특 집

저장 장치의 하드웨어 기술 동향

박 영 필
연세대학교

I. 서 론

21세기 정보화 사회의 도래와 함께 개인이 저장하고 이동해야 할 데이터의 양도 폭발적으로 늘어나고 있다. 이러한 정보저장매체의 수요 증가로 인하여 개인용 저장장치의 개발이 전 세계적으로 활발히 추진되고 있다. 또한 인터넷 이용이 폭발적으로 늘어나면서 언제 어디서나 인터넷 접속이 가능하고 오디오, 비디오와 같은 고화질, 대용량의 정보를 다운로드 할 수 있는 컴퓨터와 같은 정보기기의 보급도 급증할 전망 이어서 대용량, 초소형 저장장치는 조만간 디지털기기에 필수적인 제품으로 발전할 가능성이 커지고 있다. 향후 10년 내에 나노미터 크기의 비트에 정보를 반복적으로 기록 재생하여 Tb/in^2 또는 단위 소자 당 1Tb급의 정보저장용량과 수십 Gb/s 급 이상의 속도를 갖는 정보저장장치와 부품기술의 대두가 예상된다. 특히 주목할 점은 향후 정보저장장치의 응용분야가 기존의 PC 위주에서 Non-PC 분야로 확대되고 있다는 사실이다. 지능형 휴대기기(smart handheld device) 시장은 2001년에는 85억 달러, 2003년에는 1904억 달러로 연간 30% 이상 시장이 성장할 것으로 예측된다. 따라서 이러한 장치에 사용될 광 기록기술 및 자기기록기술에 바탕을 둔 정보저장 장치의 수요는 증가할 것이다. 정보저장장치의 대표적인 ODD(Optical Disk Drive)와 HDD (Hard Disk Drive)는 높은 기록밀도, 높은 데이터 전송속도, 빠른 접근시간(access time) 및 낮은 가격 등과 같은 정보저장 성능지표의 구현이 가능한 장치로서 헤드, 디스크, 시스템인터페이스 등 여러 가지 요소기술을 복합적으로 적용하여 개발된다.

이러한 고밀도, 고속화, 초소형의 기술발전에 의해서 하드웨어적 측면에서는 많은 불안정 요소들이 발생하고 있고, 이를 개선하기 위하여 더욱 정교하고, 정밀하며, 강건한 시스템의 구현이 필요하게 되었다. 그래서 본 글에서는 ODD와 HDD 및 차세대 저장 장치와 관련된 기술들 중에서 하드웨어 측면에서 혁신적인 기술과 개발, 연구되고 있는 기술들에 대하여 그 특성과 발전 추이를 살펴보고자 한다.

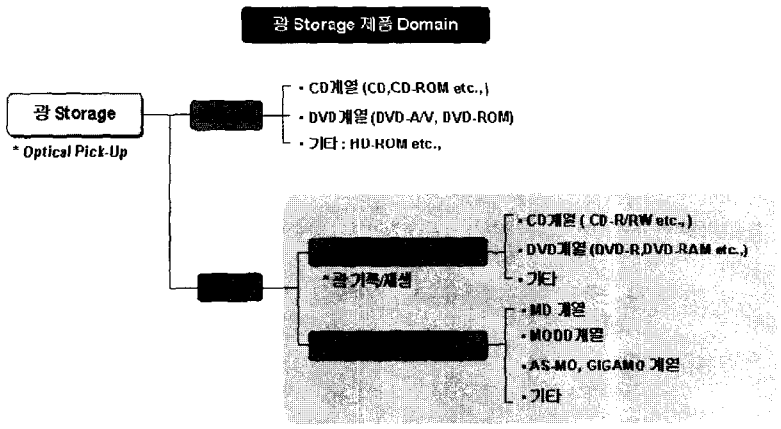
II. 본 론

1. 광 정보저장장치

1) 광 저장 장치의 기술 동향

가장 상용화되고 있는 광 저장 매체로는 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 1982년 사용화 된 CD(Compact Disc)계열의 광 저장매체와 1996년 11월 일본에서 처음 출시된 DVD(Digital Versatile Disc)이다. CD와 DVD 등은 정보가 저장되어 있는 매체이고, 이들 매체에 레이저 광을 이용하여 정보를 기록, 재생하는 장치가 광 정보저장장치라 정의할 수 있다.

광 저장 매체는 대물렌즈를 이용하여 레이저광을 집광시켜, 비 접촉으로 정보를 기록 재생하므로, 내환경성이 우수하다. 또한 금형을 이용하여



〈그림 1〉 광 저장 매체의 분류

〈표 1〉 저장 매체들의 특성 비교

특 징	광 매체	자기 매체	반도체 메모리
소형화	△	○	◎
저가격	◎	○ → ◎	△ → ○
고밀도	◎	○ → ◎	△ → ○
내충격	◎	△○	◎
저전원소비	△	○	◎
반복기록성	○	◎	△ → ○
배포성	◎	× → △	○
표준화	○	○	○

×: 불량, △: 보통, ○: 우수, ◎: 매우 우수

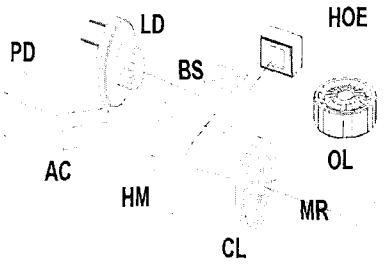
매체를 대량으로 생산하는 것이 용이하고, 대용량의 정보를 저렴한 가격으로 제공할 수 있어, 배포성이 매우 우수한 매체이다. 또한 고밀도 기록, 영구 기록, 1회 기록 및 반복 재생/기록 등이 가능하다. 〈그림 1〉은 매체에 대한 분류를 도식적으로 표현한 것이다.

〈표 1〉은 광 저장 매체의 특징을 다른 경쟁 저장 매체인 자기 저장매체와 반도체 메모리와 비교하여 나타낸 것이다.

