

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะสรุปผลการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่การเตรียมฟิล์มบาง CuO เคลือบบนกระจกสไลด์โดยวิธีรีแอคทีฟดีซีแมกนีตรอนสเปตเตอร์ และ การเตรียมฟิล์มบาง CdS เคลือบบนกระจกสไลด์โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ จากนั้นจึงทำการวัดสมบัติทางฟิสิกส์ต่างๆของฟิล์มบาง CuO และ CdS ในขั้นสุดท้ายได้ทำการประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอคทีฟดีซีแมกนีตรอนสเปตเตอร์ และ ทำการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้า-แสงของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เตรียมได้ จากนั้นจึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลองของการศึกษาสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอคทีฟดีซีแมกนีตรอนสเปตเตอร์

5.1.1 ฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS และ CuO ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์

ทำการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO เคลือบอยู่บนกระจกสไลด์โดยวิธีรีแอคทีฟดีซีแมกนีตรอนสเปตเตอร์ โดยกำหนดให้อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนและก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 22 และ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาทีตามลำดับ ป้อนแรงดันไฟฟ้าอย่างช้าๆ ให้กับขั้วคาโทด จนกระทั่งถึง 410 โวลต์ เป็นเวลา 20 นาที พบว่าลักษณะฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO ที่อยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ ผิวหน้าของฟิล์มบางมีลักษณะความมันเงาสีน้ำตาลเข้มโปร่งแสงยึดติดกับกระจกสไลด์ได้ดี ส่วนฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS นั้นเตรียมขึ้นโดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ มีลักษณะเป็นสีเหลืองส้มเป็นมันวาวโปร่งแสง ยึดติดกับกระจกสไลด์ได้

การศึกษาโครงสร้างผลึกเชิงจุลภาคของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS ที่เคลือบลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ด้วยสเปกตรัมการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์พบว่าระนาบเลี้ยวเบนเด่นชัดที่สุดที่มุม 26.55 องศา เมื่อนำระนาบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางมาเทียบกับไฟล์มาตรฐาน JCPDS No 15-770 พบว่าเป็นระนาบ (002) ของโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนัล สำหรับฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO ไม่ปรากฏพีคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของระนาบผลึกของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO แสดงว่าฟิล์มบางที่เตรียมได้เป็นอะมอร์ฟัส และมีเกรนเล็กมาก

สำหรับการประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO จะเริ่มจากการเตรียมฟิล์มบาง CdS ให้เคลือบแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความ

ร้อนในระบบสุญญากาศ จากนั้นจึงเคลือบฟิล์มบาง CuO ลงบน CdS โดยวิธีแอ็คทีฟดิซีแมกนีตรอน สปีดเตอริงด้วยเงื่อนไขเหมือนกับการเตรียมฟิล์มบาง CuO เคลือบบนกระจกสไลด์

5.1.2 ผลการศึกษาสมบัติไฟฟ้าของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO

ผลของความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าช่วง -0.5 ถึง 1 โวลต์ ของรอยต่อวิวิพันธุ์ของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่อุณหภูมิห้องมีสมบัติการเรียงกระแสไฟฟ้า และค่าแรงดันขั้วเริ่มอยู่ที่ 0.5 โวลต์ ค่ากระแสไฟฟ้าอิ่มตัวย้อนกลับ 7.41×10^{-6} แอมแปร์ ส่วนค่าแฟกเตอร์อุดมคติ ที่หาได้จากกลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชันและวิธีของชวงมีค่าใกล้เคียงกันคือ 5.19 และ 5.79 ตามลำดับ ส่วนค่าความสูงของกำแพงศักย์และค่าความต้านทานไฟฟ้าอนุกรมที่หาได้จากกลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชันกับวิธีของชวงมีค่าใกล้เคียงกันคือ 0.534 และ 0.709 อิเล็กตรอนโวลต์ 0.31 และ 0.18 โอมห์ ตามลำดับ

ผลของความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0 ถึง 1.0 โวลต์ ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่อุณหภูมิห้องในช่วงอุณหภูมิ 10 ถึง 300 เคลวิน พบว่ากระแสไฟฟ้าอิ่มตัวย้อนกลับมีค่าแปรตรงตามอุณหภูมิ ส่วนค่าแฟกเตอร์อุดมคติที่คำนวณได้จากกลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชันและวิธีของชวง มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จากการหาค่าลักษณะเฉพาะของพลังงานการขุดคูโม่งค์ทะลุผ่านกำแพงศักย์ (E_0) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.084 อิเล็กตรอนโวลต์ ค่าความสูงกำแพงศักย์ที่ได้จากกลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชันและวิธีของชวง มีค่าแปรตรงตามอุณหภูมิ และค่าความสูงกำแพงศักย์ที่ได้จากวิธีของชวงใกล้เคียงกับกลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชัน ค่าความต้านทานไฟฟ้าอนุกรมที่ได้จากวิธีของชวงมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และวิธีของชวงที่มีความสัมพันธ์ $dV/d(\ln I) - I$ สามารถอธิบายความต้านทานไฟฟ้าอนุกรมได้ดีที่สุด

จากการทดสอบปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิกของรอยต่อวิวิพันธุ์ของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่อุณหภูมิห้องและความเข้มแสงอาทิตย์เท่ากับ 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร พบว่าแรงดันเปิดวงจรเท่ากับ 0.32 โวลต์ กระแสลัดวงจรเท่ากับ 2.3×10^{-5} แอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ฟิลแฟกเตอร์เท่ากับ 0.36 ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 4.22 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น พบว่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 ค่าดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี

5.1.3 ผลการศึกษาค่าความจุไฟฟ้า-ความถี่เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิสูงในช่วงอุณหภูมิ 25-60 องศาเซลเซียส โดยใช้ความถี่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 2 เมกะเฮิร์ตซ์ ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO

ผลการศึกษาค่าความจุไฟฟ้า-ความถี่เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ 25 - 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ความถี่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 2 เมกะเฮิร์ตซ์ ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเราจะได้ค่าความถี่เฉพาะ ω_0 ที่สอดคล้องกับจุดเปลี่ยนโค้งของกราฟ

ความสัมพันธ์ระหว่างความจุไฟฟ้ากับความถี่ และ ω_0 มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และยังสามารถคำนวณค่าพลังงานกระตุ้นได้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 82 มิลลิอิเล็กตรอนโวลต์ และเรายังได้ทำการวัดค่าความจุไฟฟ้า-ความถี่ ที่อุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นของกับดักพาหะมีค่าเท่ากับ 4.05×10^{13} ต่อตารางเซนติเมตรที่อุณหภูมิห้อง สามารถคำนวณได้จากการวัดค่าความจุไฟฟ้า-ความถี่ ซึ่งความหนาแน่นของกับดักพาหะนี้ มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

ได้เรียนรู้ถึงวิธีการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศและวิธีการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO โดยวิธีอิเล็กทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง ได้ศึกษาลักษณะของเกรนที่ได้จากภาพถ่ายกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดและได้ศึกษาสมบัติเชิงแสงโดยการวัดสเปกตรัมการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางเพื่อคำนวณหาขนาดของช่องว่างแถบพลังงาน การประดิษฐ์รอยต่อวิวิพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีอิเล็กทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง

ได้เรียนรู้วิธีการวัดคุณสมบัติต่างๆของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO โดยได้ทำการวัดกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้า การวัดค่าอิมพีแดนซ์เชิงซ้อนและการวัดความจุไฟฟ้า-ความถี่ เพื่อใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่าความสูงกำแพงศักย์ ค่าแฟกเตอร์อุดมคติ ค่าความหนาแน่นของกับดักพาหะ ค่าพลังงานกระตุ้น เป็นต้น ได้เซลล์แสงอาทิตย์ต้นแบบที่ให้ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 4.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสิ่งนี้จะช่วยให้เราสามารถพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไปได้อีกในอนาคต

5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

การเตรียมแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ระวังอย่าให้ผิวหน้าเป็นรอยเพราะจะทำให้ฟิล์มบางที่เคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกไม่สม่ำเสมอ หรือเคลือบไม่ติดทั้งแผ่นทำความสะอาดเป่าสปัตเตอริงทุกครั้งก่อนใช้งานและทำการขัดผิวหน้าให้เรียบด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียดเพื่อป้องกันการอาร์ค

การเคลือบฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO โดยวิธีอิเล็กทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงควรสร้างสภาพโกลดิสซาร์จขึ้นก่อน แล้วจึงปล่อยก๊าซออกซิเจนให้ไหลเข้าห้องสุญญากาศจุดประสงค์เพื่อไม่ให้ก๊าซออกซิเจนทำปฏิกิริยากับเป่าทองแดงโดยตรงซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นชั้นออกไซด์เคลือบผิวหน้าเป่าทองแดงอันจะส่งผลให้การโกลดิสซาร์จดับได้

การเตรียมฟิล์มบาง CdS ด้วยการระเหยสารเคมีขึ้นไปเคลือบยังแผ่นฐานรองรับควรเพิ่มกระแสไฟฟ้าอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้สารเคมีกระเด็นตกจากภาชนะระเหยสาร และยังช่วยควบคุมไม่ให้อัตราการเคลือบฟิล์มบางสูงเกินไป

การวัดค่าต่างๆที่ความถี่ต่ำต้องมีระบบกันสัญญาณรบกวนที่ดีเพราะเวลาวัดค่าไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ต่ำจะมีสัญญาณรบกวนมากเกินไป

ควรจะมีการวัดความจุไฟฟ้า-ความถี่ และอิมพีแดนซ์สเปกโตรสโคปีที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง เพื่อที่จะนำไปคำนวณหาค่าพลังงานกระตุ้น ได้อย่างถูกต้อง