5. สารให้ความร้อน (heating material)

5.1 การวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของสารให้ความร้อน

บทความ การวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาสาร MnO_2+CoO ด้วยคอมพิวเตอร์

Heating property measuring of MnO_2+CoO material with computer

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.

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

บทคัดย่อ

ได้วัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของสาร MnO_2+CoO ด้วยคอมพิวเตอร์

Abstract

Temperature vs time of MnO_2+CoO material was measured with computer.

Key words : Heating material

บทนำ

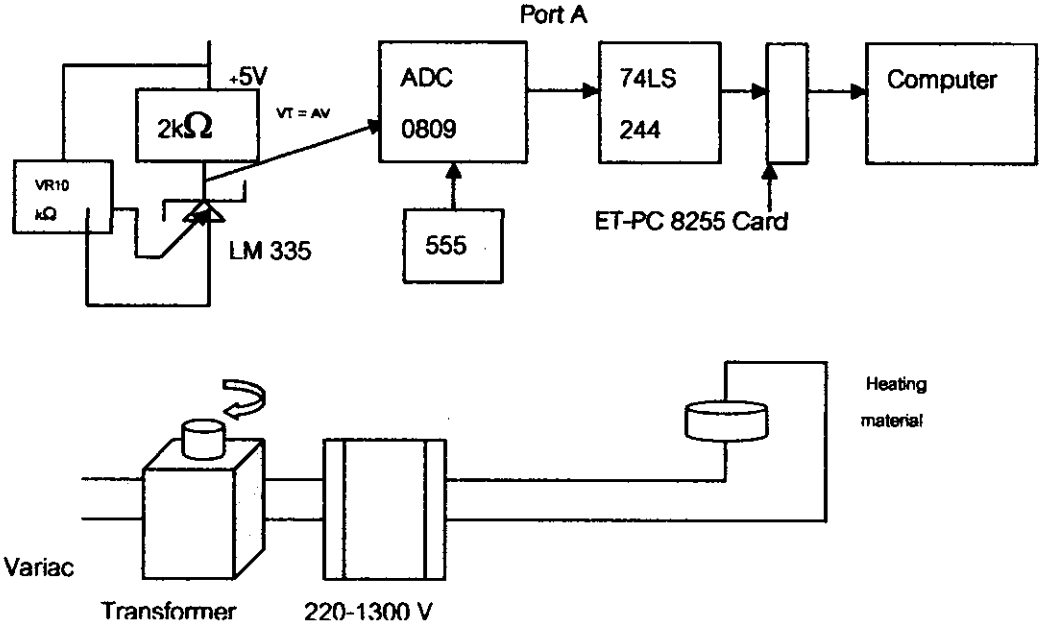
สารให้ความร้อน (heating element) เป็นสารที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนได้ดี ใช้ทำขดลวดของเตาหลอม (furnace element) ตัวอย่างของสารให้ความร้อน อาทิเช่น แกรไฟต์ (graphite), โมลิบดีนัม (Mo), ทังสเตน (W), ทองคำขาว (Pt), SiC (1650°C) และ $MoSi_2$ (1500°C) Das Gupta (1996) ในประเทศแคนาดา ได้รายงานว่าถึงสารที่ใช้ทำสารให้ความร้อนซึ่งได้แก่ $MoSi_2$, SiC, แกรไฟต์ (graphite) และ $BaTiO_3$ Reznikov (1997) ได้สร้างตัวควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้จากไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับใช้งานกับเตาหลอมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ Pelissier (1998) ในประเทศฝรั่งเศสได้ศึกษาสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพการนำความร้อนของสารให้ความร้อนที่ทำมาจากซิลิกอนคาร์ไบด์ Ogawa (1998) ในประเทศญี่ปุ่น ได้สร้างฟิล์มบาง $BaTiO_3$ แล้วประยุกต์ใช้เป็นแผ่นความร้อนที่สามารถให้ความร้อนสม่ำเสมอ Hayashi (2001) ในประเทศญี่ปุ่น ได้เตรียมฟิล์มบางของ $LaCrO_3$-Ca โดยมีขั้วเป็น Pt และหาลักษณะสมบัติการให้ความร้อน (heating characteristics) ความต้านทานของฟิล์มบางให้ความร้อนมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบและอุณหภูมิให้ความร้อนสูงสุด 1100°C Meier (2001) ในประเทศอังกฤษ ได้ศึกษาสารให้ความร้อนที่ทำมาจากเทอร์มิสเตอร์แบบ PTC ซึ่งสามารถทำงานที่อุณหภูมิเกือบคงที่

บทความนี้เป็นการศึกษาการวัดสมบัติให้ความร้อนของเซรามิกส์ด้วยคอมพิวเตอร์

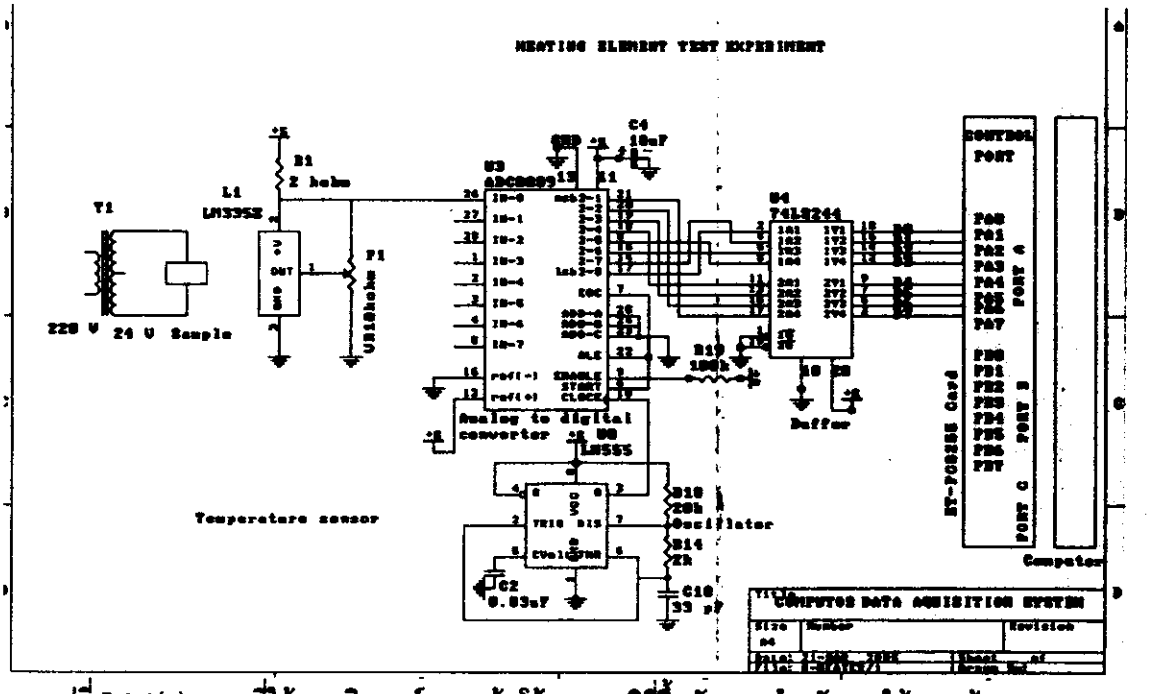
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

จัดเตรียมวงจรเชื่อมต่อสำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาสำหรับสารให้ความร้อนที่มีสูตรเป็น MnO_2+CoO ดังรูปที่ 5.1.1 เขียนโปรแกรม แวรีแอคจะรับแรงดันไฟบ้านแล้วแปลงออกเอาท์พุทแล้วส่งให้หม้อแปลงไฟฟ้า แรงดันจากหม้อแปลงไฟฟ้า 158 V จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารให้ความร้อน สารร้อนขึ้น LM335 อ่านอุณหภูมิของสาร ส่งแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดนี้ (VT) เข้าทางขา 26 (Io) ของ ADC0809, ไอซี ADC0809จะทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล(DV) แรงดันขนาด 8 บิต ถูกส่งผ่าน74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็น

บัฟเฟอร์ ส่งแรงดันดิจิตอล 8 บิต D7, D6, D5, D4, D3, D2, D1, D0 นี้ไปยัง ET-PC8255 Card ผ่านทางพอร์ท Aของ IC8255 แล้วเข้าไปในแรม สั่งให้แสดงค่า DV บนจอ แปลง DV เป็น AV แปลงแรงดัน AV ให้เป็นอุณหภูมิของสารให้ความร้อน (T) สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามโปรแกรม (RUN) คอมพิวเตอร์จะแสดงอุณหภูมิของสารให้ความร้อนที่ขึ้นกับเวลา (T vs t) สั่งพิมพ์ภาพบนจอในขณะที่ระบบกำลังทำงาน



รูปที่ 5.1.1(ก) บลอคไดอะแกรมที่ให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาสำหรับสารให้ความร้อน



รูปที่ 5.1.1(ข) วงจรที่ให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาสำหรับสารให้ความร้อน

```
Program Temperature_vs_Time_of_Heating_Graph;
uses crt, graph;
var
```

```
        grdrv, grmode, grerror,      : integer;
        ch                           : char;
        DV                           : integer;
Const   PA          = $0304;
        Pcontrol    = $0307;
  procedure axis;
  var   p,q  :  integer;
        tex  :  string;
  begin
  grdrv  := detect; initgraph(grdrv, grmode, 'C:\tp\bgi' );
  setgraphmode(grmode);
  line(50,50,50,305); line(50,305,300,305);
  line(50,50,600,50); line(600,50,600,305);
  settextstyle(defaultfont, horizdir, 0);
  for  p:=50 to 600 do
  begin
  if p mod 110 =0 then
    begin
      line(p+50,295,p+50,305); str(round(p/110), tex);
      outtextxy(p+50, 320, tex);
    end;
  end;
  settextstyle(defaultfont, horizdir, 0);
  for q:=50 to 305 do
  begin
    if q mod 51 = 0 then
    begin
      line(45, q, 55, q); str((((305-q) mod 5)+1)*20,tex); outtextxy(20, q, tex);
    end;
  end;
  end;
  procedure plot;
  var  i, j, x, y, DV       : integer;
       AV, VT, T            : real;
  begin
  outtextxy(150,10, 'TEMPERATURE VS TIME OF HEATING ELEMENT GRAPH');
```

```
  outtextxy(150,18, '------------------------------------------------------');
  outtextxy(50,,30, Temperature (C)');
  outtextxy(540, 340, 'Time(min)');
  outtextxy(48, 303, '*');
  begin
      port[Pcontrol]:=$90;
      for j:=0 to 550 do
      begin
          DV :=port[PA];
          AV :=(5/255)*DV;
          VT:=AV;
          T:=(VT-2.73)/(0.01);
          x :=j+50;  y :=305-round((255/100)*T);
          lineto(x,y);
          delay(600);
      end;
    end;
    readin;
    closegraph;
    end;
begin          {main}
    repeat
       axis;
       plot;
       ch:=readkey;
    until ord(ch) = 27;
end.
```

ผลการทดลอง

ภาพบนจอคอมพิวเตอร์ในขณะกำลังทำการวัดแสดงดังรูปที่ 5.1.2 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิของสารให้ความร้อนที่ขึ้นกับเวลาแสดงได้ดังรูปที่ 5.1.3 เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงค่าหนึ่งอุณหภูมิจะคงที่

TEMPERATURE MEASUREMENT

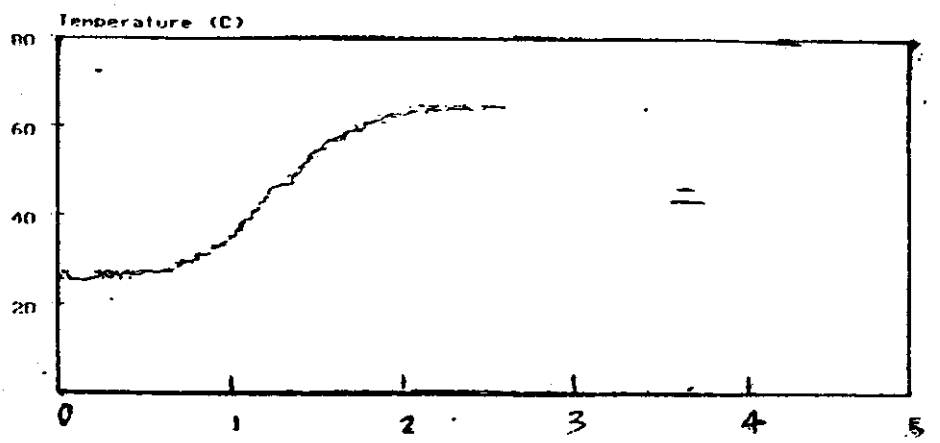
"....."

Digital Voltage Input = 158

Analog Voltage Input = 3.10 V

Temperature = 36.80 deg C

รูปที่ 5.1.2 ภาพบนจอคอมพิวเตอร์ในขณะกำลังทำการวัดอุณหภูมิของสาร MnO_2+CoO ที่ขึ้นกับเวลา



รูปที่ 5.1.3 ภาพของเส้นโค้งอุณหภูมิของสาร MnO_2+CoO ที่ขึ้นกับเวลาบนจอคอมพิวเตอร์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

อุณหภูมิของสารให้ความร้อน MnO_2+CoO ที่ขึ้นกับเวลา สามารถวัดโดยใช้วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ได้

สรุปผลการทดลอง

เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไป อุณหภูมิของสารจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สาร MnO_2+CoO แสดงสมบัติให้ความร้อน

เอกสารอ้างอิง

Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.

Das Gupta, S. 1996. Heating elements and electrically conducting ceramics. Key Engineering Materials., 122, 279-282.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

Reznikov, Y. A., 1997. Programmable temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. Fuel and Energy Abstracts. 38: 219.

บทความ การวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของขดลวดความร้อนด้วยคอมพิวเตอร์

Heating property measuring of heating element with computer

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

ได้วัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของขดลวดความร้อนด้วยคอมพิวเตอร์

Abstract

Temperature vs time of heating element was measured with computer.

Key words : Heating material

[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

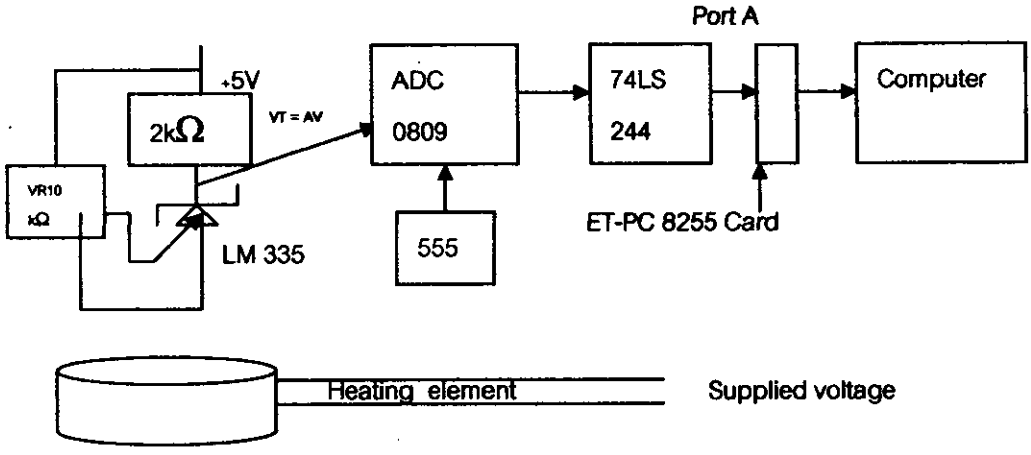
บทนำ

ขดลวดความร้อนทำมาจากโลหะมีลักษณะเป็นสารให้ความร้อน (heating element) ซึ่งเป็นสารที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนได้ดี ใช้ทำขดลวดของเตาหลอม (furnace element) Reznikov (1997) ได้สร้างตัวควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้จากไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับใช้งานกับเตาหลอมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ

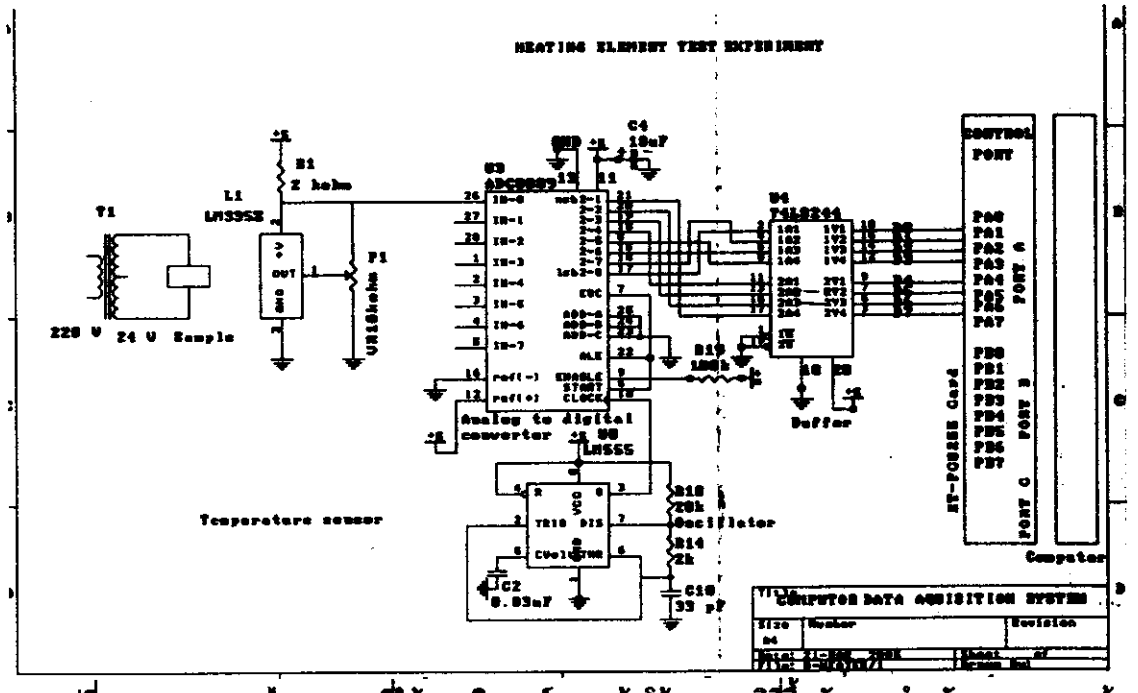
บทความนี้เป็นการศึกษาการวัดสมบัติให้ความร้อนของเซรามิกส์ด้วยคอมพิวเตอร์

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

จัดเตรียมวงจรเชื่อมต่อสำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาสำหรับขดลวดความร้อน ดังรูปที่ 5.1.4 เขียนโปรแกรม เสียบปลั๊กของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ลวดนิโครมจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดความร้อน ขดลวดร้อนขึ้น LM335 อ่านอุณหภูมิของขดลวดความร้อน ส่งแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดนี้ (VT) เข้าทางขา 26 (Io) ของ ADC0809, ไอซี ADC0809จะทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล(DV) แรงดันขนาด 8 บิต ถูกส่งผ่าน74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ส่งแรงดันดิจิตอล 8 บิต D7, D6, D5, D4, D3, D2, D1, D0 นี้ไปยัง ET-PC8255 Card ผ่านทางพอร์ท Aของ IC8255 แล้วเข้าไปในแรม สั่งให้แสดงค่า DV บนจอ แปลง DV เป็น AV แปลงแรงดัน AV ให้เป็นอุณหภูมิของสารให้ความร้อน (T) สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามโปรแกรม (RUN) คอมพิวเตอร์จะแสดงอุณหภูมิของขดลวดความร้อนของเตาอบไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา (T vs t) สั่งพิมพ์ภาพบนจอในขณะที่ระบบกำลังทำงาน



รูปที่ 5.1.4(ก) บลอคไดอะแกรมที่ให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาสำหรับขดลวดความร้อน



รูปที่ 5.1.4(ข) บลอคไดอะแกรมที่ให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาสำหรับขดลวดความร้อน

โปรแกรม การวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของเตาไฟฟ้าลวดนิโครม

```
Program Temperature_vs_Time_of_Nichrome_Wire_Heater_2549;
Uses crt, graph;
Var
        Grdrv, grmode, grerror : integer;
        Ch                     : char;
Const   PA       = $0304;
        Pcontrol = $0307;
        Procedure axis;
        Var p,q : integer;
```

```
    Text : string;
Begin
        ,Grdrv : = detect; initgraph(grdrv, grmode, 'c:\tp\bgi');
        Setgraphmode(grmode);
        Setcolor(15); line(50,50,50,305); line(50,305,600,305);
                    line(50,50,600,50); line(600,50,600,305);
        settextstyle(defaultfont), horizdir,0)
        for p:=50 to 600 do
        begin
        if p mod 32 = 0 then
                begin
                        line(p+18,295,p+18,305); str(round(p/32-1),tex);
                        outtextxy(p+18,320,tex);
                end;
        setcolor(15); settextstyle(defautfont, horizdir,0);
        for q:=50 to 305 do
        begin
        if q mod 51 = 0 do then
                begin
                        line(45,q,55,q); str((((305-q) mod 5)+1)*20,tex);
                        outtextxy(20,q,tex);
                end;
        end;
end;
end;
procedure plot;
var i,x,y,DV    : integer
    AV,VT,T    : real;
begin
        setcolor(3); outtextxy(150,10,'Temperature vs Time of heating Element):
        setcolor(3); outtextxy(150,18,'------------------------------------'):
        setcolor(5); outtextxy(50,30,'Temperatrure (oC'):
        setcolor(5); outtextxy(540,340,'Time (s)'):
        setcolor(5); outtextxy(48,303,'*'):
        port[Pcontrol]:=$90;
        For i:=0 to 550 do
```

```
        Begin
                DV:=port[PA];
                AV:=(5/255)*DV;
                VT:=AV; {V}
                T:=(VT-2.73)/(0.01);
                X:=i+50; y:=305-round((255/100)*T);
                Setcolor(15); lineto(x,y);
                Delay(10);
        End;
    End;
Begin
    repeat
        axis;
        plot;
        ch:=readkey;
    until ord(ch) = 27;
End.
```

ผลการทดลอง

ภาพบนจอคอมพิวเตอร์ในขณะกำลังทำการวัดแสดงดังรูปที่ 5.1.5 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิของสารให้ความร้อนที่ขึ้นกับเวลาแสดงได้ดังรูปที่ 5.1.6 เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงค่าหนึ่งอุณหภูมิจะคงที่

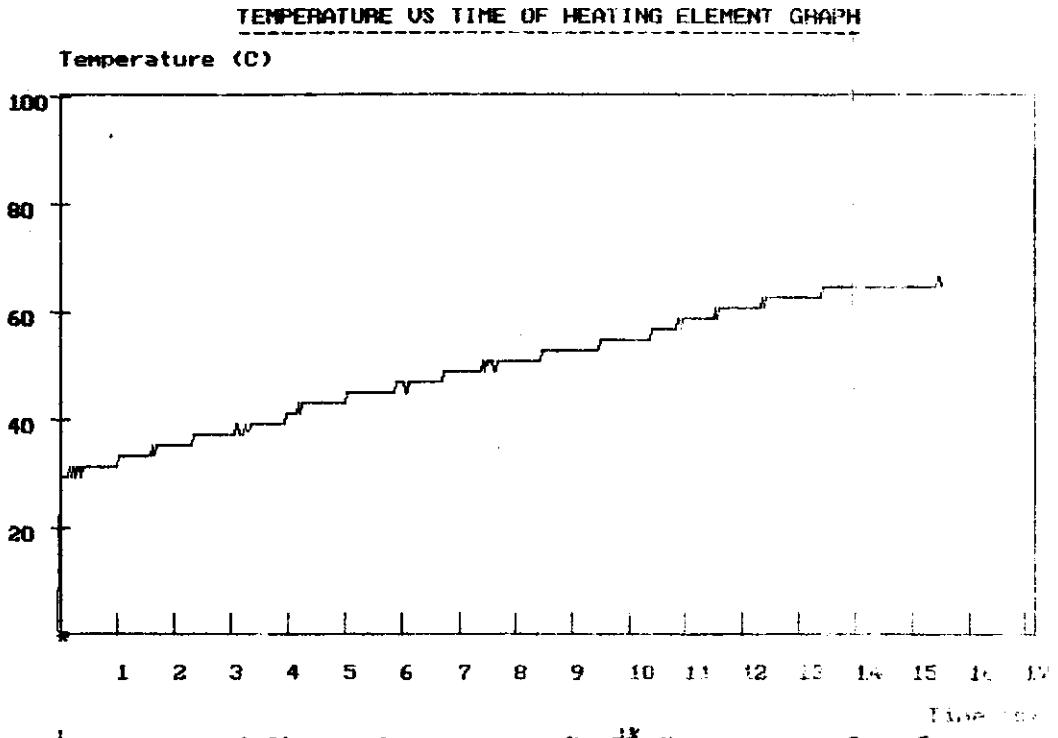
TEMPERATURE MEASUREMENT

Digital Voltage Input = 158

Analog Voltage Input = 3.10 V

Temperature = 36.80 deg C

รูปที่ 5.1.5 ภาพบนจอคอมพิวเตอร์ในขณะกำลังทำการวัดอุณหภูมิของขดลดความร้อนที่ขึ้นกับเวลา



รูปที่ 5.1.6 ภาพของเส้นโค้งอุณหภูมิของขดลวดความร้อนที่ขึ้นกับเวลาบนจอคอมพิวเตอร์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

อุณหภูมิของขดลวดความร้อนที่ขึ้นกับเวลา สามารถวัดโดยใช้วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ได้

สรุปผลการทดลอง

เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไป อุณหภูมิของสารจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ขดลวดความร้อนแสดงสมบัติให้ความร้อน

เอกสารอ้างอิง

Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.

Reznikov, Y. A., 1997. Programmablle temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. Fuel and Energy Abstracts. 38: 219.

บทความ การวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ LM335 ด้วยโปรแกรมแลปวิว

Temperature-time dependence of electric oven usingLM335 with LabVIEW Program

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

ได้วัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ LM335 ด้วย LabVIEW

Abstract

Temperature vs time measureing of electric oven was measured using LM335 with LabVIEW Program.

Key words : Heating material

[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

บทนำ

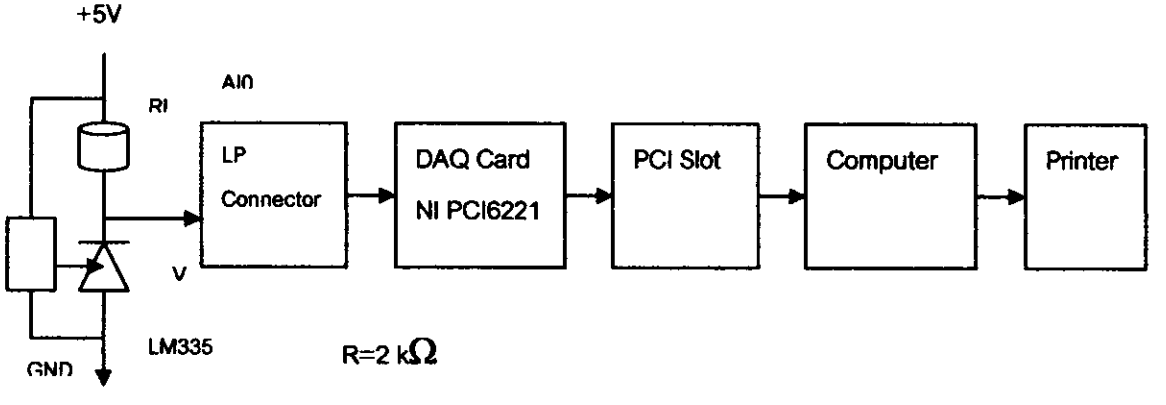
เตาอบไฟฟ้ามีโครงสร้างที่ประกอบด้วยขดลวดความร้อนซึ่งเป็นสารให้ความร้อน (heating element) ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนได้ดี LM335 เป็นหัววัดอุณหภูมิที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ LabVIEW เป็นโปรแกรมที่มีการทำงานเป็นเครื่องมือเสมือน Reznikov (1997) ได้สร้างตัวควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้จากไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับใช้งานกับเตาหลอมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ

บทความนี้เป็นการศึกษาการวัดสมบัติให้ความร้อนของเซรามิกส์ด้วยด้วยโปรแกรมแลปวิว

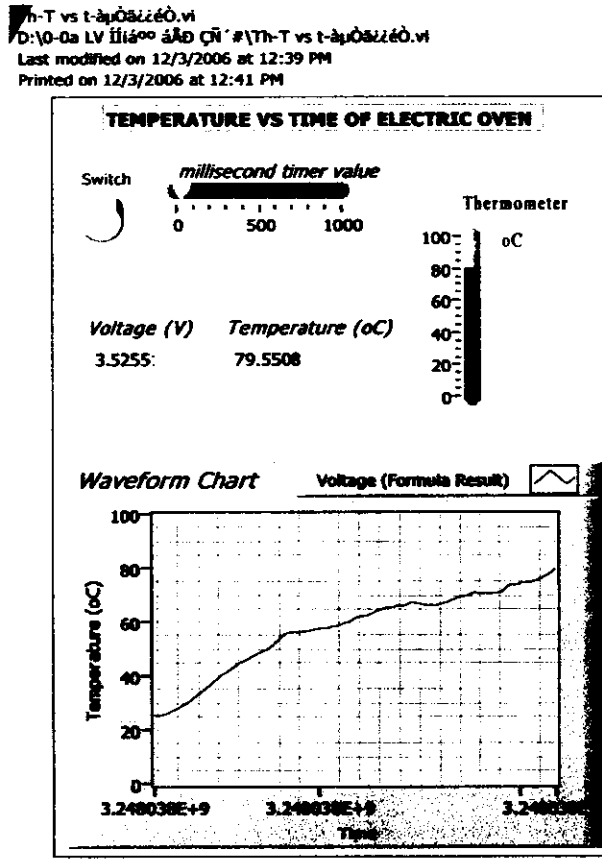
วิธีการทดลอง

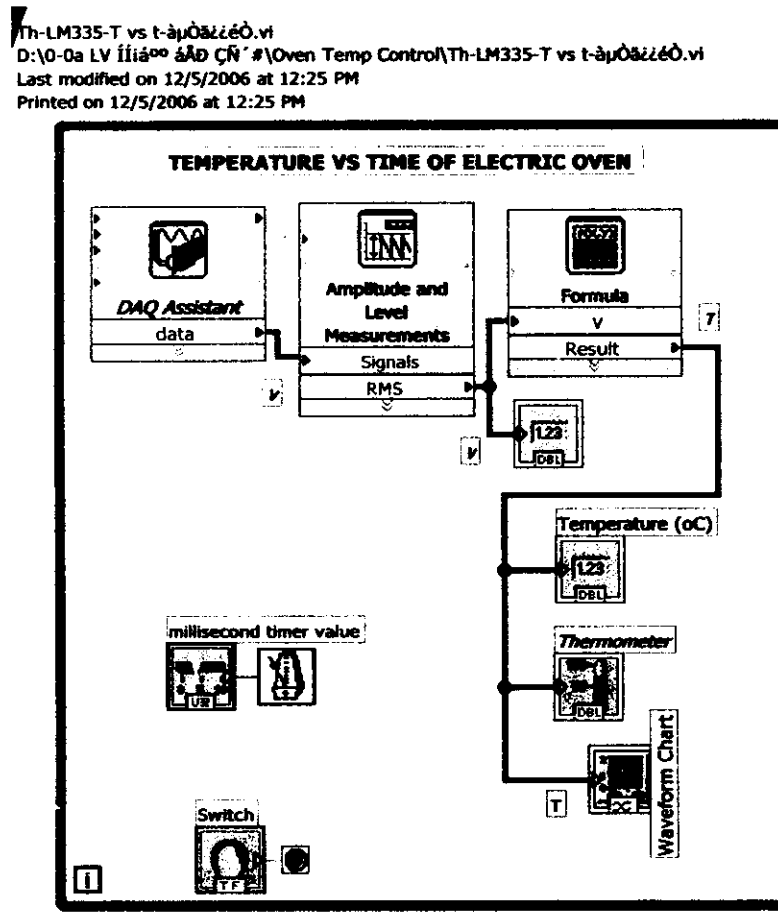
จัดชุดทดลองสำหรับการสร้างมัลติมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (รูปที่ 5.1.7) กระแสไฟฟ้า I จากขั้วไฟฟ้า 5 V ของ LP connector ไหลผ่าน RL=2 kΩ และ LM335 มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LM335 เท่ากับ VT ส่งแรงดัน VT มาเข้า AI0 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์

Front Panel และ Block Diagram แสดงดังรูปที่ 5.1.8 DAQ Assistant ทำหน้าที่อ่านแรงดันไฟฟ้า VT Amplitude and Level Measurements ทำหน้าที่จัดปริมาณการวัดเป็นแบบ Mean (DC) หรือ Rms ส่งมาเข้า Formula เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้า VT ให้เป็นอุณหภูมิด้วยสูตร T=(VT-2.73)/(0.01) แสดงอุณหภูมิด้วย Numeric Indicator และ Graph Indicator Millisecond Multiple เป็นเวลาหน่วง Boolean เป็น numeric control ทำหน้าที่เปิดปิดสวิทช์ While Loop ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซ้ำๆกัน สั่ง RUN เพื่อแสดงผลทั้งหมด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ออกทาง Printer



รูปที่ 5.1.7 การจัดชุดการทดลองสำหรับการวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ LM335





รูปที่ 5.1.8 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ LM335

ผลการทดลอง

ผลการวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ LM335 แสดงดังรูปที่ 5.1.8

วิเคราะห์ผลการทดลอง

การวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ LM335 จะนำไปสู่การวัดในเรื่องอื่นๆ

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW สามารถแสดงการวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ LM335

5.2 การวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับกำลังไฟฟ้าของของสารให้ความร้อน

บทความ การเตรียมและทดสอบ $ZnO+0.01Nb_2O_5$ สำหรับศึกษาการตอบสนองต่ออุณหภูมิ วัสดุเทอร์โมอิเล็กตริกและสารทำความร้อน

$ZnO+0.01Nb_2O_5$'s preparation and testing for studying temperature response, thermoelectric material and heating element

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์ วราภรณ์ อนันตพรพาณิชย์ กิ่งกานต์ เปาะทอง พิกุล ราชพลแสน

บทคัดย่อ

ก้อนสารรูปจาน $ZnO+0.01Nb_2O_5$ เตรียมขึ้นมาโดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิเป็นแบบเชิงเส้นดังสมการ $R = -0.0433T+8.5089$ อัตราการลดลงของค่าความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยอุณหภูมิ มีค่าดังสมการ $\Delta R/\Delta T = -43.16\ \Omega/^{\circ}C$ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าความร้อนกับกับอุณหภูมิแสดงดังสมการ $\Delta V = -8x10^{-6}T^2+0.0114T-0.3166$ และสัมประสิทธิ์ซีเบค(α)มีค่า $9.72x10^{-6}$ V/ °C เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า 200 Vac ให้แก่เป็นเวลา 206 s พบว่าอุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้องไปเป็น 245 °C สารที่เตรียมได้นำไปประยุกต์ใช้งานเป็นหัววัดอุณหภูมิ วัสดุเทอร์โมอิเล็กตริกและตัวทำความร้อน

ABSTRACT

Disc shape $ZnO+0.01Nb_2O_5$ sample were prepared by Standard ceramic techniques. Linearly resistance vs temperature relation correspond to $R = -0.0433T+8.5089$. Resistance decreasing rate coresponding to $\Delta R/\Delta T = -43.16\ \Omega/^{\circ}C$. Relation between thermo-emf and temperature correspond to $\Delta V = -8x10^{-6}T^2+0.0114T-0.3166$ and Seebeck coefficient(α) was $9.72x10^{-6}$ V/ °C. When electric voltage 220 Vac was supplied for 206 s ,sample temperature was increased from room temperature to 245 °C. This prepared sample can be used for temperature sensor, thermoelectric material and heating element application.

ภาควิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

บทนำ

สาร $ZnO+0.01Nb_2O_5$ แสดงสมบัติหลายอย่าง อาทิเช่น สารทำความร้อน(heating element) วัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก (thermoelectric material) และเทอร์มิสเตอร์ (thermistor)

ก. สารทำความร้อน

อุปกรณ์ทำความร้อนใช้ทำขดลวดของเตาหลอม(furnace element) เมื่อพิจารณาจากค่าความต้านทานพบว่าสามารถแบ่งอุปกรณ์ทำความร้อนเป็น 2 กลุ่ม ด้วยกัน ดังนี้

1) อุปกรณ์ทำความร้อนที่มีความต้านทานต่ำ(lowly resistive element)ซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำ(low voltage power supply)
2) อุปกรณ์ทำความร้อนที่มีความต้านทานสูง(highly resistive element)ซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีแรงดันสูง(high voltage power supply)

ตัวอย่างของสารทำความร้อน[4] อาทิเช่นSiC (1650 °C), $MoSi_2$ (1500 °C), $LaCrO_3$ (1500 °C), ZrO_2 (1800 °C) และ SnO_2+0.01Sb_2O_3

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุได้สูตรของสารที่ใช้ทำสารทำความร้อน ได้แก่ ZnO , ZnO+0.01Ag_2O และ ZnO+0.01Nb_2O_5

ข. วัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก

รายงานเกี่ยวกับการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบค(Seebeck coefficient)หรือกำลังไฟฟ้าความร้อน (thermoelectric power) ค่อนข้างจะมีน้อย รายงานเท่าที่ค้นได้มีดังนี้

1) Y. TANAKA ได้เตรียมวัสดุที่ทำมาจากสังกะสีออกไซด์(ZnO-based materials)สำหรับศึกษาสมบัติเทอร์โมอิเล็กตริก (thermoelectric properties)[9] การเกิดเทอร์โมอิเล็กตริก(thermoelectric generation)เป็นการแปลงพลังงานความร้อน (thermal energy) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า(electric energy) ประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก (thermoelectricmaterials)มีค่า Z ดังสมการ

$$Z = \alpha^2 \sigma/k$$

α เป็นสัมประสิทธิ์ซีเบค(Seebeck coefficient) σ เป็นสภาพการนำไฟฟ้า(electric conductivity) และ k เป็นสภาพการนำความร้อน(thermal conductivity) วัสดุเทอร์โมอิเล็กตริกที่ดีจะต้องมีสมบัติ คือ Z, α กับ σ มีค่ามาก และ k มีค่าน้อย วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์กำเนิดเทอร์โมอิเล็กตริก(thermoelectric generator)จะต้องมีค่า Z มาก ตัวอย่างสารที่ใช้ทำวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริกที่อุณหภูมิสูง(high temperature thermoelectric material)ได้แก่ $FeSi_2$, $CrSi_2$, SiC, และ B_xC

ZnO เป็นสารที่มีสภาพการนำไฟฟ้าดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง ZnO ที่ได้เติมตัวโด๊ปลงไปสามารถทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก สารนี้เตรียมขึ้นโดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐานจากส่วนผสมของสาร ZnO+0.01Al_2O_3, ZnO+0.01TiO_2, ZnO+0.01Nb_2O_5 ZnO+0.01MoO_3 โดยเผาที่อุณหภูมิเป็น 1100 °C ขั้วไฟฟ้าทำจากกาวปลาตินัม (platinum paste) วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าความร้อน(thermoelectric motive force)ที่อุณหภูมิต่างๆ คำนวณสัมประสิทธิ์ซีเบค(Seebeck coefficient)ที่อุณหภูมิต่างๆ

