

## 디스크 형 홀로그래프 정보저장장치를 위한 광축상 서보 컨트롤

김성필 · 송석호<sup>†</sup> · 오차환 · 김필수

한양대학교 물리학과 마이크로광학 국가지정연구실

☎ 133-791 서울특별시 성동구 행당동 17번지

김지덕 · 이홍석

삼성전자(주) 종합기술원

☎ 449-712 경기도 용인시 기흥읍 농서리 14-1번지

(2002년 9월 18일 받음, 2002년 12월 20일 수정본 받음)

대용량 홀로그래프 정보저장장치를 현재의 CD-ROM과 같이 디스크 형으로 구현하는데 있어서, 저장된 데이터를 정확하게 읽어내기 위한 픽업 모듈의 서보 컨트롤은 매우 중요하다. 디스크 및 회전 모터의 요동에서 오는 기계적 오차를 보정하기 위해, 데이터 재생 시 광축상에 한 장의 평판유리를 사용하는 새로운 서보 컨트롤 방식을 제안하였다. 평판유리를  $\pm 10^\circ$  이내에서 회전시킴으로써,  $\pm 200 \mu\text{m}$  정도의 오차범위를  $\pm 15 \mu\text{m}$  이내로 컨트롤 하여 재생오차를 92.5% 이상 줄일 수 있었다.

주제어 : holographic data storage, pickup actuator, servo control.

### I. 서 론

정보, 전산 산업의 발달이 급속하게 이루어짐에 따라 필연적으로 정보의 저장 및 입출력에 관계된 정보저장장치는 용량의 대량화, 입출력 속도의 고속화가 요구된다. 홀로그래프를 이용한 정보저장장치는 데이터의 기록 및 재생 원리상 체적 홀로그래프(volume hologram) 원리를 이용하여 한 점에 대량의 면 정보를 저장할 수 있는 페이지-지향적인 메모리(page-oriented memory)이다. 입출력 방식으로 병렬 데이터 처리방식을 사용하므로 근본적으로 입출력 속도를 초고속화 할 수 있으며, 기계적인 구동부를 배제한 시스템이 가능하여 데이터 접근 시간도 매우 빠르게 할 수 있다. 또한 데이터 저장밀도 측면에서도 초고밀도화가 가능하므로 차세대의 대용량 정보저장장치로서 많은 연구가 진행되어 왔다.<sup>[1-3]</sup>

본 논문에서는 이러한 홀로그래프 정보저장장치 중에서도 현재의 CD-ROM이나 DVD-ROM과 같이 저장 미디어의 탈착이 가능한(removable) 디스크 형 홀로그래프 정보저장장치<sup>[4,5]</sup>를 구성하여, 저장된 홀로그래프 재생 시 데이터 픽셀을 정확하게 읽어내기 위한 픽업 부분의 광학적인 시스템 구성과 서보 컨트롤 방식을 제안하였다.

홀로그래프 재생 시 기록할 때와 정확히 같은 위치와 각도로 기준 빔(reference beam)이 디스크 면에 입사한다면, 재생되는 홀로그래프의 데이터 픽셀들은 검출기 픽셀들에 정확히 위치하겠지만, 디스크가 회전을 하게 되면 여러 가지 요인에 의해 원래의 검출기 픽셀 위치에서 벗어나게 된다. 이를 원래의 자리로 되돌려 데이터 픽셀들이 정확히 검출기 픽셀에 위치

(pixel matching)하게 하기 위하여<sup>[6,7]</sup> 서보 컨트롤을 해야 하는데, 현재까지 AOM(acoustic-optic modulator)이나 galvanomirror를 이용하여 기준 빔의 각도를 제어하는 방법으로 픽업을 구성해 왔었다.<sup>[8,9]</sup> 그러나 이와 같은 방법으로는 픽업을 작게 모듈화 하기가 어려우며, 홀로그래프의 저장밀도를 높이기 위하여 기준 빔을 렌즈를 이용해 작게 수렴시킬 경우에는 기준 빔의 입사각을 조절하는 방법으로는 서보 컨트롤을 할 수가 없다. 본 논문에서는 저장밀도를 높이기 위하여 기준 빔을 렌즈를 통해 수렴시키는 경우에 사용할 수 있는 서보 컨트롤 방식을 구상하였으며, 실험적으로 이를 구현하였다.

### II. 평판 유리를 이용한 서보 컨트롤의 원리

그림 1은 디스크 형 홀로그래프의 정보저장 및 재생원리를 설명하기 위한 개략도이다. 홀로그래프를 기록할 때, 신호 빔 S(signal beam)는 기록하려고 하는 데이터 이미지가 표시된 SLM(spatial light modulator)을 지난 후 4-f relay 렌즈 시스템을 통해 Fourier 변환 시키고,<sup>[10]</sup> 기준 빔 R은 렌즈를 사용하여 국소 면적에 작게 수렴시켜 데이터를 저장한다. 그리고 홀로그래프를 재생할 때는 신호 빔 S를 차단한 후 기준 빔 R만을 비추어 저장된 정보를 검출기(detector array)에서 읽어낸다. 그림 2는 재생 시 정확한 데이터를 읽어내기 위한 평판유리(glass plate)를 이용한 서보 컨트롤 개념도이다. 기준 빔의 렌즈와 홀로그래픽 디스크 사이에 1 mm의 두께를 갖는 평판 유리( $n=1.52$ )를 회전시켜 기준 빔의 각도는 변화하지 않고 위치만을 평행하게 이동시켜 검출기의 정확한 위치에서 데이터를 읽어내는 방식이다.

그림 2에서 두께가 d인 유리판이 회전하는 각  $\theta_0$ 에 따라

<sup>†</sup>E-mail: shsong@hanyang.ac.kr

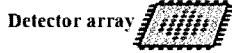
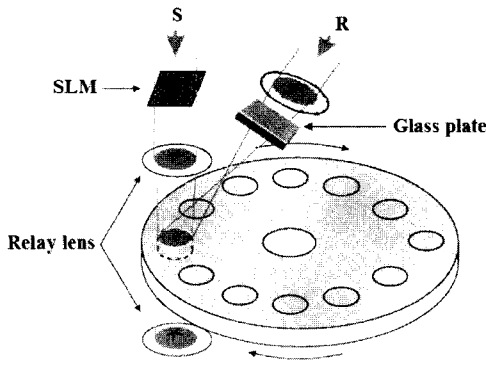


그림 1. 디스크 형 홀로그래픽 정보저장장치.

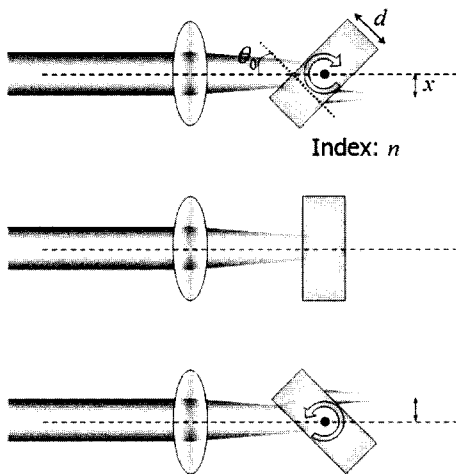


그림 2. 서보 컨트롤의 개념.

기준 빔이 평행하게 움직이는 변위  $x$ 는 다음과 같다.<sup>[11]</sup>

$$x = \frac{d \sin \left[ \theta_0 - \sin^{-1} \left( \frac{\sin \theta_o}{n} \right) \right]}{\cos \left[ \sin^{-1} \left( \frac{\sin \theta_o}{n} \right) \right]} \quad (1)$$

디스크가 회전을 하게 되면 여러 가지 오차 요인에 의해 데이터가 저장되어있는 곳의 위치와 각도가 변하게 되는데, 재생되는 홀로그래프의 위치를 일정하게 유지시켜 주려면 디스크의 움직임에 따라 기준 빔이 디스크 면에 입사하는 위치나 각도가 바뀌어야 한다. 기준 빔으로 평행 광을 사용하면 재생되는 홀로그래프의 위치변화가 디스크 면에 입사하는 빛의 광축에 대한 수평 위치와는 관계가 없고 각도 변화에 따라서만 움직이게 되며, 기준 빔이 렌즈에 의해 수렴되어 정확히 한 점에 모인다면 디스크 면에 입사하는 각도에 따라서 재생되는 홀로그래프의 위치 변화는 없다. 그러나 렌즈에 의해 수렴되는 신호 빔 및 기준 빔으로 홀로그래프를 기록할 때 강한 DC 항을 없애기 위하여 보통 정확한 Fourier 초점 면에서 약간 벗어난 곳에 기록하며, 또한 재생 시 입사하는 기준 빔은 정확히 말한다면 다

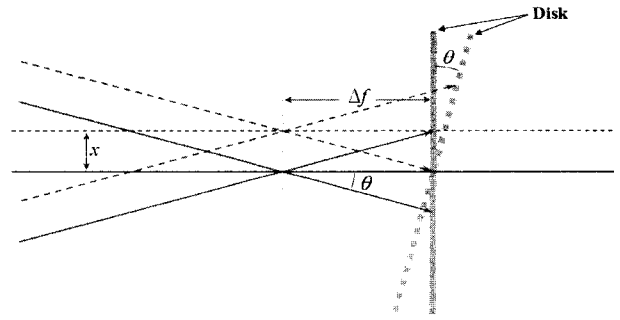


그림 3. 서보 컨트롤의 원리.

음과 같은 Gaussian beam의 형태를 띠고 있게 된다.<sup>[12]</sup>

$$U(r) = A_0 \frac{W_0}{W(z)} \exp \left[ -\frac{\rho^2}{W^2(z)} \right] \exp \left[ -jkz - jk \frac{\rho^2}{2R(z)} + j\zeta(z) \right]$$

$$W(z) = W_0 \left[ 1 + \left( \frac{z}{z_0} \right)^2 \right]^{1/2}, \quad R(z) = z \left[ 1 + \left( \frac{z}{z_0} \right)^2 \right], \quad \zeta(z) = \tan^{-1} \left( \frac{\lambda z_0}{\pi} \right)^{1/2} \quad (2)$$

이러한 현상으로 홀로그래프의 재생 시 디스크의 요동에 따라 입사하는 빛이 Bragg condition을 벗어나게 되면 수렴하는 기준 빔을 평행 이동시켜 Bragg condition을 만족시키는 각도를 갖는 기준 빔의 일부분으로 재생되는 홀로그래프의 원래의 위치를 찾아가게 할 수 있다.

그림 3은 디스크가 원래의 위치인 수직으로 있을 때(실선)에 비하여  $\theta$ 만큼 기울어져 있을 때(점선) 입사하는 기준 빔이 평행하게 얼마나 움직여야 디스크가 기울어진 것과 같은 각을 가진 기준 빔의 일부분이 디스크 면에 입사하게 되는 지를 보여 준다. 디스크가 기울어짐에 따라 이동해야 하는 기준 빔의 수평 위치 정도  $x$ 를, 초점 면에서 벗어난 정도  $\Delta f$ 와 디스크가 기울어진 각  $\theta$ , 그리고 식 (1)과 관련하여 정리하면 다음과 같다.

$$x = \Delta f \tan \theta = \frac{d \sin \left[ \theta_0 - \sin^{-1} \left( \frac{\sin \theta_o}{n} \right) \right]}{\cos \left[ \sin^{-1} \left( \frac{\sin \theta_o}{n} \right) \right]} \quad (3)$$

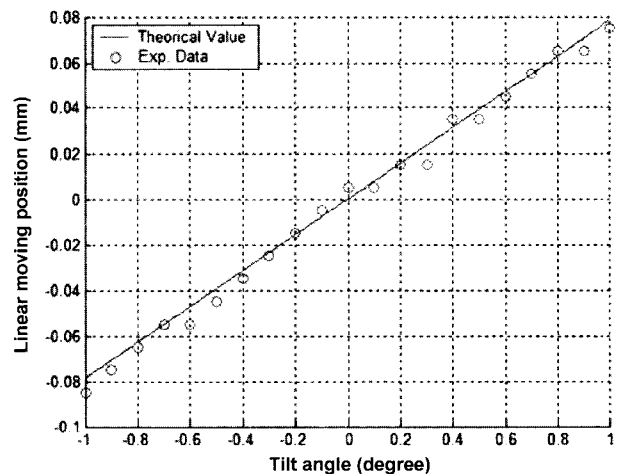


그림 4. 디스크가 기울어짐에 따라 이동해야 하는 기준 빔의 수평 위치.

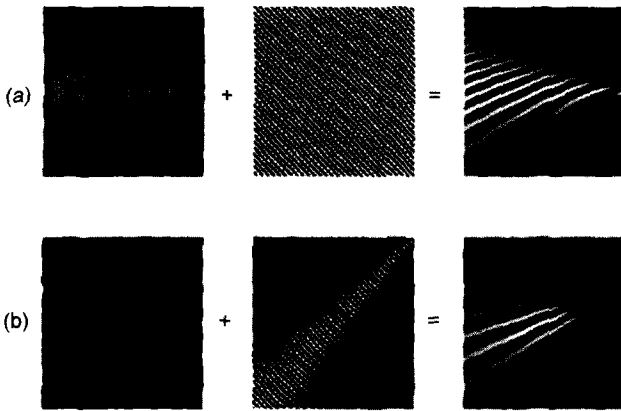


그림 5. 간섭무늬.

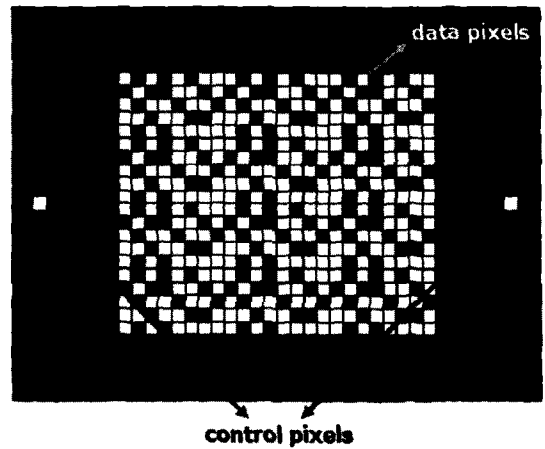


그림 6. 기록 홀로그래ムの 구성.

식 (3)의 계산 값과 실제 측정된 실험 값을 비교한 것이 그림 4이다.

이와 같이 평판유리의 회전에 의해 서보 컨트롤을 할 수 있는 이유를 저장매체에 생성되는 간섭무늬의 모양으로도 설명을 할 수가 있다. 그림 5에서 (a)는 수렴하는 Gaussian beam인 신호 빔과 plane wave인 기준 빔이 간섭을 일으켰을 때의 간섭무늬이고 (b)는 신호 빔과 기준 빔이 모두 수렴하는 Gaussian beam일 때이다. 각각의 간섭무늬 모양을 분석해 보면, (a)는 거의 평행한 간섭무늬 모양을 갖고 있으며 (b)는 방사형의 모양을 갖고 있다. 따라서 디스크가 어떠한 각도로 기울어졌을 때 (a)에서는 기준 빔이 디스크에 입사하는 각도의 변화로 원래의 Bragg condition을 찾아갈 수 있는 반면에, (b)에서는 기준 빔의 평행 위치 이동으로 원래의 Bragg condition을 찾아갈 수 있는 것이다.

하지만, 이러한 방법으로 서보 컨트롤을 하게 되면 비점수차 (astigmatism)가 생길 수 있는데, 이것은 유리판의 각도를 변화시키게 되면 x축과 y축 초점 면의 거리가 달라지게 되는 것으로써 유리판이 없을 때의 초점에서 바뀌는 거리를  $d_x, d_y$ 라 하고 유리판의 두께를  $t$ , 굴절률을  $n$ 이라 하면 다음의 식을 얻을 수 있다.<sup>[13]</sup>

$$d_x = t\sqrt{n^2 + 1/n^2}$$

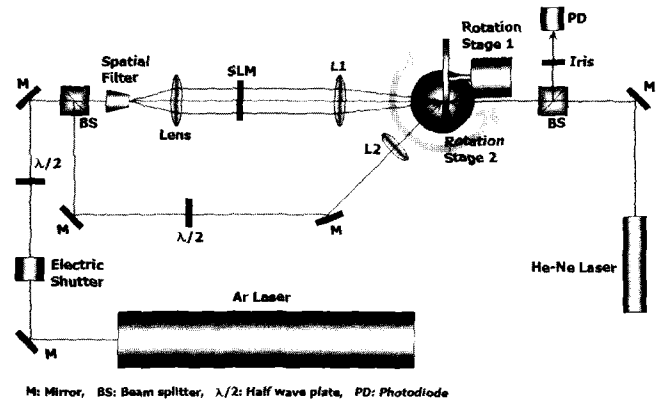
$$d_y = t\sqrt{n^2 + 1/n^4} \quad (4)$$

본 논문의 실험에서  $d_x$ 와  $d_y$ 의 차이는 0.45 mm 정도인데 ( $t = 1 \text{ mm}$ ,  $n = 1.5$ ), 기준 빔의 초점에서 디스크까지의 거리는 25 mm 정도이다. 따라서 구면파로 퍼져나가는 기준 빔의 x축과 y축 곡률반경이 약 1.8% 정도 차이 나게 되므로 비점수차에 의한 재생 이미지 왜곡은 매우 작다.

### III. 데이터의 기록과 재생 및 서보 컨트롤

#### 3.1. 홀로그래ムの 기록

그림 6과 같이 데이터 픽셀과 컨트롤 픽셀로 구성된 2차원 데이터를 디스크 모양의 홀로그래ム 기록매체에 1회전 동안 7.2°의 간격으로 50개의 Fourier 변환 홀로그래ム을 기록하였다. 여



M: Mirror, BS: Beam splitter,  $\lambda/2$ : Half wave plate, PD: Photodiode

그림 7. 홀로그래ム 기록 실험장치 구성.

기서 데이터 픽셀은 실제 저장하기 위한 정보가 들어있는 부분이고 컨트롤 픽셀은 말 그대로 서보 컨트롤을 하기 위한 부분이다. 홀로그래ムの 재생 시 컨트롤 픽셀의 위치를 분석하여 데이터 픽셀들이 정확히 검출기 픽셀에 위치할 수 있도록 기준 빔의 위치를 조절한다. 홀로그래ム 기록을 위한 실험장치 구성은 그림 7과 같다.

홀로그래ム 데이터의 기록은 SLM(Epson; 800×600 pixels)을 통해 기록하였으며 신호 빔의 Fourier 변환을 위하여 렌즈(L1,  $f = 120 \text{ mm}$ )를 사용하였고 정확한 Fourier 초점 면에서 5 mm를 벗어나게 하였다. 기준 빔 또한 렌즈(L2,  $f = 50 \text{ mm}$ )를 사용하여 작은 면적에 수렴하도록 하였다. 기록매질은 두 장의 유리판 사이에 100  $\mu\text{m}$ 의 photopolymer가 들어있는 지름 12 cm인 CD와 같은 모양의 디스크이다. 최종적으로 디스크에 기록된 홀로그래ム 간섭무늬의 크기는 지름 약 3 mm 정도로 하였다. 50개의 홀로그래ム 기록 시 각각의 홀로그래ム들이 디스크 면에 대해 정확한 각도로 기록되게 하기 위해, photopolymer가 반응하지 않는 633 nm의 파장을 갖는 He-Ne 레이저를 사용하여 디스크에서 반사되는 빛의 각도를 측정하는 부분(rotation stage2, BS, iris, PD 부분)을 설치하였다. 이렇게 해서 기준 빔과 신호 빔에 대해 일정한 각도에서만 홀로그래ム이 기록되게 하였고, 이를 제어하기 위하여 LabVIEW를 기반으로 자체적으로 제작한 프로그램을 이용하였다.

3.2. 홀로그래프의 재생 및 서보 컨트롤

기록된 홀로그래프를 재생하여 디스크가 회전함에 따라 생기는 컨트롤 픽셀의 위치오차를 검출하고 보정하기 위한 실험장치를 그림 8과 같이 구성하였다. 컨트롤 픽셀의 위치를 검출하기 위하여 4분면의 검출기(quadrant photo diode)를 사용하였으며, 검출기의 4분면에 걸리는 전압 값을 x와 y축의 위치값으로 변환하기 위하여 다음과 같은 관계식을 사용하였다.

$$PES_x = \frac{(C+D)-(A+B)}{A+B+C+D}$$

$$PES_y = \frac{(A+D)-(B+C)}{A+B+C+D} \quad (5)$$

검출기의 크기는 한 개의 사분면이 1.4 mm×1.4 mm이고 각각의 사분면 사이의 간격은 0.1 mm이다. 이에 맞춰 컨트롤

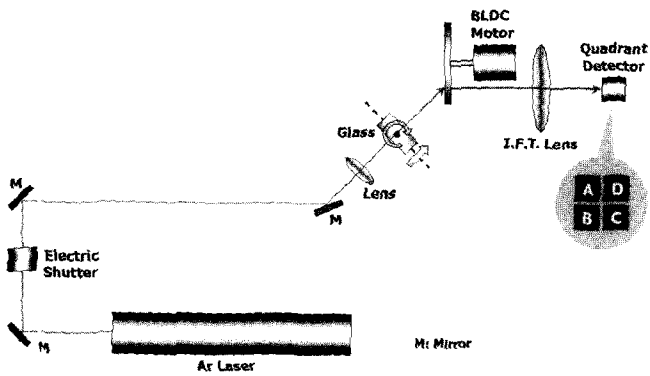


그림 8. 홀로그래프 재생 및 서보 컨트롤 실험장치 구성.

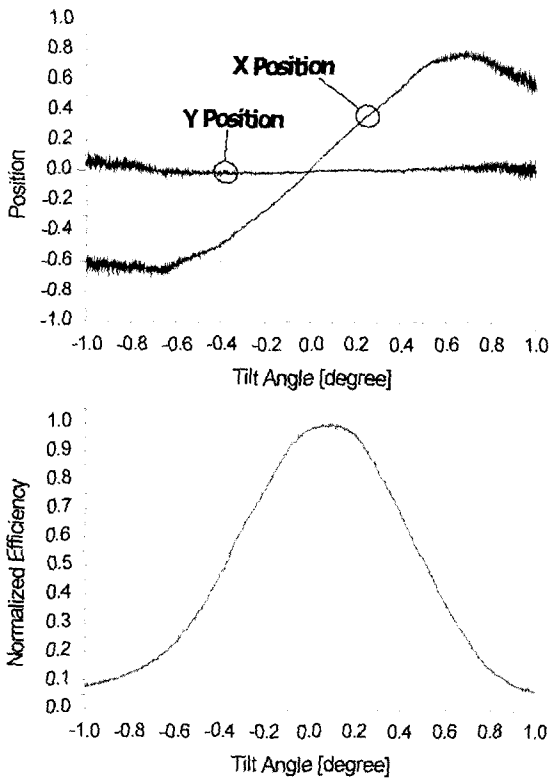


그림 9. 디스크가 기울어지는 경우.

픽셀의 크기는 1.5 mm×1.5 mm로 하였으며, 두 개의 컨트롤 픽셀 중 하나의 위치만을 측정하였다. 그림 9는 기준 빔에 대하여 디스크가 기울어질 경우 컨트롤 픽셀의 위치와 홀로그래프의 재생효율을 측정한 그래프이다. 그림 10은 디스크가 고정되어 있고 서보 컨트롤에 사용하는 유리판이 기울어져 기준 빔의 횡적 변위가 이동함에 따라 변하는 컨트롤 픽셀의 위치와 재생효율의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 x축은 디스크의 반지름 방향이고 y축은 디스크가 회전하는 방향을 나타낸다.

그림 11은 디스크가 한 바퀴에 50개씩 4회전 동안 총 200개의 데이터를 재생할 때 평판유리의 각을 조절하지 않고 컨트롤 픽셀의 위치 변화를 측정한 것이다. 이에 반해, 그림 12는 디

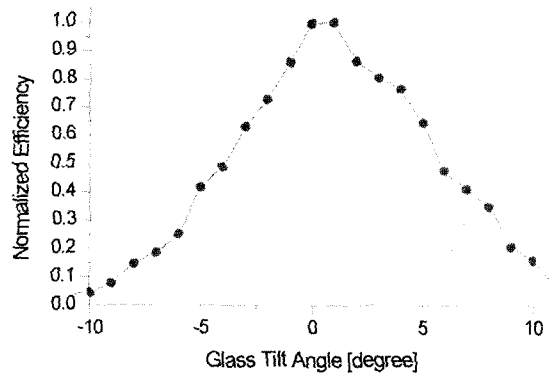
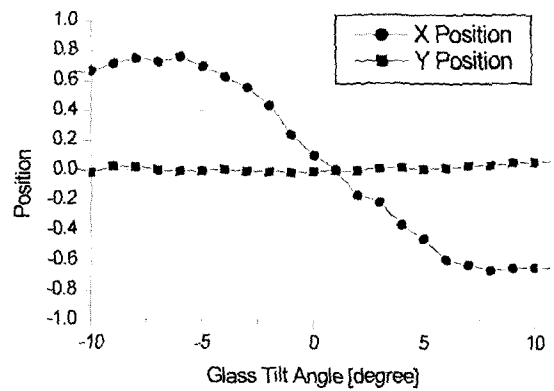


그림 10. 유리판을 회전시키는 경우.

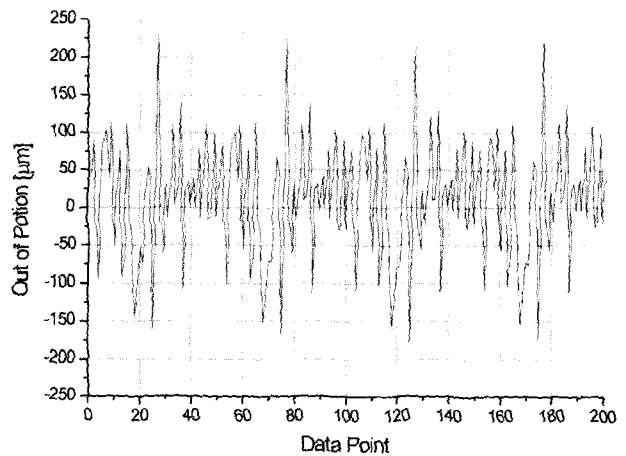


그림 11. 서보 컨트롤을 하지 않은 경우.

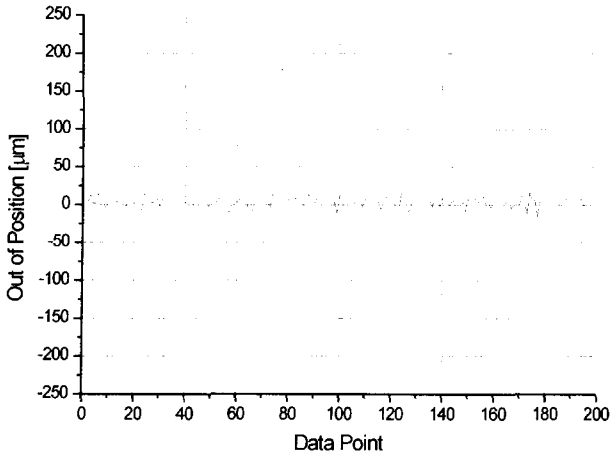


그림 12. 서보 컨트롤을 하는 경우.



그림 13. 2,500 픽셀의 원본 이미지.

스크가 한 바퀴 회전하는 동안 평판유리의 각을 바꿔가며 기준 빔의 평행위치를 조절해 컨트롤 픽셀이 검출기의 중심에서 벗어나는 위치 값이 최소가 되도록 하는 평판유리의 각도 값들을 저장한 다음, 디스크를 4회전시키면서 그 저장된 각각의 각도 값으로 평판유리를 움직인 후 컨트롤 픽셀의 위치를 측정하는 것이다. 평판유리를 사용하지 않은 경우 디스크의 회전에 따라 컨트롤 픽셀이 검출기의 중심에서  $\pm 200 \mu\text{m}$  정도 벗어나는 위치 오차를 갖고 있지만 평판유리를 사용하여 기준 빔의 평행위치를 조절한 경우에는 컨트롤 픽셀이  $\pm 15 \mu\text{m}$  정도 벗어나게 되어 위치오차가 92.5% 정도 감소하였음을 알 수 있다.

이와 같이 유리판을 이용하여 위치가 벗어난 홀로그램 이미지를 원래의 자리로 되돌릴 수 있는 서보 컨트롤 방식에 대해 실제 데이터 이미지를 화면 포착기(frame grabber)로 받아 봄으로써 확인하였다. 그림 13은 홀로그램으로 기록한 원본 이미지로 2,500개의 픽셀( $50 \times 50$  pixels)로 구성되어 있으며, 0과 1을 나타내는 흰색과 검은색의 픽셀들로 구성되어 있다. 그림 14는 그림 13의 이미지를 홀로그램으로 기록한 후 재생한 이미지이며, BER(bit error rate)은  $5 \times 10^{-3}$  정도이다. 디스크를 원점에서  $0.2^\circ$  간격으로  $\pm 0.4^\circ$  기울였을 때의 이미지가 그림 15(a)인데, 기울어진 각도에 따라 재생 이미지가 좌우로 이동한 것을 볼 수 있다. 이렇게 이동한 이미지를 원점으로 되돌리기 위해 유리판을 각도에 맞게 움직인 결과가 그림 15(b)이며, 이미지가 변형되거나 찌그러지는 경향 없이 원점으로 되돌아 간 것을 볼 수 있다.

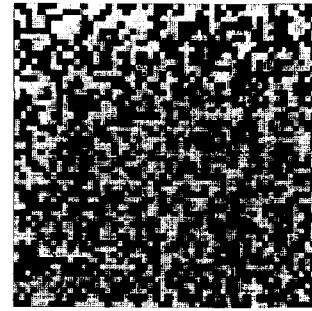


그림 14. 홀로그램 재생 이미지.

Disk tilt	(a) 각도조절 하지 않음	(b) 각도 조절
$-0.4^\circ$		
$-0.2^\circ$		
$0.2^\circ$		
$0.4^\circ$		

그림 15. 유리판의 회전에 의해 원래 자리로 되돌아가는 홀로그램 이미지.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 기준 빔을 렌즈를 이용해 국소 면적에 수렴시키는 홀로그램 정보저장장치에서 평판 유리를 회전시켜 디스크에 대한 기준 빔의 횡적 변위를 조절함으로써 재생되는

홀로그래프 데이터의 위치를 조절할 수 있는 서보 컨트롤 방식을 제안하였으며, 실험을 통해 이를 확인하였다. CD와 같은 모양으로 제작된 홀로그래픽 디스크의 회전 시, 서보 컨트롤을 하지 않았을 때는 4분면 검출기에 입사되는 컨트롤 픽셀이 중심에서부터  $\pm 200 \mu\text{m}$  범위에서 움직였으며 이것은 CCD와 같은 검출기 픽셀들이 비트 모양의 데이터를 읽을 때 정확하게 데이터를 읽지 못하는 오차요인이 된다. 서보 컨트롤을 통하여 이것을  $\pm 15 \mu\text{m}$  이내의 범위로 들어오게 할 수가 있어 CCD의 픽셀 크기가 이 범위의 2배인  $30 \mu\text{m}$  이상이라면 해당하는 픽셀에서의 데이터 값이 0인지 1인지를 확실하게 구분할 수가 있다. 이러한 서보 컨트롤의 방법은 1 mm 두께의 평판 유리를  $\pm 10^\circ$  이내의 범위에서 회전시키는 것이었는데, 더 작은 위치 오차까지도 보정하기 위해서는 평판 유리의 두께를 더 작게 하거나 서보 모터의 분해능을 높이면 될 것이다.

본 논문에서 제안된 서보 컨트롤 방식은 그 동안의 방식과는 달리, 광축 상에 작고 얇은 유리판을 회전시킴으로써 서보 컨트롤을 하기 때문에 픽업 자체를 작게 모듈화 하기가 용이하다. 또한 기준 빔으로 수렴하는 빛을 사용하므로 홀로그래프가 기록되는 면적을 작게 함으로써 면적 당 데이터 저장밀도도 높일 수 있다. 그리고 서보 컨트롤의 분해능 및 동작 속도를 서보 모터의 성능에 따라 평판 유리의 두께조절이나 굴절률 선택을 통해 조절하기가 용이하다.

앞으로 실제적인 시스템으로의 개발을 위하여 작은 모듈로 구성되는 픽업의 설계 및 최적화가 수행되면 대용량 정보저장용 장치로서 실용화도 가능할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 차세대 신기술개발사업의 일환(“차세대 대용량 정보저장장치 개발” 중 삼성전자(주) 종합기술원의 위탁연구) 및 국가지정연구실사업(과제고유번호 M10104000049-01-02010)으로 수행되었으며, 지원에 감사 드립니다.

### 참고문헌

[1] L. d'Auria, J. P. Huignard, C. Slezak, and E. Spitz, “Exper-

imental holographic read-write memory using 3-D storage,” *Applied Optics*, vol. 13, no. 4, pp. 808-818, 1974.

[2] F. H. Mok, G. W. Burr, and D. Psaltis, “System metric for holographic memory systems,” *Optics Letters*, vol. 21, no. 12, pp. 896-898, 1996.

[3] J. H. Hong, I. McMichael, T. Y. Chang, W. Christian, and E. G. Paek, “Volume holographic memory systems: techniques and architectures,” *Optical Engineering*, vol. 34, no. 8, pp. 2193-2203, 1995.

[4] H.-Y. S. Li and D. Psaltis, “Alignment sensitivity of holographic three-dimensional disks,” *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 12, no. 9, pp. 1902-1912, 1995.

[5] A. Pu and D. Psaltis, “High-density recording in photopolymer-based holographic three-dimensional disks,” *Applied Optics*, vol. 35, no. 14, pp. 2389-2398, 1996.

[6] R. M. Shelby, D. A. Waldman, and R. T. Ingwall, “Distortion in pixel-matched holographic data storage due to lateral dimensional change of photopolymer storage media,” *Optics Letters*, vol. 25, no. 10, pp. 713-715, 2000.

[7] G. W. Burr, “Holographic data storage with arbitrarily misaligned data storage,” *Optics Letters*, vol. 27, no. 7, pp. 542-544, 2002.

[8] I. McMichael, W. Christian, D. Pletcher, T. Y. Chang, and J. H. Hong, “Compact holographic storage demonstrator with rapid access,” *Applied Optics*, vol. 35, no. 14, pp. 2375-2379, 1996.

[9] G. Zhou, “Method and system to align holographic images,” U. S. Patent 5982513, 1999.

[10] J. W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics* (McGraw-Hill, New York, 1996), Chapter 9.

[11] E. Hecht and A. Zajac, *Optics* (Addison-Wesley, 1987), Chapter 4.

[12] B. E. A. Saleh and M. C. Teich, *Fundamentals of Photonics* (Wiley, New York, 1991), Chapter 3.

[13] H. W. Kogelnik, E. P. Ippen, A. Dienes, and C. V. Shank, “Astigmatically compensated cavities for CW dye lasers,” *IEEE Journal of Quantum Electronics*, vol. QE-8, no. 3, pp. 373-379, 1972.

**On-axis servo control in pickup actuator for disk type holographic data storage**

Sungphil Kim, Seok Ho Song<sup>†</sup>, Cha-Hwan Oh, and Pill-Soo Kim

*Micro Optics National Research Laboratory, Department of Physics, Hanyang University, Seoul 133-791, KOREA*

<sup>†</sup>*E-mail: shsong@hanyang.ac.kr*

Jideog Kim and Hong-Seok Lee

*Samsung Advanced Institute of Technology, Suwon 440-600, KOREA*

(Received September 18, 2002, Revised manuscript December 20, 2002)

In order to read correct data from a disk-type holographic storage medium, it is very important to implement a servo-control in the pick-up module, as in a conventional CD-ROM. We propose a novel servo-control method using a glass plate on the optical axis, which is able to compensate the mechanical errors coming from wobbling of holographic disk and spindle motor. By rotating the glass plate within  $\pm 10$  degrees, we can reduce the reading errors of  $\pm 200 \mu\text{m}$  to  $\pm 15 \mu\text{m}$ .

*Classification code* : IP.010.