



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월07일  
(11) 등록번호 10-0756238  
(24) 등록일자 2007년08월31일

(51) Int. Cl.

G11B 21/21(2006.01) G11B 21/24(2006.01)

G11B 21/12(2006.01) G11B 21/02(2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0065297

(22) 출원일자 2006년07월12일

심사청구일자 2006년07월12일

(56) 선행기술조사문헌

JP05081807 A

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 22 항

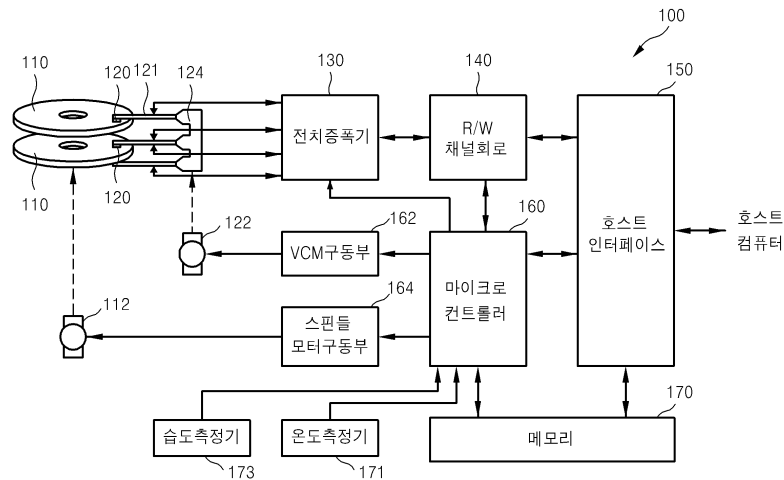
심사관 : 임동우

(54) 실시간 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리 조절장치와 방법

(57) 요약

실시간 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리 조절 장치와 방법이 개시된다. 상기 조절 장치의 마이크로 프로세서는 R/W 채널 회로로부터 출력되는 적응 디지털 필터의 제5번째 탭의 계수와 비행 높이와의 상관관계에 기초하여 또는 이산 푸리에 변환된 제3고조파 신호와 상기 비행 높이와의 상관관계에 기초하여 상기 거리를 조절하기 위한 제어신호를 전치 증폭기로 출력한다. 상기 전치 증폭기는 상기 제어신호에 기초하여 FOD를 위한 전압 또는 전류를 자기 헤드에 출력한다. 상기 자기 헤드는 상기 FOD를 위한 전압 또는 전류에 기초하여 상기 거리를 실시간으로 조절한다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

US05377058 A

US06288856 B1

US20050046982 A1

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

플렉시블 서스펜션 암에 장착되고, 데이터 저장 매체의 소정의 영역에 기록된 소정의 패턴을 리드하고 아날로그 리드 신호를 발생하기 위한 자기 헤드;

상기 자기 헤드로부터 출력된 상기 아날로그 신호를 증폭하고, 증폭된 아날로그 신호를 출력하기 위한 전치 증폭기;

상기 전치 증폭기에 의하여 증폭된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 아날로그-디지털 변환기;

상기 아날로그-디지털 변환기로부터 출력된 상기 디지털 신호를 이산 푸리에 변환하고, 이산 푸리에 변환된 신호를 출력하기 위한 이산 푸리에 변환기; 및

상기 이산 푸리에 변환기로부터 출력된 상기 이산 푸리에 변환된 신호에 기초하여 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 제1제어신호를 발생하기 위한 프로세서를 구비하며,

상기 전치 증폭기는 상기 프로세서로부터 출력된 상기 제1제어신호에 응답하여 상기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 제2제어신호를 상기 헤드로 출력하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 이산 푸리에 변환기는 수신된 상기 디지털 신호에 포함된 제3고조파 신호를 이산 푸리에 변환하고, 상기 이산 푸리에 변환된 신호를 출력하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 자기 헤드는 공기 베어링 표면(Air bearing Surface)을 구비하는 공기 베어링 슬라이더의 일부로서 구현되고, 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 상기 공기 베어링 표면의 열 팽창은 상기 공기 베어링 표면으로 입력되는 상기 제2제어신호에 기초하여 조절되는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 프로세서는 실시간으로 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 계산하여 상기 제1제어신호를 발생하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제2제어신호는 FOD(flying on demand)를 위한 전압 또는 전류인 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치는, 상기 데이터 저장 장치의 내부 온도를 측정하기 위한 온도 측정기를 더 구비하며,

상기 프로세서는 상기 계산결과와 상기 온도 측정기로부터 출력된 신호에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 프로세서는 번인 공정에서 측정되고 저장된 상기 이산 푸리에 변환된 신호와 상기 거리와의 상관관계에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기

위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 8

플렉시블 서스펜션 암에 장착되고, 데이터 저장 매체의 소정의 영역에 기록된 소정의 패턴을 리드하고 아날로그 리드 신호를 발생하기 위한 자기 헤드;

상기 자기 헤드로부터 출력된 상기 아날로그 신호를 증폭하고 증폭된 아날로그 신호를 출력하기 위한 전치 증폭기;

상기 전치 증폭기에 의하여 증폭된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 아날로그-디지털 변환기;

다수의 탭들을 구비하며 소정의 적응 알고리즘에 기초하여 작동 중(on the fly)에 상기 다수의 탭들과 연관된 다수의 계수들을 변경할 수 있는 구조를 갖고, 상기 아날로그-디지털 변환기로부터 출력된 상기 디지털 신호를 필터링하기 위한 구조를 갖는 적응 디지털 필터;

상기 적응 디지털 필터의 상기 다수의 계수들 중에서 적어도 하나의 계수에 기초하여 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 제1제어신호를 발생하기 위한 프로세서; 및

상기 프로세서로부터 출력된 상기 제1제어신호에 응답하여 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 제2제어신호를 상기 자기 헤드에 출력하기 위한 제어회로를 구비하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 자기 head는 공기 베어링 표면(Air bearing Surface)을 구비하는 공기 베어링 슬라이더의 일부로서 구현되고, 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 상기 공기 베어링 표면의 열 팽창은 상기 공기 베어링 표면으로 입력되는 상기 제2제어신호에 기초하여 조절되는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 10

제8항에 있어서, 상기 적응 디지털 필터는 유한 임펄스 응답(finite impulse response; FIR) 필터인 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 11

제8항에 있어서, 상기 제어회로는 상기 전치 증폭기인 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 12

제8항에 있어서, 상기 다수의 계수들 중에서 적어도 하나의 계수는 상기 다수의 탭들 중에서 5번째 탭에 연관된 계수인 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 13

제8항에 있어서, 상기 제2제어신호는 FOD(flying on demand)를 위한 전압 또는 전류인 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 14

제8항에 있어서, 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치는,

상기 데이터 저장 장치의 내부 온도를 측정하기 위한 온도 측정기를 더 구비하며,

상기 프로세서는 상기 계산결과와 상기 온도 측정기로부터 출력된 신호에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 15

제8항에 있어서, 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치는,

상기 데이터 저장 장치의 내부 습도를 측정하기 위한 습도 측정기를 더 구비하며,

상기 프로세서는 상기 계산결과와 상기 습도 측정기로부터 출력된 신호에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 저장 장치.

#### 청구항 16

제12항에 있어서, 상기 프로세서는 번인 공정에서 측정되고 저장된 상기 다수의 계수들 중에서 적어도 하나의 계수와 상기 거리와의 상관관계에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력하는 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하기 위한 데이터 장치.

#### 청구항 17

공기 베어링 슬라이더의 읽기 헤드가 데이터 저장 매체의 소정의 영역에 기록된 소정의 패턴을 읽고 리드 신호를 출력하는 단계;

전치 증폭기가 수신된 상기 리드 신호를 증폭하여 증폭된 리드 신호를 출력하는 단계;

채널 회로가 상기 증폭기에 의하여 증폭된 리드 신호에 기초하여 제1제어신호를 출력하는 단계;

프로세서가 상기 제1제어신호에 기초하여 상기 읽기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 제2제어신호를 발생하는 단계; 및

상기 전치 증폭기가 상기 제2제어신호에 응답하여 상기 공기 베어링 슬라이더와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 제3제어신호를 상기 공기 베어링 슬라이더의 공기 베어링 표면으로 출력하는 단계를 구비하는 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하는 방법.

#### 청구항 18

제17항에 있어서, 상기 채널 회로가 상기 증폭기에 의하여 증폭된 리드 신호에 포함된 제3고조파를 이산 푸리에 변화하고 변환 결과에 따른 상기 제1제어신호를 출력하는 경우, 상기 프로세서는 상기 제1제어신호와 상기 거리와의 상관관계에 기초하여 상기 제2제어신호를 발생하는 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하는 방법.

#### 청구항 19

제17항에 있어서, 상기 채널 회로가 상기 증폭기에 의하여 증폭된 리드 신호에 기초하여 적응 임펄스 응답 필터의 계수들 중에서 어느 하나의 계수에 상응하는 신호를 상기 제1제어신호로서 출력하는 경우, 상기 프로세서는 상기 제1제어신호와 상기 거리와의 상관관계에 기초하여 상기 제2제어신호를 발생하는 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하는 방법.

#### 청구항 20

제17항에 있어서, 상기 슬라이더와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하는 방법은,

온도/습도 감지기가 상기 프로세서의 내부 온도 또는 내부 습도 중에서 적어도 하나를 측정하는 단계; 및

상기 프로세서는 상기 온도/습도 감지기에 의한 측정 결과에 상응하는 적어도 하나의 신호와 상기 제1제어신호에 기초하여 상기 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 상기 제2제어신호를 발생하는 단계를 더 구비하는 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하는 방법.

#### 청구항 21

제18항에 있어서, 상기 상관관계는 번인 공정에서 측정되고 계산된 상관관계인 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하는 방법.

#### 청구항 22

제19항에 있어서, 상기 상관관계는 번인 공정에서 측정되고 계산된 상관관계인 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하는 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <11> 본 발명은 비행 높이 조절 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 실시간으로 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리(또는 비행 높이)를 조절할 수 있는 장치와 방법에 관한 것이다.
- <12> 일반적으로 데이터 저장 장치(예컨대, 하드 디스크 드라이브)는 데이터 저장 매체(예컨대, 디스크)와 자기 헤드를 구비한다. 상기 데이터 저장 매체(예컨대, 디스크)는 데이터를 저장한다. 상기 자기 헤드는 상기 데이터 저장 매체에 자기 데이터를 라이트하기 위한 라이트 헤드(write head)와 상기 데이터 저장 매체로부터 자기 데이터를 리드하기 위한 리드 헤드(read head)를 구비한다.
- <13> 상기 데이터 저장 장치는 대량의 데이터를 고속으로 라이트 또는 리드할 수 있는 장점으로 인하여, 컴퓨터 시스템의 대표적인 보조 기억 장치로 활용되고 있다.
- <14> 최근에는 높은 TPI(Track Per Inch, 인치당 트랙 수)와 높은 BPI(Bits Per Inch, 인치당 비트 수)의 구현이 가능해짐에 따라, 데이터 저장 매체에 저장되는 데이터의 대용량화와 크기의 소형화가 급속도로 이루어지고 있다.
- <15> 데이터 저장 매체에 저장될 수 있는 데이터의 용량은 크게 늘어나는 반면 상기 데이터 저장 매체의 크기는 점점 작아짐에 따라, 라이트 헤드에 의한 라이트 능력 또는 리드 헤드에 의한 리드 능력을 향상시킬 수 있도록, 상기 데이터 저장 매체의 표면을 부상(floating) 또는 비행(flying)하는 자기 헤드의 부상 높이 (floating height; FH) 또는 비행 높이(flying height; FH)는 더욱 낮아질 필요가 있다. 일반적으로 자기 헤드와 데이터 저장 매체 표면 사이의 거리(distance)를 부상 높이, 비행 높이, 틈새(clearance), 헤드 갭(head gap), 스페이싱(spacing), 또는 스페이싱 로스(spacing loss)라 한다.
- <16> 그러나, 자기 헤드의 비행 높이가 낮아지면 낮아질수록, 데이터 저장 장치에서 발생하는 작은 충격에 의해서도 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 표면이 서로 부딪치게 되어 상기 자기 헤드 및/또는 상기 데이터 저장 매체 표면이 손상될 가능성이 높아진다. 따라서 상기 비행 높이를 적절하게 제어할 필요가 있다.
- <17> 따라서 상기 비행 높이를 적절히 제어하여 데이터 저장 장치의 용량을 최대화하려는 시도들이 있으며, 그 중의 하나로서 FOD(flying on demand)가 고려된다. 상기 FOD는 자기 헤드의 끝부분인 폴 팁(pole tip)의 열팽창을 이용하여 상기 비행 높이를 제어하는 방법이다.
- <18> 또한, 공기 베어링 표면(air bearing surface; ABS)을 구비하는 슬라이더(이를 "공기 베어링 슬라이더"라 한다)를 이용하여 FOD를 하는 방법이 있다. 즉, 상기 공기 베어링 표면에 라이트 헤드의 라이트 코일(write coil)과 유사한 히터 (heater)를 제작하고, 상기 히터에 FOD를 위한 전류를 공급하면, 상기 ABS의 끝부분이 열 팽창되어 비행 높이가 변하게 된다. 따라서 상기 히터로 공급되는 전류의 양을 조절하면, 상기 비행 높이를 제어할 수 있다.
- <19> 일반적으로, 상기 비행높이(또는 틈새(clearance))는 상기 히터로 공급되는 전류를 제어하면서 터치다운(touchdown) 방법으로 측정할 수 있다. 즉, 상기 터치다운(touchdown) 방법에서 자기 헤드의 현재의 비행 높이는 상기 자기 헤드의 현재의 비행 높이로부터 상기 자기 헤드가 데이터 저장 매체 표면에 터치다운(즉, 비행 높이가 "0")될 때까지의 높이이다. 그러나 사용자 상황에서 비행 높이를 측정할 때마다 매번 터치다운 방법에 의하여 비행 높이를 측정해야 하는 어려움이 있다. 또한, 온도, 습도, 또는 기압에 따른 상기 비행 높이의 변화는 데이터 저장 장치의 신뢰성을 떨어뜨린다.

##### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <20> 따라서 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 터치다운 방법을 사용하지 않고, 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 실시간으로 측정하고, 측정 결과에 따라 비행 높이를 실시간으로 조절할 수 있는 데이터 저장 장치와 그 방법을 제공하는 것이다.
- <21> 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 온도, 습도, 또는 기압에 무관하게 자기 헤드와 데이터 저장

매체 사이의 거리를 실시간으로 측정하고, 측정 결과에 따라 비행 높이를 실시간으로 조절할 수 있는 데이터 저장 장치와 그 방법을 제공하는 것이다.

### 발명의 구성 및 작용

- <22> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 데이터 저장 장치는 플렉시블 서스펜션 암에 장착되고, 데이터 저장 매체의 소정의 영역에 기록된 소정의 패턴을 리드하고 아날로그 리드 신호를 발생하기 위한 자기 헤드; 상기 자기 헤드로부터 출력된 상기 아날로그 신호를 증폭하고, 증폭된 아날로그 신호를 출력하기 위한 전치 증폭기; 상기 전치 증폭기에 의하여 증폭된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 아날로그-디지털 변환기; 상기 아날로그-디지털 변환기로부터 출력된 상기 디지털 신호를 이산 푸리에 변환하고, 이산 푸리에 변환된 신호를 출력하기 위한 이산 푸리에 변환기; 및 상기 이산 푸리에 변환기로부터 출력된 상기 이산 푸리에 변환된 신호에 기초하여 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 제1제어신호를 발생하기 위한 프로세서를 구비한다.
- <23> 상기 전치 증폭기는 상기 프로세서로부터 출력된 상기 제1제어신호에 응답하여 상기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 제2제어신호를 상기 자기 헤드로 출력한다.
- <24> 상기 이산 푸리에 변환기는 수신된 상기 디지털 신호에 포함된 제3고조파 신호를 이산 푸리에 변환하고, 상기 이산 푸리에 변환된 신호를 출력한다.
- <25> 상기 자기 head는 공기 베어링 표면(Air bearing Surface)을 구비하는 슬라이더의 일부로서 구현되고, 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 상기 공기 베어링 표면의 열 팽창은 상기 공기 베어링 표면으로 입력되는 상기 제2제어신호에 기초하여 조절된다.
- <26> 상기 프로세서는 실시간으로 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 계산하여 상기 제1제어신호를 발생한다. 상기 제2제어신호는 FOD(flying on demand)를 위한 전압 또는 전류인 것이 바람직하다.
- <27> 상기 데이터 저장 장치는 상기 데이터 저장 장치의 내부 온도를 측정하기 위한 온도 측정기를 더 구비하며, 상기 프로세서는 상기 계산결과와 상기 온도 측정기로부터 출력된 신호에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력한다.
- <28> 상기 프로세서는 변인 공정에서 측정되고 저장된 상기 이산 푸리에 변환된 신호와 상기 거리와의 상관관계에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력한다.
- <29> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 데이터 저장 장치는 플렉시블 서스펜션 암에 장착되고, 데이터 저장 매체의 소정의 영역에 기록된 소정의 패턴을 리드하고 아날로그 리드 신호를 발생하기 위한 자기 헤드; 상기 자기 헤드로부터 출력된 상기 아날로그 신호를 증폭하고 증폭된 아날로그 신호를 출력하기 위한 전치 증폭기;
- <30> 상기 전치 증폭기에 의하여 증폭된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 아날로그-디지털 변환기; 다수의 탭들을 구비하며 소정의 적응 알고리즘에 기초하여 작동 중(on the fly)에 상기 다수의 탭들과 연관된 다수의 계수들을 변경할 수 있는 구조를 갖고, 상기 아날로그-디지털 변환기로부터 출력된 상기 디지털 신호를 필터링하기 위한 구조를 갖는 적응 디지털 필터; 상기 적응 디지털 필터의 상기 다수의 계수들 중에서 적어도 하나의 계수에 기초하여 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 제1제어신호를 발생하기 위한 프로세서; 및 상기 프로세서로부터 출력된 상기 제1제어신호에 응답하여 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 제2제어신호를 상기 자기 헤드로 출력하기 위한 제어회로를 구비한다.
- <31> 상기 자기 head는 공기 베어링 표면(Air bearing Surface)을 구비하는 슬라이더의 일부로서 구현되고, 상기 자기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 상기 공기 베어링 표면의 열 팽창은 상기 공기 베어링 표면으로 입력되는 상기 제2제어신호에 기초하여 조절된다. 상기 적응 디지털 필터는 유한 임펄스 응답(finite impulse response; FIR) 필터이다.
- <32> 상기 다수의 계수들 중에서 적어도 하나의 계수는 상기 다수의 탭들 중에서 5번째 탭에 연관된 계수이다. 상기 제2제어신호는 FOD(flying on demand)를 위한 전압 또는 전류이다.
- <33> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 거리를 조절하는 방법은 공기 베어링 슬라이더의 읽기 헤드가 데이터 저장 매체의 소정의 영역에 기록된 소정의 패턴을 읽고 리드 신호를 출력하는 단계; 전치 증폭기가 수신된 상기 리드 신호를 증폭하여 증폭된 리드 신호를 출력하는 단계; 채널 회로가 상기 증폭기에 의하여 증폭된 리드 신호에 기초하여 제1제어신호를 출력하는 단계; 프로세서가 상기 제1제어신호에



기초하여 상기 읽기 헤드와 상기 데이터 저장 매체 사이의 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 제2제어신호를 발생하는 단계; 및 상기 전치 증폭기가 상기 제2제어신호에 응답하여 상기 공기 베어링 슬라이더와 상기 데이터 저장 매체 사이의 상기 거리를 조절하기 위한 제3제어신호를 상기 공기 베어링 슬라이더의 공기 베어링 표면으로 출력하는 단계를 구비한다.

- <34> 상기 채널 회로가 상기 증폭기에 의하여 증폭된 리드 신호에 포함된 제3고조파를 이산 푸리에 변환하고 변환 결과에 따른 상기 제1제어신호를 출력하는 경우, 상기 프로세서는 상기 제1제어신호와 상기 거리와의 상관관계에 기초하여 상기 제2제어신호를 발생한다.
- <35> 상기 채널 회로가 상기 증폭기에 의하여 증폭된 리드 신호에 기초하여 적응 임펄스 응답 필터의 계수들 중에서 어느 하나의 계수에 상응하는 신호를 상기 제1제어신호로서 출력하는 경우, 상기 프로세서는 상기 제1제어신호와 상기 거리와의 상관관계에 기초하여 상기 제2제어신호를 발생한다. 상기 상관관계는 변인 공정에서 측정되고 계산된 상관관계이다.
- <36> 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- <37> 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- <38> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 데이터 저장 장치의 기능 블록도이다. 도 1을 참조하면, 데이터 저장 장치(예컨대, 하드 디스크 드라이브; 100)는 다수의 데이터 저장 매체들(예컨대, 자기 디스크들; 110), 스핀들 모터(112), 다수의 자기 헤드들(120), 보이스 코일 모터(Voice coil motor; VCM, 122), 액츄에이터(124), 전치 증폭기(130), 리드/라이트(Read/Write; R/W) 채널 회로(140), 호스트 인터페이스(150), 마이크로 컨트롤러(160), VCM 구동부(162), 스핀들 모터 구동부(164), 및 메모리(170)를 구비한다. 상기 데이터 저장 장치(100)는 온도 측정기(171) 또는 습도 측정기(173) 중에서 적어도 하나를 더 구비할 수 있다.
- <39> 상기 다수의 데이터 저장 매체들(110) 각각은 동심원으로 형성된 다수의 트랙들을 구비하며, 스핀들 모터(112)에 의해 회전한다. 상기 다수의 자기 헤드들(120) 각각은 마이크로 컨트롤러(160)의 제어하에 상기 다수의 데이터 저장 매체들(110) 중에서 대응하는 하나의 저장 매체 상에 위치하여 리드(read) 작동 또는 라이트(write) 작동을 수행한다. 상기 다수의 자기 헤드들(120) 각각은 라이트 헤드와 리드 헤드를 구비하며, 슬라이더에 장착된다. 공기 베어링 슬라이더는 리드 헤드, 라이트 헤드, 및 ABS를 구비한다.
- <40> 상기 다수의 자기 헤드들(120) 각각은 상기 액츄에이터(124)에 부착된 각각의 고정된 액츄에이터 암(rigid actuator arm; 121)에 장착된 각각의 플렉시블 서스펜션 암(flexible suspension arm; 미도시)에 장착된다. 상기 고정된 액츄에이터 암(121)은 VCM(122)의 제어하에 데이터 저장 매체(110) 상의 기록 트랙으로부터 기록 트랙으로 상기 다수의 자기 헤드들(120) 중에서 대응되는 자기 헤드를 이동시킨다.
- <41> 상기 다수의 자기 헤드들(120) 각각은 데이터 저장 매체(110)의 소정의 영역에 기록된 소정의 패턴을 리드하고, 아날로그 리드(read) 신호를 발생한다. 상기 소정의 패턴은 본 발명에 따른 적응 디지털 필터 또는 이산 푸리에 변환기가 읽을 수 있는 패턴으로 일정한 주기를 갖는 신호로서 유일한(unique) 것이 바람직하다.
- <42> 데이터 저장 매체(110)에 저장된 데이터를 리드할 때, 전치 증폭기(130)는 다수의 자기 헤드들(120) 중에서 대응되는 하나의 자기 헤드(보다 구체적으로는 리드 헤드)에 의해 픽업(pickup)된 아날로그 리드 신호를 수신하여 증폭하고, 증폭된 아날로그 리드 신호를 R/W 채널 회로(140)로 출력한다.
- <43> 데이터 저장 매체(110)에 데이터를 라이트할 때, 상기 전치 증폭기(130)는 상기 R/W 채널 회로(140)로부터 인가되는 라이트 신호를 다수의 자기 헤드들(120) 중에서 대응되는 하나의 자기 헤드(보다 구체적으로는 라이트 헤드)를 통하여 데이터 저장 매체들(110) 중에서 대응되는 데이터 저장 매체 상에 기록되도록 제어한다.
- <44> 상기 R/W 채널 회로(140)는 상기 전치 증폭기(130)로부터 출력되는 증폭된 아날로그 리드 신호로부터 데이터 펄스를 검출하고, 이를 디코딩하여 리드 데이터를 호스트 인터페이스(150)로 인가한다. 또한, 상기 R/W 채널 회로(140)는 호스트 인터페이스(150)로부터 출력된 라이트 데이터를 인코딩하여 라이트 신호를 전치 증폭기(130)로 인가한다. 상기 리드 데이터 또는 상기 라이트 데이터는 메모리(170)에 일시적으로 저장될 수도 있다.
- <45> 또한, 본 발명에 따른 상기 R/W 채널 회로(140)는 전치 증폭기(130)로부터 출력된 아날로그 리드 신호를 디지털 신호로 변환하고, 변환된 상기 디지털 신호를 이산 푸리에 변환하고(discrete Fourier transform), 이산 푸리에 변환된 신호를 마이크로 컨트롤러(160)로 출력할 수 있다. 상기 이산 푸리에 변환된 신호는 상기 전치 증폭기



(130)로부터 출력되는 아날로그 리드 신호에 포함된 제3고조파(third harmonics)에 관련된 신호이다.

- <46> 또한, 상기 R/W 채널 회로(140)는 도 2 또는 도 7에 도시된 바와 같이 아날로그-디지털 변환기(205)와 적응 디지털 필터(adaptive digital filter; 207)를 구비한다. 상기 아날로그-디지털 변환기(205)는 상기 전치 증폭기(130)로부터 출력된 아날로그 리드 신호를 디지털 신호로 변환하고, 상기 적응 디지털 필터(207)의 계수들 중에서 어느 하나의 계수를 마이크로 프로세서(160)로 출력한다. 상기 어느 하나의 계수는 메인 탭의 계수, 또는 상기 다수개의 탭들 중에서 5번째 탭에 관련된 계수일 수 있다.
- <47> 마이크로 컨트롤러(160)의 제어하에, 호스트 인터페이스(150)는 데이터 저장 매체(110) 상에 라이트될 라이트 데이터를 R/W 채널 회로(140)로 전송하거나, 데이터 저장 매체(110) 상으로부터 리드된 리드 데이터를 수신하여 이를 호스트 컴퓨터로 전송한다.
- <48> 또한, 호스트 인터페이스(150)는 상기 호스트 컴퓨터로부터 출력된 리드 명령 신호 또는 라이트 명령 신호를 마이크로 컨트롤러(160) 또는 메모리(170)로 전송할 수 있으며, 상기 마이크로 컨트롤러(160)로부터 출력된 제어 신호에 응답하여 메모리(170)에 저장된 리드 데이터 또는 라이트 데이터를 호스트 컴퓨터 또는 R/W 채널 회로(140)로 전송할 수 있다. 따라서, 호스트 인터페이스(150)는 호스트 컴퓨터와 R/W 채널 회로(140) 사이의 통신, 상기 마이크로 컨트롤러(160)와 상기 호스트 컴퓨터 사이의 통신, 메모리(170)와 호스트 컴퓨터 사이의 통신, 메모리(170)와 상기 마이크로 컨트롤러(160)의 통신, 또는 메모리(170)와 R/W 채널 회로(140) 사이의 통신을 인터페이스할 수 있다.
- <49> 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 호스트 컴퓨터로부터 출력된 리드 명령 신호 또는 라이트 명령 신호에 응답하여 R/W 채널 회로(140)로 호스트 인터페이스(150)를 통하여 제어신호를 출력하며, R/W 채널 회로(140)로부터 수신된 서보 정보에 기초하여 트랙 탐색(track seek) 및/또는 트랙 추종(track following)을 제어하기 위하여 VCM 구동부(162)와 스피들모터 구동부(164)를 제어한다. 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 R/W 채널 회로(140)로 서보 게이트 신호를 직접 출력할 수 있다. 구현예에 따라 R/W 채널회로(140), 호스트 인터페이스(150), 및 마이크로 컨트롤러(160)는 하나의 칩으로 구현될 수 있다.
- <50> 또한, 본 발명에 따른 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 R/W 채널회로(140)로부터 출력된 이산 푸리에 변환된 신호(예컨대, 제3고조파의 크기(amplitude)), 및 자기 헤드(120)와 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리(distance, 또는 clearance)와의 상관관계 또는 함수 관계에 기초하여 상기 자기 헤드(120)와 상기 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리를 계산하고 계산결과에 기초하여 제1제어신호를 발생한다. 부상 높이, 비행 높이, 틸세(clearance), 헤드 갭(head gap), 스페이싱(spacing), 또는 스페이싱 로스(spacing loss)는 서로 용어는 다르나, 실질적으로 자기 헤드(120)와 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리를 나타낸다.
- <51> 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 디지털 신호 프로세서, 또는 마이크로 프로세서로 구현될 수 있다. 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 CPU라고 불릴 수도 있다.
- <52> 상기 제1제어신호는 소정의 배선을 통하여 전치 증폭기(130)로 직접 입력될 수도 있다. 또한, 상기 제1제어신호는 호스트 인터페이스(150), R/W 채널 회로(140)를 통하여 전치 증폭기(130)로 입력될 수도 있다. 상기 전치 증폭기(130)는 상기 마이크로 프로세서(160)로부터 출력된 상기 제1제어신호에 응답하여 상기 자기 헤드(120)와 상기 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리를 조절하기 위한 제2제어신호를 상기 자기 헤드(120)로 출력한다.
- <53> 상기 제2제어신호는 FOD(flying on demand)를 위한 FOD 전압 또는 FOD 전류일 수 있다. 따라서 상기 제2제어신호에 기초하여 상기 자기 헤드(120)와 상기 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리는 일정하게 유지될 수 있다.
- <54> 또한, 본 발명에 따른 다른 구현예에 따라 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 R/W 채널회로(140)로부터 출력된 적응 디지털 필터의 어느 하나의 탭의 계수, 또는 상기 어느 하나의 탭의 계수에 상응하는 신호에 기초하여 자기 헤드(120)와 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 제1제어신호를 발생할 수 있다. 상기 거리 또는 본 명세서에서 사용되는 상관관계를 계산하는 방법은 도 3a 내지 도 6을 참조하여 상세히 설명될 것이다.
- <55> 이 경우에도 상기 제1제어신호는 소정의 배선을 통하여 전치 증폭기(130)로 직접 입력될 수도 있다. 또한, 상기 제1제어신호는 호스트 인터페이스(150), R/W 채널 회로(140)를 통하여 전치 증폭기(130)로 입력될 수도 있다.
- <56> 상기 전치 증폭기(130)는 상기 마이크로 프로세서(160)로부터 출력된 상기 제1제어신호에 응답하여 상기 자기 헤드(120)와 상기 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리를 조절하기 위한 제2제어신호를 상기 자기 헤드(120)로 출력한다. 상기 제2제어신호는 FOD(flying on demand)를 위한 FOD 전압 또는 FOD 전류일 수 있다. 따라서 상기

제2제어신호에 기초하여 상기 자기 헤드(120)와 상기 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리는 일정하게 유지될 수 있다.

- <57> 상기 메모리(170)는 호스트 컴퓨터, 마이크로 컨트롤러(160), 및 R/W 채널 회로(140) 사이에서 주고받는 데이터를 일시적으로 저장할 수 있으며, 마이크로 컨트롤러(160)에서 수행될 수 있는 각종의 수행 프로그램 및 각종의 설정 값들을 저장한다.
- <58> 상기 VCM구동부(162)는 마이크로 컨트롤러(160)로부터 제공되는 위치 제어 신호들에 응답하여 VCM(122)를 구동하기 위한 구동 전류를 발생한다. 상기 위치 제어 신호들은 자기 헤드들 각각의 위치 제어를 위한 신호들이다. 상기 위치 제어 신호들은 상기 R/W 채널 회로(140)로부터 출력된 서보 정보에 기초하여 발생될 수 있다.
- <59> 상기 VCM(122)는 상기 VCM구동부(162)로부터 인가되는 상기 구동 전류의 방향 및/또는 레벨에 기초하여 액츄에이터(124)에 부착된 다수의 자기 헤드들(120) 중에서 대응되는 자기 헤드를 다수의 데이터 저장 매체들(110) 중에서 대응되는 저장 매체 상으로 이동시킨다.
- <60> 상기 스피들 모터 구동부(164)는 상기 마이크로 컨트롤러(160)로부터 발생된 제어신호에 따라 상기 스피들 모터(112)를 구동하여 다수의 데이터 저장 매체들(110)을 소정의 회전속도(예컨대, 3600 내지 7200rpm)로 회전시킨다. 상기 VCM구동부(162)와 상기 스피들 모터 구동부(164)는 하나의 칩으로 구현될 수 있다.
- <61> 상기 온도 측정기(171)는 데이터 저장 장치(100)의 내부의 온도를 측정하고, 측정결과에 상응하는 신호를 마이크로 컨트롤러(160)로 전송한다. 상기 습도 측정기(173)는 데이터 저장 장치(100)의 내부의 습도를 측정하고, 측정결과에 상응하는 신호를 마이크로 컨트롤러(160)로 전송한다.
- <62> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 리드/라이트 채널 회로를 구성하는 다수의 구성 요소들에 대한 기능 블록도이다. 도 1과 도 2를 참조하여 자기 헤드(120)와 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리를 실시간으로 측정하고, 측정 결과에 따라 상기 거리(또는 비행 높이)를 실시간으로 조절하는 방법을 설명하면 다음과 같다. 도 2에는 설명의 편의를 위하여 데이터 저장 매체(110)에 기록된 데이터를 리드하는 리드 채널(read channel)이 도시된다. 또한, 리드 채널 중에서 본 발명에 따른 거리를 조절하는데 필요하지 않은 구성 요소들에 대한 설명은 생략한다.
- <63> 리드 채널(예컨대, PRML 방식에 따라 리드 신호를 검출하기 위해 사용하는 채널)는 가변 이득 증폭기(VGA; 201), 저역 통과 필터(203), 아날로그-디지털 변환기(205), 적응 디지털 필터(207), 클락 복구 회로(213), 비터비 검출기(Viterbi detector; 215), 및 디코더(예컨대, ECC 디코더; 217)를 구비한다.
- <64> 상기 VGA(201)는 전치 증폭기(130)로부터 출력된 신호를 수신하고 증폭한다. 상기 LPF(203)는 상기 VGA(201)에 의하여 증폭된 아날로그 리드 신호에 포함된 고주파 잡음을 제거하고, 고주파 잡음이 제거된 아날로그 리드 신호를 출력한다.
- <65> 상기 ADC(205)는 상기 클락 복구 회로(213)로부터 출력된 소정의 클락 신호에 응답하여 상기 LPF(203)로부터 출력된 아날로그 리드 신호를 디지털 리드 신호로 변환한다.
- <66> 상기 적응 디지털 필터(207)는 상기 ADC(205)로부터 출력된 상기 디지털 리드 신호를 필터링하고 필터링된 디지털 리드 신호를 출력한다. 상기 적응 디지털 필터(207)는 적응 유한 임펄스 응답(adaptive finite impulse response: FIR)필터로 구현될 수 있다.
- <67> 상기 적응 디지털 필터(207)는 FIR 필터(209)와 계수 갱신 블록(211)을 구비한다. 당업계에서 잘 알려진 바와 같이 상기 FIR 필터(209)는 다수개의 탭들 (또는 레지스터들)을 구비하며, 상기 ADC(205)로부터 출력된 상기 디지털 리드 신호를 등화한다.
- <68> 상기 계수 갱신 블록(211)은 상기 FIR 필터(209)의 출력신호와 소정의 적응 알고리즘에 기초하여 작동 중(on the fly)에 상기 FIR 필터(209)의 다수개의 탭들과 연관된 다수의 계수들(또는 가중치들(weights))을 변경 또는 갱신할 수 있는 구조를 갖는다. 상기 소정의 적응 알고리즘으로 LMS(least mean square)알고리즘이 사용될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 LMS 알고리즘은 당업계에서 잘 알려져 있으므로 이에 대한 설명은 생략한다.
- <69> 상기 FIR 필터(209)의 다수개의 탭들과 연관된 다수의 계수들 각각에 대한 값은 실시간으로 마이크로 컨트롤러(160)로 제공될 수 있다. 따라서 본 발명에 따른 마이크로 컨트롤러(160)는 다수의 계수들 중에서 메인 탭에 연관된 계수, 또는 5번째 탭에 연관된 계수에 기초하여 제1제어신호를 전치 증폭기(130)로 출력할 수 있다. 상기

마이크로 컨트롤러(160)는 상기 다수의 계수들 중에서 메인 탭에 연관된 계수, 또는 상기 5번째 탭에 연관된 계수에 기초하여 상기 전치 증폭기(130)로 출력되는 상기 제1제어신호를 발생하기 위한 소프트웨어 또는 펌웨어를 구비할 수 있다. 상기 소프트웨어 또는 상기 펌웨어는 상기 마이크로 컨트롤러(160) 내부 또는 외부의 소정의 프로세서(미도시)에 저장될 수 있다.

- <70> 도 3a 내지 도 3d는 유한 임펄스 응답 필터의 5번째 탭의 계수, 비행 높이, 및 FOD 전압을 이용하여 상기 유한 임펄스 응답 필터의 5번째 탭의 계수와 비행 높이와의 상관관계를 구하는 과정을 나타내는 그래프이다.
- <71> 도 3a에는 실온(ambient)에서 외주(outside diameter)의 데이터 영역에서, 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 비행 높이(FH, 예컨대 마이크로인치)의 변화와의 관계를 나타내는 그래프, 및 상기 비행 높이의 변화와 FOD전압의 변화와의 관계를 나타내는 그래프가 도시되어 있다.
- <72> 도 3b에는 고온에서 외주(outside diameter)의 데이터 영역에서, 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 비행 높이(FH)의 변화와의 관계를 나타내는 그래프, 및 상기 비행 높이(FH)의 변화와 FOD 전압의 변화와의 관계를 그래프가 도시되어 있다.
- <73> 도 3c에는 실온에서 메인テナンス 실린더(maintenance cylinder)의 데이터 영역에서, 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 비행 높이(FH)의 변화와의 관계를 나타내는 그래프, 및 상기 비행 높이(FH)의 변화와 FOD 전압의 변화와의 관계를 나타내는 그래프가 도시되어 있다.
- <74> 도 3d에는 적응 디지털 필터(207)의 적응(adaptation) 후의 각 온도(30℃ 또는 60℃)에서 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 비행 높이와의 상관관계 또는 함수관계를 나타내는 그래프가 도시되어 있다. 도 3a 내지 도 3d는 데이터 저장 장치(100)의 번-인(burn-in) 과정에서 측정되고 계산된 후 마이크로 컨트롤러(160) 또는 메모리(170)에 저장된 상관관계를 나타낸다. 또한, 구현예에 따라 도 3a 내지 도 3d에서 측정된 각 데이터는 마이크로 컨트롤러(160)에 저장될 수 있다. 이 경우 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 상기 각 데이터에 기초하여 실시간으로 상기 상관관계 또는 함수관계를 계산하고 계산결과에 기초하여 제1제어신호를 출력할 수도 있다.
- <75> 따라서, 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 R/W 채널회로(140)로부터 출력된 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5), 또는 상기 계수(FIR 5)에 상응하는 신호와 번-인 과정에서 구해진 상관관계 또는 함수관계에 기초하여 거리(또는 비행 높이)를 계산하고, 계산결과에 상응하는 제1제어신호를 전치 증폭기(130)로 출력할 수 있다.
- <76> 즉, 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 실시간으로 변하는 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화에 따라 실시간으로 거리(또는 비행 높이)를 제어하기 위한 제1제어신호를 전치 증폭기(130)로 출력할 수 있다. 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 상기 상관관계를 나타낼 수 있는 또는 계산할 수 있는 소프트웨어 또는 펌웨어를 저장하기 위한 프로세서를 구비할 수 있다.
- <77> 따라서 상기 전치 증폭기(130)는 실시간으로 출력되는 상기 제1제어신호에 기초하여 상기 거리(또는 틱새 clearance))를 제어하기 위한 제2제어신호, 예컨대 FOD를 위한 전압 또는 FOD를 위한 전류를 소정의 전선(wire) 또는 트레이스(trace)를 통하여 자기 헤드(120)로 출력할 수 있다.
- <78> 상기 자기 헤드(120)를 구비하는 공기 베어링 슬라이더의 ABS 또는 상기 자기 헤드(120)의 끝부분인 폴 팁(pole tip)은 상기 제2제어신호에 응답하여 열팽창되므로 상기 거리(또는 틱새)는 실시간으로 조절될 수 있다.
- <79> 자기 헤드(120)와 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리를 조절하기 위한 공기 베어링 표면의 열 팽창은 상기 공기 베어링 표면으로 입력되는 제2제어신호에 기초하여 조절된다. 따라서 상기 데이터 저장 장치(100)는 일정한 비행 높이를 유지할 수 있다.
- <80> 도 4a 내지 도 4d는 터치다운 테스트를 이용하여 유한 임펄스 응답 필터의 5번째 탭의 계수와 비행 높이와의 상관관계를 구하는 과정을 나타내는 그래프이다.
- <81> 도 4a는 터치다운 테스트에서 FOD 전압의 변화와 비행 높이(FH)와의 변화를 나타내는 그래프이다. 도 4b는 터치다운 테스트에서 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 FOD 전압의 변화와의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 4c는 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 비행 높이와의 관계를 나타내는 그래프이다. 4d는 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 비행 높이의 변화와의 상관관계에 기초하여 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 비행 높이의 변화와 관계를 선형화한 그래프이다.

- <82> 도 5는 온도, 습도, 및 고도에 따른 유한 임펄스 응답 필터의 5번째 탭의 계수의 민감도를 나타내는 그래프이다. 도 5를 참조하면, 5번째 탭의 계수(FIR 5)는 온도, 습도, 또는 고도(altitude) 중에서 적어도 하나에 기초하여 변한다.
- <83> 따라서 본 발명에 따른 데이터 저장 장치(100)는 온도 측정기(171)를 더 구비할 수 있다. 따라서 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)와 상기 온도 측정기(171)로부터 출력된 신호에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력할 수 있다. 즉, 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 거리(또는 비행 높이)에 대한 온도의 영향을 보정하고 보정된 제1제어신호를 출력할 수 있다.
- <84> 또한, 본 발명에 따른 데이터 저장 장치(100)는 습도 측정기(173)를 더 구비할 수 있다. 따라서 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)와 상기 습도 측정기(173)로부터 출력된 신호에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력할 수 있다. 즉, 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 거리(또는 비행 높이)에 대한 습도의 영향을 보정하고 보정된 제1제어신호를 출력할 수 있다.
- <85> 또한, 본 발명에 따른 데이터 저장 장치(100)는 온도 측정기(171)와 습도 측정기(173)를 더 구비할 수 있다. 따라서 상기 마이크로 컨트롤러(160)는 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)와 상기 온도 측정기(171)로부터 출력된 신호와 상기 습도 측정기(173)로부터 출력된 신호에 기초하여 상기 제1제어신호를 출력할 수 있다.
- <86> 도 6은 온도와 고도에 따른 비행 높이를 나타내는 그래프이다. 도 6을 참조하면, 온도가 증가할수록 비행 높이는 감소하고, 고도가 증가할수록 비행 높이도 감소함을 할 수 있다. 또한, 기압이 감소할수록 비행 높이는 감소함을 할 수 있다.
- <87> 도 3a 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)는 온도, 습도, 또는 기압 중에서 적어도 하나의 영향을 받는다.
- <88> 따라서 번-인 단계에서 온도, 습도, 또는 기압 중에서 적어도 하나의 변화에 따른 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5)의 변화와 비행 높이의 변화와의 관계, 및 상기 비행 높이의 변화와 FOD 전압의 변화와의 관계에 대한 상관관계를 측정 또는 계산할 수 있다면, 측정 또는 계산된 상관관계에 기초하여 실시간으로 비행 높이를 계산할 수 있다. 따라서 측정 또는 계산된 비행 높이에 기초하여 FOD 전압을 제어할 수 있다면, 온도, 습도, 또는 기압 중에서 적어도 하나의 변화에 무관하게 비행 높이를 실시간으로 제어할 수 있다.
- <89> 상기 클락 복구 회로(213)는 상기 FIR 필터(209)로부터 출력된 신호에 기초하여 소정의 클락 신호를 발생하고 발생된 클락 신호를 상기 ADC(205)로 출력한다. 따라서 상기 ADC(205)는 상기 클락 신호를 샘플링 클락 신호로서 사용하여 아날로그-디지털 변환을 수행한다.
- <90> 상기 비터비 검출기(215)는 상기 FIR 필터(209)로부터 출력된 신호를 디코딩하고 디코딩 결과를 출력한다. 상기 디코더(217)는 상기 비터비 검출기(215)에 의하여 부호화된 데이터를 수신하고 디코딩하여 재생된 리드 데이터(RDATA)를 호스트 인터페이스(150)로 출력한다.
- <91> 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 리드/라이트 채널 회로를 구성하는 다수의 구성 요소들에 대한 기능 블록도이다. 도 7에 도시된 구성요소들은 이산 푸리에 변환기(230)를 제외하면 도 2에 도시된 구성요소들과 유사하다. 도 8은 본 발명에 따른 제3고조파를 이용하여 비행 높이를 측정하는 방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- <92> 상기 이산 푸리에 변환기(230)는 아날로그-디지털 변환기(205)로부터 출력된 디지털 신호를 이산 푸리에 변환하고, 이산 푸리에 변환된 신호를 마이크로 프로세서(160)로 출력한다.
- <93> 자기 헤드(120)와 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리가 증가하는 경우, 시간 영역에서 전치 증폭기(130)로부터 출력되는 신호의 진폭(amplitude)도 감소한다. 특히, 상기 거리가 증가하는 경우 상기 전치 증폭기(130)로부터 출력되는 제3고조파의 진폭이 감소한다. 따라서 주파수 영역에서 상기 이산 푸리에 변환기(230)로부터 출력되는 제3고조파의 크기( $\log_{10}MAG$ )도 감소한다.
- <94> 따라서 본 발명에 따른 데이터 저장 장치(100)는 번-인 과정에서 자기 헤드(120)와 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리와 상기 이산 푸리에 변환기(230)로부터 출력되는 제3고조파의 크기( $\log_{10}MAG$ )와의 상관관계를 측정(또는 계산)하여, 측정(또는 계산)된 상관관계와 제3고조파의 크기( $\log_{10}MAG$ )에 기초하여 비행 높이를 실시간으로 조절할 수 있다.



- <95> 즉, 마이크로 프로세서(160)는 R/W 채널회로(140)의 이산 푸리에 변환기 (230)로부터 출력된 이산 푸리에 변환된 신호와 비행 높이와의 상관관계에 기초하여 자기 헤드(120)와 데이터 저장 매체(110) 사이의 거리를 계산하고, 계산결과에 기초하여 제1제어신호를 전치 증폭기(130)로 출력한다. 상기 상관관계는 도 5와 도 6을 참조하여 설명한 바와 같이 온도의 변화, 습도의 변화, 또는 기압(또는 고도)의 변화 중에서 적어도 하나에 기초하여 보정된 상관관계일 수도 있다.
- <96> 따라서 상기 마이크로 프로세서(160)는 온도의 변화, 습도의 변화, 또는 기압(또는 고도)의 변화 중에서 적어도 하나에 기초한 보정된 상관관계에 기초하여 상기 제1제어신호를 전치 증폭기(130)로 출력한다.
- <97> 상기 전치 증폭기(130)는 상기 제1제어신호에 기초하여 제2제어신호, 예컨대 FOD를 위한 전압 또는 FOD를 위한 전류를 자기 헤드(120)로 출력한다.
- <98> 따라서 본 발명에 따른 데이터 저장 장치(100) 또는 전치 증폭기(130)는 적응 디지털 필터(207)의 5번째 탭의 계수(FIR 5) 또는 제3고조파에 기초하여 온도, 습도, 또는 기압 중에서 적어도 하나의 변화에 무관하게 거리(또는 비행 높이)를 실시간으로 제어할 수 있다.
- <99> 도 9는 본 발명에 따른 비행 높이를 측정하기 위한 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 1 내지 도 9를 참조하면, 번-인 과정에서 터치다운(TD)과 비행 높이(FH)와의 관계, 상기 비행 높이(FH)와 적응 디지털 필터(207)의 소정의 탭의 계수, 예컨대 5번째 탭의 계수와 관계, 또는 비행 높이(FH)와 이산 푸리에 변환된 신호(HSC)와의 관계 중에서 적어도 하나의 관계가 실험적 또는 통계적으로 측정된다(310).
- <100> 상기 310단계에서 측정된 적어도 하나의 관계에 기초하여 FOD 전압이 계산되고, 계산된 FOD 전압은 적응 리드 채널 최적화(adaptive read channel optimization; adaptive RCO) 테이블에 저장된다(320). 상기 테이블은 마이크로 프로세서(160) 또는 메모리(170) 중에서 적어도 하나에 저장될 수 있다.
- <101> 비행 높이(FH)와 FOD 전압과의 상관관계(또는 함수관계), 비행 높이(FH)와 적응 디지털 필터의 소정의 탭의 계수(예컨대 5번째 탭의 계수)와의 상관관계(또는 함수 관계), 상기 비행 높이(FH)와 상기 적응 디지털 필터(207)의 이산 푸리에 변환기(230)에 의하여 이산 푸리에 변환된 신호(HSC)와의 상관관계(또는 함수관계) 중에서 적어도 하나가 계산되고, 계산된 적어도 하나의 상관관계(또는 함수관계)가 상기 마이크로 프로세서(160) 또는 메모리(170) 중에서 적어도 하나에 저장된다(330).
- <102> 상기 번-인 과정 후, 데이터 저장 장치(100)로 전원이 공급된 후 또는 아이들 모드에서(340), 데이터 저장 장치(100)의 마이크로 프로세서(160)는 적응 디지털 필터(207)의 소정의 탭의 계수에 기초하여 비행 높이를 조절하기 위한 제1제어신호를 전치 증폭기(130)로 출력한다(350). 상기 전치 증폭기(130)는 상기 제1제어신호에 기초하여 제2제어신호, 예컨대 FOD를 위한 전압 또는 FOD를 위한 전류를 자기 헤드(120)로 출력한다(360).
- <103> 비행 높이는 상기 자기 헤드(380)로 공급되는 상기 제2제어신호에 기초하여 실시간으로 조절된다(380). 온도 측정기(171)/습도 측정기(173)는 데이터 저장 장치(100) 내부의 온도/습도를 측정하고 측정결과를 마이크로 프로세서(160)로 출력한다(370). 상기 마이크로 프로세서(160)는 온도 측정기(171)/습도 측정기(173)로부터 출력된 신호에 기초하여 330에서 계산된 상관관계에 상기 온도/습도에 대한 영향을 보정한 제1제어신호를 전치 증폭기(130)로 출력한다.
- <104> 번-인 과정에서 측정 또는 계산된 상관관계는 컴퓨터(예컨대, 마이크로 프로세서)로 읽을 수 있는 기록매체(예컨대 마이크로 프로세서(160) 내부의 메모리 또는 메모리(170)에 컴퓨터가 읽을 수 있는 프로그램 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 상기 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함한다.
- <105> 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.
- <106> 본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

## 발명의 효과

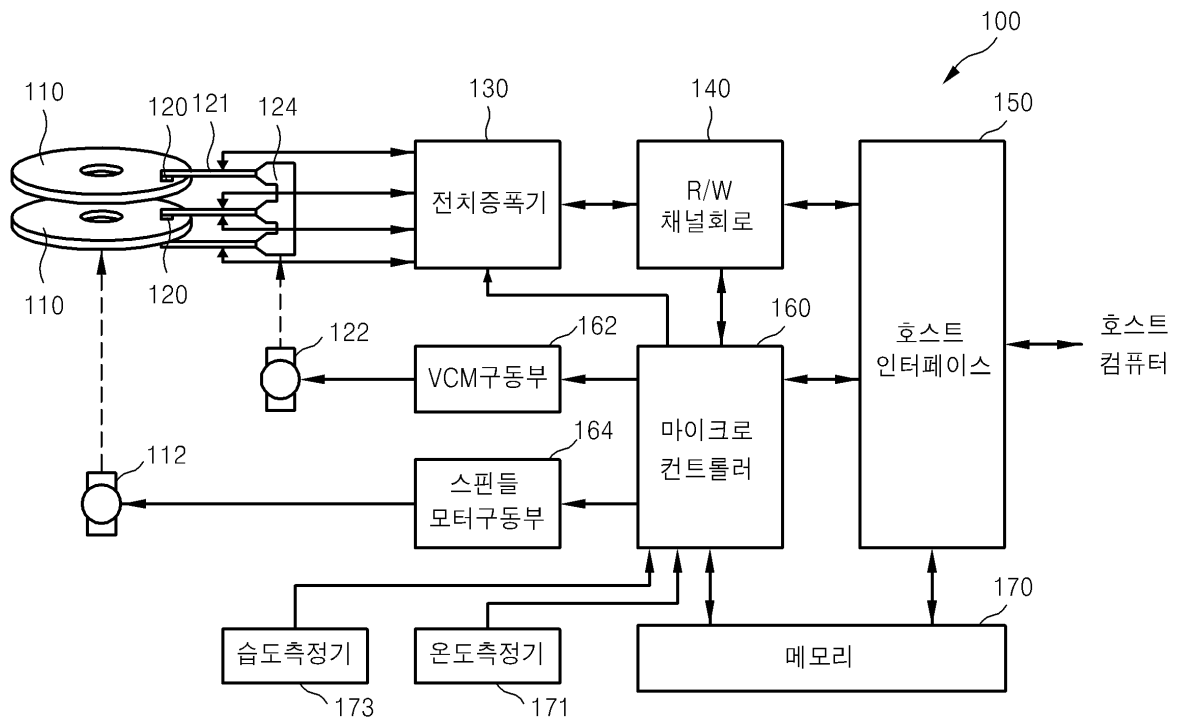
- <107> 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 데이터 저장 장치, 및 자기 헤드와 데이터 자장 매체 사이의 거리 조절 방법은 터치다운 방법을 사용하지 않고 자기 헤드와 데이터 자장 매체 사이의 거리를 실시간으로 측정하고, 측정 결과에 따라 비행 높이를 실시간으로 조절할 수 있는 효과가 있다.
- <108> 또한, 본 발명에 따른 데이터 저장 장치, 및 자기 헤드와 데이터 자장 매체 사이의 거리 조절 방법은 온도, 습도, 또는 기압 중에서 적어도 하나에 무관하게 자기 헤드와 데이터 자장 매체 사이의 거리를 실시간으로 측정하고, 측정 결과에 따라 비행 높이를 실시간으로 조절할 수 있는 효과가 있다.
- <109> 본 발명에 따른 데이터 저장 장치, 및 자기 헤드와 데이터 저장 매체 사이의 거리 조절 방법은 온도, 습도, 또는 기압 중에서 적어도 하나에 무관하게 자기 헤드와 데이터 자장 매체 사이의 거리를 실시간으로 측정하고, 측정 결과에 따라 비행 높이를 실시간으로 조절할 수 있으므로 신뢰성이 높아지는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

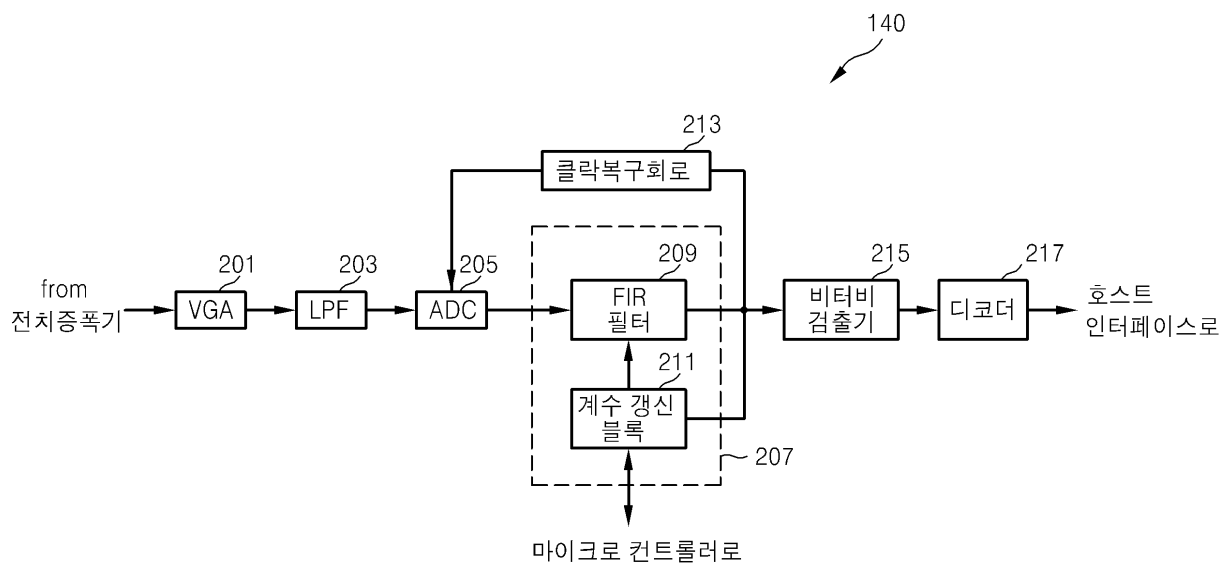
- <1> 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.
- <2> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 데이터 저장 장치의 기능 블록도이다.
- <3> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 리드/라이트 채널 회로를 구성하는 다수의 구성 요소들에 대한 기능 블록도이다.
- <4> 도 3a 내지 도 3d는 유한 임펄스 응답 필터의 5번째 탭의 계수, 비행 높이, 및 FOD 전압을 이용하여 상기 유한 임펄스 응답 필터의 5번째 탭의 계수와 비행 높이와의 상관관계를 구하는 과정을 나타내는 그래프이다.
- <5> 도 4a 내지 도 4d는 터치다운 테스트를 이용하여 유한 임펄스 응답 필터의 5번째 탭의 계수와 비행 높이와의 상관관계를 구하는 과정을 나타내는 그래프이다.
- <6> 도 5는 온도, 습도, 및 고도에 따른 유한 임펄스 응답 필터의 5번째 탭의 계수의 민감도를 나타내는 그래프이다.
- <7> 도 6은 온도와 고도에 따른 비행 높이를 나타내는 그래프이다.
- <8> 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 리드/라이트 채널 회로를 구성하는 다수의 구성 요소들에 대한 기능 블록도이다.
- <9> 도 8은 본 발명에 따른 제3고조파를 이용하여 비행 높이를 측정하는 방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- <10> 도 9는 본 발명에 따른 비행 높이를 조절하기 위한 방법을 나타내는 흐름도이다.

도면

도면1

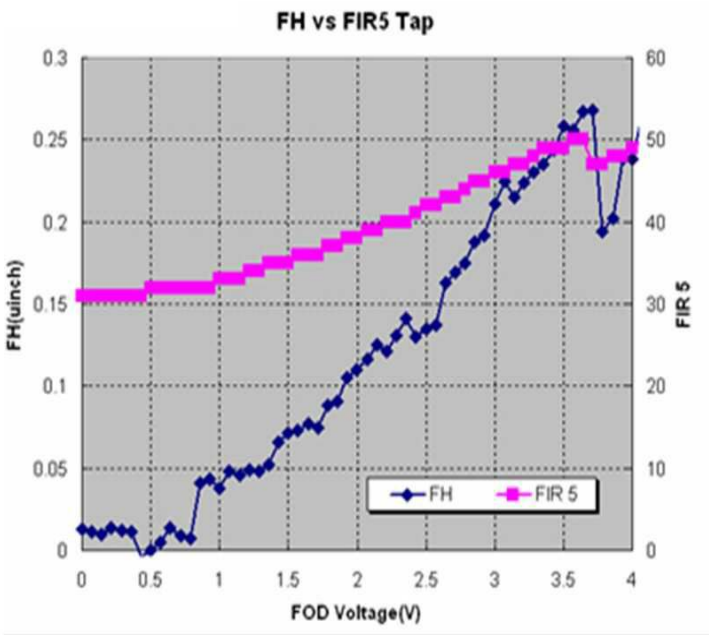


도면2

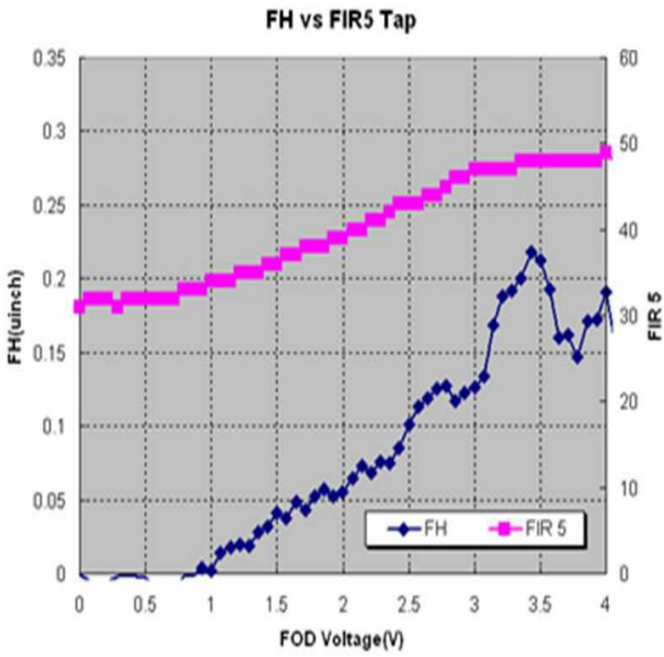




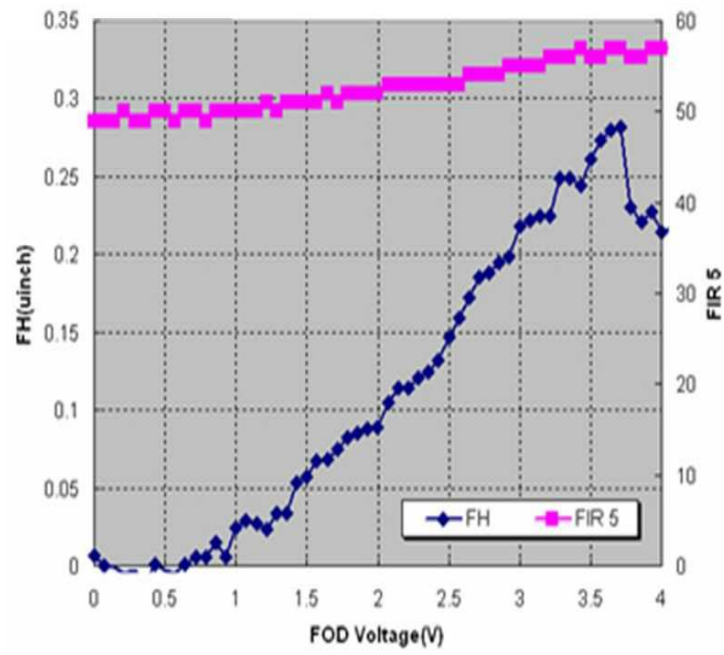
도면3a



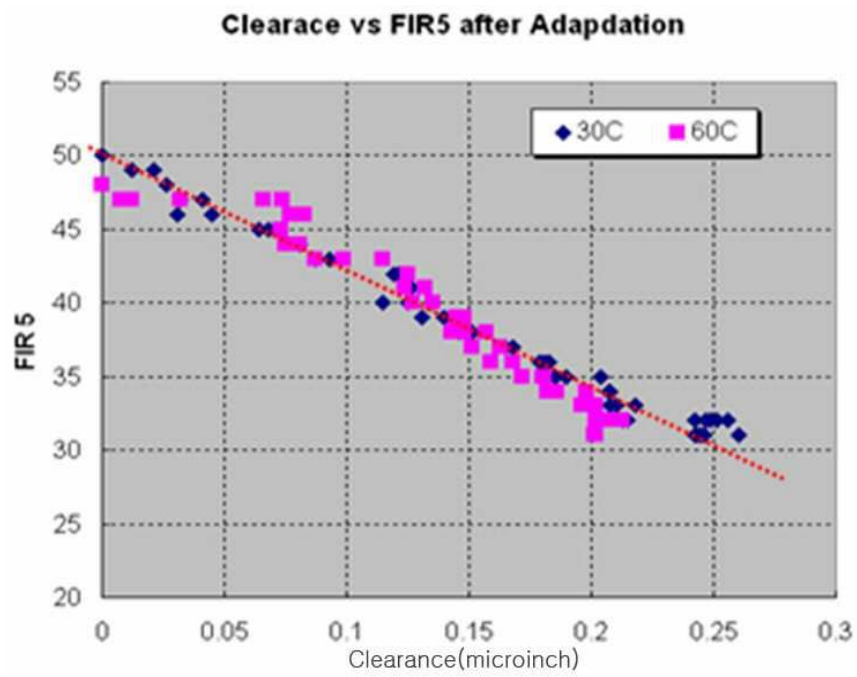
도면3b



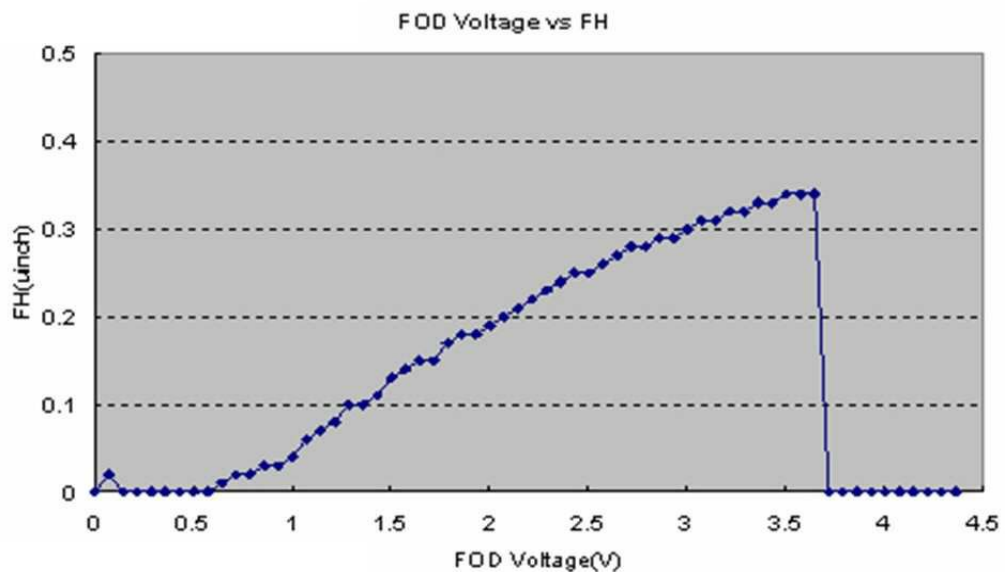
도면3c



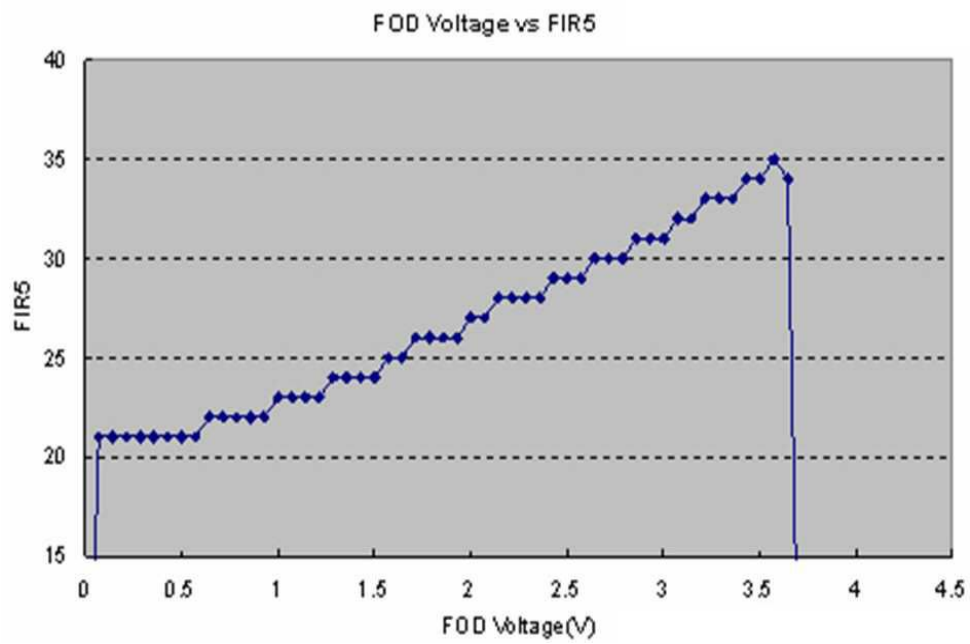
도면3d



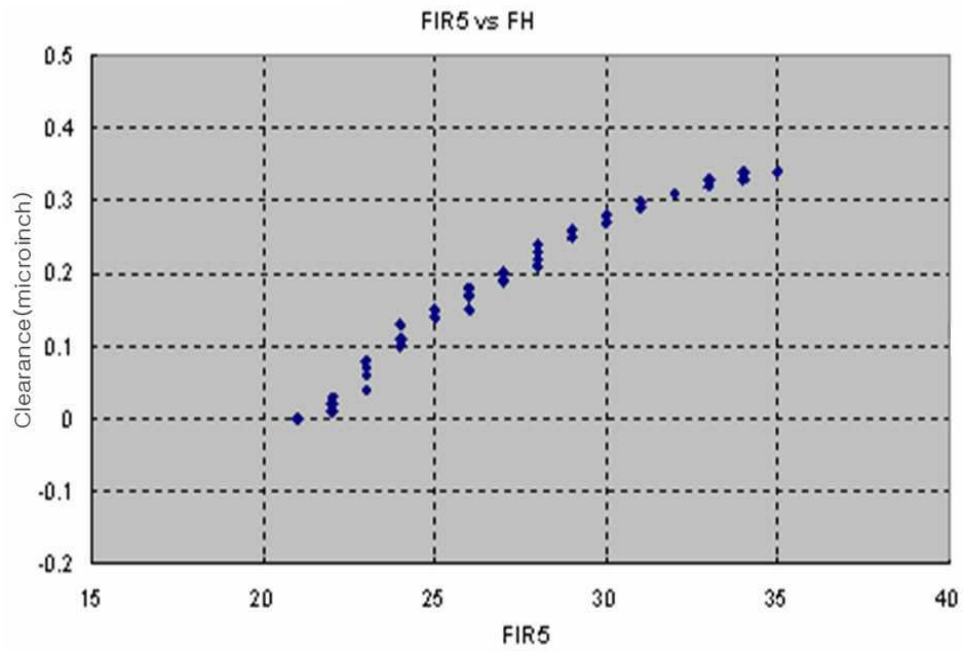
도면4a



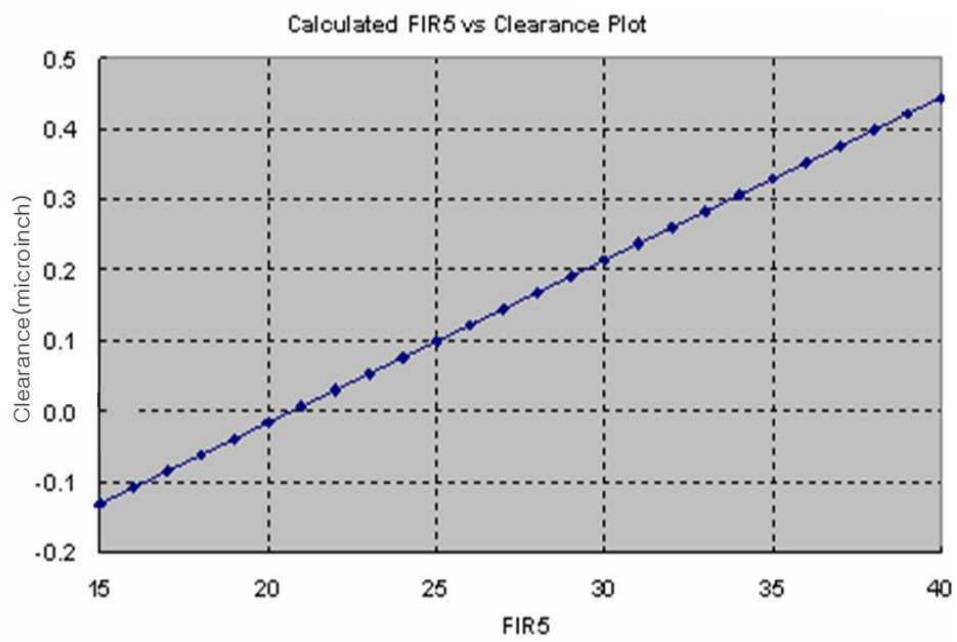
도면4b



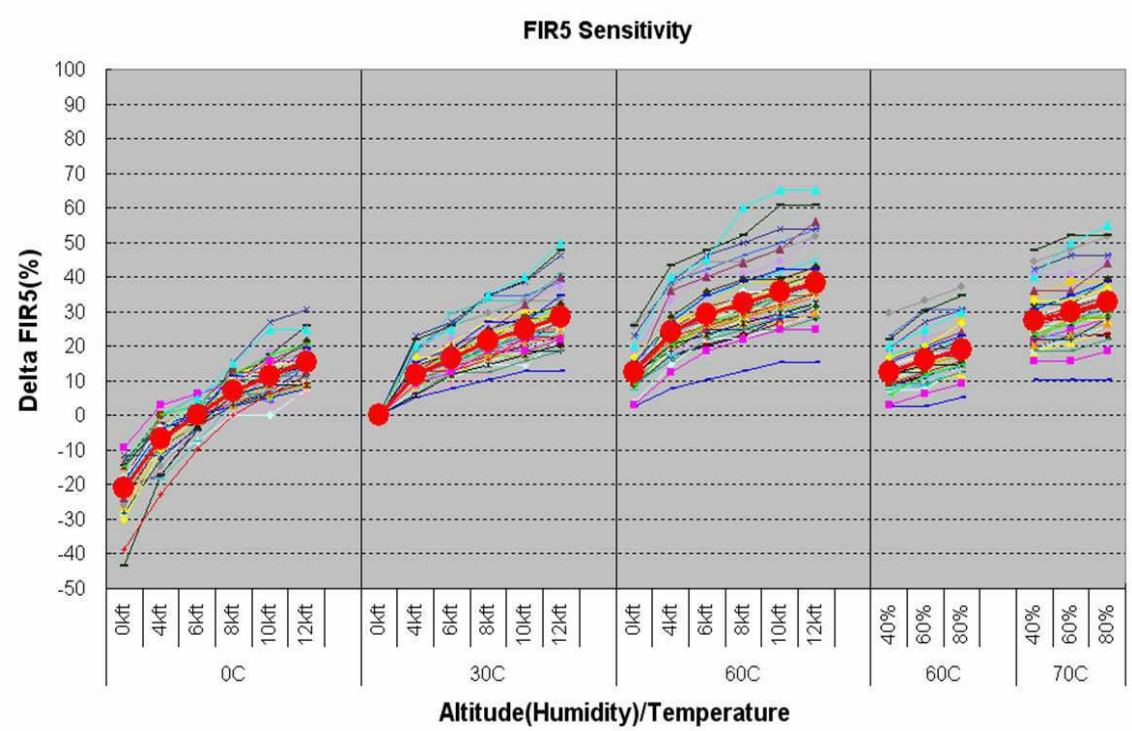
도면4c



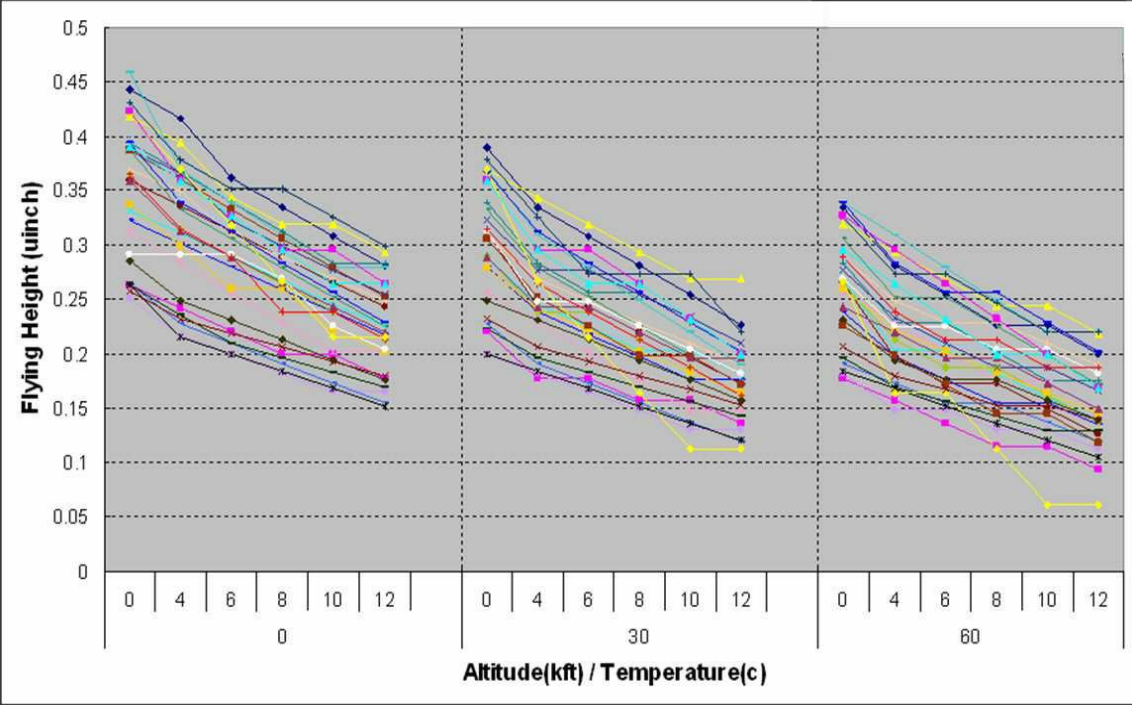
도면4d



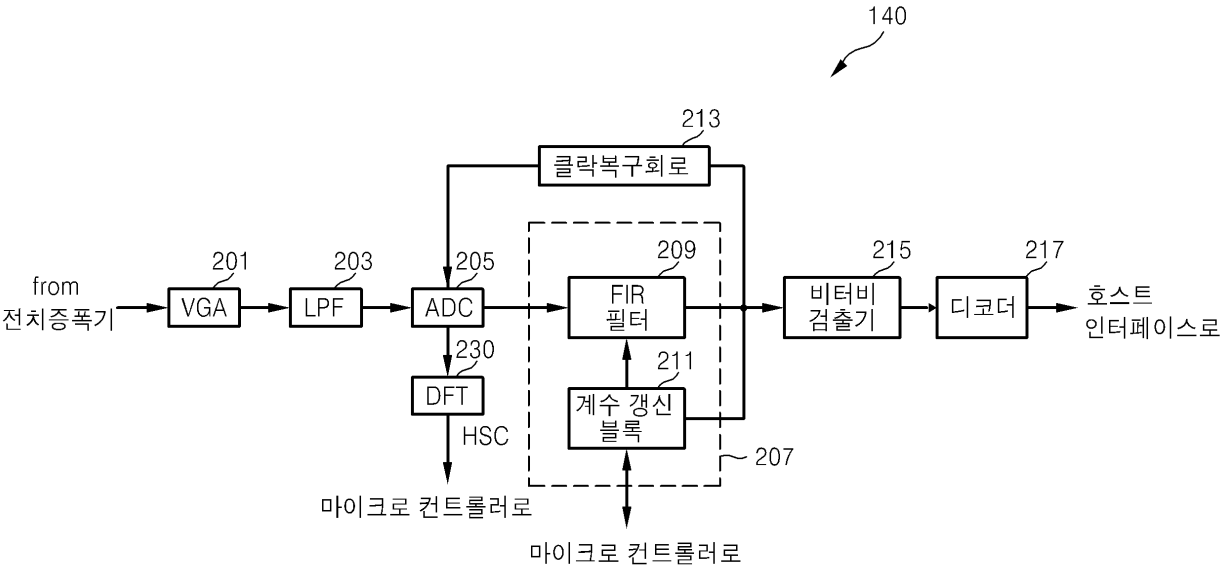
도면5



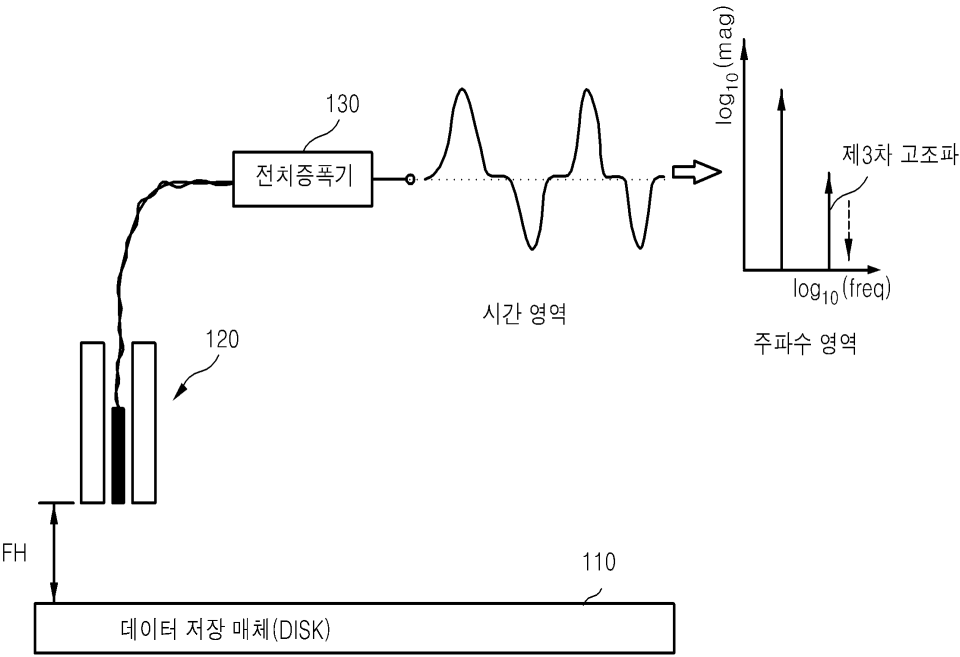
도면6



도면7



도면8



도면9

