

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. ⁷
H01L 21/304

(11) 공개번호 특2001 - 0089722
(43) 공개일자 2001년10월08일

(21) 출원번호	10 - 2001 - 7008231		
(22) 출원일자	2001년06월27일		
번역문 제출일자	2001년06월27일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/25099	(87) 국제공개번호	WO 2001/31691
(86) 국제출원출원일자	2000년09월13일	(87) 국제공개일자	2001년05월03일

(81) 지정국 국내특허 : 중국, 일본, 대한민국,
 EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴,

(30) 우선권주장 09/430,353 1999년10월28일 미국(US)

(71) 출원인 코닌클리크 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.
 룰페스 요하네스 게라투스 알베르투스
 네덜란드 엔엘 - 5621 베에이 아인드호펜 그로네보르세베그 1

(72) 발명자 웰링밀린드가네쉬
 미국캘리포니아주95131산호세엠버그로브드라이브1510
 장리밍
 미국캘리포니아주94087서니베일락션아트#5180

(74) 대리인 김창세
 김원준

심사청구 : 없음

(54) 반도체 웨이퍼 세정 방법 및 장치

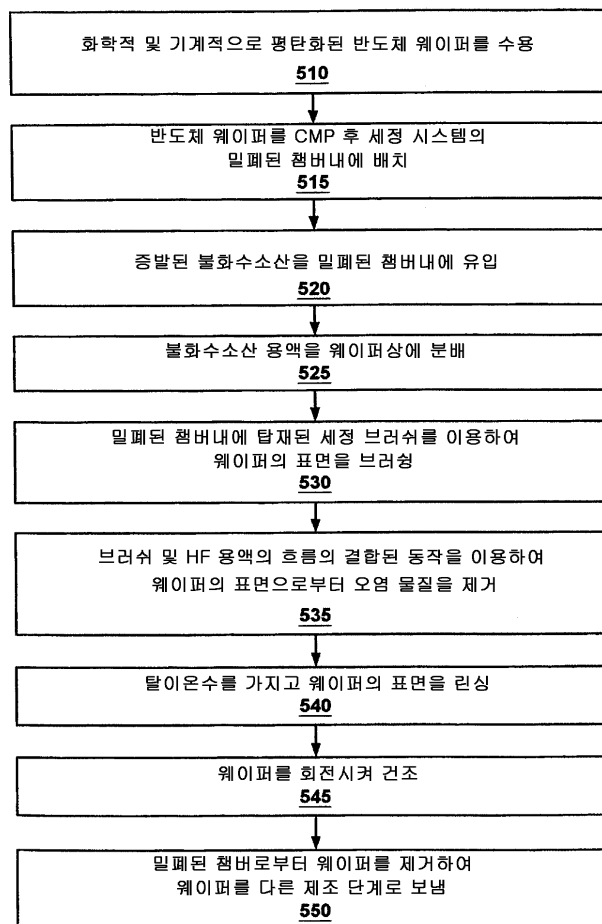
요약

본 발명은 CMP 후 세정(post - CMP scrubbing)과 결합된 기체 형태의 화학 세정 유체(chemical cleaning fluids)를 이용하여, 이로 인하여 화학 물질의 세정 효율(the cleaning efficiency)을 향상시키는 방법에 관한 것이다. 추가적인 장점은 이다. 화학 유체의 이용 또한 감소될 것이라는 점이다. 본 발명의 실시예에 따르면, 변화하는 시간 범위에 대한 다양한 세정 단계동안에 증기 생성기(vapor generator)는 화학 용액(예를 들면, 불화수소산(hydrofluoric acid))의 증기를 밀폐된 브러쉬 스테이션(a sealed brush station)에 유입시킨다. 증기는 웨이퍼 표면상의 오염 물질(contaminants) 또는 결함(defects)과 상호 작용한다. 이러한 결함은 증기의 반응(reaction) 또는 액화(condensation)에 대

하여 차별적인 위치(preferential sites)를 제공하므로, 증기는 이들 결합 및 오염 물질과 선택적으로 상호 작용한다. 그러므로, 화학 물질의 세정 효율이 향상된다. 세정 프로세스는 밀폐된 브러쉬 스테이션(a sealed brush station) 내에서 수행되므로, 이용되는 화학 물질의 양을 보존하는 것 또한 가능하다. 다른 실시예에서, 웨이퍼 표면을 젖은 상태로 유지할 필요가 있는 경우에는 화학 증기(the chemical vapors)는 탈이온수(deionized water)와 함께 유입될 수 있다. 기체 형태의 화학 물질의 이용은 흐름 제어 관점으로부터의 장점 또한 제공하는데, 이는 웨이퍼 표면상의 화학 반응의 정확한 제어가 용이하게 이루어질 수 있기 때문이다.

대표도

500



명세서

기술분야

본 발명의 분야는 반도체 제조 프로세스에 있어서 반도체 웨이퍼를 세정하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 증기 세정(vapor scrubbing)을 이용한 CMP 후 웨이퍼 세정(a post CMP(chemical mechanical planarization) wafer cleaning) 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

오늘날의 디지털 IC 디바이스의 대부분의 영향력과 유용성은 증가하는 집적화 수준에 기인한다. 보다 많은 구성 요소(저항, 다이오드, 트랜지스터 등)가 계속적으로 그 기초되는 칩내에, 즉 IC에 집적되고 있다. 전형적인 IC에 대한 개시

물질(starting material)은 매우 높은 순도의 실리콘이다. 이러한 물질은 단결정(a single crystal)으로 성장된다. 이는 입방체 기둥(a solid cylinder)의 형태를 띤다. 그런 다음, 이러한 결정은 (뽕 조각처럼)잘려서 전형적으로 지름이 10 cm내지 30cm이며, 두께가 250 마이크로(microns)인 웨이퍼를 생성한다.

IC 구성 요소의 피쳐(feature)의 기하구조는 통상적으로 포토리소그래피(photolithography)라고 알려진 프로세스를 통하여 사진에 의해서 규정된다. 이러한 기술에 의해서 매우 정밀한 표면 기하구조가 정확하게 재생될 수 있다. 포토리소그래피 프로세스는 구성 요소 영역을 규정하며 구성 요소를 다른 층의 상부상의 한 층에 확립하는 데에 이용된다. 복잡한 IC는 종종 많은 상이한 형성 층(built-up layers)을 가질 수 있는데, 각각의 층은 구성 요소를 가지며, 각각의 층은 상이한 상호 접속을 가지며, 각각의 층은 이전 층(previous layer)의 상부상에 쌓아 올려진다. 이로 인한 이들 복잡한 IC의 토포그래피(topography)는 종종 많은 " 언덕(hill)" 및 " 계곡(valleys)" 을 가지는 통상적인 육지의 " 산맥(mountain ranges)" 과 유사한데, 이는 IC 구성 요소가 실리콘 웨이퍼(silicon wafer)의 기초되는 표면상에 형성되기 때문이다.

포토리소그래피 프로세스에서, 다양한 구성 요소를 규정하는 마스크 이미지(mask image), 또는 패턴(pattern)은 자외선 광(ultraviolet light)을 이용하여 감광층(a photosensitive layer)상에 초점이 모인다. 이미지는 포토리소그래피 툴(photolithography tool)의 광학 수단(optical means)을 이용하여 표면상에 초점이 모여서 감광층에 찍힌다. 보다 작은 피쳐를 형성하기 위하여 보다 세밀한 이미지가 감광층의 표면상에 초점이 모여야 되는데, 예를 들면 광학 해상도(optical resolution)가 증가되어야 한다. 광학 해상도가 증가함에 따라, 마스크 이미지의 초점 심도(the depth of focus of the mask)는 이에 따라서 협소해진다. 이것은 포토리소그래피 툴내의 높은 개구 수치 렌즈(high numerical aperture lenses in the photolithography tool)에 의해서 부과된 초점 심도에 있어서의 협소한 범위에 기인한다. 이러한 협소한 초점 심도는 종종 획득가능한 해상도의 정도에 있어서의 제한 요인, 즉 포토리소그래피 툴을 이용한 획득가능한 가장 작은 구성 요소의 제한 요인이다. 복잡한 IC의 과도한 토포그래피(topography)인 " 언덕(hill)" 및 " 계곡(valley)" 은 감소하는 초점 심도의 영향을 과장한다. 따라서, 서브마이크론(sub-micron) 기하 구조를 감광층상에 규정하는 마스크 이미지에 적절히 초점을 모으기 위하여 매우 평탄한 표면이 바람직하다. 매우 평탄한(예를 들면, 전적으로 평탄화된) 표면은 매우 작은 초점 심도를 가능하게 할 것이며, 차례로, 매우 작은 구성 요소의 규정 및 후속하는 제조를 가능하게 할 것이다.

화학 기계적 평탄화(chemical mechanical planarization)는 웨이퍼의 전체적인 평탄화를 획득하는 바람직한 방법이다. 이는 웨이퍼와 연마 슬러리(a polishing slurry)로부터 화학적 보조제(chemical assistance)를 가지는 이동 연마 패드(a moving polishing pad)사이의 기계적인 접촉(mechanical contact)을 이용하여 유전 물질 또는 금속의 희생층(sacrificial layer of dielectric material or metal)을 제거하는 단계를 포함한다. 연마(polishing)는 토포그래피(topography)에 있어서의 높은 영역(hills)이 낮은 토포그래피(topography) 영역(valleys)보다 빨리 제거되기 때문에 높이 차(height differences)를 평탄하게 한다. CMP는 연마후에 1° 보다 훨씬 적은 최대각을 초래하는 밀리미터 크기의 평탄화 거리(millimeter scale planarization distances)상의 토포그래피(topography)를 평탄하게 할 수 있는 능력을 가지는 유일한 기술이다.

도 1은 전형적인 종래 기술의 CMP 머신(CMP machine)(100)의 평면도를 도시하며, 도 2는 CMP 머신(100)의 단면도(a side cut away view)를 도시한다. CMP 머신(100)에는 평탄화될 웨이퍼가 공급된다. CMP 머신(100)은 암(an arm)(101)으로 웨이퍼를 집어 올려서 이를 회전 연마 패드(a rotating polishing pad)(102)상에 위치시킨다. 회전 연마 패드(102)는 연마 프로세스를 돕기위해, 탄성 물질(a resilient material)로 만들어지고, 종종 다수의 미리 결정된 글로브(grooves)(103)로써, 전형적으로 텍스처처리된다(textured). 연마 패드(102)는 연마 패드(102)아래에 위치한 플레이트(a platen)(104), 또는 회전 테이블(turn table)상에서 미리 정해진 속도로 회전한다. 웨이퍼(105)는

연마 패드(102)에 의해서 고정되며, 캐리어 링(a carrier ring)(112)과 캐리어(carrier)(106)에 의해서 암(arm)(101)에 고정된다. 웨이퍼(105)의 하부 표면(예를 들면, 전면("front" side))은 연마 패드(102)에 맞닿는다. 웨이퍼의 상부 표면(105)은 암(arm)(101)의 캐리어(106)의 하부 표면에 맞닿는다. 연마 패드(102)가 회전함에 따라, 암(arm)(101)은 웨이퍼를 미리 정해진 레이트(rate)로 회전시킨다. 암(arm)(101)은 미리 정해진 양의 하향력(down force)으로 웨이퍼(105)를 연마 패드(102)로 민다. CMP 머신(100)은 연마 패드(102)의 반경(radius)을 가로질러 연장하는 슬러리 분배 암(a slurry dispense arm)(107) 또한 포함한다. 슬러리 분배 암(a slurry dispense arm)(107)은 슬러리(slurry)의 흐름을 연마 패드(102)상에 분배한다.

슬러리(slurry)는 웨이퍼의 순조로우며 예측가능한 평탄화(the smooth and predictable planarization of the wafer)를 화학적으로 돕는 탈이온수(de-ionized water)와 연마제(polishing agents)의 혼합물이다. 슬러리의 연마 동작과 결합된 연마 패드(102)와 웨이퍼(105)의 회전 동작은 결합되어 웨이퍼(105)를 몇몇 공칭 레이트에서(at some nominal rate) 평탄화 또는 연마한다. 이러한 레이트는 제거 레이트(the removal rate)라고 불린다. 일정하며 예측가능한 제거 레이트는 웨이퍼 제조 프로세스의 일관성(uniformity) 및 성능(performance)에 있어서 중요하다. 제거 레이트는 편리하여야 하지만, 표면 토포그래피(surface topography)가 없는 정밀하게 평탄화된 웨이퍼를 생성하여야 한다. 제거 레이트가 너무 느린 경우에는 주어진 시간내에 생성된 평탄화된 웨이퍼의 수가 감소하여 제조 프로세스의 웨이퍼 생산률(wafer through-put)을 저하시킨다. 제거 레이트가 너무 빠른 경우에는, CMP 평탄화 프로세스는 웨이퍼의 표면에 있어서 일관되지 않아서, 제조 프로세스의 수율(yield)을 저하시킨다.

안정된 제거 레이트를 유지하는 것을 돕기 위하여, CMP 머신(100)은 조절기 어셈블리(conditioner assembly)(120)를 포함한다. 조절기 어셈블리(120)는 조절기 암(a conditioner arm)(108)을 포함하는데, 이는 연마 패드(102)의 반경을 가로질러 연장한다. 말단 장치(an end effector)(109)는 조절기 암(conditioner arm)(108)에 접속된다. 말단 장치(109)는 연마 조절 디스크(an abrasive conditioning disk)(110)를 포함하는데, 이는 연마 패드(102)의 표면을 거칠게 한다. 조절 디스크(110)는 조절기 암(conditioner arm)(108)에 의해서 회전되며, 연마 패드의 중심을 향하여, 그리고 연마 패드의 중심으로부터 멀어지도록 병진적으로(translationally) 이동되어 조절 디스크(conditioning disk)(110)는 연마 패드의 반경을 포함하며, 이로 인하여 연마 패드가 회전할 때에 연마 패드(12)의 거의 전 표면 영역을 포함한다. 거칠어진 표면을 가지는 연마 패드는 표면에 조절기 어셈블리(conditioner assembly)(120)로부터의 증가된 수의 매우 작은 피트(pits) 및 가우지(gouges)를 포함하며, 따라서 웨이퍼의 표면으로의 증가된 슬러리 전송을 통하여, 그리고 연마 하향력(polishing down force)의 보다 효율적인 이용으로부터 보다 빠른 제거 레이트를 생성한다. 조절(conditioning)없이, 연마 패드(102)의 표면은 연마 프로세스 동안에 평탄해지며, 제거 레이트(removal rate)는 상당히 효율적으로 감소한다. 조절기 어셈블리(120)는 연마 패드(102)의 표면을 다시 거칠게 하여 슬러리의 운반을 향상시키며 제거 레이트(removal rate)를 향상시킨다.

이리하여, 연마 패드(102)의 거친 표면의 동작(the action of the rough surface of the polishing pad), 슬러리의 화학적 유연 동작(chemical softening action of the slurry) 및 슬러리의 연마 동작(the abrasive action of the slurry)은 결합되어 웨이퍼를 연마하여 밀리미터 크기의 평탄화 거리에 대한 토포그래피(topography)가 거의 완전히 평탄화되어 사라지도록 한다. 일단 CMP가 완료되면, 웨이퍼(105)는 암(arm)(101)에 의해서 연마 패드(102)로부터 제거되어 디바이스 제조 프로세스에 있어서의 다음 단계가 준비된다. 그러나, 후속하는 제조 처리에 앞서서, 웨이퍼(105)는 CMP 프로세스로부터 남아있는 오염 물질(예를 들면, 연마 패드(102)의 입자, 슬러리/연마제의 자국(trace amounts of slurry/abrasives), 금속 이온 등)이 세정되어야 한다.

CMP 프로세스가 완료된 후에, 입자, 금속 이온 및 이와 같은 다른 오염 물질을 제거하기 위하여 웨이퍼(105)의 표면은 세정되어야 한다. 본 기술 분야의 당업자에게 잘 알려진 바와 같이, CMP 프로세스로부터 남겨진 오염 물질이 웨이

퍼가 부가하는 작업 처리 동안에 작업이 수행되기 전에 제거되는 것은 매우 중요하다. 예를 들면, 오염 물질 입자의 존재는 후속하는 리소그래피(lithography)를 방해할 수 있는데, 이는, 예를 들면 절선(broken lines), 단락(shorts) 등을 초래할 수 있다. 현재, 가장 널리 이용되는 CMP 후 세정 프로세스는 탈이온수(deionized(DI) water) 또는 다른 습식 화학 물질을 이용한 웨이퍼 표면의 세정(scrubbing)을 포함한다.

실제에 있어서, 세정(scrubbing)은 화학 물질을 포함하는 용액 및 폴리머 물질(polymer material)로 만들어진 브러쉬(brushes)를 이용하여 수행된다. 반도체 웨이퍼(310)상에서 이용되는 세정 브러쉬(a scrubbing brush)(300)의 도(diagram)는 도 3에 도시된다. 도시된 바와 같이, 세정 브러쉬(scrubbing brush)(300)는 화살표(301)에 의해서 도시된 방향으로 회전한다. 세정 브러쉬(scrubbing brush)(300)가 회전할 때에, 웨이퍼(310)는 세정 브러쉬(scrubbing brush)(300)아래에서 마찰적으로 회전하여(rotate)(예를 들면 회전함(spin)), 웨이퍼(310)의 전체 표면과 마찰적으로 접촉한다.

세정 브러쉬(scrubbing brush)(300)는 웨이퍼(310)의 표면을 가로질러 마찰적으로 이동하기 때문에, 세정 브러쉬(scrubbing brush)(300)와의 직접적인 접촉에서 발생하는 이러한 오염 물질을 효율적으로 제거한다는 점에서 세정 브러쉬(scrubbing brush)(300)는 장점을 가진다. 세정 브러쉬(scrubbing brush)(300)는 특별히 만들어진 세정 유체(specifically tailored cleaning fluids)로 포화된 다공성 브러쉬(a porous brush)일 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 세정 유체는 유입구(inlet)(320)를 통하여 세정 스테이션(scrubbing station)(305)으로 흐른다. 세정 유체는 웨이퍼(310)의 표면을 구성하는 물질(예를 들면, 산화물로 피복된 금속 라인(metal lines covered with oxide), 산화물 비아 플러그내의 텅스텐(tungsten in oxide via plugs), 구리(copper) 등)에 따라 만들어진다. 세정 유체내에 포함된 화학 물질은 웨이퍼(310)의 표면상의 오염 물질과 상호 작용한다. 세정 유체는 오염 물질과 반응하여 반응 생성물을 생성한다. 반응 생성물은 세정 유체의 흐름뿐만 아니라 세정 브러쉬(300)의 와이핑력(wiping force)에 의해서 웨이퍼 표면으로부터 제거된다.

반응 생성물 및 오염 물질을 제거하기 위하여 사용된 세정 유체는 재사용되거나 재활용될 수 없는데, 이는 이러한 세정 유체가 오염 물질 및 반응 생성물을 포함하고 있기 때문이다. 따라서, 통상적인 CMP 후 세정 방법은 다량의 세정 유체를 요구한다. 대개 독성 물질을 포함하는 화학적 세정 유체는 적절하게 처리되더라도 환경에 해로울 수 있다. 요구되는 다량의 화학적 용액은 집적 회로 디바이스의 제조에 있어서 소유자의 비용 또한 상승시킨다. 더욱이, 웨이퍼 표면에 붙어있는 오염 물질의 제거는 상당한 양의 압력이 브러쉬에 인가될 것을 요구하는데, 이리하여 웨이퍼 표면을 손상시킬 위험이 증가한다. 따라서, 요구되는 바는 보다 적은 양의 화학 용액을 필요로 하며 웨이퍼 표면의 손상 위험을 증가시키지 않는 CMP 후 세정 방법이다.

추가적으로, 집적 회로 디바이스가 마이크론 이하(submicron)의 시대에 진입함에 따라, 웨이퍼 표면이 오염 물질이 없도록 보증하는 것이 점점 더 중요해지고 있다. 종래 기술의 세정 방법은 표면 오염 물질을 효과적으로 제거하지만, 웨이퍼의 표면에 매립된 오염 물질은 제거하지 않을 것이다. 더욱이, 종래 기술의 세정 방법은 웨이퍼의 후면(backside)상에 위치한 오염 물질을 제거하는 데에 있어서 효과적이지 않다. 따라서, 또한 요구되는 바는 CMP 처리의 완료 후에 CMP 오염 물질 및 웨이퍼 표면으로부터의 부산물(byproducts)을 제거하는 데에 있어서 보다 효율적인 방법 및 시스템이다.

발명의 개요

따라서, 본 발명은 CMP 후 세정(post - CMP scrubbing)과 관련하여 기체 형태의 화학적 세정 용액을 이용하여 화학 물질의 세정 효율을 향상시키는 방법을 제공한다. 화학 용액의 사용 또한 감소될 것이다. 본 발명의 한 실시예에 따르면, 증기 생성기(a vapor generator)는 변화하는 시간 범위에 대한 다양한 세정 단계동안에 화학적 세정 용액(예를 들면, 불화수소산(hydrofluoric acid))의 증기를 밀폐된 브러쉬 스테이션(a sealed brush station)으로 유입시킨다. 증기는 웨이퍼 표면상의 오염 물질 또는 결함과 상호 작용한다. 반도체 웨이퍼의 결함은 증기의 반응(reaction) 또는 액화(condensation)에 대하여 차별적인 위치를 제공하므로, 증기는 이러한 결함 및 오염 물질과 선택적으로 상호 작용한다. 따라서, 화학 물질의 세정 효율이 향상된다. 세정 프로세스는 밀폐된 브러쉬 스테이션내에서 수행되므로, 사용되는 화학 물질의 양을 보존하는 것 또한 가능하다.

본 발명의 한 실시예를 촉진하기 위하여, 산화물 표면(oxide surface)을 가지는 화학적 및 기계적으로 평탄화된 반도체 웨이퍼는 밀폐된 브러싱 스테이션(a sealed brushing station)내에 위치한다. 그런 다음, 불화수소산(HF) 증기는 밀폐된 브러싱 스테이션으로 방출된다. 그런 다음, HF 증기는 매립된 오염 물질을 포함하는 산화물의 얇은 층($< 50 \text{ \AA}$)을 웨이퍼 표면으로부터 에칭(etching)한다. 증기는 또한 웨이퍼의 후면(backside)과 상호 작용하여 후면에 화학 물질을 직접적으로 분배하지 않고도 후면의 오염 물질의 제거를 촉진한다. 소정의 미리 결정된 시간후에, 증기 생성기는 스위치 오프(switched off)된다. 그런 다음, 미리 결정된 양의 용액 또는 탈이온수가 웨이퍼 표면상의 브러쉬를 통하여 유입되어 오염 물질 또는 자신의 반응 산물(reaction products)을 증기로 제거한다. 용액의 흐름 또한 브러쉬 로딩(brush loading)의 방식을 도울 것이다. 한 실시예에서, 증기 온(on) 및 증기 오프(off) 시간은 특정한 프로세스 요구에 의존하여 변할 것이다.

다른 실시예에서, 웨이퍼 표면을 젖은 상태로 유지하는 것이 요구되는 경우에는, 화학 세정 용액의 증기는 또한 탈이온수와 함께 유입된다. 기체 형태의 화학 물질의 사용은 흐름 제어 관점에서의 장점 또한 제공하는 데, 이는 CMP 후 세정 동안에 웨이퍼 표면상의 화학 반응의 정밀한 제어가 용이하게 이루어 질 수 있기 때문이다.

본 명세서에 포함되며 그 일부를 형성하는 수반하는 도면은 본 발명의 실시예를 설명하며, 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 데에 기여한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 기술의 통상적인 CMP 머신(CMP machine)의 평면도,

도 2는 도 1로부터의 종래 기술의 통상적인 CMP 머신의 측면도,

도 3은 종래 기술의 통상적인 세정 스테이션(scrubbing station)의 측면도,

도 4는 본 발명의 CMP 후 세정(post CMP cleaning) 방법에 따라서 세정되는 웨이퍼를 도시하는 도,

도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 CMP 후 세정 프로세스의 단계를 설명하는 흐름도.

발명의 상세한 설명

이제 본 발명의 바람직한 실시예, CMP 후 웨이퍼 세정에 대한 방법 및 시스템, 수반하는 도면에 설명된 예에 대하여 상세히 기술할 것이다. 본 발명은 바람직한 실시예와 관련하여 기술될 것이지만, 이는 본 발명을 이들 실시예에 한정하기 위한 의도가 아님을 이해하여야 할 것이다. 반면에, 본 발명은 첨부된 청구항에 의해서 규정되는 바와 같은 본 발명의 사상 및 범주내에 포함될 수 있는 대안(alternatives), 변형(modifications) 및 등가사항(equivalents)을 포함하려고 의도되었다. 더욱이, 이어지는 본 발명의 상세한 설명에서, 본 발명의 철저한 이해를 제공하기 위하여 많은 특정한 세부사항이 기술된다. 그러나, 본 기술 분야의 당업자에게 본 발명이 이들 특정 세부사항 없이도 실시될 수 있음은 자명할

것이다. 본 발명의 관점을 불명료하게 하지 않기 위하여 불필요하기 때문에, 다른 예에서, 잘 알려진 방법, 절차, 구성 요소 및 회로가 상세히 기술되지 않는다.

본 발명은 CMP 처리의 완료후에 웨이퍼의 표면으로부터 CMP 오염 물질 및 부산물을 효율적으로 제거하기 위한 결합된 에칭 및 브러쉬 기반 반도체 웨이퍼 세정 방법 및 시스템을 제공한다. 본 발명은 웨이퍼의 표면을 손상시키는 위험을 가지지 않는 효율적인 CMP 후 세정을 제공한다. 웨이퍼 표면의 얇은 층을 제거할 때에 화학적 증기의 사용은 제거하기 어려운 오염 물질을 효율적으로 제거하며, 실시될 필요가 있는 세정액의 양을 상당히 감소시킨다. 결과적으로, 사용된 화학 용액의 양 및 CMP 프로세스의 소유자의 비용이 적어진다.

화학 기계적 평탄화는 제조 처리를 위한 디바이스를 포함하는 반도체 웨이퍼의 전체 평탄화를 획득하는 데에 있어서 바람직한 방법이다. CMP 프로세스는 웨이퍼와 연마 슬러리(a polishing slurry)로 포화된 이동 연마 패드사이의 마찰 접촉 및 슬러리 자체의 화학적 작용 모두를 이용하여 하나이상의 물질의 층(예를 들면, 유전 물질, 알루미늄, 텅스텐 또는 구리층 등)을 제거하는 단계를 포함한다. CMP 프로세스를 통한 연마는 높이차를 평탄하게 하는데, 이는 토포그래피(topography)의 높은 영역(언덕(hills))이 낮은 토포그래피(topography)의 영역(계곡)보다 빨리 제거되기 때문이다. CMP는 연마후에 1° 보다 훨씬 작은 최대각을 초래하는 밀리미터 크기의 평탄화 거리에 걸쳐서 토포그래피(topography)를 평탄하게 할 수 있는 능력을 가지는 바람직한 기술이다.

결합되어 반도체 웨이퍼를 연마하는 CMP 머신의 연마 패드의 표면과의 마찰 접촉(the friction contact with the surface of the polishing pad of the CMP machine), 슬러리의 화학적 유연 동작(the chemical softening action of the slurry) 및 슬러리의 연마 동작(the abrasive action of the slurry)은 또한 결합되어 다량의 오염 물질과 연마 부산물을 생성한다. 이들 오염 물질/부산물(예를 들면, 연마 패드(102)의 입자, 슬러리/연마제의 자국, 금속 이온 등)은 CMP 프로세스에 의해서 웨이퍼의 전체 표면으로 확산된다. 몇몇 오염 물질은 웨이퍼의 표면내에 매립될 수도 있다. 일단 CMP가 완료되고 나면, 웨이퍼는 CMP 머신으로부터 제거되어 디바이스 제조 프로세스에 있어서의 다음 단계가 준비된다. 그러나, 후속하는 제조 처리에 앞서서, 웨이퍼는 CMP 프로세스로부터 남겨진 오염 물질/부산물이 세정되어야 한다. CMP 프로세스로부터 남겨진 오염 물질이 웨이퍼가 후속하는 제조 처리로 진행하기 전에 제거되는 것은 매우 중요하다. 예를 들면, 오염 물질 입자의 존재는 후속하는 리소그래피 프로세스(lithography process)를 방해할 수 있는데, 이는 예를 들면 절선(broken lines), 단락(shorts)등을 야기할 수 있다.

도 3에 도시된 바와 같은 통상적인 세정 방법(scrubbing method)은 웨이퍼(310)의 표면을 가로질러 마찰적으로(frictionally) 이동하기 때문에 세정 브러쉬(scrubbing brush)와의 직접적인 접촉에서 발생하는 이들 오염 물질을 효율적으로 제거한다는 점에서 바람직하다. 그러나, 이러한 통상적인 세정 방법의 한가지 단점은 사용된 세정 유체(cleaning fluids)가 오염 물질 및 반응 생성물을 포함하기 때문에 재사용되거나 재활용될 수 없다는 점이다. 따라서, 통상적인 CMP 후 세정 방법은 다량의 세정 유체를 요구한다. 더욱이, 웨이퍼 표면에 붙어있는 오염 물질의 제거는 상당한 양의 압력이 브러쉬에 인가될 것을 요구하므로, 웨이퍼 표면을 손상시킬 위험이 증가한다.

따라서, 본 발명은 세정 증기(cleaning vapor)를 이용한 CMP 후 세정 시스템 및 향상된 방법을 제공한다. 도 4는 본 발명의 한 실시예에 따라서 화학적 및 기계적으로 평탄화된 반도체 웨이퍼(405)를 세정하는 세정 스테이션(a scrubbing station)(400)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 웨이퍼(405)는 세정 브러쉬(a scrubbing brush)(430) 및 세정 유체 유입구(a cleaning fluid inlet)(410)를 포함하는 세정 스테이션(400)의 봉합된 챔버(a sealed chamber)(440)내에 배치된다. 브러쉬(430)가 회전할 때에, 웨이퍼(405) 또한 세정 브러쉬(430)아래에서 마찰적으로 회전하여 세

정 동작이 웨이퍼(450)의 전면(front surface)(450a)상의 오염 물질을 제거한다. 세정 유체는 유체 유입구(the fluid inlet)(410)를 통하여 유입되며, 웨이퍼(405)의 표면을 구성하는 물질에 따라서 만들어 질 수 있다(예를 들면, 산화물로 피복된 금속 라인(metal lines covered with oxide), 산화물 비아 플러그내의 텅스텐(tungsten in oxide via plugs), 구리(copper) 등).

도 4에 도시된 바와 같이, 중요하게도 세정 스테이션(400)은 증발된 세정 유체가 다양한 시간의 주기동안 세정 프로세스의 다양한 단계에서 유입될 수 있는 밀폐된 챔버(sealed chamber)(440)내에 탑재된 증기 유입구(a vapor inlet)(420)를 포함한다. 또한, 본 실시예에서, 증발된 세정 유체는 웨이퍼(405)의 표면을 구성하는 물질에 맞추어 만들어진 다. 증발된 세정 유체(예를 들면, 불화수소산의 증기(vapor of hydrofluoric acid))의 이용은 증발된 세정 유체의 에칭 동작(etching action)이 웨이퍼의 전면(front surface) 및 후면(back surface)상에 부착되어 용이하게 제거될 수 있는 오염 물질 또는 기체 반응 산물뿐만 아니라 웨이퍼(405)의 전면(front surface)(450a) 및 후면(back surface)(450b)으로부터 매우 얇은 증착층(a very thin layer of deposition)을 제거할 수 있다는 점에서 바람직하다.

본 실시예에 따르면, 증발된 세정 유체는 웨이퍼 표면(450a,450b)상에서 발견된 오염 물질 또는 결함과 상호 작용한다. 이들 결함은 증기의 작용 또는 액화에 대하여 차별화된 위치(preferential sites)를 제공하므로, 증기는 이들 결함 및 오염 물질과 선택적으로 상호 작용한다. 따라서, 화학 물질의 세정 효율이 향상된다. 브러쉬(430)의 세정 동작과 결합되는 경우에, 증발된 세정 유체의 이용은 요구되는 세정제의 양(the amount of scrubbing required)을 상당히 감소시킨다. 보다 적은 양의 세정제는 차례로 웨이퍼의 전면(the front surface)(450a)을 손상시키는 위험을 감소시킨다. 추가적으로, 보다 적은 양의 세정 유체 또한 요구될 것이다. 이러한 방식으로, CMP 후 세정 시간 및 비용이 상당히 줄어 들 수 있다. 본 실시예에서, 증발된 세정 유체(vaporized cleaning fluid) 및 세정 유체(cleaning fluid)는 상이한 화학적 성분을 가짐에 주의하여야 한다.

본 발명의 추가적인 장점은 증발된 세정 유체가 웨이퍼(405)의 후면(back surface)(450b)과 용이하게 상호 작용하여 직접적으로 화학 물질을 후면(back surface)(450b)에 분배하지 않고서도 후면 오염 물질(backside contaminants)의 제거가 보다 용이하게 이루어 질 수 있다는 점이다. 웨이퍼 표면(450a,450b)상의 화학 반응의 정확한 제어가 기체를 가지고 용이하게 이루어질 수 있기 때문에 기체 형태의 세정 유체의 이용은 흐름 제어 관점으로부터의 장점 또한 제공한다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 CMP 후 세정 프로세스의 단계를 도시하는 흐름도이다. 설명을 위하여, 프로세스(500)는 세정 스테이션(scrubbing station)(예를 들면, 도 4의 세정 스테이션(400))을 이용하는 산화물 CMP 후 세정 시스템(a post oxide CMP cleaning system)의 동작 프로세스(operating process)에 포함된 단계를 도시한다. 그러나, 본 발명만이 산화물 CMP 후 세정 프로세스에 이용가능하도록 구성되어서는 안된다. 오히려, 본 기술 분야의 당업자에게는 다양한 화학적 증기가 유사하게, 상이한 CMP 후 세정 프로세스 또는 표면 세정 애플리케이션에 도입될 수 있음이 자명할 것이다.

프로세스(500)는 단계 510에서 시작하는데, 여기서 웨이퍼가 MCP 기계내에서 처리된 후에 세정을 위하여 웨이퍼가 수용된다. 상기 기술된 바와 같이, 화학 기계적 평탄화는 슬러리 및 연마 패드와의 마찰 접촉의 이용을 포함한다. CMP 프로세스는 웨이퍼의 표면으로부터 제거되어야 하는 다량의 오염 물질을 야기한다.

단계 515에서, 웨이퍼는 본 발명에 따른 CMP 후 웨이퍼 세정 시스템의 세정 스테이션(예를 들면, 세정 스테이션(400))의 밀폐된 챔버내에 배치된다. 세정 스테이션은 바람직하게 세정 브러쉬(a scrubbing brush)(예를 들면, 브러쉬(300)), 증발된 세정 유체를 유입하는 세정 유체 유입구(a cleaning fluid inlet)(예를 들면, 유입구(420))를 포함한다.

본 실시예에 따라서, 단계 520에서 불화수소산(hydrofluoric acid)(HF)을 포함하는 증발된 세정 기체가 세정 스테이션의 밀폐된 챔버내로 유입된다. 본 실시예에서, 유입된 증기의 양 및 웨이퍼가 증기에 노출된 시간은 증기 생성기(vapor generator)에 의해서 제어된다. HF 증기는 웨이퍼 표면상의 산화물의 얇은 층(50Å의 두께보다 작음)을 에칭(etching)할 수 있기 때문에 HF를 포함하는 증발된 세정 유체가 본 실시예에서 사용된다. 웨이퍼 표면에 붙어있는 표면 오염 물질 또한 산화물의 얇은 층과 함께 에칭되어 제거될 것이다. HF 증기는 또한 웨이퍼의 후면(backside of the wafer)과 상호 작용하여 화학 물질을 후면에 직접적으로 분배하지 않고서 웨이퍼의 후면으로부터 오염 물질을 제거할 것이다. 다른 실시예에서, 웨이퍼의 표면 성분에 의존하여 다른 세정 용액의 화학적 증기가 이용될 수 있다.

다른 실시예에서, 화학적 증기는 또한 웨이퍼 표면을 젖은 상태로 유지할 필요가 있는 경우에는 탈이온수(deionized water)와 함께 유입될 수 있다.

