(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0055327
(43) 공개일자 2011년05월25일

(51) Int. Cl.
H01L 21/306 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0113049
(22) 출원일자 2009년11월23일
심사청구일자 2009년11월23일
(30) 우선권주장
12/621,140 2009년11월18일 미국(US)

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산 남구 용당동 산 100번지 부경대학교내
(72) 발명자
임권택
부산광역시 부산진구 부암3동 560-20 협성피닉스타운 105-1202

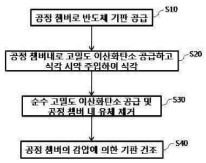
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법 및 시스템

(57) 요 약

본 발명은 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 및 희생층(sacrificial layer)을 가지는 다른 반도체 기판으로부터 실리콘 산화막으로 이루어진 희생층을 제거하는 방법 및 시스템에 관한 것으로, 상기 식각 방법 및 시스템은 고밀도 이산화탄소(densed carbon dioxide), 불소 화합물, 조용매(co-solvent)를 처리 유체로 사용하며 구조층(structural layer)의 손상이나 구조 상호간의 점착(stiction)없이 단시간 내에 희생층을 제거하는 방법 및 시스템이다. 또한 상기 식각 방법 및 시스템은 공정에서 식각 부산물을 생성하지 않는 것으로 별도의 세정 공정이 필요치 않는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

구조체를 형성하기 위해 반도체 기판을 외부에서 공정 챔버 내로 공급하는 단계(S10)와, 상기 공정 챔버 내로 고밀도 이산화탄소를 공급하고 식각 시약을 주입하여 희생막을 식각하는 단계(S20)와, 식각이 종료되면 순수 고밀도 이산화탄소로써 공정 챔버 내의 유체를 제거하는 단계(S30) 및, 상기 공정 챔버 내부를 감압함으로써 기판을 건조시키는 단계(S40)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 구조체는 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 미소 구조체, NEMS(Nano Electro Mechanical System) 미소 구조체, 및 DRAM(Dynamic Random Access Memory) 소자의 셀 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 식각 시약은 탈이온화된 물을 반드시 포함하는 조용매와 불소 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 불소 화합물은 불산(Hydrofluoric Acid, HF), 플루오르화 수소 에테르(Hydro Fluoro Ether, HFE), Poly-4-vinylpyridinium poly(hydrogen fluoride), Hydrogen fluoride 2,4,6-trimethylpyridine 및 플루오르화 암모늄(Ammonium Fluoride, NH_4F) 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 5

청구항 3에 있어서, 상기 탈이온화된 물은 이산화탄소 용매의 0.001 내지 10 중량% 내 범위에서 사용하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 6

청구항 3에 있어서, 상기 조용매는 메탄올, 에탄올, 이소프로필 알코올(IPA), 부탄올 중 한 가지인 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 식각 시약은 0.001 내지 10 중량%로 이산화탄소에 용해시켜 사용하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 고밀도 이산화탄소는 20℃ 내지 100℃ 의 온도 범위 및 800psi 내지 5000psi의 압력 범위에서 액체 이산화탄소와 초임계 이산화탄소를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 희생막은 TEOS(Tetra Ethyl Ortho Silicate)막, PSG(Phospho Silicate Glass)막, BSG(Boro Silicate Glass)막, BPSG(Boro Phospho Silicate Glass)막 및 열산화 SiO_2 막(Thermal SiO_2) 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법.

청구항 10

실리콘 산화막이 형성된 반도체 기판이 로딩되는 공정 챔버(20)와, 상기 공정 챔버에 식각 시약을 공급하기 위한 식각 시약 저장탱크(22)와, 상기 식각 시약을 상기 공정 챔버로 주입하기 위한 주입 펌프(24)와, 이산화탄소

를 제공하는 이산화탄소 저장탱크(26)와, 상기 이산화탄소를 가압하여 고밀도 이산화탄소로 만들어 상기 챔버(20)로 공급하는 ISCO 실린지 펌프(28)와, 식각에 사용된 용액을 상기 공정 챔버(20)로부터 배출시키는 배출부(30) 및, 공정 챔버 내의 온도를 제어하고 교반을 조절하는 조정장치(32)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 식각 시약은 탈이온화된 물을 반드시 포함하는 조용매와 불소 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 불소 화합물은 불산(Hydrofluoric Acid, HF), 플루오르화 수소 에테르(Hydro Fluoro Ether, HFE), Poly-4-vinylpyridinium poly(hydrogen fluoride), Hydrogen fluoride 2,4,6-trimethylpyridine 및 플루오르화 암모늄(Ammonium Fluoride, NH_4F) 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템.

청구항 13

청구항 11에 있어서, 상기 탈이온화된 물은 이산화탄소 용매의 0.001 내지 10 중량% 내 범위에서 사용하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템.

청구항 14

청구항 11에 있어서, 상기 조용매는 메탄올, 에탄올, 이소프로필 알코올(IPA), 부탄올 중 한 가지인 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템.

청구항 15

청구항 10에 있어서, 상기 식각 시약은 0.001 내지 10 중량%로 이산화탄소에 용해시켜 사용하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템.

청구항 16

청구항 10에 있어서, 상기 고밀도 이산화탄소는 20℃ 내지 100℃ 의 온도 범위 및 800psi 내지 5000psi의 압력 범위에서 액체 이산화탄소와 초임계 이산화탄소를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 초임계 이산화탄소를 이용하여 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 및 DRAM(Dynamic Random Access Memory) 커패시터를 제조하는데 있어서 희생막(sacrificial layer)으로 사용되는 실리콘 산화막을 제거하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] MEMS는 단일 실리콘 웨이퍼(silicon wafer)상에 기계적 및 전기적 성분을 통합하는 소자(device)이며, 상기 전기적 및 기계적 성분은 각각 전형적인 집적 회로(Integrated Circuit, IC) 기법 및 미세기계화(micromachining) 공정을 사용하여 제작된다. MEMS 웨이퍼 상의 기계적 성분은 기판 상에 희생층 및 구조층을 증착시킴으로써 제조되고, 이어서 구조층에 대한 희생층의 선택적인 식각이 뒤따르며, 빔(beam) 또는 레버(lever)와 같은 서스펜디드(suspended) 또는 프리스탠딩(freestanding) 구조를 남겨둔다. 일반적으로 MEMS 제조 및 DRAM 커패시터 제조 공정에서는 불산(Hydrofluoric Acid, HF)을 사용하는 습식 식각(wet etching)공정이 널리 적용되고 있다. MEMS 구조를 제작하는데 주요한 문제점은, 희생층 식각 공정에 기반한 수계에서 점착현상이 발생할 수도 있다는 것이다. 상기 점착 현상의 원인은 반데르발스 힘(van der Waals forces), 수소 브리징

(hydrogen bridging) 또는 미세 구조 및 기판 사이의 정전기학적 인력(electrostatic attractions), 식각된 공간에서 포획되어(trapped) 감소하는 액체 반월상 연골(mensci)로부터 발생하는 표면 장력 및 건조단계 중에 용액으로부터 침전된 식각 부산물(by-product)을 포함한다. 상기에서 설명한 바와 같이, 미소 구조체의 제작(특히, 희생층의 식각단계)에서 사용된 용매의 표면장력의 정도가 미소 구조체의 손상에 큰 영향을 준다. 상기 문제점을 해결하기 위하여 불산을 수반하는 기존 습식 식각에서 표면 장력 에너지를 최소화하기 위해 표면 거칠기를 증가시키는 방법 및 표면 장력이 없거나 또는 거의 없는 액체(예를 들어, 이소프로판올(isopropanol, IPA))로 구조물을 건조시킴으로써 수분을 제거하는 방법을 사용하였고, 점착 현상을 최소화하는 몇 가지 방법이 제시되었다.

[0003] 상기 제시된 방법 중에서, 표면 장력이 없는 초임계 유체를 사용하여 해결하는 방법이 가장 우수한 것으로 알려져 있다. 도 6은 이산화탄소의 상 다이어그램이다. 도 6에 도시한 것처럼, 물질은 소정의 임계 온도(critical temperature) 이상에서는 압력의 변화에 상관없이 기상과 액상의 분리가 없는 단일상의 초임계 상태(supercritical state)가 된다. 도 6에서, 이러한 초임계 상태가 시작되는 최소의 온도와 압력을 임계점(critical point)이라고 한다. 통상적인 액체 용매의 특성들과는 달리, 이러한 초임계 상태의 물질(이하, 초임계 유체)은 압력의 변화에 따라, 그 밀도(density), 점도(viscosity), 확산 계수(diffusion coefficient) 및 극성(polarity) 등과 같은 물성(physical property)이 기체와 같은 상태(gas-like state)에서부터 액체와 같은 상태(liquid-like state)까지 연속적으로 변화될 수 있다. 이러한 초임계 유체는 높은 용해력, 높은 확산 계수, 낮은 점도 및 낮은 표면 장력을 갖는다. 특히 이산화탄소는 그 임계 온도 및 임계 압력이 31.1℃ 및 73.8 atm 일 뿐만 아니라 무독성, 불연성, 저가이기 때문에 반도체 장치의 제조 등과 같은 기술 분야에서 특히 주목되는 물질이다. 따라서 표면 장력이 존재하지 않는 초임계 이산화탄소를 용매로 실리콘 산화막 식각을 수행하면 점착 현상은 완전히 방지할 수 있다.

[0004] 그러나 초임계 이산화탄소 유체는 비극성 유기용매와 유사한 용해 특성을 가지므로, 단독으로 사용한 경우 용해 선택성(dissolving selectivity)을 갖는다. 따라서 초임계 이산화탄소 유체의 사용만으로는 희생층으로서의 실리콘 산화막을 제거하고 상기 입자의 제거에 필수적인 실리콘 산화막을 식각하기에 불충분하다. 그러므로 초임계 이산화탄소 유체에 희생막(sacrificial film)의 식각 및 입자 제거에 효과적인 첨가제, 예컨대 실리콘 산화막을 식각할 수 있는 무수의 불소화합물 등을 첨가하여 초임계 상태하에 실리콘 산화막을 식각하는 연구가 수행되어 왔다.

[0005] 그러나 무수의 불소화합물 등에 의한 실리콘 산화막 식각은 습식 식각 시 발생하지 않는 식각 부산물이 잔류하는 문제점을 가지고 있다. 예를 들어 불산과 피리딘의 혼합물로 식각 시약을 사용하여 초임계 이산화탄소 내에서 식각할 경우, 불산 수용액 내에서 식각할 경우와 비교하여 흰색의 식각 부산물이 웨이퍼 표면에 잔존하게 된다. 따라서 표면의 식각 부산물을 제거하기 위한 추가적인 세정 공정이 필요하며, 상기 식각 부산물은 물 이외의 대부분의 유기 용매에 불용인 것으로 알려져 있어 그 세정에 큰 어려움이 있다. 상기 식각 부산물을 제거하기 위한 노력으로 기존에 유기 화합물 및 계면 활성제를 이용한 세정 방법 등이 연구되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 따라서 본 발명자들은 불소 화합물과 탈이온화된 물(deionized water)을 포함하는 고밀도 이산화탄소(densed carbon dioxide)를 사용하여 희생막으로 사용되는 실리콘 산화막을 미소 구조체의 손상이나 점착 현상 없이 단시간 내에 식각하고, 식각 공정 시 발생하는 식각 부산물의 생성을 방지하여 별도의 세정 공정을 생략할 수 있는 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법 및 시스템을 연구하였다.

과제 해결수단

[0007] 본 발명은 고밀도 이산화탄소에 불소 화합물과 조용매(co-solvent)를 첨가함으로써 제조되는 식각 시약을 이용하여 고압의 식각 시스템 내에서 실리콘 산화막의 식각 속도를 월등히 증가시키며, 식각 공정 완료 후 별도의 세정 공정 없이 식각 부산물을 발생시키지 않는 것을 특징으로 한다.

[0008] 본 발명은 고밀도 이산화탄소(densed carbon dioxide)를 사용하는 식각 시약(etching chemical)을 개발하고, 고압의 챔버를 이용한 시스템과 상기 식각 시약을 사용한 실리콘 산화막 식각 및 순수 고밀도 이산화탄소를 사용한 식각 시약의 제거 단계를 포함한다.

[0009] 본 발명에 따르면 상기 실리콘 산화막을 식각하는 단계 및 상기 식각 시약의 제거단계는 동일한 공정 챔버 내에

서 이산화탄소의 임계점 부근을 조건으로 연속적으로 실시된다. 상기 실리콘 산화막을 제거하고 상기 식각 시약을 제거하기 위한 조건은 20℃ 내지 100℃의 온도 범위 및 800psi 내지 5000psi의 압력 범위이다.

[0010] 본 발명에서 상기 실리콘 산화막은 MEMS 제조시 구조체를 형성하기 위해 희생층(sacrificial layer)로 사용되는 TEOS(tetra ethyl ortho silicate)막, PSG(phospho Silicate Glass)막, BSG(Boro Silicate Glass)막, BPSG(Boro Phospho Silicate Glass)막 및 열산화 SiO_2 막(Thermal SiO_2) 중의 한 가지일 수 있다.

[0011] 상기 불소 화합물은 불산(Hydrofluoric Acid, HF), 플루오르화 수소 에테르(Hydro Fluoro Ether, HFE), Poly-4-vinylpyridinium poly(hydrogen fluoride), Hydrogen fluoride 2,4,6-trimethylpyridine 및 플루오르화 암모늄(Ammonium Fluoride, NH_4F) 중 어느 한 가지일 수 있다.

[0012] 상기 조용매(co-solvent)는 탈이온화된 물(deionized water)을 반드시 포함하고, 고밀도 이산화탄소 용매의 0.001 내지 10 중량% 내에서 사용할 수 있다. 바람직하게는 0.01 내지 1 중량% 내에서 사용할 수 있다. 보다 바람직하게는 주어진 온도와 압력에서 고밀도 이산화탄소와 완전히 균일 용액을 만들 수 있는 중량으로 사용한다. 예를 들어 40℃, 2900psi의 고밀도 이산화탄소에 대해 상기 탈이온화된 물은 최대 0.025중량%까지 완전히 균일된다.

