

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์

ในการศึกษาค่าสภาพความต้านทานของสารตัวนำยวดยิ่ง  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  ในช่วงอุณหภูมิ 20 ถึง 300 เคลวิน อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย Closed Cycle Refrigerator , Vacuum System เครื่องควบคุมอุณหภูมิอุปกรณ์การวัดและบันทึกข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง<sup>[39]</sup>

สารที่ใช้ในการทดลองเป็นผลึกเชิงเดี่ยวของ  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  ซึ่งปลูกโดยวิธี TSFZ (travelling solvent floating zone )จากสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์ 99.999 % โดย รศ.ดร. นิกร มังกรทอง ที่ห้องวิจัย Takagi ณ มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น

#### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบและวัดขนาดของสาร

##### 3.2.1 กล้อง Zoom stereo microscope

รุ่น : SZ3060 และ Eyepiece รุ่น GSWH10x/22  
บริษัทผู้ผลิต : OLYMPUS Optical  
รายละเอียดทั่วไป : กล้องมีกำลังขยายตั้งแต่ 0.9 – 40 x ความเอียงในการส่องลำกล้องส่อง  $60^\circ$  มีอัตรา Zoom เท่ากับ 4.4 ระยะของลำกล้องเมื่อทำงาน 110 มิลลิเมตร Eyepiece มีความละเอียด 10 มิลลิเมตร ใน 100 ช่อง

##### 3.2.2 กล้อง Optical microscope

รุ่น : BHM-313U , Eyepiece รุ่น CWHR10x/18L , เลนส์วัตถุ รุ่น Neo S Plan Nic และ กล้องถ่ายรูป รุ่น SC35 Type 12

บริษัทผู้ผลิต : OLYMPUS Optical  
รายละเอียดทั่วไป : มีเลนส์วัตถุขนาด 5x, 10x และ 50x มีความลึกของ  
โฟกัสเท่ากับ 70.1, 14.7 และ 5.1  $\mu$  ตามลำดับกล้อง  
มีกำลังขยายตั้งแต่ 50, 100 และ 500 เท่า สามารถ  
ถ่ายภาพลักษณะของผิวสารได้

### 3.2.3 เตาอบสาร Lenton (Lenton furnace)

รุ่น : UAF16/10  
บริษัทผู้ผลิต : Lenton Thermal designs ประเทศอังกฤษ  
รายละเอียดทั่วไป : ให้ความร้อนได้สูงสุด 1600 °C กำลังไฟที่ใช้ 380  
โวลต์ 3 เฟส มีกระแสไฟไหล 20 แอมแปร์ต่อเฟส ใช้  
กำลังไฟสูงสุด 10820 วัตต์ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 38  
โวลต์ มีพลังงานเฉลี่ย 5000 วัตต์ ควบคุมการทำงาน  
ผ่าน 904 controller ของบริษัท Eurotherm สั่งงาน  
ผ่านปุ่มทางหน้าปัดและแสดงผลการทำงานผ่านหน้า  
ปัด สามารถสั่งงานได้ 8 loop และสามารถบันทึก  
โปรแกรมการทำงานได้ 14 โปรแกรม

### 3.3 ระบบ Closed Cycle Refrigerator

ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

#### 3.3.1 Controller

รุ่น : 8001  
บริษัทผู้ผลิต : Helix Technology Corporation  
รายละเอียดทั่วไป : ขนาดยาว x กว้าง x สูง เท่ากับ 19.18 x 13.38 x  
5.85 นิ้ว น้ำหนัก 14 กิโลกรัม ใช้กำลังไฟร่วมกับ  
8300 controller เท่ากับ 1.8 KW แรงดันไฟฟ้าที่ใช้  
208-230 โวลต์ 50 Hz 1 เฟส กระแส 9 แอมแปร์

### 3.3.2 Compressor

รุ่น : 8300  
บริษัทผู้ผลิต : Helix Technology Corporation  
รายละเอียดทั่วไป : ขนาดยาว x กว้าง x สูง เท่ากับ 18 x 13.30 x 15.30 นิ้ว น้ำหนัก 14 กิโลกรัม มีความดันฮีเลียมสถิตที่ เท่ากับ 1690-1725 KPa ความดันฮีเลียมขณะทำงาน 655-725 KPa ที่อุณหภูมิ 10 – 38 °C โดยที่น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ น้ำไหลออกไม่เกิน 32 °C โดยอาศัยพลังงานจาก 8001 Controller ในการทำงาน

### 3.3.2 Refrigerator Cold Head

รุ่น : 350 CP  
บริษัทผู้ผลิต : Helix Technology Corporation  
รายละเอียดทั่วไป : ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 11.9 x 6 x 18.5 นิ้ว น้ำหนัก 15 กิโลกรัม อุณหภูมิสถานะแวดล้อมที่ใช้งาน 16-38 °C ใช้กำลังไฟ จาก 8001controller ต่อท่อ แก๊สเข้าออกขนาด ½ นิ้ว แบบ self-sealing coupling

## 3.4 ระบบสุญญากาศ

ระบบสุญญากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย Rotary pump และ Diffusion pump และมีเกจวัดแบบ Pirani และ Penning มีรายละเอียดดังนี้

### 3.4.1 Rotary Pump

|                  |                                                                                                                                                              |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| รุ่น             | : E2M5                                                                                                                                                       |
| บริษัทผู้ผลิต    | : Edwards High Vacuum International                                                                                                                          |
| รายละเอียดทั่วไป | : เป็นปั๊มแบบ Double stage Displacement หรือ 93 ลิตร/วินาที Pumping speed เท่ากับ 83 ลิตร / วินาที ความดันต่ำที่สุดที่ทำปั๊มลงได้ $2.5 \times 10^{-4}$ mbar. |

### 3.4.2 Diffusion Pump

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| รุ่น             | : Diffstak 63                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| บริษัทผู้ผลิต    | : Edwards High Vacuum International                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| รายละเอียดทั่วไป | : Pumping speed เท่ากับ 135 ลิตร/วินาที ความดันต่ำที่สุดที่ทำได้ $8.5 \times 10^{-8}$ mbar. Fluid charge เท่ากับ 60 ml. และ through out สูงสุดเท่ากับ 5 ลูกบาศก์/ชั่วโมง ใช้งานร่วมกับ backing pump ซึ่งเป็นโรตารี ปั๊ม รุ่น E2M5 throughput สูงสุดเท่ากับ 5 m <sup>3</sup> /ชั่วโมง อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่อุณหภูมิ 20 °C อย่างน้อย 42 ลิตร/ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของฮีตเตอร์เท่ากับ 450 วัตต์ |

### 3.4.3 Pressure Gauge

|                  |                                                                                                                                                                   |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| แบบ              | : Pirani Vacuum Gage                                                                                                                                              |
| รุ่น             | : PRL 10K                                                                                                                                                         |
| บริษัทผู้ผลิต    | : Edwards High Vacuum International                                                                                                                               |
| รายละเอียดทั่วไป | : ใช้ในช่วงความดัน $10^{-1}$ – $10^{-4}$ mbar ปริมาตรภายใน 6 cm <sup>2</sup> ขนาดภายนอก 40 x 26 x 85 mm. ความยาวทั้งหมด 135 mm. Filament ทำงานที่อุณหภูมิ 1300 °C |

รับแรงดันภายในได้สูงสุด 2 bar ใช้ร่วมกับเครื่อง Pirani 1001 Vacuum gauge controller มีปุ่ม set atm และ set vac สำหรับปรับค่าหรือการ calibration

แบบ : Penning Vacuum Gage  
รุ่น : CP25  
บริษัทผู้ผลิต : Edwards High Vacuum International  
รายละเอียดทั่วไป : ใช้ในช่วงความดัน  $10^{-2}$  –  $5 \times 10^{-8}$  mbar. ความต่างศักย์อินพุตขณะใช้งาน 2.3 kV ใช้ร่วมกับเครื่อง Penning 1002 Vacuum gauge controller

### 3.5 อุปกรณ์การทดลองและวัดอุณหภูมิ

อุปกรณ์ใช้ในการวัดและอ่านค่าอุณหภูมิ สำหรับการทดลองวัดค่าสภาพความต้านทาน ประกอบด้วย Sample Holder , Temperature Controller , Thermometer และ Power supply มีรายละเอียดดังนี้

#### 3.5.1 Sample Holder

รุ่น : ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองเพื่อ ใช้ในงานผู้วิจัยนี้  
บริษัทผู้ผลิต : ห้องวิจัยสารซูเปอร์คอนดักเตอร์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
รายละเอียดทั่วไป : ทำด้วยทองแดง แล้วชุบด้วยทอง มีความสูง 4.5 เซนติเมตร มีช่องวางเสียบ thermometer แบบ Tube ได้สองช่อง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm. ลึก 10 mm และ ที่วาง Diode Sensor พร้อมขาถือค พร้อมที่ปักขาทั้งหมด 12 ขา สามารถวัด Sample ได้ครั้งละ 2 Sample ใช้ไดโอด เซ็นเซอร์ รุ่น DT-470-SD-13 ในการตรวจจับอุณหภูมิ

ดังรูปที่ 3.4

### 3.5.2 Temperature Controller

- รุ่น : DRC – 91C
- บริษัทผู้ผลิต : LakeShore Cryotronics, Inc.
- รายละเอียดทั่วไป : มีความละเอียดในการวัดอุณหภูมิเท่ากับ 0.001 เคลวิน ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 28 เคลวิน และเท่ากับ 0.01 เคลวิน ที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 เคลวิน เมื่อใช้กับกับไดโอด เซนเซอร์ตระกูล DT-470 สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ ได้หลายชนิด ดังนี้ Diode , Platinum resistor และ capacitance สามารถแสดงสัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์ในหน่วยของ K, °C หรือ °F หรือในหน่วยสัญญาณของเซ็นเซอร์ เช่น โวลต์ โอห์ม หรือ ฟารัด สามารถปรับกำลังเข้าพุตของฮีตเตอร์ได้หลายระดับพร้อมทั้งมีตัวเลขแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ ของ ฮีตเตอร์ขณะทำงานด้วย มีกำลังเข้าพุตเท่ากับ 25 วัตต์ ที่ความต้านทานของฮีตเตอร์ 30 โอห์ม การอ่านอุณหภูมิและควบคุมการทำงานผ่านทางบัส IEEE-488 หรือ ควบคุมผ่านหน้าปัดที่แผงด้านหน้า

### 3.5.3 Thermometer

- รุ่น : Diode sensor DT-470-SD-13
- บริษัทผู้ผลิต : LakeShore Cryotronics, Inc.
- รายละเอียดทั่วไป : มีน้ำหนัก 0.03 กรัม วัดอุณหภูมิได้ในช่วง 10 –325 เคลวิน ใช้กระแส 10  $\mu$ A  $\pm$  0.05 % จาก Temperature controller รุ่น DRC-91C โดยเรียกอ่านอุณหภูมิผ่าน Temperature controller ส่งผ่านทาง การ์ด IEEE-488 ความละเอียดในการอ่านอุณหภูมิ ขึ้นกับความสามารถในการอ่านของ Temperature

controller และการเรียกอ่านจากโปรแกรม

### 3.5.4 Power Supply

รุ่น : PL310  
บริษัทผู้ผลิต : RS Components Limited  
รายละเอียดทั่วไป : แรงดันเข้าพุต 0-30 โวลต์ กระแสเข้าพุต 0-1.1 แอมแปร์ มีวงจรป้องกันการชอร์ตและดึงกระแสเกินขนาด มี ripple และ noise น้อยกว่า 10 mV เข้าพุตอิมพีแดนซ์น้อยกว่า 2 mW สัมประสิทธิ์ต่อการแปรค่าตามอุณหภูมิ น้อยกว่า 0.01% ต่อองศาเซลเซียส มีแผงหน้าปัดเป็น LED ขนาด 1/2 ดิจิต (4000 counts) 2 แผง เพื่อแสดงแรงดันเข้าพุตและกระแสเข้าพุต ความละเอียดของการแสดงผลแรงดันเท่ากับ โวลต์ และกระแสเท่ากับ 1 มิลลิแอมแปร์ มีความถูกต้องในการแสดงผลแรงดันเท่ากับ 0.1 % rdg  $\pm 0.05\%$  full scale มีความถูกต้องในการแสดงผลกระแสเท่ากับ 0.3 % rdg  $\pm 0.2\%$  full scale

## 3.6 อุปกรณ์การเก็บและการบันทึกข้อมูล

อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลประกอบด้วย ดิจิตอลมัลติมิเตอร์, สแกนเนอร์ และ IEEE 488 Interfacing

### 3.6.1 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter )

รุ่น : 196 System DMM  
บริษัทผู้ผลิต : Keithley Instrument, Inc.  
รายละเอียดทั่วไป : มีความละเอียดในการวัด 6 1/2 ดิจิต มีความละเอียดในการวัด 1 ใน 3,000,000 วัดได้ 5 ฟังก์ชัน ได้แก่ acV

,dcV ,acA,dcA และ Ohm มีความเร็วในการวัดสูงถึง 1000 ครั้งต่อวินาที มีความเร็วในการวัด 3 ½ ดิจิต โดยข้อมูลที่อ่านได้สามารถเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ซึ่งอ่านข้อมูลได้ถึง 500 จุด สามารถควบคุมการผ่านการ์ด IEEE-488 หรือควบคุมผ่านแผงหน้าปัด มีความถูกต้องในการวัดเท่ากับ  $\pm(0.0020 \%rdg \pm 20 \text{ counts})$  มีความต้านทานอินพุตมากกว่า 1 จิกะโอห์ม มีสัมประสิทธิ์ในการแปรค่าตามอุณหภูมิเท่ากับ  $\pm(0.0006\% \pm 10 \text{ counts})$  มีการชดเชยผลของอุณหภูมิเมื่อวัดค่าความต้านทานต่ำๆ (off set compensated Ohms) มีการกรองระดับสัญญาณดิจิตอลที่มาจากการทำงานของคอมพิวเตอร์ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนมี Zero function เพื่อกำจัดค่า off set ของการวัด

### 3.6.2 สแกนเนอร์ (Scanner )

รุ่น : 705

บริษัทผู้ผลิต : Keithley Instrument, Inc.

รายละเอียดทั่วไป : มีแผงหน้าปัดแสดงสถานะขณะทำงาน สามารถใส่แผงวงจรสวิทชิง ได้สองแผงซึ่งสามารถรับอินพุตได้ 20 ช่อง (ขยายได้ถึง 100 ช่อง) ระดับขนาดช่วงสัญญาณอินพุตที่จะได้รับ ขึ้นกับแผงวงจรสวิทชิงที่ใส่ไว้ในสแกนเนอร์ เช่น General purpose relay card, Thermocouple card , Low voltage relay card และ Low current relay card อัตราความเร็วในการสวิทชิงเท่ากับ 100 ช่องต่อวินาที (ช่องละ 10 มิลลิวินาที ) สามารถโปรแกรมให้ช้าลงได้ถึง 1 ช่องต่อ 16 นาที (999.99 วินาที) ในโหมดแบบต่อเนื่อง สามารถควบคุม

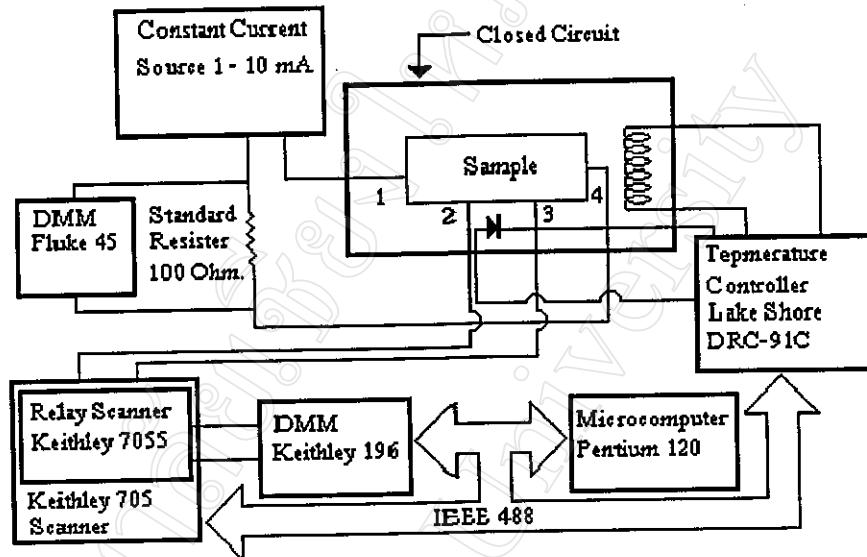
คุมผ่านทางบัส IEEE-488 หรือ ควบคุมด้วยการกดปุ่ม ผ่านแผงด้านหน้ามีอินพุตและเอาพุตระดับสัญญาณ TTL ขนาด 8 บิต สำหรับอินเทอร์เฟซกับอุปกรณ์ภายนอกได้

### 3.6.3 IEEE 488 Interfacing

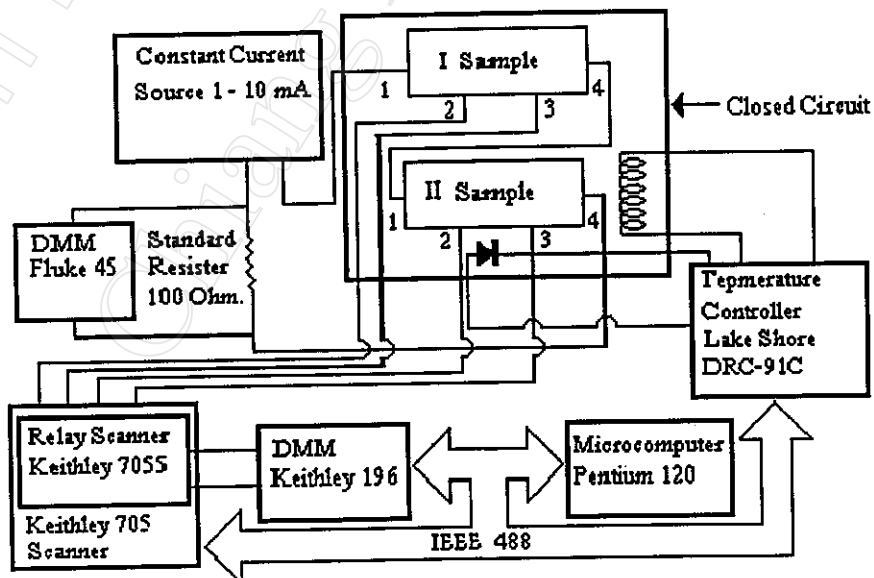
- รุ่น : PC-488-CEC IEEE-488 Interfacing Card  
บริษัทผู้ผลิต : Capital Equipment Corporation  
รายละเอียดทั่วไป : ประกอบด้วย Libraries ของซอฟต์แวร์ประยุกต์ และ แผงวงจรอินเทอร์เฟซ IEEE-488 สามารถเขียนสั่งผ่าน ภาษาต่างๆได้ เช่น Basic ,Qbasic,Pascal,Fortran ,C และ Assembly ส่งผ่านข้อมูลแบบขนานด้วยขนาด 8 สายข้อมูล ควบคุมการส่งผ่านข้อมูลด้วย 3 สาย ควบคุม และควบคุมการจัดการอินเทอร์เฟซด้วย 5 สายจัดการอินเทอร์เฟซอุปกรณ์ต่างๆร่วมกันได้ถึง 15 ตัว รวมทั้งอุปกรณ์ควบคุม(ในที่นี้ก็คือ ไมโคร คอมพิวเตอร์)

### 3.6.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูล และ ควบคุมการทดลองวัด

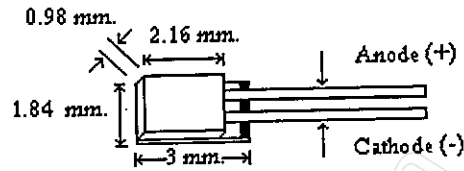
- รุ่น : CCR\_TC  
บริษัทผู้ผลิต : เขียนโดยผู้วิจัย  
รายละเอียดทั่วไป : โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เก็บข้อมูล โปรแกรม เขียนด้วยภาษา QuickBASIC version 4.5 ของบริษัท ไมโครซอฟท์ และเรียกใช้ Libraries ในการอินเทอร์ เฟสของบริษัท CEC โปรแกรมนี้สามารถเรียกใช้โดย ผ่านระบบวินโดวได้ จากสามารถวัดค่าสภาพต้านทาน และความต้านทานได้ถึง 2 สาร และสามารถเลือกวัด เพียง 1 สาร โดยการเลือกผ่านจากโปรแกรม



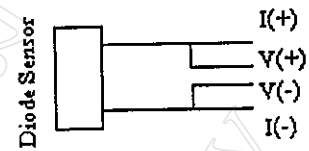
รูปที่ 3.1 แสดง Block Diagram ของเครื่องมือวัดค่าสภาพความต้านทาน ของ 1 Sample



รูปที่ 3.2 แสดง Block Diagram เครื่องมือวัดค่าสภาพความต้านทาน ของ 2 Sample



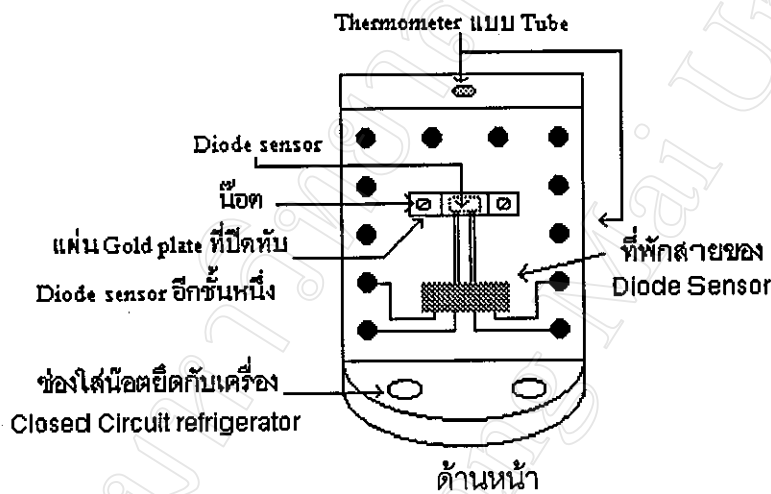
(ก)



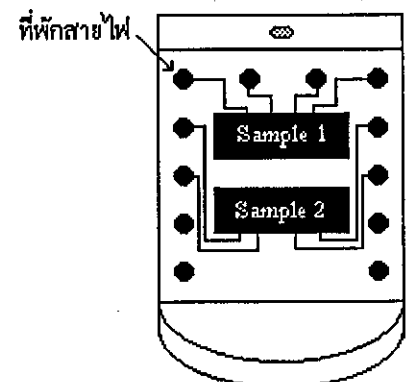
(ข)

รูปที่ 3.3 (ก) แสดงลักษณะของไดโอดเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิของ Sample

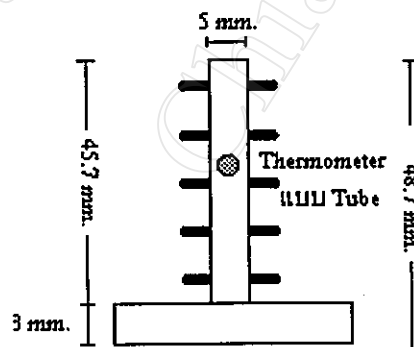
(ข) แผนผังการวัดไดโอดเซนเซอร์



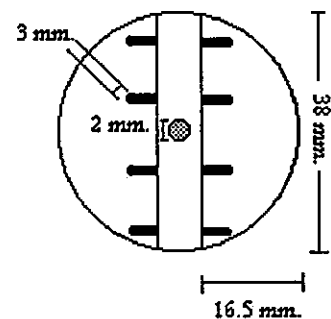
ด้านหน้า



ด้านหลัง



ด้านข้าง



ด้านบน

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของ Sample Holder พร้อมกับลักษณะทางเดินของสายไฟ  
สายไฟที่เชื่อมต่อกับที่พิกสาย



รูปที่ 3.5 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสภาพความดันทานและระบบสุญญากาศ



รูปที่ 3.6 แสดงภาพถ่ายของระบบสุญญากาศมีรายละเอียดดังนี้ หมายเลข

- |             |                     |             |                |
|-------------|---------------------|-------------|----------------|
| หมายเลข (1) | Controller 8001     | หมายเลข (3) | Diffusion Pump |
| หมายเลข (2) | ส่วนที่เป็นสุญญากาศ | หมายเลข (4) | Rotary Pump    |



รูปที่ 3.7 แสดงชุดอุปกรณ์วัดค่าสภาพความดันทานมีรายละเอียดตามหมายเลข ดังนี้

- |                   |                                              |
|-------------------|----------------------------------------------|
| หมายเลข (5)       | Pirani 1001 Vacuum gauge controller          |
| หมายเลข (6)       | Penning 1002 Vacuum gauge controller         |
| หมายเลข (7)       | สแกนเนอร์(scanner) 705                       |
| หมายเลข (8)       | Temperature Controller DRC – 91 C            |
| หมายเลข (9)       | ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 196 System Dmm           |
| หมายเลข (10)-(14) | ชุดอุปกรณ์ที่พิกสายและจ่ายกระแสให้กับ Sample |
| หมายเลข (15)      | คอมพิวเตอรื                                  |



รูปที่ 3.8 แสดงภายในระบบสุญญากาศ และ Sample Holder



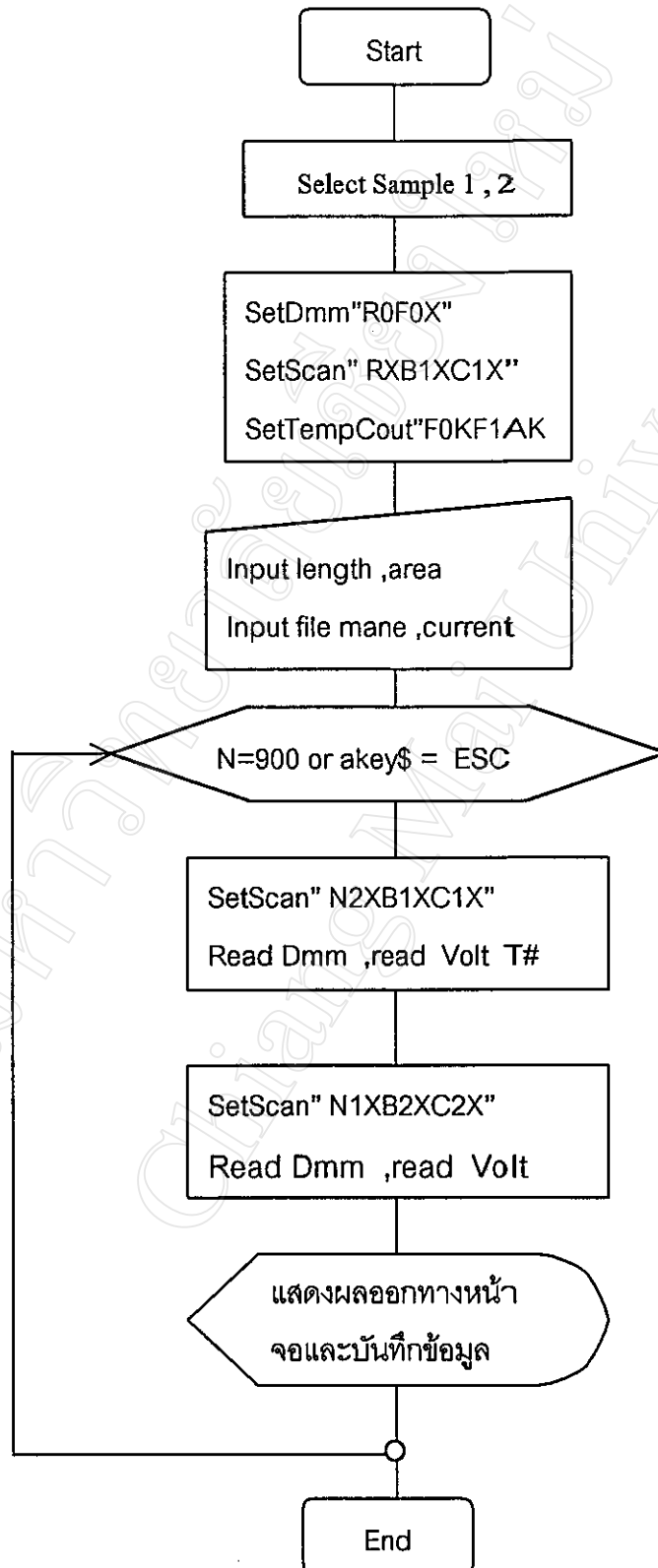
รูปที่ 3.9 แสดงภาพเตาอบสาร Lenton (Lenton furnace )



รูปที่ 3.10 แสดงภาพของ Zoom stereo microscope



รูปที่ 3.11 แสดงภาพของ Optical Microscope



รูปที่ 3.12 แสดง Flowchart ของโปรแกรม CCR\_TC