단계 525에서, 불화수소산을 포함하는 세정 유체는 웨이퍼상에 분배된다. 한 실시예에서, 세정 유체는 브러시를 통하여 웨이퍼 표면에 유입될 수 있다. 용액의 흐름은 또한 브러시 로딩(brush loading)의 방지를 도울 것이다. 다른 실시예에서, 세정 유체는 웨이퍼 표면 또는 탈이온수의 화학적 구성에 대하여 특별히 만들어진 다양한 화학 물질을 포함하는 특정 세정 용액을 포함할 수 있다. 더욱이, 세정 유체 및 증발된 세정 유체(단계 520에서 유입됨)는 상이한 화학적 구성 요소를 가질 수 있다.

단계 530에서, 웨이퍼의 표면은 밀폐된 챔버내에 탑재된 세정 브러시를 이용하여 브러싱된다. 상기 기술된 바와 같이, 세정 브러시는 와이핑 작용(a wiping action)을 이용하여 웨이퍼의 표면상의 오염 물질을 제거한다.

여전히 도 5를 참조하면, 단계 535에서 브러쉬와 세정 유체 흐름의 결합된 동작에 의해서 오염 물질이 웨이퍼의 표면으로부터 제거된다. 상기 기술된 바와 같이, 표면에 붙어있는 오염 물질을 제거하기 위하여 웨이퍼 표면은 불화수소산으로 가볍게 에칭(etching)되었기 때문에, 웨이퍼를 효율적으로 세정하기 위하여 보다 적은 브러시의 세정 동작 및 보다 낮은 세정 유체의 흐름 레이트(flowrate)가 필요할 것이다. 세정 스테이션의 고효율 세정 동작(high efficiency cleaning action of the scrubbing station)은 종래 기술의 세정 방법과 비교할 때에 세정 브러쉬와 함께 보다 낮은 압력이 인가되는 것을 가능하게 한다.

단계 540에서, 웨이퍼의 표면은 탈이온수로 린싱(rinsing)된다. 이러한 린싱은 세정 프로세스후에 남은 세정 유체를 제거하기 위한 것이다.

단계 545에서, 웨이퍼는 회전하여 건조된다. 일단 단계 507에서 세정 유체가 린싱되어 제거된 다음에는, 회전 건조(spin dry)는 오염 물질이 없는 완전히 청정한 웨이퍼(clean wafer)를 야기한다.

단계 550에서, 완전히 청정한 웨이퍼는 세정 어셈블리(cleaning assembly)로부터 제거되어 CMP 후 세정 툴(post-CMP cleaning tool)로부터 디바이스 제조 프로세스에 있어서의 다음 단계로 보내진다.

이리하여, 본 발명은 CMP 처리의 완료후에 CMP 오염 물질 및 부산물을 웨이퍼의 표면으로부터 효율적으로 제거하는 방법 및 시스템을 제공한다. 본 발명은 웨이퍼의 표면을 손상시키는 위험을 가지지 않는 효율적인 CMP 후 세정을 제공한다. 본 발명은 CMP 후 웨이퍼 표면의 오염 물질/부산물을 손상을 야기하지 않고서 효율적으로 세정한다.

본 발명의 특정 실시예의 상기 기술된 바는 설명의 목적으로 기술되었다. 이들은 완전하거나, 본 발명을 기술된 정확한 형태로 한정하기 위함이 아니며, 명백하게 많은 변형과 변조가 상기 기술된 바에 의해서 가능하다. 본 발명의 원리와 이의 실제적인 응용을 가장 잘 설명하기 위하여 실시예가 선택되어 기술되었으며, 이로 인하여 본 기술 분야의 당업자가

본 발명과 특정 이용에 적응되었을 때에 다양한 변형을 가지는 다양한 실시예가 가능하다. 본 발명의 범주는 본 명세서에 첨부된 청구항과 이들의 등가 사항(equivalent)에서 규정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

반도체 웨이퍼를 세정하는 방법(a method of cleaning a semiconductor wafer)에 있어서,

- a) 상기 반도체 웨이퍼를 밀폐된 챔버(a sealed chamber) 내에 배치하는 단계와,
- b) 증발된 세정 유체(a vaporized cleaning fluid) - 상기 증발된 세정 유체는 상기 반도체 웨이퍼와 상호 작용하며 상기 표면에 부착된 오염 물질 입자(contaminant particles)와 반응하도록 적응됨 - 를 상기 밀폐된 챔버내에 유입하는 단계와,
- c) 화학적 세정 용액(a chemical cleaning solution)을 상기 밀폐된 챔버내에 유입하는 단계와,
- d) 상기 반도체 웨이퍼의 표면과 접촉하도록 적응된 브러쉬(brush)를 가지고 오염 물질 입자를 세정(scrubbing)하여 상기 반도체 웨이퍼로부터 제거하는 단계

를 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 제거 단계(said scrubbing step)후에 상기 반도체 웨이퍼를 회전하여 건조시키는 단계(a step of spin drying)를 더 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼는 화학적 및 기계적으로 평탄화된 반도체 웨이퍼(a chemically and mechanically planarized semiconductor wafer)인 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 화학적 및 기계적으로 평탄화된 반도체 웨이퍼는 산화물 층(an oxide layer)을 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 5.

제 4 항에 있어서,

상기 증발된 세정 유체는 증발된 불화수소산(vaporized hydrofluoric acid)을 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 증발된 세정 유체는 상기 반도체 웨이퍼로부터 얇은 산화물 층(a thin layer of oxide)을 제거하도록 적응된 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 얇은 산화물 층의 두께는 50Å 보다 작은 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 8.

제 1 항에 있어서,

상기 단계 b)와 동시에 탈이온수(de-ionized water)를 상기 반도체 웨이퍼상에 유입하는 단계를 더 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 9.

제 1 항에 있어서,

상기 오염 물질 입자는 화학 기계적 평탄화의 부산물(by-products)을 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 방법.

청구항 10.

반도체 웨이퍼를 세정하는 장치에 있어서,

a) 상기 반도체 웨이퍼를 보유하는(holding) 밀폐된 챔버(a sealed chamber)와,

b) 증발된 세정 유체(a vaporized cleaning fluid) - 상기 증발된 세정 유체는 상기 반도체 웨이퍼와 상호 작용하며 상기 표면에 부착된 오염 물질 입자(contaminant particles)와 반응하도록 적응됨 - 를 상기 밀폐된 챔버내에 유입하는 수단과,

c) 상기 화학적 세정 용액(said chemical cleaning solution)을 상기 밀폐된 챔버내에 유입하는 수단과,

d) 오염 물질 입자를 세정(scrubbing)하여 상기 반도체 웨이퍼로부터 제거하는 수단

을 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼는 화학적 및 기계적으로 평탄화된 반도체 웨이퍼인 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 12.

제 11 항에 있어서,

상기 화학적 및 기계적으로 평탄화된 반도체 웨이퍼는 산화물 층을 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 13.

제 12 항에 있어서,

상기 증발된 세정 유체는 증발된 불화수소산을 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 증발된 세정 유체는 상기 반도체 표면으로부터 얇은 산화물 층을 제거하도록 적응된 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 15.

제 14 항에 있어서,

상기 얇은 산화물 층의 두께는 $50\text{\AA}$ 보다 작은 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 16.

제 10 항에 있어서,

상기 증발된 세정 유체의 유입과 동시에 탈이온수를 상기 밀폐된 챔버내에 유입하는 수단을 더 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 17.

제 10 항에 있어서,

상기 오염 물질 입자는 화학 기계적 평탄화의 부산물을 포함하는 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 18.

