



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년09월17일

(11) 등록번호 10-1553931

(24) 등록일자 2015년09월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G11B 5/48 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0026637

(22) 출원일자 2014년03월06일

심사청구일자 2014년03월06일

(65) 공개번호 10-2014-0111608

(43) 공개일자 2014년09월19일

(30) 우선권주장

13/793,803 2013년03월11일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

US20120120522 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

(73) 특허권자

시게이트 테크놀로지 엘엘씨

미국 캘리포니아 95104 쿠퍼티노 사우쓰 디 엔자
블리바드 10200

(72) 발명자

리우, 동밍

미국 55347 미네소타 에텐 프레리 스트로베리 코
트 17946

하팔라, 케네스

미국 55447 미네소타 폴리머스 메리맥 레인 노스
320

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

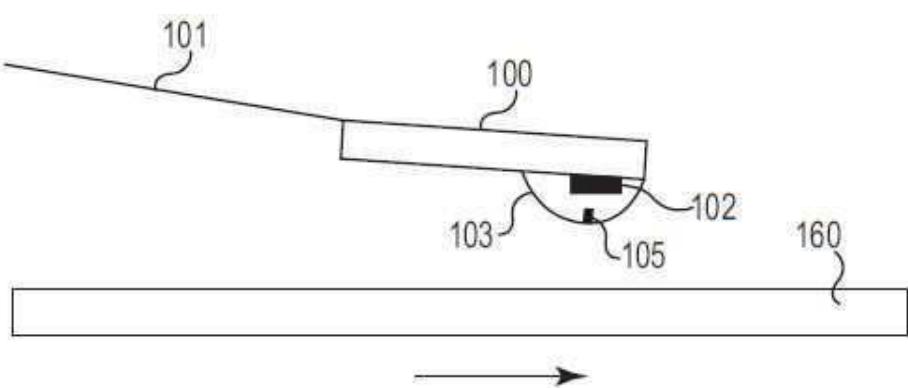
전체 청구항 수 : 총 22 항

심사관 : 최우준

(54) 발명의 명칭 도입된 가열 발진을 사용하는 헤드-매체 접촉 검출

(57) 요약

장치는 자기 기록 매체와 상호 작용하도록 구성되는 헤드 변환기 및 헤드 변환기를 열적으로 작동시키도록 구성되는 가열기를 포함한다. 헤드 변환기에 있거나 헤드 변환기 근처에 있는 열 센서는 센서 신호를 생성하도록 구성된다. 회로조직은 가열기에 결합되고 가열기 전력의 발진을 야기하도록 구성된다. 가열기 전력 발진은 센서 신호의 발진을 야기한다. 검출기는 열 센서에 결합되고 발진 센서 신호 및 가열기 전력을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하도록 구성된다.

대 표 도 - 도1

(72) 발명자

류, 스코트 이.

미국 55318 미네소타 채스카 웬즈 애비뉴 1985

초우, 린

미국 55123 미네소타 이건 웨스턴 힐 드라이브

4623

명세서

청구범위

청구항 1

장치로서,

자기 기록 매체와 상호작용하도록 구성되는 헤드 변환기;

상기 헤드 변환기를 열적으로 작동시키도록 구성되는 가열기;

상기 헤드 변환기에 위치되거나 근처에 위치되고 센서 신호를 생성하도록 구성되는 열 센서;

상기 가열기에 결합되고, 상기 가열기에 공급되는 전력의 발진을 야기하기 위해 기준 신호를 발생시키도록 구성되는 회로조직 — 상기 가열기 전력 발진은 상기 센서 신호의 발진을 야기함 —; 및

상기 열 센서에 결합되는 검출기를 포함하고, 상기 검출기는:

상기 센서 신호와 상기 기준 신호 사이의 위상 차이를 검출하는 것, 또는

상기 센서 신호에 피팅되는 곡선과 상기 기준 신호 사이의 에러를 검출하는 것, 또는

상기 센서 신호와 상기 기준 신호 사이의 잡음의 차이를 검출하는 것

중 적어도 하나에 의해 헤드-매체 접촉을 검출하도록 구성되는,

장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 열 센서는 저항 온도 계수를 갖는 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 검출기는 상기 센서의 저항의 변화 및 가열기 전력의 변화에 기초한 메트릭을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하도록 추가로 구성되는 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 검출기는 상기 센서의 저항의 변화율 및 가열기 전력의 변화율에 기초한 메트릭을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하도록 추가로 구성되는 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 검출 메트릭은 비율($\Delta R/\Delta P$)에 의해 정의되며, ΔR 은 상기 센서의 저항의 변화율이고 ΔP 는 가열기 전력의 변화율인 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 검출기는 $\Delta R/\Delta P$ 의 직접적인 원위치 측정을 dP 진폭의 유도된 가열기 발진에 대한 열 센서 응답으로서 행하도록 구성되는 장치.

청구항 7

청구항 5에 있어서, 상기 검출기는 상기 비율($\Delta R/\Delta P$)의 최소를 검출함으로써 헤드-매체 접촉을 검출하도록 구성되는 장치.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 검출기는 상기 센서 신호와 상기 기준 신호 사이의 상기 위상 차이를 검출하도록 구성되는 장치.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 검출기는 상기 센서 신호에 피팅되는 곡선과 상기 기준 신호 사이의 상기 에러를 검출하도록 구성되는 장치.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 검출기는 상기 센서 신호와 기준 신호 사이의 상기 잡음의 차이를 검출하도록 구성되는 장치.

청구항 11

청구항 1에 있어서, 상기 헤드 변환기는 상기 매체에 대한 비변조 헤드-매체 인터페이스를 정의하도록 구성되는 장치.

청구항 12

청구항 1에 있어서, 상기 헤드 변환기는 상기 매체에 대한 변조 헤드-매체 인터페이스를 정의하도록 구성되는 장치.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 회로조직은 서보 회로조직을 포함하고;

상기 가열기 전력 발진의 주파수는 상기 자기 기록 매체 상의 서보 패턴들의 주파수와 관련되는 장치.

청구항 14

청구항 1에 있어서, 상기 검출기는,

- (1) 상기 센서의 저항의 변화율 및 가열기 전력의 변화율;
- (2) 상기 센서 신호 및 상기 센서 신호와 동일한 주파수의 상기 기준 신호 사이의 상기 위상 차이; 및
- (3) 상기 센서 신호에 피팅되는 상기 곡선과 상기 기준 신호 사이의 상기 에러를 사용하여 조절 공기 배어링에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하도록 구성되는 장치.

청구항 15

청구항 1에 있어서, 상기 검출기는 적어도 상기 센서의 저항의 변화율 및 가열기 전력의 변화율을 사용하여 비 조절 공기 배어링에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하도록 구성되는 장치.

청구항 16

방법으로서,

기준 신호를 사용하여 헤드 변환기의 가열기에 공급되는 전력의 발진을 야기하는 단계;

상기 발진 가열기 전력에 의해, 상기 헤드 변환기에 있는 열 센서에 의해 생성되는 신호의 발진을 야기하는 단계; 및

상기 센서 신호와 상기 기준 신호 사이의 위상 차이를 검출하는 것, 또는

상기 센서 신호에 피팅되는 곡선과 상기 기준 신호 사이의 에러를 검출하는 것, 또는

상기 센서 신호와 상기 기준 신호 사이의 잡음의 차이를 검출하는 것

중 적어도 하나에 의해 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서, 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계는,
상기 센서의 저항의 변화율($\triangle R$)을 측정하는 단계;
가열기 전력의 변화율($\triangle P$)을 측정하는 단계; 및
비율($\triangle R/\triangle P$)을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서, 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계는 상기 비율($\triangle R/\triangle P$)의 최소를 검출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 19

청구항 17에 있어서,
헤드-매체 접촉을 검출하는 단계는,
발진 주파수에서의 상기 센서 신호를 동일한 주파수의 상기 기준 신호와 비교하는 단계; 및
상기 센서 신호와 상기 기준 신호 사이의 위상 차이에 대응하여 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 20

청구항 17에 있어서,
헤드-매체 접촉을 검출하는 단계는,
상기 기준 신호를 상기 센서 신호에 피팅되는 곡선과 비교하는 단계; 및
상기 기준 신호와 센서 신호 곡선 사이의 에러에 대응하여 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 21

청구항 17에 있어서, 조절 공기 베어링에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계는,
(1) 상기 센서의 측정된 저항의 변화율 및 가열기 전력의 변화율;
(2) 상기 센서 신호 및 상기 센서 신호와 동일한 주파수의 기준 신호 사이의 위상 차이; 및
(3) 상기 센서 신호에 피팅되는 곡선과 상기 기준 신호 사이의 에러에 기초하는 방법.

청구항 22

청구항 17에 있어서, 비조절 공기 베어링에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계는 적어도 상기 센서의 측정된 저항의 변화율 및 가열기 전력의 변화율에 기초하는 방법.

발명의 설명

발명의 내용

[0001] 본 개시의 실시예들은 자기 기록 매체와 상호작용하도록 구성되는 헤드 변환기 및 헤드 변환기를 열적으로 작동 시키도록 구성되는 가열기를 포함하는 장치에 관한 것이다. 헤드 변환기에 있거나 헤드 변환기 근처에 있는 열 센서는 센서 신호를 생성하도록 구성된다. 회로조직은 가열기에 결합되고 가열기 전력의 발진을 야기하도록 구성된다. 가열기 전력 발진은 센서 신호의 발진을 야기한다. 검출기는 열 센서에 결합되고 발진 센서 신호 및 가열기 전력을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하도록 구성된다.

[0002]

다른 실시예들은 헤드 변환기의 가열기에 공급되는 전력의 발진을 야기하는 단계, 및 발진 가열기 전력에 의해, 헤드 변환기에 있는 열 센서에 의해 생성되는 신호의 발진을 야기하는 단계를 포함하는 방법에 관한 것이다. 방법은 또한 열 센서에 의해 생성되는 신호를 측정하는 단계, 및 측정된 센서 신호 및 가열기 전력을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하는 단계를 포함한다.

[0003]

다양한 실시예들의 이들 및 다른 특징들 및 양상들은 이하의 상세한 논의 및 첨부 도면들을 고려하면 이해될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0004]

도 1은 다양한 실시예들에 따른 저항 온도 계수(TCR) 센서를 통합하는 가열기 작동 헤드 변환기 배열의 간략한 측면도이다.

도 2는 도 1에 도시된 가열기 작동 헤드 변환기 배열의 정면도이다.

도 3은 사전 작동 구성 및 작동 구성에서의 도 1 및 도 2의 가열기 작동 헤드 변환기 배열을 도시한다.

도 4는 헤드 변환기와 자기 기록 디스크의 표면 사이의 접촉 전, 동안, 및 후에 도 1-도 3에 도시된 타입의 가열기 작동 헤드 변환기에 대한 전형적인 온도 프로파일을 예시한다.

도 5-도 7은 다양한 실시예들에 따른 헤드-매체 접촉 및/또는 헤드-매체 간격 변화들을 검출하는 방법들의 다양한 프로세스들을 나타내는 흐름도들이다.

도 8은 다양한 실시예들에 따른 가열기 작동 헤드 변환기 배열의 블록도이다.

도 9-도 10은 다양한 실시예들에 따른 검출기들의 블록도들이다.

도 11-도 12는 다양한 실시예들에 따른 제어 회로조직의 블록도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0005]

데이터 저장 시스템들은 통상 기록 매체에 정보를 기록하고 기록 매체로부터 정보를 판독하는 하나 이상의 기록 헤드들을 포함할 수 있다. 기록 헤드와 그것의 연관된 매체 사이의 비교적 작은 거리 또는 간격을 갖는 것이 종종 바람직하다. 이러한 거리 또는 간격은 "플라이(fly) 높이" 또는 "헤드-매체 간격"으로 알려져 있다. 헤드-매체 간격을 감소시킴으로써, 기록 헤드는 전형적으로 매체에 데이터를 기록하는 것 및 매체로부터 데이터를 판독하는 것 둘 다를 더 잘 할 수 있다. 헤드-매체 간격을 감소시키는 것은 또한 기록 매체 표면의 요철들 및 다른 특징들을 허용하는 것과 같이, 기록 매체 토포그래피의 측량을 허용한다. 헤드-매체 접촉 검출 및/또는 헤드-매체 간격 감지 기술들은 자기 저장 시스템들의 성능 및 신뢰성에 중요하다. 더 높은 접촉 검출 반복성은 더 낮은 활성 간격, 및 따라서 더 높은 기록 밀도를 가능하게 한다. 더 높은 접촉 검출 감도는 마모를 감소시키고 신뢰성을 개선한다.

[0006]

다양한 실시예들에 따르면, 및 도 1-도 3을 참조하면, 회전 자기 저장 매체(160)에 아주 근접한 서스펜션(101)에 의해 지지되는 슬라이더(100)가 도시된다. 슬라이더(100)는 기록 헤드 변환기(103) 및 헤드 변환기(103)에 열적으로 결합되는 가열기(102)를 지원한다. 가열기(102)는 전기 전류가 가열기(102)를 통해 통과될 때 써멀 히트(thermal heat)를 발생시키는 저항 가열기일 수 있다. 가열기(102)는 저항 가열기들에 제한되지 않고, 임의의 타입의 가열 소스를 포함할 수 있다. 가열기(102)에 의해 발생되는 열 에너지는 헤드 변환기(103)의 열 팽창을 야기한다. 이러한 열팽창은 데이터 저장 시스템 내의 헤드-매체 간격(107)을 감소시키기 위해 사용될 수 있다.

[0007]

자기 기록 매체(160)에 가까운 지점에 있는 헤드 변환기(103) 상에 위치되는 저항 온도 계수(TCR) 센서(105)가 도시된다. 가까운 지점은 일반적으로 헤드 변환기(103)와 자기 기록 매체(160) 사이의 가장 가까운 접촉 지점인 것으로 이해된다. 이전에 논의된 바와 같이, 헤드 변환기(103)의 작동은 가열기(102)와 같은 열 액추에이터, 또는 다른 액추에이터(예를 들어, 라이터)에 의해 실현될 수 있다. 바이어스 전력은 센서(105) 및 헤드 변환기(103)의 인접 부분의 표면 온도를 상승시켜 자기 기록 매체(160)의 온도보다 실질적으로 더 높아지도록 TCR 센서(105)에 인가된다. TCR 센서(105)는 헤드-매체 접촉, 및 일부 실시예들에서, 매체(160)의 요철들을 검출하기 위해 열 흐름의 변화들을 감지하도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0008]

도 3에 도시된 바와 같이, 헤드-매체 접촉 전에, 고온 헤드 표면과 비교적 저온 디스크(160) 사이에 정의되는 공기 캡(107)이 존재한다. 헤드 변환기(103), 공기 캡(107), 및 자기 기록 디스크(160)는 열 전달 속도의 하나의 레벨을 정의한다. 열 액추에이터 또는 가열기(102)의 활성화 후와 같이, 헤드 변환기(103)가 디스크(160)와

접촉할 때, 헤드 변환기(103) 및 디스크(160)의 높은 열 전도도 재료들 사이의 직접 접촉은 열 전달 속도를 상당히 증가시킨다. 이와 같이, 헤드 변환기(103) 상의 TCR 센서(105)는 온도의 강하 또는 온도 궤적의 이탈을 감지하여, 헤드-매체 접촉의 검출을 허용한다.

[0009] 도 4는 헤드 변환기(103)와 자기 기록 디스크(160)의 표면 사이의 접촉 전, 동안, 및 후에 도 1-도 3에 도시된 타입의 기록 헤드 변환기(103)에 대한 전형적인 온도 프로파일을 예시한다. 이러한 예시적 예에서, 온도 프로파일은 정상 상태 DC 신호로 표시된다. 헤드 변환기(103)가 열 액추에이터(102)에 의해 작동될 때, 헤드 변환기 표면 온도는 열 액추에이터(102)에 의해 발생되는 열 때문에 작동에 따라 증가할 것이다. 헤드 변환기 온도는 디스크(160)의 온도보다 더 높을 것이다. 이와 같이, 디스크(160)는 이러한 시나리오에서 헤트 싱크로서의 역할을 한다. 헤드 변환기(103)가 디스크(160)와 접촉할 때, 헤드 변환기 표면 온도는 접촉에서 기인하는 열 전달 속도의 변화 때문에 강하할 것이다. 헤드 변환기 표면 온도는 열 액추에이터 가열 및 마찰 가열 때문에 계속해서 증가할 것이다. 온도의 변화 또는 온도 궤적의 이탈은 헤드-매체 접촉을 나타내기 위해 사용될 수 있다.

[0010] 본 개시의 실시예들은 헤드 변환기 내의 가열에 공급되는 전력의 발진 및 헤드 변환기에 위치되는 열 센서의 결과적인 발진에 기초하여 헤드-매체 간격을 결정하고 HDI(head-disk interface)에서 접촉을 검출하는 방법들 및 장치에 관한 것이다. 본 개시의 실시예들은 가열기에 공급되는 전력을 발진시키는 것, 가열기 발진에 대응하여 적어도 하나의 열 센서의 출력을 분석하는 것, 및 헤드-매체 간격 및/또는 접촉을 검출하기 위해 출력을 사용하는 것을 포함한다. 다양한 실시예들은 조절 공기 베어링들과 함께 사용되는 헤드-매체 접촉 검출 장치들 및 방법들에 관한 것이다. 다른 실시예들은 비조절 공기 베어링들 또는 강성 공기 베어링들을 갖는 헤드-디스크 인터페이스들과 함께 사용되는 헤드-매체 접촉 검출 장치들 및 방법들에 관한 것이다.

[0011] 다양한 실시예들에 따른 헤드-매체 접촉 검출은 (1) 저항 온도 센서와 연관되는 저항 및 전력의 변화들, (2) 기준 신호에 대한 저항 온도 센서에 의해 생성되는 신호의 위상의 변화들, 및 (3) 저항 온도 센서에 의해 생성되는 신호에 피팅되는 곡선과 기준 신호 사이의 여러 중 하나 이상에 기초하여 평가될 수 있다. 이러한 검출 기술들의 일부 또는 전부는 조절 공기 베어링 헤드-디스크 인터페이스들에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 검출 기술들의 일부 또는 전부는 비조절 공기 베어링 헤드-디스크 인터페이스들에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하기 위해 사용될 수 있다.

[0012] 저항 온도 센서는 이전에 논의된 이유들로 특히 유용한 헤드-매체 접촉 검출 센서인 것으로 발견되었다. 저항 온도 센서는 본질적으로, 극단(pole tip) 상의 열 감지 저항기이다. 저항 온도 센서는 다른 변화들 중에서, 공기압, 간격, 및 접촉으로부터 모든 열 조건 변화들에 의해 유도되는 온도 변화를 측정한다. 공기 베어링에 대해, 헤드 변환기 냉각 효율은 열 전달 효율의 증가 때문에 매체 간 감소된 간격에 따라 개선된다. 헤드 변환기 냉각 효율은 헤드 변환기가 매체와 접촉할 때 매체가 효율적인 열 싱크를 헤드 변환기에 제공하기 때문에 최대에 도달한다. 본 개시의 실시예들에 따르면, 헤드-매체 접촉은 헤드 조절에 의해 야기되지 않는 인터페이스 냉각 효율을 감시함으로써 검출될 수 있다.

[0013] 저항 온도 센서로부터의 DC 신호는 가열기 요소 기반 가열이 지배한다. 인터페이스 냉각/가열에 의해 야기되는 저항 변화는 저항 온도 센서의 가열기 요소에 의해 야기되는 것의 일부만을 나타낸다. DC 저항 측정에 기초하여 헤드-매체 접촉이 발생하는 곳을 확실히 아는 것은 일반적으로 어렵다. 본 개시의 실시예들은 출력 신호가, 가열기와 같은 변환기 헤드의 열 발생 구성요소에 의해 야기되는 발진을 갖는 저항 온도 센서로부터의 저항 측정을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하는 것에 관한 것이다.

[0014] 헤드-디스크 인터페이스 냉각 조건의 하나의 척도는 가열기 전력 발진에 대응하여, 가열기 전력에 대한 온도 상승의 비율, 또는 $\Delta R/\Delta P$ (예를 들어, dR/dP)이다. $\Delta R/\Delta P$ 의 비율은 더 좋은 냉각 조건에 따라 감소하고, 헤드-매체 접촉에서 최소에 도달한다. $\Delta R/\Delta P$ 는 마찰 가열 때문에 헤드-매체 접촉 후에 다시 증가한다. 헤드-매체 접촉은 헤드 조절 대신에 메트릭 $\Delta R/\Delta P$ 를 감시함으로써 검출될 수 있다. $\Delta R/\Delta P$ 는 최소에 도달하기 전에 우선 선형 경향에서 벗어난다(강하됨). 이러한 시그니처는 헤드-매체 접촉의 개시에 의해 야기되는 냉각을 표시한다. $\Delta R/\Delta P$ 의 최소점은 전체 헤드-매체 접촉을 표시하고 그 열은 마찰에 의해 발생된다. 헤드-매체 접촉을 검출하는 다양한 방법들은 헤드 변환기 가열기에 공급되는 가열기 전력에 대한 헤드 변환기의 온도 상승의 비율을 이용한다.

[0015] 도 5를 참조하면, 헤드-매체 접촉을 검출하는 방법은 다양한 실시예들에 따라 도시된다. 도 5에 도시된 실시예에 따르면, 헤드 변환기 상에 위치된 가열기에 공급되는 전력이 발진된다(202). 가열기 전력은 발진 소스 신호를 사용하여 가열기 공급되는 전력을 증가시키고 감소시킴으로써 발진된다. 하나의 예시적 소스 신호는 서보 시스템 신호이다. 대안적으로, 소스 신호는 헤드 변환기 배열 내에 존재하거나, 헤드 변환기 배열에 추가되는 컨

트롤러를 프로그램함으로써 공급될 수 있다. 헤드 변환기에 있는 열 센서는 열 센서의 저항 요소의 온도가 자기 저장 매체의 것과 상당히 다르도록(예를 들어, 더 높도록) DC 전류로 바이어스된다.

[0016] 발진 가열기 전력에 대응하여, 헤드 변환기에 있는 열 센서는 온도의 결과적인 변화를 측정하고(204) 변조된 센서 신호를 생성한다. 센서 신호 변조의 주파수는 가열기 전력이 변조되는 주파수에 상응한다. 가열기에 공급되는 전력을 변조하는 것은 열 센서가, 주파수 및 진폭이 가열기 전력 변조의 것에 상응하는 AC 신호를 효과적으로 생성하게 한다. 열 센서는 TCR 센서의 저항 변화를 측정함으로써 온도의 변화를 측정하는 것이 달성되도록 TCR 센서일 수 있다. 헤드-매체 접촉은 측정된 센서 신호 및 발진 가열기 전력을 사용하여 검출된다(206). 더 구체적으로, 헤드-매체 접촉은 센서 신호의 변화 및 가열기 전력의 변화를 포함하는 상이한 메트릭들을 사용하여 검출될 수 있다.

[0017] 도 6은 다양한 실시예들에 따른 저조절 또는 비조절 헤드-매체 인터페이스에 특히 유용한 헤드-매체 접촉을 검출하는 방법을 도시하는 흐름도이다. 도 6에 도시된 방법은 또한 다른 실시예들에 따른 조절 헤드-매체 인터페이스에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하는데 유용하다는 점이 이해된다. 헤드 변환기가 자기 기록 매체에 대해 이동하고 저조절 또는 비조절 헤드-매체 인터페이스를 그 사이에 정의하는 경우, 방법 실시예들은 가열기를 사용하여 헤드 변환기를 작동시키는 단계를 포함한다. 헤드 변환기를 작동시키는 단계는 가열기에 공급되는 전력을 발진시키는 단계(222)를 포함한다. 발진 전력에 대응하여, 헤드 변환기에 위치되는 열 센서의 저항(ΔR)의 변화율이 측정된다(224). 하나의 예시적 열 센서는 DETCR(dual-ended temperature coefficient of resistance sensor)과 같은 TCR 센서일 수 있다. 가열기 전력(ΔP)의 변화율이 또한 측정된다(226). 저항(ΔR)의 변화율 대 가열기 전력(ΔP)의 변화율의 비율을 사용하여, 헤드-매체 접촉이 검출될 수 있다(228).

[0018] $\Delta R/\Delta P$ 를 나타낸 저항(ΔR)의 변화율 대 전력(ΔP)의 변화율의 비율은 헤드-매체 간격을 평가하고 헤드-매체 접촉 검출을 수행하는 메트릭을 제공한다. 메트릭 $\Delta R/\Delta P$ 는 감소하는 헤드-매체 간격에 따라 선형으로 감소한다. $\Delta R/\Delta P$ 의 선형성 및 최소로부터 편차를 검출하는 것은 헤드-매체 접촉 및 헤드-매체 야기 냉각 및 마찰 가열을 표시한다. 그러한 접근법은 접촉 검출을 우한 공기 베어링 조절에 의존하지 않는다. 그러나, 이러한 헤드-매체 접촉을 검출하는 기술은 이전에 논의된 바와 같이, 조절 및 비조절 공기 베어링들과 함께 사용될 수 있다.

[0019] 도 7은 다양한 실시예들에 따른 하나 이상의 검출 메트릭들을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하는 다른 방법을 예시한다. 헤드 변환기의 가열기는 발진 전원으로 작동된다(250). 가열기에 공급되는 발진 전력에 대응하여, 헤드 변환기에 위치되는 열 센서의 온도/저항(ΔR)의 변화율이 측정된다(252). 발진 가열기 전력(ΔP)의 변화율이 또한 측정된다(254). 헤드-매체 접촉은 적어도 3개의 검출 메트릭들을 사용하여 검출될 수 있다. 이하의 검출 메트릭들은 개시된 바와 같이 단독으로 또는 조합으로 사용될 수 있다.

[0020] 제 1 메트릭을 사용하면, 도 6과 관련하여 앞서 논의된 바와 같이, 헤드-매체 접촉은 비율($\Delta R/\Delta P$)을 사용하여 직접 검출된다(260). 예를 들어, 비율($\Delta R/\Delta P$)의 최소를 검출하는 것은 헤드-매체 접촉을 식별한다. 게다가, 예를 들어 선형 피팅 에러의 대략 3 이상의 시그마에 대한 선형 피팅으로부터 비율의 편차를 검출하는 것은 접촉이 예상되도록 공기 캡의 상당한 감소를 표시한다.

[0021] 제 2 메트릭은 발진 전력 공급 제어 신호를 기준 신호로서 사용하는 것을 포함한다(264). 발진 전력 공급 제어 신호의 주파수가 미리 선택되므로, 주파수는 알려져 있다. 열 센서 신호는 가열기 요소의 온도가 지배적이기 때문에, 센서 신호의 주파수는 가열기에 공급되는 발진 제어 신호의 것에 주로 상응한다. 따라서, 측정된 주파수에서의 열 센서 신호는 알려진 주파수에서의 기준 신호와 비교될 수 있다. 센서 신호와 기준 신호 사이의 차이들은 헤드-매체 접촉이 발생할 때까지 실질적으로 일치할 것이며, 어느 지점에서 열 센서 신호는 더 이상 가열기 요소가 지배하지 않는다. 예를 들어, 센서 및 기준 신호들의 위상은 헤드-매체 접촉 이벤트가 발생할 때까지 실질적으로 일치할 것이며, 어느 지점에서 센서 신호의 위상은 기준 신호의 것에서 상당히 벗어난다. 센서 신호 위상과 기준 신호 위상 사이의 차이는 대략 5%의 사이클, (예를 들어 500 Hz 발진에 대한 0.3 라디안)보다 더 큰 위상 변화와 같은 미리 결정된 임계값만큼 벗어날 때, 헤드-매체 접촉이 검출된다.

[0022] 대안적으로, 측정된 주파수 및 측정된 진폭에서의 센서 신호는 알려진 주파수 및 진폭에서의 기준 신호와 비교된다. 센서의 주파수 및 진폭과 기준 신호들 사이의 차이들은 헤드-매체 접촉을 식별하기 위해 유사하게 사용될 수 있다. 또한, 센서 신호와 기준 신호 사이의 차이를 측정하는 것은 잡음의 차이를 측정하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 센서 신호의 잡음은 헤드-매체 접촉이 발생할 때까지 실질적으로 일정하며, 그 때에 센서 신호의 잡음 성분의 진폭은 이전 접촉 잡음의 것에 비해 상당히 증가한다.

[0023] 제 3 메트릭은 센서 신호에 피팅되는 곡선과 기준 신호(262) 사이의 에러를 결정하는 것을 포함한다. 앞서 논의된 바와 같이, 열 센서 신호는 헤드-매체 접촉이 발생할 때까지 발진 전력 제어/기준 신호에 주로 상용한다. 따라서, 센서 신호가 미리 결정된 에러 마진에 의해 기준 신호로부터 벗어날 때, 헤드-매체 접촉이 검출된다. 3 이상의 시그마의 편자는 예를 들어 헤드-매체 접촉이 예상되도록 공기 갭의 상당한 감소를 표시한다.

[0024] 이러한 메트릭들 각각은 헤드-매체 접촉(266)을 검출하기 위해 개별적으로 또는 조합으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 제 1 메트릭은 비조절 공기 베어링 인터페이스가 포함될 때 적어도 단독으로 사용될 수 있다. 그러나, 조절 공기 베어링 인터페이스에 대해, 모든 3개의 메트릭들은 공지된 방법들보다 더 이르게 접촉의 시작을 검출하기 위해 조합으로 사용될 수 있다. 선택된 메트릭(들)은 공기 베어링의 강성에 기초할 수 있다.

[0025] 도 8에 도시된 바와 같이, 자기 기록 매체 및 연관된 회로조직(300)과 상호작용하도록 구성되는 헤드 변환기는 다양한 실시예들에 따른 헤드-매체 접촉을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 헤드 변환기(320)는 자기 저장 매체에 대한 비조절 헤드-매체 인터페이스 또는 매체에 대한 조절 헤드-매체 인터페이스를 정의할 수 있다. 헤드 변환기(320)는 판독 변환기(342) 및 기록 극(332)을 포함한다. 또한, 헤드 변환기(320)는 열을 판독 변환기(342)에 가하는 가열기(340) 및 열을 기록 극(332)에 가하는 가열기(330)를 포함한다. 가열기(340 또는 330) 중 하나는 헤드 변환기를 작동시킬 수 있다.

[0026] 게다가, 각각의 극은 대응하는 열 센서, 판독 변환기(342)에 대한 센서(344) 및 기록 극(332)에 대한 센서(334)를 포함할 수 있다. 센서들(344 및 334)은 헤드에 위치되고, 임의의 타입의 열 센서일 수 있다. 예를 들어, 센서들(344 및/또는 334)은 DC 전류를 사용하여 저항의 변화를 측정하기 위해 DC 전류를 수신하는 TCR 센서일 수 있다. 센서들(344 및 334) 각각은 헤드 변환기와 매체 사이의 접촉을 감지하는데 사용되는 온도 변화를 측정하고 각각의 센서 신호를 생성한다. 헤드 변환기(320)를 작동시키는 가열기는 접촉을 검출하기 위해 어느 센서가 사용되는지를 판단한다. 헤드 변환기(320)는 신호 발생기 회로조직(302) 및 검출기(310)에 결합된다. 헤드 변환기(320)는 일부 실시예들에 따른 단 하나의 열 센서(334, 344) 및/또는 단 하나의 가열기(330, 340)를 통합할 수 있다는 점이 이해된다.

[0027] 신호 발생기 회로조직(302)은 가열기(340) 및/또는 가열기(330)에 공급되는 전력을 발진하는 제어 신호를 제공하기 위해 가열기들(340 및 330)에 연결된다. 신호 발생기 회로조직은 헤드 변환기 배열에 존재하거나, 도입되는 프로그램가능 회로조직일 수 있다. 일 예는 DAC의 프로그래밍 소프트웨어에 의해서와 같이, 가열기 전력 회로의 DAC(digital-to-analog converter)를 적절히 구성하는 것을 포함한다. 가열기 전력 발진의 소프트웨어 제어는 가열기(340, 330)에 적용되는 과형을 지정하기 위해 증가된 유연성을 제공한다. 이것은, 접촉 검출 신호를 향상시킬 수 있는 정사각형, 사인, 삼각형, 또는 다른 과형들을 포함하는 다양한 과형들의 사용이 가열기(340, 330)를 구동하는 것을 허용한다. 대안적으로, 신호 발생기 회로조직은 자기 기록 시스템 내에 이미 존재하는 서보 회로조직을 포함한다. 특정 실시예들에서, 가열기 전력 발진의 주파수는 자기 기록 매체 상의 서보 패턴들의 주파수(500 Hz와 같은 수백 헤르츠)와 관련된다. 가열기들(340 및 330)은 각각 가열기 요소 및 전력 제어 신호를 수신하는 전력 회로를 포함한다.

[0028] 검출기(310)는 센서들(344 및 334)에 결합되고 결과적인 발진 센서 신호 및 가열기 전력을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하도록 구성된다. 헤드-매체 접촉은 센서(344, 334)의 저항의 변화 및 가열기 전력의 변화에 기초하여 하나 이상의 메트릭들을 사용하여 검출된다. 일부 실시예들에 따르면, TCR DC 전압 레벨을 측정하기 위해 사용되는 ADC는 n 비트의 범위를 갖는다. 검출기(310)는 발진 가열기 전력에 의해 야기되는 센서 저항의 변화가 ADC의 n 비트 범위를 사용하여 측정 가능하도록 DC 오프셋 소거 DAC를 포함한다.

[0029] 비조절된, 저조절된, 또는 조절된 헤드-매체 인터페이스에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하는 다양한 실시예들에 따른 도 9에 예시된다. 검출기(410)는 센서의 저항의 변화율 및 가열기 전력의 변화율에 기초한 메트릭을 사용하여 헤드-매체 접촉을 검출하도록 구성되는 검출기(412)를 포함한다. 예시적 검출 메트릭은 비율($\Delta R/\Delta P$)이다. 검출기(412)는 dP 진폭의 유도된 가열기 발진에 열 센서 응답으로서 $\Delta R/\Delta P$ 의 직접적인 원위치 측정을 행할 수 있다. 앞서 논의된 바와 같이, 이것은 헤드 온도가 매체의 히트 싱크 작용으로 인한 강하를 충분하고 그 대신에 헤드와 매체 사이의 마찰 때문에 증가하기 시작하는 지점이므로, 헤드-매체 접촉은 $\Delta R/\Delta P$ 의 최소를 검출함으로써 식별된다. 부가 메트릭들을 사용하면, 헤드-매체 접촉은 조절 공기 베어링에 대해 더 신속히 검출될 수 있다.

[0030] 도 10은 다양한 실시예들에 따른 조절 헤드-매체 인터페이스에 대한 헤드-매체 접촉을 검출하는 검출기를 예시한다. 검출기(510)는 접촉을 검출하기 위해 메트릭들의 조합을 사용하도록 구성된다. 예를 들어, 상기와 유사하게, 검출기(510)는 비율($\Delta R/\Delta P$)을 결정하고 $\Delta R/\Delta P$ 의 최소를 식별함으로써 접촉을 검출하도록 구성되는 검출

기(512)를 포함한다.

[0031] 또한, 검출기(510)는 PSD(power spectral density) 검출기(514)를 포함한다. 일부 실시예들에서, PSD 검출기(514)는 열 센서 신호의 전력 스펙트럼을 기준 신호의 것과 비교하고, 결과적인 결과의 차이(예를 들어, 상이한 주파수 성분들 및/또는 공통 주파수 성분들에 대한 5-10% 보다 더 큰 전력 편차들)는 헤드-매체 접촉을 검출하는 다른 메트릭으로서의 역할을 한다. 발진 전력 제어 신호는 기준 신호로서의 역할을 한다.

[0032] 다른 실시예들에서, PSD 검출기(514)는 부가 메트릭들을 결정하기 위해 열 센서 신호의 위상을 기준 신호의 것과 비교하도록 구성되는 위상 검출기로서 구현될 수 있다. 발진 전력 제어 신호는 주파수 및 진폭이 알려져 있으므로 기준 신호로서의 역할을 한다. 예를 들어, PSD(514)는 차이를 획득하기 위해 알려진 주파수에서의 기준 신호의 위상을 측정된 주파수에서의 열 센서 신호의 것과 비교하도록 구성될 수 있다. 결과적인 위상 차이(필요하다면)는 변환기 헤드와 매체 표면 사이의 접촉이 발생할 때까지 계속해서 일치할 것이다. 센서 신호와 기준 신호 사이의 위상의 차이가 미리 결정된 레벨에 도달할 때, 헤드-매체 접촉이 검출된다.

[0033] 검출기(510)는 센서 신호에 피팅되는 곡선과 기준 신호 사이의 에러를 결정하도록 구성되는 곡선 피팅 에러 검출기(516)를 더 포함한다. 헤드-매체 접촉이 행해질 때까지 센서 신호는 기준 신호를 추적하므로, 센서 신호와 기준 신호에 피팅되는 곡선 사이의 에러를 감시하는 것은 헤드-매체 접촉을 식별한다.

[0034] 검출기(510)는 전형적으로 진보된 조절 공기 베어링에 대한 헤드-매체 접촉을 식별하기 위해 검출기들(512, 514, 및 516) 각각을 사용하도록 구성된다. 진보된 비조절 또는 저조절 공기 베어링에 대해, 검출기(510)는 헤드-매체 접촉을 식별하기 위해 모든 3개 미만의 검출기들, 예를 들어 검출기(512)를 사용하도록 구성될 수 있다. 그러나, 다양한 실시예들에서 위상 시프트 및 피팅 에러 메트릭들은 $\Delta R/\Delta P$ 메트릭보다 더 이르게 접촉을 검출할 수 있다.

[0035] DC 전류로 정밀한 직접 저항 측정들을 수행하는 것은 구동 전자 장치에 대한 도전일 수 있다는 점이 이해되어야 한다. 예를 들어, 인터페이스 가열 및 냉각 조건 변화에 의해 야기되는 센서 저항 변화들은 전형적으로 그것의 평균 저항의 대략 10% 미만이다. 전형적 자기 저장 시스템 내의 아날로그-디지털 변환기(ADC)의 분해능이 8 비트인 것을 고려하면, 저항을 직접 0.1 Ohm 정확도 미만으로 측정하는 것은 어려울 것이다.

[0036] 앞에서 이전에 논의된 바와 같이, 다양한 실시예들에 따른 하나의 접근법은 TCR 센서(예를 들어, DETCR 센서)를 사용하여 자기 저장 시스템에서 직접 $\Delta R/\Delta P$ 을 측정하는 것을 포함한다. 그러한 접근법은 열 센서의 평균 열의 최상단에서 의도적으로 도입된 ΔP 가열 발진에 의해 야기되는 ΔR 을 측정한다. 위상 검출기는 저항 온도 센서로부터 저항 변화를 검출하기 위해 주파수에 고정되도록 사용될 수 있다.

[0037] 자기 저장 시스템 내에서의 $\Delta R/\Delta P$ 의 직접 측정은 각각 도 11 및 12에 도시된 대표적인 회로조직(600, 700)에 의해 구현되는 방식을 사용하여 달성될 수 있다. 도 11에 도시된 실시예에서, 서보 시스템(603)은 가열기 요소(602)의 전력 회로(DAC(606) 및 전력 소스(604)를 포함함)에 결합된다. 자기 저장 시스템 내의 가열기 요소 전력은 DAC 카운트들에 비례한다. 유닛(715)으로부터의 프로그램가능 DC 오프셋 값은 각각의 가열기 DAC에서의 평균 DC 출력을 소거하도록 사용되고, 따라서 발진 열에 의해 야기되는 저항 변화는 전체 8 비트 DAC 범위를 사용할 수 있다. 발진은 고정된 저주파수(예를 들어, 500 Hz 및 +/-2 가열기 DAC) 사인파로서 각각의 서보 웨지에서 도입된다. 또한, 서보 펌웨어는 모든 서보 웨지에서 가열 발진에 저항 온도 센서(702)의 DC 응답을 샘플링한다. DC 소거는 아날로그-디지털 변환기(ADC)(730)에서 평균 DC 신호를 제거하여, 전체 8 비트 범위는 가열 발진에 의해 야기되는 저주파수 응답에 사용된다.

[0038] 도 12의 실시예는 저역 통과 필터(710), 증폭기(720), 및 ADC(730)를 통해 저항 온도 센서(702)에 결합되어, 발진 주파수에서의 저항 온도 센서 응답, 즉 이러한 ΔP 에 의해 야기되는 ΔR 을 측정하도록 구성된 PSD(740)를 예시한다. 저항 온도 센서(702)는 바이어스 전류(704)가 공급된 DETCR 센서로 예시된다. 위상 감지 검출 회로조직(740)에 의한 처리 후, 센서 신호가 생성된다. 센서 신호를 발생시킬 시에, 위상 감지 검출 회로조직(740)은 서보 시스템으로부터의 발진 신호를 기준 신호로서 사용한다. 위상 감지 검출 알고리즘(예를 들어, 고정 알고리즘, 또는 이산 푸리에 변환)은 발진 주파수에서 센서 응답을 측정하기 위해 사용될 수 있다. 진폭(ΔR)을 계산하는 것에 더하여, 센서 응답과 기준 신호 사이의 위상, 및 곡선 피팅의 에러는 또한 각각의 가열기 DAC에서 계산될 수 있다.

[0039] 헤드-매체 접촉은 모든 3개의 신호들($\Delta R/\Delta P$, 위상, 에러)을 동시에 감시함으로써 검출될 수 있다. 전형적인 조절 공기 베어링에 대해, 조절은 고체 접촉에 근접하여 발생한다. 피팅 에러는 이러한 조절로 인해 증가한다. 위상 시프트는 변환기 헤드와 매체 사이의 접촉에 의해 도입되는 추가 냉각 때문에 또한 발생한다. $\Delta R/\Delta P$ 는

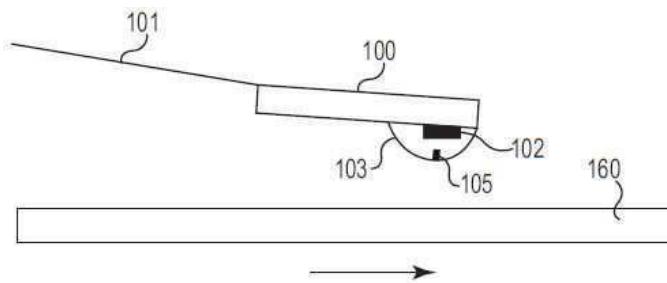
최소에 도달할 때까지 수개의 DAC들을 이후에 계속해서 감소시킨다. 비조절 AAB에 대해, 위상 시프트 시그니처 및 페팅 에러 시그니처는 검출되지 않을 수 있다. 그러나, 최소 $\Delta R/\Delta P$ 는 접촉을 검출하기 위해 항상 사용될 수 있다. 임의의 공기 베어링에 대해, 헤드-매체 접촉은 저항 온도 센서(702)의 ΔR 응답을 감시함으로써 검출될 수 있으며, 이는 종료 지점에 또는 종료 지점 근처에 위치되는 DETCR 센서인 것이 바람직하다. 발진 주파수는 다양한 실시예들에 따라 추가 하드웨어를 부가하는 것 없이 기존 서보 펌웨어를 사용하여 도입될 수 있다.

[0040]

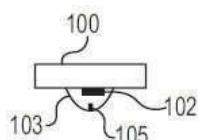
다양한 실시예들의 다수의 특성들은 다양한 실시예들의 구조 및 기능의 상세들과 함께, 이전 설명에 진술되었지만, 이러한 상세한 설명은 단지 예시적이고, 변경들은 상세히, 특히 첨부된 청구항들이 표현되는 용어들의 넓은 일반적 의미로 지시되는 전체 범위까지 다양한 실시예들에 의해 예시되는 구성요소들의 구조 및 배열들에 관해 이루어질 수 있다는 점이 이해되어야 한다.

도면

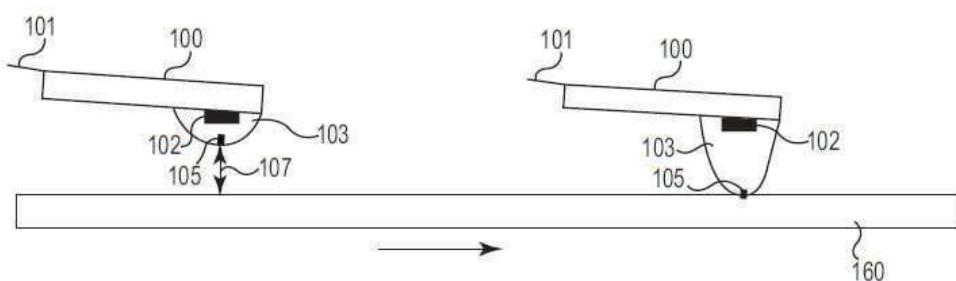
도면1



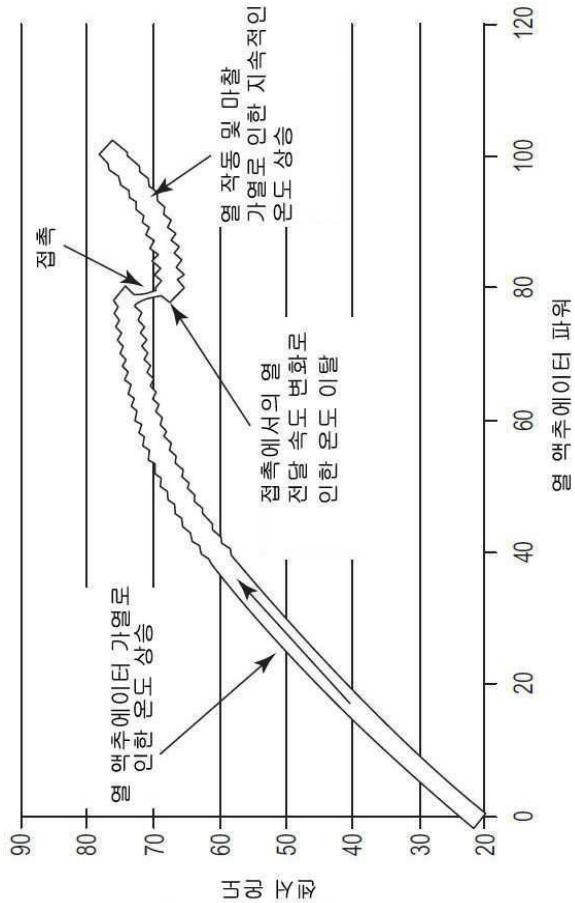
도면2



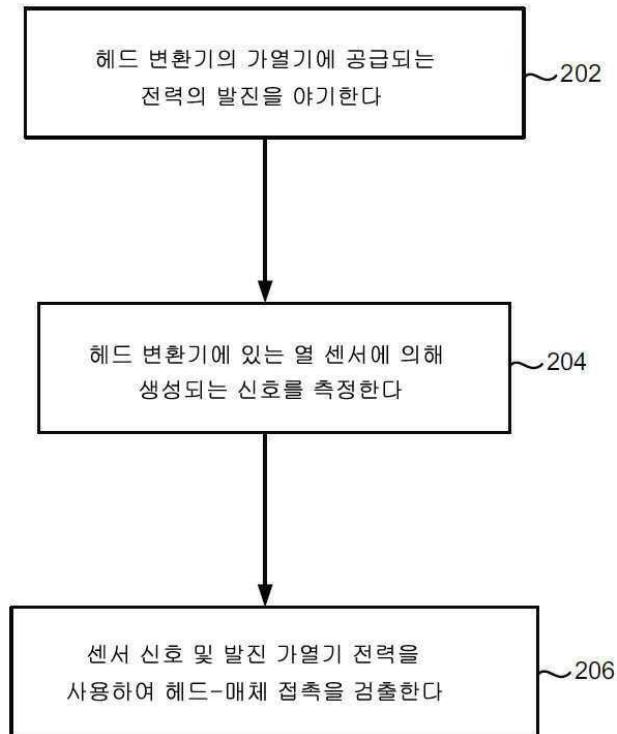
도면3



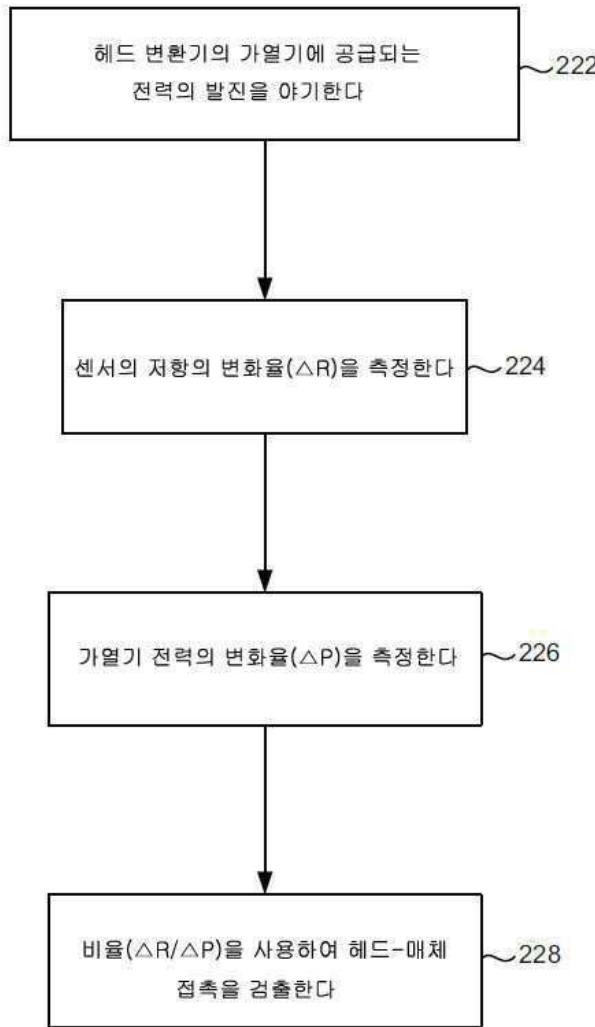
도면4



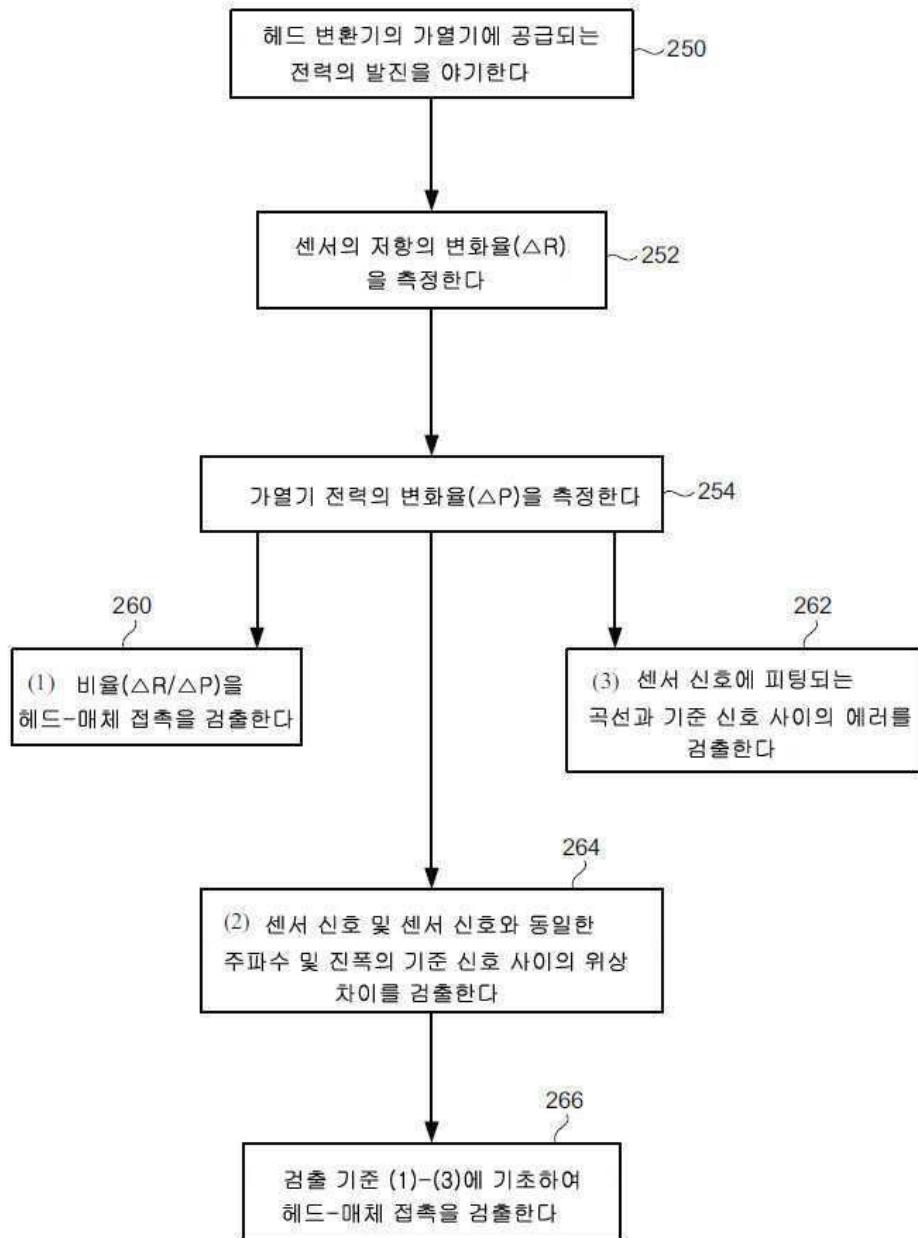
도면5



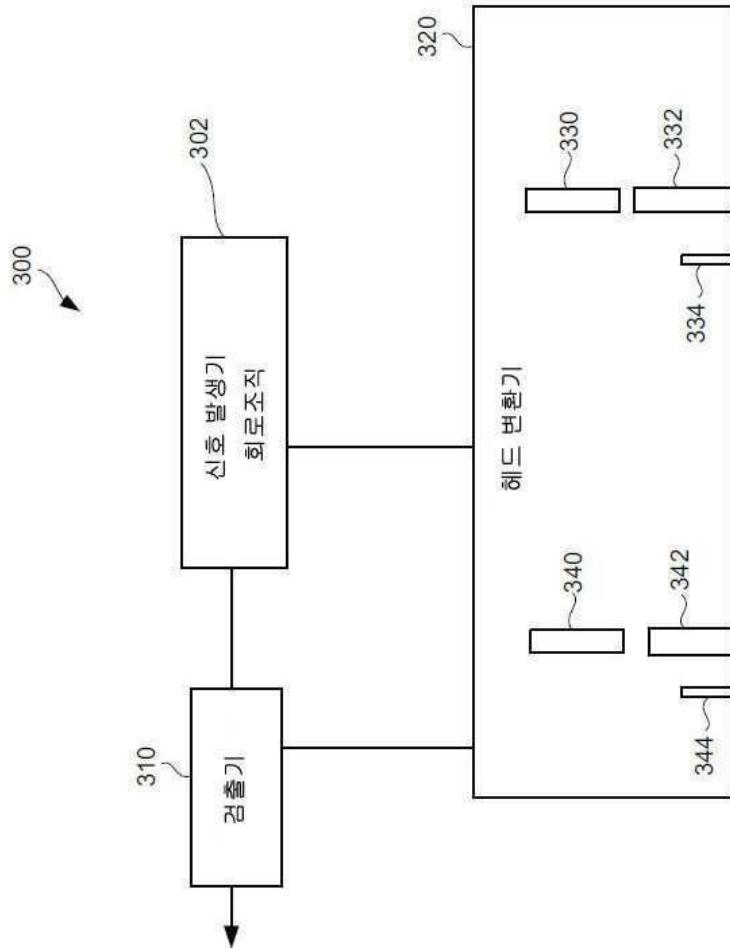
도면6



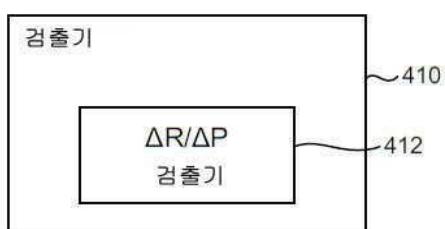
도면7



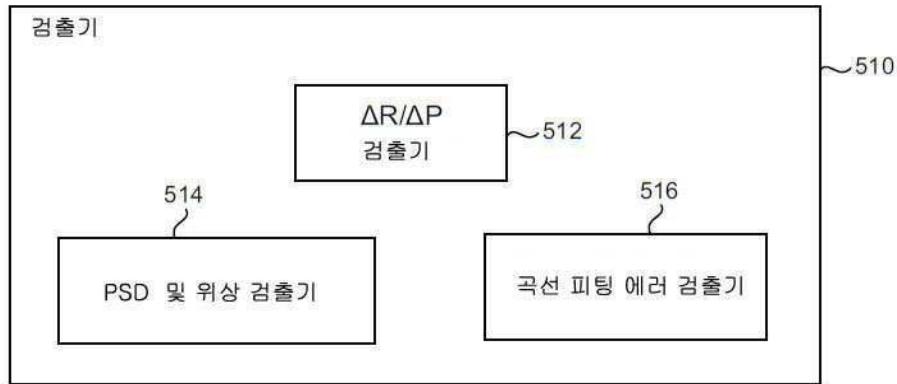
도면8



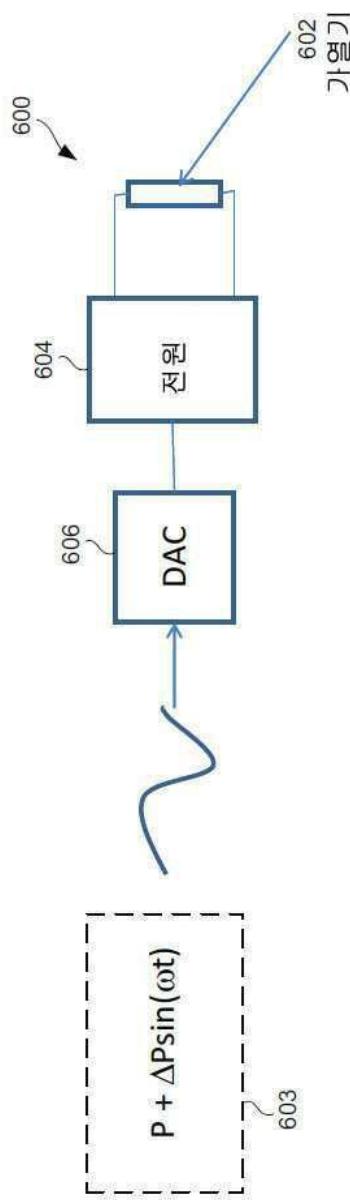
도면9



도면10



도면11



도면12

