

## 랜드/그루브 기록 광디스크에 대한 포커스 에러 신호 분석

이용재 · 박병호 · 신현국  
삼성전자 기술총괄 DVD개발센터

(1996년 7월 4일 받음)

랜드/그루브 기록 광디스크에서 랜드와 그루브의 영향, 각종 수차 그리고 수광계의 변화가 포커스에러신호에 미치는 영향을 나이프엣지법과 비점수차법으로 구분하여 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 그루브의 영향에 의해 포커스에러신호에서 Zero Cross 점이 Shift되는데, 이는 디스크 반사 회절빔의 파면이 Defocus 성분을 포함하고 있기 때문이라는 것을 밝혔다. 또한 회절빔의 각 차수별로 포커스에러신호를 분석함으로써 비점수차 방식에서 랜드와 그루브의 영향으로 에러신호의 감도가 감소함을 보였다.

### I. 서 론

대해 살펴 보았다.

광디스크 기록/재생기에 있어서 디스크 회전에 의해 발생하는 포커스 및 트랙 방향의 런아웃(runout) 제어가 중요한데, 이를 위해 여러 가지 에러 신호 검출 방법이 사용되고 있다.

그 중에서도 본 논문의 주제인 포커스에러 검출 방식으로는 나이프엣지 방식과 비점수차 방식이 가장 널리 사용되고 있다.<sup>[1]</sup> 나이프엣지 방식은 디스크에서 반사되어 수광계로 입사된 빔을 검출렌즈로 집광시킨 후 일부의 빔을 나이프엣지로 차단시켜 초점면에 위치한 광 검출기를 통해 에러 신호를 검출하는 방식인데 광의 회절 현상을 이용함으로써 검출감도가 좋고, 디스크 반사빔과 광검출기에서 검출된 빔은 푸리에 변환 관계에 있기 때문에 디스크 회전에 의해 광축이 흔들려도 광 검출기 상에서는 항상 대칭분포를 이루므로 이에 따른 포커스에러 발생이 없다는 장점을 가지고 있다. 그러나 스폿의 상태로 검출되므로 광검출기의 틀어짐 등에 민감하다.

비점수차 방식은 검출렌즈의 곡률을 Tangential 방향과 Sagittal 방향이 다르도록 하여 이를 통과한 빔을 광 검출기 상에서 4분할 한 후 포커스 에러신호를 검출하는 방식으로 트랙 에러 검출법의 하나인 3빔 법과 조합하여 CDP(Compact Disc Player) 등에서 널리 사용되고 있다. 초점위치 검출이 아니므로 광 검출기 틀어짐에 의한 영향은 작으나 나이프엣지법에 비해 디스크 그루브의 영향을 많이 받는다는 단점을 가지고 있다.

이제까지 광디스크에서의 그루브는 정교한 트랙킹을 위한 안내구 역할만을 할 수 있도록 가능한 최소의 폭으로 형성시켜 왔으나, 최근의 고밀도 기록 연구에서는 그루브 내에도 데이터를 기록할 수 있도록 랜드와 같은 폭으로 형성시키고 있다

따라서, 본 논문에서는 이러한 고밀도 광디스크에서 동일 폭의 랜드와 그루브의 영향에 의해 나이프엣지법과 비점수차법에서의 포커스에러신호가 어떻게 변하는지에 대해 스칼라 회절 이론을 이용한 시뮬레이션을 통해 비교하였다. 또한 광학계를 구성하는 여러 가지 변수와 디스크 기울어짐 등에 따른 파면수차 발생시 포커스에러신호가 어떻게 왜곡되는지에

### II. 이 론

광 디스크에서 회절이론을 이용하여 반사 회절 패턴을 구하는 방법은 H.H. Hopkins,<sup>[2]</sup> M. Mansuripur<sup>[3]</sup> 등에 의해 연구되어 왔다. 본 논문에서는 Hopkins 방법을 이용하여 디스크 반사 회절 패턴을 구한 다음 이를 푸리에 변환 함으로써 광 검출기 상에서의 빔 분포를 구하였다. 그림 1은 포커스에러 검출을 위한 광학계를 나타낸 것이다.

위의 그림에서 빔의 파장을  $\lambda$ , 대물렌즈 개구수를 NA, 대물렌즈 초점거리  $f_{ol}=f$ , 입사빔 진폭분포를  $g(x, y)$ , 수차함수를  $W(w, y)$ , 디스크 트랙피치  $p$  및 Defocus 양을  $\Delta$  라고 하면 디스크에서 반사된  $n$ 차 회절빔의 진폭분포는

$$\begin{aligned} a_n(x, y) = & g(-x + \lambda n / (pNA), -y) \cdot r_n \\ & \cdot \exp[-ik \Delta / (2f^2) \cdot \{(-x + \lambda n / (pNA))^2 + y^2\}] \\ & \cdot \exp[-ikW(-x + \lambda n / (pNA), -y)] \\ & \cdot \exp[-ikW(x, y)] \\ & \cdot \exp[-ik \Delta / (2f^2) \cdot (x^2 + y^2)] \end{aligned} \quad (1)$$

로 되며, 여기서

$$r_n = r_{n0} \cdot \exp(i 2\pi u / p) \cdot \exp(i \theta_n)$$
로 표시된다.

위 식에서 첫째 줄은 입사빔의 진폭분포와  $n$ 차 빔의 진폭 반사율을, 둘째 줄은 입사 시 발생한 Defocus 양을 나타내며, 셋째 줄은 입사 시 발생한 수차 항을, 넷째와 다섯째 줄은 반사시 발생한 수차 항과 Defocus 양을 나타낸다.  $\Delta > 0$ 이면 수렴 빔이 입사하게 되므로 상대적으로 디스크는 초점위치에서 멀어진 곳에 위치하게 됨을 의미하며, 반대로  $\Delta < 0$ 이면 가까이 위치하게 됨을 의미한다.

그러므로 디스크에서 반사하여 검출렌즈로 입사하는 빔의 진폭분포는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$a(x, y) = \sum_n a_n(x, y) \quad (2)$$

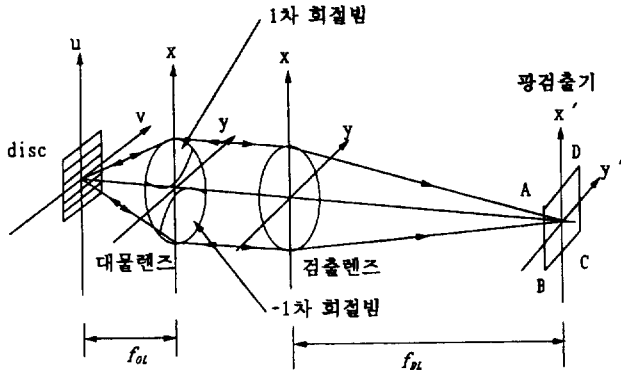


그림 1. 포커스에러 검출을 위한 광학계.

검출렌즈를 통과한 후 광 검출기 상에서의 진폭분포  $b(x', y')$ 는 식 (2)의 빔 분포에 검출렌즈 동함수  $P(x, y)$ 를 곱하여 푸리에 변환한 것과 동일하므로

$$b(x', y') = \iint_{-\infty}^{\infty} P(x, y) \cdot a(x, y) \exp\left\{ \frac{2\pi i}{\lambda f_{DL}} (xx' + yy') \right\} dx dy \quad (3)$$

로 나타낼 수 있다.

나이프엣지 방법의 경우 동함수는  $x > 0$ 인 반원이 되며, 비점수차법의 경우 동함수는 원형개구 모두를 사용하는 대신 대각선 방향으로 비점수차를 주기 위해 동함수에  $\exp\{ik\Delta'(2f_{DL}^2) \cdot xy\}$ 항이 곱해진다. 여기서  $f_{DL}$ 은 검출렌즈의 초점거리를 그리고  $\Delta'$ 은 비점격차 양을 나타낸다.

### III. Simulation 조건

다음은 Simulation 조건으로서 먼저 디스크에 관해 알아보면, 서론에서 말한 바와 같이 기록/재생용 광디스크에 있어서 그루브에도 데이터가 기록되는 랜드/그루브 기록 광디스크<sup>[4,5]</sup>로 하였다. 랜드와 그루브의 폭은 DVD-RAM(Digital Video Disk-Random Access Memory)의 규격으로 예상되고 있는  $0.74/0.74 \mu\text{m}$ 로 하였으며,<sup>[6]</sup> 그루브 깊이는  $\lambda/6$ 로 하였다. 그루브 깊이  $\lambda/6$ 는 상변화 광디스크에서 트랙간 신호 간섭이 최소화되는 깊이로서<sup>[7,8]</sup> 앞으로 상변화 방식 랜드/그루브 기록 광 디스크에서는 그루브 깊이를  $\lambda/6$ 로 할 것이 예상된다. 디스크에서 투과와 흡수가 없다고 가정할 경우 각 회절빔에 대한 진폭 및 위상 반사율은 다음과 같다.<sup>[11]</sup>

	진폭	위상
0차빔:	0.5000	$60^\circ$
$\pm 1$ 차빔:	0.5513	$-30^\circ$
$\pm 2$ 차빔:	0.0000	--

랜드/그루브의 폭이 동일한 대칭구조이기 때문에 짝수차 회절빔은 발생되지 않는다. 그리고  $\pm 3$ 차 빔 이상은 대물렌즈 개구로 되돌아 오지 않으므로 무시할 수 있다. 그림 2는 디스크 형상에 관한 그림이다.

광원의 파장은  $680 \text{ nm}$ , 대물렌즈 개구수는  $0.6$ 으로 하였는데 이는 현재 DVD-RAM 규격으로 예상되는 값들이다. 대물

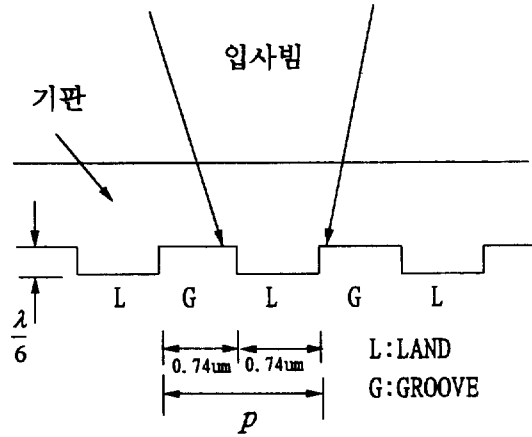


그림 2. 디스크 형상.

렌즈 유효경은  $4.1 \text{ mm}$ , 초점거리는  $3.37 \text{ mm}$ 로 하였다.

나이프 엣지 방식에서는 기본적으로 투과, 반사의 비율을 5:5, 검출렌즈의 초점거리는  $27 \text{ mm}$ 로 하였으며, 또한 비점수차법 검출렌즈의 초점거리는  $50.8 \text{ mm}$ , 비점격차양은  $2.2 \text{ mm}$ 로 하였다. 푸리에 변환(FFT)의 조건에서 Matrix 크기는  $512 \times 512$ 로 하였으며, 나이프엣지법의 경우 상측 분해능은  $1 \mu\text{m}$ , 비점수차법의 경우에는  $2.0 \mu\text{m}$ 가 되게 하였다. 그리고 입사빔 분포는 정규분포빔으로 하였으며 빔 크기는  $1/e^2$ 에서 반경  $2.7 \text{ mm}$ 로 하였다. 광검출기는 그림 1에서 보는 바와 같이 A, B, C, D 4개로 분할되어 크기가 각각  $80 \mu\text{m} \times 80 \mu\text{m}$ , 간극이  $10 \mu\text{m}$ 인 4분할 Photodiode로 설정 하였다. 나이프엣지법의 경우 포커스에러신호는  $F1-F2=(A+B)-(C+D)$ 에 의해, 비점수차법의 경우 포커스에러신호는  $F1-F2=(A+C)-(B+D)$ 에 의해 각각 얻어진다.

### IV. 결 과

그림 3, 4는 각각 나이프엣지 방식과 비점수차 방식에서 디스크 변위에 따른 광 검출기 상에서의 강도분포변화를 나타낸 것이다. 그림 3의 경우 격자 간격은  $2 \mu\text{m}$ 이며, 그림 4의 경우 격자 간격은  $4 \mu\text{m}$ , 그리고 광검출기의 경계는 격자번호 20에 의해 4분할로 나누어져 있다. 그림 3, 4는 각각 디스크가  $-2 \mu\text{m}$  (a: 디스크가 가까이 있을 때),  $0 \mu\text{m}$  (b: On Focus),  $2 \mu\text{m}$  (c: 디스크가 멀리 있을 때) 변위 되었을 경우 강도 분포이다. On Focus 상태인 그림 3(b)에서 보면 강도분포가  $x', y'$ 축에 대해 대칭구조이면서 엣지에 수직한 방향으로 줄무늬가 길게 나타남을 볼 수 있다. 또한 (a), (c) 상태에서 Defocus되었을 경우를 보면 강도 분포가 셋으로 갈라짐을 볼 수 있는데 이는 Defocus시 0차빔과  $\pm 1$ 차 빔의 진행 방향이 달라지기 때문이다. 그림 4의 경우에도 그림 3과 마찬가지로 On Focus 상태에서는 강도분포가  $x', y'$ 축에 대해 대칭구조를 가지며, Defocus 상태에서는 강도분포가 대각선 방향으로 각각 치우치면서 회절빔의 영향에 의해 강도분포가 셋으로 갈라짐을 볼 수 있다.

그림 5, 6은 각각 나이프엣지와 비점수차 방식에 의한 포커스에러신호를 나타낸 것으로 광량의 단위는 임의이다. 광스

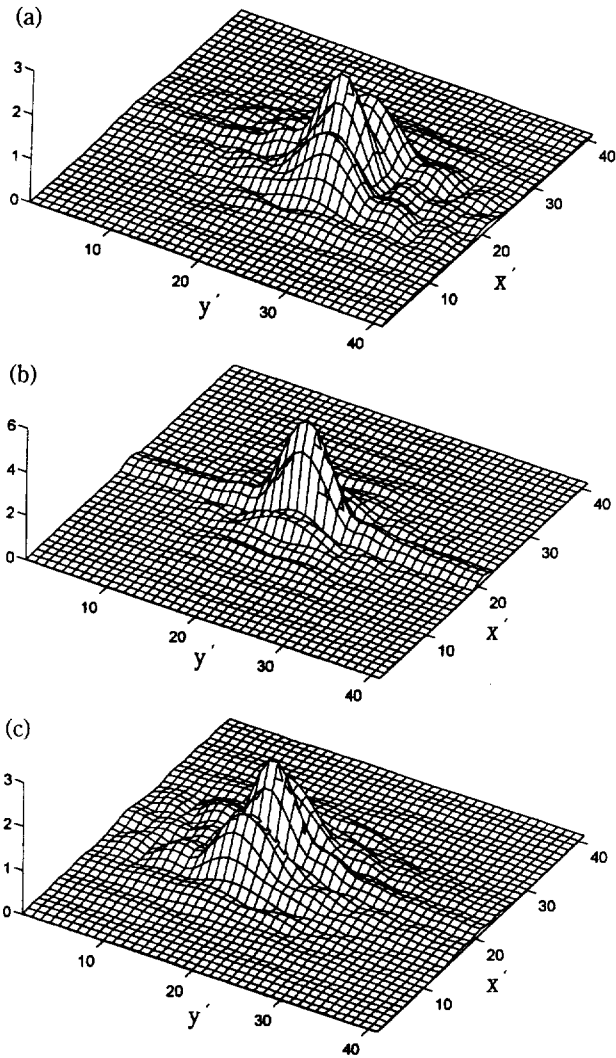


그림 3. 나이프엣지법에서 디스크 변위에 따른 강도 분포 변화.  
(a)  $-2\ \mu\text{m}$  defocus, (b) On Focus, (c)  $2\ \mu\text{m}$  defocus

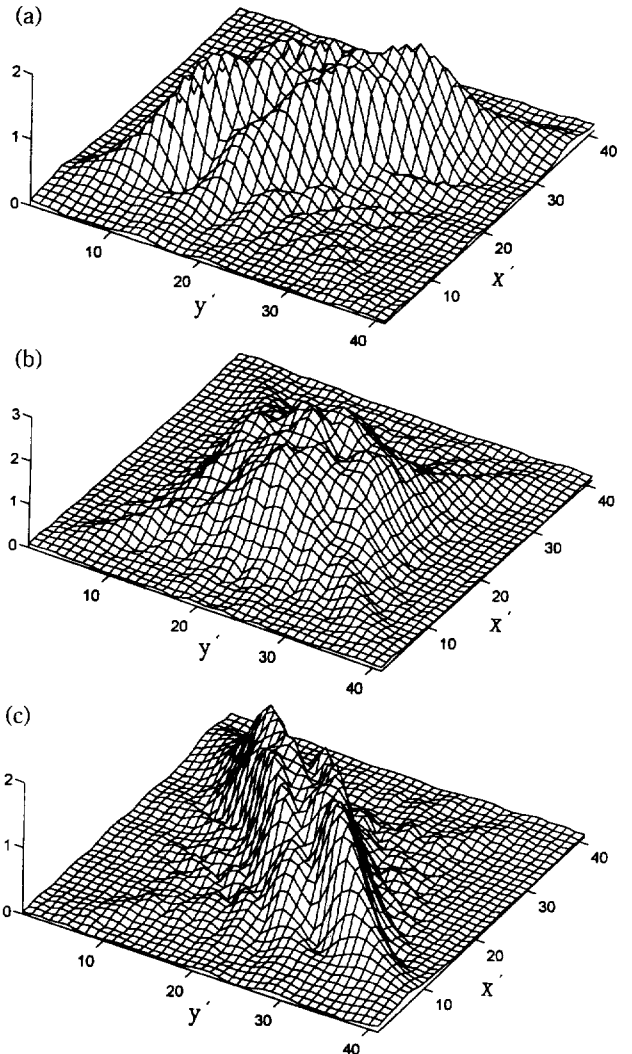


그림 4. 비점수차법에서 디스크 변위에 따른 강도분포 변화.  
(a)  $-2\ \mu\text{m}$  defocus, (b) On Focus, (c)  $2\ \mu\text{m}$  defocus

빛의 중심이 랜드, 랜드와 그루브 사이, 그리고 그루브에 위치할 경우 포커스에러신호(F1-F2) 및 합(F1+F2) 신호의 변화를 나타낸 것이다. 실제의 포커스에러신호는 디스크 편심에 의해 상대적으로 광스폿의 중심이 흔들리게 되므로 이 세 개의 신호를 포락선으로 하여 Oscillation하는 형태를 갖는다.

그림 5, 6에서 보면 그루브의 경우 Zero Cross 지점이 디스크가 먼 방향으로 Shift되어 있으며, 반대로 랜드의 경우 Zero Cross 지점이 디스크가 가까운 방향으로 Shift되어 있음을 볼 수 있다. 이는 On Focus시 랜드 반사의 경우 검출렌즈 입사 빔이 수렴상태임을 의미하고 그루브 반사의 경우에는 검출렌즈 입사 빔이 발산 상태임을 의미한다. 이는 회절빔 사이의 위상차에 의해 새롭게 형성된 파면이 Defocus를 포함하고 있기 때문인데, 그림 7은 On Focus 상태에서 디스크 반사 빔이 검출렌즈로 입사할 때 입사빔의 파면상태를 나타낸 그림이다. 파면은  $\pm 1$ 차 빔에 의해 5개 구역으로 갈라져서 각각 불연속적으로 파면이 형성됨을 볼 수 있다.  $y'$  축 방향으로 파면의 형태를 보았을 때 그루브의 경우 중앙에 비해 엣지 부분

파면의 위상이 뒤지는, 전체적으로 발산의 형태를 하고 있으며, 반대로 랜드의 경우에는 수렴의 형태를 하고 있음을 알 수 있다. Defocus 양은 나이프엣지의 경우 약  $\pm 0.13\ \mu\text{m}$ , 비점수차의 경우에는 약  $\pm 0.16\ \mu\text{m}$  정도임을 그림 5, 6에서 볼 수 있다. 비점수차법에서 Shift 양이 크게 나타난 것은 비점수차에 의해 파면이 왜곡되면서 Defocus가 증폭된 것으로 생각된다.

그림 8은 나이프엣지법에서 빔 분할율을 변화시켰을 때 포커스에러신호 및 합신호의 변화를 본 것이다.

빔 분할의 양은 대물렌즈 지름의 비율로 하였으며 투과 광량은 동일하게 되도록 하였다. 투과 : 반사의 비율이 7 : 3일 경우와 3 : 7일 경우에 대해 비교하였는데 3 : 7일 경우가 7 : 3일 경우에 비해 디스크 변위시 포커스에러신호가 합 신호에 가까워짐을 볼 수 있다. 이것은 3:7일 경우가 7:3일 경우에 비해 디스크 변위시 광 검출기 상에서 광이 한편으로 더 몰린다는 것을 의미하며, 동일 광량 투과시 포커스에러신호의 감도가 더 좋아진다는 것을 의미한다.

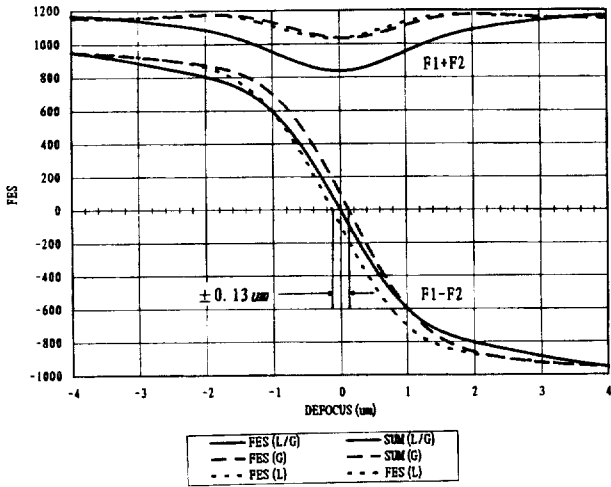


그림 5. 나이프엣지법에서 포커스에러신호.

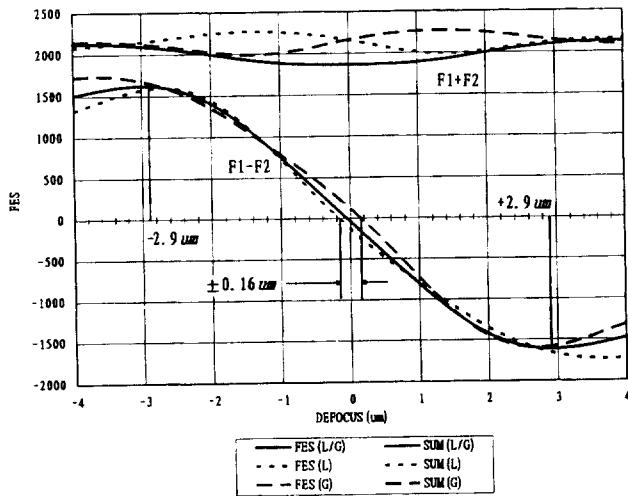


그림 6. 비접촉수차법에서 포커스에러신호.

그림 9는 비접촉수차법에서 비접격차 양을 2.2 mm에 대해 3.2 mm와 1.2 mm로 변화시켰을 때 그루브 반사시의 경우에 대해 포커스에러신호를 본 것이다. 비접격차 양이 작을 수록 Zero Cross 점의 Shift 양도 작아짐을 볼 수 있다.

그림 10은 0차빔과 ±1차빔이 포커스에러신호에 어떤 영향을 주는지를 알기 위해 분리시켜서 본 에러신호이다. 나이프엣지법에서는 0차와 1차빔의 P-P(Peak to Peak)구간이 큰 차이가 없으나 비접수차의 경우에는 0차 ±2.4 μm, 1차 ±3.9 μm로서 큰 차이를 보인다. 0차의 경우 광학계의 종배울(검출렌즈 초점거리를 대물렌즈 초점거리로 나눈 값의 제곱)이 약 227배이고, 반사에 의해 디스크 변위가 2배로 늘어난 효과를 갖는다는 것과 비접격차 양 2.2 mm를 고려하면 선형구간은  $2200/(227 \times 2) = 4.4(\mu\text{m})$ 로 ±2.4 μm로 이론치와 일치한다. 그러나 ±1차 회절빔의 경우 입사빔의 파면이 Shift(Shift 양은  $\lambda a/(NA \cdot p)$ , a:대물렌즈 반경)되므로 디스크 반사에 의해 변위가 2배 보다 작아지는 효과를 가지게 되므로 P-P 구간이 0차에 비해 늘어나게 된다. 그림 6에서 보면 0차와 ±1차가 모두 고려된 포커스에러신호의 P-P 구간은 랜드와 그루브 사이

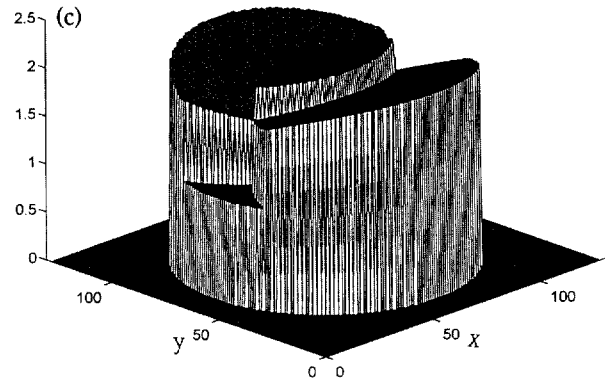
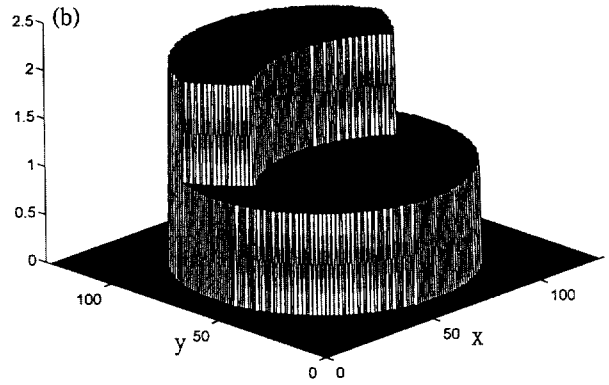
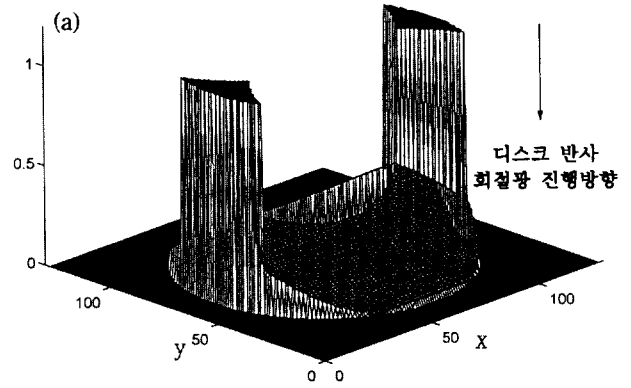


그림 7. 디스크 반사 빔의 파면.

- (a) 그루브에서 반사, (b) 랜드와 그루브 사이에서 반사, (c) 랜드에서 반사

반사의 경우 0차 보다 ±0.5 μm가 늘어난 ±2.9 μm가 된다.

다음은 파면수차의 영향을 살펴본 것으로서, 그림 11은 디스크 입사 빔이 0.07 λ(rms) 정도의 구면 및 Coma 수차 발생 시 나이프엣지법은 랜드에서 그리고 비접수차법은 그루브에서 포커스에러신호의 변화를 본 것이다. 광 픽업에서는 대물렌즈 제작공차 및 디스크 기관 두께 공차에 의해 발생하는 구면수차와 디스크 회전 시 Tilt에 의해 발생하는 Coma수차가 가장 지배적이므로 식 (1)에서 수차표현은 다음과 같이 할 수 있다.

$$W(x, y) = c_{sph}(x^2 + y^2)^2 + c_{cos}x \cdot (x^2 + y^2) + c_{coy}y \cdot (x^2 + y^2) \quad (4)$$

( $c_{sph}$ : 구면수차 계수,  $c_{cos}$ : x방향 coma 계수,  $c_{coy}$ : y방향 coma

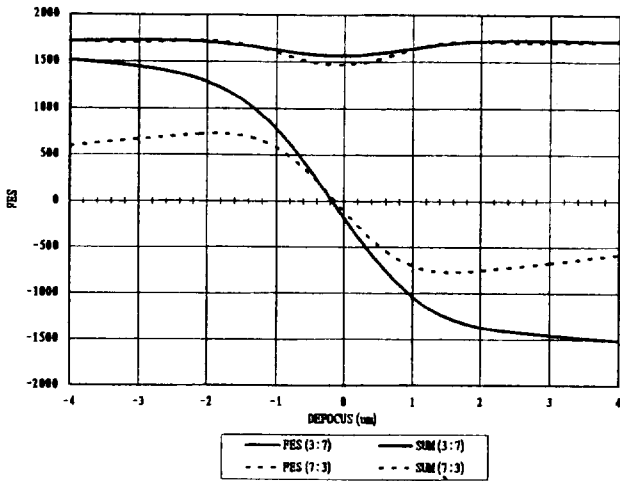


그림 8. 나이프엣지법에서 빔분할율에 따른 포커스에러신호 변화.

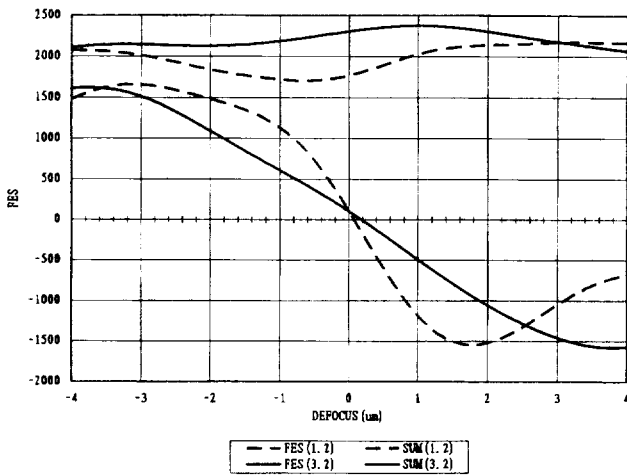


그림 9. 비점수차법에서 비점격차 양의 변화시 포커스 에러 신호.

계수)

여기에서 먼저 구면수차를 살펴보면 Seidel 구면수차 표현을 Orthogonal Polynomial인 Zernike 수차표현으로 바꾸면

$$a\rho^4 = \frac{a}{6} \cdot W_{zs} + \frac{a}{3} \cdot W_{zd} + \frac{a}{6} \quad (5)$$

여기서  $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $a = c_{sph}$  이고,

$$W_{zs} = \rho^4 - \rho^2 + 1, \quad W_{zd} = 2\rho^2 - 1$$

로서 각각 Zernike 구면 및 defocus 수차를 나타낸다. Zernike Polynomial은 Orthogonal Set을 이루므로 각 계수는 서로 독립적이다. 그러므로 포커스에러신호는 Defocus양 만큼 Shift되어 나타난다.

그림 11에서 보면 나이프엣지법과 비점수차법 모두 약 0.75  $\mu\text{m}$  정도의 Zero Cross점의 Shift가 발생함을 볼 수 있다. 그러나 구면수차는 픽업 구동 시 변화하는 양이 아니므로 픽업을 조립할 때 기록신호가 가장 좋아지는 지점에 On Focus가 되도록

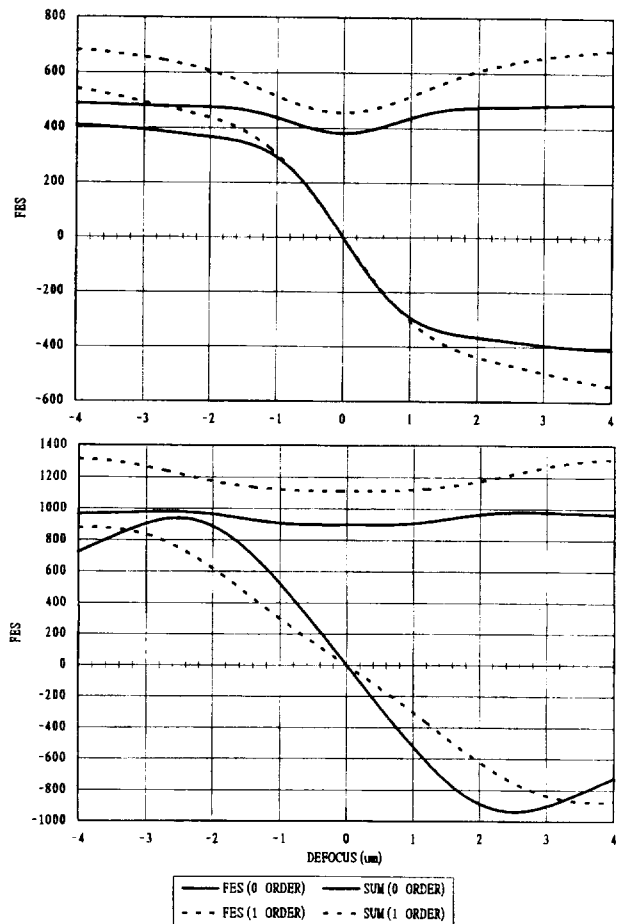


그림 10. 0차빔과 ±1차빔에 의한 포커스에러신호.

록 광검출기를 조정하는 것에 의해 이 양을 상쇄시킬 수 있다. 그러나 Coma 수차의 경우에는 디스크 회전에 의해 계속적으로 그 양이 변화하므로 광검출기를 조정하는 것으로는 상쇄시킬 수 없다. 그리고 Coma 수차는 축에 대해 반대칭수차이므로 식 (4)의 표현에서 Defocus 성분을 갖지 않는다. 그 대신 Seidel Coma 수차는 Zernike Coma 수차와 Tilt 수차 성분으로 나누어 진다.

$$a\rho^3 \cos\theta = \frac{a}{3} \cdot W_{zcox} + \frac{2a}{3} \cdot W_{ztilt} \quad (6)$$

여기서  $W_{zcox}$ : x방향 Zernike Coma 수차,

$W_{ztilt}$ : x방향 Zernike Tilt 수차이며,

$$W_{zcox} = (2\rho^2)\rho \cos\theta, \quad W_{ztilt} = \rho \cos\theta,$$

그리고  $\theta$ 는 x축에 대한 위상각이다.

그림 11(a), (b)에서 보면 0.07 $\lambda$ (rms) 정도의 Coma수차가 발생해도 포커스에러신호의 형태와 Zero Cross 점의 Shift양은 크게 늘어나지 않음을 볼 수 있다. 이것은 디스크 입사빔에 Coma 수차가 발생해도 디스크 반사 회절빔에서는 Defocus성분을 거의 갖지 않는다고 할 수 있다.

그림 12는 입사빔의 분포를 일정분포로 하였을 경우 포커스에러신호의 변화를 본 것이다. 나이프엣지법의 경우 그림 5와 비교하여 Zero Cross 점의 Shift 양의 변화가 거의 없으나

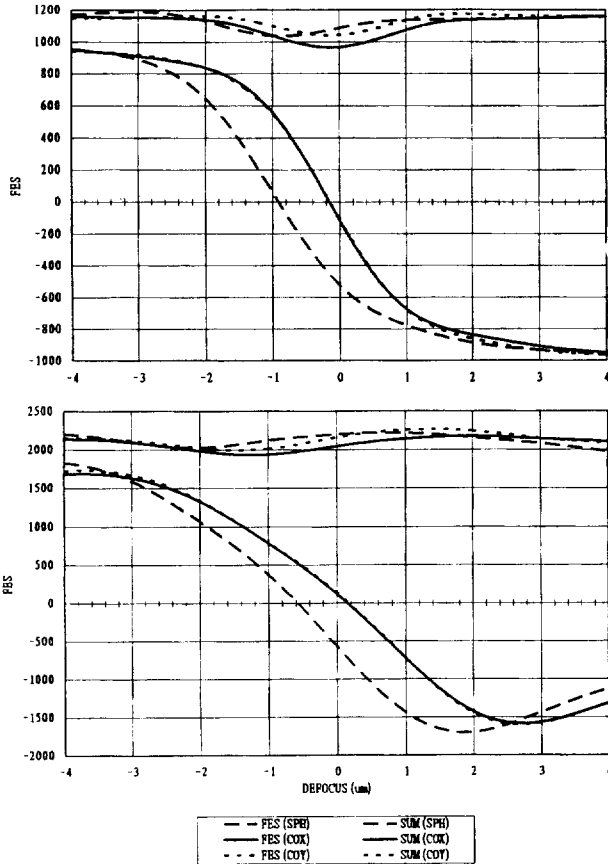


그림 11. 파면수차 발생 시 포커스에러신호의 변화.  
(SHP: 구면수차, COX: Radial 방향 Coma, COY: 신호열 방향 Coma)  
(a) 나이프엣지법(렌드반사), (b) 비점수차법(그루브 반사)

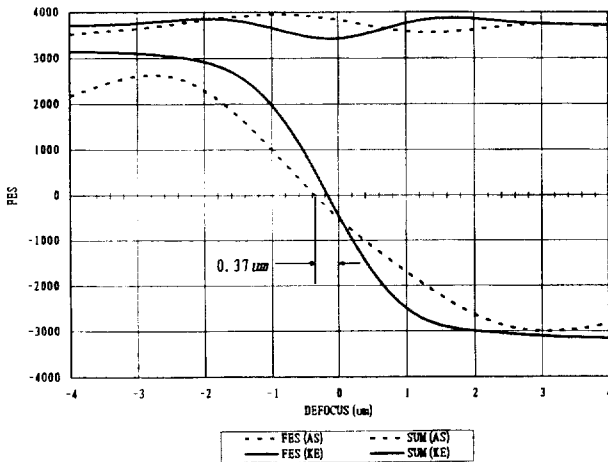


그림 12. 일정범 입사 시 포커스에러신호(그루브 반사).

비점수차의 경우에는  $0.37 \mu\text{m}$ 까지 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 일정범 입사에 의해 형성된 디스크 반사 회절빔의 파면은 검출렌즈의 비점수차에 의해 파면이 왜곡되면서 그림 5의 경우 보다 큰 Defocus 성분을 갖게 됨을 의미한다.

나이프엣지법의 경우 그림 5와 비교하여 Zero Cross 점의 Shift 양의 변화가 거의 없으나 비점수차의 경우에는  $0.37 \mu\text{m}$

까지 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 일정범 입사에 의해 형성된 디스크 반사 회절빔의 파면은 검출렌즈의 비점수차에 의해 파면이 왜곡되면서 그림 5의 경우 보다 큰 Defocus 성분을 갖게 됨을 의미한다.

### V. 고찰 및 결론

이상에서 광픽업에서 주로 사용되고 있는 포커스에러 검출 방식인 나이프엣지법과 비점수차 법에 대해 여러 가지 조건에서 시뮬레이션 해 보았다. 랜드와 그루브의 영향으로 인해 디스크 반사 회절빔의 파면이 Defocus 성분을 가지게 됨으로 포커스에러신호의 Zero Cross 점이 On Focus 상태에서 Shift됨을 보았는데 그 양은 나이프엣지법에 비해 비점수차법에서 비교적 크게 나타났다. 또한 Shift 양은 나이프엣지법의 경우 빔의 투과율을 30~70%까지 변화 시켰을 때 투과율이 클수록 작게 나타났으며, 비점수차법의 경우에는 빔 분포가 일정범에 가까울수록, 그리고 비점격차 양이 클수록 크게 나타났다. 특히 일정범 입사시에는 그 양이  $0.35 \mu\text{m}$ 까지 늘어났는데, 광학계의 변화에 대해서 비점수차법이 나이프엣지법에 비해 Zero Cross의 Shift 정도가 비교적 큰 영향을 받게 됨을 알 수 있다.

또한 포커스에러신호의 형태에 있어서도 비점수차는 나이프엣지법에 비해 랜드와 그루브의 영향을 크게 받는 것을 시뮬레이션의 결과로부터 알 수 있었다. 그러나 비점수차법에 있어서 비점격차 양의 변화 범위가 커서 그 양이 1 mm까지 줄어도 포커스에러신호의 감도는 계속 증가되는 것을 볼 수 있었으며, 이는 비점수차법에서 비점격차 양의 조절만으로 충분히 포커스에러신호의 감도를 조절할 수 있다는 것을 의미한다.

파면수차 발생에 의한 포커스에러신호 변화에 있어서 먼저  $0.07 \lambda(\text{rms})$  정도의 구면수차 발생에 대한 영향을 보면, Seidel 구면수차에 포함된 Defocus 양 만큼 포커스에러신호가 Shift될 뿐 감도와 신호 형태의 변화는 거의 없는 것으로 나타났으며, Coma 수차의 발생 역시 포커스에러신호의 왜곡에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났는데, 이는 디스크 구동시 Tilt에 의해 포커스 서보의 안정성이 흔들리지 않는다는 것을 의미한다.

이상을 종합해 볼 때 랜드/그루브 기록 광디스크에 있어서 나이프엣지법을 사용할 경우 그루브의 영향에 의한 Zero Cross 양을 작게 할 수 있다는 장점이 있으며, 비점수차 법은 광학계의 조건에 따라 Zero Cross 양과 포커스에러신호 형태가 비교적 크게 변화한다는 단점이 있으나 비점격차 양의 조절에 의해 선형구간과 포커스에러신호 감도를 조절할 수 있다는 장점이 있다.

### 참 고 문 헌

[1] A. B. Marchant, *Optical Recording*, p165.  
[2] H.H.Hopkins, "Diffraction Theory of Laser Read-Out System for Optical Video Disc," *J. Opt. Soc. Am.*, **69**(1), p4,

- (1979).
- [3] M. Mansuripur, "Certain Computational Aspect of Vector Diffraction Problems," *J. Opt. Soc. Am. A.*, **6**(5)/June, (1989).
- [4] Eiji Ohno, "Multipulse Recording Method for Pulse-Width Modulation Recording on an Erasable Phase Change Optical Disk," *Jap. J. Appl. Phys.* **30**(4), p677, (1991).
- [5] Sadanari Fujimoto, "High-Density Recording Characteristics of a 90mm Phase-Change Optical Disk," *Jap. J. Appl. Phys.* **32**, p5317, (1993).
- [6] H. Yamada, "Super Density Disk," 第7回 相變化記録研究会 Symposium, 大坂府立大, 東京, p46, (1995).
- [7] Naoyasu Miyagawa, "Land and Groove Recording for High Track Density on Phase-Change Optical Disks," *J. J. Appl. Phys.* **32**, p5324, (1993).
- [8] N. Miyagawa, "High Track Density Recording by Land and Groove Method on Phase Change Optical Disks," *Sym. On Optical Memory*, Waseda Univ., Tokyo, p35, (1994).

### Analysis of Focus Error Signals on Land/Groove Recordable Optical Disks

Yong Jae lee, Byeong Ho Park and Hyun Kuk Shin

*DVD Reasearch Center, Technical Coorporate Operations, Samsung Electronics Suwon 442-742, Kyeongki, Korea*

(Received: July 4, 1996)

We analyzed the variation of the focus error signal with the effect of land and groove, wavefront error, and optical system parameter variation for the knife-edge and astigmatism methods on the Land/Groove recordable optical disc, using a numerical simulation method. We verified causes of the zero-cross-shift that took place by the effect of land and groove by analyzing the diffraction beam including defocus wavefront errors. We also found that the sensitivity of the focus error signal was reduced by the effect of land and groove in the astigmatism method, as in the analysis of the focus error signal with the each order of the diffraction beam.