[0013] 상기 조용매에 포함되는 탈이온화된 물이 주어진 온도와 압력에서 고밀도 이산화탄소의 용해도를 초과하여 사용될 경우, 후술하는 공정 챔버 내 유체를 제거하는 단계를 조정함으로써 초과된 탈이온화된 물을 제거한다. 즉, 고밀도 이산화탄소에서 균일용액을 만들 수 있는 중량 이상의 탈이온화된 물이 사용되었을 때는 반응 종료 후에 공정 챔버 내에 층 분리된 조용매를 분리하거나 많은 양의 순수한 고밀도 이산화탄소로서 충분히 린스하여, 공정 챔버 내부를 감압함으로써 기판을 건조시키는 단계 이전에 탈이온화된 물이 공정 챔버 내에서 완전히 제거되게 하여야 한다.

[0014] 상기 조용매는 알코올을 포함할 수 있으며, 상기 알코올은 메탄올, 에탄올, 이소프로필 알코올(IPA), 부탄올 중 한 가지일 수 있다.

[0015] 본 발명에서 상기 실리콘 산화막을 식각하는 단계는 상기 불소 화합물 및 상기 조용매의 혼합물(mixture)이 0.001 내지 10 중량%로 용해된 상기 고밀도 이산화탄소를 사용할 수 있다.

효 과

[0016] 본 발명은 구조층(structural layer)의 손상이나 구조 상호간의 점착(stiction)없이 단시간 내에 희생층을 제할 수 있고, 공정에서 식각 부산물을 생성하지 않는 것으로 별도의 세정 공정이 필요치 않는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0017] 이하에서는 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법을 설명하기 위한 공정 순서도이다. 도 1을 참조하면, 실리콘 산화막 식각 공정은 다음의 순서로 진행된다. 공정 챔버로 반도체 기판을 외부에서 공급한다(S10). 다음으로 공정 챔버로 상기 이산화탄소 저장탱크에서 공급받은 이산화탄소를 ISCO 실린지 펌프에서 압력을 가하여 고밀도 이산화탄소로 만든 후 상기 공정 챔버에 삼방향 밸브를 조정하면서 공급한다. 동시에 상기 식각 시약 저장탱크의 식각 시약을 상기 주입 펌프를 이용하여 공정 챔버에 주입한다. 상기 고밀도 이산화탄소 및 식각 시약이 주입되면서 공정 챔버 내 상기 실리콘 산화막의 식각이 진행되며, 공정 챔버는 온도 및 교반을 조정 장치를 사용하여 내부 환경을 유지시킨다. 상기 실리콘 산화막의 식각이 완료되면 공정 챔버 내 상기 고밀도 이산화탄소 및 식각 시약의 혼합물을 제거하기 위해 상기 ISCO 실린지 펌프로부터 순수 고밀도 이산화탄소를 공급받음과 동시에 배출밸브인 이방향 밸브를 이용하여 배출구로 상기 유체를 방출함으로서 공정 챔버 내 혼합물을 제거한다. 상기 공정 챔버 내 기판의 건조를 위해 삼방향 밸브를 차폐하여 상기 고밀도 이산화탄소 및 식각 용액의 공급을 차단하고 배출밸브인 이방향 밸브의 개폐로써 공정 챔버 내 유체를 배출구로 방출한다.

[0019] 도 2는 본 발명의 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템을 나타내는 개념도이다. 도 2의 시스템을 통하여 본 발명은 용매의 임계점 이상의 조건에서 식각할 수 있는 고압의 챔버 시스템을 제공한다.

[0020] 도 2를 참조하면, 실리콘 산화막이 형성된 기판이 로딩되는 공정 챔버(20), 상기 공정 챔버(20)에 식각 시약을 공급하기 위한 식각 시약 저장 탱크(22) 및 주입 펌프(24), 이산화탄소를 제공하는 이산화탄소 저장탱크(26) 및 초임계유체 형성을 위한 ISCO 실린지 펌프(28), 사용된 유체를 상기 공정 챔버(20)로부터 배출시키는 배출부

(30), 상기 공정 챔버(20)의 온도 제어 및 교반을 조정하는 조정 장치(32)를 포함한다. 본 발명의 시스템은 이방향 밸브(34), 삼방향 밸브(36) 및 역류방지 밸브(38)를 통해 유체 흐름을 조정 가능하도록 구성되어 있다. 본 발명에서는 상기 실리콘 산화막을 식각하는 단계에서 상기 유체는 상기 식각 시약 및 상기 고밀도 이산화탄소 용매를 포함한다.

