



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월12일
 (11) 등록번호 10-1947347
 (24) 등록일자 2019년02월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G11B 5/60 (2006.01)
 (21) 출원번호 **10-2013-7025133**
 (22) 출원일자(국제) **2012년01월30일**
 심사청구일자 **2017년01월26일**
 (85) 번역문제출일자 **2013년09월24일**
 (65) 공개번호 **10-2014-0010409**
 (43) 공개일자 **2014년01월24일**
 (86) 국제출원번호 **PCT/US2012/023118**
 (87) 국제공개번호 **WO 2012/118583**
 국제공개일자 **2012년09월07일**
 (30) 우선권주장
 13/036,184 2011년02월28일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020090113559 A*
 US06097559 A*
 US20100225310 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
시게이트 테크놀로지 엘엘씨
 미국 캘리포니아 95014 쿠퍼티노 사우스 디 엔자
 블러바드 10200
 (72) 발명자
리우, 동밍
 미국 55347 미네소타 에덴 프레리 스트로우베리
 코트 17946
저우, 린
 미국 55123 미네소타 이건 웨스턴 힐 드라이브
 4623
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 20 항

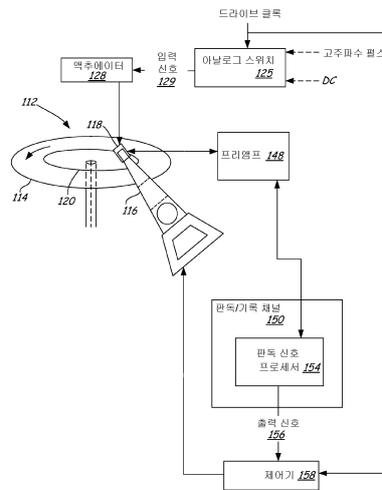
심사관 : 하은주

(54) 발명의 명칭 **접촉 감지**

(57) 요약

트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 상기 헤드를 액추에이팅하기 위해 액추에이터에 선택된 전력 레벨 및 알려진 주파수를 가진 입력 신호를 인가하는 단계를 포함한다. 입력 신호에 응답하여 출력 신호가 획득된다. 액추에이터에 인가된 입력 신호로서 동일한 주파수 또는 동일하게 알려진 주파수의 고조파에서 출력 신호로부터 적어도 하나의 신호 컴포넌트가 추출된다. 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 헤드와 상기 매체 사이의 접촉을 나타내는 지가 결정된다. 인가된 파형 패턴의 전력 레벨은, 추출된 신호 컴포넌트가 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 나타낼 때까지 증분적으로 증가된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

히메스, 아담, 케이.

미국 55423 미네소타 리치필드 웨스턴 애비뉴 사우스 6929

크넵펜버그, 리, 씨.

미국 55337 미네소타 번스빌 레이크뷰 드라이브 13104

존슨, 마이클, 티.

미국 55410 미네소타 미네아폴리스 드류 애비뉴 사우스 4841

명세서

청구범위

청구항 1

트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법으로서,

상기 트랜스듀싱 헤드를 액추에이팅하기 위해 액추에이터에 입력 신호를 인가하는 단계 -상기 입력 신호는 선택된 전력 레벨 및 알려진 주파수를 가짐-;

상기 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 획득하는 단계;

상기 액추에이터에 인가된 상기 입력 신호로서 동일한 알려진 주파수 또는 상기 동일한 알려진 주파수의 고조파에서 상기 출력 신호로부터 적어도 하나의 신호 컴포넌트를 추출하는 단계;

적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 상기 매체 사이의 접촉을 나타내는 지를 결정하는 단계; 및

상기 입력 신호를 상기 액추에이터에 인가하고, 상기 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 획득하고, 그리고 상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 상기 저장 매체 사이의 접촉을 나타낼 때까지 인가된 파형 패턴의 전력 레벨을 증가시킴으로써 상기 출력 신호로부터 적어도 하나의 신호 컴포넌트를 추출하는 것을 반복하는 단계를 포함하는,

트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 출력 신호는 위치 에러 신호(PES)를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 출력 신호는 판독 신호를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 상기 매체 사이의 접촉을 나타내는 지를 결정하는 단계는 상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 임계값보다 큰 값을 가질 때 상기 접촉이 발생했다고 결정하는 단계를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 접촉이 발생했다고 나타낼 때, 상기 접촉이 선택된 전력 레벨에서 발생했다고 결정하는 단계를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 선택된 전력 레벨 및 상기 알려진 주파수를 갖는, 상기 액추에이터에 인가된 상기 입력 신호는 DC 컴포넌트를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 선택된 전력 레벨 및 상기 알려진 주파수를 갖는, 상기 액추에이터에 인가된 상기 입력 신호는 고주파수 펄스 컴포넌트를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트는 진폭을 포함하며,

상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 상기 매체 사이의 접촉을 나타내는 지를 결정하는 단계는 상기 출력 신호의 진폭이 진폭 임계값보다 큰 경우 접촉이 발생했다고 결정하는 단계를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 액추에이터는 상기 트랜스듀싱 헤드에 위치한 히터를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 10

트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법으로서,

상기 트랜스듀싱 헤드를 액추에이팅하기 위해 액추에이터에 입력 신호를 인가하는 단계 -상기 입력 신호는 선택된 전력 레벨 및 알려진 주파수를 가짐-;

상기 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 획득하는 단계;

상기 액추에이터에 인가된 상기 입력 신호로서 동일한 알려진 주파수 또는 상기 동일한 알려진 주파수의 고조파에서 상기 출력 신호로부터 적어도 하나의 신호 컴포넌트를 추출하는 단계;

적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 임계값보다 큰 값을 갖는 지를 결정하는 단계; 및

상기 입력 신호를 상기 액추에이터에 인가하고, 상기 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 획득하고, 그리고 상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트의 값이 상기 임계값보다 클 때까지 인가된 파형 패턴의 전력 레벨을 증가 시킴으로써 상기 출력 신호로부터 적어도 하나의 신호 컴포넌트를 추출하는 것을 반복하는 단계를 포함하는,

트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 임계값보다 큰 값을 갖는 지를 결정하는 단계는 상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 상기 매체 사이의 접촉을 나타내는 지를 결정하는 단계를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 선택된 전력 레벨 및 상기 알려진 주파수를 갖는, 상기 액추에이터에 인가된 상기 입력 신호는 DC 컴포넌트를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 선택된 전력 레벨 및 상기 알려진 주파수를 갖는, 상기 액추에이터에 인가된 상기 입력 신호는 고주파수

필스 컴포넌트를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트는 진폭을 포함하며,

상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 상기 매체 사이의 접촉을 나타내는 지를 결정하는 단계는 상기 출력 신호의 진폭이 진폭 임계값보다 큰 경우 접촉이 발생했다고 결정하는 단계를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 액추에이터는 상기 트랜스듀싱 헤드에 위치한 히터를 포함하는, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법.

청구항 16

디바이스로서,

트랜스듀싱 헤드를 액추에이팅하고 선택된 전력 레벨 및 알려진 주파수를 가진 입력 신호를 수신하도록 구성된 액추에이터;

상기 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 획득하도록 구성된 채널; 및

제어기를 포함하고,

상기 제어기는:

상기 액추에이터에 인가된 상기 입력 신호와 동일한 알려진 주파수 또는 상기 동일한 알려진 주파수의 고조파에서 상기 출력 신호로부터 적어도 하나의 신호 컴포넌트를 추출하고;

적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체의 표면 사이의 접촉을 나타내는 지를 결정하고; 그리고

상기 액추에이터로의 입력 신호를 수신하고, 상기 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 획득하고, 그리고 상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 상기 저장 매체의 표면 사이의 접촉을 나타낼 때까지 인가된 파형 패턴의 전력 레벨을 증가시킴으로써 상기 출력 신호로부터 적어도 하나의 신호 컴포넌트를 추출하는 것을 반복하도록 구성되는,

디바이스.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 출력 신호는 위치 에러 신호(PES)를 포함하는, 디바이스.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 출력 신호는 판독 신호를 포함하는, 디바이스.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 액추에이터는 상기 트랜스듀싱 헤드에 위치한 히터를 포함하는, 디바이스.

청구항 20

제 16 항에 있어서,

상기 제어기는, 상기 출력 신호로부터의 상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 임계값보다 큰 값을 가질 때, 상기 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 상기 트랜스듀싱 헤드와 상기 저장 매체의 표면 사이의 접촉을 나타내는 지를 결정하는, 디바이스.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 데이터 저장 디바이스, 이를테면, 디스크 드라이브들은 전형적으로 저장 매체 이를테면 자기 또는 광 디스크들의 표면들에 정보를 저장한다. 전형적인 디스크 드라이브에서, 하나 이상의 디스크들은 스핀들 모터에 함께 장착된다. 스핀들은 디스크(들)가 회전하게 하며, 매체의 데이터 표면들이 저장 매체에 대해 데이터를 판독하고 이에 데이터를 기록하기 위한 트랜스듀서를 운반하는 각각의 헤드 슬라이더들 아래를 통과하게 한다.

배경 기술

[0002] 헤드 슬라이더들은 비행 높이로 저장 매체 위를 비행한다. 저장 디바이스들의 기록 밀도의 계속적인 증가로 인해, 비행 높이는 감소한다. 매체 표면의 불균일성 및 동작 조건들로 인해, 감소된 비행 높이들은 트랜스듀서와 매체의 유해한 접촉을 초래할 수 있다. 헤드 슬라이더에 위치된 마이크로액추에이터들은 트랜스듀서와 매체 사이의 간격을 능동적으로 제어하지만, 능동 간격 제어에 대한 주요한 관심사들 중 하나는 신뢰가능하고 마모가 없는 접촉 감지이다.

발명의 내용

[0003] 일 실시예에서, 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 감지하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 상기 트랜스듀싱 헤드를 액추에이팅하기 위해 액추에이터에 선택된 전력 레벨 및 알려진 주파수를 가진 입력 신호를 인가한다. 상기 입력 신호에 응답하여 판독/기록 채널에 의해 출력 신호가 획득된다. 제어기는 액추에이터에 인가된 입력 신호로서 동일한 알려진 주파수 또는 상기 동일한 알려진 주파수의 고조파에서 출력 신호로부터 적어도 하나의 신호 컴포넌트를 추출한다. 적어도 하나의 추출된 신호 컴포넌트가 트랜스듀싱 헤드와 매체 사이의 접촉을 나타내는 지가 결정된다.

[0004] 입력 신호를 상기 액추에이터에 인가하고, 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 획득하고, 그리고 추출된 신호 컴포넌트가 상기 헤드와 상기 저장 매체 사이의 접촉을 나타낼 때까지 상기 인가된 파형 패턴의 전력 레벨을 증분적으로 증가시킴으로써 상기 출력 신호로부터 신호 컴포넌트를 추출하는 것이 반복된다.

[0005] 본 발명의 실시예들을 특징짓는 다른 특성들 및 장점들은 이하의 상세한 설명 및 관련된 도면의 리뷰의 판독시 명확할 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0006] 도 1은 실시예에 따른 데이터 저장 디바이스의 개략적인 도면을 도시한다.
- 도 2는 도 1에 도시된 저장 매체 및 트랜스듀싱 헤드 사이의 접촉을 감지하는 방법을 도시한다.
- 도 3은 도 2에 도시된 방법을 적용하기 위한 데이터 저장 디바이스의 예시적인 설정의 개략도를 도시한다.
- 도 4는 도 3에 도시된 설정을 이용하는 제 1 실험 실시의 그래픽적 표현을 도시한다.
- 도 5는 도 4에 도시된 설정을 이용하는 제 2 실험 실시의 그래픽적 표현을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 본 발명의 실시예들은 데이터 저장 디바이스가 조정될 때 사용하기 위한 헤드 대 매체 접촉 감지 방식을 제공한다. 일 실시예에서, 개시된 접촉 감지 방식은, 알려진 주파수 파형 패턴으로 그리고 응답 파형 패턴에서 동일한 주파수 신호를 식별하기 위한 신호 프로세싱 기술을 이용하여, 트랜스듀싱 헤드에 커플링되는 액추에이터 또는 히터를 구동하는 것을 포함한다. 다른 실시예에서, 개시된 접촉 감지 방식은 알려진 고주파수 펄스 파형 패턴으로 액추에이터 또는 히터를 구동하는 것을 포함한다. 데이터 저장 디바이스를 조정할 때 헤드 대 매체 접촉이 발생하는 때를 결정하는 것은 헤드의 활성 간격 제어 및 데이터 저장 동작 동안 사용될 수 있는 정보이다.

예를 들어, 활성 간격 제어(즉, 매체와 헤드 사이의 공간을 제어하기 위해 기록 히터와 같은 헤드에 위치한 액추에이터를 이용)는 조정 동안 수집된 정보에 기초하여 조절될 수 있다.

[0008] 데이터 저장 디바이스 조정에 사용되는 두 개의 예시적인 타입들의 접촉 감지 방식들은 미디어에 대한 헤드의 접촉이 비체로 스큐에서 이뤄질 때 마찰에 의해 유발되는 위치 에러 신호(dPES)에서의 변화에 의해 측정되는 오프트랙 신호를 검출하고 헤드와 매체가 접촉할 때의 모듈레이션(modulation)을 검출하는 것을 포함한다. 위치 에러 신호(PES)는 회전가능한 저장 매체 상의 트랙들에 대한 트랜스듀싱 헤드의 방사상 위치를 나타내는 신호이다. 높은 성능의 데이터 저장 디바이스들에서, PES는 대응하는 서보 헤드(전용 서보 시스템)를 갖는 사전 기록된 서보 디스크 또는 미리 결정된 간격들의 사용자 데이터 블록들 간의 각각의 기록 표면상에 내재된 서보 정보(내재된 서보 시스템)로부터 유도된다. 트랜스듀싱 헤드는, 헤드가 트랙의 중심 위에 위치("온 트랙")되고 트랙의 중심과 헤드 사이의 상대적인 오프트랙 거리에 선형적으로 비례할 때 전형적으로 0과 동일한 크기를 갖는 PES를 생성하는 서보 제어 회로에 서보 정보를 제공한다.

[0009] 이를테면, 통합 피크 검출(IPD)에 의한 모듈레이션을 이용하여 접촉을 감지하는 것은, 헤드와 미디어의 인터페이스가 충분히 큰 접촉 모듈레이션을 갖는 경우 dPES 방법을 이용하여 접촉을 감지하는 것보다 더 감도가 좋다. 헤드와 매체의 인터페이스가 낮은 모듈레이션을 갖는다면, dPES 신호는 접촉을 감지하기 위해 이용가능한 유일한 신호일 수 있다. 또한, dPES 신호가 많은 상이한 소스들, 이를테면, 반복가능한 런 아웃(RRO), 비 반복가능한 런 아웃(RRO), FOS 히팅(즉, 헤드를 지지하는 서스펜션 상의 플렉서블 케이블의 히팅) 및 데이터 저장 디바이스에서의 편류로부터의 잡음들을 포함하기 때문에, dPES 신호로 헤드와 매체의 접촉을 감지하는 것은 어려울 수 있다.

