บทที่ 1 บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic devices) ต่างๆ เช่น ชิปคอมพิวเตอร์ ได้ถูกพัฒนาให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ทำงานได้รวดเร็ว ใช้พลังงานน้อย และราคาถูกลงยิ่งขึ้น หรือในส่วนของจอโทรทัศน์ที่มีขนาดหน้าจอใหญ่ขึ้น มีความหนาของตัวเครื่องน้อยลง และมีความละเอียดของหน้าจอสูงขึ้น แม้กระทั่งอุปกรณ์ประเภทหน่วยความจำ (Memory device) เช่น ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard-disk drive หรือ HDD) ซึ่งในปัจจุบันก็ได้ถูกพัฒนาให้มีความจุของข้อมูลต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น โดยการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้น มีภูมิหลังมาจากการพัฒนาเทคโนโลยีของกระบวนการถ่ายแบบลายวงจร (Photolithography process) ซึ่งเป็นหัวใจหลักในการสร้างลวดลายต่างๆ (Pattern) บนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยตลอด 50 ปีที่ผ่านมา ขนาดของลายวงจรในวงจรรวม (Integrated circuits หรือ ICs) หรืออุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor device) นั้น จะมีขนาดลดลงในอัตรา 30 เปอร์เซ็นต์ และจะมีความหนาแน่นของลายวงจร (Pattern density) เพิ่มขึ้นถึง 1 เท่า ต่อหน่วยพื้นที่ที่เท่ากัน ในทุกๆ 18 เดือน ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวนี้เป็นไปตามกฎของมัวร์ (Moore's law) [1] ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงการพัฒนาเพื่อเพิ่มความจุของข้อมูลต่อหน่วยพื้นที่ให้กับฮาร์ดดิสก์นั้น นอกจากจะต้องพัฒนาลวดลายบนจานเก็บข้อมูล (Media disk) ให้มีขนาดเล็ก และมีความหนาแน่นของลวดลาย (Pattern density) ให้มากที่สุดแล้ว ในส่วนของหัวอ่าน/เขียนข้อมูล (Read/write head) ก็มีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาเช่นกัน โดยเฉพาะในส่วนของโครงสร้างพื้นผิวแอร์แบริ่ง (Air Bearing Surface หรือ ABS) ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้าง ABS นั้น จะมีลักษณะเป็นลวดลายจุลภาคแบบสามมิติ (3-D microstructure) ที่มีความสูง (Pattern height) ในแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน [2-3] เพื่อทำหน้าที่เพื่อให้เกิดการไหลวนของอากาศ ส่งผลให้หัวอ่าน/เขียน สามารถลอยอยู่เหนือจานเก็บข้อมูลได้ โดยหัวอ่าน/เขียน จะมีระยะการบิน (Fly height) อยู่เหนือจานเก็บข้อมูลในระดับต่ำกว่านาโนเมตร [4-5] ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้หัวอ่าน/เขียน ไปขูดหรือสร้างความเสียหายกับจานเก็บข้อมูลในขณะที่ฮาร์ดดิสก์ทำงานอยู่ โดยทั่วไปโครงสร้าง ABS จะสร้างที่ผิวด้านข้างหรือด้านที่เป็นความหนาของแผ่นฐานที่ได้สร้างลวดลายสำหรับหัวอ่าน/เขียน หรือที่เรียกว่าหัวสไลด์ (Slider head) เสร็จเรียบร้อยแล้ว [6-7] โดยโครงสร้าง ABS แบบสามมิติ ดังกล่าว จะถูกสร้างด้วยกระบวนการถ่ายแบบลายวงจร (Photolithography) และการกัด (Etching) จำนวนหลายขั้นตอน จึงใช้เวลาในการผลิตและมีค่าใช้จ่ายมาก ต่อมาได้มีการพัฒนาชนิดของแผ่นกระจกต้นแบบ (Photomask) และเทคนิคการถ่ายแบบลายวงจร เพื่อสร้างลายวงจรแบบสามมิติ อีกหลายเทคนิค เช่น (1) การถ่ายแบบลายวงจรด้วยกระจกต้นแบบชนิดความเข้มแสงไบนารีที่มีลายวงจรหลายชั้น (Single-exposure with multi-layer mask หรือ SE-MLM) (2) การถ่ายแบบลายวงจรด้วยกระจกต้นแบบชนิดเกรย์สเกล (Gray-scale

lithography หรือ GSL-mask) และ (3) การถ่ายแบบลายวงจรด้วยกระจกต้นแบบชนิดความหนาชั้นฟิล์มหลายระดับ (Multi-Film thickness mask หรือ MFT-mask) และ (4) การถ่ายแบบลายวงจรหลายครั้ง ด้วยการปรับเปลี่ยนค่าพลังงานแสง โดยใช้กระจกต้นแบบชนิดความเข้มแสงไบนารีที่มีลายวงจรหลายชั้น (Multi-exposure with multi-layer mask หรือ ME-MLM) อย่างไรก็ตามเทคนิค SE-MLM GSL-mask และ MFT-mask นั้น ยังคงมีต้นทุนในการผลิต โดยเฉพาะในส่วนของต้นทุนของแผ่นกระจกต้นแบบที่สูง [4] และมีความยากในการควบคุมคุณภาพของลายวงจรในกระบวนการผลิต จึงเหลือเทคนิคที่น่าสนใจสำหรับการสร้างลวดลายจุลภาคสามมิติ คือ เทคนิค ME-MLM โดยในอดีตได้มีผู้ศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคดังกล่าวสร้างโครงสร้าง ABS แล้ว แต่ก็ประสบปัญหาในแง่ของการหาเงื่อนไขของค่าพลังงานในการฉายแสง เพื่อให้ได้ความสูงของลวดลายสามมิติ ตามต้องการ [4]

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการถ่ายแบบลายวงจรชนิด ME-MLM สำหรับการสร้างโครงสร้างจุลภาคสามมิติ ชนิด ABS โดยเน้นที่การศึกษาตัวแปรในกระบวนการถ่ายแบบลายวงจรหลายครั้ง (Multi-exposure) ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของลวดลายสามมิติ โดยเฉพาะความหนา (Photoresist remaining thickness) และความชัน (Sidewall profile) ของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงภายหลังการล้างลาย และมุ่งหมายที่จะศึกษาหาความสัมพันธ์ของปัจจัยในกระบวนการดังกล่าวในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์ (Mathematic model) อีกทั้งยังมุ่งทดลองเพื่อหาค่าคงที่ต่างๆ เช่น พารามิเตอร์ในการฉายแสงของดิลล์ (Dill's parameters) และพารามิเตอร์ในการล้างลายของแมค (Mack's parameters) [8] ทั้งนี้เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังกล่าว ไปใช้กับโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกระบวนการถ่ายแบบลายวงจร (Photolithography simulation software) เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างโครงสร้างจุลภาคสามมิติ โดยใช้การฉายแสงหลายครั้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการถ่ายลายวงจรพื้นฐานที่ใช้ในการสร้างโครงสร้างจุลภาคสามมิติชนิดพื้น ผิวแอร์แบริ่ง ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2. เพื่อศึกษากระบวนการถ่ายแบบลายวงจรหลายครั้งด้วยการปรับเปลี่ยนค่าพลังงานแสง โดยใช้เทคนิค ME-MLM

3. เพื่อศึกษาตัวแปรในกระบวนการถ่ายแบบลายวงจรหลายครั้งด้วยเทคนิค ME-MLM ที่ส่งผลกระทบต่อความหนาและความชันของชั้นฟิล์มน้ำยาไวแสงภายหลังการล้างลาย

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการถ่ายแบบลายวงจรหลายครั้ง ด้วยเทคนิค ME-MLM ในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์ (Mathematic model)

5. เพื่อศึกษาหาค่าคงที่ต่างๆ สำหรับพารามิเตอร์ในการฉายแสงของดิลล์ (Dill's parameter) และพารามิเตอร์ในการล้างลายของแมค (Mack's parameter)

6. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกระบวนการถ่ายแบบลายวงจรชนิด OPTOLITH simulation สำหรับการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างโครงสร้างจุลภาคสามมิติ โดยใช้การฉายแสงหลายครั้งด้วยเทคนิค ME-MLM

7. เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องจากการคำนวณด้วยโปรแกรม

8. เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณด้วยโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดลองจริง

1.3 สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดลองในห้องสะอาด ระดับ 100 ของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) จังหวัดฉะเชิงเทรา และบริษัทเวสเทิร์นดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดอยุธยา วิเคราะห์ผล ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยเริ่มต้นทำการวิจัยตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความเป็นไปได้ในการสร้างโครงสร้างจุลภาคสามมิติ ชนิด ABS ด้วยเทคนิค ME-MLM

2. ทราบถึงผลกระทบของตัวแปรต่างๆในเทคนิค ME-MLM ต่อคุณภาพของลวดลายสามมิติ

3. สามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกระบวนการถ่ายแบบลายวงจรชนิด OPTOLITH simulation สำหรับการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างโครงสร้างจุลภาคสามมิติ โดยใช้การฉายแสงหลายครั้งด้วยเทคนิค ME-MLM

4. สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคดังกล่าว ไปพัฒนากระบวนการถ่ายแบบลายวงจรเพื่อสร้างโครงสร้างจุลภาคสามมิติ สำหรับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดอื่นๆ ได้ต่อไปในอนาคต