



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0010831  
(43) 공개일자 2008년01월31일

(51) Int. Cl.

*H01L 21/20* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0071405

(22) 출원일자 2006년07월28일

심사청구일자 2006년07월28일

(71) 출원인

광주과학기술원

광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자

황현상

광주 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 신소재공학과

조민석

경남 진주시 상평동 동국2차 306호

장만

광주 남구 월산4동 982-15번지

(74) 대리인

황이남

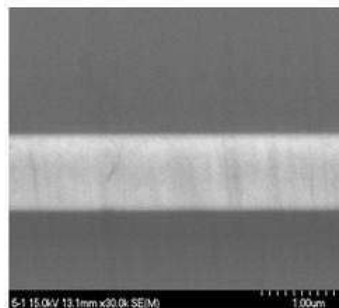
전체 청구항 수 : 총 8 항

**(54) 고압 수소 열처리를 이용한 저온 구리 웨이퍼 본딩 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 웨이퍼 본딩 방법에 관한 것으로서, 특히 고압 수소 열처리를 이용한 저온 구리 웨이퍼 본딩방법에 관한 것이다. 본 발명은, 기존 공정 대비, 상대적으로 저온(<400C)에서, 단시간(<30min)에 고압 수소 열처리를 적용함으로써, 효과적인 구리 웨이퍼의 본딩이 가능하다. 수소의 환원 반응을 이용하여, Cu 표면의 CuO<sub>x</sub>를 효과적으로 제거하여, Cu-Cu의 금속 본딩을 용이하게 형성하고, 또한 인가된 수소의 압력 효과로 인하여 외부에서 추가적인 기계적인 압력을 인가하지 않고도, 대면적에서 균일한 본딩의 형성이 가능하다.

**대표도** - 도2c



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

구리가 증착된 웨이퍼를 상호 결합하는 방법에 있어서,  
고압의 기체 분위기에서 열처리하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 본딩방법.

**청구항 2**

구리 접합 패드가 증착된 웨이퍼를 고압 장비에 넣고 정렬하는 단계; 및  
고압, 고농도의 기체 분위기에서 저온 열처리를 실시하는 단계를 포함하는 웨이퍼 본딩 방법.

**청구항 3**

제 2항에 있어서,  
본딩 힘을 개선하기 위하여 소정의 하중을 인가하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 본딩 방법.

**청구항 4**

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 열처리에 사용된 기체는 100% 수소인 것을 특징으로 하는 웨이퍼 본딩 방법.

**청구항 5**

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 열처리에 사용된 기체는 100% 중수소인 것을 특징으로 하는 웨이퍼 본딩 방법.

**청구항 6**

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 열처리시 압력은 3~100기압인 것을 특징으로 하는 웨이퍼 본딩 방법.

**청구항 7**

제 4항에 있어서,  
상기 열처리시 온도는 450℃ 이하인 것을 특징으로 하는 웨이퍼 본딩 방법.

**청구항 8**

제 1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 열처리시 온도는 450℃ 이하인 것을 특징으로 하는 웨이퍼 본딩 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <5> 본 발명은 웨이퍼 본딩 방법에 관한 것으로써, 특히 고압 수소 열처리를 이용한 저온 구리 웨이퍼 본딩방법에 관한 것이다.
- <6> 실리콘 반도체 소자는 현재까지 2차원적인 스케일링을 통해 집적도를 개선하여 왔으나, 기술적인 한계로 인해, 앞으로는 3차원 집적화가 필수적이다. 그러나 제작된 반도체 소자의 열적인 안정성 문제로 인해, 고온 공정을 적용하기가 어렵다.

- <7> 기존 2차원 집적화의 한계를 극복하기 위해, 3차원 IC의 개발이 필요한데, 이때 가장 시급한 공정이 Cu-Cu 본딩을 저온에서 단시간에 형성하는 것이다. 저온이 필요한 것은 고집적소자에서 사용되는 실리사이드, 층간 절연막 등이 온도에 매우 취약하여, 고온 (>450C) 열처리가 적용되면, MOSFET 소자 특성의 현저한 열화를 가져온다.
- <8> Electrochemical and Solid State Letter, p. 534, 1999 논문에 의하면, 기계적인 힘과 고온(>450-600C) 에서 장시간(>60분)의 열처리를 통해 구리 웨이퍼 본딩을 실시한다. 그러나 12인치 이상의 웨이퍼에 균일한 힘을 인가하는 것은 기술적인 어려움이 있으며, 차세대 소자에 적용될 Low-k 박막의 경우, 450C 이상에서 열처리를 적용할 경우 심각한 소자 특성의 열화를 가져온다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <9> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하고자 안출된 것으로써, 그 목적은 상대적으로 저온에서 단시간에 고압 수소 열처리를 적용하는 웨이퍼 본딩방법을 제공하는 데 있다.

**발명의 구성 및 작용**

- <10> 상기와 같은 목적을 달성하고자 본 발명의 고압 수소 열처리를 이용한 저온 구리 웨이퍼 본딩방법은 고압의 기체 분위기에서 열처리하는 것을 특징으로 한다.
- <11> 본 발명의 다른 웨이퍼 본딩 방법은 구리 접합 패드가 증착된 웨이퍼를 고압 장비에 넣고 정렬하는 단계; 및 고압, 고농도의 기체 분위기에서 저온 열처리를 실시하는 단계를 포함한다.
- <12> 본 발명에서 본딩 힘을 개선하기 위하여 소정의 하중을 인가하는 것이 바람직하다.
- <13> 본 발명에서 상기 열처리에 사용된 기체는 100% 수소 또는 중수소인 것이 바람직하다.
- <14> 본 발명에서 상기 열처리시 압력은 3~100기압이고, 상기 열처리시 온도는 450℃ 이하인 것이 바람직하다.
- <15> 본 발명은, 기존 공정 대비, 상대적으로 저온 (<400C)에서, 단시간 (<30min)에 고압 수소 열처리를 적용함으로써, 효과적인 구리 웨이퍼의 본딩이 가능하다. 수소의 환원 반응을 이용하여, Cu 표면의 CuO<sub>x</sub>를 효과적으로 제거하여, Cu-Cu의 금속 본딩을 용이하게 형성하고, 또한 인가된 수소의 압력 효과로 인하여 외부에서 추가적인 기계적인 압력을 인가하지 않고도, 대면적에서 균일한 본딩의 형성이 가능하다.
- <16> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 하기의 각 도면의 구성 요소들에 참조 부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하며, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- <17> <실시예 1>
- <18> 아래와 같은 공정 순서를 이용하여 구리 웨이퍼 본딩 공정을 적용한다.
- <19> 1) 구리 접합 패드가 증착된 웨이퍼를 고압 장비에 넣고, 정렬한다.
- <20> 2) 고압 (>5atm), 고농도 (100%) 수소/중수소 분위기에서 저온 (<450C) 열처리를 실시한다.
- <21> <실시예 2>
- <22> 아래와 같은 공정 순서를 이용하여 웨이퍼 본딩 공정을 적용한다.
- <23> 1) 구리 접합 패드가 증착된 웨이퍼를 고압 장비에 넣고, 정렬한다.
- <24> 2) 고압 (>5atm) 고농도 (100%) 수소 분위기에서 저온 (<450C)에서 열처리한다. 이때 본딩력을 개선하기 위해 적정 수준의 하중을 인가한다.
- <25> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고압 수소 열처리 장비 구조의 단면도이다.
- <26> 도 1을 참조하면, 상기 고압 수소 열처리 장비 내에는 구리 레이어를 포함하는 실리콘 웨이퍼가 접촉을 형성하며, 상기 접촉된 구리 레이어를 포함하는 실리콘 웨이퍼 상부에는 본딩력을 증가시키기 위하여 약 150g의 접촉력을 형성한다. 상기 고압 수소 열처리 장비 내에는 질소 또는 수소가 약 10기압으로 형성되고, 약 400℃의 고압이 형성됨을 알 수 있다.

- <27> 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정 조건에 따른 Cu-Cu 본딩의 결과도이다.
- <28> 도 2a는 400℃, 약 10기압의 질소분위기를 60분간 유지하고, 접촉력으로써 100~250g을 유지한 결과이다. 그러나 이 경우 도 2a를 참조하면, 구리 레이어 사이에는 소정의 갭이 생성되고 접합이 형성되지 않음을 알 수 있다.
- <29> 도 2b는 400℃, 약 1기압의 질소의 질소분위기를 10분간 유지하고, 실온에서 60분간 질소분위기를 더 유지하며, 접촉력으로써 200kg을 유지한 결과이다. 도 2b를 참조하면, 접합은 형성되었으나, 구리 레이어 사이에 경계면이 존재함을 알 수 있다.
- <30> 도 2c는 400℃, 약 10기압의 수소분위기를 60분간 유지하고, 접촉력으로써 100~250g을 유지한 결과이다. 도 2c를 참조하면, 접합이 형성되고 경계면은 존재하지 않음을 알 수 있다.
- <31> 도 3은 열처리 조건에 따른 X-ray 회절 패턴을 나타낸 것이다. 도 3을 참조하면, 수소 열처리 후 본딩 형성으로 인해 재결정화가 발생함을 알 수 있다.
- <32> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 열처리 조건에 따른 금속저항을 나타낸 것이다. 도 4를 참조하면, 수소 열처리 후 우수한 본딩으로 인해 저항값이 낮아짐을 알 수 있다.
- <33> 상기와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술 분야의 숙련된 당업자라면 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

**발명의 효과**

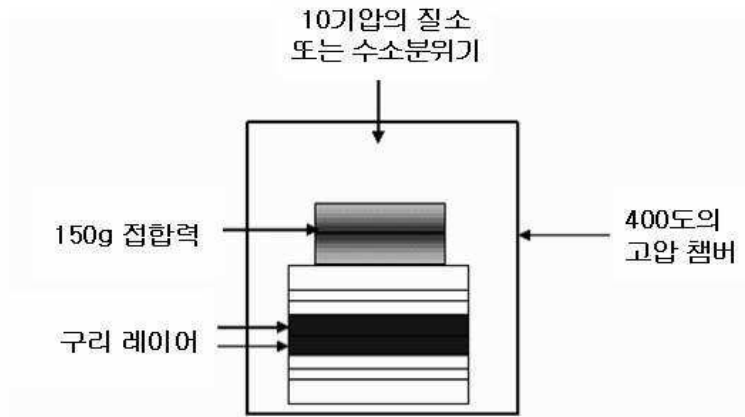
- <34> 상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 고압 수소 열처리를 적용함으로써, 상대적으로 저온 (<400C)에서, 단시간 (<30min)에 효과적인 구리 웨이퍼의 본딩이 가능하다.
- <35> 본 발명은, 수소의 환원 반응을 이용하여, Cu 표면의 CuO<sub>x</sub>를 효과적으로 제거하여, Cu-Cu의 금속 본딩을 용이하게 형성하고, 또한 인가된 수소의 압력 효과로 인하여 외부에서 추가적인 기계적인 압력을 인가하지 않고도, 대면적에서 균일한 본딩의 형성이 가능하다.
- <36> 또한, 고농도 수소/중수소 열처리를 적용함으로써, 게이트 산화막 계면의 결함 패시베이션(defect passivation)도 가능하며, 소자의 전기적, 신뢰성 특성을 동시에 개선할 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

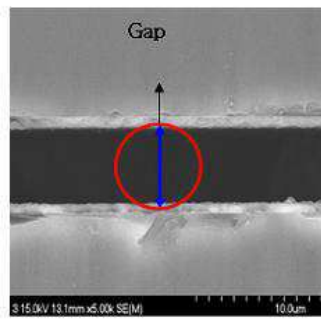
- <1> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고압 수소 열처리 장비 구조의 단면도이다.
- <2> 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정 조건에 따른 Cu-Cu 본딩의 결과도이다.
- <3> 도 3은 열처리 조건에 따른 X-ray 회절 패턴을 나타낸 것이다.
- <4> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 열처리 조건에 따른 금속저항을 나타낸 것이다.

도면

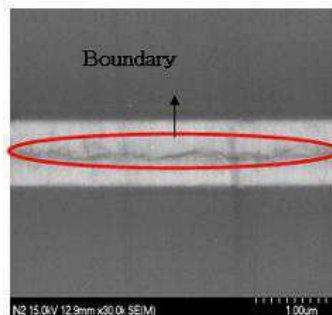
도면1



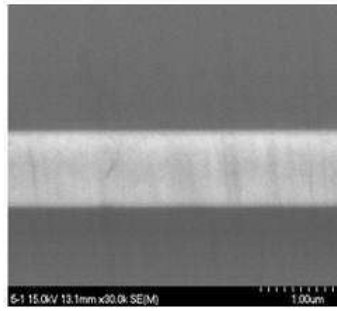
도면2a



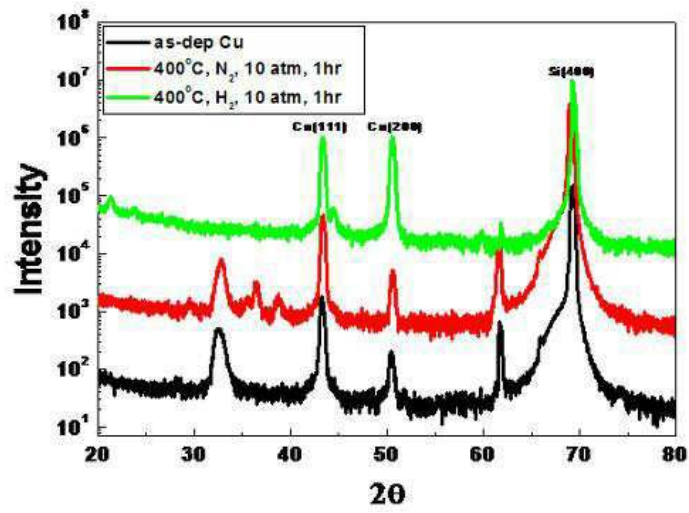
도면2b



도면2c



도면3



도면4

