

1 차원 광변조기의 홀로그래픽 메모리용 서보 시스템 설계

Concept Design of Servo System for the Holographic Memory of One Dimensional Spatial Light Modulator

김영주[†], 정석호^{***}, 이종서^{**}, 윤상경^{**}

Young-Joo Kim, Suk-Ho Chung, Jong Su Yi and Sang Kyeong Yun

Abstract

The focus and tracking servo system has been designed and proposed for the holographic memory of one dimensional spatial light modulator (SLM). The general servo method of conventional ODD system was based and modified for new holographic memory. The pre-grooved disc pattern and special dichroic coating were also included for new design in this research and the final separated optics are expected to be applied to the future general holographic memory as well as the one dimensional SLM holographic memory.

Key Words : 홀로그래픽 메모리, 서보 시스템, 1 차원 광변조기, 포커스 서보, 트랙킹 서보, 광디스크, 광픽업

1. 서 론

최근 차세대 고용량 광정보저장기로서 홀로그래픽 메모리가 많은 주목을 받고 있는데, 이 기술은 기존 CD/DVD 등의 ODD (Optical Data Storage) 에서 사용되던 2 차원 평면의 비트 단위기록이 아닌, 페이지 단위의 데이터를 3 차원 미디어 공간에 기록/재생하는 특징을 갖고 있다. 따라서 데이터 저장용량을 획기적으로 높일 수 있을 뿐만 아니라 또한 빠른 데이터 전송속도를 달성 할 수 있는 장점이 있다 [1-4]. 이러한 2 차원 이미지 데이터의 직접적인 고용량/고속 기록을 위해서는 높은 해상도의 광변조기 (SLM; Spatial Light Modulator)의 개발이 필수적이라 할 수 있다. 현재 홀로그래픽 메모리에서 주로 사용되고 있는 광변조기로서 액정 (Liquid Crystal) 소자를 들 수 있는데, 한 페이지에 기록 가능한 데이터 용량은 SLM 으로 사용되는 액정소자의 화소수 (픽셀 size 및 소자크기)에 의

존하게 된다. 고화소 액정소자의 개발이 계속 진행되고 있으나, 고가격의 부담과 아울러 기술적 한계가 있을 것으로 예상되며, 또한 페이지 단위의 데이터 처리속도의 향상에도 어려움이 예상되고 있다. 이러한 여러 한계성에 대한 대안으로 1 차원 광변조기를 이용한 홀로그래픽 메모리 기술 방식이 최근 여러 연구기관을 통하여 제안되었다 [5-7].

현재 홀로그래픽 메모리 연구는 미국의 Inphase 사 및 일본의 Optware 사에 의해 크게 2 가지 방식으로 경쟁적으로 진행되고 있다 [1,2]. 주된 연구 내용은 디스크 형태의 미디어를 이용하여 기록용량을 높이기 위한 중첩기록 (Multiplexing) 방식 및 효율적인 데이터 포맷에 관한 연구 등이다. 광디스크 형태의 미디어 구조로 최종적인 홀로그래픽 메모리 시스템을 완성하는 경우에는 포커스 (Focus) 및 트랙킹 (Tracking) 서보의 확립이 절대적으로 요구된다. 따라서 본 연구에서는 최근 삼성전기에서 제안된 광디스크 방식으로 구성되며 1 차원 광변조기 (SOM; Samsung Optical Modulator)를 이용하는 홀로그래픽 메모리에 적용 가능한 새로운 포커스/트랙킹 서보 방식의 개념 설계를 주된 목적으로 진행되었다. 기존 ODD 에서 사용하고 있는 서보 방식을 바탕으로 하여, 1 차원 광변조기를 이용하는 홀로그래픽 메모리에 효율적으로 적용될 수 있는 서보 시스템을 위한 광학계 개념을

[†] 연세대학교 정보저장기기연구센터(CISD)
E-mail : yjkim40@yonsei.ac.kr
TEL : (02)2123-6852

* 연세대학교 정보저장기기연구센터(CISD)

** 삼성전기(주) 중앙연구소 광택
논문접수일(2006년 6월 11일)

제안하며, 아울러 새로운 미디어 구조 제안 및 포토디텍터 (Photodetector)의 패턴설계도 포함된다.

