หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบัน การใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นเทคโนโลยีหนึ่งซึ่งเป็นความหวัง สำหรับการผลิตพลังงานทดแทนของประเทศในอนาคต ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือนิวเคลียร์(1) โดยจะให้พลังงานที่สะอาดและมีปริมาณมากมายไม่สิ้นสุด แต่ปัจจุบันนี้การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ภายในประเทศยังมีจำนวนน้อยและอยู่ในวงจำกัด เพราะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งผลิตจากซิลิคอนผลึกเดี่ยวยังมีราคาแพงมากอยู่ ดังนั้นถ้ามีการพัฒนาการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ราคาถูกขึ้นในประเทศไทยได้สำเร็จก็คงจะเป็นประโยชน์มิใช่น้อย

เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดราคาถูกที่กำลังได้รับความสนใจในวงการเป็นอย่างยิ่ง เพราะวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนมีคุณสมบัติที่ดีเด่นหลายประการ ที่ทำให้สามารถผลิตเป็นเซลล์ฯที่มีราคาที่ถูกกว่าเซลล์ชนิดผลึก อาทิเช่น(1)

1. อะมอร์ฟัสซิลิคอนมีค่าช่องว่างพลังงานอยู่ระหว่าง 1.5 - 2.0 eV ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับสเปกตรัมของแสงอาทิตย์

2. อะมอร์ฟัสซิลิคอน มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดกลืนแสงสูงกว่าผลึกซิลิคอนถึง 10 เท่า ในช่วงพลังงานแสง 2.5 eV ขึ้นไป จึงสามารถทำเซลล์ฯ ที่บางและประหยัดวัสดุลงได้มาก

3. อะมอร์ฟัสซิลิคอน มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง สามารถปลูกติดบนแผ่นฐานอะไรก็ได้ เช่น แก้ว โลหะ พลาสติก โพลิเมอร์ และสามารถทำเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ ได้ง่าย

4. ใช้กระบวนการของ Glow Discharge Plasma CVD ในการผลิตและใช้อุณหภูมิในการผลิตเพียง 200-250 °C ทำให้สามารถลดพลังงานในการผลิตลงได้มาก เมื่อเทียบกับการปลูกผลึกซิลิคอน ซึ่งต้องใช้ความร้อนสูงถึง 1400 °C

ในปัจจุบัน ราคาของโมดูลเซลล์ฯแบบอะมอร์ฟัสจะประมาณครึ่งหนึ่งของเซลล์ฯแบบผลึกเดี่ยวที่ให้กำลังไฟฟ้าเท่ากัน(1)

นอกจากนี้วัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนยังได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ อีกมาก โดยเฉพาะในทางออปโตอิเลกทรอนิกส์(2) เนื่องจากวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนมีผลตอบสนองต่อแสงในย่านที่ตามองเห็น (visible) ดีมาก จึงอาจนำมาประดิษฐ์เป็นเซนเซอร์ตรวจวัดสีของแสง (color sensor) ซึ่งสามารถบอกให้ผู้ใช้ทราบได้ว่า สีของแสงที่อินพุทเข้ามานั้นเป็นสีอะไร เช่น สีแดง เหลือง เขียว หรือน้ำเงิน และคาดว่าเซนเซอร์ที่ผลิตได้จะมีราคาถูกกว่าเซนเซอร์แบบเดิมที่ใช้ซิลิคอนแบบผลึก แต่ก็สามารถใช้งานได้ดี เป็นประโยชน์ต่องานที่ต้องมีการแยกสีของวัสดุ หรือภาพ เช่น ในงานอุตสาหกรรม การเกษตร การถ่ายภาพและวีดีโอ ฯลฯ

สำหรับประวัติศาสตร์ของการวิจัยและพัฒนาวัสดุอะมอร์ฟัส ในงานอิเล็กทรอนิกส์นั้น ได้เริ่มมาตั้งแต่ ค.ศ. 1948 เมื่อมีการค้นพบว่า อะมอร์ฟัสเซเลเนียม (a-Se) สามารถนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นเมื่อถูกฉายแสง จึงได้มีการนำ a-Se มาประดิษฐ์เป็นลูกกลิ้ง (drum) ไวแสงในเครื่องถ่ายเอกสารจนถึงทุกวันนี้(3) ต่อมาในปี ค.ศ. 1975 อาจถือได้ว่าเป็นยุคปฏิวัติของการพัฒนาวัสดุอะมอร์ฟัสชนิดที่เป็นสารกึ่งตัวนำ กล่าวคือศาสตราจารย์ Spear แห่งมหาวิทยาลัย Dundee ประเทศอังกฤษได้ประสพความสำเร็จในการเติมสารเจือปน (impurity doping) เข้าสู่วัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอน (a-Si:H) ทำให้มีคุณสมบัติเป็นชนิด p และ n (4) จากความสำเร็จในการโด๊ป a-Si:H ซึ่งสำคัญมากต่อการนำสารกึ่งตัวนำมาใช้งาน และเนื่องจากธาตุซิลิคอนมีอยู่มากมายและมีเทคโนโลยีที่รู้จักกันดี ทำให้การประยุกต์ใช้งานอะมอร์ฟัสซิลิคอนแพร่หลายไปมาก เช่น นำมาประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง เซนเซอร์ตรวจวัดสีของแสง (color sensor) ลูกกลิ้งไวแสงในเครื่องถ่ายเอกสาร ทรานซิสเตอร์แบบฟิล์มบาง สำหรับใช้ในจอโทรทัศน์สีแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal) หลอดถ่ายภาพในกล้องถ่ายวีดีโอ ไดโอดเปล่งแสงแบบฟิล์มบาง ฯลฯ สิ่งที่น่าชื่นชมยินดีเป็นอย่างยิ่งอีกประการหนึ่งคือ รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ปี คศ. 1977 ได้ถูกมอบให้แก่วงการวัสดุอะมอร์ฟัส ผู้ได้รับรางวัลคือ ศาสตราจารย์ Mott และ Anderson แห่งมหาวิทยาลัย Cavendish ประเทศอังกฤษ ในฐานะผู้ตั้งทฤษฎีอธิบายคุณสมบัติทางอิเลกทรอนิกส์ของวัสดุอะมอร์ฟัสได้อย่างถูกต้อง

สำหรับงานวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะทำการศึกษาวิธีการผลิตฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน และคุณสมบัติพื้นฐานของฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน เพื่อหาเงื่อนไขในการผลิตที่เหมาะสมต่อการนำไปทำเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางออปโตอิเล็กทรอนิกส์ อันได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน และ เซนเซอร์ตรวจวัดสีของแสง พร้อมทั้งทดลองผลิตและใช้งานสิ่งประดิษฐ์ทั้งสอง

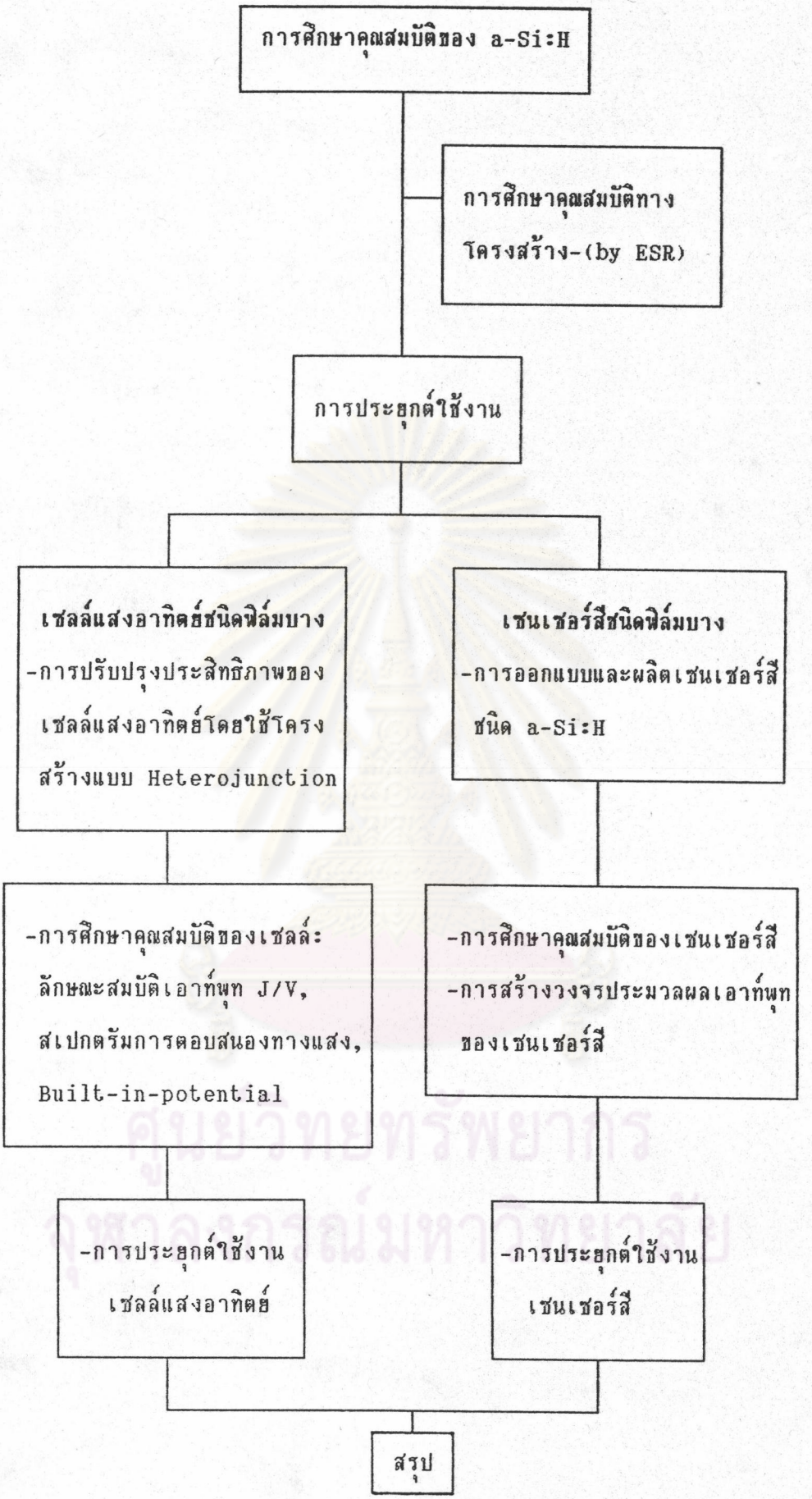
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาการผลิตฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน
2. ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน
3. ศึกษาการประยุกต์ใช้อะมอร์ฟัสซิลิคอน เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางออปโตอิเล็กทรอนิกส์ คือ
   - เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง
   - เซนเซอร์ตรวจวัดสีของแสง (color sensor) ชนิดฟิล์มบาง

ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีเนื้อหาตั้งแต่การศึกษาคุณสมบัติของ a-Si:H และนำฟิล์มที่ผลิตได้ไปประยุกต์ใช้งานเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ และเซนเซอร์ตรวจวัดสีของแสง (หรือเรียกว่าเซนเซอร์สี) ตลอดจนศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้งานให้เป็นประโยชน์เชิงวิศวกรรม ขั้นตอนและขอบเขตของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ แสดงได้ตามแผนภูมิในรูปที่ 1.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนและขอบเขตของงานวิจัย