

Super-RENS Disc 의 Random 신호 특성

Random Signal Characteristics of Super-RENS Disc

배재철[†], 김주호*, 김현기*, 황인오*, 박창민*, 박현수*, 정문일*, 노명도*
Jae-Cheol Bae[†], Joo-Ho Kim*, Hyun-Ki Kim*, In-Oh Hwang*, Chang-Min Park*,
Hyun-Soo Park*, Moon-Il Jung* and Myong-Do Ro*

Abstract

We report the random pattern characteristics of the super resolution near field structure(Super-RENS) write once read-many(WORM) disc at a blue laser optical system(laser wavelength 405nm, numerical aperture 0.85) and the Super-RENS read only memory(ROM) disc at a blue laser optical system(laser wavelength 659nm, numerical aperture 0.65). We used the WORM disc of which carrier-to-noise ratio (CNR) of 75nm is 47dB and ROM disc of which carrier-to-noise ratio (CNR) of 173nm is 45dB. We controlled the equalization (EQ) characteristics and used advanced partial-response maximum likelihood (PRML) technique. We obtained bit error rate (BER) of 10⁻³ level at 50GB WORM disc and bite error rate of 10⁻⁴ level at 50GB level ROM disc. This result shows high feasibility of Super-RENS technology for practical use.

Key Words : Super-RENS, bER, CNR, noise, bER threshold.

1. 서 론

Super-resolution near-field structure(Super-RENS) 디스크는 회절한계를 극복하고 200GB 의 고용량 광디스크를 실현할 수 있는 유망한 후보기술로 인식되고 있다. Super-RENS 디스크는 지난 6 년간 Sb 형태에서 PtOx 형태로 발전하면서, 300nm 마크에서 37.5nm 마크까지의 신호 특성(Carrier-to-Noise Ratio, 40dB)을 얻을 수 있었다[1-5]. 기록 메커니즘은 PtOx 가 Pt 나노 입자와 산소로 분해되면서 rigid bubble 을 형성하는 것으로 인식되고 있다[3][6]. Super-RENS 디스크의 재생 메커니즘은, 최근 초해상 현상이 상변화 재료에 기인한다는 제안이 있지만, 아직 명확하지 않다[7-8]. 현재 Super-RENS 기술은 단일 주파수의 신호 강도 (CNR)에서 random 신호 특성으로 관심이 옮겨지고 있다[9-10]. 본 연구에서는 처음으로 Super-RENS 디스크의 bit error rate(bER) 결과를 보고할 것이다. 추가로 bER 를 얻기 위한 기본 특성을 설명할 것이다.

2. 실험

2.1 Super-RENS ROM 디스크

Super-RENS ROM 디스크는 0.6mm 폴리카보네이트 기판 위에 다층 박막을 스퍼터링법으로 형성하였다. Random 신호의 bER 을 분석하기 위해서 Run length limit(RLL)(1,7) 코드를 사용하였다. 최단 마크의 길이는 175nm 이며, 이는 Blu-ray 시스템의 레이저 빔 사이즈 대비 mark 길이가 75nm 인 50GB 용량에 해당된다. 피트의 깊이는 70nm($\lambda/6NA$)이다. 재생 특성을 확인하기 위해서 파장이 659nm, NA 0.6 의 픽업이 장착된 광디스크 드라이브 테스터를 이용하였다. 실험 조건은 Table. 1 에 설명되어 있다.

2.2 Super-RENS WORM 디스크

Super-RENS WORM 디스크는 1.1mm 폴리카보네이트 기판 위에 다층 박막을 스퍼터링법으로 형성한 후, 스핀 코팅에 의해 0.1mm 커버층을 형성하였다. 실험 조건은 Table. 1 에 설명되었다. 기록 및 재생 특성을 확인하기 위해서, 405nm, NA 0.85 의 픽업이 장착된 Pulstec 사의 DDU-1000 동 특성 평가기를 사용하였다. CNR 특성은 스펙트럼 분석기를 이용하였다.

[†] 삼성전자(주) 디지털미디어연구소
E-mail : jc21.bae@samsung.com
TEL : (031)200-3027 FAX : (031)200-3160

* 삼성전자(주) 디지털미디어연구소
논문접수일 (2005 년 10 월 7 일)

Table 1 Experiment condition

Item	ROM	WORM
Wavelength	659nm	405nm
Numerical Aperture	0.6	0.85
Linear Velocity	6.2m/s	2.5m/s
Modulation code	RLL(1,7)	
PRML	Advanced PRML based on high tap technology	
Minimum mark length	173nm	75nm
Pattern signal	[2T/20ea-3T/20ea]-[2T/20ea-4T/20ea] [2T/20ea-8T/20ea]-[2T/20ea-9T/20ea]	

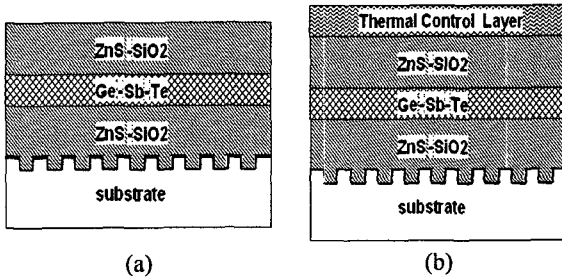


Fig. 1 Layer structure of super-RENS ROM disc; (a) 3-layer structure and (b) layer structure with APC layer

선속도는 2.5m/s 이며, random 신호를 기록하기 위해서, Run length limit(RLL)(1,7) 코드를 이용하였다. 또한 초해상 random 신호의 bER 를 향상시키기 위해서, 고 tap 의 PRML 기술과 주파수에 의존하는 gain 조절 EQ 를 사용하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 Super-RENS ROM 디스크

Fig. 1(a)와 (b)는 ROM 디스크의 층 구조를 보여주며, Fig 2.는 173nm 마크에서 AgPdCu(APC) 층을 갖는 디스크와 APC 층을 갖지 않는 기본 구조 디스크(3 층 구조)의 재생 파워에 따른 CNR 를 보여준다. APC 층을 갖는 디스크는 3 층 구조의 디스크 보다 재생 파워 마진이 클 뿐만 아니라 더 높은 CNR 를 갖는다. 이는 APC 층이 heat sink 의 역할을 하기 때문이라 사료된다. 또한 Fig. 3 에 보여주듯이, APC 층을 갖는 디스크의 최적 재생 파워에서 173nm 마크의 CNR 및 저역노이즈는 각각 45dB 및 18dB 이다. 이 디스크를 이용하여,

Equalization(EQ) 및 PRML 기술을 적용하여 bER 를 측정하였다. Fig. 4 는 50GB 급 random 신호의 재생 파워에 따른 bER 결과를 보여준다. 일정 재생 파워 이상에서 CNR 이 측정되는 CNR threshold 현상과 동일하게 bER 에서도 일정 재생 파워 이상에서 bER 이 향상되는 bER threshold 현상이 관찰된다. 이는 단일 신호에서 뿐만 아니라 random 신호에서도 초해상 현상이 일어난다는 것을 보여준다. 최적 bER 은 4×10^{-4} 을 얻었다.

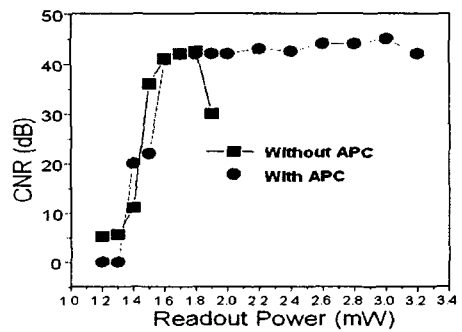


Fig.2 CNR Characteristics of the sample disc as a function of readout power at 173nm mark length.(Resolution limit: 275 nm)

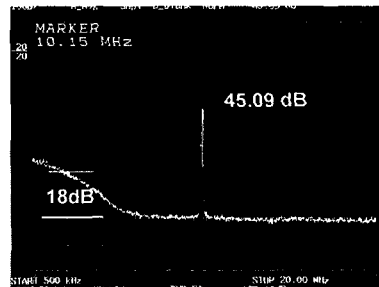


Fig.3 CNR and low frequency noise of the sample disk

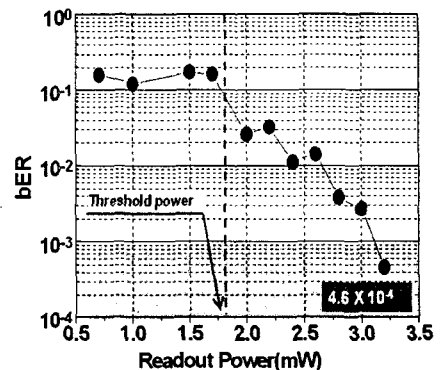


Fig. 4 bER results as a function of readout power

3.2 Super-RENS WORM 디스크

Fig. 5(a)과 같이, Super-RENS WORM 디스크는 0.1mm 커버층에 Ag alloy, ZnS-SiO₂, SbTe 및 PtOx 을 포함하는 6 층으로 구성된다. 기록 메커니즘은 약 550 °C 에서 PtOx 가 Pt 나노 입자와 산소로 분해되면서 rigid bubble 을 형성하는 것으로 이미 보고되었다[3][6]. Fig. 5(b)는 기록 된 bubble 형태의 마크 상태를 보여주는 투과 전자 현미경 (TEM) 사진이다. Bubble 안의 검은 점들이 약 5nm 크기의 Pt 나노 입자들이다.

