<특 집>

반복 기록재생용 광기록 매체

전 영 관

1. 서 론

최근의 정보통신 기술은 그 어느 때보다 급속히 발달되어 가고 있다. 세계 각국이 고도 산업사회를 맞기 위하여 정보 산업을 육성하고, 관련되는 사회적 인프라와 소프트 개발에 박차를 가하고 있다. 이러한 정보 사회의 특징으로는 internet와 같은 global network을 구축함으로써 교류하는 정보량이 폭발적으로 증대되고, HDTV, digital satellite TV 등의 고선명도 영상의 처리와, 정보 전달의 mobil화가 다각도도 이루어지는 진정한 multimedia 시대가 현실화 되는 것이다. 특히 디지탈기술과 고집적 반도체 기술을 기반으로 하여 컴퓨터, 방송 미디어, 그리고 통신기술이 상호 결합되고 융합e됨으로써 신속히 가시화되고 있다. 또한 간단한 문자나 데이터 형태의 정보시대를 넘어, 정보가 영상화 되고 이미지화 되는 경향도 뚜렷하다.

특히 동영상은 그 정보량이 방대하여 현재까지의 정보처리, 통신, 저장 기술로서는 효과적인 정보전달에 한계를 나타내고 있다. 따라서 동영상 정보를 디지탈화 하고 압축하여 처리하는 MPEG(Moving Picture Expert Group)이라는 국제 표준기구가 형성되었으며, 그 기구가 주도적으로 디지탈 신호의 변조화 및 압축 부호화(encoding-decoding) 기술을 개발하고, 전세계적인 표준화를 유도해 가고 있다[1].

향후 멀티미디어 시대의 방대한 정보를 기록하는 수단으로서 ① 대용량의 디지탈 데이터 기술을 기초로 하고, ② 고밀도 기록으로 경박단소화 될 수 있으며, ③ 반복기록 재생이 가능하고 ④ 처리 속도가 빠른 차세대 기록 매체가 반드시 개발되어야 한다. 최근에는 DVD-ROM이 재생전용 미디어로서는 그 성능을 인정받고 고용량의 새로운 기록매체로서 부상하면서 용도 확산과 응용 전개가 이미 이루어 지고 있다. 반면에 컴퓨터가 지배하는 정보시대에 부응하는 반복적인 기록과 재생이 가능한 기록 매체에 대하여서, 현재 여러 종류와 기술이 개발 중에 있으나, 규격이 통일되기 위해서는 여러가지 기술적인 문제와 표준화가 필요한 상태이다. 반복기록 가능한 디스크를 소거 가능한(erasable) 또는 반복기록 가능한(rewritable) 디스크로 불렀으나, 최근에는 rewritable란 용어로 부르는 경우가 많다.

최근의 정보기록 기술로는 반도체 기록, 자기기록, 광기록 기술 등을 들 수 있으며, 특히 고밀도 고용량 기록으로의 기술적 발전이 활발히 이루어 지고 있는 광기록 매체에 많은 관심이 집중되고 있다. 따라서, 본고에서는 반복기록용 광디스크를 중심으로 그 기술개발의 현황을 정리하고자 한다.

2. 반복기록용 광디스크의 기록 방식

읽기전용 기록방식은 얇은 플라스틱 기판 상에 정보의 신호 피트가 물리적인 요철의 형태로 형성되어 영구히 고정된다. 재생시에는 레이저광의 산란 정도에 따라 디지탈 신호를 인식하게 된다. 그러나 반복기록용 디스크를 위해서는 기판상에 기록의 소거가 가능한 새로운 기록 소재를 도입하지 않으면 안된다. 현재 개발된 광디스크로는 기록 소재의 종류애 따라, 광자기 기록 방식(magneto-optical, MO)과 상변형 기록방식(phase change, PC)의 두 매체기술을 활용한 것

Rewritable Optical Storage Media / Young Kwan Choun
SKC주식회사 중앙연구소 상임 기술고문, (440-300) 경기도 수원시 장안구 정자동 500, Phone: 0331) 40-0200, Fax: 0331)254-7402, e-mail: ykchoun@mail.skc.co.kr

으로 양분되어 있다[2].

Figure 1에서 비교된 바와 같이 상변화 기록은 기록층의 상태가 결정 또는 비결정상태에서 반사율이 다른 것을 이용한 기록기술이다. 반면에 MO방식에서는 수직 자기 기록막 상에 자계로 기록된 부분에 레이저를 조사하면, Kerr 효과에 의해 반사광의 편광이 변화하는 것을 이용한 것이다. MO는 그 변화량이 상변화 보다는 약 1/10 정도의 수준으로 미세하므로 신호가 약하게 되기 쉽고 이를 극복하기 위한 광학계도 매우 복잡한 편이다.

상변화용 광디스크로는 PD(Phase Change Dual), CD-RW(CD-ReWritable), DVD-RAM, DVD+RW, DVD-R/W 등이 있다. 처음으로 상변화 기록방식을 응용한 PD는 기록용량이 650 MB이고, CD-RW는 97년도에 판매개시된 것으로 CD와 호환성이 있으며 역시 650 MB의 용량을 갖고 있다. DVD family는 DVD-ROM에 대응하는 반복기록형으로 주목을 받고 있으며, 1차적으로 DVD-RAM으로 규격표준화가 이루어진 상태이나, 개발 회사간의 기술 주도권 경쟁이 치열해져 통일된 규격에 대한 논쟁이 지속되고 있다.

광자기 기술을 활용한 광디스크로는 MOD (magneto-optical disk), R-MD(recordable mini-disk), ASMO(advanced storage magneto-optical) 등이 있다. MOD는 상변화형 디스크보다 기술적으로 먼저 확립되어 실용화 되고 있으며, 동일한 기술을 활용한 R-MD는 크기를 작게 하여 주로 오디오용으로 사용되고 있다.

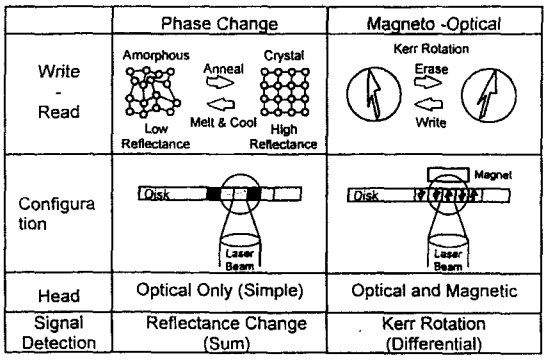

Figure 1. Comparison of phase change and magneto-optical disks.

ASMO는 DVD-RAM에 대응하는 고용량 디스크의 형식으로서 수십 GB의 용량을 갖게 되는 새로운 디스크로서 컴퓨터용을 목표로 하고 있다[3].

이러한 두 기록 기술을 기초로 한 여러 가지 형식의 디스크 중에서, 전체를 대표하여 반복기록형 디스크의 시장을 통합할 만한 형식이 아직까지 정해져 있지 않은 상태이다. 따라서, 매체간의 호환성 문제 등이 계속 논란의 대상이 되고 있으며 본격적인 시장 전개도 늦어지고 있는 실정이다.

3. 상변화형 기록매체

상변화형 디스크는 고출력 저잡음의 반도체 레이저의 발달과 결정화 속도가 빠른 새로운 기록물질의 개발이 본격화 되면서 새로운 반복기록용으로 현실화되게 되었다. 1990년에 PD라는 디스크가 처음으로 상품화 되었다. 상변화형 기술은 경쟁이 되고 있는 MO에 대비하여 다음과 같은 여러가지 장점이 있기 때문에, 늦게 도입되었으면서도 현재 크게 주목을 받고 있다. ① 기록과 재생시에 별도의 자기 헤드가 필요없으므로 기록 시스템이 간단하다. ② 레이저 출력의 단순한 조절로써 기록과 소거가 동시에 가능한 중첩기록이다. ③ 1, 0 신호간에 발생하는 출력 차이가 크므로 광학계가 간단하다. ④ CD와 같은 기존 디스크와 호환이 가능한 재생장치를 만들기가 용이하다. ⑤ 기록막이 화학적으로 안정하고 내구성이 좋다. ⑥ 넓은 범위, 특히 단파장의 광에 대해서도 흡수 및 반사율 변화가 크므로 고밀도화가 가능하다[4].

3.1. 기록의 요소기술과 고밀도 디스크

기본 원리 : 상변화 방식의 기본원리는 기록 소재의 결정상태와 비결정상태가 광반사율에서 차이가 나는 것을 응용한 것이다. 상변화 기록의 특징은 레이저의 조사에 의하여 발생하는 열에 의해 기록막이 결정 상태 및 비결정 상태로 상변화를 일으키는 것이다. 비결정 상태가 상대적으로 광흡수가 크기 때문에 결정영역과는 반사율과 굴절률에서 명확히 구분이 되므로 디지탈 신호 기

록이 가능하다. 여기에는 특수한 금속 합금 박막이 기록층으로 사용된다. 이 박막에 먼저 중출력의 레이저광을 조사하여 모든 기록 영역을 결정상태로 만든다. 다음에 고출력의 레이저를 조사하면 기록 재료가 융점 이상으로 가열되어 원자배열이 무질서하게 되며, 그 후에 급냉하면 비결정 상태의 마크로 남게 된다. 이 때에 저출력의 레이저를 조사하면 결정 상태와 비결정 상태에서의 광학 특성의 차, 즉 광반사율의 차이가 발생하는데 이 차이에 의하여 정보의 재생이 가능하게 된다. 여기에 다시 중수준의 레이저를 조사하여, 재료가 결정화 온도 이상 융점 이하의 온도로 가열되면 원자 배열이 다시 질서정연하게 된 결정상태로 돌아가므로 기록정보가 소거되게 된다.

이러한 상변화 기록에 사용될 수 있는 기록막 소재로는 Te의 산화물에 Ge, Sn, In, Pb 등의 비금속 중에서 1, 2종류의 원소를 첨가한 소재가 사용된다. *Table* 1에는 사용 가능한 소재들을 열거하였다. 완전히 결정과 비결정의 사이의 전이가 아니라, 같은 결정 또는 비결정이면서도 다른 형태의 제2의 상에서도 광학적 특성 차이가 있으므로 이것을 응용할 수도 있으나, 현실적으로는 사용되지 않고 있다.

기록 소재가 실제로 디스크에 응용되기 위한

Table 1. Potential materials used for phase change recording

Type of phase change	Materials
Amorphous ⇒ Crystalline (irreversible)	Te-TeO_2, Te-TeO_2-Pd Sb_2Se_3/Bi_2Te_3
Amorphous ⇔ Crystalline (reversible)	Ge-Te-Sb-S Te-TeO_2-Ge-Sn, Te-Ge-Sn-Au Ge-Te-Sn Sn-Se-Te Sb-Se-Te, Sb-SE Ga-Se-Te, Ga-Se-Te-Ge In-Se, In-Se-Tl-Co Ge-Sb-Te In-Se-Te, Ag-In-Sb-Te
Crystalline ⇔ Crystalline	Ag-Zn Cu-Al-Ni Im-Sb, In-Sb-Se, In-Sb-Te

요구조건으로서 다음의 몇 가지를 들 수 있다. 우선 100 ns 수준의 짧은 시간 동안에 상변화가 충분히 일어나고 안정화 되어야 한다. 또한 결정화 속도도 매우 빨라서 위와 동일한 시간 내에 결정화가 완료되어야 한다. 디스크에 정보를 기록할 때에는 레이저에 의해서 기록막을 용융시키는 것이므로, 사용하는 레이저의 출력에 따라 단시간 내에 용융상태까지 도달시킬 수가 있다. 그러나 소거할 때에는 단순히 재료자체의 물리적 특성에 따라 원자나 분자가 재배열되어 결정화가 되는 것이므로, 외부에서 결정화 속도를 증대시키기 위한 방법이 별로 없다. 따라서 소거속도는 재료 자체의 특성에만 크게 의존하게 되고, 총체적인 기록막의 성능도 좌우하게 된다.

중첩기록 : 중첩기록이란 이미 신호가 기록되어 있는 지점에다 다시 새로운 신호를 기록하는 경우, 이전의 기록형태와 관계없이 새로운 신호가 직접 기록되는 것을 의미한다. 이러한 중첩기록은 비디오 테이프나 hard disk와 같은 자기 기록에서는 일반화 된 것이다. 그러나 현재의 반복기록용 광디스크에는 모두 가열방식을 응용하는 것이므로 항상 문제가 되어 왔다. MO의 경우에도 이 문제를 풀기 위해 자계변조 방식(magnetic field modulation)을 사용하고 있다. 그러나 상변화 기록에서는 기록막의 결정화 속도가 매우 커서 단시간에 결정상태가 변화하기 때문에 중첩기록이 가능하다.

중첩기록의 원리를 *Figure* 2에 나타내었다. 사용하는 레이저의 출력의 수준을 조절함으로써 이전의 기록막의 상태에 관계없이 기록 소거 시에는 모두 용융상태로 되었다가 급랭에 의해 비결정이 되어 기록이 소거될 수 있으므로 중첩도 가능하게 된다. 즉, *Figure* 2에 표시 된 바와 같이 높은 출력으로 기록막을 융해시키면 이전의 기록상태가 결정상태이든 비결정상태이든지 모두 비 결정상태의 기록마크가 되고, 중간 출력으로 융점 이하이면서 결정화 속도가 매우 빠른 온도까지 가열하면 이전에 비결정 상태인 것이 결정화 된다. 한편 이전에 결정상태인 것은 변화없이 그대로 결정상태로 남게 된다.

디스크의 일반 구조와 기록막 구성 : *Figure*

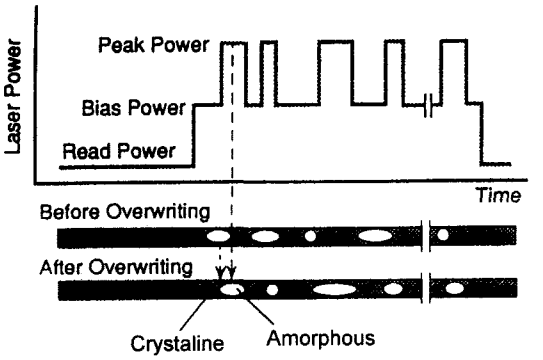

Figure 2. Overwriting principle.

3에는 일반적인 상변화형 광디스크의 구조를 나타내었다. 디스크는 플라스틱 기판 위에 여러 층의 박막으로 구성된다. 기록막층은 두 유전성 보호층 사이에 존재하며, 그 위에 광선의 반사를 증진시키는 반사막으로서 알루미늄 합금의 박막이 있다. 반사층 위에는 외부 환경에 의해 반사막이나 각종 박막이 산화되거나 손상을 받지 않도록 수지를 도포한 층이 존재한다[5].

기록막으로는 주로 Ge-Sb-Te계가 사용되는데 결정화 속도도 크고 비결정상태도 매우 안정한 물질이다. Ge-Sb-Te계, 특히 GeTe-Sb_2Te_3 이성분계는 100 ns 시간동안에 결정화 될 수 있는 높은 결정화 속도를 나타낸다. 이 성분은 중첩기록 특성도 양호한 편이나, 반복 기록소거할 경우에는 약간 분해가 일어 난다. GeTe-Sb_2Te_3에 SB 성분을 추가한 조성으로도 양호한 반복기록 특성을 보인다고 한다. 또한 이와 유사한 $Ge_2Sb_2Te_5$나 $GeSb_2Te_4$ 등도 좋은 소재이지마는, 반복적인 용융에 의하여 결정화가 늦어지는 경향이 있다. 실제로는 $Ge_2Sb_2Te_{5+0.3}Sb$와 그 주변의 조성을 갖는 소재들이 많이 사용되는 것으로 알려져 있다.

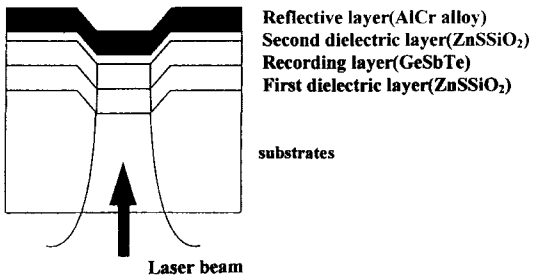

Figure 3. Structure of phase change disk.

보호층 기능을 하는 유전체 층의 소재로는 주로 ZnS-SiO_2가 사용된다. 이 유전체 층과 반사층은 다음과 같은 3가지 역할을 한다. ① 외부의 습도나 기판이 열에 의해 손상되는 것을 억제해 주는 물리적 보호기능을 한다. 반복적인 가열과 냉각으로 발생하는 열응력(thermal stress)을 견디는 데에 중요하다. ② 기록막의 반사율이나 흡수율을 증대시켜 주는 광 증폭 기능을 한다. 즉 레이저 광선의 흡수효율과 결정-비결정의 반사율 차이를 크게해 줌으로써 신호가 선명해 진다. ③ 기록과 소거 과정에서 발생하는 열을 조절해 주는 역할을 한다. 레이저 조사 시에 유전층은 기록막의 가열효과를 증대 시킬뿐 아니라 급냉 과정에도 지대한 영향을 미친다. 그러므로 각 층의 구성이나 설계는 디스크 전체의 물리적, 광학적, 그리고 열적 성질에 큰 영향을 줌으로써 각 층의 구조, 두께 및 소재의 선정에 유의해야 한다. 특히 유전층은 기록막에 생성되는 열을 확산시켜 급냉효과를 증가 시키고 다른 층의 손상을 최소화 하기 때문에 광디스크 전체의 반복 기록 수명을 연장해 주는 아주 중요한 역할을 한다. 소재로 사용되는 ZnS-SiO_2는 ZnS가 가지고 있는 큰 굴절률(2.4)과 고융점(1700 ℃)의 고유 특성에다, SiO_2가 비결정화를 촉진시키고 열응력을 감소시키는 기능이 추가 되었다고 해석된다[6].

고밀도 디스크: DVD-RAM :

① DVD family의 개발 배경

반복기록 가능한 상변화형 디스크로는 PD를 들 수 있다. PD는 120 mm 직경에 한면을 기록하고 그 기록 밀도가 0.92 Mb/mm^2가 되어 총 기록용량이 650 MB이다. 그러나 대용량 기록매체가 필요해진 현재는 보다 고용량 디스크인 DVD-RAM이 시판 되기 시작하고 있다. DVD-RAM에 대하여 상세히 설명하기 전에 DVD family의 개발과정과 기술적 사항을 요약한다[7].

디지탈 광기록 기술을 성공적으로 이끈 CD (compact disk)는 오디오와 비디오뿐 아니라, 컴퓨터의 저장매체인 CD-ROM으로 유용하게 활용되어 왔다. 그러나 기록용량이 680 MB에 불과하여 동화상을 다루는 멀티미디어로서는 충분치

못하였다. 따라서 CD와 동일한 크기로서 고용량이면서 기능이 탁월한 디스크로 개발된 것이 디지탈 다기능 디스크(digital versatile disk, DVD)이다. 이 DVD는 종류에 따라서 4.7 GB내지 17 GB에 이르는 대용량을 가질 수 있으며, 관련되는 데이터 압축 기술, 광학 기술 그리고 디스크 제조기술들이 안정된 수준에 도달함으로써 차세대의 재생전용 미디어로 두각을 나타내고 있다. 따라서 *Figure* 4에 종합된 바와 같이 기존의 CD family인 CD-Audio, CD-I, CD-Video, CD-R 등의 여러 기록 형식들이 새로운 DVD family로 대체 발전될 전망이다. 그에 따라 디스크의 용도에 따른 표준 규격들이 제정되고 시제품들이 소개되고 있다.

기능에 따르는 DVD의 종류로는 ① 저장된 데이터, 비디오, 오디오를 읽기만 하는 DVD-ROM (read only memory), ② 한번만 쓰고 재생하는 DVD-R(recordable), ③ 반복 쓰기와 읽기가 가능한 DVD-RAM(random access memory)으로 크게 분류될 수 있다.

DVD-ROM은 기록 내용에 따라 다시, ① 프로그램등의 데이타 저장을 위한 DVD-ROM, ② MPEG-2로 부호화된 비디오 영상을 기록 재생하기 위한 DVD-Video, ③ 차세대 오디오를 저장하는 DVD audio로 구분된다. 현재 이들에 대한 대부분의 규격들은 이미 표준화 완료되었으나, 아직도 2개 이상의 기술적 내용들이 규격 표준화에 경쟁 중인 것도 있다.

DVD-R은 97년 4월에 기본적인 표준안에 합의가 이루어지고 97년 7월 규격 1.0이 채택되었으며, 97년 하반기부터 일부 회사가 제품을 보급하기 시작하였다. DVD-R은 용량이 3.95 GB이며, DVD-ROM와 DVD-Video를 읽을 수 있는 DVD-ROM drive에서도 재생이 가능하다. DVD-R의 사용자는 소프트 웨어 제작자가 중심이므로 용량 확대를 요구하고 있어서 용량이 약 4.7 GB에 이르는 2세대 규격을 제정 중에 있다.

DVD-RAM은 97년 4월 기본 합의가 이루어져 97년 7월 용량 2.6 GB인 표준안 1.0이 발표되었고, 98년 4월부터 일본 업체들이 시제품을 제시하고 있으며 시장 확대가 예상된다. DVD-RAM drive는 기존 CD-ROM, DVD-R, CD-RW 디스

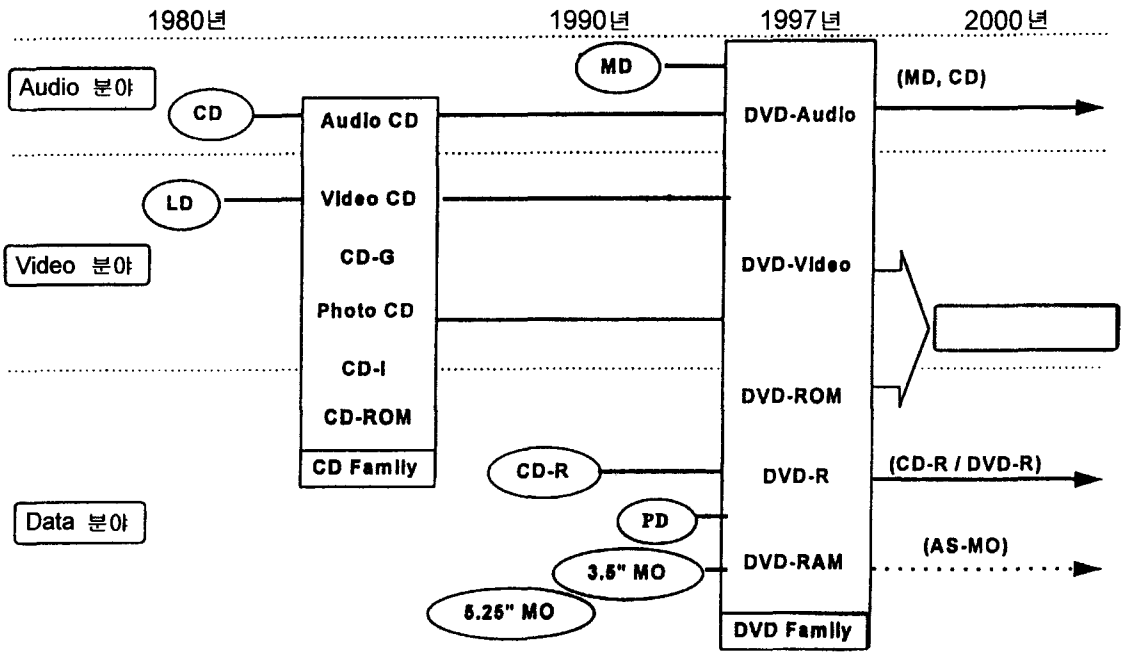

Figure 4. Transitions in optical storage media (CD to DVD families).

Table 2. Reading compatibility chart for various optical media

드라이브 \ 미디어	CD-롬	CD-R	CD-RW	PD	DVD-롬	DVD-램
CD-롬	○	○				
+MultiRead	○	○	○			
CD-R	○	●				
CD-RW	○	●	●			
PD	○	○		●		
DVD-롬	○	△*1	○		○	
DVD-램	○		▲*2	▲*2	○	●

○: 재생 가능, △: 조건부 재생 가능, ●: 기록/재생 가능, ▲: 조건부 기록/재생 가능

크도 재생할 수 있으며 DVD-RAM을 재생할 수 있는 DVD ROM drive도 등장할 예정이다. 그러나 소니-필립 측은 DVD RAM에 대응한 DVD+RW 규격안을 독자적으로 제안하고 개발하고 있다. 이 디스크는 용량이 3 GB로 DVD-RAM보다는 약간 크고, DVD+RW drive에서는 DVD-ROM, CDR, CD-RW도 재생할 수 있다. 이외에도 파이오니아가 3.95 GB의 DVD-R/W 등을 제시하고 있다.

DVD audio는 98년 5월 표준안이 제정되었으며. 용량은 7배로서 4.7 GB가 되며 상한 주파수는 96 kHz가 될 것이다. 소니측은 별도로 super audio CD규격을 사용할 예정인데, DVD audio는 98년말, 슈퍼 오디오는 99년 초에 상품화 될 예정이다.

이 광디스크들이 상호 drive내에서 어떠한 호환성을 갖는 지를 *Table* 2에 정리하였다. 여기에서는 1차 합의된 규격의 DVD-RAM을 중심으로 고밀도화 된 상변형 디스크를 소개한다.

② 고밀도화

DVD-RAM의 고밀도화의 특징은 다음과 같다. ① 파장을 660 nm 수준으로 낮추고 ② 광학계의 개구수(numerical aperture, NA)를 0.6으로 높였으며, ③ NA가 커짐으로써 발생하기 쉬운 수차와 tilt에 의한 기록재생 오차를 감소시키기 위하여 기판의 기본 두께를 0.6 mm로 하고 그 대신 두 장을 접합하여 총 1.2 mm가 되게 하여 다른 디스크와의 호환성과 물리적인 강도를 보강하였고, ④ bit의 길이를 0.35 μm, 트랙의 간격을 0.74 μm로 축소 시켰다. 기록 방식으로는 ⑤ mark-edge 방식을 채택하여 선밀도를 증가시키고, ⑥ 트랙밀도를 높이기 위하여 land- groove에 모두 기록하는 방식을 택하였다.

한편 이 DVD-RAM 규격의 특징을 DVD-ROM과 비교하여 *Table* 3에 나타내었다. 기록밀도는 DVD-ROM에 비하여 약간 작다. 기록 마크의 최소 크기를 0.6 μm, 마크의 간격을 0.41~0.43 μm로 축소하므로써 총 기록 용량이 2.6 GB로 작아졌다. 그것은 기록막의 조정이 어렵다는 것에 기인한다. 다음은 DVD-RAM에 기록-재생에 사용되는 반도체 레이저는 광학계를 단순하게 만들기 위하여 DVD-ROM과 동일한 파장 645~660 nm를 채택하고 있다. 기록용량을 증대시키기 위해서는 단파장이 좋지만 현재로서는 충분한 출력을 갖는 반도체 레이저의 최소 파장이 645 nm 수준이며, 향후 더욱 단파장으로의 개발이 진행되고 있다.

가) Mark-Edge 기록방식

DVD-RAM에서는 또한 고밀도를 달성하기 위하여 mark-edge 기록 방식을 사용하고 있다. Mark-edge 방식은 *Figure* 5에 나타낸 것 같이 기록막에 형성되는 장원형의 기록 마크의 양끝의 위치를 하나의 디지탈 데이터로 함으로써, 최단기록 마크의 길이를 기준 시계 2~5개에 대응하도록 할 수 있다. 이 방식은 CD와 같이 기록

Table 3. Principal differences in DVD-RAM and ROM

	ROM	RAM
Bit length	0.27 μm/bit	-0.42 μm/bit
Effective bit length	0.31 μm/bit	-0.51 μm/bit
Linear velocity	3.49 m/s	-6 m/s
Data transfer rate	11.08 Mbps	11.08 Mbps

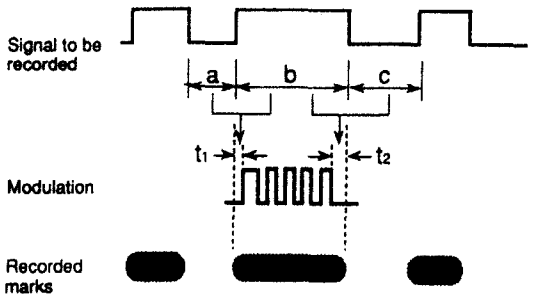

Figure 5. Mark-edge recording with beam modulation.

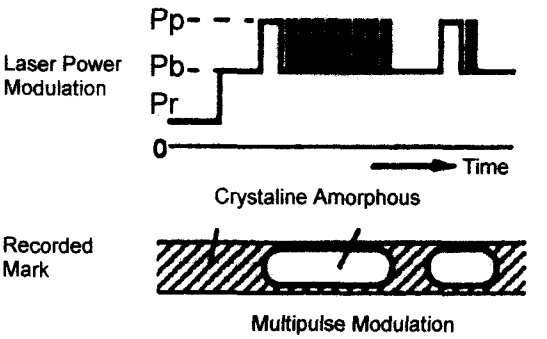

Figure 7. Multipulse modulation.

피트의 중심 위치를 하나의 디지탈 데이터로 하는 기록 방식에 비하여 기록 마크를 최소로 할 수 있는 장점이 있다[8].

이 경우 기록마크는 *Figure* 6과 같이 일반적으로 눈물과 같은 형태가 되기 쉽다. 이것을 개선하기 위하여 multi-pulse 기록방식을 사용한다. 이 때에 기록 레이저의 출력변조 형태를 보면 *Figure* 7과 같다. 한 개의 기록마크를 형성하는 기록 펄스를 복수로 분할하고, 짧은 여러 개의 레이저의 펄스를 연결하여 조사하는 것이다. 펄스-펄스 사이와 여러개의 펄스 중 기록 마크의 끝나는 지점은 약간 앞쪽으로 이전시켜서 레이저의 출력을 재생 출력 수준으로 낮추기도 한다. 이것은 이전의 펄스에 의해 발생한 열이 열전도에 의해 레이저 빔의 진행방향으로 따라 오며, 온도가 너무 상승해서 냉각속도가 늦어지기 쉬운데, 이 현상을 방지하기 위하여 앞에서 축적된 열효과를 활용하는 것이다. 또한 냉각속도를 상

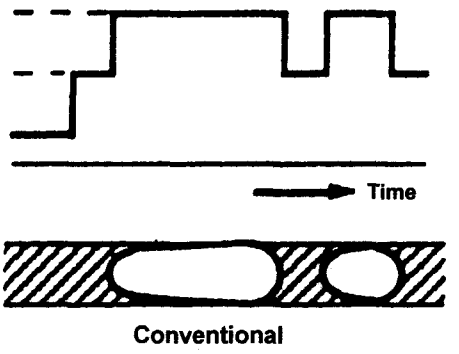

Figure 6. Mark shapes of conventional mark-edge recording.

승시키기 위하여 기록막을 용융시킨 영역이 냉각 중에 재결정화 되는 것을 방지하는 방법과 기록막의 유동을 억제하는 방법 등이 사용된다. 기록마크가 시작되는 위치도 약간 뒤로 늦게 하여 앞의 마크에서 발생한 열의 간섭을 최소화 한다.

나) 중첩 기록

중첩 기록에 있어서는 우선 12 mW 이하의 레이저 광에 의해 기록 소거가 될 수 있는 기록막의 특성이 요구된다. 이는 파장 645~660 nm인 레이저의 출력이 현재는 최대 30 mW 정도이므로 광학계의 효율이 40%로 볼 때 디스크에 도달될 수 있는 출력이 12 mW 이하가 되기 때문이다. 또한 DVD-ROM보다 기록밀도가 작은 제1세대 DVD-RAM의 기록 소거 속도는 DVD-ROM과 동일한 전송속도가 될려면 선속도로서 6 m/sec가 되어야 한다 기록 매체의 특성상 기록 시에는 상변화가 빠르지만, 소거 시에는 대체로 느리므로 소거속도를 6 m/sec 이상으로 할 수 있는 소재를 사용하여야 시간내에 중첩기록이 가능하다. 반복 기록 횟수는 컴퓨터에서, 기록 후에 재생하지 않고 재기록하는 경우까지 고려 할 때 최소한 10만회 이상 되는 것이 바람직하다[9].

다) Land-Groove 기록

DVD-RAM에는 *Figure* 8과 같이 land-groove방식의 기록형태가 채용되므로 그 기록 밀도가 두 배가 된다. groove와 land의 폭은 각각 0.74 μm으로 동일하다. MO와는 달리 디스크 트래킹으로 쓰이는 groove와 그 사이의 land에 모두 기록한다. groove는 시간 신호를 디스크의 어느 부분에서든지 얻을 수 있도록 시간 신호의 정수배

Disk	Phase-Change	MO	CD-ROM
Definition	U-Shaped Groove	Land with V-Shaped	Embossed Pits
Cross-sectional View		Space	
Depth: Groove Emboss	~λ/8 ~λ/8	~λ/8 ~λ/4	~λ/4
Resolution Limit	Width of Groove	Space between Pit and Groove	Width of Pit

Figure 8. Comparing land and groove recording.

의 주기로 좌우로 구불구불한 모양을 갖는다. 또한 groove는 디스크의 내부 부분로부터 외주부분으로 나선형 모양으로 되어 있어 매회전시 마다 groove로부터 land로, 다시 land에서 groove로 이동하면서 디스크 전체를 기록하게 된다. 그러나 고밀도가 되므로써 이웃 트랙의 영향을 받아 crosstalk 불량이 발생하기가 쉽다. 그러나 groove의 깊이가 불량신호에 미치는 영향을 연구해 보면 *Figure* 9와 같이 groove의 깊이가 λ/6일 경우 최소화 된다. 이것은 groove, land간에서 반사되는 광의 간섭효과 때문에 디스크 기판의 설계상에서 영향을 감소시킬 수도 있다.

③ 기록막의 유동

DVD-RAM의 기록막은 디스크가 기록 상태에 있을 경우, 레이저 광선에 의해 약 660 ℃까지 온도가 상승하고, 광선이 멈추면 대기에 의하여 급랭함으로써 비결정화 된다. 재생 시에는 낮은 출

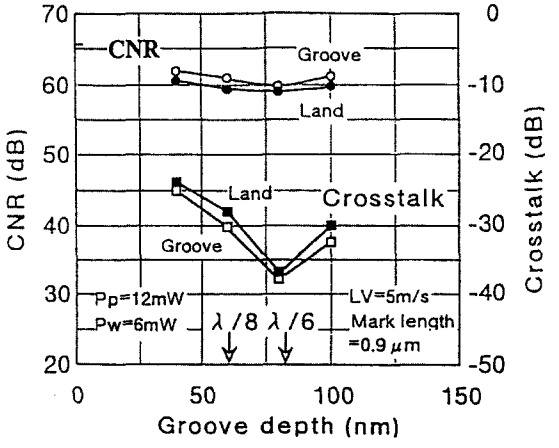

Figure 9. Crosstalk and CNR dependency on groove depth.

력이므로 기록막의 결정 및 비결정 상태가 변화하지 않으며, 소거하는 경우에는 비결정 마크 부분이 결정화 온도인 약 400 ℃까지 기록막의 온도가 상승하므로써 다시 결정화 된다. 단지 이 경우 결정화 속도는 소재의 특성에 따라 좌우되는데, 급냉시 보다 약 20배 정도의 시간이 걸리게 된다. 또한 마크 주위에 열이 축적되면 급랭이 안 될 수도 있고, 용융된 기록막이 유동하는 현상에 의해 기록 오차가 발생하기도 한다. 따라서 냉각속도를 상승시키는 것과 유동을 감소시키는 것이 현재의 디스크의 구조와 적절한 소재 개발에서 가장 중요한 기술적 요소이다[10].

이 기록막의 유동현상은 상하의 보호층이 기록막의 열팽창에 의하여 변형하게 되고 양 보호층의 간격이 좁아짐으로써 기록막이 눌리게 되어 기록막의 유동현상이 발생하는 것으로 보고되었다. 이 유동 특성을 개선 하기 위하여 여러 방법이 추구되고 있다 첫째의 방법은 기록막에 용융되지 않는 고융점 성분을 첨가하여 유동을 방지하는 것이다. 고융점 성분으로서는 Cr-Te등이 있다. 이 고융점 성분은 기록막 내에서 결정으로 석출되어 녹지 않고 남아 있어서 보호층이 좁아지는 것을 받혀 주거나 유동의 방해요소로 작용한다.

둘째로 도입하는 방법은 구조에 나타나듯이 Si 반사층을 추가하는 방법이다. 원래 이 Si층은 특별한 광학적 효과에 의해 기록층의 결정부분과 비결정부분의 반사율 차이를 증폭시킴으로써, 신호의 S/N비를 향상시키는 목적으로 도입된 것이다. 즉 기록막의 반사율이 작은 비결정 상태의 부분이 상대적으로 광흡수가 높게 되는데 이 Si 반사층에 의하여 그 흡수율을 역전시킬 수 있게 된다. 따라서 충첩 기록시에 이전에 기록되었던 기록 마크 상에도, 기록마크 사이에도 동일한 온도로 상승되게 하므로써, 기록이 균일하게 이루어 질 수 있다. 이 현상은 결정 부분은 열전도도가 높고 또한 융해열이 필요하게 되므로 더욱 열손실이 크기 때문이다.

이러한 Si층을 적절한 두께로 조절하면 기록막의 유동 감소에도 도움이 되고 있다. Si반사층은 열전도율이 커서 열이 기록막으로부터 Al 반사층

으로 확산되는데에 방해가 되지 않으면서 층의 두께를 두껍게 할 수 있다. 따라서, 적절한 두께의 Si층은 상부 보호층의 변형을 기계적으로 눌러 주는 효과와, 열확산을 조절하여 기록시에 기록마크의 형태 변화를 방지해 주는 효과도 있다.

4. 광자기형 기록 매체

광자기형 기록 매체(MO)는 광기록의 장점과 자기 기록의 장점을 조합한 것으로서, 데이터의 저장은 자기적(magnetic)으로 하고, 재생은 광자기 특성을 이용하는 기록 방식이다. 또한 재기록 및 소거가 자성막의 열특성에 의하여 이루어지므로 일부에서는 MO 디스크를 열광자기(TMO: thermo-magneto-optical) 디스크라고도 부른다.

실용화된 광자기 디스크의 핵심은 한 방향으로 자화 시킨 미디어에 역자계를 수직으로 가하면서 레이저 광선을 조사하여 가열하면, 가열된 부분이 자기적으로 변화하는 기술을 이용한 것이다. 재생시에는 이 기록면에 광을 조사하면 자성막의 표면이 그 극성에 따라 편광의 진동면을 좌우로 회전시킨다. 이 효과를 Kerr rotation라고 하는데 회전각 0.2~0.5도의 차이를 검출하여 정보를 읽는 방식이다.

광자기 디스크의 기본 요소로서는 ① 수직 자기기록(vertical magnetic recording)과 ② 아몰퍼스 합금(amorphous alloy)을 공통적인 핵심기술로 들 수 있다. 수직 자기기록은 기록막에 두께방향으로 매우 조밀한 자기요소들을 배치할 수 있고, 또한 그 이웃하는 지점에는 다른 극성이 배치됨으로써 단위자석의 감쇠작용이 작다는 장점이 있다. MO에 적합한 무정형 합금소재는 Gd, Tb, Fe, Co 등으로 구성되며, 이 합금 소재를 디스크 기판상에 아주 얇은 박막으로 형성 시켜 가열 및 냉각속도를 아주 빠르게 한다. 이 합금의 보자력이 상온에서는 크지만 큐리온도(Curie point)까지 가열하면 상실되는 특징 때문에 외부에서 걸어주는 자계의 방향에 따라 정보의 기록과 소거가 가능하게 되는 것이 원리이다.

4.1. 광자기 디스크의 구조

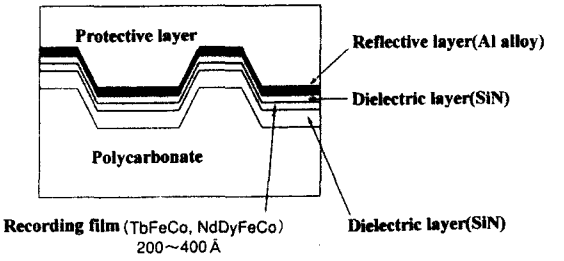

Figure 10. Structure of a magneto-optical disk.

대표적인 MOD의 구조를 *Figure* 10에 나타내었다. 디스크는 기록막, 유전체 보호층, 반사층, 그리고 수지 보호층이 기판상에 도포된 구조이다. 각 박막의 두께는 수 100~1000 Å이며, 기록막은 희토류 금속과 천이금속의 합금으로 된 비결정질 박막이고, TbFeCo, TbGdFeCo, NdDyFeCo 등의 소재가 주로 사용된다. 또한 유전체층의 소재로는 SiN계, 반사층은 AL합금이 사용된다.

광자기 방식을 채용한 반복 기록용 디스크는 상변화 보다 먼저 실용화되어 MOD, R-MD 등이 사용되어 왔으나, 복잡한 광학계와 신뢰성 확보 문제로 확산이 조금 지연되어 왔다. 최근에는 고밀도 고용량의 상변화형 디스크에 대응하여 그를 능가하는 ASMO가 개발되고 있으며, 차세대 매체로서 다시금 부상하고 있다. 따라서 여기에서는 고용량 ASMO를 중심으로 그 기술개발 현황에 대하여서 기술하고자 한다.

4.2. 개발의 배경

국제적으로 표준화되어 사용해온 된 직경 3.5 inch MOD는 그 용량이 128 MB가 표준이었으나 그 후 230 MB까지 확대되였으며, 5.25 inch디스크는 640 MB 수준이다. 그러나 최근에 개발된 DVD-ROM이 4.7 GB, 그리고 이에 대응하는 DVD-RAM이 2.6 GB의 고용량으로 발전하므로써, 상대적으로 ASMO의 신기술 개발에 촉매가 되고 있다. 일본 후지쯔를 중심으로 하여 DVD보다도 용량이 월등한, 즉 직경 12 cm에 5 GB, 또는 6 GB 용량을 갖는 MOD를 표준화하고 개발하고 있다. 더욱 나아가서 향후에는 15 GB를 목표로 하고 있다. MO기술은 전술한 바와 같이 원천적으로 고밀도 기록에 적합한 기술이므로, 여

기에다가 DVD-ROM에서 개발된 요소기술, 단파장 레이저, 고 NA등을 접목시키면 고용량이 가능하게 될 수 있다.

4.3. 대용량화 요소 기술

ASMO의 요소기술은 현재까지 표준화된 규격(*Table* 4)에 따라, 다음과 같이 요약할 수 있다. 우선 기록 밀도가 대폭 향상되었다. 종래에 비하여 ① 트랙 간격이 반 수준인 0.6 μ로, 피트당의 기록길이는 0.23 μm로 대폭 축소되었다. ② 광학계도 DVD-RAM과 유사하게 광파장이 650 nm, NA가 0.6인 대물렌즈를 채택하고 있다. 또한 ③ 구부러진 groove-land기록과 multiple-pulse 변조 재생기술도 적용하고 있다. 그러나 보다 밀도를 올리기 위하여 새로이 기판의 두께를 0.6 mm로 하고, 자기 초해상 기술(magnetically induced super resolution, MSR)과 자기 증폭기술을 도입하고 있다[11].

자기 초해상 기술 : 디스크 상에 레이저 광선을 조사하면, 디스크의 회전에 따라 레이저 빔 내에서 그 후반부는 전반부보다 조사시간이 길어지므로 온도가 전반부보다 약 180 ℃ 이상 상승한다. 이러한 빔의 국부적 온도차를 이용하여 고밀도화 하는 방식을 자기 초해상 기술이라고 한다. 한 예로서 *Figure* 11에 나타난 바와 같이 빔의 전반부와 후반부에 자기적인 마스크(magnetic mask)를 만들어 빔의 중앙 부분에 아주 작은 개구부로부터 신호를 읽어내는 double mask rear aperture deflection 방식을 사용함으로써 레이저 빔보다도 더 작은 기록마크를 생성시킬 수 있다[12].

이러한 자기 마스크를 만들기 위해 디스크의 자성막을 재생층, 중간층, 기록층의 3층으로 구성한다. 3층 구조의 자성막 내에서 중간층을 GdFe 박막으로 하고 GdFe 중간층을 사용하여 실온에서 디스크면에 평행한 방향으로 자화시킨다. 이층이 가열되어 +80 ℃가 되면 수직 자화로 변하였다가 다시 +180 ℃가 되면 큐리온도를 넘어서 보자력이 없어지게 설계한다.

초기에는 일단 실온에서 3개 층의 자화방향이 기록층의 자화방향과 일치하게 되는데, 이것은 각 층간에 교환 결합력이 생겨 기록층으로 부터 전사되기 때문이다.

전반부 마스크(front mask)는 먼저 재생층에 형성시킨다. 즉, GdFeCo 재생층은 실온에서는 약 250 Oe와 같은 약한 자계에 의해서도 교환 결합력이 없어지기 때문에 재생층의 자화 방향은 외부 자계와 동일하게 된다. 레이저를 디스크에 조사하면 자성막 온도가 상승하고 +80 ℃ 부근이 되면 중간층은 수직 자화막으로 변화하고 교환결합력이 증가한다. 이 때문에 기록층의 자화방향이 재생층으로 전사되고, 디스크 표면에서 읽을 수 있는 개구(aperture)가 된다.

레이저 빔의 후반부 온도가 더욱 상승하여 +180 ℃이 되면 중간층은 큐리온도에 도달하여 보자력을 잃고, 따라서 교환 결합력이 약화된다. 이때 재생층의 자화 방향은 외부 자계에 따라서 일정하게 되어 후반부 마스크(Rear Mask)가 된다. 이러한 기술을 활용하여 레이저 빔보다 더 작은 0.33 μm 수준의 기록 마크를 만들 수 있다.

자기 증폭기술과 초반구 렌즈 : 기판상에 기록층과 확대 재생층이라는 *Figure* 12와 같이 두 층

Table 4. Specifications of ASMO and DVD-RAM formats

디스크 규격과 명칭	ASMO	DVD-RAM
기록 방식	자계변조에 따른 광자기 기록	상변화 기록
디스크 1매의 기록 용량	6 Gbyte 5 Gbyte	2.6 Gbyte
디스크의 직경	120 mm	120 mm
디스크 두께	0.6 mm 한장	1.2 mm
광원의 파장	650 nm±10 nm	650 mm
대물렌즈의 개구수(NA)	0.6	0.6
트랙 간격	0.6 μm	0.74 μm
1 bit당 기록의 길이	0.23 μm/bit	0.41 μm/bit
기록 신속도	5 m/sec	6 m/sec
면기록 밀도	약 4.7 Gbit/(Inch)^2	약 2.1 Gbit/(Inch)^2

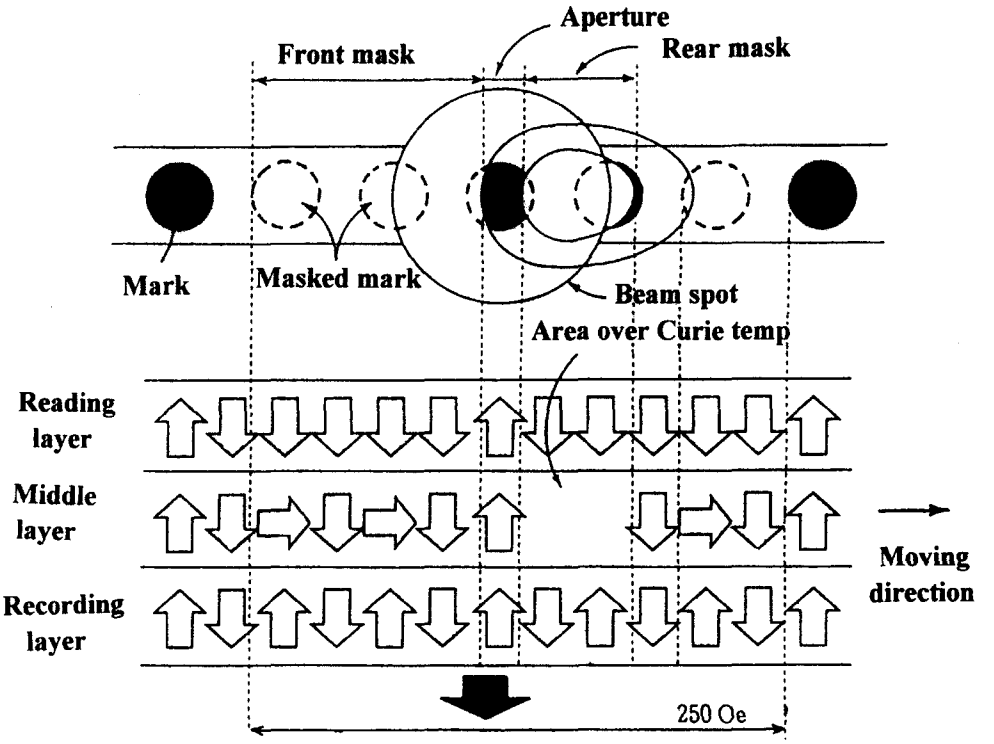

Figure 11. Reading principle of a super-resolution MO disk with 3 magnetic layers.

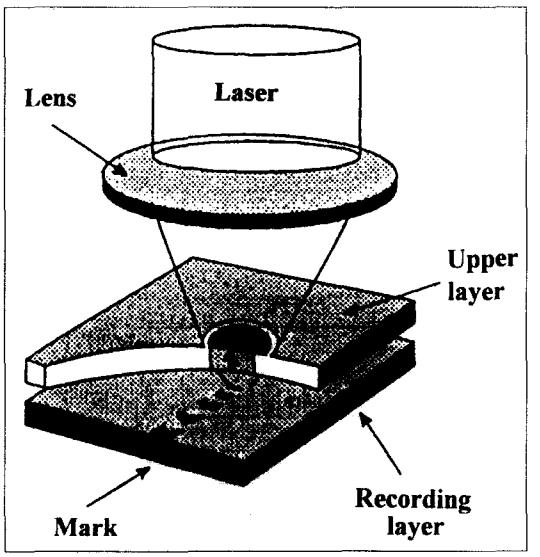

Figure 12. New MO disk with a magnifying layer on recording film.

의 자성막 구조를 설계함으로써 재생시에는 개구수가 큰 대물렌즈로도 폭이 약 0.1 μm 영역의 정보를 읽을 수 있는 기술이다. 확대 재생층이 그 아래에 있는 정보기록층을 6배 가량 확대하여 표면에서는 큰 마크로 인식하게 하므로써, 범용의 레이저(파장 780 nm)로서도 고밀도 기록을 읽을 수 있게 한다. 현재 보고된 구조로서는 기록층을 TbFeCo로 하고 확대층을 GdFeCo계로 하는 디스크가 있다 따라서 12 cm 직경의 디스크에 30 GB 수준의 용량을 기록할 수 있게 된다 [13].

한편, 초반구 렌즈를 사용하는 방법은 NA를 증가 시키는 기술로서 ① solid immersion lens라고 부르는 구형의 일부를 렌즈로 하는 방식과, ② 기록층을 디스크의 상면에 위치하게 하여 head와의 거리를 10~100 nm 수준으로 단축하는 방식 등이 연구되고 있다. 이러한 기술에 의해 약 20 GB의 용량까지 도달할 수 있다고 예상된다.

단파장 레이저 : 현재 추구되고 있는 기록의 고밀도화를 위한 단파장 반도체 레이저의 개발은 현재의 고용량 디스크인 ASMO뿐 아니라, DVD-ROM, 상변화형 DVD-RAM의 용량도 대

폭 증가시킬 수 있는 광디스크의 공통 핵심기술이라 할 수 있다. 따라서 고밀도 디스크에 사용할 수 있는 보다 안정되고 고출력인 청색 또는 청자색 레이저의 개발이 기대되고 있다[14].

기록의 고밀화는 기판이나 전기전자적 정보처리 기구의 개량뿐 아니라, 기록과 재생에 사용되는 레이저 빔의 크기를 더욱 작게 하므로써도 달성될 수 있는 것은 물론이다. 그런데 광학계에서 빔의 크기는 $(0.8\,\lambda/NA)^2$에 비례하므로, 빔의 크기를 작게 하는 데에는 단파장의 광을 사용하든지, 또는 대물렌즈의 NA를 크게 하여야 한다. NA는 디스크의 원판을 제조하는 LBR(laser beam recording) 공정에는 0.9까지도 사용되고 있으나, 짧은 초점 범위와 수차의 증가로 인해 특별한 무진동 환경에서만 사용가능하다. 따라서, 광디스크의 drive에서 경제성 면에서 볼 때, 실용상의 최대 NA는 0.7 수준이라고 평가된다. 따라서 단파장의 레이저가 고밀도화에서는 매우 중요한 과제이며, 400 μm대의 레이저의 실용화는 광디스크 기술에 획기적인 전기가 될 수 있다.

CD용 레이저는 780 nm의 근적외선, DVD 및 MO용은 파장이 635 nm~660 nm의 적색이다. 따라서 더욱 단파장인 청색 및 청자색 레이저의 개발이 광디스크 기술분야에서는 핵심 관심사가 되고 있다. 현재까지 개발하고 있는 단파장 레이저는 파장 425 nm대로서 파장 850 nm의 GaAlAs계 반도체 레이저를 SHG(second harmonic generation)에 의해 만드는 것이다. 또한 $LiNbO_3$, $KNbO_3$, $LiBO_3$ 등의 SHG 결정을 응용하는 방법도 있다. 한편 SHG가 아닌 직접 청색 레이저를 얻는 방법으로서 ZnCdSe, ZnMgSSe, 및 PbPtAu계 등을 사용하여 파장 489.9 nm을 발생시키기도 하였다. 그러나 광디스크와 같은 실용적인 관점에서의 과제는 RTCW(room temperature continuous wave), 즉 레이저의 발진이 저온에서가 아닌 실온에서 할 수 있어야 한다는 것이다.

최근에는 파장 410 nm 전후의 청자색 레이저의 개발에 큰 성과가 나타나고 있다. 일본의 2개사는 98년말까지 실용화할 수 있는 수준까지 기술을 발전 시켜 시제품을 내놓을 예정이다. 이러한 레이저로는 GaN계 소재를 사용하는 기술과, 반도체 레이저와 광전도성 소자를 조합한 SHG계로 알려지고 있다. 출력은 20~30 mW 수준이고 저가격으로 양산이 가능할 것으로 예측되므로 실용성이 매우 크다고 한다. 이렇게 410 nm대의 레이저를 사용할 경우 현행 평면DVD의 용량이 약 2.5배가 될 수 있으므로, 총용량이 약 15 GB에 도달될 수 있다. 따라서 High Definition TV의 영상을 2시간 이상 수록할 수 있게 된다[15].

5. 반복기록용 디스크의 제조

5.1. 원판의 제조(mastering)

DVD-RAM, MOD, ASMO 등 모든 반복기록용 디스크에는 박막의 기록막과 여러 보호층을 도포할 플라스틱 기판이 정밀하게 제조되어야 한다. 따라서 *Figure* 13에 표시된 디스크 제조의 첫째 공정이 감광 고분자를 유리판에 도포한 원판을 제조하고, 정보신호를 감광시켜 groove, land, 또는 피트가 있는 스탬퍼를 만드는 과정이

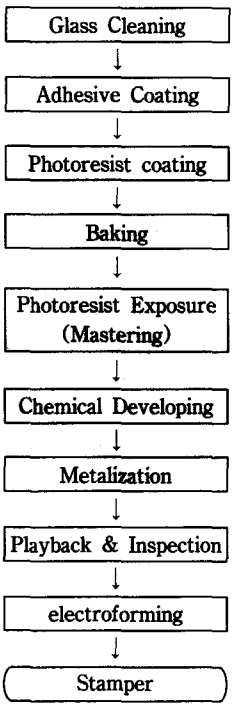

Figure 13. Detailed steps of mastering processes.

다. 이 스탬퍼를 사출성형기에 부착하여 사출압축 방식으로 기판을 대량으로 복제해 낸다.

기판에 새겨진 groove와 피트는 기록방식에 따라 약간씩 다른 형태를 갖고 있으나, 모두 동일한 기능을 목표로 하고 있다. 즉 ① 드라이브가 제 위치를 따라 주행할 수 있는 트랙킹(tracking): ② 디스크 상에서 기록의 위치를 정하는 addressing, 그리고 ③ 동조화 기능이다. 따라서 groove와 land는 구불구불한 형상을 가지고 디스크의 원주를 따라 형성된다. 형식에 따라서는 피트를 혼용 또는 단독으로 사용하는 경우도 있다. [16]

따라서 DVD-RAM이나 ASMO의 경우에는 고밀도의 groove와 land가 존재하므로, 디스크의 표준규격에 대응하는 기판을 제조해야 한다. 따라서 정확한 groove와 land를 기판에 성형하는 기술이 매우 중요하며, 또한 원판에서도 그와 같은 형상을 갖는 스탬퍼를 제조해야 한다. 효과적인 groove-land기록에 적합한 원판을 만들기 위해서는 *Figure* 14와 같은 이중 빔 기록장치(Dual Spot Laser Beam Recorder, LBR)가 사용된다. 한쪽의 레이저 빔은 연속 또는 단속적인 groove를 기록하고, 다른 레이저 빔은 약간 다른 위치에서 header 부분을 기록한다. 이러한 광학계는 한 빔의 LBR 장치보다 한층 복잡하고 정교한 광학시스템을 갖추어야 한다.

5.2. 기판의 제조(Replication)

고밀도 기판의 제조에 관하여서는 별도의 논문에 각 공정별로 상세히 설명하였으므로, 여기서는 반복기록형 디스크의 기판 성형에 관한 특이점에 대해서 간단히 기술한다.

Figure 14. Grooves and lands on disc substrate.

현재의 광디스크 성형 기판은 형상 특성에 따라 대략 네 가지로 분류할 수 있다.

① 두께 1.2 mm이고 피트만 형성된 기판(CD).
② 두께 1.2 mm이고 groove, land가 형성된 기판(MO, R-MD, CD-R, CD-RW).
③ 두께 0.6 mm이고 피트만 형성된 기판(DVD).
④ 두께 0.6 mm이고 groove, land가 형성된 기판(DVD-RAM, ASMO).

각 디스크 기판에서 두께, 피트, groove, land 등의 존재 여부가 기판의 성형시에 어떠한 기술적인 영향을 주는 지를, 기판의 품질요소인 전사성, 복굴절률 및 휨 등에 관하여 비교해 보면 *Table* 5와 같다.

당연히 기판의 두께가 얇을수록 전반적인 성형 특성 제어가 매우 어려우며 형상 구조에 대해서도 피트만의 구조보다 groove-land 구조에서 형상의 정확성을 확보하기가 더 어렵다.

그것은 groove가 있는 DVD-RAM이나 ASMO의 경우에는 디스크의 원주 방향으로 groove가 형성되어 있어서 기판의 성형이 피트의 경우보다 더욱 어렵기 때문이다. 예로 *Figure* 15에서와 같이 용융 수지의 유동방향을 중심으로 양자간 성형성을 비교해 보면, 우선 피트만의 구조에서는 스탬퍼의 표면상에 단속적으로 피트가 凸 형태로 돌출되어 있기 때문에 사출되는 동안 용융 수지가 표면상을 유동할 때에 좌, 우측 등 광범위한 영역에서 凸 부분을 감싸면서 흐르고, 채울 수가 있기 때문에 높은 전사성을 확보하기가 쉽다.

그러나 groove-land 구조가 연속적으로 존재

Table 5. 기판의 주요 특성 비교

구분	기판 두께		형상 구조	
기판 주요 특성	1.2 mm	0.6 mm	PIT	Groove-Land
전사성	증가	감소	증가	감소
복굴절	감소	증가	동 등	
휨	감소	증가	동 등	

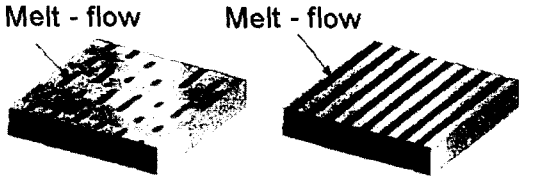

Figure 15. Melt flow against; (a) pits only, (b) groove-land structures.

하는 기판을 성형하는 경우에는 피트만의 구조와 달리, 연속적으로 배열된 groove가 용융수지의 유동방향과는 직각방향으로 존재하기 때문에 용융 수지가 상하로 급격하게 유동하면서 凹凸부위를 채워야 한다. 따라서 계속 반복하여 groove의 깊이를 완벽하게 채우고 또한 groove의 경사면의 형상도 정확히 구현해 내는 데에는 매우 고도의 정밀 성형기술이 요구된다. 고밀도인 경우 groove-land 형상이 더욱 조밀한 구조로 되어 있으므로 성형 제어 및 기판소재의 선정에 유의하여야 한다. 따라서 DVD-ROM 성형에 관련되는 동일한 제반 기술요소들을 더욱 정밀하게 관리하기 위하여 금형, 성형기 및 운전공정의 향상이 있어야 한다.

6. 결 언

반복기록용 광기록매체는 컴퓨터와 영상의 결합, 그리고 통신을 통한 대용량의 정보 처리와 전달 과정에서 요구되는 정보 기록 매체로서의 역할이 증대되고 있으며, 그 기술개발은 효율적인 정보산업에 있어 가장 중요한 과제 중의 하나라고 할 수 있다. 최근에 이 분야에서 DVD-RAM이 새로운 표준 매체로서 등장하고, 이어서 ASMO가 고용량의 반복기록용 광디스크로서 기술적 진보를 해 가고 있다.

그러나, 보다 체계적인 실용화 기술을 위해서는 디스크 형식간의 표준화, 청색 레이저를 포함한 고밀도화 기술, 그리고 지적재산에 대한 보호체계 등 큰 문제들에 대하여 상호 통일된 기술혁신이 있어야 한다. 특히 DVD-RAM과 DVD+RW 등의 규격 논쟁은 DVD family로서 DVD-ROM과의 관계에서 ① 논리적, 물리적 상용성, ② 동일한 4.7 GB 용량, ③ 기록-재생 속도, ④ 기록의 신뢰성, ⑤ 시장 진입시기 등의 쟁점에 대한 해결점을 찾아야 한다. 그러나 반복기록용으로서의 DVD-RAM과 ASMO는 컴퓨터와 영상산업의 요구에 의해 새로운 차세대 매체로서 정착이 확실시 된다. 따라서 컴퓨터를 이용하는 SOHO 및 중규모의 정보사업 그리고 비디오 테이프를 대체하는 새로운 영역에서 그 역할이 증대될 것으로 예측된다.

참고문헌

1. M. Tanaka, *Joho Kanri*, **38**, 47(1995).
2. 武田 邦夫, *工業材料*, **46**(5), 5(1998).
3. 原田 衛 *et al.*, *Nikkei Electronics*, **691**, 99(1997).
4. S. F. Heil, "7th Annual Magetic & Optical Media Seminar Proceeding", November 2, 1995.
5. M. Terao, *Review of Laser Engineering*, **25**(8), 562(1997).
6. N. Akahira *et al.*, "SPIE, Optical Data Storage '95 Proceedings", p. 294, 1997.
7. H. Kobori, "Optical Data Storage Technical Meeting", p. 11, 1997.
8. 角田 義人, *Nikkei Electronics*, **700**, 307(1997).
9. M. Horada, *Nikkei Electronics-Asia*, 42(1995).
10. A. Hirotsune, *Japan J. Appl. Phys.* **35**, 346(1996).
11. 原田 衛 *et al.*, *Nikkei Electronics*, **692**, (1997).
12. 青柳 全, *Technology and Market*, **9**, 30(1996).
13. 青柳 全, *Technology and Market (Japan)*, 45 (1998).
14. 原田 衛 *et al.*, *Nikkei Electronics*, **708**, 107(1998).
15. 原田 衛 *et al.*, *Nikkei Electronics*, **708**, 107(1998).
16. G. J. Verhaart, *One to One (The International Media Manufacturing Magazine)*, **86**, 77(1997).