2. ตัวนำไฟฟ้าและตัวต้านทานไฟฟ้า (conductor & resistor)

2.1 การทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่

บทความ การทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof. Materials Physics Laboratory,

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

E-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ได้ทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่

Abstract

Electrical stability of fixed resistor was tested.

Key words : fixed resistor, electrical stability

คำนำ

ตัวต้านทานโอห์มมิก (ohmic resistor) เป็นตัวนำเซรามิกส์ชนิดหนึ่ง ตัวต้านทาน (resistor) สำหรับใช้งานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีพฤติกรรมเป็นโอห์มมิก (ohmic) และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (temperature coefficient of resistance) มีค่าน้อย ค่าความต้านทานที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในช่วง 10^3-10^8 Ω วัสดุ (materials) ที่มีสมบัติเชิงไฟฟ้า (electrical properties) เหมาะสมจะมีสภาพต้านทานไฟฟ้า (resistivity) น้อยกว่า 10^{-6} Ωm การประดิษฐ์ (fabrication) ตัวต้านทาน 10^5 Ω ที่มีความยาว (length)110 mm จากวัสดุที่มีสภาพต้านทานไฟฟ้า 10^{-6} Ωm ต้องการพื้นที่หน้าตัด (cross-sectional area)10^{-12} m^2 หรือแผ่นที่หนา (thick) 1 μm และกว้าง (wide) 1 μm การผลิตตัวต้านทาน (resistor manufacture) จะอาศัยหลักการ 2 ข้อ ดังนี้ (ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์, 2548)

1. เคลือบ (deposite) ชั้นตัวนำที่บางมาก (very thin conductive layer) ลงบนฐานรองฉนวน (insulating substrate) และอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างทำได้โดยการกัด (etching) ให้ได้รูปแบบ (pattern) ที่เหมาะสม
2. ทำวัสดุนำไฟฟ้า (conductive material) ให้เจือจาง (dilute) ด้วยเฟสฉนวนไฟฟ้า (insulating phase)

ตัวต้านทานจะอยู่ในรูปของฟิล์มบาง (thin film) และฟิล์มหนา (thick film)

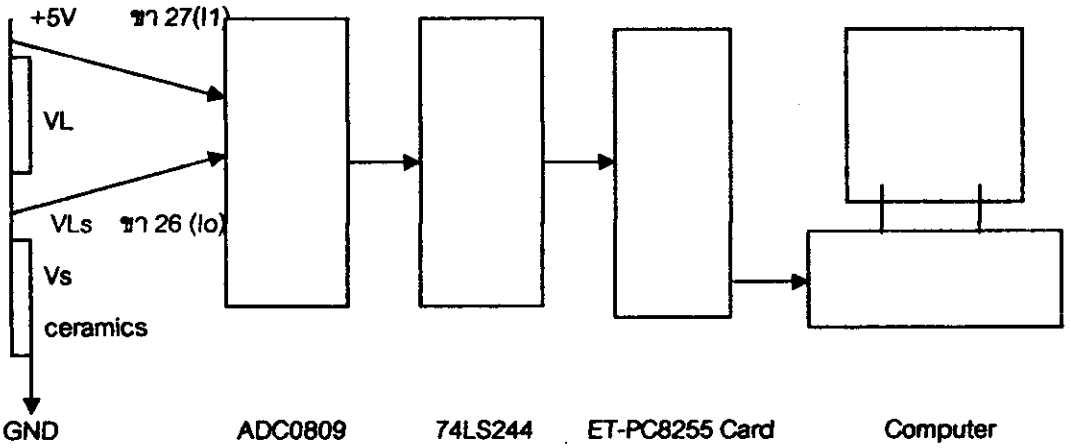
ออกไซด์ตัวนำที่ดี (10^5-10^6 Sm^{-1}) ได้แก่ PdO, RuO_2, $Bi_2Ru_2O_7$ และ $Bi_2Ir_2O_7$ ออกไซด์ตัวนำเหล่านี้จะแสดงพฤติกรรมเป็นโลหะและมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้าที่เป็นบวกและมีค่าต่ำ

SnO_2 เป็นตัวนำเซรามิกส์ SnO_2 เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type semiconductor) สามารถนำไปใช้ทำเป็นตัวต้านทานไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้ามีเสถียรภาพทางไฟฟ้าดี ตัวเก็บประจุไฟฟ้ามีเสถียรภาพทางไฟฟ้าไม่ดี

บทความนี้เป็นการทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่

วิธีการทดลอง

ชุดชุดทดลองดังรูปที่ 2.1.1 เขียนโปรแกรม คอมพิวเตอร์จะแสดงความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้าที่เวลาต่างๆในรูปของเส้นกราฟ ให้คอมพิวเตอร์พิมพ์กราฟออกมา



รูปที่ 2.1.1 การทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้า

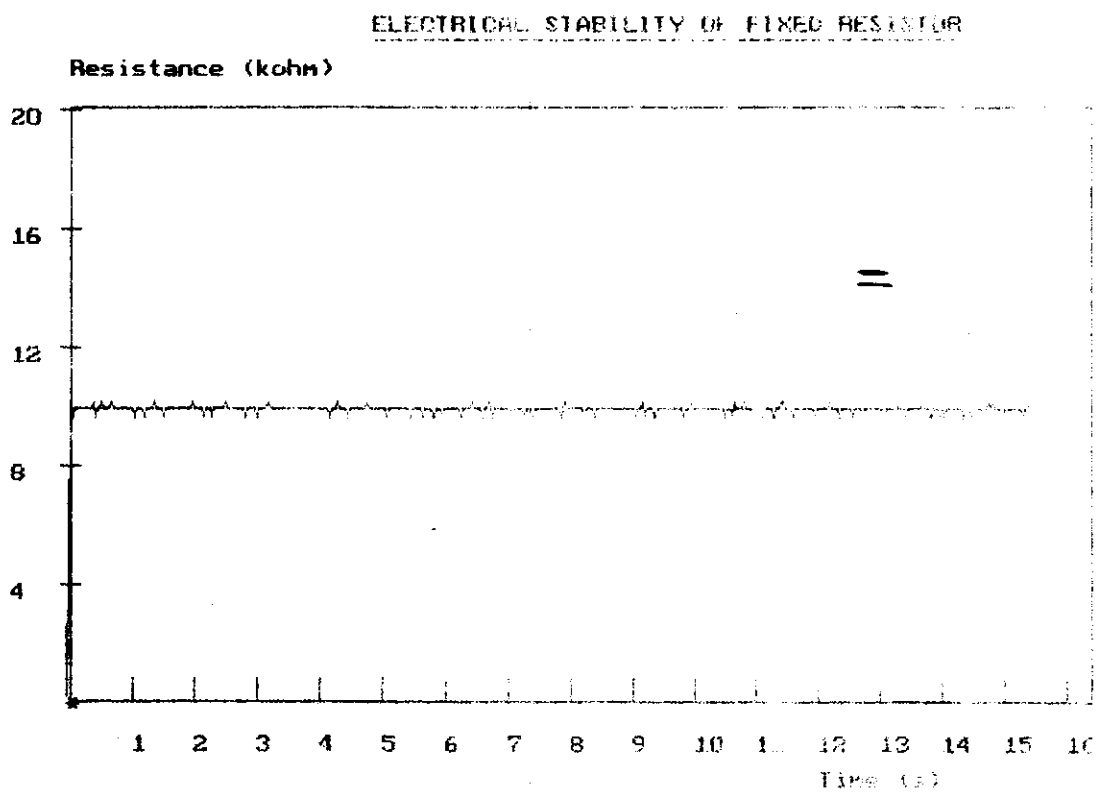
```
Program Resistance_vs_Time_Graph_For_Fixed_Resistor_Electrical_Stability_Test;
uses crt, graph;
var grdrv, grmode, grerror : integer;
    ch                     : char;
const  PA       = $0304;
       PB       = $0305;
       Pcontrol = $0307;
  procedure axis;
  var p, q : integer;
      tex  : string;
  begin
    grdrv := detect; initgraph(grdrv, grmode, 'C:\tp\bgi');
    setgraphmode(grmode);
    line(20,40,20,440); line(20,440,620,440);
    line(20,40,620,40); line(620,40,620,440);
    settextstyle(defaultfont, horizdir,0);
    for p := 20 to 620 do
    begin
      if p mod 30 = 0 then
      begin
        line(p-20,435,p-20,445); str(round((p-20)/30)*5,tex);
        outtextxy(p-20),450,tex);
      end;
  settextstyle(defaultfont,horizdir,0);
  for q := 40 to 440 do
```

```
begin
  if q mod 40 = 0 then
    begin
      line(15, q-40, 25, q-40); str(round((400-q)/80+1,tex);
      outtextxy(5,q-40,tex);
    end;
  end;
end;
procedure plot;
var  i, x, y, DV0, DV1, Dv2                    : integer;
     AV0, AV1,AV2, R, RL, Vs, VLs, VL, IL, Is  : real;
begin
  outtextxy(200,2, 'RESISTANCE VS TIME CURVE');
  outtextxy(200,10, '----------');
  outtextxy(20,26, 'Resistance (kohm) );
  outtextxy(470,465, 'Temperature ( C)');
  outtextxy(50,440, '*');
  port[Pcontrol] := $90;
  for i := 1 to 5500 do
    begin
      port[PB] := 0;              {Io}
      delay(15);
      DV0 := port[PA];
      AV0 := (5/255)*DV0;
      Vs := AV0;
      port[PB] := 1;              {I1}
      delay(15);
      DV1 := port[PA];
      AV1 := (5/255)*DV1;
      VLs := AV1;
      VL := abs(VLs-Vs);
      IL := (VL/RL)*1000;
      Is := IL;
      R := (Vs/Is)*1000;
       x := i+50; y := round(440-R*(440/10);
      line(x,y,x,y);     เขียนกราฟ R vs t
```

```
            delay(0);
          end;
    end;
begin               {main}
    repeat
      axis;
      plot;
      ch := readkey;
    until ord(ch) = 27;
end.
```