2) D. RAVINDER ได้เตรียม Mn-Zn ferrite ซึ่งมีสูตร $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ (x=0.0, 0.2, 0.6, และ 0.8) เผาที่อุณหภูมิ1200 °C วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า-ความร้อน(thermo-emf)ที่อุณหภูมิ(temperature)ต่างๆ หลังจากผ่านการ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคหรือกำลังไฟฟ้าความร้อน(thermoelectric power)พบว่าสัมประสิทธิ์ซีเบค(α)มีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิ(T)เพิ่มขึ้น[6] นอกจากนี้ยังได้วัดสัมพันธ์ซีเบคของสารที่มีส่วนผสมต่างกันด้วย

3) R. B. PUJAR ได้เตรียม $Zn_xMg_{1-x+y}ZryFe_{2-2y}O_4$ (x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 ;y=0.01, 0.03, 0.05, 0.07)

นำสารไปถ่าย XRD ศึกษากำลังไฟฟ้าความร้อน(thermoelectric power)โดยการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient)ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 700 K ผลการวัดพบว่าสารมีสภาพการนำไฟฟ้าชนิดเอ็น (n-type conductivity) และสัมประสิทธิ์ซีเบคมีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น[5]

4) A. J. BOSMAN ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับพลังงานเฟอร์มิ[1] ดังสมการ $E_F = e\alpha T - A k_B T$ เมื่อ E_F เป็นพลังงานเฟอร์มิ e เป็นประจุของอิเล็กตรอน α เป็นสัมประสิทธิ์ซีเบค T เป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ A เป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และ k_B เป็นค่าคงที่โบลต์ซมาน

5) S. I. SEOK ได้เตรียม La_2CuO_4 สำหรับทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก(thermoelectric material)[7] La_2CuO_4 เป็นฉนวนแม่เหล็กแอนติเฟอร์โร(antiferromagnetic insulator) $La_2CuO_{4+\delta}$ ที่มีออกซิเจนเกินจะแสดงลำดับไฟฟ้าความร้อนและสภาพการนำไฟฟ้าที่มีค่าสูง สารที่เตรียมสำหรับทดสอบ อาทิเช่น $La_2Cu_{0.9}Mn_{0.1}O_4$, $La_2Cu_{0.9}Fe_{0.1}O_4$, $La_2Cu_{0.9}Co_{0.1}O_4$ และ $La_2Cu_{0.9}Ni_{0.1}O_4$

ค. เทอร์มิสเตอร์

ในปี 1833 ฟาราเดย์(Faraday)ได้ค้นพบและรายงานเกี่ยวกับพฤติกรรมกึ่งการนำไฟฟ้าของ Ag_2S หัววัดอุณหภูมิที่ทำมาจากเซรามิกส์ที่ใช้ในทางการค้าเริ่มในปี 1940[2] และมีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวางในปี 1950-1960 เทอร์มิสเตอร์ คือ ตัวต้านทานที่มีความต้านทานเปลี่ยนแปลงในขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนไป เทอร์มิสเตอร์เป็นตัวต้านทานที่ไวต่อความร้อน(thermally sensitive resistor)ซึ่งมีชื่อย่อเป็น TSR เทอร์มิสเตอร์(thermistor)มี 2 ประเภท คือ แบบ PTC และ NTC เทอร์มิสเตอร์ที่จะศึกษานี้เป็นแบบ NTC เทอร์มิสเตอร์แบบนี้จะมี NTCR สูง NTCR ย่อมาจากสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ(negative temperature coefficient of resistance)[4]หรือค่า α ความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC ที่มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนไปเกิดจากผลของลักษณะสมบัติอินทรินซิค (intrinsic characteristics)

สารที่ใช้ทำเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เป็นสารกึ่งตัวนำ(semiconductor) ลักษณะสมบัติเชิงไฟฟ้าของหัววัดถูกกำหนดโดยสูตร $\rho = RA/L$ เมื่อ ρ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าของวัสดุ(material resistivity) R เป็นความต้านทาน (resistance) A เป็นพื้นที่ยังผล(effective area) และ L เป็นความหนาของสาร สภาพต้านทานไฟฟ้า(ρ)ขึ้นกับอุณหภูมิ ดังสมการ

$$\rho(T) = \rho_\alpha \exp(B/T)$$

เมื่อ $\rho(T)$ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิ T ใด ρ_α เป็นค่าคงที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ และ B เป็นค่าคงที่ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับพลังงานที่ใช้ไปเพื่อให้อิเล็กตรอนนำกระแส เมื่อทำการหาอนุพันธ์ของสมการบนจะได้ค่า α ซึ่งเป็น NTCR value

$$\alpha = \frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dT}$$

สภาพการนำไฟฟ้าของสารเกี่ยวข้องกับอิเล็กตรอนและอิออนบวก-ลบของอะตอมและเกี่ยวข้องกับช่องว่างแถบพลังงานของสาร

ตัวอย่างสูตรของสารสำหรับเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC[2] ได้แก่ Fe_3O_4-$ZnCr_2O_4$, Fe_3O_4-$MgCr_2O_4$, $(NiMn)_3O_4$, $(NiMnCo)_3O_4$, $(NiMnFeCo)_3O_4$, $(Fe,Ti)_2O_3$, $0.56MnO + 0.08CoO + 0.16NiO + 0.20CuO$, $Mn_xCo_{3-x}O_4$

เทอร์มิสเตอร์แบบ NTC สามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นหัววัดอุณหภูมิ(temperature sensor)[2], หัววัดการไหลของความร้อน(heat flow sensor), หัววัดการแผ่รังสี(radiation sensing sensor), หัววัดสุญญากาศ(vacuum gauge), หัววัดความดัน(pressure gauge)และหัววัดการชดเชยอุณหภูมิ(temperature compensation sensor)

ผลการตรวจเอกสารวิจัยในต่างประเทศ มีดังนี้

F. A. S. SOLIMAN ได้ศึกษาเทอร์มิสเตอร์ในทางการค้าซึ่งเตรียมมาจากส่วนผสมของ NiO, Mn_2O_3 และ Co_2O_3 แล้ววัดความต้านทานของสารที่อุณหภูมิต่างๆ[8]

M. L. MARTINEZ SARRION ได้เตรียม $Fe_{2.18}Mn_{0.21}Ni_{0.61}O_4$ ซึ่งเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC สารสูตรนี้อยู่ในกลุ่มเฟอร์ไรต์ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ส่วนผสมต่างๆ ศึกษาเสถียรภาพทางไฟฟ้า(electrical stability)โดยการวัดวัดการแปรค่าความต้านทานกับเวลา[3]

จากการตรวจเอกสารพบว่ามีผู้ทดลองเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC กันน้อย ผู้วิจัยได้ทดลองด้วยตนเองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุพบสารแบบ NTC หลายสาร

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการเตรียมสาร $ZnO+0.01Nb_2O_5$ โดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน ทดสอบการตอบสนองต่ออุณหภูมิ วัสดุเทอร์โมอิเล็กตริกและสารทำความร้อน

วิธีดำเนินงาน

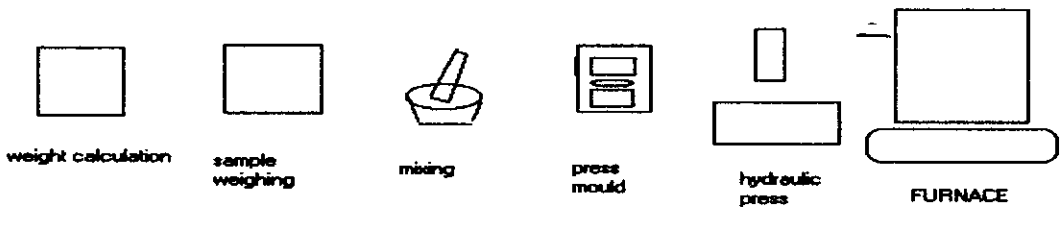
1) เตรียมสาร $ZnO+0.01Nb_2O_5$

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

เครื่องชั่ง กระป๋องพลาสติก ครก ขวดหมุนผสมสาร พีวีเอ น้ำกลั่น เบ้าอัดสาร เครื่องอัดสาร(RIIK 25 tons) temperature controller (FCR-13A-R/M) thermocouple type K (CA) (model JB-35)

<u>วิธีการ</u>

เตรียมสารโดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน(Standard ceramic techniques) เริ่มจากสารเป็นผงในขวด คำนวณน้ำหนัก ชั่งผงของสาร หมุนผสมสารด้วยเครื่องหมุน หยดพีวีเอผสมน้ำ อัดเป็นก้อน เผาสองครั้งที่ 900 °C และ1100 °C ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.2.1



รูปที่ 5.2.1 แสดงการเตรียมก้อนสาร

2) ชี้บ่งลักษณะของสารด้วยเครื่อง XRD วัดขนาดและทำขั้วด้วยกาวเงิน

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

เครื่อง XRD (PW3710) เตาไฟฟ้า กาวเงิน

<u>วิธีการ</u>

นำก้อนสารที่ผ่านการเผาไปถ่ายด้วยเครื่อง XRD เพื่อดูเฟสของสาร วัดความหนาและเส้นผ่าศูนย์กลางของสาร ทำขั้วด้วยกาวเงินซึ่งทำได้โดยผสมเงินกับกาว ทาบนผิวของสารแล้วอบด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ120 °C เป็นเวลา 10 นาที

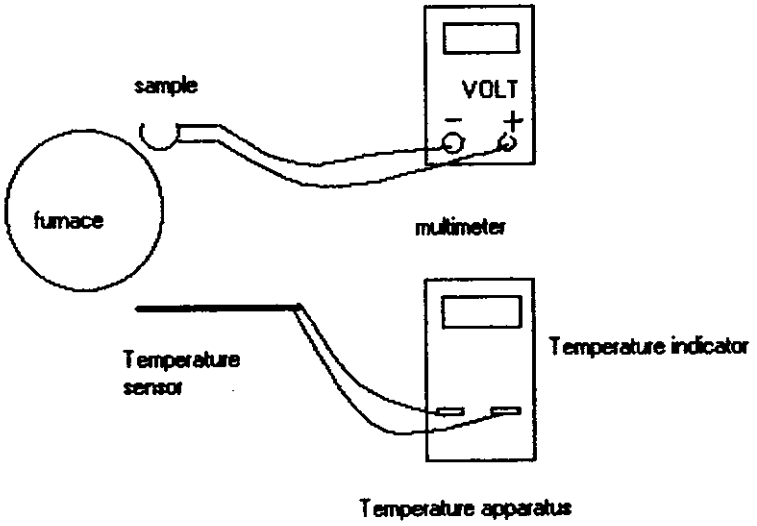
3) ทดสอบการตอบสนองต่ออุณหภูมิ

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

เตาไฟฟ้า Fluke 45 Dual Display Multimeter เครื่องวัดอุณหภูมิ (AVD M890C$^+$)

