

การศึกษาผลผลกระทบของความกว้างของแผ่นมาสค์ที่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์มของสาร InP ด้วยเทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผึ้ง

Study on Effect of Mask Width on Thickness of InP Thin Film by

Selective Area Growth Technique

วีรชัย อัศวเมธพันธ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบของความกว้างของแผ่นมาสค์ที่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์มของสาร InP ด้วยเทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผึ้ง จากการศึกษาพบว่าความหนาของแผ่นฟิล์มของสาร InP สามารถควบคุมได้จากความกว้างของแผ่นมาสค์ โดยความหนาของแผ่นฟิล์มจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มความกว้างของแผ่นมาสค์ อย่างไรก็ตามหากความกว้างของแผ่นมาสค์มีค่ามากกว่าสองเท่าของความยาวระยะทางในการแพร่ของอะตอมของธาตุ In บนบริเวณผิวน้ำของแผ่นมาสค์ก่อนจะหลุดจากมาสค์ ผลกระทบของความกว้างของมาสค์ที่มีต่อความหนาของแผ่นฟิล์มจะค่อนข้างคงที่ นอกเหนือไปนั้นการเปลี่ยนมาสค์อยู่ระหว่างบริเวณที่ใช้ในการปลูกผึ้งของแผ่นฟิล์ม 2 บริเวณ ผลกระทบที่มีต่อความหนาของแผ่นฟิล์มแต่ละบริเวณสามารถเทียบเคียงได้กับผลกระทบจากแผ่นมาสค์ที่มีขนาดเพียงครึ่งเดียวของแผ่นมาสค์นั้น จากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวในวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบรูปแบบของมาสค์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอุปกรณ์ที่มีบริเวณปลูกผึ้งของแผ่นฟิล์มทั้งหมด 4 บริเวณ ในรูปแบบของอาร์ย์ โดยแผ่นฟิล์ม InP ในแต่ละบริเวณ มีความหนาที่แตกต่างกัน 10 nm และความกว้างของช่องบริเวณปลูกผึ้งของแผ่นฟิล์มทั้งหมดมีค่า 100 μm

คำสำคัญ : ความกว้างของแผ่นมาสค์ ความหนาของแผ่นฟิล์มของสาร InP ปลูกผึ้ง

Abstract

This research studies the effect of the mask width to the thickness of InP thin film by Selective Area Growth (SAG) technique. Based on the research results, the thickness of InP thin film can be controlled by the mask width. If the mask width is increased, the thickness of InP thin film is also increased. However, if the mask width is larger than the twice of the diffusion length of In on the mask surface, the effect of the mask width on the thickness of InP thin film is almost saturated. Furthermore, if the mask is set between two thin film growth regions, the effect on the thickness of InP thin film in individual side of thin film growth regions is equal to the effect from the half of the mask width of that mask. Using all analysis data, we design an appropriate mask pattern for the fabrication of optoelectronic device with 4 output channels in array pattern. Here, the thickness of InP thin film in each output channel differs from those in other output channels by 10 nm, and the width of all output channels are 100 μm .

Keywords : InP thin film, selective area growth technique, mask width

1. บทนำ

เทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึกหรือ Selective Area Growth (SAG) เป็นเทคนิคนึงที่ได้รับความสนใจในการประยุกต์ใช้ในการผลิตวงจรรวมอปโต อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเทคนิคนี้มีการนำแผ่นมาสก์ (mask) ที่ทำจากสารประกอบ SiO_2 หรือ SiN_x ที่มีรูปแบบที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการปลูกผลึกในระบบ Metal Organic Vapour Phase Epitaxy (MOVPE) จากการใช้เทคนิคดังกล่าวทำให้สามารถผลิตอุปกรณ์แต่ละส่วนที่มีคุณสมบัติทางแสงที่แตกต่างกัน ในวงจรรวมอปโต อิเล็กทรอนิกส์ได้ด้วยกระบวนการปลูกแผ่นฟิล์มเพียงครั้งเดียว ซึ่งจึงสามารถที่ผู้ผลิตใช้เทคนิค SAG นี้ในการผลิตวงจรรวมอปโตอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ผู้ผลิตสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตวงจรรวมอปโตอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถประยุกต์ด้านทุนรวมทั้งเวลาในการผลิตได้อีกด้วย

ในปัจจุบันได้มีการถอดรหัสกลไกการทำงานของ SAG มาใช้ในการผลิตวงจรรวมอปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโนโนลิทิก โดยยกกลุ่มผู้วิจัยต่างๆ ทำการควบคุมผลิต่างของช่องว่างແฉบพลังงาน (band gap energy) ของแผ่นฟิล์มบริเวณแอคทีฟและแพสซีฟด้วยการปลูกผลึกเพียงครั้งเดียว โดยไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการการกัดแผ่นฟิล์มเข้าช่วย นอกจากนี้ช่องว่างແฉบพลังงานของแผ่นฟิล์มบริเวณทั้งสองสามารถควบคุมได้จากความกว้างของแผ่นมาสก์ [1-4]

หลักการเบื้องต้นของพฤษติกรรมของการเกิดผลึกด้วยเทคนิค SAG คือ อะตอมของผลึกที่จะนำมาปลูกเป็นแผ่นฟิล์มจะไม่สามารถถูกดูดซับเป็นแผ่นฟิล์มอยู่บนผิวของแผ่นมาสก์ได้ โดยอะตอมของผลึกดังกล่าวจะเกิดการแพร่จากแผ่นมาสก์ไปยังบริเวณฐานรองข้างๆ ของมาสก์ ซึ่งเป็นบริเวณที่เราต้องการนำมาผลิตเป็นอุปกรณ์อปโตอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ซึ่งความสามารถในการเลือก

ปลูกผลึกนี้เกิดจากความแตกต่างทางโครงสร้างของผิวของแผ่นมาสก์กับแผ่นฐานรอง นอกจากนี้พบว่าในกรณีนี้ความหนาของแผ่นฟิล์มที่ปลูกได้ที่บริเวณใดจะแบ่งผันต随着กับความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่บริเวณนั้น

ปัจจุบันมีกลุ่มวิจัยหลายกลุ่มทำการศึกษาพฤติกรรมการเกิดผลึกด้วยเทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึก ซึ่งการวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดผลึกนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองและจากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์โดยอ้างอิงจากทฤษฎีพื้นฐานของเทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึก [6-12] ซึ่งการศึกษาพฤติกรรมพื้นฐานเหล่านี้จะเป็นการพัฒนาเทคนิคการเลือกบริเวณปลูกผลึกให้มีประสิทธิ- ภาพมากยิ่งขึ้น และช่วยให้ผู้ผลิตสามารถปลูกแผ่นฟิล์มพร้อมกันได้ทั้ง 2 บริเวณ โดยคุณภาพต่างๆ ของทั้ง 2 บริเวณนี้ตรงกับวัตถุประสงค์การผลิตวงจรรวมอปโตอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างแม่นยำ และสามารถประยุกต์ด้านทุนและเวลาในการผลิตวงจรรวมอปโตอิเล็กทรอนิกส์ได้อีกด้วย

โดยงานวิจัยนี้เป็นจุดเริ่มต้นของงานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิค SAG มาใช้ในการผลิตวงจรรวมอปโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดโนโนลิทิกในส่วนของบริเวณแอคทีฟซึ่งจะเป็นเลเซอร์ของสารกึ่งตัวนำที่เรียงตัวกันในรูปแบบของอาเรย์จำนวน 4 ช่องสัญญาณ โดยในเบื้องต้นจะทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของแผ่นมาสก์ที่ใช้กับความหนาของแผ่นฟิล์ม หลังจากนั้นทำการนำความสัมพันธ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบแผ่นมาสก์ เพื่อใช้ในการผลิตบริเวณที่มีการปลูกผลึกของแผ่นฟิล์มที่มีการเรียงตัวในรูปแบบอาเรย์ โดยแผ่นฟิล์มทั้ง 4 บริเวณจะถูกออกแบบให้มีความหนาที่แตกต่างกัน 10 nm โดยในเบื้องต้นจะยังไม่พิจารณาถึงความแตกต่างของคุณสมบัติทางแสงต่างๆ ของแผ่นฟิล์มทั้ง 4 บริเวณ

2. โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณสำหรับ เทคนิค SAG

ในงานวิจัยนี้สมการพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นในเทคนิค SAG จะมีอยู่ 2 ส่วน ด้วยกัน โดยสมการที่ใช้ในส่วนแรกจะเป็นสมการที่อธิบายถึงกระบวนการการแพร่ของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บนบริเวณผิวน้ำของบริเวณใดๆหรือที่เรียกว่า surface layer และสมการที่ใช้ในส่วนที่สองจะเป็นสมการที่ใช้ในการอธิบายถึงกระบวนการการดูดซับของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บนบริเวณผิวน้ำของบริเวณใดๆ ซึ่งทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มหรือที่เรียกว่า growing solid ซึ่งสมการในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการคำนวณความหนาของแผ่นฟิล์มที่ปูกูกได้ในลำดับต่อไป [13]

ซึ่งในส่วนที่ 1 สมการที่อธิบายถึงกระบวนการการแพร่ของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บนบริเวณผิวน้ำของบริเวณใดๆ จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$\nabla^2 \bar{P}^E(x, y) = \frac{\bar{P}^E(x, y)}{(\tilde{L}^E)^2} - \frac{1}{(\tilde{L}^E)^2} \quad (1)$$

$$\nabla^2 \bar{P}^M(x, y) = \frac{\bar{P}^M(x, y)}{(\tilde{L}^M)^2} - \frac{\tilde{t}_E^M}{(\tilde{L}^E)^2} \quad (2)$$

$$\tilde{t}_E^M = \frac{\tilde{t}^M}{\tilde{t}^E} \quad (3)$$

$$\bar{P}(x, y) = \frac{\bar{P}(x, y)}{P_0} \quad (4)$$

โดยที่

- ตัวอักษร M จะเป็นกรณีที่พิจารณาการแพร่ของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บนผิวน้ำของแผ่นมาสค์
- ตัวอักษร E จะเป็นกรณีที่พิจารณาการแพร่ของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บนผิวน้ำของบริเวณที่ปูกูกพลิกของแผ่นฟิล์มนอกจากนี้
- $\bar{P}(x, y)$ คือความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่เพเรออยู่บนบริเวณผิวน้ำของบริเวณใดๆ

จากการเทียบอัตราส่วนกับความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่ได้จากการปูกูกพลิกด้วยวิธีที่ว่าไปที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแผ่นมาสค์ ดังนั้นค่าของ $\bar{P}(x, y)$ ที่ได้จะเป็นจำนวนเท่าของ P_0

- \tilde{L} คือระยะทางในการแพร่ของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บริเวณผิวน้ำของบริเวณใดๆ
- \tilde{t} คือระยะเวลาในการแพร่ของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บริเวณผิวน้ำของบริเวณใดๆ
- P_0 คือความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่ได้จากการปูกูกพลิกด้วยวิธีที่ว่าไปที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแผ่นมาสค์ในระบบ MOVPE

โดยในโมเดลนี้จะมีการกำหนดให้เงื่อนไขที่บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นมาสค์กับบริเวณที่ปูกูกพลิกของแผ่นฟิล์ม ดังนี้

$$\bar{P}^E(x, y)|_{\text{interface}} = \bar{P}^M(x, y)|_{\text{interface}} \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial n} \bar{P}^E(x, y)|_{\text{interface}} = \tilde{D}_E^M \frac{\partial}{\partial n} \bar{P}^M(x, y)|_{\text{interface}} \quad (6)$$

$$\tilde{D}_E^M = \frac{1}{\tilde{t}_E^M} \left(\frac{\tilde{L}^M}{\tilde{L}^E} \right)^2 \quad (7)$$

โดยที่

- n เป็นพิเศษที่ตั้งจากกฎต่อระหว่างแผ่นมาสค์ กับ epilayer layer
- \tilde{D}_E^M เป็นอัตราส่วนค่าคงที่ของการแพร่ของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่บริเวณมาสค์เทียบบนบริเวณ epilayer layer

สำหรับในส่วนที่ 2 สมการที่อธิบายถึงกระบวนการการดูดซับของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บนบริเวณผิวน้ำของบริเวณใดๆ ซึ่งทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มจะอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$S = G \bar{P}(x, y) \quad (8)$$

โดยที่

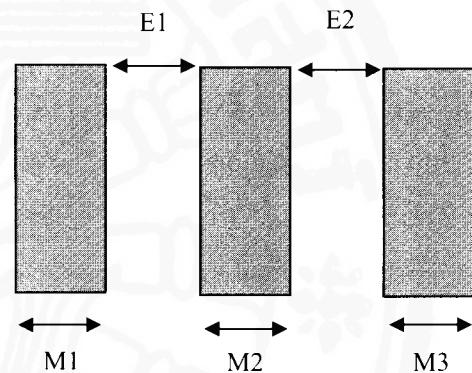
- S คือความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 บริเวณผิวน้ำของบริเวณใดๆที่ถูกดูดซับจนเกิดเป็นแผ่นฟิล์มขึ้น โดยกำหนดให้บริเวณที่ปลูกปลูกผลึกของแผ่นฟิล์ม G มีค่าเป็น 1 และบริเวณมาสค์ G มีค่าเป็น 0 เนื่องจากสมมุติให้อะตอมของชาตุหมู่ 3 ไม่สามารถถูกดูดซับเป็นแผ่นฟิล์มได้บนผิวน้ำของแผ่นมาสค์
- G คือ ค่าคงที่ที่แสดงความเป็นไปได้ในการเกิดเป็นผลึกของแข็งจากการดูดซับของอะตอมของชาตุหมู่ 3 หรือ ค่า solidifying probability

โดยในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาอิทธิพลของแผ่นมาสค์ที่มีรูปแบบที่ทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์มมีการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้งจากกับแผ่นฟิล์มเพียงแนวเดียว (แนวแกน X) ดังนั้นโมเดลทางคณิตศาสตร์ด้านบนที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางทฤษฎีของกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้น จะใช้สมการ 1 มิติ ซึ่งจัดให้อยู่ในรูปแบบสมการเมตริกซ์ โดยสมการพื้นฐานที่ได้กล่าวไว้สามารถนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบสมการเมตริกซ์จากการใช้นิยามของสมการอนุพันธ์ลำดับที่สอง นอกจานี้ในโมเดลนี้ได้มีการกำหนดเงื่อนไขที่สำคัญดังนี้

- ความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่แพร่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นในการคำนวณกับความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่แพร่อยู่ในตำแหน่งถัดออกไปอีก 1 ตำแหน่งในแกน X มีค่าเท่ากัน
- ความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่แพร่ที่ตำแหน่งสุดท้ายในการคำนวณกับความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่แพร่อยู่ในตำแหน่งถัดออกไปอีก 1 ตำแหน่งในแกน X มีค่าเท่ากัน
- ความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณใดๆและปรับตรงกับความหนาแน่นของอะตอมของชาตุหมู่ 3 ที่ถูกดูดซับเป็นผลึกที่บริเวณนั้นๆ (S) ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขดังกล่าวเนี้ย สอดคล้องกับกระบวนการเกิดผลึกของแผ่นฟิล์มด้วยการปลูกผลึกในระบบ MOVPE