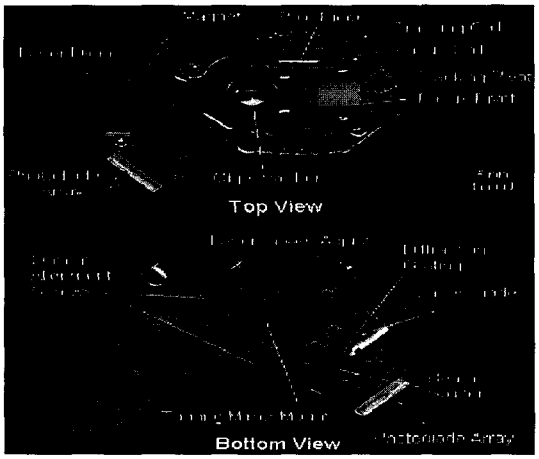
2) 광 정보저장장치의 기본 구성 및 주요 부품

광 정보저장장치는 정보가 기록되어 있는 광디스크와 정보를 기록 또는 재생하는 장치로 나눌 수 있다. 광 저장장치의 광학부는 전체 무게의 수백분의 일 정도에 지나지 않는 몇 종류의 광학부품과 몇 개의 관련 소자로 구성된 작은 부분에 불과하다. 그러나 이러한 광학 소자들이 장치 전체의 신호처리 방식과 제어 수준 및 방법, 그리고 가공의 정밀도 및 열적 환경 등을 좌우하기 때문에, 사실상 광학에 의하여 장치에 관련된 모든 기술이 지배된다고 볼 수 있다. 이와 같이 장치의 모든 특성을 결정짓는 광학계를 구성하는 부품을 광 Pickup 혹은 광 Head라고 한다. 따라서 광 정보저장장치의 원리를 이해하고, 관련된 문제를 해결하며, 더 나아가 새로운 기술을 확보하기 위해서는 광픽업에 대한 이해가 필요하다.

광 픽업은 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. LD (Laser Diode), PD(Photo Diode), CL (Collimator Lens), BS(Beam Splitter), MR (Mirror) 등의 광학 부품이 탑재되는 픽업 베이스(pick-up base) 부분과 OL(Objective Lens)의 초점이 원하는 Track을 정확하게 추종할 수 있도록 이를 구동하는 액추에이터(actuator) 부분이다. 〈그림 2〉는 DVD-ROM용 광 픽업의 예를 보이고 있다. DVD-ROM용 광 픽업의 경우 기존의 CD-ROM과의 호환성을 유지하기 위하여 두개의 LD를 사용하는 경우가 많다. 〈그림 2〉에서 CD를 재생하는 경우의 광의 경로는 LD로부터 출사된 파장 780nm의 레이저는 BS를



〈그림 2〉 DVD용 광 픽업의 예



〈그림 3〉 CD-ROM용 광 픽업의 예

통과한 후 HM(Half Mirror)를 거쳐 CL를 통과 하면서 평행 광으로 변환된 후 MR를 통해 반사되어 OL에 입사되어 디스크의 기록 면에 초점을 유지하게 된다. 디스크로부터 반사된 레이저 광은 입사의 역 경로를 따라 수차를 보정하는 AC(Aberration Compensator)를 통과하여 PD에 신호를 발생시킨다.

DVD를 재생하는 경우 PD와 LD가 일체화된 HOE(Hologram Optical Element)에서 파장 650 nm의 레이저가 출사된다. 출사 된 레이저는 BS, HM, CL, MR, OL의 경로를 따라 디스크의 정보를 읽어내고 역 경로는 따라 HOE의 포함된 PD에 결상되어 신호를 읽어낸다.

제어신호의 발생에 있어서, 통상의 경우 광픽업에서 얻어지는 제어신호는 2가지가 있다. 하나는 Focus방향으로 구동부에 있는 대물렌즈의 광축 방향의 제어이며, 다른 하나는 정보의 열에 추종하는 Track Error 신호이다. Focus방향에 대한 제어 신호의 발생에 대하여는 기하 광학적인 것으로 충분하지만 Track 제어에 대하여는 파동 광학적 계산에 의한 결과에 의하여 계산되어진다.

〈그림 3〉은 CD-ROM용 광 픽업의 상면과 하면을 보여 주고 있다. 상면에서는 대물렌즈와 이를 구동하는 구동부의 자석과 코일들을 볼 수 있고 하면에서는 레이저 출사 되는 LD와 레이저 광이 반사되고 나누어지는 BS를 볼 수 있다. 또한 광 부품들의 정확한 배열을 맞추기 위한 조정부위가 있다. 기타의 광 부품들은 픽업 베이스의 내부에 위치하여 외부에서는 볼 수 없다.

광 픽업에서 중요 부품 중 광원인 laser Diode, 대물렌즈, 포토다이오드에 대하여 살펴보자.

(1) 레이저 다이오드

레이저 다이오드는 광 픽업에 있어서 가장 중요한 부품이라 할 수 있다. 주요 파라미터로서 출력파장, 광 power, S/N비, 비점수차 및 발광점의 위치 등이 있다.

(2) 대물렌즈

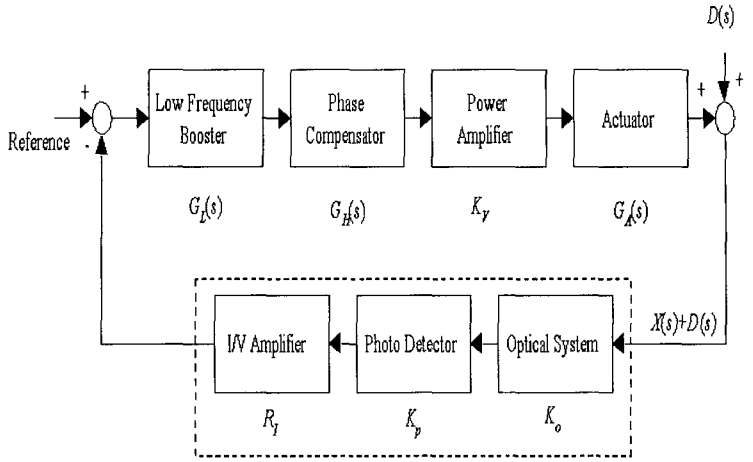
대물렌즈의 주요 파라미터는 사용되는 파장과 NA값, 그리고 배율, 및 각종 수차의 허용범위 등이다. 대물렌즈의 경우, 대부분 양면 비구면을 사용하여, 플라스틱 수지로 제작되고 있다. 사용할 환경 및 용도, 광원의 파장에 따라서 선정한다.

(3) 포토다이오드

포토다이오드는 광학적 신호를 전기적 신호로 바꾸는 중요한 소자이다. 따라서 사용되는 파장에 대한 S/N비가 우수한 것을 사용하여야 하며, 각종 제어의 신호를 얻는 방식도 결정하는 소자이므로 포토다이오드의 수성소자의 크기 및 위치 등을 고려하여 선정한다.

3) 광 정보저장장치의 제어

광 디스크 드라이브 시스템에 있어 전기/전자공학과 기계 공학적인 연구가 동시에 고려되어야

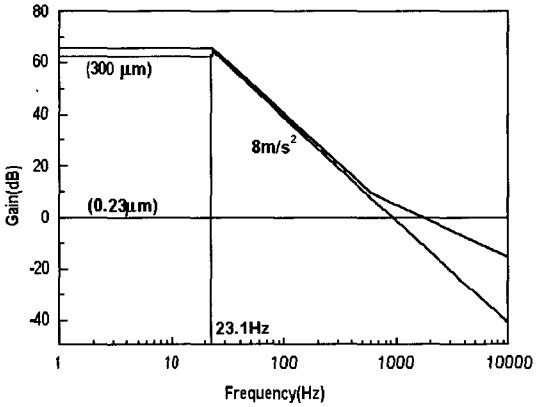


〈그림 4〉 포커스/트랙킹 서보 시스템

함을 광 서보를 중심으로 설명하고자 한다. 일반적인 광 서보의 구조를 〈그림 4〉에 나타내었다. 광 서보 시스템은 광학계 및 PD 등의 전자 회로로 구성되는 외란 검출부, 폐 루프 보상을 위한 제어기, 그리고 대물렌즈를 구동시키기 위한 구동기로 구성되며, 디스크의 진동이 출력 외란으로 반영된다.

검출부는 검출 신호의 감도와 S/N비의 특성이 우수하게 설계되어야 하며, 이를 위해서는 PD 신호의 변환 성능이 우수하여야 함과 동시에 레이저의 구동 또한 안정적으로 이루어질 필요가 있다. 구동기에 있어서도 넓은 주파수 대역에 걸쳐 큰 외란을 제거하기 위해 높은 구동 감도와 고주파수에서의 균일한 가속도 감도 특성이 요구된다. 광 검출부와 구동부를 포함하는 제어 시스템의 설계에 있어서도 예상되는 외부의 외란을 원하는 오차 범위 이내로 제거하는 성능을 얻기 위해서는 광 검출부와 구동부의 특성을 충분히 고려하고 이들이 제어기의 설계에 잘 반영되도록 하여야 할 것이다.

광 서보는 외부의 외란에 대해 상대적으로 외란 제거 성능이 매우 우수하게 설계되는 것이 요구되고 있다. 광 서보의 설계 요구 조건의 예로서 1배속으로 구동 되는 DVD 드라이브 시스템에 대한 개루프 전달함수로 표현되는 포커스 방향 제어기의 요구 성능 사양을 〈그림 5〉에 나타내었다.



〈그림 5〉 1X DVD에 대한 포커스 요구사항

DVD는 미디어의 물리적인 특성에 있어 1배속 재생 시의 최대 회전 주파수인 23.1Hz까지는 300um의 외란 진폭, 회전 주파수 이상의 주파수에서는 8m/s²의 가속도 외란 이내가 되도록 설계될 것을 규격으로 규정하고 있다. 이러한 외란 특성에 대해 디지털 신호를 정상적으로 재생하기 위해 광학계의 초점 심도 등을 고려하여 집광 점으로부터 0.23um 이내에 디스크 반사면이 위치할 것을 요구하고 있으며, 이에 따라 포커스 방향 광 서보는 저주파수에서는 1/1000 이하로 외부 외란을 억제하여야 하며, 제어 대역은 1kHz 이상이 되어야 하는 높은 성능을 갖도록 설계되어야 한다.

다양한 조건의 디스크와 환경에 적용시키기 위하여 내주 및 외주에서의 진동 특성의 측정 및 예측을 통해 광 서보의 필요 외란 제거 성능을 판단할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다. 동적 구동부인 픽업 구동기의 동적 특성 또한 제어 시스템의 설계에 있어 반드시 고려되어야 하는데, 이는 광대역의 제어 성능에 따라 구조적 진동 등의 영향을 받아 제어 시스템이 불안정해질 수 있기 때문이다.

픽업의 설계 시에는 사용하고자 하는 시스템의 회전 배속을 고려하여 바운싱(Bouncing)모드 진동 주파수가 결정되며, 이 주파수 이하의 저주파 구동 감도가 크고, 공진점 진폭의 크기를 제한하기 위해 감쇠 재료를 사용하는 것에 대한 고려가 필요하다. 피칭(Pitching)모드 진동과 같은 강체 모드 부공진의 경우에는 구동기의 구동 중심과 질량 중심이 일치하지 않아 발생하는 현상인데, 이 진동은 일반적으로 제어 시스템의 교차 주파수 근방에서 발생하며, 보상기에 의해 확보된 위상 여유를 저하시켜 제어 시스템의 상대 안정도를 낮추는 결과를 발생시키게 되어, 픽업의 제작 공차를 낮추어 이러한 현상을 줄이거나 이 모드 진동의 주파수 변경을 통해 교차 주파수에서 충분히 떨어진 주파수의 진동 특성을 갖도록 픽업을 설계하는 등의 방법이 필요하다. 또한 제어 대역이 넓어짐에 따라 일반적으로 10 kHz 이상에서 발생하는 픽업의 구조 진동 특성 또한 제어 시스템의 안정성에 큰 영향을 미치게 되는데 이러한 구조 진동 특성을 개선하기 위해서는 구조 변경 등을 통해 공진점을 고주파수로 이동시키거나 구조 감쇠에 의해 공진점의 진폭이 낮아지도록 픽업을 설계하여야 한다.

이처럼 광디스크 드라이브의 제어 시스템의 설계에 있어서는 광학, 전기/전자 공학, 기계 공학적 연구가 서로 상보적으로 이루어져야 하며 다른 분야에 비교하여 특히 기전 공학 엔지니어에 의한 개발이 필요하다고 할 수 있겠다.

2. 자기 정보저장 장치

자기 기록 장치의 기술은 서론에서 언급한 것과 같이 고밀도, 고속화, 소형화의 기술 추이를 따라 발전하고 있다. 이러한 목적에 부합하는 저장기기의 구현을 위하여 하드웨어적 측면에서는 다양한 기술 개발과 결함 보완 기술 등이 연구되고 있다.

1) 고밀도 기술

(1) HDI(Head Disk Interface)기술

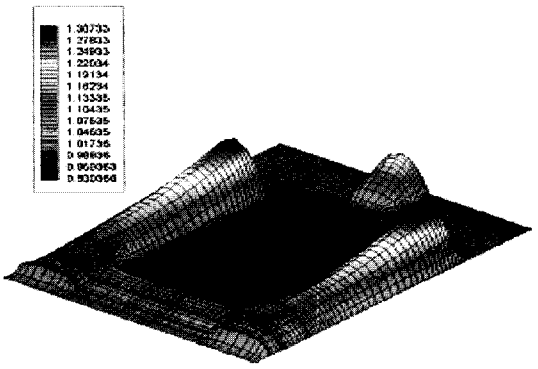
HDD에서 슬라이더의 크기가 작아지거나, 슬라이더와 디스크 사이의 부상높이가 작아지면 작아질수록 면 자화영역의 크기 즉 기록 비트가 작아짐으로 면 기록밀도는 증가하게 된다. 2000년에는 1.25×1.0×0.3mm인 피코(pico) 슬라이더를 기록 헤드로 사용하였으며, 부상높이는 약 25nm이었던 것이 2003년 현재에는 0.85×0.7×0.23인 펨토(femto) 슬라이더가 사용되고 있으며, 부상높이는 약 10nm 정도로 줄어들었다. 이러한 부상높이의 감소는 2000년에 15 Gb/in^{2}이었던 면 기록밀도를 현재에는 100 Gb/in^{2}로 7배 정도 증가시켰다.

위에서 언급한 것처럼, 면 기록밀도를 증가하기 위해서는 슬라이더 크기는 작아지고, 부상높이는 낮아져야 한다. 그런데 부상높이가 낮아지고, 슬라이더의 크기가 작아짐에 따라서 슬라이더의 부상특성은 불안정해지고, 디스크와 슬라이더 사이의 충돌 가능성이 증가하게 된다. 이러한 고밀도의 저장장치에서 슬라이더의 불안정성을 보완하기 위해선 슬라이더의 부상시의 특성을 결정하는 요소인 ABS(Air-Bearing Surface)의 최적설계가 중요하다. 낮은 부상높이 실현, 디스크 표면 조도 등에 대한 우수한 응답 및 충격에 강건한 설계가 필요하고, 이를 위해서 이 부분에 대한 공기 유동해석이 중요하다. 약 20nm 정도의 부상높이가 요구되는데 이 정도가 되면 공기분자의 평균 자유거리와 부상 갭의 크기가 비슷해지므로, 벽면에서의 미끄럼 효과의 고려가 필요하다. 최근까지는 비연속성 효과를 고려하기 위해 Fukui와 Kaneko가 제시한 선형화 된 볼츠만 방정식에 의거하여 구한 멱승법을 이용한 식을 사용하고 벽면 미끄럼 효과를 고려하기 위

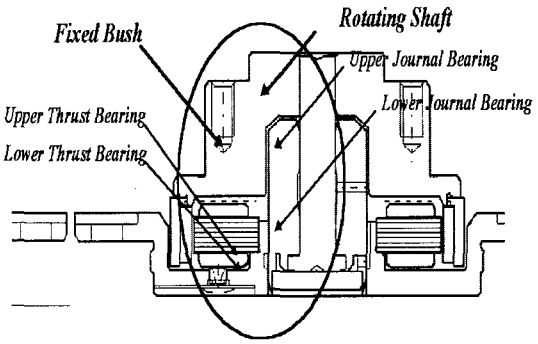
한 Poiseuille 유동항이 포함된 Reynolds 방정식을 사용한다. 이를 통하여 슬라이더의 특성 및 구동환경에 따른 설계, 예를 들면 Load/Unload 슬라이더의 경우에는 Load/Unload시에 디스크와의 충돌을 보완하기 위해서 음압을 형성하는 ABS를 가져야 하며, 구동 중에 양압과 음압의 힘과 힘 중심의 변화에 의한 모멘트의 균형을 맞추어 설계를 하여야 한다. 그래서 과거에는 단순한 레일 형상이었던 슬라이더가 최근에는 내주, 외주에서의 부상높이의 변화가 적도록 레일의 형상이 2 레일에서 3 레일로, 그리고 단일 리세스(recess)가 아닌 복합 리세스의 복잡한 형태로 설계되고 있다.

(2) 유체 베어링 기술(Fluid Dynamic Bearing)

과거에는 대부분의 정보저장기기의 스핀들 모터의 베어링은 볼 베어링이었으나 고밀도, 고 선기록밀도의 구현을 위해서는 디스크의 진동감소가 필수 조건이 되었고, 이러한 스핀들 시스템의 개발에서는 스핀들의 초정밀 회전과 정숙 운전 및 소형화를 필요로 하며 이의 일환으로 기존의 볼 베어링을 유체 동압 베어링(FDB)으로 대체하는 연구가 활발히 진행되고 있다. FDB는 윤활유체가 스핀들과 베어링의 직접적인 접촉을 막아주고 자체 내의 감쇠효과에 의해 종래의 볼 베어링에서 볼 가공시의 형상 오차나 조립시의 예압(preload)에 의한 볼의 변형으로 발생되는 불규칙한 진동량(NRRO : Non-Repeatable Run-Out)을 감소시킬 수 있고 매우 큰 감쇠 특성으로 인해 Rocking 모드의 절대적인 크기가 볼 베어링 스핀들에 비해 매우 작은 수준을 보여준다. 또한, 디스크의 고속 회전에 따른 볼 베어링의 내구성 및 소음 진동 문제에 대하여 우수한 회전 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 〈그림 7〉은 스핀들 모터에 유체 동압 베어링을 적용한 모습을 보여주고 있으며, 반경 향 지지에는 Herringbone Groove의 저널 베어링을 축의 상부와 하부에 두었고, 축 방향 하중 지지에는 Spiral



〈그림 6〉 압력 구배 형상

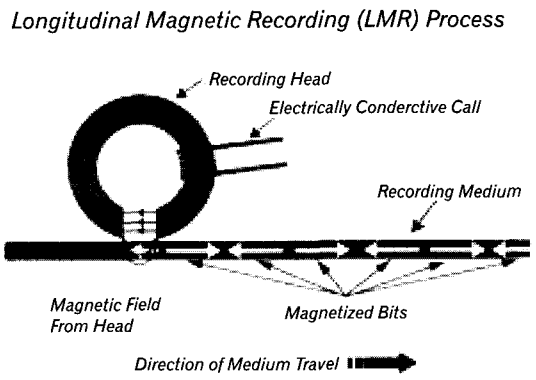


〈그림 7〉 유체동압 베어링 단면도

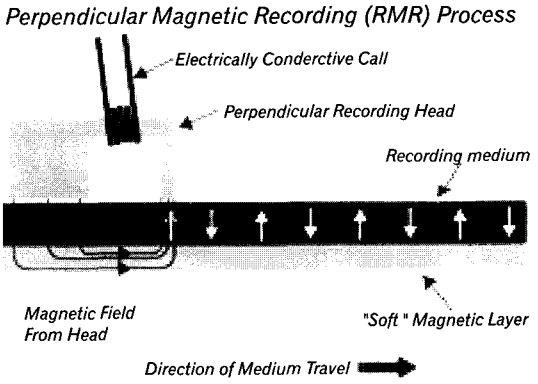
Groove를 사용하는 원판 구조의 트러스트 베어링을 채용하였다. 최근에는 디스크 진동을 줄이기 위한 방법으로 Squeeze-film 댐핑 효과를 디스크에 주기 위하여 디스크와 일정한 간격을 유지하도록 디스크 댐퍼 설계가 효과적으로 구현되었다.

(3) 수직자기기록방식(Perpendicular Magnetic Recording)

〈그림 8〉은 현재 사용되고 있는 자화벡터가 기판과 평행한 수평기록방식이다. 이러한 자기 기록방법은 기록밀도가 높아짐에 따라서 기록 비트 단위가 작아지고 따라서 각 비트 간에 감자작용(Demagnetization)이 커지게 된다. 이때 자화벡터는 말굽모양으로 휘어지게 되고, 이 현상이 심화되면 원형이 되어 누설자계가 소멸됨에 따라, 기록, 재생이 불가능하게 된다. 이러한 문제



〈그림 8〉 수평 자화 기록 방식

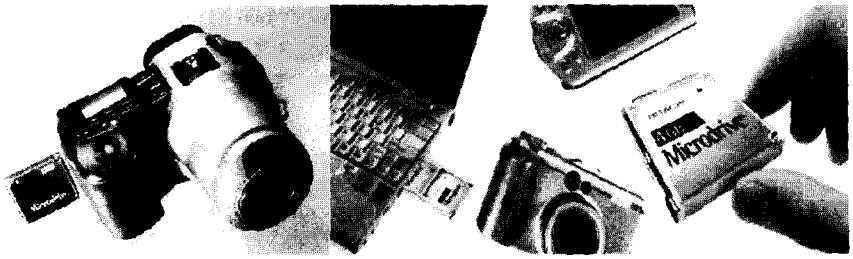


〈그림 9〉 수직 자화 기록 방식

점을 해결하기 위해서는 보자력을 크게 하거나 두께를 줄여주어야 하는데 두께가 작아짐에 따라서 잔류자화의 감소로 재생출력이 감소하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 결점을 해결하고 고밀도의 정보저장기기를 구현하기 위한 방법이 수직자기기록방식이다. 이 방식은 〈그림 9〉에서 보는 바와 같이 잔류자화 벡터가 기판에 수직방향으로 배열되어 있는 방법이다. 이러한 수직자기 방식은 면방향에 수직으로 자화되어 있으므로, 미디어 층의 두께가 수평기록보다 두꺼워도 되므로 열적인 안정성면에서 훨씬 유리하며, 이전에 기록된 비트의 필드가 기록필드(writing field)를 보조하므로 자화천이(Magnetization Transition)를 명확하고 안정되게 할 수 있다. 또한 비트의 크기가 그림에서 보는 것과 같이 작아지기 때문에 고밀도를 위해서는 중요한 기술이다.

2) 소형화 기술

현재 사용되고 있는 휴대용 디지털 기기로는 개인정보단말기(PDA), 휴대폰, 디지털 캠코더, 디지털 카메라, 초소형 컴퓨터 등이 있으며 이들 기기는 각각 정보를 교환, 저장하기 위한 저장기기가 필요하다. 이러한 수요에 자기 기록기기는 가격에 비해 용량이 매우 크다는 점에서 앞으로 소형 정보 저장기기에서도 우위를 차지할 것으로 기대되고 있다. 이러한 가능성은 1999년 IBM에서 마이크로드라이브(Microdrive : 〈그림 10〉)라는 이름으로 350 MB 용량의 1인치 자기 기록기기를 시판하면서 더욱 구체화되었다. 이 제품은 디지털 카메라, 팜탑 컴퓨터 등에 적용되어, 이전에 자기 기록기기가 아닌 다른 소형 저장 장치가 갖고 있었던 기억용량의 한계를 극복하는 계기가 되었다. 그리고 2003년에는 히타치에서 4 GB 제품을 출시하였고, 2004년에는 중국 업체에서 10 GB의 1인치 마이크로드라이브가 출시될 예정이다. 이들 소형 저장장치는 부품 크기 축소에 따른 여러 문제점들을 가지고 있다. 특히 데이터를 읽고 쓰는 역할을 하는 헤드의 위치를 결정하는 액추에이터의 진동 성능은 기록 밀도의 증가에 큰 제약 조건이며, 초소형화를 위한 연구에서도 시스템의 슬림화로 인한 진동의 증가는 매우 중요한 문제가 된다. 또한 정보저장기기가 노트북은 물론 기존의 휴대용 저장기기에도 장착됨에 따라 휴대시 발생될 수 있는 외부 충격에 견딜 수 있는 시스템 개발이 절실히 요구된다. 그래서 내충격 시스템으로 헤드가 작동하지 않을 때에는 디스크와 분리시켜, 디스크를 통해 전달되는 충격으로부터 헤드를 보호하고, 비구동시의 파킹을 위한 Load/Unload 시스템이 대부분의 휴대용 하드디스크 드라이브에 적용되고 있다. 따라서 휴대형, 초소형, 고밀도 하드디스크 드라이브의 개발을 위해서는 고밀도 액추에이터에 대한 연구 및 Load/Unload 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다.



〈그림 10〉 마이크로 드라이브의 모습과 적용분야

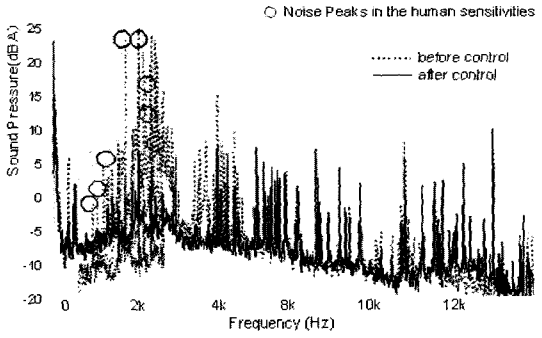
3) 신뢰성 기술

(1) 소음제어 기술

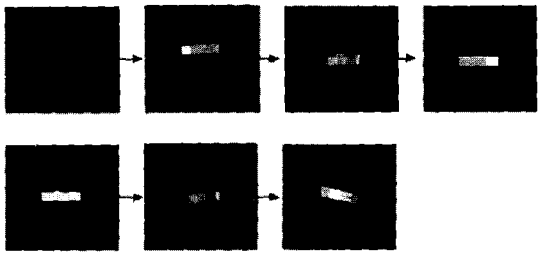
집에서 사용하는 진공청소기의 소음이 약 60 dBA인 것에 비하여 HDD의 소음은 약 20dBA 정도로 낮은 레벨을 가지고 있지만, HDD의 소음이 문제가 되는 것은 사용자와 저장장치의 거리가 가깝다는 점과 소음원들에서 발생하는 성분이 인간이 인식하는 민감청 대역인 1-5kHz이여서 소음의 문제가 대두되고 있다. HDD에서 소음원은 스핀들 모터와 공기유동 그리고 Read/Write Sensor의 움직임에 의한 기계적인 진동에 의해 발생한다. 고밀도, 고속화로 인하여 디스크의 스피드는 더욱 빨라졌으며, 크기 또한 작아지면서 스핀들에 의한 소음의 인텐시티는 증가하였고, 크기가 작아짐으로써 소음 전파가 쉽게 커버를 나오게 되었다. 그래서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 발생하는 소음원의 공간적 위치 파악과 소음 성분을 측정하여 스펙트럼 분석을 한 다음 제거하고자 하는 소음의 성분을 결정하고, 소음원의 동적 거동을 파악하기 위하여 ODS (Operational Deflection Shape) 측정 결과를 각 주파수 별로 모두 분석한 후 HDD 커버의 구조개선과 동시에 소음원의 전파의 흡수 또는 감쇠할 만한 구조물 설계나 재질 선정을 통하여 소음의 방사를 줄이는 설계를 수행한다. 또한 소음제어를 효과적으로 하기 위하여, 전면에 걸친 방음벽 형상보다는 가장 필요로 하는 부분에 필요한 형태로 부분적으로 구조물을 보강하여 전체적으로 효과를 극대화시킬 수 있도록 하였다. 이러한 예로는 〈그림 11〉에 보이는 것처럼 삼성전자의 HDD에서는 Noise Guard개를 적용하여 사람에게 불쾌감을 주는 영역에서의 소음을 현저하게 줄어들게 한 결과를 보여주고 있다.

(2) 충격제어 기술

정보저장 기기를 탑재한 기기들의 휴대성이 날로 증가함에 따라서 외부에서 HDD에 충격이 전해질 가능성이 증가하고 있다. HDD 시스템에 충격이 가해지면 충격은 베이스 커버를 통하여 엑추에이터와 디스크, 스핀들에 전파되고 이로 인하여 헤드 슬랩이 일어나게 된다. 이로 인해 〈그림 12〉에 보는 것과 같이 슬라이더와 디스크



〈그림 11〉 Noise Guarder 기술 적용비교



〈그림 12〉 Head Slap 현상

의 충돌이 발생하게 된다. 이 충격으로 슬라이더 헤드에 문제가 발생할 가능성도 있으며, 이때 발생하는 분진(particle)은 슬라이더와 디스크 사이의 갭에 끼이게 되면 디스크에 스크래치(scratch)를 발생시키는 원인이 되거나, 부상 중에 슬라이더와 충돌을 하게 되어 부상 특성에 악영향을 끼기도 한다. 이러한 원인에 의해서 궁극적으로는 저장된 정보를 읽지 못하거나, 정보를 저장할 수 없는 오류를 발생시키게 된다. 이러한 충격에 의한 슬라이더와 디스크의 충돌을 줄이기 위해서 많은 연구들이 진행되고 있는데, 삼성전자의 경우에는 SSB(Shock Skin Bumper)라고 명명한 범퍼를 장착함으로써 충격을 흡수하는 시간을 증가시킴으로써 전체 충격량을 줄이는 기술을 개발, 적용하고 있다. 또한 비작동시에는 엑추에이터를 살짝 고정시켜 놓아서 약한 충격에서는 헤드 슬랩이 발생하지 않도록 하는 기술이 연구되고 있다.

3. 차세대 광 저장장치

광 저장장치는 기록/재생에 방식에 따라 상변화 방식(Phase Change)과 광자기 기록방식(Magneto-Optic)으로 나뉘어 발전되고 있다. 여기서, 상변화 기록 방식이란 광 Disk의 기록막에 레이저광을 조사하고, 기록막의 상태를 결정상과 비결정(amorphous)상의 2개의 상태로 조절함으로서 정보를 기록/재생한다. 기록막에 레이저광을 조사하고 고온의 상태에서 급속하게 냉각하면 비결정상의 상이 되고, 저온의 상태에서 서서히 냉각하면 결정상이 된다. 이 결정상과 비결정상의 상태를 레이저광 파워와 조사시간을 제어함으로서 가역적으로 상변화시켜 정보를 기록/재생하고 있다. 정보의 재생은 결정상과 비결정상의 반사율 변화로 검출하는데 광헤드에 되돌아오는 반사광량의 변화를 검출함으로서 가능하다. 이러한 상변화 기록방식을 사용하는 광디스크로는 CD, DVD-RAM, DVD-ROM과 DVD-R 등이 있다.

이에 반하여 광자기 기록방식은 기록을 담당하는 자성막의 재료로 희토류 및 천이금속 합금의 Head 재료가 이용되는데 이들은 수직자기 이방성을 지닌다. 희토류(RE : Rare Earth)로는 주로 Tb, Gd, Dy 등이 사용되며 천이금속(TM : Transition Metal)으로는 Fe, Co 등이 사용되고 있다. 본 합금계는 Ferri 자성체이고, 보자력이 발산하는 보상 온도 영역을 실온 부근으로 설정한 것으로, 기록된 정보는 실온에서 대단히 안정되게 유지된다. 또 재질이 Amorphous인 것에서 자계로 인한 Noise가 극히 작은 것도 특징 중의 하나이다. 광자기 기록 방식은 집광된 Laser Beam에 의해 매체의 국소영역을 가열하고 자성막의 보자력을 충분히 내린 후 외부 자계를 인가하여 자성층 내부의 자화 방향을 변화시킴으로서 정보의 기록/재생을 가능케 한다. 이러한 광자기 방식으로는 자기 초해상(MSR), 자구 확대 재생(MAMMOS), 근접장 기록방식 등이 있다.

상변화 방식의 최근 이슈로는 Blue Laser의 개발 방향과 재생시간과 규격의 차이를 보이는 AOD(Advanced Optical Disk) DVD 사업의 소니 진영과 도시바 진영간의 개발 경쟁을 들 수 있다. 기록 용량을 기존의 DVD의 3~5배로 증가시킨 차세대 광 저장기기를 제품화하려면, 광원, 광 Pickup, 기록막, 신호 처리 등 몇 가지 기술을 종합적으로 갖추어야 한다. 이에 따라 광디스크 관련 각 회사는 이런 기술의 진척 상황에는 커다란 차이를 보이기 시작하였다. 우리나라의 삼성전자와 LG 전자를 비롯한 소니와 필립스 등을 한편으로 도시바, NEC가 나머지로 분열된 채 일전을 준비하고 있다. 두 진영 규격간의 가장 큰 차이점은 무엇보다 기존 DVD와 호환성 및 저장 용량을 들 수 있다. 두 진영 모두 단파장의 청색 레이저(파장 405nm 이하)를 사용한다는 점에서 동일하나 저장용량에서는 소니 진영이 도시바 진영에 27GB와 20GB로 조금 앞선다. 하지만, 소니와 도시바 진영 규격은 기존 DVD와 호환되지 않는다는 한계점을 가지고 있다. 따라서, 도시바 진영은 기존 라인을 업그레이드해 생산할 수 있기 때문에 각종 비용 절감이 가능한 것은 물론 기존 DVD로 제작된 콘텐츠들을 그대로 옮겨 실을 수도 있다. 영화 등 콘텐츠 업계로

부터 구애를 받을 확률이 높다.

이러한 두 진영 사이의 경쟁은 차세대 광디스크 시장 전망이 발기에 더욱 가열되고 있다. 한국, 일본, 미국 등의 세계 각국은 디지털 TV 장송을 눈앞에 두고 있어 관련 제품의 수요가 늘고 있는 상황이다. 특히 DVD 판매량은 비디오카세트의 판매량을 넘어서며, DVD 플레이어의 보급률은 VCR의 보급률에 3배 가까이 이르고 있다. 또한 차세대 제품은 저장용량이 훨씬 늘어나면서도 고품질의 동영상, 음성을 구현할 수 있으며, 영화뿐 아닌 비디오 게임시장으로의 확대도 각광받기 시작하고 있다.

광자기 기록 방식의 응용으로써 자기 초해상(MSR)은 이미 2.3GB의 3.5inch 광자기 디스크(GIGAMO)에 이미 채용되고 있고 또한 ASMO에도 응용될 예정이다. MSR이란 재생시에 광학적 Aperture에서 복수계의 기록 자구가 들어가는 것을 자기적인 Aperture에 여분인 자구를 Mask하여 분해능을 확보하는 방식이다. MSR은 Beam Spot 내에 삽입되는 복수개의 기록 자구 중에서 하나를 꺼내는 방법이다. 구로나 재생 Spot에 위치하는 기록 자구가 작은 상태에서 정보로써 꺼내지기 때문에 신호 강도에서는 손해를 보고 있다. 이것을 해결하는 방법으로서 MAMMOS(Magnetic Amplification in Magneto Optical System)가 개발되었다. 즉, 기록층에 있는 미소 자구 중 하나를 레이저빔의 국소 가열에 의해 확대하여 재생층에 전사하고 거기에 이부 자계를 더하여 자구를 Spot 지름으로까지 넓힌 후 자계의 방향을 반전시키고 원래의 상태로 되돌리는 방식이다. 또한, 광자기 디스크에서 자벽 이동 검출 방식(DWDD : Domain Wall Displacement Detection Method)이란 기록 영역과 미기록 영역과의 계부에 존재하는 자벽을 이동시키는 것에 의해 기록 신호를 검출하는 고밀도 신호 재생 방식의 하나이다. MSR이 디스크 반면상에 있어서 2차원적으로 해상도를 향상시키는 것에 비해 DWDD에서는 1차원적으로 선밀도 방향으로만 해상도를 향상시키는 효과를 가진다.

추가적인 저장장치로는 기존의 광기록 기술의 연장선상에서 청색광 레이저 개발을 통한 빛의 단파장화로 광기록 밀도를 높이려는 시도와는 달리 빛의 파장 이하의 영역에서 발생하는 광을 이용한 근접장 기록(NFR : Near Field Recording) 기술을 이용하여 빛의 회절한계 이하로 기록하는 방식이 연구되고 있다. 또한, 그래픽(Holographic) 이미지 정보를 가진 빛과 참조광을 기록 매체 내부에서 포개어 생기는 간섭 줄무늬를 기록하는 것이다. 기록된 정보를 재생하기 위해서는 그 기록 매체에 참조광을 조사시키면 되는데, 그리하면 그 간섭 줄무늬에 의한 회절로 원래의 이미지 정보가 재생된다. 홀로그래픽 정보저장장치는 아직 많은 문제점을 갖고 있지만, 데이터를 비트의 2차원 배열인 페이지 단위로 기록/재생하므로, 높은 데이터 전달률과 짧은 접근 시간의 실현이 가능하다는 장점과 기존의 광학 및 자기기록 방법과 같이 얇은 필름이나 디스크 면 상에 저장되지 않고 저장 매체의 체적 속에 중첩되어 분포하게 되므로 매우 높은 기록 밀도(100GB)를 구현하는 것도 가능하다는 큰 장점을 가지고 있다.

이러한, 차세대 광 저장기록 방식의 방식은 기록 재생 방식 뿐 아니라, 미디어의 진동 억제 방안과 미디어 개발 등 고르게 발전하고 있다.

참 고 문 헌

〔1〕 정기혁 편저, "도해 콤팩트 디스크 CD플레이어 기술", 가남사, pp.174-178, 1988.

〔2〕 Warren J. Smith, "Modern Optical Engineering", 2nd edition, McGraw-Hill, Inc., 1990.

〔3〕 N. Takahashi *et al*, "DVD/CD Compatible Pickup Head", Proceedings of ISOM/ODS. OTHC 5, pp.326-328, 1996.

〔4〕 손희기, "광 디스크 드라이브 설계 기술", 기계저널, 제38권, 제8호, pp.59-64, 1998.

〔5〕 정정주, 이승희, 추상훈, "디스크 드라이브의

기술 동향과 제어 기술", 제어자동화시스템 공학회지, 제5호, pp.15-21, 1998.
〔6〕 손영, 황태연, 한윤식, 강성우, Frank Morris, "고성능 하드 디스크 드라이브 개발을 위한 유체 베어링 스핀들 모터의 특성분석", 소음진동공학회 2001 춘계학술대회논문집.
〔7〕 강성우, 한윤식, 오동호, 황태연, Dan Blick, 김명업, "80 GB/PLATTER 하드 디스크 드라이브 설계를 위한 스핀들-디스크 시스템 진동의 TMR 기여도 분석", 소음진동공학회 2001 추계학술대회논문집.
〔8〕 강성우, 한윤식, 황태연, 손영, 구자춘, "음향 인텐시티를 이용한 하드 디스크 드라이브의 소음원 파악 및 음향파워 제어", 소음진동공학회 2000 춘계학술대회논문집.
〔9〕 강성우, 한윤식, 오동호, 황태연, 손영, Tho Pham, "시간-주파수 영역에서의 연성 충격 스펙트럼 분석을 통한하드디스크 드라이브의 충격 진동 제어". 소음진동공학회 2001 춘계학술대회논문집.

저 자 소 개

박 영 필

1971년 2월 연세대학교 (공학사), 1975년 5월 Texas Tech Univ. (공학 석사), 1977년 7월 Texas Tech Univ. (공학 박사), 1977년 8월~현재 : 연세대학교 조교수, 부교수, 교수, 1983년 1월~1983년 12월 : U. C. Berkely 교환교수, 〈주관심 분야 : 정보저장기기〉