21. โฟโตทรานซิสเตอร์ (phototransistor)

21.1 การวัดปรากฏการณ์โฟโตโวลเตจ (photovoltage effect) สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์

บทคว่าม การวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

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

ได้วัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

Abstract

Voltage versus light intensity of phototransistor was measured with Turbo Pascal Program.

Key words : phototransistor

คำนำ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 เช่น Si และ Ge พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล จำนวนอิเล็กตรอนกับจำนวนโฮลเท่ากัน สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล

สารกึ่งตัวนำชนิด p ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 3 เช่น Si ผสมกับ B จำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าโฮลเท่ากัน ความต้านไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (Eg) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

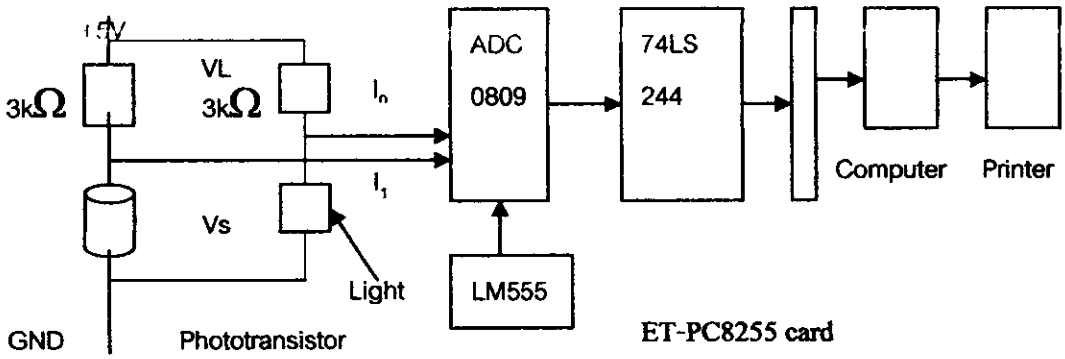
สารกึ่งตัวนำชนิด n ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 5 เช่น Si ผสมกับ As จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโฮลเท่ากัน ความต้านไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (Eg) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

ไดโอดเรียงกระแสทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารตัวนำชนิด n แสดงปรากฏการณ์เรียงกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้ทิศทางเดียว พฤติกรรมโอห์มมิก (ohmic behavior) คือ การที่ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าแบบเชิงเส้นพบในตัวต้านทานค่าคงที่ พฤติกรรมไม่โอห์มมิก (non-ohmic behavior) คือ การที่ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้นพบในไดโอด

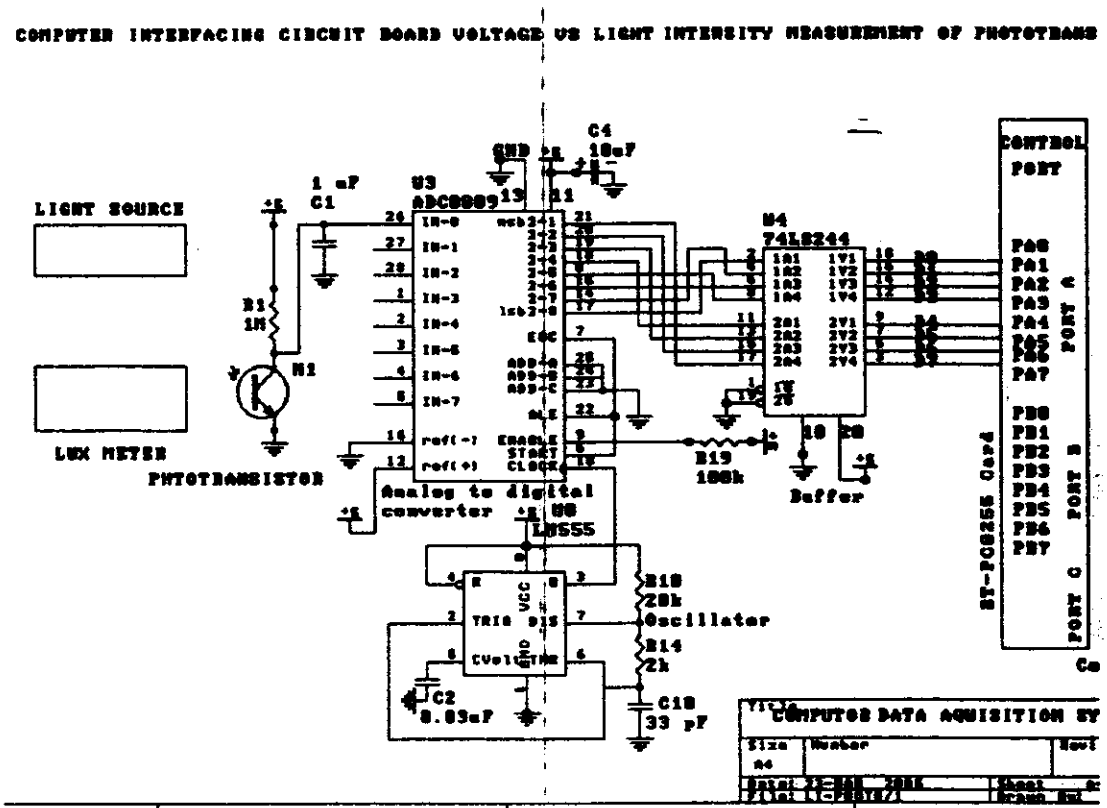
ทรานซิสเตอร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด n ทรานซิสเตอร์มี 2 แบบ คือ แบบ PNP และแบบ NPN ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆก็จะได้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เกท (gate) ได้ โฟโตทรานซิสเตอร์ทำมาจากทรานซิสเตอร์ธรรมดาต่อกับโฟโตไดโอด โฟโตทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ทางแสง (optic switch)และหัววัดแสง (optical switch)

วิธีการทดลอง

1) ได้อาศัยเทคนิคการเชื่อมต่อด้วยคอมพิวเตอร์จากประสบการณ์ทั่วไป (Barney, 1988และ Stankovic, 1994) มาดัดแปลง แล้วเขียนเป็นบลอคไดอะแกรมสำหรับแสดงเส้นโค้งแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วนคอมพิวเตอร์ (รูปที่ 21.1.2) ประกอบวงจรและทดสอบจนใช้ได้ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 21.1.1(ก) บลอคไดอะแกรมสำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 21.1.1(ข) บลอคไดอะแกรมสำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์

2) ให้คอมพิวเตอร์วัดความเข้มแสง (LI) อ่าน (LI) กับ (AV) สร้างตารางและสร้างกราฟ ระหว่าง LI กับAV แสดงสมการ พิมพ์ไส้โปรแกรม

3) เขียนโปรกรมให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์

4) สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน

แหล่งจ่ายไฟฟ้าตรงจ่ายไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่าง Rs มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตกคร่อมสารตกคร่อมสาร ตัวอย่างเท่ากับ Vs แรงดัน Vs เข้าทางอินพุท Io ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) ให้เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) LM 555 ทำหน้าที่ควบคุมให้ ADC8255 ทำงาน ส่งผ่านบัฟเฟอร์ 74LS244 และพอร์ทของ A ของ ET-PC8255 card แล้วเข้าคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะอ่านแรงดันดิจิตอลแล้วแปลงเป็น แรงดันอนาลอก แรงดันอนาลอก คือ Vs ส่วนความเข้มแสงสามารถคำนวณได้จาก Li: =11277*exp (-1.1193*Vs) สั่งให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งความต้านทานที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยคำสั่ง line (x,y,x,y)โดยมีพิกัดทางแกน x และแกน Y ดังสมการ x:= round ((255 / 1000) * LI) และ y:= round(305-(Vs)*(255/5))