2. 1 차원 SOM 홀로그래픽 메모리 원리

액정소자를 사용하는 기존의 2 차원 광변조기 방식과 달리 1 차원 광변조기를 사용하는 홀로그래픽 메모리에서는 Fig. 1 에 나타난 바와 같이 신호광 (Signal Beam)과 기준광 (Reference Beam)이 각각 라인 형태로 대물렌즈에 입사하여 서로 중첩되어 광디스크에 간섭패턴으로 데이터를 기록하게 된다. 이 경우 하나의 고정된 기준광에 대하여 다른 데이터 패턴으로 코딩된 신호광은 측면 (laterally)으로 이동하면서 같은 위치에 다른 각도로 중첩 기록이 가능하게 된다. 이렇게 해서 첫 번째 set 의 중첩기록이 완료되면, 다시 기준광이 측면으로 이동하여 2 번째, 3 번째 set 의 라인 중첩 기록이 반복적으로 가능하게 된다. 현재 중첩 기록되는 단위 빔의 크기는 10 mx200 m 이며, 또한 기록 미디어 특성 및 신호처리 기술에 의존하게 되는 중첩기록의 가능 회수의 향상에 의하여 전체적인 기록 용량이 증대될 수 있다 [8].

따라서 라인 형태의 기준광 및 신호광이 같은 위치에 반복적으로 간섭 패턴을 형성하게 되므로 간섭광의 집광점 (Focal Point)를 정확히 제어하는 포커스 및 트랙킹 서보 시스템이 매우 중요하게 된다. 이를 위하여 본 연구에서는 별도의 서보용 레이저 빔 사용이 제안되었는데, 이 서보광은 홀

로그래픽 메모리의 기록/재생에 사용되는 기준광 및 신호광과 다른 파장대의 레이저로 구성되어서, 광디스크의 기록층에는 큰 영향을 주지 않도록 설계되었다. 즉, 대물렌즈를 통과한 두 파장대의 빔은 다른 집광점을 갖게 되는데 이러한 특성을 이용하여 서보 신호를 기록층에서 분리하게 된다. 또한 서보용으로 사용되는 650 또는 780nm 레이저 광은 향후 DVD 및 CD 디스크의 호환성 확보에도 유리할 것으로 판단된다.

3. 서보 시스템 개념 제안

3.1 트랙킹 서보 원리 및 디스크 패턴 설계

1 차원 광변조기인 SOM 을 이용하는 홀로그래픽 메모리에 대한 새로운 서보 시스템의 개념은 다음과 같다. 우선 Fig. 1 에 나타난 바와 같이 디스크 하부면에 미리 제작된 그루브 패턴 (Pre-groove Pattern)을 형성하고 이를 이용하여 포커스 및 트랙킹 서보를 수행할 수 있게 설계하였다. 즉, 홀로그래픽 기록/재생을 위하여 사용되는 그린 (Green) 레이저는 투과하고 서보용의 레드 (Red) 레이저는 반사되도록 다이크로익 코팅 (Dichroic Coating)을 디스크 하부면의 그루브 패턴상에 형성하였다. 따라서 홀로그래픽 데이터에 관련된 신호광 및 기준광은 투과하여 광디스크의 반대편에 위치한 집광렌즈를 이용하여 CCD 로 입사되고 반면에 서보광은 디스크 하부면의 코팅면에서 반사되어 다시 대물렌즈를 통하여 별도의 서보용 PDIC (Photodiode IC)에 결상된다.

트랙킹 서보 시스템의 기본 방식 및 이에 필요한 PDIC 의 패턴 모양은 Fig. 2 에 나타나 있다. 이 경우 트랙킹 서보 방식은 기존 CD 등에서 주로 사용되는 3 빔법 (3-beam Method)을 이용하게 되는데, 그림 2 에 나타난 바와 같이 서보광이 반사되어 집광되는 위치에 6 분할 된 PD 를 위치하게 하여 트랙킹 오차 신호를 얻게 된다. 입사 광학계에 포함된 그레이팅 (Grating)을 이용하여 서보광은 3 개의 빔으로 나누어 지며, 이 중 트랙킹 서보는 2 개의 서브빔을 사용하게 되는데 6 분할 PD 상의 서브 셀 'E' 및 'F'에 집광되는 광이 서브빔에 해당된다. 트랙 위치의 상대적 변동에 따라 2 개의 서브 빔의 상대적 광량이 변하게 되는데, 이 광량차를 이용하여 트랙킹 오차 신호를 확보한다.

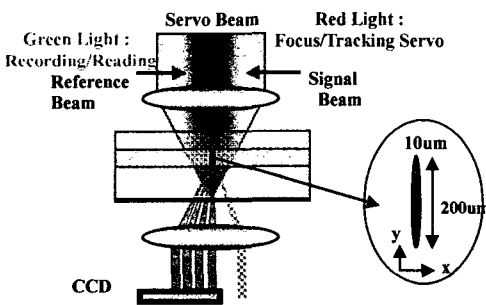


Fig. 1 A schematic diagram for the holographic memory of one dimensional special light modulator with 2 different light sources for the writing/reading and servo, respectively.

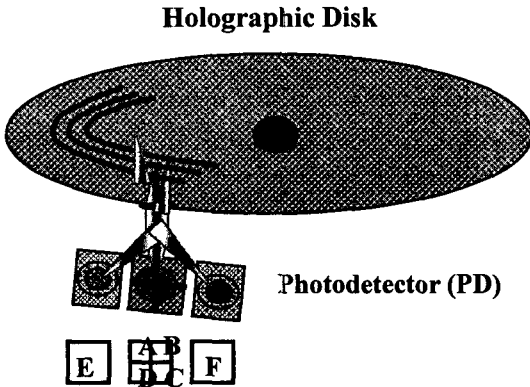


Fig. 2 A principle of tracking servo using 3-beam method and photodetector pattern for the SOM holographic memory.

즉, 서보광과 트랙 위치의 상대적 변화에 따른 PD 상의 서브 셀 'E' 및 'F'에 집광되는 광량을 각각 측정할 수 있으며, 각 서브 셀에 의해 발생된 광량차 ($=E-F$)가 0 이 되도록 서보를 컨트롤하게 된다. 위와 같이 얻어진 트랙킹 오차 신호가 최소화 되도록 액추에이터 (Actuator)를 제어하여, 이를 이용하여 대물렌즈를 트랙의 중앙에 위치시킬 수 있게 된다.

그러나, 기존 CD 의 경우에는 트랙 간격이 1.6 μm 이지만, 본 연구의 SOM 홀로그래픽 메모리의 경우에는 그림 1 에 표시된 바와 같이 트랙폭이 200 μm 정도이다. 따라서 기존 CD 시스템과는 다른 트랙킹 방식이 요구되는데 이를 위해 그림 3 과 같은 디스크 패턴 구조를 제안한다.

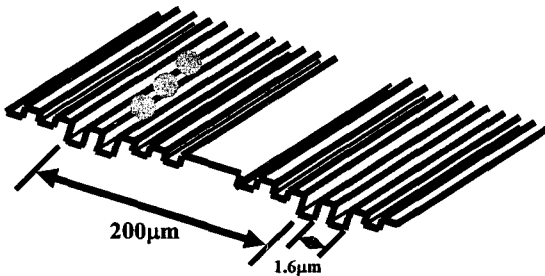


Fig. 3 Optical disk structure with pre-grooved patterns for the tracking servo detection.

CD 에서 사용되는 서보 시스템을 응용하기 위하여 본 연구에서는 홀로그래픽 데이터의 기록 및 재생이 이루어지는 200 μm 폭의 기록 트랙 사이에 별도의 트랙킹 서보용 서브 트랙을 구성하게 된다. 따라서 Fig. 3 에서 알 수 있듯이 서보 빔은 기록 트랙 사이의 미리 형성된 그루브 패턴의 중심을 기준으로 기존 CD 광디스크와 동일한 방식으로 트랙킹 서보를 수행하게 된다. 또한 서브 트랙의 주위에는 깊이를 다르게 하는 트랙을 별도로 설치하여 트랙킹 서보의 정밀도를 향상시키고자 한다. 이를 바탕으로 홀로그래픽 데이터 기록을 위한 기준광과 신호광은 서브 트랙의 패턴 사이의 200 μm 트랙 중심에서 안정적으로 위치할 수 있게 된다.

3.2 포커스 서보 원리 및 포토디텍터 패턴설계

디스크를 회전시키며 홀로그래픽 데이터를 기록하거나 기록된 데이터를 읽을 때 집적된 광을 정확히 디스크 기록면에 위치시킬 필요가 있으며 이는 반사되는 광에 포함된 데이터 정보를 잡음 없이 읽어 들이기 위하여 필수적인 작업이다. 이를 위하여 포커스 서보가 필요하며, 원하는 트랙의 데이터를 정확히 CCD 에 집광하여 정보를 읽어내기 위해서는 대물렌즈와 디스크간의 거리를 대물렌즈의 초점심도 이하로 유지해야만 한다

본 연구에서는 기존 ODD 에서 주로 사용되는 비점수차법을 기본으로 하는 포커스 서보 방식을 제안한다. 비점수차법을 이용하게 되면 디스크와 대물렌즈간 거리가 상대적으로 변하는 경우, PD 상에 집광되는 레이저 빔의 형상이 Fig. 4 에 나타난 바와 같이 변하게 된다. 이때 4 분할 된 PD 상에서 집적광의 형상이 변하게 되면, 각 서브 셀 'A'·'D'의 연산신호 $[(A+C)-(B+D)]$ 로 측정되는 포커스 오차 신호가 얻어진다. 즉 디스크와 대물렌즈의 상대적 위치에 따라, Fig. 4 의 그래프에 나타난 바와 같이 포커스 서보 신호가 '-값'에서 '+값'으로 변하게 된다. 따라서 이 포커스 오차 신호를 '0'이 되도록 액추에이터를 제어, 구동하면, 대물렌즈에 의해 집광되는 광을 정확히 디스크의 기록면에 위치시킬 수 있으며 또한 반사되는 광을 CCD 에 정확히 집광되도록 하여 높은 재생 신호 품질을 얻을 수 있게 된다.

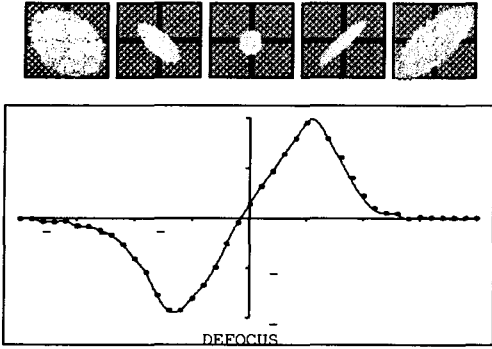


Fig. 4 A principle of focus servo using an astigmatic method for the SOM holographic memory.

4. 포커스 및 트랙킹 서보용 광픽업 설계

4.1 SOM 홀로그래픽 메모리 광학계 설계 제안

Figure 5 에 SOM 홀로그래픽 메모리의 기록, 재생 원리 및 위에서 제안한 서보 시스템에 적용 가능한 최적 설계의 광픽업 광학시스템 모형을 나타내었다. 이 방식은 광학계 구성 및 서보 방식에서 많은 장점을 지니고 있으며, 또한 기존 CD/DVD 등의 ODD와의 호환성 확보에서도 매우 유리한 구조라 할 수 있다. 현재 광 디스크 드라이브에 적용되고 있는 서보 기술과 유사한 기술을 채택하여 가능한 간단한 광학 시스템으로 구성하고자 하였다. 홀로그래픽 데이터용의 그린 레이저와 서보용의 레드 레이저를 동일 광경로에 배치되도록 광픽업을 설계하였다.

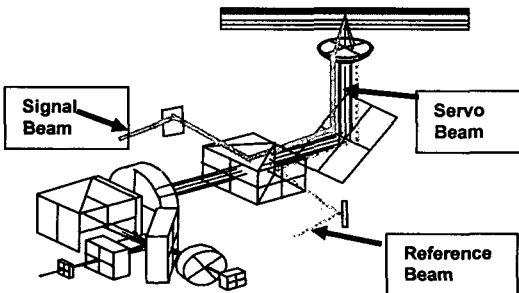


Fig. 5 A schematic layout of optical pickup using the common optical path for 2 different laser sources

4.2 분리광학계를 이용한 기구 시스템 제안

본 연구에서 제안된 1 차원 광변조기 SOM 을 채용하는 홀로그래픽 메모리의 원리를 기존의 ODD 방식에 그대로 채용할 경우 트랙킹 서보 적용시 문제점이 발생함을 예측할 수 있다. 즉 트랙킹 서보를 위하여 일반적으로 액츄에이터가 트랙 방향으로 대물렌즈를 시프트 (shift)하게 되는데, SOM 홀로그래픽 메모리의 경우, 기존 광축에 대한 대물렌즈의 상대적 변위를 발생시키며 이는 신호광과 기준광의 초점 위치의 변동을 유도하게 된다. 따라서 기준광과 신호광의 위치가 변하게 되어 기록하고자 하는 특정 위치에 데이터를 기록할 수 없는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 분리광학계를 SOM 홀로그래픽 메모리의 기구 시스템으로 제안하게 되었다.

Figure 6 는 대물렌즈 시프트에 따라 위에서 설명한 기준광과 신호광의 초점 위치가 변하지 않으며 또한 트랙킹 서보 적용시 서브 셀 'E' 및 'F'의 위상차 문제도 발생하지 않는 분리광학계로 구성된 새로운 기구 시스템 구조를 나타내고 있다. 본 기구 방식은 액츄에이터 구동부의 중량을 감소시키는 장점으로 인하여, 액츄에이터의 감도 및 구동속도를 크게 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 이러한 분리광학계에서는

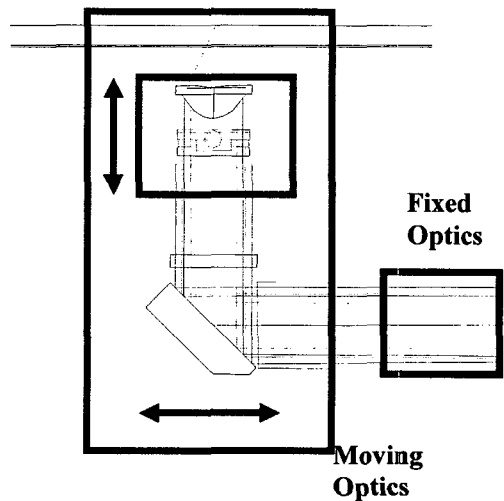


Fig. 6 A schematic layout design consisting of simple separate optics in the optical pickup.

대부분의 광학 부품은 움직이지 않는 비구동부에 고정시키고, 광원에서 출사된 레이저와 수직 방향으로 미러와 대물렌즈를 위치시켜서 이러한 광부품만 구동하도록 한 구조이다. 이 방식에서는 수평 구동부가 트랙이동과 트랙킹 서보를 동시에 진행하는 역할을 하게 되며, 대물렌즈는 포커스 방향만의 구동을 수행하게 된다. 이러한 구조를 갖는 액추에이터는 현재 DVD 시스템에서 사용되고 있는 방식과 크게 다르지 않으며 간단한 구조인 관계로 높은 성능이 기대된다.

5. 결론

차세대 광메모리 정보저장기술로 주목 받고 있는 홀로그래픽 메모리의 서보 시스템 연구로서 1 차원 광변조기를 이용한 광디스크에 대한 광학계 설계 및 새로운 포커스 및 트랙킹 서보 방식의 제안 연구를 수행하였다. CD/DVD 등의 기존 ODD 에서 사용하고 있는 서보 방식을 바탕으로 하여 1 차원 광변조기를 이용하는 SOM 홀로그래픽 메모리에 효율적으로 적용될 수 있는 서보 개념을 제안하였으며 아울러 이의 실현을 위한 새로운 미디어 구조 및 포토디렉터의 패턴 설계를 완성하였다.

본 연구에서 제안된 트랙킹 서보 방식은 광디스크에 미리 제작된 그루브 패턴을 이용한 3 빔법이며 포커스 서보는 비점수차법으로 구성된다. 홀로그래픽 데이터 기록을 위한 그린 레이저는 투과하는 방식으로 CCD 에 집광되며 서보용 레드 레이저는 디스크 하부면에서 반사되어 PD 상에 집광되는 방식으로 구성된다. 마지막으로 대물렌즈의 시프트에 의한 신호광 및 기준광의 초점 위치의 변경 문제점을 해결하기 위하여, 미러 및 대물렌즈 등 최소 광학부품만을 구동하고 다른 부품들은 고정되는 분리광학계로 구성되는 기구부를 새롭게 제안하였다. 본 연구에서 제안된 서보 시스템 및 광학계 설계는 1 차원 광변조기를 사용하는 SOM 홀로그래픽 메모리뿐만 아니라 향후 급속한 발전이 기대되는 일반적인 홀로그래픽 메모리의 서보 연구에도 적용이 기대된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 차세대 신기술 개발사업 “나노 정보저장 응용기술개발” 과제의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] K. Curtis, Technical Digest of ISOM 2006, Takamatsu, 34 .
- [2] H. Horimai, X. Tan and J. Li, 2005, Appl. Opt., **44**, 2575.
- [3] M. Sato, M. Ogasawara, Y. Ito, S. Tanaka and T. Iida, 2006, Technical Digest of ISOM 2006, Takamatsu, 40.
- [4] L. Hesselink, S.S. Orlov and M.C. Bashaw, 2004, Proceedings of the IEEE, **92**, 1231.
- [5] D. T. Amm and R. W. Dorrigan, 1999, presented at Photonics West – Electronic Imaging, Projection Displays V.
- [6] J. C. Brazas et al, 2004, MOEMS Display and Imaging System, SPIE Proceedings, **5348**, 65.
- [7] M. Sugiki, K. Sako, S. Kobayashi, A. Fukumoto and K. Watanabe, 2004, Technical Digest of ODS 2004, Monterey, 252.
- [8] J.S. Yi, Y. H. Lee, H.W. Park and S. K. Yun, 2006, Technical Digest of ISOM 2006, Takamatsu, 238 .