ผลการทดลอง

เส้นโค้งความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลาของตัวนำไฟฟ้าบนจอคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.1.2



รูปที่ 2.1.2 เส้นโค้งความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลาของตัวนำไฟฟ้า

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาเส้นกราฟพบว่าความต้านทานไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลาเมื่อเวลาผ่านไป

สรุปผลการทดลอง

ได้วิธีการทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์ ฟิสิกส์วัสดุอิเล็กโตรเซรามิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2548

บทความ การทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่ด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์[1] และ น.ส. อ้อมใจ พรหมรักษ์[2]

Thongchai Panmatarith[1] and Omjai Promrak[2]

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

ได้ทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่

Abstract

Electrical stability of fixed resistor was tested.

Key words : fixed resistor, electrical stability

[1]M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof., [2]Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

คำนำ

ตัวต้านทานค่าคงที่จัดเป็นตัวต้านทานโอห์มมิก (ohmic resistor) เป็นตัวนำเซรามิกส์ชนิดหนึ่ง ตัวต้านทาน (resistor) สำหรับใช้งานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะเป็นโอห์มมิก (ohmic) และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (temperature coefficient of resistance) มีค่าน้อย ค่าความต้านทานที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในช่วง 10^3-10^8 Ω ออกไซด์ตัวนำที่ดี (10^5-10^6 Sm^{-1}) ได้แก่ PdO, RuO_2, $Bi_2Ru_2O_7$ และ $Bi_2Ir_2O_7$ SnO_2 เป็นตัวนำเซรามิกส์ SnO_2 เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type semiconductor) สามารถนำไปใช้ทำเป็นตัวต้านทานไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้ามีเสถียรภาพทางไฟฟ้าดี บทความนี้เป็นการทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่

วิธีการทดลอง

ก. การให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์

1) ให้ประกอบวงจร ADC0809 และ ET-PC8255 Card กับคอมพิวเตอร์

2) เขียนโปรแกรมสำหรับการให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic

มีวิธีการเข้าโปรแกรม Visual Basic ดังนี้

- เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์
- เข้าโปรแกรม Visual Basic โดยดับเบิ้ลคลิกที่ Vb 6.
- ปรากฏ standard EXE กด Open

3) ทำความเข้าใจโปรแกรม

Object คือ บริเวณที่มีการแสดงผลที่ได้จากการวัด ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

form คือ บริเวณที่จะเขียนโปรแกรม

Label คือ บริเวณที่ให้แสดงตัวเลขที่วัดได้

Command buttle คือ ปุ่มสำหรับสั่งให้ ทำ/หยุด โปรแกรม

text box คือ บริเวณที่ใช้สำหรับพิมพ์ข้อความ

Picture box คือ บริเวณที่ใช้สำหรับแสดงเส้นกราฟ

timer คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สำหรับตั้งเวลาหน่วง (delay time)

Code คือ การเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ทำตามคำสั่งที่ต้องการ

- กดปุ่ม ▶ เพื่อสั่ง RUN Program
- กดปุ่ม ■ เพื่อสั่งหยุดโปรแกรม
- ต้องการออกจากโปรแกรม คลิกที่ File → Remove → Project → No
- ต้องการทำโปรแกรมใหม่ คลิกที่ File → new Project → standard EXE → OK

4) สั่ง RUN ถ้าโปรแกรมผิดพลาด กดที่ debug ก็จะแสดงบริเวณที่เกิดความผิดพลาด
5) แก้ไขให้ถูกต้อง แล้วสั่ง RUN อีกครั้ง เพื่อทดสอบโปรแกรม
6) ถ้าโปรแกรมถูกต้องก็จะแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

การให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์

```
'Output Voltage Program with ETPC8255 Card
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As
Integer)
Dim V As Integer

Private Sub Form_Load()
Out &H303, &H90
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
For i = 1 To 1000
V = &H0
Out &H301, V
DATA.Caption = Hex$(V)
OutputVoltage1.Caption = V
OutputVoltage2.Caption = (5 / 255) * V
Call delay
V = &HFF
Out &H301, V
DATA.Caption = Hex$(V)
OutputVoltage1.Caption = V
OutputVoltage2.Caption = (5 / 255) * V
```

```
Call delay
Next i
End Sub

Sub delay()
Times = Timer
Do
DoEvents
Loop Until Timer >= Times + 0.2
End Sub
Properties Window
VERSION 5.00
Begin VB.Form ETPC8255EX2 , §°ÑÅ
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "ET PC8255 EX2 , §°ÑÅ"
    ClientHeight    =   4440
    ClientLeft      =   60
    ClientTop       =   450
    ClientWidth     =   5925
    FillColor       =   &H00E0E0E0&
    FillStyle       =   4   'Upward Diagonal
    LinkTopic       =   "Form1"
    ScaleHeight     =   4440
    ScaleWidth      =   5925
    StartUpPosition =   3   'Windows Default
    Begin VB.Timer Timer1
        Interval    =   100
        Left        =   4800
        Top         =   2640
    End
    Begin VB.Label Label2
        Caption     =   "V"
        Height      =   255
        Left        =   3600
        TabIndex    =   7
        Top         =   1680
```

```
    Width           =   135
End
Begin VB.Label OutputVoltage2
    Height          =   255
    Left            =   3120
    TabIndex        =   6
    Top             =   1680
    Width           =   375
End
Begin VB.Label LabelOutputVoltage2
        BackColor       =   &H8000000A&
        Caption         =   "Output Voltage2 ="
        BeginProperty Font
         Name           =   "Microsoft Sans Serif"
        Size            =   8.25
        Charset         =   177
         Weight         =   400
         Underline      =   0       'False
         Italic         =   0       'False
         Strikethrough  =   0       'False
    EndProperty
    ForeColor       =   &H80000017&
    Height          =   255
    Left            =   1680
    TabIndex        =   5
    Top =           1680
    Width           =   1335
End
Begin VB.Label OutputVoltage1
    Height          =   255
    Left            =   3120
    TabIndex        =   4
    Top =           1320
    Width           =   495
End
```

```
Begin VB.Label LabelOutputVoltage1
    BackColor       =   &H80000013&
    BorderStyle     =   1     'Fixed Single
    Caption         =   "Output Voltage1 = "
    Height          =   255
    Left            =   1680
    TabIndex        =   3
    Top             =   1320
    Width           =   1335
End
Begin VB.Label DATA
    Height          =   255
    Left            =   2880
    TabIndex        =   2
    Top             =   840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label LabelData
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   1     'Fixed Single
    Caption         =   "Data = "
    Height          =   255
    Left            =   2280
    TabIndex        =   1
    Top             =   840
    Width           =   615
End
Begin VB.Label LabelBase
    BackColor       =   &H80000010&
    BorderStyle     =   1     'Fixed Single
    Caption         =   "Voltage Output Test"
    BeginProperty Font
    Name            =   "Times New Roman"
        Size        =   20.25
        Charset     =   0
        Weight      =   700
```

```
            Underline       =    -1    'True
            Italic          =    0     'False
            Strikethrough   =    0     'False
        EndProperty
        Height              =    495
        Left                =    720
        TabIndex            =    0
        Top                 =    120
        Width               =    4575
    End
End
```

ข. การให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

โปรแกรมที่ใช้จะเป็นโปรแกรมสำหรับการให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

```
'Data Output Test With ETPC8255 Card
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As
Integer)

Private Sub Form_Load()
Out &H303, &H90
Timer1.Enabled = False
End Sub

Private Sub Command1_Click()
Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Timer1.Enabled = False
LabelInputVoltage0.Caption = " "
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
V = Inp(&H300)
LabelInputVoltage0.Caption = Hex$(V)
LabelInputVoltage1.Caption = V
```

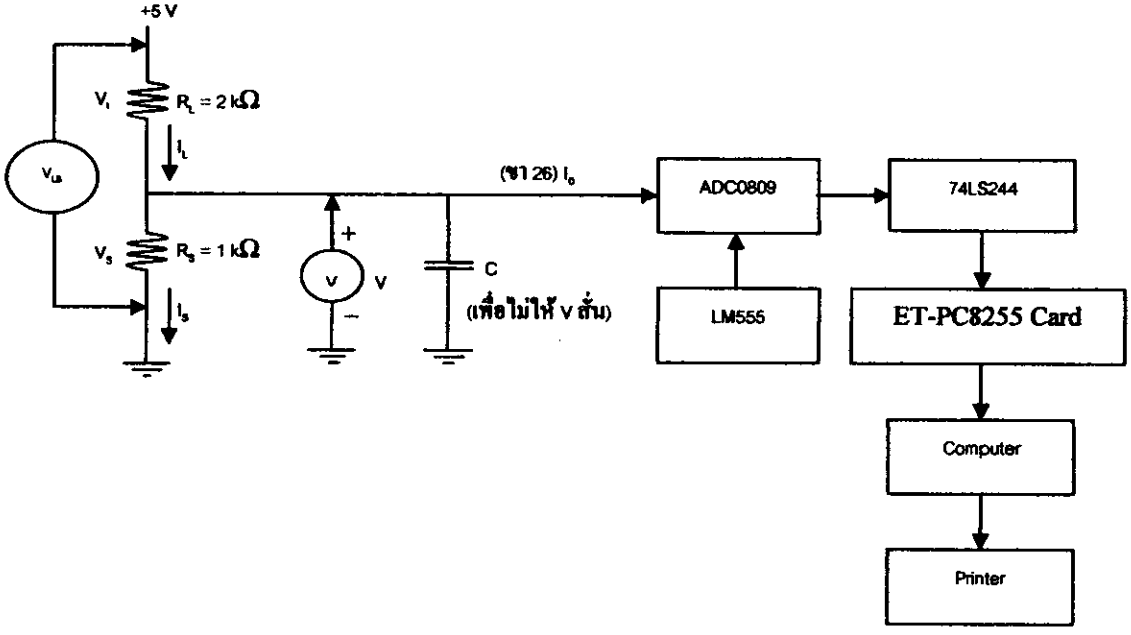
```
LabelInputVoltage2.Caption = (5 / 255) * V
End Sub

Properties Window
VERSION 5.00
Begin VB.Form ETPC8255EX3 , §°ÑÅ
    Caption         =   "ET PC8255 EX3 , §°ÑÅ"
    ClientHeight    =   4605
    ClientLeft      =   60
    ClientTop       =   450
    ClientWidth     =   5880
    LinkTopic       =   "Form1"
    ScaleHeight     =   4605
    ScaleWidth      =   5880
    StartUpPosition =   3   'Windows Default
    Begin VB.Timer Timer1
       Interval     =   1000
        Left        =   2880
        Top         =   2400
    End
    Begin VB.CommandButton Command2
        Caption     =   "STOP"
        Height      =   495
        Left        =   4080
        TabIndex    =   2
        Top         =   2280
        Width       =   1215
    End
    Begin VB.CommandButton Command1
        Caption     =   "START"
        Height      =   495
        Left        =   1080
        TabIndex    =   1
        Top         =   2280
        Width       =   1215
    End
```

```
Begin VB.Label Label4
    Height          =   255
    Left            =   4080
    TabIndex        =   9
    Top             =   3120
    Width           =   735
End
Begin VB.Label LabelInputVoltage2
    Height          =   255
    Left            =   3000
    TabIndex        =   8
    Top             =   1560
    Width           =   495
End
Begin VB.Label LabelInputVoltage1
    Height          =   255
    Left            =   3000
    TabIndex        =   7
    Top             =   1200
    Width           =   735
End
Begin VB.Label Label5
    Caption         =   "Input Voltage 2 ="
    Height          =   255
    Left            =   1680
    TabIndex        =   6
    Top             =   1560
    Width           =   1455
End
Begin VB.Label Label3
    Caption         =   "Input Voltage 1 ="
    Height          =   255
    Left            =   1680
    TabIndex        =   5
    Top             =   1200
    Width           =   1455
```

```
    End
    Begin VB.Label Label2
        Caption         =   "Data Input Test"
        BeginProperty Font
        Name            =   "MS Sans Serif"
            Size        =   18
            Charset     =   222
            Weight      =   400
            Underline   =   0       'False
            Italic      =   0       'False
            Strikethrough   =   0   'False
        EndProperty
        Height          =   495
        Left            =   1680
        TabIndex        =   4
        Top             =   120
        Width           =   2655
    End
    Begin VB.Label LabelInputVoltage0
        Height          =   255
        Left            =   3000
        TabIndex        =   3
        Top             =   840
        Width           =   495
    End
    Begin VB.Label Label1
        Caption         =   "Input Voltage 0 ="
        Height          =   255
        Left            =   1680
        TabIndex        =   0
        Top             =   840
        Width           =   1455
    End
End
```

ค. การวัดเสถียรภาพของตัวต้านทานค่าคงที่

1) จัดชุดการทดลอง ดังรูปที่ 2.1.3



รูปที่ 2.1.3 แสดงการจัดเครื่องมือเพื่อวัดเสถียรภาพของตัวต้านทานค่าคงที่

2) เขียนโปรแกรมสำหรับการทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic

3) สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ดังนี้

ให้แหล่งจ่ายไฟ 5 V จ่ายกระแสไฟฟ้า I_L ผ่าน R_L และกระแสไฟฟ้า I_S ผ่าน R_S ($I_L = I_S$) มีแรงดันตกคร่อม R_L เท่ากับ V_L ตกคร่อม R_S เท่ากับ V_S ตกคร่อม R_L และ R_S เท่ากับ V_{LS} นำแรงดัน V_S หรือ V เข้า I_0 ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) ส่งผ่านบัฟเฟอร์ 74LS244 ผ่าน ET-PC8255 Card แล้วเข้าคอมพิวเตอร์

4) สั่งให้แสดงกราฟ V vs t บนจอคอมพิวเตอร์

5) ปรับเทียบให้คอมพิวเตอร์อ่านแรงดันไฟฟ้า (V) เครื่องมือที่ใช้ช่วยในการปรับเทียบคือ มัลติมิเตอร์ (สเกล V) ทำได้โดยการป้อนแรงดันที่ปรับค่าได้เข้าขา I_0 (ขา 26) ของ ADC0809

6) สั่งพิมพ์กราฟ

โปรแกรมการทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่

```
'Voltage vs Time Graph For Electrical Stability of Fixed Resistor
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As
Integer)
Public toggle  As Boolean

Private Sub Command1_Click()
If toggle = True Then
```

```
Timer1.Enabled = False
toggle = False
Command1.Caption = "continue"
Else
Timer1.Enabled = True
toggle = True
Command1.Caption = "capture"
End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
Left = (Screen.Width - Width) / 2
Top = (Screen.Height - Height) / 2
Picture1.DrawWidth = 2
toggle = True
Out &H303, &H90
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Picture1.Cls
For i = 20 To 3500 Step 50
Out &H307, &H90
W = Inp(&H300)
d = (255 - W)        ' CULCULATE  PLOT
Picture1.PSet (i, (10 * d)), vbGreen
Call delay
Next i
Label7.Caption = (5 / 255) * W ' SHOW   VOLTAGE
End Sub
Sub delay()
Times = Timer
Do
DoEvents
Loop Until Timer >= Times + 0.09
Label20.Caption = Timer
End Sub
```

Properties Window

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form A_DÍéÍÁã¨
    BackColor          =    &H80000018&
    ClientHeight       =    5625
    ClientLeft         =    60
    ClientTop          =    345
    ClientWidth        =    7410
    LinkTopic          =    "Form1"
    ScaleHeight        =    5625
    ScaleWidth         =    7410
    StartUpPosition    =    3    'Windows Default
    Begin VB.PictureBox Picture1
        Height         =    2655
        Left           =    1080
        ScaleHeight    =    2595
        ScaleWidth     =    4755
        TabIndex       =    8
        Top            =    960
        Width          =    4815
    End
    Begin VB.CommandButton Command1
        Caption        =    "Capture"
        Height         =    495
        Left           =    2880
        TabIndex       =    7
        Top            =    4920
        Width          =    1215
    End
    Begin VB.Timer Timer1
        Interval       =    10
        Left           =    6360
        Top            =    1680
    End
    Begin VB.Label Label20
        BackColor      =    &H80000018&
```

```
    Height          =   495
    Left            =   6120
    TabIndex        =   21
    Top             =   2280
    Width           =   855
End
Begin VB.Label Label19
    BackColor       =   &H800000018&
    Caption         =   "10"
    Height          =   255
    Left =          5760
    TabIndex        =   20
    Top =           3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label18
    BackColor       =   &H800000018&
    Caption         =   "  9"
    Height          =   255
    Left            =   5280
    TabIndex        =   19
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label17
    BackColor       =   &H800000018&
    Caption         =   "  8"
    Height          =   255
    Left            =   4800
    TabIndex        =   18
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label16
    BackColor       =   &H800000018&
    Caption         =   "  7"
```

```
    Height          =   255
    Left            =   4320
    TabIndex        =   17
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label15
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "  6"
    Height          =   255
    Left            =   3840
    TabIndex        =   16
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label14
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "  5"
    Height          =   255
    Left            =   3360
    TabIndex        =   15
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label13
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "  4"
    Height          =   255
    Left            =   2880
    TabIndex        =   14
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label12
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "  3"
```

```
    Height          =   255
    Left            =   2400
    TabIndex        =   13
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label11
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "  2"
    Height          =   255
    Left            =   1920
    TabIndex        =   12
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label10
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "  1"
    Height          =   255
    Left            =   1440
    TabIndex        =   11
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label9
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "  0"
    Height          =   255
    Left            =   960
    TabIndex        =   10
    Top             =   3840
    Width           =   255
End
Begin VB.Line Line25
    X1              =   5400
    X2              =   5400
```

```
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line23
    X1              =   4920
    X2              =   4920
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line21
    X1              =   4440
    X2              =   4440
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line19
    X1              =   3960
    X2              =   3960
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line17
    X1              =   3480
    X2              =   3480
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line15
    X1              =   3000
    X2              =   3000
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line12
    X1              =   2520
    X2              =   2520
```

```
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line10
    X1              =   2040
    X2              =   2040
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line8
    X1              =   1560
    X2              =   1560
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line6
    X1              =   1080
    X2              =   1080
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Line Line5
    X1              =   5880
    X2              =   5880
    Y1              =   3720
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Label Label8
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "Time (s)"
    Height          =   255
    Left            =   6240
    TabIndex        =   9
    Top             =   3840
    Width           =   615
End
```

```
Begin VB.Line Line3
    X1              =   960
    X2              =   1080
    Y1              =   960
    Y2              =   960
End
Begin VB.Line Line2
    X1              =   960
    X2              =   1080
    Y1              =   2280
    Y2              =   2280
End
Begin VB.Line Line1
    X1              =   960
    X2              =   1080
    Y1              =   3600
    Y2              =   3600
End
Begin VB.Label Label7
    BackColor       =   &H80000013&
    Height          =   255
    Left            =   3480
    TabIndex        =   6
    Top             =   4320
    Width           =   495
End
Begin VB.Label Label6
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "V"
    Height          =   255
    Left            =   4200
    TabIndex        =   5
    Top             =   4320
    Width           =   135
End
Begin VB.Label Label5
```

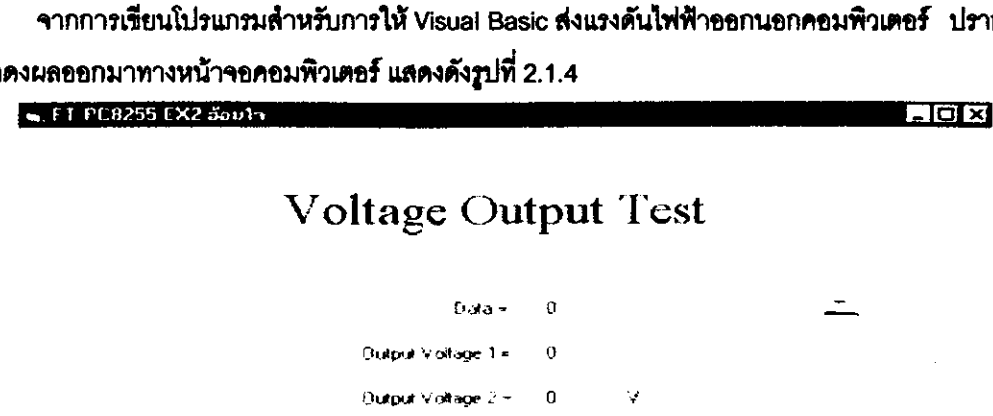
```
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "Volt DC"
    Height          =   255
    Left            =   2640
    TabIndex        =   4
    Top             =   4320
    Width           =   615
End
Begin VB.Label Label4
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "Voltage (V)"
    Height          =   255
    Left            =   480
    TabIndex        =   3
    Top             =   360
    Width           =   855
End
Begin VB.Label Label3
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "5.0"
    Height          =   255
    Left            =   600
    TabIndex        =   2
    Top             =   840
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label2
    BackColor       =   &H80000018&
    Caption         =   "2.5"
    Height          =   255
    Left            =   600
    TabIndex        =   1
    Top             =   2160
    Width           =   255
End
Begin VB.Label Label1
```

