

# Super-RENS Disc 의 Random 신호 특성

배재철<sup>†</sup>, 김주호\*, 김현기\*, 황인오\*, 박창민\*, 박현수\*, 정문일\*, 노명도\*

## Random Signal Characteristics of Super-RENS Disc

Jaechol Bae, Jooho Kim, Hyunki Kim, Inho Hwang, Changmin Park, Hyunsoo Park,  
Moonil Jung and Myongdo Ro

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

### 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<sup>-3</sup> level at 50GB WORM disc and bite error rate of 10<sup>-4</sup> level at 50GB level ROM disc. This result shows high feasibility of Super-RENS technology for practical use.

### 1. 서론

Super-resolution near-field structure(Super-RENS) 디스크는 회절한계를 극복하고 200GB 의 고용량 광 디스크를 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( $\lambda/6N.A$ )이다. 재생 특성을 확인하기 위해서

<sup>†</sup> 삼성전자(주) 디지털미디어연구소  
E-mail : jc21.bae@samsung.com  
TEL : (031)200-3027 FAX : (031)200-3160

\* 삼성전자(주) 디지털미디어연구소

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]	

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. 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.

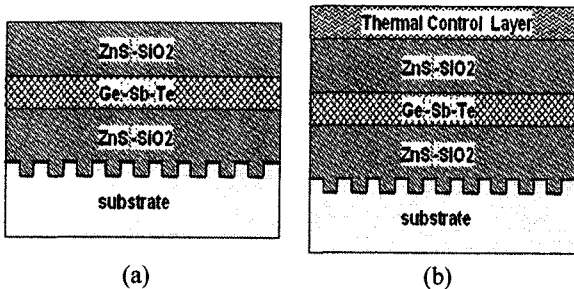


Fig. 1 Layer structure of super-RENS ROM disc; (a) 3-layer structure and (b) layer structure with APC layer

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 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 재생파워 이상에서 CNR 이 측정되는 CNR threshold 현상과 동일하게 BER 에서도 일정 재생파워 이상에서 BER 이 향상되는 BER threshold 현상이 관찰된다. 이는 단일 신호에서 뿐만 아니라 random 신호에서도 초해상 현상이 일어난다는 것을 보여준다. 최적 BER 은  $4 \times 10^{-4}$  을 얻었다.

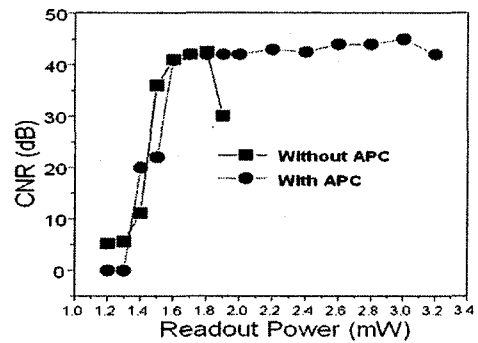


Fig.2 CNR Characteristics of the sample disc as a function of readout power at 173nm mark length.(Resolution limit: 275 nm)

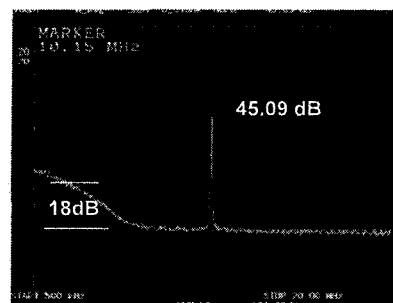


Fig.3 CNR and low frequency noise of the sample disk

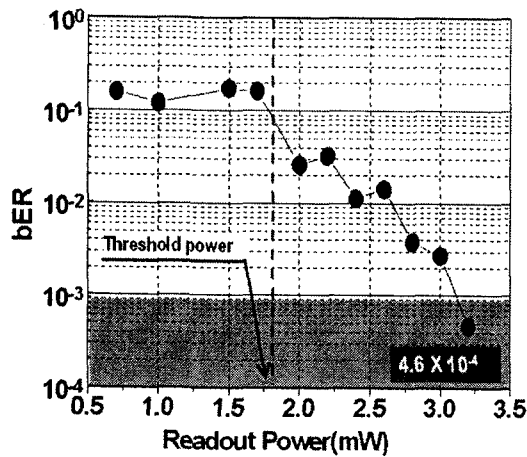


Fig. 4 BER results as a function of readout power

### 3.2 Super-RENS WORM 디스크

Fig. 5(a)과 같이, Super-RENS WORM 디스크는 0.1mm 커버층에 Ag alloy, ZnS-SiO<sub>2</sub>, SbTe 및 PtOx 을 포함하는 6 층으로 구성된다. 기록 매커니즘은 약 550 ° C 에서 PtOx 가 Pt 나노 입자와 산소로 분해되면서 rigid bubble 을 형성 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-SiO<sub>2</sub> 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 조

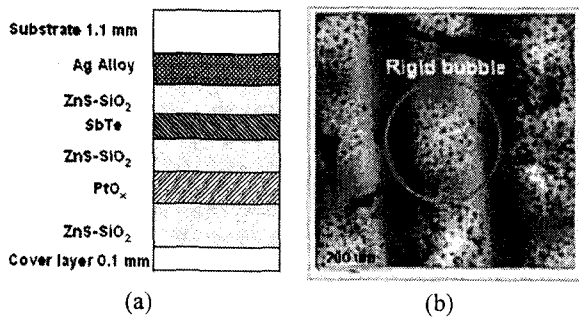


Fig. 5 Sample structure and layers; (a) disk layer structure with 6 layers (b) recording layer showing PtOx decomposition (PtOx → Pt + Ox)

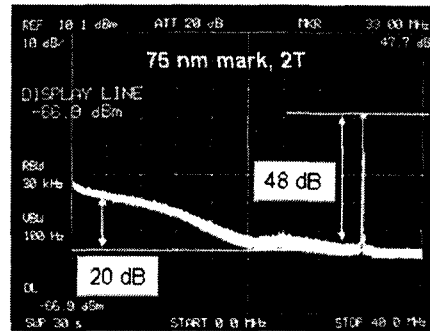


Fig. 6 CNR and Noise of 75 nm mark signal

절하였다. 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.

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. 9는 limit EQ 후의 50GB 용량의 pattern 신호 및 random 신호의 eye pattern 을 보여준다. Fig. 9(a)와 같이, pattern 신호의 eye pattern 은 초해상기술에 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 간

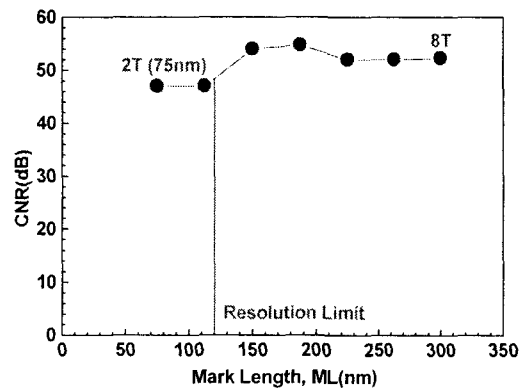


Fig. 7 the CNR characteristics as a function of mark length

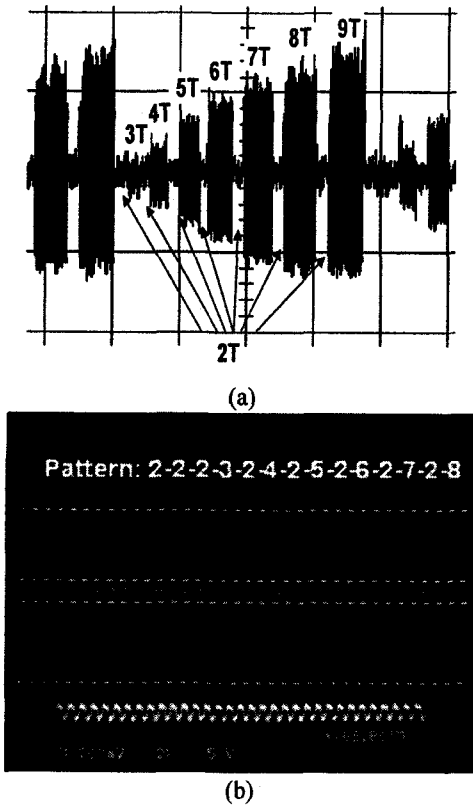


Fig. 8 Symmetry state of the pattern signal; (a) digital oscilloscope results showing asymmetry using special pattern signal (b) analog oscilloscope results showing asymmetry using special pattern signal

섭(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.

#### 4. 결론

50GB 수준의 Super-RENS ROM 디스크에서는

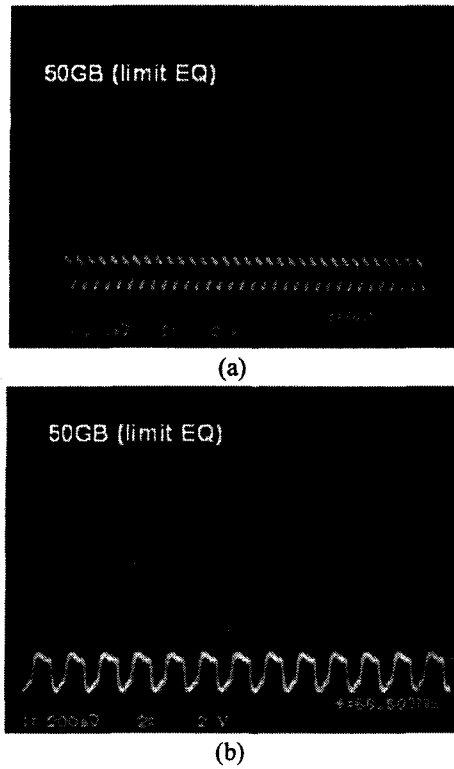


Fig. 9 Eye patterns of 50GB capacity; (a) pattern signal eye pattern after limit EQ (b) random signal eye pattern after limit EQ

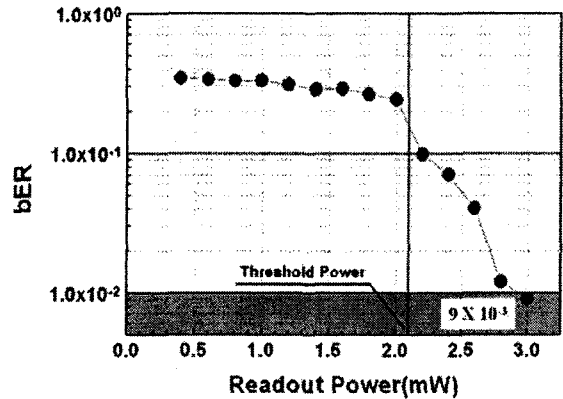


Fig. 10 bER characteristics as a function of readout power showing threshold phenomenon

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.

### 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.*, 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.*, 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.*, 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.*, 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.*, 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*, 15, pp. 411-415
- (8) I. Hwang, J. Kim, H. Kim, I. Park and D. Shin, 2004, "Phase chage 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.*, 44, pp. 3542-3546