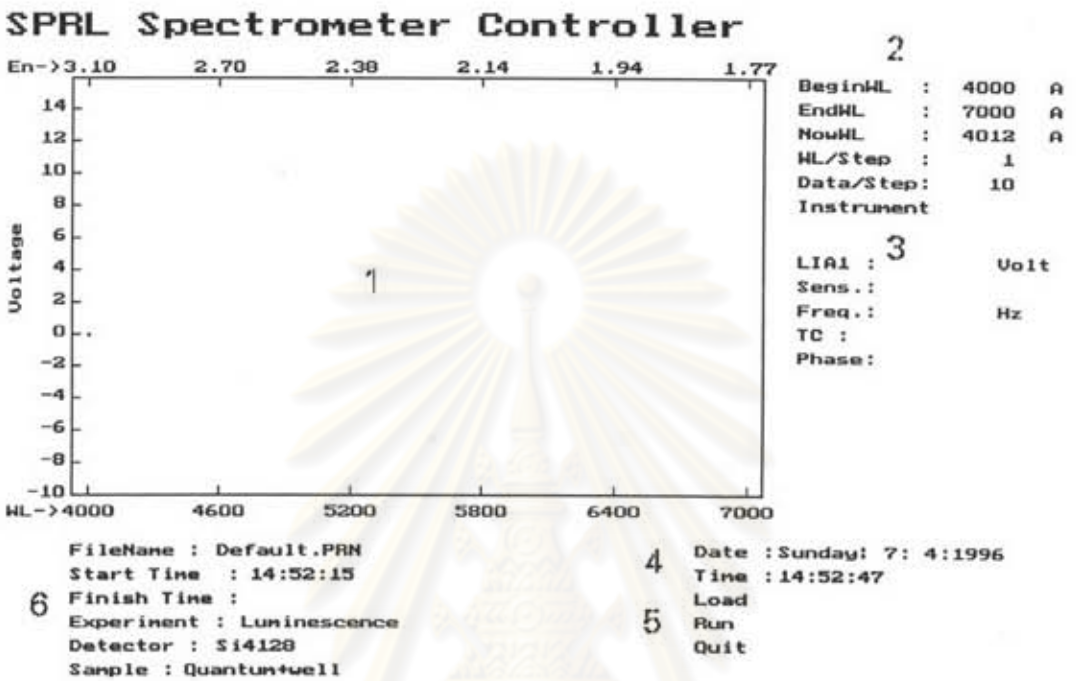
รายการอ้างอิง

1. Zhao,J., Wang,A., Altermatt,A., Wenham,S., and Green,M.,presented at 1st World Conference on Photovoltaic Energy Conversion 1994, p.1477
2. Bube, R.H., Electron in Solids,Academic Press,New York,1992.
3. Balkanski, M.,Hanndbook on Semiconductor, Vol. 2, North-Holland Publishing Co., New York,1980.
4. Seraphin, B.O., Semiconductors and Semimetals, edited by Willardson, R.K. and Beer,R.C. New York:Academic Press,1977,9,p.11.
5. Kingslarke, R., Applied Opticals and Optical Engineering, vol.5, Academic Press,New York,1969.
6. SPEX industries, INC., Operation & Maintenance Instructions,N.J.
7. ชาญวิทย์ จิตยุทธการ " การเตรียมและศึกษาลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของฟิลม์บางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์($CuInSe_2$) " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2537.
8. คำเผย ชัยวงส์ " การปลูกผลึกและโฟโตรีเฟลกแทนซ์ของคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์ " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2539.
9. ประพงษ์ คล้ายสุบรรณ์ " การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างแถบพลังงานของคอปเปอร์อินเดียมไดซัลไฟด์ ($CuInS_2$) กับอุณหภูมิโดยการวัดโฟโตรีเฟลกแทนซ์ " โครงงานนิสิตชั้นปีที่ 4 ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2539.
10. Pankove, J.I.,Optical Processes in Semiconductors,Dove Publications,Inc.,New York,1971
11. EG&G Princeton Applied Reserch,Lock-in Amplifier model 5210 Instruction manual,EG&G Instruments Corporation,1987-1992.
12. Aspnes, D.E.,"The third-Derivative Modulation Spectroscopy with Low-Field Electroreflectance, Surface Science, **37**,418-442, (1973).

ภาคผนวก ก

วิธีการใช้งานโปรแกรม SPEX96



ภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม

ส่วนประกอบของโปรแกรม

1. ส่วนแสดงสเปกตรัม
2. ส่วนควบคุมการทำงานของSPEX และเครื่องมือวัด
3. ส่วนการแสดงผลของเครื่องมือวัด
4. แสดงวันเดือนปีที่ทำการทดลอง
5. ส่วนของการควบคุมโปรแกรม
6. แสดงรายละเอียดข้อมูลของการทดลองและการกำหนดชื่อไฟล์สำหรับข้อมูลที่ทำการทดลอง

รายละเอียดของส่วนต่างๆมีดังนี้

1.ส่วนแสดงสเปกตรัมของการวัดตัวเลขที่ขอบด้านล่างแสดงค่าความยาวคลื่นส่วนที่ขอบด้านบนเป็นค่าพลังงานที่สอดคล้องกับค่าความยาวคลื่น และที่ขอบด้านซ้ายมือเป็นตัวเลขแสดงค่าความเข้มแสงที่ได้

2.ส่วนการควบคุมการทำงานของ SPEX และเครื่องมือวัดซึ่งได้แก่ ลอกอินแอมปลิฟลายและโวลท์มิเตอร์

ส่วนการควบคุมการทำงานของ SPEX

1.BeginWL กำหนดค่าความยาวคลื่นเริ่มต้น

2.EndWL กำหนดค่าความยาวคลื่นที่สิ้นสุด

3.NowWL แสดงค่าความยาวคลื่นขณะทำการวัด

4.WL/Step กำหนดช่วงความยาวคลื่นที่จะทำการเก็บข้อมูล

5.Data/Step กำหนดจำนวนข้อมูลที่จะวัดแล้วนำมาเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นนั้นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

