



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0069043  
(43) 공개일자 2014년06월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/304* (2006.01) *H01L 21/302* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7008038
- (22) 출원일자(국제) 2012년09월26일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2014년03월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/057337
- (87) 국제공개번호 WO 2013/049207  
국제공개일자 2013년04월04일
- (30) 우선권주장  
61/539,342 2011년09월26일 미국(US)
- (71) 출원인  
인티그리스, 인코포레이티드  
미국 매사추세츠주 01821 콩코드 로드 빌리리카  
129
- (72) 발명자  
파텔, 친탄  
미국 매사추세츠주 01821 빌리리카 콩코드 로드  
129 씨/오 인티그리스 인코포레이티드
- (74) 대리인  
김경희

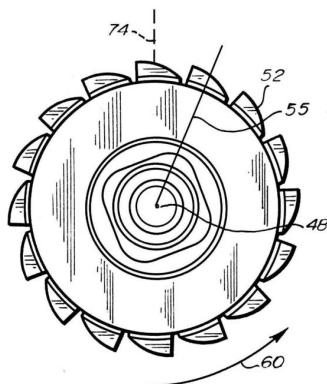
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 포스트-CMP 세정 장치 및 방법

**(57) 요 약**

기판들의 포스트 화학 기계적 연마(포스트-CMP)와 같은 기판들의 세정을 위한 브러쉬가 기판들의 향상된 세정을 제공하기 위해 비대칭 노들들 또는 변하는 공간, 크기, 특징들, 밀도들을 사용한다.

**대 표 도** - 도3a



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬에 있어서, 상기 브러쉬는 한 쌍의 단들을 가지는 축을 가지는 원통형 베이스를 가지고, 상기 원통형 베이스의 형태는 단으로부터 단까지 연장되고, 복수의 노들들은 상기 원통형 베이스로부터 연장되고 그 사이에서 단일하고, 상기 브러쉬는 회전의 의도된 방향을 가지고 이로써 각각의 노들은 전방 축 및 후방 축을 가지고, 상기 원통형 베이스 및 노들들은 단일한 다공성 발포 구조를 포함하고, 상기 복수의 노들을 각각은 상기 원통형 베이스의 축을 통해 및 각각의 개별적인 노들을 통해 중심적으로 연장되는 방사상으로 및 축상으로 연장되는 평면에 대하여 비대칭인 형태를 가지는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 노들을 각각은 상기 회전의 의도된 방향을 향해 방향지어지는 굽어진 선도 모서리 및 반대되는 후속 모서리를 가지고, 이때 상기 후속 모서리는 곡률의 최소 반지름을 가지고, 상기 선도 모서리는 곡률의 최소 반지름을 가지며, 상기 후속 모서리의 최소 곡률은 상기 선도 모서리의 최소 곡률보다 작은, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 복수의 노들을 각각은 단차를 가져서, 이로써 2개의 외측으로 대면하는 표면들이 있는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 복수의 노들을 각각은 원형 공간 또는 타원형 공간 중 하나를 가지는 베이스를 가지는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 복수의 노들을 각각은 축을 가지고, 상기 복수의 노들을 각각은 편평한 상단 표면 부분을 가지고, 상기 편평한 상단 표면 부분은 각각의 개별적인 노들의 축에 대하여 비스듬한 각을 가지는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 노들을 각각은 중심 축을 가지고, 상기 원통형 베이스에 대하여 최대 승강 지점을 가지는 굽어진 상단 표면 부분을 더 가지고, 이때 상기 최대 승강 지점은 상기 중심 축으로부터 이탈되어 있는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 복수의 노들을 각각은 축을 가지고, 편평한 상단 표면 부분을 더 가지는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 원통형 베이스 상의 상기 복수의 노들을 반대되는 단 행들을 가지고, 상기 반대되는 단 행들 중간의 상기 원통형 베이스의 각각의 원통형 단위 면적은 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 당 노들들의 수로 정의되는 노들들의 수 밀도를 가지고, 상기 수 밀도는 상기 브러쉬의 축상 중심으로부터 상기 단들 각각까지 변하는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 원통형 베이스 상의 복수의 노들을 2개의 반대되는 단 행들을 가지고, 각각의 노들은 공간 및 공간 면적을 가지고, 상기 반대되는 단 행들 중간의 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 각각은 상

기 원통형 표면 면적에 의해 분리되는 상기 원통형 베이스의 특정 원통형 표면 면적 안에 상기 노들들의 누적 공간 면적으로 정의되는 노들들의 면적 밀도를 가지고, 상기 노들들의 면적 밀도는 상기 브러쉬의 축상 중심으로부터 상기 단들 각각까지 변하는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 10

기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬에 있어서, 상기 브러쉬는 한 쌍의 단들을 가지는 축을 가지는 원통형 베이스를 가지고, 상기 원통형 베이스의 형태는 단으로부터 단까지 연장되고, 복수의 노들들은 상기 원통형 베이스로부터 연장되고 그 사이에서 단일하고, 상기 복수의 노들들은 반대되는 축 단행렬들을 가지고, 상기 브러쉬는 회전의 의도된 방향을 가지고 이로써 각각의 노들은 전방 측 및 후방 측을 가지고, 상기 원통형 베이스 및 상기 복수의 노들들은 단일한 다공성 발포 구조를 포함하고, 상기 원통형 베이스 상의 노들들의 간격 또는 노들들의 크기 중 적어도 하나는, 상기 2개의 반대되는 단 행들 사이의 상기 원통형 베이스 상에서 축상으로 연장되는 경사도를 가지는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 복수의 노들들은 적어도 3개의 서로 다른 구성들을 가지고, 상기 서로 다른 구성은 크기 및 형태 중 적어도 하나인, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 12

제 10 항 또는 제 11 항에 있어서, 상기 복수의 노들들 각각은 상기 원통형 베이스의 축을 통해 및 각각의 개별적인 노들을 통해 중심적으로 연장되는 방사상으로 및 축상으로 연장되는 평면에 대하여 비대칭인 형태를 가지는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 13

제 10 항에 있어서, 상기 원통형 베이스 상의 복수의 노들들은 반대되는 단 행들을 가지고, 상기 반대되는 단 행들 중간의 상기 원통형 베이스의 각각의 원통형 단위 면적은 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 당 노들들의 수로 정의되는 노들들의 수 밀도를 가지고, 상기 수 밀도는 상기 브러쉬의 축상 중심으로부터 상기 단들 각각까지 변하는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 14

제 8 항에 있어서, 상기 원통형 베이스 상의 복수의 노들들은 2개의 반대되는 단 행들을 가지고, 각각의 노들은 공간 및 공간 면적을 가지고, 상기 반대되는 단 행들 중간의 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 각각은 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 당 노들들의 누적 공간 면적으로 정의되는 노들들의 면적 밀도를 가지고, 상기 노들들의 면적 밀도는 상기 브러쉬의 축상 중심으로부터 상기 단들 각각까지 변하는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 15

기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬에 있어서, 상기 브러쉬는 한 쌍의 단들을 가지는 축을 가지는 원통형 베이스를 가지고, 상기 원통형 베이스의 형태는 단으로부터 단까지 연장되고, 복수의 노들들은 상기 원통형 베이스로부터 연장되고 그 사이에서 단일하고, 상기 브러쉬는 회전의 의도된 방향을 가지고 이로써 각각의 노들은 전방 측 및 후방 측을 가지고, 상기 원통형 베이스 및 상기 복수의 노들들은 단일한 다공성 발포 구조를 포함하고, 상기 원통형 베이스 상의 상기 복수의 노들들은 2개의 반대되는 단 행들을 가지고, 상기 반대되는 단 행들 중간의 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 각각은 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 당 노들들의 수로 정의되는, 노들들의 수 밀도를 가지고, 상기 수 밀도는 상기 2개의 반대되는 단 행들 중 하나로부터 상기 브러쉬를 따라 축상으로 상기 2개의 반대되는 단 행들 중 나머지까지 변하고, 상기 수 밀도에 있어서 적어도 4개의 변화들이 있는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 원통형 베이스 상의 상기 복수의 노들들 각각은 상기 원통형 베이스의 축을 통해 및

각각의 개별적인 노들을 통해 중심적으로 연장되는 방사상으로 및 축상으로 연장되는 평면에 대하여 비대칭인 형태를 가지는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 17

제 15 항에 있어서, 상기 복수의 노들을 각각은 상기 브러쉬의 회전의 의도된 방향을 향해 방향지어지는 굽어진 선도 모서리 및 반대되는 후속 모서리를 가지고, 이때 상기 후속 모서리는 곡률의 최소 반지름을 가지고, 상기 선도 모서리는 곡률의 최소 반지름을 가지며, 상기 후속 모서리의 최소 곡률은 상기 선도 모서리의 최소 곡률보다 작은, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 18

기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬에 있어서, 상기 브러쉬는 한 쌍의 단들을 가지는 축을 가지는 원통형 베이스를 가지고, 상기 원통형 베이스의 형태는 단으로부터 단까지 연장되고, 복수의 노들을들은 상기 원통형 베이스로부터 연장되고 그 사이에서 단일하고, 상기 브러쉬는 회전의 의도된 방향을 가지고 이로써 각각의 노들은 전방 측 및 후방 측을 가지고, 상기 원통형 베이스 및 상기 복수의 노들을은 단일한 다공성 발포 구조를 포함하고, 상기 복수의 노들을 각각은 공간 및 공간 면적을 가지고, 상기 원통형 베이스 상의 상기 복수의 노들을은 2개의 반대되는 단 행들을 가지고, 상기 반대되는 단 행들 중간의 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 각각은 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 당 노들을의 누적 공간 면적으로 정의되는, 노들의 면적 밀도를 가지고, 상기 면적 밀도는 상기 2개의 반대되는 단 행들 중 하나의 축상으로 내부로부터 상기 2개의 반대되는 단 행들의 나머지의 축상으로 내부까지 변하는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 원통형 베이스 상의 상기 복수의 노들을 각각은 상기 원통형 베이스의 축을 통해 및 각각의 개별적인 노들을 통해 중심적으로 연장되는 방사상으로 및 축상으로 연장되는 평면에 대하여 비대칭인 형태를 가지는, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

#### 청구항 20

제 18 항에 있어서, 상기 복수의 노들을 각각은 상기 브러쉬의 회전의 의도된 방향을 향해 방향지어지는 굽어진 선도 모서리 및 반대되는 후속 모서리를 가지고, 이때 상기 후속 모서리는 곡률의 최소 반지름을 가지고, 상기 선도 모서리는 곡률의 최소 반지름을 가지며, 상기 후속 모서리의 최소 곡률은 상기 선도 모서리의 최소 곡률보다 작은, 기판들의 화학 기계적 연마에 후속하는 기판들의 세정을 위한 브러쉬.

### 명세서

#### 기술분야

[0001] 이 출원서는 2011년 9월 26일에 출원된 미국 가출원 제 61/539,342호의 우선권을 주장한다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 기판들의 화학 기계적 연마에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 화학 기계적 연마에 이어지는 기판들의 세정을 위한 브러쉬에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0003] 집적 회로들은 반도체 기판들, 특히 실리콘 웨이퍼들 상에 상기 웨이퍼 상의 전도체, 반도체 및 절연체 층들의 순차적인 증착에 의해, 형성될 수 있다. 회로부 특징들은 각각의 층이 증착된 후 식각될 수 있다. 층들의 시리즈들이 증착되고 식각된 후, 상기 기판의 최상단 표면은 점점 더 비평면적이게 될 수 있다. 비평면적 표면들은 집적 회로 제조 프로세스의 포토리소그래피적 단계들에 있어서 문제점들을 야기할 수 있다. 이와 같이, 반도체 기판 표면을 주기적으로 평탄화하는 것이 필요하다.

[0004] 다마신(damascene)은 상호연결된 금속 라인들이 유전체들을 절연하는 것에 의해 형성되는 프로세스이다. 다마신 할 때, 상호연결된 패턴은 먼저 리소그래피하게 유전체 층에 정의되고, 그후 금속이 최종 트렌치들을 채우기 위해 증착된다. 잉여의 금속은 화학 기계적 연마(평탄화)에 의해 제거될 수 있다. 화학 기계적 연마(chemical-mechanical polishing, CMP), 또한 소위 화학 기계적 평탄화는 금속 상호연결된 패턴의 정의 및 표면 평탄화의

목적으로 수행되는 화학 기계적 연마를 통해 고체의 충들을 제거하는 방법을 지칭한다. 듀얼 다마신(dual damascene)은 금속 식각 대신 CMP 프로세스를 이용해 금속 상호연결된 기하구조를 형성하는 데 사용되는 다마신 프로세스의 변형된 버전이다. 듀얼 다마신에 있어서, 2개의 충간 유전체 패터닝 단계들 및 하나의 CMP 단계는, 그렇지 않다면 종래의 다마신 프로세스를 이용할 때 2개의 패터닝 단계들 및 2개의 금속 CMP 단계들을 필요로 해야 하는 패턴을 생성한다.

[0005] 전형적인 CMP 작동에 있어서, 회전 연마 패드는, 화학적으로 반응하는 슬러리를 수신하고, 기판의 최외각 표면을 연마하는 데 사용된다. 상기 기판은 상기 연마 패드 상에 위치되고 유지 링에 의해 제자리에 고정된다. 통상적으로 기판 및 유지 링은 캐리어 또는 연마 헤드 상에 장착된다. 연마 패드를 상기 기판에 대하여 누르기 위해 제어된 힘이 상기 캐리어 헤드에 의해 상기 기판 상에 가해진다. 상기 기판의 표면에 걸친 상기 연마 패드의 움직임은 상기 기판의 표면으로부터 물질이 화학적으로 및 기계적으로 제거되도록 한다.

[0006] 연마 후, 슬러리 잔류물을 보통 브러쉬와 같은 세척 장치를 통해 기판 표면으로부터 세척되거나 세정된다. 미국 등록특허 제 4,566,911호는 0도 내지 90도의 률 축에 대하여 소정의 각으로 형성된 많은 병렬 홈들을 가지는 기어-유사 구성을 갖는 세정 브러쉬 롤러를 개시하고 또한 전체 표면 영역의 15% 내지 65%의 돌출부들의 총 표면 면적을 가지고 원형, 타원형, 사각형, 또는 다이아몬드형 등의 돌출부들을 개시한다. 포스트-CMP 세정 브러쉬들은 발포체로 형성될 수 있다. 상기 기판들의 입자 오염물들을 세정하기 위한 세정 프로세스 동안 롤러는 회전하고 맞물릴 때 액체는 상기 발포체 롤러 브러쉬를 통해 외측으로 주입될 수 있다.

[0007] 이러한 브러쉬들은 통상적으로 폴리비닐 알코올로 구성된다. 기계적 힘의 어떤 수준은 브러쉬들이 회전되고 슬러리가 상기 기판 표면에 공급될 때 입자들을 제거하기 위해 적용되어야 한다. 하지만, 이러한 기판들은 부서지기 쉽고 만약 기계적 힘이 너무 크면, 이것은 기판들에 스크래치를 또는 다른 손상을 야기할 수 있다. 그러므로 기판들을 손상시킬 수 있는 잉여 힘들을 가질 가능성을 감소시키는 한편 기판들을 세정하는 데 필요한 힘의 정도를 최적화하여, 힘들을 정규화시키는, 포스트-CMP 연마 장치들을 제공하는 것이 바람직할 것이다.

[0008] 도 1a 내지 도 1d는 표준 브러쉬로서 지칭될 수 있는 종래의 포스트-CMP 세정 브러쉬(10)를 도시하고 있다. 브러쉬(10)는 브러쉬의 전체 길이를 따라 동일한 세정 노들들(14)을 포함하여, 기판(12)의 중심 부분 및 상기 기판(12)의 모서리 부분 모두가 동일한 형태의 노들들을 가지고 세정된다. 도 1b, 도 1c, 및 도 1d에서 볼 수 있는 바와 같이, 사용시 이러한 브러쉬들(10)은 상기 기판(12)의 외측 모서리(16)에 접촉되는 노들들(14)의 일부 보다 앞설 수 있다. 도 1d를 참조하면, 상기 기판(12)은 상기 노들(14)의 외측 또는 상단 표면(17)과 측면 표면(15)이 만나는 노들(14)의 코너(19)에 접촉한다. 노들들과 상기 기판 모서리(16) 사이의 이러한 부분적인 모서리 접촉은 노들들(14)이 사용 동안 변형되거나 부러지도록 야기할 수 있고 또한 상기 기판에의 손상 뿐만 아니라 상기 기판의 단 영역들의 비균일한 또는 불완전한 세정을 야기할 수 있다. 노들들(14)의 편평한 상단 표면(17)은 상기 노들들(14)의 상기 상단 표면(17) 주위로 연장되는 날카로운 모서리들(13)을 형성하기 위해 예각들로 측면 표면들(15)과 만난다. 그러므로, 상기 브러쉬(10)가 회전되고 노들들(14)의 행들이 상기 기판(12)과 순차적으로 접촉할 때, 상기 기판(12)과 접촉하는 상기 노들들(14)의 제1부분은 상기 날카로운 예각 모서리들(13)이다. 이러한 날카로운 모서리들(13)과 상기 기판(12) 사이의 접촉은 상기 기판에 적용되는 잉여 힘으로 귀결될 수 있고 이로써 상기 기판(12)을 손상시킬 수 있다. 게다가, 상기 노들과의 완전한 접촉으로 전이되는 노들의 코너와의 접촉은 접히거나 그렇지 않다면 최적으로 수행될 수 없는 상기 노들의 비균일한 압축을 야기시킬 수 있다. 또한, 이러한 초기의 코너 접촉은 브러쉬의 사용 수명을 감소시키는 상기 코너의 과도한 마모를 야기시킬 수 있다.

[0009] 상기 기판의 모서리에서의 브러쉬 접촉에 더하여, 상기 브러쉬/기판 맞물림의 특성은 상기 브러쉬/기판 인터페이스의 위치가 변하는 상기 기판 안에서 달라질 수 있다. 게다가, 종래 기술 도 1a 및 도 3에 잘 도시된 바와 같이, 원통형 브러쉬들은 상기 기판이 회전할 때 회전하고 상기 원통형 브러쉬는 상기 기판의 원형 공간의 코드, 지름, 또는 반지름을 따라 연장된다. 상기 브러쉬 기판 접촉은 통상 상기 노들들을 가지고 상기 브러쉬의 지름보다 훨씬 작은 폭을 가지는 접촉 스트립으로 설계될 수 있는 영역 안에서 이루어진다. 물론, 전체 "스트립"은 어떠한 순간에도 상기 기판과 맞물리지 않고, 상기 스트립 안에 위치되는 노들들과만 맞물린다. 추가적으로 상기 기판이 회전하기 때문에 상기 스트립은 상기 기판 상에서 계속적으로 움직인다. 상기 기판의 회전 중심과 교차하는 곳의 스트립은 상기 기판과 계속적으로 접촉을 효과적으로 유지할 것이고, 즉 상기 스트립 안의 노들들은 (브러쉬의 회전 때문에) 상기 스트립에 들어가고 나갈 것이지만, 상기 스트립은 상기 기판의 중심을 떠나지는 않을 것이다. 상기 기판의 모서리들에서 상기 스트립은 상기 기판이 회전할 때 일시적으로 특정 영역에 맞물릴 것이다. 대응하여, 상기 기판의 단위 면적 당 상기 브러쉬/기판 접촉은 상기 기판의 중심에서 최대가 될 것이고 상기 노들들이 단일하게 형성되고 도 1a에서와 같이 배치되는 한, 상기 기판의 단위 면적 당 상

기 브러쉬/기판 접촉은 상기 기판 모서리를 향하여 상기 스트립을 따라 감소할 것이다.

[0010] 통상적으로, 상기 기판과 상기 노들들의 맞물림에 관한 한, 접촉하는 것은 초기에는 선도 코너 또는 "플라토" 모서리가, 그후 상기 접촉은 플라토 표면의 대부분으로 이전되고 그후 상기 기판과의 접촉이 끝날 때 후속 모서리로 다시 전이된다. 상기 브러쉬가 회전함에 따라, 노들의 초기 접촉으로부터 상기 노들이 상기 기판에 수직하는 방향으로 위치될 때, 또한 상기 기판이 상기 브러쉬에 수직하는 방향에 있는, "정상 위치"로의 단계, 상기 브러쉬 노들이 압축된다. 상기 정상 위치로부터 상기 연결해제 위치로, 상기 노들이 압축해제 모드에 있을 때, 즉 이것은 방사상으로 외측으로 연장된다.

[0011] 추가적으로, 상기 브러쉬/노들/기판 맞물림의 특성은 상기 기판 상의 상기 브러쉬/기판 인터페이스의 위치로 인해 달라질 것이다. 예를 들어, 상기 기판의 회전 중심으로부터의 거리에 따라, 상기 기판 상의 부분들 또는 지점들의 속도들의 다름으로 인해, 상기 브러쉬와의 접촉 시간 및 상기 브러쉬에 대한 기판 중심 근처의 기판의 부분들의 상대 속도는 상기 기판의 중심으로부터 멀리 떨어진 기판의 부분들의 상대 속도에 비하여 변할 것이다. 상대 속도들의 다름은 물질 제거 속도들 또는 특성들의 다름으로 귀결될 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기에서 설명한 바와 같이, 상기 브러쉬가 효과적으로 상기 기판을 가로질러 연장되는 폭을 가지는 스트립인 접촉 영역을 제공하기 때문에, 중심에 가까운 기판의 특정 영역들은 중심으로부터 멀리 떨어진 영역들보다 (프로세스 주기 당 또는 회전 당) 긴 시간 동안 상기 스트립과 맞물릴 것이다. 이러한 다른 맞물림 특성들은 이전에는 언급되거나 또는 충분히 논의되지 않았다.

[0012] 물론, CMP 작동 동안 기판으로부터 물질을 균일하게 또한 최적으로 제거하는 것이 바람직하다. 상기 노들들의 연관된 압축 및 압축해제 및 상기 기판과 개별적인 노들들의 접촉 단차들을 이용하기 위해 형태를 최적화할 뿐만 아니라 상기 기판에 걸쳐 존재하는 브러쉬/기판 인터페이스 특성들의 다름을 수용하거나 보상하는 브러쉬를 제공하는 것이 유리할 것이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) US 4566911 B

### 발명의 내용

[0014] 본 발명은 반도체 웨이퍼들, 하드 디스크들, 편평한 패널들 등과 같은 다양한 기판들을 세정하는 데 사용될 수 있는 포스트-CMP 세정 브러쉬이다. 상기 포스트-CMP 브러쉬는 원통형 베이스 부분으로부터 외측으로 돌출되고 상기 브러쉬 주위로 둘레로 연장되게 배치되는 복수의 노들들을 가진다. 상기 노들들은 후속 모서리와 다르고 또한 굽어 있거나 등근 상기 노들들의 기판 맞물림 표면의 선도 모서리를 포함하는 비대칭 구성을 가질 수 있다. 노들들은 최적의 세정 성능을 제공하기 위해 상기 기판 상의 개별적인 맞물림 위치(예를 들어, 중심으로부터의 거리 또는 기판 모서리로부터의 거리)에 적합하도록 위치, 형태, 및/또는 배치될 수 있다. 상기 노들들의 위치, 형태, 및/또는 배치는 상기 기판의 중심으로부터 상기 외측 모서리까지 연속적으로 변할 수 있거나 또는 복수의 그루핑들을 가질 수 있는데, 예를 들어 3개의 노들들은 그 각각의 그룹의 구성원들이 동일한 위치, 형태, 및/또는 배치를 가지고, 상기 그룹들은 상기 브러쉬가 상기 기판의 중심(통상적으로 상기 원통형 브러쉬의 중심)에 맞물리는 곳으로부터 상기 브러쉬가 상기 기판의 외측 영역(통상적으로 상기 브러쉬의 외측 모서리)에 맞물리는 곳까지 변한다. 예를 들어, 웨이퍼의 더 작은 속도 중심에 맞물리는 상기 브러쉬 상의 노들들의 크기는 더 큰 속도를 가지는 웨이퍼의 외측 부분들에 접촉하는 노들들에 비하여 더 크고, 더 큰 접촉 표면 면적을 가진다. 이것은 상기 웨이퍼의 모든 부분들이 가지는 세척의 상대적인 양을 정규화하는데, 이것은 상기 웨이퍼의 각 부분에 대한 브러쉬와 웨이퍼 맞물림 시간의 정도이다.

[0015] 다른 예로, 상기 웨이퍼의 모서리들에서의 상기 노들 웨이퍼 접촉은 상기 웨이퍼의 중간 쪽보다 더 큰 상대 속도를 가지기 때문에, 상기 노들들의 형태는 상기 브러쉬 상의 위치에 따라 다를 수 있다. 상기 중간 쪽의 노들들은 세척 행동을 증가시키기 위해 보다 과감하게 형태지어질 수 있다. 상기 "보다 과감한" 형태는 스폰지의 베이스 부분으로부터 멀어지면서 외측으로 방사상으로 연장되는 더 넓은 선도 모서리들 또는 노들들 또는 상기 노들들의 가늘어지는 것(taper)에 있어서의 변화와 같은 서로 다른 형태들을 구성할 수 있다.

[0016] 게다가, 상기 노들들은 상기 기판 상의 위치와 상관 있는 상기 브러쉬 상의 위치에 기초하여, 방사상으로 연장

되는 거리에 있어서 변화를 가질 수 있다.

[0017] 상기 노들들은 축상 방향(원통형 브러쉬의 축에 대하여)에서 봤을 때, 하나의 모서리 또는 코너 및 그 사이에서 표면을 가지는 후속 모서리 또는 코너를 가진다. 상기 표면은 실질적으로 편평하거나 또는 볼록한 곡률을 가질 수 있다. 실시예들에 있어서, 상기 선도 코너는 상기 후속 코너보다 상기 원통형 베이스 부분에 더 근접하다. 실시예들에 있어서, 상기 후속 코너는 상기 선도 코너보다 더 방사상으로 외측으로 연장된다. 실시예들에 있어서, 상기 노들을 따라 측정될 때 상기 선도 코너와 상기 원통형 베이스 부분 사이의 거리는, 상기 노들을 따라 측정될 때 상기 선도 코너와 상기 원통형 베이스 부분 사이의 거리보다 크다. 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 코너들 사이의 표면은 상기 표면이 종래의 원통형 노들들에 있어서의 선도 코너에 비하여 상기 브러쉬가 회전될 때 상기 기판에 먼저 접촉하도록 구성될 수 있다. 실시예들에 있어서, 상기 선도 코너와 상기 후속 코너 사이의 상기 표면은 실질적으로 편평하고 각을 가질 수 있어 상기 선도 코너와 상기 후속 코너 사이의 실질적인 모든 표면은 동시에 접촉한다. 이것은 향상된 세정을 제공하는 것을 생각되는 상기 맞물림 사이클의 압축 동안 보다 많은 노들 표면 면적 접촉을 제공한다. 게다가, 압축해제 동안, 상기 노들과 상기 기판 사이의 접촉의 분리는 보다 빨리 발생한다.

[0018] 본 발명의 실시예들에 있어서, 원통형 브러쉬들 상의 노들들이 구성되고 상기 브러쉬와 기판 맞물림이 배치되어 상기 기판과의 노들 접촉이 상기 기판을 세정하는 데에 있어서 최적화되고 향상된다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 원통형 브러쉬들 상의 노들들은 구성되고 상기 브러쉬와 기판 맞물림이 배치되어 상기 기판과의 노들 접촉이 압축 후 동안 향상된다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 원통형 브러쉬들 상의 노들들은 구성되고 상기 브러쉬와 기판 맞물림이 배치되어 상기 기판과의 노들 접촉이 종래의 원통형 노들들에 비하여 압축 후 동안 증가된다. 본 발명의 일 실시예에 있어서, 원통형 브러쉬들 상의 노들들은 구성되고 상기 브러쉬와 기판 맞물림이 배치되어 상기 기판과의 노들 접촉이 종래의 원통형 노들들에 비하여 압축 후 동안 감소된다.

[0021] 본 발명의 다른 실시예는 반도체 웨이퍼 또는 다른 기판의 표면의 포스트 CMP 세정 방법이다. 이 방법은 회전하는 기판의 표면과 복수의 노들들을 가지는 회전하는 원통형 발포 롤러의 맞물림을 포함한다. 노들들은 상기 브러쉬 주위로 둘레로 연장되는 축상 행들로 배치될 수 있고 또한 굽어 있거나 둥근 기판 맞물림 표면의 선도 모서리를 포함하는 비대칭 구성을 가질 수 있다. 몇몇의 실시예들에 있어서, 한 쌍의 롤러 브러쉬들은 상기 기판에 맞물릴 수 있는데, 제1브러쉬는 상기 기판의 상단 측에 맞물리고 제2브러쉬는 상기 기판의 바닥 측에 맞물린다. 이러한 실시예들에 있어서, 상기 브러쉬들은 상기 회전하는 기판의 각 면과 만나기 위해 반대되는 방향들로 회전할 수 있다. 그러므로, 상기 제1브러쉬의 비대칭 노들들의 기판 맞물림 표면은 상기 제2브러쉬의 노들들의 기판 맞물림 표면의 반대되는 측 상에 배치될 수 있다. 상기 상단 측 상의 브러쉬는 상기 바닥 측 상의 브러쉬와 다르게 구성될 수 있는데, 즉, 상기 기판의 상단 표면과 맞물리는 브러쉬의 노들들은 상기 바닥 측에 맞물리는 브러쉬의 노들들과 다르게 형태, 위치, 및/또는 배치될 수 있다.

[0022] 본 발명의 다른 특징 및 장점은 브러쉬의 모서리 영역들에서의 노들들보다 브러쉬의 중심 영역에 있어서 더 작은 기판 접촉 면적을 가지는 노들들을 가지는 브러쉬에 있다. 이것은 상기 기판의 중심 영역에서 기판과 모듈들 사이의 보다 고른 정도의 접촉을 제공하는데, 이것은 중심으로부터 면 것에 비하여 중심에 가까운 기판의 더 작은 회전 당 표면 면적 때문에 상기 모서리 영역들에서보다 많은 상기 브러쉬와의 접촉 시간을 가진다. 이것은 브러쉬와의 잉여 접촉으로 인한 중심 영역에의 손상 가능성을 최소화하는 한편 기판의 모서리 영역들의 세정을 최적화한다.

[0023] 실시예에 있어서, 포스트-CMP 세정 브러쉬는 회전하는 기판의 반지름을 따라 존재하는 서로 다른 속도들을 수용하도록 구성된다. 실시예들에 있어서, 상기 브러쉬는 상기 기판의 중간 부분에 대응하는 기판이 보다 느린 이동 부분과 맞물리는 브러쉬의 중심 영역에 비하여 상기 기판의 보다 빠른 이동 부분들에 접촉하는 상기 브러쉬의 길이를 따라 모서리 영역들에서 다르게 구성된 노들들을 가질 수 있다. 브러쉬는 중심 영역에서 보다 작은 기판 접촉 면적들을 가지는 노들들을 가질 수 있는데, 이것은 모서리 영역들에 비하여, 보다 큰 빈도를 가지고 기판과 접촉한다. 게다가, 상기 노들들의 밀도, 즉 상기 브러쉬의 원통형 표면 상의 단위 면적 당 노들들의 수는 특정 노들들이 상기 기판과 맞물리게 되는 기판 상의 위치(기판 모서리 또는 중심으로부터의 거리)에 대하여 변할 수 있다. 예를 들어, 스폰지의 부분들에 있어서 보다 큰 밀도가 웨이퍼의 중심과 맞물릴 것이다. 추가적으로, 상기 브러쉬의 원통형 표면 상의 단위 면적 당 맞물림의 표면 면적의 양은 상기 기판 상의 위치(상기 기판 모서리 또는 기판의 중심으로부터 측정된 거리)에 따라 변할 수 있다. 예를 들어, 웨이퍼의 중심 쪽으로 보다 많은 접촉의 표면 면적이 유리할 것이다.

- [0024] 본 발명의 실시예들의 하나의 특징 및 장점은 브러쉬가 회전될 때 기판과 같은 기판과 맞물리기 위한 노들의 제1부분인 등근 기판 맞물린 표면을 가지는 노들들의 마련에 있다. 등근 기판 맞물림 표면들은 직각 또는 "날카로운" 맞물림 표면들보다 기판들에 보다 많은 분배된 힘을 적용하고, 그러므로 노들들과의 접촉으로부터 기판들의 손상 가능성을 감소시킨다.
- [0025] 본 발명의 실시예들의 다른 특징 및 장점은 비대칭 노들들이 굽어진 맞물림 표면들을 가지는 더 얇은 노들들이 마련되도록 허용하는 데 있다. 더 얇은 노들들은 기판들과의 접촉으로 보다 쉽게 변형되고 그러므로 기판들에 힘을 덜 가하게 된다. 이로써, 기판들은 노들들에 의해 덜 손상받게 되는 경향이 있다.
- [0026] 본 발명의 실시예들의 또 다른 특징 및 장점은 단차가 있는 후방 표면을 가지는 비대칭 노들들에 있다. 단차가 있는 후방 표면은 노들이 더 두꺼운 베이스 부분을 가지는 한편 더 얇은 맞물림 부분을 가지도록 허용한다. 이 노들들은 그러므로 기판과 맞물릴 때 보다 쉽게 변형될 수 있지만, 상기 베이스 부분은 너무 쉽게 변형되는 것을 방지하기 위해 보다 튼튼한 베이스를 제공한다.
- [0027] 비대칭 배치들, 예를 들어 단차가 있는 배치들은, 예를 들어 노들의 가장 상승된 부분의 제어된 접힘을 허용하는 것에 의해, 기판에 보다 균일한 맞물림 힘을 제공할 수 있고, 실시예들에 있어서, 상기 노들은 상기 브러쉬의 원통형 표면 상에 또는 노들의 다른 솔더 상에 안착되도록 접힐 수 있다.
- [0028] 어떤 응용들에 있어서, 어떤 슬러리 세정이 보다 효과적으로 작동할 수 있기 위해 노들들에 의해 복수의 모서리 맞물림을 제공하는 것이 유리할 것이다. 이러한 경우들에 있어서, 노들이 기판을 지나 회전될 때 상기 기판과 맞물리는 하나 이상의 모서리가 존재하도록 비대칭 노들들이 구성될 수 있다. 이러한 노들은 듀얼 피크들을 가질 수 있다.
- 도면의 간단한 설명**
- [0029] 도 1a는 종래의 포스트-CMP 세정 브러쉬 및 기판(점선으로 표시된 원)이 도시되어 있다.  
 도 1b는 도 1a의 브러쉬 및 기판의 모서리 부분의 부분도이다.  
 도 1c는 도 1a의 브러쉬 및 기판의 모서리 부분의 부분도이다.  
 도 1d는 도 1a의 브러쉬 및 기판의 모서리 부분의 부분도이다.  
 도 2는 종래 기술로부터의 다른 포스트-CMP 세정 브러쉬이다.  
 도 2a는 종래 기술의 포스트-CMP 세정 프로세스에 있어서의 브러쉬들의 대략적인 단면도이다.  
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 브러쉬의 전면도이다.  
 도 3a는 도 3의 브러쉬의 측면 입면도이다.  
 도 3b는 도 3 및 도 3a의 브러쉬의 노들들의 상세도이다.  
 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시예들에 따른 비대칭 노들들의 측면 입면도들이다. 상기 노들들은 이 페이지에 수직인 수직 평면 주위로 비대칭이고; 상기 원통형 브러쉬 상에서, 이것은 노들을 통해 또한 원통형 브러쉬의 축을 통해 평면으로 이동하고; 이 노들들은 상단 구조 아래에 원통형 또는 타원형 베이스들을 가질 수 있다.  
 도 5a는 일 측 상의 곡률 반지름이 다른 측보다 큰 비대칭 노들의 상면도이다. 상기 노들을 통하는 점선은 원통형 브러쉬의 축을 통해 연장되는 평면을 나타내고, 상기 점선으로부터의 화살표는 예시적인 회전 방향을 지시한다.  
 도 5b는 선 5b-5b를 따른, 도 5a의 노들의 측면 입면도이다.  
 도 6 내지 도 9는 본 발명의 실시예들에 따른 비대칭 노들들의 측면 입면도이다. 상기 노들들은 적어도 이 페이지에 수직하는 수직 평면 주위로 비대칭이고; 상기 원통형 브러쉬 상에서, 이것은 상기 노들을 통해 또한 상기 원통형 브러쉬의 축을 통해 평면으로 이동하고, 화살표들은 개별적인 노들들의 일부인 원통형 브러쉬의 예시적인 회전 방향을 지시한다.  
 도 10 내지 도 12는 원통형 베이스를 제공하는 원형 공간을 가지는, 본 발명의 실시예들에 따른 비대칭 노들들의 사시도들이다.  
 도 13 내지 도 15는 사각 공간을 가지는, 본 발명의 실시예들에 따른 비대칭 노들들의 사시도들이다.

도 16 내지 도 19는 원형 공간을 가지는, 본 발명의 실시예들에 따른 비대칭 노들들의 사시도들인데, 이 공간들은 또한 타원형일 수 있다.

도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 포스트 CMP 세정 프로세스이다.

도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상의 브러쉬의 노들 접촉 영역들을 도시하고 있다.

도 22a 및 도 22b는 비대칭 노들이 상기 노들의 굽은 측 상에서 기판 표면과 맞물리기 시작하는 것을 보여주는 대략적인 단면도들이다.

도 23a 및 도 23b는 비대칭 노들이 노들의 솔더 상에서 접히는 상기 노들의 굽은 측 상에서 기판 표면과 맞물리기 시작하는 것을 보여주는 대략적인 단면도들이다.

도 24a 내지 도 24e는 비대칭 노들이 기판 접촉의 압축 단계 동안 향상된 접촉을 제공하는 상기 노들의 굽은 측 상에서 기판 표면과 맞물리기 시작하는 것을 보여주는 대략적인 단면도들이다.

도 25는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상의 브러쉬의 평면도인데, 노들 크기는 상기 기판의 모서리들 및 상기 브러쉬의 단들을 향해 증가되고, 도시의 간결함을 위해, 단지 2 개의 행들의 노들들이 도시되어 있지만 원통형 베이스 주위로 둘레로 도시된 패턴이 반복됨이 이해되어야 한다.

도 26은 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상의 브러쉬의 평면도인데, 노들 밀도는 상기 기판의 모서리들 및 상기 브러쉬의 단들을 향해 증가되고, 도시의 간결함을 위해, 단지 2 개의 축상 행들의 노들들이 도시되어 있지만 원통형 베이스 주위로 둘레로 도시된 패턴이 반복됨이 이해되어야 한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030]

다양한 조합들 및 방법들이 개시되어 있지만, 이들은 변할 수 있기 때문에, 본 발명은 개시된 특정 조합들, 설계들, 방법들 또는 프로토콜들에 한정되지 않는다. 또한 상세한 설명에서 사용되는 용어는 특정 벼전들 또는 실시예들을 설명하기 위한 것이지, 첨부된 청구항들에 의해서만 한정될 수 있는 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 돌출부 및 노들이라는 용어는 여기서 설명되는 포스트-CMP 세정 브러쉬들의 특징들을 설명하기 위해 당업자에게 알려져 있는 것으로 대체하여 사용될 수 있다. 여기서 기판은 웨이퍼 또는 편평한 패널들, 태양 전지 패널들 등과 같은 다른 기판들이다.

[0031]

본 발명의 실시예들에 따른 노들들은 이 페이지에 수직하는 수직 평면 주위로 비대칭이다. 원통형 브러쉬 상에서, 이것은 노들의 중심을 통해 또한 상기 브러쉬의 축 상에 놓인 평면으로 이동한다.

[0032]

종래의 포스트-CMP 세정 브러쉬(20)가 도 2에 도시되어 있다. 브러쉬(20)은 세정되는 웨이퍼 또는 다른 기판의 모서리에 대응하는 윤곽 또는 프로파일을 포함하는 모서리 노들들(24) 뿐만 아니라 원형 형태를 가지는 표준 중심 노들들(22)을 포함한다. 이 중심 노들들(22) 및 모서리 노들들(24)은 편평한 상단 표면들(27, 17)이 측면 표면들(25, 15)과 직각을 형성하는 날카로운 모서리들(23)을 포함한다. 이 브러쉬는 단부터 단까지 원통형 형태를 가지지 않는다.

[0033]

도 2 및 도 2a는 종래에 알려져 있던 포스트-CMP 세정 프로세스를 도시하고 있는데, 이것은 상기 브러쉬들의 둘레 주위에 축상 행들로 위치하는 복수의 원통형 노들들(34)을 가지는 한 쌍의 세정 브러쉬들(30) 사이에 기판(32)이 위치하는 것을 포함한다. 이 기판(32)은 화살표(36)에 의해 도시된 바와 같이 회전되고 상기 브러쉬들(30)은 화살표들(38)에 의해 도시된 바와 같은 반대되는 방향들로 회전된다. 그러므로, 상기 브러쉬들(30)이 회전될 때 상기 노들들(30)의 측면 표면들(35)과 상기 상면 표면(37) 사이의 교차에 의해 형성되는 상기 노들들(34)의 날카로운 모서리들(33)은 먼저 상기 기판(32)에 접촉한다. 상기 브러쉬들(30)이 회전될 때 상기 기판(32)에 순차적으로 접촉하는 이러한 날카로운 모서리들(33)은 상기 기판을 보호하고 세정하는 데 최적이지 않다.

[0034]

포스트-화학 기계 평탄화 세정 브러쉬들(CMP 브러쉬들)을 가지고 기판들을 세정하는 데 사용되는 기계적 힘들은 균일하지 않거나 대칭적이지 않는 노들 패턴들의 사용을 가지고 보다 잘 최적화될 수 있음이 알려져 있다. 비대칭 노들들, 예를 들어 노들들이 기판과 접촉하는 데서 굽어진 또는 둥근 부분, 및 기판과 접촉하지 않는 후속 모서리 상에 다른 구성을 가지는 노들들은 유리한 세정을 제공하는 것을 알려져 있다. 게다가, 축상 길이를 따라 노들들의 밀도를 다르게 하는 것은 원형 기판들이 중심 축 주위로 회전할 때 내재하는 회전하는 기판들 상의 서로 다른 상대 속도들 및 세척 시간을 보상할 수 있다. 예를 들어, 도 1a의 기판의 중심은 회전하는 브러쉬와 거의 일정한 세척으로 접촉하고 또한 웨이퍼의 외측 모서리 근처의 영역들은 상대적으로, 덜 자주 브러쉬와 접

축한다. 본 발명의 실시예들에 있어서, 노들들은 상기 브러쉬를 통해 또한 상기 원통형 베이스 축을 통해 축상으로 연장되는 평면 주위로 비대칭일 수 있고 상기 브러쉬의 축상 길이를 따라 변하는 밀도들을 가질 수 있다.

[0035] 도 3 내지 도 3b를 참조하면, 브러쉬(40)는 2개의 반대되는 단들(44, 46), 축(48), 외측 원통형 표면(50), 및 상기 외측 원통형 표면으로부터 연장되는 복수의 노들들(52)을 가지는 원통형 베이스(42)를 가진다. 도 3a에서 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 각각의 노들은 상기 브러쉬를 통해 또한 상기 브러쉬 축(48)을 통해 축상으로 연장되는 평면(55) 주위로 비대칭이다. 이 브러쉬는 화살표(60)에 의해 지시되는 바와 같은 의도된 회전 방향을 가지고 선도 모서리(62) 및 후속 모서리(64)를 가진다. 이 실시예에 있어서, 상기 선도 모서리는 상기 상면 표면(70) 및 상기 노들의 외측 원통형 표면(68)에 의해 정의되는 선도 모서리 각(66)을 가진다. 후속 모서리 각(72)은 유사하게 정의되고 상기 선도 모서리보다 크다. 각각의 노들은 중심 축(74) 및 상기 원통형 표면(50) 또는 원통형 베이스(42)에 대하여 최대 상승의 지점(76)을 가진다. 이 브러쉬는 2개의 반대되는 축상 단 행들(78, 80)을 가진다.

[0036] 도 4a 내지 도 19을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 복수의 비대칭 노들 구성들의 표현들을 볼 수 있다. 도 4a, 도 4b, 및 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라, 상단 표면(107, 117) 및 전방 측면 표면(105, 115)과 상단 표면(107, 117)이 만나는 데서 형성되는 등근 선도 모서리(103, 113)를 포함하는 기판 맞물림 표면(109, 119)을 가지는 노들(100, 110)을 도시하고 있다. 상단 표면(107)은 편평하거나 또는 등근 구성을 가질 수 있다. 노들들(100)이 여기서 설명된 바와 같이 브러쉬 주위에 분산되어 있고 기판을 세정하기 위해 회전될 때, 등근 또는 굽어진 선도 모서리들(103, 113)이 상기 기판에 접촉되는 상기 노들들(100, 110)의 첫번째 부분인데, 이것은 날카로운 선도 모서리들에 의해 야기되는 잉여 힘에 대한 잠재력을 감소시킨다. 화살표들은 특정 실시예들에서 노들들이 연장되는 원통형 베이스들의 의도된 회전 방향을 지시한다. 대체적인 실시예들에 있어서, 상기 원통들은 반대로 회전될 수 있다.

[0037] 도 4a의 노들은 후속 모서리(64)의 곡률의 반지름(r2)보다 실질적으로 큰 곡률의 반지름(r1)을 가지는 선도 모서리(62)를 가진다.

[0038] 노들(110)은 노들(100)보다 작은 폭 또는 둘레 대 높이 비율을 가진다. 이것은 노들들(110)이 보다 쉽게 변형되고 허용하고 이로써 더 낮은 상기 기판 상의 노들 당 기계적 힘을 제공하여, 상기 기판의 금힘 가능성을 감소시킨다. 일 실시예에 있어서, 이러한 노들들(110)을 채용하는 포스트-CMP 브러쉬는 더 두꺼운 노들들(110)을 가지는 브러쉬보다 더 많은 수의 노들들(110)을 가질 수 있다.

[0039] 도 6 및 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 노들(120)이 도시되어 있다. 주요하게 절단 부분(128)을 가지는 둠(121.1)을 가지는 원통형 또는 가늘어지는 원통형 베이스가 도시되어 있다. 노들(120)은 선도 모서리(123) 및 상단 표면(127)을 따라 전면 표면(125)으로부터 연장되는 굽어진 또는 등근 기판 맞물림 표면(129)을 가진다. 노들(120)은 또한 단차(124) 및 단차가 있는 후속 또는 후방 표면(126)을 포함한다. 단차가 있는 노들들(120)은 노들(110)과 유사하게, 더 얇은 기판 맞물림 부분(122)을 제공하는데, 이것은 기판에의 손상 가능성을 감소시키기 위해 보다 쉽게 변형될 수 있다. 하지만, 상기 단차가 있는 후방 표면(126)은 더 넓은 베이스 부분(121)을 제공하는데, 이것은 상기 노들(120)이 너무 쉽게 변형되어 기판을 세정하기에 충분한 힘이 적용되지 못하게 되는 것을 방지하는 보다 튼튼한 베이스를 제공한다. 상기 맞물림 부분(122)은 가변적인 폭을 가질 수 있는데, 이러한 부분들의 폭은 기판에 적절한 힘을 공급하기 위해 선택될 수 있다.

[0040] 도 7, 도 8, 도 18, 도 9, 및 도 19에는 본 발명의 실시예들에 따른 노들들이 도시되어 있다. 도 7, 도 8, 도 9, 및 도 19에는 선도 모서리들로서 날카로운 코너(131, 141, 151, 151.1)를 가지는 노들들(130, 140, 150) 및 상기 노들들(130, 140, 150)의 후방 측(136, 146, 156) 상에 기판 맞물림 표면들(139, 149, 159)의 굽어진 또는 등근 후속 모서리(133, 143, 153)이 도시되어 있다. 다른 실시예들에 있어서, 회전 방향은 반대일 수 있다.

[0041] 도 8 및 도 18에는 선도 날카로운 모서리(141) 및 노들(140)의 후방 측(146)으로부터 노들(140)의 전면 측(145)으로 향하여 연장되는 굽어진 또는 등근 기판 맞물림 표면(149)을 가지는 노들(140)이 도시되어 있다. 도 9 및 도 19에는 단차가 있는 전면 표면(155) 및 상기 노들(150)의 후방 측(156) 상의 굽어진 또는 등근 표면(159)을 가지는 단차가 있는 초기 맞물림 부분(155)을 가지는 노들(150)이 도시되어 있다. 노들들이 원형 베이스 또는 공간을 가지는 것으로 도시되어 있으나, 노들들은 도 10a 내지 도 10f에 도시된 바와 같이 사각형 또는 정사각형, 타원, 삼각형 또는 다른 형태와 같이, 다양한 다른 구성들을 가질 수 있다.

[0042] 도 20에는 제1 또는 상단 포스트-CMP 브러쉬(210) 및 제2 또는 바닥 포스트-CMP 브러쉬(220)를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판(201) 상에 포스트-CMP 세정 프로세스를 수행하는 시스템(200)이 도시되어 있다. 각

각의 브러쉬는 유체 흐름 캐비티(190), 다공성 원통형 베이스(192) 및 상기 유체 흐름 캐비티로부터 상기 다공성 원통형 베이스까지 연장되는 흐름 통로들(194)을 가진다. 이 실시예에 있어서, 상기 흐름 통로들은 상기 노들들과 상기 원통형 베이스의 다공성 발포체와 단일한 다공성 발포체를 가진다. 제1브러쉬(210)는 상기 기판(201)의 상단 또는 전면 측(202)과 맞물리고 제2브러쉬(220)가 상기 기판(201)이 206에 의해 지시되는 방향으로 회전할 때 상기 기판(201)의 바닥 또는 후방 측(204)에 맞물린다. 제1브러쉬(210)가 방향(212)으로 회전하고 브러쉬(210)의 둘레 주위로 축상 행들로 정렬된 복수의 비대칭 노들들(214)을 가진다. 제2브러쉬(220)는 반대방향(222)으로 회전하고 브러쉬(220)의 둘레 주위로 출상 행들로 정렬된 복수의 비대칭 노들들(224)을 가진다. 그러므로, 브러쉬들 모두는 회전하는 기판을 향해 회전한다. 노들들(214, 224)의 각각의 세트는 상기 노들들(214, 224)의 상기 굽어진 또는 둥근 기판 맞물림 표면(219, 229)은 먼저 상기 기판(201)에 접촉되는 상기 노들들의 선도 부분을 포함한다. 몇몇의 실시예들에 있어서, 상단 브러쉬(210) 또는 바닥 브러쉬(220) 중 하나만 비대칭 노들들을 포함하고, 다른 하나는 (예를 들어 둥근 맞물림 표면들을 가지는) 표준 대칭 노들들을 사용할 수 있다.

[0043] 도 1a를 참조하여 가장 명확하게 볼 수 있는 바와 같이, 모서리 영역들이 상기 브러쉬의 반대되는 측면들에 도달하기 위한 더 많은 거리를 회전해야 하기 때문에, 회전하는 브러쉬가 회전하는 기판을 세정하는 데 사용될 때, 상기 기판의 중심 부분은 상기 기판이 회전될 때 상기 기판의 모서리 영역들보다 상기 브러쉬에 더 자주 접촉하게 된다. 이와 같이, 상기 브러쉬의 길이에 전체에 대해 동일한 정도의 접촉 면적을 가지는 채용되는 노들들은 2개의 바람직하지 않은 결과들 중 하나로 귀결될 수 있다. 상기 기판의 중심 영역이 충분히 세정되면, 상기 기판의 모서리 영역은 상기 브러쉬와의 감소된 접촉으로 인해 충분히 세정되지 않을 수 있다. 하지만, 상기 모서리 영역이 충분히 세정되면, 상기 중심 영역은 상기 브러쉬와의 증가된 접촉으로 인한 상기 브러쉬와의 마찰 및 잉여 접촉으로 인해 손상될 수 있다.

[0044] 도 21 및 도 24a 내지 도 24e에는 브러쉬/기판 접촉의 실제 영역(393) 및 상기 기판(312) 상의 상기 브러쉬(310)의 프로파일(392)이 도시되어 있다. 상기 노들들의 상단 표면의 형태 및 각으로 인해, 상기 노들의 초기 접촉은 더 큰 접촉 원형 면적(394)에 의해 표시되는 실질적으로 상기 노들의 전체 상단 표면임을 유의해야 한다. 상기 브러쉬가 회전할 때, 상기 접촉 영역은 상기 접촉 영역(393)의 중심선(399)을 통해 크게 유지된다. 상기 접촉 영역(396)은 그후 상기 브러쉬가 더 회전함에 따라 빠르게 사라지고 연결해제 직전에 매우 작아진다. 상기 브러쉬/기판 결합 영역(393)은 상기 브러쉬 또는 기판이 회전할 때 브러쉬 또는 기판 중 하나에 고정되지 않지만, 상기 브러쉬 기판 방향에 따라, 상기 브러쉬에 인접하거나 아래의 불변 영역(static region)일 수 있다.

[0045] 도 25를 참조하면, 상기 브러쉬들(410)에는 상기 노들들과 상기 기판의 중심 영역 사이의 접촉을 감소시키기 위해 상기 기판의 중심 영역(414)과 맞물리는 상기 축상 중심(c)에 인접하는 상기 브러쉬의 상기 중심 영역(412)에 있는 접촉 표면들 및 더 작은 공간을 가지는 노들들이 마련되어 있을 수 있고, 상기 회전하는 기판의 외측 영역들(416)에 맞물리는 상기 브러쉬의 외측 영역들을 향하는 노들들은, 더 넓고 더 큰 지름을 가지고 상기 축상 중심(c)과 같은, 그 중심 영역에서 보다 큰 접촉 표면들을 가질 수 있다. 이러한 분포는 상기 기판에 걸쳐 브러쉬의 보다 균일한 접촉을 허용할 수 있는데, 이것은 과도한 브러쉬 대 기판 접촉에 의한 상기 기판의 중심 영역에의 손상의 가능성을 최소화하는 한편 기판 모서리 영역들의 최적 세정으로 야기될 수 있다. 이 분포는 면적 밀도에 있어서 변화가 있고 경사도(gradient)이다. 각각의 노들은 공간(footprint)을 가지는데, 여기서 상기 원통형 베이스에 접촉하고, 공간 면적을 가진다. 상기 면적 밀도는 특정 영역의 개별적인 원통형 면적에 의해 분리되는 특정 영역의 누적 공간 면적들에 의해 정의된다. 상기 면적 밀도는 상기 외측 축상 영역들 및 상기 브러쉬의 중심 영역과 비교하여 몇몇의 실시예들에 있어서 30% 이상 변할 수 있다. 몇몇의 실시예들에 있어서는, 50% 이상 변할 수 있다. 이 면적 밀도들은 상기 반대되는 외측 행들(417, 418) 중간을 적절히 취하게 된다.

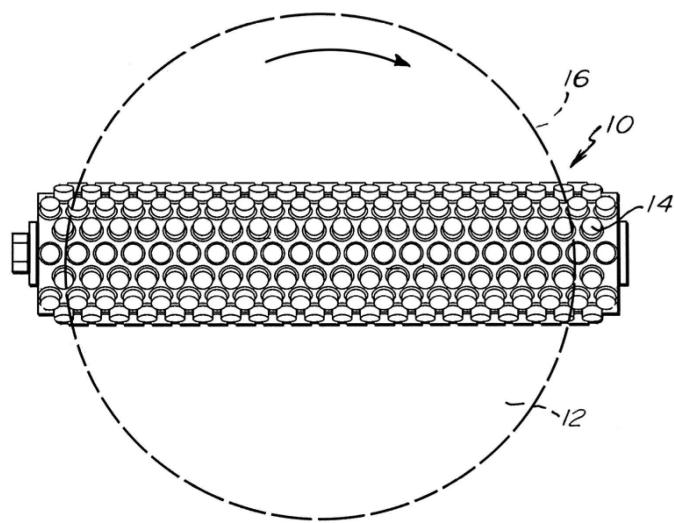
[0046] 도 26을 참조하면, 상기 브러쉬(510)에는 상기 외측 영역들과 비교하여 상기 중심 영역에서 접촉을 감소시키기 위해 외측 영역들(516)과 비교하여 상기 기판의 중심 영역(514)에서 보다 적은 접촉 표면들을 제공하는 보다 낮은 밀도의 노들들이 마련되어 있을 수 있다. 이러한 분포는 상기 기판에 걸쳐 브러쉬의 보다 균일한 접촉을 허용할 수 있는데, 이것은 상기 기판의 중심 영역에의 손상 가능성을 최소화하는 한편 기판 모서리 영역들의 최적 세정으로 귀결될 수 있다. 이 분포는 상기 반대되는 단 행들 중간의 원통형 베이스의 변화하는 수 밀도에 의해 반영되는 경사도이다. 상기 노들들의 수 밀도는, 상기 원통형 베이스의 원통형 단위 면적 당 노들들의 수로 정의된다. 도시된 바와 같이 수 밀도는 상기 2개의 반대되는 단 행들(517) 중 하나로부터 상기 2개의 반대되는 단 행들(518) 중 나머지까지 상기 브러쉬를 따라 축상으로 변한다. 상기 단들에서 더 높은 밀도, 상기 기판이 상기 브러쉬에 덜 자주 결합될 것이고, 상기 축상 중심(c)에서, 중간에서 더 낮은 밀도, 상기 기판이 상기 브러쉬에

더 자주 결합되는 것이 도시되어 있다.

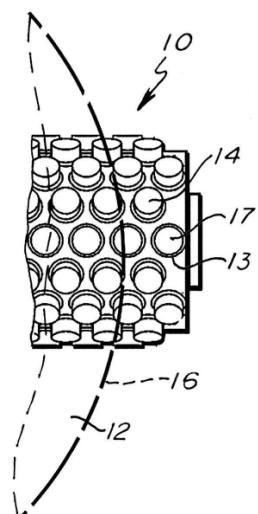
- [0047] 다른 실시예에 있어서, 중심 영역은 단차 감소 노들들이 사용되고 모서리 영역은 전체 크기 노들들이 사용될 수 있다. 비대칭 노들들이 사용되는 것으로 도시되어 있으나, 브러쉬는 또한 둥근 또는 편평한 상단 표면들을 가지는 노들들과 같은, 대칭 노들들을 채용할 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 노들들의 밀도 및 노들들의 크기 모두는 상기 브러쉬 상의 위치에 따라 달라질 수 있다. 상기 기판의 모서리의 맞물림으로 인해 몇몇의 경우들에 있어서 축상 외측 행들이 서로 다른 형태 및 크기들을 가지기 때문에, 축상으로 변하는 상기 노들들의 형태들 및 크기들의 변화는 몇몇의 실시예들에 있어서 상기 외측 축상 행(들)의 측면으로의 내부로부터 적절하게 고려된다.
- [0048] 몇몇의 실시예들에 있어서, 상기 브러쉬는 상기 축상 길이를 따라 변하는 개별적인 노들 표면 맞물림 면적을 가질 수 있을 뿐만 아니라 상기 축상 길이를 따라 변하는 상기 노들들의 밀도를 가질 수 있다. 상기 기판의 모서리의 맞물림으로 인해 몇몇의 경우들에 있어서 서로 다른 형태 및 크기인 축상 외측 행들로 인해, 축상으로 변하는 상기 노들들의 밀도는 실시예들에 있어서 상기 외측 반대되는 축상 단 행들의 측면으로의 내부로부터 적절하게 고려된다.
- [0049] 몇몇의 실시예들에 있어서, 상기 발포체의 밀도 및/또는 다공성은 노들들에서와 같이 변할 수 있다. 예를 들어, 상기 노들들은 상기 베이스로부터 연장되는 원통형 표면들에서보다 외측으로 노출된 표면들에서 더 큰 다공성을 가질 수 있다.
- [0050] 몇몇의 실시예들에 있어서, 상기 기판은 상기 브러쉬의 한 쪽 반 상의 브러쉬와 같은 방향으로 회전하고, 상기 브러쉬의 다른 반 쪽 상은 기판과 반대 방향으로 회전한다는 사실은, 서로 다른 상대 맞물림 속도 범위들을 제공하기 때문에, 상기 브러쉬의 개별적인 반 쪽들 상의 노들들의 크기, 특징, 밀도를 고려해야 한다. 예를 들어, 상기 기판과 함께 회전하는 브러쉬의 반 쪽은 상기 노들에 대하여 회전하는 상기 브러쉬의 반 쪽과 비교하여 약간 더 큰 세척 행동을 제공하기 위해 더 큰 범위의 노들들을 가진다.
- [0051] 종래 기술 특허들은 여기서 개시된 다양한 발명 실시예들에 사용되기에 적합한 특정 구성들, 공식들, 구조들, 시스템들, 프로세스들, 및 해결책들을 개시한다. 여기에 참조에 의해 반영되는 특정 특허들 및 공개공보들은 미국 등록특허 제 7,984,526호, 제 6,299,698호, 제 6,240,588호, 제 5,875,507호, 제 4,083,906호, 제 5,311,634호, 제 5,554,659호, 제 5,675,856호, 및 미국 공개공보 제 2009-0044830호, 국제특허 공개공부 제 WO 2011/103538호이다.
- [0052] 본 발명의 측면들을 채용하는 수개의 예시적인 물품들, 조합들, 장치, 방법이 도시되어 있으나, 물론 본 발명은 이러한 실시예들로 한정되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 특히 상기의 교시에 따라 당업자에 의해 변형이 가능할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예의 구성요소들 및 특징들은 다른 실시예의 대응하는 구성요소들 및 특징들로 대체될 수 있다. 나아가, 본 발명은 어떠한 조합 또는 하부조합에 있어서, 이러한 실시예들의 다양한 측면들을 포함할 수 있다.

도면

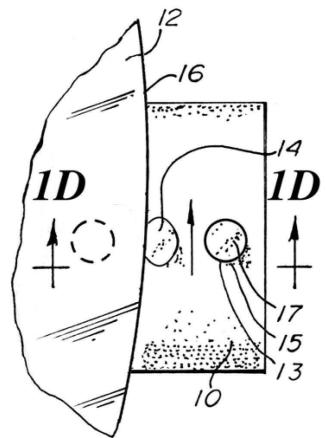
도면 1a



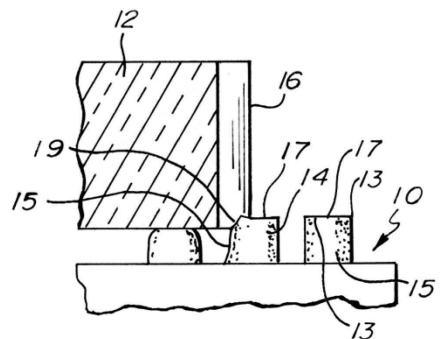
도면 1b



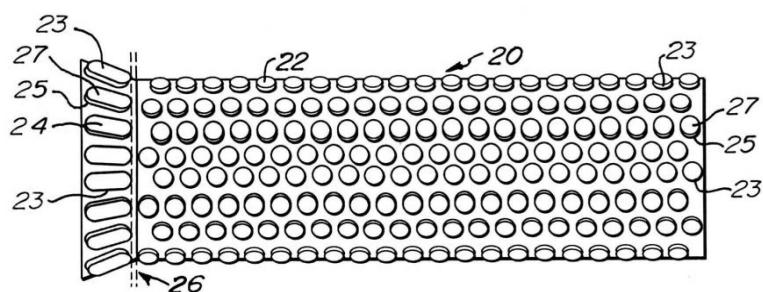
도면1c



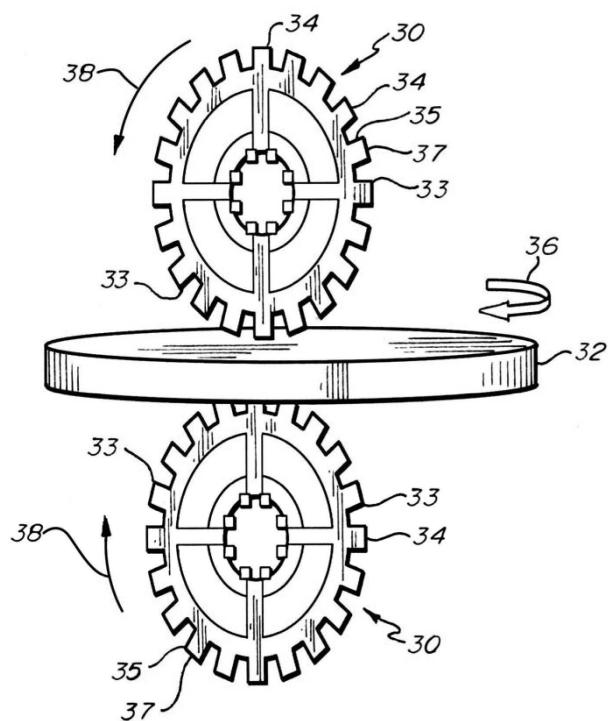
도면1d



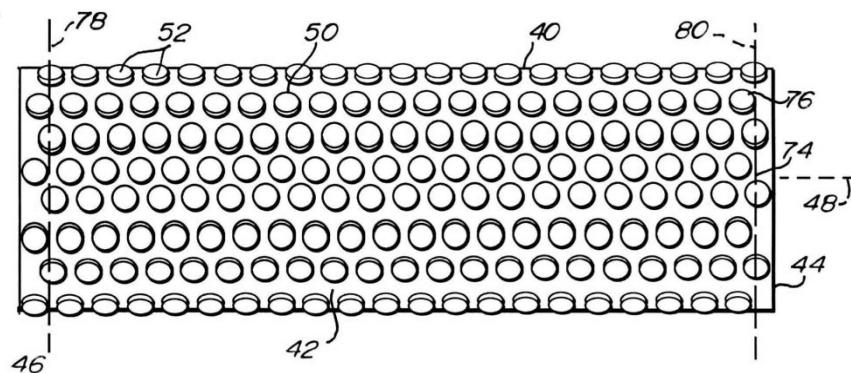
도면2



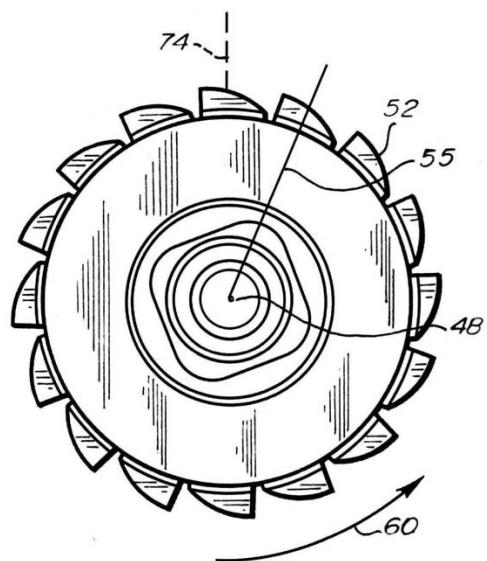
도면2a



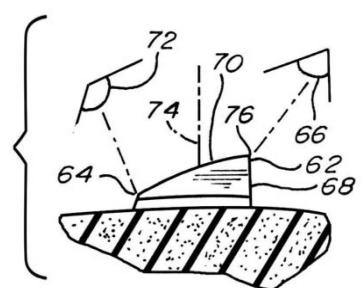
도면3



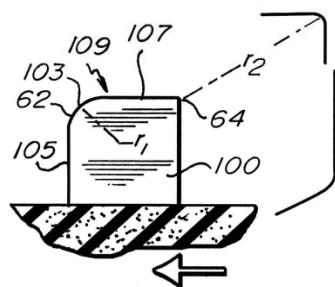
도면3a



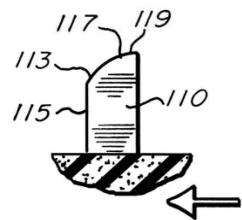
도면3b



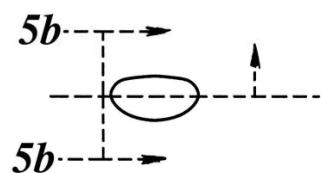
도면4a



도면4b



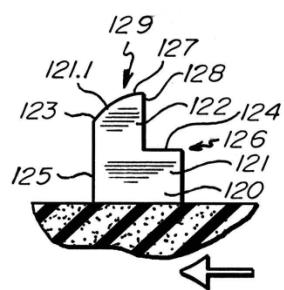
도면5a



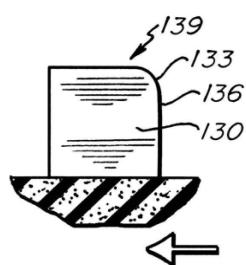
도면5b



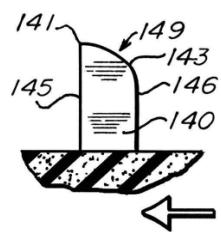
도면6



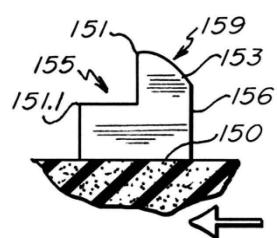
도면7



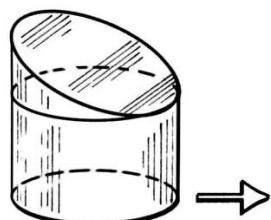
도면8



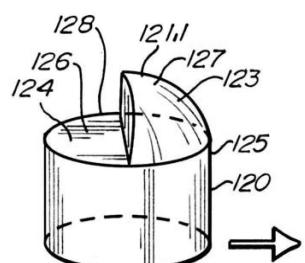
도면9



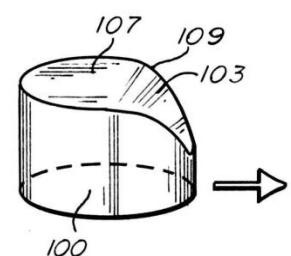
도면10



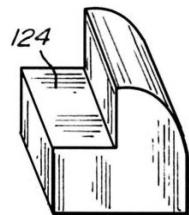
도면11



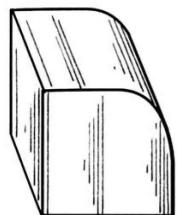
도면12



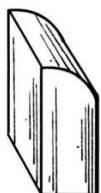
도면13



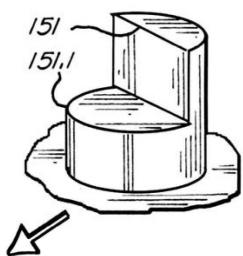
도면14



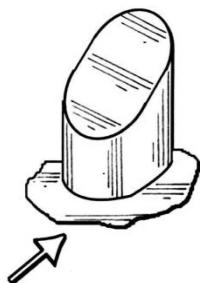
도면15



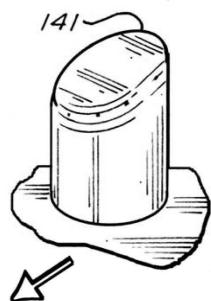
도면16



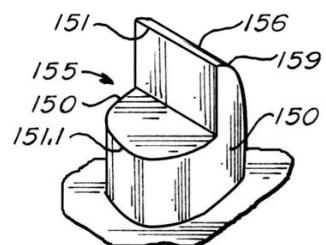
도면17



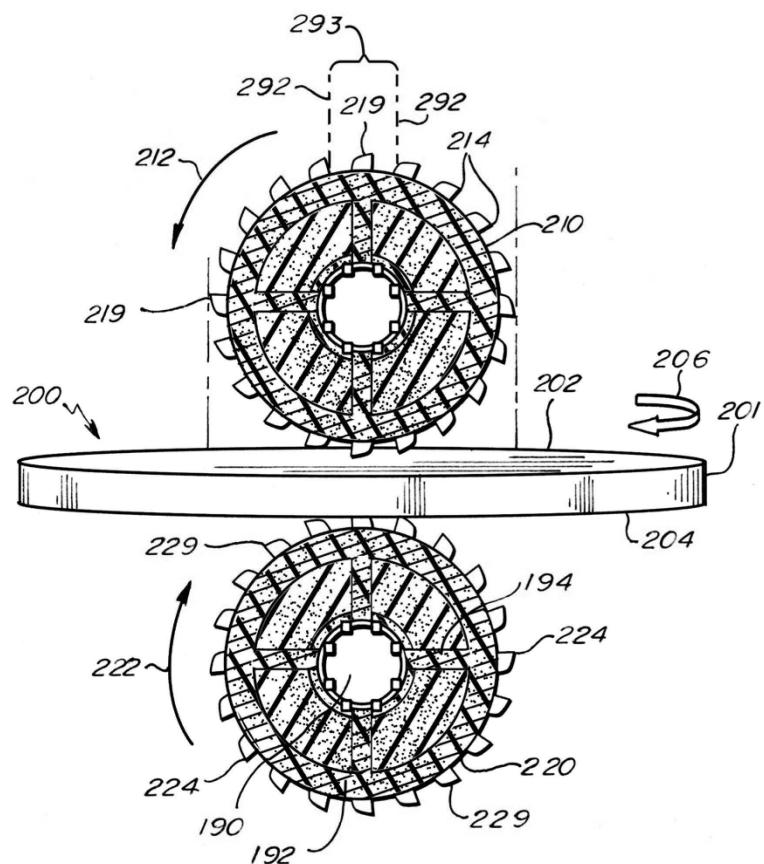
도면18



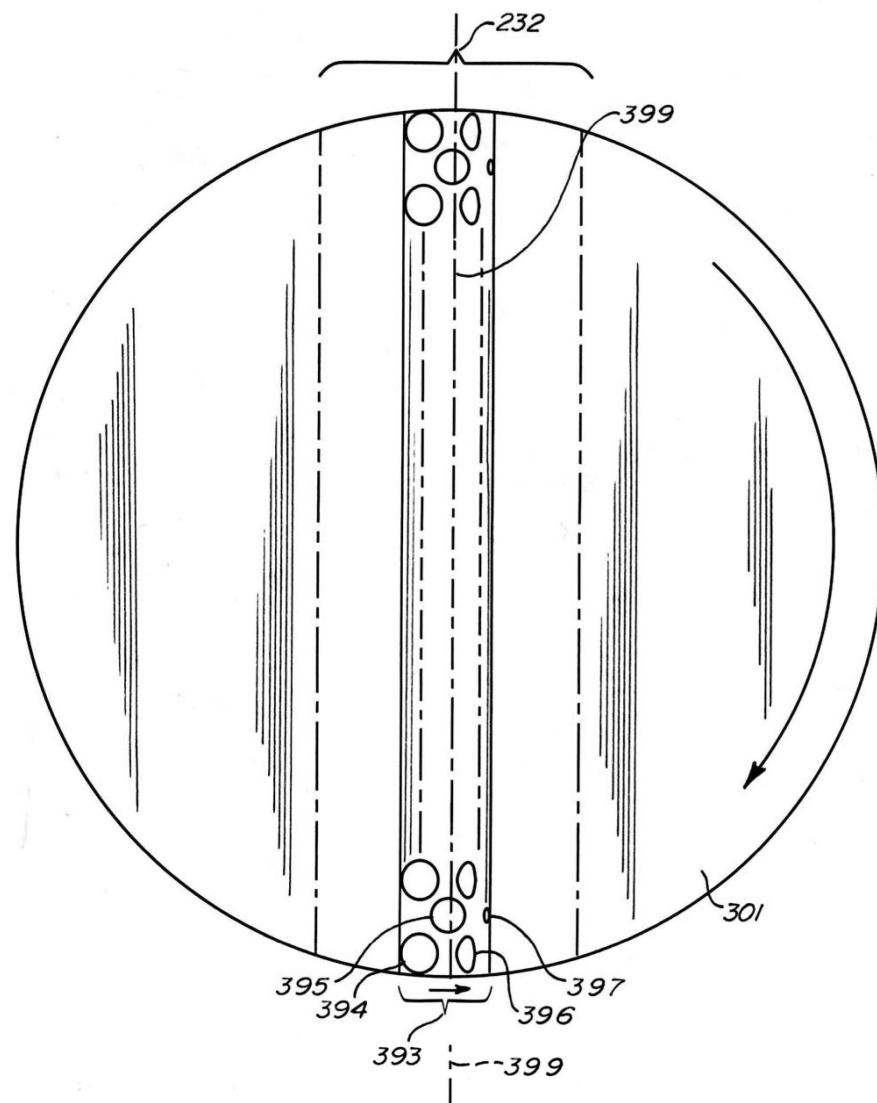
도면19



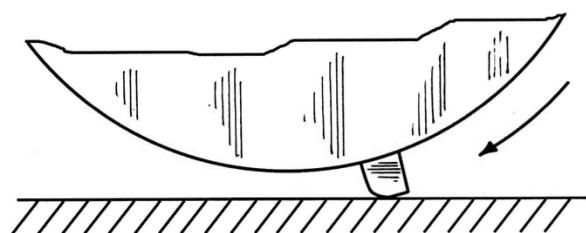
도면20



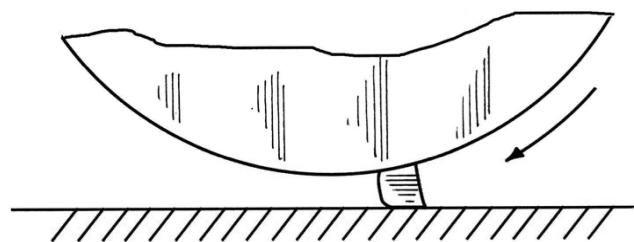
도면21



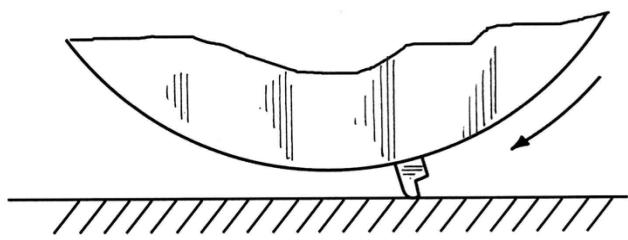
도면22a



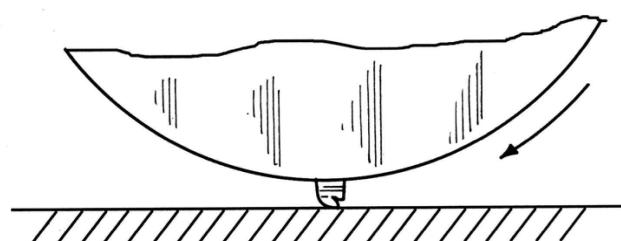
도면22b



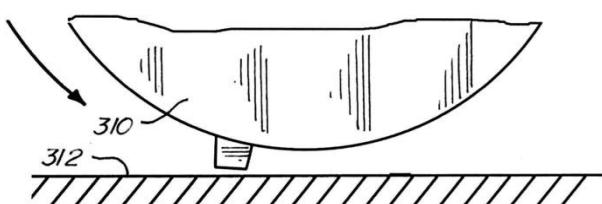
도면23a



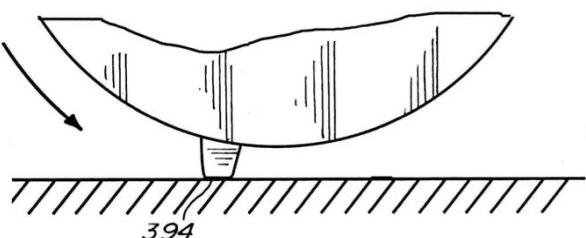
도면23b



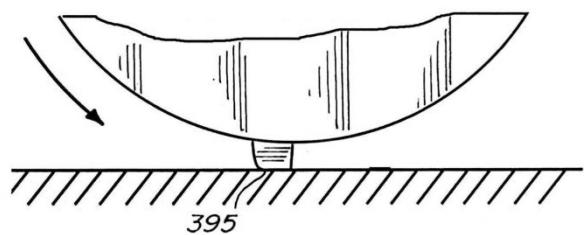
도면24a



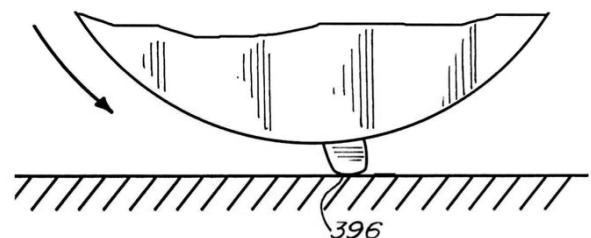
도면24b



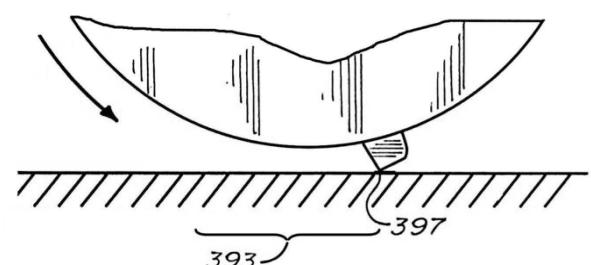
도면24c



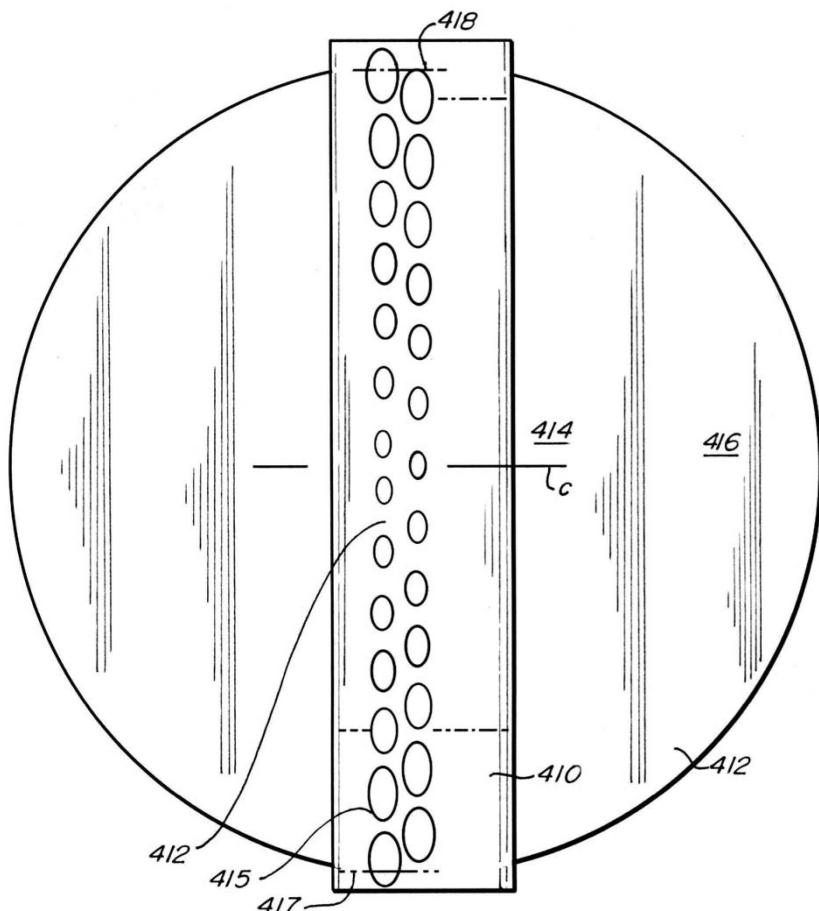
도면24d



도면24e



도면25



도면26

