

광기록 매체의 새로운 지평을 여는 DVD기술

기술해설

DVD Technology: The Heart of Optical Data Storage Media

김명룡

(Myong-Ryeong Kim)

Key Words(중요용어) : Digital Video DiSK(디지털 비디오 디스크), Phase-change optical recording(상변 화형 광기록), Compact disc(CD), Laser diode(레이저 다이오드), Mark edge recording(마크 모서리 기록), Land-groove recording(랜드-그루브 기록), Magneto-optical recording media(광자기 기록 매체)

1. 서 론

“디지털 비디오 디스크”의 약어로 지칭되는 DVD는 현대 과학이 이루어낸 레이저 광에 의한 정보의 기록과 재생을 한층 승화시킨 차세대 package형 광 기록 매체이다. 앞으로 이 제품군은 기존에 분리되어 있던 가전(consumer electronics)과 컴퓨터의 응용분야를 이어주는 교량역할을 할 새로운 개념의 상품으로 기대된다. DVD에 관한 규격의 제안과 제정과정에서 볼 수 있었던 기술과 전략은 회사의 이익과 소비자의 요구가 합쳐져 복합된 양상을 띠었다. 이와 관련된 규격논쟁은 94년 말 소니와 필립스가 “멀티미디어 CD (MMCD)” 규격을 제안한데 이어, 일본의 도시바, 마쓰시타, 미국의 워너브러더스 등이 “고밀도 기록(super-dense, SD)” 규격을 제안하여 오랜 논쟁 끝에 상당 부분이 합의된 것으로, 근래에는 다양한 정보를 담을 수 있는 매체의 의미로 DVD의 원어가 digital versatile disc로 바뀌었다.

현재, 널리 보급되어 있는CD(-ROM)과 DVD(-ROM)은 디스크의 크기는 지름 12cm로 같지만, 정보의 저장용량 측면에서 큰 차이가 있다. 즉, CD에 기록된 정보량은 단면에 650 mega-bytes(MB)인 반면, DVD에는 CD-ROM의 7배가 넘는 4.7giga-bytes(GB)이다. 이미 DVD규격은 일부의 제품군을 제외한 다수 항목에서 확정된 상태이고, 최근에는 신문이나 전문잡지에 제품의 출시와 판매를 알리는 광고를 볼 수 있다. 아직은 이 분야에 종사하는 전문인을 제외하고는 다소 눈과 귀에 익은 용어는 아니지만, 앞으로 우리와 친숙해질 멀티미디어의 중요한 제품임에 분명하여, 본 고에서는 DVD의 기술적 배경 및 이의 구현을 위해 활용된 요소기술, 그리고 미래기술로의 흐름에 관해 소개코자 한다.

2. 기존의 CD와 DVD의 주요 사양비교

과거에 음악을 즐기는 중요한 수단이었던 레코드는 그 표면에 가는 연속파형의 홈이 새겨져 있어서 픽업의 바늘이 그 홈을 따라 이동하면서 신호를 읽어 내는 반면, 콤팩트 디스크(CD)는 연속된 홈 대신에 피트 형태의 홈을 가진 디스크에 바늘대신 빛을 이용해서 원격으로 음과 영상을 읽어낸다. CD는 비접촉으로 디스크 표면의 정보를 읽어 내므로 디스크가 손상되지 않고 바늘에 의한 잡음이 전혀 없어 음질이 좋고 다이내믹 범위가 넓은 것이 특징이다. CD는 이같은 장점 외에도 염가로 대량생산이 가능하여, 급속히 우리의 생활 가까이 보급될 수 있었다. 현재 시판되고 있는 광 디스크의 기록밀도는 1 평방 μm 당 약 1 bit이다. 1 평방 inch당으로 환산하면 645 mbits/in² (~80 m bytes/in²)에 해당된다. 한편, 근래에 시장에 막 등장한 DVD의 경우는 최소pit 지름이 0.4 μm , 트랙 피치가 0.74 μm 이고 1 bit에 필요한 면적은 0.296 μm^2 (=0.4x0.74), 120 mm 디스크의 lead-in과 lead-out 지름은 각각 48mm, 116mm로 기록면적은 8.75 x 109 μm^2 (= $\pi(r_2-r_1)^2$)로 기록용량은 지름 12cm 디스크 단면에 4.7GB이다.

DVD의 장점은 표1에 요약된 바와 같이 저장용량이 크고, 데이터의 전송속도가 빠른 점, 그리고 다른 매체와의 호환성 등을 들 수 있다. 참고적으로, 기존의 CD와의 비교를 위해 주요 항목별 차이점을 표2에, 그리고 용량에 있어서의 차이가 어디서 왔는지를 살펴보기 위해 표3에 용량증가 인자를 요약하였다. 이들 표에서 알 수 있는 바와 같이, DVD 용량을 4.7GB로의 증가시킬 수 있었던 것은 광학계에서의 NA 증대와 반도체 레이저의 단파장화(780→650nm)에 의해 약2.5배를, 나머지 2.4배는 format 효율의 향상, 디스크 면적의 증대

와 재생 margin을 줄여 실현했다. 특히 margin 이하를 보충하기 위해 디스크의 각종 사양을 종래보다 엄격하게 관리할 수 있도록 하기 위하여

0.6mm 두께의 기판을 두장 붙여 대칭구조로 하였다.

Table 1. Summary of possible DVD's advantages

(1) Large capacity	The basic single sided single layer DVD holds 4.7 GB of data, the equivalent of 7 CDs
(2) High transfer rate	The DVD's user data bit rate at reference speed is 11.08 Mbps, or 8 times the speed of CD formats.
(3) Compatibility	The same basic unified standard applies to the entire family of playback only, recordable and rewritable DVDs, allowing audio, video and computer data to be handled with great flexibility.
(4) Worldwide unified standard	AV and computer software can be played back or read by users around the world.
(5) Backward compatibility	New DVD-ROM drives will play the tens of millions of existing CD-ROMs.
(6) On-line availability	DVD-ROM delivers its increased capacity on a single side. So consumers won't need to turn the disc over - and computer manufacturers won't need design their products to fit new drives.
(7) Affordable cost	DVD-ROM will ultimately be priced comparably to current CD-ROM products.
(7) Future recordability	DVD-ROM will be compatible with future high density recordable and rewritable media. (DVD-R, DVD-RAM)

Table 2. DVD vs conventional disc media

(a) Video

		DVD-video	CD	Video-CD
Recording system		Digital/MPEG-2	Analog	Digital/MPEG-1
Capacity		Single sided/Single layer: 4.7 GB Single sided/Dual layer: 8.54 GB	-	650 MB
Playback time		Single sided/Single layer: 133 min. Single sided/Dual layer: 242 min.	SS/SL: 133 min. Double sided: 120 min.	74 min.
Horizontal resolution		More than 540 lines	More than 425 lines	More than 270 lines
Audio	Recording system	Dolby digital (AC-3) or/and Linear PCM	Linear PCM analog; FM modulation	MPEG audio layer 2
	Sampling/Quantization	48 KHz, 96 KHz 16 bits, 24 bits (linear PCM)	44.1 KHz/16 bits	44.1 KHz
	No. of channels	Dolby digital (AC-3) or/and Linear PCM: max. 8 streams Dolby: max 5.1 ch/stream PCM: max. 8 ch/stream	Linear PCM: 2 ch. Analog: 2 ch.	Digital 2 ch.

(b) Audio

		DVD-audio (Single sided single layer*)						CD
Recording system		Linear PCM						
Sample frequency		48 KHz			96 KHz			44.1 KHz
Quantization		16 bits	20 bits	24 bits	16 bits	20 bits	24 bits	16 bits
Playback time	8 cm	122 min.	98 min.	81 min.	61 min.	49 min.	40 min.	20 min.
	12 cm	410 min.	329 min.	272 min.	205 min.	165 min.	135 min.	74 min.

* Standard to be decided

(c) Read-only, write-once and rewritable media

	DVD-ROM	CD-ROM	DVD-R	CD-R	DVD-RAM
Recording media/system	Playback-exclusive optical disc		Organic dye optical disc		Phase-change optical disc & system
LD wavelength for W/R	650 (635) nm	780 nm	635/650 nm	780 nm	650 nm
NA of objective lens	0.6	0.45	0.6	0.45	0.6
Capacity	SS/SL*: 4.7GB SS/DL*: 8.5GB	650 MB	SS: 3.9GB DS: 7.8GB	650 MB	SS: 2.8GB DS: 5.2GB

cf., SS: single sided, SL: single layer, DL: double layer

Table 3. How DVD increased density over CD-ROM.

(a) Factors:

● Channel bit code	8/14 + (3 merge bits) → 8/16 EFM
● Large surface area utilization	86.0 to 87.6 cm ²
● Decrease in RD code	25% to 13% of channel rate
● Track pitch	1.6 to 0.74 μm
● Minimum pit length	0.792 to 0.4 μm
● Reduction in packet overhead	(2048/2352 to 2048/2060 bytes)

(b) Gain:

Areal increase in channel bits	5.254	(1.6 * 0.972)/(0.74 * 0.40)
Packet overhead reduction	1.142	2352/2060
Tighter FEC	1.16	0.87/0.75
Increase in usable area of disc	1.019	87.6/86
Tighter channel code	1.0625	17/16
Overall gain	7.5	4.7/0.65 Gbytes

3. DVD의 대용량화를 구현하는 고밀도 기술

멀티미디어 중에서 특히 동화상이나 음성 등의 정보를 저장하는 file장치가 DVD-RAM (rewritable DVD)인데, 상변화형(phase-change) 광기록 방식을 채용하고 있다. DVD-RAM은 섹터화된 디스크 format에 Philips와 Sony가 주장해온 wobble을 가미하여 지름 12cm 단면에 기록용량이 2.6GB인 상변화 광 디스크의 0.9 draft 규격이 나왔고 working group에서 규격제정의 마무리 작업이 진행 중이다. 이같이 동일 크기의 디스크에 기존의 CD용량인 650MB에서 이의 4배 용량인 2.6GB가 DVD-RAM에서 구현할 수 있었던 것은 몇가지 중요한 고밀도화 기술이 접목된 결과이다. 아래에 광기록매체에서 기록밀도 향상이 어디에서 이루어질 수 있는지, ① 디스크 채널, ② 매체, ③ 광원, ④ 광학기술의 종합적인 견지에서 고려해 본다. 가령, 고효율의 부호화(coding) 방법이나 신호검출 기술에 의한 고밀도화는 방법①에 해당되고, 이는 soft기술상의 개량이다. 또한, land-groove (L/G)기록, 레이저 광과 자장과의 크기 차이에서 발생하는 광자기 기록에서의 초해상 기술, 광 디스크의 기록 면상에 가포화 흡수물질 박막을 입혀 두는 것에 의한 열적 초해상(super-resolution)기술, IBM이 제안한 다층 구조의 광 디스크는 방법②에 속하고 이는 디스크 자체나 기록매체 상에서의 광량분포의 차이를 이용하는 hardware적인 접근이다. ③은 파동의 회절현상에 기인된 제약요소를 고려해 광

원의 파장을 줄이거나, 레이저의 사출장 지름을 가능한 한 1μm 이하의 미소 크기로 함으로써 광파나 회절에 의하여 넓어지기 전에 빛을 near-field(근접장)에서 이용하는 기술이다. ④는 각종 광학기술을 응용해 결과적으로 레이저 빔 크기를 실제의 레이저 보다도 작게 하겠다는 시도이며, solid immersion 렌즈(SIL)를 이용한 고밀도 광 기록도 ④로 분류된다.

한편, 본 고에서 다루어질 DVD는 ①, ③, ④를 총괄한 고밀도 기록의 결과이다. 아래에 고밀도화를 목적으로 사용된 세부 요소기술인 광원의 단파장화와 관련된 최근의 기술의 진보, 렌드-그루브 기록방식, 마크 모서리(mark edge)기록, PRML 신호처리기술 및 광학계 기술에 대해 간단히 언급한다.

3.1. 고밀도를 향한 광원의 단파장화 기술

실온에서 연속발전하는 이중 hetero-junction laser diode (LD)의 경우, 이중결정을 접합시킨 구조에 전압을 걸어주면 N층으로부터 전자가 주입되고, P층으로부터 정공이 주입되어 이들 전자와 정공은 GaAlAs층이 만드는 벽 때문에 확산이 제한되어 그 접합면이 주위의 캐리어를 가두어 놓는 역할을 한다. 전자와 정공은 재결합해서 빛을 내고, 발생한 빛에 의해 전자와 정공의 재결합은 더욱 증가한다. 결정의 벽개면은 평면성이 좋은 거울처럼 동작하기 때문에 작은 레이저 공진기가 된다. 이때 GaAl의 굴절율은 GaAlAs쪽이 낮기(~6%) 때문에 빛은 위-아래로 빠져나갈 수 없어서 가운데의 활성층을 왕복하면서 진행한다. 이렇게 하여 수 μm정도의 얇은 활성층 좌우에서 레이저 빛이 발생한다. 벽개면에 증착막을 붙여서 발생한 빛을 전부 반사시키든가 일부를 수광한 다음, 레이저의 바이어스 전압을 제어해 안정화시켜서 사용하는 것이 LD이다. 반도체 LD는 고체나 가스 레이저에 비해, 출력은 작지만 소형이어서 통신용이나 CD등의 데이터 저장매체 시스템에 없어서는 안될 핵심 부품이다.

광디스크에서 기록밀도를 향상을 위해서는 여러 가지 고밀도화 요소기술이 사용될 수 있지만, 그중에서 L/G기록과 트랙피치를 줄이는 것이 매우 효과적이다. 그러나, 트랙피치를 일정값 이하로 줄이면 인접한 트랙의 정보가 기록 beam 끝에서 지워지는 문제 (cross-erase)가 생기는데, 이것을 해결하기 위해서는 디스크 매체에서의 접근과 집광 beam의 크기를 줄이는 광원 측면에서의 접근방법이 있다. DVD는 CD-ROM과 유사한 기술을 이용

하고 있지만, 그 용량면에서는 동일크기 (12cm) 디스크에서 CD-ROM의 650MB의 7배 이상이다. 이 같이 대폭적인 용량향상이 가능할 수 있었던 것은 대물렌즈의 NA를 CD-ROM의 0.45에 대하여 0.60으로 크게하고, 반도체 레이저의 파장을 CD-ROM의 780nm에서 650nm로 줄일 수 있었기 때문이다.

현행 CD-ROM 재생 레이저는 GaAlAs계로 파장이 780nm이지만, DVD에서는 같은 GaAlAs계로 650nm, 635nm으로 단파장화하고 있다. GaAlAs계에서는 이 근처의 파장이 한계일 것으로 판단되어, 이보다 더 단파장인 레이저 광원의 개발이 활발히 진행되고 있다. 94년 3월, Sony는 발광층에 ZnCdSe, 전류와 빛을 가두는 clad층에 ZnMgSSe를 채용, P형 전극에는 저항인 PbPtAu를 이용하고 양자효과에 의한 터널전류 현상을 이용하여 수명이 짧긴 했으나, 파장 490nm인 청색 레이저를 실온에서 연속발전하는데 성공하였다. 한편 일본의 일야화학 등이 sapphire기판에 III-V족인 GaN계인 다중양자 정구조조를 다층으로 중첩하는 활성층과 양단이 경면(mirror plane)될 수 있도록 식각한 LD로 파장 410nm인 청자색 레이저를 펄스발전하는 개가를 올렸다. 파장 410nm 대역인 반도체 레이저가 실용화되면, 650nm를 사용하는 현행 DVD의 기록용량(4.7GB)을 두 배 이상 증가시킬 수 있을 것으로 예상된다.

3.2. Land/Groove 기록

기존의 상변화 광 디스크에서는 수지(poly-carbonate) 기판 상에 설치된 홈 형태의 groove 트랙에 정보를 기록한다. 따라서 디스크 반지를 방향으로 고밀도화 하기 위하여 트랙피치를 좁게 하는 것이 검토되었다. 트랙 방향에서 고밀도를 실현하기 위해서 그루브 사이에 존재하는 land부도 기록 트랙으로 사용한 것이 L/G기록이다. 그 결과, 트랙피치를 0.74 μ m로 줄일 수 있었다. 트랙피치를 줄이면 인접 트랙의 신호가 유입되어 cross-talk이 증가되고 인접 트랙의 신호에 열적으로 영향을 주어 소위 cross소거라는 문제가 발생한다. 이 때문에, groove의 깊이를 최적화하여 land와 groove의 광학적인 위상차에 의하여 cross 영향을 줄일 수 있었다. Cross-talk량과 groove깊이와의 관계를 simulation한 결과, cross-talk이 최소가 되는 groove깊이는 각 마크길이에 의존하고, 실제의 기록신호는 여러 가지의 주파수 성분을 가지므로 cross-talk이 최소가 되는 깊이의 평균값이 최적 groove깊이($\lambda/6n$)이다. 이 깊이는 종래의 광 디스크에서의 groove깊이 $\lambda/8n$ 와 비교하여 깊다.

3.3. 마크 모서리 기록방식

기록 선밀도를 높이면 읽어내는 신호간의 간섭이 발생한다. 이는 광 헤드의 빔크기가 유한하기 때문이며, 이것이 또한 트랙밀도가 높을 때, 재생 cross-talk에 큰 영향을 미친다. 선밀도를 높히는 기술로는 마크 모서리기록(pulse length modulation, PLM) 방법이 있다. 1세대의 마크위치(pulse position modulation, PPM) 기록과는 달리, PLM방식은 변조부호로 만들어 기록부호 열로부터 NRZI 변환해 기록 데이터 열을 만들어 기록하는 방법이다. 한편, 재생시에는 기록마크의 양 모서리를 검출하여 재생한다. 하지만 광자기 기록에서는 열자기(thermo-magnetic) 기록이기 때문에 기록마크 형상이 눈물방울 모양이어서 모서리 shift가 발생하여 데이터 검출창의 수용폭(margin)을 작게 한다. 또한 열간섭 이외에 부호간의 간섭도 모서리 위치에 큰 영향을 미치므로, 이 문제를 해결하기 위해 기록보상 기술과 재생 등화기술의 개발이 진행되어 왔다. 즉, 기록보상을 통해 기록마크의 형상을 이상적으로 제어할 수 있어 모서리 정보를 정확히 쓰고 읽어낼 수 있게 된다. 기록마크 형상을 제어하는 기록보상 기술에는 multipulse train으로 대처하거나, 재생시의 분해능 저하에 의한 잔폭이나 위상 margin의 저하를 막는 재생 등화기술이 있다.

3.4. 고밀도 신호처리 기술로서의 PRML

또한 고밀도 기록에는 회절에 의한 스팟크기나 crosstalk과 같은 물리적인 제약이 있으므로, 이를 재생기술 측면에서 해결하려는 시도가 PRML (partial response maximum likelihood) 신호처리 기술이다. 이 방법은 partial response에 Viterbi 복호기술을 복합시킨 신호처리 기술로서 이를 통해 기록과 재생 margin의 확보가 가능하다. 종래의 peak 검출방식은 재생과의 미분파형을 이용하여 재생과형의 peak 위치를 검출한다. 그러나 고밀도 기록의 경우는 부호간의 간섭에 의하여 미분파형의 SN비가 작게 되고 검출한 정보의 신뢰성도 낮아진다. 그래서 PRML검출에서는 고밀도 기록에 의한 부호간 간섭을 유효하게 이용한다. 즉, sample점에서의 부호간 간섭량이 정수비에 의한 등화기에서 약간의 수정(PR등화)을 하는 것으로 재생과형을 간략화한 상태천이로 표현할 수 있으므로, Viterbi 검출기는 PR 등화 후의 데이터를 받아 상태천이를 하는 데이터열 중심으로부터 가장 유사한 과형열을 선택 (확률적으로 가장 확실할 것이라 판단되는 상태 pass를 결정)함으로써 정보를

검출한다. 결국 peak 검출에서는 파형의 국소적인 peak 위치만을 검출하는 것에 반해, PRML검출은 부호간의 간섭을 고려하여 연속하는 sample 정보로부터 정보를 검출하기 때문에 정보의 검출성을 높일 수 있다. PRML신호처리 기술을 이용할 것 같으면, 재생 SN비 (signal-to-noise ratio)를 개선할 수 있다. 이 기술은 종래의 광디스크 기록 데이터와의 호환성에 악영향을 미치지 않으면서 기록재생 margin을 크게 할 수 있어 고밀도 기록 재생에 매우 효과적이다.

3.5. 고밀도화를 겨냥한 광학기술의 응용

회절한계의 최소 빔의 크기는 광원의 파장에 비례하고, 대물렌즈의 개구율(numerical aperture, NA)에 반비례 한다. 대물렌즈의 NA값이 크면 클수록 작은 빔을 얻을 수 있지만, 초점심도(depth of focus)는 NA의 제곱에 반비례하여 짧아진다. 그 결과, 통상의 glass 렌즈에서는 NA가 크면 클수록 무게도 무거워 지고 대물렌즈의 초점부 위치 제어나 tracking 제어를 위한 제어 시스템(대물렌즈 actuator)에 부담이 된다. 광 빔의 크기(지름)는 중심의 빔 강도의 $1/e$ (즉 광의 진폭의 $1/e^2$)에 해당하는 위치의 지름을 의미하므로, 초해상 기술을 이용해 유효빔의 크기를 줄임으로써 고밀도화가 가능하다. 광량의 Gaussian 분포에서는 레이저 빔 단면의 중심에서 가장 세고 중심으로부터 멀어짐에 따라 쌍곡선적으로 빔 세기가 감소하는 특징이 있다. 이것을 초해상에서는 없애 빔 중앙의 강도를 인위적으로 낮추는 방법으로 Gaussian빔에 대해 유효 빔 크기를 작한 것이다.

4. 상변화형 DVD-RAM과 경쟁하는 고밀도광자기 방식의 신기술

상변화 기록은 레이저 빛을 조사함으로써 기록막을 용점 이상으로 가열시킨 후, 급냉시켜 비결정 상태로 만들고, 용점 이하-결정화 온도 이상으로 가열시킴으로써 결정질을 얻는다. 결정상태에서는 레이저 광의 반사율이 높고, 비결정 상태에서는 반사율이 낮아 이 특성을 이용하여 재생시에는 빛의 반사율 차이로 정보를 읽어 들이기 때문에 재생전용기와 호환성 확보가 용이하다. 또한 상변화 기록에서는 이미 기록되어 있는 정보를 소거하면서 새로운 정보를 기록하는 직접 덮어쓰기(direct overwrite, DOW)가 가능하다. 이처럼 레이저 파워의 변화만으로 기록과 소거를 할 수 있고, DOW도 할 수 있어, 레이저와 자기헤드를 동시에 사용하여

기록하고 빛의 편광각도를 검출하여 재생하는 광자기 방식보다 원리적으로 우위에 있다.

최근까지만 해도 광자기(magneto-optical) 방식에 의한 정보의 기록과 재생은 드라이브로부터 매체를 꺼낼 수 있는 (removable disk) 방식으로서는 고밀도이면서 반복기록이 가능한 매체분야에서 독보적인 존재였다. 그러나, 광자기 기록방식의 이같은 독주는 상변화(phase-change) 방식에 근거한 상대적으로 저렴한 가격의 CD-rewritable (CD-RW, 반복기록이 가능한 CD) 드라이브 상품화와 이들 매체의 저장용량의 증대, 특히 CD-RW의 연장선 상에 반복기록이 가능한 DVD (DVD-RAM)를 계획함으로써 위협받아 왔다. 그래서, 광자기 드라이브 생산업체는 그들의 경쟁우위를 확보하고자 한층 대용량(고밀도) 쪽으로 여세를 몰아가고 있다.

최근, MO드라이브와 매체의 주요 생산업체(9개 회사)는 반복기록 가능 7GB용량의 시스템(MO7)에 대한 제반규격을 마무리하는 단계라고 발표했다. 또한, 9개사중 Hitachi-Maxell과 Sanyo는 이 용량의 두 배인 14GB 용량을 가진 광자기 기록매체를 개발하는데 결정적으로 기여할 것으로 기대되는 2층 기록막 기술개발의 개가를 올렸다.

종전의 광자기 방식에서는 디스크 당, 단일층의 기록막을 사용하는 반면, 금번에 Hitachi와 Sanyo가 개발한 것은 두개의 광자기 기록층을 이용하는 것이 특징이다. 종전의 광자기 기록에서는 레이저 빔이 디스크의 표면에 초점을 맞추어 조사되는 동안, 외부에서 인가시켜 주는 자기장의 방향이 역전된다. 이 과정에서 기록된 지름 $0.6\mu\text{m}$ 의 미소 영역으로부터 나오는 자기모멘트(magnetic moment)의 크기가 결정되며, 이를 재생시 드라이브 헤드가 감지한다. 광자기 디스크에서 기록밀도를 올리기 위해서는 기록스팟의 크기를 작게하고 한정된 공간 안에 이들 스팟을 보다 촘촘하게 충전하는 것이 요구된다. 그러나, 기록스팟의 크기를 작게 기록하는 것은 종래에도 가능하긴 했으나, 문제는 재생시 데이터를 정확히 읽어내는 것이 현재의 방식으로는 가능하지 못했다. 금번에 개발된 "자기증폭 광자기 시스템(magnetic amplifying MO)"이라 일컬어지는 신기술 (줄여서, Mammos라고 함)은 바로 종전에 기록층으로 사용해 오던 TbFeCo합금 기록층 위에 GdFeCo의 신호 증폭층을 추가함으로써 신호재생시의 문제를 해결하였다. GdFeCo의 신호 증폭층이 들어감으로 인해서 지름이 $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$ 근방의 극히 미소한 기록영역으로부터의 약한 크기의 자기모멘트도 정확히 읽어(playback) 낼 수 있

게 되었다.

어떻게 자기 증폭층의 삽입을 통하여 약한 크기의 자기적 신호를 읽어낼 수 있었는지에 대한 기술적 원리는 다음과 같다. 광자기 방식에서 기록층에 기록되어 있는 정보는 조그마한 자구(magnetic domain) 형태의 마크로 존재하며, 정보를 읽어내는 경우, 이 미소자구 영역은 재생하는 동안 레이저 빔으로 가열된다. 이때 자기적 변화로 인해 자기증폭 목적으로 삽입한 기록층에 동일 방향의 새로운 자구를 형성시킨다. 외부에서 걸어주는 자기장이 국부적인 자기방향과 같은 방향으로 인가될 것 같으면, 증폭층의 자구의 크기는 성장하여 결국, 재생시 신호의 정확한 감지를 돕게 된다. 재생하는 동안 감지된 실제 신호의 크기는 종전 방식의 기

록층 한 개만을 사용했을 때 보다 무려 3배 이상 크다. 또한, 증폭된 여러 개의 자구로부터 신호를 정확히 읽어내도록 하기 위해, 외부로부터의 인가 자기장을 증폭시킨 자구의 방향에 대해 역으로 걸어주어 읽은 후와 다음 자구가 증폭되기 전에 없 어지게 한다 (즉, 재생후 인접하는 다음 자구가 증폭되기 전에 소멸되게 함).

결국, 두 개의 층 (한 개의 기록층과 한 개의 자기 증폭층)을 사용함으로써 값이 비싸고 신뢰성도 좋지않은 단파장 레이저를 사용하지 않고도 광자기 방식에서 효과적으로 기록 면밀도를 향상시킬 수 있게 되었다. 현재로서는 이 기술의 검증을 위해 연구자들은 680nm의 광원을 이용했으나, 635nm파장의 광원을 이용할 것 같으면 5" 크기의 디스크에서 14GB의 기록용량을 달성할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

시사소개

김명룡



1960년3월1일생. 충북대학교/서울대학교 공대 금속공학과 졸업(1981/1983). 미국 아이오와 주립대 재료공학과 졸업(MS, 1989). 미국 University of Utah 금속공학과 졸업(Ph.D., 1993/03). 현대 용접 기술연구소 연구원(84-87). 현재 LG 중

합기술원 소재재료연구소 책임연구원(1993/04~). 관심분야: 컴퓨터 정보저장매체, 분석전자현미경, 기능성재료의 합금설계 및 이의 device 응용.