บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจของไทย ปัจจุบันมีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 1.4 ล้านล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 32 ของมูลค่าการส่งออกของประเทศเนื่องจากอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูงในด้านการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ประเทศและความสามารถในการแข่งขันในเวทีโลก สำหรับผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ส่งออกที่สำคัญของไทย ได้แก่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและชิ้นส่วน โดยในปี พ.ศ. 2548 ที่ผ่านมาไทยสามารถส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั้งที่สำเร็จรูปและที่เป็นชิ้นส่วนได้สูงถึง 415,711 ล้านบาทหรือคิดเป็นร้อยละ 29 ของการส่งออกสินค้าไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดและคิดเป็นร้อยละ 10 ของการส่งออกโดยรวมของทั้งประเทศนอกจากนั้นในปีเดียวกันประเทศไทยได้ก้าวขึ้นมาเป็นผู้ผลิตและส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอันดับ 1 ของโลกเป็นปีแรกโดยมีส่วนแบ่งถึงร้อยละ 42 ของตลาดโลกการที่การผลิตและส่งออกจากประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรายใหญ่ของโลกถึง 4 บริษัท คือ Seagate, Hitachi Global Storage Technology (HGST), Western Digital (WD), และ Fujitsu/Toshiba (ข้อมูลแสดงในตารางที่ 1.1) ได้เข้ามาตั้งฐานการผลิตอยู่ในประเทศไทยโดยเฉพาะภายหลังรัฐบาลประกาศให้มีการส่งเสริมการลงทุนเป็นการเฉพาะสำหรับกิจการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2547 บริษัทเหล่านี้ต่างขยายกำลังการผลิตจนทำให้ประเทศไทยถูกจัดว่าเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่สำคัญของโลกอีกประเทศหนึ่งนอกเหนือจากสิงคโปร์,มาเลเซีย,และจีน

ตารางที่ 1.1 การเข้ามาของผู้ประกอบการฮาร์ดดิสก์รายใหญ่ในประเทศไทย

บริษัทประกอบหารฮาร์ดดิสก์	ปีที่เข้ามาลงทุนในประเทศไทย
Seagate	1983
Fujitsu/Toshiba	1994
Western Digital	2002
Hitachi Global Storage Technology	2003 (รวมกับ IBM)

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการการลงทุน (BOI)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่เพียงก่อให้เกิดการลงทุนจากต่างประเทศและสร้างรายได้แก่ประเทศในฐานะของสินค้าส่งออกที่สำคัญของไทยเท่านั้นแต่ยังก่อให้เกิดการจ้างงานในประเทศถึง100,000 อัตราและสร้างอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ อีกจำนวนมาก

ตารางที่ 1.2 การผลิต และการส่งออกของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของไทย

	2546	**2547**	**2548**	**2549**
ปริมาณการผลิต(ล้านชิ้น)	84.1	74.1	119.8	169.1
อัตราการขยายการผลิต(ร้อยละ)	-	37.0	61.7	41.7
มูลค่าการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และส่วนประกอบ(ล้านบาท)	303,230	329,291	415,7112	497,4562
- ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สำเร็จรูป	121,000	163,000	25,000	87,000
- ชิ้นส่วนของฮาร์ดดิสก์	182,230	166,291	190,711	210,000
สัดส่วนการส่งออกฮาร์ดดิกส์ไดรฟ์ ในการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ไทย(ร้อยละ)	26	25	29	32
ส่วนแบ่งในตลาดโลกที่ประเทศไทยทำได้(ร้อยละ)	19.50	19.90	42.00	48.00

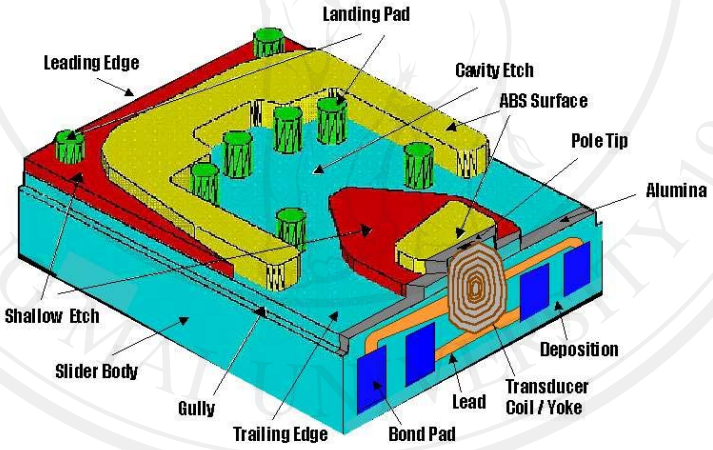
ที่มา: The International Disk Drive Equipment and Materials Association ประเทศไทย (IDEMA Thailand) สถาบันไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) หมายเหตุ: ปี 2549 เป็นข้อมูลประมาณการ

จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการผลิต และส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสร้างมูลค่าจำนวนมหาศาล ทำให้ธุรกิจนี้มีการแข่งขันสูง มีการลงทุนทั้งในด้านการขยายฐานกำลังผลิต การปรับปรุงการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตตลอดเวลา โดยเฉพาะการลงทุนด้านการวิจัยเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน เร่งพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อรองรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีขนาดเล็กลง แต่มีประสิทธิภาพในด้านความจุ และความเร็วรอบในการอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มากขึ้นขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันเพื่อเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาด

บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล เป็นหนึ่งในผู้บุกเบิกและออกแบบผลิต และจำหน่ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีประสิทธิภาพ และคุณภาพสูงซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกข้อมูลระบบดิจิตอล นอกจากนั้นยังเป็นบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่ง ในปัจจุบัน มีพนักงานมากกว่า

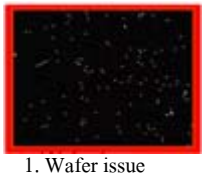
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

24,000 คน และยังมีการขยายงานอย่างต่อเนื่อง โดยมีฐานการผลิตอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จังหวัดอยุธยา ซึ่งเป็นฐานการผลิตหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ (Slider Frabication) ที่ใหญ่ที่สุดของบริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล(ประเทศไทย) จำกัด และทางบริษัทได้พัฒนากระบวนการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ซึ่งถือได้ว่ากระบวนการผลิตนี้ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง โดยการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์เริ่มจากการนำเวเฟอร์ 1 แผ่นเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 นิ้ว (ผลิตหัวอ่านได้ 60,787 ชิ้น) มาตัดเป็นแท่ง(bar) นำไปประกอบเข้ากับ Toolingbar ผ่านกรรมวิธีต่างๆ เช่น การฉายภาพ การกัด เป็นต้น เพื่อทำเป็นหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 1.1 หลังจากนั้นนำหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ มาประกอบเข้ากับ Head Gimbal Assembly (HGA) และนำ HGA หลายๆตัว มาประกอบเป็น Head Stack Assembly (HAS) แล้วส่งไปประกอบหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ที่ฐานการผลิตนิคมอุตสาหกรรมนวนครและประเทศมาเลเซีย โดยขั้นตอนการผลิตหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ แสดงดังรูปที่ 1.2

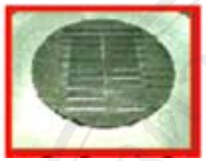


รูปที่ 1.1 ภาพผลิตภัณฑ์หัวอ่าน- เขียนฮาร์ดดิสก์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved


1. Wafer issue

10. MMX Bar debond


11. Bar Bond for Relief

20. FCA Measurement

21. FCA Debond

30. CD Measurement

31. Tip Debond

40. QA ABS & Depo Audit

2. SHG Bar Prodution

9. MMX Lapping

12. Pseudo Relief cut

19. FCA Coating

22. MRR/ELG Trigger

29. Resist Strip

32. ISI QST

39. Slider ABS Insp.

3. SHG Bar Divde

8. MMX Wire Bond

13. Pallet debond

18. FCA bar bond

23. Bar bonding

28. RIE

33. Wax Bonding

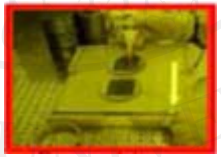
38. SAIA-Prime

4. Bar Cleanong

7. MMX Row Bond

14. Bar Level Kiss lap

17. DLC Load & Clean


24. Encapsulation

27. Develop & Insp.

34. Head Part

37. Contour measure

5. Both Side Lap

6. Annealing

15. Crown, Cambar PTR Audit

16. A-Prim Bar Clean

25. Photo Spin Coat

26. Stepper Exposure

35. Slider Debond

36. Graphic Robot Sort

รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการผลิตหัวอ่าน- เขียนฮาร์ดดิสก์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

