

광메모리기기에서의 최근 기술동향

-DVD관련 광기술을 중심으로-

현재 DVD의 기술보다 기록밀도를 증가시키는 연구가 활발히 진행되고 있고 부가가치도 높고 기술적으로도 난이도가 높은 광픽업과 CD호환 방식은 대단히 중요한 가치를 지닌다. 본 고에서는 DVD와 향후 현대광학의 실생활에 이바지할 것으로 보이는 기록기술인 NFR(Near Field Recording)에 대하여 간략히 살펴보고자 한다. <편집자 주>

글/ 삼성전자(주) DM총괄연구소(OPTO-Mecha Team 팀장) 이철우 상무

서론

정보의 기록방법으로서 광은 오래전부터 사용돼왔지만, 1960년대 초 laser의 발명에 따라 광디스크가 실용화되었다.

digital전기신호를 기록재생하는 광메모리 분야에 있어서 연구가 활발해 진 것은 1970년대초에, hologram memory의 개발부터이다. 그러나 이 hologram memory에 사용되는 기록매질은 아직까지 가역감광재료(可逆感光材料)가 실용화되지 않고 있기 때문에, ROM (Read Only Memory : 재생전용 memory)으로밖에 사용할 수 없다. 그리고 ROM으로서 실용화할 때 필요한 media의 대량복제기술이 아직 확보되지 못했다. 이러한 시점에서 당시에는 Silicon IC memory의 가격이 급속히 하락하여 결국 이 Hologram memory는 현재 실용화되고 있지 않으며, 따라서 광메모리는 광disc(또는 disk)를 의미하게 된다.

광disc기술의 탄생은 Color TV의 보급과 함께 VTR의 상용화의 영향을 받게 된다. 1970년에 TED방식이라고 불리는 압전소자형의 video disc가 발표되고 정보용량이 많이 필요한 TV화면이 disc에 의해 재생되는 실험이 성공하여 기

술간의 개발경쟁이 본격화하게 된다. 이 후 1972년에는 필립스사가 VLP(Video Long Play)라는 방식으로 현재의 광disc의 기본원리를 발표하였다. 그 당시는 당연히 광원으로서는 He-Ne laser가 사용되었다. 1973년에는 digital data관련하여 광메모리의 국제학회가 미국에서 열렸지만, 이 때에는 Hologram memory가 주제였다.

광disc의 발전에는 이 후의 반도체 laser의 실용화, 광학부품의 저가격화, 제어용의 micro computer 등 전자기술의 발전이 필요하게 된다. 그래서 1973년부터 열리기 시작한 광메모리 국제학회 주제가 광disc로 바뀌어 1983년에는 미국에서 열리게 된다. 1981년에는 video disc, 1982년에는 CD(Compact Disc)가 발매되었다. 이들은 재생기능만을 가지는 ROM disc였지만 레코드와 같이 press가공에 의한 금형으로 간단히 disc를 대량 복제할 수 있어서 저가격으로 대량 유통이 가능해 지게 된다.

한편 광disc와 마찬가지로 ROM기능을 갖는 micro film에 비해 광disc는 한층 편리한 random access기능을 갖고 있어서 data의 access가 빠른장점, 즉 CD의 경우 빨리감기/뒤감기의 시간이 단축되는 큰 장점이 있다.

CD가 발매된지 15년 정도 후인 1995년 무렵의 환경에는 laser disc보다는 작으면서 고화질의 요구가 증가하게 된다. 이는 기존의 TV기술의 발달로 미세한 화면을 TV에서 볼 수 있게된 영향도 있고 TV기술의 하나로서 영상압축기술인 MPEC2기술의 발달에도 영향을 받게 된 것이다. 즉 data기록용량이 큰 광disc의 기술이 필요하게 되는데, 광disc의 용량은 기록면의 면적이 증가하거나 또는 기록밀도가 증가해야 한다.

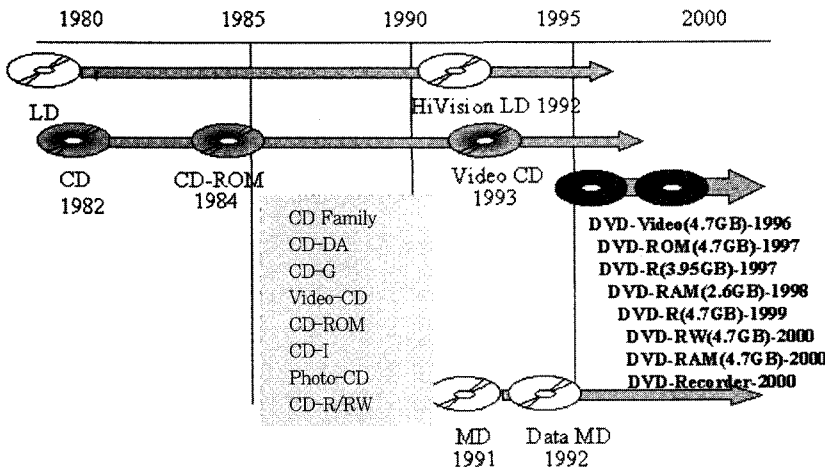
일반적인 견해로서는 CD의 크기(직경 12cm)를 가지면서 MPEC2화질로 135분정도의 영화를 담을 수 있는 기술이 필요하게 된다. 여러가지 기술이 제안되었으나, 결국 현재의 DVD(Digital Versatile Disc)라는 기술이 규격안으로 되어 현재 상품화되고 있다.

