

การศึกษาความเสียหายของแผ่นดิสก์จากการบรรจุภัณฑ์และการพัฒนาชั้นเคลือบแข็งซิลิกอนไนไตรต์ด้วยเทคนิคควบคุมเวลาก๊าซไวปฏิกิริยา



T132351



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....132351
วัน,เดือน,ปี..... 17 ก.ค. 2557

b. 12618020
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและนาโนเทคโนโลยี
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL-2014-NT-001-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INVESTIGATION OF MEDIA PACKING FAILURE AND DEVELOPMENT
OF SILICON NITRIDE HARD COATING LAYER BY REACTIVE GAS-
TIMING TECHNIQUE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER IN NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY
COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2013
KMITL-2014-NT-001-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2013

COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเสียหายของแผ่นดิสก์จากการบรรจุภัณฑ์และการพัฒนาชั้นเคลือบแข็งซิลิกอนไนไตรด์ด้วยเทคนิคควบคุมเวลาก๊าซไวปฏิกิริยา

Thesis Title Investigation of Media Packing Failure and Development of Silicon Nitride Hard Coating Layer by Reactive Gas-timing Technique

นักศึกษา นางสาวนันทวดี ปาลียะ

รหัสประจำตัว 53670202

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา นาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.สิริพัฒน์ ประโชนเทพ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.ศุภนิจ พรธีระภัทร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2014-NT-M-001-002

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.วิรัตน์	เจริญบุญ	วิรัตน์
ดร.สิริพัฒน์	ประโชนเทพ	Dr. Siripattana
ดร.ศุภนิจ	พรธีระภัทร	Dr. Suphanit
ดร.วินัดดา	วงศ์วิริยะพันธ์	Dr. Winadana
ดร.อภิชาติ	สังข์ทอง	Dr. Abhichai

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2556 เวลา 09.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ อาคารวิจัยนาโนเทคโนโลยีสิรินธร ชั้น 1 ห้องประชุมนาโน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังรับรองแล้ว



(ศาสตราจารย์ ดร.จิติ หนูแก้ว)

คณบดี

วันที่.....27.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาความเสียหายของแผ่นดิสก์จากการ
บรรจุภัณฑ์และการพัฒนาชั้นเคลือบแข็งซิลิกอน
ไนไตรต์ด้วยเทคนิคควบคุมเวลาก๊าซไวปฏิกิริยา

นักศึกษา

นางสาวนันทวดี ปาลียะ

รหัสประจำตัว

53670202

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

นาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.สิรพัฒน์ ประโทนเทพ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ดร.ศุภนิจ พรธีระภัทร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรต์เพื่อลดปัญหาทางานเสียหายที่เกิดจากการบรรจุแผ่นดิสก์โดยแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งคือการศึกษาปัญหาด้วยกระบวนการจำลองการบรรจุและขนส่ง พบว่าแผ่นดิสก์ที่จำลองโดยใช้แรงดูดสุญญากาศ พบว่าดิสก์มีการโค้งงอตามแรงดันของกล่องและเกิดแรงกดขึ้นที่บริเวณขอบนอกสุดของแผ่นดิสก์หรือที่เรียกว่า Outer Disk Zone (OD Zone) ซึ่งเป็นตำแหน่งมุมจับแผ่นดิสก์ในตัวกล่อง เมื่อวิเคราะห์โดย Optical Surface Analyzer (OSA) และ Scanning Electron Microscope (SEM) ไม่พบความผิดปกติของพื้นผิว จึงทำการศึกษาโดยใช้ Atomic Force Microscopy (AFM) วิเคราะห์ microstructure พบว่า ความเสียหายดังกล่าวมีรูปร่างที่เปลี่ยนไปแบบขยายตัวเพิ่มมากขึ้นและเพิ่มความสูงประมาณ 1.27 nm ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) ศึกษา พบว่าทุกชั้นมีการเกิดออกไซด์ผสมอยู่กับชั้นฟิล์ม เพื่อลดปัญหาดังกล่าวและปัญหาอื่นในอนาคตจึงศึกษาส่วนที่สองคือการพัฒนาฟิล์มเคลือบแข็งซิลิกอนไนไตรต์ โดยใช้เทคนิคควบคุมจังหวะการจ่ายก๊าซไวปฏิกิริยา (Gas-timing RF magnetron sputtering) ในการขึ้นรูปฟิล์ม การวัดความหนาของฟิล์มบางด้วย SEM ได้ค่าความหนาในช่วง 75 – 87 นาโนเมตร AFM ค่า Peak to Valley (PV) ที่วัดด้วย AFM คือ 1.30 – 2.95 นาโนเมตร และ ผลการวัด Auger กับ Raman พบโครงสร้างฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรต์ฟิล์มซึ่งสัมพันธ์กับผล การวัดความแข็งของฟิล์มบางและการทดสอบความทนต่อการกัดกร่อนโดยสรูปด้วยเทคนิคควบคุมจังหวะการจ่ายก๊าซไวปฏิกิริยาให้ฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรต์ซึ่งมีสมบัติดีกว่าการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีการทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Silicon nitride thin film to reduce failure from media packaging
Student	Miss Nuntawadee Paleeya
Student ID	53670202
Degree	Master of Science
Program	Nanoscience and Nanotechnology
Year	2012
Thesis Advisor	Dr. Sirapat Pratontep
Thesis Coadvisor	Dr. Supanit Porntheeraphat

ABSTRACT

This thesis concerns the development of silicon nitride thin films to reduce the failure from media packaging. The work has been divided into two parts. First, trial run of the media packing practice were investigated, which identified the vacuum packing as the root cause. The media was found to be bending following the pressure from the disk packaging. The Outer Disk Zone (OD Zone) in contact with the guiding slot of a vacuum-packed storage box was put under the strain. The physical changes were investigated by the Optical Surface Analyzer (OSA) and the Scanning Electron Microscope (SEM) but could not find any changes. The microstructural changes were observed by the Atomic Force Microscopy (AFM) as protrusions of 1.27 nm high. The chemical changes were investigated by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), which detects oxides in the film layers. Second, suitable protective coating materials were explored in order to eliminate such damages and other problems in the future. This focused on Silicon nitride thin films prepared by Gas-timing RF magnetron sputtering. The SEM shows the film thickness in the range 75 – 87 nm. , The AFM results yield the peak to valley (PV) roughness to be 1.30 – 2.95 nm , The chemical composition were studied by Raman and Auger spectroscopy, which correlates the hardness and corrosion properties of the silicon nitride thin films. Overall the gas-timing RF magnetron sputtering is able to provide silicon nitride thin film with better quality than conventional techniques.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สิริพัฒน์ ประโทนเทพ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะและช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ พร้อมแนวทางการนำความรู้ทางคัลสนทฤษฎีและปฏิบัติมาแก้ไขปัญหานั้นในรายวิจััย ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ศุภนิจ พรธีระภัทร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการทำงานวิจััย ตลอดจนการเอาใจใส่ในการแก้ไขปัญหาระหว่างการทำงานวิจััยโดยตลอด

ขอขอบพระคุณวิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูลสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (DSTAR KMITL) ซึ่งให้ทุนในการทำงานวิจััยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบริษัทฮิตาชิโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยี ประเทศไทย(Hitachi GST) ซึ่งให้ความร่วมมือในการทำวิจััยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. วิรัตน์ เจริญบุญ ประธานกรรมการสอบ และ ดร. วินิตดา วงศ์วิริยะพันธ์ กรรมการสอบหัวข้อที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อเสนอแนะ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.อภิชาติ สังข์ทอง กรรมการสอบ และช่วยเหลือในการทำงานวิจััย รวมถึงการสอนเกี่ยวกับรายละเอียดในระหว่างดำเนินงานวิจััย ขอขอบพระคุณที่ให้คำชี้แนะและสละเวลาเพื่อช่วยเหลืองานวิจััยมาโดยตลอดจนงานวิจััยนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์(TMEC) สำหรับความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือ อีกทั้งนักวิจััยที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์งานจนงานวิจััยนี้ประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (Nano KMITL) ที่ให้ความรู้และสร้างบุคลากรที่มีคุณภาพ ช่วยให้งานวิจััยดำเนินได้โดนสมบูรณ์

ขอขอบคุณปรัชญาพร เทพมะที ที่เป็นเพื่อนคู่คิดแนะนำและช่วยเหลืองานวิจััย เป็นคนให้กำลังใจและดูแลทุกอย่างตลอดเวลาที่ศึกษาที่วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอขอบคุณเพื่อนทุกคนที่ช่วยเหลืองานวิจััยให้เป็นไปอย่างดี

สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณบิดาของข้าพเจ้า นายอำพล ปาลียะ ที่เป็นเสมือนแรงบันดาลใจอันยิ่งใหญ่ที่ทำให้ข้าพเจ้าทำงานต่างๆด้วยความตั้งใจและมุ่งมั่นเพื่อความสำเร็จ

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับครุอาจารย์และเพื่อนร่วมงาน และทุกคนที่อยู่เบื้องหลัง เพราะทุกคนคือส่วนหนึ่งของความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

นันทวี ปาลียะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	1
1.4 สมมติฐานงานวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการดำเนินการ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	4
2.1 การทบทวนความรู้ ทฤษฎี และผลงานที่มีมาก่อน (Literature Review).....	4
2.2 งานที่มีปัญหาความบกพร่องของความเสถียรของสัญญาณ servo).....	6
2.3 การระบุปัญหาการเขียนสัญญาณ Servo ที่ขอบนอกของแผ่นดิสก์และตำแหน่งของกล่อง บรรจุภัณฑ์ที่สัมพันธ์กัน.....	8
2.4 การจำลองฟิล์มชั้นบนสุดที่ป้องกันความเสียหายของชั้นบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า.....	11
2.5 ทฤษฎีและหลักการระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปีดเตอร์ริง.....	11
2.6 เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.7 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างและทดสอบสมบัติของฟิล์มเคลือบแข็ง.....	14
2.8 เทคนิคและเครื่องมือวัด.....	14
2.8.1 Atomic Force Microscopy (AFM).....	14
2.8.2 Scanning Electron Microscopy (SEM).....	15
2.8.3 Raman Spectroscopy.....	16
2.8.4 Auger Electron Spectroscopy.....	17
2.8.5 X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).....	18
2.8.6 การวัดความแข็ง (Hardness) โดย Nanoindentation.....	19
2.8.7 การวัดความทนต่อการกัดกร่อนโดย Potentiostat.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การศึกษาความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฟิล์มบางแผ่นดิสก์จากปัจจัยแวดล้อม.....	23
3.1 การศึกษาผลกระทบการจากกล่องบรรจุภัณฑ์.....	23
3.2 การศึกษาสาเหตุของปัญหาของกล่องบรรจุภัณฑ์และการเปลี่ยนแปลงของดิสก์.....	27
3.3 การศึกษาผิวของดิสก์เบื้องต้นโดย Optical Surface Analyzer.....	31
3.4 การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงจากตัวแปรต่างๆ.....	32
3.5 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางโดยลักษณะของพื้นผิว.....	38
3.5.1 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางโดยลักษณะของพื้นผิวโดย SEM.....	38
3.5.2 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางโดยลักษณะของพื้นผิวโดยใช้AFM.....	39
3.6 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางโดยองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้XPS.....	42
3.7 การศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของดิสก์.....	45
บทที่ 4 ฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนออกไซด์ในไตรด์.....	47
4.1 การปลูกฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนออกไซด์ในไตรด์.....	47
4.2 การศึกษาสมบัติทางโครงสร้างของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนในไตรด์.....	50
4.2.1 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนในไตรด์โดย SEM.....	50
4.2.2 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนในไตรด์โดยAFM.....	52
4.2.3 การศึกษาคุณสมบัติของบางผลึกนาโนซิลิกอนในไตรด์โดยองค์ประกอบทางเคมีโดย ใช้ Auger.....	53
4.2.4 การศึกษาคุณสมบัติของบางผลึกนาโนซิลิกอนในไตรด์โดยใช้ Raman.....	54
4.3 การศึกษาทดสอบสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนในไตรด์ทนต่อการกัดกร่อน.....	55
4.4 การศึกษาทดสอบสมบัติความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนในไตรด์.....	59
บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย.....	65
5.1 ผลการศึกษาความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฟิล์มบางแผ่นดิสก์จากปัจจัยแวดล้อม.....	65
5.2 ผลการศึกษาการปลูกฟิล์มบางฟิล์มบางผลึกซิลิกอนในไตรด์.....	66
5.3 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย.....	68
เอกสารอ้างอิง.....	69
ประวัติผู้เขียน.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของดิสก์.....	29
3.2 การจำนวน HDD ที่มีปัญหา Poor servo stability at OD Zone.....	29
3.3 รายละเอียดชั้นของฟิล์มจากชั้นบนสุดลงไป จำนวน 4 ชั้น.....	39
4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการปลูกฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์.....	48
4.2 อัตราการใช้ Argon และ Nitrogen ในการขึ้นรูปฟิล์มต้นแบบ.....	48
4.3 อัตราการใช้ Argon และ Nitrogen ในการขึ้นรูปฟิล์มต้นแบบ.....	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 จำนวนสิทธิบัตร (ทั่วโลก) ในด้าน hard coating และ Nitride hard coating ในแต่ละปี.....	5
2.2 การแบ่งพื้นที่บนแผ่นดิสก์โดยกำหนดตามตำแหน่งของการใช้ในการบันทึกสัญญาณแม่เหล็ก.....	6
2.3 การอ่านสัญญาณ Servo ที่บริเวณ OD Zone.....	7
2.4 วิธีการอ่านสัญญาณ Servoจากแผนภาพ.....	7
2.5 สัญญาณการอ่านบนแผ่นดิสก์ที่ Head อ่านบน ดิสก์แต่ละ surface 0, 1, 2 และ 3.....	8
2.6 การจำลองจุดและหามุมบนแผ่นดิสก์.....	9
2.7 การจำลองจุดและหามุมในกล่องบรรจุภัณฑ์.....	10
2.8 การจำลองจุดและหามุมในกล่องบรรจุภัณฑ์.....	10
2.9 หลักการทำงานของระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสเปคโตรริง.....	12
2.10 ไดอะแกรมของเทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิบัติโดยวิธีการ Gas-Timing.....	13
2.11 การควบคุมก๊าซไวปฏิบัติโดยวิธีการ Gas-Timingโดยอัตราก๊าซAr 10 วินาที และ ก๊าซN ₂ 1 วินาที และควบคุม Gas flow rate ของก๊าซAr และ ก๊าซN ₂ ที่ 10 และ 3 sccm.....	13
2.12 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Atomic Force Microscopy.....	14
2.13 หลักการทำงานเบื้องต้นของScanning Electron Microscopy (SEM).....	15
2.14 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Raman Spectroscopy).....	16
2.15 องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยRaman.....	16
2.16 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Auger Electron Spectroscopy.....	17
2.17 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Nanoindentation.....	18
2.18 Load-Displacement curves จาก Nanoindentation testing.....	19
2.19 หลักการทำงานเบื้องต้นของ X-ray photoelectron spectroscopy.....	20
2.20 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Potentiostat.....	21
2.21 ตัวอย่างกราฟการกักร่อนโดย ละลายอิเล็กโทรไลต์คือกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10M.....	21
3.1 การบรรจุกล่องดิสก์ในการขนส่งจากโรงงานผลิตดิสก์มายังโรงงานประกอบ HDD มี 2แบบ.....	23
3.2 จำนวนงานเสียในกล่องบรรจุกล่องดิสก์ L5.....	24
3.3 จำนวนงานเสียในกล่องบรรจุกล่องดิสก์ B7.....	25
3.4 จำนวนงานเสียในวิเคราะห์จาก Cassette Layer ของ L5.....	25
3.5 งานเสียในวิเคราะห์จาก Cassette Layer ของ B7.....	26
3.6 การบรรจุด้วยการหุ้มพลาสติกที่ใช้แรงดูดสุญญากาศ และ การจัดเรียง Slotของดิสก์.....	27
3.7 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุ.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.8 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุเปรียบเทียบโดยระยะเวลา.....	29
3.9 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์หลังได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุเปรียบเทียบที่เวลาเริ่มต้น.....	29
3.10 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์หลังได้รับแรงกดวัดที่ระยะเวลา55 นาที.....	30
3.11 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์หลังได้รับแรงกดวัดที่ระยะเวลา 185 นาที.....	30
3.12 ผลการวิเคราะห์ความผิดปกติของพื้นผิวดิสก์ ตำแหน่งที่ดิสก์สัมผัสกับกล่องบรรจุภัณฑ์.....	31
3.13 สัญญาณการอาร์บนแผ่นดิสก์ที่ Head อ่านบน ดิสก์แต่ละ surface.....	33
3.14 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD0.....	33
3.15 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD1.....	34
3.16 สัญญาณการอาร์บนแผ่นดิสก์ที่ Head อ่านบน ดิสก์แต่ละ surface.....	34
3.17 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD2.....	35
3.18 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD3.....	35
3.19 สัญญาณการอาร์บนแผ่นดิสก์ที่ Head อ่านบน ดิสก์แต่ละ surface.....	36
3.20 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD2.....	36
3.21 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD3.....	37
3.22 ลักษณะของ พื้นผิวของแผ่นดิสก์ (a) พื้นผิวของดิสก์ที่ปกติ (b) พื้นผิวของดิสก์ที่เกิดปัญหาการบันทึกสัญญาณ.....	38
3.23 ผลAFM ที่บริเวณปกติ.....	39
3.24 ผลAFM ที่บริเวณ defected.....	39
3.25 AFM ของอนุภาคที่เกิดในระหว่างการเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการวัด.....	40
3.26 AFM แสดงการขยายตัวและเพิ่มความสูงที่บริเวณที่เกิดความเสียหาย.....	40
3.27 AFM วิเคราะห์ตำแหน่งที่พบความผิดปกติของพื้นผิวการขยายตัวและเพิ่มความสูงโดยวิเคราะห์ที่ขนาดพื้นที่ $1 \times 1 \mu\text{m}^2$	41
3.28 การศึกษา4 จุด โดย ทำการ ศึกษาแต่ละ ชั้นของฟิล์มจากชั้นบนสุดลงไป จำนวน 4 ชั้น.....	42
3.29 กราฟความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุเปรียบเทียบโดยระยะเวลา.....	43
3.30 รายละเอียดชั้น Top of mag layer.....	43
3.31 รายละเอียดชั้น Middle of mag layer.....	44
3.32 รายละเอียดชั้น Under layer.....	44
3.33 รายละเอียดชั้น Soft under layer.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.34 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุตำแหน่งแผ่นที่ 1.....	45
3.35 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุตำแหน่งแผ่นที่ 25.....	46
3.36 ภาพจำลองแสดงความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุ.....	46
4.1 วิธีการ Gas-Timing โดยอัตราการใช้ Argon ที่ 10วินาที และ Nitrogen ที่ 1 วินาที.....	49
4.2 ความหนาของฟิล์มต้นแบบ.....	50
4.3 ความหนา ของชั้นฟิล์มที่เคลือบลงบน Silicon wafer ของ ฟิล์มต้นแบบ.....	51
4.4 องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยAuger.....	53
4.5 องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยRaman.....	54
4.6 ค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ความเข้มข้น 1M.....	55
4.7 ค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ความเข้มข้น 10M.....	56
4.8 ค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ความเข้มข้น 15M.....	57
4.9 การเปรียบเทียบค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ความเข้มข้น 1M, 10M และ 5M.....	58
4.10 ความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ ใช้ Gas timing Ar : N ₂ (10:1).....	59
4.11 ความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N ₂ (10:3).....	60
4.12 ความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N ₂ (10:5).....	60
4.13 ความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N ₂ (10:7).....	61
4.14 ความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N ₂ (10:10).....	61
4.15 ความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ ผสม Ar and N ₂	62
4.16 ผลการทดสอบสมบัติความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยใช้เครื่องวัดความแข็งของผลึกนาโน (นาโนอินเดนเทนชั่น).....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

การขนส่งแผ่นดิสก์เพื่อใช้ประกอบใน Hard Disk Drive ต้องใช้การขนส่งทางเรือ และทางเครื่องบิน เพื่อความสะดวกและปลอดภัยได้มีการจัดบรรจุภัณฑ์อย่างแน่นหนาโดยบรรจุแบบสุญญากาศ ในการขนส่งนั้นมีผลกระทบจากสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความดันของการขนส่ง แม้จะได้รับการควบคุมแต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าแผ่นดิสก์ที่อยู่บริเวณติดขอบด้านนอกของกล่องบรรจุภัณฑ์ได้รับความเสียหายส่งผลให้เมื่อนำมาใช้งานในอุตสาหกรรม ทำให้เกิดงานเสียหายในรูปของสัญญาณแม่เหล็กที่ผิดปกติไปจากเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล่องบรรจุแผ่นดิสก์ที่อยู่ด้านล่างของการขนส่งจะได้รับผลกระทบมาก แม้ว่าจะมีฟิล์มด้านบนของแผ่นดิสก์ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ชั้นแม่เหล็กที่ใช้บันทึกข้อมูลเสียหาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการศึกษาความเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของฟิล์มบางบนแผ่นดิสก์ที่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยของการบรรจุและขนส่ง โดยจะทำการศึกษานทั้งแผ่นดิสก์แม่เหล็กจริง และบนแผ่นฟิล์มแม่เหล็กจำลอง ผลการศึกษาวินิจฉัยคาดว่าจะนำมาซึ่งวิธีการที่จะป้องกันการทำลายชิ้นงานจากการขนส่งนี้ เช่น ต้นแบบกระบวนการบรรจุภัณฑ์ หรือการปรับเปลี่ยนวัสดุชั้นฟิล์มป้องกันด้านบน ฟิล์มด้านบนของแผ่นดิสก์ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ชั้นแม่เหล็กที่ใช้บันทึกข้อมูลเสียหาย การพัฒนาของอุตสาหกรรม ฮาร์ดดิสก์ต้องมีการเปลี่ยนแปลงฟิล์มชั้นบนเพื่อให้ได้ตามคุณสมบัติที่อุตสาหกรรมต้องการ ดังนั้นการศึกษาชั้นฟิล์มที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และการศึกษาแบบจำลองของฟิล์มที่พัฒนาเพื่อใช้ในอนาคตนั้น จำเป็นต้องหาคุณสมบัติเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เคยเกิดขึ้น และทำให้อุตสาหกรรมลดปริมาณของเสียได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฟิล์มบางบนแผ่นดิสก์จากปัจจัยแวดล้อมในกระบวนการขนส่ง เช่น ความดันสุญญากาศ โดยศึกษาจากคุณสมบัติของฟิล์ม ความเรียบของพื้นผิว การเปลี่ยนแปลงจากการบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า
- 2) เพื่อพัฒนาต้นแบบกระบวนการหรือวัสดุเคลือบผิวที่สามารถลดการสูญเสียของแผ่นดิสก์แม่เหล็กในการขนส่งโดยการจำลองฟิล์มชั้นบนสุดที่ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายของชั้นบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าโดยฟิล์มบางผลึกซิลิกอนไนไตรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฟิล์มบางบนแผ่นดิสก์ที่ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความดันของการขนส่ง และออกแบบฟิล์มชั้นบนสุดที่ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายของของชั้นบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อพัฒนาต้นแบบกระบวนการหรือวัสดุเคลือบผิวที่สามารถลดการสูญเสียของแผ่นดิสก์แม่เหล็กในการขนส่ง

1.4 สมมติฐานงานวิจัย

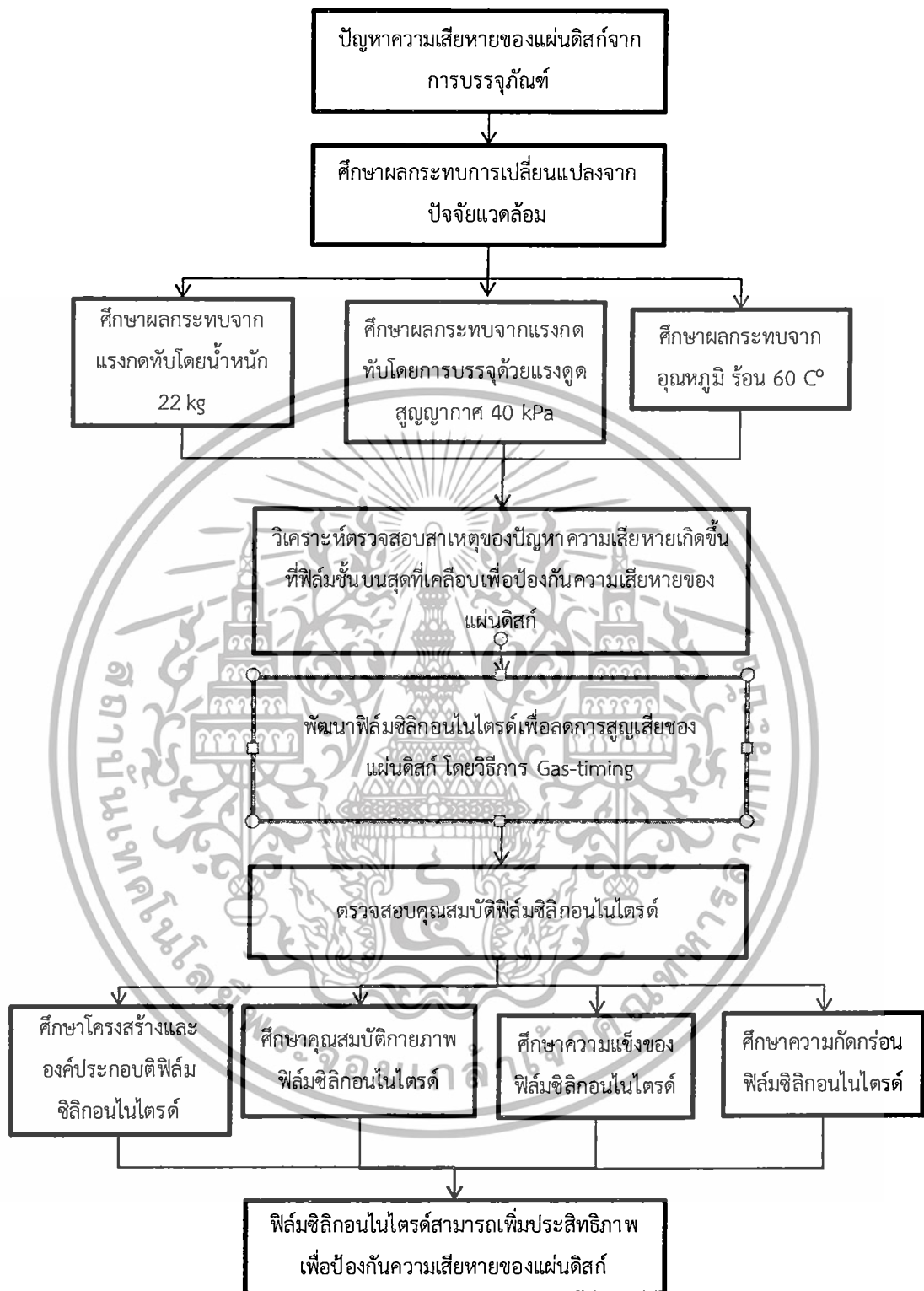
เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิต Hard Disk Drive ต้องการพื้นที่ในการบันทึกสัญญาณเพื่อเพิ่มความจุของผลิตภัณฑ์ ซึ่งความจำเป็นของการใช้พื้นที่บนแผ่นดิสก์ขยายพื้นที่ถึงขอบนอกสุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ Hard Disk Drive ตามสมมติฐานงานวิจัยต่อไปนี้

- 1) ความเสียหายของแผ่นดิสก์จากผลกระทบจากสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความดันของการขนส่งของแผ่นดิสก์ ส่งผลให้การบันทึกสัญญาณและการขยายสัญญาณเขียน-อ่านในพื้นที่บางส่วนที่ได้รับผลกระทบบนแผ่นดิสก์ไม่สามารถใช้งานได้
- 2) การพัฒนาปรับเปลี่ยนวัสดุชั้นฟิล์มป้องกันด้านบนเนื่องจากฟิล์มด้านบนของแผ่นดิสก์ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ออกซิเจนที่ชั้นแม่เหล็กที่ใช้บันทึกข้อมูลเสียหายโดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาฟิล์มบางผลึกซิลิกอนไนไตรด์ที่มีผลต่อสมบัติความแข็งแรงและการทนต่อสารเคมี

1.5 ขอบเขตการดำเนินการ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งทำการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยแวดล้อมโดยทำการศึกษาผลกระทบจากน้ำหนักซึ่งโดยปกติน้ำหนักที่ใช้ในการขนส่งเกิดจากการวางซ้อนกันเพื่อบรรจุในตู้ขนส่ง กล่องที่อยู่ด้านล่างจะได้รับแรงกดจากน้ำหนัก 22 kg ผลกระทบจากดิสก์โดยการบรรจุด้วยแรงดูดสุญญากาศ 40 kPa เพื่อการบรรจุที่ป้องกันอากาศและฝุ่นละอองจากภายนอกในระหว่างการขนส่ง และ ที่อุณหภูมิร้อนกว่าอุณหภูมิห้องเนื่องจากสภาวะอากาศภายนอกที่ร้อนโดยกระบวนการขนส่งได้กำหนดอุณหภูมิภายในตู้คอนเทนเนอร์ที่สูงสุดไม่เกิน 65 °C จากนั้นวิเคราะห์หาสาเหตุความเสียหายของแผ่นดิสก์จากกระบวนการดังกล่าว ส่วนที่สองคือการขึ้นรูปฟิล์มใช้เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing คือการควบคุมเวลาการไหลของก๊าซในกระบวนการสเปตเตอริงฟิล์มบางผลึกซิลิกอนไนไตรด์ที่มีผลต่อสมบัติความแข็งแรงและการทนต่อสารเคมีเพื่อป้องกันความเสียหายของแผ่นดิสก์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

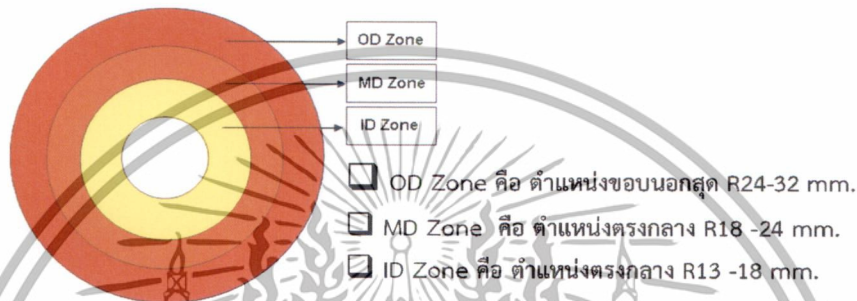
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การทบทวนความรู้ ทฤษฎี และผลงานที่มีมาก่อน (Literature Review)

ฟิล์มด้านบนของแผ่นดิสก์ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ชั้นแม่เหล็กที่ใช้บันทึกข้อมูลเสียหาย การพัฒนาของอุตสาหกรรม ฮาร์ดดิสก์ต้องมีการเปลี่ยนแปลงฟิล์มชั้นบนเพื่อให้ได้ตามคุณสมบัติที่อุตสาหกรรมต้องการ ดังนั้นการศึกษาชั้นฟิล์มที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และการศึกษาแบบจำลองของฟิล์มที่พัฒนาเพื่อใช้ในอนาคตนั้น จำเป็นต้องหาคุณสมบัติเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เคยเกิดขึ้น และทำให้อุตสาหกรรมลดปริมาณของเสียได้ เพื่อการวิจัยเรื่องฟิล์มที่ได้รับผลกระทบ จากการขนส่ง ปัญหาของผลกระทบจากปัจจัยแวดล้อมระหว่างขนส่งต่อชิ้นงาน เป็นปัญหาค่อนข้างเฉพาะสำหรับกรณีศึกษาแต่ละปัญหา ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับผลกระทบของปัจจัยแวดล้อม เช่น ผลของก๊าซต่างๆต่อสมบัติฟิล์มจะพบได้ในตำราวิชาการทั่วไป [1] นอกจากนั้นการศึกษผลกระทบของปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและกระบวนการเตรียมวัสดุเป็นสำคัญ สำหรับปัญหาของโครงการวิจัยนี้เป็นการบรรจุภัณฑ์สำหรับแผ่นดิสก์ โดยที่แผ่นดิสก์เหล่านี้ถูกบรรจุในกล่องพลาสติกที่ทนแรงดันสูงได้ และกล่องนี้จะถูกบรรจุในถุงพลาสติกซึ่งดูให้เป็นสุญญากาศความดันต่ำเพื่อการขนส่ง ด้วยสามัญสำนึก ละความเข้าใจพื้นฐาน การบรรจุในลักษณะนี้น่าจะทำความเสียหายกับแผ่นดิสก์ได้มาก และในกรณีปัญหาที่เกิดขึ้นจะพบความเสียหายเพียงบางส่วนเท่านั้น ขอบเขตของการวิจัยนี้จึงมีลักษณะปัญหาคล้ายการวิเคราะห์ Failure Analysis ซึ่งจะต้องมีการสืบสวนหาสาเหตุปัจจัยโดยการออกแบบการทดลอง โดยปัจจัยสำคัญที่น่าจะเป็นไปได้ คือ ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดันต่อโครงสร้างสัญญาณของฟิล์ม [2] โดยที่การเปลี่ยนแปลงแรงดันอย่างรวดเร็วอาจจะสร้างความเสียหายแก่ฟิล์มป้องกันชั้นบนและไปถึงฟิล์มสารแม่เหล็กชั้นล่างๆได้ ในขณะที่เดียวกันยังคงต้องคำนึงถึงผลกระทบจากปัจจัยแวดล้อมอื่นๆด้วย เช่น อุณหภูมิ และสารปนเปื้อน ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุที่แท้จริงได้ ในแนวทางวิจัยอีกด้านเพื่อเป็นการศึกษาวิจัยสำหรับการใช้งานในระยะยาว คือ การศึกษาและพัฒนาวัสดุเคลือบที่เพิ่มความทนทานต่อปัจจัยแวดล้อม ตัวอย่างเช่น วัสดุเคลือบแข็งประเภทไนไตรด์ ซึ่งมีการศึกษาพื้นฐานมากพอสมควร เช่น Silicon nitride ได้มีการศึกษาข้อมูลเรื่อง Electronic structure and optical properties of α and β phases of silicon nitride [3] โดยศึกษาหลักการ รูปแบบการจำลองผลึกโดยการคำนวณ และได้ศึกษา โครงสร้างอะตอมของ ฟิล์ม silicon oxynitride films จากงานวิจัย EXAFS, Monte Carlo Simulation, and Random Bond Model of SiOxNy ซึ่งยังมีงานวิจัยเพิ่มเติมที่ศึกษาถึงรายละเอียดการจัดเรียงตัวของอะตอมออกซิเจนและไนโตรเจนในผลึก [4] และยังมีงานวิจัยอีกจำนวนมากที่ในด้านฟิล์มบางของสารประกอบออกไซด์ไนไตรด์ [5-8] ซึ่งเป็นวัสดุเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานที่มีปัญหาความบกพร่องของความเสถียรของสัญญาณ servo

เนื่องจากงานที่มีการใช้ดิสก์ของ L5 & B7 (ดิสก์ที่มาจาก Company A) เป็นกลุ่มงานที่มีปัญหาที่พบว่าเมื่อมีการเขียนสัญญาณ Servo แล้วทำการส่งไปทำการทดสอบที่กระบวนการเขียนอ่านสัญญาณพบปัญหาความบกพร่องของความเสถียรของสัญญาณ servo (Poor servo stability at OD Zone) ดังต่อไปนี้



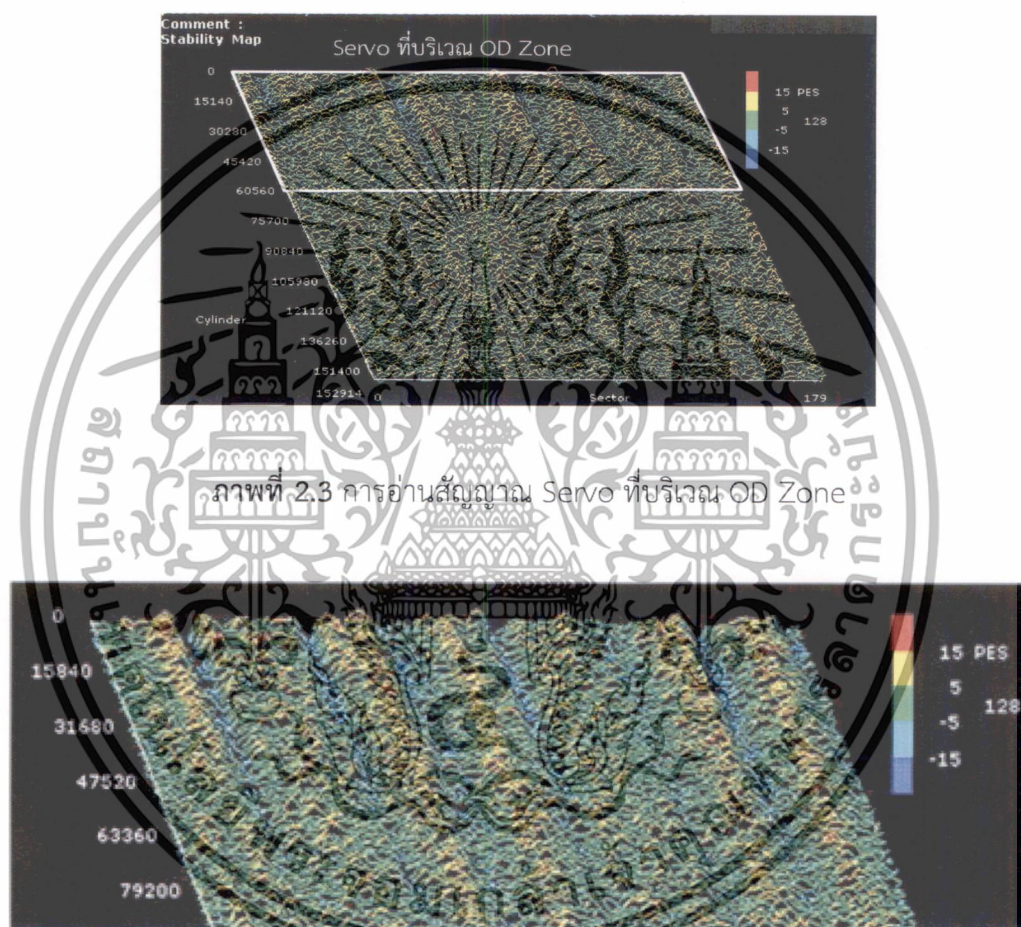
ภาพที่ 2.2 การแบ่งพื้นที่บนแผ่นดิสก์โดยกำหนดตามตำแหน่งของการใช้ในการบันทึกสัญญาณแม่เหล็ก

จากภาพที่ 2.2 การแบ่งพื้นที่บนแผ่นดิสก์โดยกำหนดตามตำแหน่งของการใช้ในการบันทึกสัญญาณแม่เหล็ก โดยปกติการเขียนสัญญาณจะมีพื้นที่เริ่มต้นที่รัศมี 13 มม. ถึง 32 มม. การแบ่งส่วนพื้นที่เรียกเป็นส่วนพื้นที่ OD Zone หมายถึง Outer Disk Zone เป็นพื้นที่บริเวณรอบนอกสุดมีรัศมี 24 มม. ถึง 32 มม., พื้นที่ MD Zone หมายถึง Middle Disk Zone เป็นพื้นที่บริเวณบริเวณส่วนกลางของแผ่นดิสก์มีรัศมี 18 มม. ถึง 24 มม. และ พื้นที่ ID Zone หมายถึง Inner Disk Zone เป็นพื้นที่บริเวณรอบในสุดรัศมี 13 มม. ถึง 18 มม.

ปัญหา Poor servo stability at OD Zone เป็นปัญหาที่เกิดจากกระบวนการเขียนสัญญาณ servo ก่อนที่จะมีการเขียนสัญญาณที่เป็นข้อมูล สัญญาณ servo เป็นการกำหนดพื้นที่ที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูล เป็นการกำหนดก่อนที่จะมีการบันทึกข้อมูล จึงมีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต Hard Disk Drive (HDD) เป็นอย่างยิ่ง การพิจารณาสัญญาณ servo ต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ที่เรียกว่า servo stability map ดังภาพที่ 2.3 และ 2.4 การวิเคราะห์สัญญาณ servo นั้น บอกถึงความเสถียรของสัญญาณโดยสีเขียวเป็นพื้นที่ที่มีความปกติและสม่ำเสมอของสัญญาณ สีเหลืองและแดงแสดงสัญญาณที่เข้มสูง หรือสูงกว่าปกติ ส่วนสีฟ้าและน้ำเงิน สัญญาณที่มีความเข้มต่ำ หรือต่ำกว่าปกติ บริเวณต่างๆ เปรียบเทียบจากด้านบนของภาพเป็น OD Zone หรือบริเวณ Disk ขอบนอกสุด และเรียงเข้ามากลาง และ ล่างสุด คือ MD และ ID Zone ตามลำดับ โดยปกติการวิเคราะห์ความผิดปกติของสัญญาณนั้น

สามารถวิเคราะห์ได้อีกวิธีจากภาพที่ 2.5 มีการวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ภาพย่อยคือ 0, 1, 2 และ 3 โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์จากหัวเขียน 4 หัวเขียนและบอกถึง ดิสก์ในแต่ละหัวเขียนที่มีความผิดปกติของสัญญาณ ถ้าพบจุดพกร่องของสัญญาณจะแสดงบนแผนภาพจำลองของหัวดิสก์ แสดงให้เห็นบริเวณที่มีสัญญาณบกพร่อง สีที่แสดง มีความหมายถึงการผิดปกติในขณะที่เขียนหรือ อ่านสัญญาณ จากภาพวิเคราะห์ได้ว่า HD2 และ 3 ซึ่งหมายถึง หัวดิสก์ 2 และ 3 มีความผิดปกติบริเวณ OD Zone ซึ่งแสดงเป็นจุดสีฟ้าและน้ำเงิน สามารถวิเคราะห์ได้ชัดเจนว่าเกิดความผิดปกติในพื้นที่แบ่งบริเวณ ออกเป็น 4 กลุ่ม ตามลูกศร

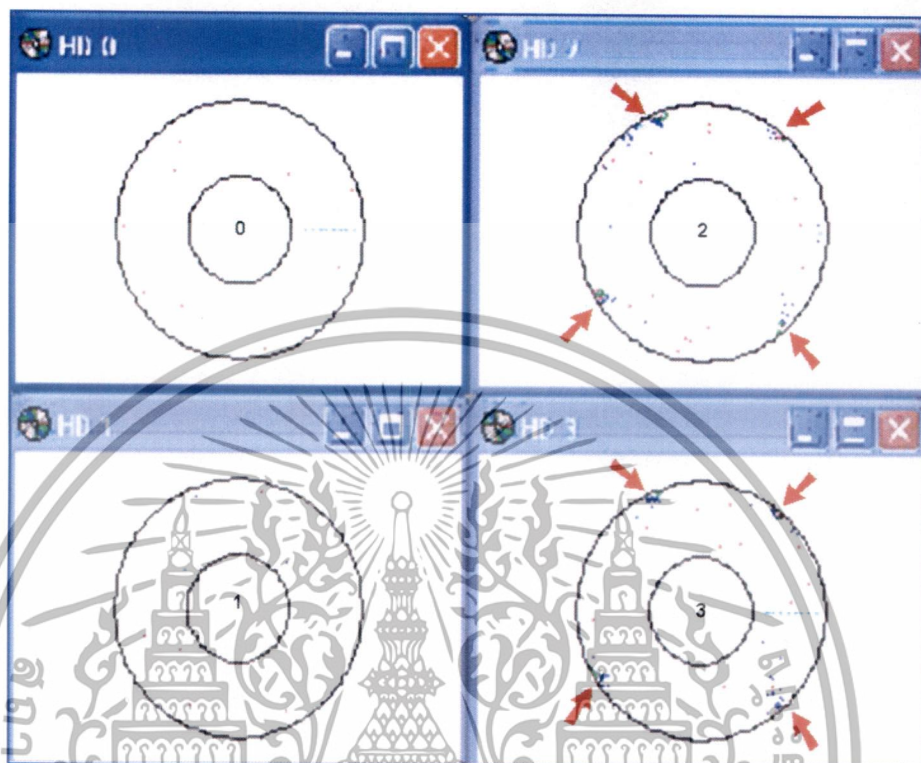


ภาพที่ 2.3 การอ่านสัญญาณ Servo ที่บริเวณ OD Zone

- บริเวณที่สัญญาณปกติ
- บริเวณที่สัญญาณผิดปกติด้านบวกคือสัญญาณความเข้มสูงระดับ+5
- บริเวณที่สัญญาณผิดปกติด้านบวกคือสัญญาณความเข้มสูงระดับ+15
- บริเวณที่สัญญาณผิดปกติด้านลบคือสัญญาณความเข้มต่ำระดับ-5
- บริเวณที่สัญญาณผิดปกติด้านลบคือสัญญาณความเข้มต่ำระดับ-15

ภาพที่ 2.4 วิธีการอ่านสัญญาณ Servoจากแผนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

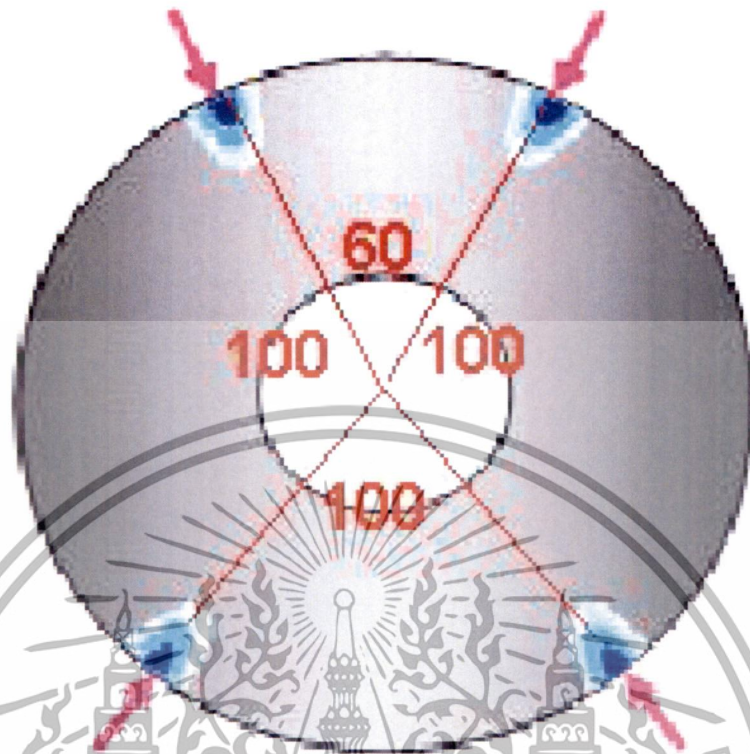


ภาพที่ 2.5 สัญญาณการอ่านบนแผ่นดิสก์ที่ Head อ่านบน ดิสก์แต่ละ surface 0, 1, 2 และ 3

2.3 การระบุปัญหาการเขียนสัญญาณ Servo ที่ขอบนอกของแผ่นดิสก์และตำแหน่งของ กล่องบรรจุภัณฑ์ที่สัมผัสดิสก์

เนื่องจากกลุ่มงานที่มีปัญหาที่พบว่าเมื่อมีการเขียนสัญญาณ Servo แล้วทำการส่งไปทำการทดสอบที่กระบวนการเขียนอ่านสัญญาณพบปัญหา Poor servo stability at OD Zone ความสัมพันธ์ของ 4 กลุ่มบนผิวดิสก์เมื่อทำการพิจารณาความสัมพันธ์เป็นมุมพบว่าเกิดปัญหาที่ทำมุมเป็น 100° , 100° , 100° และ 60° ดังต่อไปนี้

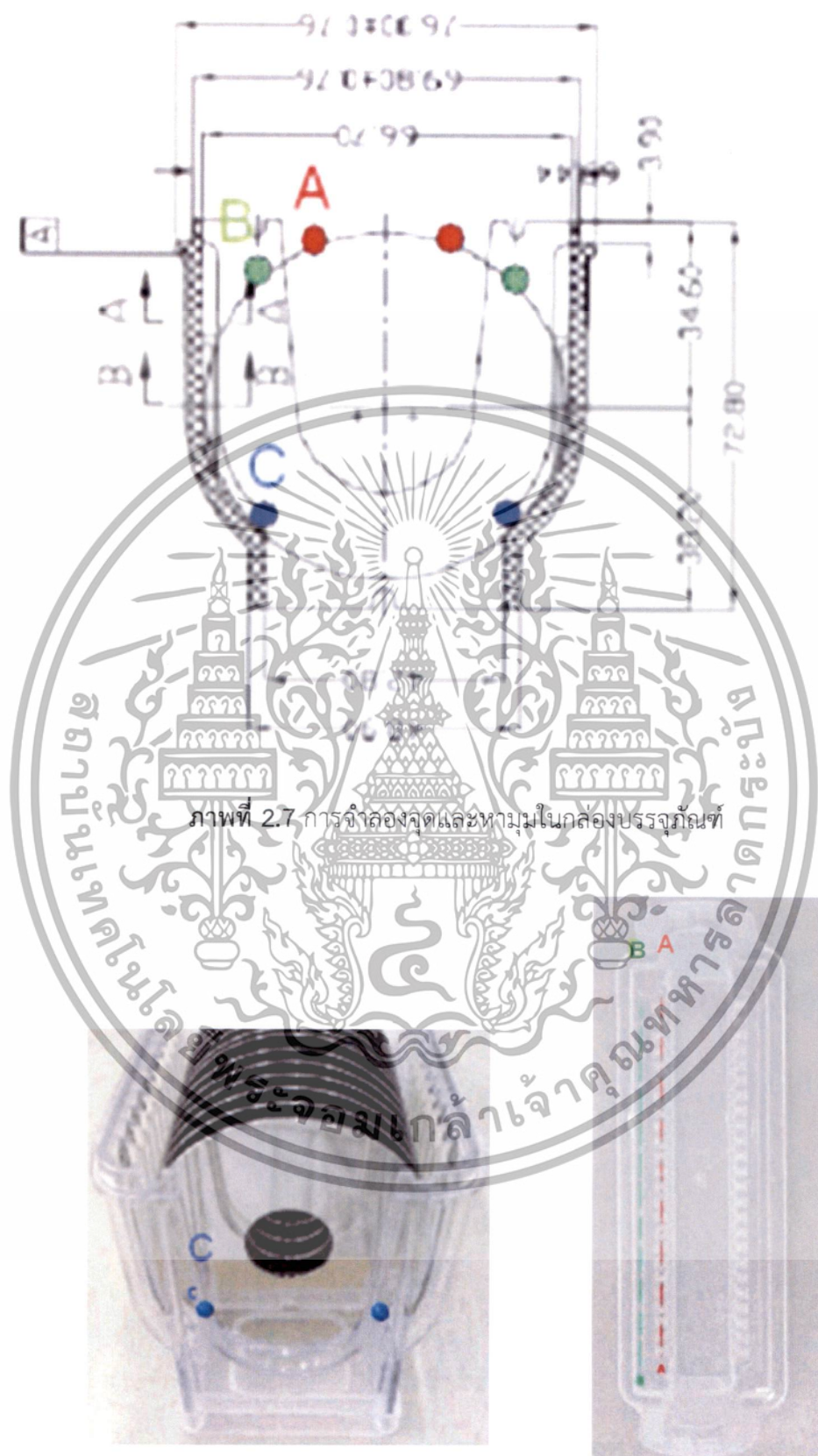
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 การจำลองจุดและหามุมบนแผ่นดิสก์

จากภาพที่ 2.6 พื้นที่บนแผ่นดิสก์ที่ได้รับปัญหาเนื่องจากสัญญาณ Poor servo stability at OD Zone บริเวณที่พบปัญหาคือตำแหน่งที่ลูกศรชี้เห็นเป็นความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น จากนั้นเมื่อทำการจำลองจุดและหามุมที่เกิดปัญหาเพื่อระบุตำแหน่งที่ดิสก์สัมผัสกับกล่องบรรจุภัณฑ์ดังภาพที่ 2.7 พบว่าเป็นจุด A และ C ซึ่งเป็นจุดที่ดิสก์สัมผัสกับกล่องบรรจุภัณฑ์ แสดงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 การจำลองจุดและหามุมในกล่องบรรจุภัณฑ์

ภาพที่ 2.8 การจำลองจุดและหามุมในกล่องบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

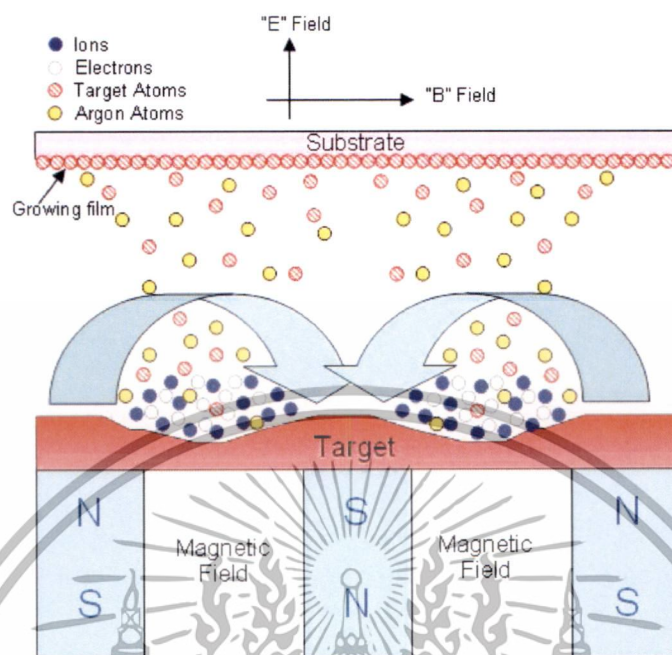
2.4 การจำลองฟิล์มชั้นบนสุดที่ป้องกันความเสียหายของชั้นบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ปัญหา ดิสก์ที่ได้รับการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) พบว่าทุกชั้นมีการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มในแต่ละชั้น เป็นผลให้การบันทึกสัญญาณแม่เหล็กเปลี่ยนไปเนื่องจากฟิล์มที่อยู่ด้านบนสุดนั้นมีความแข็งแรงไม่เพียงพอจริงทำให้เกิดความเสียหายของฟิล์มชั้นบนและฟิล์มชั้นที่ใช้บันทึกสัญญาณแม่เหล็ก การศึกษาการขึ้นรูปโดยใช้วิธีการอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริงเป็นกระบวนการที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตดิสก์ใน Hard Disk Drive ในปัจจุบันและฟิล์มต้นแบบที่ต้องการจำลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ได้เลือกวัสดุที่ใช้ในอุตสาหกรรม Hard Disk Drive คือฟิล์มบางผลึกซิลิกอนไนไตรด์ โดยมีสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุสารกึ่งตัวนำซิลิกอนไนไตรด์

2.5 ทฤษฎีและหลักการระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริง

ระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริงเป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาขึ้นในปี 1970 [11] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขึ้นรูปฟิล์ม โดยระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริงเป็นระบบที่ปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่ากระบวนการขึ้นรูปโดยใช้สารเคมี ก๊าซที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มส่วนใหญ่ใช้ก๊าซไวปฏิบัติกริยาคืออาร์กอนเป็นตัวที่ทำให้เกิดการดิสชาร์จ และคงสภาพของพลาสมาไว้ ไอออนของอาร์กอนในกระบวนการดิสชาร์จไปชนกับผิวของสารเป้าหมายให้อะตอมหลุดออกมา อะตอมนี้จะผ่านบริเวณที่เกิดดิสชาร์จและไปเกาะบนแผ่นฐานรองรับ ในส่วนของแมกนีตรอนจะวางอยู่หลังเป้าหมายเคลือบสนามแม่เหล็กจะเสริมในพลาสมาบริเวณใกล้สารเป้าหมาย สนามแม่เหล็กจะเสริมในพลาสมาบริเวณใกล้สารเป้าหมาย เกิดการจับอิเล็กตรอนบริเวณใกล้สารเป้าหมาย ทำให้เกิดการดิสชาร์จเพิ่มขึ้นในปริมาณที่มากขึ้นมาก อัตราการปลูกฟิล์มเพิ่มมากขึ้นและลดการชนของอิเล็กตรอน ระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริงถูกใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากได้ฟิล์มที่มีประสิทธิภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



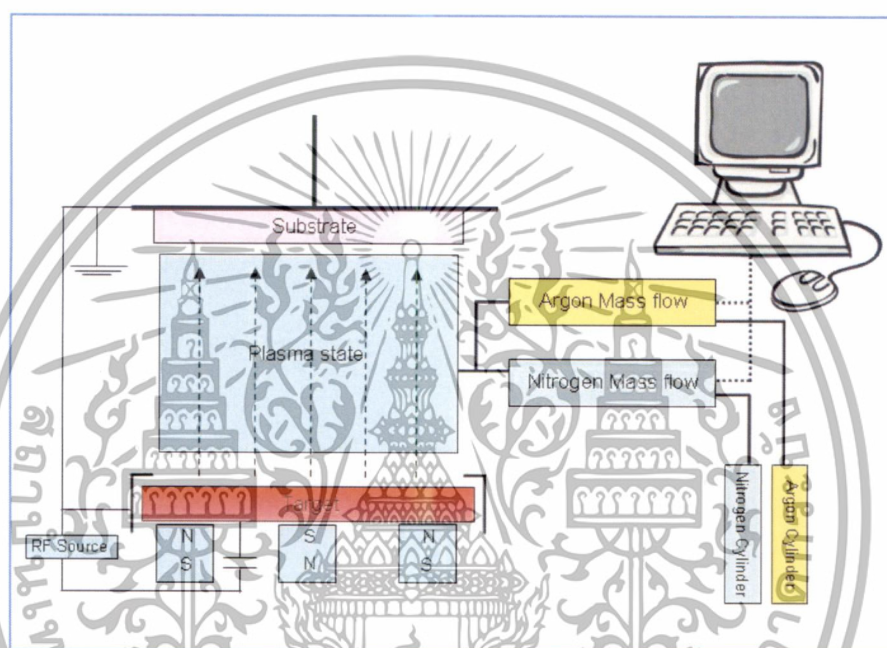
ภาพที่ 2.9 หลักการทำงานของระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสเปตเตอร์

2.6 เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

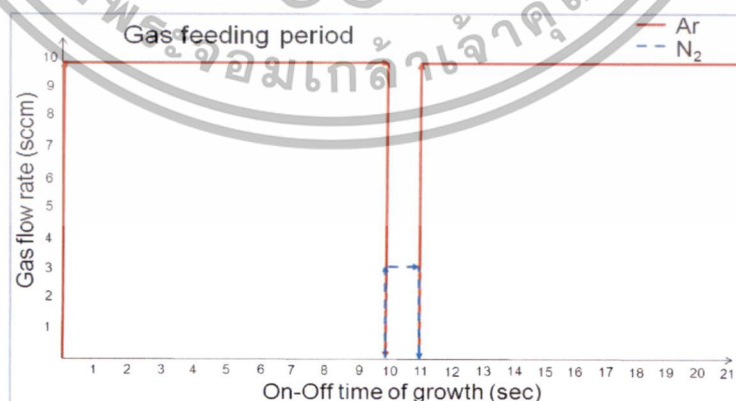
เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing คือการควบคุมเวลาการไหลของก๊าซในกระบวนการสเปตเตอร์ เป็นวิธีการขึ้นรูปฟิล์มในคลัมไนไตรด์โดยปราศจากการให้ความร้อนแผ่นฐานรองรับในระหว่างการขึ้นรูปฟิล์มและหลังการขึ้นรูปฟิล์ม เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing ทำในระบบสุญญากาศโดยกระบวนการนั้นควบคุมเวลาในการปล่อยก๊าซซึ่งประกอบไปด้วย ก๊าซอาร์กอน และ ไนโตรเจนในเวลาต่างกันเข้าไปในระบบสุญญากาศ เกิดกระบวนการพลาสมาเพื่อให้เกิดฟิล์มไนไตรด์บนแผ่นฐานรองรับ สารเป้าหมายที่ต้องการจะเคลือบบนแผ่นฐานรองรับ การควบคุมก๊าซในกระบวนการสเปตเตอร์จึงมีความซับซ้อนในส่วนของกระบวนการเกิดปฏิกิริยาต่อกัน ก๊าซที่ใช้จะมีผลต่อพื้นผิวของสารเป้าหมายและลักษณะของการเกิดพลาสมา การควบคุมเวลาการไหลของก๊าซใช้ในกระบวนการขึ้นรูปฟิล์มออกไซด์ ฟิล์มไนไตรด์ และฟิล์มออกซิไนไตรด์ โดยเทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing เป็นวิธีที่ค่อนข้างเสถียร ง่ายต่อการควบคุมพลาสมาในระหว่างกระบวนการสเปตเตอร์ที่อัตราการขึ้นรูปฟิล์มสูง วิธีการนี้สามารถขึ้นรูปได้บนแผ่นฐานรองรับได้หลายชนิด ได้แก่ กระจก พลาสติก และ แผ่นฐานรองรับที่โค้งงอ วิธีการดังกล่าวได้ประสบความสำเร็จในการขึ้นรูปฟิล์มอลูมิเนียมไนไตรด์และอิตีเมทินออกไซด์

โดยไม่มีภาระให้ข้อมูลพื้นฐานรองรับ[12, 13] เอกสารนี้โดยไม่มีภาระให้ข้อมูลพื้นฐานรองรับ[12, 13] การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริงด้วยเทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing อธิบายดังรูปที่ 5.2 แสดงไดอะแกรมของเทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing หลังจากระบบสุญญากาศถูกทำให้มีความดันลดลงอยู่ในระดับ $10^{-6} - 10^{-7}$ มิลลิบาร์แล้ว ก๊าซอาร์กอนและไนโตรเจนจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบสุญญากาศโดยควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์สำหรับการปลูกฟิล์มโลหะไนไตรด์ ซึ่งก๊าซจะถูกปล่อยสลับกัน โดยเวลาในการปล่อยก๊าซแต่ละชนิดจะมีผลต่อสมบัติของฟิล์มไนไตรด์ที่ปลูกได้



ภาพที่ 2.10 ไดอะแกรมของเทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing



ภาพที่ 2.11 การควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing โดยอัตราก๊าซ Ar 10 วินาที และ ก๊าซ

N₂ 1 วินาที และควบคุม Gas flow rate ของก๊าซ Ar และ ก๊าซ N₂ ที่ 10 และ 3 sccm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

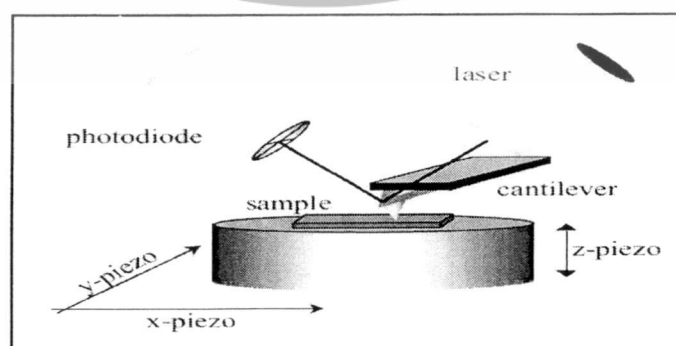
2.7 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างและทดสอบสมบัติของฟิล์มเคลือบแข็ง

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการขึ้นรูปฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรด์มีการเลือกเทคนิคในการขึ้นรูปที่หลากหลาย งานวิจัยหนึ่งได้ทำการขึ้นรูปโดย Plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) โดยฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรด์ที่ได้มีค่าความแข็งคือ 9.6 – 11.0 GPa และค่า Elastic modulus อยู่ที่ 84 – 96 GPa[14], งานวิจัยที่ศึกษาความทนทานต่อการกัดกร่อนของฟิล์ม Ti_3SiC_2 โดยงานวิจัยใช้กรดซัลฟิวริก(H_2SO_4) ในการกัดกร่อนที่ความเข้มข้นต่างกันคือ 1M, 10M และ 15M พบว่า ค่าความกัดกร่อนที่ใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้นต่ำคือ 1M และ 10M มีค่าที่เสถียรมากกว่าที่ใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้นสูงคือ 15M [15]

2.8 เทคนิคและเครื่องมือวัด

2.8.1 Atomic Force Microscopy (AFM)

AFM ถูกพัฒนาจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวอ่านส่องกราด (Scanning Probe Microscopes, SPMs) AFMคือเครื่องมือที่ใช้เพื่อตรวจสอบลักษณะพื้นผิวโดยสามารถวัดฟิล์มบางในระดับนาโนเมตร หลักการของAFM คือการใช้อันตรกิริยาของแรงระหว่างอะตอม (atomic force) ที่วัดระหว่างหัวเข็มวัดกับพื้นผิวของฟิล์ม ซึ่งมีการผ่านแสงเลเซอร์ไปให้หัวเข็มปลายแหลม (tip)ติดกับคานยื่น (cantilever) เมื่อส่วนปลายแหลมของคานนั้นจะไปสัมผัสกับพื้นผิวของวัตถุทำให้คานโก่งงอและสามารถตรวจวัดขนาดของแรงเชิงปฏิสัมพันธ์ ระหว่างความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งของส่วนปลายแหลมและพื้นผิวของวัตถุ โดยวัดแรงดึงดูดหรือแรงผลักระหว่างหัวเข็มกับพื้นผิวที่ต้องการวิเคราะห์เพื่อทำการประมวลผลออกในลักษณะของภาพพื้นผิว (photodiode) [16] แสดงดังต่อไปนี้

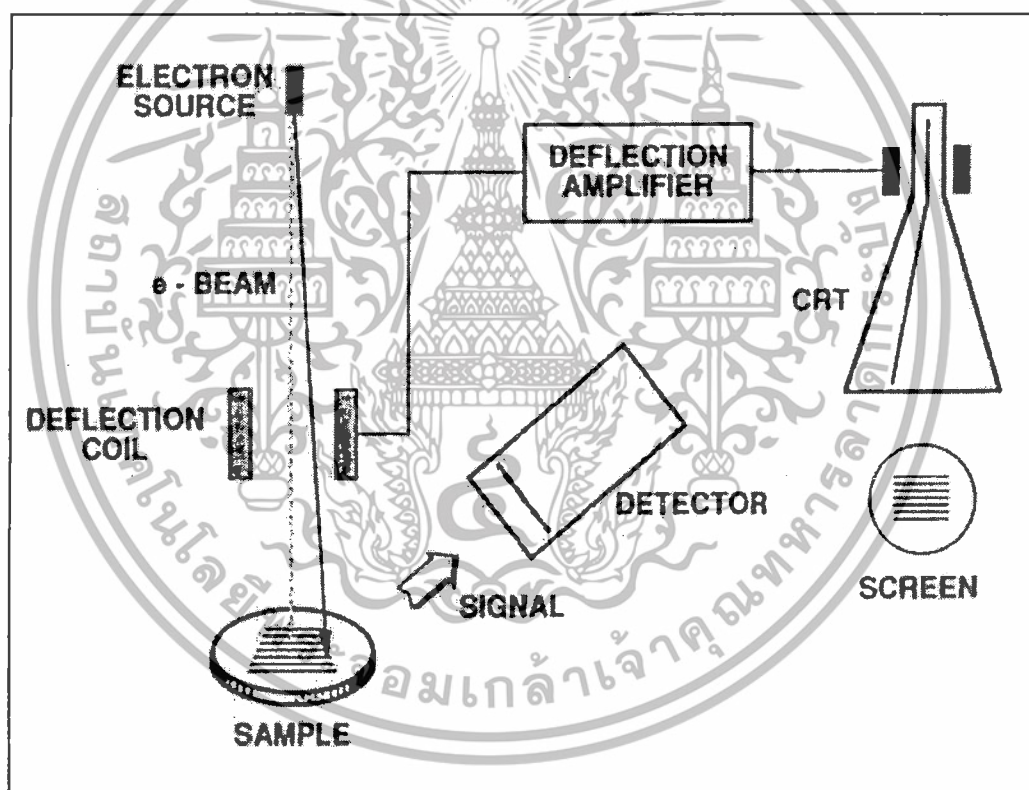


ภาพที่ 2.12 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Atomic Force Microscopy [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้สำหรับการวัดองค์ประกอบของสารที่ต้องการ โดยหลักการของ SEM นั้นเป็นการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน การทำงานของเครื่อง SEM มีส่วนประกอบคือ แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนที่ทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อส่งให้ระบบ กลุ่มอิเล็กตรอนเกิดจากการเร่งด้วยสนามไฟฟ้าโดยมีเลนส์รวมรังสี(condenser lens) ทำหน้าที่ปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดใหญ่หรือเล็กได้ และลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ(objective lens) โดยปรับโฟกัสบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษา เมื่อลำอิเล็กตรอนได้ส่งไปบนชิ้นงานจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ(secondary electron) สัญญาณดังกล่าวจะส่งไปยังตัวรับสัญญาณและเปลี่ยนเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์และเกิดแสดงบนจอรับภาพเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป [17, 18, 19] แสดงดังต่อไปนี้

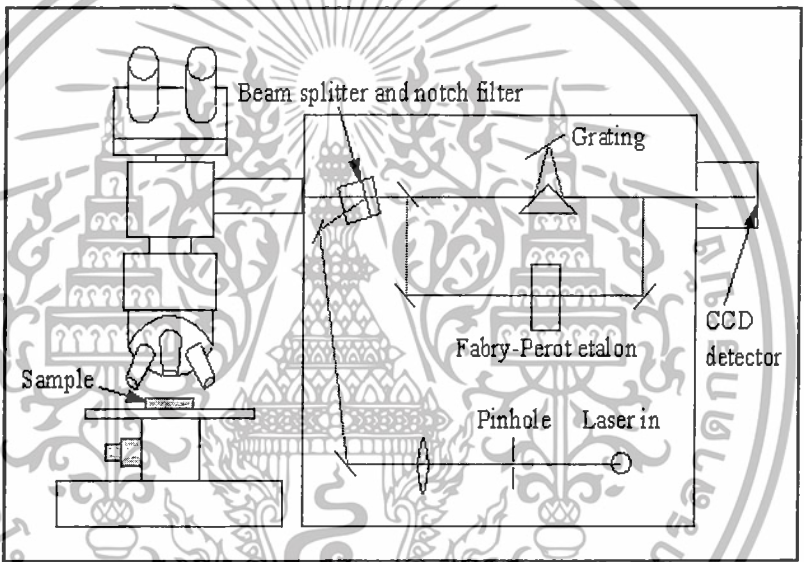


ภาพที่ 2.13 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Scanning Electron Microscopy (SEM) [19]

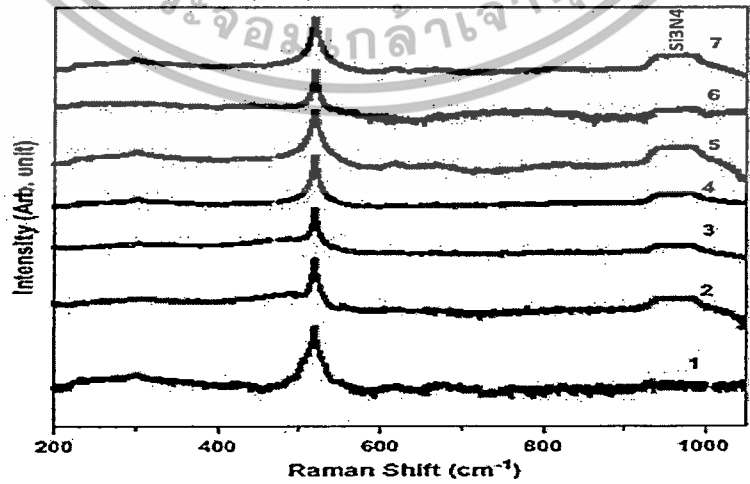
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 Raman Spectroscopy

Raman Spectroscopy เป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการชนแบบไม่ยืดหยุ่นระหว่างโฟตอนกับโมเลกุลของสาร พลังงานบางส่วนจะถูกถ่ายเทไปยังโมเลกุลทำให้เกิดการสั่นของโมเลกุลแล้วเกิดกระเจิงออกไป การสั่นสะเทือนต้องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ polarizability เกิดขึ้นภายในโมเลกุลและได้ Raman spectra ที่สามารถบ่งบอกคุณลักษณะของสารโดยเกิด Raman shifted radiation และส่ง charge-coupled device (CCD) ไปยังตัวรับ (detector) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป [20] พบตำแหน่งของพันธะที่แสดงผลกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ $820-1100\text{cm}^{-1}$ [21] แสดงดังต่อไปนี้



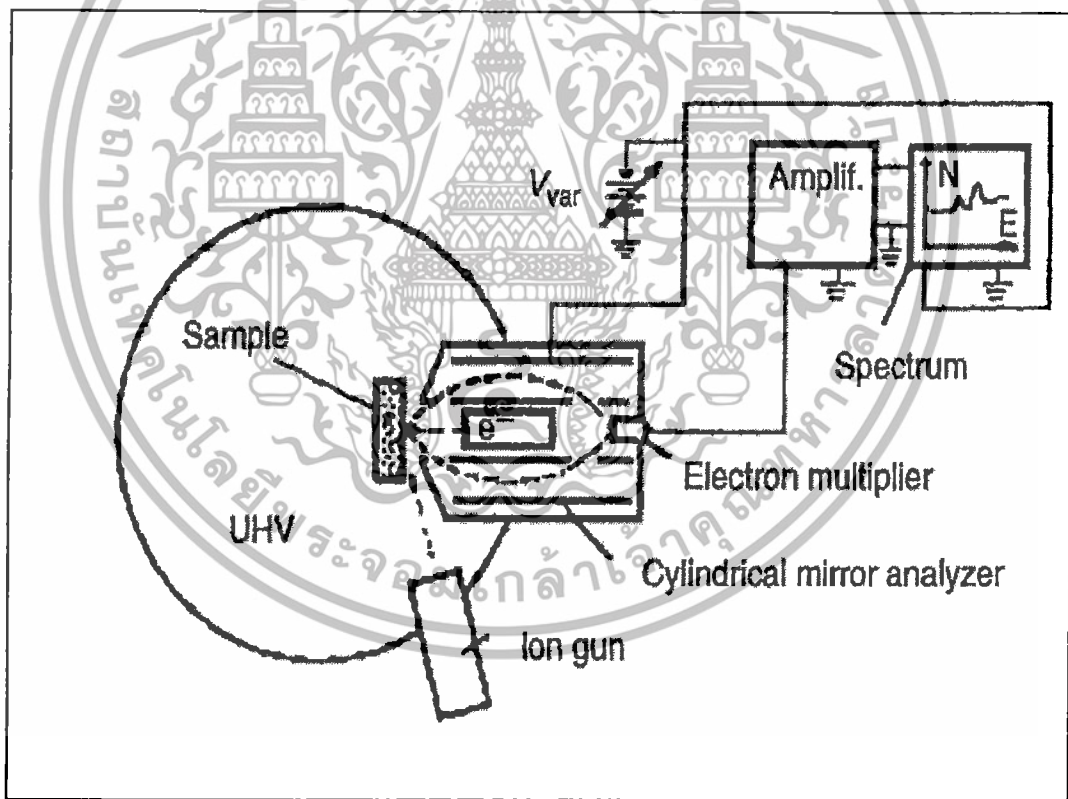
ภาพที่ 2.14 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Raman Spectroscopy [20]



เอกสารนี้เป็นเอกสารภาพที่ 2.15 องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดย Raman [21] การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 Auger Electron Spectroscopy

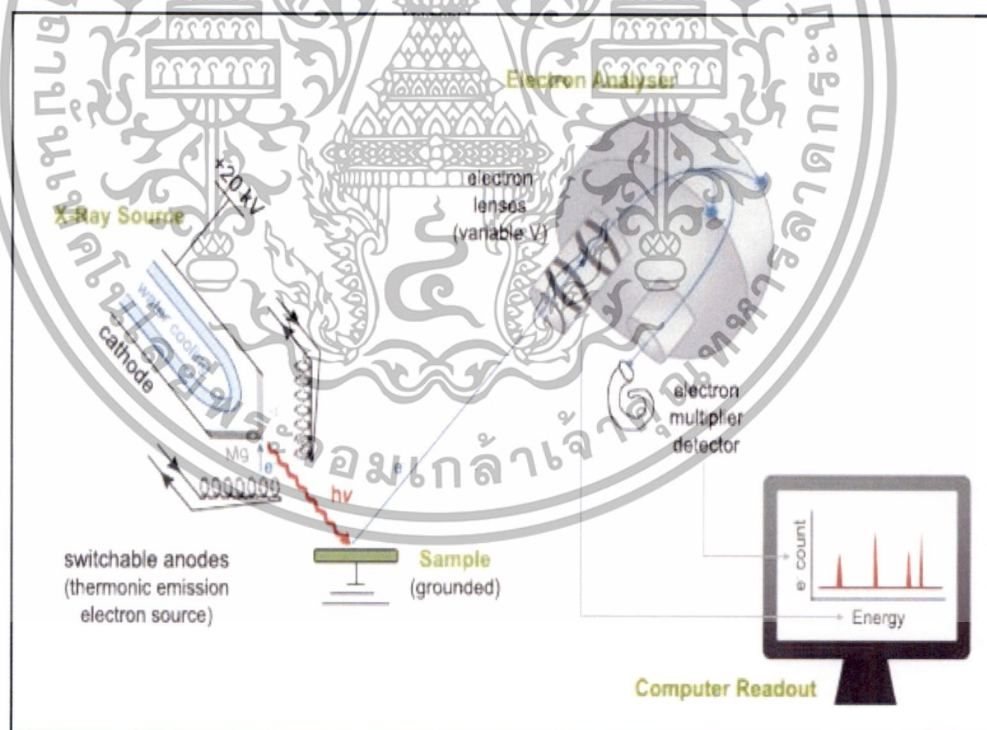
Auger Electron Spectroscopy เกิดจากการพุ่งชนของอนุภาคจาก Ion gun หรือรังสีภายนอก ทำให้มันหลุดออกไป เกิดเป็นช่องว่างในชั้น K หรือเหมือนกับว่าเกิด Excited state นั้นเอง อิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้นพลังงานที่สูงกว่าก็จะกระโดดลงมาแทนที่ ขณะที่กระโดดลงมาในชั้นพลังงานต่ำกว่านั้นก็ปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือ โฟตอนที่มีพลังงานสูง ถ้าโฟตอนตัวนี้วิ่งออกไปแล้วไปชนอิเล็กตรอนตัวอื่นในอะตอมให้หลุดออกมา อิเล็กตรอนตัวที่หลุดออกมานี้เราเรียกว่า ไอเจอิเล็กตรอน (AUGER Electron) การศึกษาสเปกตรัมพลังงานของ Auger Electron ทำภายในระบบที่แสดงจุดสุญญากาศสูง (UHV) เพื่อป้องกันการเกิดประกายและเพิ่ม mean free path ของอิเล็กตรอน และส่ง Auger Electron ไปยัง Electron multiplier และ ปรับค่าสัญญาณ (Amplifier) บอกรงค์ประกอบในโครงสร้างองค์ประกอบที่พบของชิ้นงานที่ต้องการวัดทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพในรูปแบบสเปกตรัม(spectrum) [22] แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.16 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Auger Electron Spectroscopy [22]

2.8.5 X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)

X-ray photoelectron spectroscopy เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัด X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) คือเทคนิคการวัดคุณสมบัติพื้นผิวโดยวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยแสดงทั้งชนิดและองค์ประกอบโครงสร้างเคมี ชนิดพันธะทางเคมีและสถานะออกซิเดชันของอะตอม เป็นเทคนิควิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ที่สามารถให้ข้อมูลสมบัติทางเคมีที่ระดับผิวของวัสดุในหลายได้ทั้งโลหะผสม พอลิเมอร์ สารเคลือบ โดยการวิเคราะห์ชนิดและจำนวนธาตุ องค์ประกอบ โครงสร้างทางเคมี ชนิดพันธะทางเคมี และสถานะออกซิเดชันของอะตอม เป็นต้น โดยของอนุภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ โดยสามารถสแกนวัดค่า Intensity ของ Binding Energy ในระดับต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องทำให้สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างได้ละเอียดถึงระดับ Chemical State สภาวะการ Form อ็อกไซด์ ของธาตุต่าง ๆ ตัวเครื่องยังมีระบบ Ion Etching System ที่ปรับค่า Voltage ได้ ทำให้สามารถวิเคราะห์ Depth Profile ของ Chemical State สารตัวอย่างนั้น [23] แสดงดังต่อไปนี้

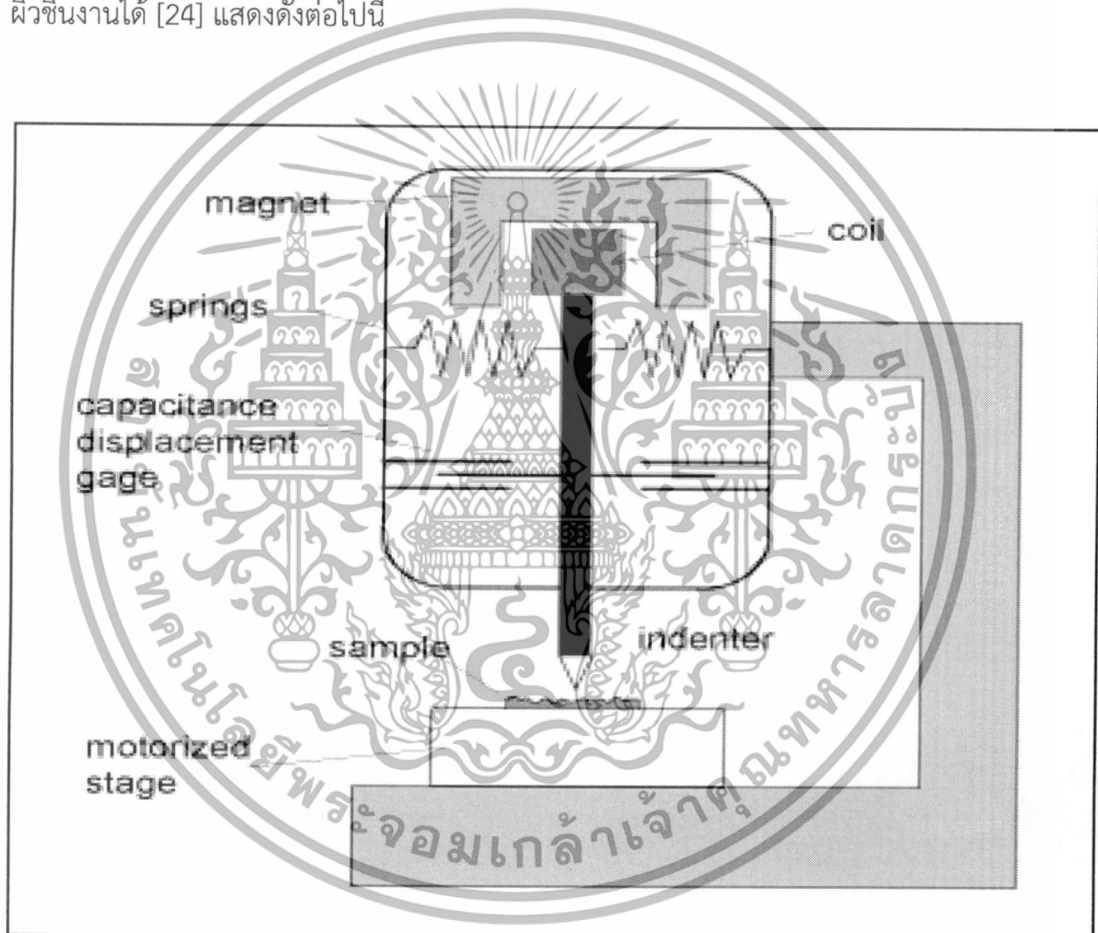


ภาพที่ 2.17 หลักการทำงานเบื้องต้นของ X-ray photoelectron spectroscopy [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

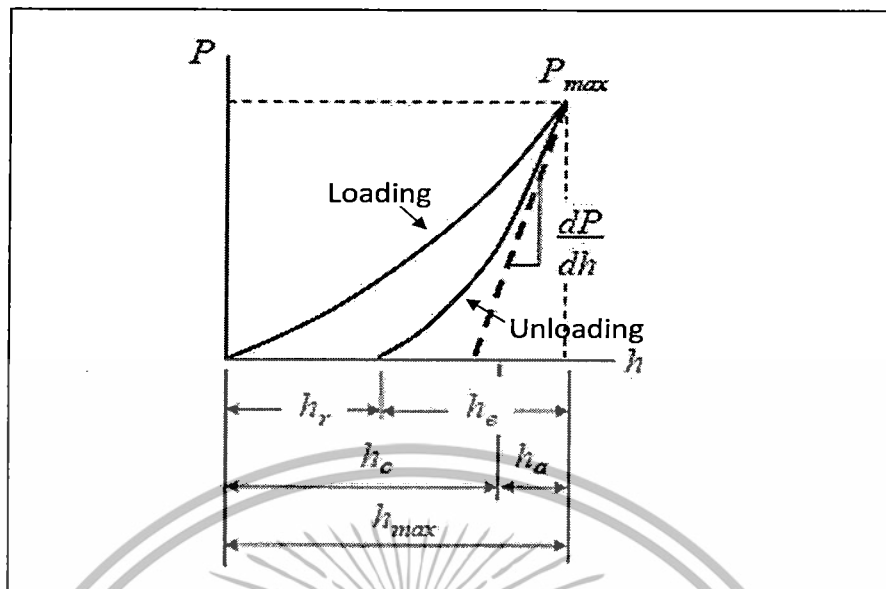
2.8.6 การวัดความแข็ง (Hardness) โดย Nanoindentation

Nanoindentation เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความแข็ง (Hardness) คือ ความต้านทานต่อแรงของวัสดุ โดยหลักการของ Nanoindentation เป็นการทดสอบความต้านทานต่อการแปรรูปถาวร เมื่อถูกแรงกดจากหัวกดกระทำลงบนชิ้นงานทดสอบโดยขนาดแรงกดผ่านหัวกด (indenter) แรงที่ได้จะถูกวัดโดยตัววัดระดับ (capacitance displacement gage) มีขนาด mN โดยเมื่อกดถึงระดับที่เกินขีดจำกัดของแรงกดที่วัดจากชิ้นงานจะส่งให้เกิดแรงดึงจากสปริง (spring) ทำให้หัวกดที่ยึดติดกับขดลวด (coil) ผลักจากแม่เหล็ก (magnet) ทำให้ตรวจสอบความแข็งแรงและยืดหยุ่นของผิวชิ้นงานได้ [24] แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.18 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Nanoindentation [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.19 Load-Displacement curves จาก Nanoindentation testing [25]

จากภาพที่ 2.18 การวัด Hardness และ Elastic จาก Nanoindentation testing โดยค่า Loading วัดจากการกดของ indenter จากจุดเริ่มต้นที่มีค่าเป็นศูนย์จากนั้นทำการเพิ่มแรงกด (loading) ให้ลึกลงไปโดยเมื่อถึงค่าสูงสุดคือ P_{max} ความลึกที่จุดนั้นคือ h_{max} และความลึกของระบบ loading ถึง unloading คือ h_e จากจุด P_{max} เมื่อ indenter กลับสู่ unloading ความลึกของ unloading คือ h_r ค่าแรงต้านทานที่เกิดขึ้นคือความต่างของความลึกที่จุด loading สูงสุด h_{max} กับ unloading h_e คือ h_r และค่าความชัน $\frac{dP}{dh}$ เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณหา Elastic [25] ดังต่อไปนี้

$$E = \frac{1\sqrt{\pi}dp}{2\sqrt{Adh}} \quad (2.1)$$

และ

$$H = \frac{P_{max}}{A} \quad (2.2)$$

เมื่อ

H คือ ค่า Hardness ของชิ้นงาน

P_{max} คือ แรงกดสูงสุดขณะ loading ที่ใช้ในการทำให้เกิดรอยกด

A คือ พื้นที่รอยกดที่เกิดจากการใช้แรงกด (Load)

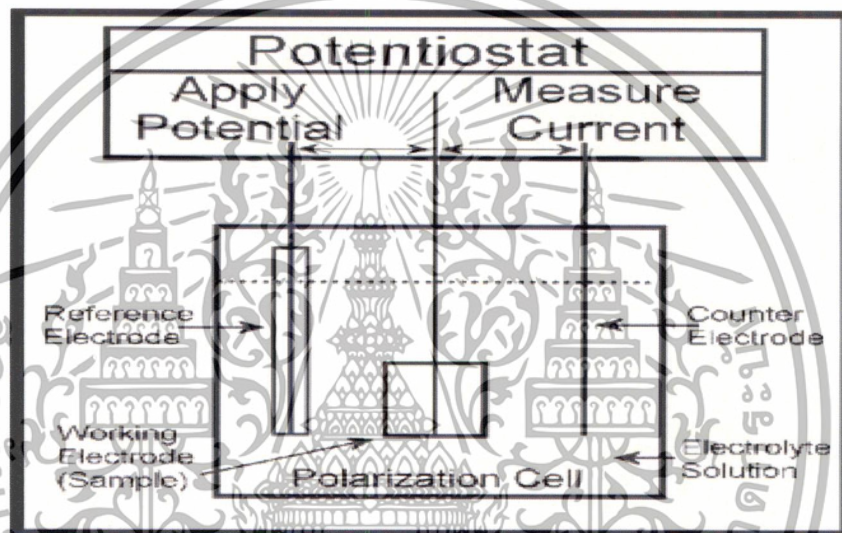
E คือ ค่า Elastic Modulus ของชิ้นงาน

$\frac{dP}{dh}$ คือ ความชันของจุด unloading

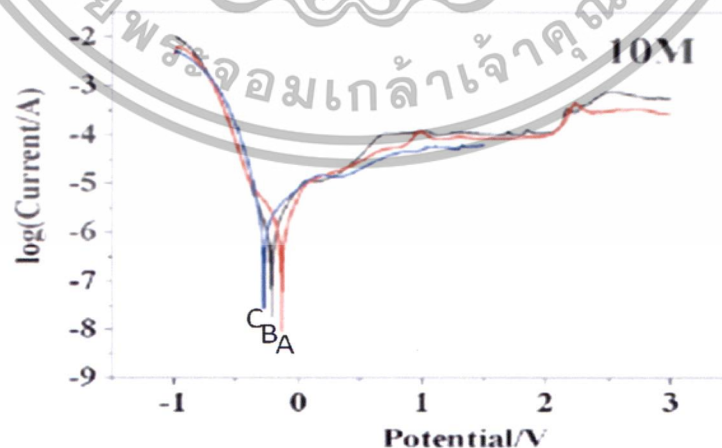
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.7 การวัดความทนต่อการกัดกร่อนโดย Potentiostat

การวัดความทนต่อการกัดกร่อนด้วยหลักการทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemistry) ซึ่งจะทดสอบด้วยเครื่อง Potentiostat ค่าความต่างศักย์และกระแสที่เกิดขึ้นของเซลล์ไฟฟ้าแสดงความกัดกร่อนของชิ้นงาน โดยขั้วไฟฟ้า (electrode) มี 3 ส่วน คือ ขั้วอ้างอิง (Reference electrode) ซึ่งเป็นขั้วที่วัดค่าความต่างศักย์ ขั้วอ้างอิงที่วัดค่าความแตกต่างของกระแส (counter electrode) และ ขั้วที่ต้องการทดสอบ (Working electrode) [26] การกัดกร่อนนั้นขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุชนิดต่างๆแสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.20 หลักการทำงานเบื้องต้นของ Potentiostat [26]



ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างกราฟการกัดกร่อนโดย ละลายอิเล็กโทรไลต์คือกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10M [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนโดยหลักการทางไฟฟ้าเคมี โดยพื้นฐานของการเกิด corrosion คือ การแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนและไอออนของโลหะในสารละลายจะถ่ายเทจากสารหนึ่งไปยังอีกสารหนึ่ง และอัตราที่เกิดจากการแลกเปลี่ยน electric currents โดยสารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปจากการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวนำมาอธิบาย corrosion potential ของวัสดุหรือฟิล์ม ที่ขั้วแอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ความต่างศักย์ที่เกิดในระบบคือ corrosion potential ถ้าค่าเป็นลบมากขึ้นคือเกิดการกัดกร่อนมากขึ้นทนการกัดกร่อนได้ไม่ดี และค่า electric current ที่ขั้วแอโนดเพิ่มขึ้นแสดงการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเมื่ออิเล็กตรอนในระบบได้ถูกใช้ในการกัดกร่อนโลหะ จุดที่ใช้ในการอธิบายการเกิด corrosion คือตำแหน่งที่ electric current สูงสุด ที่ตำแหน่งนี้ใช้พิจารณา corrosion potential [27]

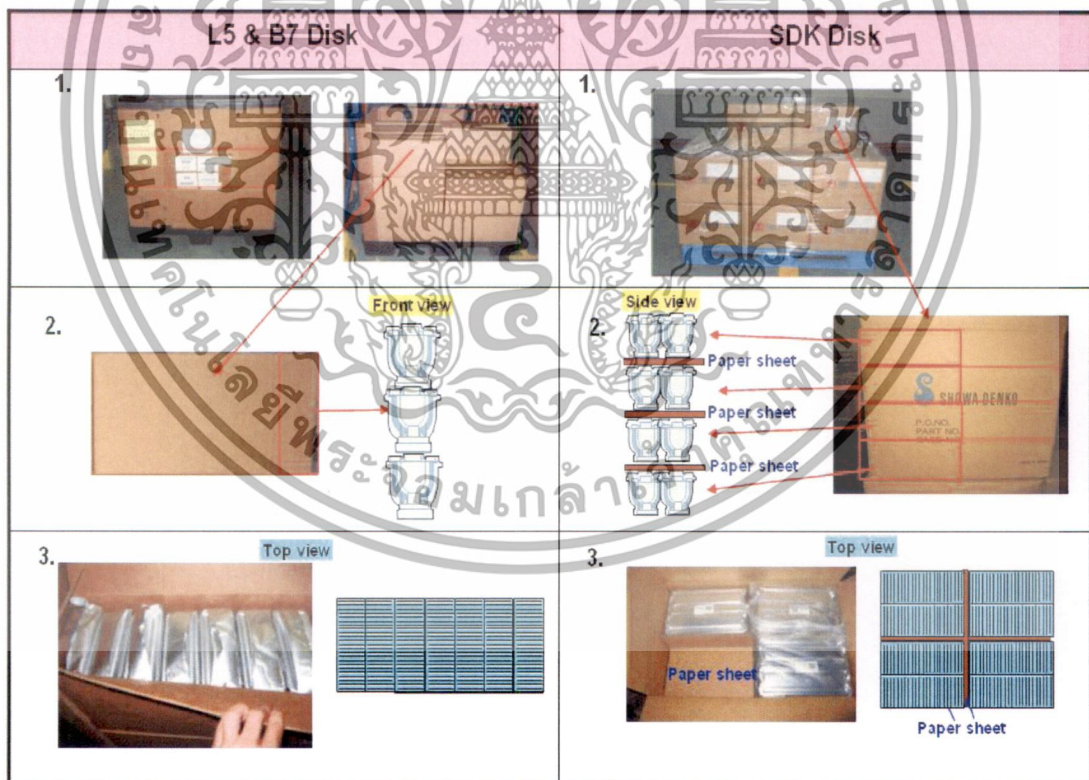
จากภาพที่ 2.20 ผลการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนโดยวิธีการวัดค่าเซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์คือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เตรียมที่ความเข้มข้น 10M ใช้ ซิลเวอร์ (Ag)/ซิลเวอร์คลอไรด์เป็นขั้วเปรียบเทียบในการวัดขั้วฟิล์มบางพอลิเมอร์นาโนซิลิกอนไนไตรด์ กับ ไทเทเนียม (Ti) โดยใช้ Potentiostat วัดที่เวลาเกิดปฏิกิริยา 30 นาที โดยในการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน ของโลหะ 3 ชนิด คือ โลหะ A, B และ C ผลที่ได้คือพิจารณาแกน x คือค่า Log Current ของโลหะ A, B และ C พบค่า Log Current อยู่ในช่วง -8 ถึง -7.5 A อธิบายถึงกระแสขั้วแอโนดเพิ่มขึ้นที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ค่า กระแสที่เพิ่มขึ้นแสดงการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเมื่ออิเล็กตรอนในระบบได้ถูกใช้ในการกัดกร่อนโลหะในที่นี้คือ โลหะ C ที่มีค่า Log Current คือ -7.5 A จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า โลหะ C มีค่า corrosion potential -0.5 V พิจารณา ค่า corrosion potential ของโลหะ A, B และ C อยู่ในช่วง -0.2 ถึง -0.5 V ซึ่งพบว่าโลหะ C มีค่า corrosion potential ด้านลบมากคือมีการกัดกร่อนมากจึงเป็นโลหะที่ทนการกัดกร่อนได้ไม่ดี

บทที่ 3

การศึกษาความเปลี่ยนแปลงสมบัติของฟิล์มบางแผ่นดิสก์จาก ปัจจัยแวดล้อม

3.1 การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงจากกล่องบรรจุภัณฑ์

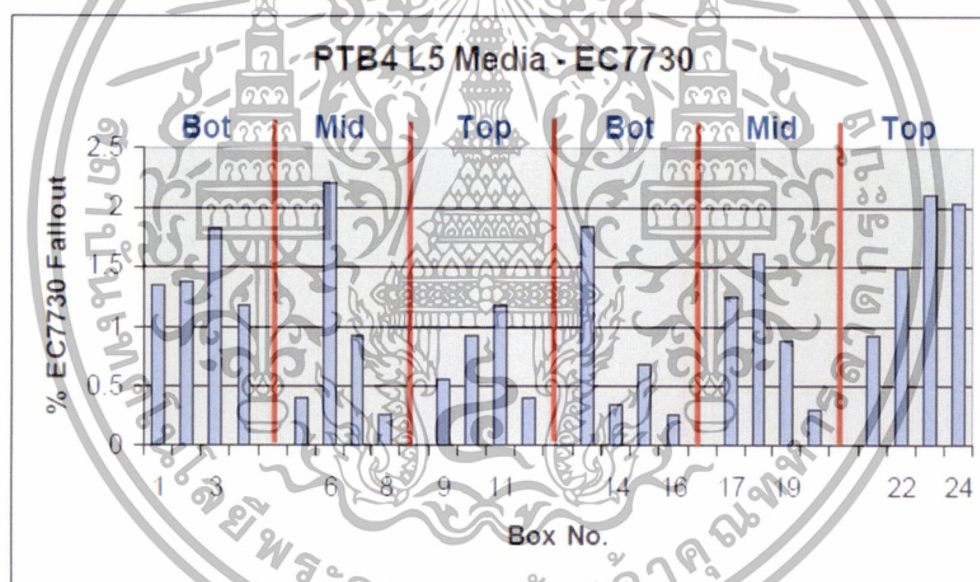
การศึกษสาเหตุของปัญหาของกล่องบรรจุภัณฑ์ ลักษณะการจัดเรียงในการขนส่งเพื่อหาว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายของฟิล์มที่มาจากการบรรจุกล่องดิสก์ในการขนส่งจากโรงงานผลิตดิสก์มายังโรงงานประกอบ HDD มี 2 แบบ L5 & B7 ดิสก์ และ SDK ดิสก์ ซึ่งเป็นดิสก์ที่ใช้ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ โดยกระบวนการขนส่งดิสก์นั้นมาจากการขนส่งทางเรือโดยการบรรจุใส่ตู้คอนเทนเนอร์ในการเคลื่อนย้าย ในตู้คอนเทนเนอร์จะบรรจุกล่องที่ซ้อนกันเพื่อให้การขนส่งเป็นไปอย่างสะดวกและควบคุมอุณหภูมิความชื้นและ ฝุ่นละออง โดยแบ่งการบรรจุออกเป็น 2 แบบ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 การบรรจุกล่องดิสก์ในการขนส่งจากโรงงานผลิตดิสก์มายังโรงงานประกอบ HDD มี 2 แบบ L5 & B7 ดิสก์ และ SDK ดิสก์

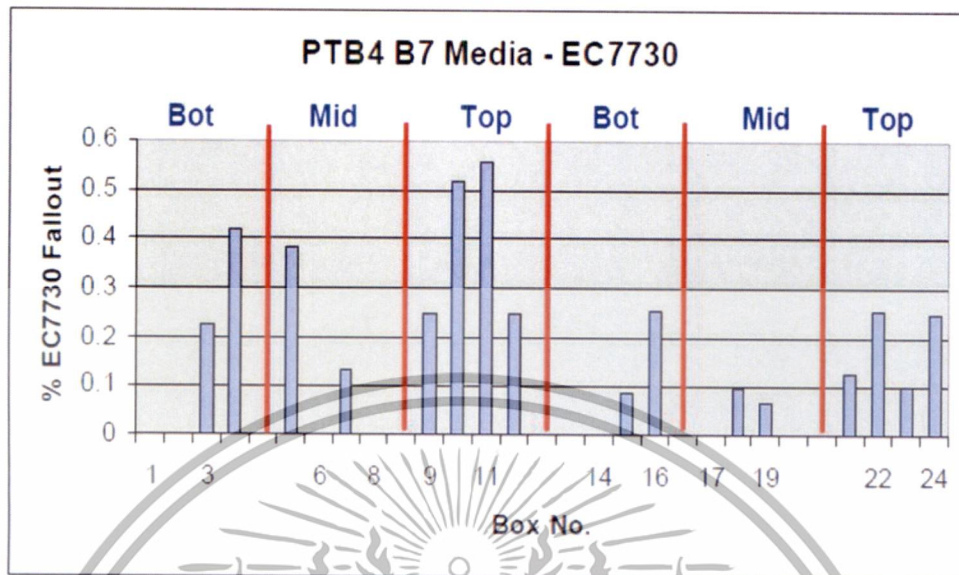
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L5 & B7 ดิสก์ (ดิสก์ที่มาจาก Company A) และ SDK ดิสก์ (ดิสก์ที่มาจาก Company B) ในการประกอบ Hard Disk Drive ใช้ดิสก์ที่มาจากทั้ง 2 บริษัท จากการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเรียงกลองบรรจุภัณฑ์ พบว่า กลองที่บรรจุ L5 & B7 ดิสก์ ซึ่งเป็นกลุ่มงานที่มีปัญหา Poor servo stability at OD Zone ไม่มี Paper sheet ในการรับแรงกด อาจส่งผลต่อดิสก์โดยตรงได้ง่าย และทำให้ฟิล์มเกิดความเสียหาย จากภาพที่ 3.1 แถวที่ 1 พบว่าการจัดเรียงกลองในการขนส่งแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ บน, กลาง และ ล่างในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้เลือกงานกลุ่มงานที่มีปัญหา Poor servo stability at OD Zone ของแต่ละดิสก์ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดเรียงกลองบรรจุภัณฑ์ภายในเพื่อหาความสัมพันธ์ของงานที่เสียหายดังกล่าว โดยศึกษาจากกลุ่มงานที่มีปัญหา Poor servo stability at OD Zone โดยสันนิษฐานว่าแรงกดที่เกิดขึ้นกับกลองด้านล่างจะเกิดปัญหามากที่สุด โดยขั้นตอนคือนำดิสก์ (ดิสก์ที่มาจาก Company A) และ SDK ดิสก์ (ดิสก์ที่มาจาก Company B) ที่ขนส่งมาถึง นำไปผลิตเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรว์แล้วนำไปเขียนสัญญาณ



ภาพที่ 3.2 จำนวนงานเสียในกลองบรรจุกลองดิสก์ L5

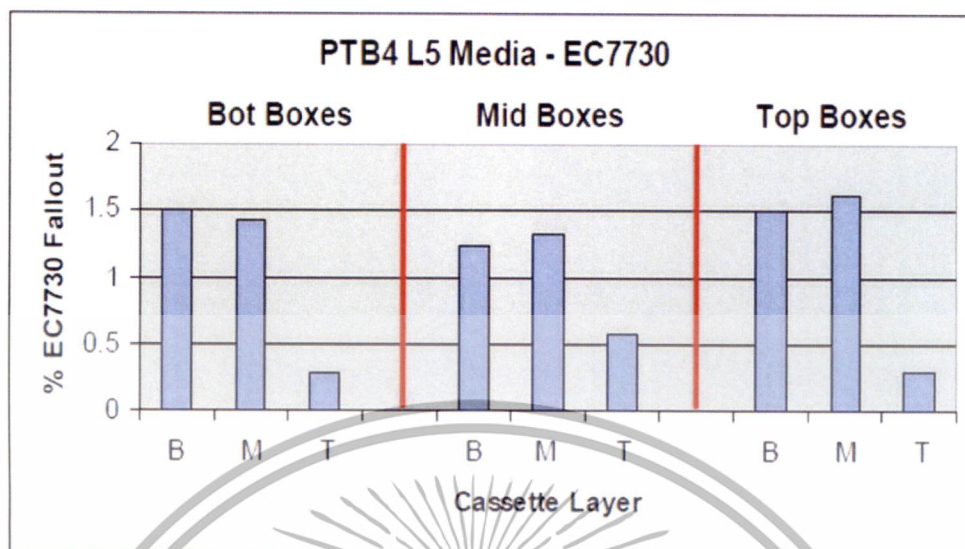
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



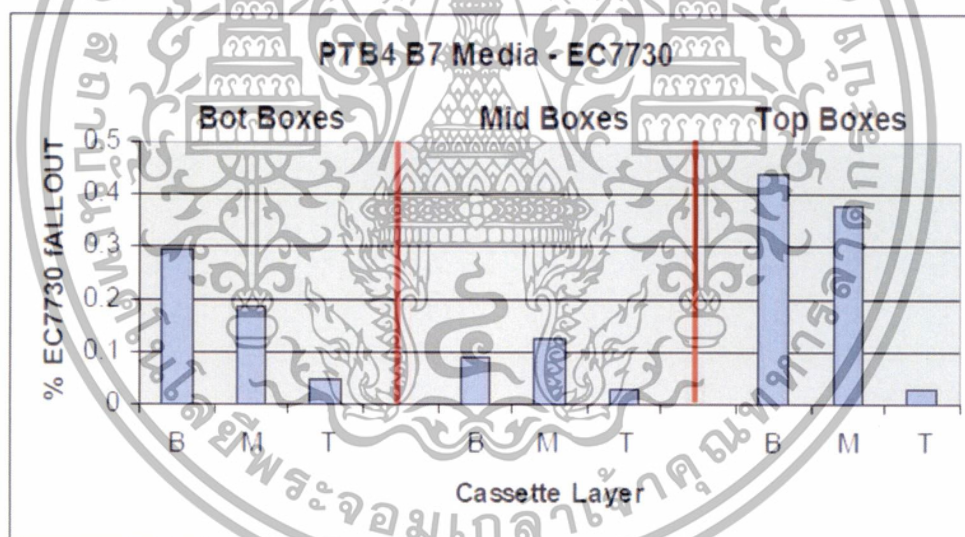
ภาพที่ 3.3 จำนวนงานเสียในกล่องบรรจุกล่องดิสก์ B7

ข้อสรุปจากภาพที่ 3.2 และ 3.3 พบว่า ทั้งกล่องดิสก์ L5 & B7 (ดิสก์ที่มาจาก Company A) มีงานเสียกระจายในทุกตำแหน่ง เพื่อหาสาเหตุของปัญหาได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดเรียงกล่องบรรจุดิสก์ (Cassette) ในเพื่อหาความสัมพันธ์ของงานที่เสียหายในแต่ละ Cassette Layer จากภาพที่ 1 และที่ 2 พบว่าการจัดเรียงกล่องบรรจุดิสก์ โดยสภาวะสูญญากาศ (ภาพ Front view) พบว่าใน 1 แพ็ค บรรจุ Cassette 3 Layer แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ Top, Middle และ Bottom ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้เลือกงานกลุ่มงานที่มีปัญหา Poor servo stability at OD Zone ของแต่ละดิสก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 จำนวนงานเสียในวิเคราะห์จาก Cassette Layer ของ L5



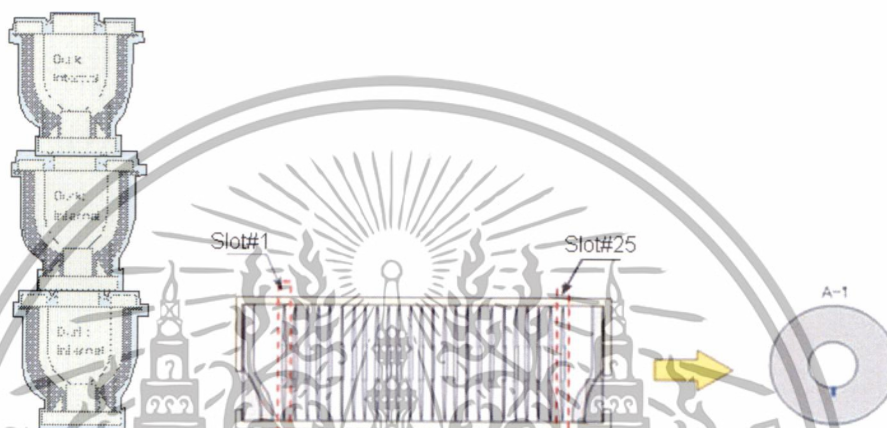
ภาพที่ 3.5 งานเสียในวิเคราะห์จาก Cassette Layer ของ B7

ข้อสรุปจากภาพที่ 3.4 และ 3.5 พบว่า ทุกกล่องมีความเสียหายของ Cassette Layer ที่ Bottom Layer มากที่สุดโดยเฉพาะกล่องที่อยู่บริเวณล่างสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาสาเหตุของปัญหาของกล่องบรรจุภัณฑ์และการเปลี่ยนแปลงของดิสก์

การศึกษาสาเหตุของปัญหาของกล่องบรรจุภัณฑ์ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับผลกระทบจากการบรรจุด้วยการหุ้มพลาสติกและมีการใช้แรงดูดสุญญากาศเพื่อการบรรจุที่ป้องกันอากาศและฝุ่นละอองจากภายนอกในระหว่างการขนส่ง ในหนึ่งกล่องบรรจุแผ่นดิสก์ทั้งหมด 25 แผ่น โดยเรียงจากซ้ายไปขวาคือตำแหน่ง ตาม Slot คือเริ่มต้น ที่ Slot#1 และสุดท้ายคือ Slot#25



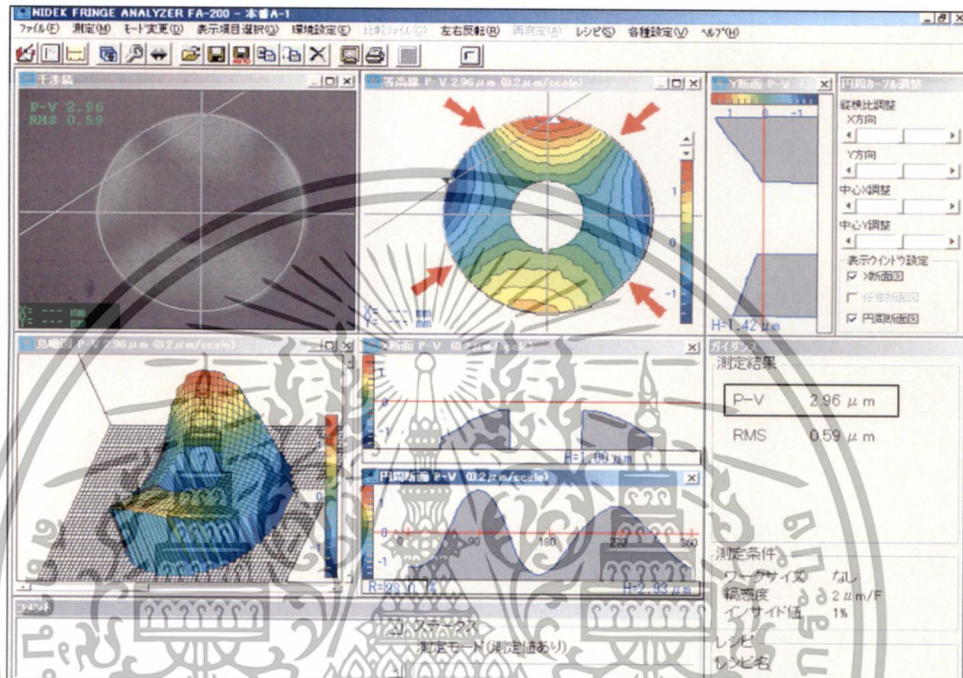
ภาพที่ 3.6 การบรรจุด้วยการหุ้มพลาสติกที่ใช้แรงดูดสุญญากาศ และการจัดเรียง Slot ของดิสก์

จากภาพที่ 3.6 แสดงการศึกษาโดยทำการจำลองรูปแบบการขนส่งด้วยการนำกล่องบรรจุดิสก์ทั้งหมด 3 กล่องมาห่อด้วยถุงพลาสติกและใช้แรงดูดสุญญากาศที่ 40 kPa จากนั้นตั้งไว้ที่ห้องที่มีอุณหภูมิห้องปกติ 25 °C และมีการควบคุมความชื้น เป็นเวลา 10 วัน เปรียบเสมือนการบรรจุและขนส่งทำอยู่จริงเนื่องจากกระบวนการขนส่งโดยเรือและเป็นการขนส่งระหว่างประเทศจึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการขนส่ง โดยกระบวนการขนส่งนั้นได้กำหนดอุณหภูมิภายในตู้คอนเทนเนอร์ที่สูงสุดไม่เกิน 65 °C และความชื้น ไม่เกิน 90 % ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องจากการจัดเรียงของกล่องที่มีปัญหาพบว่าเกิดจากกล่องที่ซ้อนกันจำนวน 3 กล่องและในการบรรจุดิสก์ในกล่องนั้นเป็นการจัดเรียงดิสก์เริ่มจากด้านซ้ายคือ Slot#1 เรียงลำดับไปด้านขวาถึง Slot#25 ในกล่องบรรจุดิสก์ 1 กล่องมีจำนวนดิสก์อยู่ทั้งสิ้น 25 แผ่น

เมื่อนำดิสก์ Slot#1 มาทำการวัดการเปลี่ยนแปลงของผิวดิสก์เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงรูปที่เกิดขึ้น โดยการวิเคราะห์ผิวดิสก์ด้วยเครื่องวัดความโก่งงอของพื้นผิวความละเอียดสูง (NIDEK FRINGE ANALYZER) เป็นการวิเคราะห์ความสูงต่ำของผิวดิสก์โดยเปรียบเทียบจากบริเวณที่เรียบเริ่มต้นเป็น 0 แสดงโดยใช้สีเขียว สีเขียวอ่อน, สีฟ้าและสีน้ำเงินแสดงบริเวณที่ต่ำของผิวดิสก์ สีเหลือง, สีส้มและสีแดง แสดงบริเวณที่สูงของผิวดิสก์ การวัดเพื่อเปรียบเทียบความสูงต่ำนี้ใช้ในการวิเคราะห์ความเรียบ

ในความละเอียดหน่วยเป็นไมครอน การวิเคราะห์จะเห็นแนวของการเปลี่ยนแปลงของความสูงของดิสก์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่เอกสารนี้แล้ว การคัดลอกหรือการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

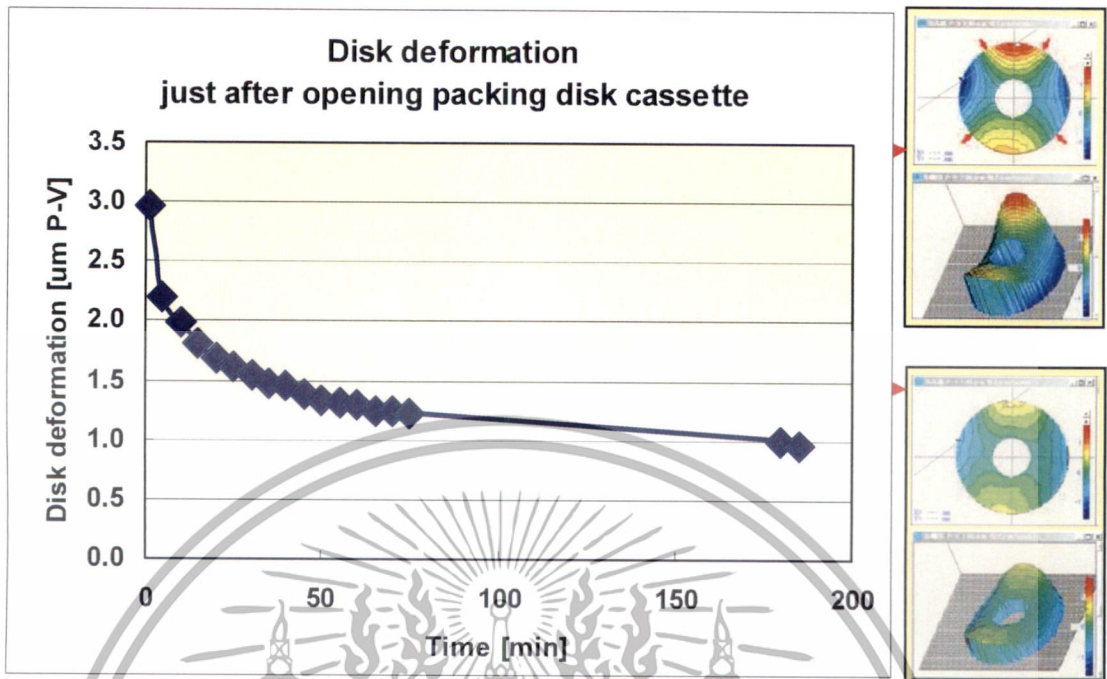
ด้วย ดังนั้น จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่า P-V (Peak to Valley เป็นการเปรียบเทียบความต่างของจุดที่สูงสุด กับ จุดที่ต่ำสุด) ในภาพที่ 3.7 สีเขียวอ่อน, สีฟ้าและสีน้ำเงินแสดงบริเวณที่ต่ำของผิวดิस्कแสดงแนวของผิวดิस्कที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นจุดที่พบปัญหาแสดงการอ่านสัญญาณ Servo ที่บริเวณ OD Zone 4 กลุ่มตามลูกศร เมื่อวิเคราะห์ค่า P-V คือ $2.96 \mu\text{m}$.



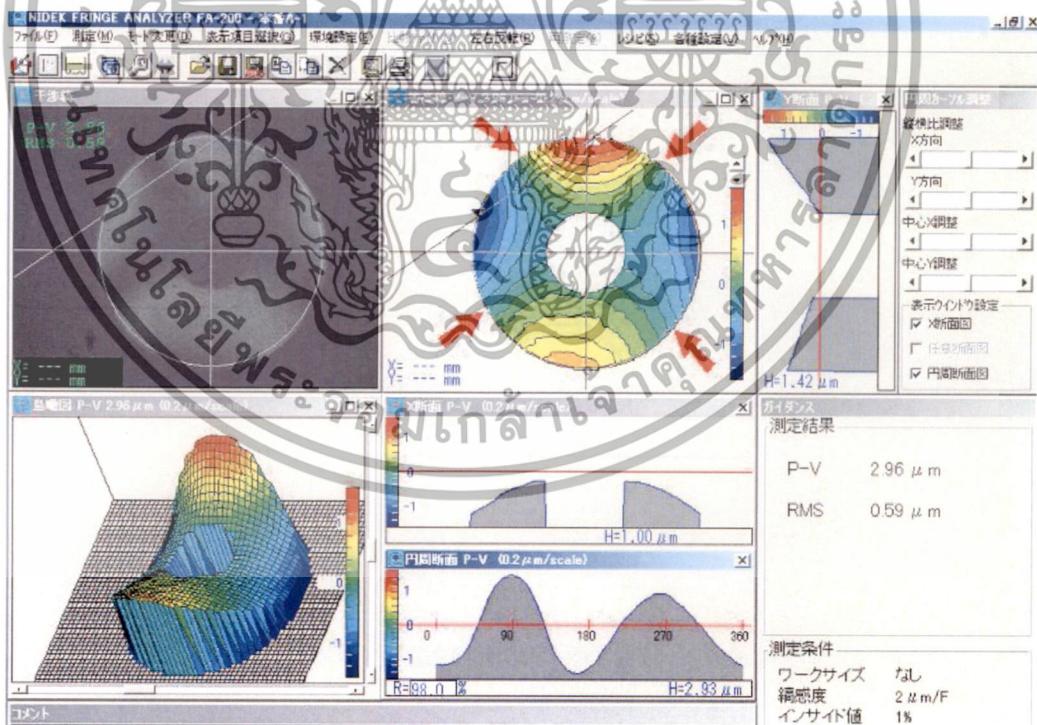
ภาพที่ 3.7 ความเปลี่ยนแปลงของดิस्कที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุ

เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เป็นเวลา 185 นาที (เวลานี้เปรียบเทียบกับเนื่องจากกระบวนการผลิตตั้งแต่เปิดกล่องบรรจุดิस्क จนเสร็จสิ้นกระบวนการประกอบแผ่นดิस्कเพื่อผลิตฮาร์ดดิस्कได้จนถึงการเขียนสัญญาณ Servo ประมาณ 180 นาที) แสดงบริเวณที่ต่ำของผิวดิस्कแสดงแนวของผิวดิस्कที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นจุดที่พบปัญหาแสดงการอ่านสัญญาณ Servo ที่บริเวณ OD Zone 4 กลุ่มตามลูกศร เมื่อวิเคราะห์ค่า P-V คือ $0.96 \mu\text{m}$. ดังภาพต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

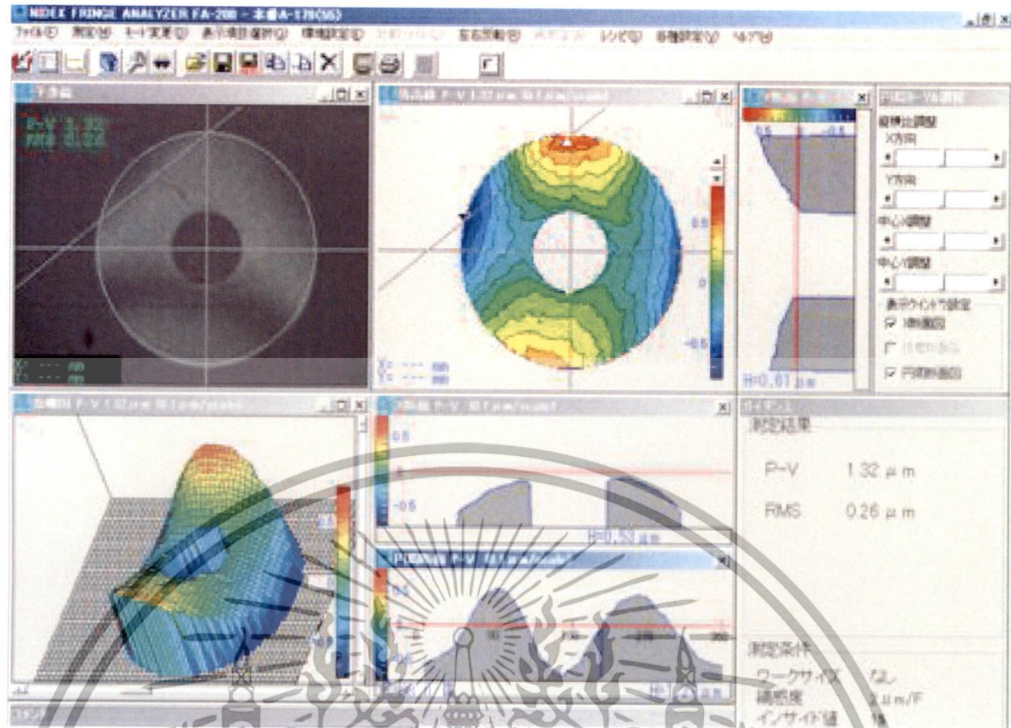


ภาพที่ 3.8 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุเปรียบเทียบโดยระยะเวลา

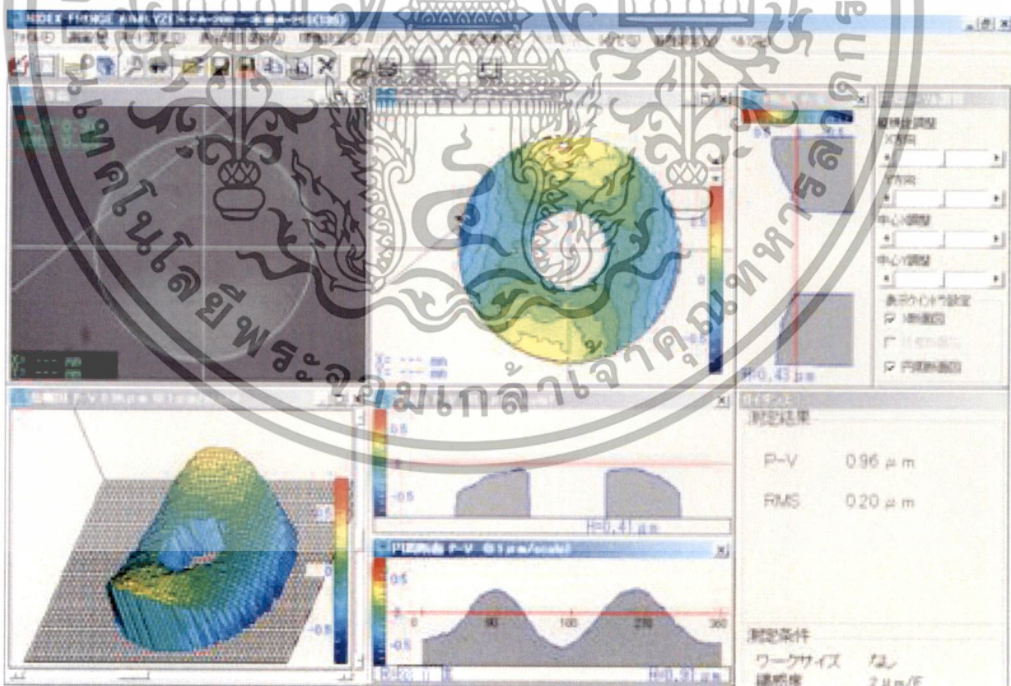


ภาพที่ 3.9 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์หลังได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุเปรียบเทียบที่เวลาเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์หลังได้รับแรงกวดที่ระยะเวลา 55 นาที



ภาพที่ 3.11 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์หลังได้รับแรงกวดที่ระยะเวลา 185 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาผิวของดิสก์เบื้องต้นโดย Optical Surface Analyzer

การศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับผลกระทบจากการบรรจุด้วยการหุ้มพลาสติกและมีการใช้แรงดูดสูญญากาศที่มีความดันสูงโดยใช้ Optical Surface Analyzer จากการวิเคราะห์ปัญหาโดยความละเอียดระดับไมโครเมตร พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของดิสก์ตำแหน่งที่สัมผัสกับขอบกล่องบรรจุดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.12 ผลการวิเคราะห์ความผิดปกติของพื้นผิวดิสก์ ตรวจสอบตำแหน่งที่ดิสก์สัมผัสกับกล่องบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงจากตัวแปรต่างๆ

สรุปการสืบค้นงานวิจัย โดยการจำลองปัญหาด้วยกระบวนการคล้ายกับกระบวนการบรรจุและขนส่งโดยการทดสอบมีการวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมระหว่างการขนส่ง เลือกตัวแปรดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 การศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของดิสก์

ตัวแปร	จำนวนแผ่นดิสก์	จำนวน HDD	Stress time [hr]
แรงกดจากน้ำหนัก 22kg	50	25	240
Vacuum (40 kPa)	50	25	240
High temp (60 C)	50	25	240
แรงกด+Vacuum(40kPa) +High temp (60 C)	50	25	240

จากการวิเคราะห์ปัญหาการวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมระหว่างการขนส่ง พบว่า ดิสก์ที่ได้รับการบรรจุแรงกดจากน้ำหนัก 22kg และ ดิสก์ที่ได้รับการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) ปัญหา Poor servo stability at OD Zone ผลการทดสอบแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 การจำนวน HDD ที่มีปัญหา Poor servo stability at OD Zone

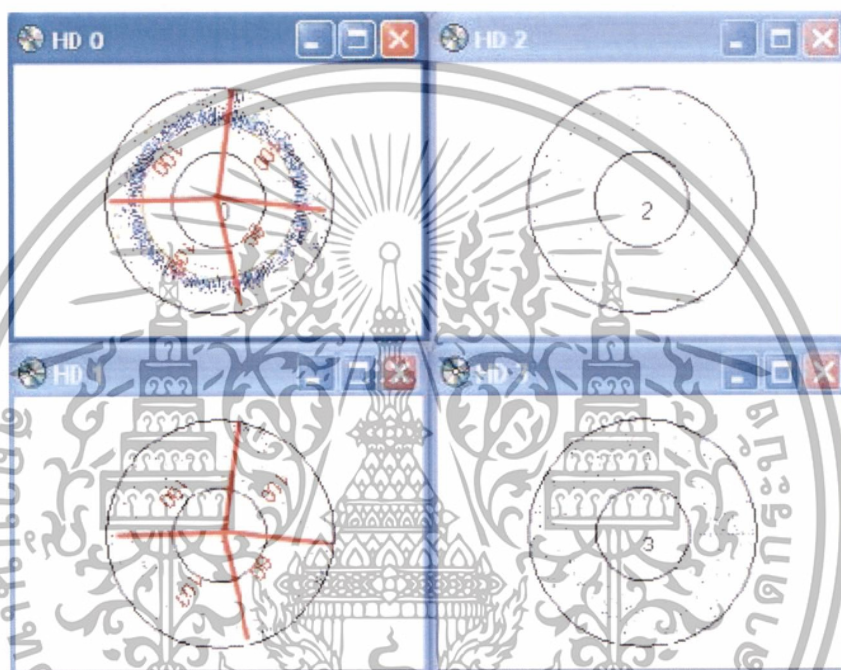
ตัวแปร	จำนวน HDD ทั้งหมด	จำนวน HDD ที่มีปัญหา Poor servo stability at OD Zone
แรงกดจากน้ำหนัก 22kg	25	1
Vacuum (40 kPa)	25	2
High temp (60 C)	25	0
แรงกด+Vacuum(40kPa) High temp (60 C)	25	0

จากการวิเคราะห์ปัญหา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับการบรรจุแรงกดจากน้ำหนัก 22kg และ ดิสก์ที่ได้รับการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) ปัญหา Poor servo stability at OD Zone ดิสก์ที่พบปัญหาที่การเปลี่ยนแปลงเฉพาะ Slot#1 และ Slot#25

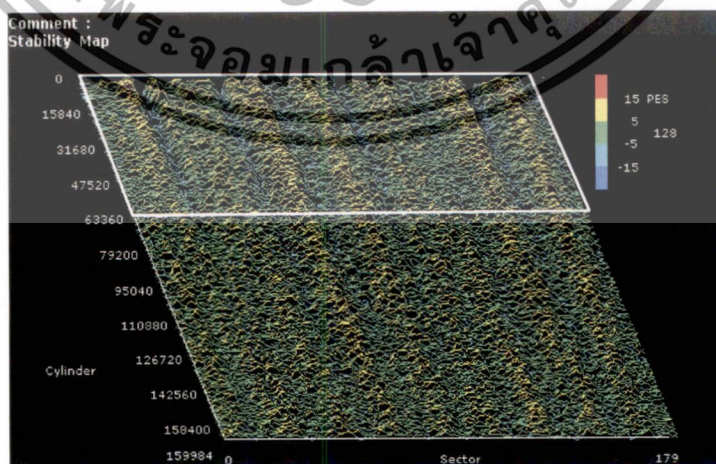
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับการบรรจุแรงกดจากน้ำหนัก 22kg มีความเสียหายตำแหน่งที่ถูกแรงกดสัมผัสกับผิวดิสก์ส่งผลให้สัญญาณผิดปกติเมื่อมีการเขียนอ่านที่บริเวณ OD Zone ตามรูปแบบต่อไปนี้

- 1) การศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับผลกระทบจากการบรรจุแรงกดจากน้ำหนัก 22kg เวลา 10 วัน

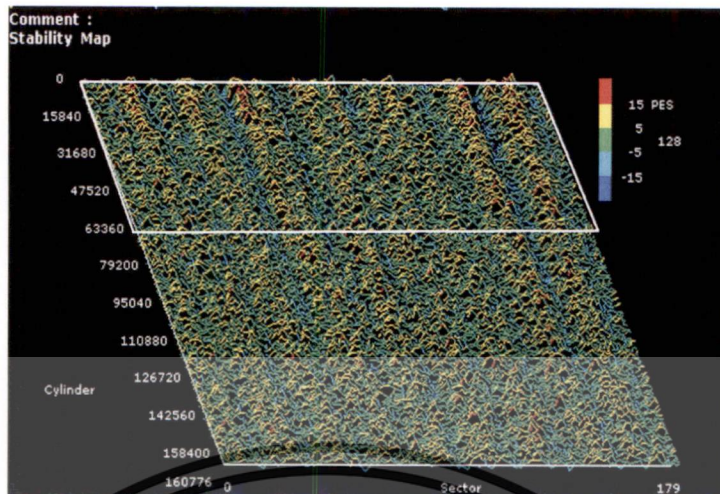


ภาพที่ 3.13 สัญญาณการยารบนแผ่นดิสก์ที่ Head อ่านบน ดิสก์แต่ละ surface



ภาพที่ 3.14 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

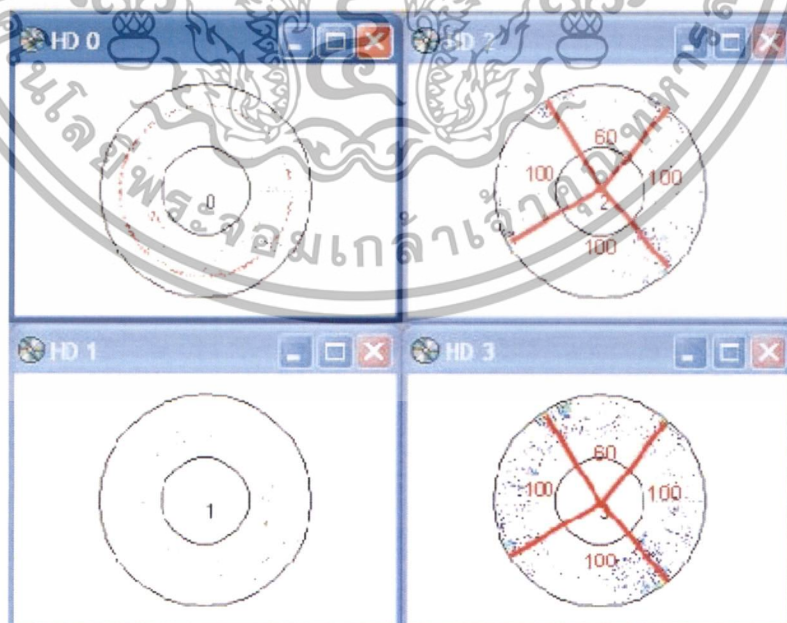


ภาพที่ 3.15 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD1

ปัญหาแสดงการอ่านสัญญาณ Servo ที่บริเวณ OD จากดิสก์ Slot#25

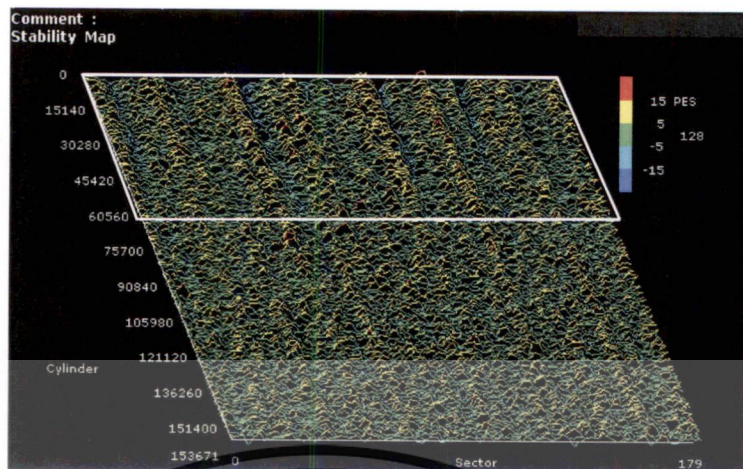
- 2) การศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับผลกระทบจากการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) เวลา 240 ชั่วโมง

งานที่พบปัญหาตัวที่ 1

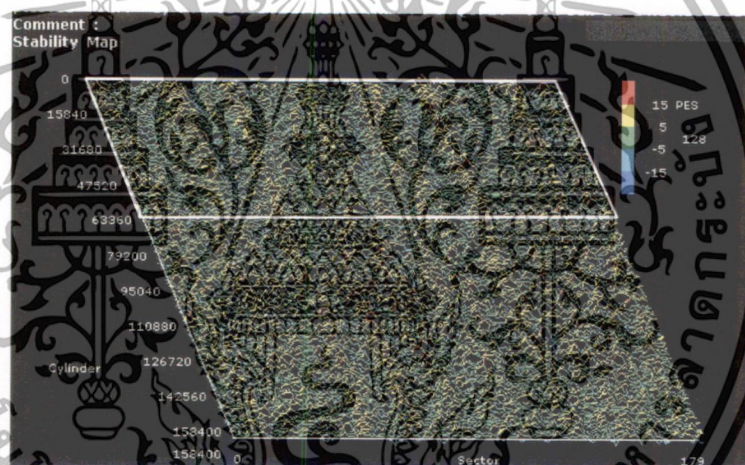


ภาพที่ 3.16 สัญญาณการอ่านบนแผ่นดิสก์ที่ Head อ่านบน ดิสก์แต่ละ surface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.17 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD2

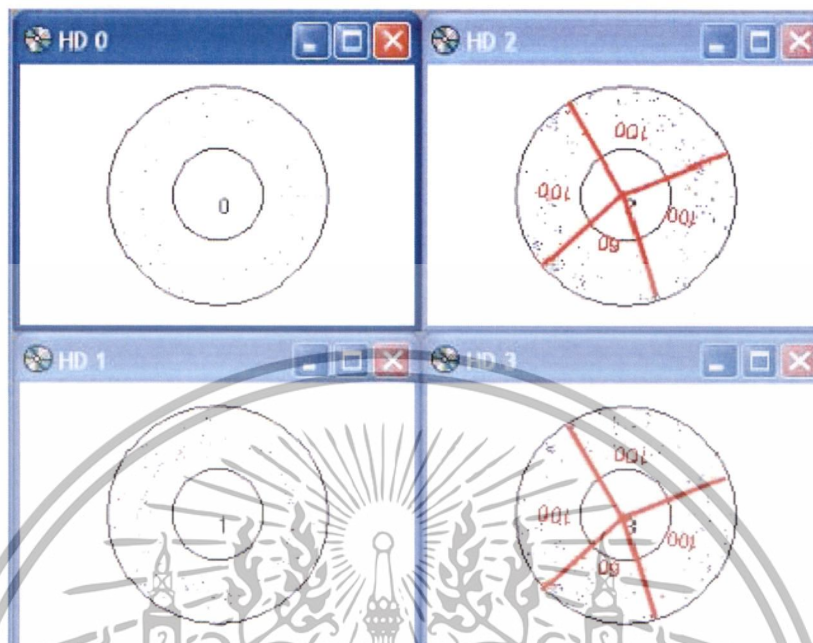


ภาพที่ 3.18 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD3

ปัญหา Poor servo stability at OD Zone (EC 6300) ดิสก์ที่พบปัญหาที่การเปลี่ยนแปลงจากดิสก์ Slot#1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่พบปัญหาตัวที่2

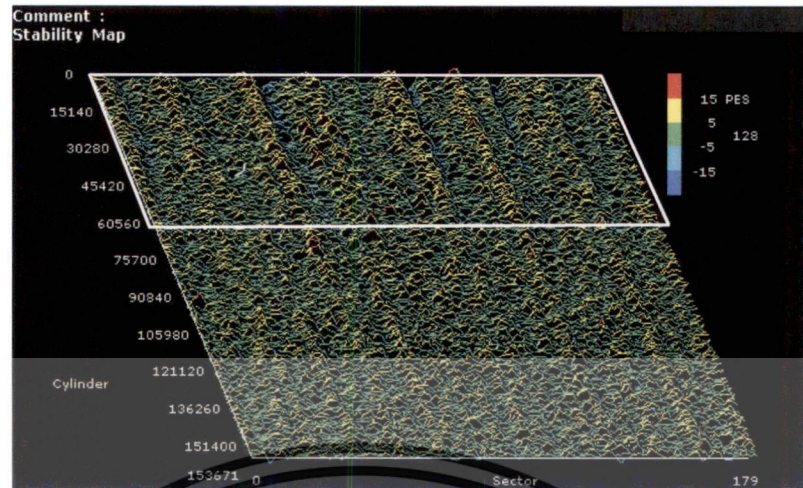


ภาพที่ 3.19 สัญญาณการอาร์บนแผ่นดิสก์ที่ Head อ่านบน ดิสก์แต่ละ surface



ภาพที่ 3.20 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.21 สัญญาณบริเวณ OD Zone ของ HD3

สรุปจากการวิเคราะห์ปัญหา พบว่า และ ดิสก์ที่ได้รับการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) ปัญหา Poor servo stability at OD Zone (EC 6300) มีความเสี่ยงต่องานในการผลิตมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางโดยลักษณะของพื้นผิว

3.5.1 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางโดยลักษณะของพื้นผิวโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM)

จากการวิเคราะห์ปัญหา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่พบปัญหา Poor servo stability at OD Zone การเปลี่ยนแปลงของดิสก์ตำแหน่งที่สัมผัสกับขอบกล่องบรรจุ มีการเปลี่ยนแปลงของผิว เมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM) วิเคราะห์ลักษณะของพื้นผิว จากภาพ SEM ของพื้นผิวดิสก์ที่ปกติ และพื้นผิวของดิสก์ที่เกิดปัญหาการบันทึกสัญญาณ ในภาพที่ 3.22 โดย ขนาดหน่วยการวัดที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติพื้นผิวของแผ่นดิสก์ในเชิงของอุตสาหกรรม เพื่อ ดูความผิวปกติ และ ผุ่นละอองในการวิเคราะห์งานโดยทั่วไปของ อุตสาหกรรม ผลการวิเคราะห์พบว่าการวัดโดยใช้ SEM ไม่สามารถตรวจสอบความผิดปกติของพื้นผิว ระหว่างพื้นผิวดิสก์ที่ปกติ และ พื้นผิวของดิสก์ที่เกิดปัญหาการบันทึกสัญญาณ เนื่องจากผลที่ได้พบว่าทั้งสองพื้นผิวมีความเรียบมาก และไม่มี ความผิดปกติเกิดขึ้น ในส่วนของหน่วยการวัดที่ละเอียดสูงจะอธิบายในการวัดโดยใช้ Atomic Force Microscopy (AFM)



ภาพที่ 3.22 ลักษณะของ พื้นผิวของแผ่นดิสก์ (a) พื้นผิวของดิสก์ที่ปกติ (b) พื้นผิวของดิสก์ที่เกิด ปัญหาการบันทึกสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

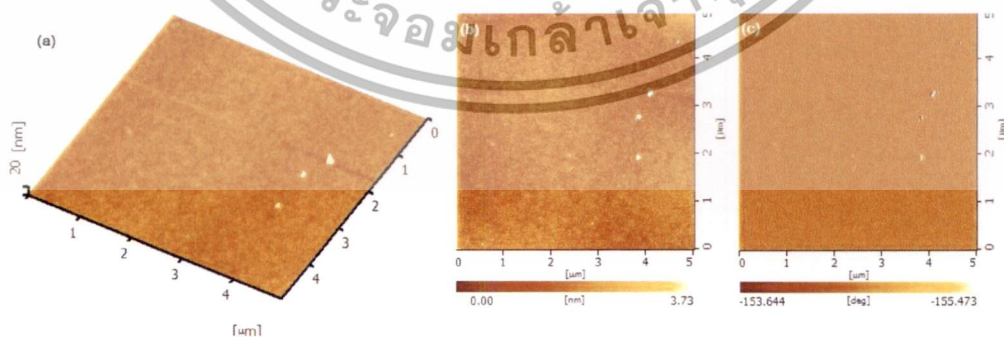
3.5.2 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางโดยลักษณะของพื้นผิวโดยใช้ Atomic Force Microscopy (AFM)

ในการศึกษาพื้นผิวของดิสก์ที่เกิดปัญหาการบันทึกสัญญาณโดยใช้ Atomic Force Microscopy (AFM) วิเคราะห์ microstructure ที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับการบรรจุแรงกดจากน้ำหนัก 22kg และ การบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) ความเสียหายตำแหน่งที่ถูกแรงกดสัมผัสกับผิวดิสก์ส่งผลให้สัญญาณผิดปกติเมื่อมีการขียนอ่าน ในการวิเคราะห์พื้นผิวใช้หน่วยในการวัดในขนาดพื้นที่ $5 \times 5 \mu\text{m}^2$ ผลการวิเคราะห์พื้นผิวของดิสก์เปรียบเทียบพื้นผิวของดิสก์ที่ปกติในภาพที่ 3.23 แสดงให้เห็นความเรียบของพื้นผิวดิสก์



ภาพที่ 3.23 ผล AFM ที่บริเวณปกติ (a) 3D topographic (b) 2D topographic, and (c) phase modes.

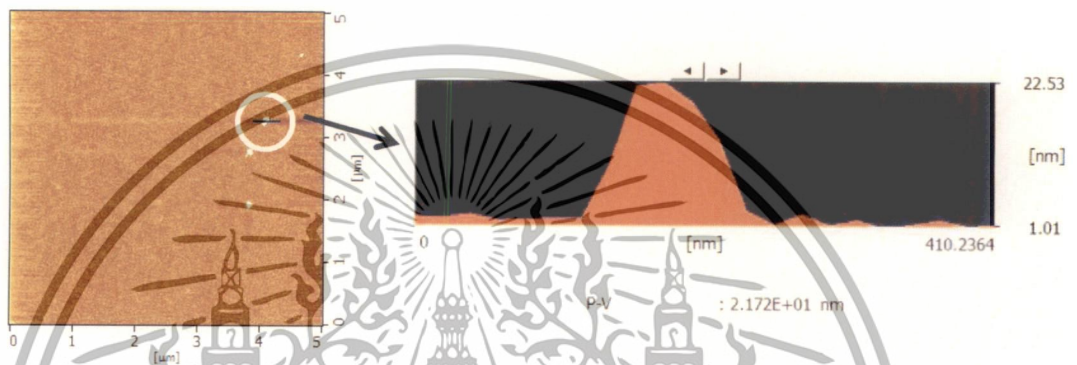
เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวของดิสก์ที่เกิดปัญหาการบันทึกสัญญาณใน ภาพที่ 3.24 แสดงความผิดปกติของพื้นผิวบริเวณดังกล่าวสังเกตเห็นความผิดปกติที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 3.24 แสดง ผล AFM ที่บริเวณ defected (a) 3D topographic (b) 2D topographic, and (c) phase modes.

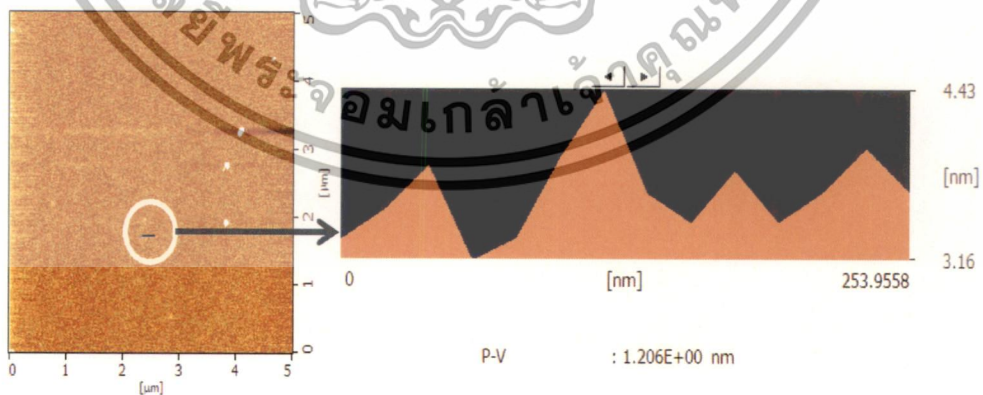
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวของดิสก์ที่เกิดปัญหาการบันทึกสัญญาณโดยทำการวิเคราะห์บริเวณที่มีความผิดปกติของพื้นผิวดิสก์โดยการวัดความสูงต่ำเปรียบเทียบกับบริเวณที่ปกติพบว่า ความผิดปกติของจุดดังกล่าว แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ โดยรูปแบบแรกเป็นบริเวณที่มีอนุภาคมาติดอยู่โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากความสูงของอนุภาคที่มีความสูง ประมาณ 21.72 nm โดยลักษณะของอนุภาคดังกล่าว พิจารณาได้ว่าเป็นอนุภาค ที่เกิดในระหว่างการเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการวัด แสดงให้เห็นดังภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 AFM ของอนุภาคที่เกิดในระหว่างการเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการวัด

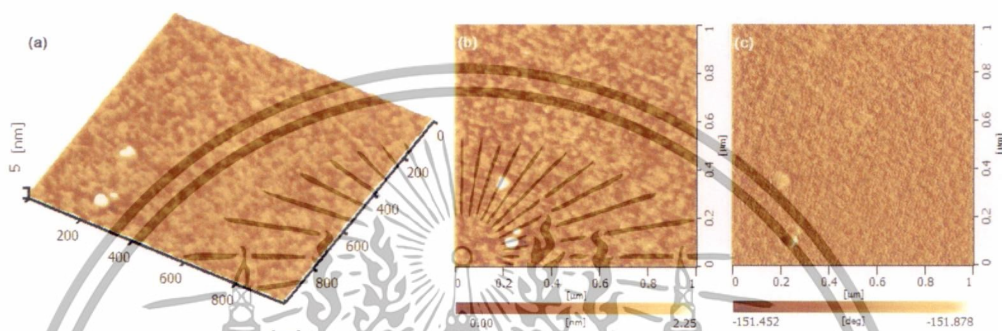
ในรูปแบบที่สองเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบพื้นผิวกับบริเวณที่ปกติพบว่าพื้นผิวบริเวณที่เสียหายมีการ เพิ่มของความสูงโดยรูปร่างเปลี่ยนไปแบบขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ภาพที่ 3.26 แสดงการขยายตัวและเพิ่มความสูงที่บริเวณที่เกิดความเสียหายมีความสูงประมาณ 1.27 nm



ภาพที่ 3.26 AFM การขยายตัวและเพิ่มความสูงที่บริเวณที่เกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่า ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของดิสก์ที่ได้รับการบรรจุแรงกดจากน้ำหนัก 22kg และการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) ความเสียหายตำแหน่งที่ถูกแรงกดสัมผัส พบความผิดปกติของพื้นผิวการขยายตัวและเพิ่มความสูงที่บริเวณที่เกิดความเสียหาย ดังภาพที่ 3.26 เห็นได้ວ່ามีความผิดปกติของพื้นผิวในโครงสร้างขนาดเล็ก เพื่อทำการวิเคราะห์ที่มีความละเอียดมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ตำแหน่งที่พบความผิดปกติของพื้นผิวการขยายตัวและเพิ่มความสูงโดยวิเคราะห์ที่ขนาดพื้นที่ $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ ดังภาพที่ 3.27



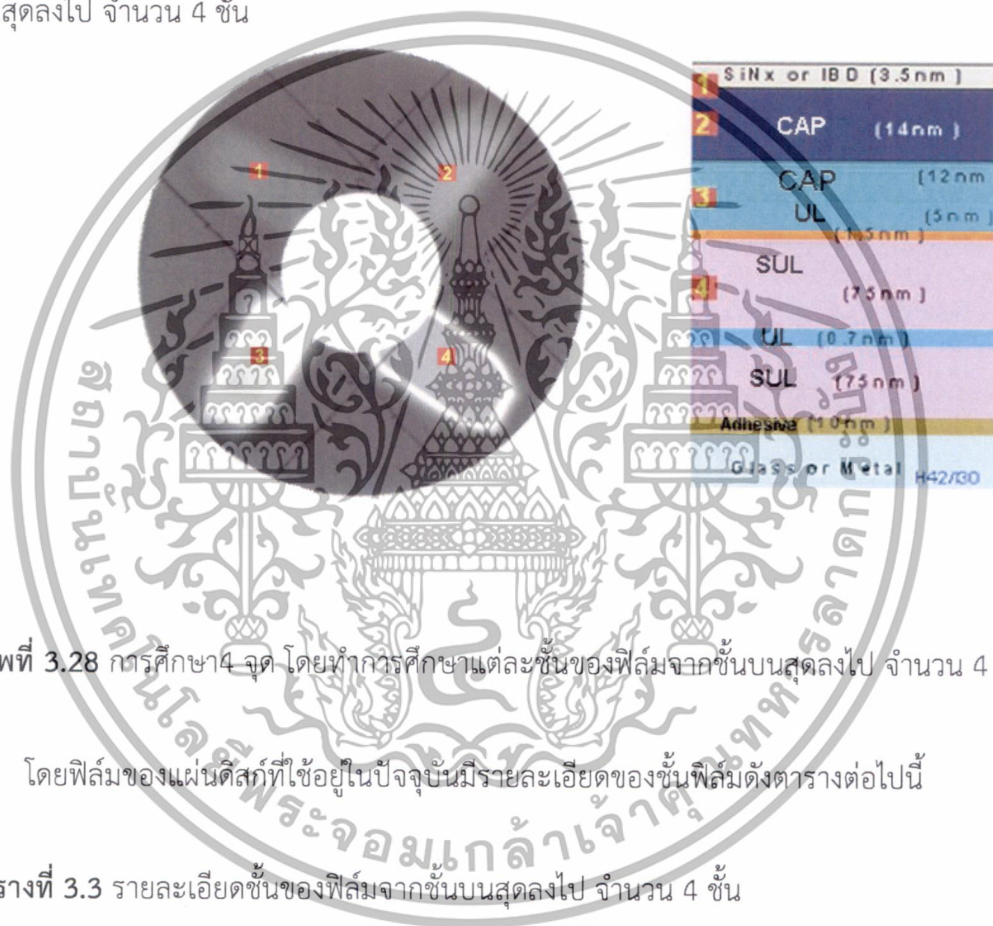
ภาพที่ 3.27 AFM วิเคราะห์ตำแหน่งที่พบความผิดปกติของพื้นผิวการขยายตัวและเพิ่มความสูงโดยวิเคราะห์ที่ขนาดพื้นที่ $1 \times 1 \mu\text{m}^2$: (a) 3D topographic (b) 2D topographic, and (c) phase modes.

วิเคราะห์โดยความละเอียดมากขึ้นบริเวณตำแหน่งที่พบความผิดปกติของพื้นผิวการขยายตัวและเพิ่มความสูงพบว่า บริเวณพื้นผิวจุดนี้ มีการเปลี่ยนแปลงที่ขยายตัว และ เกิดความเสียหาย เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวปกติจะเห็นได้ชัดเจนถึงรูปร่างและลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป จากการวิเคราะห์เรื่องของคุณสมบัติความเรียบของพื้นผิวและความผิดปกติที่เกิดขึ้นของดิสก์ที่ได้รับการบรรจุแรงกดจากน้ำหนัก 22kg และการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) สามารถสรุปได้ว่า พื้นผิวดิสก์ได้รับผลกระทบเกิดความเสียหายของพื้นผิวหน้าของดิสก์โดยลักษณะความเสียหายของพื้นผิวการมีขยายตัวและเพิ่มความสูงจากผลการวัดด้วย AFM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางโดยองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)

สรุปการทำการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางของดิสก์ที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีการใช้แรงดันสูญญากาศเพื่อจำลองรูปแบบการใช้แรงดันในการขนส่ง โดยการกัดฟิล์มบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากแรงกดเนื่องจากการบรรจุของแผ่นดิสก์ จากการศึกษาคุณสมบัติที่ผ่านมาพบว่า มีจุดสัมผัส 4 จุดที่ได้รับผลกระทบ ดังนั้นจึงได้ทำการแบ่งการศึกษา 4 จุด โดยทำการศึกษาแต่ละชั้นของฟิล์มจากชั้นบนสุดลงไป จำนวน 4 ชั้น



ภาพที่ 3.28 การศึกษา 4 จุด โดยทำการศึกษาแต่ละชั้นของฟิล์มจากชั้นบนสุดลงไป จำนวน 4 ชั้น

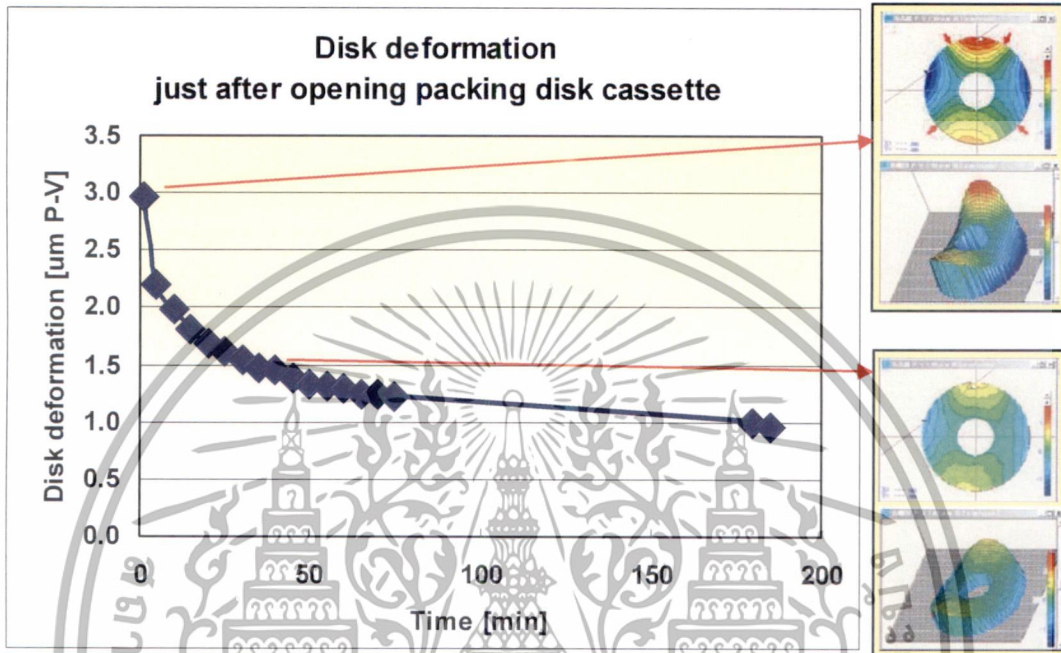
โดยฟิล์มของแผ่นดิสก์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีรายละเอียดของชั้นฟิล์มดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดชั้นของฟิล์มจากชั้นบนสุดลงไป จำนวน 4 ชั้น

ชั้นที่	ชื่อทางของชั้นฟิล์ม	ความหนา [nm]
1	Top of Mag Layer	3.5
2	Middle of Mag Layer	14
3	Under Layer	17
4	Soft Under Layer	75

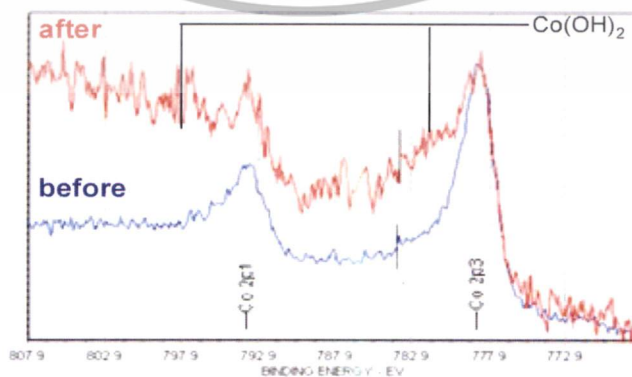
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปัญหา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของดิสก์ตำแหน่งที่สัมผัสกับขอบกล่องบรรจุ มีการเปลี่ยนแปลงของผิว แต่เมื่อระยะเวลา เพิ่มขึ้นการคืนรูปของดิสก์ก็จะเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ผิวแบบปกติได้โดยใช้เวลาเฉลี่ย 2.5 ชั่วโมง ดังภาพต่อไปนี้



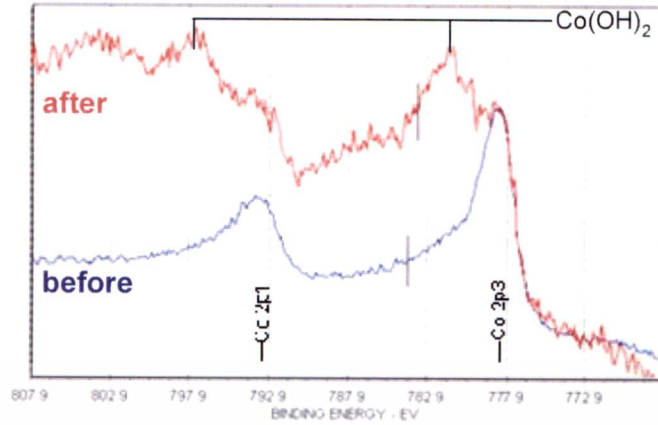
ภาพที่ 3.29 กราฟการเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุเปรียบเทียบโดยระยะเวลา

เราจึงได้ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบกับเวลา 2.5 ชั่วโมงการวิเคราะห์พื้นผิวของชั้นฟิล์มโดยการกัดชั้นฟิล์มแต่ละดูส่วนประกอบของชั้นฟิล์มบนแผ่นดิสก์ โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้แรงดูดสุญญากาศเพื่อจำลองรูปแบบการขนส่ง การวิเคราะห์พื้นผิวของชั้นฟิล์มโดยการกัดชั้นฟิล์มแต่ละดูส่วนประกอบของชั้นฟิล์มบนแผ่นดิสก์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

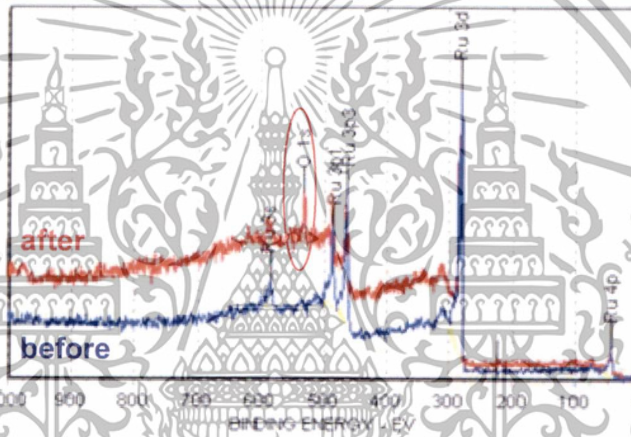


ภาพที่ 3.30 รายละเอียดชั้น Top of Mag layer

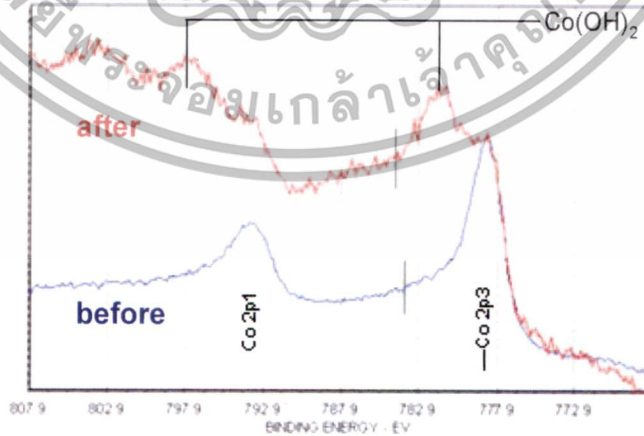
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.31 รายละเอียดชั้น Middle of Mag layer



ภาพที่ 3.32 แสดงรายละเอียดชั้น Underlayer



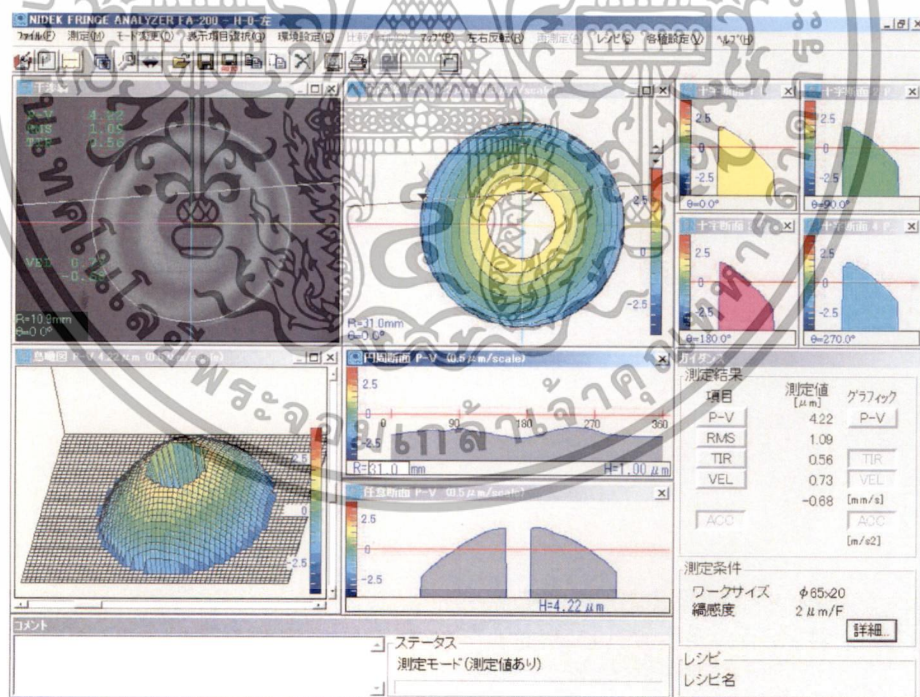
ภาพที่ 3.33 รายละเอียดชั้น Soft underlayer

จากการวิเคราะห์ปัญหา ดิสก์ที่ได้รับการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) พบว่าทุกชั้นมีการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มในแต่ละชั้น เป็นผลให้ การบันทึกสัญญาณแม่เหล็กเปลี่ยนไปจึง เห็นได้จกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้บริษัทการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลเชิงเทคนิคที่ราคาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co(OH)_2 ซึ่งเป็นตัวสำคัญที่ใช้ในการบันทึกสัญญาณแม่เหล็กบนแผ่นดิสก์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงมีออกไซด์แทรกอยู่ในทุกชั้นฟิล์ม วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงนี้ได้ว่าเนื่องจากกระบวนการขนส่งทำให้ฟิล์มที่เคลือบด้านบนของแผ่นดิสก์ได้รับความเสียหายเกิดการแตกของฟิล์มจึงทำให้นำแผ่นดิสก์มาประกอบแล้วเกิดการแทรกของออกไซด์ที่มาจากความชื้นในอากาศ ออกไซด์ดังกล่าวเป็นตัวบดบังและก่อให้เกิดการรบกวนเมื่อทำการเขียนสัญญาณแม่เหล็ก จากนั้นสัญญาณที่ปรากฏ ณ บริเวณดังกล่าวจึงมีความเข้มต่ำกว่าบริเวณอื่นเกิดเป็นความเสียหายที่พบ

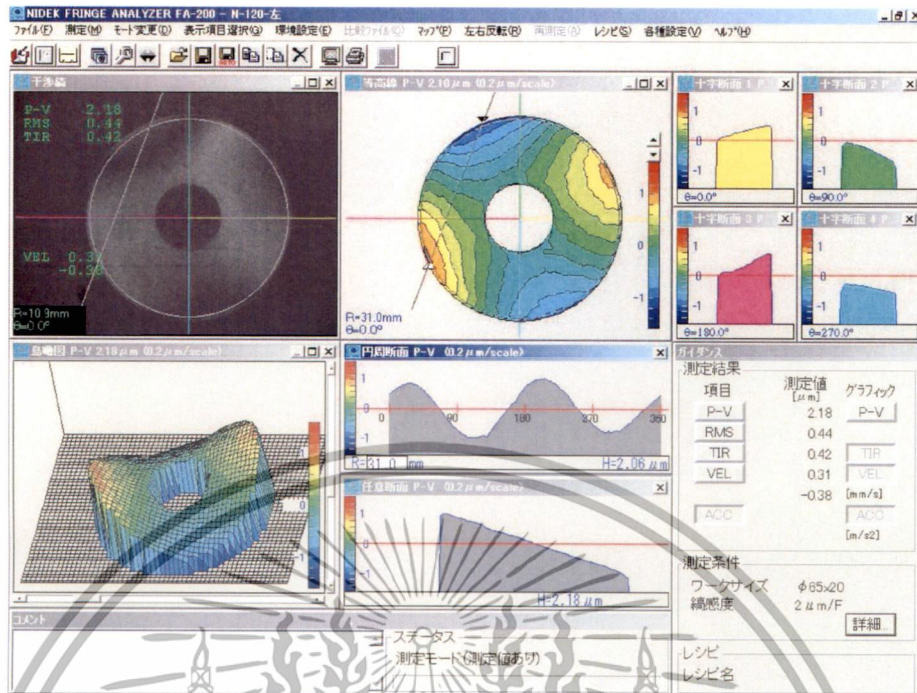
3.7 การศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของดิสก์

เนื่องจากการศึกษาสาเหตุของปัญหาของกล่องบรรจุภัณฑ์ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับผลกระทบจากการบรรจุด้วยการหุ้มพลาสติกและมีการใช้แรงดูดสุญญากาศ 40 kPa ที่ได้ทำการศึกษาไปแล้ว พบว่า ดิสก์ แผ่นที่ 1 และ 25 เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบมาก ดังนั้น จึงได้ศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของ รูปแบบการเปลี่ยนแปลง ของดิสก์ ที่ตำแหน่งดังกล่าว พบว่า มีการเปลี่ยนแปลง ดังต่อไปนี้



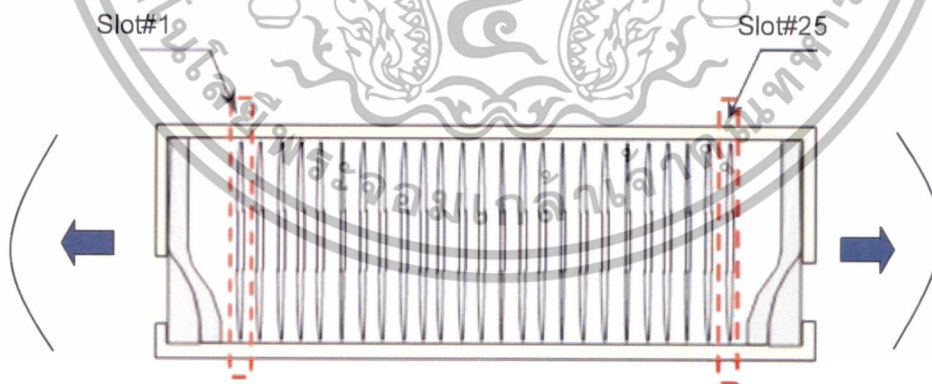
ภาพที่ 3.34 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุตำแหน่งแผ่นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.35 ความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุตำแหน่งแผ่นที่ 25

จากการวิเคราะห์ ดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของแผ่นที่ 1 และ 25 การโค้งงอของแผ่นดิสก์มีลักษณะแรงที่ตรงข้ามกัน แต่เนื่องด้วยการพิจารณาพบว่า การโค้งงอของแผ่นดิสก์ เกิดตามแนวแรงกดของแรงดันสูญญากาศที่ตำแหน่งขอบนอกของกล่องบรรจุภัณฑ์ จึงเห็นได้ว่าดิสก์ มีการโค้งงอเนื่องจากแรงดันสูญญากาศจริงแสดงตามภาพจำลองต่อไปนี้



ภาพที่ 3.36 ภาพจำลองความเปลี่ยนแปลงของดิสก์ที่ได้รับแรงกดเนื่องจากการบรรจุตำแหน่งแผ่นที่ 1 และ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์

4.1 การปลูกฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์

การเตรียมระบบการปลูกฟิล์ม โดยเลือกใช้ระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริง ใช้สารเป้าหมาย (Target) คือ ซิลิกอนความบริสุทธิ์ 99.999% และใช้ ก๊าซไนโตรเจนและอาร์กอนในระบบสปัตเตอริง ฐานรองรับที่ใช้ในการปลูกฟิล์มคือแผ่นซิลิกอน และกระจก การเตรียมฐานรองรับที่ใช้ในการปลูกโดยการทำความสะอาดพื้นผิวโดยใช้น้ำยาล้างจานและเครื่องแก้วทำความสะอาดล้างกระจก ชัดคราบไขมันและฝุ่นเนื่องจากกระจกที่มีการสัมผัสกับอากาศและการใช้มือสัมผัส จากนั้นใช้ลมสะอาดเป่าให้แห้งสนิทแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ในส่วนแผ่นซิลิกอนใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วมาตัดได้ขนาด 1×1.5 นิ้ว จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส การขึ้นรูปฟิล์มใช้เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing คือการควบคุมเวลาการไหลของก๊าซในกระบวนการสปัตเตอริง เป็นวิธีการขึ้นรูปฟิล์มในกลุ่มไนไตรด์โดยปราศจากการให้ความร้อนแผ่นฐานรองรับในระหว่างการขึ้นรูปฟิล์มและหลังการขึ้นรูปฟิล์ม โดยกำหนดให้ อัตราการใช้ Argon คงที่ ที่ 10 sec และปรับเปลี่ยนอัตราการใช้ Nitrogen ที่ 1, 3, 5, 7 และ 10 ในการปลูกฟิล์มนี้ยังศึกษาโดยใช้การผสม Argon และ Nitrogen (Mixed Argon and Nitrogen) ในระบบควบคุม Gas flow rate ของ Argon ที่ 10 sccm และ Nitrogen ที่ 3 sccm ในสภาวะความดันสูง คือความดันสูญญากาศของระบบที่ 6×10^{-6} mbar ในกระบวนการสปัตเตอริงโดยระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริงเป็นระบบที่ปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่ากระบวนการขึ้นรูปโดยใช้สารเคมี ระบบกำเนิดใช้กำลังความถี่วิทยุที่ 100 วัตต์ เพื่อสร้างพลาสมา ไอออนจากก๊าซอาร์กอนที่แตกตัวจะพุ่งชนผิวของเป้าหมายเคลือบ วิธีนี้จะช่วยทำให้ออกไซด์บริเวณผิวของเป้าหมายเคลือบหลุดไป จากนั้นเปิดชัตเตอร์เพื่อทำการสปัตเตอริงเป้าหมายซิลิกอน จากนั้นสลับก๊าซไนโตรเจนเพื่อให้จับตัวกับซิลิกอนและเป็นฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรด์ ในการหมุนฐานรองรับควบคุมที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที โดยแสดงรายละเอียด ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการปลูกฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์

System	RF Magnetron Sputtering System
Target	99.999% Silicon target, 3” diameter
Substrate	Glass
Substrate holder speed	30 rpm
Target to substrate distance	70 mm
Base pressure	6×10^{-6} mbar
Ar Gas flow rate	10 sccm
N ₂ Gas flow rate	3 sccm
Thickness	100 nm

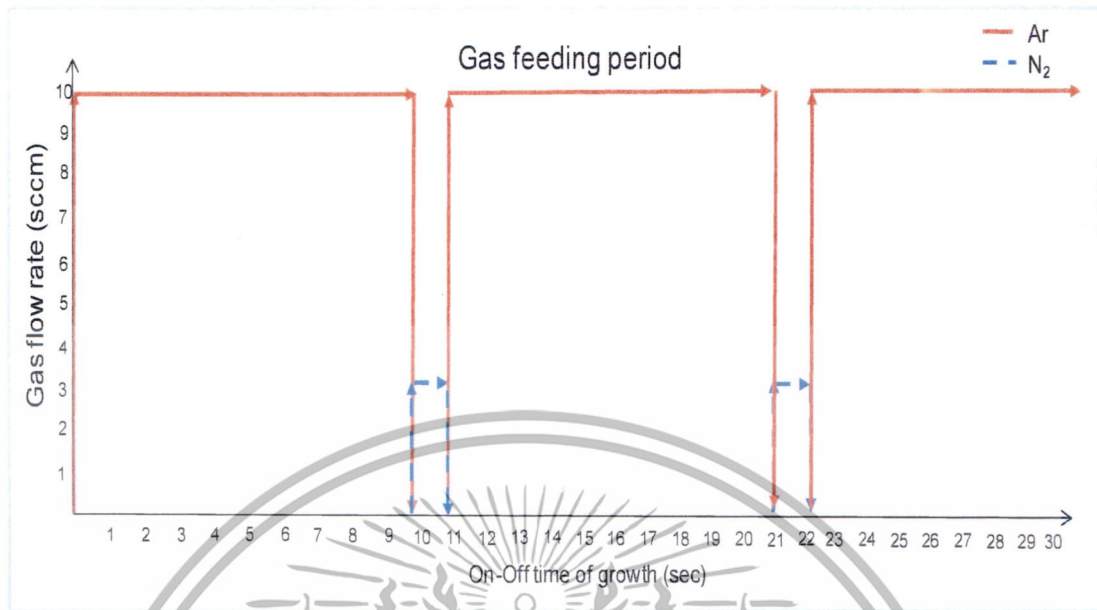
ในการปลูกฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรด์โดยการเปลี่ยนแปลงเวลาการปล่อยก๊าซอาร์กอนต่อไนโตรเจนนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนปริมาณอะตอมของอาร์กอนและไนโตรเจนที่ทำปฏิกิริยากับซิลิกอน ซึ่งทำให้สมบัติของฟิล์มที่ได้เปลี่ยนไป ในการเตรียมฟิล์มบางนั้นหลังจากทำการปั๊มระบบสุญญากาศแล้ว ทำการควบคุมก๊าซอาร์กอนและไนโตรเจนที่ใช้เป็นก๊าซไวปฏิกิริยา(reactive) ก๊าซทั้งสองจะถูกควบคุมอัตราการไหลโดย mass flow rate controller ตั้งเงื่อนไขในการปลูกฟิล์มแสดงในตารางที่ 4.1 เงื่อนไขไม่มีการให้อุณหภูมิกับฐานรองรับ

ตารางที่ 4.2 อัตราการใช้ Argon และ Nitrogen ในการขึ้นรูปฟิล์มต้นแบบ

ฟิล์มต้นแบบ	Timing [sec]	
	Argon	Nitrogen
Gas timing Ar : N ₂ (10:1)	10	1
Gas timing Ar : N ₂ (10:3)	10	3
Gas timing Ar : N ₂ (10:5)	10	5
Gas timing Ar : N ₂ (10:7)	10	7
Gas timing Ar : N ₂ (10:10)	10	10
Mixed Argon and Nitrogen	All	

จากตารางที่ 4.2 อัตราการใช้ Argon คงที่ ที่ 10 sec และปรับเปลี่ยนอัตราการใช้ Nitrogen ที่ 1, 3, 5, 7 และ 10 ในการปลูกฟิล์มนี้ยังศึกษาโดยใช้การผสม Argon และ Nitrogen (Mixed Argon and Nitrogen)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 วิธีการ Gas-Timing โดยอัตราการใช้ Argon ที่ 10วินาที และอัตราการใช้ Nitrogen ที่ 1 วินาที

จากภาพที่ 4.1 การขึ้นรูปฟิล์มใช้เทคนิคควบคุมก๊าซไปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing คือการควบคุมเวลาการไหลของก๊าซในกระบวนการสัปดาห์เตอริง เป็นวิธีการขึ้นรูปฟิล์มในกลุ่มไนไตรด์โดยปราศจากการให้ความร้อนแผ่นฐานรองรับในระหว่างการขึ้นรูปฟิล์มและหลังการขึ้นรูปฟิล์ม โดยกำหนดให้ อัตราการใช้ Argon คงที่ ที่ 10 sec และปรับเปลี่ยนอัตราการใช้ Nitrogen ที่ 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาสมบัติทางโครงสร้างของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์

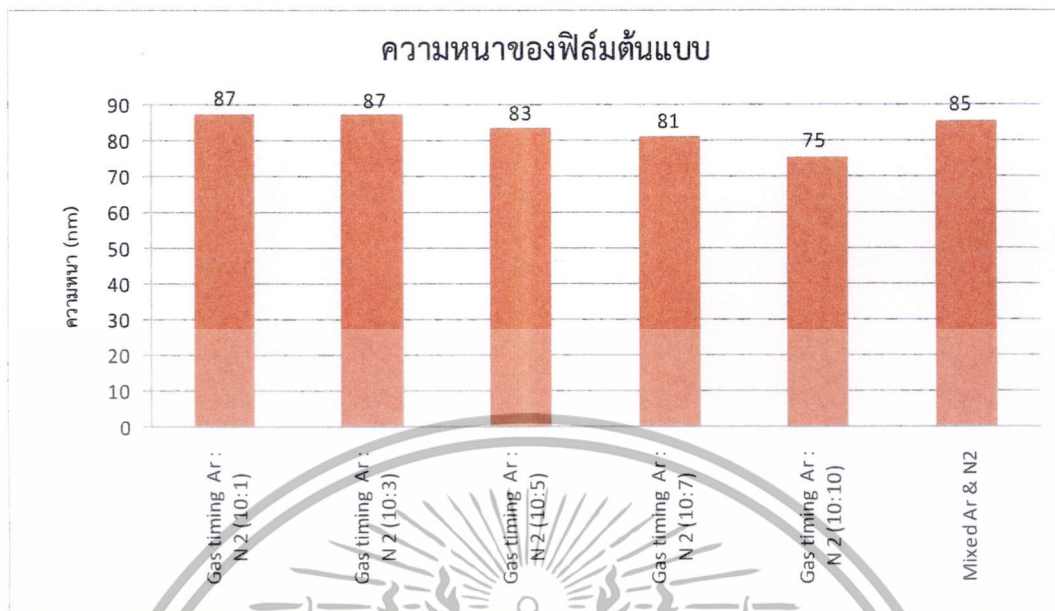
4.2.1 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยใช้ SEM

จากการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ โดยลักษณะของพื้นผิวโดยใช้ SEM โดยวิธีตัดแบ่งส่วน เพื่อหาความหนาของชั้นฟิล์มที่เคลือบลงบนซิลิกอนเวเฟอร์พบว่า ในการขึ้นรูปฟิล์มมีความหนาใกล้เคียงกัน เมื่อใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7, 10:10) และ ผสม Argon และ Nitrogen มีความหนาคือ (75 – 87 นาโนเมตร) ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.2 ความหนาของฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์โดย (1) Gas timing Ar : N₂ (10:1) (2) Gas timing Ar : N₂(10:3), (3) Gas timing Ar : N₂ (10:5), (4) Gas timing Ar : N₂(10:7), (5) Gas timing Ar : N₂ (10:10) และ(6) ผสม Argon และ N₂

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ความหนาของชั้นฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ที่เคลือบลงบน Silicon wafer

วิเคราะห์พื้นผิวโดยใช้ SEM โดยวิธีตัดแบ่งส่วน ฟิล์มมีความหนา 75 – 87 นาโนเมตร โดย พบว่า ความหนาของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยกระบวนการที่ใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อ ความหนาของฟิล์ม เพราะการขึ้นรูปฟิล์มบางนั้นเป็นกรใช้ระยะเวลาที่สั้นและความเสถียรของระบบ เป็นการควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาคุณสมบัติของของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยAFM

จากการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์ม SiN โดยลักษณะของพื้นผิวโดยใช้ AFM เพื่อหาเรียบของฟิล์มที่เคลือบลงบนซิลิกอนเวเฟอร์ โดยวัดจากผิวโดยค่าเฉลี่ยของ Peak to Valley (PV) ผลของการวัดพบว่าฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) และ ผสม Argon กับ Nitrogen มีค่าเฉลี่ยของ Peak to Valleyใกล้เคียงกันคือ 1.30 – 2.95 นาโนเมตร แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 อัตราการใช้ Argon และ Nitrogen ในการขึ้นรูปฟิล์มต้นแบบ

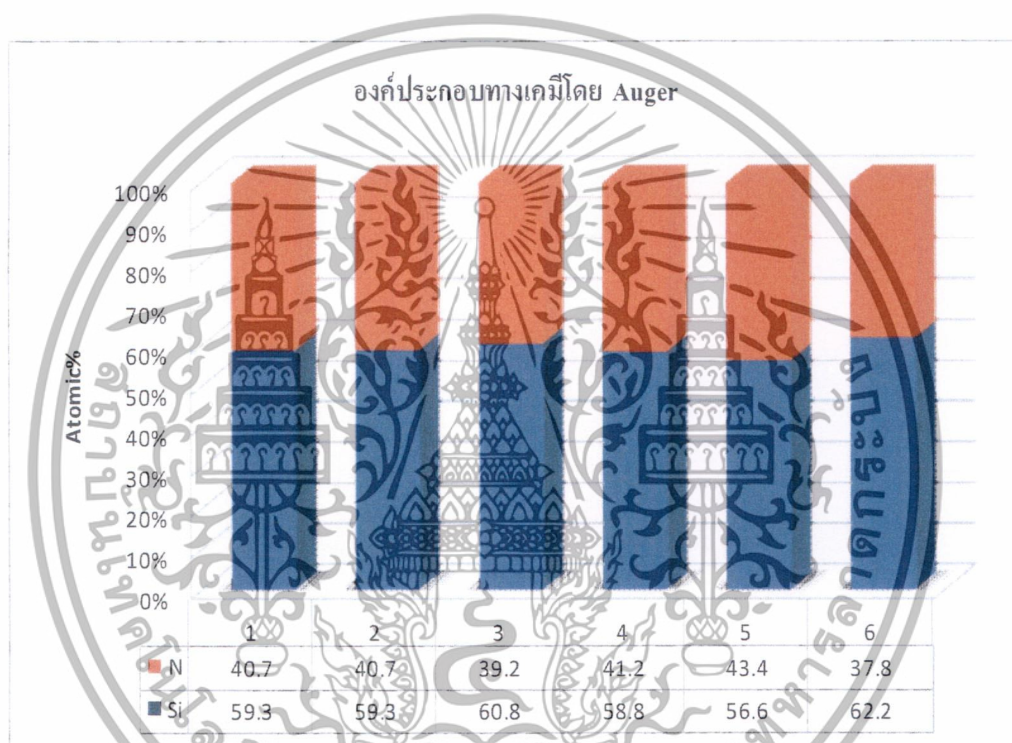
ฟิล์มต้นแบบ	Peak to Valley (nm)
Gas timing Ar : N ₂ (10:1)	1.63
Gas timing Ar : N ₂ (10:3)	1.73
Gas timing Ar : N ₂ (10:5)	1.12
Gas timing Ar : N ₂ (10:7)	2.71
Gas timing Ar : N ₂ (10:10)	2.95
Mixed Argon and Nitrogen	1.30

วิเคราะห์ผลค่าเฉลี่ยของ Peak to Valley ในช่วงที่มีการใช้ Gas timing Ar : N₂ โดยมีอัตราการใช้ N₂ น้อย คือ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3 และ 10:5) พบว่าค่า Peak to Valley มีค่าน้อยคือ 1.63, 1.73 และ 1.12 นาโนเมตร ตามลำดับ พบว่าเมื่อใช้ เมื่อใช้ Gas timing Ar : N₂ ในอัตรา 10:5 ในการขึ้นรูปฟิล์มมีค่าเฉลี่ยของ Peak to Valley น้อยที่สุดกัน คือ 1.12 นาโนเมตร ส่วนฟิล์มที่ขึ้นรูปโดย ผสม Argon กับ Nitrogen มีค่า Peak to Valley คือ 1.30 นาโนเมตร และฟิล์มที่ขึ้นรูปโดย N₂ ใกล้เคียง และเท่ากับ Argon คือ Gas timing Ar : N₂ (10:7 และ 10:10) พบว่าค่า Peak to Valley มีค่ามากคือ 2.71 และ 2.95 นาโนเมตร ค่า Peak to Valley น้อยหมายถึงบริเวณที่วัดค่าของพื้นผิวที่สม่ำเสมอและเรียบ แต่ถ้า Peak to Valley มากคือมีความแตกต่างของพื้นผิวที่วัด แสดงได้ว่าจุดนั้นไม่สม่ำเสมอ และมีความเรียบน้อย จากการวิเคราะห์ฟิล์มที่ขึ้นรูปดังกล่าวเป็นแค่สมบัติเบื้องต้น ฟิล์มที่มีลักษณะดีเพื่อใช้ในการพัฒนาฟิล์มต้นแบบนั้นต้องพิจารณาคุณสมบัติด้านอื่นด้วย ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยการใช้แผ่นรองรับจากแก้วนั้น มีค่า Peak to Valley อยู่ในช่วง 0.9 – 3.4 nm โดยขึ้นอยู่กับชนิดของฟิล์มเคลือบแข็งที่ใช้ ซึ่งปัจจุบันมีการใช้หลากหลาย เช่น ฟิล์มคาร์บอน ฟิล์มซิลิกอน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ Auger

จากการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ Auger พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบการเคลือบชั้นฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ พบว่า ในการในการขึ้นรูปฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ โดยการกำหนดอัตราเวลาในการใช้ ก๊าซ Argon (Ar) และ ก๊าซ Nitrogen (N₂) ตามลำดับคือ 10:1, 10:3, 10:5, 10:7, 10:10 และใช้ ก๊าซ ผสมระหว่าง Argon และ Nitrogen มีอัตราส่วน Silicon (Si) 56.6 – 62.2 % ต่อ Nitrogen (N) 37.8 -41.2% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

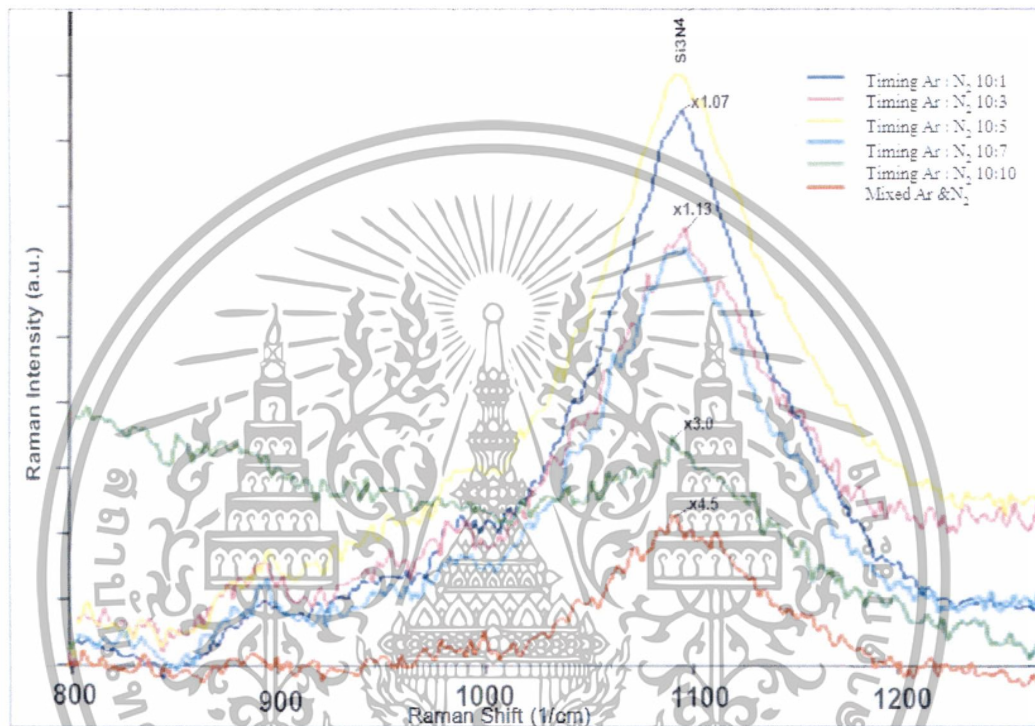


ภาพที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดย Auger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ Raman

จากการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ Raman พบว่า โครงสร้างของพันธะซิลิกอนไนไตรด์ที่ตำแหน่ง 800-1200 cm^{-1}



ภาพที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดย Raman

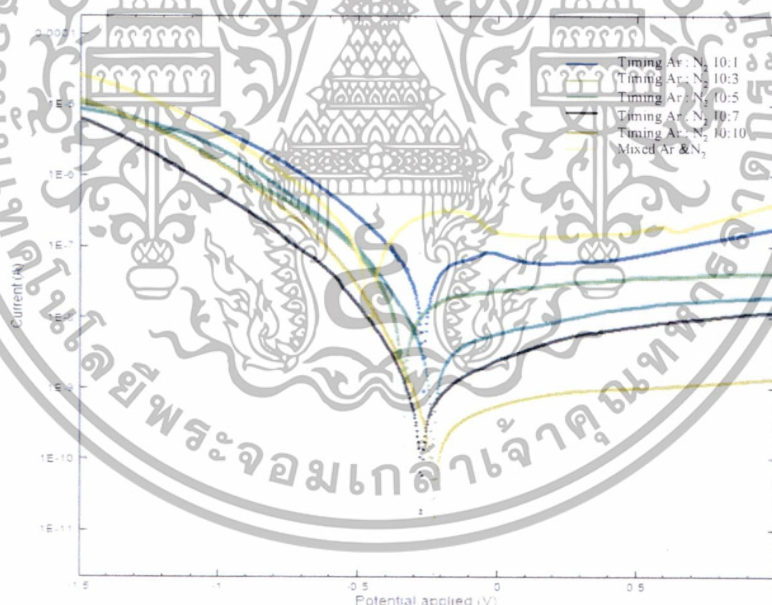
จากภาพที่ 4.5 ฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โครงสร้างของพันธะซิลิกอนไนไตรด์ที่ตำแหน่ง 800-1200 cm^{-1} โดยเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปฟิล์มใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) และฟิล์มที่ขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้การผสมระหว่าง Argon และ Nitrogen เป็นผลึกโครงสร้างซิลิกอนไนไตรด์เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการวิเคราะห์จาก Raman เปรียบเทียบจากงานวิจัยที่ทำการศึกษารูปร่างฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์โดยวิธีการ Rapid thermal annealing (RTA) ในงานวิจัยการศึกษาฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนและฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ โดยตำแหน่งของพันธะที่แสดงผลึกนาโนซิลิกอนคือ 517 cm^{-1} และพบตำแหน่งของพันธะที่แสดงผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ $820\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ โดยตำแหน่งแสดงในบทที่ 2 ภาพ 2.14

4.3 การศึกษาสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ทนต่อการกัดกร่อน

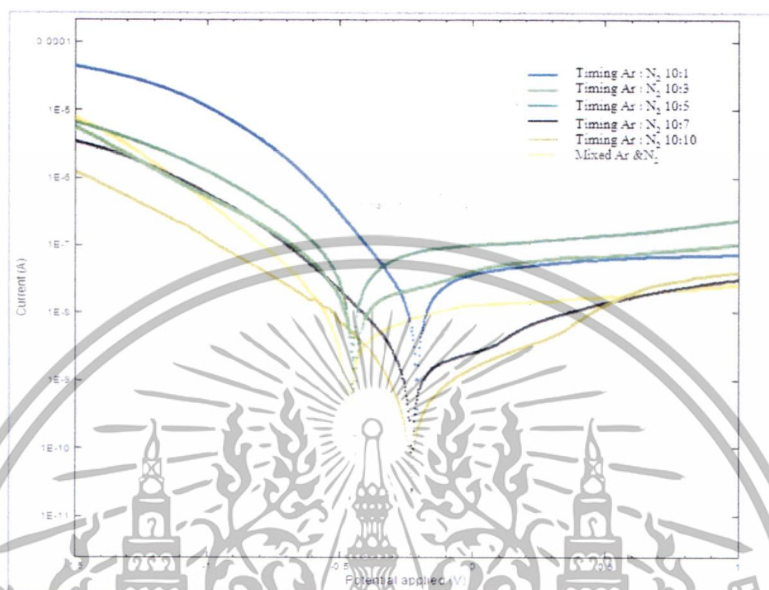
การศึกษาสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ทนต่อการกัดกร่อน ในขั้นตอนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนนั้น โดยวิธีการวัดค่าเซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์คือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เตรียมที่ความเข้มข้น 1M, 10M และ 15M ใช้ ซิลเวอร์(Ag)/ซิลเวอร์คลอไรด์เป็นขั้วเปรียบเทียบกับในการวัดค่าฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ กับไทเทเนียม (Ti) โดยใช้ Potentiostat วัดที่เวลาเกิดปฏิกิริยา 5 นาที



ภาพที่ 4.6 ค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ 1M

ผลของการทนต่อการกัดกร่อนที่ความเข้มข้น 1M ของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ผสม Argon และ Nitrogen ในการขึ้นรูปฟิล์มมีค่า corrosion potential คือ -0.453 V ซึ่งเป็นค่าที่ลบมาก แสดงการทนต่อการกัดกร่อนได้น้อย และผลของการทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ใช้ Gas timing Ar : N_2 (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) พบว่ามีค่า corrosion เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

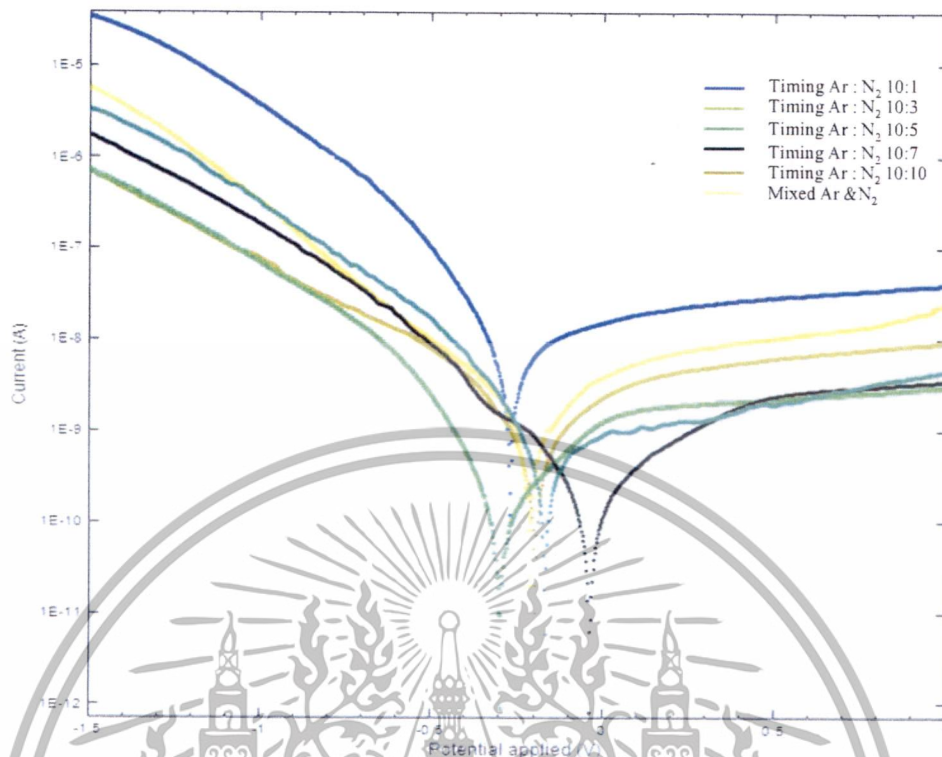
potential ในช่วง -0.231 V ถึง -0.336 V โดยฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ใช้ Gas timing Ar : N₂ 10:5 มีค่า corrosion potential สูงสุดคือ -0.231 V และ แสดงค่า passive current ในช่วง $10^{-8} - 10^{-10}$



ภาพที่ 4.7 ค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ 10M

ผลของการทนต่อการกัดกร่อนที่ความเข้มข้น 10M ของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ผสม Argon และ Nitrogen ในการขึ้นรูปฟิล์มมีค่า corrosion potential คือ -0.468 V ซึ่งเป็นค่าที่แสดงการทนต่อการกัดกร่อนได้น้อย และผลของการทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) พบว่ามีค่าการทนต่อการกัดกร่อนในช่วง -0.220 V ถึง -0.455 V โดยฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ใช้ Gas timing Ar : N₂ 10:7 มีค่า corrosion potential คือ -0.213 V และ แสดงค่า passive current ในช่วง $10^{-9} - 10^{-10}$

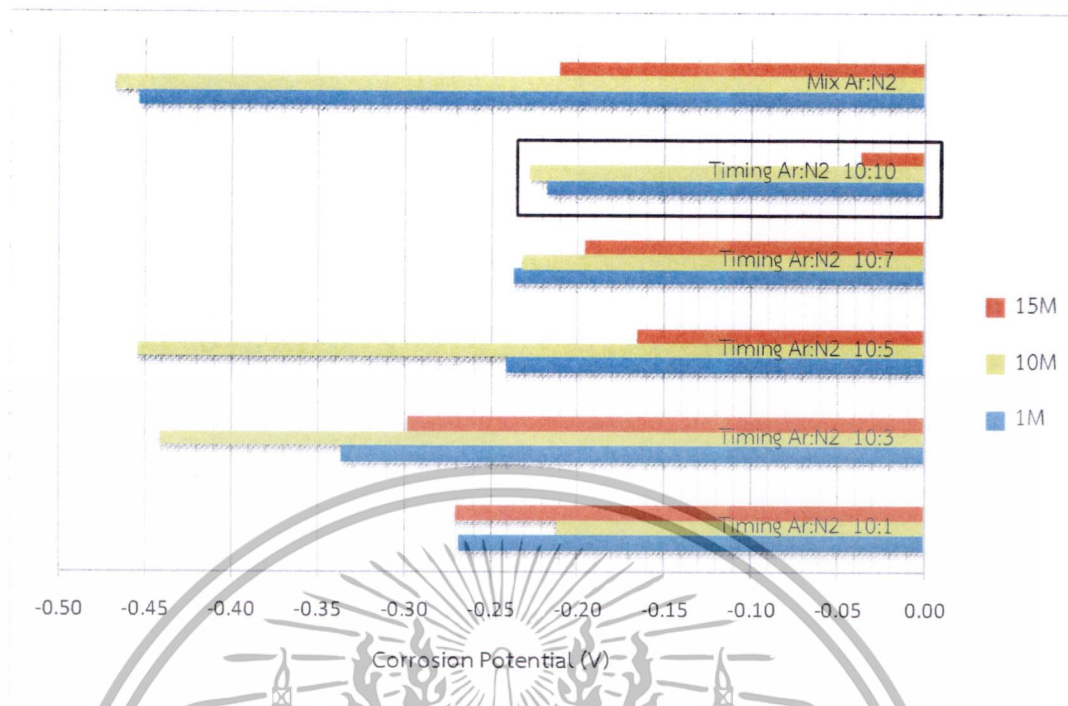
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ 15M

ผลของการทนต่อการกัดกร่อนที่ความเข้มข้น 15M ของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ พบว่าค่าความกัดกร่อนของฟิล์มที่ผสม Argon และ Nitrogen ในการขึ้นรูปฟิล์มมีค่า corrosion potential คือ -0.212 V, Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) พบว่ามีค่า corrosion potential ในช่วง -0.037 V ถึง -0.299 V และ แสดงค่า passive current ในช่วง 10^{-9} – 10^{-10} พบว่าการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ความเข้มข้น 15M เกิดปฏิกิริยาน้อย เมื่อเทียบกับ การกัดกร่อนที่ความเข้มข้น 1M และ 10M แสดงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



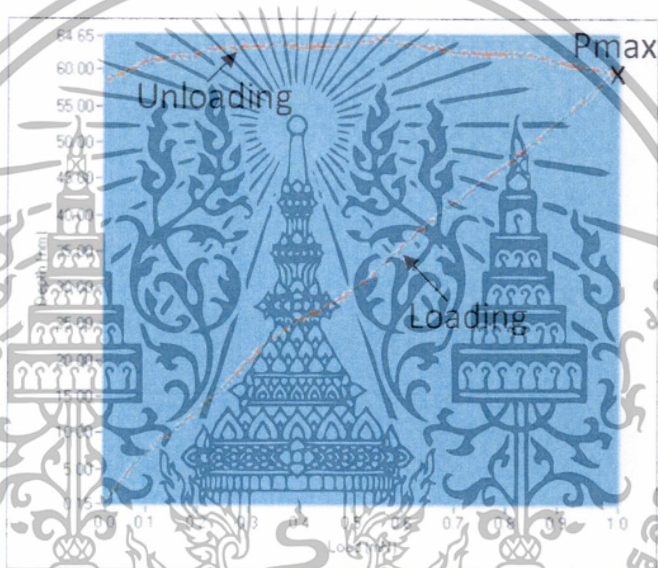
ภาพที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ 1M, 10M และ 15M

ในการวิเคราะห์ค่าความทนต่อการกัดกร่อนของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์เมื่อพิจารณา ค่า corrosion potential ในความเข้มข้น 15M มีผลการกัดกร่อนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับความเข้มข้น 1M และ 10M ที่เป็นเช่นนี้เพราะความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นสูงจะมีปริมาณไอออนสูงด้วยจึงทำให้ค่าการกัดกร่อนไม่ดี เปรียบเสมือนไอออนเป็นฉนวนหรือเกาะหุ้มฟิล์มอีกชั้นหนึ่ง ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้างต้นจึงใช้ค่าความทนต่อการกัดกร่อนในความเข้มข้น 1M และ 10M ในการวิเคราะห์ โดยการศึกษาสมบัติของฟิล์มทนต่อการกัดกร่อนพบว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตรา 10:10 พบว่าค่า corrosion potential ในความเข้มข้น 1M และ 10M คือ -0.22 V ถึง -0.23 V ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตราอื่น ซึ่งแสดงถึงการทนต่อการกัดกร่อนได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยวิธีการผสม Argon กับ Nitrogen พบว่า ในความเข้มข้น 1M และ 10M คือ -0.45 V ถึง -0.47 V ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตรา 10:10 แสดงให้เห็นว่าการกัดกร่อนมากเป็นฟิล์มที่ทนการกัดกร่อนได้ไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาทดสอบสมบัติความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์

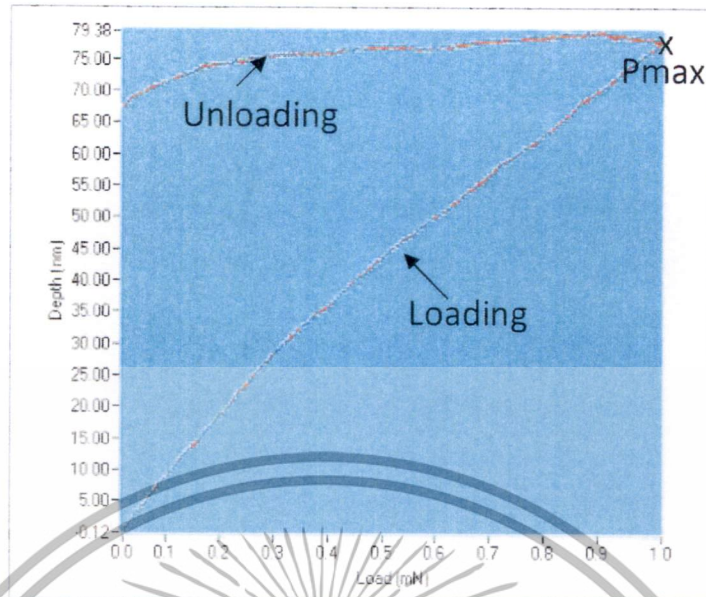
การศึกษาทดสอบสมบัติความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยใช้เครื่องวัดความแข็งของผลึกนาโน นาโนอินเดนเทชัน(Nano indentation) พบว่าฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) และ ผสม Argon และ Nitrogen มีค่า แสดงดังภาพที่ 4.11 ถึง ภาพที่ 4.16 แสดงผลความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing และ ผสม Ar and N₂ โดยการใช้ Load 1.0 mN แรงกดจากผิวของฟิล์มที่ความลึกเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.10 การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1)

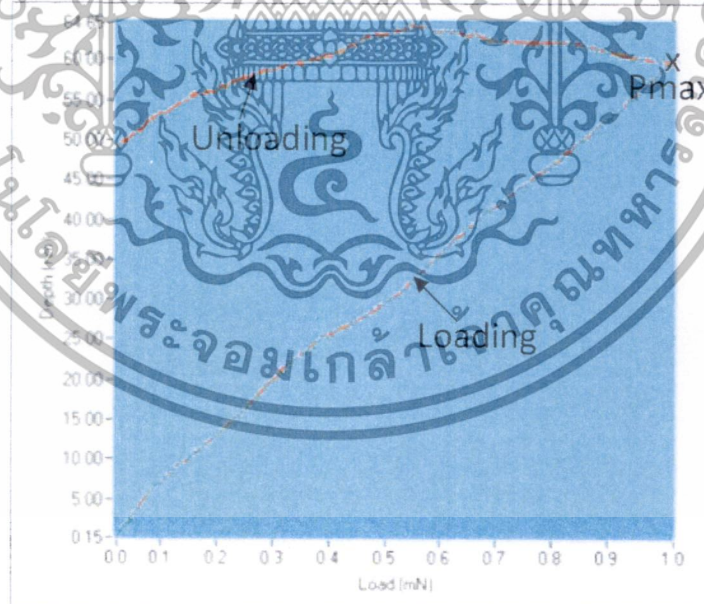
การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1) Pmax ที่ 60 nm ค่า Hardness คือ 3.75 GPa และ Elastic Modulus คือ 295 GPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:3)

การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:3) Pmax ที่ 75 nm
ค่า Hardness คือ 5.56 GPa และ Elastic Modulus คือ 247 GPa

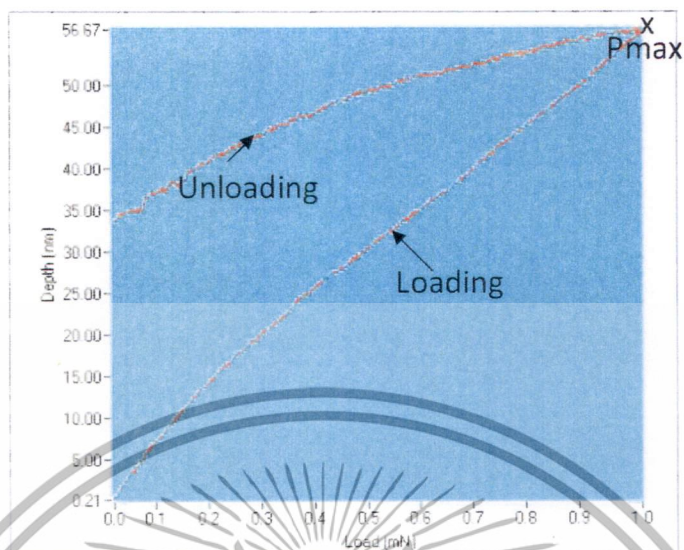


ภาพที่ 4.12 การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:5)

การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:5) Pmax ที่ 60 nm

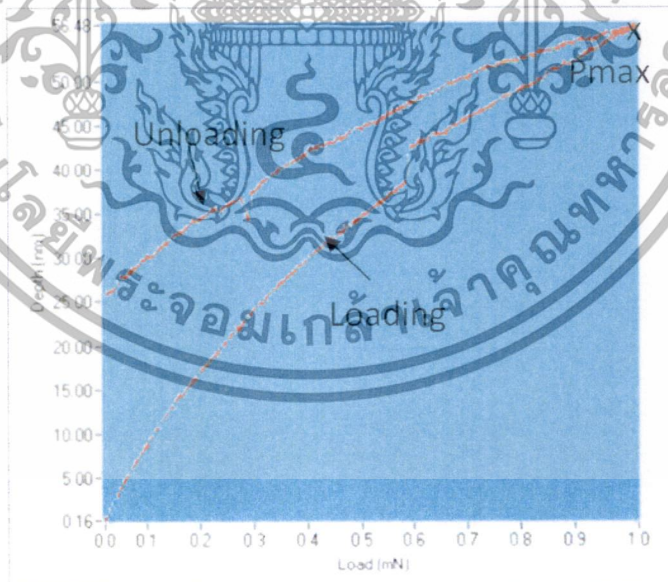
ค่า Hardness คือ 6.31 GPa และ Elastic Modulus คือ 212 GPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



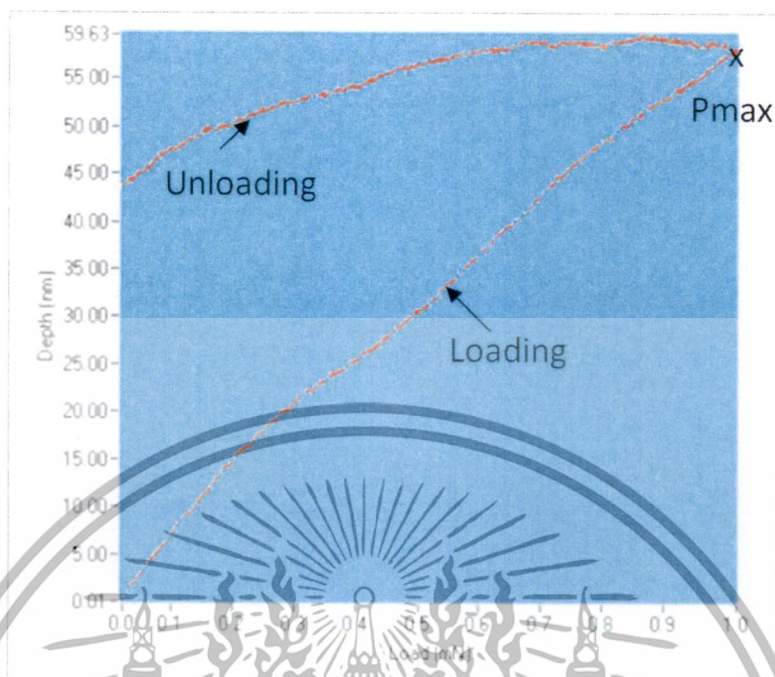
ภาพที่ 4.13 การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:7)

การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:7) P_{max} ที่ 57 nm
ค่า Hardness คือ 8.28 GPa และ Elastic Modulus คือ 199 GPa



ภาพที่ 4.14 การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:10)

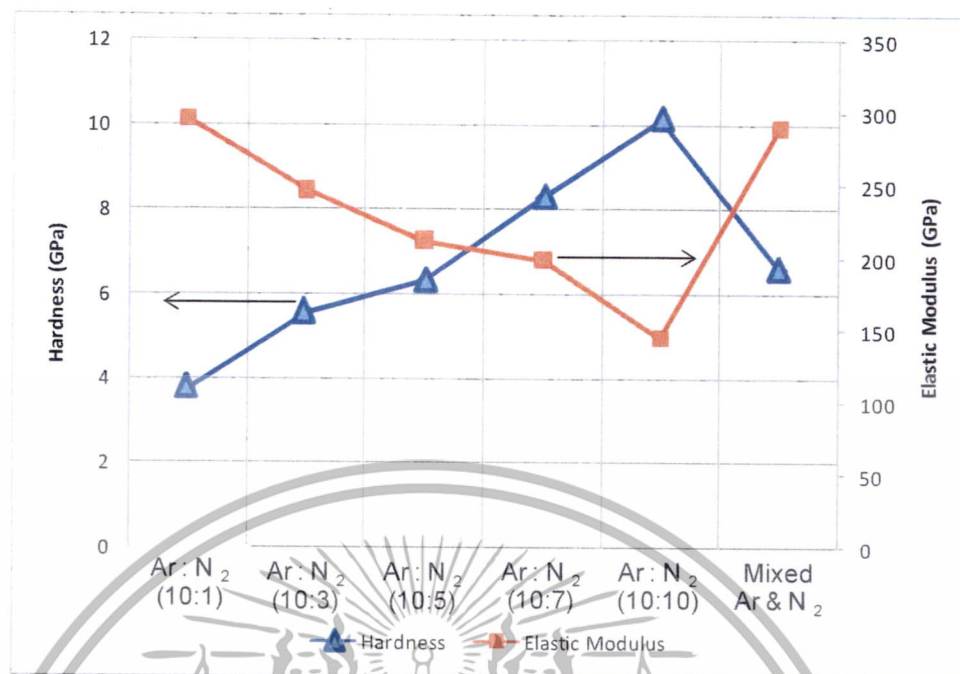
การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:10) P_{max} ที่ 56 nm
ค่า Hardness คือ 10.1 GPa และ Elastic Modulus คือ 145 GPa
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 การทดสอบความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ ผสม Ar and N₂
 การทดสอบความแข็งของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ ผสม Ar and N₂ Pmax ที่ 59 nm ค่า Hardness คือ 6.6 GPa และ Elastic Modulus คือ 290 GPa

การศึกษาทดสอบสมบัติความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยใช้เครื่องวัดความแข็งของผลึกนาโน นาโนอินเดนเทชัน (Nano indentation) พบว่าฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) และ ผสม Argon และ Nitrogen มีค่า Hardness ในช่วง 3.75 – 8.28 GPa และค่า Elastic Modulus ในช่วง 150 – 300 GPa วิเคราะห์ความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่แตกต่างกันพบว่า ฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ โดยมีเมื่ออัตราการใช้น₂ เพิ่มขึ้นคือ Gas timing Ar : N₂ จาก 10:1, 10:3, 10:5, 10:7 ถึง 10:10 มีค่า ความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่าเพิ่มจาก 3.75 GPa ถึง 10.10 GPa และ ฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยผสม Argon กับ Nitrogen มีค่าความแข็ง 6.6 GPa ซึ่งใกล้เคียงกับฟิล์มที่ขึ้นรูปโดย Gas timing Ar : N₂ จาก 10:5 คือ 6.31 GPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.16 ผลการทดสอบสมบัติความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยใช้เครื่องวัดความแข็งของผลึกนาโน (นาโนอินเดนเทชัน)

จากการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยใช้เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิกิริยาโดยวิธีการ Gas-Timing คือการควบคุมเวลาการไหลของก๊าซในกระบวนการสเปตเตอร์ริง โดยลักษณะของพื้นผิวโดยใช้ SEM โดยวิธีตัดแบ่งส่วน เพื่อหาความหนาของชั้นฟิล์มพบว่ามีค่าความหนาคือ (75 – 87 นาโนเมตร) จากข้อมูลที่เราวิเคราะห์สมบัติทางเคมีโดย Auger พบว่าสมบัติทางเคมีของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) และ ผสม Argon และ Nitrogen มีคุณองค์ประกอบทางเคมีเป็นฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ และผลจาก Raman พบโครงสร้างของพันธะซิลิกอนไนไตรด์ที่ตำแหน่ง 800-1200cm⁻¹ เมื่อวิเคราะห์โดยการศึกษสมบัติของฟิล์มทนต่อการกัดกร่อนพบว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตรา 10:10 พบว่า ค่า corrosion potential ในความเข้มข้น 1M และ 10M คือ -0.22 V ถึง -0.23 V ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตราอื่น ซึ่งแสดงถึงการทนต่อการกัดกร่อนได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยวิธีการผสม Argon กับ Nitrogen พบว่า ในความเข้มข้น 1M และ 10M คือ -0.45 V ถึง -0.47 V ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตรา 10:10 แสดงให้เห็นว่าทนการกัดกร่อนได้น้อย วิเคราะห์คุณสมบัติความแข็งพบว่าเมื่อเวลาการไหลของก๊าซ N₂ เพิ่มขึ้นความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าการใช้ N₂ เพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มความแข็งแรงในพันธะของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์โดยการใช้แผ่นรองรับจากแก้วนั้นมีค่า 6 – 10 GPa โดยขึ้นอยู่กับชนิดของฟิล์มเคลือบแข็งที่ใช้ซึ่งความแข็งในช่วงที่นำมาเปรียบเทียบเทียบคือฟิล์มคาร์บอนและฟิล์มซิลิกอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย

5.1 ผลการศึกษาความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฟิล์มบางแผ่นดิสก์จากปัจจัยแวดล้อม

จากการวิจัยและศึกษาความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฟิล์มบางแผ่นดิสก์จากปัจจัยแวดล้อมในกระบวนการขนส่ง เช่น ความดันสูญญากาศ โดยศึกษาจากคุณสมบัติของฟิล์ม ความเรียบของพื้นผิว การเปลี่ยนแปลงจากการบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่า ดิสก์ที่ได้รับการบรรจุแรงกดจากน้ำหนัก 22kg และ ดิสก์ที่ได้รับการบรรจุด้วย Vacuum (40 kPa) ปัญหา Poor servo stability at OD Zone การเปลี่ยนแปลงของดิสก์ตำแหน่งที่สัมผัสกับขอบกล่องบรรจุ มีการเปลี่ยนแปลงของผิว พบว่าดิสก์มีการเปลี่ยนรูปเมื่อใช้แรงกดสูญญากาศที่ 40 kPa ที่อุณหภูมิห้องปกติ 25 Co และมีการควบคุมความชื้น เป็นเวลา 10 วัน เปรียบเสมือนการบรรจุและขนส่งทำอยู่จริง การจัดเรียงดิสก์เริ่มจากด้านซ้ายคือ Slot#1 เรียงลำดับไปด้านขวาถึง Slot#25 โดยแสดงผลค่า P-V 2.96 μm แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นการคืนรูปของดิสก์ก็จะเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ผิวแบบปกติได้ ระยะเวลาโดยรวม 185 นาที ค่า P-V 0.96 μm . ตรงบริเวณตำแหน่งที่มีการสัมผัสระหว่างดิสก์ กลับบกล่องบรรจุภัณฑ์ 4 จุด จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สามารถสรุปได้ว่า

1. พบความผิดปกติของพื้นผิวการขยายตัวและเพิ่มความสูงพบว่า บริเวณพื้นผิวจุดนี้ มีการเปลี่ยนแปลงที่ขยายตัว และ เกิดความเสียหาย เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวปกติจะเห็นได้ชัดเจนถึงรูปร่างและลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป จากการวิเคราะห์เรื่องของคุณสมบัติความเรียบของพื้นผิวและความผิดปกติที่เกิดขึ้นของดิสก์แสดงการขยายตัวและเพิ่มความสูงที่บริเวณที่เกิดความเสียหายมีความสูงประมาณ 1.27 nm

จากการศึกษาสมบัติของฟิล์มแบบหลายชั้น สามารถสรุปได้ว่า

1. พบว่าทุกชั้นมีการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มในแต่ละชั้น เป็นผลให้ การบันทึกสัญญาณแม่เหล็กเปลี่ยนไปจึง เห็นได้จาก Co(OH)_2 ซึ่งเป็นตัวสำคัญที่ใช้ในการบันทึกสัญญาณแม่เหล็กบนแผ่นดิสก์ Co(OH)_2 ซึ่งเป็นตัวสำคัญที่ใช้ในการบันทึกสัญญาณแม่เหล็กบนแผ่นดิสก์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงมีออกไซด์แทรกอยู่ในทุกชั้นฟิล์ม วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงนี้ได้ว่าเนื่องจากกระบวนการขนส่งทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ไม่สามารถเปิดเผยแก่บุคคลอื่นได้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาประกอบแล้วเกิดการแทรกของออกไซด์ที่มาจากความชื้นในอากาศ ออกไซด์ดังกล่าวเป็นตัวบดบัง และก่อให้เกิดการรบกวนเมื่อทำการเขียนสัญญาณแม่เหล็ก จากนั้นสัญญาณที่ปรากฏ ณ บริเวณดังกล่าวจึงมีความเข้มต่ำกว่าบริเวณอื่นเกิดเป็นความเสียหายที่พบ

5.2 ผลการศึกษาการปลูกฟิล์มบางฟิล์มบางผลึกซิลิกอนไนไตรด์

จากการวิจัยเพื่อพัฒนาต้นแบบกระบวนการหรือวัสดุเคลือบผิวที่สามารถลดการสูญเสียของแผ่นดิสก์แม่เหล็กในการขนส่ง โดยการจำลองฟิล์มชั้นบนสุดที่ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายของชั้นบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าโดยฟิล์มบางผลึกซิลิกอนไนไตรด์ จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สามารถสรุปได้ว่า

1. จากคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ โดยลักษณะของพื้นผิวโดยใช้ SEM โดยวิธีตัดแบ่งส่วน เพื่อหาความหนาของชั้นฟิล์มที่เคลือบลงบนซิลิกอนเวเฟอร์พบว่าเมื่อใช้เฉพา Argon ในการขึ้นรูปฟิล์มมีความหนาน้อยที่สุดกัน (75 – 87 นาโนเมตร) และ เมื่อใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7, 10:10) และ ผสม Argon และ Nitrogen มีความหนาใกล้เคียงกัน (75 – 87 นาโนเมตร)

2. พบว่าจากศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ โดยลักษณะของพื้นผิวโดยใช้ AFM เพื่อหาความเรียบของฟิล์มที่เคลือบลงบนซิลิกอนเวเฟอร์ โดยวัดจากผิวโดยค่าเฉลี่ยของ Peak to Valley (PV) พบว่าเมื่อใช้ เมื่อใช้ Gas timing Ar : N₂ ในอัตรา 10:5 ในการขึ้นรูปฟิล์มมีค่าเฉลี่ยของ Peak to Valley น้อยที่สุดกัน (1.12 นาโนเมตร) และ เมื่อใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:7, 10:10) และ ผสม Argon และ Nitrogen มีค่าเฉลี่ยของ Peak to Valley ใกล้เคียงกัน 1.30 – 2.95 นาโนเมตร

จากศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์สามารถสรุปได้ว่า

1. จากศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ Auger พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบการเคลือบชั้นฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ การกำหนดอัตราเวลาในการใช้ ก๊าซ Argon (Ar) และ ก๊าซ Nitrogen (N₂) ตามลำดับคือ 10:1, 10:3, 10:5, 10:7, 10:10 และใช้ ก๊าซ ผสมระหว่าง Argon และ Nitrogen มีอัตราส่วน Silicon (Si) 56.6 – 62.2 % ต่อ Nitrogen (N) 37.8 -41.2% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จากศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ Raman พบว่า โครงสร้างของพันธะซิลิกอนไนไตรด์ที่ตำแหน่ง $800-1200\text{cm}^{-1}$ จากศึกษาคุณสมบัติความหนาของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์สามารถสรุปได้ว่า .

1. การศึกษาทดสอบสมบัติของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ทนต่อการกัดกร่อน วิเคราะห์โดยการศึกษาค่าสมบัติของฟิล์มทนต่อการกัดกร่อนพบว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตรา 10:10 พบว่า ค่า corrosion potential ในความเข้มข้น 1M และ 10M คือ -0.22 V ถึง -0.23 V ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตราอื่น ซึ่งแสดงถึงการทนต่อการกัดกร่อนได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยวิธีการผสม Argon กับ Nitrogen พบว่า ในความเข้มข้น 1M และ 10M คือ -0.45 V ถึง -0.47 V ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ ที่อัตรา 10:10 ค่าการทนในความเข้มข้น 15M มีผลการกัดกร่อนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับความเข้มข้น 1M และ 10M ที่เป็นเช่นนี้เพราะความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นสูงจะมีปริมาณไอออนสูงด้วยจึงทำให้ค่าการกัดกร่อนไม่ดี เปรียบเสมือนไอออนเป็นฉนวนหรือเกาะหุ้มฟิล์มอีกชั้นหนึ่ง

2. จากการทดสอบสมบัติความแข็งของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์โดยใช้เครื่องวัดความแข็งของผลึกนาโน นาโนอินเดนเทนชั่น (Nanoindentation) พบว่าฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ที่ขึ้นรูปโดยใช้ โดยมีเมื่ออัตราการใช้น₂ เพิ่มขึ้นคือ Gas timing Ar : N₂ จาก 10:1, 10:3, 10:5, 10:7 ถึง 10:10 มีค่า ความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่าเพิ่มจาก 3.75 GPa ถึง 10.10 GPa และฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยผสม Argon กับ Nitrogen มีค่าความแข็ง 6.6 GPa จากข้อมูลที่เราวิเคราะห์สมบัติทางเคมีโดย Auger พบว่าสมบัติทางเคมีของฟิล์มที่ขึ้นรูปโดยใช้ Gas timing Ar : N₂ (10:1, 10:3, 10:5, 10:7 และ 10:10) และ ผสม Argon และ Nitrogen มีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างกันมากแต่เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติความแข็งพบว่าใช้น₂ เพิ่มขึ้นความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าการใช้น₂ เพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มความแข็งแรงในพันธะของฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยการใช้แผ่นรองรับจากแก้วนั้นมีค่า $6 - 10\text{ GPa}$ โดยขึ้นอยู่กับชนิดของฟิล์มเคลือบแข็งที่ใช้ซึ่งความแข็งในช่วงที่นำมาเปรียบเทียบเทียบคือฟิล์มคาร์บอนและฟิล์มซิลิกอน

การวิจัยที่พัฒนาขึ้นเคลือบแข็งฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ด้วยเทคนิคควบคุมเวลาก๊าซไวปฏิกิริยา เพื่อป้องกันความเสียหายของชั้นแม่เหล็กที่ใช้ในการบันทึกสัญญาณ ซึ่งการขึ้นรูปฟิล์มที่ใช้เทคนิคควบคุมเวลาก๊าซไวปฏิกิริยา มีค่า Hardness, Elastic modulus และ Corrosion test ที่

ดีกว่าการขึ้นรูปฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ด้วยวิธีการทั่วไปคือการผสมก๊าซ Argon และ Nitrogen และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่อคุณได้พิมพ์ไปใช้บนเว็บไซต์นี้การคัดลอกหรือการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์สามารถเป็นฟิล์มต้นแบบเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาในการใช้ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้จริง ทั้งนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

จากงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งทำการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยแวดล้อมเพื่อหาสาเหตุความเสียหายของแผ่นดิสก์จากระบบการขนส่ง ส่วนที่สองคือการขึ้นรูปฟิล์มใช้เทคนิคควบคุมก๊าซไวปฏิบัติการโดยวิธีการ Gas-Timing คือการควบคุมเวลาการไหลของก๊าซในระบบการสปัตเตอร์ฟิล์มบางผลึกซิลิกอนไนไตรด์มีผลต่อสมบัติความแข็งและการทนต่อสารเคมีเพื่อป้องกันความเสียหายของแผ่นดิสก์ซึ่งจากความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการดำเนินงานวิจัยทำให้สามารถที่จะนำมาพัฒนางานวิจัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยจะเสนอแนะในเรื่องที่เกี่ยวกับงานวิจัยหรือการพัฒนางานวิจัย ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงจากกล่องบรรจุภัณฑ์พบว่าการโค้งงอของแผ่นดิสก์มีเกิดตามแนวแรงดุดของแรงดันสุญญากาศที่ตำแหน่งขอบนอกของกล่องบรรจุภัณฑ์ จึงเห็นได้ว่าดิสก์มีการโค้งงอเนื่องจากแรงดันสุญญากาศจริง ในการแก้ไขเบื้องต้นคือการลดการใช้แรงดันที่ใช้เพื่อบรรจุกล่องดิสก์

2. การปลูกฟิล์มบางผลึกนาโนซิลิกอนไนไตรด์ด้วยเทคนิคควบคุมเวลาก๊าซไวปฏิบัติการ สามารถใช้ในระบบการเคลือบผิวฟิล์มของแผ่นดิสก์ในอุตสาหกรรม และมีการพัฒนาระบบให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยพัฒนาจากผลของงานวิจัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบนแผ่นดิสก์ที่ใช้ประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Peter van Zant. Microchip Fabrication. (2004) Microchip Fabrication, McGraw-Hill.
- [2] Shock compression of cubic boron nitride, Kawai N, Yokoo M, Kondo K, et al. 033508 (2009) Journal Of Applied Physics, 106 (3)
- [3] Electronic structure and optical properties of alpha and betha phases of silicon nitride, silicon oxynitride, and with comparison to silicon dioxide Phys. (1995) Theoretical and experimental studies of the atomic structure of oxygen-rich amorphous silicon, rev. B 51, 17379–17389
- [4] W. L. Scopel, Antˆnio J. R. da Silva, W. Orellana, R. J. Prado, M. C. A. Fantini, and A Fazzio. (2003) Silicon Oxynitride films Physics Review B 68, 155332.
- [5] Yota, J., Hander, J., Saleh, A. A. (2002) A comparative study on inductively-coupled plasma high-density plasma, plasma-enhanced and low pressure chemical vapor deposition silicon nitride films Journal of Vacuum Science & Technology, A: Vacuum, Surfaces, and Films, Vol. 18, pp.372-376
- [6] Fantini M.C.A., Alayo M.I., Pereyrai., Scopel W.L. (2008) Local structure and bonds of amorphous silicon oxynitride thin films, Thin Solid Films 413, 59-64 .
- [7] Cova, P. Masut, R. A. Grenier, O. Poulin S. (2002) Effect of unintentionally introduced oxygen on the electron–cyclotron resonance chemical-vapor deposition of Si₃N₄ films Journal of Applied Physics 92, 129-138.
- [8] Hien TTT, Ishizaki C, Ishizaki K. (2005). Surface structure of commercial Si₃N₄ powders analyzed by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN 113, 647-653.
- [9] J, Nukeaw J, Sungthong A, T-Thienprasert. (2008) Local structure of Indium Oxynitride from X-Ray absorption spectroscopy, Applied Physics Letters 93.
- [10] Cedric Ducros et al. (2009)Method for obtaining a hard surface at the nanoscale. US Patent Application.
- [11] Musi J. and Vleek J. (1999) Surface and Coating Technology. 162-169
- [12] N. Kietpausalsophon, W. Bunjongpru and J. Nukeaw. (2002) International Journal of Modern Physics B, Vol. 16, No. 28 & 29, pp. 4418-4422, Nov.20
- [13] Annop Klamchuen, Nisaporn Porteeraphat and Jitit Nukeaw, (2005) E-Journal of Surface Science and Nanotechnology, Vol. 3, pp. 272-275

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [14] Yi-Chung Huang, Shou-Yi Chang, Chih-Hsiang Chang. (2009) Thin Solid Films 517, 4856-4861
- [15] Shufang Ren, Junhu Meng, Jingbo Wang, Jinjin Lu, Shengrong Yang, (2010) Wear 269, 50-59
- [16] Zhong Lin Wang (2000) Characterization of Nanophase Materials, Wiley-VCH Verlag ISBN:3-527-29837-1 (Hard cover) ; 3-527-60009-6 (Electronic), 151-155
- [17] L. Reimer. (1985) Scanning Electron Microscopy. Springer-Verlag, Berlin, An advanced text for experts, this is probably the most definitive work in the field.
- [18] D. B. Holt and D. C. Joy. (1989) SEM Microcharacterization of Semiconductors. Academic Press, London, A detailed examination of the applications of the SEM to semiconductor electronics.
- [19] John C. Russ. (1990) Computer Assisted Microscopy. Plenum Press, New York, A highly readable account of the applications of computers to SEMs and other imaging instruments.
- [20] ISI Journal Citation Reports © Ranking (2012 -2013) Online ISSN: 1097-4555
- [21] Alka R. Chauhan, A.D. Yadav, S.K. Dubey, T.K. Gundu Rao. (2008) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 266, 1537–1541
- [22] G.E. (1979) McGuire Auger Electron Spectroscopy Reference Manual, ISBN: 978-1-4757-1704-4 (Print) 978-1-4757-1702-0 (Online).
- [23] J.F. Moulder (1992) Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy, Perkin-Elmer Corp, USA.
- [24] Nanoindentation Studies of Materials (2008).
- [25] Fischer-Cripps, Nanoindentation (2011), XXII, 282 p., ISBN:978-1-4419-981-2 (Hardcover).
- [26] Z. Ahmad (2006) Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control, 1st edition, Butterworth-Heinemann, ISBN 0-7506-5924-6.
- [27] J G N Thomas edited by Gareth Hinds, The Electrochemistry of corrosion (2010).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวนันทวี ปาลียะ
วันเดือนปีเกิด	27 เมษายน 2528 ที่กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	21 หมู่ 2 ต.ดอนใหญ่ อ.บางแพ จ.ราชบุรี 70160
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1) ศึกษาและวิเคราะห์ฟิล์มบางในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ 2) การออกแบบฟิล์มบางโดยระบบสเป็คเตอรืง 3) การใช้เครื่องมือวิเคราะห์นาโนเทคโนโลยี 4) การออกแบบหัวเขียนอ่านและการอ่านสัญญาณของระบบ
ประสบการณ์ทำงาน	
พ.ศ.2550-2554	ตำแหน่งวิศวกรคุณภาพฝ่ายวิเคราะห์งานพัฒนาคุณภาพ บริษัทฮิตาชิโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยี ประเทศไทย (Hitachi Global storage Technology Thailand) ปัจจุบันชื่อเอชจีไอเอชที อะ เวสเทิร์นดิจิตอลคอมพานี ประเทศไทย(HGST a western digital company)
พ.ศ.2552	ศึกษาและพัฒนาองค์ความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ที่บริษัทฮิตาชิโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยี ประเทศญี่ปุ่น (Hitachi Global storage Technology Japan)
พ.ศ.2555	ตำแหน่งวิศวกรคุณภาพฝ่ายวิเคราะห์งานพัฒนาคุณภาพบริษัทแคลคอมป์ อิเล็กทรอนิกส์ (Cal-Comp Electronics Thailand)
พ.ศ.2555 -2557	ตำแหน่งวิศวกรคุณภาพวิจัยและพัฒนาคุณภาพและผลิตภัณฑ์บริษัทซีเกท เทคโนโลยี สิงคโปร์ (Seagate Technology)

ผลงานวิชาการ

1. Effect of Stress Induced by Vacuum Storage on Magnetic Media, Journal of Microscopy Society of Thailand 28th
2. SiOxNy Thin Films Prepared by Gas-Timing RF Magnetron Sputtering, THAI JOURNAL OF PHYSICS, SERIES 8, (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้