



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0056815
(43) 공개일자 2009년06월03일

(51) Int. Cl.

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

G11B 21/24 (2006.01) G11B 5/60 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0102982

(22) 출원일자 2008년10월21일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

JP-P-2007-311773 2007년11월30일 일본(JP)

(71) 출원인

히다치 글로벌 스토리지 테크놀로지스 네덜란드 비.브이.

네덜란드 암스테르담 1076 에이제트 로케텔리케이 드 1

(72) 발명자

구라모토 겐이치

일본 가나가와켄 오다와라시 고즈 2880 히다치 글로벌 스토리지 테크놀로지스 가부시카이가이샤 나이

구리타 마사유키

일본 가나가와켄 오다와라시 고즈 2880 히다치 글로벌 스토리지 테크놀로지스 가부시카이가이샤 나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김태홍, 신정건

전체 청구항 수 : 총 18 항

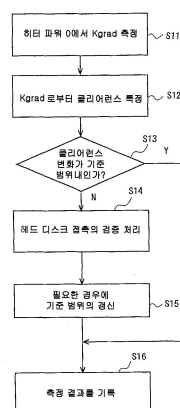
(54) 디스크 드라이브 장치 및 그 클리어런스 조정 방법

(57) 요약

본 발명은 기압 센서를 사용하지 않고, 기압에 따른 헤드와 디스크 사이의 클리어런스 조정을 보다 정확하게 행한다.

본 발명의 일 실시형태에 있어서, HDD는 그 동작 파라미터의 변화로부터 클리어런스 변화를 결정하고, 또한, 클리어런스 변화에 있어서의 온도 변화분을 제외하여, 기압 변화를 결정한다. 기압 변화에 따라 클리어런스를 조정하는 경우, HDD는 헤드 디스크 접촉을 검증한다. 동작 파라미터에 따른 기압 측정(클리어런스 측정)의 정밀도 및 신뢰성은 높지 않다. 이 때문에, 헤드 디스크 접촉에 의해 상기 기압 측정의 재확인을 행함으로써, 그 후의 리드/라이트 동작에 있어서의 헤드 디스크 접촉을 피하거나, 혹은, 클리어런스의 마진을 보다 확실하게 확보한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

마에다 요시히코

일본 가나가와켄 오다와라시 고즈 2880 히다치 글로벌 스토리지 테크놀로지스 가부시키키가이샤 나이

다나카 히데츠구

일본 가나가와켄 오다와라시 고즈 2880 히다치 글로벌 스토리지 테크놀로지스 가부시키키가이샤 나이

세라 아키히로

일본 가나가와켄 오다와라시 고즈 2880 히다치 글로벌 스토리지 테크놀로지스 가부시키키가이샤 나이

야마자키 가츠마사

일본 도쿄도 고쿠분지시 히가시 고이가쿠부, 1-280, 히다치 세이사쿠쇼 가부시키키가이샤 겐큐 카이하츠 혼부 나이

특허청구의 범위

청구항 1

디스크에 액세스하는 헤드와,

상기 헤드를 유지하고, 상기 디스크 상에서 상기 헤드를 이동시키는 이동 기구와,

상기 헤드와 상기 디스크 사이의 클리어런스를 조정하는 조정 기구와,

온도 센서와,

적어도 상기 조정 기구를 제어하는 컨트롤러

를 포함하며,

상기 컨트롤러는,

디스크 드라이브 장치의 동작 파라미터의 디폴트값으로부터의 변화량에서의 온도 변화에 따른 변화량을 상기 온도 센서의 검출 온도를 이용하여 보정한 후, 보정된 상기 동작 파라미터의 변화량에 따라 클리어런스 변화량을 결정하고,

상기 클리어런스 변화량이 기준 범위를 넘는 경우에, 상기 헤드와 상기 디스크의 접촉의 검증을 행하며,

상기 접촉의 검증 결과에 기초하여, 상기 클리어런스의 조정량을 결정하는 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 동작 파라미터는 상기 헤드가 상기 디스크로부터 판독한 신호의 진폭으로부터 결정되는 파라미터인 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 동작 파라미터는 상기 헤드가 상기 디스크로부터 판독한 신호가 상이한 주파수 성분의 비율로부터 결정되는 파라미터인 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 접촉의 검증을 행할 때의 클리어런스를, 결정한 상기 클리어런스 변화량에 대응하는 디폴트 설정의 클리어런스보다도 작아지도록 상기 조정 기구를 제어하는 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 조정 기구에 의한 일정 조정 클리어런스량에 있어서 상기 접촉의 검증을 행하는 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 접촉의 검증에서 접촉을 확인한 경우, 디폴트 설정에 의한 클리어런스보다도 클리어런스를 높게 하도록 상기 조정 기구를 제어하는 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 접촉의 검증에서 접촉을 확인하면, 디폴트 설정에 따른 클리어런스보다도 클리어런스를 높게 하고, 상기 클리어런스를 상기 디폴트 설정보다도 높게 하는 양은 상기 접촉의 검증에서 상기 클리어런스를 상기 디폴트 설정보다도 작게 하는 양과 동일하게 되도록 상기 조정 기구를 제어하는 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 접촉의 검증을 행하는지의 여부를 결정하는 상기 클리어런스 변화량의

기준을, 상기 클리어런스 변화량이 상기 기준 범위를 넘는 횟수에 기초하여 변경하는 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 동작 파라미터의 변화를 복수회 측정하고, 그 복수회의 측정 결과에 기초하여 상기 클리어런스 변화량이 상기 기준 범위를 넘는지의 여부를 판정하는 것인 디스크 드라이브 장치.

청구항 10

디스크 드라이브 장치에서의 클리어런스 조정 방법으로서,

온도 센서에 의해 온도를 검출하고,

디스크 드라이브 장치의 동작 파라미터의 디폴트값으로부터의 변화량에 있어서의 온도 변화에 따른 변화량을 상기 검출 온도를 이용하여 보정한 후, 보정된 상기 동작 파라미터의 변화량에 따라 클리어런스 변화량을 결정하며,

상기 클리어런스 변화량이 기준 범위를 넘는 경우에, 상기 헤드와 상기 디스크와의 접촉의 검증을 행하고,

상기 접촉의 검증 결과에 기초하여, 상기 클리어런스의 조정량을 결정하는 것인 클리어런스 조정 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 동작 파라미터는 상기 헤드가 상기 디스크로부터 판독한 신호의 진폭으로부터 결정되는 파라미터인 것인 클리어런스 조정 방법.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 동작 파라미터는, 상기 헤드가 상기 디스크로부터 판독한 신호가 상이한 주파수 성분의 비율로부터 결정되는 파라미터인 것인 클리어런스 조정 방법.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 접촉의 검증을 행할 때의 클리어런스를, 결정한 상기 클리어런스 변화량에 대응하는 디폴트 설정의 클리어런스보다도 작게 하는 것인 클리어런스 조정 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 일정 조정 클리어런스량에 있어서 상기 접촉의 검증을 행하는 것인 클리어런스 조정 방법.

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 접촉의 검증에서 접촉을 확인한 경우, 디폴트 설정의 클리어런스보다도 클리어런스를 높게 하는 것인 클리어런스 조정 방법.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 검증에서 접촉을 확인하면, 디폴트 설정에 의한 클리어런스보다도 클리어런스를 높게 하고,

상기 클리어런스를 상기 디폴트 설정보다도 높게 하는 양은, 상기 접촉의 검증에서 상기 클리어런스를 상기 디폴트 설정보다도 작게 하는 양과 동일한 것인 클리어런스 조정 방법.

청구항 17

제10항에 있어서, 상기 접촉의 검증을 행하는지의 여부를 결정하는 상기 클리어런스 변화량의 기준 범위를, 상기 클리어런스 변화량이 상기 기준 범위를 넘는 횟수에 기초하여 변경하는 것인 클리어런스 조정 방법.

청구항 18

제10항에 있어서, 상기 동작 파라미터의 변화를 복수회 측정하고, 이 복수회의 측정 결과에 기초하여 상기 클리어런스 변화량이 상기 기준 범위를 넘었는지의 여부를 판정하는 것인 클리어런스 조정 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 디스크 드라이브 장치 및 그 클리어런스 조정 방법에 관한 것으로, 특히, 기압 센서를 갖고 있지 않은 디스크 드라이브 장치에 적합한 클리어런스 조정 수법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 디스크 드라이브 장치로서, 광 디스크, 광자기 디스크, 혹은 플렉시블 자기 디스크 등의 여러 가지 형태의 디스크를 사용하는 장치가 알려져 있지만, 그 중에서, 하드 디스크 드라이브(HDD)는 컴퓨터의 기억 장치로서 널리 보급되어, 현재의 컴퓨터 시스템에서 없어서는 안될 기억 장치 중 하나이다. 또한, 컴퓨터에 한정되지 않고, 동화상 기록 재생 장치, 자동차 내비게이션 시스템 혹은 휴대 전화 등, HDD의 용도는 그 우수한 특성에 의해 점점 확대하고 있다.
- <3> HDD에서 사용되는 자기 디스크는 동심원형으로 형성된 복수의 데이터 트랙과 서보 트랙을 갖고 있다. 각 서보 트랙은 어드레스 정보를 갖는 복수의 서보 데이터로 구성된다. 또한, 각 데이터 트랙에는 사용자 데이터를 포함하는 복수의 데이터 섹터가 기록되어 있다. 원주 방향으로 이격된 서보 데이터 사이에 데이터 섹터가 기록되어 있다. 요동하는 액츄에이터에 의해 지지된 헤드 슬라이더의 헤드 소자부는, 서보 데이터의 어드레스 정보에 따라 원하는 데이터 섹터에 액세스함으로써, 데이터 섹터에의 데이터 기록 및 데이터 섹터로부터의 데이터 판독을 할 수 있다.
- <4> 자기 디스크의 기록 밀도를 증가시키기 위해서는, 자기 디스크 상을 부상하는 헤드 소자부와 자기 디스크 사이의 클리어런스(부상 높이) 및 클리어런스의 변화를 작게 하는 것이 중요하다. 이 때문에, 클리어런스를 조정하는 몇 개의 기구가 제안되어 있다. 그 중의 하나는, 헤드 슬라이더에 히터를 구비하고, 그 히터로 헤드 소자부를 가열함으로써 클리어런스를 조정한다(예컨대, 특허 문헌 1을 참조). 본 명세서에 있어서, 이것을 TFC(Thermal Flyheight Control)이라고 부른다. TFC는 히터에 전류를 공급하여 발열시켜, 열팽창에 의해 헤드 소자부를 돌출시킨다. 이에 따라, 자기 디스크와 헤드 소자부 사이의 클리어런스는 작아진다. 그 외에, 피에조 소자(piezo element)를 사용하여 헤드 소자부와 자기 디스크 사이의 클리어런스를 조정하는 기구 등이 알려져 있다.
- <5> 클리어런스는, 온도 변화에 따라 변화 하는 것외에, 기압(고도)의 변화에 따라 변화한다(예컨대, 특허 문헌 2를 참조). 리드/라이트에서의 클리어런스 설정값이 5 nm 이상인 경우에는, 고도 변화에 의한 클리어런스 변화는, 클리어런스 마진에 의해 대응할 수 있다. 그러나, 리드/라이트에서 2 nm 혹은 3 nm 이하의 클리어런스밖에 존재하지 않는 경우, 온도 변화에 부가하여, 기압 변화에 따라 클리어런스를 조정하는 것이 요구된다.
- <6> [특허 문헌 1] 일본 특허 공개 제2006-190454호 공보
- <7> [특허 문헌 2] 일본 특허 공개 제2006-92709호 공보

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <8> 전형적인 TFC는 온도의 저하에 따라 히터 파워를 증가시켜 열팽창에 의해 헤드 소자부를 돌출시키고, 온도 저하에 따른 클리어런스의 증가를 보상한다. 이에 비해, 고도가 상승하여 기압이 저하하면, 슬라이더의 부상 높이가 낮아진다. 이 때문에, 기압의 저하에 의해 헤드 소자부와 자기 디스크 사이의 클리어런스도 감소한다. 따라서, 온도가 일정하면, TFC는 기압의 저하에 따라 돌출량을 작게 한다.
- <9> HDD는 온도에 따라 많은 파라미터를 설정하고 있고, 정확한 온도 검출은 HDD의 정상적인 동작이 필수 불가결한 것으로 되어 있다. 그 때문에, 일반적인 HDD는 온도를 검출하는 수단으로서 온도 센서를 갖고 있다. 동일하게, 기압을 검출하는 수단의 하나로서, 기압 센서(고도 센서)가 알려져 있다. 그러나, 기압 센서를 사용하는 것은

HDD의 부재의 개수의 증가를 가져오고, 또한, HDD의 비용도 크게 증가한다. 또한, 기압의 변화에 따라 설정해야 할 파라미터는, 클리어런스 조정을 위한 파라미터 이외에 거의 존재하지 않기 때문에, 기압 센서를 사용하지 않고 기압을 특정하는 것이 바람직하다.

- <10> 전술한 바와 같이, 기압의 변화에 따라 클리어런스는 변화한다. 이 때문에, 클리어런스를 참조함으로써 기압 변화를 측정할 수 있다. 클리어런스를 특정하기 위한 몇 개의 수법이 알려져 있다. 전형적인 수법은, 헤드 소자부의 리드 신호의 진폭으로부터 클리어런스(클리어런스 변화)를 특정한다. 클리어런스가 작아지면 신호 강도는 커지고, 가변 게인 증폭기의 게인은 작아진다.
- <11> 이 때문에, 가변 게인 증폭기의 게인을 참조함으로써, 신호 강도 및 클리어런스를 특정할 수 있다. 보다 정확한 클리어런스 특정 수법은, 리드 신호의 주파수 성분의 분해능(레졸루션)으로부터 클리어런스를 특정한다. 혹은, 정확성은 떨어지지만, 스핀들 모터(SPM)의 전류값으로부터 기압을 추정할 수도 있다.
- <12> 기압 센서를 사용하지 않고 기압에 따라 클리어런스를 조정하기 위해서는, 상기 수법과 같이, HDD의 동작 파라미터(가변 게인 증폭기의 게인, SPM 전류값 등)를 참조하여, 클리어런스 변화를 특정하는 것이 필요해진다. 그러나, 기압 센서와 상이하게, HDD의 동작 파라미터를 사용한 기압 측정의 정밀도 및 신뢰성은, 높지 않다. 부정확한 기압 측정은 잘못된 클리어런스 조정의 원인이 되고, 헤드 디스크 접촉을 야기하여 헤드 슬라이더나 자기 디스크에 손상을 주거나, 혹은, 필요한 클리어런스 마진이 확보되지 않고서 리드/라이트를 행함으로써 헤드 디스크 접촉에 의한 하드 에러(회복할 수 없는 에러)를 야기할 수 있다.

과제 해결수단

- <13> 본 발명의 일 형태에 따르는 디스크 드라이브 장치는 디스크에 액세스하는 헤드와, 상기 헤드를 유지하여 상기 디스크 상에서 상기 헤드를 이동하는 이동 기구와, 상기 헤드와 상기 디스크 사이의 클리어런스를 조정하는 조정 기구와, 온도 센서와, 적어도 상기 조정 기구를 제어하는 컨트롤러를 갖는다. 상기 컨트롤러는 디스크 드라이브 장치의 동작 파라미터의 디폴트값으로부터의 변화량에 있어서의 온도 변화에 따른 변화량을 상기 온도 센서의 검출 온도를 이용하여 보정한 후, 보정된 상기 동작 파라미터의 변화량에 따라 클리어런스 변화량을 결정한다. 또한, 상기 클리어런스 변화량이 기준 범위를 넘은 경우에, 상기 헤드와 상기 디스크와의 접촉을 검증한다. 그리고, 상기 접촉의 검증 결과에 기초하여, 상기 클리어런스의 조정량을 결정한다. 이에 따라, 기압 센서를 사용하지 않고 기압에 따른 클리어런스 조정을 보다 정확하게 행할 수 있다.
- <14> 바람직하게는, 상기 동작 파라미터는, 상기 헤드가 상기 디스크로부터 판독한 신호의 진폭으로부터 결정되는 파라미터이다. 혹은, 상기 동작 파라미터는, 상기 헤드가 상기 디스크로부터 판독한 신호가 상이한 주파수 성분의 비율로부터 결정되는 파라미터이다. 이에 따라, 보다 정확하게 클리어런스 변화량을 결정할 수 있다.
- <15> 상기 컨트롤러는 상기 접촉의 검증을 행할 때의 클리어런스를, 결정한 상기 클리어런스 변화량에 대응하는 디폴트 설정의 클리어런스보다도 작아지도록 상기 조정 기구를 제어하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 클리어런스 마진을 포함하는 적절한 클리어런스를 실현할 수 있다. 또한, 상기 컨트롤러는, 상기 조정 기구에 의한 일정 조정 클리어런스량에 있어서 상기 접촉의 검증을 행하는 것이 바람직하다. 이에 따라 효율적인 처리를 행하고, 성능의 저하를 억제할 수 있다.
- <16> 상기 컨트롤러는 상기 접촉의 검증에서 접촉을 확인한 경우, 디폴트 설정에 따른 클리어런스보다도 클리어런스가 높아지도록 상기 조정 기구를 제어하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 이 후의 처리에서의 접촉을 보다 확실하게 막을 수 있다.
- <17> 바람직한 예에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 접촉의 검증에서 접촉을 확인하면, 디폴트 설정에 따른 클리어런스보다도 클리어런스가 높아지도록 하고, 상기 클리어런스를 상기 디폴트 설정보다도 높게 하는 양은, 상기 접촉의 검증에서 상기 디폴트 설정보다도 작게 하는 상기 클리어런스 양과 동일하게 되도록 상기 조정 기구를 제어한다. 이에 따라, 효율적인 처리에 의해, 클리어런스 마진을 포함한 적절한 클리어런스를 실현할 수 있다.
- <18> 상기 컨트롤러는, 상기 접촉의 검증을 행하는지의 여부를 결정하는 상기 클리어런스 변화량의 기준을, 상기 클리어런스 변화량이 상기 기준 범위를 넘은 횟수에 기초하여 변경하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 사용 환경에 따른 적절한 처리를 행할 수 있다. 바람직하게는, 상기 컨트롤러는 상기 동작 파라미터의 변화를 복수회 측정하고, 그 복수회의 측정 결과에 기초하여 상기 클리어런스 변화량이 상기 기준 범위를 넘었는지의 여부를 판정한다. 이에 따라, 보다 정확하게 클리어런스 변화량을 결정할 수 있다.
- <19> 본 발명의 다른 형태는, 디스크 드라이브 장치에 있어서의 클리어런스 조정 방법이다. 이 방법은, 온도 센서에

의해 온도를 검출한다. 디스크 드라이브 장치의 동작 파라미터의 디폴트값으로부터의 변화량에서의 온도 변화에 따른 변화량을 상기 검출 온도를 이용하여 보정한 후, 보정된 상기 동작 파라미터의 변화량에 따라 클리어런스 변화량을 결정한다. 상기 클리어런스 변화량이 기준 범위를 넘은 경우에, 상기 헤드와 상기 디스크 사이의 접촉을 검증한다. 상기 접촉의 검증 결과에 기초하여, 상기 클리어런스의 조정량을 결정한다. 이에 따라, 기압 센서를 사용하지 않고 기압에 따른 클리어런스 조정을 보다 정확하게 행할 수 있다.

