



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월05일
(11) 등록번호 10-1469586
(24) 등록일자 2014년12월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G11B 21/02 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-0079092
(22) 출원일자 2013년07월05일
심사청구일자 2013년07월05일
- (65) 공개번호 10-2014-0007280
(43) 공개일자 2014년01월17일
(30) 우선권주장
13/544,559 2012년07월09일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문현
JP2008097760 A*
KR1020110108181 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

- (73) 특허권자
시게이트 테크놀로지 엘엘씨
미국 캘리포니아 95104 쿠퍼티노 사우쓰 디 엔자
블러바드 10200
- (72) 발명자
부데, 리차드, 에이.
미국 55442 미네소타 폴리마우쓰 라치 레인 노쓰
5310
- (74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 18 항

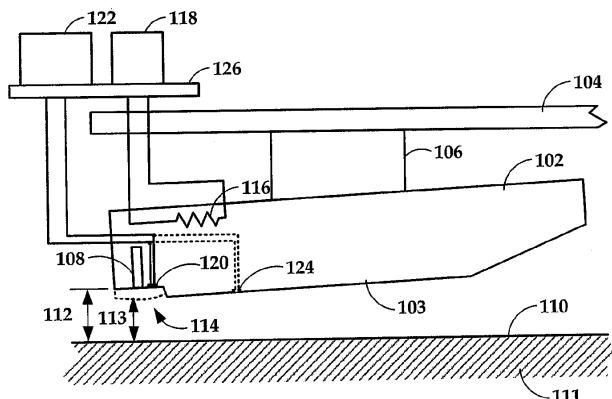
심사관 : 권영학

(54) 발명의 명칭 온도 센서의 주파수 도메인 시그니추어를 이용한 헤드-디스크 간 접촉 및/또는 간격의 결정

(57) 요약

고주파수의 AC-변조된 히터 전류는 자기 헤드의 히터에 인가된다. 자기 매체들 부근의 영역에 위치되는 온도 센서의 저항 변화가 결정된다. 저항 변화는 히터 전류에 응답하여 발생한다. 자기 헤드와 가지 매체들 간의 간격 및 접촉 중 적어도 하나는 저항 변화의 주파수-도메인 시그니추어에 기초하여 결정된다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

방법으로서,

고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류를 자기 헤드의 히터에 인가하는 단계;

자기 매체를 부근의 영역에 위치되고 그리고 상기 히터와 분리된 온도 센서의 저항 변화를 결정하는 단계 - 상기 저항 변화는 히터 전류에 응답하여 발생함 - ; 및

저항 변화의 주파수-도메인 시그니처(frequency-domain signature)에 기초하여 상기 자기 헤드와 상기 자기 매체들 간의 간격(spacing)을 결정하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 히터는,

상기 자기 헤드와 상기 자기 매체들 간의 간격을 조정하도록 구성되는,

방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류의 DC 오프셋은, 상기 간격을 조정하도록 변동되는,

방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 온도 센서는,

상기 히터와 연관되는 근접 지점으로부터 떨어져 위치되는,

방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 히터 전류는,

10kHz 이상에서 변조되는,

방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

제 2 고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류를, 상기 히터 전류의 주파수와 상이한 주파수에서 상기 자기 헤드의 제 2 히터에 인가하는 단계를 더 포함하고,

상기 간격은 상기 히터 전류의 주파수 및 상기 제 2 히터의 상기 상이한 주파수에서의 상이한 주파수 도메인 출

력들의 분석에 기초하여 결정되는,

방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 주파수-도메인 시그니추어는,

주파수-도메인에서 측정된 저항의 로컬 극값(local extremum) 및 굴곡 지점(inflexion point) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 로컬 극값 및 상기 굴곡 지점 중 적어도 하나는 상기 자기 헤드와 상기 자기 매체들 간의 접촉에 응답하여 발생하는,

방법.

청구항 8

자기 헤드로서,

상기 자기 헤드와 자기 매체들 간의 간격을 조정하도록 구성되는 적어도 하나의 히터;

상기 자기 매체들 부근의 영역에 위치되고 그리고 상기 적어도 하나의 히터와 분리된 온도 센서; 및

상기 히터와 상기 온도 센서에 결합되는 제어기 인터페이스

를 포함하고,

상기 제어기 인터페이스는,

고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류를 상기 히터에 인가하는 것;

상기 히터 전류에 응답하여 상기 온도 센서의 저항 변화를 결정하는 것; 및

상기 저항 변화의 주파수-도메인 시그니추어에 기초하여 상기 자기 헤드와 상기 자기 매체들 간의 간격을 결정하는 것

을 용이하게 하도록 구성되는,

자기 헤드.

청구항 9

삭제

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류의 DC 오프셋은 상기 간격을 조정하도록 변동되는,

자기 헤드.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

제 2 히터

를 더 포함하고,

상기 제어기 인터페이스는 제 2 고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류를, 상기 히터 전류의 주파수와 상이한 주파수에서 제 2 히터로 인가하고,

상기 간격은 상기 히터 전류의 주파수 및 상기 제 2 히터의 상기 상이한 주파수에서의 상이한 주파수 출력들의

분석에 기초하여 결정되는,

자기 헤드.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 히터 전류는,

10kHz 이상에서 변조되는,

자기 헤드.

청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 주파수 도메인 시그니추어는,

상기 히터 전류의 주파수에서 측정되는,

자기 헤드.

청구항 14

제 8 항에 있어서,

상기 주파수-도메인 시그니추어는,

주파수-도메인에서 측정된 저항의 로컬 극값(local extremum) 및 굴곡 지점(inflexion point) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 로컬 극값 및 상기 굴곡 지점 중 적어도 하나는 상기 자기 헤드와 상기 자기 매체들 간의 접촉에 응답하여 발생하는,

자기 헤드.

청구항 15

장치로서,

자기 매체들;

자기 헤드와 상기 자기 매체들 간의 간격을 조정하도록 구성된 적어도 하나의 히터를 갖는 상기 자기 헤드;

상기 자기 매체들 부근의 영역에 위치되고 그리고 상기 적어도 하나의 히터와 분리된 온도 센서; 및

상기 자기 헤드에 결합되는 제어기

를 포함하고,

상기 제어기는,

고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류를 상기 히터에 인가하도록;

상기 히터 전류에 응답하여 상기 온도 센서의 저항 변화를 결정하도록; 그리고

상기 저항 변화의 주파수-도메인 시그니추어에 기초하여 상기 자기 헤드와 상기 자기 매체들 간의 간격을 결정하도록

구성되는,

장치.

청구항 16

삭제

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류의 DC 오프셋은 상기 간격을 조정하도록 변동되는,
장치.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 히터 전류는,

10kHz 이상에서 변조되는,

장치.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

제 2 히터를 더 포함하고,

상기 제어기는 제 2 고주파수의 AC-변조된 DC 히터 전류를, 상기 히터 전류의 주파수와 상이한 주파수에서 상기 제 2 히터로 인가하고,

상기 간격은 상기 히터 전류의 주파수 및 상기 제 2 히터의 상기 상이한 주파수에서의 상이한 주파수 도메인 출력들의 분석에 기초하여 결정되는,

장치.

청구항 20

제 15 항에 있어서,

상기 주파수-도메인 시그니추어는,

상기 주파수-도메인에서 측정된 저항의 로컬 극값 및 굴곡 지점 중 적어도 하나
를 포함하고,

상기 로컬 극값 및 상기 굴곡 지점 중 적어도 하나는 상기 자기 헤드와 상기 자기 매체들 간의 접촉에 응답하여 발생하는,

장치.

명세서

배경기술

[0001] 본 개시는 온도 센서의 주파수 도메인 시그니추어를 이용하여 헤드-디스크 간 접촉(head-to-disk contact)을 결정하는 것에 관한 것이다. 일 실시예에서, 고주파수의 AC-변조된 히터 전류가 자기 헤드의 히터에 인가된다. 자기 매체들 부근의 영역에 위치되는 온도 센서의 저항 변화가 결정된다. 저항 변화는 히터 전류에 응답하여 발생한다. 자기 헤드와 자기 매체들 간의 간격(spacing) 및 접촉 중 적어도 하나는 저항 변화의 주파수-도메인 시그니추어에 기초하여 결정된다.

[0002] 다양한 실시예들의 이들 및 다른 특징들 및 양상들은 이하의 상세한 논의 및 첨부 도면을 고려하여 이해될 수 있다.

[0003] 이하의 논의는 다음의 도면들을 참조하는데 동일한 참조 번호가 다수의 도면들에서 유사한/동일한 컴포넌트를

식별하는데 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0004]

도 1은 예시적인 실시예에 따라 하드 드라이브 슬라이더 및 매체들 어레인지먼트의 블록도.

