

AS-MO 광디스크 장치의 기계 및 광학적 특성과 성능평가

송태선, 김수경

(주)LG전자 Digital Media 연구소

1. 서론

지난 몇 년 동안 정보저장 장치로서 광디스크 메체를 이용한 디스크 드라이브는 급속한 발전을 해 오고 있다. 최근 일본 등을 중심으로 구미, 한국 등의 일부 업체들이 참가한 가운데 4.7GB DVD-RAM(Digital Versatile Disk-Random Access Memory), 6.1GB AS-MO (Advanced Storage-Magneto Optical) 드라이브 장치 등에 관한 규격화 작업이 완료 단계 또는 이미 완료되어 가까운 시일 내에 여러 응용분야에서 고밀도 기록용 정보 저장장치로서 신제품 출시를 눈 앞에 두고 있다.

최근에 발표된 재기록 가능한 광디스크 저장장치를 대상으로 표 1에 주요 성능지표를 수록하였다. 표에서 알 수 있는 바와 같이 동화상 정보를 장시간 기록하는 대용량 광 또는 광자기 디스크 저장장치는 이미 수 $Gbit/m^2$ 급의 고밀도화, 고속화 기술이 구현되고 있다. 이러한 고밀도화 디스크 장치에 있어서는 데이터 액세스 시간을 단축하기 위해 픽업 헤드의 정밀한 위치 제어와 고속 회전 디스크의 진동 제어가 더욱 절실히 요구되어 지고 있다.

고속 회전하는 디스크는 스피들 베어링, 디스크 주위의 공기 유동, 그리고 기록 재생 헤드의 상호작용과 같은 많은 왜란 요인 때문에 필연적인 진동을 한다.^[2-5] 또한 디스크 진동은 디스크 회전에 의해 야기되는 공기유동과 함께 연성되어 지는 것이 실험적으로도 관찰되고 보고되어 왔다.^[1, 6, 7, 8] 광디스크 또는 광자기 디스크 드라이브에 있어서 높은 기록밀도와 기록/재생 성능은 디스크 진동과 헤드위치 에러를 줄이는 기술과 밀접한 관계가 있다.

일반적으로 고밀도 광 Disk장치의 경우는 광학, 정밀 기계, 제어 등 여러 분야의 기술이 종합적으로 결합된 멀티 엔지니어링 기술의 산물이라고 볼 수 있다. 따라서, 이러한 특성의 광디스크 장치의 경우와 같이 한 분야의 주요 성능이 타 분야의 여러 가지 Parameter와 연관이 되어 영향을 받는 경우에 있어서는 System적인 접근이 매우 중요하고, 이에 따라서 전체적인 Tolerance의 분배를 System적인 차원에서 조정하지 않으면 안 된다.

제어 System의 경우에 있어서 제어 잔존 Error의 크

기를 정하는 문제는 전체의 System설계, 특히 광학계의 설계에 있어서는 매우 중요한 문제라 볼 수 있다. 그러므로 잔존 Error의 크기에 따른 성능 변화에 대하여 알아보고, 이에 대한 제어 System의 특성과 광학적 특성 범위 및 정밀 가공 등 기계적인 특성과의 관계, 제작상의 공차 등에 관하여 상호간의 영향을 연구하여 보는 것은 전체 시스템의 성능 향상을 위해 매우 중요하다.

통상 광Disk장치는 재생 전용과 (재)기록이 가능한 장치가 있는데, (재)기록이 가능한 장치의 경우는 기록된 신호를 반복하여 재생했을 때 그 성능이 일정 수준 이상으로 유지되어야 하기 때문에 재생 전용의 경우보다 시스템의 성능에 관하여 많은 제약이 주어진다. 따라서 (재)기록 형의 광디스크 장치는 반복 재생시에도 항상 일정 수준 이상의 성능을 내기 위한 제어 기술이 상당히 중요한 부분이며, 기록재생 기술에 있어서 신뢰성의 대부분을 차지한다고 하여도 과언이 아니다.

또한, 광 Disk장치의 경우에 있어서 전체적 성능과 기구적 정밀도의 제한은 광학계의 픽업헤드 기술과 밀접하게 연관되어 있다는 사실을 이해해야 하며, 초기 설계단계에서 이에 기초한 광학적 parameter의 설정이 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 글에서는 현재까지 발표된 광디스크 저장장치로서 가장 고밀도 기록인 AS-MO규격의 저장장치를 대상으로 하여 광디스크 장치의 기계적 및 광학적 특성과 제어 및 성능 특성에 관하여 언급하고자 한다. AS-MO규격의 한 응용으로서 직경50.8mm의 소형디스크를 사용하여 iD라는 이름의 디지털 카메라용 영상기록장치로 곧 발매가 될 예정에 있다.

2. AS-MO의 기구적 특성

기록, 재생시 광만을 이용하는 CD-ROM 또는 DVD와는 달리, 광과 자기를 같이 이용하여 기록하는 광자기 디스크 시스템에서 차이가 나는 기계적 특성 중 몇 가지에 대해 알아보기로 한다. AS-MO 시스템에서는 CD-ROM과 DVD-ROM을 읽을 수 있도록 하고 있다. 이에 따라 기록면의 호환 높이와 클램핑 부위의 두께를 동일하게 유지하기 위해 디스크 기판은 그림 1과 같이 120mm 직경의 0.6mm두께 기판을 사용하고 있으

표 1. 각종 디스크 기록 장치의 주요 성능지표 비교(1999년 12월 기준)

기록방식	상변화			광자기				자기변환				
	CD-R/RW	DVD-RAM	MVDisc	MD	ASMO	ID-ASMO	GIGA-MO	고밀도FDD	ORB	Clik	HDD (3.5")	Micro Drive
기록밀도 (Gbit/in ²)	0.65	3.3	3.65	2.3	4.7	4.7	2.5	0.16	3	0.15	10	5.04
기록용량 (Mbyte)	650MB	4.7GB	5.2GB	640MB	6.1GB	730MB	1.3GB	120MB	2.2GB	40MB	22GB	340MB
Access time(ms)	108	-	-	30	20	-	29	20~70	12	25	4.67	-
전송속도 (Mbyte/s)	0.75 (x4)	2.77 (x2)	-	3	7	2.5	5.92	0.6	12.2	0.97	18	5.2
Media price(\$)	9(-RW) 1(-R)	30	32	46	-	-	-	19	40	10	-	-
기록단가 (Cents/MB)	0.15	0.64	0.62	7.19	-	-	-	15.83	10.5	20	1.2	-
Drive price(\$)	350 (LG x4)	600	-	580	-	-	630	330	230	200	260	-
매체 Size	120mm	120mm	120mm	2.5"	120mm	50.8mm	3.5"	3.5"	3.5"	2"	3.5"	1"
Availability (Year)	1999	2000	-	1999	-	2000	1998	1996	1999	1998	-	1999
Leading company	LG/SONY Philips	松下 Hitachi	NEC	SHARP SONY	Sharp SONY Fujitsu	Hitachi OLYMPUS SANYO	Fujitsu	3M Kodak Mitsumi	Castle Wood	Iomega	IBM	IBM

주) 표에서 공란으로 된 부분은 본 조사에서 불 확실하였거나, 아직 출시가 되지 않아 미정인 부분임.

며, 클램핑 부위는 1.2mm 높이로 제작된다.

기록면에서의 얇은 두께로 인하여 디스크 자체의 기계적 강성이 CD/DVD-ROM 등에 비해 매우 약하나 드라이브에서는 이를 극복하여 사용하도록 하고 있다.

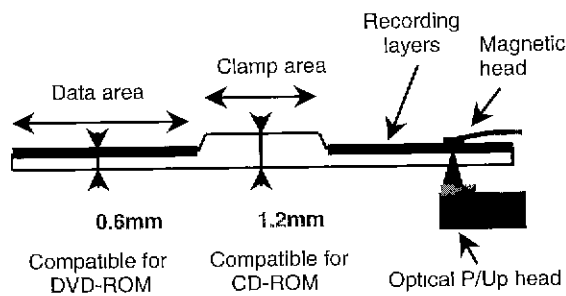


그림 1. AS-MO 디스크 구조

2-1. AS-MO디스크의 동특성

AS-MO디스크는 두께 0.6mm, 외경 120mm의 PC (Poly carbonate) 재질로 된 매우 유연한 디스크로서 자기 헤드 슬라이더가 장착되어 디스크와 접촉/부상 주행을 하는 상태에서 카트리지 안에서 회전하도록 되어 있다. 이에 따라 자기 헤드 슬라이더의 요동은 진동원의 하나로 간주되고 드라이브를 작동하는 동안 헤드 슬라이더와의 상호작용(Head-disk interface)에 따라 디스크의 진동은 증가될 것이다.

그림 2에서는 AS-MO와 DVD의 FRF를 비교하였고, 그림 3에서는 회전하는 AS-MO 디스크의 모드 주파수를 여러 회전속도에서 수치해석 및 실험적으로 구하여 도시하였다. 이 실험에서는 공기유동이 모드주파수에 주는 영향을 파악하기 위하여 디스크를 카트리지 내/외부에서 회전시켜 실험을 하고 그 결과를 도시하였다. 그림3에서 실선으로 나타낸 것은 유한요소법(FEM)에 의해 계산된 결과이며 “+” 와 “x” 의 표시는 카트리지가 없이 회전하는 디스크를 측정 한 값과 카트리지 내부에서 회전하는 디스크를 대상으로 측정 한 값을 각각 나타낸다.

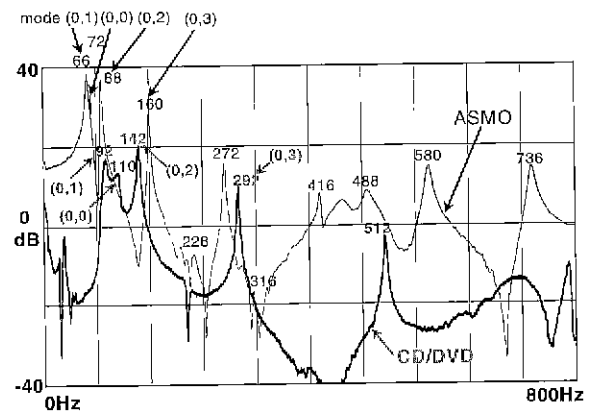


그림 2. AS-MO 와 DVD의 FRF 특성비교^[7]

실험에서 카트리지가 있는 디스크의 모드 주파수는 카트리가 없는 디스크의 모드 주파수에 비해서 다소 낮은 값을 갖는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 디스크의 모드주파수가 줄어드는 것은 카트리지와 디스크 사이의 공기 유동에 의한 감쇠(damping) 효과로 인한 것으로 판단된다. 또한 그림에서 보면 회전하는 ASMO 디스크의 첫번째 임계 속도는 (0,2)모드의 backward파로 인하여 3600~4200rpm의 범위에 있음을 알 수 있다.

표 2. AS-MO disk의 모드주파수^[7]

Mode		ASMO disk		DVD disk
		FEM	Experiment	Experiment
1	(0,1)	67.4	66	92
2	(0,0)	70.0	72	110
3	(0,2)	80.3	88	142
4	(0,3)	137.6	160	292
5	(0,4)	232.4	272	512
6	(0,5)	355.1	-	-
7	(1,0)	442.1	454	-
8	(1,1)	462.5	488	-

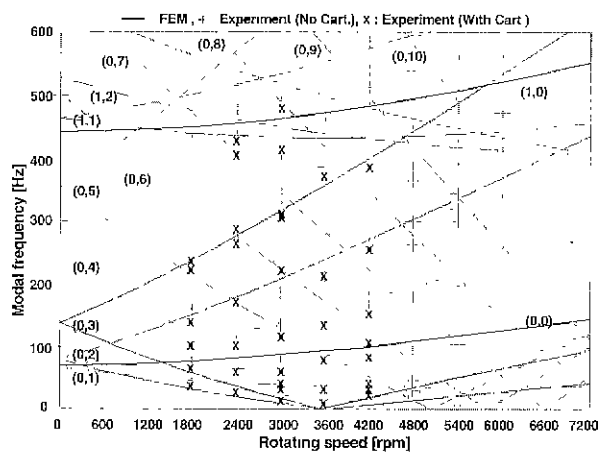


그림 3. 회전 AS-MO 디스크의 모드주파수

2-2 AS-MO디스크 클램핑 효과

그림 4는 AS-MO용 disk drive의 클램핑력에 따른 최외주축의 디스크 처짐을 해석하기 위한 조건이다. 이 해석은 디스크의 체결력에 대한 규격치를 어느 정도로 하면 좋은지에 대해 검토 사항으로 실시한 것이다. 실제 디스크의 클램핑력이 너무 크면 디스크 상태, 클램핑 조건에 따라 warpage등이 발생하거나 디스크의 loading, unloading시 비정상적인 착탈 문제가 발생할 수 있고, 너무 작으면 클램핑부의 마찰력에 따라 회전 torque가 적어 slip 발생, 디스크 이탈 등 구동에 문제가 될 수 있다.

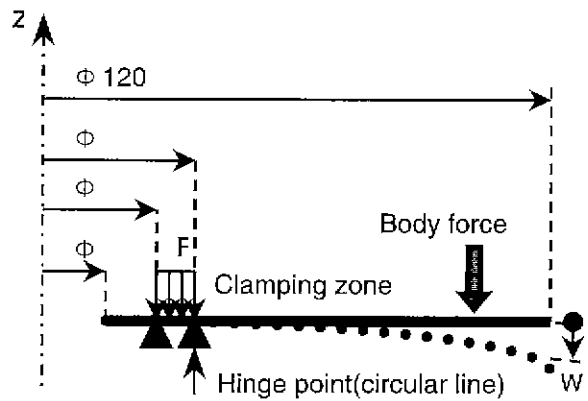


그림 4. AS-MO의 클램핑 조건과 디스크 처짐

표 3. 클램핑력에 따른 디스크 최대 처짐량 변화

F	Disk	ASMO	DVD
0	(S.S)	74.5	34.5
0.2 N		71.3	32.5
0.4 N		68.2	
0.6 N		65.0	28.6
0.75 N		61.8	26.6
0.8 N		~ 60.6	⋮
1.5 N		⋮	~ 18.0
∞ (Fixed)		60.6	18.0

Unit : μm

표 3은 ASMO와 DVD의 클램핑력에 따른 디스크 최대 처짐을 해석하여 비교한 것으로서 ASMO의 경우 0.8N이상, DVD디스크의 경우에는 1.5N이상이면 디스크 처짐은 완전 체결(Fixed 클램핑)의 경우로 수렴한다. 해석에서는 IDEAS를 사용하였으며 해석조건은 다음과 같다.

- * Clamping zone : outer diameter $d_o=28\text{mm}$,
inner diameter $d_i=25\text{mm}$
- * Disk: Standard ASMO disk (0.6t : data area / 1.2t : clamped area)
- * $E = 2.58 \text{ MPa}$, $\nu = 0.37$, $\rho = 1.18 \times 10^{-6} \text{ Kg/mm}^3$
- * Clamping force : Uniformly distributed load, about 0.2N increment from zero(Simply supported) to ∞ (Fixed)
- * Constraints : Fixed: $u_x=u_z=0$, $\theta_x=0$
Simply supported: $u_x=0$

현재 DVD등 광디스크 드라이브의 클램핑력에 대한 참고 규격치는 1.5와 0.5N으로 되어 있다. 또한 표 4는 클램핑력에 따른 디스크의 모드주파수의 영향을 측정 한 결과이다. 클램핑력에 따른 모드주파수는 표에서 보는 바와 같이 (0,0)모드를 제외하고는 약간 감소하는 것으로 측정되었다. 참고로 AS-MO 디스크의 Free-Free

(내외주 무구속 조건)에서의 모드주파수도 측정을 하여 표에 도시하였다.

표 4. 클램핑력에 따른 모드주파수 변화

Mode	F	Frequency (Hz)			Free-Free
		4.5 N	2.5N	0.9 N	
1	(0,1)	66	65	65	72
2	(0,0)	72	72.5	75	76
3	(0,2)	88	85	82.5	123
4	(0,3)	160	157.5	155	151, 156
5	(0,4)	272	272.5	267.5	258, 272

2-3. AS-MO디스크 주위의 공기유동특성

한편 회전하는 AS-MO 디스크가 카트리지가 없는 상태와, 카트리지가 있는 상태에서 각각 공기 유동에 대한 속도 및 압력 분포에 대한 수치해석을 수행하여 회전 디스크 주위의 공기유동 특성을 보기로 한다.

카트리지가 없을 때 디스크 임의 선상의 공기 유동의 속도 벡터를 디스크 주변의 임의 공기 영역(디스크 직경의 2배에 해당하는 영역에서의 공기 유동을 도시함)을 설정하여 해석한 결과를 그림 5에 도시하였다.

그림 5(a)는 디스크 중심을 지나는 임의의 직선상에서 디스크가 회전할 때 공기의 유동 속도의 분포를 나타낸 것으로 디스크의 회전 중심을 기준으로 같은 거리에 있는 속도 성분의 크기와 방향은 동일한 특성을 보인다. 디스크 상의 위치에 따른 크기에 있어서는 디스크의 내주에서 외주 쪽으로 갈수록 공기 유동 속도의 크기가 점차 증가하여 디스크의 끝 단에서 최대가 되며 그 이상의 거리에서는 공기 유동의 속도가 점차 감소한다.

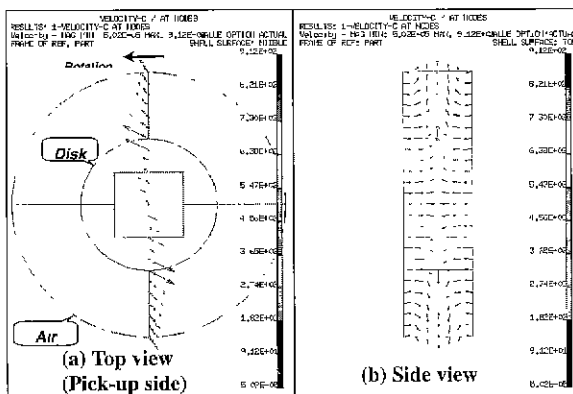


그림 5. 카트리지가 없는 상태에서의 회전디스크 주위의 공기유동의 속도벡터

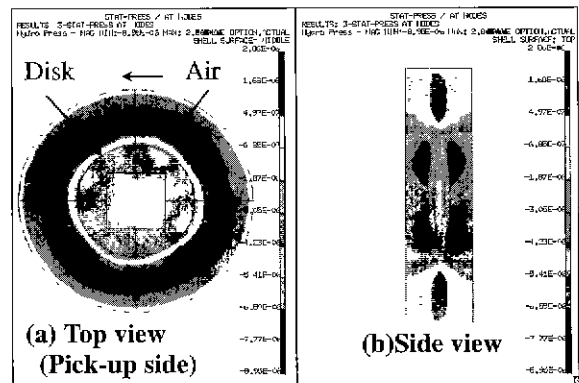


그림 6. 카트리지가 없는 상태에서의 회전디스크 주위의 공기유동의 압력분포

그림 6은 카트리지가 없는 상태에서 디스크가 회전할 때 디스크 주변의 임의 영역 내에서의 공기 유동에 대한 전형적인 압력 분포를 보여주고 있다. 그림 6(a)를 보면 공기의 압력 분포는 디스크의 상면 보다는 디스크의 최외주를 벗어난 영역에서의 압력이 높으며 좀더 디스크에서 멀어지면서 점점 약화된다.

또한 그림 6(b)에 나타난 것과 같이 디스크의 압력 분포를 디스크의 측면에서 관찰하면 디스크의 최외주를 벗어난 일정영역 내에서 디스크 상하면과 근접한 곳에서 제일 높은 압력 분포를 보이며 압력의 분포가 외각으로 갈수록 방사하는 형태를 지니고 있다.

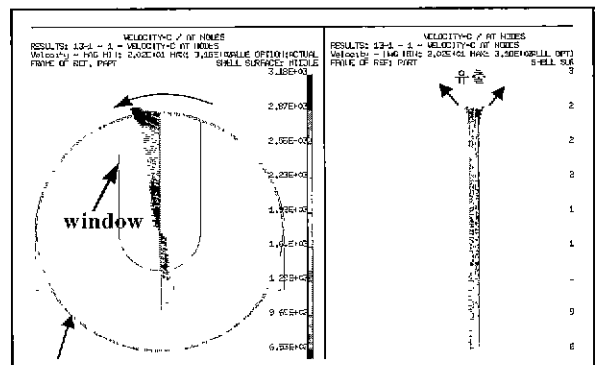


그림 7. 카트리지의 window 주변에서의 공기유동의 속도벡터^[7]

다음은 디스크가 카트리지 내에서 일정 속도로 회전할 경우에 있어서 디스크 주변의 속도 및 압력 분포에 대해서 살펴보면, 카트리지 내에서 디스크 임의 선상의 공기 유동의 속도 벡터를 그림 7에 도시하였다.

그림에서 보면 윈도우의 출구쪽에서 공기 유동의 속도는 카트리지 내 윈도우 반대측 등을 위시한 다른 영역에 비해서 상대적으로 다소 높은 것으로 나타나고 있다. 또 윈도우의 영역에서, 공기 유동은 카트리지의 바깥으로 유출하는 비회전 성분을 갖고 있는 것을 알 수 있다.

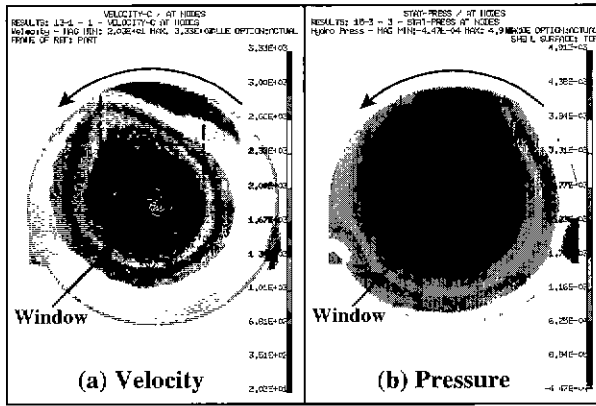


그림 8. 카트리지 내부에서 회전하는 디스크 주위의 공기유동의 속도 및 압력 분포^[7]

한편, 그림 8(b)는 카트리지 내에서 디스크상 일정 높이(0.1mm)에서의 공기 유동의 전형적인 압력 분포를 보여준다. 그림으로부터 공기의 압력분포는 디스크의 선속도에 직접적으로 의존하지 않는다는 것을 알 수 있다. 그리고 카트리지 내 다른 영역에 비해 윈도우의 반대쪽 영역에서 공기유동의 압력이상대적으로 더 높은 것으로 관찰되었다.

이로부터 공기유동의 속도 분포는 압력 분포와 다소 반대되는 경향을 지니고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 회전하는 공기의 압력분포는 카트리지의 안쪽 내벽 (guide wall)의 기하학적인 형상에 밀접하게 관계한다는 것을 알 수 있었다. 이러한 해석 결과, 종합적으로 카트리지 내에서 회전하는 공기의 속도는 비대칭이고 디스크의 속도와 차이가 나며, 이 비대칭성과 속도차이는 디스크의 회전속도가 증가함에 따라 더욱 커지는 것을 알 수 있었다.

3. 광 Disk장치의 광학시스템

광 디스크장치의 경우에 있어서, 중요한 부분은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 그 중 하나가 광디스크이고 나머지는 광디스크를 읽어 들이는 광디스크 기록/재생 장치이다 따라서, 통상적인 경우, 전체 System의 성능을 제한하는 회절한계를 광학적인 수차 한계로 0.07λ (rms)로 나타내는데, 광디스크에 0.05λ (rms) 광디스크장치에 0.05λ (rms)의 tolerance를 주고 있다. 이는 양쪽에 동일하게 주어진 것인데, 이에 대하여 산업의 기술수준내지 다른 원인에 의해 달라질 수도 있다.

광 디스크장치의 경우에는 주로 광 픽업헤드와 이로 인한 제어장치 및 정밀기계부위의 제조상의 오차 등을 포함하여 0.05λ (rms)의 이내의 error를 갖도록 주어져야 한다는 것이다. 또한 광학 시스템에서 설계시 중요한 것은 정적인 값의 크기에 의해 결정될 것이 아니라, 제

어장치가 가동 중에도 성능이 유지되어야 하고, 주변환경에 의하여 온도상승이 된다고 하더라도 제어성능이 유지되어야 한다는 것이다.

3-1. 광디스크장치의 제어부분

광디스크장치의 제어부분은 크게 2분야로 나눈다. 하나는 광디스크의 핵심이라고 할 수 있는 광픽업 헤드를 제어하는 광 픽업 제어부이고, 다른 하나는 전체 시스템을 제어하는 시스템 제어부이다.

광 픽업헤드에서 얻을 수 있는 제어신호는 focus error 신호와 tracking error 신호이다. 전체 system을 제어하기 위해 만들어지는 제어신호는 spindle 제어 및 sled 제어를 기본으로, search, jump, still등의 특수 재생 기능의 제어 신호와 특별한 경우 tilt제어 신호 등이 있는데, 이는 전부 광 픽업에서 나오는 신호와 시스템 제어신호에 바탕을 두고 최적화된 것이다.

광 픽업의 경우에 있어서, tracking 제어신호는 주로 디스크의 정보pit의 깊이, 혹은 Land와Groove의 차에 따라서 달라질 수 있다. 또한, 광 픽업의 focus제어란 광디스크의 정보pit에 laser광이 광 픽업의 대물렌즈의 초점에 맺히도록 하는 제어이다.

Focus error 신호는 대물렌즈의 focus error의 크기를 나타내 주는 신호이며, 보통 수 μ m의 peak-to-peak치를 갖는다. Focus제어에 있어서 광학적 수차에 영향을 미치는 한계를 살펴볼 수 있는데, 통상 대물렌즈의 초점심도를 논한다.

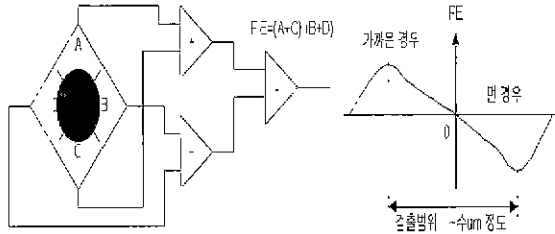
대물렌즈에 의한 초점심도 d 는 $d = \lambda / (2 NA^2)$ 로 주어지는데, 이 값은 광학적 회절 한계치(diffraction limit)를 말하는 것으로, focus error에 의하여 광학적 수차가 0.07λ (rms)의 값을 가질 수 있는 범위를 말하는 것이다. 실제의 광학계 설계에 있어서, 이 값보다 큰 값을 가지면 회절한계 성능을 벗어난다고 할 수 있으며, 통상 이보다 상당히 적은 범위 내에서 제어가 이루어지도록 하여야 한다.

3-2. 광픽업 의 규격

광 픽업은 광디스크장치의 주요부품이며, 시스템 측정 내지는 개발제품의 설계사양의 한 표준을 나타내는 중요한 기준이 된다고 할 수 있다. 광 픽업의 주요Spec은 주로 사용하는 레이저 광의 파장과 대물렌즈의 NA 값 등이며, 기타 사양 값은 제어나 기록 등에 관련되는 사항이다.

- * NA = 0.6
- * Wavelength = 637 nm
- * WFE = 0.033 wavelength(rms) 이하
- * Max. LD Power(대물렌즈 출사광) = 9.0 mW (LD 30mW 출사)
- * Focus error 신호발생방법 = 비접수차법

- * Focus error 신호크기 = $\sim 6.5 \mu\text{m}$
- * Tracking Error 신호발생 방법 = Push-Pull법
- * Focus 1차 공진주파수 = 42.3 Hz
- * Tracking 1차 공진주파수 = 39.9 Hz



Focus Error 검출 Block Diagram & Focus Error

그림 9. 비점수차법에 의한 Focus error 신호

광 픽업에서 Focus error를 찾아내는 비점수차법은 광 픽업의 수광부 소자에 맺히는 광 Beam의 형상에 의하여 Error를 찾아내는 방법이다. 즉, Error가 없는 기준 위치를 수광부에 원의 형태의 광 Beam이 맺히도록 하고, 그 보다 초점이 멀거나 가까운 경우에 타원의 형태로 광 Beam이 형성된다. 이 경우, 초점이 가까운 때와 먼 때의 Beam의 주요 타원형상의 장축이 서로 직교하도록 광학적으로 설계된다. 그림 8에서 실제 실험에 사용된 focus error의 peak-to-peak치는 약 $6.5 \mu\text{m}$ 이다.

4. 광디스크장치의 성능실험장치

광 디스크장치 중 실험에 사용한 장치는 현재 상용화 되어 있거나 곧 상용화 될 광 디스크장치를 통틀어 가장 기록밀도가 높으며, 앞으로 더욱 고밀도화로 발전 가능성이 크다고 기대되는 AS-MO 규격에 의한 광 기록 및 재생의 실험 장치이다.

광 디스크장치의 두개의 주요 기준 가운데, 광 픽업의 규격은 앞에서 설명되었으므로, 다른 주요 기준인 광디스크의 규격과 이를 이용한 실험장치의 설치에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

4-1. 광디스크의 규격

기록용 광 디스크의 주요규격은 디스크 기관의 두께가 1.2mm 혹은 0.6mm인가와 Land/Groove의 폭과 Land/Groove의 깊이차 등이 주요한 사항이다.

재생용 광디스크의 경우에는 Land/Groove의 폭 대신에 mark의 폭과 track pitch등에 관한 수치가 규격에서 중요한 요소가 된다. 또한 기록용일 경우에는 기록 방식과 기록 재료에 대한 수치도 매우 중요한 사항이다.

본 실험에서 사용한 AS-MO용 디스크의 주요사항은 다음과 같다.

- * Land / Groove의 폭 = $0.6 \mu\text{m}$
- * 디스크의 Substrate 두께 = 0.6mm
- * 기록방법 = LP-MFM
- * 재생방법 = MSR-CAD
- * 최소Mark Length = $0.235 \mu\text{m}$
- * 기록용량(12 cm) = 6.1GByte

기록방법에 LP-MFM은 Laser Pulse Magnetic Field Modulation의 약칭으로, 광자기 기록방식에 있어서 기록 성능이 가장 좋은 것으로 평가되고 있다. MSR-CAD는 여러 가지 광자기 재생 방법의 한 종류로서 Magnetically induced Super Resolution(자기 초해상) - Center Aperture Detection의 약칭이다. 이 방법은 광자기 방식이 타 방식에 비하여 상대적으로 높은 기록밀도 구현이 가능하도록 하는데 크게 기여한 재생 방법 중 하나이다.

4-2. 실험장치의 구성 및 실험조건

실험에 사용된 장치의 구성을 보면 광 픽업을 기본으로 하여, spindle motor, 광 픽업을 이송시켜 주는 sled motor부분과, 광 픽업에서 나오는 신호를 처리해 주는 신호처리부, 그리고 제어를 위한 제어부 등으로 나누어 지고, 각각에 측정장치가 부착되어 있다.

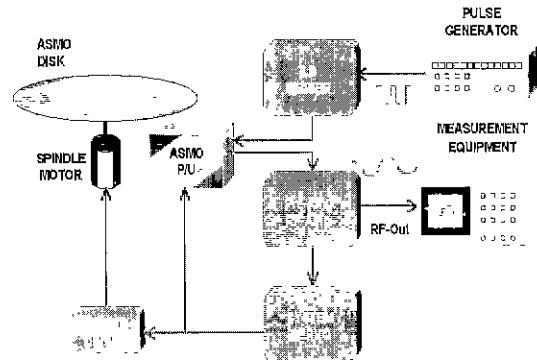


그림 10. AS-MO의 전체 System Block도

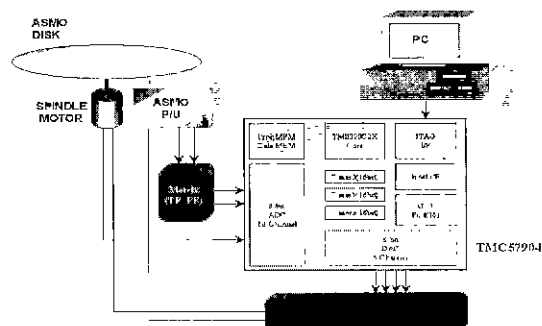


그림 11. DSP를 이용한 System Block도

실험에 사용된 주요 측정장치는 다음과 같다.

- * Photo detector = ET2010
 - Bandwidth > 400MHz
- * Oscilloscope = LC334A
 - Lecroy Digital Oscilloscope
 - 2GS/s
- * CNR Measurement =
 - Advantest Spectrum Analyzer TR4171

실험에 사용된 주요 실험조건은 다음과 같다.

- * Linear velocity = 5 m/s (CAV ~1800rpm)
- * Recording Laser Frequency ~ 21MHz 30% duty
- * Peak Power > 9mW
- * Mark Length = 0.47 μm (2T mark)
- * 2T mark Readout Frequency = 5.27MHz
- * Average Power Range = 1.6mW ~ 2.4mW

실험에 있어서 focus error에 의한 신호의 품질을 측정하기 위하여 control이 용이한 DSP를 이용하여 제어하였다. 사용된 DSP는 TI사의 제품으로 외부와의 8bit ADC와 DAC를 통하여 제어할 수 있다.

이를 이용하면 $2^8=256$ 의 분해능을 가지므로, focus error를 6.5μm으로 하고 focus error 곡선이 선형적이라고 했을 때, 이론적으로 약 0.025μm의 값을 갖고 실험을 할 수 있다.

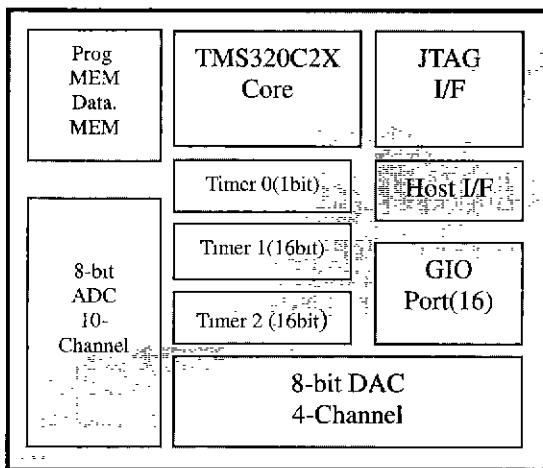


그림 12. DSP Chip의 기능도

만약에 더욱 정밀한 실험을 원할 경우에는 8bit가 아닌 12bit나 16bit의 분해능을 갖는 ADC, DAC를 사용하면 될 것이다. focus error 신호의 크기에 따른 peak-to-peak치가 보다 큰 값을 가질 경우에도 보다 더 고분해능의 소자를 사용하여야 한다.

4-3. 성능평가 결과

실험은 우선 재생방식에서 laser power를 일정하게 유

지하는 DC방식과 laser pulse를 가하여 재생하는 방식에 대하여 실험하였다.

실험 결과는 DC방식에 비하여 laser pulse조사 방식이 전체적으로 laser power의 사용에 있어서 넓은 margin을 갖는 것으로 평가되었다. 이 때의 laser pulse의 주파수는 50MHz이고 duty비는 30%이었다.

또한 같은 방식에 대하여 광 픽업과 디스크 간의 상대적 tilt에 대하여도 동일한 실험을 행하였다. 통상적인 상변화형 광 디스크장치에 비하여 디스크 tilt에 따른 신호 품질의 저하가 작은 것을 실험결과 알 수 있었다. 이는 광자기system의 경우에 수차에 덜 민감한 것으로 알려져 있으며, 따라서 기구적 공차를 비교적 많이 허용한다고 할 수 있다.

상이한 기록방식에 의해 기록된 데이터의 재생시 신호 품질의 차에 대하여도 실험을 하여 그림 9에 그 결과를 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 LP-MFM방식이 LIM(Light Intensity Modulation)방식에 비하여 CNR이 높게 측정되었음을 알 수 있다.

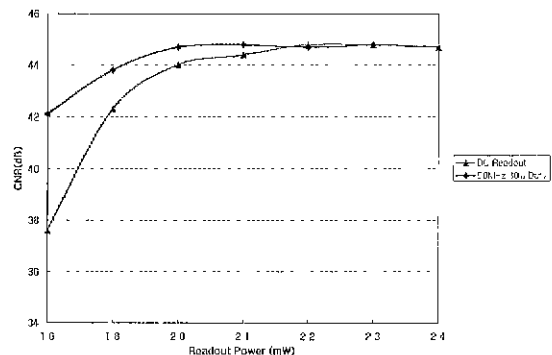


그림 13. 재생방식과 Optical Power에 따른 CNR 변화

실제의 제어error차에 의한 실험은 DSP를 이용하여 쉽게 강제적으로 focus error가 발생하게 한 후에 장치의 신호품질인 CNR을 측정하였다. 실험 결과에 의하면 한쪽 방향에 대하여는 0.5μm 이상까지 CNR이 40dB 이상이고, 다른 방향에 대하여는 1.2μm 정도까지 CNR이 40dB 이상 유지되는 것을 알 수 있다.

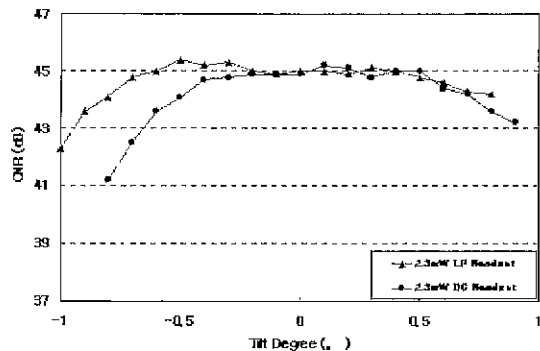


그림 14. Tangential tilt에 따른 CNR 변화

또한 실험결과 DC재생방식에 비하여 laser pulse 재생방식이 CNR이 높게 측정되었다. focus제어의 잔존 error에 의한 값은 defocus치의 0.9 μ m에 대하여 양쪽이 매우 차이가 큰 것으로 측정되었다. 이에 대한 원인은 focus error는 구면수차를 발생시키는데, 이 방향에 대하여 광디스크 혹은 광 픽업의 수차인 0.033 wavelength(rms)의 수치의 대부분이 구면수차이기 때문에 광학 수차가 서로 상쇄되어 한 방향에 대하여 focus error 쪽의 margin이 크게 되었을 것으로 판단된다.

상기의 경우에 있어서 신호의 질이 열화되지 않는 범위를 정함에 있어서, 양산시 기계부품의 정밀도 및 산포도와 환경변화에 의한 차등을 고려하여야 실제 제품의 안정된 성능을 보장할 수 있다. 우선 통상 CNR이 43dB이상인 경우에 대하여 0.4 μ m 정도라 할 수 있고, 기타 환경에 의한 margin과 기계부품과 조립의 오차를 고려하면 광학적으로 계산하여 focus error의 수준을 고려하여야 할 것이다.

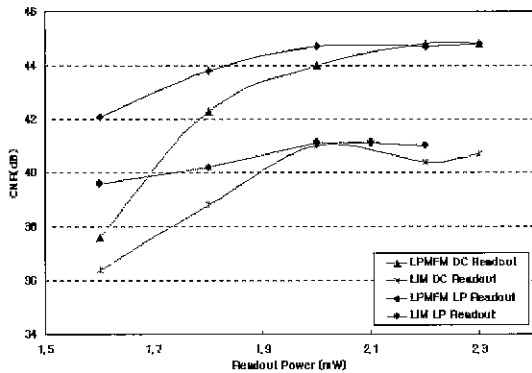


그림 15. 기록방식/재생방식에 의한 재생성능

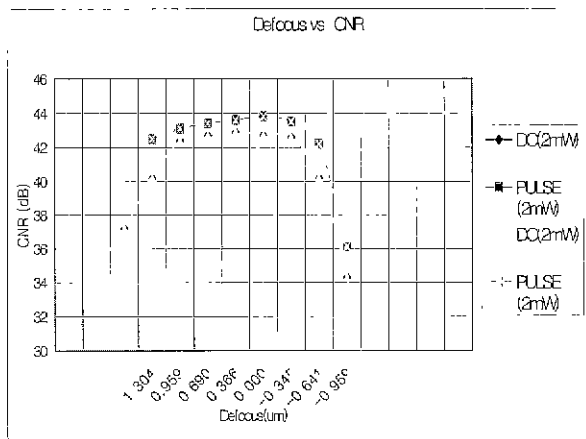


그림 16. Defocus양에 따른 CNR변화

5. 결론

본 논문은 현재까지 발표된 광디스크 정보 저장장

치로서 가장 고밀도 기록인 AS-MO 규격의 디스크 드라이브장치를 대상으로 하여 광디스크 장치의 기계적 및 광학적 특성과 제어 및 성능 특성에 대하여 몇 가지 사례로서 알아 보았다.

먼저 기계적인 특성으로서 AS-MO 디스크의 회전 진동특성과 디스크 클램핑 효과를 파악하였다. 카트리지가 내에서 디스크가 회전할 경우에 있어서 카트리지 내의 디스크 주변 속도 및 압력 분포는 카트리지의 기하학적인 모양에 의해 공기 유동의 특성이 영향을 받으며, 특히 윈도우의 존재에 의해 디스크 주위의 공기 유동장에 비대칭성을 야기하여 진동특성에 영향을 줄 수 있다는 것을 알 수 있었다.

그리고 고밀도 광 기록에 유리한 AS-MO광자기 디스크 장치의 규격에 있어서 주요분야의 설계시 고려하여야 할 여러 조건에 대하여 system적인 관점에서, 각종의 error를 분배하고 줄일 수 있는 방법과 신뢰성을 확보하기 위한 일련의 한 과정을 살펴보고, 기본성능의 평가와 함께, Focus제어 정도에 따른 CNR을 평가할 수 있었다.

참고문헌

- [1] J.C. Harrison, C.W. Miller, F.E. Talke. "Disk Surface Acceleration Effects Due to Air Flow Induced by Rotation," ASME Adv. Info. Storage Syst., vol. 1, pp.155-169, 1991.
- [2] C. D'Angelo III, C. Mote Jr., "Natural Frequencies of a Thin Disk, Clamped by Thick Collars with Friction at the Contacting Surfaces, Spinning at High Rotation Speed," Journal of Sound and Vibration. vol. 168, no. 1, pp. 1-14, 1993
- [3] C.-P. Roger Ku, I.Y. Shen, "Effect of disk Flexibility on Rocking Mode Frequencies of a Disk Drive Spindle Motor System," STLE Tribology Transactions, vol. 39, no. 3, pp 579-586, 1996
- [4] C.-P. Roger Ku. "Dynamic Characteristics of Hard Disk Drive Spindle Motors - Comparison Between Ball Bearings and Hydrodynamic Bearings," Transactions of the ASME, Journal of Tribology, vol. 118, pp.402-406, April, 1996
- [5] J. McAllister, "Characterization of Disk Vibrations on Aluminum and Alternate Substrates," IEEE Transactions on Magnetics, vol. 33, no. 1, pp.968 -973, January, 1997
- [6] S. Imai, K. Mori, T. Okazaki, "Flutter Reduction by centrifugal Airflow for High-Rotation-Speed Disks," International Conference on Micromechanics for Information and Precision Equipment, Tokyo, pp.20-23, July, 1997
- [7] S. K. Kim, G. H. Han and H. G. Son, "A Study of Characteristics of Disk Vibration and Rotating Airflow in

- Magneto Optical Disk Drives," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 44, no. 3, pp. 601-605, 1998.
- [8] 김수경, 송인상, 손희기, "기록장치에서의 디스크 진동과 회전 공기유동 특성에 관한 연구," 한국소음진동공학회, 1998년도 춘계학술대회 논문집, pp.206~210, 1998
- [9] S.-Y. Lee, S. Kim. "Mechanical Issues in Optical Disk Drives", Information Storage and Processing Systems Division, IMECE: ASME Winter annual meeting, ISPS-vol.4, pp.81~90, Nov.15~20,1998
- [10] B.W. Yang, W.K. Hwang, and H.P. D. Shieh, "Readout Scheme by Pulsed Irradiation Center Aperture Detection on Magnetically Induced Super Resolution Magneto-optical Disks", Jpn. J. Appl. Phys. vol 35 pp. 419-422. (1996)
- [11] Y. Tannaka, M. Kurebayashi, T. Maeda, K. Torazawa, A. Takahashi, N. Ohta, S. Yonezawa," High Density Magneto-Optical Disk Technologies", IEEE Transaction on Consumer Electronics, vol 43, no. 3, AUG. pp. 475-482 (1997)

송 태 선

1984년 서울대학교 자연대학원 물리학과 졸업(이학석사). 1991년~현재 (주)LG전자 Digital Media 연구소에서 광디스크관련 Project수행. 현재 광디스크장치중 AS-MO, NFR System에 대하여 Project 수행중.

김 수 경

1990년 연세대학교 기계공학과 박사과정 졸업(공학박사). 1995~1997년 미국 University of California, San Diego, Center for Magnetic Recording Research (CMRR)에서 방문연구원으로서 헤드마모 및 오염에 관한 연구 수행, 1984년~현재 (주)LG전자, Digital Media 연구소에 재직하면서 정보저장장치 관련 Project 및 연구 수행, 1997~1998년 AS-MO 개발Project 수행 및 AS-MO Working Group: Head & Cartridge에서 규격제정 작업 활동, 현재 근접광학 응용 정보저장 장치 (NFR) Project 수행중. 관심 분야는 정보저장 장치에서의 Precision mechanism, Contact mechanics, Tribology, Head/medium interface 및 고밀도 MO recording, Near-field optical recording 등이다.