```
        BackColor       =   &H80000018&
        Caption         =   "0.0"
        Height          =   255
        Left            =   600
        TabIndex        =   0
        Top             =   3840
        Width           =   255
    End
End
```

ผลการทดลอง

ก. ผลการให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์

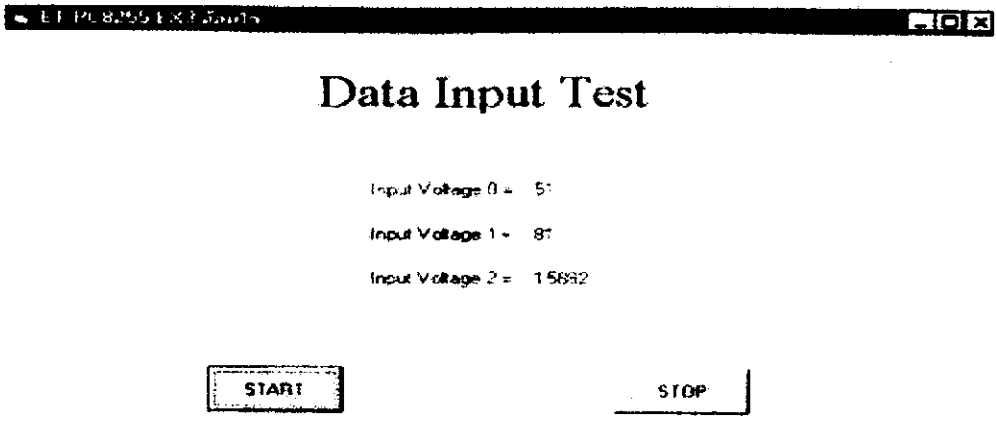
จากการเขียนโปรแกรมสำหรับการให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่าค่าที่วัดได้จะแสดงผลออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.1.4



รูปที่ 2.1.4 แสดงผลการให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์

ข. ผลการให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

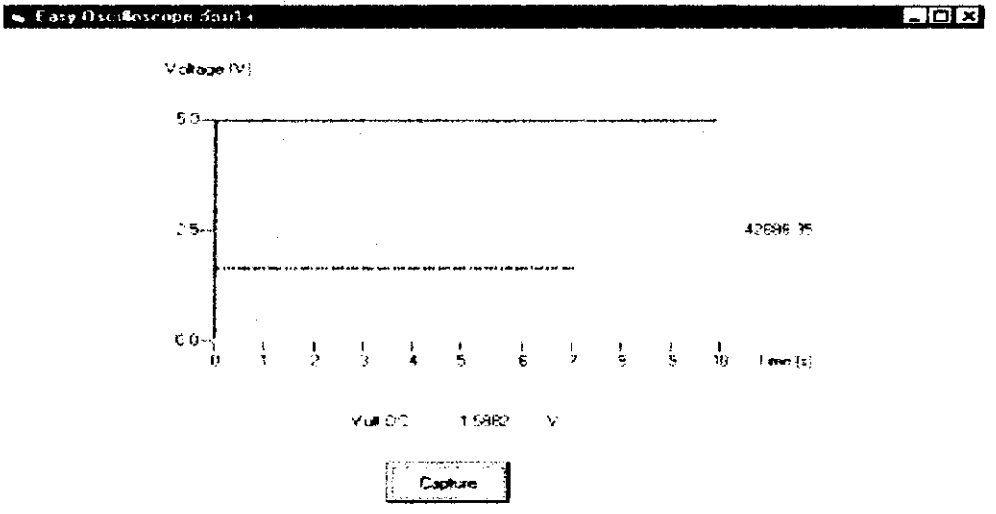
จากการเขียนโปรแกรมสำหรับการให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ปรากฏว่าค่าที่วัดได้จะแสดงผลออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.1.5



รูปที่ 2.1.5 แสดงผลการให้ Visual Basic ส่งแรงดันไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

ค. ผลการทดลองวัดเสถียรภาพของตัวต้านทานค่าคงที่

จากการเขียนโปรแกรมสำหรับการทดสอบเสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่โดยใช้โปรแกรม Visual Basic พบว่า ผลที่ได้สามารถสังเกตได้จากแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (V vs t) แสดงแสดงดังรูปที่ 2.1.6 จะเห็นว่า แรงดันไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่จะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลา จากกราฟมีค่าประมาณ 1.59 V



รูปที่ 2.1.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลา (V vs t) ของตัวต้านทานค่าคงที่

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เนื่องจากตัวต้านทานค่าคงที่จัดเป็นตัวนำเซรามิกส์ ความต้านทานไฟฟ้า (R) จะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) นั่นก็คือ ความต้านทานไฟฟ้าคงที่ไม่ขึ้นกับเวลา หรือมีเสถียรภาพทางไฟฟ้าดีนั่นเอง

สรุปผลการทดลอง

แผงวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ได้จัดเตรียมและโปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้หลายอย่าง เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า นอกจากนี้ก็ยังสามารถใช้ในการทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์ได้อีกด้วย ได้แก่ เสถียรภาพทางไฟฟ้าของตัวต้านทานค่าคงที่ซึ่งจัดเป็นตัวนำเซรามิกส์

เอกสารอ้างอิง

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์ ฟิสิกส์วัสดุอิเล็กโตรเซรามิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2548

Duga, J. J., 1962, Automatic data recording system for semiconductor research, The review of scientific instruments, 33(3) : 365-369.

Http://www.Ett.co.th, ET-PC8255 card, 2005-2007.

2.2 การวัดความแตกต่างระหว่างตัวนำกับสารกึ่งตัวนำ

บทความ การวัดความแตกต่างระหว่างตัวนำกับสารกึ่งตัวนำด้วยโปรแกรมแลปวิว

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory,

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

บทคัดย่อ

ได้วัดความแตกต่างระหว่างตัวนำกับสารกึ่งตัวนำ ด้วยโปรแกรมแลปวิว

Abstract

The difference between conductor and semiconductor was measured with LabVIEW Program.

Key words : conductor, semiconductor

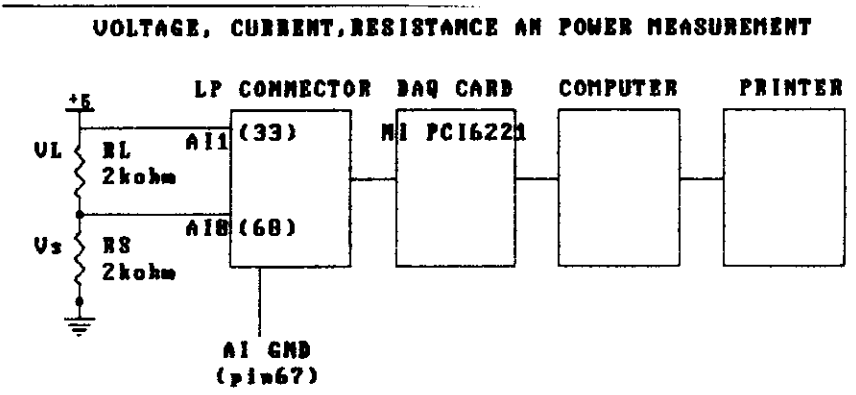
คำนำ

ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) ใช้ทำตัวนำอุณหภูมิสูง (high temperature conductor) มีโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์ (rutile structure) ดีบุกออกไซด์ เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีช่องว่างพลังงานกว้าง ช่องว่างแถบพลังงานที่อุณหภูมิ 0 K มีค่าประมาณ 3.7 eV เมื่อนำ SnO_2 ผสม Sb_2O_3 สารจะแสดงสภาพกึ่งการนำไฟฟ้าชนิด n (n-type semiconductivity) เตรียมก้อน SnO_2 ได้โดยนำผงไปอัดแบบไอโซสแตติคแล้วเผาที่ 1400 °C

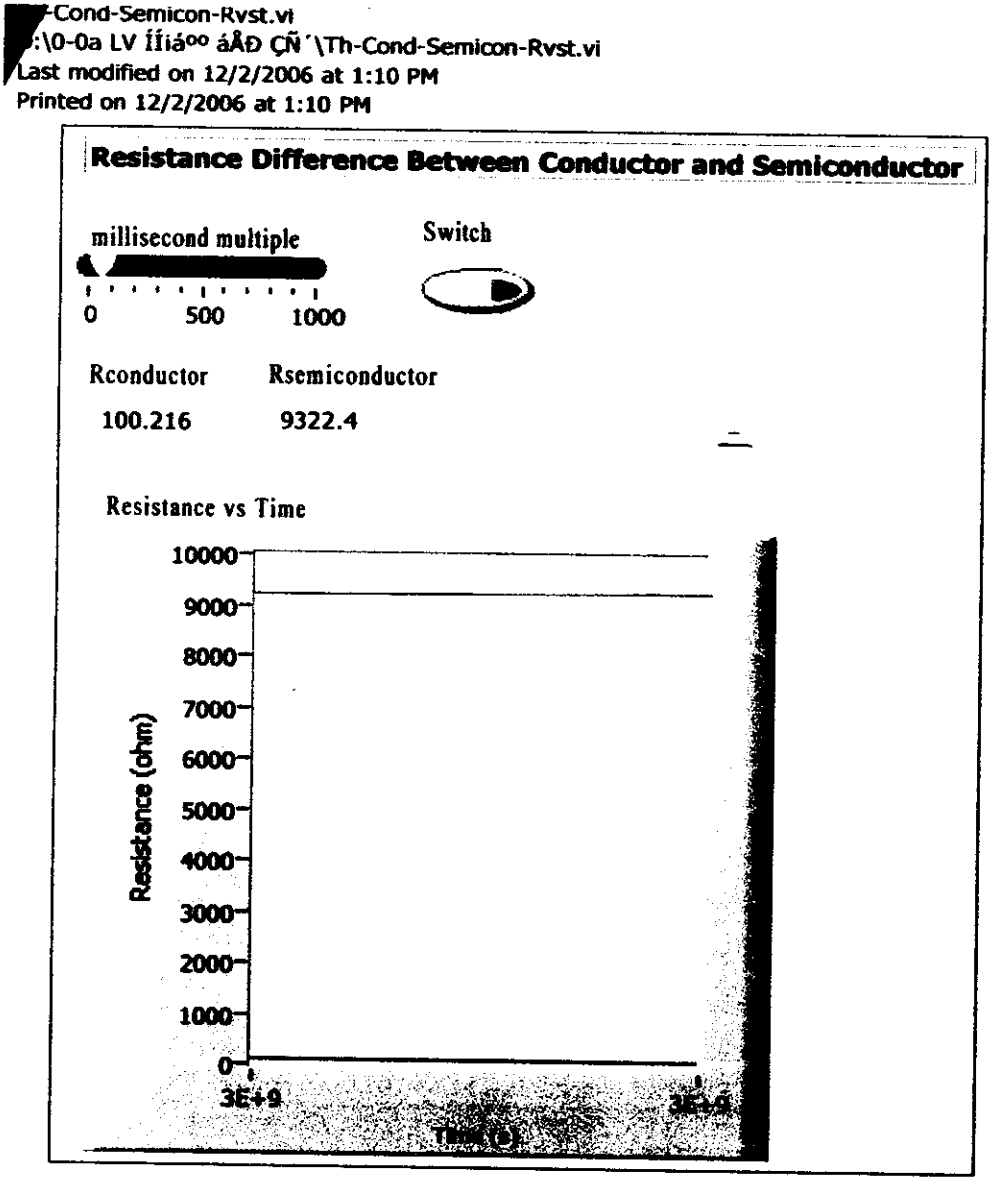
สารกึ่งตัวนำ มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์และสารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับจำนวนโฮล พบใน Si และ Ge สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์เป็นสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ที่ได้เติมตัวเติม (dopant) ลงไป สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ มี 2 ชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิดพี และ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น สารกึ่งตัวนำชนิดพีเป็นสารที่มีจำนวนโฮลมากกว่าจำนวนอิเล็กตรอน ตัวอย่าง เช่น Si+AL โฮลและอิเล็กตรอนเป็นพาหะไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำชนิดพี สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเป็นสารที่มีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโฮล ตัวอย่าง เช่น Si+As โฮลและอิเล็กตรอนเป็นพาหะไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น เทอร์มิสเตอร์จัดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง

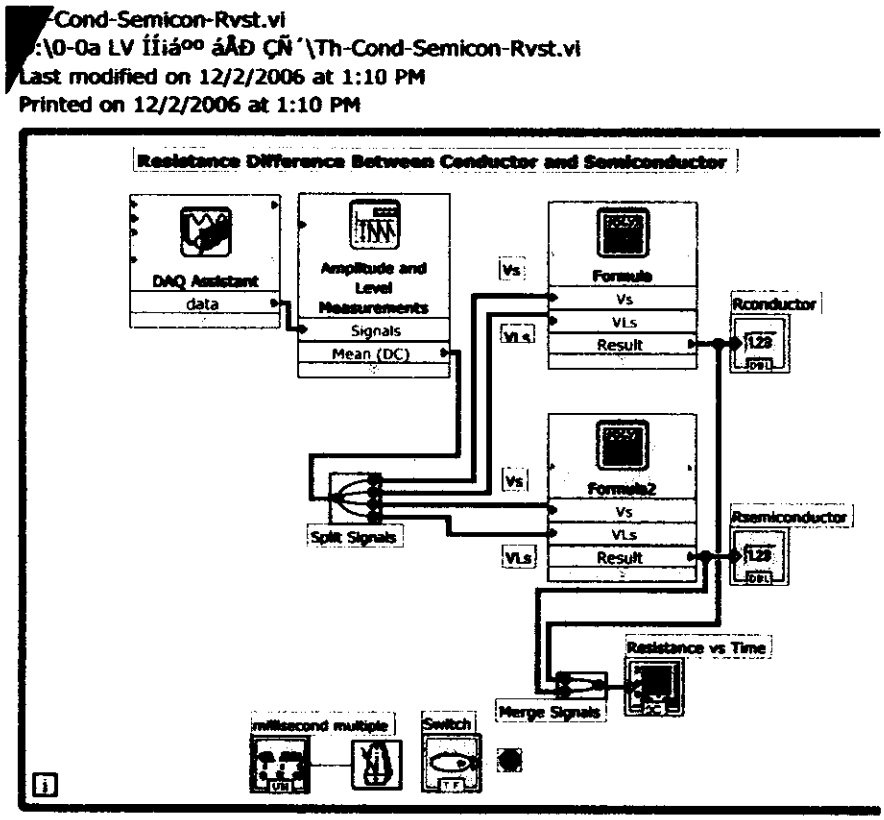
วิธีการทดลอง

จัดวงจรดังรูปที่ 2.2.1 สำหรับตัวนำกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทาน RL=100 Ω และ Rs=100 Ω ให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม Vs และ VLs เข้า AI0 และ AI1 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ สำหรับสารกึ่งตัวนำ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทาน RL=10 kΩ และ LDR ให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม Vs และ VLs เข้า AI2 และ AI3 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ DAQ Assistant จะจัดการเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้า Vs และ VLs มาเข้า AI0 และ AI1 และVs และ VLs ที่มาเข้า AI2 และ AI3 แล้วออกจาก LP connector มาที่ DAQ Card ส่งต่อไปยัง Amplitude and Level Measurements ทำหน้าที่จัดปริมาณการวัดเป็นแบบ Mean (DC) Split signal ทำหน้าที่แยกแรงดันไฟฟ้าทั้งสี่ค่าออกจากกัน ส่งแรงดัน VL และ VLs ของตัวนำมาที่ Formula1 และแรงดัน VL และ VLs ของสารกึ่งตัวนำมาที่ Formula2 ใช้สูตร VL=VLs-Vs; IL=VL/RL; Is=IL; R=Vs/Is (ความต้านทานของตัวนำ) และใช้สูตร VL=VLs-Vs; IL=VL/RL; Is=IL; R=Vs/Is (ความต้านทานของสารกึ่งตัวนำ) แสดงค่า R ของตัวนำและค่า R ด้วย Numeric Indicator ใช้ Merge Signal รวมค่า R ของตัวนำและค่า R ของตัวนำ แล้วแสดงผลเป็นกราฟด้วย Waveform Graph Millisecond Multipie เป็นเวลาหน่วง Boolean เป็น numeric control ทำหน้าที่เปิดปิดสวิทช์ While Loop ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซ้ำๆกัน สั่ง RUN เพื่อแสดงผลทั้งหมด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ออกทาง Printer



รูปที่ 2.2.1 การจัดชุดการทดลองสำหรับการวัดความแตกต่างระหว่างตัวนำกับสารกึ่งตัวนำ





รูปที่ 2.2.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการวัดความแตกต่างระหว่างตัวนำกับสารกึ่งตัวนำ

ผลการทดลอง

ผลการวัดความแตกต่างระหว่างตัวนำกับสารกึ่งตัวนำแสดงดังรูปที่ 2.2.2

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ค่าความต้านทานที่วัดได้ใช้แยกความแตกต่างระหว่างตัวนำกับสารกึ่งตัวนำนำ

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW สามารถแสดงความแตกต่างระหว่างตัวนำกับสารกึ่งตัวนำ

เอกสารอ้างอิง

Charles Kittel, 1976, Introduction to Solid State Physics, 5th edition, John Wiley & Sons, Inc.,

New York/Sydney/Toronto.

George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall,

New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.

2.3 การวัดจุดหลอมเหลวของตะกั่ว

บทความ การวัดจุดหลอมเหลวของตะกั่ว

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

ได้วัดจุดหลอมเหลวของตะกั่ว

Abstract

The melting point of lead was measured.

Key words : lead, melting point

[1]M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof.

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

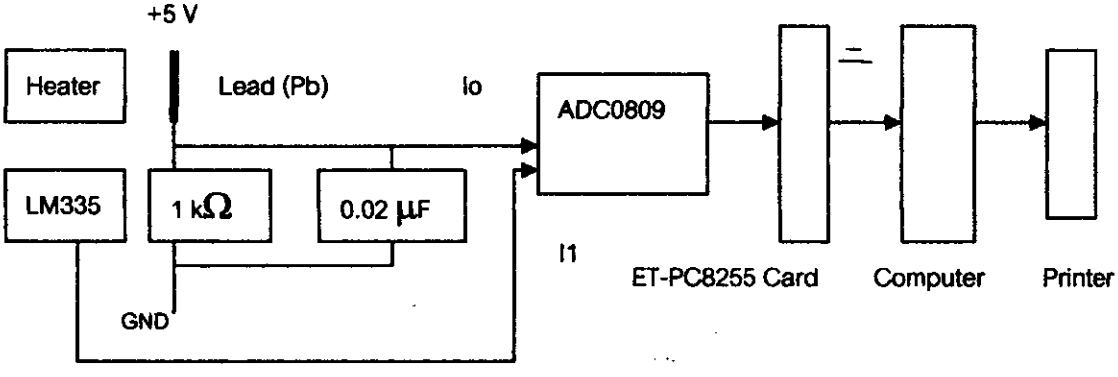
Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

คำนำ

โลหะ (metal) มีอิเล็กตรอน (electron) เป็นพาหะไฟฟ้า (electrical carrier) เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในขณะที่ได้รับแรงดันที่ป้อนจะมีเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า (electric current) โลหะจำพวกเหล็กสามารถนำไปทำเป็นสวิทช์ จุดหลอมเหลวมีความเกี่ยวข้องกับการยึดเหนี่ยวในผลึก พันธะที่เกิดกับตะกั่ว คือ พันธะโลหะ

วิธีการทดลอง

จุดชุดทดลองตามรูปที่ 2.3.1 เขียนโปรแกรม สั่ง RUN



รูปที่ 2.3.1 การวัดจุดหลอมเหลวของตะกั่วด้วยคอมพิวเตอร์

```
Program Lead_Melting_Point_Measurung;
uses crt;
var i, DV0, DV1    : integer;
    AV0, AV1, V    : real;
const PA       = $0304;
      PB       = $0305;
      Pcontrol = $0307;
begin
  clrscr;
  port[Pcontrol] := $90;
  repeat
```

```
        gotoxy(21,2); writeln('Check Melting Point');
        gotoxy(21,3); writeln('--------------------');
        port[PB]:=0; {lo}
        delay(15);
        DV0 := port[PA];  {detecting the voltage}
        AV0 := (5/255)*DV0;
        V:=AV0; {V}
        gotoxy(26,10); writeln('Below Melting Point');
        delay(100);
    until V<1;
    for i:=1 to 5000 do
    begin
        clrscr;
        gotoxy(21,2); writeln('Check Melting Point');
        gotoxy(21,3); writeln('--------------------');
        port[PB]:=0; {lo}
        delay(15);
        DV0 := port[PA];
        AV0:= (5/255)*DV0;
        V:=AV0; {V}
        gotoxy(26,10); writeln('Getting Melting Point);
        port[PB]:=1; {I1}
        delay(15);
        DV1 := port[PA];
        AV1:= (5/255)*DV1;
        V:=AV1; {V}
        T:=(V-2.73)/(0.01)
        gotoxy(26,10); writeln('Getting Melting Point);
        gotoxy(26,15); writeln('Melting Temperature = ',T:3:2);
        gotoxy(46,15); writeln('°C');
        delay(100);
      end;
end.
```

ผลการทดลอง

จุดหลอมเหลวของตะกั่วที่วัดได้มีค่า ???

วิเคราะห์การทดลอง

การหาจุดหลอมเหลวของตะกั่วโดยวิธีนี้สามารถนำไปวัดของสารอื่นๆได้ด้วย

สรุปการทดลอง

ได้วิธีการวัดจุดหลอมเหลวของตะกั่วด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารอ้างอิง

นุกูล กระจาย 2536 การเขียนโปรแกรมกราฟิกส์และเกมคอมพิวเตอร์ด้วยเทอร์โบปาสคาล
บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพ

2.4 การวัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้

บทความ การวัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

ได้วัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

Abstract

Angle was measured with variable resistor with Turbo Pascal Program.

Key words : variable resistor, angle measurement

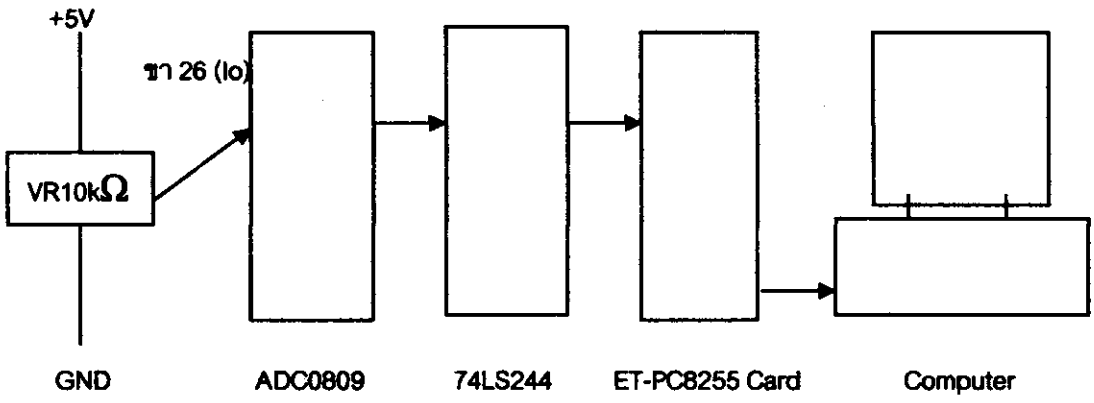
[1]M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof. Materials Physics Laboratory,
Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.
Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

คำนำ

ตัวต้านทาน ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรและควบคุมศักย์ไฟฟ้าในวงจร ตัวต้านทานมีหลายชนิด เช่น ตัวต้านทานค่าคงที่ (fixed resistor) และตัวต้านทานปรับค่าได้ (variable resistor) ตัวต้านทานค่าคงที่ เป็นตัวต้านทานที่มีค่าคงที่ ค่าความต้านทานชี้บอกด้วยสี ตัวต้านทานปรับค่าได้ เป็นตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้โดยการหมุนแกน

วิธีการทดลอง

จัดวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สำหรับการวัดมุม ดังรูปที่ 2.4.1 เขียนโปรแกรม สั่ง RUN อ่านค่าบนจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.4.1 การวัดมุมด้วยคอมพิวเตอร์

```
Program Angle_Measurement;
uses crt;
var i, DV  : integer;
    AV, θ : real;
const   PA       = $0304;
        Pcontrol = $0307;
begin
  clrscr;
  port[Pcontrol] := $90;
  gotoxy(23,2); writeln('ANGLE MEASUREMENT EXPERIMENT');
  gotoxy(23,3); writeln('----------------------------------');
  for i := 1 to 5000 do
  begin
      DV := port[PA];
      AV := (5/255)*DV;
      θ := ?*AV;
      gotoxy(27,15); writeln('Angle = ',θ:3:2);
      gotoxy(46,15); writeln('deg');
      delay(100);
   end;
end.
```

ผลการทดลอง

มุมที่วัดได้ = ???

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการวัดมุมใช้ชี้บอกตำแหน่งของวัสดุและหัววัด

สรุปผลการทดลอง

ได้วิธีการวัดมุมด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารอ้างอิง

ยืน ภู่วรวรรณ, 2534, อิเลคทรอนิคส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

Http://www.Ett.co.th, Manual of ET-PC8255 card, 2005-2007.

บทความ การวัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์[1] และ น.ส. สุจิตรา หนนท์[2]

Thongchai Panmatarith[1] and Sujitra Hanon[2]

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

ได้วัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก

Abstract

Angle was measured with variable resistor with Visual Basic Program.

Key words : variable resistor, angle measurement

คำนำ

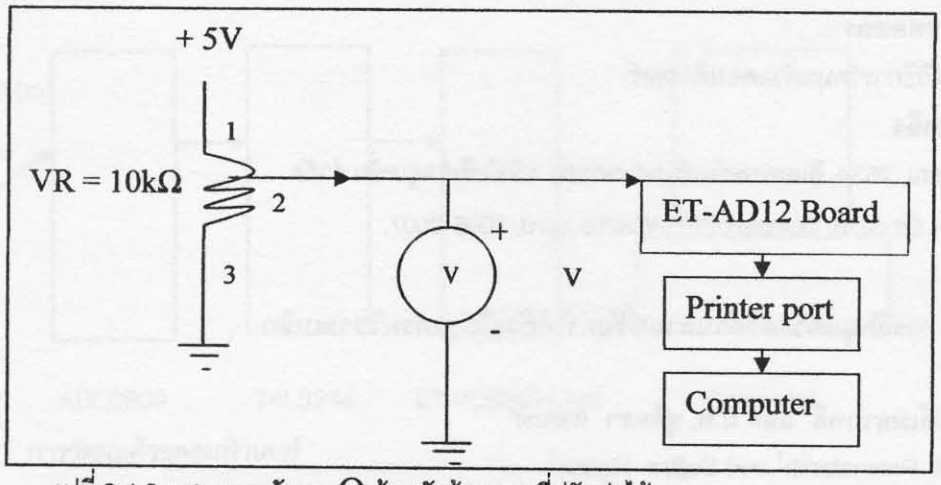
เมื่อให้ตัวต้านทานปรับค่าได้อยู่ในวงจรไฟฟ้า ขณะที่ความต้านทานเปลี่ยนแปลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเปลี่ยนแปลง สามารถนำไปประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดมุมได้ หัววัดมุมใช้วัดทิศทางของลมได้

วัสดุอุปกรณ์

1) ครึ่งวงกลมไว้สำหรับวัดมุม
2) ตัวต้านทานปรับค่าได้ VR10 kΩ
3) โฟโตบอร์ด
4) วงจรเชื่อมต่อ ET-AD12 Card
5) โปรแกรม Visual Basic
6) คอมพิวเตอร์

วิธีการทดลอง

1) จัดเตรียมบอร์ดการทดลองดังรูปที่ 2.4.2



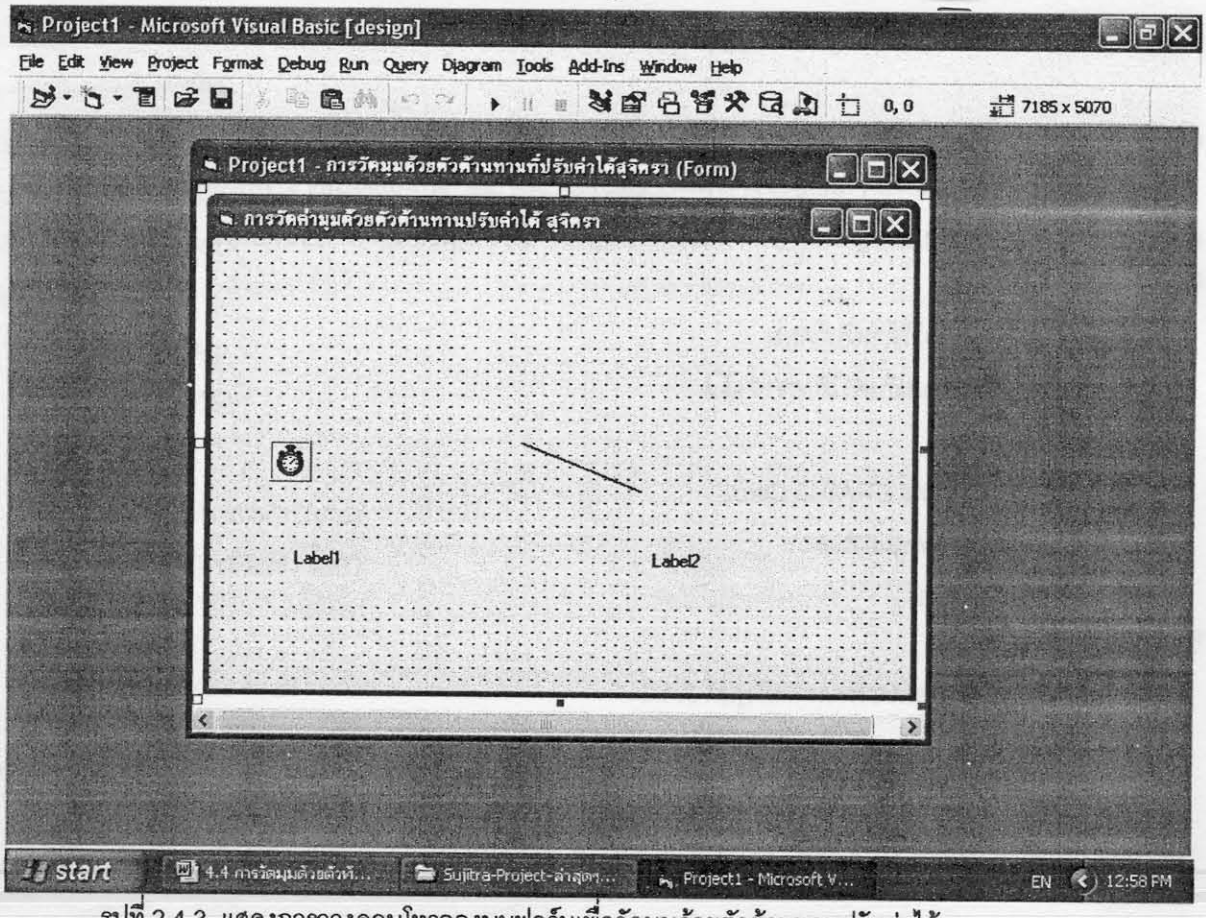
รูปที่ 2.4.2 แสดงการวัดมุม Θ ด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

เมื่อหมุนแกนโดยเริ่มจากมุม 0 องศา แรงดันที่ขาเป็น 0V แล้วเพิ่มมุมแรงดันไฟฟ้า (V) ที่ขากลางของ VR 10 kΩ จะเปลี่ยนแปลงแรงดัน แรงดันจะแปรผันโดยตรงกับมุมที่แกนหมุนไป สมการ Θ = f (V) หมุนแกนวัด V และ Θ แล้วบันทึกลงในตาราง นำสมการ Θ = f (V) ใส่ในโปรแกรม สั่ง run คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่แสดงมุมที่วัดในขณะที่หมุนแกน

2) เขียนโปรแกรมสำหรับการวัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้โดยใช้โปรแกรม Visual Basic

เปิด Visual Basic 6.0 แล้วเลือกสร้างแอพพลิเคชันแบบ Standard Exe

เมื่อปรากฏฟอร์มขึ้นให้ใส่คอนโทรลลงบนฟอร์มดังรูปที่ 2.4.3



รูปที่ 2.4.3 แสดงการวางคอนโทรลลงบนฟอร์มเพื่อวัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้

Properties Window

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form       การวัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้สุจิตรา
   Caption          =  "การวัดมุมด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ สุจิตรา"
   ClientHeight     = 4140
   ClientLeft       = 60
   ClientTop        = 450
   ClientWidth      = 7065
   LinkTopic        = "Form1"
   ScaleHeight      = 4140
   ScaleWidth       = 7065
   StartUpPosition  = 3  'Windows Default
   Begin VB. Timer  Timer 1
         Interval       =  1
         Left           =  600
         Top            =  2040
    End
    Begin VB.Label  Label 2
        Caption         =  "Label 2"
         Height         =  495
         Left           =  4440
         TabIndex       =  1
         Top            =  3120
         Width          =  1695
    End
    Begin VB. Label Label 1
        Caption         =  "Label 1"
         Height         =  495
         Left           =  840
         TabIndex       =  0
         Top            =  3120
         Width          =  2055
    End
    Begin VB. Line Line 1
         X1             =  3120
         X2             =  4320
```

```
        Y1          =   2040
        Y2          =   2520
      End
    End
```

เขียนโค้ดคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของการวัดมุม Θ ด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

```
'Angle Measurement_Resistance
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As
Integer)
Public pwrite As Integer
Public pread As Integer
Dim MidX As Integer, MidY As Integer
Const PI = 3.14159

Private Sub Form_Load()
Timer1.Interval = 1
Me.AutoRedraw = True
Me.Scale (0, 0)-(350, 200)
Me.BackColor = vbGreen
MidX = 175
MidY = 130
Line1.BorderColor = vbRed
Line1.BorderWidth = 13
Line1.X1 = MidX
Line1.Y1 = MidY - 5
Me.DrawWidth = 15
Line (0, 0)-(0, 200), vbBlack
Line (0, 0)-(350, 0), vbBlack
Line (350, 0)-(350, 200), vbBlack
Line (0, 200)-(350, 200), vbBlack
For i = 0 To 22
   Me.DrawWidth = 2
   Circle (175, 130), i, vbRed
Next i
For i = 200 To 130 Step -1
   Me.DrawWidth = 2
```

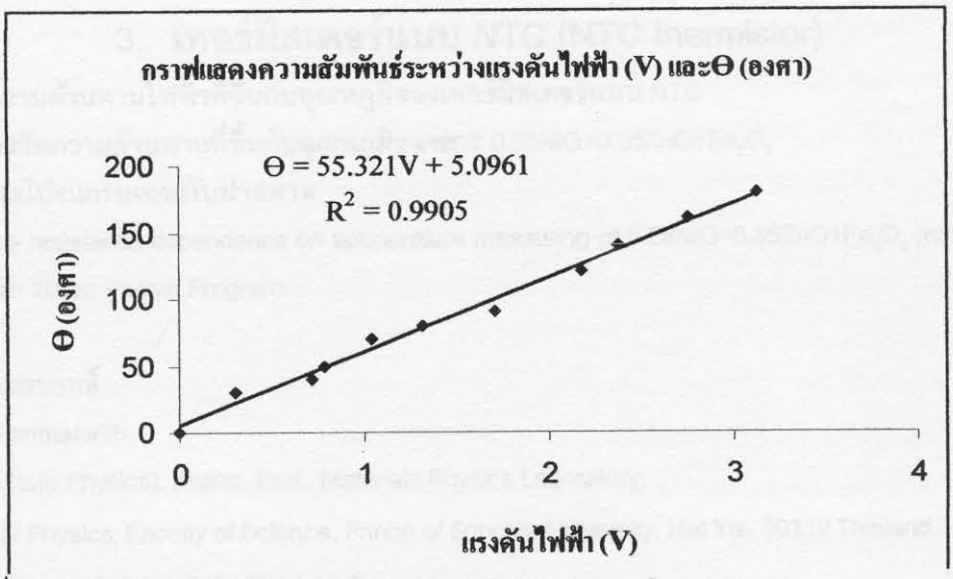
```
    Line (0, i)-(350, i), vbBlack
Next i
For i = 0 To 25
    Me.DrawWidth = 2
    DialX = 150 * Cos(PI / 180 * (5 * i - 150)) + MidX
    DialY = 95 * Sin(PI / 180 * (5 * i - 150)) + MidY
    DialX1 = 155 * Cos(PI / 180 * (5 * i - 150)) + MidX
    DialY1 = 100 * Sin(PI / 180 * (5 * i - 150)) + MidY
    Line (DialX1, DialY1)-(DialX, DialY), vbBlue
Next i
For i = 0 To 5
    Me.DrawWidth = 2
    DialX = 150 * Cos(PI / 180 * (25 * i - 150)) + MidX
    DialY = 95 * Sin(PI / 180 * (25 * i - 150)) + MidY
    DialX1 = 160 * Cos(PI / 180 * (25 * i - 150)) + MidX
    DialY1 = 105 * Sin(PI / 180 * (25 * i - 150)) + MidY
    Line (DialX, DialY)-(DialX1, DialY1), vbBlue
    Me.ForeColor = vbBlack
    Me.CurrentX = (170) * Cos(PI / 180 * (25 * i - 150)) + MidX - 10
    Me.CurrentY = (120) * Sin(PI / 180 * (25 * i - 150)) + MidY
    Print (30 * i + 30) - 12
Next i
pwrite = &H378
pread = &H379
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
'*************** Channel 0 ***************
For i = 1 To 250
    Out pwrite, &HB
    Out pwrite, &H3
    Out pwrite, &H1
    Out pwrite, &H3
    Out pwrite, &H1
    Out pwrite, &H3
    Out pwrite, &H0
    Out pwrite, &H2
```

```
   Out pwrite, &H0
   Out pwrite, &H2
   ch0buff = 0
   Out pwrite, &H1
For readcount = 1 To 12
   Out pwrite, &H3
   Out pwrite, &H1
Next readcount
For readcount = 1 To 12
   ad0buff = (Inp(pread) And &H80) / (2 ^ 7)
   ch0buff = ch0buff Or (ad0buff * (2 ^ (readcount - 1)))
   Out pwrite, &H3
   Out pwrite, &H1
Next readcount
adc0 = adc0 + ch0buff
Next i
adc0 = adc0 / 250
Out pwrite, &HB
analog0 = (adc0 - 4096) * -1
result0 = (analog0 / 4096) * 5
result1 = (55.321 * result0) - 5.0961
num1$ = Format(result0, "0.00")
num2$ = Format(result1, "0.00")
n1 = num1$
n2 = num2$
Line1.X2 = 150 * Cos(PI / 180 * (25 * n1 - 150)) + MidX
Line1.Y2 = 95 * Sin(PI / 180 * (25 * n1 - 150)) + MidY
Label1.Caption = "Voltage Input = " & n1 & " Volt"
Label2.Caption = "Angle = " & n2 & " Degree"
End Sub
```

3) สั่ง Run บันทึกผล

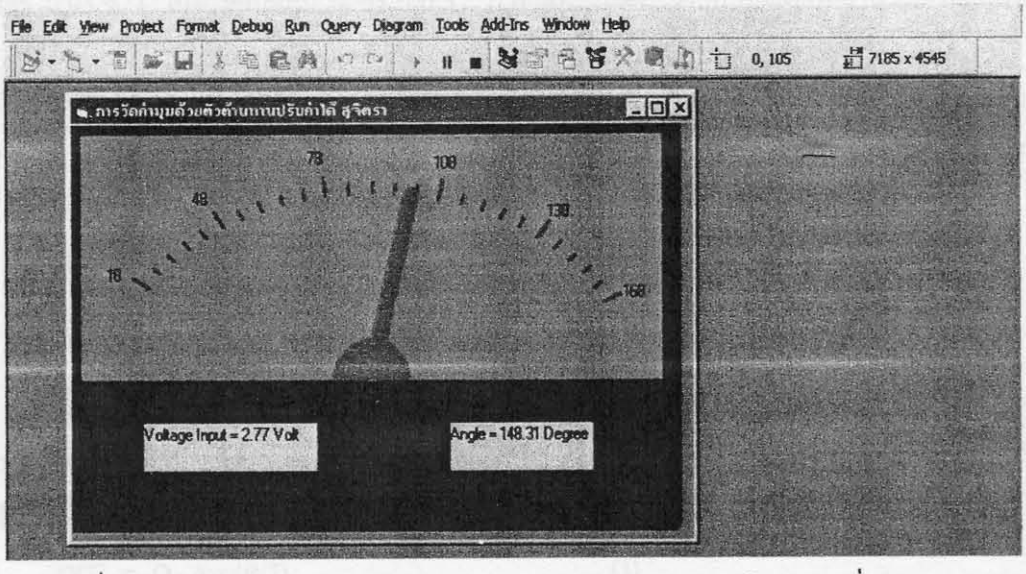
ผลการทดลอง

จากการเขียนโปรแกรมสำหรับการให้ Visual Basic วัดมุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้โดยใช้โปรแกรม Visual Basic จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (V) และ Θ (องศา) ดังรูปที่ 15.3 พบว่า เมื่อแรงดันเพิ่มขึ้น มุมก็มีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (V) และ Θ (องศา)

ผลจากการปรับเทียบจากสมการที่ได้ พบว่าแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 2.4.5



รูปที่ 2.4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (V) และ Θ (องศา) ที่แสดงบนจอคอมพิวเตอร์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

แรงดันที่ขาเริ่มต้นด้วย 0V แล้วเพิ่มมุมขึ้นไปเรื่อยๆ แรงดันไฟฟ้า (V) ที่ขากลางของ VR 10 kΩ จะเปลี่ยนแปลงแรงดัน แรงดันจะแปรผันโดยตรงกับมุมที่แกนหมุนไป

สรุปผลการทดลอง

แผงวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ได้จัดเตรียมและโปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถวัดมุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

เอกสารอ้างอิง

Http://www.Ett.co.th, Manual of ET-AD12 board, 2005-2007.

อภิชาติ ภู่พลับ 2548 เขียนโปรแกรม Hardware Interface ด้วย VB6

บริษัทไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด นนทบุรี