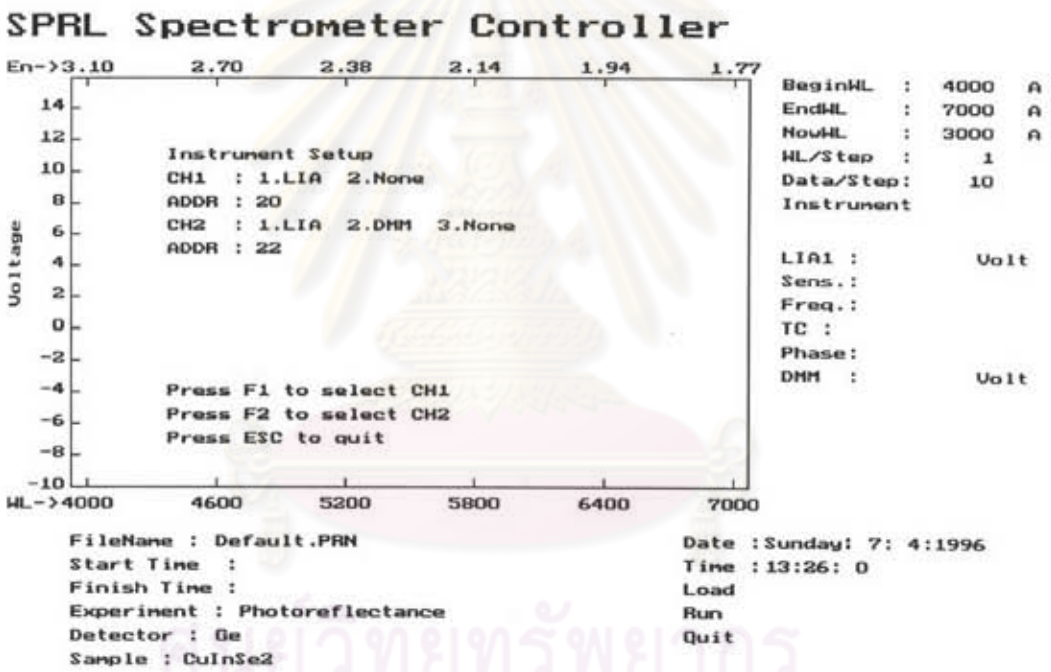
ส่วนการควบคุมการติดต่อกับเครื่องมือวัด

Instrument ฟังก์ชันนี้จะใช้ในการกำหนดเครื่องมือวัดที่จะใช้ในการทดลองและค่าแอดเดรส(address)ของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยมีขั้นตอนการกำหนดดังนี้

กดคีย์ "I" โปรแกรมจะเข้าสู่ส่วนการเลือกเครื่องมือวัดในแต่ละช่อง(Channel)ของการวัด เราสามารถจะกำหนดเลือกที่จะใช้หรือไม่ใช้เครื่องมือวัดในแต่ละช่องได้ โดย

กดคีย์ "F1" สำหรับเลือกเครื่องมือวัดช่องที่ 1

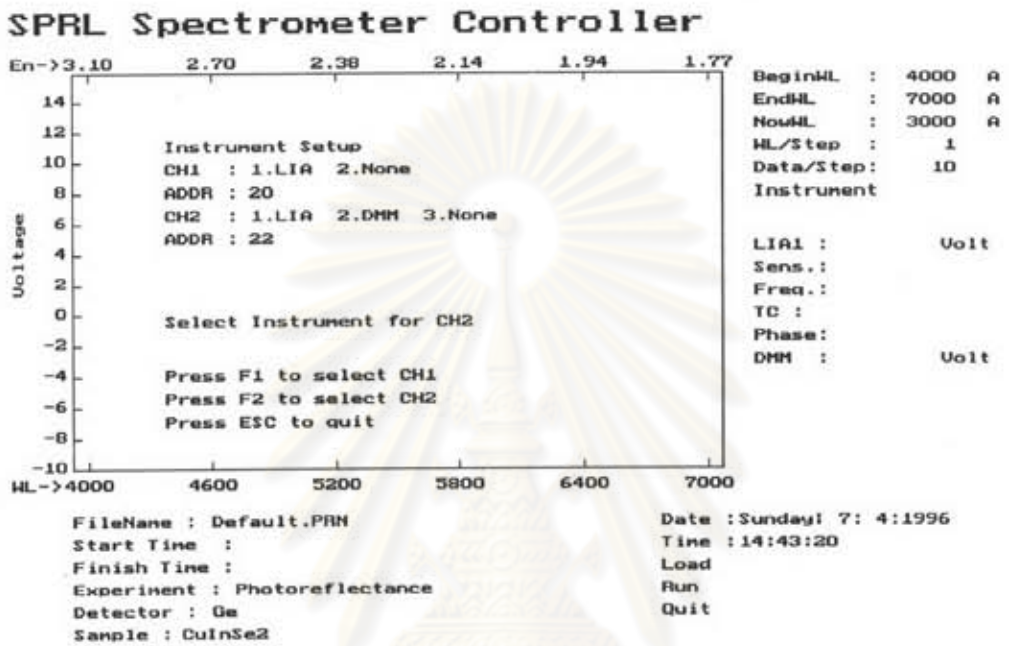
กดคีย์ "F2" สำหรับเลือกเครื่องมือวัดช่องที่ 2



ภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงการเลือกช่องการวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

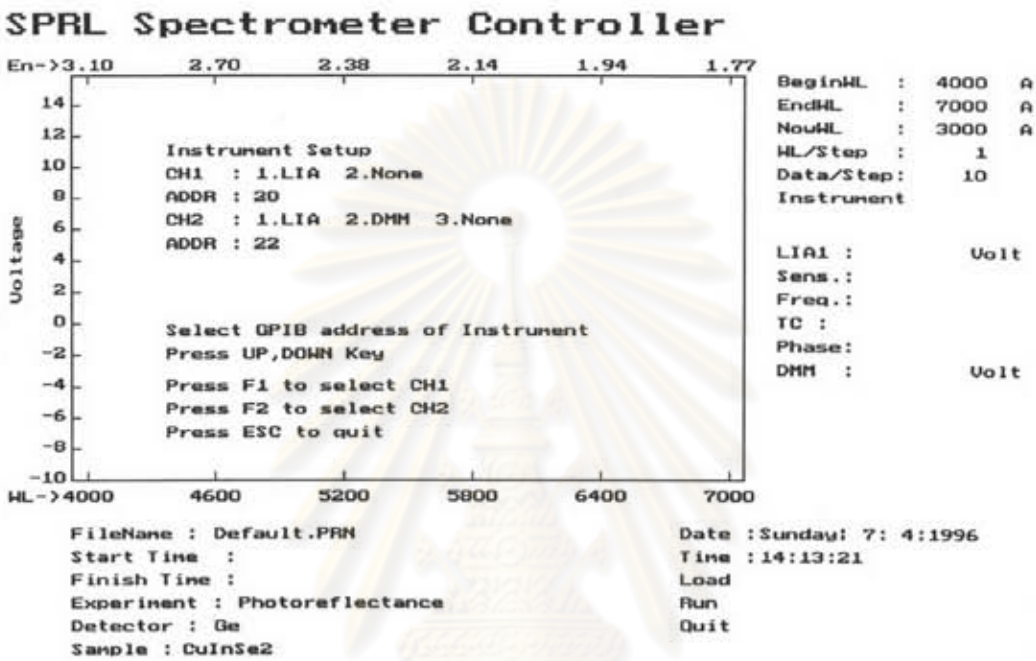
หลังจากกดคีย์เลือกเครื่องมือวัด โปรแกรมจะให้เลือกเครื่องมือวัดสำหรับช่องการวัดนั้นๆ โดยการกดตัวเลข "1" "2" หรือ "3" สีของตัวเลขที่เครื่องมือวัดจะเปลี่ยนเป็นสีขาวแสดงสถานะของการถูกเลือก



ภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงการเลือกใช้เครื่องมือวัดในช่องการวัดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังจากเลือกเครื่องมือวัดแล้วโปรแกรมจะให้เลือกแอดเดรสสำหรับเครื่องมือวัดโดยการกดคีย์ "UP" สำหรับเพิ่มค่าแอดเดรส และกดคีย์ "DOWN" สำหรับลดค่าแอดเดรส



ภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงการเลือกค่าแอดเดรสสำหรับเครื่องมือวัด

3. ส่วนแสดงผลของเครื่องมือวัด

สำหรับลอกอินแอมปลิฟลาย

LIA1 ค่าแรงดันที่วัดได้

Sens ค่า sensitivity ของลอกอินแอมปลิฟลาย

Freq ค่าความถี่อ้างอิง

TC ค่า Time Constant

Phase ค่ามุมเฟสในหน่วยเรเดียน

สำหรับโวลท์มิเตอร์

DMM ค่าแรงดันที่วัดได้จากโวลท์มิเตอร์

4. แสดงค่าวันเดือนปีที่ทดลอง

Date วันเดือนปีที่ทดลอง

Time เวลาปัจจุบัน

5. ส่วนของการควบคุมโปรแกรม

Load สำหรับการโหลดข้อมูลที่มีอยู่แสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

Run สำหรับเริ่มใช้โปรแกรมเก็บข้อมูลหลังจากตั้งค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้ว

Quit เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

6. แสดงรายละเอียดข้อมูลของการทดลองและกำหนดชื่อไฟล์สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

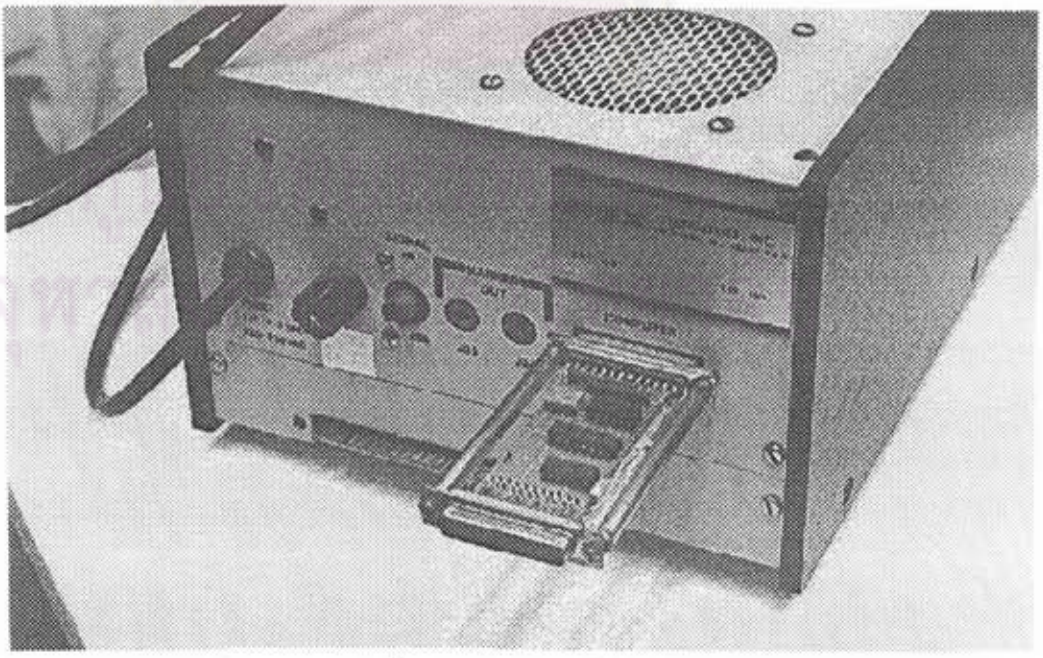
FileName	กำหนดชื่อไฟล์ของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง
Start Time	ค่าเวลาเริ่มต้น
Finish Time	เวลาสิ้นสุดการทดลอง
Experiment	ชื่อการทดลอง
Detector	ชื่อหัววัดที่ใช้ในการทดลอง
Sample	ชื่อสารตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ภาพถ่ายของระบบควบคุมการวัดและบันทึกข้อมูล

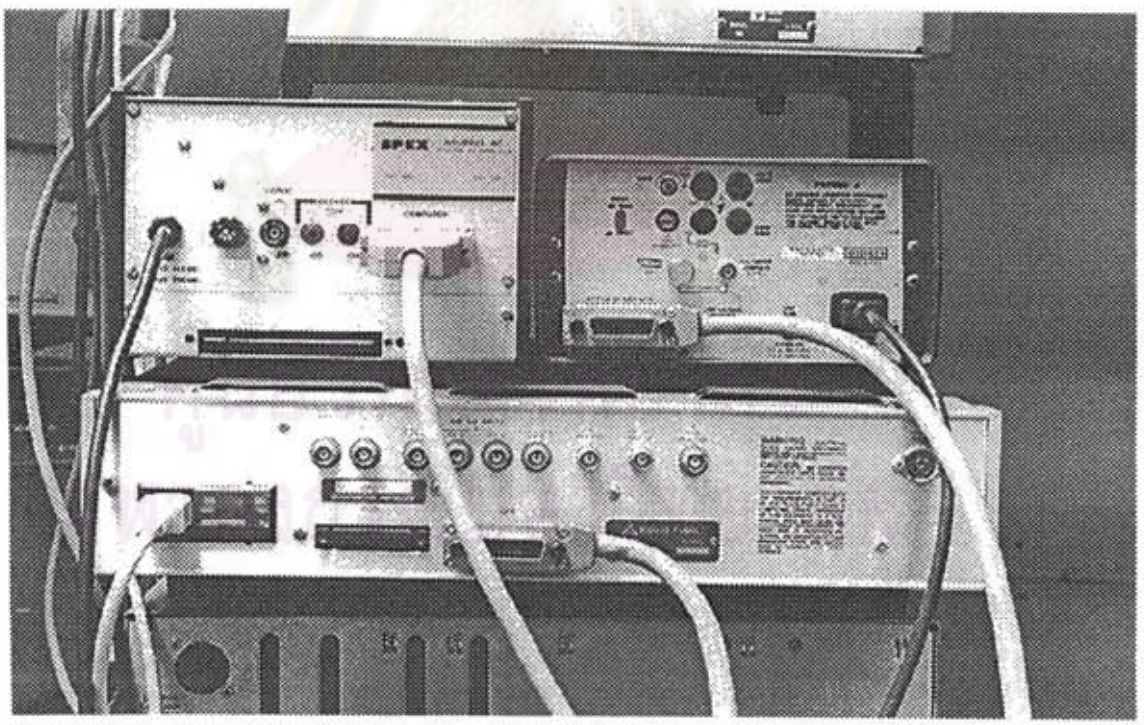
ภาพด้านหน้าของเครื่องควบคุมสเปกโทรมิเตอร์



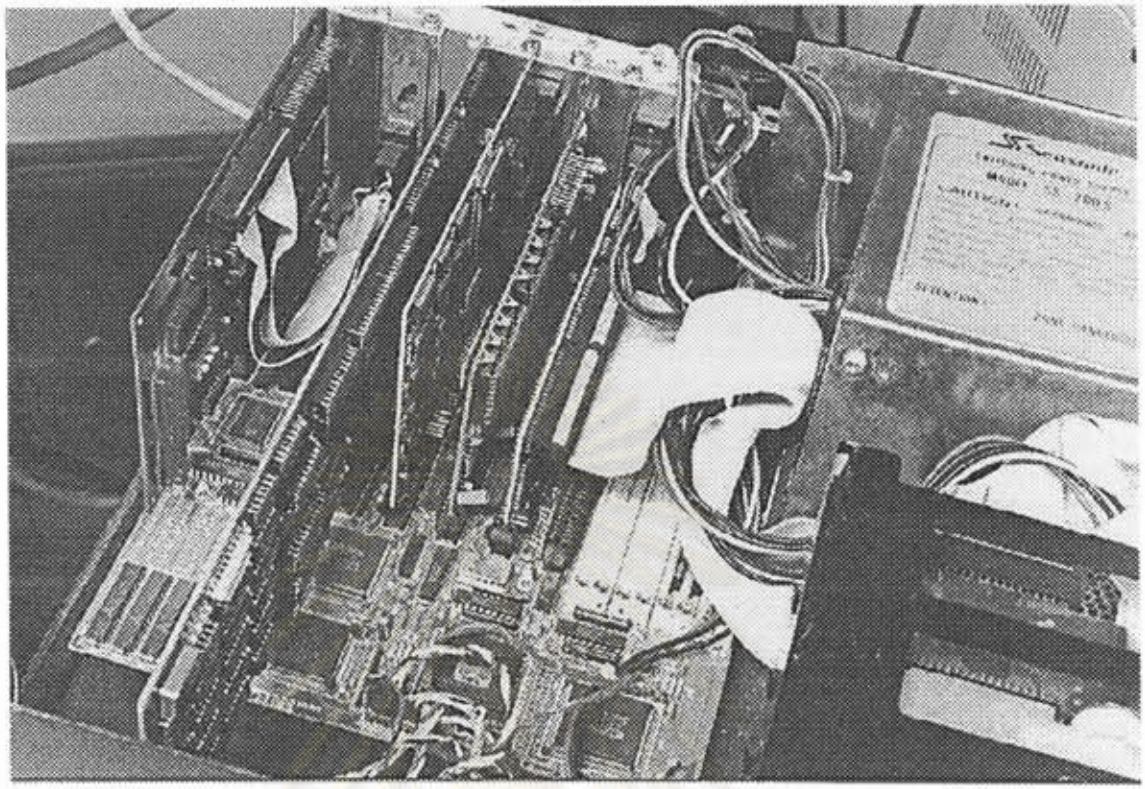
ภาพด้านหลังของเครื่องควบคุมสเปกโทรมิเตอร์และ

ส่วนการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ Opto-Isolator

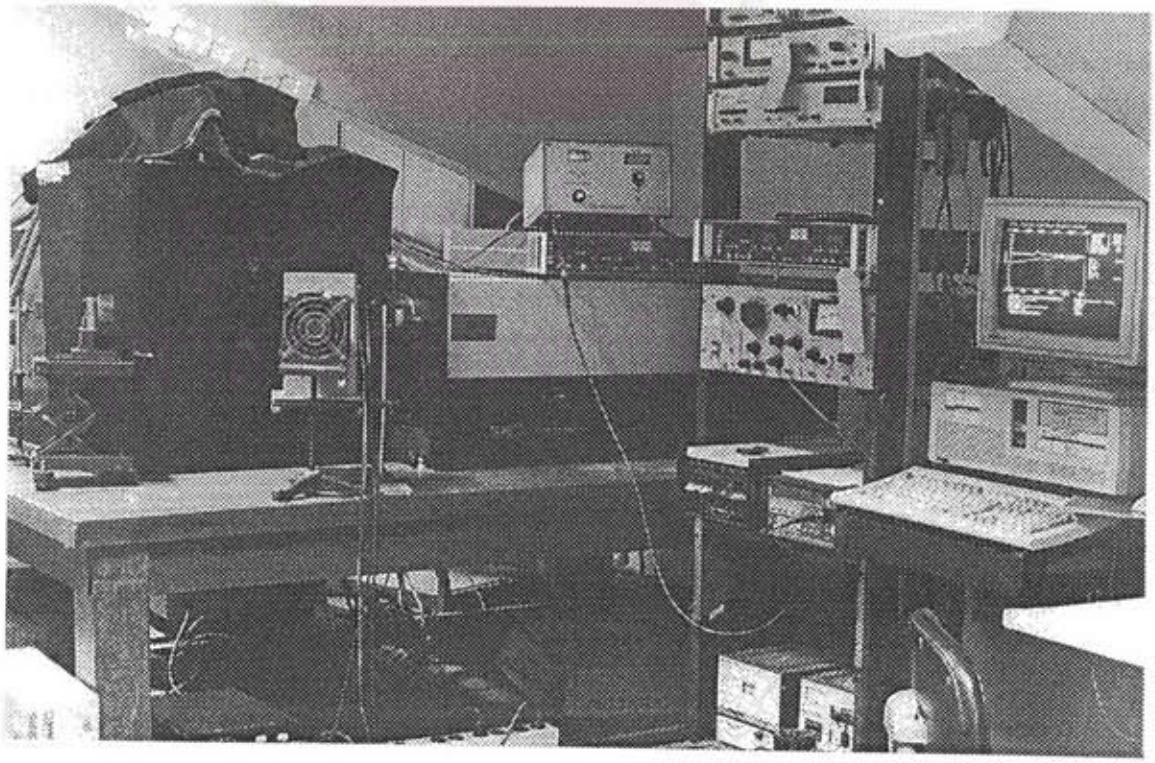
เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลองด้านบนเป็นดิจิตอลโวลท์มิเตอร์และ
ด้านล่างเป็นดิจิตอลลอกอินแอมปลิฟลาย



ภาพแสดงการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดผ่านทางพอร์ทขนาน IEEE488
และส่วนเชื่อมต่อเครื่องควบคุมสเปกโทรมิเตอร์(ด้านบนซ้ายของรูป)



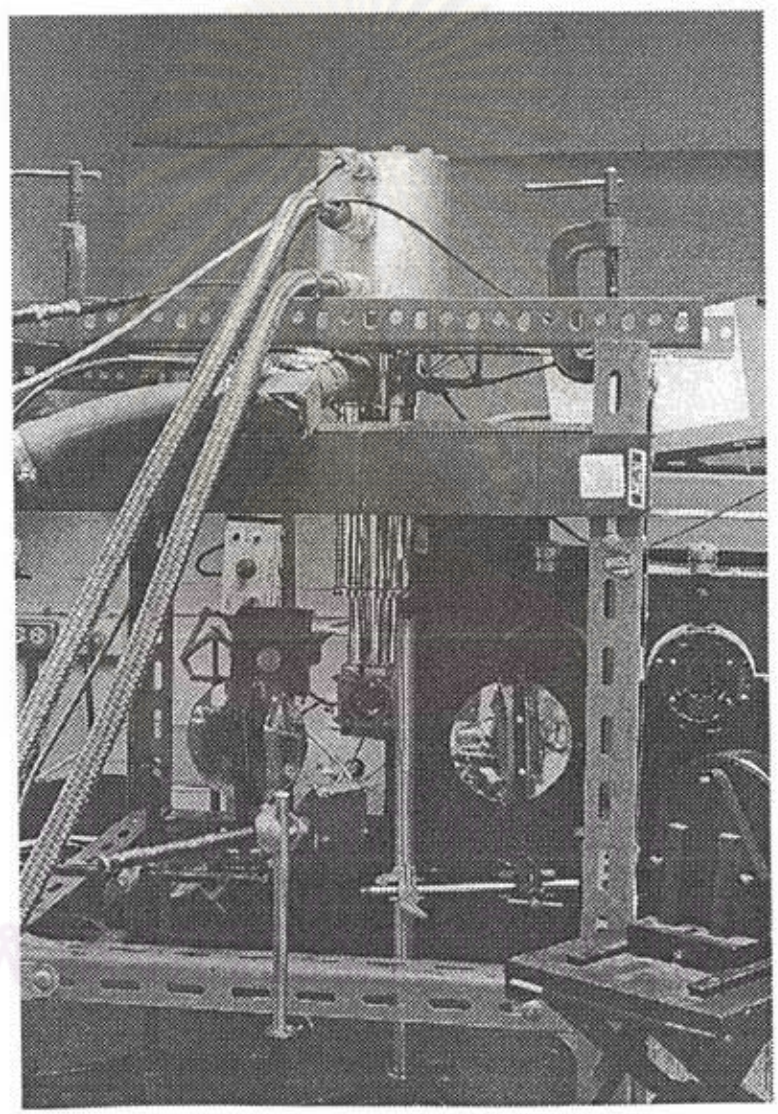
แสดงการติดตั้ง 8255 card (ซ้ายมือสุด) และ IEEE488 card (แถวที่ 2)



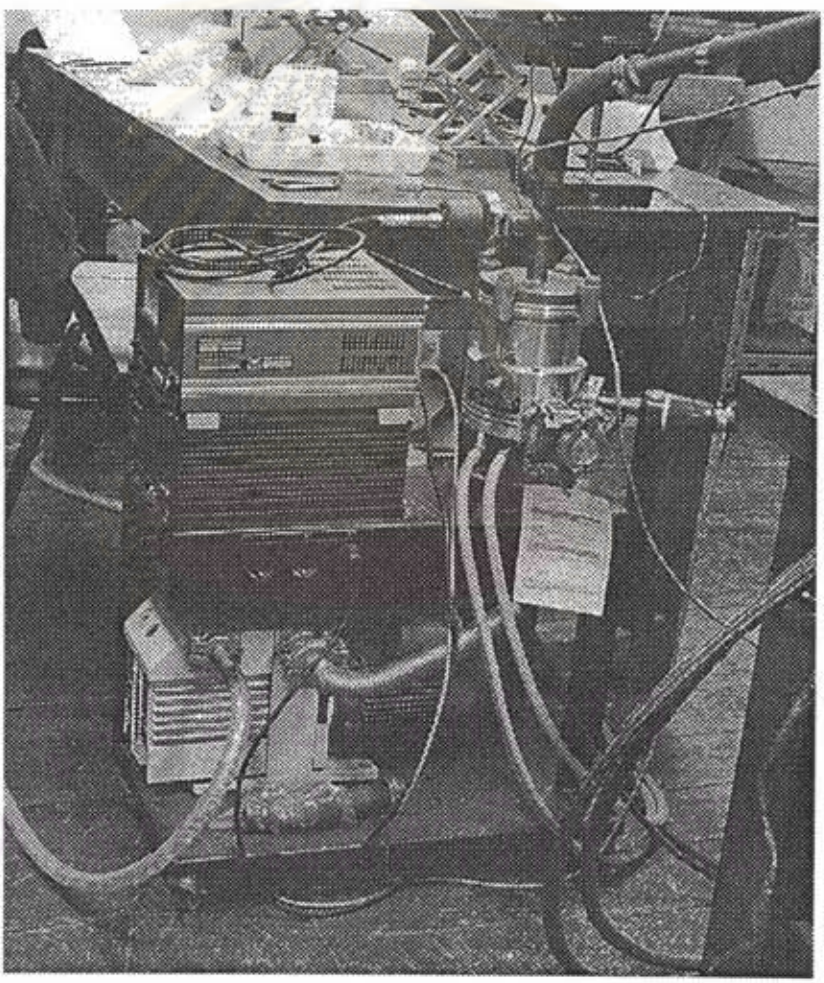
ภาพแสดงระบบวัดสมบัติเชิงแสงแบบควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

ภาคผนวก ค

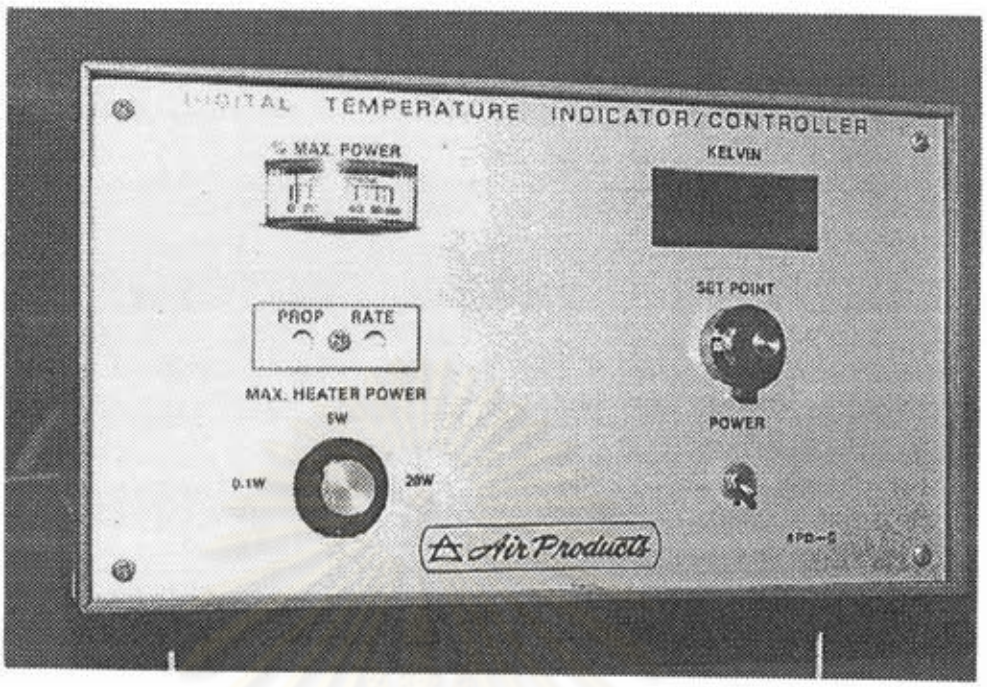
ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวัดสมบัติเชิงแสงของสารกึ่งตัวนำ



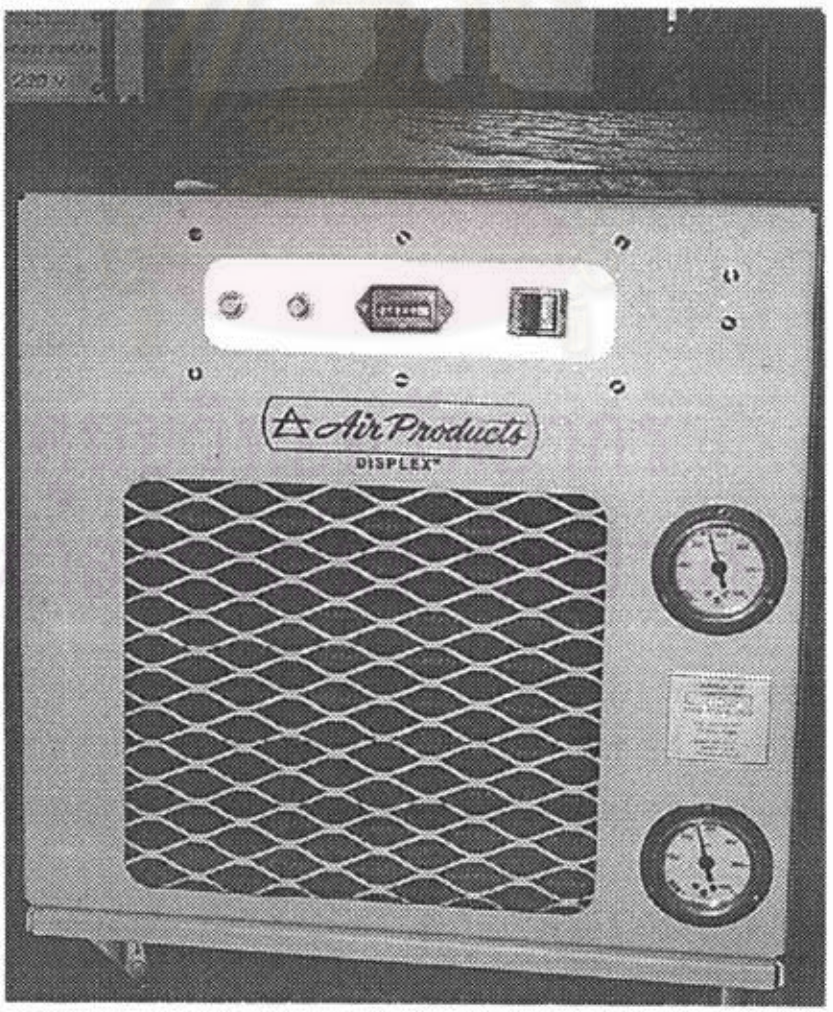
ระบบ Cryogenic ซึ่งประกอบด้วยปั๊มฮีเลียมเหลวแบบระบบปิดและ
ปั๊มสุญญากาศแบบเทอร์โบโมเลกุลา(Turbo Molecular pump)



ปั๊มเทอร์โบโมเลกุลาสำหรับสร้างสภาพสุญญากาศในระบบ Cryogenic



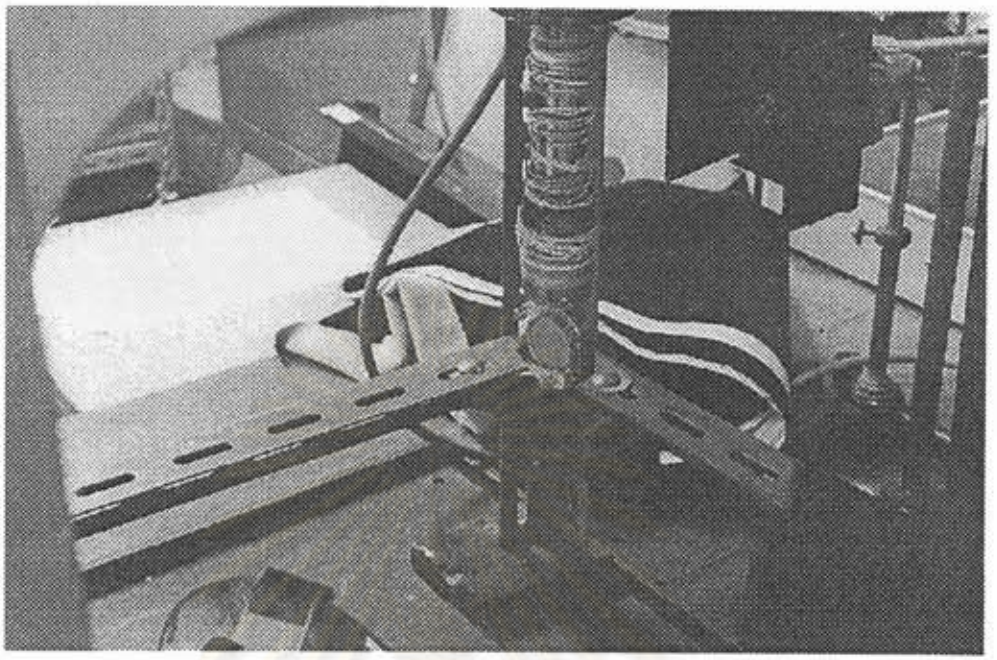
เครื่องควบคุมอุณหภูมิในระบบ Cryogenic



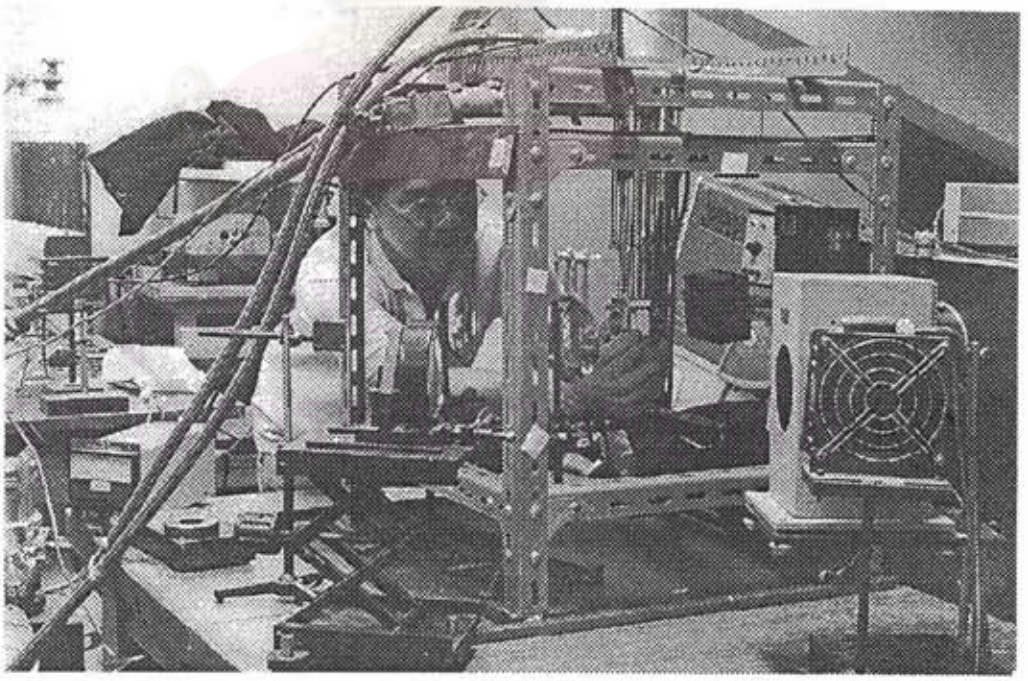
ปั๊มฮีเลียมเหลวแบบระบบปิดสำหรับระบบ Cryogenic

เลเซอร์และ Chopper

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Cold Finger สำหรับติดสารตัวอย่างในระบบ Cryogenic



ภาพแสดงการติดตั้งสารตัวอย่างในระบบ Cryogenic

ภาคผนวก ง

โปรแกรมย่อยควบคุมการทำงานและบันทึกข้อมูล

โปรแกรมย่อยส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องลอกอินแอมปลิฟลาย

```
Function LIA(addr : integer) : real;
var
  status : integer;
  length : word;
  choose : byte;
  code   : integer;
  data   : string;
  ch     : char;
  value  : real;
begin
      initialize(4,0);
      send(addr,'remote0',status);
      send(addr,'*',status);
     { send(20,'ST0',status);
      if status <> 0 then halt;}
      enter(data,20,length,addr,status);
      val(data,value,code);
      lia:=value*1e-3;
      send(addr,'remote0',status);
end;

Function ConvertSens(data : string) : real;
const
  CodeSen : array[0..15] of string[5] = ('100nV','300nV','1uV','3uV','10uV','30uV',
                '100uV','300uV','1mV','3mV','10mV','30mV','100mV','300mV','1V','3V');
  realSen : array[0..15] of string = ('1e-7','3e-7','1e-6','3e-6','1e-5','3e-5',
        '1e-4','3e-4','1e-3','3e-3','1e-2','3e-2','0.1','0.3','1','3');
var
    value : real;
    code  : integer;
    Sen_Num,z :integer;
    dat:string;
begin
      for Sen_num:=0 to 15 do
       if CodeSen[Sen_Num]=data then  z:=sen_num ;
      dat:=realsen[z];
      val(dat,value,code);
      ConvertSens:=value;
end;

Function LIA_Sen(addr:integer) : string;
const
  CodeSen : array[0..15] of string[5] = ('100nV','300nV','1uV','3uV','10uV','30uV',
        '100uV','300uV','1mV','3mV','10mV','30mV','100mV','300mV','1V','3V');
var
```

```
  status : integer;
  length : word;
  choose : byte;
  code   : integer;
  data   : string;
  value  : integer;
begin
      initialize(4,0);
      send(addr,'SEN :',status);
     { send(20,'ST0',status);
      if status <> 0 then halt;}
      enter(data,20,length,addr,status);
      val(data,value,code);
      lia_sen:=CodeSen[value];
end;

Function LIA_Phase(addr : integer) : real;
var
  status : integer;
  length : word;
  code   : integer;
  data   : string;
  value  : real;
begin
      initialize(4,0);
      send(addr,'P:',status);
     { send(20,'ST0',status);
      if status <> 0 then halt;}
      enter(data,10,length,addr,status);
      val(data,value,code);
      lia_phase:=value*1e-3;
end;

Function LIA_Freq(addr:integer) : real;
var
  status : integer;
  length : word;
  code   : integer;
  value  : real;
  data   : string;
begin
      initialize(4,0);
      send(addr,'frq:',status);
     { send(20,'ST0',status);
      if status <> 0 then halt;}
      enter(data,20,length,addr,status);
      val(data,value,code);
      lia_freq:=value*1e-3;
end;

Function LIA_TC(addr:integer) : string;
const
   CodeTC  : array[0..13] of string[5] = ('1ms','3ms','10ms','30ms','100ms','300ms',
        '1s','3s','10s','30s','100s','300s','1000s','3000s');
Var
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  status : integer;
  length : word;
  code   : integer;
  data   : string;
  value  : integer;
begin
      initialize(4,0);
      send(addr,'tc:',status);
     { send(20,'ST0',status);
      if status <> 0 then halt;}
      enter(data,7,length,addr,status);
      val(data,value,code);
      lia_tc:=CodeTC[value];
end;
```

โปรแกรมย่อยส่วนของการอ่านข้อมูลจาก DMM

```
Function DMM(addr:integer) : real;
var
  status : integer;
  length : word;
  data,s : string;
  value  : real;
  code   : integer;
begin
      initialize(4,0);
      send(addr,'B0G0X',status);
      enter(data,20,length,addr,status);
      delete(data,1,4);
      val(data,value,code);
      dmm:=value;
end;
```

