# บทที่ 6

# สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ สนใจเตรียมฟิล์มบาง ZnS โดยวิธีการเคลือบอาบสารเคมี (CBD) โดยศึกษาสมบัติพื้นฐานต่างๆ ของฟิล์มบาง ZnS ที่เตรียมได้รวมทั้งเงื่อนไข และปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมฟิล์ม

ก่อนกล่าวถึงสรุปของผลการทดลองจากเงื่อนไขการเตรียมฟิล์มตามตารางที่ 4.2 จะขอสรุปการแก้ปัญหาจนสามารถหาหลักการเบื้องต้นในการทดลองดังนี้

- ขนาดของแผ่นรองรับมีผลต่อความหนาและความสม่ำเสมอของฟิล์ม กล่าวคือในปริมาตรสารละลายผสมเท่ากัน ขนาดของแผ่นรองรับที่ใหญ่กว่าจะไม่มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น และยังมีความหนาของฟิล์มน้อยกว่าการเตรียมบนแผ่นรองรับที่มีขนาดเล็กกว่า

- การวางแผ่นรองรับในแนวตั้ง จะช่วยให้ฟิล์มที่เตรียมได้มีความสม่ำเสมอ และลดการเกาะของตะกอนขนาดใหญ่

- ควรปิดด้านบนของบีคเกอร์ที่ใส่สารละลายผสมเพื่อลดการเล็ดลอดของ $NH_3$ และ $(NH_2)_2$ ป้องกันฝุ่นผงจากภายนอก และทำให้การเกิดเป็นตะกอนในสารละลายผสมเกิดช้าลง

- การหมุนของ Stirrer ควรหมุนด้วยความเร็วคงที่และไม่เร็วจนเกินไป โดยในงานวิจัยนี้มีอัตราการหมุน 120 รอบต่อวินาที

- สารละลายผสมในงานวิจัยนี้มีค่า pH อยู่ในช่วง 10.5 – 11.5

- ใช้ $(NH_2)_2$ ในสารละลายผสมเพื่อลดอัตราการเกิด $Zn(OH)_2$ และเพิ่มอัตราการเคลือบฟิล์มบาง ZnS

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งผลการทดลองเป็นสี่ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาตัวแปรที่มีบทบาทต่อการเตรียมฟิล์ม ส่วนที่สองเป็นสมบัติทางแสงของฟิล์ม ส่วนที่สามเป็นสมบัติทางโครงสร้างของฟิล์ม และส่วนที่สี่เป็นสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์ม

## 6.1 ตัวแปรที่มีบทบาทต่อการเตรียมฟิล์มบาง ZnS

อุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มบาง ZnS มีผลต่อความหนาโดยแปรผันตรงกัน เวลาที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มบาง ZnS แปรผันตรงกับความหนา แต่ความหนาจะเริ่มคงที่เมื่อถึงเวลาที่ปฏิกิริยาเคมีเริ่มสมบูรณ์ การแอนนีลที่อุณหภูมิมากขึ้น ความหนาของฟิล์มจะยิ่งลดลง ส่วนความ

เข้มข้นของสารตั้งต้นจะมีผลต่อความหนาคือ ความเข้มข้นของ $ZnSO_4$ $NH_3$ และ $SC(NH_2)_2$ จะมีผลต่อความหนา แต่ $(NH_2)_2$ จะไม่มีผลต่อความหนา

### 6.2 สมบัติทางแสงของฟิล์มบาง ZnS

ฟิล์มที่เตรียม ณ อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลต่อการส่งผ่านแสงน้อยลง ช่องว่างแถบพลังงานแปรผกผันกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม ฟิล์มที่เตรียมที่เวลามากขึ้นจะมีค่าการส่งผ่านแสงน้อยลง แต่ยังมีค่าสูงมากกว่า 70% เวลาที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม ไม่มีผลต่อช่องว่างแถบพลังงาน ฟิล์มบาง ZnS ที่เตรียมได้ มีช่องว่างแถบพลังงานอยู่ในช่วง 3.86 - 3.98 eV ฟิล์มที่ผ่านการแอนนีล จะมีค่าการส่งผ่านแสงสูงมากกว่า 70% และช่องว่างแถบพลังงานของฟิล์มที่ผ่านการแอนนีลมีค่า 3.59 - 3.79 eV

### 6.3 สมบัติทางโครงสร้างของฟิล์มบาง ZnS

โครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง ZnS มีลักษณะเป็นแบบ Wurtzite-10H และเมื่อผ่านการแอนนีล โครงสร้างความเป็นผลึกของฟิล์มบาง ZnS จะมีความสมบูรณ์ขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลึกให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สำหรับสัดส่วนเปอร์เซ็นต์อะตอมของ Zn : S เท่ากับ 1 : 1.6

### 6.4 สมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบาง ZnS

ฟิล์มบาง ZnS ที่เตรียมได้มีค่าความต้านทานแผ่นอยู่ในช่วง $10^{11}$-$10^{12}$ $\Omega$ /□ และมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าประมาณ $10^{6}$ $\Omega$-cm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ข้อเสนอแนะ

- เนื่องจากฟิล์มบาง ZnS ที่เตรียมโดยวิธี CBD สามารถทำหน้าที่เป็นชั้นกันชน (Buffer Layer) ในเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดของฟิล์มบาง CIGS และ CIGSS แทนฟิล์มบาง CdS ซึ่งเป็นสารพิษ และส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม จากรายงานของนักวิจัยหลายกลุ่ม [1,32] ซึ่งได้ใช้ฟิล์มบาง ZnS แทน CdS พบว่าความหนาของชั้น ZnS ที่ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ แล้วให้ประสิทธิภาพดีขึ้นนั้น จะต้องมีความหนาน้อยกว่าชั้น CdS ดังนั้นถ้าต้องการใช้ฟิล์ม ZnS แทน CdS จึงจำเป็นต้องหาค่าความหนาของชั้น ZnS ที่เหมาะสมในการเป็นชั้นกันชนในเซลล์แสงอาทิตย์

- นอกจากการนำฟิล์มบาง ZnS ไปใช้เป็นชั้นกันชนแทน CdS ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS และ CIGSS แล้วยังสามารถนำฟิล์มบาง ZnS ที่เตรียมโดยวิธี CBD ไปใช้เป็นชั้นป้องกันการสะท้อนแสง (Antireflection) เพื่อลดการสูญเสียแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน [23] ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ค่าใช้จ่ายน้อย และยังเตรียมได้ในพื้นที่มาก โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการสะท้อนต่ำ (0.655%)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย