# บทที่ 5

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ดีบุกออกไซด์ในกรรมวิธีของการประดิษฐ์เซลแสงอาทิตย์ แต่เนื่องจากในการประดิษฐ์จะต้องมีข้อมูลของคุณสมบัติทางกายภาพของสาร จึงจำเป็นต้องศึกษาและทดลองหาค่าเหล่านั้น และสิ่งที่เป็นตัวกำหนดค่าของปริมาณเหล่านั้น

ดีบุกออกไซด์ที่เตรียมขึ้นมาที่ 450°C จุดเริ่มต้นดูดกลืนที่พลังงานแสง 2.62 eV มีความกว้างของพลังงานต้องห้ามตรงเป็น 3.90 eV สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 250 nm. มีค่า $2.1 \times 10^5$ $cm.^{-1}$ การนำไฟฟ้าของฟิล์มบางที่เตรียมที่อุณหภูมิในช่วง 300-500°C มีค่าในช่วง 10-250 $(\Omega\text{-cm.})^{-1}$ การเป็นชั้นกั้นการสะท้อนของแสงบนแว่นผลึกซิลิกอนขัดมัน พบว่าการสะท้อนของแสงน้อยกว่าชั้นกั้นการสะท้อนของแสงที่ทำจากซิลิกอนไอออกไซด์ถึง 50 เปอร์เซนต์ ดีบุกออกไซด์ที่เตรียมที่อุณหภูมิ 400-500°C มีสภาพความเป็นผลึกพหุพันธ์ (polycrystalline) ที่อุณหภูมิ 300-350°C สภาพความเป็นผลึกพหุพันธ์จนถึงอสัญฐาน แต่จากการ annealing ที่อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ดีบุกออกไซด์จะมีสภาพเป็นผลึกพหุพันธ์ อัตราการเกิดของฟิล์มบางในช่วงอุณหภูมิ 300-500°C เป็น 1.15 - 800 nm/min โดยอัตราการไหลของไนโตรเจนและออกซิเจนเป็น 15-200 $cm^3/min$ และ 40-500 $cm^3/min$ ตามลำดับ

ส่วนเซลแสงอาทิตย์ที่ใช้ดีบุกออกไซด์เป็นองค์ประกอบ เช่น เซลฯ แบบหัวต่อพี-เอ็น ของซิลิกอนซึ่งมีชั้นเอ็นบนพี และมีดีบุกออกไซด์เป็นชั้นกั้นการสะท้อนของแสง มีแรงดันวงจรเปิด 0.54-0.58 โวลท์ กระแสลัดวงจร 28.2-35.0 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ฟิลล์แฟคเตอร์ 0.55-0.60 ประสิทธิภาพของเซลฯ 8.38-12.18 % พบว่าการใช้ $H_3PO_4$ เป็นตัวให้สารเจือฟอสฟอรัสจะให้ผลที่ดีกว่าตัวให้สารเจือฟอสฟอรัส $POCl_3$ เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากสามารถทำชั้นเอ็นบวกได้บางน้อยกว่า 700 Å ส่วนเซลฯ แบบ Schottky ของ $SnO_2$ กับ Si ชนิดเอ็นได้ค่าแรงดันวงจรเปิด 0.41-0.47 โวลท์ กระแสลัดวงจร 15.2-20.0 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ฟิลล์แฟคเตอร์ 0.43-0.46 ประสิทธิภาพของเซลฯ 2.87-4.23 % ส่วนเซลแบบ MIS มีแรงดันวงจรเปิด 0.20-0.30 โวลท์ กระแสลัดวงจร 3.5-10.2 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ฟิลล์แฟคเตอร์ 0.40-0.47 ประสิทธิภาพ 0.28-1.15 % การตอบสนองต่อแสงของ

เซลแสงอาทิตย์ที่มีดีบุกออกไซด์เป็นชั้นกันการสะท้อนของแสงจะมีสูงกว่าของเซลแสงอาทิตย์ที่มีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นชั้นกันการสะท้อนของแสงในช่วงความยาวคลื่นจาก 400 - 850 nm.

5.2 วิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ

ในการประดิษฐ์เซลแสงอาทิตย์จากแว่นผลึกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 cm. จะมีปัญหาในความไม่สม่ำเสมอของการฉาบดีบุกออกไซด์ เนื่องจากอุณหภูมิของแผ่นให้ความร้อนยังไม่สม่ำเสมอดีพอ

เซลฯ แบบ MIS ซึ่งมีปัญหาที่ประสิทธิภาพต่ำน่าจะปรับปรุงได้ โดยเปลี่ยนจากการกัดออกไซด์ด้วยน้ำยาเคมีมาเป็นการกัดด้วยพลาสมา (Plasma etching) ออกไซด์จะได้ออกจากผิวหมดจริงๆ ส่วนการทำออกไซด์ให้มีความหนา 1-1.5 nmน่าจะมีเครื่องมือเตรียมซึ่งสามารถควบคุมอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนได้ละเอียดถึง 0.01 $cm^3$/min. อุณหภูมิก็ควรให้ผิดพลาดไม่เกิน $1^oC$ ความบริสุทธิ์ของออกซิเจนก็น่าจะรู้ว่ามีอยู่สูงแค่ไหน ความชื้นในห้องปฏิบัติการเป็นเรื่องสำคัญมากเพราะจะเป็นตัวก่อให้เกิดออกไซด์บางๆ เมื่อวางแว่นผลึกซิลิกอนทิ้งไว้ในอากาศในขณะที่จะเอาเข้าครอบแก้วเพื่อทำออกไซด์

ส่วนแนวทางในการพัฒนาดีบุกออกไซด์ให้ใช้ประโยชน์มากขึ้นนั้น ห้องวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำกำลังดำเนินการศึกษา GaAs การทดลองใช้ดีบุกออกไซด์คู่กับ GaAs จึงเป็นข้อเสนอแนะอันหนึ่ง นอกจากนี้ดีบุกออกไซด์ยังน่าจะได้รับการพัฒนาในการฉาบผิวหน้ากระจกกันการสะท้อน ฉาบผิวของตัวรวมแสงอาทิตย์ (Solar-collector) กระจกของเครื่องบินยานอวกาศและยวดยาน[91),(92)] ใช้เป็นขั้วโปร่งใสของสิ่งประดิษฐ์อิเลคโตรนิคของแสง (opto-electronic devices)[93] ดีบุกออกไซด์ยังใช้เป็นตัววัดการรั่วไหลของก๊าซบางอย่าง (gas sensor) เช่น ก๊าซโพรเพน (propane) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไอน้ำ เป็นต้น[94)-(97)] ใช้เป็นขั้วโปร่งใสของเซลเชื้อเพลิง (fuel - cell)[98] เป็นต้น