

◆특집◆ 정보저장기기

광 정보저장장치의 기술동향

송태선*, 이문도**, 전홍걸**, 박노철**, 박영필**

Technical Trend of Optical Information Storage Device

Tae-Sun Song*, Moon-Do Lee**, Hong-Gul Jun**, No-Cheol Park**, and Young-Phil Park**

Key Words : Information Storage Device(정보저장기기), Optical Disk Drive(광디스크 드라이브), Compact Disc, Digital Versatile Disc, Near Field Recording(근접장 기록)

1. 서론

우리가 흔히 접하고 있는 광 저장 매체는 크게 두 부류로 나눌 수 있다. 1982년 상용화 된 CD(Compact Disc)계열의 광 저장매체와 1996년 11월 일본에서 처음 출시된 DVD(Digital Versatile Disc)가 그 것이다. CD와 DVD 등은 정보가 저장되어 있는 매체이고, 이들 매체에 레이저 광을 이용하여 정보를 기록, 재생하는 장치가 광 정보저장장치이다. 이런 광 정보저장장치의 탄생 및 사업화의 역사를 보면, 연구 개발은 일본, 유럽 및 미국등에서 수행되어 왔고, 사업화 성공은 주로 일본 업체들의 노력에 의해 이루어져 왔음을 알 수 있다.

우리 나라의 경우, 일본 등으로부터 주요 부품을 수입하여 제품을 개발하여 왔다. 제품 개발 초기 단계에서는 근본적인 문제가 발생할 경우 해결할 방법이 없었고, 선진사에서 주요 부품의 공급을 제한하여 생산량이 제한되는 경우도 많았으며, 개발 도중 발생하는 사소한 문제도 해결하지 못하는 경우도 다발하였는데, 이는 당시 우리나라의

광학 기술 및 관련 산업 수준이 미미한 실정이었다기 때문으로 볼 수 있다. 그러나 현재 광 정보저장장치의 주요 품목이 세계 시장점유율에서 정상치를 차지하는 등 괄목할 만한 성장을 이루었다

오늘날 우리 나라의 정보산업의 양적, 질적 발달에 크게 기여한 광 정보저장장치에 관련된 기술에 대해 살펴보고, 향후의 발전방향을 전망해 보고자 한다

2. 광 저장매체의 종류 및 특징

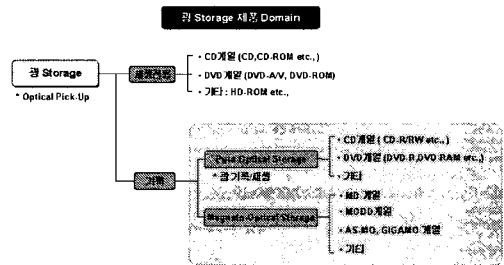


Fig. 1 광 저장 매체의 분류

광 저장 매체는 대물렌즈를 이용하여 레이저 광을 집광시켜, 비접촉으로 정보를 기록 재생하므로, 내환경성이 우수하다. 또한 금형을 이용하여 매체를 대량으로 생산하는 것이 용이하고, 대용량의 정보를 저렴한 가격으로 제공할 수 있어, 배포

* ㈜ 포커시스 대표

E-mail. focusys@kornet.net

** 연세대학교 정보저장기기연구센터

Tel. 02-2123-3851 Fax. 02-365-8460

E-mail. pnch@yonsei.ac.kr

성이 매우 우수한 매체이다. 또한 고밀도 기록, 영구 기록, 1 회 기록 및 반복 재생/기록 등이 가능하다. Fig. 1 에 매체에 대한 분류를 나타내었다

Table 1 에서는 광 저장 매체의 특징을 자기 저장매체 및 반도체 메모리와 비교하여 나타내었다.

Table 1 각 저장 매체들의 비교

특징	광 매체	자기 매체	반도체
소형화	△	○	◎
저가격	◎	○→◎	△→○
고밀도	◎	○→◎	△→○
내충격	◎	△→○	◎
저전원소비	△	○	◎
서환기록성	○	◎	△→○
배포성	◎	×→△	○
표준화	○	○	○

× no good △ so-so ○ good ◎ very good

3. 광 정보저장장치와 광학

광 정보저장장치는 정보가 기록되어 있는 광 디스크와 정보를 기록 또는 재생하는 장치로 나누어 볼 수 있다. 광 저장장치의 광학부는 전체 무게의 수 백분의 일 정도에 지나지 않는 몇 종류의 광학 부품과 몇 개의 관련 소자로 구성된 작은 부분에 불과하다. 그러나, 이러한 광학 소자들이 장치 전체의 신호처리 방식과 제어 수준 및 방법, 그리고 가공의 정밀도 및 열적 환경 등을 좌우하기 때문에, 사실상 광학에 의하여 장치에 관련된 모든 기술이 지배된다고 볼 수 있다. 이와 같이 장치의 모든 특성을 결정짓는 광학계를 구성하는 부품을 광 Pickup 혹은 광 Head 라고 한다. 따라서, 광 정보저장장치의 원리를 이해하고, 관련된 문제를 해결하며, 더 나아가 새로운 기술을 확보하기 위해서는 광 Pickup 에 대한 이해가 필요하다. 더욱이 광 Pickup 의 기본을 이루는 광학 분야의 기술에 대한 깊은 이해가 없이는 광 저장장치의 현재의 문제점과 미래의 발전상을 예측하고 살피는 것이 불가능할 것이다.

광 Pickup 은 Fig. 2 와 같이 각종 광학 부품과

광/전기 변환 소자인 레이저 다이오드 및 포토 다이오드, 이를 지지하기 위한 고정부와 회전하는 광디스크의 원하는 Track 에 레이저 광의 초점을 정밀하게 유지시키기 위한 구동부로 되어 있다. 광 Pickup 은 광디스크 상에 정보를 재생하기 위하여 레이저광을 광디스크의 정보피트에 무수차로 결상시키고, 광디스크로부터 반사된 광을 포토 다이오드에서 전기적인 신호로 변환시키는 역할을 한다. 또한 전기적인 신호를 광디스크 상에 무수차로 결상되는 레이저 광의 세기로 변환하여, 광디스크내의 기록층의 상태를 변화시켜 정보를 기록한다. 따라서 광 Pickup 은 외부의 전기적인 신호를 광학신호로 바꾸기 위한 기능과 읽혀진 광학신호를 전기적인 신호로 바꾸는 기능을 가지고 있다. 구동부에는 Fig. 3 과 같이 대물렌즈가 장착하여 고정부와 광학적 특성이 연결되도록 되어 있다.

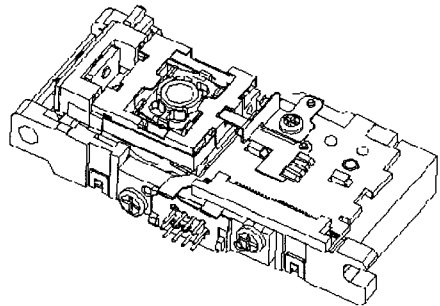


Fig. 2 Optical Pickup

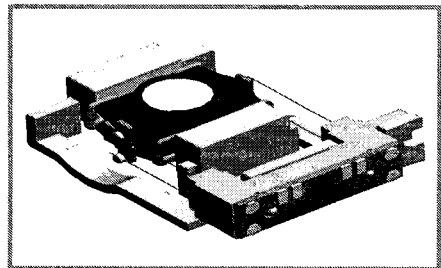


Fig. 3 The Actuator Part of Optical Pickup

3.1 광학기술의 분야

광학기술은 기하광학, 파동광학 등의 고전광학 분야와 근래 주로 연구되고 있는 레이저 관련 분야, 집적광학 및 소자 분야, 광 재료 분야, 양자역학의 개념이 도입되는 근접장 등으로 분류한다.

3.1.1 기하광학 분야

기하광학에서는 동일한 매질 내에서는 빛이 직진한다고 가정하며, 빛의 전달과정에서 굴절률이 다른 매질을 만나면 빛이 굴절하거나, 반사하게 된다. 이와 같이 기하학적으로 빛의 경로를 계산하고 예측하는 광학의 한 분야가 기하광학이다. 기하광학에서 가장 기본적인 법칙으로 우리가 잘 알고 있는 Snell의 법칙이 있다. 기하광학은 광 Pickup을 구성하고 있는 광부품의 설계 및 배치와 관련하여 여러 가지 특성을 결정하여 주는 매우 중요한 기술 분야이다.

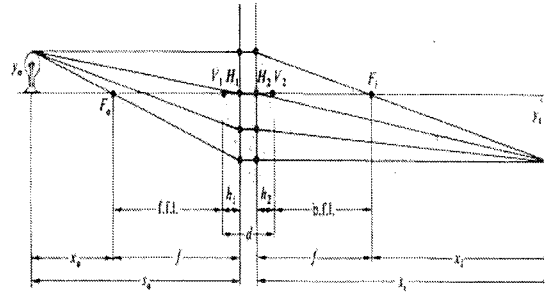


Fig. 4 Block diagram of Optical System

광학부품, 혹은 광학계를 다루다 보면, 어떤 축에 대하여 회전 대칭인 경우가 매우 많다. 이때 이 회전대칭축을 중심으로 광학계를 다루면 계산하고 이해하기가 매우 용이하다. 보통의 경우 이런 축이 존재하는데 이는 기하광학에서 매우 중요하게 다루어 지는 광축이라 정의된다. 광축부근의 매우 미소한 영역(축에 가까운 영역이라 하여 근축)에 대해서는 반사 및 굴절의 경우, 삼각함수를 급수전개의 1차 항만으로 표현할 수 있어, 여러 광학적인 특성을 쉽게 계산하고 예측할 수 있다. 이런 영역을 제 1차 광학, 근축 광학 또는 Gaussian 광학이라고 한다.

근축 영역은 이상적인 광학계의 모든 특성을 갖는다고 할 수 있다. Fig.4 및 Table 2에 근축 영역에 대해 광학적 특성을 표현하는 용어들을 나타내었다.

물체에서 나온 광은 광학계를 거쳐 상을 이루게 되는데, 이를 결상이라고 한다. 이상적인 광학계에서는 한 점에서 나온 광은 한 점에 모이는데, 이를 이상적인 결상이라고 하고, 이에 대하여 벗어난 것을 수차라고 한다. 수차는 표현하는 방법에 따라 여러 가지가 있을 수 있는데, 상점에서 표현하는 것 중에서 가장 기본적인 것은 Table 3과 같다.

우리는 광학부품내지는 광학계를 하나의 물체 공간에 있는 점을 다른 하나의 상공간으로 변환시키는 소자로 생각할 때 한 점에 대하여 완벽하게 1:1로 변환시키는 경우를 이상적인 특성을 갖는 이상광학계라고 하며, 이 이상광학계의 성능에서 벗어난 것을 수차라고 한다.

Table 2 광학계의 주요 용어

용어	정의
초점	광축에 평행하게 입사한 광선속 렌즈를 통과 후, 어떤점에 모이거나 그점에서 나오는 것 같이 진행할 때의 그 점
개구수 (NA)	대물렌즈로 들어오는 광선이 광축과 이루는 각의 최대값을 θ , 매질의 굴절률을 n 이라 함 개구수는 $n \sin u$ 의 값으로 정의
주요점 Principle Point	평행광선이 입사시 두꺼운 렌즈의 1면과 2면에서의 각각 굴절되는데 2면에서의 굴절광선을 연장한 점선과 입사광선을 연장한 점선이 만난 점에서 광축에 수선을 내리면 이 때 광축과 만난 점(H2)을 제 2주요점이라고 하고 물체쪽의 주요점(H1)을 제 1주요점.
F. F. L	렌즈계의 최종면의 정점에서 제 1초점까지의 거리를 의미
B. F. L	렌즈계의 최종면의 정점에서 제 2초점까지의 거리를 의미
입사동	개구조리개보다 물체측에 있는 광학계에 의해 형성된 개구조리개의 상
사출동	개구조리개보다 상측에 있는 광학계에 의해 형성되는 개구조리개의 상
심도	렌즈에서 어떤 점의 상을 맺게 할 때 상 쪽 앞뒤의 선명하다고 볼 수 있는 결상의 범위. 즉 허용 한계

따라서, 수차가 있는 경우, 하나의 물점이 완벽하게 하나의 점으로 결상되지 않는다. 보통 이상적인 광학계를 수차가 없는 광학계라 하는데, 이런 이상적인 광학계의 특성을 갖는 범위에서 약간의 수차가 허용하는 범위까지를 회절 한계라고 한다. 회절한계 광학계는 광학계의 성능이 광학적인 특성을 왜곡되지 않게 전달 될 수 있는 성능의 한계 이내라는 의미를 갖는다.

Table 3 수차의 종류

종 류	특 성
구 면 수 차	- 축상의 위치에 따른 광학적 배율의 차가 발생
비 점 수 차	- 광축을 중심으로 수직인 평면과 수평한 평면의 광학적 Power 가 달라서 생김 - 광 Pickup 에서는 이 수차를 이용하여 디스크와 대물렌즈의 초점제어 신호로 사용
Coma 수 차	- 광축에 평행하게 입사하지 않을 경우에, 그 정도에 따라서 광학적 Power 가 달라져서 발생
상 면 곡	- 광축에서 충분히 작은 경우에는 물체면과 상면이 한 평면에 대하여 한 평면으로 대응되는데, 물체 혹은 시야가 크면, 상면이 곡면으로 되는 현상
왜 곡	- 축상의 거리에 따라서 상의 배율이 달라지게 되는 현상

3.1.2 파동광학 분야

기하광학에서는 빛의 파동으로서의 현상인 회절, 간섭등을 기술하지 못한다. 파동의 전파 원리로서 1678 년경에 주장된 Huygens 의 원리는 반사, 회절의 현상을 설명할 수 있었으나, 당시는 Newton 의 광의 입자성이 널리 지지되고 있어서, 파동성은 조금도 인정되지 않았다.

기하학적 특성에 의하면 광다발의 크기는 무한하게 작게 할 수 있지만 빛의 파동성으로 인하여, 모여지는 광다발은 유한한 크기를 갖게 된다. 빛의 파동으로서의 특성을 취급하는데 있어서, 진행방향에 대한 진동방향 즉 편광특성을 고려한 경

우를 Vector 이론이라 하고, 진동특성을 고려하지 않은 이론을 Scalar 이론이라 한다. 편광특성은 개구수가 큰 경우와 편광을 다루는 광자기 장치 및 편광소자, 박막설계 등에 있어서는 반드시 고려하여야 한다.

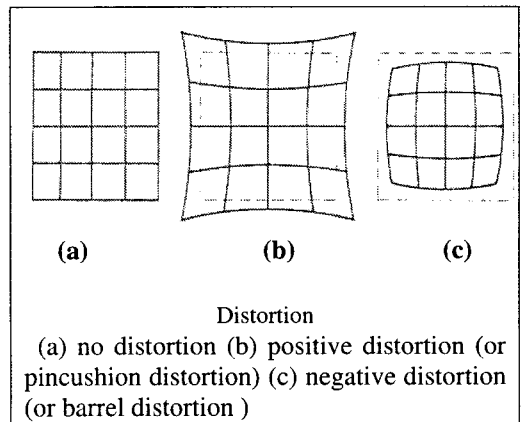
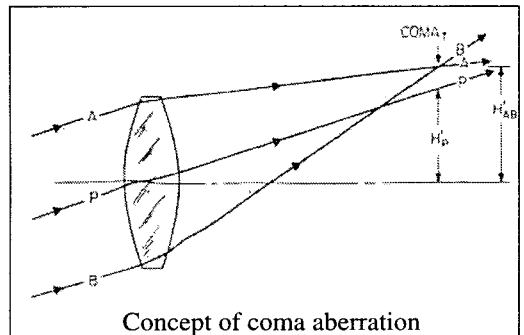
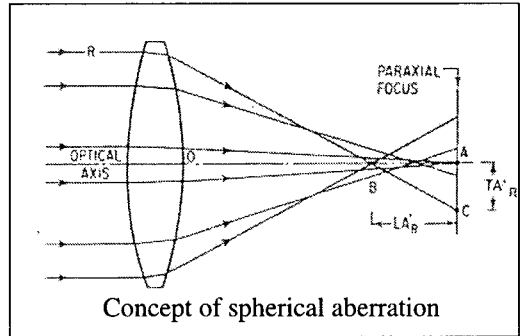


Fig. 5 수차의 형상

광다발의 크기는 사용하는 파장과 대물렌즈의 개구수(NA)에 의하여 결정된다.

광학계의 전달특성을 나타내는 MTF (Modulation Transfer Function)의 크기는 공간주파수가 커짐에

따라 작아지게 된다. 유효한 공간주파수이내에서는 전달함수가 왜곡되는 현상이 없어야 하며, 위상의 반전이 없어야 한다. 이에 대한 개념을 Fig.6 에 나타내었다.

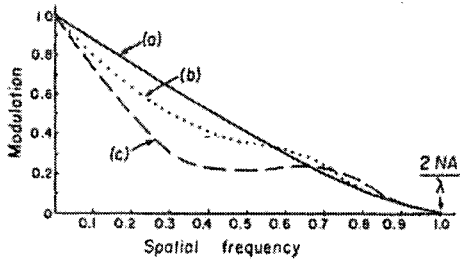


Fig. 6 MTF Curves (a) Ideal (b) within diffraction limited (c)over diffraction limited optical system

NA 값에 의한 해상도의 크기는 RF 값의 크기로 나타나고, 광디스크의 경우에 있어서 피트에 의하여 발생하는 회절광의 크기 및 방향에 따라서 회절광과의 사이에 의하여 아래와 같은 현상을 얻을 수 있다.

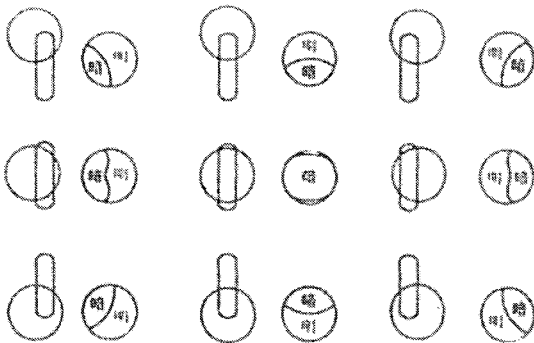


Fig. 7 Diffraction Pattern of pit depth $< \lambda / 4$

따라서, 회절현상을 이해하면, 각종 RF 및 초점 방향 및 Track 에 추종하기 위한 제어 신호를 얻고 사용할 수 있다.

회절판과 홀로그램 Module 은 파동현상을 이용하는 광 Pickup 에 사용되는 부품이다. 회절판은 3 점 방식이라는 Tracking 제어신호발생 방식을 사용하는 광 Pickup 에서 채용되고 있으며, 홀로그램 Module 은 레이저다이오드, 포토다이오드 및 제어

신호를 발생시키는 광학용 홀로그램부품 등이 하나의 Package 로 집적화 된 것으로 일본의 Sharp 사에 의하여 개발되고, 상용화되었다.

기하광학은 빛은 직진한다고 보고 있고, 파동에 있어서는 파장을 무한소(파장 $\rightarrow 0$)의 극한값을 갖는 경우이다. 개념적으로 다른 현상을 다루는 기하광학과 파동광학과의 관계를 이어 주는 용어로 파면(wave-front) 이 있다. 파면은 파의 진행 방향에 대하여 수직하게 동일위상을 이은 것으로 표현할 수 있다. 보통 광 정보저장장치를 연구하는 사람들은 수차를 파면수차(WFE: Wave Front Error)로 표현하고 있는데, 앞에서 언급한 각종 상면에서의 수차와 파면수차와의 연결을 파면이라는 개념으로 할 수 있다. 따라서 기하광학과 파동광학은 하나의 개념으로 통일하여 사용할 수 있다.

광 정보저장장치는 회절한계내의 광학계를 가지는데, 이를 WFE 의 값으로 나타내면 0.07 λ (RMS)이하이다.

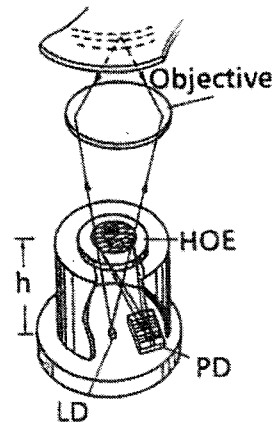


Fig. 8 Optical Pickup with Hologram Module

실제로는 회절한계는 광 저장장치 전체로 고려되어야 한다. 대개 광디스크와 광 저장장치가 0.05 λ (RMS)로 같은 정도의 수차한계를 갖도록 설계하는 것이 보통이고, 장치 내에서도 광학 부품간의 기계적 및 열적인 변화 등을 고려하여 적절하게 안배하여 설계한다.

3.1.3 NFR 과 광학

기하광학에서 밀한 매질에서 소한 매질로 진행할 경우 임계각보다 큰 각도로 입사하는 광선은

전반사하는 것으로 되어 있다. 또한 고전적으로 파장보다 작은 구멍은 통과할 수 없는 것으로 보아 왔다. 그러나, 최근 파장보다 작은 영역에서 빛이 전반사 되지 않고, 양자역학에서 다루는 Tunneling 효과에 의하여 전달되는 현상을 이용하여, 파장단위보다 매우 작은 구멍을 통하여 정보 피트를 기록하거나 재생하는 것이 연구되고 있다

Table 4 NFR 과 고전 방법 비교

Method	Spot Size	W.D	비고
Conventional Method	λ / NA	~ mm	NA 의 Limitation
NFR SIL 을 사용	$\lambda / n NA$	$< \lambda$	Servo Method
NFR Fiber 를 사용	Aperture Size	$< A.S$	Optical Power /Noise/Speed

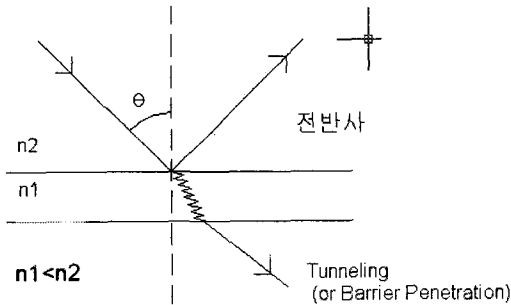


Fig. 9 NFR 의 원리(Tunneling 효과)

3.1.4 기타 분야

현재 상용화되어 있는 광 정보저장장치에서는, 사용하는 광원의 파장과 개구수가 결정되면, 대부분 회절현상에 의하여 저장용량이 결정되었다. 이는 회절현상에 의해 광의 크기가 결정되기 때문인데, 이런 회절현상의 해상도보다 작은 광의 크기를 갖거나 혹은 광의 크기보다 작은 신호 피트를 재생하는 것을 총칭하여 초해상이라 하며, 디스크에 의하여 달성하는 초해상과 광 Pickup 에 의하여 달성하는 초해상등으로 구분할 수 있다. 특히 광 자기기록방식의 경우, 광자기의 초해상(MSR: Magnetic Super Resolution)이라 하며, MAMMOS, DWDD 등의 다양한 기술이 개발되어 상용화되고 있다.

현재의 기술 수준에 있어서 기록의 경우는 광 다발의 크기보다 작은 크기의 피트 형성의 문제는 어렵지 않지만 재생의 경우는 기록과 달리 많은 문제점을 가지고 있는 실정이다. 따라서 위에서 언급한 모든 방식은 재생에 관한 방식이다.

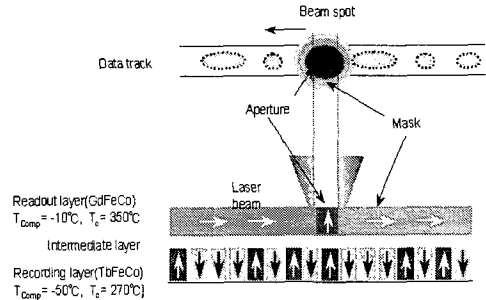


Fig. 10 MSR 의 기본 개념

3.2 광 Pickup 의 구성과 원리

광 픽업은 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. LD(Laser Diode), PD(Photo Diode), CL(Collimator Lens), BS(Beam Splitter), MR(Mirror)등의 광학 부품이 탑재되는 픽업 베이스(pick-up base) 부분과 OL(Objective Lens)의 초점이 원하는 Track 을 정확하게 추종할 수 있도록 이를 구동하는 액추에이터(actuator) 부분이다.

Fig. 11 에서는 DVD-ROM 용 광픽업의 예를 보이고 있다. DVD-ROM 용 광픽업의 경우 기존의 CD-ROM 과의 호환성을 유지하기 위하여 두개의 LD 를 사용하는 경우가 많다. Fig.11 에서 CD 를 재생하는 경우의 광의 경로는 LD 로부터 출사된 파장 780nm 의 레이저는 BS 를 통과한 후 HM(Half Mirror)를 거쳐 CL 를 통과 하면서 평행광으로 변환된 후 MR 를 통해 반사되어 OL 에 입사되어 디스크의 기록면에 초점을 유지하게 된다. 디스크로부터 반사된 레이저 광은 입사의 역 경로를 따라 수차를 보정하는 AC(Abberation Compesator)를 통과하여 PD 에 신호를 발생시킨다.

DVD 를 재생하는 경우 PD 와 LD 가 일체화된 HOE(Hologram Optical Element)에서 파장 650nm 의 레이저가 출사된다. 출사 된 레이저는 BS→ HM→ CL→ MR→ OL 의 경로를 따라 디스크의 정보를 읽어내고 역 경로는 따라 HOE 의 포함된 PD 에 결상되어 신호를 읽어낸다.

제어신호의 발생에 있어서, 통상의 경우 광

Pickup 에서 얻어지는 제어신호는 2 가지가 있다. 하나는 Focus 방향으로 구동부에 있는 대물렌즈의 광축 방향의 제어이며, 다른 하나는 정보의 열에 추종하는 Track Error 신호이다.

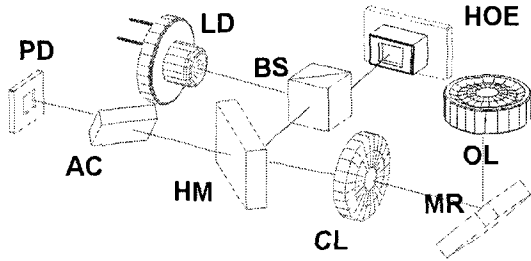


Fig. 11 DVD-ROM 용 광 픽업의 예

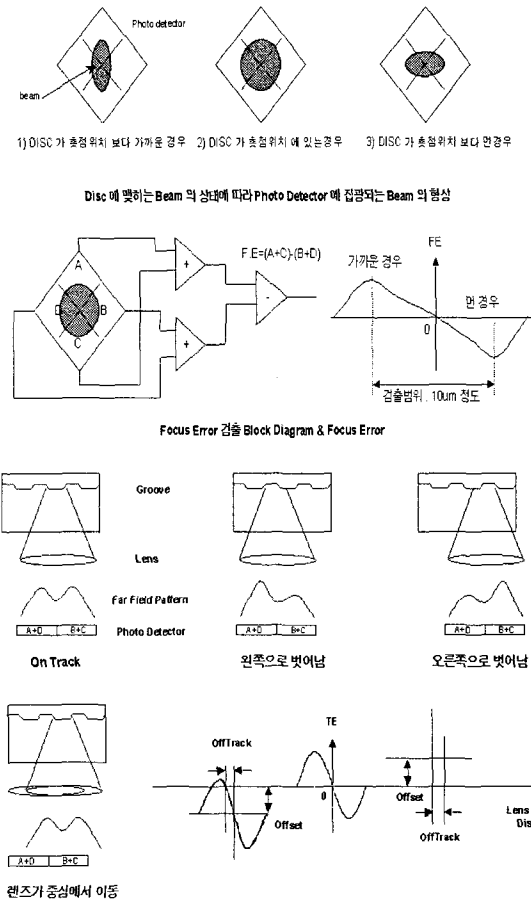


Fig. 12 제어신호 발생원리(Focus, Tracking)

Focus 방향에 대한 제어 신호의 발생에 대하여는 기하 광학적인 것으로 충분하지만 Track 제어에 대하여는 파동광학적 계산에 의한 결과에 의하여 계산되어진다

4. 광 정보저장장치와 제어

본 장에서는 광디스크 드라이브 시스템에 있어 전기/전자공학과 기계 공학적인 연구가 동시에 고려되어야 함을 광서보를 중심으로 설명하고자 한다. 일반적인 광서보의 구조를 Fig.13 에 나타내었다. 광서보 시스템은 광학계 및 PD 등의 전자 회로로 구성되는 외란 검출부, 폐 루프 보상을 위한 제어기, 그리고 대물렌즈를 구동 시키기 위한 구동기로 구성되며, 디스크의 진동이 출력 외란으로 반영된다.

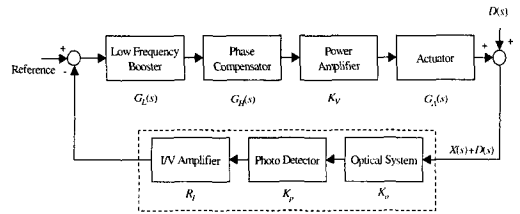


Fig. 13 Block diagram of Focus/Tracking Servo System

외란 검출부는 검출 신호의 감도와 SN 비의 특성이 우수하게 설계되어야 하며, 이를 위해서는 PD 신호의 변환 성능이 우수하여야 함과 동시에 레이저의 구동 또한 안정적으로 이루어질 필요가 있다. 구동기에 있어서도 넓은 주파수 대역에 걸쳐 큰 외란을 제거하기 위해 높은 구동 감도와 고주파수에서의 균일한 가속도 감도 특성이 요구된다. 광 검출부와 구동부를 포함하는 제어 시스템의 설계에 있어서도 예상되는 외부의 외란을 원하는 오차 범위 이내로 제거하는 성능을 얻기 위해서는 광 검출부와 구동부의 특성을 충분히 고려하고 이들이 제어기의 설계에 잘 반영되도록 하여야 할 것이다.

광서보는 외부의 외란에 대해 상대적으로 외란 제거 성능이 매우 우수하게 설계되는 것이 요구되고 있다. 광서보의 설계 요구 조건의 예로서 1 배속으로 구동 되는 DVD 드라이브 시스템에 대

한 개루프 전달함수로 표현되는 포커스 방향 제어기의 요구 성능 사양을 Fig.14 에 나타내었다.

DVD 는 미디어의 물리적인 특성에 있어 1 배속 재생시의 최대 회전 주파수인 23.1Hz 까지는 300 μ m 의 외란 진폭, 회전 주파수 이상의 주파수에서는 8m/s² 의 가속도 외란 이내가 되도록 설계

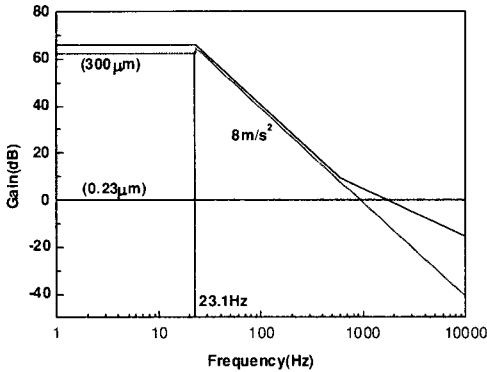


Fig. 14 Focus Servo Requirements for 1X DVD

될 것을 규격으로 규정하고 있다. 이러한 외란 특성에 대해 디지털 신호를 정상적으로 재생하기 위해 광학계의 초점 심도 등을 고려하여 집광점으로부터 0.23 μ m 이내 에 디스크 반사면이 위치할 것을 요구하고 있으며, 이에 따라 포커스 방향 광서보는 저주파수에서는 1/1000 이하로 외부 외란을 억제하여야 하며, 제어 대역은 1kHz 이상이 되어야 하는 높은 성능을 갖도록 설계되어야 한다

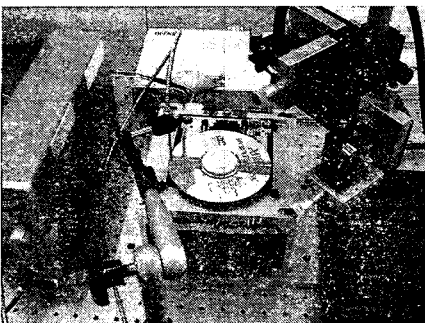


Fig. 15 Experimental Set-Up for Vertical Deviation Measurements

현재 DVD-ROM 드라이브는 12 배속의 제품도 상용화되고 있는데, 이 경우에는 회전 주파수가 120Hz 정도가 되며 만약 앞서 설명한 제어기의

요구 사항을 그대로 12 배속의 경우에 적용하면 제어 대역폭이 너무 커지게 되며, 제어 신호 연산 블록의 빠른 속도가 요구되어 비용이 상승하는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해서 시스템의 측면에서 할 수 있는 방법으로는 디스크의 진동 특성을 예측하고, 디스크의 진동에 따라 재생 속도를 결정하는 알고리즘을 사용하는 것을 생각할 수 있다. 이 알고리즘의 구현을 위해서는 회전 속도 변화에 따른 미디어 디스크의 편심, 편향, 편중 심 특성이 규명되어야 하는데 여기에는 회전체의 진동 현상이 포함되어 나타나게 되므로 진동 해석을 통한 현상의 규명이 필요하게 된다. Fig.15 에 디스크의 진동을 측정하기 위한 장치의 예를 보이고 있다.

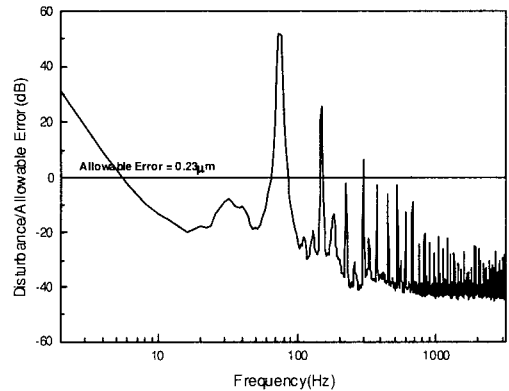


Fig. 16 Vertical Deviation Characteristics of Typical DVD Disc at 8X Rotation Speed

이 장치를 이용하여 편향을 시험하는 표준 디스크의 8 배속 회전시의 최내주에서의 면 진동 특성의 예를 Fig.16 에 나타내었다.

이와 같이 다양한 조건의 디스크에 대한 내주 및 외주에서의 진동 특성의 측정 및 예측을 통해 광서보의 필요 외란 제거 성능을 판단할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요함을 알 수 있다

동적 구동부인 픽업 구동기의 동적 특성 또한 제어 시스템의 설계에 있어 반드시 고려되어야 하는데, 이는 광대역의 제어 성능에 따라 구조적 진동 등의 영향을 받아 제어 시스템이 불안정해 질 수 있기 때문이다.

픽업의 설계 시에는 사용하고자 하는 시스템의 회전 배속을 고려하여 Bouncing 모드 진동 주

파수가 결정되며, 이 주파수 이하의 저주파 구동 감도가 크고, 공진점 진폭의 크기를 제한하기 위해 감쇠 재료를 사용하는 것에 대한 고려가 필요하다. Pitching 모드 진동과 같은 강제 모드 부공진의 경우에는 구동기의 구동 중심과 질량 중심이 일치하지 않아 발생하는 현상인데, 이 진동은 일반적으로 제어 시스템의 교차 주파수 근방에서 발생하며, 보상기에 의해 확보된 위상 여유를 저하시켜 제어 시스템의 상대 안정도를 낮추는 결과를 발생시키게 되어, 픽업의 제작 공차를 낮추어 이러한 현상을 줄이거나 이 모드 진동의 주파수 변경을 통해 교차 주파수에서 충분히 떨어진 주파수의 진동 특성을 갖도록 픽업을 설계하는 등의 방법이 필요하다. 또한 제어 대역이 넓어짐에 따라 일반적으로 10kHz 이상에서 발생하는 픽업의 구조 진동 특성 또한 제어 시스템의 안정성에 큰 영향을 미치게 되는데 이러한 구조 진동 특성을 개선하기 위해서는 구조 변경 등을 통해 공진점을 고주파수로 이동시키거나 구조 감쇠에 의해 공진점의 진폭이 낮아지도록 픽업을 설계하여야 한다. 이처럼 광디스크 드라이브의 제어 시스템의 설계에 있어서는 광학, 전기/전자 공학, 기계 공학적인 연구가 서로 상보적으로 이루어져야 하며 다른 분야에 비교하여 특히 기전 공학 엔지니어에 의한 개발이 필요하다고 할 수 있겠다.

5. 광 정보저장장치의 주요부품

Fig. 17에서는 CD-ROM 용 광픽업의 상면과 하면을 보여 주고 있다. 상면에서는 대물렌즈와 이를 구동하는 구동부의 자석과 코일들을 볼 수 있고 하면에서는 레이저 출사 되는 LD와 레이저 광이 반사되고 나누어지는 BS를 볼 수 있다. 또한 광부품들의 정확한 배열을 맞추기 위한 조정 부위가 있다. 기타의 광 부품들은 픽업 베이스의 내부에 위치하여 외부에서는 볼 수 없다.

한편 OL을 디스크에 기록된 정보열을 따라서 정확하게 추종할 수 있도록 하는 구동계는 구동 방식에 따라 와이어 지지형(Fig.18)과 축접동 방식(Fig.19)으로 나누어 진다.

광 pickup에서 중요 부품 중 광원인 laser Diode, 대물렌즈, 포토 다이오드에 대하여 살펴본다.

5.1 레이저 다이오드

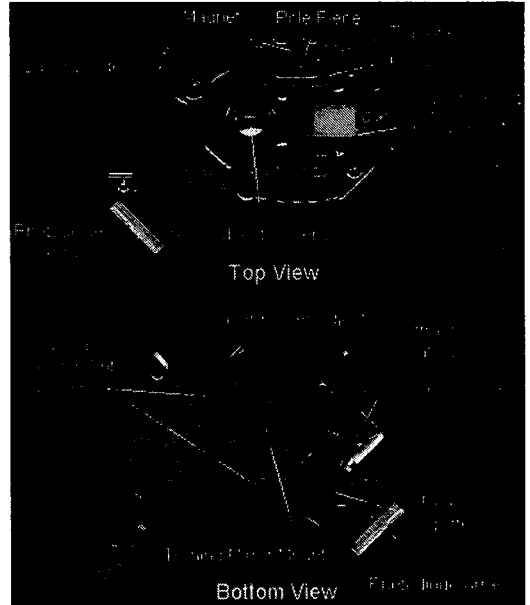


Fig. 17 CD-ROM 용 광 픽업의 예

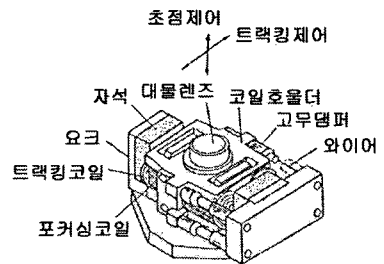


Fig. 18 와이어 지지형 구동부의 예

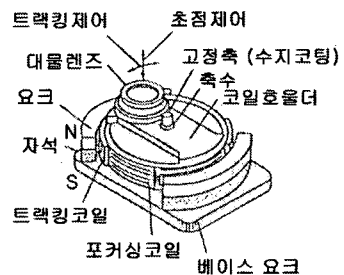


Fig. 19 축 접동방식의 구동부

레이저 다이오드는 광 pickup에 있어서 가장 중요한 부품이라 할 수 있다. 주요 파라미터로서 출력과장, 광 power, SNR, 비점수차 및 발광점의 위

치 등이 있다. Fig.20 에 위 파라미터 및 규격을 나타내었다.

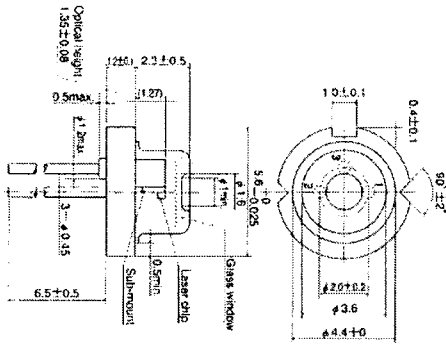


Fig. 20 레이저 다이오드의 형태 및 빔 특성

5.2 대물렌즈

대물렌즈의 주요 파라미터는 사용되는 파장과 NA 값, 그리고 배율, 및 각종 수차의 허용범위 등이다. 대물렌즈의 경우, 대부분 양면 비구면을 사용하여, 플라스틱 수지로 제작되고 있다. 사용할 환경 및 용도, 광원의 파장에 따라서 선정한다

5.3 포토 다이오드

포토다이오드는 광학적 신호를 전기적 신호로 바꾸는 중요한 소자이다. 따라서, 사용되는 파장에 대한 SNR 가 우수한 것을 사용하여야 하며, 각종 제어의 신호를 얻는 방식도 결정하는 소자이므로 포토다이오드의 수성소자의 크기 및 위치 등을 고려하여 선정한다.

6. 광 저장 매체의 구조와 제작 공정

광디스크는 크게 재생 전용과 기록형으로 나눌 수 있다. 우선 디스크의 형상의 면에서만 살펴보면, 재생 전용의 경우는 정보가 피트의 형상을 가지고 있는 반면에, 기록형의 경우에는 그와 같은 정보피트가 있는 것이 아니라 피트를 기록할 수 있는 랜드 혹은 그루브로 나누고 각각에 정보피트를 기록할 수 있게 되어 있다. 또한 사용환경을 고려하여 카트리지가 있는 것과 없는 형태의 디스크가 있다.

재생전용의 광 저장매체의 경우 디지털 마스

터 테이프를 제작한 후 여러 코드를 엔코딩한다. 이 정보를 잘 연마된 유리원판에 기록한 후 이것으로부터 금속원판과 마더를 제작하고 마더로부터 스탬퍼를 제작한다. 이 스탬퍼를 이용하여 사출성형을 통하여 우리에게 친숙한 디스크를 생산하게 된다.

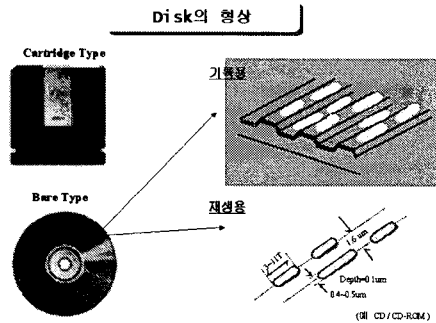


Fig. 21 광 디스크의 종류와 형상

1 회 기록형 광 저장매체의 경우 기록을 이미 수행한 곳에는 다시 기록 할 수 없고 그 위치 이후부터 추가해서 기록이 가능하도록 되어있다. 그 이유는 기록하는 과정이 레이저광을 기록면에 대물렌즈를 이용하여 집광 시켜 그 위치를 높은 열을 이용하여 모양을 변형시키고 변형된 모양은 다시 원래의 형상으로 복원이 불가능하기 때문이다.

반복기록형의 광 저장매체는 광과 자기를 혼용하여 기록하는 광자기 방식과 순수하게 광만을 이용하여 기록하는 상변화 방식이 있다

광자기 방식의 경우 레이저 광을 대물렌즈로 집광 시켜 자성을 지닌 기록면의 온도를 자성을 잃어버리는 큐리에 온도(Curie Temperature) 까지 상승 시킨 후 자기헤드를 이용하여 외부자장을 가하여 자기 기록층의 자화방향을 바꾸어 기록을 수행하게 된다. 기록이 이루어진 부분의 정보를 읽을 때에는 순수하게 레이저 광만을 이용하게 되는데 자화의 방향에 따라서 빛의 편광면이 회전하는 각도 즉, 커앵글(Kerr Angle)을 측정하여 정보를 판단한다.

순수하게 광 만을 이용하는 상변화 방식의 경우 레이저 광의 출력을 3 단계로 조절하여 기록면의 재생과 기록 및 소거를 하게 된다. 재생의 경우 가장 낮은 레이저 광의 출력을 이용하여 수행

하게 되며 기록의 경우 그 다음 높은 출력을 소거의 경우 가장 높은 출력을 사용하게 된다. 기록층에 레이저광을 집광 시켜 결정구조를 가지고 있는 기록 층을 천이온도까지 상승시켜 급랭 시키면 비정질의 상태로 변하게 되는데 결정구조를 가질 때의 반사정도와 비정질일때의 기록 층의 반사정도의 차이를 이용하여 정보를 읽어낸다. 소거의 경우 가장 높은 레이저 광의 출력을 기록된 영역에 집광한 후 서냉 시키면 다시 결정구조를 가지게 되어 원래의 상태로 복원되어 기록된 정보가 소거된다.

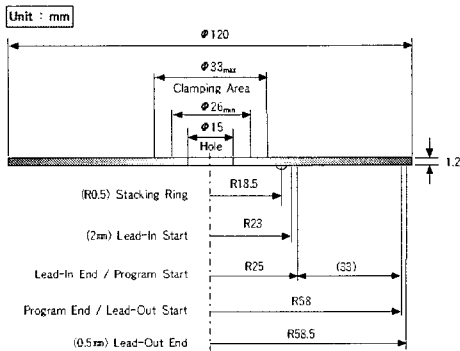


Fig. 22 CD 계열의 디스크의 구조

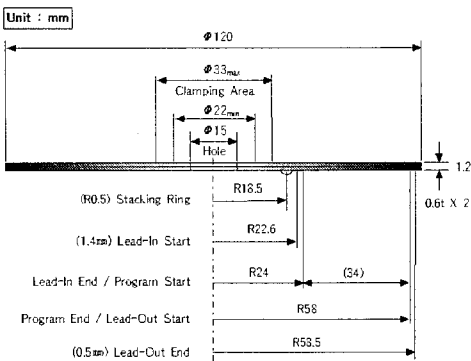


Fig. 23 DVD 계열의 디스크의 구조

CD 계열의 디스크의 구조는 Fig.22 와 같다. 디스크의 중심 지름 15mm의 구멍이 있으며 디스크의 중심으로부터 3부분의 신호영역으로 구성되어 있다. 반경 22mm 부터 25mm 까지를 리드인(Lead-In) 영역 이라 한다. 이 영역에는 디스크의 기록되어 있는 내용들에 관한 위치 및 시간 등의 정보 등이 기록 되어 있다. CD-DA (Digital Audio)의 경우 이

영역을 TOC(Table Of Contents)라고 한다. 반경 25mm 부터 58mm 까지는 데이터가 기록되어 있는 프로그램 영역이 위치하고 있다. 반경 방향으로 최대로 기할 수 있는 위치가 58mm 이다. 그 다음으로 데이터의 끝을 알려주는 반경 58mm 부터 0.5mm 의 폭을 가진 리드아웃(Lead-Out)영역이 있다. 이 영역에는 2Hz 의 반복 펄스(Pulse)가 기록되어 있다. 프로그램 영역에 기록할 수 있는 최대 용량은 650MB 이고 고음질의 음악과 저화질의 동화상을 74 분 정도를 기록 할 수 있다.

Fig.23 에서는 DVD 계열의 디스크의 구조를 나타내고 있다. 기본적인 리드인 영역, 프로그램 영역, 리드아웃 영역의 구성은 같으나 리드인의 시작위치가 반경 22.6mm로 CD 보다 조금 안쪽에 위치하고 있다. 용량은 4.7GB 로 고화질의 영화를 135 분 정도 기록할 수 있다

주로 광 정보저장장치는 재생전용장치로 많이 사용되어 왔다. 이것은 광 Storage 의 최대의 장점인 대용량의 정보를 매우 낮은 가격에 신뢰성을 갖는 장치라는 것이다. 잘 연마된 유리원반에 포토레지스터(photo-resister)를 도포한 후 레이저를 이용하여 기록한 후 현상 처리를 하여 빛을 받은 부분을 제거한다. 제거된 기록면에 은도금을 한 후 메탈 마스터(metal master)를 제작한다. 제작한 메탈 마스터를 이용하여 마더(mother)를 만들고 이 마더를 이용하여 스탬퍼(stamper)를 만든다. 이 스탬퍼를 이용하여 디스크(disc)를 제작하고 이 디스크 신호면에 알루미늄 반사막을 입힌 후 투명 보호층을 코팅하고 라벨(label)을 인쇄하여 배포하게 된다.

이에 비하여 기록기술은 많은 연구가 진행되어 왔지만, 상업적으로 성공을 하기 시작한 것은 최근의 일이다.

광기록에 있어서 기본적인 원리는 광학적인 빛이 정보가 아니라 에너지로서 작용한다는 것이 재생과는 약간의 차이가 있다. 즉 광다발이 열로서 변화하여 재료의 특성을 바꾸어 주는 것에 현재의 기술은 기록기술의 대부분을 차지하고 있다. 즉 광다발에 의한 에너지가 광디스크의 매질에 입사하여 열로 변하게 되는데, 이때 흡수된 에너지가 재료를 수백도로 재료를 가열하게 되고, 이 가열된 상태에서 자기적 특성을 변화 시키거나 혹은 재료의 상적 변화(결정질이나 비정질)를 야기하는 것이 기록의 방식이다.

광자기의 경우는 기록의 경우는 광에 의한 열 변화에 의하여 자성을 잃게되는 영역에서 외부의 자기장의 변화로 기록하고, 재생의 경우는 자기장의 방향에 따른 광의 편광특성의 변화로 신호를 읽게 된다.

상변화의 경우는 광에 의한 열의 흡수와 이에 따른 냉각 속도 등이 결정질과 비정질을 결정하는데, 결정일 때와 그렇지 않을 때의 반사율이 달라지게 되어 광의 세기의 변화가 신호로 되게 된다.

두 가지 각각의 장점과 단점이 있는데, 재료의 신뢰성에 있어서는 광자기가 현재까지 우수하며, 재생전용인 광 매체와의 호환성에 있어서는 상변화가 우수하다.

7. 광학기술 및 광 정보장치의 미래

자기 기록매체의 연구, 생산 및 사용의 역사에 비하여 미미한 광 저장장치가 실용화된 직후에 모든 저장장치를 대체할 것으로 예측하였다. 그리고, 우선 경제성이 있는 재생전용 광 정보저장장치는 시장에서 성공하였다.

그러나, 자기기록매체의 발달은 초기의 소형이며 대용량이라는 주장은 현재에 와서는 그 빛을 잃고 있다. 우선은 저렴한 가격의 배포성을 중요시하다 보니, 그 통일성 내지는 규격화의 문제가 대두되고, 또 새로운 규격은 옛 규격제품과의 호환성이 문제가 되기 때문이었다. 우리는 여기에서 기술로서의 혁신성을 계속 갖추어 나가야 할 것인가, 아니면 옛 규격과의 호환성을 살릴 것인가 등 여러 문제에 직면한 것이다. 만약, 옛 규격과의 호환성만을 고집하지 않는다면, 이제의 광학 기술은 초기의 광 정보저장장치가 꿈꾸었던 세상을 다시 만들 수 있을 것으로 본다. 바로 현재의 광정보 저장장치의 사용기술은 비록 레이저 다이오드, 포토다이오드, 홀로그램 모듈등 현대의 부품과 기술을 사용하고 있다고 하지만, 사용된 기술의 기본 개념과 사상은 수백년 전의 고전적 개념에 의한 것이기 때문이다. 이제 Near Field Recording 분야의 관한 많은 연구와 최근 10 여년에 걸친 초해상 현상등은 바로 고전적 개념에 대한 도전이고, 우리가 후손들에게 물려주어야 할 우리의 업적일 것이다. 광학 기술과 개념은 바로 20 여년 전에 Magnetic Hard Disk 가 수십 MB 의 용량일 때, 대용량이라는 600MB 이상을 달성해 냈듯이, 앞으로

소형이면서, 수백 GB 급의 광 정보저장장치를 만들어 낼 수 있을 것으로 보인다.

참고문헌

1. 정기혁 편저 "도해 콤팩트 디스크 CD 플레이어 기술" 가남사, pp. 174 - 178, 1988.
2. Warren J. Smith, "Modern Optical Engineering," 2nd edition, McGraw-Hill, Inc, 1990.
3. M. H. Freeman., "Optics," Tenth edition, McGraw-Hill, Inc, 1990.
4. Hecht, "Optics," 2nd edition, Addison-Wesley, pp. 213-231, 1987
5. Maarten Steinbuch et al, "Control Relevant Identification of a Compact Disc Pick-up Mechanism" Proceedings of the 32nd Conference on Decision and Control, IEEE, pp. 2050 - 2055, 1993.
6. Maarten Steinbuch et al, "Adaptive Repetitive Control of a Compact Disc Mechanism" Proceedings of the 34th Conference on Decision and Control, IEEE, pp. 1720 - 1725, 1995.
7. Bouwhuis, G et al "Principles of Optical Disc Systems," Adam Hilger Ttd, 1985.
8. Steinbuch, M., Schootstra, G., and Bosgra, O.H, "Robust control of a compact disc player," Proceedings of the 31st Conference on Decision and Control, IEEE, pp. 2596 - 2600, 1992.
9. N. Takahashi et al, "DVD/CD Compatible Pickup Head," Proceedings of ISOM/ODS. OThC 5, pp. 326 - 328, 1996.
10. 손희기, "광 디스크 드라이브 설계 기술," 기계저널, 제 38 권, 제 8 호 pp. 59 - 64, 1998.
11. Murayama, "광디스크 기술," Radio technology co., 1989.
12. Alan B. Marchant "Optical Recording - A Technical Overview," 1990.