<u>วิธีการ</u>

นำสารไปวัดความต้านทานไฟฟ้า(R)ที่อุณหภูมิต่างๆด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.2.2 พลอตกราฟ



รูปที่ 5.2.2 แสดงการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ

4) ทดสอบทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

เตาไฟฟ้า Fluke 45 Dual Display Multimeter เครื่องวัดอุณหภูมิ (AVD M890C+)

<u>วิธีการ</u>

จัดชุดทดลองทำนองเดียวกันกับรูปที่ 5.2.2 แต่เปลี่ยนสเกลเป็นแรงดันไฟตรง บันทึกความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าความร้อน(thermo-emf)กับอุณหภูมิ(T)

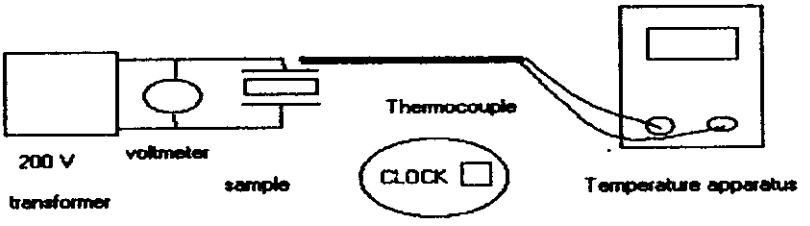
5) ทดสอบทำเป็นตัวทำความร้อน

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

แหล่งจ่ายไฟสลับ 200 V เครื่องวัดอุณหภูมิ (AVD M890C+) Fluke 45 Dual Display Multimeter มัลติมิเตอร์ (Triplett Model 630) นาฬิกาจับเวลา

<u>วิธีการ</u>

จัดชุดทดลองดังแสดงในรูปที่ 5.2.3 ปล่อยแรงดันไฟฟ้า 200 Vac ไปยังสาร เป็นเวลา 206 s พบว่าสารเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน พลอตกราฟ จากกราฟ คำนวณสัมประสิทธิ์ซีเบค(Seebeck coefficient)โดยใช้สูตร $\Delta T/\Delta t$



รูปที่ 5.2.3 แสดงการทดสอบสารให้ทำหน้าที่เป็นตัวทำความร้อน

ผลการทดลองและวิจารณ์

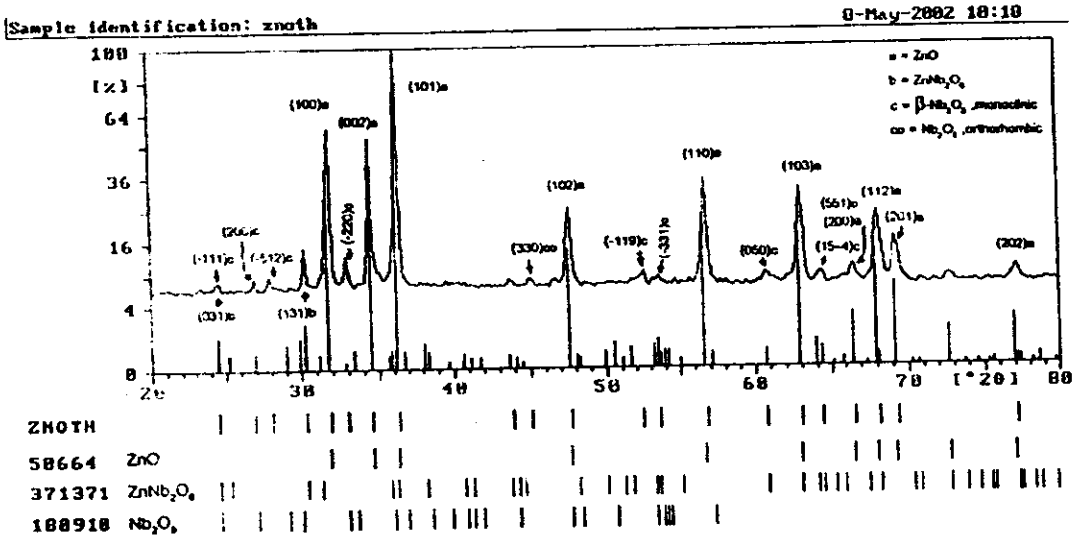
1) **ผลการเตรียมสาร** $ZnO+0.01Nb_2O_5$

ได้ก้อนสารรูปจาน

2) **ผลการชี้บ่งลักษณะของสารด้วยเครื่อง** XRD **ขนาดและขั้วด้วยกาวเงิน**

ภาพถ่าย XRD แสดงในรูปที่ 5.2.4

ความหนาและเส้นผ่าศูนย์กลางของสารมีค่า 2.36 mm และ 12.95 mm

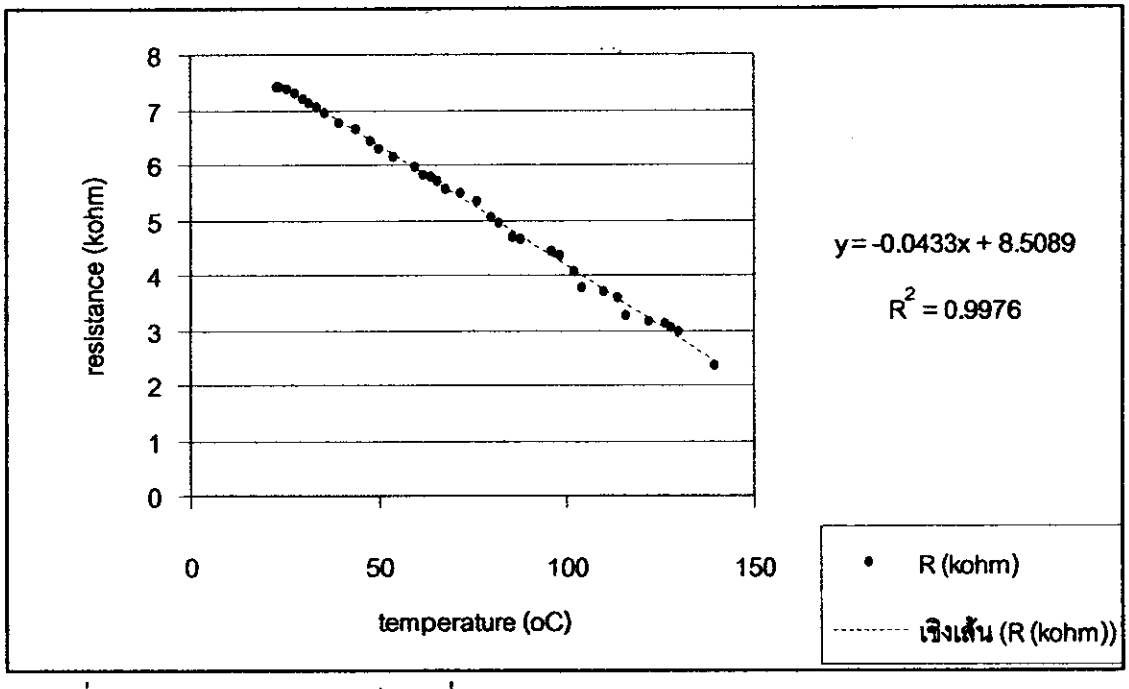


รูปที่ 4 ภาพถ่ายการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $ZnO+0.01Nb_2O_5$ ~~$ZnNb_2O_6$~~

รูปที่ 5.2.4 แสดงภาพถ่ายการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $ZnO+0.01Nb_2O_5$

3) **ผลการทดสอบการตอบสนองต่ออุณหภูมิ**

ผลการวัดความต้านทานไฟฟ้า(R)ที่อุณหภูมิต่างๆแสดงในรูปที่ 5.2.5



รูปที่ 5.2.5 แสดงความต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ

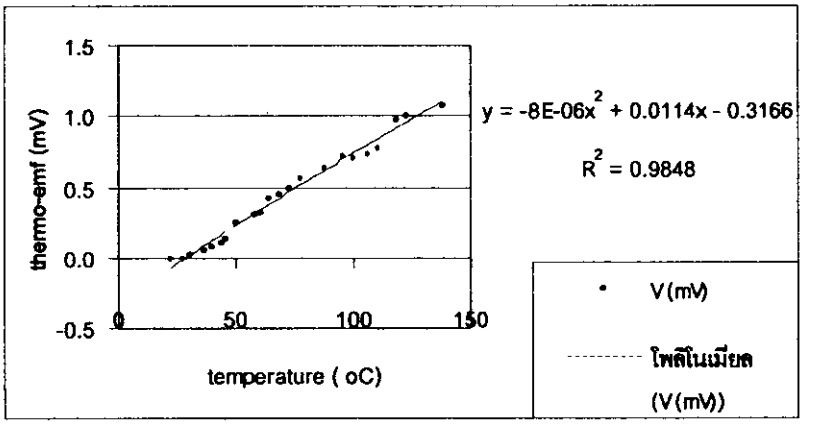
ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิเป็นแบบเชิงเส้น กราฟเป็นเส้นตรงเป็นสิ่งที่แปลกกว่าสารอื่น อัตราการลดลงของค่าความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยอุณหภูมิ (R_t)มีค่าดังสมการ

$$\Delta R = -43.16\ \Omega/^{\circ}C$$

$$\Delta T$$

4) ผลการทดสอบทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก

ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 5.2.6



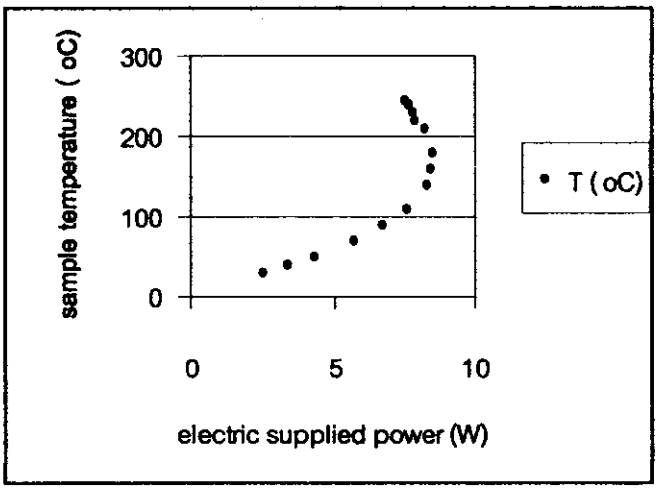
รูปที่ 5.2.6 แสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

