

เทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึกกับการประยุกต์ใช้งาน สำหรับวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์

Selective Area Growth Technique and Its Application for Optoelectronic Integrated Circuit

วีรชัย อัสวเมธาพันธ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึก หรือ Selective Area Growth (SAG) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจในการประยุกต์ใช้ ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเทคนิคนี้มีการใช้แผ่นมาสก์ (mask) ที่มีรูปแบบที่เหมาะสมในกระบวนการปลูกผลึก ในระบบ Metalorganic Vapour Phase Epitaxy (MOVPE) ทำให้สามารถผลิตอุปกรณ์แต่ละส่วนที่มีคุณสมบัติทางแสงที่แตกต่างกัน ในวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ได้ด้วย กระบวนการปลูกแผ่นฟิล์มเพียงครั้งเดียว ซึ่งจากการที่ผู้ผลิตใช้เทคนิค SAG นี้ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ผู้ผลิตสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ และ สามารถประหยัดต้นทุนรวมทั้งเวลาในการผลิตได้อีกด้วย

ในบทความนี้ ผู้เขียนได้ทำการรวบรวมบทความ วิชา การต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SAG เพื่อทำการอธิบายกระบวนการการเกิดผลึกของแผ่นฟิล์มที่ จะนำไปใช้ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยเทคนิค SAG รวมทั้งทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SAG โดยจะ เน้นอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ของรูปร่างของมาสก์กับ คุณสมบัติทางแสงต่างๆที่ได้จากการปลูก ผลึกด้วยเทคนิค SAG นอกจากนี้บทความนี้จะยกตัวอย่างการนำเทคนิค SAG

มาประยุกต์ใช้กับการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดโมโนลิทิกของงานวิจัยที่ผ่านมา

2. วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์

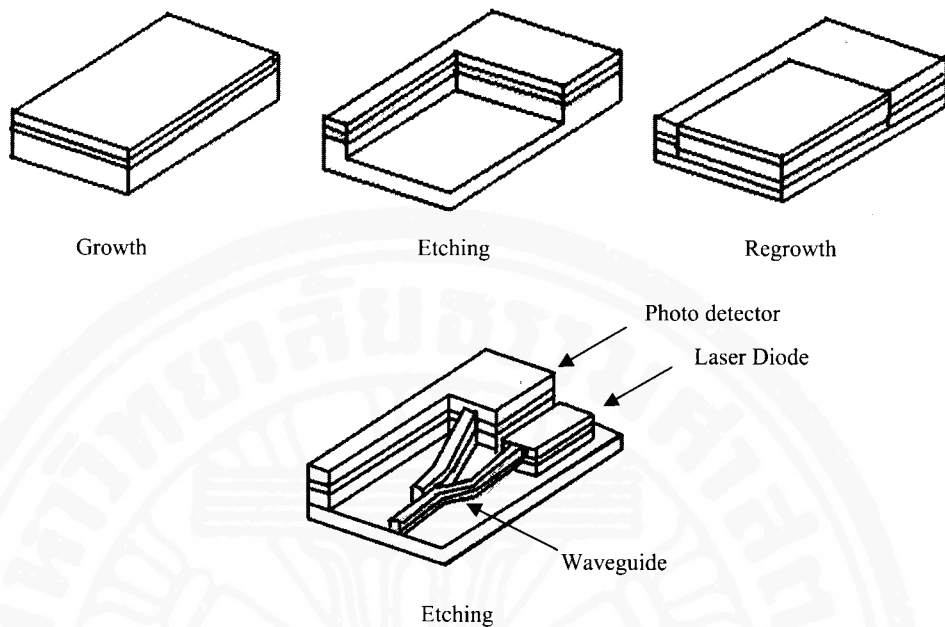
วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic Integrated Circuit หรือ OEIC) เป็นวงจรที่บรรจุ สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานหน้าที่ต่างๆ กัน หลายชนิดไว้ด้วยกัน เช่น ไดโอดเปล่งแสง เลเซอร์ไดโอด โฟโตไดโอด ทางนำแสง และสิ่งประดิษฐ์มอดูเลตแสงให้อยู่บนแผ่นชิพเดียวกัน [1] โดยที่วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบไปด้วยบริเวณที่สำคัญ 2 บริเวณด้วยกัน คือ ส่วนแอคทีฟ (active) เช่น ส่วนที่ให้กำเนิดแสง ยกตัวอย่าง เช่น เลเซอร์ไดโอด และส่วนพาสซีฟ (passive) เช่น ส่วนที่เป็นทางนำแสง หรือ เวฟไกด์ (wave guide) โดยเราสามารถแบ่งชนิดของวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดไฮบริด (hybrid)

2. วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิก (monolithic)

2.1. วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดไฮบริด

คือ วงจรรวมที่มีการนำอุปกรณ์ที่อยู่บนคนละแผ่นชิพมา เชื่อมต่อกัน ซึ่งวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้จะมีข้อเสีย คือ ในวงจรจะมีจุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์



รูปที่ 1 การผลิตวงจรรวมทางแสงด้วยกระบวนการ การกัดแผ่นฟิล์ม (etching) และการปลูกผลึกซ้ำ (regrowth)

หลายจุด ทำให้ข้อมูลที่ส่งในรูปแบบแสงมีการสูญเสียสูง นอกจากนี้ วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่ เมื่อเทียบกับ ขนาดของวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิก เนื่องจากเป็นวงจรรวมที่นำอุปกรณ์จากหลายๆแผ่นชิปมาเชื่อมต่อกัน

2.2. วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดโมโนลิทิก คือ วงจรรวมที่มีอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่าง ๆ อยู่บนแผ่นชิปเดียวกัน ซึ่งวงจรรวมชนิดนี้จะมีขนาดเล็กกว่าวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดไฮบริด และสามารถลดจำนวนจุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลในรูปแบบแสงนั้นดีกว่าแบบแรก เนื่องจากเราสามารถลดความสูญเสียของข้อมูลที่เกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อได้

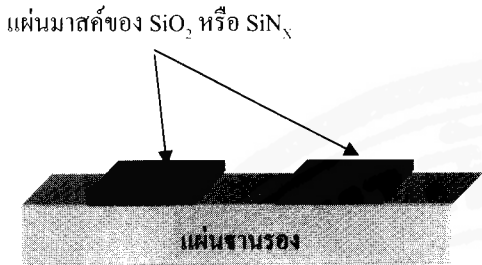
3. เทคนิคพื้นฐานในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิก

โดยทั่วไปในกระบวนการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิกนี้ ผู้ผลิตนิยมที่จะใช้เทคนิคการกัดแผ่นฟิล์ม (etching) และการปลูกผลึกซ้ำ

(regrowth) ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งวิธีนี้จะเป็นวิธีพื้นฐานที่ผู้ผลิตจะทำการปลูกผลึก (growth) ของแผ่นฟิล์มบริเวณที่จะใช้ผลิตเป็นส่วนแอกทีฟขึ้นมาก่อน โดยการปลูกผลึกในขั้นตอนนี้จะเป็นการปลูกผลึกทั้งแผ่นฐานรอง หลังจากนั้นก็จะทำการ etching ส่วนที่ไม่ต้องการทิ้ง และก็จะทำการ regrowth บนส่วนที่ถูก etching ทิ้ง เพื่อสร้างแผ่นฟิล์มใหม่ที่จะใช้ผลิตส่วนแพสซีฟขึ้นมาทีหลัง ส่วนในขั้นตอนสุดท้ายก็จะเป็นขั้นตอนของการ etching แผ่นฟิล์มของแผ่นชิปทั้งหมดตามโครงสร้างของวงจรรวมที่ได้ออกแบบอีกครั้ง เพื่อสร้างวงจรรวมตามที่ต้องการ โดยในวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิกในรูปที่ 1 จะประกอบไปด้วยเลเซอร์ไดโอด (laser diode) ไฟโตดีเทคเตอร์ (photo detector) และเวฟไกด์ (waveguide) โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะอยู่บนแผ่นชิปเพียงแผ่นเดียวเท่านั้น

ซึ่งในการผลิต กระบวนการในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดโมโนลิทิกด้วยวิธีพื้นฐานนี้จะมีขั้นตอนในการผลิตหลายขั้นตอน ทำให้ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูงรวมทั้งประสิทธิภาพในการผลิตไม่ค่อยสูงนัก เนื่องจากข้อผิดพลาดที่เพิ่มมากขึ้นในกระบวนการผลิต

ที่มีหลายขั้นตอน นอกจากนี้ในเทคนิคนี้การที่ผู้ผลิตจะสร้างส่วนที่เป็นแอคทีฟ กับส่วนที่เป็นแพสซีฟได้นั้น



รูปที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างของมาสก์ที่ใช้ในเทคนิค SAG

จำเป็น ต้องมีการปลูกผลึกสองครั้ง ทำให้เกิดรอยต่อของแผ่นฟิล์มสองบริเวณที่มีความหนา และคุณสมบัติทางแสงต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งในกรณีนี้ผลที่เกิดขึ้นคือบริเวณรอยต่อของทั้งสองบริเวณจะไม่เรียบ ขรุขระ ทำให้สัญญาณแสงที่ผ่านตรงผิวยุ่ยต่อจาก ส่วนที่เป็นแอคทีฟไปยังส่วนที่เป็นแพสซีฟเกิดการหักเหหรือเกิดการกระเจิงแสงส่งผลให้ประสิทธิภาพ การส่งข้อมูลในรูปแบบแสงผ่านทางเดินแสงลดลง เนื่องจากการสูญเสียข้อมูลในบริเวณรอยต่อเกิดขึ้น

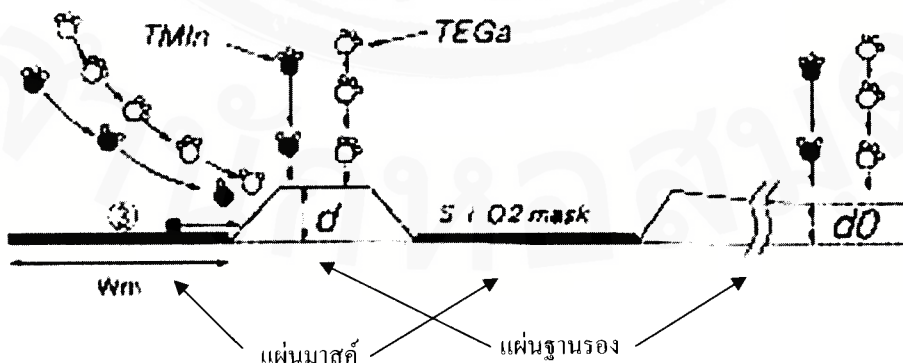
4. เทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึก

จากปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคนิคพื้นฐาน

ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิก ทำให้ผู้ผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดโมโนลิทิกจำเป็นต้องมีการพัฒนากระบวนการในการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูล ในรูปแบบของแสงในวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ โดยในปัจจุบันได้มีการเสนอเทคนิคใหม่ ๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิกหลายวิธีซึ่งเทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึกหรือ Selective Area Growth (SAG) เป็นหนึ่งในเทคนิคที่ได้รับความสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ ในกระบวนการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ โดยเทคนิค SAG จะเป็นเทคนิคในการปลูกผลึกของแผ่นฟิล์มบนแผ่นฐานรองที่มีการเคลือบด้วยแผ่นมาสก์ (mask) ที่ส่วนใหญ่ทำมาจาก SiO_2 หรือ SiN_x ดังรูปที่ 2

หลักการเบื้องต้น ของพฤติกรรมในการเกิดผลึกด้วยเทคนิค SAG คือ อะตอมของผลึกที่จะนำมาปลูกเป็นแผ่นฟิล์มจะไม่สามารถปลูกผลึกอยู่บนแผ่นมาสก์ได้ โดยอะตอมจะมีการแพร่ ไปยังบริเวณฐานรองด้านข้างของมาสก์ ซึ่งเป็นบริเวณที่เราต้องการนำมาผลิตเป็นอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ ซึ่งความสามารถในการเลือกปลูกผลึกนี้ เกิดจากความแตกต่างทางโครงสร้างของผิวของแผ่นมาสก์กับแผ่นฐานรอง ดังแสดงในรูปที่ 3 [2]

รูปที่ 3 แสดงถึงกระบวนการปลูกผลึกโดยใช้



รูปที่ 3 กระบวนการเกิดผลึกในเทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึก [2]

เทคนิค SAG ภายในระบบ MOVPE จากรูปพบว่าสาร TMI_n และ TEGa ที่อยู่ในสถานะก๊าซนั้นเป็นวัตถุดิบของธาตุหมู่ III ซึ่งก๊าซทั้งสองนั้นจะมีการแตกตัวออกเป็นอะตอมของธาตุ In และ Ga หลังจากนั้นเมื่ออะตอมของธาตุทั้งสองเกาะตัวที่ผิวของแผ่นฐานรอง ก็จะทำให้เกิดแผ่นฟิล์มขึ้น ซึ่งในกรณีนี้ผลึกของแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นสารประกอบกึ่งตัวนำที่มีองค์ประกอบของธาตุทั้งสอง

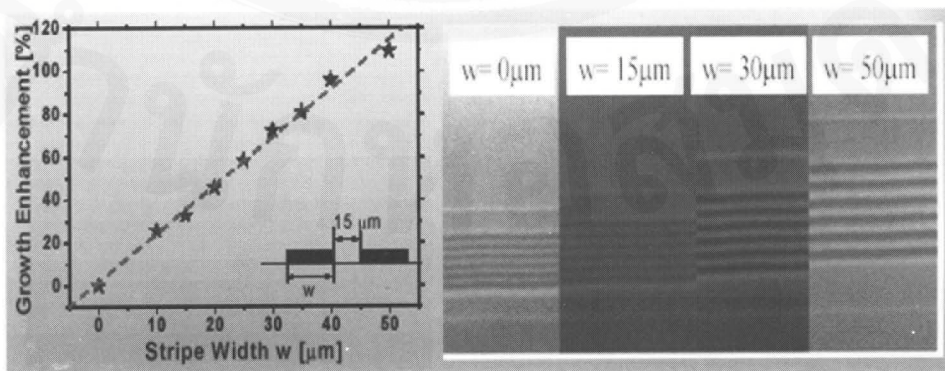
นอกจากนี้ ในกรณีนี้มีการนำแผ่นมาสก์ที่ทำจาก SiO₂ ที่มีความกว้าง W_m สองแผ่นมาเคลือบอยู่บนแผ่นฐานรอง ซึ่งอะตอมของธาตุ In และ Ga จะไม่สามารถเกาะตัวเป็นแผ่นฟิล์มได้ ดังนั้นอะตอมของธาตุทั้งสองจะแพร่จากมาสก์ไปยังแผ่นฐานรองบริเวณข้างๆ ทำให้อะตอมที่สามารถเกาะตัวเป็นแผ่นฟิล์มบริเวณแผ่นฐานรองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากรูปจะพบว่าความหนาของแผ่นฟิล์มที่อยู่ระหว่างแผ่นมาสก์ทั้งสองจะมีความหนามากกว่าความหนาของแผ่นฟิล์มที่อยู่ห่างจากแผ่นมาสก์

ในกรณีนี้ความหนา d เป็นความหนาของแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นจากการรับผลกระทบจากการแพร่ของอะตอมจากแผ่นมาสก์ทั้งสองแผ่น และความหนา d_0 เป็นความหนาของแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ของอะตอมจากแผ่นมาสก์ ซึ่งจะเป็นความหนาที่เทียบเท่ากับความหนาของแผ่นฟิล์ม ที่ได้จากการปลูกผลึกภายใต้ระบบ MOVPE แบบทั่วไปโดยไม่ใช้แผ่นมาสก์ในกระบวนการปลูกแผ่นฟิล์ม ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่าความ

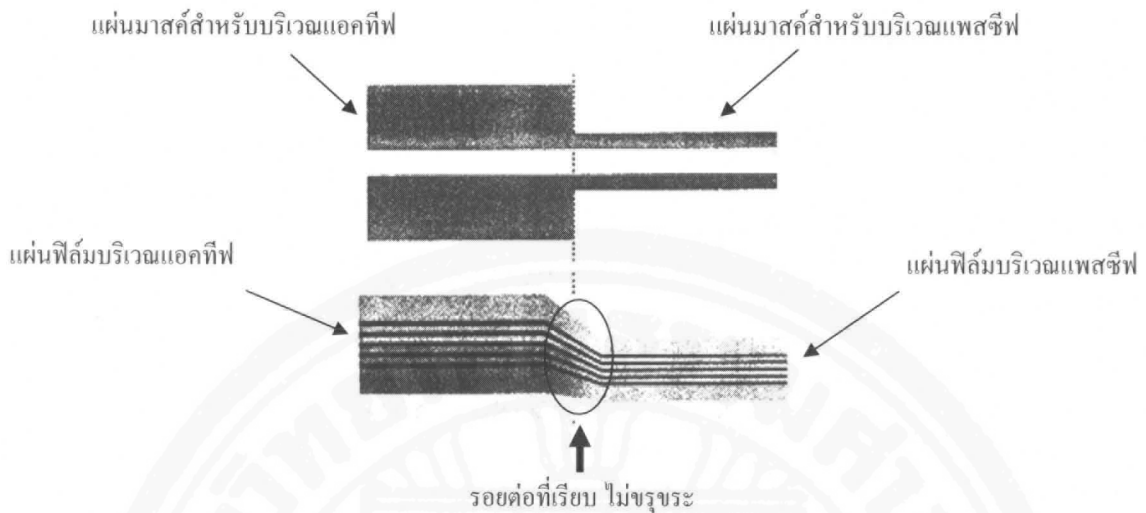
หนา d มีค่ามากกว่า d_0 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแผ่น SiO₂ มาสก์มีอิทธิพลต่อความหนาที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์มที่ปลูกผลึกได้

ซึ่งในเทคนิค SAG นี้เราสามารถควบคุมความหนาของแผ่นฟิล์มได้ด้วยความกว้างของแผ่นมาสก์ [3] ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจากรูปพบว่าหากความกว้าง (W) ของแผ่นมาสก์มีค่ามากขึ้นเท่าใด อัตราส่วนของความหนาของแผ่นฟิล์มที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับค่าความหนา d_0 ก็จะเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นในกรณีที่ความกว้างของแผ่นมาสก์มีค่า 0 μm จะแสดงถึงกรณีการปลูกผลึกของแผ่นฟิล์มภายใต้ระบบ MOVPE ตามปกติโดยไม่ใช้มาสก์ โดยอัตราส่วนของความหนาของแผ่นฟิล์มที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าเป็น 0% ในทางตรงกันข้ามหากปลูกผลึกของแผ่นฟิล์มโดยใช้เทคนิค SAG พบว่าในกรณีที่ความกว้างของมาสก์มากที่สุดที่ค่า 50 μm จะทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์มและอัตราส่วนของความหนา ของแผ่นฟิล์มที่เพิ่มขึ้นมีค่าสูงที่สุด

ในปัจจุบันได้มีกลุ่มวิจัยหลายกลุ่มนำเทคนิค SAG มาใช้ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดโมโนลิทิก โดยกลุ่มผู้วิจัยทำการควบคุมผลต่างของช่องว่างแถบพลังงาน (band gap energy) ของแผ่นฟิล์มบริเวณแอคทีฟและแพสซีฟด้วยการปลูกผลึกเพียงครั้งเดียว โดยไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการ etching เข้าช่วย นอกจากนี้ นอกเหนือจากความหนาของแผ่นฟิล์มบริเวณทั้งสอง ช่องว่างแถบพลังงานของแผ่นฟิล์มบริเวณทั้งสองยังสามารถ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของมาสก์ กับอัตราส่วนของความหนาของแผ่นฟิล์มที่เพิ่มขึ้น

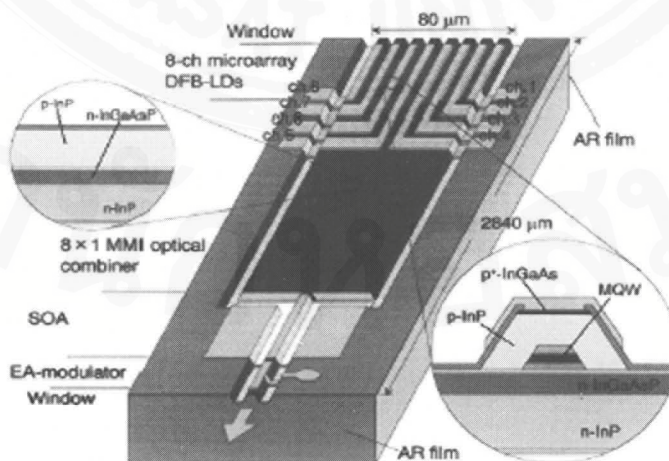


รูปที่ 6 แสดงลักษณะความหนาแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นเทียบกับแผ่นมาสก์ที่บริเวณต่างๆ

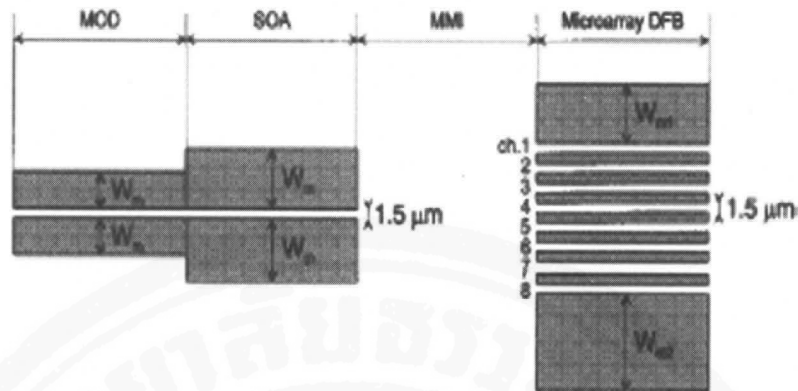
ควบคุมได้จากความกว้างของแผ่นมาสก์อีกด้วย [4-7]

ด้วยเหตุนี้ ในกรณีที่ต้องการจะผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิกด้วยเทคนิค SAG นั้น ผู้ผลิต จำเป็นต้องออกแบบ ให้ขนาดความกว้างของแผ่นมาสก์ที่บริเวณต่าง ๆ ให้มีขนาดแตกต่างกันดังที่ได้ยกตัวอย่างไว้ในรูปที่ 5 จากการใช้มาสก์ที่มีรูปแบบดังกล่าว ทำให้ ผู้ผลิตสามารถปลูกแผ่นฟิล์มพร้อมกันได้ทั้งบริเวณแอคทีฟและแพสซีฟ โดยบริเวณที่ผู้ผลิตต้องการสร้างส่วนที่เป็นแอคทีฟ จะต้องใช้แผ่นมาสก์ที่มีความกว้างมากกว่า

แผ่นมาสก์บริเวณแพสซีฟ จากการออกแบบมาสก์ให้มีรูปแบบดังกล่าวทำให้แผ่นฟิล์ม ของบริเวณแอคทีฟจะมีความหนามากกว่าบริเวณแพสซีฟ และมีคุณสมบัติทางแสงต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการดูดกลืนแสงหรือการเปล่งแสงที่แตกต่างจากแผ่นฟิล์มบริเวณแพสซีฟ และพบว่าบริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณแอคทีฟและแพสซีฟจะเรียบไม่ขรุขระ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของความหนาของแผ่นฟิล์ม ระหว่าง บริเวณทั้งสองตรงรอยต่อก็เป็นไปอย่างต่อเนื่อง แตกต่างจากกรณีที่ใช้เทคนิคพื้นฐานในการผลิต



รูปที่ 7 ตัวอย่างวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิด โมโนลิทิกที่ผลิตจากเทคนิค SAG



รูปที่ 8 รูปแบบของแผ่นมาสก์ในแต่ละส่วนโดยใช้เทคนิค SAG

วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดโมโนลิทิกที่มีการเปลี่ยนแปลงความหนาของแผ่นฟิล์มบริเวณรอยต่อเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ทำให้ปัญหาเรื่องรอยต่อ ระหว่างบริเวณแอกทีฟและแพสซีฟซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียสัญญาณใน รูปแบบแสงสามารถแก้ไขได้ด้วยเทคนิค SAG นี้

5. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคนิค SAG ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิก [8]

รูปที่ 7 เป็นรูปวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิก ที่ใช้ในวงจรเกี่ยวกับการสื่อสารทางแสงที่มีความยาวคลื่นในย่าน 1550 nm โดยในวงจรรวมนี้ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญอยู่ทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ 1) 8-channel microarray DFB lasers 2) 8×1 MMI optical combiner 3) SOA และ 4) EA-modulator โดยเป็นวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดโมโนลิทิกที่มีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งหากใช้เทคนิคการผลิตแบบพื้นฐานโดยใช้กระบวนการ etching และ regrowth ในการผลิตนั้นจะทำให้ผู้ผลิตเสียเวลา และมีขั้นตอนในการผลิตหลายขั้นตอน อย่างไรก็ตามได้มีกลุ่มวิจัยทำการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวโดยใช้เทคนิค SAG ซึ่งรูปแบบของแผ่นมาสก์ที่มีรูปร่างต่างกัน เพื่อผลิตอุปกรณ์แต่ละชนิดในแต่ละส่วนแสดงดังรูปที่ 8

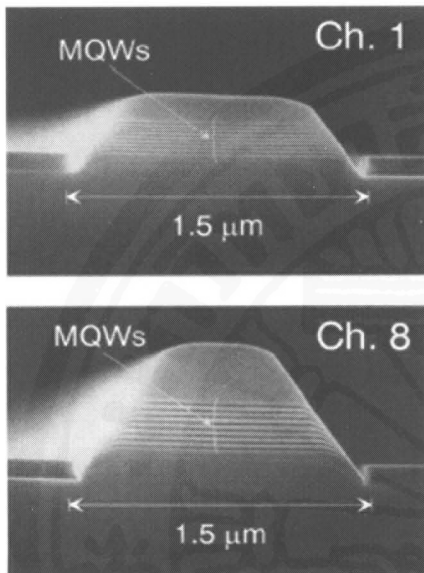
จากรูปที่ 8 แสดงรูปแบบของแผ่นมาสก์ในแต่ละส่วนโดยใช้เทคนิค SAG โดยส่วนที่ทำการปลูกผลึกของแผ่นฟิล์มโดยใช้ความกว้างของแผ่นมาสก์ ในการควบคุมความหนาและคุณสมบัติทางแสงของแผ่นฟิล์ม ได้แก่

1. Distributed Feedback Laser Diodes (DFB-LD's) เป็นส่วนที่ให้กำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่น 8 ค่าความยาวคลื่นจากช่องสัญญาณ 1 – 8
2. Semiconductor Optical Amplifier (SOA) เป็นส่วนขยายสัญญาณแสงที่ได้จากเลเซอร์ไดโอดทั้งแปด
3. Electro-Absorption (EA) Modulator เป็นส่วนแปลงสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณดิจิทัล

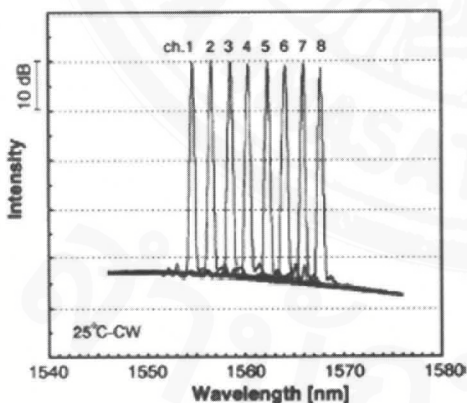
ในส่วนของแผ่นฟิล์ม บริเวณตัวรวมสัญญาณแสงจากช่องสัญญาณทั้ง 8 หรือ 8×1 MMI optical combiner นั้น จะเป็นส่วนที่ได้จากการปลูกผลึกตามปกติโดยไม่ได้รับอิทธิพลจากการแพร่ของอะตอมบนแผ่นมาสก์ ซึ่งจากการใช้เทคนิค SAG นี้ทำให้กลุ่มวิจัยสามารถผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ดังกล่าว ได้ด้วยการปลูกผลึกเพียงครั้งเดียว

นอกจากนี้จากการออกแบบรูปแบบของแผ่นมาสก์ ดังรูปที่ 8 ทำให้แผ่นฟิล์มที่ช่องส่งสัญญาณทั้ง 8 ในส่วนของ Distributed Feedback Laser Diodes (DFB-LD's) มีความหนาของผลึก และคุณสมบัติทางแสงที่แตกต่างกันในแต่ละช่องสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 9 ส่งผลให้สามารถ

ผลิตแหล่งกำเนิดแสงที่สามารถให้กำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่น 8 ค่าความยาวคลื่นที่แตกต่างกันในช่วงความยาวคลื่น 1550 nm ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 ความหนาของแผ่นฟิล์มที่ต่างกันระหว่าง channel1 กับ channel 8



รูปที่ 10 ความยาวคลื่นของช่องส่งสัญญาณทั้ง 8 ช่อง

6. บทสรุป

เทคนิค SAG เป็นเทคนิคใหม่ที่มีการนำเสนอขึ้นเพื่อ นำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิกได้ เนื่องจากผู้ผลิตสามารถทำการควบคุมความหนา คุณสมบัติทางแสง รวมทั้งผลต่างของช่องว่างแถบพลังงานของแผ่นฟิล์มที่บริเวณต่างๆ ของวงจรรวม ได้จากความกว้างของแผ่นมาสก์ ด้วยการปลูกผลึกเพียงครั้งเดียว โดยไม่ต้องอาศัยกระบวนการ etching และ regrowth ดังนั้นข้อดีของการใช้เทคนิคนี้ก็คือ ผู้ผลิตสามารถผลิต วงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีความซับซ้อนได้ด้วยการปลูกผลึกเพียงครั้งเดียว ทำให้ผู้ผลิตสามารถประหยัดเวลา และลดขั้นตอนรวมทั้งลดต้นทุนในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิกได้

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันงานวิจัยและการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคนิค SAG ในการผลิตวงจรรวมออปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโมโนลิทิกนี้ ยังมีเฉพาะในต่างประเทศ และยังไม่แพร่หลายในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม จากการพิจารณาถึงข้อดีต่างๆที่ได้จากการใช้เทคนิค SAG นี้ ผู้เขียนคาดว่าจะการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SAG นี้จะแพร่หลายมากยิ่งขึ้นในประเทศไทยในอนาคต

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] คู่มือ เครื่องาม, ส่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ : ฟิสิกส์ เทคโนโลยี และการใช้งาน เล่ม 2, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 1999.
- [2] Y. Sakata et al., Selective MOVPE Growth of InGaAsP and InGaAs Using TBA and TBP, Journal of Electronic Materials, Vol. 25; No.3, 1996
- [3] University of Southern California , Selective Area Growth – Enabler for Monolithic Integration, 2001, สืบค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2549, จาก http://www.csl.usc.edu/Research/SAG%20devices/presentation_SAG.pdf.

- [4] Y.Sakata et al., Low-threshold Strined Multi-Quantum Well Lasers Fabricated by Selective Metalorganic Vapor Phase Epitaxy without a Semiconductor Etching Process, Journal of Crystal Growth, Vol. 170 ; pp. 456-460, 1997.
- [5] Y. Sakata and Y. Inomoto, Migration Effect from a Masked Region for InGaAsP-Selective MOVPE, International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM'97), THB4, pp. 602-605, 1997.
- [6] Moo-Sung Kim et al., Selective Area Growth of InGaAsP by OMVPE , Journal of Crystal Growth Vol. 123; pp. 69-74, 1992.
- [7] M. Bouda et al., FIRST MULTI-MODE INTERFERENCE DEVICED FABRI-CATED BY METAL-ORGANIC VAPOR PHASE DIFFUSION ENHANCED SELECTIVE AREA EPITAXY, 10th Intern, Conf. On Indium Phosphide and Related Materials, pp 329-332, Tsukuba Japan, May 11-15, 1998.
- [8] KUDO, K., et al, "1.55 μm Wavelength – Selectable Microarray DFB – LD's with Monolithically Integrated MMI Combiner, SOA, and EA – Modulator" IEEE Photon, Techn. Lett. 242, March, 2000.