



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월10일  
(11) 등록번호 10-1664532  
(24) 등록일자 2016년10월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/66 (2006.01) B24B 37/005 (2012.01)  
B24B 9/06 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)  
H01L 21/67 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0110994  
(22) 출원일자 2013년09월16일  
심사청구일자 2015년12월23일  
(65) 공개번호 10-2014-0040012  
(43) 공개일자 2014년04월02일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2012-209499 2012년09월24일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2008018502 A  
KR1020060105249 A  
US07018275 B2  
US20070232203 A1

(73) 특허권자  
가부시키키가이샤 에바라 세이사꾸쇼  
일본국 도쿄도 오타쿠 하네다아사히쵸 11-1  
(72) 발명자  
도가와 테츠지  
일본 도쿄도 오타쿠 하네다 아사히쵸 11-1 가부시  
키키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 내  
세키 마사야  
일본 도쿄도 오타쿠 하네다 아사히쵸 11-1 가부시  
키키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 내  
다케나카 히로유키  
일본 도쿄도 오타쿠 하네다 아사히쵸 11-1 가부시  
키키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 내  
(74) 대리인  
장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 21 항

심사관 : 광중환

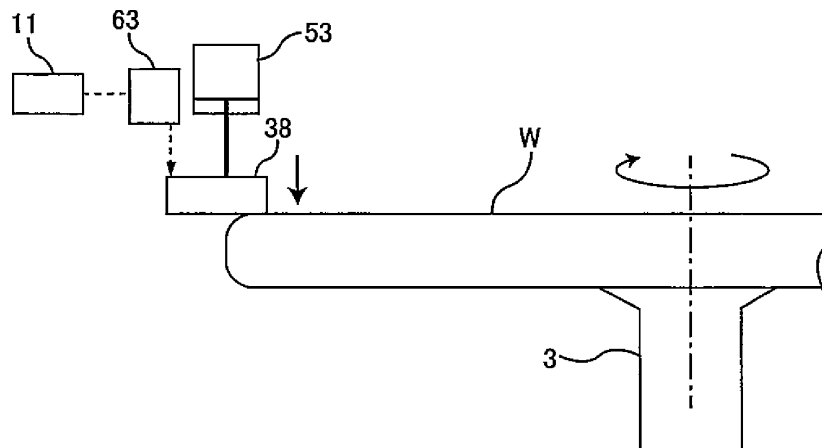
(54) 발명의 명칭 기판의 연마 이상 검출 방법 및 연마 장치

(57) 요약

웨이퍼의 에지부의 연마 중에 웨이퍼가 정확하게 연마되고 있는지 여부를 결정할 수 있는 방법을 제공한다.

본 발명에 관한 방법은, 웨이퍼(W)를 회전시켜, 웨이퍼(W)의 에지부에 연마구(38)를 가압하여 그 웨이퍼(W)의 에지부를 연마하고, 연마 중에 연마구(38)의 웨이퍼(W)의 표면에 대한 상대 위치를 상대 위치 측정기(63)에 의해 측정하고, 웨이퍼(W)의 연마량을 연마구(38)의 상대 위치로부터 결정하고, 웨이퍼(W)의 연마량으로부터 연마 레이트를 산출하고, 연마 레이트가 미리 정해진 범위로부터 벗어났을 때는, 연마 이상이 일어났다고 판단한다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기관의 에지부의 연마 이상을 검출하는 방법이며,  
상기 방법은,  
기관을 회전시키고,  
기관의 에지부에 연마구를 가압하여 에지부를 연마하고,  
기관의 표면에 대한 연마구의 위치를 측정하고,  
연마구의 위치로부터 기관의 연마량을 결정하고,  
기관의 연마량으로부터 연마 레이트를 산출하고,  
기관의 에지부에 연마 이상이 일어났는지 여부를 판단하는 것을 포함하며,  
이상은 연마 레이트가 미리 정해진 범위로부터 벗어난 횟수가 미리 정해진 횟수에 도달했을 때 일어나는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제1항에 있어서,  
기관의 에지부에 연마 이상이 일어났다고 판단되었을 때는, 기관의 에지부의 연마를 정지하는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,  
기관의 에지부에 연마 이상이 일어났다고 판단되었을 때는, 경보를 발하는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,  
연마구는 연마 테이프인, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,  
연마구는 고정 지립인, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 8

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

제1항에 있어서,

연마 레이트가 미리 정해진 범위보다 낮을 때는, 연마구로부터 뒤이어 연마되는 기관에 인가되는 압력을 증가시키는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

**청구항 16**

제1항에 있어서,

연마 레이트가 미리 정해진 범위보다 낮을 때는, 뒤이어 연마되는 기관의 회전 속도를 증가시키는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

**청구항 17**

기관의 연마 이상을 검출하는 방법이며,

상기 방법은,

기관을 회전시키고,

기관의 에지부에 연마구를 가압하여 에지부를 연마하고,

기관의 표면에 대한 연마구의 위치를 측정하고,

연마구의 위치로부터 기관의 연마량을 결정하고,

기관의 연마량으로부터 연마 레이트를 산출하고,

기관의 에지부에 연마 이상이 일어났는지 여부를 판단하는 것을 포함하며,

이상은 연마 레이트가 미리 정해진 범위로부터 벗어난 시간이 미리 정해진 임계값을 초과했을 때 일어나는, 연마 이상 검출 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

기관의 에지부에 연마 이상이 일어났다고 판단되었을 때는, 기관의 에지부의 연마를 정지하는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 19

제17항에 있어서,

기관의 에지부에 연마 이상이 일어났다고 판단되었을 때는, 경보를 발하는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 20

제17항에 있어서,

연마구는 연마 테이프인, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 21

제17항에 있어서,

연마구는 고정 지립인, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 22

제17항에 있어서,

연마 레이트가 미리 정해진 범위보다 낮을 때는, 연마구로부터 뒤이어 연마되는 기관에 인가되는 압력을 증가시키는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 23

제17항에 있어서,

연마 레이트가 미리 정해진 범위보다 낮을 때는, 뒤이어 연마되는 기관의 회전 속도를 증가시키는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 24

기관의 연마 이상을 검출하는 방법이며,

상기 방법은,

기관을 회전시키고,

에지부보다 더 내측에 위치된 기관의 표면에 수직 방향으로 기관의 에지부에 연마구를 가압하고,

기관의 표면에 평행한 수평면 및 기관의 표면에 수직인 수직면을 형성하도록 에지부를 연마하고,

기관의 표면에 대한 연마구의 위치를 측정하고,

연마구의 위치로부터 기관의 연마량을 결정하고,

기관의 연마량으로부터 연마 레이트를 산출하고,

기관의 에지부에 연마 이상이 일어났는지 여부를 판단하는 것을 포함하며,

이상은 연마 레이트가 미리 정해진 범위를 벗어난 때 일어나며, 이상의 발생은 수직면의 비평탄을 나타내는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 25

제24항에 있어서,

기관의 에지부에 연마 이상이 일어났다고 판단되었을 때는, 기관의 에지부의 연마를 정지하는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 26

제24항에 있어서,

기관의 에지부에 연마 이상이 일어났다고 판단되었을 때는, 경보를 발하는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 27

제24항에 있어서,

연마구는 연마 테이프인, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 28

제24항에 있어서,

연마구는 고정 지립인, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 29

제24항에 있어서,

연마 레이트가 미리 정해진 범위보다 낮을 때는, 연마구로부터 뒤이어 연마되는 기관에 인가되는 압력을 증가시키는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

#### 청구항 30

제24항에 있어서,

연마 레이트가 미리 정해진 범위보다 낮을 때는, 뒤이어 연마되는 기관의 회전 속도를 증가시키는 것을 더 포함하는, 연마 이상 검출 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 웨이퍼 등의 기관의 연마 이상 검출 방법 및 연마 장치에 관한 것으로, 특히 기관의 주연부를 연마 테이프 또는 고정 지립 등의 연마구로 연마하는 연마 공정의 이상을 검출하기 위한 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 웨이퍼의 주연부를 연마하기 위해서, 연마 테이프 또는 고정 지립 등의 연마구를 구비한 연마 장치가 사용되고 있다. 이러한 종류의 연마 장치는, 웨이퍼를 회전시키면서, 웨이퍼의 주연부에 연마구를 접촉시킴으로써 웨이퍼의 주연부를 연마한다. 본 명세서에서는, 웨이퍼의 주연부를, 웨이퍼의 최외주에 위치하는 베벨부와, 이 베벨부의 반경 방향 내측에 위치하는 톱에지부 및 보텀에지부를 포함하는 영역으로서 정의한다.

[0003] 도 31의 (a) 및 도 31의 (b)는, 웨이퍼의 주연부를 도시하는 확대 단면도이다. 보다 상세하게는, 도 31의 (a)는 소위 스트레이트형 웨이퍼의 단면도이고, 도 31의 (b)는 소위 라운드형 웨이퍼의 단면도이다. 도 31의 (a)의 웨이퍼(W)에 있어서, 베벨부는 상측 경사부(상측 베벨부; P), 하측 경사부(하측 베벨부; Q) 및 측부(에이펙스; R)로 구성되는 웨이퍼(W)의 최외주면(부호 B로 나타냄)이다. 도 31의 (b)의 웨이퍼(W)에 있어서는, 베벨부는, 웨이퍼(W)의 최외주면을 구성하는, 만곡된 단면을 갖는 부분(부호 B로 나타냄)이다. 톱에지부는, 베벨부(B)보다도 반경 방향 내측에 위치하는 평탄부(E1)이다. 보텀에지부는, 톱에지부와는 반대측에 위치하여, 베벨부(B)보다도 반경 방향 내측에 위치하는 평탄부(E2)이다. 이하, 이들 톱에지부(E1) 및 보텀에지부(E2)를, 총칭해서 에지부라고 칭한다. 에지부는 디바이스가 형성된 영역을 포함하기도 한다.

[0004] SOI(Silicon on Insulator) 기관 등의 제조 공정에서는, 도 32에 도시한 바와 같이, 웨이퍼(W)의 에지부에 수직면 및 수평면을 형성하는 것이 요청되고 있다. 이러한 에지부의 단면 형상은, 도 33에 도시한 바와 같은 연마 방법에 의해 달성된다. 즉, 웨이퍼(W)를 회전시키면서, 연마 테이프, 고정 지립 등으로 이루어지는 연마구(400)의 직각인 테두리부를 에지부에 가압함으로써, 웨이퍼(W)의 에지부를 연마한다. 연마구(400)의 하면은, 지립을 보유 지지한 연마면을 구성하고 있고, 이 연마면은 웨이퍼(W)와 평행하게 배치된다. 그리고, 연마구(400)의 연마면을 웨이퍼(W)의 에지부에 대해 가압함으로써, 도 32에 도시한 바와 같은, 직각 단면 형상, 즉 수

직면 및 수평면을 웨이퍼(W)의 에지부에 형성할 수 있다.

[0005] 그러나, 연마구(400)의 경시적 열화, 연마 장치의 문제 또는 그 밖의 원인에 의해, 웨이퍼의 에지부가 정확하게 연마되지 못한 경우가 있다. 이러한 연마 이상은 수율을 저하시켜 버리기 때문에, 연마 이상을 빠르게 검출할 필요가 있다. 그러나, 웨이퍼의 에지부가 정확하게 연마되고 있는지 여부는, 연마된 웨이퍼의 에지부의 단면을 현미경에 의해 관찰하지 않으면 판단할 수 없었다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, 상술한 종래의 문제점을 감안하여 이루어진 것으로, 웨이퍼 등의 기관의 에지부의 연마 중에 기관이 정확하게 연마되고 있는지 여부를 결정할 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명자는, 연마가 정확하게 행해지지 않을 때의 연마 레이트[단위 시간당 연마(제거)된 웨이퍼의 양, 제거 레이트라고도 함]는, 연마가 정확하게 행해질 때의 연마 레이트와는 다른 것을 웨이퍼의 연마 결과로부터 알아냈다.

[0008] 따라서, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 형태는, 기관을 회전시키고, 상기 기관의 에지부에 연마구를 가압하여 그 기관의 에지부를 연마하고, 연마 중에 상기 연마구의 상기 기관 표면에 대한 상대 위치를 측정하고, 상기 기관의 연마량을 상기 연마구의 상대 위치로부터 결정하고, 상기 기관의 연마량으로부터 연마 레이트를 산출하고, 상기 연마 레이트가 미리 정해진 범위로부터 벗어났을 때는, 연마 이상이 일어났다고 판단하는 것을 특징으로 하는 연마 이상 검출 방법이다.

[0009] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마 레이트가 상기 미리 정해진 범위로부터 벗어난 횟수가 소정의 횟수에 도달했을 때는, 연마 이상이 일어났다고 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마 레이트가 상기 미리 정해진 범위로부터 벗어난 시간이 소정의 임계값을 초과했을 때는, 연마 이상이 일어났다고 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 바람직한 형태는, 연마 이상이 일어났다고 판단되었을 때는, 상기 기관의 에지부의 연마를 정지하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명의 바람직한 형태는, 연마 이상이 일어났다고 판단되었을 때는, 경보를 발하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마구는, 연마 테이프인 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마구는, 고정 지립인 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명의 다른 형태는, 기관을 보유 지지하여 회전시키는 기관 보유 지지부와, 연마구를 상기 기관의 에지부에 가압하는 가압 기구와, 연마 중에 상기 연마구의 상기 기관 표면에 대한 상대 위치를 측정하는 상대 위치 측정기와, 상기 기관의 연마량을 상기 연마구의 상대 위치로부터 결정하고, 상기 기관의 연마량으로부터 연마 레이트를 산출하는 연마 제어부를 구비하고, 상기 연마 제어부는, 상기 연마 레이트가 미리 정해진 범위로부터 벗어났을 때는, 연마 이상이 일어났다고 판단하는 것을 특징으로 하는 연마 장치이다.

