- Max Exposures : 100
- Exposures :3
- Exposures time :180.0 s
- Alignment Gap : 40 um
- Exposures Gap : 40 um

Resist : Positive

FIRSI MASK :Yes

WEC : Proximity

Align. CHECK : No

Wafer vacuum :No

Mask vacuum :No

4. นำไปล้างด้วยน้ำยา KBI เพื่อให้ลายปรากฏออกมา

Develop
- น้ำยา 453 = 80 cycle speed 60 rpm
- น้ำ DI = 30 cycle speed 100 rpm
- Spin 10 sec speed 500 rpm
- Spin 90 sec speed 1000 rpm
- Spin 10 sec speed 500 rpm
- Spin 10 sec speed 50 rpm

5. วัดความหนาด้วยเครื่อง Tencor หลังจาก Develop
6. วัดค่าวิกฤตมิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

คุณสมบัติของน้ำยาล้างสารไวแสง SU-8 (PG-Remover) และวิธีการเตรียมสารละลายชุปโลหะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Remover PG

MICRO CHEM

BENEFITS

- Compatible with automated lift-off equipment
- Clean, scum-free removal
- Universal remover/stripper for removal of all resist films
- Room temperature processing
- No chlorinated or fluorinated hydrocarbons

COMPATIBLE WITH

- PMGI & LOR
- PMMA & copolymer
- SU-8
- g-line, i-line and DUV resists

NANO™ REMOVER PG

REMOVER PG is a proprietary NMP based solvent stripper designed for efficient and complete removal of PMGI, PMMA, SU-8, and other resist films on Si, SiO_2, GaAs, and many other substrate surfaces. It may also be used as a lift-off solvent.

INSTRUCTIONS FOR USE

REMOVER PG is supplied ready to use. Do not dilute.

When used in immersion mode, a two-bath system is recommended to reduce the possibility of redeposition of removed resist. The first bath removes the bulk of the resist and the second, cleaner bath removes remaining traces of material. When the 1st stripping bath has become spent/loaded with resist, it can be replaced with the 2nd 'drag-out' bath to increase bath yield. Remover baths should be changed when removal rate drops significantly and may be measured by the number of wafers processed. A 3rd water miscible solvent (e.g. IPA bath serves as a final solvent rinse prior to DI water rinse and dry.

ACTION	TEMPERATURE	PRODUCT
1st Bath	Ambient to 50-80°C	Remover PG
2nd Bath	Ambient to 50-80°C	Remover PG
3rd Bath	Ambient	Iso-Propyl Alcohol (IPA)
Rinse	Ambient	Water

BATH OPERATING TEMPERATURE

To improve stripping performance, REMOVER PG may be used at operating temperatures well above ambient with CAUTION. Since the flash point of REMOVER PG is 88°C, closed cup, it may be used at temperatures up to approximately 80°C using routine caution regarding combustible liquids. Users should consult their Safety Department as to the safest method of heating.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

AGITATION

Mechanical or ultrasonic agitation will enhance physical transport of swollen/dissolved resist away from the substrate.

TIME

Removal time will naturally depend on the environment the resist has seen previously.

RINSE AND DRY

An IPA (isopropyl alcohol) rinse may be necessary prior to a DI (deionized) water rinse to avoid potential residue. Dry in a rinser/dryer or by N_2 blow dry.

HANDLING (ENVIRONMENTAL, HEALTH AND SAFETY)

Use precautions in handling REMOVER PG. Avoid contact with eyes, skin, and clothing. Use with adequate ventilation. Avoid breathing fumes. Wear chemical-resistant eye protection, chemical gloves (butyl, neoprene) and protective clothing when handling REMOVER PG. Contact with eyes, skin, and mucous membranes causes irritation. In case of eye contact, flush with water for 15 minutes lifting eyelids frequently. Call a physician immediately. Review the current MSDS (Material Safety Data Sheet) before using.

MATERIAL AND EQUIPMENT COMPATIBILITY

REMOVER PG is compatible with glass, ceramic, unfilled polyethylene, high-density polyethylene, polytetrafluoroethylene (TEFLON), stainless steel, and equivalent materials. N-methyl-2-pyrrolidone, the primary ingredient, will attack various elastomers such as VITON A and NEOPRENE over time. It will also attack PVC, PVDC and polyester. EPDM is recommended for both O-rings and tubing. BUNA N may be used at room temperature.

STORAGE

Store REMOVER PG upright in original containers in a dry area between 4 and 27°C (40-80°F). Keep away from sources of ignition, light, heat, oxidants, acids, and reducers. Shelf life is 13 months from date of manufacture.

DISPOSAL

Each locality, state, and county has unique regulations regarding the disposal of organic solvent solutions of dissolved polymer such as used REMOVER PG. It is the responsibility of the customer to ensure proper disposal in compliance with all applicable Federal/Local codes and regulations. See MSDS for additional information.

MICRO • CHEM

1254 CHESTNUT STREET
NEWTON, MA 02464
PHONE: 617.965.5511
FAX: 617.965.5818
EMAIL: mcc@microchem.com

WWW.MICROCHEM.COM

The information is based on our experience and is, we believe to be reliable, but may not be complete. We make no guarantee or warranty, expressed or implied, regarding the information, use, handling, storage, or possession of these products, or the application of any process described herein or the results desired, since the conditions of use and handling of these products are beyond our control. Nothing herein shall be construed as a recommendation to use any product in violation of patent rights.

©2001 MicroChem Corp. All rights reserved.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การผสมสารละลายชุบโลหะเงินด้วยไฟฟ้า

สารเคมี

1. KCN (Potassium cyanide)

2. K_2CO_3 (Potassium carbonate)

3. AgCN (Silver cyanide) 80%

4. Granular carbon

5. Silver Glo 3K Make up

6. Silver Glo 3K TY

ปริมาตรของสารละลาย 5 ลิตร (5000 ml)

1. ละลาย potassium cyanide น้ำหนัก 833 กรัม ในน้ำบริสุทธิ์ปริมาตร 3000 มิลลิลิตร กวนจนละลายหมด

2. เติม potassium carbonate น้ำหนัก 75 กรัม กวนจนละลายหมด

3. เติม silver cyanide 80% น้ำหนัก 225 กรัม กวนจนละลายหมด

4. เติมนน้ำบริสุทธิ์จนได้ปริมาตร 5000 มิลลิลิตร

5. เติม granular carbon น้ำหนัก 10 กรัม กวนสารละลายประมาณ 10 นาที และปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

6. กรองสารละลาย 3-5 ครั้ง

7. ทำความสะอาดสารละลายด้วยไฟฟ้า ด้วยการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าบนโลหะสเตนเลส สตีล (stainless steel) ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1.5 โวลต์เป็นเวลา 15 นาที โดยให้โลหะไททาเนียม (platinized titanium) เป็นแอโนด (+) และสเตนเลสสตีลเป็นคาโทด (-)

8. เติม Silver Glo 3K Make up ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

9. เติม Silver Glo 3K TY ปริมาตร 6.5 มิลลิลิตร

10. ขณะกวนสารละลาย ให้ทำการชุบโหะด้วยไฟฟ้าเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 7 ซึ่งจะได้อัตราการเกิดประมาณ 5 ไมโครเมตร ต่อ7.5 นาที ที่ความหนาแน่นกระแส 20 มิลลิแอมป์ ต่อ ตารางเซนติเมตร

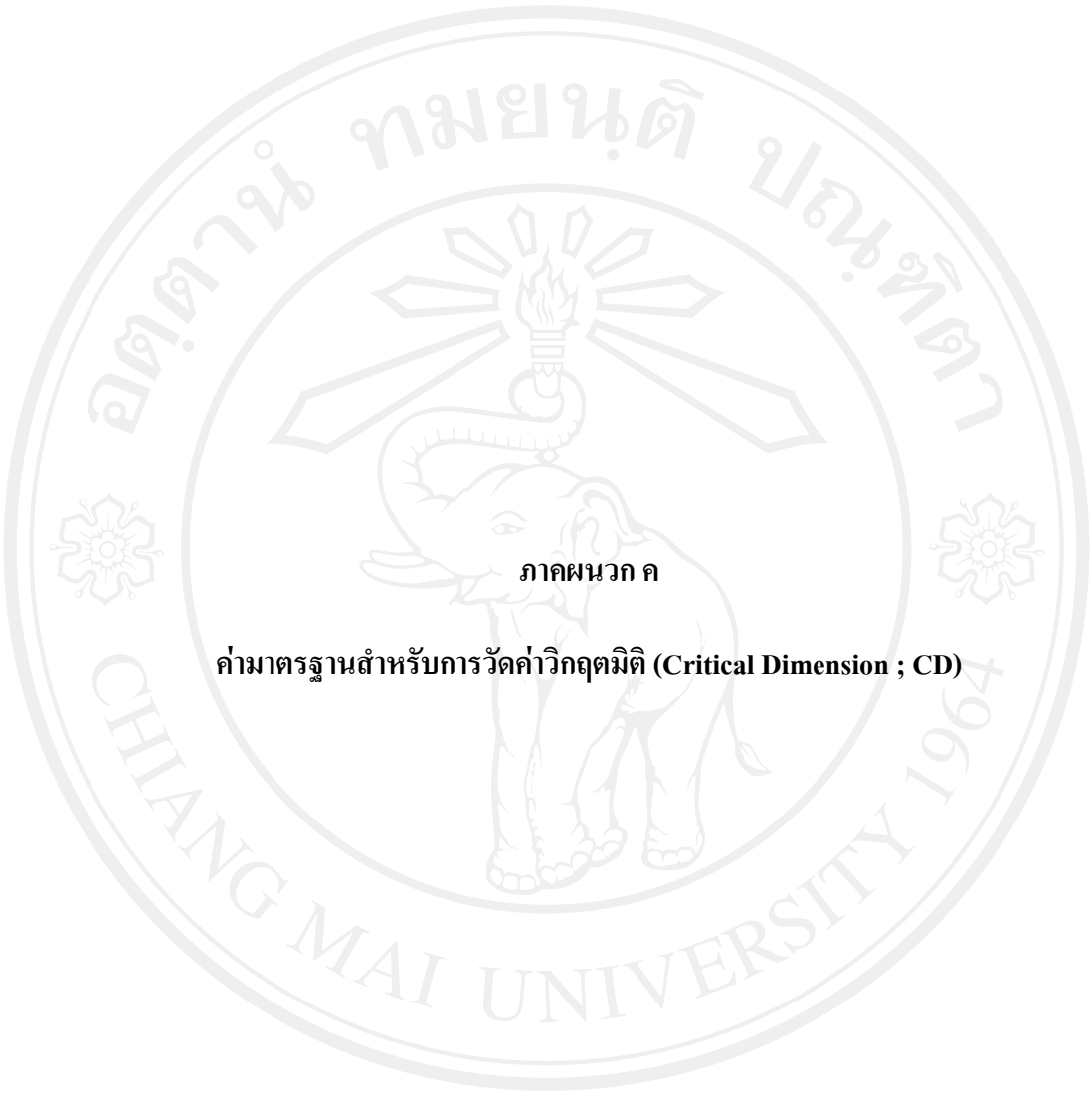
11. ขณะใช้สารละลายต้องอยู่ภายในตู้ดูดอากาศและทำการกวนตลอดเวลา ภายหลังการใช้งานต้องกรองอีก 1-2 ครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การผสมสารละลายชุบโลหะนิกเกิลด้วยไฟฟ้า

$NiSO_4.6H_2O$ (Nickel Sulfate) : $NiCl_2.6H_2O$ (Nickelous Chloride) : H_3BO_3 (Boric Acid) : DI water ผสมในอัตราส่วน {200 g : 5 g : 25 g : 1,000 ml } หรือ { 360 g : 9 g : 45 g : 1,800 ml } ทำการกวนจนลายหมด ที่อุณหภูมิห้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

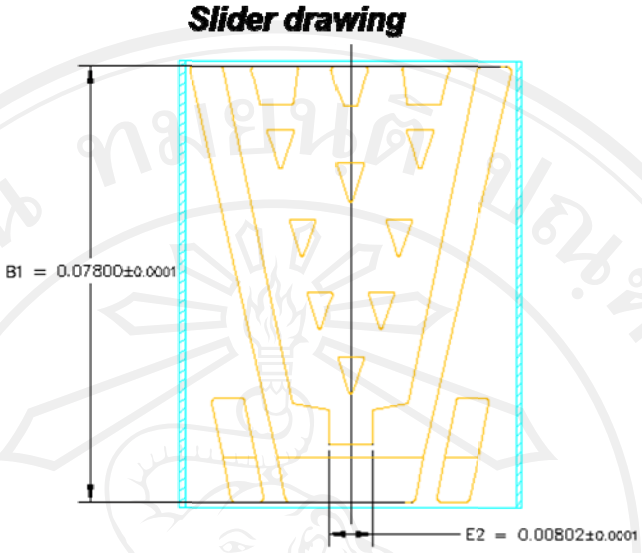


ภาคผนวก ค

ค่ามาตรฐานสำหรับการวัดค่าวิกฤตมิติ (Critical Dimension ; CD)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่ามาตรฐานสำหรับการวัดค่าวิกฤตมิติ (CD measurement location for ABN 0756)



Dimension	Specification (inch)
B1	0.078
E2	0.008

รูปที่ ค-1 CD measurement location

ตาราง ค-1 CD specification of specialty head

Product	Step of measurement	CD recipe	Specification (mil)
Burnish Head	After develop	756_RA_BH_DEV	E2 =-1.750 ถึง -1.650
	After photo resist strip	756_RA_BH_PR	E2 = -0.700 ถึง -0.600
	Final (Hard mask strip)	756_RA_BH_HM	E2 = -0.600 ถึง -0.400

Note: CD sigma control

Step develop CD sigma น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05

Step resist strip CD sigma น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.07

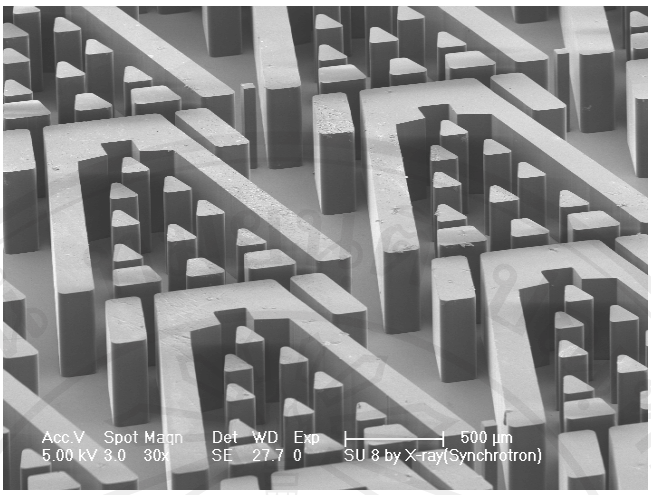
Step hard mask strip CD sigma น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.08

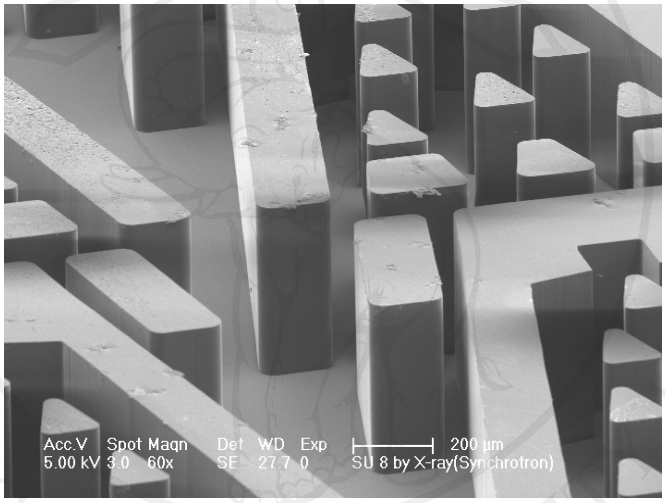
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

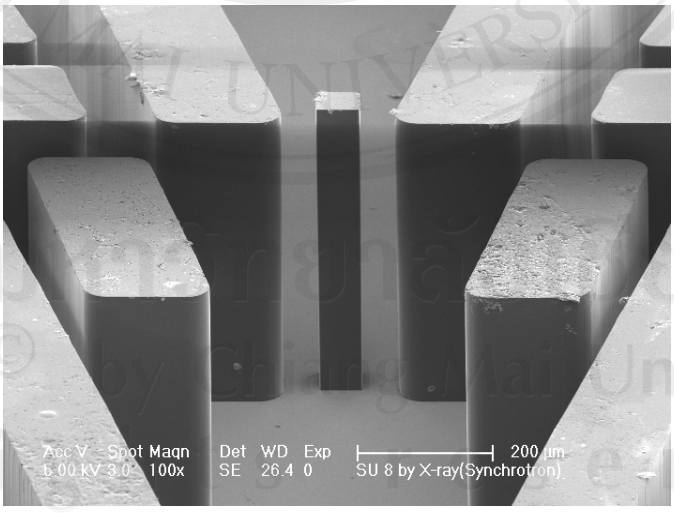
ภาคผนวก ง

ภาพผลลัพธ์ที่ได้ภาพถ่าย SEM ของชิ้นงานที่ได้จากการทดลองจริงด้วยเครื่อง RIE

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

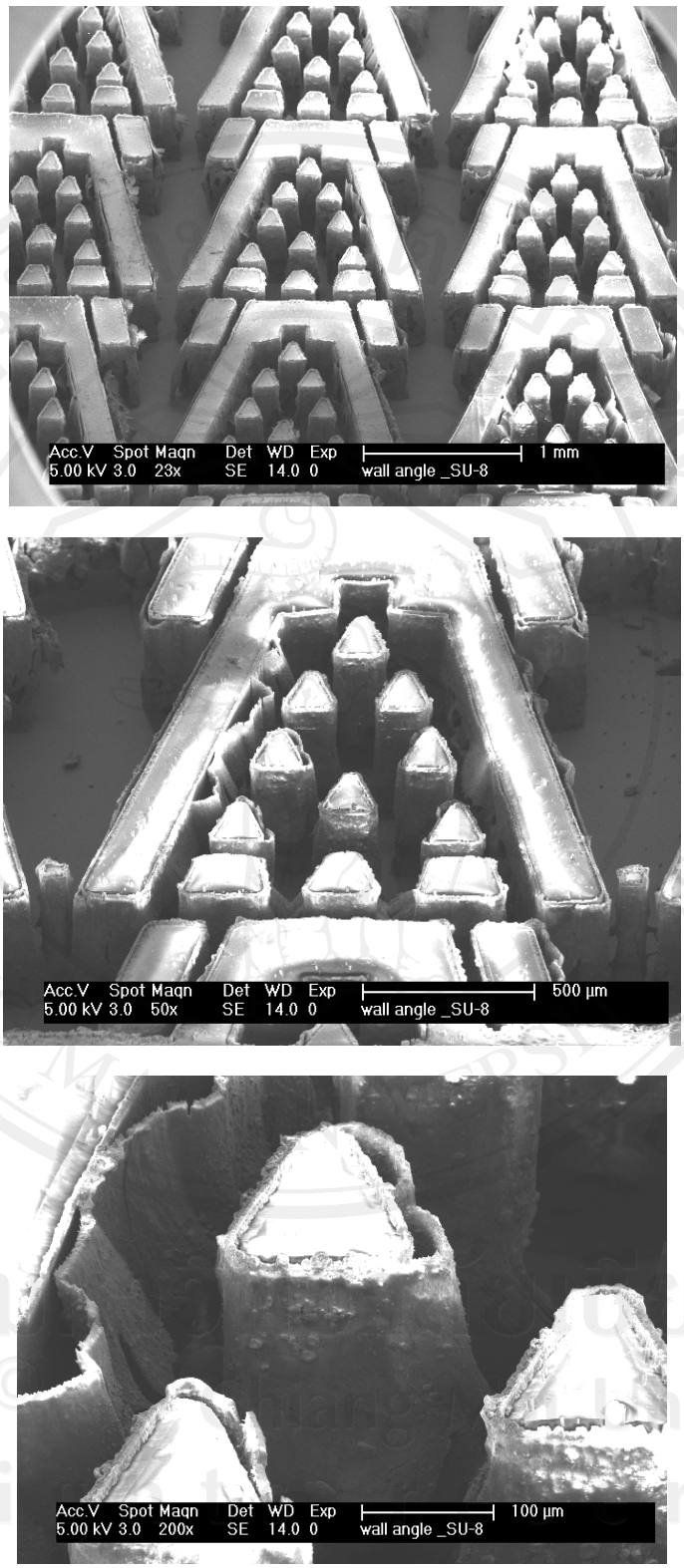






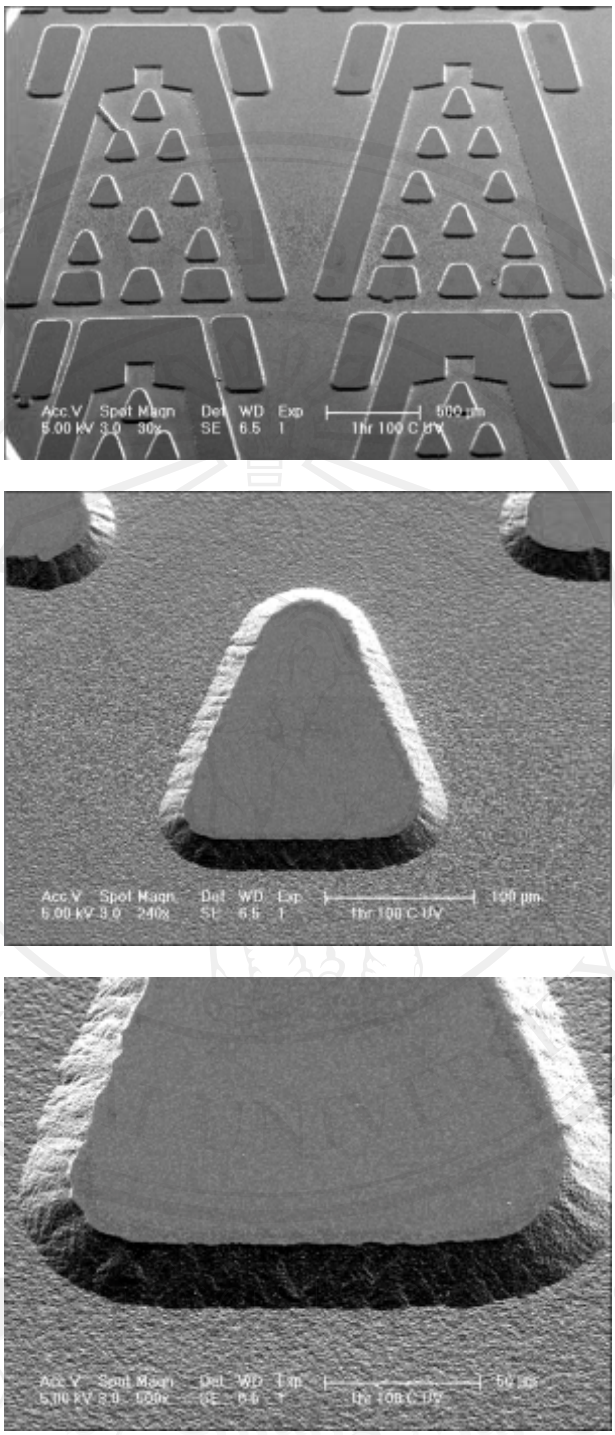
รูป ง-1 ภาพถ่าย SEM ของ Burnish Head หลังจากการ Develop ชิ้นงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ง-2 ภาพถ่าย SEM ของ Burnish Head หลังจากาการกัดด้วยเครื่อง RIE โดยที่ยังไม่มีการล้าง CF_4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ง-3 ภาพถ่าย SEM ของ Burnish Head จากกระบวนการใช้กระบวนการลิโธกราฟีด้วยแสงอัลตราไวโอเลตหลังจากการกัดด้วยเครื่อง RIE

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ง-4 ภาพถ่าย SEM ของ Burnish Head ด้วยกระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนหลังจากการกัดด้วยเครื่อง RIE และล้างหน้ากากแข็งออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

ข้อมูลแสดงผลการฉายแสงด้วยกระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อมูลแสดงผลการฉายแสงด้วยรังสีเอกซ์

Bl6 Scan Monday, June 06, 2011 15:53:53

Start pressure @ long pipe : 7.4E-3 Torr Start pressure @ chamber : 1.6E-2 Torr Target Dose : Acc. BottomBright = 25000.00

Bright Filters : Be 100 um, Aluminium 16 um, Mylar 100 um, Silver 0 um

Dark Filters : Be 100 um, Aluminium 16 um, Mylar 100 um, Silver 30 um

Sample: SU-8 245 um

ตาราง จ-1 แสดงข้อมูลการฉายแสงด้วยรังสีเอกซ์

Scan #	Beam Energy (GeV)	Iring (mA)	TopBright	TopDark	BottomBright	BottomDark	Acc.TopBright	Acc.TopDark
1.0000	1.1960	111.4450	10189.4512	6.6427	2138.6858	5.4063	10189.4512	6.6427
2.0000	1.1960	111.3670	10182.3196	6.6380	2137.1889	5.4025	20371.7708	13.2807
3.0000	1.1960	111.2900	10175.2795	6.6334	2135.7113	5.3988	30547.0503	19.9141
4.0000	1.1960	111.2120	10168.1479	6.6288	2134.2144	5.3950	40715.1982	26.5428
5.0000	1.1960	111.1330	10160.9249	6.6241	2132.6984	5.3912	50876.1232	33.1669
6.0000	1.1960	111.0550	10153.7934	6.6194	2131.2015	5.3874	61029.9165	39.7863
7.0000	1.1960	110.9690	10145.9304	6.6143	2129.5511	5.3832	71175.8469	46.4006

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Scan #	Beam Energy (GeV)	Iring (mA)	TopBright	TopDark	BottomBright	BottomDark	Acc.TopBright	Acc.TopDark
8.0000	1.1960	110.8910	10138.7988	6.6096	2128.0543	5.3794	81314.6457	53.0102
9.0000	1.1960	110.8110	10131.4844	6.6049	2126.5190	5.3756	91446.1301	59.6151
10.0000	1.1960	110.7270	10123.8042	6.5999	2124.9070	5.3715	101569.9343	66.2149
11.0000	1.1960	110.6470	10116.4898	6.5951	2123.3718	5.3676	111686.4241	72.8100
12.0000	1.1960	110.5690	10109.3582	6.5904	2121.8749	5.3638	121795.7823	79.4005

Finish time 15:59:51

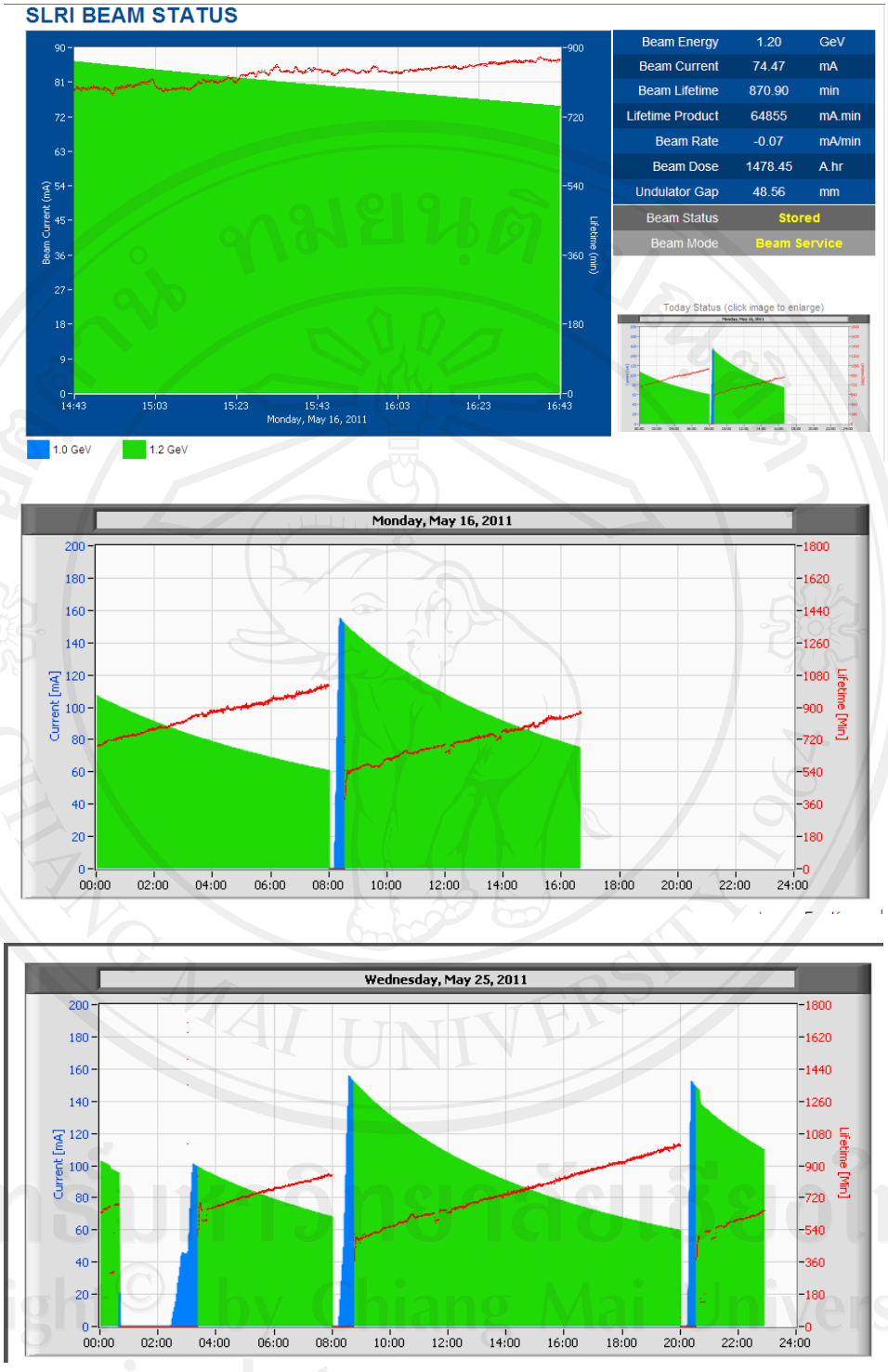
Spent time 0hr5min58sec

Finish pressure @ long pipe : 1.4E-2 Torr

Finish pressure @ chamber : 2.0E-2 Torr

Total # of scan : 12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป จ-1 กราฟแสดงสถานะแสงซินโครตรอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นางสาวชาลิณี มณีขัติย์
วัน เดือน ปี เกิด	14 กุมภาพันธ์ 2527
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนส่วนบุญ-โญปถัมภ์ ลำพูน ปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2551
ทุนการศึกษา	ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนา สำหรับภาคอุตสาหกรรม (NUI-RC) สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช)
ประวัติการทำงาน	บริษัทอีซูซุมอเตอร์ (ประเทศไทยจำกัด) แผนก การวางแผนและควบคุมโครงงานของรถภายในประเทศ ระยะเวลา 1ปี 3 เดือน
ผลงานวิจัย	Ch. Maneekat[#1] K. Siangchaew[*2] R. Phatthanakun[**3] and K. Leksakul[#4]. "Study of Deep X-ray Lithography Fabricating SU-8 Hard Mask of Burnishing Head Patterns" IEEE International Data Storage Technology Conference (DST-Con 2011), January 9-10, 2012 Ch. Maneekat[#1] K. Siangchaew[*2] R. Phatthanakun[**3] and K. Leksakul[#4]."The Study on Deep X-ray Lithography to Fabricate SU-8 Hard Mask of Burnishing Head Patterns" IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (IEEE-NEMS 2012), March 5 – 8, 2012

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved