

Optical Memory Disc Using Super-resolution Phenomenon of Super-RBNS Technology

김주호, 황인오, 김현기, 윤두섭, 박인식

차세대 Storage Lab. Media Solution Team, Digital Media R&D Center

SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD

joochol.kim@samsung.com

근접장 초해상 기술 중 대표적인 Super-RENS (Super Resolution Near Field Structure) 기술을 이용하여 25GB 용량의 BD (Blu-ray Disc) 다음 세대로 예상되는 100 ~ 200 GB 용량의 Media 및 기록 재생 기기를 개발하고자 한다. 현재까지 이 기술의 어려움이었던 Stability 특성은 10만회 재생 내구성을 확인하였고 CNR (신호 대 잡음 비) 특성은 50 nm 미세 마크에 대하여 40 dB의 특성을 확보 하였다. 이 특성은 대략 75 GB에 대응하는 것으로 BD System을 그대로 사용하면서 달성한 세계 최고의 기록 밀도로 평가된다. 향후 파제는 Jitter, Error Rate 등 실제 신호 특성의 확보로서, 이의 확보를 통하여 기술의 상품화 가능성이 확인될 것이다.

1. Introduction

지금까지의 광디스크의 용량 증가는 주로 레이저 광원의 단파장화와 대물렌즈의 개구 수 (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 방법? 의한 용량 증가가 어렵다. Super-RENS 기술은 광디스크 내부에서의 초해상 현상(1-2) 을 이용하기 때문에 드라이브 구조를 변경하지 않으면서도 이러한 한계를 극복하여 용량을 증가시킬 수 있고, 또한 디스크의 출납이 가능하기 때문에 (Removable) sub-tera byte급의 용량을 얻을 수 있는 유망한 후보 기술로 인식되고 있다. 지금까지의 Super-RENS 기술은 Sb 마스크 타입에서 PtOx 마스크 타입까지 발전되어져 왔는데(3-8), 주로 635nm, NA 0.60의 픽업을 사용하는 DVD system에서의 결과들이었다. 본 논문에서는 405nm, NA 0.85의 픽업을 사용하는 BD system에서의 Super-RENS 디스크의 기본적인 신호 특성들에 대하여 다루고자 한다.

2. Experimental procedure

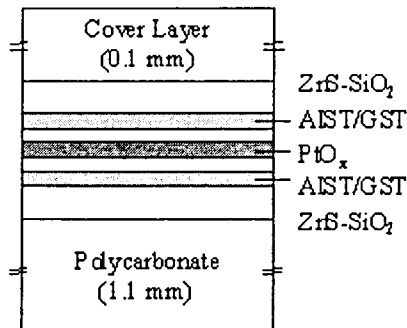


그림 1. 디스크 구조

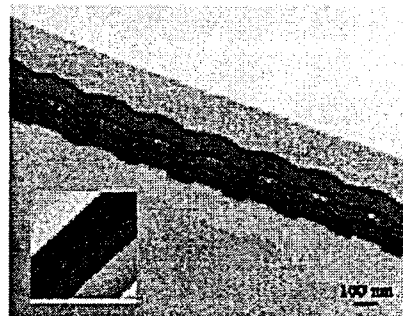


그림 2. 75nm 마크의 단면 TEM 사진

기본적인 디스크의 구조는 그림 1과 같으며, PtOx층과 AgInSbTe 또는 GeSbTe 상변화층 그리고 네 개의 ZnS-SiO₂ 유전체층으로 구성된다. 1.1mm 폴리카보네이트 기판 위에 다층 박막 스퍼터링법으로 형성한 후, 스프인 코팅에 의해 0.1mm 커버층을 형성하였다. 이 때 기판의 트

랙 피치는 $0.32\mu\text{m}$, 그루브 깊이는 약 25nm 로 BD의 기판 사양과 같으며, 기록은 그루브에 행하였다. 디스크의 기록, 재생 특성을 확인하기 위하여 405nm , NA 0.85의 픽업이 장착된 Pulstec사의 DDU-1000 동특성 평가기를 사용하였으며, 이 때의 선속도는 $5\sim 6\text{m/s}$ 이다.

3. Results and discussion

405nm , NA 0.85의 픽업이 사용될 때의 이론적인 재생 분해능은 $\lambda / 4\text{NA} = 405 / (4 \times 0.85) = 119\text{nm}$ 에 해당된다. 즉, 일반적인 광디스크 시스템에서는 이 보다 작은 마크는 재생할 수 없다. 본 연구에서는 이 보다 작은 75nm (50GB급), 50nm (75GB급)의 마크를 기록한 후 재생 특성을 확인하였다.

그림 2는 75nm 마크를 기록한 후의 단면을 투과전자현미경(TEM)으로 관찰한 결과로서 PtOx층이 Pt 입자와 산소로 분리되면서 기록 마크의 형상이 만들어지는 것을 알 수 있다.

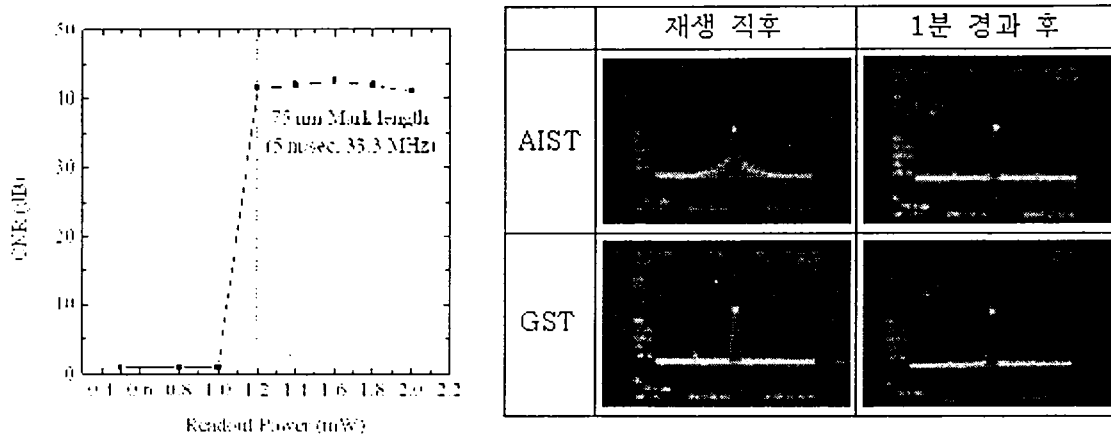


그림 3. 재생 파워에 따른 CNR의 변화 (75nm) 그림 4. 시간 경과에 따른 CNR Curve의 변화 (AIST와 GST상변화 재료차이 75nm)

그림 3은 75nm 마크를 기록한 후 재생 파워에 따른 CNR의 변화를 측정한 결과이다. Red 시스템(635nm , NA0.60)에서와 마찬가지로(8)Blue 시스템(405nm , NA0.85)에서도 일정 재생 파워 이상에서만 신호가 검출되는 현상이 나타났다. Red 시스템에서는 이러한 Threshold 재생 파워가 약 2mW 이상이었으나, Blue 시스템에서는 1.2mW 정도로 크게 낮아졌는데, 파장과 빔 사이즈 변화에 따른 레이저 Spot 내에서의 에너지 밀도 차이에 기인한 것으로 해석된다.

지금까지의 Super-RENS 디스크에는 Sb의 함량이 약 60% 정도인 Ag-In-Sb-Te 상변화 재료가 주로 사용되어져 왔다[1-5]. 그러나, 이 재료는 CD-RW 1X (약 1m/s)에 해당되는 느린 선속도에 적합한 결정화 속도를 갖고 있어 BD 1X (약 5m/s)의 선속도에서는 결정화가 불충분하게 되는 문제점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 BD 1X의 선속도에 대응되는 Sb-rich Ge-Sb-Te 재료를 상변화 재료로 사용하여 재생 신호의 응답 속도를 개선하였다. 그림 4는 이러한 두 가지 상변화재료를 사용하였을 때의, 재생 직후와 1분 경과 후의 CNR Curve의 변화를 나타낸 것이다. AIST 재료가 사용되었을 때에는 결정화가 불충분하게 되어 처음에는 신호가 불균일하게 나타나다가 (Curve가 broad함) 시간이 경과함에 따라 신호가 균일하게 되는 반면, Sb-rich GST 재료가 사용되었을 때에는 결정화가 충분하게되어 처음부터 신호가 균일하게 얻어지는 것을 알 수 있다.

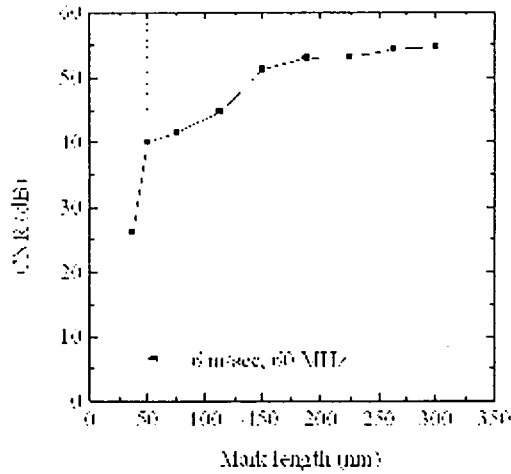


그림 5. 마크 길이에 따른 CNR 변화

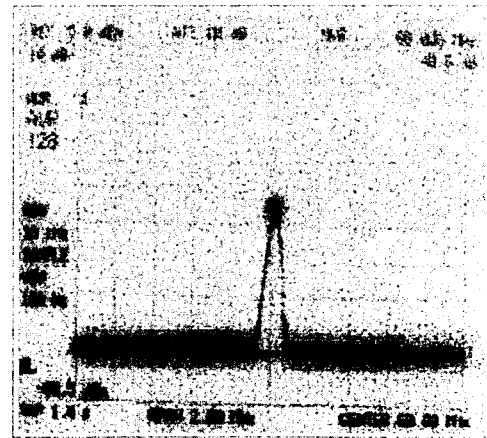


그림 6. 50nm에서의 CNR 측정 결과 (40dB)

그림 5는 마크 길이에 따른 CNR 변화를 나타낸 것이다. 일반적인 광디스크, 즉 BD에서 2T에 해당되는 150nm에서 약 45dB의 CNR이 얻어지나, S-RENS 디스크에서는 약 50dB 이상의 큰 신호가 얻어지고 있다. 또한, 분해능인 119nm 이하에서도 40dB 이상의 큰 신호가 얻어지고 있는데, 75nm(50GB급)에서 약 42dB, 50nm(75GB급)에서도 약 40dB (그림 6)의 실용화 가능한 신호가 얻어졌다.

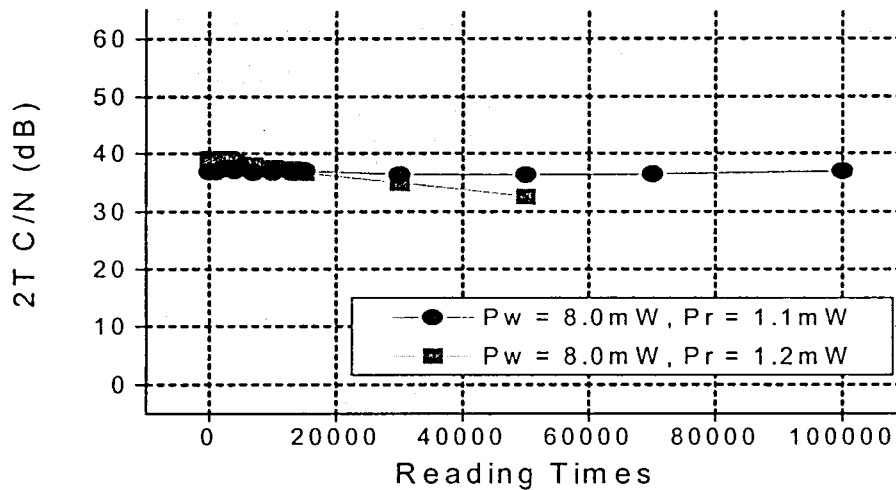


그림 7. 재생 횟수에 따른 CNR의 변화

재생 안정성의 확보는 지금까지 Super-RENS 디스크 개발에 있어서 중요한 과제 중 하나였다. 일반적인 광디스크(BD)의 경우 재생 파워가 0.3~0.4mW인데 비해 Super-RENS 디스크의 경우 약 1mW 이상으로 매우 높은 편이어서, 높은 재생 파워로 반복적인 재생 하였을 때 신호 특성의 저하가 없는 결과를 얻기가 어려웠다. 그러나, 본 연구의 결과에서는 그림 7과 같이 약 10만회까지 반복 재생을 하여도 신호 크기 저하가 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 이와 같은 결과는 재생 파워를 낮추어서 재생한 결과, 실용화에 필요한 CNR 40 dB 특성을 달성하지 못하였다. 그림 8 은 Super-RENS CNR 및 readout stability 특성 향상을 위한 신규 구조 및 그 구조를 사용하여 기록한 기록 상태의 TEM 사진 결과를 나타낸다. 본 신규 구조를 적용한 결과 75 nm mark 신호에서는 43 dB, 50 nm mark 신호에서는 42 dB의 특성을 보이면서 우수한 readout stability 특성을 나타냄을 확인 하였다.

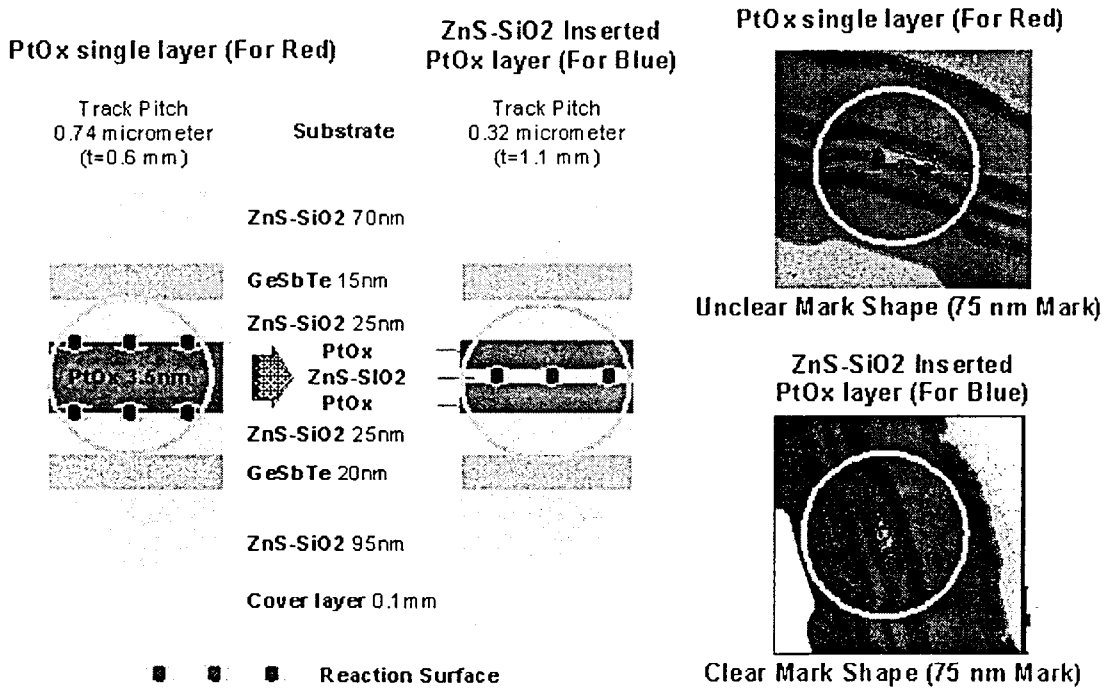


그림 8. Super-RENS 신규 구조 및 기록 상태 (TEM Images)

4. Conclusion

Sub-tera byte급의 차세대 광 기록 기술인 Super-RENS 디스크의 blue 시스템에서의 기록, 재생 특성을 평가하였다. 새로운 상변화층을 사용하여 재생 응답 속도를 향상시켰다. 또한, 약 10만회까지 재생 신호의 열화가 없는 특성을 얻을 수 있었다. 75nm(50GB급)은 물론, 50nm(75GB급)의 마크에서도 실용화에 충분한 40dB 이상의 신호(CNR)를 얻었다. 향후 과제는 Jitter, Error Rate 등 실제 신호 특성의 확보로서, 이의 확보를 통하여 기술의 상품화 가능성이 확인될 것이다.

References

1. M. Ohtsu, Small Particle of Light, (SHOKABO, Tokyo, 2001), p 36-45 [in Japanese].
2. Y.R. Shen, The principles of Nonlinear optics, (JOHN WILEY & SONS, New York, 1984), p 541-554.
3. J. Tominaga, T. Nakano, and N. Atoda, Appl. Phys. Lett. 73, 2078 (1998).
4. J.H. Kim, D. Buechel, T. Nakano, J. Tominaga, N. Atoda, H. Fuji, and Y. Yamakawa, Appl. Phys. Lett. 77, 1774 (2000).
5. H. Fuji, J. Tominaga, L. Men, T. Nakano, H. Katayama and N. Atoda, Jpn. J. Appl. Phys., Part 1 39, 980 (2000)
6. J.H. Kim, M. Kuwahara, J. Tominaga and N. Atoda, Appl. Phys. Lett. 79, 2600 (2001).
7. T. Kikukawa, T. Nakano, T. Shima and J. Tominaga, Appl. Phys. Lett. 81, 4697 (2002).
8. J.H. Kim, I. Hwang, D. Yoon, I. Park, D. Shin, T. Kikukawa, T. Shima and J. Tominaga, Appl. Phys. Lett. 83, 1701 (2003).