



광 디스크의 고밀도화에 따른 기술동향

글 ■ 정 호 섭 / 삼성전기(주) 중앙연구소, 수석연구원 e-mail ■ hsjeong@samsung.com
■ 김 영 주 / 삼성전기(주) 광디바이스사업부, 수석연구원

이 글에서는 휴대성과 배포성이 좋아 광 미디어에 정보를 기록하거나 재생할 때 사용되는 광 정보저장장치에 데이터를 기록 재생하는 광픽업의 기술발전 방향에 대해서 소개한다.

21세기는 정보의 대량화, 고급화로 이루어지는 정보화사회가 될 것이다. 올바른 정보를 취사선택하는 기준은 물론 인간에 의하여 결정되지만 엄청난 양의 정보를 검색하고 기록, 저장 및 분류하는 일은 컴퓨터를 비롯한 기기의 도움을 받지 않을 수 없다. 그러므로 21세기 미래에는 대용량의 정보를 정해진 기준에 의하여 신속, 정확하게 검색, 처리하는 기술을 보유하는 것이 곧 정보 기술력의 척도가 될 것이다. 이 중에서 방대한 양의 정보를 저장, 기록하고 검색, 분류하기 위해서는 고속 대용량의 정보기록 및 저장 기술이 절대적으로 요구된다.

정보의 기록·저장 기술은 일반적으로 그 용도에 따라 1차, 2차 및 3차 메모리로 구분할 수 있다¹⁾. 특히 2차 메모리 중에서 하드디스크, 광디스크의 역할이 날로 증가하고 있다. 하드디스크는 기록재생속도가 빠르고 용량 크다는 장점을 가지고 있는 반면에 휴대용으로는 부적합하다는 단점을 가지고 있다. 반면에 광디스크는 용량과 기록재생속도가 하드디스크에 비해 나쁘지만 데이터의

보관성이 우수하고 미디어의 휴대성이 좋으며, 가격이 매우 싸기 때문에 백업용이나 배포용으로 매우 유용하다.

이 글에서는 휴대성과 배포성이 좋아 광 미디어에 정보를 기록하거나 재생할 때 사용되는 광 정보저장장치에 데이터를 기록 재생하는 광픽업의 기술발전 방향에 대해서 살펴보고자 한다. 먼저 광디스크의 변천과정을 살펴보면서 변화의 원인과 필요로 하는 기술들을 살펴보고 광 픽업 기술의 일반적인 개요와 문제점 및 당면한 해결과제 등을 고찰하였고 기술의 개발동향과 새롭게 등장하는 신기술에 대하여 살펴보았다. 또한 차세대 광 디스크와 관련된 광픽업의 신기술들에 대해서도 살펴보고자 한다.

광디스크의 변천

음악용 CD가 등장한 이후 광디스크는 그림 1과 같이 변화하여 왔다. '82년에 등장한 CD규격은 음악 데이터용 광디스크 규격이었는데 '85년의 CD-ROM 규격을 통해 널리 디지털 데이터를 취급하는 광디스크 규



표 1 각종 광디스크의 사양

기술동향	CD	DVD	AOD	BD
대물렌즈 · 디스크				
파장	780nm	650nm	405nm	405nm
개구수	0.45	0.6	0.65	0.85
커버층 두께	1.2mm	0.6mm	0.6mm	0.1mm
기록용량	0.64GB	4.7GB	15/30GB	23~27GB
틸트여유	1.6°	0.75°	0.08°	>1.0°

격이 되어 급격하게 보급되었으며, '96년에는 영화 한 편을 한 장의 디스크에 수록할 수 있는 규격으로 DVD가 등장했다. 이 용량의 기록재생 가능형 광디스크가 규격화되면서 PC용 기록미디어로서뿐만 아니라 VTR을 대신할 DVR(Digital Video Recorder)로도 보급되고 있다. 최근에는 TV방송이 디지털화와 더불어 영상의 고해상도화 됨에 따라 미국, 일본 등 선진국은 HDTV라고 불리는 고해상 영상정보를 송신하고 있으며, 이 해상도에 맞는 TV와 영상을 기록하기 위한 더 큰 용량의 미디어를 필요로 하게 되었다. 따라서 HDTV용 영화 한편을 녹화할 수 있는 미디어를 위해서 청자색 레이저를 이용한 디스크에 대한 규격화 논의가 활발하게 진행되고 있다. 지금까지 변화한 광디스크의 사양변화를 정리하면 표 1과 같다.

표 1에 나타낸 것처럼 광디스크의 발전과 더불어 레이저의 파장, 대물렌즈의 개구수, 보호층의 두께가 바뀌면서 디스크에 맺히는 스폿의 크기, 민감해지는 수차의 종류가 달라진다. 스폿의 크기는 파장과 대물렌즈의 개구수에 의해 달라진다. 디스크 한 매에 집적용량을 높이기 위해서 레이저 파장을 짧게 하고 NA를 높이는 방향으로 진행되어 왔다.

스폿의 크기가 작아지는 방향으로 진행되면서 이와 더불어 CD에서는 문제가 되지 않았던 코마수차와 구면수차가 문제가 되기 시작하였다. 코마수차는 개구수의 세제곱과 보호층 두께에 비례하고 파장에 반비례한다. 따라서 DVD, AOD로 디스크 집적도가 높아지면서 디스크의 경사에 의해 발생하는 코마수차에 대한 민

감도가 커져서 이를 보상하지 않으면 양질의 기록재생 품질을 얻을 수 없다. 따라서 코마수차에 의한 영향을 줄이고 디스크의 용량을 늘이기 위해 디스크의 보호층을 0.1mm로 줄이고 개구수를 더 높여 25GB 용량으로 만든 BD(Blu-ray Disc)가 개발되었다. BD는 코마수차에 대한 마진은 커졌지만 개구수를 0.85로 올림으로 말미암아 디스크 두께편차에 의해 발생하는 구면수차에 민감하게 되어 보호층의 편차나 다층막에 의한 두께편차에 대해 반드시 보상해 주어야만 하게 되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 광디스크의 발전에 따라 필요한 부분을 보상할 수 있는 소자를 포함하는 방향으로 광 픽업의 기술도 발전되어 왔다. 다음 장부터는 이에 따른 광 픽업에 적용되는 기술에 대해서 자세히 살펴보도록 하겠다.

광 픽업 기술

광 픽업은 기본적으로 그림 1에 나타낸 것처럼 레이저를 발광하는 LD, 레이저를 디스크까지 전달해 주는 광 부품, 레이저를 디스크에 집광하는 대물렌즈, 디스크에서 반사된 빛을 검출하는 PDIC로 구성되어 있다. 광 픽업에서 기록 재생할 수 있는 미디어의 종

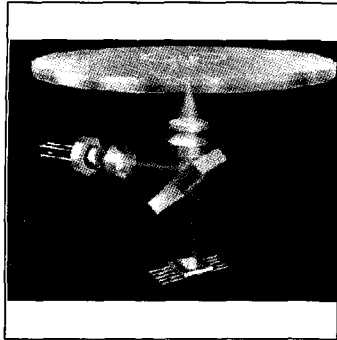


그림 1 광픽업 기본구성도

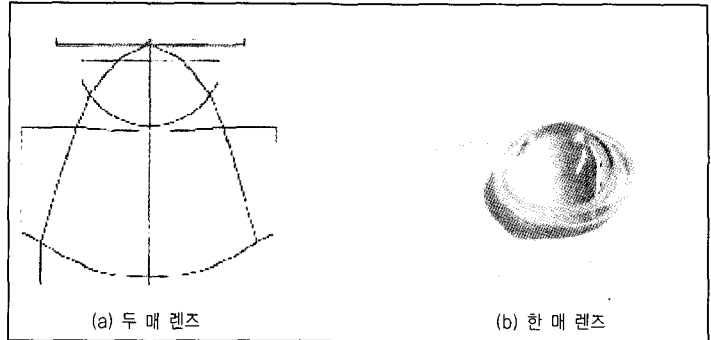


그림 2 고개구 대물렌즈

류에 따라 위에서 설명한 LD, PDIC 및 광 부품 등의 사양이 달라지게 된다. 광디스크가 고밀도화되면서 필요로 한 기술들은 다양하지만 여기에서는 광 픽업을 중심으로 하여 기술하고자 한다.

고굴절 대물렌즈

광디스크 고밀도화는 기본적으로 빔 스폿이 작게 하는 것에서 출발하였으며, 빔 스폿 지름은 광원 레이저의 파장에 비례하고 대물렌즈의 개구수에 반비례하기 때문에 단파장 레이저에 고개구 대물렌즈를 이용한다. 표 1에 나타낸 것처럼 레이저의 파장은 405nm로 대물렌즈의 개구수는 0.85로 높아지고 있다. 개구수 0.85 대물렌즈는 재료의 굴절을 한계 때문에 처음에는 그림 2(a)와 같이 두렌즈를 사용하여 개구수를 구현하였으나, 최근에는 그림 2(b)와 같이 한 매 렌즈를 사용하여 고개구수를 구현하는 렌즈가 나오고 있다^(2,3). 또한 대물렌즈의 NA가 커지면서 레이저의 온도변화나 기록재생시의 출력변동에 따른 약 2nm의 파장변동에

의해 발생하는 색수차를 홀로그램소자 등을 사용하여 반드시 보상해 주어야만 양질의 빔을 얻을 수 있다.

코마수차 보상기술

표 1에서 살펴본 것처럼 디스크의 고밀도화 따라 디스크의 기울기에 의한 코마수차가 광기록 품질에 미치는 영향이 증가하게 된다. 특히 기록용 DVD 디스크나 청자색을 사용하는 AOD의 경우는 코마수차를 반드시 보상해 주어야만 한다. 디스크의 경사를 보상해 주는 방법은 크게 세 가지로 분류된다. 첫 번째는 디스크의 경사량만큼 대물렌즈 구동기를 틸트시키는 방법이다. 이를 위해 광픽업 구동기를 3축제어가 가능한 방식으로 개발하고 있으며 다양한 형태의 3축 구동기가 그림 3과 같이 제안되어 왔다⁽⁴⁾. 구동기의 대물렌즈를 직접 틸트시키는 방법은

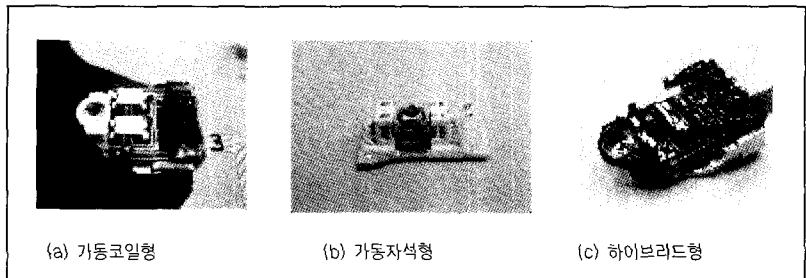


그림 3 디스크 틸트 보상용 3축 액추에이터



비점수차를 발생할 가능성이 있어 픽업전체를 경사시키는 데크틸트(deck tilt) 방식도 도입되었으나, 데크를 구동하기 위한 모터가 필요하고 높이에 제한을 받는다. 마지막으로 액정소자를 이용하여 송광계의 파면의 위상을 보상함으로써 빔의 품질을 개선하는 방법도 있다⁶⁾.

구면수차 보정기술

앞에서 살펴 본 것 같이 고밀도화에 따라 디스크 기율기에 매우 민감해지기 때문에 이를 줄이기 위해서 보호층의 두께를 0.1mm까지 얇게 하였다. 그러나 보호층이 얇아지고 NA가 커짐으로 말미암아 보호층의 두께 오차와 레이저의 파장변동에 따른 수차를 줄이기 위해서 구면수차 보정기구를 도입할 필요가 생긴다. 먼저 레이저의 중심 파장 변동에 대해서는 일반적으로 한 쌍의 렌즈계를 대물렌즈 전의 광학계에 삽입하고 이를 조정하여 이를 보완하도록 설계한다. 그러나 중심파장의 변동이 잡히더라도 기록·재생시의 파워변동에 의해 발생하는 $\pm 2\text{nm}$ 의 파장변동에는 대응하지 못한다. 따라서 홀로그래프나 다른 소자를 이용하여 파장변동이 발생하더라도 $<0.02\lambda_{\text{rms}}$ 이하의 수차가 발생하도록 설계해야만 한다. 또한 커버층의 두께 오차에 따라서도 구면수차가

발생하게 되는데 그림 4와 같이 특정한 패턴을 이용하여 액정의 굴절률을 변경함으로써 파면의 수차를 보상하는 방법⁶⁾이 있다.

차세대 광 정보저장 기술동향

위에서 살펴본 바와 같이 기존 방식에 의한 고용량화는 한계에 도달함에 따라 고용량화와 데이터 전송속도 향상이라는 기술적 요구를 만족시키기 위해서 다양한 방식들이 시도되고 있다. 고용량화를 위해서 광자기 방식을 발전시킨 초해상 및 자구확대 광자기기술과 SIL 또는 프로브 이용 근접장광 표면기록 기술과 다층막 기록기술 및 홀로그래픽 메모리 기술 등이 연구되고 있지만 여기에서는 근접장과 홀로그래픽 메모리 기술에 대해서만 간단히 정리한다.

근접장 광 표면기록 기술

광의 회절한계로 인하여 레이저 파장보다 작은 스폿을 만들어 낼 수 없다는 한계성은 광기록기기의 고용량화 달성에 커다란 장벽 요인이다. 이러한 물리적 한계를 극복할 수 있는 방안으로 근접장 광학⁷⁾ 응용기술이 많은 관심을 받아 연구되고 있다. 근접장광 응용 고용량화 기술은 SIL(Solid Immersion Lens)을 이용하는 방식과 SPM(Scanning Probe Microscopy)의 탐침(probe)을 이용하는 방식으로 다시 분류될 수 있다. 굴절률이 상대적으로 큰 재료 내부에서는 레이저 스폿이 굴절률의 크기에 비례하여 작아지게 되며 이러한 광이 외부로 전파될 경우 근접장 영역에서는 발산하지 않고 작은 스폿을 그대로 유지하는 에바네스토파의 특성을 이용하여 작은 기록 마크를 달성하려는 기술이다. 그림 5에 SIL을 이용하여 근

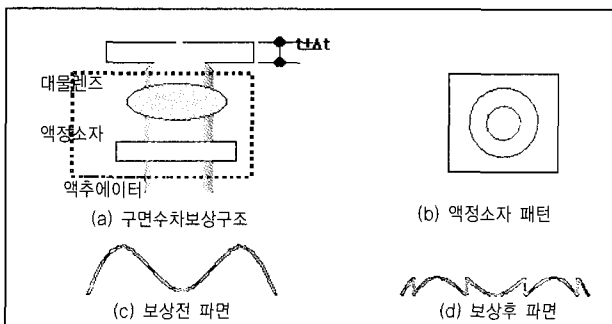


그림 4 구면수차 보상소자 원리

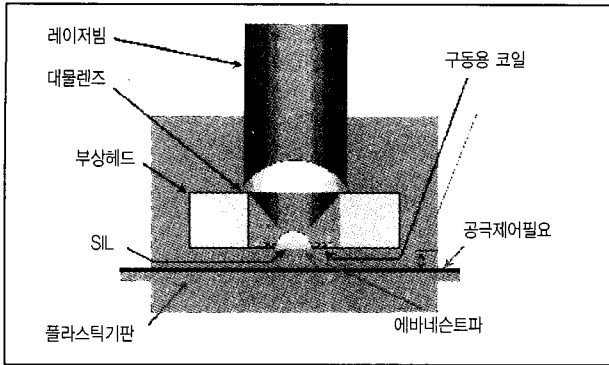


그림 5 SiL을 이용한 근접장 광학 고밀도 광기록 기술

접장광 고밀도 기록기술을 달성하려는 연구 내용이 설명되어 있다. 실제로 이러한 근접장기록 기술은 광헤드와 미디어의 거리가 100nm 이내의 간격으로 유지되어 표면기록을 실시해야 하므로 극복해야 될 기술적인 사항으로는 먼지와 같은 외부환경 제어, 헤드의 부상량 정밀관리 및 소형화, 미디어의 평탄성 확보 등의 많은 기술적 과제들의 해결이 요구되고 있다.

홀로그래픽 메모리 기술

홀로그래픽 메모리는 일반 광디스크와는 다른 방식으로 두 개의 광(신호광 및 참조광)을 각기 다른 방향에서 입사시킨 후 상호 간섭효과를 이용하여 기록·재생하는 방식이다[8]. 데이터를 비트로 기록하는 것이 아니라 공간섭이 일어나는 각도를 변화시켜 2차원적으로 페이지단위로 기록·재생하는 기술이다. 하지만 여러가지 기술적 한계가 있지만 이를 극복하기 위한 노력의 하나로 최근에 등장한 것이 편광 코리너 홀로그래피 방식이다. 홀로그래픽 기술에 기존 광디스크 기술을 조합하여 홀로그래픽 기록의 이점을 유지하면서 지금까지의 과제를 해결하고자 했다. 우선 참조광과 신

호광의 편광면을 선광판이라고 하는 소자로 제어하여 하나의 빔으로 통합해 매체에 조사할 수 있도록 하여 복잡한 광학계를 간소화했다. 또한 그림 6에 설명되어 있듯이 이 광은 대물렌즈를 통해 미디어에 입사하도록 고안되어 있으므로 현행 광디스크의 기술과 유사하게 홀로그래픽 기록을 할 수 있다. 따라서 기존 광디스크와의 호환성 확보가 용이해지며, 아울러 진동에 관해서는 광디스크

의 포커스 서보나 트랙킹 서보 기술을 그대로 적용 가능하므로 소형화의 문제를 극복할 수 있게 된다. 기록재료에 관해서는 포토리프랙티브 재료를 사용하여 추기형 기록으로 개발이 진행되고 있으며, 재료의 성능 개선이 많이 이루어져서 높은 감도나 데이터 안정성, 저가격화 등이 이루어지고 있다.

이러한 다양한 방식 중에서 어떤 기술이 HD-DVD 이후의 광저장기기의 핵심기술로 발전할지는 현재의 상황으로는 정확히 예측할 수 없다. 각각의 장점이 있으며, 극복해야 할 기술적인 문제점들도 많으므로 기술적인 발전에 의해 결정되리라 판단된다. 또한 현재의 광디스크 기술과의 호환성을 최대한 확

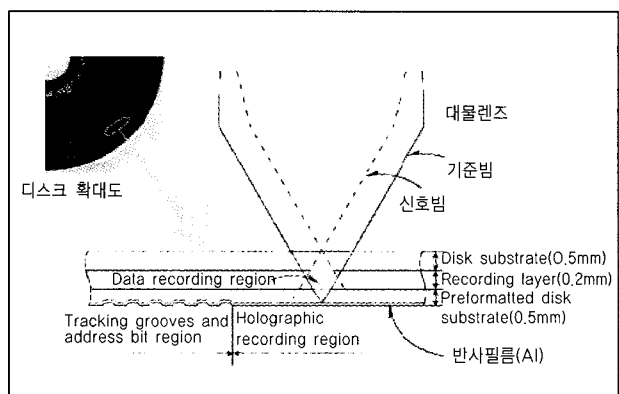


그림 6 기존 광디스크 시스템과 호환성을 확보한 새로운 홀로그래픽 메모리 기술

보하면서 성능·가격적인 면에서 경쟁력을 갖는 기술개발이 필요하다고 할 수 있다.

맺음말

광 정보저장 기술은 정보화사회의 실현에 연결되는 핵심기술 분야로서 경제적으로는 막대한 시장이 형성될 것이며, 사회·문화적으로는 개인, 기업과 정부 등 누구든지 쉽게, 어디서든지, 언제라도 원하는 정보를 제공하는 역할을 하게 될 것이다. 21세기에 엄청난 수요를 형성할 것으로 예상되는 3대 분야로 2차 전지 기술, 정보출력 기능인 디스플레이, 그리고 정보의 대량저장, 고속검색 기능으로서 고밀도 정보저장 기술이 거론되고 있다. 광 정보 저장기술은 다른 기술에 비하여 기술적인 혁신 가능성이 가장 낮은 분야이기도 하지만 연구개발의 여지가 가장 많은 분야이다. 또한 CD로부터 시작한 광디스크가 레이저 파장이 짧아지고 대물렌즈의 개구수가 커지면서 다양한 적용제품으로 확대되고 있다. 광디스크 시스템의 장점인 휴대성이 간편하고 배포성이 용이하다는 장점을 최대한 활용하여 캠코더, PDA 등 지금까지의 적용범위를 벗어난 제품으로의 확대가 가능할 것이고 홀로그래픽 메모리, 근접장 광학의 기술적 문제가 완결된다면 광디스크의 새로운 시대를 열어갈 수 있을 것이다.

[참고문헌]

(1) JTEC, Optoelectronics in Japan and the United States, Ch. 3, 1996.
 (2) S. Okubo, M. Nakano, H. Honma, E. Kariyama, T. Ide, M. Okada, T. Iwanaga, 2001, "High Density Phase Change Recording using

NA=0.85 Objective Lens," Proc. of the 13th Symposium on Phase Change Optical Information Storage, pp. 100~103.
 (3) M. Togashi, I. Morishita, N. Kaiho, Y.H. Yoon, H.S. Jeong, 2001, "The Optical Picku for a High Density Optical System with NA 0.85 Single Mold Glass Lens," Proc. of the 13th Symposium on Phase Change Optical Information Storage, pp. 100~103.
 (4) 정호섭, 이호철, 윤용한, 2002, "기록용 고밀도 광디스크를 위한 박형 틸트 구동기," 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 788~793.
 (5) K. Kojima, S. Horinouchi, et.al, 2002, "Development of a Crystal Panel using Combo-Drive of DVD and CD-R/RW," Proc. of International Symposium on Optical Memory, pp. 84~85.
 (6) S. Ohtaki, N. Murao, et.al, 1999, "The Application of a Liquid Crystal Panel for the 15GB Optical Disk Systems," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, pp. 1744~1749.
 (7) T.D. Milster, S.G. Tang, 2002, "Generation of Compact Near-Field Energy for Optical Recording," Proc. of International Symposium on Optical Memory, pp. 281~283.
 (8) K. Curtis, W. Wilson, L. Dhar, 2002, "Commercialization of Holographic Storage at InPhase Technologies," Proc. of International Symposium

