

การปรับปรุงกระบวนการผลิตไมโครชิพ Improvement of Microchip Production Process

กษิติศ อสัมภินพงศ์¹⁾, การุณย์ ธนรังสรรค์¹⁾, ขวัญพงศ์ เหมือนโพธิ์¹⁾,
อิทธิ ฤทธาภรณ์²⁾, ธวัชชัย ชรินพานิชกุล¹⁾ และ วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล^{*1)}

1) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย * Email : fchwt@eng.chula.ac.th

2) ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิตไมโครชิพของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) โดยได้ทำการศึกษาในส่วนของการผลิตฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ เพื่อหาปริมาณการใช้สารละลายบีโออี (สารที่ใช้ในการกัดฟิล์ม) ที่เหมาะสม เนื่องจากในปัจจุบันศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ยังมีการใช้สารละลายบีโออีที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น

การหาปริมาณการใช้สารละลายบีโออีที่เหมาะสมนั้นได้ทำการทดลอง คือ การวัดความหนาของชั้นฟิล์ม โดยใช้เครื่องวัดความหนาของฟิล์ม ทำให้สามารถคำนวณหาอัตราการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นของกรดกัดแก้วต่าง ๆ กันได้ พบว่าควรเปลี่ยนสารละลายบีโออีในถังเก็บขนาด 45 ลิตรภายหลังจากการใช้สารละลายบีโออีในการกัดแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ไปจำนวน 31,950 แผ่น (แผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ขนาด 6 นิ้วและความหนาของชั้นฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ 5600 อังสตรอม และมีฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์อยู่เต็มพื้นที่)

ในปัจจุบันทางศูนย์ TMEC มีการเปลี่ยนสารละลายบีโออีทุกๆ 7 วัน ซึ่งใช้กัดแผ่นเวเฟอร์ไปจำนวนน้อยมาก จึงน่าจะใช้วิธีการเพิ่มจำนวนวันทำการใช้งาน หากเพิ่มระยะเวลาการใช้งานจาก 7 วัน เป็น 8-14 วัน จะพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 100,000-400,000 บาทต่อปี

คำสำคัญ : ไมโครชิพ, ซิลิกอนเวเฟอร์, สารละลายบีโออี, อัตราการกัด

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้การผลิตไมโครชิพนั้นจัดเป็นอุตสาหกรรมใหม่ โดยการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์เป็นขั้นตอนหนึ่งในการผลิตไมโครชิพซึ่งมีความสำคัญ เนื่องจากฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์สามารถทำหน้าที่เป็นหน้ากากป้องกันสารเจือ (Dopant Barrier) ในส่วนของขั้นตอนการเจือสาร (Doping) และทำหน้าที่เป็นฉนวน (Dielectric) บนแผ่นวงจรรวม โดยขั้นตอนในการผลิตไมโครชิพ 3 ไมครอน นั้นจะมีขั้นตอนในการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ถึง 14 ขั้นตอน ดังนั้นกระบวนการ

กัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์จึงถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ

มากขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการผลิตไมโครชิพ

ศูนย์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีการใช้งานสารละลายที่ใช้ในการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ หรือสารละลายบีโออีปริมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็นอยู่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายจำนวนมากในแต่ละปี จึงได้ร่วมมือกับทางภาควิชาให้นิสิตเข้ามาทำการศึกษการใช้งานของสารละลายบีโออีเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมและลดค่าใช้จ่ายลง

เนื่องจากจากทางศูนย์นั้นไม่เคยมีการเก็บข้อมูลและใช้งานของสาร แต่ใช้โดยว่า หากสารเคมีที่ใช้ขึ้นมีอัตราการกัดที่ลดลงเหลือประมาณ 50% แล้ว ก็จะ

เปลี่ยนสารที่ใช้ทันที จึงให้นิสิตช่วยเข้าไปทำการศึกษาเกี่ยวกับว่า ควรจะใช้สารละลายใดกี่ครั้ง หรือเหลือปริมาณของกรดไฮโดรฟลูออริกเท่าใด จึงจะเปลี่ยนสารละลายที่ใช้

