

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.

G11B 7/24 (2006.01)

G11B 7/0045 (2006.01)

G11B 7/006 (2006.01)

B41M 5/26 (2006.01)

(45) 공고일자

2006년03월17일

(11) 등록번호

10-0561901

(24) 등록일자

2006년03월10일

(21) 출원번호	10-2004-7021554(분할)	(65) 공개번호	10-2005-0016670
(22) 출원일자	2004년12월29일	(43) 공개일자	2005년02월21일
(62) 원출원	특허10-2001-7012437		
	원출원일자 : 2001년09월28일	심사청구일자	2002년01월05일
번역문 제출일자	2004년12월29일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2000/003036	(87) 국제공개번호	WO 2000/72316
국제출원일자	2000년05월11일	국제공개일자	2000년11월30일

(81) 지정국
국내특허 : 아랍에미리트, 안티구와바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바르바도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 코스타리카, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 알제리, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬란드, 케냐, 키르기즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 세르비아 앤 몬테네그로, 남아프리카, 짐바브웨,

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 기니 비사우, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장
JP-P-1999-00138067 1999년05월19일 일본(JP)
JP-P-2000-00076514 2000년03월17일 일본(JP)

(73) 특허권자
미츠비시 가가쿠 메디아 가부시기가이샤
일본 도쿄도 미나토구 시바 5쵸메 31방 19고

(72) 발명자
노부꾸니나쓰코
일본 가나가와현 요코하마시 아오바구 가모시다쵸 1000반쵸 미쓰비시
가가쿠 가부시기가이샤 요코하마소고겐쵸 나이

호리에미찌까즈
일본 가나가와켄 요코하마시 아오바구 가모시다쵸 1000번쨌 미쓰비시
가가꾸 가부시킴가이사 요코하마소고켄꾸쇼 나이

(74) 대리인 특허법인코리아나

심사관 : 장현숙

(54) 광 데이터 기록 매체, 기록/소거 방법, 및 광 데이터 기록 매체를 제조하는 프로세스

요약

복수의 기록 마크 길이를 사용함으로써, 마크 기록 변조된 정보를 기록 매체상에 기록하는 광기록 방법. 광기록 방법은 하나의 기록마크의 시간적인 길이를 nT 로 표시하는 경우 (T 는 기준클록주기인 25 ns 이하이고, n 은 2 이상의 자연수),

(i) 기록마크의 시간적인 길이 nT 를

$$n_1T, \alpha_1T, \beta_1T, \alpha_2T, \beta_2T, \dots, \alpha_iT, \beta_iT, \dots, \alpha_mT, \beta_mT, n_2T$$

(m 은 펄스분할수; $\sum_i(\alpha_i + \beta_i) + n_1 + n_2 = n$; α_i ($1 \leq i \leq m$) 은 0 보다 큰 실수, β_i ($1 \leq i \leq m-1$) 은 0 보다 큰 실수; β_m 은 0 이상의 실수. n_1 및 n_2 는 각각 -2 와 2 사이의 실수) 의 순으로 분할하는 단계;

α_iT ($1 \leq i \leq m$) 의 시간 내에서 기록 전력 Pw_i 의 기록광을 조사하는 단계; 및

β_iT ($1 \leq i \leq m-1$) 의 시간 내에서 $Pb_i < Pw_i$, 및 $Pb_i < Pw_{i+1}$ 인 바이어스 전력 Pb_i 의 기록광을 조사하는 단계를 포함하고;

(ii) 기록 마크의 시간 길이 nT 의 n 에 따라서, m , α_i , β_i , n_1 , n_2 , Pw_i , 및 Pb_i 을 변경하는 단계;를 포함하고, 여기서, 펄스 분할수 m 은 적어도 1 기록 마크의 시간지속동안 2 이상이고, 모든 기록 마크의 시간길이 동안 $n/m \geq 1.25$ 을 만족한다.

대표도

도 1

색인어

광 기록 방법, 광 기록 매체, 마크 길이 변조

명세서

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명에 따른 기록펄스분할방식의 예와 기록펄스를 생성하는 예시방법을 설명하는 도이다.

도 2 는 종래 기록펄스분할방식을 설명하는 도이다.

도 3 은 상변환광기록매체내 기록된 마크의 형태와 반사률의 변화를 도시하는 모식도이다.

- 도 4 는 기록광이 상변환광기록매체의 기록층에 조사될 때, 온도이력의 예를 나타내는 도이다.
- 도 5 는 EFM 변조방식 신호의 재생파형 (eye 패턴) 의 모식도이다.
- 도 6 은 본 발명의 실시예에 따른 11T 마크동안 기록펄스의 분할방식의 예를 나타내는 도이다.
- 도 7 은 본 발명의 실시예 1 에서 α_1 과 마크시간길이간의 관계를 도시한 그래프이다.
- 도 8 은 본 발명의 실시예 1 에서 β_m 과 마크시간길이간의 관계를 도시한 그래프이다.
- 도 9 는 본 발명의 실시예 1에서 EFM 임의패턴용 기록펄스의 분할방식의 예.
- 도 10 은 본 발명의 실시예 1 에서 이론값에 대한 마크시간길이/사이시간길이의 측정값을 도시하는 그래프이다.
- 도 11 은 11T 마크/11T 사이에 대해서 기록펄스의 종래 분할방식의 예이다.
- 도 12 는 본 발명에 따른 펄스분할방식의 예를 나타내어 설명하는 도이다.
- 도 13 은 도 12 의 펄스분할방식의 게이트를 생성하는 타이밍을 도시하여 설명하는 도이다.
- 도 14 는 실시예 3 의 (1) 에서 펄스분할방식을 도시하여 설명하는 도이다.
- 도 15 는 실시예 3 의 (1) 에서 변조방식의 의존성을 도시하는 그래프이다.
- 도 16 은 실시예 3 의 (2) 에서 펄스분할방식을 도시하여 설명하는 도이다.
- 도 17 은 실시예 3 의 (2) 에서 마크길이 (-▲-) 와 사이길이 (-○-) 의 α_1 의존성을 도시하는 그래프이다.
- 도 18 은 실시예 3 의 (2) 에서 마크길이 (-▲-) 와 사이길이 (-○-) 의 β_1 의존성을 도시하는 그래프이다.
- 도 19 는 실시예 3 의 (2) 에서 마크길이 (-▲-) 와 사이길이 (-○-) 의 β_m 의존성을 도시하는 그래프이다.
- 도 20 은 실시예 3 의 (3) 에서 펄스분할방식을 도시하여 설명하는 도이다.
- 도 21 은 실시예 3 의 (3) 에서 마크길이 (-◇-), 사이길이 (-●-), 및 지터를 도시하는 그래프이다.
- 도 22 는 실시예 3 의 (4) 에서 펄스분할방식을 도시하여 설명하는 도이다.
- 도 23 은 실시예 3 의 (4) 에서 마크길이 (-◇-), 사이길이 (-●-), 및 지터를 도시하는 그래프이다.
- 도 24 는 본 발명에 따른 펄스분할방식의 예를 도시하여 설명하는 도이다.
- 도 25 는 실시예 4 에 따른 펄스분할과 얻어진 변조방식의 T_w/T 의 의존성의 예를 도시하여 설명하는 도이다.
- 도 26 은 본 발명의 실시예 4 에 따른 펄스분할방식의 예를 도시하여 설명하는 도이다.
- 도 27 은 변조방식과 지터의 전원의존성과 겹쳐쓰기의 횟수에 따른 지터의 의존성을 도시하는 도이다.
- 도 28 은 본 발명의 실시예 4 에 따른 펄스분할방식의 다른예를 도시하여 설명하는 도이다.

※ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 ※

Pw : 기록 전력 Pb : 바이어스 전력

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 광기록방법 및 광기록매체에 관한 것이다.

최근에 정보량이 증가하면서, 많은량의 데이터를 고속, 고밀도로 기록하고 재생가능한 기록매체의 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 광디스크가 부합할 것이라는 기대치가 증가하고 있다.

광디스크의 두가지 종류에는, 사용자에게 데이터를 한번만 기록하도록 하는 쓰기형 (write-once type) 과 사용자가 원하는대로 데이터를 기록하고 소거를 가능하게 하는 재기록가능형 (rewritable type) 이 있다. 재기록가능형 광디스크의 실시예에는 자기광 효과를 사용하는 자기광 기록매체와 가역적 결정상변화를 동반하는 반사율의 변화를 사용하는 상변화형 기록매체를 포함한다.

광디스크 기록의 원리는, 기록전원을 기록층에 인가하여 기록층의 온도를 소정의 임계온도 까지 또는 그 이상으로 높여서 데이터를 기록하는 물리적 또는 화학적 변화를 일으키는 것을 포함한다. 이 원리는, 피팅 (pitting) 또는 변형을 사용하는 재기록불능형 매체, 큐리점 부근에서 자기반전 (magnetic reversal) 을 사용하는 자기광 매체, 및 기록층의 비정질상과 결정상사이의 상변화를 사용하는 상변화 매체의 모두에 적용된다.

또한, 상변화 매체의 1-빔-겹쳐쓰기 능력 (동시에 소거하고 기록함) 을 사용하여, CD 와 DVD 와 호환되는 재기록가능한 컴팩트디스크 (CD-ReWritable 과 CD-RW) 와 재기록가능한 DVD 가 개발되었다.

최근의 거의 모든 광기록 매체는 기록밀도가 증가하는데 적합한 마크길이기록 (mark length recording) 방법을 사용하고 있다.

마크길이기록방법은 마크의 길이와 사이의 길이를 변화시켜 데이터를 기록하는 방법이다. 사이의 길이만 변화시키는 마크 위치기록방법과 비교하면, 이 방법은 기록밀도를 증가시키는데 더 적합하고 1.5 배 만큼 기록밀도가 향상될 수 있다. 그러나, 정확하게 데이터를 재생하는것은 마크의 시간길이를 엄밀하게 검출하는 것하는 것이므로, 마크에지 (mark edge) 의 모양을 정밀하게 제어하는 것이 요구된다. 또한, 짧은마크에서 긴마크까지의 서로다른 길이를 가진 복수의 마크 종류를 형성하는 것은 또다른 어려움이다.

다음의 설명에서는, 마크의 공간길이는 마크길이로, 마크의 시간길이를 마크 시간길이로 언급된다. 기준클럭주기를 결정할 때, 마크길이와 마크시간길이는 일대일대응한다.

마크길이기록에서, nT 마크 (nT 의 마크시간길이를 가진 마크로서, 여기서 T 는 데이터의 기준클럭주기이고 n 은 자연수임) 를 기록할 때, nT 의 시간길이 또는 미세하게 조정된 길이를 가진 구형파 (square wave) 의 기록전원을 간단하게 조사하는 것은, 각각의 마크의 전단과 후단에서 온도분포가 다르게하는 결과를 가져오고, 다음에 특히 후단부에 열이 축적되고, 비대칭한 형상을 가진 마크가 넓게 형성된다. 이것은 마크길이를 정밀하게 제어하는데 그리고 마크에지의 변화를 억제하는데 어려움을 증가시킨다.

마크의 모양을 균일하게 하기 위해서, 짧은마크에서 긴마크까지의, 기록펄스의 분할과 오프펄스의 사용 등의 여러 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어, 다음의 기술은 상변화매체를 이용한다.

즉, 비정질마크의 형상을 조절하기 위해서 기록펄스를 분할한다 (JP-A 62-259229, JP-A 63-266632). 또한 이런 시도는 겹쳐쓰기할 수 없는 재기록불능매체를 사용한다. 또한, 마크형 보상방법으로 오프펄스가 넓게 사용된다 (JP-A 63-22439 등).

다른 제안된 방법에는, 마크길이와 마크시간길이를 조절하기 위해서 기록펄스의 후미를 일부러 둔하게하는 방법 (JP-A 7-37252), 기록펄스조사시간을 이동시키는 방법 (JP-A 8-287465), 다중펄스기록방법에서 마크기록작동시 바이어스전원값을 마크기록 또는 마크소거 사이의 바이어스전원값과 다르게 하는 방법 (JP-A 7-37251), 및 선속도에 따른 냉각시간을 제어하는 방법 (JP-A 9-7176) 이 있다.

상기 펄스분할접근에 기초한 기록방법은 자기광기록매체와 재기록불능형 광기록매체에서도 사용된다. 자기광형매체와 재기록불능형매체에서, 이러한 접근은 열이 일부에 남는 것을 방지하는 것을 목적으로 한다. 상변화매체에서, 이 접근은 재결정화를 방지하는 부가적인 목적도 있다.

마크길이변조기록의 일반적인 예는, EFM (Eight-Fourteen Modulateion) 변조방식을 사용하는 CD 호환매체, 8-16 변조방식의 EFM+ 변조방식을 사용하는 DVD 호환매체, (1, 7)-RLL-NRZI (Ruu-Length Limited Non-Return to Zero Inverted) 변조방식을 사용하는 자기광기록매체를 포함한다. EFM 변조방식은 3T 내지 11T 까지의 마크를 제공하고, EFM+ 변조방식은 3T 내지 14T 까지의 마크를 제공하고, (1, 7)-RLL-NRZI 변조방식은 2T 내지 8T 의 마크를 제공한다. 이들중, EFM+ 변조방식과 (1, 7)-RLL-NRZI 변조방법은 고밀도마크길이 변조방식기록용 변조방법으로 알려져있다.

CD 등의 마크길이 변조방식 기록매체용 기록펄스분할방식에 대해서, 다음의 방법이 넓게 사용된다.

즉, 기록되는 마크가 시간길이 nT (T 는 기준클럭주기이고, n 은 2 이상의 자연수임) 를 갖는 경우에, 시간 $(n - n_1)T$ 은

$$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T$$

으로 분할된다 (여기서 $\sum \alpha_i + \sum \beta_i = n - n_1$; n_1 는 0 내지 2 사이의 실수, m 은 $m = n - k$ 를 만족하는 수, k 는 1 또는 2 임). 기록펄스부분으로서 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 의 시간동안, 기록전원 P_w 을 가진 기록광을 조사한다. 오프펄스부분으로 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 의 시간동안, P_w 미만의 바이어스전원 P_b 을 가진 기록광을 조사한다.

도 2 는 본 기록방법에서 사용되는 기록광의 전원패턴을 나타내는 모식도이다. 도 2a 에 도시된 길이의 마크를 형성하기 위해서, 도 2b 에 도시된 패턴을 사용한다. nT (T 는 기준클럭주기, n 은 마크길이 변조방식 기록에 사용되는 마크길이이며 정수임) 의 길이를 마크길이 변조방식으로 마크를 형성할 때, $(n - n_1)T$ 를 $m = n - k$ (k 는 1 또는 2) 기록펄스 (도 2b 의 경우에, $k = 1, n_1 = 0.5$) 로 분할하고, 각각의 기록펄스폭을 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 으로 설정하고, 다음으로 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 의 오프펄스부분으로 설정한다. 기록시 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 부분에서, 기록전원 P_w 을 가진 기록광을 조사하고, $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 부분에서 바이어스전원 P_b ($P_b < P_w$) 를 조사한다. 이번에는, 마크길이의 검출시 정확한 nT 마크를 얻을 수 있는 것을 확인하기 위해서, $\sum \alpha_i + \sum \beta_i$ 를 n 보다 약간 작게 설정할 수 있고, 다음으로 $\sum \alpha_i + \sum \beta_i = n - n_1$ (n_1 는 $0.0 \leq n_1 \leq 2.0$ 사이의 실수임) 설정한다.

즉, 종래기술에서, nT 마크를 형성하기 위해서 조사된 기록광을 분할할 때, 기록펄스를 m 조각 ($m = n - k$, 여기서 k 는 1 또는 2 임) 으로 분할할 수 있고, m 은 n 에서 k 를 균일하게 빼서 얻어지고 (JP-A 9-282661 에 기재된 바와 같음), 기록펄스의 분할수 m 에서 그후 소정의 수를 빼서, 마크시간길이를 정확하게 제어한다 (다음에서, 이러한 펄스분할방식은 "n-k 분할"방식으로 언급된다).

통상적으로, 밀도 또는 속도가 증가하면, 기준클럭주기 T 는 감소한다. 예를 들어, 다음의 경우에 T 가 감소한다.

(1) 기록용량을 증가시키기 위해서, 기록밀도를 강화시킬 때:

마크길이와 마크시간길이 줄어드면서, 밀도는 증가한다. 이 경우에, 기준클럭주기 T 를 감소시키기 위해서, 클럭주파수가 증가될 필요가 있다.

(2) 데이터 전송률을 증가시키기 위해서, 기록선속도가 증가될 때:

재기록가능한 CD 와 DVD 의 고속기록시, 기준클럭주기 T 를 감소시키기 위해서, 클럭주파수를 증가시킨다. 예를 들어, 재기록가능한 컴팩디스크 등의 CD계 매체에서, 1배속작동시 (선속 1.2-1.4 m/s) 기준클럭주기 T 는 231 nanoseconds 이지만, 10배속작동시 기준클럭주기 T 는 23.1 ns 으로 매우 짧아진다. DVD계 매체에서, 1배속작동시 (3.5 m/s) 기준클럭주기 T 는 38.2 ns 이고, 2배속작동시 T 는 19.1 ns 이다.

(1) 과 (2) 에서 보여지듯이, 대용량 광디스크와 데이터전송률이 빠른 CD 와 DVD 에서, 기준클럭주기 T 는 매우 짧다. 결과적으로, 기록펄스부분 $\alpha_1 T$ 와 오프펄스부분 $\beta_1 T$ 도 짧아지는 경향이 있다. 이러한 환경에서, 다음의 문제가 발생한다.

(문제 a)

기록펄스부분 $\alpha_1 T$ 은 너무 짧아서, 조사광 특히, 레이저의 상승/하강 에지속도가 따라갈 수 없다. 상승시간은, 설정값에 도달하도록 레이저 등의 조사광의 조사전원으로 얻어진 시간이고, 하강시간은, 설정값 내지 완전오프레벨 사이로 하강하도록 레이저 등의 조사광의 조사전원으로 얻어진 시간이다. 현재, 상승 및 하강시간은 각각 약 2-3 ns 걸린다. 따라서, 펄스폭은 15 ns 미만일 때, 예를 들어, 실질적으로 필요한 전원을 조사하는 광에 걸리는 시간은 몇 ns 이다. 또한, 펄스폭이 5 ns 미만일 때, 조사전원은 설정값에 도달하기 전까지 하강하기 시작하여, 기록층의 온도가 충분히 올라가지 않아서, 소정의 마크크기를 형성하는데 실패하게 된다. 신호원과 레이저빔의 응답속도한계의 문제는 광원과장, 기관/막 표면상에 조사하는 방법, 또는 다른 기록방법의 개량으로 다루질 수 없다.

(문제 b)

오프펄스부분 $\beta_1 T$ 가 좁을 때, 기록매체는 냉각시킬 충분한 시간을 가질 수 없고, 오프펄스부분이 제공되더라도 오프펄스 기능 (냉각속도제어기능) 은 작동하지 않고, 열이 마크의 후단부에 집적되고, 마크의 올바른 형상의 형성을 불가능하게 만든다. 마크길이가 증가할수록, 이 문제는 더 심각해진다.

이 문제는 예로서 상변화매체를 사용하여 설명될 수 있다.

현행 상변화매체는 일반적으로 결정부분을 미기록상태 또는 소거상태로 하고, 비정질부분을 기록상태로 한다. 비정질마크를 형성하는 것은 기록층의 미세영역상에 레이저를 조사하여, 미세영역을 용융시키고 빨리 냉각시켜 비정질마크를 형성시킨다. 예를 들어, 도 3a 에 도시된 바와 같이, 오프펄스부분이 전혀없는 기록전원의 사각형파 (rectangular waveform) 를 사용하여, 긴마크 (CD 포맷을 기록하는 EFM 변조방식에 기초한 약 5T 초과의 마크) 를 형성하고, 도 3b 에 도시된 바와 같이, 좁은 후단을 가진 비정질마크를 형성하고, 도 3c 에 도시된 바와 같이, 왜곡재생과형이 관찰된다. 이것은 긴마크의 후단부에서 특히, 열이 전방에서 열확산으로 축적되기 때문에, 후단부의 용융부가 넓어지나, 냉각속도는 현저하게 감소되어, 용융부가 재응고시 재결정화되도록 한다. 이러한 경향은 기록시 속도가 감소되면서 뚜렷해지는데, 기록층의 냉각속도가 선속도가 감소하면서 느려지기 때문이다.

반대로, 냉각속도가 너무 빨라서 재결정화가 거의 무시할 만 하다면, 긴마크를 기록할 때, 도 3d 에 도시된 바와 같이, 두꺼운 후단인 비정질마크가 형성되고, 도 3e 에 도시된 바와 같이, 왜곡재생과형이 형성된다. 이것은 다음에서 설명될 것이다. 긴마크의 후단에서 특히, 열은 전방에서 열확산으로 축적되어, 후단부에서 용융부를 확장시키고, 용융부의 모양을 상대적으로 정밀한 비정질마크의 형상으로 변형시키는데, 냉각속도가 전영역상에서 상대적으로 빠르기 때문이다.

복수의 오프펄스부분이 분산되지 않고 적절하게 전마크길이상에서 사용될 때, 정도의 차는 있지만, 도 3b 와 도 3d 에 도시된 바와 같이, 마크의 어딘가는 재결정화가 현저해져서, 비정질 긴마크의 좋은 형성을 방지하고 재생과형의 왜곡을 일으킨다.

오프펄스부분을 삽입하는 것은 긴마크의 전단과 후단사이의 기록층의 시간의 온도변화를 급하게 만들어서, 기록시 재결정화때문에 마크의 열화를 방지한다.

그러나, 상기된 밀도와 속도의 증가로인해 기준클럭주기 T 가 더 짧아지면서, 종래방식으로 제공된 오프펄스부분을 가지고도 급냉을 달성되기 어려워져서, 마크의 전반부가 재결정화되는 결과를 가져온다.

예를 들어, CD-RW, 상변화형 재기록가능 컴팩디스크 상에 시간길이 4T 를 가진 마크를 종래 n-k 분할방식으로 ($k = 1$) 기록될 때, 비정질마크를 형성하는 공정시에는,

$\alpha_1T, \beta_1T, \alpha_2T, \beta_2T, \alpha_3T, \beta_3T$

의 펄스를 조사한다.

여기서, 마크의 시단부는 기록펄스 α_1T 를 조사하여 용융시키고, 후속 α_2T, α_3T 를 조사하여 발생한 열을 마크의 전단부로 전도시킨다. 도 4 는 마크시단의 온도이력의 모식도이고, 도 4a 는 저선속도의 경우, 도 4b 는 고선속도의 경우이다. 각각의 경우에, $\alpha_1T, \alpha_2T, \alpha_3T$ 로 인한 3개의 온도상승공정과 $\beta_1T, \beta_2T, \beta_3T$ 으로 인한 냉각공정이 관찰된다.

저선속도의 경우에, 도 4a 에 도시된 바와 같이, 냉각층의 온도가 결정화 온도이하로 하강되는 동안에 β_1T, β_2T 에서 충분한 냉각시간이 주어진다. 그러나, 고선속도의 경우에, 기준클럭주기 T 가 선속에 반비례하여 감소하기 때문에, 도 4b 에 도시된 바와 같이, α_1T 에 의해 용융된 기록층은 결정화 온도범위이하에서 냉각없이 다음 α_2T 에 의해서 가열되고, α_3T 에 의해서 더 가열된다. 결정온도범위내의 기록층에 머무르는 시간은 저선속도의 $T_1+T_2+T_3$ 보다 고선속도의 $T_4+T_5+T_6$ 에서 훨씬 길고, 따라서 재결정화가 고선속도에서 더 잘 일어난다는 것을 이해할 수 있다. 상변화기록층으로 사용되는 SbTe 공정 조성 (eutectic composition) 에 가까운 조성을 가진 합금에서, 결정은 비정질/결정 경계에서 성장하기 쉽고, 따라서 재결정화는 마크의 외부영역에서 더 쉽게 발생한다. 여기서, 저속은 약 10배속 ($T = 23.1$ ns 미만) 미만이고, 고속은 약 10배속 이상이다.

상기된 바와 같이, 상변화매체에서, 밀도와 속도가 증가되기 때문에, 기준클럭주기 T 가 짧아지고, 재결정화는 종래 펄스 분할방식으로 발생하기 쉽고, 긴마크의 중앙부에서 변조방식의 필요정도가 발생하는데 실패하는 심각한 문제를 일으킨다.

결정영역에서 비정질마크를 기록하는 상변화매체는, 고선속에서 통상적으로 쉽게 충분한 냉각속도를 확보하여 비정질고체를 형성하지만, 결정화시간을 확보하는 것은 어렵다. 따라서, 상변화매체는 종종 쉽게 결정화되는 조성의 기록층 즉, 쉽게 재결정화가능한 조성의 기록층을 사용한다. 따라서, 냉각효과를 향상시키기 위해서는 오프펄스부분을 증가시키는 것이 중요하지만, 고선속시 오프펄스부분은 반대로 짧아진다.

상변화매체의 밀도를 증가시키는 빔직경을 감소시키기 위해서 레이저원의 파장이 감소되거나 개구수 (numerical aperture) 가 증가될 때, 유사한 문제가 발생한다. 예를 들어, 780 nm 의 파장을 가진 레이저와 $NA = 0.50$ 의 개구수를 가진 레이저를 400 nm 의 파장과 0.65 의 개구수를 가진 레이저로 변환시키는 경우, 빔직경은 약 1/2 로 줄어든다. 이번엔, 빔내의 에너지분포는 급경사가 되어서 가열부분은 쉽게 냉각되고, 비정질마크가 쉽게 형성될 수 있다. 그러나, 이것은 기록층이 결정화하기 더 어렵게한다. 이 경우에도, 냉각효과를 증가시키는 것이 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 전술한 문제를 해결하기 위해서 수행되었다. 본 발명의 목적은, 고밀도기록과 고속기록에 적합한 짧은 클럭주기를 사용하여 마크길이 기록시 적합한 방법으로 기록을 수행할 수 있는 방법에 적합한 광기록방법과 광기록매체를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 발명자는 상기 목적이 종래 분할수에서 펄스분할방식내의 분할수 m 을 감소시킴으로써 실현될 수 있다.

한 측면에서 보면, 본 발명은 복수의 기록마크길이를 기록매체에 조사함으로써 마크 길이변조 정보를 기록하는 광기록방법을 제공하는 것이고, 광기록방법은 다음의 단계로 구성되어 있다.

기록마크의 시간길이가 nT 일 때 (T 는 25 ns 이하의 기준클럭주기이고, n 은 2 이상의 자연수임),

기록마크 nT 의 시간길이를

$n_1T, \alpha_1T, \beta_1T, \alpha_2T, \beta_2T, \dots, \alpha_iT, \beta_iT, \dots, \alpha_mT, \beta_mT, n_2T$

의 순으로 분할하는 단계 (m 은 펄스분할수; $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) + \eta_1 + \eta_2 = n$; α_i ($1 \leq i \leq m$) 는 0 초과와 실수이고, β_i ($1 \leq i \leq m-1$) 는 0 초과와 실수이고, β_m 은 0 이상의 실수이고, η_1 과 η_2 는 -2 내지 2 사이의 실수임);

바이어스전원은 $Pb_i < Pw_i$ 및 $Pb_i < Pw_{i+1}$ 이고, $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 의 시간동안에 기록전원 Pw_i 인 기록광을 조사하고, $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$) 시간동안 바이어스전원 Pb_i 인 광을 조사하는 단계를 포함하고,

1개 이상의 기록마크의 시간동안 펄스분할수 m 은 2 이상이고, 모든 기록마크의 시간동안 $n/m \geq 1.25$ 인 것을 특징으로 하는 광기록방법이 있다.

다른 측면에서 보면, 본 발명은 광기록방법으로 기록된 상변환형 광기록매체를 제공하고, 상변환형 광기록매체는 $M_zGe_y(Sb_xTe_{1-x})_{1-y-z}$ 합금 (여기서 $0 \leq z \leq 0.1$, $0 < y \leq 0.3$, $0.8 \leq x$; 및 M 은 In, Ga, Si, Sn, Pb, Pd, Pt, Zn, Au, Ag, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Co, Mo, Mn, Bi, O, N 및 S 중 1개이상임) 을 포함한다.

이하, 본 발명을 참조도면으로 자세하게 설명한다.

본 발명의 광기록방법은 펄스분할방식내 분할수를 감소시키고, 즉, 기록광의 각 펄스를 길게하여 광기록매체의 광조사부분의 가열시간을 레이저펄스의 응답속도에 대해서 충분히 길게하고, 또한 광조사부분의 냉각시간을 충분히 길게한다. 이것으로 25 ns 이하의 클럭주기로 만족할만한 마크길이기록을 가능하게 한다.

구체적으로, 기록마크의 시간길이를 nT (T 는 25 ns 이하의 기준클럭주기이고, n 은 2 이상의 자연수임) 라고 가정하자. 기록마크의 시간길이 nT 는

$$\eta_1 T, \alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T, \eta_2 T$$

(m 은 펄스분할수; $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) + \eta_1 + \eta_2 = n$, α_i ($1 \leq i \leq m$) 은 0 초과와 실수, β_i ($1 \leq i \leq m-1$) 은 0 초과와 실수, β_m 은 0 이상의 실수, η_1 과 η_2 는 -2 이상의 실수, 바람직하게는 0, 그리고 2 이하의 실수임) 의 순서로 분할된다.

시간길이 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 에서, 기록전원 Pw_i 를 가진 기록광을 조사하고, 시간길이 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 에서, $Pb_i < Pw_i$ 및 $Pb_i < Pw_{i+1}$ 의 관계를 가진 바이어스전원 Pb_i 를 가진 기록광을 조사한다. 1개 이상의 기록마크의 시간길이에 관해서는, 상기 펄스분할수 m 을 2 초과하여 설정하고, 모든 기록마크의 시간길이에 관해서는, $n/m \geq 1.25$ 로 설정한다.

즉, 종래 $n-k$ 분할방식은 펄스분할수 m 을 $n-k$ (k 는 1 또는 2) 와 동일하게 설정하였으나, 본 발명은 다른 관점에서 펄스분할수 m 을 정의한다.

본 발명에서, 1개 이상의 기록마크에 관해서, 상기 펄스분할수 m 을 2 이상으로 설정한다. 그러나, 모든 nT 마크 (nT 의 시간길이를 가진 마크, T 는 기준클럭주기, n 은 2 이상의 자연수임) 에 대한 펄스분할을 수행할 필요가 없다는 것에 주목해야 한다. $2T$, $3T$, $4T$ 등의 짧은마크에서, 열축적의 문제는 상대적으로 작지만, 펄스분할을 따라갈 수 없는 펄스의 응답속도는 더 심각한 문제를 야기한다. 따라서, 기록전원 Pw 를 가진 광기록의 한 펄스를 조사하거나, 기록전원 Pw 를 가진 광기록의 한 펄스와 바이어스전원 Pb 를 가진 광기록의 한 펄스를 조사하는 것이 바람직하다.

본 발명에서, 모든 기록마크의 시간길이에 대해서, $n/m \geq 1.25$ 라고 하자.

η_1 과 η_2 둘다 0 이라고 가정하자. 그러면 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) / m = n/m$ 이기 때문에, n/m 값은 $(\alpha_i + \beta_i)$ 의 평균길이에 대응하고, $(n/m)T$ 값은 분할펄스의 평균주기에 대응한다.

종래 n-k 분할방식에서, $m = n - k$ 이고 k 는 1 또는 2 로 고정하여, $n/m = n/(n-1)$ 또는 $n/m = n/(n-2)$ 이도록 한다. 이 값은 n 이 증가하면서 감소한다. 따라서, 가장 긴마크시간길이를 $n_{\max}T$ 로 한다면, n/m 은 $n_{\max}$ 에 대해서 최소가 된다. 즉, 분할펄스의 평균주기가 가장 짧은마크에 대해서는 가장 길어지고, 가장 긴마크에 대해서는 가장 짧아지기 때문에, $\alpha_i T$ 와 $\beta_i T$ 는 가장 긴마크에 대해서 가장 짧아진다.

예를 들어, EFM 변조방식에서, $n = 3 \sim 11$ 및 $k = 2$ 이기 때문에,

$$(n_{\max}/m) = 11/(11-2) = \text{약 } 1.22 \text{ 이고,}$$

유사하게, EFM + 펄스변조 에서, $n = 3 \sim 14$ 및 $k = 2$ 이기 때문에,

$$(n_{\max}/m) = 14/(14-2) = \text{약 } 1.16 \text{ 이고,}$$

(1, 7)-RLL-NRZI 펄스변조에서, $n = 2 \sim 8$ 및 $k = 1$ 이기 때문에,

$$(n_{\max}/m) = 8/(8-1) = \text{약 } 1.14 \text{ 이다.}$$

상기에 나타난 바와 같이, 종래방식에서 n/m 의 값은 약 1.22, 1.16, 1.14 이다. 기준클럭주기 T 가 약 25 ns 보다 짧게 되는 경우, 가장 긴마크의 분할펄스의 평균주기는 통상적으로 25 ns 미만이고, 기록펄스부분 $\alpha_i T$ 의 평균값 또는 오프펄스부분 $\beta_i T$ 의 평균값은 12.5 ns 미만이다. 이것은 1개이상의 i 에 대해서, $\alpha_i T$ 또는 $\beta_i T$ 중 어느 1개는 12.5 ns 미만이라는 것을 의미한다. 또한, 클럭주기 T 가 약 20 ns 이하인 경우에, $\alpha_i T$ 또는 $\beta_i T$ 중 어느 1개는 더 작아진다.

상기 설명에서, 특히 α_i 또는 β_i 이 평균보다 더 길어지면, α_i 또는 β_i 은 더 짧아지게 됨을 의미하고, 사실은 α_i 또는 β_i 중 어느 1개는 더 작아지도록 남는다.

더 정확하게 설명하기 위해서, n-k 분할방식에서 $\sum (\alpha_i + \beta_i)$ 는 n 과 동일할 필요가 없고, $n - n_i$ ($n_i = 0$ 또는 2) 와 동일할 수 있다. 이 경우에 있어서, α_i 와 β_i 의 평균값은 더 작아지고, 문제가 더 심각해진다.

본 발명의 광기록방법에서, 짧은마크에서 긴마크까지의 모든 기록마크의 시간길이에 대해서 m 은 $n/m \geq 1.25$ 의 조건을 만족하도록 설정한다. 결과적으로, α_i 와 β_i 의 길이는 충분히 길게된다. 예를 들어, 기록펄스부분 $\alpha_i T$ 와 오프펄스부분 $\beta_i T$ 를 통상적으로 0.5T 보다 조금 더 길게 설정하여, 기록층을 충분히 가열하고 동시에 후속 펄스에서 공급되는 열에 제한하고 따라서 충분한 냉각효과를 생성할 수 있다.

마크가 특히 긴 경우에, 마크의 형태는 축척된 열로 쉽게 변형시킬 수 있다. 따라서, 시간길이에 마크 7T 또는 더 길면, n/m 은 1.5 이상으로 설정하는게 바람직하다. 물론, 짧은마크 6T 또는 더 짧으면, n/m 을 1.5 이상으로 설정하고, 더 바람직하게는 1.8 이상으로 설정한다.

그러나, n/m 값이 너무 커서 열축적이 증가하기 때문에, n/m 은 통상적으로 바람직하게는 4 이하로 설정하고, 더 바람직하게는 3 이하로 설정한다.

본 발명의 광기록방법은 기준클럭주기 T 가 감소하면서 더 큰 효과를 발생시키고, 기준클럭주기를 바람직하게는 20 ns 이하로 또는 더 바람직하게는 15 ns 이하로 설정한다. 매우 짧은 클럭주기는 실용적으로 달성하기 어렵고, 클럭주기는 0.1 ns 이상으로, 바람직하게는 1 ns 이상으로, 더 바람직하게는 3 ns 이상 되는 것이 바람직하다. 클럭주기 T 가 감소하면서, n/m 의 최소값이 증가하는 것이 바람직하다.

본 발명의 기록마크는 기록매체내에서 연속적으로 형성되고 광학적으로 다른부분과 구별가능한 물리적 마크로서 인식된다. 즉, 본 발명은 재생산시스템으로 처리하여도 $n/m \geq 1.25$ 의 조건을 만족하고 단일 긴마크로서 인식되는 종래 n-k 분할방식의 2T, 3T, 4T 마크를 결합하지 않는다. 그러나, 본 발명에서, 기록마크는 재생광의 광학분해능 이하인 복수의 물리적 마크를 형성할 수 있다. 재생광 집속용 대물렌즈의 개구수를 NA 로 하고, 재생광의 파장을 λ 로 하면, 물리적 마크가

0.2 (λ/NA) 이상이 되도록 서로의 간격을 두었을 때, 물리적 마크는 분리된 마크로 광학적으로 구별될 수 있다. 따라서, 복수의 물리적 마크를 사용하는 기록마크를 형성하는 경우, 물리적 마크는 서로서로 0.2 (λ/NA) 내에서 간격을 두는 것이 바람직하다.

본 발명에서, α_i , β_i , n_1 , n_2 , P_w 및 P_b 등의 분리펄스와 관련된 매개변수는 마크길이와 i 에 따라서 요구되는 만큼 변할 수 있다.

또한, 본 발명에서, 조사광의 응답능력을 확보하는 것으로, 기록펄스부분 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$)의 평균값과 오프펄스부분 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$)의 평균값 2개는 3 ns 이상되게, 바람직하게는 5 ns 이상되게, 더 바람직하게는 10 ns 이상되는 것이 바람직하다. 더 바람직하게는, 각각의 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$)와 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$)을 3 ns 이상되게 또는 5 ns 이상으로, 더 바람직하게는 특히 10 ns 이상되게 설정한다. 기록공정시 일반적으로 사용되는 레이저빔 전원의 상승시간과 하강시간은 최소 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$)과 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$)의 50 % 미만으로 설정하는 것이 바람직하다.

본 발명에서, β_m 을 0을 설정하여 $\beta_m T$ 의 마지막 오프펄스부분동안 광조사할 수 없도록하여도, 마크의 후단에서 열축적 문제가 크다면, $\beta_m T$ 가 제공되는 것이 바람직하다. 이 경우에, $\beta_m T$ 을 일반적으로 3 ns 이상되게, 바람직하게는 5 ns 이상되게, 더 바람직하게는 10 ns 이상되게 설정하는 것이 바람직하다.

기록펄스부분 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$)이 3 ns 이상이고, 특히 5 ns 이상인 경우에, 기록광의 상승/하강 에지의 문제가 있음에도 불구하고, 기록에 필요한 조사에너지는 기록전원 P_{w_i} 를 증가시킴으로써 확보될 수 있다.

반면에, 오프펄스부분 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$)은 또한 3 ns 초과하고, 특히 5 ns 이상인 경우에, 냉각효과는, 트래킹서보 (tracking servo) 또는 다른 것에 해롭지 않은 한 거의 재생광전원 P_r 까지 또는 0까지 바이어스전원 P_b 를 감소시킴으로써 확보될 수 있다.

더 큰 냉각효과를 얻기위해서, 기록마크의 시간길이와 관계된 $\sum_i (\alpha_i)$ 을 0.6 ns 이하로, 특히 0.5 ns 이하로 설정하는 것이 바람직하다. 더 바람직하게는, $\sum_i (\alpha_i)$ 을 0.4 ns 이하로 설정한다. 즉, 기록펄스부분 $\sum_i (\alpha_i T)$ 의 합을 $\sum_i (\beta_i T)$ 보다 더 짧게 설정하여, 각각의 마크에서 오프펄스부분을 더 길게한다. $i = 2$ 내지 $m-1$, $\alpha_i T \leq \beta_i T$ 의 모든 i 에 대해서, 즉, 적어도 제 2 펄스 $\beta_1 T$ 의 후속 기록펄스트레인 (recording pulse train)은 더 길어진다.

본 발명의 기록방법에서, 기록펄스부분 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$)과 오프펄스부분 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$)의 값에 따라서 α_i ($1 \leq i \leq m$)과 β_i ($1 \leq i \leq m-1$)의 값을 적당하게 설정하고, 통상적으로 0.01 이상되게, 바람직하게는 0.05를 이상되게 그리고 5 이하로, 바람직하게는 3 이하로 설정한다. β_i ($1 \leq i \leq m-1$)의 값이 너무 작으면 불충분한 냉각효과를 가져오므로, 0.5 이상되게, 특히 1 이상되게 설정하는 것이 바람직하다. 반면에, β_i 의 값이 너무 크면 과도하게 냉각되어 기록마크가 광학적으로 분리되는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 2.5 이하로, 특히 2 이하로 설정하는 것이 바람직하다. 이 설정의 효과는, 마크의 전단의 형상에 큰 영향을 주는 제 1 오프펄스부분 $\beta_1 T$ 에서 특히 크게 나타난다.

상기된 것은 마크의 후단의 형상에 큰 영향을 주는 마지막 오프펄스부분 $\beta_m T$ 로 언급될 수 있다. 그러므로, β_m 은 통상적으로 0.1 이상으로 설정하고, 바람직하게는 0.5 이상으로, 더 바람직하게는 1 이상으로, 그리고 2.5 이하로, 바람직하게는 2 이하로 설정한다. 시작 펄스부분 $\alpha_1 T$ 과 마지막 펄스부분 $\alpha_m T$ 사이의 중간펄스부분 (그룹) $\alpha_i T$ 의 변환주기는 회로를 간단하게 하기위해서 상수로 설정하는 것이 바람직하다. 구체적으로, $(\alpha_i + \beta_i) T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 또는 $(\alpha_i + \beta_{i-1}) T$ ($2 \leq i \leq m-1$)을 1.5T, 2T, 또는 2.5T로 설정하는 것이 바람직하다.

본 발명에서, 오프펄스부분 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$)동안 기록광전원 P_{b_i} 을 기록펄스부분 $\alpha_i T$ 와 $\alpha_{i+1} T$ 동안 조사된 기록광의 전원 P_{w_i} 와 $P_{w_{i+1}}$ 보다 더 작게 설정한다. 큰 냉각효과를 얻기위해서는, 모든 기록마크의 시간길이동안 $P_{b_i} < P_{w_i}$ 으로

설정하는 것이 바람직하다. 더 바람직하게는 $Pb_i/Pw_i \leq 0.5$ 이고 더욱 바람직하게는 $Pb_i/Pw_i \leq 0.2$ 이다. 바이어스전원 Pb 는 재생시 조사되는 광의 전원 Pr 과 동일하게 설정할 수 있다. 이것은 펄스분할시 요구되는 분할펄스회로의 설정을 간단하게 한다.

특히 기록마크의 시간길이동안, 2개이상 서로다른 Pb_i 및/또는 Pw_i 값은 i 에 따라서 사용될 수 있다. 특히, 시작 기록펄스부분 $\alpha_1 T$ 와 마지막 기록펄스부분 $\alpha_m T$ 에서 사용되는 기록전원 Pw_1 과 Pw_m 를 중간 기록부분 $\alpha_i T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 에서 사용되는 기록전원 Pw_i 와 다른 값으로 설정하는 것은 마크의 전단과 후단의 형성을 제어할 수 있다. 중간기록펄스부분 $\alpha_i T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 에서 기록전원 Pw_i 를 분할펄스회로의 설정을 간단하게 하면서 가능한 실용적으로 동일하게 설정하는 것이 바람직하다. 유사하게, 오프펄스부분 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$) 내의 바이어스파워 Pb_i 를 특정이유가 없는한 가능한 실용적으로 동일값으로 모두 설정하는 것이 바람직하다. 서로 다른 n 의 2개 이상의 기록마크는 동일한 i 에 대해서 Pw_i 및/또는 Pb_i 의 서로다른 값을 가지도록 한다.

본 발명에서, 기록마크를 형성하지않는 마크사이에 광전원을 조사하는데 한계가 있지만, 조사광은 $Pb_i \leq Pe < Pw_i$ 인 전원 Pe 를 가지는 것이 바람직하다. 재기록가능한 기록매체에서, 전원 Pe 는 기록마크를 소거하는데 사용되는 소거전원이다. 이 경우에, $(n - (\eta_1 + \eta_2))T$ 부분동안, 바이어스전원 Pb_i 이상의 전원과 소거전원 Pe 이하의 전원을 가진 광을 조사하는 것이 바람직하다. 광전원을 바이어스전원 Pb_i 또는 소거전원 Pe 와 동일하게 설정하는 것은 분할펄스회로의 설정을 용이하게 한다. $\eta_1 T$ 부분동안 바이어스전원 Pb 를 가진 광을 조사할 때, 시작 기록펄스부분 $\alpha_1 T$ 전에 바이어스전원 Pb 를 가진 광을 조사하여, 전 기록마크의 열의 영향을 최소화시킨다.

기록전원 Pw 와 바이어스전원 Pb 또는 소거전원 Pe 는 사용되는 광기록매체의 종류에 따라서 서로 다른 물리적기능을 가진다.

자기광매체의 경우에, 예를 들어, Pw 또는 Pe 는 적어도 자화반전발생을 쉽게하는 큐리온도 근방이상으로 기록층의 온도를 상승시키는 것이 필요하다. 소위 광변조접촉쓰기가능 자기광매체에서, Pw 는 Pe 보다 더 크고, 큐리점온도중 하나 이상으로 서로 다른 큐리점을 가진 복수의 자기층의 온도를 상승시키는 전원이다.

상변환매체의 경우에, 재결정화를 통하여 기록을 수행하는 경우에, Pw 는 기록층을 결정화 온도보다 높은 온도로 기록층을 상승시키는 전원이다. 또는 비정질상태로의 상변화를 통하여 기록을 수행하는 경우에, Pw 는 적어도 용융점보다 높은 온도까지 기록층을 상승시키는 전원이다. 비정질화기록과 결정화소거를 통한 겹쳐쓰기를 수행하는 경우에, Pe 는 적어도 결정화 온도이상으로 기록층을 상승시키는 전원이다.

금속기록층 또는 유기기록층의 변형 또는 피팅을 통하여 기록하는 재기록불능매체에서, Pw 는 연화, 용융, 증기화, 분해 또는 화학반응을 일으키는 온도까지 기록층을 상승시키는데 필요한 전원이다.

기록전원 Pw 와 바이어스전원 Pb 의 값은 다른 종류의 사용되는 기록매체와는 다르지만, 재기록가능 상변환매체에서 예를 들어, 기록전원 Pw 는 통상적으로 약 1 ~ 100 mW 이고 바이어스전원 Pb 는 약 0.01 ~ 10 mW 이다.

어떤 매체가 사용되든, 기록전원 Pw 는 기록층의 약간의 광변환을 유도하는 온도 또는 그 온도를 유지시키는 기록층을 상승시키는데 필요한 레이저빔 전원이다. 반면에 바이어스전원 Pb 는 적어도 기록전원 Pw 보다 낮은 전원이다. 보통 바이어스 전원 Pb는 기록전원 Pw 과 소거전원 Pe 미만이고, 기록층에 어떤 물리적 변화도 야기하지 않는다.

상기의 열축적문제는, 상변환형, 자기광형, 및 재기록불능형 광기록매체 등의 마크길이변조방식 기록을 하는 광디스크의 넓은 범위에 공통적이다.

다른 것 중에서 재기록가능 상변환매체에서, 기록층의 가열속도와 냉각속도인 2개의 온도 매개변수를 정밀하게 제어함으로써 마크기록과 마크소거는 동시에 수행되기 때문에, 오프펄스로 기록층을 냉각하는 기능이 다른 재기록불능매체와 자기광매체에서 보다 중요성을 갖는다. 그러므로, 본 발명은 상변환형 기록매체에 특히 유효하다.

본 발명의 펄스분할을 사용하는 기록방법에서, 동일한 펄스분할수 m 은 펄스기록마크의 시간길이 nT 의 서로 다른 n 을 가진 2개 이상의 기록마크상에서 사용될 수 있다. 통상적으로, 동일한 m 값은 3T 마크와 4T 마크 등의 인접한 시간길이를

가진 nT 마크에 사용된다. m 값을 동일하게 설정하고, α_i ($1 \leq i \leq m$), β_i ($1 \leq i \leq m$), n_1, n_2, Pw_i ($1 \leq i \leq m$) 및 Pb_i ($1 \leq i \leq m$) 중 1개 이상은 서로 다르게 되어있다. 동일한 분할수를 가진 다른 것에서 마크의 시간길이를 구별하는 것을 가능하게 한다.

분할수 m 은 n 값의 크기와 관계없이 배열될 수 있지만, 마크가 더 길어지면서, 분할수 m 이 단조롭게 증가하도록 설정하는 것, 즉, m 값이 증가하도록 (동일하게 머무는 경우를 포함함) 하는 것이 바람직하다.

본 발명에 따른 펄스분할의 예가 아래에 나타나 있다.

(분할방식예 1)

예를 들어, 3T 내지 11T 사이의 마크를 형성하는 EFM 변조방식에서, $n = 3$ 에서 $m = 1$ 이고, $n \geq 4$ (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) 에서 m 은 증가한다. 즉, n 값이

$n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ 로 증가하면서,

분할수 m 은

$m = 1, 2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ 로 증가한다.

$n = 11$ 일 때, n/m 값은 1.38 에서 최소이고, $n = 3$ 일 때, n/m 값은 3 에서 최대이다.

(분할방식예 2)

동일한 EFM 변조방식에서, n 값이

$n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ 로 증가하면서,

분할수 m 은

$m = 1, 2, 2, 3, 4, 5, 6, 6$ 로 증가한다.

$n = 9$ 일 때, n/m 값은 1.5 에서 최소이고, $n = 3$ 일 때, n/m 값은 3 에서 최대이다.

(분할방식예 3)

동일한 EFM 변조방식에서, n 값이

$n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ 로 증가하면서,

분할수 m 은

$m = 1, 2, 2, 3, 3, 4, 5, 5, 5$ 로 증가한다.

$n = 9$ 일 때, n/m 값은 1.8 에서 최소이고, $n = 3$ 일 때, n/m 값은 3 에서 최대이다.

동일한 펄스분할수 m 이 서로 다른 n 값을 가진 2개 이상의 기록마크에서 사용될 때, 펄스주기 $\tau_i = \alpha_i + \beta_i$ 과 듀티비 (duty ratio) ($\alpha_i / (\alpha_i + \beta_i)$) 는 변화될 수 있다. 이 과정의 예는 아래에 도시되어 있다.

(분할방식예 4)

가장 간단한 분할방식은 $m \geq 2$ 일 때, 펄스주기 $\tau_i = nT/m$ 등과 동일한 분할을 하는 것이다.

그러나, 간단하게 nT 를 동일한 부분으로 분할하는 것은, τ_i 은 기준클럭주기 T 의 타이밍과 길이에 전체적으로 관계없는 값이 된다.

(분할방식에 5)

이것은 기준으로 취한 기초클럭으로 제어되는 펄스의 상승/하강 에지에 펄스주기 τ_i 는 바람직하게 정수 (바람직하게는 $1/2T, 1/4T, 1/5T, 1/10T$) 로 나눈 기준클럭주기 T 또는 기준클럭주기 T 와 동기화되는 것이 바람직하다. 이번에는, $\sum_i (\tau_i) = \sum_i (\alpha_i + \beta_i)$ 이 n 과 일치하지 않고 잉여시간을 생산해서, 펄스길이가 수정되어야만 하도록 한다. n 보다 더 큰 합으로 설정하는 것은 마크길이를 너무 길게하기 때문에, 펄스조사시간의 합은 n 보다 작도록 설정되는 것이 바람직하다.

그러므로, n_1T, n_2T 부분은 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) + (n_1 + n_2) = n$ (n_1 와 n_2 는 각각 $0 \leq n_1$ 과 $0 \leq n_2$ 인 실수임) 을 제공하고, 이들 부분은 서로 다른 길이가 아니라 동일 분할수 m 을 갖는 각각 2개의 기록마크에서 변화된다. n_1T, n_2T 부분동안 바이어스 전원 P_b 를 가진 광을 조사할 수 있다. 이번에는, $0 \leq (n_1 + n_2) \leq 1$ 인 것이 바람직하다.

상기 n_1 와 n_2 는 다른 전마크 및/또는 후속마크에서 전달되는 열의 효과를 수정하는데 사용될 수도 있다. 이 경우에, 시간 길이 n_1T 와 n_2T 는 전마크 및/또는 후속마크의 마크길이 및/또는 사이길이에 따라 다양하다.

분할펄스의 처음 n_1T 또는 마지막 n_2T 만 사용하는 것이 가능하고, 다른 것을 0 또는 $0 \leq (n_1 + n_2) \leq 1$ 범위로 설정하여 모두를 사용할 수 있다. n_1T, n_2T 부분동안 바이어스전원 P_b 과 다른전원을 가진 광을 조사하여 마크길이를 정렬시키거나 더 정밀하게 전마크 및/또는 후속마크에서 이동되는 열의 영향을 제어하는 것도 가능하다.

(분할방식에 6)

분할펄스주기 τ_i 와 듀티비 $(\alpha_i / (\alpha_i + \beta_i))$ 은 i 에 따라서 다양하게 될 수 있다. 이런 방법으로, 마크길이기록내에서 중요한 마크의 전단과 후단내의 지터 (요동) 를 개선시킬 수 있다.

특히, 처음 기록펄스주기 τ_1 및/또는 마지막 기록펄스주기 τ_m 는 중간펄스의 기록펄스주기 τ_i ($2 \leq i \leq m-1$) 과 다르게 만들어 질 수 있다.

이번에, 전 및/또는 후속마크길이 또는 사이길이에 따라서 처음 및/또는 마지막 펄스의 $\tau_1, \alpha_1, \beta_1, \tau_m, \alpha_m$ 및 β_m 을 약간씩 조정하는 것이 가능하다.

처음 기록펄스부분 α_1T 를 후속 기록펄스부분 $\alpha_2T, \dots, \alpha_mT$ 의 어느 것보다 크게 설정하는 것이 바람직하다. 기록전원 P_{w1} 은 후속 기록펄스부분 $\alpha_2T, \dots, \alpha_mT$ 에서 기록전원 P_{wi} 보다 크게 설정하는 것이 바람직하다. 이 방법은 이후에 설명될 재생신호의 비대칭값을 향상시키는데 효과적이다.

열축적효과가 시간길이 3T 및 4T 등의 짧은마크에서 작아서, 마크가 필요한 것보다 약간 작게 형성되는 경향을 갖도록 한다. 이러한 경우에, 마크시간길이는, 기록펄스부분 α_1T 를 약간 확장시킴으로써 또는 필요한 것보다 약간 높은 기록펄스부분 α_1T 내 기록전원 P_{w1} 을 설정함으로써 엄격하게 제어할 수 있다.

처음기록펄스부분 α_1T 를 변화시키는 것은 우선 응용되는 상변화매체내 기록층의 영역의 폭을 제어할 수 있다.

상변화매체의 결정영역내 비정질마크를 겹쳐쓰기를 할 때, 처음펄스 또는 마지막 펄스를 변환하는 방법은 특히 효과적이다.

마지막 오프펄스부분 $\beta_m T$ 는 상변환의 기록층이 재결정화되는 것을 방지하는 점에서 중요하고, 비정질로된 기록층내 부분을 결정하는 중요한 펄스이다.

비정질마크가 형성되었을 때, 용융된 마크의 후단부내 영역은 재결정화되어, 실제로 용융영역보다 더 작은 비정질마크를 형성한다. 오프펄스부분을 인장하는 것, 즉, 냉각시간길이를 확장시키는 것은 재결정화를 방지하고 비정질부분을 확장시킬 수 있다. 그러므로, 마지막 오프펄스부분 $\beta_m T$ 의 길이를 변환시킴으로써, 마크의 후단부분이 결정화되는 동안의 시간을 변화시키고 마크길이를 뚜렷한 정도로 변환될 수 있도록 한다.

반대로, $\tau_1, \alpha_1, \beta_1, \tau_m, \alpha_m$, 및 β_m 를 변환시키지 않고 중간 매개변수 $\tau_i, \alpha_i, \beta_i$ ($2 \leq i \leq m-1$) 을 변환시킴으로써, 변조방식의 정도를 마크에지에 영향을주지 않고 제어할 수 있다.

이하, 상기 분할방식을 실현시키는 분할기록펄스를 생성하는 방법을 설명할 것이다.

상기 펄스분할은 기본적으로 각각의 마크시간길이 nT 프로그램가능한 분할방식을 만듦으로써 그리고 이 분할방식을 룬칩에 기록함으로써 실현될 수 있다. 그러나, 다양한 유연성을 동일한 펄스 생성 회로에 첨가하는 것은 회로를 복잡하게 할 것이다. 따라서, 다음 2개의 펄스 생성방법이 사용되는 것이 바람직할 것이다. 이 방법은 거의 모든 미디어를 쉽게 다루게 하는 펄스를 제공한다.

(분할기록펄스생성방법 1)

도 1a 에 도시된 EFM-변조방식인 마크길이변조 데이터 (100) 에는, 도 1b 에 도시된 분할방식 (101) 이 적용된다. 즉, 분할은

$n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ 에서 $m = 1, 1, 2, 3, 3, 4, 5, 5, 5$ 으로 된다. 이번에는, 도 1c 에 도시된 타이밍에서 클럭을 생성하는회로 게이트1, 게이트2, 게이트3, 게이트4 를 도 1b 의 분할방식을 실현시키도록 조합시킨다.

도 1c 에서, 게이트1 (102) 은 지연시간 T_{d1} 을 가진 제 1 기록펄스 $\alpha_1 T$ 를 발생시킨다. 게이트2 (103) 는 지연시간 T_{d2} 를 가진 제 2 및 후속 중간기록펄스 $\alpha_i T$ 를 발생시킨다. 게이트3 (104) 은 바이어스전원 P_b 를 가진 펄스와 전원 P_e 를 가진 펄스를 발생시킨다. 즉, 기록펄스가 게이트1, 게이트2, 및 게이트 4 가 기록펄스를 발생시키지 않을 때, 낮은레벨에서는 바이어스전원 P_b 를 가진 오프펄스 $\beta_i T$ 를 발생시키고, 높은레벨에서는 전원 P_e 를 가진 펄스를 발생시킨다. 게이트3 와 T_{d1} 은 $(n - (\eta_1 + \eta_2))T$ 를 결정한다. 중간기록펄스그룹 $\alpha_i T$ 가 생성된 후에, 게이트4 (105) 는 지연시간 T_{d3} 를 가진 마지막 기록펄스 $\alpha_m T$ 를 발생시킨다. 게이트3이 낮은레벨인 부분에서, 기록펄스가 높은레벨일 경우, 기록펄스는 오프펄스에 대해서 우선권을 가지고 있다.

$\beta_1 T$ 는 지연시간 T_{d2} 와 $\alpha_1 T$ 에 의해서 독립적으로 제어될 수 있고, $\beta_m T$ 는 게이트3 과 $\alpha_m T$ 에 의해서 독립적으로 제어될 수 있다.

$\alpha_1 T$ 펄스가 게이트1에 의해서 발생하는 부분에서 기록전원 P_{w1} 가 사용되고, 중간펄스그룹 $\alpha_i T$ 이 게이트2에 의해서 발생하는 부분에서 기록전원 P_{w2} 가 사용되고, $\alpha_m T$ 펄스가 게이트4에 의해서 발생하는 부분에서, 기록전원 P_{w3} 가 발생된다.

이 배열은 기록전원이 처음펄스부분, 중간펄스부분그룹, 및 마지막펄스부분에서 독립적으로 제어될 수 있도록 한다.

처음부분 및 마지막 부분에서 기록펄스폭과 기록전원을 독립적으로 제어하기 위해서, 중간펄스의 주기는 T_{d2} 를 기점으로 하는 $\gamma_i = \alpha_i + \beta_{i-1}$ ($2 \leq i \leq m-1$) 로 정의하고, γ_i 는 거의 $\gamma_i = 1$ 내지 3 의 상수로 설정한다. 이 경우에, β_i 는 자동적으로 결정된다. 도 1 에서, $\gamma_i = 1.5$ 이다. 그러나, β_1 에 대해서 $(T_{d2} - (T_{d1} + \alpha_1 T))$ 을 수정하기 위해서, T_{d2} 를 정의하고, 따라서 β_1 을 독립변수로서 다룰 수 있는 것에 주목한다.

각각의 경우에, 게이트 타이밍은, 기준클럭주기를 정수로 나눈 기초클럭 (base clock) 또는 기준클럭주기 T 으로 동기화된다고 가정되고, α_i 과 β_i 는 기초클럭에 대해서 듀티비로 정의된다고 가정된다.

소정값 n_c 보다 n 이 작은 경우에, $m = 1$ 이고 중간펄스그룹은 게이트2로 발생되지 않는다. n 이 n_c 이상인 경우에, 펄스의 소정값은 상기 (분할방식에 3) 에 따라서 발생된다. 도 1 에서, n_c 를 5 로 설정하고, n 이 4 이하인 경우에, $m = 1$ 이고, n 이 5 초과인 경우, 중간펄스가 발생된다. 여기에서, 중간펄스는 롬메모리내에 저장된 분할수와 동일한 수 내에서 n 에 따라 발생한다고 가정된다.

$n \geq n_c + 1$ 일 때, 마지막 펄스 $\alpha_m T$ 는 게이트4에 의해서 발생된다. 도 1 에 9T 마크가 도시되어 있다.

$n = n_c$ 일 때, 이 펄스를 처음펄스와 중간펄스 2개의 펄스로 분할한다. 도 1 에서, 5T 마크로 도시되어 있다.

서로 다른 시간길이를 가진 복수의 마크가 각각 동일한 분할수로 분할될 때, 도 1 내의 예를 들어, 3T 마크와 4T 마크가 기록펄스와 오프펄스의 쌍으로 기록될 경우에, 3T 와 4T 마크사이에서 적어도 α_1 , β_1 , α_1 , 및 α_2 와 더 필요하다면, Pw_1 과 Pw_3 이 구분될 필요가 있다.

(분할 기록펄스 생성방법 2)

다음 설명은 기준클럭주기 T 를 분할함으로써 얻어지는 주기 $2T$ 를 가진 클럭신호에 기초한 분할기록펄스 생성방법에 관한 것이다. 이 방법은 분할기록펄스생성방법 1 보다 더 제한을 가지지만, 더 규칙적인 방식에 기초한 로직회로의 제작을 가능하게 하는 장점을 가진다.

펄스생성방법 2 는, nT 마크의 n 이 취한 값이 홀수 또는 짝수인지에 공정이 기초하는 것을 특징으로 한다.

즉, n 이 짝수, 즉, 마크길이 $nT = 2LT$ (L 은 2 이상의 정수) 인 마크의 기록에 대해서, 마크는 $m = L$ 부분의 수로 분할되고, 기록펄스부분 $\alpha_i T$ 과 오프펄스부분 $\beta_i T$ 내의 α_i 와 β_i 는 다음과 같이 정의한다.

$$\alpha_1 + \beta_1 = 2 + \delta_1$$

$$\alpha_i + \beta_i = 2 \quad (2 \leq i \leq m - 1)$$

$$\alpha_m + \beta_m = 2 + \delta_2$$

(여기서 δ_1 와 δ_2 는 $-0.5 \leq \delta_1 \leq 0.5$ 그리고 $-1 \leq \delta_2 \leq 1$ 을 만족하는 실수이고, $L = 2$ 인 경우에, α_1 , β_1 , α_m , 및 β_m 만이 존재한다고 가정된다.)

n 이 홀수, 즉, 마크길이가 $nT = (2L + 1)T$ 인 마크의 기록에 대해서, 반면에, 마크를 $m = L$ 부분의 수로 분할하고, 기록펄스부분 $\alpha_i' T$ 와 오프펄스부분 $\beta_i' T$ 내의 α_i' , β_i' 은 다음과 같이 정의된다.

$$\alpha_1' + \beta_1' = 2.5 + \delta_1'$$

$$\alpha_i' + \beta_i' = 2 \quad (2 \leq i \leq m - 1)$$

$$\alpha_m' + \beta_m' = 2.5 + \delta_2'$$

(여기서 δ_1' 와 δ_2' 는 $-0.5 \leq \delta_1' \leq 0.5$ 그리고 $-1 \leq \delta_2' \leq 1$ 을 만족하는 실수이고, $L = 2$ 인 경우에, α_1' , β_1' , α_m' , 및 β_m' 만이 존재한다고 가정된다.)

또한, 펄스생성방법 2 에서, 다음의 방정식이 만족된다.

$$\alpha_1 + \beta_1 + \alpha_m + \beta_m + \Delta = \alpha_1' + \beta_1' + \alpha_m' + \beta_m'$$

(여기서 $\Delta = 0.8$ 내지 1.2)

상기 펄스생성방법 2 에서, $\alpha_1, \beta_1, \alpha_1', \beta_1', \delta_1, \delta_2, \delta_1'$, 및 δ_2' 는 L 값에 따라 변할 수 도 있다. $n = 2L$ 및 $n = (2L + 1)$ 을 가진 기록마크형성방법의 펄스생성방법 2 에서, 이것들은 기록펄스의 동일한 분할수 L 로 분할한다. 즉, n 이 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ... 등의 순서일 경우에, 분할수 m 을 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, ... 의 순서로 설정한다. 특히, EFM 변조방식신호에서, $n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ 에 대해서, 후속적으로 분할수 m 을 $m = 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5$ 의 순서로 설정한다. EFM+ 신호에서, $n = 14$ 를 더한다. 이 경우에, 분할수 m 은 7 로 설정한다. (1, 7)-RLL-NRZI 변조방식에서, $n = 2$ 의 경우에는 분할수 m 을 1 로 설정한다.

펄스생성방법 2 에서, 동일한 분할수 $m = L$ 을 가진 2개의 기록마크와 서로 다른 길이는 단지 제 1 펄스주기 $(\alpha_1 + \beta_1)T$ 만을 가지고, 마지막펄스주기 $(\alpha_m + \beta_m)T$ 는 서로 다르다. 즉, $(\alpha_1 + \beta_1 + \alpha_m + \beta_m)$ 에 대해서, $(\alpha_1' + \beta_1' + \alpha_m' + \beta_m')$ 가 $\Delta(\Delta = 0.8$ 내지 $1.2)$ 만큼 증가된다. Δ 는 통상적으로 1 이지만, 약 0.8 내지 1.2 사이의 범위에서 변할 수 있고, 전 및 후속기록마크로부터 열간섭의 영향을 고려한다.

δ_1 과 δ_2 , 그리고 δ_1' 및 δ_2' 을 조절하여 각각의 마크길이가 정확히 nT 가 되는 것을 확보하도록 그리고 마크단에서 지터를 감소시키도록 한다. 이것들은 통상적으로 $-0.5 \leq \delta_1 \leq 0.5$, $-0.5 \leq \delta_1' \leq 0.5$, $-1 \leq \delta_2 \leq 1$ 그리고 $-1 \leq \delta_2' \leq 1$ 이다. 전단과 후단에서의 수정량은 동일하게 설정하는 것, 즉, $|\delta_2/\delta_1|$ 그리고 $|\delta_2'/\delta_1'|$ 는 0.8 내지 1.2 사이의 범위에서 바람직하다.

동일한 분할수를 가진 2개의 기록마크는, 마크길이차이 $1T$ 가 전단측에서는 약 $0.5T$ 이고 후단측에서는 약 $0.5T$ 인 방법으로 형성되는 것이 바람직하다. 즉,

$$\alpha_1 + \beta_1 + \Delta_1 = \alpha_1' + \beta_1'$$

(여기서 $\Delta_1 = 0.4$ 내지 0.6)

이 경우에, 후단측은 일반적으로

$$\alpha_m + \beta_m + \Delta_2 = \alpha_m' + \beta_m'$$

(여기서 $\Delta_2 = 0.4$ 내지 0.6 그리고 $\Delta_1 + \Delta_2 = \Delta$)

$\delta_1 =$ 약 0 및 $\delta_1' =$ 약 0 으로 설정하는 것은 마크의 전단과 동기화되는 분할펄스를 발생시킬 수 있는 회로의 사용을 하도록 하는 것이 바람직하다. 마크의 전단위치는 $\alpha_1 T$ 에서 기록전원레이저빔의 상승에지에 의해서 거의 결정되고, 지터는 듀티비 α_1 및 β_1 와 듀티비 α_1' 및 β_1' 으로 결정된다. 그러므로, 본 방법에서, $\delta_1 = 0$ 및 $\delta_1' = 0.5$ 으로 설정하는 것은 마크전단위치와 지터를 만족할만 하게 제어할 수 있다.

마크후단위치는 δ_2 (및 δ_2'), 즉, 마크의 후단에서 분할펄스주기 $(\alpha_m + \beta_m)T$ (및 $(\alpha_m' + \beta_m')T$) 의 값과 또한 α_m 과 β_m (및 듀티비 α_m' 와 β_m') 에 의존한다. 또한, 마크후단위치는, 후단에서 기록펄스 $\alpha_m T$ (및 $\alpha_m' T$) 의 하강측의 위치에 의존하고 하강에지위치 전후의 기록층의 냉각공정에도 의존한다. 비정질마크가 형성되는 상변화매체에서, 마크후단위치는 기록층의 냉각속도에 큰 영향을 갖는 후단부에서 오프펄스부분 $\beta_m T$ (및 $\beta_m' T$) 의 값에 의존한다. 그러므로, 후단의 분할펄스주기 $(\alpha_m + \beta_m)T$ 은 $0.5T$ 또는 $1T$ 일 필요는 없고, 약 $0.1T$, 바람직하게는 $0.05T$, 또는 더 바람직하게는 $0.024T$ 의 분해능을 가진 미세한조정을 할 수 있다.

펄스생성방법 2 에서, α_i 와 β_i , 사이의 듀티비 $\alpha_i/(\alpha_i + \beta_i)$ 는 각각의 마크길이에 적합할 수 있지만, 펄스발생회로의 단순화하는데, 처음펄스와 마지막펄스사이에 놓인 중간펄스내의 듀티비는 고정값으로 설정하는 것이 바람직하다. 즉, 중간펄스

가 존재할 수 있는 $L \geq 3$ 일 경우에, 동일한 분할수 $m = L$ 을 가진 2개의 기록마크내의 2 내지 $(m - 1)$ 사이범위의 모든 i 에 대해서, α_i 와 α_i' 를 $\alpha_i = ac$ (고정값) 그리고 $\alpha_i' = ac'$ (고정값) 으로 설정한다. 또한, L 이 3 초과일 경우에, ac 와 ac' 는 고정값으로 특히, $ac = ac'$ 설정하고, 또한 이것은 회로를 간편화하지 않기때문에, L 값에 의존하지 않는다.

펄스생성방법 2 내의 간편화된 펄스발생회로에 대해서, 짝수인 n 를 가진 기록마크내, α_1 과 β_1 을 3 초과되는 모든 L 에 대해서 고정값으로 가정한다. 2 이상의 모든 L 에 대해서, 주기 $(\alpha_1 + \beta_1)T$ 는 1 내지 $m - 1$ 사이범위의 모든 i 에 대해서 $2T$ 가 되도록 $\alpha_1 + \beta_1$ 을 2 로 설정하는 것이 바람직하다.

유사하게, 펄스생성방법 2 의 간편화된 펄스발생회로에 대해서, 홀수인 n 을 가진 기록마크내, α_1' 와 β_1' 를 3 이상인 모든 L 에 대해서 고정값으로 가정하는 것이 바람직하다. 2 이상인 모든 L 에 대해서, 후속 분할펄스주기 $2T$ 와 동기화하기 쉽도록 $\alpha_1 + \beta_1$ 를 2.5 로 설정하는 것이 바람직하다.

또한, 펄스생성방법 2 의 펄스발생회로의 간편화에 대해서, α_m , β_m , α_m' , 및 β_m' 각각을 3 초과, 특히 2 초과인 모든 L 과 동일값으로 가정하는 것이 바람직하다. 여기에서, $\Delta_2 = (\alpha_m' + \beta_m') - (\alpha_m + \beta_m) = 0.5$ 인 경우에, 회로는 더 간편화될 수 있다.

n 이 2 또는 3 일 때, 분할수 m 은 1 이다. 이 경우에, $\alpha_1 - \beta_1$ 듀티비와 δ_1 (또는 $\alpha_1' - \beta_1'$ 듀티비와 δ_1') 은 원하는 마크길 이와 지터를 달성하기 위해서 조절가능하다. 여기서, $\delta_1' - \delta_1 = 1$ 인 것이 바람직하다.

상기 펄스생성방법 2 에서, 특히 $\delta_1 = \delta_1' = 0$ 인 것이 바람직하다. 이 경우에, 주기 T 를 가진 제 1 기준클럭주기 1 를 주파수분할함으로써 발생되는 주기 $2T$ 를 가진 제 1 기준클럭 3 을 주파수분할로 동기화하여, α_i ($1 \leq i \leq m$) 이 발생되고, 제 1 기준클럭 1 의 주기와 동일한 주기 T 를 가지고 제 1 기준클럭 1 에서 $0.5T$ 이동한 제 2 기준클럭 2 를 주파수분할함으로써 얻어지는 주기 $2T$ 를 가진 제 2 기준클럭 4 과 동기화시킴으로써 발생되고, α_1' 을 α_2' 보다 $2.5T$ 선행시키는 것을 확보하기 위해서, 펄스발생회로를 제어하는 것이 바람직하다. 복수의 기준클럭의 사용은 펄스발생회로를 간편화시킬 수 있다.

기록된 마크길이에 따라서 변조된 구형파의 상승에지 또는 하강에지에 대해서, α_1 과 α_1' 의 상승에지가 연장되거나 선행할 필요가 있는 경우이다. 이러한 경우에, 동일한 지연시간 T_{dl} 은 사이길이를 상수로 하기 위해서 더해지는 것이 바람직하다. T_{dl} 은 -2 와 2 사이의 실수이다. T_{dl} 의 값이 음일 경우에, 이것은 선행시간을 나타낸다.

도 12 는 본 발명의 기록방식의 펄스분할방식이 상기 복수의 기준클럭을 사용함으로써 수행되는 때에, 기록펄스간의 예를 도시한다. 도 12 에서, nT 마크의 전단에 대해서 $\alpha_1 T$ 와 $\alpha_1' T$ 의 지연시간 T_{dl} 은 0 이고, 기록펄스부분 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 은 상수인 기록전원은 P_w 이고, 오프펄스부분 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 의 바이어스전원은 상수인 P_b 이고, 사이에 그리고 다른 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 과 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 에 조사되는 광의 전원은 상수인 소거전원 P_e 이다. 여기에서, $P_b \leq P_e \leq P_w$ 이다.

도 12 에서, 참조 번호 (200)는 주기 T 의 기준 클럭을 나타낸다.

도 12(a)는 길이 nT 의 기록 마크에 해당하는 펄스 파형을 도시하고, 참조 번호(201)는 길이 $2LT$ 의 기록 마크를 나타내며, 참조 번호(202)는 길이 $(2L+1)T$ 의 기록 마크를 나타낸다. 도 12(a)는 $L=5$ 인 경우를 도시한다.

도 12(b)는 $n=2L(=10)$ 일 때 분할된 기록 펄스 파형을 도시하고, 도 12(c)는 $n=2L+1(=11)$ 일 때 분할된 기록 펄스 파형을 도시한다.

도 12(b)에서, 주기 T 인 기준 클럭(200)으로부터 제로 위상 지연을 갖는 주파수 분할 제 1 기준 클럭(203)에 의해서 주파수 분할된 주기 $2T$ 인 제 1 기준 클럭(205) 이 얻어진다. $\alpha_1 + \beta_1 = 2$ 이므로, 각 기록 펄스 영역 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 의 상승 에지는 주기 $2T$ 를 갖는 주파수 분할된 제 1 기준 클럭(205)과 동기화된다. 주파수 분할된 제 1 기준 클럭(205)과 동기화, $\alpha_1 - \beta_1$ 의 듀티비는 조절되어 기록 펄스 파형(207)을 생성한다.

도 12(c)에서, 주기 $2T$ 인 주파수 분할된 제 2 기준 클록(206)은 기준 클록(200)으로부터 $0.5T$ 의 위상 쉬프트를 갖는 주기 T 인 제 2 기준 클록(204)을 주파수 분할함으로써 얻어진다. 각 기록 펄스 영역 $a_i T$ ($2 \leq i \leq m$)의 진상 예지는 주기 $2T$ 인 주파수 분할된 제 2 기준 클록(206)과 동기화된다. $a_1 + \beta_1 = 2.5$ 이기 때문에 $a_1 T$ 는 클록보다 $0.5T$ 먼저 상승한다. 주파수 분할된 제 2 기준 클록(206)과 동기화, $a_1 - \beta_1$ 의 듀티비는 조절되어 기록 펄스 파형(208)을 생성한다.

도 12에서, 마크 길이 $2LT$ 및 $(2L+1)T$ 는 후단부가 $T2$ 및 $T4$ 에 정렬되도록 묘사되었다. 따라서 주기 $2T$ 인 기준 클록(205, 206)간에는 오직 (b) 및 (c)의 2가지 관계만이 가능하다. 그러나, 실제로 $2T$ 주기의 기준 클록이 사용되면, 이들 마크 길이의 전단부 부분은 서로 $1T$ 의 위상만큼 어긋날 수 있다. 더욱이, n 이 홀수인 경우와 n 이 짝수인 경우를 고려하면 도 13의 (a),(b),(c),(d)에 도시된 것처럼 4가지의 관계가 가능하다. 따라서, 이러한 상황을 처리하기 위한 다음의 게이트 생성 방법을 채택하는 것이 바람직하다.

도 13은 상술의 게이트 생성 방법을 설명하는 타이밍도이다. 도 13의 게이트 생성 방법은 다음의 단계를 포함한다: (1)기록 트랙 상의 소정 위치에 형성된 클록 마크에 대응하는 기준 시간 T_{sync} 을 생성한다; (2)시작점으로서 취해진 상기 기준 시간 T_{sync} 에서 상기 지연 시간 T_{dl} 로 생성된 $2T$ 의 주기를 가지는 기준 클록 (1a), $0.5T$ 만큼 상기 기준 클록 (1a)을 앞서는 $2T$ 의 주기를 가지는 기준 클록 (2a), $1T$ 만큼 상기 기준 클록 (1a)을 앞서는 $2T$ 의 주기를 가지는 기준 클록 (1b), 및 $1.5T$ 만큼 상기 기준 클록 (1a)을 앞서는 $2T$ 의 주기를 가지는 기준 클록 (2b)인 4개의 기준 클록을 생성한다. (3) $nT = 2LT$ 의 마크를 기록하는 경우, $a_1 T$, $a_i T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 및 $a_m T$ 영역들의 타이밍에 따라서 게이트 그룹 G1a 및 G1b이 상기 기준 클록 (1a) 또는 (1b)와 동기하여 생성된다. (4) $nT = (2L+1)T$ 의 마크를 기록하는 경우, $a_1' T$, $a_i' T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 및 $a_m' T$ 영역들의 타이밍에 따라서 게이트 그룹 G2a 및 G2b이 상기 기준 클록 2a 또는 2b와 동기하여 생성된다.

도 13에서 참조 번호(300)는 주기 T 인 기준 클록(데이터를 위한 기준 클록)을 나타낸다. 기록 매체의 특정 어드레스에 데이터를 기록하기 위해서는, 기록 시스템을 일반적으로 매체상의 각 최소 유닛의 어드레스로 배열된 클록 마크에서 생성된 동기화 신호 T_{sync} (즉, 매체상의 핏 트레인으로 형성되고 각 영역에 대해 배열된 VFO 및 매체상에 그루브 미앤더(groove meander)로 형성된 각 ATIP 프레임(매 $1/75$ 초)에 대해 배열된 동기화 패턴)와 동기화를 확립하기 위해서 사전에 생성된 T -주기 기준 클록간의 위상 비교를 행한다.

도 13은 마크의 전단부가 T_{sync} 후에 주기 T 의 짝수 배로 나타나는 경우의 예를 도시한다. n 이 짝수인 짝수 길이의 마크(301)가 도 13(a)에 도시되고 n 이 홀수인 홀수 길이의 마크(304)가 도 13(d)에 도시된다. 마크의 전단부가 T_{sync} 후에 주기 T 의 홀수 배로 나타나는 경우의 예로서, n 이 짝수인 짝수 길이 마크(302)(도 13(c)) 및 n 이 홀수인 홀수 길이의 마크(303)가 도시된다.

도 13(a) 내지 도 13(d)의 각각에서, 도 12의 방법과 유사하게 기준클록들을 서로 서로 $0.5T$ 만큼 쉬프트 시킴으로써 생성될 때, (305),(306),(307) 및(308)에 의해 나타나는 것처럼 4개의 서로 다른 클록 트레인이 생성된다. 즉, 클록(305)이 기준이 될 때, 클록(307)은 $0.5T$ 만큼 쉬프트되고, 클록(306)은 $1T$ 만큼 쉬프트되고, 클록(308)은 $1.5T$ 만큼 쉬프트된다. 이들 클록은 모두 T_{sync} 에 중심을 둔 T -주기 기준 클록을 주파수 분할하고 서로 $0.5T$ 만큼 위상을 쉬프팅함으로써 형성된다.

도 13(a)의 경우에, 각 주기 P1a, P2a, P3a, P4a 및 P5a에 동기화 게이트 그룹 G1a은 기록 펄스 영역 $a_1 T$, $a_2 T$, $a_3 T$, $a_4 T$ 및 $a_5 T$ 에 대응된다.

도 13(b)의 경우에, 각 주기 P1b, P2b, P3b, P4b 및 P5b에 동기화 게이트 그룹 G1b은 기록 펄스 $a_1 T$, $a_2 T$, $a_3 T$, $a_4 T$ 및 $a_5 T$ 에 대응된다.

도 13(c)의 경우에, 각 주기 R1a, R2a, R3a, R4a 및 R5a에 동기화 게이트 그룹 G2a은 기록 펄스 $a_1' T$, $a_2' T$, $a_3' T$, $a_4' T$ 및 $a_5' T$ 에 대응된다.

도 13(d)의 경우에, 각 주기 R1b, R2b, R3b, R4b 및 R5b에 동기로 게이트 그룹 G2b은 기록 펄스 $\alpha_1'T$, $\alpha_2'T$, $\alpha_3'T$, $\alpha_4'T$ 및 $\alpha_5'T$ 에 대응된다.

여기서, 게이트 그룹 G1a, G1b, G2a 및 G2b를 생성하는 기록 펄스는 도 1의 결합된 게이트 1, 게이트 2 및 게이트 4 과 동일하다. 즉, 도 1에서, 제 1 펄스 α_1T 를 생성하기 위한 게이트 1, 중간 펄스 그룹을 α_iT ($2 \leq i \leq m-1$)를 생성하기 위한 게이트 2, 마지막 펄스 α_mT 를 생성하기 위한 게이트 4는 개별적으로 생성되고, 결합되어 게이트 그룹 G1a 및 G1b를 생성한다. 도 1에서, 제 1 펄스 $\alpha_1'T$, 중간 펄스 그룹 $\alpha_i'T$ ($2 \leq i \leq m-1$), 및 마지막 펄스 $\alpha_m'T$ 가 개별적으로 생성되고, 결합되어 게이트 그룹 G2a 및 G2b를 생성한다.

도 1의 게이트 1과 같이 제 1 펄스의 독립적 생성은, nT 의 전단부와 동기로 $\alpha_1'T$ 에 대한 게이트를 생성하고 $2.5T$ 의 지연을 갖는 $2T$ 주기의 중간 펄스 그룹 $\alpha_i'T$ 를 생성함으로써, n 이 홀수일 때, $(\alpha_1' + \beta_1')$ 이 2.5 인 경우를 처리할 수 있다. 이것은 도 1에서 게이트 2에 대한 T_{d2} 를 $2.5T$ 로 설정하는 것과 동일하다(지연 T_{d1} 및 다른 지연 T_{d1} 이 있을 때).

게이트 그룹 G1a, G1b, G2a 및 G2b는 다음과 같이 선택된다. 첫째로, T_{sync} 를 기준으로 하면, T -주기의 기준 클럭(300)의 시작점이 결정되고, 시작점 이후에 짝수의 클럭 주기 T 또는 홀수의 클럭 주기 T 경과후에 마크 길이 nT 가 상승했는지가 결정된다. 특히, T_{sync} 에서 재설정되고 매 주기마다 1을 가산하는 1비트 가산기가 사용된다. 만약, 결과가 0이면, 경과된 시간이 짝수 주기라고 결정되고, 만약 결과가 1이라면, 경과된 시간이 홀수 주기라고 결정한다. 즉, 기준 시간 T_{sync} 로부터 nT 마크의 전단부까지 경과된 시간이 주기 T 의 짝수배라면, n 이 짝수 또는 홀수냐에 따라서 게이트 신호 그룹 G1a 또는 G2b가 선택된다. 기준 시간 T_{sync} 로부터 nT 마크의 전단부까지 경과된 시간이 주기 T 의 홀수배라면, n 이 짝수 또는 홀수냐에 따라서 게이트 신호 그룹 G1b 또는 G2a가 선택된다. 그러므로, 서로 $0.5T$ 만큼 쉬프트된 4개의 $2T$ 주기의 기준 클럭의 결합을 사용함으로써 모든 기록 펄스를 T_0 를 시작점으로 하여 생성되는 일련의 nT 마크로서 생성가능하다.

오프 펄스 영역의 길이 및 소거 전력 P_e 광 조사 영역의 길이를 결정하기 위해서는 오프 펄스 영역 β_mT 에 주의할 필요가 있다. 즉, 마크의 중단부에 주기 $2T$ 가 아닌 $\pm 1T$ 의 여유를 제공하는 것이 바람직하다. 이 경우에, 마지막 오프 펄스 β_m 또는 β_m' 의 타이밍이 예외적으로 정의될 필요가 있다. 이를 위해, 도 1의 게이트 3에 대응하는 게이트 신호를 생성하는 것이 바람직하다. 예컨대, 전단부가 nT 인 마크를 기준으로 하면, n 이 짝수 또는 홀수인지에 따라서, 게이트 신호가 생성되는데, 즉, n 이 짝수일 때 T_{d1} 의 지연시간을 갖는 $\sum(\alpha_i + \beta_i)$ 의 게이트 G3이 생성되고, n 이 홀수일 때 T_{d1} 의 지연시간을 갖는 $\sum(\alpha_i' + \beta_i')$ 의 게이트 G4가 생성되어 다음의 조건에 따라서 서로 상이한 전력을 갖는 광을 조사한다. (1) G3 및 G4 모두가 오프인 경우, 소거 전력 P_e 를 가진 기록광이 조사되고, (2) G3 또는 G4이 온인 경우, 바이어스 전력 P_b 를 가진 기록광이 조사되고, (3) G3 및 G1a이 동시에 온인 경우, 기록 전력 P_w 를 가진 기록광이 G1a-온 영역에 대하여 조사되고, (4) G3 및 G1b이 동시에 온인 경우, 기록 전력 P_w 를 가진 기록광이 G1b-온 영역에 대하여 조사되고, (5) G4 및 G2a이 동시에 온인 경우, 기록 전력 P_w 를 가진 기록광이 G2a-온 영역에 대하여 조사되고, (6) G4 및 G2b이 동시에 온인 경우, 기록 전력 P_w 를 가진 기록광이 G2b-온 영역에 대하여 조사된다.

상술의 게이트 우선순위 관계는 게이트 온/오프를 논리값 0 및 1 레벨에 일치시키고 각각의 게이트 제어 논리 신호에 대해 OR 연산을 실행함으로써 결정된다.

도 12 및 도 13은 단순화를 위해, 제 1 기록 펄스 α_1T , $\alpha_1'T$ 의 상승 에지가 nT 마크의 전단부에 있을 때, 즉, 기록시에 nT 마크의 전단부가 일치하는 경우를 나타낸다. 마크가 지연을 갖는다면, 공간적 길이를 바람직한 값으로 유지한다는 관점에서 α_1T 및 $\alpha_1'T$ 의 상승 에지가 동일한 지연 T_{d1} 을 제공하는 것이 바람직하다.

(분할 기록 펄스 생성 방법2)

다음의 설명은 기준 클럭 주기 T 를 분할함으로써 얻어지는 $2T$ 주기의 클럭 신호에 기초한 분할 기록 펄스 생성방법의 다른 예에 관한 것이다. 이 방법은 분할 기록 펄스 생성방법 1에서 채택된 것보다 더 일반적인 규칙에 기초한 논리 회로의 설계를 허용한다.

엄밀하게, 펄스 생성방법 2 에서와 같은 절차는 nT 마크의 n 값이 홀수 또는 짝수냐에 의존한다. 분할 기록 펄스 생성방법 2에서, 동일한 수의 분할을 갖는 홀수배의 길이 마크와 짝수배의 길이 마크간에 마크 길이의 차 $1T$ 의 정정은 분산되고 제 1 및 마지막 기록 펄스 주기에 할당된다. 그러나, 펄스 생성 방법3에서는 마크 길이 $1T$ 의 차의 정정은 중간 분할 기록 펄스 그룹에서 오프 펄스 길이 $\beta_i T$ ($2 \leq i \leq m-1$)를 조절함으로써 행해진다.

즉, n 이 짝수인 마크의 기록에 대해, 즉 마크의 길이 $nT=2LT$ (L 은 2 이상의 정수)인, 마크는 $m=L$ 인 숫자로 나누어지고, 기록 펄스 영역 $\alpha_i T$ 및 오프 펄스 영역 $\beta_i T$ 에서의 α_i 및 β_i 는 다음과 같이 정의된다.

$$T_{d1} + \alpha_1 = 2 + \varepsilon_1$$

$$\beta_{i-1} + \alpha_i = 2 \quad (2 \leq i \leq m)$$

n 이 홀수인 마크의 기록에 대해, 즉 마크의 길이 $nT=(2L+1)T$, 한편, 마크는 $m=L$ 인 수로 나누어지고, 기록 펄스 영역 $\alpha_i T$ 및 오프 펄스 영역 $\beta_i T$ 에서의 α_i 및 β_i 는 다음과 같이 정의된다.

$$T_{d1}' + \alpha_1' = 2 + \varepsilon_1'$$

$$\beta_1' + \alpha_2' = 2.5 + \varepsilon_2'$$

$$\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2 \quad (3 \leq i \leq m-1)$$

$$\beta_{m-1}' + \alpha_m' = 2.5 + \varepsilon_3' \quad (L=2 \text{ 일 때, } \beta_1' + \alpha_2' = 2.5 + \varepsilon_2' \text{ 또는 } \beta_1' + \alpha_2' = 3 + \varepsilon_2' \text{ 라고 가정한다}).$$

$\alpha_2, \beta_1, \alpha_m, \beta_{m-1}, \alpha_2', \beta_1', \alpha_m'$ 및 β_{m-1}' 은 다음의 방정식을 만족시킨다.

$$\alpha_2 + \beta_1 + \alpha_m + \beta_{m-1} + \Delta_2 = \alpha_2' + \beta_1' + \alpha_m' + \beta_{m-1}' \quad (\Delta_2 \text{ 은 } 0.8 \text{ 내지 } 1.2).$$

$\alpha_i, \beta_i, \alpha_i', \beta_i', T_{d1}, T_{d1}', \varepsilon_1, \varepsilon_1', \varepsilon_2$, 및 ε_3' 은 L 에 따라서 변한다.

T_{d1} 및 T_{d1}' 은 제 1 기록 펄스 $\alpha_1 T$ 가 상승할 때까지 원신호 변조된 마크 길이에서 nT 마크의 시작단으로부터의 지연 또는 선행 시간이다. 이들은 보통 -2 와 2 사이의 실수이다. T_{d1} 및 T_{d1}' 의 양의 값은 지연을 나타낸다. T_{d1} 및 T_{d1}' 은 바람직하게는 L 값에 관계없이 거의 상수로 설정된다.

$\alpha_i, \beta_i, \alpha_i'$ 및 β_i' 는 일반적으로 0 내지 2 사이의 바람직하게는 0.5 내지 1.5 사이의 실수이다.

$\varepsilon_1, \varepsilon_1', \varepsilon_2$ 및 ε_3' 은 일반적으로 -1 내지 1 사이의 바람직하게는 -0.5 내지 0.5 사이의 실수이다. 요구된 것처럼 이들은 주기 $2T$ 를 형성하는 분할 펄스 주기 $(\beta_{i-1} + \alpha_i)T$ 에서 정확한 마크 길이 또는 공간 길이를 실현하기 위한 정정 값으로 사용된다.

펄스 생성 방법3에서, L 이 동일한 경우에 $n=2LT$ 및 $n=(2L+1)T$ 에 해당되는 두 마크는 기록 프로세스중에 동일한 분할수 L 의 분할 기록 펄스로 분할된다. 즉, $n=2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \dots$ 에 대해, 대응되는 n 에 대한 기록 펄스의 숫자는 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5,로 설정된다. 예컨대, EFM 변조 신호에 있어서, $n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ 에 대해, 분할 숫자 m 은 차례로 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5의 순서로 설정된다. EFM+ 신호에 있어서, $n=14$ 가 가산된다. 이 경우에, 분할 숫자 m 은 7로 설정된다. (1,7)-RLL-NRZI 변조에서, $n=2$ 인 경우에도, 분할 숫자 m 은 1로 설정된다.

$n=2L$ 및 $n=2L+1$ 인 두 종류의 마크 길이를 동일한 분할 숫자로 기록하기 위해서는, 길이를 조절하기 위해서 주기 $(\beta_1 + \alpha_2)T$ 및 $(\beta_{m-1} + \alpha_m)T$ 각각은 $0.5T$ 만큼 증가되거나 감소된다. 마크 길이 기록에서 중요한 것은 마크의 전단 및 후단의

과형에 의해서 결정되는 마크 종료위치와 지터(jitter)이다. 중간 부분의 정확한 크기가 얻어진다면, 마크의 중간부분은 마크의 끝 부분에서의 지터에 큰 영향을 미치지 않는다. 상술의 조절 방법은 마크가 광학적으로 분할되어 보이지 않으며, 마크의 중간 부분에서의 기록 펄스 주기가 0.5T 만큼 연장되거나 감소되면, 마크 길이는 대응되는 양만큼 증가되거나 감소되지만 할 뿐 마크의 종단의 지터에 큰 영향을 미치지 않는다.

펄스 생성 방법3 에서, 2T 는 임의의 마크 길이에 대해서 베이스 기록 펄스 주기로 간주된다. $\alpha_i - \beta_i$ 의 듀티비는 각 마크에 대해 또는 각 i에 대해 최적화 될수 있지만, 기록 펄스 발생 회로의 단순화를 위해서 다음의 제한이 제공되는 것이 바람직하다.

마크의 전단부에 대해서, $\alpha_1, \beta_1, \alpha_1'$ 및 β_1' 은 각각 바람직하게는 일정하게 되고, 3 이상의 L 값에 독립적이다. 더 바람직하게는, $\alpha_1' = 0.8\alpha_1$ 내지 $1.2\alpha_1$ 이고, $\beta_1' = \beta_1 + \text{약 } 0.5$ 이다. 더 바람직하게는, $\beta_1' = \beta_1 + 0.5$, $\alpha_1' = \alpha_1$ 및 $\beta_1' = \beta_1$ 이다. 마크의 전단부의 위치는 제 1 기록 펄스의 선도 에지에 의해 결정된다. 즉, $\alpha_1'T = \alpha_1T$ 인 선도 에지의 위치가 T_{d1} 의 일정한 지연 시간만큼 마크 길이 nT 의 시작점에 뒤지도록 설정되면, 마크의 실제 전단부 위치는 거의 고유하게 설정된다. 한편, 마크의 전단부의 지터에 대해서, α_1T 가 $\alpha_1'T$ 와 거의 동일하다고 가정할 때, β_1T 가 일정한 길이(실제적으로 0.5T) 이상이면, 지터는 β_1' 를 대략 $\beta_1' = \beta_1 + 0.5$ 로 설정함으로써 n 값에 관계없이 만족할만한 레벨내에서 유지될 수 있다.

마크의 후단부에 대해서, $\alpha_m, \beta_m, \alpha_m'$ 및 β_m' 은 각각 바람직하게는 일정하게 되고, 3 이상의 L 값에 독립적이다. 더 바람직하게는, $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \text{약 } 0.5$, $\alpha_m' = 0.8\alpha_m$ 내지 $1.2\alpha_m$ 및 $\beta_m' = 0.8\beta_m$ 내지 $1.2\beta_m$ 이다. 더 바람직하게는, $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + 0.5$, $\alpha_m' = \alpha_m$ 및 $\beta_m' = \beta_m$ 이다.

L=2 일때, $\beta_1' = \beta_1 + 0.5$ 내지 1.5, $\alpha_m' = \alpha_m + 0$ 내지 1 및 $\beta_m' = 0.8\beta_m$ 내지 $1.2\beta_m$ 이다. 그러나, 양 경우 모두, $\alpha_m'T$ 및 α_mT 의 하강 에지 및 마크 길이 nT 의 후단이 소정의 시간 차를 두고 서로 동기화되는 것이 바람직하다.

마크의 후단 위치는 마지막 기록 펄스 α_mT (또는 $\alpha_m'T$)의 트레일링 에지 뿐만 아니라 마크 후단 전의 또는 후의 기록 레이 어 온도의 냉각 과정에도 의존한다. 특히 비정질 마크를 형성하는 상변화 매체에서, 마크 후단 위치는 마지막 오프 펄스 영역 β_mT (또는 $\beta_m'T$)에 의해서 제어되는 기록 레이 어 온도의 냉각 속도에 의존한다. 따라서, α_mT 및 $\alpha_m'T$ 가 nT 마크의 후단으로부터 소정의 시간만큼 쉬프트되고, $\beta_m = \beta_m'$ 라면, 마크의 후단 위치는 거의 고유하게 결정된다.

한편, 후단에서의 지터에 대해서는, $\beta_{m-1}, \beta_{m-1}', \alpha_m$ 및 α_m' 가 소정의 길이보다 길다면, 생성된 지터는 작고 대부분 $\beta_m = \beta_m'$ 에 의해서 지배된다. $\beta_m = \beta_m'$ 의 최적화는 최상의 지터를 생성할 수 있다.

펄스 생성 방법3 에서, 특히 고밀도 기록의 프로세스에서, $\alpha_1, \alpha_1', \beta_1, \beta_1', \alpha_m, \alpha_m', \beta_m, \beta_m'$ 은 기록 전 또는 후에 즉시 마크 또는 공간에 따라서 열 간섭을 약 $\pm 20\%$ 의 범위내에서 정정할 수 있도록 미세하게 조정될 수 있다. 상술의 설명에서, "약 0.5" 또는 "약 1" 라는 표현은 그 온도의 미세 조정이 가능함을 의미한다.

펄스 발생 회로를 더 단순화하기 위해, L 이 3 이상이면, α_i 및 α_i' 는 $2 \leq i \leq m-1$ 인 i 값에 독립적으로 일정하게 된다. 즉,

$$\alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_{m-1}$$

$$\alpha_2' = \alpha_3' = \dots = \alpha_{m-1}'$$

여기서, "L 은 3 이상" 이라는 표현은 분할 숫자가 3 이상이라는 것을 확립하기 위한 조건이고, 제 1 및 마지막 펄스를 제외하고는 1 이상의 중간 분할 기록 펄스가 존재한다.

더 바람직하게는, L 이 3 이상이면, $2 \leq i \leq m-1$ 에 대해 α_i 및 α_i' 의 값은 L 에 독립적인 일정한 ac 및 ac' 값에 고정된다. 더 바람직하게는 $ac = ac'$ 이다. 마크 길이 기록에서, 적당한 신호 크기가 생성된다면, 마크의 중간 부분의 형성은 마크 단부의 위치 및 지터에 영향이 없다. 따라서, 대부분의 경우에 상술한 바와 같이 $\alpha_i = \alpha_i' = ac$ ($2 \leq i \leq m-1$) 의 균일한 설정이 가능하다.

$2 \leq i \leq m-1$ 인 동안에 a_m 및 a_m' 이 a_i 및 a_i' 의 동일한 값으로 설정되는 것이 바람직하다.

$L=1$ 일때, 즉 마크 길이 nT 가 $2T$ 또는 $3T$ 일때, $m=1$ 인것이 바람직하다. 이 경우에, 주기 $(a_1 + \beta_1)T$ 및 $a_1 - \beta_1$ 의 듀티비 (또는 주기 $(a_1' + \beta_1')T$ 및 $a_1' - \beta_1'$ 듀티비)는 조절되어 바람직한 마크길이 및 지터를 실현한다. β_1 또는 β_1' 이 $n \geq 4$ 인동안에 일정하다면, β_m 또는 β_m' 또한 $n \geq 4$ 인동안 동일한 β_1 또는 β_1' 값을 사용하는 것이 바람직하다.

이들 분할된 기록 펄스는 $0 \leq T_{d1} \leq 2$ 및 $0 \leq T_{d1}' \leq 2$ 인 경우에 다음과 같이 형성된다.

첫째, (1)원래의 마크 길이 변조 신호는 주기 T 의 제 1 기준 클럭과 동기로 생성된다. 마크 길이 변조 신호의 nT 마크의 시작단을 기준으로 하면, 제 1 기록 펄스 a_1T (또는 $a_1'T$) 은 지연 시간 T_{d1} (또는 T_{d1}')로 생성된다. 다음으로, (2) 마지막 기록 펄스 a_mT ($a_m'T$) 은 ε_3 (또는 ε_3')의 시간차이 후에, nT 마크의 후단과 하강 에지가 정렬되도록 생성된다. 그러면, (3) a_1T 및 β_1T ($2 \leq i \leq m-1$)에 대해 -- L 이 3 이상일 때 생성된 중간 분할 기록 펄스 -- a_2T 는 nT 마크의 시작단후에 $4T$ 하강하고 $2T$ 주기의 $a_1' + \beta_{i-1}$ 가 생성된다. (4) n 이 홀수 ($n=2L+1$) 일때, $a_2'T$ 는 nT 마크의 시작단으로부터 $4.5T$ 후에 떨어지고, 그 후에 $a_1' + \beta_{i-1}$ 가 생성된다.

상술의 예에서, $\varepsilon_1, \varepsilon_1', \varepsilon_2$ 및 ε_3 이 0 이 아닐 때, 중간 분할 기록 펄스 그룹의 적어도 a_2T 또는 $a_2'T$ 의 하강 에지는 nT 마크의 시작단 후의 $4T$ 또는 $4.5T$ 의 지연시간으로 정확하게 생성된다. 따라서, 적어도 중간 분할 기록 펄스 그룹은 사전의 T 주기의 기준 데이터 클럭을 주파수 분할함으로써 생성되는 $2T$ 주기의 기준 클럭과 동기로 생성된다.

도 24 는 본 발명의 기록 펄스 분할 방법이 복수의 $2T$ 주기의 기준 클럭을 결합함으로써 구현될 때의 기록 펄스들간의 관계를 도시한다.

단순화를 위해, 도 24에서 기록 펄스 영역동안 발산하는 광의 기록 전력 P_w , 오프 펄스 영역동안 발산하는 광의 바이어스 전력 P_b , 및 이들 영역과 다른 영역동안 발산되는 광의 소거 전력 P_e 들이 임의의 i 동안 일정하게 도시된다. 비록 이들 전력이 $P_b < P_e < P_w$ 의 관계를 갖도록 도시되었지만, 이들 전력은 n 및 i 값에 따라서 서로 상이한 값으로 설정될 수 있다. 특히, a_1T 및 $a_1'T$ 의 기록 전력 P_{w1} 및 a_mT 및 $a_m'T$ 의 기록전력 P_{wm} 은 다른 영역인 a_iT ($i=2$ 내지 $m-1$)의 기록 전력 P_{wi} 와 다르게 설정될 수 있다.

더욱이, 단순화를 위해서 도 24에서는, $\varepsilon_1 = \varepsilon_1' = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$ 이라고 가정하고, 제 1 기록펄스 a_1T 및 $a_1'T$ 이 기록되는 nT 마크의 전단부 후에 $2T$ 에서 하강하고, a_mT 및 $a_m'T$ 의 하강 에지는 nT 마크의 후단부와 일치하는 것으로 도시된다.

도 24에서, 참조 부호(220)는 T 주기 기준 클럭을 나타낸다.

도 24(a)는 원래의 마크길이 변조 신호의 nT 마크와 관련된 구형파를 도시하고, (221)는 $2LT$ 마크 길이를 나타내고, (222)는 $(2L+1)T$ 마크 길이를 나타낸다. 비록, $L=5$ 에 대응하는 2 가지의 마크가 도시되어 있지만, L 이 1 만큼 증가하거나 감소하는 때에 $2 \leq i \leq m-1$ 인 중간 i 에 대해서 주기 $2T$ 를 가산하거나 감산함으로써 L 이 다른 경우에도 처리가 가능하다.

도 24(b)는 $n=2L=10$ 일 때 분할 기록 펄스의 파형을 나타내고, 도 24(c)는 $n=2L+1=11$ 일 때 분할 기록 펄스의 파형을 나타낸다.

도 24(b)에서, $2T$ 주기의 기준 클럭(225)은 T 주기 기준 클럭(220)에 대해 위상 지연을 갖지않는 T 주기 기준 클럭(223)을 주파수 분할함으로써 얻어진다. $T_{d1} + a_1 = 2$ 일 때, 각 기록 펄스 a_iT ($1 \leq i \leq m$)의 하강 에지는 $2T$ -주기 기준 클럭(225)와 동기된다. $2T$ -주기 기준 클럭(225)와 동기로, $a_i - \beta_i$ 의 듀티비는 조절되어 기록 펄스 파형(227)을 생성한다.

도 24(c)에서, $2T$ -주기 기준 클럭(226)은 T -주기 기준 클럭(220)와 $0.5T$ 만큼 상이 어긋나는 T -주기 기준 클럭(220)을 주파수 분할함으로써 얻어진다. 각 기록 펄스 a_iT ($2 \leq i \leq m$)의 하강 에지는 $2T$ -주기 기준 클럭(226)과 동기된다. $2T$ -주기 기준 클럭(226)과 동기로, $\beta_{i-1} - a_i$ 의 듀티비는 조절되어 기록 펄스 파형(228)을 생성한다.

이러한 방식으로, T-주기 제 1 기준 클럭 1(223) 및 T-주기 제 1 기준 클럭 1(223)와 0.5T 만큼 상차가있는 T-주기 제 2 기준 클럭 2(224)를 사용함으로써, $a_i(1 \leq i \leq m)$ 는 기준 클럭 1을 주파수 분할함으로써 얻어지는 2T-주기 기준 클럭 3(225)과 동기화 생성되고, $a_i'(2 \leq i \leq m-1)$ 는 기준 클럭 2를 주파수 분할함으로써 얻어지는 2T-주기 기준 클럭 4(225)와 동기화 생성됨으로써, 2L 및 2L+1 과 용이하게 대응되는 분할 기록 펄스를 생성한다.

도 24에서, 마크 길이 2LT 및 (2L+1)T 는 T2 및 T4에서 서로 후단부가 정렬되도록 도시된다. 따라서, 2T-주기 기준 클럭들(225 및 226)간에는 (b) 와 (c)의 오직 2가지 관계가 가능하다. 그러나, 실제로는 2T-주기 기준 클럭들이 사용되면, 비록 2T 주기에서는 동상이 되지만 이들 마크 길이의 전단부 위치는 서로 1T 만큼 상차가 날수 있다. 따라서, 분할 기록 펄스 생성 방법3 은 분할 기록 펄스 생성 방법2 에서와 마찬가지로, 도 13 (a),(b),(c) 및 (d) 에 도시되는 것처럼 n 이 홀수인 경우와 짝수인 경우를 고려한 4 가지의 관계가 가능하다는 사실을 고려할 필요가 있다.

도 13 의 2T-주기 클럭 트레인 4를 사용함으로써, (1a)의 경우에, 기록 펄스 영역 a_1T , a_2T , a_3T , a_4T 및 a_5T 에 대응되는 게이트 그룹 G1a 가 주기 P1a, P2a, P3a, P4a 및 P5a 각각과 동기화 생성된다; (1b)의 경우에, 기록 펄스 영역 a_1T , a_2T , a_3T , a_4T 및 a_5T 에 대응되는 게이트 그룹 G1b 가 주기 P1b, P2b, P3b, P4b 및 P5b 각각과 동기화 생성된다; (2a)의 경우에, 기록 펄스 영역 $a_1'T$, $a_2'T$, $a_3'T$, $a_4'T$ 및 $a_5'T$ 에 대응되는 게이트 그룹 G2a 가 주기 R1a, R2a, R3a, R4a 및 R5a 각각과 동기화 생성된다; (2b)의 경우에, 기록 펄스 영역 $a_1'T$, $a_2'T$, $a_3'T$, $a_4'T$ 및 $a_5'T$ 에 대응되는 게이트 그룹 G2b 가 주기 Q1b, Q2b, Q3b, Q4b 및 Q5b 각각과 동기화 생성된다.

이들 기록 펄스 발생 게이트 그룹 G1a, G1b, G2a 및 G2b 는 분할 기록 펄스 생성 방법2 에서와 같이, 도 1 에서의 게이트 1, 2 및 4 의 결합과 동일하다.

즉, 도 1 에 도시된 바와 같이 G1a 및 G1b를 생성할 때, 제 1 펄스 a_1T 를 생성하기 위한 게이트 1, 중간 펄스 그룹 $a_iT(2 \leq i \leq m-1)$ 를 생성하기 위한 게이트 2, 및 마지막 펄스 a_mT 를 생성하기 위한 게이트 4 는 각각 생성되어서 결합된다. 또는 도 1 에 도시된 바와 같이 G2a 및 G2b를 생성할 때, 제 1 펄스 $a_1'T$, 중간 펄스 그룹 $a_i'T(2 \leq i \leq m-1)$ 및 마지막 펄스 $a_m'T$ 가 각각 생성되어 결합된다. $\epsilon_1, \epsilon_1', \epsilon_2'$ 및 ϵ_3' 가 0 이 아닐 때, 제 1 기록 펄스 a_1T , $a_1'T$ 는 주기 P1a, Q1a, P1b 또는 Q1b의 소정의 시간차가 주어지고, 마지막 기록 펄스 a_mT , $a_m'T$ 는 주기 P5a, P5b, Q5a, 또는 Q5b 의 소정의 시간 차가 주어진다.

한편, 오프 펄스 영역 및 Pe 전력 조사 영역을 결정하기 위해서, 마크의 마지막 오프 펄스 영역 β_mT 이 불규칙적이라는 사실을 고려해야한다. 즉, 마크의 후단의 주기는 반드시 2T가 될 필요는 없으며, 약 $2T \pm 1T$ 의 여유가 주어져야 한다. 이는 마지막 오프 펄스 β_m 또는 β_m' 을 예외적으로 정의함으로써 처리된다. 그 목적을 위해서, 도 1 의 게이트 3에 대응되는 게이트 신호가 생성된다.

즉, n 이 짝수일 때, $\Sigma(a_i + \beta_i)T$ 의 게이트 G3 은 nT 마크의 전단부로 부터 T_{d1} 의 지연시간으로 생성되고; n 이 홀수일 때, $\Sigma(a_i' + \beta_i')T$ 의 게이트 G4 는 nT 마크의 전단부로 부터 T_{d1}' 의 지연시간으로 생성된다. G3 또는 G4 가 오프일 때, 소거전력 Pe를 갖는 광이 조사되고; G3 또는 G4 가 온일 때, 바이어스 전력 Pb를 갖는 광이 조사되고; G3 및 G1a 가 동시에 온일 때, G1a 온 영역에 대응하여 기록 전력 Pw를 갖는 광이 조사되고; G3 및 G1b 가 동시에 온일 때, G1b 온 영역에 대응하여 기록 전력 Pw를 갖는 광이 조사되고; G4 및 G2a 가 동시에 온일 때, G2a 온 영역에 대응하여 기록 전력 Pw를 갖는 광이 조사되고; G4 및 G2b 가 동시에 온일 때, G2b 온 영역에 대응하여 기록 전력 Pw를 갖는 광이 조사된다. 상술의 게이트 우선순위 관계는 게이트 온/오프를 논리 0 및 1 레벨로 매칭시키고 각 게이트 제어 논리 신호에 OR 연산을 수행함으로써 결정된다.

요약하면, 기록 펄스 영역 a_iT 를 생성하기 위한 모든 게이트는 다음의 절차에 의해 생성된다. (1)기록 트랙 상의 소정 위치에 형성된 클럭 마크에 대응하는 기준 시간 T_{sync} 이 생성되고, (2) 시작점으로서 취해진 상기 기준 시간 T_{sync} 에서 지연 시간 T_{d1} 로 생성된 2T 의 주기를 가지는 기준 클럭 1a, 0.5T 만큼 상기 기준 클럭 1a 을 앞서는 2T 의 주기를 가지는 기준 클럭 2a, 1T 만큼 상기 기준 클럭 1a 을 앞서는 2T 의 주기를 가지는 기준 클럭 1b, 및 1.5T 만큼 상기 기준 클럭 1a 을 앞서는 2T 의 주기를 가지는 기준 클럭 2b 인 4 개의 기준 클럭이 생성되고, (3) $nT = 2LT$ 의 마크를 기록하는 경우, a_1T ,

$\alpha_i T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 및 $\alpha_m T$ 영역들의 타이밍에 따라서 게이트 그룹 G1a 및 G1b 이 상기 기준 클록 1a 또는 1b 와 동기하여 생성되고, (4) $nT = (2L + 1)T$ 의 마크를 기록하는 경우, $\alpha_1' T$, $\alpha_i' T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 및 $\alpha_m' T$ 영역들의 타이밍에 따라서 게이트 그룹 G2a 및 G2b 이 상기 기준 클록 2a 또는 2b 와 동기하여 생성된다.

게이트 그룹 G1a, G1b, G2a 및 G2b 는 다음과 같이 선택될 수 있다. 첫째로, T_{sync} 를 기준으로 하면, T-주기의 기준 클록 (300)의 시작점이 결정되고, 시작점 이후에 짝수의 클록 주기 T 또는 홀수의 클록 주기 T 경과후에 마크 길이 nT 가 상승했는지가 결정된다. 특히, T_{sync} 에서 재설정 되고 매 주기마다 1을 가산하는 1 비트 가산기가 사용된다. 만약, 결과가 0 이면, 경과된 시간이 짝수 주기라고 결정되고, 만약 결과가 1 이라면, 경과된 시간이 홀수 주기라고 결정한다. 즉, 기준 시간 T_{sync} 로부터 nT 마크의 전단부까지 경과된 시간이 주기 T의 짝수배라면, n 이 짝수 또는 홀수냐에 따라서 게이트 신호 그룹 G1a 또는 G2b 가 선택된다. 기준 시간 T_{sync} 로부터 nT 마크의 전단부까지 경과된 시간이 주기 T의 홀수배라면, n 이 짝수 또는 홀수냐에 따라서 게이트 신호 그룹 G1b 또는 G2a 가 선택된다. 그러므로, 서로 0.5T 만큼 쉬프트된 4개의 2T 주기의 기준 클록의 결합을 사용함으로써 모든 기록 펄스를 T0를 시작점으로 하여 생성되는 일련의 nT 마크로서 생성가능하다.

상술된 분할 기록 펄스 생성 방법 1, 2, 및 3에서, 적어도 중간 펄스 그룹 $(\alpha_i + \beta_i)T$ 또는 $(\alpha_i + \beta_{i-1})T$ 의 스위칭 주기를 1T, 1.5T, 2T 또는 2.5T에서 일정하게 유지하고, $\alpha_i - \beta_i$ 및 $\alpha_i' - \beta_i'$ 의 듀티비를 변경함으로써, 다른 특성을 갖는 매체가 사용되거나 또는 동일한 매체가 상이한 선속도에서 사용될 때에도 용이하게 최적의 분할 기록 펄스 전략을 찾을수 있다.

본 발명의 광 기록 방법은 특히 결정 상태가 기록되지 않은 또는 소거된 상태로 간주될 때, 결정상태 매체상의 무결정 마크를 형성함으로써, 정보가 재기록(overwritten) 되는 상변화 매체에 효과적이다.

또한, 본 발명의 광기록 방법은 기록이 동일한 매체상의 상이한 선속도로 행해지는 경우에도 효과적이다. 일반적으로 일정한 농도 기록은 실시되고 있고, 이는 선속도에는 의존하지 않고, v 가 선속도이고 T 가 클록 주기인 경우에 그 내적인 vT를 복수의 선속도로 일정하게 유지한다.

예컨데, 마크 길이 변조 구성에 기초한 기록이 $v \times T$ 가 일정하도록 복수의 선속도로 동일한 기록 매체상에 수행될 때, L 이 2 이상인 경우에 펄스 생성 방법2는 $2 < i < m-1$ 인 i에 대해 $(\alpha_i + \beta_i)T$ 및 $(\alpha_i' + \beta_i')T$ 의 주기를 선속도와 관계없이 일정하게 유지하고, 또한 Pwi, Pbi 및 Pe를 각 i에 대해 선속도와 관계없이 거의 일정하게 유지하고, α_i 및 α_i' ($1 \leq i \leq m$)를 선속도가 점점 느려짐에 따라서 감소시킨다(JP-A9-7176). 결과적으로, 광범위한 선속도에서 만족스러운 겹쳐쓰기(overwrite)가 가능하다.

마크 길이 변조 구성에 기초한 기록이 $v \times T$ 가 일정하도록 복수의 선속도로 동일한 기록 매체상에 수행될 때, L 이 2 이상인 경우에 펄스 생성 방법3은 $2 \leq i \leq m$ 인 i에 대해 $(\beta_{i-1} + \alpha_i)T$ 및 $(\beta_{i-1}' + \alpha_i')T$ 의 주기를 선속도와 관계없이 일정하게 유지하고, 또한 Pwi, Pbi 및 Pe를 각 i에 대해 선속도와 관계없이 거의 일정하게 유지하고, α_i 및 α_i' 를 선속도가 점점 느려짐에 따라서 단조롭게 감소시킨다(JP-A9-7176). 이 경우에도 역시, 광범위한 선속도에서 만족스러운 겹쳐쓰기(overwrite)가 가능하다.

상술의 2 예에서, "Pwi, Pbi 및 Pe 는 선속도에 관계없이 거의 일정하다"라는 표현은 최소값이 최대값의 약 20% 내에 있는 것을 의미하고 바람직하게는 10%의 내에 있는 것을 의미한다. 더욱이, Pwi, Pbi 및 Pe 는 실제적으로 일정하고, 선속도와 전혀 관계가 없다.

상술의 예에서, 선속도가 감소될 때, $(\alpha_i + \beta_i)T$ 의 α_i 를 감소시키고 β_i 를 증가시키는 방법 및 $(\alpha_i + \beta_i)T$ 의 α_i 를 감소시키고 β_{i-1} 을 증가시키는 방법은 특히 상변화 매체에서 효과적이다. 이것은 상변화 매체에서, 기록 레이어의 냉각 속도는 선속도가 감소됨에 따라서 느려지고, 오프 펄스 영역 β_i 의 비를 증가시킴으로써 냉각 효과를 증대시킬수 있다. 이런 경우에, 매체를 비정질 상태로 변경하기 위해서는 냉각 시간을 확보하기 위해서는, 사용된 모든 선속도 및 모든 L에 대해서, $0.5 < \beta_i \leq 2.5$ 및 $0.5 < \beta_i' \leq 2.5$ 가 되도록 β_i 및 β_i' 를 설정하는 것이 바람직하고, $1 \leq \beta_i \leq 2$ 및 $1 \leq \beta_i' \leq 2$ 가 되도록 설정하는 것이 더 바람직하다.

상술의 2 예에서, 모든 선속도에 대해서, $\alpha_i T$ 및 $\alpha_i' T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 이 일정하게 유지되는 것이, 즉, 중간 기록 펄스가 거의 일정한 절대적인 시간 길이를 갖는 것이 더 바람직하다. "거의 일정한"이라는 표현은 각 선속도에서 약 $\pm 0.1T$ 의 가변 범위를 갖는다는 것을 의미한다. 그 경우에, 기준 클럭 T 는 선속도가 감소함에 따라서 커지고, 중간 펄스 그룹의 α_i 및 α_i' 은 반드시 단조 감소한다. 비록, 제 1 기록 펄스 $\alpha_1 T$, $\alpha_1' T$ 가 일정하게 될 수 있지만, 바람직하게는 각 선속도에서 미세 조정되어야 한다. β_m 및 β_m' 은 각 선속도에서 바람직하게 미세조정 된다. 그 경우에, β_m 및 β_m' 가 선속도가 감소함에 따라서 일정하게 유지되거나 증가되도록 설정되는 것이 바람직하다.

상술의 2가지 펄스 생성 방법 1, 2, 및 3에서, 기준 클럭 주기 T 가 기록용 DVD (선속도 3.5 m/s; 및 기준 클럭 주기 T 는 38.2 nanoseconds)의 $\times 1$ 속도보다 작을 때, $n - (n_1 + n_2)$ 및 제 1 및 마지막 펄스는 선행 및/또는 순차 마크 길이 또는 공간 길이에 따라서 제어되어야 한다.

이하에서 본 발명이 특별히 효과적임을 증명하는 예를 설명한다.

제 1 경우는, 기록중의 선속도가 10m/s 이상으로 설정되고, 가장 짧은 마크 길이는 $0.8 \mu m$ 이하로 설정되어 고밀도 기록을 행하는 경우이다. 왜냐하면, 가장 짧은 마크 길이는 V 가 선속도일 때, $nT \times V$ 로 표현되고, 감소된 최단 마크 길이는 기준 클럭 주기 T 를 짧게한다.

기록 광의 파장을 500nm 이하로 짧게 설정하고, 기록 광의 집중을 위한 렌즈의 개구수가 0.6 이상으로 높게하고, 기록 광의 빔 지름을 작은 값으로, 최단 마크 길이를 $0.3 \mu m$ 이하로 설정하여 고밀도의 기록을 수행하는 것이 또한 효과적이다.

더욱이, 마크 길이 변조 방식으로서 8-16 변조 방식 및 (1,7)-RLL-NRZI 변조 방식과 같은 고밀도 기록 변조 방식을 사용하는 것이 또한 효과적이다.

다른 경우는 마크 길이 변조 방식이 EFM 변조 방식이고, 기록중의 선속도가 기록중에 기록 라인 농도를 일정하게 유지하며 CD 기준 선속도인 1.2m/s 내지 1.4m/s의 10 배의 고속으로 설정되는 경우이다.

또 다른 경우는 마크 길이 변조 방식이 EFM+ 변조 방식이고, 고밀도 변조 방식이며, 기록중의 선속도가 기록중에 기록 라인 농도를 일정하게 유지하며 DVD 기준 선속도인 3.49m/s의 2 배 이상의 고속으로 설정되는 경우이다.

다음으로, 마크 길이 변조 신호의 양호도를 도면을 참조하여 설명한다.

도 5는 Cd-RW를 포함하는 CD 계열에서 사용되는 EFM 변조신호의 재생 파형(아이(eye)-패턴)을 도시하는 개략도이다. EFM 변조에서, 기록 마크 및 공간 길이는 3T 및 11T 사이의 시간 길이를 취할수 있고, 아이-패턴은 실질적으로 무작위로 3T에서 11T까지 모든 비정질 마크의 재생 파형을 포함한다. EFM+ 변조는 14T의 마크 길이 및 14T의 공간 길이를 더 포함한다.

반사율로 변환된 아이 패턴의 상단 I_{top} 은 상단 값 R_{top} 이고, I_{top} 에 의해서 표준화된 아이 패턴 I_{11} 의 크기(실제로 11T 마크의 크기)는 다음으로 표현되는 기록 신호의 변조 m_{11} 이다.

$$m_{11} = \frac{I_{11}}{I_{top}} \times 100(\%) \quad (1)$$

m_{11} 은 바람직하게는 40% 및 80% 사이에서 설정되고, 특히 m_{11} 을 40% 이상으로 설정하는 것이 중요하다. 신호 크기를 크게 설정하는 것이 바람직하지만, 너무 크게 설정하면 신호 재생 시스템의 증폭기의 게인이 과도하게 포화되는 결과를 초래한다. 따라서, m_{11} 의 상한은 약 80%에서 결정된다. 반면, 신호의 크기가 너무 작으면, 신호대 잡음비(SN 비)를 감소시키고, 따라서 하한은 약 40%에서 결정된다.

더욱이, 아래의 식에 의해서 정의되는 비대칭 값인 Asym은 가능하면 0에 가깝게 설정된다.

$$Asym = \left(\frac{I_{slice}}{I_{11}} - \frac{1}{2} \right) (\%) \quad (2)$$

또한, 각 마크의 지터 및 재생 신호의 공간이 기준 클록 주기 T 의 거의 10% 이하가 되고, 마크 길이 및 공간 길이가 거의 nTxV 를 갖는것이 바람직하다(T 는 데이터의 기준 클록 주기, n 은 3 내지 11 의 정수이고, v 는 재생중의 선속도이다). 이런 배열로, 상업적으로 이용가능한 CD-ROM 드라이브를 사용한 신호 재생은 낮은 에러율로 수행이 가능하다. EFM+ 변조 방식을 사용한 기록 가능한 DVD 매체에서, 식(1) 및 (2)는 I₁₁을 14T 마크의 I₁₄로 변경함으로써 정의 가능하다. 지터는 아날로그 재생 신호를 디지털화 하기위해 이퀄라이저를 통해서 전달함으로써 얻어지는 소위 에지-투-클록(edge-to-clock) 지터로서 측정된다. 그 경우에, 지터의 값은 클록 주기의 13%이하, 특히 9% 이하인 것이 바람직하다.

다음으로, 상술의 광기록 방법에서 사용되는 바람직한 광기록 매체에 대해 설명한다.

본 발명에 따라서 기록된 광기록 매체는 안료 기초의(pigment-based) 유기물(organic) 기록 매체, 광자기(magneto-optical) 기록 매체, 상변화 기록 매체 및 다양한 다른 종류의 기록매체를 포함한다. 또한 이들은 재기록 불가 및 재기록 가능한 매체를 포함한다. 이들 매체중에서, 특히 중요한 효과를 발생시킬 수 있는 것은 상변화 기록매체, 특히 결정 상태 매체상에 비정질 마크가 겹쳐쓰기된 재기록 가능한 상변화 기록매체인데, 결정 상태는 미기록 상태로 간주된다.

기록 레이어의 특히 바람직한 물질은 결정 영역과 용융 영역간의 인터페이스에서 결정화가 시작되는 타입의 것이다.

바람직한 상변화 매체들 중에는 SbTe 공정 조성에서 과잉의 Sb 를 포함하는 기록 레이어를 가지는 상변화 매체가 있다. 특히 바람직한 조성은 Sb₇₀Te₃₀ 공정 조성을 기본으로 하여 과잉의 Sb 뿐만 아니라 Ge 도 포함하는 것이다. Sb/Te 비는 특히 4 이상으로 설정되는 것이 바람직하다. Ge 의 내용물은 바람직하게는 10 원자% 이하이다. 이러한 기록 레이어의 예는 M_zGe_y(Sb_xTe_{1-x})_{1-y-z} (0≤z≤0.1, 0<y≤0.3, 0.8≤x 이고; M 은 적어도 In, Ga, Si, Sn, Pb, Pd, Pt, Zn, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Co, Mo, Mn, Bi, O, N 및 S 중의 하나이다) 합금이다.

상술한 바와 같이, 전술한 조성을 가지는 합금은 Sb₇₀Te₃₀ 공정점에서 과잉의 Sb 를 포함하는 이원(binary) 합금이고, 시간에 의존하는 안정도 및 지터를 개선하기 위해 Ge 를 포함하고, 또한 지터를 더 감소시키고 선속도의 의존도 및 광학적 특성을 개선하기 위해 M 으로 표시되는 일련의 성분들 중 하나 이상을 포함한다. 또는, 0 에 가까운 양의 Te 를 포함하는 조성은 Ge₁₅Sb₈₅ 공정점 부근 조성에 Te 또는 M 성분을 첨가한 합금으로 간주될 수 있다.

상술의 조성에서, Ge 는 과잉의 Sb 에 의해 제공되는 고속의 결정 기능의 해치는 일 없이 무결정 마크의 시간 의존 안정성을 향상시키기 위해서 작용한다. 이것은 결정화 온도를 높이고 결정화의 활성화 에너지를 향상시키는 능력을 갖는다고 간주된다. 즉, SbTe 공정 조성을 베이스로 하고 GeSbTe 를 주성분으로 하는 상술의 합금 기록 레이어는 Ge의 존재로 인해 결정 핵의 형성을 억제하여 Sb/Te 비를 상승시키고, 그러므로써 결정 성장 속도를 상승시킬 수 있다. 일반적으로 결정 핵의 형성은 결정 성장 온도보다 낮은 온도에서 시작되고, 이것은 비정질 마크가 형성될 때 상온부근에서 마크의 저장 안정도에 바람직하지 않다. 상술의 GeSbTe를 주요소로서 갖는 합금 기록 레이어에서, 용융점 부근에서 결정 성장은 선택적으로 촉진되고, 이 합금은 빠른 소거가 가능하고 상온에서 비정질 마크의 최상의 안정성을 갖는다. 이런면에서, 상술의 합금 기록 레이어는 특히 높은 선속도 기록에 적합하다.

상술의 혼합물에서 원소 M으로서, In 및 Ga가 사용된다. In 은 지터를 감소시키고 관련된 선속도 여유를 증대하는데 특히 효과적이다. 상변화 매체의 기록 레이어의 더 바람직한 혼합물은 A¹_aA²_bGe_c(Sb_dTe_{1-d})_{1-a-b-c} (0≤a≤0.1, 0<b≤0.1, 0.02<c≤0.3, 0.8≤d 이고 A¹ 은 적어도 Zn, Pd, Pt, V, Nb, Ta, Cr, Co, Si, Sn, Pb, Bi, N, O 및 S 중에 하나이고, A² 는 In 및/또는 Ga 이다) 합금이다.

이들 혼합물은 통상의 GeTe-Sb₂Te₃ 의사-이원 합금 부근의 혼합물에 비해, 개별 미세 결정 그레인(grain)의 반사도가 결정면의 방향에 덜 의존하기 때문에, 이들 혼합물에 노이즈를 줄이는 능력을 제공한다.

또한, 80/20 보다 높은 상술의 Sb/Te 비를 갖는 SbTe-기초의 혼합물은 CD 선속도(약 14m/s)의 12배 이상 또는 DVD 선속도(약 14m/s)의 4배 이상의 높은 선속도의 신속한 소거가 가능하다는 점에서 최상이다.

한편, 이 혼합물은 기준 클록의 주기가 2.5 ns 이하일 때, 특히 큰 문제를 야기한다. 그 이유는 다음과 같이 설명한다.

상술의 혼합물에서 비정질 마크의 소거는 실제적으로는 비정질 마크 주위를 둘러싸는 결정 영역을 갖는 경계로부터의 결정 속도에 의해서만 지배되고, 비정질 마크 내부의 결정 핵의 형성 및 결정 핵으로부터의 결정 성장 프로세스는 재결정화 프로세스에 거의 영향을 미치지 않는다. 선속도가 증가함에 따라서(즉, 10m/s 이상), 소거 전력 P_e 이 조사되는 시간은 짧아지고, 레이어가 결정 성장에 필요한 용융점 부근의 높은 온도에서 유지되는 시간을 극도로 감소시킨다. 상술의 혼합물에서, 비록 비정질 마크를 둘러싸는 영역으로부터의 결정 성장이 Sb 함유물을 증가시킴으로써 촉진될 수 있지만, 증가된 Sb 함유물은 또한 용융된 영역의 재-고체화동안 결정 성장 속도를 증가시킨다. 즉, 고선속도 기록동안 비정질 마크의 신속한 소거를 위해서 Sb 함유물을 증가시키는 것은 양질의 비정질 마크의 생산을 어렵게한다. 환언하면, 비정질 마크 부근으로부터의 재결정화의 속도가 상술의 일정 레벨이상으로 증가될 때, 비정질 마크를 기록하도록 형성된 용융된 영역의 재-고체화동안 용융된 영역 부근으로부터 재결정화 또한 가속된다.

상술의 조성에서, 고속으로 고선속도 기록을 실행하려는 시도는 비정질 마크의 형성을 어렵게 한다. 추가로, 고선속도에서 클록 주기는 짧아지고, 오프 펄스 영역의 감소 및 냉각 효과의 저하는 문제를 더욱 현저하게 한다.

상술의 조성 문제는 종래의 일반적으로 사용되는 $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3$ 의사-2원 합금계 조성에 상대적으로 큰 문제는 아니다. $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3$ 의사-2원 합금계 조성에서, 비정질 마크의 소거는 주로 비정질 마크내의 결정핵의 생성에 의해서 행해지고, 결정 성장은 그다지 기여하지 않는다. 또한, 결정핵의 생성은 낮은 온도에서 결정 성장보다 활발하다. 따라서, $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3$ 의사-2원 합금계 조성에서, 결정 성장이 상대적으로 느린 경우에도 재결정화는 다수의 결정핵을 생성함으로써 달성된다. 또한, 용융점 이하의 온도에서의 재결정화 프로세스 중에, 결정핵은 생성되지 않고 결정 성장의 속도는 상대적으로 낮아서, 기록 레이어는 용이하게 상대적으로 낮은 임계 냉각 속도에서 비정질 상태로 변형된다.

SbTe 공정 조성에서 과도한 Sb를 포함하는 조성, 특히 Ge를 추가로 포함하는 조성을 갖는 기록층은, 실질적으로 단일 상으로 구성되며 상분리가 수반되지 않는 결정상태인 것이 바람직하다. 결정 상태는, 스퍼터링을 이용한 막 증착 공정의 초기 상에서 생산된 비정질 상태의 기록층의 가열 및 결정화를 포함하는, 초기화 과정을 수행함으로써 얻어진다. "실질적으로 단일 상"이라는 표현은 기록층이 단일 결정상 또는 복수의 결정상들로 형성될 수도 있고, 기록층이 복수의 결정상들로 형성되는 경우에는, 격자의 부정합이 없는 것이 바람직하다. 단일 결정 상으로 형성되는 경우, 기록 층은 동일한 결정 상을 갖으나 상이한 배향을 갖는 다중의 결정층일 수도 있다.

이러한 실질적으로 단일 상의 기록 레이어는 감소된 노이즈, 개선된 보존 안정성 및 고속으로 결정화의 수행시의 용이성과 같은 특성을 개선시킨다. 이들은 다음과 같이 설명된다. 헥사고날(hexagonal)구조, 상이한 격자 상수를 갖는 Sb와 같은 입방 결정, AgSbTe_2 에서 볼 수 있는 면심 입방 결정 및 다른 공간 그룹에 속하는 다른 결정 상을 포함하는 다양한 결정 상이 혼합된 상태에서 존재할 때, 큰 격자 부정합을 갖는 그레인 경계가 형성된다. 이것은 마크의 둘레 기하 구조를 장애하고 또한 광노이즈를 생성한다고 여겨진다. 그러나, 단일상의 기록층에서는 그레인 경계가 형성되지 않는다.

기록 레이어에 형성된 결정 상의 타입은 기록 레이어에서 수행되는 초기화 방법에 의존한다. 즉, 본 발명에서 바람직한 결정 상을 생성하기 위해서, 기록 레이어 초기화 방법은 바람직하게는 다음의 조건을 만족해야한다.

기록 레이어는 일반적으로 스퍼터링과 같은 물리적 진공 증착에 의해서 형성된다. 막이 정상적으로 형성된 직후의 증착 상태는 비정질 상태이고, 따라서 비기록된/소거된 상태가 되기 위해서 결정화되어야 한다. 이 동작이 초기화라 칭해진다. 예컨대, 초기화 동작은 결정화 온도(통상 150-300℃)부터 용융점에 이르는 온도 범위의 고체 상태에서의 고체 상에서의 어닐링, 레이저빔 및 플래쉬 램프의 광에 의해서 조사되는 광에너지를 이용한 어닐링 및 용융에 의한 초기화를 포함한다. 바람직한 결정 상태의 기록 레이어를 얻기위해, 용융 초기화가 바람직하다. 고체상의 어닐링의 경우에 열적 평형을 이루기위한 시간 여유가 있고, 따라서 다른 결정 상이 형성되기 쉽다.

용융 결정화에서, 기록 레이어를 용융하고, 재응고 프로세스동안 이를 직접 재결정화하는 것이 가능하다. 또는, 재응고 프로세스 동안 기록 레이어를 비정질 상태로 변경하고 용융점 부근의 고체상에서 이를 재결정화하는 것이 가능하다. 그 경우에, 결정화 속도가 너무 느리면, 열적 평형을 위한 시간 여유가 발생되어 다른 결정상이 형성된다. 그러므로, 냉각속도 어느 정도 증가되는 것이 바람직하다.

예컨데, 기록 레이저를 용융점 이상으로 유지하기 위한 시간을 바람직하게는 일반적으로 2 이하, 더 바람직하게는 1 이하로 설정한다. 용융 초기화를 위해서, 레이저빔이 바람직하게 사용된다. 초기화가 스캔(scan) 방향과 거의 평행으로 배향된 단(minor) 축을 갖는 타원형의 레이저빔을 사용하는 것이 특히 바람직하다(이하에서는 이 초기화방법은 "벌크 소거(bulk erase)"라 칭해진다). 그 경우에 장(major)축은 일반적으로 10-1,000 μ m 이고 단축은 일반적으로 0.1-10 μ m 이다. 빔의 장축 및 단축의 길이는 빔내에서 측정된 광에너지 세기 분포의 반폭으로 정의된다. 스캔 속도는 일반적으로 약 3-10 m/s 이다. 적어도 본 발명의 상변화 매체가 겹쳐쓰기-기록될 수 있는, 이용가능한 최고의 선속도보다 높은 속도에서 스캐닝이 수행될 때, 초기화 스캔동안 용융된 영역은 비정질 상태로 변형된다. 또한, 이용 가능한 최고 선속도의 30% 이하의 속도에서의 스캔은 일반적으로 상분리를 초래하고 단일 상을 생성하기 더 어렵게 한다. 이용 가능한 최고 선속도의 50-80%의 선속도가 특히 바람직하다. 이용 가능한 최고 선속도 자체는 매체가 그 선속도에서 Pe 전력으로 조사될 때 완전한 소거를 보장하는 선속도의 상한으로서 결정된다.

레이저빔원은 반도체 레이저, 가스 레이저 및 다른것들을 사용한다. 레이저빔의 전력은 일반적으로 약 100mW 와 2W 사이이다.

벌크 소거에 의한 초기화동안, 예컨데, 디스크와 같은 기록매체가 사용되었을 때, 타원형 빔의 단축의 방향을 거의 둘레 방향으로 일치시킬 수 있고, 디스크를 회전시킴으로써 디스크를 단축 방향으로 스캔할 수 있고, 매 회전마다 빔을 장축(조사) 방향으로 이동시키고 따라서 전체 표면을 초기화할 수 있다. 매 회전마다 조사방향으로 빔에 의해서 움직인 거리는 바람직하게는 동일한 반경이 복수회 레이저빔으로 조사되도록 스캔을 겹쳐쓰게 하기 위해서 빔 장축보다 짧아진다. 이 배열은 신뢰할만한 초기화를 허용하고, 빔의 조사방향으로 에너지 분배(일반적으로 10-20%)에 의해 야기되는 불규칙한 초기화를 피한다. 트래블된(travel) 거리가 너무 작으면, 다른 원치않는 결정 상이 생기기 쉽다. 따라서, 조사 방향으로의 트래블 거리는 빔 장축의 1/2 이상으로 설정된다.

용융 초기화는 2 레이저 빔을 사용, 선행하는 빔으로 기록 레이저의 용융, 제 2 빔으로 기록 레이저를 재결정화 함으로써 달성된다. 2 빔간의 거리가 멀수록, 선행하는 빔에의해 용융된 영역이 제 2 빔에 의해서 재결정화 되기전에 먼저 응고된다.

용융/재결정화가 수행되었는지 여부는, 직경이 약 1 μ m 인 기록 광에의해 기록 레이저가 실질적으로 비정질 마크에 겹쳐진 후에, 소거된 상태의 반사도 R1 이 실질적으로 초기화후의 미기록된 상태의 반사도 R2와 동일한지를 검사함으로써 결정된다. 비정질 마크 기록을 위한 신호 패턴이 간헐적으로 사용될 때, R1 의 측정은 일반적으로 약 5 내지 100회 수회의 겹쳐쓰기후에 수행된다. 이는 단일 길고 동작후에 미기록 상태에 남아있을수 있는 공간의 반사도의 영향을 제거할 수 있다.

실제의 기록 펄스 생성 방법에 따른 집중된 기록 레이저 빔의 변조에 의하기 보다는 기록 레이저를 용융시키기 위해서 기록 전력 DC 를 조사함하고, 재응고함으로써, 상술의 소거 상태가 얻어진다.

본 발명의 기록 매체의 경우에, R1 및 R2간의 차이는 바람직하게는 가능한 작게 설정된다.

엄밀히 말하면, R1 및 R2 를 포함하는 다음과 같이 정의되는 값은 10(%)이하, 특히 5(%) 이하로 설정되는 것이 바람직하다.

$$2 \frac{|R1-R2|}{R1+R2} \times 100(\%)$$

예컨데, 약 17%의 R1을 갖는 상변화 매체에서, R2 는 16-18%의 범위이어야 한다.

이런 초기화 상태를 실현하기 위해서, 실제 기록 환경과 거의 동일한 열적 히스토리가 초기화에의해서 주어져야 한다.

이러한 초기화 방법에 의해서 얻어진 단일 결정 상은, Sb/Te 비가 약 4.5보다 크면 헥사고널 결정이고, Sb/Te 비가 4.5보다 작으면 면심 입방 결정이 된다. 그러나, 이것이 Sb/Te 에만 의존하는 것은 아니다. CD 선속도의 16 배속 및 DVD 선속도의 4 배속 기록에서, 기록 레이저가 헥사고널 다결정의 단일 상으로 구성되는 것이 바람직하다.

본 발명의 상변화 매체는 일반적으로 하부 보호 레이저 기판에 형성되고, 상변화 기록 레이저는 상위 보호 레이저 및 반사 레이저에 형성된다. 기록 레이저가 10-30nm 두께이고, 상위 보호 레이저가 15-50nm 두께이며, 반사 레이저가 30-300nm 두께인 소위 고속 냉각 구조를 형성하는 것이 특히 바람직하다. 본 발명의 기록 방법이 상술의 광 기록 매체에 적용될때,

모든 기록 마크의 시간 길이와 관련된 n/m 는 1.5 이상으로 설정되는 것이 바람직하다. 또한, n/m 가 1.8 이상인 것이 더 바람직하다. n/m 의 상한은 통상 4 정도, 바람직하게는 3 정도이지만, 기록 전력 P_w 및 바이어스 전력 P_b 과 같은 다른 조건에 따라서 변화한다. 기본적으로, n/m 은 냉각에 필요한 충분한 시간을 제공하는 범위에 있지만 하면 된다.

광기록 방법이 쓰기형(write-once type) 매체에 적용될 때, $P_e = P_b = P_r$ (P_r 은 재생광 전력) 이 되도록 설정되어야 한다. 또한, 잔여 열 효과를 제공하기 위해서 $P_e > P_r$ 되도록 설정이 가능하다.

본 발명의 기록 방법은 기록 매체의 레이어 구조 또는 광조사 방법에 의존하지 않고, 기관/보호층/기록층/보호층/반사층의 구조를 갖고 재생/기록 레이저 빔이 기관을 통해서 조사되는 매체에만 적용되는 것이 아니라, 기관/반사층/보호층/기록층/보호층의 레이어 구조를 갖고 재생/기록 레이저 빔이 기관의 반대측으로부터 조사되는 소위 필름층 입사형 매체에도 적용된다. 또한, 본 발명의 기록 방법은 이들 매체들을 결합하여 다중 기록 레이어를 형성하는 매체에도 적용된다.

반사 레이어는 방열을 촉진시키고 냉각 속도를 증가시키는 기능을 수행한다. 따라서, 본 발명의 기록 매체에서, 반사 레이어의 선택이 중요하다. 특히, 사용된 반사 레이어가 높은 방열 효과를 갖는 것이 바람직하다.

반사 레이어의 열전도율은 체적 저항율에 거의 반비례하고, 반사 레이어의 방열효과는 필름의 두께에 비례한다. 따라서, 반사 레이어의 방열효과는 일반적으로 면 저항율에 반비례한다. 그러므로, 본 발명에서는 $0.5\Omega/\square$ 이하의 면 저항율을 갖는 반사 레이어, 특히 $0.4\Omega/\square$ 이하의 면 저항율을 갖는 반사 레이어를 사용하는 것이 바람직하다. 체적 저항율은 약 $20\text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ 및 $100\text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ 사이의 범위가 바람직하다. 너무 작은 체적 저항율을 갖는 물질은 실질적으로 사용할 수 없다. 너무 큰 체적 저항율을 갖는 물질은 낮은 방열효과를 갖을뿐 아니라 기록 감도를 저하시킨다.

반사 레이어로 가능한 물질로는 알루미늄, 은, 주요 구성성분이 이들 물질인 합금을 포함한다.

반사 레이어에 사용되는 알루미늄 합금의 예는 Ta, Ti, Co, Cr, Si, Sc, Hf, Pd, Pt, Mg, Zr, Mo 및 Mn 중 적어도 하나의 원소가 Al 에 첨가된 알루미늄 합금이다. 첨가 원소의 함유량은 통상 0.2 원자 % 이상 3 원자 % 이하이다. 이들 함유량이 너무 작으면 힐록(hillock) 저항성이 충분하지 않고, 너무 크면 방열 효과가 열화된다.

반사 레이어에 사용되는 은 합금의 예는 Ti, V, Ni, Nb, W, Co, Cr, Si, Cu, Sn, Sc, Hf, Pd, Rh, Au, Pt, Mg, Zr, Mo 및 Mn 중 적어도 하나의 원소가 Ag 에 첨가된 은 합금이다. 첨가 원소는 바람직하게 경시 안정성을 높인다는 점에서 Ti, Mg, Pd 및 Cu 의 금속 원소중에 적어도 하나가 바람직하다. 첨가 원소의 함유량은 통상 0.2 원자 % 이상 3 원자 % 이하이다. 이들 함유량이 너무 작으면 부식 저항성이 열화되고, 너무 크면 방열 효과가 열화된다.

체적 저항율이 Al 합금에 첨가된 원소의 함유량에 비례하여 증가하고, Ag 합금에 첨가된 원소의 함유량에 비례하여 증가된다.

반사 레이어는 통상 스퍼터링 및 진공 증착 방법에 의해서 형성된다. 필름 형성동안 트랩된 물 및 산소를 포함하는 반사 레이어의 총 불순물의 양은 2 원자 % 이하인 것이 바람직하고, 레이어 형성에 사용되는 프로세스 챔버의 진공 레벨은 $1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 이하가 되도록 설정된다. 트랩된 불순물의 양을 감소시키기 위해서, 증착속도는 1 nm/sec 이상으로, 특히 1 nm/sec 이상으로 설정된다. 트랩된 불순물의 양은 또한 스퍼터링에 사용된 합금 타겟(target)의 제조 방법 및 스퍼터 가스(Ar, Ne 및 Xe과 같은 희귀 가스)에 의존한다.

반사 레이어의 방열 효과를 향상시키기 위해서, 반사 레이어의 재료는 가능하면 오직 알루미늄 및 은으로 구성되는 것이 바람직하다.

반사 레이어는 방열 효과 및 매체의 신뢰도를 증가시키기 위해서 다중 레이어로 구성되는 것이 바람직하다.

예컨대, 반사 레이어가 주로 큰 방열 효과를 갖는 은으로 구성되고, 유황을 함유하는 보호 레이어가 반사 레이어와 기록 레이어 사이에 제공되면, 은 및 유황의 영향은 고온 및 고습의 가속 시험 환경하에서 반복된 겹쳐쓰기 특성 및 부식 저항 특성에 문제점을 야기한다. 이들 문제점을 피하기 위해서 알루미늄 레이어 및 은 레이어로 구성된 2-레이어 반사 레이어를 얻도록 이들 두 레이어 사이에 알루미늄 기반의 합금으로 형성된 인터페이스 레이어가 제공된다. 그 경우에, 인터페이스 레이어의 두께는 통상 약 5nm 내지 100nm이고, 5nm 내지 50nm인 것이 바람직하다. 인터페이스 레이어가 너무 얇으면, 보호 효과가 불충분하게 되고, 너무 두꺼우면, 방열 효과가 열화된다.

반사 레이어를 다중 레이어로 형성하는 것은 바람직한 두께의 레이어에서 바람직한 면 저항율을 얻는데 또한 효과적이다.

다음으로, 본 발명을 실시예를 통해서 상세히 설명한다. 본 발명은 이들 실시예에만 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 정신에 포함되는 모든 어플리케이션에 적용된다.

제 1 실시예

1.2 mm 두께로 트랙킹용의 홈(groove)(1.6 μ m의 트랙 피치, 약 0.53 μ m의 홈 폭, 및 약 37nm의 홈 깊이)을 형성한 폴리카보네이트 기판에, (ZnS)₈₀(SiO₂)₂₀ 보호 레이어가 70nm 두께로, Ge₅Sb₇₇Te₁₈ 기록 레이어가 17nm 로, (ZnS)₈₅(SiO₂)₁₅ 보호 레이어가 40nm로, Al_{99.5}Ta_{0.5} 합금이 220nm로 진공 챔버내에서 스퍼터링에 의해서 증착된다. 자외선 경화 보호 코트가 이 기판에 4 μ m 두께로 도포되고 경화되어 상변화 타입 재기록 광디스크가 제작된다.

재기록 가능 디스크는 레이저 파장 810nm, 빔지름 약 108 μ m X 1.5 μ m인 420 mW의 전력의 벌크 레이저를 사용하여 초기 결정화 프로세스를 행하게된다. 또한, 레이저 파장 780nm 및 0.55의 픽업(pickup)개구수를 갖는 평가 장치에서, 홈 및 랜드는 서보를 활성화 시킴으로써 9.5mW의 DC 광으로 일단 결정화되어 결정 레벨의 노이즈를 감소시킨다.

레이저 파장 780nm 및 0.55의 픽업(pickup)개구수를 갖는 평가 장치에서, 홈은 다음의 조건하에서 EFM 변조 난수 패턴으로 겹쳐쓰인다: 선속도 12m/s (CD의 10 배속), 베이스 클록 주파수 43.1MHz 및 23.1 nanosecond의 기준 클록 주기 T. EFM 변조 방식은 3T 내지 11T 범위의 시간길이를 갖는 마크를 사용한다. 이들 다른 마크 시간 길이를 갖는 마크가 무작위로 생성되는 패턴은 EFM 변조 난수 패턴이다.

기록 전력 Pw를 18mW로, 소거전력 Pe를 9mW로, 바이어스 전력 Pb 및 재생전력 Pr을 0.8 mW로 설정하여, 상술한 펄스 분할 방식 3 (분할숫자는 n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11에 대해서, m=1, 2, 2, 3, 3, 4, 5, 5, 5로 설정)을 사용함으로써, 이들 패턴은 겹쳐쓰기 기록된다. 이 펄스 분할 방식은 도 1의 펄스 생성 회로를 약간 변형함으로써 실현가능하다.

재생은 2.4m/s(CD의 2배속)의 속도로 행해지고, 재생 신호는 2kHz 고주파 통과 필터를 통해서 전달되고 신호의 진폭의 중심을 임계값으로 취한후 DC 슬라이스하여 재생한다.

겹쳐쓰기를 실행하기 전에, 펄스 분할 방식은 3T부터 11T 사이 범위의 마크 시간 길이의 각각에서 최적화된다. 특히, 제 1 기록 펄스 영역 α_1 T 및 마지막 오프 펄스 영역 β_m T가 최적화된다.

11T 마크(2배속 환산된 1.27 microsecond)가 5분할되고 기록 펄스 폭 및 오프 펄스 폭이 결정되는 경우가 도시된다.

도 6(a)에 도시된 펄스 분할 방식을 사용하여, 펄스 폭은 단지 α_1 을 변경함으로써 기록된다. 선속도 2.4m/s에서 재생 마크 시간 길이의 α_1 -의존성이 도 7에 도시된다. $\alpha_1=1.0$ 인경우에 대해, 마크 시간 길이는 1.28 microsecond로 이것은 바람직하지 않다. 이론적인 값은 1.27 microsecond이다.

유사하게, 도 6(b)에 도시된 펄스 분할 방식을 사용하여, β_m (m=5)의 의존성 측정이 행해진다. 도 8은 CD 선속도의 2배속에 해당하는 2.4m/s의 선속도에서 재생 마크 시간 길이의 β_m 의존성을 도시한다. $\beta_m=\beta_5=1.0$ 에 대해, 마크 시간 길이는 1.35 microsecond이다.

이들 실험은 특히, 제 1 기록 펄스 α_1 및 마지막 오프 펄스 β_5 를 최적화하기 위해서 각각의 마크 시간 길이를 갖는 마크에 대해서 행해진다. 도 9에 도시된 펄스 분할 방식은 결정된다. 8T 내지 11T 길이의 긴 마크에 대해서, $\alpha_1=1.0$ 및 $\beta_m=1.0$ 으로 설정된다.

최적화 이후에, 결정 영역의 비정질 마크를 겹쳐쓰기 위해서 도 9의 펄스 분할 방식이 사용된다. nT 마크의 개별 호에 대한 재생 신호의 마크 시간길이의 측정이 도 10에 도시된다. 마크 길이 변화는 선형적이고, 재생 마크의 마크 길이 편차(deviation)는 3T-11T 마크가 정확하게 구별되고 감지될 수 있는 범위내이다. 여기서의 지터 값은 낮고, 2배속 재생시의 CD의 표준 지터의 상한인 17.5 nanosecond보다 훨씬 낮으며, 변조도가 0.6 또는 이상이다. 이것은 얻어진 기록 신호가 만족스럽다는 것을 나타낸다. 도에서, 마크 길이를 마크 시간 길이라 하고, 공간 길이를 공간 시간 길이라 한다.

다음으로, 도 9의 펄스 분할 방법을 사용함으로써, EFM 난수 신호가 겹쳐져진다. 난수 신호는 Sony Techtronix 사가 생산한 AWG520을 사용하여 생성된다. 이때, 펄스 분할은 각 마크 길이에 대해서 최적화된다. 그 결과, 난수 신호가 생성된 경우에도, 2배속 재생동안 17.5ns 이하의 바람직한 마크 길이 및 만족할 만한 마크 길이 및 공간 길이 지터가 얻어진다.

난수 패턴이 기록된 경우에, nT 마크는 복수의 비정질 부분으로 분할되지 않고 연속된 비정질 마크로 형성된 투과 전자 현미경으로 확인된다.

제 2 실시예

1.2 mm 두께로 트랙킹용의 홈(groove)(1.6 μ m의 트랙 피치, 약 0.53 μ m의 홈 폭, 및 약 37nm의 홈 깊이)을 형성한 폴리카보네이트 기판에, (ZnS)₈₀(SiO₂)₂₀ 보호 레이어가 70nm 두께로, Ge₇Sb₇₉Te₁₄ 기록 레이어가 17nm 로, (ZnS)₈₅(SiO₂)₁₅ 보호 레이어가 40nm로, Al_{99.5}Ta_{0.5} 합금이 220nm로 진공 챔버내에서 스퍼터링에 의해서 증착된다. 자외선 경화 보호 코트가 이 기판에 4 μ m 두께로 도포되고 경화되어 광디스크가 제작된다.

재기록 가능 디스크는 레이저 파장 810nm, 빔지름 약 108 μ m X 1.5 μ m인 420 mW 의 전력의 벌크 레이저를 사용하여 초기 결정화 프로세스를 행하게된다. 또한, 레이저 파장 780nm 및 0.55의 픽업(pickup)개구수를 갖는 평가 장치에서, 홈 및 랜드는 서보를 활성화 시킴으로써 9.5mW의 DC 광으로 일단 결정화되어 결정 레벨의 노이즈를 감소시킨다.

레이저 파장 780nm 및 0.55의 픽업(pickup)개구수를 갖는 평가 장치에서, 홈은 다음의 조건하에서 도 6(c)에 도시된 펄스 분할 방식을 사용하여 시간길이가 비정질 마크 11T 로 기록된다: 선속도 19.2m/s (CD의 16 배속), 베이스 클록 주파수 69.1MHz 및 14.5 nanosecond 의 기준 클록 주기 T.

겹쳐쓰기-기록은 18mW의 기록 전력 Pw, 9mW의 소거전력 Pe, 0.8mW의 바이어스 전력 Pb 및 재생전력 Pr 를 사용하여 수행된다.

재생은 2.4m/s(CD의 2배속)의 속도로 행해지고, 재생 신호는 2kHz 고주파 통과 필터를 통해서 전달되고 신호의 진폭의 중심을 임계값으로 취한후 DC 슬라이스하여 재생한다.

마크 지터는 13.1 nanosecond 이고 공간 지터는 13.2 nanosecond 로, CD 의 표준 지터의 상한인 17.5 nanosecond 보다 낮다.

EFM 변조 난수 패턴은 제 1 실시예와 유사한 방법으로 기록되고 재생된다. 결과는 만족스럽다.

제 1 비교예

레이저 파장 780nm 및 0.55의 픽업(pickup)개구수를 갖는 평가 장치에서, 선속도 19.2m/s(CD의 16배속), 기본 클록 주파수 69.1MHz 및 기준 클록 주기 T 14.5 nanosecond의 조건하에서, 도 11에 도시된 현행 CD-RW에서 채택된 n-k 분할 방식(m=n-k, n=1, 최소 n/m은 1.1)을 사용하여, 제 2 실시예에서 생산된 디스크는 비정질 마크 11T 의 시간 길이 및 공간 11T 의 시간 길이로 교대로 기록된다.

겹쳐쓰기-기록은 18mW의 기록 전력 Pw, 9mW의 소거전력 Pe, 0.8mW의 바이어스 전력 Pb 및 재생전력 Pr 를 사용하여 수행된다.

신호가 선속도 2.4m/s 로 재생될 때, 재생되는 신호의 마크의 중심부에 대응하는 반사도는 충분히 떨어지지 않는다. 마크의 검사로 마크의 중심부는 충분히 재결정화 되었다는 것을 알 수 있다. 지터는 실질적으로 17.5-nanosecond 제한을 초과하여, 너무 높아 측정할 수 없다. 재결정화를 방지하기 위해서, n-1 분할 방식의 상태인체 각 기록 펄스 폭을 보다 미세하게 되지만, 기록 레이저광의 변조가 미세화된 펄스를 추종할 수 없고, 증가된 기록파워 Pw를 초래하고, 냉각 효과상의 개선은 보이지 않는다.

제 3 실시예

1.6 μm 의 트랙 피치, 약 0.53 μm 의 홈 폭, 및 약 37nm의 홈 깊이로 1.2 mm 두께로 트랙킹용의 홈(groove)을 형성한 폴리카보네이트 기판에, $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 보호 레이어가 70nm 두께로, $\text{Ge}_7\text{Sb}_{78}\text{Te}_{15}$ 기록 레이어가 17nm 로, $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 보호 레이어가 40nm로, $\text{Al}_{99.5}\text{Ta}_{0.5}$ 합금(체적 저항을 약 100n $\Omega \cdot \text{m}$ 및 면 저항을 0.45 $\Omega/\square$)이 220nm로 진공 챔버내에서 스퍼터링에 의해서 증착된다. 자외선 경화 수지 보호 코트가 이 기판에 4 μm 두께로 형성된다. 트랙킹용 가이드 홈은 22.05kHz 반송파를 $\pm 1\text{kHz}$ 만큼 주파수 변조함으로써 형성된 30nm의 미앤더(meander)가 주어진다. 즉, 어드레스 정보는 나선형 홈을 따라서 소위 ATIP 형태로 제공된다.

제 1 및 제 2 실시예에서와 같이, 디스크를 레이저 파장 약 810nm, 빔의 장축 약 108 μm x 단축 약 1.5 μm 의 타원형의 집속된 광을 장축이 반경방향으로 배치된 선속도 3 내지 6 m/s로 조작하여 400-600 mW의 전력을 조사하여 초기화를 행한다. 또한, 레이저 파장 780nm 및 0.55의 픽업(pickup)개구수를 갖는 평가 장치에서, 홈 및 랜드는 서보를 활성화 시킴으로써 9.5mW의 DC 광으로 일단 결정화되어 결정 레벨의 노이즈를 감소시킨다.

재생/기록 평가를 위해서, 펄스택 DDU1000 (780nm파장, NA=0.55)이 홈으로 기록하고 홈으로부터 재생하는데 사용된다. 재생은 기록에 사용된 선속도와 관계없이 2배속으로 수행된다. 이 경우에 CD 형식에대한 지터 허용치는 17.5 nanosecond 이다. 게이트 신호를 생성하기 위한 신호원으로서, 임의의 파형 신호원 Sony Techtronix 의 AWG520 이 사용된다.

첫째로, CD 선속도(19.2m/s)의 16배속의 선속도로 기록되고, 기준 클록 주기 T는 14.5 nanosecond 이다.

(1) 첫째로, 중간 펄스 그룹의 최적 조건이 도 14의 분할 기록 펄스를 사용함으로써 연구된다. 기록 펄스 Pw_i 는 20mW에서 일정하게 설정되고, 바이어스 전력 Pb_i 는 또한 0.8mW에서 일정하게 설정되며, 공간용 소거 전력 Pe 는 10mW로 설정된다.

도 14(a)에 도시된바와 같이, 일정한 $\alpha_i=1$ 을 갖는 분할 기록 펄스에서, β_i 는 β_c (일정한 값)로 설정되고, 변화되어 비정질 마크 형성의 오프 펄스 영역 길이에의 의존도를 검사한다.

오프 펄스 영역이 약 1T 보다 짧을 때, 마크의 전단에서의 신호 크기는 도 3(d)에서 도시되는 바와 같이 마크 전단에서의 재결정화 때문에 작다. 또한, 후단에서 크기도 다소 작다. 마크 길이 전체에서 소거 레벨 신호 강도 ($\times 100\%$)로 분할된 최대 진폭이 변조로 정의될 때, 변조의 오프 펄스 영역에의 의존도가 도 15(a)에 도시된다. 오프 펄스 영역이 짧을 때, 변조는 파형 왜곡(비정질 마크의 형성 불량)의 영향으로 열화된다. 오프 펄스 영역이 1T를 초과할 때, 변조는 포화되고 왜곡없이 구형파에 가까운 파형을 생성하게 된다.

다음으로, 오프 펄스 영역이 1.5T로 설정된 도 14(b)에 도시된 분할 기록 펄스를 사용하여, 변조의 기록 펄스 영역에의 의존도가 검사된다. 도 14(b)에서, α_i 는 α_c (일정한 값)로 설정되고 균일하게 변화된다. 도 15(b)는 변조의 α_c 의존도를 도시한다. 거의 포화된 변조가 $\alpha_c=1$ 또는 1.5 인 동안에 얻어지는 것이 도시된다.

(2) 다음으로, 중간 펄스 그룹을 $\alpha_i=1$ 및 $\beta_i=1.5$ 로 고정한 도 16의 분할 기록 펄스가 사용되고, 마크 길이의 제어 및 마크 단의 특성은 제 1 주기 및 마지막 주기를 제어함으로써 검사된다. 도 16에서, 일 0.5T 기록 펄스 영역은 마크의 후단에 첨가되어 마크 길이를 정확하게 11T에 가깝게 만든다. 마크 길이 및 공간 길이는 11T로 가정되고, 만족할 만한 지터를 얻기 위한 조건이 탐색된다. 원래 파형은 제 1 기록 펄스가 11T 마크의 전단과 동기화로 상승하는 11T 마크 및 11T 공간의 반복적인 파형이다. 여기서, 2배속 재생이 수행되므로, 지터의 허용가능한 상한값은 17.5 nanosecond(ns)이고 11T는 약 1.27 microsecond(μs)와 동일하다. 도 17, 18 및 19 는 이들 값을 점선으로 나타낸다.

도 16(a)에 도시된바와 같이, 분할 기록 펄스를 사용하여, 전 기록펄스 α_i 길이의 의존도가 체크된다. 도 17(a) 및 17(b)는 마크 길이와 공간 길이 α_i -의존도 및 마크 지터와 공간 지터의 α_i -의존도를 각각 나타낸다. 도 17(b)로부터 지터를 17.5 nanosecond 이하로 유지하기 위해서 α_i 은 0.8-1.8로 설정되는 것이 바람직하다.

도 17(b)에서, 바람직한 11T는 마크 길이 및 공간 길이에 대해 얻어지지 않는다. 따라서, α_1 은 1로 설정되고, 도 16(b)에 도시된 분할 기록 펄스는 제 1 오프 펄스 $\beta_1 T$ 길이에의 의존도를 검사하는데 사용된다. 도 18(a) 및 18(b)는 마크 길이와 공간 길이의 β_1 의존도 및 마크 지터와 공간 지터의 의존도를 각각 나타낸다. 거의 바람직한 마크 길이 및 공간 길이는 $\beta_1=1.3$ 에 대해서 얻어지고, 만족할만한 지터는 1 내지 1.7 범위의 β_1 에 대해서 얻어진다. 여기서, $\beta_1=1.5$ 가 선택된다.

또한, 도 16(c)에 도시된바와 같이 분할 기록 펄스를 사용하고 $\alpha_1=1$ 및 $\beta_1=1.5$ 로 설정하여, 마지막 오프 펄스 β_m 길이의 의존도가 연구된다. 도 19(a) 및 19(b)는 마크 길이와 공간 길이의 β_m 의존도 및 마크 지터와 공간 지터의 β_m 의존도를 각각 도시한다. 도는 바람직한 마크 길이 및 공간 길이가 β_m = 약 0.7에 대해 얻어지고 만족스러운 지터는 β_m 이 0 내지 1.8의 광범위에서 얻어진다는 것을 도시한다.

이들은 $\alpha_1=1$, $\beta_1=1.5$ 및 $\beta_m=0.8$ 의 설정이 바람직한 11T 마크 길이 및 최소 지터를 초래한다는 것을 나타낸다.

(3) 상술의 (1) 및 (2)의 결과를 고려하여, 상술한 방법(분할 기록 펄스 생성 방법2)에 기초하여, $\alpha_1=1\pm0.5$ 및 $\beta_1=1\pm0.5$ 범위에서, 펄스 분할 방법이 2T의 기본 주기를 사용하여 3T 내지 11T의 마크 길이를 갖는 EFM 변조 신호에 대해서 수행된다. 각 마크 길이에 대한 특정 펄스 분할 방법이 도 20에 도시된다.

즉, n 이 짝수인 즉, L 이 2 이상의 정수로 마크 길이가 $nT=2LT$ 인 마크 기록에 대해, 마크는 $m=L$ 인 영역들로 분할되고, 기록 전력 Pw_i 가 조사되는 기록 펄스 영역 α_i 및 바이어스 전력 Pb_i 가 조사되는 오프 펄스 영역 β_i 가 다음과 같이 설정된다:

$$\alpha_1 + \beta_1 = 2$$

$$\alpha_i + \beta_i = 2 \quad (2 \leq i \leq m-1)$$

$$\alpha_m + \beta_m = 1.6$$

즉, n 이 홀수인 즉, 마크 길이가 $nT=(2L+1)T$ 인 마크 기록에 대해, 마크는 $m=L$ 인 영역들로 분할되고, 각 펄스 영역은 다음과 같이 설정된다:

$$\alpha_1' + \beta_1' = 2.5$$

$$\alpha_i' + \beta_i' = 2 \quad (2 \leq i \leq m-1)$$

$$\alpha_m' + \beta_m' = 2.1$$

2LT 마크 및 $(2L+1)T$ 에 대해서 비록 분할 숫자가 $m=L$ 로 동일하지만, 제 1 주기 및 마지막 주기가 0.5T 차이를 부여함으로써 구별된다.

도 20에서 nT 마크의 전단으로부터의 지연 $\alpha_1 T$ 는 $T_{d1}=0$ 으로 설정된다. $n \geq 4$ 에 대해, 중간 펄스 그룹은 $\alpha_i=0.8$, $\beta_i=1.2$ 에서 $(2 \leq i \leq m-1)$ n 값에 관계없이 일정하게 유지된다.

또한, n 이 짝수인 때에, 다음과 같이 설정된다: $\alpha_1=0.8$, $\beta_1=1.2$, $\alpha_m=0.7$ 및 $\beta_m=0.9$. n 이 홀수인 때에, 다음과 같이 설정된다: $\alpha_1'=1.0$, $\beta_1'=1.5$, $\alpha_m'=1.0$ 및 $\beta_m'=1.1$. 오직 3T 인 경우만이 예외적이다. 3T 마크 길이는 $\alpha_1=1.2$ 및 $\beta_1=1.5$ 인 경우에 대해서 얻어진다. 도 20에서, 기록 펄스 영역 및 오프 펄스 영역은 구형파의 상부 및 하부로 나타내어진다. 개별 영역의 길이는 숫자로 표현되고, 도에서의 상부 및 하부의 도시된 길이는 영역의 정확한 길이로 스케일되지 않았다.

기록 전력 Pw_i 및 바이어스 전력 Pb_i 은 i 값에 관계없이 일정하게 유지된다 즉, $Pw=20mW$ 및 $Pb=0.8mW$ 이다. 소거전력 Pe 는 10mW로 설정된다.

9회의 겹쳐쓰기가 수행된 후에(초기 기록은 0회 기록으로 간주된다), 각 nT 마크 및 nT 공간에 대해 마크 길이 및 공간 길이 지터가 측정된다. 마크 길이 및 공간 길이의 측정이 도 21(a)에 도시되어있고, 마크 및 공간의 지터의 측정이 도 21(b)에 도시되어 있다. 마크 길이 및 공간 길이는 거의 정확하게 nT 이고, 지터가 겹쳐쓰기로 인해 최초 기록으로부터 2-3 nanosecond 감소되었음에도 불구하고 지터는 17.5 nanosecond 이하이다.

겹쳐쓰기를 수행하는 대신에, 소거 전력 P_e 는 소거 동작을 위해서 직류적으로 조사된다. 이는 약 2 nanosecond의 지터 개선을 가져온다.

(4) 선속도 v 및 클럭 주기 T 의 내적이 일정하도록 클럭 주기를 변경함으로써 CD의 10 배속으로 동일한 매체상에서 겹쳐쓰기가 수행된다. 즉, 이 경우에 기준 클럭 주기 T 는 23.1 nanosecond 이다. $n \geq 4$ 대해서, $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$)은 거의 일정하게 유지된다. 즉, 중간 기록 펄스 그룹은 $\alpha_1=0.5$ 및 $\beta_1=1.5$ ($2 \leq i \leq m-1$)에서 일정하게 유지된다.

분할된 펄스는 도 22에 도시되어 있다. n 이 짝수일 때, 펄스는 $\alpha_1=0.6$, $\beta_1=1.4$, $\alpha_m=0.5$ 및 $\beta_m=1.4$ 로 설정된다. n 이 홀수일 때, 펄스는 $\alpha_1'=0.6$, $\beta_1'=1.9$, $\alpha_m'=0.6$ 및 $\beta_m'=1.8$ 로 설정된다. 오직 3T의 경우에만 예외적이다. 3T 마크 길이는 $\alpha_1=0.8$ 및 $\beta_1=2.4$ 에 대해서 얻어진다. 이 분할기는 $n=3$ 의 경우를 제외하고 도 20에서 얻어진 기록 펄스 길이를 일정하게 유지하면서, 대략 클럭 주기를 16/10(선속도에 반비례)만큼 증산하는 것에 대응된다. 기록 전력 P_{w_i} 및 바이어스 전력 P_{b_i} 는 16 배속의 경우와 마찬가지로 i 값과 관계없이 $P_w=20\text{mW}$ 및 $P_b=0.8\text{mW}$ 에서 일정하게 유지된다. 또한 소거 전력 P_e 는 16배속의 경우와 마찬가지로 10mW로 설정된다.

9회의 겹쳐쓰기가 수행된 후에(초기 기록은 0회 기록으로 간주된다), 각 nT 마크 및 nT 공간에 대해 마크 길이 및 공간 길이 지터가 측정된다. 마크 길이 및 공간 길이의 측정이 도 23(a)에 도시되어있고, 마크 및 공간의 지터의 측정이 도 23(b)에 도시되어 있다. 마크 길이 및 공간 길이는 거의 정확하게 nT 이고, 지터가 겹쳐쓰기로 인해 최초 기록으로부터 2-3 nanosecond 감소되었음에도 불구하고 지터는 17.5 nanosecond 이하이다.

겹쳐쓰기를 수행하는 대신에, 소거 전력 P_e 는 소거 동작을 위해서 직류적으로 조사된다. 이는 약 2 nanosecond의 지터 개선을 가져온다.

(5) 겹쳐쓰기는 분할 기록 펄스를 갖는 11T 마크와 11T 공간으로 구성되는 반복적인 패턴(11T 패턴), 및 분할 기록 펄스를 갖는 3T 마크와 3T 공간으로 구성되는 반복적인 패턴(3T 패턴)을 사용함으로써 동일한 매체상에 수행된다. 3T 패턴을 9회 겹쳐쓰기한 후, 11T 패턴은 10 회째에 겹쳐쓰기 되고, 3T 신호의 캐리어 레벨의 저하율은(dB 단위로) 소거 비율(겹쳐쓰기 소거 비율)로서 측정된다. 비록 3T 패턴이 다른 선속도로 부터 약간 벗어나지만, 3T 및 11T 패턴은 기본적으로 도 20의 방법에 따라서 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$)가 거의 일정하게 유지되도록 변화된다.

소거 비율은 선속도 및 기준 클럭 주기의 내적을 일정하게 유지하면서 선속도를 변화시킴으로써 평가된다. 20dB 이상의 겹쳐쓰기 소거 비율은 CD 선속도의 10, 12, 16 및 18 배속에 대해서 얻어진다.

난수 패턴이 기록되면, nT 마크가 복수의 비정질 부분들로 분할되지 않고 연속된 비정질 마크로 형성된 투과 전자 현미경으로 확인된다.

상기에 사용된 것과 유사한 기록 레이저는 초기화된 후에 벗겨지고, 결정성은 투과 전자 현미경으로 관찰된다. 기록 레이저가 헥사고널 결정의 단상으로 형성된 다결정임을 관찰을 통해서 알 수 있다. 결정 상은 상분리가 없음을 알 수 있고, 배향이 회전된 단일 상 다결정 구조를 갖고 있다고 추정된다. X-ray 회절을 이용한 검사결과 이것은 헥사고널 구조임을 알 수 있다.

제 4 실시예

0.74 μm 의 트랙 피치, 약 0.27 μm 의 홈 폭, 및 약 30nm의 홈 깊이로 0.6 mm 두께로 트랙킹용의 홈(groove)을 형성한 폴리카보네이트 기판에, $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 보호 레이어가 68nm 두께로, $\text{Ge}_5\text{Sb}_{77}\text{Te}_{18}$ 기록 레이어가 14nm 로, $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 보호

레이어가 25nm로, $Al_{99.5}Ta_{0.5}$ 합금(체적 저항율 약 $100n\Omega \cdot m$ 및 면 저항율 $0.5\Omega/?$)이 200nm로 진공 챔버내에서 스퍼터링에 의해서 증착된다. 자외선 경화 수지 코트가 이 기판에 $4\mu m$ 두께로 스핀 코트에 의해서 형성된다. 이것은 동일한 레이저 구조를 갖는 다른 0.6mm 두께의 기판과 결합되어 상 변화 디스크를 형성한다.

제 3 실시예에서와 같이, 디스크를 레이저 파장 약 810nm, 빔의 장축 약 $108\mu m$ x 단축 약 $1.5\mu m$ 의 타원형의 집속된 광을 장축이 반경방향으로 배치된 선속도 3 내지 6 m/s로 조작하여 400-600 mW의 전력을 조사하여 초기화를 행한다. 또한, 레이저 파장 660nm 및 0.65의 픽업(pickup)개구수를 갖는 평가 장치에서, 트랙킹 및 집중(focus) 서보가 활성화되어 4m/s로 홈을 통해서 약 6mW의 DC 광을 스캔함으로써 결정화 레벨의 노이즈를 감소시킨다.

재생/기록 평가를 위해서, 펄스택 DDU1000 (약 660nm파장, NA=0.55)이 홈으로 기록하고 홈으로부터 재생하는데 사용된다. 게이트 신호를 생성하는 신호원으로서, 임의의 파형 신호원 Sony Techtronix의 AWG610이 사용된다. 이 경우에, 3T 마크의 길이는 $0.4\mu m$ 이고 각 선속도에서의 클럭 주기는 기록 밀도가 DVD의 기록 밀도(3.5m/s에서 26.16MHz)와 동일하도록 설정된다.

먼저, 기록중의 선속도는 DVD의 4.8배속과 동일한 16.8m/s(125.93MHz의 클럭 주파수 및 7.9 nsec의 클럭 주기)로 설정된다; 14T 영역은 도 25에 도시된것처럼 단순 파형을 사용하여 분할된다; 중간 분할 기록 펄스가 검사된다. 공간은 14T로 설정된다. 기록 전력은 $P_w=15mW$ 의 일정한 값으로 설정되고, 소거 전력은 $P_e=5mW$ 로 설정되며, 바이어스 전력은 $P_b=0.5mW$ 로 설정된다. 기록 전력 인가 영역은 T_w 로 표시되고 바이어스 전력 인가 영역은 T_b 로 표시된다. 두 경우가 연구된다: 첫 번째 경우에 $T_w+T_b=1T$ 로 설정되고, P_w 및 P_b 는 14T 주기(도 25(a))동안 인가된다; 두 번째 경우에, $T_w+T_b=2T$ 로 설정되고, P_w 및 P_b 는 7T 주기(도 25(b))동안 인가된다. 이들 두 경우 각각에 있어서, T_w 에 대한 $T(T_w/T)$ 의 비에대한 재생신호의 기록 마크부분의 변조의 의존도가 평가된다. 2T 동안의 T_w/T 가 1.0 일 때, 얻어진 신호는 거의 왜곡이 없는 구형파이고 변조는 최대가 된다. T_w/T 가 0.5 이하 일 때, 파형은 왜곡된다. 이는 불충분한 기록 전력 인가 영역때문으로 여겨지고, 따라서 불충분한 온도가 상승한다. 역으로, T_w/T 가 1.0 일 때, T_w 가 증가함에 따라서 변조는 감소한다. 이는 재결정화에 의한 비정질 상태로의 변형을 막는 냉각시간 불충분함때문으로 여겨진다. T_w/T_r 가 1.5를 초과할 때, 변조는 5% 이하로 떨어지고, (도시되지 않은) 왜곡된 파형을 초래한다. 1T 주기동안, 변조는 전 범위를 걸쳐서 낮고 오직 왜곡된 파형이 생성된다. 이는 1T 주기에서 기록 전력 인가 시간 및 냉각 시간이 모두 충분한 범위는 없기 때문이다.

전술의 논의에서, 분할 기록 펄스 생성 방법 2 또는 3에서, 중간 분할 기록 펄스 그룹은 적어도 $2 \leq i \leq m-1$ 에 대해서 $\alpha_i=\alpha'_i=1$ 및 $\beta_i=\beta'_i=1$ 로 설정되는 것이 바람직하다.

다음으로, 상기 논의된 디스크는 (3.5m/s인 DVD의 4 및 5배속과 동일한) 14m/s 및 17.5m/s의 고선속도에서 고속의 소거가 다음과 같이 가능하다는 것이 확인된다. 즉, 분할된 기록 펄스를 갖는 8T 마크 및 8T 공간으로 구성되는 반복적인 패턴(8T 패턴), 및 분할된 기록 펄스를 갖는 3T 마크 및 3T 공간으로 구성되는 반복적인 패턴(3T 패턴)을 사용하여 겹쳐쓰기가 수행된다. 3T 패턴을 9회 겹쳐쓰기한 후, 8T 패턴은 10 회째에 겹쳐쓰기 되고, 3T 신호의 캐리어 레벨의 저하율은 겹쳐쓰기 소거 비율로서 결정된다. 겹쳐쓰기 소거 비율은 DVD와 동일한 기록 밀도를 얻을수 있도록 선속도 및 기준 클럭 주기를 일정하게 유지함으로써 결정된다. 25dB 이상의 겹쳐쓰기 소거 비율은 14m/s 및 17.5m/s에 대해서 얻어진다.

또한, 상술된 분할 기록 펄스 생성 방법 3에 기초하고, 2T의 기본 주파수를 사용하는 펄스 분할 방법은 3T-11T 및 14T 마크로 구성되는 EFM+ 변조신호에 대해서 수행된다. EFM+ 변조신호는 14m/s 및 16.8m/s(DVD 선속도인 3.5m/s의 3 및 4.8배속)로 기록된다. 4배속에 대해, 클럭 주파수는 104.9MHz이고 클럭 주기는 9.5nsec이다. 4.8 배속에 대해, 클럭 주파수는 125.9MHz이고 클럭 주기는 7.9nsec이다. 특정한 펄스 분할 방법이 도 26에 도시되어 있다.

즉, n 이 짝수인 즉, (L 이 2 이상의 정수) 마크 길이가 $nT=2LT$ 인 마크 기록에 대해, 마크는 $m=L$ 인 영역들로 분할되고, 기록 펄스 영역 $\alpha_i T$ 및 오프 펄스 영역 $\beta_i T$ 의 α_i 및 β_i 는 다음과 같이 설정된다:

$$T_{d1} + \alpha_1 = 2 \quad (T_{d1} = 0.95)$$

$$\beta_{i-1} + \alpha_i = 2 \quad (2 \leq i \leq m-1)$$

즉, n 이 홀수인 즉, 마크 길이가 $nT=(2L+1)T$ 인 마크 기록에 대해, 마크는 $m=L$ 인 영역들로 분할되고, 기록 펄스 영역 $\alpha_i T$ 및 오프 펄스 영역 $\beta_i T$ 의 α_i 및 β_i 는 다음과 같이 설정된다:

$$T_{d1}' + \alpha_1' = 2.05 \quad (T_{d1}' = 1)$$

$$\beta_1' + \alpha_2' = 2.45$$

$$\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2 \quad (3 \leq i \leq m-1)$$

$$\beta_{m-1}' + \alpha_m' = 2.45$$

이 경우에, $L=2$ 인 동안에, $\beta_1' + \alpha_2' = 2.9$, $\alpha_m = 1$ 및 $\alpha_m' = \alpha_m + 0.2 = 1.2$ 이다.

$L \geq 3$ 인 경우에, 중간 기록 펄스 그룹은 일정한 값으로 설정된다: $\alpha_i' = \alpha_i = 1$ 및 $\beta_i' = \beta_i = 1 \quad (2 \leq i \leq m-1)$ 및 $\alpha_m = \alpha_m' = 1$. $L \geq 2$ 인 경우에, 일정한 값으로 설정되고 n 값에 의존하지 않는다: $\alpha_1 = \alpha_1' = 1.05$ 및 $\beta_m = \beta_m' = 0.4$.

또한, $3T$ 의 경우에, $3T$ 마크 길이는 $T_{d1} = 1.15$, $\alpha_1 = 1.2$ 및 $\beta_1 = 0.8$ 로하여 얻어진다. 도 26에서, 기록 펄스 영역 및 오프 펄스 영역은 구형파의 상부 및 하부로 나타내진다. 특정 영역의 길이는 숫자로 표시되고, 도에서 상부 및 하부의 도시된 길이는 영역의 길이에 대응되지 않는다.

바이어스 전력 P_{bi} 는 고정된 값인 $P_b = 0.5\text{mW}$ 로 설정되고 i 값에 의존하지 않으며, 소거 전력 P_e 는 4.5mW 로 설정된다. 기록 전력 P_{wi} 는 역시 i 값에 관계없이 고정된 값으로 설정된다. 9회의 겹쳐쓰기 후에, 에지-to-클록 지터 및 기록 전력에의 변조의 의존도가 측정된다. 재생은 재생 광 전력 $P_r = 0.8\text{mW}$ 및 선속도 3.5m/s 를 사용하여 수행된다. 도 27(a) 및 도 27(b)에 도시된바와 같이, 양 기록 선속도에서 15.0mW 의 기록 전력으로, 에지-to-클록 지터는 10% 이하이고 달성된 변조는 60% 이상이다. R_{top} 는 약 18%이다. 도 27(c)에 도시된 바와 같이, 15.0mW 의 기록 전력에서 겹쳐쓰기 의존도의 측정으로, 10,000 겹쳐쓰기 동작 이후에도 에지-to-클록 지터가 11% 이하임을 알 수 있다. 이 때에, R_{top} 및 변조는 겹쳐쓰기로 인한 변화를 거의 보이지 않는다.

또한, 상술된 분할 기록 펄스 생성 방법 3에 기초한 도 28의 펄스 분할 방법은, DVD 선속도의 2배속과 동일한 7m/s 의 선속도 및 52.5MHz (19.1nsec 의 클록 주기)의 클록 주파수로 EFM+ 변조신호를 기록함으로써 유사한 디스크에 대해 수행된다.

DVD 속도의 4 및 4.8 배속의 경우에, 바이어스 전력은 $P_b = 0.5\text{mW}$ 에서 일정하게 설정되고, 소거 전력 P_e 는 4.5mW 에서 일정하게 설정된다. 기록 전력 P_{wi} 역시 일정하게 설정되어 i 값에 의존적이지 않다. 9회의 겹쳐쓰기 동작후에, 에지-to-클록 지터 및 변조의 기록 전력 의존도가 측정된다. 도 27(a) 및 도 27(b)에 도시되듯이, 13.0mW 의 기록 전력에서, 에지-to-클록 지터는 8% 이하이고 달성된 변조는 57% 이상이다. R_{top} 는 약 18%이다. 13.0mW 의 기록 전력에서, 겹쳐쓰기 의존도가 측정되고, 도 27(c)에 도시된 바와 같이 10,000 겹쳐쓰기 동작 이후에도 에지-to-클록 지터는 11% 이하이다. 이 때에, R_{top} 및 변조는 겹쳐쓰기로 인한 변화를 거의 보이지 않는다.

분할 기록 펄스 생성 방법 3에 기초한 펄스 분할 방법의 사용은, DVD 선속도의 2 내지 4.8배속과 동일한 선속도로 기록을 가능하게 한다. 따라서, 이러한 방법으로 일정한 각속도로의 기록이 조사방향 범위, 예컨대 24mm 내지 약 58mm 로 수행되고, 이것이 DVD 데이터 영역을 구성한다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 기준 클록 주기가 짧아도, 고밀도 및 신속한 광기록 매체의 기록이 가능하면서도 만족스러운 마크 길이 변조 기록이 수행될 수 있다. 이것은 차례로 광 디스크의 기록가능한 용량을 증가시키고, 광 디스크의 기록 속도 및 전송 속도를 향상시키며, 음악 및 영화와 같은 대용량의 데이터 기록과 컴퓨터의 외부 기억 장치로서의 용도를 크게 넓히는 것이 가능하다. 예컨대, CD 선속의 12배속 이상으로 EFM 변조 마크를 겹쳐쓰기하는 재기록 가능한 CD 및 DVD 선속의 4배속 이상으로 EFM+ 변조 마크를 겹쳐쓰기하는 재기록 가능한 DVD의 실현이 가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

광학 특성이 서로 다른 결정 상태와 비정질 상태 사이에서 가역 상 변화를 겪는, $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ 의 공정점 (eutectic point) 보다도 Sb 를 과도하게 포함하는 기록층을 포함하고,

상기 결정 상태는 단일의 결정상 또는 격자의 부정합이 없는 복수의 결정상으로 이루어진 헥사고날 다결정인, 광 데이터 기록 매체.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 기록 매체는 $\text{M}_z\text{Ge}_y(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y-z}$ 합금 (z 는 0 이상 0.1 이하이고, y 는 0 초과 0.3 이하이고, x 는 0.8 이상이고; M 은 In, Ga, Si, Sn, Pb, Pd, Pt, Zn, Au, Ag, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Co, Mo, Mn, Bi, O, N, 및 S 중의 하나 이상) 으로 형성된 기록층을 포함하는, 광 데이터 기록 매체.

청구항 3.

기록층의 결정 상태를 미기록 상태와 소거 상태로 미리결정하고, 상기 기록층의 비정질 상태를 기록 상태로 미리결정함으로써, 제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 광 데이터 기록 매체 상에 기록 및/또는 소거를 수행하는 단계를 포함하는 기록/소거 방법.

청구항 4.

광학 특성이 서로 다른 결정 상태와 비정질 상태 사이에서 가역 상 변화를 겪는, $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ 의 공정점보다도 Sb 를 과도하게 포함하는 기록층을 포함하는 광 데이터 기록 매체를 제조하는 프로세스에 있어서,

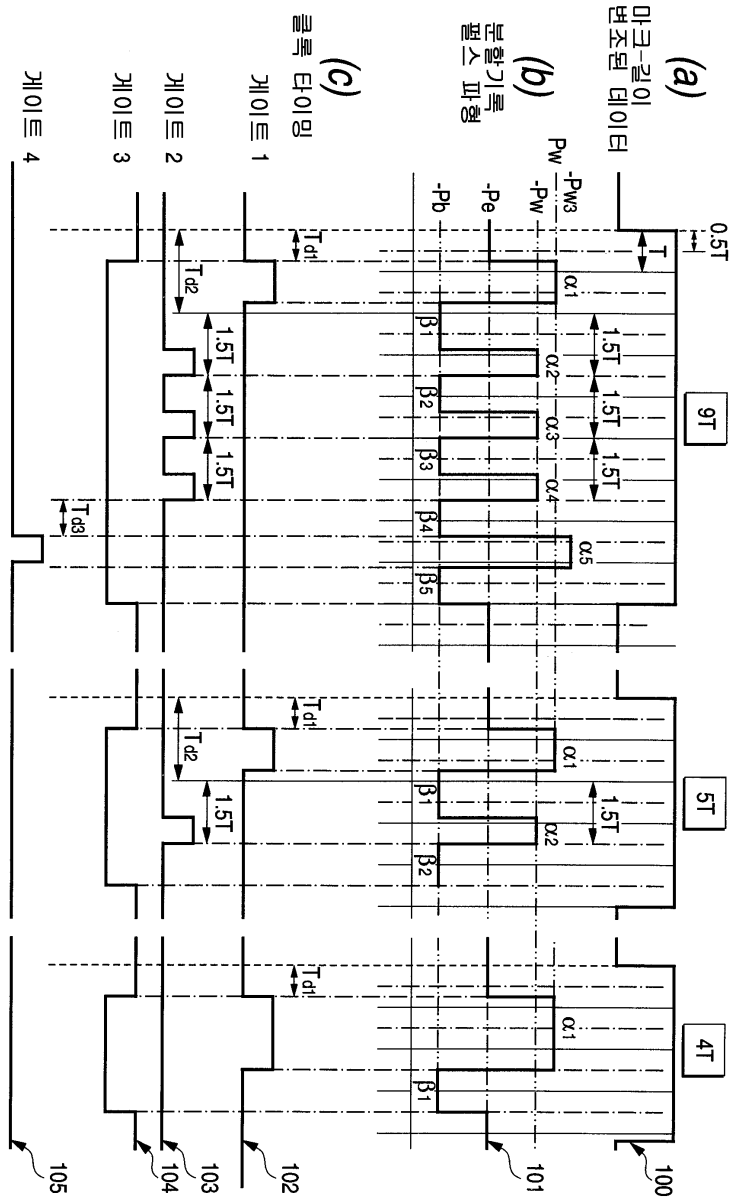
기판 상에 상기 기록층을 형성하는 단계; 및

상기 기록층이 결정화되어 초기화되도록, 단축방향으로 주사하면서 $0.1\mu\text{m}$ 내지 $10\mu\text{m}$ 사이의 단축 길이를 가지는 타원형의 광빔으로 상기 기록층을 조사하는 단계를 포함하고,

상기 기록층이 겹쳐쓰기 될 수 있는 최고 선속도의 50% 내지 80% 사이의 선 속도로 상기 광빔을 주사하는, 광 데이터 기록 매체를 제조하는 프로세스.

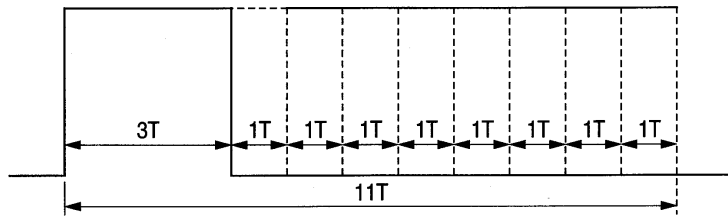
도면

도면1

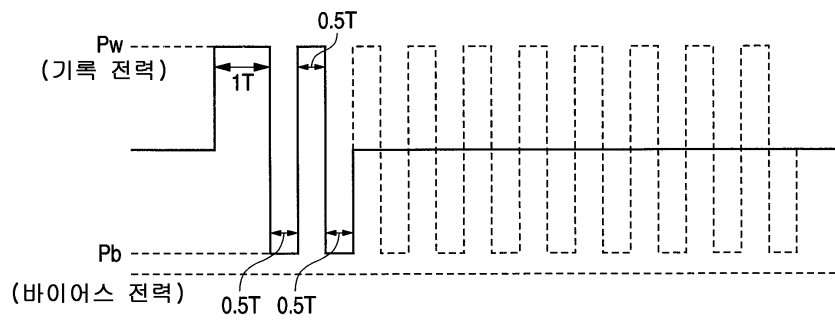


도면2

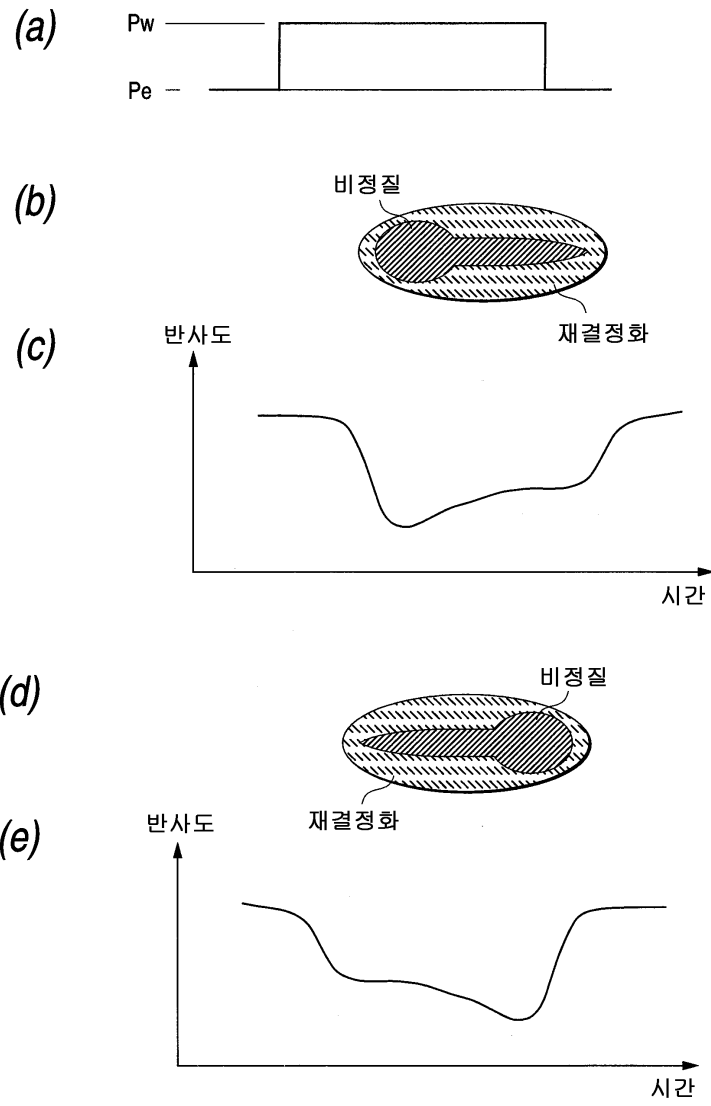
(a)



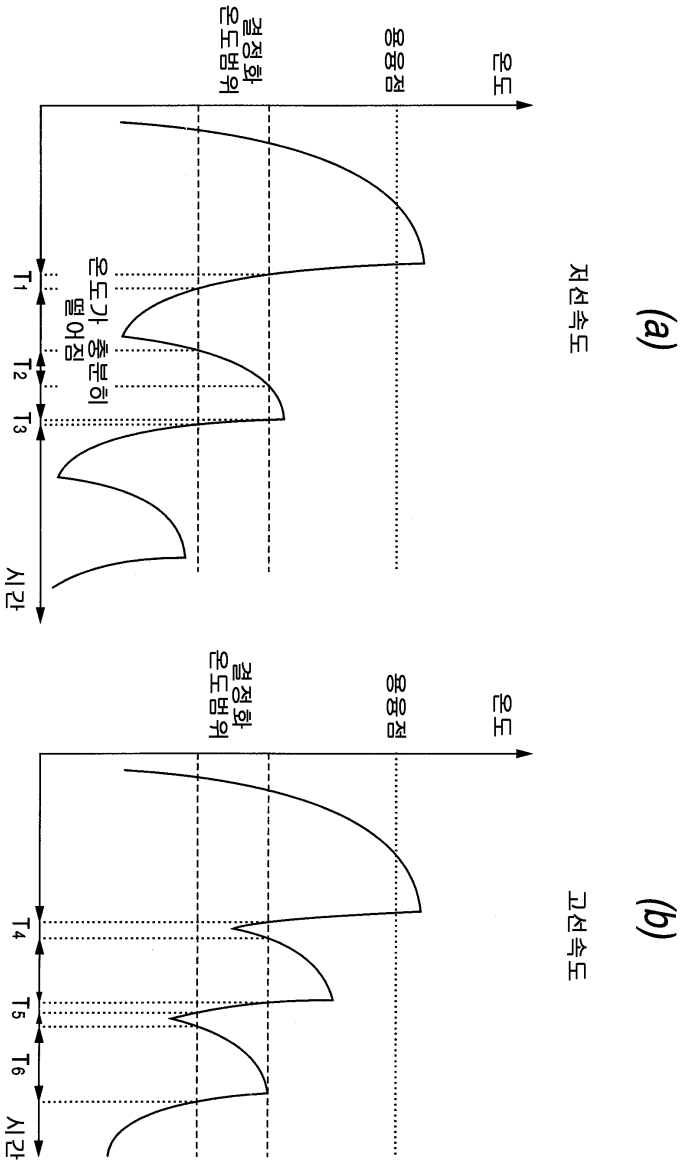
(b)



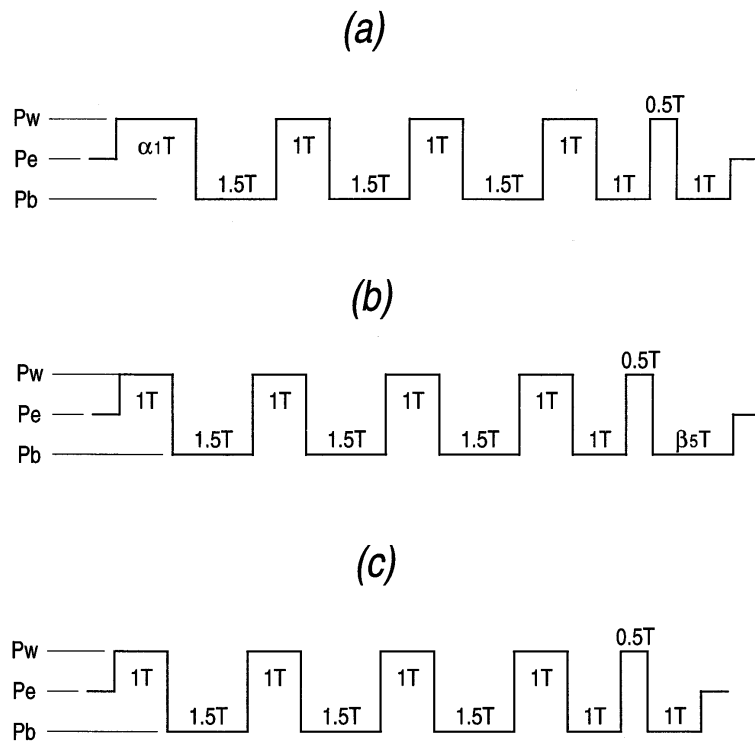
도면3



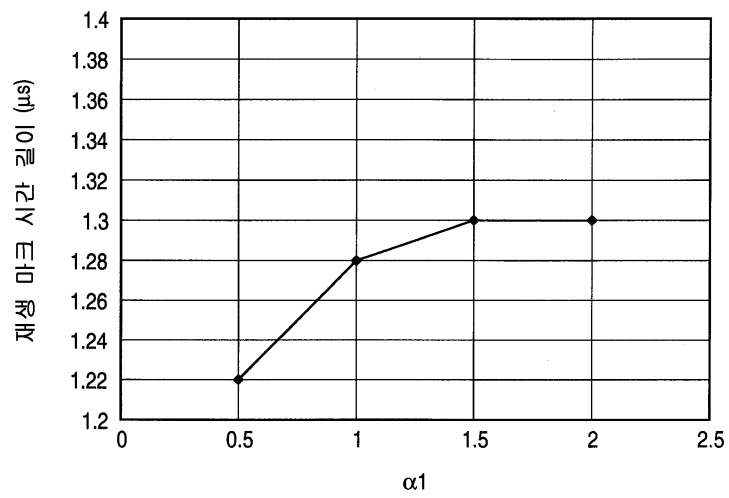
도면4



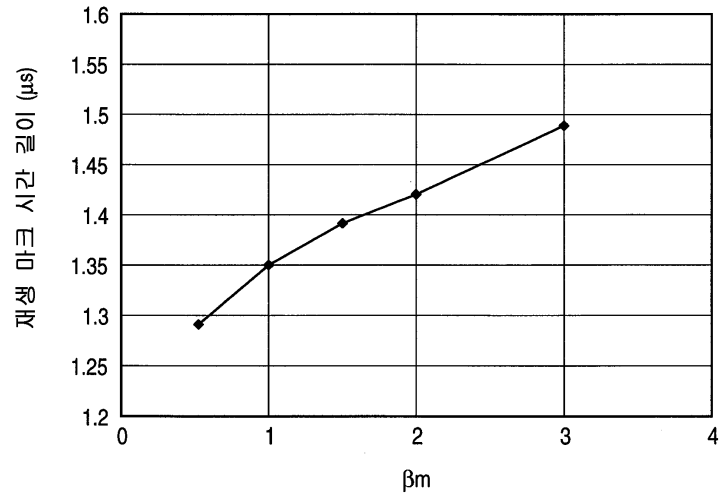
도면6



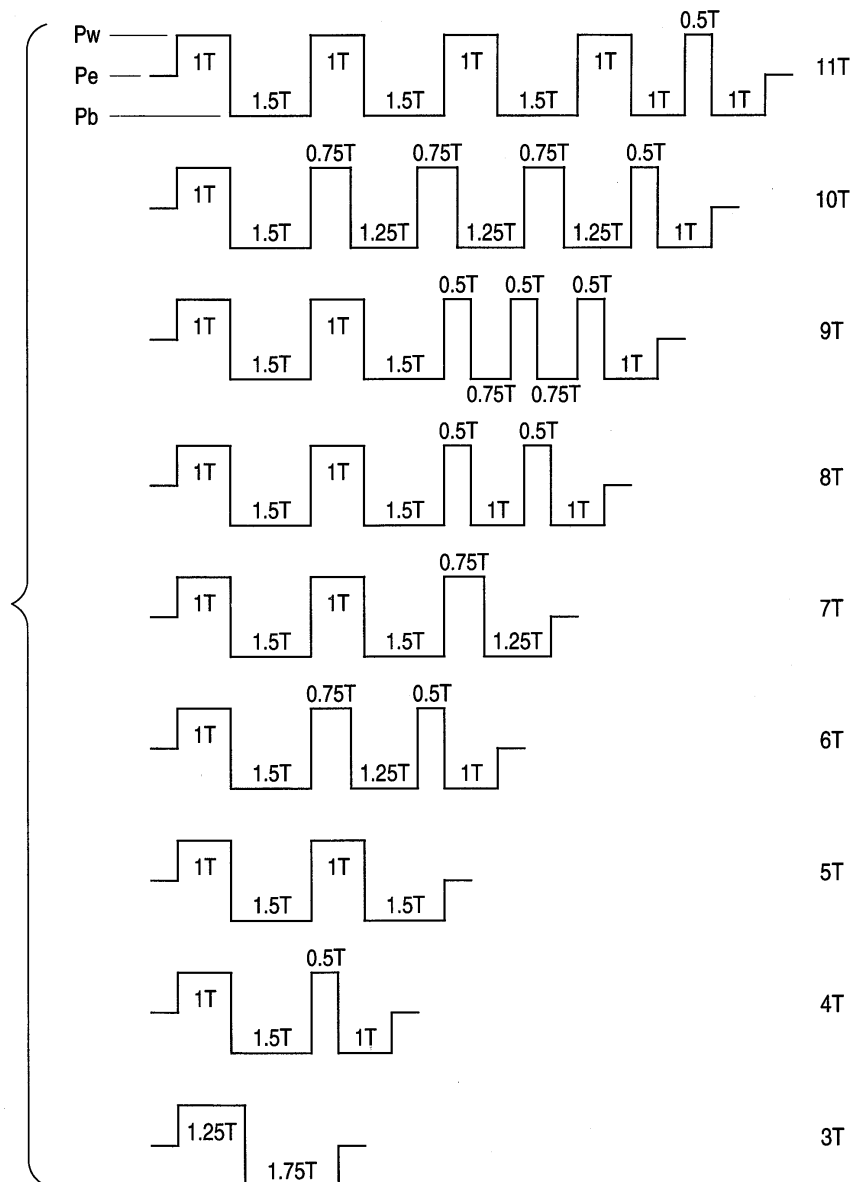
도면7



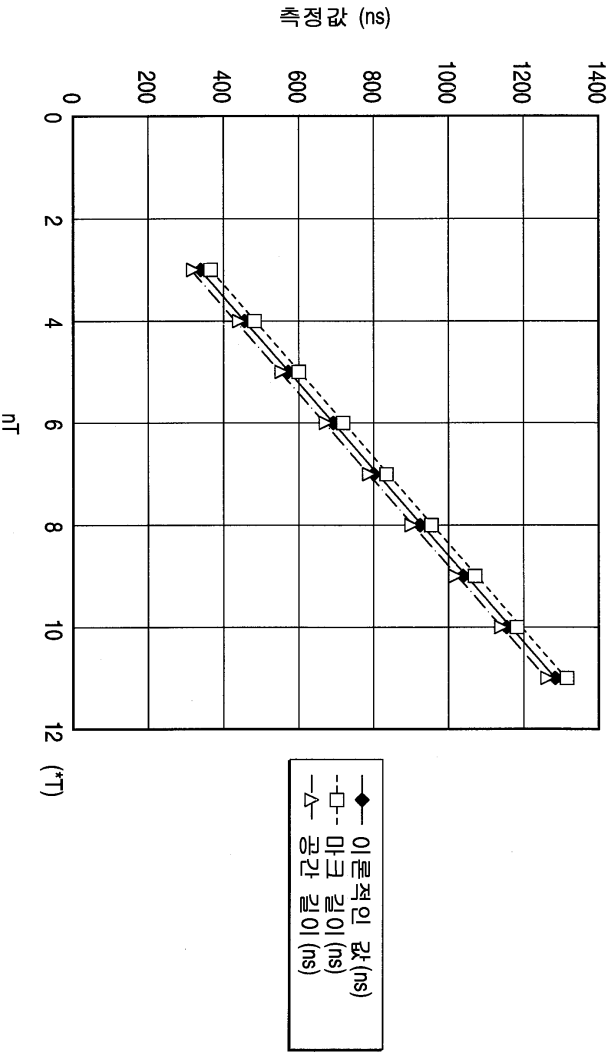
도면8



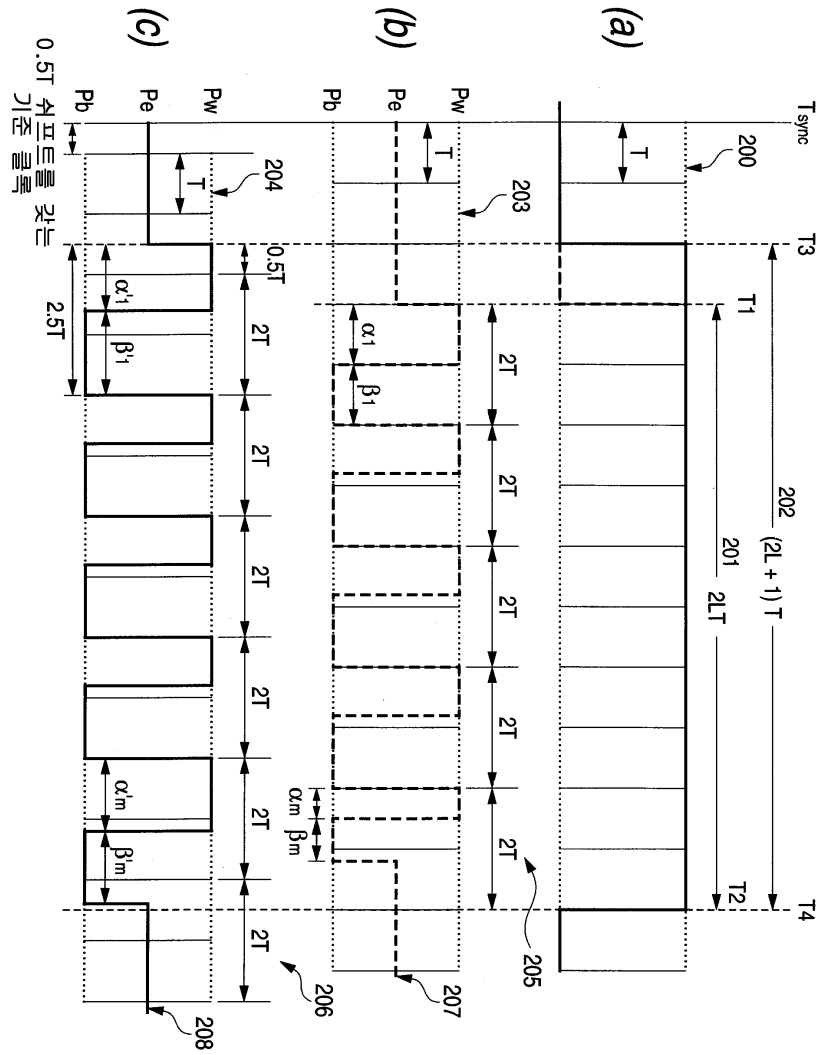
도면9



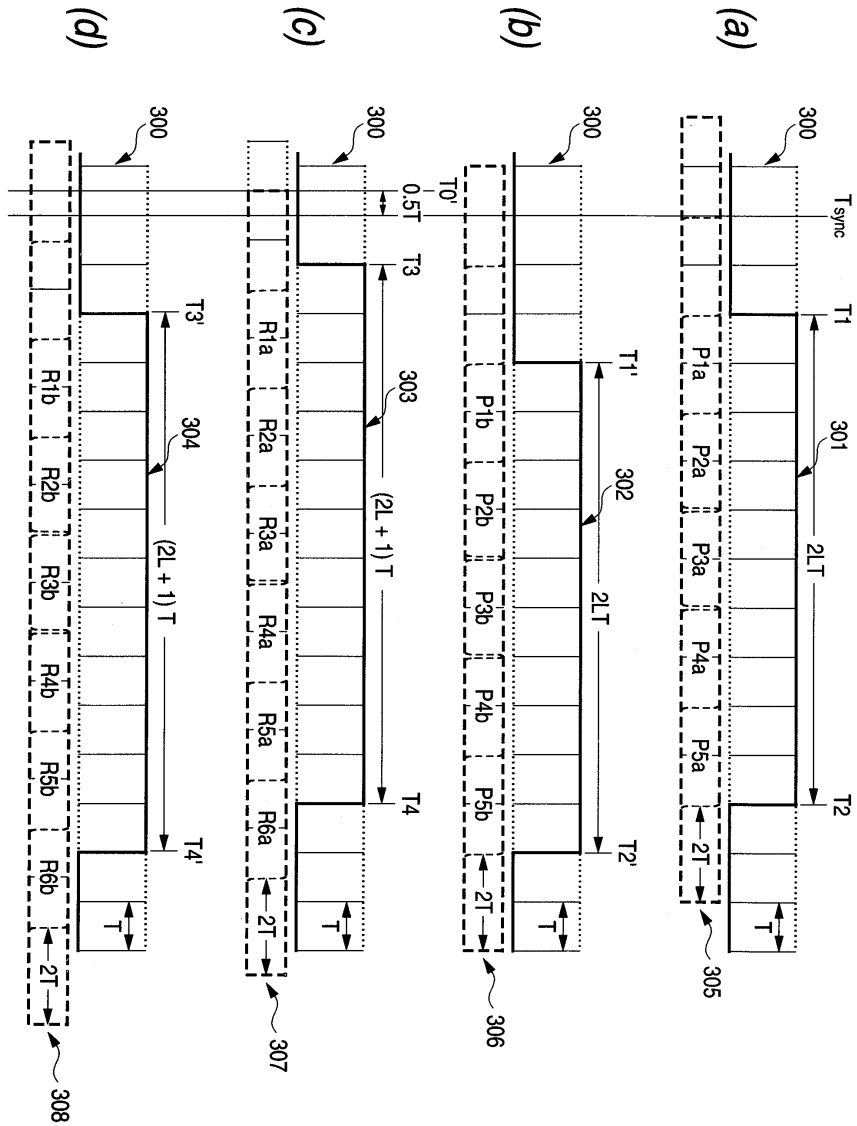
도면10



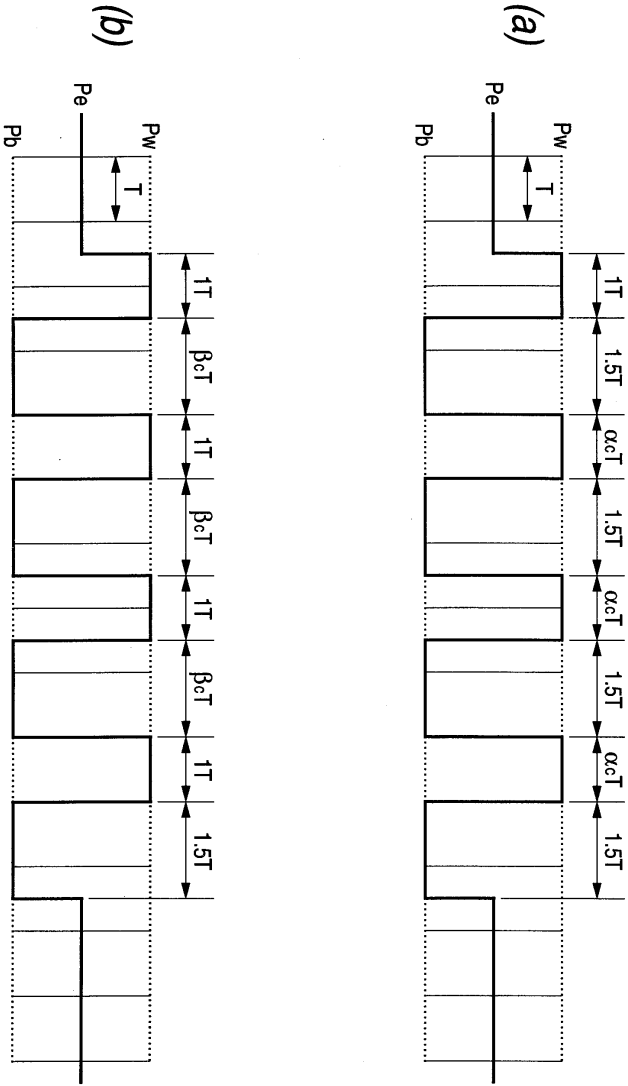
도면12



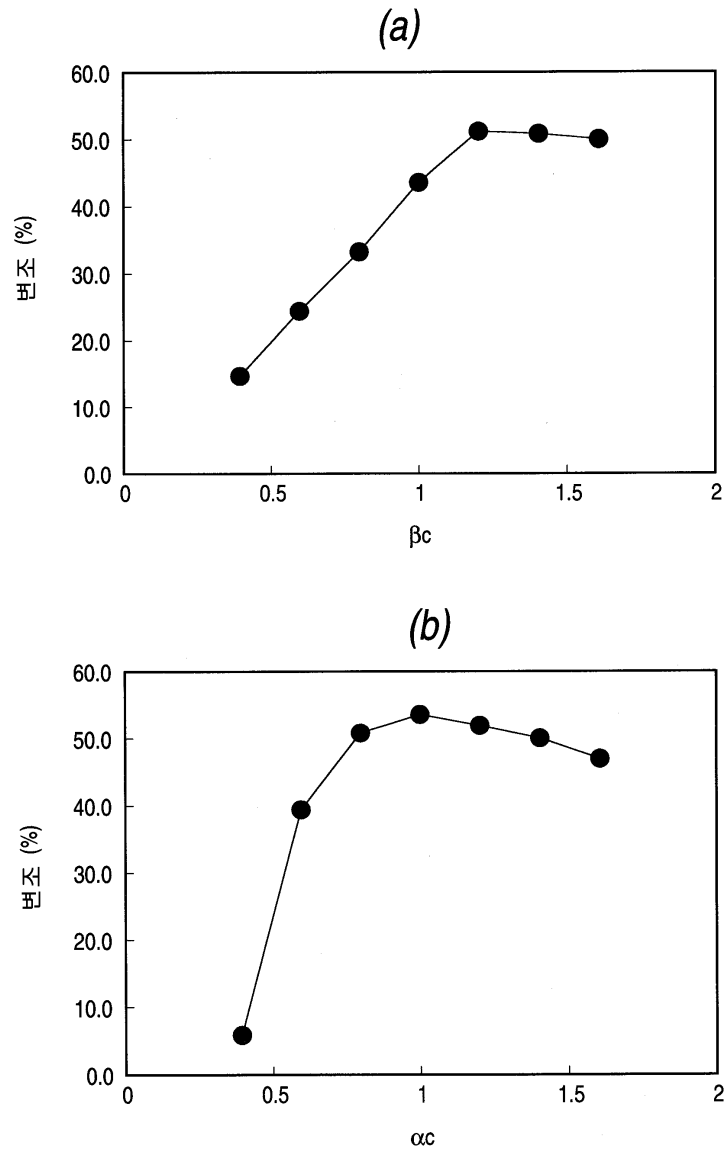
도면13



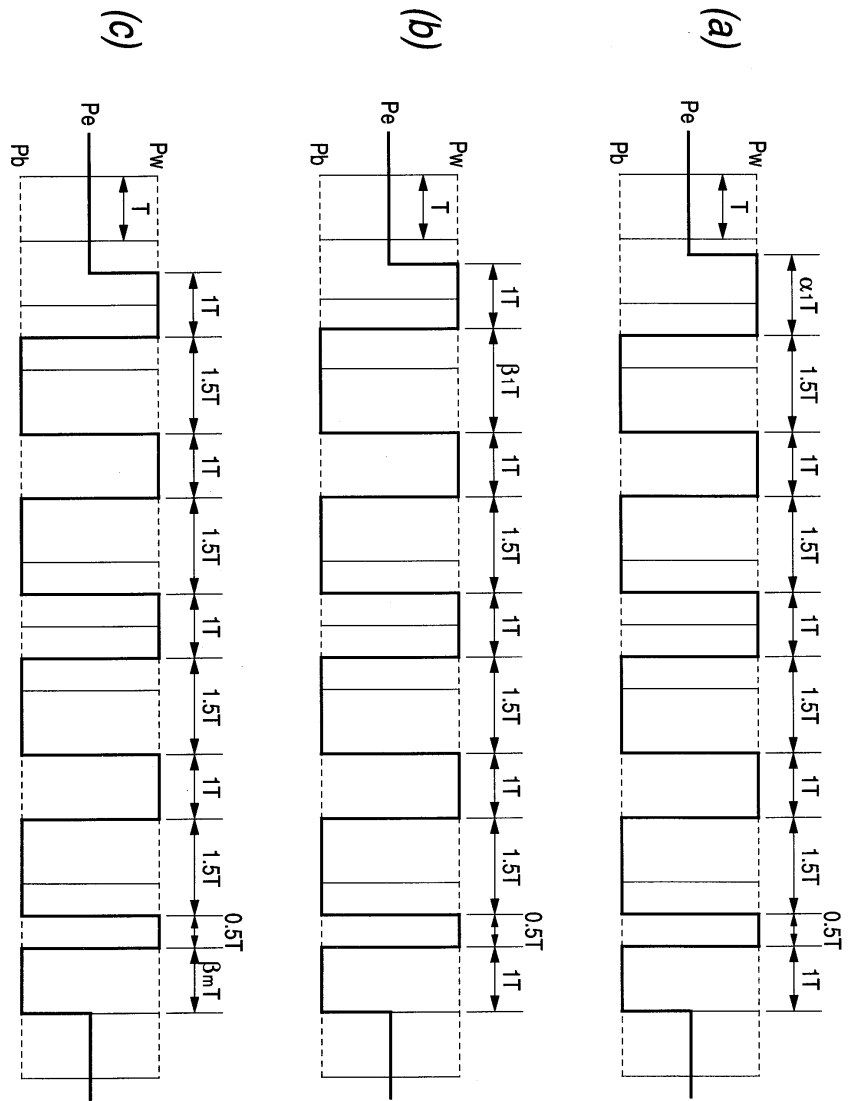
도면14



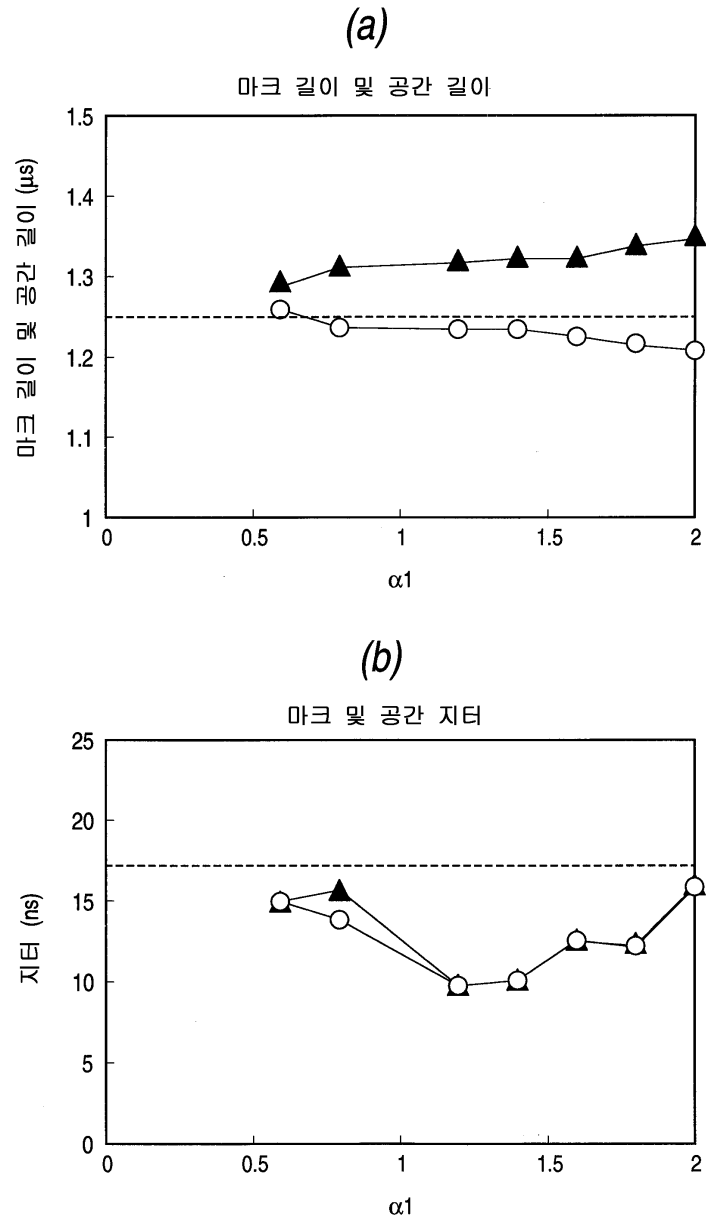
도면15



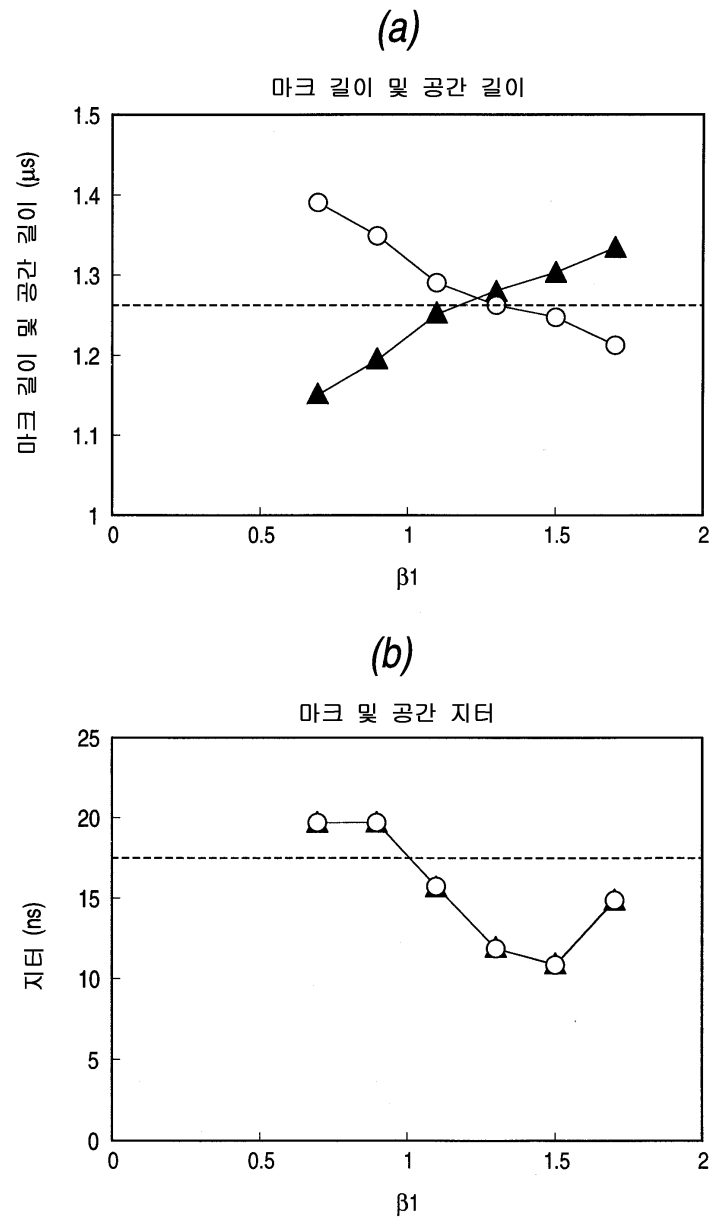
도면16



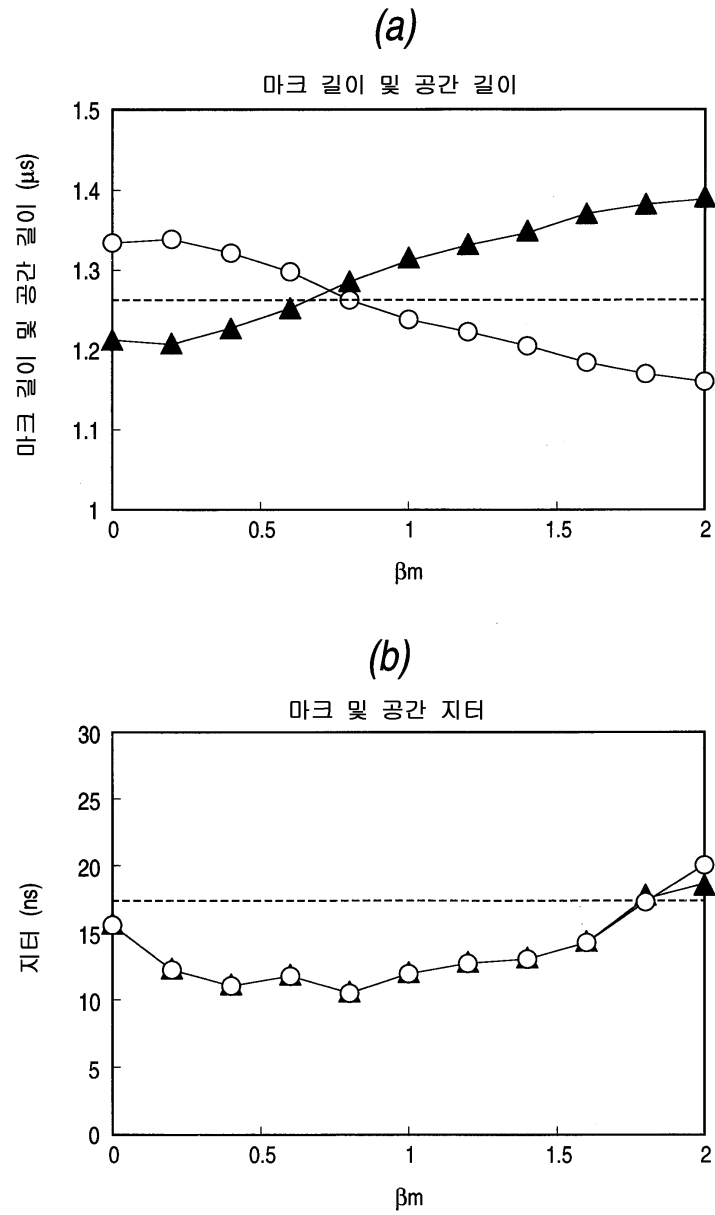
도면17



도면18



도면19

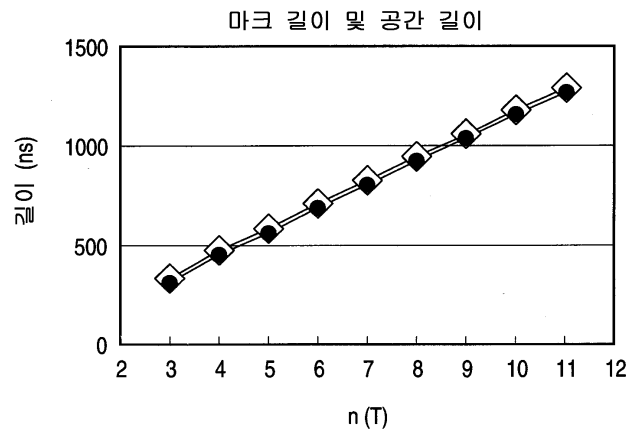


도면20

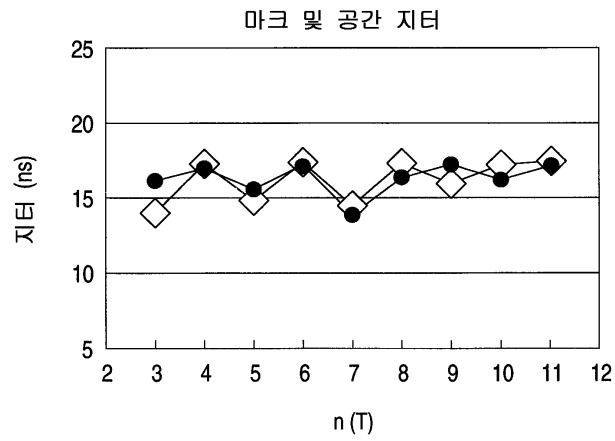
	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\alpha 2$	$\beta 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$	$\alpha 4$	$\beta 4$	$\alpha 5$	$\beta 5$
3T	1.2T	1.5T		0.9T						
4T	0.8T	1.2T	0.7T	0.9T						
5T	1.0T	1.5T	1.0T	1.1T						
6T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.7T	0.9T				
7T	1.0T	1.5T	0.8T	1.2T	1.0T	1.1T				
8T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.7T	0.9T		
9T	1.0T	1.5T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	1.0T	1.1T		
10T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.7T	0.9T
11T	1.0T	1.5T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	0.8T	1.2T	1.0T	1.1T

도면21

(a)



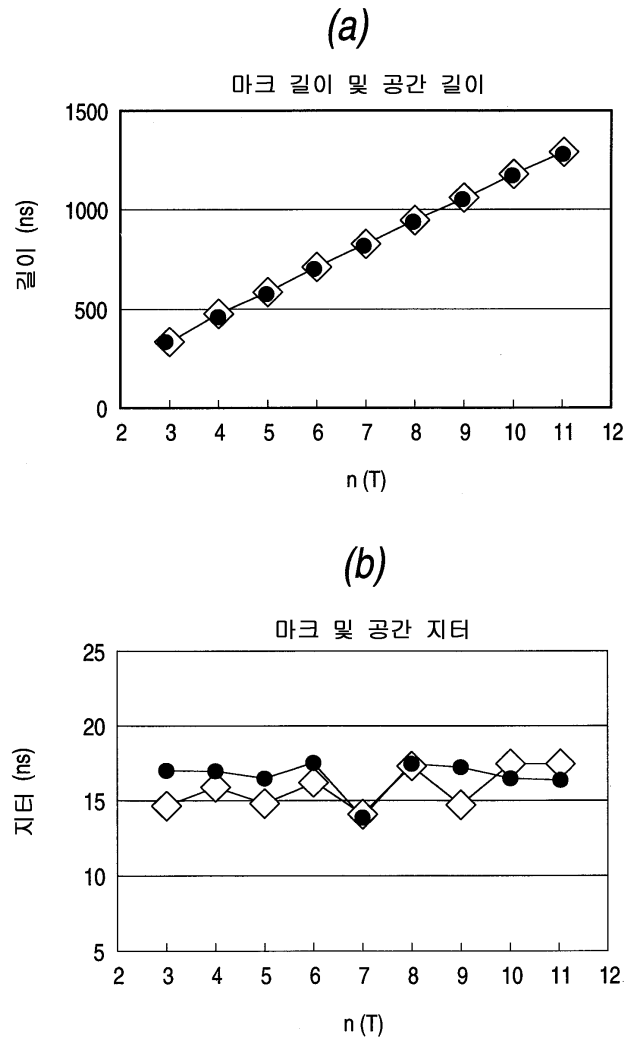
(b)



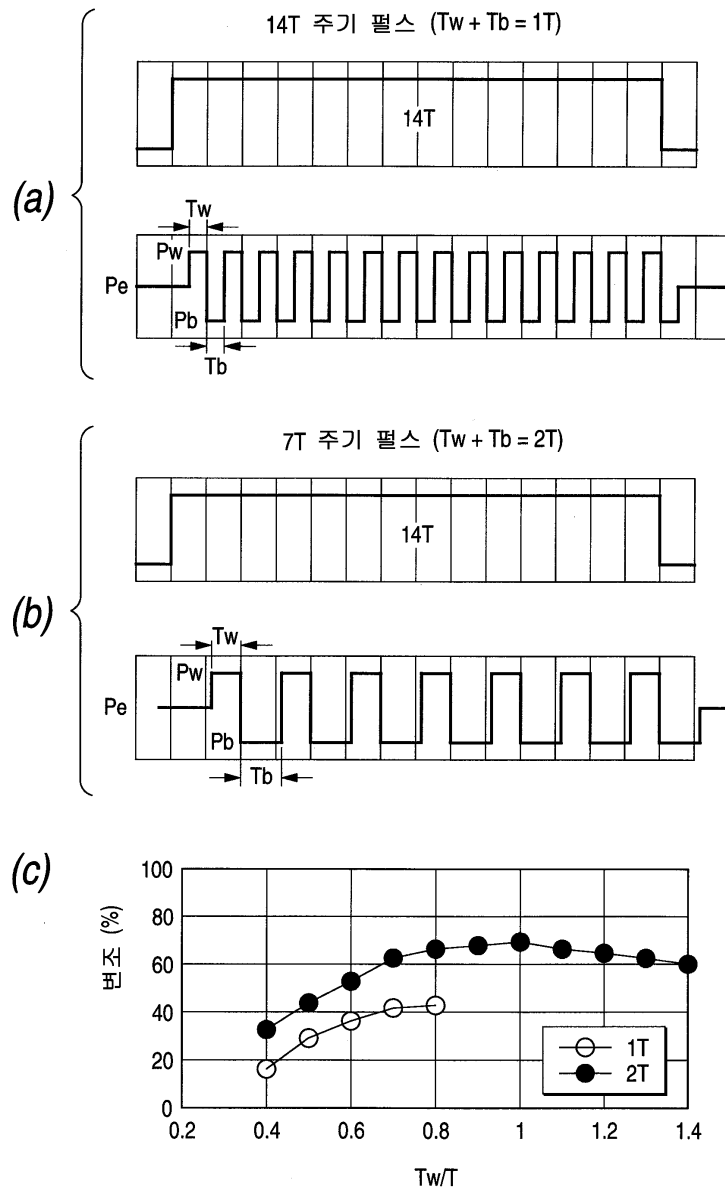
도면22

	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\alpha 2$	$\beta 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$	$\alpha 4$	$\beta 4$	$\alpha 5$	$\beta 5$
3T	0.8T	2.4T		1.4T						
4T	0.6T	1.4T	0.5T	1.4T						
5T	0.6T	1.9T	0.6T	1.8T						
6T	0.6T	1.4T	0.5T	1.5T	0.5T	1.4T				
7T	0.6T	1.9T	0.5T	1.5T	0.6T	1.8T				
8T	0.6T	1.4T	0.5T	1.5T	0.5T	1.5T	0.5T	1.4T		
9T	0.6T	1.9T	0.5T	1.5T	0.5T	1.5T	0.6T	1.8T		
10T	0.6T	1.4T	0.5T	1.5T	0.5T	1.5T	0.5T	1.5T	0.5T	1.4T
11T	0.6T	1.9T	0.5T	1.5T	0.5T	1.5T	0.5T	1.5T	0.8T	1.8T

도면23



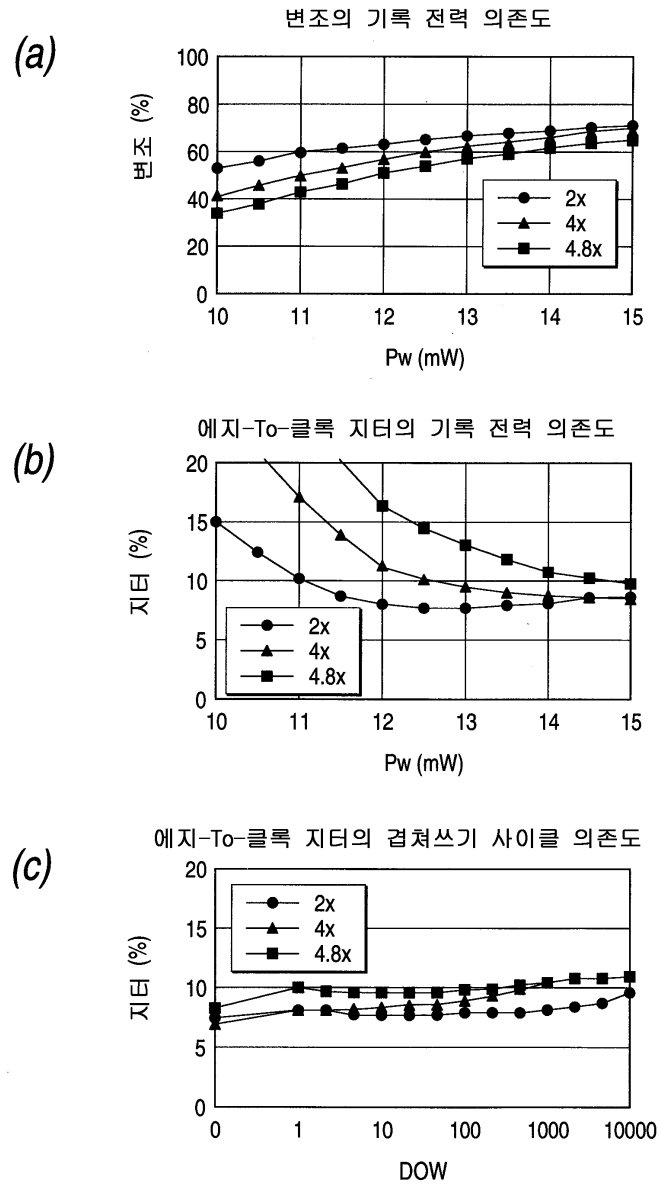
도면25



도면26

	Td1	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\alpha 2$	$\beta 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$	$\alpha 4$	$\beta 4$	$\alpha 5$	$\beta 5$	$\alpha 6$	$\beta 6$	$\alpha 7$	$\beta 7$
3T	1.15T	1.2T	0.8T		0.4T										
4T	0.95T	1.05T	1.0T	1.0T	0.4T										
5T	1.0T	1.05T	1.7T	1.2T	0.4T										
6T	0.95T	1.05T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	0.4T								
7T	1.0T	1.05T	1.45T	1.0T	1.45T	1.0T	0.4T								
8T	0.95T	1.05T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	0.4T							
9T	1.0T	1.05T	1.45T	1.0T	1.0T	1.0T	1.45T	1.0T	0.4T						
10T	0.95T	1.05T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	0.4T				
11T	1.0T	1.05T	1.45T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.45T	1.0T	0.4T				
14T	0.95T	1.05T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	1.0T	0.4T

도면27



도면28

	Td1	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\alpha 2$	$\beta 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$	$\alpha 4$	$\beta 4$	$\alpha 5$	$\beta 5$	$\alpha 6$	$\beta 6$	$\alpha 7$	$\beta 7$
3T	1.05T	1.2T	1.2T												
4T	1.0T	1.0T	1.3T	0.7T	0.7T										
5T	1.05T	1.0T	2.0T	0.9T	0.7T										
6T	1.0T	1.0T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	0.7T								
7T	1.05T	1.0T	1.75T	0.7T	1.75T	0.7T	0.7T								
8T	1.0T	1.0T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	0.7T						
9T	1.05T	1.0T	1.75T	0.7T	1.3T	0.7T	1.75T	0.7T	0.7T						
10T	1.0T	1.0T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T					
11T	1.05T	1.0T	1.75T	0.7T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	1.75T	0.7T					
14T	1.0T	1.0T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	1.3T	0.7T	0.7T