5) ให้คอมพิวเตอร์แสดงกราฟ R vs LI แล้วพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

```
Program  Light_Intensity_sensor;
Uses crt;
Var
    I,j, x,y,uv : Integer;
    AV, LI     : real;
    Const  PA          = $0304;
    Pcontrol   = $0307
Begin
    Cirscr;
    gotoxy(28,2) ; writein( 'LIGHT  INTENSITY  SENSOR  TEST');
    gotoxy(28,3) ; writein ('- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -');
    port[Pcontrol] := $90;
    for I : = 1 to 9000 do
    begin
    for  j: = 1  to 550 do
        begin
            uv: =port[PA];
            gotoxy (29,8) ; writein('Digital Voltage = ',  DV:3);
            AV:= (5/255)* DV;   {V=AV=voltage drop on NTC thermistor}
            gotoxy(28,12) ; writein{'Analog Voltage = ',AV:3:2};
            gotoxy(50,12); writein{' V'};
            LI:=50.448*AV+12.388;
           gotoxy(20,20) ; writein{'**************************************'};
           gotoxy(19,22) ; writein{ '- - - >Measure Light Intensity = ', LI:3:2};
           gotoxy(52,22) ; writein{' Lux'};
           gotoxy(30,24); writein{'>>>##################<<<'};
          delay(20000);
```

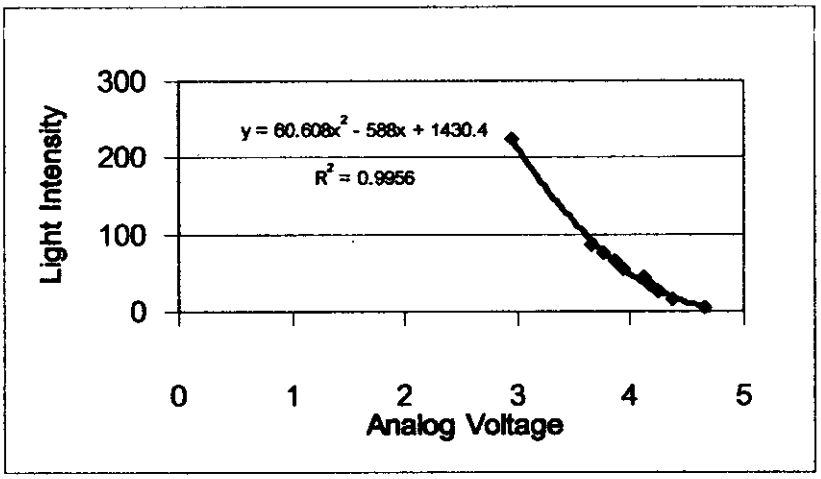
```
        end;
    end;
end.

Program  Voltge_versus_Light_Intensity_Graph ;
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) ;
           setcolor(15) ; line(50,50,50,305);   line(50,305,575,305);
                          line(50,50,600,50);   line(600,50,600,305);
           settextyle (defaultfont, vardir,0);
           for  p := 50 to 600 do
           begin
           if  q  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);   settextyle(defaultfont, horizdir,0);
          for  q = 50 to 305 do
          begin
          if  q mod 51  = 0 then
            begin
              line(45,  q, 5, q);    str ( ( ( (305-q) mod 5)+1) ,tex);
              outtextxy (20, q, tex);
```

```
      end;
    end ;
  end;
  end ;
  procedure   plot;
  var  i , j , x , y , DV0 , DV1       : integer;
       AV0 ,  AV1 , V, LI              : real;
  begin
     setcolor (3) ; outtextxy (205,11,  ' Voltage vs Light Intensity Curve ' );
     setcolor (3) ; outtextxy (205,18,  ' ------------------------------' );
     setcolor (5) ; outtextxy (50, 30,  ' Voltage  (V) ' );
     setcolor (5) ; outtextxy (400, 340,  'Light Intensity (x20 Lux )' );
     setcolor (5); outtextxy (48, 303,' * ' );
     port[Pcontrol] : = $90;
     for  i := 0 to 5500 do
       begin
          port[PB] : = 0;                  {lo}
          delay(30);
          DV0 : =  port[PA];
          AV0 : =  (5 / 255) * DV0;
          V    : =  AV0;            {V}
          port[PB] := 1;                   {I1}
          delay(30);
          DV1 := port[PA];
          AV1 := (5 / 255) * DV1;
          LI  :=  60.608 * AV1 * AV1 – 588 * AV1 + 1430.4;
          x := round ((550 / (17 *20))*LI )+50;   y : = round(305- (255/5)*V);
          setcolor (15);  line(x, y, x, y);
          delay (30);
       end;
   end;
begin          {main}
  repeat
       axis;
       plot;
       ch  : = readkey;
```

```
    until ord(ch) = 27;
end.
```

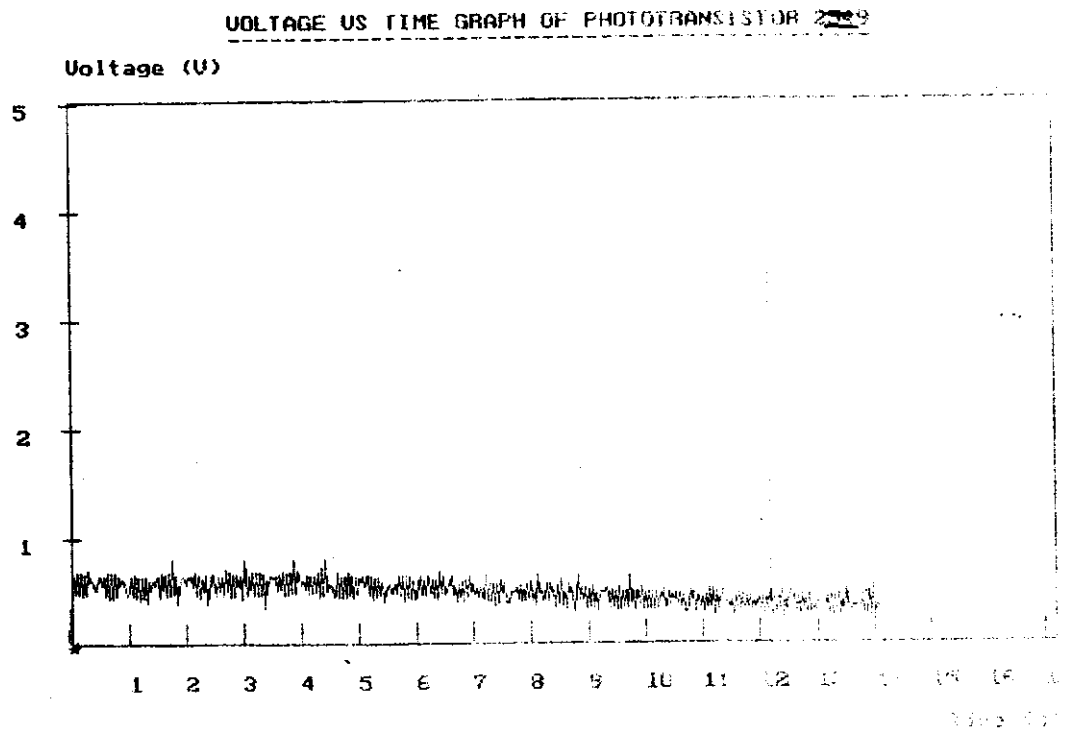
ผลการทดลอง,

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับแรงดันอนาลอกแสดงดังรูปที่ 21.1.2



รูปที่ 21.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับแรงดันอนาลอก

เส้นโค้งแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 21.1.3



รูปที่ 21.1.3 การแสดงเส้นโค้งแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

การที่แรงดันไฟฟ้าของโฟโตทรานซิสเตอร์มีค่าขึ้นกับความเข้มแสงเกิดจากแสงทำให้พาหะไฟฟ้ามีจำนวนเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าจึงมีค่าเพิ่มขึ้น ผลที่ได้จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดความเข้มแสง

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย Turbo Pascal สามารถแสดงแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์

เอกสารอ้างอิง

ดุสิต เครืองาม และคณะ คู่มือปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์อิเลคตรอนิคส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525

ยืน ภู่วรวรรณ, 2534, อิเลคทรอนิคส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall,
New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.

บทความ การวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว

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

ได้วัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว

Abstract

Voltage versus light intensity of phototransistor was measured with LabVIEW Program.

Key words : phototransistor

คำนำ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 เช่น Si และ Ge พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล จำนวนอิเล็กตรอนกับจำนวนโฮลเท่ากัน สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล

สารกึ่งตัวนำชนิด p ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 3 เช่น Si ผสมกับ B จำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าโฮลเท่ากัน ความต้านไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (Eg) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

สารกึ่งตัวนำชนิด n ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 5 เช่น Si ผสมกับ As จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่าง

แถบพลังงาน (Eg) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

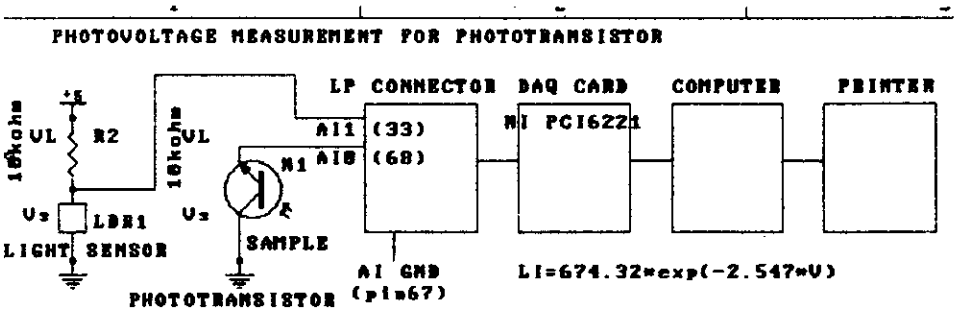
ไดโอดเรียงกระแสทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารตัวนำชนิด n แสดงปรากฏการณ์เรียงกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้ทิศทางเดียว พฤติกรรมโอห์มมิก (ohmic behavior) คือ การที่ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าแบบเชิงเส้นพบในตัวต้านทานค่าคงที่ พฤติกรรมไม่โอห์มมิก (non-ohmic behavior) คือ การที่ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้นพบในไดโอด

ทรานซิสเตอร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด n ทรานซิสเตอร์มี 2 แบบ คือ แบบ PNP และแบบ NPN ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆก็จะได้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เกท (gate) ได้ โฟโตทรานซิสเตอร์ทำมาจากทรานซิสเตอร์ธรรมดาต่อกับโฟโตไดโอด โฟโตทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ทางแสง (optic switch)และหัววัดแสง (optical switch)

วิธีการทดลอง

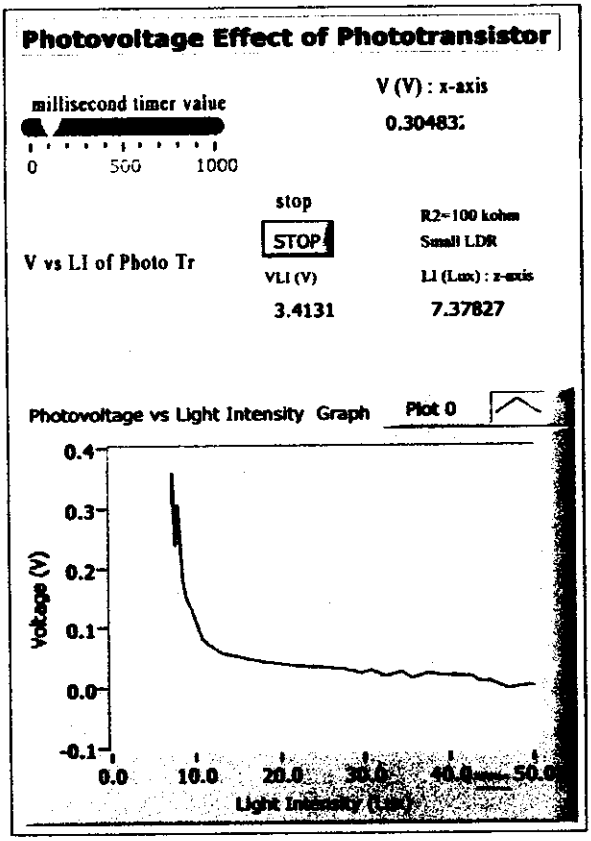
จัดวงจรดังรูปที่ 21.1.4 โฟโตทรานซิสเตอร์จะแปลงความเข้มแสงให้เป็นแรงดันไฟฟ้า ส่งเข้า AI0 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่าน RL=100 kΩ และ LDR (หัววัดแสง,ตัวเล็ก) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LDR เท่ากับ V ให้แรงดันไฟฟ้า V เข้า AI1 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ สั่งให้แปลงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมนี้ให้เป็นความเข้มแสง LI

Front Panel และ Block Diagram แสดงดังรูปที่ 21.1.5 DAQ Assistant ทำหน้าที่อ่านแรงดันไฟฟ้า V และ VLI Amplitude and Level Measurements ทำหน้าที่จัดปริมาณการวัดเป็นแบบ Mean ($\overline{DC}$) ใช้ Split Signal แยกแรงดันทั้งสองออกจากกัน แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator ส่ง VLI เข้า Formula เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้า V ให้เป็นความเข้มแสง LI โดยใช้สูตร LI=-39.407V+195.11 แสดงค่า LI ด้วย Numeric Indicator ส่ง V และ LI เข้า Build XY Graph และ Graph Indicator เพื่อแสดงกราฟ V vs LI Millisecond Multiple เป็นเวลาหน่วง Stop Button เป็น numeric control ทำหน้าที่เปิดปิดสวิทช์ While Loop ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซ้ำๆกัน สั่ง RUN เพื่อแสดงผลทั้งหมด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ออกทาง Printer

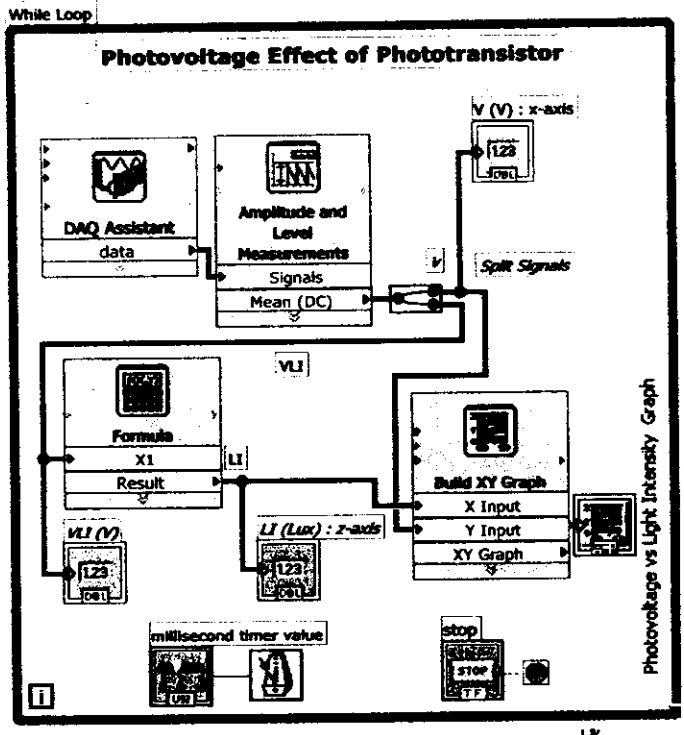


รูปที่ 21.1.4 การจัดชุดการทดลองสำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์

Th-Photo Tr- Photovoltage Effect.vi
D:\0-0a LV ÍÍíá°°áÅÐÇÑ´ ªø´·Õè 2 #\Th-Photo Tr- Photovoltage Effect.
Last modified on 12/9/2006 at 8:52 AM
Printed on 12/9/2006 at 8:52 AM



Th-Photo Tr- Photovoltage Effect.vi
D:\0-0a LV ÍÍíá°°áÅÐÇÑ´ ªø´·Õè 2 #\Th-Photo Tr- Photovoltage Effect.vi
Last modified on 12/9/2006 at 8:52 AM
Printed on 12/9/2006 at 8:53 AM



รูปที่ 21.1.5 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์

ผลการทดลอง

ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์แสดงดังรูปที่ 21.1.5

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดความเข้มแสง

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW สามารถแสดงผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์

เอกสารอ้างอิง

ดุสิต เครืองาม และคณะ คู่มือปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์อิเลคตรอนิคส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525

ยืน ภู่วรวรรณ, 2534, อิเลคทรอนิคส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall,
New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.

21.2 การวัดปรากฏการณ์โฟโตรีซิสแตนซ์ (photorersistance effect) สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์

บทความ การวัดปรากฏการณ์โฟโตรีซิสแตนซ์สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว

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

ได้วัดปรากฏการณ์โฟโตรีซิสแตนซ์สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว

Abstract

Photoresistance effect was measured for phototransistor with LabVIEW Program.

Key words : phototransistor

คำนำ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 เช่น Si และ Ge พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล จำนวนอิเล็กตรอนกับจำนวนโฮลเท่ากัน สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล

สารกึ่งตัวนำชนิด p ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 3 เช่น Si ผสมกับ B จำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่าง

แถบพลังงาน (Eg) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

สารกึ่งตัวนำชนิด n ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 5 เช่น Si ผสมกับ As จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่าง แถบพลังงาน (Eg) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

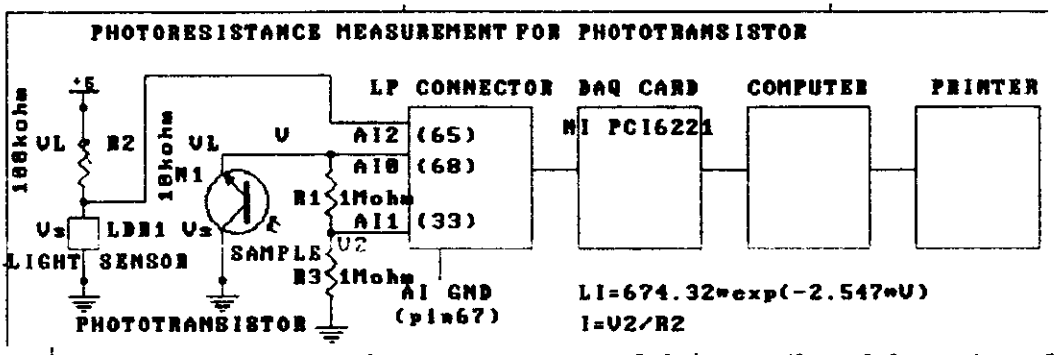
ไดโอดเรียงกระแสทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารตัวนำชนิด n แสดงปรากฏการณ์เรียงกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้ทิศทางเดียว พฤติกรรมโอห์มมิก (ohmic behavior) คือ การที่ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าแบบเชิงเส้นพบในตัวต้านทานค่าคงที่ พฤติกรรมไม่โอห์มมิก (non-ohmic behavior) คือ การที่ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้นพบในไดโอด

ทรานซิสเตอร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด n ทรานซิสเตอร์มี 2 แบบ คือ แบบ PNP และแบบ NPN ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆก็จะได้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เกท (gate) ได้ โฟโตทรานซิสเตอร์ทำมาจากทรานซิสเตอร์ธรรมดาต่อกับโฟโตไดโอด โฟโตทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ทางแสง (optic switch)และหัววัดแสง (optical switch)

