

# Super-RENS 디스크의 노이즈 특성 향상 Improvement of Noise Characteristics in Super-RENS Disc

배재철\*, 김주호\*, 황인오\*, 김현기\*, 박인식\*  
Jaecheol Bae, Jooho Kim, Inoh Hwang, Hyunki Kim, and Insik Park

## ABSTRACT

The research topic of super-RENS technology is shifting from the signal intensity (CNR; Carrier to Noise Ratio) to the signal uniformity (Jitter or BER). To achieve an uniform signal characteristics, it is important to reduce signal fluctuation in a super-RENS disc. In this study, we investigated the relation between signal fluctuation and low frequency noise (LFN), and analyzed LFN increase in recording and readout processes. It was found that signal fluctuation had a close relationship with the LFN. Also, it was found that the recorded mark shape such a bubble type and high readout power increased the LFN in recording and readout process of a super-RENS disc. So, using non-bubble type recording material and low super-resolution readout material, we markedly improved the LFN in a super-RENS disc.

**Key Words :** 슈퍼렌즈(super-RENS), 신호 이상 변동(signal abnormal fluctuation), 저역노이즈(low frequency noise), W-Si 기록층(W-Si recording layer), Te 초해상층(Te super-resolution layer)

### 1. 서 론

지금까지의 광디스크의 용량 증가는 주로 레이저 광원의 단과장화와 대물렌즈의 개구수 (Numerical Aperture)의 증대를 통한 빔 사이즈의 감소에 의해 이루어져 왔다. 그러나, 405nm의 광원과 NA 0.85의 대물렌즈를 사용하는 25GB 용량의 BD (Blu-ray Disc) 이후에는 더 이상 이러한 방법에 의한 용량 증가가 어렵다. Super-RENS 기술은 광디스크 내부에서의 초해상 현상을 이용하기 때문에 드라이브 구조를 변경하지 않으면서도 이러한 한계를 극복하여 용량을 증가시킬 수 있고, 또한 디스크의 출납이 가능하기 때문에 (Removable) sub-tera byte 급의 용량을 얻을 수 있는 유망한 후보 기술로 인식되고 있다. 지금까지의 Super-RENS 기술은 Sb 마스크 형태에서 PtOx[1-3] 마스크 형태까지 발전되어 왔으며, 기록 메커니즘은 투과전자현미경(TEM)을 이용하여 관찰되었다. 현재 Super-RENS 기술은 신호 강도(CNR; Carrier-

to-Noise Ratio)에서 신호 균일성 (jitter)으로 관심이 옮겨 지고 있으며[4], 신호 균일성을 얻기 위해서는 노이즈 특성 향상이 중요하다. 본 논문에서는 Super-RENS의 저역노이즈와 신호 이상 변동과 같은 노이즈 특성을 분석하고, 새로운 재료를 적용하여 이를 향상시켰다.

### 2. 실험

디스크의 구조는 Fig.1과 같으며, PtOx 층과 GeSbTe 상변화층 그리고 네 개의 ZnS-SiO<sub>2</sub> 유전체층으로 구성된다. 1.1mm 폴리카보네이트 기판 위에 다층 박막을 스퍼터링 방법으로 형성한 후, 스핀 코팅에 의해 0.1mm 커버층을 형성하였다. 이 때 기판의 트랙 피치는 0.32  $\mu$ m, 기록은 그루브에 행하였다. 디스크의 기록, 재생 특성을 확인하기 위하여 405nm, NA 0.85의 픽업이 장착된 Pulstec사의 DDU-1000 동 특성 평가기를 사용하였으며, 이 시스템의 분해능은 119nm이다. Super-RENS 디스크 기록 마크의 크기는 75nm이며, 이것은 50GB 용량에 해당된다.

\* 책임저자 : 삼성전자(주) 디지털미디어(연)

E-mail : jc21.bae@samsung.com

\* 삼성전자(주) 디지털미디어(연)

(논문접수일 : 2005년 3월 30일)

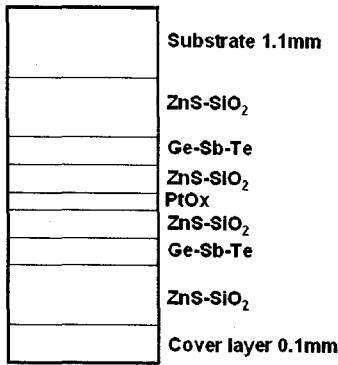


Fig. 1 Schematic sample structure

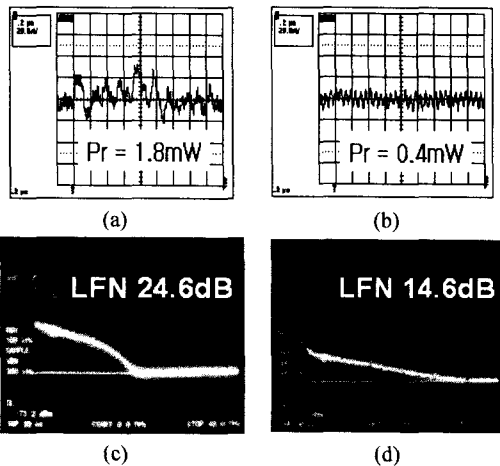


Fig. 2 Signal and noise characteristics of super-RENS disc (75nm mark) and BD-RE disc (150nm mark);(a) signal of super-RENS disc, (b) signal of BD-RE disc,(c) noise characteristics of super-RENS disc (d) noise characteristics of BD-RE disc

선속도는 5m/s 이다. 디스크의 미세 구조는 TEM 과 CNR 로 관찰하였으며, 스펙트럼 분석기를 이용하여 노이즈 특성을 분석하였다. 저역노이즈는 75nm 마크의 신호주파수인 33.3MHz 에서의 노이즈 레벨과 4MHz 에서의 노이즈 레벨의 차로 정의하였다.

### 3. 결과 및 토의

Fig.2(a) 및 2(b)는 Super-RENS 디스크의 75nm 마크의 신호와 BD-RE 디스크의 150nm 마크의 신호를 보여주며, CNR 은 각각 40dB 및 49dB 이다. Super-RENS 디스크의 신호는 BD-RE 디스크 신호보다 더 많은 이상 변동을 가진다. 또한 Fig.2(c) 및 2(d)에서 보여주듯이, Super-RENS 디스크의 저역노이즈는 BD-RE 디스크의 저역노이즈 보다

높다. 따라서 신호 이상변동과 저역노이즈의 관계를 분석하기 위해서 기록 파워와 재생 파워를 변화하면서, 신호 이상변동과 저역노이즈를 측정하였다. Fig.3 에서 보여 주듯이 저역노이즈와 신호 이상변동은 선형적인 관계를 가졌으며, 이는 저역노이즈는 신호 이상변동과 동일한 것으로 간주 될 수 있음을 의미한다.

Super-RENS 디스크의 노이즈 특성을 단계적으로 측정하였다. 저역노이즈는 초기 상태에서 9.9dB(Fig 4(a)), 기록 후 15.4dB(Fig 4(b))이며, 고 파워 초해상 재생 시 24.6dB (Fig 4(c))이다. 이는 기록 및 재생 과정에서 저역노이즈가 각각 5.5dB 및 9.2dB 증가함을 알 수 있다.

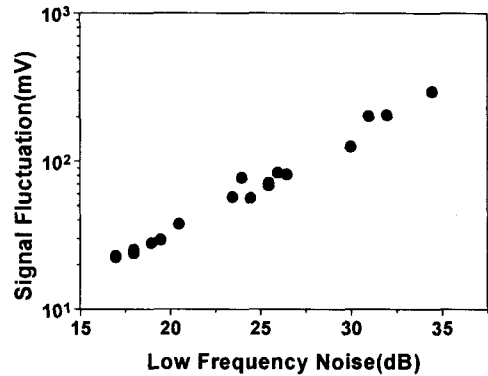


Fig. 3 Relation between the signal fluctuation and LFN

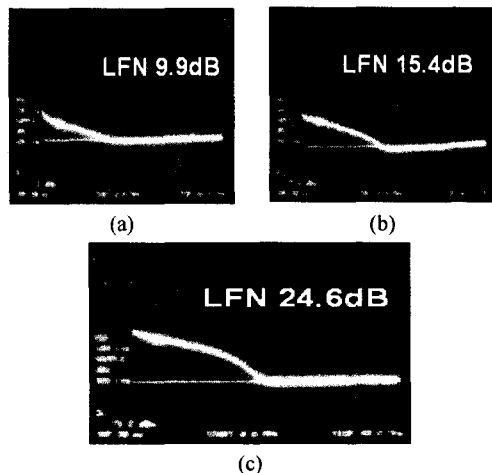


Fig. 4 Noise characteristics of super-RENS disc; (a) initial status (Pr=0.5mW), (b) after recording (Pr=0.5mW), (c) during readout (Pr=1.8mW)

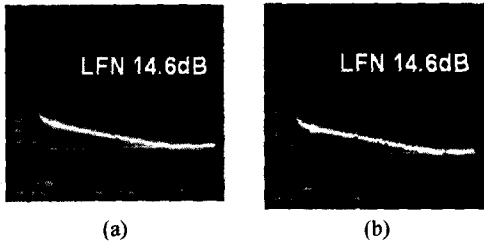


Fig. 5 Noise characteristics of BD-RE (a) initial status ( $P_r = 0.4mW$ ), (b) after recording ( $P_r=0.4mW$ )

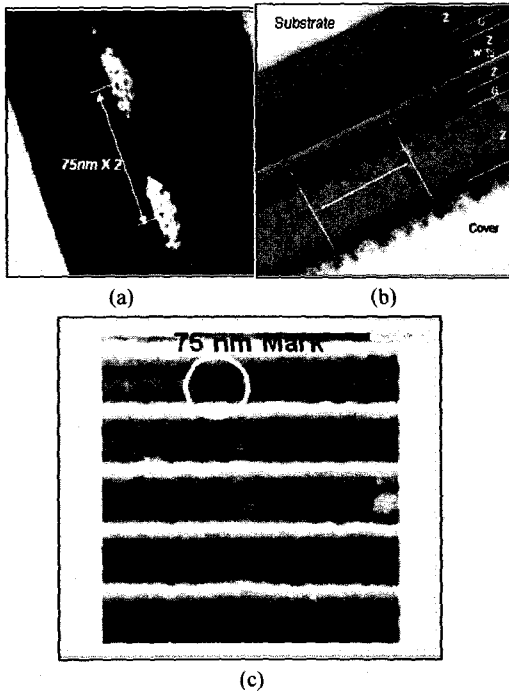


Fig. 6 TEM analysis result : (a) cross-sectional image of PtOx recording layer disc (b) cross-sectional image of W-Si recording layer disc (c) plain-view image of W-Si recording layer disc

이와 반대로, Fig 5 에서 보여주듯이 BD-RE 디스크의 저역노이즈는 기록과정에서 증가하지 않는다. 따라서 Super-RENS 의 저역노이즈는 BD-RE 디스크의 저역노이즈 보다 총 10dB 높음을 알 수 있으며, 이 결과로부터 기록 및 재생 과정이 Super-RENS 디스크의 저역노이즈를 증가 시킴을 알 수 있다. BD-RE 디스크의 기록 과정에서 노이즈 증가가 없었기 때문에 마크 형상이 저역노이즈에 영향을 미칠 수 있다고 생각 할 수 있다. Fig.6(a)는 기록층 PtOx 의 TEM 단면 사진이다. 기록된 마크가 bubble 형상이며, 마

크 에지가 선명하지 않다. 그래서 기록층을 PtOx 에서 두 원소의 화학반응을 이용한, non-bubble 형태의 기록층으로 변경하였다. W-Si 은 PtOx 의 분해온도[5]와 유사한 온도 650 °C 에서 화학반응[6]이 일어나기 때문에 W-Si 를 기록층으로 선택하였다. Fig.6(b) 에서 보여주듯이, W-Si 기록층 디스크의 마크가 선명 하지 않지만 PtOx 기록층 디스크와는 달리 bubble 형상이 아님을 알 수 있다.

Fig.7 은 W-Si 기록층 디스크의 재생 파워에 따른 75nm 마크의 CNR 을 보여주며, 최대 CNR 은 35dB 이다. Fig.8 은 W-Si 기록층 디스크의 노이즈 특성을 보여준다. 기록 및 재생 과정에 의한 저역 노이즈 증가분은 각각 1.4dB, 10.1dB 이다. PtOx 기록층 디스크와 비교해서, 기록과정에 의한 저역노이즈 증가는 약 4dB 감소 하였으며, 이는 마크 형상과 관계가 있을 것으로 사료된다. 그러나 재생과정에서의 저역노이즈는 여전히 높음을 알 수 있다.

Fig.9 는 PtOx 기록층 디스크의 재생 파워에 따른 저역노이즈와 CNR 을 보여준다. 저역노이즈는 문턱 재생파워까지 재생 파워가 증가 할수록 증가하며, 이는 초해상 현상 그 자체는 저역노이즈에 영향을 미치지 않음을 의미한다. 또한 CNR 이 최대치를 가지지 않더라도, 저역노이즈는 여전히 높음을 알 수 있는데, 이는 재생과정에서 저역노이즈를 감소 시키기 위해서는 문턱 재생파워를 감소시켜야 함을 의미한다. Hwang et al[7]. 은 Ge-Sb-Te 에서 Te 성분이 감소할수록 문턱 재생 파워가 감소하는 경향이 있음을 보고한 바 있다. 그래서 초해상 재료를 Ge-Sb-Te 에서 Te 로 변경하였다. Fig.10 은 재생 파워에 따른 Ge-Sb-Te 및 Te 초해상 재료 디스크의 CNR 변화를 보여준다. Ge-Sb-Te 초해상 재료 디스크와 비교하여, Te 초해상 재료 디스크의 문턱 재생 파워는 1.5mW 에서 1.0mW 로 감소하였다. Fig.11 은 Te 초해상 재료 디스크의 노이즈 특성을 보여준다. 기록 및 재생 과정에 의한 저역노이즈 증가분이 각각 1.3dB, 6.0dB 이다. Ge-Sb-Te 초해상 재료 디스크와 비교 시, 재생과정에 의한 저역노이즈 증가는 약 4dB 이며, 이는 재생 파워의 감소에 의하여 저역노이즈가 감소하였다고 생각된다. 지금까지, 재생과정/재료 및 기록과정/재료에서의 저역노이즈를 분석

하고 개선하였다. 다음은 기록층과 초해상 재료들을 모두 각각 PtOx 에서 W-Si 로, Ge-Te-Sb 에서 Te 로 변경하여 노이즈 특성을 분석하였다. Fig.12 는 W-Si/Te(기록층/초해상층)디스크의 노이즈 특성을 보여주며, 기록 및 재생과정에 의한 저역노이즈가 단지, 0.3dB, 3.3dB 증가하였다. 기록 후, 재생 시 W-Si/Te(기록층/초해상층)디스크의 총 저역노이즈는 PtOx/Ge-Sb-Te 디스크에 비해 약 8dB 감소 하였다. W-Si/Te(기록층/초해상층)디스크의 저역노이즈(16.8dB)는 BD-RE 의 저역노이즈(14.6dB)와 유사한 수준이다. Fig.13 은 W-Si/Te 디스크의 신호 이상 변동을 보여주며, 이는 PtOx/Ge-Sb-Te 디스크 보다 신호 이상 변동이 현저히 감소 했음을 알 수 있다. 그러나 CNR 높지 않아 신호는 명확하지

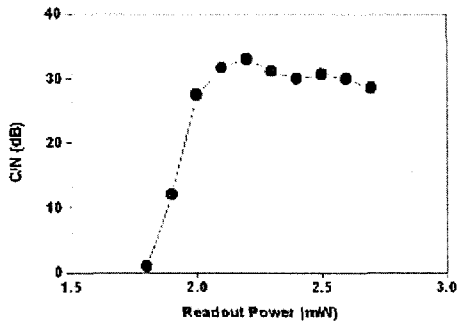


Fig. 7 CNR of a W-Si recording layer disc according to the readout power

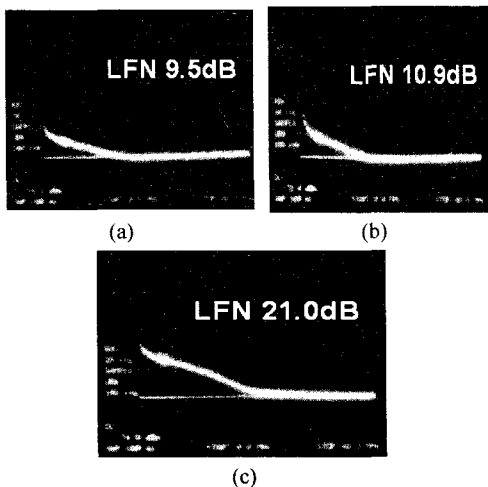


Fig. 8 Noise characteristics of W-Si recording layer super-RENS disc ;  
(a) initial status ( $P_r=0.5mW$ ),  
(b) after recording ( $P_r=0.5mW$ ), (c) during readout ( $P_r=1.7mW$ )

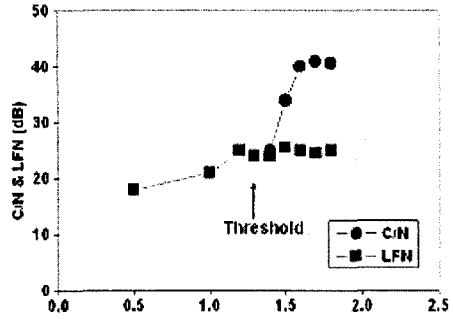


Fig. 9 CNR and LFN according to the readout power (PtOx recording layer disc)

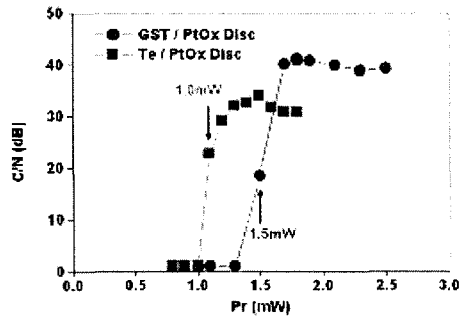


Fig. 10 CNR of Ge-Sb-Te and Te super-resolution layer disc according to the readout power

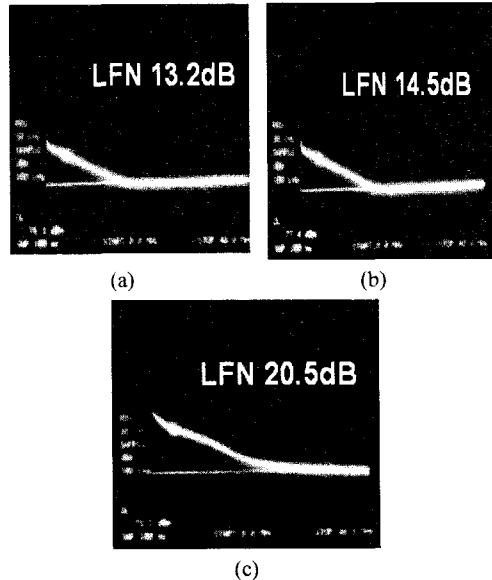


Fig. 11 Noise characteristics of Te super-resolution layer super-RENS disc ;  
(a) initial status ( $P_r=0.5mW$ ),  
(b) after recording ( $P_r=0.5mW$ ), (c) during readout ( $P_r=1.4mW$ )

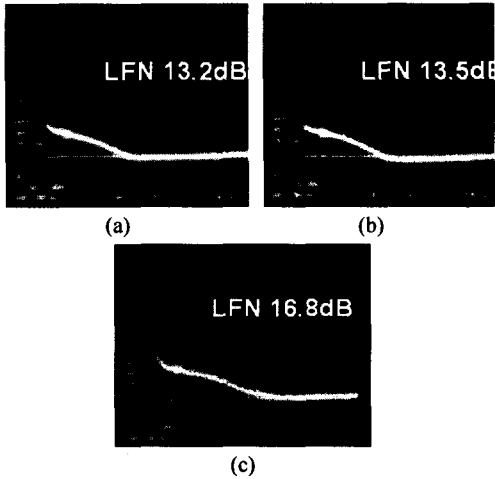


Fig. 12 Noise characteristics of W-Si / Te super-RENS disc ;  
 (a) initial status (Pr=0.5mW),  
 (b) after recording (Pr=0.5mW),  
 (c) during readout (Pr=1.2mW)

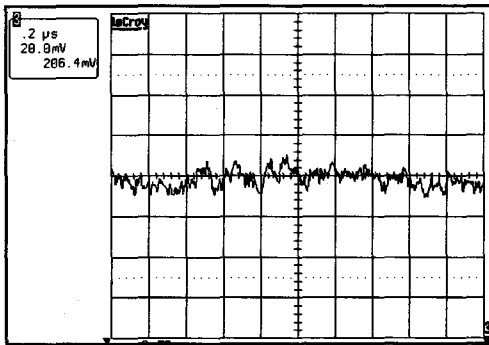


Fig. 13 Signal of W-Si / Te super-RENS disc

않으며, CNR 개선이 요구된다. 따라서 저역 노이즈 개선과 추가적인 CNR 개선은 신호 균일성 및 개선된 jitter 또는 bER 을 얻는데 도움이 될 것 이라 생각된다.

#### 4. 결론

본 연구에서 신호 이상 변동은 저역 노이즈와 선형적인 관계를 가지며, 기록된 마크 형상 및 높은 재생 파워는 기록 및 재생 과정에서 저역노이즈를 증가시킴을 알 수 있었다. 그래서 W-Si 와 같은 non-bubble 형태 기록층과 낮은 재생파워를 갖는 초해상 재료를 이용하여, 저역노이즈를 현저히 개선 시켰고 이는 BD-RE 디스크의 저역 노이즈와 유사한 수준이다.

#### 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., Vol.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., Vol.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., Vol.81, pp.4697-4699
- [4] J. Kim, I. Hwang, H. Kim, D. Yoon, and H. Park et al., 2004, "Random pattern signal characteristics of super-RENS disk in blue laser system", Optical Data Storage, 5380, pp.336-341
- [5] T. Shima and J. Tominaga, 2003, "Optical and Structural Property Change by the Thermal Decomposition of Amorphous Platinum Oxide Film", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.42, pp.3479-3480
- [6] M. Ohring, 1991, "The Materials Science of Thin Films", Academic Press, pp.390
- [7] 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