제 10 항에 있어서,

상기 증발된 세정 유체를 상기 밀폐된 챔버내에 유입하는 수단은 증발된 세정 유체를 상기 밀폐된 챔버내에 유입하도록 적응된 제 1 유입구(a first inlet)인 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 19.

제 10 항에 있어서,

상기 화학적 세정 용액을 상기 밀폐된 챔버내에 유입하는 수단은 화학적 세정 용액을 상기 밀폐된 챔버내에 유입하도록 적응된 제 2 유입구인 반도체 웨이퍼 세정 장치.

청구항 20.

제 10 항에 있어서,

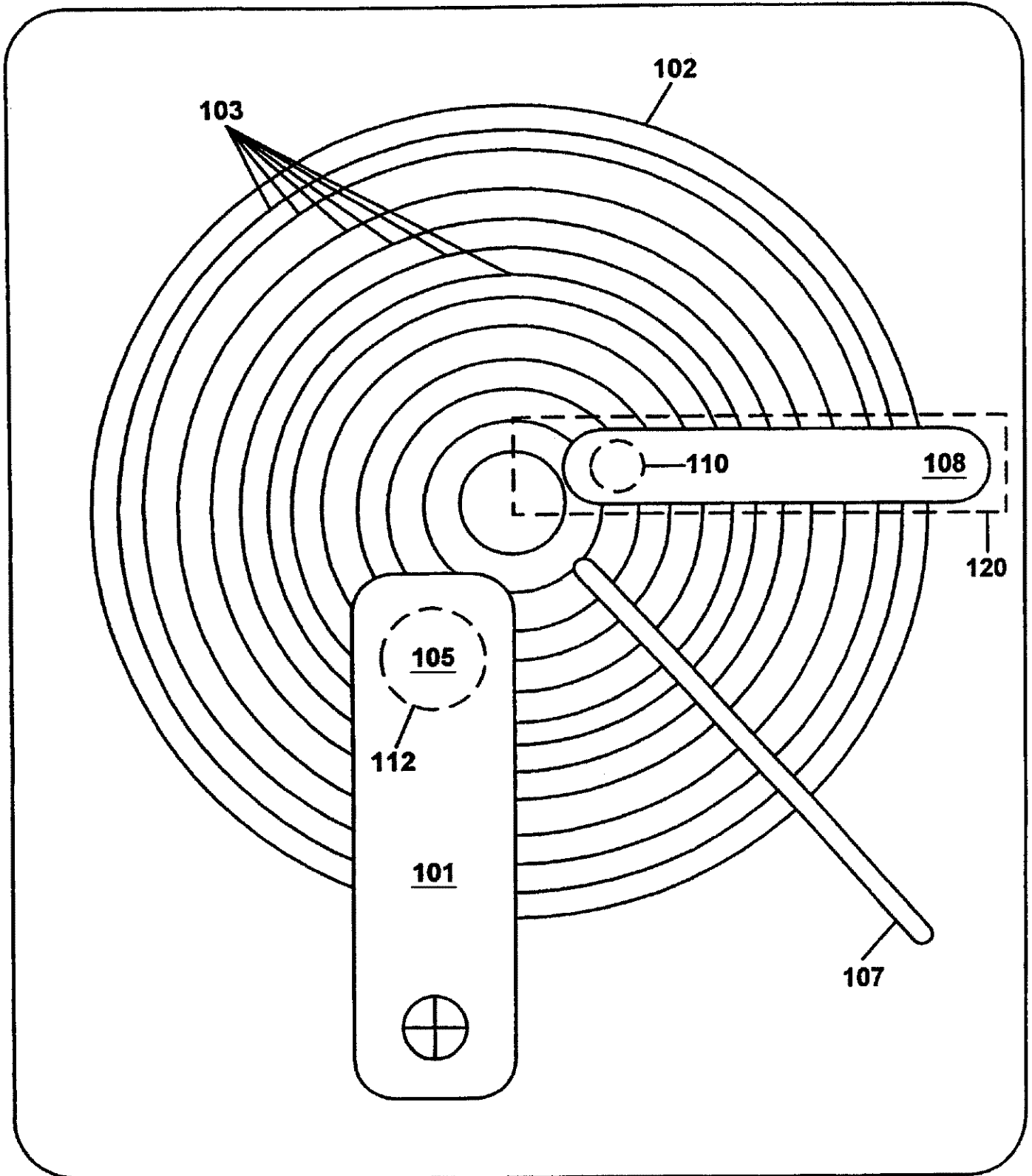
상기 오염 물질 입자를 세정(scrubbing)하여 상기 반도체 웨이퍼로부터 제거하는 수단은 상기 반도체 웨이퍼의 표면과 접촉하여 오염 물질 입자를 세정하여 상기 반도체 웨이퍼로부터 제거하도록 적응된 브러쉬(a brush)인 반도체 웨이퍼 세정 장치.

도면

도면 1

100

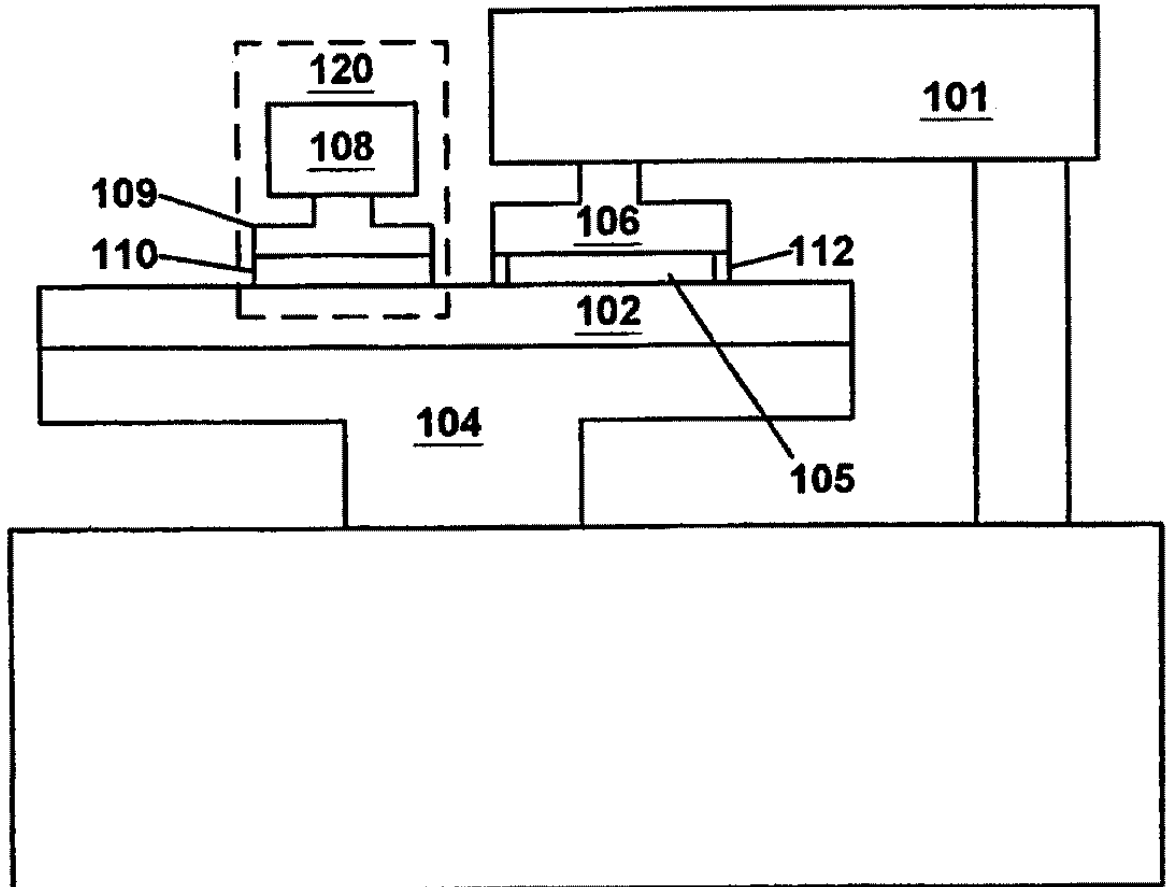
(종래기술)



도면 2

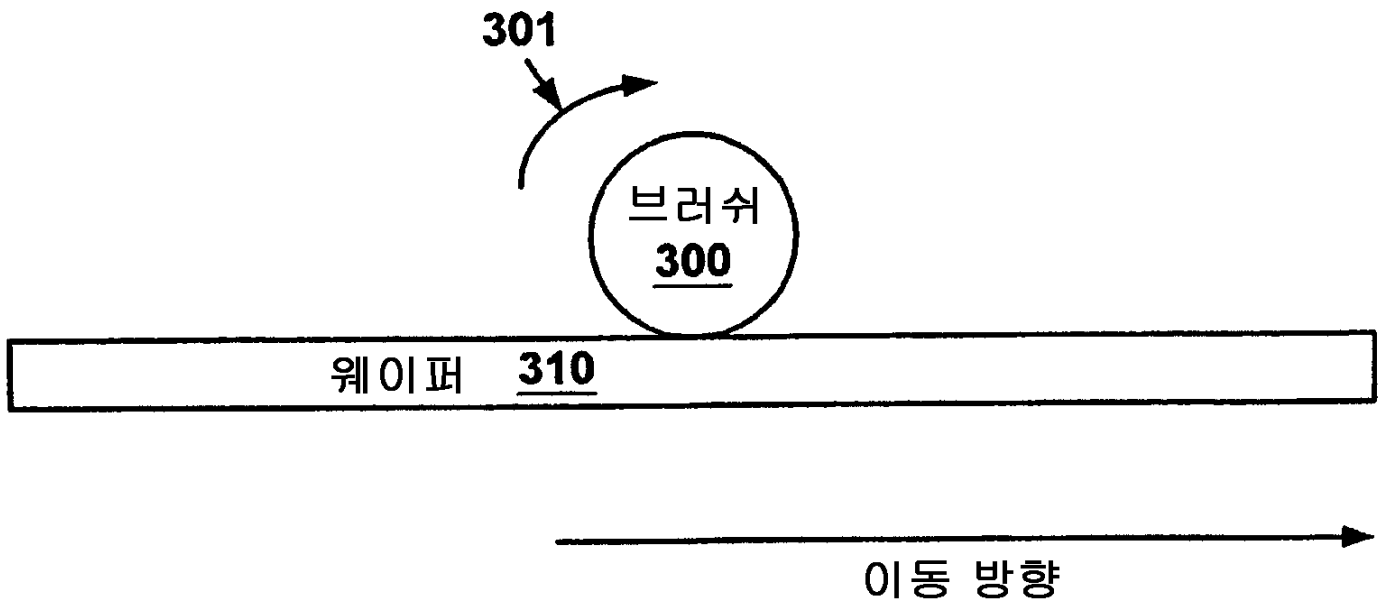
100

(종래기술)



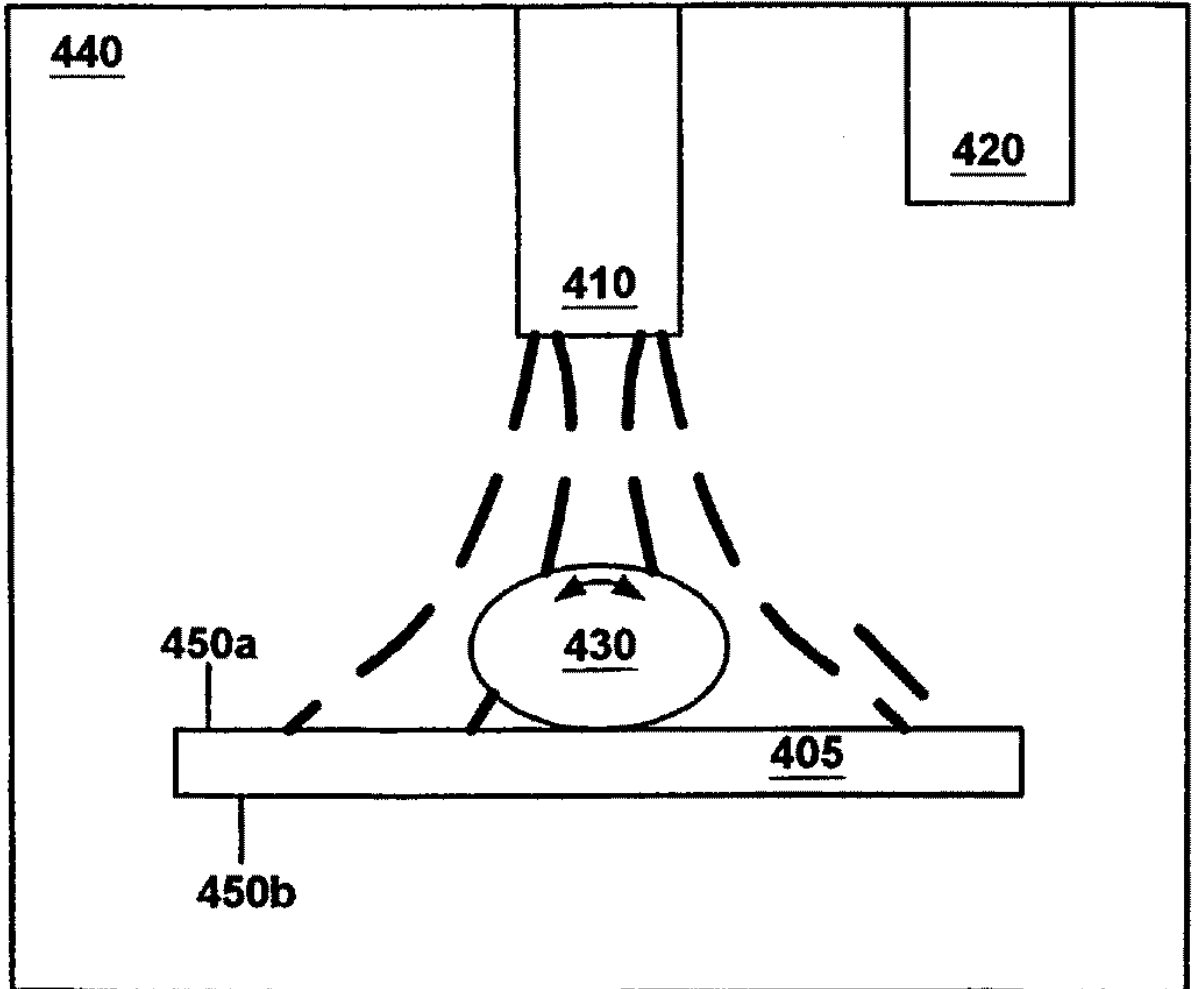
도면 3

(종래기술)



도면 4

400



도면 5

500

