

삼성전자의 DVD(Digital Versatile Disc)용 광픽업의 현황

이 철 우

수석연구원 이학박사

1. 서 론

1995년에 규격화가 확정된 DVD는, CD와 동일한 12cm직경의 disc에 CD 용량의 약 7배에 달하는 편면 4.7GB의 대용량을 갖추고 있어서, 향후의 광디스크 기기의 하나의 주류를 이룰 것으로 보인다. 미국의 Software업계와 일본의 기기 maker들이 선두로 개발하기 시작한 이 DVD기기는 1996년 말부터 시장 출시가 되었고, 향후 disc의 종류가 증가함에 따라서, 시장 및 기술도 확장 되리라 본다. 삼성전자는 이러한 선진업체와 동일한 시점에서 DVDP(Player)를 출시하였고, DVD-ROM, LDP대응 DVDP, DVD RAM(Random Access Memory) 등의 다양한 기종을 개발 중에 있다. 본 보고서에서는 이러한 DVD응용기기의 핵심부품인 disc의 신호를 광학적으로 읽는 광픽업의 개발현황을 당사 중심으로 요약하였다.

2. DVD용 광픽업의 특징

DVD응용기기는 최신 기기이기도 하지만 소비자 입장으로 볼 때에는 DVD만 재생하는 것은 아무래도 구매의욕이 낮아진다. 왜냐하면, 기존의 CD(CD-ROM), LD(Laser Disc) 등의 software를 사용할 수 없다고 하면, 초기에 DVD software가 보급이 되지 않는 시점에서, DVD만을 위하여 \$4~500을 선듯 주고 살생각이 적어지기 때문이다. 기술적인 면으로 보아서도 그렇다. 고성능의 기기일지라 하더라도, 기존의 것과 backward호환성이 없게되면, 기술의 맥이 약해지기 때문이다. 따라서, DVD기기는 기본적으로 CD, LD 등 기존의 software도 재생해야하는 것이 당연하다.

이러한 backward 호환성은 회로적으로도 해야하지만, 근본적으로는 광학적인 차이점이 DVD와 CD/LDP에 있다. 이 이유를 설명하자 한다. 원리적으로 기록밀도는 집속광의 크기(Spot size)의 제곱에 반비례하며, 이 spot size는 다음과 같이 계산된다;

$$d = k \lambda / NA \quad (NA = D/f), \quad (1)$$

여기에서 d 는 spot size, k 는 비례계수, λ 는 사용파장, NA 는 사용렌즈의 개구수(開口數; Numerical Aperture)를 나타내며, D 는 렌즈의 입사동의 직경, f 는 초점거리이다. 따라서, spot size d 를 작게하여 기록밀도를 향상시키는 방법으로는 사용하는 광의 파장 λ 를 작게 하거나, NA 를 크게하여야 한다. 광픽업에서는 크기 및 소비전력등을 감안해서, 주로 반도체레이저를 광원으로 사용하게 되므로, 실용성을 고려하면, 파장인 780 nm 또는 650~635 nm를 사용할 수 있다. 따라서, 기존의 780 nm를 사용하는 CD의 경우와 대비하여, 650 nm의 반도체레이저의 경우, 면밀도는 1.44배 정도로 향상시킬수 있게 된다. 대물렌즈의 NA 를 증가시키는 방법으로서, CD가 0.45NA이나, 0.6 NA인 대물렌즈를 사용하면, 동일한 파장에 대하여도 spot size는 25% 정도 작게되어 면밀도가 약 1.8배 증가하게 된다.

따라서, 반도체레이저의 파장을 650 nm인 것을 사용하고, 대물렌즈의 개구수를 0.6으로 증가시키면, 기존의 CD에 대비하여, 기록밀도를 약 2.5배 증가시킬수 있다. DVD인 경우 이러한 점을 이용하여, 일단 광학적으로 기록밀도를 증가시키고, 나머지의 밀도증가분인 2.7배는 소위 파형등가회로(Equalizer)를 사용하고^[1], 변복조code를 개선하여 해결하게 된다.