สัมประสิทธิ์ซีเบค(Seebeck coefficient ,α)มีค่าดังสมการ

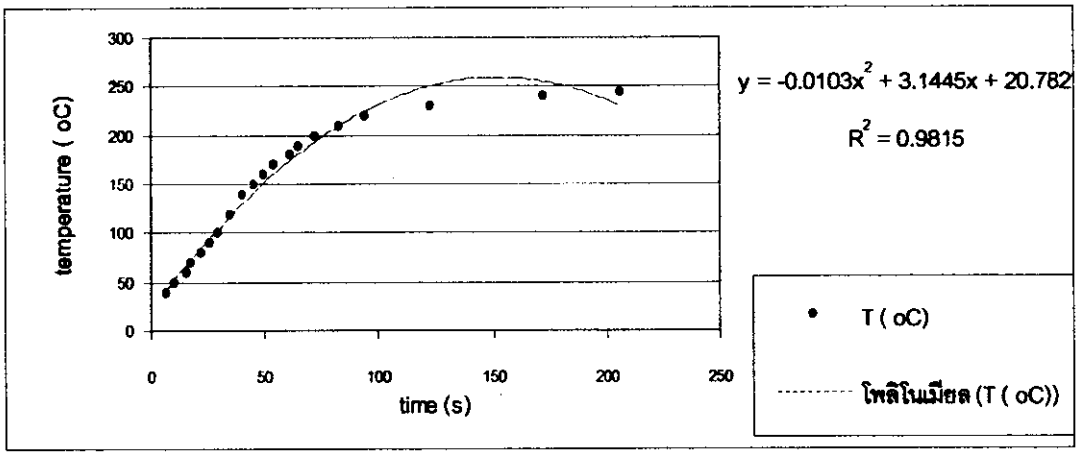
$$\alpha = \Delta V/\Delta T = 9.72\times10^{-6}\ V/^{\circ}C$$

5) ผลการทดสอบทำเป็นตัวทำความร้อน

ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 5.2.7 และ 5.2.8 พบว่าอุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นจาก 30 °C ถึง 180 °C เมื่อสารได้รับกำลังไฟฟ้าในช่วง 2.54 W ถึง 8.52 W แต่อุณหภูมิของสารในช่วง 180 °C ถึง 245 °C พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่สารจะลดลงจาก 8.52 W ไปเป็น 7.55 W อุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้องไปเป็น 245 °C



รูปที่ 5.2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสารกับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่สาร



รูปที่ 5.2.8 แสดงอุณหภูมิของตัวทำความร้อนที่เวลาต่างๆ

บทสรุป

ก้อนสารรูปจาน $ZnO+0.01Nb_2O_5$ มีสีขาว-เหลืองอ่อนและมีความหนาและเส้นผ่าศูนย์กลางของสารมีค่า 2.36 mm และ 12.95 mm ผลการชี้บ่งลักษณะของสารด้วยเครื่อง XRD พบเฟสของสารตรงตามสูตร ผลการทดสอบการตอบสนองต่ออุณหภูมิพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิเป็นแบบเชิงเส้นดังสมการ $R = -0.0433T+8.5089$ ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิเป็นเชิงเส้นนี้เป็นสิ่งน่าสนใจ เพราะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นหัววัดอุณหภูมิได้ อัตราการลดลงของค่าความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยอุณหภูมิมีค่าดังสมการ $\Delta R/\Delta T = -43.16\ \Omega/°C$ ผลการทดสอบทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริกพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าความร้อนกับ(ΔV)ที่อุณหภูมิ(T)ต่างๆแสดงดังสมการ $\Delta V = -8x10^{-6}T^2 + 0.0114T - 0.3166$ สัมประสิทธิ์ซีเบค(α) มีค่า $\Delta V/\Delta T = 9.72x10^{-6}$ V/ °C ผลการทดสอบทำเป็นตัวทำความร้อนพบว่าอุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นจาก 30 °C ถึง 180 °C เมื่อสารได้รับกำลังไฟฟ้าในช่วง 2.54 W ถึง 8.52 W แต่อุณหภูมิของสารในช่วง 180 °C ถึง 245 °C พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่สารจะลดลงจาก 8.52 W ไปเป็น 7.55 W เมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้า 200 Vac ไปยังสาร เป็นเวลา 206 s พบว่าอุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้องไปเป็น 245 °C

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงงานนักศึกษาของภาควิชาฟิสิกส์ ทุนทำงานแลกเปลี่ยนและทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ประจำปี 2544-45 งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จากห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ หน่วยเครื่องมือกลาง ศูนย์เครื่องมือกลางและทุน STDB

เอกสารอ้างอิง

1. BOSMAN, A. J. (1969) J. Phys. Chem. Solids., 30, 1151.
2. Buchanan Relva, C. (1991). Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
3. MARTINEZ SARRION, M. L. (1995) J. Mat. Sci., 30, 2610-2615.
4. Moulson, A.J. and Herbert, J.M. (1990). Electroceramics, Chapman & Hall, London.
5. SOLIMAN, F. A. S. (1993) J. Mat. Sci. : Mat. In Elec., 4, 293-300.

5.3 การควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดสำหรับสารให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า

บทความ การวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน MnO_2+CoO ด้วยคอมพิวเตอร์

Temperature measurement and control of MnO_2+CoO heating material with computer

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์[1]

Thongchai Panmatarith

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

ได้สร้างระบบควบคุมอุณหภูมิคงที่ของสารให้ความร้อน MnO_2+CoO การควบคุมจะใช้ LM335 เป็นหัววัดอุณหภูมิและคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมหลัก อุณหภูมิของสารที่ได้ทดลองควบคุมให้คงที่ได้ค่าประมาณ 50 °C

Abstract

Temperature measurement and control of MnO_2+CoO heating material with computer was constructed. LM335 was used as temperature sensor and computer used as main controller. The sample temperature that was controlled at constant temperature of about 50 °C.

Key words : heating material, temperature control

บทนำ

การวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อนจะใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่เขียนขึ้น หัววัดอุณหภูมิใช้ LM335 การใช้ไฟฟ้าไปยังสารให้ความร้อนจะใช้แวรีแอค (variac) กับหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) Reznikov (1997) ได้สร้างตัวควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้จากไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับใช้งานกับเตาหลอมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ Kaluyugavaraden (1997) ในประเทศอินเดีย ได้พัฒนาตัวควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อนที่โปรแกรมได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้หัววัด RTD (temperature dependent resistor) Ciefi (2000) ในประเทศอิตาลี ได้ออกแบบเตาอบที่มีการควบคุมอุณหภูมิเสถียรภาพสูง

บทความนี้เป็นการศึกษาการวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อนด้วยคอมพิวเตอร์

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

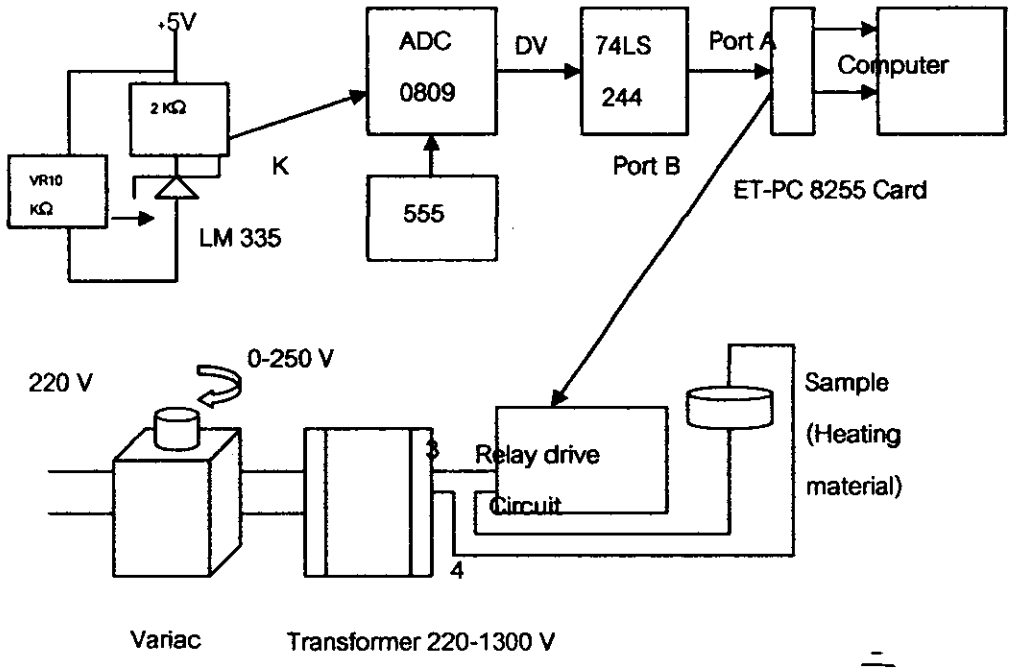
1) จัดเตรียมวงจรเชื่อมต่อสำหรับให้คอมพิวเตอร์ควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน MnO_2+CoO ดังรูปที่ 5.3.1

2) เขียนโปรแกรม

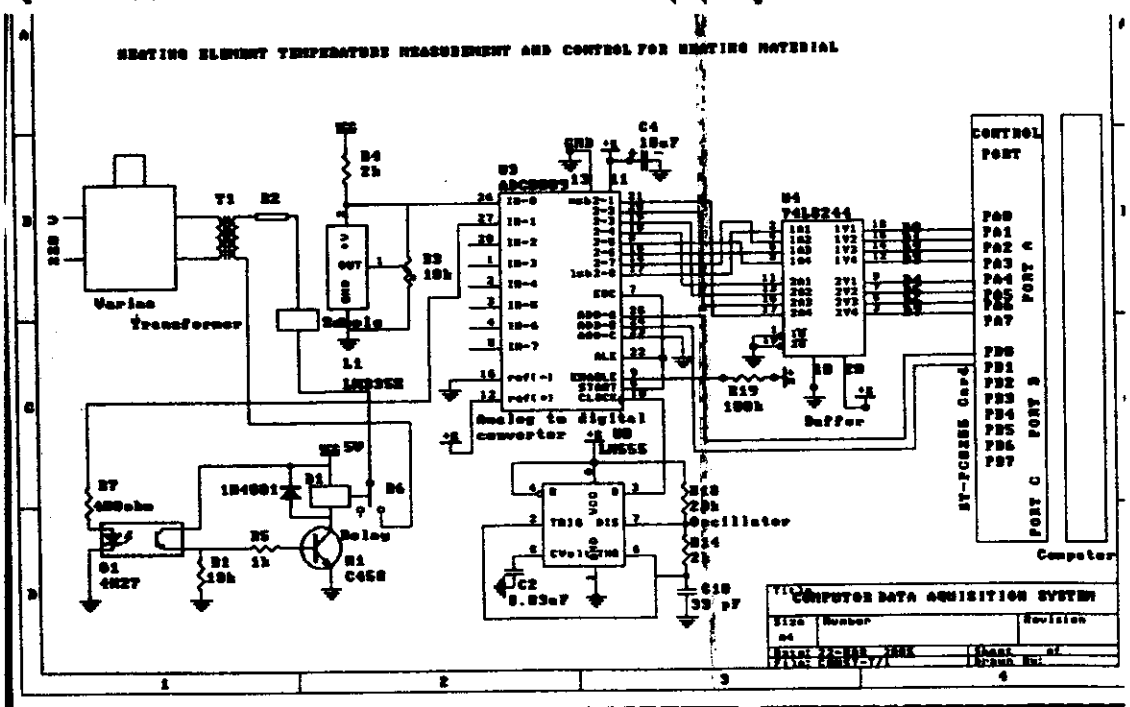
3) สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามโปรแกรม (RUN) คอมพิวเตอร์จะส่งแรงดัน 5 V มายังวงจรขับรีเลย์ สวิทช์ขั้ว 3 ต่อกับ 4 ต่อกัน กระแสไฟฟ้ามาจากแวรีแอคซึ่งผ่านหม้อแปลงมาแล้วจะไหลผ่านสารให้ความร้อน สารร้อนขึ้น LM335 อ่านอุณหภูมิของสาร ส่งแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดนี้เข้าทางขา 26 (Io) ของ ADC0809, ไอซี ADC0809 จะทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) แรงดันขนาด 8 บิต ถูกส่งผ่าน74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ส่งแรงดันดิจิตอล 8 บิต D7, D6, D5, D4, D3, D2, D1, D0 นี้ไปยัง ET-PC8255 Card ผ่านทางพอร์ท Aของ IC8255 แล้วเข้าไปในแรม สั่งให้แสดงค่า DVบนจอ แปลง DV เป็น AV แปลงแรงดัน AV ให้เป็นอุณหภูมิของสารให้ความร้อน (T) คอมพิวเตอร์จะส่งแรงดัน 0 V มายังวงจรขับรีเลย์ สวิทช์ขั้ว 3 ไม่ต่อกับ 4 ต่อกัน กระแสไฟฟ้าหยุดไหลผ่านสารให้ความ

ร้อน สารเย็นขึ้น LM335 อ่านอุณหภูมิของสาร คอมพิวเตอร์อ่านอุณหภูมิของสาร แล้วแสดงผลทางจอ ให้มีการจ่ายและหยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านสารเพื่อให้เกิดการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ อุณหภูมิคงที่ที่ได้ตั้งไว้ในโปรแกรมประมาณ ½ ชั่วโมง

4) สั่งพิมพ์ภาพบนจอในขณะที่ระบบกำลังทำงาน



รูปที่ 5.3.1(ก) บลอคไดอะแกรมที่แสดงการให้คอมพิวเตอร์ควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน



รูปที่ 5.3.1(ข) วงจรที่แสดงการให้คอมพิวเตอร์ควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน

```
Program Heating_Material_Temperature_Controller;
uses crt, graph;
var
  ch                          : char;
  i, j, DV                    : integer;
  AV, VT, T, Is               : real;
Const   PA        = $0300;
        PB        = $0301;
        Pcontrol  = $0303;
begin
  port[Pcontrol]:=$90;
  clrscr;
  gotoxy(14,1) ; writeln('HETATING MATERIAL TEMPERATURE CONTROLLER (25-1200 C)');
  gotoxy(14,2) ; writeln('-------------------------------------------------------------------------------');
  gotoxy(25,4) ; writeln('Setting Temperature =  ',Ts:3:0');
  gotoxy(50,4); writeln(' C ');
  gotoxy(47,4); readln('Ts');
    repeat
      gotoxy(33,12); writeln(,HEATER START');
      port[PB]:=255;
      delay(round(60000);
      sound(1000); delay(10); nosound;
      gotoxy(29,15); writeln('Reading Temperature');
      DV:= port[PA];
      gotoxy(34,17);n writeln('DV = ',DV:3');
      AV:= (5/255)*DV;
      gotoxy(34,18); writeln('AV = ',AV:1:3,' V ');
      VT:=AV;
      T:=(VT-2.73)/(0.01);
      gotoxy(34,22); writeln('T = ',T:3:3');
      gotoxy(43,22); writeln(' C ');
      port[PB]:=0;
      delay(10000);
      sound(10000); delay(10); nosound;
    until T>Ts;
    for I:= 1 to 1500 do
```

```
        begin
        repeat
          gotoxy(33,12); writeln(,HEATER START');
          port[PB]:=0;
          sound(900); delay(10); nosound;
          gotoxy(29,15); writeln('Reading Temperature');
          DV:= port[PA];
          gotoxy(34,17);n writeln('DV = ',DV:3');
          AV:= (5/255)*DV;
          gotoxy(34,18); writeln('AV = ',AV:1:3,' V ');
          VT:=AV:
          T:=(VT-2.73)/(0.01);
          gotoxy(34,22); writeln('T = ',T:3:3');
          gotoxy(43,22); writeln(' C ');
          delay(5000);
          sound(9000); delay(10); nosound;
       until  T<Ts-1;
      repeat
          port[PB]:=255;
          sound(5000); delay(90); nosound;
          gotoxy(29,15); writeln('Reading Temperature');
          DV:= port[PA];
          gotoxy(34,17);n writeln('DV = ',DV:3');
          AV:= (5/255)*DV;
          gotoxy(34,18); writeln('AV = ',AV:1:3,' V ');
          VT:=AV;
          T:=(VT-2.73)/(0.01);
          gotoxy(34,22); writeln('T = ',T:3:3');
          gotoxy(43,22); writeln(' C ');
          delay(5000);
       until  T>Ts;
    begin
    gotoxy(37,23); writeln('HEATER OFF');
    gotoxy(39,24); writeln('END');
    delay(25000);
end.
```

ผลการทดลอง

อุณหภูมิของสารให้ความร้อนที่ได้ควบคุมให้คงที่ในขณะทดสอบแสดงดังรูปที่ 5.3.2

HEATING MATERIAL CONTROL (25-100 C)

Setting Temperature = 50 C

FURNACE START

Reading Temperature

DV = 164

AV = 3.216 V

T = 48.56 C

รูปที่ 5.3.2 ภาพบนจอคอมพิวเตอร์ในขณะที่กำลังทดสอบ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

อุณหภูมิของสารให้ความร้อนสามารถควบคุมให้คงที่ได้โดยใช้วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ได้ โดยอุณหภูมิตั้งให้ควบคุมเป็น 50 °C อุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์ควบคุมได้ที่แสดงบนจอเป็น 48.56 °C การทดลองเรื่องนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้า

สรุปผลการทดลอง

ได้ผลเกี่ยวกับการนำสารที่ได้เตรียมได้ให้ทำหน้าที่เป็นสารให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิคงที่ การควบคุมอุณหภูมิได้ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบวงปิด (close loop control) ที่สร้างขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ สิ่งที่ได้มีลักษณะ (specification) ดังนี้

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้	:	80386 หรือรุ่นอื่น
สารให้ความร้อน	:	MnO_2+CoO
หัววัดอุณหภูมิ	:	LM335
อุณหภูมิทำงาน	:	25-50°C
โปรแกรมที่ใช้	:	ภาษาเทอร์โบปาสคาล

ระบบการควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อนสามารถสร้างขึ้นเองโดยใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ภายในประเทศ (ร้านจำหน่ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่บ้านหม้อ) ส่วนเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับทดสอบก็มีอยู่ทั่วไป ใช้ได้ตั้งแต่รุ่น 80286 จนถึง 80586 การเขียนโปรแกรมก็สามารถดัดแปลงได้ขึ้นอยู่กับเทคนิคการเขียนแต่ละคน ระบบควบคุมอุณหภูมิที่สร้างขึ้นนี้คาดว่าพอจะนำไปใช้สำหรับการทดลองที่ต้องการทดลองที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อนที่ 50 °C ในห้องปฏิบัติการได้ อุณหภูมิที่ควบคุมสามารถตั้งได้ที่โปรแกรม

เอกสารอ้างอิง

Rakovszky, Gy., 1998. Ganz Ansaldo's microcomputer-based generator control systems. Mechatronics. 8: 13-20.

Reznikov, Y. A., 1997. Programmablle temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. Fuel and Energy Abstracts. 38: 219.

Stankovic, D., 1994. A versatile computer controlled measuring system for recording voltage-current characteristics of various resistance sensors. Sensors and Actuators A:Physical. 42: 612-616.