(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0118994
(43) 공개일자 2007년12월18일

(51) Int. Cl.
G11B 21/21 (2006.01) *G11B 21/16* (2006.01)
G11B 21/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0122022
(22) 출원일자 2007년11월28일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
11/605,741 2006년11월28일 미국(US)

(71) 출원인
에스에이이 마그네틱스 (에이치.케이) 리미티드
중국 홍콩 엔.티. 샤틴 홍콩 사이언스 파크 사이언스 파크 이스트 애비뉴 6 에스에이이 테크놀로지 센터
(72) 발명자
주 리-얀
미국 캘리포니아주 95123 산 호세 쿠리 코트 6444
양 차오-후이
미국 캘리포니아주 95035 밀피타스 큐스타 드라이브 2129
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김동완

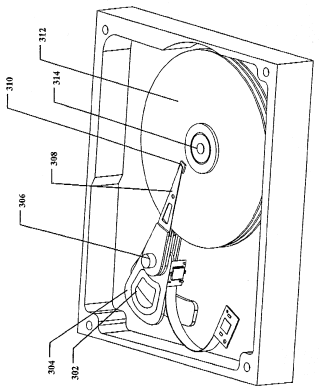
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 정전기력에 의한 슬라이더 부상 높이의 비-접촉 측정

(57) 요 약

정전기력을 이용한 자기 데이터 저장 매체 상에 슬라이더의 부상 높이의 비-접촉 측정을 위한 시스템 및 방법에 있어서, 판독/기록 헤드를 지닌 슬라이더는 자기 데이터 저장 매체 위를 부상한다. 별개의 전압 시리즈는 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 사이에 적용되고 대응 후방-판독 신호가 기록된다. 기록된 후방-판독 신호를 이용하여 경험적 곡선-맞춤 방정식에 대한 계수가 계산된다. 계수는 표준화되고 부상 높이 측정으로 변환된다.

대표도



(72) 발명자

푸 옌

미국 캘리포니아주 95120 산 호제 부블링웰 플레이스 6623

차 엘리스

미국 캘리포니아주 94583 산 라몬 벨베트리프 코트 9688

특허청구의 범위

청구항 1

자기 데이터 저장 매체 상에 판독/기록 헤드를 지닌 슬라이더를 부상시키는 단계;

상기 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 사이의 별개의 전압 시리즈를 적용하는 단계;

적용된 별개의 전압에 대한 각각의 대응에 기반한 후방-판독(read-back)을 기록하는 단계;

경험적 곡선-맞춤 방정식의 계수를 표준화하는 단계; 및

상기 표준화된 계수를 슬라이더에 대한 부상 높이 측정으로 변환하는 단계를 포함한 슬라이더의 부상 높이 측정 방법

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 별개의 전압 시리즈는 적어도 3 이상의 별개의 전압을 포함함을 특징으로 하는 방법

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 별개의 전압 시리즈는 둘 모두의 극성을 포함함을 특징으로 하는 방법

청구항 4

제 3항에 있어서, 과도한 수치의 반대 극성의 별개의 전압은 실질적으로 동일한 부상 높이 감소를 유발함을 특징으로 하는 방법

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 별기의 전압 시리즈는 최대 부상 높이부터 최대 부상 높이의 약 50% 감소까지의 부상 높이 범위를 유발하는 범위 내에 존재함을 특징으로 하는 방법

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 별개의 전압 시리즈는 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 중의 하나에 대한 아킹(arcing) 손상을 방지하도록 전류-제한 장치를 통과함을 특징으로 하는 방법

청구항 7

제 6항에 있어서, 상기 전류-제한 장치는 저항기임을 특징으로 하는 방법

청구항 8

제 1항에 있어서, 다수의 DC 배터리가 상기 별개의 전압 시리즈를 공급함을 특징으로 하는 방법

청구항 9

제 1항에 있어서, 조절된 DC 전원 장치가 상기 별개의 전압 시리즈를 공급함을 특징으로 하는 방법

청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체는 서로 전기적으로 분리됨을 특징으로 하는 방법

청구항 11

제 1항에 있어서, 상기 경험적 곡선-맞춤 방정식은 2차 방정식임을 특징으로 하는 방법

청구항 12

제 11항에 있어서, 상기 경험적 곡선-맞춤 방정식의 계수는 경험적 곡선-맞춤 방정식의 최고점을 이용하여 표준화됨을 특징으로 하는 방법

청구항 13

데이터를 판독하는 판독 요소 세트 및 데이터를 기록하는 기록 요소 세트를 지닌 판독/기록 헤드를 지닌 슬라이더;

데이터를 저장하는 자기 데이터 저장 매체;

상기 슬라이더를 지지하고 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격을 유지시키는 서스펜션; 및

상기 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격에 가변성 조절 전압을 제공하는 전원을 포함한

디스크 드라이브

청구항 14

제 13항에 있어서, 디스크 드라이브가 손상되는 것을 방지하는 전류-제한 저항기를 더욱 포함함을 특징으로 하는 디스크 드라이브

청구항 15

제 13항에 있어서, 상기 전원은 조절된 DC 전원 장치임을 특징으로 하는 디스크 드라이브

청구항 16

제 13항에 있어서, 상기 전원은 적어도 하나 이상의 DC 배터리임을 특징으로 하는 디스크 드라이브

청구항 17

제 14항에 있어서, 상기 전류-제한 저항기는 전원의 구성요소임을 특징으로 하는 디스크 드라이브

청구항 18

제 13항에 있어서, 상기 전원은 상기 슬라이더에 커플됨을 특징으로 하는 디스크 드라이브

청구항 19

슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격을 횡단하여 데이터 저장 매체로부터 데이터를 판독하는 판독 요소 세트 및 데이터 저장 매체에 데이터를 기록하는 기록 요소 세트를 지닌 판독/기록 헤드; 및

상기 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격에 가변성 조절 전압을 제공하도록 슬라이더에 커플되는 전원을 포함한

