

論文2001-38CI-4-4

Crosserase와 crosstalk이 DVD 재생 신호에 미치는 영향

(Crosserase and Crosstalk Effects on Readout Signal of Digital Versatile Disks)

朴連洙*, 金知遠**, 曹舜哲**

(Yeonsoo Park, Jiwon Kim, and Soonchul Jo)

요약

고밀도 기록매체인 DVD-RAM 시스템에서 단면 기록밀도 4.7 GB, 15 GB 매체 개발 실현에 가장 큰 걸림돌로 작용하고 있는 crosserase 및 crosstalk 현상이 재생 신호에 미치는 영향을 분석하기 위해 4.7 GB 및 15 GB 규격으로 재생 신호를 시뮬레이션 하였다. 디스크에 조사된 빔의 강도는 Gaussian으로 근사화하고 기록된 마크는 타원형 마크로 가정하였으며, 재생신호는 Gaussian 빔 패턴과 마크 패턴의 이중 적분으로 계산되었다. Crosserase 정도를 변하여 얻어진 재생 신호로부터 주파수 분석을 통하여 3T~11T 마크의 carrier level의 크기를 구하여 비교하였다. 1,000개의 3T~11T 랜덤 마크로부터 crosserase 및 crosstalk에 의한 지터를 계산하여 비교한 결과, crosserase에 의한 지터가 crosstalk에 의한 지터보다 상대적으로 작음을 확인할 수 있었다.

Abstract

Readout signal of high density DVD-RAM disk output was simulated to analyze the effect of crosserase and crosstalk to the readout signal which is one of the main difficulties to realize high density DVD-RAM system having single side recording density of 4.7 GB and 15 GB media. Laser beam intensity impinging on the disk was approximated as Gaussian and recorded marks were assumed elliptical and the readout signal was calculated as a two dimensional convolution of laser beam pattern and recored mark pattern. From the readout signal obtained by varying crosserase ratio, carrier levels with period of 3T to 11T were calculated and compared. Jitter due to crosserase and crosstalk was calculated and compared using 1,000 random marks having 3T to 11T period. The results showed that the jitter due to crosserase turned out to be smaller than the jitter due to crosstalk.

I. 서론

* 正會員, 三星電子 디지털미디어總括
(Samsung Electronics Co. Digital Media Business)
** 正會員, 崇實大學校 情報通信電子工學部
(School of electronic engineering, College of engineering, Soongsil university)
※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(98-0101-01-01-3) 연구비 지원에 의하여 연구되었음.
接受日字:2000年8月10日, 수정완료日:2001年5月29日

고화질 디지털 위성통신 및 지상파 디지털 통신 시대의 도래에 따라 멀티미디어를 통한 고품질 오디오, 고화질 video 및 대용량 고속 정보처리와 저장의 필요성이 이미 가지화 되어 있다. 이러한 대용량 정보저장 수단 필요성에 발맞추어 발전을 거듭해 온 저장 매체가 광디스크이다. 특히 90년대 초부터 읽기 쓰기가 가능한 디지털 동영상 매체인 DVD-RAM 개발 경쟁이 치열해지면서 단면 용량 2.6 GB의 DVD-RAM 연구 결과가

발표되었고^[1] 이를 상용화하기도 전에 단면 용량 4.7 GB DVD-RAM 결과가 발표될^[2] 정도로 빠른 진전을 거듭하고 있다. DVD-RAM의 기록 밀도 향상은 PWM(pulse width modulation) 기록방법,^[3] land·groove 기록방법, 레이저 단파장화 및 고 NA(numerical aperture)화, PRML(partial response maximum likelihood) 검출 방식 등에 의해 가능해졌다.

2세대 DVD-RAM인 4.7 GB의 경우와 차세대 DVD-RAM의 예상 용량인 15 GB의 경우는 모두 land·groove 기록방법을 채택하고 있는데 이 경우 인접 트랙의 마크에 의한 crosstalk, crosserase 현상이 걸림돌이 되고 있다. 즉 용량을 2배로 늘릴 수 있는 land·groove 기록방법의 경우 인접 트랙 마크의 간섭이 신호 크기를 저하시키며 또한 이 경우 인접 트랙 마크가 지워질 수 있는 crosserase 영역이 생기고 이는 재생신호의 carrier level의 저하 뿐 아니라 지터의 근원으로 작용할 수 있다.^[4-6] 이러한 crosserase는 입사된 빔의 광량이 인접 트랙 조사에 의한 열적 흡수 및 인접 트랙으로부터의 열확산에 의한 효과 모두가 작용되는 것으로 밝혀져 있다.

본 연구에서는 crosstalk 및 crosserase 현상이 실제 재생신호에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위해 4.7 GB 및 15 GB 기준을 이용하여 재생신호를 계산하였고 crosserase 정도에 따른 재생신호의 크기 변화와 지터(jitter) 변화를 분석하였다.

II. 실험 및 시뮬레이션 방법

그림 1 은 4.7 GB 용량의 디스크를 사용하여 land·groove 양쪽에 랜덤 마크 패턴을 기록하고 active layer의 마크를 전자주사현미경으로 찍은 사진이다. 디스크는 트랙(land+groove) 피치가 1.2 μm 이고 하부 유전체막/기록막/상부유전체막/반사막순으로 두께는 각각 100/25/18/150 nm로 구성되어 있다. 기록 조건은 PW(writing power)=13.5 mW, 선속도는 8.6 μs , TW=17 ns이다. 마크의 profile을 볼 때 crosserase 현상이 일어남을 확인할 수 있다. 기록은 왼쪽 트랙 으로부터 오른쪽 트랙으로 순차적으로 기록한 것이다. 지워진 영역은 인접 트랙에 마크를 쓰기 위해 레이저 펄스를 가하기 시작한 후 얼마 정도의 시간이 경과하여야 열확산에 의해 영향을 받아 마크가 지워짐을 알 수 있다. 또한 지워지는 모양은 집속된 빔 profile에 기인함을 알 수 있다.

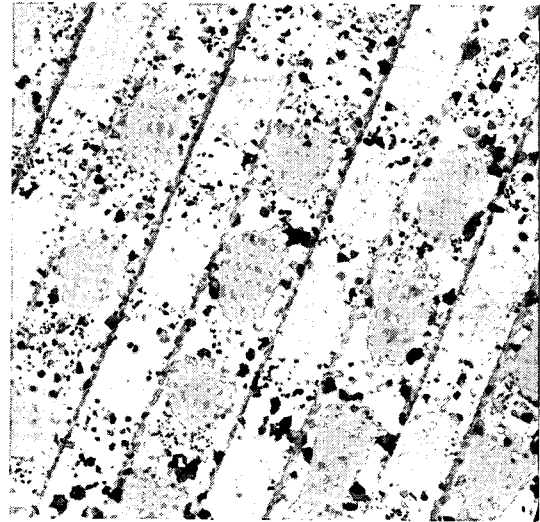


그림 1. 4.7 GB 용량의 디스크에 land·groove 방식으로 기록한 랜덤 기록 패턴의 전자주사현미경 사진

Fig. 1. TEM photography of randomly recorded pattern using land·groove method on a 4.7 GB disk.

실험에서 관찰된 crosserase 현상이 실제 재생 신호의 carrier level 및 지터에 어떠한 영향을 미치는지 시뮬레이션을 통하여 고찰하였다. 상용프로그램인 DIFFRACT의 경우 결과의 신뢰성과 효용범위에 비해 계산시간이 매우 길며 지터의 정량적 분석이 되지 않는다. 본 연구에서는 이러한 이유로 새로운 시뮬레이션 프로그램을 작성하여 cross talk 과 cross erase 를 정량적으로 판단할 수 있는 jitter를 산출하고 고찰하였다.^[5]

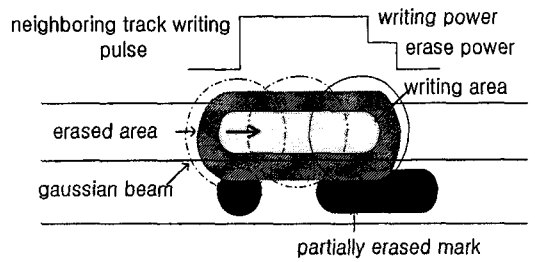
재생신호 시뮬레이션을 위해 먼저 디스크에 집속된 빔은 Gaussian함수로 근사화 하였다. 그리고 기록된 마크는 열적 효과를 고려하여 타원형 마크로 근사화하였다. 기록된 마크의 길이는 EFM+ 코드에 의해 3T~11T의 길이를 갖는다고 설정하였다. 이 경우 광 디스크로부터 얻게되는 아날로그 재생신호는 Gaussian 빔 패턴과 마크 패턴의 이중 적분으로 계산된다. 재생 신호 계산식은 다음 식 (1)과 같다.^[8]

$$V(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} R(x, y) \cdot P(X-x, Y-y) dx dy \quad (1)$$

여기서 R은(X,Y)의 위치에서 반사도를 나타내며 초기 영역은 1, 기록된 마크는 0의 반사도를 갖도록 설정하였다. P는 가우시안 분포를 갖는 재생 빔의 강도를 나

타낸다.

디스크가 회전할 때 빔이 트랙을 따라 순차적으로 광량을 감지하여 재생신호를 구하는데 기록된 마크의 영역이 재생 빔 안에서 많은 영역을 차지하는 경우 광량이 작아지고 적은 영역을 차지하는 경우 광량이 커지게 된다. 이 광량의 차이 변화를 감지하여 재생신호를 구하게 된다. DVD-RAM의 경우 빔의 크기가 트랙폭보다 상대적으로 커서 신호 재생시 인접 트랙의 마크가 쓰여진 영역에서 광량이 작아지는 crosstalk 이 발생하고 n 트랙에 마크가 쓰여지고 n+1 트랙에 마크를 기록할 경우 기록 빔에 의한 erase 되는 반경이 트랙 폭보다 커서 인접 트랙에 erase 영역이 생겨서 마크가 지워지는 crosserase가 발생한다. Crosserase 현상은 기록시 레이저 펄스에 의해 인접 트랙의 마크가 있는 영역이 용융점 이상으로 가열되어 마크의 일부가 지워지는 것을 말한다. Crosserase 되는 정도는 그림 2에서 보여주는 바와 같이 crosserase ratio(erase beam diameter/write beam diameter)로 나타낸다. Erase 빔의 반경이란 기록 빔에 의해 실제 erase 될 수 있는 빔 반경을 말하며, 마크 기록시 erase된 디스크 영역의 반사도는 0으로 재설정된다.



$$\text{Crosserase ratio}(\%) = \frac{\text{erase beam diameter}}{\text{write beam diameter}} \times 100$$

그림 2. Crosserase 모델링
Fig. 2. Crosserase modeling.

4.7 GB 용량의 디스크 사양과 15 GB 용량의 디스크 예상 기준을 포함한 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

신호 분석을 위해 시간축에서 얻어진 재생신호로부터 신호 분석을 위해 DFT algorithm을 통하여 재생신호의 carrier level을 구하였고 시스템의 특성을 나타내는 jitter는 얻어진 재생신호를 zero crossing 시킨 후 이상적으로 얻어진 재생 신호와의 시간 변이 표준 편차를 구하여 jitter(σ/T)를 계산하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Table 1. Simulation parameters.

| Parameters | 4.7 GB | 15 GB |
|-------------------------|-----------|-----------|
| Tw(Timing window) | 17.1 ns | 13.3 ns |
| Linear velocity | 8.2 m/s | 6 m/s |
| Track pitch | 615 nm | 330 nm |
| Wavelength(λ) | 650 nm | 425 nm |
| NA | 0.6 | 0.6 |
| Beam size | 1.083 | 0.625 |
| Modulation code | EFM+ code | EFM+ code |
| Minimum mark length | 420 nm | 240 nm |
| Maximum mark length | 1,540 nm | 878 nm |
| Mark sample number | 500/track | |

III. 결과 및 고찰

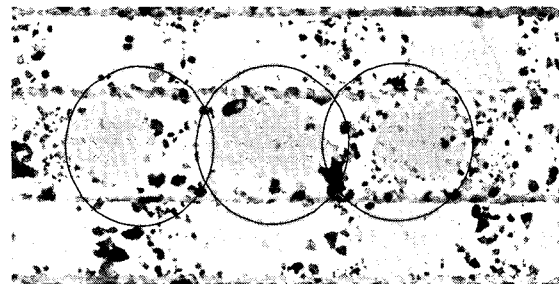


그림 3. 측정된 마크 모양
Fig. 3. Measured mark pattern.

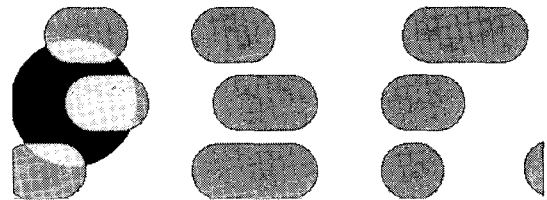


그림 4. 모델링한 마크 모양 (crosserase 없는 경우)
Fig. 4. Image modeled mark (no crosserase).

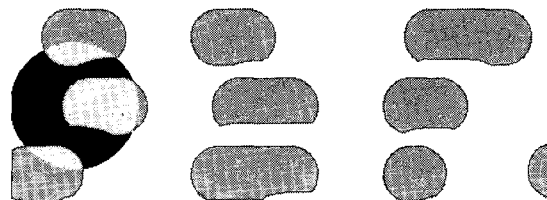


그림 5. 모델링한 마크의 이미지 (crosserase 75%)
Fig. 5. Image modeled mark (crosserase 75%).

그림 3은 측정된 TEM 사진으로부터 3 트랙을 택해 시뮬레이션 하기 위한 마크 모양을 나타내고 그림 4는 이상적으로 기록됐을 때 나타날 수 있는 마크 모양을 image 모델링 한 것이며 그림 5는 crosserase 영역을 포함하여 image 모델링한 마크 모양이다.

그림 3과 같이 실제 측정 마크는 crosserase 외에 여러 가지 기록 변수에 의해 마크 패턴이 완전한 타원형이 아님을 알 수 있다. TEM 사진으로부터 얻어진 마크의 crosserase 영역비는 재생 빔 크기의 약 75% 정도임을 알 수 있고 그림 5의 경우와 같이 시뮬레이션 마크와 erase된 마크 모양이 거의 흡사함을 알 수 있다. 그림 4의 디스크 모델과 그림 5의 디스크 모델로부터 얻은 재생신호를 비교한 결과는 그림 6과 같다.

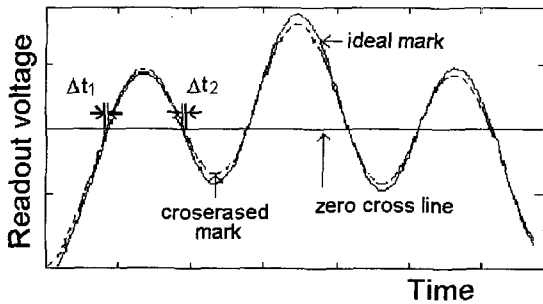


그림 6. 재생신호 시뮬레이션
Fig. 6. Simulated readout signal.

그림 6은 얻어진 재생신호로부터 DC offset을 제거하기 위해 zero crossing 시킨 후 반전된 재생신호를 나타낸다. 이 경우 timing shift($\Delta t_1, \Delta t_2$)는 작으나 신호 진폭 변화는 상당히 큼을 알 수 있다. 이것은 crosserase 현상은 마크의 일부분이 지워지기 때문에 마크의 전광량의 차를 변화시켜 신호진폭변화에는 큰 영향을 미치지만 마크 에지(edge)의 위치 변화는 없기 때문에 timing 지터에는 상대적으로 적은 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Crosserase 현상이 재생신호진폭에 어떠한 영향을 미치는지 정량적인 분석을 하기 위해 3 트랙과 평행한 위치에 동일 모양의 마크가 기록된다고 디스크 모델을 설정한 후 4.7 GB와 15 GB 기준을 이용하여 3T 마크부터 11T 마크까지 crosserase 영역을 변화시키면서 carrier level을 구한 결과는 그림 7 및 그림 8과 같다.

Crosserase가 빔의 약 70% 정도 일어난다고 가정할 경우의 carrier level 저하를 살펴보면 4.7 GB의 경우는

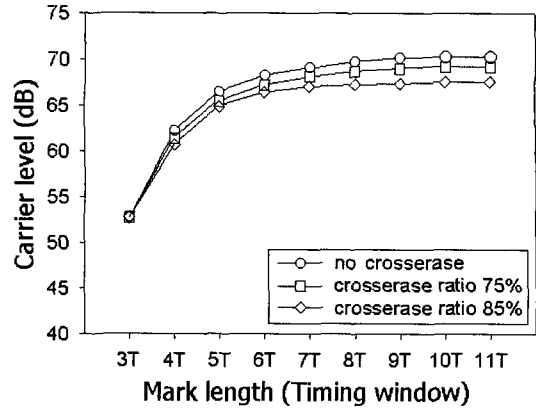


그림 7. Crosserase 율 변화에 따른 마크 길이 대 carrier level (4.7 GB 사양)
Fig. 7. Carrier Level vs. mark length with the variation of crosserase ratio (4.7 GB specification).

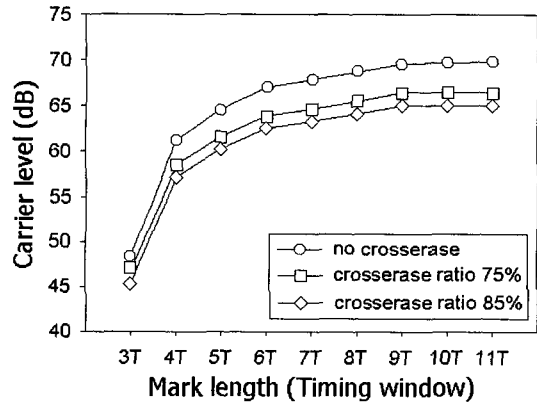


그림 8. Crosserase 율 변화에 따른 마크 길이 대 carrier level (15 GB 기준)
Fig. 8. Carrier Level vs. mark length with the variation of crosserase ratio (15 GB parameters).

모든 마크가 1 dB 이하의 carrier level 저하를 보이는 반면 15 GB의 경우 3T 마크를 제외한 모든 길이의 마크가 2 dB 이상의 저하를 보였다. 이것은 cross erase에 의한 영향이 4.7 GB에서는 심각하지 않은 반면 15 GB의 경우 심각함을 의미한다.

그림 9는 crosserase 현상이 DVD 시스템에 어떠한 영향을 주는지 비교해 보기 위해, 1000개의 3T~11T 랜덤 마크를 생성시킨 후 재생신호를 구하여 인접 트랙이 없는 경우의 재생신호와 timing 변화의 표준편차를 구하여 계산된 지터 값이다.

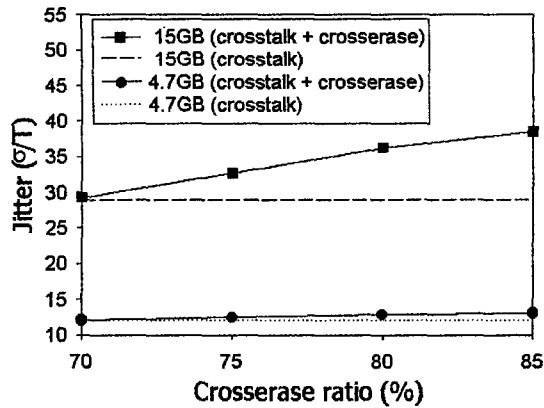


그림 9. 지터 대 crossterase 율

Fig. 9. Jitter vs. crossterase ratio.

인접 트랙 마크의 crosstalk에 의해서 4.7 GB의 경우 약 12 %, 15 GB의 경우 약 30 %의 지터가 발생함을 알 수 있었다. 이 수치는 시뮬레이션에서 groove depth를 고려하지 않았으므로 실제 보다 큰 수치이다. 또한 crossterase는 4.7 GB의 경우 지터에 큰 영향을 주지 않는 반면 15 GB의 경우 crossterase 영역이 증가할수록 지터 값이 크게 증가함을 알 수 있었다.

