



บทที่ 7

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ ได้มีการเตรียมรอยต่อวิวิธพันธุ์ $\text{CuInSe}_2 / \text{CdS}$ เพื่อใช้ในการศึกษาลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของรอยต่อ โดยได้มีการศึกษาทั้งรอยต่อชนิดที่เตรียมขึ้นบนชั้นผลึกเดี่ยวและรอยต่อชนิดฟิล์มบางควบคู่กันไป และได้จัดสร้างระบบวัดลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถควบคุม สัญญาณ และบันทึกผลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยระบบที่สร้างขึ้นนี้มีขีดความสามารถที่จะวัดลักษณะเฉพาะกระแส - ความต่างศักย์ ทั้งที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดนั้นมีความแม่นยำค่อนข้างสูง โดยจะมีค่าเบี่ยงเบนของข้อมูลน้อยกว่า 1% อีกทั้งยังง่ายและสะดวกต่อการใช้งานระบบ พร้อมกันนี้ยังมีความสามารถใช้วัดค่าตัวแปรทางไฟฟ้า เช่น กระแส ความต้านทาน เทียบกับเวลา ซึ่งคล้ายกับเครื่องเขียนกราฟ และยังสามารถใช้สำหรับสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์โดยตรงจากรหัสสัญญาณ (direct command mode, DCM) ซึ่งทำให้ระบบนี้มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน โดยสามารถที่จะดัดแปลงระบบ ไปใช้ในงานด้านอื่นได้โดยง่าย และเพิ่มข้อมูลที่บันทึกผลการวัดยังสามารถนำไปใช้กับโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปได้ทันที

สำหรับผลจากการศึกษาลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของรอยต่อวิวิธพันธุ์ทั้ง 2 ชนิดที่เตรียมขึ้นนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของรอยต่อวิวิธพันธุ์ชนิดที่เตรียมขึ้นบนชั้นผลึกเดี่ยวของสารกึ่งตัวนำ CuInSe_2

พบว่า ลักษณะเฉพาะกระแส - ความต่างศักย์ของรอยต่อ แสดงให้เห็นถึงการมีสมบัติการเรียงกระแสของไดโอดอย่างเห็นได้ชัด จากการกราฟลักษณะเฉพาะกระแส - ความต่างศักย์ และสมการ (3.13) , (3.15) และ (6.1) สามารถคำนวณค่าตัวแปรอุดมคติได้เท่ากับ 2.0 และค่ากระแสอิ่มตัวเท่ากับ $3.28 \times 10^{-7} \text{ A}$ โดยมีความต้านทานเท่ากับ 50Ω ส่วนผลการตอบสนองต่อสภาวะฉายแสงในเชิงของการเป็นเซลล์แสงอาทิตย์มีลักษณะไม่ค่อยดีนัก โดยให้ค่ากระแสเปิดวงจรและความต่างศักย์เปิดวงจรน้อยมาก ซึ่งเป็นผลจากการที่มีพื้นที่ในการรับแสงน้อยและการที่ฟิล์มบางชั้น CdS มีสภาพต้านทานพื้นผิวที่สูง ทำให้อิเล็กตรอนไหลได้ไม่ดีนัก

ส่วนผลจากการศึกษาลักษณะเฉพาะความจุไฟฟ้า - ความต่างศักย์ พบว่า ค่าความจุไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงกับเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปรากฏของสิ่งเจือระดับลึกในโครงสร้างของรอยต่อ¹¹ ดังรายละเอียดซึ่งแสดงไว้ในบทที่ 3 และสามารถคำนวณค่าของความต่างศักย์การแพร่และความเข้มข้นพาหะตามสมการที่ (6.3) และ (6.4) มีค่า 0.6 V และ $6.36 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัดสภาพเคลื่อนที่ได้ของฮอลล์ตามที่ได้รายงานไว้¹⁰ และจากผลการศึกษาเฉพาะกระแส - ความต่างศักย์ของรอยต่ออวิวิธพันธุ์ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า ค่าของตัวแปรอุดมคติของรอยต่อ ที่อุณหภูมิต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะมีค่าประมาณ 2 และค่าของตัวแปรความต่างศักย์มีการแปรผันไปกับอุณหภูมิ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการแปรตามอุณหภูมิของความสัมพันธ์กระแส - ความต่างศักย์ โดยสามารถวิเคราะห์จากแบบจำลองกลไกการขนส่งในเบื้องต้นดังในบทที่ 2 ได้ว่า กลไกการขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อเป็นได้ทั้งแบบรวมตัว และแบบทะลุผ่าน ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองการทะลุผ่าน - รวมตัว^{1,5,7,18,20}

2. ลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของรอยต่ออวิวิธพันธุ์ชนิดฟิล์มบาง

พบว่า จากลักษณะเฉพาะกระแส - ความต่างศักย์ของรอยต่อชนิดฟิล์มบางนี้ ยังคงมีสมบัติการเรียงกระแสของไดโอด เช่นเดียวกับกับรอยต่อที่เตรียมบนชั้นผลึกเดี่ยว ค่าของตัวแปรอุดมคติของรอยต่อชนิดฟิล์มบางนี้ มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 1.76 - 2.03 ซึ่งใกล้เคียงกันกับรอยต่อชนิดที่เตรียมบนชั้นผลึกเดี่ยว แต่ค่ากระแสอิ่มตัวของรอยต่อชนิดฟิล์มบางจะมีค่ามากกว่าของรอยต่อที่เตรียมบนชั้นผลึกเดี่ยว โดยจะมีค่าประมาณ $8.89 \times 10^{-7} - 1.74 \times 10^{-5} \text{ A}$

ในส่วนการตอบสนองต่อการฉายแสงในเชิงของการเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ของรอยต่อชนิดฟิล์มบางนี้ มีลักษณะที่ชัดเจนกว่ารอยต่อที่เตรียมบนชั้นผลึกเดี่ยว โดยสามารถคำนวณค่าฟิลด์แฟคเตอร์และค่าประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานตามสมการ (4.33) และ (4.34) ได้ประมาณ 0.40 และ 1.24 % ตามลำดับ ที่ค่ากระแสเปิดวงจรเท่ากับ 0.55 mA และค่าความต่างศักย์เปิดวงจร 215 mV ซึ่งยังนับว่าต่ำ สำหรับการนำไปใช้งาน ทั้งนี้คาดว่า เป็นผลเนื่องมาจาก ค่าสภาพต้านทานพื้นผิวของฟิล์มบาง CdS มีค่าสูง กระแสแสงที่ได้นั้นมาจากเพียงบริเวณขอบของขั้วไฟฟ้าด้านบนเท่านั้น ค่าของความต่างศักย์การแพร่ ซึ่งแสดงถึงลักษณะรั่ว ศักย์กันขวางของรอยต่อ สามารถหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ ความจุไฟฟ้า - ความต่างศักย์ ดังรายละเอียดในบทที่ 3 มีค่าประมาณ 0.4 - 0.5 V ในส่วนค่าความเข้มข้นพาหะ พบว่าค่าที่ได้

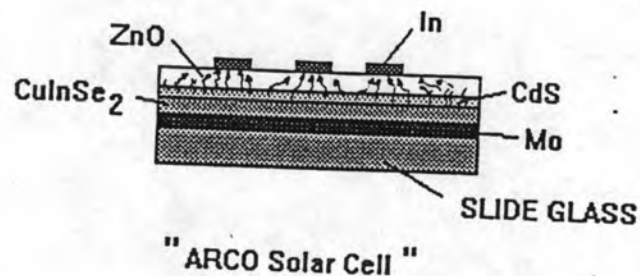
ใกล้เคียงกับค่าจากการวัดสภาพเคลื่อนที่ได้ของฮอลล์²¹ และมีการปรากฏของการมีสิ่งเจือระดับเล็ก เช่นเดียวกันกับที่ปรากฏในรอยต่อที่เตรียมบนชั้นผลึกเดี่ยว

จากผลการศึกษาเฉพาะกระแส - ความต่างศักย์ของรอยต่อที่อุณหภูมิต่างๆ สามารถวิเคราะห์กลไกการขนส่งระหว่างรอยต่อดังรายละเอียดในบทที่ 2 ได้ว่ากลไกการขนส่งในรอยต่อสามารถมีได้ทั้งแบบการรวมตัว ณ บริเวณผิวสัมผัสรอยต่อ และ แบบทะลุผ่าน ตามแบบจำลองการทะลุผ่าน - รวมตัว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้า^{1,5,18,20,24}

ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของระบบวัดนั้น ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานส่วนของแหล่งจ่ายไฟ โดยอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในระบบ สามารถจ่ายกระแสสูงสุดเพียง 2.5 mA ซึ่งจะเป็นการจำกัดช่วงความต่างศักย์ตกคร่อมรอยต่อที่นำมาวัด ในกรณีที่รอยต่อนั้นมีความต้านทานต่ำๆ โดยเป็นส่วนที่ต้องทำการปรับปรุงต่อไป

สำหรับการที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานในเชิงของการเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ คือการเพิ่มชั้นฟิล์มบางของสาร ZnO (Al) ลงไปเป็นชั้นหน้าต่างและต้องมีการออกแบบลายกริดขั้วไฟฟ้าให้มีขนาดเล็กและครอบคลุมพื้นที่รับแสงได้ดี ซึ่งอยู่ในระหว่างการศึกษา ดำเนินงาน โดยรอยต่อที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบ ARCO¹ ดังแสดงในรูปที่ 7.1 อิเล็กตรอนที่เกิดจากการตกกระทบของแสง สามารถที่จะไหลขึ้นมายังชั้นของ ZnO (Al) ไปยังขั้วของอินเดียมได้มากกว่าการไหลตามชั้นผิวของ CdS ซึ่งคาดว่าจะทำให้สมบัติการแปลงพลังงานในเชิงของการเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ดีขึ้น



รูปที่ 7.1 แสดงโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์แบบ ARCO¹