



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월25일
 (11) 등록번호 10-1639635
 (24) 등록일자 2016년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 21/304 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-0052109
 (22) 출원일자 2010년06월03일
 심사청구일자 2015년05월28일
 (65) 공개번호 10-2011-0132660
 (43) 공개일자 2011년12월09일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020100032828 A*
 KR1020050100405 A*
 KR1020100034091 A
 JP2009530856 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
 서울대학교산학협력단
 서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
 (72) 발명자
 최재혁
 경기도 용인시 수지구 성복1로 157, 104동 1901호
 (성복동, 버들치마을경남아너스빌1차)
 김원정
 서울특별시 관악구 남부순환로244가길 14, 1층 (봉천동)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 박영우

전체 청구항 수 : 총 8 항

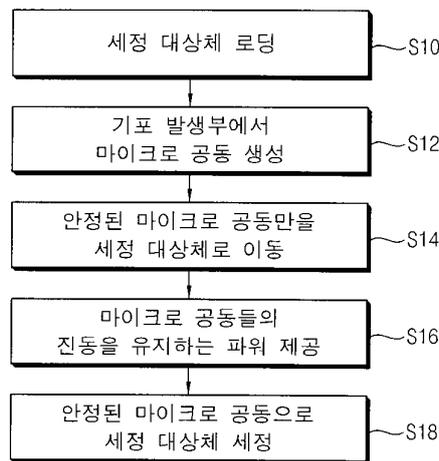
심사관 : 김대웅

(54) 발명의 명칭 **메가소닉 세정 방법 및 세정 장치**

(57) 요약

메가소닉 세정하는 방법으로, 세정 대상체와 구분되는 공간에서, 메가소닉에 의해 세정액을 기진시켜 마이크로 공동들을 생성시킨다. 생성된 마이크로 공동들 중에서, 안정적인 진동의 마이크로 공동들만을 세정 대상체가 로딩된 공간으로 이동시킨다. 또한, 상기 안정적인 진동의 마이크로 공동들을 이용하여 상기 세정 대상체의 표면을 세정한다. 상기 방법에 의하면, 세정 대상체 내의 패턴의 손상을 방지하면서 세정 대상체 표면의 파티클을 효과적으로 제거할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김호영

서울특별시 관악구 관악로 1, 교수아파트 E동 403호 (신림동)

고형호

경기도 화성시 동탄반석로 16 632동 803호 (반송동, 나루마을반도보라빌아파트)

오종근

서울특별시 동작구 신대방3길 43 (신대방동)

전찬욱

경기도 성남시 분당구 서판교로 73, 원마을 10단지 현대빌라 1019동 302호 (판교동)

박근환

서울특별시 관악구 관악로 1, 교수아파트 G동 101호 (신림동)

명세서

청구범위

청구항 1

세정 대상체를 세정부에 로딩하는 단계;

세정 대상체와 구분되게 배치되는 기포 발생부에서 제1 압전 변환기를 이용하여 메가소닉에 의해 세정액을 기전시켜 상기 기포 발생부 내에 마이크로 공동들을 생성시키는 단계;

상기 기포 발생부로부터 상기 세정부까지 연결되고 상기 세정액이 채워진 유출라인을 통해 상기 생성된 마이크로 공동들을 이동시키고, 상기 이동 중에 불규칙적인 진동을 갖는 마이크로 공동들을 제거시켜 규칙적인 진동을 갖는 마이크로 공동들만을 상기 세정부로 이동시키는 단계; 및

상기 이동된 마이크로 공동들을 포함하는 세정액을 이용하여 상기 세정 대상체의 표면을 세정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 메가소닉 세정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 마이크로 공동들의 이동중에 불규칙적인 진동을 갖는 마이크로 공동들이 제거되도록, 상기 기포 발생부와 상기 세정 대상체의 거리, 상기 유출 라인의 폭, 상기 마이크로 공동들이 유출되는 유속, 상기 기포 발생부에서 세정액의 유입 및 유출되는 방향 및 상기 제1 압전 변환기의 위치를 조절하는 것을 특징으로 하는 메가소닉 세정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 세정 대상체가 로딩된 세정부로 이동한 마이크로 공동들이 규칙적인 진동을 유지하도록, 상기 세정부 내에 구비되는 제2 압전 변환기를 이용하여 고주파 진동을 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 메가소닉 세정 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 제1 압전 변환기에 가해지는 제1 파워는 상기 제2 압전 변환기에 가해지는 제2 파워보다 높은 파워인 것을 특징으로 하는 메가소닉 세정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제2 파워는 상기 제1 파워의 50%보다 낮은 파워인 것을 특징으로 하는 메가소닉 세정 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1 압전 변환기를 포함하여 메가소닉에 의해 세정액을 기전시켜 마이크로 공동들을 생성시키고, 세정액 유입 라인 및 세정액을 담지하는 용기를 포함하는 기포 발생부;

상기 기포 발생부와 구분되게 배치되고, 상기 기포 발생부에서 생성된 마이크로 공동들 중 규칙적인 진동을 갖는 마이크로 공동들을 포함하는 세정액을 공급받아 로딩된 세정 대상체를 세정하는 세정부;

상기 기포 발생부로부터 상기 세정부까지 연결되고 내부에 세정액이 채워지고, 상기 기포 발생부에서 생성된 마이크로 공동들을 상기 세정부로 이동시키고, 이동 중에 불규칙적인 진동을 갖는 마이크로 공동들을 제거하는 유

출 라인; 및

상기 세정부 내에 포함되어 상기 세정 대상체를 로딩하는 로딩부를 구비하는 것을 특징으로 하는 메가소닉 세정 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 세정부에는 상기 마이크로 공동들이 규칙적인 진동을 유지하기 위한 제2 압전 변환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 메가소닉 세정 장치.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 기포 발생부는 상기 세정부 내부에서 별도의 공간에 구비되거나 또는 상기 세정부 외부에 구비되는 것을 특징으로 하는 메가소닉 세정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 메가소닉 세정 방법 및 세정 장치에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 반도체 기관 또는 포토 마스크를 메가소닉 세정하는 방법 및 세정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 메가소닉 세정은 반도체 제조 작업에서 사용되며, 특히 반도체 기관, 포토 마스크 등의 세정에 사용된다. 메가소닉 세정은 음향 에너지가 액체 매질에 가해질 때 용해된 가스로부터 형성되는 미세 기포의 빠른 형성과 붕괴를 통해 파티클의 접촉력을 없앴으로써 파티클을 제거한다. 또한, RF 파워가 압전 변환기에 인가될 때 유체를 통한 음파에 의해 유도된 유체 운동을 통해 파티클을 제거한다. 그러나, 파티클을 제거하는 공정에서 반도체 기관 또는 포토마스크 내의 패턴에 데미지를 가하게 되어 패턴이 손상되는 문제가 발생된다. 상기 패턴 손상을 억제하기 위하여 파워를 감소시키거나 주파수를 상향시키는 경우 세정력이 감소되는 문제가 발생된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 따라서, 본 발명의 목적은 패턴 손상이 억제되면서도 우수한 세정력을 갖는 메가소닉 세정 방법을 제공하는데 있다.

[0004] 본 발명의 다른 목적은 상기한 메가소닉 세정 방법을 수행하기에 적합한 메가소닉 세정 장치를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 메가소닉 세정 방법은, 세정 대상체와 구분되는 공간에서, 메가소닉에 의해 세정액을 기전시켜 마이크로 공동들을 생성시킨다. 생성된 마이크로 공동들 중에서, 안정적인 진동의 마이크로 공동들만을 세정 대상체가 로딩된 공간으로 이동시킨다. 또한, 상기 안정적인 진동의 마이크로 공동들을 이용하여 상기 세정 대상체의 표면을 세정한다.

[0006] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 안정적인 진동의 마이크로 공동들만을 이동시키는 단계에서, 생성된 마이크로 공동들 중에서 불안정한 마이크로 공동들은 상기 세정 대상체가 로딩된 공간으로 이동하는 중에 파열되거나 제거되어 상기 세정 대상체가 로딩된 공간까지 도달하지 못하도록 상기 마이크로 공동들의 이동 경로를 조절할 수 있다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 세정 대상체가 로딩된 공간으로 이동한 마이크로 공동들이 안정된 진동을 유지하도록, 상기 세정 대상체가 로딩된 공간에 고주파 진동을 제공하는 공정이 더 포함될 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 세정 대상체와 구분되는 위치에서는 상기 마이크로 공동들을 생성시키기 위한 제1 압전 변환기를 사용하고, 상기 세정 대상체가 로딩된 공간에서는 마이크로 공동들의 진동이 유지되도록 하는 제2 압전 변환기를 사용할 수 있다.

- [0009] 상기 제1 압전 변환기에 가해지는 제1 파워는 상기 제2 압전 변환기에 가해지는 제2 파워보다 높은 파워일 수 있다.
- [0010] 상기 제2 파워는 상기 제1 파워의 50%보다 낮은 파워일 수 있다.
- [0011] 상기 제1 파워는 안정적인 진동의 마이크로 공동들 및 불안정한 진동의 마이크로 공동들이 함께 생성될 수 있는 파워일 수 있다.
- [0012] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 메가소닉 세정 장치는, 메가소닉에 의해 세정액을 기전시켜 마이크로 공동들을 생성시키고, 세정액 유입 및 유출 라인이 연결된 용기를 포함하는 기포 발생부가 구비된다. 상기 기포 발생부와 구분되는 공간에 마련되고, 상기 유출 라인으로부터 유출되는 세정액 및 안정적인 진동의 마이크로 공동들을 수집하고, 상기 안정적인 진동의 마이크로 공동들을 이용하여 세정 대상체를 세정하는 세정부가 구비된다. 또한, 상기 세정 대상체가 안정적인 진동의 마이크로 공동들에 의해 세정되도록 상기 세정 대상체를 로딩하는 로딩부가 구비된다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 기포 발생부에는 상기 마이크로 공동들을 생성시키기 위한 제1 압전 변환기를 포함하고, 상기 세정부에는 안정된 마이크로 공동을 유지시키기 위한 제2 압전 변환기를 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 기포 발생부는 상기 세정부 내부에서 별도의 공간에 구비되거나 또는 상기 세정부 외부에 구비될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 기포 발생부는 상기 세정부 내부에서 별도의 공간에 구비되고, 상기 세정부는 세정액이 담겨져 있는 탱크 및 제2 압전 변환기를 포함할 수 있다. 상기 로딩부는 상기 세정부 내부에 구비될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 기포 발생부는 상기 세정부 외부에 구비되고, 상기 세정부는 기포 발생부와 로딩부 사이의 이격된 공간일 수 있다. 상기 세정부에 포함되는 제2 압전 변환기는 상기 로딩부와 대향하고 있는 상기 기포 발생부의 용기 외벽에 구비될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 기포 발생부의 용기 외벽을 따라 상기 세정부에 세정액이 채워지도록 가이드하고 파티클을 포함하는 세정액을 외부로 배출하는 파티클 배출라인이 더 포함될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 기포 발생부의 상기 세정액 유입 라인은 상기 세정부 외부에서부터 상기 기포 발생부의 용기 내부로 연장되고, 상기 세정액 유출 라인은 상기 기포 발생부의 용기 내부에서부터 상기 세정부로 연장될 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1 압전 변환기는 기포 발생부의 세정액 유입 라인의 연장 방향과 평행하거나 또는 수직하게 설치될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제2 압전 변환기는 기포 발생부의 세정액 유출 라인의 연장 방향과 평행하거나 또는 수직하게 설치될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 로딩부는 수평 회전하거나, 수평 방향으로 직선 운동할 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 설명한 것과 같이, 본 발명의 메가소닉 세정을 통해 세정 대상체의 패턴의 손상은 최소화하면서도 세정 대상체에 부착된 파티클을 세정할 수 있다. 특히, 포토 마스크의 패턴 손상없이 효과적으로 파티클을 세정함으로써, 포토 마스크 패턴에 파티클이 부착됨으로써 기판에 형성되는 패턴에 계속하여 불량이 발생하는 것을 막을 수 있다. 이로인해, 반도체 소자의 제조 수율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 세정 대상체를 메가소닉 세정하는 방법을 나타낸다.
- 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 메가소닉 세정 장치를 나타내는 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 2에 따른 메가소닉 세정 장치를 나타내는 단면도이다.
- 도 4a 내지 도 4c는 도 3에 도시된 메가소닉 세정 장치에 적용할 수 있는 다양한 형태의 기포 발생부를 나타낸다.

도 5는 본 발명의 실시예 3에 따른 메가소닉 세정 장치를 나타내는 단면도이다.
 도 6은 본 발명의 실시예 4에 따른 메가소닉 세정 장치를 나타내는 단면도이다.
 도 7은 음압에 따른 제거력을 나타내는 그래프이다.
 도 8은 각 샘플들의 제거력을 나타내는 그래프이다.
 도 9a 내지 도 9f는 각 세정 방법에 따라 샘플에 잔류하는 파티클을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하고자 한다.
- [0025] 본 발명의 각 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.
- [0026] 본 발명에서, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0027] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0028] 본 발명에 있어서, 각 층(막), 영역, 전극, 패턴 또는 구조물들이 대상체, 기판, 각 층(막), 영역, 전극 또는 패턴들의 "상에", "상부에" 또는 "하부"에 형성되는 것으로 언급되는 경우에는 각 층(막), 영역, 전극, 패턴 또는 구조물들이 직접 기판, 각 층(막), 영역, 또는 패턴들 위에 형성되거나 아래에 위치하는 것을 의미하거나, 다른 층(막), 다른 영역, 다른 전극, 다른 패턴 또는 다른 구조물들이 대상체나 기판 상에 추가적으로 형성될 수 있다.
- [0029] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다.
- [0030] 즉, 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0031] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 메가소닉 세정 방법을 설명한다.
- [0032] 메가소닉 세정은 메가소닉 발생기에서 발생하는 에너지를 유체에 전달하여 세정하는 방식이다. 구체적으로, 메가소닉 세정의 주요 메커니즘은 음향 흐름(Acoustic streaming), 마이크로 공동(Micro-cavitation), 음향 압력 그래디언트(Acoustic pressure gradient), 압력 증대 화학 효과(pressure enhanced chemical effects) 등을 들 수 있다. 공동화는 음향 에너지가 액체 매질에 가해질 때 용해된 가스로부터 형성되는 미세 기포의 빠른 형성과 형성된 기포의 파열을 말한다. 음향 흐름은 RF 전력이 압전 변환기에 인가될 때 유체를 통한 음파에 의해 유도된 유체 운동이다. 이 중에서, 메가소닉 세정 및 데미지 발생의 가장 주요한 메커니즘은 마이크로 공동이라 할 수 있다.
- [0033] 마이크로 공동의 크기가 커지고 작아지는 반복운동 즉, 진동(oscillation)을 할 때, 인근에 존재하는 파티클은 가스 및 액체 계면 스위핑(Gas/Liquid interface sweeping)에 의한 접착 토크(detachment torque)가 작용하여 제거된다. 또한, 원거리에 존재하는 파티클은 진동 공동화(oscillating Cavitation)에 의하여 진동하는 주변 액체(surrounding liquid)에 기인한 압력-그래디언트 힘(pressure-gradient force)에 의하여 제거된다.
- [0034] 한편, 중간 메가소닉 파워 영역에서는 공동화의 파열(implosion)에 의하여 패턴이 손상될 수 있다. 즉, 중간 메

가소닉 파워 영역에서 공동 주변의 압력이 대칭성을 잃고 변형이 심해지면, 공동이 파열되고 기포 근처의 강한 유동이 생성됨으로써 패턴이 손상된다. 또한, 높은 메가소닉 파워 영역에서는 공동의 카오스 진동에 의해서 패턴이 손상된다.

- [0035] 이와 같이, 공동의 안정적인 주기적인 진동에 의해서는 파티클이 세정된다. 즉, 공동의 진동만으로도 파티클이 세정되는 것이다. 한편, 공동의 파열이나 비선형 운동 등의 불안정적이고 불규칙적인 거동에 의해서는 패턴이 손상됨을 알 수 있다. 그러므로, 안정적인 마이크로 공동을 사용함으로써, 패턴의 손상없이 효과적으로 파티클을 세정할 수 있음을 알 수 있다.
- [0036] 그러므로, 본 실시예에서는 안정적인 마이크로 공동과 불안정한 마이크로 공동을 분리시키고, 불안정한 마이크로 공동은 제거하고 안정적인 마이크로 공동만을 사용하여 메가소닉 세정을 수행하는 방법을 설명한다.
- [0037] 도 1은 세정 대상체를 메가소닉 세정하는 방법을 나타낸다.
- [0038] 세정 대상체를 로딩시킨다.(S10) 상기 세정 대상체는 반도체 기관 또는 포토 마스크를 들 수 있다. 특히, 포토 마스크의 경우 파티클이 부착되어 있는 경우, 상기 포토마스크를 사용하여 제조되는 반도체 기관 상의 칩들은 모두 불량이 발생된다. 그러므로, 포토마스크에 부착된 파티클을 세정하는 것이 매우 중요하다
- [0039] 세정 대상체는 세정액이 담지되어 있는 탱크 내에 로딩될 수도 있다. 이와는 달리, 상기 세정 대상체는 세정액이 담지되어 있지 않고 외기에 노출된 로딩부에 로딩될 수도 있다.
- [0040] 세정 대상체가 로딩되어 있는 위치와 구분된 위치의 기포 발생부에서 세정액을 기전시켜, 상기 세정 대상체를 세정하기 위한 마이크로 공동을 생성시킨다.(S12) 즉, 상기 기포 발생부에는 600KHz 이상의 고주파 진동인 메가소닉을 발생시키는 제1 변환기가 구비된다. 상기 제1 변환기에 제1 파워를 인가함으로써 메가소닉을 발생시켜 상기 세정액을 기전시킴으로써 마이크로 공동을 생성시킨다. 제1 변환기에 인가되는 파워가 높아질수록 높은 음압이 가해지고 많은 마이크로 공동들이 생성된다. 세정 효과를 극대화하기 위해서는, 상기 기포 발생부에서 생성되는 마이크로 공동의 수가 많아야 하기 때문에, 제1 변환기에 가해지는 제1 파워는 매우 높게 인가하여야 한다. 그러나, 변환기에 파워가 높아질수록 상기 마이크로 공동들 중에는 진동이 매우 규칙적인 안정한 마이크로 공동 뿐 아니라, 진동이 불규칙적인 불안정 마이크로 공동들도 많이 존재하게 된다. 상기 제1 변환기는 상기 기포 발생부에서 세정액이 유입되는 방향과 수직 또는 수평하게 배치될 수 있다.
- [0041] 본 실시예의 경우, 상기 기포 발생부에서 생성되는 불안정 마이크로 공동들은 실질적으로 세정 대상체를 세정하는데에는 기여하지 않는다. 그러므로, 상기 제1 파워는 통상적인 기포 발생부에서 발생된 마이크로 공동들이 직접 세정 대상체에 가해졌을 때에 패턴 불량이 발생하는 정도의 파워보다 높을 수 있다.
- [0042] 상기 마이크로 공동들 중에서 안정적인 주기적인 진동의 마이크로 공동들만을 상기 세정 대상체가 있는 공간으로 이동시킨다.(S14) 이하에서는, 상기 세정 대상체가 있는 공간을 세정부라고 한다. 상기 제1 변환기에 의해 생성된 마이크로 공동들은 좁은 유출 라인을 통해 배출되어 상기 세정 대상체가 있는 공간까지 이동하게 된다.
- [0043] 즉, 상기 기포 발생부에서 생성되는 마이크로 공동들이 상기 세정 대상체가 있는 공간으로 이동하는 중에, 라이프 타임이 짧은 불안정 마이크로 공동들은 파열되어 대부분 제거된다. 그러므로, 불안정 마이크로 공동들은 상기 세정 대상체가 있는 부위까지 도달하지 못하게 된다. 그러나, 상대적으로 라이프 타임이 긴 안정한 마이크로 공동은 상기 세정 대상체가 있는 부위까지 도달하게 된다. 그러므로, 기포 발생부에서 생성된 마이크로 공동들 중에서 안정한 마이크로 공동만이 분리되어 세정부로 이동하게 된다.
- [0044] 설명한 것과 같이, 상기 불안정 마이크로 공동이 제거되면서 상기 안정한 마이크로 공동은 대부분이 파열되지 않고 세정 대상체에 도달할 수 있도록, 상기 기포 발생부와 세정 대상체의 거리가 조절되어야 한다. 또한, 상기 기포 발생부에서 마이크로 공동들이 유출되는 유출 라인의 폭, 마이크로 공동들이 유출되는 유속, 기포 발생부에서 세정액의 유입, 유출 방향 및 제1 변환기의 위치 등도 각각 조절될 수 있다.
- [0045] 상기 세정부로 이동한 안정적인 마이크로 공동들의 진동이 계속 유지되기 위하여, 상기 세정부에는 상기 마이크로 공동의 진동을 안정적으로 유지시키기 위한 제2 파워를 제공한다.(S16) 즉, 상기 세정부에는 진동을 안정적으로 유지시키기 위한 파워를 제공하는 제2 변환기가 포함된다. 상기 제2 변환기는 상기 기포 발생부로부터 세정부로 유입되는 상기 마이크로 공동들의 진행 방향과 수직인 방향으로 놓여지거나 또는 수평한 방향으로 놓여질 수도 있다.
- [0046] 상기 제2 파워는 안정한 마이크로 공동을 유지하기 위한 파워이므로, 마이크로 공동이 생성될 정도의 높은 파워를 갖지 않아도 된다. 그러므로, 상기 제2 파워는 상기 제1 파워에 비해 낮아야 한다. 일 예로, 상기 제2 파워

는 제1 파워의 50%보다 낮은 파워를 인가할 수 있다.

- [0047] 또한, 상기 제공되는 파워로 인해 상기 안정한 마이크로 공동들이 계속 유지되도록 하기 위해서는, 기포 발생부의 유출 라인으로부터 상기 세정 대상체까지 상기 마이크로 공동들이 이동하는 이동 경로 중에는 세정액이 채워져 있어야 한다. 즉, 상기 안정한 마이크로 공동들은 세정액 내에서 유동하도록 하여야 한다. 이를 위하여, 상기 설명한 것과 같이, 상기 세정 대상체는 세정액이 담지되어 있는 탱크 내에 로딩될 수도 있다. 이와는 달리, 상기 세정 대상체는 세정액이 담지되어 있지 않지만, 상기 유출 라인으로부터 유출되는 세정액에 의해 상기 세정 대상체와 노즐의 외부 저면 사이를 상기 식각액으로 완전하게 메꾸어지도록 함으로써, 상기 마이크로 공동들이 세정액 내를 유동하도록 할 수 있다.
- [0048] 이와같이, 상기 세정부에서 안정적으로 유지되는 마이크로 공동들을 이용하여 세정 대상체를 세정한다.(S18)
- [0049] 상기와 같은 방법에 의하면, 안정적이고 주기적인 진동을 하는 다수의 마이크로 공동을 사용하여 세정 대상체의 패턴의 손상을 억제하면서 파티클을 제거할 수 있다.
- [0050] 상기 설명한 방법을 수행하기에 적합한 다양한 구조의 메가소닉 세정 장치를 구현할 수 있다. 이하에서는 본 발명에 따른 메가소닉 세정 장치에 대해 설명하고자 한다.
- [0051] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 메가소닉 세정 장치를 나타내는 단면도이다.
- [0052] 도 2를 참조하면, 메가소닉 세정 장치(100)는 기포 발생부(102), 세정부 및 로딩부(116)를 포함한다.
- [0053] 상기 기포 발생부(102)는 세정 대상체(30)를 세정하기 위한 마이크로 공동을 생성하기 위한 부재이다. 상기 기포 발생부(102)는 세정액이 채워지고, 세정액 유입 라인(104a) 및 유출 라인(104b)이 연결되어 있는 용기(104), 제1 변환기(106)를 포함한다. 상기 기포 발생부(102)는 세정 대상체(30)가 놓여지는 로딩부와 구분되는 별도 공간에 위치한다.
- [0054] 상기 기포 발생부(102)에 포함된 용기 내에는 세정액이 채워진다. 상기 유입 라인(104a)과 유출 라인(104b)은 서로 마주하게 방향으로 배치될 수도 있고, 서로 수직하게 배치될 수도 있다. 또한, 상기 유입 라인(104a)과 유출 라인(104b)은 서로 마주하면서 나란하게 배치될 수도 있다. 상기 유입 라인(104a)과 유출 라인(104b)의 위치 및 직경에 따라, 상기 유출 라인을 통해 빠져나가는 세정액의 양 및 속도 등을 조절할 수도 있다.
- [0055] 상기 세정액은 메가소닉 세정에 사용되는 적절한 세정액일 수 있으며, 세정 대상체(30)의 표면 상의 파티클의 재증착을 방지할 뿐만 아니라 파티클을 제거하는 것을 용이하게 하는 특성을 가질 수 있다.
- [0056] 상기 제1 변환기(106)는 기포 발생부(102)의 내부 표면에 구비되고, 마이크로 공동을 생성시키기 위한 에너지를 공급한다. 상기 제1 변환기는 상기 유입 라인(104a)의 연장 방향과 평행하거나 또는 수직한 방향으로 설치될 수 있다. 상기 제1 변환기(106)의 위치를 조절하여 더 많은 마이크로 공동이 생성되도록 할 수 있다.
- [0057] 상기 기포 발생부(102)와 구분되는 공간에 세정을 위한 세정부가 구비된다. 상기 세정부는 세정액이 채워진 세정 탱크(110) 및 제2 변환기(112)를 포함한다. 상기 세정액은 상기 기포 발생부(102)의 세정액이 유출라인을 통해 유출되어 세정 탱크(110)에 채워진 것일 수 있다. 그러므로, 세정 탱크(110) 내의 세정액은 상기 기포 발생부(102)에 채워져 있는 세정액과 동일한 것 일 수 있다.
- [0058] 상기 세정 탱크(110) 내에는 세정 대상체(30)가 놓여지므로, 세정 탱크(110)의 용적은 기포 발생부(102)의 용적에 비해 매우 커질 수 있다. 또한, 세정 탱크(110)에는 세정시 발생하는 파티클을 외부로 내보내기 위한 파티클 배출 라인(114)이 구비된다.
- [0059] 상기 제2 변환기(112)는 세정액이 채워진 세정 탱크(110) 내에 구비된다. 상기 제2 변환기(112)는 제1 변환기(106)에 의해 생성된 마이크로 공동의 진동(oscillation)의 유지를 위하여 제공된다. 즉, 상기 제2 변환기(112)는 제1 변환기(106)에 의해 생성된 마이크로 공동 중에서 안정된 마이크로 공동의 진동이 계속 유지될 수 있도록 하는 역할을 하며, 마이크로 공동을 생성시키지 않아도 된다. 그러므로, 제2 변환기(112)에 인가되는 파워는 제1 변환기(106)에 인가되는 파워에 비해 낮다. 제2 변환기(112)는 세정 탱크(110) 내부 표면에 구비될 수 있다. 또한, 제2 변환기(112)는 기포 발생부(102)로부터 마이크로 공동이 유출되는 방향과 수직 또는 수평하게 배치될 수 있다.
- [0060] 상기 기포 발생부(102)의 유출 라인(104b)은 세정 탱크(110) 내부까지 연장되어 있다. 따라서, 상기 기포 발생

부(102)에서 생성된 마이크로 공동들 및 세정액은 상기 유출 라인(104b)을 통해 기포 발생부(102)로부터 상기 세정 탱크(110) 내부로 이동할 수 있다.

- [0061] 상기 유출 라인(104b)은 기포 발생부(102)에서 생성된 공동들 중에서 안정한 상태의 마이크로 공동이 세정 탱크(110) 내로 도달할 수 있도록 설계된다. 즉, 안정한 상태의 마이크로 공동만이 세정 탱크(110) 내로 도달하도록 상기 유출 라인(104b)의 길이, 유출 라인(104b)의 직경 등을 최적화시킬 수 있다. 또한, 안정된 마이크로 공동만이 세정 탱크(110) 내에 도달하고, 세정 탱크(110) 내에서 과열되지 않고 안정한 마이크로 공동들의 진동이 유지되도록, 유입 라인(104a) 및 유출 라인(104b)의 위치, 용기 내로 세정액이 유입되는 속도, 제1 및 제2 변환기(106, 112)의 위치 등을 조절할 수 있다.
- [0062] 따라서, 기포 발생부(102)에서 생성된 마이크로 공동들 중에서 공동 과열 또는 비선형 운동을 하지 않고, 라이프타임이 긴 안정된 마이크로 공동들이 상기 유출 라인(104b)을 통해 세정 탱크(110)로 이동하게 된다.
- [0063] 상기 세정 탱크(110) 내에는 세정 대상체(30)가 놓여지는 로딩부(115)가 구비된다. 세정 대상체(30)가 안정된 마이크로 공동에 의해 세정되어야 하므로, 로딩부에 놓여지는 세정 대상체(30)는 유출 라인(104b)으로부터 세정액이 유출되는 부위와 대향하도록 배치되는 것이 바람직하다. 상기 로딩부(116)는 세정 대상체가 수평 회전하도록 설계될 수도 있다. 또한, 상기 로딩부(116)는 세정 대상체가 수평방향으로 직선 운동하도록 설계될 수도 있다.
- [0064] 상기 세정 장치를 사용하는 경우, 기포 발생부(102)로부터 충분히 높은 파워를 제공하여 다수의 마이크로 공동들을 생성시킬 수 있어, 세정 대상체(30)의 표면 세정 효과를 극대화할 수 있다. 또한, 상기 기포 발생부(102)로부터 생성된 마이크로 공동들 중에서 안정한 상태의 마이크로 공동만을 이용하여 세정 대상체(30)를 세정하므로, 세정 대상체(30)에 포함되어 있는 패턴들의 손상을 억제할 수 있다.
- [0065] 또한, 본 실시예의 경우, 기포 발생부(102) 자체가 세정 탱크(110) 내에 위치하지 않는다. 즉, 상기 기포 발생부(102) 자체는 액체, 즉 세정액 내에 담겨져 있지 않고 단지 유출 라인(104b)만이 액체 내에 일부가 담겨져 있다. 이와같이, 기포 발생부(102)가 외부에 존재하므로, 기포 발생부(102)를 용이하게 유지 보수할 수 있다.
- [0066] 도 3은 본 발명의 실시예 2에 따른 메가소닉 세정 장치를 나타내는 단면도이다.
- [0067] 도 3을 참조하면, 메가소닉 세정 장치(130)는 기포 발생부(132), 제2 변환기(138) 및 로딩부(140)를 포함한다.
- [0068] 상기 기포 발생부(132)는 세정 대상체(30)를 세정하기 위한 마이크로 공동을 생성하기 위한 부재이다. 상기 기포 발생부(132)에서는 안정한 마이크로 공동 뿐 아니라, 불안정한 마이크로 공동도 함께 생성된다.
- [0069] 상기 기포 발생부(132)는 기포 생성을 위하여 세정액이 채워져 있는 용기 또는 노즐을 포함한다. 본 실시예에서의 기포 발생부(132)는 기포 생성을 위한 부위의 용적이 작으므로, 이하에서는 노즐로 표현한다. 또한, 상기 기포 발생부(132)는 상기 노즐과 연결되어 있는 세정액 유입 라인(134a) 및 세정액 유출 라인(134b)과, 메가소닉에 의해 마이크로 공동을 생성시키는 제1 변환기(136)를 포함한다.
- [0070] 상기 세정액 유입 라인(134a)은 노즐(134)의 일 단부에 구비된다. 상기 세정액 유입 라인(134a)은 상기 노즐(134)의 직경보다 좁은 직경 또는 폭을 갖는다. 상기 세정액 유입 라인(134a)을 통해 세정액이 노즐(134) 내부로 유입된다.
- [0071] 상기 제1 변환기(136)는 상기 노즐(134) 내의 세정액들로부터 마이크로 공동이 발생될 수 있도록 배치된다. 상기 노즐과 같이, 좁은 직경을 갖는 노즐(134) 내에 구비된 제1 변환기(136)에 파워를 가하는 경우, 압전 전극의 진동 횟수를 더욱 증가시킬 수 있어 높은 주파수의 메가소닉을 발생시킬 수 있다.
- [0072] 도 3에서는, 상기 제1 변환기(136)는 상기 세정액 유입 라인(134a)으로부터 세정액이 유입되는 방향과 수직하게 배치된다. 그러나, 이와는 다른 실시예로, 상기 제1 변환기(136)의 위치는 상기 노즐(134) 내에서 다양하게 변경할 수 있다.
- [0073] 상기 세정액 유출 라인(134b)은 노즐(134)의 타단부에 구비된다. 상기 세정액 유출 라인(134b)에 의해 세정액 및 발생된 마이크로 공동들이 유출된다. 상기 세정액 유출 라인(134b)은 상기 노즐(134)의 직경보다 좁은 직경을 갖는다. 상기 세정액 유출 라인(134b)을 통해 라이프타임이 긴 안정한 마이크로 공동들이 유출된다. 이를 위하여, 상기 세정액 유출 라인(134b)의 폭과 길이 등을 조절하여야 한다. 또한, 상기 유출되는 세정액의 유속 등을 조절하여야 한다.

- [0074] 도 3에서는, 상기 세정액 유입 라인(134a) 및 유출 라인(134b)은 서로 마주하면서 나란하게 배치된다. 그러나, 이와는 다른 실시예로, 상기 기포 발생부(132)에서, 세정액 유입 라인(134a) 및 세정액 유출 라인(134b)의 위치는 다양하게 변경할 수 있다.
- [0075] 상기 제1 변환기(136), 세정액 유입 라인(134a) 및 세정액 유출 라인(134b)의 위치에 따라 생성되는 마이크로 공동의 수 및 유출되는 세정액의 압력과 양 등이 달라질 수 있다.
- [0076] 본 실시예에 따른 기포 발생부(132)에는 세정액을 담지하고 있는 넓은 용적의 배스 또는 세정 탱크를 포함하지 않는다.
- [0077] 상기 노즐(134)의 외부면과 세정 대상체(30) 사이의 갭 부위에서, 상기 유출 라인(134b)을 통해 유출되는 안정적인 마이크로 공동들을 이용하여 상기 세정 대상체(30)가 세정된다.
- [0078] 이를 위하여, 상기 노즐(134)의 외부면에서 상기 유출 라인(134b)과 접하는 저면에는 제2 변환기(138)가 구비된다. 즉, 상기 제2 변환기(138)는 상기 유출 라인(134b)의 연장 방향과 수직하게 배치되어 있다. 상기 제2 변환기(138)는 상기 유출 라인(134b)으로부터 유출되는 안정적인 마이크로 공동의 진동이 계속 유지될 수 있도록 하는 역할을 한다.
- [0079] 상기 제2 변환기(138)를 통해 상기 안정적인 마이크로 공동의 진동이 유지되면서 세정 대상체(30)가 세정되어야 한다. 그러므로, 상기 세정 대상체(30)와 상기 노즐(134) 외부의 저면 사이에는 세정액이 채워져야 한다.
- [0080] 따라서, 상기 세정 대상체(30)는 상기 유출 라인(134b)과 접촉되지 않으면서 상기 노즐(134) 외부의 저면과의 이격 거리가 매우 좁은 것이 바람직하다. 상기 이격 거리가 좁은 경우에는 상기 유출 라인(134b)으로부터 계속하여 유출되는 세정액에 의해 별도의 용기없이도 상기 세정 대상체(30)와 상기 노즐(134) 외부의 저면 사이의 갭이 채워질 수 있다.
- [0081] 상기 유출 라인(134b)과 대향하도록 하면서 상기 세정 대상체(30)를 로딩하는 로딩부(140)가 구비된다. 상기 유출 라인(134b)의 직경이 좁기 때문에, 상기 유출 라인(134b)으로부터 유출되는 안정적인 마이크로 공동이 세정 대상체(30)의 전면에 가해지지 않는다. 그러므로, 상기 로딩부(140)는 상기 세정 대상체(30)가 수평 회전하도록 설계될 수도 있다. 또한, 상기 로딩부(140)는 세정 대상체(30)가 수평방향으로 직선 운동, 즉 스캔하도록 설계될 수도 있다.
- [0082] 본 실시예의 경우, 높은 주파수의 메가소닉에 의해 세정이 이루어질 수 있으므로, 세정 효과가 더욱 우수하다.
- [0083] 상기에서도 설명한 것과 같이, 상기 기포 발생부는 세정액 유입 라인, 세정액 유출 라인 및 변환기의 위치를 변경할 수 있다.
- [0084] 도 4a 내지 도 4c는 도 3에 도시된 메가소닉 세정 장치에 적용할 수 있는 다양한 형태의 기포 발생부를 나타낸다. 즉, 도 4a 내지 도 4c와 같은 기포 발생부를 채용함으로써, 변경된 형태의 메가소닉 세정 장치를 제조할 수 있다.
- [0085] 도 4a에 도시된 기포 발생부(132a)는 도 3에 도시된 기포 발생부(132)와 동일하게 세정액 유입 라인(134a) 및 유출 라인(134b)이 마주하면서 나란하게 배치될 수 있다. 그러나, 상기 제1 변환기(136a)는 상기 세정액 유입 라인(134a)으로부터 세정액이 유입되는 방향과 수직하게 배치될 수 있다.
- [0086] 도 4b에 도시된 기포 발생부(132b)는 도 3에 도시된 기포 발생부(132)와는 달리, 세정액 유입 라인(135a) 및 유출 라인(135b)이 서로 수직한 방향으로 배치될 수 있다. 또한, 상기 제1 변환기(136b)는 상기 세정액 유입 라인(135a)으로부터 세정액이 유입되는 방향과 동일한 방향으로 배치될 수 있다.
- [0087] 도 4c를 참조하면, 기포 발생부(132c)는 도 3에 도시된 기포 발생부(132)와는 달리, 세정액 유입 라인(135a) 및 유출 라인(135b)이 서로 수직한 방향으로 배치될 수 있다. 또한, 상기 제1 변환기(136c)는 상기 세정액 유입 라인(135a)으로부터 세정액이 유입되는 방향과 수직하게 배치될 수 있다.
- [0088] 도 5는 본 발명의 실시예 3에 따른 메가소닉 세정 장치를 나타내는 단면도이다.
- [0089] 실시예 3에 따른 메가소닉 세정 장치는 파티클 제거라인이 포함되는 것을 제외하고는 실시예 2의 메가소닉 세정 장치와 동일한 구성을 가질 수 있다.

- [0090] 도 5를 참조하면, 메가소닉 세정 장치(131)는 기포 발생부, 제2 변환기(138), 파티클 배출 라인(144) 및 로딩부(140)를 포함한다.
- [0091] 상기 기포 발생부는 세정 대상체를 세정하기 위한 마이크로 공동을 생성하기 위한 부재이다. 상기 기포 발생부는 도 3에서 설명한 것과 동일한 구성을 가질 수 있다.
- [0092] 본 실시예의 메가소닉 세정 장치는 상기 기포 발생부의 노즐(134)의 외부면과 세정 대상체 사이의 안정한 마이크로 공동의 진동에 의해 세정 대상체가 세정되어야 한다. 때문에, 세정 중에는 상기 노즐(134)의 외부 저면과 세정 대상체 사이에 세정액이 채워져 있어야 한다.
- [0093] 상기 파티클 배출 라인(144)은 노즐(134)의 외부 측벽과 접촉한다. 상기 파티클 배출 라인(144)은 상기 마이크로 공동의 진동에 의해 세정 대상체가 세정된 후 파티클을 포함한 세정액을 외부로 배출하기 위한 라인이다. 즉, 상기 파티클을 포함하는 세정액은 상부로 배출될 수 있다.
- [0094] 상기 파티클 배출 라인(144)은 상기 기포 발생부의 유출 라인(134b)의 단부보다 더 길게 연장되어 상기 노즐(134)의 외부 저면과 세정 대상체(30) 사이에 세정액이 계속 채워질 수 있도록 가이드하는 역할을 할 수 있다. 그러나, 상기 파티클 배출 라인(144)이 상기 세정 대상체(30)와 접촉되지 않도록 설계되어야 한다.
- [0095] 노즐(134)의 외부면에서 상기 유출 라인(134b)과 접하는 저면에는 제2 변환기(138)가 구비된다. 상기 제2 변환기(138)는 상기 유출 라인(134b)의 연장 방향과 수직하게 배치될 수 있다. 상기 제2 변환기(138)는 상기 유출 라인(134b)으로부터 유출되는 안정한 마이크로 공동의 진동이 계속 유지될 수 있도록 하는 역할을 한다.
- [0096] 이와는 다른 실시예로, 도시되지는 않았지만, 상기 파티클 배출 라인(144)의 외벽에 제2 변환기(138)가 구비될 수도 있다. 상기 제2 변환기(138)는 상기 유출 라인(134b)과 마주하도록 배치된다. 이 경우, 상기 제2 변환기(138)는 상기 유출 라인(134b)의 연장 방향과 평행하게 된다.
- [0097] 본 실시예의 경우, 상기 파티클 배출 라인(144)에 의해 세정액이 가이드되기 때문에, 별도의 용기가 구비되지 않더라도 세정 대상체(30)와 상기 노즐(134) 외부의 저면 사이에 세정액이 용이하게 채워질 수 있다.
- [0098] 상기 유출 라인(134b)과 대향하도록 하면서 상기 세정 대상체(30)를 로딩하는 로딩부(140)가 구비된다. 상기 로딩부(140)는 수평 회전 및/또는 스캔하도록 설계하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 기포 발생부가 스캔하도록 설계될 수도 있다.
- [0099] 도 6은 본 발명의 실시예 4에 따른 메가소닉 세정 장치를 나타내는 단면도이다.
- [0100] 도 6을 참조하면, 메가소닉 세정 장치(150)는 세정 탱크(160), 기포 발생부(152), 제2 변환기(162) 및 로딩부(164)를 포함한다.
- [0101] 세정 탱크(160) 내부는 세정 용액으로 채워져 있다. 세정 용액은 메가소닉 세정에 사용되는 임의의 적절한 세정 용액일 수도 있으며, 세정 대상체의 표면 상의 파티클의 재증착을 방지할 뿐만 아니라 파티클을 제거하는 것을 용이하게 하는 특성을 갖는다. 세정 탱크(160) 내부에 세정 대상체(30)가 놓여짐으로써 세정 대상체(30)의 표면이 메가소닉 세정된다. 상기 탱크(160) 내부에는 기포 발생부(152) 및 로딩부(164)가 구비되어야 하므로, 상기 세정 탱크(160)의 용적은 이들을 수용할 수 있을 정도로 커져야 한다.
- [0102] 상기 세정 탱크(160)에는 마이크로 공동에 의해 세정할 때 발생하는 파티클들을 외부로 내보내기 위한 파티클 제거라인(170)이 구비된다. 파티클 제거라인(170)은 세정 대상체(30) 표면과 이격되는 위치로부터 세정 탱크(160) 외부로 연장되는 형상을 갖는다.
- [0103] 기포 발생부(152)는 세정 탱크(160) 내부에서 세정 대상체(30)를 세정하기 위한 마이크로 공동을 생성시킨다. 상기 기포 발생부(152)는, 유입라인(154a), 유출 라인(154b)이 각각 연결되어 있는 용기(154)와, 상기 용기 내에 구비되는 제1 변환기(156)를 포함한다.
- [0104] 구체적으로, 상기 용기(154)는 세정 탱크(160) 내부에 구비된다. 상기 용기(154)에 연결되어 있는 유입 라인(154a)은 세정 탱크(160)의 외부까지 연장되어 있다. 따라서, 상기 유입 라인(154a)을 통해 세정 탱크(160)의 외부에서 세정액이 상기 용기 내로 유입된다. 상기 세정액 유입 라인(154a)에는 펌프와 연결되어 세정액이 용기로 유입된다. 상기 용기에는 세정 탱크 내부로 세정액을 유출시키는 유출 라인(154b)이 연결되어 있다. 상기 유입 라인(154a) 및 유출 라인(154b)은 서로 마주하도록 동일한 방향으로 배치될 수도 있고, 서로 수직한 방향으

로 배치될 수도 있다. 또한, 상기 유입 라인(154a) 및 유출 라인(154b)의 직경등이 조절될 수 있다.

- [0105] 상기 제1 변환기(156)는 마이크로 공동을 생성시키기 위한 에너지를 공급한다. 상기 제1 변환기(156)는 상기 유입 라인(154a)의 연장 방향과 평행 또는 수직하게 설치될 수 있다.
- [0106] 즉, 상기 유입 라인(154a)으로 공급되는 세정액으로부터 마이크로 공동을 생성시키고, 상기 유출 라인(154b)을 통해 상기 세정 탱크(160) 내부로 세정액 및 마이크로 공동의 진동을 유출시킨다.
- [0107] 상기 세정 탱크(160) 내에는 제2 변환기(162)가 구비된다. 상기 제2 변환기(156)는 제1 변환기(156)에 의해 생성된 마이크로 공동의 진동(oscillation)의 유지를 위하여 제공된다. 즉, 상기 제2 변환기(162)는 제1 변환기(156)에 의해 생성된 마이크로 공동 중에서 안정된 마이크로 공동의 진동이 계속 유지될 수 있도록 하는 역할을 하며, 마이크로 공동을 생성시키지는 않는다. 그러므로, 제2 변환기(162)에 인가되는 파워는 제1 변환기(156)에 인가되는 파워에 비해 낮다. 제2 변환기(162)는 세정 탱크(160)의 내부에 구비될 수 있다. 또한, 제2 변환기(162)는 상기 유출 라인(154b)의 연장 방향과 수직 또는 수평하게 배치될 수 있다. 일 예로, 도시된 것과 같이, 상기 세정 탱크(160) 내부의 저면에 제2 변환기(162)가 구비될 수 있다. 이와는 다른 실시예로, 상기 세정 탱크(160) 내부의 측벽에 제2 변환기(162)가 구비될 수도 있다.
- [0108] 상기 세정 탱크(160) 내부에는 세정 대상체(30)가 놓여지는 로딩부(164)가 구비된다. 세정 대상체(30)는 기포 발생부(152)에서 생성된 마이크로 공동들 중에서 안정된 마이크로 공동의 진동에 의해 세정되어야 한다. 그러므로, 상기 기포 발생부(153)의 유출 라인과 대향하여 상기 세정 대상체(30)가 놓여질 수 있도록 상기 로딩부(164)가 배치되는 것이 바람직하다.
- [0109] 이하에서는, 본 발명에 따른 방법에 의해 세정하는 것과 일반적인 방법에 의해 세정하는 것을 비교하여 본 발명에 따른 방법의 세정 효과를 설명하고자 한다.
- [0110] 음압에 따른 파티클 제거력 실험
- [0111] 기존의 방법인 하나의 메가소닉 변환기를 사용하여 마이크로 공동의 진동을 발생시켜 포토마스크에 부착된 파티클을 제거하였다. 또한, 메가소닉 변환기에 가해지는 파워를 조절하여 각각 음압을 다르게함으로써, 음압에 따른 파티클 제거력을 측정하였다. 메가소닉 변환기에 가해지는 파워가 증가할수록 음압도 증가하게 된다. 상기 세정은 세정액이 유입되지 않아서 유체의 흐름이 없는 상태로 진행하였다.
- [0112] 도 7은 음압에 따른 제거력을 나타내는 그래프이다.
- [0113] 도 7에 도시된 것과 같이, 음압이 68kPa 인 조건에서는 제거력이 22% 에 그쳤으나, 음압을 114kPa 으로 상승시키자 제거력은 97% 수준이 되었다.
- [0114] 상기 결과에 따르면, 낮은 음압 조건에서는 제거력이 떨어지고, 높은 음압 조건에서는 제거력이 상승됨을 알 수 있었다. 그러나, 높은 음압 조건에서는 제거력이 높아지는 대신 패턴 손상도 더 많아 질 수 있어 바람직하지 않다.
- [0115] 제거력 비교 실험
- [0116] 기존의 방법을 통해 포토마스크에 부착된 파티클을 제거하는 것과, 본 발명의 방법을 통해 포토마스크에 부착된 파티클을 제거하는 것에 대하여 각각 제거력을 비교하였다.
- [0117] 각 세정 실험은 실시예 4에 개시된 설비를 이용하여 수행하였다.

[0118] 파티클이 부착된 포토 마스크 샘플들을 제조하였다. 각 샘플들에 대해서는 다음의 방법으로 세정하였다.

비교예 1	제1 및 제2 변환기에 파워를 인가하지 않고 세정액이 흐르도록 유입시켜 세정하였다.
비교예 2	제1 변환기에 파워를 인가하여 197kPa의 음압을 발생시키고, 세정액이 흐르도록 유입시켜 세정하였다.
비교예 3	세정액 유입없이 고여있는 세정액을 사용하고, 제2 변환기에 파워를 인가하여 68kPa의 음압을 발생시켜 세정하였다.
비교예 4	제2 변환기에 파워를 인가하여 68kPa의 음압을 발생시키고, 세정액이 흐르도록 유입시켜 세정하였다.
실시예	제1 변환기에 의해 114kPa의 음압을 발생시키고, 제2 변환기에 의해 68kPa의 음압을 발생시키고, 세정액이 흐르도록 유입시켜 세정하였다.

[0119]

[0120] 설명한 것과 같이, 비교예 1 내지 4는 하나의 변환기만을 사용하거나 또는 변환기를 사용하지 않으면서 세정하였다. 반면에, 본 발명의 일 실시예의 경우, 제1 및 제2 변환기를 이용하여 음압을 발생시키고 세정액이 흐르도록 하여 세정하였다.

[0121] 도 8은 각 샘플들의 제거력을 나타내는 그래프이다.

[0122] 도 8에 도시된 것과 같이, 본 발명의 방법에 따라 세정한 샘플 1은 97%의 제거력을 나타내었다. 본 발명의 방법에 의하면, 세정을 실질적으로 이루어지는 세정부에서는 68kPa의 낮은 음압을 발생시키고도, 높은 제거력을 나타내었다. 또한, 세정이 실질적으로 이루어지는 공간에서 높은 음압이 가해지지 않으므로, 음압에 의한 패턴 손상을 감소시킬 수 있다.

[0123] 이에 반해, 하나의 변환기만을 사용하여 세정하는 종래의 방법을 통해서, 세정부에서 68kPa의 낮은 음압을 발생시켰을 때 충분한 세정력을 갖지 못하였다.

[0124] 패턴 데미지 실험

[0125] 포토 마스크 패턴에 대한 데미지를 직접 확인하기가 어려우므로, 파티클의 접착 힘(adhesion force)에 근거한 데미지에 대한 평가를 수행하였다. 즉, 작은 파티클일수록 접착 힘(adhesion force)이 증가하므로 마이크로 공동의 진동에 의해서만 제거되기는 어려운 파티클의 크기를 이론적으로 환산하였다. 그리고, 해당 크기를 갖는 파티클을 포토 마스크 표면에 부착시켰다. 상기 크기를 갖는 파티클은 접착 힘이 큰 것이므로, 포토 마스크에 형성된 패턴으로 간주하였다.

[0126] 상기 부착된 파티클이 제거되는 환경에서는 포토 마스크의 패턴 손상이 발생하는 것으로 가정하였다. 520nm 직경을 갖는 파티클의 경우 계산된 접착 토크(adhesion torque) 값은 약 7×10^{-16} N.m 이고, 공동화에 의하여 가해질 수 있는 계산된 제거 토크(removal torque) 값은 약 4×10^{-15} N.m 정도이다. 그러므로, 이하의 실험에서 520nm 직경을 갖는 파티클은 제거 대상인 파티클로 간주하고, 48nm 직경을 갖는 파티클은 포토 마스크에 형성된 패턴으로 간주한다.

[0127] 각 세정 실험은 실시예 4에 개시된 설비를 이용하여 수행하였다. 각 샘플들을 제조하고 각각의 방법으로 세정하였다.

[0128] 샘플 1은 520nm 직경을 갖는 파티클을 포토 마스크에 부착시켜 제조하였다. 샘플 2는 패턴으로 간주될 수 있는 48nm 직경을 갖는 파티클을 포토 마스크에 부착시켜 제조하였다.

비교예 1	제1 및 제2 변환기에 파워를 인가하지 않고 세정액이 흐르도록 유입시켜 세정하였다.
비교예 2	제1 변환기에 파워를 인가하여 197kPa의 음압을 발생시키고, 세정액이 흐르도록 유입시켜 세정하였다.
비교예 3	세정액 유입없이 고여있는 세정액을 사용하고, 제2 변환기에 파워를 인가하여 68kPa의 음압을 발생시켜 세정하였다.
비교예 4	제2 변환기에 파워를 인가하여 68kPa의 음압을 발생시키고, 세정액이 흐르도록 유입시켜 세정하였다.
실시예	제1 변환기에 의해 114kPa의 음압을 발생시키고, 제2 변환기에 의해 68kPa의 음압을 발생시키고, 세정액이 흐르도록 유입시켜 세정하였다.

[0129]

- [0130] 도 9a 내지 도 9f는 각 세정 방법에 따라 샘플에 잔류하는 파티클을 나타낸다.
- [0131] 도 9a는 세정하기 이 전의 샘플 1에 부착된 형광 파티클을 나타낸다. 도 9b는 비교예 5의 방법으로 세정한 이 후 잔류하는 형광 파티클을 나타낸다. 도 9c는 실시예의 방법으로 세정한 이 후 샘플 1에 잔류하는 형광 파티클을 나타낸다.
- [0132] 도 9a 내지 도 9c를 참조하면, 비교예 5의 방법에 비해 본 발명의 일 실시예에 따른 방법으로 샘플 1을 세정하였을 때 세정 효과가 더욱 우수함을 알 수 있었다.
- [0133] 또한, 도 9d는 세정하기 이 전의 샘플 2에 부착된 형광 파티클을 나타낸다. 도 9e는 비교예 6의 방법으로 세정한 이 후 잔류하는 형광 파티클을 나타낸다. 도 9f는 실시예의 방법으로 세정한 이 후 샘플 2에 잔류하는 형광 파티클을 나타낸다.
- [0134] 도 9d 내지 도 9f를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 방법으로 샘플 2를 세정하였을 때에는 패턴으로 간주할 수 있는 48nm 직경을 갖는 파티클이 대부분 제거되지 않고 남아있음을 알 수 있었다. 특히, 비교예 6의 방법으로 세정한 것보다도 더 많은 형광 파티클이 남아있음을 알 수 있었다. 이와같이, 본 발명의 방법에 따른 메가소닉 세정을 수행하면 기판 또는 포토 마스크와 같은 세정 대상체에 포함되어 있는 패턴들의 손상이 감소됨을 알 수 있었다.

산업상 이용가능성

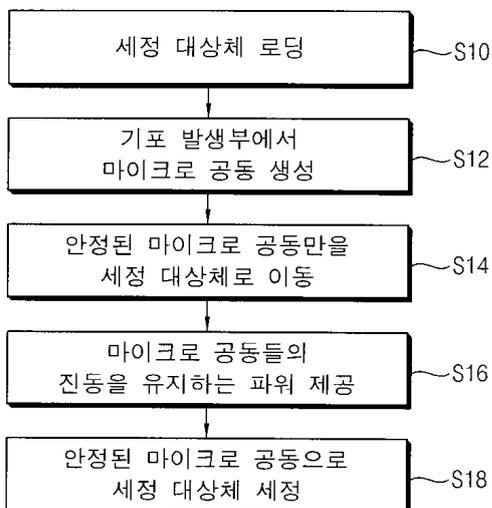
- [0135] 상기 설명한 것과 같이, 본 발명에 의하면 패턴 손상을 감소시키면서 높은 파티클 세정력을 갖도록 세정 대상체를 메가소닉 세정할 수 있다. 본 발명의 방법 및 장치는 반도체 기판, 포토 마스크 뿐 아니라 다양한 전자제품 및 미세 가공품 등의 세정에 다양하게 이용할 수 있다.

부호의 설명

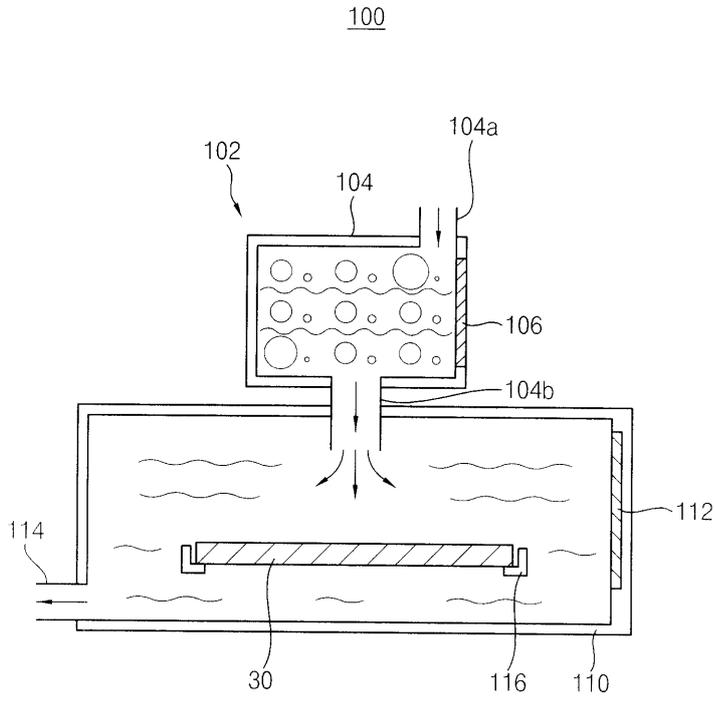
- [0136] 100 : 메가소닉 세정 장치 102 : 기포 세정부
- 104 : 용기 104a : 세정액 유입 라인
- 104b : 세정액 유출 라인 106 : 제1 변환기
- 110 : 세정 탱크 112 : 제2 변환기
- 114 : 파티클 배출 라인 116 : 로딩부

도면

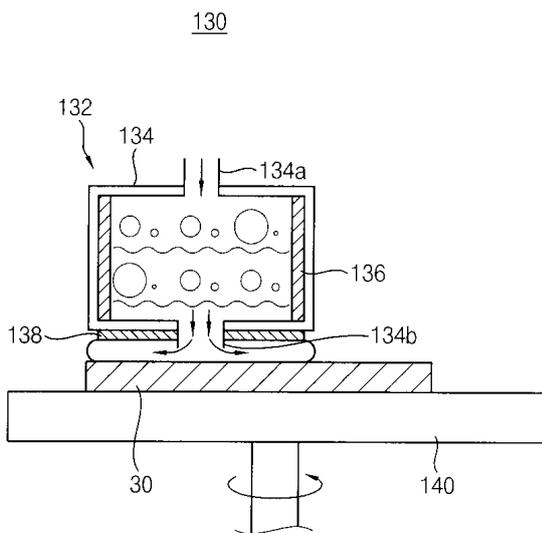
도면1



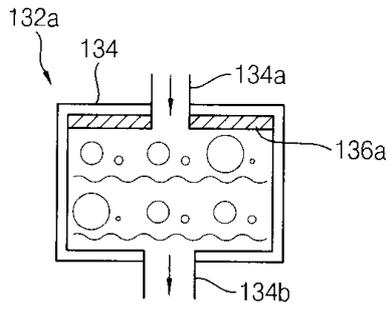
도면2



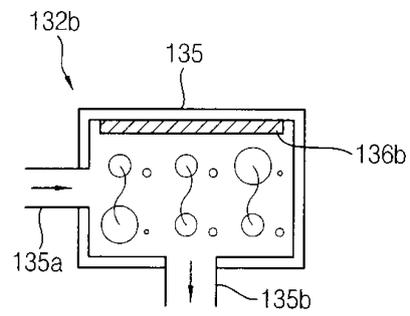
도면3



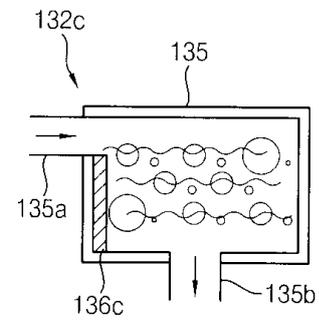
도면4a



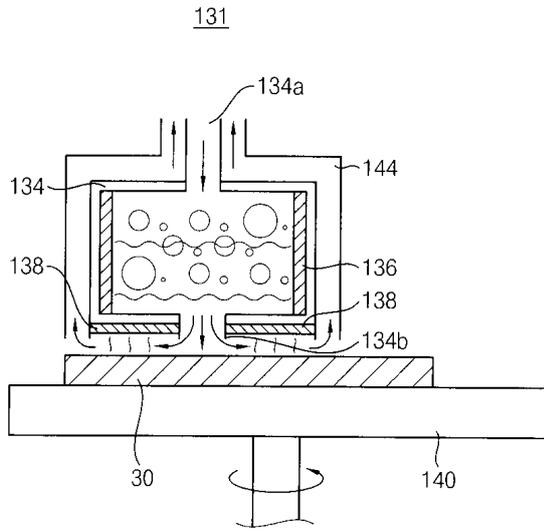
도면4b



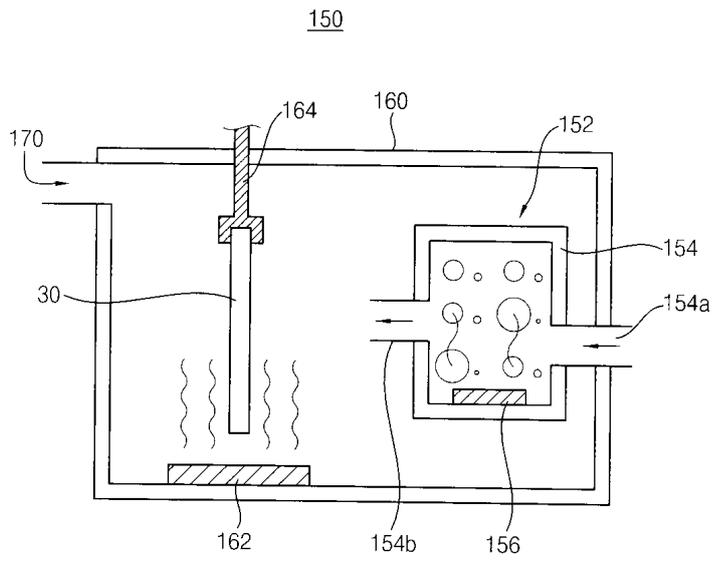
도면4c



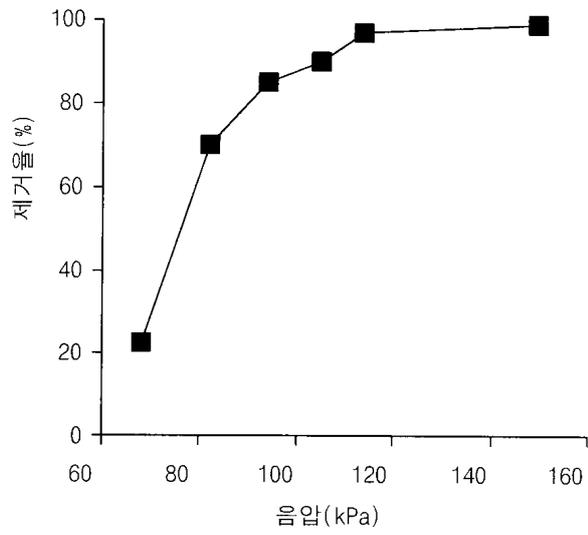
도면5



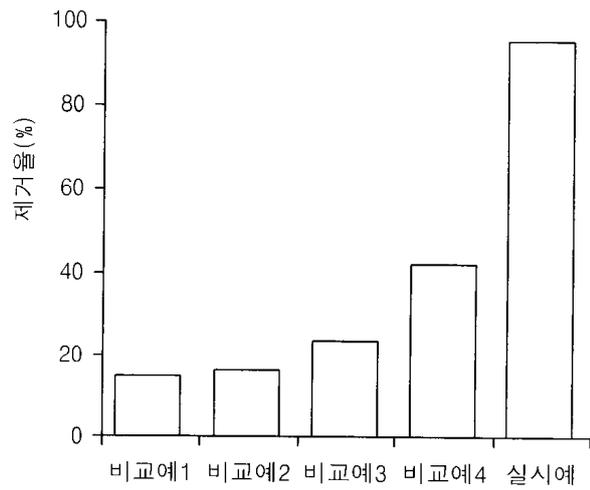
도면6



도면7



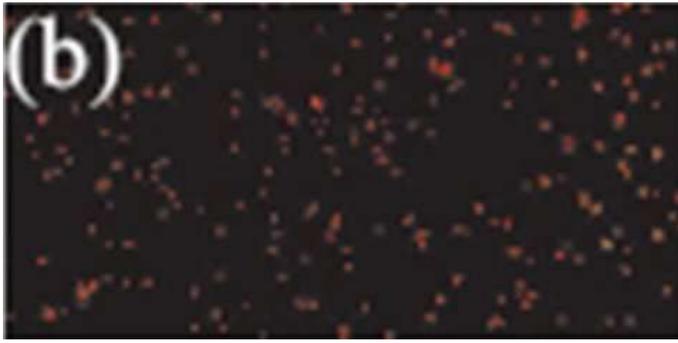
도면8



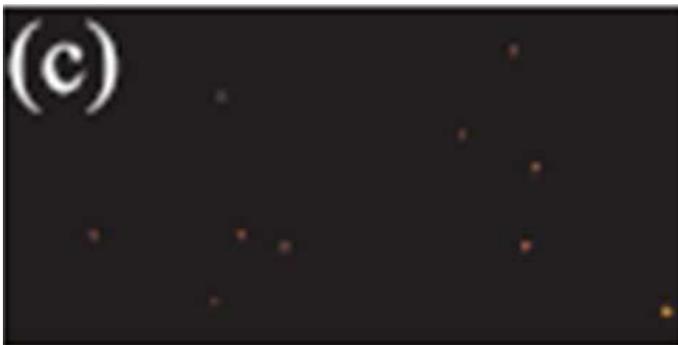
도면9a



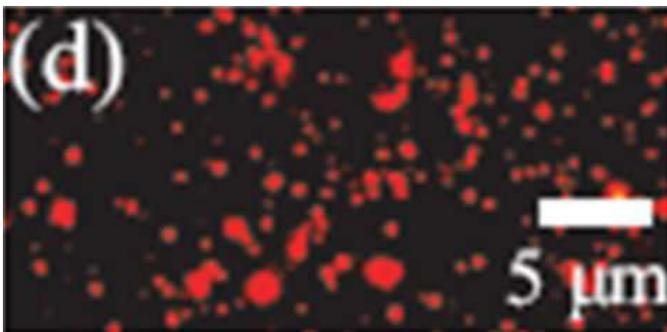
도면9b



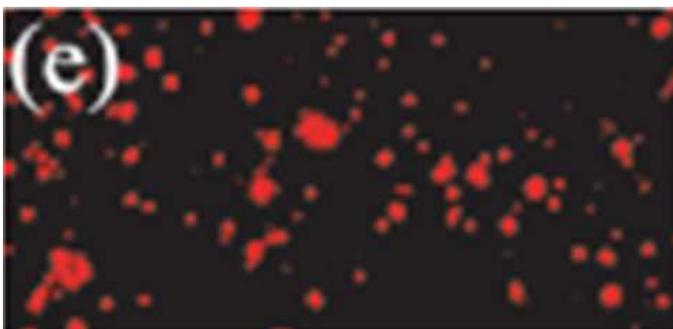
도면9c



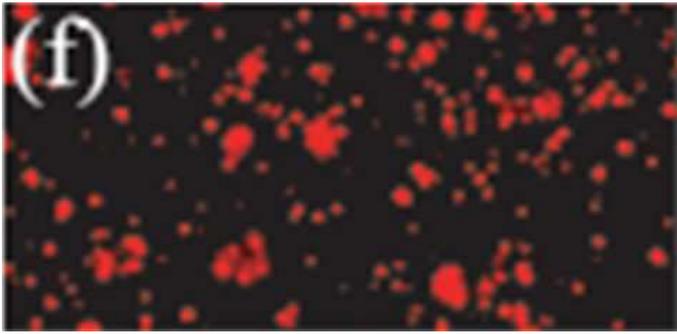
도면9d



도면9e



도면9f



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2

【변경전】

"상기 제1 변환기"

【변경후】

"상기 제1 압전 변환기"