

---

# 광디스크 메모리에 있어서 Jitter 저감을 위한 신호계 조절효과

임실묵\* · 허창우\*\*

A Study on Signal Control Effect for Lower Jitter Value in Optical Disc Memory

Sil-mook Lim\* · Chang-wu Hur\*\*

## 요 약

본 논문에서는 광디스크 메모리의 재생성능에 주요한 영향을 미치는 jitter를 향상시키는 방법이 검토되었다. 광디스크 제조공정에 있어서 타공정의 변수를 고정된 상태에서 단일의 조작을 통해 jitter value를 저감화시키기 위해 펄스 폭 조정기를 제작하였다. 펄스 폭 조정기를 적용하여 입력신호의 level을 조정한 결과 6.9%의 최소 jitter value를 확보하였다.

## Abstract

This paper presents the system that decreases the Jitter value having an important effect for signal quality in optical disc memory. Level controller of input signal was made and applied to line between format generator and laser beam recorder of DVD. This try means to decrease jitter value without adjustment for many kinds of mastering process. Experimental results show that the jitter value is about 6.9%.

## 키워드

DVD, Jitter, 펄스조정, 광디스크메모리, 마스터링

## 1. 서론

멀티미디어로 불리는 다중매체의 시대가 통신혁명을 통해 빠른 속도로 전개되고 있고, 방대한 양의 정보가 생활속에 끊임없이 전달 교환되고 있는 정보화시대에, 광디스크 메모리는 간편성을 보유한 대용량의 기록매체로 자리잡아 지속적인 대용량화가 진행되고 있다.

재생 속도의 고속화가 요구되는 광디스크 메모리에

있어서 출력신호 취득시 재생 특성의 중요성이 부각되고 있고, 재생에 관련된 다수의 특성지수 중 이상적인 시간 값에 대한 실제시간의 표준편차 값인 jitter value의 저감화가 디스크 제조기술상 쟁점이 되고있다 [1][2].

광디스크는 십여개에 달하는 주요 제조공정을 통해 정보신호에 해당하는 요철의 pit를 플라스틱 기판에 정확한 형상으로 형성시키며, jitter의 발생 정도는 광

---

\* 한국산업기술대학교 신소재공학과

\*\* 목원대학교 전자공학과

디스크 표면에 형성된 pit길이의 이상적 길이치 (reference clock)와의 정합성 여부에 의존하여, 비정합에 의한 jitter 현상이 발생할 경우, 십여공정에 이르는 마스터링 공정을 경험에 의해 각각 별도로 변화시키며 조건을 최적화 하고있다[3]. 그러나 이러한 방법은 레이저의 파워, 포토레지스트(photo resist; PR) 두께, developing 시간, developing 레벨등 변수가 과다히 많아, 3T에서 14T에 이르는 각각의 신호에 대한 개별적 대응은 사실상 불가능한 실정이다.

본 연구에서는 현재 상용중인 콤팩트디스크(compact disc; CD)에 비해 7배이상의 고밀도 대용량 매체인 디지털 다기능 디스크(digital versatile disc; DVD)[3][4]의 제조에 있어서, 포맷 발생기와 패턴 기록장치 사이에 입력신호 레벨 조정기를 제작 적용함으로써 최소 jitter value를 확보 할수있는 간편하며 효과적인 방법을 제안, 검증하였다.

### II. 광디스크의 제조공정

광디스크의 제조공정은 반도체 제조공정으로부터 유래한 것으로, 글래스 표면에 정보재생시 pit 유무에 따라 반사율 차이가 극대화 될 수 있는 깊이에 해당하는 막후( $\lambda/4$ ,  $\lambda$ 는 파장)로 감광용 PR을 도포 한 후, 레이저 감광장치를 이용하여 정보유무에 대응토록 출력속을 조절(on/off)하여 감광시킨다[5]. 이어서 현상공정(development)을 통해 감광된 부분을 제거하고, 전극형성을 위해 무전해 도금법으로 photo resist 표면에 70nm전후의 Ni 막을 형성시키고, 도금조에 투입하여 0.3mm두께의 금속 Ni 판(stamper)으로 성장시킨다. 이어서 대량생산을 위해 사출성형기에 장착하여 유기물질인 poly carbonate를 원료로 사출성형하여 투명디스크를 제조한후, 재생광의 반사를 위해 Al 박막을 증착한후 출하하게 된다 [3][6][7].

### III. 실험방법

DVD에 신호를 기록하기 위해서는 DVD신호인 EFM plus(eight to fourteen modulation plus) 신호를 발생시키는 DVD 포맷 발생기와, DVD 포맷 신호를

받아들여 레이저 출력을 변조하여 PR 표면에 조사하여주는 장치인 레이저 빔 기록장치(laser beam recoder; LBR)가 필요하다. DVD 포맷 발생기에서는 그림1과 같이 3T에서 14T에 해당하는 입력정보를 포맷에 맞추어 발생시키며, 여기서 3T 신호는 기본 주기 T를 갖는 신호의 3배 주기를 갖는 신호를 나타내고, 4T는 4배, ... 14T는 14배 신호를 각각 의미한다.

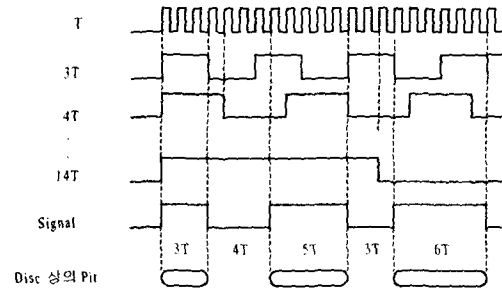
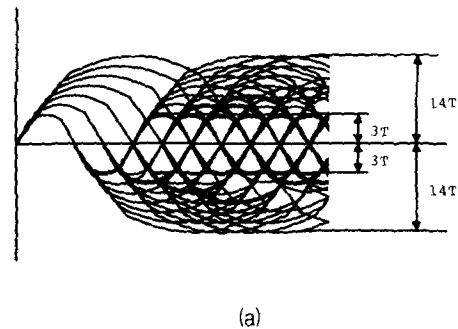


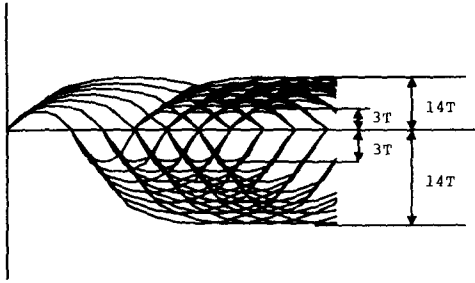
그림 1 DVD에서의 출력신호(3T~14T)와 disc상의 pit형상 Fig.1 Output signal(3T~14T) and pit shape of DVD.

DVD 포맷 발생기로부터 신호를 받아들인 LBR은 레이저 발생의 on/off 조작을 통해 글래스 표면의 PR에 감광 pit를 형성하는데, pit의 길이는 현상 및 사출성형등의 후속공정을 거치는 과정에서 변화하여, 최종공정 후에는 이상치(reference clock)와의 오차(jitter value)가 발생하게 된다. 오차 효과는 긴 신호주기를 갖는 경우에 비해 3T에서와 같이 짧은 신호주기에서의 영향이 크게 작용한다.

제작된 DVD로부터의 전형적인 재생신호(eye-pattern)를 그림 2에 표기하였다.



(a)



(b)  
 그림 2 DVD로부터의 재생신호(eye pattern)  
 (a) 정상신호 경우(low jitter value)  
 (b) 비정상신호 경우(high jitter value)  
 Fig.2 All sorts of output signal(eye pattern) from DVD system.  
 (a) normal signal(low jitter value)  
 (b) abnormal signal(high jitter value)

정상적인 경우 각 신호의 중심은 그림 2-(a)와 같이 시간축과 일치하게 되나, pit의 길이가 이상치보다 길어지면 신호의 중심은 그림 2-(b)와 같이 일방향으로 치우치게 되어 비대칭(asymmetry) 현상에 의한 jitter value의 증가로 이어지며, 재생신호 검출한계를 초과할 경우 정상제품으로의 출하가 불가능하게 된다.

본 실험에서는 asymmetry를 최소화하기 위한 방법으로, 3T~14T 신호의 펄스폭을 각각 독립적으로 조절할 수 있는 입력신호 레벨 조정기를 제작하여 포맷 발생기와 LBR 사이에 적용하였다. 펄스폭 조정기는 입력신호의 레벨을 독자적으로 조정하는 기능을 가진 것으로, 그림 3에 표기한 바와 같이 크게 나누어 selector부와 comparator부, 그리고 amp.부로 구성된다.

DVD 신호는 selector의 입력신호단으로 입력되고, selector의 clock부분에 기본 주파수(Reference clock) T가 입력되면, 이 T를 기준으로 신호단으로 입력된 3T~14T인 신호를 비교, 분리하여 각각 다른 위치의 출력단자를 통해 comparator로 내보내게 된다.

예를 들어, 신호로 5T가 들어오면 counter는 이를 검출하여 출력에 5값의 binary에 해당되는 0101을 보내게 된다. 이 신호는 MUX로 들어가 input과 세번째 출력을 연결시키게 되어 signal은 최종적으로 selector의 세번째 출력으로 나가게 된다.

이와같이 시간성분에 의해 분리된 입력신호는

comparator에 입력되어, comparator는 "C" 표시부로 들어오는 signal과 "D" 표시부로 들어오는 신호를 비교하여 신호전압이 서로 일치하도록 variable resistor (이하 VR로 표기)가 조정되어 "D" 표시부의 signal voltage 값이  $-V_{cc} \sim +V_{cc}$  까지 변화하게 된다.

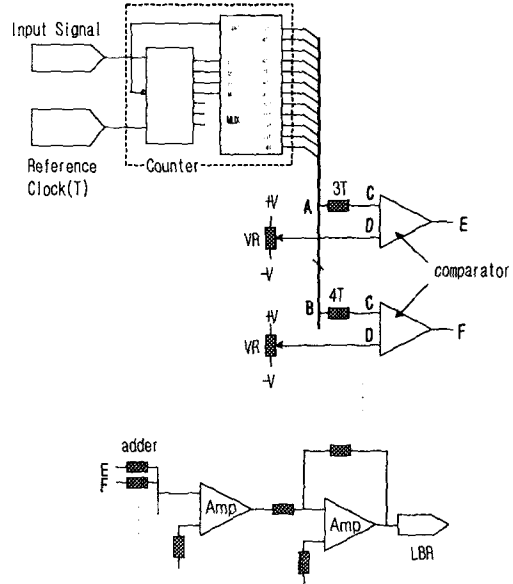


그림 3 Pulse width 조절회로도  
 Fig. 3 A circuit of pulse width controller.

VR 조정에 의한 이와 같은 신호레벨조정은 DVD 포맷 발생기에서 들어가는 신호가 그림 4(a)와 같이 다소의 기울기가 있는 것을 이용한 것으로, 그림 3의 VR을 조정하여 "D" 표시부에 들어가는 신호레벨을 조정하면, comparator에서 나오는 신호의 폭은 변하게 된다. 예를 들어 그림 3의 "D" 표시부에 들어가는 신호레벨을 그림 4(b)의 A에 맞추면 comparator의 출력 A에서는 A'의 펄스폭을 갖는 신호 A'가 나오게 되고, 그림 4의 B에 맞추면 comparator의 출력 A에서는 B'의 펄스폭을 갖는 신호 B'가 나오게 된다. 이와같이 VR(variable resistor)을 조정하여 각각의 T에 대한 펄스폭을 조정하여 얻은 신호는 다시 종합을 위해 그림 3(c)의 adder 부분에 연결하여 준다. 이상의 조작을 통해 3T~14T에 해당하는 각 입력신호의 시간폭(pulse width)을 reference clock을 기준으로하여 자유로이 조절할 수 있다. 포맷 발생기에서 입력된 상단부의 신호

를 각 T 별로 분리한 후, 기준값과 비교조정된 신호를 종합하여 출력하는 adder에서 출력된 신호는 OP amp를 거쳐 신호의 레벨을 LBR에 맞도록 조정하여 LBR로 보내면, LBR 내부의 음향광변조기(acoustic optical modulator; AOM)에서 이 신호를 받아들여 신호의 값이 기준치 이상이면 on 작동을, 기준치 이하이면 off 작동하여 레이저광을 변조한다.

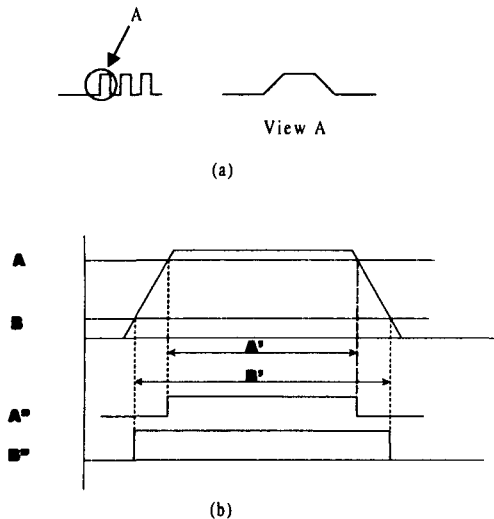


그림 4 DVD신호의 확대도(a)와 VR조정시의 출력신호(b)  
Fig. 4 Magnificated DVD Signal(a) and output signal(b) after VR control

연속 발진되는 레이저광은 포맷발생기와 펄스폭 조정기를 통해 출력된 신호에 의해 동작되는 AOM에 의해 on/off 변조된 후 여러 광학계를 거쳐, PR이 도포된 글래스 표면에 조사되는데 AOM이 ON작동 되어 레이저 광이 조사된 부분은 현상공정등의 후속공정을 거쳐 물리적 형상을 갖는 pit부가 되고, 조사되지 않은 부분은 land부가 된다. DVD 스템퍼 제조 및 제조된 스템퍼를 사용한 사출성형(injection molding)공정은 Sony사의 POPS라인 및 meiki사의 M30 디스크성형기 등의 범용기기를 사용하였으며, 신호조절이외의 기타 공정은 일관성을 유지하기 위해 디스크 제조의 전형적인 조건(PR두께, laser power, development level, disc 성형조건등)으로 고정한 후 실시하였다. 입력신호의 레벨 조절효과 확인을 위한 기준 데이터 및 적용효과의 측정은 atomic force microscope(PSI사제, 이하

AFM으로 표기)을 사용해 피트 길이를 측정하여 확인하였고, jitter를 포함한 전기특성평가는 DVD신호특성평가기(pulse Tech.사제)를 사용하여 측정하였다. 피트부의 물리적 형상은 표면에 의한 기선과 피트 벽으로부터의 외삽선이 교차하는 extrapolated onset를 채용했으며, 각 수치는 3회 측정후 평균값으로 하였다.

#### N. 실험 결과 및 고찰

포맷신호 발생기로부터 reference clock의 기준값에 해당하는 150ns(1T)에 대한 3T~14T 신호를 랜덤하게 발생시킨 후 펄스폭 조정기에 입력시키고, 130~170ns에 대해 조정기의 레벨 변화를 10ns 간격으로 실시하였다. 이같은 조작을 통해 reference clock의 미소 변화에 의한 pit 길이를 조정할수 있다. 대표적 실험조건에서 제작된 DVD 디스크에 있어서의 AFM image를 그림5(a)에, 일반 CD 표면의 image를 참고용으로 (b)에 나타내었다.

입력신호 레벨 조절에 의해 제작된 시료의 pit폭과 width를 측정하여 그 결과를 그림 6에 나타내었다. 그래프의 하단부는 3T(기준시간 450ns)의 시간변화값이며, 상단부는 기준시간대 변화비율(백분율)을 나타내었다.

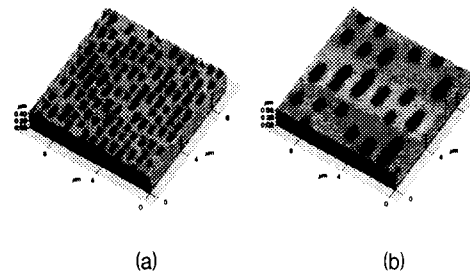


그림 5 DVD(a) 및 CD(b) 표면의 AFM Image  
Fig. 5 AFM image of DVD(a) and CD(b) surface .

Pit width 및 length 공히 사출성형을 위한 급형상태인 스템퍼와 사출성형이후의 기판(substrate) 상태에서는 다소의 변동폭을 갖는데 이는 사출성형후 용융수지(poly carbonate)의 응고수축 과정에 의해 기인한다. 스템퍼와 기판과의 형상 변동율은 pit length 경우 약 12%, pit width 경우 약 4% 내외로 확인되었으며,

길이방향(length)의 수축률이 폭(width) 방향의 3배 정도의 수축률을 보임을 알수있다. 이것은 3T 신호에 대한 길이방향의 reference clock이 너비방향의 약 3배입에 기인하기 때문으로 볼 수 있다.

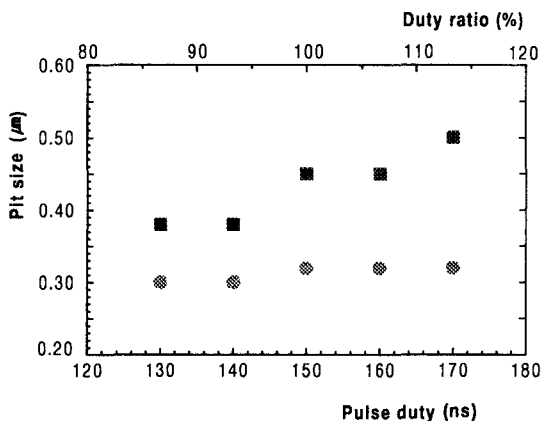


그림 6 Pulse duty 변화에 따른 3T pit 길이의 변동  
 ■: Pit length, ●: Pit width  
 Fig. 6 Relationship between pulse duty variation and 3T pit size.  
 Symbols ■, ● are the results of pit length and pit width respectively.

결과로는 스텝퍼 와 디스크의 평균값을 적용하였다. 그림6의 결과로부터 1T 신호의 reference clock에 해당하는 150ns(duty ratio 100%)에서의 pit length를 기준으로 볼 때 low pulse duty측은 짧은 pit length를, high pulse duty측은 긴 pit length를 보여, 제작 적용된 펄스폭 조정기가 정상 작동함을 확인 할 수 있으며, 그 결과는 duty의 변화에 따라 뚜렷한 경향을 보이며 변동함을 알 수 있다.

이상과 같은 작업을 통해 제작 및 측정된 disc에 있어서의 jitter value 의존성을 확인하기위해 사출성형 후의 디스크에 있어서의 특성을 DVD 전용 평가기로 측정한후 그 결과를 그림 7에 표기하였다. Pulse duty가 감소할수록 jitter 특성이 향상(low jitter value) 되는 것을 알 수 있다.

이것은 AFM 결과에서도 알 수 있듯이 pulse duty 감소에 의해 3T pit신호의 길이가 감소하고 그에 따라 3T신호에 대한 land pit 및 groove pit의 상대적인 비율변화에 의해 신호의 변환점 위치오차를 나타내는 jitter value가 감소한 것으로 pulse duty 130ns일 때가 최소 jitter를 나타내고 있다. Pulse duty가 120ns이하

인 경우는 land pit 및 groove pit의 길이가 DVD 규격(약 0.4μm부근) 이하로 짧아져, DVD신호특성 평가기의 jitter 평가 가능범위를 벗어나, 평가가 불가능 하였다. 이는 전기신호상의 low jitter value는 확보할 수 있으나 물리적 형상규격 범위를 벗어나 상업적 적용은 불가능함을 의미한다.

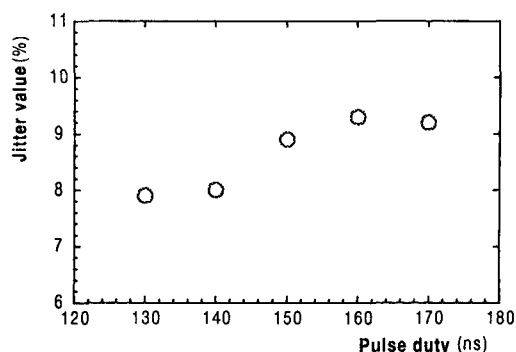
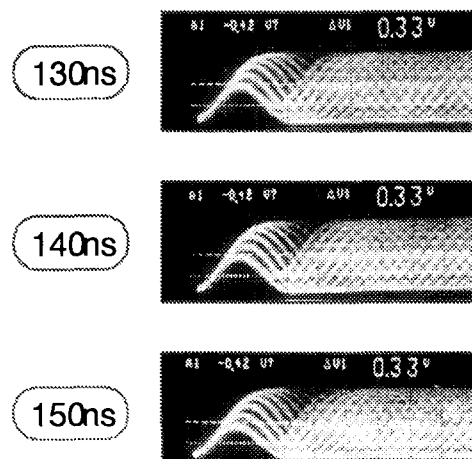


그림 7 Pulse duty 변화와 jitter value  
 Fig.7 Pulse duty dependence of Jitter value

이상의 결과로부터 DVD의 jitter value는 pulse duty 130ns일 때 가장 좋은 결과인 7.9%를 확보하였으며 이는 펄스폭을 조정하지 않은 경우에 비해 약 11% 저감된 결과이다. Pulse duty 변화에 따른 아이패턴을 그림 8에 표기하였다. 170ns의 pulse duty에서 보이는 바와 같이 신호중심의 하단부에 위치하는 신호의 중심점이 pulse duty가 감소할수록 상부로 이동하여 신호비대칭 현상이 사라지는 것을 알 수 있다.



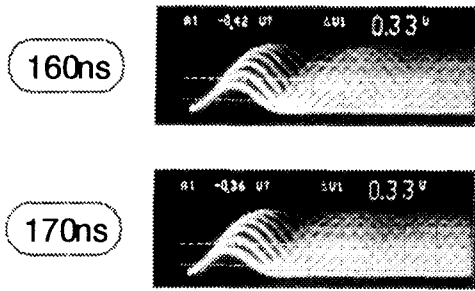


그림 8 각 pulse duty 에서의 eye pattern (3T~14T) 변화  
Fig.8 Eye pattern variations(3T~14T) on various pulse duty

### V. 결론

14개의 주요공정으로 진행되는 광디스크 제조공정에 있어서 타 공정의 공정변수 고정상태에서 단일 조작을 통해 jitter value를 저감시키려는 목적으로 펄스폭 조정기를 제작 적용하였다. 펄스폭 조정기는 selector, comparator 및 amp. 부로 구성되어 있으며, DVD 제조공정에 적용하여 7.9% 이하의 jitter value를 확보하였다. 또한 펄스폭 조정기와 기타공정의 변수조절을 직렬히 병행 적용하면 6.9% 내외의 jitter value를 균일히 유지할 수 있음을 아울러 확인하였다.

### 참고 문헌

- 1) M.Mori, K.Yamamoto, "High performance optical disk memory system", Proc. SPIE. 490, 6(1984)
- 2) Shuichi ohkubo, Mitsuya okada, and Michio murahata, "Improvement in jitter characteristics in mark edge recording for phase change media", Proc. ISOM/ODS'93, pp.71-74,(1993)
- 3) J. szlendak, "Optical Storage - The Customer's Perspective", Proc. ISOM/ODS'93, p.34, (1993)
- 4) 日經일렉트로닉스 편집부, "대용량 자기디스크 IBM 3370/3380과 개발업체의 대항기종", 日經일렉트로닉스, pp.106-119, 8(1981)
- 5) 後藤顯也, "광디스크 헤드와 드라이브", 트리캡스, pp165-182,(1989)

- 6) Ivan Andonovic and Deepak Uttamchandani, "Principles of modern optical systems", ARTECH HOUSE, pp.551-559(1989)
- 7) 홍기명, 임실목, "광자기 기록기술", 전기 전자재료학회지, pp.55-59, 12(1998)

### 저자 소개

임실목(Sil-mook Lim)

- 1978.3~1986.2 : 인하대학교 금속공학과 공학사  
 1987.4~1989.3 : 동경대학교 재료계학과 공학석사  
 1989.4~1992.3 : 동경대학교 재료계학과 공학박사  
 1992.4~1997.12 : 엘지종합기술원 책임연구원  
 1998.1~현재 : 한국산업기술대학교 신소재공학과 부교수  
 ※ 관심분야 : 박막재료 및 기능성 신소재



허창우(Chang-wu Hur)

- 1978.3~1982.2 : 광운대학교 전자공학과 학사  
 1982.3~1984.2 : 연세대학교 전자공학과 공학석사  
 1984.3~1991.2 : 연세대학교 전자공학과 공학박사  
 1986.9~1994.2 : 금성사 중앙연구소 선임연구원  
 1994.3~ 현재: 목원대학교 전자공학과 부교수  
 ※ 관심분야 : 반도체공학 및 VLSI 설계