

Blu-ray Disc 대응 Pickup 개발

The Development of Optical Pickup System for Blu-ray Disc

장인철[†], 정호섭, 김도환, 김형진, 정수진, 김성현, 박재혁

I. C. Jang, H. S. Jeong, D. H. Kim, H. J. Kim, S. J. Jung, S. H. Kim, and J. H. Park

ABSTRACT

We developed an optical pickup system which is used for Blu-ray Disc. A liquid crystal element was used to make compensation for spherical aberration. Spherical aberration is a difficult problem in the optical pickup system for Blu-ray Disc. To reduce the effects of wavelength variation from the laser source, we designed a diffraction optical element. We took a measurement of all of the parts used to make a pickup system and validated the performance of each part. Then, we made a performance test for the optical pickup system which we developed for Blu-ray Disc and the results were satisfactory.

Key Words : Blu-ray Disc, Pickup, 구면수차, 색수차

기호설명

DVD : Digital Versatile Disc
BD : Blu-ray Disc
LCE : Liquid Crystal Element
DOE : Diffraction Optical Element

1. 서 론

Blu-ray Disc 는 25Mb/s 급의 신호를 2 시간 이상 기록할 수 있는 광 디스크로서 한국, 일본, 유럽의 9 개 회사를 중심으로 기술개발과 포맷화가 추진되어 2002 년 6 월에 기록재생의 기술검토가 완료되고 2003 년 2 월 17 일부터 라이선스가 개시되어 레코더의 시장도입도 시사되고 있다. Blu-ray Disc 에서 중요하게 생각하는 패러미터는 다음 3 가지로서 405nm 의 단파장 레이저 파장의 채용, 생산이 가능한 최대 NA 값 렌즈의 채용, 이들 두 가지 패러미터에 합치되는 얇은 광

투과층(보호층)의 채용이다. 또한 Blu-ray 중 하나의 특징으로 2 층 디스크 대응이 있다. Blu-ray 에서는 처음부터 포맷으로서 기록 가능한 것을 포함하여 2 층 디스크에 대응할 수 있도록 설계되어 있다.

본 논문에서 다루는 광픽업은 BD 전용으로 Dual-Layer 에 대응할 수 있는 AV 용 BD 픽업을 개발을 목표로 하였고, 수익성을 확보할 수 있는 BD 용 픽업개발, BD 용 광픽업에서의 핵심기술확보, 개발 Process 정립, 핵심부품개발에 대한 픽업 matching 지원 등을 목적으로 하였다.[1-3]

HD 방송을 2 시간 이상 녹화하기 위해서는 22GB 이상의 저장용량이 필요하게 되었는데 이는 DVD 기록용량의 약 5 배에 해당하는 값이 된다. BD 에서는 DVD 의 5 배라는 면 기록밀도를 실현하기 위해 광 디스크의 기본적인 패러미터를 처음부터 재고했다.

즉 레이저광의 빔 스폿 지름을 좁히기 위해 광원 파장을 줄이고 대물렌즈의 개구수 NA(Numerical Aperture) 를 높였다.

일반적으로 빔 스폿 지름은 파장에 비례하고 NA 에 반비례한다. 이번에는 양쪽을 바꾸어 단숨에 빔 스폿 지름을 축소했다.

[†] 책임저자: 삼성전기(주) 중앙연구소
E-mail : incheol@samsung.com
(논문접수일 : 2005 년 3 월 30 일)

Table 1 Summary of next generation of DVD

구분	DVD-비디오	Blu-ray	HD-DVD(AOD)
광원 광대	650/635nm	405nm	405nm
기록용량	4.7GB(1층식)	23.3/25/27GB(1층식)	20GB(1층식)
보호층 두께	0.6mm	0.1mm	0.6mm
디스크 크기	12cm	12cm	12cm
물렌즈 F값	0.6	0.85	0.65
디스크 직경	120mm	120mm	120mm
디스크 두께	1.2mm(원형)	1.2mm	1.2mm(원형)
전송 속도	10Mbps	10Mbps	13~15Mbps
음성기록 형식	기본 AC-3, reiner PCM 등 음선 선택 가능	기본 AC-3, MPEG1 LATER2 등 음선선택 가능	H264, 오디오 테크놀로지 9시리즈
영상 기록 형식	MPEG 2 비디오	MPEG 2 비디오	MPEG 2 비디오
영상응답 대응형식	MPEG2 트랜스포트 스트림	MPEG2 트랜스포트 스트림	MPEG2 트랜스포트 스트림
물렌즈에 호환성	NO	불리	양호
레코딩 포맷	-	상변형 기록	상변형 기록
Tracking Format	-	그라운드 기록	랜드&그라운드 기록