3. การคำนวณและการวิเคราะห์ผลกระบวนการที่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์ม InP

ในงานวิจัยนี้ในเบื้องต้นเราได้ทำการศึกษาผลกระบวนการของความกว้างของแผ่นมาสค์และความกว้างของบริเวณที่ใช้ในการปลูกผลึกของแผ่นฟิล์มที่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์มดังแสดงในรูปที่ 2 โดย M1 M2 และ M3 เป็นแผ่นมาสค์ E1 และ E2 เป็นบริเวณที่จะทำการปลูกผลึกของแผ่นฟิล์ม โดยวัตถุประสงค์ของการคำนวณและวิเคราะห์ผลในครั้งนี้เพื่อที่จะนำความสัมพันธ์ต่างๆที่



รูปที่ 2 รูปแบบของแผ่นมาสค์ที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของแผ่นมาสค์กับความหนาของแผ่นฟิล์ม

ได้มาเป็นข้อมูลในการออกแบบรูปแบบของแผ่นมาสค์ เพื่อใช้ในการผลิตอุปกรณ์ที่มีบริเวณในการปลูกผลึกของแผ่นฟิล์มที่มีการเรียงตัวในรูปแบบตาราง โดยแผ่นฟิล์มทั้ง 4 บริเวณจะถูกออกแบบให้มีความหนาที่แตกต่างกัน 10 nm

แผ่นฟิล์มที่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้จะเป็นแผ่นฟิล์มของผลึกของสารประกอบกิงตัวนำชนิด InP ซึ่งในกรณีนี้ความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณใดๆจะเปรียบต่างกับความหนาแน่นของอะตอมของ In ที่ถูกดูดซับเป็นผลึกที่บริเวณนั้นๆ นอกจานี้ในการคำนวณทั้งหมดจะมีการกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆของแผ่นฟิล์ม InP ดังนี้

- L_E มีค่าเท่ากับ $30.73 \mu\text{m}$
- L_M มีค่าเท่ากับ $102.5 \mu\text{m}$

t_E^M มีค่าเท่ากับ 4.5

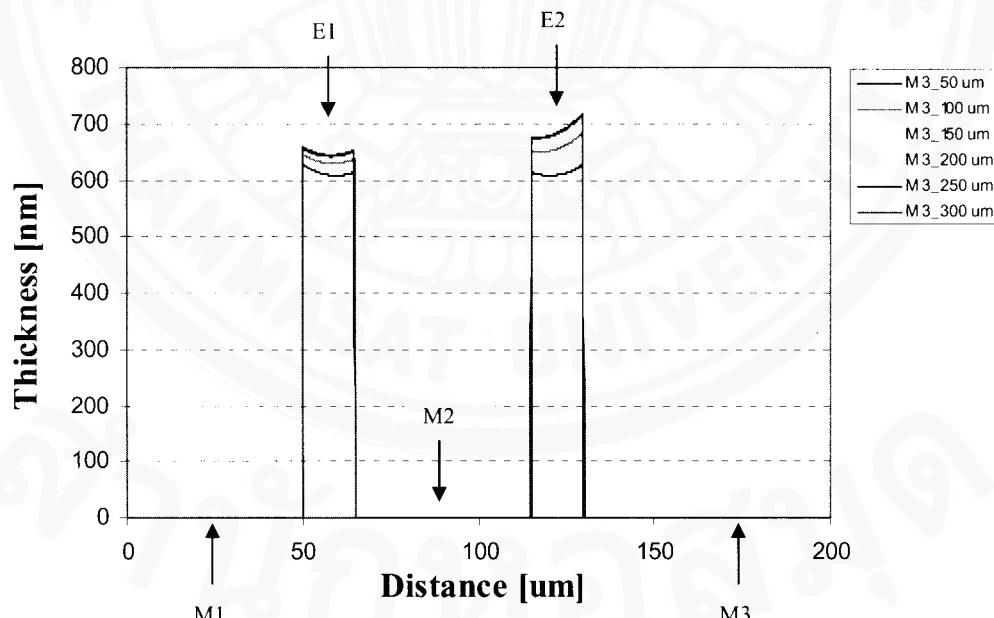
- ความหนาของแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแผ่นมาสค์มีค่าเท่ากับ 220 nm [14]

3.1 ผลกระทบของขนาดของ M3 ที่มีต่อความหนาของแผ่นฟิล์มทั้งสองบริเวณ

สำหรับการคำนวณในขั้นตอนนี้ได้มีการกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆดังนี้

- E1 และ E2 มีค่าคงที่เท่ากับ 15 μm
- M1 และ M2 มีค่าคงที่เท่ากับ 50 μm
- M3 มีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก 50 μm ถึง 300 μm ซึ่งผลการคำนวณแสดงในรูปที่ 3 จากรูปพบว่า อะตอมของ In ไม่สามารถจับตัวเป็นแผ่นฟิล์มได้ที่บริเวณแผ่นมาสค์ M1 M2 และ M3 ทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์ม InP ที่บริเวณดังกล่าวมีค่าเป็นศูนย์ ในขณะที่อะตอมของ In สามารถจับตัวเป็นผลึกได้ที่บริเวณป्लูกหลิกของแผ่น

ฟิล์ม E1 และ E2 จึงทำให้ความหนาที่บริเวณดังกล่าวมีค่ามากกว่าศูนย์ นอกจากนี้บริเวณป्लูกหลิกของแผ่นฟิล์ม E1 และ E2 ยังได้รับอิทธิพลจากการแพร่ของอะตอมจากแผ่นมาสค์ทั้งสามทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์มนบริเวณดังกล่าวมีค่ามากกว่าความหนาของแผ่นฟิล์มในการป্লูกหลิกทั่วไปที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแผ่นมาสค์ นอกจากนี้พบว่าความหนาของแผ่นฟิล์มนบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นมาสค์กับป्लูกหลิกของแผ่นฟิล์มจะมีค่าไม่เท่ากันโดยที่บริเวณป्लูกหลิก E1 นั้นความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณรอยต่อระหว่าง M1 กับ E1 จะมีความหนานากกว่าแผ่นฟิล์มที่บริเวณรอยต่อระหว่าง M2 กับ E1 และที่บริเวณป्लูกหลิก E2 นั้นความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณรอยต่อระหว่าง M3 กับ E2 จะมีความหนานากกว่าแผ่นฟิล์มที่บริเวณรอยต่อระหว่าง M2 กับ E2