สารละลายบีโออี (BOE : Buffered Oxide Etch) เป็นสารละลายที่ใช้กัดฟิล์มของซิลิกอนไดออกไซด์บนแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ ซึ่งประกอบด้วยสารละลายกรดกัดแก้ว ความเข้มข้น 50% โดยน้ำหนัก และสารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ ความเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วน 1:10 โดยปริมาตร

2. วัตถุประสงค์

- เพื่อทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดกัดแก้ว (HF) ในสารละลายบีโออี ต่ออัตราการกัดฟิล์มของซิลิกอนไดออกไซด์
- เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตไมโครชิพในส่วนของกระบวนการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์แบบเปียก โดยนำผลการทดลองที่ได้มาทำการคำนวณหาปริมาณการใช้สารละลายบีโออีที่เหมาะสมในศูนย์ TMEC

3. ประโยชน์ที่ได้รับ

- ได้ศึกษากระบวนการผลิตไมโครชิพของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC)
- ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการกัดฟิล์มออกไซด์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์
- ได้ร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม ในการเรียนรู้การทำงานจริง
- ได้ใช้งานเครื่องมือกับหน่วยงานอื่นๆ ภายนอกมหาวิทยาลัย

4. ขอบเขตการวิจัย

- ศึกษาในส่วนการใช้งานของสารละลายที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของศูนย์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์
- ศึกษาในส่วนการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์เพียงชนิดเดียว เนื่องจากฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์เป็นฟิล์มที่ใช้งานมากที่สุด

- ศึกษาเกี่ยวกับอัตราการกัดของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ที่ผลิตจากศูนย์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น โดยศึกษาตั้งแต่ความหนา 2,100 – 5,700 อังสตรอม
- ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของแอมโมเนียมฟลูออไรด์ในการกัดซิลิกอนไดออกไซด์

4.1 ขอบเขตวิธีการทดลอง

- การทดลองไทเทรตเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและสามารถหาเครื่องมือได้ง่าย
- การทดลองใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารที่มีความละเอียด
- การทดลองหาอัตราการกัดเป็นวิธีที่สามารถหาอัตราการกัดที่เหมาะสมและปริมาณสารได้

5. การทดลอง

โดยได้ทำการออกแบบและทำการทดลองทั้ง 3 การทดลอง โดยมีรายละเอียดแต่ละการทดลองดังนี้

5.1 การทดลองที่ 1

5.1.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อคำนวณหาอัตราการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์โดยการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หาจำนวนโมลของกรดไฮโดรฟลูออริกที่ถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยา

5.1.2 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้

- สารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกที่ความเข้มข้น 50% โดยน้ำหนัก
- สารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- น้ำกลั่น
- อินดิเคเตอร์ โบรโมไทมอลบลู

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- แผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ขนาด 1 ซม.² ที่มีความหนาของชั้นซิลิกอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ 3,300 อังสตรอมขึ้นไป
- คีมในการคีบแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์
- ปีกเกอร์พลาสติก ขนาด 50 – 100 มล.
- กระบอกตวงขนาด 10, 25, 50 มล.

- ปีเปต
- บิวเรต
- ตูตูดอากาศ
- หลอดหยดแก้วและพลาสติก

5.1.3 วิธีการทดลอง

1) วัดความหนาของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ (วัดที่ศูนย์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้ความหนา 3,300 อังสตรอม)

2) ผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร ใส่สารละลายที่ได้ลงในบิวเรต

3) ผสมสารละลายบีโออีด้วยความเข้มข้นที่ 2.68 โมลต่อลิตร โดยผสมกันที่อัตราส่วนของกรดไฮโดรฟลูออริกต่อแอมโมเนียมฟลูออไรด์เป็น 1:10

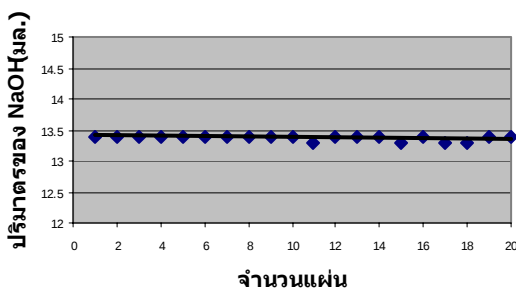
4) ทำการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ด้วยสารละลาย BOE ที่เตรียมไว้ ใช้เวลาในการกัด 10 นาที นำแผ่นขึ้นมา

5) เติมนินติเตเตอร์ลงในสารละลาย BOE ที่ได้หลังการกัดฟิล์ม แล้วไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

6) เพิ่มจำนวนแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์จาก 2 จนถึง 20 แผ่น โดยยังคงใช้ความเข้มข้นของสารละลายทั้งสองเท่าเดิม แล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่ 4-5 อีกครั้ง

7) เปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายบีโออีเป็น 1.340, 0.268, 0.0268 โมลต่อลิตร ทำการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 1, 0.5, 0.1 โมลต่อลิตรตามลำดับ จะลดความเข้มข้นของสารละลายลงโดยผสมน้ำกลั่น แล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่ 4-6 อีกครั้ง

5.1.4 ผลการทดลอง



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับจำนวนแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ที่ใช้ในการไทเทรต

ตัวอย่างผลการทดลอง เช่น ใช้สารละลายบีโออีที่มีความเข้มข้นของกรดไฮโดรฟลูออริก 2.68 โมลต่อลิตร ปริมาณ 10 มล. โดยเลือกความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 2 โมลต่อลิตร ทำการไทเทรตหาปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

5.1.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าแม้จะเพิ่มจำนวนแผ่นของซิลิกอนเวเฟอร์มากขึ้น (จำนวนโมลต่อแผ่น) แล้วก็ตาม ปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ยังคงมีแนวโน้มเท่าเดิม ปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้บ่งบอกถึงปริมาณของกรดไฮโดรฟลูออริกที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ แทนที่จะน้อยลงตามปริมาณของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น แต่กลับมีแนวโน้มคงเดิม เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าจำนวนโมลของฟิล์มกับจำนวนโมลของสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกแตกต่างกันมาก จึงทำให้ปริมาณของสารละลายดังกล่าวถูกใช้ไปในปฏิกิริยาน้อยมาก ส่งผลให้ไม่เห็นความแตกต่างของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปในการไทเทรต หากมีการเพิ่มจำนวนแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์

วิธีการไทเทรตขั้นนี้มีข้อจำกัดทางเครื่องมือ จึงยกเลิกการทดลองที่ 1 ไป

5.2 การทดลองที่ 2

5.2.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

หาอัตราการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ในการหาความเข้มข้นของกรดกัดแก้ว แล้วหาจำนวนโมลของกรดกัดแก้ว (HF) ที่ถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยา

5.2.2 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้

- สารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกที่มีความเข้มข้น 50% โดยน้ำหนัก
- สารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- น้ำกลั่น

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- แผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ขนาด 1 ซม.² ที่มีความหนาของชั้นซิลิกอนไดออกไซด์ โดยมีความหนาตั้งแต่ 3,300 อังสตรอมขึ้นไป

- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- เซลที่เป็นพลาสติก
- บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 50 – 100 มล.
- กระบวยตวงขนาด 10, 25, 50 มล.
- ตู้ดูดอากาศ
- หลอดหยดแก้วและพลาสติก

5.2.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 สร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve)

- เตรียมสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกที่ความเข้มข้น 5%, 10%, 25%, 50% โดยน้ำหนัก
- เตรียมสารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น 4% , 40% โดยน้ำหนัก
- เตรียมสารละลายบีโออีที่ผสมระหว่างกรดไฮโดรฟลูออริกกับแอมโมเนียมฟลูออไรด์ ที่อัตราส่วน 1:10
- ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมด

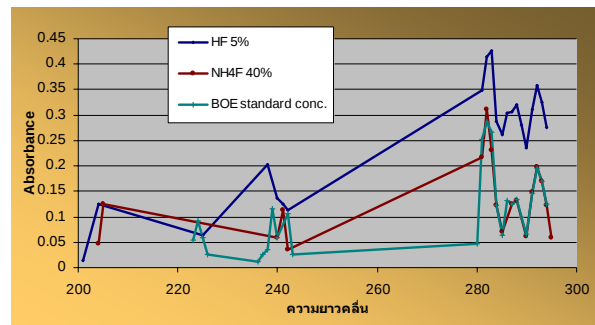
ตอนที่ 2 การกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์

- เตรียมสารละลายบีโออี ที่ความเข้มข้นของกรดกัดแก้ว (HF) ต่างๆ
- ตวงสารละลายด้วยปริมาตรที่แน่นอน นำไปกัดซิลิกอนไดออกไซด์ โดยการจับเวลาที่ 1, 2, 3, 5, 8 และ 10 นาที
- ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายภายหลังจากการกัด แล้วทำการเทียบกับกราฟมาตรฐาน

5.2.4 ผลการทดลอง

ตอนที่ 1

ผลการทดลองตอนที่ 1 นั้น ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ



รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆของสารละลายบีโออีเทียบกับสารละลายที่เป็นองค์ประกอบ

ตอนที่ 2

ไม่ได้ทำการทดลอง เนื่องจากเซลล์พลาสติกจะดูดกลืนแสงในช่วง UV ได้ดี ทำให้ค่าที่อ่านได้มีความคลาดเคลื่อน และข้อจำกัดเรื่องอุปกรณ์ที่ไม่สามารถใช้แก้วได้

5.2.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ในรูปที่ 2 จะเห็นว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายบีโออีไม่สอดคล้องกับ ค่าการดูดกลืนของสารองค์ประกอบคือกรดกัดแก้วและแอมโมเนียมฟลูออไรด์ โดยค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายบีโออี (ที่มีความเข้มข้นของกรดกัดแก้วประมาณ 5%) กลับมีค่าน้อยกว่าค่าการดูดกลืนแสงของกรดกัดแก้ว 5%

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ อาจมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากเซลล์ที่เป็นพลาสติกสามารถดูดกลืนแสงได้ดี ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไม่แปรผันตามความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการวัด

วิธีการที่ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์นี้ ไม่สามารถให้ผลการทดลองที่น่าเชื่อถือได้ จึงยกเลิกการทดลองที่ 2 ไป

5.3 การทดลองที่ 3

5.3.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

หาอัตราการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่องวัดความหนา (เครื่อง ORC) ของฟิล์มก่อนและหลังจากการกัดด้วยสารละลาย BOE

5.3.2 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง สารเคมีที่ใช้

- สารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกที่ความเข้มข้น 50% โดยน้ำหนัก
- สารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก
- แผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ที่มีความหนาของชั้นซิลิกอนไดออกไซด์ โดยมีความหนาตั้งแต่ 2,300-5,700 อังสตรอม
- น้ำกลั่น
- ซิลิกาเจล

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- เครื่องมือวัดความหนา (ORC)
- บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 50 – 100 มล.
- กระบวยตวงขนาด 10, 25, 50 มล.
- คีมในการคีบชิ้นงาน
- เครื่องกวนด้วยแม่เหล็ก
- ตู้ดูดอากาศ
- หลอดหยดพลาสติก

5.3.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1

ทำการวัดความหนาของแผ่นซิลิกอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง ORC เพื่อทำการวัดความหนาก่อนกัดที่ได้

ตอนที่ 2

การเตรียมสารละลาย BOE ที่ความเข้มข้นต่างๆ

1) ผสมสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกและสารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ ด้วยอัตราส่วน 1:10 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ทางศูนย์ฯ ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

2) เตรียมสารละลายที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไปจากอัตราส่วน 1:10

ตอนที่ 3

1) เตรียมทำการทดลองแบบที่ 1 โดยการเตรียมสารละลาย BOE 10 มล. ในการทำการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์

2) ในการทำการทดลองนั้นจะมีการทำที่เวลาแตกต่างกันตั้งแต่ 1, 2, 3, 5, 8, 10 นาที เนื่องจาก

ต้องการหาเวลาที่เหมาะสมในการกัดนั้นควรจะเป็นเท่าไร

3) ทำการทดลองเหมือนข้อที่ 2 แต่ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย BOE ที่ใช้ในการกัดซิลิกอนไดออกไซด์ เพื่อหาอัตราการกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เพื่อใช้ในการเลือกค่าว่าความเข้มข้นประมาณไหนที่ไม่จำเป็นต้องการกัดแล้วเปลี่ยนสารใหม่ เนื่องจากที่ศูนย์ฯ ไมโครอิเล็กทรอนิกส์จะเปลี่ยนสารเมื่ออัตราการกัดลดลงเหลือ 50% ของอัตราการกัดเริ่มต้น โดยการเติมน้ำเพื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นที่ 1.34, 1.07, 0.67, 0.536, 0.27 และ 1.07 โมลต่อลิตร

4) ทำการวัดความหนาของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง โออาซี (ที่ศูนย์เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ม.ลาดกระบัง) เพื่อทำการวัดความหนาหลังกัดที่ได้

5) ทำการทำการทดลองแบบที่ 2 โดยการคงความเข้มข้นของแอมโมเนียมฟลูออไรด์ แต่เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกรดไฮโดรฟลูออริกโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไป จากเดิมเพื่อเป็นการหาว่าความเข้มข้นของกรดไฮโดรฟลูออริก มีผลอย่างไรบ้างต่อการกัดซิลิกอนไดออกไซด์โดยเริ่มต้นที่ความเข้มข้น 2.68 โมลต่อลิตร

5.1) โดยการทดลองแบบที่ 2 นั้นจะเป็นแปลงโดยการใช้สารละลาย 60 มล. เนื่องจากการคำนวณนั้นจะพบว่า ปริมาณของสารนั้นมากกว่าปริมาณของซิลิกอนไดออกไซด์มาก ดังนั้นจึงเลือกว่า สารละลายมีมากกว่ามากจนไม่มีผลกระทบต่ออัตราการกัด

5.2) ทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดไฮโดรฟลูออริกที่ใช้ในการกัดซิลิกอนไดออกไซด์ ณ ความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นที่ 1.34, 1.07, 0.67, 0.536, 0.27 และ 1.07 โมลต่อลิตร

5.3) ทำการวัดความหนาของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง โออาซี เพื่อทำการวัดความหนาหลังกัดที่ได้

ตอนที่ 4 (หลังจากการทำการทดลองครั้งแรก)

1) หลังจากได้ผลการทดลองแรก แล้วจะทราบความเข้มข้นที่เหมาะสม เกี่ยวกับความเข้มข้นที่ให้อัตราการกัดในช่วงที่มากกว่า 50 % ของอัตราการกัดเริ่มต้น (ที่

ความเข้มข้น 2.68 โมลต่อลิตร) เพื่อกำหนดความเข้มข้นที่ใช้ในการทำทดลองในช่วงตั้งแต่ 2.68, 2.44, 2.225, 1.8 และ 1.34 โมลต่อลิตร

2) ทำการทดลองทั้ง 2 วิธีทั้งแบบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นโดยการเติมน้ำและการคงความเข้มข้นของแอมโมเนียมฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

3) แล้วทำการวัดความหนาของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง โออาซี (ที่ศูนย์เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์) เพื่อทำการวัดความหนาหลังกัดที่ได้

ตอนที่ 5

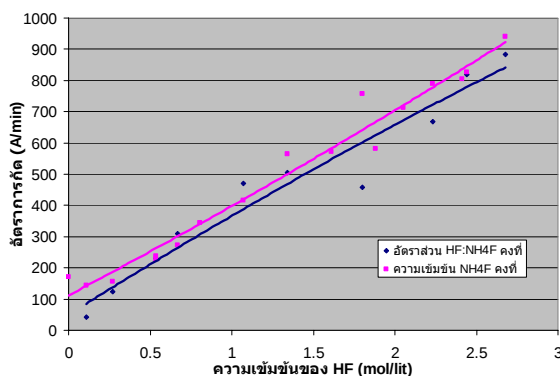
1) ทำการทดลองเกี่ยวกับแอมโมเนียมฟลูออไรด์มีผลอย่างไรต่ออัตราการกัดและความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไฮโดรฟลูออริกที่ใช้ในการกัด

2) เลือกทำการทดลองวิธีที่มีการคงปริมาณของแอมโมเนียมฟลูออไรด์ไว้ เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของกรดไฮโดรฟลูออริกนั้นมีผลเพียงตัวเดียว

3) ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดไฮโดรฟลูออริก ตามความเข้มข้น 2.68, 2.41, 2.14, 1.88, 1.61, 1.34, 1.07, 0.804, 0.536 และ 0 โมลต่อลิตร

4) ทำการวัดความหนาของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง โออาซี เพื่อทำการวัดความหนาหลังกัดที่ได้

5.3.4 ผลการทดลอง



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย HF กับอัตราการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์

จากรูปที่ 3 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริก 2.68 โมลต่อลิตร มีอัตราการกัดฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์

เท่ากับ 900 อังสตรอมต่อนาที่ เนื่องจากทางศูนย์ฯ กำหนดให้เปลี่ยนสารละลายดังกล่าวเมื่อมีอัตราการกัดลดลงเหลือ 50% ของอัตราการกัดเริ่มต้น ณ ที่อัตราการกัดนั้น ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกจะลดลงเหลือ 1.34 โมลต่อลิตร

ปัจจุบันทางศูนย์ฯ จะทำการเปลี่ยนสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกทุก 7 วัน จึงได้มีการศึกษาหาปริมาณค่าใช้จ่ายที่ลดลง หากเพิ่มจำนวนวันที่ใช้สารละลายจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายของสารละลายปีโออีได้

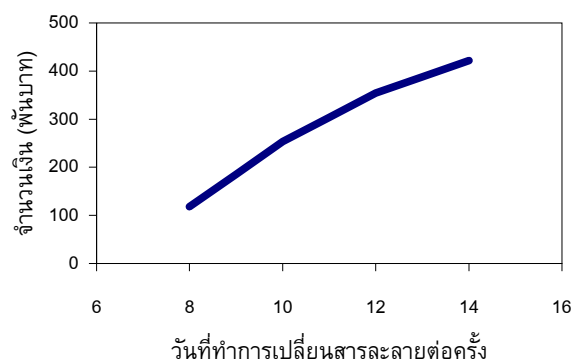
5.3.5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

สรุปผลเกี่ยวกับปริมาณการใช้สารละลายกรด

ไฮโดรฟลูออริกที่เหมาะสม

จากการคำนวณจะพบว่าสาร 45 ลิตรจะสามารถล้างแผ่นงานซิลิกอนไดออกไซด์ ที่เติมแผ่นได้เท่ากับ 31,950 แผ่น (ความหนาของฟิล์มออกไซด์ที่ 5,600 อังสตรอมขนาดแผ่น 6 นิ้ว) แต่หากคิดเป็นปริมาตรที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาแทนน่าจะเหมาะสมมากกว่า ในการใช้สาร 45 ลิตรคือต่อหนึ่งสัปดาห์ที่ใช้จะต้องใช้ซิลิกอนไดออกไซด์คือ 265 ลูกบาศก์เซนติเมตร

6. สรุปผลเกี่ยวกับการลดค่าใช้จ่ายที่ TMEC



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่ลดได้หากมีการขยายช่วงเวลาในการใช้งานสารละลายปีโออี

ทางศูนย์ฯ กำหนดให้เปลี่ยนสารละลาย BOE ทุกๆ 7 วัน หากเพิ่มระยะเวลาการเปลี่ยนสารละลายดังกล่าวเป็นเปลี่ยนทุกๆ 8-14 วัน จะสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง

กับสารเคมีนี้ลงได้ประมาณ 100,000-400,000 บาทต่อปี

7. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546

นอกจากนี้ ยังได้รับความเอื้อเฟื้อด้านสถานที่และอุปกรณ์การวิจัยจาก ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนุภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

8. เอกสารอ้างอิง

Hong H. Lee, *Fundamental of Microelectronics processing*, McGraw Hill, 1990

Michael Quirk and Julian Serda, *Semiconductor Manufacturing Technology*, Prentice Hall, 2001

Peter Van Zant, *Microchip Fabrication*, McGraw Hill, 2000

Stanley Middleman, *Process engineering analysis in semiconductor device Fabrication*, McGraw Hill, 1993