

# สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำขอขอบคุณ	ค
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการภาพประกอบ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำ	2
2.1.1 โครงสร้างแบบเพชร	2
2.1.2 โครงสร้างแบบซิงค์เบลนด์	3
2.1.3 โครงสร้างแบบเวอรัทไซด์	4
2.1.4 โครงสร้างแบบซาลโคไฟไรต์	4
2.2 หลักการเตรียมผลึกเบื้องต้น	5
2.3 เทคนิคการหลอมสาร	7
2.3.1 เทคนิคการหลอมสารแบบบริดจ์แมน	7
2.3.2 เทคนิคการหลอมแบบธรรมชาติ	8
2.3.3 เทคนิคการหลอมแบบเควินซ์	8
2.4 การหาโครงสร้างของผลึก	8
2.4.1 หลักการของเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์	8
2.4.2 Debye Scherrer Method	11
2.4.3 Laue Method	13
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	31
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	31
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	31
3.2.1 เต้าเผาสาร	32

	3.2.2 เครื่องไม่สูญญากาศ	33
	3.2.3 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์	34
	3.2.4 กล้องถ่ายภาพแบบ Debye Scherrer	35
	3.2.5 กล้องถ่ายภาพแบบ Laue	36
	3.2.6 เครื่อง X-ray diffractometer	37
	3.3 การทดลอง	38
บทที่ 4	การวิเคราะห์ผลการทดลองและการทดลอง	40
	4.1 ผลการทดลอง	40
	4.1.1 ลักษณะของผลึกที่เตรียมได้	40
	4.1.2 การถ่ายภาพแบบ Debye-Scherrer Method	42
	4.1.3 การถ่ายภาพแบบ Laue-Back Reflection	43
	4.1.4 X-ray diffractometer	44
	4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	45
	4.2.1 ผลวิเคราะห์ฟิล์มแบบ Debye-Scherrer	46
	4.2.2 ผลวิเคราะห์แบบ X-ray diffractometer	51
	4.2.3 ผลวิเคราะห์ฟิล์มแบบ Laue-Back Reflection	55
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	62
	5.1 สรุปผลการทดลอง	62
	5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	63
	5.3 ข้อเสนอแนะ	63
	เอกสารอ้างอิง	64
	ภาคผนวก ก แสดงลักษณะการลดอุณหภูมิของเตาและระบบควบคุม	66
	ภาคผนวก ข ตารางแสดงค่า d-spacing ของ CuInSe <sub>2</sub>	69
	ภาคผนวก ค แสดงโปรแกรมการคำนวณค่า a, c และมุม $\theta$	70
	ประวัติการศึกษา	72

## รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงค่า d-spacing จากการเอกซเรย์โดยวิธี Debye-Scherrer	46
4.2	แสดงค่า c จากการคำนวณ	49
4.3	แสดงค่า (h k l) และ d-spacing ของ $\text{CuInSe}_2$	50
4.4	แสดงค่า d-spacing และมุม $2\theta$ ของ $\text{CuInSe}_2$	52
4.5	แสดงค่า d-spacing และ (h k l) ที่ได้จาก X-ray diffractometer	54
4.6	แสดงความสัมพันธ์ของมุมระหว่างระนาบ	59
4.7	แสดงแกนของ Zone	61

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

## รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างผลึกแบบเพชร	2
2.2	โครงสร้างผลึกแบบซิงค์เบลนด์	3
2.3	โครงสร้างผลึกแบบเวอร์ไซด์	4
2.4	แสดงโครงสร้างแบบซาลโคไฟไรท์	5
2.4.1	แสดงโครงสร้างของผลึก $\text{CuInSe}_2$	6
2.5	แสดงการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์	9
2.6	แผนผังของเอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์	11
2.7	แสดง reciprocal lattice แทนชุดระนาบหนึ่ง ๆ	12
2.8	แสดงการเกิดลายเส้นบนฟิล์ม	13
2.9	แสดงกลุ่ม Pole {100} ของผลึกลูกบาศก์	16
2.10	แสดงมุมระหว่างระนาบ 2 ระนาบ	16
2.11	แสดง stereographic projection	18
2.12	แสดง stereographic projection ของวงกลมเล็กและวงกลมใหญ่	19
2.13	แสดง Wulff net 1 ช่องเท่ากับ 2 ช่อง	20
2.14	แสดงการถ่ายภาพ Back-reflection Laue method	20
2.15	แสดงการตัดของ diffraction beam รูปกรวยบนฟิล์ม back-reflection	22
2.16	แสดงตำแหน่งจุดบนฟิล์มแบบ back-reflection	23
2.17	แสดงการใช้ Gerninger chart	25
2.18	แสดง Gerninger chart ที่เป็นขนาดใช้กับระยะฟิล์มกับผลึกเท่ากับ 3 เซนติเมตร	26
2.19	แสดงการถ่ายภาพแบบ Transmission ของ Laue	27
2.20	แสดงภาคตัดขวางของกรวย diffraction beam ของ Transmission	28
2.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นตั้งฉากระนาบกับจุดต่าง ๆ บนฟิล์ม transmission	28
2.22	แสดงการใช้ Leonhardt chart สำหรับเขียน pole	30
3.1	เตาเผาสาร	32
3.2	เครื่องบีบสุญญากาศ	33

รูปที่		หน้า
3.3	เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ท่อ JEOL	34
3.4	กล้องถ่ายภาพ Debye Scherrer	35
3.5	แสดงการถ่ายภาพแบบ Laue	36
3.6	เครื่อง X-ray diffractometer	37
4.1	ผลึกที่เตรียมได้	40
4.2	ภาพจาก Debye-Scherrer method	42
4.3	ภาพถ่ายแบบ Laue-Back reflection	43
4.4	แสดงแพทเทิร์นของพีคระนาบต่าง ๆ ของ $\text{CuInSe}_2$	44
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุม $2\theta$ กับ d-spacing ของ $\text{CuInSe}_2$	53
4.6	Pattern ของ Back reflection แบบ Laue	56
4.7	Stereographic projection ของ Back reflection ของ $\text{CuInSe}_2$	58
4.8	Stereographic projection ของ Back reflection ที่หาค่ามาแล้ว ของ $\text{CuInSe}_2$	60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved