



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0103285  
(43) 공개일자 2013년09월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G11B 5/02* (2006.01) *G11B 5/09* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0125506  
(22) 출원일자 2012년11월07일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
13/416,443 2012년03월09일 미국(US)

(71) 출원인  
엘에스아이 코포레이션  
미국 캘리포니아주 95131, 새너제이, 라이더 파크  
드라이브 1320  
(72) 발명자  
리브시츠 보리스  
미국 미네소타주 55121 이건 #216 노스우드 드라  
이브 1130  
글리슨 제프리 에이  
미국 미네소타주 55337 번스빌 케넬리 플레이스  
2501  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
제일특허법인

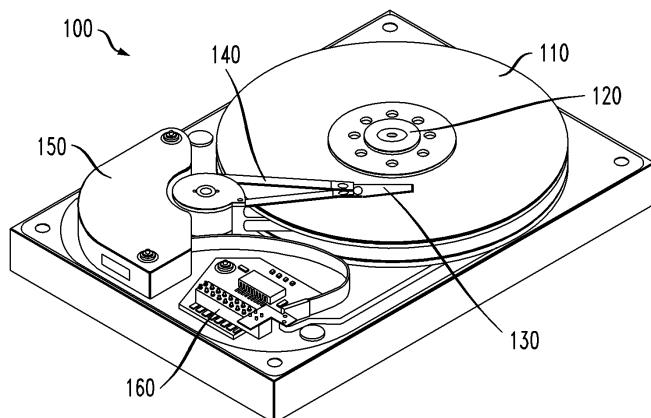
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **다중-경사 데이터 천이를 갖는 기록 신호를 갖는 저장 디바이스**

### (57) 요 약

하드 디스크 드라이브 또는 다른 디스크 기반 저장 디바이스는 저장 디스크, 디스크로부터 데이터를 판독 및 디스크에 데이터를 기록하도록 구성된 판독/기록 헤드, 및 판독/기록 헤드와 연결되거나 또는 그렇지 않은 경우 관련된 제어 회로를 포함한다. 제어 회로는 저장 디스크에 기록될 데이터에 대한 기록 신호를 생성하도록 구성된 기록 드라이버, 및 기록 드라이버와 관련되고 기록 신호에서의 데이터 천이를 제어하여 데이터 천이가 각각 상이한 경사를 갖는 적어도 2개의 상이한 세그먼트들을 포함하도록 구성된 다중-경사 천이 제어기를 포함하며, 천이 제어기는 각각의 세그먼트들에 대해 별도의 경사 제어 메카니즘을 포함한다. 예로써, 데이터 천이는 데이터 천이의 시작 포인트와 종료 포인트 사이에 순차적으로 배열된 제1 및 제2 세그먼트들을 갖는 이중-경사 천이를 포함할 수 있으며, 제1 세그먼트의 경사는 제2 세그먼트의 경사보다 크거나 또는 작다.

### 대 표 도 - 도1



(72) 발명자

골드버그 제이슨 에스

미국 미네소타주 55105 세인트 폴 페어마운트 애비  
뉴 1052

마주르 폴

미국 미네소타주 55016 코타지 그로브 사우스 하이  
드 애비뉴 7702

라브 카메론 씨

미국 미네소타주 55076 인버 그로브 하이츠 볼란드  
트레일 6249

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

데이터를 저장 디스크로부터 판독하고 데이터를 저장 디스크에 기록하도록 구성된 판독/기록 헤드와 관련되도록 구성된 제어 회로 – 상기 제어 회로는 상기 판독/기록 헤드로부터 수신된 데이터와 상기 판독/기록 헤드로 공급된 데이터를 처리하도록 구성됨 – 를 포함하며,

상기 제어 회로는,

상기 저장 디스크에 기록될 데이터에 대한 기록 신호를 생성하도록 구성된 기록 드라이버와,

상기 기록 드라이버와 관련되며, 상기 기록 신호에서의 데이터 천이를 제어하여, 상기 데이터 천이가 각각 상이한 경사를 갖는 적어도 2개의 상이한 세그먼트들을 포함하도록 구성된 다중-경사 천이 제어기 – 상기 다중-경사 천이 제어기는 상기 세그먼트들 각각에 대해 별도의 경사 제어 메카니즘을 포함함 – 를 포함하는

장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 데이터 천이는 상기 데이터 천이의 시작 포인트와 종료 포인트 사이에 순차적으로 배열된 제1 세그먼트 및 제2 세그먼트를 갖는 이중-경사 천이를 포함하고, 상기 제1 세그먼트의 경사는 상기 제2 세그먼트의 경사보다 큼

장치.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 데이터 천이는 상기 데이터 천이의 시작 포인트와 종료 포인트 사이에 순차적으로 배열된 제1 세그먼트 및 제2 세그먼트를 갖는 이중-경사 천이를 포함하고, 상기 제1 세그먼트의 경사는 상기 제2 세그먼트의 경사보다 작은

장치.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 데이터 천이는 상기 데이터 천이의 시작 포인트와 종료 포인트 사이에 위치된 적어도 하나의 니 포인트 (knee point)를 가지며, 주어진 니 포인트는 데이터 천이의 2개의 순차적으로 배열된 세그먼트들을 분리하는  
장치.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 데이터 천이는 상승 천이이고, 상기 니 포인트는 좌표  $[T_0, -Iw]$  및  $[T_0+T_{rise}, Iw+OSA]$ 에 의해 정의된 직사각형 내에 위치되며,  $T_0$ 은 상기 데이터 천이의 시작 시간을 나타내고,  $T_{rise}$ 는 상기 데이터 천이의 상승 시간을 나타내며,  $Iw$ 는 안정 상태 전류를 나타내고,  $OSA$ 는 오버슈트 진폭을 나타내며,  $-Iw$ 는 상기 데이터 천

이의 시작 전류 진폭을 나타내고,  $I_w+OSA$ 는 상기 데이터 천이의 종료 전류 진폭을 나타내는 장치.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 데이터 천이는 하강 천이이고, 상기 니 포인트는 좌표  $[T_0, Iw]$  및  $[T_0+T_{fall}, -Iw-OSA]$ 에 의해 정의된 직사각형 내에 있으며,  $T_0$ 은 상기 데이터 천이의 시작 시간을 나타내고,  $T_{fall}$ 은 상기 데이터 천이의 하강 시간을 나타내며,  $Iw$ 는 안정 상태 전류를 나타내고,  $OSA$ 는 오버슈트 진폭을 나타내며,  $Iw$ 는 상기 데이터 천이의 시작 전류 진폭을 나타내고,  $-Iw-OSA$ 는 상기 데이터 천이의 종료 전류 진폭을 나타내는 장치.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 별도의 경사 제어 메카니즘은,

상기 세그먼트들 중 제1 세그먼트의 경사를 제어하기 위해 상기 기록 드라이버의 안정 상태 경로에 배열된 제1 제어가능 지연 요소와,

상기 세그먼트들 중 제2 세그먼트의 경사를 제어하기 위해 상기 기록 드라이버의 오버슈트 경로에 배열된 제2 제어가능 지연 요소를 포함하는

장치.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 제어가능 지연 요소 및 제2 제어가능 지연 요소는, 상이한 경사들이 상기 데이터 천이의 안정 상태 및 오버슈트 세그먼트들에 대해 설정되도록 하는 방식으로, 독립적으로 제어가능한

장치.

#### 청구항 9

저장 디바이스의 저장 디스크에 기록될 데이터를 수신하는 단계와,

상기 저장 디스크에 기록될 상기 데이터에 대한 기록 신호를 생성하는 단계 – 상기 기록 신호는 복수의 데이터 천이를 가지며, 상기 데이터 천이들 중 적어도 하나는 각각 상이한 경사를 갖는 적어도 2개의 상이한 세그먼트들을 포함함 – 를 포함하고,

상기 생성하는 단계는 상기 세그먼트들 각각을 개별적으로 제어하는 것을 포함하는

방법.

#### 청구항 10

처리 디바이스와,

상기 처리 디바이스에 연결되며, 적어도 하나의 저장 디스크를 포함하는 저장 디바이스를 포함하고,

상기 저장 디바이스는,

상기 저장 디스크로부터 데이터를 판독하고 상기 저장 디스크에 데이터를 기록하도록 구성된 판독/기록 헤드와,

상기 판독/기록 헤드로부터 수신된 데이터와 상기 판독/기록 헤드에 공급된 데이터를 처리하도록 구성된 제어 회로를 포함하며,

상기 제어 회로는,

상기 저장 디스크에 기록될 데이터에 대한 기록 신호를 생성하도록 구성된 기록 드라이버와,

상기 기록 드라이버와 관련되며, 상기 기록 신호에서의 데이터 천이를 제어하여, 상기 데이터 천이가 각각 상이한 경사를 갖는 적어도 2개의 상이한 세그먼트들을 포함하도록 구성된 다중-경사 천이 제어기 — 상기 다중-경사 천이 제어기는 상기 세그먼트들 각각에 대해 별도의 경사 제어 메카니즘을 포함함 — 를 포함하는

처리 시스템.

## 명세서

### 배경기술

[0001] HDD(hard disk drive)와 같은 디스크 기반 저장 디바이스는 매우 다양한 상이한 유형의 데이터 처리 시스템들에서 비휘발성 데이터 저장소를 제공하는데 이용된다. 전형적인 HDD는 플래터(platter)라고도 지칭되는 하나 이상의 편평한 원형 저장 디스크들을 보유하는 스팬들(spindle)을 포함한다. 각각의 저장 디스크는 하나 이상의 자기 재료 박층들로 코팅되는 알루미늄 또는 유리와 같은 비자성 재료로 제조되는 기판을 포함한다. 동작시에, 디스크가 고속으로 회전함에 따라 포지셔닝 앰(positioning arm)에 의해 디스크 표면을 가로질러 정밀하게 이동되는 판독/기록 헤드를 통해, 데이터가 저장 디스크의 트랙들로부터 판독 및 트랙들에 기록된다.

[0002] HDD들의 저장 용량은 계속해서 증가하며, 수 테라바이트(terabytes; TB)의 데이터를 저장할 수 있는 HDD들이 현재 이용가능하다. 그러나, 때때로 저장 용량의 증가는 보다 많은 데이터를 각각의 저장 디스크 상에 맞추기 위한 트랙 치수, 비트 길이 또는 다른 특징들의 감소를 수반하여, 저하된 온-트랙(on-track) 레코딩 성능 뿐만 아니라, 인접 트랙 제거(erasure)와 같은 오프-트랙(off-track) 레코딩 성능 문제들을 포함하는 다양한 문제들을 초래할 수 있다.

[0003] 저장 용량을 더 증가시키기 위한 노력으로, 다수의 기술들이 개발되어 왔다. 예를 들어, SMR(shingled magnetic recording)로서 알려진 기술은 저장 디스크 상의 이전에 기록된 인접 트랙을 통해 주어진 트랙을 "싱글링(shingling)"함으로써 HDD의 저장 용량을 증가시키고자 시도한다. BPM(bit-patterned media)으로서 지칭되는 다른 기술에서, 자기 아일랜드(magnetic island)들의 고밀도 트랙들이 저장 디스크의 표면 상에서 수행되고, 데이터의 비트들이 이러한 아일랜드들 각각에 기록된다. 다른 기술들은, 예를 들면, HAMR(heat-assisted magnetic recording) 및 MAMR(microwave-assisted magnetic recording)을 포함한다. HAMR 기술은 레이저를 이용하여 디스크 표면 상의 영역을, 그 영역에서 레코딩하기 전에 국부적으로 예열한다. MAMR 기술에서, 매체에서의 강자성 공진(ferromagnetic resonance)을 예열(excite)시켜서, 데이터를 기록하는 프로세스를 용이하게 하는 에너지를 형성하는 AC 자계를 방사하도록 추가적인 기록 헤드가 구성된다.

[0004] 때때로, HDD들은 컴퓨터 또는 다른 처리 디바이스로부터의 데이터를 저장 디스크에 기록될 적절한 형태로 처리하고, 저장 디스크로부터 판독된 신호 패형들을 컴퓨터에 전달하기 위한 데이터로 변환하기 위해 SOC(system-on-chip)를 포함한다. SOC는 대규모 디지털 회로를 가지며, 전형적으로, 비용 및 성능 목표를 만족시키기 위해 진보된 CMOS(complementary metal-oxide-semiconductor) 기술들을 이용한다. 또한, HDD는 SOC를 저장 디스크로부터 데이터를 판독 및 저장 디스크로 데이터를 기록하는데 이용된 판독/기록 헤드로 인터페이싱하는 전치증폭기를 일반적으로 포함한다.

[0005] 일반적으로, 전치증폭기는 대응하는 기록 신호들을 판독/기록 헤드에 제공하여 데이터를 저장 디스크에 기록하는 하나 이상의 기록 드라이버를 포함한다. 일반적으로, 그러한 기록 신호는 전류 신호로서 특징지워지지만, 대안적으로 전압 신호로서 특징지워질 수도 있다. 통상적으로, 데이터 비트들 각각은 공통 자화 방향(예를 들면, 위 또는 아래)으로 지향된 미디어 그레인(media grain)들의 그룹으로서 저장된다. 주어진 데이터 비트를 레코딩하기 위해, 기록 드라이버는 네가티브 기록 전류로부터 포지티브 기록 전류로, 또는 그 반대로 천이하는 기록 신호를 생성하며, 0으로부터 그의 피크 값까지의 기록 전류의 진폭은, 비록 다른 값들이 이용될 수

있지만, 약 15 내지 65 mA(milliampères)의 범위 내에 있을 수 있다.

[0006] 전형적인 종래의 구성에서, 기록 드라이버의 출력에서의 주어진 기록 신호는 단일-경사 로우-투-하이(single-slope low-to-high) 데이터 천이들(즉, "0"으로부터 "1"까지) 및 단일-경사 하이-투-로우 데이터 천이들(즉, "1"로부터 "0"까지)을 갖는다. 또한, 이들 로우-투-하이 및 하이-투-로우 천이들은 상승 및 하강 천이들로서 각각 지칭된다. 상승 천이 또는 하강 천이의 경사는 상승 시간 또는 하강 시간 뿐만 아니라, 시작 및 종료 포인트들 사이의 진폭 차이에 의해 특징지워진다. 본 명세서에서 하강 시간은 반대 극성의 천이에 대한 상승 시간으로서 또한 특징지워진다.

[0007] 저장 디스크에 데이터를 고속으로 기록하는 것은, 단일-경사 데이터 천이들을 갖는 통상적인 기록 신호들을 이용할 때에 힘든 과제가 될 수 있다. 예를 들어, 그러한 기록 신호들을 이용하는 것은 레코딩된 데이터 신뢰도의 관점에서 온-트랙 레코딩 성능 뿐만 아니라, 인접 트랙 제거와 같은 문제들로 인해 오프-트랙 레코딩 성능에도 악영향을 미칠 수 있다. 이것은 특히 쉴드(shields)이 메인 기록 폴(main write pole)에 아주 근접하는 랩-어라운드(wrap-around) 또는 사이드-쉴디드(side-shielded) 기록 헤드들을 갖는 저장 디바이스들의 경우에 그러하다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 예시적인 실시예들은, 이중-경사 데이터 천이들 또는 다른 유형의 다중-경사 데이터 천이들을 갖는 기록 신호들을 생성함으로써 향상된 동작 성능을 나타내는 HDD를 또는 다른 유형의 디스크 기반 저장 디바이스들을 제공한다. 그러한 다중-경사 데이터 천이들은 상승 또는 하강 천이들이거나, 또는 상승 및 하강 천이들 둘다의 조합일 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, HDD 또는 다른 디스크 기반 저장 디바이스는 저장 디스크, 저장 디스크로부터 데이터를 판독 및 저장 디스크로 데이터를 기록하도록 구성된 판독/기록 헤드, 및 판독/기록 헤드로부터 수신 및 판독/기록 헤드에 공급된 데이터를 처리하도록 구성된 제어 회로를 포함한다. 특히, 제어 회로는 저장 디스크에 기록될 데이터에 대한 기록 신호를 생성하도록 구성된 기록 드라이버, 및 기록 드라이버와 관련되고 기록 신호에서의 데이터 천이를 제어하여 데이터 천이가 각각 상이한 경사를 갖는 적어도 2개의 상이한 세그먼트들을 포함하도록 구성된 다중-경사 천이 제어기를 포함한다. 다중-경사 천이 제어기는 각각의 세그먼트들에 대해 별도의 경사 제어 메카니즘을 포함한다.

[0010] 예로써, 데이터 천이는 데이터 천이의 시작 포인트와 종료 포인트 사이에 순차적으로 배열된 제1 및 제2 세그먼트들을 갖는 이중-경사 천이를 포함할 수 있으며, 제1 세그먼트의 경사는 제2 세그먼트의 경사보다 크거나 또는 작다.

[0011] 그러한 배열에서, 별도의 경사 제어 메카니즘은 세그먼트들 중 제1 세그먼트의 경사를 제어하기 위해 기록 드라이버의 안정 상태 경로(steady state path)에 배열된 제1 제어가능 지연 요소, 및 세그먼트들 중 제2 세그먼트의 경사를 제어하기 위해 기록 드라이버의 오버슈트 경로(overshoot path)에 배열된 제2 제어가능 지연 요소를 포함할 수 있다. 제1 및 제2 제어가능 지연 요소들은, 상이한 경사들이 데이터 천이의 안정 상태 및 오버슈트 세그먼트들에 대해 설정되도록 하는 방식으로, 독립적으로 제어가능할 수 있다.

[0012] 본 발명의 하나 이상의 실시예는 디스크 기반 저장 디바이스들에서의 큰 향상을 제공한다. 예를 들어, 다중-경사 데이터 천이들을 갖는 기록 신호들을 이용함으로써, 고속으로 기록된 데이터에 대해서 및 랩-어라운드 또는 사이드-쉴디드 메인 폴들을 갖는 기록 헤드들을 이용하는 경우에도, 레코딩된 데이터의 신뢰도가 향상되고, 인접 트랙 제거와 같은 악영향이 크게 감소될 수 있다. 이것은 온-트랙 레코딩 성능 및 오프-트랙 레코딩 성능 둘다를 포함하는, 디스크 기반 저장 디바이스의 향상된 전체 동작 성능을 초래한다.

## 도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 디스크 기반 저장 디바이스의 투시도를 도시한다.

도 2는 도 1의 저장 디바이스에서의 저장 디스크의 평면도를 도시한다.

도 3은 기록 드라이버 및 이중-경사 천이 제어기를 포함하는 전치증폭기를 포함하는 도 1의 저장 디바이스의 일부의 블록도이다.

도 4는 단일-경사 상승 및 하강 천이들을 갖는 기록 신호의 예를 도시한다.

도 5는 도 4의 기록 신호가 이중-경사 상승 천이를 포함하도록 변형될 수 있는 방식을 도시한다.

도 6은 도 3의 기록 드라이버의 일부분 및 그것의 관련된 이중-경사 천이 제어기의 보다 상세한 도면을 도시한다.

도 7은 도 5와 유사한 이중-경사 상승 천이를 갖는 기록 신호의 다른 예를 도시한다.

도 8은 판독/기록 헤드의 일부분이 도 7의 기록 신호를 이용하여 저장 디스크의 데이터 층에 데이터를 기록하도록 자화되는 방식을 도시한다.

도 9는 이중-경사 상승 천이를 갖는 기록 신호의 또 다른 예를 도시한다.

도 10은 판독/기록 헤드의 일부분이 도 9의 기록 신호를 이용하여 저장 디스크의 데이터 층에 데이터를 기록하도록 자화되는 방식을 도시한다.

도 11은 데이터 처리 시스템에서의 호스트 처리 디바이스와 도 1의 저장 디바이스의 상호접속을 도시한다.

도 12는 도 1에 도시된 유형의 복수의 디스크 기반 저장 디바이스들을 포함하는 가장 저장 시스템을 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 명세서에서, 본 발명의 실시예들은 예시적인 디스크 기반 저장 디바이스들, 기록 드라이버들 및 관련된 다중-경사 천이 제어기들과 함께 기술될 것이다. 그러나, 본 발명의 이들 및 다른 실시예들이, 향상된 레코딩된 데이터 신뢰도 및 동작 성능이 요망되는 임의의 저장 디바이스에 보다 일반적으로 적용가능함을 이해해야 한다. 예시된 실시예들과 함께 구체적으로 도시 및 기술된 것들 이외의 구성요소들을 이용하여 추가적인 실시예들이 구현될 수 있다.
- [0015] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 디스크 기반 저장 디바이스(100)를 도시한다. 이러한 실시예에서의 저장 디바이스(100)는, 보다 구체적으로, 저장 디스크(110)를 포함하는 HDD를 포함한다. 저장 디스크(110)는 공통 자화 방향(예를 들면, 위 또는 아래)으로 지향된 미디어 그레인들의 각각의 그룹의 형태로 데이터 비트들을 저장할 수 있는 하나 이상의 자기 재료들로 코팅된 저장 표면을 갖는다. 저장 디스크(110)는 스픈들(spindle)(120)에 접속된다. 도면에서 명시적으로 도시되지는 않았지만, 스픈들(120)은 스픈들 모터에 의해 구동되어, 저장 디스크(110)를 고속으로 회전시킨다.
- [0016] 포지셔닝 암(140) 상에 탑재되는 판독/기록 헤드(130)를 통해 데이터가 저장 디스크(110)로부터 판독 및 저장 디스크(110)에 기록된다. 헤드(130)는 도 1에서 일반적으로만 도시되지만, 그러한 헤드의 다양한 특징들의 보다 상세한 예들이 도 8 및 도 10에 도시된다. 저장 디스크(110)의 자기 표면에 걸친 판독/기록 헤드(130)의 위치는 전자기 액츄에이터(electromagnetic actuator)(150)에 의해 제어된다. 본 실시예에서의 전자기 액츄에이터(150) 및 그것의 관련된 드라이버 회로는, 본 명세서에서 저장 디바이스(100)의 "제어 회로"로서 보다 일반적으로 지칭되는 것의 일부를 포함하는 것으로 보여질 수 있다. 이러한 실시예에서의 그러한 제어 회로는 어셈블리의 반대면 상에 배열되고, 그에 따라 도 1의 투시도에서 보이지 않는 추가적인 전자 구성요소들을 더 포함하는 것으로 가정된다. 따라서, 본 명세서에서 이용된 "제어 회로"라는 용어는, 예시적인 것일 뿐 제한적인 것이 아닌, 드라이브 전자장치, 신호 처리 전자장치 및 관련된 처리 및 메모리 회로를 포함하는 것으로 넓게 이해되도록 의도되며, 저장 디바이스에서의 저장 디스크의 저장 표면에 대한 판독/기록 헤드의 포지셔닝을 제어하는 데 이용되는 추가적인 또는 대안적인 요소들을 포함할 수 있다. 접속기(160)를 이용하여 저장 디바이스(100)를 호스트 컴퓨터 또는 다른 관련 처리 디바이스에 접속한다.
- [0017] 도 1은 단일의 저장 디스크(110), 판독/기록 헤드(130) 및 포지셔닝 암(140) 각각의 단지 하나의 경우만을 갖는 본 발명의 실시예를 도시하지만, 이것은 단지 예시적인 예일 뿐이며, 본 발명의 대안적인 실시예들은 이들 또는 다른 드라이브 구성요소들의 하나 이상의 다수의 경우들을 포함할 수 있음을 이해할 것이다. 예를 들어, 하나의 그러한 대안적인 실시예는 동일한 스픈들에 부착된 다수의 저장 디스크들을 포함하여, 그러한 디스크들 모두가 동일한 속도로 회전하고, 다수의 판독/기록 헤드들 및 관련된 포지셔닝 암들은 하나 이상의 액츄에이터들에 연결될 수 있다.

- [0018] 본 명세서에서 널리 이용되는 용어로서의 주어진 판독/기록 헤드는 별도의 판독 및 기록 헤드들의 조합의 형태로 구현될 수 있다. 특히, 본 명세서에서 이용된 "판독/기록"이라는 용어는, 판독/기록 헤드가 판독 헤드 전용, 기록 헤드 전용, 판독 및 기록 둘다를 위해 이용된 하나의 헤드, 또는 별도의 판독 및 기록 헤드들의 조합을 포함할 수 있도록, 판독 및/또는 기록으로서 넓게 이해되는 것을 의도한다. 그러한 헤드들은, 예를 들면, 랙-아라운드 또는 사이드-실디드 메인 폴들을 갖는 기록 헤드들, 또는 저장 디스크 상에 데이터를 레코딩 및/또는 판독하기에 적절한 임의의 다른 유형의 헤드들을 포함할 수 있다. 판독/기록 헤드(130)는 기록 동작들을 수행할 때, 본 명세서에서 단순히 기록 헤드로서 지칭될 수 있다.
- [0019] 또한, 도 1에 도시된 바와 같은 저장 디바이스(100)는, 그러한 저장 디바이스의 종래의 구현에서 일반적으로 발견되는 유형의 하나 이상의 요소들을 포함하여, 구체적으로 도시된 것들에 추가하여 또는 그것들 대신에 다른 요소들을 포함할 수 있다. 본 기술 분야의 당업자에 의해 잘 이해되는 이들 및 다른 종래의 요소들은 본 명세서에서 상세하게 기술되지 않는다. 또한, 도 1에 도시된 요소들의 특정한 배열은 단지 예시적인 예로써 제공됨을 이해해야 한다. 당업자라면, 본 발명의 실시예들을 구현시에 매우 다양한 다른 저장 디바이스 구성들이 이용될 수 있음을 인식할 것이다.
- [0020] 도 2는 저장 디스크(110)의 저장 표면을 보다 상세히 도시한다. 도시된 바와 같이, 저장 디스크(110)의 저장 표면은 복수의 동심 트랙들(concentric tracks)(210)을 포함한다. 각각의 트랙은 차후의 검색을 위한 데이터의 블록을 저장할 수 있는 복수의 섹터들(220)로 세분된다. 저장 디스크의 바깥쪽 에지 쪽으로 위치된 트랙들은, 저장 디스크의 중심 쪽으로 위치된 트랙들과 비교했을 때, 보다 큰 둘레를 갖는다. 트랙들은 수 개의 환형 구역들(annular zones)(230)로 그룹화되고, 구역들 중 주어진 하나의 구역 내의 트랙들은 동일한 수의 섹터를 갖는다. 바깥쪽 구역들에 있는 트랙들은 안쪽 구역들에 위치된 트랙들보다 많은 섹터들을 갖는다. 이러한 예에서, 저장 디스크(110)는 가장 바깥쪽 구역(230-0) 및 가장 안쪽 구역(230-M)을 포함하는 M+1 구역들을 포함하는 것으로 가정한다.
- [0021] 저장 디스크(110)의 바깥쪽 구역들은 안쪽 구역들보다 높은 데이터 전송 레이트를 제공한다. 이것은, 본 실시 예에서의 저장 디스크는, 일단 동작 속도로 회전되도록 가속되면, 판독/기록 헤드의 포지셔닝에 관계없이 일정한 각속도(angular speed) 또는 시선 속도(radial speed)로 회전하지만, 안쪽 구역들의 트랙들은 바깥쪽 구역들의 트랙들보다 작은 둘레를 갖는다는 사실에 부분적으로 기인한다. 따라서, 판독/기록 헤드가 바깥쪽 구역의 트랙들 중 하나에 걸쳐 포지셔닝될 때, 그것은 안쪽 구역의 트랙들 중 하나에 걸쳐 포지셔닝될 때보다 저장 디스크의 주어진 360° 턴에 대해 디스크 표면을 따라 보다 큰 선형 거리를 커버한다. 그러한 배열은 저장 디스크의 각각의 360° 턴이 동일한 양의 시간을 취하기 때문에, 일정한 각속도(constant angular velocity; CAV)를 갖는 것으로서 지칭되지만, CAV 동작은 본 발명의 실시예들의 요건은 아님을 이해해야 한다.
- [0022] 일반적으로, 데이터 비트 밀도는 저장 디스크(110)의 전체 저장 표면을 통해 일정하며, 그것은 바깥쪽 구역들에서 보다 높은 데이터 전송 레이트들을 초래한다. 따라서, 저장 디스크의 가장 바깥쪽 환상 구역(230-0)은 저장 디스크의 가장 안쪽 환상 구역(230-M)보다 높은 평균 데이터 전송 레이트를 갖는다. 평균 데이터 전송 레이트들은 주어진 실시예에서 가장 안쪽 환상 구역과 가장 바깥쪽 환상 구역 사이에서, 2배(a factor of two)보다 많은 만큼 상이할 수 있다. 단지 예시를 위해 제공된 하나의 예시적인 실시예로서, 가장 바깥쪽 환상 구역은 약 2.3 Gb/s(Gigabits per second)의 데이터 전송 레이트를 가질 수 있으며, 가장 안쪽 환상 구역은 약 1.0 Gb/s의 데이터 전송 레이트를 갖는다. 그러한 구현에서, HDD는 특히, 500 GB의 총 저장 용량 및 7200 RPM의 스팬들 속도를 가질 수 있으며, 전술한 바와 같이, 데이터 전송 레이트들은 가장 바깥쪽 구역에 대한 약 2.3 Gb/s로부터 가장 안쪽 구역에 대한 약 1.0 Gb/s 까지의 범위를 갖는다.
- [0023] 저장 디스크(110)는 그것의 저장 표면 상에 형성된 타이밍 패턴을 포함하는 것으로 가정될 수 있다. 그러한 타이밍 패턴은 서보 어드레스 마크(servo address mark; SAM)들의 하나 이상의 세트들, 또는 종래의 방식으로 특정 섹터들에 형성된 다른 유형의 서보 마크들을 포함할 수 있다. 따라서, SAM은 본 명세서에서 서보 마크들로서 보다 구체적으로 지칭되는 것의 일례로서 보여질 수 있다.
- [0024] 전술한 실시예에서 언급된 특정한 데이터 전송 레이트들 및 다른 특징들은 단지 예시를 위해 제공된 것이며, 어떠한 방식으로든 제한하는 것으로서 이해되어서는 않된다. 매우 다양한 다른 데이터 전송 레이트들 및 저장 디스크 구성들이 다른 실시예들에서 이용될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 실시예들이 도 3 내지 도 10과 함께 후술될 것이며, 여기서 도 1의 저장 디바이스(100)는 관련된 다중-경사 천이 제어기를 갖는 적어도 하나의 기록 드라이버를 구현하도록 구성된다. 기록 드라이버는 저장 디스크에 기록될 데이터에 대한 기록 신호를 생성하도록 구성되고, 다중-경사 천이 제어기는 기록 신호에서의 데이

터 천이를 제어하여 데이터 천이가 각각 상이한 경사를 갖는 적어도 2개의 상이한 세그먼트들을 포함하도록 구성된다. 특히, 이들 실시예에서, 다중-경사 천이 제어기는 이중-경사 천이 제어기로서 구현된다. 이중-경사 제어기에 의해 제어된 주어진 기록 신호 데이터 천이는 상승 천이 또는 하강 천이를 포함할 수 있으며, 천이는 데이터 천이의 시작 포인트와 종료 포인트 사이에 순차적으로 배열된 제1 및 제2 세그먼트들을 갖는 이중-경사 천이이며, 제1 세그먼트의 경사는 제2 세그먼트의 경사보다 크거나 또는 작다. 그러나, 다른 실시예들은 상이한 경사들의 2개보다 많은 세그먼트들이 주어진 천이 내에 제공되는 천이 제어기들을 구현할 수 있음을 이해할 것이다.

[0026] 도 3은 도 1의 저장 디바이스(100)의 일부분을 보다 상세히 도시한다. 이러한 도면에서, 저장 디바이스(100)는 버스(306)를 통해 통신하는 프로세서(300), 메모리(302) 및 SOC(304)를 포함한다. 저장 디바이스는 SOC(304)와 판독/기록 헤드(130) 사이에 인터페이스를 제공하는 전치증폭기(308)를 더 포함한다. 메모리(302)는 저장 디바이스(100)의 SOC(304) 및 다른 구성요소들에 대한 외부의 메모리이지만, 그럼에도 불구하고, 저장 디바이스에 대해 내부에 존재한다. 본 실시예에서의 SOC(304)는 판독 채널 회로(310) 및 디스크 제어기(312)를 포함하며, 저장 디스크(110)로부터의 데이터 판독시에 및 저장 디스크(110)로의 데이터 기록시에, 판독/기록 헤드(130)의 동작을 지시한다.

[0027] 버스(306)는, 예를 들면, 하나 이상의 상호접속 패브릭(interconnect fabric)들을 포함할 수 있다. 그러한 패브릭은 본 실시예에서 AXI(Advanced eXtensible Interface) 패브릭으로서 구현될 수 있으며, AXI 패브릭은 예를 들면, 본 명세서에서 참조로 인용되는 AMBA(Advanced Microcontroller Bus Architecture) AXI v2.0 사양에 보다 상세히 기술되어 있다. 또한, 버스는 SOC(304)와 전치증폭기(308) 사이와 같은, 다른 시스템 구성요소들 사이의 통신들을 지원하는데 이용될 수 있다. AXI 상호접속들이 요구되는 것은 아니며, 매우 다양한 다른 유형의 버스 구성들이 본 발명의 실시예들에서 이용될 수 있음을 이해해야 한다.

[0028] 프로세서(300), 메모리(302), SOC(304) 및 전치증폭기(308)는, 집합적으로 본 명세서 이용된 용어 "제어 회로"의 한 가지 가능한 예를 포함하는 것으로 보여질 수 있다. 제어 회로의 다양한 대안적인 배열들이 다른 실시예들에서 이용될 수 있으며, 그러한 배열들은 구성요소들(300, 302, 304, 308)의 서브세트만을 포함하거나, 또는 하나 이상의 이들 구성요소들의 부분들을 포함할 수 있다. 예를 들어, SOC(304)는 그 자체가 "제어 회로"의 일례로서 보여질 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같은 실시예에서의 저장 디바이스(100)의 제어 회로는, 일반적으로, 판독/기록 헤드(130)으로부터 수신 및 판독/기록 헤드(130)에 공급된 데이터를 처리하고, 저장 디스크(110)에 대한 판독/기록 헤드(130)의 포지셔닝을 제어하도록 구성된다.

[0029] 도 3의 저장 디바이스(100)에서의 SOC(304)의 소정의 동작들은 프로세서(300)에 의해 지시될 수 있으며, 프로세서(300)는 외부 메모리(302)에 저장된 코드를 실행한다. 예를 들어, 프로세서(300)는 SOC(304)에 의해 실행된 기록 신호 천이 제어 프로세스의 적어도 일부분을 수행하기 위해 메모리(302)에 저장된 코드를 실행하도록 구성될 수 있다. 따라서, 저장 디바이스(100)의 천이 제어 기능의 적어도 일부분은 소프트웨어 코드 형태로 적어도 부분적으로 구현될 수 있다.

[0030] 외부 메모리(302)는 RAM(random access memory) 또는 ROM(read-only memory)과 같은 전자 메모리를, 임의의 조합으로 포함할 수 있다. 본 실시예에서, 제한적인 것은 아니지만, 외부 메모리(302)는 DDR(double data rate) SDRAM(synchronous dynamic RAM)으로서 적어도 부분적으로 구현되는 것으로 가정하지만, 다른 실시예들에서 매우 다양한 다른 유형의 메모리가 이용될 수 있다. 메모리(302)는 본 명세서에서 "컴퓨터 판독가능 저장 매체"로서 보다 일반적으로 지칭되는 것의 일례이다. 그러한 매체는 또한 기록가능할 수 있다.

[0031] 본 실시예에서의 SOC(304)는 단일 집적 회로 상에 구현되는 것으로 가정되지만, 그러한 집적 회로는 프로세서(300), 메모리(302), 버스(306) 및 전치증폭기(308)의 부분들을 더 포함할 수 있다. 대안적으로, 프로세서(300), 메모리(302), 버스(306) 및 전치증폭기(308)의 부분들은, HDD에서의 이용을 위해 설계되고, 본 명세서에서 개시된 바와 같은 다중-경사 천이 제어 회로를 구현하도록 적절하게 변형된 종래의 집적 회로들과 같은 하나 이상의 추가적인 집적 회로들의 형태로 적어도 부분적으로 구현될 수 있다.

[0032] 본 발명의 실시예에서 이용하도록 변형될 수 있는 SOC 집적 회로의 일례가, 본 출원과 공동으로 양도되고 본 명세서에서 참조로 인용되는, "Data Storage Drive with Reduced Power Consumption"라는 제목의 미국 특허 제 7,872,825 호에 개시되어 있다.

[0033] 주어진 실시예의 프로세서, 메모리 또는 다른 저장 디바이스 구성요소들을 구현하는데 이용될 수 있는 다른 유형의 집적 회로들은, 예를 들면, 마이크로프로세서, DSP(digital signal processor), ASIC(application-

specific integrated circuit), FPGA(field-programmable gate array) 또는 다른 집적 회로 디바이스를 포함할 수 있다.

[0034] 집적 회로 구현을 포함하는 실시예에서, 다수의 집적 회로 다이들이 웨이퍼의 표면 상에 반복 패턴으로 형성될 수 있다. 각각의 그러한 다이는 본 명세서에서 기술된 바와 같은 디바이스를 포함할 수 있으며, 다른 구조들 또는 회로들을 포함할 수 있다. 다이들은 웨이퍼로부터 컷팅 또는 다이싱된 후, 집적 회로들로서 패키징된다. 본 기술분야의 당업자라면, 어떻게 웨이퍼들을 다이싱하고 다이들을 패키징하여 패키징된 집적 회로들을 생성할 수 있는지 알 것이다. 그렇게 제조된 집적 회로들은 본 발명의 실시예로서 고려된다.

[0035] 본 실시예에서 저장 디바이스(100)의 일부로서 도시되었지만, 프로세서(300) 및 메모리(302) 중 하나 또는 둘다, 저장 디바이스가 설치되는 호스트 컴퓨터 또는 서버와 같은 관련 처리 디바이스 내에 적어도 부분적으로 구현될 수 있다. 따라서, 도 3의 실시예에서의 요소들(300, 302)은 저장 디바이스(100)로부터 분리되는 것으로서 보여지거나, 또는 저장 디바이스 및 그것의 관련 처리 디바이스 둘다로부터의 별도의 처리 또는 메모리 회로 구성요소들을 각각 포함하는 복합 요소들을 나타내는 것으로서 보여질 수 있다. 전술한 바와 같이, 프로세서(300) 및 메모리(302)의 적어도 부분들은, 본 명세서에서 넓게 정의되는 용어 "제어 회로"를 포함하는 것으로서 보여질 수 있다.

[0036] 이제, 특히 저장 디바이스(100)의 전치증폭기(308)를 참조하면, 이러한 실시예에서의 전치증폭기는 관련된 이중-경사 천이 제어기(322)를 갖는 적어도 하나의 기록 드라이버(320)를 포함한다. 본 실시예에서의 기록 드라이버(320)는 적어도 하나의 데이터 경로를 포함하는 것으로 가정된다. 따라서, 예를 들어, 기록 드라이버(320)는 하이측(high side) 데이터 경로 및 로우측(low side) 데이터 경로와 같은 2개의 데이터 경로를 포함할 수 있으나, 다른 실시예들에서는, 상이한 수의 데이터 경로가 이용될 수 있다. 이와 관련하여, 본 명세서에서 이용된 "데이터 경로"라는 용어는, 예를 들면, 데이터 신호가 전치증폭기(308) 또는 다른 저장 디바이스 구성요소에서 전달되도록 하는 CMOS 회로 또는 다른 유형의 회로를 포함하도록 넓게 이해되는 것으로 의도됨을 주지해야 한다. 또한, 용어 "기록 드라이버"는 각각 하나 이상의 다중-경사 데이터 천이들을 갖는 하나 이상의 기록 신호들을 생성하는데 이용될 수 있는 임의의 유형의 드라이버 회로를 포함하는 것으로 의도된다.

[0037] 도 3에서는 기록 드라이버(320) 내에 구현되는 것으로서 예시적으로 도시되지만, 대안적으로, 이중-경사 천이 제어기(322)는, 예를 들면, 전치증폭기(308)의 다른 회로를 이용하여 기록 드라이버에 대해 외부에 있도록 적어도 부분적으로 구현될 수 있다.

[0038] 도 4 및 5는 이중-경사 천이 제어기(322)를 각각 이용하는 및 이용하지 않는 기록 드라이버(320)에서 생성될 수 있는 기록 신호들의 부분들을 도시한다. 특히, 도 4는 단일-경사 상승 및 하강 천이들을 갖는 기록 신호의 예를 도시하고, 도 5는 도 4의 기록 신호가 이중-경사 상승 천이를 포함하도록 변형될 수 있는 방식을 도시한다. 이들 도면 각각에 있어서, 단일의 데이터 비트를 저장 매체(110)에 기록시에 이용하기에 적합한 단일 기록 펄스가 도시되며, mA 단위의 기록 펄스 전류가 ns(nanoseconds) 단위의 시간의 함수로서 도시된다.

[0039] 처음에 도 4를 참조하면, 도시된 바와 같은 기록 펄스는 시작 시간  $T_0$  및 네가티브 기록 전류  $-I_w$ 에서 시작하는 단일-경사 상승 천이(400)를 포함하며, 여기서  $I_w$ 는 안정 상태 기록 전류를 나타낸다. 전술한 바와 같이, 전형적인 기록 전류 진폭들은 약 15 내지 65 mA의 제로-투-피크(zero-to-peak)의 범위 내에 있지만, 다른 값들이 이용될 수도 있다. 단일-경사 상승 천이(400)는 시간  $T_0 + T_{rise}$  및 기록 전류  $I_w + OSA$ 에서 종료되며, 여기서  $T_{rise}$ 는 데이터 천이의 상승 시간을 나타내고, OSA는 오버슈트 진폭(overshoot amplitude)을 나타낸다. 또한, 도면은 기록 펄스의 오버슈트 지속기간(overshoot duration; OSD)을 도시한다. 도 4의 기록 펄스의 하강 천이(402)는 상승 천이와 유사하지만, 기록 전류  $I_w$ 에서 시작하여 기록 전류  $-I_w - OSA$ 에서 종료한다.

[0040] 기록 펄스 오버슈트 파라미터들  $T_{rise}$ , OSA 및 OSD에서의 증가된 세기(즉, 보다 짧은  $T_{rise}$ , 보다 높은 OSA 및 보다 긴 OSD)는, 기록 헤드에서의 자기 스위칭을 용이하게 하도록 도움으로써, 높은 데이터 레이트에서의 향상된 레코딩 성능을 초래한다. 그러나, 오버슈트 파라미터들의 공격적인 설정은, 기록 헤드에서의 포화 및 다른 비선형 동작에 적어도 부분적으로 기인하여, 전형적으로 소정의 최대 데이터 레이트까지의 레코딩 향상만을 초래할 것이다. 이러한 비선형 동작은 큰 시간 지연(예를 들면, 200 - 500 ps), 및 인가된 기록 신호의 상승 시간에 대한 보다 긴 상승 시간에 의해 특징지워지는 자화 응답 파형(magnetization response waveshape)을 생성할 수 있다. 이러한 유형의 느린 자기 스위칭은 일단 전술한 최대 데이터 레이트에 도달하면, 주로 온-트랙 레코딩 성능에 대해 레코딩 성능을 빠르게 저하시킬 수 있지만, 인접 트랙 제거와 같은 문제들로 인해 오프-트랙 레코딩 성능에도 악영향을 미친다.

- [0041] 도 5는 특히 높은 데이터 레이트에서 향상된 온-트랙 및 오프-트랙 레코딩 성능을 제공할 수 있는 이중-경사 상승 천이를 포함하는 변형된 기록 펄스를 도시한다. 이러한 펄스에서의 상승 천이는 천이의 시작 포인트와 종료 포인트 사이에 순차적으로 배열된 제1 및 제2 세그먼트들(500A 및 500B)을 갖는 이중-경사 천이이며, 제1 세그먼트의 경사는 제2 세그먼트의 경사보다 크다. 천이의 시작 및 종료 포인트들은 각각 좌표  $[T_0, -Iw]$  및  $[T_0 + T_{rise}, Iw + OSA]$ 에 있다.
- [0042] 도면에 도시된 바와 같이, 상승 천이는 데이터 천이의 시작 포인트와 종료 포인트 사이에 위치된 니 포인트(knee point)를 가짐으로써, 그러한 니 포인트가 데이터 천이의 2개의 순차적으로 배열된 세그먼트들(500A 및 500B)을 분리시키도록 한다. 본 명세서에서 이용된 용어 "니 포인트"는 주어진 기록 신호 데이터 천이에서의 상이한 경사들의 세그먼트들 사이의 포인트를 포함하도록 넓게 이해되는 것으로 의도됨을 주지해야 한다. 본 실시예에서, 니 포인트는 데이터 천이에서의 불연속적인 제1 유도체(derivative)의 포인트를 나타낸다. 그러나, 넓게 이해되는 것으로서의 그러한 용어는 데이터 천이 경사에서의 다른 유형의 불연속들을 포함함을 이해해야 한다. 이러한 실시예에서의 천이의 니 포인트는, 좌표  $[T_0, -Iw]$  및  $[T_0 + T_{rise}, Iw + OSA]$ 에 의해 표시된 직사각형(504) 내에 위치된다.
- [0043] 보다 특정한 예로서, 주어진 실시예에서의 니 포인트는, 니 포인트로부터  $Iw + OSA$ 까지의 약 40 ps의 상승 시간 및 100 ps의 총 상승 시간  $T_{rise}$ 를 가지면서,  $Iw$ 에 위치될 수 있다. 다른 예로서, 주어진 실시예에서의 니 포인트는, 니 포인트로부터  $Iw + OSA$ 까지의 약 100 ps의 상승 시간 및 150 ps의 총 상승 시간  $T_{rise}$ 를 가지면서, 5 mA에 위치될 수 있다. 이를 및 다른 실시예들에서의  $Iw$  및 OSA에 대한 값들의 적절한 범위들은,  $Iw$ 에 대해 약 15 - 65 mA 및 OSA에 대해 약 0 - 65 mA일 수 있다. 상승 천이의 총 상승 시간은 약 50 내지 300 ps의 범위 내에 있을 수 있다. 물론, 다른 실시예들에서는 다양한 다른 파라미터 값들이 이용될 수 있다.
- [0044] 도 5의 실시예에서의 하강 천이(502)는 단일-경사 천이이지만, 이러한 하강 천이는 이중-경사 천이를 형성하도록 천이 제어기(322)에 의해 제어될 수도 있다. 그러한 구성에서, 하강 천이는 좌표  $[T_0, Iw]$  및  $[T_0 + T_{fall}, -Iw - OSA]$ 에 의해 정의된 직사각형 내에 있는 니 포인트를 포함할 수 있으며, 여기서  $T_{fall}$ 은 데이터 천이의 하강 시간을 나타낸다. 따라서, 다른 실시예들에서, 기록 펄스의 상승 및 하강 천이들 중 하나 또는 둘 다는 다중-경사 천이들일 수 있다. 전술한 바와 같이, 하강 시간은 반대 극성의 천이에 대해 상승 시간으로서 대안적으로 특징지워질 수 있다.
- [0045] 또한, 다른 실시예들에서, 상승 천이의 제1 세그먼트(500A)는 상승 천이의 제2 세그먼트(500B)의 경사보다 작을 수 있다. 이러한 유형의 기록 펄스의 예가 도 9에 도시된다. 그러한 구성에서, 상승 천이의 니 포인트는 좌표  $[T_0, -Iw]$  및  $[T_0 + T_{rise}, Iw + OSA]$ 에 의해 정의된 직사각형(504) 내에 여전히 위치된다.
- [0046] 이제 도 6을 참조하면, 기록 드라이버(320) 및 그것의 관련된 이중-경사 천이 제어기(322)가 보다 상세히 도시된다. 전형적으로, 기록 드라이버는 도시된 것 이상의 추가적인 회로를 포함할 것임을 주지해야 한다. 예를 들어, 도 6에 도시된 기록 드라이버(320)의 부분은, 다수의 데이터 경로들을 포함하는 기록 드라이버에서의 하이측 또는 로우측 경로의 부분만을 나타내는 것으로서 보여질 수 있다. 각각의 그러한 데이터 경로의 적어도 일부는, 안정 상태 및 오버슈트 파형성을 위한 각각의 회로 블록들을 포함하는, 별도의 안정 상태(SS) 및 오버슈트(OS) 경로들을 포함할 수 있다. 또한, 이러한 실시예에서 천이 제어기(322)는 기록 드라이버(320) 내로 통합되지만, 전술한 바와 같이, 다른 실시예에서는 기록 드라이버로부터 분리되지만, 그렇지 않은 경우 기록 드라이버와 관련되는 회로를 이용하여 적어도 부분적으로 구현될 수 있다.
- [0047] 도 6의 실시예에서, 다중-경사 천이 제어기(322)는 기록 드라이버(320)의 안정 상태 경로(602A)에 배열된 제1 제어가능 지연 요소(600A) 및 기록 드라이버의 오버슈트 경로(602B)에 배열된 제2 제어가능 지연 요소(600B)를 포함한다. 제1 및 제2 제어가능 지연 요소들(600A 및 600B)은, 도 5의 기록 펄스의 상승 천이의 안정 상태 및 오버슈트 세그먼트들(500A 및 500B)에 대해 상이한 경사들이 설정되도록 하는 방식으로 독립적으로 제어가능하다. 특히, 이를 지연 요소들은  $SSDelay < 1:0 >$  및  $OSDelay < 1:0 >$ 으로 각각 표시된 제어 비트들의 별도의 세트들을 이용하여 제어된다. 각각의 제1 및 제2 제어가능 지연 요소들의 입력들은 둘다, DataIn으로 표시된 입력 단자를 통해, 저장 디스크에 기록될 데이터를 수신하도록 적응된다.
- [0048] 제1 및 제2 제어가능 지연 요소들(600A 및 600B)은, 본 명세서에서 다중-경사 천이의 각각의 세그먼트들에 대한 "경사 제어 메카니즘"으로서 보다 일반적으로 지칭되는 것의 예들로서 보여질 수 있다. 다양한 다른 유형의 경사 제어 메카니즘이 다른 실시예들에서 이용될 수 있으며, 제공된 지연의 양이 인가된 제어 신호에 응답하여 제어되는 요소들(600A 및 600B)과 같은 동적 경사 제어 메카니즘 뿐만 아니라, 고정된 회로 요소들을 이용하여 원하는 지연의 양이 설정되며 저장 디바이스의 동작 동안 볼 수 없는 정적 경사 제어 메카니즘을 포함할 수 있다.

본 명세서에서의 각각의 천이 세그먼트들의 경사들의 별도의 제어는, 각각의 천이 세그먼트들에 대해 상이한 경사들이 설정되도록 하는 임의의 매우 다양한 상이한 구성들을 포함하도록, 넓게 이해되는 것으로 또한 의도된다.

[0049] 제1 제어가능 지연 요소(600A)의 출력은 안정 상태 경로(602A)의 제1 드라이브 요소(604)의 입력에 연결되며, 제1 드라이브 요소(604)는 안정 상태 경로(602A)의 제2 드라이브 요소(606)의 입력을 구동하여, SSout으로 표시된 안정 상태 출력을 생성한다. 제2 제어가능 지연 요소(600B)의 출력은 오버슈트 경로(602B)의 오버슈트 발생기(OSGen)(608)의 입력에 연결되며, OSGen(608)은 오버슈트 제어 드라이브 요소(610)를 구동하여, OSout으로 표시된 오버슈트 출력을 생성한다. 오버슈트 제어 드라이브 요소(610)는, 예를 들면, 오버슈트 폴스 폭을 설정하는 프로그램가능 폴스 생성 셀(programmable pulse generation cell)을 포함할 수 있다. 이러한 실시예에서, 안정 상태 드라이브 요소들(604 및 606)은 오버슈트 드라이브 요소들(608 및 610)에 매칭됨으로써, SSout 및 OSout 신호들이 적절하게 결합되어 기록 폴스를 형성하도록 한다.

[0050] 동작시에, 천이 세그먼트들(500A 및 500B)의 각각의 경사들은 제어가능 지연 요소들(600A 및 600B) 각각에 대해 제어 비트들의 값들을 개별적으로 조정하여, 안정 상태 및 오버슈트 경로들(602A 및 602B) 사이의 상대적인 지연들을 변경함으로써 독립적으로 제어된다. 제어 비트 값들은 원하는 이중-경사 천이를 제공하기 위해 요구되는 것으로서, 프로세서(300), SOC(304) 또는 하나 이상의 다른 저장 디바이스 구성요소들을 임의의 조합으로 이용함으로써 프로그래밍될 수 있다. 안정 상태 및 오버슈트 경로들(602A 및 602B) 중 하나를 다른 것에 대해 지연시킴으로써, 기록 폴스에 대해 이중-경사 과형성이 달성되도록, 도 5의 직사각형(504) 내의 니 포인트의 위치가 변경될 수 있다.

[0051] 이러한 실시예에서는 안정 상태 지연 제어 및 오버슈트 지연 제어 각각에 대해 단지 2개의 제어 비트들만이 제공되지만, 다른 실시예들은 안정 상태 지연 제어, 오버슈트 지연 제어, 또는 둘다에 대해 2보다 많은 제어 비트를 이용할 수 있다. 또한, 안정 상태 지연 제어 및 오버슈트 지연 제어에 대해 상이한 수의 제어 비트들이 이용될 수 있다. 각각의 제어 비트들의 로직 레벨들은 대응하는 안정 상태 및 오버슈트 경로들에서의 지연을, 각각의 세그먼트들(500A 및 500B)의 경사들을 변경하는 방식으로 조정한다. 제어 비트 값들에 응답한 이러한 지연에서의 조정은, 예를 들면, 대응하는 제어 비트의 로직 레벨에 응답하여, 저항기를 포함하거나 또는 제거하는 것에 의한 것과 같이, 하나 이상의 회로 시상수들을 조정하도록 동작하는 회로를 이용하여 구현될 수 있다. 제어 비트들에 응답하여 제어가능 지연을 제공하는 다양한 다른 기법들이 본 기술 분야의 당업자에게 명백할 것이다. 또한, 전술한 바와 같이, 지연이 동적으로 제어가능하지 않지만, 그 대신에 설계에 의해 고정되는 정적 경사 제어 회로가 이용될 수 있다. 후자의 정적 구성들은 본 명세서에서 넓게 이용된 용어 "경사 제어 메카니즘"의 하나의 유형으로 고려된다.

[0052] 이제, 본 발명의 하나 이상의 실시예들에 관한 추가적인 세부사항이 도 7 내지 도 10을 참조하여 기술될 것이다. 도 7은 도 5와 함께 이전에 기술된 것과 유사하지만, 전류 값 Iw와 일치하는 니 포인트를 갖는 기록 폴스의 다른 예를 도시한다. 도 9는 이중-경사 천이의 하부 세그먼트의 경사가, 도 5 및 도 7의 예들에서와 같이 상부 세그먼트의 경사보다 크기보다는, 상부 세그먼트의 경사보다 작은 기록 폴스의 다른 예를 도시한다. 도 7 및 도 9의 기록 폴스와 관련된 헤드 자화 프로세스들의 예들이, 도 8 및 도 10과 함께 각각 기술될 것이다.

[0053] 도 7의 기록 폴스 과형은 -Iw로부터 대략 Iw의 사전정의된 값에서의 니 포인트까지의 빠른 제1 경사를 가지며, 그 후에 니 포인트로부터 Iw+OSA까지의 느린 제2 경사가 뒤따른다. 이러한 과형은 온-트랙 레코딩 성능을 희생시키지 않고서 오프-트랙 레코딩 성능을 향상시키는데 있어 이로울 수 있다. 빠른 제1 경사는 단일-경사 과형과 유사한 자기 효과를 갖지만, 느린 제2 경사는 헤드 쉴드(head shield)들의 강한 아웃-오브-플레인(out-of-plane) 자화 여기를 방지한다. 더욱이, 기록 헤드들에서의 자화 스위칭 레벨들에 대응하는 임계 전류 레벨들을 초과하여 소모된 보다 많은 시간으로 인해 온-트랙 성능에서의 향상이 특정 데이터 레이트들 및 OSD 설정들에 대해 관찰될 수 있다.

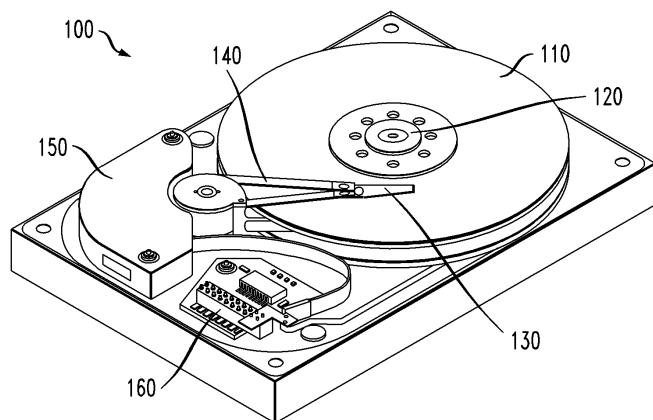
[0054] 이제 도 8을 참조하면, 도 7에 도시된 기록 폴스 과형은 저장 디스크(110)의 데이터 층(804)에 데이터를 레코딩하도록 구성된 테이퍼(taper)(800) 및 가늘고 긴 폴 팀(elongated pole tip)(802)을 갖는 헤드(130')와 같은 특정 헤드 설계들을 위해 특히 도움이 될 수 있다. 이러한 구성에서, 빠른 경사는 테이퍼(800)에서 자화 스위칭을 시작하는 반면, 느린 경사는 역 수직 영역 벽(reversal vertical domain wall)이 그것에 도달함에 따라 폴

팁(802)의 자화를 스위칭하도록 추가적인 토크(torque)를 제공한다.

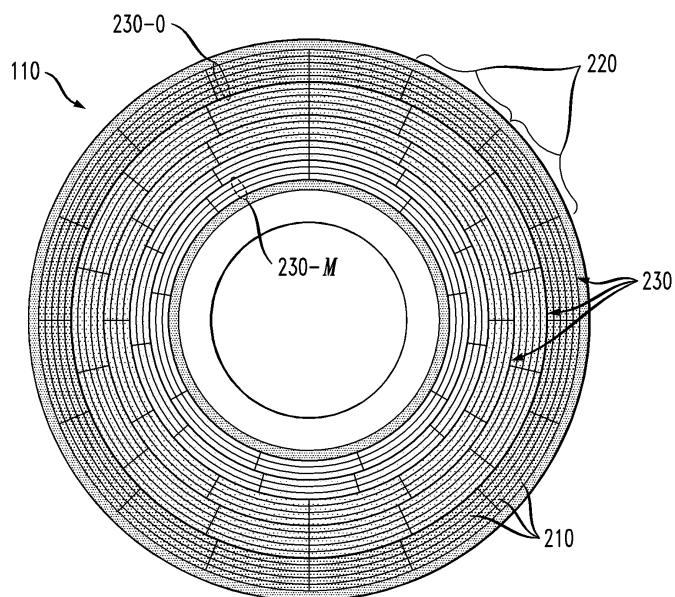
- [0055] 도 9의 기록 펄스 파형은 -Iw로부터 대략 +5 mA의 사전정의된 값에서의 니 포인트까지의 느린 제1 경사를 가지며, 그 후에 니 포인트로부터 Iw+OSA까지의 빠른 제2 경사가 뒤따른다. 이러한 파형은 저장 디스크(110)의 테이터 층(1004)에 데이터를 레코딩하도록 구성된 보다 점진적인 테이퍼(1000) 및 덜 가늘고 긴 폴 텁(1002)을 갖는 헤드(130")에 대해, 기록 펄스 동안 헤드 자화에서의 변동들을 보여주는 도 10에 도시된 바와 같이, 헤드(130)의 포화 상태로부터의 천이들을 기록하는데 이로울 수 있다.
- [0056] 이러한 실시예에서, 기록 펄스 파형은 느린 준비 단계로 인해 헤드의 포화 상태로부터의 천이들의 기록을 용이하게 한다. 느린 제1 경사는 이전의 비트 레코딩의 저하없이 자화 스위칭 이전에 헤드 테이퍼를 포화도 저하(de-saturate)시키는 것을 도움으로써, 폴 텁의 자화 상태를 느린 제1 경사 이전과 동일하게 유지시킨다. 다음의 빠른 제2 경사는 폴 텁에서의 자화 스위칭을 위해 매우 효과적이다. 획득된 자기 상승 시간은 크게 감소되며, 그것은 빠른 데이터 레이트로 빈번한 천이들을 기록(예를 들면, 0101010)하거나, 또는 천이없이 긴 비트 시퀀스 이후에 천이를 기록(예를 들면, 000001 또는 111110)하기 위한 것과 같은 많은 경우들에 있어서 매우 이로운 것이다. 또한, 단일-경사 파형의 전류 점프와 비교하여 제2 경사(즉, 니 포인트로부터 Iw+OSA까지)의 보다 작은 전류 점프로 인해, 오프-트랙 성능에서 개선점을 얻는다. 전술한 바와 같이, 보다 빠른 상승 시간 및 보다 높은 진폭과 같은 요인들이, 스위칭 동안 헤드 실드들의 보다 강한 자화 여기를 초래하고, 인접한 트랙들의 기생 제거(parasitic erasure)를 초래할 수 있음이 관찰되었다.
- [0057] 도 3-10에 도시된 특정한 회로 구성들, 기록 신호 파형들 및 헤드 자화 구성들은 단지 예로써 제공된 것이며, 본 발명의 다른 실시예들은, 본 명세서에서 개시된 바와 같은 하나 이상의 기록 신호들에 대해 다중-경사 천이 제어 기능을 구현하기 위해 다른 유형 및 구성의 요소들을 이용할 수 있음을 이해할 것이다.
- [0058] 전술한 바와 같이, 저장 디바이스 구성은 본 발명의 다른 실시예들에서 변할 수 있다. 예를 들어, 저장 디바이스는 하나 이상의 저장 디스크 이외에도 플래시 메모리를 포함하는 하이브리드 HDD를 포함할 수 있다.
- [0059] 또한, 특정한 저장 디스크 구성 및 레코딩 메카니즘은 본 발명의 다른 실시예들에서 변할 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, SMR, BPM, HAMR 및 MAMR을 포함하는 다양한 레코딩 기법들이 본 발명의 하나 이상의 실시예들에서 이용될 수 있다.
- [0060] 도 11은 컴퓨터, 서버, 통신 디바이스 등일 수 있는 호스트 처리 디바이스(1102)에 연결된 디스크 기반 저장 디바이스(100)를 포함하는 처리 시스템(1100)을 도시한다. 이 도면에서는 별도의 요소로서 도시되지만, 저장 디바이스(100)는 호스트 처리 디바이스 내로 통합될 수 있다. 저장 디바이스(100)를 향한 판독 코マン드 및 기록 코マン드와 같은 인스트럭션들은 처리 디바이스(1102)로부터 발생될 수 있으며, 처리 디바이스(1102)는 도 3과 함께 전술한 것들과 유사한 프로세서 및 메모리 요소들을 포함할 수 있다.
- [0061] 다수의 기스크 기반 저장 디바이스들(100)이, 도 12에 도시된 바와 같은 가상 저장 시스템(1200) 내에 통합될 수 있다. 저장 가상화 시스템으로도 지칭되는 가상 저장 시스템(1200)은, 예시적으로, RAID 시스템(1204)에 연결된 가상 저장 제어기(1202)를 포함하며, RAID는 독립 디스크들의 중복 어레이(Redundant Array of Independent Disks)를 나타낸다. 특히, RAID 시스템은 100-1, 100-2, ..., 100-N으로 표시된 N개의 개별적인 저장 디바이스들을 포함하며, 그러한 저장 디바이스들 중 하나 이상은 본 명세서에서 개시된 바와 같은 기록 신호들에 대한 다중-경사 천이 제어를 포함하도록 구성되는 것으로 가정한다. 본 명세서에 개시된 유형의 HDD 또는 다른 디스크 기반 저장 디바이스들을 포함하는 이를 및 다른 가상 저장 시스템들은 본 발명의 고려된 실시예들이다. 도 11에서의 호스트 처리 디바이스(1102)는 가상 저장 시스템의 요소일 수도 있으며, 가상 저장 제어기(1202)를 포함할 수 있다.
- [0062] 다시, 전술한 본 발명의 실시예들은 단지 예시적인 것으로 의도됨을 강조한다. 예를 들어, 다른 실시예들은 기술된 천이 제어 기능을 구현하기 위한 상이한 유형 및 배열의 저장 디스크, 판독/기록 헤드, 제어 회로, 전치증폭기, 기록 드라이버 및 다른 저장 디바이스 요소를 이용할 수 있다. 또한, 기록 신호 천이들이 다중 경사들을 포함하도록 구성되는 특정한 방식은 다른 실시예들에서 변할 수 있다. 이하의 특허청구범위의 영역 내의 이들 및 다수의 다른 대안적인 실시예들이 본 기술분야의 당업자에게 명백할 것이다.

도면

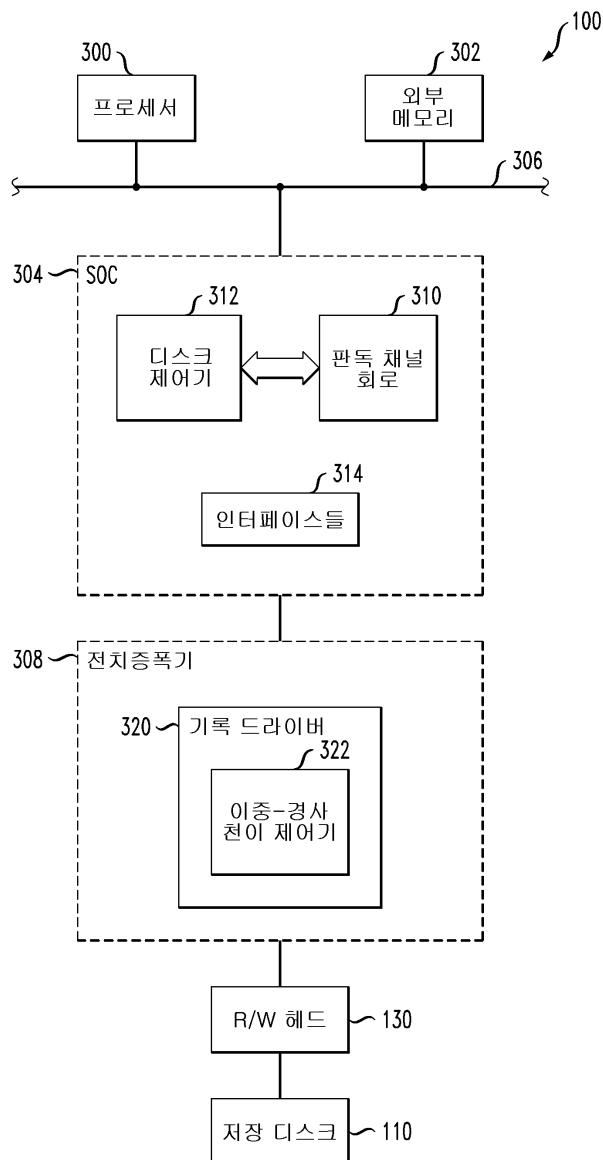
도면1



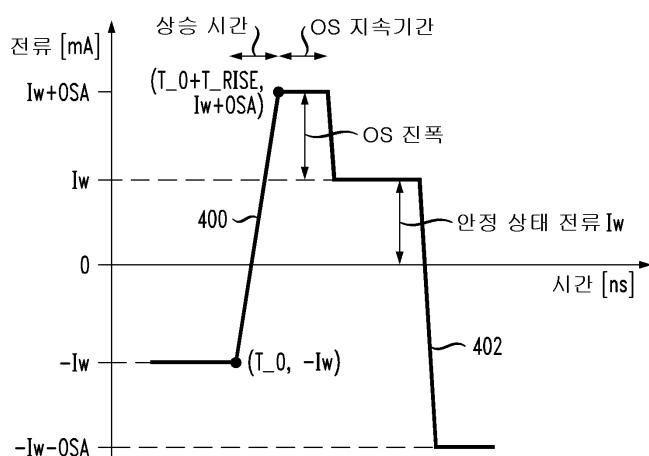
도면2



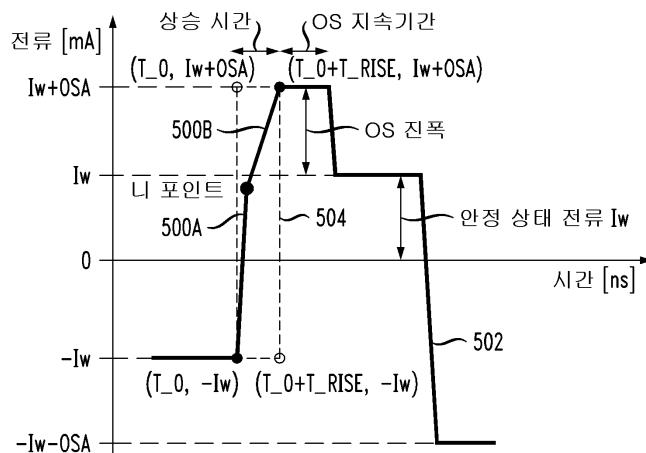
## 도면3



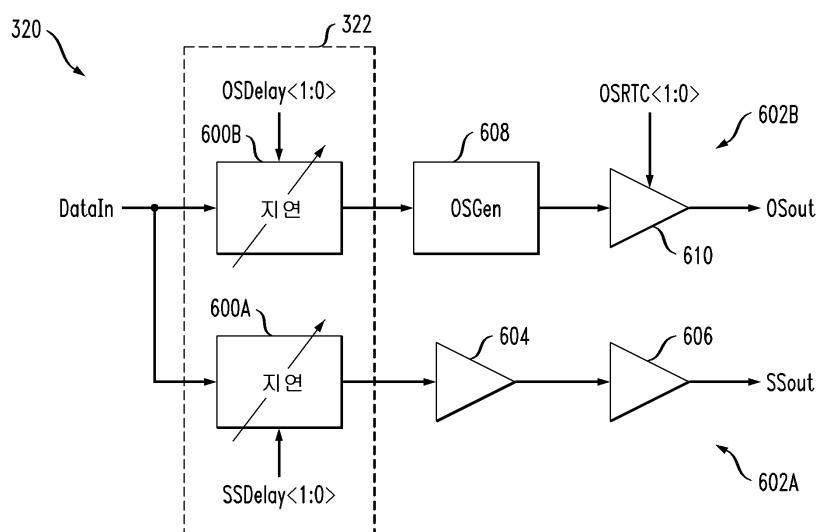
## 도면4



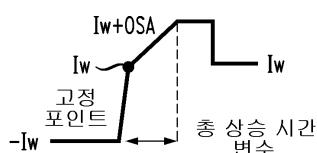
## 도면5



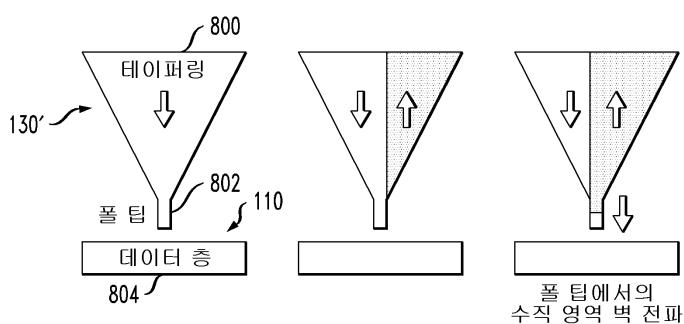
## 도면6



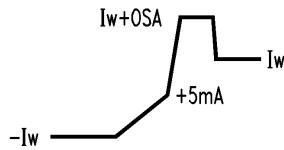
## 도면7



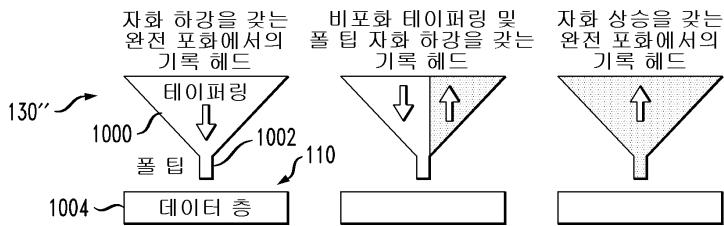
## 도면8



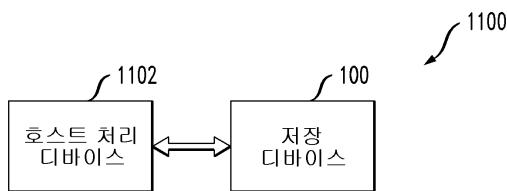
## 도면9



## 도면10



## 도면11



## 도면12