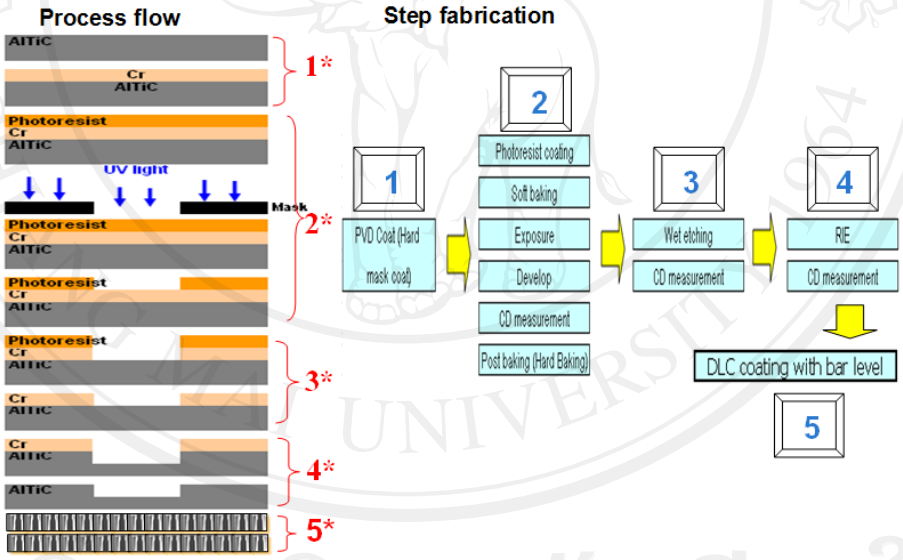
ในส่วนของกระบวนการประกอบหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ มีกระบวนการหนึ่ง ซึ่งในอดีตบริษัทเวสเทิร์น ดิจิตอล มีการสั่งทำมาจากต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันได้ทำการผลิตเอง เนื่องจากปัญหาด้านต้นทุน และกำลังการผลิต ซึ่งกระบวนการนี้ คือ กระบวนการผลิต Specialty head ซึ่งจะทำหน้าที่ในการปรับความเรียบของแผ่นบันทึกข้อมูล (Platters) หากแผ่นบันทึกข้อมูลไม่เรียบและมีความขรุขระจะส่งผลต่อการบินของหัวอ่าน-เขียนในขณะที่หัวอ่านเขียนกำลังทำการอ่านเขียนสัญญาณลงบนแผ่นบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ ตามมาด้วยปัญหาผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ที่ไม่มีคุณภาพ ซึ่งส่งผลให้บริษัทขาดความน่าเชื่อถือ และลูกค้าขาดความไว้วางใจในที่สุด

ปัจจุบันกระบวนการผลิต Specialty head มีอยู่ 2 ผลิตภัณฑ์ คือ Burnish head ABS ซึ่งจะทำหน้าที่ในการปรับความเรียบของแผ่นบันทึกข้อมูลแบบหยาบและ Glide head ABS ทำหน้าที่ในการปรับความเรียบของแผ่นบันทึกข้อมูลแบบละเอียด โดยกระบวนการผลิตจะใช้แผ่น AlTiC หรือ Al_2O_3-TiC เคลือบด้วยโครเมียม (Cr) และสารไวแสง AZ P4620 (Photoresist AZ P4620) แล้วทำการถ่ายลวดลายด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากนั้นทำการล้างสารไวแสง และกัดโครเมียมออกบางส่วน สุดท้ายทำการกัดด้วยเครื่องรีแอคทีฟ ไอออน (Reactive Ion Etching : RIE) ในบริเวณที่ไม่มีโครเมียมเคลือบอยู่ แล้วทำการวัดค่ามิติวิกฤต (Critical Dimension : CD) ให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ รูปที่ 1.3 แสดงกระบวนการสร้างลวดลายบนแผ่น AlTiC โดยพบว่าต้นทุนในการผลิตสูง เนื่องจากต้องใช้สารละลายในการกัดโครเมียมที่มีราคาสูง อีกทั้งทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม หากทำการกำจัดที่ไม่ได้คุณภาพ และปัญหาในเรื่องมุม ความลึก และความเรียบของชิ้นงาน ไม่ได้ตรงตามมาตรฐานส่งผลให้เมื่อนำไปขัดแผ่นบันทึกข้อมูลทำให้ได้ความเรียบที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลต่อการอ่าน-เขียนของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ต่อไป

จากปัญหาที่กล่าวมามีผลโดยตรงต่อต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ผู้วิจัยจึงได้ตระหนักถึงปัญหาและนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยการศึกษากระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนโดยใช้สารไวแสงชนิดลบ SU-8 เป็นโครงสร้างที่ถูกสร้างลวดลายขึ้น ซึ่งจากการศึกษาการประยุกต์ใช้แสงซินโครตรอนที่ระบบลำเลียงแสง BL6a: Deep X-ray Lithography (DXL) ณ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) พบว่าเป็นระบบลำเลียงแสงในย่านรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ ซึ่งจะยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 1.24 nm (ย่านรังสีเอกซ์ขึ้นไป) เดินทางผ่านไปยังสถานีอาบรังสีได้ แสงซินโครตรอนเป็นแสงที่มีความเข้มแสงที่สูง มีความยาวคลื่นที่สั้น มีการเบี่ยงเบนของคลื่นที่น้อยมาก มีความละเอียดสูงในการสร้างช่องว่างและแทรกผ่านผิววัตถุได้ลึก ส่งผลให้โครงสร้างที่ได้มีความผิดเพี้ยนจากที่ออกแบบน้อยมาก ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของแสงซินโครตรอนในการสร้างลวดลายระดับไมโครเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการสร้างลายของ Burnish head ABS บนแผ่น AlTiC นั้น การเลือกใช้วัสดุที่ทำปฏิกิริยากับรังสีเอกซ์ได้ดี เช่นสารไวแสงชนิดลบ SU-8 จะช่วยให้ค่ามิติวิกฤตของโครงสร้างมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก รวมทั้งวัสดุชนิดนี้นิยมนำมาใช้เป็นโครงสร้างหลักในชิ้นส่วนอิเลกทรอนิกส์ต่างๆ เพราะความแข็งแกร่งของโครงสร้างที่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและแรงกระทำได้มาก รวมทั้งการเคลือบบนแผ่น AlTiC ที่ใช้กระบวนการเคลือบพื้นฐานที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ส่งผลให้มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นหน้ากากแข็งสำหรับการสร้างลาย Burnish head ABS บนแผ่น AlTiC แทนโครเมียม นอกจากนี้ การกำจัดวัสดุ SU-8 ออกจากแผ่น AlTiC นั้นมีต้นทุนที่ถูกและสารเคมีที่ใช้ปลอดภัยต่อผู้ใช้งานมากกว่าสารละลายในการกำจัดโครเมียม การคำนวณระดับความหนาของวัสดุ SU-8 ที่เหมาะสมกับระยะความลึกในการกัด AlTiC ยังช่วยลดเวลาในการกำจัดวัสดุ SU-8 ทิ้ง ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อดีทั้งหมดแล้ว จะพบว่าสารไวแสง SU-8 มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับป้องกันการกัดลาย AlTiC ในระบบ RIE แทนการใช้โครเมียมในปัจจุบัน



รูปที่ 1.3 ขั้นตอนการผลิต Specialty head

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการสร้างลวดลายโครงสร้างจุลภาคโดยใช้รังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนเพื่อเป็นแนวทางการรองรับผลิตภัณฑ์ในอนาคต

1.2.2 เพื่อทำการสร้างลาย Burnish head ABS บนแผ่น AlTiC โดยการใช้สารไวแสง SU-8 ที่ขึ้นลายด้วยกระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอกซ์ เป็นหน้ากากแข็งในการกัดด้วย RIE

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2.3 เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการใช้แสงซินโครตรอนในการสร้างลาย Burnish head ABS

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ใช้แสงซินโครตรอน ในย่านรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ ณ ระบบลำเลียงแสง BL6a: Deep X-ray Lithography (DXL) ที่สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ในการขึ้นลายโครงสร้างจุลภาค

1.3.2 สร้างลาย Burnish head ABS สำหรับหน้ากากดูดซับรังสีเอกซ์ เพื่อกำหนดลวดลายของชิ้นงาน

1.3.3 การกัดจะใช้กระบวนการกัดด้วยการกัดแบบรีแอคทีฟไอออน (Reactive Ion Etching : RIE)

1.3.4 ตัวชี้วัดที่ทำการศึกษาในกระบวนการสร้างลาย (Photolithography)

1.3.4.1 ความคมชัดของลวดลายที่เกิดขึ้นตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscpoe: SEM)

1.3.4.2 มิติวิกฤต (Critical Dimension :CD)

1.3.5 ปัจจัยที่ทำการศึกษาในกระบวนการสร้างนลาย (Photolithography)

1.3.5.1 พลังงานในการอาบรังสีเอกซ์ (mJ/cm^3)

1.3.5.2 ความหนาของสารไวแสง SU-8 (μm)

1.3.5.3 เวลาในการกัดด้วย RIE (hours)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แนวทางในการศึกษาวิจัยขั้นตอนการสร้างลวดลายด้วยกระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนเพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ในอนาคต

1.4.2 ได้ลาย Burnish head ABS บนแผ่น AlTiC โดยการใช้สารไวแสง SU-8 ที่ขึ้นลวดลายด้วยกระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนเป็นหนากากแข็งในการกัดด้วย RIE

1.4.3 ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการใช้กระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนในการสร้างลาย Burnish head ABS

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved