

## 차세대 광저장장치 기술

김 수 경

(주)LG전자 디지털미디어연구소

### I. 서 론

21세기 들어 IT 산업의 급속한 발전 흐름에 따른 정보의 대용량화라는 추세를 고려할 때 현재의 저장 기술을 능가하는 초 대용량의 차세대 광기록 기술 개발이 필수적으로 필요할 것으로 산업계에서는 보고 있다.

본 글에서는 차세대 광 기록 기술로서 현재 관련 산업계 및 학계에서 활발히 연구되고 있거나 주목받고 있는 여러 고밀도 기록 기술과 빛의 회절 한계를 넘어서 극복하는 근접장 광학을 이용한 광 정보 저장 기술에 대해 소개하기로 한다.

광기록에서는 렌즈를 사용하는 한, 기록 빔의 직경이 더 이상 줄어들지 않는 빛의 회절 한계(diffraction limit)로 인하여 어느 이상의 고밀도화는 한계가 있다.

현재의 광기록에서는 고밀도를 위한 여러 가지 수단으로서 빔의 직경을 줄이기 위하여 대물 렌즈의 고 NA화가 추진되고 있으며, 상변화 기록 방식의 경우에는 양면 다층 기록, 광자기 기록 방식의 경우에는 초해상, 자구확대 광자기 시스템 등의 서로 다른 고밀도화 방법을 개발하고 있다.

한편 고밀도 광기록 기술의 개발과 정보의 대용량화라는 시대적 요구에 부응하여 현재의 광기록 기술을 뛰어 넘는 초 대용량의 광기록 기술의 개발도 꾸준히 시도되어 오고 있다.

이를 위하여 현재의 광 기록 기술의 연장선상에서 청색 광 레이저, UV 레이저 등을 이용한 빛의 단파장화로 광기록 밀도를 높이려는 시도와 더불어, 빛의 파장 이하의 영역에서 발생하는 광

을 이용한 근접장 기록(Near field recording : NFR) 기술을 이용하여 빛의 회절 한계 이하로 기록하는 고밀도 광기록 기술 개발도 활발히 연구되고 있다.

본 글에서는 광기록 방식에 따른 여러가지 고밀도화 기술을 소개하고, 또한 기록 방식에 국한되지 않고 빛의 회절 한계를 넘어서 기록 가능한 근접장 기록 방식에 대해 살펴보기로 한다. 단, 광개구형 탐침 기록 및 홀로그래피를 이용한 3차원 광기록에 대해서는 다른 특집 과제에서 다루므로 본 글에서는 이에 대한 소개를 별도로 하지 않기로 한다.

### II. 고밀도 광기록 기술

광 디스크 장치로는, 재생 전용형(CD-ROM, DVD-ROM 등), 추기형(CD-R, DVD-R), 재기록 형(CD-RW, DVD-RW, DVD+RW, DVD-RAM, MO, MD)로 크게 분류된다. 광기록 방식으로는 CD-RW, DVD-RW/RAM 등의 광 저장 장치로 대표되는 상변화(Phase-Change) 기록 방식과 MD(Mini Disc), Giga-MO 등으로 대표되는 광자기 저장장치로 대표되는 광자기(Magneto-Optical) 기록 방식이 있다.

상변화 기록 매체로는 대표적으로 칼코젠(chalcogen) 화합물인 GeSbTe를 이용하고, 광자기 기록 매체로는 대표적으로 희토류-전이류(Rare Earth-Transition Metal) 합금인 Tb-

FeCo를 이용한다. 또한 상변화 기록에는 기록 물질의 상(phase)이 변화함에 따라 반사도가 변화되는 특성을 이용하여 기록/재생 하지만 광자기 기록은 편광된 빛이 기록층 자성 물질에서 반사될 때, 자화의 방향에 따라 편광면의 회전이 일어나는 현상을 이용한다는 큰 차이점이 있다.

일반적으로, 광 디스크의 기록 밀도는, 광의 회절 한계에서 정해지는 광 스팟(Spot) 크기( $\sim \lambda/NA$ )로서 결정되며, 이에 따라 일반적으로 단파장 광원과 고 NA 렌즈를 이용한 것으로 고밀도화가 이루어지고 있다. 그러나, 렌즈 광학계를 이용하는 한, 광의 회절 한계에서 벗어나는 것은 가능하지 않으므로 근접장 기록, 초해상 기술, 광원에 전자선을 이용한 마스터링(Mastering) 기술, 및 3차원 기록 등(다층 기록, Holographic Memory)이 있다.

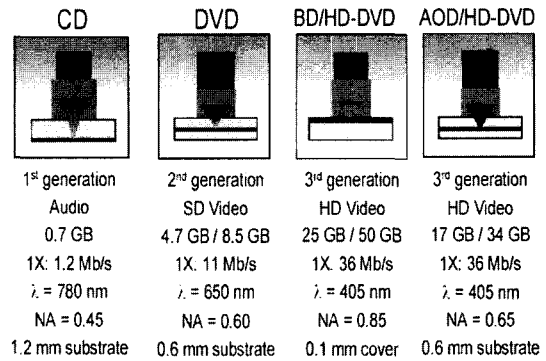
매체의 두께 방향의 고밀도화 방법으로서, Photon Mode를 기본으로 하는 다층 기록과 홀로그래피 체적 기록, 그리고 탐침 어레이(Multi probe array) 기록이나 병렬 광원에 의한 2차원 기록 등이 있다.

1. 청색 레이저 및 초단파장 기록<sup>[1]</sup>

청색 광 레이저를 이용한 차세대 광기록의 선두 응용 제품은 단연 HDTV 방송의 기록과 영화의 배포를 꿈꿀 수 있다. 현재 서로 다른 여러

가지 규격이 제안되어 있으며 모두 405nm의 청색 레이저를 사용하는 것으로 되어 있다.

첫번째 규격은 BD(Blu-ray Disc)라고 하는 규격으로서 전 세계적으로 9개 정보 가전 리더 업체(9C) 즉, Hitachi, LG, Matsushita, Pioneer, Philips, Samsung, Sharp, Sony, Thomson 등이 주축이 되어 제정된 규격이다. BD규격은 0.85 NA의 대물 렌즈와 0.1mm의 보호층(Cover layer)이 부착된 기판을 사용하며, 미디어 품질에 따른 선밀도 조건에 의해 23.3, 25, 27GB의 용량을 디스크의 한 단면에 기록한다 청색 레이저 기록의 다른 규격 중 하나는 AOD(Advanced Optical Disc)로서 Toshiba와 NEC에 의해 제정된 규격이다. AOD



<그림 1> 주요 BD 규격과 기존규격의 비교

<표 1> Blue laser 기록의 각종 규격의 비교

|                      | BD          | HD-DVD (0.1mm)  | HD-DVD (0.6mm)  | AOD       |
|----------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Disc Thickness (mm)  | 1.1+0.1     | 1.1+0.1         | 0.6+0.6         | 0.6+0.6   |
| Wavelength           | 405         | 405             | 405             | 405       |
| NA                   | 0.85        | 0.85            | 0.65            | 0.65      |
| Track pitch (nm)     | 320         | 330             | 410             | 340-400   |
| Min. Pit length (nm) | 160/149/139 | 176             | 222             | 222-290   |
| Modulation code      | 17PP        | 8/15 (2, 12)RLL | 8/15 (2, 12)RLL | (1, 7)RLL |
| Transfer rate (Mb/s) | 36.0        | 31.6            | 25.1            | 36.0      |
| Capacity (GB)        | 23/25/27    | 27              | 17              | 15/20     |

규격은 0.65 NA의 대물 렌즈와 0.6mm의 보호층(cover layer)을 채택하여 DVD와 호환성을 가질 수 있도록 하였고 기록 용량은 ROM의 경우 15GB, 재기록형의 경우 20GB로 되어있다. 재기록형 AOD의 경우 랜드/그루브 기록을 하며, 2층 기록도 가능하도록 하였다.

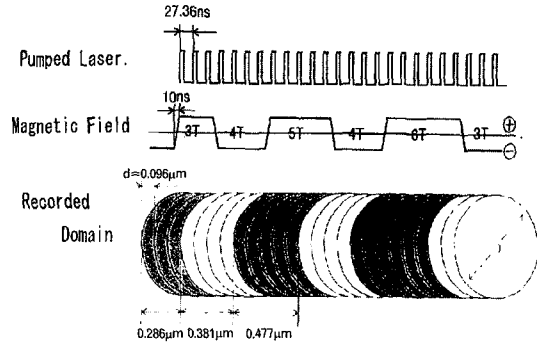
또 다른 규격은 대만의 AOSRA (Advanced Optical Storage Reserch Alliance)에 의해 제정된 HD-DVD 규격이다. 이 시스템은 보호층의 두께가 각각 0.6mm와 0.1mm인 0.85 NA 또는 0.65 NA를 사용할 수 있도록 되어 있다. 그 밖의 규격으로서 중국이 중심이 되어 진행해오고 있는 EVD(Enhanced Versatile Disc) 규격도 있다. <그림 1> 및 <표 1>에는 이러한 여러가지 규격에 대한 차이점을 비교하였다.

청색 레이저 이후의 초 단파장을 이용한 차세대 저장 장치 기술로서는 근 UV(Ultra Violet)을 이용한 BUD(Blue ray UV Micro Optical Disc)기술로서 파장이 375nm의 근 UV 레이저를 사용하여 기록하는 연구가 보고되기도 하였다. 또 파장 200~300nm대의 UV 광원을 이용하는 기록 방법은 현재 일부 업체와 학계에서 제안되고 있기는 하나, 차세대 광기록 장치로서의 응용 가능성은 아직 불투명하다고 할 수 있다.

2. 고밀도 광자기 기록 기술<sup>[2]</sup>

광자기 기록 기술은 광학적 회절 한계 이하의 크기로 마크의 기록이 가능할 뿐 아니라 재생할 수 있는 몇 가지 기술이 있다. 즉, 레이저 광 이외에 기록 및 소거 과정에 외부에서 걸어주는 자기장이라는 변수가 하나 더 있기 때문에 회절 한계 이하의 기록이 가능하다. 이러한 기술을 LP-MFM(laser pumped-magnetic field modulation)이라 하는데, 기록 과정을 <그림 2>에 보인다.

이 기록 방법은 일정한 주파수를 갖는 펄스 형태의 레이저 광이 디스크에 가해지고, 이 펄스와 동기화 된 외부 자기장이 인가되는 과정에서 외부 자기장의 방향을 바꿔 줌에 따라 레이저 빔보다 짧은 마크를 형성시킬 수 있다.



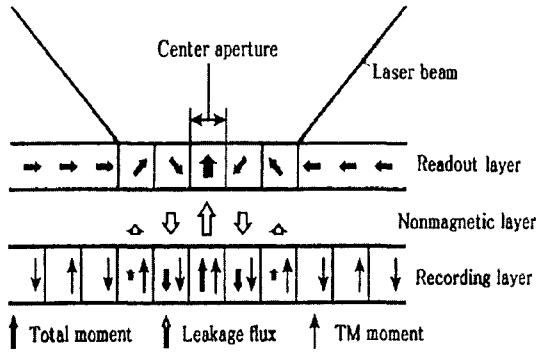
<그림 2> Laser pumped-magnetic field modulation(LP-MFM) writing technology.

1) 자기 초해상(MSR)

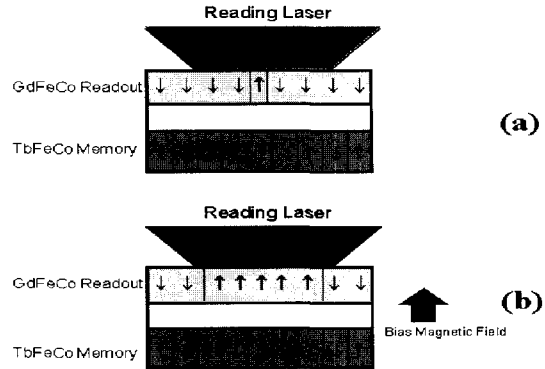
회절 한계 이하의 크기로 기록된 마크를 읽기 위한 대표적인 기술이 자기 초해상(magnetically induced super resolution; MSR) 기술로서 통상의 광 재생 방법과는 달리 기록층 이외에 별도의 재생층이 필요하다. 현재 적색 레이저 광원에서 자기 초해상(MSR) 기술을 이용한 광자기 장치로서, GIGAMO 시리즈(3.5인치 직경의 디스크로 기록 용량 1.3GB와 2.3GB가 있음)와 소지름 광자기 디스크(직경 5cm, 730MB) iD-PHOTO 규격이 실용화되었다.

MSR의 구현 방법 중 대표적인 CAD(center aperture detection) 재생은 재생층 자화상태의 온도 의존성을 이용한다. 주로 GdFeCo로 구성되는 재생층의 조성을 잘 조절하면, 상온에서는 수평 방향의 자기 이방성을 갖는 반면, 일정 온도 이상에서는 수직 방향의 자기 이방성을 갖게 되는 특성을 이용한다. 즉 상온에서는 수평 자기 이방성을 갖지만 재생을 위해 재생 레이저가 가해졌을 때는 수직 방향의 자화 용이축을 갖게 되는 조건을 이용한다. 이때의 온도가 100°C 정도이고, 재생 빔이 가해졌을 때, 아래의 기록 층과 같은 자화의 방향을 갖게 되는 것이다.

<그림 3>에서는 CAD MSR의 기본 메커니즘을 보여주고 있다. 레이저 빔의 크기보다 작게 기록된 마크를 재생층을 이용하여 읽어내는 기술로써, 특히 가우시안 분포를 갖는 레이저의 가운데 부분이 상대적으로 온도가 더 올라가게 되고, 이



〈그림 3〉 Center-aperture detection(CAD) MSR.



〈그림 4〉 MAMMOS (a) without bias magnetic field and (b) with field.

부분에서만 창이 형성되면서 기록층에 기록된 마크를 복사하게 된다.

한편, 그 이외 부분은 수평 자기 이방성을 유지하기 때문에 재생 신호에 기여하지 않는다. 수평 자기 이방성을 갖는 경우는 광자기 재생에서 이용하는 극(polar) Kerr 효과에 기여가 없기 때문에 신호에는 기여가 없다. 재생층 중간층 주변부 자화의 요동(fluctuation) 현상은 재생 잡음으로 작용되기 때문에 제거 시켜주는 방안으로 마스크 층을 도입하기도 한다. 적색광원과 MSR 재생방법을 이용하면 기록 밀도는 대략 5Gb/in<sup>2</sup> 정도가 된다.

2) 자구 확대 기술(MAMMOS)

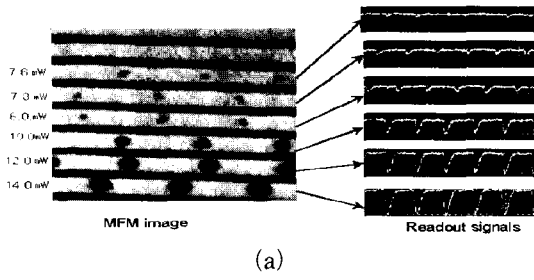
MSR을 이용한 고밀도화 보다 더 높은 기록 밀도를 얻기 위해서는 다른 재생 기술이 필요하다. 이러한 요구에 적합한 대응 기술이 MAMMOS(magnetic amplifying magneto-optical system) 기술과 DWDD(domain wall displacement detection) 기술이다.

MAMMOS는 MSR과 유사성이 많은데, 특징적인 것은 기록 마크와 동기된 외부 자기장을 인가 시킨다는 점이다. 〈그림 4〉는 MAMMOS 기술로 재생하는 메커니즘을 보이고 있다.

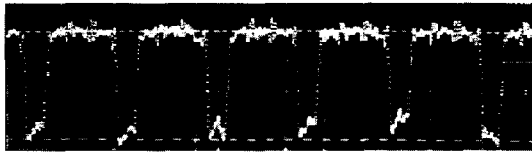
MAMMOS가 MSR과 다른 점은 같은 Gd-FeCo 합금을 재생층으로 이용하지만, 상온에서 수평 방향의 자화 용이축을 갖는 조건을 이용한 MSR과 달리 MAMMOS는 상온에서도 수직

자화 용이축을 갖는다는 것이다. 단, MAMMOS에서는 온도에 따른 보자력 의존성을 재생에 이용한다. 즉, 재생 빔이 가해지면서 온도의 증가에 따라 재생층의 보자력이 줄어들게 되고 이때 외부에서 약한 자기장을 걸어 줌에 따라 기록층을 복사하고 있던 자구의 확대가 일어나게 되어 재생 신호의 증폭 현상으로 작게 기록된 기록 신호를 크게 읽어낸다. 즉, 재생과정에서 레이저 빔에 의해 재생층이 가열되고, 특히 온도가 상대적으로 높은 빔의 중간 영역에서 보자력이 최소가 된다.

이 때, 빔 중간 부분의 재생층은 기록층과의 정자기 결합에 의해 기록층의 마크를 재생층에 복사하고 있는 상태인데 이 때, 외부에서 적당한 크기의 재생 자기장을 인가하여 복사된 자구의 자화 방향과 동일 할 때는 자구가 확대되고, 반대 방향인 경우는 기록층에서 발생하는 정자기력과 상쇄되어 확대가 일어나지 않는다. 따라서 재생 과정에 자기장의 방향을 각 마크의 위치에서 양 방향을 가해 주면, 기록된 마크의 자화 방향과 재생 자기장의 방향에 따라 재생층이 확대되거나 되지 않는 상태를 디지털 재생 신호에 이용한다. 〈그림 5(a)〉는 기록레이저 파워를 달리하면서 기록된 마크들을 MFM(magnetic force micrometer)을 이용하여 관측한 마크 재생 자기장이 없는 상태에서 재생 레이저 만으로 재생한 신호이고, (b)는 재생 자기장을 인가했을 때의 재



(a)



(b)

〈그림 5〉 Observation of written marks and readout signals (a) without magnetic field and (b) with magnetic field.

생 신호이다. 재생 자기장이 없는 (a)의 경우는 기록된 마크의 크기와 재생 신호의 진폭이 비례하지만, 자기장을 걸어준 경우는 (b)와 같이 모두 포화 된 진폭의 재생 신호를 얻을 수 있었다. 즉, MAMMOS 기술의 경우 기록된 마크의 크기와 무관하게 재생 신호를 증폭하여 포화시킬 수 있다. 이 기술의 경우 앞서 논의한 MSR에 비해 4~5배 정도의 기록 밀도 즉 20Gb/in<sup>2</sup> 이

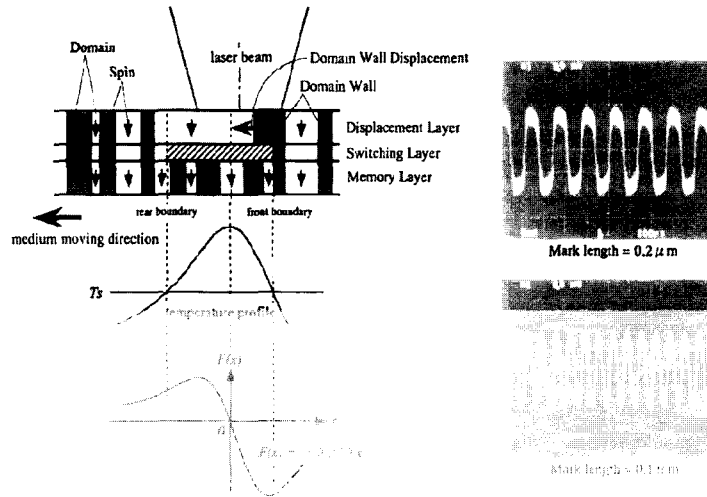
상을 기대할 수 있다.

최근에는, 자성막의 연구에 의해 외부에서의 별도의 자기장이 자구를 확대시키는 무자기(Zero-Field) MAMMOS 기술이 Hitach Maxell, Sanyo 등에 의해 제안되어 실용화 단계까지 근접해오고 있다.

### 3) 자벽 이동 검출(DWDD) 기술

MAMMOS 기술과 비슷한 기록 밀도를 달성할 수 있는 다른 재생 방법이 DWDD(domain wall displacement detection) 기술이다. 이 기술 구현을 위한 디스크의 구조 역시 앞서 논한 MSR이나 MAMMOS 디스크의 경우와 유사하게 재생층과 비슷한 자벽 이동층이 필요하다. 이 기술에서 자벽 이동층은 초기 기록층의 마크를 복사한 상태를 유지한다. 여기에 재생 레이저 빔에 의해 가열되면서 레이저 빔의 강도 분포와 더불어 디스크의 회전에 의한 비 대칭성 온도 구배가 생겨나게 된다.

이 과정에서 온도의 함수인 자벽 에너지 밀도( $\sigma_w$ )의 변화를 초래하고  $\sigma_w$ 가 높은 부위 즉, 기록 마크의 가장자리에서  $\sigma_w$ 가 낮은 부위 즉, 기록 마크의 중심으로 이동이 있게 된다. 이와 같이 자벽이 이동하는 과정을 재생 신호로 검출하게



〈그림 6〉 Domain wall displacement detection(DWDD) and readout signals.

되는 것이다. 이때 자력을 이동시키는 힘이 자력 보자력에 의한 저항을 넘으면 이동을 시작하게 되고 이 온도가 재생 범에 의한 재생 온도가 된다. 이 과정과 마크 크기에 따른 재생 신호의 형태는 <그림 6>에 있다.

### 3. 광과 자기 디스크의 융합 기술<sup>3,4)</sup>

HDD의 초 고밀도화의 경우 기록 Bit의 미소화에 수반한 SN비의 개선이나 열요동 대책의 하나로, 기록 매체에 광자기 기록 매체를 이용하고 열자기 기록하고, 재생은 고감도 GMR(MR) Head를 이용한 광 Assist법의 자기 기록 기술이 제안되고 있다. 기록 매체(기록층 TbFeCo, 재생층 TbDyFeCo)을, 청색 Laser 400nm과 SIL(실효 면적 NA1.93)를 조합한 광학계에서 열자기 기록하고, GMR Head로 재생하고, 자력 현미경(MFM: Magnetic Force Microscope)에 의한 0.1 $\mu$ m의 기록 자구 관찰에서 60Gbits/in<sup>2</sup>의 면기록 밀도의 가능성이 보고되기도 하였다.

이와 같이, 기록시에 광 Assist, 재생시에 GMR Sensor를 이용한 광 Assist법은, 최근, 미국에서는 HAMR(Heat Assisted Magnetic Recording)<sup>13)</sup>라고 불리고, 연구 개발 Project가 시작되고 있다. 수직 자기 기록이 얻어낼 수 있는 이상의 기록 밀도를 얻기 위해서는, HAMR이나 Patterned Media가 필요하다고 한다. 1Tbits/in<sup>2</sup> 이상의 기록 밀도에 있어서는 자성 미립자의 배열 방법으로서, 미세 가공법 외에 재료의 자기 조직화를 이용한 방법도 연구되고 있다.

## III. 근접장(Near field) 기록<sup>5)</sup>

근접장 광기록(NFR: Near field optical recording)은 빛의 회절 한계를 초월한 분해능을 가질 수 있도록 광의 파장보다 작은 크기의 광 출력부와 광 인지부를 만들고 이를 레이저광의 파장 이내의 거리로 기록 매체에 근접시킴

로서 레이저광의 파장보다 작은 단위의 정보를 읽거나 쓸 수 있게 한다.

비록 아직 실용화는 안되어 상품으로 출시되고 있지 않지만 3가지 유형의 근접장 광기록 기술이 현재 상용화에 가까이 접근해오고 있다고 분석되고 있다. 이 첫번째 기술은 SIL을 이용한 근접장 기록 기술로서 Terastor에 의해 최초로 상품화로 시도되었다가 실패한 경험이 있다. 그러나 여러 근접장 기술 중 가장 활발히 연구해오고 있는 분야이기도 하면서 실험적으로도 잘 입증되어 온 기술이기도 하다.

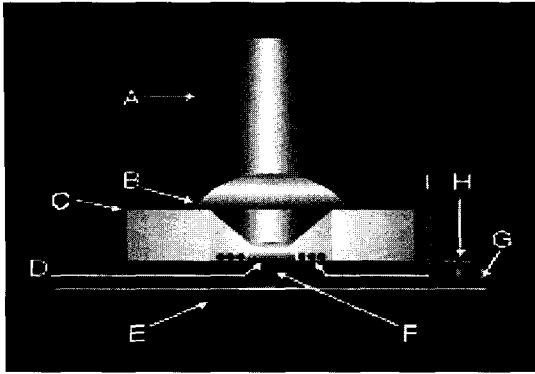
2번째 기술은 초해상 근접장기술로서 불리우는 Super-RENS(Resolution near-field structure) 기술이다. 이 기술은 매체 내부에 얇은 비선형 광학층을 두어 레이저 발열로 인한 매체의 온도 상승에 의한 굴절을 변화로 미소 개구부를 형성하여 빛을 통과시키는 방법이다.

3번째 기술은 INFO(Integral Near-Field Optical) Media 기술로서 아직 상품화에 대한 예측은 이르지만 근접장 광을 발생시키는 광학 요소가 매체 내부에 결합되어 설치되어 있는 기술로서 최근 Polaloid사 등을 위시하여 여러 업체들이 활발한 기술 개발을 추진하고 있다.

### 1. SIL 방식의 근접장 기록<sup>6-9)</sup>

탐침(Probe)을 이용한 방식이 가지는 고속화의 한계를 극복하기 위하여 이멀전 광학(Immersion Optics) 방식을 채용한 SIL(Solid Immersion Lens)을 부상형 헤드(Flying head)에 탑재하는 연구가 활발히 진행되어오고 있다. 즉 <그림 7>에서 보는 바와 같이 대물(Objective) 렌즈(B)로 SIL(D)에 레이저를 집광시키면 굴절율이 높은 SIL 내부의 밑면에 초점이 형성되며 이 초점 스폿경은 SIL 굴절율에 반비례적으로 감소하여 회절한계 이하의 스폿을 얻게 된다.

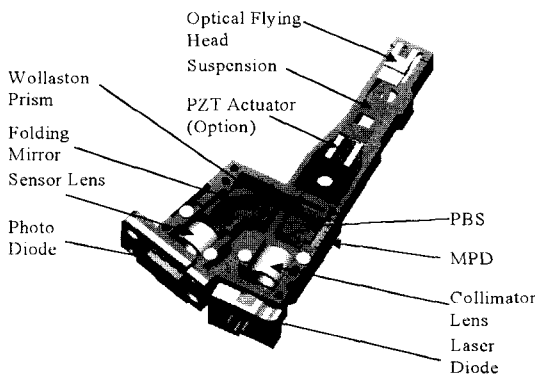
이 스폿은 에바네스cent 광(Evanescent wave)(F)의 형태로 매체(G)에 전파되어 표면을 가열시키고, 가열된 영역만 자화 코일(I)에 의해 특정 방향으로 자화되는 방식으로 비트 정보를 저



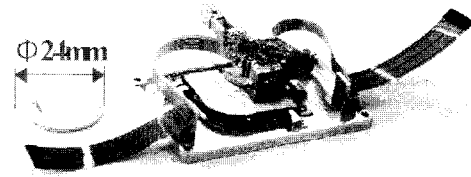
〈그림 7〉 SIL을 이용한 근접장 광헤드 유니트

장한다. 이 방법에서는 탐침(probe) 방식에서의 수직 방향 위치 제어를 부상형 헤드(Flying Head)에 의하여 자동으로 수행되므로 하드디스크와 같이 고속화가 가능하다.

SIL 방식의 헤드는 하드 디스크 장치와 마찬가지로 데이터의 기록 재생에 부상형 슬라이더(Slider)를 사용한다. 통상의 광기록과는 달리 근접장 간격을 유지하기 위해 주로 표면 기록(First surface recording)을 하기 때문에 기록막도 하드 디스크와 같이 디스크 표면에 드러난 상태로 한다. 하드 디스크의 슬라이더와의 차이점은 부상형 헤드 슬라이더(Head slider)에 광학계를 탑재되는 것은 자기 기록재생 소자가 아닌 렌즈나 코일 등으로 구성되는 광 또는 광자기 기록용의 광학 요소(Module)이다.



〈그림 8〉 부상형 슬라이더 방식의 SIL탑재한 광픽업 헤드 조립체 (LG전자)



〈그림 9〉 근접장 광픽업 시제품 (LG전자)

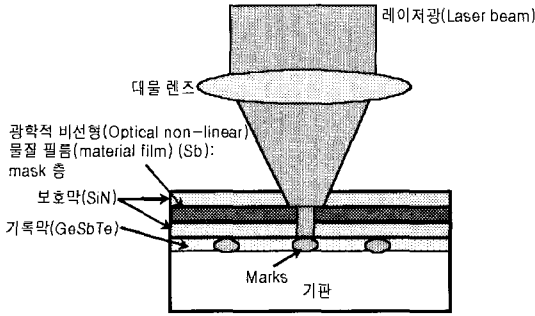
광학계는 통상 2개의 렌즈로 구성된다. 1개는 부상형 헤드의 표면에 탑재하는 프리포커스 렌즈(Pre-focus lens)로서 종래의 광디스크 장치에서 대물 렌즈에 상당한다. 또 하나는 SIL로서 반구(Hemisphere) 또는 초반구(Super hemisphere) 형상을 사용할 수 있다.

LG전자에서는 〈그림 8〉 및 〈그림 9〉과 같이 하드디스크에 사용되는 부상형 슬라이더 기술을 이용한 SIL렌즈 탑재 광픽업 헤드를 제작 발표한 바 있다.

## 2. Super-RENS 방식의 근접장기록<sup>[5, 10]</sup>

이 방법은 기존 광픽업 헤드를 그대로 이용하면서 미디어의 구조를 S-RENS라 명명된 초해상 근접장 구조(Super-RENS: Super-Resolution Near-Field Structure)로 바꾼 것만으로 광의 회절 한계를 초월한 미소 비트의 기록, 재생이 가능하도록 한 방법이다.

매체내에서 근접장을 구현하는 고해상도 Super-RENS 기술은 현재까지 두 가지 방식의 기술이 개발되었다. 첫번째가 Sb 마스크층이 광초점에서 발생하는 열에 의해서 개폐되는 개구방식 기술이다. 〈그림 10〉과 같이 상변화 기록층에 정보를 기록하고 재생할 때, SiN층 사이에 있는 Sb 박막층이 레이저 광초점에서 발생하는 열분포에 의해서 파장 이하의 개구가 형성되어 파장 분해능보다 훨씬 성능이 향상된 기록 밀도 구현이 가능하다. 이렇게 형성된 개구를 통해서 투과되는 근접장 광이 상변화 기록층에 정보를 기록하고 재생하게 된다.



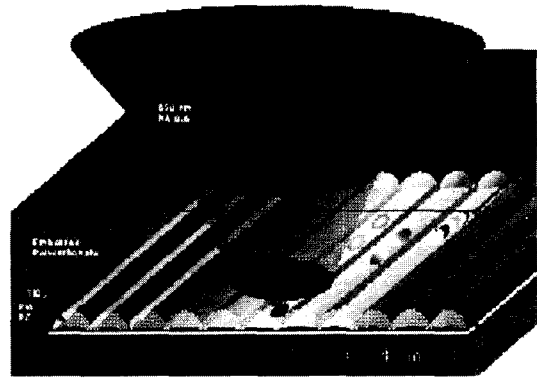
<그림 10> Super-RENS를 이용한 기록 방식

SIL 방식과 비교하여 이 기술의 최대 강점은 간극제어를 정밀하게 할 필요가 없다는 것이다. 비슷하지만 원리가 다소 차이가 나는 것이 광 산란방식 Super-RENS 기술이다. 매체의 구조는 비슷한데 마스크 층이 Sb가 아니고  $AgO_x$ 가 되는 것이 다르다. 이때는 레이저의 광초점에 의해  $AgO_x$ 가 Ag 나노입자와 산소로 분해되고 이에 따라 가열된 부분에서만 광이 Ag 나노입자의 플라즈몬과 연계되어 파장 분해능 이하의 강한 근접장 광이 형성된다.

최근에  $AgO_x$ 를  $PtO_x$ 로 대체하여 광메모리 상용화 구현에 있어서 필수적인 CNR이 100nm 광초점에서 40dB까지 달성되었다고 보고된 바 있기도 하나, 상용화 기술을 위해서 몇 가지 해결 과제가 있다. 우선 Super-RENS의 경우 고해상도 비선형층을 투과하기 위해서 재생 시에 다소 높은 출력의 레이저를 사용하고 이에 따라 원하지 않는 데이터 소거 등의 부작용이 생길 수 있다. 또한 비선형 마스크층의 장시간 열안정성 등도 아직 완벽히 검증되지 않았다. 마지막으로 이웃한 트랙으로의 광침투에 따른 Crosstalk 문제도 해결되어야 한다.

3. INFO media 기술<sup>[5, 10]</sup>

헤드쪽에 SIL을 사용하여 근접장 광 저장을 구현하는 기술에 비교하여 유사한 구조를 매체 쪽에 형성시켜 간극제어 문제를 극복하고자 하는 시도가 INFO 미디어 기술이다<sup>[6]</sup>. 반원기둥형으로 이루어진 근접장 광원 발생 구조가 DVD



<그림 11> INFO Media 기술

디스크 내에서 형성된다. 이렇게 형성된 반원기둥의 지름은 370nm 정도이고 이는 현재의 DVD의 기록용량을 두 배로 증가시킬 수 있다. 이 기술의 장점은 DVD헤드 구조를 그대로 사용하고 DVD 디스크 제작 시에 그루브 몰딩 공정을 원기둥 몰딩으로 대체하기만 하면 되므로 가격이 기존의 DVD 매체와 동일하게 제작될 수 있다.

<그림 11>에서 처럼 입사된 레이저 광 초점이 중간의 반원기둥을 통하면서 더 작은 점으로 축소되고 이웃한 원기둥은 영역을 넘어서는 빛을 산란시켜 cross-write 문제를 해결하는 구조를 갖고 있다. INFO 미디어는 탈착식이고 현재의 DVD 기술에 쉽게 적용이 가능하고 상변화 매체에서 44dB의 CNR이 보고되었다. 한 가지 문제는 정보 재생 시에 일어날 수 있는 Crosstalk인데, 원기둥 높이에 있어서 위상 제거 기술을 적용하면 해결될 수 있다.

4. 부상형 광헤드 기술<sup>[8, 9]</sup>

광 기록용 부상형 광헤드(Optical flying head) 기술은 HDD용 부상형 헤드 기술과 유사한 특성을 지니고 있으면서도 광기록이라는 측면에서는 매우 다른 특성을 유지하여야 한다. 주요한 큰 차이점을 들자면 HDD 헤드와는 달리 부상형 광헤드는 초소형 광학계가 탑재되어 조립시 광학적인 조정이 필요하며, flying 후에는 출사된 빔의 수차 특성이 광기록의 특성에 맞는 범위 내에서 유지되어야 한다는 점이다.



두번째 차이점은 광기록 방법에 따라 부상형광 헤드는 근접장(near Field)용 OFH와 원격장(far field)용 OFH로 나눌 수 있으며 헤드의 광학적인 조건 및 기록 특성에 따라 각각 다른 광학적 특성을 유지하도록 설계되어야 한다는 점이다. <그림 12>는 오염의 영향을 최소화하기 위하여 슬라이더 하면으로부터 수 마이크로 정도 의 오목(recess) 부위를 설계한 원격장용 광헤드의 일례를 보여주고 있다.

세번째 차이점은 대부분의 광기록은 플라스틱 디스크를 채택함으로써 일어나는 HDI(Head to Disk Interface) 문제, removable 환경하에서 먼지나 오염에 대비하여 표면에 투명한 보호층(cover layer)을 설치함으로써 야기되는 포커스 서보(focus servo) 문제 등에 대응한 추가적인 액츄에이터(actuator)의 필요 등이 설계상 큰 차이점으로 볼 수 있다.

SIL을 탑재하는 광 저장기술에 있어서 여러 가지 해결 과제들이 있지만 회전하는 플라스틱 디스크 매체와 SIL사이의 간극 제어는 가장 중

요하다. 또한 매체 표면은 극히 깨끗하고 평평해야 한다. 간극이  $\lambda/5$  정도로 밀착되어야 하므로 표면의 오염은 탈착식 광디스크 기술에 있어서 가장 걸림돌이 된다.

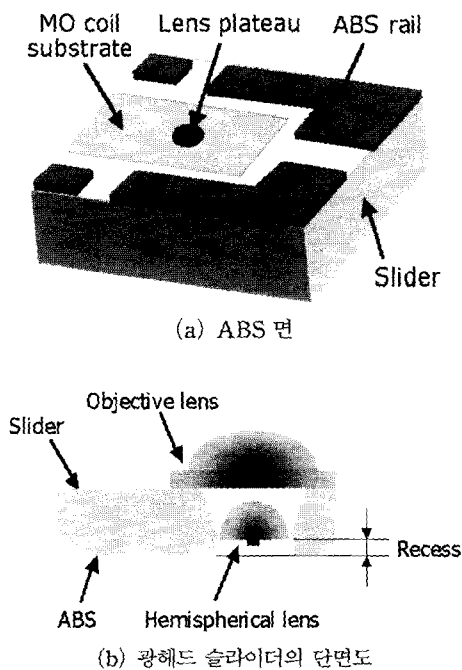
따라서 먼지나 때를 막는 카트리지 형태의 디스크 매체가 필수적이다. 작은 광초점에서 생기는 매체의 발생 열 역시 광메모리 성능에 크게 영향을 줄 수 있다. 이러한 문제를 해결하는 여러 가지 방법도 제안되고 있으나 확실한 해결책은 아직 제시되지 않고 있다. 간극이 부상형 헤드로 제어되는 방식의 경우에 있어서 SIL 렌즈가 장착된 헤드의 중량 때문에 고속 트래킹 및 데이터 검색 제어에 어려움이 있을 수 있다.

#### IV. 결 론

광 저장장치의 추세는 크게 기록 용량에 있어서 대용량화와 기록/재생 속도의 고 배속화, 그리고 역 방향 호환성의 확보로 분류 된다. 소프트웨어의 용량이 방대해지고 게임이나, 영화 등 대용량의 정보를 저장하기 위해 고밀도 기록에 대한 요구는 꾸준히 제기되고 있다.

HDTV등의 고화질 정보를 저장하기 위해서 청색 광원을 이용한 25GB급의 BD규격의 저장 장치가 이미 상품화와 추가적인 규격작업이 진행되고 있지만 100Gb/in<sup>2</sup> 이상의 고밀도를 갖는 차세대 광저장 장치에 대한 연구도 꾸준히 진행되어오고 있다. 100Gb/in<sup>2</sup> 이상의 차세대 광저장장치 기술은 3차원 저장 및 광의 회절 한계를 초과하는 근접장 광학의 개념 등을 필요로 하며 이에 따라 단파장 기록 기술외에도 근접장 광 원리를 적용하는 많은 기술들이 연구 개발되어 현재 상당한 수준의 기술 개발이 이루어지고 있다.

차세대 고밀도 광기록 기술로서 성취할 수 있는 최대 면 기록 밀도의 한계가 향후 10년 이내에 대략 몇 100Gb/in<sup>2</sup>급까지 가능할지 아직 단정하기 어렵지만 이를 이루기 위한 연구는 산업계와 학계의 관련 전문가들과 연구팀들에 의해



<그림 12> 부상형 광헤드의 일례(LG전자)

부단히 노력되고 있다는 점이 매우 고무적이다. 차세대 광저장장치로서 회절 한계를 초월한 광 정보 저장기술은 이제 막 실용화를 위한 시작 단계로서 기존의 여러가지 고밀도 기술과의 경쟁 대열에서 살아남을 수 있는 방법으로 개발이 진행되고 조율이 될 것으로 예상하고 있다.

향후 미래형 광저장장치 기술로서 회절한계를 초월한 광 기술의 실용화, 기능 고도화를 위하여는 관련 분야의 미래산업 핵심기술과의 기술융합이 필요하다고 본다. 또한 이에 따른 아이디어 창출과 실용화를 위한 주요 애로 기술의 극복 방법과 대체 기술개발을 위한 노력 여하에 따라 얼마나 그 시기가 단축될 것인가도 달려 있다고 본다.

### 참 고 문 헌

- [1] INSIC Roadmap Workshop 2003 : DVD and Follow-on Technologies Final Report, [www.insic.org](http://www.insic.org)
- [2] 김수경, 김진홍, “초고밀도 광정보저장 기술의 최근동향과 기술과제”, 한국정밀공학회지, 18권, 제 4호, pp. 37-45, 2001
- [3] T. W. Mcdaniel et al. MORIS2002, TechnicalDigest, Tu-F1
- [4] LG전자, Technorent 278호, <http://info.wm.lge.co.kr/infhome/index.html>
- [5] INSIC Roadmap Workshop 2003 : Near-field optical data storage Final Report, [www.insic.org](http://www.insic.org)
- [6] T. D. Milster, “Near-field optics : A new tool for data storage”, Proceeding of the IEEE, VOL.88, NO.9, pp. 1480-1490 (2000).
- [7] Sookyung Kim, et al, “Effective design and performance of optical flying head for near field recording”, *Technical digest of ISOM 2001*, pp.60-61, Taipei, Taiwan
- [8] Sookyung Kim, et al, “Design of opti-

- cal flying head for near field recording”, *Transaction of Magnetics Society of Japan*, pp.341-344, Vol.2, No.4, 2002
- [9] Sookyung Kim, et al, “Design and fabrication technology of optical flying head for first surface MO recording”, *Technical digest of ISOM/ODS 2002*, pp.204-206, Waikoloa, Hawaii
- [10] 박강호, 송기봉 외, “근접장광메모리기술동향” ETRI, 주간기술동향, 2003. 5, [www.itfind.or.kr](http://www.itfind.or.kr)
- [11] Optronics, 2001년 11월호. p.138

### 저 자 소 개



김 수 경

1980년 3월 연세대학교 공과대 기계공학과 졸업(학사), 1984년 8월 연세대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사), 1990년 8월 연세대학교 대학원 기계공학과 졸업(박사), 1984년 7월~2003년 12월 : LG전자, 1995년 2월~1997년 2월 : University Of California, San Diego, CMRR(자기기록연구소), <주관심 분야 : 광(자기)저장장치 및 관련기술>