สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1 แสดงค่า figure of Merit ของ nanobulk Bi2Te3 ชนิด n **6**

2.1 **(a)** Thermoelectric generator และ **(b)** thermoelectric cooling **10**

2.2 Thermoelectric modules 11

2.3 วงจร Seebeck 12

2.4 วงจร Seebeck โดยมีสารกึ่งตัวนำชนิด N 13

2.5 **(a)** แผนภูมิแถบพลังงานขณะยังไม่มีความแตกต่างของอุณภูมิ 16
(b) แผนภูมิแถบพลังงานขณะที่มีอุณหภูมิต่างกัน ΔT

2.6 หลักการเกิด Peltier effect 16

2.7 วงจร Peltier โดยมีสารกึ่งตัวนำชนิด N 17

2.8 แผนภูมิแถบพลังงานขณะมีกระแสไฟฟ้า J ไหล 18

2. 9 thermoelectric generator (ด้านซ้าย) และ thermoelectric cooling (ด้านขวา) 18

2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของพาหะไฟฟ้าในวัสดุกับปริมาณอื่นอีก4ปริมาณ 21

2.11 ค่า ZT ของสารเทอร์โมอิเล็กทริกที่ค่าอุณหภูมิต่างๆ 21

2.12 โครงสร้างทางผลึกของสารประกอบ ที่เป็นรูปทรงเฮกซะโกนอล 22

2.13 แสดงส่วนประกอบภายในของปั๊มกลโรตารี 29

2.14 แสดงปั๊มแบบฟุ้งกระจาย และส่วนประกอบภายในของปั๊มไอฟุ้งกระจายและขนาด 32
พร้อมภาคตัดขวางของปั๊มที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องชั่ง Denver Instrument รุ่น TB-214 36

3.2 เครื่องอัดสาร 36

3.3 เครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิค 37

3.4 ตัวจ่ายกระแสคงที่สำหรับการวัดค่าทางไฟฟ้าสภาพความต้านทานไฟฟ้า 39

3.5 มัลติมิเตอร์ HEWLETT PACKARD 34401A 39

3.6 ลักษณะลายทองแดงสำหรับวัดค่าความต้านทานแบบ 4 จุด บนแผ่นวงจรพิมพ์ 40
และการเชื่อมต่อลวดเงินกับชิ้นงานลายวงจร

3.7 วงจรรีเลย์ และการเชื่อมต่อชุดวัดแบบสี่จุด 41

3.8 หลอดไฟ 40W ใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน 41

3.9 วงจรควบคุมอุณหภูมิที่ต่อเข้ากับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระสตรง ขนาด 1.5V ถึง 30 V 42

3.10 แสดงแผนภาพจำลองการวัดค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้า 43

3.11 แสดงแบบของโถสุญญากาศที่มีจำนวนพอร์ตเข้าออก 17 พอร์ต 46

3.12 แสดงระบบสุญญากาศที่มี โถสุญญากาศ ปั๊มสุญญากาศ ระบบท่อ และ วาล์วต่างๆ 46

3.13 แสดงลักษณะปั๊ม Alcatel รุ่น 2021 SD 47

3.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการปั๊มที่ช่วงความดันต่าง ของ ปั๊ม Alcatel รุ่น 2021 SD 47

3.15 แสดงภาพและขนาดของ Diffstak 100/300F 47

3.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการปั๊มที่ช่วงความดันของปั๊ม Diffstak 100/300F 48

3.17 แสดงลักษณะของเกจวัดความดัน Balzers TG300 48

3.18 แสดงนิวเมติกวาล์ว ยี่ห้อ Fuji Seiki 49

3.19 แสดงนิวเมติกวาล์ว ยี่ห้อ Diavac 49

3.20 แสดงลักษณะของ Miyachi ML-2331B YAG เลเซอร์ 51

3.21 แสดงลักษณะของ คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ 51

3.22 เครื่องอุลตราโซนิก คลีนเนอน์ [จากผู้เขียน] **52**

3.23 โถแก้วความดันต่ำ [จากผู้เขียน] 53

4.1 แสดงรูพรุนที่เกิดขึ้นในสารตัวอย่างที่เตรียมได้ **58**

4.2 แสดง diffraction pattern ของ Bi 1.6 Sb 0.4 Te3 และ Bi 0.45 Sb 1.55 Te3 ที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการอัดเย็น เทียบกับ JCPDF file 49-1713 ของ Bi0.5 Sb 1.5 Te3 58

4.3 ภาพถ่าย จาก SEM เปรียบเทียบ cleavage plane จากสารที่เตรียมด้วยกระบวนการอัดเย็น (ซ้าย) และอัดร้อน (ขวา) 58

4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพความต้านทานไฟฟ้ากับอุณหภูมิจากตารางที่ 4.2 60

4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพความต้านทานไฟฟ้ากับอุณหภูมิจาก ตารางที่ 4.3 61

4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพความต้านทานไฟฟ้ากับอุณหภูมิจาก ตารางที่ 4.4 62

4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพความต้านทานไฟฟ้ากับอุณหภูมิจาก ตารางที่ 4.5 63

4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าเฉลี่ยกับอุณหภูมิ จากตารางที่ 4.6 64

4.9 แสดงระบบสุญญากาศที่มี โถสุญญากาศ ปั๊มสุญญากาศ ระบบท่อ และ วาล์วต่างๆ ใน (a) และ (b) ตามลำดับ 67

4.10 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง ความดัน (mbar) และ ระยะเวลา (min) ที่ใช้ในการ สูบอากาศออกจากโถสุญญากาศ 68

4.11 แสดงภาพบริเวณกระทบร้อนของการยิง YAG ยิงเลเซอร์ลงบนผิวของเป้าที่อยู่นิ่ง ด้วยความกว้างของพัลส์(2a) 1 ms (2b) 3 ms และ (2c) 5 ms ตามลำดับ 69

4.12 แสดงบริเวณกระทบร้อนของการ YAG เลเซอร์ลงบนเป้าที่หมุนด้วยความเร็ว ของ3000 rpm โดยความกว้าง (3a) 1 ms (3b) 3 ms และ (3c) 5 ms ตามลำดับ 69

4.13 แสดงภาพภาคตัดขวางบริเวณกระทบร้อนของการยิง YAG เลเซอร์ลงบนผิวของเป้า ที่อยู่นิ่งด้วยความกว้างของพัลส์(4a) 1 ms (4b) 3 ms และ (4c) 5 ms ตามลำดับ 70

4.14 แสดงภาพภาคตัดขวางบริเวณกระทบร้อนของการยิง YAG เลเซอร์ลงบนเป้าที่หมุน ด้วยความเร็ว 3000 rpm ด้วยความกว้างของพัลส์ (5a) 1 ms (5b) 3 ms และ (5c) 5 ms ตามลำดับ 70

4.15 แสดงลักษณะโครงสร้างของอนุภาคระดับนาโนเมตรที่เตรียมได้ เป้าเทอร์โมอิเล็กทริค และโครงสร้างของสาร $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ จาก JCPDS ไฟล์ลำดับที่ 49-1713 ตามลำดับ 70

4.16 แสดงลักษณะโครงสร้างของฟิล์มเทอร์โมอิเล็กทริคที่เตรียมด้วยการยิงเลเซอร์จำนวน 20000 พัลส์ (a) ฟิล์มที่เตรียมด้วยการยิงเลเซอร์จำนวน 5000 พัลส์ (b) เป้าที่ใช้ (c) และ สาร $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ จาก JCPDS ไฟล์ลำดับที่ 49-1713 (d) ตามลำดับ 72

4.17 แสดงกราฟโครงสร้างของฟิล์ม $Bi_{0.6}Sb_{1.4}Te_3$ เมื่อวาง substrate ที่ตำแหน่ง 30 50 และ 70 mm จากเป้า กราฟโครงสร้างของเป้า และโครงสร้างของสาร $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ จาก JCPDS ไฟล์ลำดับที่ 49-1713 ตามลำดับ 74