이러한 방법으로 DVD는 기존의 CD에 비하여 고밀도를 이룩하였으나, 광학적으로 한가지 문제점이 있었다. 이는 대물렌즈의 개구수를 0.6으로 증가시킴으로 인하여, 디스크의 경사에 약하게 된 것이다. 즉, 일반적으로 평판(Plane parallel plate)에 집속된 광은 대물렌즈의 개구수 NA , 사용파장 λ , 평판의 두께 d , 그리고 평판의 광축에 대한 기울기를 θ 라고하면, coma수차 W_{31} 은 다음과 같이 나타내어진다;

$$W_{31} = -(d/2) \left\{ \frac{n^2(n^2-1)\sin\theta\cos\theta}{n^2\sin^2\theta\cos\theta/2} \right\} (NA^3) \quad (2)$$

즉 NA 의 증가에 따라서 coma수차는 급속히 증가하여, 결국 재생신호의 열화가 발생하여, 사용할 수 없게 된다. 이를 기존의 개구수가 0.45인 CD의 경우와 비슷한 수준으로 하기 위하여, 평판 즉 disc의 두께를 CD의 절반인 0.6 mm로 할 수 밖에 없게 된다. DVD의 두께가 이와 같이 밀도를 향상시키기 위하

표 1.

종류	주 용도	Pickup의 요구사항	비 고
DVD Player	DVD/CD재생	DVD/CD호환	1개의 광원(650nm)사용
DVD Player-2	DVD/CD/LD재생	DVD/CD/LDP호환	1개의 광원(650nm)사용
DVD ROM	DVD/CD(R)재생	DVD/CD-R호환	2개의 광원(650nm/780nm)사용
DVD RAM	DVD-RAM/CD(R)재생	DVD-RMA기록, CD-R재생	2개의 광원(650nm/780nm)사용

여, 0.6 mm로 하였으나, 또다시 제기된 문제는 DVD기기로 두께가 서로다른 CD를 어떻게 재생할 수 있는가 하는 backward 호환성이 되겠다. 이를 해결하기 위하여, 1994년 이래 두께가 서로 다른 기판을 재생할 수 있는 광픽업의 연구가 활발히 진행되어 왔다^[2,3,4].

3. 삼성전자의 DVD용 광픽업

DVD용 광픽업의 개발은 상품적인 목표를 달성하기 위한 성능검토로서 출발된다. 이들 픽업이 탑재될 Player 및 Drive와 특징은 다음과 같다.

삼성전자는 상기와 같은 요구조건을 만족시키면서, 간편구조, 조립성, 그리고 가격등을 감안하여, 광픽업을 연구해 왔으며, 결과적으로 전 기종에 대하여, 독자적인 방법인 環形遮蔽(대물렌즈) 방식을 제안하여 채택하고 있다.

그림 1에 환형차폐 대물렌즈의 기본적인 구조를 나타내었다. 대물렌즈가 두께 0.6 mm인 DVD기판에 최적하도록 설계가 되어있다고 하면, 당연히 두께 1.2 mm인 CD 기판에서는 구면수차가 발생하게 된다. 한편, 어떠한 렌즈라 하더라도 근축(Near Axis; 그림에서 'A'부근)에서는 수차가 적게 발생하므로, 광디스크에서 허용되는 구면수차의 영역을 계산할 수 있다. 근축에서 멀리 떨어진 부분(그림에서 'C')을 투과하는 광은 수차가 너무커서, 근축광에 의한 집광 spot에는 영향을 주지 않게된다. 그러나, 이 중간의 영역(그림에서 'B')에서는 근축광에 영향을 주는 광이 진행하게되어 집속광의 spot이 열화가 된

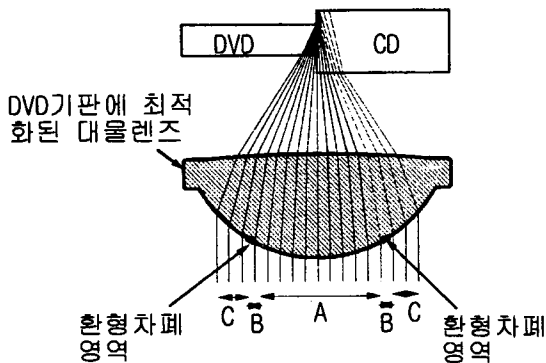


그림 1. 환형차폐방식의 구조도.

다. 이 현상을 좀 더 상세히 살펴보기로 하자.

그림 2는 DVD에 최적화되도록 한 렌즈를 사용하여, CD기판에 spot을 형성시킨 경우의 spot size를 나타내며, 1.5 μm부근에서 side-lobe가 비교적 크게 발생함을 알 수 있다. 이 side-lobe는 영역 'B'를 지나는 광의 영향을 많이 받은 부분이며, 결과적으로 spot size가 큰 것처럼 인접 pit의 신호를 읽게되어 잡음, 특히 jitter성능이 열화된다. 따라서, 이러한 DVD에 최적화된 대물렌즈로는 CD를 효과적으로 재생할 수 없다. 그러면, 영역 'B'를 차폐하여, jitter특성을 개선하는 방법을 모색하기로 한다. 또한 환차폐 영역 'B'는 DVD인 경우에도 적용이 되므로, simulation은 두개의 기판에 대하여, 환차폐영역과 각각의 jitter변화를 관측하는 것으로 된다. 그림 3은 DVD와 CD기판을 사용할 경우에 환차폐영역 'B'의 근축반경과 폭과 jitter의 관계를 나타내었다.

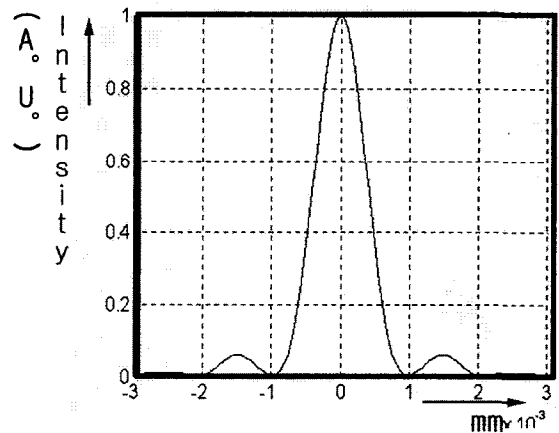


그림 2. 기존의 DVD에 최적화된 대물렌즈로서 CD기판에서의 spot size.

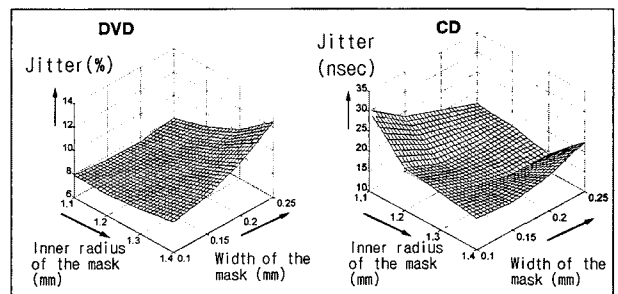


그림 3. 환형차폐 영역과 jitter와의 관계 계산값.

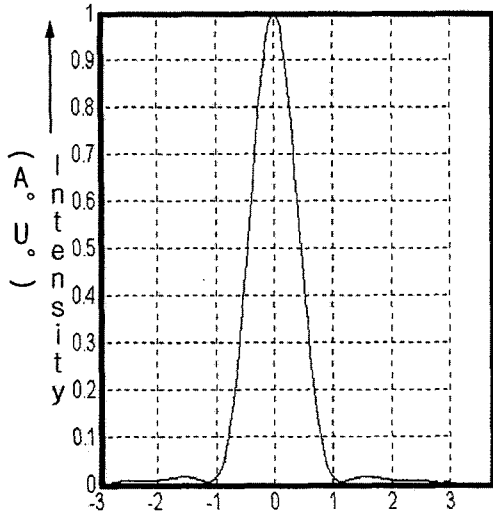


그림 4. 환형차폐 방식에 소우 CD기판에 집속된 spot size.

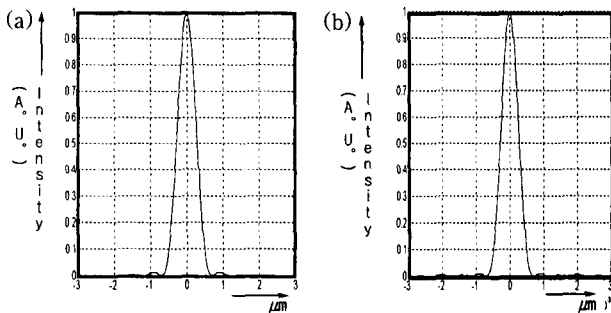


그림 5. (a) 기존방식의 DVD에 집속된 광의 spot size
(b) 환형차폐방식의 DVD에 집속된 광의 spot size.

3.1 DVDP에 적용된, 환형차폐방식의 원리

그림 3의 simulation 결과로부터 알 수 있는 것은, DVD와 CD에 대하여 각각의 jitter가 최소가 되는 환차폐의 영역 'B'이다. jitter 최소점에서의 환차폐영역은 대물렌즈의 유효개구를 4 mm(직경)으로 하면, 내경이 2.5 mm, 그리고 폭이 0.2 mm인 경우이다. 이 때의 CD기판에서의 spot size를 그림 4에 도시하였고, 그림 2의 환차폐가 없는 경우 spot size에 비하여, side-lobe가 현격히 줄어들음을 알 수 있었다.

그림 3에 의한 또다른 결과는 환차폐의 효과가 비단 CD기판을 사용할 경우에만 있는 것이 아니라, DVD에도 유효하다는 것이다. DVD경우에도 side lobe는 종래대비 약 40% 감소하며(그림 5), 따라서 jitter 성능이 향상된다.

그림 6과 그림 7에는 환형차폐 대물렌즈의 사진과, 이 방식을 사용한 DVDP용 광픽업의 사진을 수록하였다.

Pickup의 중요한 성능지수 중 하나인, eye-pattern을 그림 8과 그림 9에 각각 DVD 및 CD인 경우를 도시하였다. 이들 파형은 3-tab Equalizer를 사용한 경우, 각각의 jitter값은 8% 이내

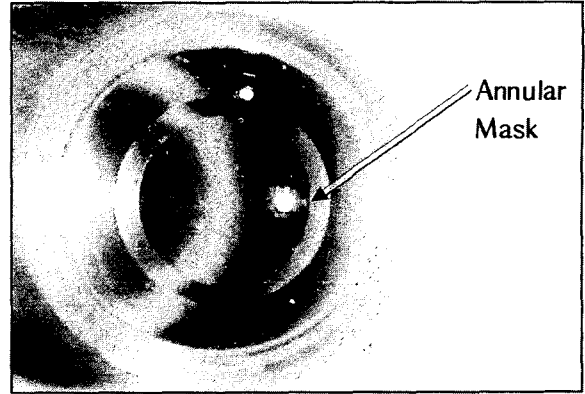


그림 6. 제작된 환형차폐렌즈.

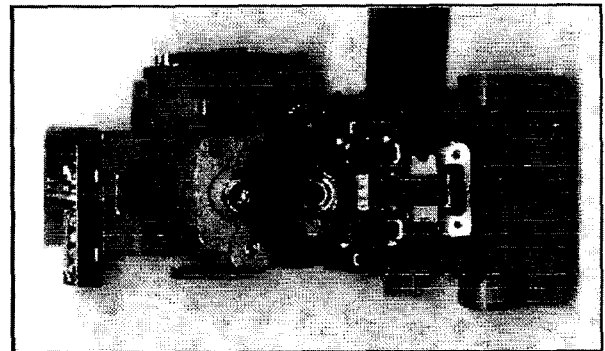


그림 7. 환형차폐방식의 DVDP/CD겸용 광pickup.

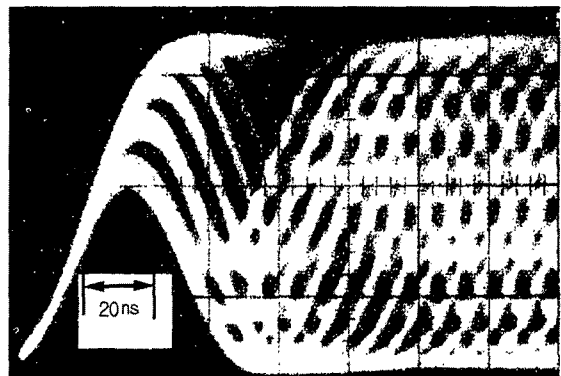


그림 8. DVD재생 eye-pattern.

로 양호한 수준이다.

3.2 DVD/LDP복합 Player에 적용된, 환형차폐방식의 원리

LDP용 pickup에서는 CD와는 달리, 인접 track간의 cross-talk가 적어야 한다. spot size는, 기존 CDP용이 1.4 μm 정도라고 하면, LDP용은 약 1.2 μm가 사용된다. 따라서, 기존의 환형차폐방식에 의한 spot size 1.4 μm 정도로는 크기가 크기 때문에 직접 LDP에는 사용할 수 없다. 당사의 DVD/LDP복합

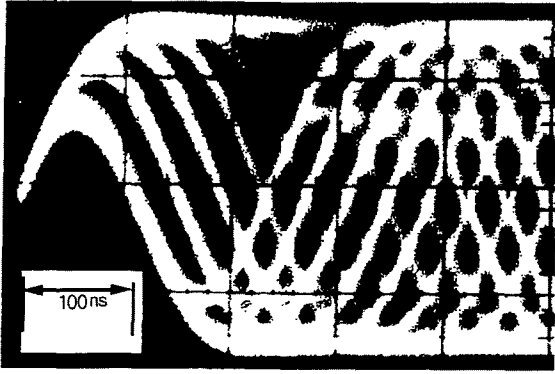
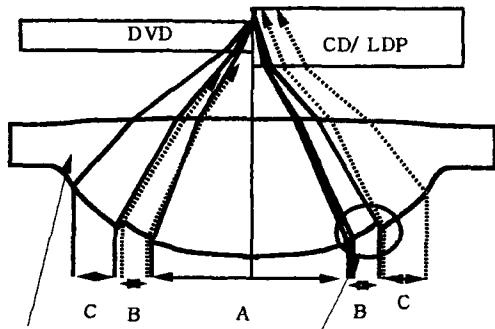


그림 9. CD재생 eye-pattern.



DVD에 최적화 된 대물렌즈

그림 10. 개량된 환형차폐방식의 구조.

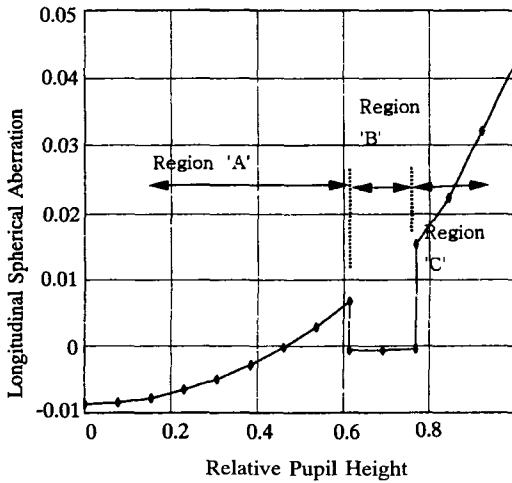


그림 11. 개량된 환형차폐방식의 구면 수차 곡선.

Player용 광픽업에서는 기존의 환형차폐 대물렌즈를 개량하여, CD 및 LDP용으로 spot size를 $1.2 \mu\text{m}$ 이하로 하였다^[5]. 작동원리를 간략히 살펴보면 다음과 같다. 기존의 환차폐 영역 'B'는 이 영역을 지나는 광을 차폐하게 되는데 이 부분을 곡률을 변경하여, CD/LDP에 집속시키면, 환차폐 영역만큼 대물렌즈의 유효 개구수가 증가하여, spot size가 감소하게 된다. 그림 10과 그림 11은 개량된 환형차폐 대물렌즈와, 구체적인 구면수

차 곡선을 나타내고 있다.

상기의 구면수차 곡선에서, 영역 'B'는 수차를 보정하여, 구면수차가 0근방이 되도록 하였다. 그림 12에는 이 경우에 있어서 최적한 환차폐의 근축방향의 직경과 폭의 최적값을 구하기 위한 jitter와 이들 변수와의 관계를 나타내었으며, 그림 13에는 이러한 삼성전자의 DVD/LDP/CD 호환가능한 광픽업의 사진을 도시하였다.

DVD 및 LDP호환 pickup에 의한, eye-pattern을 그림 14과 그림 15에 각각 DVD 및 LD인 경우를 도시하였다. 이들 파형

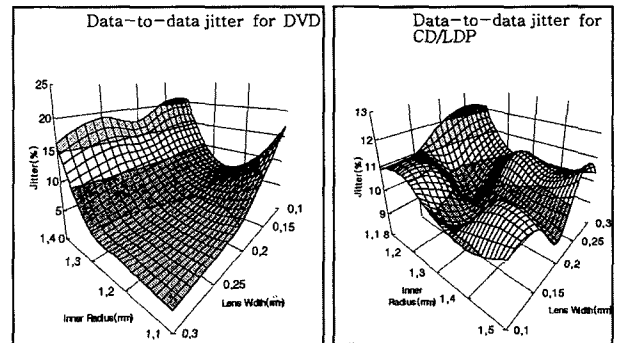


그림 12. 개선된 환형차폐영역과 jitter와의 관계.

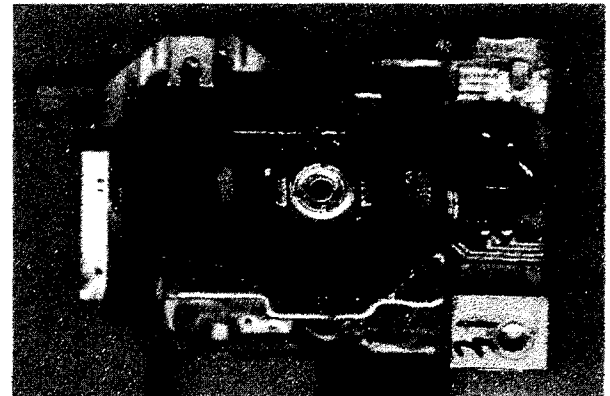


그림 13. 개선된 환형차폐대물렌즈를 사용한 DVD/LD/CD검용의 광pickup.

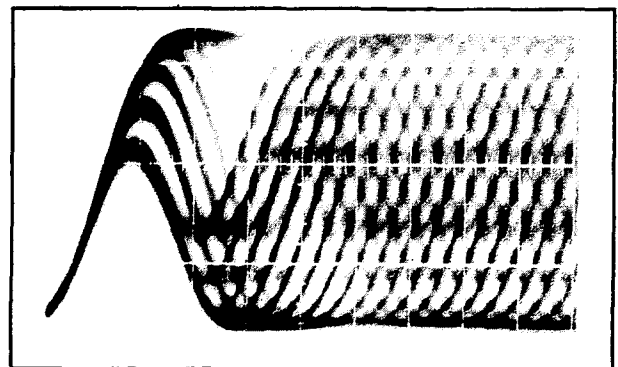


그림 14. DVD재생시의 eye-pattern.

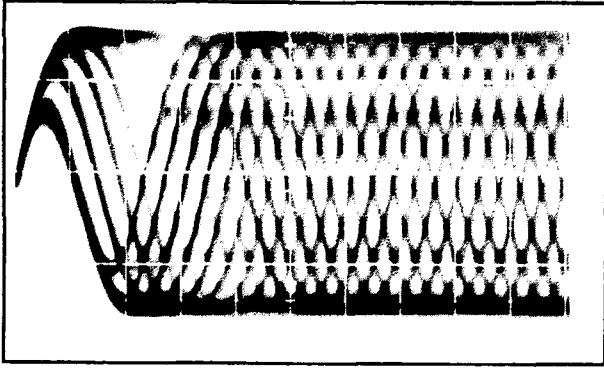


그림 15. CD재생시의 eye-pattern.

역시 3-tab Equalizer를 사용한 경우, 각각의 jitter값은 7% 이내로 우수한 수준이다.

3.3 DVD/CD호환 DVD-ROM에 적용된 환형차폐방식의 원리

DVD-ROM에서 요구되는 광픽업의 사양은 CD재생은 기본이나, 1회기록/반복재생이 가능한 CD-R(Recordable) disc도 재생되어야, 상품성이 있다. 그러나, 이러한 경우에는 CD-R disc가 780 nm 파장에서만 반사율이 높기 때문에 DVD용인 650 nm의 Laser Diode이외에도, 별도의 780 nm 파장을 내는 Laser Diode가 추가 되어야 한다.

두개의 Laser Diode를 사용하는 경우에 한개의 대물렌즈를 사용하는 방법은 각각의 광원에 대하여 별도의 광로를 구성할 수 있기 때문에, 650 nm의 Laser Diode로부터의 광은 대물렌즈에 평행광을 입사시키고, 780 nm의 광은 CD의 두께차이에 의한 구면수차를 보상하기 위하여 발산광으로 입사시킨다. 이러한 광 경로를 그림 16에 도시하였다.

한편, 이 경우 DVD광로의 유효 개구를 0.6으로 하면, CD

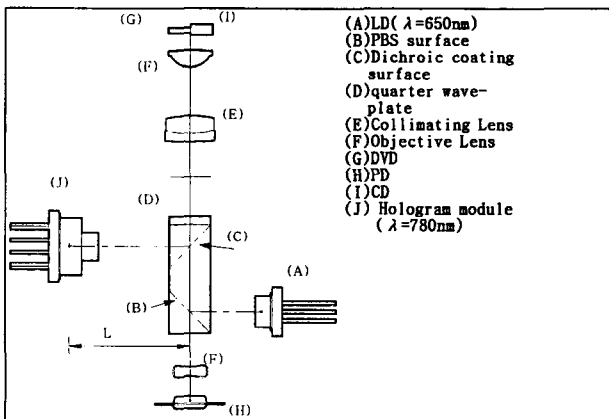


그림 16. CD-R재생가능 DVD용 광pickup의 광로도.

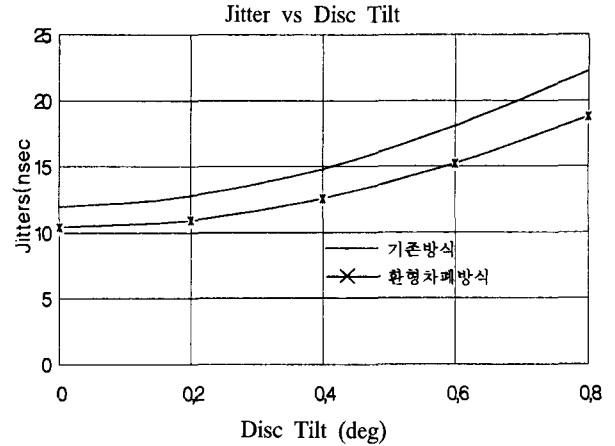


그림 17. 환형차폐에 의한 disc경사 보정의 효과.



그림 18. CD-R재생가능 DVD용 광pickup.

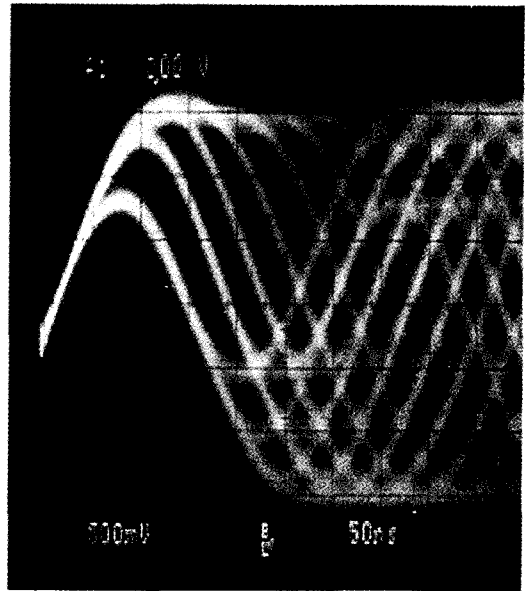


그림 19. DVD재생시의 eye-pattern.

(CD-R)의 광로로는 0.57정도로 되어, 기존의 CD의 0.45NA에 비하여 대단히 커지게 된다. 이는 곧 disc 경사에 의하여, coma수차의 증가와 jitter열화를 나타내므로 이의 보정수단이

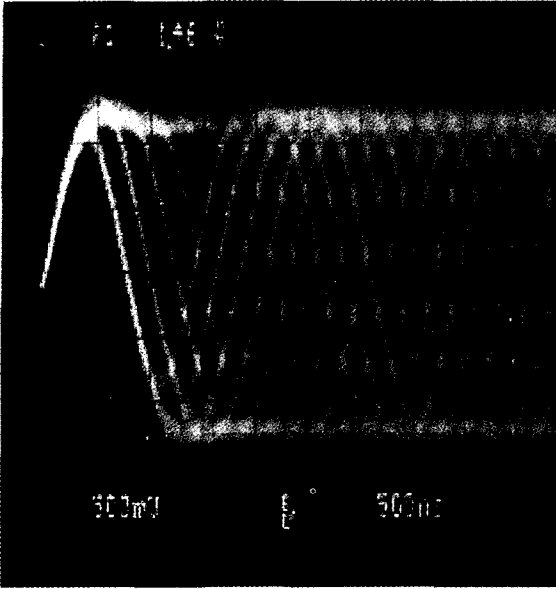


그림 20. CD-R재생시의 eye-pattern.

필요하다. 3.1절에서의 환형차폐 대물렌즈는 disc경사에 대한 jitter특성을 향상시킨다. 그림 17에 disc경사와 jitter의 관계를 CD의 경우 수록하였다. 따라서, CD-R호환 픽업의 경우, 개구 수 증가에 의한 jitter열화를 개선하기 위하여, 환차폐방식을 사용하고 있다.

그림 18에는 삼성전자의 환형차폐방식의 DVD/CD-R호환 광픽업의 사진을 수록하였다. 그리고 그림 19과 그림 20에는 각각 DVD와 CD-R기판을 사용할 경우의 eye-pattern을 도시하였으며, jitter는 linear equalizer사용시 각각 7% 및 6% 이하

였다.

4. 결 론

삼성전자는 DVD와 관련하여, 3기종의 Pickup model을 양산 또는 양산 준비중에 있다. 이들은 각각 DVDP(Player), LDP복합 DVDP, CD-R대용 DVD-ROM에 탑재되고 있다. 이 세가지의 기종은 형태는 다르지만, 공통적으로 자사의 독특한 방식인 환형차폐 방식을 채용하고 있으며, 이를 통해, disc간의 호환성을 확보하고 있다. 향후에도 이 방식은 기록 가능한 DVD-RAM(Random Access Memory)에도 적용을 검토하고 있다.

참고문헌

1. C. W. Lee *et al.*, "Analysis on Read-Out Signal in Magneto-optical Disc Drive System" *Jpn. J. Appl. Phys.* **32**, 5443-5444, 1993.
2. C. W. Lee *et al.*, "A Compact Disc Compatible Digital Video Disc Pickup Using Annular Mask", *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, 486-490, 1997.
3. Y. Komma *et al.*, "Dual Focus Optical Head with a Hologram-Integrated Lens", *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, 474-480, 1997.
4. R. Katayama *et al.*, "Dual Wavelength Optical Head for 0.6mm and 1.2mm Substrate Thickness", *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, 460-466, 1997.