

광디스크와 광기록 재료

김 종 성

1. 서 론

사회 전반의 성장에 따라 다량의 정보가 생산되게 되었고, 이를 기록, 저장하여 분배하기 위한 수단으로써 기록 방식 및 기록 매체에 대한 연구, 개발이 활발히 진행되고 있다.^{1,2} 빛의 세기를 정보 저장 및 재생에 이용하는 광기록 분야는 이러한 고밀도, 대용량, 고속 접근, 저가의 요구에 맞추어 지속적으로 연구 개발되어 기존의 자기 기록 매체를 대체해 나가고 있다. 광기록의 특징을 보면 첫째 그 기록 밀도가 사용된 레이저빔의 파장에 매우 밀접한 관계를 가져, 파장이 짧을수록 기록 밀도가 높아진다. 둘째, 판독기가 기록 매체와 떨어져 재생하므로 접촉에 의한 손실이 없고 수명이 매우 길다. 셋째, 스텝퍼를 사용한 대량 복제가 가능하며 단위 비트당 가격이 저렴하다. 넷째, 내환경성 및 내진동성이 우수하다.

1981년에 네덜란드의 Philips와 일본의 Sony에 의해 음악용 CD가 개발된 이래 광디스크는 비약적으로 발전하여, 이제는 문자, 소리, 사진, 동화상을 편집하여 기록하고 이를 재생할 뿐만 아니라, 이미 기록된 내용의 소거와 재기록도 가능하게 되었다. 광디스크는 그 기능에 따라 미리 정보가 미리 저장되어 재생만 가능한 재생전용형(ROM: Read Only Memory), 한번 기록되면 지울 수 없는 추가기록형(WORM: Write Once Read Many), 여러번 기록, 소거가 가능한 소거가능형(Rewritable 또는 Erasable)으로 구분된다. 재생 전용형 광디스크에는 정보가 디스크 내부에 pit의 유무로써 미리 저장되어 있지만, 추가기록형 또는 소거가능형 광디스크에는 기록층이 존재하여 레이저빔에 의한 기록층의 물리, 화학적 변화를 기록, 재생에 이용한다. 기록층에 사용되는 광기록 재료는 유기체와 무기체로 나눌 수 있는데, 유기체의 경우 색소를 사용하는 추가기록형 디스크만 상업화가 되었다.

본고에서는 먼저 시판되고 있는 광디스크와 기관 및 기록 재료, 제조 공정, 기록 원리 등을 기술하고 아직 연구 단계에 있는 유기체 광기록 매체와 차세대 기록 매체로 불리우는 photochromism, photochemical hole burning, 그리고 최근 광디스크 분야에서 가장 큰 이슈가 되고 있는 DVD(Digital Versatile Disc)의 현황에 대해 살펴보겠다.

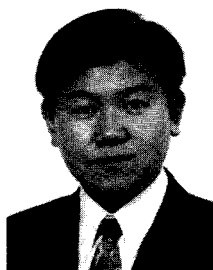
2. 광디스크와 기록 재료

2.1 광디스크의 분류

광디스크를 기능별로 분류하여³ 그림 1에 나타내었다. Compact disc와 같이 음악, 영화, game 등 data가 미리 디스크에 저장되어 재생만 가능한 것들은 재생전용형에 속하고, 사용자가 직접 자기의 data를 기록하여 영구히 보존하는 CD-R 등은 추가기록형에 속한다. 광자기 disk나 무기 상변화 disc처럼 data를 반복해서 쓰고 지울 수 있는 것들은 소거가능형이라고 한다.

2.2 기관 재료

광디스크의 기관 재료로 glass, PMMA, PC, epoxy 수



김종성

1980~ 연세대학교 화학공학과(학사)
1984 연세대학교 대학원 화학공학과
1984~ 연세대학교 대학원 화학공학과
1986 (석사)
1988~ Rensselaer Polytechnic Institute(박사) 화학공학과
1993 삼성종합기술원 광소자 연구실
1993~ 선임연구원
1996~ 제일모직 화성연구소 소재1실
현재 선임연구원

Optical Disc and Optical Recording Materials

제일모직 화성사업본부 화성연구소(Jongsung Kim, CHEIL INDUSTRIES INC. R & D Center, Chemicals Division 332-2, Gochun-Dong, Euiwang-Shi Kyoungki-Do, Korea(432-010))

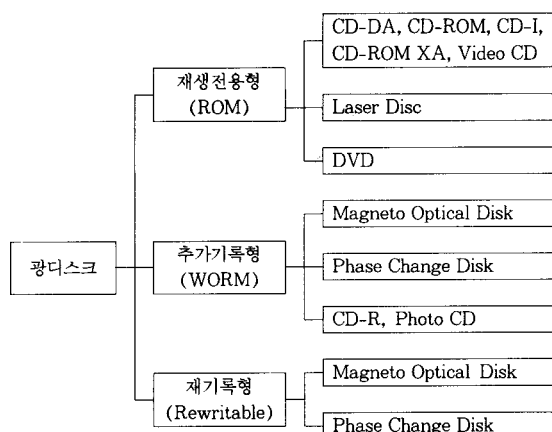


그림 1. 광디스크의 분류.

표 1. 대표적인 기판 재료의 물성치

Properties	Test Method	Unit	PC	PMMA
Luminous transmittance	ASTM D-1003	% at 830 nm	90	92
Refractive Index	ASTM D-542	—	1.58	1.49
Birefringence	by Ellipsometer (Double path)	nm at 830 nm	20-30	Max. 20
Surface roughness	by Talysurf Model 5M	μm	Ra:0.006	Ra:0.006
Glass transition temperature	by linear thermal expansion coefficient	$^{\circ}\text{C}$	150	100
Heat deflection temperature	ASTM D-648	$^{\circ}\text{C}$	132	95
Linear thermal expansion coefficients	Room temp -67 $^{\circ}\text{C}$		$6\sim7\times10^{-5}$	7.6×10^{-5}
Specific gravity	ASTM D-792	—	1.20	1.19
Rockwell hardness	ASTM D-785	M scale	75	90
Izod impact strength	ASTM D-256	kg·cm/cm	1~2	1.6
Water absorption	ASTM D-570	%	0.25	0.54
Water vapor transmission	JIS Z-0208 (Dish method)	$\text{g}/\text{m}^2\cdot24\text{hr}$	3.6	2.8

지 등이 검토되었으나 laser disc에는 PMMA가 사용되며, CD 계열의 disc에는 PC가 사용되다가 현재는 대부분 PC를 사용하고 있다. 기판 재료로 요구되는 특성은, 1) 사용 파장광에 대해 투명할 것, 2) 복굴절률이 작을 것, 3) 기계적 강도가 좋을 것, 4) 내열성이 우수할 것, 5) 장기적으로 안정할 것, 6) 제작비가 적게 들 것 등이 있다. PMMA는 광학적 특성이 우수하고 가격이 저렴하지만 내습성에 문제가 있고, PC는 내습성은 좋으나 복굴절률이 PMMA에 비해 크다. 광디스크에 사용되는 PC의 경우 사출 성형을 쉽게 하기 위하여 분자량 분포

가 매우 좁으면서 저분자량의 것을 사용한다. 가장 문제가 되는 복굴절률은 사출시 발생하는 내부 스트레스 또는 PC의 phenyl ring의 분자 배열 방향 등에 밀접한 관계가 있다.⁴ 최근에 광학적 특성과 열적 특성이 우수한 polyolefin이 개발되었으나 가격적인 문제 등으로 인하여 PC를 대체하지는 못하고 있다. 표 1은 대표적인 기판 재료인 PC와 PMMA의 물성치들을 보여준다.⁵

2.3 재생전용형 광디스크

광디스크 기술은 1982년 Philips와 Sony에 의해 음용 CD-DA(Compact Disc-Digital Audio) 및 CD player가 출시된 이래 비약적인 성장을 하고 있다. 재생 전용형 광디스크의⁶⁻⁹ 경우를 보면 CD-DA 이후 개인용 컴퓨터를 통해 650 Mb의 data를 읽을 수 있는 CD-ROM 및 CD-ROM drive가 개발되었고, TV에 연결하여 음악, 동화상, game 등을 즐길 수 있는 CD-I와 CD-I player가 개발되었다. CD-I의 음성 압축 기술을 이용하여 컴퓨터에서 음성과 동화상을 즐길 수 있는 CD-ROM/XA(extended architecture)와 음성은 디지털 방식으로 동화상은 아날로그 방식으로, 기록된 laser disc도 개발되었다. 한편 Philips와 JVC에 의해 영상 압축 기술(MPEG: Moving Picture Expert Group)을 이용한 video CD가 개발되어 영화를 개인용 컴퓨터나 video CD-player를 통해 볼 수 있게 되었다. 하지만 원래 오디오 data를 위한 CD에 압축 기술을 이용하여 영화를 담았기 때문에 화질이 좋지 못해 대용량의 광디스크 개발이 필요하게 되었고, 그 결과로 DVD가 출현하게 되었다. DVD에 관해서는 다음에 기술하겠다. 그림 2는 CD의 제작 공정과^{10,11} 재생 원리를 보여준다.

Premastering 과정에서 테이프 등에 저장하여 입수된 정보를 photoresist가 코팅되어 있는 mastering glass에 레이저빔으로 기록, 현상하여 pit형태로 입력하고, 금속(silver 또는 nickel)을 얇게 증착한 뒤 Ni salt 용액 중에서 전기도금한 후 이를 떼어 내어 이를 stamper로 하거나 또는 이로부터 2차(mother), 3차(son) 복제를 거쳐 다수의 stamper를 만든다. 이 stamper를 사용하여 polycarbonate를 사출해서 디스크 기판을 만들고 이 위에 Al으로 sputtering하여 반사층을 형성한 뒤 자외선 경화 수지를 스핀코팅하여 경화시킨 후 screen printing과 packaging 공정을 거쳐 최종 제품을 만든다. 재생 시에는 780 nm의 레이저광을 조사하여, pit가 있는 부분과 없는 부분의 반사광량 차를 검출하여 기록된 정보를 재생시키게 된다.

2.4 추가기록형 광디스크

1982년에 Toshiba에 의해 추가기록형 광디스크가 개발된 이래 무기계 Te를 기본으로 하는 재료들(Te-C, Te alloy, Cs₂-Te, TeOx)을 기록층으로 하는 광디스크들이 개발되었다. 기록층에 고파워의 레이저빔으로 pit를

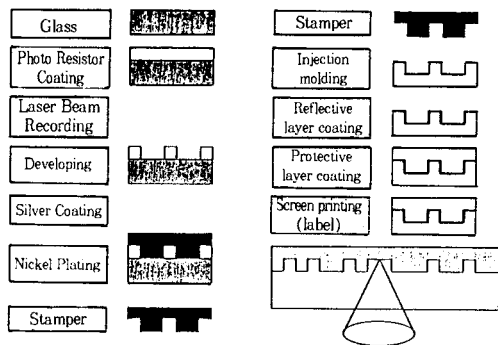


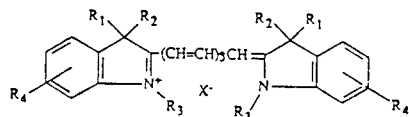
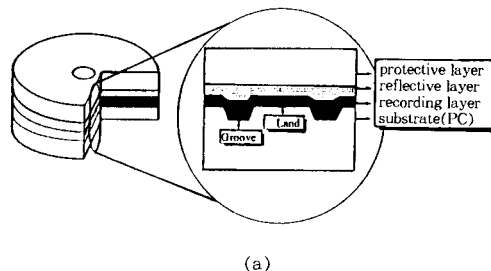
그림 2. CD의 제작 공정과 재생 원리.

형성시키거나 상변화를 유도시켜 저파워 레이저빔으로 읽어내는 방식을 이용하였다. 하지만 1985년에 Ricoh와 Pioneer에 의해 cyanine 색소를 기록층으로 한 추가기록형 디스크가 개발된 이후에는 추가기록형 기록 재료로 유기계 물질이 주로 관심을 갖게 되었다. 무기계 재료에 비하여 유기계 재료는 제조 단가가 낮고, 기록 밀도가 높으며, 독성이 낮으며 디스크 특성에 맞추어 물성을 쉽게 조절할 수 있는 장점을 지닌다.

1988년 Taiyo Yuden에 의해 CD와 호환 가능한 CD-R이 개발되어 대표적인 WORM형 광디스크가 되었다. CD-R은¹²⁻¹⁴ 음성, 문자, 동화상 등의 data file을 CD-DA 또는 CD-ROM 형식으로 기록하고 CD-player나 컴퓨터를 통해 재생할 수 있는데, 재생시간에 따라 63 min, 74 min용, 기록 속도에 따라 1X, 2X, 4X, 6X 등이 있다. 한편 Philips와 Kodak에 의해 Photo CD가 개발되어 개인의 사진 등을 저장하여 Photo CD-player, CD-I player를 통해 TV로 보거나 CD-ROM/XA drive를 통해 개인용 컴퓨터로 볼 수 있다. 그림 3은 CD-R의 구조와¹⁵ 기록층으로 사용되는 cyanine 색소와 phthalocyanine 색소의 구조를^{16,17} 보여준다. 고파워의 레이저빔(780 nm)을 조사하면 색소가 분해되면서 기록부위의 반사율이 떨어지게 된다, 이를 저파워의 레이저빔으로 판독하게 되는데 CD와 호환 가능하게 하기 위해서 미기록부의 반사율을 70 % 이상으로 높여야 하므로 gold를 반사층으로 사용하였는데, 최근에는 silver 합금도 사용된다. 현재 CD-R은 Taiyo Yuden, Ricoh, Mitsui Toatsu, Verbatim, TDK, Kodak 등에서 생산된다.

2.5 소거가능형 광디스크

기록, 소거를 여러 번 반복할 수 있는 광디스크로는 광자기 디스크와 무기계의 상변화형 디스크가 있다. 이 디스크들은 CD와는 호환이 되지 않는데, 최근 Philips에 의해 CD-E가 개발되었는데 아직 기존의 CD-ROM drive와의 호환성에 문제가 남아 있어 제품 출시를 기다리고 있다. 유기계 재료를 사용한 재기록 매체는 아직 상용화된 것은 없고 연구 단계에 있다.

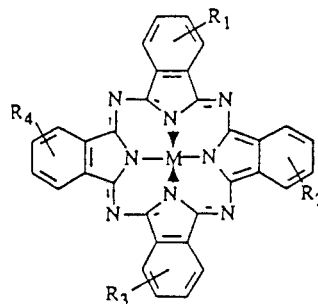


$R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$: alkyl group,

R_4 : alkyl group, halogen atom, condensed phenyl group,

X : halogen atom, ClO_4 ,

(b)



$R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4$: alkyl group,

M : metal

(c)

그림 3. CD-R의 구조(a) 및 사용되는 cyanine 색소(b)와 phthalocyanine 색소(c)의 구조.

2.5.1 광자기 디스크

광자기 디스크의 구조와 기록 원리를 그림 4에 나타내었다.¹⁸ 광자기 디스크는 PC 기판, 제1유전체, 자성체, 제2유전체, 금속반사층, 보호층으로 이루어져 있는데, 자성층은 Tb, Fe, Co, Gd 등을 스퍼터링 또는 전자빔 증착을 통하여 합금막으로 형성되며 이때의 자화 방향은 기판에 대해 수직이다.

레이저빔을 국부적으로 조사하면 그 부분의 온도가 자성막의 curie 온도 이상으로 가열되어, 보자력이 매우 약해져 외부의 전자 코일에 의해 자화 방향이 바뀌게 되어 기록이 이루어진다. 증첩기록을 가능하게 하기 위해 자체 변조 방식을 취한다. 재생 시에는 편광 레이저빔이 자화면을 통해 반사할 때 편광 방향이 회전하게 되는데 이때의 회전 각을 Kerr angle이라 한다. Kerr angle의 회전

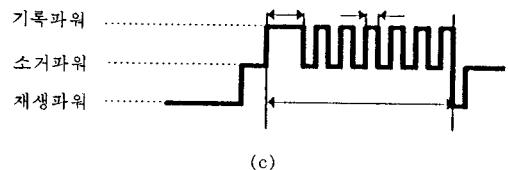
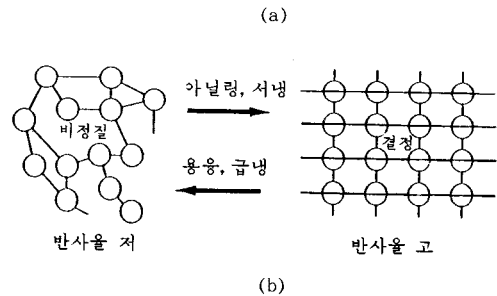
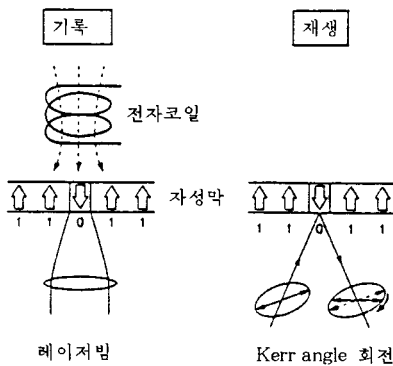
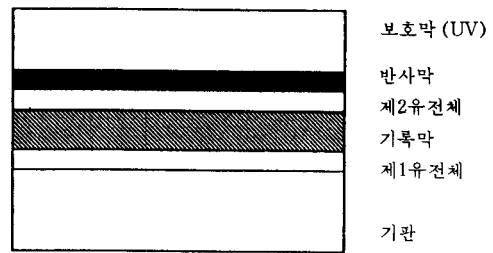
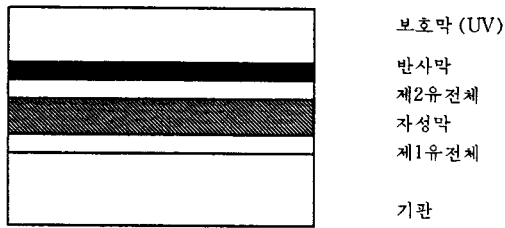


그림 4. 광자기 디스크의 구조와 기록 원리.

표 2. 광자기 기록 재료와 물성

기록재료	Curie 온도(℃)	Kerr angle(θ_k)	파장(nm)
GdCo	600	0.28-0.33	800
TbCo	350	0.3	800
TbFe	140	0.24-0.3	800
GdTbFe	165	0.25-0.4	800
TbFeCo	200	0.26-0.35	800
GdTbFeCo	200	0.34-0.48	800

그림 5. 상변화형 디스크의 (a) 구조, (b) 기록 및 소거 원리, (c) overwrite 광변조.

온도로 가열해서 서냉하면 결정이 된다(소거상태, 고반사율). 그림 5(c)는 overwrite 개념을 보여주고 표 3은 기록 박막 재료를 보여주고 있다.

방향이 자화 방향에 따라 다르게 되므로 여기에 편광판을 사용하여 기록을 읽게 된다. 표 2는 광자기 기록 재료와 물성들을 보여준다. 광자기 디스크는 Canon, Sony, Ricoh, Sharp, Pioneer, Matsusida 등에서 생산되고 있다.¹⁹

2.5.2 상변화형 광디스크

상변화형 광디스크의 구조 및 기록 원리는 그림 5와 같다.²⁰ 상변화형 디스크는 PC 기판, 제1유전체(ZnS-SiO₂), 기록 박막, 제2유전체, Al 합금 반사층과 UV 경화수지 보호층으로 이루어진다.²¹

상변화형 광디스크는 기판상의 기록 박막에 레이저빔을 조사하여 가열시키면 기록막의 결정 상태가 변하는 것을 이용해 기록 소거를 하게 된다. 각 상에서의 굴절률이 다르므로 이에 따라 반사율의 차이가 발생하고 이를 판독하여 재생하게 되는데 기록 박막에 레이저빔을 조사하여 융점 이상으로 가열하면 용융된 뒤 급냉하면 비정질이 되고(기록 상태, 저반사율) 결정화 온도 이상 융점 이하의

3. 유기계 소거가능형 광기록 매체

유기 재료를 사용한 소거 및 재기록 가능한 광디스크는 아직 없지만 여러 가지 방식들이 제안되었다. 펄스형, 범프형, 상변화형, 상분리형, 액정형, 강유전체형 등 여러 방법들이 있으나 이들 중 범프형, 액정형, 강유전체형을 소개하겠다.

3.1 범프형 광기록 매체

범프형 기록 매체는 팽창층과 유지층으로 이루어지는데 팽창층은 탄성체 고분자가, 유지층은 열경화성 고분자가 사용된다. 그림 6은 Optical Data Inc.에 의해 제안된 기록 매체 구성을 보여준다.²² 광의 흡수 영역이 다른 색소를 각각 팽창층 고분자와 유지층 고분자에 섞어 주어 기록과 소거 시에 다른 파장의 레이저를 사용한다. 기록 시에는 팽창층이 가열되어 팽창되고 유지층은 열전달에 의해 팽창층을 누르는 힘이 약해져 bump가 형성된다. 레이

표 3. 무기상변화 기록 재료

상변화의 종류	재 료
비결정질 $\Rightarrow$ 결정 (비가역)	Te-TeO ₂ , Te-TeO ₂ -Pd Sb ₂ Se ₃ /Bi ₂ Te ₃ Ge-Te-Sb-S Te-TeO ₂ -Ge-Sn, Te-Ge-Sn-Au Ge-Te-Sn
비결정질 $\Leftrightarrow$ 결정 (가역)	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
결정 $\Leftrightarrow$ 결정 (가역)	Ag-Zn Cu-Al-Ni In-Sb, In-Sb-Se, In-Sb-Te

저범의 조사가 끝나게 되면, 급격히 냉각되어 범프가 형성된 채로 남아서 기록이 완성된다. 재생 시에는 저파워의 레이저빔으로 범프가 형성된 부분과 평탄한 곳의 반사율 차이를 판독한다. 소거 시에는 유지층을 주로 가열시킬 수 있는 파장의 레이저빔을 조사하여 유지층을 유리전이온도 이상으로 가열하면 팽창층을 잡아주는 힘이 약해지고 팽창층이 탄성체이므로 다시 원래 상태로 복원된다. 범프형의 경우 두 개의 레이저를 사용해야 한다는 단점이 있다.

3.2 액정형 광기록 매체

액정형 기록 매체는 액정의 상변화를 이용하거나 photochromic 색소에 의한 배열 변화를 이용한다. 그림 7은 액정 상변화형의 기록 원리를 보여준다.²³ 액정 고분자층을 전기장에 의해 (투명전극 사용) 일정 방향으로 (homo domain) 배열시킨 후 국부적으로 레이저빔을 조사시켜 isotropic 상태 이상으로 가열시켜 급냉시키면 그 부분만 isotropic 상태로 남아 있어 반사율 차이가 나게 된다. 이 경우에는 기록층 구조가 복잡하고 저분자 액정의 경우에는 기록 보존성이 낮은 단점이 있다.

한편 nematic 액정 배열이 azobenzene 단분자층의 photochromism에 의해 가역적으로 바뀌는 것이 Ichimura 등에 의해 발견되어 이를 광기록에 응용하고 있다. 그림 8은 이러한 개념의 광기록 원리를 보여준다.²⁴ 이 액정 cell에 자외선을 조사해주면 azobenzene이 cis 형태로 되어 액정을 기판에 평행하게 배열되게 하고, 가시광선을 조사해주면 trans 구조로 바뀌면서 액정은 기판에 수직으로 배열된다. 이때 편광판을 사용하여 He-Ne 레이저빔을 조사하면 투과량이 변하는 것을 볼 수 있다.

3.3 강유전체형 광기록 매체

Date와 Furukawa에 의해 강유전체 고분자의 광기록이 제안되었다. 그 기록 원리는 그림 9와 같다.²⁵ 먼저 상온에서 강유전체의 coercive field(E_c) 보다 높은 전장을 걸어주어 전기 쌍극자를 한 방향으로 배열한다(소거).

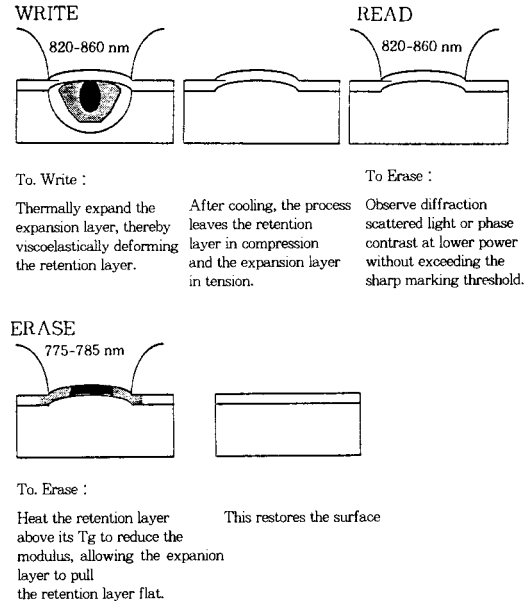


그림 6. 범프형 기록 미디어의 기록, 재생, 소거.

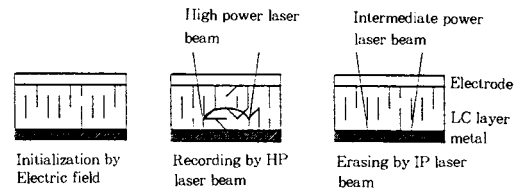


그림 7. 액정 상변화형 광기록 매체의 기록 및 소거의 원리.

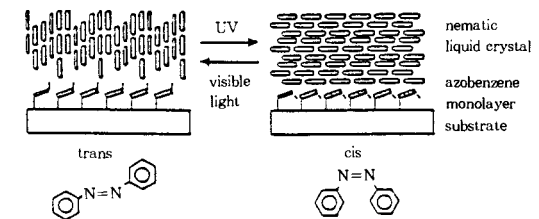


그림 8. Photochromic dye에 의한 액정 배열의 변화.

여기에 E_c 의 절반 정도의 전장을 반대 방향으로 걸어주면서 레이저빔을 국부적으로 조사시켜 가열시키면 높은 온도에서는 E_c 가 작으므로 쌍극자의 방향이 반대로 바뀌게 된다(기록). 여기에 약한 레이저빔을 조사하여 pyroelectric current를 측정하여 기록을 판독한다(재생). 강유전체로는 vinylidene fluoride와 trifluoroethylene의 공중합체 (65/35)가 사용된다. 그러나 이 기록 매체는 pyroelectric current 측정 문제로 기록 밀도가 높지 못한 단점이 있다.

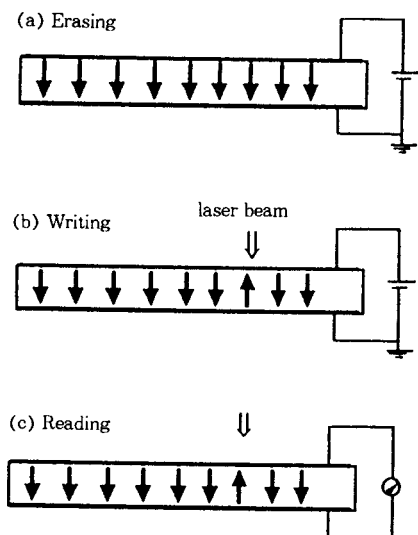


그림 9. 강유전체 고분자의 광기록 원리.

4. 파장 다중 기록 매체

4.1 Photochromic 재료

Photochromism이란 광 조사에 의해 화학 물질의 결합 상태가 변하여, 흡수스펙트럼이 다른 이성체가 가역적으로 생성되는 현상을 말한다. 예를 들면 물질 A가 특정 파장의 광을 흡수하여 준안정상태의 B로 변화되어 색깔

이 변하고, 여기에 다른 파장의 빛을 조사해주면 다시 원래의 A로 돌아가 본래 상태의 색깔을 되찾는 과정을 반복한다. 이러한 흡수스펙트럼의 변화에 의한 착색, 소색을 광기록에 응용할 것을 1956년 Hilsberg에²⁶ 의해 최초로 제안된 이래 수 많은 연구가 진행되고 있으나 아직 실용화는 되지 않고 있다. 그림 10은 대표적인 photochromic 화합물의 반응 형태를 보여주고 있다.²⁷

기존 광디스크의 기록 재료는 레이저빔에 의해 가열되어 물성이 변하는 heat mode 기록 방식을 취하지만 photochromism이나 다음에 설명할 photochemical hole burning을 이용한 기록 재료는 광반응에 의해서 직접 기록층의 물성이 변화하는 photon mode 기록 방식을 취하여 고밀도, 고속 기록 및 소거가 가능하고, 저파워의 레이저빔의 사용이 가능하다. 반면 두 개 이상의 레이저가 필요하고, 광반응의 한계 에너지 수치가 명확하지 않으며, 기록을 해치지 않고 재생시키기가 쉽지 않고, 안정성 및 내구성이 떨어진다.

최근 분자 설계에 의해 분자 특성을 개선하여 꽤 우수한 성능을 보이는 fulgide 유도체와²¹⁻³¹ diarylethane³² 유도체가 개발되었다. Diarylethane 유도체의 경우, 상태 B의 열적 안정성을 높혀 기록 소거가 1만회 이상 가능하다고 보고되었다. 그림 11의 spiropyran계 유도체는 (SP) 자외선 조사 시 개환형 merocyanine(PMC)이 되고,³³ 35 °C 이상으로 유지되면 열안정성이 좋은 J 중합체로 변한다. 그림 12는 흡수극대가 약간씩 다른 photochromic 재료를 적층시켜 파장 다중 기록을 실현시키는

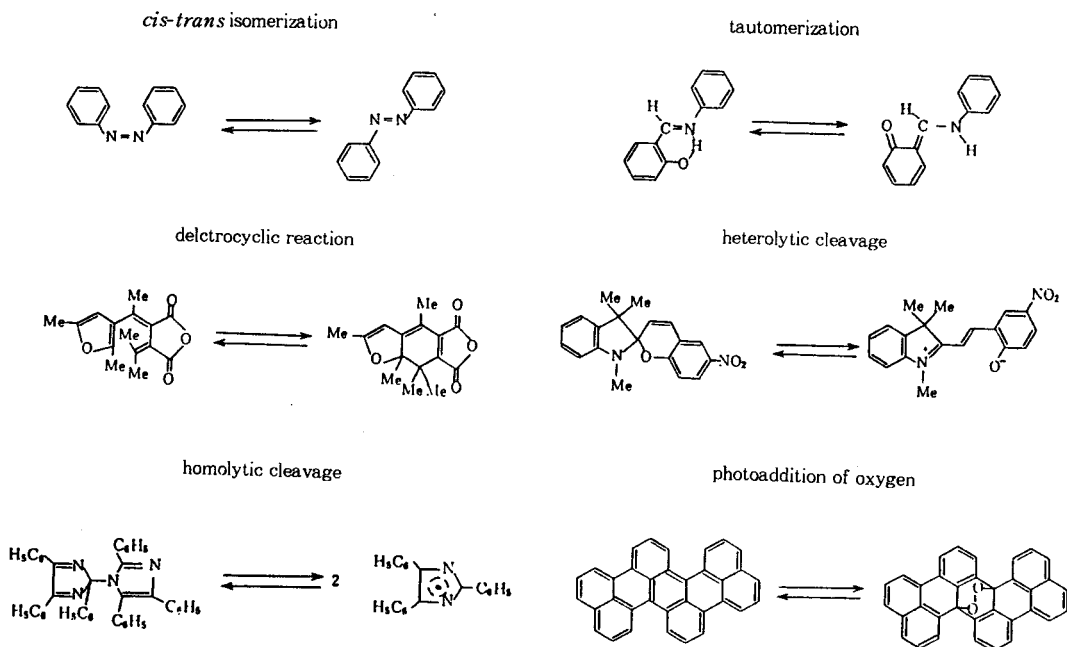


그림 10. 대표적인 포토크로믹 화합물의 반응 형태.

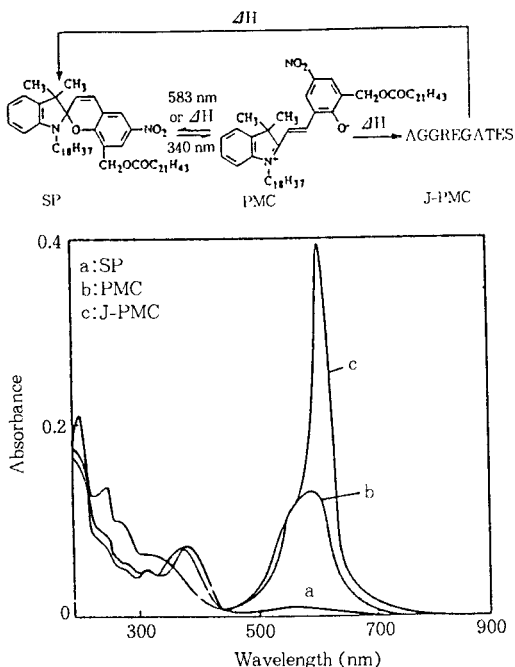


그림 11. Spiropyran계 유도체의 포토크로미즘.

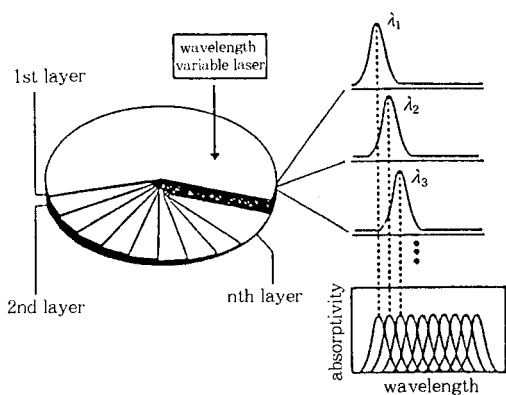


그림 12. 포토크로믹 재료를 이용한 파장 다중 기록의 원리.

원리를 보여준다.³⁴

4.2 Photochemical Hole Burning (PHB) 재료

비정질의 고체 매트릭스(host)에 유기색소(guest)를 분산시켜 극저온으로 냉각시키면, 유기색소와 매트릭스 간의 상호작용에 의한 에너지 상태가 고정되어 흡수대역이 매우 좁은 성분 스펙트럼으로 구성된 연속스펙트럼을 갖게 된다. 여기에 파장폭이 좁은 레이저광을 조사시키면, 이 재료의 흡수 스펙트럼에서 그 레이저광의 파장에 대응하는 영역에 구멍이 생기는 현상을 photochemical hole burning이라 하는데 이는 1974년 소련의 Gorokhovskii와³⁵ Kharlamov에³⁶ 의해 발견되었고,

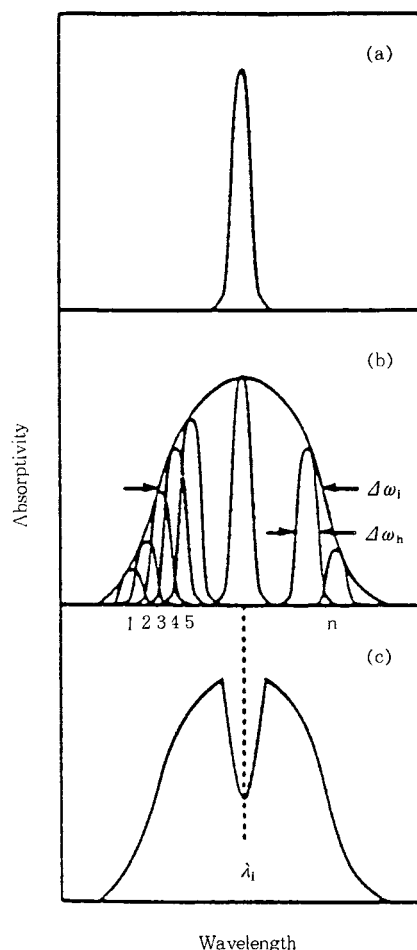


그림 13. Photochemical hole burning의 원리.

1978년 IBM의 G. Castro 등에 의해 PHB를 이용한 파장 다중기록의 개념이 특허 출원 된³⁷ 후 주목을 끌기 시작하였다. 그림 13은 PHB 메모리의 원리를 보여준다.³⁸ 현재 사용되는 광디스크의 평면 기록밀도의 한계는 108 bit/cm² 정도가 되는데, PHB 현상을 이용한 파장 다중 기록이 실현되면 1,011 bit/cm² 이상의 초고밀도 광 기록이 가능해진다.

PHB 현상을 보이는 재료로는 유기계의 경우 guest 재료로 anthraquinone 유도체, porphyrin 유도체, phthalocyanine 유도체 등이 있고, host 재료로는 PMMA, PS, PI, PVA 등이 있다. 무기계의 경우는 NaF 등의 결정에 X선, 중성자선을 조사하여 생성되는 color center, Sm²⁺, Eu³⁺ 등의 희토류 금속염 등이 guest로, NaF, CaF₂, BaClF, SiO₂, sol-gel matrix 등이 host로 사용된다.³⁹ PHB 재료가 파장다중기록을 실현하기 위해서는 다음과 같은 특성을 가져야 한다: (1) 많은 hole의 발생, (2) 고효율 및 고속 반응, (3) 판독광에 대

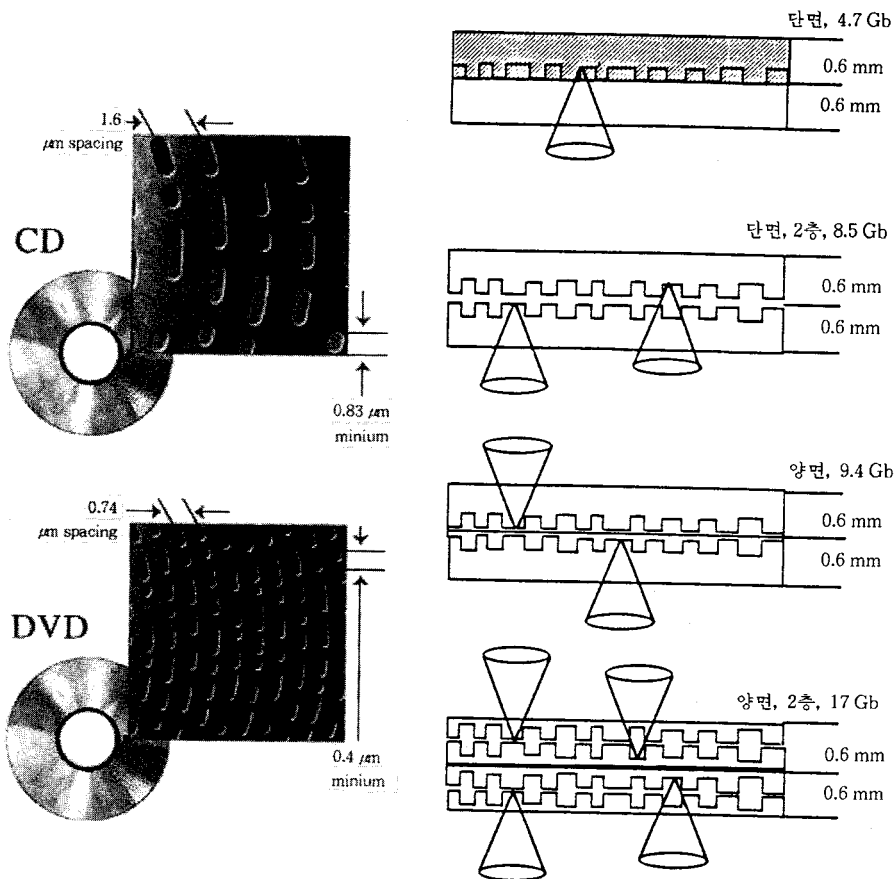


그림 14. CD와 DVD의 기록 단면과 DVD의 층구조.

한 기록안정성 (4) 높은 온도에서의 기록 및 보전 가능성. 따라서 이러한 특성을 만족시키는 재료의 합성과 파장다중 기록의 실현에 관한 연구들이 진행되고 있다. 판독광에 의한 기록 hole의 소실을 방지하기 위해 photon gated hole burning이 개발되었고,⁴⁰ 최근에 Sm^{2+} 이온을 이용한 무기계 재료가 상온에서 PHB 현상을 보이는 것이 보고되었다.⁴¹

5. Digital Versatile Disc(DVD)

80년대 초기에 CD-DA가 개발된 이래 컴퓨터와 함께 멀티미디어 산업이 급격히 발전하여 개인이 다루는 정보량도 대폭 늘어났다. 약 680 Mb의 정보를 담을 수 있는 CD도 이러한 멀티미디어 시대의 정보들, 즉 음악, 동영상, 영화 등을 담기에는 용량이 부족함을 느끼게 되었다. 이러한 사회의 욕구와 더불어 광학계의 발전과 단파장 반도체 레이저의 개발 등으로 CD 보다 그 용량이 대폭 늘어난 DVD가 개발되었다.

DVD는 Philips와 Sony가 MMCD(High Density Multimedia CD)로, Toshiba, Matsushita 등 7개 회사가 SD(Super Density Disc)로 각각 다른 규격의 고밀도 광디스크를 개발하다 1995년 12월에 합의를 보아 단일 규격으로 개발이 되었다.⁴² 하지만 아직 저작권 문제가 해결이 되지 않아 출시를 기다리고 있는 중이다. DVD는 CD와 같이 직경 120 mm, 두께 1.2 mm이지만 CD의 최대 용량이 680 Mb인데 비해, 단면 한층의 DVD의 경우 4.7 Gb로 양면 2층 구조의 경우에는 17 Gb로 그 용량이 대폭 늘어났다.⁴³ 이는 CD가 780 nm의 반도체 레이저를 사용하는데 비해 DVD는 650 또는 630 nm의 단파장 레이저를 사용하고 더 높은 NA(Numerical Aperture)의 렌즈를 사용하여 그림 14에 나타난 대로 훨씬 조밀한 pit들을 판독할 수 있기 때문이다.⁴⁴ 그림 14는 CD와 DVD의 기록 단면과 DVD 층 구조를 보여주고 표 4는 CD와 DVD의 주요 규격 및 Video format을 보여준다.⁴⁵ 현재 DVD-ROM, drive, video, DVD player 등은 개발되었고 CD-R이나 CD-E와 같은 개념인 DVD-R, DVD-RAM은 아직 연구, 개발 중이다.

표 4. CD와 DVD의 주요 규격 및 Video Format

	CD	DVD
Disc diameter	120 mm	120 mm
Disc thickness	1.2 mm	1.2 mm
Disc structure	Single substrate	Two bonded 0.6 mm substrate
Laser wave length	780 nm (infrared)	650 or 635 nm(red)
Numerical aperture	0.45	0.60
Track pitch	1.6 μ m	0.74 μ m
Shortest pit/land length	0.83 μ m	0.4 μ m
Reference speed	1.2 m/sec. CLV	4.0 m/sec. CLV
Data layers	1	1 or 2
Data Capacity	Approximately 680 Mb	Single layer: 4.7 Gb Dual layer: 8.5 Gb
Reference user data rate	153.6 Kb/sec. or 176.4 Kb/sec.	1108 Kb/sec.
	Video CD	DVD-Video
Video data rate	1.44 megabits/sec (video, audio)	1 to 10 megabits/sec variable (video, audio, subtitle)
Video compression	MPEG1	MPEG2
Sound tracks	2 Channel-MPEG	Mandatory(NTSC): 2-channel linear PCM; 2-channel/5.1-channel AC-3. Optional: up to 8 streams of data available
Subtitles	Open caption only	Up to 32 languages

6. 결 론

지금까지 광디스크와 광기록 재료, 그리고 차세대 광기록 매체들에 대해 개략적으로 기술하였다. 광기록 분야는 광통신 분야와 더불어 21세기 광전자 시대의 큰 축을 이루게 될 high technology이다. 멀티미디어의 발전과 그간의 광기록 분야의 발전 속도를 볼때 21세기에는 초고 밀도, 초고속의 광기록 미디어가 개발될 것이다. 광기록 분야는 물리, 화학, 전자, 재료 등 여러 분야의 전문가들의 참여가 필요한 기술 집약적이고 고부가가치 창출이 가능한 산업이며, 특히 정보 산업의 기반 기술이라 하겠다. 앞서 설명한 것과 같이 광기록 분야는 주로 일본 기업체들에 의해 주도되어 왔다. 이러한 현실을 타계 하고 21세기에 주도적 위치를 점유하기 위해서는 산·학·연의 보다 큰 관심과 끊임 없는 연구 개발이 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. A. B. Marchant, "Optical Recording", Addison-Wesley, New York, 1990.
2. M. Mansuripur, "The Physical Principles of Magneto-optical Recording", Cambridge University Press, New York, 1995.

3. E. K. James, *J. Imaging Sci.*, **32**, 51 (1988).
4. M. Okada et al., OSA Topical Meeting on Optical Data Storage, Technical Digest, **10**, 123 (1987).
5. Ohsawa, et al., Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, Washington D.C., ThCC 4-1 (1985).
6. <http://www-us.philips.com/sv/newtech/odt.html>
7. <http://www.magnavox.com/electreference/videohandbook/opticaldisctech.html>
8. <http://cuiwww.unige.ch/OSG/MultimediaInfo/Info/cd.html>
9. <http://www.rmplc.co.uk/eduweb/sites/hall/cm.html>
10. <http://www.usod.com/master.html>
11. http://www.syndir.com/techspec.html#CD-ROM_Data
12. <http://www.tdk.com/nh/i01/cdrdata.html>
13. <http://www.tdk.com/nh/i01/cdmanu.html>
14. D. J. Parker, CD-ROM Professional, **87**, July (1996).
15. J. S. Kim et al, ME&D, **7**, 291 (1996).
16. 일고분자학회 편저, "광기능재료", 공립출판사 1991.
17. M. Matsuoka, "Infrared Absorbing Dyes", Plenum Press, New York, 1990.
18. J. Isailovic, "Videodisc and optical memory systems", Prentice-Hall, Inc., 1985.
19. http://www.sony.co.jp/Exhibition/DataMedia/DataMedia_E/Personal/Mol.html
20. Nikkei New Media, 5-A in "DVD", 128 1995.
21. K. Hiromichi et al., Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, **10**, 67 (1994).
22. J. M. Halter et al., SPIE, **899**, 201 (1988).
23. H. Bierecki et al., SPIE, **420**, 194 (1983).
24. K. Ichimura et al., *Jpn. J. Appl. Phys. Supplement*, **289**, 28-3 (1989).
25. T. Hurukawa, JOEM Workshop 91, 72 (1991).
26. Y. Hirshberg, *J. Am. Chem. Soc.*, **78**, 2304 (1956).
27. G. H. Brown, "Photochromism", Wiley-Interscience, 1971.
28. H. G. Heller et al., *J. Chem. Soc., Perkin I*, 923 (1974).
29. H. G. Heller et al., *IEE Proc., Pt I*, **130**, 209 (1983).
30. A. P. Glaze et al., *J. Chem. Soc., Perkin I*, 957 (1985).
31. Y. Yokoyama et al., *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, 1722 (1991).
32. M. Irie et al., *J. Org. Chem.*, **53**, 803 (1988).
33. E. Ando et al., *Thin Solid Films*, **279**, 160 (1988).
34. E. Ando, *Nihon shashin Gakkaishi*, **52**, 409 (1989).
35. A. A. gorokhovskii et al., *JETP Lett.*, **20**, 216 (1974).
36. B. M. Kharkamov et al., *Opt. Commun.*, **12**, 216 (1974).
37. G. Castro et al., U.S. Patent 4101976 (1978).
38. H. Kawazoe et al., **28**, 103 (1989).
39. 시촌국웅 편저, 신광기능성고분자의 응용, (일) CMC (1989).
40. A. Winnacker et al., *Optics Letters*, **10**, 350 (1985).
41. K. Hirao et al., *J. Lumines.*, **55**, 6746 (1994).
42. <http://www.unik.no/%7Erobert/hifi/dvd/>
43. <http://eiplaza.toshiba.co.jp/dvd/e/news/front.html>
44. <http://www.sel.sony.com/SEL/consumer/dvd/feat.html>
45. <http://www.sel.sony.com/SEL/consumer/dvd/tech.html>