

특허청구의 범위

청구항 1

연마 표면을 지지하는 편평부;

상기 편평부내에 위치하여 제 1 신호를 발생하는 맴돌이전류 모니터링 시스템;

상기 편평부내에 위치하여 제 2 신호를 발생하는 광학적 모니터링 시스템;

상기 제 1 신호와 제 2 신호를 출력 라인상의 제 3 신호로 조합하는 상기 편평부내의 회로; 및

상기 출력 라인상의 제 3 신호를 수신하고 상기 제 1 신호 및 제 2 신호를 추출하는 컴퓨터를 포함하는 화학기계적 연마 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 편평부는 회전가능한 화학기계적 연마 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 회전식 전기 유니온을 더 포함하고, 상기 출력 라인에 상기 회로와 상기 컴퓨터 사이에서 상기 회전식 전기 유니온을 통과하는 화학기계적 연마 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 기관을 상기 연마 표면과 접촉하는 상태로 유지하는 캐리어 헤드를 더 포함하는 화학기계적 연마 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 회로는 상기 제 1 및 제 2 신호로부터의 데이터를 패킷으로 조합하고, 상기 컴퓨터는 상기 패킷으로부터 데이터를 추출하는 화학기계적 연마 장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

제 5 항에 있어서, 상기 출력 라인이 직렬 통신 채널을 포함하는 화학기계적 연마 장치.

청구항 22

제 5 항에 있어서, 상기 각각의 패킷이 상기 제 1 신호로부터의 데이터 및 상기 제 2 신호로부터의 데이터를 포함하는 화학기계적 연마 장치.

청구항 23

제 5 항에 있어서, 상기 각각의 패킷이 상기 패킷내에서 상기 맴돌이전류 모니터링 시스템으로부터의 데이터 타입을 나타내는 비트(bit)를 포함하는 화학기계적 연마 장치.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 제 1 신호는 자기장의 강도 또는 상기 자기장과 구동 신호 사이의 위상차를 나타내며, 상기 비트는 자기장의 강도 또는 상기 자기장과 구동 신호 사이의 위상차를 나타내는 데이터를 상기 패킷이 포함하는지의 여부를 나타내는 화학기계적 연마 장치.

청구항 25

제 1 항에 있어서, 상기 맴돌이전류 모니터링 시스템은 기관의 제 1 영역으로 연장하는 자기장을 생성하기 위한 인덕터를 포함하고,

상기 광학적 모니터링 시스템은, 광선이 상기 기관의 제 1 영역내의 스폿을 향하도록 위치되고 배향된 광원을 포함하며,

상기 맴돌이전류 모니터링 시스템 및 상기 광학적 모니터링 시스템이 기관상의 실질적으로 동일한 위치를 측정하는 화학기계적 연마 장치.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 대체적으로 기판의 화학기계적 연마에 관한 것으로서, 특히 화학기계적 연마중에 금속 층을 모니터링 하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

<2> 통상적으로, 집적회로는 전도성, 반도체성 또는 절연성 층을 실리콘 웨이퍼상에 연속적으로 증착함으로써 기판상에 형성된다. 하나의 제조 단계는 비-평면형 표면상에 충전 층(filler layer)을 증착하고, 그리고 비-평면형 표면이 노출될 때까지 충전 층을 평탄화하는 것을 포함한다. 예를 들어, 전도성 충전 층이 패터화된 절연 층상에 증착되어 절연 층내의 트렌치(trench) 또는 홈(hole)을 채울 수가 있다. 그 후에, 상승된 절연 층의 패턴이 노출될 때까지 충전 층을 연마한다. 평탄화 후에, 상승된 절연 층 패턴들 사이에 잔류하는 전도 층의 부분들은 비아(via), 플러그 및 기판상의 박막 회로들 사이의 전도성 경로를 제공하는 라인들을 형성한다. 또한, 평탄화는 포토리소그래피를 위해 기판 표면을 평탄화하는데 필요하다.

<3> 화학기계적 연마(CMP)는 이용되고 있는 평탄화의 일 방법이다. 통상적으로, 이러한 평탄화 방법은 기판을 캐리어(carrier) 또는 연마 헤드상에 장착할 것을 요구한다. 기판의 노출된 표면은 회전하는 연마 디스크 패드 또는 벨트 패드에 대항하여 위치된다. 연마 패드는 "표준형" 패드 또는 고정형-마모 패드(fixed-abrasive pad) 중 하나 일 수 있다. 표준형 패드는 내구성의 거친 표면을 가지는 반면, 고정형-마모 패드는 억제 매체(containment media)내에 유지되는 마모성 입자들을 구비한다. 캐리어 헤드는 제어가능한 로드(load)를 기판에 제공하여 그 기판을 연마 패드에 대해 가압한다. 적어도 하나의 화학적-반응제, 및 표준형 패드가 사용되는 경우의 마모성 입자를 포함하는 연마 슬러리(slurry)가 연마 패드의 표면으로 공급된다.

<4> CMP에서의 하나의 문제점은 연마 공정이 완료되었는지의 여부 즉, 기판 층이 원하는 편평도 또는 두께까지 평탄화되었는지의 여부, 또는 재료의 원하는 양이 제거된 때를 결정하는 것이다. 전도 층 또는 필름의 과다 연마(너무 많은 제거)는 회로 저항을 증대시킨다. 다른 한편, 전도 층의 과소 연마(너무 적은 제거)는 전기적 단락을 초래할 수 있다. 기판 층의 초기 두께 편차, 슬러리 조성, 연마 패드 상태, 연마 패드와 기판 사이의 상대적인 속도, 및 기판에 대한 로드는 물질 제거 속도의 편차를 유발할 것이다. 이러한 편차는 연마 종단점(polishing endpoint)에 도달하는데 필요한 시간의 편차를 유발한다. 따라서, 연마 종단점은 단순히 연마 시간의 함수로서 결정할 수가 없다.

<5> 연마 종단점을 결정하는 하나의 방법은 연마 표면으로부터 기판을 분리하고 그 기판을 검사하는 것이다. 예를 들어, 기판은 계량 스테이션(metrology station)으로 이송되고, 그 계량 스테이션에서 예를 들어 형태 분석기(profilometer) 또는 저항 측정을 이용하여 기판 층의 두께가 측정될 수 있다. 만약 원하는 치수와 일치하지 않으면, 기판은 CMP 장치에 다시 적재되어 추가로 가공된다. 이것은 CMP 장치의 생산량을 감소시키는 시간 소모적인 과정이다. 그 대신에, 검사에 의해 재료의 과다량이 제거되어 기판을 사용할 수 없다는 것을 확인할 수도 있을 것이다.

<6> 보다 최근에는, 연마 종단점을 탐지하기 위해, 예를 들어 광학적 또는 커패시턴스 센서를 이용하여, 기판을 현장(in-situ) 모니터링하는 것이 실시되고 있다. 기타 종단점 탐지 기술은 마찰, 모터 전류, 슬러리의 화학적 성질, 음향, 및 전도도의 측정을 포함한다. 금속 층내의 맴돌이전류를 유도하고 금속 층이 제거됨에 따라 맴돌이전류의 변화를 측정하는 하나의 탐지 기술이 고려되었다.

발명의 상세한 설명

<7> 일 측면에서, 본 발명은 화학기계적 연마 장치에 관한 것이다. 그 장치는 연마 표면을 지지하기 위한 편평부, 상기 편평부내에 위치되어 제 1 신호를 발생하는 맴돌이전류 모니터링 시스템, 상기 편평부내에 위치되어 제 2 신호를 발생하는 광학적 모니터링 시스템, 상기 제 1 신호와 제 2 신호를 제 3 신호로 조합하여 출력 라인상으로 전달하는 상기 편평부내의 회로, 및 상기 출력 라인상의 제 3 신호를 수신하고 상기 제 1 신호 및 제 2 신호를 추출하는 컴퓨터를 구비한다.

<8> 본 발명의 실시는 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함할 것이다. 편평부는 회전가능할 것이며, 출력 라인에 회로와 컴퓨터 사이의 회전식 전기 유니온(union)을 통과할 것이다. 캐리어 헤드는 기판을 연마 표면과 접촉된 상태로 유지할 것이다. 상기 회로는 제 1 및 제 2 신호로부터의 데이터를 패킷(packet)으로 조합하고, 상기 컴

퓨터는 상기 패킷으로부터 데이터를 추출할 것이다.

- <9> 다른 측면에서, 본 발명은 연마 패드의 두께를 측정하는 방법에 관한 것이다. 그 방법에서, 전도 층이 증착된 기관은 연마 패드의 연마 표면과 접촉된 상태로 위치된다. 교호적인(alternating) 자기장이 인덕터로부터 발생되어 전도 층내에 맴돌이전류를 유도한다. 자기장의 강도가 측정되고, 적어도 상기 자기장의 강도로부터 연마 패드의 두께가 계산된다.
- <10> 본 발명의 실시는 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함할 것이다. 교호적인 자기장의 발생은 구동 신호로 인덕터를 구동하는 것을 포함할 것이다. 자기장과 구동 신호 사이의 위상차(phase difference)가 측정될 것이다. 적어도 자기장의 강도와 위상차로부터 연마 패드의 두께가 측정될 것이다. 테스트 기관은 제 1의 알려진 두께를 가지는 제 1의 연마 패드 및 제 2의 알려진 두께를 가지는 제 2의 연마 패드로 연마될 것이며, 연마 패드의 두께를 연마중의 신호 강도와 관련시키는 하나 이상의 계수(coefficient)가 생성될 것이다. 사용자는 연마 패드의 두께가 소정 두께 이하로 얇아지는 경우에 경고를 받게 될 것이다.
- <11> 다른 측면에서, 본 발명은 화학기계적 연마중에 기관상의 전도 층의 두께를 측정하는 방법에 관한 것이다. 이러한 방법에서, 전도 층이 증착된 기관은 연마 패드의 연마 표면과 접촉하는 상태로 위치된다. 기관과 연마 패드 사이에 상대적인 이동이 발생되어 기관을 연마한다. 인덕터가 구동 신호에 의해 구동되어 전도 층내에 맴돌이전류를 유도하는 교호적인 자기장을 발생시키며, 자기장 강도 및 자기장과 구동 신호 사이의 위상차가 측정되고, 자기장의 강도를 기초로 교정 인자(factor)가 계산되며, 상기 위상차 및 교정 인자로부터 전도 층의 두께가 계산된다.
- <12> 본 발명의 실시는 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함할 것이다. 적어도 자기장의 강도로부터 연마 패드의 두께가 측정될 것이다. 테스트 기관은 제 1의 알려진 두께를 가지는 제 1의 연마 패드 및 제 2의 알려진 두께를 가지는 제 2의 연마 패드로 연마될 것이며, 또는 테스트 기관은 제 1 연마 패드가 제 1의 알려진 두께를 가질 때 제 1 연마 패드로 연마되고 그리고 제 1 연마 패드가 제 2의 공지된 두께를 가질 때 제 1 연마 패드로 연마될 것이다. 연마 패드의 두께를 연마중의 신호 강도와 관련시키는 하나 이상의 계수가 생성될 것이다. 사용자는 연마 패드의 두께가 소정 두께 이하로 얇아지는 경우에 경고를 받게 될 것이다.
- <13> 다른 측면에서, 본 발명은 화학기계적 연마 장치에 관한 것이다. 상기 장치는 연마 표면, 전도 층이 증착된 기관을 상기 연마 표면과 접촉 상태로 유지하는 캐리어 헤드, 상기 기관과 상기 연마 표면 사이의 상대적인 이동을 생성하는 모터, 인덕터와 전도 층내에 맴돌이전류를 유도하는 교호적인 자기장을 생성하도록 상기 인덕터를 구동하는 전류 공급원을 포함하는 맴돌이전류 모니터링 시스템, 자기장의 강도 및 상기 자기장과 구동 신호 사이의 위상차를 측정하는 센서, 그리고 자기장의 강도를 기초로 교정 인자를 계산하고 상기 위상차 및 교정 인자로부터 전도 층의 두께를 계산하는 컴퓨터를 구비한다.
- <14> 다른 측면에서, 본 발명은 화학기계적 연마 장치에 관한 것이다. 상기 장치는 연마 표면을 지지하기 위한 편평부, 기관을 유지하는 캐리어 헤드, 연마중에 제 1 신호를 발생하는 맴돌이전류 모니터링 시스템, 연마중에 제 2 신호를 발생하도록 위치한 광학적 모니터링 시스템을 구비한다. 상기 맴돌이전류 모니터링 시스템은 기관의 제 1 영역으로 연장하는 자기장을 발생하는 인덕터를 포함하고, 상기 광학적 모니터링 시스템은 광선이 기관의 제 1 영역내의 스폿(spot)을 향하도록 위치되고 배향된 광원을 포함한다. 그에 따라, 맴돌이전류 모니터링 시스템 및 광학적 모니터링 시스템은 기관상에서 실질적으로 동일한 위치를 측정한다.
- <15> 본 발명의 실시는 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함할 것이다. 맴돌이전류 모니터링 시스템은 다수의 프롱(prong)을 가지는 코어(core)를 포함할 것이다. 광학적 모니터링 시스템은 상기 프롱들 사이에 적어도 부분적으로 위치한 탐지기를 포함할 것이다. 광선은 상기 프롱들로부터 실질적으로 등거리(equidistant)에 위치하는 지점에서 기관에 충돌할 것이다. 광선은 상기 코어 바로 위의 스폿에서 기관에 충돌할 것이다.
- <16> 본 발명의 실시에 따라 이하의 이점들 중 하나 이상을 포함할 것이다. 광학적 및 맴돌이전류 모니터링 시스템은 기관상에서 실질적으로 동일한 스폿을 모니터링할 수 있다. 벌크(bulk)식 연마중에, 전도 층의 두께를 측정할 수 있다. 기관을 연마하는데 사용되는 연마 패드의 두께 역시 연마 중에 측정될 수 있다. 캐리어 헤드에 의해 인가되는 압력 프로파일(profile)을 조정하여 유입되는 기관의 비-균일 두께 및 비-균일 연마 속도를 보상할 수 있다. 연마는 매우 정밀하게 정지될 수 있다. 과다-연마 및 과소-연마가 감소될 수 있고, 움푹 파이거나 침식되는 것(dishing and erosion)도 감소될 수 있으며, 그에 따라 수율(收率) 및 생산량을 개선한다.
- <17> 본 발명의 다른 특징들 및 이점들은 이하의 상세한 설명, 도면 및 청구범위로부터 보다 분명히 이해할 수 있을 것이다.

실시예

- <31> 도 1 을 참조하면, 하나 이상의 기관(10)이 CMP 장치(20)에 의해 연마될 수 있다. 유사한 연마 장치(20)에 관한 설명이 미국 특허 제 5,738,574 호에 기재되어 있다. 연마 장치(20)는 일련의 연마 스테이션(22a, 22b, 22c), 및 이송 스테이션(23)을 포함한다.
- <32> 각각의 연마 스테이션은 연마 패드(30)가 놓여지는 회전가능한 편평부(24)를 포함한다. 제 1 및 제 2 스테이션(22a 및 22b)은 경질의 내구성 외측 표면을 가지는 2-층 연마 패드 또는 마모성 입자가 매립된 고정형-마모 패드를 포함할 수 있다. 최종 연마 스테이션(22c)은 비교적 연질의 패드 또는 2-층 패드를 포함할 수 있다. 각각의 연마 스테이션은 또한 패드 컨디셔너(conditioner) 장치(28)를 포함하여 연마 패드의 상태를 유지함으로써 기관을 효율적으로 연마할 수 있게 한다.
- <33> 도 3a 를 참조하면, 통상적으로, 2-층 연마 패드(30)는 기관(10)을 연마하는데 사용되는 덮개 층(34) 및 편평부(24)의 표면과 접하는 백킹(backing; 덧대기) 층(32)을 구비한다. 통상적으로, 덮개 층(34)은 백킹 층(32) 보다 경질이다. 그러나, 일부 패드는 덮개 층만을 포함하고 백킹 층은 포함하지 않는다. 덮개 층(34)은 성형된 또는 주조된 폴리우레탄으로 이루어질 수 있으며, 선택적으로 중공(中空)의 미세구(microsphere) 등의 충전제(filler) 및/또는 홈이 형성된(grooved) 표면을 포함할 수 있다. 백킹 층(32)은 우레탄으로 여과된 압축 펠트 섬유(felt fiber)로 이루어질 수 있다. IC-1000으로 이루어진 덮개 층 및 SUBA-4로 이루어진 백킹 층을 가지는 2-층 연마 패드는 미국, 델라웨어, 뉴워크에 소재하는 Rodel, Inc. 로 부터 구입할 수 있다.
- <34> 연마 단계 중에, 액체(예를 들어, 산화물 연마를 위한 탈이온수) 및 pH 조절제(예를 들어, 산화물 연마를 위한 포타슘 하이드록사이드)를 포함하는 슬러리(38)가 슬러리 공급 포트 또는 결합된 슬러리/린스 아암(arm)(39)에 의해 연마 패드(30)의 표면으로 공급된다. 연마 패드(30)가 표준형 패드라면, 슬러리(38)는 마모성 입자(예를 들어, 산화물 연마를 위한 이산화 실리콘)를 포함할 것이다.
- <35> 도 1 을 참조하면, 회전가능한 다수-헤드의 원형 컨베이어(carousel)(60)가 4개의 헤드(70)를 지지한다. 상기 원형 컨베이어(60)는 원형 컨베이어 모터 조립체(도시 안 됨)에 의해 그리고 중심 기둥(62)에 의해 원형 컨베이어의 축선(64)을 중심으로 회전되어, 연마 스테이션(22)과 이송 스테이션(23) 사이에서 캐리어 헤드 시스템 및 그 캐리어 헤드 시스템에 부착된 기관을 궤도운동 시킨다. 캐리어 헤드 시스템 중 3개는 기관을 수용하고 유지하며, 그 기관들을 연마 패드에 대해 가압함으로써 그 기관들을 연마한다. 한편, 캐리어 헤드 시스템 중 하나는 이송 스테이션(23)을 통해 로딩(loading) 장치로 및 그 로딩 장치로부터 기관을 공급하고 그리고 수용한다.
- <36> 각각의 캐리어 헤드(70)는 캐리어 구동 샤프트(74)에 의해 캐리어 헤드 회전 모터(76)(덮개(68)의 1/4을 제거함으로써 도시되어 있다)에 연결되어, 각각의 캐리어 헤드는 각각의 축선을 중심으로 독립적으로 회전될 수 있다. 또한, 각각의 캐리어 헤드(70)는 원형 컨베이어 지지 플레이트(66)내에 형성된 반경방향 슬롯(72)내에서 독립적으로 횡방향으로 진동(oscillate)한다. 작동중에, 편평부는 그 중심 축선(25)을 중심으로 회전하며, 캐리어 헤드는 그 중심 축선(71)을 중심으로 회전하고 연마 패드의 표면을 가로질러 측방향으로 이동된다.
- <37> 상기 특허 출원에 기재되고 도 2 에 도시된 바와 같이, 예시적인 캐리어 헤드(70)는 하우징(202), 베이스 조립체(204), 짐벌(gimbal) 기구(206)(베이스 조립체(204)의 일부로 간주될 수도 있다), 로딩 챔버(208), 유지(retaining) 링(210), 및 기관 백킹 조립체(212)를 포함하며, 상기 기관 백킹 조립체는 플로팅(floating) 상부 챔버(236), 플로팅 하부 챔버(234), 및 외측 챔버(238)와 같은 3개의 가압가능한 챔버를 포함한다. 로딩 챔버(208)는 하우징(202)과 베이스 조립체(204) 사이에 위치되어 로드를 가하고 그리고 베이스 조립체(204)의 수직 위치를 제어한다. 제 1 압력 조절기(도시 안 됨)는 통로(232)를 통해 로딩 챔버(208)에 유체적으로 연결되어 로딩 챔버내의 압력 및 베이스 조립체(204)의 수직 위치를 제어한다.
- <38> 기관 백킹 조립체(212)는 가요성(flexible)의 내측 박막(216), 가요성의 외측 박막(218), 내측 지지 구조물(220), 외측 지지 구조물(230), 내측 이격 링(222) 및 외측 이격 링(232)을 포함한다. 가요성의 내측 박막(216)은 제어가능한 영역에서 기관(10)에 압력을 가하는 중심 부분을 포함한다. 내측 플랩(flap)(244)에 의해 밀봉되는 내측 박막(216)과 베이스 조립체(204) 사이의 체적은 가압가능한 플로팅 하부 챔버(234)를 제공한다. 내측 플랩(244) 및 외측 플랩(246)에 의해 밀봉되는 내측 박막(216)과 베이스 조립체(204) 사이의 환형 체적은 가압가능한 플로팅 상부 챔버(236)를 형성한다. 내측 박막(216)과 외측 박막(218) 사이의 밀봉된 체적은 가압가능한 외측 챔버(238)를 형성한다. 3개의 압력 조절기(도시 안 됨)가 플로팅 하부 챔버(234), 플로팅 상부 챔버(236) 및 외측 챔버(238)에 독립적으로 연결될 수 있다. 그에 따라, 가스와 같은 유체가 각 챔버의 내외로 독립적으로 이동될 수 있다.

- <39> 플로팅 상부 챔버(236), 플로팅 하부 챔버(234) 및 외측 챔버(238)내의 압력들의 조합은 외측 박막(218)의 상부 표면에 대한 내측 박막(216)의 접촉 영역 및 압력 모두를 제어한다. 예를 들어, 플로팅 상부 챔버(236)로부터 유체를 펌핑하여 배출시킴으로써, 내측 박막(216)의 엣지(edge)가 외측 박막(218)으로부터 들어올려지며, 그에 따라 내측 박막과 외측 박막 사이의 접촉 영역의 접촉 지름(DC)을 증대시킨다. 또한, 플로팅 하부 챔버(234)의 내부로 또는 외부로 유체를 펌핑함으로써, 외측 박막(218)에 대한 내측 박막(216)의 압력이 변화될 수 있다. 따라서, 캐리어 헤드에 의해 로딩되는 영역의 지름 및 압력이 제어될 수 있다.
- <40> 도 3a 및 도 3b 를 참조하면, 리세스(recess)(26)가 편평부(24)내에 형성되고, 유리 또는 경질 플라스틱 등으로 이루어진 투명 덮개(27)가 리세스(26) 상에 놓여질 수 있다. 또한, 투명 덮개(27)위에 놓여진 연마 패드(30)내에는 투명 섹션(36)이 형성된다. 투명 덮개(27) 및 투명 섹션(36)은, 캐리어 헤드의 이동 위치에 관계 없이, 편평부의 회전 of 일부 중에 기관(10)의 아래쪽을 통과하도록 위치된다. 연마 패드(30)가 2-층 패드라면, 투명 섹션(36)은 백킹 층(32)내에 개구를 절개하여 형성하고, 그리고 덮개 층(34)의 일부를 투명 플러그로 대체함으로써 구성될 수 있다. 상기 플러그는, 예를 들어 충전재가 없이 형성된, 비교적 순수한 폴리머 또는 폴레우레탄일 수 있다. 일반적으로, 투명 섹션(36)의 재료는 비-자성 및 비-전도성이어야 한다.
- <41> 도 3a 를 참조하면, 제 1 연마 스테이션(22a)은 현장(in-situ)의 맴돌이전류 모니터링 시스템(40) 및 광학적 모니터링 시스템(140)을 포함한다. 맴돌이전류 모니터링 시스템(40) 및 광학적 모니터링 시스템(140)은 연마 공정 제어 및 중단점 탐지 시스템으로서의 기능을 할 수 있다. 제 2 연마 스테이션(22b) 및 마지막 연마 스테이션(22c)은 모두 광학적 모니터링 시스템만을 포함하고 있지만, 맴돌이전류 모니터링 시스템을 추가적으로 포함하거나 또는 맴돌이전류 모니터링 시스템만을 포함할 수도 있다.
- <42> 도 3b 에 도시된 바와 같이, 코어(42) 및 윈도우(window) 섹션(36)은 편평부(24)의 각각의 회전시에 기관(10)의 하부를 통과한다. 윈도우 섹션이 기관의 하부를 통과할 때마다, 맴돌이전류 모니터링 시스템(40) 및 광학적 모니터링 시스템(140)으로부터 데이터가 수집된다.
- <43> 도 4 를 참조하면, 맴돌이전류 모니터링 시스템(40)은 기관상의 금속 층내에 맴돌이전류를 유도하기 위한 구동 시스템(48) 및 상기 구동 시스템에 의해 금속 층내에 유도된 맴돌이전류를 탐지하기 위한 감지 시스템(58)을 포함한다. 모니터링 시스템(40)은 리세스(26)내에 위치되어 편평부와 함께 회전하는 코어(42), 상기 코어(42)의 제 1 부분 둘레에 감겨진 구동 코일(44), 및 상기 코어(42)의 제 2 부분 둘레에 감겨진 감지 코일(46)을 포함한다. 구동 시스템(48)의 경우에, 모니터링 시스템(40)은 구동 코일(44)에 연결된 발전기(50)를 포함한다. 감지 시스템(58)의 경우에, 모니터링 시스템(40)은 감지 코일(46)에 병렬로 연결된 커패시터(52), 감지 코일(46)에 연결된 RF 증폭기(54), 및 다이오드(56)를 포함한다. 발전기(50), 커패시터(52), RF 증폭기(54), 및 다이오드(56)는 리세스(26) 내부의 인쇄회로기판(160)상에 위치될 수도 있다. 컴퓨터(90)는, 회전식 전기 유니온(rotary electrical union)(92)을 통해, 인쇄회로기판(160)을 포함하는 편평부내의 부품들에 연결될 수 있다.
- <44> 도 5 를 참조하면, 코어(42)는 상대적으로 큰 자기 투과성을 가지는 비전도성 재료로 형성된 U-자형 본체일 수 있다. 구동 코일은 발전기로부터의 구동 신호와 정합(match)되도록 디자인될 수 있다. 정확한 권선(winding) 구성, 코어 조성 및 형상, 및 커패시터 크기는 실험적으로 결정될 수 있다. 도시된 바와 같이, 투명 덮개(27)의 하부 표면은 두개의 사각형 오목부(29)를 포함할 것이고, 코어(42)의 두개의 프롱(42a, 42b)은 상기 오목부 내로 연장하여 기관에 보다 가깝게 위치될 것이다.
- <45> 도 3a 를 다시 참조하면, 작동중에, 발전기(50)는 구동 코일(44)을 구동시켜 진동 자기장(48)을 생성하며, 상기 자기장은 코어(42)의 본체를 통해서 그리고 코어의 두개의 폴(pole)(42a, 42b) 사이의 갭(46)내로 연장한다. 자기장(48)의 적어도 일부는 연마 패드(30)의 얇은 부분(36) 및 기관(10)을 통해 연장한다. 만약 기관(10)상에 금속 층이 있다면, 진동하는 자기장(48)은 금속 층(12)내에 맴돌이전류를 발생시킨다. 맴돌이전류는 금속 층(12)이 감지 코일(46) 및 커패시터(52)와 병렬인 임피던스 소스(source)로서 작용하게 만든다. 금속 층의 두께가 변화됨에 따라, 임피던스가 변화되고, 감지 기구의 Q-인자의 변화를 초래한다. 감지 기구의 Q-인자의 변화를 탐지함으로써, 맴돌이전류 감지기는 맴돌이전류의 강도 변화를 감지할 수 있고, 그에 따라 금속 층(12)의 두께 변화를 감지할 수 있다.
- <46> 일반적으로, 전도성 필름의 예상 초기 두께가 두꺼울수록, 의도하는 공명 주파수는 낮아진다. 예를 들어, 2000 옴스트롱의 상대적으로 얇은 필름의 경우에, 커패시턴스 및 인덕턴스는 상대적으로 높은 공명 주파수, 예를 들어 약 2 MHz의 공명 주파수를 제공하도록 선택될 수 있을 것이다. 한편, 20000 옴스트롱의 비교적 두꺼운 필름의 경우에, 커패시턴스 및 인덕턴스는 비교적 낮은 공명 주파수, 예를 들어 약 50 kHz의 공명 주파수를 제공하도록 선택될 수 있을 것이다. 그러나, 높은 공명 주파수는 두꺼운 구리 층에서도 여전히 양호하게 작용한다.

또한, 매우 높은 주파수(약 2 MHz)를 이용하여 캐리어 헤드내의 금속 부분으로부터의 배경 노이즈를 감소시킬 수도 있다.

- <47> 먼저, 도 3a, 도 4 및 도 6a 를 참조하면, 연마를 시작하기 전에, 기관이 없는 상태에서, 발전기(50)가 LC 회로의 공명 주파수로 동조(tune)된다. 이러한 공명 주파수는 RF 증폭기(54)로부터의 출력 신호의 최대 진폭을 초래한다.
- <48> 도 6b 및 도 7 에 도시된 바와 같이, 연마 작동 중에, 기관(10)은 연마 패드(30)와 접촉되게 배치된다. 기관(10)은 실리콘 웨이퍼(12) 및 예를 들어 구리와 같은 금속의 전도 층(16)을 포함할 수 있으며, 상기 금속의 전도 층은 반도체, 도체 또는 절연체 층일 수 있는 하나 이상의 패터화된 하부 층(14)상에 위치된다. 탄탈륨 또는 탄탈륨 나이트라이드와 같은 배리어 층(barrier layer)(18)이 금속 층을 하부 유전체로부터 분리할 수도 있다.
- <49> 패터화된 하부 층들은 예를 들어, 비아, 패드 및 상호연결부 등의 금속 피쳐(feature)를 포함할 수 있다. 연마에 앞서서, 전도 층(16)의 벌크가 초기에 비교적 두껍고 연속적이기 때문에, 그 전도 층은 낮은 저항을 가지며, 비교적 강한 맴돌이전류가 그 전도 층내에서 발생할 수 있다. 진술한 바와 같이, 맴돌이전류는 금속 층(12)이 감지 코일(46) 및 커패시터(52)와 병렬인 임피던스 소오스로서 작용하게 만든다. 결과적으로, 전도성 필름(16)의 존재로 인해 센서 회로의 Q-인자가 감소되고, 그에 따라 RF 증폭기(56)로부터의 신호의 진폭이 상당히 감소된다.
- <50> 도 6c 및 도 7 을 참조하면, 기관(10)이 연마됨에 따라, 전도 층(16)의 벌크 부분이 얇아진다. 전도 층(16)이 얇아짐에 따라, 그 전도 층의 저항이 증대되고, 금속 층내의 맴돌이전류는 작아진다. 결과적으로, 금속 층(12)과 센서 회로(58) 사이의 커플링이 감소된다(즉, 가상 임피던스 소오스의 저항을 증대시킨다). 커플링이 감소됨에 따라, 센서 회로(58)의 Q-인자는 최초 값을 향해 증대된다.
- <51> 도 6d 및 도 7 을 참조하면, 전도 층(16)의 벌크 부분은 결국 제거되어, 패터화된 절연 층(14) 사이의 트렌치내에 전도성 상호연결부(16')를 남긴다. 이러한 시점에서, 대체로 소형이고 대체로 비-연속적인 기관내의 전도성 부분들과 센서 회로(58) 사이의 커플링은 최소가 된다. 결과적으로, 센서 회로의 Q-인자는 최대값에 도달한다(기관이 완전히 없는 경우 만큼 Q-인자가 크지는 않다). 이는 센서 회로로부터의 출력 신호의 진폭이 평탄화(plateau)되게 한다.
- <52> 진폭의 변화를 감지하는것에 더하여, 맴돌이전류 모니터링 시스템은 감지된 신호내의 위상 편이를 계산할 수 있다. 금속 층이 연마됨에 따라, 감지된 신호의 위상은 발전기(50)로부터의 구동 신호에 대해 상대적으로 변화된다. 이러한 위상차는 연마된 층의 두께와 상호관련된다.
- <53> 도 8 에 도시된 위상 측정 장치의 일 수단은 구동 신호 및 감지 신호를 조합하여, 위상차에 비례하는 펄스 폭 또는 듀티 사이클을 가지는 위상 편이 신호 및 진폭 신호 모두를 발생시킨다. 이러한 수단에서, 두개의 XOR 게이트(100 및 102)가 사용되어 감지 코일(46) 및 발전기(50)로부터의 각각의 사인파형 신호를 구형파(square-wave) 신호로 변환시킨다. 두개의 구형파 신호는 제 3 의 XOR 게이트(104)의 입력부로 공급된다. 제 3 의 XOR 게이트(104)의 출력은 두개의 구형파 신호들 사이의 위상차에 비례하는 듀티 사이클 또는 펄스 폭을 가지는 위상 편이 신호이다. 위상 편이 신호는 RC 필터(106)에 의해 필터링되어 위상차에 비례하는 전압을 가지는 DC-유사 신호를 발생한다. 그 대신에, 신호는 프로그램가능한 디지털 로직, 예를 들어 위상 편이 측정을 실시하는 콤플렉스 프로그래머블 로직 디바이스(Complex Programmable Logic Device; CPLD) 또는 필드 프로그래머블 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array; FPGA)로 공급될 수 있다. 구동 신호와 감지 신호 사이의 위상차를 측정하는 맴돌이전류 모니터링 시스템에 의해 발생된 트레이스(trace)의 예가 도 9 에 도시되어 있다. 위상 측정이 구동 주파수의 안정성에 매우 민감하기 때문에, 위상 동기 루프(phase locked loop) 장치가 추가될 수도 있다.
- <54> 위상차 측정의 이점은 금속 층 두께에 대한 위상차의 의존성이 진폭의 의존성 보다 선형(linear)이 된다는 것이다. 또한, 금속 층의 절대 두께가 넓은 범위의 가능한 두께에 걸쳐 측정될 수 있을 것이다.
- <55> 도 3a 를 참조하면, 반사계(reflectometer) 또는 간섭계(interferometer)로서 작용할 수 있는 광학적 모니터링 시스템(140)은 맴돌이전류 모니터링 시스템(40)을 가지는 리세스(26)내의 편평부(24)에 고정될 수 있다. 광학적 모니터링 시스템(140)은 광원(144) 및 탐지기(146)를 포함한다. 광원(144) 및 탐지기(146)를 위한 전자장치는 인쇄회로기판(160)상에 위치될 것이다. 광원은 투명한 윈도우 섹션(36) 및 슬러리를 통과하여 기관(10)의 노출 표면에 충돌하는 광선(142)을 생성한다. 예를 들어, 광원(144)은 레이저일 수 있고, 그리고 광선(142)은

시준된(collimated) 레이저 비임일 수 있다. 레이저 광선(142)은 기관(10)의 표면에 수직인 축선과 각도를 이루면서 레이저(144)로부터 투사될 수 있다. 또한, 만약 홀(26) 및 윈도우(36)가 긴 형태라면, 비임 팽창기(expander)(도시 안 됨)가 광선의 경로내에 위치되어 윈도우의 긴 축선을 따라 광선을 팽창시킬 것이다.

<56> 도 10a-10c 를 참조하면, 광선(142)이 코어(42)의 두개의 프롱(43) 사이의 위치에서 기관에 충돌하도록, 광학적 모니터링 시스템(140)이 배치될 수 있다. 하나의 실시예에서, 광선(142)이 편평부(24)의 표면에 실질적으로 평행한 경로를 따라 코어(42)를 향하도록 광원(144)이 위치된다. 광선(142)은 프롱(43)들 사이를 통과하도록 코어(42)의 바로 앞쪽에 위치하는 거울(162)로부터 상방으로 반사되고, 기관(10)으로부터 반사되며, 그 후에 적어도 프롱(43)들 사이에 위치한 부분을 가지는 탐지기(146)와 충돌한다. 이러한 구성에서, 광선은 코어로부터의 자기장예외에 덮여지는 영역내부의 기관상의 스폿을 향한다. 결과적으로, 광학적 모니터링 시스템(140)은 맴돌이전류 모니터링 시스템(40)에 의해 모니터링되는 것과 실질적으로 동일한 기관상의 위치의 반사도를 측정할 수 있다. 도시하지는 않았지만, 코어(42) 및 탐지기(146)는 하나 이상의 인쇄회로기판(160)에 장착 또는 부착될 수 있다.

<57> 광학적 모니터링 시스템에 의해 발생된 트레이스(250)의 예가 도 11에 도시되어 있다. 강도(intensity) 트레이스(250)의 전체적인 형상은 다음과 같이 설명될 것이다. 초기에, 금속 층(16)은 하부의 패턴화된 층(14)의 형태로 인해 초기에 소정 형태를 가진다. 이러한 형태 때문에, 광선이 금속 층에 충돌할 때 산란된다. 트레이스의 섹션(252)에서 연마 공정이 진행됨에 따라, 금속 층은 보다 편평해지고 연마된 금속 층의 반사도는 증대된다. 금속 층의 벌크가 트레이스의 섹션(254)에서 제거됨에 따라, 강도는 비교적 안정하게 유지된다. 산화물 층이 트레이스에 노출되기 시작하면, 전체 신호 강도는 트레이스의 섹션(256)에서 급격히 강해진다. 산화물 층이 트레이스에서 전체적으로 노출되면, 비록 산화물 층이 제거됨에 따라 간섭(interferometric) 효과로 인한 약간의 진동이 있지만, 강도는 트레이스의 섹션(258)에서 다시 안정화된다.

<58> 도 3a, 도 3b, 및 도 4를 참조하면, CMP 장치(20)는 광학적 단속기(interrupter)와 같은 위치 센서(80)를 포함하여, 코어(42) 및 광원(44)이 기관(10) 아래쪽에 있는 때를 감지한다. 예를 들어, 광학적 단속기는 캐리어 헤드(70)에 대하여 고정된 지점에 장착될 수 있다. 플래그(flag)(82)는 편평부의 돌레에 부착된다. 투명 섹션(36)이 기관(10)의 아래쪽을 통과하는 동안 플래그(82)가 센서(80)의 광학적 신호를 차단하도록, 플래그(82)의 부착 지점 및 길이가 선택된다. 그 대신에, CMP 장치는 편평부의 각 위치를 결정하기 위해 엔코더를 포함할 수 있다.

<59> 범용적인 프로그램가능한 디지털 컴퓨터(90)는 맴돌이전류 감지 시스템으로부터 위상 편이 신호 및 강도 신호를, 그리고 광학적 모니터링 시스템으로부터 강도 신호를 수신한다. 인쇄회로기판(160)은 범용 마이크로프로세서 또는 특정-용도의 집적회로와 같은 회로를 포함하여 맴돌이전류 감지 시스템 및 광학적 모니터링 시스템으로부터의 신호를 디지털 신호로 변환시킨다. 이러한 디지털 데이터는 예를 들어 RS-232와 같은 직렬 통신 채널을 통해 컴퓨터(90)로 전송되는 단속적인 패킷(discrete packet)으로 조합될 수 있다. 인쇄회로기판(160) 및 컴퓨터(90) 모두가 동일한 패킷 포맷을 사용하는 한, 컴퓨터(90)는 중단점 또는 공정 제어 알고리즘에서 강도 및 위상 편이 측정치를 추출하고 사용할 수 있다. 예를 들어, 각각의 패킷은 5 바이트를 포함할 수 있고, 그 5 바이트 중 2 바이트는 광학적 신호 데이터이고, 2 바이트는 맴돌이전류 신호에 대한 진폭 또는 위상차 데이터이며, 1 바이트는 패킷이 진폭 또는 위상 편이 데이터를 포함하는지의 여부를 나타내며, 나머지 바이트들은 윈도우 섹션(36)이 기관 아래에 있는지의 여부에 대한 플래그, 체크-섬(check-sum) 비트 등을 포함한다.

<60> 편평부의 각각의 회전에 따라 모니터링 시스템이 기관의 아래쪽을 통과하기 때문에, 금속 층 두께 및 하부 층의 노출에 대한 정보가 현장(in-situ)에서 그리고 연속적인 실시간으로(또는 편평부 회전당 한번씩) 축적된다. 컴퓨터(90)는 기관이 대체적으로 투명 섹션(36)에 겹쳐져 놓일 때(위치 센서에 의해 결정되는 바에 따르면) 모니터링 시스템으로부터 측정치를 샘플링하도록 프로그램될 수 있다. 연마가 진행됨에 따라, 금속 층의 반사도 및 두께가 변화되고, 샘플링된 신호는 시간에 따라 달라지게 된다. 시간에 따라 달라지는 샘플링된 신호는 트레이스로서 지칭된다. 모니터링 시스템으로부터의 측정치는 연마중에 출력 장치(94)상에 디스플레이되어 장치의 작동자가 연마 공정의 진행정도를 가시적으로 모니터링할 수 있게 한다. 또한, 이하에서 설명하는 바와 같이, 트레이스는 연마 공정을 제어하는데 그리고 금속 층 연마 공정의 중단점을 결정하는데 사용될 수 있다.

<61> 작업중에, CMP 장치(20)는 맴돌이전류 모니터링 시스템(40) 및 광학적 모니터링 시스템(140)을 사용하여 층진제 층의 벌크가 제거된 때를 결정하고 그리고 하부의 정지 층이 실질적으로 노출된 때를 결정한다. 컴퓨터(90)는 공정 제어 및 중단점 탐지 로직을 샘플링된 신호에 적용하여 공정 파라미터를 변경하여야 하는 때를 결정하고 그리고 연마 중단점을 탐지한다. 탐지 로직에 대한 가능한 공정 제어 및 중단점 기준은 국부적인(local) 최소

치 또는 최대치, 경사(slope) 변화, 진폭 또는 경사의 문턱값, 또는 그들의 조합을 포함한다.

- <62> 또한, 컴퓨터(90)는 맴돌이전류 모니터링 시스템(40) 및 광학적 모니터링 시스템(140)으로부터의 측정치를 각각의 기관의 하부 통과로부터 다수의 샘플링 영역(96)으로 분할하고, 각 샘플링 영역의 방사상 위치를 계산하며, 진폭 측정치를 방사상 범위로 분류하고, 각각의 샘플링 영역에 대해 최소, 최대 및 평균 측정치를 결정하며, 다수의 방사상 범위를 사용하여 연마 중단점을 결정하도록 프로그램될 수 있다.
- <63> 또한, 컴퓨터(90)는 맴돌이전류 모니터링 시스템(40)으로부터의 신호를 기초로 연마 패드(30)의 두께 및 전도층(16)의 절대 두께를 측정하도록 프로그램될 수 있다. 일반적으로, 맴돌이전류 탐지기로부터의 위상 편이 신호 및 강도 모두는 코어(42)와 전도층(16) 사이의 거리에 따라 달라진다. 특히, 도 12a 및 도 12b 에 도시된 바와 같이, 연마 패드가 마모되고 점차로 얇아짐에 따라, 전도층(16)은 코어(42)에 보다 근접되게 이동할 것이고, 커플링이 증대되며, 결국 위상 신호 및 진폭의 강도는 감소될 것이다.
- <64> 전술한 바와 같이, 맴돌이전류 모니터링 시스템(40)으로부터의 위상 편이 신호 및 강도 역시 전도층(16)의 두께에 따라 달라진다. 그러나, 전도층의 특정 임계 두께 이상에서, 진폭 신호는 층 두께에 둔감해지는 경향이 있다. 따라서, 연마가 시작될 때, 충분한 재료가 제거되어 전도층이 임계 두께보다 얇아지게 될 때까지(시간 δ) 진폭 신호는 일정하게 유지된다. 이러한 시점에서, 진폭 신호는 세기(strength)가 커지기 시작한다. 대조적으로, 위상 편이 신호는 전도층의 두께 변화에 즉각적으로 반응한다.
- <65> 강도 및 위상 편이 신호는 연마 패드의 두께를 측정하는데 사용될 수 있다. 먼저, 서로 두께가 다르고 그 두께가 알려진 두개의 연마 패드상에서 임계 두께 보다 두꺼운 전도층을 가지는 테스트 기관을 연마하는 교정 단계가 실행된다. 그 대신에, 상기 교정 단계는 다른 동일한 패드를 서로 다른 마모 스테이지에서 사용하여 실시될 수도 있다. 교정 단계 중에, 강도 신호 및 위상 편이 신호의 세기가 각 연마 패드에 대해 측정된다. 이러한 측정으로부터, 두개의 계수 Δ_A 및 Δ_ϕ 가 계산되며, 그 계수들은 패드 두께로 인해 위상 편이 신호 및 진폭의 신호 세기의 변화를 각각 나타낸다.
- <66> 그 후에, 소자 웨이퍼의 연마 중에, 강도 및 위상 편이 신호의 측정된 세기 및 계수 Δ_A 및 Δ_ϕ (또는 동등한 검색 테이블)가 사용되어 연마 패드의 두께를 결정할 수 있다. 특히, 연마 공정의 초기에 진폭 신호가 전도층의 두께에 둔감하기 때문에, 이러한 진폭 신호의 초기 세기는 연마 패드의 두께와 관련된다. 그 후에, 연마 패드의 측정된 두께는 연마 파라미터를 변경하거나 또는 경고를 발생하는데 사용될 것이다. 예를 들어, 연마 패드 두께가 소정 값 이하로 떨어지면, 컴퓨터는 신호를 생성하여 연마 패드를 교체할 필요가 있다는 것을 나타낸다.
- <67> 강도 및 위상 편이 신호는 또한 연마중에 기관상의 전도층의 절대 두께를 측정하는데 사용될 수도 있다. 위상 편이 신호가 전도층의 두께 변화에 즉각적으로 반응하기 때문에, 위상 편이 신호의 세기를 전도층의 두께와 연관시키는 검색 테이블(테스트 기관의 실험적 측정치를 기초로 함)이 만들어질 수 있다. 소자 기관의 연마 중에, 진폭 신호의 초기 세기는 연마의 시작시에 측정될 수 있다. 두개의 계수 Δ_A 및 Δ_ϕ 를 사용하여, 컴퓨터는 연마 패드 두께의 변화로 인한 오프셋을 설명하는 조정된 위상 신호 세기를 계산할 수 있다. 그 후에, 컴퓨터는 검색 테이블 및 조정된 위상 신호 세기를 사용하여 전도층의 절대 두께를 정확하게 계산할 수 있다.
- <68> 컴퓨터(90)는 또한 캐리어 헤드(70)에 의해 인가되는 압력을 제어하는 압력 기구에 연결되고, 캐리어 헤드 회전 모터(76)에 연결되어 캐리어 헤드 회전 속도를 제어하며, 편평부 회전 모터(도시 안 됨)에 연결되어 편평부 회전 속도를 제어하며, 또는 슬러리 분배 시스템(39)에 연결되어 연마 패드로 공급되는 슬러리 조성을 제어할 것이다. 특히, 측정치를 방사상 범위로 분류한 후에, 금속 필름 두께에 대한 정보는 폐쇄-루프 제어기로 실시간으로 공급되어 캐리어 헤드에 의해 가해지는 연마 압력 프로파일을 주기적으로 또는 연속적으로 변경한다. 예를 들어, 컴퓨터는 외측 방사상 범위에 대해 중단점 임계치는 만족되었지만 내측 방사상 범위에 대해서는 그렇지 않다는 것을 결정할 수 있다. 이것은 하부 층이 환형의 외측 영역에서는 노출되었으나 기관의 내측 영역에서는 그렇지 않다는 것을 나타낸다. 이 경우, 기관의 내측 영역에만 압력을 가하여 기관의 외측 영역이 움푹 파이거나 침식되는 것을 감소시키도록, 컴퓨터는 압력이 인가되는 영역의 지름을 감소시킬 것이다.
- <69> 맴돌이전류 및 광학적 모니터링 시스템은 여러 가지 연마 시스템에 사용될 수 있다. 연마 패드, 또는 캐리어 헤드, 또는 양자 모두는 연마 표면과 기관 사이의 상대적인 운동을 제공하도록 이동될 수 있다. 연마 패드는 편평부에 고정된 원형(또는 일부 다른 형상) 패드, 공급 롤러와 회수 롤러 사이에서 연장하는 테일, 또는 연속적인 벨트일 수 있다. 연마 패드는 편평부상에 고착될 수도 있고, 연마 작업들 사이에 편평부로부터 앞으로 점차적으로 전진할 수도 있으며, 또는 연마 중에 편평부로부터 연속적으로 앞쪽으로 이동될 수 있다. 패드는 연마 중에 편평부에 고정될 수 있고, 또는 연마 중에 편평부와 연마 패드 사이에는 유체 베어링이 있을 수도

있다. 연마 패드는 표준형(예를 들어, 충전제가 있거나 또는 없는 폴리우레탄)의 거친 패드, 연질 패드, 또는 고정형-마모 패드일 수 있다. 기관이 없을 때 튜닝하기 보다는, 발전기의 구동 주파수는 연마된 또는 연마되지 않은 기관이 존재하는 상태(캐리어 헤드가 있거나 또는 없이)에서 공명 주파수로 튜닝될 수 있고, 또는 다른 기준에 맞게 튜닝될 수 있다.

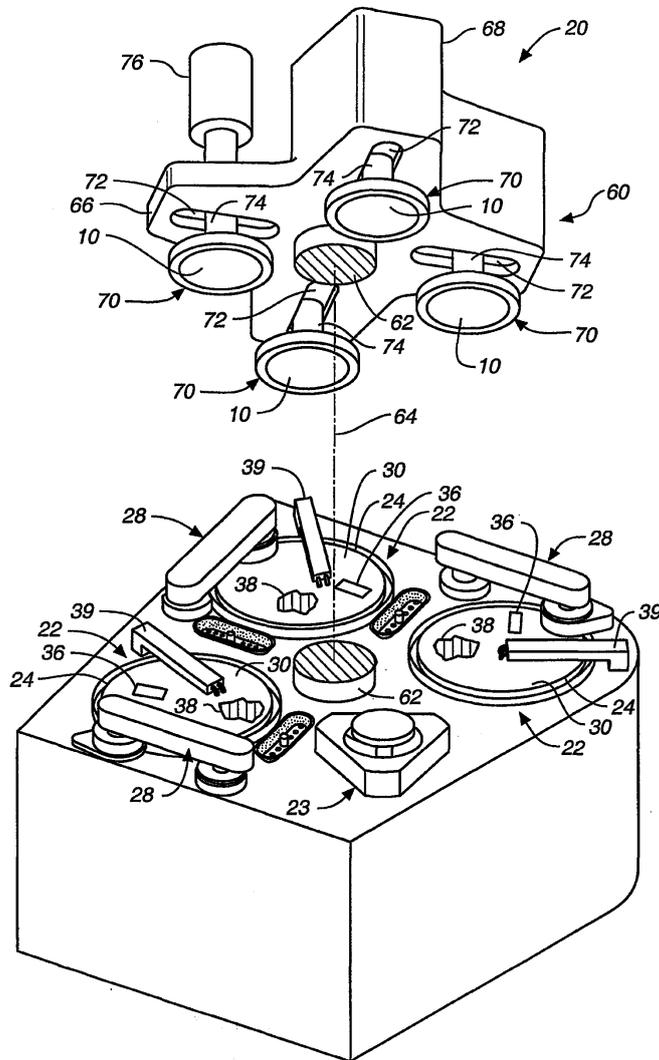
- <70> 동일한 홀내에 위치된 것으로 도시되었지만, 광학적 모니터링 시스템(140)은 맴돌이전류 모니터링 시스템(40)과 상이한 편평부상의 위치에 배치될 수 있다. 예를 들어, 광학적 모니터링 시스템(140) 및 맴돌이전류 모니터링 시스템(40)은 편평부의 양측면상에 위치되어, 기관 표면을 교대로 스캔할 수도 있다.
- <71> 기관에 대항하는 연마 표면 측에 코일을 위치시키는 것 또는 위상차의 측정과 같은 본 발명의 여러 가지 특징들은 맴돌이전류 센서가 단일 코일을 이용하는 경우에도 여전히 적용될 수 있다. 단일 코일 시스템에서, 발전기 및 감지 커패시터(및 기타 감지기 회로) 모두는 동일한 코일에 연결된다.
- <72> 이상에서는 바람직한 실시예와 관련하여 본 발명을 설명하였다. 그러나, 본 발명은 이상에서 설명된 실시예로 한정되지 않는다. 본 발명의 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 정해진다.

도면의 간단한 설명

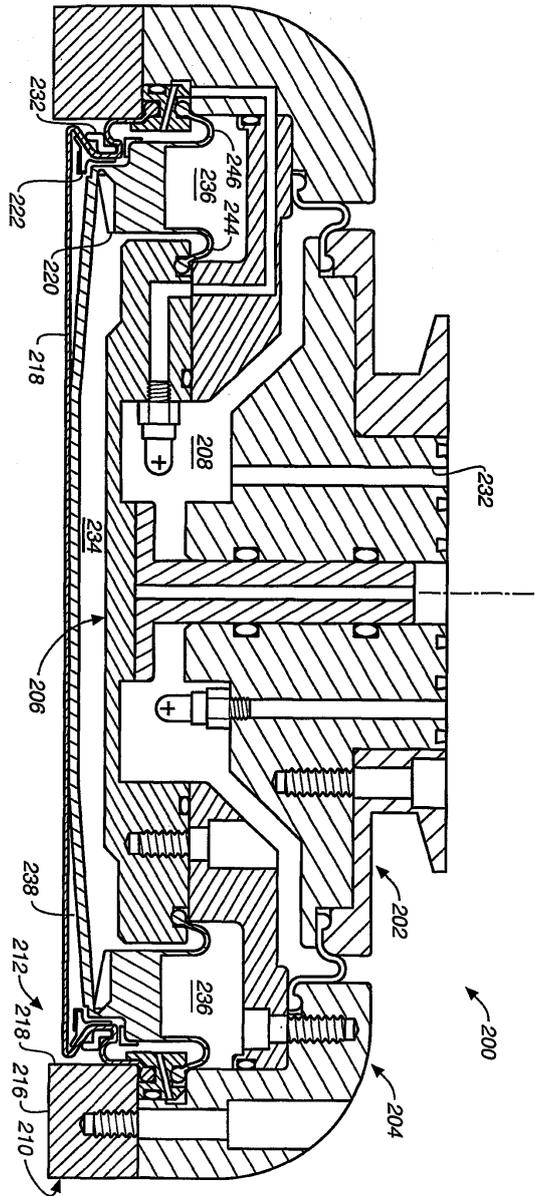
- <18> 도 1 은 화학기계적 연마 장치의 전개 사시도.
- <19> 도 2 는 캐리어 헤드의 단면도.
- <20> 도 3a 는 맴돌이전류 모니터링 시스템 및 광학적 모니터링 시스템을 포함하는 화학기계적 연마 스테이션을 부분 절개하여 도시한 측면도.
- <21> 도 3b 는 도 3a 의 연마 스테이션으로부터의 편평부의 평면도.
- <22> 도 4 는 맴돌이전류 모니터링 시스템의 회로도.
- <23> 도 5 는 맴돌이전류 모니터링 시스템에 의해 발생된 자기장을 도시한 단면도.
- <24> 도 6a-6d 는 맴돌이전류 센서를 이용하여 연마 종단점을 탐지하는 방법을 개략적으로 도시한 도면.
- <25> 도 7 은 맴돌이전류 모니터링 시스템으로부터의 진폭 트레이스(amplitude trace)를 도시한 그래프.
- <26> 도 8 은 진폭 및 위상편이(phase shift)를 감지하는 맴돌이전류 모니터링 시스템의 회로도.
- <27> 도 9 는 맴돌이전류 모니터링 시스템으로부터의 위상편이 트레이스를 도시한 그래프.
- <28> 도 10a-10c 는 광학적 및 맴돌이전류 모니터링 시스템을 가지는 편평부의 단면도.
- <29> 도 11 은 광학적 모니터링 시스템으로부터의 진폭 트레이스를 도시한 그래프.
- <30> 도 12a 및 도 12b 는 상이한 패드 두께에서 맴돌이전류 모니터링 시스템에 의해 발생된 진폭 트레이스 및 위상 편이 트레이스를 각각 도시한 그래프.

도면

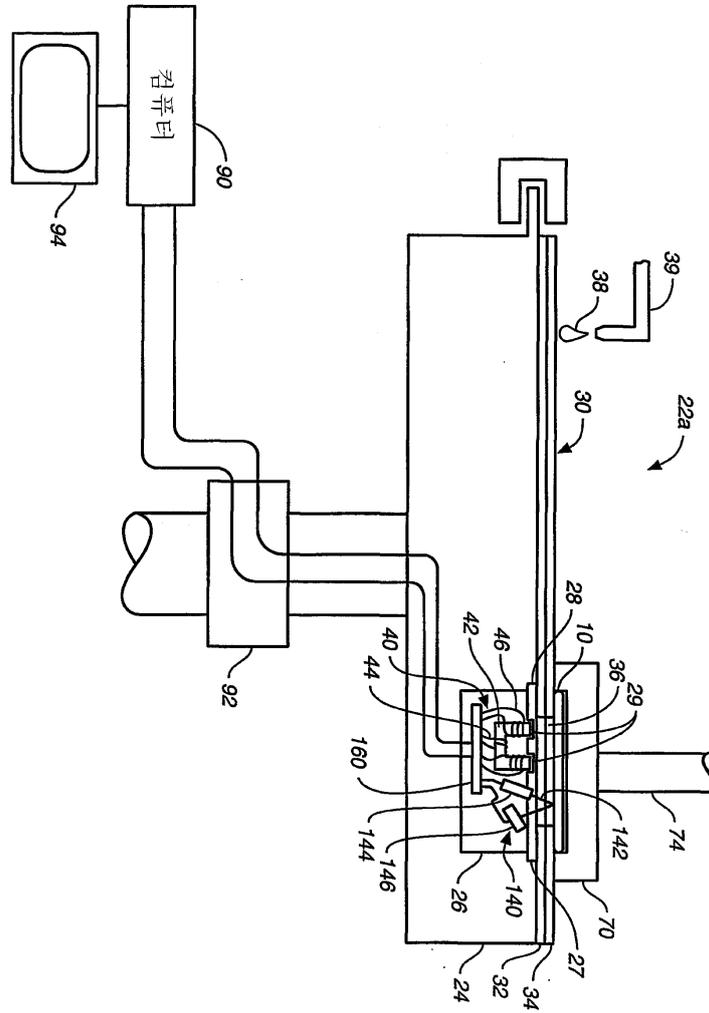
도면1



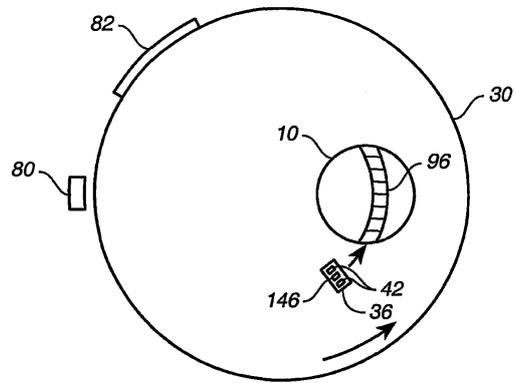
도면2



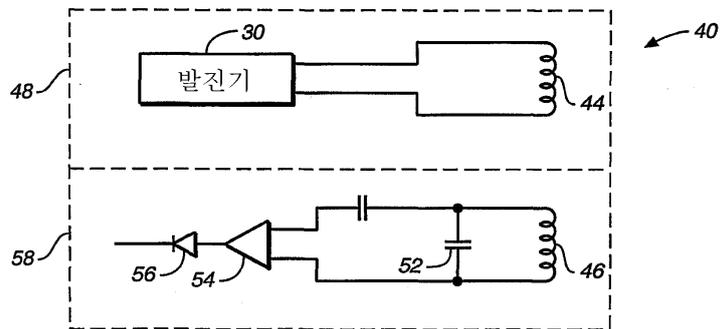
도면3a



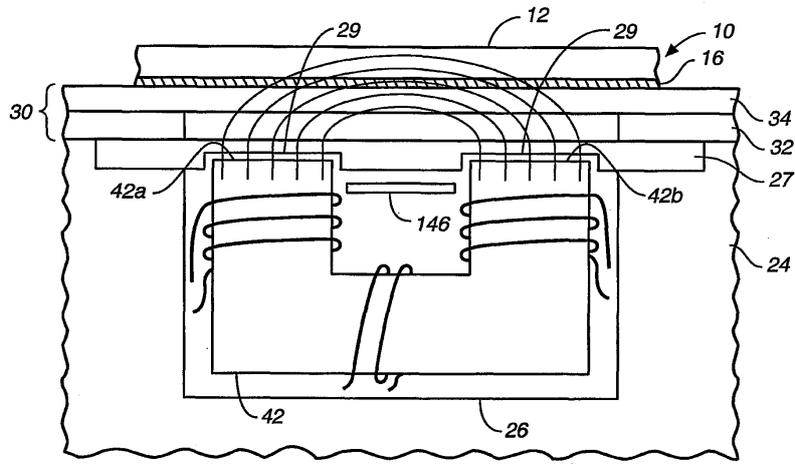
도면3b



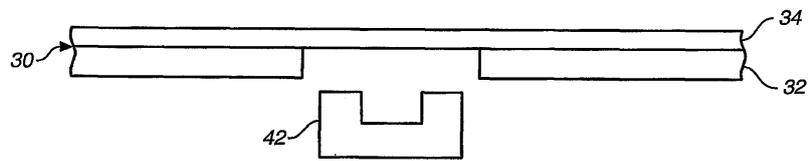
도면4



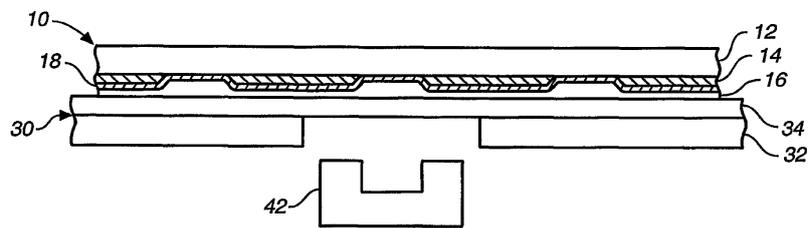
도면5



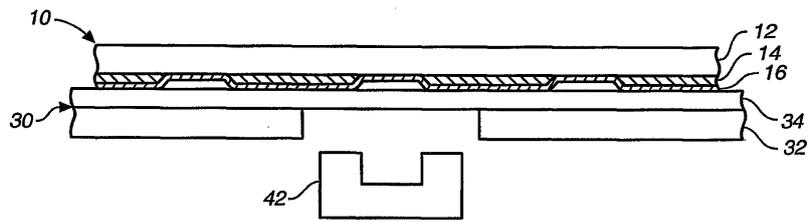
도면6a



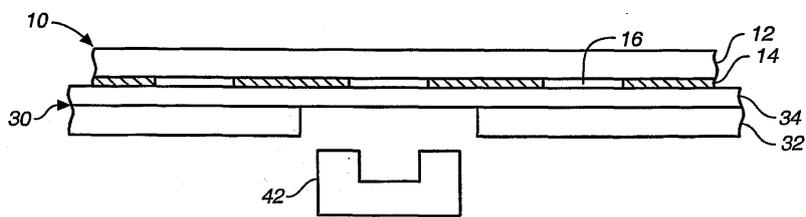
도면6b



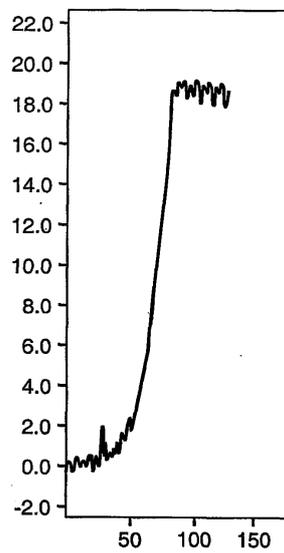
도면6c



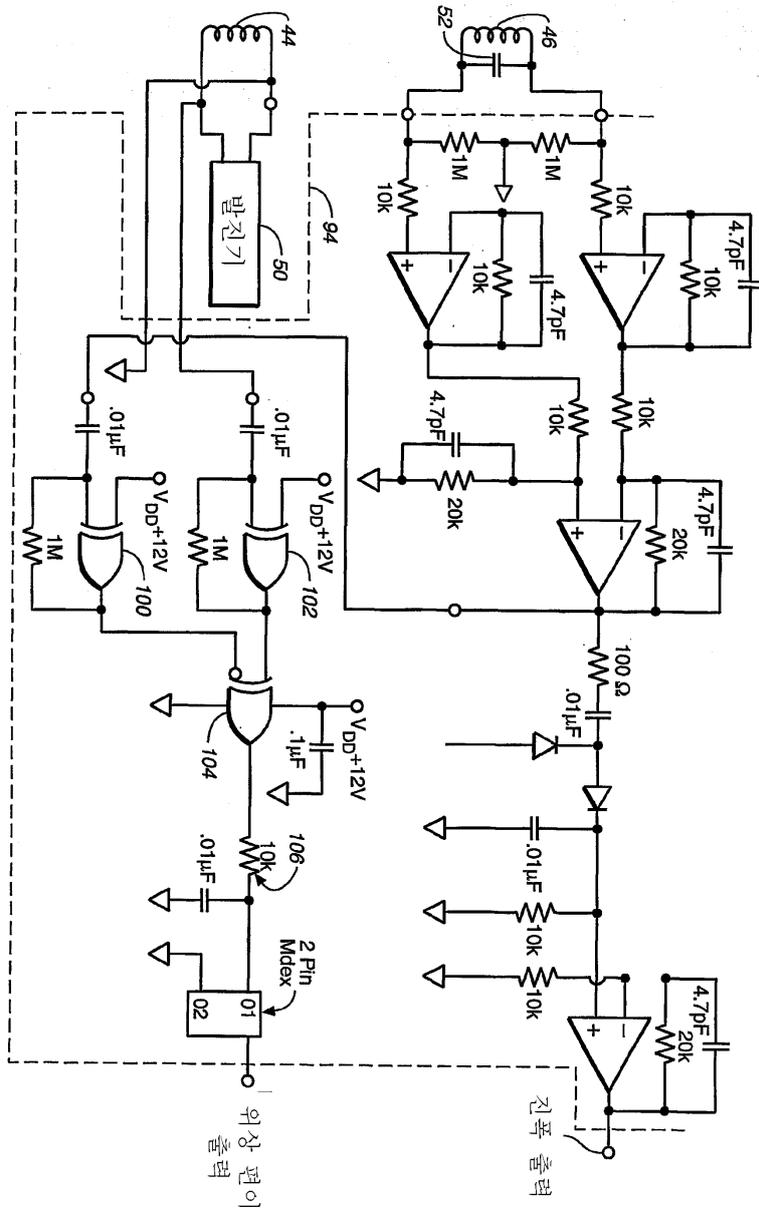
도면6d



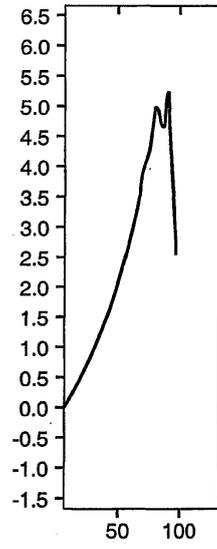
도면7



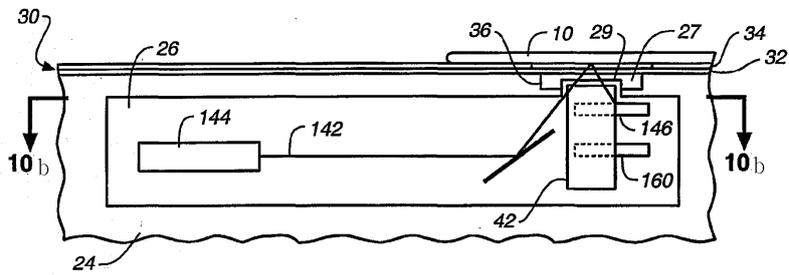
도면8



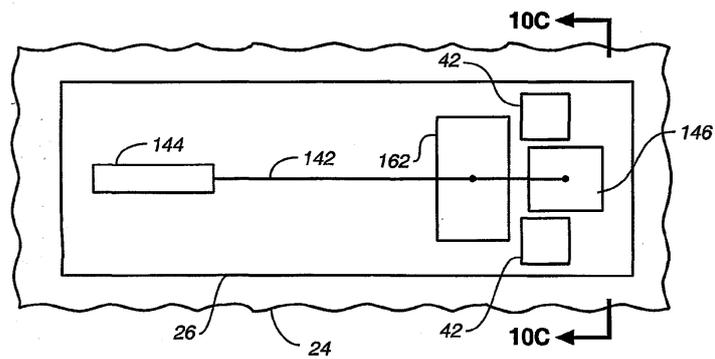
도면9



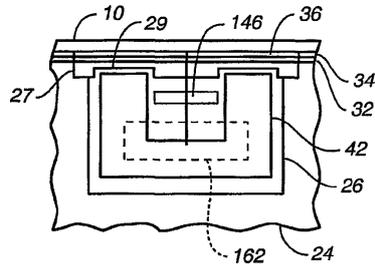
도면10a



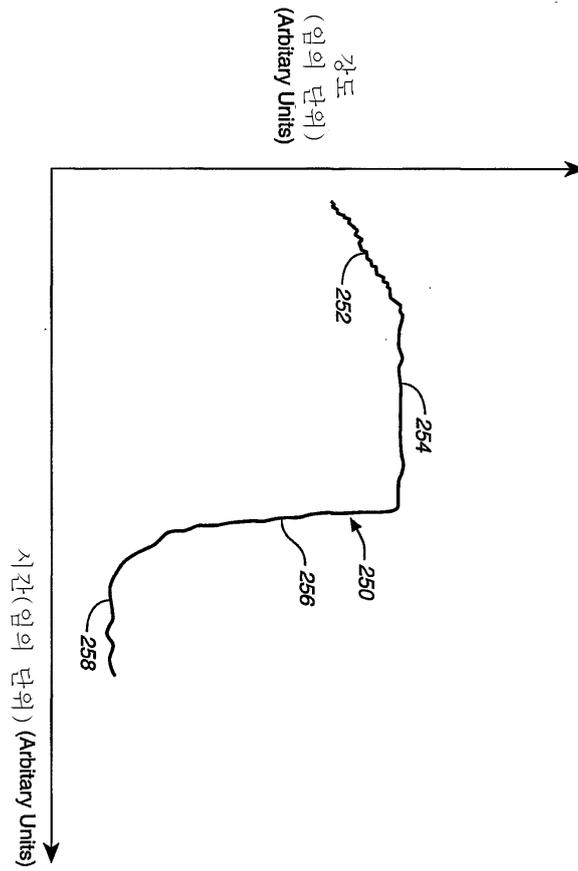
도면10b



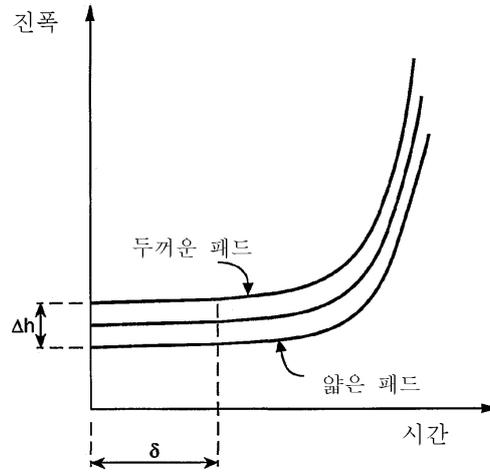
도면10c



도면11



도면12a



도면12b