이러한 DVD의 기술보다 기록밀도를 증가시키는 연구가 현재 진행되고 있으며, 본 고에서는 DVD와 향후의 기록기술인 NFR(Near Field Recording)에 대하여 간략히 살펴보고자 한다.

DVD란?

서론에서 언급했던 DVD가 탄생할 무렵인 1995년경의 환경은 다음과 같이 세가지로 요약

〈표 1〉 광disc의 발달



할 수 있다.

첫째로 소비자의 입장에서의 필요성으로는 TV의 대형화에 따른 소비자의 고화질 매체에 대한 Needs, 또한 멀티미디어시대에 부응한 다양한 기능을 제공해 줄 수 있는 매체, 기존의 Tape 보다 사용과 취급 및 보관이 간편한 제품 등이 있고, 두번째로 소프트웨어 업계의 입장에서의 필요성으로는 저렴한 비용으로 소프트웨어를 제작할 수 있을 것, 화질을 향상해야할 시기가 된 것에 대한 공감대의 형성, Multi-Functional Interactive Media(Multimedia)에 대한 필요성의 도래 등이 있다.

그리고 마지막으로 제품을 만드는 Hardware 업계의 입장에서의 필요성으로는 HDTV시스템 보급의 지연에 따른 VCR, CD를 이을 Big Market의 필요, 대다수의 업계가 동의하는 표준포맷을 구비할 것 등이다.

이들을 기술로서 표시하면, 약 4.7GB를 CD의 크기인 직경 12cm의 disc에 수록할 수 있어야 고화질의 MPEG2의 영상을 약 135분 재생이 가능하다는 결론이 나오게 된다. 이를 달성하기 위해서는 종래의 CD용량의 약 7배에 해당하는 용량을 갖춰야 하고 disc의 크기가 CD와 동일한 12cm라면, 기록/재생밀도를 약 7배 향상시켜야 한다.

광학적으로 보면, 기록 밀도는 광disc 상에 조사되는 집속된 광의 spot크기가 작으면 작을수록 높아진다. 집속된 광의 spot크기는 크게 두 가지 인자로서 결정되는데, 하나는 집속시에 사용되는 렌즈의 성능인 유효개구수 (有效開口

數)(NA: Numerical Aperture)이고 또 하나는 이 렌즈로 집속되는 광의 파장이다.

그리고 disc상에 집속되는 spot크기는 다음과 같은 관계를 갖는다: spot크기 $\propto (\lambda/NA)$. 즉 파장이 짧거나, NA가 큰 렌즈를 사용하게되면 spot크기는 작아진다. 당연히 disc상의 면기록밀도는 이러한 spot크기의 제곱에 반비례하기 때문에 면기록밀도는 $(NA/\lambda)^2$ 에 비례한다. 이 당시에 상용화가 가능한 부품으로서는 NA가 0.6, 그리고 laser diode의 파장 λ 는 650nm(0.65micro meter)였기 때문에 이러한 사양을 구비하게 되며, 이외에도 회로적으로 ECC(Error Correction Code), Analog 신호를 digital신호로 변환하여 disc에 기록신호로 사용할 때의 신호 Modulation등이 개선이 되어 상술한 기록밀도를 CD의 7.5배로 증가시킬 수 있게 된다.

각 part별로 기록/재생시의 밀도향상에 기여한 부분을 요약하면 다음과 같다.

1. 렌즈의 개구수를 0.4NA에서 0.6NA로 증가에 의한 밀도 향상 : 2.25배
2. laser diode의 파장을 780nm에서 650nm로 사용하여 밀도 향상 : 1.44배
3. Channel bit의 밀도 향상 : 2.3배
4. disc의 사용면적 증가 : 1.019배
5. ECC의 성능을 향상 : 1.16배
6. Packet overhead reduction : 1.142배
7. Tighter channel code : 1.0625배

이와 같이하여 전체적인 용량은 CD의 650MB에서 7.5GB로 되었다.

DVD의 기능 및 효과는 다음과 같다. 즉 MPEG2라는 고화질의 영상을 133분 재생가능하며 여유있는 용량으로서 최대 8개언어를 자막으로서 사용할 수 있고 영화관과 같은 5.1 Channel의 음향제공, 그리고 DVD-ROM으로서 PC에 사용될 경우에는 4.7GB의 용량제공이 가능하게 된다.

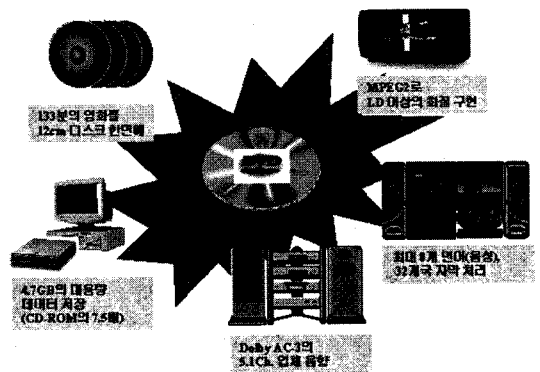
이제 DVD의 구성을 살펴보기로 하자. 우선 CD의 크기와 동일한 직경을 갖는 disc가 있고, 여기에 미세한 크기의 신호 (pit)가 수록되어 있다. 이 신호는 광pickup이라는 laser diode와 대물렌즈, 그리고 이를 구동하는 actuator등을 구비하는 부품이 있다. 그리고 disc와 광pickup을 구동하는 Mechanism이 있다. 회로적으로는 상기의 광pickup에서 생성되는 전기신호를 가지고 이를 처리하는 RF, servo, ECC등과 신호를 기록/재생하는 Encoder와 Decoder 등이 주요 기능을 수행한다. 이를 모식적으로 도시하면 <표 3>과 같다:

광 pickup에 있어서 환형차폐/환형렌즈 방식

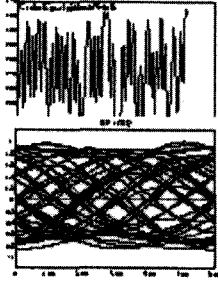
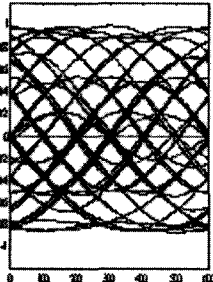
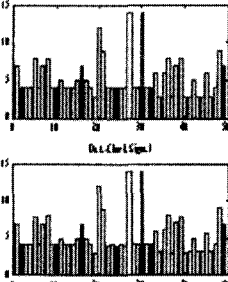

이와 같이 1997년도부터 본격적으로 DVD의 양산이 이뤄져 현재 세계적으로 활발히 보급되고 있다. 그러나, 발매에 즈음하여 일본의 업체들로서는 이 DVD가 비록 성능이 좋다고는 하나, CD를 사용할 수 있게 하지않으면 보급에 장애가 된다는 사실을 알게된다.

따라서 특히 1996년과 1997년에는 각 사의 논문발표를 중심으로 CD도 재생하는 DVD에 관한 연구가 치열하게 진행된다. 이는 회로적으로도 CD를 재생할 수 있게 해야 하지만, 우선

<표 2>



〈표 3〉

픽업신호	재생신호개선	디지털 변환	A/V 재생
			
-광픽업/디스크 -서보 -RF 입력회로 (CD/DVD 호환)	-EQ, PLL, PRML -Data Slicer (DPLL, PRML)	-변복조 및 압축 -ID Sync검출 -에러정정회로 (EFM+)	-VBR 버퍼링 -복제 방지회로 (VBR, MPEG2)

DVD와 CD의 disc기판두께가 서로 다른 0.6mm와 1.2mm이기 때문에 동일한 렌즈로 두 개의 기판을 대응할 때에는 광학적인 구면수차가 발생하여 집속광이 제대로 집속되지 않는다.

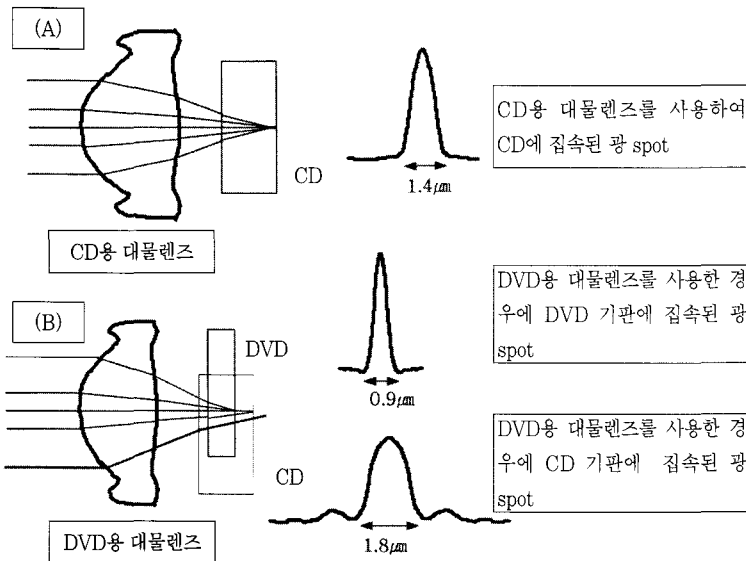
DVD의 경우 0.6mm라는 얇은 disc기판두께를 사용하는 이유는 간략히 설명하면 집속에 사

용하는 대물렌즈의 NA값이 CD와는 다른 0.6을 갖게되었고, 이러한 높은 NA값은 디스크가 경사질 때 Coma수차를 더 많이 발생시켜 성능의 저하를 가지고 오며, 이 Coma수차는 디스크의 두께가 두꺼우면 두꺼울수록 크게된다. 따라서 이를 개선하기 위하여 CD의 기판두께의 절반인

0.6mm로 DVD기판의 두께를 정하게 된 것이다.

그리고 DVD기기가 CD도 기록 또는 재생하는 기능은 제조 및 판매하는 업체측면으로 보면 이는 선택이 아니며 필수적으로 요구되는 기능이다. 이렇게 DVD가 CD도 기록 또는 재생할 수 있는 기능을 CD호환기능이라하며, 일차적으로 광픽업의 구조가 좌우하게 된다. 이 CD호환기능의 중요성을 알게될 무렵에는 각 업체에서는 치열한 기술개발을 하게 되었으며, 주요 방식은 다음과 같다; (삼성전자) 환형차폐/렌

〈표 4〉



즈방식, (도시바) 유/무한 대물렌즈 방식과 Twin Lens 방식, (LG전자, Sharp) 액정 Shutter 방식, (마쯔시다) Hologram 대물렌즈 방식, (소니) Dual 픽업 방식. 이들을 각각 설명하는 것은 이하 생략토록 하며, 제조가격 및 성능면에서 삼성전자의 환형차폐/렌즈방식이 세계적으로 90%이상을 차지하고 있다.

〈표 4〉에서 (a)는 CD기판인 두께 1.2mm용으로 최적화 설계되어 제작된 대물렌즈를 사용해 집속된 광 spot을 나타내며, 일반적으로 1.4micro-meter의 직경을 갖고, 광spot의 수직 좌표는 광량을 나타낸다. 이 경우에는 중심부의 광량이 높고 주변으로 갈수록 광량이 거의 단조감소함을 알 수 있다.

다음(B)의 경우에는 두께 0.6mm의 DVD기판에 최적화된 DVD용의 대물렌즈를 사용한 경우, 0.6mm두께의 DVD기판에서는 집속광의 직경은 작아졌지만 전체적인 모양 중심부에서 단조감소하는 형태를 갖는다. 이러한 렌즈를 사용하여 CD호환을 한 경우에는 기판두께가 1.2mm로 두꺼워지므로 이로 인한 구면수차가 발생하여 spot직경이 1.8micro-meter로 증가하는 것은 물론 중심부를 기점으로 광량이 단조감소하다가 다시 크게되는 이른바 side-lobe가 발

생한다. 특히 이 side-lobe는 재생시에 원하는 track에서의 신호 이외에 인접해 있는 신호도 재생시키게 되어 신호를 사용할 수 없게 된다.

이러한 점을 자세히 분석해 보면, 상기그림(A)에서 DVD의 기판두께에 최적화된렌즈의 일정부분의 광로를 차단하거나, 렌즈 및 홀로그래프로 활용하면 상술한 DVD렌즈를 CD기판으로 사용할 때에 발생하는 구면수차량을 작게 할 수 있음을 알 수 있다. (B)에는 DVD렌즈를 CD기판으로 사용할 경우 대물렌즈의 NA의 일정부분을 사용하지 않아서 구면수차가 전체적으로 소거됨을 알 수 있다.

이 방식을 소위 환형차폐/렌즈(Annular Mask/Annular Lens)방식이라 불리워지며 삼성전자의 독자 특허로서 전세계 DVD관련기의 90%이상에 사용되고 있다.

결론

이상 현재 상품화 되고 있는 광디스크 드라이브의 역사와 기술을 간략히 살펴보았다. 이 중 부가가치도 높고 기술적으로도 난이도가 높은 광픽업과 CD호환 방식은 대단히 중요한 가치를 지닌다. 삼성전자의 환형차폐/렌즈 방식을 예시로 하였으나, 정밀한 분석을 통해 렌즈를 약간

만 개선해도 획기적으로 기능 및 성능을 확보할 수 있음을 알 수 있었으며, 현대광학의 실생활에 이바지 할 부분도 많이 있을 것으로 생각되어 맺음말을 대신한다.

〈표 5〉