[0016] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마 제어부는, 상기 연마 레이트가 상기 미리 정해진 범위로부터 벗어난 횟수가 소정의 횟수에 도달했을 때는, 연마 이상이 일어났다고 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마 제어부는, 상기 연마 레이트가 상기 미리 정해진 범위로부터 벗어난 시간이 소정의 임계값을 초과했을 때는, 연마 이상이 일어났다고 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마 제어부는, 연마 이상이 일어났다고 판단했을 때는, 상기 기관의 에지부의 연마를 정지하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마 제어부는, 연마 이상이 일어났다고 판단했을 때는, 경보를 발하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마구는, 연마 테이프인 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 연마구는, 고정 지립인 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면, 기관의 에지부가 정확하게 연마되고 있는지 여부를 연마 중에 결정할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명에 관한 연마 방법의 일 실시 형태를 실시하기 위한 연마 장치를 설명하기 위한 모식도이다.

도 2는 본 발명에 관한 연마 방법의 일 실시 형태를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 실제로 연마된 웨이퍼의 에지부의 단면 확대도와, 연마 테이퍼의 일례를 도시하는 도면이다.

도 4는 실제로 연마된 웨이퍼의 에지부의 단면 확대도와, 연마 테이퍼의 다른 예를 도시하는 도면이다.

도 5는 실제로 연마된 웨이퍼의 에지부의 단면 확대도와, 연마 테이퍼의 또 다른 예를 도시하는 도면이다.

도 6은 실제로 연마된 웨이퍼의 에지부의 단면 확대도와, 연마 테이퍼의 또 다른 예를 도시하는 도면이다.

도 7은 도 6에 도시하는 웨이퍼 각도를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 연마 장치의 일 실시 형태를 도시하는 평면도이다.

도 9는 도 8의 F-F선 단면도이다.

도 10은 도 9의 화살표 G로 나타내는 방향에서 본 도면이다.

도 11은 연마 헤드 및 연마 테이프 공급 회수 기구의 평면도이다.

도 12는 연마 헤드 및 연마 테이프 공급 회수 기구의 정면도이다.

도 13은 도 12에 도시하는 H-H선 단면도이다.

도 14는 도 12에 도시하는 연마 테이프 공급 회수 기구의 측면도이다.

도 15는 도 12에 도시하는 연마 헤드를 화살표 I로 나타내는 방향에서 본 종단면도이다.

도 16은 위치 센서 및 도그를 위에서 본 도면이다.

도 17은 소정의 연마 위치로 이동된 연마 헤드 및 연마 테이프 공급 회수 기구를 도시하는 도면이다.

도 18은 연마 위치에 있는 가압 패드, 연마 테이프 및 웨이퍼를 가로 방향에서 본 모식도이다.

도 19는 가압 패드에 의해 연마 테이프를 웨이퍼에 가압하고 있는 상태를 도시하는 도면이다.

도 20의 (a) 내지 도 20의 (c)는 연마 테이프의 테두리부를 검출할 때의 동작을 설명하는 도면이다.

도 21의 (a)는 연마 위치에 있는 연마 테이프 및 가압 패드를 웨이퍼의 직경 방향에서 본 도면이고, 도 21의 (b)는 가압 패드의 하면이 연마 테이프의 상면에 접촉하고 있는 상태를 도시하는 도면이고, 도 21의 (c)는 가압 패드가 연마 테이프를 웨이퍼에 대해 위에서부터 가압하고 있는 상태를 도시하는 도면이다.

도 22의 (a)는 가압 패드에 의해 연마 테이프를 웨이퍼에 가압한 결과, 웨이퍼가 휘어 있는 상태를 도시하는 도면이고, 도 22의 (b)는 도 22의 (a)에 도시하는 상태에서 연마된 웨이퍼의 단면도이다.

도 23은 서포트 스테이지를 구비한 웨이퍼 보유 지지부를 도시하는 종단면도이다.

도 24는 서포트 스테이지의 사시도이다.

도 25는 보유 지지 스테이지와 그 상면에 보유 지지된 웨이퍼가, 서포트 스테이지에 대해 상대적으로 상승한 상태를 도시하는 도면이다.

도 26은 테이프 스톱퍼가 설치된 실시 형태를 도시하는 도면이다.

도 27은 연마 테이프가 수평 방향의 하중을 받아서 변형된 상태를 도시하는 도면이다.

도 28은 테이프 스톱퍼 및 테이프 커버가 설치된 실시 형태를 도시하는 도면이다.

도 29는 가압 패드의 외측으로의 움직임에 제한하는 이동 제한 기구가 설치된 실시 형태를 도시하는 도면이다.

도 30은 도 23에 나타내는 실시 형태와 도 29에 나타내는 실시 형태를 조합한 예를 도시하는 도면이다.

도 31은 도 31의 (a) 및 도 31의 (b)는 웨이퍼의 주연부를 도시하는 확대 단면도이다.

도 32는 웨이퍼의 에지부에 형성된 수직면 및 수평면을 도시하는 도면이다.

도 33은 도 32에 도시하는 수직면 및 수평면을 형성하기 위한 연마 방법을 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서 도면을 참조하여 설명한다.
- [0025] 도 1은 본 발명에 관한 연마 방법의 일 실시 형태를 실시하기 위한 연마 장치를 설명하기 위한 모식도이다. 연마 장치는 웨이퍼(W)를 보유 지지하여 회전시키는 웨이퍼 보유 지지부[기판 보유 지지부(3)]와, 웨이퍼(W)의 에지부를 연마하는 연마구(38)와, 연마구(38)를 웨이퍼(W)의 에지부를 향해 누르는 가압 기구로서의 에어 실린더(53)와, 연마구(38)의 웨이퍼의 표면에 대한 상대적인 위치를 측정하는 상대 위치 측정기로서의 위치 센서(63)와, 연마구(38)의 위치의 측정값으로부터 웨이퍼(W)의 연마량을 결정하는 연마 제어부(11)를 구비하고 있다.
- [0026] 위치 센서(63)는 웨이퍼(W)의 표면에 대해 수직인 방향에 있어서의 연마구(38)의 위치를 측정하도록 배치되어 있다. 따라서, 웨이퍼(W)의 표면으로부터의 연마구(38)의 위치의 변화량은 웨이퍼(W)의 연마량에 상당한다. 상대 위치 측정기로서, 위치 센서 대신에 변위 센서를 사용해도 된다. 연마구(38)로서는 연마 테이프, 고정 지립 등이 사용된다. 가압 기구(53)로서 에어 실린더 대신에, 서보 모터와 볼 나사의 조합을 사용해도 된다.
- [0027] 도 2는 본 발명에 관한 연마 방법의 일 실시 형태를 설명하기 위한 도면이다. 연마구(38)는 그 연마면이 웨이퍼(W)의 표면과 평행하고, 또한 연마면이 웨이퍼(W)의 에지부에 대향하도록 배치된다. 웨이퍼(W)의 연마는 다음과 같이 해서 행해진다. 우선, 스텝 1에서 웨이퍼(W)를 웨이퍼 보유 지지부(3)에 의해 회전시킨다. 스텝 2에서는 도시하지 않은 기체 공급 장치로부터 에어 실린더(53)에 기체를 공급하고, 연마구(38)의 연마면이 웨이퍼(W)의 에지부에 접촉할 때까지, 연마구(38)를 웨이퍼(W)를 향해 이동시킨다. 스텝 3에서는 에어 실린더(53) 내의 기체의 압력이 미리 설정된 값에 도달할 때까지 에어 실린더(53)에 기체를 더 공급한다.
- [0028] 스텝 4에서는, 에어 실린더(53) 내의 기체의 압력이 상기 미리 설정된 값으로 유지된 상태에서, 위치 센서(63)에 의해 연마구(38)의 위치를 소정의 초기 측정 시간만큼 측정한다. 이 초기 측정 시간은 연마구(38)의 위치의 측정값이 안정되기 위해 필요로 되는 시간이며, 과거의 웨이퍼 연마나 실험 등을 통해 미리 결정된다. 연마 제어부(11)는 이 소정의 초기 측정 시간 동안에 취득된 측정값의 평균을 산출하고, 이 측정값의 평균을 위치 기준값으로서 정의한다. 이 위치 기준값은 웨이퍼(W)의 표면 위치를 나타내는 값이며, 따라서 웨이퍼(W)의 연마량은, 이 위치 기준값으로부터의 연마구(38)의 이동량(즉 거리)에 의해 나타낼 수 있다.
- [0029] 연마구(38)는 에어 실린더(53)에 의해 웨이퍼(W)의 에지부에 가압되고, 이에 의해 스텝 5에 나타낸 바와 같이 웨이퍼(W)의 에지부가 연마된다. 연마구(38)의 테두리부는 직각인 코너부이며, 이 직각인 테두리부가 웨이퍼(W)의 에지부에 위에서부터 가압된다. 연마구(38)의 연마면은 웨이퍼 표면에 평행한 수평한 면이며, 이 수평한 연마면을 웨이퍼(W)의 에지부에 가압함으로써, 웨이퍼(W)의 에지부에 수직면 및 수평면을 형성한다.
- [0030] 연마구(38)가 웨이퍼(W)의 에지부를 연마함에 따라서 연마구(38)의 위치가 변화된다. 이 연마구(38)의 위치의 변화량은 웨이퍼(W)의 에지부의 연마량에 상당한다. 따라서, 연마 제어부(11)는 위치 센서(63)에 의해 취득되는 연마구(38)의 위치의 측정값으로부터 웨이퍼(W)의 에지부의 연마량을 결정할 수 있다. 보다 구체적으로는, 현재의 측정값과 상술한 위치 기준값의 차분(절댓값)이, 현재의 연마량에 결정된다. 이 연마량은 연마구(38)에 의해 제거된 웨이퍼(W)의 두께, 즉 연마 깊이로서 나타난다. 연마 제어부(11)는, 이와 같이 해서 구해진 연마량이 소정의 목표 연마량에 도달했을 때, 연마구(38)에 의한 웨이퍼(W)의 에지부의 연마를 정지시킨다.
- [0031] 도 3 내지 도 6은 실제로 연마된 웨이퍼의 에지부의 단면 확대도와, 연마 데이터를 도시하는 도면이다. 도 3 내지 도 6에 있어서, 연마 폭은 연마구(38)에 의해 연마된 부분의 폭을 나타내고, 연마량은 연마구(38)에 의해 연마(제거)된 웨이퍼의 양(깊이)을 나타내고, 평균 연마 레이트는 연마 시간 전체를 통한 단위 시간당 평균 연마량(연마 깊이)을 나타내고, 차분은 목표 연마량과 실제의 연마량의 차를 나타내고, 오차는 차분을 목표 연마량으로 나눈 수치이다. 또한, 웨이퍼 각도는 도 7에 도시한 바와 같이, 웨이퍼(W)에 형성되어 있는 노치부(절결)로부터의 둘레 방향의 각도이다. 노치부의 둘레 방향의 각도는 0°로서 정의된다.



- [0032] 도 3 내지 도 5에서는, 연마 시간 전체를 통해서 연마량은 거의 일정하게 증가하고 있고, 웨이퍼(W)의 에지부에 형성되어 있는 수직면 및 수평면은 대강 평탄해지고 있다. 이에 반해, 도 6에서는, 연마 시간 전체를 통해서 연마량은 일정하게 증가하고 있지 않고, 웨이퍼(W)의 에지부에는 평탄한 수직면 및/또는 수평면이 형성되어 있지 않다. 이 연마 결과로부터, 연마 시간 전체를 통해서 연마량이 거의 일정하게 증가하고 있을 때는 웨이퍼(W)의 에지부의 연마가 정확하게 행해지고 있는 것을 알 수 있다.
- [0033] 따라서, 연마 제어부(11)는 웨이퍼(W)의 연마 중에, 소정의 시간당 연마량을 결정하고, 결정된 연마량으로부터 연마 레이트를 산출하고, 이 연마 레이트가 소정의 범위 내에 있는지 여부를 결정하고, 연마 레이트가 소정의 범위로부터 벗어났을 때에는, 연마 이상이 일어났다고 판단한다. 보다 바람직하게는, 연마 레이트가 소정의 범위로부터 벗어난 횟수가 소정의 횟수에 도달했을 때에는 연마 이상이 일어났다고 판단하거나, 또는 연마 레이트가 소정의 범위로부터 벗어난 시간이 소정의 임계값을 초과했을 때에는 연마 제어부(11)는 연마 이상이 일어났다고 판단한다.
- [0034] 도 5에 도시하는 예에서는, 연마 시간 전체를 통해서 연마 레이트는 대강 일정하며, 연마 레이트는 소정의 범위 내에 있다. 따라서, 연마 제어부(11)는 웨이퍼(W)의 에지부의 연마가 정확하게 행해지고 있다고 판단한다. 이에 반해, 도 6에 나타내는 예에서는, 연마 레이트는 연마 시간 전체를 통해서 일정하지 않고, 어떤 시점에서는 소정의 범위로부터 벗어나 있다. 구체적으로는, 150초가 경과한 시점에서의 연마 레이트는 거의 0이며, 380초가 경과한 시점에서의 연마 레이트는 크게 증가하고 있다. 따라서, 도 6에 나타내는 예에서는, 연마 제어부(11)는 웨이퍼(W)의 에지부의 연마가 정확하게 행해지지 않고 있다고 판단한다.
- [0035] 이와 같이, 연마 제어부(11)는 웨이퍼(W)의 연마 중에 연마 이상의 발생을 판단할 수 있다. 따라서, 연마 제어부(11)는 웨이퍼(W)의 에지부의 연마의 리얼타임 감시를 행하는 것이 가능하다. 연마 이상의 예로서는, 도 6에 도시한 바와 같이, 연마량과 연마 시간의 관계를 나타내는 선형이 상실된 경우뿐만 아니라, 연마 시간 전체를 통한 총 연마 레이트가 매우 낮은 경우 또는 매우 높은 경우도 포함된다.
- [0036] 상술한 바와 같이, 연마량은 위치 센서(63)에 의해 취득되는 연마구(38)의 위치의 측정값으로부터 결정된다. 연마량을 보다 정확하게 취득하기 위해서, 연마 제어부(11)는 위치 센서(63)로부터 보내져 오는 측정값의 이동 평균을 산출하고, 이 이동 평균으로부터 연마량을 결정해도 된다. 이와 같이 함으로써, 연마구(38)의 위치의 측정값의 편차의 영향을 배제할 수 있다.
- [0037] 연마 이상을 검출한 경우에는 연마 제어부(11)는 웨이퍼(W)의 에지부의 연마를 정지시키는 것이 바람직하고, 또한 경고 신호를 외부로 발신하는 것이 바람직하다. 또한, 연마 이상을 검출한 경우, 연마 제어부(11)는 후속 웨이퍼의 연마 조건을 변경하도록 해도 된다. 예를 들어, 산출된 연마 레이트가 소정의 범위보다도 낮은 경우에는, 후속 웨이퍼의 연마 시의 연마구(38)의 웨이퍼에 대한 가압 압력을 높게 하고, 및/또는 웨이퍼의 회전 속도를 높게 한다. 이와 같이, 웨이퍼(W)의 연마 중에 산출된 연마 레이트를 후속 웨이퍼의 연마 조건에 반영시킴으로써, 연마 이상의 발생을 미연에 방지할 수 있다.
- [0038] 이어서, 상술한 연마 장치의 상세에 대해서 설명한다. 도 8은 연마 장치를 도시하는 평면도이고, 도 9는 도 8의 F-F선 단면도이고, 도 10은 도 9의 화살표 G로 나타내는 방향에서 본 도면이다. 연마 장치는 연마 대상물인 웨이퍼(기판)(W)를 수평하게 보유 지지하고, 회전시키는 웨이퍼 보유 지지부(3)를 구비하고 있다. 도 8에 있어서는, 웨이퍼 보유 지지부(3)가 웨이퍼(W)를 보유 지지하고 있는 상태를 나타내고 있다. 웨이퍼 보유 지지부(3)는 웨이퍼(W)의 하면을 진공 흡인에 의해 보유 지지하는 보유 지지 스테이지(4)와, 보유 지지 스테이지(4)의 중앙부에 연결된 중공 샤프트(5)와, 이 중공 샤프트(5)를 회전시키는 모터(M1)를 구비하고 있다. 웨이퍼(W)는 웨이퍼(W)의 중심이 중공 샤프트(5)의 축심과 일치하도록 보유 지지 스테이지(4) 위에 적재된다.
- [0039] 보유 지지 스테이지(4)는 격벽(20)과 베이스 플레이트(21)에 의해 형성된 연마실(22) 내에 배치되어 있다. 격벽(20)은 웨이퍼(W)를 연마실(22)로 반입 및 반출하기 위한 반송구(20a)를 구비하고 있다. 반송구(20a)는 수평하게 연장되는 절결로서 형성되어 있다. 이 반송구(20a)는 셔터(23)에 의해 닫히는 것이 가능하게 되어 있다.
- [0040] 중공 샤프트(5)는 볼 스플라인 베어링(직동 베어링)(6)에 의해 상하로 이동 가능하게 지지되어 있다. 보유 지지 스테이지(4)의 상면에는 홈(4a)이 형성되어 있고, 이 홈(4a)은 중공 샤프트(5)를 통해서 연장되는 연통로(7)에 연통되어 있다. 연통로(7)는 중공 샤프트(5)의 하단부에 장착된 로터리 조인트(8)를 개재해서 진공 라인(9)에 접속되어 있다. 연통로(7)는 처리 후의 웨이퍼(W)를 보유 지지 스테이지(4)로부터 이탈시키기 위한 질소 가스 공급 라인(10)에도 접속되어 있다. 이들의 진공 라인(9)과 질소 가스 공급 라인(10)을 전환함으로써, 웨이퍼(W)를 보유 지지 스테이지(4)의 상면에 보유 지지하고, 이탈시킨다.

- [0041] 중공 샤프트(5)는 이 중공 샤프트(5)에 연결된 폴리(p1)와, 모터(M1)의 회전축에 장착된 폴리(p2)와, 이들 폴리(p1, p2)에 걸쳐진 벨트(b1)를 개재해서 모터(M1)에 의해 회전된다. 볼 스플라인 베어링(6)은 중공 샤프트(5)가 그 길이 방향으로 자유롭게 이동하는 것을 허용하는 베어링이다. 볼 스플라인 베어링(6)은 원통 형상의 케이싱(12)에 고정되어 있다. 따라서, 중공 샤프트(5)는 케이싱(12)에 대해 상하로 직선 이동이 가능하고, 중공 샤프트(5)와 케이싱(12)은 일체로 회전한다. 중공 샤프트(5)는 에어 실린더(승강 기구)(15)에 연결되어 있고, 에어 실린더(15)에 의해 중공 샤프트(5) 및 보유 지지 스테이지(4)가 상승 및 하강할 수 있도록 되어 있다.
- [0042] 케이싱(12)과, 그 외측에 동심 상에 배치된 원통 형상의 케이싱(14) 사이에는 래디얼 베어링(18)이 개재 장착되어 있고, 케이싱(12)은 베어링(18)에 의해 회전 가능하게 지지되어 있다. 이와 같은 구성에 의해, 웨이퍼 보유 지지부(3)는 웨이퍼(W)를 그 중심축 둘레로 회전시키고, 또한 웨이퍼(W)를 그 중심축을 따라 상승 하강시킬 수 있다.
- [0043] 웨이퍼 보유 지지부(3)에 보유 지지된 웨이퍼(W)의 반경 방향 외측에는, 웨이퍼(W)의 주연부를 연마하는 연마 유닛(25)이 배치되어 있다. 이 연마 유닛(25)은 연마실(22)의 내부에 배치되어 있다. 도 10에 도시한 바와 같이, 연마 유닛(25) 전체는 설치대(27) 위에 고정되어 있다. 이 설치대(27)는 아암 블록(28)을 개재해서 연마 유닛 이동 기구(30)에 연결되어 있다.
- [0044] 연마 유닛 이동 기구(30)는 아암 블록(28)을 보유 지지하는 볼 나사 기구(31)와, 이 볼 나사 기구(31)를 구동하는 모터(32)와, 볼 나사 기구(31)와 모터(32)를 연결하는 동력 전달 기구(33)를 구비하고 있다. 동력 전달 기구(33)는 폴리 및 벨트 등으로 구성되어 있다. 모터(32)를 작동시키면, 볼 나사 기구(31)가 아암 블록(28)을 도 10의 화살표로 나타내는 방향으로 움직이게 해서, 연마 유닛(25) 전체가 웨이퍼(W)의 접선 방향으로 이동한다. 이 연마 유닛 이동 기구(30)는 연마 유닛(25)을 소정의 진폭 및 소정의 속도로 요동시키는 오실레이션 기구로서도 기능한다.
- [0045] 연마 유닛(25)은 연마 테이프(38)를 사용해서 웨이퍼(W)의 주연부를 연마하는 연마 헤드(50)와, 연마 테이프(38)를 연마 헤드(50)에 공급하고, 또한 연마 헤드(50)로부터 회수하는 연마 테이프 공급 회수 기구(70)를 구비하고 있다. 연마 헤드(50)는 연마 테이프(38)의 연마면을 웨이퍼(W)의 주연부에 위에서 눌러서 웨이퍼(W)의 톱 에지부를 연마하는 톱에지 연마 헤드이다. 연마 테이프 공급 회수 기구(70)는 연마 테이프(38)를 웨이퍼(W)의 표면과 평행하게 지지하는 연마 테이프 지지 기구로서도 기능한다.
- [0046] 도 11은 연마 헤드(50) 및 연마 테이프 공급 회수 기구(70)의 평면도이고, 도 12는 연마 헤드(50) 및 연마 테이프 공급 회수 기구(70)의 정면도이고, 도 13은 도 12에 도시하는 H-H선 단면도이고, 도 14는 도 12에 도시하는 연마 테이프 공급 회수 기구(70)의 측면도이고, 도 15는 도 12에 도시하는 연마 헤드(50)를 화살표 I로 나타내는 방향에서 본 종단면도이다.
- [0047] 설치대(27) 위에는, 웨이퍼(W)의 반경 방향과 평행하게 연장되는 2개의 직동 가이드(40A, 40B)가 배치되어 있다. 연마 헤드(50)와 직동 가이드(40A)는 연결 블록(41A)을 개재해서 연결되어 있다. 또한, 연마 헤드(50)는 그 연마 헤드(50)를 직동 가이드(40A)를 따라[즉, 웨이퍼(W)의 반경 방향으로] 이동시키는 모터(42A) 및 볼 나사(43A)에 연결되어 있다. 보다 구체적으로는, 볼 나사(43A)는 연결 블록(41A)에 고정되어 있고, 모터(42A)는 설치대(27)에 지지 부재(44A)를 개재해서 고정되어 있다. 모터(42A)는 볼 나사(43A)의 나사축을 회전시키도록 구성되어 있고, 이에 의해 연결 블록(41A) 및 이것에 연결된 연마 헤드(50)는 직동 가이드(40A)를 따라 이동된다. 모터(42A), 볼 나사(43A) 및 직동 가이드(40A)는 웨이퍼 보유 지지부(3)에 보유 지지된 웨이퍼(W)의 반경 방향으로 연마 헤드(50)를 이동시키는 제1 이동 기구(45)를 구성한다.
- [0048] 마찬가지로, 연마 테이프 공급 회수 기구(70)와 직동 가이드(40B)는, 연결 블록(41B)을 개재해서 연결되어 있다. 또한, 연마 테이프 공급 회수 기구(70)는 그 연마 테이프 공급 회수 기구(70)를 직동 가이드(40B)를 따라[즉, 웨이퍼(W)의 반경 방향으로] 이동시키는 모터(42B) 및 볼 나사(43B)에 연결되어 있다. 보다 구체적으로는, 볼 나사(43B)는 연결 블록(41B)에 고정되어 있고, 모터(42B)는 설치대(27)에 지지 부재(44B)를 개재해서 고정되어 있다. 모터(42B)는 볼 나사(43B)의 나사축을 회전시키도록 구성되어 있고, 이에 의해, 연결 블록(41B) 및 이에 연결된 연마 테이프 공급 회수 기구(70)는 직동 가이드(40B)를 따라 이동된다. 모터(42B), 볼 나사(43B) 및 직동 가이드(40B)는 웨이퍼 보유 지지부(3)에 보유 지지된 웨이퍼(W)의 반경 방향으로 연마 테이프(38) 및 연마 테이프 공급 회수 기구(연마 테이프 지지 기구)(70)를 이동시키는 테이프 이동 기구(제2 이동 기구)(46)를 구성한다.
- [0049] 도 15에 도시한 바와 같이, 연마 헤드(50)는 연마 테이프(38)를 웨이퍼(W)에 대해 가압하는 가압 패드(51)와,

가압 패드(51)를 보유 지지하는 패드 홀더(52)와, 이 패드 홀더(52)[및 가압 패드(51)]를 밀어 내리는 가압 기구로서의 에어 실린더(53)를 구비하고 있다. 에어 실린더(53)는 보유 지지 부재(55)에 보유 지지되어 있다. 또한, 보유 지지 부재(55)는 연직 방향으로 연장되는 직동 가이드(54)를 개재해서 리프트 기구로서의 에어 실린더(56)에 연결되어 있다. 도시하지 않은 기체 공급원으로부터 공기 등의 기체가 에어 실린더(56)에 공급되면, 에어 실린더(56)는 보유 지지 부재(55)를 밀어 올린다. 이에 의해, 보유 지지 부재(55), 에어 실린더(53), 패드 홀더(52) 및 가압 패드(51)는 직동 가이드(54)를 따라 들어 올려진다.

[0050] 본 실시 형태에서는, 가압 패드(51)를 웨이퍼 표면에 대해 수직한 방향으로 이동시키는 수직 이동 기구(59)는, 에어 실린더(53) 및 에어 실린더(56)에 의해 구성된다. 모터(42A), 볼 나사(43A) 및 직동 가이드(40A)로 구성되는 제1 이동 기구(45)는, 가압 패드(51) 및 수직 이동 기구(59)를 웨이퍼(W)의 반경 방향으로 이동시키는 반경 방향 이동 기구로서도 기능한다. 또한, 연마 유닛 이동 기구(30)는 가압 패드(51)[및 가압 기구(53)]를 웨이퍼(W)의 접선 방향으로 이동시키는 접선 방향 이동 기구로서 기능한다.

[0051] 에어 실린더(56)는 연결 블록(41A)에 고정된 볼박이 부재(57)에 고정되어 있다. 볼박이 부재(57)와 패드 홀더(52)는 연직 방향으로 연장되는 직동 가이드(58)를 개재해서 연결되어 있다. 에어 실린더(53)에 의해 패드 홀더(52)를 밀어 내리면, 가압 패드(51)는 직동 가이드(58)를 따라 하방으로 이동하고, 연마 테이프(38)를 웨이퍼(W)의 에지부에 대해 가압한다. 가압 패드(51)는 PEEK(폴리에테르에테르케톤) 등의 수지, 스테인리스강 등의 금속 또는 SiC(탄화규소) 등의 세라믹으로 형성되어 있다.

[0052] 가압 패드(51)는 연직 방향으로 연장되는 복수의 관통 구멍(51a)을 갖고 있으며, 이 관통 구멍(51a)에는 진공 라인(60)이 접속되어 있다. 진공 라인(60)에는, 도시하지 않은 밸브가 설치되어 있고, 밸브를 개방함으로써 가압 패드(51)의 관통 구멍(51a) 내에 진공이 형성되도록 되어 있다. 가압 패드(51)가 연마 테이프(38)의 상면에 접촉한 상태에서 관통 구멍(51a)에 진공이 형성되면, 연마 테이프(38)의 상면은 가압 패드(51)의 하면에 보유 지지된다. 또한, 가압 패드(51)의 관통 구멍(51a)은 1개여도 된다.

[0053] 패드 홀더(52), 에어 실린더(53), 보유 지지 부재(55), 에어 실린더(56) 및 볼박이 부재(57)는 박스(62) 내에 수용되어 있다. 패드 홀더(52)의 하부는 박스(62)의 저부로부터 돌출되어 있고, 패드 홀더(52)의 하부에 가압 패드(51)가 장착되어 있다. 박스(62) 내에는 가압 패드(51)의 연직 방향의 위치를 검출하는 위치 센서(63)가 배치되어 있다. 이 위치 센서(63)는 볼박이 부재(57)에 장착되어 있다. 패드 홀더(52)에는 센서 타깃으로서의 도그(64)가 설치되어 있고, 위치 센서(63)는 도그(64)의 연직 방향의 위치로부터 가압 패드(51)의 연직 방향의 위치를 검출하도록 되어 있다.

[0054] 도 16은 위치 센서(63) 및 도그(64)를 위에서 본 도면이다. 위치 센서(63)는 투광부(63A)와 수광부(63B)를 갖고 있다. 도그(64)가 패드 홀더(52)[및 가압 패드(51)]와 함께 하강하면, 투광부(63A)로부터 발해진 광의 일부가 도그(64)에 의해 차단된다. 따라서, 수광부(63B)에 의해 수광되는 광의 양으로부터 도그(64)의 위치, 즉 가압 패드(51)의 연직 방향의 위치를 검출할 수 있다. 또한, 도 16에 도시하는 위치 센서(63)는 소위 투과형 광학식 센서이지만, 다른 타입의 위치 센서를 사용해도 된다.

[0055] 연마 테이프 공급 회수 기구(70)는 연마 테이프(38)를 연마 헤드(50)에 공급하는 공급 릴(71)과, 연마 테이프(38)를 연마 헤드(50)로부터 회수하는 회수 릴(72)을 구비하고 있다. 공급 릴(71) 및 회수 릴(72)은 각각 텐션 모터(73, 74)에 연결되어 있다. 이들 텐션 모터(73, 74)는 소정의 토크를 공급 릴(71) 및 회수 릴(72)에 부여함으로써, 연마 테이프(38)에 소정의 텐션을 가할 수 있도록 되어 있다.

[0056] 공급 릴(71)과 회수 릴(72) 사이에는, 연마 테이프 이송 기구(76)가 설치되어 있다. 이 연마 테이프 이송 기구(76)는 연마 테이프(38)를 보내는 테이프 이송 롤러(77)와, 연마 테이프(38)를 테이프 이송 롤러(77)에 대해 가압하는 닥 롤러(78)와, 테이프 이송 롤러(77)를 회전시키는 테이프 이송 모터(79)를 구비하고 있다. 연마 테이프(38)는 닥 롤러(78)와 테이프 이송 롤러(77) 사이에 끼워져 있다. 테이프 이송 롤러(77)를 도 12의 화살표로 나타내는 방향으로 회전시킴으로써, 연마 테이프(38)는 공급 릴(71)로부터 회수 릴(72)로 보내진다.

[0057] 텐션 모터(73, 74) 및 테이프 이송 모터(79)는 베이스(81)에 설치되어 있다. 이 베이스(81)는 연결 블록(41B)에 고정되어 있다. 베이스(81)는 공급 릴(71) 및 회수 릴(72)로부터 연마 헤드(50)를 향해 연장되는 2개의 지지 아암(82, 83)을 갖고 있다. 지지 아암(82, 83)에는 연마 테이프(38)를 지지하는 복수의 가이드 롤러(84A, 84B, 84C, 84D, 84E)가 장착되어 있다. 연마 테이프(38)는 이들 가이드 롤러(84A 내지 84E)에 의해, 연마 헤드(50)를 둘러싸도록 안내된다.

[0058] 연마 테이프(38)가 연장되는 방향은, 위에서 보았을 때, 웨이퍼(W)의 반경 방향에 대해 수직이다. 연마 헤드

(50)의 하방에 위치하는 2개의 가이드 롤러(84D, 84E)는 연마 테이프(38)의 연마면이 웨이퍼(W)의 표면(상면)과 평행해지도록 연마 테이프(38)를 지지하고 있다. 또한, 이들 2개의 가이드 롤러(84D, 84E) 사이에 있는 연마 테이프(38)는 웨이퍼(W)의 접선 방향과 평행하게 연장되어 있다. 연마 테이프(38)와 웨이퍼(W) 사이에는, 연직 방향에 있어서 간극이 형성되어 있다.

[0059] 연마 장치는 연마 테이프(38)의 테두리부의 위치를 검출하는 테이프 에지 검출 센서(100)를 더 구비하고 있다. 테이프 에지 검출 센서(100)는 상술한 위치 센서(63)와 마찬가지로, 투과형 광학식 센서이다. 테이프 에지 검출 센서(100)는 투광부(100A)와 수광부(100B)를 갖고 있다. 투광부(100A)는 도 11에 도시한 바와 같이, 설치대(27)에 고정되어 있고, 수광부(100B)는 도 9에 도시한 바와 같이, 연마실(22)을 형성하는 베이스 플레이트(21)에 고정되어 있다. 이 테이프 에지 검출 센서(100)는 수광부(100B)에 의해 수광되는 광의 양으로부터 연마 테이프(38)의 테두리부의 위치를 검출하도록 구성되어 있다.

[0060] 웨이퍼(W)를 연마할 때는, 도 17에 도시한 바와 같이, 연마 헤드(50) 및 연마 테이프 공급 회수 기구(70)는 모터(42A, 42B) 및 볼 나사(43A, 43B)에 의해 각각 소정의 연마 위치로까지 이동된다. 연마 위치에 있는 연마 테이프(38)는 웨이퍼(W) 위에서 보았을 때, 웨이퍼(W)의 접선 방향으로 연장되어 있다. 따라서, 연마 테이프 공급 회수 기구(70)는 웨이퍼(W)의 접선 방향을 따른 상태에서 연마 테이프(38)를 웨이퍼(W)의 표면과 평행하게 지지하는 연마 테이프 지지 기구로서 기능한다.

[0061] 도 18은 연마 위치에 있는 가압 패드(51), 연마 테이프(38) 및 웨이퍼(W)를 가로 방향에서 본 모식도이다. 도 18에 도시한 바와 같이, 연마 테이프(38)는 웨이퍼(W)의 에지부의 상방에 위치하고, 또한 연마 테이프(38)의 상방에 가압 패드(51)가 위치한다. 연마 위치에 있는 가압 패드(51)의 테두리부와 연마 테이프(38)의 테두리부는 일치하고 있다. 즉, 가압 패드(51)의 테두리부와 연마 테이프(38)의 테두리부가 일치하도록, 연마 헤드(50) 및 연마 테이프 공급 회수 기구(70)가 각각 독립적으로 연마 위치로 이동된다. 도 19는 가압 패드(51)에 의해 연마 테이프(38)를 웨이퍼(W)로 가압하고 있는 상태를 도시하는 도면이다.

[0062] 연마 테이프(38)는 가늘고 긴 띠 형상의 연마구이다. 연마 테이프(38)의 폭은 기본적으로는 그 전체 길이에 걸쳐서 일정하지만, 연마 테이프(38)의 부분에 따라서는 그 폭에 약간의 편차가 있는 것이 있다. 이 때문에, 연마 위치에 있는 연마 테이프(38)의 테두리부의 위치가 웨이퍼마다 다를 우려가 있다. 한편, 연마 위치에 있는 가압 패드(51)의 위치는 항상 일정하다. 따라서, 연마 테이프(38)의 테두리부를 가압 패드(51)의 테두리부에 맞추기 위해서, 연마 위치로 이동되기 전에, 연마 테이프(38)의 테두리부의 위치가 상술한 테이프 에지 검출 센서(100)에 의해 검출된다.

[0063] 도 20의 (a) 내지 도 20의 (c)는 연마 테이프(38)의 테두리부를 검출할 때의 동작을 설명하는 도면이다. 웨이퍼(W)의 연마에 앞서 연마 테이프(38)는 도 20의 (a)에 나타내는 퇴피 위치로부터, 도 20의 (b)에 나타내는 테이프 에지 검출 위치로 이동된다. 이 테이프 에지 검출 위치에 있어서, 테이프 에지 검출 센서(100)에 의해, 연마 테이프(38)의 웨이퍼측 테두리부의 위치가 검출된다. 그리고, 도 20의 (c)에 도시한 바와 같이, 연마 테이프(38)의 테두리부가 가압 패드(51)의 테두리부와 일치하도록, 연마 테이프(38)가 연마 위치로 이동된다. 연마 테이프(38)는 연마 헤드(50)와는 독립적으로 이동 가능하므로, 연마 테이프(38)의 폭에 의존하여 바뀔 수 있는 거리만큼 연마 테이프(38)를 이동시키는 것이 가능하다.

[0064] 연마 위치에 있는 가압 패드(51)의 테두리부의 위치는 미리 연마 제어부(11)(도 8 참조)에 기억되어 있다. 따라서, 연마 제어부(11)는 검출된 연마 테이프(38)의 테두리부의 위치와, 가압 패드(51)의 테두리부의 위치로부터, 연마 테이프(38)의 테두리부가 가압 패드(51)의 테두리부에 일치하기 위한 연마 테이프(38)의 이동 거리를 산출할 수 있다. 이와 같이, 검출된 연마 테이프(38)의 테두리부의 위치에 기초하여 연마 테이프(38)의 이동 거리가 결정되므로, 연마 테이프(38)의 폭의 편차에 의하지 않고, 항상 연마 테이프(38)의 테두리부를 가압 패드(51)의 테두리부에 맞출 수 있다.

[0065] 이어서, 상술한 바와 같이 구성된 연마 장치의 연마 동작에 대해서 설명한다. 이하에 설명하는 연마 장치의 동작은, 도 8에 도시하는 연마 제어부(11)에 의해 제어된다. 웨이퍼(W)는 그 표면에 형성되어 있는 막(예를 들어, 디바이스층)이 위를 향하도록 웨이퍼 보유 지지부(3)에 보유 지지되고, 또한 웨이퍼(W)의 중심 둘레로 회전된다. 회전하는 웨이퍼(W)의 중심에는, 도시하지 않은 액체 공급 기구로부터 액체(예를 들어, 순수)가 공급된다. 연마 헤드(50)의 가압 패드(51) 및 연마 테이프(38)는 도 18에 도시한 바와 같이, 각각 소정의 연마 위치로까지 이동된다.

[0066] 도 21의 (a)는 연마 위치에 있는 연마 테이프(38) 및 가압 패드(51)를 웨이퍼(W)의 직경 방향에서 본 도면을 나



타내고 있다. 도 21의 (a)에 도시하는 가압 패드(51)는 에어 실린더(56)(도 15 참조)에 의해 들어 올려진 상태에 있으며, 가압 패드(51)는 연마 테이프(38)의 상방에 위치하고 있다. 이어서, 에어 실린더(56)의 동작을 정지시켜서 그 피스톤 로드를 내리고, 도 21의 (b)에 도시한 바와 같이, 가압 패드(51)는 그 하면이 연마 테이프(38)의 상면에 접촉할 때까지 하강된다. 이 상태에서 진공 라인(60)을 개재해서 가압 패드(51)의 관통 구멍(51a)에 진공을 형성하고, 연마 테이프(38)를 가압 패드(51)의 하면에 보유 지지시킨다. 연마 테이프(38)를 보유 지지한 채, 가압 패드(51)는 에어 실린더(53)(도 15 참조)에 의해 하강되고, 도 21의 (c)에 도시한 바와 같이, 가압 패드(51)는 연마 테이프(38)의 연마면을 웨이퍼(W)의 주연부에 소정의 연마 압력으로 가압한다. 연마 압력은 연마 테이프(38)로부터 웨이퍼(W)의 주연부에 작용하는 가압 압력이다. 이 연마 압력은 에어 실린더(53)에 공급하는 기체의 압력에 의해 조절할 수 있다.

[0067] 웨이퍼(W)의 에지부는 회전하는 웨이퍼(W)와 연마 테이프(38)의 미끄럼 접촉에 의해 연마된다. 웨이퍼(W)의 연마 레이트를 높이기 위해서, 웨이퍼(W)의 연마 중에 연마 유닛 이동 기구(접선 방향 이동 기구)(30)에 의해 연마 테이프(38) 및 가압 패드(51)를 웨이퍼(W)의 접선 방향을 따라서 요동시켜도 된다. 연마 중에는 회전하는 웨이퍼(W)의 중심부에 액체(예를 들어 순수)가 공급되고, 웨이퍼(W)는 물의 존재 하에서 연마된다. 웨이퍼(W)에 공급된 액체는 원심력에 의해 웨이퍼(W)의 상면 전체에 퍼지고, 이에 의해 웨이퍼(W)에 형성된 디바이스에 연마 찌꺼기가 부착되어 버리는 것이 방지된다. 상술한 바와 같이, 연마 중에는 연마 테이프(38)는 진공 흡인에 의해 가압 패드(51)에 보유 지지되어 있으므로, 연마 테이프(38)와 가압 패드(51)의 위치가 어긋나는 것이 방지된다. 따라서, 연마 위치 및 연마 형상을 안정시킬 수 있다. 또한, 연마 압력을 크게 해도, 연마 테이프(38)와 가압 패드(51)의 위치가 어긋나는 일이 없기 때문에, 연마 시간을 단축할 수 있다.

[0068] 웨이퍼(W)의 연마 중 가압 패드(51)의 연직 방향의 위치는, 위치 센서(63)에 의해 검출된다. 따라서, 가압 패드(51)의 연직 방향의 위치로부터 연마 종점을 검출할 수 있다. 예를 들어, 가압 패드(51)의 연직 방향의 위치가 소정의 목표 위치에 도달했을 때, 웨이퍼(W)의 에지부의 연마를 종료할 수 있다. 이 소정의 목표 위치는 목표로 하는 연마량에 따라서 결정된다.

[0069] 도 2의 스텝 2 내지 스텝 5에 나타난 바와 같이, 웨이퍼(W)의 표면에 대한 연마 테이프(38)의 상대 위치는, 가압 패드(51)의 연직 방향의 위치로부터 결정할 수 있다. 또한, 웨이퍼(W)의 표면으로부터의 연마 테이프(38)의 위치의 변화량은, 웨이퍼(W)의 연마량에 상당한다. 위치 센서(63)로부터 출력되는 측정값은 연마 제어부(11)로 보내지도록 되어 있고, 연마 제어부(11)는 도 2에서 설명한 바와 같이, 가압 패드(51)의 위치의 측정값으로부터 위치 기준값을 결정하고, 또한 웨이퍼(W)의 에지부의 연마량을 결정한다. 위치 센서(63) 대신에 변위 센서를 사용하는 것도 가능하다.

[0070] 상술한 바와 같이, 연마 제어부(11)는 웨이퍼(W)의 연마 중에, 연마 레이트를 산출하고, 산출된 연마 레이트가 소정의 범위 내에 있는지 여부를 결정하고, 연마 레이트가 소정의 범위를 초과한 횟수가 소정의 횟수에 도달했을 때에는, 연마 이상이 일어났다고 판단한다.

[0071] 웨이퍼(W)의 연마가 종료되면, 에어 실린더(53)로의 기체의 공급이 정지되고, 이에 따라 가압 패드(51)가 도 21의 (b)에 나타내는 위치로까지 상승한다. 동시에, 연마 테이프(38)의 진공 흡인이 정지된다. 또한, 가압 패드(51)는 에어 실린더(56)에 의해 도 21의 (a)에 나타내는 위치로까지 상승된다. 그리고, 연마 헤드(50) 및 연마 테이프 공급 회수 기구(70)는, 도 11에 도시하는 퇴피 위치로 이동된다. 연마된 웨이퍼(W)는 웨이퍼 보유 지지부(3)에 의해 상승되며, 도시하지 않은 반송 기구의 핸드에 의해 연마실(22) 밖으로 반출된다. 다음 웨이퍼의 연마가 시작되기 전에, 연마 테이프(38)는 테이프 이송 기구(76)에 의해 소정의 거리만큼 공급 릴(71)로부터 회수 릴(72)로 보내진다. 이에 의해, 새로운 연마면이 다음 웨이퍼의 연마에 사용된다. 연마 테이프(38)가 연마 찌꺼기에 의해 눈막힘되고 있다고 추정될 때는, 연마 테이프(38)를 소정의 거리만큼 보낸 후, 연마된 웨이퍼(W)를 새로운 연마면에서 다시 연마해도 된다. 연마 테이프(38)의 눈막힘은, 예를 들어 연마 시간 및 연마 압력으로부터 추정할 수 있다. 연마 테이프(38)를 테이프 이송 기구(76)에 의해 소정의 속도로 보내면서, 웨이퍼(W)를 연마해도 된다. 연마 테이프(38)를 진공 흡인에 의해 가압 패드(51)에 보유 지지한 채, 테이프 이송 기구(76)에 의해 연마 테이프(38)를 그 길이 방향으로 보내는 것도 가능하다. 경우에 따라서는, 연마 테이프(38)를 진공 흡인에 의해 가압 패드(51)에 보유 지지하지 않아도 된다.

[0072] 도 22의 (a)에 도시한 바와 같이, 웨이퍼(W)로의 연마 압력을 크게 한 경우, 웨이퍼(W)는 가압 패드(51)의 연마 압력에 의해 크게 휘어지고, 그 결과, 도 22의 (b)에 도시한 바와 같이, 웨이퍼(W)의 피연마면은 경사지게 되어 버리는 경우가 있다. 따라서, 도 23에 나타내는 실시 형태에서는, 웨이퍼(W)의 주연부를 밑에서부터 지지하는 서포트 스테이지(180)가 웨이퍼 보유 지지부(3)에 설치되어 있다. 특히 설명하지 않은 그 밖의 구성은, 도 9에

나타내는 구성과 동일하므로, 그 중복된 설명을 생략한다. 서포트 스테이지(180)는 서포트 스테이지대(181)에 고정되어 있다. 이 서포트 스테이지대(181)는 케이싱(12)의 상단부에 고정되어 있고, 케이싱(12)과 일체로 회전하도록 되어 있다. 따라서, 서포트 스테이지(180)는 케이싱(12) 및 보유 지지 스테이지(4)와 일체로 회전한다.

[0073] 서포트 스테이지(180)는 웨이퍼(W)의 주연부 하면을 그 전체에 걸쳐서 지지하기 때문에, 도 24에 도시한 바와 같은 역원뿔사다리꼴을 갖고 있다. 서포트 스테이지(180)에 의해 지지되는 웨이퍼(W)의 주연부 하면은, 도 30의 (a) 및 도 30의 (b)에 도시하는 보텀에지부(E2)를 적어도 포함하는 영역이다. 서포트 스테이지(180)의 환상의 상면(180a)은 웨이퍼(W)의 주연부 하면을 지지하는 지지면을 구성하고 있다. 웨이퍼(W)의 연마 시에는 서포트 스테이지(180)의 최외주 단부와 웨이퍼(W)의 최외주 단부는 거의 일치한다.

[0074] 이러한 서포트 스테이지(180)를 사용함으로써, 가압 패드(51)가 웨이퍼(W)에 연마 테이프(38)를 가압해도, 웨이퍼(W)가 휘어질 일은 없다. 따라서, 연마 테이프(38)로 웨이퍼(W)의 에지부를 연마함으로써, 웨이퍼(W)의 에지부에 수직면 및 수평면을 형성할 수 있다. 또한, 서포트 스테이지(180)는 웨이퍼(W)의 주연부 하면의 전체를 지지하므로, 웨이퍼의 일부만을 지지하는 종래의 웨이퍼 지지 기구에 비해, 웨이퍼(W)의 에지부를 균일하게 연마할 수 있다.

[0075] 중공 샤프트(5)와 케이싱(12) 사이에는 볼 스플라인 베어링(6)이 배치되어 있으므로, 중공 샤프트(5)는 케이싱(12)에 대해 상하 방향으로 이동할 수 있다. 따라서, 중공 샤프트(5)의 상단부에 연결된 보유 지지 스테이지(4)는 케이싱(12) 및 서포트 스테이지(180)에 대해 상대적으로 상하 방향으로 이동하는 것이 가능해지고 있다. 도 25는 보유 지지 스테이지(4)와 그 상면에 보유 지지된 웨이퍼(W)가 서포트 스테이지(180)에 대해 상대적으로 상승한 상태를 나타내고 있다.

[0076] 연마 테이프(38)는 웨이퍼(W)의 접촉 상태나 웨이퍼(W)의 주연부의 형상의 영향에 의해 수평 방향의 하중을 받는 경우가 있다. 그 결과, 연마 테이프(38)가 웨이퍼(W)의 외측으로 달아나는 경우가 있다. 따라서, 도 26에 도시한 바와 같이, 연마 테이프(38)의 수평 방향의 이동을 제한하는 테이프 스톱퍼(185)가 가압 패드(51)에 설치되어 있다. 테이프 스톱퍼(185)는 웨이퍼(W)의 반경 방향에 있어서 연마 테이프(38)의 외측에 배치되어 있으며, 연마 테이프(38)의 외측으로의 움직임을 제한한다. 이와 같이 배치된 테이프 스톱퍼(185)에 의해, 연마 테이프(38)가 웨이퍼(W)의 외측으로 달아나는 것을 방지할 수 있다. 따라서, 웨이퍼(W)의 연마 형상 및 연마 폭을 안정시킬 수 있다.

[0077] 연마 테이프(38)의 외측으로의 움직임을 테이프 스톱퍼(185)에 의해 받아내면, 도 27에 도시한 바와 같이, 연마 테이프(38)가 변형되는 경우가 있다. 따라서, 도 28에 나타내는 실시 형태에서는, 연마 테이프(38)의 변형을 방지하기 위해, 연마 테이프(38)의 연마면에 근접하여 테이프 커버(186)가 설치되어 있다. 테이프 커버(186)는 테이프 스톱퍼(185)에 고정되어 있고, 연마 테이프(38)의 연마면의 대부분을 덮도록 배치되어 있다. 테이프 커버(186)는 연마 테이프(38)의 하방에 배치되어 있고, 연마 테이프(38)의 연마면과 테이프 커버(186)의 상면 사이에는, 미소한 간극(dg)이 형성되어 있다. 연마 테이프(38)는 가압 패드(51)와 테이프 커버(186) 사이에 배치된다. 이러한 테이프 커버(186)를 설치함으로써, 연마 테이프(38)가 변형되어 버리는 것이 방지되어, 연마 테이프(38)를 평탄하게 유지할 수 있다. 따라서, 웨이퍼(W)의 연마 형상 및 연마 폭을 안정시킬 수 있다.

[0078] 도 28에 도시한 바와 같이, 가압 패드(51), 테이프 스톱퍼(185) 및 테이프 커버(186)로 둘러싸인 공간에 연마 테이프(38)가 배치된다. 가압 패드(51)의 하면과 테이프 커버(186)의 상면의 간극(h)은 연마 테이프(38)의 두께보다도 크게 설정되어 있다. 연마 테이프(38)와 테이프 커버(186)의 간극(dg)은 웨이퍼(W)의 두께보다도 작다.

[0079] 테이프 커버(186)의 내측면(186a)은 가압 패드(51)의 테두리부(51b)보다도 웨이퍼(W)의 반경 방향에 있어서 외측에 위치하고 있다. 따라서, 연마 테이프(38)의 연마면은, 연마 테이프(38)의 테두리부와 테이프 커버(186)의 내측면(186a) 사이의 거리(dw)만큼 노출된다. 웨이퍼(W)의 연마는, 이 노출된 연마면에서 행해진다.

[0080] 도 28에 나타내는 구조에서는, 연마 테이프(38)에 작용하는 수평 방향의 하중을 테이프 스톱퍼(185)가 받아내기 때문에, 가압 패드(51)가 연마 테이프(38)와 함께 외측으로 움직이는 경우가 있다. 이러한 가압 패드(51)의 움직임은 연마 형상 및 연마 폭을 불안정하게 한다. 따라서, 도 29에 나타내는 실시 형태에서는, 가압 패드(51)의 외측으로의 움직임을 제한하는 이동 제한 기구가 설치되어 있다. 이 이동 제한 기구는 가압 패드(51)에 고정된 돌기 부재(190)와, 이 돌기 부재(190)의 수평 방향의 움직임을 제한하는 사이드 스톱퍼(191)를 갖고 있다. 본 실시 형태에서는 돌기 부재(190)로서 플런저가 사용되고 있다.

- [0081] 사이드 스톱퍼(191)는 웨이퍼(W)의 반경 방향에 있어서 플런저(돌기 부재)(190)의 외측에 배치되어 있고, 플런저(190)의 외측으로의 움직임에 받아낸다. 사이드 스톱퍼(191)는 연마 헤드(50)의 박스(62)의 하면에 고정되어 있고, 사이드 스톱퍼(191)의 위치는 고정되어 있다. 플런저(190)와 사이드 스톱퍼(191)는 서로 근접하여 배치되어 있고, 플런저(190)와 사이드 스톱퍼(191)의 간극(dr)은 10 $\mu$ m 내지 100 $\mu$ m이다. 이와 같은 구성에 따르면, 연마 중에 가압 패드(51)가 연마 테이프(38)로부터 수평 하중을 받아서 외측으로 이동하면, 플런저(190)가 사이드 스톱퍼(191)에 접촉하고, 이에 의해 가압 패드(51) 및 연마 테이프(38)의 외측으로의 움직임이 제한된다. 따라서, 웨이퍼(W)의 연마 형상 및 연마 폭을 안정시킬 수 있다.
- [0082] 도 23 내지 도 29에 나타내는 실시 형태는 적절히 조합할 수 있다. 예를 들어, 도 30은 도 23에 도시하는 서포트 스테이지(180)와, 도 29에 도시하는 연마 헤드(50)를 조합한 예를 나타내고 있다. 이 도 30에 나타내는 구성에 따르면, 웨이퍼(W)의 휨이 방지됨과 함께, 연마 테이프(38)의 이동이나 변형이 방지된다.
- [0083] 상술한 연마 장치는, 연마구로서 연마 테이프를 사용하지만, 본 발명은 이 타입의 연마 장치에 한하지 않고, 연마구로서 고정 지립(지식)을 사용하는 연마 장치에도 적용하는 것이 가능하다.
- [0084] 상술한 실시 형태는, 본 발명이 속하는 기술 분야에 있어서의 통상의 지식을 갖는 자가 본 발명을 실시할 수 있는 것을 목적으로 해서 기재된 것이다. 상기 실시 형태의 다양한 변형예는, 당업자라면 당연히 이를 수 있는 것이며, 본 발명의 기술적 사상은 다른 실시 형태에도 적용할 수 있는 것이다. 따라서, 본 발명은 기재된 실시 형태에 한정되지 않고, 특허 청구 범위에 의해 정의되는 기술적 사상에 따른 가장 넓은 범위로 해석되는 것이다.

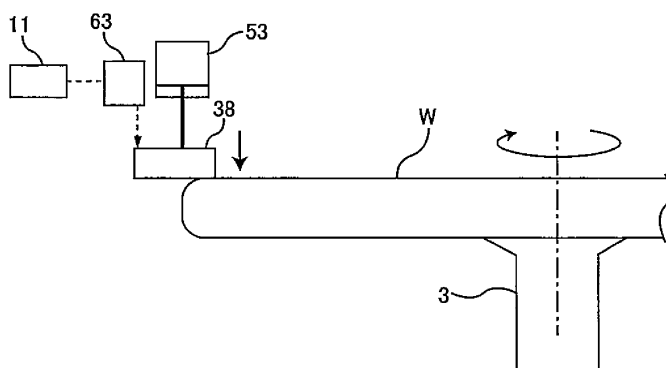
### 부호의 설명

- [0085] 3 : 웨이퍼 보유 지지부  
 4 : 보유 지지 스테이지  
 11 : 연마 제어부  
 25 : 연마 유닛  
 27 : 설치대  
 30 : 연마 유닛 이동 기구(접선 방향 이동 기구)  
 38 : 연마 테이프(연마구)  
 40A, 40B : 직동 가이드  
 45 : 반경 방향 이동 기구(제1 이동 기구)  
 46 : 테이프 이동 기구(제2 이동 기구)  
 50 : 연마 헤드  
 51 : 가압 패드  
 52 : 패드 홀더  
 53 : 에어 실린더  
 54 : 직동 가이드  
 56 : 에어 실린더  
 59 : 수직 이동 기구  
 60 : 진공 라인  
 63 : 위치 센서(상대 위치 측정기)  
 64 : 도그  
 70 : 연마 테이프 공급 회수 기구(연마 테이프 지지 기구)

71 : 공급 릴  
 72 : 회수 릴  
 73, 74 : 텐션 모터  
 76 : 테이프 이송 기구  
 82, 83 : 지지 아암  
 84A, 84B, 84C, 84D, 84E : 가이드 롤러  
 100 : 테이프 에지 검출 센서  
 111 : 연마 헤드 조립체  
 112 : 연마 테이프 공급 회수 기구  
 124 : 공급 릴  
 125 : 회수 릴  
 131 : 연마 헤드  
 153A 내지 153G : 가이드 롤러  
 180 : 서포트 스테이지  
 181 : 서포트 스테이지대  
 185 : 테이프 스톱퍼  
 186 : 테이프 커버  
 190 : 플린저  
 191 : 사이드 스톱퍼  
 W : 웨이퍼

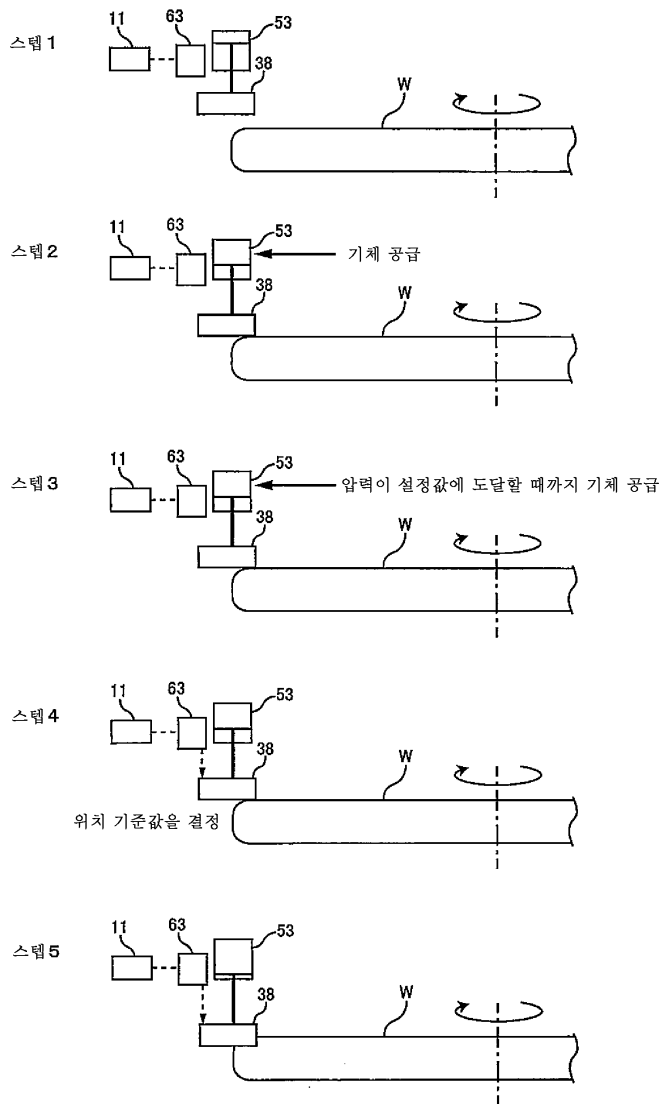
## 도면

### 도면1

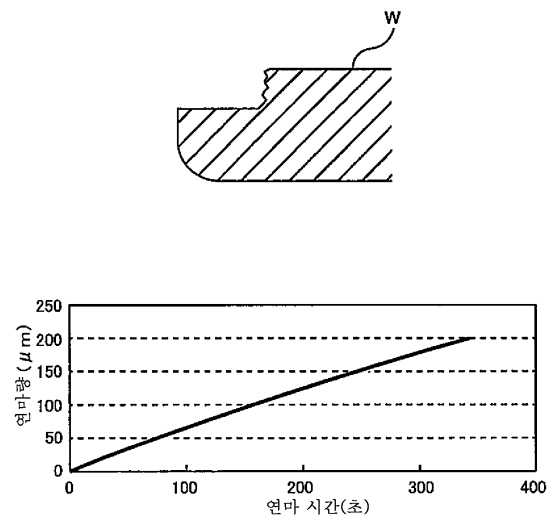




도면2

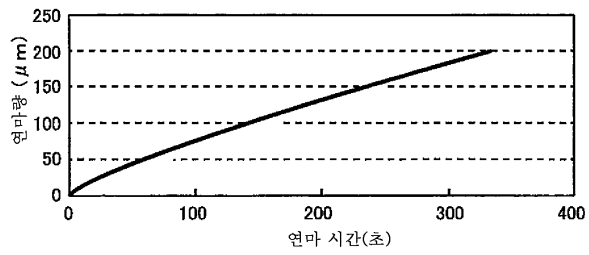
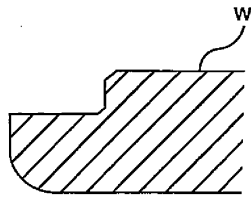


도면3



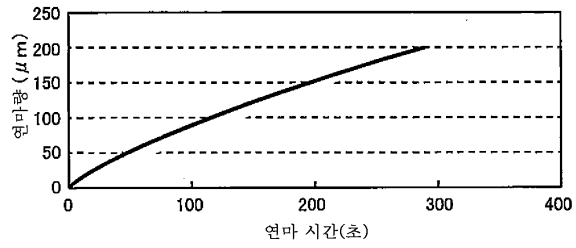
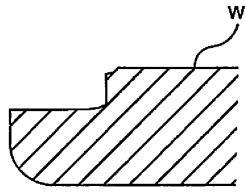
웨이퍼 각도	연마폭 ( $\mu\text{m}$ )	연마량 ( $\mu\text{m}$ )	평균 연마 레이트 ( $\mu\text{m}/\text{min}$ )	차분 ( $\mu\text{m}$ )	오차 (%)
90°	441	200	34.3	0.0	0.0
180°	403	204	35.0	4.0	2.0
270°	373	202	34.6	2.0	1.0
평균	406	202	34.6	2.0	1.0

도면4



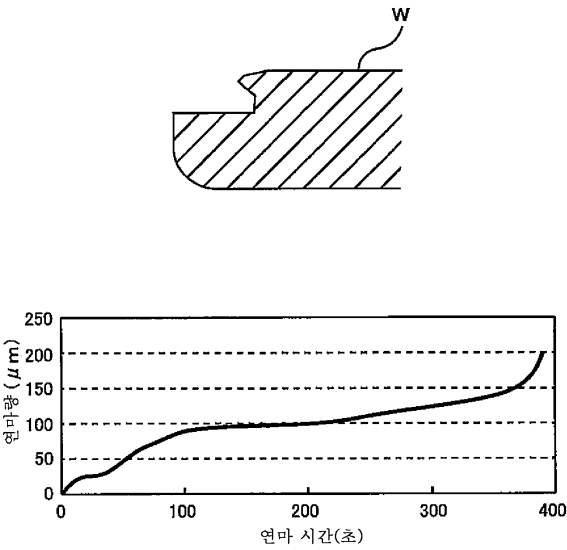
웨이퍼 각도	연마폭 ( $\mu\text{m}$ )	연마량 ( $\mu\text{m}$ )	평균 연마 레이트 ( $\mu\text{m}/\text{min}$ )	차분 ( $\mu\text{m}$ )	오차 (%)
90°	466	205	37.3	5.0	2.5
180°	423	206	37.5	6.0	3.0
270°	391	199	36.2	-1.0	-0.5
평균	427	203	37.0	3.3	1.7

도면5



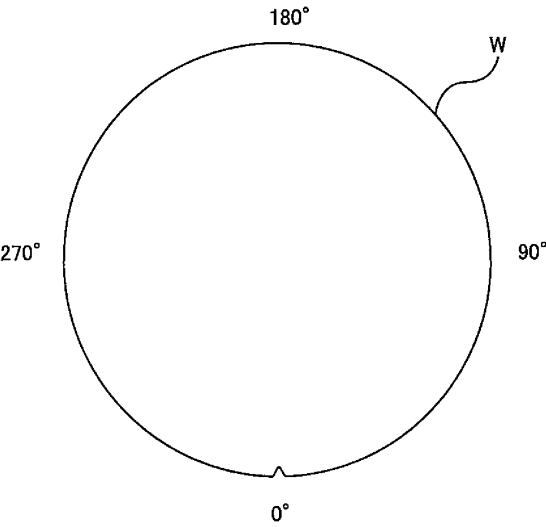
웨이퍼 각도	연마폭 ( $\mu\text{m}$ )	연마량 ( $\mu\text{m}$ )	평균 연마 레이트 ( $\mu\text{m}/\text{min}$ )	차분 ( $\mu\text{m}$ )	오차 (%)
90°	453	196	41.1	-4.0	-2.0
180°	412	200	42.0	0.0	0.0
270°	373	186	39.0	-14.0	-7.0
평균	413	194	40.7	-6.0	-3.0

도면6

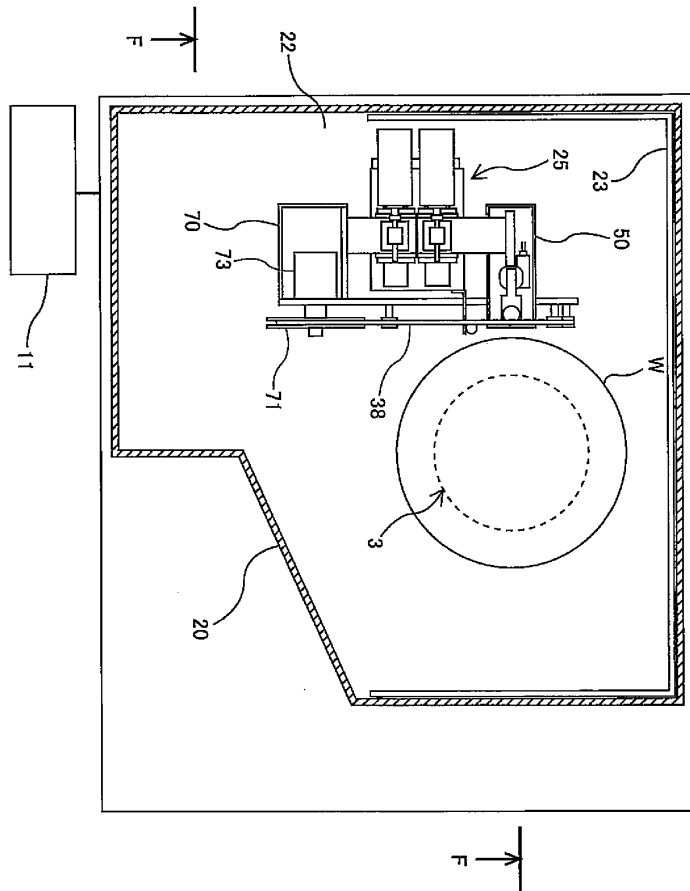


웨이퍼 각도	연마폭 ( $\mu\text{m}$ )	연마량 ( $\mu\text{m}$ )	평균 연마 레이트 ( $\mu\text{m}/\text{min}$ )	차분 ( $\mu\text{m}$ )	오차 (%)
90°	331	219	33.8	19.0	9.5
180°	279	232	35.8	32.0	16.0
270°	298	227	35.0	27.0	13.5
평균	303	226	34.9	26.0	13.0

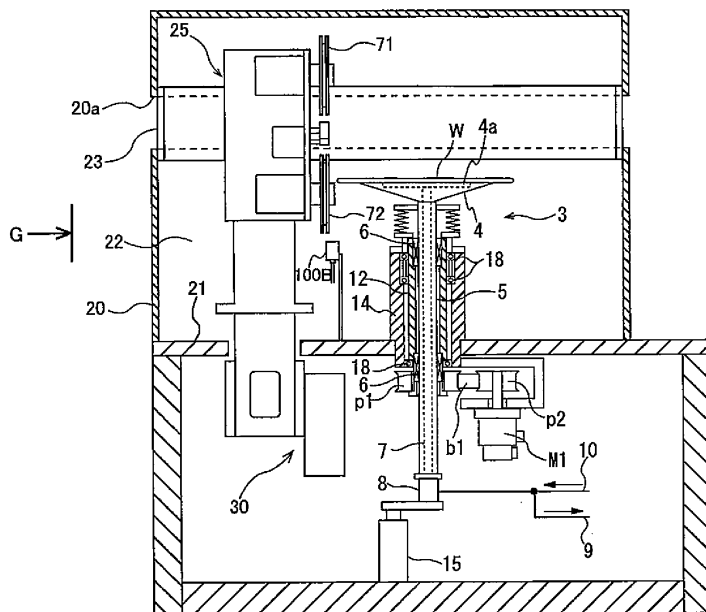
도면7



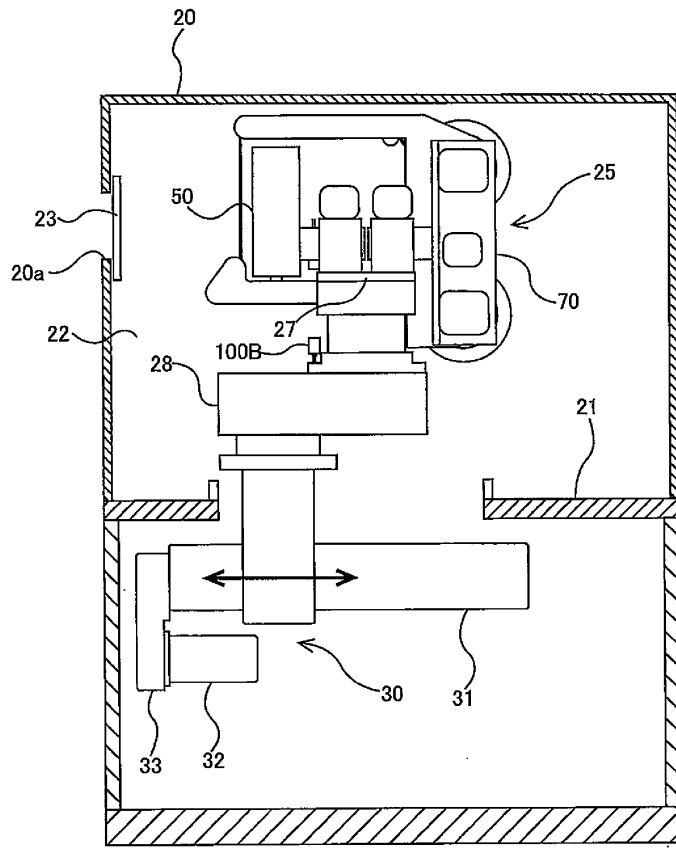
도면8



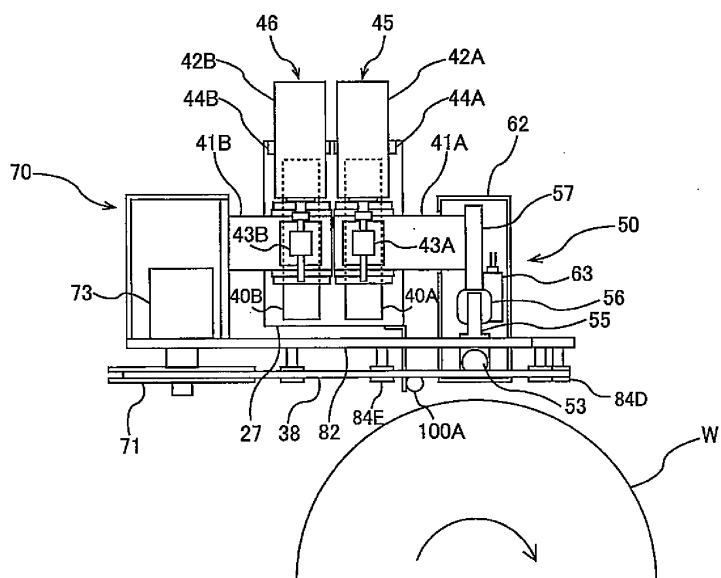
도면9



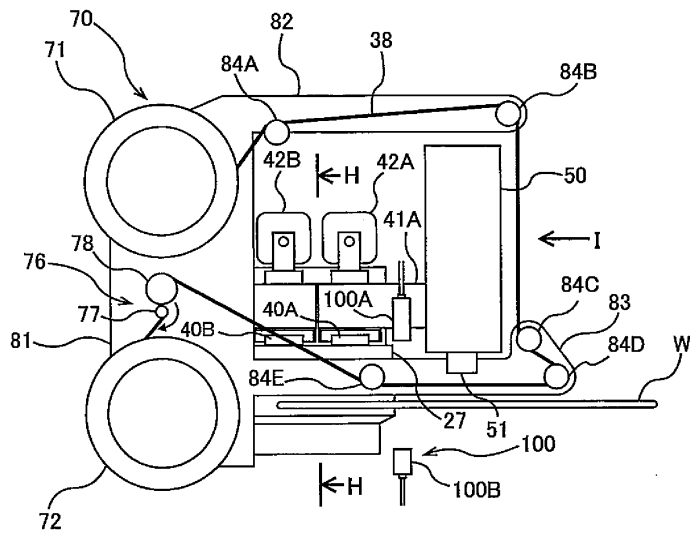
도면10



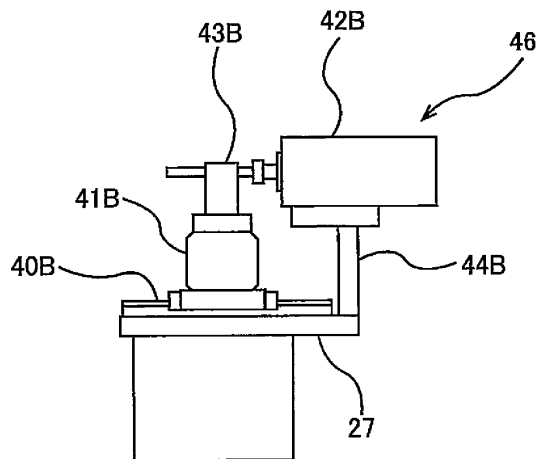
도면11



도면12

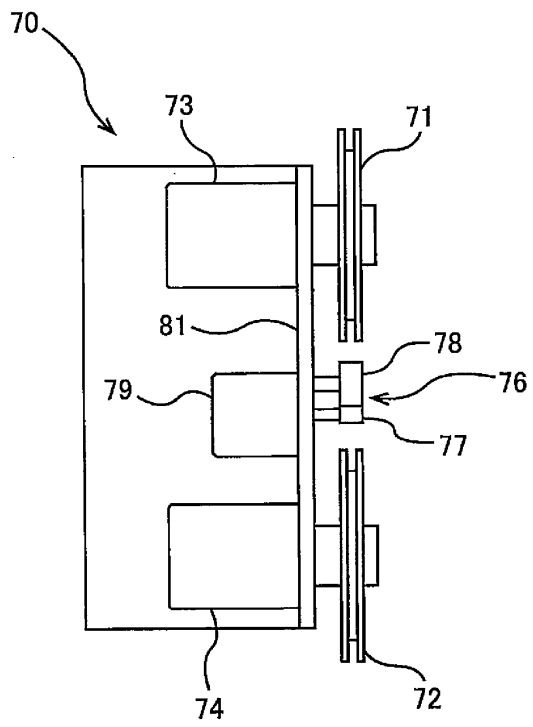


도면13

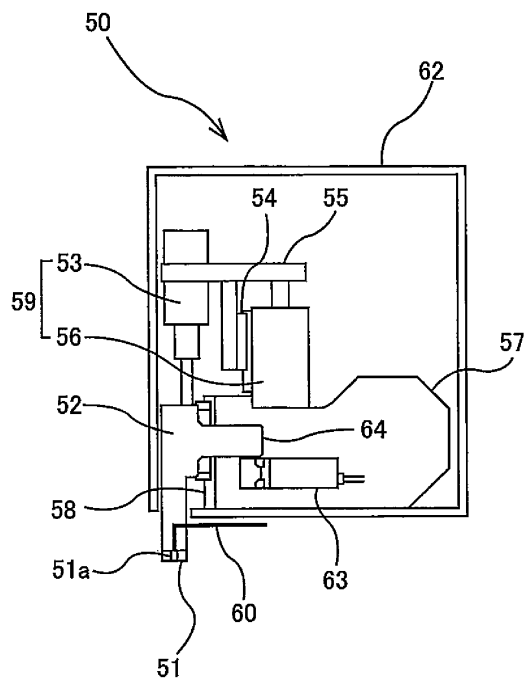




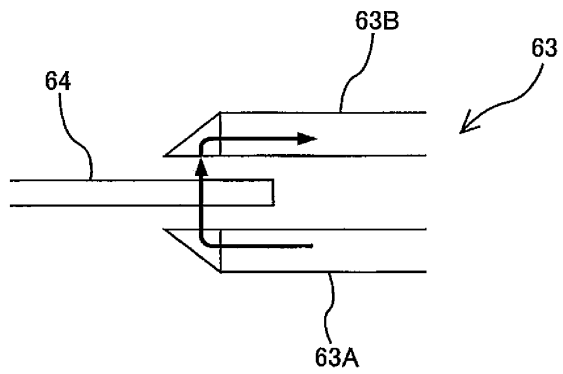
도면14



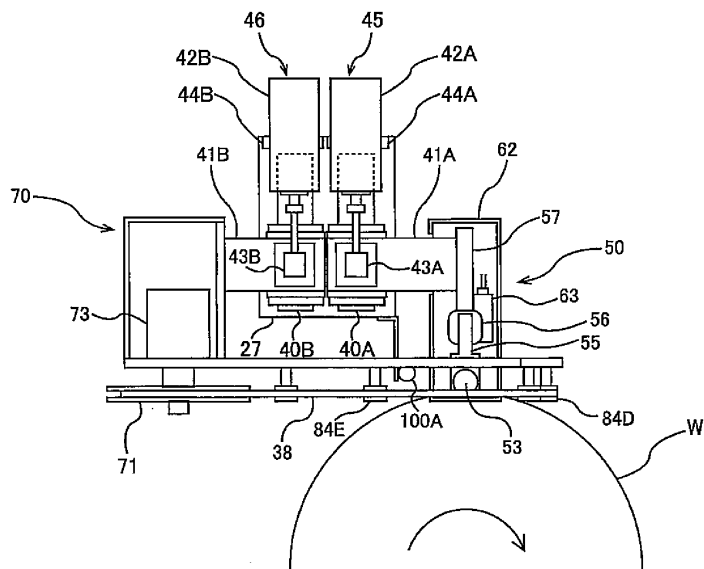
도면15



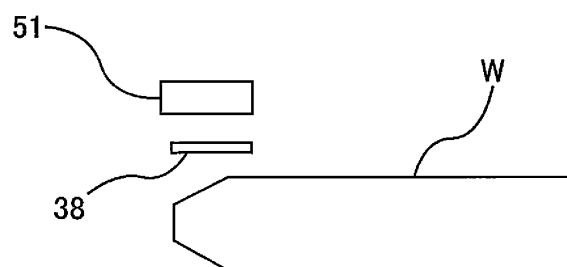
도면16



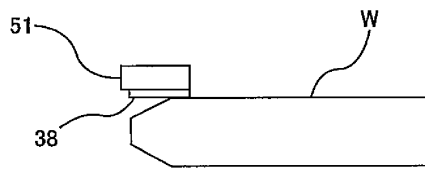
도면17



도면18

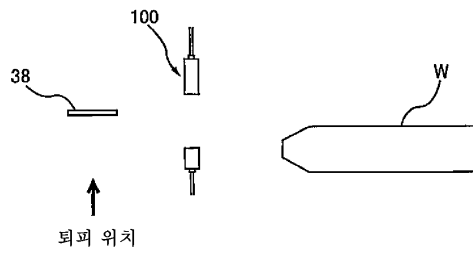


도면19

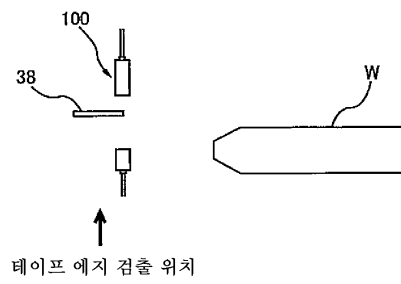


도면20

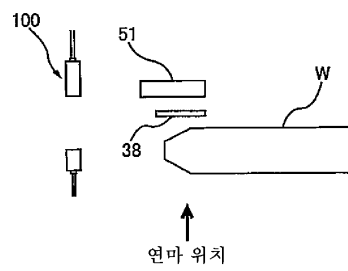
(a)



(b)

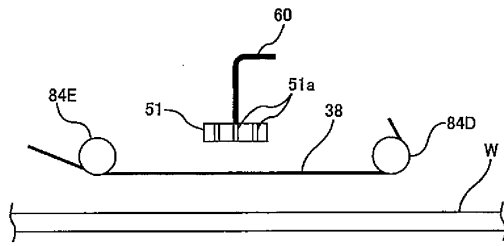


(c)

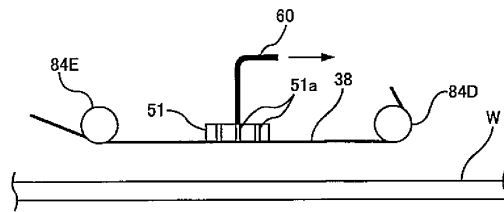


도면21

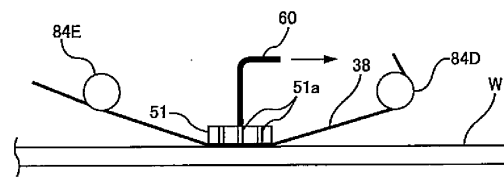
(a)



(b)

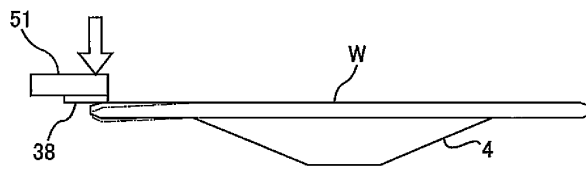


(c)

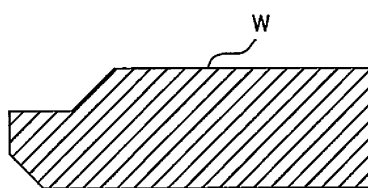


도면22

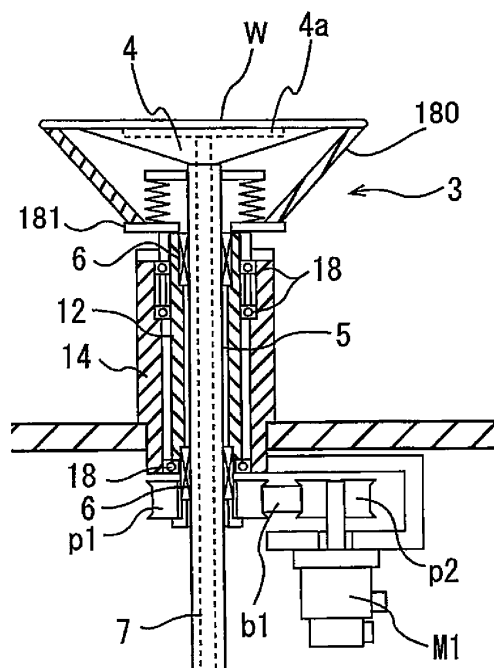
(a)



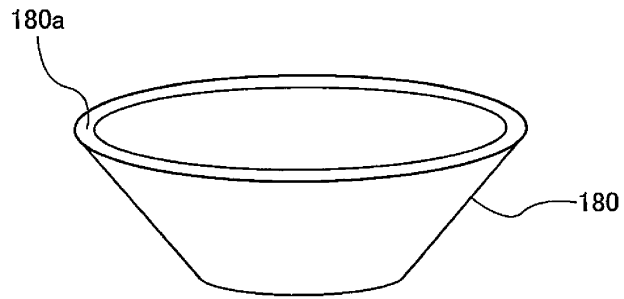
(b)



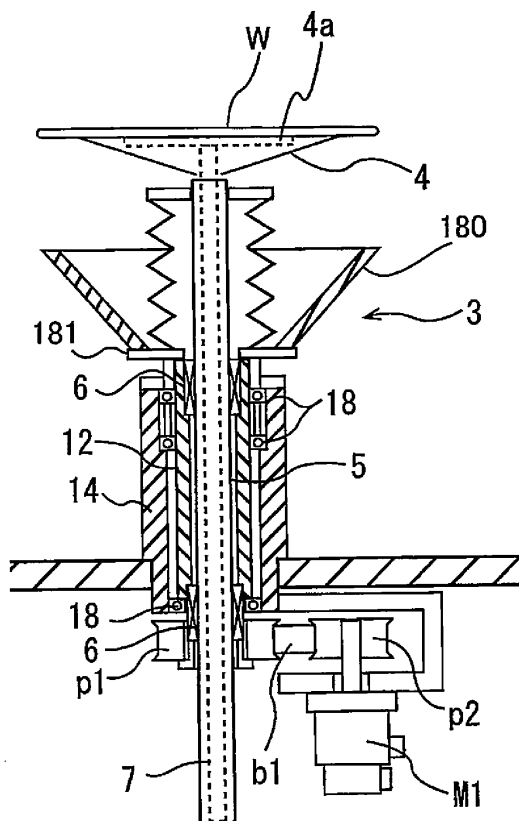
도면23



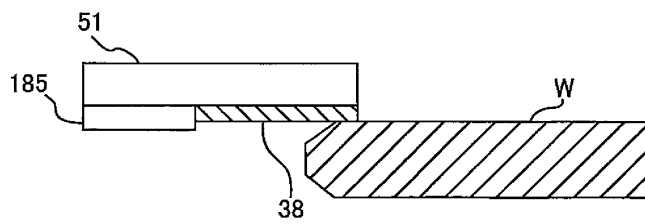
도면24



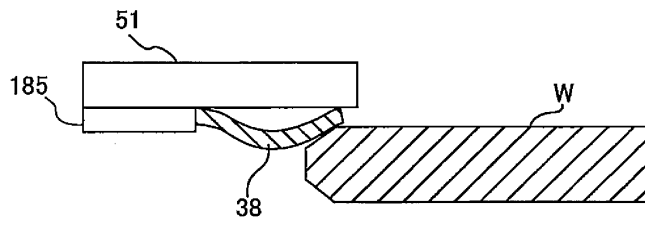
도면25



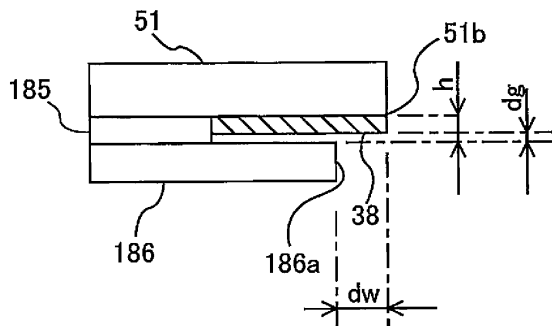
도면26



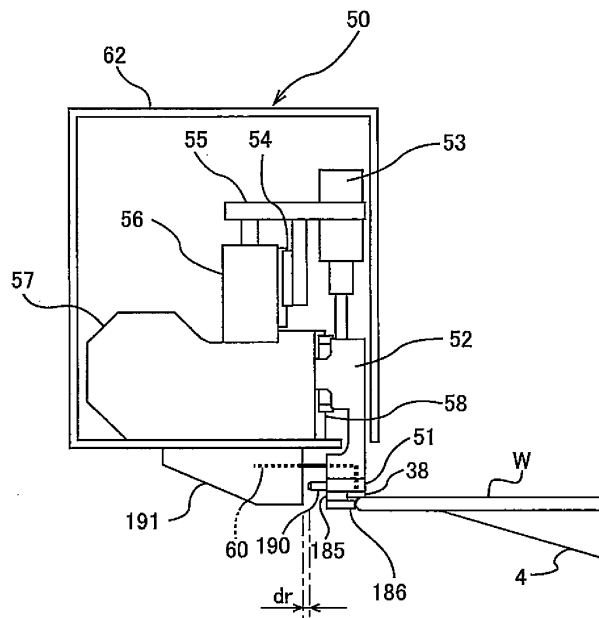
도면27



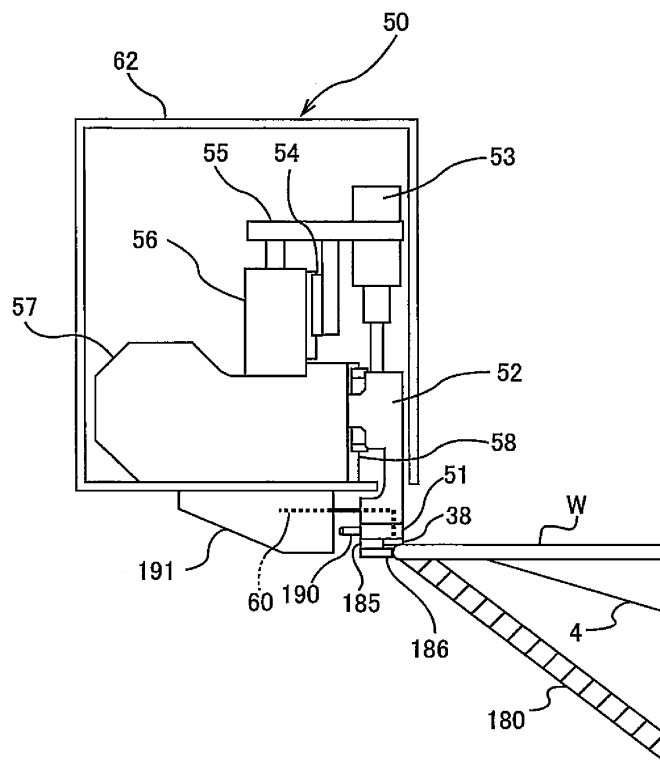
도면28



도면29

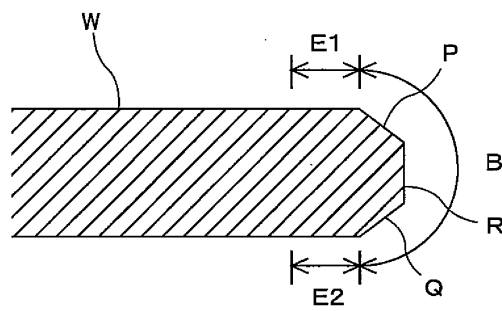


도면30

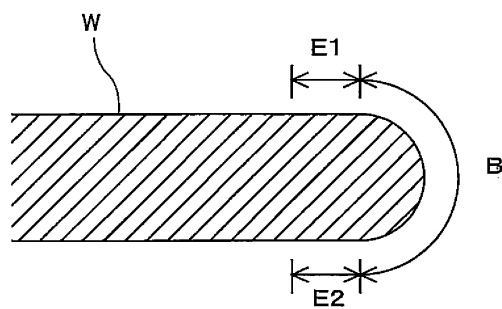


도면31

(a)

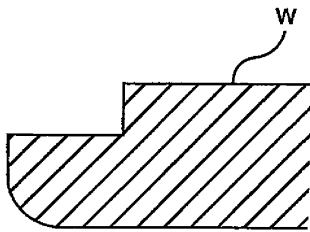


(b)





도면32



도면33