[0010] 헤드와 매체 사이의 인터페이스는 끊임없이 연구 중이며 더 높은 영역 밀도 매체에 대해 헤드 대 매체 간격을 계속 감소시키는 개발들이 이뤄지고 있다. 이러한 개발들의 중요한 일 특성은 접촉에서의 낮은 모듈레이션이다. 이러한 인터페이스는 모듈레이션을 이용하여 헤드 대 매체 접촉을 감지하는 것이 대단한 도전이 되게 한다. 개시된 것은 이용가능하지만 높은 신호 대 잡음비를 갖는 PES 신호를 이용하는, 특히, 낮은 모듈레이션 접촉이 통상적인 경우의 접촉 감지이다.

[0011] 도 1은 본 개시의 실시예들에 따른 데이터 저장 디바이스(112)의 간략화된 블록도이다. 데이터 저장 디바이스(112)는 저장 매체(114), 매체(114) 상의 트랙을 판독하고 이에 데이터를 기록할 수 있는 트랜스듀싱 헤드(118)를 지지하는 서스펜션(116)을 포함한다. 저장 매체(114)는 회전가능한 디스크로서 도시된다. 데이터 저장 디바이스(112)는 또한 기록 동작 동안 트랜스듀싱 헤드(118)에 인가되는 기록 신호를 생성하고, 판독 동작 동안 트랜스듀서(118)로부터 나오는 판독 신호를 증폭하기 위한 증폭기(프리앰프)(148)를 또한 포함한다.

[0012] 트랜스듀싱 헤드(118)에 커플링되는 것은 기록 동작 동안 사용자 데이터를 수신하고 판독 신호 프로세서(154)로 프리앰프(148)에 의해 증대되는 판독 신호를 프로세싱하는 판독/기록 채널(150)을 포함한다. 판독 신호 프로세서(154)가 판독 신호의 형태로 저장 매체(114) 상에 기록된 사용자 데이터를 획득, 검출 및 디코딩하는 것 외에도, 판독 신호 프로세서(154)는 또한 트랜스듀싱 헤드가 얼마나 멀리 오프트랙되는 지를 나타내는 위치 에러 신호(PES)를 획득 및 검출할 수 있다. 사용자 데이터 또는 오프트랙 데이터를 나타내는 판독 신호는 도 1에 도시된 출력 신호(156)로 간주된다. 출력 신호(156)는 제어기(158)에 의해 수신된다. 제어기(158)는 프로세서를 포함하고 트랜스듀싱 헤드(118)와 저장 매체(114) 사이의 접촉을 감지하기 위한 알고리즘을 프로세싱하는데 사용하기 위한 메모리에 액세스할 수 있다. 제어기(158)는 도 2와 관련하여 아래에 설명될 것이다.

[0013] 트랜스듀싱 헤드(118)는 저장 매체(114)에 인접하게 트랜스듀싱 엘리먼트, 이를테면 판독 엘리먼트 또는 기록 엘리먼트를 이동시키기 위해 액추에이터(128), 이를테면 히터를 포함한다. 일 실시예에서, 주파수를 설정하기 위한 드라이브 클록을 포함할 수 있는 아날로그 스위치(125)에는 DC 컴포넌트(제 1 실시예를 나타내기 위해 점선으로 도시됨)가 공급되며, 이는 액추에이터(128)에 파워를 공급한다. 아날로그 스위치(125)로부터 액추에이터(128)로 공급된 신호는 입력 신호 또는 기준 신호(129)이다. 판독/기록 채널(150)은 입력 신호(129)에 응답하여 출력 신호(156)를 생성한다.

[0014] 그러나 DC 컴포넌트로부터의 주파수는 히터 액추에이션의 느린 응답으로 인해 어느 정도 고려사항을 가질 수 있다. 히터의 온도 시간 상수(즉, 시변 입력에 대한 히터의 응답을 특성화하는 상승 시간)는 100 μ s보다 큰 것으로 추정된다. 최대 돌출(즉, 액추에이터 또는 히터가 최대로 돌출될 때)은 시간 상수의 약 5배이다. 따라서, 히터 구동 주파수는, 최대 돌출이 의도되는 경우, 대략 1kHz 또는 그 미만이다. 일단 헤드가 접촉으로부터 멀어지고 액추에이터 또는 히터가 리트랙트(retract)되면, 어떠한 접촉 응답 신호도 생성되지 않음을 주목해야 한다. 따라서, 시간 응답 신호의 단지 절반이 DC 컴포넌트로 생성되었다. 따라서, 다른 실시예에서, 매우 높은

주파수(자신의 시간 상수와 관련함) 펄스가 액추에이터 또는 히터에 인가될 수 있다. 이러한 펄스는, (펄스)의 파워 온에 의해 유발되는 히팅 및 파워 오프에 의해 유발되는 냉각이 DC에서의 경우와 같이 완전한 사이클이 아닐 것임을 의미한다. 사실, 히터는 단지, 동등한 DC 파워에서 최대의 일부를 돌출시킬 수 있다. 고주파수 펄스의 영향은 파워 제공의 관점에서 DC에 가깝지만, 이러한 실시예의 열적 섭동은 옴스트롱 레벨 모듈레이션을 생성한다.

[0015] 히터의 돌출은 DC 전력-펄스 트레이스의 전력의 평균에 의해 유도되는 것에 동등할 것이다. 따라서, 듀티 사이클 (즉 펄스 온의 시간 주파수)이 약 50%라고 가정하면, DC 전압은 펄스의 최대 전압의 대략 0.707배이다.

[0016] 도 2 는 트랜스듀싱 헤드(118)와 저장 매체(114) 사이의 접촉을 감지하는 방법(200)을 도시한다. 블록(202)에서 입력 신호 또는 기준 신호(V_{ref})는 아날로그 스위치(125)로부터, 트랜스듀싱 헤드에 위치한 액추에이터, 이를테면, 히터에 인가된다. 액추에이터(128)는 이를테면, 트랜스듀싱 헤드(118)와 저장 매체(114) 사이의 이격 거리를 제어하기 위해 트랜스듀싱 헤드를 이동시키도록 구성된다. 입력 신호 또는 기준 신호는 선택된 전력 레벨 (즉, n 번째 전력 레벨) 및 알려진 주파수를 포함한다. 선택된 전력 레벨 및 알려진 주파수는 추후의 사용에서 제어기(158)에 의한 액세스를 위해 메모리에 저장된다. 블록(204)에서, 출력 신호(V_{sig})는 입력 신호 또는 기준 신호에 응답하여 획득된다. 출력 신호는 아래 식으로 표현된다:

[0017]
$$V_{sig} = A \cos(\omega_1 t + \phi)$$
 식 1

[0018] 여기서, A는 진폭이고, ω_1 은 주파수이고, t는 시간이고, ϕ 는 위상이다. 입력 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다:

[0019]
$$V_{ref} = B \cos(\omega_2 t)$$
 식 2

[0020] 여기서, B는 진폭이고, ω_2 는 주파수이고, t는 시간이다.

[0021] 블록(206)에서, 제어기(158)는 액추에이터에 인가된 입력 신호와 동일한 알려진 주파수 또는 동일한 알려진 주파수의 고조파에서 출력 신호로부터 신호 성분들을 추출한다. 도 1 및 앞서 언급한 바와 같이, 드라이브 클럭 주파수가 제어기(158)에 인가되어, 제어기는 알려진 주파수를 획득하고 이를 저장한다. 따라서:

[0022]
$$\omega_1 = \omega_2$$
 식 3

[0023] 예를 들어, 진폭 및 위상의 신호 성분들은 동일한 주파수 또는 동일한 알려진 주파수의 고조파에서 입력 신호를 사용함으로써 출력 신호로부터 고정된 주파수로 추출될 수 있다. 출력 신호와 입력 신호의 적(product)은 다음의 모듈레이션된 신호를 제공한다:

[0024]
$$V_{sig} * V_{ref} = \frac{1}{2} A * B * \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \phi) + \frac{1}{2} A * B * \cos((\omega_1 + \omega_2)t + \phi)$$
 식 4

[0025] 첫 번째 항은 DC 성분이며, 두 번째 항은 출력 신호의 주파수의 두 배인 신호이다. 식 4에 표현된 결과적인 DC 신호는 고주파수 성분을 필터링함으로써 복조될 수 있어서 DC 신호는 단지 출력 신호와 입력 신호의 진폭들(즉, A 및 B) 및 이들 사이의 위상 차들에 관련된다. DC 신호의 진폭 및 위상은 제 1 기준 신호와 90도 위상이 차이 나는 제 2 기준 신호를 이용하여 분리될 수 있고 진폭 및 위상은 두 DC 출력들로부터 계산될 수 있다.

[0026] 고주파수 펄스가 제공되는 실시예에서 모듈레이션 진폭은 다음과 같은 펄싱 주파수 및 듀티 싸이클을 변화시킴으로써 조정될 수 있다.

$$\frac{\Delta T}{T_{\max}} = 1 - e^{-(1-D)/\tau}$$

[0027]

식 5

[0028]

여기서 D는 듀티 사이클이고 τ 는 시간 또는 지속기간이다. 예를 들어 모듈레이션 진폭은 저장 매체의 표면에 도포된 윤활제의 두께에 근접하게 설정될 수 있고 그로 인해 히터 접촉 전력에서 헤드 및 윤활제가 상호 작용하게 한다.

[0029]

블록(208)에서, 제어기(158)는 출력 신호로부터 추출된 신호 컴포넌트들이 트랜스듀싱 헤드(118)와 저장 매체(114) 사이의 접촉을 나타내는지 여부를 결정한다. 특히, 알려진 주파수 또는 알려진 주파수의 고주파에서의 출력신호의 추출되거나 측정된 진폭은 임계 진폭과 비교된다. 출력 신호의 추출된 진폭이 임계 진폭보다 작으면, 방법(200)은 블록(202)으로 되돌아가며 액추에이터에 인가된 입력 신호의 전력 레벨은 다음 전력 레벨로 증가된다. 예를 들어, 전력 레벨이 제 1 전력 레벨로 설정되었다면, 다음 전력 레벨은 제 2 전력 레벨이다. 블록(202, 204, 206 및 208)은 반복되고, 추출된 진폭이 트랜스듀싱 헤드와 저장 매체 사이의 접촉을 나타낼 때까지 전력 레벨들은 증분적으로 증대된다. 입력 신호의 추출된 진폭이 임계 진폭보다 크다면, 방법(200)은 블록(210)으로 진행한다. 블록(210)에서, 액추에이터에 인가된 입력 신호의 전력 레벨은 트랜스듀싱 헤드가 매체와 접촉할 임계 전력 레벨이다. 이러한 정보는 데이터 저장 디바이스(112)의 정규 동작 동안 사용되도록 제어기(158)에 저장될 수 있다. 다시 말해서, 제어기는 이러한 정보를 사용하여 액추에이터(128)가 트랜스듀싱 헤드로 하여금 매체(114)와 접촉하게 할 임계 전력 레벨로 액추에이터에 파워가 제공되지 않게 한다.

[0030]

방법(200)이 저장 매체, 이를테면 저장 매체(114)와 트랜스듀싱 헤드, 이를테면 트랜스듀싱 헤드(118) 사이의 접촉을 정확하게 결정할 수 있음을 나타내는 이하의 실험들이 전개되었다. 도 3은 데이터 저장 디바이스(312) 및 실험 설정의 개략적 도면을 도시한다. 데이터 저장 디바이스(312)는 저장 매체(314), 매체(314) 상의 트랙에 데이터를 기록 및 판독할 수 있는 트랜스듀싱 헤드(318)를 지지하는 서스펜션(316)을 포함한다. 트랜스듀싱 헤드(318)에는, 드라이브 PES 신호가 이러한 가장 기본적인 컴포넌트 레벨에서 이용가능하지 않기 때문에, 오프 트랙 신호를 측정하기 위한 레이저 도플러 속도계(LDV)(322)가 결합된다. 또한 트랜스듀싱 헤드(318)에 어쿠스틱 에미션(AE) 센서(324)가 결합된다. 오실로스코프(325), 이를테면 레크로이 오실로스코프(Lecroy Oscilloscope)는 LDV(322) 및 AE 센서(324)로부터의 신호들을 수집한다.

[0031]

프로그램 가능한 기능 생성기(326)는 임의의 고정된 주파수에서 (트랜스듀싱 헤드(318)의 트랜스듀싱 엘리먼트를 액추에이팅하도록 구성된) 액추에이터(328)에 파워를 공급하도록 사용된다. 기능 생성기(326)는 또한 록-인 증폭기(330)가 기준 주파수에서 LDV 응답의 진폭을 측정하도록 록-인 증폭기(330)에 기준 신호를 전송한다.

[0032]

제 1 실험은 5개의 상이한 주파수 레벨들: 100Hz, 500Hz, 190Hz, 167Hz 및 162Hz에서의 접촉에서 상당한 모듈레이션을 갖는 트랜스듀싱 헤드로 동작되었다. AE 센서(324)는 접촉 이벤트를 용이하게 픽업할 수 있고 이는 대략 동일한 전력에서 검출된다.

[0033]

도 4는 액추에이터 전력 대 LDV의 오프트랙 신호를 도시한다. 상이한 주파수들에서의 접촉들은 167Hz 주파수를 제외하고 각 주파수에서 LDV 진폭의 가파른 상승에 의해 표시되는 것으로 명확하게 도시된다. 제 1 실시예에서, 167Hz의 주파수는 스피닝 회전 가능한 매체(314)의 주파수에 부합한다는 것이 인식되어야 한다. 이러한 주파수에서의 잡음은 회전가능한 매체 런 아웃이다. 진폭 RMS와 같은 임의의 도메인 처리 방식의 경우, 런 아웃 잡음은 베이스라인 잡음의 일부일 것이다. 알고리즘은 타겟 주파수를 픽업하기 위해 매우 좁은 대역을 갖는다. 제 1 실험에서, 알고리즘은 효율적으로 스피들 런 아웃으로부터의 정확히 5Hz 떨어진 (162Hz에서) 신호를 효율적으로 복원했다. 더 높은 주파수가 급경사(더 높은 SNR)를 제공했다는 것을 또한 알 수 있다. 이러한 높은 SNR은 LDV(322)가 변위 대신에 속도를 측정하고 있다는 사실에 의해 유발될 수 있다. PES 신호가 데이터 저장 디바이스(312) 상에서 사용된다면, 경사들은 동일할 것이다. 그러나 더 높은 주파수는 접촉을 감지할 때 실제 헤드 대 매체 접촉 시간을 감소시킨다.

[0034]

제 2 실험은 고압에 대해 (즉, BCR(Beyond Contact Recording)에 대해) 설계된 트랜스듀싱 헤드로 수행되었다. 이러한 트랜스듀싱 헤드는 저장 매체와의 접촉시 모듈레이션을 제거하도록 설계되었다. 도 4에 설명된 AE 센서(324)는 모듈레이션의 결여로 인해 접촉을 픽업하는데 어려움을 겪는다. 이 실험에서, 액추에이터, 이를테면 액추에이터(328)는 대략 1kHz로 구동되었다. 도 2에 도시된 방법은 여전히 접촉을 감지할 수 있다.

[0035]

신호 대 잡음비(SNR)는 도 2에 도시된 방법(즉, LDV 록-인) 및 다른 방법들의 AE/LDV RMS에 대해 계산되었다.

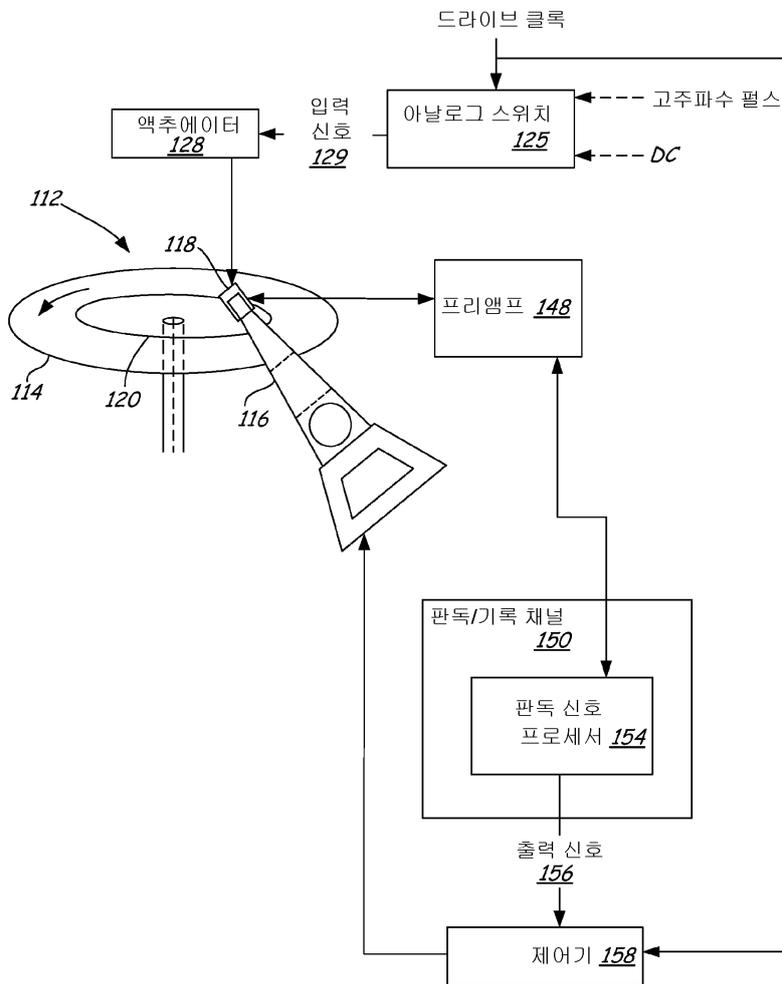
도 5는 차이들을 설명한다. AE RMS 및 LDV RMS는 도 2에 설명된 방법과 비교하여 매우 낮은 SNR을 갖는다.

[0036] 도 2에 도시된 접촉 감지 방식은 단순한 램핑업 전력 대신에 트랜스듀싱 헤드에 위치한 액추에이터에 알려진 주파수 파 신호를 인가한다. 입력 신호에 응답하여 dPES 또는 다른 판독 신호는 제어기(158)에 의해 픽업될 수 있다. 수행된 실험들은 접촉 감지 방식이 보통의 dPES 접촉 감지 방식에 비해 더 양호한 SNR을 가질 수 있음을 보여주었을 것이다. 또한 매우 낮은 모듈레이션 트랜스듀싱 헤드에 대해 더 양호한 전류 모듈레이션 기반 접촉 감지를 보여주었다. 방식은 또한, AC 파형이 DC 전력 또는 고주파수 펄스 대신에 인가될 때 저장 매체와의 트랜스듀싱 헤드 접촉 시간이 훨씬 적기 때문에 더 적은 접촉 유발 마모를 초래할 수 있다. 접촉 감지 방식은 드라이브 또는 컴포넌트 레벨에서 구현될 수 있다.

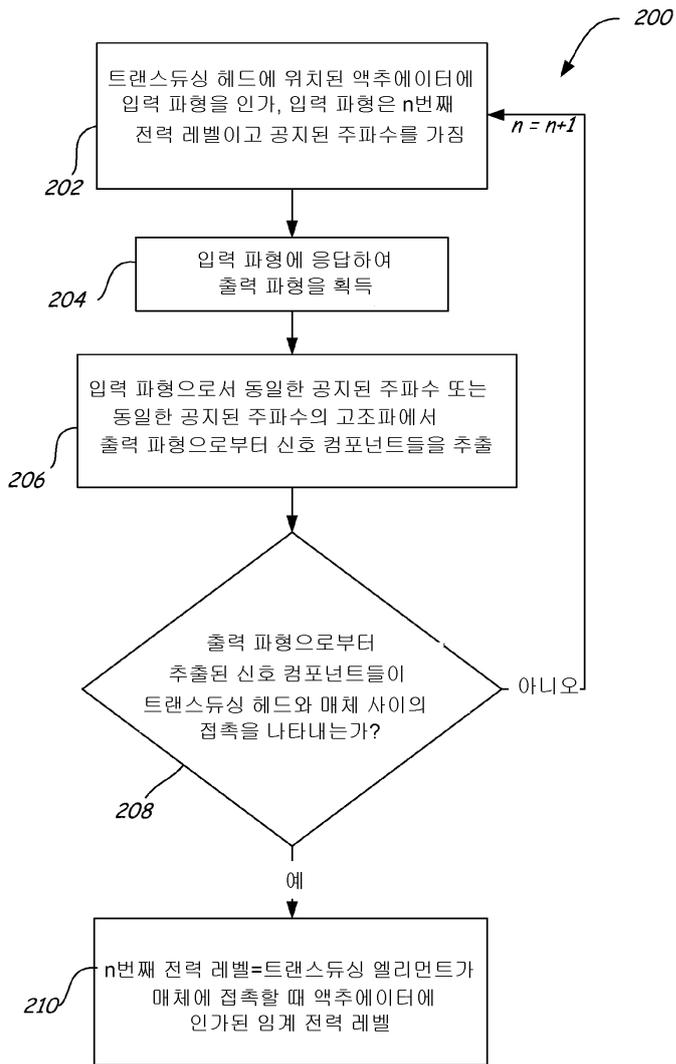
[0037] 청구 대상이 구조적 특징 및/또는 방법적 동작에 특정한 언어로 설명될지라도, 첨부된 청구항에 정의된 청구 대상은 기술된 특정 특징들 또는 동작들에 반드시 제한되는 것은 아님을 이해해야 한다. 오히려, 기술된 특정 특징들 및 동작들은 청구항들을 구현하는 예시적인 형태로 설명된다.

도면

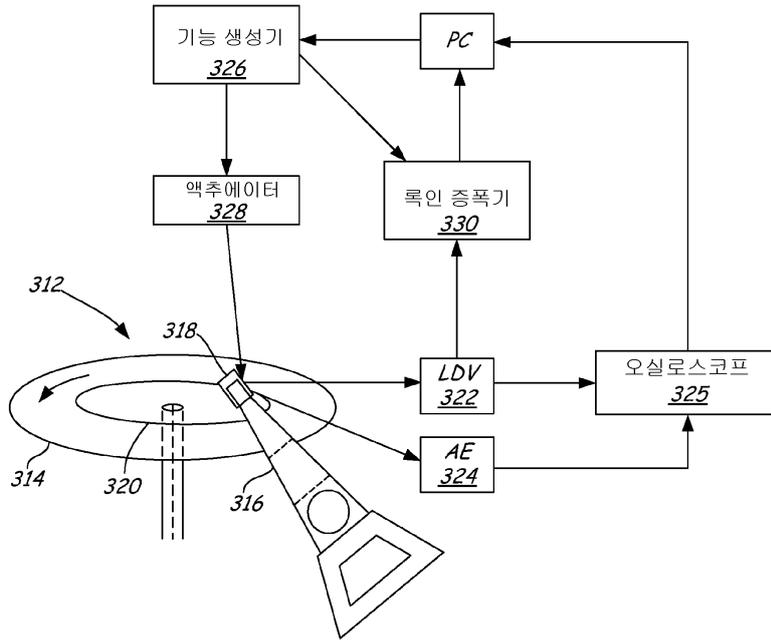
도면1



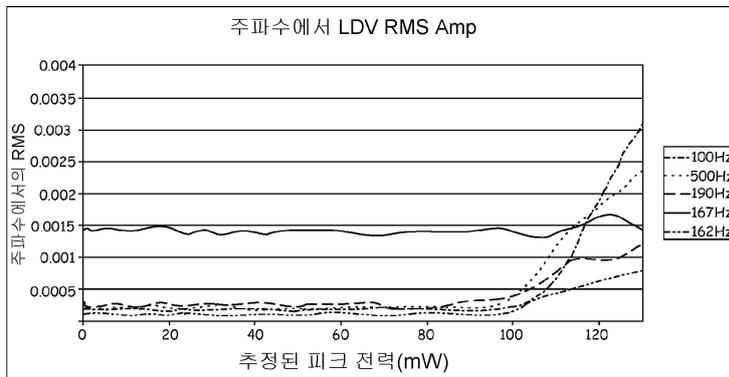
도면2



도면3



도면4



도면5

