รายการอ้างอิง

1. Dusit Kruangam," Characterization of Amorphuos Silicon Cabide and its Application to Thin Film Light Emitting Diode," Ph.d. disseratation, Osaka University, 1988.
2. วิโรจน์ บุญโกสุมภ์, ดุสิต เครืองาม และ สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว, "การพัฒนาดิสเพลย์แบบแบนชนิดอิเล็กโทรลูมิเนสเซนต์จากสังกะสีซัลไฟด์," การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าประจำปี 2534, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมสถาบันวิศวกรไฟฟ้า, กรุงเทพมหานคร, 23-26 พฤษภาคม 2534, หน้า 192-205.
3. วิโรจน์ บุญโกสุมภ์, ดุสิต เครืองาม และสมศักดิ์ ปัญญาแก้ว, "การประดิษฐ์และการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของดิสเพลย์ชนิดอิเล็กโตรลูมิเนสเซนต์ จากสังกะสีซัลไฟด์," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา, 7-8 พฤศจิกายน 2534.
4. L.E. Tannas Jr, "Electroluminescence catches the public eyes," in IEE Spectrum. 1986, P. 39-40.
5. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว, มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร และบรรยง โตประเสริฐพงศ์. ฟิสิคัลอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2526.
6. S. Matsumoto. Electronic Display Devices. Ohms Publishing Co., 1984. (In Japanese)
7. T. Inoguchi and S. Mito. Electroluminescence. edited by J.I. Pankove, Springer-Verlag, New York, 1977.
8. R. Mach and G.O. Miller, Physic Concepts of High field, Thin film Electroluminescenc Devices, in Physic state solid (a) 69, 11 (1982), Berlin 1982.
9. D.A. Cusano, Luminescence of Organic and Anorganic Materials, edited by. Kallman and Spruch, Wiley, New York, 1962

10. ดุสิต เครืองาม และคณะ, " การประดิษฐ์ฟิล์มบางสังกะสีซัลไฟด์," รายงานโครงการวิจัย, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2534.

11. บรรยง โตประเสริฐพงศ์. เทคโนโลยีและฟิสิกส์ของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

12. G.H. Dieke, Advances in Quantum Electronics, Ed. J.R. Singer, Columbia University Press, 1961, P.170.

13. K.Okamoto, " High - Brightness Low-Threshold -Voltage Thin-Film ac Electroluminescence Devices," Ph.D. dissertation, Osaka University, 1981, P.52-59.

14. พรศักดิ์ วนิชภักดีเดชา," การพัฒนาอิเล็กโทรลูมิเนสเซนต์ดิสเพลย์จากฟิล์มบางสังกะสีซัลไฟด์, " โครงงานวิศวกรรมไฟฟ้า, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2534.

15. H.Ohnishi, "Low-Threshold dc-Electroluminescenct Device Using Heterojunction Thin Films," Ph.D.dissertation, Eshime University, 1980, P.34-35.

16. I.Solomon and P. Thioulouse, "Electroluminescene memory Display using Amorphus Silicon-Carbon Alloys," in Optoelectronics : Devices and Tecnologies Vol.1 No 2. Mita Press, 1989.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผลงานสิ่งตีพิมพ์และการประชุมทางวิชาการ

1. วิโรจน์ บุญโกสุมภ์, ดุสิต เครืองาม และสมศักดิ์ ปัญญาแก้ว,"การพัฒนาดิสเพลย์แบบแบนชนิดอิโทรลูมิเนสเซนต์จากสังกะสีซัลไฟด์," การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าประจำปี 2534, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมสถาบันวิศวกรไฟฟ้า, กรุงเทพมหานคร, 23-26 พฤษภาคม 2534, หน้า 192 - 205.

2. วิโรจน์ บุญโกสุมภ์ และดุสิต เครืองาม,"การพัมนาดิสเพลย์ชนิดอิเล็กโทรลูมิเนสเซนต์จากฟิล์มบางสังกะสีซัลไฟด์," การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17, สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 24-26 ตุลาคม 2534.

3. ดุสิต เครืองาม และวิโรจน์ บุญโกสุมภ์," การประยุกต์ใช้งานซิลิกอนไดออกไซด์เป็นชั้นฉนวนในดิสเพลย์ชนิด EL," การประชุมวิชาการใหญ่ทางวิศวกรรมประจำปี 2534, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร, 31 ตุลาคม - 3 พฤศจิกายน 2534.

4. วิโรจน์ บุญโกสุมภ์, ดุสิต เครืองาม และสมศักดิ์ ปัญญาแก้ว," การประดิษฐ์และการศึกษาสมบัติพื้นฐานของดิสเพลย์ชนิดอิเล็กโทรลูมิเนสเซนต์จากสังกะสีซัลไฟด์," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา, 7-8 พฤศจิกายน 2534.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมการวัด Spectrum

```
10    ! PHOTOLUMINESCENSE MEASUREMENT PROGRAMME
20    ! JANUARY 1989
30    ! BY SOMCHAI AND WIROTE
40    INTEGER Op,N,I,St,Sp,Sc,Xev
50    PRINT CHR$(128)
60    GINIT
70    GRAPHICS OFF
80 Main:  ! MAIN MENU PROGRAMME FOR SPECTRUM MEASURMENT
90    GOSUB Cls
100   PRINT "This programme is spectrum measurement service."
110   PRINT "By Mr. Somchai AND Mr. Wirote"
120   PRINT "   Semiconductor Devices Research Laboratory"
130   PRINT "   Department of Electrical Engineering"
140   PRINT "   Chulalongkorn University, Bangkok, THAILAND"
150   PRINT "Version 3.0, MARCH 1989."
160   PRINT
170   PRINT "Service option no.          Service"
180   PRINT "       1                SPECTRUM MEASUREMENT"
190   PRINT "       2                GRAPHICS OF DATA FROM DISK"
200   PRINT "       3                EXIT"
210   INPUT "Option of selection for service",Op
220   IF Op<=0 OR Op>3 THEN 210
230   ON Op GOTO 240,250,260
240   GOTO Spectrum
250   GOTO Access
260   GOTO Exit
270 Spectrum: ! SPECTRUM MEASUREMENT PROGRAMME
280   GOSUB Cls
290   DIM R(1500)
300   PRINTER IS CRT
310   INPUT "Please enter the minimum wavelength (nM.)",Xsta
320   PRINT TABXY(0,1),"The minimum wavelength is ";Xsta;" nM."
330   INPUT "Please enter the maximum wavelength (nM.)",Xsp
340   PRINT TABXY(0,2),"The maximum wavelength is ";Xsp;" nM."
350   INPUT "Name of sample",Name$
360   IF Name$="" THEN 350
370   Ymin=0                          ! \
380   Ymax=1000                       !  > Starting Y-axis scaling
390   Yst=100                         ! /
400   IF Xsta>Xsp THEN                ! \
410    X=Xsp                          !  \
420    Xsp=Xsta                       !   > Setting for Xsta>Xsp
430    Xsta=X                         !  /
440   END IF                          ! /
450   Low=Xsta                        ! Set Counter name of low=Xsta
460   Xmin=Xsta                       ! Set Graphics window Xmin=Xsta
470   Xmax=Xsp                        ! Set Graphics window Xmax=Xsp
480   GOSUB Scaling1
490   GOSUB Disp
500   OUTPUT 709;"RS"                 !- Reset meter
510   OUTPUT 709;"F1RA0R0Z0N4LS12;T3"
                                      ! Set meter to measure for DC signal
520   ENTER 709;A                     ! Load data from meter to A
530   MOVE Xmin,A*1.E+3               ! Start pen of CRT plot at the first point
540   GRAPHICS OFF
550   PRINT "PRESS [CONTINUE] TO START MEASUREMENTS..."
560   PAUSE
570   PRINT CHR$(12)
580   GRAPHICS ON
590   I=1
```

```
600  SET TIME 0
610  ON CYCLE .6 GOSUB Start
620 T:GOTO T
630 Start:!
640   OUTPUT 709;"F1RAOROZON4LS12;T3"
650   ENTER 709;R(I)
660   DRAW Low,R(I)*1.E+3
670   IF Low>=Xmax THEN 710
680   Low=Low+.5
690   I=I+1
700   RETURN
710   REDIM R(I)
720   St=1                                    ! Set index of starting counter
730   Sp=I                                    ! Set index of stopping counter
740   GRAPHICS OFF
750   PRINT CHR$(12)
760   PRINT "Sub-service option no.                    Service"
770   PRINT "         1                    Save the data of graphics on CRT to dis
780   PRINT "         2                    Graphics Print/Plot output"
790   PRINT "         3                    Re-scaling the graphics"
800   PRINT "         4                    Recalling the original graph"
810   PRINT "         5                    EXIT"
820   PRINT "Press graphics key for graphics screen."
830   INPUT "Option of selection for service",Op
840   IF Op<=0 OR Op>5 THEN 830
850   ON Op GOTO 860,880,900,920,1160
860   GOSUB Record
870   GOTO 740
880   GOSUB Print
890   GOTO 740
900   GOSUB Rescaling
910   GOTO 740
920   IF St<>1 OR Sp<>I OR Xev=1 THEN
930    St=1
940    Sp=I
950    Sc=0
960    Xev=0
970    Xmin=Xsta
980    Xmax=Xsp
990    GOSUB Scaling
1000   GOSUB Disp
1010   GOSUB Draw
1020  ELSE
1030   IF Ymax=1 THEN
1040    Sc=0
1050    GOSUB Scaling
1060    GOSUB Disp
1070    GOSUB Draw
1080   ELSE
1090    PRINT CHR$(12)
1100    GRAPHICS ON
1110    PRINT "Press CONTINUE key for the next step."
1120    PAUSE
1130   END IF
1140  END IF
1150  GOTO 740
1160  GOTO Exit
1170 Record:!
1180 PRINT "Please insert the ";CHR$(129);"TARGET";CHR$(128);" disk into the di
k driver."
1190 INPUT "Disk driver no. (0) or (1) (Press enter/execute key for 0)",N
1200 IF N<0 OR N>1 THEN 1190
1210 PRINT "Disk driver is no.";CHR$(129);N;CHR$(128)
1220 SELECT N
1230  CASE =0
1240    MASS STORAGE IS ":,700,0"
```

```
1250  CASE =1
1260    MASS STORAGE IS ":,700,1"
1270 END SELECT
1280 PRINT "Press CONTINUE key when the front panel lamp of disk driver is off."
1290 PAUSE
1300 INPUT "Please input the name of your record file (Max.= 10 Strings)",Name$
1310 IF LEN(Name$)>10 THEN
1320   PRINT "Your file name is too long, please re-input."
1330   GOTO 1300
1340 END IF
1350 PRINT "Data record to disk in name of ";CHR$(129);Name$;CHR$(128);", please
 wait for a moment."
1360  CREATE BDAT Name$,(Sp-St+4),8
1370  ASSIGN @File1 TO Name$
1380    OUTPUT @File1,1;(Sp-St+1)
1390    OUTPUT @File1,2;Xmin
1400    OUTPUT @File1,3;Xmax
1410  FOR X=St TO Sp
1420    OUTPUT @File1,X-St+4;R(X)
1430  NEXT X
1440  RETURN
1450 Access: !
1460  PRINT "Please insert the ";CHR$(129);"SOURCE";CHR$(128);" disk into the di
sk driver."
1470  INPUT "Disk driver no. (0) or (1) (Press enter/execute key for 0)",N
1480  IF N<0 OR N>1 THEN 1470
1490  PRINT "Disk driver is no.";CHR$(129);N;CHR$(128)
1500  SELECT N
1510   CASE =0
1520    MASS STORAGE IS ":,700,0"
1530   CASE =1
1540    MASS STORAGE IS ":,700,1"
1550  END SELECT
1560 PRINT "Press CONTINUE key when the front panel lamp of disk driver is off."
1570 PAUSE
1580 INPUT "Please input the name of your record file (Max.= 10 Strings)",Name$
1590 IF LEN(Name$)>10 THEN
1600   PRINT "Your file name is too long, please re-input."
1610   GOTO 1580
1620 END IF
1630 PRINT "Reading data from file name ";CHR$(129);Name$;CHR$(128);", Please wa
it for a moment."
1640  ASSIGN @File1 TO Name$
1650    ENTER @File1,1;I
1660    ENTER @File1,2;Xmin
1670    ENTER @File1,3;Xmax
1680  FOR X=1 TO I
1690    ENTER @File1,X+3;R(X)
1700  NEXT X
1710  Rmin=MIN(R(*))
1720  Xsta=Xmin
1730  Xsp=Xmax
1740  St=1
1750  Sp=I
1760  GOSUB Scaling
1770  GOSUB Disp
1780  GOSUB Draw
1790  GOTO 740
1800 Disp:  ! This part of program is CRT Display
1810  PRINT CHR$(12)
1820  OUTPUT 2 USING "#,K";C$          ! Clear screen for graph
1830  GINIT                            ! Initialize various graphics parameters.
1840  PLOTTER IS 3,"INTERNAL"          ! Use the internal screen
1850  GRAPHICS ON                      ! Turn on the graphics screen
1860  LORG 6                           ! Reference point: center of top of label
1870  X_gdu_max=100*MAX(1,RATIO)       ! Determine how many GDUs wide the screen is
```

```
1880  Y_gdu_max=100*MAX(1,1/RATIO)   ! Determine how many GDUs high the screen is
1890  CSIZE 5                        ! Specify smaller characters
1900  FOR K=-.2 TO .2 STEP .05       ! Offset of X from starting point
1910    MOVE X_gdu_max/2+K,Y_gdu_max! Move to about middle of top of screen
1920    LABEL "SPECTRUM MEASUREMENT"! Write title of plot
1930  NEXT K                         ! Next position for title
1940   MOVE X_gdu_max/2,Y_gdu_max-4 ! Move to center of second tilte
1950   CSIZE 4
1960  LABEL "SAMPLE :",Name$         ! Label of test
1970  DEG                            ! Angular mode is degrees (used in LDIR)
1980  LDIR 90                        ! Specify vertical labels
1990  LORG 6                         ! Reference point: center of top of label
2000  CSIZE 5                        ! Specify smaller characters
2010  MOVE 1,Y_gdu_max/2+4           ! Move to center of left edge of screen
2020  LABEL "RELATIVE INTENSITY (A.U.)"
                                     ! Write Y-axis label
2030  LORG 4                         ! Reference point: center of bottom of label
2040  LDIR 0                         ! Horizontal labels again
2050  MOVE X_gdu_max/2,.04*Y_gdu_max! X: center of screen; Y: above key labels
2060  CSIZE 5
2070  IF Xev=1 THEN
2080   LABEL "Photon energy (eV)"    ! Write X-axis label
2090  ELSE
2100   LABEL "Wavelength (nm)"       ! Write X-axis label
2110  END IF
2120  VIEWPORT .12*X_gdu_max,.95*X_gdu_max,.15*Y_gdu_max,.9*Y_gdu_max
                                     ! Define subset of screen area
2130  IF Sc=1 THEN
2140  WINDOW Xmin,Xmax,Ymin,Ymax*1.1! Anisotropic scaling:left/right/bottom/top
2150  AXES Dx,Dy,Xmax,Ymax*1.1,5,5,3! Draw axes intersecting at upper right
2160  ELSE
2170  WINDOW Xmin,Xmax,Ymin,Ymax     ! Anisotropic scaling:left/right/bottom/top
2180  AXES Dx,Dy,Xmax,Ymax,5,5,3     ! Draw axes intersecting at upper right
2190  END IF
2200  AXES Dx,Dy,Xmin,Ymin,5,5,3     ! Draw axes intersecting at lower left
2210  GRID Xst,Yst,0,0,1,1           ! Draw grid with no minor ticks
2220  CLIP Xmin,Xmax,Ymin,Ymax
2230  FRAME
2240  CLIP OFF                       ! So labels can be outside VIEWPORT limits
2250  CSIZE 4                        ! Smaller chars for axis labelling
2260  LORG 6                         ! Ref. pt: Top center          |\
2270 FOR X=Xmin TO Xmax*1.05 STEP Xst! Every step of Xst           | \
2280    MOVE X,Ymin-Yrange*.01       ! A smidgeon below X-axis     |  > Label X-axis
2290    LABEL USING "#,K";X          ! Compact; no CR/LF           | /
2300  NEXT X                         ! et sequens                  |/
2310  LORG 8                         ! Ref. pt : Right center      |\
2320  FOR Y=Ymin TO Ymax STEP Yst    ! Every step of Yst           | \
2330    MOVE Xmin-Xrange*.005,Y      ! A smidgeon of Y-axis        |  > Label Y-axis
2340    LABEL USING "#,K";Y          ! Compact; no CR/LF of ind    | /
2350  NEXT Y                         ! et sequens                  |/
2360  PENUP                          ! LABEL statement leaves the pen down
2370  RETURN
2380 Scaling: !
2390  Multi=10^(-INT(LGT(MAX(R(*)))))
2400  Ymin=0
2410  Ymax=-INT((MIN(R(*))-MAX(R(*)))*Multi)
2420 Scaling1:!
2430  Yst=10^INT(LGT(Ymax-Ymin))
2440  IF (Ymax/Yst)<5 THEN
2450  Yst=-INT(-Ymax/Yst)*Yst/10
2460  END IF
2470  Ymax=-INT(-Ymax/Yst)*Yst
2480  Dy=Yst/10
2490  Yrange=Ymax-Ymin
2500  Xrange=Xmax-Xmin
2510  IF Xrange<=1000 THEN
```

```
2520  Dx=20
2530  Xst=100
2540  END IF
2550  IF Xrange<=500 THEN
2560  Dx=10
2570  Xst=50
2580  END IF
2590  IF Xrange<=100 THEN
2600  Dx=1
2610  Xst=10
2620  END IF
2630  RETURN
2640 Cls:  !
2650  GRAPHICS OFF
2660  C$=CHR$(255)&"K"
2670  OUTPUT 2 USING "#,K";C$
2680  PLOTTER IS 3,"INTERNAL"
2690  RETURN
2700 Plot: !
2710  PRINT CHR$(12)
2720  PRINT "Press ";CHR$(129);"CONTINUE";CHR$(128);" when plotter is ready."
2730  PAUSE
2740  CONTROL 9,3;9600
2750  OUTPUT 9;"IN;SP1;VS8;"
2760  OUTPUT 9;"IP1000,2000,4500,6500"
2770  OUTPUT 9;"SC",Ymax,Ymin,Xmin,Xmax
2780  IF Sc=1 THEN
2790   OUTPUT 9;"TL1,110;"
2800  ELSE
2810   OUTPUT 9;"TL1,100;"
2820  END IF
2830  OUTPUT 9;"PA",Ymin,Xmin
2840  FOR X=Xmin TO Xmax STEP Xst
2850  C$=VAL$(X)
2860  OUTPUT 9;"PD;PA",Ymin,X,";PU;YT;"
2870  OUTPUT 9;"DIO,1;SI.12,.25;CP";-LEN(C$)+1.5;",-1;LB";C$;CHR$(3)
2880  OUTPUT 9;"PA",Ymin,X;
2890  NEXT X
2900  OUTPUT 9;"TL100,1;"
2910  FOR Y=Ymin TO Ymax STEP Yst
2920  C$=VAL$(Y)
2930  OUTPUT 9;"PD;PA",Y,Xmin,";PU;XT;"
2940  OUTPUT 9;"DIO,1;SI.15,.25;CP",-INT(LEN(C$)+1),",-.25;LB";C$;CHR$(3)
2950  OUTPUT 9;"PA",Y,Xmin
2960  NEXT Y
2970  IF Sc=1 THEN
2980   OUTPUT 9;"PD;PA",Ymax*1.1,Xmin,";PU;XT;"
2990  END IF
3000  OUTPUT 9;"PA",Ymin,(Xmax+Xmin)/2
3010  IF Xev=1 THEN
3020   OUTPUT 9;"DIO,1;SI.15,.3;CP-9,-2;LBPhoton energy (eV)";CHR$(3)
3030  ELSE
3040   OUTPUT 9;"DIO,1;SI.15,.3;CP-7.5,-2;LBWavelength (nm)";CHR$(3)
3050  END IF
3060  OUTPUT 9;"PU;PA",(Ymax+Ymin)/2,Xmin
3070  OUTPUT 9;"DI-1,0;SI.15,.3;CP-12.5,2;LBRelative intensity (A.U.)";CHR$(3)
3080  IF Sc<>1 THEN
3090   IF Xev=1 THEN
3100    OUTPUT 9;"PA",(R(St)-Rmin),1.24/(A*1.E-3),";PD;"
3110   ELSE
3120    OUTPUT 9;"PA",(R(St)-Rmin)*Multi,Xmin,";PD;"
3130   END IF
3140   FOR X=St TO Sp
3150    IF Xev=1 THEN
3160     Xplot=1.24/((A+.5*(X-St))*1.E-3)
3170    ELSE
```

```
3180      Xplot=Xmin+.5*(X-St)
3190     END IF
3200     OUTPUT 9;"PA",(R(X)-Rmin)*Multi;Xplot
3210    NEXT X
3220   ELSE
3230    IF Xev=1 THEN
3240     OUTPUT 9;"PA",(R(St)-Rmin)/Peak,1.24/(A*1.E-3),";PD;"
3250    ELSE
3260     OUTPUT 9;"PA",(R(St)-Rmin)*Multi,Xmin,";PD;"
3270    END IF
3280    FOR X=St TO Sp
3290    IF Xev=1 THEN
3300     Xplot=1.24/((A+.5*(X-St))*1.E-3)
3310    ELSE
3320     Xplot=Xmin+.5*(X-St)
3330    END IF
3340    IF Sc=1 THEN
3350     Y=(R(X)-Rmin)/Peak
3360    ELSE
3370     Y=(R(X)-Rmin)*Multi
3380    END IF
3390     OUTPUT 9;"PA",Y;Xplot
3400    NEXT X
3410   END IF
3420   OUTPUT 9;"PU;SP0;"
3430   RETURN
3440 Draw:  !
3450   Rmin=R(St)
3460   FOR X=St+1 TO Sp
3470   IF Rmin>R(X) THEN
3480    Rmin=R(X)
3490   END IF
3500   NEXT X
3510   MOVE Xmin,(R(St)-Rmin)*Multi
3520   FOR X=St TO Sp                  ! Points to be plotted...
3530    Yplot=(R(X)-Rmin)*Multi
3540    DRAW Xmin+.5*(X-St),Yplot      ! Get a data point and plot it against X
3550   NEXT X                          ! et cetera
3560   PENUP
3570   PRINT "Press CONTINUE key for the next step."
3580   PAUSE
3590   RETURN
3600 Print: !
3610   INPUT "Please select output port (1) Printer / (2) Plotter ?",Opt
3620   SELECT Opt
3630    CASE =1
3640     PRINT "Press ";CHR$(129);"CONTINUE";CHR$(128);" when printer is ready."
3650     PAUSE
3660     DUMP DEVICE IS 701
3670     DUMP GRAPHICS
3680    CASE =2
3690     GOSUB Plot
3700    END SELECT
3710   M$=""
3720   PRINT "DO WANT TO GET MORE OF THIS OUTPUT (Y)ES/(N)O ?"
3730   INPUT "",M$
3740   IF M$="Y" OR M$="y" THEN Print
3750 RETURN
3760 Rescaling:!
3770   PRINT CHR$(12)
3780   IF Xev=1 THEN
3790    Xmin=Xwmin
3800    Xmax=Xwmax
3810    Xev=0
3820   END IF
3830   Sc=0
```