IV. 결 론

DVD 광디스크 고밀도화 구현의 주 걸림돌로 작용할 것으로 사료되는 crosstalk 및 crossterase 현상이 실제 재생신호에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위해 land · groove 기록방법에 의한 실제 기록마크 모양을 모델링한 재생신호를 구하였다. 4.7 GB와 15 GB 디스크 기준을 이용하여 얻어진 재생신호로부터 시스템의 특성 저하를 상대 비교하기 위해 crossterase ratio의 변화에 따른 carrier level과 지터를 계산하였다. 그 결과 crossterase 현상은 carrier level 저하 요인으로 작용함을 알 수 있었다. 또한 crossterase에 의한 지터가 crosstalk에 의한 지터 보다 상대적으로 작음을 확인할 수 있었으며, 15 GB 디스크 모델의 경우 crossterase ratio가 크면 지터에 상당히 기여함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] T. Katayama, M. Ogawa, M. Nagasawa, "High-precision tracking control system for

digital video disk players", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 41, pp. 313~321, May 1995.

- [2] M. Shinoda, K. Nakamura, M. Yabe, N. Watanabe, T. Satoh, N. Hirai, T. Fujita, K. Kime, Y. Ishida, "Optical pick-up for DVD", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 42, pp. 808~813, Aug 1996.
- [3] M. Okada, M. Ogawa and M. Kubogata, S. Ohkubo and M. Itoh, "Phase-change optical disks for a high data transfer rate", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 37, pp. 2516~2520, May 1998.
- [4] T. Ishida, M. Shoji, Y. Miyabata, Y. Shibata, E. Ohno and S. Ohara, "High density mark edge recording on a phase change rewritable disk by a 680-nm laser diode", *Proc. of SPIE(Optical Data Storage '94)*, vol. 2338, pp. 121~126, 1994.
- [5] S. Morita, M. Nishiyama, M. Furuta, H. Iida, T. Niwa, "Deep groove method on high density optical disk memory", *Optical Data Storage Topical Meeting, ODS. Conference Digest*, pp. 92~93, 1997.
- [6] Bor-Wen Yang, D. Han-Ping, Shieh, "The characteristics of a dual-layer optical disk with read-only and erasable functions", *IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 4, pp. 821~825, 1998.
- [7] C. Bartlett, D. Kay, M. Mnsuripur, "Computer simulations of the effects of disk tilt and lens tilt on the push-pull tracking error signal in an optical disk drive", *Optical Data Storage Topical Meeting, ODS. Conference Digest*, pp. 85~86, 1997.
- [8] Sae-Joon Oh, Soonchul Jo and Soon-Gwang Kim, "An Analysis of Noise Power Spectrum Due to mark Variations of an Optical Disk system", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 37, pp. 2210~2213, May 1998.

저 자 소 개



曹 舜 哲(正會員)

1947년 2월생, 1969년 서울대학교 물리대 물리학과 학사, 1972년 서울대학교 전자공학과 석사, 1987년 미국 카네기 멜론 대학교 박사, 1987년 9월 - 현재 송실대학교 공대 정보통신전자공학부 교수, <주관심 분야 : 정보저장공학, 광 및 광자기 디스크 모델링, 하드 디스크 드라이브 헤드 설계 및 제조, Magnetic Random Access Memory 제조 및 설계>



朴 連 洙(正會員)

1972년 7월생, 1997년 송실대학교 전자공학과 학사, 2000년 송실대학교 전자공학과 석사, 2000년 - 현재 삼성전자 디지털미디어총괄 연구원, <주관심 분야 : 광 및 광자기 디스크 모델링, 신호처리>



金 知 遠(正會員)

1970년 5월생, 1993년 순천향대학교 물리학과 학사, 1996년 송실대학교 전자공학과 석사, 1997년 - 현재 송실대학교 전자공학과 박사과정, <주관심 분야 : 자기 모델링, 자기소자>