Fig. 6 는 WOMR 디스크의 CNR 및 저역노이즈의 측정 결과이다. SbTe 상변화층과 ZnS-SiO₂ 층의 두께 등의 디스크 구조를 최적화 함으로써, CNR 및 저역노이즈 특성을 현저히 향상시켰다. Fig. 6 와 같이 저역노이즈는 신호 이상 변동을 나타낸다[11]. 이 디스크에서 저역노이즈는 약 20dB 이다.

단일 마크에서의 높은 CNR 과 asymmetry 를 구하기 위해, 단일 마크의 기록 및 재생 조건을 조절하였다. Fig. 7 은 마크 길이에 따른 CNR 측정 결과이다. 분해능 이하의 마크의 CNR 은 약 47dB 수준이며, 분해능 이상의 신호에서는 약 50dB 이상의 CNR 값을 얻었다.

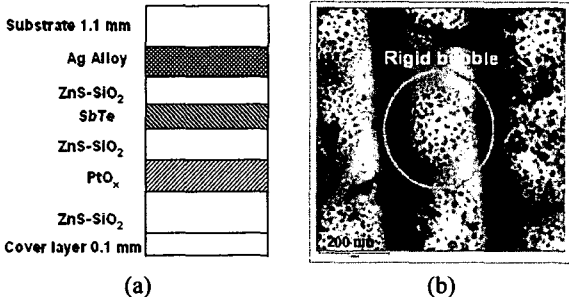


Fig. 5 Sample structure and layers; (a) disk layer structure with 6 layers (b) recording layer showing PtOx decomposition (PtOx → Pt + Ox)

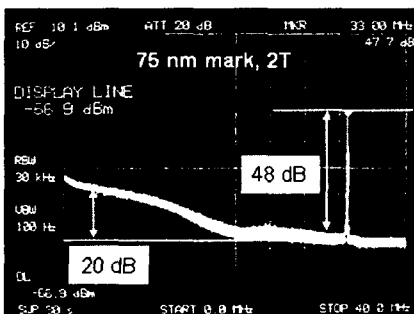


Fig. 6 CNR and Noise of 75 nm mark signal

Asymmetry 상태를 알아보기 위해, Fig. 8 과 같은 패턴 신호를 이용하였다. Fig. 8 은 패턴 신호 (pattern signal) 특성을 나타낸다. Fig. 8(a)는 디지털 오실로스코프에서 측정된 특정 패턴 신호를 이용하여 asymmetry 를 보여주는 결과이며, Fig. 8(b)는 아날로그 오실로스코프 에서 측정된 특정 패턴 신호를 이용하여 asymmetry 를 보여주는 결과이다. Fig. 8(a) 및 (b)에서 보여지듯이, 기록 및 재생 조건을 조절하여 좋은 Asymmetry 를 얻었다.

Fig. 9 는 limit EQ 후의 50GB 용량의 pattern 신호 및 random 신호의 eye pattern 을 보여준다. Fig. 9(a)와 같이, pattern 신호의 eye pattern 은 초해상 기술에 의해 초해상 신호가 완전하게 재생될 수 있음을 의미한다. 그러나 Fig. 9(b)와 같이 random 신호의 경우, 명확한 eye pattern 을 얻을 수 없었으며, 이는 분해능 한계 이하의 신호에 의한 신호간 간섭(Inter Symbol Interference, ISI) 현상에 기인한다. 따라서, 신호간 간섭 현상을 극복하고 bER 을 측정하기 위해서 고 tap 의 PRML 방법을 채택하였다.

CNR, 저역노이즈, asymmetry 등의 상기 결과를 바탕으로, 처음으로 PRML 기술과 주파수에 따라 gain 을 조절할 수 있는 EQ 를 이용하여 Super-RENS WORM 디스크의 bER 을 측정하였다. Fig. 10 은 재생파위에 bER 결과이다. Super-RENS ROM 디스크와 동일하게, 재생파위 2.0mW 부근에서 bER 이 현저히 감소하는 것을 관찰 할 수 있다. 이것은 75nm 마크의 CNR 의 threshold power 와 일치하며, Super-RENS WROM 디스크에서도 random 신호에서 threshold 현상이 일어나는 것을 의미한다. 50GB Super-RENS WROM 디스크의 최적 bER 은 10⁻³ 수준을 얻었다.

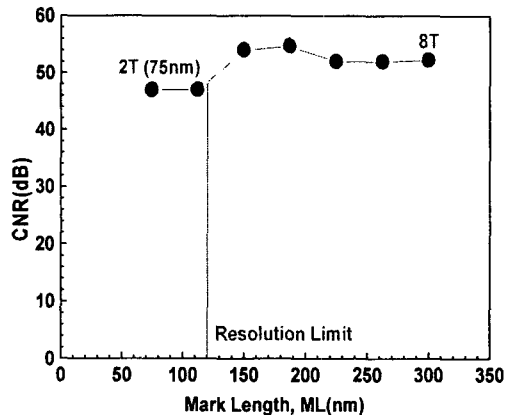


Fig. 7 the CNR characteristics as a function of mark length

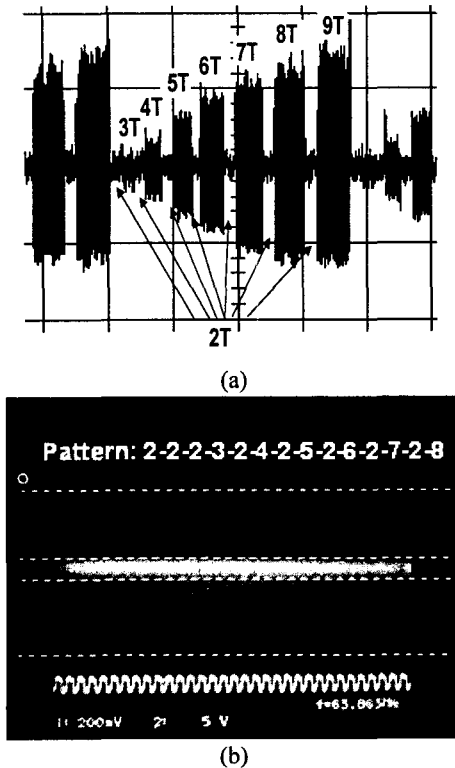


Fig. 8 Symmetry state of the pattern signal; (a) digital oscilloscope results showing asymmetry using special pattern signal (b) analog oscilloscope results showing asymmetry using special pattern signal

4. 결론

50GB 수준의 Super-RENS ROM 디스크에서는 Equalization(EQ) 및 PRML 기술을 적용하여 10^{-4} 수준의 BER 을 얻었다. 50GB Super-RENS WORM 디스크에서는 PRML 기술, 주파수에 의존하는 gain 조절 EQ 및 정밀한 write strategy 조절을 통하여, 10^{-3} 수준의 BER 을 얻었다. 또한 random 신호에서 threshold 현상이 일어나는 것을 확인하였으며, 이는 random 신호에서도 초해상 현상이 효과적인 것을 의미한다. 이것은 실용화를 위한 Super-RENS 디스크의 가능성을 보여준다.

Equalization(EQ) 및 PRML 기술을 적용하여 10^{-4} 수준의 BER 을 얻었다. 50GB Super-RENS WORM 디스크에서는 PRML 기술, 주파수에 의존하는 gain 조절 EQ 및 정밀한 write strategy 조절을 통하여, 10^{-3} 수준의 BER 을 얻었다. 또한 random 신호에서 threshold 현상이 일어나는 것을 확인하였으며, 이는 random 신호에서도 초해상 현상이 효과적인 것을 의미한다. 이것은 실용화를 위한 Super-RENS

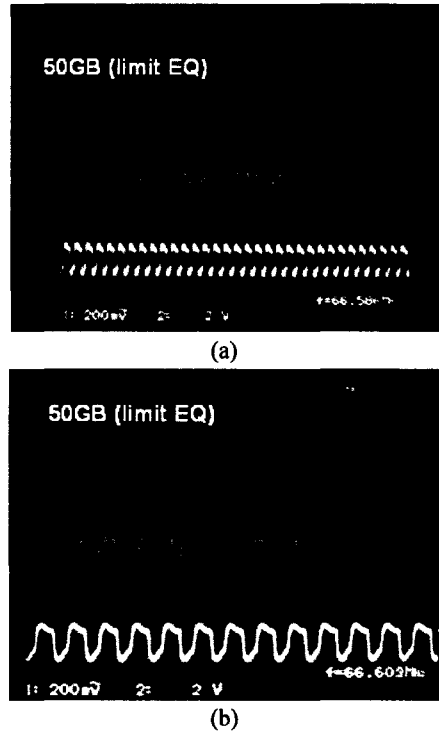


Fig. 9 Eye patterns of 50GB capacity; (a) pattern signal eye pattern after limit EQ (b) random signal eye pattern after limit EQ

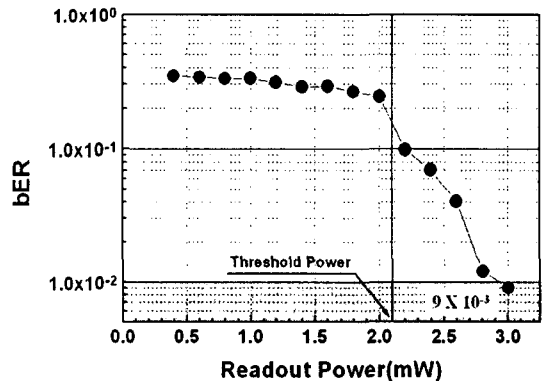


Fig. 10 BER characteristics as a function of readout power showing threshold phenomenon

디스크의 가능성을 보여준다.

참고문헌

[1] J. Tominaga, T. Nakano and N. Atoda, 1998, "An approach for recording and readout beyond the diffraction limit with an Sb thin film", Appl. Phys. Lett., No.73, pp.2078-2080

- [2] H. Fuji, J. Tominaga, L. Men, T. Nakano, and H. Katayama et al., 2000, "A Near-Field Recording and Readout Technology Using a Metallic Probe in an Optical Disk", Jpn. J. Appl. Phys., No.39, pp.980-981
- [3] T. Kikukawa, T. Nakano, T. Shima and J. Tominaga, 2002, "Rigid bubble pit formation and huge signal enhancement in super-resolution near-field structure disk with platinum-oxide layer", Appl. Phys. Lett., No.81, pp.4697-4699
- [4] Jooho Kim, Inoh Hwang, Hyunki Kim, Duseop Yoon, Insik Park and Dongho Shin et al, 2004, "Signal Characteristics of Super-Resolution Near-Field Structure Disk in Blue Laser System Jpn. J. Appl. Phys., No.43, pp.4921-4924
- [5] Jooho Kim, Inoh Hwang, Hyunki Kim, Duseop Yoon, Insik Park and Dongho Shin et al, 2004, "Signal Characteristics of Super-Resolution Near-Field Structure Disk in Blue Laser System", Technical Digest of ISOM 2004., Fr-PO-02, pp.262-263
- [6] Jooho Kim, Inoh Hwang, Duseop Yoon, Insik Park and Dongho Shin et al., 2003, " Super-resolution by elliptical bubble formation with PtOx and AgInSbTe layers", Jpn. J. Appl. Phys., No. 83, pp.1701-1703
- [7] J. Tominaga, T. Shima T, M. Kuwahara, T. Fukaya, A. Kolobov and Nakano T., 2004, "Ferroelectric catastrophe: beyond nanometre-scale optical resolution", Nanotechnology, No.15, pp.411-415
- [8] I. Hwang, J. Kim, H. Kim, I. Park and D. Shin, 2004, "Phase change Materials in Super-RENS Disc", Asian-Pacific Data Storage Conference Digest, pp. 70-71
- [9] Jooho Kim, Inoh Hwang, Hyunki Kim, Duseop Yoon, Hyun-Soo Park, Kiuhae Jung, Insic Park, and Junji Tominaga, 2004, " Random pattern signal characteristics of super-RENS disk in blue laser system", SPIE Proceeding, 5380, pp.336-341
- [10] Jooho Kim, Inoh Hwang, Hyunki Kim, Insik Park and Junji Tominaga., 2004, " Signal Characteristics of Super-Resolution Near-Field Structure Disks with 100 GB Capacity ", Technical Digest of ISOM 2004., Th-H-01, pp.140-141
- [11] Inoh Hwang, Jooho Kim, Jaecheol Bae, Hyunki Kim, Duseop Yoon, Insik Park and Dongho Shin, 2005, "Improvement of Noise Characteristics in Super-Resolution Near-Field Structure Disc ", Jpn. J. Appl. Phys., No. 44, pp.3542-3546