슬라이더

청구항 20

제 19항에 있어서, 상기 전원은 조절된 DC 전원 장치임을 특징으로 하는 슬라이더

청구항 21

제 19항에 있어서, 상기 전원은 적어도 하나 이상의 DC 배터리임을 특징으로 하는 슬라이더

청구항 22

제 19항에 있어서, 상기 슬라이더와 데이터 저장 매체에 대한 손상을 방지하는 전류-제한 저항기를 더욱 포함함을 특징으로 하는 슬라이더

청구항 23

제 22항에 있어서, 상기 전류-제한 저항기는 전원의 구성요소임을 특징으로 하는 슬라이더

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 자기 하드 디스크 드라이브에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 본 발명은 정전기력에 의한 자기 데이터 저장 매체 상의 자기 헤드의 부상 높이의 측정 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 도 1은 당 분야에서 일반적인 하드 디스크 드라이브 디자인을 나타낸 것이다. 하드 디스크 드라이브는 자기 판독 및 기록 요소에 의해 접속되는 회전 가능 디스크 시리즈 101 또는 다른 자기 저장 매체로 주로 구성된 일반적인 정보 저장 장치이다. 일반적으로 변환기 102로 알려진 이들 데이터 전송 요소는 일반적으로 판독 또는 기록 연산이 수행되도록 디스크 101 상에 형성된 불연속 데이터 트랙 상의 밀접하게 관련된 위치에 유지되는 슬라이더 바디에 의해 수행되고 그 안에 매몰되어 있다. 디스크 표면에 대해 변환기 102를 적당하게 위치시키기 위해 슬라이더 바디 상에 형성된 공기 베어링 표면(ABS)은 디스크 데이터 트랙 상에서 슬라이더 및 변환기를 "부상"시키는 충분한 상승력을 제공하는 유체 공기 흐름을 경험한다. 자기 디스크의 고속 회전은 디스크의 접선 속도와 실질적으로 평행한 방향으로 그의 표면을 따라 공기 흐름 또는 바람의 스트림을 생성한다. 공기 흐름은 슬라이더가 회전 디스크 상에서 부상 가능하게 하는 슬라이더 바디의 ABS와 협동한다. 실제로 서스펜드된 슬라이더는 그의 자가-작동 공기 베어링을 통해 디스크 표면과 물리적으로 분리된다.

<3> 도 2는 자기 디스크 상의 부상 높이에서 부상하는 슬라이더를 나타낸다. ABS 디자인의 주요 목적의 일부는 슬라이더와 그의 동반되는 변환기 202를 회전 디스크의 표면에 최대한 가까이 부상시키고 가변성 부상 조건에 관계없이 일정한 근거리를 균일하게 유지시키는 것이다. 공기 베어링 슬라이더와 회전 자기 디스크 사이의 높이 또는 분리 갭은 일반적으로 부상 높이로 정의된다. 일반적으로 고정된 변환기 또는 판독/기록 요소는 회전 디스크의 표면 상에서 약 1 마이크로-인치(25.4 ㎚) 이하로만 부상한다. 슬라이더의 부상 높이는 고정된 판독/기록 요소의 자기 디스크 판독 또는 기록 능력에 영향을 미치즌 가장 중요한 파라미터 중의 하나로 판단된다. 또한 슬라이더의 부상 높이는 디스크 드라이브의 기계적 보전 및 자기 성능에 직접적으로 영향을 미친다. 매우 작은 부상 높이는 변환기가 디스크 표면 상의 다른 데이터 비트 위치 사이의 더 큰 해석을 달성하여 데이터 밀도 및 저장 능력을 향상시키게 한다. 매우 작으나 강력한 디스크 드라이브를 사용하는 경량의 컴팩트 노트북 형태의 컴퓨터의 인기 증가에 따라 혁신적인 낮은 부상 높으에 대한 요구가 지속적으로 증가되고 있다.

<4> 슬라이더의 부상 높이를 측정하는 다양한 방법이 존재한다. 이러한 방법의 하나는 광학적 부상 높이 측정이다. 광학적 부상 높이 측정은 슬라이더 ABS와 디스크 표면을 반사시키는 빛의 간섭에 기반한다. 이는 투명한 디스크를 필요로 하고 정밀한 기록-판독 변화기에 대한 정전기 방전(ESD)의 큰 위험성을 보유한다. 그 결과로 광학적 부상 높이 측정은 일반적으로 통계적 처리 조절의 일부로서 작은 단편의 슬라이더에서만 수행된다.

<5> 후방-판독(read-back) 신호에 의한 부상 높이 측정은 슬라이더의 부상 높이를 측정하는 또다른 방법이다. 후방-판독 신호에 의한 부상 높이 측정은 자호 간격 손실의 Wallace 방정식에 기반한다. 두 가지 별개의 조건하에서 후방-판독 신호의 진폭을 비교함으로서 자호 간격 편차가 계산될 수 있다. 그러나 실질적인 부상 높이를 알기 위해 슬라이더 부상 높이는 두 가지 별개의 조건 중 적어도 하나 이상 하에서 알려져야 한다. 따라서 후방-판독 신호에 의한 부상 높이 측정은 일반적으로 슬라이더의 부상 높이가 0으로 감소되거나 그에 근접하는 "터치-다운" 과정을 필요로 한다. 터치-다운시 슬라이더 부상 높이의 측정은 다른 별개의 조건에서의 슬라이더 부상 높이 측정에 참조 부상 높이를 제공하고 실질적인 부상 높이가 측정 가능하게 한다. 그러나 터치-다운 과정은 슬라이더-디스크 인터페이스 내의 마모를 유발하고 시간이 소모된다. 더욱이 터치-다운에서의 판독-기록 변환기와 디스크 사이의 자기 자호 간격은 슬라이더 진동뿐만 아니라 파편 및 윤활제의 함유로 인해 불확실하다. 그 결과는 실질적인 슬라이더 신뢰성에 잘 연관되지 않는다.

<6> 최근 열 팽창에 의한 부상 높이 조정이 당해 산업에 의해 채택되었다. 판독-기록 변환기에 근접한 슬라이더 내에 매몰되어 있는 전기 히터는 변환기가 본질적으로 평평한 ABS를 디스크를 향해 돌출시키게 한다. 명목상 부상 높이는 활성화 전에 일부 증가된 후 판독-기록 활성을 수행하도록 히터에 의해 필요시 감소된다. 이러한 기술로 슬라이더 부상 높이 허용 오차가 일부 관대해진다. 그러나 낮은-부상자(flyer)(너무 낮게 부상하고 히터에 의해 구조될 수 없는 슬라이더) 및 높은-부상자(너무 높게 부상하고 과도한 열을 필요로 하여 전기를 소비하고 판독 센서 수명을 단축시키는 슬라이더) 수를 최소화하기 위해 부상 높이 조절은 드라이브 생산시 중요하

게 남아 있다. "터치-다운"은 히터가 없는 슬라이더와 비교시 히터로 가속화되고 단순화된다. 그럼에도 불구하고 터치-다운에서의 부상 높이는 불확실하게 된다. 또한 슬라이더와 디스크 상의 마모는 터치-다운 과정이 반복적으로 수행되는 것을 방지한다. 따라서 부상 높이가 주위 압력 및 온도에 따라 빈번하게 변하는 휴대용 장치 내에 원위치 히터 돌출부의 규모를 최적화하기 어렵다.