[0021] 이하에서는 비교예를 통하여 보다 구체적으로 상술한다.

[0022] **비교예 1**

[0023] 본 발명에서 조사된 샘플(sample) 웨이퍼1은 캔틸레버 빔(cantilever beam) 형태의 폴리실리콘(polysilicon) 구조물로 이루어져 있으며, 희생막으로 사용된 P-TEOS 막이 폴리실리콘 빔과 기판 사이에 500nm 두께로 존재한다. 폴리실리콘 빔의 두께는 300nm로 이루어져 있고 빔의 길이에 따른 상기 점착현상(stiction)을 조사하기 위해 1.25㎛ 간격으로 1.25㎛에서 18.75㎛ 까지 총 15개의 빔으로 구성되어 있다.

[0024] 불산(HF) 수용액을 이용한 기존 습식 공정으로 상기 샘플 웨이퍼1을 50℃에서 30분간 식각하여 희생막으로 사용된 P-TEOS 막을 완전히 제거하였다. 그 결과 도 3에서 8.75㎛ 이하의 폴리실리콘 빔은 기판과 부착되지 않고 P-TEOS 막이 존재했던 공간이 비워져 있지만 10㎛ 이상 길이를 가지는 폴리실리콘 빔에서는 점착현상이 발생하였다.

[0025] **비교예 2**

[0026] 무수의 불소 화합물을 사용한 고밀도 이산화탄소를 식각 시약으로 하여 실리콘 산화막 식각을 수행하였다. 상기 무수의 불소 화합물은 불산(HF) 및 피리딘(pyridine)의 혼합물을 0.01 내지 10중량%로 용해된 초임계 이산화탄소를 상기 샘플 웨이퍼1의 식각에 사용하였다. 상기 샘플 웨이퍼1의 P-TEOS 막을 제거하기 위하여 도 2의 고압 식각 시스템을 이용하였다.

[0027] 상기 샘플 웨이퍼1을 공정 챔버(20)에 배치시키고(S10), 이산화탄소 저장탱크(26)로부터 ISCO 실린지 펌프(28)에 이산화탄소를 공급한 후 4000psi로 가압한다. 상기 식각 시약으로 1:5의 비율로 혼합된 불산 및 피리딘을 주입 펌프(24)를 통해 상기 가압된 초임계 이산화탄소의 1중량%로 용해하여 공정 챔버(20)에 주입한다. 상기 공정 챔버(20)는 온도 및 교반 조정 장치(32)를 사용해 50℃로 유지하고 지속적으로 교반을 수행한다(S20). 20분간 식각 단계를 진행하여 공정 챔버(20) 내 샘플 웨이퍼는 P-TEOS 막이 완전히 제거된 상태이다. 상기 공정 챔버 내 초임계 유체를 제거하기 위해 ISCO 실린지 펌프(28) 및 공정 챔버(20) 사이의 삼방향 밸브(36)와 이방향밸브(34)를 조정하여 순수 초임계 이산화탄소가 ISCO 실린지 펌프(28)로부터 공정 챔버(20)를 거쳐 배출구로 방출되도록 유도한다(S30). 상기 식각 시약의 제거 단계를 5분간 5ml/min 유속으로 진행하여 공정 챔버(20)내 식각 시약을 완전히 제거한다. 공정 챔버(20) 내 잔류하는 순수 초임계 이산화탄소를 제거하고 샘플 웨이퍼1의 건조를 위해 삼방향 밸브(36)는 차폐한 체 이방향 밸브(34)를 개폐하여 서서히 감압한다. 상기 식각 단계를 거친 샘플 웨이퍼1은 도 4와 같이 나타났다. 폴리실리콘 구조체는 상기 식각 단계에서 발생된 식각 부산물에 의해 오염되었다.

[0028] 이하에서는 실시예를 통하여 본 발명에 대해 보다 구체적으로 상술한다.

[0029] **실시예 1**

[0030] 상기 샘플 웨이퍼1의 P-TEOS 막을 제거하기 위하여 본 발명의 상기 불소 화합물 및 조용매를 사용한 식각 시약, 구제적으로는 불산(HF)과 탈이온화된 물(deionized water)을 1:1 비율로 혼합한 식각 시약을 사용하였다. 식각 시약은 0.01 내지 1중량%로 초임계 이산화탄소에 용해시켜 희생막 식각 단계(S20)의 시간을 10분으로 변화시키고 상기 비교예 2와 같은 식각 단계를 동일하게 수행하였다. 상기 식각의 결과물인 도 5에서 폴리실리콘 빔 구조체는 10㎛ 이상에서도 점착현상이 발생하지 않았다. 또한 별도의 세정 단계를 거치지 않았음에도 상기 샘플 웨이퍼1 표면에 식각 부산물이 발생하지 않았다.

[0031] **실시예 2**

[0032] 상기 실시예 1과 동일한 방법으로, 샘플 웨이퍼1에 대한 식각을 수행하였다. 이때 이산화탄소를 1000psi 및 25℃의 액화 상태를 이용하였고 상기 식각 공정이 완료된 샘플 웨이퍼1은 구조물 점착 현상 및 식각 부산물이 잔류하지 않았다.

[0033] **실시예 3**

[0034] 상기 실시예 1과 동일한 방법으로, 샘플 웨이퍼1에 대한 식각을 수행하였다. 이때 이산화탄소를 1000psi 및 50

℃의 조건을 이용하였고 상기 식각 공정이 완료된 샘플 웨이퍼1은 구조물 점착 현상 및 식각 부산물이 잔류하지 않았다.

[0035] **실시예 4**

[0036] 상기 실시예 1과 동일한 방법으로, 샘플 웨이퍼1에 대한 식각을 수행하였다. 이때 이산화탄소를 4000psi 및 25℃의 조건을 이용하였고 상기 식각 공정이 완료된 샘플 웨이퍼1은 구조물 점착 현상 및 식각 부산물이 잔류하지 않았다.

[0037] **실시예 5**

[0038] 상기 실시예 1과 동일한 방법으로, 샘플 웨이퍼1에 대한 식각을 수행하였다. 이때 사용된 식각 시약은 이산화탄소의 0.025 중량%의 불산(HF) 및 0.025중량%의 탈이온화 물을 이용하여 제조하였다. 상기 식각에 사용된 이산화탄소는 2900psi 및 40℃ 조건으로 탈이온화된 물을 완전히 용해할 수 있는 상태이다. 완료된 상기 샘플 웨이퍼1은 구조물 점착현상 및 식각 부산물이 잔류하지 않았다.

[0039] **실시예 6**

[0040] 상기 샘플 웨이퍼1의 P-TEOS 막을 제거하기 위하여 본 발명의 상기 불소화합물 및 조용매를 사용한 식각 시약, 구체적으로는 불산(HF)과 탈이온화된 물을 1:1 비율로 혼합한 식각 시약을 사용하였다. 본 발명의 실리콘 산화막 식각 방법으로 4000psi의 압력을 유지하고 40℃ 및 100℃로 구분하여 실시예 1과 동일한 단계를 거쳐 상기 샘플 웨이퍼1들의 P-TEOS 막을 제거하였다. 완료된 40℃ 및 100℃의 온도 내에서 P-TEOS 식각이 수행된 상기 샘플 웨이퍼1들의 폴리실리콘 빔에서 점착 현상 및 식각 부산물 발생이 일어나지 않았다.

[0041] **실시예 7**

[0042] 상기 샘플 웨이퍼의 폴리실리콘 빔을 형성하기 위한 P-TEOS 막을 대신하여 BPSG 막을 이용한 샘플 웨이퍼2를 제작하였다. 본 발명을 이용하여 상기 비교예 2와 동일하게 실리콘 산화막에 대한 식각을 수행하였다. 희생막으로 사용된 상기 BPSG 막은 상기 P-TEOS 막에 비해 식각 속도가 대략 3배 이상 빠른 것으로 조사되어 상기 식각 단계(S20)를 3분으로 조정하였다. 상기 공정을 완료한 샘플 웨이퍼2의 폴리실리콘 빔은 실시예 1과 동일하게 10㎛ 길이 이상에서도 점착 현상이 발생하지 않았고, 어떠한 식각 부산물도 샘플 웨이퍼2 표면에 잔존하지 않았다.

[0043] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 부가 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0044] 도 1은 본 발명의 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 방법을 설명하기 위한 공정 순서도.

[0045] 도 2는 본 발명의 고밀도 이산화탄소를 이용한 실리콘 산화막 식각 시스템을 나타내는 개념도.

[0046] 도 3은 본 발명에 따른 희생막 식각과 기존 습식 방식을 이용한 희생막 식각을 비교 설명하기 위한 전자현미경 사진.

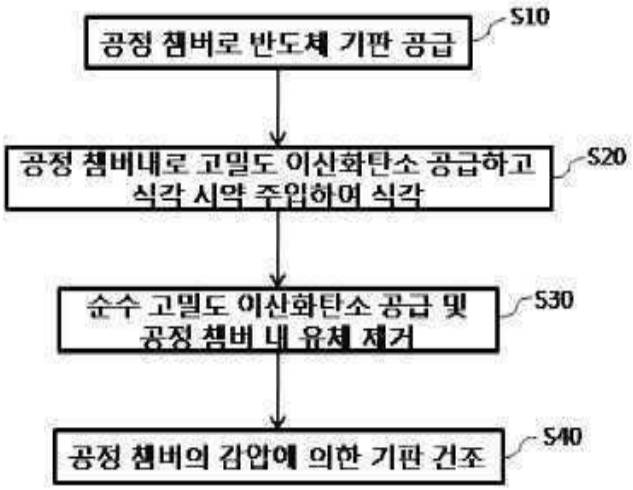
[0047] 도 4는 본 발명과 비교하여 무수의 불소화합물을 이용한 실리콘 산화막 식각 효과를 설명하기 위한 전자 현미경 사진.

[0048] 도 5는 본 발명에 따른 식각 방법의 효과를 보여주는 전자현미경 사진.

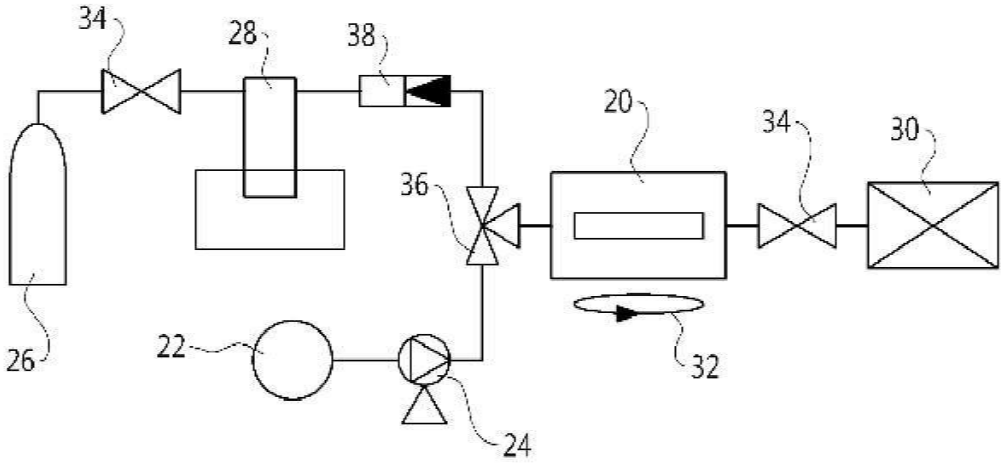
[0049] 도 6은 이산화탄소의 상 다이어그램(phase diagram).

도면

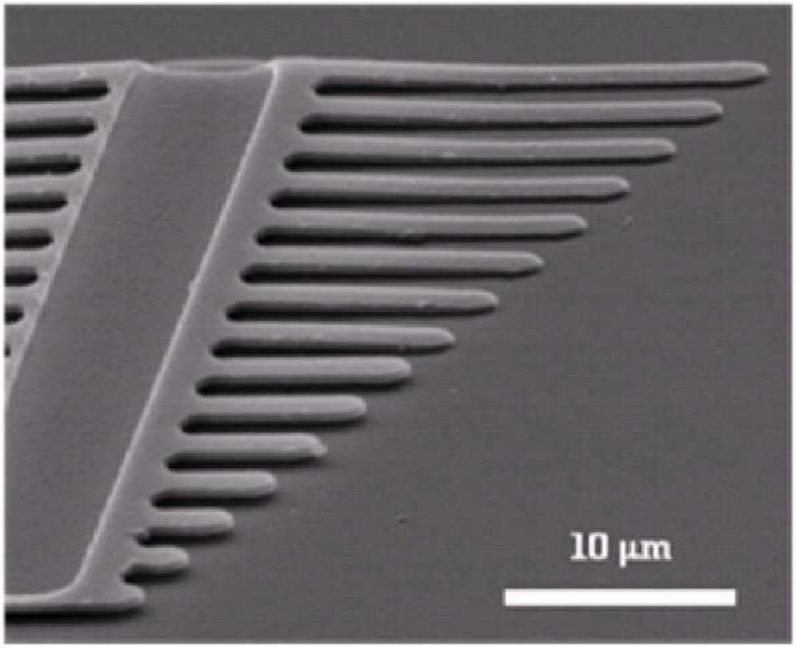
도면1


공정 챔버로 반도체 기판 공급
S10
공정 챔버내로 고밀도 이산화탄소 공급하고 식각 시약 주입하여 식각
S20
순수 고밀도 이산화탄소 공급 및 공정 챔버 내 유체 제거
S30
공정 챔버의 감압에 의한 기판 건조
S40

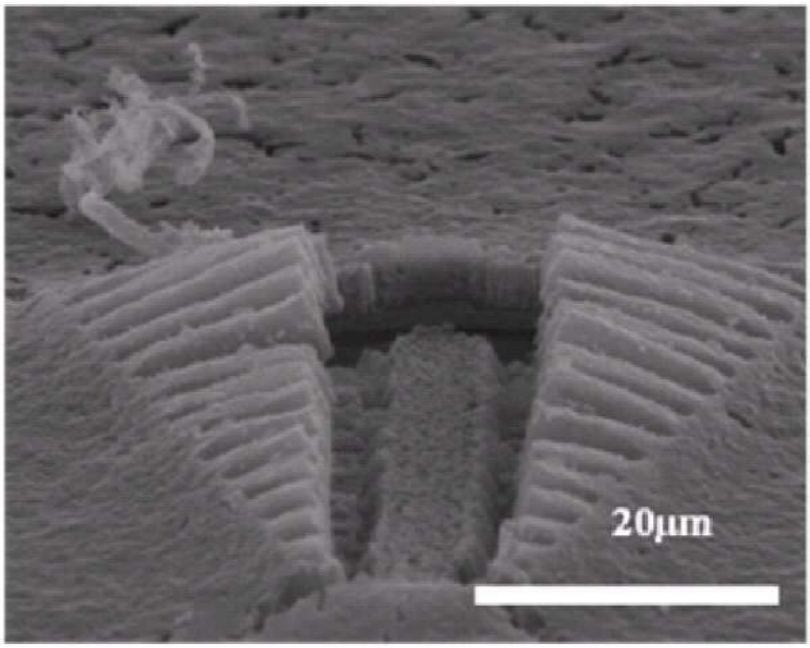
도면2



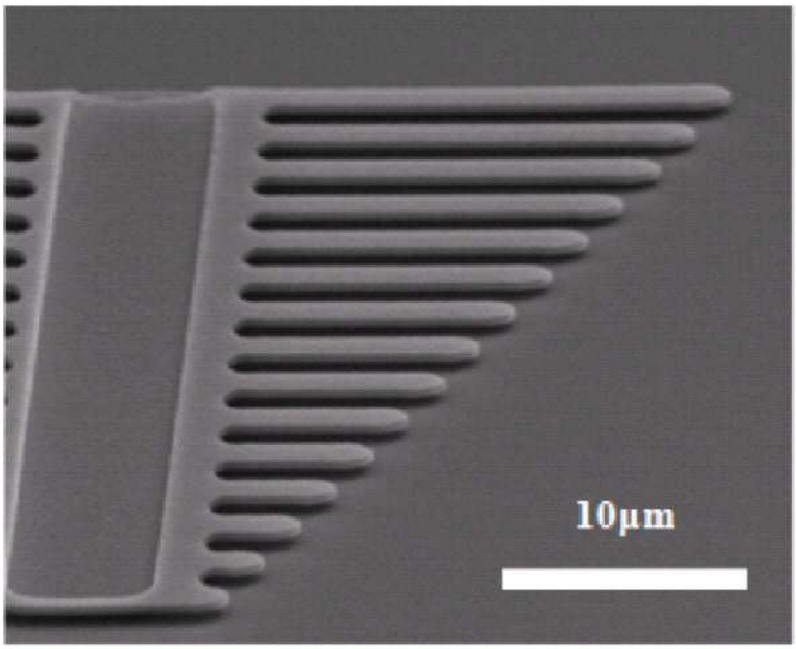
도면3



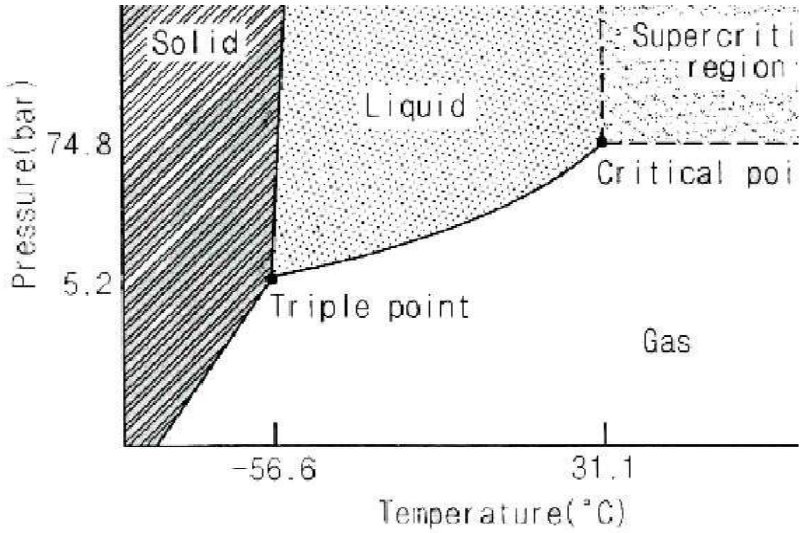
도면4



도면5



도면6


Solid
Liquid
Supercriti
region
Critical poi
Pressure(bar)
74.8
5.2
Triple point
Gas
-56.6
31.1
Temperature(°C)