

บทที่ 7

สรุป

จากงานวิจัยทั้งหมดที่ได้นำเสนอไว้ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ โดยมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ได้ถูกกำหนดไว้แต่แรก (ในบทที่1) คือ การลดความต้านทานเปียกหรือ โพลีรีซิสเตอร์ภายในอุปกรณ์ตรวจจับความดัน เพื่อมุ่งเน้นให้ลดค่าความต้านทานรอยสัมผัสระหว่างโลหะกับโพลีซิลิคอนและ ทำให้ได้ค่า ทีซีอาร์มีค่าเป็นบวก ซึ่งเป็นค่าในช่วงที่ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิในลักษณะเชิงเส้น ภายใต้เงื่อนไขในการแอนนัล 800 องศาเซลเซียส หลังการยิงฝังประจุ ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำสำหรับกระบวนการแอนนัล เพราะไม่ต้องการให้มีผลกระทบกับโครงสร้างของไดอะแฟรม ของอุปกรณ์ตรวจจับความดัน ซึ่งอุณหภูมิสูงกว่านี้จะมีผลกระทบต่อการแตกเสียหายของไดอะแฟรมได้ สำหรับผลการวิจัยได้สรุปวาระสำคัญได้ดังนี้

ได้ทำการทดลองเตรียมชิ้นงานสร้างฟิล์ม Poly-Si และ a-Si ด้วยเทคนิค LPCVD ได้เงื่อนไขการสร้างที่เหมาะสม คือ อัตราการจ่ายก๊าซ SiH_4 ที่ 150 sccm ความดันภายในท่อควอทซ์ที่ 450 mtor และหลังจากนั้นนำไปวัดคุณสมบัติฟิล์มพบว่า ฟิล์ม Poly-Si ได้ค่าดัชนีหักเห (n) เท่ากับ 3.9 และมีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (k) เท่ากับ 0.058 ซึ่งตรงคุณสมบัติมาตรฐานของ Poly-Si สำหรับฟิล์ม a-Si ได้ค่าดัชนีหักเห (n) เท่ากับ 4.5 และมีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (k) เท่ากับ 0.232 ซึ่งตรงกับคุณสมบัติมาตรฐานของ a-Si สำหรับรายละเอียดของคุณสมบัติมาตรฐานของฟิล์ม Poly-Si และ a-Si ให้พิจารณาในภาคผนวก ข

ทำการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์ม Poly-Si และ a-Si หลังกระบวนการยิงฝังประจุ พบว่าค่าความต้านทานเชิงแผ่นของ a-Si มีค่าต่ำกว่า Poly-Si หลังจากกระบวนการเจือสารที่ปริมาณสารเจือเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผิวหน้าแผ่นฟิล์มด้วยเครื่อง SEM พบว่าเมื่อนำผิวหน้าของชั้นฟิล์ม a-Si และ Poly-Si หลังการยิงฝังประจุ และ แอนนัล มาเปรียบเทียบกับกันจะพบว่าขนาดเกรนของชั้นฟิล์ม a-Si มีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าของชั้นฟิล์ม Poly-Si

ทำการศึกษาความต้านทานของโพลีรีซิสเตอร์ที่สร้างจาก ฟิล์ม Poly-Si และ a-Si ที่เงื่อนไขการสร้างเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเจือในกระบวนการยิงฝังประจุ พบว่าค่าความต้านทานของฟิล์ม โพลีรีซิสเตอร์ที่สร้างจากฟิล์ม Poly-Si และ a-Si มีค่าลดลงเมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารเจือในการยิงฝังประจุ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความต้านทานเชิงแผ่นฟิล์ม Poly-Si กับค่าความต้านทานเชิงแผ่นของฟิล์ม a-Si จะ

พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทานเชิงแผ่นของฟิล์มโพลีซิลิไซด์มีค่ามากกว่าฟิล์ม a-Si เท่ากับ 34.38 % ซึ่งเป็นค่าค่อนข้างมาก

ทำการศึกษาโครงสร้างและความต้านทานของโพลีซิลิไซด์ที่สร้างจาก ฟิล์ม Poly-Si และ a-Si ที่การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการแอนนัล พบว่ามีค่าความต้านทานเชิงแผ่น ของ ฟิล์ม Poly-Si และ ฟิล์ม a-Si เพิ่มขึ้น 9.05 % และ 8.20 % ตามลำดับ

ทำการศึกษาความต้านทานของโพลีซิลิไซด์ที่สร้างจาก ฟิล์ม Poly-Si และ a-Si โดยการเพิ่มชั้นซิลิคอนไดออกไซด์ พบว่ามีค่าความต้านทานเชิงแผ่น ของฟิล์ม Poly-Si และ ฟิล์ม a-Si เพิ่มขึ้น 6.17 % และ 5.86 % ตามลำดับ

ทำการศึกษาความต้านทานรอยสัมผัสระหว่างผิวโพลีซิลิไซด์ที่ได้รับการเชื่อมกับ โลหะ (Contact Resistance: R_c) พบว่าเมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารเจือ ลงบนฟิล์ม Poly-Si และ a-Si นอกจากมีผลให้ค่าความต้านทานเชิงแผ่นลดลง แล้วยังมีผลให้ค่า R_c มีผลลดลงเช่นกัน และเมื่อนำฟิล์มทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกับกัน พบว่าค่า R_c ที่สร้างมาจากฟิล์ม Poly-Si มีค่ามากกว่า ฟิล์ม a-Si ที่ทุกเงื่อนไข ปริมาณสารเจือในการยิงฟุ้งประจุ มีสาเหตุมาจากสภาพความต้านทานของฟิล์ม Poly-Si มากกว่า ฟิล์ม a-Si และ ขนาดเกรนของฟิล์ม Poly-Si มีขนาดเล็กกว่าฟิล์ม a-Si

ทำการศึกษาวัดค่า TCR พบว่าค่า TCR ของ ฟิล์ม Poly -Si มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารเจือ โดยมีค่าเป็นช่วงลบในช่วงปริมาณสารเจือ $1.0-1.5 \times 10^{16}$ ion/cm² และมีค่าเป็นช่วงบวก ที่ ปริมาณสารเจือมากกว่า 1.5×10^{16} ion/cm² ซึ่งค่า TCR มีค่าเป็นช่วงลบและค่า TCR ของ a-Si มีค่าเป็นช่วงบวกทุกสารเจือ และมีค่าค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า TCR ระหว่างเนื้อฟิล์มของ a-Si กับ Poly-Si จะพบว่า ค่า TCR ของ a-Si มีค่ามากกว่า Poly-Si ทุกสารเจือ

การทดสอบนำโพลีซิลิไซด์ไปใช้ในกระบวนการสร้างเซ็นเซอร์ตรวจจับความดัน เราได้เงื่อนไขในการสร้างโพลีซิลิไซด์ โดยเลือก ฟิล์ม a-Si ที่การยิงฟุ้งประจุชนิดพีทีปริมาณ 1.3×10^{16} ion/cm² และพลังงาน 50 keV และการแอนนัล ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนได้ความต้านทานเชิงแผ่น เท่ากับ 117 $\Omega/\square$ ไปสร้างในอุปกรณ์ตรวจจับความดัน หลังจากนั้นทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานเปียโซรีซีฟทีป กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนอุปกรณ์ตรวจจับความดัน พบว่าทำการเพิ่มอุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่า ความต้านทานเปียโซรีซีฟทีป จะมีค่าเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น หลังจากนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความต้านทานเปียโซรีซีฟทีป หรือโพลีซิลิไซด์ กับการเปลี่ยนแปลงความดัน พบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าความดันความต้านทานเปียโซรีซีฟทีปจะเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น และต่อเข้ากับวงจรวัดสัญญาณ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดัน-แรงดันไฟฟ้า พบว่า เมื่อเพิ่มความดัน ค่าแรงดันไฟฟ้าก็

มีการเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น และสามารถหาค่าความไวของอุปกรณ์ตรวจจับความดันได้ เท่ากับ $1.2 \mu\text{V/V/kPa}$

จากการทดลองทั้งหมดนี้ทำให้สามารถเลือกเทคนิคการสร้างโพลีซิลิไซด์อร์ ที่มีความต้านทานต่ำโดยสร้างจากฟิล์ม a-Si ด้วยเทคนิค LPCVD และใช้ปริมาณสารเจือ $1.3 \times 10^{16} \text{ ion/cm}^2$ และพลังงาน 50 keV และ การแอนนัล ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนอย่างเดียว ซึ่งได้ค่าความต้านทานต่ำ ในการนำไปสร้างอุปกรณ์ตรวจจับความดัน

สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไปคือการเพิ่มอุณหภูมิมากกว่า 800 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ความต้านทานต่ำลงเช่นกัน แต่จะต้องหาวิธีที่จะไม่ทำให้แผ่นไดอะแฟรมเกิดการเสียหาย