<7> 또한 부상 높이는 정전기력에 의해 조정된다. 전압은 슬라이더 바디와 디스크 사이에 적용된다. 열 팽창 방법과 비교시 정전기력 방법은 적은 적력을 요구한다. 또한 정전기력에 의해 부상 높이를 조정하는 것은 판독-기록 센서를 가열시키지 않는다. 그러나 전압이 과도한 경우 아킹(arcing) 위험이 존재한다. 부상 높이 조정의 방법에 관계없이 부상 높이 자체는 후방-판독 신호 또는 슬라이더와 디스크 사이의 정전 용량에 의해 측정될 수 있다. 두 가지 경우에서 바람직하지 않은"터치-다운"이 요구된다.

<8> 따라서 필요한 것은 투명한 디스크 및"터치-다운" 없이 슬라이더 부상 높이를 측정하는 개선된 방법이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<9> 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 정전기력에 의한 자기 데이터 저장 매체 상의 자기 헤드의 부상 높이의 측정 방법을 개발코자 것이다.

과제 해결수단

<10> 본 발명의 목적은 자기 데이터 저장 매체 상에 판독/기록 헤드를 지닌 슬라이더를 부상시키는 단계; 상기 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 사이의 별개의 전압 시리즈를 적용하는 단계; 적용된 별개의 전압에 대한 각각의 대응에 기반한 후방-판독(read-back)을 기록하는 단계; 경험적 곡선-맞춤 방정식의 계수를 표준화하는 단계; 및 상기 표준화된 계수를 슬라이더에 대한 부상 높이 측정으로 변환하는 단계를 포함한 슬라이더의 부상 높이 측정 방법을 제공하는 것이다.

<11> 한편 상기 별개의 전압 시리즈는 적어도 3 이상의 별개의 전압을 포함함을 특징으로 하고, 상기 별개의 전압 시리즈는 둘 모두의 극성을 포함함을 특징으로 한다.

<12> 또한 과도한 수치의 반대 극성의 별개의 전압은 실질적으로 동일한 부상 높이 감소를 유발함을 특징으로 한다.

<13> 또한 상기 별기의 전압 시리즈는 최대 부상 높이부터 최대 부상 높이의 약 50% 감소까지의 부상 높이 범위를 유발하는 범위 내에 존재함을 특징으로 한다.

<14> 또한 상기 별개의 전압 시리즈는 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 중의 하나에 대한 아킹(arcing) 손상을 방지하도록 전류-제한 장치를 통과함을 특징으로 한다.

<15> 또한 상기 전류-제한 장치는 저항기임을 특징으로 한다.

<16> 한편 다수의 DC 배터리가 상기 별개의 전압 시리즈를 공급함을 특징으로 하고, 조절된 DC 전원 장치가 상기 별개의 전압 시리즈를 공급함을 특징으로 한다.

<17> 또한 상기 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체는 서로 전기적으로 분리됨을 특징으로 한다.

<18> 또한 상기 경험적 곡선-맞춤 방정식은 2차 방정식임을 특징으로 하고, 상기 경험적 곡선-맞춤 방정식의 계수는 경험적 곡선-맞춤 방정식의 최고점을 이용하여 표준화됨을 특징으로 한다.

<19> 본 발명의 또다른 목적은 데이터를 판독하는 판독 요소 세트 및 데이터를 기록하는 기록 요소 세트를 지닌 판독/기록 헤드를 지닌 슬라이더; 데이터를 저장하는 자기 데이터 저장 매체; 상기 슬라이더를 지지하고 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격을 유지시키는 서스펜션; 및 상기 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격에 가변성 조절 전압을 제공하는 전원을 포함한 디스크 드라이브를 제공하는 것이다.

<20> 한편 디스크 드라이브가 손상되는 것을 방지하는 전류-제한 저항기를 더욱 포함함을 특징으로 한다.

<21> 또한 상기 전원은 조절된 DC 전원 장치임을 특징으로 하고, 상기 전원은 적어도 하나 이상의 DC 배터리임을 특징으로 한다.

<22> 또한 상기 전류-제한 저항기는 전원의 구성요소임을 특징으로 한다.

<23> 한편 상기 전원은 상기 슬라이더에 커플됨을 특징으로 한다.

<24> 본 발명의 또다른 목적은 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격을 횡단하여 데이터 저장 매체로부터 데이터를 판독하는 판독 요소 세트 및 데이터 저장 매체에 데이터를 기록하는 기록 요소 세트를 지닌 판독/기록 헤드; 및 상기 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격에 가변성 조절 전압을 제공하도록 슬라이더에 커플되는 전원을 포함한 슬라이더를 제공하는 것이다.

<25> 또한 상기 전원은 조절된 DC 전원 장치임을 특징으로 하고, 상기 전원은 적어도 하나 이상의 DC 배터리임을 특징으로 한다.

<26> 한편 상기 슬라이더와 데이터 저장 매체에 대한 손상을 방지하는 전류-제한 저항기를 더욱 포함함을 특징으로 한다.

<27> 또한 상기 전류-제한 저항기는 전원의 구성요소임을 특징으로 한다.

효 과

<28> 본 발명의 효과는 정전기력에 의한 자기 데이터 저장 매체 상의 자기 헤드의 부상 높이의 측정 방법을 제공하는 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<29> 이하 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.

<30> 정전기력을 이용한 슬라이더의 부상 높이의 비-접촉 측정을 위한 시스템 및 방법이 개시된다. 판독/기록 헤드를 지닌 슬라이더는 자기 데이터 저장 매체 상의 미리 결정된 트랙과 인터페이스로 접속된다. 슬라이더의 판독/기록 헤드가 미리 결정된 트랙과 인터페이스로 접속하면 별개의 전압 시리즈가 슬라이더와 자기 데이터 저장 매체 사이에 적용된다. 적용된 별개의 전압에 반응하여 후방-판독 신호가 각각의 적용된 전압에 기반하여 기록된다. 후방-판독 신호는 2차 방정식의 계수를 계산하는데 이용된다. 이후 계수는 2차 방정식의 최고점을 이용하여 표준화된다. 이후 표준화된 계수는 슬라이더 부상 높이 측정으로 변환된다.

<31> 도 3은 본 발명에서 실행되는 디스크 드라이브 시스템의 하나의 실시태양을 나타낸다. 디스크 드라이브 시스템은 축 주위의 스핀들(spindle) 306 상의 작동기 팔 304를 회전시키는데 이용되는 음성 코일 모터(coil motor) 302를 포함한다. 부하 빔(load beam) 308을 포함한 서스펜션은 작동기 팔 304에 연결된다. 서스펜션은 슬라이더 310을 운반한다. 슬라이더 310은 자기 디스크 상의 판독 및/또는 기록 데이터에 대한 판독/기록 헤드 또는 판독/기록 변환기(나타내지 않음)를 포함한다. 디스크가 회전시 슬라이더 310은 일정한 부상 높이로 디스크 312 상에서 부상한다. 슬라이더 310이 디스크 312 위를 부상시 슬라이더와 디스크 사이의 인터페이스는 비-평행 축전기로서 특성화되거나 모형화된다. 슬라이더는 상위 전극으로 작용하는 반면 자기 디스크는 하위 전극으로 작용한다. 또한 디스크 드라이브 시스템은 슬라이더와 자기 디스크 표면 사이의 자호 간격에 조절 전압을 공급하기 위해 조절되는 DC 전원 장치 또는 하나 이상의 DC 배터리와 같은 전원 요소(나타내지 않음)를 포함한다.

<32> 하나의 실시태양에서 슬라이더 310 및 디스크 312는 서로 전기적으로 분리되어 이들 사이의 전압이 조작된다. 슬라이더와 디스크 사이의 10 MΩ와 같은 일부 누출 저항은 누출이 너무 많은 전류를 생성하여 슬라이더, 디스크 또는 모터가 손상되지 않는 한 수용 가능하고 예측된다. 하나의 실시태양에서 슬라이더 바디는 착륙되어 있다. 일반적으로 슬라이더 바디는 실버 에폭시를 이용하여 서스펜션 바디에 착륙되어 있다. 대안으로 슬라이더 바디는 착륙 추적에 결합된 금 패드를 통해 착륙되어 있다. 슬라이더 바디가 착륙되어 있기 때문에 디스크는 착륙되지 않는다. 하나의 실시태양에서 디스크 312는 디스크 스핀들 314과 분리된다. 대안으로 디스크 스핀들 314는 모터 베이스와 전기적으로 분리된다(나타내지 않음). 또다른 실시태양에서 전기 통로는 디스크 312에서 전원 요소까지 형성된다. 또다른 실시태양에서 디스크는 착륙된다. 슬라이더 310은 비-전도성 접착제를 통해 부하 빔 308로부터 전기적으로 분리된다. 또한 슬라이더 310은 전원 요소에 전기적으로 연결된다.

<33> 일반적으로 하기 방정식에 의해 기술되는 인력으로 인해 슬라이더와 디스크 사이에 전압이 적용시 슬라이더의 부상 높이는 감소된다:

<34> $$F \approx kV^2 / h^2,$$

<35> F는 2개의 전극 사이의 정전기 인력을 나타낸다(즉, 슬라이더 및 디스크 내 변환기). 기호 k는 상수 수치를 나타낸다. 기호 V는 전극에 적용된 전압 또는 슬라이더와 디스크 사이의 정전기장 내 전위차를 나타낸다. 기호 h는 변환기 헤드와 디스크 사이의 차이를 나타낸다.

<36> 도 4는 마이크로-작동기를 지닌 헤드-짐벌 어셈블리를 나타낸다. 마이크로-작동기는 데이터 저장 매체로부터 데이터를 판독하는 판독 요소 세트 및 데이터 저장 매체에 데이터를 기록하는 기록 요소 세트를 포함한 판독/기록 헤드 또는 판독/기록 변환기를 지닌 슬라이더를 포함한다. 슬라이더는 전원에 커플되거나 전기적으로 연결된다. 전원은 슬라이더와 데이터 저장 매체 사이의 자호 간격에 가변성 조절 전압을 제공한다. 전원은 조절된 DC 전원 장치이다. 대안으로 전원은 하나 이상의 DC 배터리이다. 저항기와 같은 전류-제한 장치는 전원이 과도한 전압을 적용시키거나 슬라이더 또는 데이터 저장 매체를 손상시키는 것을 방지한다. 하나의 실시태양에서 전류-제한 장치는 전원 요소가 되거나 그 안에 조립된다.

<37> 도 5는 정전기력을 이용한 슬라이더의 부상 높이의상 비-접촉 측정에 대한 하나의 실시태양의 공정도를 나타낸다. 블록 510에서 판독/기록 헤드를 지닌 슬라이더는 자기 데이터 저장 매체 상에 부상된다. 슬라이더 ABS 및 자기 데이터 저장 매체의 디스크 표면은 재료의 차이로 인해 본래 다른 전위를 발생시킨다. 따라서 슬라이더 바디 및 디스크 기재가 전기적으로 함께 부족해지면 자발적 전압이 슬라이더 공기 베어링을 횡단하여 존재한다. 블록 520에서 정전기력을 생성하기 위해 별개의 조절 전압 시리즈가 슬라이더와 디스크 사이에 적용된다. 하나의 실시태양에서 슬라이더 판독/기록 헤드가 자기 데이터 저장 매체의 불연속 데이터 트랙 상에서 판독 또는 기록 연산을 수행할 때 별개의 전압 시리즈는 연속적으로 적용된다. 하나의 실시태양에서 판독/기록 변환기가 자기 데이터 저장 매체의 불연속 데이터 트랙을 판독하는 동안 상기 시리즈는 연속적으로 적용되는 3개의 별개의 전압을 포함한다. 이들 3개의 별개의 전압 중 하나는 0이다.

<38> 별개의 조절 전압의 전원은 하나 이사의 DC 배터리이다. 대안으로 전원은 조절된 DC 전원 장치이다. 전원 장치 또는 배터리는 디스크 드라이브 시스템의 요소이다. 하나의 실시태양에서 전원 장치 또는 배터리는 슬라이더에 커플된다. 측정 과정의 일부로서 조절 전압 수치 범위가 슬라이더와 디스크 사이에 적용되어 적당한 부상 높이 변화가 야기되고 실시태양-디스크 터치-다운 접촉이 유발되지 않는다. 전원에 의해 공급되는 조절 전압은 두 극성 모두의 전압을 포함한다. 과도한 수치를 지닌 하나의 극성의 전압은 다른 극성의 또다른 과도한 전압 수치에 의해 유발되는 부상 높이 감소와 실질적으로 동일한 슬라이더 부상 높이 감소를 유발한다. 그러나 일반적으로 적용된 전압 범위는 부상 높이의 50% 감소를 유발하는 자발적 전압과 커플된 적용된 전압이 일반적인 슬라이더 상에서 달성되도록 선택된다. 적용된 전압 범위가 너무 좁은 경우 부상 높이 측정의 정확도는 손상된다. 그러나 적용된 전압은 너무 높아서 아킹이 심각한 문제가 되지 않도록 해야 한다. 아킹의 가능성을 최소화하기 위해 적용된 전압 범위는 양성 또는 음성 전압 모두에 의한 부상 높이 감소가 동일해지도록 해야 한다. 슬라이더와 디스크 사이의 고유 표면 전위차로 인해 적용된 전압 범위는 0 주위에 대칭적으로 배분된다. 일반적으로 0에서의 상쇄는 0.5~1 볼트이다. 아킹에 의해 유발되는 손상을 최소화하기 위해 저항기와 같은 전류-제한 장치는 디스크 드라이브 시스템 내에 포한된다. 하나의 실시태양에서 전류-제한 저항기는 별개의 조절 전압의 전원에 통합되거나 그 안에 조립된다. 대안으로 전류-제한 저항기는 공기-베어링 표면에 아주 근접하여 위치한다. 예를 들어 저항기는 슬라이더 내에 매몰되어 전도 통로의 정전 용량이 아킹 에너지에 직접적으로 기여하지 않게 된다.

<39> 블록 530에서 후방-판독 신호의 트랙-평균된 진폭도 측정되고 기록된다. 슬라이더 변환기가 자기 데이터 저장 매체 상에 형성된 불연속 데이터 트랙 상에서 판독 또는 기록 연산을 수행할 때 후방-판독 신호 진폭은 슬라이더와 디스크 사이의 별개의 조절 전압의 적용에 반응하여 측정된다. 더욱이 판독-회로 전-증폭기가 선형 범위로 작용하는 한 판독-회록 전-증폭기의 이득(gain)은 항상 필요한 것은 아니다. 부상 높이 측정 동안 측정되는 기록된 트랙은 슬라이더 변환기의 판독 폭보다 더 넓다. 또한 트랙 등록-오류(track mis-registration, TMR)로도 알려진 방사상 변위와 관련된 진폭 파동을 최소화하기 위해 슬라이더는 트랙 상의 데이터를 판독한다. 또한 교정 상수를 조정할 필요가 없도록 하기 위해 기록된 신호의 파장은 일정하게 된다. 더욱이 하나의 실시태양에서 부상 높이 측정은 자기 파라미터 시험의 일부로서 수행되어 추가적인 조작이 불필요하다.

<40> 블록 540에서 2차 경험적 곡선-맞춤 방정식의 계수가 계산된다. 하나의 실시태양에서 정전기력과 같은 비-접촉 방법을 이용하여 슬라이더의 부상 높이를 측정시 슬라이더와 디스크 사이의 공기 베어링은 비-평형 플레이트 축전기로서 모형화된다. 슬라이더와 디스크 사이의 정전기력은 하기와 같이 더욱 정확하게 접근된다:

<41>
$$F \approx (V - V_0)^2 h^{-q},$$

<42> F는 정전기력이고, V는 슬라이더와 디스크 사이에 적용된 별개의 조절 전압이고, V_0은 슬라이더와 자기 디스크 표면 사이의 정전기장 내 초기 전위차이고, 슬라이더와 디스크 표면의 재료 특성에 의해 결정되고, q는 ABS 레일 형태 및 슬라이더 부상 피치(pitch) 각도에 의해 측정되고(일반적으로 $1<q<2$), h는 슬라이더의 부상 높이이다. 각각의 슬라이더 공기 베어링 디자인에 있어서, 전압에 대한 슬라이더 부상 높이의 함수를 수득하기 위해 숫자 시뮬레이션은 연속적으로 증가하는 정전기 전압 하에서 수행된다. 이러한 함수는 변수 q를 생성하기 위해 곡선-맞춤화된다. 현재 UC 버클리의 컴퓨터 기계학 실험실에 의해 개발된 "CML Air Bearing Simulation Package"가 숫자 시뮬레이션을 수행하는데 이용된다.

<43> 하나의 실시태양에서 슬라이더 공기 베어링은 비-선형 스프링으로서 처리되고 $\partial A/\partial h \propto h^{\gamma}$로서 모형화되고, γ는 거의 일치한다. 자호 간격 손실의 Wallace 방정식, $\partial A/\partial h \propto A_0$ 을 이용하여 A_0는 명목상 부상 높이에서의 후방-판독 진폭이 된다. 대안으로 A_0는 특정 참조 부상 높이에서의 후방-판독 진폭이 된다. 미분학의 연쇄 법칙을 이용하여

<44> $$\partial A/\partial V = \partial A/\partial h * \partial h/\partial F * \partial F/\partial V \propto A_0 * h^{\gamma-q} * (V - V_0).$$

<45> 방정식 적분은 하기를 산출한다:

<46> $$A = cA_0 * h^{\gamma-q} * (V - V_0)^2 + b.$$

<47> 비교시 경험적 곡선-맞춤에 사용되는 2차 방정식은 하기와 같이 표기된다:

<48> $$A = a * (V - V_0)^2 + b.$$

<49> 적분 방정식의 변수 A를 2차 방정식을 대치시켜 방정식을 단순화하면 하기를 산출한다:

<50> $$h = (a / c A_0)^{1/(\gamma-q)},$$

<51> c는 기록된 신호의 파장, 전-앰프(pre-amp) 이득 및 변환기 센서 효율을 나타낸다. c가 일정하면 즉 c를 포함한 변수가 부상 높이 측정 시험 동안 변하지 않는 한 부상 높이는 하기와 근접해진다:

<52> $$h \propto (a / A_0)^{1/(\gamma-q)},$$

<53> 멱지수 $1/(\gamma-q)<0$이다. 따라서 슬라이더 부상 높이 h는 a / A_0의 단조롭게 감소하는 함수가 된다. 블록 550에서 계산된 계수는 2차 경험적 곡선-맞춤 방정식의 수득된 포물선의 정점 높이 또는 최고점을 이용하여 표준화된다. 블록 560에서 표준화된 2차 계수는 슬라이더에 대한 부상 높이 측정으로 변환된다.

<54> 부상 높이 측정 방법의 상기-개시된 실시태양은 완전하게 조립된 디스크 드라이브, 부분적으로 조립된 디스크 드라이브 또는 디스크 드라이브의 구성요소를 특성화하기 위한 테스터(헤드-짐벌 어셈블리 또는 헤드-암 어셈블리와 같은) 상에서 수행될 수 있다. 이러한 방법은 비-파괴적이기 때문에 디스크 드라이브 작동시 빈번하게 적용된다. 따라서 슬라이더 부상 높이는 필요할 때마다 모니터되고 부상 높이 감소량은 각각의 판독/기록 연산 전에 알려진다. 부상 높이 감소는 정전기력 단독에 의해, 히터 단독에 의해 또는 정전기력과 히터 돌출부의 결합에 의해 달성된다. 히터 돌출부 보다는 정전기력에 의한 슬라이더 부상 높이 감소가 더욱 신속한 반응 신간 및 낮은 전력 소비를 유발한다. 그러나 과도한 정전기력은 아킹 위험을 보유하고 슬라이더 상에 파편 수집을 조장한다. 슬라이더 부상 높이를 감소시키기 위해 정전기력과 히터 돌출부 결합의 이용의 최적화는 수용가능하게 낮은 지연, 전력 소비, 파편 수집 및 아킹을 유발한다.

<55> 도 6은 슬라이더에서 획득된 경험적 데이터의 곡선-맞춤 그래프의 하나의 실시태양을 나타낸다. 이러한 실시태양에서 슬라이더 부상 높이 측정에서 획득된 표본 데이터는 2차 계수 a = 4.5447를 유발한다. 참조 후방-판독 진폭 A_0은 205.69가 되도록 2차 방정식에서 계산된다. 따라서a / A_0 = 0.022.

<56> 도 7은 슬라이더 클리어런스와 a / A_0 수치사이의 상관관계를 나타내는 그래프의 하나의 실시태양을 나타내고,

부상 높이는 조절 전압이 슬라이더와 디스크 사이에 적용된 후 전형적인 "터치-다운" 방법을 이용하여 자호 간격 손실에 대한 Wallace 방정식에 의해 측정된다. 슬라이더 진동 및 파편으로 인해 "터치-다운" 방법이 진정한 부상 높이를 정확하게 산출하지 않기 때문에 그래프는"부상 높이" 대신 "클리어런스"로 표지되었다.

<57> 슬라이더의 부상 높이를 측정하는 개시된 신규한 방법의 이용은 제조사가 표본 크기를 증가시킬 수 있게하여 통계 처리 조절시 신뢰 수치를 향상시킨다. 본 방법은 제조사가 각각의 슬라이더를 선별하고 그의 부상 높이에 의해 슬라이더를 위치시킬 수 있게 한다.

<58> 따라서 전술된 것은 본 발명의 원리의 예증이다. 또한 당업자는 다양한 변형 및 변화가 가능하고 기술된 실시태양의 개시가 본 발명을 상기 나타낸 정확한 구축 및 작동에 제한시키지 않고 따라서 모든 적당한 변형 및 동등물이 본 발명의 범위 내에 존재함을 인식할 것이다.

도면의 간단한 설명

<59> 도 1은 당분야에 일반적인 하드 디스크 드라이브 디자인을 나타낸 것이다.

<60> 도 2는 부상 높이에서 자기 디스크 상에 부상하는 슬라이더를 나타낸 것이다.

<61> 도 3은 본 발명에서 실시되는 디스크 드라이브 시스템의 하나의 실시태양을 나타낸 것이다.

<62> 도 4는 마이크로-작동기를 지닌 헤드-짐벌 어셈블리를 나타낸 것이다.

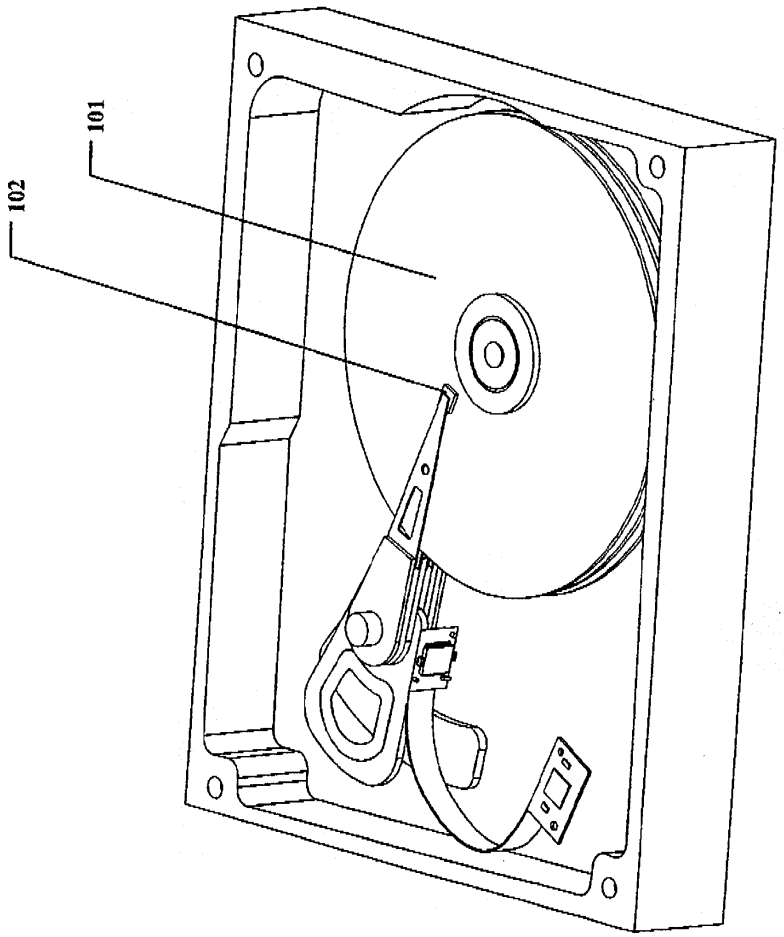
<63> 도 5는 정전기력을 이용한 슬라이더의 부상 높이의 비-접촉 측정에 대한 하나의 실시태양의 공정도를 나타낸 것이다.

<64> 도 6은은 슬라이더로부터 획득된 경험적 데이터의 곡선-맞춤 그래프의 하나의 실시태양을 나타낸 것이다.

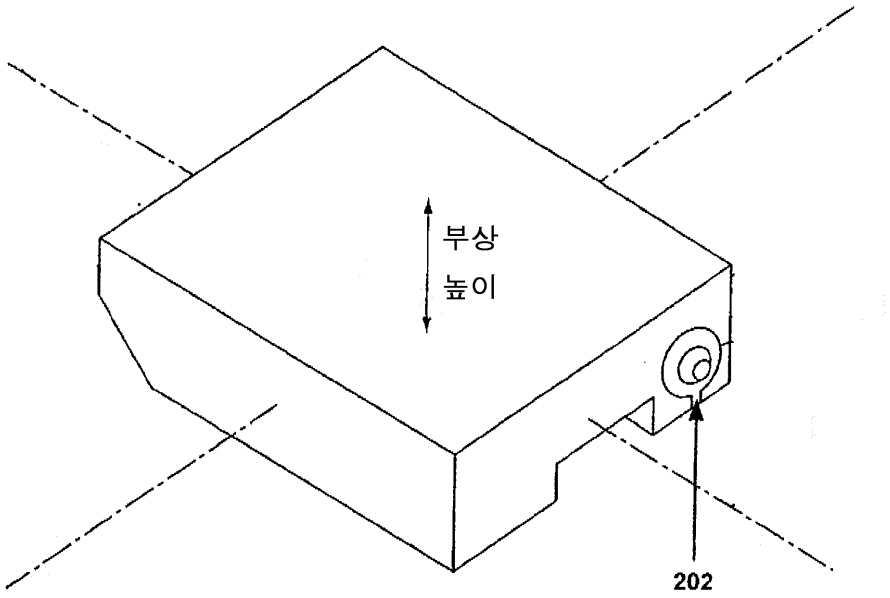
<65> 도 7은 슬라이더 부상 클리어런스(clearance)와 a/A_0 수치 사이의 상관관계를 나타내는 그래프의 하나의 실시태양을 나타낸 것이다.

도면

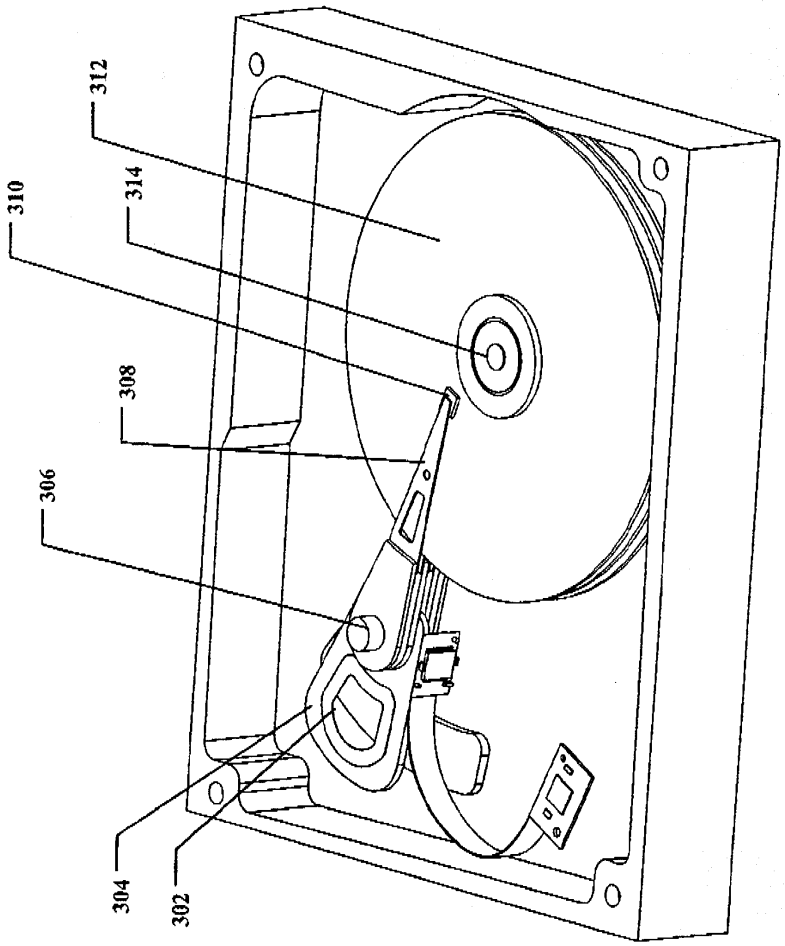
도면1



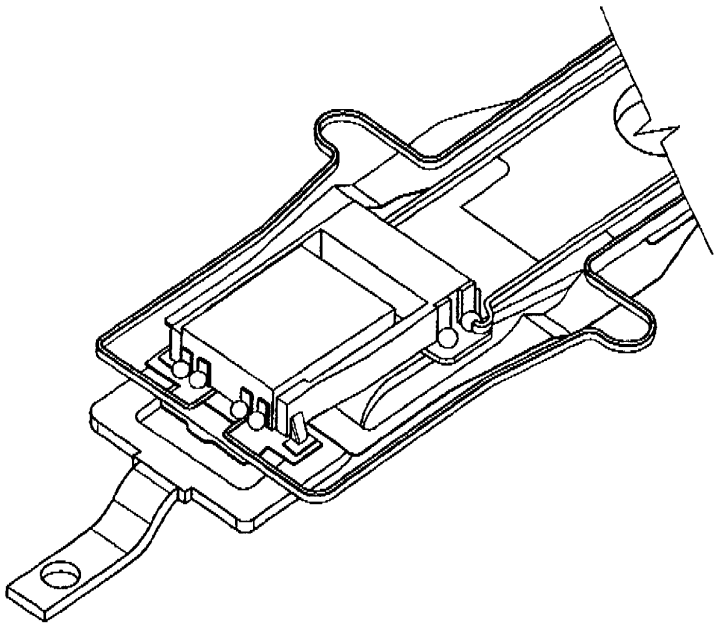
도면2



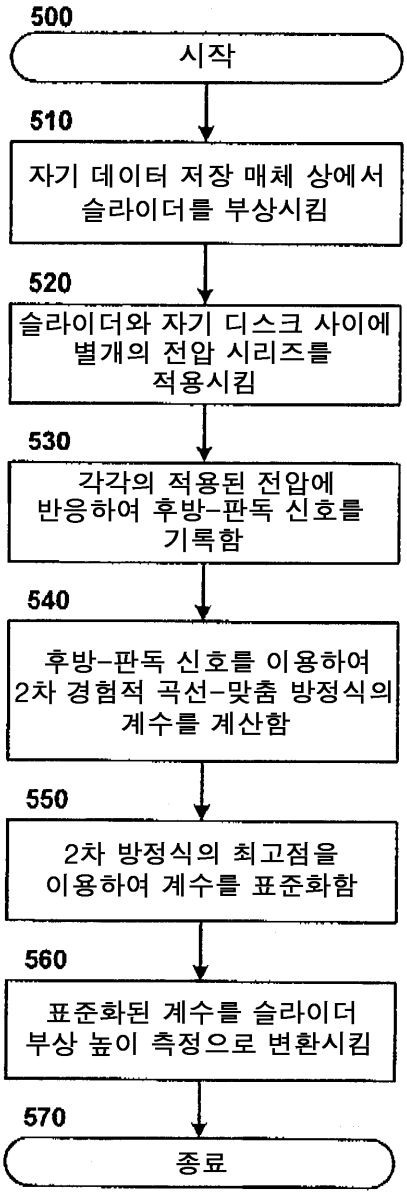
도면3



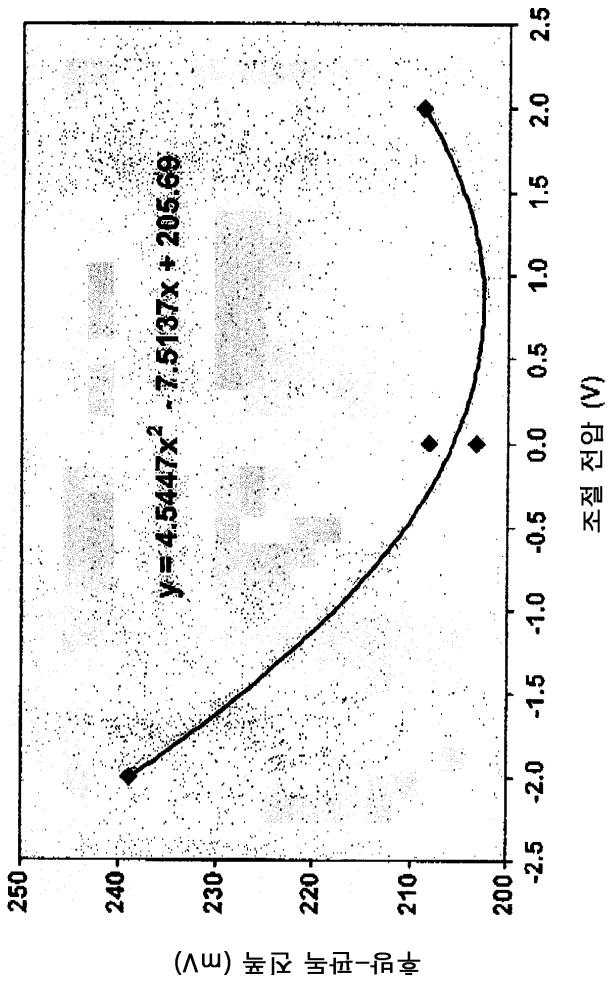
도면4



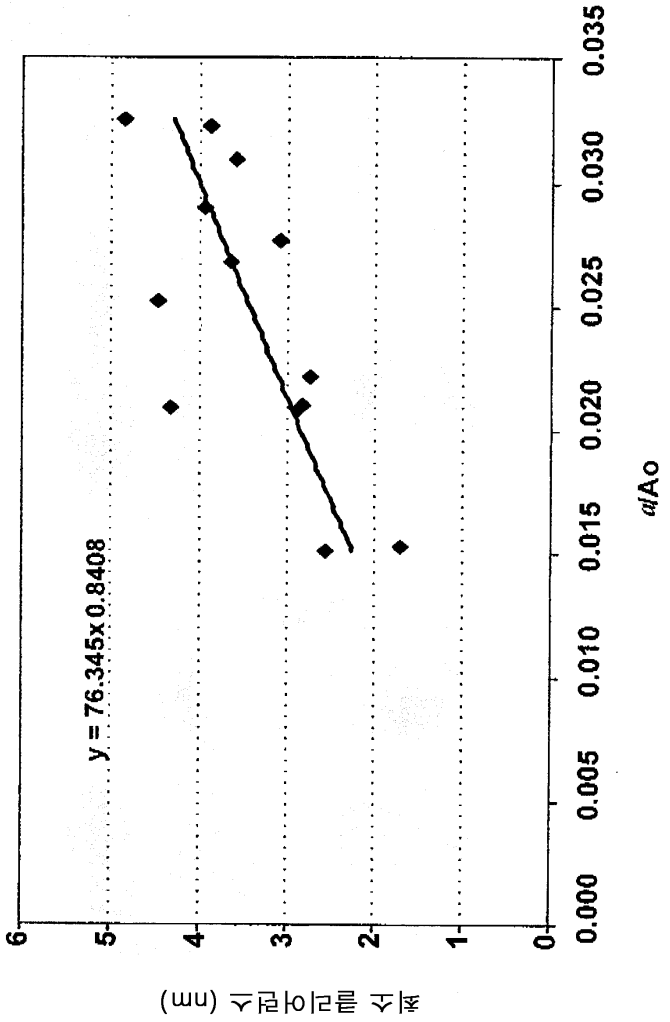
도면5


500
시작
510
자기 데이터 저장 매체 상에서 슬라이더를 부상시킴
520
슬라이더와 자기 디스크 사이에 별개의 전압 시리즈를 적용시킴
530
각각의 적용된 전압에 반응하여 후방-판독 신호를 기록함
540
후방-판독 신호를 이용하여 2차 경험적 곡선-맞춤 방정식의 계수를 계산함
550
2차 방정식의 최고점을 이용하여 계수를 표준화함
560
표준화된 계수를 슬라이더 부상 높이 측정으로 변환시킴
570
종료

도면6


y = 4.5447x² - 7.5137x + 205.69
250
240
230
220
210
200
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
-2.5
조절 전압 (V)
후방-판독 전폭 (mV)

도면7


y = 76.345x 0.8408
0.000
0.005
0.010
0.015
0.020
0.025
0.030
0.035
0
1
2
3
4
5
6
최소 클리어런스 (nm)
α/Ao