

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

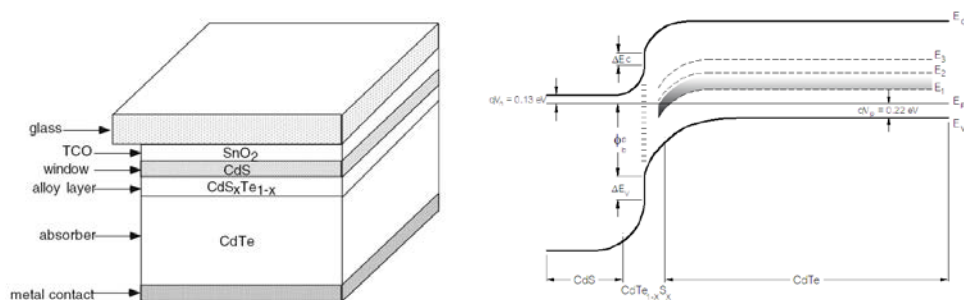
พลังงานจากแสงอาทิตย์ก็เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่ง เนื่องจากเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดไม่สร้างมลภาวะขณะใช้งานและยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยอาศัยปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก ซึ่งค้นพบครั้งแรกโดยเบกเคอเรล ในปี ค.ศ. 1839 [1] จากการศึกษาสมบัติของของแข็งที่อยู่ภายในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ขณะมีการฉายแสงอาทิตย์ลงบนตัวเซลล์จะปรากฏมีความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีต้นทุนต่ำ ใช้ได้ในระยะยาวนาน งานวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำ ในกลุ่ม II-VI และ I-III-VI₂ เช่น CdTe, CdS, CuInSe₂ และ CuInGaSe₂ ได้มีการวิจัยกันอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา ยุโรปและ ญี่ปุ่น เป็นต้น ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ที่โดดเด่นและน่าสนใจมากคือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดห้วต่อวิวิธพันธุ์ของสารกึ่งตัวนำ CdS/CdTe ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2515 โดยบอนเนต (Bonnet) และราเบนโฮร์สต์ (Rabenhurst) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าประมาณ 5-6% [2] จากนั้นได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันซึ่งประสิทธิภาพสูงถึง 16.5 % [3-7]

ในกระบวนการประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบาง CdS/CdTe อะตอม S จะแพร่เข้าสู่ชั้นสารกึ่งตัวนำ CdTe ที่บริเวณรอยต่อและอะตอม Te จะแพร่เข้าสู่ชั้นฟิล์มบาง CdS ด้วยเหมือนกันจนกระทั่งเกิดเป็นชั้นบางๆ ของอัลลอยด์ CdS_xTe_{1-x} ขึ้นที่บริเวณรอยต่อ [8-10] ดังปรากฏในรูปที่ 1 อัลลอยด์ CdS_xTe_{1-x} นี้จะเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอันหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ CdS/CdTe กล่าวคือ อะตอม Te จะแพร่เข้าสู่ฟิล์มบาง CdS ส่งผลให้ช่องว่างแถบพลังงานของฟิล์มบาง CdS ซึ่งทำหน้าที่เป็นชั้นหน้าต่างของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าลดลง ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะตอบสนองต่อแสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นสั้นได้ไม่ดี [10] อีกทั้งอะตอม S ที่แพร่เข้าสู่ชั้นฟิล์มบาง CdTe จะทำให้ค่าช่องว่างแถบพลังงานของฟิล์มบาง CdTe มีค่าลดลง การตอบสนองต่อแสงอาทิตย์ของเซลล์ในช่วงอินฟราเรดจะมีค่าเพิ่มขึ้น ความหนาของชั้นอัลลอยด์ CdS_xTe_{1-x} นี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการประดิษฐ์รอยต่อ เช่นอุณหภูมิและระยะเวลาของการเคลือบฟิล์มบาง CdTe ลงบน CdS รวมทั้งอุณหภูมิและช่วงเวลาในการอบด้วยไอของสาร CdCl₂ [11] เป็นต้น

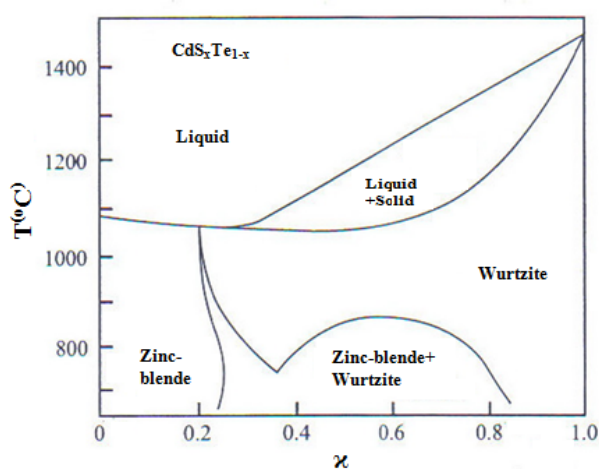
ฟิล์มบาง CdS_xTe_{1-x} สามารถเกิดเป็นสารละลายของแข็งตลอดช่วงของสัดส่วนโมล ($0 \leq x \leq 1$) เมื่อ $x < 0.2$ จะมีโครงสร้างผลึกแบบซิงเกิลคฤ แต่เมื่อ $x > 0.8$ จะมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบเวิร์ท

ไซท์ สำหรับ x ที่อยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.8 จะมีโครงสร้างผลึกทั้งแบบซิงเบলند์และแบบเวิร์ทไซท์ผสมกันอยู่ [12-14] แผนภูมิเฟสของสารประกอบ CdTe-CdS จะแสดงดังรูปที่ 2 และเกรนมีขนาดเล็กมากอยู่ในระดับไม่กี่สิบนาโนเมตร แต่ขนาดของเกรนสามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อมีการแอนนัลที่อุณหภูมิที่เหมาะสม ส่วนค่าช่องว่างแถบพลังงานจะสัมพันธ์กับสัดส่วนโมล (x) ในแบบสมการกำลังสอง (quadratic equation) [10,12] กล่าวคือช่องว่างแถบพลังงานจะมีค่าต่ำสุดที่ $x \approx 0.2$ แต่เมื่อ $x > 0.2$ แล้วช่องว่างแถบพลังงานจะมีค่าเพิ่มขึ้น [15] และอุณหภูมิแอนนัลจะมีผลอย่างมากต่อโครงสร้างผลึกและสมบัติทางฟิสิกส์ของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ สามารถเตรียมฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ได้หลายวิธีเช่น การอบสารละลายเคมี [16] การเตรียมด้วยเลเซอร์แบบพัลส์ [17,18] การเตรียมด้วยการระเหยสารด้วยความร้อน [9] และการเตรียมด้วยลำอิเล็กตรอน [19] เป็นต้น การเตรียมฟิล์มบางโดยวิธีการระเหยสารด้วยความร้อนภายในระบบสุญญากาศมีข้อดีคือ สามารถควบคุมอัตราการเคลือบฟิล์มบางได้ดี สามารถควบคุมปริมาณสารตั้งต้นให้สิ้นเปลืองน้อยที่สุดได้ง่าย สามารถควบคุมปริมาณสารเจือได้ง่าย และสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับอะตอมออกซิเจนได้ดี อีกทั้งระบบสุญญากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่แล้วในอุตสาหกรรมการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์

ในงานวิจัยนี้จะทำการประดิษฐ์ฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$) โดยวิธีระเหยสารด้วยความร้อนภายในระบบสุญญากาศ ที่ความดันต่ำระดับ 4×10^{-5} มิลลิบาร์ โดยใช้สารตั้งต้นที่เป็นผงผลึก CdS และ CdTe ที่มีความบริสุทธิ์สูง 99.99% โดยเลือกอุณหภูมิของฐานรองที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำฟิล์มบางที่เตรียมได้ไปแอนนัลในบรรยากาศก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ในช่วงอุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียส ตรวจสอบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ที่ผ่านการแอนนัลที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียสด้วยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ตรวจสอบผิวหน้าของฟิล์มบางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม และตรวจสอบองค์ประกอบของฟิล์มบางด้วยเทคนิค EDS ขึ้นต่อไปคือศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ที่ผ่านการแอนนัลที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียสโดยการวัดการส่งผ่านแสงเพื่อคำนวณค่าช่องว่างแถบพลังงาน และศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าโดยการวัดความต้านทานแผ่นขณะที่ไม่มีการฉายแสงและมีการฉายแสงจากหลอดฮาโลเจนที่มีสเปกตรัมคล้ายแสงอาทิตย์ เพื่อคำนวณค่าการตอบสนองต่อแสงอาทิตย์ (photosensitivity) รวมทั้งวัดความต้านทานแผ่นที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ



ภาพที่ 1.1 แสดงการเกิดชั้นอัลลอยด์ $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ตรงบริเวณรอยต่อผิวพื้นของฟิล์มบาง CdS/CdTe คัดแปลงมาจากเอกสารอ้างอิง [8]