```
3840  PRINT "RESCALING SERVICES NO.          SERVICES"
3850  PRINT "         1                     Rescaling X-axis"
3860  PRINT "         2                     Rescaling X-axis to eV-unit"
3870  PRINT "         3                     Rescaling Y-axis (Peak=1 A.U.) "
3880  PRINT "         4                     Option (1) and (3)"
3890  PRINT "         5                     Option (2) and (3)"
3900  PRINT "         6                     Exit"
3910  PRINT "Press graphics key for graphics screen."
3920  INPUT "Option of selection for service",Op
3930  IF Op<=0 OR Op>6 THEN 3920
3940  ON Op GOTO 3950,3980,4010,4040,4080,4120
3950  GOSUB 4130                    ! \
3960  GOSUB Show                    !  > Option 1
3970  RETURN                        ! /
3980  GOSUB Xev                     ! \
3990  GOSUB Xevplot                 !  > Option 2
4000  RETURN                        ! /
4010  GOSUB 4470                    ! \
4020  GOSUB 4720                    !  > Option 3
4030  RETURN                        ! /
4040  GOSUB 4130                    ! \
4050  GOSUB 4470                    !  > Option 4
4060  GOSUB 4720                    ! /
4070  RETURN
4080  GOSUB Xev                     ! \
4090  GOSUB 4470                    !  > Option 5
4100  GOSUB Xevplot1                ! /
4110  RETURN
4120  GOTO Exit                     !    Option 6
4130 Scaling_x_axis:  !
4140  PRINT "Input the interval of X-axis that your desire."
4150  INPUT "Starting wavelength from (nm)",Xmin
4160  IF Xsta>Xmin OR Xsp<Xmin THEN 4150
4170  PRINT "Rescaling starting from ",Xmin,"nm"
4180  INPUT "Stopping wavelength at (nm)",Xmax
4190  IF Xsta>Xmax OR Xsp<Xmax THEN 4180
4200  PRINT "Rescaling stopping at   ",Xmax,"nm"
4210  IF Xmin>Xmax THEN
4220  X=Xmin
4230  Xmin=Xmax
4240  Xmax=X
4250  END IF
4260  St=2*(Xmin-Xsta)+1
4270  Sp=2*(Xmax-Xsta)+1
4280  RETURN
4290 Show: !
4300  GOSUB Scaling
4310  GOSUB Disp
4320   Rmin=R(St)
4330   FOR X=St+1 TO Sp
4340    IF Rmin>R(X) THEN
4350     Rmin=R(X)
4360    END IF
4370   NEXT X
4380  MOVE Xmin,(R(St)-Rmin)*Multi
4390  FOR X=St TO Sp                ! Points to be plotted...
4400   Yplot=(R(X)-Rmin)*Multi
4410   DRAW Xmin+.5*(X-St),Yplot    ! Get a data point and plot it against X
4420  NEXT X                        ! et cetera
4430  PENUP
4440  PRINT "Press CONTINUE key for the next step."
4450  PAUSE
4460  RETURN
4470 Scaling_y_axis:  !
4480  Sc=1
4490  IF St=1 AND Sp=I THEN         !
```

```
4500    Peak=MAX(R(*))                    !\
4510   ELSE                               ! \
4520    Peak=R(St)                        !  \
4530    FOR X=St+1 TO Sp                  !   \
4540     IF Peak<R(X) THEN                !    > Find Max. of Y-value
4550      Peak=R(X)                       !   /
4560     END IF                           !  /
4570    NEXT X                            ! /
4580   END IF                             !/
4590    Rmin=R(St)
4600    FOR X=St+1 TO Sp                  !\
4610     IF Rmin>R(X) THEN                ! \
4620      Rmin=R(X)                       !  > Find Min. of Y-value
4630     END IF                           ! /
4640    NEXT X                            !/
4650   Peak=Peak-Rmin
4660   Ymin=0
4670   Ymax=1
4680   Yst=.1
4690   Dy=Yst
4700   Yrange=Ymax-Ymin
4710   RETURN
4720   GOSUB Scaling1
4730   GOSUB Disp
4740   MOVE Xmin,(R(St)-Rmin)
4750   FOR X=St TO Sp
4760   Yplot=(R(X)-Rmin)/Peak
4770    DRAW Xmin+.5*(X-St),Yplot     ! Get a data point and plot it against X
4780   NEXT X
4790   PENUP
4800   PRINT "Press CONTINUE key for the next step."
4810   PAUSE
4820   RETURN
4830 Xev: !
4840   Xwmin=Xmin
4850   Xwmax=Xmax
4860   Xev=1
4870   A=Xmin
4880   Xmin=INT(1.24*10/(Xmax*1.E-3))/10
4890   Xmax=-INT(-1.24*10/(A*1.E-3))/10
4900   Xst=10^INT(LGT(Xmax-Xmin))
4910   IF (Xmax/Xst)<5 THEN
4920   Xst=-INT((Xmin-Xmax)/Xst)*Xst/10
4930   END IF
4940   Xmax=-INT(-Xmax/Xst)*Xst
4950   Dx=Xst/10
4960   Xrange=Xmax-Xmin
4970   Multi=10^(-INT(LGT(MAX(R(*)))))
4980   Ymin=INT(MIN(R(*))*Multi)
4990   IF Ymin=0 THEN
5000   Ymin=0
5010   END IF
5020 Scaling_y:  !
5030   Multi=10^(-INT(LGT(MAX(R(*)))))
5040   Ymax=-INT(-MAX(R(*))*Multi)
5050   Yst=10^INT(LGT(Ymax-Ymin))
5060   IF (Ymax/Yst)<5 THEN
5070   Yst=-INT(-Ymax/Yst)*Yst/10
5080   END IF
5090   Ymax=-INT(-Ymax/Yst)*Yst
5100   Dy=Yst/10
5110   Yrange=Ymax-Ymin
5120   RETURN
5130 Xevplot: !
5140   GOSUB Disp
5150   X=1.24/(A*1.E-3)
```

```
5160  MOVE X,(R(St)-Rmin)*Multi
5170  FOR X=St TO Sp
5180   Xplot=1.24/((A+.5*(X-St))*1.E-3)
5190   Yplot=(R(X)-Rmin)*Multi
5200   DRAW Xplot,Yplot              ! Get a data point and plot it against X
5210  NEXT X
5220  PENUP
5230  PRINT "Press CONTINUE key for the next step."
5240  PAUSE
5250  RETURN
5260 Xevplot1: !
5270  GOSUB Disp
5280  X=1.24/(A*1.E-3)
5290  MOVE X,(R(St)-Rmin)/Peak
5300  FOR X=St TO Sp
5310   Xplot=1.24/((A+.5*(X-St))*1.E-3)
5320   Yplot=(R(X)-Rmin)/Peak
5330   DRAW Xplot,Yplot              ! Get a data point and plot it against X
5340  NEXT X
5350  PENUP
5360  PRINT "Press CONTINUE key for the next step."
5370  PAUSE
5380  RETURN
5390 Exit: PRINT CHR$(128)
5400 PRINT "Thank you, services are finished."
5410 END
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การทำงานของระบบ EB

ระบบนี้ออกแบบมาใช้สำหรับเคลือบสารกึ่งตัวนำ และ panel display chamber สุญญากาศ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 450 มม. และ สูง 500 มม. belljar ทำมาจาก สเตนเลส เพื่อใช้สำหรับในการทดลอง และประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก

ระบบปั๊มใช้ oil diffusion pump ขนาด 6 นิ้ว เป็นปั๊มหลัก และใช้ oil rotary pump เป็น fore pump จะทำให้ได้สุญญากาศสูง ๆ ในระยะเวลาอันสั้น

แหล่งจ่าย electron beam evaporation (EB) ใช้เป็นตัว evaporate source การทำงานของระบบปั๊ม และระบบ evaporation จะกระทำด้วย manual

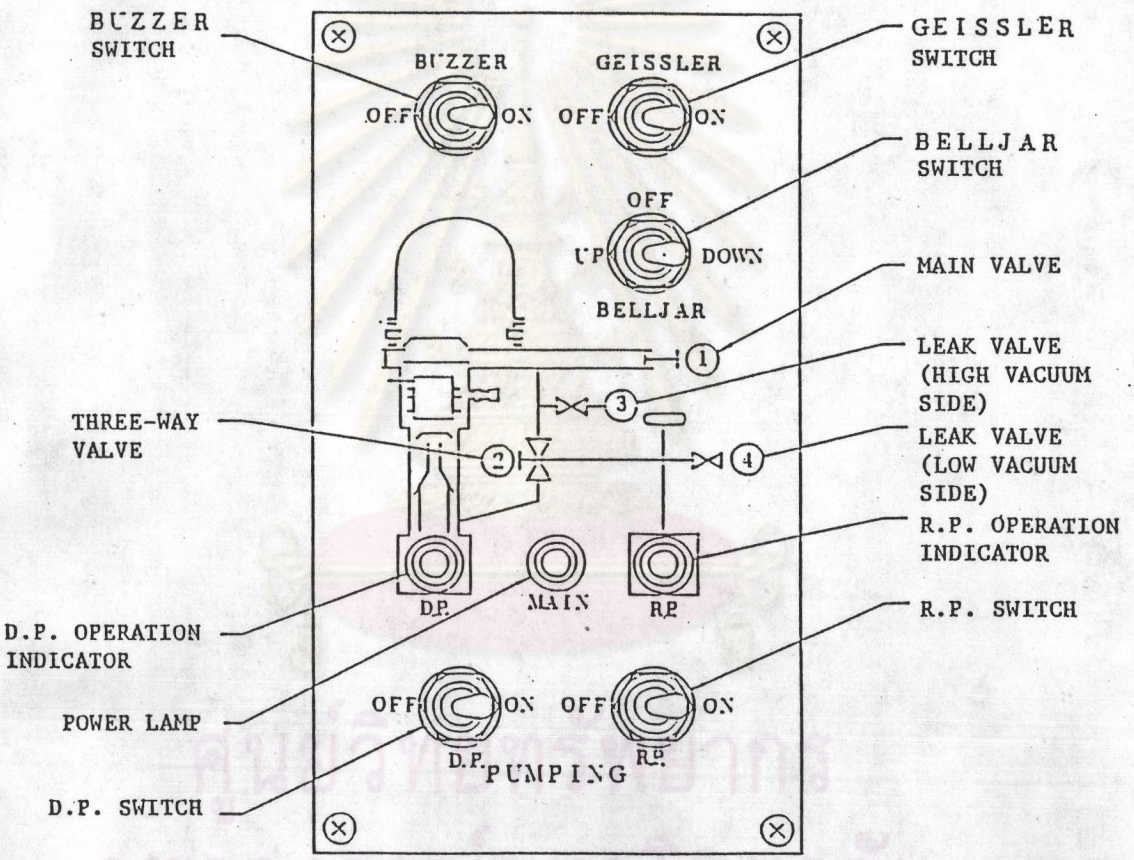
การทำงานของระบบปั๊ม (Pumping Operation)

การทำงานของปั๊มของระบบ EBV-6DH กระทำด้วย manual การทำงานของตาม (รูปที่ ข.1) valve บนหน้าปัทม์ด้านหน้า และ Toggle switch บนแผงควบคุมปั๊ม op-1 บนหน้าปัทม์การทำงาน

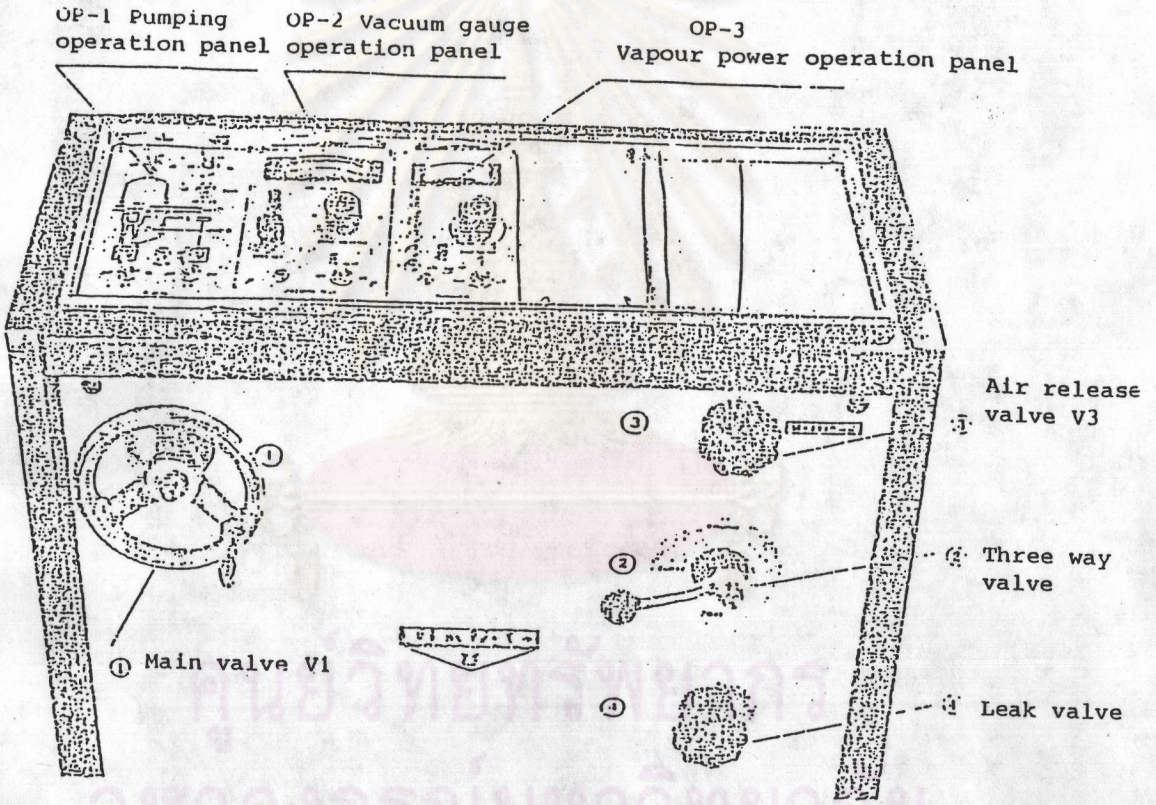
1. การเตรียมระบบปั๊ม (Preparation for Pumping System)

(สมมุติว่าสวิทช์ทุกตัวอยู่ในตำแหน่ง OFF, valve ทุกตัวเปิดอยู่ และภายในปั๊ม diffusion ยังคงรักษาความดันให้ต่ำพอ)

1. เปิด valve น้ำ (เปิดสวิทช์ระบบทำน้ำเย็น,ปั๊ม pressure ลม, เสียบมอเตอร์สูบน้ำ) เพื่อให้น้ำเย็นไหลเข้าสู่ bell jar (น้ำที่ป้อนผ่าน valve อยู่ด้านหลังของเครื่องซึ่งจะต้องทำให้ bell jar เย็นอยู่เสมอ)



รูปที่ ข.1 แผงควบคุมระบบปั๊ม



รูปที่ ข.2 EBV-6DH การทำงานของหน้าปัทม์ด้านหน้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เปิด breaker power switch (ที่อยู่ข้างฝาผนัง) แล้วเปิด power switch ที่อยู่บน switchboard หลังจากนั้นเปิด main switch NFB ของระบบเพื่อให้เครื่องทำงาน

3. ตรวจดูว่าหลอดไฟ PL1 ติดหรือไม่

4. เปิด toggle switch SSI บน OP-1 ปรับ three way valve 2 ไปที่ตำแหน่ง FORE เพื่อดูดอากาศใน diffusion pump และเปิดสวิทช์ SS2 หลังจากนั้นประมาณ 20 นาที น้ำมันของ diffusion pump เริ่มร้อน และจึงเริ่มทำงาน

5. ตรวจดู back pressure ของ diffusion pump ด้วยหลอด Geissler ถ้าสังเกตุเห็นหลอด Geisslerเรืองแสง เปิด filament ของ vacuum gauge บน OP-2 และอ่านค่า pressure ความดันที่อ่านค่าได้อยู่ในช่วง 10^{5} torr.

6. เติม liquid nitrogen ผ่านกรวย (funnel) ความดันที่อ่านได้อยู่ในช่วง 10^{7} torr. ขั้นตอนการเตรียมทั้งหมดได้เสร็จสิ้นแล้ว ก่อนที่จะเริ่ม evaporate

2. การทำงานของระบบปั๊ม

สมมุติว่าขั้นตอนทั้งหมดที่ทำขึ้นเพื่อเป็นการเตรียมการระเหย source ใน bell jar และ substrate และได้ผ่านการเตรียมตามข้างบนมาแล้ว

1. ปรับสวิทช์ SS5 อยู่ในตำแหน่ง down และ bell jar จะลงและหยุดที่ feedthrough

2. ปิด three way valve 2

3. ปิดสวิทช์ filament บน แผงหน้าปัทม์ OP-2

4. ปรับ three way valve 2 ไปที่ตำแหน่ง Rough และดูดอากาศออกจาก bell jar เมื่อความดันถึง 10^{1} torr. ดูได้จากหลอด Geissler ปรับ three way valve 2 ไปที่ตำแหน่ง Fore แล้วเปิด main value 1 เพื่อเริ่มดูดอากาศภายใน bell jar เปิดสวิทช์ filament สำหรับ vacuum gauge ใช้เวลาหลายนาทีความดันถึงจะอยู่ในช่วง 10^{6} torr. ขณะนี้พร้อมที่จะทำการ deposit ได้

5. หลังจากการปลูกฟิล์มเสร็จเรียบร้อยแล้ว ปิด main valve 1 แล้วเปิด valve 3 เพื่อปล่อยอากาศให้เข้าไปใน bell jar แล้วรอให้อุณหภูมิภายใน chamber มีค่าใกล้ ๆ กับอุณหภูมิภายนอกแล้วจึงเปิด chamber

6. ปรับสวิทช์ SS5 อยู่ในตำแหน่ง " UP " เพื่อเปิด bell jar

3. การหยุดระบบปั๊ม

1. ปิด main value 1

2. ตรวจดู three way value 2 ให้อยู่ที่ตำแหน่ง " FORE " และปิด diffusion pump ด้วยสวิทช์ SS2

3. หลังจากนั้นประมาณ 30 นาที น้ำมัน diffusion pump เริ่มเย็นลงจึงปิด three way valve 2

4. ปิด rotary pump ด้วยสวิทช์ SS1 และ เปิด valve 4 เพื่อปล่อยให้อากาศเข้าไปใน rotory pump

4. อย่ากระทำใด ๆ ในขณะที่ปั๊มกำลังทำงาน

1. เมื่อทำการเปลี่ยนหลอด GI-T หรือระบายอากาศเข้าใน diffusion pump ให้เป็นความดันบรรยากาศ ในขณะที่กำลังบำรุงรักษาหรือตรวจดู อย่าให้อากาศเข้าจากด้าน back pressure ของ pump ถ้าอากาศเข้าจะทำให้ pump jet จะเสีย หรือน้ำมันจะขึ้นไปยังด้านสุญญากาศสูงจะทำให้ประสิทธิภาพของปั๊มเสื่อม

2. ใช้ VGT-10H guage valve ในลักษณะที่แรงป้อนมาจากทางด้านของ bell jar เสมอ ถ้าป้อนมาจาก back pressure จะเกิดจากการเสื่อมหรือปัญหาอื่น ๆ ตามมาได้ อาจจะทำให้เกิดผลในตามข้างบนได้

3. หลังจาก rotary pump หยุดทำงานต้องแน่ใจว่า เปิด valve 4 เพื่อปล่อยให้อากาศภายในปั๊ม เพื่อเป็นการลดความดันภายใน pump ให้เป็นความดันบรรยากาศ มิฉะนั้นน้ำมันใน rotary pump จะไหลกลับไปยัง bell jar หรือ diffusion pump จะทำให้ประสิทธิภาพของปั๊มเสื่อมคุณภาพลง

การทำงานของการให้ความร้อนแผ่นฐาน (Substrate heating Operation)

1. การเตรียมตัว (Preparation)

1. ถอดแท่งของตัวเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดอยู่ด้านหลังของแหล่งจ่ายไฟ (power supply box CB-1-2) และต่อแบบอนุกรมหรือขนานกับขดทุติยภูมิของหม้อแปลง TS2

2. ตรวจดูว่าต่อไปยัง feed-through นั้นถูกต้องหรือไม่ และขันน็อตให้แน่น

3. ทำการดูดอากาศให้สอดคล้องกับการ pumping ขณะนี้พร้อมที่จะให้ความร้อนแก่แผ่นฐานได้

2. การให้ความร้อนแก่แผ่นฐาน (Substrate Heating)

1. ปรับลูกบิดควบคุมความร้อนแผ่นฐาน (TEMP control R31) ไปที่ตำแหน่ง 0

2. ปรับ input switch (S3) ไปที่ตำแหน่ง Low และค่อย ๆ หมุนลูกบิดตามเข็มนาฬิกา

3. เมื่อกำลังยังไม่พอ ถึงแม้ว่าหน้าปัทม์ถูกปรับอยู่ที่สูงสุดให้ปรับหน้าปัทม์มาที่ตำแหน่ง 0 อีกครั้ง และปรับ input switch (S3) ไปที่ตำแหน่ง HIGH แล้วจึงหมุนลูกบิดตามเข็มนาฬิกาอีกครั้ง

4. เมื่อความร้อนที่ทำให้แผ่นฐานสูงเกิน ทำการปรับหน้าปัทม์ไปที่ตำแหน่ง 0 และปรับสวิทช์ S3 ไปที่ตำแหน่ง OFF

การปลูกฟิล์ม (Deposition Operation)

1. การปลูกฟิล์มของระบบ E/B (Deposition Operation E/B)

1. ปล่อยอากาศให้เข้าไปใน chamber เพื่อให้ภายใน chamber มีความดันเป็นความดันบรรยากาศจะได้สอดคล้องกับวิธีการปล่อยอากาศ

2. ติดตั้งแผ่นฐานบนที่ยึดแผ่นฐาน (substrate holder)

3. เปิด shutter และใส่วัสดุที่เป็นตัวระเหย หลังจากได้ตรวจดูความเรียบร้อยรอบ ๆ แล้วปิด shutter

4. ทำความสะอาดภายใน chamber

5. ปรับ drive jig และตรวจดูว่าไม่มีสิ่งใดผิดปกติ

6. ปิด chamber และทำการดูดอากาศภายใน chamber ให้เรียบร้อย

7. เมื่อ main value ปิดอยู่ เปิดสวิทช์ filament ของ vacuum gauge

8. ตรวจดูว่าอากาศภายใน chamber มีความดันต่ำกว่าระดับข้อกำหนดและเริ่มทำการปลูกฟิล์ม

9. เปิดกุญแจที่เป็นสวิทช์ของแหล่งจ่ายไฟ E/B จากตำแหน่ง OFF ไปยังตำแหน่ง ON ถ้าขณะนี้ระบบ interlock ทั้งหมดถูกต้อง HV ที่อยู่ในตำแหน่ง OFF หลอดไฟสีเขียวจะติด

10. ตรวจดูว่า power ที่ใช้เป็นตัวควบคุมปรับอยู่ที่ 0 แล้วทำการกด สวิทช์ HV ON หลอดไฟสีแดงจะติดและ E/B gun filament กำลังทำงาน

11. ค่อย ๆ ปรับ potentiometer ที่อยู่บน remote controller เพิ่มขึ้นที่ละน้อย และต้องปรับให้ลำอิเล็กตรอนให้ตกอยู่ที่ศูนย์กลางของตัวอย่าง(ตัวระเหย) ขณะที่กำลังดูสุญญากาศภายใน chamber (X-position, Y-Position)

12. ปรับให้ลำอิเล็กตรอนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ (x-sweep, y-sweep HV-sweep)

13. ค่อย ๆ ปรับปุ่มควบคุม HV ขณะที่ดูแอมมิเตอร์และตัว evaporant กำลังหลอมละลาย ขณะที่กำลังไล่อากาศ (degassing) ตัว evaporant

14. หลังจาก degassing แล้ว ตัว evaporant จะระเหย แล้วเปิด shutter เพื่อเป็นการเริ่ม evaporate

15. ปิด shutter หลังจากได้ทำการ deposit เสร็จแล้ว

16. ปรับปุ่มควบคุมไปที่ 0 อีกครั้ง และกดสวิทช์ HV ไปที่ตำแหน่ง OFF

17. รอให้แผ่นฐานเย็นตัว

18. เมื่ออุณหภูมิภายใน chamber เย็นตัวลง ปิดสวิทช์ filament ของ vacuum gauge และปล่อยอากาศให้อากาศให้เข้าไปภายใน chamber

19. หลังจากที่ไม่ใส่แผ่นฐาน ดูดอากาศภายใน chamber ให้เป็นสุญญากาศ

ภาคผนวก ค

การใส่ค่าพารามิเตอร์ของ CRTM Film Thickness Monitor

CRTM film thickness monitor ออกแบบเพื่อใช้ในการวัดและแสดงความหนาของฟิล์ม ที่ deposit ด้วยระบบสุญญากาศ

ความหนาของฟิล์มคำนวณได้จาก ความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้เป็น evaporant และอัตราส่วนระหว่าง ค่า acoustic impedance ของ crystal และ evaporant ของวัสดุนั้น ๆ (Z-ratio) ค่าที่แสดงมีความถูกต้องสูงกว่าความถี่ย่านกว้าง

มี setpoint ที่ตั้งค่าได้อยู่ 3 ค่า เพื่อใช้ควบคุมความหนาของฟิล์ม และมี relay contact output ของ setpoint แต่ละตัวแยกจากกัน

<u>การใส่ค่าพารามิเตอร์</u> (input parameter)

CRTM มีค่าพารามิเตอร์ที่จะต้องใส่เข้าไปมีอยู่ 3 ค่า คือ ความหนาแน่น (density), Z-Ratio และ Tooling เพื่อใช้ในการคำนวณหาความหนาของฟิล์ม ส่วนพารามิเตอร์ที่ตั้งค่าได้มีอยู่ 3 ค่า คือ THK1, THK2 และ TIME LIMIT เพื่อใช้ในการควบคุมความหนาของฟิล์ม

1. <u>ความหนาแน่น</u> (Density : g/cm^3)

ค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นนี้ จะเป็นตัวบ่งบอกค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้เป็นตัวระเหย (evaporation) และ ค่าความหนาแน่นจะมีหน่วยเป็น g/cm^3 ตารางที่ ค.1 แสดงค่าความหนาแน่นของสารที่ใช้

ตารางที่ ค.1 แสดงค่า Density และ Acoustic Impedance ของวัสดุชนิดต่างๆ

Density and Acoustic Impedance Ratio of Various Substances

Substance	Density (g/cm^3)	Z-ratio	Substance	Density (g/cm^3)	Z-ratio
Al	2.70	1.08	Mo	10.2	0.257
Sb	6.62	0.768	Ni	8.91	0.331
As	5.73	0.966	Nb	8.57	0.493
Be	1.85	0.543	Pd	12.0	0.357
B	2.54	0.389	Pt	21.4	0.245
Cd	8.64	0.682	Kel	1.98	2.05
CdS	4.83	1.02	Se	4.82	0.864
CdTe	5.85	0.980	Si	2.32	0.712
CaF_2	3.18	0.775	SiO_2	2.20	1.07
C	2.25	3.26	Ag	10.5	0.529
Cr	7.20	0.305	AgBr	6.47	1.18
Co	8.71	0.343	Agcl	5.56	1.32
Cu	8.93	0.437	Nacl	2.17	1.57
Ga	5.93	0.593	Ta	16.6	0.262
GaAs	5.31	1.59	Te	6.25	0.900
Ge	5.35	0.516	Sn	7.30	0.724
Au	19.3	0.381	Ti	4.50	0.628
In	7.30	0.841	W	19.3	0.163
InSb	5.76	0.769	WC	15.6	0.151
Ir	22.4	0.129	U	18.7	0.238
Fe	7.86	0.349	V	5.96	0.530
Pb	11.3	1.13	Y	4.34	0.835
PbS	7.50	0.566	Zn	7.04	0.514
LiF	2.64	0.774	ZnO	5.61	0.556
Mg	1.74	1.61	ZnSe	5.26	0.722
MgO	3.58	0.441	ZnS	4.09	0.775
Mn	7.20	0.377			

2. Z-Ratio

ค่า acoustic impedance เป็นอัตราส่วนระหว่างผลึก (crystal) ของ sensor และวัสดุที่ใช้เป็นตัวระเหย ตารางที่ ค.1 แสดงค่า z-ratio ของสารที่ใช้

3. Tooling %

แฟคเตอร์นี้ใช้เพื่อเป็นตัวแก้ความถูกต้องที่แตกต่างกัน ระหว่างความหนาของฟิล์มที่ตำแหน่งแผ่นฐานและ ฟิล์มที่ปลูกบนผิวของผลึก (crystal) ของ sensor ค่า tooling factor คือ

$$\text{Tooling} = \frac{\text{ความหนาของฟิล์มที่ตำแหน่งแผ่นฐาน}}{\text{ความหนาของฟิล์มที่ตำแหน่ง sensor}} * 100$$

ถ้าจำนวนของวัสดุที่ปลูกบนแผ่นฐาน (substrate) และ เซนเซอร์ (sensor) มีจำนวนเท่ากัน ค่า tooling factor จะมีค่า 100 % ค่าความถูกต้องของค่า tooling factor จะหาได้จากการทดลอง โดยวาง monitor substrate ไว้ที่ตำแหน่งแผ่นฐาน (substrate) แล้วทำการวัดค่าความหนาของฟิล์มที่ปลูกบน monitor substrate และนำมาเปรียบเทียบกับความหนาที่แสดงบน CRTM ค่าความถูกต้องของ tooling factor จะหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{Tooling} = \frac{\text{ค่าที่วัดได้จริงบนแผ่นฐาน}}{\text{ค่าที่แสดงบน CRTM}} * 100$$

4. THK1, THK2

พารามิเตอร์ตัวนี้เป็นการตั้งค่าความหนาของฟิล์มที่ต้องการ เพื่อใช้ในการควบคุมความหนาของฟิล์ม ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองจะมีหน่วยเป็น K°A.

5. Time Limit

การตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมความหนาของฟิล์ม โดยการตั้งค่าเวลานี้จะใส่ค่าอยู่ในหน่วยของนาทีและวินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายวิโรจน์ บุญโกสุมภ์ เกิดวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2505 ที่อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากคณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (วิทยาเขตเทเวศร์) ในปีการศึกษา 2531 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2532 ปัจจุบันทำงานที่ ศูนย์ซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย