



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0108180
(43) 공개일자 2011년10월05일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) Int. Cl.
 <i>G11B 21/02</i> (2006.01) <i>G11B 21/24</i> (2006.01)
 <i>G11B 5/60</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2010-0027541
 (22) 출원일자 2010년03월26일
 심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인
 삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 매탄동 416</p> <p>(72) 발명자
 양원철
 경기도 수원시 영통구 영통동 945-2 계룡리쉬빌 906호</p> <p>(74) 대리인
 리앤목특허법인</p> |
|--|---|

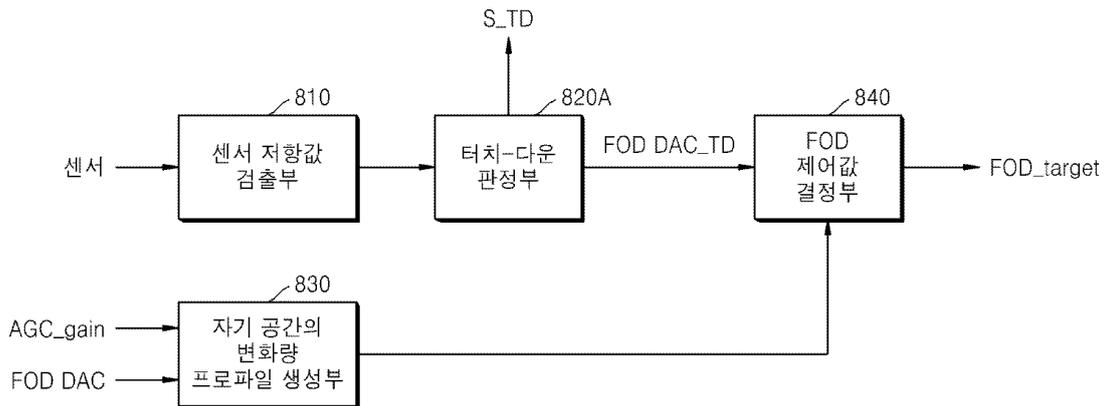
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법 및 디스크 드라이브

(57) 요약

디스크 드라이브에서의 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법과 디스크 드라이브에 관하여 개시한다. 헤드의 터치-다운 검출 방법은 슬라이더에 정착된 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값이 변하는 센서를 이용하여 회전하는 디스크 상에서 헤드의 부상 높이의 변화에 따른 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화를 검출하는 단계 및, 상기 검출된 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화가 임계 조건을 만족시키는 경우에 상기 헤드의 부상 높이가 터치-다운 부상 높이에 도달된 것으로 판정하는 단계를 포함한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

슬라이더에 정착된 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값이 변하는 센서를 이용하여 회전하는 디스크 상에서 헤드의 부상 높이의 변화에 따른 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화를 검출하는 단계; 및

상기 검출된 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화가 임계 조건을 만족시키는 경우에 상기 헤드의 부상 높이가 터치-다운 부상 높이에 도달된 것으로 판정하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 헤드의 터치-다운 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전기적인 특성 인자 값은 저항 값을 포함함을 특징으로 하는 헤드의 터치-다운 검출 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 센서는 NiFe로 이루어진 소자를 포함함을 특징으로 하는 헤드의 터치-다운 검출 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화 검출은 상기 센서에 일정한 전압을 인가한 상태에서 상기 센서에 흐르는 전류 값을 측정하여 저항 값의 변화를 산출함을 특징으로 하는 헤드의 터치-다운 검출 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화 검출은 상기 센서에 일정한 전류를 인가한 상태에서 상기 센서 양단자의 전압 값을 측정하여 저항 값의 변화를 산출함을 특징으로 하는 헤드의 터치-다운 검출 방법.

청구항 6

회전하는 디스크 상에서 헤드의 부상 높이를 조정하는 제1신호의 값을 변경하면서 상기 제1신호의 값 변경에 따른 상기 헤드와 디스크 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일을 산출하는 단계;

슬라이더에 정착된 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값이 변하는 센서를 이용하여 상기 제1신호의 값의 변경에 따른 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화를 검출하고, 검출된 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화에 근거하여 상기 헤드가 디스크에 터치-다운되는 시점을 판정하는 단계; 및

상기 헤드가 디스크에 터치-다운되는 판정 시점에서의 상기 제1신호의 값을 기준으로 상기 산출된 상기 헤드와 디스크 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일로부터 목표 부상 높이에 상응하는 제1신호의 값을 결정하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 헤드 부상 높이 조정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제1신호는 상기 슬라이더에 탑재된 히터에 공급되는 전력의 크기를 결정하는 신호를 포함함을 특징으로 하는 헤드 부상 높이 조정 방법.

청구항 8

정보를 저장하는 디스크;

히터, 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값이 변하는 센서 및 상기 디스크에 정보를 기록하거나 상기 디스크로부터 정보를 읽어내는 헤드가 탑재된 슬라이더; 및

상기 히터에 공급되는 파워를 조정하는 제1신호의 값 변경에 따른 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화를 검출하고, 검출된 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화에 근거하여 상기 헤드가 디스크에 터치-다운되는 시점을 판정하여 헤드의 부상 높이를 제어하는 컨트롤러를 포함함을 특징으로 하는 디스크 드라이브.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 제1신호의 값 변경에 따른 상기 헤드와 디스크 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일을 산출하고, 상기 헤드가 디스크에 터치-다운되는 시점에서의 제1신호의 값을 기준으로 상기 산출된 상기 헤드와 디스크 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일로부터 헤드의 목표 부상 높이에 상응하는 제1신호의 값을 결정함을 특징으로 하는 디스크 드라이브.

청구항 10

제1항 내지 제7항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램 코드를 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 저장매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 디스크 드라이브에서의 헤드의 부상 높이 제어 방법 및 장치에 관한 것으로서, 특히 디스크 드라이브에서의 헤드가 디스크에 터치-다운(touch-down) 되는 포인트를 검출하여 헤드의 부상 높이를 제어하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 데이터 저장 장치의 하나인 디스크 드라이브는 호스트 장치에 접속되어 호스트 장치의 명령에 따라서 기록매체에 데이터를 기록하거나 또는 기록매체에 기록된 데이터를 읽어낸다. 이와 같은 디스크 드라이브는 점차 고용량화, 고밀도화 및 소형화되면서 디스크 회전 방향의 밀도인 BPI(Bit Per Inch)와 반경 방향의 밀도인 TPI(Track Per Inch)가 증대되는 추세에 있으므로 그에 따라 더욱 정교한 메커니즘이 요구된다.

[0003] 이에 따라서, 디스크 드라이브의 성능에 영향을 미치는 헤드와 디스크 사이의 간격인 부상 높이를 조정하기 위하여 헤드의 터치-다운 상태를 정확하게 측정하는 기술에 대한 연구가 필요하게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 데이터 저장 장치에서의 헤드가 디스크에 터치-다운되는 포인트를 검출하는 헤드의 터치-다운 검출 방법을 제공하는데 있다.

[0005] 본 발명의 다른 목적은 데이터 저장 장치에서의 헤드가 디스크에 터치-다운되는 포인트를 검출하여 헤드 부상 높이를 조정하는 방법을 제공하는데 있다.

[0006] 본 발명의 또 다른 목적은 헤드가 디스크에 터치-다운되는 포인트를 검출하는 헤드의 터치-다운 검출 방법을 적용하여 헤드의 부상 높이를 조정하는 디스크 드라이브를 제공하는데 있다.

[0007] 본 발명의 또 다른 목적은 데이터 저장 장치에서의 헤드가 디스크에 터치-다운되는 포인트를 검출하는 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법을 수행하는 프로그램 코드가 기록된 저장매체를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 기술적 사상의 일면에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법은 슬라이더에 정착된 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값이 변하는 센서를 이용하여 회전하는 디스크 상에서 헤드의 부상 높이의 변화에 따른 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화를 검출하는 단계 및, 상기 검출된 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화가 임계 조건을 만족시키는 경우에 상기 헤드의 부상 높이가 터치-다운 부상 높이에 도달된 것으로 판정하는 단계를 포함한다.

[0009] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 전기적인 특성 인자 값은 저항 값을 포함하는 것이 바람직하다.

[0010] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 센서는 NiFe로 이루어진 소자를 포함하는 것이 바람직

하다.

- [0011] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 센서는 상기 슬라이더에서 디스크 표면과 가장 근접된 위치에 정착됨을 것이 바람직하다.
- [0012] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화 검출은 상기 센서에 일정한 전압을 인가한 상태에서 상기 센서에 흐르는 전류 값을 측정하여 저항 값의 변화를 산출하는 것이 바람직하다.
- [0013] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화 검출은 상기 센서에 일정한 전류를 인가한 상태에서 상기 센서 양단자의 전압 값을 측정하여 저항 값의 변화를 산출하는 것이 바람직하다.
- [0014] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 헤드의 부상 높이는 상기 슬라이더에 탑재된 히터에 공급되는 전력 값에 따라서 변화시키는 것이 바람직하다.
- [0015] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화를 검출하는 단계는 상기 회전하는 디스크 상에서 헤드의 부상 높이를 조정하는 제1신호의 값을 변경하여 상기 헤드의 부상 높이를 순차적으로 낮추는 단계 및, 상기 제1신호의 변경에 따른 상기 센서의 저항 값의 변화를 검출하는 단계를 포함한다.
- [0016] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 임계 조건은 상기 검출된 센서의 전기적인 특성 인자 값이 제1임계값에 도달되는 조건을 포함한다.
- [0017] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 임계 조건은 상기 슬라이더에 탑재된 히터에 공급되는 전력 변화에 대한 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화율이 제2임계값에 도달되는 조건을 포함한다.
- [0018] 본 발명의 기술적 사상의 다른 면에 따른 헤드 부상 높이 조정 방법은 회전하는 디스크 상에서 헤드의 부상 높이를 조정하는 제1신호의 값을 변경하면서 상기 제1신호의 값 변경에 따른 상기 헤드와 디스크 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일을 산출하는 단계, 슬라이더에 정착된 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값이 변하는 센서를 이용하여 상기 제1신호의 값의 변경에 따른 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화를 검출하고, 검출된 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화에 근거하여 상기 헤드가 디스크에 터치-다운되는 시점을 판정하는 단계 및, 상기 헤드가 디스크에 터치-다운되는 판정 시점에서의 상기 제1신호의 값을 기준으로 상기 산출된 상기 헤드와 디스크 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일로부터 목표 부상 높이에 상응하는 제1신호의 값을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0019] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 제1신호는 상기 슬라이더에 탑재된 히터에 공급되는 전력의 크기를 결정하는 신호를 포함한다.
- [0020] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 검출된 센서의 전기적인 특성 인자 값이 제1임계조건을 만족시키거나 또는 상기 슬라이더에 탑재된 히터에 공급되는 전력 변화에 대한 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화율이 제2임계조건을 만족시키는 시점을 터치-다운 발생 시점으로 판정하는 것이 바람직하다.
- [0021] 본 발명의 기술적 사상의 또 다른 면에 따른 디스크 드라이브는 정보를 저장하는 디스크, 히터, 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값이 변하는 센서 및 상기 디스크에 정보를 기록하거나 상기 디스크로부터 정보를 읽어내는 헤드가 탑재된 슬라이더 및, 상기 히터에 공급되는 파워를 조정하는 제1신호의 값 변경에 따른 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화를 검출하고, 검출된 상기 센서의 전기적인 특성 인자 값의 변화에 근거하여 상기 헤드가 디스크에 터치-다운되는 시점을 판정하여 헤드의 부상 높이를 제어하는 컨트롤러를 포함한다.
- [0022] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 컨트롤러는 상기 제1신호의 값 변경에 따른 상기 헤드와 디스크 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일을 산출하고, 상기 헤드가 디스크에 터치-다운되는 시점에서의 제1신호의 값을 기준으로 상기 산출된 상기 헤드와 디스크 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일로부터 헤드의 목표 부상 높이에 상응하는 제1신호의 값을 결정할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 슬라이더는 히터, 센서 및 헤드를 프리앰프 회로와 전기적으로 연결시키기 위한 패드들이 구비될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따르면, 상기 패드들은 상기 히터에 연결되는 제1,2패드, 상기 센서에 연결되는 제3,4패드, 상기 헤드에 포함된 라이더에 연결되는 제5,6패드, 상기 헤드에 포함된 리더에 연결되

는 제7,8패드를 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명의 기술적 사상의 또 다른 면에 따른 저장매체는 상기 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 헤드 부상 높이 조정 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램 코드들이 기록되어 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명에 의하면 슬라이더에 정착된 온도에 따라 저항 값이 변하는 센서의 저항 값의 변화 또는 저항 변화율을 이용하여 헤드의 터치-다운 포인트를 검출함으로써, 디스크의 반경 위치에 관계없이 디스크의 전 영역에서 정확하게 터치-다운 포인트를 검출할 수 있는 효과가 발생된다. 특히, 센서의 저항 변화율을 이용하여 헤드의 터치-다운 포인트를 검출하는 경우에는 디스크 드라이브의 사용 온도에 관계없이 정확하게 터치-포인트를 검출할 수 있는 효과가 발생된다. 그리고, 디스크의 전 영역에서 일정 간격의 부상 높이 여유(FH clearance)를 갖도록 헤드 부상 높이를 제어할 수 있는 효과가 발생된다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 기술적 사상에 의한 데이터 저장 장치의 구성도이다.
 도 2는 도 1에 도시된 데이터 저장 장치의 소프트웨어 운영 체제도이다.
 도 3은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 디스크 드라이브의 헤드 디스크 어셈블리의 평면도이다.
 도 4는 도 3은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 디스크 드라이브의 전기적인 구성도이다.
 도 5는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 디스크 드라이브의 슬라이더의 평면도이다.
 도 6은 도 5에 도시된 슬라이더에 탑재된 헤드의 단면도이다.
 도 7은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 디스크 드라이브에서의 슬라이더와 프리앰프의 패드들의 결선도이다.
 도 8은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치의 구성도이다.
 도 9는 본 발명의 기술적 사상에 의한 다른 실시 예에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치의 구성도이다.
 도 10은 본 발명에 적용되는 기록매체인 디스크의 일 트랙에 대한 섹터 구조를 보여주는 도면이다.
 도 11은 도 10에 도시된 서보 정보 영역의 구조를 보여주는 도면이다.
 도 12는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 헤드 부상 높이 조정 방법의 흐름도이다.
 도 13은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법의 흐름도이다.
 도 14는 본 발명의 기술적 사상에 의한 다른 실시 예에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법의 흐름도이다.
 도 15는 본 발명의 기술적 사상에 따른 슬라이더에 정착된 센서로 사용할 NiFe 소자에 대한 온도에 대한 저항 값의 특성을 보여주는 그래프이다.
 도 16은 본 발명의 기술적 사상에 따른 슬라이더에 탑재된 히터에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서의 저항 값(HDI_R)의 변화 및 변화율(HDI_R DeIta)을 보여주는 그래프이다.
 도 17은 본 발명의 기술적 사상에 따른 디스크 드라이브의 사용 온도별, 디스크의 반경 영역별로 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화 특성을 보여주는 그래프이다.
 도 18은 본 발명의 기술적 사상에 따른 디스크 드라이브의 사용 온도별, 디스크의 반경 영역별로 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화율 특성을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시 예들에 대하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시 예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시 예들로 인해 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 안 된다. 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시 예들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되

어지는 것이다. 첨부 도면들에서, 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다.

- [0029] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 기술적 사상에 의한 바람직한 실시 예에 대하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0030] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 데이터 저장 장치는 프로세서(110), ROM(120), RAM(130), 미디어 인터페이스(MEDIA I/F; 140), 미디어(MEDIA; 150), 호스트 인터페이스(HOST I/F; 160), 호스트 기기(HOST; 170), 외부 인터페이스(External I/F; 180) 및 버스(BUS; 190)를 구비한다.
- [0031] 프로세서(110)는 명령어를 해석하고, 해석된 결과에 따라 데이터 저장 장치의 구성 수단들을 제어하는 역할을 한다. 프로세서(110)는 코드 오브젝트 관리 유닛을 포함하고 있으며, 코드 오브젝트 관리 유닛을 이용하여 미디어(150)에 저장되어 있는 코드 오브젝트를 RAM(130)에 로딩시킨다. 프로세서(110)는 터치-다운 테스트를 실행하기 전에 도 12 ~ 도 14의 흐름도에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이를 조정 방법을 실행시키기 위한 코드 오브젝트들을 RAM(130)에 로딩시킨다.
- [0032] 그러면, 프로세서(110)는 RAM(130)에 로딩된 코드 오브젝트들을 이용하여 도 12 ~ 도 14의 흐름도에 따라 헤드의 터치-다운 상태를 검출하고 헤드의 부상 높이를 조정하는 태스크(task)를 실행하며, 터치-다운 검출 및 헤드 부상 높이를 조정 처리를 실행하는데 필요한 정보들을 미디어(150) 또는 ROM(120)에 저장한다. 헤드의 터치-다운 검출 및 헤드 부상 높이를 조정 처리를 실행하는데 필요한 정보의 예로는 터치-다운 근접 상태를 판정하는데 이용되는 제1,2임계값(TH1, TH2) 및 FOD DAC의 스텝 증가분인 ΔV 등이 포함될 수 있다.
- [0033] 프로세서(110)에 의하여 헤드의 터치-다운 상태를 검출하고, 헤드 부상 높이를 조정하는 처리를 실행하는 방법에 대해서는 아래의 도 12 ~ 도 14에 대한 설명에서 상세하게 다루어질 것이다.
- [0034] ROM(Read Only Memory; 120)에는 데이터 저장 장치를 동작시키는데 필요한 프로그램 코드 및 데이터들이 저장되어 있다.
- [0035] RAM(Random Access Memory; 130)에는 프로세서(110)의 제어에 따라 ROM(120) 또는 미디어(150)에 저장된 프로그램 코드 및 데이터들이 로딩된다.
- [0036] 미디어(150)는 데이터 저장 장치의 주 저장매체로서 디스크를 포함할 수 있다. 데이터 저장 장치는 디스크 드라이브를 포함할 수 있으며, 디스크 드라이브에서의 디스크 및 헤드가 포함된 헤드 디스크 어셈블리(100)의 세부 구성을 도 3에 도시하였다.
- [0037] 도 3을 참조하면, 헤드 디스크 어셈블리(100)는 스핀들 모터(14)에 의하여 회전되는 적어도 하나의 디스크(12)를 포함하고 있다. 디스크 드라이브는 디스크(12) 표면에 인접되게 위치한 헤드(16)를 또한 포함하고 있다.
- [0038] 헤드(16)는 각각의 디스크(12)의 자계를 감지하고 자화시킴으로써 회전하는 디스크(12)에서 정보를 읽거나 기록할 수 있다. 전형적으로 헤드(16)는 각 디스크(12) 표면에 결합되어 있다. 비록 단일의 헤드(16)로 도시되어 설명되어 있지만, 이는 디스크(12)를 자화시키기 위한 기록용 헤드(일명, writer)와 디스크(12)의 자계를 감지하기 위한 분리된 읽기용 헤드(일명, reader)로 이루어져 있다고 이해되어야 한다. 읽기용 헤드는 자기 저항(MR : Magneto-Resistive) 소자로부터 구성되어 진다. 헤드(16)는 자기 헤드(Magnetic Head) 또는 변환기(Transducer)라 칭해지기도 한다.
- [0039] 헤드(16)는 슬라이더(20)에 탑재되어 질 수 있다. 슬라이더(20)는 헤드(16)와 디스크(12) 표면사이에 공기 베어링(air bearing)을 생성시키는 구조로 되어 있다. 슬라이더(20)는 헤드 짐벌 어셈블리(22)에 결합되어 있다. 헤드 짐벌 어셈블리(22)는 보이스 코일(26)을 갖는 액츄에이터 암(24)에 부착되어 있다. 보이스 코일(26)은 보이스 코일 모터(VCM : Voice Coil Motor 30)를 특정하도록 마그네틱 어셈블리(28)에 인접되게 위치하고 있다. 보이스 코일(26)에 공급되는 전류는 베어링 어셈블리(32)에 대하여 액츄에이터 암(24)을 회전시키는 토크를 발생시킨다. 액츄에이터 암(24)의 회전은 디스크(12) 표면을 가로질러 헤드(16)를 이동시키게 된다.
- [0040] 본 발명의 기술적 사상에 따른 슬라이더(20)의 세부적인 구조를 도 5에 도시하였다.
- [0041] 도 5에 도시된 바와 같이, 슬라이더(20) 표면에는 디스크(12) 표면 사이에서 공기 베어링(air bearing)을 생성시키기 위한 패턴(20-1)들이 형성되어 있다. 그리고, 슬라이더(20)는 헤드(16)를 탑재하는 구조를 갖는다.
- [0042] 도 6은 도 5의 A-A'를 따라 절개하여 도시한 헤드(16)의 단면도이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 헤드(16)는 리더(reader; 16-1)와 라이터(writer; 16-2)를 포함한다. 세부적으로, 리더(reader; 16-1)는 한 쌍의 쉴드(shield; 6C, 6E)와 한 쌍의 쉴드(shield; 6C, 6E) 사이에 탑재된 MR(Magneto-Resistive) 소자(6D)를

포함하고, 라이터(writer; 16-2)는 디스크(12)에 자기장을 가하는 메인 폴(main pole; 6F), 메인 폴(6F)과 함께 자로를 형성하는 리턴 요크(6G), 메인 폴(6F)에 자기장을 유도하는 코일(6H)을 포함한다. 그리고, 헤드(16)는 AlTiC 로 이루어진 슬라이더 몸체(6A)에 탑재되고, 알루미늄(Al_2O_3)로 이루어진 보호층(134)에 둘러싸이는 구조를 갖는다. 또한, 슬라이더(20)에는 헤드의 부상 높이를 조절하기 위한 히터(6I)가 탑재되어 있다. 슬라이더(20)에 탑재된 히터(6I)에 전력이 공급되면, 헤드(16)의 끝 부분인 폴 팁(pole tip)에서 열팽창이 발생되어 디스크(12) 표면에 대한 헤드의 부상 높이가 감소하게 된다. 즉, 히터(6I)에 공급되는 전류 또는 전압의 크기의 변화에 따라 헤드 부상 높이도 변화하게 된다.

[0043] 그리고, 본 발명에서 슬라이더(20)에는 온도에 따라 전기적인 특성 인자가 값이 변하는 센서(6J)가 탑재되어 있다. 센서(6J)는 온도에 따라 저항 값이 변하는 소재를 이용할 수 있으며, 일 예로서 NiFe로 이루어진 소자를 이용할 수 있다. 센서(6J)는 슬라이더(20)에서 디스크(12) 표면과 가장 근접된 위치에 정착시키는 것이 바람직하다.

[0044] 슬라이더(20)에서 센서(6J)로 사용할 NiFe 소자에 대한 온도에 따른 저항 값의 특성을 도 15에 도시하였다. 도 15에는 NiFe 소자에 대한 온도에 따른 저항 값의 변화 특성 곡선(2)과 TuMR 소자에 대한 온도에 따른 저항 값의 변화 특성 곡선(1)을 함께 도시하였다. 도 15를 참조하면, NiFe 소자가 온도에 따라 저항 값이 변화되는 특성을 갖는다는 사실을 알 수 있다. 본 발명에서는 이와 같은 NiFe 소자의 특성을 이용하여 헤드의 터치-다운 상태를 판정하는 방안을 제안하였다. 이에 대한 설명은 아래에서 구체적으로 설명될 것이다.

[0045] 다시 도 3을 참조하면, 정보는 전형적으로 디스크(12)의 환상 트랙 내에 저장된다. 각 트랙(34)은 일반적으로 복수의 섹터들을 포함하고 있다. 일 트랙에 대한 섹터 구성을 도 10에 도시하였다.

[0046] 도 10에 도시된 바와 같이, 하나의 트랙은 서보 정보가 기록된 서보 정보 필드(S)들과 데이터가 저장되는 데이터 섹터(D)들로 구성되어 있다. 그리고, 서보 정보 필드(S)들 사이에 복수 개의 데이터 섹터(D)들이 포함될 수 있다. 물론, 서보 정보 필드(S)들 사이에 단일의 데이터 섹터(D)가 포함되도록 설계할 수도 있다. 그리고, 서보 정보 필드(10A)에는 세부적으로 도 11과 같은 신호들이 기록되어 있다

[0047] 도 11에 도시된 바와 같이, 서보 정보 필드(10A)에는 프리앰블(Preamble; 101), 서보 동기 표시 신호(102), 그레이 코드(Gray Code; 103) 및 버스트 신호(Burst; 104)들이 기록된다.

[0048] 프리앰블(101)은 서보 정보 독출시에 클럭 동기를 제공하고, 또한 서보 섹터 앞의 갭(gap)을 두어 일정한 타이밍 마진을 제공한다. 그리고, 자동이득제어(AGC) 회로의 이득을 결정하는데 이용된다.

[0049] 서보 동기 표시 신호(102)는 서보 어드레스 마크(Servo Address Mark; SAM) 및 서보 인덱스 마크(Servo Index Mark; SIM)로 구성된다. 서보 어드레스 마크는 섹터의 시작을 나타내는 신호이고, 서보 인덱스 마크는 트랙에서의 첫 번째 섹터의 시작을 나타내는 신호이다.

[0050] 그레이 코드(103)는 트랙 정보를 제공하고, 버스트 신호(104)는 헤드(16)가 트랙(34)의 중앙을 추종하도록 제어하는데 이용되는 신호이다. 버스트 신호(104)는 일 예로서 A,B,C,D의 4개의 패턴으로 구성될 수 있으며, 4개의 버스트 패턴들을 조합하여 트랙 추종 제어 시에 사용되는 위치에러신호(PES)를 생성시킨다.

[0051] 다시 도 3을 참조하면, 디스크(12)의 기록 가능한 영역에는 논리 블록 어드레스가 할당된다. 디스크 드라이브에서 논리 블록 어드레스는 실린더/헤드/섹터 정보로 변환되어 디스크(12)의 기록 영역이 지정된다. 디스크(12)는 사용자가 접근할 수 없는 메인테넌스 실린더(maintenance cylinder) 영역과 사용자가 접근할 수 있는 사용자 데이터 영역으로 구분된다. 메인테넌스 실린더 영역을 시스템 영역이라 칭하기도 한다. 메인테넌스 실린더 영역에는 디스크 드라이브 제어에 필요한 각종 정보들이 저장되어 있으며, 특히 헤드 부상 높이를 제어하는데 필요한 정보들도 저장되어 있다.

[0052] 헤드(16)는 다른 트랙에 있는 정보를 읽거나 기록하기 위하여 디스크(12) 표면을 가로질러 이동된다. 디스크(12)에는 디스크 드라이브로 다양한 기능을 구현시키기 위한 복수개의 코드 오브젝트들이 저장될 수 있다. 일 예로서, MP3 플레이어 기능을 수행하기 위한 코드 오브젝트, 네비게이션 기능을 수행하기 위한 코드 오브젝트, 다양한 비디오 게임을 수행하기 위한 코드 오브젝트 등이 디스크(12)에 저장될 수 있다.

[0053] 다시 도 1을 참조하면, 미디어 인터페이스(140)는 프로세서(110)가 미디어(150)를 액세스하여 정보를 라이트 또는 리드할 수 있도록 처리하는 구성 수단이다. 디스크 드라이브로 구현되는 데이터 저장 장치에서의 미디어 인터페이스(140)는 세부적으로 헤드 디스크 어셈블리(100)를 제어하는 서보 회로 및 데이터 리드/라이트를 위한 신호 처리를 수행하는 리드/라이트 채널 회로를 포함한다.

- [0054] 호스트 인터페이스(160)는 퍼스널 컴퓨터 등과 같은 호스트 기기(170)와의 데이터 송/수신 처리를 실행하는 수단으로서, 예를 들어 SATA(Serial Advanced Technology Attachment) 인터페이스, PATA(Parallel Advanced Technology Attachment) 인터페이스, USB(Universal Serial Bus) 인터페이스 등과 같은 다양한 규격의 인터페이스를 이용할 수 있다.
- [0055] 그리고, 외부 인터페이스(180)는 데이터 저장 장치에 설치된 입/출력 단자를 통하여 외부 장치와의 데이터 송/수신 처리를 실행하는 수단으로서, 예를 들어 AGP(Accelerated Graphics port) 인터페이스, USB 인터페이스, IEEE1394 인터페이스, PCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association) 인터페이스, LAN 인터페이스, 블루투스(Bluetooth) 인터페이스, HDMI(High Definition Multimedia Interface), PCI(Programmable Communication Interface), ISA(Industry Standard Architecture) 인터페이스, PCI-E(Peripheral Component Interconnect-Express) 인터페이스, 익스프레스 카드(Express Card) 인터페이스, SATA 인터페이스, PATA 인터페이스, 시리얼(serial) 인터페이스 등과 같은 다양한 규격의 인터페이스를 이용할 수 있다.
- [0056] 버스(190)는 데이터 저장 장치의 구성 수단들 간의 정보를 전달하는 역할을 한다.
- [0057] 다음으로, 데이터 저장 장치의 일예인 하드 디스크 드라이브의 소프트웨어 운영 체제에 대하여 도 2를 참조하여 설명하기로 한다.
- [0058] 도 2에 도시된 바와 같이, 하드 디스크 드라이브(HDD)의 미디어(150)에는 복수의 코드 오브젝트(Code Object 1 ~ N)들이 저장되어 있다.
- [0059] ROM(120)에는 부팅 이미지(Boot Image) 및 압축된 RTOS 이미지(packed RTOS Image)가 저장되어 있다.
- [0060] 하드디스크 드라이브(HDD) 미디어(150)인 디스크에는 복수의 코드 오브젝트(CODE OBJECT 1~N)들이 저장되어 있다. 디스크에 저장된 코드 오브젝트들은 디스크 드라이브의 동작에 필요한 코드 오브젝트들뿐만 아니라, 디스크 드라이브로 확장할 수 있는 다양한 기능에 관련된 코드 오브젝트들도 포함될 수 있다. 특히, 본 발명의 기술적 사상인 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법의 실시 예들을 도시한 도 12 ~ 도 14의 흐름도를 실행시키기 위한 코드 오브젝트들도 디스크에 저장된다. 물론, 도 12 ~ 도 14의 흐름도를 실행시키기 위한 코드 오브젝트들을 HDD 미디어(150)인 디스크 대신에 ROM(120)에 저장할 수도 있다. 그리고, MP3 플레이어 기능, 네비게이션 기능, 비디오 게임 기능 등의 다양한 기능을 수행하는 코드 오브젝트들도 디스크에 저장될 수 있다.
- [0061] RAM(130)에는 부팅 과정에서 ROM(120)으로부터 부팅 이미지(Boot Image)를 읽어내어 압축 해제된 RTOS 이미지(Unpacked RTOS Image)가 로딩된다. 그리고, HDD 미디어(150)에 저장되어 있는 호스트 인터페이스 및 외부 인터페이스 수행에 필요한 코드 오브젝트들이 RAM(130)에 로딩된다. 물론, RAM(130)에는 데이터를 저장하기 위한 영역(DATA AREA)도 할당되어 있다.
- [0062] 채널(CHANNEL) 회로(200)에는 데이터 리드/라이트를 위한 신호 처리를 수행하는데 필요한 회로들이 내장되어 있으며, 서보(SERVO) 회로(210)에는 데이터 리드/라이트를 수행하기 위하여 헤드 디스크 어셈블리(100)를 제어하는데 필요한 회로들이 내장되어 있다.
- [0063] RTOS(Real Time Operating System; 110A)는 실시간 운영 체제 프로그램으로서, 디스크를 이용한 다중 프로그램 운영 체제이다. 태스크(task)에 따라서 우선순위가 높은 전위(foreground)에서는 실시간 다중 처리를 하며, 우선순위가 낮은 후위(background)에서는 일괄 처리를 한다. 그리고, 디스크로부터의 코드 오브젝트의 로딩과 디스크로의 코드 오브젝트의 언로딩을 수행한다.
- [0064] RTOS(Real Time Operating System; 110A)는 코드 오브젝트 관리 유닛(Code Object Management Unit; COMU, 110-1), 코드 오브젝트 로더(Code Object Loader; COL, 110-2), 메모리 핸들러(Memory Handler; MH, 110-3), 채널 제어 모듈(Channel Control Module; CCM, 110-4) 및 서보 제어 모듈(Servo Control Module; SCM, 110-5)들을 관리하여 요청된 명령에 따른 태스크를 실행한다. RTOS(110A)는 또한 어플리케이션(Application) 프로그램(220)들을 관리한다.
- [0065] 세부적으로, RTOS(110A)는 디스크 드라이브의 부팅 과정에서 디스크 드라이브 제어에 필요한 코드 오브젝트들을 RAM(130)에 로딩시킨다. 따라서, 부팅 과정을 실행하고 나면 RAM(130)에 로딩된 코드 오브젝트들을 이용하여 디스크 드라이브를 동작시킬 수 있게 된다.
- [0066] COMU(110-1)은 코드 오브젝트들이 기록되어 있는 위치 정보를 저장하고, 가상 주소를 실제 주소로 변환시키며, 버스를 중재하는 처리를 수행한다. 또한, 실행되고 있는 태스크들의 우선순위에 대한 정보도 저장되어 있다. 그

리고, 코드 오브젝트에 대한 태스크 수행에 필요한 태스크 제어 블록(Task Control Block; TCB) 정보 및 스택 정보도 관리한다.

- [0067] COL(110-2)는 COMU(110-1)을 이용하여 HDD 미디어(150)에 저장되어 있는 코드 오브젝트들을 RAM(130)에 로딩시키거나, RAM(130)에 저장되어 있는 코드 오브젝트들을 HDD 미디어(150)로 언로딩시키는 처리를 수행한다. 이에 따라서, COL(110-2)는 HDD 미디어(150)에 저장되어 있는 도 12 ~ 도 14의 흐름도에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법을 실행시키기 위한 코드 오브젝트들을 RAM(130)에 로딩시킬 수 있다.
- [0068] RTOS(110A)는 RAM(130)에 로딩된 코드 오브젝트들을 이용하여 아래에서 설명되어질 도 12 ~ 도 14의 흐름도에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법을 실행시킬 수 있게 된다.
- [0069] MH(110-3)는 ROM(120) 및 RAM(130)에 데이터를 라이트하거나 리드하는 처리를 수행한다.
- [0070] CCM(110-4)은 데이터 리드/라이트를 위한 신호 처리를 수행하는데 필요한 채널 제어를 수행하고, SCM(110-5)는 데이터 리드/라이트를 수행하기 위하여 헤드 디스크 어셈블리를 포함하는 서보 제어를 수행한다.
- [0071] 다음으로, 도 1에 도시된 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 데이터 저장 장치의 일예인 디스크 드라이브의 전기적인 구성을 도 4에 도시하였다.
- [0072] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시 예에 따른 디스크 드라이브는 프리 앰프(410, PRE-AMP), 리드/라이트 채널(420, R/W CHANNEL), 컨트롤러(430), 보이스 코일 모터 구동부(440, VCM 구동부), 스피들 모터 구동부(450, SPM 구동부), 히터 전력 공급 회로(460), ROM(120), RAM(130) 및, 호스트 인터페이스(160)를 구비한다.
- [0073] 프리 앰프(410)와 슬라이더(20)의 전기적인 신호들의 접속 관계를 보여주는 패드(pad)들의 결선도를 도 7에 도시하였다. 슬라이더(20)에는 히터(6I)의 양 단자에 연결되는 2개의 패드(H+, H-/G), 라이트(16-2)의 코일(6H)에 연결되는 2개의 패드(W+, W-), 리더(16-1)의 MR 소자(6D)의 양 단자에 연결되는 패드(R+, R-), 센서(6J)의 양 단자에 연결되는 2개의 패드(S+, S-/G)가 존재한다. 여기에서, 패드 H-/G 및 S-/G는 접지 단자로서 단일의 패드로 통합될 수도 있다.
- [0074] 히터 전력 공급 회로(460)는 컨트롤러(430)로부터 인가되는 FOD(Flying On Demand) DAC 값에 상응하는 파워를 헤드(16)에 설치된 히터에 공급하는 역할을 한다. 여기에서, FOD DAC은 헤드의 부상 높이를 조정하기 위한 제어 신호로서 헤드(16)에 설치된 히터에 인가되는 전압 또는 전류의 크기를 결정한다.
- [0075] 히터 전력 공급 회로(460)는 FOD ON 모드에서 FOD DAC 값에 따른 전류를 발생시켜 헤드(16)에 설치된 히터에 공급하고, FOD OFF 모드에서는 헤드(16)에 설치된 히터에 공급되는 전류를 차단한다.
- [0076] 컨트롤러(430)는 디지털 신호 프로세서(DSP: Digital Signal Processor), 마이크로프로세서, 마이크로컨트롤러, 프로세서 등이 될 수 있다. 컨트롤러(430)는 호스트 인터페이스 회로(160)를 통하여 호스트 기기로부터 수신되는 커맨드(command)에 따라서 디스크(12)로부터 정보를 읽거나 또는 디스크(12)에 정보를 기록하기 위하여 리드/라이트 채널(420)을 제어한다.
- [0077] 컨트롤러(430)는 보이스 코일 모터(30, VCM)를 구동시키기 위한 구동 전류를 공급하는 VCM(Voice Coil Motor) 구동부(440)에 결합되어 있다. 컨트롤러(430)는 헤드(16)의 움직임을 제어하기 위하여 VCM 구동부(440)로 제어 신호를 공급한다.
- [0078] 컨트롤러(430)는 스피들 모터(14, SPM)를 구동시키기 위한 구동 전류를 공급하는 SPM(Spindle Motor) 구동부(450)에 또한 결합되어 있다. 컨트롤러(430)는 전원이 공급되면, 스피들 모터(14)를 목표 속도로 회전시키기 위하여 SPM 구동부(450)에 제어신호를 공급한다.
- [0079] 컨트롤러(430)는 히터 전력 공급 회로(460)와 결합되어, 슬라이더(20)에 설치된 히터(6I)에 공급할 전압 또는 전류의 크기를 결정하는 제어신호인 FOD DAC을 발생시킨다.
- [0080] 컨트롤러(430)는 ROM(120) 및 RAM(130)과 각각 결합되어 있다. ROM(120)에는 디스크 드라이브를 제어하는 펌웨어 및 제어 데이터들이 저장되어 있다. 도 12 ~ 도 14에 도시된 본 발명의 기술적 사상에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법을 실행시키기 위한 프로그램 코드 및 정보들을 저장된다. 물론, 도 12 ~ 도 14에 도시된 본 발명의 기술적 사상에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법을 실행시키기 위한 프로그램 코드 및 정보들을 ROM(120) 대신에 디스크(12)의 메인터

년스 실린더 영역에 저장할 수도 있다.

- [0081] 컨트롤러(430)는 ROM(120) 또는 디스크(12)에 저장된 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법을 실행시키기 위한 프로그램 코드 및 정보들을 RAM(130)에 로딩시키고, RAM(130)에 로딩된 프로그램 코드 및 정보들을 이용하여 도 12 ~ 도 14에 도시된 본 발명의 기술적 사상에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법을 실행시키도록 구성 수단들을 제어할 수 있다.
- [0082] 그리고, 컨트롤러(430)는 슬라이더(20)의 센서(6J)와 전기적으로 접속되도록 설계하고, 도 8 또는 도 9와 같은 본 발명의 기술적 사상에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치에 대한 회로를 내장하도록 설계할 수 있다. 물론, 도 8 또는 도 9와 같은 헤드 부상 높이 조정 장치에 대한 회로를 컨트롤러(430)와 분리하여 설계할 수도 있다.
- [0083] 우선, 디스크 드라이브의 일반적인 데이터 리드 동작 및 데이터 라이트 동작을 설명하기로 한다.
- [0084] 데이터 읽기(Read) 모드에서, 디스크 드라이브는 디스크(12)로부터 헤드(16)에 의하여 감지된 전기적인 신호를 프리 앰프(410)에서 증폭시킨다. 그리고 나서, 리드/라이트 채널(420)에서 신호의 크기에 따라 이득을 자동으로 가변시키는 자동 이득 제어 회로(도면에 미도시)에 의하여 프리 앰프(420)로부터 출력되는 신호를 증폭시키고, 이를 디지털 신호로 변환시킨 후에, 복호 처리하여 데이터를 검출한다. 검출된 데이터는 컨트롤러(430)에서 일 예로서 에러 정정 코드인 리드 솔로몬 코드를 이용한 에러 정정 처리를 실행한 후에, 스트림 데이터로 변환하여 호스트 인터페이스 회로(160)를 통하여 호스트 기기로 전송한다.
- [0085] 그리고 데이터 쓰기(Write) 모드에서, 디스크 드라이브는 호스트 인터페이스 회로(160)를 통하여 호스트 기기로부터 데이터를 입력받아, 컨트롤러(430)에서 리드 솔로몬 코드에 의한 에러 정정용 심볼을 부가하고, 리드/라이트 채널 회로(420)에 의하여 기록 채널에 적합하도록 부호화 처리한 후에 프리 앰프(410)에 의하여 증폭된 기록 전류로 헤드(16)를 통하여 디스크(12)에 기록시킨다.
- [0086] 다음으로, 본 발명의 기술적 사상에 의한 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법을 디스크 드라이브에서 실행시키는 실시 예에 대하여 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0087] 우선, 본 발명에서 제안하는 헤드의 터치-다운 검출 방법의 원리에 대하여 설명하기로 한다.
- [0088] 디스크 드라이브의 헤드 디스크 어셈블리(100)에서 헤드(16)와 디스크(12) 사이의 간격인 헤드 부상 높이를 목표 부상 높이로 조정하도록 제어하기 위해서는 터치-다운 테스트를 통하여 헤드가 터치-다운 위치에 도달되는 포인트를 정확히 검출할 필요가 있다.
- [0089] 본 발명에서는 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값(일 예로서 저항 값)이 변하는 센서(6J)를 슬라이더(20)에 정착시키고, 슬라이더(20)에 정착된 센서(6J)의 전기적인 특성 인자 값의 변화에 근거하여 헤드의 터치-다운 상태를 검출하는 방안을 제안한다.
- [0090] 그러면, 본 발명의 기술적 사상에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치에 대하여 설명하기로 한다.
- [0091] 본 발명의 기술적 사상에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치의 회로 블록 구성의 예를 도 8 및 도 9에 도시하였다. 도 8 및 도 9에 도시된 헤드 부상 높이 조정 장치는 도 1의 데이터 저장 장치의 프로세서(110) 또는 도 4의 컨트롤러(430)에 포함되도록 설계할 수 있으며, 경우에 따라서는 별도의 회로 구성으로 설계할 수도 있다.
- [0092] 본 발명의 일 실시 예에서는 도 8 및 도 9에 도시된 헤드 부상 높이 조정 장치를 프로세서(110) 또는 컨트롤러(430)에 포함되도록 설계하였다. 아래에서는 설명의 편의를 위하여 도 8 및 도 9에 도시된 헤드 부상 높이 조정 장치가 컨트롤러(430)에 포함된 것으로 한정하여 설명하기로 한다.
- [0093] 우선, 도 8에 도시된 본 발명의 기술적 사상의 일 실시 예에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치에 대하여 설명하기로 한다.
- [0094] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 기술적 사상의 일 실시 예에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치는 센서 저항 값 검출부(810), 터치-다운 판정부(820A), 자기 공간의 변화량 프로파일 생성부(830) 및, FOD 제어값 결정부(840)를 구비한다.
- [0095] 센서 저항 값 검출부(810)는 헤드(16)의 부상 높이를 순차적으로 낮추는 터치-다운 프로세스를 실행하면서 슬라이더(20)에 탑재된 센서(6J)의 저항 값을 검출하는 수단이다. 즉, 헤드의 부상 높이를 측정하기 위한 터치-다운 테스트 모드에서 컨트롤러(430)는 히터 전력 공급 회로(460)에 인가되는 FOD(Flying On Demand) DAC 값을 터치-다운 발생 시점까지 순차적으로 증가시킨다.

- [0096] 이와 같은 터치-다운 테스트 조건에서 센서 저항 값 검출부(810)는 센서(6J)의 양 단자 사이에 일정한 전압(V1)을 인가한 상태에서 센서(6J)로 흐르는 전류(I1)를 측정하고, V1/I1을 연산하여 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 검출할 수 있다. 즉, 도 7을 참조하면, 일정한 전압(V1)을 발생시키는 전압원(도면에 미도시)을 패드 S+와 S-/G 사이에 연결한 상태에서 패드 S+와 센서(6J)를 연결하는 도선을 통하여 흐르는 전류(I1)를 측정하여 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 검출할 수 있다.
- [0097] 또한, 센서 저항 값 검출부(810)는 센서(6J)에 일정한 전류(I2)를 인가한 상태에서 센서(6J)의 양 단자에 걸리는 전압(V2)을 측정하고, V2/I2를 연산하여 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 검출할 수도 있다. 즉, 도 7을 참조하면, 일정한 전류(I2)를 발생시키는 전류원(도면에 미도시)을 패드 S+와 센서(6J) 사이에 직렬로 연결한 상태에서 패드 S+와 S-/G 사이에 걸리는 전압(V2)을 측정하여 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 검출할 수 있다.
- [0098] 터치-다운 판정부(820A)는 센서 저항 값 검출부(810)에서 검출되는 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)과 제1임계값(TH1)을 비교하여, 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 제1임계값(TH1)과 같거나 큰 경우에 헤드가 터치-다운 위치에 도달됨을 알리는 신호(S_TD)를 생성시키고, 이와 함께 이 때 적용된 FOD DAC 값(FOD_DAC_TD)을 터치-다운 기준 값으로 결정한다. 여기에서, 제1임계값(TH1)은 슬라이더(20)와 디스크(12)가 접촉되는 터치-다운 시점을 판정하기 위한 센서(6J)의 임계 저항 값으로 센서(6J)의 온도에 따른 저항 변화 특성을 고려하여 디스크 드라이브 개발 과정에서 실험적으로 결정할 수 있다.
- [0099] 도 16을 참조하여, 제1임계값(TH1)을 결정하는 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 도 16에는 슬라이더(20)에 탑재된 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화를 나타내는 곡선(1)이 도시되어 있다. 도 16에 도시된 곡선(1)은 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값이 증가함에 따라 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)도 비교적 완만하게 증가하고, 헤드의 터치-다운 포인트(TD POINT)가 발생된 후의 영역(A1)에서 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 급격하게 증가한다는 것을 보여준다. 따라서, 복수의 실험을 통하여 구해진 헤드의 터치-다운 포인트에서의 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 평균값을 연산하여 제1임계값(TH1)을 결정할 수 있다. 즉, 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 급격하게 증가하기 시작하는 시점의 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 실험적 또는 시뮬레이션을 통하여 구하여 제1임계값(TH1)을 결정할 수 있다. 그리고, 제1임계값(TH1)은 디스크 드라이브의 사용 온도별로 설정한다.
- [0100] 도 17은 디스크 드라이브의 사용 온도별로 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화 특성을 보여준다. 도 17에서 특성 곡선 G1은 디스크 드라이브 온도 35°C에서 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화 특성을 디스크의 내주(ID) 영역, 중앙(MD) 영역, 외주(OD) 영역별로 도시한 것이고, 특성 곡선 G2는 디스크 드라이브 온도 50°C에서 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화 특성을 디스크의 내주(ID) 영역, 중앙(MD) 영역, 외주(OD) 영역별로 도시한 것이고, 특성 곡선 G3은 디스크 드라이브 온도 60°C에서 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화 특성을 디스크의 내주(ID) 영역, 중앙(MD) 영역, 외주(OD) 영역별로 도시한 것이다.
- [0101] 도 17을 참조하면, 디스크 드라이브의 사용 온도에 따라서 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화 특성이 달라진다는 것을 알 수 있다. 따라서, 디스크 드라이브의 사용 온도별로 제1임계값(TH1)을 다르게 설정할 필요가 있다. 그리고, 디스크의 반경 위치에 따라서 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화 특성은 약간의 차이가 있으나, 무시할 수 있는 정도의 차이에 해당된다. 만일, 이와 같은 특성 차이도 디스크 드라이브 설계 시에 고려하고자 한다면, 제1임계값(TH1)을 사용 온도 분류에 따라서 디스크의 준별 또는 내주(ID) 영역, 중앙(MD) 영역, 외주(OD) 영역별로 각각 실험을 통하여 결정하면 된다.
- [0102] 제1임계값(TH1)을 디스크 드라이브의 사용 온도별로 결정한 경우에, 터치-다운 판정부(820A)는 터치-다운 테스트를 실행하는 디스크 드라이브의 사용 온도에 상응하는 제1임계값(TH1)을 선택하고, 센서 저항 값 검출부(810)에서 검출되는 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 선택된 제1임계값(TH1)과 같거나 큰 경우에 헤드(16)가 터치-다운 위치에 도달됨을 알리는 신호(S_TD)를 생성시킨다.
- [0103] 컨트롤러(430)는 터치-다운 위치에 도달됨을 알리는 신호(S_TD)가 발생되면, 터치-다운 프로세스를 종료한다.
- [0104] 자기 공간의 변화량 프로파일 생성부(830)는 FOD DAC 값의 변화에 따른 헤드(16)와 디스크(12) 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일을 산출하는 수단이다. 일 예로서, 헤드(16)와 디스크(12) 사이의 자기 공간의 변화량은

이미 알려진 Wallace 공간 손실 방정식(Wallace spacing loss equation)을 이용하여 FOD DAC 값의 변화에 대한 디스크(12) 상에서의 헤드(16)의 부상 높이의 프로파일을 구할 수 있다.

- [0105] Wallace 공간 손실 방정식은 수학적 식 1과 같다.
- [0106] [수학적 식 1]
- [0107] $\Delta d = (\lambda / 2 \pi) * L_s$
- [0108] 여기에서,
- [0109] Δd = 디스크와 헤드 사이의 자기 공간의 변화량
- [0110] λ = 기록 파장 = 선속도/기록 주파수
- [0111] $L_s = \ln(TAA1/TAA2)$ 이며,
- [0112] L_n 은 자연 로그이고, TAA1은 이전 AGC 이득 값이고, TAA2는 현재 AGC 이득 값이다.
- [0113] 따라서, 수학적 식 1을 이용하여 AGC 이득 값(AGC_gain)의 변화에 대한 디스크(12)와 헤드(16) 사이의 자기 공간의 변화량을 구할 수 있다. 참고적으로, FOD DAC 값의 변화에 따른 AGC 이득 값들을 측정할 수 있으므로 FOD DAC 값의 변화에 따른 디스크(12)와 헤드(16) 사이의 자기 공간의 변화량의 프로파일을 구할 수 있게 된다.
- [0114] FOD 제어값 결정부(840)는 터치-다운 판정부(820A)로부터 입력되는 FOD DAC_TD를 기준으로 하여 자기 공간의 변화량 프로파일 생성부(830)에서 구해진 FOD DAC 값의 변화에 따른 디스크(12)와 헤드(16) 사이의 자기 공간의 변화량의 프로파일로부터 목표 기준 높이에 대응되는 FOD DAC 값인 FOD_taget 값을 결정한다.
- [0115] 이에 따라서, 컨트롤러(430)는 FOD 제어값 결정부(840)에서 결정된 FOD_taget 값을 FOD DAC 값으로 적용하여 헤드 부상 높이가 목표 부상 높이에 도달되도록 제어할 수 있게 된다.
- [0116] 다음으로, 도 9에 도시된 본 발명의 기술적 사상의 다른 실시 예에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치에 대하여 설명하기로 한다.
- [0117] 도 9에 도시된 바와 같이, 본 발명의 기술적 사상의 다른 실시 예에 따른 헤드 부상 높이 조정 장치는 센서 저항 값 검출부(810), 터치-다운 판정부(820B), 자기 공간의 변화량 프로파일 생성부(830), FOD 제어값 결정부(840) 및, 저항 변화율 산출부(850)를 구비한다.
- [0118] 센서 저항 값 검출부(810)는 헤드(16)의 부상 높이를 순차적으로 낮추는 터치-다운 프로세스를 실행하면서 슬라이더(20)에 탑재된 센서(6J)의 저항 값을 검출하는 수단이다. 센서 저항 값 검출부(810)는 도 8에서 이미 상세히 설명하였으므로 중복된 설명은 피하기로 한다.
- [0119] 저항 변화율 산출부(850)는 슬라이더(20)에 탑재된 히터(6I)에 공급되는 전력 변화에 대한 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)을 연산하는 수단이다. 즉, 히터(6I)에 공급되는 전력 변화에 따른 센서(6J)의 저항 변화량을 히터(6I)에 공급되는 전력 변화량으로 나누어 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)을 구할 수 있다. 경우에 따라서는, 히터(6I)에 공급되는 전력 변화에 따른 센서(6J)의 저항 변화량을 히터 전력 공급 회로(460)에 인가되는 FOD(Flying On Demand) DAC 값의 변화량으로 나누어 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)을 구할 수도 있다.
- [0120] 터치-다운 판정부(820B)는 저항 변화율 산출부(850)에서 산출된 저항 변화율(HDI_R Delta)과 제2임계값(TH2)을 비교하여, 저항 변화율(HDI_R Delta)이 제2임계값(TH2)과 같거나 작은 경우에 헤드가 터치-다운 위치에 도달됨을 알리는 신호(S_TD)를 생성시키고, 이와 함께 이 때 적용된 FOD DAC 값(FOD DAC_TD)을 터치-다운 기준값으로 결정한다. 여기에서, 제2임계값(TH2)은 슬라이더(20)와 디스크(12)가 접촉되는 터치-다운 시점을 판정하기 위한 센서(6J)의 임계 저항 변화율로서 센서(6J)의 온도에 따른 저항 변화 특성을 고려하여 디스크 드라이브 개발 과정에서 실험적으로 결정할 수 있다.
- [0121] 도 16을 참조하여, 제2임계값(TH2)을 결정하는 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 도 16에는 슬라이더(20)에 탑재된 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값의 변화에 대한 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)을 나타내는 곡선(2)가 도시되어 있다. 도 16에 도시된 곡선(2)는 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값이 증가함에 따라 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)이 비교적 완만하게 감소하고, 헤드의 터치-다운 포인트에서 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)이 0(zero)이 되고, 터치-다운 포인트 경과 후의 영역(A1)에서는 저항 값(HDI_R)의 변화율(HDI_R Delta)이 급격하게 증가한다는 것을 보여준다. 따라서, 이 경우에 제2임계값(TH2)은

0(zero)으로 결정할 수 있다. 참고적으로, 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값을 증가시키면 센서(6J) 저항은 증가하다가 헤드(16)가 디스크(12)에 가깝게 접근하기 시작하면 디스크의 회전에 따른 쿨링 효과(cooling effect)가 발생되어 센서(6J) 저항의 증가율이 감소되기 시작한다. 센서(6J) 저항의 증가율이 최소화되는 지난 후에는 헤드(16)와 디스크(12)가 접촉하게 되며, 헤드(16)와 디스크(12)의 접촉에 따라 센서(6J) 저항의 증가율은 급격히 증가하게 된다.

- [0122] 도 18에는 디스크 드라이브의 사용 온도가 35°C, 50°C, 60°C인 경우에 디스크의 내주(ID) 영역, 중앙(MD) 영역, 외주(OD) 영역에서 각각 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값이 증가함에 따른 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta) 특성이 도시되었다. 도 18을 참조하면, 디스크 드라이브의 사용 온도 및 디스크 반경 위치에 관계없이 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)이 거의 0(zero) 근처에서 터치-다운이 발생된다는 것을 알 수 있다.
- [0123] 자기 공간의 변화량 프로파일 생성부(830)는 FOD DAC 값의 변화에 따른 헤드(16)와 디스크(12) 사이의 자기 공간의 변화량 프로파일을 산출하는 수단이며, 이에 대한 동작은 도 8에 대한 설명에서 상세히 하였으므로 중복된 설명을 피하기로 한다.
- [0124] 그리고, FOD 제어값 결정부(840)는 터치-다운 판정부(820B)로부터 입력되는 FOD DAC_TD을 기준으로 하여 자기 공간의 변화량 프로파일 생성부(830)에서 구해진 FOD DAC 값의 변화에 따른 디스크(12)와 헤드(16) 사이의 자기 공간의 변화량의 프로파일로부터 목표 기준 높이에 대응되는 FOD DAC 값인 FOD_taget 값을 결정한다.
- [0125] 이에 따라서, 컨트롤러(430)는 FOD 제어값 결정부(840)에서 결정된 FOD_taget 값을 FOD DAC 값으로 적용하여 헤드 부상 높이가 목표 부상 높이에 도달되도록 제어할 수 있게 된다.
- [0126] 다음으로, 도 1의 데이터 저장 장치의 프로세서(110) 또는 도 4의 디스크 드라이브의 컨트롤러(430)의 제어에 의하여 진행되는 본 발명의 기술적 사상에 의한 헤드의 터치-다운 검출 방법 및 이를 이용한 헤드 부상 높이 조정 방법에 대하여 도 12 ~ 도 14의 흐름도를 참조하여 설명하기로 한다. 아래에서는 설명의 편의를 위하여 컨트롤러(430)의 제어에 의하여 진행되는 것으로 한정하여 설명하기로 한다. 물론, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0127] 우선, 도 12를 참조하여 본 발명의 기술적 사상에 의한 헤드 부상 높이 조정 방법의 일 실시 예에 대하여 설명하기로 한다.
- [0128] 컨트롤러(430)는 디스크 드라이브가 헤드의 부상 높이(FH)를 측정하기 위한 모드로 천이되는지를 판단한다(S101). 헤드의 부상 높이를 측정하기 위한 모드는 드라이브 조립 후에 검사 공정에서 실행될 수 있다.
- [0129] 단계101(S101)의 판단 결과 디스크 드라이브가 헤드의 부상 높이를 측정하기 위한 모드로 천이되는 경우에는, 컨트롤러(430)는 헤드 부상 높이를 측정하고자 하는 디스크 존(zone)에서 헤드의 부상 높이를 순차적으로 낮추도록 FOD 제어값(FOD DAC 값)을 변경하면서 헤드와 디스크 사이의 자기 공간 변화량을 산출하는 프로세스를 실행한다(S102). 즉, 컨트롤러(430)의 제어에 의하여 히터 전력 공급 회로(460)에 인가되는 FOD DAC 값을 순차적으로 증가시키면서 수학적 1과 같은 Wallace 공간 손실 방정식을 이용하여 FOD DAC 값의 변화에 대한 디스크(12) 상에서의 헤드(16)의 부상 높이의 프로파일을 구할 수 있다.
- [0130] 단계102(S102)를 실행하면서 슬라이더(20)가 디스크(12)에 접촉되는 터치-다운 상태가 발생되는지를 판단한다(S103). 본 발명에서 제안하는 터치-다운 판단 방식은 슬라이더(20)에 정착된 센서(6J)를 이용하여 터치-다운이 발생하는 시점을 검출한다. 센서(6J)는 온도에 따라 전기적인 특성 인자 값이 변하는 소재를 사용하고, 일 예로서 온도에 따라 저항 값이 변화하는 특성을 갖는 소자를 이용할 수 있다. 세부적으로 NiFe로 이루어진 소자를 센서(6J)로 이용할 수 있다. 슬라이더(20)에 정착된 센서(6J)를 이용하여 헤드의 터치-다운 상태를 검출하는 방법에 대해서는 도 13 ~ 도 14에서 상세히 설명하기로 한다.
- [0131] 단계103(S103)의 판단 결과 터치-다운 상태에 도달된 것으로 판정된 경우에는 단계102(S102)에서 구한 FOD DAC 값의 변화에 대한 디스크(12)와 헤드(16) 사이의 자기 공간의 변화량의 프로파일로부터 목표 부상 높이에 상응하는 FOD DAC 값을 해당 존의 FOD 제어값으로 결정한다(S104). 즉, 터치-다운 발생 시점에서의 FOD DAC 값을 기준으로 단계102(S102)에서 구한 FOD DAC 값의 변화에 따른 디스크(12)와 헤드(16) 사이의 자기 공간의 변화량의 프로파일로부터 목표 부상 높이에 상응하는 FOD DAC 값을 구해 낸다. 그리고 나서, 구해진 FOD DAC 값을 히터 전력 공급 회로(460)에 인가하면, 슬라이더(20)에 탑재된 히터(6I)에서 발생하는 열에 의하여 헤드(16)의 풀 팁이 팽창하게 되어 헤드(16)가 부상 높이가 목표 부상 높이로 조정될 수 있게 된다.

- [0132] 위와 같은 헤드 부상 높이 측정 테스트를 디스크의 존별 또는 복수의 존들을 포함하는 영역별로 수행하면, 존별 또는 영역별로 목표 부상 높이에 상응하는 FOD DAC 값을 구해낼 수 있게 된다. 그리고, 복수의 존들을 포함하는 영역별로 헤드 부상 높이 측정 테스트를 수행한 경우에는 보간(interpolation) 또는 외삽(extrapolation) 방식을 이용하여 측정되지 않은 존에서의 목표 부상 높이에 상응하는 FOD DAC 값을 추정할 수 있게 된다.
- [0133] 그러면, 본 발명에 제안하는 헤드의 터치-다운 검출 방법의 실시 예들에 대하여 도 13 ~ 도 14를 참조하여 설명하기로 한다.
- [0134] 우선, 도 13에 도시된 흐름도를 참조하여 본 발명의 기술적 사상의 일 실시 예에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법을 설명하기로 한다.
- [0135] 도 13에 따른 실시 예에서는 슬라이더의 부상 높이 변화에 따른 슬라이더(20)에 정착된 센서(6J)의 저항 값의 변화를 이용하는 터치-다운 검출 방법을 제안하였다.
- [0136] 컨트롤러(430)는 터치-다운 테스트 프로세스에서 헤드의 부상 높이를 조정하는 제어신호의 초기 FOD DAC 값을 최소값(FOD_min)으로 설정하고, 설정된 FOD DAC 값을 히터 전력 공급 회로(460)에 인가한다(S201). 여기에서, FOD_min은 '0'으로 설정할 수 있다.
- [0137] 다음으로, 컨트롤러(430)는 슬라이더(20)에 정착된 센서(6J)의 저항 값을 검출한다(S202). 일 예로서, 센서(6J)의 양 단자 사이에 일정한 전압(V1)을 인가한 상태에서 센서(6J)로 흐르는 전류(I1)를 측정하고, V1/I1을 연산하여 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 검출할 수 있다. 다른 예로서, 센서(6J)에 일정한 전류(I2)를 인가한 상태에서 센서(6J)의 양 단자에 걸리는 전압(V2)을 측정하고, V2/I2를 연산하여 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 검출할 수도 있다.
- [0138] 다음으로, 컨트롤러(430)는 단계202(S202)에서 검출된 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 제1임계값(TH1)과 같거나 큰지를 판단한다(S203). 여기에서, 제1임계값(TH1)은 실험을 통하여 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화를 나타내는 곡선으로부터 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 급격하게 증가하기 시작하는 시점의 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)으로 결정할 수 있다.
- [0139] 단계203(S203)의 판단 결과 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 제1임계값(TH1)보다 작은 경우에는 현재 설정되어 있는 FOD DAC 값을 ΔV 만큼 증가시킨 후에(S204), 단계202(S202)부터 다시 수행한다. 여기에서, ΔV 는 헤드 부상 높이를 조정하는 제어신호의 단위 증가분을 의미한다.
- [0140] 만일 단계203(S203)의 판단 결과 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 제1임계값(TH1)과 같거나 큰 경우에는 헤드의 부상 높이가 터치-다운 상태로 접어든 것으로 판정한다(S205). 즉, 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 제1임계값(TH1)과 같거나 큰 경우에는 헤드가 터치-다운되는 시점으로 판정하여, 헤드가 터치-다운 상태에 도달됨을 알리는 신호(S_TD)를 생성시키고, 이와 함께 이 때 적용된 FOD DAC 값(FOD DAC_TD)을 터치-다운 기준값으로 결정한다.
- [0141] 다음으로, 도 14에 도시된 흐름도를 참조하여 본 발명의 기술적 사상의 다른 실시 예에 따른 헤드의 터치-다운 검출 방법을 설명하기로 한다.
- [0142] 도 14에 따른 실시 예에서는 슬라이더의 부상 높이 변화에 따른 슬라이더(20)에 정착된 센서(6J)의 저항 값의 변화율을 이용하는 터치-다운 검출 방법을 제안하였다.
- [0143] 컨트롤러(430)는 터치-다운 테스트 프로세스에서 헤드의 부상 높이를 조정하는 제어신호의 초기 FOD DAC 값을 최소값(FOD_min)으로 설정하고, 설정된 FOD DAC 값을 히터 전력 공급 회로(460)에 인가한다(S301). 여기에서, FOD_min은 '0'으로 설정할 수 있다.
- [0144] 다음으로, 컨트롤러(430)는 슬라이더(20)에 정착된 센서(6J)의 저항 값을 검출한다(S302). 일 예로서, 센서(6J)의 양 단자 사이에 일정한 전압(V1)을 인가한 상태에서 센서(6J)로 흐르는 전류(I1)를 측정하고, V1/I1을 연산하여 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 검출할 수 있다. 다른 예로서, 센서(6J)에 일정한 전류(I2)를 인가한 상태에서 센서(6J)의 양 단자에 걸리는 전압(V2)을 측정하고, V2/I2를 연산하여 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)을 검출할 수도 있다.
- [0145] 다음으로, 컨트롤러(430)는 슬라이더(20)에 탑재된 히터(6I)에 공급되는 전력 변화에 대한 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)을 연산한다(S303). 즉, FOD(Flying On Demand) DAC 값의 변화량(ΔV)에 따른 센서(6J)의 저항 변화량을 히터(6I)에 공급되는 전력 변화량으로 나누어 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)을 구할 수 있다. 경우에 따라서는, FOD(Flying On Demand) DAC 값의 변화량(ΔV)에 따른 센서(6J)의 저항 변화량을 히터 전

력 공급 회로(460)에 인가되는 FOD(Flying On Demand) DAC 값의 변화량(ΔV)으로 직접 나누어 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)을 구할 수도 있다.

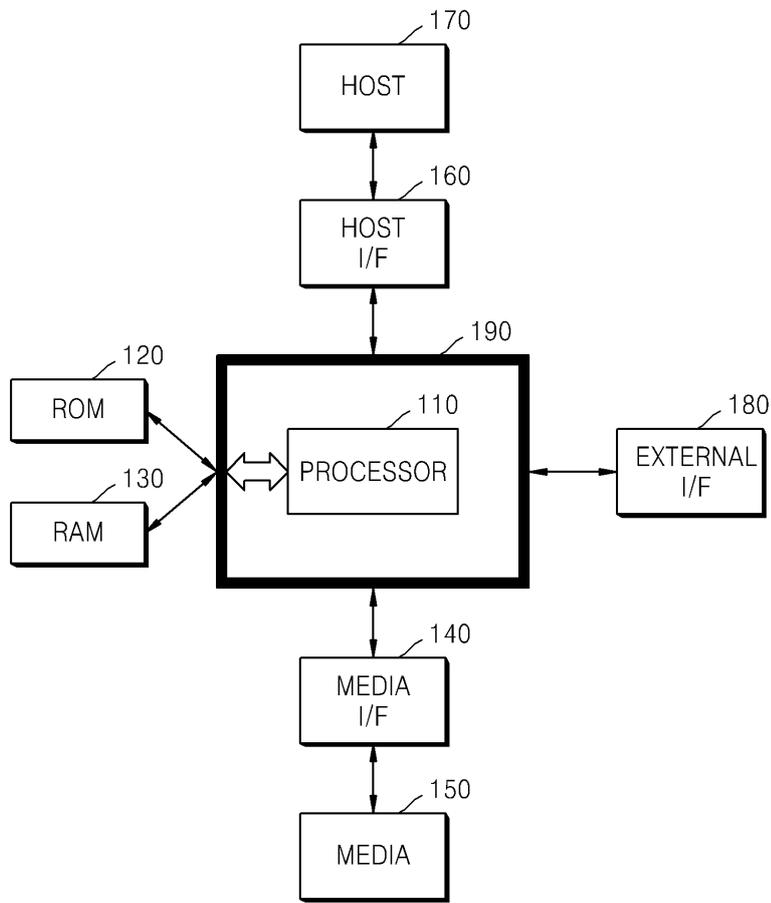
- [0146] 다음으로, 컨트롤러(430)는 연산된 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)이 제2임계값(TH2)보다 작거나 같은지 판단한다(S304). 여기에서, 제2임계값(TH2)은 실험을 통하여 히터(6I)에 공급되는 전력(FOD POWER) 값에 따른 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)의 변화율을 나타내는 곡선으로부터 헤드의 터치-다운 포인트에서 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)이 0(zero)이 된다는 사실로부터 0(zero)으로 결정할 수 있다.
- [0147] 단계304(S304)의 판단 결과 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)이 제2임계값(TH2)보다 큰 경우에는 현재 설정되어 있는 FOD DAC 값을 ΔV 만큼 증가시킨 후에(S305), 단계302(S302)부터 다시 수행한다.
- [0148] 만일 단계304(S304)의 판단 결과 센서(6J)의 저항 변화율(HDI_R Delta)이 제2임계값(TH2)보다 작거나 같은 경우에는 헤드의 부상 높이가 터치-다운 상태로 접어든 것으로 판정한다(S306). 즉, 센서(6J)의 저항 값(HDI_R)이 제2임계값(TH2)과 같거나 큰 경우에는 헤드가 터치-다운되는 시점으로 판정하여, 헤드가 터치-다운 상태에 도달됨을 알리는 신호(S_TD)를 생성시키고, 이와 함께 이 때 적용된 FOD DAC 값(FOD DAC_TD)을 터치-다운 기준값으로 결정한다.
- [0149] 따라서, 슬라이더(20)에 정착된 온도에 따라 저항 값이 변하는 센서(6J)의 헤드의 부상 높이에 따른 센서(6J)의 저항 값의 변화 또는 변화율을 이용하여 헤드의 터치-다운 포인트를 정확하게 검출할 수 있게 된다.
- [0150] 본 발명은 방법, 장치, 시스템 등으로서 실행될 수 있다. 소프트웨어로 실행될 때, 본 발명의 구성 수단들은 필연적으로 필요한 작업을 실행하는 코드 세그먼트들이다. 프로그램 또는 코드 세그먼트들은 프로세서 판독 가능 매체에 저장되어 질 수 있다.
- [0151] 첨부된 도면에 도시되어 설명된 특정의 실시 예들은 단지 본 발명의 예로서 이해되어 지고, 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 본 발명에 기술된 기술적 사상의 범위에서도 다양한 다른 변경이 발생될 수 있으므로, 본 발명은 보여지거나 기술된 특정의 구성 및 배열로 제한되지 않는 것은 자명하다.

부호의 설명

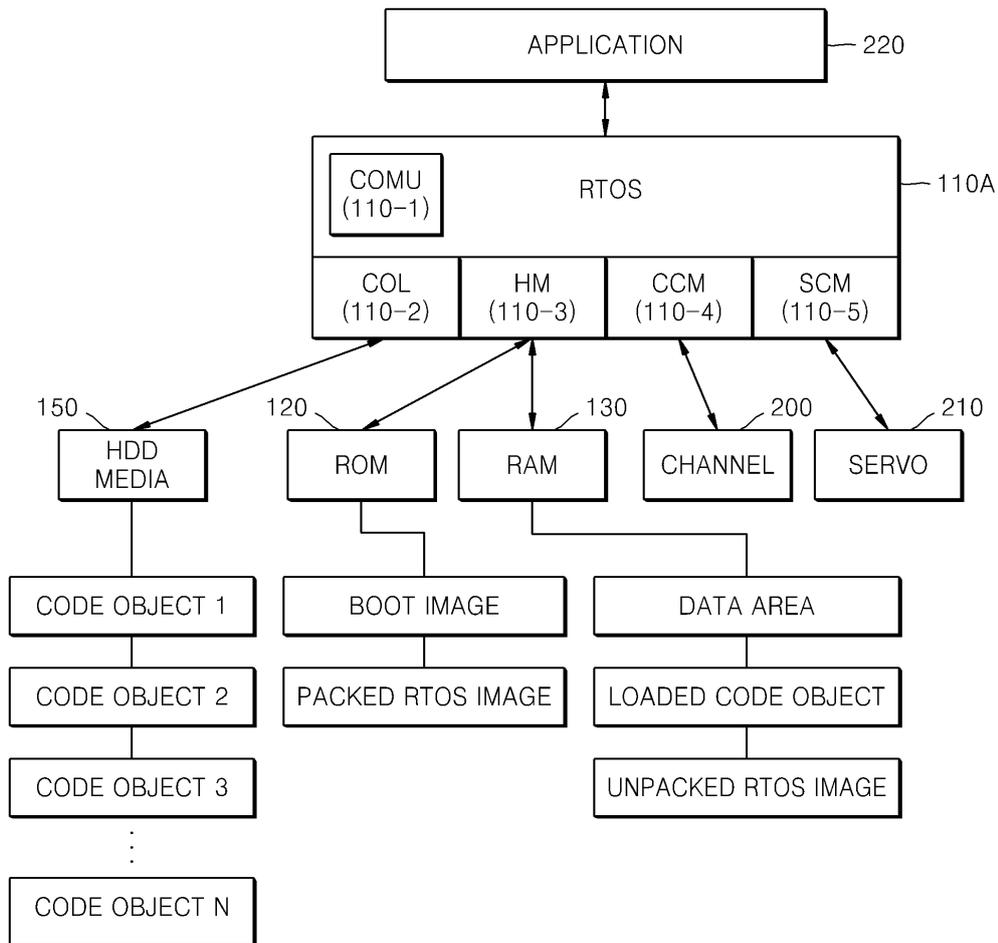
- [0152] 110; 프로세서, 120; ROM, 130; RAM, 140; 미디어 인터페이스, 150; 미디어, 160; 호스트 인터페이스, 170; 호스트 기기, 180; 외부 인터페이스, 190; 버스, 200; 채널(CHANNEL) 회로, 210; 서보(SERVO) 회로, 110A; RTOS, 110-1; 코드 오브젝트 관리 유닛, 110-2; 코드 오브젝트 로더, 110-3; 메모리 핸들러, 110-4; 채널 제어 모듈, 110-5; 서보 제어 모듈, 220; 어플리케이션 프로그램, 410; 프리 앰프, 420; 리드/라이트 채널, 430; 컨트롤러, 440; 보이스 코일 모터 구동부, 450; 스핀들 모터 구동부, 460; 히터 전력 공급 회로, 810; 센서 저항 값 검출부, 820A, 820B; 터치-다운 판정부, 830; 자기 공간의 변화량 프로파일 생성부, 840; FOD 제어값 결정부, 850; 저항 변화율 산출부

도면

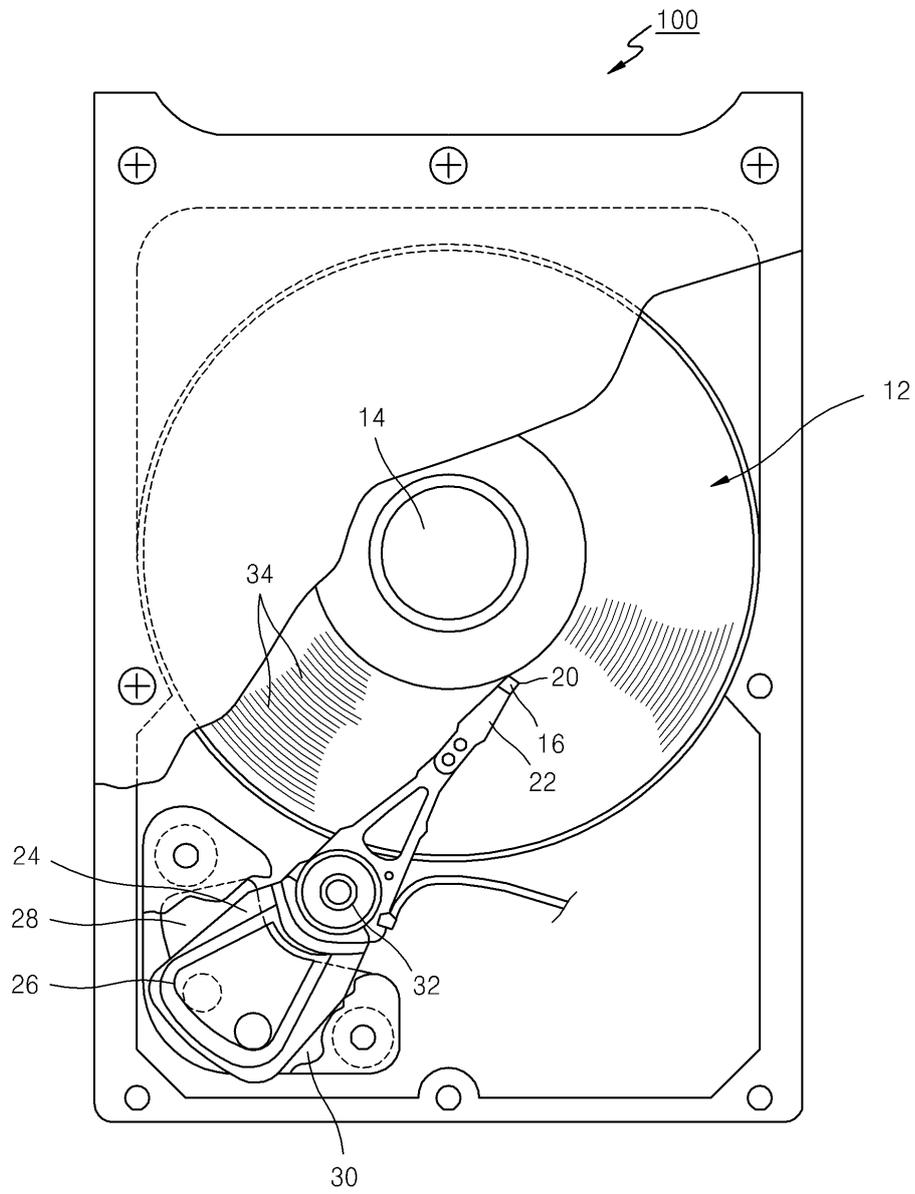
도면1



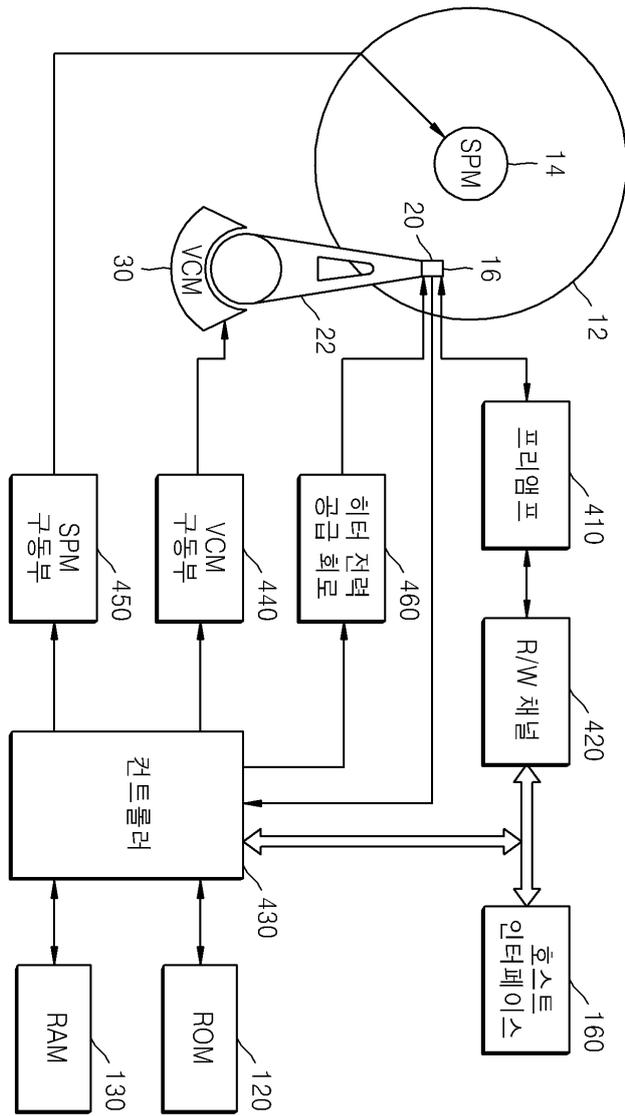
도면2



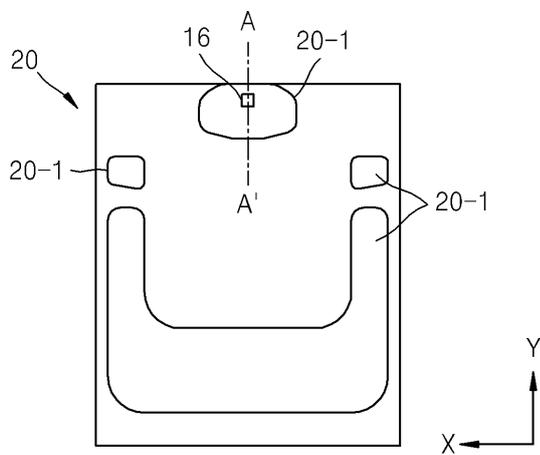
도면3



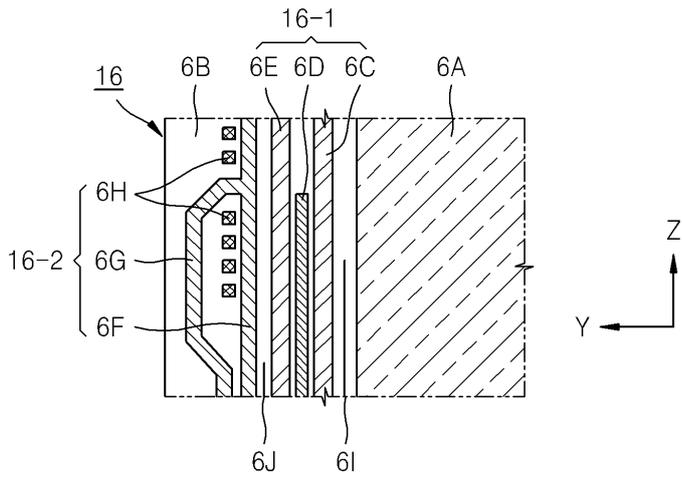
도면4



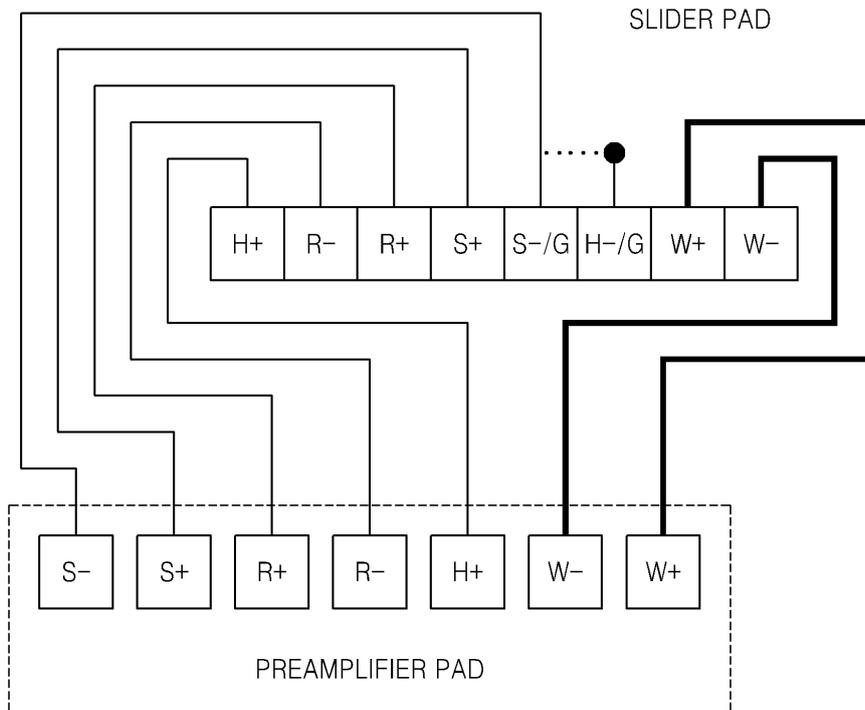
도면5



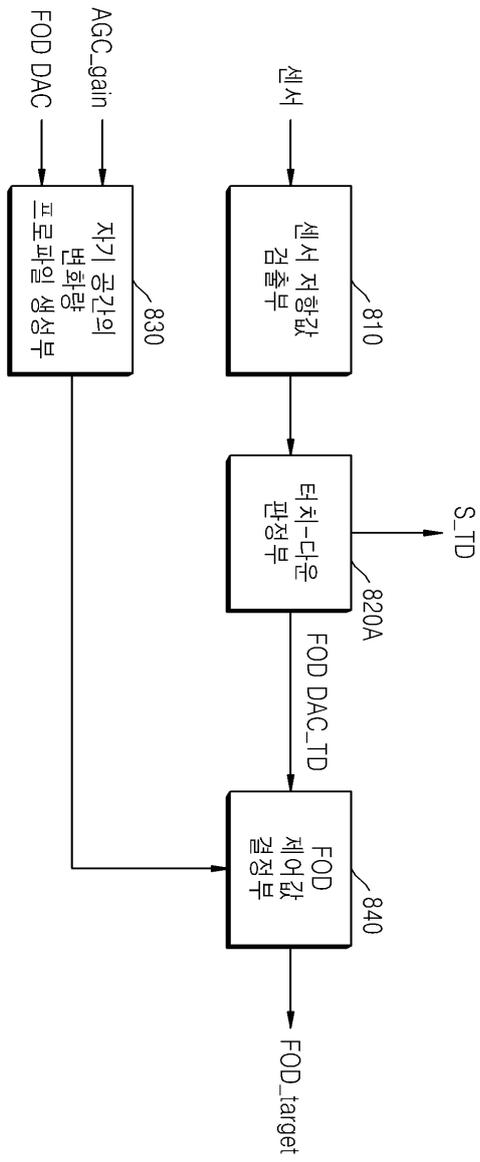
도면6



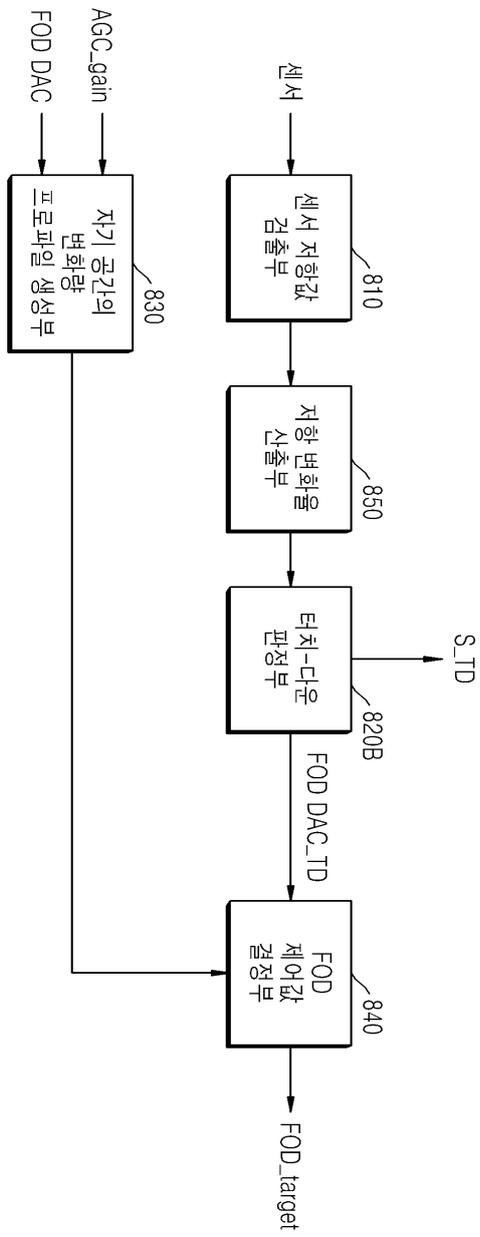
도면7



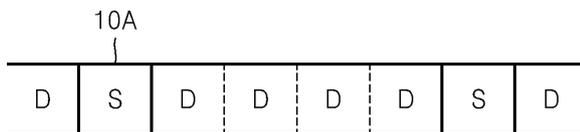
도면8



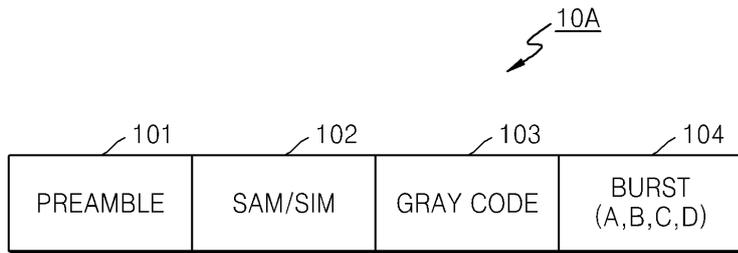
도면9



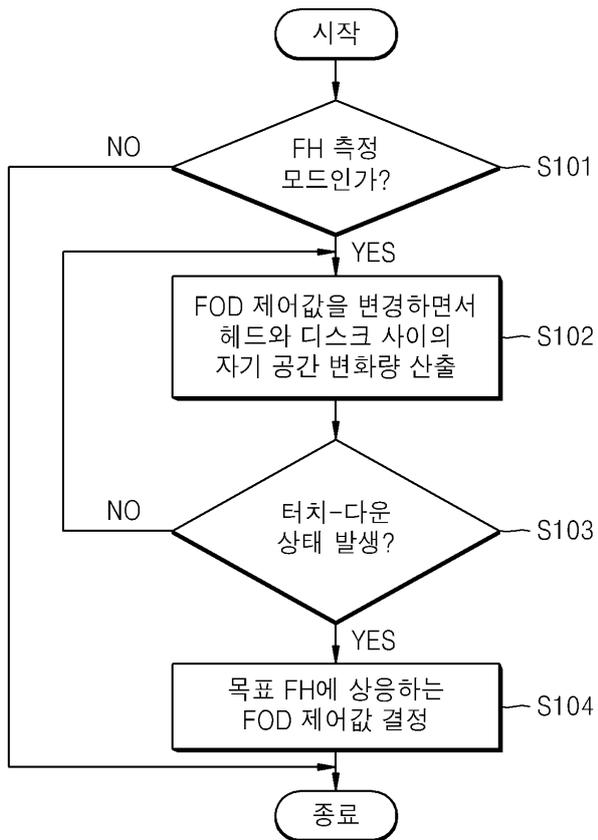
도면10



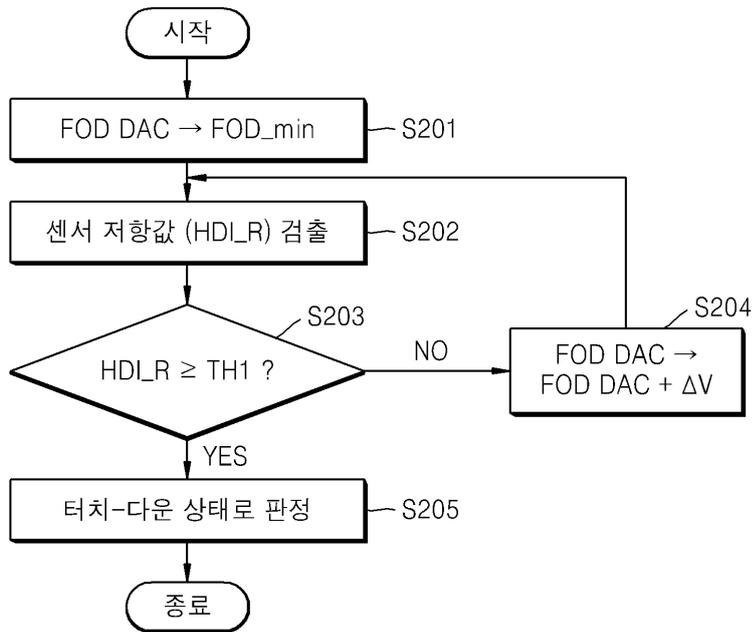
도면11



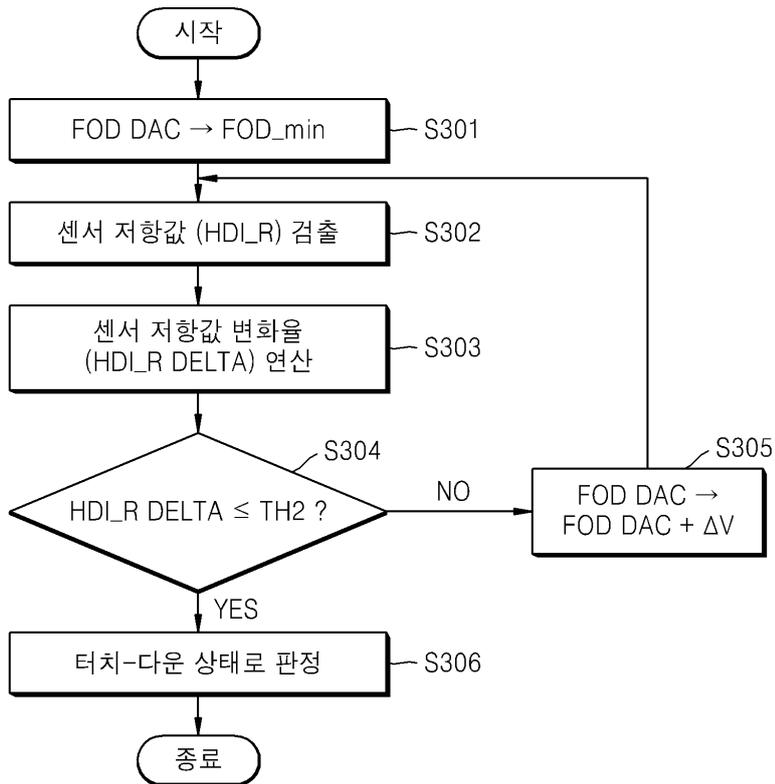
도면12



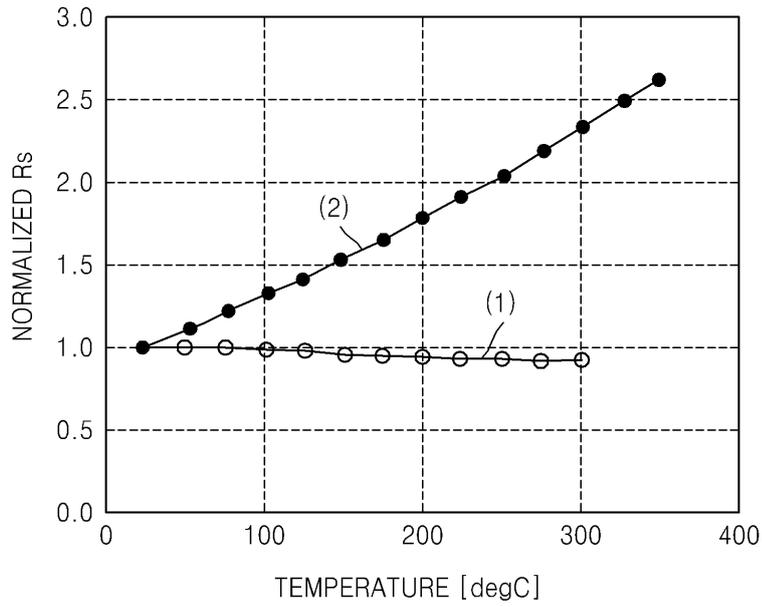
도면13



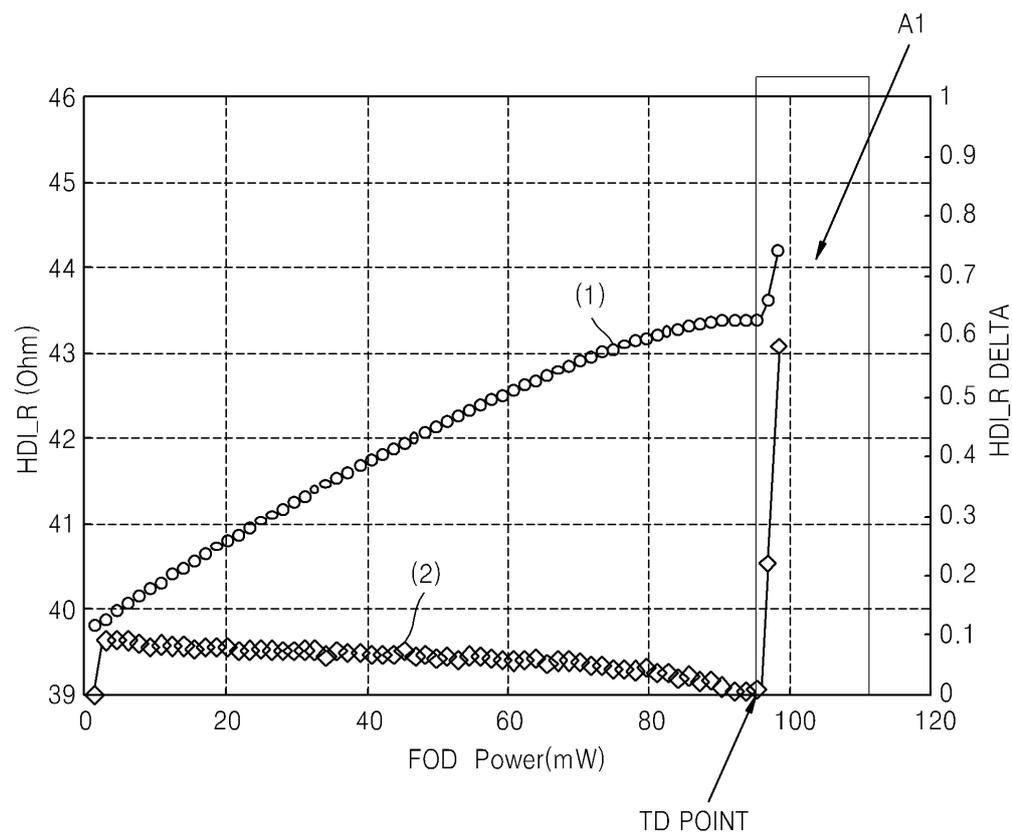
도면14



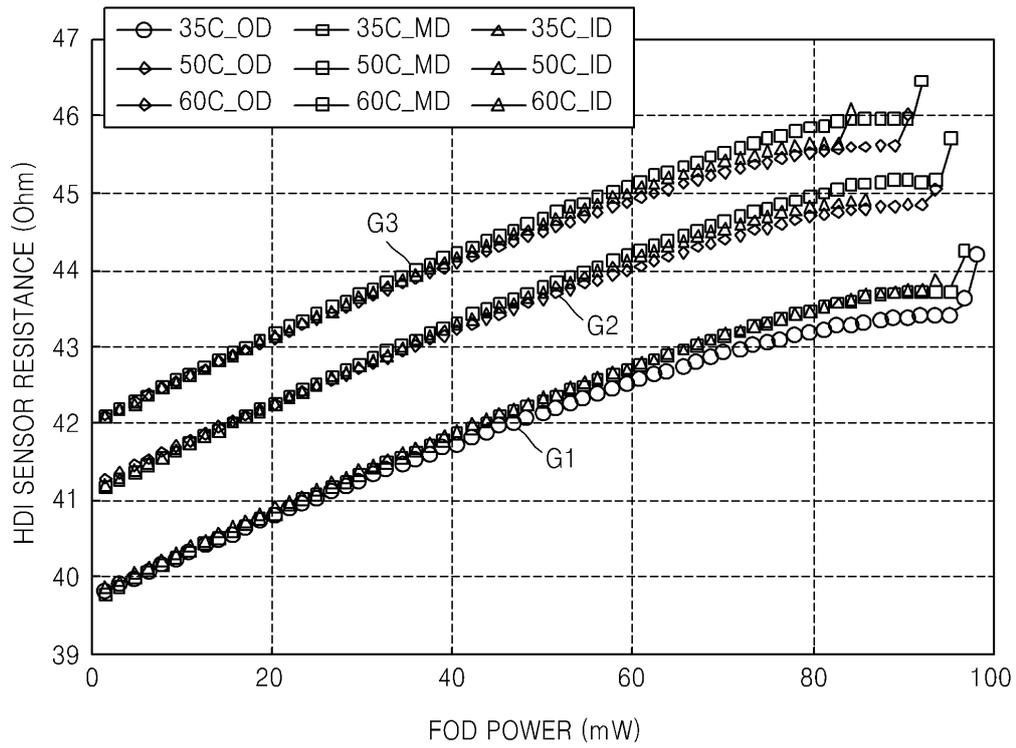
도면15



도면16



도면17



도면18