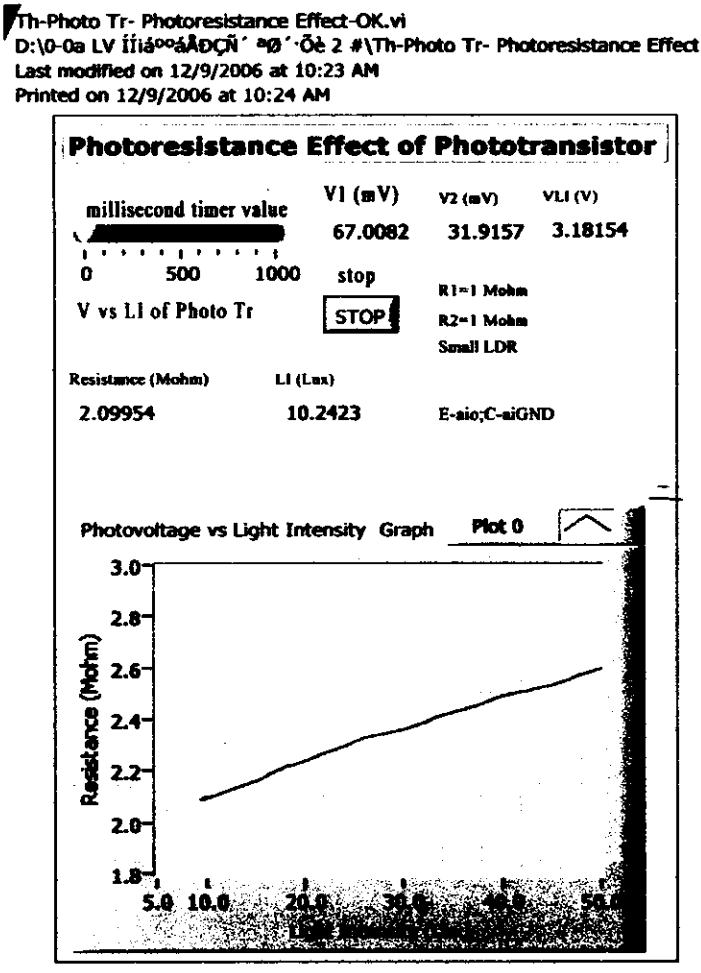
วิธีการทดลอง

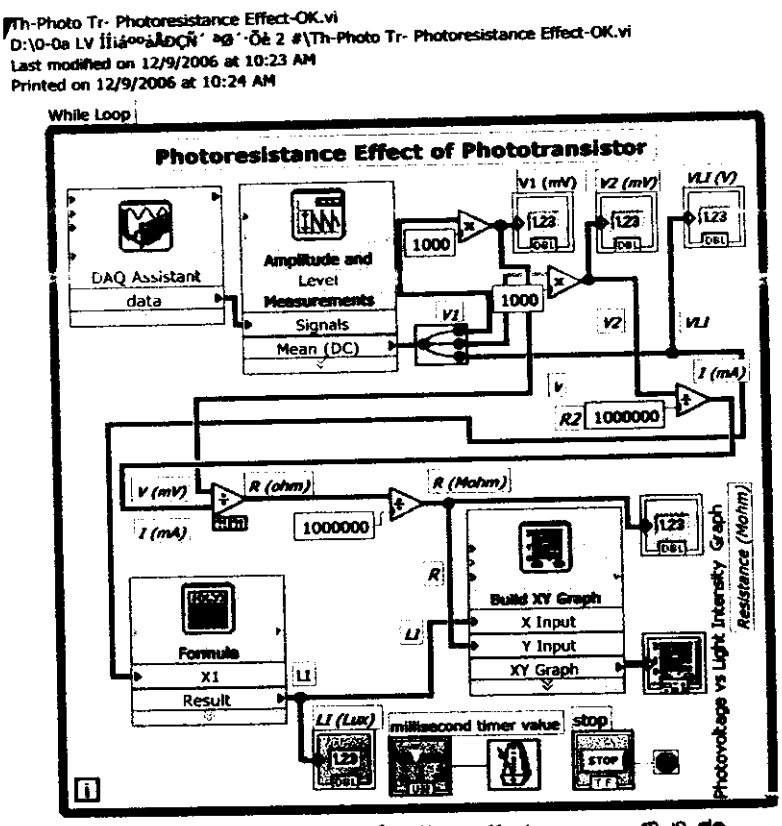
จัดวงจรดังรูปที่ 21.2.1 โฟโตทรานซิสเตอร์จะแปลงความเข้มแสงให้เป็นแรงดันไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้านี้จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R1=1 MΩ และ R2=1 MΩ ทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเท่ากับ V1 และ V2 เมื่อ V=V1+V2 ให้แรงดันไฟฟ้า V และ V2 เข้าเข้า AI0 และ AI1 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด I=V2/R2 คำนวณความต้านทานโฟโต (photoresistance) ด้วยสูตร R=V/I การวัดความเข้มแสงทำได้โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่าน RL=100 kΩ และ LDR (หัววัดแสง, ตัวเล็ก) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LDR เท่ากับ V ให้แรงดันไฟฟ้า V เข้า AI1 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ สั่งให้แปลงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมนี้ให้เป็นความเข้มแสง LI

Front Panel และ Block Diagram แสดงดังรูปที่ 21.2.2 DAQ Assistant ทำหน้าที่อ่านแรงดันไฟฟ้า V, V2 และ VLI ส่งค่าไปที่ Amplitude and Level Measurements ทำหน้าที่จัดปริมาณการวัดเป็นแบบ Mean (DC) ส่งมาที่ Split signal ซึ่งทำหน้าที่แยกแรงดันไฟฟ้าทั้งสามค่าออกจากกัน แปลงหน่วยของ V จาก V ไปเป็น mV ด้วย Multiply x1000 แปลงหน่วยของ V2 จาก V ไปเป็น mV ด้วย Multiply x1000 คำนวณกระแสไฟฟ้า (I) ด้วย divide 1000000 คำนวณความต้านทานไฟฟ้า (R) ด้วยสูตร R=V/I แปลงหน่วยของ R จาก Ω ไปเป็น MΩ ด้วย Multiply x1000000 คำนวณความเข้มแสงโดยส่งเข้า Formula โดยใช้ LI=674.32*exp(-2.547*V) ส่ง R และ LI มาที่ Build XY Graph เพื่อแสดงกราฟ R vs LI Millisecond Multiple เป็นเวลาหน่วง Stop Button เป็น numeric control ทำหน้าที่เปิดปิดสวิทช์ While Loop ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซ้ำๆกัน สั่ง RUN เพื่อแสดงผลทั้งหมด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ออกทาง Printer



รูปที่ 21.2.1 การจัดชุดการทดลองสำหรับการวัดปรากฏการณ์โฟโตรีซิสแตนซ์สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์





รูปที่ 21.2.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการวัดปรากฏการณ์โฟโตรีซิสแตนซ์สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์

ผลการทดลอง

ผลการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์แสดงดังรูปที่ 21.2.2

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ชี้บอกปรากฏการณ์โฟโตรีซิสแตนซ์

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW สามารถแสดงผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความเข้มแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์

เอกสารอ้างอิง

ดุสิต เครืองาม และคณะ คู่มือปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์อิเลคตรอนิคส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525

ยืน ภู่วรวรรณ, 2534, อิเลคทรอนิคส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall, New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.

21.3 การวัดปรากฏการณ์โฟโตคาปาซิแตนซ์ (photocapacitance effect) สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์

บทความ *การวัดปรากฏการณ์โฟโตคาปาซิแตนซ์สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์*

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์[1] และ น.ส. นัตรา แดงงาม[2]

Thongchai Panmatarith[1] and Nattra Daeng-Ngam[2]

[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

บทคัดย่อ

ได้วัดปรากฏการณ์โฟโตคาปาซิแตนซ์สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์

Abstract

Photocapacitance effect was measured for phototransistor.

Key words : phototransistor

คำนำ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 เช่น Si และ Ge พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล จำนวนอิเล็กตรอนกับจำนวนโฮลเท่ากัน สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล

สารกึ่งตัวนำชนิด p ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 3 เช่น Si ผสมกับ B จำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (Eg) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

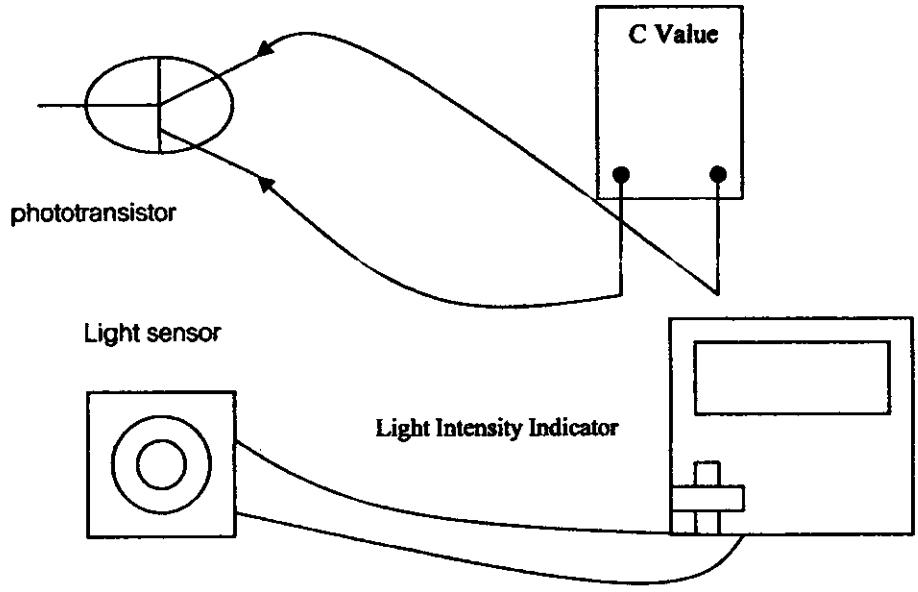
สารกึ่งตัวนำชนิด n ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 5 เช่น Si ผสมกับ As จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (Eg) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

ไดโอดเรียงกระแสทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารตัวนำชนิด n แสดงปรากฏการณ์เรียงกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้ทิศทางเดียว พฤติกรรมโอห์มมิก (ohmic behavior) คือ การที่ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าแบบเชิงเส้นพบในตัวต้านทานค่าคงที่ พฤติกรรมไม่โอห์มมิก (non-ohmic behavior) คือ การที่ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้นพบในไดโอด

ทรานซิสเตอร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด n ทรานซิสเตอร์มี 2 แบบ คือ แบบ PNP และแบบ NPN ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆก็จะได้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เกท (gate) ได้ โฟโตทรานซิสเตอร์ทำมาจากทรานซิสเตอร์ธรรมดาต่อกับโฟโตไดโอด โฟโตทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ทางแสง (optic switch)และหัววัดแสง (optical switch)

วิธีการทดลอง

1. ประกอบวงจรดังรูปที่ 21.3.1

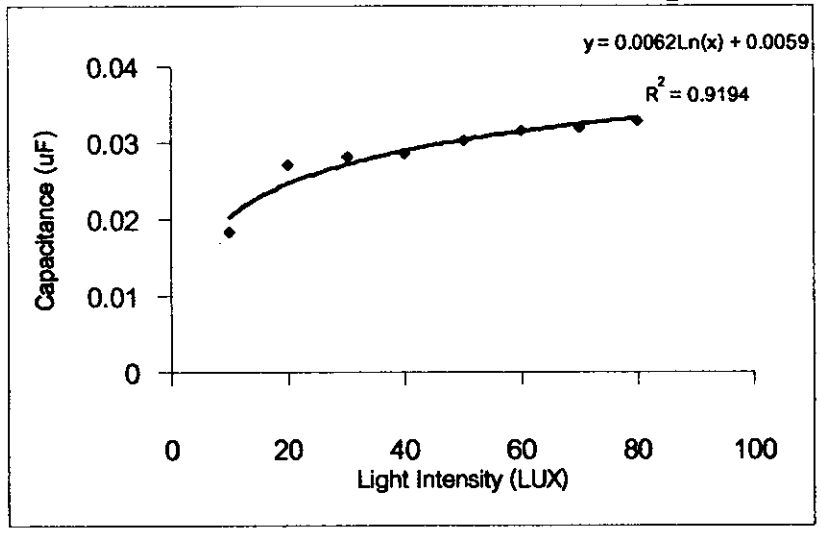


รูปที่ 21.3.1 แสดงวงจรสำหรับวัดปรากฏการณ์คาปาซิแตนซ์ของโฟโตทรานซิสเตอร์

2. ทำการเปลี่ยนค่า LI แล้ววัดความจุไฟฟ้า (C) จากนั้นเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง LI กับ C

ผลการทดลอง

จากการทดลองจะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง LI กับ C ดังรูปที่ 21.3.2



รูปที่ 21.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง LI กับ C

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาเส้นกราฟ (รูปที่ 21.3.2) จะเห็นว่าเมื่อความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นกับความเข้มแสง(โฟโตทรานซิสเตอร์ตอบสนองต่อแสงแล้วเกิดแรงดันไฟฟ้า) ความจุไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงส่งผลทำให้เกิดปรากฏการณ์โฟโตคาปาซิแตนซ์ในโฟโตทรานซิสเตอร์

สรุปผลการทดลอง

ระบบการวัดที่ได้จัดขึ้นสามารถวัดปรากฏการณ์โฟโตคาปาซิแตนซ์ของโฟโตทรานซิสเตอร์

เอกสารอ้างอิง

ดุสิต เครืองาม และคณะ คู่มือปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์อิเลคตรอนิคส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525
ยืน ภู่วรวรรณ, 2534, อิเลคทรอนิคส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall,
New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.

21.4 การทดสอบโฟโตทรานซิสเตอร์ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดแสง

บทความ การทดสอบโฟโตทรานซิสเตอร์ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดแสง

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์[1] และ น.ส. นัตรา แดงงาม[2]
Thongchai Panmatarith[1] and Nattra Daeng-Ngam[2]
[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

บทคัดย่อ

ได้ทดสอบโฟโตทรานซิสเตอร์ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดแสง

Abstract

Phototransistor was tested for light sensor.

Key words : phototransistor

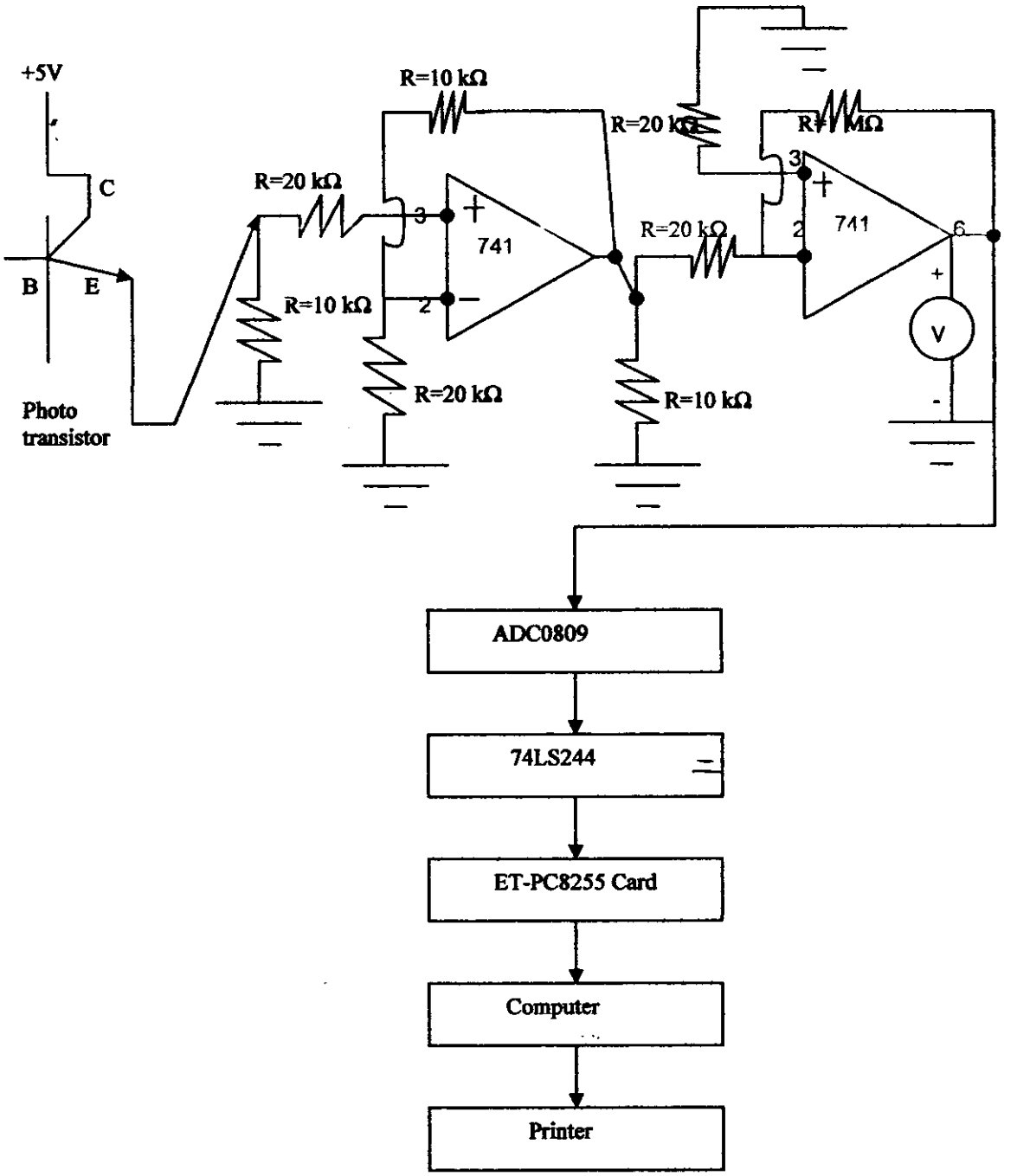
คำนำ

โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์ไวแสงชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยรอยต่อ pn การใช้งานของโฟโตไดโอดจะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันที่ขึ้นกับแสงในขณะที่โฟโตไดโอดชนิด Si ได้รับไบอัสกลับด้วยแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งและมีแสงส่องไปที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่ส่องมีความยาวคลื่นที่พอเหมาะจะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรโดยเป็นสัดส่วนกับความเข้มของแสงที่ส่องผ่านบนอุปกรณ์นั้น การทำงานเริ่มจากการมีแสงตกกระทบบริเวณรอยต่อจะทำให้เกิดการแตกตัวของโฮลและอิเล็กตรอนอิสระ โฮลและอิเล็กตรอนอิสระได้รับไบอัสกลับจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าข้ามรอยต่อ กระแสไฟฟ้าที่ไหลนี้ค่าน้อยมาก คือ อยู่ในช่วง 1-10 μA

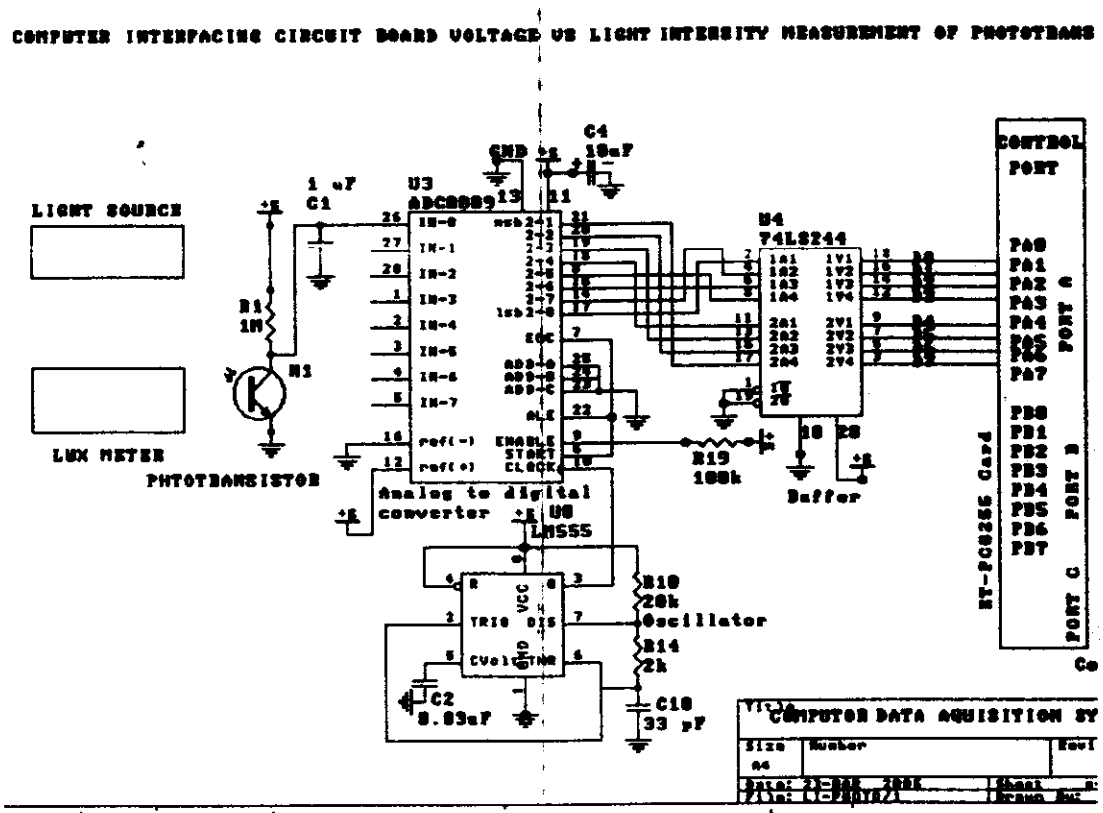
เนื่องจากโฟโตไดโอดให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นจึงต้องขยายกระแสไฟฟ้าให้มีค่ามากขึ้น จึงมีการสร้างโฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตทรานซิสเตอร์สร้างมาจากโฟโตไดโอดต่อกับทรานซิสเตอร์ธรรมดา กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากโฟโตไดโอดจะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ ในการใช้งานของโฟโตทรานซิสเตอร์ มีการให้แรงดันไบอัสตรงขา B และ E ส่วนรอยต่อระหว่าง C กับ B จะได้รับแรงดันไบอัสกลับ รอยต่อ C กับ B มีลักษณะเป็นโฟโตไดโอดเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการแปรค่ากระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแสง

วิธีการทดลอง

1. ประกอบวงจรดังรูปที่ 21.4.1 และเขียนโปรแกรมทดสอบหัววัดแสงที่ทำมาจากโฟโตทรานซิสเตอร์



รูปที่ 21.4.1(ก) แสดงการทดสอบหัววัดแสงที่ทำมาจากโฟโตทรานซิสเตอร์



รูปที่ 21.4.1(ข) วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบหัววัดแสงที่ทำมาจากโฟโตทรานซิสเตอร์

โปรแกรมทดสอบหัววัดแสงที่ทำมาจากโฟโตทรานซิสเตอร์

```
Program Light_Intensity_sensor;
Uses crt;
Var
    I,j, x,y,uv : Integer;
    AV, LI      : real;
    Const PA          = $0304;
    Pcontrol  = $0307
Begin
    Cirscr;
    gotoxy(28,2) ; writein( 'LIGHT INTENSITY SENSOR TEST');
    gotoxy(28,3) ; writein ('----------------------------');
    port[Pcontrol] := $90;
    for I : = 1 to 9000 do
    begin
    for j: = 1  to 550 do
        begin
            uv: =port[PA];
            gotoxy (29,8) ; writein('Digital Voltage = ',  DV:3);
```

```
        AV:= (5/255)* DV;  {V=AV=voltage drop on NTC thermistor}
        gotoxy(28,12) ; writein{'Analog Voltage = ',AV:3:2};
        gotoxy(50,12); writein{' V'};
        LI:=50.448*AV+12.388;
        gotoxy(20,20) ; writein{'************************************'};
        gotoxy(19,22) ; writein{ '- - - >Measure Light Intensity = ', LI:3:2};
        gotoxy(52,22) ; writein{' Lux'};
        gotoxy(30,24); writein{'>>>##################<<<'};
        delay(20000);
    end;
  end;
end.
```

2. ปล่อยกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย +5 V ไหลผ่าน R= 3kΩ ผ่านขา C,E ของโฟโตทรานซิสเตอร์เข้าทาง Input ขา 3 Op amp ขยาย ส่งออกขา 6 แรงดันจากขา 6 ส่งเข้าขา 2 ของ Op amp 741 ส่งออกขา 6 R = 100 kΩ ใช้กำหนดอัตราขยายแรงดัน R = 1 MΩ ใช้กำหนดอัตราขยายแรงดัน ส่งผ่าน ADC0809 , 74244 , ETPC8255 Card , Computer ทำการปรับเทียบค่าโดยอ่านค่า Light Intensit (LI) จากเครื่องวัดความเข้มแสง และอ่านค่า AV จากการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

3. เขียนกราฟความสัมพันธ์ LI = f(AV) จากนั้นนำความสัมพันธ์ที่ได้มาคีย์ลงในโปรแกรม ให้คอมพิวเตอร์อ่านค่า $LI_{measure}$ และอ่านค่า LI_{true} จากเครื่องวัดความเข้มแสง บันทึกลงในตาราง เขียนกราฟแท่ง ถ้าได้ใกล้เคียงกัน แสดงว่าคอมพิวเตอร์สามารถเป็นเครื่องอ่านความเข้มแสงได้

ผลการทดลอง

จากการปล่อยกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย +5 V ไหลผ่าน R= 3kΩ ผ่านขา C,E ของโฟโตทรานซิสเตอร์เข้าทาง Input ขา 3 Op amp ขยาย ส่งออกขา 6 แรงดันจากขา 6 ส่งเข้าขา 2 ของ Op amp 741 ส่งออกขา 6 ส่งผ่าน ADC0809 , 74244 , ETPC8255 Card เข้าสู่ Computer อ่านค่า AV บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่แสดงรายละเอียดต่างๆขณะใช้งาน ดังรูปที่ 21.4.2

LIGHT INTENSITY SENSOR TEST

Digital Voltage = 71

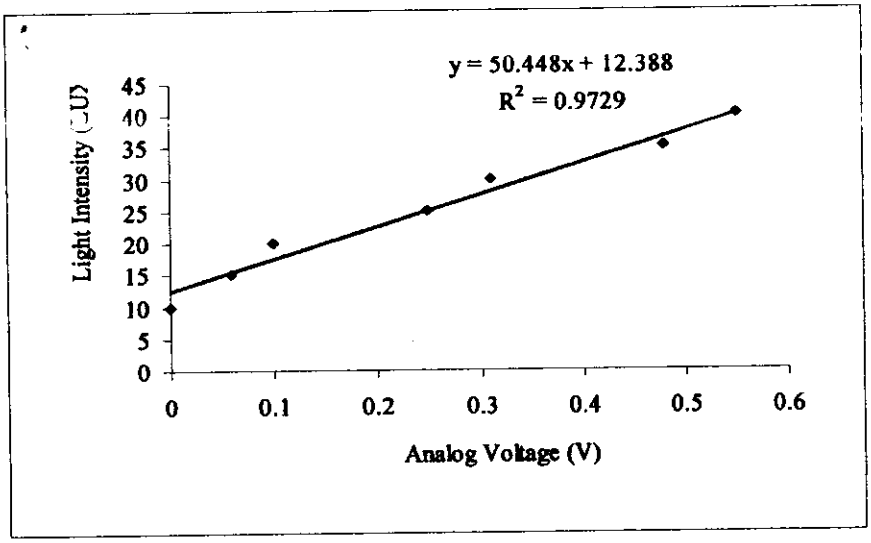
Analog Voltage = 1.39 V

****

- - - >Measure Light Intensity = 82. Lux

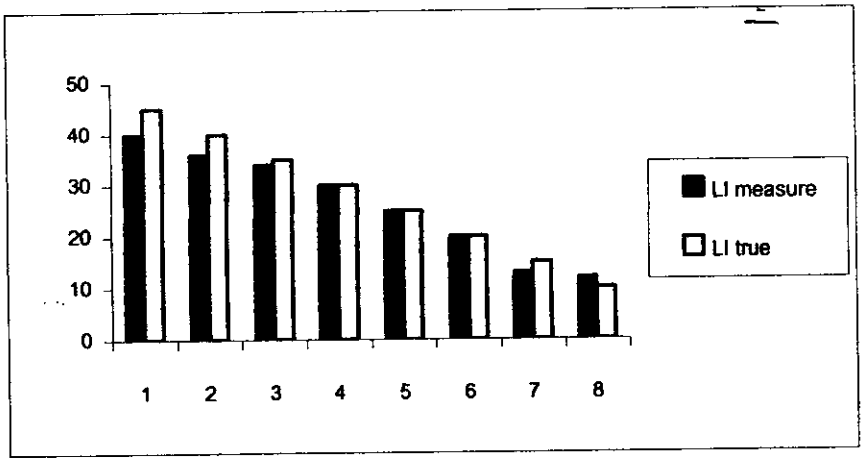
รูปที่ 21.4.2 ภาพบนจอคอมพิวเตอร์ขณะใช้งาน

จากการทดลองปรับเทียบค่าโดยอ่านค่า Light Intensit (LI) จากเครื่องวัดความเข้มแสง และอ่านค่า AV จากการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จะได้เส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง LI กับAV ดังรูปที่ 21.4.3



รูปที่ 21.4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Light Intensity (LI) กับ Analog Voltage (AV)

ผลจากการเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงที่คอมพิวเตอร์อ่านได้ ($LI_{measure}$) กับค่าที่อ่านได้ จากเครื่องวัดความเข้มแสง (LI_{true}) แสดงดังรูปที่ 21.4.4



รูปที่ 21.4.4 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่า $LI_{measure}$ กับ LI_{true}

เมื่อหาความสัมพันธ์ของเส้นกราฟ (รูปที่ 21.4.3) แล้วนำสมการความสัมพันธ์ LI = 50.448(AV)+12.388 ไปคีย์ในโปรแกรมเพื่อให้คอมพิวเตอร์แสดงผลของความเข้มแสงบนจอ($LI_{measure}$) จากผลการทดลองโดยการเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงที่คอมพิวเตอร์วัดได้ ($LI_{measure}$) กับค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากเครื่องวัดความเข้มแสง Digicon Lx-50 Lux Meter (LI_{true}) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าคอมพิวเตอร์กับวงจรเชื่อมต่อและโปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถเป็นเครื่องวัดค่าความเข้มแสงได้ และเนื่องจากโฟโตทรานซิสเตอร์ตอบสนองต่อแสงแล้วเกิดแรงดันไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้าและความจุไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดแสงได้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

โฟโตทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นหัววัดแสงจะนำไปใช้กับการทดลองเรื่องอื่นๆ

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย Turbo Pascal สามารถแสดงการทดสอบโฟโตทรานซิสเตอร์ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดแสง

เอกสารอ้างอิง

ดุสิต เครืองาม และคณะ คู่มือปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์อีเลคตรอนิคส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525

ยืน ภู่วรวรรณ, 2534, อิเลคทรอนิคส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall,
New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.