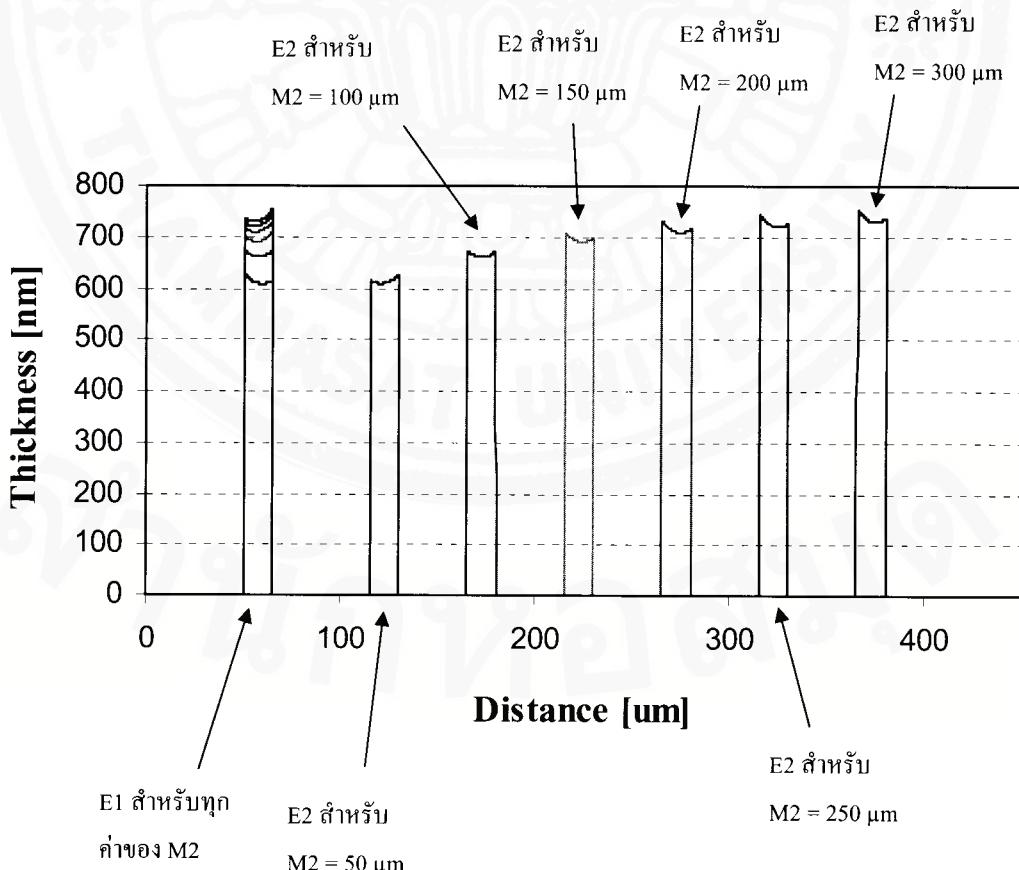


รูปที่ 3 ผลกระทบของ M3 ที่มีต่อความหนาของแผ่นฟิล์มทั้งสองบริเวณ

ซึ่งหากพิจารณารูปแบบของมาสค์ในรูปที่ 3 แล้ว พบว่า แผ่นมาสค์ M2 อยู่ระหว่างบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 ดังนั้นอะตอมของ In จึงสามารถแพร่ไปยังบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 ได้ภายในเวลาเดียวกัน ดังนั้นความหนาแน่นของอะตอมของ In ที่แพร่จากแผ่นมาสค์ M2 ไปยังบริเวณปลูกพลีกทั้งสองจึงมีค่าที่น้อยกว่าความหนาแน่นของอะตอมของ In ที่แพร่จากแผ่นมาสค์ M1 ไปยังบริเวณปลูกพลีก E1 หรือความหนาแน่นของอะตอมของ In ที่แพร่จากแผ่นมาสค์ M3 ไปยังบริเวณปลูกพลีก E2 ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณรอยต่อระหว่าง M1 กับ E1 จึงมีค่ามากกว่าความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณรอยต่อระหว่าง M2 กับ E1 และความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณรอยต่อระหว่าง M3 กับ E2 จะมีค่ามากกว่าความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณรอยต่อระหว่าง M2 กับ E2

นอกจากนี้ พบว่าในกรณีที่แผ่นมาสค์ M3 มีค่า $50 \mu\text{m}$ เท่ากับความกว้างของแผ่นมาสค์ M1 นั้น ลักษณะของกราฟแสดงความหนาของแผ่นฟิล์ม ที่บริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 จะสมมาตรกันในลักษณะของการกลับด้านอย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มความกว้างของ M3 ขึ้นเป็น $100 \mu\text{m}$ หรือมากกว่านั้นแล้ว จะทำให้อัตราการเพิ่มของความหนาจากอิทธิพลของ M3 มากกว่าอิทธิพลของ M1 ทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์มบริเวณ E2 มีค่ามากกว่าความหนาของแผ่นฟิล์มบริเวณ E1 เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการเพิ่มความกว้างของ M3 มากกว่าแผ่นฟิล์มบริเวณ E1 ดังนั้น ลักษณะกราฟความหนาของทั้งสองบริเวณจึงไม่สมมาตรกัน

อย่างไรก็ตามหลังจากที่เพิ่มขนาดของแผ่นมาสค์ M3 ให้มีค่ามากกว่า 2 เท่าของค่า L_M หรือมากกว่า $200 \mu\text{m}$ แล้วพบว่าความกว้างของแผ่นมาสค์ M3 แทบจะ



รูปที่ 4 ผลกระทบของ M2 ที่มีต่อความหนาของแผ่นฟิล์มทั้งสองบริเวณ

ไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณ E2 นี่เองจากหากแผ่นมาสค์ M3 มีความกว้างมากกว่า 2 เท่า ของค่า L_M แล้ว จะทำให้หลังจากที่อะตอม In แพร่บัน แผ่นมาสค์ด้วยระยะ L_M แล้วอะตอม In ก็ยังไม่สามารถ แพร่ไปถึงบริเวณป्लูกพลีก E2 ได้ ดังนั้นอะตอมที่ไม่ สามารถเดินทางไปถึงบริเวณป्लูกพลีก E2 จึงไม่ส่งผล ผลกระทบต่อความหนาแน่นของอะตอมในบริเวณบริเวณ ป्लูกพลีก E2 ได้ ดังนั้นความหนาของแผ่นฟิล์มนี่ที่บริเวณ บริเวณป्लูกพลีก E2 จึงมีค่าใกล้เคียงกันมากในกรณีที่ความ กว้างของแผ่นมาสค์ M 3 มีค่าเป็น 200 μm 250 μm และ 300 μm

3.2 ผลกระทบของขนาดของ M2 ที่มีต่อความหนา ของแผ่นฟิล์มทั้งสองบริเวณ

สำหรับการคำนวณในขั้นตอนนี้ได้มีการ กำหนดค่าของตัวแปรต่างๆดังนี้

- E1 และ E2 มีค่าคงที่เท่ากับ 15 μm
- M1 และ M3 มีค่าคงที่เท่ากับ 50 μm
- M2 มีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก 50 μm ถึง 300 μm

ซึ่งผลการคำนวณแสดงในรูปที่ 4 จากรูปดำเนิน ของบริเวณป्लูกพลีก E1 ของทุกค่าของ M2 จะอยู่ใน ตำแหน่งเดียวกัน เนื่องจากความกว้างของแผ่นมาสค์ M1 และบริเวณป्लูกพลีก E1 ของทุกกรณีมีค่าเท่ากันคือ 50 μm และ 15 μm ตามลำดับ แต่ในส่วนของตำแหน่งของบริเวณ

ตารางที่ 1 เส้นทางของ M2 และตำแหน่งที่แผ่นฟิล์มนี่ความหนามากที่สุดและน้อยที่สุดในบริเวณป्लูกพลีก E1 และ E2

เงื่อนไข	ช่องสัญญาณ E1		ช่องสัญญาณ E2	
	ตำแหน่งที่แผ่นฟิล์ม หนามากที่สุด	ตำแหน่งที่แผ่นฟิล์ม หนาน้อยที่สุด	ตำแหน่งที่แผ่นฟิล์ม หนามากที่สุด	ตำแหน่งที่แผ่นฟิล์ม หนาน้อยที่สุด
M2 < 100 μm	รอยต่อกับ M1	ใกล้ M2	รอยต่อกับ M3	ใกล้ M2
M2 = 100 μm	รอยต่อกับ M1 และ รอยต่อกับ M2	ตำแหน่งกึ่งกลาง	ตำแหน่งกึ่งกลาง	รอยต่อกับ M2 และ รอยต่อกับ M3
M2 > 100 μm	รอยต่อกับ M2	ใกล้ M1	รอยต่อกับ M2	ใกล้ M3

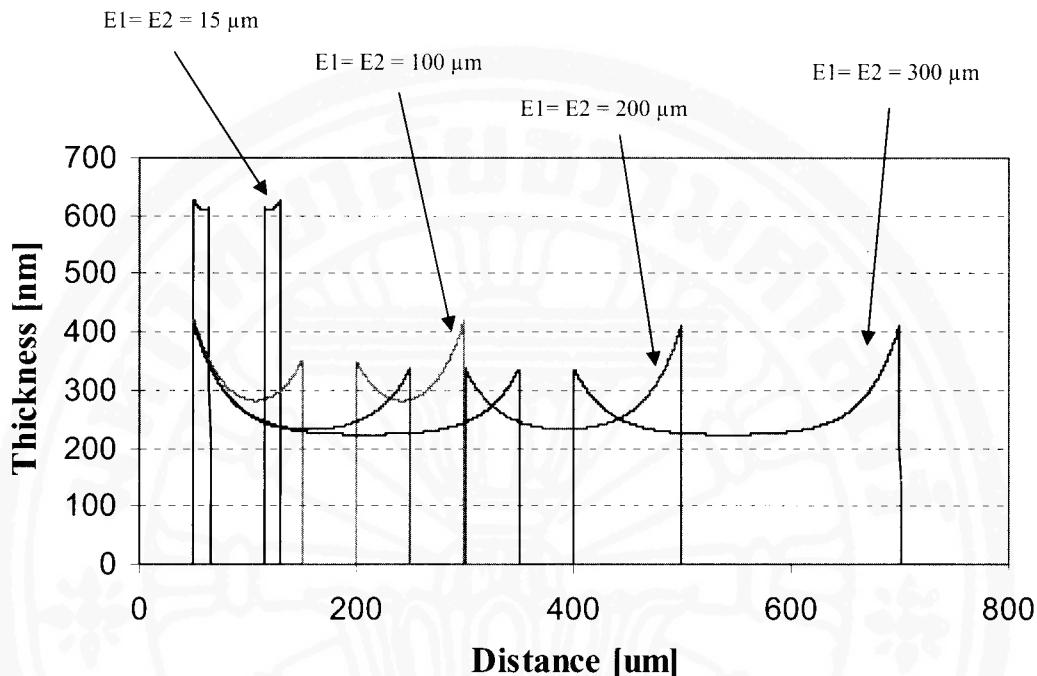
ป्लูกพลีก E2 นั้นจะแตกต่างกันไปตามขนาดความกว้าง ของแผ่นมาสค์ M2 และหากพิจารณาความหนาของ แผ่นฟิล์ม InP ที่บริเวณบริเวณป्लูกพลีก E1 และ E2 แล้ว พบว่าความหนาของแผ่นฟิล์มนี้ค่ามากขึ้นในการฉีดที่มี การเพิ่มค่าความกว้างของแผ่นมาสค์ M2 นอกจากนี้ยังพบ แนวโน้มว่าความหนาของแผ่นฟิล์มนี้ค่าใกล้เคียงกัน หลังจากแผ่นมาสค์ M2 มีความกว้างมากกว่า 200 μm

นอกจากนี้ในการพิจารณาเบรี่ยนเพียงคราฟเฟสดง ความหนาของแผ่นฟิล์มที่บริเวณป्लูกพลีก E1 และ E2 พบว่าคราฟเฟสดงความหนาของหั้งสองนบริเวณนี้ค่าที่ สามารถกันแทกลับกิษทางกันในทุกกรณี โดยตำแหน่งที่ ความหนาของแผ่นฟิล์ม InP มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดใน บริเวณป्लูกพลีก E1 และ E2 นั้นจะเปลี่ยนตามขนาดของ ความกว้างของแผ่นมาสค์ M2

โดยเราสามารถพิจารณาการเปลี่ยนตำแหน่งของ บริเวณที่มีความหนาสูงสุดและต่ำสุดในบริเวณป्लูกพลีก E1 และ E2 ได้ตามตารางที่ 1 ซึ่งจากตารางพบว่าตำแหน่ง ของบริเวณต่างๆดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดความ กว้างของแผ่นมาสค์ M2 ซึ่งในที่นี่เราพิจารณาว่าอะตอม In ที่ตกลงบนแผ่นมาสค์ M2 สามารถแพร่ไปยัง บริเวณป्लูกพลีก E1 และ E2 ในปริมาณที่เท่ากัน ดังนั้น เราอาจจะพิจารณาว่าอะตอม In ที่แพร่ไปยังบริเวณ ป्लูกพลีก E1 จะได้รับอิทธิพลจาก ความกว้างของแผ่น

มาสค์ M2 เพียงครึ่งเดียว ด้วยเหตุนี้เราสามารถทราบ ตำแหน่งของบริเวณที่มีความหนาสูงสุดและต่ำสุดใน

บริเวณปลูกพลัก E1 และ E2 ได้จากการเปรียบเทียบความกว้างของแผ่นมาสค์ M1 และ M3 กับความกว้าง $\frac{1}{2}$ M2



รูปที่ 5 ผลกระทบของ E1 และ E2 ที่มีต่อความหนาของแผ่นฟิล์มทั้งสองบริเวณ

จากรูปพบว่าแผ่นมาสค์ M1 และ M3 มีความกว้าง คงที่เท่ากับ $50 \mu\text{m}$ ดังนั้นถ้าค่า $\frac{1}{2}$ M2 มีค่าน้อยกว่า $50 \mu\text{m}$ อิทธิพลจากแผ่นมาสค์ M1 และ M3 จะมีมากกว่า $\frac{1}{2}$ M2 ดังนั้นตำแหน่งที่มีความหนาของแผ่นฟิล์มมากที่สุดจะอยู่ที่รอยต่อ M1 กับ E1 ในบริเวณปลูกพลัก E1 และ รอยต่อ E2 กับ M3 ในบริเวณปลูกพลัก E2 แต่ถ้าค่า $\frac{1}{2}$ M2 มีค่ามากกว่า M1 และ M3 จะได้ผลการคำนวณที่ตรงข้ามกัน กล่าวคืออิทธิพลจากแผ่นมาสค์ M1 และ M3 จะมีค่าน้อยกว่า $\frac{1}{2}$ M2 ทำให้ตำแหน่งที่มีความหนาของแผ่นฟิล์มมากที่สุดจะอยู่ที่รอยต่อ M2 ทั้งสองฝั่ง ส่วนในกรณีที่แผ่นมาสค์ M2 มีความหนา $100 \mu\text{m}$ จะทำให้ความกว้าง $\frac{1}{2}$ M2 มีค่า $50 \mu\text{m}$ เท่ากับความกว้างของ M1 และ M3 ทำให้

อิทธิพลของความกว้าง $\frac{1}{2}$ M2 ต่อความหนาของแผ่นฟิล์ม เท่ากับอิทธิพลของแผ่นมาสค์ M1 และ M3 ดังนั้นกราฟแสดงความหนาของแผ่นฟิล์มทั้งสองบริเวณจึงสมมาตร กันและตำแหน่งที่มีความหนาของแผ่นฟิล์มมากที่สุดจะอยู่ที่รอยต่อของแผ่นมาสค์กับบริเวณปลูกพลักทุกบริเวณ

3.3 ผลกระทบของความกว้างของ E1 และ E2 ที่มีต่อความหนาของแผ่นฟิล์มทั้งสองบริเวณ

สำหรับการคำนวณในขั้นตอนนี้ ได้มีการกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆดังนี้

- M1 M2 และ M3 มีค่าคงที่เท่ากับ $50 \mu\text{m}$
- E1 และ E2 มีค่าเท่ากัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่า จาก $15 \mu\text{m}$ ถึง $300 \mu\text{m}$

ซึ่งผลการคำนวณแสดงในรูปที่ 5 จากรูปแสดงให้เห็นว่าความกว้างของบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 ส่งผลกระทบต่อความหนาของแผ่นพิล์มในตำแหน่งต่างๆ ในบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 โดยในกรณีที่ขนาดความกว้างของบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 มีค่าน้อยกว่าค่า L_E ของอะตอม In (หรือในกรณีที่ขนาดความกว้างของ E1 และ E2 เท่ากัน $15 \mu\text{m}$) แผ่นพิล์มของ InP ที่ทุกตำแหน่งในบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 จะมีความหนามากกว่า 600 nm ในขณะที่ในกรณีที่ขนาดความกว้างของ E1 และ E2 มีค่ามากกว่าค่า L_E ของอะตอม In (หรือในกรณีที่ขนาดความกว้างของ E1 และ E2 เท่ากัน $100 \mu\text{m}$ $200 \mu\text{m}$ และ $300 \mu\text{m}$) ความหนาของแผ่นพิล์มที่ตำแหน่งต่างๆ จะมีค่าลดลง เนื่องจากอะตอม In สามารถแพร่กระจายไปในบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 ได้มากขึ้น ซึ่งถ้าขนาดความกว้างของบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 มีค่ามากเท่าใด ขนาดของความหนาของแผ่นพิล์มที่บริเวณดังกล่าวก็จะมีค่าลดลงมากเท่านั้น

นอกจากนี้พบว่าในกรณีที่ขนาดความกว้างของบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 มีค่ามากกว่า $200 \mu\text{m}$ นั้น ในทุกกรณีตำแหน่งกึ่งกลางของบริเวณปลูกพลีก E1 และ E2 จะเป็นตำแหน่งที่แผ่นพิล์มของ InP มีความหนาน้อยที่สุด และเป็นตำแหน่งที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ของอะตอมจากแผ่นมาสค์ M1 M2 และ M3 เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่อะตอม In ไม่สามารถแพร่ไปถึงได้ เนื่องจากที่ตำแหน่งดังกล่าวมีระยะห่างจากการอยู่ต่อของมาสค์มากกว่าค่า L_E หรือระยะทางในการแพร่ของอะตอมของชาตุ In ก่อนเรียงตัวเป็นแผ่นพิล์มนั่นเอง ดังนั้นในกรณีดังกล่าว นี้ความหนาของแผ่นพิล์มตำแหน่งกึ่งกลางของบริเวณปลูกพลีกมีความหนาของแผ่นพิล์มที่น้อยที่สุด และผู้ผลิตยังสามารถควบคุมความหนาได้จากความกว้างของแผ่นมาสค์

4. การออกแบบรูปแบบของแผ่นมาสค์สำหรับผลิตผลิตอุปกรณ์ที่มีบริเวณปลูกพลีกของแผ่นพิล์ม 4 บริเวณ ในลักษณะอย่างไรโดยใช้เทคนิค SAG

จากการศึกษาในตอนที่แล้วพบว่า

- 1) ความกว้างของแผ่นมาสค์ ส่งผลกระทบ ต่อความหนาของแผ่นพิล์ม
- 2) ในกรณีของแผ่นมาสค์ที่อยู่ระหว่างบริเวณปลูกพลีก 2 บริเวณ ผลกระทบที่มีต่อความหนาของแผ่นพิล์มในแต่ละบริเวณปลูกพลีกสามารถเดียบได้กับผลกระทบจากแผ่นมาสค์ที่มีขนาดเพียงครึ่งเดียวของแผ่นมาสค์นั้น
- 3) ตำแหน่งที่แผ่นพิล์มนี้ความหนามากที่สุดหรือน้อยที่สุดสามารถควบคุมได้จากความกว้างของแผ่นมาสค์ M1 M2 และ M3
- 4) ในกรณีที่ความกว้างของแผ่นมาสค์มีค่ามากกว่า $200 \mu\text{m}$ ความหนาของแผ่นพิล์มที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

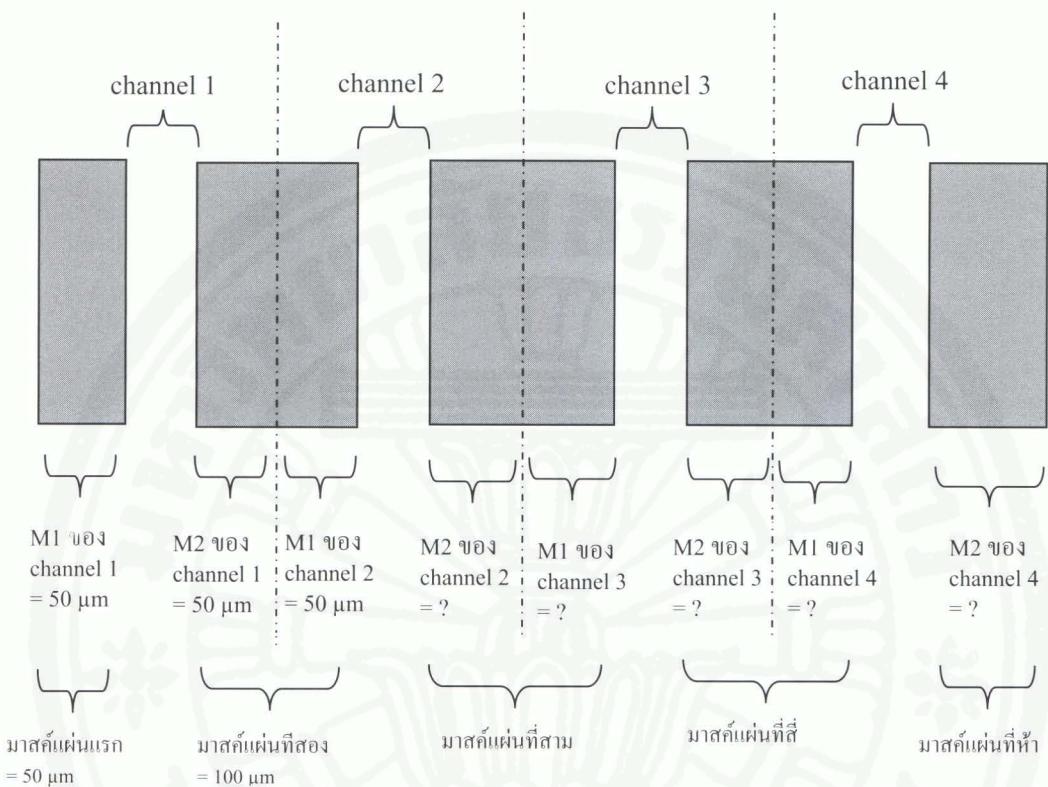
ในขั้นตอนนี้เราได้ทำการออกแบบมาสค์ที่ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ที่มีบริเวณปลูกพลีกของแผ่นพิล์มทั้งหมด 4 บริเวณ ในรูปแบบของอาร์ช

โดยในเบื้องต้นได้กำหนดเงื่อนไขของอุปกรณ์ดังนี้

1. บริเวณปลูกพลีกของแผ่นพิล์มทั้งสี่มีความกว้าง $100 \mu\text{m}$ เนื่องจากเป็นความกว้างที่ทำให้ตำแหน่งกึ่งกลางของบริเวณปลูกพลีกมีความหนาของแผ่นพิล์มที่น้อยที่สุด และผู้ผลิตยังสามารถควบคุมความหนาได้จากความกว้างของแผ่นมาสค์
2. ความหนาของแผ่นพิล์มที่มีค่าน้อยที่สุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของแต่ละบริเวณปลูกพลีกของแผ่นพิล์มแตกต่างกัน 10 nm
3. กำหนดให้ความกว้างของแผ่นมาสค์ชั้นแรกและชั้นที่สองมีค่า $50 \mu\text{m}$ และ $100 \mu\text{m}$ ตามลำดับ เพื่อกำหนดความหนาเริ่มต้นของแผ่นพิล์ม InP ในบริเวณปลูกพลีกของแผ่นพิล์มแรก

4. ความกว้างของแผ่นมาสค์แผ่นที่เหลือทั้งหมดต้องมีค่าไม่เกิน $200 \mu\text{m}$ แต่ถ้าเป็นแผ่นมาสค์ที่อยู่ระหว่าง

บริเวณปลูกพลีกของแผ่นฟิล์ม 2 บริเวณ จะต้องมีค่าไม่เกิน $400 \mu\text{m}$



รูปที่ 6 รูปแบบของมาสค์ที่ต้องการออกแบบสำหรับผลิตอุปกรณ์ที่มีบริเวณปลูกพลีกของแผ่นฟิล์มทั้งหมด 4 บริเวณในรูปแบบของอะเรย์ โดยใช้เทคนิค SAG

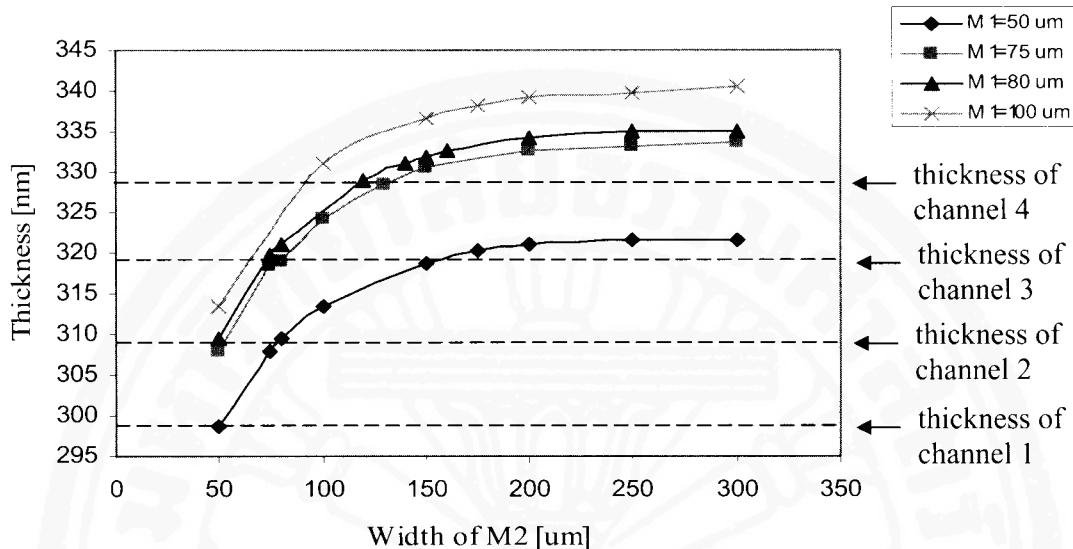
ในการออกแบบรูปร่างของมาสค์เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นนี้ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบรูปแบบของมาสค์ให้มีลักษณะดังรูปที่ 6 จากรูปพบว่าความกว้างของแผ่นมาสค์ที่อยู่ระหว่างบริเวณปลูกพลีก 2 บริเวณ จะพิจารณาจากผลรวมของค่า M2 ของบริเวณปลูกพลีก ทางด้านซ้ายมีรวมกันค่าของ M1 ของบริเวณปลูกพลีกทางขวาเมื่อ โดยกำหนดให้ขนาดของตัวแปรทั้งสองมีค่าเท่ากัน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ความสัมพันธ์ของความหนาของแผ่นฟิล์มที่ได้จากการใช้แผ่นมาสค์สองแผ่นเพื่อช่วยในการออกแบบได้ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในรูปที่ 7 โดยได้กำหนดให้แผ่น

มาสค์ทั้งสองมีความกว้าง M1 และ M2 ตามลำดับ ในขั้นตอนนี้ได้พิจารณาให้ M1 มีค่าที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 กรณี ได้แก่ $50 \mu\text{m}$ $75 \mu\text{m}$ $80 \mu\text{m}$ และ $100 \mu\text{m}$ โดยทั้ง 4 กรณีนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ M2 จาก $50 \mu\text{m}$ ถึง $300 \mu\text{m}$ และยังได้แสดงความหนาของแผ่นฟิล์มของทั้ง 4 ช่องส่งสัญญาณที่ต้องการออกแบบด้วย ซึ่งได้แก่ 299 nm 309 nm 319 nm และ 329 nm ตามลำดับ

จากรูปที่ 7 พบว่าในการที่ต้องการออกแบบรูปแบบของมาสค์เพื่อให้แผ่นฟิล์มของ InP ที่บริเวณปลูกพลีกของแผ่นฟิล์มทั้ง 4 มีความหนาของแผ่นฟิล์มแตกต่างกัน 10 nm นั้น ผู้ผลิตสามารถออกแบบให้แผ่น

มาสก์มีความกว้างในแต่ละบริเวณที่แตกต่างกันได้ เช่น ในกรณีที่ต้องการให้แผ่นฟิล์มนี้ความหนา 319 nm นั้นสามารถเลือกออกแบบให้ M1 มีค่า 50 μm และ M2 มีค่า

150 μm หรือเลือกออกแบบให้ M1 มีค่า 75 μm และ M2 มีค่า 80 μm หรือเลือกออกแบบให้ M1 มีค่า 80 μm และ M2 มีค่า 75 μm เป็นต้น



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของแผ่นมาสก์ที่สองกับความหนาของแผ่นฟิล์ม และความหนาของแผ่นฟิล์มที่ต้องการในแต่ละบริเวณปัจจุบันหลักของแผ่นฟิล์ม

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถออกแบบให้มาสก์ที่บีบริเวณได้ตามขนาดต่างๆ กันเพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติดีตามที่ต้องการ ได้หลายรูปแบบดังที่แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งหากออกแบบให้มาสก์เป็นตามรูปแบบที่ 1 หรือรูปแบบที่ 2 ในตารางที่ 2 จะทำให้สามารถผลิตอุปกรณ์ที่มีบริเวณปัจจุบันหลักทั้งหมด 4 บริเวณในรูปแบบ

ของอะเรย์ โดยแผ่นฟิล์ม InP ในแต่ละบริเวณมีความหนาที่แตกต่างกัน 10 nm และความกว้างของช่องบริเวณปัจจุบันหลักของแผ่นฟิล์มทั้งหมดมีค่า 100 μm โดยความหนาของแผ่นฟิล์มของทั้ง 4 ช่องส่งสัญญาณมีค่าประมาณ 299 nm 309 nm 319 nm และ 329 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ตัวอย่างรูปแบบของมาสก์ที่ได้ออกแบบด้วย เทคนิค SAG

รูปแบบที่ 1	
ลำดับของมาสก์	ความกว้างของมาสก์ [μm]
1	50
2	100
3	160
4	150
5	150

รูปแบบที่ 2	
ลำดับของมาสก์	ความกว้างของมาสก์ [μm]
1	50
2	100
3	150
4	150
5	130

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่า ในกรณีที่ใช้เทคนิค SAG มาประยุกต์ใช้ในการปั้นพล็อกของแผ่นฟิล์ม InP นั้นสามารถควบคุมความหนาของแผ่นฟิล์มได้ด้วยการเปลี่ยนความกว้างของแผ่นมาสค์ โดยความหนาของแผ่นฟิล์มนั้นจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นหากใช้แผ่นมาสค์ที่มีความกว้างมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามหากความกว้างของแผ่นมาสค์มีค่ามากกว่าสองเท่าของความยาว L_{W} ผลกระทบของความกว้างของมาสค์ที่มีต่อความหนาของแผ่นฟิล์มจะลดลง

นอกจากนี้ในการออกแบบรูปแบบของมาสค์ที่ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ที่มีบริเวณปั้นพล็อกทั้งหมด 4 บริเวณ ในรูปแบบของอะเรย์นั้น พบว่าในกรณีของแผ่นมาสค์ที่อยู่ระหว่างบริเวณปั้นพล็อก 2 บริเวณนั้น ผลกระทบที่มีต่อบริเวณปั้นพล็อกแต่ละบริเวณสามารถเทียบเคียงได้กับผลกระทบจากแผ่นมาสค์ที่มีขนาดเพียงครึ่งเดียวของแผ่นมาสค์นั้น และ ตำแหน่งที่แผ่นฟิล์มมีความหนานากที่สุดหรือน้อยที่สุดสามารถควบคุมได้จากความกว้างของแผ่นมาสค์ที่บริเวณต่างๆ นอกจากนี้เราขยันพยายามเลือกค่าความกว้างของแผ่นมาสค์ที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้ความหนาของแผ่นฟิล์มที่เท่ากันอีกด้วย

จากการใช้หลักการต่างๆดังกล่าวนี้ ทำให้เราสามารถออกแบบรูปทรงของมาสค์ที่ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ที่มีบริเวณปั้นพล็อกทั้งหมด 4 บริเวณในรูปแบบของอะเรย์นั้น ได้หลายรูปแบบ จากการเลือกค่าความกว้างของแผ่นมาสค์ที่บริเวณต่างๆ ให้มีค่าแตกต่างกัน โดยในทุกกรณีสามารถทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติเหมือนกัน กล่าวคือ ความหนาของแผ่นฟิล์ม InP ที่บริเวณปั้นพล็อกของแผ่นฟิล์มทั้ง 4 บริเวณแตกต่างกัน 10 nm ได้แก่ 299 nm 309 nm 319 nm และ 329 nm ตามลำดับ รวมทั้งความกว้างของบริเวณปั้นพล็อกทั้ง 4 มีค่าเท่ากันคือ 100 μm

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปในการออกแบบโครงสร้างของเซมิคอนดัคเตอร์เลเซอร์อาเรย์สำหรับใช้งานเป็นแหล่งกำเนิดแสงในระบบการสื่อสารด้วยแสงนั้น นอกเหนือ

จากความหนาของแผ่นฟิล์มแล้ว สิ่งที่ผู้ผลิตจำเป็นต้องคำนึงถึงนั้นมีหลายด้าน เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง เป็นต้น อัตราส่วนขององค์ประกอบของชาติต่างๆ ในแผ่นฟิล์มนั้นที่เป็นสารประกอบกึ่งตัวนำ ผลต่างของช่องว่างและพลังงาน ดังนั้นในความเป็นจริงรูปแบบของมาสค์ที่ใช้ในการผลิตเชนิกอนดัคเตอร์เลเซอร์อาเรย์ที่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่ต้องการนั้นจะมีรูปแบบที่เหมาะสมเพียงรูปแบบเดียว ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สามารถออกแบบได้ด้วยเทคนิค SAG

ด้วยเหตุผลดังกล่าวในลำดับต่อไปจึงเป็นต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคนิค SAG มาประยุกต์ใช้ในการปั้นพล็อกของสารประกอบกึ่งตัวนำที่ใช้ในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในระบบการสื่อสารทางแสงจริง เช่น InGaAsP เป็นต้น ในกรณีนี้ ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการศึกษาได้แก่ ผลกระทบของความกว้างของแผ่นมาสค์ที่มีต่อขนาดของแผ่นฟิล์ม InGaAsP ผลกระทบของความกว้างของแผ่นมาสค์ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์ม InGaAsP ผลกระทบของความกว้างของแผ่นมาสค์ที่มีต่อผลต่างของช่องว่างและพลังงานของแผ่นฟิล์ม InGaAsP รวมทั้งผลกระทบของความกว้างของแผ่นมาสค์ที่มีต่ออัตราส่วน Ga/In ที่ดำเนินการต่างๆของแผ่นฟิล์ม InGaAsP เป็นต้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Y.Sakata et al., Low-threshold Strained Multi-quantum Well Lasers Fabricated by Selective Metalorganic Vapor Phase Epitaxy without a Semiconductor Etching process. Journal of Crystal Growth 170 (1997) 456-460.
- [2] Y. Sakata and Y. Inomoto, Migration Effect from a Masked Region for InGaAsP-Selective MOVPE, 1997 International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM'97), THB4, pp.602-605.

- [3] Moo-Sung Kim et al., Selective Area Growth of InGaAsP by OMVPE, Journal of Crystal Growth 123 (1992) 69-74.
- [4] 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.
- [5] Y. Sakata et al., Selective MOVPE Growth of InGaAsP and InGaAs using TBA and TBP, Journal of Electronic materials, Vol. 25, No.3, 1996.
- [6] Y. Sakata et al., Selective MOVPE Growth of InGaAsP and InGaAs using TBA and TBP, Journal of Electronic Materials, Vol. 25, No.3, 1996.
- [7] Y. Sakata et al. PULSE-MODE SELECTIVE MOVPE METHOD FOR HIGH-QUALITY STRAINED InGaAsP MQW STRUCTURE, 10th Intern, Conf. On Indium Phosphide and Related Materials, pp 317-320, Tsukuba Japan, May 11-15, 1998.
- [8] Yasutaka Sakata et al., NARROW-STRIPE SELECTIVE MOVOE TECHNOLOGY FOR HIGH-QUALITY STRAINED InGaAsP MQW SREUCTURES, 11th Intern, Conf. On Indium Phosphide and Related Materials, pp 41-46, Davos Switzerland, May 16-20, 1999.
- [9] Yoshiyuki Mishima et al., Simulation of the Growth Enhancement in Selective Area MOVPE extended Abstracts of the 17th Electronic Materials Symposium, SA2, pp.153-156, Izu-Nagaoka, July 8-10, 1998.
- [10] Yoshiyuki Mishima et al., Two-dimensional Simulation of the Growth Enhancement in Selective are Metal-organic Vapor Phase Epitaxy, 194th Electrochemical Society Annual Meeting, Boston, Massachusetts, November 1-6, 1998.
- [11] Takuya Fujii et al., A theory for Metalorganic Vapor Phase Epitaxial Selective Growth on Planar Patterned Substrates, Journal of Crystal Growth 146 (1995) 475-481.
- [12] Takuya Fujii et al., Growth Pressure Dependence of Selective Area Metalorganic Vapor Phase Epitaxy on Planar Patterned Substrates, Journal of Crystal Growth 156(1995) 59-66.
- [13] FUJII, T., EKAWA, M., AND YAMAZAKI, S. (1995), A Theory for Metalorganic Vapor Phase Epitaxial Selective Growth on Planar Patterned Substrates, Journal of Crystal Growth 146 (1995), pp. 475 – 481.
- [14] Futakuchi Naoki, **選択 MOVPE 成長を用いた光能動・受動素子の集積化に関する研究**, Ph. D. Thesis, University of Tokyo, Tokyo, 2003.