효 과

- <20> 본 발명에 따르면, 기압 센서를 사용하지 않고, 기압에 따른 헤드와 디스크 사이의 클리어런스 조정을 보다 정확하게 할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <21> 이하에, 본 발명을 적용한 실시형태를 설명한다. 설명을 명확하게 하기 위해, 이하의 기재 및 도면은, 적절하게, 생략 및 간략화가 이루어져 있다. 또한, 각 도면에서, 동일 요소에는 동일한 부호를 붙이고, 설명을 명확하게 하기 위해, 필요에 따라 중복 설명은 생략되어 있다. 이하에 있어서는, 디스크 드라이브 장치의 일례인 하드 디스크 드라이브(HDD)를 예로 들어, 본 발명의 실시형태를 설명한다.
- <22> 본 형태의 HDD는 클리어런스 조정 기구의 일례인 TFC(Thermal Fly height Control)에 의해, 헤드의 일례인 헤드 소자부와 디스크의 일례인 자기 디스크 사이의 클리어런스를 조정한다. TFC는, 슬라이더 상의 히터로부터의 열에 의한 헤드 소자부의 열팽창에 의해 클리어런스를 조정한다. 본 형태의 TFC는, 기압 변화에 따라 클리어런스를 조정한다. HDD는 온도 센서를 갖고 있지만, 기압 센서를 갖고 있지 않다.
- <23> HDD는 그 동작 파라미터의 변화로부터 클리어런스 변화를 결정한다. 또한, 온도 센서의 검출 온도에 따라 동작 파라미터의 보정을 행함으로써, 클리어런스 변화의 온도 보정을 행한다. HDD는, 이에 따라 클리어런스 변화에 있어서의 온도 변화분을 제외하고, 기압 변화에 대응하는 클리어런스 변화를 결정한다. 클리어런스를 변화시키는 환경 조건은, 온도 및 기압 외에 습도를 포함하지만, 실질적인 변화는 온도와 기압에 따른 것으로, 이하에 있어서, 온도 보정을 행한 클리어런스 변화는, 기압 변화에 따른 것으로서 설명한다.
- <24> 본 형태의 HDD는 기압 변화에 따라 TFC에 의해 히터 파워를 변화시키는 경우, 헤드 슬라이더와 자기 디스크와의 접촉(헤드 디스크 접촉)을 검증한다. 기압 센서와 상이하게, 동작 파라미터에 의한 기압 측정(클리어런스 측정)의 정밀도 및 신뢰성은 높지 않다. 이 때문에, 헤드 디스크 접촉에 의해 상기 기압 측정의 확인을 행함으로써 그 후의 리드/라이트 동작에서의 헤드 디스크 접촉을 피하고, 혹은, 클리어런스의 마진을 보다 확실하게 확보한다. 헤드 디스크 접촉의 검증 빈도가 지나치게 많은 것은, HDD의 여분의 처리 시간이 증가하기 때문에 바람직하지 않다. 그래서, 본 형태의 HDD는, 기압 변화(클리어런스 변화)가 미리 설정되어 있는 임계값을 넘은 경우에, 상기 헤드 디스크 접촉의 검증을 행한다.
- <25> 본 형태의 TFC 및 헤드 디스크 접촉의 검증의 상세를 설명하기 전에, HDD의 전체 구성을 설명한다. 도 1은 HDD(1)의 전체 구성을 모식적으로 도시하는 블록도이다. HDD(1)는 인클로저(10) 내에, 데이터를 기억하는 디스크인 자기 디스크(11)를 갖고 있다. 스피indle 모터(SPM)(14)는 자기 디스크(11)를 소정의 각 속도로 회전한다. 자기 디스크(11)의 각 기록면에 대응하여, 자기 디스크(11)에 액세스(리드 혹은 라이트)하는 헤드 슬라이더(12)가 설치된다. 액세스는 리드 및 라이트의 상위 개념이다. 각 헤드 슬라이더(12)는 자기 디스크상을 부상하는 슬라이더와, 슬라이더에 고정되어 자기 신호와 전기 신호 사이의 변환을 행하는 헤드 소자부를 구비하고 있다.
- <26> 본 형태의 헤드 슬라이더(12)는 열에 의해 헤드 소자부를 팽창·돌출시키고, 헤드 소자부와 자기 디스크(11) 사이의 클리어런스(부상 높이)를 조정하는 TFC를 위한 히터를 구비하고 있다. 헤드 슬라이더(12)의 구조에 대해서는, 후에 도 2를 참조하여 상술한다. 각 헤드 슬라이더(12)는 액츄에이터(16)의 선단부에 고정되어 있다. 액츄에이터(16)는 보이스 코일 모터(VCM)(15)에 연결되어, 회동축을 중심으로 회동함으로써, 헤드 슬라이더(12)를 회전하는 자기 디스크(11) 상에서 그 반경 방향으로 이동한다. 액츄에이터(16)와 VCM(15)은 헤드 슬라이더(12)의 이동 기구이다.
- <27> 인클로저(10)의 외측에 고정된 회로 기판(20) 상에는, 회로 소자가 실장되어 있다. 모터 드라이버 유닛(22)은 HDC/MPU(23)로부터의 제어 데이터에 따라, SPM(14) 및 VCM(15)을 구동한다. RAM(24)은 리드 데이터 및 라이트 데이터를 일시적으로 저장하는 버퍼로서 기능한다. 인클로저(10) 내의 아암 전자 회로(AE: Arm Electronics)(13)는 복수의 헤드 슬라이더(12) 중에서 자기 디스크(11)에의 액세스를 행하는 헤드 슬라이더(12)를 선택하여, 그 재생 신호를 증폭하여 리드 라이트 채널(RW 채널)(21)로 보낸다. 또한, RW 채널(21)로부터의

기록 신호를 선택된 헤드 슬라이더(12)로 보낸다. AE(13)는 또한, 선택된 헤드 슬라이더(12)의 히터에 전력을 공급하여, 그 전력량을 조절하는 조절 회로로서 기능한다.

