

Blue laser를 이용한 차세대 정보저장장치

(Advanced Data Storage Device
Using Blue Laser Technology)



머 리 말

21세기 들어 IT(Information Technology), BT(Biotechnology)와 함께 미래를 주도할 3대 혁신기술중의 하나로 NT(Nanotechnology)에 대한 관심이 고조되고 있습니다. NT(나노기술)는 물질을 원자 및 분자수준에서 제어 및 조작함으로써 소재는 물론 전기·전자, 바이오·화학, 환경·에너지 등 전 산업분야에 걸쳐 혁신적인 변화를 가져올 첨단기반기술입니다.

이러한 시대적 변화에 능동적으로 대처하기 위해 한국과학기술정보연구원(KISTI)은 국내 나노기술 전문가와 연계하여 나노분야의 핵심 전략기술에 대해 연구개발 동향, 연구논문 및 특허정보분석과 향후전망에 관한 심층분석/연구를 수행하여 나노기술분석보고서를 발간하고, 이를 산학연관에 제공함으로써 국가 전략기술에 대한 국제 경쟁력 강화에 이바지하고자 합니다.

이러한 목적으로 「Blue Laser를 이용한 차세대 정보저장장치」에 대한 분석보고서를 발간하게 되었습니다. 본 보고서는 차세대 저장장치와 나노기술과 관련한 국내외 연구개발 동향 및 논문·특허정보 동향에 대하여 심층적인 분석을 수행하고 향후 기술발전에 대해 조망하고자 하였습니다. 차세대 정보저장 기술과 나노기술에 대하여 유용한 지침서가 되기를 바라며, 해당 분야의 기술과 산업 발전에 보탬이 되기를 바랍니다.

본 연구는 과학기술부의 지원으로 수행되었으며, 본 연구원의 서주환 연구원과 이일형 책임연구원, 한국전자통신연구원의 류호준 선임연구원이 공동 집필한 것으로 노고에 깊이 감사드립니다. 본 보고서에 수록된 내용은 연구자 개인의 의견으로서 한국과학기술정보연구원의 공식의견이 아님을 밝혀드립니다.

2005. 12.

한국과학기술정보연구원
원장 **조영화**

서 론

IT 기술의 비약적인 발전으로 많은 양의 정보를 처리할 수 있게 되었으며 초고속 정보통신 인프라의 구축으로 대용량의 멀티미디어 정보 이용이 크게 증가하였다. 따라서 이러한 대용량의 정보를 용이하게 처리할 수 있는 정보 저장장치의 요구가 높아져가고 있는 실정이다.

이러한 대용량의 정보를 손쉽게 빠르게 백업하거나 이동할 수 있는 장점을 가지고 있는 광저장장치는 광 레이저 기술을 이용하여 음성, 영상 및 데이터 정보 등을 저장하거나 재생하는 장치이다. 그 종류는 내용을 단지 읽어내기만 하는 판독전용장치, 한번의 기록만 가능한 일회기록장치 그리고 여러 번 기록이 가능한 반복기록장치 등으로 나눌 수 있다. 광디스크 드라이브(ODD: optical disk drive)의 저장매체는 용량이나 특성, 기능, 시장 출시시기에 따라 CD계열(1세대), DVD계열(2세대), HD DVD(3세대)계열로 구분할 수 있다. 1세대인 CD계열은 이미 시장 성숙 단계를 지나 그 비중이 점점감소하고 있다. 2세대인 DVD계열은 지난 1996년 11월 시장에 첫 출시된 이래 표준화를 둘러싼 업체간의 경쟁과 지원 소프트웨어 부족으로 시장형성이 늦어졌으나 장치 및 미디어의 가격이 하락함으로써 시장이 크게 성장하고 있다.

향후 DVD 시장의 주력제품이 될 차세대 광저장장치분야는 현재 주도권확보를 위한 경쟁이 치열하게 전개되고 있다. 차세대 광저장장치분야로 주목받고 있는 기술로는 블루레이(Blu-ray)와 AOD/HD-DVD 기술로 크게 양분된다. 블루레이의 경우는 용량면에서 HD-DVD는 가격 측면에서 유리한 장점을 가지고 있다. 블루레이란 기존의 적색 레이저 광선보다 많은 양의 데이터를 기록할 수 있

는 청자색 반도체 레이저 광선을 사용한 기술인데, 레이어 추가를 통해 용량의 확장이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 기존 DVD가 4.7GB의 데이터를 저장할 수 있는데 반해, 블루레이 디스크는 싱글레이어 기준으로 23~27GB를 저장할 수 있다. 또한, 한층의 레이어를 추가할 때마다 약 25GB의 데이터를 더 저장할 수 있다. 이러한 장점을 바탕으로 블루레이 진영은 애플, HP, Dell 등 PC 업체들과 LG전자, 삼성전자, 소니, 샤프, 필립스, 파나소닉 등 세계 유수의 가전업체들이 연구개발에 참여하고 있다.

도시바와 NEC가 중심이 되어 개발 중인 AOD/HD-DVD는 청자색의 레이저 광선을 사용한다는 측면에서 기본적으로 블루레이와 비슷한 기술로 볼 수 있다. 그러나 압축 기술, 기록방식, 표면 보호용 카트리지의 사용 여부 등 세부적인 면에서 블루레이와는 다른 양상을 띠고 있다. 이 기술은 레이어당 평균 15~20GB의 데이터를 저장할 수 있어 블루레이에 비해 저장용량 면에서 다소 뒤쳐지고 있지만 기존 DVD와 호환이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

이와 같이 차세대 광저장장치들은 기존 DVD에 비해 5배 이상의 저장용량을 제공해주기 때문에 HD급 방송과 같은 고용량 콘텐츠의 저장이 가능하다. 향후 HD급 디지털 방송이 보편되는 시점에서는 이러한 고용량의 저장장치가 기존 DVD시장의 상당부분을 대체할 것으로 예상되고 있다.

본 보고서에서는 광저장장치 및 차세대 광저장장치로 주목받고 있는 블루레이 기술과, AOD/HD 기술에 대한 원리 및 동작 특성 등의 기술 내용을 살펴보고 논문과 특허 정보를 분석하여 차세대 광저장장치분야의 연구개발 동향을 살펴보고자 한다.

기술개발 동향

본장에서는 광저장장치의 기술개요와 특성 및 기록과 재생방법 그리고 이를 구현하고 있는 기술들에 대해서 설명한다. 더불어 다양한 규격에 대한 내용과 차세대의 광저장기술로 주목받고 있는 청색레이저를 이용한 광저장장치에 대해서 기술하였다.

1. 기술개요 및 특성

가. 광저장장치의 개요

인류는 스스로의 제한된 정보수집 및 저장능력을 극복하기 위해서 끊임없이 노력해오고 있다. 이러한 노력은 1970년대말에 레이저 디스크(Laser Disc :LD)를 탄생시켰고 1982년에 최초로 콤팩트 디스크(Compact Disc:CD)로 발전하게 되었다. 이 CD는 원형의 경면기판에 비트를 새겨 넣은후 0.45의 개구수(Numerical Aperture:NA)를 갖는 렌즈를 통과하는 780 nm의 적외선 반도체 레이저를 이용하여 기록된 정보를 재생하도록 설계되었다. 이 CD의 기록용량은 대략 640 MB정도의 정보를 저장할 수 있는데 이는 일반적인 책으로는 26만 쪽 또는 74분의 음악이나 비디오 정보를 저장할 수 있는 크기에 해당한다. 단지 기록된 정보를 재생만 할 수 있는 CD-ROM의 시대를 넘어 다양한 모습으로 진화를 하였다.

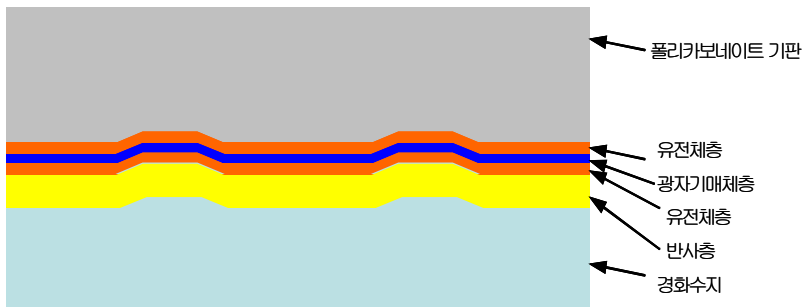
CD계열의 가장 대표적인 저장장치인 CD-ROM은 재생전용 장치로 4.7인치

의 직경을 갖는 디스크에 경면처리된 면에 나선형의 반사트랙에 피트를 형성하여 입사되는 레이저 빔에 의해 반사된 신호를 광검출기로 검출하여 저장된 자료를 재생하도록 되어있다. 나선형의 트랙은 1인치당 16,000개가 존재하며 2 KB의 정보가 트랙 0.75인치에 저장되게 되어있다.

CD-ROM의 단점을 보강하여 등장한 것이 CD-R이다. CD-R은 일회기록이 가능하여 기존의 보조저장장치 시장을 거의 장악하고 있다. 일반적인 기록방식은 색소 폴리머를 사용하며, 그 밖에도 피트형성법, 버블형성법 등을 이용하기도 한다. 기록된 자료의 재생은 기관에 형성된 변형상태와 변형되지 않은 상태간의 반사율의 변화를 판정함으로써 재생이 이루어진다. 따라서 재생을 하기 위해서는 기록 및 재생용 레이저, 초점용 렌즈, 출력 검출 어레이 등과 같은 복잡한 광학계를 동반하게 된다.

CD계열에서 개발된 최종의 주자는 반복기록과 재생이 가능한 CD-RW이다. CD-RW와 같은 재기록형 광디스크는 크게 2종류로 분류가 가능하다. 첫째는 광자기 현상을 이용한 광자기디스크, 둘째는 상변화가 가능한 재료를 사용한 상변화디스크이다. <그림 2-1>은 광자기디스크의 대표적인 형태의 단면은 나타내었다.

<그림 2-1> 광자기디스크의 단면구조



광자기디스크는 폴리카보네이트에 그루브(groove)를 형성한 후에 유전체층, 광자기매체층, 또 다른 유전체층, 그리고 알루미늄 반사층으로 구성되는 것이

일반적인 구조이다. 광자기매체에 샌드위치형으로 사용되는 유전체층의 역할은 매체층으로 사용되는 광자기박막의 보호와 더불어 반사에 의한 간섭효과를 감소시켜 자기광학효과를 극대화하는 역할과 함께 매체층을 통과한 빛의 위상을 간섭이 최소화되도록 조절하게 된다. 또 반사층은 반사이외에도 레이저 빔에 의해 발생한 열을 방출하는 역할을 하게 된다. 광자기매체는 매체의 자기광학적인 효과를 이용하여 정보를 기록하게 되어있다. 자기광학효과란 자화된 재료에 편광된 레이저 빔을 조사하였을 때에 편광상태가 재료와 반응한 후에 변화하는 것을 이용하는 것이다. 이러한 반응이 재료를 투과한 경우에 나타나는 것을 패러데이(Faraday)효과라고 하고 재료에 반사되어 나타나는 경우를 커(Kerr)효과라고 한다. 광자기디스크는 커효과를 이용하는 것으로 수직으로 자화된 매체에 선편광된 레이저 빔을 입사하면 반사된 빔의 편광면은 회전을 일으키게 되어 타원편광된 빔을 얻게 된다. 이러한 커효과에 의한 회전각을 커회전각이라 부르는데 광디스크에 사용되는 매체의 경우 일반적으로 이 값이 $0.2\sim 0.3^\circ$ 정도이다.

일회기록이 가능한 CD-R, 반복기록이 가능한 CD-RW 등의 1세대 광디스크의 시대를 지나, 이제는 4.7 GB의 용량을 저장할 수 있는 2세대의 DVD(Digital Versatile Disc)시대에 진입하였다. DVD 역시 CD 계열의 디스크와 마찬가지로 12 cm와 8 cm가 표준 디스크 규격으로 되어있으며 영화산업의 발전에 힘입어 영화콘텐츠의 배급, 게임소프트웨어 등에 사용되고 있다. 현재 DVD는 파장 780 nm의 적외선 반도체 레이저를 사용하는 CD와는 달리 더 짧은 파장인 635 nm 대역의 레이저를 이용하며, 대물렌즈의 개구수(NA; Numerical Aperture)는 CD보다 더 크게 설계되어 있다. 특히 영상데이터를 MPEG2 방식을 이용하여 압축을 하게 되어있다. DVD 계열의 디스크 중 DVD-ROM은 읽기만 가능한 저장장치로서 개발초기단계에는 Philips와 SONY가 제안한 MMCD 방식과 Toshiba 등이 제안한 SD가 상호 경쟁관계에 있었으나, 양측이 디스크의 구조와 변조 방식에 상대방의 기술을 채택함으로써 1개의 DVD 규격으로 통일이 되었다. DVD 미디어 역시 CD-R와 같은 1회기록 가능매체인 DVD-R이 있으며 반복기록이

가능한 매체로는 DVD-RW, DVD+RW, DVD-RAM과 같이 현재에는 여러 가지 규격이 통일이 되지 않은 형태로 상호 보완적으로 존재하고 있다.

나. 광저장장치의 종류 및 특성

(1) 재생전용 광디스크

A. 재생원리

읽기만 가능한 CD-ROM/DVD-ROM은 그 구조 및 원리가 간단하지만 다른 광저장장치를 이해하기 위해서 간단하게 설명하고자 한다. CD-ROM은 직경 12 cm의 원반에 반사면을 갖는 형태로 되어 있다. 이 반사면을 고배율로 관찰하면 나선형의 트랙이 존재하며 그 트랙에 존재하는 결함(pit)에 의해서 입사된 빛의 경로가 변하게 제작되었다. 드라이브는 디스크의 트랙을 따라서 레이저 빔을 조사하고, 결함에 의해서 빔이 흩어지게 되어 광검출기를 시동시킨다. CD-ROM의 구동회로는 랜드(land)라고 불리우는, 결함이 없는 부분을 '0'으로 인지하고 결함이 생성된 피트를 '1'로 해석하게 된다. 일반적인 CD-ROM은 1인치당 대략 16,000개의 트랙이 존재하며 약 2 kB의 정보가 0.75인치의 트랙상에 저장되게끔 설계되어 있다.

잘 제조된 CD-ROM은 디스크의 표면이 단단한 폴리머층으로 보호되고 있지만 지속적인 사용과 먼지, 지문, 스크래치 등과 같은 열악한 환경에서는 디스크의 내용이 손상을 입는 경우도 생길 수 있다. 그렇지만 이러한 경우에도 디스크의 오류정정을 위해 마련된 예비 용량 부분 등에 의해 복구될 수 있다. 일반적인 오류정도는 $10^{-10} \sim 10^{-13}$ 정도에 불과하다고 알려져 있다.

B. 제작과정

CD-ROM을 제작하기 위해서는 마스터를 제작하는 것이 가장 중요하다. 마스터는 기록할 정보를 디지털화하여 전환한 정보가 피트형태로 새겨지게 되며, 이

렇게 제작된 마스터를 이용하여 CD-ROM의 복제가 다량으로 이루어 지게 된다.

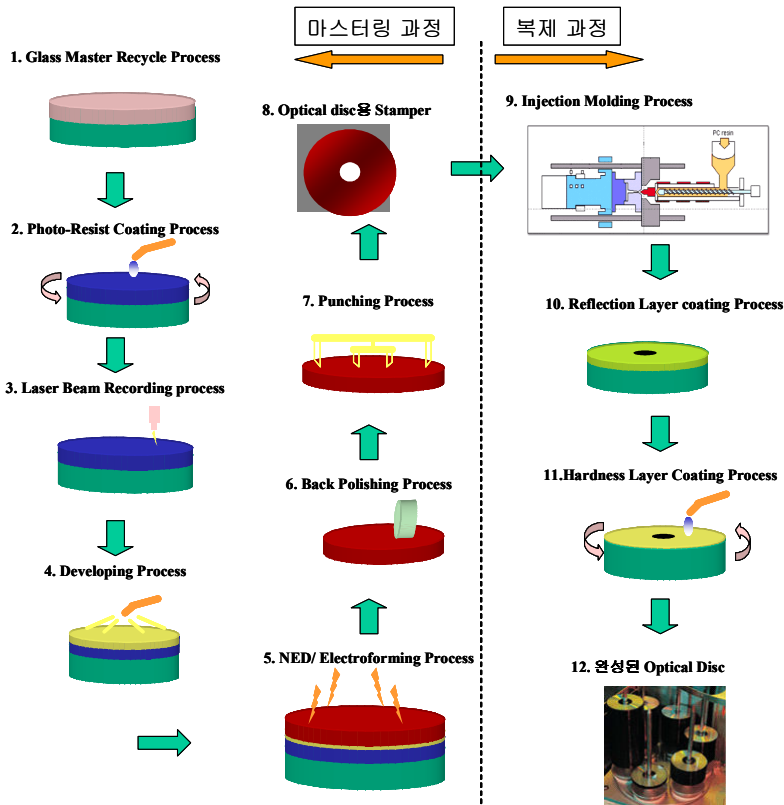
먼저 마스터링 과정을 살펴보면 다음과 같다.

- ① <그림 2-2>에 나타난 것과 같이 가장 먼저 재활용이 가능한 유리기판을 깨끗이 세정하여 준비한다.
- ② 준비된 유리기판에 리소그래피가 가능한 포토레지스터를 스펀코팅법에 의해 균일하게 도포한다. CD-ROM은 피트와 피트 간격이 $1.6\ \mu\text{m}$ 이고 최소 기록마크의 크기가 $0.83\ \mu\text{m}$ 이므로 포토리소그래피과정은 전자빔이 아닌 레이저빔을 이용하여 제작하게 된다.
- ③ 레이저빔을 이용하여 기록하고자 하는 정보의 패턴을 포토레지스터위에 기록한다.
- ④ 포토레지스터에 적당한 현상액으로 리소그래피한 영역을 현상해 낸다.
- ⑤ 스탬퍼(stamper)에 일반적으로 사용되는 재질인 니켈을 기상증착 또는 전기도금에 의해서 약 $300\ \mu\text{m}$ 의 두께로 증착한다. 이렇게 만들어진 스탬퍼를 마스터로 부른다. 스탬퍼의 규격은 직경이 $138\pm 0.01\ \text{mm}$, 두께는 약 $290\pm 10\ \mu\text{m}$ 으로 규격화되어 있고 내경은 CD와 CD-R 스탬퍼인 경우는 $34.000\ \sim 34.015\ \text{mm}$, DVD 스탬퍼인 경우는 $22.000\ \sim 22.015\ \text{mm}$ 로 설계되어 있다. 스탬퍼 1장으로는 대략 50,000장 정도의 디스크를 복제할 수 있다.
- ⑥ 준비된 마스터를 사출금형에 장착하기 위해서 후면을 경면 가공한다.
- ⑦ 경면 가공된 스탬퍼를 내부직경과 외부직경을 규격에 맞추어 편칭 가공한다. 이 공정에서는 스탬퍼의 두께를 어느 정도 균일하게 유지하며, 후면의 평탄도를 어느 정도 정밀하게 관리하는가가 중요한 관건이다.
- ⑧ 복제를 위해 준비된 스탬퍼이다.
- ⑨ 완성된 스탬퍼를 사출성형기에 장착하고 광디스크 기판으로 주로 사용되

고 있는 폴리카보네이트라는 고분자 플라스틱을 주입하여 사출성형한다.
 0 반사층으로 사용되는 은색의 알루미늄 또는 금빛의 금속반사층을 증착한다.

- 1 반사층의 보호를 위해서 강도가 높은 폴리머 플라스틱을 코팅한다.
- 2 라벨을 붙이고 포장하여 출하가능한 CD-ROM으로 완성한다.

<그림 2-2> CD-ROM의 마스터링 과정 및 복제과정



위의 과정중 1 ~ 8 까지를 마스터링과정이라고 부르고, 9 ~ 12 과정을 복제과정이라고 부른다. 특히 5의 니켈증착과정을 거친 마스터를 유리기판과 분리하는 과정에서 유리기판을 재사용을 위해서 처음 공정으로 되돌려 진다.

DVD-ROM을 제작하는 과정은 CD-ROM을 제조하는 위의 과정은 동일하게 진행된다. 다만 피트간격이 1.6 μm 에서 0.74 μm 으로 감소하였고, 최소기록마크의 크기도 0.4 μm 로 CD-ROM보다 작다. 그밖에 레이저의 파장과 개구수 등 여러 가지 다른 기술적 변수들이 있다. CD-ROM과 DVD-ROM의 기술적인 차이점을 <표 2-1>에 정리하였다.

<표 2-1> CD-ROM과 DVD-ROM의 비교

		CD-ROM	DVD-ROM
마스터링		스탬퍼	스탬퍼
디스크기판		폴리카보네이트	폴리카보네이트
디스크 두께		1.2 mm	0.6 mm의 2개 기판접합
크기		12 cm/8 cm	12 cm/8 cm
용량	단층	650 MB(표준디스크)	4.7 GB(단면)/9.4 GB(양면)
	이층	-	8.5 GB(단면)/17 GB(양면)
트랙피치		1.6 μm	0.74 μm
트랙수(인치당)		16,000	34,600
비트수(인치당)		24,000	49,800
사용 레이저의 파장		780 nm	635 ~ 650 nm
개구수(Numerical Aperture)		0.45	0.6
비트간격		0.278 μm	0.132 μm
데이터 전송속도		7.5 Mbps	6.9 Mbps

(2) 일회 및 반복기록용 광디스크

A. 일회기록용 광디스크

일회 기록용 광디스크는 CD-R/DVD-R이며, WORM(Write Once Read

Many)라고 불리고 있으며 이때의 R은 Recordable을 의미한다. CD-R은 1988년 일본의 Taiyo-Yuden사가 발표하여 제품으로 처음 출시되었다. 1996년에는 CD-R과 관련있는 40여개의 회사가 참여한 Orange Forum을 결성함으로써 CD-R에 대한 규격과 논쟁은 마무리되었다.

CD-ROM의 경우는 미리 패터닝된 스탬퍼를 이용하여 복제를 하지만 CD-R/DVD-R의 경우는 레이저빔을 이용하여 기록마크를 형성한다는 점에서 CD-ROM과 대별된다. 레이저빔은 CD-R의 기록매체층과 어떠한 형식으로든지 반응하여 기록마크를 형성하게 된다. 일반적으로 이 기록마크를 형성하는 방법은 3가지 정도로 나뉘어 볼 수 있다. 첫째는 레이저빔을 기록층에 조사하였을 때 ablativ-pit를 형성하는 방법이고 둘째는 bubble-forming에 의해 기록마크를 형성하는 방법이고 셋째는 색소를 포함하고 있는 폴리머층에 CD-ROM에 사용되는 레이저의 출력보다 훨씬 강한 레이저빔을 조사함으로써 색소층을 태워 영구히 기록하는 방식이다. 이들 중 현재는 3번째 방식이 가장 광범위하게 사용되고 있다.

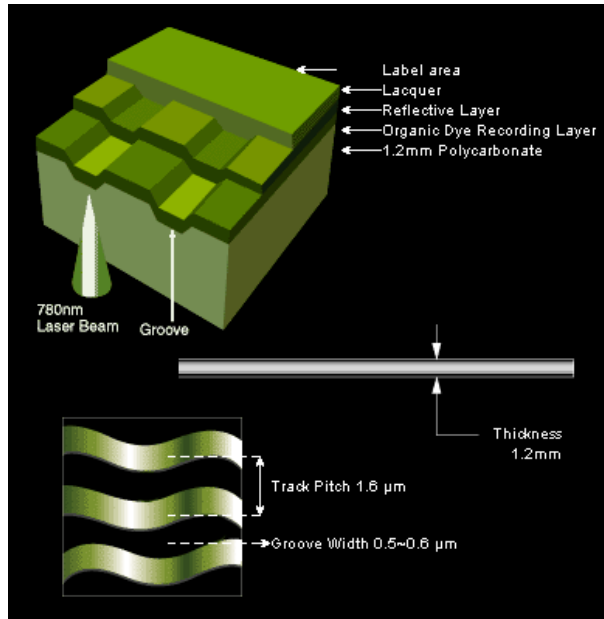
기판은 CD-ROM과 마찬가지로 폴리카보네이트를 사용하며 CD-ROM과 가장 다른 특징으로는 기록시 트래킹이 가능하도록 그루브(groove)라고 불리는 굴 형태의 홈이 미리 새겨져 있다. CD-ROM의 경우는 미리 피트가 나선형의 열을 형성하고 있기 때문에 재생시 트래킹을 위한 그루브가 필요하지 않으나 기록되지 않은 CD-R의 경우는 미리 패터닝을 하는 것이 아니므로 기록과 재생을 위해서는 그루브가 필요하게 되는 것이다. CD-ROM과 다른 또 한가지는 유기물 색소층이 존재한다는 것이다. 이 색소층을 염료(dye)라고도 하는데 조사되는 강한 레이저빔에 의해 타면 색소층은 변형되어 그 흔적이 기록마크가 되는 것이다. 또한 반사층으로 사용되는 물질 역시 CD-ROM과는 다르다. CD-ROM은 알루미늄을 주로 사용하는데 CD-R의 경우에 알루미늄을 사용하면 반사율이 작기 때문에 신호 대 잡음 비가 높은 신호를 확보할 수가 없게 된다. 따라서 CD-R에서는 금 또는 은을 반사층으로 사용한다. 금속의 반사율은 조사되는 빛의 파장

에 따라 다른 반사율은 보인다. CD-R에 사용되는 780 nm의 레이저빔에 대한 금과 은의 반사율은 90 %을 상회하며 색소층을 사용한 경우라 하더라도 대략 65~70 %이상의 반사율을 얻을 수 있다.

제조방법은 CD-ROM의 제작방식과 크게 다르지 않다. 다만 CD-R에 사용되는 스탬퍼는 데이터가 미리 패터닝된 형태가 아니라 랜드/그루브 형식을 갖고 있으며, 색소층의 코팅공정이 추가된다는 점을 제외하면 대부분의 공정은 CD-ROM의 제작공정과 유사하다고 하겠다. 또한 CD-R의 트랙피치는 1.6 μm 이고 디스크의 두께도 1.2 mm로 CD-ROM과는 같은 규격을 갖게 되어 기존의 CD-ROM용 드라이브에서도 CD-R을 그대로 재생할 수 있다는 장점이 있다. 이렇게 광저장장치는 하위버전의 드라이브에서도 상위버전의 광저장장치가 재생될 수 있는 backward compatibility가 매우 중요하게 고려되어야 할 요인이 된다. <그림 2-3>에 CD-R의 개략적인 형태와 자세한 사양을 나타내었다.

DVD-R의 경우도 모든 공정이 CD-R과 매우 유사하지만 0.6 mm기판 2장을 사용하며, 접착공정이 있다는 것이 CD-R과는 다르다.

<그림 2-3> CD-R의 개요도 및 사양
 (ref. <http://www.infodisc.co.kr>)



B. 반복기록용 광디스크

반복기록용 광디스크는 기록방식이 광자기 기록방식과 상변화 기록방식으로 크게 나뉜다. 반복기록용 광디스크중 포맷별로 살펴보면 CD계열은 CD-RW/CD+RW가 있으며 DVD계열은 DVD-RW/DVD+RW /DVD-RAM의 3종류가 있다. 광자기 기록방식은 기록헤드의 구조가 복잡하며 재생시 광학계의 구성도 복잡한 단점이 있는 반면에 기록밀도를 높일 수 있고 이론상으로는 무한정 재기록이 가능하다. 상변화 기록방식은 헤드의 구조가 단순하여 제조공정이 매우 편리하지만 상변화물질의 열이력에 의해서 재기록을 무한히 할 수 없는 단점이 있다. 반복기록용 광디스크가 출시된 초창기의 CD-RW는 주로 광자기 기록방식이 우세하였으나 현재의 대부분의 CD-RW/CD+RW 및 DVD-RW/DVD+RW등의 광디스크에서는 상변화기록방식을 채택하고 있다. 그렇지만 일

본과 유럽을 중심으로 한 광디스크 시장은 여전히 광자기 기록방식을 채택한 광디스크를 사용하고 있다. 본 장에서는 광자기 기록방식을 먼저 설명하고 상변화 기록방식에 대해서 설명하기로 한다.

(3) 광자기 기록방식의 광디스크

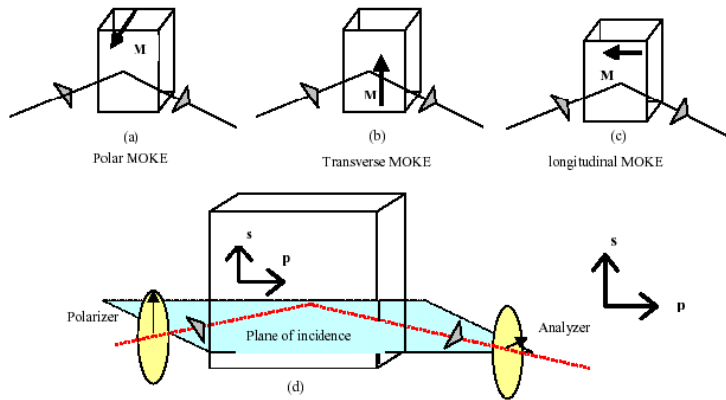
광자기 기록방식을 이해하기 위해서는 먼저 광자기효과가 무엇인가에 대한 이해가 필요하다. 광자기 기록물질에 대한 연구는 MnBi를 중심으로 1960년대부터 연구되고 있었다. 1960년 휴즈(Hughes)연구소의 마이먼(Theodore H. Maiman)에 의해 가시광 영역인 694.3 nm의 붉은색인 루비레이저광이 최초로 발진된 후에 MnBi는 광자기 기록물질로서의 응용성이 탐색되었다. 그러나 당시의 레이저빔의 크기와 비슷한 크기의 결정립으로 인하여 잡음이 매우 크고, 제조공정의 어려움, 제조된 박막의 안정성 등으로 인하여 실용화에 실패하였다. 그러나 1970년대에 IBM연구소에서 수직자기특성을 갖는 희토류-천이금속의 합금인 GdCo 합금으로 광자기 기록매체로서의 특성을 타진하면서부터 광자기 기록분야의 연구가 활기를 띠게 되었다. 그러나 보상온도를 갖는 조성비를 조절하기가 매우 까다롭기 때문에 실질적인 응용에 도달하지 못했다. 그 후에 일본에서는 희토류-천이금속의 합금계열인 Tb-Fe, TbCo, TbFeCo 등 Gd계열보다는 Tb계열의 연구가 진행되었고 그 결과 Tb계열의 합금이 수직자기특성과 보상온도 면에서 Gd계열보다 적합하며 보자력도 매우 커서 외부의 자기장에도 반응하지 않고 충분히 안정적이다 라는 결과를 얻게 되었다.

A. 광자기 효과

광자기 효과란 자성물질에 빛을 조사하였을 경우에 나타나며 편광된 빛의 편광상태가 바뀌는 것을 말한다. 즉, 선편광된 빛을 자성물질에 조사하면 선편광된 빛과 자성물질의 자화가 반응하여 입사된 빛의 편광면이 투과 또는 반사후 회전을 일으키고 하고 선편광에서 타원편광으로의 편광상태의 변화가 나타나

게 된다. 그 양상이 자성물질을 투과한 경우에 나타나면 패러데이효과(Faraday effect), 자성물질에 반사된 경우에 나타나면 커효과(Kerr effect)라고 한다. 커 효과도 자성물질의 자화상태에 따라서 transverse Kerr effect, longitudinal Kerr effect, polar Kerr effect 등 3가지로 분류한다.

<그림 2-4> 커효과의 종류와 원리:(a) polar Kerr effect (b) transverse Kerr effect (c) longitudinal Kerr effect (d) Kerr angle의 측정



Transverse Kerr effect와 longitudinal Kerr effect는 자성물질의 자화가 반사면에 평행하게 놓여 있는 경우에 발생하며, polar Kerr effect는 자화가 반사면에 수직으로 놓여 있는 경우에 나타나게 된다. 광자기 기록 방식은 수직자화물질을 사용하게 되므로 polar Kerr effect를 이용하여 기록과 재생을 한다. <그림 2-4>에 커효과에 대한 개략도를 나타내었다.

B. 광자기 디스크의 기록과 재생원리

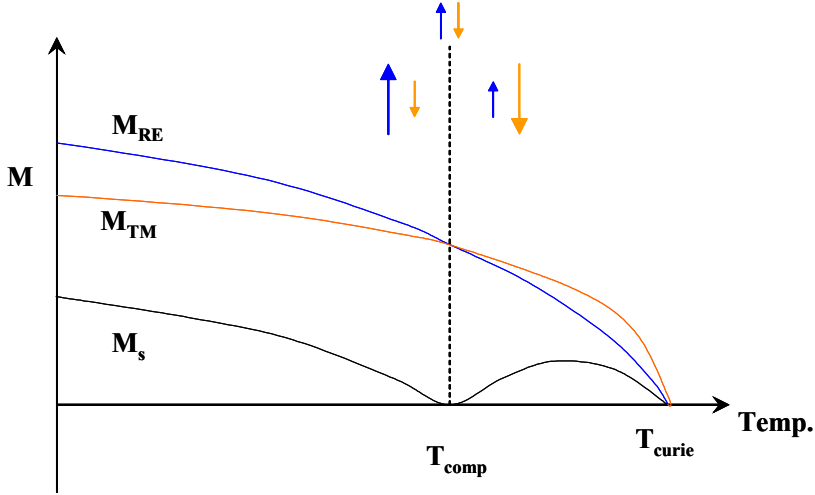
광자기 디스크의 기록재료는 희토류-천이금속 계열이 사용된다. 천이금속으로 주로 사용되고 있는 Fe, Co은 ferromagnetism 특성을 나타내지만, 희토류

계 금속들과의 합금을 성형하였을 경우에는 antiferromagnetism을 나타내며 특히 부격자(sublattice)들의 자화값이 서로 다른 ferrimagnetism을 나타내게 되어 있다. 또한 <그림 2-5>에 보인 것과 같이 희토류계 금속과 천이금속의 자화값의 온도의존성이 서로 다르기 때문에 아주 특이한 거동을 보이게 된다. 따라서 이와 같은 특성으로 인하여 특정온도에서 부격자들의 자화현상이 크기는 같지만 방향을 다른 즉 총 포화자화값이 '0'이 되는 특이한 현상이 나타나게 되는 것이다.

이러한 현상이 나타나는 온도를 보상온도(compensation temperature)라고 하며 이 보상온도에서 보자력이 급격히 증가하는 현상을 보인다. 그러므로 광자기 기록매체를 이용하여 기록을 할 경우에는 먼저 기록층의 온도를 희토류-천이금속의 큐리온도 근처까지 초점이 형성된 레이저빔으로 가열하여 자성체의 자화를 줄여준다. 이때 보자력도 따라서 감소하게 되며 이 상태의 기록층에 광기록헤드로부터 적당한 자기장을 발생시키게 되면 이 자기장의 방향으로 자화의 방향이 바뀌게 된다. 이렇게 방향이 바뀐 자구가 기록마크의 역할을 하는 것이다.

재생의 경우는 광학계가 상변화 기록방식보다 좀 더 복잡하다. 커효과로 야기된 커회전각을 측정하기 위해서는 재생용 레이저빔을 편광계를 사용하여 선편광의 상태로 만들어 주어야 한다. 그 후에 기록층으로 조사된 레이저빔이 매체와 반응하여 커회전각의 변화가 일어나면 이것을 검출하기 위해서 검광자를 써야 한다. 일반적으로 사용되는 광자기 기록방식의 디스크에서는 기록과 재생을 위해서 약 0.3° 정도의 커회전각의 변화면 충분하다고 알려져 있다.

<그림 2-5> 희토류-천이금속 부격자와 포화자화의 온도의존성
 (MRE:희토류의 자화, MTM:천이금속의 자화, MS:포화자화,
 Tcomp:보상온도, Tcurie:큐리온도)



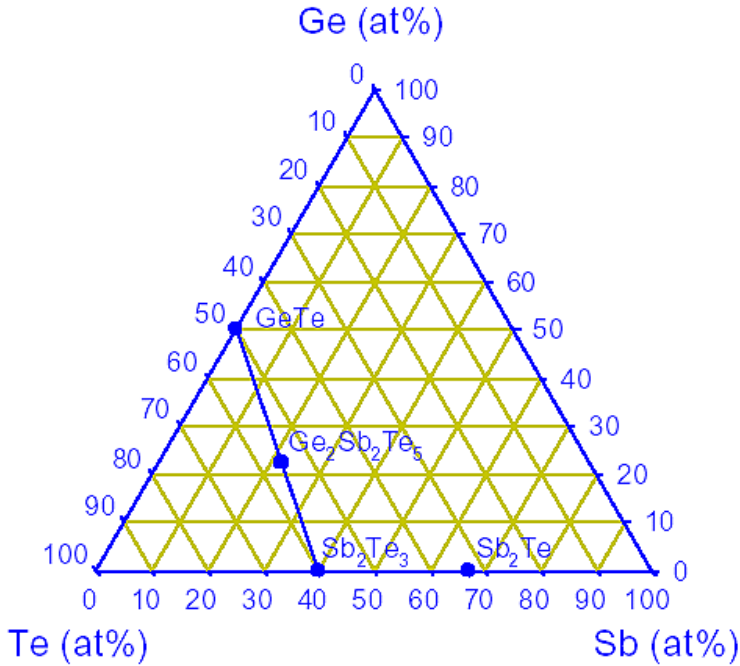
(4) 상변화 기록방식의 광디스크

A. 상변화 현상

상변화 디스크는 재료의 상변화에 의한 반사율의 차이로 기록된 정보를 인식하는 방식을 채택하고 있다. 모든 물질은 열원이 공급됨에 따라서 재료자신이 갖고 있는 평형상태를 더욱 안정된 상으로 바꾸려는 속성이 있다. 이러한 과정에서 나타나는 것이 상의 변화이다. 재료를 구성하는 원자들이 규칙적인 배열을 갖으면 결정질상이 되고 그렇지 않고 불규칙적인 배열을 갖으면 비정질상이 되는 것이다. 이러한 특성을 연구하던 S. R. Obshinsky는 1968년에 chalcogenide계에서 광기록에 의한 order-disorder 기억효과를 발견하였다. 당시의 조성은 $Te_{81}Ge_{15}S_2Sb_2$ 4원계합금이었는데 데이터의 전송속도와 연관이 있는 재료의 결정화 전이시간은 $1 \mu\text{sec}$ 로 비교적 길었다. 한편 비정질상태로의 전이시간은 급속응고에 의한 효과로 결정이 되므로 광디스크의 관점에서 살

펴보면 국소부분의 가열후 급속응고현상에 의한 상변화는 크게 문제가 되지 않았다. 그러나 계속되는 연구로 결정질상으로의 전이시간이 빠른 재료들이 발견되었는데 그중에 가장 대표적인 것이 GeTe-Sb₂Te₃계이다. 이 재료는 결정화 전이 시간이 30 nsec에서 100 nsec 정도로 빠른 양상을 보이고 있다. 그렇지만 30 nsec의 속도로는 고속 기록을 위한 시간으로는 충분하지가 않기 때문에 현재는 화학양론적(stoichiometric) 조성이 아닌 공정(eutectic)조성을 이용한 재료를 사용하고 있다. 이런 공정조성중 가장 많이 사용되고 있는 것이 Ge₂Sb₂Te₅이다. 공정조성을 사용할 경우 결정화기구는 핵생성에 의한 것이 아니라 이미 공정조직내의 기지(matrix)에 존재하는 미소결정들의 성장에 의해서 설명된다. 따라서 핵생성기구가 지배하는 화학양론적 조성보다 빠른 결정화 전이시간을 얻게 되어 데이터의 전송속도를 증가시킬 수 있는 것이다. <그림 2-6>에 Ge, Sb, Te의 3원 상태도를 나타내었다.

<그림 2-6> Ge-Sb-Te의 3원 상태도와 공정조성

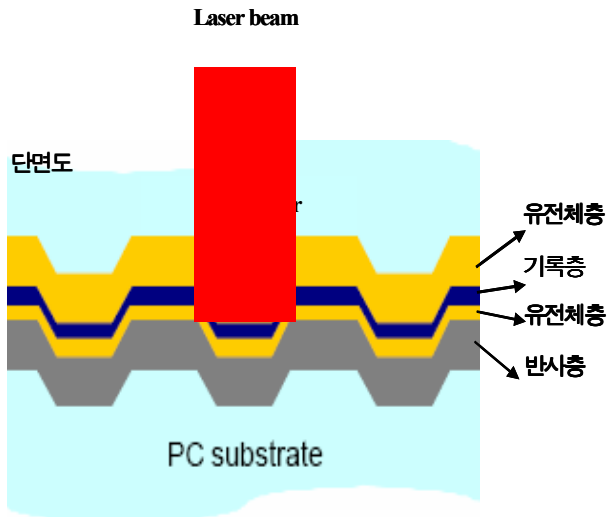


B. 상변화 디스크의 기록과 재생

전형적인 상변화 디스크는 <그림 2-7>과 같은 구조를 갖는다. 기판위에 반사를 위한 반사층을 증착한 후에 기록층이 되는 상변화 재료를 유전체층이 위와 아래에서 싸고 있는 샌드위치 구조를 하고 있다. 상변화 디스크는 기록층의 상변화를 유도하기 위해서 광자기 기록방식의 디스크보다 높은 600 °C의 기록온도를 요구한다. 따라서 광자기 기록방식의 디스크에서 사용되었던 질화물계의 유전체로는 열의 분산과 같은 문제를 해결하기가 어렵다. 그래서 상변화 디스크에서는 700 °C 이상에서도 안정된 상을 유지하는 ZnS 또는 ZnS-SiO₂ 계열의 유전체를 사용한다. 상변화 디스크에서 열문제를 저감시키기 위한 방법으로는 고온에서도 안정된 상을 갖는 유전체층을 사용하는 것과 기록층으로 사용되는 상

변화 재료의 두께를 매우 얇게 하여 열흡수에 따른 변형을 최소화하는 것이다. 현재는 유전체층의 두께를 조절함으로써 열을 흡수, 소산시키는 반사층과의 최적화를 이루고 있다.

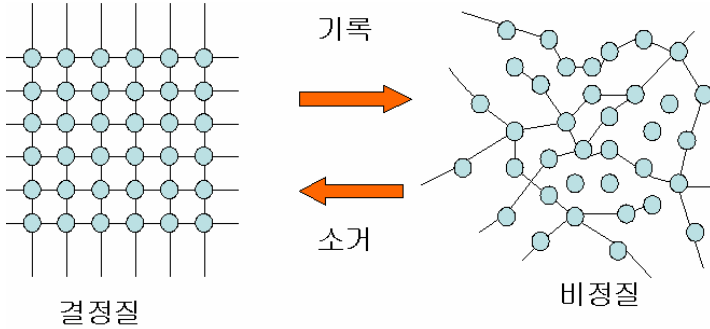
<그림 2-7> 전형적인 상변화 디스크의 단면도



상변화 디스크는 불규칙적인 원자배열을 갖는 비정질상과 규칙적인 원자배열을 갖는 결정질상 사이의 반사율의 차이를 인지하여 기록비트의 유무를 판단하도록 고안된 저장장치이다. 결정질상으로 준비된 광디스크에 용융온도(T_m)이상으로 레이저빔을 조사하게 되면 이 결정질상은 용융하고 레이저빔을 제거한 후에 급속한 냉각과정을 거쳐 비정질상으로 상변화를 일으키게 된다. 이러한 과정이 바로 기록과정이다. 한편, 기록된 비트에 유리전이온도(T_g)이상이면서 용융온도이하의 온도구간까지만 가열한 후 냉각시키면 레이저에 의해서 제공된 열에너지에 의하여 불규칙상으로 존재하던 원자들이 운동에너지를 얻어 에너지 상태가 낮은 결정격자의 격자점으로 이동하게 된다. 이러한 과정을 거쳐 광디스크의 기록을 지울 수 있게 되는 것이다. <그림 2-8>에 상변화 디스크의 기록과

소거과정의 도시하였다.

<그림 2-8> 상변화 재료의 기록 및 소거 특성



(5) 광디스크 규격과 호환성

현재까지 사용되는 모든 광디스크의 가장 큰 장점중의 하나는 상위버전의 광디스크 드라이버에서 하위버전의 광디스크를 읽을 수 있는 backward compatibility이다. 그렇기 때문에 제1세대인 CD계열의 CD-R, CD-RW/CD+RW는 Red Book, Yellow Book, White Book, Green Book, Orange Book과 같은 표준규격을 정하여 시장을 정리하여 왔다. 그러나 광저장 장치의 기술이 급속도로 발전하여 대용량의 제2세 디스크인 DVD계열의 디스크에서는 아직까지 통일된 규격을 갖고 있지 못하다. 간략하게 DVD 디스크의 규격을 살펴보면 다음과 같다.

DVD-RAM은 제일 먼저 DVD forum에서 정한 규격으로 video recording 용으로 개발되었다. 기록방식은 land/groove 기록방식으로 기존의 광드라이브와는 호환이 되지 않는다. 개발초기에는 cartridge type으로 개발되었으나 현재는 cartridge를 사용하지 않고 있다.

DVD-RW는 전문가를 위한 authoring ROM 용으로 개발하였으나, 곧 consumer market에 등장하였고 기존 드라이브와 호환이 가능하다.

DVD-RAM과는 다른 groove recording 방식을 채택하고 있다.

DVD+RW는 video 및 data recording용으로 개발되었으나 PC 환경에 바로 적용되었다. DVD-R/RW와는 개발초기부터 상호 호환이 가능하였다.

위와 같이 여러 가지의 규격은 각각의 개발회사들이 참여하고 있는 포럼에 따라서 다르게 나타나고 있다. 그러나 현재에는 서로 다른 규격이 광저장장치시장의 성장을 가로 막고 있다는 지적에 따라서 대부분 호환이 가능한 드라이브들이 개발되고 있다.

다. 청색레이저를 이용한 차세대 광저장장치

(1) 청색레이저를 이용한 저장장치의 종류

A. Blu-ray Disc

아직까지 차세대 청색레이저를 이용한 기록방식의 표준규격은 정해지지 않았다. 그러나 가까운 미래에 실현될 HDTV를 기준으로 표준규격이 정해질 것으로 예상되고 있다. 따라서 데이터 전송속도는 36 Mbps 급이 될 것이고 기록용량은 HDTV방송 2시간 분량을 녹화할 수 있는 24 GB가 표준으로 자리잡을 것으로 보여진다. 이러한 자격요건을 갖춘 차세대 광저장장치는 현재 BD (Blue-ray Disc), AOD (Advanced Optical Disk), HD-DVD 등이 있다. 이 중에서 BD는 가장 먼저 언급된 규격으로서 광저장장치의 세계수요를 대부분 감당하는 9개의 대형회사들이 참여하여 규격을 결정하고 있다. 이 포럼에 참여하는 기업은 Hitachi, LG, Matsushita, Pioneer, Philips, Samsung, Sharp, Sony, Thomson 이며 이들이 제시한 규격은 NA 0.85, front surface recording방식을 채택하였기에 cover layer의 두께는 0.1mm, 저장용량은 단층인 경우는 23.3, 25, 27 GB 이층인 경우는 46.6, 50, 54GB로, 데이터 전송속도는 36Mbps로 정해졌다. 현재까지는 DVD의 13배속에 해당하는 4배속이 발표되었다. 2003년 현재 기록용 레이저는 405 nm의 파장에 출력은

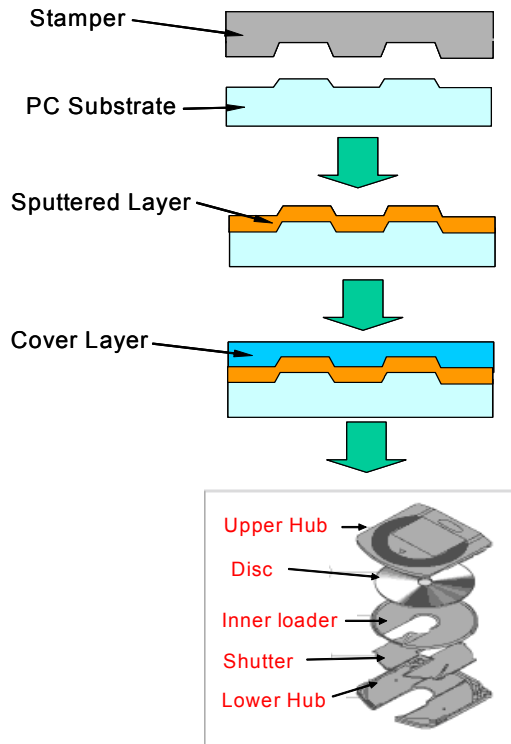
65-85 mW, 2004년 100 mW 예상하고 있으며 재생용으로는 단일층일 때 출력은 3 mW면 충분할 것으로 예측되고 있다. <그림 2-9>에 현재 출시되고 있는 SONY사의 BD 드라이브와 디스크에 대한 사진을 나타내었다. 여기에 보인 BD는 가격은 약 ~ 450,000 엔이며 23GB의 blu-ray 디스크를 기록할 수 있다. 총 기록시간은 각각의 모드에 따라 다른데 DR Mode (2~4.4 Hrs), HR Mode (3 Hrs), SR Mode (6 Hrs), LR Mode (12Hrs)로 제시되었다. 더욱이 놀라운 것은 CD, DVD Video, DVD-R, DVD-RW와 같은 다른 광저장 장치와도 완벽하게 호환된다는 것이다.

<그림 2-9> Blu-ray 드라이브(a)와 blu-ray disc(b)



<그림 2-10>에 BD의 제작공정을 나타내었다. BD는 1.1 mm의 기판을 사용하며 기존의 DVD공정에 사용되는 사출성형법을 그대로 적용할 수 있다. 즉 패터닝된 마스터를 이용하여 기판을 성형하고 기록과 반사 및 유전체층을 증착한 후에 보호층을 코팅하는 것으로 공정은 마무리된다.

<그림 2-10> Blu-ray disc의 제작공정도 및 카트리지 상세도



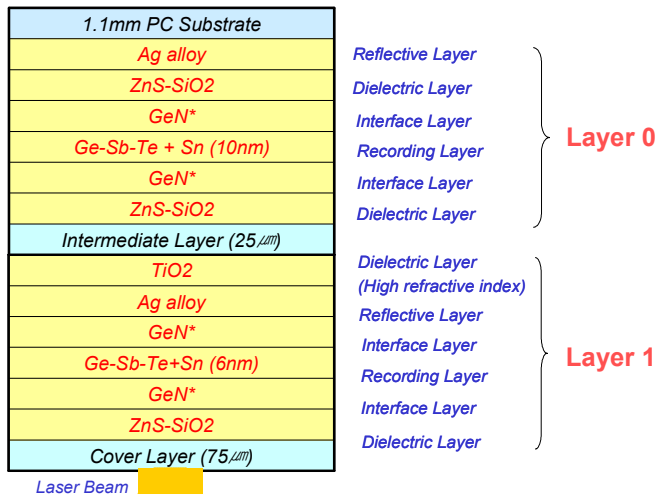
BD에서는 보호층의 특성이 매우 중요한데, 이 보호층에 대한 사양은 두께가 0.1mm, birefringence는 30 nm 이하가 되어야 하며, 투명도는 80%이상으로 전 영역에 걸친 두께의 균일도는 $\pm 2\mu\text{m}$ 이하로 조절되어야만 한다. 이러한 이유는 BD는 대물렌즈의 NA가 매우 큰 0.85를 사용하고 있기 때문에 만일 기관이 기울어진 경우 DVD와 같은 정도의 tolerance를 갖기 위해서는 보호층의 두께가 반드시 0.1 mm로 조절되어야만 하는 것이다.

또한 기관의 가장 앞면을 이용하여 기록하기 때문에 표면의 먼지, 흠집 등을 방지하기 위해서 반드시 카트리지를 사용하도록 설계되었다.

특히 2층을 사용한 BD-RE의 경우는 층별 구조가 매우복잡하며 아직까지 완

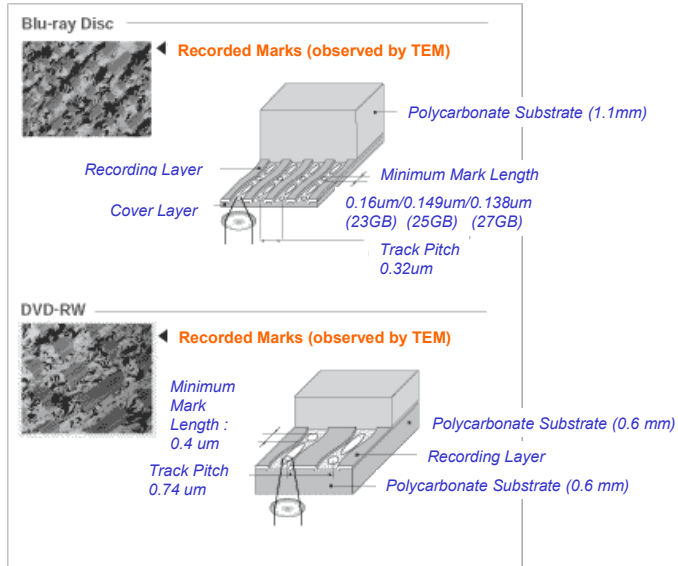
전히 공개되지는 않고 있다. 현재까지는 1.1 mm의 기판위에 25 μm의 중간층을 두고 보호층은 75 μm으로 설계된 것으로 알려져 있다. 반사층으로는 Ag의 합금을 사용하였으며 특히 유전체층은 GeN를 추가하여 열문제의 해결을 도모한 것으로 추정된다.

<그림 2-11> BD-RE의 층별 구조도;*추정된 물질



BD는 여러 가지 면에서 기존의 DVD와는 크게 다르다고 할 수 있다. 최소기록마크의 크기가 DVD는 400 nm 인데 반하여 BD는 용량에 따라서 최소 138 nm에서 최대 160 nm정도이다. 트랙피치도 BD는 320 nm로 DVD의 740 nm에 비교해서 절반에도 못미치는 작은 값을 갖는다. 또한 기록과 재생에 사용되는 레이저빔도 DVD는 적색이지만 BD는 청색인 405 nm의 파장을 사용한다. <그림 2-12>에 BD와 DVD의 구조적인 차이와 기록마크를 실제적으로 기록층에 기록한 경우의 전자현미경사진을 보였다.

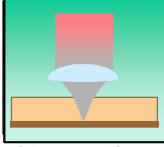
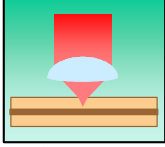
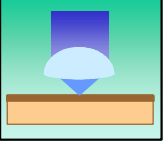
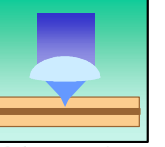
<그림 2-12> BD와 DVD의 차이점



B. AOD와 HD-DVD

AOD는 일본의 Toshiba, NEC가 주축이 되어서 추진하고 있는 광디스크의 표준규격으로서 가장 큰 특징은 기존의 광기록헤드를 사용하는 DVD와 완벽하게 호환된다는 것이다. BD의 경우 초기 제품은 DVD와 호환이 되지 않아서 불편을 초래하기도 하였다. AOD는 NA를 0.65를 사용하고 0.6 mm의 기판을 사용하며 land/groove 기술을 적용하여 15 GB의 ROM과 20 GB의 rewritable 디스크를 출시하였다. 그러나 AOD 기판은 먼지 등 외부 교란물질에는 비교적 강하나, tilt margin이 문제가 된다.

<그림 2-13> 1세대, 2세대, 그리고 3세대의 광저장장치의 사양비교

CD	DVD	BD/HD-DVD	AOD/HD-DVD
			
1 st generation	2 nd generation	3 rd generation	3 rd generation
Audio	SD Video	HD Video	HD Video
0.7 GB	4.7 GB / 8.5 GB	25 GB / 50 GB	17 GB / 34 GB
1X: 1.2 Mb/s	1X: 11 Mb/s	1X: 36 Mb/s	1X: 36 Mb/s
$\lambda = 780 \text{ nm}$	$\lambda = 650 \text{ nm}$	$\lambda = 405 \text{ nm}$	$\lambda = 405 \text{ nm}$
NA = 0.45	NA = 0.60	NA = 0.85	NA = 0.65
1.2 mm substrate	0.6 mm substrate	0.1 mm cover	0.6 mm substrate

한편 HD-DVD는 현재 광저장장치의 미디어부분에서 세계시장의 대부분을 차지하고 있는 대만의 AOSRA (Advanced Optical Storage Research Alliance)가 주축이 되어 추진하고 있는 규격으로서 아직까지 세계적으로 큰 호응을 얻고 있지는 않다. 사양은 NA가 0.85와 0.65의 2가지가 있으며 cover layer는 0.1 mm을 사용한다. 그리고 기판의 두께는 0.6 mm로 BD와 AOD의 중간 절충형의 모습을 지니고 있다. BD의 발빠른 움직임에 비해서 아직까지는 speed upgrade 발표가 없으나 BD보다는 낮을 것으로 추정되고 있다. 또한 용량의 증가에 대한 보고도 아직까지는 보고되지 않고 있다. <그림 2-13>에 각세대 광디스크의 사양을 비교하여 놓았다.

정보분석

본 장에서는 차세대 광저장장치중 주목받고 있는 청색광을 이용한 차세대 광저장장치에 관한 기술문헌과 한국, 미국, 일본, 유럽의 특허 분석을 통해 현재의 연구개발 현황 및 기술개발 추이를 다각적으로 분석하였다.

1. 문헌정보 분석 및 기술개발 동향

가. 정보 분석 대상 DB와 검색조건

문헌정보 분석은 특정기술영역별로 등장하는 키워드를 이용하여 문헌을 추출하고 이를 정량적으로 분석하는 것으로 정성적인 연구개발 동향 분석과 함께 기술개발 동향을 가늠해 볼 수 있는 중요한 지표를 제공한다.

본 보고서에서는 한국과학기술정보연구원이 제공하는 INSPEC DB를 사용하였다. INSPEC은 IEE(Institute of Electrical Engineer)가 서비스하는 공학분야 전문 학술 DB로 물리, 전기, 전자, 컴퓨터, 통신 분야의 논문정보를 보유하고 있으며 세계적인 권위를 가지고 있다. 현재 약 3,850여종의 저널과 2,200여종의 회의록, 보고서를 수록하고 있다.

청색광을 이용한 정보저장장치 관련 논문을 검색하기 위한 검색어는 blu*, laser*, ray*, storage*, disc* 등을 조합하여 검색하였다. 이렇게 검색된 관련 논문은 총 304건으로 이를 대상으로 연도별, 국가별로 기술개발 추이를 살펴왔다.

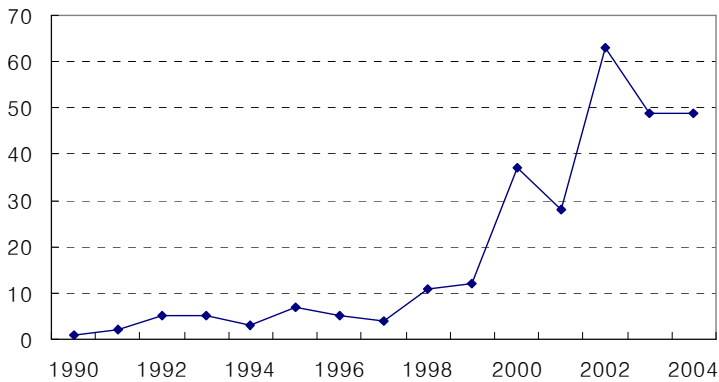
<표 3-1> 문헌정보 분석 대상 DB 및 검색식

대상 DB	DB내용	검색어	검색결과
INSPEC	물리, 전기, 전자, 통신 분야 세계 3,850여종의 과학기술저널	blu*, laser*, ray*, storage*, disc*	403

나. 문헌정보분석

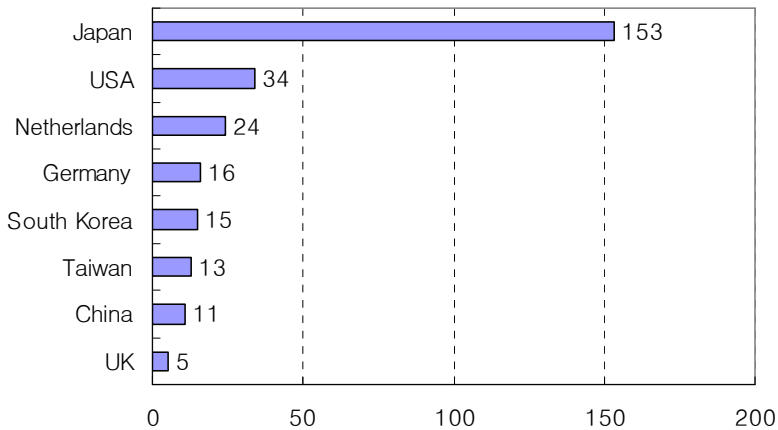
청색광을 이용한 저장장치에 관한 연구는 1980년대 초반부터 연구되기 시작하였으나 발표되는 논문건수는 미미한 수준이던 것이 1990년대에 접어들면서부터 최근까지 논문 발표가 꾸준히 증가하고 있는 연구분야이다. 특히 최근에는 나노기술을 이용한 광픽업헤드나 저장소재가 다양해져 관련 논문이 많이 증가하고 있다.

<그림 3-1> 연도별 논문 발표추이



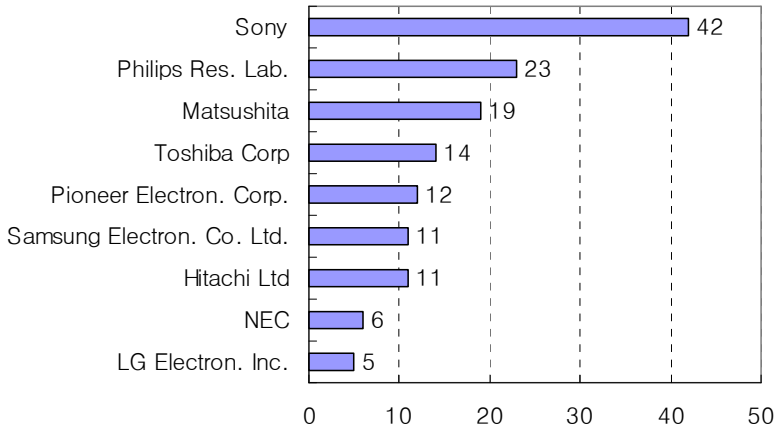
국가별 관련 논문 발표현황을 살펴보면 일본이 153건으로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 다음으로 미국, 네덜란드, 독일, 한국의 순으로 많은 연구논문을 발표하고 있는 것으로 나타났다.

<그림 3-2> 국가별 논문발표 현황



기관별 논문 발표현황도 소니, 마쯔시다, 히타치, NEC 등 일본기업이 상위랭크되어 있다. 국내기업의 경우는 삼성과 LG가 청색광을 이용한 저장 장치분야에 대한 연구를 진행하고 있다.

<그림 3-3> 기관별 논문발표 현황



논문발표현황을 저자별로 살펴보았을 경우는 특정저자에 편중되지 않고 고른 분포를 보이고 있다. 관련논문을 3건 이상 발표한 저자의 경우는 아래의 표와 같다. 가장 많은 논문을 발표한 저자는 일본 마츠시다의 Kitaoka, Y.로 5건의 논문을 발표하였다.

<표 3-2> 저자별 논문 발표건수

저자	건수
Kitaoka, Y.	5
Iwanaga, T.	4
Jooho Kim	4
Shinoda, M.	4
Shinotsuka, M.	4
Aoki, I.	3
Bing-Mau Chen	3
Kyung-Chan Park	3
Sakamoto, T.	3
Sturm, J.	3
Yung-Chiun Her	3

2. 특허정보 분석 및 기술개발 동향

가. 정보 분석 대상 DB와 검색조건

특허자료의 정보 분석을 위한 DB로는 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 제공하고 있는 USPA, JEPa, EUPa, KUPa를 사용하였다. USPA는 미국, EUPa는 유럽, JEPa는 일본의 특허청 공개특허 정보를 재가공한 DB이다. KUPa의 경우는 한국공개특허 DB이다.

나. 특허정보분석

청색광을 이용한 저장장치관련 특허 분석을 위해 외국 특허 DB의 경우 논문 검색과 마찬가지로 blu*, laser*, ray*, storage*, disc* 키워드를 조합하여 검색하였으며, 한국 특허 DB의 경우 청색*, 레이저*, 저장*, 디스크* 키워드를 조합하여 검색하였다.

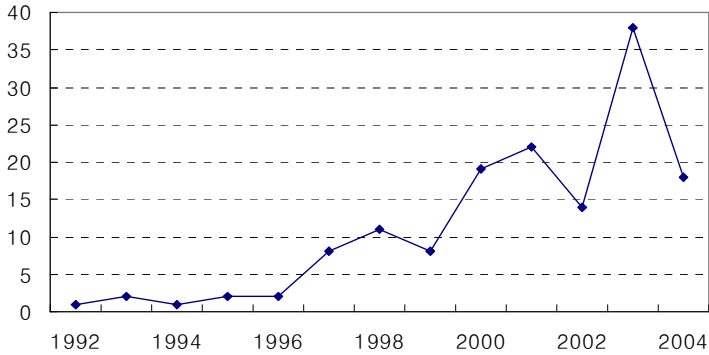
<표 3-3> 특허정보 분석대상 DB

특허 DB		검색 키워드	건수
해외특허	USPA	blu*, laser*, ray*, storage*, disc*	28
	EUPa		5
	JEPa		93
한국특허		청색*, 레이저*, 저장*, 디스크*	20

검색된 청색광이용 저장장치관련 특허는 총 146건으로 일본특허가 93건으로 가장 많았으며, 다음으로 미국특허로 28건, 한국특허는 20건, 유럽특허가 5건으로 나타났다.

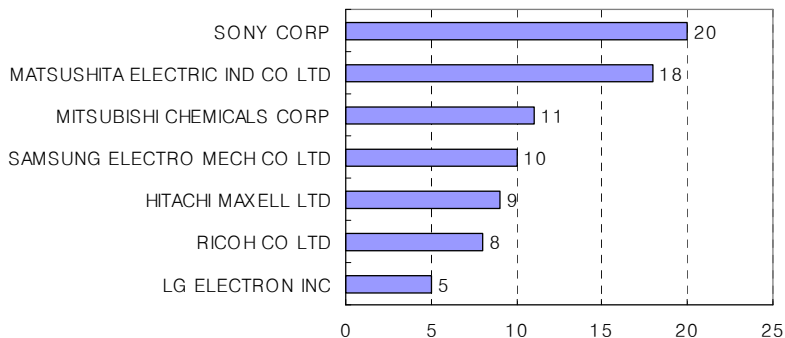
연도별 출원 동향을 살펴보면 1992년부터 관련 특허가 출원되기 시작하였으며 1990년 중반부터 현재까지 서서히 증가하는 경향을 보이고 있다.

<그림 3-4> 연도별 특허 발표추이



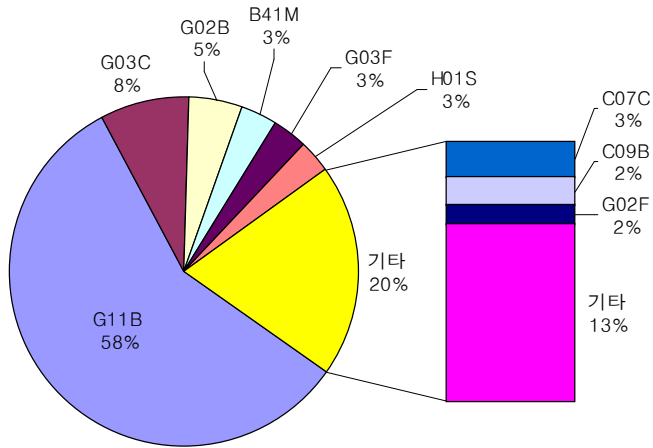
청색광을 이용한 저장장치관련 특허를 가장 많이 출원한 출원인은 일본의 소니로 20건을 출원하여 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이는 논문 발표현황과 일치하며 이 분야에서 가장 연구활동이 활발한 것으로 사료된다. 논문분석결과와 마찬가지로 특허출원역시 일본 기업이 상위에 랭크되어 있다. 소니 다음으로 많은 특허를 출원한 기업은 마쯔시다, 미쯔비시, 히타치 등이며 한국 기업으로는 삼성전자가 10건의 특허를 출원하였고 LG가 5건의 특허를 출원하여 각각 4위와 7위를 차지하였다.

<그림 3-5> 기관별 특허출원 현황



출원된 특허의 IPC 분류별 현황을 살펴보면 다음과 같다.

<그림 3-6> IPC 분류별 현황



청색광이용 저장장치관련 특허에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 G11B는 정보저장과 관련된 클래스로 기록매체와 변환기 사이의 상대적인 운동을 기본으로 하는 정보저장 장치를 포함한다. 청색광이용 정보저장장치분야의 특허가 많이 출원된 주요 IPC 분류의 내용은 아래의 표와 같다.

<표 3-4> 주요 IPC 분류 내용

IPC 분류	내용
G (물리학)	02B 광학요소, 광학계 또는 광학장치
	03F 사진제판법에 의한 요철화 또는 패턴화 표면의 제조
	03C 사진용 감광재료사진제판용의 것
	11B 기록매체와 변환기 사이의 상대적인 운동을 기본으로 하는 정보저장
B (처리조작)	41M 인쇄, 복제, 마킹 또는 복사 방법; 컬러 인쇄
H (전기)	01S 유도방출을 이용한 장치

3. 기술분야별 특허정보분석

가. 특허관련 기술

광픽업헤드는 광저장장치의 가장 핵심이 되는 부분이다. 매체의 경우는 대체로 상변화 물질을 사용하는 것으로 수렴되고 있으며 조성에 대한 새로운 특허는 거의 없는 형편이다. 다만 청색레이저를 사용하는 경우에 한하여 특허가 출원되어 있으나 아직까지는 미미한 편이라 하겠다. 따라서 본 장에서는 광픽업헤드에 관련된 기술을 중심으로 특허에 대한 분석을 시도하였다.

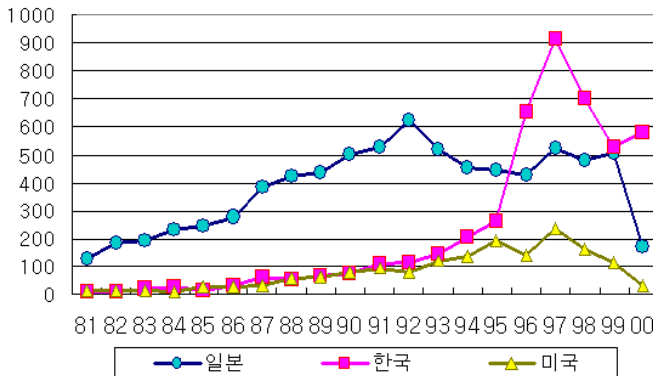
(1) 헤드관련기술

헤드에 관련된 기술은 상당히 많으나 여기에서는 CD/DVD용 헤드와 청색레이저를 넘어서는 기술로 각광받고 있는 근접장 및 탐침형 헤드에 관한 부분을 취급하였다. 특허출원국가는 우리나라, 일본, 그리고 미국으로 하였다. 기간으로는 CD가 널리 보급되기 시작한 1980년 이후에 등록된 특허를 대상으로 하였다.

A. CD/DVD 기록, 재생용 광픽업 헤드

레이저빔으로부터 나온 빔을 CD/DVD 디스크로 조사하도록 설계된 광학소자와 그들의 배치에 관한 기술분야이다. 이 분야의 특허를 국가별로는 분류하면 일본이 약 3000건으로 가장 많고 다음으로 한국이 1800여 건, 미국이 1000건의 특허출원 건수를 나타냈다. 특히 이중에서 CD/DVD 겸용 광픽업 헤드 기술 출원에 있어서는 우리 나라가 1000여 건으로 가장 많고 일본은 600여 건에 지나지 않는다. 이것은 우리나라에서 가장 먼저 combo형 광드라이브를 시장에 출시하는 것을 뒷받침에 주는 자료라고 하겠다. 흥미로운 것은 전세계적으로 광자기 기록방식의 드라이브와 매체가 차지하는 시장이 그리 크지 않음에도 불구하고 일본에서는 1500건으로 광자기 헤드 기술에 대한 특허가 출원되어 있었다.

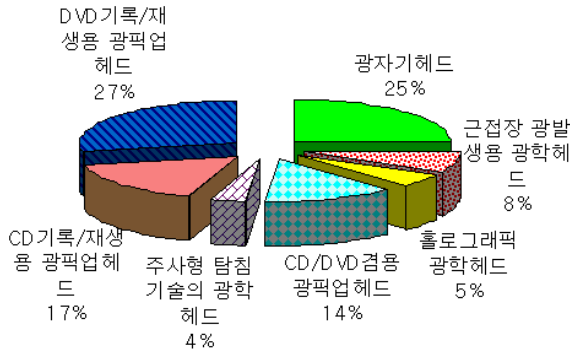
<그림 3-7> 국가별, 연도별 광픽업 헤드기술 특허출원동향



이 특허건수는 우리나라의 특허건수의 3배이상에 이르는 막대한 양이라고 하겠다. 즉, 일본은 여전히 국내시장을 비롯해서 유럽시장에 분포되어 있는 광자기 기록 매체의 시장을 유지하려는 노력을 계속하고 있는 것으로 생각된다. <그림 3-7>에는 광기록장치분야에 대한 연도별, 국가별 특허출원동향에 대해서 나타내 보았다.

일본은 1980년도부터 점차로 특허출원량이 증가하는 양상을 보이고 있다. 그러나 1992년을 정점으로 하여 서서히 하락하는 모습을 보인다. 이것은 일본에서의 광기록과 관련된 기술이 성숙하여 상당수가 제품으로 연결되었음을 의미한다고 볼 수 있다. 우리나라는 1995년을 기점으로 특허출원이 폭발적으로 이루어지고 있는 모습을 보이고 있다. 이는 그동안 외국의 기술을 모방하는 단계에서 벗어나지 못하다가, 축적된 연구결과를 바탕으로 시장을 선점하고자 하는 노력이 증대되었기 때문이라고 생각할 수 있다. 급증하던 출원양상은 외환위기가 야기했던 경제침체기인 1997년을 정점으로 그 증가세가 꺾이고 있다. 하지만 경제침체기를 벗어나던 1999년부터는 다시 점차로 증가하는 모습을 보이고 있다. 이는 광저장장치기술이 시장에서 수익을 가져올 수 있는 가능성이 있는 기술분야라고 파악되었기 때문이라고 추정할 수 있겠다.

<그림 3-8> 우리나라의 기술별 특허출원동향

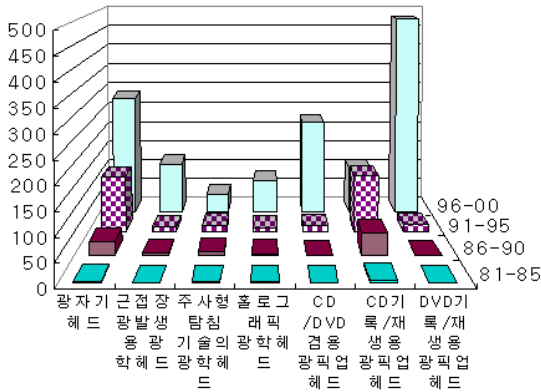


우리나라의 기술별 특허출원비율을 살펴보면 역시 CD/DVD 계열 기록, 재생용 광픽업헤드에 관련된 특허가 전체의 58%로 절반을 훨씬 넘는 수치를 보이고 있다. 재미있는 점은 일본과 마찬가지로 우리나라의 특허출원 양상에서도 광자기 기록방식의 헤드에 대한 특허출원이 여전히 전체의 4분의 1정도를 차지하고 있어 광자기 기록방식에 대한 연구가 여전히 지속되고 있음을 보여주고 있다.

B. 근접장(Near Field) 광 발생용 광학 헤드

근접장을 이용한 광학소자들의 배치에 관련된 기술분야로서 고밀도의 광디스크를 구현하기 위한 차세대 후보주자로서 각광을 받고 있는 분야이다. 이분야에서 근접장을 이용한 기술은 주로 헤드기술과 관련이 있지만 최근 일본의 AIST의 근접장 연구그룹에서는 초해상 근접장을 이용한 매체기술을 선보여서 이를 Super-RENS(Super REsolution Near field Structure)로 명명하였다.

<그림 3-9> 출원연도별, 출원기술별 특허출원 양상



헤드에서 근접장을 이루는 방식으로는 광섬유 헤드를 이용한 근접장 기술, SIL(Solid Immersion Lens)를 이용하여 주로 대물렌즈의 NA를 높이는 기술, 탐침을 이용한 근접장 기술 및 유사근접장을 이용하는 기술들이 특허출원되고 있다. <그림 3-9>에 출원연도별, 출원기술별 특허출원 양상을 나타내었다. 그림과 같이 CD/DVD 기술을 제외하고는 출원빈도가 가장 높게 나타나고 있다. 또한 특허출원시기도 1996년 이후에 집중해서 나타남으로써 다음세대에 가장 가능성이 있는 기술로 주목받고 있음을 시사하고 있다.

C. 주사형 탐침(Scanning Probe) 기술의 광학헤드

탐침형 헤드를 사용하여 원자 수준의 해상도 구현에 관련된 기술로서 STM(Scanning Tunneling Microscope), AFM(Atomic Force Microscope), NSOM(Near-Field Scanning Optical Microscope)등과 관련된 기술분야이다. 탐침형 기술은 STM의 발명이후 많은 사람들이 초고밀도 저장장치로서의 가능성을 인지하고 광범위한 연구를 진행하고 있다. STM은 원자수준의 해상도를 가지며 물질표면의 영상을 구성할 수 있는 매우 좋은 장점을 보유하고 있다. 또한 탐침을 원자를 자유롭게 이동시킬 수 있는 도구로도 활용이 가능하기 때문에 표면에서의 원자상태를 연구자 마음대로 조작할 수 있다. 이러한 기술을 활용하

였을 경우 기록 가능한 저장용량은 최고 수 Pbit/in²(1 P = 10¹⁵)에 이를 것으로 예상된다. STM이외에도 원자와 탐침사이의 원자간의 힘을 이용한 AFM, 주사형 근접장용 탐침을 사용한 NSOM, 시료와 탐침의 자기모멘트와의 반응에 의해 발생하는 힘을 이용하는 MFM, 그리고 시료표면의 정전기력을 측정에 이용하는 EFM(Electrostatic Force Microscope) 등이 있다. 그러나 이 분야의 연구는 아직 실용화까지는 너무도 많은 문제가 존재하기 때문에 전체 특허 기술중에서 약 4 %정도에 미치지 못하고 있다. 그러나 2000년에 들어서면서부터 기존의 광저장장치의 한계를 인지한 연구자들에 의해서 특허출원이 꾸준히 증가하고 있다.

산업시장 동향분석

본 장에서는 광저장장치의 시장의 성장동향 및 시장규모의 변화, 수요분석을 통하여 다가올 차세대 광저장장치의 미래를 간략하게 예측하였다.

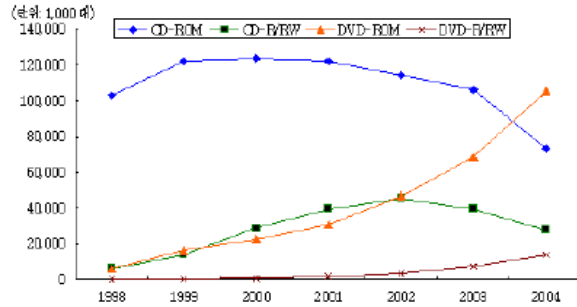
1. 산업시장의 특성

가. 세계시장동향

Gartner Group의 보고서에 따르면 2001년도의 전세계 광저장장치 출하량은 약 1억 7,172만대로 보고하고 있으며 매출액도 89억 6,140만 달러에 달한다고 분석하였다. 또한 Dataquest(2000.8)의 발표에 따르면 <그림 4-1>에 나타낸 것과 같이 CD-ROM시장은 점차로 감소하고 DVD-ROM과 DVD-R/RW 시장이 확대될 것으로 예상하고 있다. 더욱이 CD-R/RW시장은 채 성숙하기도 전에 DVD-R/RW 시장에 밀려서 조만간 재기록장치의 시장을 내어 줄 것으로 예측된다.

한편 광저장장치의 세계의 시장현황 및 전망은 <표 4-1>에 나타내었다. 표에 보인 것과 같이 성장률은 2006년까지 출하량 기준 8 %이상을 상회하는 높은 성장률을 보일 것이며 매출액을 기준으로 하여도 그에 상응하는 정도의 성장률이 지속될 것으로 보인다. 매출액은 2006년까지 133억 4,610만 달러 이를 정도로 시장의 규모는 매우 크게 유지될 것으로 보인다.

<그림 4-1> 광저장장치의 연도별, 종류별 성장동향



한편 <그림 4-1>에는 나타나 있지 않지만 combo 드라이브 시장도 해가 지남에 따라 급격히 증대될 것으로 예상된다. 2000년에는 그 규모가 11억 49,00만 달러로 다른 광저장장치에 비해서 상대적으로 적었지만 2005년까지는 그 규모가 출하대수로는 약 6,188만대, 매출액 규모로는 44억만 달러로 급성장할 것으로 보여진다.

<표 4-1> 광저장장치의 세계시장의 규모와 예측

(단위 : 천대, 백만달러, %)

연도	출하량	성장률	매출액	성장률
2001년	171,721.8	-15.6	8,961.4	-25.3
2002년	174,549.6	1.6	8,927.0	-0.4
2003년	195,575.3	12.0	10,003.3	12.1
2004년	214,629.1	9.7	11,442.9	14.4
2005년	235,023.8	9.5	12,223.3	6.8
2006년	254,269.1	8.2	13,346.1	9.2
2001~2006 CAGR(%)	8.2	-	8.3	-

자료출처 : ETRI, "주간기술동향", 2002.

나. 국내시장동향

또한 국내시장의 물류 흐름을 알 수 있는 광저장장치의 수출입 상위 10개국

에 대한 도표를 <표 4-2>에 정리하였다. 도표에서는 DVD 드라이브에 대해서만 나타내었다. DVD 드라이브의 경우 중국에 대한 수출이 전체의 32 %정도를 차지하였고 네덜란드가 그 뒤를 이어 21 %로 2위에 올랐다. 수출은 상위 3개국의 비중이 67%로 절반을 상회하는 큰 비중을 차지하고 있었다. 수입은 상위 5개국에 거의 비슷한 비중으로 골고루 분포되어 있었다. 국내의 광저장장치의 품목별 주요 수출업체를 무역협회의 통계에 의해 살펴보면 CD 드라이브 수출량은 (주)삼보컴퓨터, 엘지전자(주), 삼성전자(주) 순으로 나타났으며, DVD 드라이브의 경우는 (주)투마로멀티미디어, 엘지전자(주), (주)영우전자 순으로 나타났다.

<표 4-2> DVD 드라이브의 수출입 상위 10개국의 통계(2003년)

(단위 : 천 달러)

순위	수출			수입		
	국가명	금액	비 중	국가명	금액	비 중
1	중국	38,745	31.76%	필리핀	7,519	21.89%
2	네덜란드	25,924	21.25%	말레이시아	6,330	18.43%
3	미국	16,797	13.77%	일본	5,239	15.25%
4	아일랜드	10,177	8.34%	중국	4,807	14.00%
5	독일	8,013	6.57%	인도네시아	4,507	13.12%
6	말레이시아	7,035	5.77%	미국	2,389	6.96%
7	영국	3,163	2.59%	싱가포르	1,949	5.67%
8	멕시코	2,380	1.95%	대만	665	1.94%
9	이탈리아	1,463	1.20%	독일	453	1.32%
10	홍콩	1,447	1.19%	프랑스	200	0.58%
합계	10개국 합	115,144	94.37%	10개국 합	34,058	99.16%
	전체	122,012	100.00%	전체	34,345	100.00%

자료출처 : 무역협회, “무역정보네트워크 서비스”, 2004. 4. (주)밸류에드 자료 제공.

결론

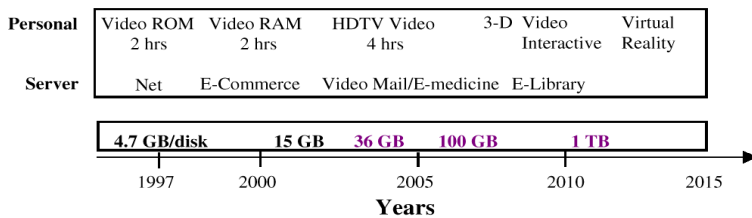
본 장에서는 기술 및 시장에 대한 향후 전망에 대해서 간략하게 소개를 하고 다가올 차세대 저장장치에 대한 필요한 연구분야와 전망에 대해서 언급하기로 한다.

1. 기술 및 시장의 향후 전망

기술은 눈부시게 발전하고 있다. 보조기억장치로 사용되고 있는 광저장장치의 대한 기술도 고속처리가 가능한 컴퓨터의 등장과 함께 동반, 발전하고 있다. 따라서 개인이 처리하는 정보의 양도 기하급수적으로 증가하고 있다. 과거로 부터의 예를 살펴보면 매 5년마다 정보저장 용량은 거의 10배씩 증가하고 있는 것으로 파악된다. 그러므로 2010년이 되면 개인이 취급하는 정보저장 용량은 약 1 TB에 이를 것으로 전망된다. 이와 같은 전망은 <그림 5-1>에 나타난 WTEC(World Technology Evaluation Center) panel report에서도 확인할 수 있다. 더욱이 이러한 정보는 점점 더 고급화, 다양화의 길을 걷게 될 것이고 3차원의 멀티미디어 가상현실을 재현할 수 있는 수준으로 까지 발달할 것이다. 광정보저장장치는 지금까지 대부분을 사무실이나 가정에 고정적인 장치에 연계되어서 사용되고 있다. 그러나 앞으로 Post-PC의 시대가 도래하게 되면 고밀도 대용량의 저장장치에 대한 요구가 증대될 것이고, 이에 대응하기 위해서는 기존의 적색빔을 이용한 DVD계열이 아닌 청색레이저를 사용하는 BD계열의 광저장장치가 주력으로 떠오를 것이다. 또한 청색레이저를 기반으로 하면서 모바일

(mobile) 저장장치로의 응용이 가능한 개인용 휴대 단말기에 대한 시장의 확대도 가속화 될 것이라고 예상할 수 있다. 이러한 모바일 저장장치 시장의 규모는 향후 5년 내에 세계 PC시장과 Consumer Electronics 시장의 규모는 약 1,250 ~ 1,500억 달러이며 이중에서 mobile storage 시장은 250 ~ 300억 달러가 된다고 전망하고 있다. 그러므로 고밀도 소형 저장장치는 그 특성에 맞는 killer application의 발굴에 따라 시장의 규모를 더욱 확대할 수 있을 것이다. 이러한 전망에 대한 기대는 INSIC(The Information Storage Industry Consortium)의 2003년 보고서에서도 장기적으로는 상당한 투자의 가치가 있는 것으로 결론짓는 것으로 명료화되었다.

<그림 5-1> 광저장장치의 용량증가에 대한 전망
(WTEC panel report, 1999)



2. 연구개발전략 및 정책적 제언

광저장장치는 분명히 경쟁력이 있는 분야이다. 현재는 대용량분야는 하드디스크에, 모바일용 저장장치는 플래시메모리의 특성에 어느 정도 주도권을 상실한 상태이다. 그러나 멀티미디어 콘텐츠를 배포하는 경우에는 값싼 광저장장치가 필수 불가결하게 된다. 또한 개인이 자신만의 정보를 수집하고 보관하는 분야, 또는 대용량의 archive 저장장치에서는 다른 어떤 저장장치보다 강력한 힘을 발휘할 수 있다. 그리고 모바일 개인용 단말기의 지속적인 등장은 청색레이

저를 이용한 고밀도 모바일 저장장치의 가능성을 점점 크게 유도하고 있다. 그러므로 광저장장치만이 갖을 수 있는 고유한 영역에 대한 수요는 사회와 개인이 점점 더 큰 용량의 데이터를 요구한다고 하더라도 침해받지 않을 것이다. 여기에 광저장장치의 특징인 규격화에 대한 주도권을 선점할 수 있는 학계와 연구소, 기업체간의 긴밀한 결합은 다가올 차세대 저장장치 시장에서 우리나라가 중심이 되는 위치로 자리하는데 큰 역할을 할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 한국전자통신연구원, “광 저장장치-기술/시장 보고서”, 1999. 12. 30
2. 김수경, 김진홍, 이승엽, 최영진, “정보저장기기의 기초와 응용”, 2002.3.10
3. 김수경(대표저자), “최신 광정보저장기술”, 2002.12.20
4. <http://www.infodisc.com>
5. 전자부품연구원, “광 저장장치(ODD) 동향”, IT리포트
6. 이인수(한국전자산업진흥회), “광저장장치 산업동향”, 2001.6.
7. 특허청, “차세대 광기록장치(2002 신기술동향조사 보고서)”, 2002.12.
8. 특허청, “차세대 광기록장치(patent map)”, 2000.12.
9. Masud Mansuripur, “The Physical Principles of Magneto-Optical Recording”, 1995
10. T. Ohta, N. Akahira, S. Ohara, and I. Satoh, "Optoelectronics-Devices and Technologies", vol. 10, No. 3, pp. 361, 1995
11. S. R. Ovshinsky, "Physical Review Letter", vol. 21, pp.1450, 1968
12. World Technology Evaluation Center, "WTEC panel report", 1999
13. 무역협회, “무역정보네트워크 서비스”, 2004.4.
14. 한국전자통신연구원, “주간기술동향”, 2002.
15. Unaxis, “Data Storage News Letter”, 2004.8.

본 나노기술분석보고서는 과학기술부 특정연구개발사업 『나노기술종합
정보지원체제구축사업』의 3차년도(2005.5 - 2006.4) 사업으로 발간되었
습니다.

ISBN 89-5884-529-5 93570

Blue-laser를 이용한 차세대 정보저장장치

2005년 12월 19일 인쇄
2005년 12월 23일 발행

발행처



서울특별시 동대문구 청량리동 206-9
☎ 130-742
전화 : 3299-6114
등록: 1991년 2월 12일 제5-258호

발행인
조영화

인쇄처
영신기획

본서의 무단전재나 복제를 금합니다.