도 2는 예시적인 실시예에 따라 히터 전력 및 저항 센서의 응답을 도시하는 그래프.

도 3은 예시적인 실시예에 따라 슬라이더의 예시적인 측정들을 예시하는 그래프(200).

도 4는 예시적인 실시예에 따른 프로시저를 예시하는 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0005]

본 개시는 일반적으로 데이터 저장을 위해 이용되는 자기 레코딩 디바이스들에 관한 것이다. 데이터 저장 시스템들은 자기 레코딩 매체에 정보를 기록하고 이를 판독하는 하나 이상의 레코딩 헤드들을 포함할 수 있다. 종종 레코딩 헤드와 그의 연관된 매체들 간에 상대적으로 작은 거리 또는 간격을 갖는 것이 바람직하다. 이 거리 또는 간격은 여기서 "헤드-매체들 간 간격(head-to-media spacing)"으로서 지칭된다. 헤드-매체들 간 간격을 감소시킴으로써, 레코딩 헤드는 더 양호하게 매체로부터 데이터를 판독하고 매체에 데이터를 기록할 수 있을 수도 있다. 헤드-매체들 간 간격을 감소시키는 것은 또한 레코딩 매체 표면의 거칠기들(asperities) 및 다른 특징들을 검출하는 것과 같은 레코딩 매체 토포그래피의 조사를 허용한다.

[0006]

이제 도 1을 참조하면, 블록도는 일 예시적인 실시예에 따라 슬라이더(102)에서 이용되는 자기 센서/기록기의 측면부를 도시한다. 이 슬라이더(102)는 데이터 저장 디바이스, 예를 들어, 하드 드라이브의 판독/기록 헤드로서 이용될 수 있다. 그럼으로써, 본 개시의 목적들을 위해, 용어들 "슬라이더" 및 "자기 헤드"는 상호 교환 가능하게 이용될 수 있다. 슬라이더(102)는 슬라이더(102)와 암(104) 간의 얼마간의 상대적 이동을 허용하는 서스펜션(106)에 의해 암(104)에 결합된다. 슬라이더(102)는 자기 레코딩 매체, 예를 들어, 디스크(111)의 표면(110) 근처에 유지되는 트레일링 에지(trailing edge)의 판독/기록 트랜스듀서들(108)을 포함한다. 슬라이더(102)가 디스크(111)의 표면(110) 위에 위치될 때, 부양 높이(flying height)(112)는 암(104)의 하향 힘(downward force)에 의해 슬라이더(102)와 표면(110) 간에 유지된다. 이 하향 힘은 디스크(111)가 회전할 때 슬라이더(102)의 에어 베어링 표면(103)과 표면(110) 간에 존재하는 공기 쿠션(air cushion)에 의해 상쇄된다(counterbalanced).

[0007]

일정한 성능을 보장하기 위해 판독 및 기록 동작들 둘 다 동안 디스크 회전 속도들의 범위에 걸쳐서 미리 결정된 슬라이더 부양 높이(112)를 유지하는 것이 바람직하다. 영역(114)은 일반적으로 슬라이더(102)와 자기 레코딩 매체(111) 간의 접촉의 최근접 지점으로 이해되고 일반적으로 헤드-매체들 간 간격(113)을 정의하는 슬라이더(102)의 "근접 지점"이다. 슬라이더 부양 높이(112)에 영향을 줄 수 있는 정적 및 동적 변동들 둘 다를 참작하기 위해, 슬라이더(102)의 영역(114)이 헤드-매체들 간 간격(113)을 미세하게 조정하기 위해 동작 동안 구성 가능하게 조정될 수 있도록 슬라이더(102)가 구성될 수 있다. 이는 영역(114)의 지오메트리(geometry)에 있어서의 변화를 나타내는 접선에 의해 도 1에서 도시된다. 이 예에서, 지오메트리 변화는 전체적으로 또는 부분적으로, 영역(114)의 온도의 증가 또는 감소에 의해 유도될 수 있다.

[0008]

온도 변화에 응답하여 영역(114)의 형상 및 편향 크기를 변경하는 능력은 예를 들어, 슬라이더(102)의 다른 부분들과 상이한 물질로 형성되는 영역(114)에 기인할 수 있다. 이러한 경우에, 온도의 변화들은 각각의 물질들의 상이한 열적 팽창 특성들로 인해 이 영역(114)에서 변형을 야기한다. 슬라이더(102)로의 열의 선택적 인가는 예를 들어, 트랜스듀서들(108)과 매체들 표면(110) 간에 측정되는 바와 같은 트랜스듀서들(108)의 유효한 헤드-매체들 간 간격(113)을 미세하게 조정하는데 이용될 수 있다.

[0009]

유효한 헤드-매체들 간 간격(113)에 대한 이러한 타입의 제어를 제공하기 위해, 슬라이더(102)는 하나 이상의 가열 엘리먼트(116)를 포함(또는 그렇지 않으면, 열적으로 결합)할 수 있다. 이를 가열 엘리먼트들(116)(예를 들어, 저항 히터들)에는 제어 회로(118)에 의해 선택 가능한 양의 전류가 제공될 수 있다. 제어 회로(118)는 인터페이스(126)를 통해 가열 엘리먼트(들)(116)에 결합되며, 인터페이스는 물리적 및 전기적 전도성 경로들 및 커넥터들은 물론 다른 능동 또는 수동 회로(예를 들어, 노이즈 필터들)를 포함할 수 있다.

[0010]

가열 엘리먼트(116)는 다양한 위치들(예를 들어, 근처 영역(114))에 그리고 슬라이더의 공기역학 특성들 상에 그의 영향을 최소화하는 방식으로 장착될 수 있다. 슬라이더(102)의 다른 엘리먼트들은 또한 가열 엘리먼트

(116) 외에 또는 이에 더하여 열을 제공할 수 있다. 예를 들어, 판독/기록 트랜스듀서(108)의 기록 코일은 영역(114)의 구성 가능한 변형을 야기하는데 충분한 열을 생성할 수 있다. 또한, 비-열적 디바이스들(예를 들어, 압전(piezo-electric) 디바이스들)은 또한 가열 엘리먼트(116) 대신 또는 그에 더하여 영역(114)의 임의의 변형/편향을 야기할 수 있다.

[0011] 슬라이더(102)는 또한 영역(114)에 또는 영역(114) 부근에 위치되는 저항 온도 센서(120)를 포함한다. 이 센서(120)는 영역(114)에서 온도(또는 온도 변화)의 고정밀 측정들을 가능하게 하는 TCR(temperature coefficient of resistance)을 가지며, 따라서 때때로 TCR 센서로서 지칭된다. TCR 센서(120)는 센서(120)와 통신하는 센서 회로(122)에 결합된다. 센서 회로(122)는 적어도 여기서 기술되는 기능들을 수행하기 위한 로직 회로를 갖는 제어기를 포함할 수 있다. 회로(122)는 또한 신호 컨디셔닝, 디지털 신호 프로세싱 등과 같은 기능들을 위한 아날로그 또는 디지털 회로들을 포함할 수 있다. 회로(122)는 인터페이스(126)를 통해 센서(120)에 결합되는 것으로 도시되며, 인터페이스는 히터 제어(118)와 공통되는 몇몇 컴포넌트들(예를 들어, 커넥터들)을 포함할 수 있다.

[0012] 하나 이상의 다른 TCR 센서들은 센서 회로(122)에 또한 결합되는 센서(124)에 의해 표현되는 바와 같이 슬라이더(102)에서 이용될 수 있다. 센서(124)는 센서(120)로부터 물리적으로 별개의 위치에 배치되고, 센서(120)와 별개로 또는 센서(120)와 함께(예를 들어, 직렬 또는 병렬로) 유선연결(wired)될 수 있다. 하나 또는 양자의 센서들(120, 124)은 영역(114) 내의 근접 지점 근처에 또는 매체들 표면(110) 부근의 몇몇 다른 위치에 위치될 수 있다.

[0013] 센서(120)의 응답은 동작 동안 매체들(111)과의 접촉을 감지하고 및/또는 슬라이더(102)의 헤드-매체들 간 간격(113)을 검출하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 기준의 접촉 검출 기법들은 센서(120)에 DC 바이어스를 인가하고 히터(116)에 대한 전력이 변동될 때 저항의 상대적 변화들을 검출하도록 시도하는 것을 포함한다. 근접 지점 영역(114)이 매체들 표면(110)에 접촉하게 될 때, 마찰은 일반적으로 온도의 증가로 인해 센서 저항의 증가를 야기할 수 있다. 그러나 DC 저항 측정들은 노이즈에 민감하고, 이는 DC 저항이 추정될 수 있기 이전에 매우 다수의 샘플들을 요구할 수 있다. 이는 시스템의 응답이 수용 불가능하게 느려지게 할 수 있다. 또한, 이 기법의 민감성(sensitivity)은 히터(116)의 작동 효율에 상당히 의존할 수 있고 이는 에어 베어링 조건들에서의 변화들에 걸쳐서 접촉 임계값을 일정하게 세팅하는 것을 보다 어렵게 할 수 있다. 예를 들어, 에어 베어링 설계들 간의 접촉 응답에서의 차이는 순전히 히터들 간의 효율성 차이들에 기인할 수 있다.

[0014] 다른 접촉 검출 기법들은 센서(120)의 감지된 저항(또는 전압) 판독들의 RMS(root-mean-squared) 전력을 측정하는 것을 포함한다. 기계적 및 열적 섭동들은 슬라이더-디스크 간 접촉으로 인해 영역(114)에서 발생하고 이들 섭동들은 센서 출력의 RMS 값에서 시그니추어(예를 들어, 증가)의 형태로 검출될 수 있다.

[0015] 본 개시는 기준의 저항-기반 접촉 검출 방법들에 관련된 이슈들을 해결하는 방법들 및 장치들을 기술한다. 예를 들어, 위에서 기술된 현재-구현된 접촉 검출 기법들은 디스크에 접촉하는 슬라이더 상의 지점에 대한 저항 엘리먼트의 위치에 민감할 수 있다. 이러한 위치 민감성으로 인해, 이러한 기법들은 상이한 근접 지점들을 갖는 이중 히터들을 갖는 설계에 대해 수용 가능하게 수행되지 않을 수 있다. 여기서 기술되는 실시예들은 상이한 근접 지점들 및/또는 판독/기록 엘리먼트들과 각각 연관되는 이중 히터들과 함께 작동한다. 예를 들어, 각각의 히터는 연관된 근접 지점(예를 들어, 판독 센서 및 기록 트랜스듀서)을 가질 수 있고, 센서는 연관된 근접 지점들 중 하나 또는 둘 다로부터 떨어져 위치될 수 있지만, 여전히 공간(clearance)/간격을 검출하는데 이용될 수 있다. 실시예들은 다양한 경사각들(skew angles)에서 또한 작동할 수 있고 접촉을 선언(declare)하기 위해 센서 신호의 변조에 의존하지 않는다.

[0016] 이들 현재-구현된 접촉 검출 방법들 중 하나에서, 전력은 정상 또는 DC 파형으로 히터(116)에 인가된다. DC 파형의 진폭은 슬라이더가 디스크에 접촉하게 하도록 점차 증가된다. 접촉은 디스크와 헤드의 접촉으로부터 유도된 진동을 측정함으로써 또는 열적 경계 조건(thermal boundary condition)들의 변화로 인한 돌연한 저항 변화에 의해 결정될 수 있다.

[0017] 도 2를 참조하면, 그래프들은 예시적인 실시예에 따라 인가된 히터 전력 및 결과적인 센서 응답들을 예시한다. 그래프(202)에서 도시되는 바와 같이, DC 전력 신호는 사인파로 AC-변조된다. 그래프는 DC 오프셋 전력 레벨들(P_0 및 P_1)에 대해 도시된다. 이 예에서, 사인파의 피크간 진폭(peak-to-peak amplitude)은 상이한 전력 레벨 DC 오프셋(P_0 , P_1)에 대해 변화하지 않는다. 이들 입력 신호들은 일정한 진폭의 고주파수(10kHz 내지 70kHz) AC 파형을 DC 파형과 조합함으로써 형성될 수 있다. 파장(204)에 의해 여기서 표시되는 주파수는 또한 상이한

DC 오프셋 전력 레벨들(P_0 , P_1)에서 일정하다.

[0018] 그래프(206)에서, 슬라이더-장착된 TCR(thermal coefficient of resistance) 센서의 AC 컴포넌트가 도시된다. 이 출력 신호는 그래프(202)에서 도시된 2개의 히터 전력 레벨들(P_0 , P_1)에 대응하고, 입력 과형의 것과 동일한 주파수(파장(208)에 의해 표시됨)에서 추출된다. TCR 센서는 여기서 진폭들(A_0 및 A_1)에 의해 표시되는 히터 전력의 AC 컴포넌트와 동일한 주파수에서 저항 변화로 응답한다. 총 센서 출력은 DC 오프셋은 물론 다른 컴포넌트들(예를 들어, 노이즈)을 포함할 수 있고, 그래프(206)는 슬라이더 부양 높이를 결정할 목적으로 추출(예를 들어, 필터링)되는 관심의 주파수(208)에서 AC 컴포넌트만을 표현하도록 의도된다는 것이 인지될 것이다.

[0019] 그래프(206)에서 표시되는 바와 같이, 저항의 크기는 히터 전력의 변화들에 응답하여 진폭(A_0 및 A_1)으로부터 변한다. 그래프(206)가 증가하는 히터 전력에 응답하여 진폭이 증가하는 것을 도시하지만, 증가하는 히터 전력에 응답하여 진폭이 또한 감소할 수 있다. 이는 센서가 양의 또는 음의 TCR을 갖는지 여부, 및 센서에 부근의 열 전달에 영향을 주는 다른 조건들에 기인할 수 있다. 예를 들어, 히터 전력의 증가는 센서에 전달되는 열 에너지를 증가시키지만, 또한 저항 엘리먼트를 디스크에 더 근접시킨다. 디스크에 대한 이러한 더 가까운 근접은 열 전달 경계 조건들을 변화시키고 그래프(206)에서 도시되는 신호들을 측정하는데 이용되는 엘리먼트의 궁극의 저항에 영향을 줄 수 있다. 그 결과, 히터 전력에서의 증가들은 일반적으로 슬라이더의 부분들의 온도의 증가를 야기하지만, TCR 센서는 헤드-디스크 간 접촉의 열 전달 효과들(예를 들어, 전도율의 증가)로 인해 온도의 감소를 확인할 수 있다.

[0020] AC-변조된 전력의 주파수에서 발생하는 저항 변화는 주파수 도메인에서 측정될 수 있다. 예를 들어, FFT(fast Fourier transform)를 이용하여 시간 도메인으로부터 주파수 도메인으로 신호들을 변환할 수 있는 이를 테면 디지털 신호 프로세싱(DSP) 회로들이 널리 이용 가능하다. 대조적으로, DC-전용 방법들은 요구되는 회로들의 복잡도로 인해 디스크 드라이브에서 구현하기에 더 어려울 수 있다.

[0021] 이제 도 3을 참조하면, 그래프(300)는 예시적인 실시예에 따라 슬라이더의 측정들을 예시한다. 일반적으로, 그래프(300)는 히터 전력의 상이한 레벨들에서 슬라이더 어셈블리로부터 획득된 다수의 측정들(수평축)을 포함한다. 수직축은 트레이스들(302 내지 305)의 신호 진폭들을 표시한다. 트레이스들(302 내지 305)은 상이한 유닛들로 표현되고 서로로부터 스케일링될 수 있으며 다양한 타입들의 측정의 일반적인 동향들을 예시하기 위해 제시된다는 것이 주의되어야 한다.

[0022] 트레이스(302)는 헤드와 디스크 간의 정적인 마찰의 측정이다. 이 트레이스(302)는 대략 120mW의 히터 전력으로 접촉의 착수를 도시하며, 마찰은 약 170mW까지 끊임없이 증가한다. 170mW를 초과하면, 마찰 레벨들은 헤드와 디스크 간의 최대/전체 접촉을 표시하기를 중단(off)한다. 트레이스(303)는 슬라이더의 유도된 진동들의 종래의 측정이다. 트레이스(304)는 TCR 센서의 종래의 DC 저항 변화이다. 이 트레이스(304)는 약 140mW까지 비교적 일정한 슬로프(slope up)로 감소한다는 것에 주의한다. 트레이스(304)는 TCR 센서 부근에서 접촉-유도된 전도율 변화들에 응답하여 140mW와 160mW 양자에서 슬로프를 변화시킨다.

[0023] 도 3의 트레이스(305)는 히터 전압/전류 상의 변조되는 AC 과형의 주파수에서, 주파수 도메인에서 측정되는 TCR 센서 저항 변화의 진폭이다. 이 트레이스(305)는 곡선(304)에서 보여지는 것보다 범위에 걸쳐 슬로프에서 더 가변적인 변화를 갖는다. 트레이스(305)는 또한 접촉 시그니추어으로서 이용될 수 있는 접촉의 지점에서 명확한 변화를 도시한다. 예를 들어, 120mW 주위에서, 트레이스(305)는 트레이스(305)의 곡률이 부호(sign)를 변화시키는 굴곡(inflexion) 지점을 갖는다. 135mW 주위의 로컬 최소치들에서, 슬로프는 음으로부터 양으로 변화한다. 슬로프의 방향 및 동향에서의 이러한 변화들이 검출될 수 있다(예를 들어, 히터 전력의 함수로서 트레이스(305)의 제 1 과생물을 관찰함으로써). 이 예에서, 트레이스(305)는 예를 들어, 트레이스(302)에서 도시되는 물리적인 마찰 측정들에 의해 표현되는 바와 같이 접촉의 상당히 정확하고 검출 가능한 표현들을 제공한다. 트레이스(305)에 상대적으로, DC 트레이스(304)는 접촉의 상대적으로 약하고 늦은 시그니추어를 표출한다. .

[0024] 트레이스(305)에서 보여지는 저항 변화의 진폭은 접촉의 지점에서 검출 가능한 변화를 표출한다. 이 트레이스(305)의 형상이 예시된 구성에 응용 가능할 수 있지만, 대안적인 곡선들/동향들이 또한 헤드-디스크 간 접촉의 시그니추어으로서 이용될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예를 들어, 임의의 굴곡 지점들 또는 저항 그 자체의 로컬 극값(local extremum)(예를 들어, 최소치 또는 최대치) 또는 그의 과생물들은 헤드-디스크 간 접촉을 표시할 수 있다. 이를 시그니추어들은 HGA(head-gimbal assembly)의 원하는 동작 공간(desired operating clearance)을 세팅하도록 검출되고 이용될 수 있다. 예를 들어, 트레이스(305)의 값 및 슬로프는 또한 부양 높이 공간들 및/또는 헤드-매체들 간 간격을 결정하는데 이용될 수 있다. 이러한 타입의 공간 검출은 저항 엘리-

먼트가 근접 지점에 있는 것을 요구하지 않을 수 있고, 이에 따라 이중 히터 HGA들과 함께 잘 작동한다. 이러한 타입의 공간 검출은 높은 레벨들의 AAB(advance air bearing) 변조를 요구하지 않는다.

[0025] 위에서 기술되는 실시예들은 다수의 변동들을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예를 들어, 슬라이더는 2개 이상의 히터들, 예를 들어, 자기 판독기의 높이를 제어하기 위한 하나 그리고 자기 기록기의 높이를 제어하기 위한 다른 하나를 포함할 수 있다. TCR 센서는 동일하거나 상이한 시간들에 하나 또는 양자의 히터들과 동작하도록 이용될 수 있다. 일 변형에서, 히터들은 상이한 주파수 파형들로 조정될 수 있어서, TCR 센서의 2개의 상이한 주파수 도메인 출력들이 분석될 수 있다. 유사하게, 다수의 TCR 센서들은 개별적으로 유선연결되어 또는 서로 직렬로 및/또는 병렬로 함께 결합되어 이용될 수 있다. 이 센서들로부터의 신호들은 개별적으로 분석될 수 있거나, 또는 그들의 결합이 허용하면 함께 조합될 수 있다.

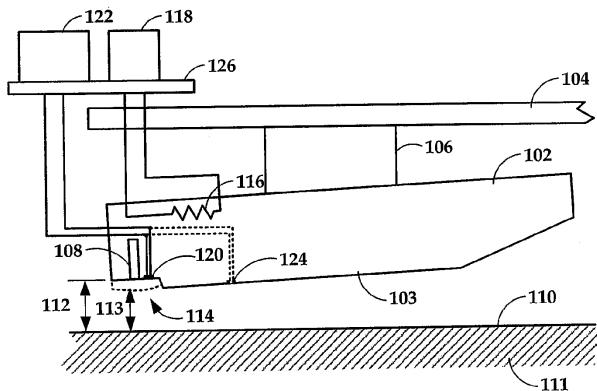
[0026] 이제 도 4를 참조하면, 흐름도가 예시적인 실시예에 따른 프로시저를 예시한다. 프로시저는 고 주파수의 AC-변조된 히터 전류를 자기 헤드의 히터에 인가하는 것(402)을 포함한다. 히터는 자기 헤드와 매체들 간의 간격을 조정하도록 구성될 수 있다. 고주파수의 AC-변조된 히터 전류는 DC 오프셋을 포함할 수 있으며, DC 오프셋은 간격을 조정하도록 변동된다.

[0027] 자기 매체들 부근의 영역에 위치되는 온도 센서의 저항 변화가 결정된다(404). 저항 변화는 히터 전류에 응답하여 발생한다. 이 저항 데이터는 시간 도메인으로부터 주파수 도메인으로 선택적으로 변환(406)될 수 있다. 자기 헤드와 자기 매체들 간의 공간/간격 및 접촉 중 적어도 하나는 저항 변화의 주파수-도메인 시그니추어에 기초하여 결정된다(408). 주파수 도메인 시그니추어는 히터 전류의 주파수에서 측정될 수 있다. 주파수-도메인 시그니추어는 주파수-도메인에서 측정된 저항의 굴곡 지점 및/또는 로컬 극값을 포함할 수 있다. 이러한 경우에, 로컬 극값 및/또는 굴곡 지점은 자기 헤드와 매체들 간의 접촉에 응답하여 발생한다.

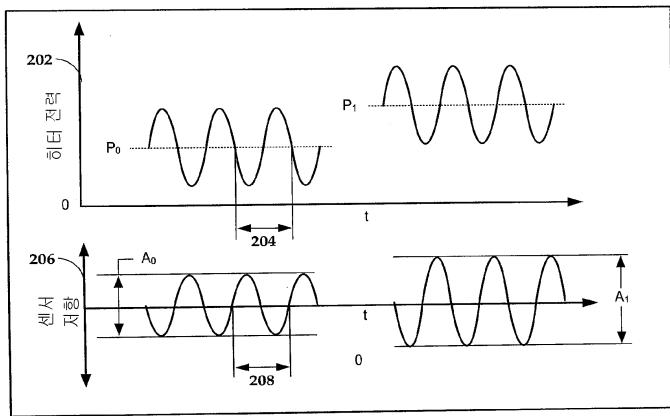
[0028] 예시적인 실시예들의 위의 설명은 예시 및 설명의 목적을 위해 제시되었다. 그것은 실시예들을 총망라하거나 기재되는 바로 그 형태로 실시예들을 제한하도록 의도되지 않는다. 다수의 수정들 및 변동들이 위의 교시의 견지에서 가능하다. 개시된 실시예들의 임의의 또는 모든 특징들은 개별적으로 또는 임의의 조합으로 적용될 수 있으며, 제한하는 것을 의미하는 것이 아니라 순전히 예시적이다. 이 상세한 설명으로 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아니라 여기에 첨부된 청구항들에 의해 결정되도록 의도된다.

도면

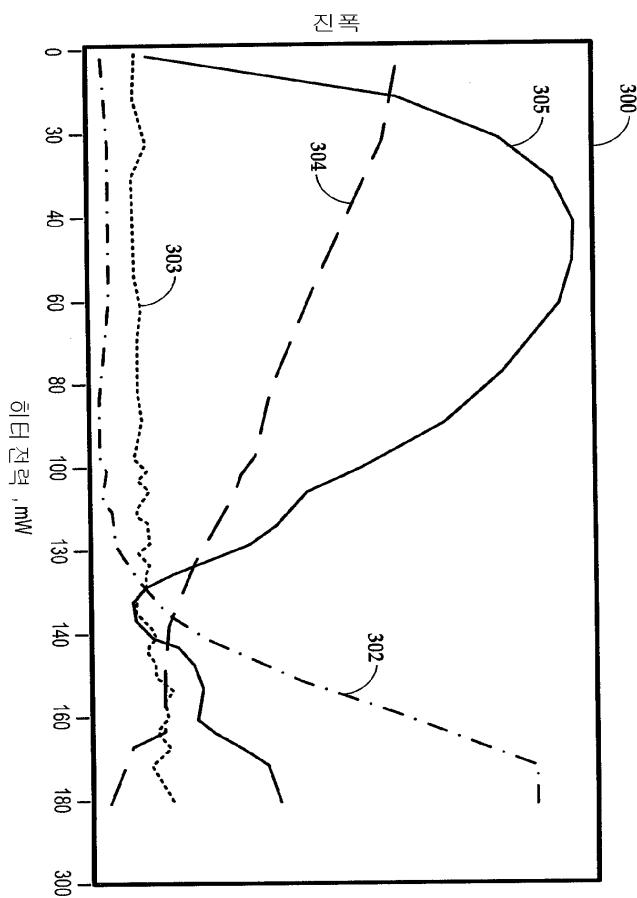
도면1



도면2



도면3



도면4