- <28> RW 채널(21)은 리드 처리에서, AE(13)로부터 공급된 리드 신호를 일정한 진폭이 되도록 증폭하고, 취득한 리드 신호로부터 데이터를 추출하여, 디코드 처리를 행한다. 판독되는 데이터는, 사용자 데이터와 서보 데이터를 포함한다. 디코드 처리된 리드 사용자 데이터 및 서보 데이터는, HDC/MPU(23)에 공급된다. 또한, RW 채널(21)은 라이트 처리에서, HDC/MPU(23)로부터 공급된 라이트 데이터를 코드 변조하고, 또한 코드 변조된 라이트 데이터를 라이트 신호로 변환하여 AE(13)에 공급한다.
- <29> 컨트롤러의 일례인 HDC/MPU(23)는 리드/라이트 처리 제어, 커맨드 실행 순서의 관리, 서보 신호를 사용한 헤드 슬라이더(12)의 포지셔닝 제어(서보 제어), 호스트(51)와의 사이의 인터페이스 제어, 디팩트 관리, 에러가 발생한 경우의 에러 대응 처리 등, 데이터 처리에 관한 필요한 처리 및 HDD(1)의 전체 제어를 실행한다. 특히, 본 형태의 HDC/MPU(23)는 온도 센서(17)의 검출 온도에 따라 온도에 따른 TFC를 행하고, 또한, 기압에 따른 TFC를 행한다. 또한, HDC/MPU(23)는 동작 파라미터에 의해 특정된 기압 변화가 큰 경우, 헤드 디스크 접촉의 검증을 행한다. 이들에 대해서는 이후에 설명한다.
- <30> 도 2는 헤드 슬라이더(12)의 공기 유출 단면(트레일링측 단면)(121) 근방의 구성을 도시하는 단면도이다. 슬라이더(123)는 헤드 소자부(122)를 지지한다. 헤드 소자부(122)는 리드 소자(32)와 라이트 소자(31)를 갖고 있다. 라이트 소자(31)는 라이트 코일(311)을 흐르는 전류에 의해 자극(312) 사이에 자계가 생성되고, 자기 데이터를 자기 디스크(11)에 기록한다. 리드 소자(32)는 자기 이방성을 갖는 자기 저항 소자(32a)를 구비하고, 자기 디스크(11)로부터의 자계에 의해 변화되는 저항값에 의해 자기 데이터를 판독한다.
- <31> 헤드 소자부(122)는 슬라이더(123)를 구성하는 알티크(AlTiC) 기판에 박막 형성 프로세스에 의해 형성된다. 자기 저항 소자(32a)는 자기 실드(33a, 33b) 사이에 끼워지고 있고, 라이트 코일(311)은 절연막(313)으로 둘러싸여 있다. 라이트 소자(31)와 리드 소자(32)의 주위에 알루미늄 등의 보호막(34)이 형성되어 있다. 라이트 소자(31) 및 리드 소자(32)의 근방에는 히터(124)가 존재한다. 퍼멀로이 등을 사용한 박막 저항체를 사행시키고, 간극을 알루미늄으로 매립하여 히터(124)를 형성할 수 있다.
- <32> AE(13)가 히터(124)에 전류를 흐르게 하면, 히터(124)의 열에 의해 헤드 소자부(122) 근방이 돌출 변형된다. 예컨대, 비가열 시에, 헤드 슬라이더(12)의 ABS 면(35)은 S1로 나타내는 형상이고, 헤드 소자부(122)와 자기 디스크 사이의 거리인 클리어런스는 C1로 나타내고 있다. 히터(124) 가열 시의 돌출 형상 S2를 파선으로 나타낸다. 헤드 소자부(122)가 자기 디스크(11)에 근접하게 되고, 이 때의 클리어런스 C2는 클리어런스 C1보다도 작다. 또한, 도 2는 개념도이고, 치수 관계는 정확하지 않다. 헤드 소자부(122)의 돌출량이나 클리어런스는 히터(124)에 공급하는 히터 파워값에 따라 변화한다.
- <33> 이하에 있어서, 본 형태의 TFC 및 헤드 디스크 접촉의 검증에 대해 보다 상세하게 설명한다. 전술한 바와 같이, 본 형태의 HDC/MPU(23)는 온도 및 기압에 따른 TFC를 행한다. 히터(124)에 가해지는 히터 파워(P)는, 온도에 의존하는 히터 파워(P)(t)와, 기압에 의존하는 히터 파워(P)(p)의 합(P(t)+ P(p))으로 나타낸다. 또한, 정수항은 어느 하나의 수식 내에 삽입되고, 또한, 각 수식의 계수는 온도나 기압 등의 환경 조건, 헤드 슬라이더(12) 혹은 그 반경 위치에 따라 변화할 수 있다. 구체적으로는, 히터 파워(P)는 이하의 수식으로 나타낸다.
- <34>
$$P = (TDP \times \text{eff}[\text{DEFAULT}] - \text{Target} - dt \times t_comp - dp \times p_comp) / \text{eff}$$
- <35> eff는 히터 파워 효율이고, 기압 및 반경 위치에 따라 변화한다. eff[DEFAULT]는 디폴트 조건에서의 히터 파워 효율이다. TDP는 디폴트 조건에서의 헤드 슬라이더(12)와 자기 디스크(11)가 접촉하는 히터 파워, Target은 타겟 클리어런스, dt는 디폴트 조건으로부터의 온도 변화량, t_comp는 온도에 대한 클리어런스 변화율, dp는 디폴트 조건으로부터의 기압 변화, p_comp는 기압에 대한 클리어런스 변화율이다. t_comp와 p_comp의 부호는 반대이다. TDP, t_comp 및 p_comp는 전형적으로 반경 위치에 따라 변화한다. 디폴트 조건은 전형적으로 30℃(실온), 1 기압(고도 0 m)의 환경 조건이다.
- <36> HDC/MPU(23)는 온도 센서(17)의 검출 온도에 따라 히터 파워(P)를 제어한다. 구체적으로는, HDD(1)에는 검출 온도와 히터 파워 사이의 관계를 나타내는 데이터가 설정되어 있고, HDC/MPU(23)는 그 데이터와 검출 온도에 따라 온도에 의존하는 히터 파워를 결정한다. 온도와 히터 파워의 관계는, 헤드 슬라이더(12), 자기 디스크(11)의 반경 위치(혹은 존), 기압에 의존한다.
- <37> 본 형태의 HDD(1)는 기압 센서를 갖고 있지 않기 때문에, 기압을 직접적으로 측정할 수는 없다. 그 때문에, HDC/MPU(23)는 클리어런스를 측정함으로써, 기압에 따른 TFC를 행한다. 클리어런스는 기압에 따라 변화한다. 그

때문에, HDC/MPU(23)는 클리어런스를 측정하고, 그 클리어런스 변화로부터 기압 변화(dp)를 특정한다. 클리어런스는 온도에 따라서도 변화하기 때문에, HDC/MPU(23)는 측정한 클리어런스로부터 온도 변화에 따른 클리어런스 변화를 보정함으로써, 기압 변화에 따른 클리어런스 변화를 특정할 수 있다. 전술한 바와 같이, 규정의 디폴트 온도 및 기압을 갖는 디폴트 조건과, 그 디폴트 조건에서의 디폴트 클리어런스를 규정함으로써, 각 값의 변화와 현재값이 대응된다.

<38> 온도 보정한 클리어런스 변화는 기압 변화를 표시하고 있다. HDC/MPU(23)는 클리어런스 변화에 의해 특정되어 있는 기압(기압 변화)에 따라 히터 파워(P)를 제어한다. 구체적으로는, HDD(1)에는 클리어런스 변화로 표시하는 기압 변화와 히터 파워 사이의 관계를 표시하는 데이터가 설정되어 있고, HDC/MPU(23)는 그 데이터와 측정한 기압에 따라 기압에 따른 히터 파워를 결정한다.

<39> 본 형태의 HDD(1)는 클리어런스, 혹은 디폴트 클리어런스로부터의 클리어런스 변화를, 헤드 슬라이더(12)의 리드 신호로부터 특정한다. 보다 구체적으로는, 리드 신호의 레졸루션(주파수 성분의 분해능)으로부터, 클리어런스를 특정한다. 예컨대, 레졸루션은 리드 신호에서의 특정한 저주파 신호와 고주파 신호의 비로 표시할 수 있다. 기압 변화 혹은 기압 변화에 의한 클리어런스 변화를 특정하기 위한 몇 개의 동작 파라미터가 있지만, 그 중에 있어서, 레졸루션을 사용한 클리어런스 변화의 특징이, 가장 정확한 방법 중 하나이기 때문이다. 클리어런스가 작아지면, 리드 신호의 고주파 성분의 진폭이 커지고, 신호 해상도, 즉 레졸루션도 높아진다.

<40> 레졸루션과 클리어런스는 선형 관계이고, 레졸루션에 적당한 선형 변환을 실시함으로써, 클리어런스를 레졸루션의 일차 함수로 나타낼 수 있다. 전형적으로, 레졸루션과 클리어런스를 결부시키는 일차 함수는 개개의 헤드 슬라이더(12)마다 상이하다. 각 헤드 슬라이더(12)의 레졸루션과 클리어런스 사이의 관계는 HDD(1)의 제조에서의 테스트 공정에서 특정하고, 그 관계에 따른 제어 파라미터를 HDD(1)에 등록한다.

<41> HDC/MPU(23)는 리드 신호를 해석하여, 고주파 신호 게인(진폭)과 저주파 신호 게인(진폭)의 비를 산출하는 것으로, 레졸루션을 특정할 수 있다. 그러나, 그 처리를 HDC/MPU(23)가 행하기 위해서는, 통상 동작에 필요한 기능 외에 부가적인 기능을 필요로 한다. 또한, MPU가 그 처리를 행하기 위해서는 많은 처리 시간을 필요로 한다. 따라서, HDD(1)에 실장되어 있는 기능을 이용하여 레졸루션의 측정을 행하는 것이 바람직하다. RW 채널(21)은 리드 신호로부터 데이터를 정확하게 추출하기 위해, 리드 신호의 재생 파형을 조정하는 기능을 갖고 있다. RW 채널(21)은 디지털 필터를 사용하여 파형 정형을 행한다.

<42> RW 채널(21)에 실장되는 디지털 필터에 있어서, 재생 신호의 주파수 성분을 보정하는 디지털 필터(어댑터 코사인 필터)가 알려져 있다. RW 채널(21)은 리드 신호의 측정 결과로부터 이 필터의 탭값을 보정한다. 이 보정값은 클리어런스(레졸루션)와 1차의 관계에 있고, 레졸루션을 표시하는 값이다. 또한, 이 디지털 필터는, 일본 특허 공개 평5-81807호나 미국 특허 제5,168,413호에 개시되어 있는 바와 같이 종래의 기술이고, 상세한 설명을 생략한다. HDC/MPU(23)는 이 보정값을 참조함으로써, 클리어런스 변화를 특정할 수 있다. 이하에 있어서, 이 보정값을 Kgrad라고 부른다. 제조에서의 테스트 공정에서, 각 헤드 슬라이더(12)에 대해 Kgrad와 클리어런스의 관계를 특정한다.

<43> 이하의 설명에 있어서, HDC/MPU(23)는 채널 파라미터의 하나인 Kgrad를 참조하여 클리어런스(클리어런스 변화)를 특정하지만, HDC/MPU(23)는 레졸루션을 나타내는 다른 채널 파라미터를 사용하여도 좋다. 예컨대, RW 채널(21)이, 특정 패턴의 재생 신호를 기준 패턴으로 복원하기 위한 디지털 필터를 갖고 있는 경우, HDC/MPU(23)는 그 디지털 필터의 탭의 보정 계수에 있어서의 레졸루션 성분의 보정값을, 클리어런스의 특징에 사용할 수 있다.

<44> 전술한 바와 같이, HDD(1)의 제조에서의 테스트 공정은, 히터 파워와 클리어런스와 관계, 온도와 클리어런스와 관계, 온도 보정한 Kgrad와 클리어런스와 관계를 특정하고, 이들을 표시하는 데이터를 HDD(1)에 설정 등록한다. Kgrad는 온도 변화에 따른 클리어런스 변화에 부가하여, RW 채널(21)의 특성의 온도 변화에 따라 변화한다. Kgrad의 온도 보정은, 이들의 변화를 합쳐서 보정한다. HDC/MPU(23)는 이들의 설정 데이터를 사용함으로써, 온도 센서(17)의 검출 온도 및 Kgrad의 측정값으로부터, 적절한 히터 파워값을 결정할 수 있다.

<45> HDC/MPU(23)는 Kgrad를 임의의 타이밍으로 RW 채널(21)로부터 취득할 수 있다. 그러나, 온도와 상이하게, 기압은 동작 중에 크게 변화할 만한 것이 아니며, 전형적으로, 기동 후의 기압은 일정하다. 따라서, 본 형태의 HDC/MPU(23)는 기동 후의 온도 변화에 따라 히터 파워를 제어하지만, 기압(Kgrad)의 측정은 기동 시의 초기 설정 처리[파워 온 리셋(POR)처리]에 있어서만 행하고, 동작 중의 기압은 기동 시의 기압과 동일하다고 가정하고 TFC를 행한다. 또한, HDC/MPU(23)는 POR 후의 동작 중에 기압 측정을 행하여, 그 변화에 따라 히터 파워를 제어하여도 좋다.

- <46> 본 형태의 특징적인 점은, 측정된 기압 변화가 큰 경우에 헤드 디스크 접촉을 검증하는 것이다. 전술한 바와 같이, HDC/MPU(23)는 POR 처리에 있어서, Kgrad와, 온도 센서(17)의 검출 온도로부터 기압 변화(를 표시하는 클리어런스 변화)를 특정한다. 디폴트 기압으로부터의 기압 변화가 기준 내에 없는 경우, HDC/MPU(23)는 헤드 디스크 접촉의 검증을 행한다. Kgrad에 의한 기압 변화의 측정은, 센서 정도의 정확성과 안정성을 갖고 있지 않다. 이 때문에, Kgrad의 변화가 큰 경우에 그 측정 결과를 검증함으로써, 그 후의 리드/라이트 동작의 신뢰성을 높일 수 있다. 특히, POR에서만 기압 측정을 행하는 경우, 그 후의 기압 변화에 대한 마진은 중요하다. 또한, 기압 변화가 기준을 넘은 경우에 헤드 디스크 접촉의 검증을 행함으로써 검증을 위해 불필요하게 처리 시간이 증가하는 것을 피할 수 있다.
- <47> 도 3의 (a)는 고도 변화(기압 변화)의 측정 결과와 헤드 디스크 접촉의 검증과의 관계를 모식적으로 도시한 도면이다. 고도의 상승에 따라, 기압은 저하한다. 도 3의 (a)는 고도, Kgrad의 측정값, 디폴트 Kgrad, 헤드 디스크 접촉의 검증을 행하는지의 여부를 결정하는 기준 범위 K_criteria를 나타내고 있다. 나타난 Kgrad는 온도 보정된 값이다. 전술한 바와 같이, 디폴트 Kgrad는 테스트 공정(TEST)에서 특정된 값이다. 도 3의 (a)에 예시하는 바와 같이, Kgrad는 고도(기압)를 완전히 추종하지는 않는다.
- <48> 최초의 3회의 POR에서, 고도 및 측정된 Kgrad는, 기준 범위 K_criteria 내에 있다. 따라서, HDC/MPU(23)는 헤드 디스크 접촉을 검증하지 않는다. 네번째의 POR에서, 고도 A 및 측정된 Kgrad는 기준 범위 K_criteria를 넘고 있다. HDC/MPU(23)는 이 POR에서 헤드 디스크 접촉을 검증한다. 그 후, 5회째의 POR에서, 고도 A 및 측정된 Kgrad는, 기준 범위 K_criteria 내에 있다. 따라서, HDC/MPU(23)는 헤드 디스크 접촉을 검증하지 않는다.
- <49> 도 3의 (a)에 도시한 바와 같이, 기준 범위 K_criteria는 디폴트 Kgrad의 상하에 임계값을 갖고 있는 것이 바람직하다. 전형적인 디폴트 고도는, 해발 0 m이지만, 실제의 사용 환경에서는, 가압 환경에 있는, 혹은 고도 0 m 이하가 되는 경우도 있을 수 있기 때문이다. 그러나, 설계에 의해, 고도가 임계값을 넘어 상승하는 경우에만, 헤드 디스크 접촉을 검증하도록 하여도 좋다.
- <50> 도 4의 흐름도 및 도 5의 블록도를 참조하여, 본 형태의 기압 측정 및 헤드 디스크 접촉의 검증의 흐름을 설명한다. HDC/MPU(23)는 POR 처리에 있어서, 기압 측정을 행한다. 우선, HDC/MPU(23)는 히터 파워 0에 있어서, Kgrad를 측정한다 (S11). 구체적으로는, HDC/MPU(23)는 하나의 헤드 슬라이더(12)를 선택하여, 모터 드라이버 유닛(22)을 통해 VCM(15)을 제어하고 소정의 데이터 트랙에 그 헤드 슬라이더(12)를 이동한다.
- <51> 헤드 슬라이더(12)는 HDC/MPU(23)의 제어 하에서, 액세스처의 데이터를 판독한다. RW 채널(21)은 헤드 슬라이더(12)의 리드 신호로부터 Kgrad를 산출하고, 그것을 RW 채널(21) 내의 레지스터에 저장한다. HDC/MPU(23)는 RW 채널(21)의 레지스터에 액세스하여, Kgrad를 취득한다. 바람직하게는, Kgrad의 측정을 복수회 행하고, 복수의 측정값으로부터 클리어런스 특정을 위한 값을 산출한다. 바람직한 예에 있어서, HDC/MPU(23)는 복수 측정값의 평균값을 사용한다. 동일한 환경 하(기압이나 온도)에서라도, Kgrad의 측정값은 측정마다 변동이 있기 때문에, 복수회의 측정 결과로부터 클리어런스를 특정하는 쪽이, 정확한 클리어런스를 특정할 수 있기 때문이다.
- <52> Kgrad의 측정에 사용하는 데이터 트랙은 Kgrad 측정을 위한 특성이 우수한 데이터 트랙이 바람직하다. 그 때문에, 사용자 데이터의 기록에 사용되지 않고, 호스트(51)로부터의 액세스가 없는 영역에 있는 것이 바람직하다. 이에 따라, 오버라이트를 반복함으로써 데이터 트랙의 특성의 저하를 피할 수 있다. 또한, 자기 디스크(11)의 외측에 램프를 갖는 HDD에 있어서는, 사용자 영역의 최내주단보다도 내주측에 있는 것이 바람직하다. 헤드 슬라이더(12)가 이 영역을 통상 동작에서 통과하는 경우가 없기 때문이다.
- <53> 다음으로, HDC/MPU(23)는 Kgrad에서 클리어런스를 특정한다(S12). 구체적으로는, 디폴트 조건(예컨대, 30℃, 1 기압)에서의 디폴트 Kgrad와 측정된 Kgrad의 차분으로부터, 디폴트 클리어런스로부터의 클리어런스 변화량을 특정한다. 클리어런스 변화량은, 예컨대, 히터 파워의 값으로 표시할 수 있다. 디폴트 Kgrad는, 온도 보정된 값이고, HDC/MPU(23)는 동일하게, Kgrad 측정값을 검출 온도에 따라 온도 보정한다. 온도 보정된 디폴트 Kgrad와 측정값을 비교함으로써, HDC/MPU(23)는 Kgrad에서 디폴트 기압(예컨대 1 기압)으로부터의 기압 변화를 특정할 수 있다.
- <54> 도 6은 Kgrad와, 클리어런스, 히터 파워 그리고 기압(고도)의 관계를 모식적으로 나타내고 있다. Kgrad는 온도 보정된 후의 값이다. 도 6에 도시한 바와 같이, 상기한 각 값은, 상호 선형의 관계에 있다. 따라서, HDC/MPU(23)는 상기 어느 하나의 값으로부터 다른 값을 직접적으로 특정할 수 있고, 하나의 값이 다른 값을 표시할 수 있다.
- <55> 상기 처리는, 히터 파워 0에 있어서의 Kgrad를 측정하여, 그 값을 검출 온도에 따라 보정한다. 그러나, TFC의

디폴트 설정 및 검출 온도 및 반경 위치에 따른 히터 파워값을 히터(124)에 부여한 상태에서 Kgrad를 측정하여도 좋다. 측정된 Kgrad에 대해 채널 특성의 온도 변화에 대한 보정을 행한 값은, 기압 변화에 대응한 Kgrad의 변화를 나타낸다. 이와 같이, Kgrad의 온도 보정은, 계산에만 의하는 것, 혹은 TFC에 의해 클리어런스 조정함으로써 행하는 것도 할 수 있다.

- <56> 다음으로, HDC/MPU(23)는 Kgrad에서 특정한 클리어런스 변화가, 기준 범위 내에 있는지의 여부를 판정한다(S13). 클리어런스 변화는, 예컨대, 히터 파워, 나노 미터 혹은 Kgrad로 표시한다. HDC/MPU(23)는 측정한 클리어런스 변화와 기준 범위의 임계값을 비교하여, 클리어런스 변화가 기준 범위 내인 경우(S13에서의 Y), 헤드 디스크 접촉의 검증을 행하지 않고, 측정의 결과를 기록하여(S16), 기압 측정의 처리를 종료한다.
- <57> 측정한 클리어런스 변화가 기준 범위를 넘은 경우(S13에서의 N), HDC/MPU(23)는 헤드 디스크 접촉의 검증을 행한다(S14). 본 형태의 헤드 디스크 접촉의 검증 처리에 대해, 도 7의 흐름도를 참조하여 설명한다. HDC/MPU(23)는 온도 센서(17)의 검출 온도와 측정된 Kgrad로부터, TFC의 디폴트 설정에 따른 리드/라이트 동작에서의 히터 파워값을 결정한다(S141). HDC/MPU(23)는 미리 설정 등록되어 있는 함수나 테이블 등의 제어 데이터로부터, 검출 온도와 Kgrad에 대응한 디폴트 히터 파워값을 결정한다.
- <58> HDC/MPU(23)는 상기 디폴트 히터 파워값보다도 큰 히터 파워값에서, 헤드 디스크 접촉을 검증한다(S142). 도 8의 (a)는 디폴트 히터 파워(Pa)에서의 헤드 슬라이더(12)를 모식적으로 도시하고, 도 8의 (b)는 헤드 디스크 접촉의 검증을 위한 히터 파워값(Pb)에서의 헤드 슬라이더(12)를 모식적으로 도시하고 있다. 헤드 디스크 접촉의 검증에 있어서, 헤드 소자부(122)가 디폴트 상태보다도 돌출하고 있고 ($P_b > P_a$), 그 클리어런스(C_b)가 디폴트 클리어런스(C_a)보다도 작아지고 있다($C_b < C_a$). 디폴트 상태보다도 클리어런스가 작은 상태로, 접촉이 검출되는지의 여부를 확인함으로써, 필요한 클리어런스 마진이 존재하고 있는지 적절하게 특정할 수 있다.
- <59> 우선, HDC/MPU(23)는 Kgrad의 측정을 위해 선택한 헤드 슬라이더(16)[혹은 다른 헤드 슬라이더(12)]를, 액츄에이터(16)를 제어하여 소정의 데이터 트랙으로 이동한다. HDC/MPU(23)는 디폴트 TFC 설정의 히터 파워값보다도 큰 히터 파워값을 표시하는 데이터를 AE(13)의 레지스터에 저장한다. AE(13)는 그 데이터에 따른 히터 파워를 헤드 슬라이더(12)에 공급한다. HDC/MPU(23)는 AE(13)를 제어하여, 헤드 슬라이더(12)에 의해 소정 데이터 섹터로 액세스한다. 액세스는, 리드 혹은 라이트의 어느 것이라도 좋지만, 전형적으로는, HDC/MPU(23)는 소정 데이터 섹터의 리드를 행한다. 헤드 디스크 접촉을 검증에 사용하는 데이터 섹터는 호스트(51)가 액세스하는 경우가 없는 영역이 바람직하다. 호스트가 액세스하는 사용자 데이터나 서보 데이터의 기억 영역이 아닌 영역에서 접촉 감지를 행하면, 데이터 영역에 손상을 주는 것을 방지할 수 있기 때문이다.
- <60> 헤드 슬라이더(12)와 자기 디스크(11)의 접촉을 검출하지 않은 경우(S143에서의 N), HDC/MPU(23)는 디폴트의 히터 파워 설정값의 보정을 행하지 않고, 헤드 디스크 접촉의 검증을 종료한다. 헤드 디스크 접촉의 검출을 위한 몇 개의 방법이 알려져 있다. 예컨대, HDC/MPU(23)는 리드 신호의 진폭, VCM 전류값, 혹은 SPM 전류값 등을 측정함으로써, 헤드 디스크 접촉을 검출할 수 있다. 헤드 슬라이더(12)와 자기 디스크(11)의 접촉을 검출한 경우(S143에서의 Y), HDC/MPU(23)는 리드/라이트 동작에서의 히터 파워의 설정값을, 디폴트 설정값보다도 작게 한다(S144). 도 8의 (c)는 디폴트 설정값(P_a)보다도 적은 히터 파워값(P_c)에서의 헤드 슬라이더(12)를 모식적으로 도시하고 있다. 동일한 환경, 동작 조건에 있어서, 보정 후의 히터 파워값(P_c)은 디폴트 설정의 히터 파워값(P_a)보다도 작고, 보정 후의 클리어런스(C_c)는 디폴트 상태의 클리어런스(C_a)보다도 크다.
- <61> 바람직한 예에 있어서, 디폴트값으로부터의 히터 파워 감소량은, 접촉의 검증에 있어서의 히터 파워 증가량과 동일하다. 이 효율적인 처리에 따라, 필요한 클리어런스 마진이 존재하는 것을 검증하고, 필요한 마진이 존재하지 않는 경우에는, 히터 파워값의 보정에 의해 필요한 클리어런스 마진을 확실하게 확보할 수 있다. 본 예의 HDD(1)는 기동 시에만 기압 측정을 행하기 때문에, 그 후의 리드/라이트 동작에 있어서의 히터 파워값은, 각 온도에 있어서, 미리 설정되어 있는 디폴트 설정값보다도 상기 히터 파워 감소량만큼 작아진다.
- <62> 진술한 바와 같이, 일정 클리어런스에 있어서 헤드 디스크 접촉의 검증을 행하는 것이 바람직하다. 클리어런스를 변화시켜 헤드 디스크 접촉의 검증을 행하는 것도 가능하지만, 이에 따라 검증을 위한 처리 시간이 증가한다. 처리 시간을 단축하기 위해서는, 특정한 클리어런스에서만 헤드 디스크 접촉의 검증이 바람직하다. 또한, 하나의 클리어런스만의 검증이라도, 충분한 신뢰성을 달성할 수 있다.
- <63> 헤드 디스크 접촉의 검증(S14)이 종료하면, HDC/MPU(23)는 헤드 디스크 접촉의 검증을 행하는지의 여부를 결정하기(S13) 위한 기준 범위의 갱신 처리(S15)를 행한다. HDD(1)가 항상 고지(저압)에서 사용되고 있는 경우에, 헤드 디스크 접촉의 검증을 매 POR에서 행하게 된다. 이것은, POR의 처리 시간을 현저하게 증가시킨다. 또한,

전술한 바와 같이, 헤드 디스크 접촉의 검증을 디폴트 TFC 설정에 의한 클리어런스보다도 작은 클리어런스로 행하면, 접촉의 가능성이 커지기 때문에, 헤드 슬라이더(12)에의 손상도 커질 가능성이 있다. 기준 범위를 갱신함으로써, HDD(1)의 사용 환경에 맞게, 필요한 접촉의 검증 횟수를 적게 할 수 있다.

- <64> 이 갱신 처리에 대해, 도 9의 흐름도를 참조하여 설명한다. 도 4의 흐름도에 나타난 바와 같이, HDC/MPU(23)는 Kgrad에 의한 기압 변화(클리어런스 변화)의 측정 결과를 기록한다(S16). HDC/MPU(23)는 이 과거의 측정 결과를 참조하여, 기압 저하(클리어런스의 감소)가 기준 범위를 넘는 횟수가 소정수에 달하면(S151에서의 Y), 이 기준 범위를 갱신한다(S152). 소정수에 달하지 않은 경우(S151에서의 N), HDC/MPU(23)는 기준 범위를 갱신하지 않는다.
- <65> 바람직한 예에 있어서, HDC/MPU(23)는 가장 가까운 과거 M회의 POR에 있어서, 기준 범위를 넘는 횟수가 N회에 달하는 경우에, 기준 범위를 갱신한다. M 및 N은 설계에 의해 적절한 자연수가 선택되고, 이들이 동일한 값이라도 좋다. 기준 범위의 갱신 방법은, 예컨대, 디폴트 Kgrad만을 갱신한다. 디폴트 Kgrad로부터의 기준 범위의 경계까지의 값은, 동일하게 한다. 혹은, 디폴트 Kgrad 및 기준 범위의 경계의 양쪽을 갱신하여도 좋다.
- <66> 도 3의 (b)는 고도 변화(기압 변화)의 측정 결과, 헤드 디스크 접촉의 검증 그리고 상기 기준 범위의 갱신의 관계를 모식적으로 도시한 도면이다. 부호의 의미는 도 3의 (a)와 동일하다. 도 3의 (b)의 예에 있어서, 과거 3회 연속의 POR에서 Kgrad가 기준 범위를 넘으면, HDC/MPU(23)는 디폴트 Kgrad를, 현재의 Kgrad 측정값으로 갱신한다. 도 3의 (b)에 있어서는, HDC/MPU(23)는 5회째의 POR에서 디폴트 Kgrad를 갱신한다. 또한, 이 예에 있어서는, 기준 범위의 갱신은, 이 한 번뿐이다.
- <67> 그 후의 POR에 있어서는, HDC/MPU(23)는 갱신한 기준 범위에 기초하여, 접촉의 검증의 유무를 결정한다. 8회 및 9회째의 POR에서의 Kgrad 측정값은 테스트 공정에서의 디폴트 고도에 가까운 값이지만, 기준 범위가 이미 갱신되어 있기 때문에, HDC/MPU(23)는 헤드 디스크 접촉의 검증을 행한다.
- <68> 이상, 본 발명을 바람직한 실시형태를 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 상기한 실시형태에 한정되지 않는다. 당업자이면, 상기한 실시형태의 각 요소를, 본 발명의 범위에서 용이하게 변경, 추가, 변환하는 것이 가능하다. 본 발명은, 피에조 소자 등의 TFC 이외의 클리어런스 조정 기구를 갖는 디스크 드라이브 장치에 적용할 수 있다. 전술한 바와 같이, 리드 신호, 특히 레졸루션을 사용하여 기압 변화를 측정하는 것이 바람직하지만, SPM 전류 등의 다른 동작 파라미터를 사용하여 기압 변화를 측정하여도 좋다. HDC/MPU(23)는 POR 이외의 타이밍에, 헤드 디스크 접촉을 검증하여도 좋다. Kgrad의 측정 위치는, 기록면 상의 어느 쪽의 반경 위치에서 행할 수도 있다. 본 발명은, 리드 소자만을 구비하는 헤드 슬라이더를 실장하는 HDD에, 혹은, HDD 이외의 디스크 드라이브 장치에 적용하여도 좋다.

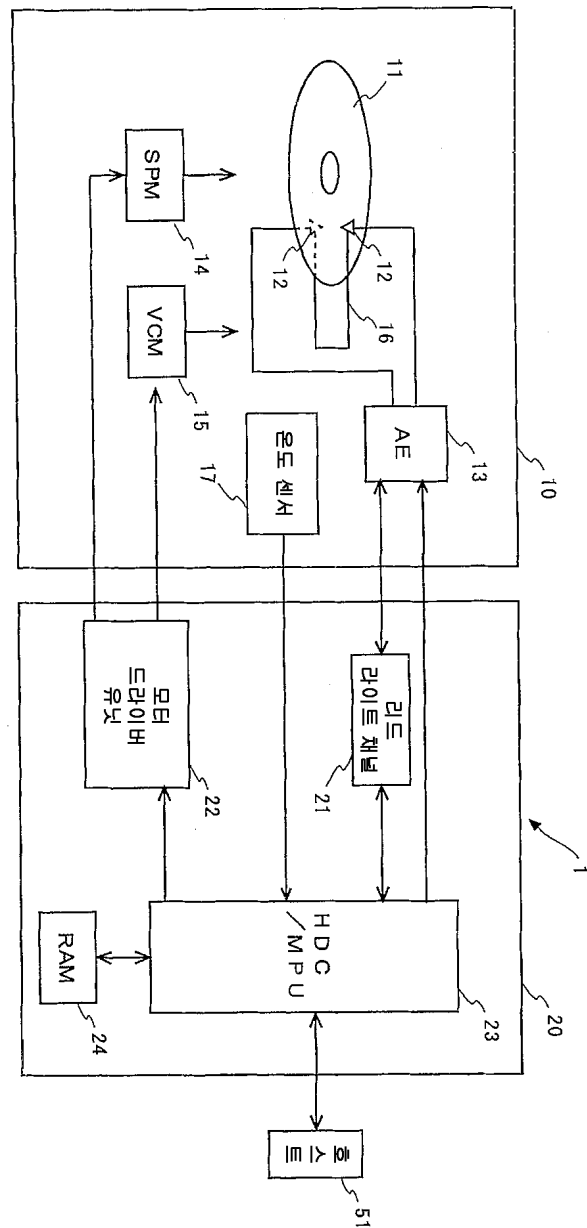
도면의 간단한 설명

- <69> 도 1은 본 실시형태에 있어서, HDD의 전체 구성을 모식적으로 도시하는 블록도.
- <70> 도 2는 본 실시형태에 있어서, TFC를 위한 히터를 구비한 헤드 슬라이더의 구성을 모식적 도시하는 단면도.
- <71> 도 3은 본 실시형태에 있어서, 고도 변화(기압 변화)의 측정 결과, 헤드 디스크 접촉의 검증, 검증의 실시 유무를 결정하는 기준 범위의 관계를 모식적으로 도시한 도면.
- <72> 도 4는 본 실시형태에 있어서, 기압 측정 및 헤드 디스크 접촉의 검증의 흐름을 도시하는 흐름도.
- <73> 도 5는 본 실시형태에 있어서, 기압 측정 및 헤드 디스크 접촉의 검증을 행하는 논리 구성 요소를 도시하는 블록도.
- <74> 도 6은 본 실시형태에 있어서, Kgrad, 클리어런스, 히터 파워 그리고 기압(고도)의 관계를 모식적으로 도시한 도면.
- <75> 도 7은 본 실시형태에 있어서, 헤드 디스크 접촉의 검증 처리의 흐름을 도시하는 흐름도.
- <76> 도 8은 본 실시형태에 있어서, 통상 처리에 있어서의 헤드 슬라이더, 접촉의 검증 처리에 있어서의 헤드 슬라이더, 히터 설정 보정을 행한 후의 통상 처리에 있어서의 헤드 슬라이더를 모식적으로 도시한 도면.
- <77> 도 9는 본 실시형태에 있어서, 헤드 디스크 접촉의 검증을 행하는지의 여부를 결정하기 위한 기준 범위의 갱신 처리의 흐름을 도시하는 흐름도.

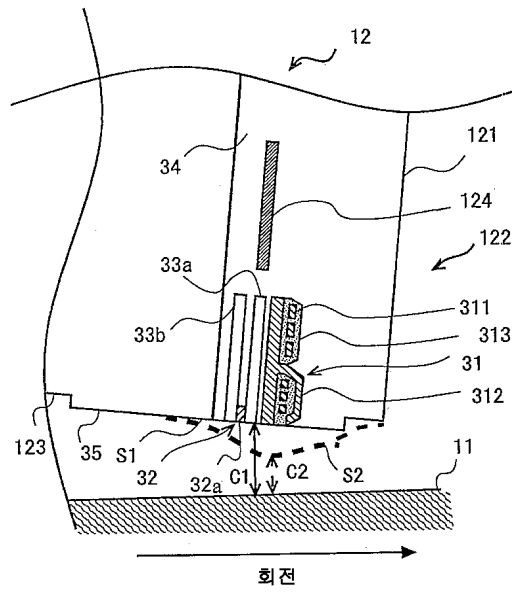
<78>	<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>	
<79>	1: 하드 디스크 드라이브	10: 인클로저
<80>	11: 자기 디스크	12: 헤드 슬라이더
<81>	14: 스핀들 모터	15: 보이스 코일 모터
<82>	16: 액츄에이터	20: 회로 기판
<83>	21: 리드 라이트 채널	22: 모터 드라이버 유닛
<84>	23: 하드 디스크 컨트롤러/MPU	24: RAM
<85>	31: 라이트 소자	32: 리드 소자
<86>	32a: 자기 저항 소자	33a, 33b: 실드
<87>	34: 보호막	51: 호스트
<88>	121: 트레일링측 단부면	122: 헤드 소자부
<89>	123: 슬라이더	124: 히터
<90>	311: 라이트 코일	312: 자극
<91>	313: 절연막	

도면

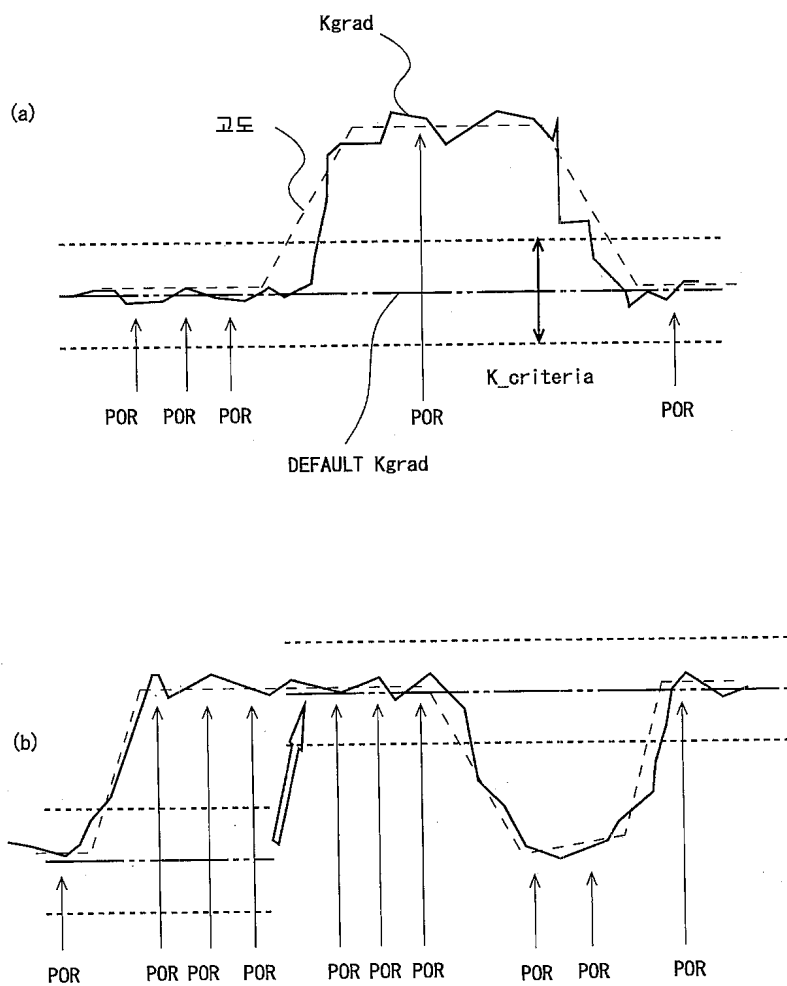
도면1



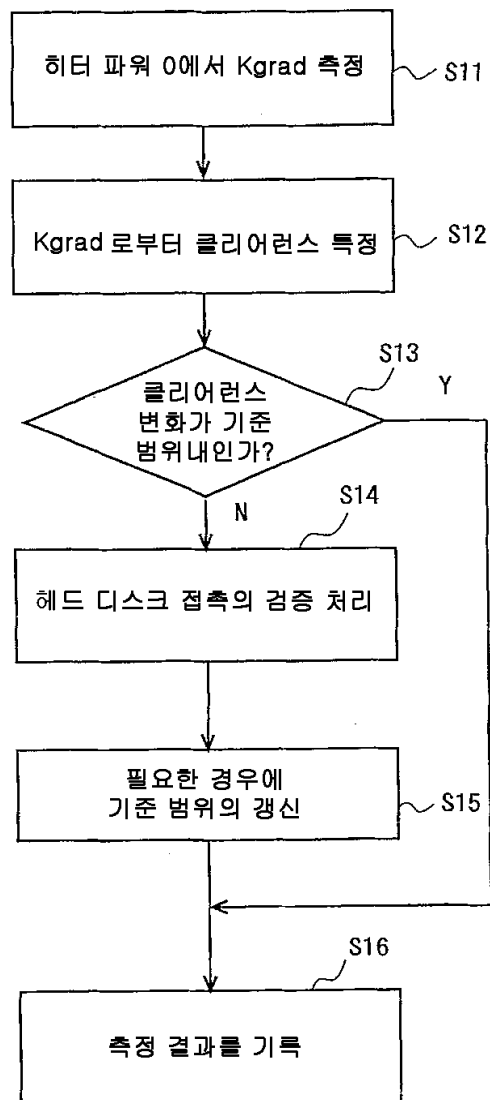
도면2



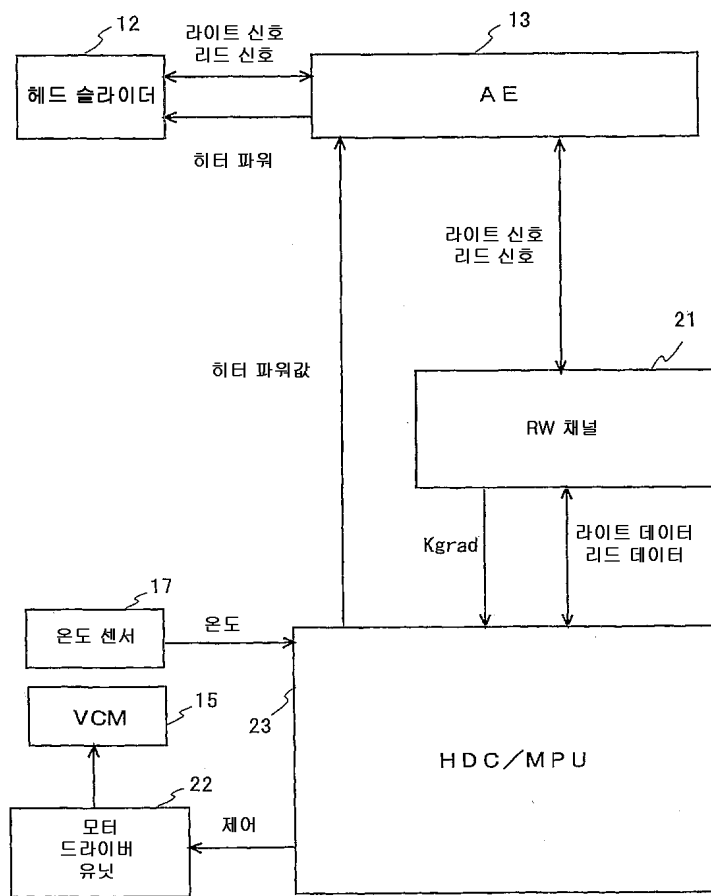
도면3



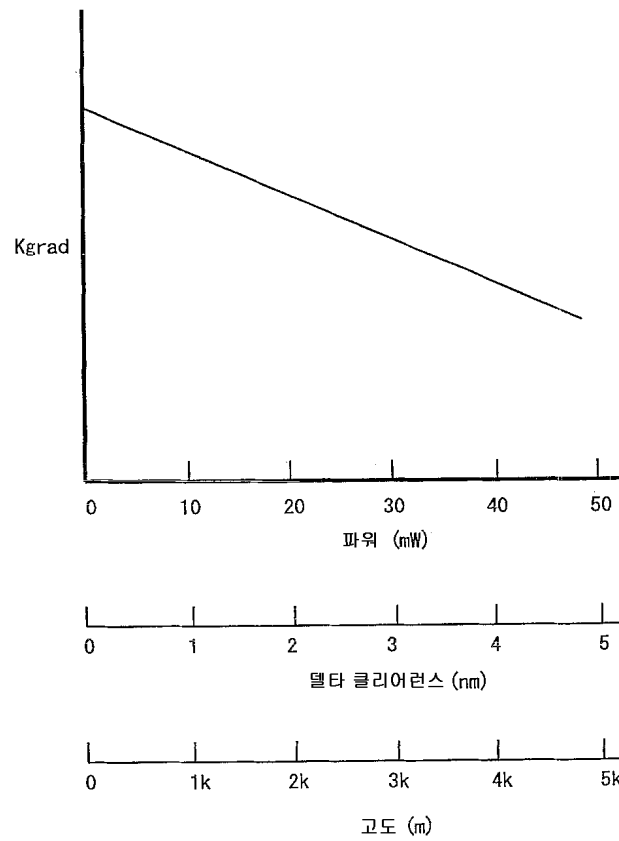
도면4



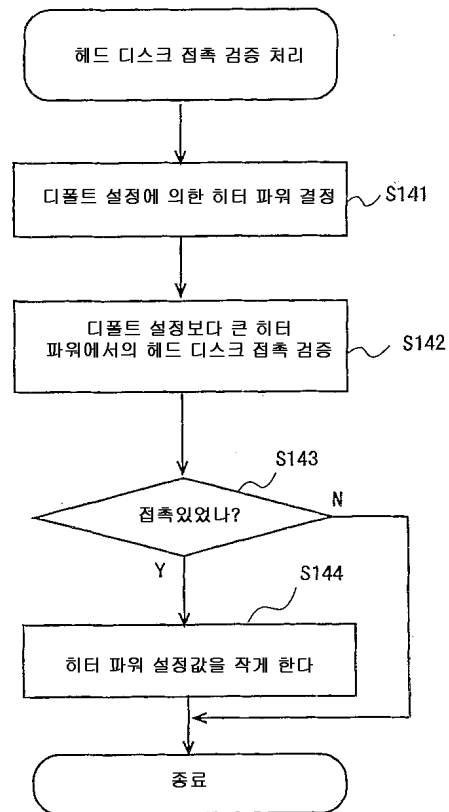
도면5



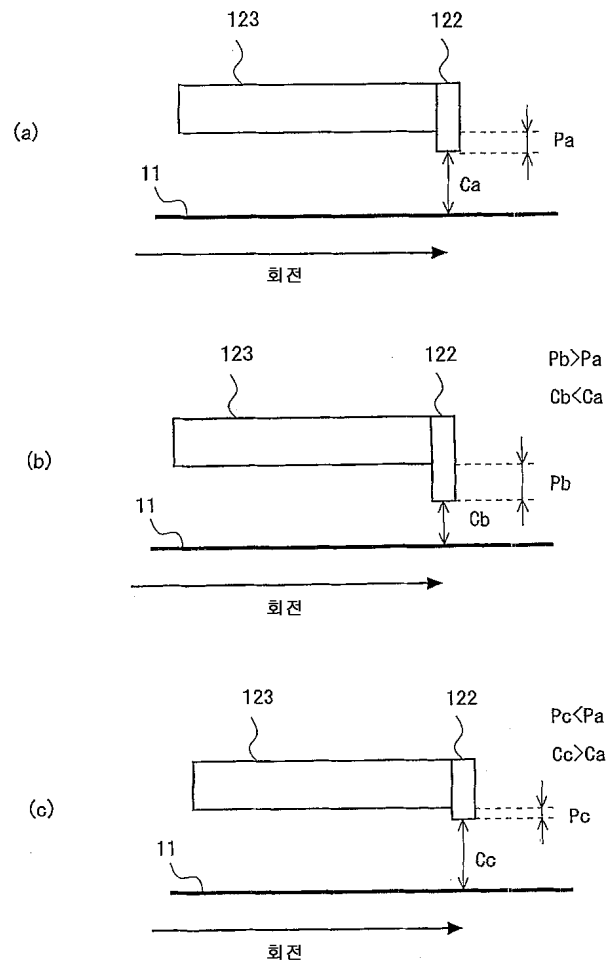
도면6



도면7



도면8



도면9