โปรแกรมย่อยส่วนการควบคุมการทำงานของเครื่องสเปกโทรมิเตอร์

```
Procedure StopSPEX;
    Begin
      compexe:=1;
      compsel:=0;
      sig:=1;
      dir:=1;
      slow:=1;
      lock:=0;
      adj:=0;
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    port[port0]:=not(compexe+compsel*2+a*4+b*8+c*16+d*32+sig*64+dir*128);
    port[port0+1]:=not(slow+lock*2+adj*4);
    compexe:=1;
    compsel:=0;
  End;

Procedure ManCtrl;
  Begin
    compexe:=0;
    compsel:=0;
    sig:=0;
    dir:=1;
    slow:=1;
    lock:=0;
    adj:=1;
    port[port0]:=not(compexe+compsel*2+a*4+b*8+c*16+d*32+sig*64+dir*128);
    port[port0+1]:=not(slow+lock*2+adj*4);
    compexe:=1;
    compsel:=1;
    sig:=1;
    dir:=1;
    slow:=1;
    lock:=1;
    adj:=1;
    port[port0]:=not(compexe+compsel*2+a*4+b*8+c*16+d*32+sig*64+dir*128);
    port[port0+1]:=not(slow+lock*2+adj*4);
  End;

Procedure CompCtrl;
  Begin
    compexe:=1;
    compsel:=0;
    sig:=0;
    dir:=0;
    slow:=1;
    lock:=1;
    adj:=0;
    port[port0]:=not(compexe+compsel*2+a*4+b*8+c*16+d*32+sig*64+dir*128);
    port[port0+1]:=not(slow+lock*2+adj*4);
  End;

Procedure PulseGen(totalPulse:integer);
  {pulse generator sig. on-off for 1 pulse , 250 pulse = 1 angstrom}
 var pulse,i : integer;
  Begin
    a:=0;
    b:=0;
    c:=0;
    d:=0;
    compexe:=1;
    compsel:=0;
    sig:=0;
    dir:=1;{1=forward,0=reward}
    slow:=1;
    adj:=1;
```

```
  lock:=1;
  port[port0]:=not(compexe+compsel*2+a*4+b*8+c*16+d*32+sig*64+dir*128);
  port[port0+1]:=not(slow+lock*2+adj*4);
  for pulse := 1 to totalpulse do
  begin
  { T-on }
    for i :=1to 5 do
     begin
       adj:=0;
       port[port0]:=not(compexe+compsel*2+a*4+b*8+c*16+d*32+sig*64+dir*128);
       port[port0+1]:=not(slow+lock*2+adj*4);
     end;
  { T-off for speed control }
    for i :=1to 1000 do
     begin
       adj:=1;
       port[port0]:=not(compexe+compsel*2+a*4+b*8+c*16+d*32+sig*64+dir*128);
       port[port0+1]:=not(slow+lock*2+adj*4);
     end;
    delay(2);
  end;
 End;

Procedure Angstrom(ang:integer);
  Begin
   oldwl:=nowwl;
   for i:= 1 to ang do
   begin

    PulseGen(250);
    setviewport(570,70,620,78,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(0,0,getmaxx,getmaxy,clipon);
    setcolor(lightgreen);
    outtextxy(578,70,num2str(oldwl,4,0));
    oldwl:=oldwl+1;
   end;
  End;


Procedure StepScan;
 Var f        : text;
    d         : word;
    oldV0,oldv1 : real;
    t         : longint;
    xx,yy,zz    : longint;
    i         : integer;
    res,vres    : real;
    counterWL   : REAL;
    FIRSTTRIG   : BOOLEAN;
    v         : string;
    sen,tc      : string;
    tc1,tc2,sens1,sens2 : string;
    dow,da,m,y   : word;
    h,min,sec     : word;
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    freq,phase    : string;
    freq1,freq2,phase1,phase2     :   real;

{ V0 is voltage from  DMM ,V1 is voltage from LockIn
}
Begin
    setviewport(50,50,maxx-10,maxy-10,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(0,0,getmaxx,getmaxy,clipon);
    oldwl:=nowwl;
    firsttrig:=TRUE;
    counterwl:=beginwl;
    t := 0; chx := #0;
    assign(f,outputfilename);
    rewrite(f);
    distance := endwl-Beginwl;
    nowwl:=beginwl;
     if ch1=1 then
      begin
       sens1:=lia_sen(addr1);
       tc1:=lia_tc(addr1);
       freq1:=lia_freq(addr1);
       phase1:=lia_phase(addr1);
      end;
    if ch2=1 then
     begin
      sens2:=lia_sen(addr2);
      tc2:=lia_tc(addr2);
      freq2:=lia_freq(addr2);
      phase2:=lia_phase(addr2);
     end;
    dateTime;
    writeln(f,'SPRL SPEX Controller & Measurement V 9.5');
    writeln(f,'Filename   : '+outputfilename);
    writeln(f,'Date : ',date(dow,da,m,y));
    writeln(f,'Experiment : ',experiment);
    writeln(f,'Detector : ',detector);
    writeln(f,'Sample : ',sample);
    write(f,'Begin WL : ',beginwl:6:2);
    writeln(f,' ..... End WL : ',endwl:6:2);
    write(f,'Data per Step : ',dataperstep);
    writeln(f,' .....WL per Step : ',wlperstep);
    write(f,'Start Time : ',time(h,min,sec));
    writeln(f,'  .....Finish Time : xx:xx:xx ');
    writeln(f,'Parameter of Lockin Amp. 1  .....');
    writeln(f,'Sensitivity  : ',sens1);
    writeln(f,'Time constant  : ',tc1);
    writeln(f,'Ref. Freq. : ',freq1:3:3,' Hz');
    writeln(f,'Phase : ',phase1:3:2);
    if ch2=1 then
      begin
        writeln(f,'Parameter of Lockin Amp. 2  .....');
        writeln(f,'Sensitivity  : ',sens2);
        writeln(f,'Time constant  : ',tc2);
        writeln(f,'Ref. Freq. : ',freq2:3:3,' Hz');
```

```
    writeln(f,'Phase : ',phase2:3:2);
   end;
writeln(f,'.....');
writeln(f,' LIA1          DMM     WL   En      WL*2    En/2');
setviewport(535,165,590,210,clipon);
clearviewport;
setviewport(535,240,590,270,clipon);
clearviewport;
setviewport(0,0,getmaxx,getmaxy,clipon);
if ch1=1 then
 begin
  setcolor(lightcyan);
  OuttextXY(535,165,Sens1);
  OuttextXY(535,180,num2str(Freq1,7,1));
  OuttextXY(600,180,'Hz');
  OuttextXY(535,195,TC1 );
  OuttextXY(535,210,num2str(Phase1,7,1));
 end;
if ch2=1 then
 begin
  setcolor(lightred);
  OuttextXY(535,240,Sens2);
  OuttextXY(535,255,num2str(Freq2,7,1));
  OuttextXY(600,255,'Hz');
  OuttextXY(535,270,TC2);
  OuttextXY(535,285,num2str(Phase2,7,1));
 end;
{ stopspex;}
Repeat
 v0:=0;v1:=0;
 i:=0;
 repeat
    if ch1=1 then  vread0:=lia(addr1);
    if ch2=1 then  vread1:=lia(addr2);
    if ch2=2 then  vread1:=dmm(addr2);
    i:=i+1;
    v0:=vread0+v0;
    v1:=vread1+v1;
    setviewport(570,70,620,78,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(528,150,590,158,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(528,225,590,233,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(0,0,getmaxx,getmaxy,clipon);
    setcolor(green);
    outtextxy(578,70,num2str(nowwl,4,0));
    setcolor(cyan);
    outtextxy(535,150,num2str(vread0,3,3));
    setcolor(red);
    outtextxy(535,225,num2str(vread1,2,5));
    setcolor(green);
    outtextxy(480,135,'Sampling data!');
    putpixel(round(50+((maxx-60)/(endwl-beginwl)*(nowwl-beginwl))),
    trunc(1+(maxy-100-((maxy/30)*vread0))),cyan);
```

```
      putpixel(round(50+((maxx-60)/(endwl-beginwl)*(nowwl-beginwl))),
      trunc(1+(maxy-100-((maxy/30)*vread1))),red);

      if keypressed then chx:= readkey;

      DateTime;
    until (i>=dataperstep)  or (chx=#27);
    setviewport(570,70,620,78,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(535,150,590,158,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(535,225,590,233,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(0,0,getmaxx,getmaxy,clipon);
    setcolor(black);
    outtextxy(480,135,'Sampling data!');
    v0:=v0/DataPerStep;
    v1:=v1/DataPerStep;
    setcolor(lightcyan);
    outtextxy(535,150,num2str(v0,3,3));    {Deta Reflec. Ray(LIA)}
    setcolor(lightred);
    outtextxy(535,225,num2str(v1,2,5));    {Reflec. Ray(DMM)}
    setcolor(lightgreen);
    outtextxy(578,70,num2str(nowwl,4,0));
    putpixel(round(50+((maxx-60)/(endwl-beginwl)*(nowwl-beginwl))) ,
    trunc(1+(maxy-100-((maxy/30)*v0))),lightcyan);
    putpixel(round(50+((maxx-60)/(endwl-beginwl)*(nowwl-beginwl))) ,
    trunc(1+(maxy-100-((maxy/30)*v1))),lightred);
    writeln(f,v0:3:5,'  ',(v0/10)*ConvertSens(sens1):2:12,'  ',v1:2:7,'  ',nowwl:7:0,
    '  ',WltoEn(nowwl):2:6,'  ',nowwl*2:7:0,'  ',WltoEn(nowwl*2):2:6);
    Angstrom(wlperStep);
    nowwl:=nowwl+wlperStep;
    sound(2500);
    delay(20);
    nosound;
    {CheckMarker;}
    DateTime;
    { StopSpex;}
  Until (chx = #27) or (nowwl>endwl);
  soundeffect;
  close(f);
End;
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายณรงค์ แสงแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2513 ที่โรงพยาบาลอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดปราสาทสิทธิ์ จากนั้นเข้ามาศึกษาต่อชั้นมัธยมศึกษาที่กรุงเทพมหานคร ณ.โรงเรียนปทุมคงคา และในปีพ.ศ. 2534 จบการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาฟิสิกส์ประยุกต์) ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง จากนั้นเข้าทำงานที่บริษัทพรีเมียร์โกลเบิลคอร์เปอเรชั่น ในส่วนของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีตำแหน่ง Technical Staff สาขาฟิสิกส์เป็นเวลาหนึ่งปี ในปีพ.ศ. 2536 จึงขอลาบริษัทมาศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย