บทที่ 3

พยากรณ์เทคโนโลยีใหม่ๆของการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3.1 ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในอนาคต

ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในปี 1994 มีความมั่นคงมากถึงแม้ว่าจะมีอัตราการเติบโตในปี 1993 ที่ต่ำโดยที่มีจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ถูกส่งออกในปี 1994 ถึง 69 ล้านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 1993 ถึง 38 เปอร์เซ็นต์ซึ่งส่งผลทำให้มีผลกำไรเพิ่มขึ้นจากปีก่อนด้วย

ปัญหาที่สำคัญและเป็นปัญหาที่ใหญ่ที่สุดในการที่จะยับยั้งอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ให้เจริญเติบโตหรือก้าวหน้าก็คือเรื่องของราคาที่มีปัญหามาอย่างต่อเนื่องราคาโดยเฉลี่ยของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว เกือบจะมีราคาที่คงที่มาโดยตลอดไม่มีการขึ้นราคาจนกระทั่งถึงปี 1991 แต่ไม่ใช่เพียงแค่ราคาคงที่มาตลอดเพียงเท่านี้แต่ราคาได้ตกลงอย่างคงที่สม่ำเสมอจากปี 1991 จนถึงปี 1993 ราคาที่ตกลงอย่างคงที่สม่ำเสมอนี้ได้หยุดลงในปี 1994 เพราะว่าความสามารถในการเพิ่มขนาดความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีความเร็วและสามารถเอาชนะราคาที่ตกลงได้ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ภาพของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้กลับฟื้นตัวและสดใสมีอนาคตอีกครั้งหนึ่งในปี 1994

เพราะว่าความจุที่สูงกว่าและราคาต่อเมกะไบต์ที่ต่ำกว่าของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้วที่เหนือกว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 5.25นิ้ว จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้วมาแทนที่ขนาด5.25นิ้วที่มีขนาดใหญ่กว่าความจุน้อยกว่าและราคาต่อเมกะไบต์สูงกว่าในที่สุดและฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด5.25นิ้วก็หายไปจากตลาดแต่การพัฒนาก็ไม่ได้หยุดยั้งอยู่เพียงเท่านี้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีความจุที่สูงกว่าขนาดเล็กกว่าและราคาต่อเมกะไบต์ที่ต่ำกว่าได้ถูกพัฒนาขึ้นมาแทนที่อยู่ตลอด ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้วก็ได้กำเนิดขึ้นมาแต่ว่าได้ถูกจำกัดไว้ ณ เวลานั้นเนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด2.5นิ้วได้ถูกใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(Personal Computer)

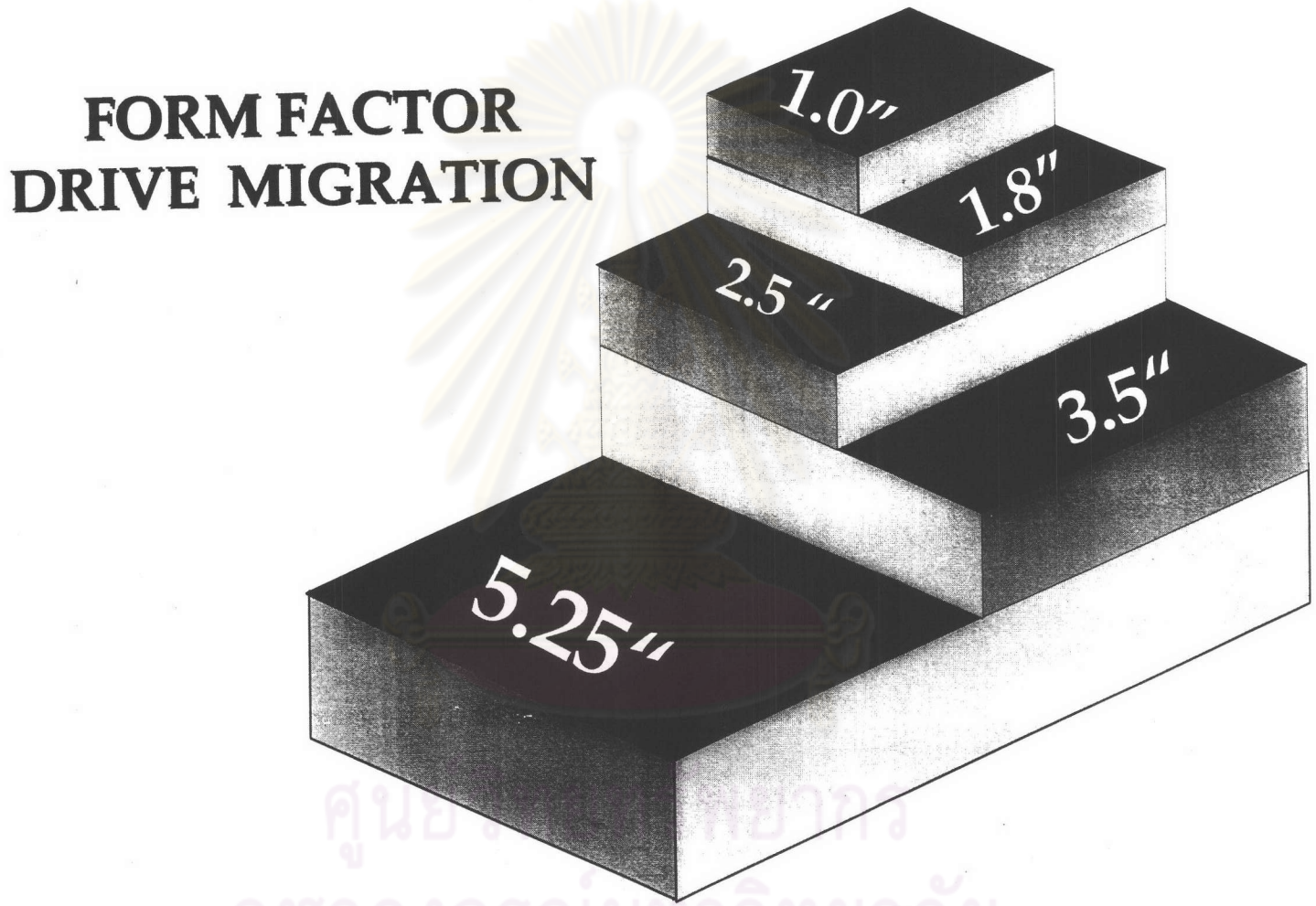
เพราะว่าตลาดของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือที่เรียกกันว่า PC นั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายและถูกจำกัดไว้ในวงแคบๆ แต่ว่าต่อมาฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้วได้เติบโตขึ้นเนื่องมาจากว่าส่วนแบ่งตลาดของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้โตขึ้นและในเวลาต่อมาฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาดที่เล็กกว่าก็ได้ถูกพัฒนาขึ้นมา นั่นคือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 1.8 นิ้ว แต่ว่าตลาดของขนาด 1.8 นิ้วยังคงถูกจำกัดและคาดว่าจะยังคงคงที่อยู่จนกระทั่งจะมีการพัฒนาการนำเอาฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 1.8 นิ้วไปใช้งานในด้านอื่นๆในอนาคตต่อไป

จากการสำรวจตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของนิตยสารฉบับหนึ่งของอเมริกาซึ่งเป็นนิตยสารเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับในวงการคอมพิวเตอร์นิตยสารนี้มีชื่อว่า Trend Focus ในการสำรวจความต้องการและตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในที่นี้จะแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

3.1.1 <u>ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์</u>

ขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้มีการพัฒนามาโดยตลอดโดยการพัฒนาให้มีขนาดที่เล็กลงเรื่อยๆดังจะเห็นได้จากในอดีตขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับปัจจุบันโดยขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในอดีต ปัจจุบัน และในอนาคตจะมีอยู่ประมาณ 5 ขนาด คือ 5.25 นิ้ว , 3.5 นิ้ว , 2.5 นิ้ว , 1.8 นิ้ว และ 1.0 นิ้ว ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดที่ใหญ่ที่สุดคือ 5.25 นิ้วนั้นได้หายไปจากท้องตลาดในประมาณปี 1994 และได้มีขนาด 3.5 นิ้วขึ้นมาแทนที่ในตลาดและกำลังเป็นส่วนใหญ่ของส่วนแบ่งตลาดตามขนาดของดิสก์ไดรฟ์ในปัจจุบันแต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้วกำลังครองตลาดอยู่ตอนนี้และในอนาคตอีก 2 - 3 ปีในอนาคตก็ตามแต่ก็ไม่อาจประมาทดิสก์ไดรฟ์ขนาดที่เล็กกว่าคือ 2.5 นิ้ว 1.8 นิ้ว และ 1 นิ้วได้เพราะว่าการพัฒนาเทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นรวดเร็วมากดังนั้นในอนาคตดิสก์ไดรว์ขนาดเล็กอาจจะมีศักยภาพเทียบเท่ากับขนาด 3.5 นิ้วได้ การพัฒนาขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีขนาดที่แตกต่างกันก็จะมีวัตถุประสงค์หรือประโยชน์ใช้สอยที่แตกต่างกันไปโดยที่พอจะสรุปได้ดังนี้คือ



รูปที่ 3.1 ขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรว์

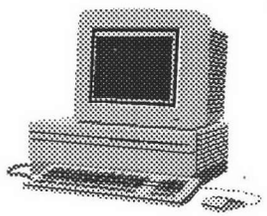
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	ประโยชน์ใช้สอย
3.5 นิ้ว	Desktop , Laptop
2.5 นิ้ว	Laptop , Notebooks
1.8 นิ้ว	Subnotebook , Pen - Based , Palmtops
1.0 นิ้ว	Subnotebook , Pen - Based Palmtops , Personal Organizers

โดยได้แสดงรูปภาพของขนาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และประโยชน์ใช้สอยไว้ในรูปที่ 3.2 โดยที่จะมีฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อีกประเภทหนึ่งประกอบอยู่ด้วยนั่นคือ Solid State ซึ่งจะถูกนำเอามาใช้งานในด้านของ Personal Organizers , Flash Memory

จากการวิเคราะห์ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นพบว่าจากปี 1995 ถึงปี 1999 นั้นความต้องการของตลาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้โตขึ้นอย่างมากโดยอัตราความต้องการได้เพิ่มขึ้นจากประมาณ 100 ล้านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในปี 1995 ไปจนถึงประมาณ 200 ล้านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในปี 1999 โดยมีส่วนแบ่งตลาดส่วนใหญ่ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประมาณ 80 % ของตลาดคือดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว และมีอัตราการเติบโตที่เพิ่มขึ้นทุกปีหรืออาจกล่าวได้ว่าอัตราการเติบโตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้วประมาณ 2 เท่าหรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ก็คือประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบปี 1995 ถึงปี 1999 ส่วนตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีขนาดที่ต่ำกว่า 3.5 นิ้ว (2.5 นิ้ว , 1.8 นิ้ว และ 1 นิ้ว) นั้นก็มีอัตราการเติบโตเช่นเดียวกับขนาด 3.5 นิ้ว แต่ว่าอัตราการเติบโตช้ากว่ามากซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ประมาณ30เปอร์เซ็นต์ และยังคงมีปริมาณความต้องการของตลาดที่ต่ำอยู่ซึ่งเมื่อเทียบกับความต้องการของขนาด 3.5 นิ้วแล้วจะอยู่ประมาณ 7เท่าตัว ส่วนตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดถอดได้ก็มีความต้องการของตลาดเพิ่มขึ้นมาเรื่อยๆและมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นมาเรื่อยๆเช่นกันแต่ยังคงเหมือนกับตลาดของดิสก์ไดรฟ์ที่มีขนาดต่ำกว่า 3.5 นิ้วคือมีอัตราการเติบโตและความต้องการที่ยังต่ำอยู่เมื่อเทียบกับตลาดของ 3.5 นิ้ว แต่เมื่อมองตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 5.0 นิ้วนั้นนับวันความต้องการของตลาดสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาดใหญ่ๆจะลดลงไปเรื่อยๆและในที่สุดก็คงจะหายไปจากความต้องการของตลาด

THE HAND-HELD COMPUTER SEGMENT

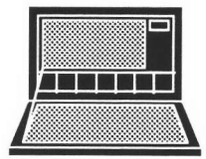


Desktop

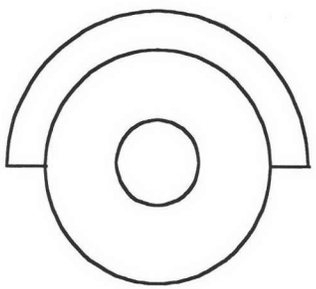
Laptop

Notebook

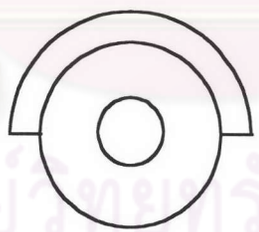
Subnotebook



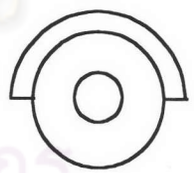
Personal Organizers



3.5" Thinline
Desktops
Laptops



2.5" Drive
Laptops
Notebooks



1.8" Drive
Subnotebook
Pen-Based
Palmtops

Solid State
Flash Memory
Personal
Organizers

รูปที่ 3.2 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาดต่างๆที่ใช้กับคอมพิวเตอร์แต่ละชนิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

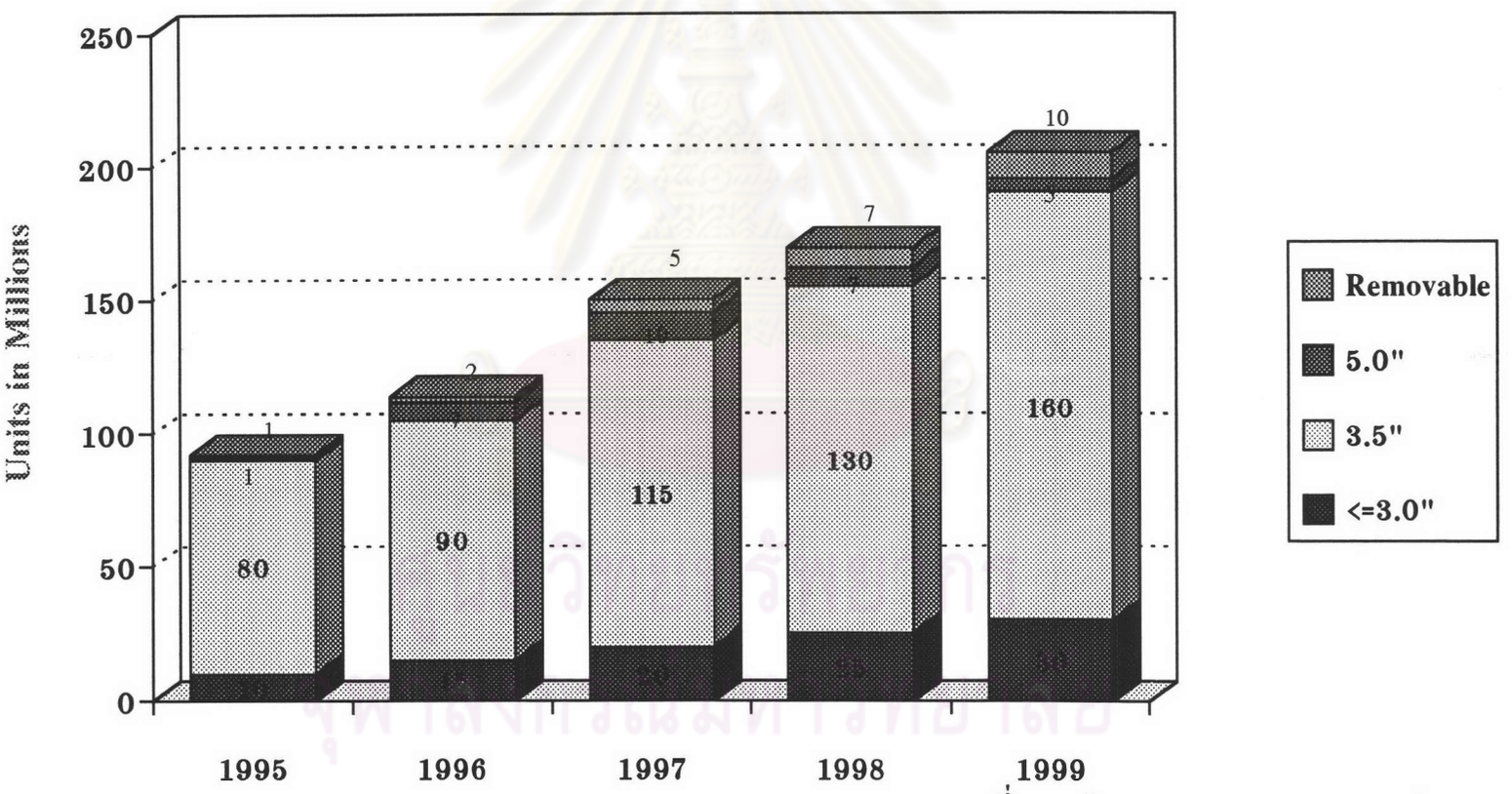
สรุปได้ว่าตลาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ยังมีอัตราการเติบโตที่สูงและมีแนวโน้มการเติบโตและความต้องการฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของตลาดที่สูงอยู่โดยตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในปัจจุบันและในอนาคตยังคงเป็นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้วอยู่และยังคงมีแนวโน้วอย่างนี้ต่อไปอีก ส่วนตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีขนาดต่ำกว่า 3.5 นิ้วนั้นยังคงเป็นตลาดที่เล็กอยู่แต่ก็มีความต้องการของตลาดเพิ่มขึ้นมาเรื่อยๆแต่ยังคงเป็นอัตราที่ต่ำอยู่ ส่วนตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีขนาดใหญ่อย่างเช่น ขนาด 5.0 นิ้วนั้นนับวันความต้องการของตลาดจะลดลงและคงหมดความต้องการในที่สุดโดยกราฟแสดงตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรว์ตามขนาดได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3

3.1.2 ความต้องการของตลาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามประเภทของการใช้งาน

จากการวิเคราะห์ความต้องการของตลาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามประเภทของการใช้งานซึ่งได้แบ่งประเภทของการใช้งานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ทำการวิเคราะห์ดังนี้คือ Portable,Desktop PC , File Server , Workstation และได้ทำการวิเคราะห์จากปี1995 ถึงปี1999 ผลของการวิเคราะห์ตลาดจะพบว่าความต้องการของตลาดหรือส่วนแบ่งตลาดส่วนใหญ่ประมาณ80 เปอร์เซ็นต์จะเป็นตลาดของ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Desktop PC) ทั้งปี 1995 , 1996 และ ปี 1999 โดยในปี1999 ความต้องการของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Desktop PC) มีมากถึงประมาณ 160 ล้านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยที่ความต้องการฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งหมดในปี1999 อยู่ที่ประมาณ 200 ล้านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งนับว่าคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Desktop PC) เป็นส่วนแบ่งตลาดที่ใหญ่มาก และจะเห็นว่าอัตราการเติบโตหรือความต้องการของ Desktop PC มีอัตราความเติบโตหรือต้องการที่เพิ่มขึ้นทุกปี ส่วนความต้องการของ Portable , File Server และ Workstation นั้นในปี 1995 และ ในปี1996 มีความต้องการที่คงที่หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีอัตราการเติบโตเลยแต่มีความต้องการเพิ่มขึ้นในปี1999 ประมาณ 2 เท่าตัวซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการเติบโตและความต้องการหรือตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในปี1999นั้นมีสูงขึ้น รายละเอียดของข้อมูลความต้องการของตลาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามประเภทของการใช้งานได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.4

ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

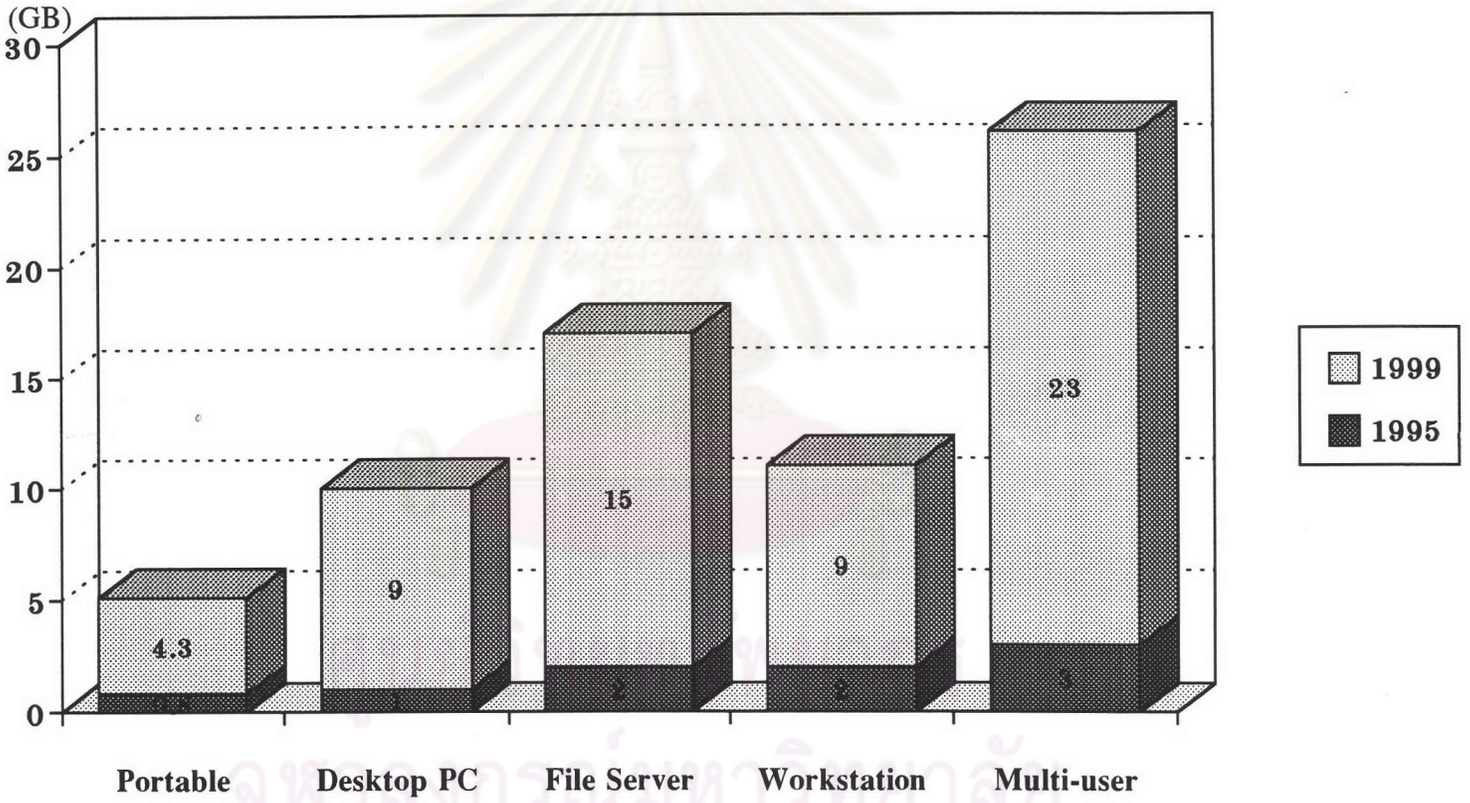
(ล้าน)



.ที่มา : นิตสาร Trend FOCUS Jan.'97

รูปที่ 3.3 ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามขนาด

ความจุที่ต้องการในอนาคต



.ที่มา : นิตสาร Trend FOCUS Jan.'97

รูปที่ 3.4 ความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ต้องการในอนาคต

3.1.3 ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามขนาดความจุแยกตามประเภทของการใช้งาน

จากการวิเคราะห์ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามขนาดความจุที่ต้องการในท้องตลาดโดยแยกออกตามประเภทของการใช้งานโดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบในปี 1995 และปี 1999 จะเห็นว่าความต้องการของท้องตลาดในเรื่องของขนาดความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากในช่วง 4 ปีนี้ในทุกประเภทของการใช้งานซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ความสามารถและเทคโนโลยีจะต้องตามให้ทันตามความต้องการของตลาด ความต้องการความจุที่เพิ่มขึ้นของแต่ละประเภทการใช้งานของคอมพิวเตอร์ได้วิเคราะห์ออกมาดังนี้คือ

	ปี 1995	ปี 1999	จำนวนเท่า
Portable	0.8 GB	4.3 GB	5.4
Desktop PC	1.0 GB	9.0 GB	9.0
File Server	2.0 GB	15 GB	7.5
Workstation	2.0 GB	9.0 GB	4.5
Multi - user	3.0 GB	23 GB	7.7

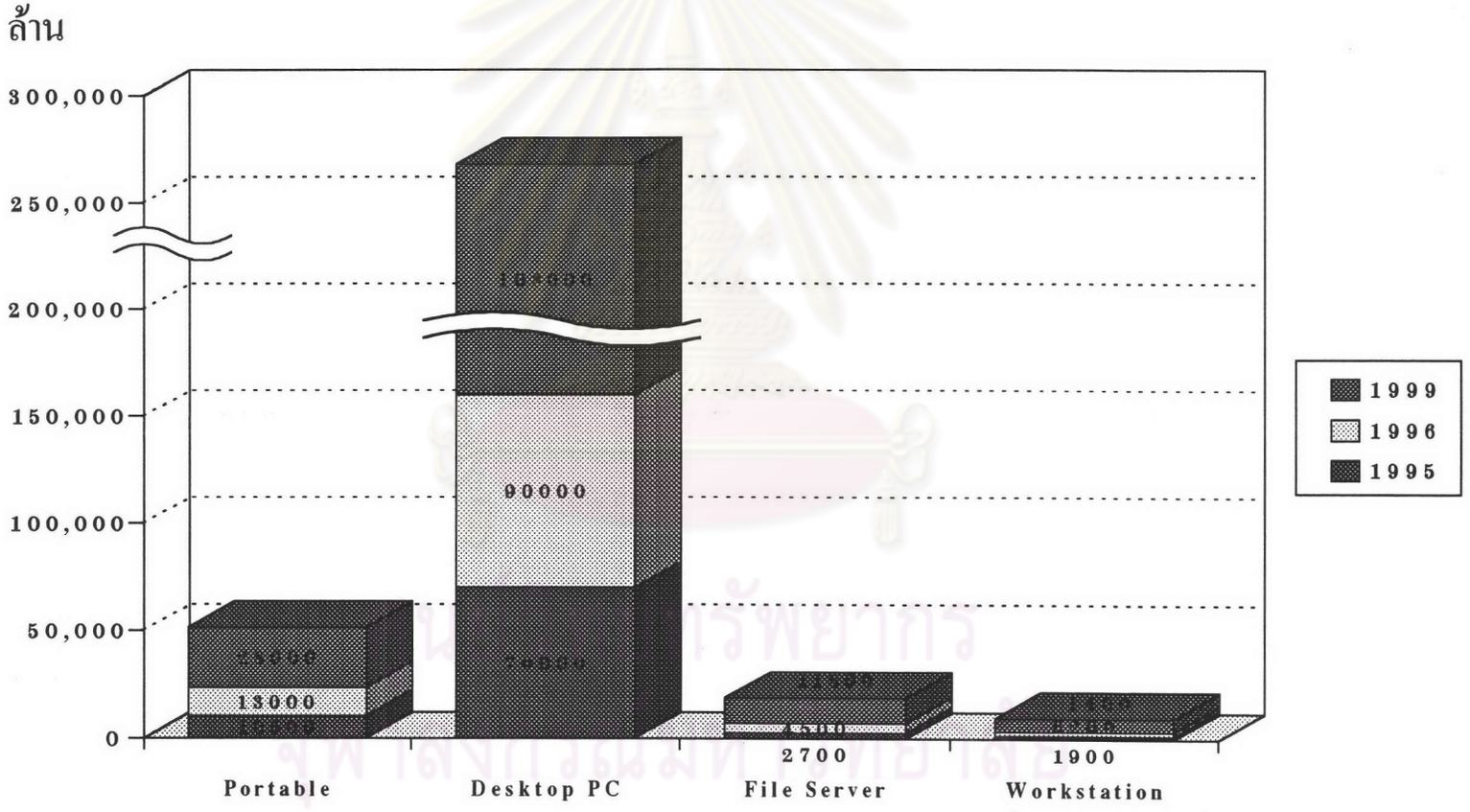
หมายเหตุ : GB หมายถึง กิกะไบต์ ซึ่งต่อไปจะขอใช้คำว่า GB แทนคำว่า กิกะไบต์

ที่มา : นิตยสาร TrendFOCUS Jan '97.

จากข้อมูลข้างบนนี้จะเห็นได้ว่าความต้องการความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เพิ่มขึ้นของตลาดได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าความจุที่ต่ำที่สุดที่ต้องการคือ 4.3 GB และความจุที่มากที่สุดที่ต้องการมากถึง 23 GB และความต้องการความจุที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดถ้าคิดเป็นจำนวนเท่าแล้วจะพบว่ามากถึง 9 เท่า ซึ่งเป็นของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Desktop PC) ซึ่งรองลงมาคือ Muti user และ File Server คือประมาณ 7.7 เท่า และ 7.5 เท่า ซึ่งจะเห็นว่าเทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะต้องทำการพัฒนาคุณภาพในเรื่องของขนาดความจุเพื่อทำการแข่งขันกับความต้องการของตลาดที่มีความต้องการขนาดความจุที่รุนแรงมากขึ้นทุกวัน

รายละเอียดของข้อมูลตลาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตามขนาดความจุแยกตามประเภทของการใช้งานได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.5

การวิเคราะห์ความต้องการฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์



.ที่มา : นิตสาร Trend FOCUS Jan.'97

รูปที่ 3.5 การวิเคราะห์ความต้องการฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

จากการวิเคราะห์ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในด้านต่างๆคือการวิเคราะห์ความต้องการด้านขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ด้านประเภทของการใช้งาน และตามขนาดความจุแยกตามประเภทการใช้งานจะพบว่าตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในปัจจุบันและในอนาคตเป็นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ซึ่งมีส่วนแบ่งตลาดที่สูงมากประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และถ้ามองด้านประเภทของการใช้งานตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะเป็นตลาดของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Desktop PC) ซึ่งมีส่วนแบ่งตลาดสูงถึงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อวิเคราะห์ตลาดในด้านของขนาดความจุตามความต้องการของตลาดแล้วจะพบว่าตลาดในปัจจุบันและในอนาคตมีความต้องการฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีความจุสูงขึ้นทุกวันและมีความรุนแรงมากคืออัตราความต้องการความจุที่สูงขึ้นมีอัตราสูงมากดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.1.3 ดังนั้นจะเห็นว่าทางผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้เล็งเห็นความต้องการของตลาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในอนาคตแล้วก็ได้ให้ความสำคัญกับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้วเป็นส่วนใหญ่เพื่อใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ประเภทส่วนบุคคล (Desktop PC) ดังนั้นเกือบทุกผู้ผลิตได้ให้ความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีและคุณภาพของหัวอ่านและบันทึกและฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้มีความจุที่สูงขึ้นทันต่อตามความต้องการของตลาดในปัจจุบันและในอนาคตและเพิ่มศักยภาพในการผลิตเพื่อลดต้นทุนการผลิตเพื่อแข่งขันกับตลาดและคู่แข่งด้วยโดยเฉพาะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว

3.2 เทคโนโลยีหัวอ่านและบันทึก (Magnetic Recording Head Technology)

เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกได้มีการพัฒนาปรับปรุงมาโดยตลอดจากอดีตถึงปัจจุบันและในอนาคตซึ่งในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงความเป็นมาและเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกในอดีตปัจจุบันและในอนาคตซึ่งเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกที่เปลี่ยนแปลงไปจะเป็นตัวกำหนดกระบวนการผลิตของหัวอ่านและบันทึกด้วยเช่นกัน

เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึก (Magnetic Recording Head Technology) นั้นสามารถแบ่งออกเป็นเทคโนโลยีใหญ่ๆได้ 3 ประเภทคือ

3.2.1 Inductive Head เทคโนโลยี

Inductive Head เป็นชื่อเรียกเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึก (HGA) ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่รู้จักกันเฉพาะในวงการอุตสาหกรรมผลิตHGA Inductive Head เป็นเทคโนโลยีที่เริ่มต้นในการผลิตหัวอ่านและบันทึก (HGA) ซึ่งการผลิตหัวอ่านและบันทึกได้ใช้เทคโนโลยีนี้มาตั้งแต่ปี 1975 จนถึงปัจจุบันแต่ว่าด้วยเทคโนโลยีการผลิตแบบ Inductive Head นี้ยังได้มีการพัฒนาปรับปรุงมาโดยตลอดซึ่งพอที่จะแบ่งย่อยเทคโนโลยีนี้ได้เป็น 2 ชนิดคือ

3.2.1.1 Ferrite Head , MIG Head เทคโนโลยี

Ferrite Head และ Mig Head เทคโนโลยีนั้นเป็นเทคโนโลยีที่เก่าที่สุดที่ใช้ผลิต HGA ซึ่งแน่นอนเป็นเทคโนโลยีแรกในการเริ่มผลิต HGA ชื่อของเทคโนโลยีนั้นเรียกตามวัสดุที่ใช้ในการทำ HGA นั่นคือ Ferrite นั่นเอง โดยช่วงเริ่มต้นการผลิต HGA ด้วยเทคโนโลยีนี้นั้นจะอาศัยแรงงานคนเป็นหลักและต้องอาศัยฝีมือและทักษะของคนสูงมาก เช่น การพันเส้นลวดทองแดงเข้าแกนซึ่งจะใช้เป็นสนามแม่เหล็กสำหรับหัวอ่านและบันทึกของ HGA นั้น (สามารถดูรูปที่ 2.8 ประกอบคำอธิบายจะทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น) จะต้องอาศัยฝีมือและทักษะของคนในการพันเส้นลวดนี้ซึ่งเส้นลวดที่ใช้พันและแกนมีขนาดที่เล็กและบางมากโดยในขั้นตอนหรือขบวนการพันเส้นลวดนี้จะต้องอาศัยกล้องที่มีกำลังขยายถึง 30 เท่าจึงจะสามารถมองเห็นได้ และขั้นตอนการพันเส้นลวดทองแดงนี้ก็เป็นจุดคอขวดของกระบวนการผลิตเป็นอย่างมากและเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุดคือจะได้อัตราการผลิตเพียงประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

การใช้เทคโนโลยีด้วยการพันเส้นลวดทองแดงนี้นอกจากจะมีข้อเสียในเรื่องของอัตราผลผลิต เปอร์เซ็นต์ของเสียแล้ว ด้วยเทคโนโลยีนี้ยังมีข้อจำกัดในการเพิ่มขีดความสามารถในเรื่องของความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยคือว่าในการเพิ่มความจุหรือประสิทธิภาพของหัวอ่านนั้นปัจจัยหนึ่งก็คือจำนวนของขดลวดที่พันรอบแกน กล่าวคือถ้าจำนวนขดลวดยิ่งมากเท่าไรก็จะทำให้ประสิทธิภาพการเขียนและอ่านข้อมูลดีขึ้นเท่านั้นแต่ว่าด้วยปัจจัยอีกข้อหนึ่งที่ถูกจำกัดไว้เช่นกันก็คือ ช่องว่างระหว่างแกนของขดลวดทั้งสอง (Gap) ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.1.6 กล่าวคือถ้า HGA มี Gap ยิ่งเล็กก็จะทำให้ความหนาแน่นของการบันทึกข้อมูลนั้นมากแต่อยู่ที่ระดับหนึ่งแต่ในทางตรงกันข้ามถ้า HGA มี Gap ใหญ่ก็จะทำให้ความหนาแน่นของการบันทึก

ข้อมูลนั้นน้อยไปด้วย และอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเพิ่มความจุของการบันทึกข้อมูลของ HGA ก็คือระยะห่างระหว่าง HGA กับ แผ่นข้อมูล (Media) หรือที่เรียกกันในวงการอุตสาหกรรมว่าระยะการบิน กล่าวคือว่าถ้าระยะการบินยิ่งน้อยก็จะทำให้ประสิทธิภาพการบันทึกข้อมูลของ HGA นั้นดีขึ้นด้วยและระยะการบินจะน้อยหรือต่ำลงได้ก็จำเป็นจะต้องพัฒนาหลายด้านอาทิเช่นขนาดของSlider (Slider เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ HGA ซึ่งจะได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 ในหัวข้อของกระบวนการผลิต HGA) การออกแบบหน้าสัมผัสกับแผ่นข้อมูลของ HGA เพื่อให้มีการลู่ลมมากขึ้น และอื่นๆซึ่งจากปัจจัยใหญ่ ๆ ที่มีผลต่อการเพิ่มความสามารถในเรื่องของความจุของ HGA นั้น จะเห็นว่าเทคโนโลยี Ferrite Head ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของปัจจัยทั้ง 3 นี้อยู่และไม่สามารถที่จะเพิ่มขีดความสามารถของเทคโนโลยี Ferrite Head ในปัจจัยทั้ง 3 นี้ได้อีก เช่น ไม่สามารถที่จะเพิ่มปริมาณจำนวนรอบการพันของเส้นลวดได้อีกเนื่องจากถูกจำกัดอยู่ที่ขนาดของเส้นลวดและพื้นที่ในการพัน และก็ไม่สามารถที่จะลดช่องว่างระหว่างขดลวดได้ (Gap) เพราะว่าถ้าลด Gap ก็จะส่งผลทำให้จำนวนรอบของการพันเส้นลวดลดลง ส่วนเรื่องของการบินนั้นก็จะถูกจำกัดตรงขนาดของ Slider ที่ใหญ่และไม่สามารถที่จะลดลงได้อีกเพราะติดข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนรอบของเส้นลวด ซึ่งด้วยข้อจำกัดอันมากมายนี้ทำให้ Ferrite Head เทคโนโลยีมีขีดความสามารถสูงสุดในด้านความจุหรือความหนาแน่นของข้อมูลที่บันทึก (Areal density) อยู่ที่ประมาณ 250 เมกกะบิทต่อตารางนิ้ว (Mbit / in) ดังนั้นด้วยข้อจำกัดอันมากมายของ Ferrite Head เทคโนโลยีจึงทำให้ต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้นเพื่อแก้ข้อจำกัดของ Ferrite Head เทคโนโลยีที่มีอยู่และเพื่อเพิ่มศักยภาพในเรื่องของขนาดความจุของการบันทึกข้อมูลของ HGA และตอบสนองความต้องการของตลาดที่ต้องการความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพิ่มขึ้น

3.2.1.2 Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยี

Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อมาแทนที่และแก้ไขข้อจำกัดของ Ferrite Head โดย Thin Film เทคโนโลยีนี้ได้เริ่มถูกนำเอาเข้ามาใช้ในปี 1987 โดยคำว่า Thin Film นั้นได้ถูกเรียกตามลักษณะของเทคโนโลยี กล่าวคือ Thin Film คือลักษณะของแผ่นบางๆของเส้นลวดที่พันรอบแกนมาเรียบร้อยแล้วโดยใช้เครื่องจักรในการผลิตโดยไม่ต้องอาศัยฝีมือทักษะของคนอีกต่อไปและลักษณะการพันเส้นลวดรอบแกนนั้นก็

จะเป็นระเบียบเรียบร้อยมากและเป็นมาตรฐานคือเหมือนกันทุกๆตัว ซึ่งจากการพันเส้นลวดรอบแกนด้วยเครื่องจักรนี้ทำให้แผ่นของเส้นลวดที่พันรอบแกนมีความบางมากโดยมีหน่วยเป็นพันในนิ้ว (Thin Film) ด้วยความบางของ Thin Film นี้เองได้ส่งผลให้สามารถลดระยะห่างของ Pole Tip (Gap) ได้ซึ่งเมื่อสามารถลด Gap ให้เล็กลงได้นั่นก็หมายความถึงความหนาแน่นหรือความจุในการบันทึกข้อมูลได้ถูกเพิ่มขึ้นไปอีกระดับหนึ่งและด้วยความบางของแผ่น Thin Film นี้ก็ยังได้ส่งผลทำให้สามารถลดขนาดของ Slider ได้ถึง 30% คือลดขนาดของ Slider จากขนาด 100% เมื่อยังใช้ Ferrite Head เทคโนโลยีอยู่ลงมาเป็นขนาด 70% ซึ่งในอุตสาหกรรมจะเรียก Slider ขนาด 70% นี้ว่า Micro Slider และเมื่อขนาดของ Slider ลดลงก็จะส่งผลต่อเนื่องทำให้ระยะการบินลดลงด้วยและเมื่อระยะการบินลดลงก็จะส่งผลต่อเนื่องทำให้ประสิทธิภาพของการบันทึกข้อมูลของ HGA ดีขึ้นหรือเป็นการเพิ่มความจุในการบันทึกข้อมูลของ HGA ให้ดีขึ้น

Thin Film Head เทคโนโลยีได้พัฒนาขึ้นมาแทนที่ Ferrite Head เทคโนโลยีและมีประสิทธิภาพสูงกว่าก็จริงแต่ว่า Thin Film เทคโนโลยีก็มีข้อจำกัดเหมือนกันซึ่งเมื่อถึงจุดๆหนึ่ง Thin Film เทคโนโลยีก็ไม่สามารถที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการบันทึกข้อมูลหรือความจุได้อีกซึ่งขีดความสามารถสูงสุดในเรื่องของความจุ (Areal Density) ของ Thin Film เทคโนโลยีจะอยู่ที่ประมาณ 500 เมกกะบิทต่อตารางนิ้ว (Mbit / in) ซึ่งสูงกว่า Ferrite Head เทคโนโลยีอยู่ประมาณ 2 เท่าตัว แต่ก็นับว่ายังเป็นความจุที่ต่ำอยู่ ข้อจำกัดที่ทำให้ Thin Film Head เทคโนโลยีไม่สามารถจะเพิ่มขีดความสามารถได้ก็คือการเขียนข้อมูล และ การอ่านข้อมูลของ Thin Film Head เทคโนโลยียังถูกออกแบบมาขัดแย้งกันอยู่โดยที่ระบบการเขียนและการอ่านยังคงใช้ Pole Tip ตัวเดียวกันซึ่งการใช้ Pole Tip ตัวเดียวกันทั้งการอ่านและการเขียนจะส่งผลทำให้เกิดผลเสียดังนี้คือ ระบบการเขียนข้อมูลต้องการหัว Pole Tip ที่มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะเล็กได้หรืออีกนัยหนึ่งก็คือต้องการช่องว่างระหว่างแกนของลวดที่เล็กที่สุดและยาวน้อยที่สุดนั่นก็คือ Gap และ TPW เล็กๆ นั่นเอง (Gap และ TPW ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1.6) เพราะว่าการที่หัว Pole Tip มีขนาดเล็กมากเท่าไรก็จะทำให้การบันทึกข้อมูลหรือการเขียนข้อมูลลงบนแผ่นข้อมูล (Media) สามารถทำได้มากเท่านั้น (ได้อธิบายเรื่องของความหนาแน่นของการเขียนข้อมูลลงบนแผ่นข้อมูลในหัวข้อที่ 2.1.6 และได้อธิบายด้วยรูปในรูปที่ 2.9 และ 2.10 เพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น) แต่ในทางตรงกันข้ามโดยสิ้นเชิงระบบการอ่านข้อมูลกลับต้องการหัว Pole Tip ที่มีขนาดใหญ่ๆเพราะว่าการที่หัว Pole Tip มีขนาดใหญ่มากเท่าไรก็จะทำให้การเหนี่ยวนำเก็บเอาข้อมูลจากแผ่นข้อมูล

(Media) ขึ้นมาได้เท่านั้นหรืออาจพูดได้ว่าการอ่านข้อมูลก็จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเท่านั้นจะเห็นได้ว่าระบบการเขียนและการอ่านข้อมูลได้ถูกออกแบบมามีความขัดแย้งกันเองดังนั้นทางออกของ Thin Film เทคโนโลยี ที่จะทำได้ดีที่สุดก็คือการทำให้หัว Pole Tip มีขนาดที่เหมาะสมที่สุดทั้งการเขียนและการอ่านข้อมูล แต่ว่าขนาดของหัว Pole Tip ก็จะถูกจำกัดไว้จุดๆ หนึ่งเพราะว่าเมื่อถึงจุดๆหนึ่งแล้วจะทำให้การเขียนไม่สามารถเขียนได้เพราะว่าการอ่านข้อมูลไม่สามารถจะกระทำได้นั่นเอง และถึงแม้ว่าจะมองไปที่การเพิ่มจำนวนรอบของลวดทองแดงเพื่อเพิ่มความสามารถในการบันทึกข้อมูลดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้วนั้นก็ไม่ใช่ทางออกที่ดีเพราะว่าการเพิ่มจำนวนรอบของลวดทองแดงนั้นก็จะมีขีดจำกัดเช่นกันเพราะถึงแม้ว่าการเพิ่มจำนวนรอบของลวดทองแดงมากขึ้นจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้ามากขึ้นก็ตามแต่ว่าการเหนี่ยวนำที่เพิ่มขึ้นนี้ (Inductance สูง) จะส่งผลกระทบทำให้เกิดปัญหากับอุปกรณ์ภายในของคอมพิวเตอร์ได้ซึ่งเรียกอุปกรณ์ตัวนี้ว่า Pre-Amp Board จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีได้พัฒนาขึ้นมาอีกระดับหนึ่งโดยมาแทนที่ Ferrite Head เทคโนโลยี แต่ทว่าตัวของ Thin Film (Inductive) Head เองนั้นก็มีขีดจำกัดอันเนื่องมาจากการออกแบบที่ไม่สมดุลย์ลงตัวระหว่างการเขียนและการอ่านข้อมูลทำให้ไม่สามารถเพิ่มความสามารถในเรื่องของความจุข้อมูลได้มากขึ้นไปอีกดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีเทคโนโลยีใหม่ๆเพื่อมาปรับปรุงแก้ไขข้อจำกัดของ Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีและเพื่อเพิ่มความสามารถในเรื่องของความจุข้อมูลเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดที่ต้องการฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีความจุสูงๆ

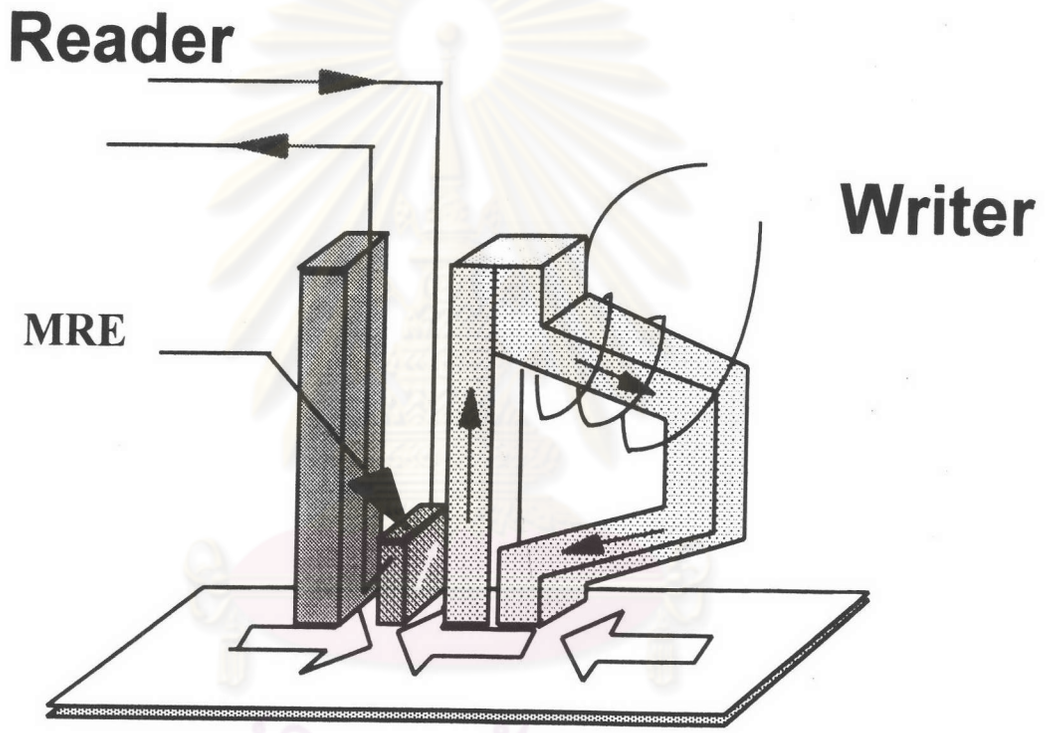
3.2.2 <u>Magneto - Resistive (MR) Head เทคโนโลยี</u>

Magneto - Resistive (MR) Head เทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาทดแทนที่ Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีโดยการแก้ไขข้อจำกัดของ Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีและปรับปรุงเทคโนโลยีใหม่เข้าไปอีกเพื่อเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพในการบันทึกข้อมูล โดยที่ Magneto - Resistive (MR) Head เทคโนโลยีได้เริ่มเข้ามาใช้ในการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูลเป็นครั้งแรกในราวปี 1991โดยฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวแรกที่ผลิตด้วยหัวอ่านและบันทึกที่ใช้ MR เทคโนโลยีได้ถูกผลิตขึ้นโดยบริษัท IBM แต่ในช่วงเวลานั้นยังคงเป็นเพียงแค่การผลิตกึ่งการทดลองซึ่งยังคงไม่ใช่ผลิตเพื่อการตลาดหรือผลิตเป็นปริมาณมาก MR เทคโนโลยีที่เริ่มเข้ามาใช้ผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อการตลาดจะอยู่ในราวปี 1996

แต่ว่าหลังจากที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวแรกที่ผลิตด้วยหัวอ่านและบันทึกแบบ MR ได้ถูกผลิตขึ้นโดย IBM แล้วนั้นทุกบริษัทก็ได้ตื่นตัวและทำการพัฒนาเทคโนโลยีนี้อย่างจริงจังซึ่งจะเห็นได้ว่านับจาก 1991ความหนาแน่นของการบันทึกข้อมูล (Areal density) ของดิสก์ไดรฟ์ที่ผลิตด้วยหัวอ่านและบันทึก MR จะมีความหนาแน่นของการบันทึก (Areal density) เพิ่มขึ้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ต่อปี และคาดว่า MR เทคโนโลยีนี้จะเข้ามาทั้งหมดหรือ 100 เปอร์เซ็นต์ในปี 1998 ซึ่ง Magneto - Resistive (MR) Head เทคโนโลยียังได้แบ่งออกเป็นอีก 2เทคโนโลยีคือเทคโนโลยีในปัจจุบันและเทคโนโลยีในอนาคตซึ่งทั้ง 2 เทคโนโลยีนี้ก็คือ

3.2.2.1 Magneto - Resistive (Thin Film) Head เทคโนโลยี

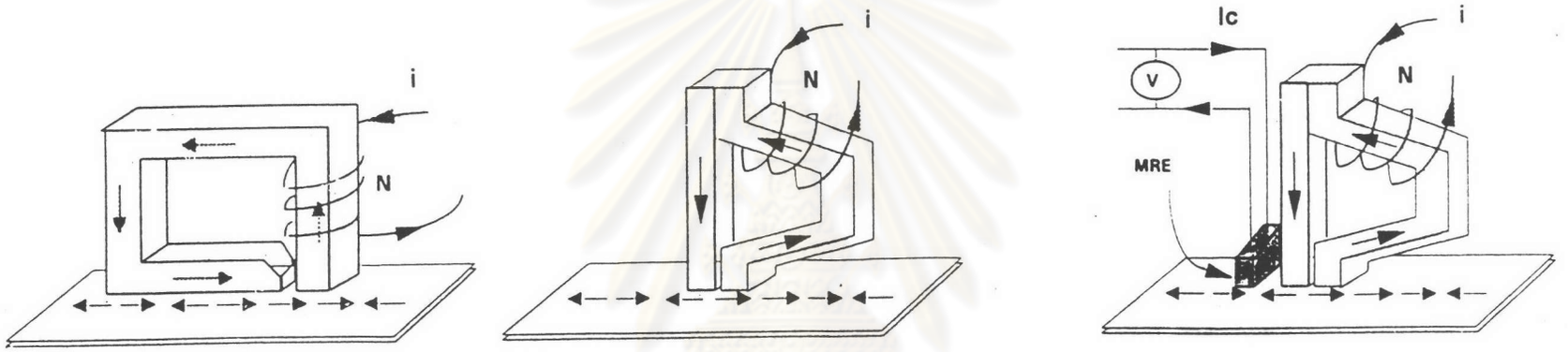
Magneto - Resistive (Thin Film) Head เทคโนโลยี ซึ่งต่อไปขอใช้คำว่า MR เทคโนโลยีแทนซึ่งเป็นคำเรียกที่รู้จักกันในวงการอุตสาหกรรม MR เทคโนโลยีได้เริ่มเข้ามาใช้ในการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูลในราวปี 1996 ซึ่ง ณ เวลานั้นก็ได้มีการพัฒนาขนาดของ Slider ให้มีขนาดเล็กลงด้วยกล่าวคือ MR เริ่มเข้ามาพร้อมกับ Slider ขนาด 50 % หรือที่เรียกว่า Nano Slider และคาดว่าในการผลิตหัวอ่านและบันทึกจะใช้ MR เทคโนโลยีนี้ทั้งหมดในปี 1998 หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีจะถูกยกเลิกหรือหายไปในที่สุด จากที่ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของ Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้แล้วนั้น MR เทคโนโลยีก็คือเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาแทนที่และแก้ไขข้อผิดผลาดหรือข้อจำกัดของ Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยี โดยที่ MR เทคโนโลยีนี้จะเหมือนกับ Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีตรงระบบการเขียนข้อมูลโดยยังคงอาศัยหัว Pole Tip ในการเขียนข้อมูลอยู่ซึ่งใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Faraday's Law) แต่ส่วนที่ MR เทคโนโลยีต่างออกไปหรือสิ่งที่พัฒนาขึ้นมาก็คือ ระบบการเขียน โดยที่ระบบการเขียนข้อมูลของ MR เทคโนโลยีจะไม่ใช้หัว Pole Tip และไม่ใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ระบบการเขียนข้อมูลของ MR เทคโนโลยีนั้นได้ใช้หลักการของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสนามแม่เหล็กให้มาเป็นค่าของความต่างศักย์ (Voltage) โดยอาศัยหลักการของความต้านทาน (Resistance) ในการแปลงสัญญาณจากสนามแม่เหล็กมาเป็นค่าความต่างศักย์โดยในการแปลงสัญญาณนี้จะอาศัยแผ่น MR หรือที่เรียกว่า MR Element เป็นตัวแปลงสัญญาณ โดยได้แสดงรูปของระบบการเขียนข้อมูลและระบบการอ่านข้อมูลของ MR เทคโนโลยีไว้ในรูปที่ 3.6 และได้



รูปที่ 3.6 ระบบการเขียนและการอ่านข้อมูลของ MR

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Ferrite Head Thin Film (Inductive) Head MR Head

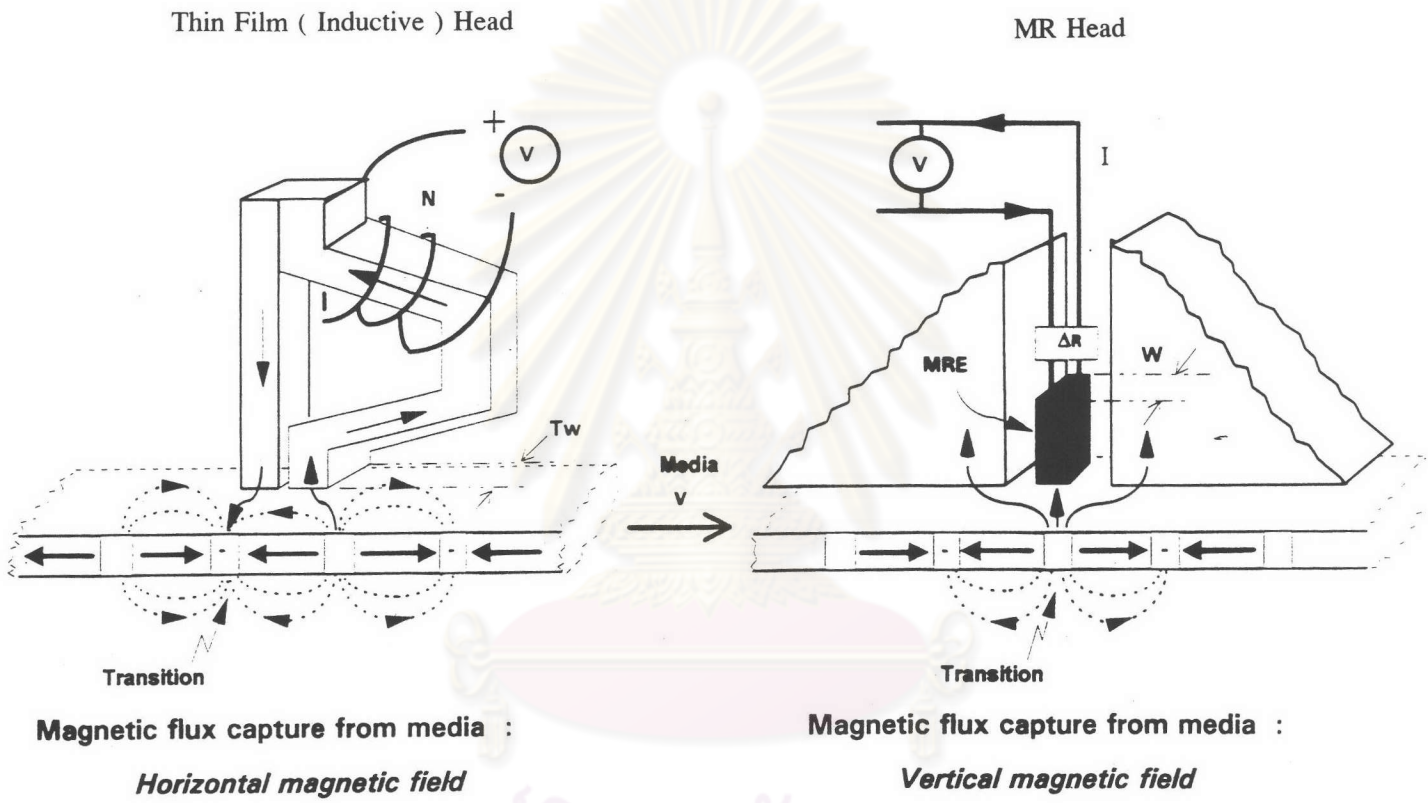
รูปที่ 3.7 การเปรียบเทียบระบบการบันทึกข้อมูลของ Ferrite Head , Thin Film และ MR

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงรูปการเปรียบเทียบระบบการเขียนข้อมูลและระบบการอ่านข้อมูลของเทคโนโลยีทั้ง 3 คือ Ferrite Head , Thin Film (Inductive) Head และ MR Head ไว้ในรูปที่ 3.7 แผ่น MR Element นี้เป็นเทคโนโลยีที่ยังคงเป็นความลับอยู่ของแต่ละผู้ผลิตแต่โดยหลักการแล้ว MR Element จะประกอบไปด้วยชั้นของสารอยู่ 3 ชั้นซึ่งแต่ละชั้นนั้นบางมากๆและมีหน้าที่แตกต่างกันไปโดยจะประกอบไปด้วยสารดังต่อไปนี้คือ ชั้นที่1 คือ Lead ชั้นที่ 2 คือ MnFe ส่วนชั้นที่3 คือ NiFe แต่สัดส่วนการผสมความหนาบางและการวางเรียงชั้นรวมถึงเทคโนโลยีต่างๆของ MR จะเป็นความลับของแต่ละผู้ผลิต และข้อดีของการใช้ MR Element ในการอ่านข้อมูลนั้นก็คือ MR จะอ่านข้อมูลซึ่งเป็นสนามแม่เหล็กในทางแนวดิ่งซึ่งเรียกว่า (Vertical Magnetic Field) ซึ่งการอ่านข้อมูลโดยรับสัญญาณสนามแม่เหล็กในแนวดิ่งนั้นจะทำให้เกิดความสูญเสียของสัญญาณน้อยมากเมื่อเทียบกับการรับสัญญาณแบบเก่าคือแบบของ Thin Film (Inductive) Head ซึ่งจะรับสัญญาณสนามแม่เหล็กในแนวราบซึ่งเรียกว่า (Horizontal Magnetic Field) โดยการรับสัญญาณในแนวแกนราบนี้จะทำให้เกิดความสูญเสียของสัญญาณมากกว่าการรับในแนวดิ่ง โดยรูปที่ 3.8 ได้แสดงการรับสัญญาณสนามแม่เหล็กในแนวดิ่งของ MR และในแนวราบของ Thin Film (Inductive) Head

นอกจากข้อดีในเรื่องของการรับสัญญาณในแนวดิ่งของ MR แล้ว MR ยังมีข้อดีอื่นๆอีกมากคือ เมื่อเกิดการแยกระบบการอ่านข้อมูลออกมาจากระบบการเขียนข้อมูลโดยเด็ดขาดแล้วนั่นหมายความว่าข้อจำกัดเก่าๆในเรื่องของ Gap , TPWG และหัว Pole Tip ที่ระบบการเขียนข้อมูลและระบบการอ่านข้อมูลยังคงต้องใช้ร่วมกันและมีขีดจำกัดดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้นั้นก็จะถูกจำกัดโดยสิ้นเชิงกล่าวคือสามารถที่จะเพิ่มศักยภาพในการระบบการเขียนข้อมูลได้โดยการลดขนาดของหัว Pole Tip ให้เล็กลงซึ่งนั่นหมายถึงการลดขนาดของ Gap และ TPWG ให้เล็กลงได้โดยไม่ติดปัญหากับระบบการอ่านข้อมูลอีกต่อไปและระบบการอ่านข้อมูลโดยอาศัย MR Element ซึ่งได้อาศัยการแปลงสัญญาณสนามแม่เหล็กมาเป็นสัญญาณความต่างศักย์โดยอาศัยหลักการของความต้านทานมาช่วยนั้นจะสามารถทำให้กำจัดปัญหาข้อจำกัดในเรื่องของความเร็วรอบของแผ่นข้อมูล (Media) เพราะว่าเทคโนโลยี Thin Film (Inductive) Head มีข้อจำกัดข้อหนึ่งก็คือว่าไม่สามารถที่จะเพิ่มความเร็วรอบของแผ่นข้อมูลได้เกินจุดๆหนึ่งเพราะว่าจะทำให้ไม่สามารถอ่านข้อมูลได้อันเนื่องมาจากขนาดของ Pole Tip ที่เล็กไม่สามารถที่จะจับสัญญาณได้ดีแต่ถ้าหาก Pole Tip มีขนาดใหญ่ก็จะทำให้การเขียนข้อมูลไม่ดี แต่เทคโนโลยี MR ไม่ได้ใช้หลักการอย่างเก่าแล้วจึงทำให้ข้อจำกัดในเรื่องของความเร็วรอบของแผ่นข้อมูลไม่มีผลต่อ MR และเมื่อ



รูปที่ 3.8 การรับสัญญาณสนามแม่เหล็กในแนวดิ่งของ MR
และในแนวราบของ Thin Film (Inductive) Head

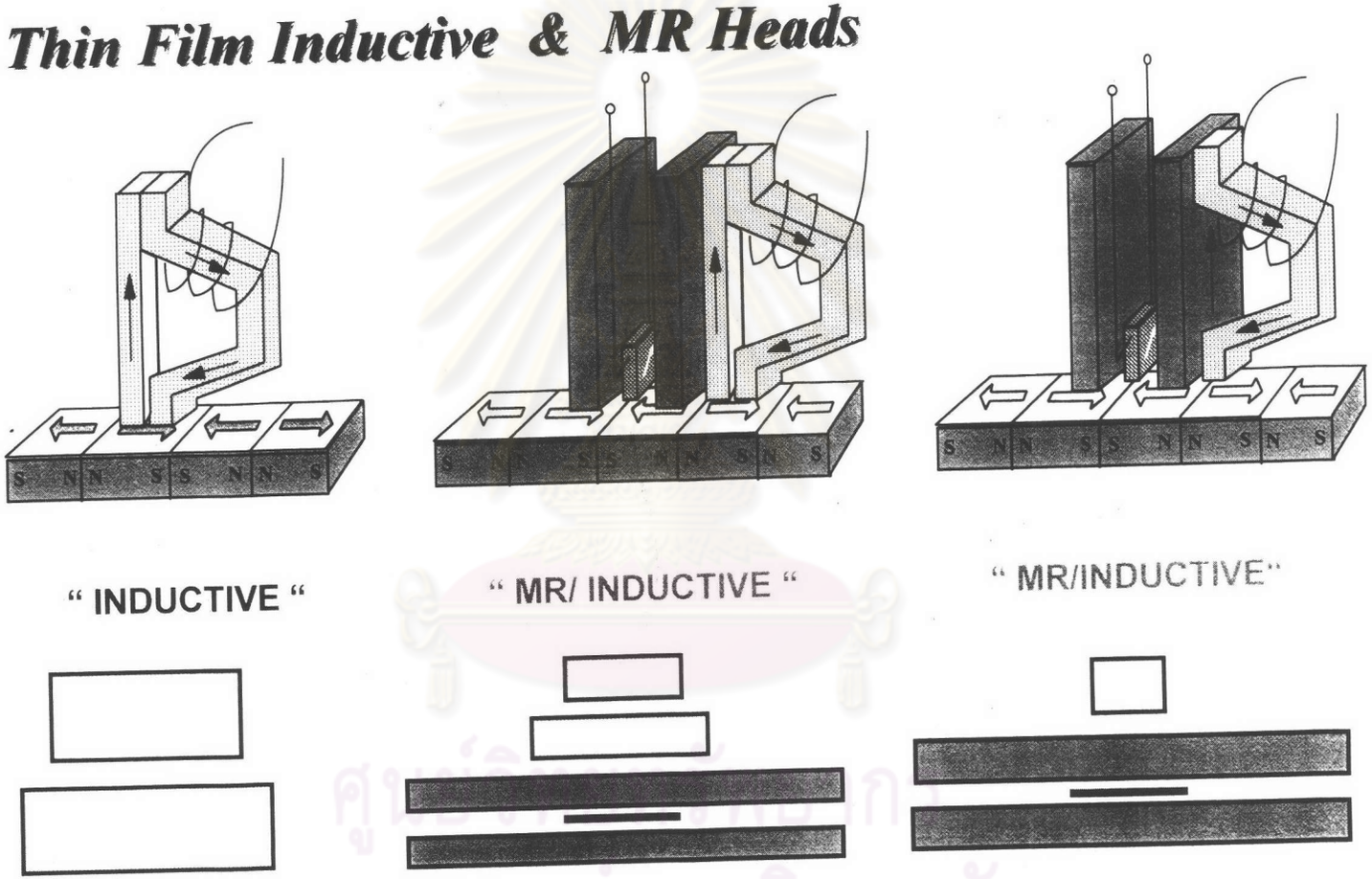
ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สามารถเพิ่มความเร็วรอบของแผ่นข้อมูลได้แล้วก็จะหมายความถึงการเขียนและอ่านข้อมูลสามารถทำได้อย่างรวดเร็วขึ้นนอกจากนี้ MR ยังมีข้อดีอีกข้อหนึ่งก็คือสามารถที่ลดข้อจำกัดในเรื่องจำนวนรอบของลวดทองแดงได้โดยที่ MR สามารถที่จะเพิ่มจำรวนรอบของลวดทองแดงได้โดยไม่มีผลกระทบต่ออุปกรณ์ของคอมพิวเตอร์ (Pre - Amp) เพราะว่า MR รับสัญญาณในแนวดิ่งอย่างที่ได้กล่าวมาแล้วดังนั้นการเหนี่ยวนำที่มากขึ้นอันเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนรอบของลวดทองแดงจะไม่มีผลกระทบต่อ MR และเมื่อไม่มีผลกระทบต่อ MR แล้วก็จะไม่มีผลกระทบต่อระบบของ Pre - Amp ด้วยเพราะว่าระบบของ Pre - Amp จะเป็นระบบที่มีผลกระทบมาจากการอ่านข้อมูลโดยตรง

การใช้เทคโนโลยี MR Element ในระบบการอ่านข้อมูลโดยแยกขาดจากระบบการเขียนข้อมูลนั้นนับว่าได้เป็นการแก้ไขข้อบกพร่องการออกแบบของ Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยี และยังเพิ่มขีดความสามารถในการเขียนและอ่านข้อมูลอีกด้วย แต่ว่าขีดความสามารถของ MR เทคโนโลยีก็มีข้อจำกัดเหมือนกันโดยที่ขีดความสามารถในเรื่องของความจุสูงสุดในการบันทึกข้อมูล ณ ปัจจุบัน จะอยู่ที่ประมาณ 3 - 10 กิกะบิทต่อตารางนิ้ว (Gbit / in) ข้อจำกัดของ MR เทคโนโลยีก็คือประสิทธิภาพในการแปลงสัญญาณจากสนามแม่เหล็กโดยอาศัยหลักการความต้านทานของ MR Element มาเป็นสัญญานความต่างศักย์ทางไฟฟ้านั้นยังคงมีประสิทธิภาพในการแปลงสัญญาณต่ำอยู่โดยประสิทธิภาพในการแปลงสัญญาณของ MR เทคโนโลยีในปัจจุบันนี้จะอยู่ที่ประมาณ 2 - 10 เปอร์เซ็นต์ซึ่งนับว่าน้อยมากและยังส่งผลกระทบต่อระบบการเขียนข้อมูลด้วยเพราะว่าระบบการอ่านของ MR ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของประสิทธิภาพการอ่านข้อมูลอยู่กล่าวคือด้วยประสิทธิภาพการแปลงสัญญาณที่ต่ำนี้ส่งผลทำให้ระบบการอ่านไม่สามารถที่จะอ่านข้อมูลที่มีบิท (Bit) ที่มีขนาดเล็กมากๆได้ จึงทำให้การเขียนข้อมูลต้องเขียนขนาดของบิทให้อยู่ในขนาดที่ระบบการอ่านข้อมูลสามารถอ่านได้หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่ายังมีข้อจำกัดในเรื่องของการลดขนาด Gap และ TPWG อยู่ แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า MR ยังมีข้อจำกัดอยู่แต่ถ้าเทียบกับ Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีแล้วก็ยังนับว่า MR มีศักยภาพและประสิทธิภาพเหนือกว่ามาก

ได้แสดงโครงสร้างของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลโดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง Thin Film (Inductive) Head และ MR Head ไว้ในรูปที่ 3.9 และได้แสดงโครงสร้างภายในของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลโดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง Thin Film (Inductive) Head และ MR Head ไว้ในรูปที่ 3.10 และ รูปที่ 3.11

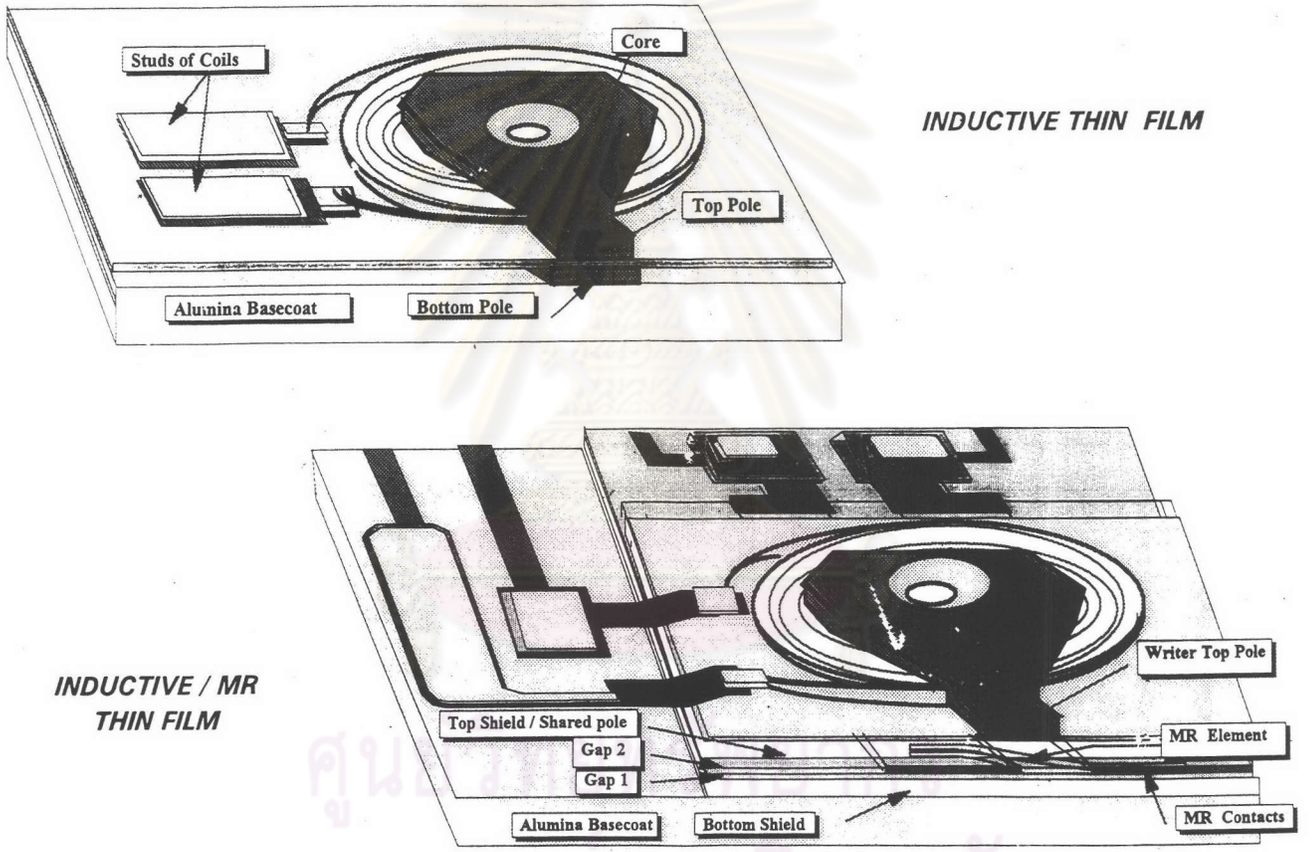


รูปที่ 3.9 การเปรียบเทียบลักษณะของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลระหว่าง

MR กับ Thin Film (Inductive) Head

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

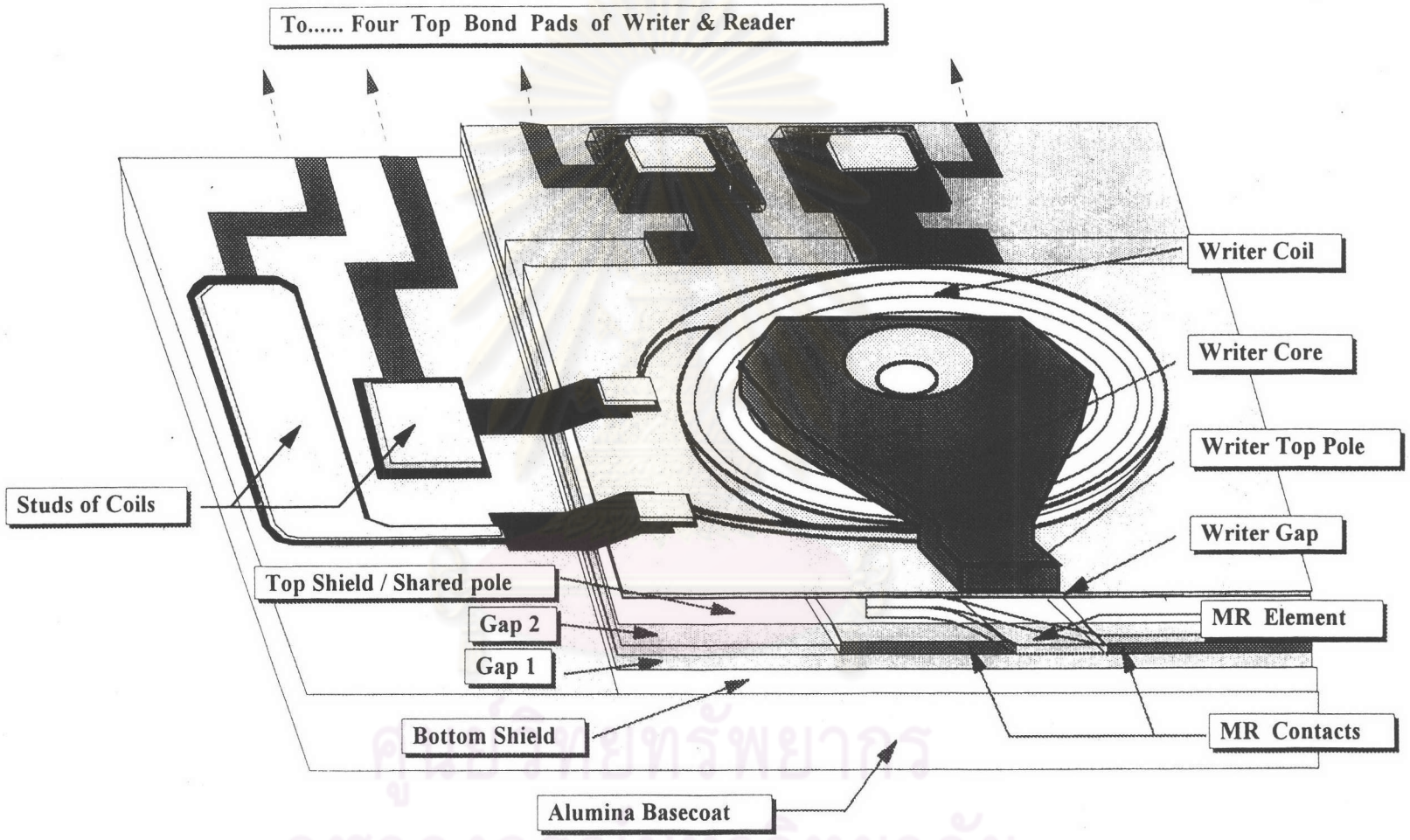


รูปที่ 3.10 การเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของหัวบันทึกข้อมูลระหว่าง

MR กับ Thin Film (Inductive) Head

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 โครสร้างภายในของหัวบันทึกข้อมูลของ MR

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2.2 Giant Magneto - Resistive (Thin Film) Head or Spin Valve Head

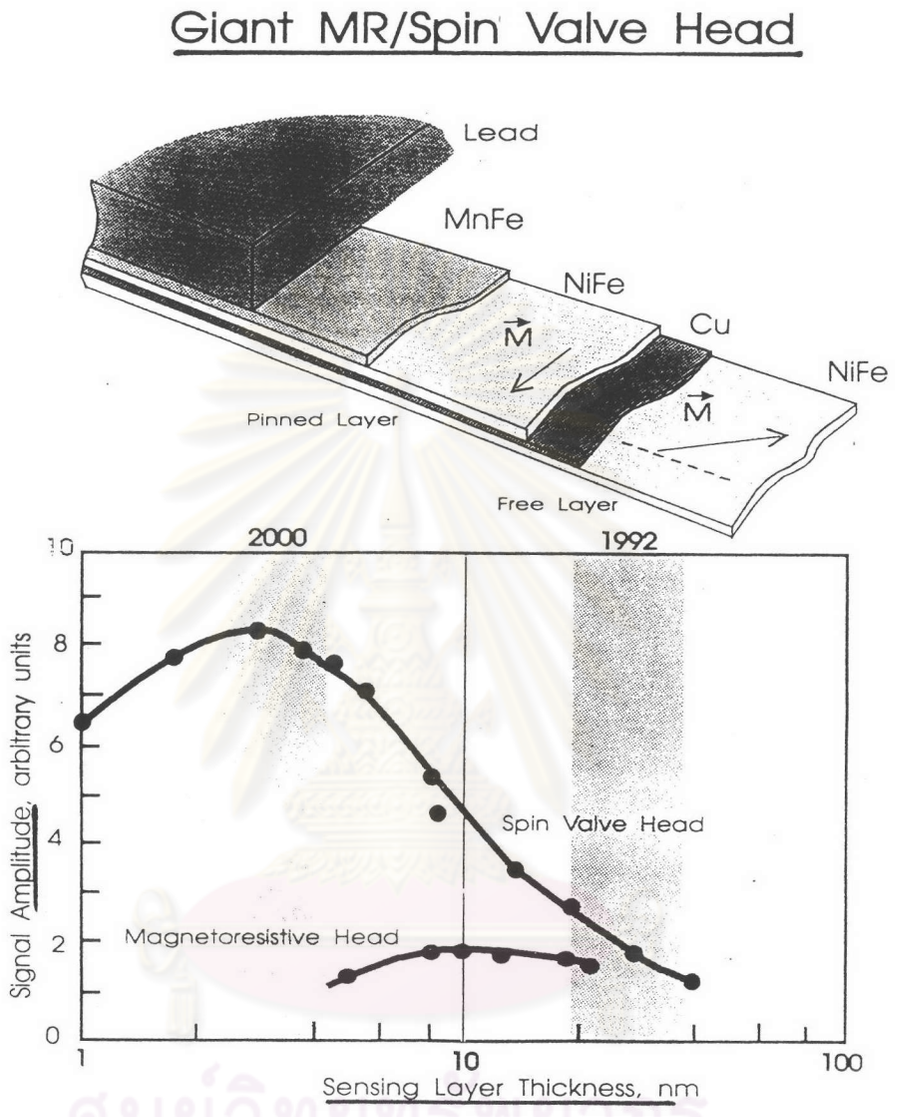
Giant Magneto - Resistive (Thin Film) Head หรือ ถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Spin Valve Head แต่ในที่นี้จะขอเรียกว่า GMR เทคโนโลยี ซึ่งเป็นชื่อเรียกและเป็นที่รู้จักกันในวงการอุตสาหกรรม GMR เทคโนโลยีไม่ใช่เป็นเทคโนโลยีในปัจจุบันที่ใช้ผลิตหัวอ่านและบันทึกแต่ว่า GMR เป็นเทคโนโลยีในอนาคตซึ่งคาดว่าจะสามารถเริ่มต้นใช้ GMR เทคโนโลยีในการผลิตหัวอ่านและบันทึกได้ในราวปี 2,000 และคาดการณ์เอาไว้ว่า GMR เทคโนโลยีจะสามารถเพิ่มขีดความสามารถในด้านการบันทึกข้อมูลโดยจะเพิ่มความจุข้อมูลสูงถึง 20 - 70 กิกะบิทต่อตารางนิ้ว (Gbit / in) ซึ่งนับว่าเป็นความจุที่สูงมากและสามารถที่จะตอบสนองความต้องการของตลาด ณ เวลานั้นได้

GMR เทคโนโลยี จะถูกพัฒนามาจาก MR เทคโนโลยีโดยที่ GMR นั้นจะทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและขีดจำกัดของ MR เทคโนโลยี ดังนั้น GMR จะยังคงใช้ระบบการเขียนข้อมูลและระบบการอ่านข้อมูลเหมือนกับ MR เทคโนโลยีทุกประการโดยระบบการเขียนข้อมูลยังคงอาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยอาศัยหัว Pole Tipในการเขียนข้อมูลส่วนระบบการอ่านข้อมูลนั้นยังคงใช้ MR Element ในการแปลงสัญญาณสนามแม่เหล็กมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดยวัดหน่วยเป็นโวลต์ โดยแผ่น MR Element จะเป็นเหมือนความต้านทานตัวหนึ่งที่มีความไวต่อสนามแม่เหล็กสูงมากๆ แต่ทว่าอย่างที่กล่าวไว้แล้วนั้น MR Element ยังมีข้อบกพร่องหรือขีดจำกัดอยู่นั่นก็คือประสิทธิภาพการแปลงสัญญาณจากสนามแม่เหล็กมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้านั้นยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่คือประมาณ 2 - 10 % ดังนั้นแน่นอนสิ่งที่ GMR ได้ปรับปรุงแก้ไขประสิทธิภาพขึ้นมาก็คือประสิทธิภาพการแปลงสัญญาณของ MR Element นั่นเองโดยGMR เทคโนโลยีสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแปลงสัญญาณของแผ่น MR Element ขึ้นมาเป็น 40 - 50 % ซึ่งมากกว่า MR เทคโนโลยีประมาณ 5 - 20 เท่าตัวทีเดียว ซึ่งการเพิ่มขีดความสามารถของแผ่น MR Element ในการแปลงสัญญาณจะส่งผลทำให้ระบบการเขียนข้อมูลสามารถที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการบันทึกข้อมูลได้มากขึ้นโดยสามารถที่จะลดขนาดของบิท (Bit) ให้เล็กลงถึง 10 - 20 % ซึ่งการที่ขนาดของบิทมีขนาดเล็กลงก็หมายความถึงความหนาแน่นของข้อมูล (Areal Density) ที่สูงขึ้น หรือ บิทต่อนิ้ว จะมีจำนวนมากขึ้น และนั่นก็หมายถึงความจุของข้อมูลที่มากขึ้นนั่นเอง

สิ่งที่ MR Element เทคโนโลยีถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีประสิทธิภาพและขีดความสามารถสูงขึ้นดังได้กล่าวมาแล้วนั้นก็คือ MR Element ของ GMR จะมีความสลับซับซ้อนมากกว่า MR Element ของ MR โดยที่จะมีจำนวนชั้น (Layer) ของ MR Element จะมีมากขึ้นถึง 5 ชั้น ในขณะที่ MR Element ของ MR จะมีจำนวนชั้น (Layer) อยู่เพียง 3 ชั้น โดยที่แต่ละชั้นของ MR Element จะประกอบไปด้วยสารดังจะได้แสดงไว้ข้างล่างนี้และได้แสดงโครงสร้างและสารในแต่ละชั้นของ MR Element ของ GMR โดยรูปไว้ในรูปที่ 3.12

ชั้นที่ 1	คือ	Lead
ชั้นที่ 2	คือ	MnFe
ชั้นที่ 3	คือ	NiFe
ชั้นที่ 4	คือ	Cu
ชั้นที่ 5	คือ	NiFe

จำนวนชั้น (Layer) ที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่ใช่ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ MR Element ของ GMR มีประสิทธิภาพสูงและขีดความสามารถสูงขึ้น แต่ว่าปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ MR Element ของ GMR มีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็คือความสลับซับซ้อนในการวางเรียงชั้นในแต่ละชั้นของ MR Element และส่วนผสมของสารในแต่ละชั้นซึ่งเป็นความลับทางเทคโนโลยีในการผลิตของแต่ละบริษัท นอกจากนั้นความหนาของแผ่น MR Element ของ GMR จะมีความบางมากๆ และบางกว่าของ MR มาก โดยความหนาของ MR Element ของ GMR จะมีความหนาเพียง 20 อังสตอม (1 อังสตอมมีค่าเท่ากับ 1 X 10 เมตร) ในขณะที่ความหนาของ MR Element ของ MR จะอยู่ที่ 200 อังสตอม ซึ่งไม่ว่าจะเป็นของ MR หรือ GMR ก็นับว่าความหนาของ MR Element มีความบางมากๆ ซึ่งต้องอาศัยเทคโนโลยีชั้นสูงในการผลิต และเชื่อว่าเทคโนโลยีของ Magneto - Resistive Head คงจะไม่หยุดยั้งอยู่ที่ GMR เทคโนโลยีเพียงเท่านี้เพราะว่าเทคโนโลยีนี้ยังมีโอกาสที่จะพัฒนาปรับปรุงเพิ่มเติมขึ้นไปได้อีกโดยจะดูได้จากประสิทธิภาพการแปลงสัญญาณของ MR Element ที่ได้ปรับปรุงพัฒนามาจาก 2 - 10 % จาก MR มาเป็น 40 - 50 % ของ GMR ซึ่งคาดว่าเทคโนโลยีที่จะถูกพัฒนามาแทนที่ GMR จะต้องปรับปรุงพัฒนาประสิทธิภาพการแปลงสัญญาณของ MR Element ให้ได้สมบูรณ์แบบหรือเกือบ 100 % มากที่สุด ซึ่งคาดว่าจะประมาณ 5 - 7 ปีต่อจากนี้ไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.12 โครงสร้างและสารภายในแผ่น MR Element ของ GMR

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

3.2.2.3 เปรียบเทียบระหว่าง MR และ GMR เทคโนโลยี

	MR ปี 1997 - 1998	GMR ปี 2000
ความจุ	3 - 10 Gbit / in	20 - 70 Gbit / in
ความเร็วต่อเนื่องสูงสุด	>100 Mb / s (>14 MB / s)	400 Mb / s (50 MB / s)
เวลาเฉลี่ยในการหาข้อมูล	30 ms	10 ms
ความเร็วรอบ	> 7000 Rpm	10,000 Rpm
Data Interface	80 MB / s	> 100 MB / s
ราคา	0.20 $ / MB	0.05 $ / MB
อายุการใช้งานของตลับโดยประมาณ	600,000 Hr.	1,000,000 Hr.

ที่มา : IBM Asia-Pacific Mag. Record. Conf. Dec'96.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3 Magneto - Optical (MO) Head เทคโนโลยี

Magneto - Optical Head เทคโนโลยี หรือที่รู้จักกันในอุตสาหกรรมว่า MO เทคโนโลยีของ MO นี้ไม่ใช่เป็นเทคโนโลยีที่ใหม่หรือเป็นเทคโนโลยีในอนาคตแต่ว่า MO เป็นเทคโนโลยีที่มีมานานแล้วถ้าจะเทียบเวลาก็จะเป็นเทคโนโลยีที่เกิดมาพร้อมๆกับ Ferrite Head เทคโนโลยีดิสก์ไดรฟ์ที่ผลิตด้วยหัวอ่านและบันทึกแบบ MO เทคโนโลยีได้ถูกวางตลาดเป็นครั้งแรกในกลางปี1980แต่ว่าไม่ได้รับการต้อนรับจากตลาดเท่าที่ควรจึงทำให้ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรในช่วงเวลานั้นอาจเป็นด้วยเหตุผลที่ว่า MO เทคโนโลยีมีศักยภาพในเรื่องของความจุเทียบเท่ากับ Ferrite Head ในช่วงเวลานั้นไม่ได้และราคาแพงกว่า แต่ว่า MO เทคโนโลยีก็ไม่ได้หยุดยั้ง

อยู่เพียงเท่านั้นแต่ได้มีการพัฒนาต่อมาอยู่เรื่อย ๆแต่ยังไม่ได้เป็นที่ยอมรับของตลาดเท่าที่ควร แต่ต่อมา MO เทคโนโลยีได้เปลี่ยนกลยุทธ์ทางการตลาดจากการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งไม่สามารถที่จะสู้กับ MR หรือ Magnetic Recording Head เทคโนโลยีได้อันเนื่องมาจากประสิทธิภาพในเรื่องของความจุข้อมูล ความเร็วในการอ่านและเขียนข้อมูล และราคาต่อเมกกะไบต์ที่แพงกว่า จึงได้เปลี่ยนจากตลาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มาเป็นตลาดของพวก CD - ROM , Personal Organizers , Multimedia (Audio / Video visual) และอื่นๆ เช่นพวก Dictionary ที่สามารถพูดเป็นเสียงได้ซึ่งในปัจจุบันมีหลายภาษาให้เลือกได้ด้วย ซึ่งนับว่าได้รับการตอบรับจากตลาดเป็นอย่างดี ส่วนสาเหตุที่ทำไม MO จึงประสบความสำเร็จในตลาดของพวก CD - ROM , Personal Organizers และอื่นๆ นั้นเป็นเพราะข้อดีของ MO เทคโนโลยีและราคาที่ถูกกว่าซึ่งจะได้กล่าวไว้ในหัวข้อถัดไป ในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา MO ก็ได้หวนกลับมาในตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อีกครั้งหนึ่งแต่ว่าได้เข้ามาในตลาดของฮาร์ดดิสก์แบบถอดได้ซึ่งไม่ใช่ส่วนแบ่งใหญ่ของท้องตลาดฮาร์ดดิสก์แบบถอดได้นี้จะใช้งานเฉพาะเท่านั้นและยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าไหร่นักโดยส่วนใหญ่แล้วฮาร์ดดิสก์แบบถอดได้จะนิยมใช้กับนักสถาปนิก นักออกแบบ นักผลิตสื่อต่างๆซึ่งมีความจำเป็นจำต้องนำสิ่งที่พวกเขาออกแบบเอาไว้หรือสร้างสรรค์ขึ้นซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นงานในลักษณะของ กราฟ รูปภาพ สื่อสร้างสรรค์ต่างๆออกไปในสถานที่ต่างๆเพื่อแสดงให้ลูกค้าดูหรือขายสินค้าตัวเองนั่นเองและการนำเอาข้อมูลกราฟ และ สื่อต่างๆ ติดตัวพวกเขาไปด้วยฮาร์ดดิสก์เพียงอันเดียวก็นับว่าเป็นการสะดวกรวดเร็วซึ่งทำให้พวกเขาทำงานได้คล่องขึ้นและอีกพวกหนึ่งก็คือพวกที่มีความจำเป็นที่จะต้องนำเอางานกลับไปทำที่บ้านซึ่งจะเป็นการสะดวกถ้าเขาสามารถนำงานทั้งหมดใส่ลงไปในฮาร์ดดิสก์เพียงอันเดียวและถอดเอาไปที่บ้าน แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันและในอนาคตตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ยังมีอัตราการเติบโตที่ต่ำอยู่และยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก

ถ้ามองดูในส่วนของผู้ผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูล หรือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้วก็พอที่จะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ หรืออาจจะเรียกได้ว่า 2 ค่ายใหญ่ๆ นั่นก็คือค่ายทางอเมริกาซึ่งรวมของทางยุโรปด้วย และ ค่ายทางญี่ปุ่น ซึ่ง 2 ค่ายนี้มีทั้งการแข่งขันกันแต่ในบางครั้งก็มีการซื้อขายแลกเปลี่ยนกันเหมือนกันที่จำเป็นจะต้องกล่าวถึงหัวข้อนี้ขึ้นมาก็เพราะว่าเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูลนั่นเองเพราะว่า 2 ค่ายนี้ได้ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ความถนัดชำนาญของแต่ละค่าย ซึ่งทางค่ายอเมริการและยุโรปจะเลือกเทคโนโลยีของ Magnetic Recording Head (Ferrite Head , Thin Film Inductive Head ,

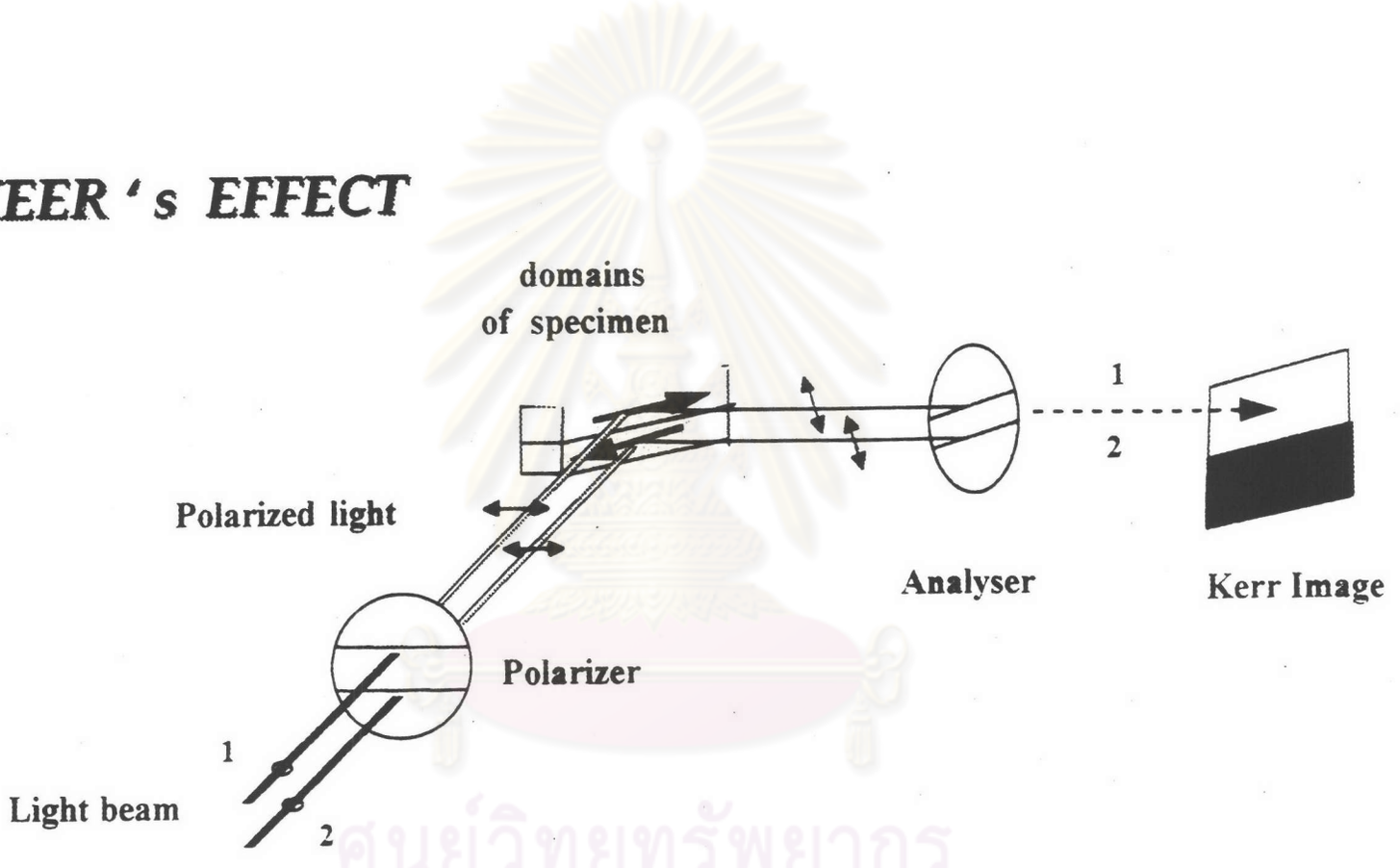
MR Head และ GMR Head) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น บริษัท Seagate Technology , Read - Rite Technology , Corner , Alpha TI เป็นต้นส่วนทางค่ายญี่ปุ่นจะมีความถนัดทางด้าน Optical มากกว่าจึงได้เลือกเอา Magneto - Optical เป็นเทคโนโลยีในการผลิตหัวอ่านและบันทึก เช่น บริษัท Fujitsu (51 % ของส่วนแบ่งตลาดของ MO) , Matsushita , NEC, Sony , Ricoh , Sharp Corp. และ Victor Co. เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าแต่ละค่ายก็จะพยายามพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองขึ้นมาเพื่อแข่งขันในท้องตลาด

3.2.3.1 พื้นฐานการบันทึกข้อมูลของ Magneto - Optical (MO)

การบันทึกข้อมูลของ Magneto - Optical (MO) ได้ใช้ระบบการทำงานอยู่ 2 ระบบคือ Optical system ซึ่งจะใช้ Ultraviolet Laser (< 400 nm) โดยอาศัยหลักการหรือทฤษฎีของ Kerr effect ในการทำงาน ส่วนอีกระบบหนึ่งก็คือ Magnetic system โดยใช้ Inductive Head หรือ Thin Film (Inductive) Head นั่นเองในการทำงาน โดยในที่นี้ยังไม่เคยกล่าวถึง Kerr effect ซึ่งก่อนที่จะทำความเข้าใจในระบบการบันทึกข้อมูลของ MO จำเป็นจะต้องมีความเข้าใจใน Kerr effect เสียก่อนดังนั้นจึงจะขออธิบายถึง Kerr effect ดังต่อไปนี้

Kerr effect คือการหมุนระนาบของ Polarization ของลำแสง (Light beam) ในระหว่างการสะท้อนกลับจากชิ้นแม่เหล็ก โดยที่ขนาดของการหมุนน้อยมากซึ่งน้อยกว่า 1 องศา และขึ้นอยู่กับทิศทางและขนาดของแม่เหล็กที่สัมพันธ์กับระนาบที่ลำแสงตกกระทบ ซึ่งสิ่งที่ได้ก็คือลำแสงที่มีสีต่างกันซึ่งเรียกว่า Kerr Image โดยได้อธิบาย Kerr effect ไว้เป็นรูปภาพซึ่งง่ายต่อการเข้าใจของการเกิด Kerr effect ไว้ในรูปที่ 3.13 และได้แสดงรูปของ Kerr Photo / Image ของ MO เปรียบเทียบกับ องค์ประกอบของ Domain สนามแม่เหล็กของ MR ไว้ในรูปที่ 3.14

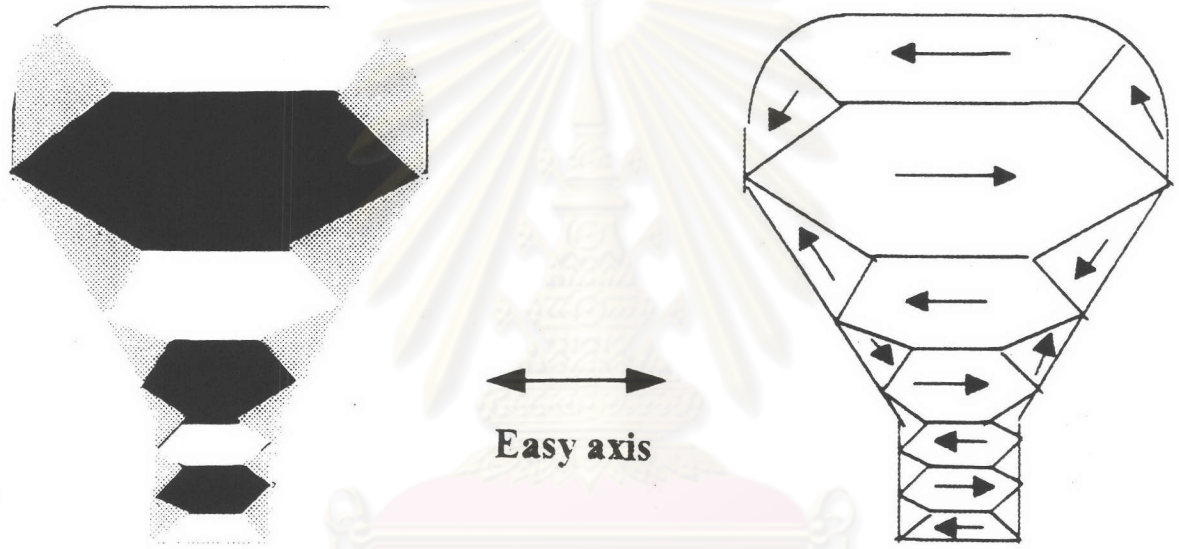
การเขียนข้อมูลของเทคโนโลยี MO นั้นเป็นการรวมกันของการทำให้แผ่นข้อมูลร้อนโดยลำแสงเลเซอร์ของ Optical system และการเขียนข้อมูลหรือการเขียนซ้ำข้อมูลโดยสนามแม่เหล็กด้วยระบบของ Magnetic system โดยขั้นตอนการเขียนข้อมูลจะเริ่มต้นด้วยการรวมตัวของลำแสงเลเซอร์ให้มีกำลังเพียงพอและปล่อยออกไปเป็นจังหวะในระยะเวลาสั้นๆโดย



รูปที่ 3.13 แสดง Kerr Effect

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.14 แสดง Kerr Photo Image และ โดเมนของสนามแม่เหล็ก

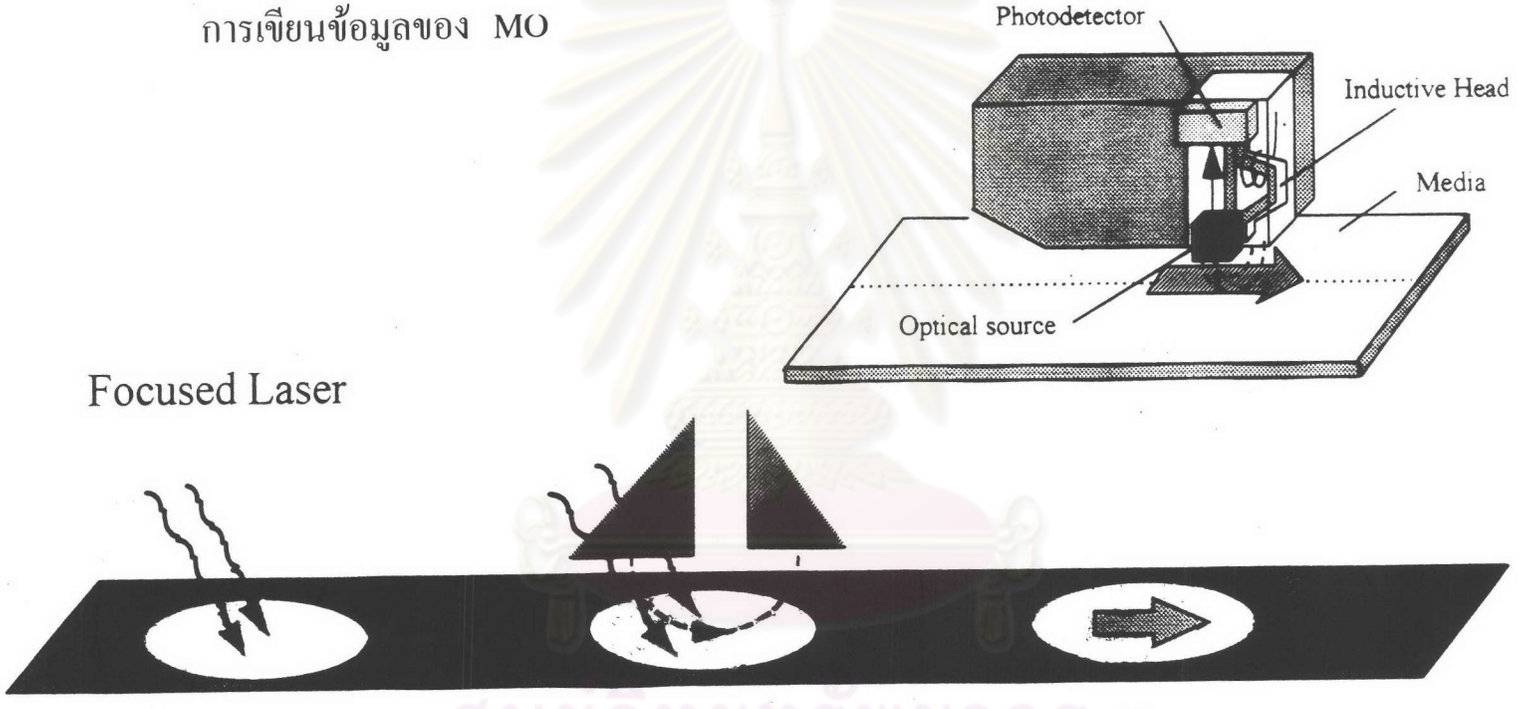
ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ปล่อยไปในทิศทางตั้งฉากกับแผ่นข้อมูล (Media) และไปทำให้อุณหภูมิของแผ่นข้อมูลสูงขึ้นเพียงพอที่จะใส่สนามแม่เหล็กเข้าไปโดยระบบของ Optical system เพื่อที่จะเปลี่ยนทิศทางของแม่เหล็ก (Domain) ในบริเวณความร้อนนั้นได้ ต่อจากนั้นก็จะทำการเขียนข้อมูลด้วยสนามแม่เหล็กโดยระบบของ Magnetic system และปล่อยให้แผ่นข้อมูลมีอุณหภูมิลดลงเมื่อแผ่นข้อมูลกลับสู่อุณหภูมิที่ต่ำลง ทิศทางของแม่เหล็ก (Domain) ก็จะฝังลงบนแผ่นข้อมูลแล้ว ซึ่งได้อธิบายการเขียนข้อมูลของ MO ไว้ในรูปที่ 3.15 เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น

การอ่านข้อมูลนั้นจะใช้การตรวจจับทิศทางของลำแสงที่ตกกระทบและสะท้อนโดยการหมุนของระนาบ Polarizer โดยหลักการของ Kerr effect สำหรับบิท 1 และ บิท 0 โดยอาศัยระบบของ Optical system เพียงอย่างเดียวโดยขั้นตอนการอ่านข้อมูลจะเริ่มต้นที่การปล่อยลำแสงเลเซอร์ไปยังบนแผ่นข้อมูลด้วย Optical source ซึ่งเมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบกับแผ่นข้อมูลซึ่งมีข้อมูลแม่เหล็กอยู่โดยข้อมูลแม่เหล็กจะมีอยู่ 2 แบบคือ บิท 1 และ บิท 0 เหมือนกับเทคโนโลยี MR เช่นเดียวกัน ซึ่งมีทิศทางของแม่เหล็กหรือที่เรียกว่า Domain ที่ต่างกันคือสวนทางกันนั่นเอง (บิท 0 และ บิท 1) แสงเลเซอร์ก็จะสะท้อนกลับขึ้นไปที่ Optical source โดยที่แสงเลเซอร์ที่สะท้อนกลับไปจะต่างกันตามทิศทางของแม่เหล็กและการหมุนตัวของระนาบ Polarization อันเนื่องมาจาก Kerr effect ดังได้กล่าวไว้แล้วนั้นโดยที่แสงที่สะท้อนกลับไปนั้นจะถูกแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยจะเป็นบิท 0 หรือ บิท 1 นั่นเอง โดยสามารถดูขั้นตอนการอ่านข้อมูลประกอบได้ดังรูปที่ 3.16 เพื่อความเข้าใจมากขึ้น

การเขียนข้อมูลซ้ำหรือที่เรียกว่า Rewriting การเขียนข้อมูลซ้ำจะใช้หลักการเดียวกันกับการเขียนข้อมูลโดยอาศัยระบบของ Optical system และ Magnetic system โดยขั้นตอนแรกต้องทำการลบข้อมูลเดิมออกเสียก่อน โดยขั้นตอนการลบข้อมูลนั้นก็จะเหมือนกับขั้นตอนการเขียนข้อมูลนั่นเองเพียงแต่ว่าทิศทางของแม่เหล็ก (Domain) ที่เขียนไปนั้นจะต้องกลับทิศทางกับข้อมูลเดิมบนแผ่นข้อมูล จากนั้นก็สามารถเริ่มต้นขั้นตอนการเขียนได้ตามปกติ

การเขียนข้อมูลของ MO

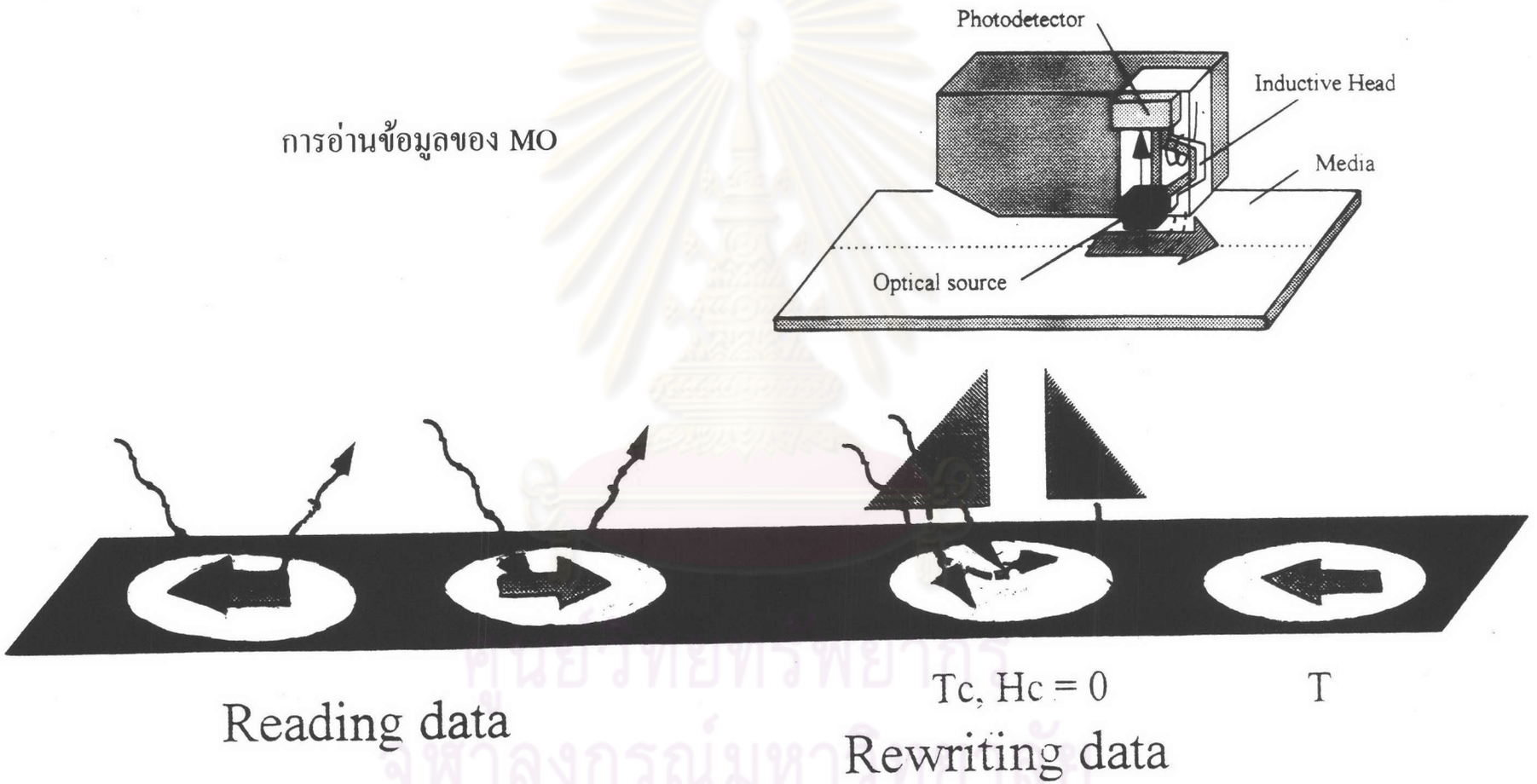


รูปที่ 3.15 การเขียนข้อมูลของ MO

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

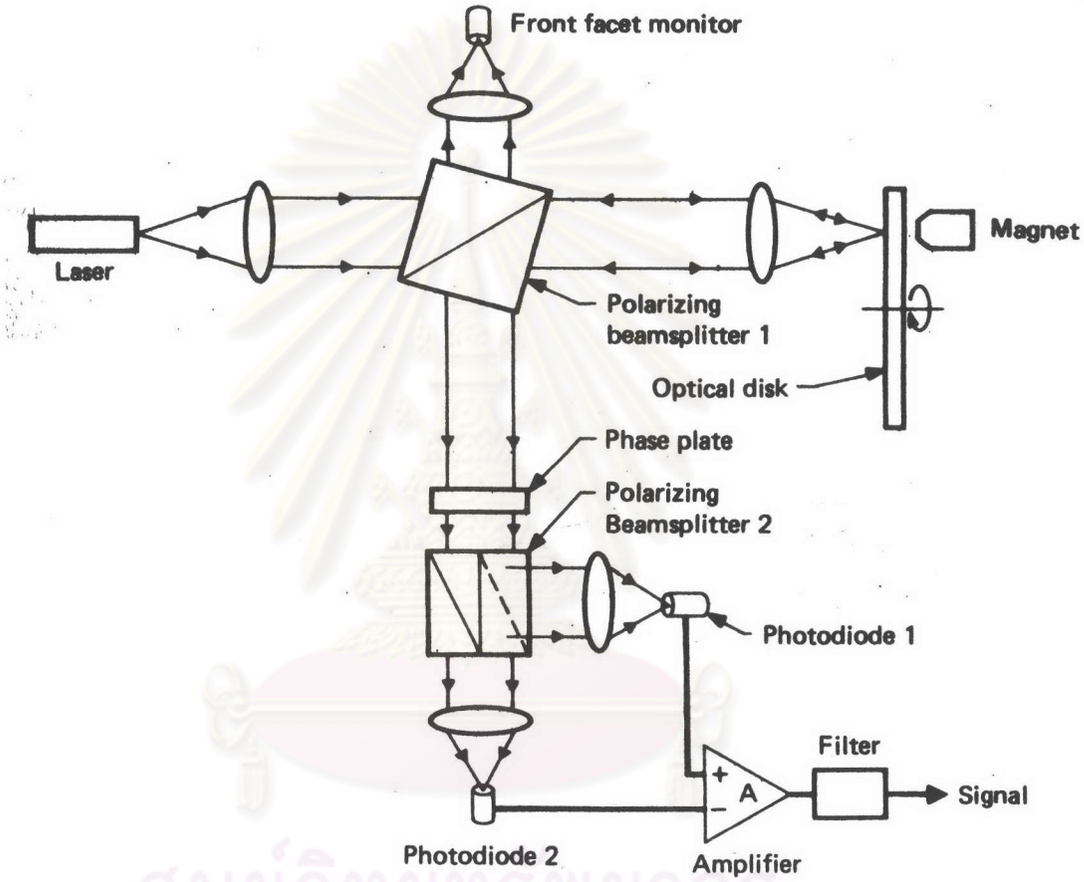
การอ่านข้อมูลของ MO



รูปที่ 3.16 การอ่านข้อมูลของ MO

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.17 โครงสร้างของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลของ MO

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

โครงสร้างที่อธิบายถึงระบบการบันทึกข้อมูลของ Magneto Optical ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.17 โดยที่การทำงานของระบบนี้ก็อาศัยหลักการเขียนและอ่านข้อมูลดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้นแต่ในโครงสร้างนี้จะอธิบายในรายละเอียดการทำงานของระบบการบันทึกข้อมูลที่มากขึ้น โดยโครงสร้างของระบบการบันทึกข้อมูลจะประกอบไปด้วย แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ Polarizing 2 ตัว Phase plate Photodiode 2 ตัว Amplifier 1 ตัว และ Filter อีก 1 ตัว โดยขั้นตอนการทำงานก็คือแหล่งกำเนิดเลเซอร์จะปล่อยลำแสงเลเซอร์ไปยังแผ่นข้อมูลโดยการผ่าน Polarizing beamsplitter 1 โดยการหมุนระนาบของ Polarizing นั้นก็จะเป็นไปตาม Kerr effect เมื่อแสงไปตกกระทบบนแผ่นข้อมูลก็จะทำการเขียนหรืออ่านข้อมูลและสะท้อนกลับไปยัง Polarizing beamsplitter 1 ตัวเดิมแต่ว่าลำแสงจะไม่ผ่านไปยังแหล่งกำเนิดเลเซอร์แต่จะกระทบกับ Polarizing beamsplitter 1 และสะท้อนไปยัง Polarizing beamsplitter 2 โดยการผ่าน Phase plate มาก่อน Polarizing beamsplitter 2 จะทำมุม 45 องศากับแกนของ Optical โดยที่เมื่อลำแสงตกกระทบกับ Polarizing beamsplitter 2 ก็จะถูกแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งจะถูกส่งไปยัง Photodiode 1 ส่วนที่สองจะถูกส่งไปยัง Photodiode 2 และสัญญาณจาก Photodiode ทั้งสองซึ่งได้แปลงสัญญาณจากสัญญาณแสงไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าก็จะถูกส่งไปยังAmplifier เพื่อขยายสัญญาณให้ชัดเจนขึ้นและจากนั้นจะถูกส่งต่อไปยัง Filter เพื่อเป็นตัวกรองสัญญาณขั้นสุดท้ายและออกมาเป็นสัญญาณที่ผ่านการกรองแล้ว

3.2.3.2 <u>ตลาดของ Mageto - Optical (MO)</u>

ตามที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้นแล้วนั้นว่าตลาดของ MO ส่วนใหญ่จะเป็นพวก CD - ROM , Personal Organizers , Multimedia (Audio / Video visual) และอื่นๆ เช่นพวก Dictionary ที่สามารถพูดได้ แต่ MO ได้มีตลาดอีกตลาดหนึ่งซึ่งเป็นตลาดที่สำคัญของ MO ก็คือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบถอดได้ แต่ว่าก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดมากนักเพราะว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบถอดได้ของMOจะมีศักยภาพต่ำกว่าฮาร์ดดิสก์ไดรว์แบบถอดได้ของ MR หรือ Thin Film (Inductive) ด้วยเหตุผลหลายอย่างอาทิเช่น ความจุต่ำกว่า ความเร็วต่อเนื่องสูงสุดต่ำกว่า และเวลาเฉลี่ยในการหาข้อมูลก็จะต่ำกว่า ในขณะที่ราคาใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับของ MO ดังตัวอย่างข้างล่าง

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบถอดได้

	MR	MO
ชื่อไดรฟ์	Iomega Jaz Drive	Panasonic PD/CD - ROM
ราคา	599 เหรียญสหรัฐ	649 เหรียญสหรัฐ
	69 เหรียญต่อดิสก์	50 เหรียญต่อดิสก์
	540 เมกะไบต์	650 เมกะไบต์
ความจุ	1 กิกะไบต์	650 เมกะไบต์
ความเร็วต่อเนื่องสูงสุด	6.73 เมกะไบต์ต่อวินาที	870 กิโลไบต์ต่อวินาที
เวลาเฉลี่ยในการหาข้อมูล	12 มิลลิวินาที	165 มิลลิวินาที
อายุการใช้งานของตลับโดยประมาณ	10 ปี	30 ปี

ที่มา : นิตยสาร COMPUTER REVIEW ปีที่ 13 ฉบับที่ 141 พฤษภาคม 2539

แต่ว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบธรรมดาที่ผลิตด้วยหัวบันทึกข้อมูลแบบMO เทคโนโลยีนั้นก็มีการผลิตอยู่แต่ว่าไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดด้วยเหตุผลเดียวกันกับฮาร์ดิสก์ไดรฟ์แบบถอดได้นั่นเอง

3.2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของ Magneto - Optical เทคโนโลยี

ข้อดี

1. แยกระบบการเขียนและการอ่านข้อมูลออกจากกัน
   (เหมือนกับ MR เทคโนโลยี)
2. สัญญาณการอ่านข้อมูลสูงและไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วของแผ่นข้อมูล
3. อ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วมากซึ่งเร็วกว่า MR เทคโนโลยี

4. ลดสนามแม่เหล็กของการเขียนเนื่องจาก Hc ลดลงโดยหัวเขียน (Hc หมายถึง ค่า Coercivity ของเนื้อสาร)
5. สัญญาณการอ่านข้อมูลขึ้นอยู่กับปริมาณของสารแม่เหล็ก
6. ตัดปัญหาเรื่องระยะระหว่างหัวบันทึกข้อมูล (HGA) กับ แผ่นข้อมูล (Media) หรือที่เรียกว่าระยะการบิน (FLY) ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น

<u>ข้อเสีย</u>

1. ขนาดของบิทแม่เหล็กถูกจำกัดด้วยความยาวคลื่นของ Optical (Optical wavelength)
2. MO ต้องการแผ่นข้อมูลเฉพาะโดยพิเศษสำหรับ MO เท่านั้น ซึ่งแผ่นข้อมูลนี้จะต้องมีคุณสมบัติว่าค่า Hc จะลดลงเท่ากับอุณหภูมิที่ลดลง
3. เวลาที่ใช้ในการหาข้อมูลสูงมากและเวลาการเขียนข้อมูลช้ามากๆ

3.2.3.4 <u>เปรียบเทียบระหว่าง MR กับ MO เทคโนโลยี</u>

จากการพิจารณาข้อดีและข้อเสียของ MO เทคโนโลยีจะพบข้อดีและข้อเสียที่สำคัญๆของ MO ก็คือ ข้อดีของ MO ก็คือ ประสิทธิภาพในระบบการอ่านข้อมูลคือมีความเร็วในการอ่านข้อมูลที่สูงมากซึ่งเป็นประสิทธิภาพที่เหนือกว่า MR ส่วนข้อเสียที่เป็นสาเหตุให้ MO ไม่สามารถจะแข่งขันกับ MR เทคโนโลยีได้ในท้องตลาดก็คือ ระบบการเขียนข้อมูลมีประสิทธิภาพต่ำมากกล่าวคือเวลาในการเขียนข้อมูลใช้เวลาสูงมากๆและถูกจำกัดขนาดของบิทแม่เหล็กอันเนื่องมาจากความยาวคลื่นของOpticalหรือของลำแสงเลเซอร์นั่นเองซึ่งปัจจุบันใช้ความยาวคลื่นสีฟ้าหรือในอุตสาหกรรมจะเรียกว่า Blue wave และมีการคาดการณ์จากผู้เชี่ยวชาญเอาไว้ว่าถึงแม้ว่า MO จะมีการพัฒนาหรือปรับปรุงในเรื่องของความยาวคลื่นให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่านี้โดยใช้ความยาวคลื่นที่ดีที่สุดของลำแสงเลเซอร์คือความยาวคลื่น สีชมพู หรือที่เรียกกันว่า Pink wave ก็ตามก็ยังไม่สามารถที่จะทำให้ประสิทธิภาพการเขียนข้อมูลของ MO เร็วและมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับประสิทธิภาพการเขียนข้อมูลของ MR ในปัจจุบัน ซึ่งจะดูเหมือนว่า MO เทคโนโลยีไม่เหมาะสมกับตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ว่า MO จะเหมาะกับตลาดของ

CD - ROM Personal Organizers , Multimedia (Audito / Video visual) , Dictionary ที่สามารถพูดได้ หรือตลาดส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ในด้านของการอ่านข้อมูล เพราะว่า MO มีจุดเด่นอยู่ตรงการอ่านข้อมูลที่รวดเร็ว

3.3 <u>ตลาดของหัวอ่านและบันทึก (HGA)</u>

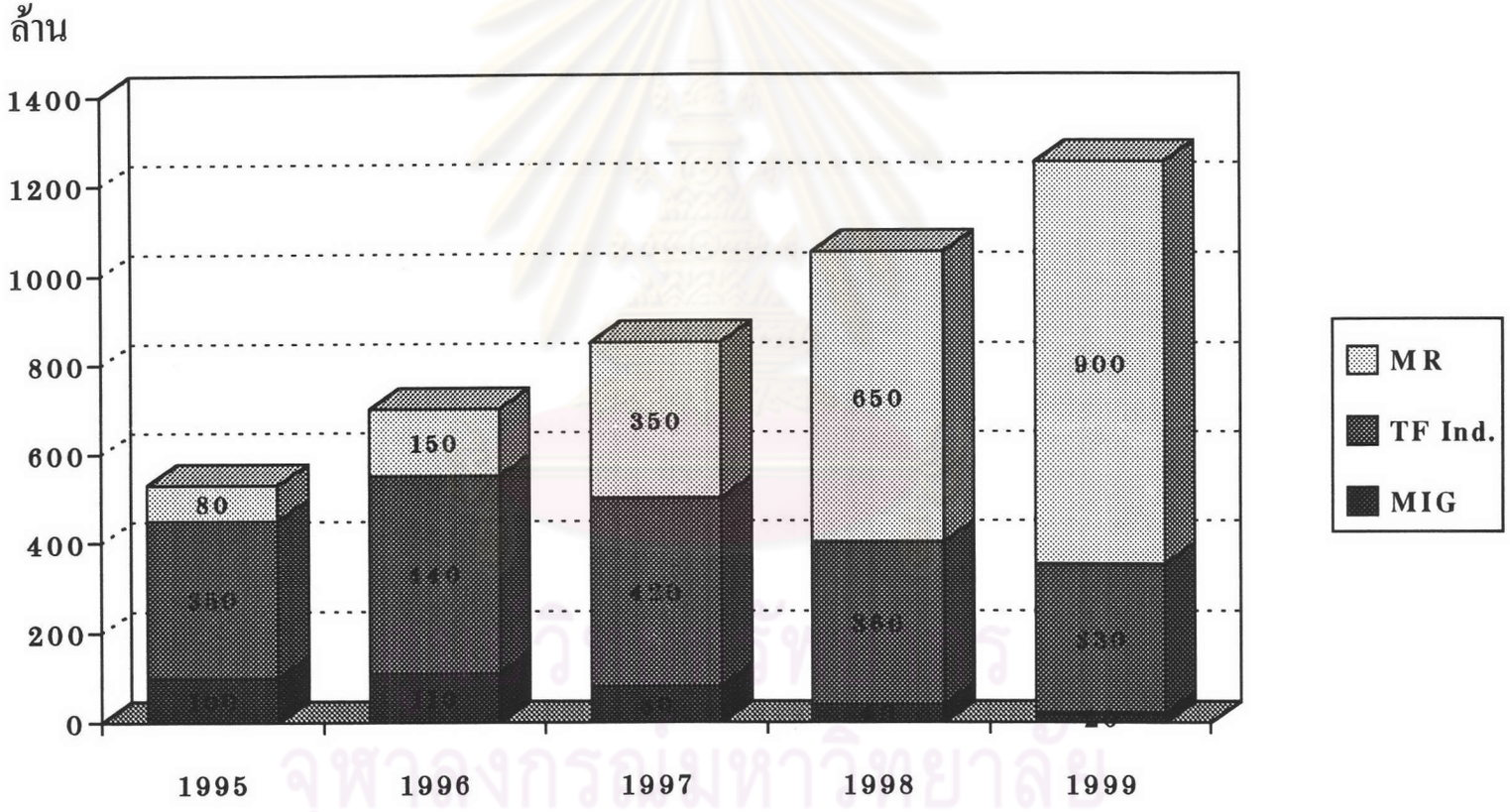
เมื่อทำการศึกษาข้อมูลในด้านของเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึก (HGA) มาแล้วในหัวข้อ 3.2 ในหัวข้อนี้จะขอวิเคราะห์ในด้านของตลาดของหัวอ่านและบันทึก (HGA) โดยการวิเคราะห์ความต้องการ HGA ของตลาดโดยทำการวิเคราะห์ตามเทคโนโลยีของ HGA จากปี 1995 ถึงปี 1999 โดยในภาพรวมแล้วตลาดความต้องการของ HGA นั้นจะเหมือนกับตลาดความต้องการของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คือมีความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นทุกปี เพราะว่า HGA ก็คือส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั่นเอง ซึ่งความต้องการ HGA ได้เพิ่มขึ้นอย่างมากโดยประมาณ 2 - 3 เท่าเมื่อเทียบในปี 1999 กับ ปี 1995 โดยความต้องการ HGA ทั้งหมดในปี 1995 จะประมาณ 500 ล้านHGA และได้เพิ่มความต้องการสูงขึ้นเรื่อยๆและสูงขึ้นถึงประมาณ 1200 ล้าน HGAในปี1999ซึ่งนับว่าเป็นจำนวนที่สูงมากโดยที่ได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างความต้องการ HGA ในปัจจุบันและในอนาคตกับกำลังการผลิตของผู้ผลิตทั้งหมด พบว่ากำลังการผลิตของผู้ผลิตทั้งหมดไม่สามารถที่จะตอบสนองความต้องการที่สูงของตลาดได้ โดยจะสังเกตุได้ว่าผู้ผลิตยักษ์ใหญ่อย่าง บริษัท Seagate Technology Co.,Ltd ได้มีการวิเคราะห์และวางแผนรับมือความต้องการ HGA ที่สูงขึ้นในปัจจุบันและในอนาคตของตลาดโดยการขยายโรงงานผลิต HGA ที่มีอยู่แล้ว 3 โรงงานในปัจจุบันไปเป็น 5 โรงงานในปี 1997 1 โรงงานใหญ่ที่โคราช และอีก 1 โรงงานที่ประเทศฟิลิปปินส์ในปี 1998 และบริษัท Alpha TI ก็ได้เล็งเห็นความสำคัญของการขยายตัวความต้องการ HGA ของตลาดจึงได้ทำการขยายการลงทุนมายังประเทศไทยอีกแห่งหนึ่ง ส่วนบริษัทยักษ์ใหญ่อีกแห่งหนึ่งก็คือ Read - Rite ก็ได้มีการเตรียมแผนการขยายกำลังการผลิตเช่นกัน

เมื่อวิเคราะห์ความต้องการของตลาดตามเทคโนโลยีแล้วจะพบว่าความต้องการเทคโนโลยีของ MR ได้มีความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปีด้วยอัตราการเพิ่มที่สูงมาก โดยในปี 1999 ประมาณ 80 % ของ HGA จะเป็น MR เทคโนโลยีและคาดว่าในอนาคตอันใกล้ HGAทั้งหมดจะเป็น MR และ GMR เทคโนโลยี และจากการวิเคราะห์พบว่า Ferrite Inductive Head ที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า

MIG Head เทคโนโลยีจะหมดความต้องการและหายไปจากท้องตลาดในประมาณปี 1998 และ Thin Film (Inductive) Head จะมีความต้องการของตลาดลดลงเรื่อยๆ เช่นเดียวกันกับ Ferrite Head โดยความต้องการในปี 1999 จะเหลือประมาณ 300 ล้านHGA ซึ่งลดลงมาจากความต้องการในปี 1996 โดยต้องการประมาณ 400 ล้านHGA และมีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อยๆโดยการวิเคราะห์ตลาดของ HGA ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.18 ซึ่งจากการวิเคราะห์สามารถที่จะสรุปได้ว่าตลาดของ HGA ในอนาคตอันใกล้จะเป็นตลาดของ MR และ GMR เทคโนโลยีดังนั้นผู้ผลิตจึงควรที่จะให้ความสำคัญกับเทคโนโลยี MR และ GMR

จากการวิเคราะห์ความต้องการ HGA ของตลาดเปรียบเทียบปี 1995 กับปี 1998 โดยการวิเคราะห์นั้นจะเหมือนกับการวิเคราะห์ข้างบนเพียงแต่แหล่งที่มาของข้อมูลต่างกันและข้อมูลที่วิเคราะห์ไว้ข้างบนนั้นจะวิเคราะห์จากปี 1995 ถึง 1999 แต่ในที่นี้จะเปรียบเทียบปี 1995 กับ ปี 1998 ในการวิเคราะห์โดยนำแหล่งข้อมูลมาจาก 2 ที่ก็เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นของข้อมูลและได้ความละเอียดของข้อมูลเพิ่มมากขึ้นโดยแหล่งที่มาของข้อมูลข้างบนหรือของรูปที่ 3.18 นั้นจะมาจาก นิตยสาร Trend FOCUS ส่วนที่จะกล่าวต่อไปนี้นั้นแหล่งข้อมูลมาจากนิตยสาร Rigid Disk Drive Components Technology Review ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.19 โดยรูปนี้จะวิเคราะห์ตามเทคโนโลยีหรือชนิดของ HGA โดยแบ่งความต้องการของ HGA เป็น 100 ส่วนหรือ 100 % และดูว่ามีความต้องการเทคโนโลยีหรือชนิดของ HGA มากน้อยเพียงใดในแต่ละชนิดของ HGA ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จะพบว่าสัดส่วนของ Thin Film (Inductive) มีความต้องการในปี 1995 ถึง 72.5 % ในขณะที่ MR มีอยู่เพียง 13.8 % และมีประมาณ 17.6 %ที่เป็นส่วนแบ่งตลาดของ Ferrite Head และเทคโนโลยีอื่นๆแต่ว่าในปี 1999 สัดส่วนความต้องการตลาดได้เปลี่ยนมาเป็นความต้องการของ MR เพิ่มขึ้นโดยมีความต้องการถึง 52.4 % ซึ่งเพิ่มขึ้นมาประมาณ 3.8 เท่าตัวจากปี 1995 ในขณะที่ความต้องการของ Thin Film (Inductive) Head นั้นได้ลดลงมาอยู่ที่ 43.7 % โดยที่ไม่มีความต้องการ Ferrite Head เทคโนโลยีในปี1998 เลยและได้เริ่มมีความต้องการ GMR เทคโนโลยีขึ้นมาประมาณ 3.9 % จากการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการ HGA ของตลาดในปี 1995 เทียบกับปี1998โดยสัดส่วนของชนิดของHGAตามขนาดของ Slider จะเห็นได้ว่าแนวโน้วของตลาดได้เปลี่ยนแปลงความต้องการตามเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยมีความต้องการ Slider ที่มีขนาดเล็กลง (Pico) จะมีการเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.20

ตลาดของหัวอ่านและบันทึก

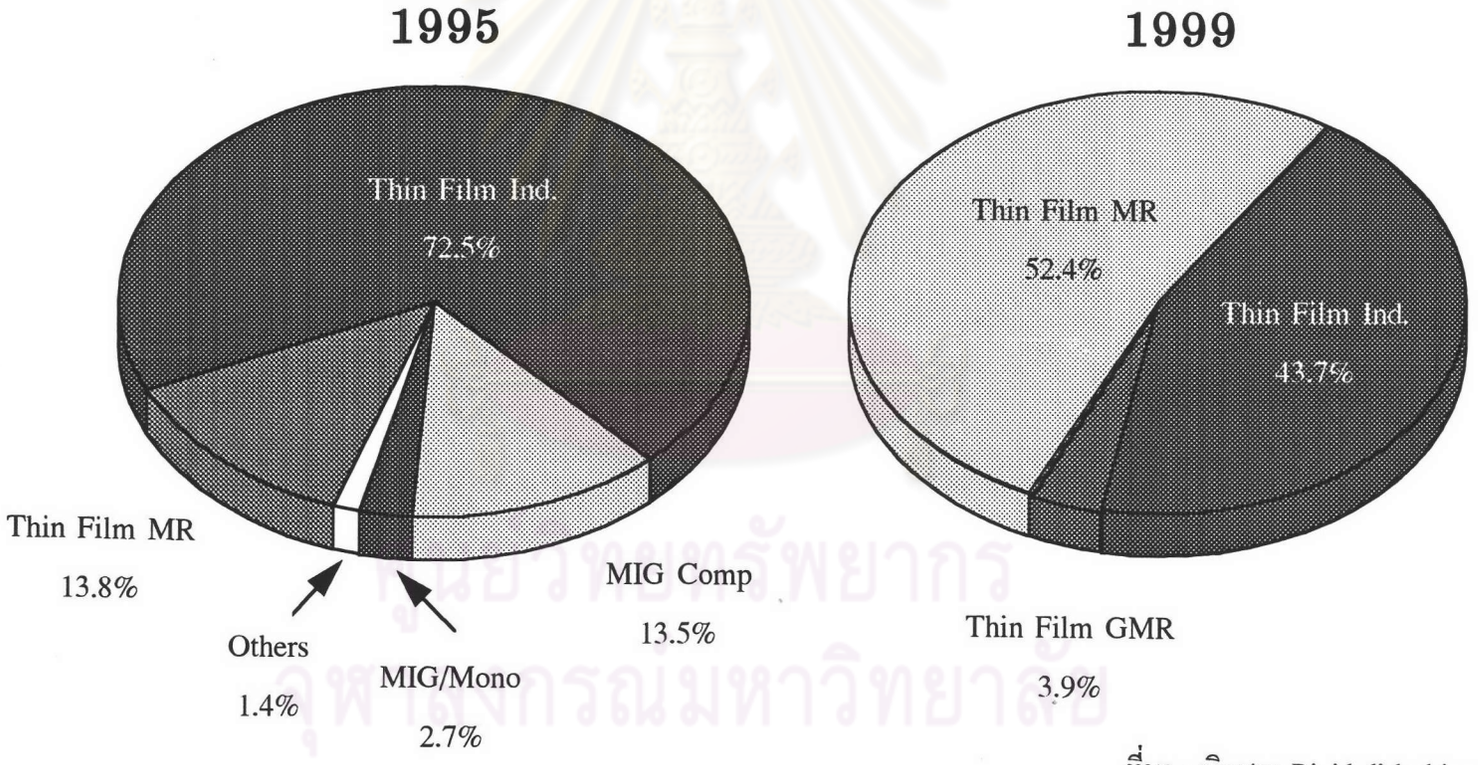


.ที่มา : นิตสาร Trend FOCUS Jan.'97

รูปที่ 3.18 ตลาดของหัวอ่านและบันทึก

ความต้องการ HGA ของตลาด

ตามชนิดของ HGA

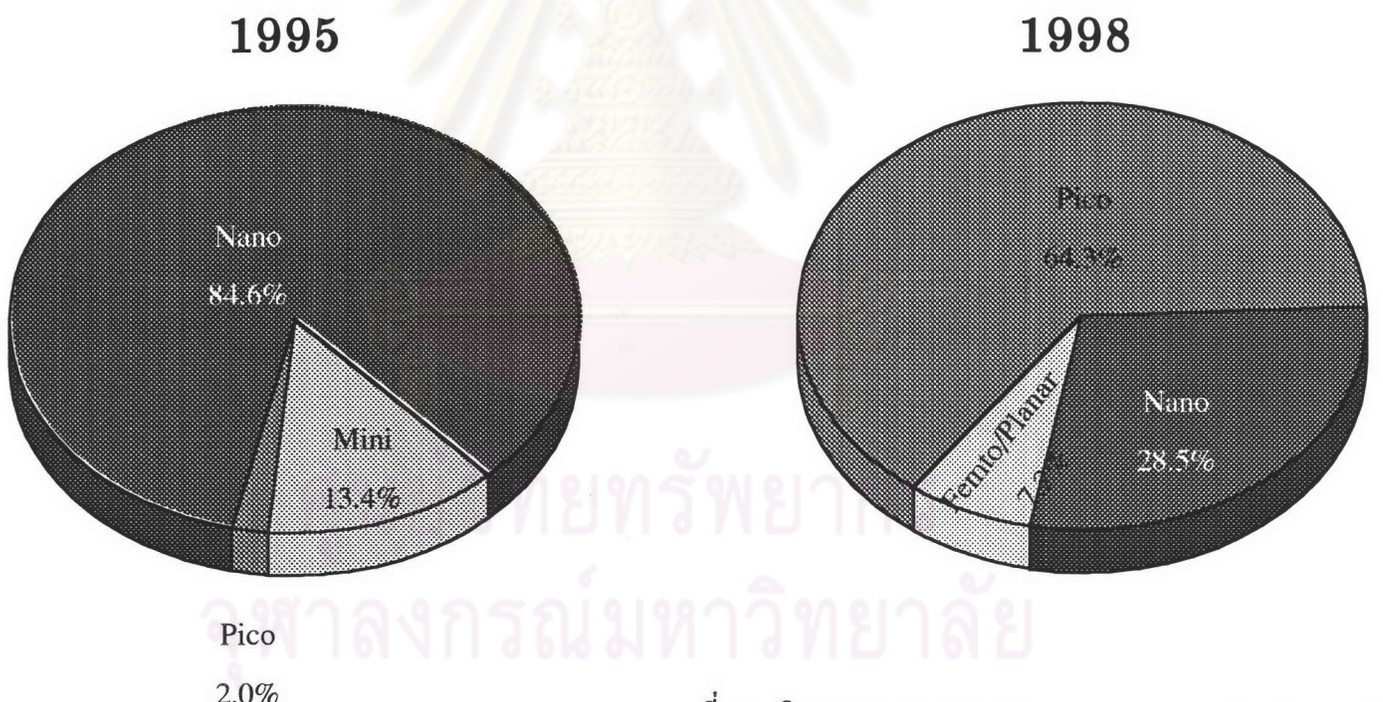


ที่มา : นิตสาร Rigid disk drive components technolocy review 1996

รูปที่ 3.19 ความต้องการ HGA ของตลาดตามชนิดของ HGA

ส่วนแบ่งตลาดของหัวอ่านและบันทึก

ตามขนาดของ SLIDER



ที่มา : นิตสาร Rigid disk drive components technolocy review 1996

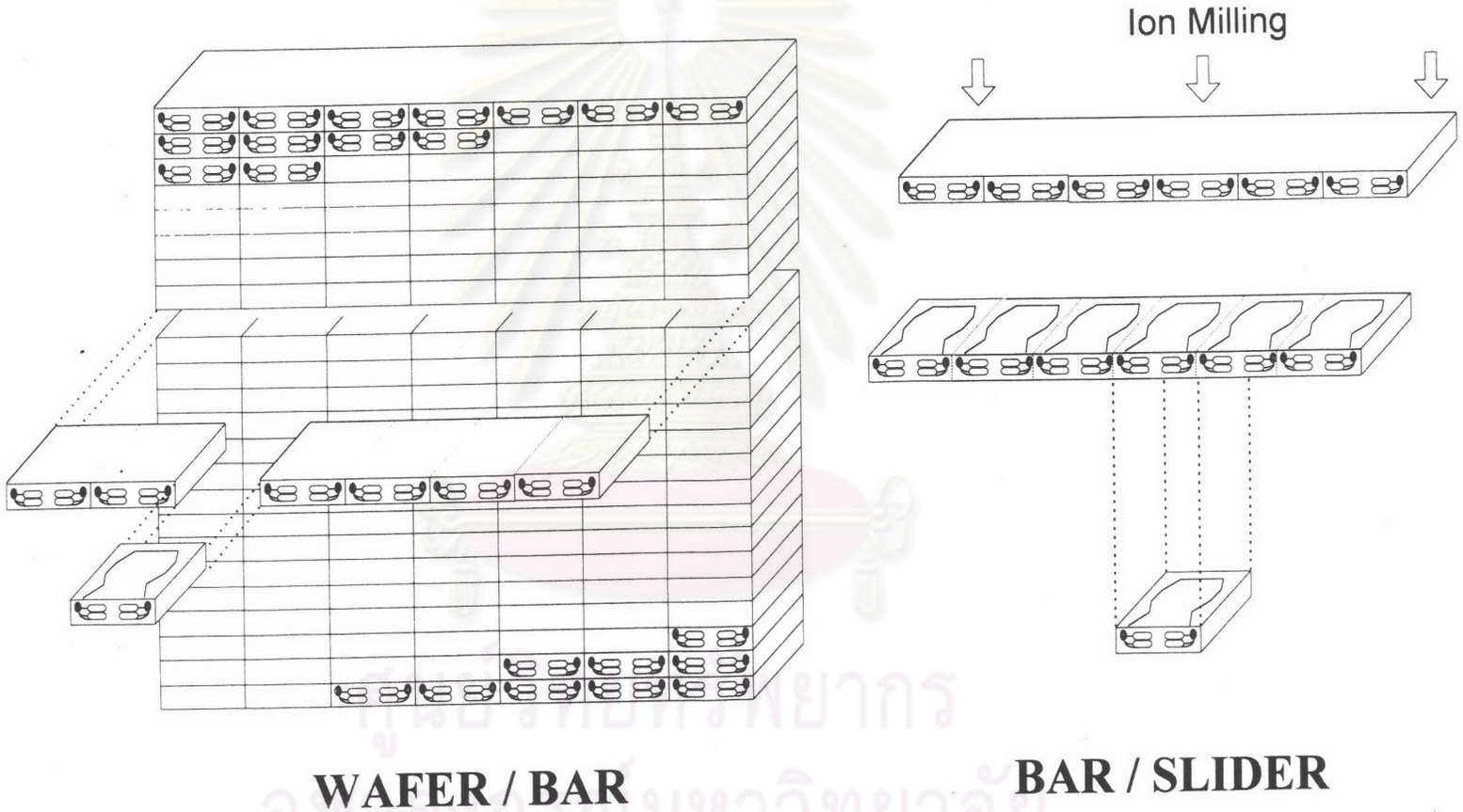
รูปที่ 3.20 ส่วนแบ่งตลาดของหัวอ่านและบันทึก

3.4 เทคโนโลยีของ Slider

ก่อนที่จะกล่าวถึงเทคโนโลยีของ Slider จะขอทำความเข้าใจและความหมายของ Slider เสียก่อน Slider คือส่วนประกอบของหัวอ่านและบันทึก (HGA) โดยสามารถดูรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นรูปของส่วนประกอบของหัวอ่านและบันทึกประกอบคำอธิบายเพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น Slider ทำมาจาก Titanium Carbide โดยขึ้นตอนการทำ Slider นั้นสลับซับซ้อนมากโดยกระบวนการผลิต Slider 1 ตัว จะใช้เวลาผลิตถึง 24 ชั่วโมง (24 Hour / Unit) หมายถึงเมื่อเริ่มต้นการผลิต Slider จนกระทั่งเสร็จจะใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งนับว่าเป็นเวลาที่ยาวนานมากสำหรับการผลิตเพื่ออุตสาหกรรมแต่ว่า Slider มีขนาดที่เล็กมากโดยมีขนาด ความกว้างเท่ากับ 1.61 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 2.05 มิลลิเมตร และส่วนสูงเท่ากับ 0.45 มิลลิเมตร (สำหรับ Slider ขนาด 50 %) แต่ว่าในการผลิต Slider ในอุตสาหกรรมนั้นจะผลิตเป็นแผ่นๆซึ่งจะเรียกว่า Wafer โดยที่ 1 Wafer จะมี Slider 1200 ตัว ซึ่งได้แสดงลักษณะของกระบวนการผลิตคร่าวๆของ Slider ไว้ในรูปที่ 3.21 Slider จะมีหัว Pole Tip ซึ่งเป็นหัวใจของการอ่านและบันทึกประกอบอยู่ตรงหัวด้วยซึ่งหัวของ Pole Tip จะทำหน้าที่อ่านและบันทึกข้อมูลขณะที่อยู่เหนือแผ่นข้อมูลซึ่งจะมีระยะห่างที่น้อยมากๆ โดย Slider ก็จะทำหน้าที่คล้ายๆกับเครื่องบินคือทำการบินอยู่เหนือแผ่นข้อมูลโดยพยายามให้มีระยะการบินหรือระยะห่างที่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้การเกิดสนามแม่เหล็กสมบูรณ์มากที่สุด

จะเห็นว่าเทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ก้าวไปไกลมากและมีการพัฒนาปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาทั้งในด้านของศักยภาพและประสิทธิภาพในการบันทึกข้อมูล ความจุ ความเร็ว ราคา อายุการใช้งาน หรือแม้แต่รูปแบบใหม่ของสินค้าที่มาจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เช่น ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบถอดได้Dictionaryที่สามารถพูดได้เป็นต้นและอีกสิ่งหนึ่งที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้มีการพัฒนาปรับปรุงมาโดยตลอดโดยได้กล่าวไว้เบื้องต้นแล้วนั่นก็คือขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยจะเห็นว่านับวันขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ โดยเริ่มต้นของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีขนาดใหญ่โตมากแต่ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงให้มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆโดยขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ได้มีการพัฒนามาแต่ต้นจนถึงปัจจุบันก็คือ 5.25 นิ้ว 3.5 นิ้ว 2.5 นิ้ว 1.8 นิ้ว และ 1.0 นิ้ว ซึ่งได้แสดงขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไว้แล้วในรูปที่ 3.1 โดยจะเห็นได้ว่าขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้มีแนวโน้มที่เล็กลงเรื่อยๆปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มี

Wafer and Slider Fabrication



รูปที่ 3.21 ขั้นตอนการผลิต Slider

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขนาดเล็กลงได้นั้นก็คือ ขนาดของหัวอ่านและบันทึก (HGA) ที่เล็กลงโดยที่ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลทำให้ขนาดของหัวอ่านและบันทึกมีขนาดเล็กลงนั้นมีอยู่ 3 ปัจจัยด้วยกันคือเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึก ขนาดของ Flexure และขนาดของ Slider โดยได้กล่าวถึงเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกแล้วในหัวข้อที่ 3.2 ส่วนขนาดของ Flexure นั้นเป็นสิ่งที่ไม่ใช่เรื่องยากอะไรในการที่จะพัฒนาให้ Flexure มีขนาดเล็กลงเพราะว่ามีกระบวนการผลิตที่ไม่สลับซับซ้อนมากมายนักสามารถที่จะทำขนาดให้เล็กลงได้โดยไม่มีปัญหาอะไรมากมายนัก แต่สิ่งที่มีกระบวนการผลิตที่สลับซับซ้อนมากและยากในการที่จะลดขนาดให้เล็กลงก็คือ Slider ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีของ Slider และ ขนาดของ Slider ที่ลดลง

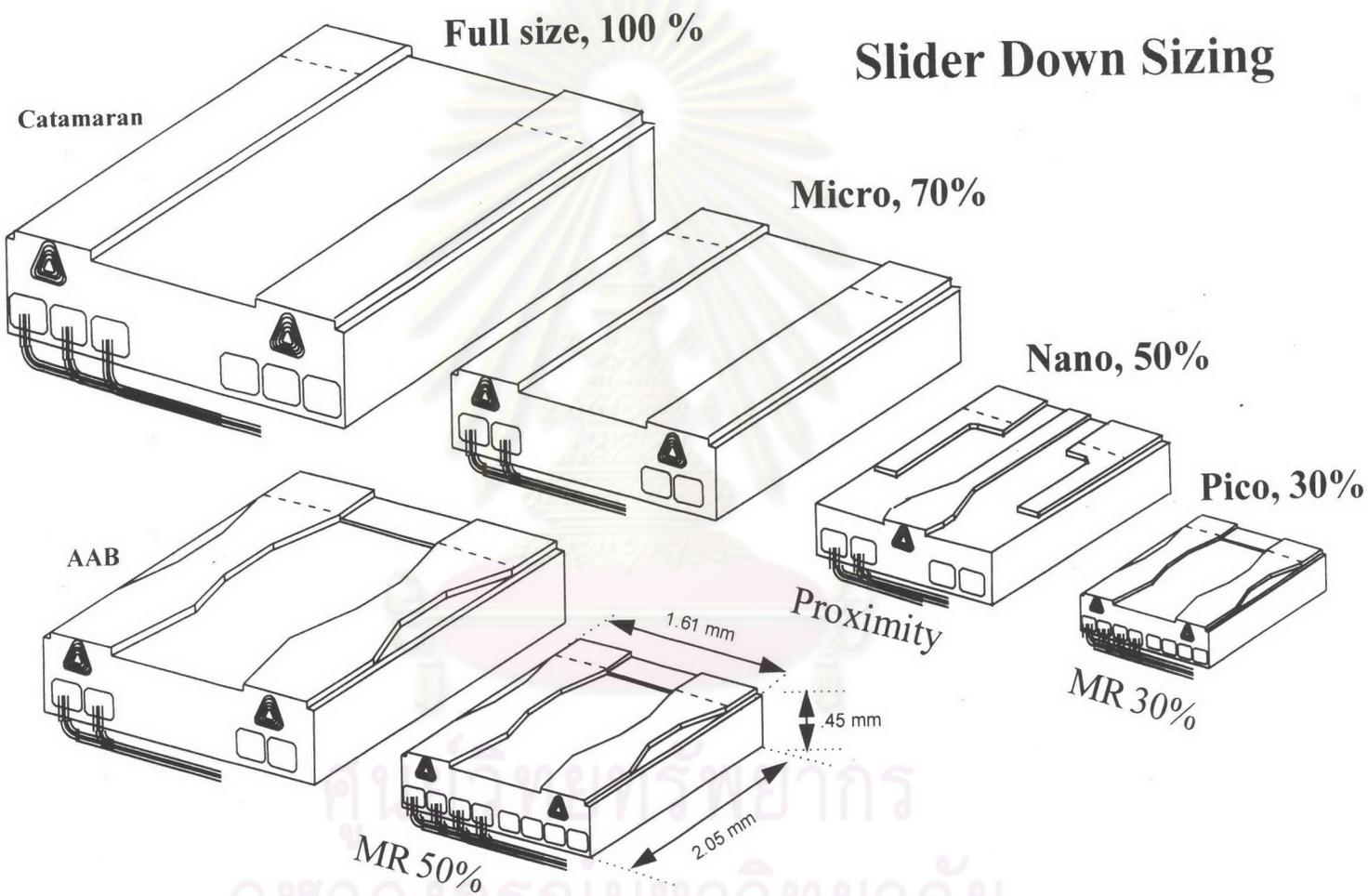
3.4.1 เทคโนโลยีหน้าสัมผัส (ABS) ของ Slider

ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้นว่า Slider จะทำหน้าที่ในการบินอยู่เหนือแผ่นข้อมูลซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบสูงมากประมาณมากกว่า 7,000 รอบต่อนาทีโดยตัวมันเองจะถูกประกอบด้วยหัว Pole Tip ไว้ตรงส่วนหัวเพื่อทำหน้าที่อ่านและบันทึกข้อมูล ดังนั้นดูจะเหมือนว่า Slider จะทำหน้าที่คล้ายเครื่องบินซึ่งขณะที่ทำการบินอยู่นั้นผิวหน้าของ Slider หรือที่เรียกว่า Air Bearing Surface (ABS) ซึ่งต่อไปจะขอเรียกว่า ABS จะต้องประทะกับแรงของลมซึ่งเกิดจากการหมุนของแผ่นข้อมูลนั่นเอง ดังนั้นการออกแบบ ABS จะต้องคำนึงถึงหลักการลู่ลมหรือแอร์โร่ไดนามิคส์ด้วยเพื่อทำให้ Slider สามารถบินใกล้กับแผ่นข้อมูลมากที่สุดหรือมีระยะห่างน้อยที่สุดนั่นเอง โดยที่ชนิดหรือการออกแบบของ ABS ที่ใหญ่ๆมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ

1. แบบ Catamaran
2. แบบ Advanced Air Bearing Surface (AAB)
3. แบบ Proximity หรือที่เรียกว่า Tri Pad

รูปแบบหรือชนิดของ ABS และขนาดต่างๆของ Slider ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.22

ABS แบบ Catamaran นั้นเป็นแบบแรกของ ABS ที่ใช้ในการทำ Slider โดยลักษะณะของ ABS นั้นจะเหมือนกับสกีหรือเรือใบชนิดหนึ่งซึ่งมีชื่อเรียกว่า Catamaran ซึ่ง



รูปที่ 3.22 เทคโนโลยีของ ABS และ ขนาดของ Slider

ที่มา : แผนกค้นคว้าและวิจัยของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เป็นที่มาของแบบ ABS นี้นั่นเอง ABS แบบ Catamaran นี้เป็นแบบที่ทำง่ายที่สุดในบรรดาแบบของABSทั้ง3แบบเพราะว่ามีรูปร่างที่เรียบง่ายและมีกระบวนการผลิตที่ไม่สลับซับซ้อนมากมายนักเมื่อเทียบกับอีก 2 แบบ และนั่นก็คือข้อดีของ Catamaran แต่แน่นอน Catamaran ย่อมจะต้องมีข้อเสีย และข้อเสียของ Catamaran นั้นก็คือ ระยะการบินจะขึ้นอยู่กลับรัศมีของแผ่นข้อมูลซึ่งเป็นวงกลม กล่าวคือ ระยะการบินจะน้อยหรือต่ำเมื่อบินอยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูล (ระยะรัศมีจากศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลไม่มาก) แต่ระยะการบินจะสูงขึ้นเมื่อระยะห่างออกไปจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลซึ่งเมื่อระยะการบินไม่สม่ำเสมอคงที่แต่ผันแปรตามระยะจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบการบันทึกข้อมูลไม่มีประสิทธิภาพที่ดี กล่าวคือเมื่อระยะการบินสูงขึ้นเมื่อระยะห่างออกไปจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลการอ่านและการเขียนข้อมูลก็จะทำได้ไม่ดีเพราะว่าการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กจะไม่สมบูรณ์เนื่องมาจากระยะของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กนั้นเป็นระยะสั้นๆเท่านั้นเอง ABS แบบ Catamaran จะถูกผลิตมาใช้กับ Slider ขนาด 100 % และ 70 % ซึ่งเป็น Slider ขนาดใหญ่และเป็นระยะแรกๆของ Slider

ABS แบบ Advanced Air Bearing Surface (AAB) ABS แบบนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของแบบ Catamaran ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว โดยที่ AAB จะมีระยะการบินที่สม่ำเสมอโดยไม่ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูล โดยไม่ว่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลจะเป็นเท่าไรจะห่างมากหรือห่างน้อยก็ตามระยะการบินของ Slider ที่มี ABS แบบ AABก็ยังคงรักษาระยะการบินไว้ได้อย่างคงที่ซึ่งจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการบันทึกข้อมูลมีประสิทธิภาพสูง และข้อดีอีกข้อหนึ่งของ AAB ก็คือสามารถทำให้ระยะการบินของ Slider มีระยะการบินที่ต่ำมาก (ประมาณ 1.0 ไมโครนิ้ว) เมื่อเทียบกับแบบของ Catamaran (ประมาณ 3.0 - 4.0 ไมโครนิ้ว)โดยไม่ทำให้เกิดการกระแทกหรือการชนกันระหว่าง Slider กับแผ่นข้อมูล ขณะทำการบิน ซึ่งจะพบปัญหานี้กับแบบของ Catamaran ABS แบบ AAB จะถูกผลิตมาใช้กับ Slider ขนาด 50 % และ 30 % ซึ่งเป็น Slider ที่ถูกใช้ในปัจจุบันและในอนาคต

ABS แบบ Proximity หรือถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Tri Pad อันเนื่องมาจากรูปร่างลักษณะของ ABS ซึ่งมีจำนวน Pad หรือพื้นผิวสัมผัสขณะทำการบินอยู่ 3 Pad ขณะที่แบบของ Catamaran และ แบบ AAB จะมี Pad อยู่เพียง 2 Pad ABS แบบ Proximity จะมีคุณสมบัติ

เหมือนกับแบบของ AAB แต่ต่างกันตรงที่แบบ Proximity จะมีหัว Pole Tip อยู่เพียงหัวเดียวอยู่ตรงกลางอันเนื่องมาจากการออกแบบของ ABS ซึ่งมี 3 Pad โดยการที่มี 3 Pad นี้จะช่วยในการทรงตัวขณะทำการบินและลดปัญหาเรื่องการบินเอียงทำมุมซ้ายหรือขวาของ Slider ซึ่งจะเป็นข้อดีของแบบ Proximity แต่ว่าก็เป็นข้อเสียด้วยเหมือนกันเพราะว่าในเชิงเศรษฐศาสตร์แล้วนั้นการผลิตแบบอุตสาหกรรมจำเป็นจะต้องผลิต Slider ที่มีหัว Pole Tip ที่มี 2 หัวเพราะว่าในขั้นตอนการทำหัว Pole Tip นั้นยุ่งยากสลับซับซ้อนมากรวมถึงใช้เวลาในการผลิตนานและมีโอกาสในการเสียหายหลังจากการผลิตซึ่งจะไม่สามารถทราบได้ในขั้นตอนนั้นจนกระทั่งได้ผลิตเป็น HGA และทำการทดสอบจึงจะทราบได้ว่าหัว Pole Tip นั้นเสียหายหรือไม่ ดังนั้นการที่Proximity มีหัว Pole Tip เพียงหัวเดียวนั้นเมื่อเกิดการเสียหายหรือใช้งานไม่ได้ของ Pole Tip ก็จะทำให้ Slider ตัวนั้นไม่มีความหมายเลย แต่ถ้าหากว่ามีหัว Pole Tip อยู่ 2 หัว และ Pole Tip หัวหนึ่งใช้ไม่ได้หรือเสียหายก็ยังสามารถที่จะเลือกใช้อีกหัวหนึ่งได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วเกือบทั้งหมดของผู้ผลิตได้เลือกการผลิต ABS แบบ AAB มากกว่าอันเนื่องมาจากเหตุผลเชิงเศรษฐศาสตร์ดังได้กล่าวมาแล้วแต่ว่าการผลิต ABS แบบ Proximity ก็มีเหมือนกันแต่ว่าเป็นจำนวนน้อยและจะถูกใช้กับ HGA บางรุ่นเท่านั้นซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับ Proximity

3.4.2 การพัฒนาด้านขนาดของ Slider

ขนาดของ Slider ได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดโดยได้พัฒนาควบคู่ไปกับเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกและการพัฒนาของ ABS ขนาดของ Slider ได้มีการพัฒนาให้มีขนาดที่เล็กลงอยู่ตลอดเวลาซึ่งขนาดของ Slider ทั้งหมดจะมีอยู่ด้วยกัน 4 ขนาดโดยนับจากขนาดรุ่นแรกของ Slider ที่ทำการผลิต ซึ่งการวัดขนาดของ Slider นั้นจะวัดกันเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยได้แสดงรูปขนาดของ Slider ไว้ในรูปที่ 3.22 และขนาดของ Slider มีอยู่ด้วยกันดังนี้คือ

1. ขนาด 100 % หรือเรียกว่า Full size Slider
2. ขนาด 70 % หรือเรียกว่า Micro Slider
3. ขนาด 50 % หรือเรียกว่า Nano Slider
4. ขนาด 30 % หรือเรียกว่า Pico Slider

จากขนาดของ Slider ที่ลดลงจะสังเกตุเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นของการลดขนาดจะมีการลดขนาดลงโดยประมาณ 30 % ของขนาดเดิมอันเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกและเทคโนโลการผลิต Slider ในปัจจุบันขนาดของ Slider ที่ใช้ในการผลิต HGA เกือบทั้งหมดจะเป็นขนาด 50 % (Nano Slider) โดยขนาดที่แท้จริงของ Slider ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วส่วนในอนาคตซึ่งคาดว่าจะเป็นในปี 1999 Slider ขนาด 30% (Pico Slider) ซึ่งนับว่าเป็นขนาดที่เล็กที่สุดที่มีอยู่จะถูกเริ่มนำมาใช้และจะมาแทนที่ขนาด 50 % ในที่สุด และได้มีการวิเคราะห์ว่าเมื่อ Slider ขนาด 30 % ถูกนำมาใช้ในการผลิต HGA แทนขนาด 50 % การผลิตโดยอาศัยฝีมือและทักษะของคนไม่สามารถที่จะรองรับได้อันเนื่องมาจาก Slider ขนาด 30 % มีขนาดเล็กมากเกินไปที่จะใช้คนในการผลิต ซึ่งจำเป็นจะต้องมีเทคโนโลยีการผลิต HGA ใหม่ๆมาแทนที่ และขนาดของ Slider ก็ไม่ได้หยุดยั้งการพัฒนาอยู่เพียงเท่านี้ ซึ่งได้มีการวิเคราะห์ในวงการอุตสาหกรรมและคาดว่ามีความเป็นไปได้ที่จะมี Slider ขนาด 15 % เกิดขึ้นมาในอนาคต

3.5 <u>ความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ (ESD) ต่อเทคโนโลยีหัวอ่านและบันทึก</u>

ความหมายและการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ในหัวข้อที่ 2.1.7 แล้ว ดังนั้นในที่นี้จะไม่ขอกล่าวซ้ำแต่จะกล่าวในเรื่องของความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่มีต่อเทคโนโลยีที่ทันสมัยของหัวอ่านและบันทึก ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาและสิ่งที่ตามมาพร้อมกับเทคโนโลยีที่ทันสมัยก็คือความไวต่อกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่มากขึ้น หัวอ่านและบันทึกที่ผลิตโดย Ferrite Head เทคโนโลยีนั้นจะมีความไวต่อกระแสไฟฟ้าสถิตย์น้อยมากโดยประมาณ > 100,000 โวลต์ โดยที่ระดับความไวขนาดนี้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีระบบการควบคุมการทำลายชิ้นงานเนื่องมาจากกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในขบวนการผลิตหัวอ่านและบันทึกเลย และจากการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูลด้วย Ferrite Head เทคโนโลยียังไม่ปรากฏว่ามีหัวอ่านและบันทึกเสียหายเพราะกระแสไฟฟ้าสถติย์เลย ส่วนหัวอ่านและบันทึกที่ผลิตด้วย Thin Film (Inductive) Head เทคโนโลยีจะมีความไวต่อกระแสไฟฟ้าสถิตย์โดยประมาณ > 50,000 โวลต์ ซึ่งด้วยระดับความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ระดับนี้จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์การทำลายกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่เกิดขึ้นเข้ามาช่วยป้องกันระดับหนึ่งแต่ก็ยังนับว่าไม่ใช่ระดับที่อันตรายหรือรุนแรงมากนักโดยอุปกรณ์การทำลายกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่เกิดขึ้นนี้จะเรียกว่า Laminar Hood โดยอุปกรณ์นี้จะถูกติดตั้งไว้เหนือสายการผลิตประมาณ 1 - 2 เมตร อุปกรณ์นี้จะ

ทำหน้าที่ปล่อยประจุไฟฟ้าที่เป็นประจุไฟฟ้าค่ากลางคือมีประจุไฟฟ้าบวกและลบเท่าๆกันออกมาครอบคลุมบริเวณการผลิตหัวอ่านและบันทึก แต่ระดับความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่มีต่อ MR เทคโนโลยีนั้นมีความไวสูงมากและเป็นระดับที่เป็นอันตรายโดยมีความจำเป็นจะต้องมีระบบควบคุมที่ดีมากจึงจะทำการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูลได้ อาทิเช่น ต้องมี Laminar Hood ที่มีประสิทธิภาพสูงมากโดยมีระยะการครอบคลุมของประจุไฟฟ้าที่มีค่าเป็นกลางไกลกว่าเดิมโดยประมาณ 2 เท่าและมีปริมาณความหนาแน่นของประจุมากกว่าเดิมโดยประมาณ 1 - 2 เท่าเมื่อเทียบกับ Thin Film (Inductive) Head และอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในสายการผลิตจะต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากกระแสไฟฟ้าสถิตย์และมีโอกาสการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่ต่ำที่สุดเท่าที่ควรจะเป็นเพราะว่าวัสดุที่ปราศจากกระแสไฟฟ้าสถิตย์หรือมีโอกาสการเกิดที่ต่ำจะมีราคาแพงมากและห้ามวัสดุประเภทพลาสติกเข้ามาในสายการผลิตเพราะว่าพลาสติกเป็นวัสดุที่ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์มากที่สุด ยกเว้นพลาสติกชนิดที่ปราศจากกระแสไฟฟ้าสถิตย์ซึ่งจะมีราคาแพงมาก การควบคุมและลดโอกาสการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตต้องเข้มงวดอย่างมากโดยต้องควบคุมทุกชิ้นทุกอย่าง แม้แต่ปากกาและกระดาษที่ใช้เขียนหรือบันทึกข้อมูลต่างๆในสายการผลิตก็ยังจำเป็นที่จะต้องปราศจากกระแสไฟฟ้าสถิตย์ซึ่งอุปกรณ์พวกนี้จะมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์ธรรมดามากๆ เช่นกระดาษที่ใช้ซึ่งเรียกว่า Clean Room Paper จะมีราคาถึงแผ่นละ 3 บาท ปากกาที่ใช้ด้ามละประมาณ 30 บาท เป็นต้น โดยระดับความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่มีต่อ MR จะอยู่ที่ระดับ 10 - 20 โวลต์ ด้วยระดับความไวที่สูงมากขนาดนี้ถึงแม้ว่าจะมีการควบคุมและลดโอกาสการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ของวัสดุของเครื่องมือและอุปกรณ์ดีเพียงใดก็ไม่สามารถจะควบคุมไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ได้ เพราะว่าแม้แต่การดึงพลาสติกออกจากกันก็สามารถที่จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ได้ถึง 12,000 โวลต์ ดังนั้นการควบคุมและลดโอกาสการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์นั้นไม่สามารถที่จะป้องกันการทำลายชิ้นงานของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ได้ แต่จะต้องทำควบคู่ไปกับอีกระบบหนึ่งคือระบบที่ป้องกันการทำลายชิ้นงานของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่เกิดขึ้นมาโดยการต่ออุปกรณ์และเครื่องมือทุกอย่างรวมถึงคนลงสู่ดิน หรือที่เรียกว่าต่อลง Ground นั่นเองดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีทั้งระบบการควบคุมและลดโอกาสการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด (วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ปราศจากกระแสไฟฟ้าสถิตย์) และระบบการป้องกันกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่เกิดขึ้นไม่ให้ทำลายชิ้นงาน(การต่อเครื่องมือและอุปกรณ์ สายการผลิต และคนลงสู่ดิน และ อุปกรณ์ Laminar Hood) จึงจะสามารถที่จะควบคุมการทำลายชิ้นงานของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ได้

ปัญหาในเรื่องของความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่มีต่อหัวอ่านและบันทึกไม่ได้จบอยู่เพียงเท่านี้เพราะว่าในอนาคตอันใกล้ปัญหานี้จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นเพราะว่าความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่มีต่อเทคโนโลยี GMR จะอยู่ที่ระดับกระแสไฟฟ้าสถิตย์เพียงแค่ 5 โวลต์เท่านั้นเองซึ่งน้อยมากๆนั่นหมายถึงกระแสไฟฟ้าสถิตย์เพียงแค่ 5 โวลต์ก็สามารถที่จะทำลายหัวอ่านและบันทึกได้ สาเหตุที่ทำให้กระแสไฟฟ้าสถิตย์มีความไวต่อ GMR มากกว่า MR เพราะว่า GMR มี MR Element ที่สลับซับซ้อนมากกว่าและมีความบางที่บางกว่าของ MR มาก โดยที่ MR Element ของ GMR จะมีความบางถึง 20 อังสตอม ซึ่งเมื่อเทียบกับของ MR ซึ่งมีความบางอยู่ที่ 200 อังสตอม ดังนั้นระบบการป้องกันกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่เกิดขึ้นไม่ให้ทำลายชิ้นงาน และระบบการควบคุมและลดโอกาสของการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ให้น้อยที่สุด จะต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าของ MR และเพียงพอสำหรับความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่ 5 โวลต์ได้จึงจะสามารถผลิตหัวอ่านและบันทึกด้วยเทคโนโลยี GMR ได้ แต่การที่จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขนาดนั้นย่อมต้องใช้เงินลงทุนอย่างมาก และทางเลือกอีกทางหนึ่งก็คือ การลดโอกาสการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ให้น้อยลงโดยการผลิตโดยใช้เครื่องจักรให้มากขึ้นหรือผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติ เพราะว่าสาเหตุใหญ่ของการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ส่วนใหญ่มาจากคนอันเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวในขณะที่ทำงานและการหยิบจับวัตถุอุปกรณ์แล้วเกิดการเสียดสีหรือเกิดการแยกกันของวัตถุขึ้น หรือแม้แต่เสื้อผ้าที่สวมใส่เกิดการเสียดสีกันก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์ขึ้นได้ดังนั้นเพื่อลดโอกาสการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์และลดปัญหาในเรื่องของความไวของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ที่มีต่อ GMR ในระดับที่สูงมากทางเลือกในการผลิตด้วยเครื่องจักรแทนการผลิตด้วยคนจึงได้ถูกนำมาพิจารณา

3.6 ราคาของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และหัวอ่านและบันทึก

3.6.1 ราคาของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในท้องตลาด

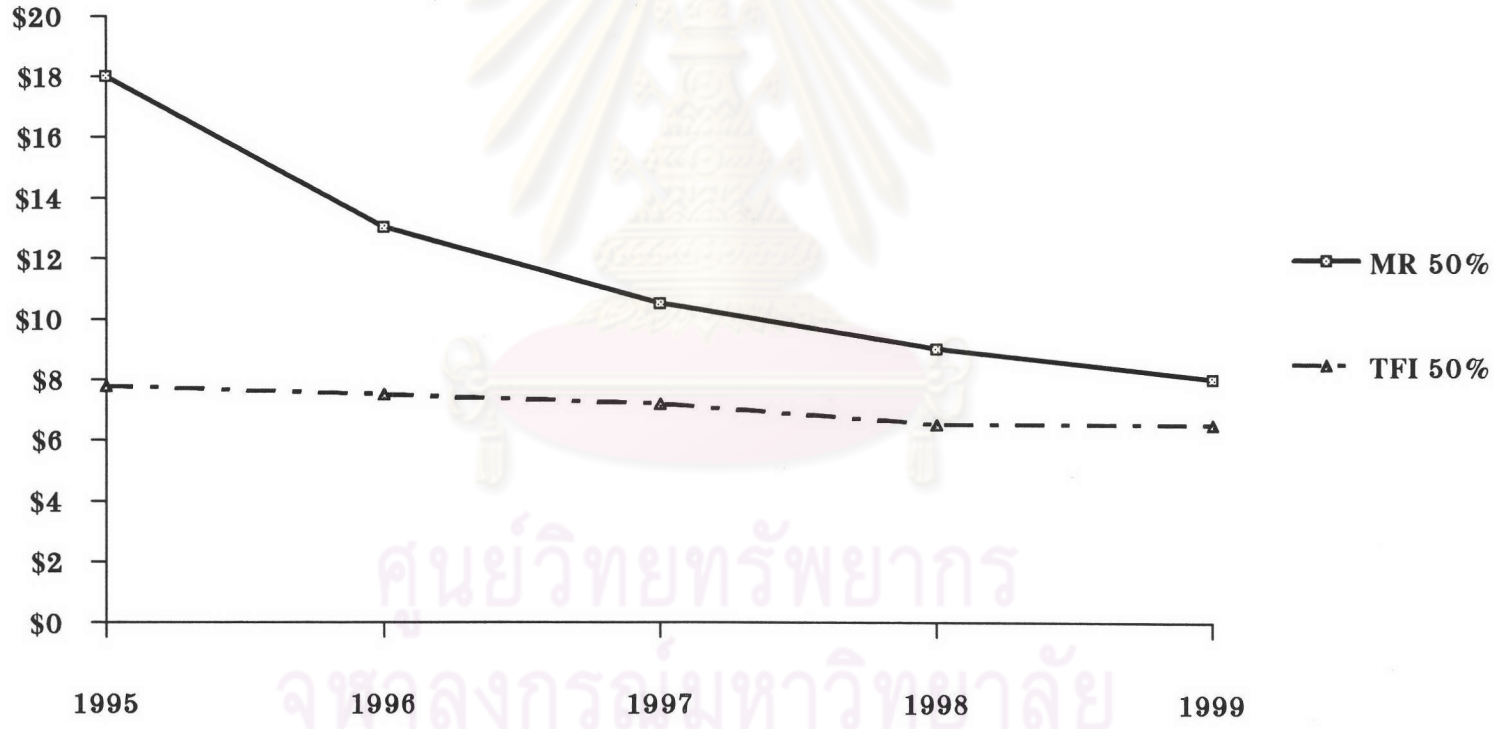
จากการสำรวจและวิเคราะห์ราคาของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในท้องตลาดโดยแยกตามเทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และตามความจุจะได้ผลการสำรวจดังนี้คือ

ชนิดของไดรฟ์	ราคา
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (MR และ Thin Film)	
- 2 กิกะไบต์	0.15 เหรียญสหรัฐต่อเมกกะไบต์
- 4 - 8 กิกะไบต์	0.22 เหรียญสหรัฐต่อเมกกะไบต์
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (MO)	
- 640 เมกกะไบต์	1.42 เหรียญสหรัฐต่อเมกกะไบต์
Flash Memory	
- 85 เมกกะไบต์	17.5 เหรียญสหรัฐต่อเมกกะไบต์

ที่มา : นิตยสาร Data Storag Jan , 97

จากการสำรวจราคาจะพบว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของ MR จะมีราคาต่อเมกกะไบต์ที่ถูกกว่าฮาร์ดดิสก์ไดรว์ของ MO มากประมาณ 6 เท่าตัวและมีความจุที่มากกว่า อาจเป็นเพราะเหตุผลที่ผลิตจำนวนน้อยและมีข้อบกพร่องในเรื่องระบบการเขียนข้อมูล ซึ่งจะเห็นว่า MO ไม่เหมาะที่จะแข่งขันในตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรว์ดังนั้นMO จึงได้เปลี่ยนตลาดจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปเป็นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ถอดได้และผลิตภัณฑ์อื่นๆดังได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วนั้น ซึ่งจะมีราคาต่อเมกกะไบต์ที่ถูกกว่าและมีข้อดีกว่าคือมีระบบการอ่านข้อมูลที่ดีกว่าซึ่งเป็นจุดแข็งของ MO และสามารถที่จะแข่งขันในตลาดและครอบครองตลาดในส่วนนี้ไว้ได้ส่วนราคาของ Flash Memory จะมีราคาแพงมากโดยแพงกว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประมาณ 17 เท่าตัวเพราะว่าต้นทุนการผลิตนั้นสูงกว่าและมีปริมาณการผลิตที่น้อยกว่าเพราะว่ามีส่วนของตลาดของ Flash Memory ไม่มากนัก

ราคาของหัวอ่านและบันทึก



.ที่มา : Trend FOCUS Jan.'97

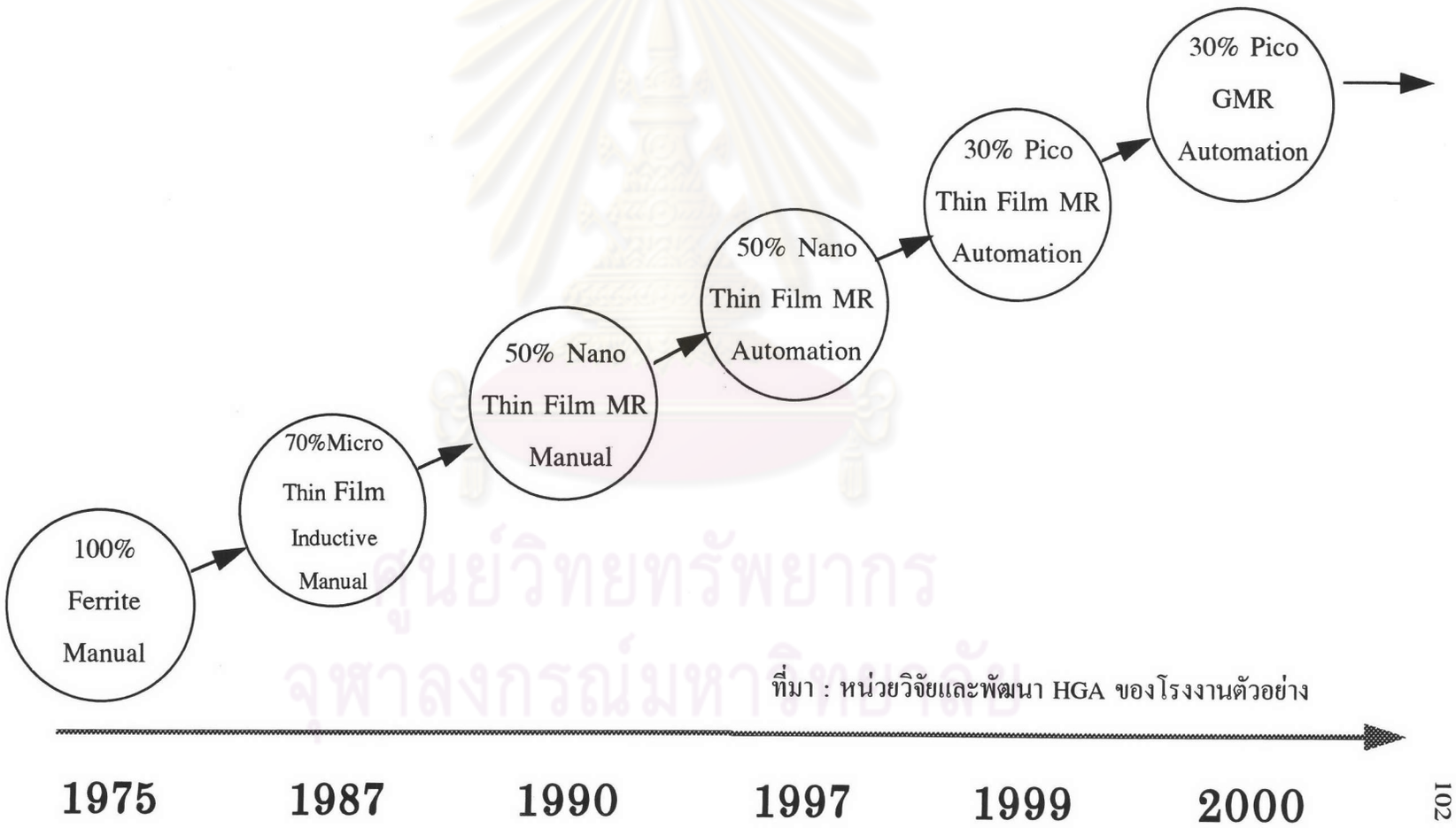
รูปที่ 3.23 ราคาหัวอ่านและบันทึก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.2 ราคาของหัวอ่านและบันทึกข้อมูล

ได้วิเคราะห์ราคาของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลโดยได้วิเคราะห์ตามประเภทของเทคโนโลยีโดยในที่นี้ได้ทำการวิเคราะห์เฉพาะ Thin Film (Inductive) Head และ MR Head และวิเคราะห์เฉพาะขนาดของ Slider ที่ 50 % เพราะว่าเป็นขนาดที่ถูกใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นส่วนใหญ่ โดยได้ทำการวิเคราะห์ในช่วงปี 1995 - 1999 และได้แสดงรูปของการวิเคราะห์ราคาของหัวอ่านและบันทึกไว้ในรูปที่ 3.23 จากการวิเคราะห์ในเรื่องราคาของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลจะพบว่าราคาของหัวอ่านและบันทึกของ Thin Film (Inductive) Head จะมีราคาค่อนข้างจะคงที่มาตั้งแต่ปี 1995 จนกระทั่งถึงปี 1999 โดยราคาต่อหนึ่งหัวอ่านและบันทึกข้อมูลจะอยู่ที่ประมาณ 8 เหรียญสหรัฐ ส่วนราคาของ MR Head จะมีราคาสูงมากประมาณ 2 เท่าของ Thin Film (Inductive) ในปี 1995 โดยราคาของ MR Head จะอยู่ที่ประมาณ 18 เหรียญสหรัฐต่อหนึ่งหัวอ่านและบันทึกข้อมูล ที่ราคาของ MR Head มีราคาสูงขนาดนี้เป็นเพราะว่าเป็นช่วงเริ่มต้นที่มีการผลิต MR Head และมีปริมาณการผลิตน้อยรวมทั้งเปอร์เซ็นต์ของดีเมื่อเทียบกับของเสียแล้วยังเป็นเปอร์เซ็นต์ที่น้อยอยู่ แต่ต่อมาราคาของ MR Head ได้มีการลดลงมาเรื่อย ๆ โดยในปัจจุบันคือในปี 1997 ราคาต่อหนึ่งหัวอ่านและบันทึกข้อมูลจะอยู่ที่ประมาณ 11 เหรียญสหรัฐ และมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเหลือราคาประมาณ 9 เหรียญสหรัฐต่อหนึ่งหัวอ่านและบันทึกข้อมูลในปี 1999 ซึ่งจะมีราคาใกล้เคียงกับ Thin Film (Inductive) Head เพราะว่ามีปริมาณการผลิต MR มากขึ้นและผู้ผลิตได้เรียนรู้เกี่ยวกับ MR เทคโนโลยีมากขึ้นจึงทำให้มีการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ของดีต่อของเสียให้ดีขึ้นจึงทำให้ต้นทุนของหัวอ่านและบันทึกมีราคาลดลง และเมื่อราคาของ MR ลดลงมาใกล้เคียงกับ Thin Film (Inductive) Head ก็จะเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ Thin Film (Inductive) Head ค่อยๆหมดความต้องการไปเพราะว่าเมื่อราคาใกล้เคียงกันแต่ MR มีประสิทธิภาพทั้งในเรื่องความจุ ความเร็วที่เหนือกว่า Thin Film (Inductive) Head นั่นเอง

หัวอ่านและบันทึกในอนาคต



ที่มา : หน่วยวิจัยและพัฒนา HGA ของโรงงานตัวอย่าง

รูปที่ 3.24 พยากรณ์เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7 การพยากรณ์เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูล

การพยากรณ์เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูลจากอดีตถึงปัจจุบันและในอนาคตในหัวข้อนี้นั้นจะพยากรณ์เฉพาะโรงงานที่ได้ทำการวิจัยและแหล่งที่มาของการพยากรณ์นั้นมาจากหน่วยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีรวมกับฝ่ายการตลาดของโรงงานที่ได้ทำวิจัย ซึ่งได้จัดทำการพยากรณ์เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเอาไว้สำหรับแผนการผลิตในอนาคตเพื่อสอดคล้องทั้งการตลาดและเทคโนโลยีโดยการพยากรณ์นี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.24 โดยได้วิเคราะห์เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตหัวอ่านและบันทึกจากอดีตคือในปี1975 และได้พยากรณ์เทคโนโลยีและขบวนการผลิตในอนาคตไว้จนถึงปี 2000 ซึ่งจากการวิเคราะห์และพยากรณ์จะได้ผลดังนี้คือ

การวิเคราะห์และพยาการณ์เทคโนโลยีและกระบวนการผลิต HGA

ปี	เทคโนโลยีและกระบวนการผลิต HGA		
	ขนาด Slider	เทคโนโลยี	กระบวนการผลิต
1975 - 1987	100 %	Ferrite Head	ผลิตด้วยมือ (Manual)
1987 - 1996	70 %	Thin Film (Inductive)	ผลิตด้วยมือ (Manual)
1996 - 1997	50 %	MR Head	ผลิตด้วยมือ (Manual)
1997 - 1999	50 %	MR Head	ผลิตด้วยมือ (Manual) และ ผลิตด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi -Automation)
1999 - 2000	30 %	MR Head	ผลิตด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi - Automation)
2000 -->	30 %	GMR	ผลิตด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi - Automation)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์และพยากรณ์เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกจะเห็นว่าได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วมากโดยเฉพาะในช่วงระยะหลังเทคโนโลยีจะพัฒนาได้เร็วกว่าในช่วงแรกๆที่เริ่มต้นผลิตหัวอ่านและบันทึก และจะเห็นว่าขนาดของ Slider ก็จะมีขนาดที่เล็กลงเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงขนาด 30 % ซึ่งนับว่าเล็กมาก และกระบวนการผลิตก็ได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา และจากการวิเคราะห์การพัฒนาเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลในอนาคตเพื่อเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะสามารถสรุปปัจจัยที่สำคัญของเทคโนโลยีหัวอ่านและบันทึกข้อมูลได้เป็น 9 ปัจจัยที่มีผลต่อความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งเป็นแผนการในอนาคตสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกด้วยแต่ใน 9 ปัจจัยนี้ยังไม่ได้รวมปัจจัยใหญ่ที่สำคัญมากๆนั่นก็คือ เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกในหัวข้อที่ 3.2 เพราะว่าเทคโนโลยีคือปัจจัยใหญ่ที่ทุกคนทราบดีอยู่แล้วว่ามีผลอย่างมากต่อการเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และ 9 ปัจจัยนี้จะต้องถูกปรับปรุงไม่ว่าเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยจะแบ่งออกปัจจัยทั้ง 9 ปัจจัยนี้เป็นสองส่วนคือส่วนที่จะต้องทำการเพิ่มและส่วนที่จะต้องทำการลดดังต่อไปนี้

<u>ปัจจัยที่สำคัญของเทคโนโลยีหัวอ่านและบันทึกที่มีผลต่อความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์</u>

<u>ปัจจัยที่ต้องทำการเพิ่ม</u>	<u>ปัจจัยที่ต้องทำการลด</u>
1. จำนวนแผ่นข้อมูล	1. ขนาดของแผ่นข้อมูล
2. ความเร็วรอบของแผ่นข้อมูล	2. ความกว้างของระยะห่างระหว่างแกนลวด (Track width , TPW)
3. จำนวนรอบของลวดทองแดง	3. ขนาดของ Slider
4. แผ่นข้อมูลที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูง (Hc สูงๆ)	4. ความยาวของระยะห่างระหว่างแกนลวด (Gap length)
	5. ระยะการบิน (Fly)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ทางด้านการตลาดและการพยากรณ์เทคโนยีของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในที่นี้จะสามารถสรุปได้ว่าเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะยังคงเป็นของเทคโนโลยีแบบอาศัยแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า(Magnetic Recording Head) ในการบันทึกข้อมูลอยู่เหมือนเดิมแต่จะมีการพัฒนาเทคโนโลยีต่อไปเรื่อยๆอย่างเช่นจาก Ferrite มาเป็น Thin Film และเป็น MR ในปัจจุบัน และ GMR ในอนาคตดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นในหัวข้อที่ 3.2 และลักษณะของหัวอ่านและบันทึกข้อมูลจะยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะมากมายเพียงแค่มีการลดขนาดให้เล็กลงและมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งจะทำให้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหัวอ่านและบันทึกแต่ว่าสิ่งที่อาจจะต้องเปลี่ยนแปลงนั่นก็คือ รูปแบบวิธีการและเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้กับกระบวนการผลิต เพราะว่าหัวอ่านและบันทึกจะมีขนาดที่เล็กลงมากในอนาคตดังนั้นด้วยรูปแบบของการผลิตในทุกวันนี้โดยอาศัยฝีมือ และ แรงงานคนในการผลิตอาจจะไม่สามารถทำได้ และอีกเหตุผลหนึ่งก็คือ เรื่องของอัตราการผลิต และ ต้นทุนในการผลิตในสภาพวะที่มีการแข่งขันในท้องตลาดที่รุนแรงซึ่งจะเห็นได้จากราคาของหัวอ่านและบันทึกที่จะมีแนวโน้มของราคาต่ำลงดังนั้นถ้าต้นทุนยังคงสูงอยู่ก็จะทำให้มีกำไรน้อยลงหรืออาจจะขาดทุนได้ซึ่งการที่ผลิตโดยอาศัยคนอาจจะไม่สามารถแข่งขันในตลาดได้ ส่วนเทคโนยีหัวอ่านและบันทึกแบบใช้แสงเลเซอร์ผสมกับการใช้การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก (Magneto Optical , MO) จะยังไม่สามารถที่จะแข่งขันกับเทคโนโลยีของการใช้การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก(Magnetic Recording Head ,Ferrite ,TF,MR , GMR) ในตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้เพราะด้วยเหตุผลที่มีข้อด้อยในระบบการเขียนข้อมูลซึ่งช้ามากๆถึงแม้ว่าระบบการอ่านข้อมูลจะเร็วกว่าก็ตามก็ยังไม่สามารถที่จะแข่งขันได้และการพัฒนาปรับปรุงในระบบการเขียนข้อมูลก็จะมีข้อจำกัดในเรื่องของความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ที่ใช้และถึงแม้ว่าจะใช้ความยาวคลื่นที่ดีที่สุดก็จะยังคงไม่ทำให้ระบบการเขียนข้อมูลเร็วเท่ากับของเทคโนโลยีการใช้การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก ดังนั้น MO จึงไม่เหมาะกับตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ตลาดที่เหมาะสมกับ MO ก็คือพวก CD-ROM , Multimedia (Audio / Vedeo) เพราะว่าจะใช้เฉพาะการอ่านข้อมูลเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในด้านการตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นจะเป็นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว และตลาดส่วนใหญ่จะเป็นของ Desktop PC ซึ่งต้องการความจุที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆโดยอยู่ประมาณ 9 กิกะไบต์ในปี 1999