구체적으로는 광원에 파장 405 nm의 청자색 레이저를 채용했다. 현행 DVD의 650 nm에 대해 약 40% 줄었다. 한편 대물렌즈의 NA는 DVD의 0.6에서 0.85로 늘렸다. 이렇게 변경해 빔 스폿의 면적을 DVD에 비해 약 1/5로 줄였다. 즉 DVD에 비해 5배의 면기록밀도로 기록 마크를 읽고 쓸 수 있다. 단 이 방법을 채용하면 새로운 문제가 부상한다. NA를 높임에 따라 그 3승에 반비례해 디스크와 레이저광의 광축 경사에 허용되는 각도 오차(틸트 마진)가 좁아진다. 이것은 디스크 제조나 장치의 조립에 허용되는 기계적인 오차가 극단적으로 작아지는 것을 의미한다. 그래서 이번에는 틸트 마진을 넓히기 위해 기록막 면을 덮는 커버층을 0.1 mm까지 얇게 했다. 이렇게 하여 틸트 마진은 현행 DVD 수준의 $\pm 0.75^\circ$ 도를 확보했다. 그렇지만 NA가 커짐으로 인해 구면수차가 증가하는 문제가 발생한다. 일반적으로 구면수차는 NA의 4승에 비례하고 커버층 두께편차에 비례한다. NA는 정해져 있기 때문에 디스크에서는 커버층 두께편차를 관리하여야 하고 픽업에서는 두께편차에 의해 발생하는 구면수차를 보정할 필요가 생긴다. 이와 별도로 픽업 기록시 LD 파장 변화에 의해 발생하는 색수차도 BD에서 문제가 된다. 본 논문에서는 이러한 BD 픽업에서 발생하는 문제를 해결할 수 있게 광학계를 설계하였고 실제로 픽업을 제작하여 성능을 확인하였다. 표 1은 차세대 저장 매체인 BD와 HD-DVD, 그리고 현재 사용중인 DVD의 특징을 비교하여 보여주고 있다.

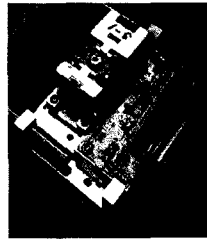


Fig. 1 The picture of the optical pickup

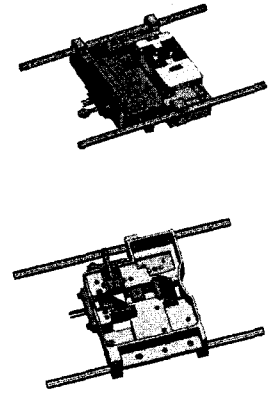


Fig. 2 3D optical pickup model

2. 본 론

Blu-ray Disc 대응 픽업에 필요한 기술로서 구면수차보정기술과 색수차보정기술이 있는데, 이에 대해 각각 액정소자(LCE)와 회절소자(DOE)를 설계하였고, 단품평가를 수행하였다. Blu-ray Disc 대응 픽업에 맞게 광학계 및 액츄에이터, 기구부를 설계하였고 각 파트에 대한 조립조정 및 평가를 수행하였다. 실험을 통해 문제점을 분석하고 개선하여 최종적으로 픽업성능을 평가하였다. 그림 1은 제작한 픽업의 실물 사진이고 그림 2는 3차원 픽업 모델이다.

2.1 Dual-Layer Blu-ray Disc 대응 P/U 필요기술

Dual-Layer Blu-ray Disc 대응 광픽업 개발에 요구되는 주요기술로 구면수차보정과 색수차보정을 들 수 있다. 본 과제에서는 구면수차를 보정하기 위한 액정소자(LCE)를 설계하였고, 색수차를 보정하기 위한 회절소자(DOE)를 설계하였다

2.1.1 구면수차보정

Dual-layer는 L0 layer 두께가 100um 이고 L1 layer 두께가 75um이다. 액정소자(LCE)의 보정능력범위를 고려하여 대물렌즈의 초점이 87.5um에 맞히도록 설계하였다. L0층이

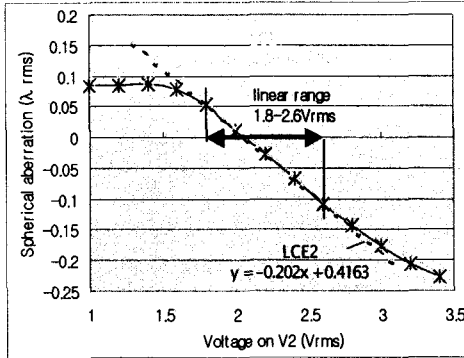


Fig. 3 Spherical aberration vs. Input Voltage

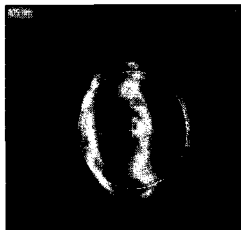


Fig. 4 Measurement before spherical aberration compensation



Fig. 5 Measurement after spherical aberration compensation

나 L1 에 초점이 맺힐 때 cover layer 의 두께 차이에 의해 발생하는 구면수차를 액정소자(LCE)를 사용하여 보정하였다. 액정소자(LCE)는 그림 3 에서 보는 바와 같이 2 층의 액정을 사용하여 송광시나 수광시 모두 구면수차를 보정할 수 있도록 설계하였다.

[1-2] 그림 4 는 액정인가전압에 따른 구면수차 그래프이다. 액정소자(LCE)를 제작하여 실험한 결과, 그림 5 와 그림 6 에서 보는 바와 같이 구면수차가 0.874λrms 에서 0.003λrms 로 감소하였고, 그 결과 전체파면수차가 0.073λrms 에서 0.031λrms 로 감소를 볼 수 있었다.

2.1.2 색수차보정

DOE 를 사용하여 LD 파장변화에 의해 발생하는 색수차를 보정하였다. DOE 를 제작하여 실험한 결과, 그림 6 과 그림 7 에서 보는 바와 같이 DOE 가 있는 경우가 없는 경우에 비해 파장에 따른 Power 수차 변화량이 1/6 로 줄어들음을 통해 DOE 에 의해 색수차가 보정됨을 확인할 수 있었다.

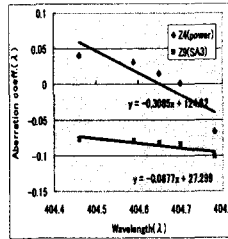


Fig. 6 Aberration vs. Wavelength (without DOE)

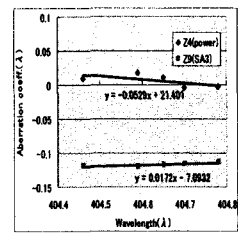


Fig. 7 Aberration vs. Wavelength (with DOE)

2.2 픽업시스템설계

2.2.1 광학계구성

광학계는 그림 7 과 같이 구성되어 있다. 광부품 수를 최소화하여 픽업 사이즈를 줄였으며, 색수차보정을 위해 DOE 를 사용하였고, 구면수차보정을 위해 LCE 를 사용하였다. 발광소자로 80mW LD 를 사용하였다. 빔정형 프리즘을 사용하지 않았기 때문에 spot 형상이 타원형상이 되므로 LD 의 회전각을 고려하여야 하는데, LD 의 회전각을 0 도로 하면 spot 이 커져서 분해능이 떨어지고 90 도로 하면 track 간 cross-talk 가 발생하게 되므로 45 도 회전하여 조립하였다. 수광소자로 8 분할 PDIC 를 사용하였다. 대물렌즈는 NA 가 0.85 이고 Working Distance 는 0.65mm 로 설계하였다. Focus 신호검출은 비점수차법을 사용하였고 Track 신호검출은 DPP 법을 사용하였다.

2.2.2 ACT 구성

LCE 와 DOE 를 픽업 베이스에 조립할 경우 액츄에이터의 트래킹 구동 때문에 대물렌즈와 LCE 와 DOE 간 광축 어긋남으로 인해 수차가 발생하므로 이를 억제하기 위해 액츄에이터에 LCE 와 DOE 를 탑재하였다. LCE 에 전원단자가 3 개가 필요하고 focus coil 과 track coil 에 각각 2 개씩 총 7 개의 전원연결이 필요하므로 그림 9 와 같이 8 개의 판스프링으로 렌즈홀더를 지지하였다.

2.2.3 기구부 설계

기구부는 AV 와 IT 가 모두 대응할 수 있는 용도로 내주직경이 21.7mm, 축간거리는 50.5mm 로 설계하였고, 광부품 수 및 회로

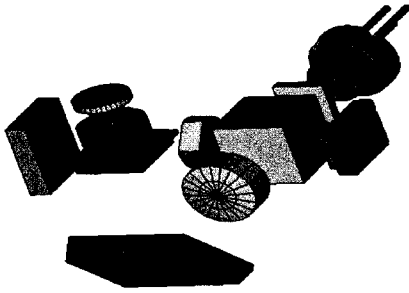


Fig. 8 The composition of optical system

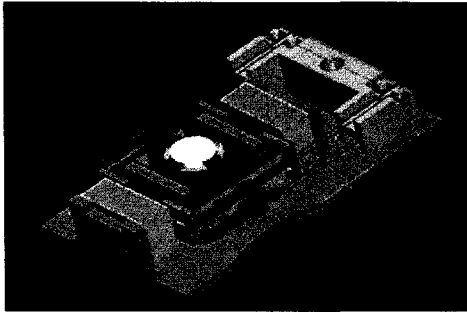


Fig. 9 The actuator assembly of BD pickup

부 사이즈를 최소화하여 전체 픽업 크기를 최소화하였다.

2.3 실험 및 고찰

단품이나 각 파트의 설계나 제작과정에서 발생한 문제점과 개선결과를 정리하였다. 여러 가지 문제 중 주요한 문제로서 DOE의 과도한 수차발생문제와 액츄에이터의 부족한 Gain Difference 문제, 액정소자 LCE의 미광문제, LD에서 발생하는 noise 문제 등이 있었고 이를 개선하여 픽업성능을 향상시킬 수 있었다.

2.3.1 DOE 개선

DOE를 금형으로 제작하였으나 게이트부의 불량으로 단품실험결과 과도한 수차가 발생하였으나 당사의 측정결과를 업체에 피드백하여 불량을 개선하였다. 그림 10은 DOE 개선 전 수차측정결과이고, 그림 11은 DOE 개선 후 수차측정 결과이다.

2.3.2 ACT2 차공진개신

액츄에이터의 렌즈홀더를 제작하여 실험한 결과, 2 차공진주파수가 설계치 대비 작게 나와서 서보의 Gain Margin이 감소하여

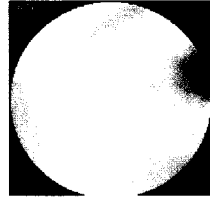


Fig. 10 Aberration Before DOE Improvement

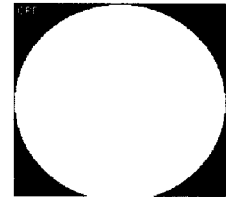


Fig. 11 Aberration After DOE Improvement

서보가 불안정하게 되는 문제가 발생하였으나 렌즈홀더 재질을 변경하여 개선하였다. 그림 12는 액츄에이터의 2 차공진문제가 발생했을 때의 주파수응답곡선이고, 그림 13은 액츄에이터의 2 차공진문제를 개선한 후의 주파수응답곡선이다.

2.3.3. LCE 미광개선

LCE에서 광이 반사되어 신호가 열화되는 현상이 발생하였으나 LCE를 경사지게 해서 반사광이 PD에 떨어지지 않도록 조립하여 미광문제를 개선하였다. 그림 14는 LCE Tilt에 따른 spot 위치의 변화량을 나타내고 있다.

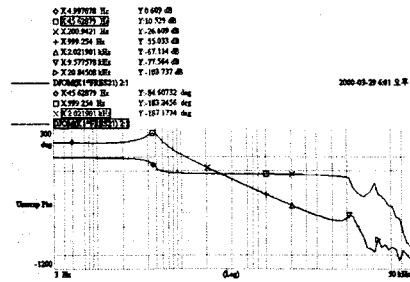


Fig. 12 Bode plot before Actuator Improvement

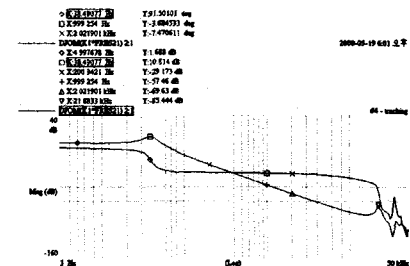


Fig. 13 Bode plot after Actuator Improvement

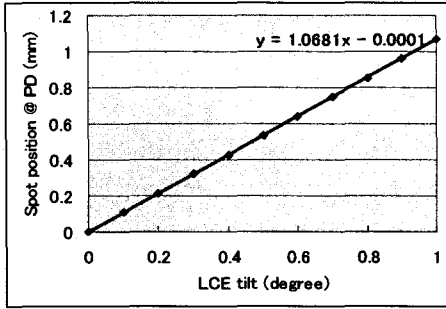


Fig. 14 LCE Tilt vs. Spot position

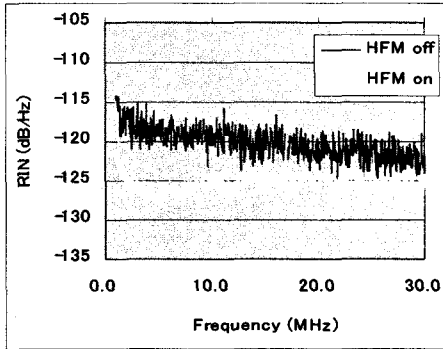


Fig. 15 LD Noise before and after using HFM

2.3.4 LD Noise 개선

Noise 에는 회로 noise 와 LD noise, Disc noise, cross talk noise 등이 있는데, 이 중에서 LD noise 는 반도체 laser 에 기인한 noise 로서 사양서 기준으로 RIN 값이 -125dB/Hz 이하이어야 한다. HFM 을 사용하여 LD noise 를 저감시켰고 개선전후 결과를 그림 15 에 나타내었다.[4]

2.4 픽업성능평가

현재까지 입수할 수 있었던 23GB Disc 와 50GB Disc 를 이용하여 픽업성능을 평가하였다. 46GB 는 현재 생산하지 않고 있기 때문에 dual layer 에 대한 성능을 평가하기 위해 50GB Disc 를 이용하였다. 23GB Disc 에 대해서는 만족할만한 신호를 얻을 수 있었으나 50GB Disc 는 여러 가지 문제로 인해 기대에 못 미치는 신호를 얻었다.

2.4.1 재생

기록되어 있는 BD Disc(23GB)의 데이터를 재생하면서 Jitter 값 및 conventional HF(eye pattern) 신호를 측정하였다. 그림 16 에서 볼

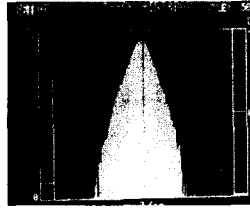


Fig. 16 Playback Jitter

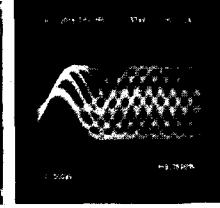


Fig. 17 HF(Con.) Signal

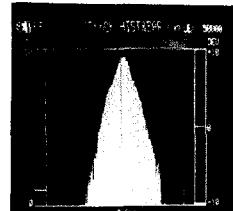


Fig. 18 Writer-Read Jitter

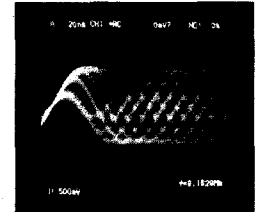


Fig. 19 HF(Con.) Signal

수 있듯이 시스템의 주요 성능인 jitter 값을 6.0%까지 확인할 수 있었다. BD Disc spec. book 기준으로 6.5%이므로 양호한 결과임을 볼 수 있다. 그림 17 은 conventional HF 신호이다.

2.4.2 기록재생

BD Disc(23GB)에 기록한 후 기록데이터를 재생하면서 Jitter 값 및 conventional HF(eye pattern) 신호를 측정하였다. 그림 18 에서 볼 수 있듯이 시스템의 주요 성능인 jitter 값을 6.4%까지 확인할 수 있었다. 그림 19 는 conventional HF 신호이다.

2.4.3 Dual layer 재생

기록되어 있는 BD 2 층 Disc(50GB)의 데이터를 재생하면서 Jitter 값을 측정하였다. 여러 가지 문제로 인해 만족할만한 신호를 검출하지 못하였다. 그림 20 은 L0 층 데이터를 재생하면서 검출한 jitter 값이고, 그림 21 은 L1 층 데이터를 재생하면서 검출한 jitter 값이다. 모두 10%이상의 jitter 값이 나오는 것을 볼 수 있다. 그 원인을 분석해 보면 다음과 같이 예상할 수 있다. 46GB Disc(2 층) 와 50GB Disc 는 channel bit length 와 reference speed 가 다르다.

측정평가 시스템이 Disc 용량 46GB 기준으로 설계되어 있어 50GB Disc 신호 측정시 장비의 수동조작으로 인해 측정오차가 발생

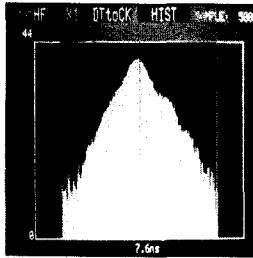


Fig. 20 L0 Layer
Playback Jitter

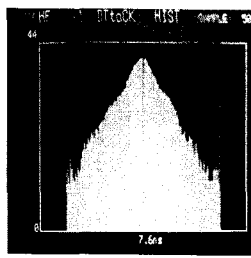


Fig. 21 L1 Layer
Playback Jitter

한 것으로 생각된다. 그리고, 기록시 46GB Disc 의 경우 전용 기록장비를 제작하여 사용하였고 50GB Disc 의 경우는 범용 플레이어로 기록하였기 때문에 상대적으로 50GB Disc 의 신호가 나빠진 것으로 추정할 수 있다. 또 제조회사에 따라 Disc 재질의 차이가 있어서 반사율이나 굴절률의 차이가 생겨서 신호에 차이가 발생하게 된다.

3. 결 론

Dual Layer Blu-ray Disc 대응 픽업을 개발하였고 성능을 평가하였다. Dual Layer 두께편차에 의해 발생하는 구면수차를 2 층의 LCE 를 설계하여 송광시와 수광시 모두 보정하였고 LD 파장변화에 의한 색수차는 DOE 를 설계하여 보정하였다. 또한 광부품 수를 최소화하여 사이즈 및 가격에서 장점을 가질 수 있도록 설계하였다. 액츄에이터는 LCE 및 DOE 를 탑재함으로써 대물렌즈와 LCE, DOE 간 광축어긋남에 의해 발생할 수 있는 수차를 억제하였고, 액정 및 코일에의 전원인가 문제를 해결하기 위해 8-plate spring 지지방식을 사용하였다. 기구부는 축간거리 50.5mm 로 회로공간 및 광부품 공간을 최적화하여 전체 픽업 사이즈를 최소화할 수 있도록 설계하였다. 설계 및 제작과정에서 발생한 여러 가지 문제를 해결하여 픽업성능을 향상시킨 결과, 23GB Disc(Single Layer) 재생 및 기록재생 평가에서는 만족할만한 성능을 얻었지만, 50GB Disc(Dual Layer)에서는 10%이상의 jitter 신호가 발생하였는데 이는 track pitch 의 차이나 Disc 재질 차이 등

에 의한 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] T. Ariyosh, Tetsuo , Takeshi Shimano, and Koichi Maruyama , 2002, "Aberration - Compensation Methods for 0.85-Numerical-Aperture (NA) Single-Element Objective Lens", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.41, pp.1842-1843.
- [2] M. Togashi, Mitsuhiro Togashi, Ichiro Morishita, Naoki Kaiho, Yonghan Yoon, and Hoseop Jeong , 2001, "The Optical Pick Up for a High Density Optical Systemwith NA0.85 Single Mold Glass Lens "Proc. 13th Symp. Phase Change Optical Information Storage (PCOS2001) pp.85.
- [3] N.Kaiho , N.Takeya , H.Shindo , I.Morishita Yonghan Yoon et al., 2002, "DVD/CD Compatibility using Blu-ray Disc Pick Up", The 63rd Autumn Meet. Japan Society of Applied Physics, pp.1008.
- [4]Ichiro Morishita, Hiroyuki Shindo, Noriyoshi Takeya, Hoseop Jeong, Yonghan Yoon et al., 2004, "Blu-ray Disc/Digital Versatile Disc Recording and Reproducing Compatible Use Technology in the 2nd Generation Pick Up for Blu-ray Disc", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.43, No.7B, pp.4746-4751.