ภาพที่ 1.2 แสดงแผนภูมิเฟสของสารประกอบ $\text{CdTe}-\text{CdS}$

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เตรียมฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$) โดยวิธีระเหยสารด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศเพื่อเคลือบบนกระจกโซดาไลม์ ให้มีความหนาประมาณ 500 นาโนเมตร จากสารตั้งต้นที่เป็นผงผลึก CdS และ CdTe ที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสม
- 1.2.2 นำฟิล์มบางที่เตรียมได้ไปแอนนัลในบรรยากาศก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที
- 1.2.3 ตรวจสอบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิแอนนัลที่มีต่อการเปลี่ยนเฟสของโครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$
- 1.2.4 ตรวจสอบผิวหน้าของฟิล์มบางโดยการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิแอนนัลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$

- 1.2.5 ศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ โดยการวัดการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อนำไปคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน จากนั้นจะหาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างผลึกกับขนาดของช่องว่างแถบพลังงาน
- 1.2.6 ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าโดยการวัดความต้านทานแผ่นขณะไม่มีการฉายแสงและภายใต้การฉายแสงจากหลอดฮาโลเจนรวมทั้งวัดความต้านทานแผ่นที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างผลึกกับความต้านทานแผ่น

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1.3.1 เตรียมฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$) โดยวิธีระเหยสารด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศเพื่อเคลือบบนกระจกโซดาไลม์ ให้มีความหนาประมาณ 500 นาโนเมตร จากสารตั้งต้นที่เป็นผงผลึก CdS และ CdTe ที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสม
- 1.3.2 นำฟิล์มบางที่เตรียมได้ไปแอนนัลในบรรยากาศก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที
- 1.3.3 ตรวจสอบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิแอนนัลที่มีต่อการเปลี่ยนเฟสของโครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$
- 1.3.4 ตรวจสอบผิวหน้าของฟิล์มบางโดยการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิแอนนัลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$
- 1.3.5 ศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ โดยการวัดการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อนำไปคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน จากนั้นจะหาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างผลึกกับขนาดของช่องว่างแถบพลังงาน
- 1.3.6 ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าโดยการวัดความต้านทานแผ่นขณะไม่มีการฉายแสงและภายใต้การฉายแสงจากหลอดฮาโลเจนรวมทั้งวัดความต้านทานแผ่นที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างผลึกกับความต้านทานแผ่น

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 พัฒนาระบบระเหยสารด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศความดันต่ำให้เหมาะสมที่จะเตรียมฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$)
- 1.4.2 เคลือบฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ที่มีสัดส่วนโมล $x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ และ 1.0 ให้มีความหนา 500 nm ลงบนกระจกโซดาไลม์ โดยวิธีระเหยด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศจากสารตั้งต้นที่เป็นผงผลึกของ CdS และ CdTe ที่มีความบริสุทธิ์สูง 99.99

% โดยควบคุมอุณหภูมิฐานรองให้เหมาะสม

- 1.4.3 นำฟิล์มบางที่เตรียมได้ไปแอนนัลในบรรยากาศก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 100, 200, 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที
- 1.4.4 ตรวจสอบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ที่ผ่านการแอนนัลที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียสด้วยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์
- 1.4.5 ตรวจสอบผิวหน้าของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ที่ผ่านการแอนนัลที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียสด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) รวมทั้งตรวจสอบองค์ประกอบของฟิล์มบางด้วยเทคนิค EDS
- 1.4.6 ศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ที่ผ่านการแอนนัลที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียส โดยการวัดการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในช่วงความยาวคลื่น 300- 1000 นาโนเมตร เพื่อนำไปคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน
- 1.4.7 ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบาง $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ที่ผ่านการแอนนัลที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียสโดยการวัดความต้านทานแผ่นขณะไม่มีการฉายแสงและภายใต้การฉายแสงจากหลอดไฟฮาโลเจนรวมทั้งวัดความต้านทานแผ่นที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิเพื่อคำนวณหาค่าพลังงานกระตุ้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ทำให้ทราบถึงวิธีการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$) โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ
- 1.5.2 ทำให้ทราบถึงหลักการปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$) โดยการแอนนัลที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที
- 1.5.3 ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของการแอนนัลที่มีต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $\text{CdS}_x\text{Te}_{1-x}$
- 1.5.4 ได้พัฒนาการวิจัยของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่ร่วมในโครงการ
- 1.5.5 ได้ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปเผยแพร่ในวารสารและนำเสนอในงานประชุมทางวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติได้