

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷ H01L 21/304 (11) 공개번호 10-2005-0101128
(43) 공개일자 2005년10월20일

(21) 출원번호 10-2005-0084557(분할)
(22) 출원일자 2005년09월12일
(62) 원출원 특허10-1998-0044809
원출원일자 : 1998년10월26일 심사청구일자 2003년03월04일

(30) 우선권주장 JP-P-1997-00299937 1997년10월31일 일본(JP)

(71) 출원인 가부시끼가이샤 히다치 세이사꾸쇼
일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고

(72) 발명자 곤도 세이이치
일본국 도쿄도 고쿠분지시 미나미쵸 2-18-13-1408
훙마 요시오
일본국 도쿄도 니시타마군 히노데마치 히라이 2196-58
사쿠마 노리유키
일본국 도쿄도 하치오지시 아카츠키쵸 1-47-3-F 203
다케다 겐이치
일본국 사이타마켄 도코로자와시 미도리쵸 2-16-3-201
히노데 겐지
일본국 도쿄도 하치오지시 나라하라쵸 725-12

(74) 대리인 장수길
이중희
구영창

심사청구 : 있음

(54) 반도체장치의 제조방법

요약

반도체장치의 배선공정에 있어서의 연마방법에 관한 것으로서, 매립배선형성시의 디싱이나 이로전의 발생의 억제, 굽힘의 저감, 박리 등의 손상의 저감, CMP후세정의 간소화, 연마액과 연마포의 비용저감, 연마제 공급/처리설비의 간소화, 고스루פות화(고제조능률화), 저발전화의 적어도 한가지를 실현할 수 있는 연마방법이나 반도체장치의 제조방법을 제공하기 위한 것으로서, 금속막의 적어도 일부를 제거하는 연마방법에 있어서, 1중량% 미만의 연마숫돌입자를 포함하고 pH 및 산화환원전위가 금속막의 부식영역인 연마액을 사용해서 금속막표면을 기계적으로 마찰시키는 구성으로 하였다.

이렇게 하는 것에 의해, 굽힘이나 박리, 디싱, 이로전을 억제하는 효과가 있고 또한 고도의 세정프로세스나 연마제 공급/처리장치를 필요로 하지 않고 연마제나 연마포 등의 소모품의 비용을 억제하고 또한 실용적인 연마속도로 CMP를 실행하는 것이 가능하다는 효과가 얻어진다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명을 실시한 CMP장치를 도시한 도면,
- 도 2는 종래의 방법으로 CMP를 실행한 경우의 동의 연마속도와 에칭속도의 과산화수소수 농도의존성을 도시한 도면,
- 도 3은 본 발명의 방법으로 CMP를 실행한 경우의 동의 연마속도와 에칭속도의 과산화수소수 농도의존성을 도시한 도면,
- 도 4의 (a)는 CMP전의 시료의 배선부의 단면구조를 도시한 도면, 도 4의 (b)는 CMP후의 시료의 배선부의 단면구조를 도시한 도면, 도 4의 (c)는 CMP후의 시료의 평면도로서 도면 중 점선은 도 4의 (b)의 단면위치,
- 도 5의 (a)는 디싱을 도시한 도면, 도 5의 (b)는 이로전을 도시한 도면,
- 도 6은 본 발명의 효과를 도시한 도면으로서, 도 6의 (a)는 종래의 방법으로 CMP를 실행한 시료의 이로전량과 디싱량, 도 6의 (b)는 본 발명의 방법으로 CMP를 실행한 시료의 이로전량과 디싱량,
- 도 7의 (a)는 종래의 방법으로 CMP를 실행한 시료의 단면도, 도 7의 (b)는 본 발명의 방법으로 CMP를 실행한 시료의 단면도,
- 도 8의 (a)는 종래의 방법으로 CMP를 실행한 시료의 단면도, 도 8의 (b)는 본 발명의 방법으로 CMP를 실행한 시료의 단면도,
- 도 9는 동의 pH-산화환원전위도,
- 도 10은 웨이퍼상 결함수의 연마액중의 알루미늄자 스톨입자 농도의존성을 도시한 도면,
- 도 11은 종래의 CMP프로세스를 도시한 설명도,
- 도 12는 본 발명의 CMP프로세스를 도시한 설명도,
- 도 13은 본 발명에 의해 CMP 관련비용의 저감효과를 도시한 도면,
- 도 14의 (a)는 종래 연마액에 의해 다층배선을 형성한 시료의 단면구조를 도시한 도면, 도 14의 (b)는 시료의 평면도로서 도면 중 점선은 도 14의 (a)의 단면위치,
- 도 15의 (a)는 본 발명의 연마액에 의해 다층배선을 형성한 시료의 단면구조를 도시한 도면, 도 15의 (b)는 시료의 평면도로서 도면 중 점선은 도 15의 (a)의 단면위치,
- 도 16의 (a)는 오버CMP에 의해 배선부가 에칭된 시료의 단면구조를 도시한 도면, 도 16의 (b)는 방식성 물질에 의해 에칭을 억제한 도면,
- 도 17의 (a)는 CMP전의 시료의 플러그부의 단면구조를 도시한 도면, 도 17의 (b)는 CMP후의 시료의 플러그부의 단면구조를 도시한 도면, 도 17의 (c)는 CMP후의 시료의 평면도로서 도면 중 점선은 도 17의 (b)의 단면위치,
- 도 18의 (a)는 본 발명의 연마액에 의해 다층배선을 형성한 시료의 단면구조를 도시한 도면, 도 18의 (b)는 시료평면도로서 도면 중 점선은 도 18의 (a)의 단면위치,
- 도 19의 (a)는 본 발명의 연마액에 의해 이중상감법에 의해서 다층배선을 형성한 시료의 단면구조를 도시한 도면, 도 19의 (b)는 시료의 평면도로서 도면 중 점선은 도 19의 (a)의 단면위치,

도 20의 (a)는 본 발명의 연마액에 의해서 텅스텐플러그를 형성할 때에 기초동배선이 텅스텐의 연마액의 스며듬에 의해서 부식한 상태를 도시한 도면, 도 20의 (b)는 텅스텐의 연마액에 BTA를 첨가하는 것에 의해서 부식을 방지한 상태를 도시한 도면,

도 21은 본 발명의 연마액에 의해서 기관의 확산층상에 플러그와 배선을 형성한 상태를 도시한 시료의 단면도,

도 22의 (a)는 아미노초산계의 연마액을 사용해서 CMP를 실행한 시료의 배선부의 단면도, 도 22의 (b)는 시료의 평면도로서 도면 중 점선은 도 22의 (a)의 단면위치,

도 23은 본 발명의 연마액을 사용해서 CMP장치의 토크신호강도에서 종점검출한 결과를 도시한 도면,

도 24는 본 발명의 연마액을 사용해서 광신호강도에서 종점검출한 결과를 도시한 도면,

도 25는 슷돌입자를 포함하는 연마액을 사용해서 CMP를 하였을 때에 실리콘산화막상에 발생한 균힘의 개수의 연마하중 의존성을 도시한 도면,

도 26은 동의 부식영역과 부동태영역에 있어서의 부식속도의 차이를 도시한 도면.

[부호의 설명]

11...연마정반, 12...웨이퍼홀더, 13...리테이너, 14...웨이퍼, 15...연마액 공급구, 16...순수(純水) 공급구, 17...연마포, 18...백킹패드, 21...Cu, 22...TiN, 23...1층째의 배선층부분의 SiO₂막, 24...BPSG막, 25...불순물도프층이나 절연막이 형성된 Si기관, 31...2층째의 Cu배선, 32...1층째의 Cu배선의 디싱에 의해서 2층째의 절연막의 오목부에 형성된 금속막의 연마잔여물, 33...1층째의 Cu배선근방의 이로전에 의해서 2층째의 절연막의 오목부에 형성된 금속막의 연마잔여물, 34...1층째의 절연막표면의 균힘에 의해서 2층째의 절연막의 오목부에 형성된 금속막의 연마잔여물, 35...2층째의 SiO₂막, 36...1층째의 Cu배선의 디싱, 37...1층째의 Cu배선근방의 이로전, 38...1층째의 절연막표면의 균힘, 39...2층째의 TiN, 40...플러그, 41...이중상감법에 의해서 형성된 플러그, 42...텅스텐, 43...심, 44...1층째의 동배선의 부식부분, 45...불순물도프층, 48...동이 용출하여 절연막이 노출된 부분, 49...금속막표면의 오목부, 50... 금속막표면의 볼록부, 52...1층째의 배선층과 2층째의 배선층 사이의 관통구멍층의 절연막.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 금속막의 연마에 관한 것으로서, 특히 반도체장치의 배선공정에 있어서의 연마방법에 관한 것이다.

근래, 반도체집적회로(이하, LSI라고 한다)의 고집적화, 고성능화에 따라서 새로운 미세가공기술이 개발되고 있다. 화학기계연마(이하, CMP라고 한다)법도 그중의 하나로서, LSI제조공정 특히 다층배선형성공정에 있어서의 층간절연막의 평탄화, 금속플러그형성, 매립배선형성에 있어서 빈번히 이용되는 기술이다. 이 기술은 예를 들면 미국특허 No.4944836에 개시되어 있다.

또, 최근에는 LSI의 고속성능화를 달성하기 위해서, 배선재료를 종래의 알루미늄합금보다 저저항의 동합금을 이용하고자 하는 것이 시도되고 있다. 그러나, 동합금은 알루미늄합금배선의 형성시에 빈번히 사용된 드라이에칭법에 의한 미세가공이 곤란하다. 그래서, 가공하여 홈이 형성된 절연막상에 동합금박막을 퇴적시키고 홈내에 매립된 부분 이외의 동합금박막을 CMP에 의해 제거하여 매립배선을 형성하는 소위 상감법(damascene method)이 주로 채용되고 있다. 이 기술은 예를 들면 일본국 특허공개공보 평성2-278822호에 개시되어 있다.

배선에 사용되는 동합금 등의 금속의 CMP에 사용되는 연마제는 고체 스톨입자(연마용 입자)와 산화성 물질을 주성분으로 하는 것이 일반적이다. 산화성 물질의 산화작용에 의해 금속표면을 산화시키면서 고체 스톨입자에 의해서 그 산화물을 기계적으로 제거하는 것이 기본적인 CMP의 메카니즘이다. 이에 관해서는 사이언스포럼(주)발행, 가시와기 마사히로편집 「CMP의 사이언스」 1997년 8월 20일 발행의 제299페이지에 개시되어 있다.

고체 스톨입자로서는 수10~수100nm의 입자직경을 갖는 알루미나 스톨입자나실리카(silica)스톨입자가 알려져 있지만, 일반적으로 시판되고 있는 금속연마용 고체 스톨입자의 대부분은 전자이다.

산화성물질로서는 과산화수소(H₂O₂), 질산 제2철(Fe(NO₃)₃), 과옥소산칼륨 (KIO₃)이 일반적으로 널리 사용되고 있고, 이들은 예를 들면 상기 「CMP의 사이언스」의 제299페이지~제300페이지에 개시되어 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러나, 종래의 금속막연마용 고체 스톨입자를 주성분으로서 포함하는 연마제를 사용해서 CMP에 의해 배선 및 플러그를 형성하는 경우, 이하의 [1]~[8]에 기재하는 바와 같은 문제가 발생하고 있다.

[1] 절연막에 형성된 홈의 내부에 매립되는 금속배선의 표면중앙부분이 주변부분보다 과잉으로 연마되어 움푹들어가는 현상(이후, 디싱(dishing)이라고 한다) 이나 배선부 주위의 절연막표면이 연마되는 현상(이후, 이로전(erosion)이라고 한다)이 발생한다(도 5의 (a), (b)).

본래, 금속막연마용 연마제의 금속/절연막의 선택비는 10이상으로 매우 높은 것이지만, 이 값은 평탄한 금속막만이 형성된 웨이퍼와 평탄한 절연막만이 형성된 웨이퍼를 사용해서 각각 별도로 CMP를 실행하여 양자의 연마속도의 비를 취해서 얻어진 것이다.

그러나, 배선패턴으로 되는 홈이 형성된 절연막상에 금속막이 퇴적된 웨이퍼의 CMP에서는 국소적으로 과잉으로 연마되는 개소가 발생하는 것이 알려져 있다. 이것은 CMP전의 웨이퍼표면에는 배선패턴으로 되는 홈을 반영한 요철(오목볼록)이 금속막의 표면에 생기고 있고, CMP를 실행하는 경우에 패턴밀도에 따라서 국소적으로 높은 압력이 가해져 그 부분의 연마속도가 빨라지기 때문이다.

따라서, 디싱이나 이로전은 금속부분의 면적이 넓은 패드(0.1mm²정도의 면적)나 밀집배선패턴인 경우에 현저한 문제로 된다. 이들은 "J. Electrochem. Soc." 제141권 제10호, 1994년 10월, 제2842페이지~제2848페이지에 기재되어 있다.

[2] 연마용 고체 스톨입자에 의해 긁힘(scratch)(연마상처)이 발생한다. 특히, 금속연마의 스톨입자의 주재료인 알루미나는 절연막의 주재료인 산화실리콘보다 경도가 높다. 그 때문에, 배선용 금속막의 표면뿐만 아니라 CMP에 의해서 노출된 절연막의 표면에도 긁힘이 발생한다. 절연막표면의 긁힌 부분에는 연마제가 잔류하여 중금속이온오염에 의한 반도체소자의 동작불량이 생기거나, 상층배선의 가공형상에 영향을 미쳐 단락불량을 발생시키기도 한다. 또한, 금속막표면의 긁힘은 도통불량이나 전자이동 내성의 열화의 원인으로 된다.

긁힘을 방지하기 위해서 연마하중이나 정반(턴테이블)회전수를 낮게 하여 CMP를 실행하는 방법이 취해지고 있다. 그러나, 동(銅)과 같은 연질금속에 의해서는 이 방법에서도 긁힘을 방지하는 것이 곤란하다.

연질연마포를 사용하는 것에 의해 긁힘을 저감할 수 있지만, 디싱이나 이로전이 커져 CMP후의 평탄성은 열화한다. 그래서, 경질연마포에 의해 도중까지 CMP를 실행한 후, 연질연마포에 의해 마무리연마를 실행하는 2단계 CMP도 제안되어 있다. 그러나, 이 경우 스루풋(제조능률)이 저하한다는 새로운 문제가 발생한다.

[3] CMP를 실행하면 연마스톨입자와 금속막표면 사이에 높은 마찰력이 생기기 때문에, 금속막과 기초(下地) 절연층 사이나, 기초절연층내의 도포유리(이하, SOG라 한다)와 화학기상증착(이하, CVD라 한다) 산화막 사이에서 박리(벗겨짐)가 발생한다. 박리방지책으로서 연마하중이나 정반회전수를 낮게 하는 방법도 있지만, 완전히 방지하고자 하면 연마속도가 저하하여 연마시간이 길어지기 때문에 실용적이지 않다. 또, 연질연마포를 사용하면 해결되는 경우도 있지만, 디싱이나 이로전이 커져 CMP후의 평탄성이 열화한다.

[4] CMP 직후의 웨이퍼표면에는 연마숫돌입자가 다수 잔류하기 때문에 다음공정을 실행하기 전에 세정하고 규정값이하 (예를 들면 0.2 μ m이상의 이물수가 웨이퍼당 100개 이하)까지 이물수를 제거하지 않으면 안된다. 이 때문에, 화학적인 세정뿐만 아니라 기계적인 세정을 병용하는 세정기를 필요로 하였다.

그 세정기술은 도 11에 도시한 바와 같이 매우 복잡하고 주로 약액(물약;藥液)을 병용한 솔세정과 메가소닉세정이 실행되고 있다. 솔세료는 금속막표면을 손상시키지 않는 특수한 재료가 아니면 안되고, 약액으로서는 예를 들면 수산화암모늄이나 플루오르화수소산 수용액등이 사용된다.

메가소닉세정은 800kHz 이상의 고주파진동을 세정액에 가해서 숫돌입자를 기판(基體)로부터 유리시키는 세정방법으로서, 종래의 초음파진동(40kHz)에 의한 세정방법보다 강력한 세정수단이다. 이 세정에 있어서는 숫돌입자가 기판으로부터 유리하는데 충분한 정도의 에너지 또는 힘을 가할 필요가 있다. 한편, 금속막이나 절연막에 손상을 입히지 않는 범위로 출력을 설정해야만 한다. 이상과 같은 CMP후세정프로세스의 예로서는 예를 들면 「월간 반도체세계(Semiconductor World)」 1995년 5월호의 172페이지에 개시되어 있다.

[5] CMP에 사용하는 소모품의 비용이 높다. 이것은 연마제로 사용하는 숫돌입자의 제조비용이 높고, 입자크기를 일치시키기 위해서도 매우 주의를 필요로 하기 때문이다. 특히, 알루미늄숫돌입자는 실리카숫돌입자에 비해 수배나 고가이다.

또, 연마포는 일반적으로 발포(發泡)폴리우레탄이 사용되고 있다. CMP를 실행하면 이 연마포에 연마숫돌입자가 부착하여 소위 "눈(mesh)막힘" 현상을 일으켜 연마속도가 저하한다.

이것을 방지하기 위해서 적절히 다이아몬드입자를 고착시킨 숫돌(이하, 컨디셔너라 한다)로 연마포 표면을 깎을 필요가 있었다. 그 때문에, 연마포의 수명은 단축되어 연마숫돌입자에 버금가는 고가의 소모품으로 되고 있었다. CMP프로세스의 비용에 관해서는 예를 들면 리얼라이즈사 최신기술강좌 1996년 5월 「CMP장치와 관련재료의 최신동향과 그 문제점」에 기재되어 있다.

[6] CMP관련장치 및 설비의 문제로서, 상기의 CMP장치나 후세정장치 이외에도 연마제 공급장치, 연마제를 포함하는 폐액(廢液)의 처리장치가 필요하게 된다. CMP설비 전체에 소요되는 비용이 매우 높은 것으로 되고 있었다. 연마제 공급장치에서는 숫돌입자의 침전을 방지하기 위한 교반장치도 필요하고, 배관내에도 침전하지 않도록 항상 연마제를 순환시키는 기구도 필요하였다. 그 폐액처리비용도 높고, 재이용기술도 필요로 되고 있다.

[7] CMP공정 전체의 스루풋이 낮은 것도 문제이다. CMP장치내에서는 상기 연마포의 컨디셔닝(conditioning), 금속막 등을 연마하는 1차 CMP와 노출된 절연막표면의 손상(damage)층 등을 제거하는 2차 CMP(버프연마)를 실행하는 것이 일반적이다. 상기 후세정장치는 솔세정이 있기 때문에, 통상 웨이퍼를 낱장으로 세정한다. 따라서, CMP공정 전체의 스루풋은 반도체장치 제조공정중에서 가장 낮은 상황으로 되어 있다. CMP공정 전체의 프로세스예로서는 예를 들면 「월간 반도체세계」 1995년 5월호의 172페이지에 상세하게 기재되어 있다.

[8] CMP장치는 발진(먼지발생;發塵)의 원인으로 되는 연마숫돌입자를 다량 사용하고 있음에도 불구하고 크린룸(cleanroom)내에 설치해야 한다는 문제가 있다. CMP장치에 배기덕트 등의 발진을 억제하는 기구를 마련하고 크린룸내에 특별한 방을 설치하는 것 등에 의해 청정도를 유지할 필요가 있고, 이를 위한 비용도 소요되게 된다.

상기 문제점은 모두 고농도의 연마숫돌입자를 포함하는 연마제에 의해서 CMP를 실행하는 것이 원인으로 되어 있다. 그러나, 종래의 CMP방법은 산화성 물질에 의해서 금속표면을 산화하고, 이 산화층을 연마숫돌입자에 의해서 기계적으로 제거하는 것에 의해 새로 노출된 금속표면을 다시 산화하고, 산화층의 형성/기계적 제거를 반복해서 연마속도를 향상시키고 있었다. 즉, 연마숫돌입자는 산화층을 신속하게 제거하기 위해 기계적 제거효과를 발생시키는데 필요하고, 연마숫돌입자를 첨가하지 않으면 실용적인 연마속도에 이르지 못했다.

일본국 특허공개공보 평성7-233485호에는 연마숫돌입자를 첨가하지 않은 연마액(0.1중량%의 아미노초산과 13중량%의 과산화수소)에 의해 CMP를 실시한 비교예가 기재되어 있다. 이 경우의 연마속도는 10nm/min으로서, 알루미늄연마숫돌입자를 첨가한 연마액의 약1/10, 실리카 연마숫돌입자를 첨가한 연마액의 약2/7의 연마속도라는 것이 기재되어 있다.

도 2는 상기 공보에 따라서 추가시험을 실행한 결과이다. 이것은 상기 공보의 결과를 재현하기 위해서, 0.1중량%의 아미노초산과 과산화수소를 함유한 연마액(숫돌입자는 포함하지 않는다)에 의해 연마속도와 에칭속도의 과산화수소수 농도의존성을 측정된 것이다. 또한, 도 2에서는 30%과산화수소수의 농도로 도시하고 있고 상기 공보에 기재된 도면과 대응시키

기 위해서는 0.3배해서 환산하면 좋다. 연마포로서는 로텔사의 경질포 IC1000을 사용하였다. 정반(정반직경: 340mm)과 홀더의 회전수는 모두 60rpm, 연마하중은 220g/cm²로 하였다(본 발명의 CMP조건과 동일하게 하였다). 도 2의 결과로부터 스톱입자를 포함하지 않는 경우에는 겨우 20nm/min으로서 실용적인 연마속도가 얻어지지 않는다는 것을 알 수 있다. 과산화 수소 농도가 낮으면 에칭속도가 빨라 연마의 안정성이 나빠진다. 한편, 과산화수소 농도를 높이면 안정성은 증가하지만, 연마속도가 현저히 낮아져 처리능력의 점에서는 불리하다.

또, 상세하게 알아보면, 정수액(靜水液) 에칭속도(교반하지 않은 연마액에 정지한 시료를 침지했을 때의 에칭속도)가 과산화수소수의 고농도측에서도 완전히 0으로는 되지 않는다는 것도 알 수 있었다. 또, 연마액을 교반하여 마찬가지로 에칭속도(교반액 에칭속도: CMP중의 에칭속도에 가깝다)를 측정하면, 에칭속도가 증가하여 연마속도의 1/2배를 초과한다는 것을 알 수 있다.

따라서, 스톱입자를 함유시키는 것에 의해 연마속도를 높이고, 연마속도와 교반에칭속도의 비(이하, 속도비라 한다)를 높이지 않으면 연마액으로서 사용할 수 없다는 것을 알 수 있었다. 속도비가 낮으면 연마면에 접해 있지 않은 오목부에서의 에칭이 진행하여 평탄성이 손상된다. 실제로 이들 과산화수소수의 농도를 변경한 연마액을 사용해서 CMP를 실행한 결과, 40분~1시간 30분의 연마시간을 필요로 하였다.

형성된 동배선의 단면도를 도 22에 도시한다. 실리콘산화막의 가공후에 남겨지는 동은 대부분이 에칭되어 용출(녹아나옴; 溶出)하고, S자형상(지그재그)배선(배선폭 0.3 μ m~3 μ m, 길이 40mm)을 사용해서 도통시험을 실행한 결과, 제조효율은 0%이었다. 따라서, 이것을 LSI배선으로서 사용하는 것은 불가능하였다. 이것은 연마속도가 느리기 때문에, 긴 연마시간 동안에 에칭이 진행된 것이 원인이다.

아미노초산의 농도를 증가하면 연마속도는 상승하지만, 동시에 교반에칭속도도 상승하여 상기 결과와 마찬가지로 된다. 에칭을 억제하기 위해서는 수산화칼륨을 첨가해서 연마액을 pH10.5의 알칼리성으로 하면 좋다는 것이 상기 공보에 기재되어 있다. 그러나, 수산화칼륨은 실리콘산화막을 에칭하기 때문에 선택비가 저하하여 이로전이 발생한다는 문제가 생긴다. 또, 잔류한 칼륨이온이 절연막층을 확산해서 반도체소자의 특성열화를 야기한다는 문제가 생긴다.

이상과 같은 문제는 아미노초산 자체가 산화동을 수용성화하는 특성이 낮은 것에 기인하고 있다. 이것은 도 9에 도시한 pH-산화환원전위도(M.Pourbaix, 「Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions」 1975년 NACE발행의 제387페이지에 개시되어 있다.)로부터 알 수 있는 바와 같이, 동이 동이온으로서 수용성화하는 범위(부식영역)가 pH7이하인데 비해 아미노초산은 중성으로서 그 효과가 약하기 때문이다.

도 26에 동 부식영역과 부동태영역에 있어서의 부식속도(에칭속도)의 차이를 도시하였다. 실선은 도 9에 있어서 산화환원전위가 동일한 경우의 부식속도를 나타낸 것이다. 대표예로서 부식영역에서는 구연산과 과산화수소수를 혼합한 연마액, 부동태영역에서는 아미노초산과 과산화수소수를 혼합한 연마액의 부식속도를 나타내었다. 양연마액은 등몰비(equal mol rate)로 제작하여 비교하였다. 이와 같이 부식영역에서는 부동태영역과 비교해서 매우 빠른 속도로 동이 수용성화되어 이온화된다.

이 점에 관해서는 1996년 CMP-MIC Conference 예고집, 제123페이지에도 기재되어 있다. 실제로 아미노초산은 산화동을 에칭하는 효과가 없다는 것이 상기 논문에 기재되어 있지만, 산화동을 수용성화하는 효과가 없으면 CMP를 실행한 후에 노출된 절연막상에 산화동이 잔존하게 되어 배선사이의 전기적 단락의 원인으로 된다. 또한, 스톱입자를 포함하는 연마제이면 기계적 작용에 의해 산화동은 용이하게 제거된다.

또, 종래부터 있는 금속의 에칭액은 상기 부식영역에 있지만, 이것을 그대로 LSI다층배선형성용 CMP연마액으로서 사용할 수 있다고는 할 수 없다. CMP연마에서는 반대로 에칭속도가 느린 쪽이 적합하기 때문이다. 예를 들면, 스톱입자가공 학회지, 1997년, 제41권, 제1호, 제231페이지~제233페이지에 질산수용액을 사용한 동표면의 연마실험에 관해서 기재되어 있다. 스톱입자가 없으면 연마속도가 낮아지지만, 금속의 발생이 없기 때문에 연마액으로서 적합하다고 기술되어 있지만, 이 연마액의 에칭속도는 조사되어 있지 않으며 배선구조의 형성도 되어 있지 않다. 실제로 이 연마액의 추가시험을 실행한 결과, 1%질산수용액의 동 정수액 에칭속도는 50nm/min으로서, 상기 학회지에 기재된 연마속도인 약 80nm/min에 대하여 충분히 큰 비를 취할 수 없었다. 또, 매립배선을 형성하기 위해서 CMP를 실행하면, 배선부분으로서 남길 부분의 동도 에칭되어 거의 소실되어 버렸다. 이와 같이 에칭속도가 제어되어 있지 않은 연마액에 의해서 연마를 실행할 수는 있지만, 매립 배선을 형성할 수는 없다.

본 발명의 목적은 이러한 점에 감안해서 이루어진 것으로서, [1] 매립배선형성시의 디싱이나 이로전의 발생의 억제, [2] 균힘의 저감, [3] 박리 등의 손상의 저감, [4] CMP후세정의 간소화, [5] 연마액과 연마포의 비용저감, [6] 연마제 공급/처리설비의 간소화, [7] 고스루פות화(고제조능률화), [8] 저발진화(低發塵化)의 적어도 한가지를 실현할 수 있는 연마방법이나 반도체장치의 제조방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적은 금속막의 연마방법에 있어서 연마숫돌입자를 포함하지 않거나 또는 포함한다고 해도 1중량% 미만의 저농도의 연마숫돌입자를 포함하고 pH 및 산화환원전위가 금속막의 부식영역인 연마액을 이용해서 금속막표면을 기계적으로 마찰시키는 것에 의해 달성된다. 필요에 따라서 부식을 억제하는 물질(방식성 물질)을 연마액에 첨가해도 좋다.

상기 목적은 산화성 물질(금속의 전자를 빼앗아 원자가를 높이는 작용이 있는 물질)과 산화물을 수용성화하는 물질을 포함하는 연마액1을 사용해서 금속막표면을 기계적으로 마찰시키는 것에 의해 달성된다. 또한, 이 경우, Cu, W, Ti, TiN, Al 등의 금속막에 적용할 수 있다.

상기 목적은 상기 금속을 수용성화하는 물질을 포함하는 연마액2를 사용해서 금속막표면을 기계적으로 마찰시키는 것에 의해 달성된다. 또한, 이 경우에는 주로 이온화 경향이 수소보다 낮은 금속인 Al 등의 금속막에 적용할 수 있다. 상기 금속을 수용성화하는 물질로서는 염산이나 유기산 등의 산 또는 수산화암모늄 등의 알칼리를 들 수 있다. 또, 이온화경향이 수소보다 높은 동도 상기 금속을 수용성화하는 물질로서 수산화암모늄을 사용하는 것에 의해 상기 목적은 달성된다.

상기 연마액의 pH 및 산화환원전위가 금속의 부식영역인 것에 의해서 상기 금속을 수용성화하는 것이 가능하게 되고, 연마기판표면에 노출된 절연막표면에서의 금속의 잔류를 저감시킬 수가 있다. 각 금속의 부식영역은 상기 Pourbaix(이하, 풀베이라 한다)의 pH-산화환원전위도에 기재되어 있다. 예를 들면, 동은 동도 9에 도시한 바와 같이 pH<7, 산화환원전위>0.2이면 Cu²⁺ 이온으로서 용해한다. 또는 pH>12.5의 알칼리영역이면 CuO₂²⁻ 이온으로서 용해한다. 따라서, 동을 연마하는 경우에는 어느 하나의 부식영역으로 하는 것이 바람직하다.

단, 상기 풀베이도는 H₂O계이고, 다른 반응물이 연마액에 포함되어 있는 경우에는 pH-산화환원전위도내의 부식영역이 차지하는 범위는 변화한다. 본 발명에서 설명하는 부식영역은 그와 같은 첨가물도 포함해서 연마액이 금속을 부식하는 pH 및 산화환원전위의 범위에 있는 물질을 포함하는지 포함하지 않는지로 정의한다. 연마액에 부식성 물질과 방식성 물질의 양자를 포함하는 경우에는 전자가 본 발명에서 설명하는 부식영역에 들어 간다.

상기 물질이 포함된 연마액1로 CMP를 실행하면, 우선 금속표면이 산화성 물질에 의해서 산화되어 표면에 얇은 산화층이 형성된다. 다음에, 산화물을 수용성화하는 물질이 공급되면, 상기 산화층이 수용액으로 되어 용출하고 상기 산화층의 두께가 감소한다. 산화층이 얇아진 부분은 다시 산화성 물질에 노출되어 산화층의 두께가 증대하고 이 반응을 되풀이하여 CMP가 진행된다. 그 때, 도 4의 (a)에 도시한 바와 같은 금속표면의 볼록부(50)는 항상 연마포의 기계적 마찰을 받기 때문에, 표면의 반응생성물은 제거되기 쉽고 또한 국소적으로 가열되기 때문에 반응이 촉진되고 상기 산화/수용성화의 반복반응은 오목부(49)보다 빠르게 진행된다. 즉, 볼록부(50)의 연마속도는 빨라져 평탄화된다.

방식성 물질은 금속표면에 부착하여 오목부의 반응을 억제하고 최종적으로 평탄성을 향상시키는 효과가 있다. 방식성 물질을 첨가하더라도 연마액이 풀베이도의 부식영역에 있으면, 연마포의 마찰에 의해서 방식성 물질이 제거된 금속표면의 볼록부에서 상기 반응이 진행되고 최종적으로 평탄화된다. 즉, 연마액이 부식성과 방식성의 양자를 겸비하고 연마포의 기계적 마찰에 의해서 양자의 효과를 CMP중에 제어하는 점이 중요하다. 방식성 물질의 연마액으로의 첨가농도는 금속표면의 볼록부에 부착한 방식성 물질이 연마포의 기계적 마찰에 의해서 제거될 정도이면 좋다. 첨가농도의 기준으로서, 연마속도를 50nm/min 이상으로 유지하고, 교반에칭속도가 수nm/min 이하인 것이 바람직하다(속도비가 50정도). 그 이상의 농도로 첨가하면 CMP속도가 저하하는 경우가 있다. 단, 무첨가로 연마속도가 충분히 높고 또한 에칭속도가 수nm/min 이하로 작은 경우에는 방식성 물질을 첨가하지 않더라도 평탄성 좋게 연마할 수가 있다.

종래의 CMP방법이 산화성 물질에 의해서 금속표면을 산화하고 이 산화층을 연마숫돌입자에 의해서 기계적으로 제거하는 것에 의해 연마속도를 향상시키고 있던데 반해 본 발명에서는 연마숫돌입자 농도를 저감하는 것 대신에 산화물을 수용성화하는 물질을 첨가하는 것에 의해서 실질적으로 연마포의 기계적 마찰만으로 실용적인 연마속도를 얻는다.

상기의 [1]~[8]의 목적은 이하의 연마숫돌입자 농도범위로 달성된다.

상기의 [1] 디싱과 이로전을 억제하는 목적은 상기 연마숫돌입자의 농도를 0.05중량% 이하로 하는 것에 의해 달성된다.

상기의 [2] 절연막표면에 발생하는 긁힘을 저감하는 목적은 상기 연마숫돌입자의 농도를 1중량% 미만으로 하는 것에 의해 달성된다.

상기의 [2] 금속막표면에 발생하는 긁힘을 저감하는 목적은 상기 연마숫돌입자의 농도를 0.1중량% 이하로 하는 것에 의해 달성된다.

상기의 [3] 박리를 저감하는 목적은 상기의 연마숫돌입자의 농도를 0.5중량% 이하로 하는 것에 의해 달성된다.

상기의 [4] 세정성을 향상시키는 목적은 상기의 연마숫돌입자의 농도를 0.01중량% 이하로 하는 것에 의해 달성된다.

상기의 [5] 연마액과 연마포의 비용을 저감하는 목적은 상기 연마숫돌입자의 농도를 0.001중량% 이하로 하는 것에 의해 달성된다.

상기의 [6] 연마제 공급/처리설비의 문제를 해결하는 목적은 상기 연마숫돌입자의 농도를 0.0001중량% 이하로 하는 것에 의해 달성된다.

상기의 [7] 스루풋을 향상시키는 목적은 상기 연마숫돌입자의 농도를 0.01중량% 이하로 하는 것에 의해 달성된다.

상기의 [8] 발진을 억제하는 목적은 상기의 연마숫돌입자를 첨가하지 않는 것에 의해 달성된다.

상기의 산화성 물질로서는 과산화수소가 금속성분을 포함하지 않고 또한 강산이 아니기 때문에 가장 바람직하다. 질산 제2철 및 과옥소산칼륨은 금속성분을 포함하지만 산화력이 강하기 때문에 연마속도를 높게 하는 효과가 있다.

상기의 산화물을 수용성화하는 물질로서는 산이 있고, 금속이온(예를 들면, Cu^{2+} 이온)으로서 수용성화하는 작용을 이용한다. 무기산으로서는 질산, 황산, 염산이 대표적인 것이다.

또한, 유기산 또는 그의 염은 독성이 낮아서 연마액으로서 취급하기 쉽다. 예를 들면, 구연산, 능금산(말산), 말론산, 호박산, 주석산, 프탈산, 말레인산, 푸마르산, 유산, 피메린산, 아디핀산, 글루타르산, 수산(옥살산), 살리실산, 글루콜산, 벤조산(안식향산) 등의 히드록시산이나 개미산, 초산, 프로피온산, 낙산, 길초산 등의 카르복실산으로 대표되는 유기산 및 그들의 염을 들 수 있다. 염은 용해도를 높이는 효과가 있고 금속성분을 포함하지 않은 것 예를 들면 암모늄염 또는 반도체소자에 악영향을 미치지 않는 원소(예를 들면 알루미늄 등)를 포함하는 것이 바람직하다.

상기의 산 중 구연산, 능금산, 말론산, 호박산, 주석산, 개미산이 고연마속도, 저에칭속도의 관점에서 본 발명의 연마액에 사용하는 산으로서 바람직하다.

상기의 산중, 구연산과 능금산은 식품첨가물로서도 일반적으로 사용되고 있고, 독성이 낮고, 폐액으로서의 해도 낮고, 냄새도 없고, 물에의 용해도도 높기 때문에, 본 발명의 연마액에 사용하는 산으로서 특히 바람직하다.

프탈산은 물에의 용해도가 낮기 때문에 염으로 하는 것이 바람직하다. 단, 염으로 해서 pH가 변화하더라도 연마액을 금속의 부식영역에 유지할 필요가 있다. 예를 들면, 프탈산을 등의 연마액으로서 사용하는 경우, 프탈산분자내의 2개의 카르복실기 중 하나만을 치환한 프탈산수소염이면 물에의 용해도가 증가하고 또한 pH를 산성(부식영역)으로 유지할 수 있기 때문에 연마액으로서 적합하다. 2개의 카르복실기를 치환한 프탈산염으로서는 연마액은 거의 중성으로 되어 CMP속도가 저하한다. 다른 유기산에 관해서도 마찬가지이다.

상기의 산화성 물질과 산화물을 수용성화하는 물질은 양자의 작용을 모두 갖는 약제이면 1종류라도 상관없다. 예를 들면, 동을 용해하는 질산은 그 예이다. 첨가약액이 적어지는 것에 의해 연마액제작에 소요되는 시간과 비용을 저감하는 것이 가능하게 된다. 산화력을 높이기 위해서 과산화수소와 같은 다른 산화성 물질을 혼합할 수도 있다.

또한, 상기의 산화물을 수용성화하는 물질로서 수산화암모늄, 질산암모늄, 염화암모늄 중 어느 1개를 포함하는 것이어도 좋다. 연마액에 암모늄이온이 포함되어 있는 경우에는 상기에 설명한 바와 같이 부식영역이 변화하고 pH>4.5이더라도 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^{2+}$ 이온으로서 동을 용해시키는 작용이 있다. 또, Cu-NH₃-H₂O계에 관한 pH-산화환원전위도는 예를 들면 J.Electrochem. Soc. 142권, 7호, 1995년 7월, 제2381페이지에 기재되어 있다.

산화나 에칭을 억제하는 물질로서는 방식성 물질 및 계면활성제를 들 수 있다. 연마액 중에 혼합하는 것에 의해 에칭이 억제되고 또한 충분한 연마속도가 얻어지는 물질이면 좋다. 특히, 동합금의 방식성 물질로서는 벤조트리아졸(이하, BTA라 한다)이 가장 효과가 크다. 그 외에 실용상 사용할 수 있는 것으로서는 트릴트리아졸(이하, TTA라 한다), BTA카르복실산(이하, BTA-COOH라 한다) 등의 BTA의 유도체, 시스틴, 할로초산, 글루코스, 도데실메르캡탄 등도 방식효과가 있다.

계면활성제로서는 폴리아크릴산암모늄염, 폴리아크릴산, 폴리메타크릴산암모늄, 폴리메타크릴산 등을 들 수 있고, 특히 폴리아크릴산암모늄염이 고연마속도, 저에칭속도의 관점에서 본 발명의 연마액에 사용하는 계면활성제로서 바람직하다.

상기의 기계적 마찰을 가하는 수단은 1중량% 이상의 연마숫돌입자를 연마액에 공급하지 않는 연마포를 사용할 수 있다. 연마포의 최적경도는 CMP를 실행하는 대상물에 따라서 다르지만, 예를 들면 0.1mm의 동(銅)전극패턴을 상감법에 의해 형성하고 그 디싱의 허용량이 100nm 이하인 경우에는 CMP를 실행하는 하중으로 연마포를 0.1mm의 개구부에 꼭 눌렀을 때 그 개구부에서 연마포가 압축되어 밀어내보내지는 양(압출량)이 100nm 이하인 것이 바람직하다. 경질의 연마포는 이 조건을 만족시키는 것이고, 이것을 사용하는 것에 의해 디싱을 억제할 수가 있다. 또, 상감법이라는 것은 개구를 갖는 절연막상에 금속막을 형성한 후 연마하고 개구부내부에 금속막을 남기는 기술이다.

단, 최대1 μm 정도의 플러그를 형성하는 경우에는 연질연마포를 사용하는 것도 가능하다. 연마포의 경도는 굽힘이나 박리가 발생하지 않을 정도이면 높을 수록 바람직하지만, 배선이나 플러그의 패턴 이외의 기관표면의 요철 예를 들면 웨이퍼의 휨 등에는 추종할 수 있을 정도로 유연한 경도의 연마포일 필요가 있다.

연마포에서 공급되는 연마숫돌입자는 연마액의 숫돌입자 농도와 마찬가지로 상기 [1]~[8]의 목적에 따라서 상한이 다르다. 예를 들면, 상기의 [1] 디싱과 이로운을 억제하는 목적은 숫돌입자농도를 0.05중량% 이하로 하는 것에 의해 달성된다.

여기에서, 연마속도가 10nm/min 이하인 연마액은 예를 들면 800nm의 금속막 1매의 CMP를 실행하는 경우에 80분을 필요로 하기 때문에 배선구조를 제작하는데 실용적이지 않고, 상기의 스루풋의 문제와 비용문제를 해결하고 있지 않으므로 본 발명에서는 연마액으로서 정의하지 않는다.

또한, 연마속도와 에칭속도의 비가 5배이상, 가능하면 10배이상인 것이 바람직하다. 이것 이하이면, 가령 연마속도가 높더라도 CMP중에 발생하는 에칭작용에 의해서 배선구조를 치수정밀도 좋게 제작할 수 없게 된다. 에칭속도는 수nm/min 이하인 것이 바람직하다.

본 발명은 굽힘이나 디싱, 이로운 등이 발생하기 쉬운 동합금이나 알루미늄합금의 CMP에 있어서 가장 효과가 있지만, 다른 금속 CMP 예를 들면 텅스텐 및 텅스텐합금, 티탄 및 티탄합금 등(특히 질화티탄)에 있어서도 절연막상에 발생하는 굽힘의 저감에는 유효하다.

<실시예>

이하, 본 발명을 도면을 사용해서 구체적으로 설명한다.

<실시예 1>

본 실시예에서는 동 CMP를 실행하는 것에 의해 동배선을 형성하는 방법에 대해서 설명한다. 도 1은 본 발명의 실시예에 있어서 사용하는 CMP장치를 도시한 개략도이다. 연마포(17)이 부착된 정반(턴테이블)(11)상을 백킹패드(18)에 의해서 웨이퍼(14)를 지지한 홀더(12)가 회전하여 CMP를 실행하는 구조로 되어 있다. CMP중에 웨이퍼가 빠지지 않도록 리테이너링(retainer ring)(13)이 마련되어 있다. CMP중에 있어서의 연마하중은 220g/cm² 정반과 홀더의 회전수는 모두 60rpm으로 하였다. 또, 연마하중이나 회전수는 이것에 한정되는 것은 아니다. 일반적으로, 하중이나 정반회전수를 늘리는

것에 의해 연마속도가 빨라지지만, 도 25에 도시한 바와 같이 균침이 발생하기 쉽게 된다. 단, 본 발명에서는 연마숫돌입자 농도가 낮기 때문에, 또는 포함하지 않기 때문에, 하중에 대한 연마상(研磨傷)의 발생은 적다. 연마포는 로텔사제의 경질포 IC1000을 사용하였다.

본 발명의 연마액은 정반상에 마련된 제1 공급구(15)에서 연마포상에 약30cc/min의 속도로 떨어뜨려(적하해서) CMP를 실행한다. CMP가 종료한 단계에서 제1 공급구(15)를 닫고 연마액의 공급을 정지하며, 제2 공급구(16)에서 순수(순수한 물)를 약3000cc/min의 속도로 공급하여 린스(헹굼)를 15~30초동안 실행한다. 그 후 웨이퍼를 건조시키지 않은 상태에서 메가소닉세정을 하여 연마액을 제거한 후 웨이퍼를 건조시킨다.

우선, 배선패턴이 형성되어 있지 않은 웨이퍼를 사용해서 본 발명의 연마액의 연마특성을 조사하였다. 시료는 실리콘웨이퍼상에 두께200nm의 실리콘산화막을 형성한 후, 접촉층으로서 두께50nm의 TiN막과 두께800nm의 Cu막을 스퍼터링법에 의해 진공중에서 연속성막한 것이다. 웨이퍼직경은 4인치이다.

본 실시예에서 사용한 연마액은 산화성 물질 및 산화물을 수용성화하는 물질인 유기산을 혼합한 것이다. 산화성 물질로서는 과산화수소수(30% H₂O₂수용액), 유기산으로서는 구연산을 사용하였다. 구연산은 물에의 용해도가 높다는 이점이 있다. 혼합비를 최적화하기 위해서, 농도를 변경해서 연마속도와 에칭속도를 조사하였다. 또, 연마액의 온도는 실온이다. 에칭속도라는 것은 연마액중에 시료를 침지했을 때 동표면이 에칭되는 속도로서, CMP중에 과잉으로 에칭이 진행하면 배선구조가 형성되지 않기 때문에 가능한 한 낮은 쪽이 바람직하다. 에칭속도는 도 2와 같이 정수액 에칭속도와 교반액 에칭속도를 조사하였다. 연마속도와 에칭속도는 전기저항값변화에서 환산하여 구하였다.

도 3에 연마액의 과산화수소수 농도의존성을 조사한 결과를 도시한다. 구연산농도는 0.03중량%로 일정하게 하였다. 연마속도와 정수액 에칭속도의 비도 아울러 도시하고 있다. 연마속도는 과산화수소수의 농도가 10체적%일 때에 최대값이 84nm/min을 나타내고 있지만, 에칭속도는 5체적% 이하에서 5nm/min 이하의 낮은 값으로 되어 있으므로 연마속도와 에칭속도의 비를 취하면 5체적%로 가장 높은 비30을 나타내었다. 과산화수소수만 또는 구연산만인 경우에는 10nm/min 이하의 연마속도로 되어 매립배선을 형성하는 목적에는 충분한 연마속도가 아니다. 즉, 구연산과 과산화수소수의 양쪽이 함유되어 있는 것이 필요하다. 그래서, 5체적%의 과산화수소수와 0.03중량%의 구연산을 순수에 혼합한 연마액을 사용해서 동의 매립배선패턴을 제작하였다. 도 9에 도시한 바와 같이, 본 연마액은 동의 부식영역에 있다.

매립배선을 형성하는 시료의 연마전의 단면구조의 예를 도 4의 (a)에 도시한다. 불순물도프층이나 절연막이 형성된 실리콘기판(25)상에 두께500nm의 BPSG 막(붕소와 인(P)이 첨가된 실리콘산화막)(24)과 두께500nm의 실리콘산화막(23)을 성막하고, 리도그래피공정 및 드라이에칭공정에 의해서 깊이 500nm의 배선용 홈패턴을 실리콘산화막(23)내에 형성하였다. 그 위에 접촉층으로서 두께 50nm의 TiN 층(22)을 성막한 후에 두께 800nm의 동박막(21)을 스퍼터링법에 의해 진공중에서 연속성막하였다. 또, 단차피복성을 좋게 하기 위해서 스퍼터장치내에서 섭씨450°로 30분간의 진공열처리를 실행하였다. 실리콘기판(25)에는 소스, 드레인등의 불순물도프층이 형성되어 있지만, 여기서는 생략해서 기재하지 않는다.

이 시료를 5체적%의 과산화수소수와 0.03중량%의 구연산을 순수에 혼합한 연마액을 사용해서 CMP를 실행한 결과, 도 4의 (b)와 같이 디싱이나 이로전이 약50nm 이하로 되는 형상으로 가공할 수가 있었다. 형성된 동배선의 전기저항을 측정할 결과 TiN층의 부분도 포함해서 1.9 $\mu\Omega\text{cm}$ 의 값을 얻었다. 또한, S자형상배선(배선폭0.3 μm ~3 μm , 길이40mm)이나 빗형상배선(배선간격0.3 μm ~3 μm , 길이40mm)을 사용해서 도통/절연시험을 실행한 결과 거의 100%의 제조효율이 얻어졌다.

다음에, 동의 플러그를 본 발명의 연마액에 의해서 형성한 예를 설명한다. 성막방법과 CMP조건은 상기 매립배선의 형성방법과 마찬가지로이다. 도 17의 (a)~도 17의 (c)에 형성된 직경0.5 μm 의 동플러그의 구조를 도시한다. 도 17의 (a)는 CMP전의 단면구조, 도 17의 (b)는 CMP후의 단면구조, 도 17의 (c)는 상면에서 본 구조이다. 플러그의 경우에는 절연막의 개구부가 1 μm 이하이기 때문에, 연질연마포(예를 들면 로텔사제의 Suba800이나 XHGMI158)에 의해서도 도 17의 (b)와 같이 디싱이나 이로전 없이 형성할 수가 있었다. 경질연마포(IC1000)을 사용할 수 있는 것은 물론이다.

CMP의 종점검출에 관해서는 문제없이 실행할 수 있었다. 종점검출방법으로서, CMP장치의 연마정반 또는 웨이퍼홀더의 회전토크의 변화에 따라서 실행한 경우, 도 23에 도시한 신호가 얻어졌다. 약 350초 경과한 시점에서 Cu의 연마가 종료하고 TiN을 연마하는 단계로 되면 토크신호강도가 강하게 되고 그 후의 약400초 경과한 시점에서 강도가 떨어지는 것으로부터 판정할 수 있었다.

또한, 연마처리후의 연마액의 광학적 스펙트럼변화에 따라서 종점을 검출할 수도 있었다. 연마처리전의 연마액은 투명하지만, 동을 연마하는 것에 의해서 동이온이 연마액에 용해되어 연마액은 푸르게 된다. 그래서, 도 24에 도시한 바와 같이 연마처리가 종료해서 흘러 나온 연마액의 광신호강도를 파장725nm에서 측정한 결과, 연마가 종료한 단계에서 강도가 저하하여 종점을 검출할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 종래의 연마숫돌입자가 첨가된 연마액인 경우에는 연마액이 희뿌옇게 되어 있기 때문에 광스펙트럼의 변화로 측정하는 것이 곤란하였다. 또한, 연마포의 일부에 구멍을 뚫고 웨이퍼표면으로 부터의 광반사 스펙트럼변화에 따라서 종점검출하는 것도 가능하였다. 이 경우에도 연마액에 숫돌입자가 포함되어 있으면 웨이퍼표면에 부착한 희뿌연(白濁) 연마액에 의해서 신호에 잡음이 혼입되어 측정이 곤란하였다.

본 실시예에서는 산으로서 구연산을 사용했지만, 구연산 대신에 능금산, 말론산, 주석산, 호박산 등의 유기산을 사용해도 배선구조를 형성할 수 있다.

본 실시예에서는 산화제로서 과산화수소를 사용했지만, 과산화수소 대신에 질산 제2철이나 과옥소산칼륨을 사용해도 배선구조를 형성할 수 있다. 단, 철이나 칼륨의 오염대책이 필요하게 된다.

또한, 수산화암모늄, 질산암모늄, 염화암모늄 중 어느하나를 포함하는 연마액에 의해 CMP를 실행해도 마찬가지로 매립 배선구조를 형성할 수가 있었다.

<실시예 2>

본 실시예에서는 실시예 1에서 사용한 연마액에 방식성 물질을 첨가해서 더욱더 연마특성을 향상시키는 방법에 대해서 설명한다. 방식성 물질의 첨가에 의해서 도 3에 도시한 에칭속도가 저하하고 연마속도와 에칭속도의 비가 더욱 높아진다. 이것에 의해 CMP중에 동표면이 과잉으로 에칭되는 것을 방지할 수 있고, 또한 CMP후에 동연마면이 산화되는 것을 방지할 수 있게 된다.

방식제(防蝕劑)는 BTA를 사용하였다. 5체적%의 과산화수소수와 0.03중량%의 구연산을 순수에 혼합한 연마액에 BTA를 0.1중량% 첨가하였다. BTA를 첨가하더라도 본 연마액의 pH와 산화환원전위는 거의 변화하지 않고 도 9에 도시한 동의 부식영역에 있다. 실시예 1과 마찬가지로 동의 에칭속도를 조사한 결과 BTA첨가전과 비교해서 약 6분의 1로 저감할 수가 있었다. 그래서, 이 연마액을 사용해서 실시예 1과 동일한 조건으로 CMP를 실행한 결과 동연마면의 부식을 억제하여 도 4에 도시한 매립배선을 형성할 수가 있었다. 형성된 동배선의 전기저항율을 측정한 결과, TiN층의 부분도 포함해서 1.9 $\mu\Omega\text{cm}$ 의 값을 얻었다. 또한, S자형상배선(배선폭 0.3 μm ~3 μm , 길이 40mm)이나 빗형상배선(배선간격0.3 μm ~3 μm , 길이 40mm)을 사용해서 도통/절연시험을 실행한 결과, 거의 100%의 제조효율이 얻어졌다.

또한, 오버CMP를 장시간(예를 들면 2배의 시간) 실행한 경우, BTA를 첨가하지 않은 연마액인 경우에는 도 16의 (a)와 같이 동배선부가 약100nm의 깊이정도 에칭되어 주변의 절연막부분보다 움푹 들어가는 감소가 관찰되었지만, BTA를 첨가한 연마액을 사용하는 것에 의해 도 16의 (b)와 같이 수10nm 이하로 억제할 수가 있었다. 또, 오버CMP는 웨이퍼전체에 걸쳐 연마잔여물이 없도록 하기 위해서 실행하는 것이다.

상기 연마액을 농후하게 한 것에 의해서도 마찬가지로 배선구조를 제작할 수 있었다. 예를 들면, 30체적%의 과산화수소수와 0.15중량%의 구연산과 0.3중량%의 BTA를 순수에 혼합한 것이 양호했다. 연마액이 농후한 경우, 웨이퍼내의 연마균일성이 향상하는 효과가 있었다. 연마액이 희박한 경우의 균일성이 10% 이상인데 비해 농후액의 균일성은 8% 이하로 되었다. 단, 희박액은 연마액을 저가로 제작할 수 있다는 효과가 있다.

본 실시예에서는 산으로서 구연산을 사용했지만, 구연산 대신에 능금산, 말론산, 주석산, 호박산 등의 유기산을 사용해도 배선구조를 형성할 수 있다. 예를 들면, 30체적%의 과산화수소수와 0.15중량%의 능금산과 0.2중량%의 BTA를 순수에 혼합한 것에서 양호한 결과가 얻어졌다.

또한, 금속을 수용성화하는 물질로서 수산화암모늄을 사용하는 경우에도 BTA를 첨가한 연마액으로 하는 것에 의해 상기 효과가 얻어지며, 매립 동배선을 형성할 수가 있다.

<실시예 3>

본 실시예에서는 숫돌입자 농도저감에 의한 디싱과 이로전의 억제효과를 조사하였다. 실시예 2의 연마액(5체적%의 과산화수소수와 0.03중량%의 구연산과 0.1중량%의 BTA를 순수에 혼합한 것)과 비교예로서 이 연마액에 알루미늄숫돌입자

(입자직경:약 200nm)를 2.5중량% 첨가한 것을 준비하였다. 이들의 연마액을 사용해서 실시예 2와 같이 매립배선을 형성하고 도 5에 정의한 디싱량과 이로전량의 배선평의 의존성을 폭 $0.4\mu\text{m}\sim 90\mu\text{m}$ 이고 길이 $400\mu\text{m}$ 인 배선의 단면사진을 주사전자현미경(SEM)으로 촬영하여 측정하였다. 도 6의 (a), (b)에 측정결과를, 도 7 및 도 8에 SEM관찰에 근거하여 도시한 단면의 형상을 도시한다.

도 6의 (a), (b)에서 디싱량, 이로전량 모두 배선평이 굵게 됨에 따라 커지는 경향이 있지만, 알루미늄나뭇돌입자를 없애는 것에 의해서 디싱량은 약 1/2로 저감되고, 폭 $4\mu\text{m}$ 이하의 배선의 이로전량은 거의 SEM에서는 관찰할 수 없을 정도(10nm 이하)로까지 저감되었다. 도 8의 (a), (b)의 비교결과 $90\mu\text{m}$ 의 배선평인 경우에는 현저한 차가 관찰된다.

다음에, 디싱량과 이로전량의 알루미늄나뭇돌입자 농도의존성을 조사하였다. 양값의 측정은 도 5에 도시한 정의에 따라서 실행하였다. 알루미늄나뭇돌입자농도는 0.0001중량%, 0.001중량%, 0.01중량%, 0.05중량%, 0.1중량%, 0.5중량%, 1중량%의 7종류의 연마액을 준비하였다. 그 결과, 알루미늄나뭇돌입자 농도가 0.05중량% 이하로 되면 양값 모두 알루미늄나뭇돌입자가 들어가 있지 않은 연마액과 동등정도의 값으로 되고 오차의 범위(20nm이하)에서 도 6의 (b)의 결과와 일치하였다. 이것에 의해 알루미늄나뭇돌입자 농도가 0.05중량% 이하인 연마액을 사용해서 CMP를 실행하는 것에 의해 디싱과 이로전을 억제한 매립배선구조를 형성할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

<실시예 4>

본 실시예에서는 나뭇돌입자농도의 저감에 의한 굽힘억제효과를 조사하였다. 실시예 2의 연마액(5체적%의 과산화수소수와 0.03중량%의 구연산과 0.1중량%의 BTA를 순수에 혼합한 것)과 이것에 알루미늄나뭇돌입자(입자직경:약 200nm)를 0.0001중량%, 0.001중량%, 0.01중량%, 0.05중량%, 0.1중량%, 0.5중량%, 1중량%, 2.5중량%, 5중량% 첨가한 연마액을 준비하였다. 이들 연마액을 사용해서 배선평이 없는 동박막표면과 실리콘산화막표면의 CMP를 실행하였다.

그 결과, 1중량% 이상의 알루미늄나뭇돌입자 농도의 연마액에 의해 CMP를 실행한 실리콘산화막표면에는 도 25에 도시한 바와 같이 웨이퍼당 100~1000개의 점형상 굽힘이 광학현미경으로 관찰되었지만, 0.5중량% 이하의 알루미늄나뭇돌입자 농도의 연마액에 의해 CMP를 실행한 웨이퍼에서는 수개정도까지 억제되었다. 굽힘의 크기는 $1\mu\text{m}$ 이하이기 때문에, 이러한 정도의 굽힘수이면 배선구조를 형성하는 목적에서 보면 문제로 되지 않는 레벨이다.

다음에, 동표면에 형성되는 굽힘을 조사하였다. 0.5중량% 이상의 알루미늄나뭇돌입자농도의 연마액에 의해 CMP를 실행한 동표면에는 육안관찰(目視)로 판별가능한 선형상의 굽힘이 발생하였다. 알루미늄나뭇돌입자 농도가 증가함에 따라서 웨이퍼당의 굽힘발생 갯수는 증가하는 경향이였다. 0.1중량%의 알루미늄나뭇돌입자 농도의 연마액에 의해 CMP를 실행한 웨이퍼에서 발생하는 굽힘수는 수개이지만, 이 시료를 SEM에 의한 웨이퍼단면의 관찰과 AFM(원자간력현미경)에 의해 표면의 요철관찰을 한 결과, 굽힘의 깊이는 100nm정도라는 것을 알 수 있었다. 매립동배선의 깊이가 500nm이기 때문에, 100nm의 굽힘은 문제로 된다.

0.1중량% 이하의 알루미늄나뭇돌입자 농도의 연마액에 의해 CMP를 실행한 동표면에서는 육안관찰로 판별가능한 굽힘은 삭감하였다. 이들 시료를 SEM과 AFM으로 관찰을 한 결과, 굽힘의 깊이는 10nm정도라는 것을 알 수 있었다. 이 정도이면, 배선의 전기저항에 거의 영향을 미치는 일은 없다.

또, 굽힘의 발생을 저감할 수 있기 때문에, 연마하중과 정반회전수를 증가할 수 있어 연마속도를 높이는 것이 가능하게 된다는 효과도 있었다.

실제로 나뭇돌입자농도 0.1중량% 이하의 연마액을 사용해서 실시예 1과 마찬가지로 하여 매립배선을 형성하고, S자형상배선(배선평 $0.3\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$, 길이 40mm)이나 빗형상배선(배선평 $0.3\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$, 길이 40mm)을 사용해서 도통/절연시험을 실행한 결과, 거의 100%의 제조효율이 얻어졌다.

<실시예 5>

본 실시예에서는 나뭇돌입자농도의 저감에 의한 박리억제효과를 조사하였다. 실시예 2의 연마액(5체적%의 과산화수소수와 0.03중량%의 구연산과 0.1중량%의 BTA를 순수에 혼합한 것)과 이것에 알루미늄나뭇돌입자를 0.0001중량%, 0.001중량%, 0.01중량%, 0.05중량%, 0.1중량%, 0.5중량%, 1중량%, 5중량%, 10중량% 첨가한 연마액을 준비하였다. 시료는 두께 800nm의 동박막을 두께 5nm(실시예 1의 1/10의 두께)의 TiN층을 사이에 두고 실리콘산화막상에 스퍼터링에 의해 성막한 것을 사용하였다. 이 시료를 상기 연마액을 사용해서 CMP를 실행하였다.

그 결과, 1중량% 이상의 알루미늄아세트입자 농도의 연마액에 의해 CMP를 실행한 웨이퍼 주변부부터 박리가 동층과 TiN 층 사이에서 발생하였다. 알루미늄아세트입자와 동표면에 발생하는 마찰력이 원인이라고 생각된다. 0.5중량% 이하의 알루미늄아세트입자 농도의 연마액에 의해 CMP를 실행한 웨이퍼에서는 마찰력이 저하하고 박리는 전혀 발생하지 않았다. 또, 박리의 발생이 감소하면 연마하중과 정반회전수를 증가시킬 수 있어 연마속도를 높이는 것이 가능하게 된다는 효과도 있었다.

그래서, 아세트입자농도0.5중량% 이하의 연마액을 사용하여 실시예 2와 마찬가지로 해서 매립배선을 형성하였다. 시료는 도 4의 TiN층(22)를 5nm로 한 시료를 사용하였다. 그 결과, 동박막의 박리없이 매립배선을 형성할 수 있었다.

<실시예 6>

본 실시예에서는 아세트입자농도의 저감에 의한 세정성의 향상의 효과를 조사하였다. 실시예 2의 연마액(5체적%의 과산화수소수와 0.03중량%의 구연산과 0.1중량%의 BTA를 순수에 혼합한 것)과 이것에 알루미늄아세트입자를 0.0001중량%, 0.001중량%, 0.01중량%, 0.05중량%, 0.1중량%, 0.5중량%, 1중량%, 5중량%, 10중량% 첨가한 연마액을 준비하였다. 이들 연마액에 의해 실리콘산화막상에 형성된 동박막과 TiN박막을 CMP에 의해서 제거하여 표면에 나타난 실리콘산화막표면을 순수에 의해 세정을 한 후 잔존하는 알루미늄아세트입자(결합수)를 면반(面盤)결합장치를 사용해서 조사하였다. 크기가 0.2 μ m이상인 결합에 대해서 웨이퍼당의 수를 측정하였다. 웨이퍼의 크기는 4인치이다.

그 결과, 도 10에 도시한 바와 같이 알루미늄아세트입자 농도의 저감에 따라서 결합수는 감소하고, 농도0.01중량% 이하이면 메가소닉세정만으로 결합수를 100개이하로 저감시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다. 종래는 1중량%이상의 농도의 알루미늄아세트입자 연마액을 사용하고 있었기 때문에, 폴리비닐알콜(PVA)의 솔세정과 메가소닉세정을 병용하여 결합수를 100개이하로 저감하고 있었다. 따라서, 아세트입자농도가 0.01중량% 이하인 연마액을 사용해서 연마를 하는 것에 의해 세정공정수를 저감시키는 효과가 있다. 또는, 종래와 마찬가지로의 세정공정을 실행하는 것에 의해 더욱더 이물수를 저감시키는 효과가 있다.

<실시예 7>

본 실시예에서는 아세트입자농도의 저감에 의해 CMP처리공정수를 저감할 수 있는 것을 설명한다. 도 11에 종래의 연마액을 사용한 경우의 CMP의 처리공정을 도시한다. 종래의 CMP장치에서는 예를 들면 알루미늄아세트입자 농도가 1중량% 이상으로 높고, 아세트입자의 연마포로의 눈막힘을 방지하기 위해서 CMP를 실행하기 전에 수10초~수분간의 연마포의 컨디션닝을 실행하고 있었다.

또한, 연마에 의해 노출된 실리콘산화막 등의 절연막표면의 손상층을 제거하는 목적으로 매립배선층을 형성하기 위한 금속CMP후에 절연막의 CMP를 수10초~2분정도 실행하고 있었다. 그 후, 웨이퍼를 건조시키지 않고 세정공정으로 이행해서 아세트입자제거의 목적으로 암모니아액에 의한 제1 솔세정을 한다. 또, 실리콘산화막 등의 절연막표면의 손상층의 금속오염을 제거하기 위해서 희(希)플루오르화수소산(HF)에 의한 제2 솔세정을 실행하고 있었다. 최종적으로 메가소닉세정에 의해 원하는 레벨까지 아세트입자를 제거한 후 웨이퍼를 건조시키고 있었다.

도 12에 본 발명에 관한 0.01중량% 미만의 저농도 연마아세트입자함유 연마액을 사용한 경우의 CMP공정 전체를 도시한다. CMP장치에서는 아세트입자의 눈막힘이 거의 발생하지 않게 되므로, 새로운 연마포를 사용하는 경우 이외에는 대부분 컨디션닝이 불필요하게 되었다. 아세트입자농도가 1/10배로 되면, 연마포의 수명이 10배로 되었다. 또한, 실리콘산화막표면의 긁힘 등에 의한 손상층이 없어지기 때문에, 절연막의 CMP도 불필요하게 되었다. 세정공정에서는 메가소닉세정만으로 종래의 레벨(결합수)까지 세정가능하였다.

전반사(全反射) 형광X선에 의해 중금속오염을 평가한 결과, 이 점에 관해서도 메가소닉세정만으로 종래의 레벨까지 세정가능하였다. 최종적으로 종래의 CMP공정과 비교하여 2분의 1정도로 공정시간이 단축되었다. 도 12의 공정은 아세트입자농도가 0.01중량% 이하이면 실용상 사용가능하지만 0.005중량% 이하가 바람직하다.

<실시예 8>

본 실시예에서는 아세트입자농도의 저감에 의한 연마포와 연마제의 비용감의 효과를 조사하였다.

동CMP용 알루미늄연마제는 CMP시간을 오버연마시간도 포함해서 5분으로 하고, 100cc/분의 속도로 CMP장치내로 연마제를 공급하면 1회의 CMP에서 1회 사용된다. 또, 연마포는 약 400개의 CMP에서 1개를 소모한다. 또, CMP장치 이외에 후세정장치가 필요하다.

종래의 알루미늄슬립자 농도가 1중량% 이상인 연마액을 사용한 CMP를 실행하는 경우의 CMP관련비용 내역을 도 13에 도시한다. 다른 반도체관련장치와는 달리 소모품인 연마포와 연마제의 비용이 전체의 약70%를 차지하는 것을 알 수 있다.

이것에 대해서 본 발명의 연마액에서는 알루미늄슬립자 농도를 0.001중량% 이하로 저감하는 것에 의해 CMP관련비용을 크게 삭감하는 것이 가능하게 된다. 연마액에 첨가하는 약액의 비용은 필요하게 되지만, 종래의 알루미늄연마제의 비용의 1/100정도이다. 연마포의 비용도 종래 실행하고 있던 컨디셔닝의 빈도가 적어지기때문에 삭감가능하다.

CMP장치에 관해서도 알루미늄슬립자 농도가 0.0001중량% 이하이면 연마제공급장치, 연마제교환기구, 연마제처리장치 등의 설비가 불필요하게 되고, 알루미늄슬립자 농도가 0으로 되면 크린룸내의 발진방지대책도 불필요하게 되어 종래품과 비교해서 비용삭감으로 된다. 세정장치에 관해서도 종래의 솔세정이 불필요하게 되기 때문에 1/2정도의 비용으로 된다. 이상의 결과로부터 본 발명의 연마액을 사용하는 것에 의해 CMP관련 전체에 걸쳐 약70%의 비용을 삭감할 수가 있다.

<실시예 9>

본 실시예에서는 질산과 BTA를 사용한 연마액에 의해 매립 동배선을 형성하는 방법을 설명한다. 질산은 동에 대해 산화작용이 있고 또한 질산 자체의 산의 성질로 동을 수용성화하는 것이 가능하기 때문에 1약액으로 본 발명의 2종류의 작용을 겸할 수 있다. BTA는 실시예 2와 마찬가지로 에칭을 억제하는 효과가 있어 연마속도와 에칭속도의 비를 높이는 것이 가능하게 된다. 이것에 의해 CMP중에 동표면이 과잉으로 에칭되는 것을 방지할 수 있고 또한 CMP후에 동연마면이 과도하게 산화되는 것을 방지하는 것이 가능하게 된다. 연마액의 농도는 질산:0.2체적%, BTA:0.01중량%를 순수에 혼합한 수용액이다. 도 9에 도시한 바와 같이, 본 연마액은 동의 부식영역에 있다.

실시예 1과 마찬가지로 동의 에칭속도를 조사한 결과, BTA의 첨가에 의해서 약 6분의 1로 저감할 수가 있었다. 그래서, 이 연마액을 사용하여 실시예 1과 동일한 조건으로 CMP를 실행한 결과, 동연마면의 부식을 억제해서 매립배선을 형성할 수 있었다. 형성된 동배선의 전기저항율을 측정된 결과, TiN층의 부분도 포함해서 1.9 $\mu\Omega\text{cm}$ 의 값을 얻었다. 또한, S자형상 배선(배선폭0.3 μm ~3 μm , 길이 40 mm)이나 빗형상배선(배선간격0.3 μm ~3 μm , 길이 40mm)을 사용해서 도통/절연시험을 실행한 결과, 거의 100%의 제조효율이 얻어졌다.

또, BTA를 첨가하지 않은 연마액에서는 동배선부가 에칭되어 주변의 절연막부분보다 움푹 들어가는 현상이 관찰되었지만(특히, 질산농도가 1% 이상으로 높은 경우에는 동이 소실되었다), BTA를 첨가한 연마액을 사용하는 것에 의해 도 16의 (b)와 같이 수10nm 이하로 억제할 수 있었다.

이 연마액에 알루미늄슬립자를 첨가하면, 0.1중량%를 초과하는 농도로 동연마면에, 1중량%를 초과하는 농도로 실리콘산화막에 균침이 발생하였다. 또, 0.5중량%를 초과하는 농도의 연마액에서는 기초TiN층이 5nm인 동박막의 CMP를 실행하면 박리가 발생하였다. 이들의 농도 이하로 알루미늄슬립자를 저감하는 것에 의해 균침과 박리를 방지할 수 있었다. 또, 농도 0.01중량% 이하이면 메가소닉세정만으로 결함수를 100개이하로 저감할 수 있고, 약액에 의한 솔세정은 불필요하게 되는 것을 알 수 있었다.

다음에, 형성된 매립배선의 디싱량과 이로전량의 평가를 실행하였다. 도 6에 도시한 결과와 마찬가지로 알루미늄슬립자 농도가 0.05중량% 이하로 되면 양값 모두 알루미늄슬립자가 들어가 있지 않은 연마액과 동등 정도의 값으로 되고 오차의 범위(20nm이하)에서 도 6의 (b)와 일치하였다. 따라서, 이 연마액을 사용해서 CMP를 실행하는 것에 의해 도 4 및 도 17에 도시한 바와 같은 디싱과 이로전을 억제한 매립 배선구조 및 플러그구조를 형성할 수 있었다.

<실시예 10>

본 실시예에서는 실시예 2의 연마액(과산화수소수:30체적%, 능금산:0.15중량%, BTA:0.2중량%)에 의해 적층배선구조를 제작하고 그 효과를 나타내는 실험을 하였다. 비교실험으로서 종래의 알루미늄슬립자를 1중량% 함유하는 연마액을 사용한 CMP도 실행하였다.

도 14에 종래의 연마액에 의해서 CMP를 실행한 결과 얻어진 2층배선구조를 도시한다. 실리콘기판부(25)에는 소스, 드레인 등의 확산층이 형성된 반도체소자가 제작되어 있지만, 여기에서는 생략해서 기재하지 않는다(도 15~도 20도 마찬가지). 1층째의 배선(21) 사이의 절연막부(23)에 생긴 디싱(36)이나 이로전(37), 굽힘(38)에 의한 표면의 움푹들어감이 원인으로 되고, 그 위에 성막한 절연막(35) 표면에도 각각 금속막의 연마잔여물(32), (33), (34)가 생기고 그 연마잔여물이 2층째의 동배선(31) 사이에서의 전기적 단락의 문제로서 발생하였다. 또, (39)는 TiN층, (52)는 관통구멍(스루홀)층의 절연막층이다.

한편, 도 15에 도시한 바와 같이 스톱입자를 포함하지 않은 연마액에 의해 CMP를 실행한 시료에서는 그와 같은 문제는 발생하지 않았다. 또, 동배선상에는 TiN층이 없기 때문에, 동이 실리콘산화막층을 확산하여 반도체소자를 오염시킬 가능성이 있다. 그것을 방지하기 위해서 동배선상에 실리콘질화막을 50nm 형성하고 있지만, 도 14, 도 15중에는 생략해서 기재하지 않는다(도 18, 도 19, 도 20도 마찬가지로 생략하고 있다).

도 18에는 1층째의 배선(21)과 2층째의 배선(31)을 동플러그(40)에 의해서 접속된 부분을 도시하였다. 플러그도 포함해서 각 층에서 상기 연마액에 의해 CMP를 실행하여 제작한 것이다. 도 14에 도시한 바와 같은 디싱이나 이로전, 굽힘에 의한 전기적 단락의 불량문제는 전혀 발생하지 않았다. 또, 연마액은 실시예 1 및 실시예 2, 실시예 9에 기재한 다른 연마액에 의해서도 마찬가지로 다층배선을 형성할 수 있었다.

도 20과 같이 플러그부분을 피복성이 높은 CVD법에 의한 텅스텐막으로 형성할 수도 있다. 단, 텅스텐은 플러그중앙부에 심(43)(키홀 등이라 하는 경우도 있다)이 형성되기 쉽고, 거기에서 연마액이 내부로 스며들어 기초동배선(21)을 순간간에 부식시키는 문제가 발생하는 경우가 있다. 도 20의 (a)에 그 상태를 도시하였다. (44)가 부식한 동배선부이다. 그 때는 텅스텐의 연마액에 동의 방식제 예를 들면 BTA를 첨가하는 것에 의해서, 텅스텐내부에 스며든 연마액이 세정공정에 의해 제거될 때까지 동배선의 부식을 방지할 수가 있었다. 도 20의 (b)에 그 결과를 도시하였다. 또한, 연마액에 스톱입자가 포함되어 있지 않기 때문에 심내에 스톱입자가 잔류하는 일이 없다.

도 19에는 이중상감법(dual damascene method)에 의해서 2층배선을 형성한 시료를 도시하였다. 이것은 1층째의 배선에 대한 플러그와 2층째의 배선을 한번의 연마에 의해 제작하는 기술이다. 여기에서는 1층째의 배선층을 상기 연마액에 의해 연마한 후 플러그와 2층째의 배선층도 상기 연마액에 의해 CMP를 실행하여 제작한 것이다. (41)이 이중상감법에 의해서 형성된 플러그부분이다. 도 14에 도시한 바와 같은 디싱이나 이로전, 굽힘에 의한 전기적 단락의 불량문제는 전혀 발생하지 않았다. 또한, 연마액은 실시예 1 및 실시예 2에 기재한 것에 의해서도 마찬가지로 다층배선을 형성할 수가 있었다.

도 21에는 본 발명의 연마액을 사용해서 실리콘기판의 불순물도프층(45)상에 텅스텐플러그(42)를 형성하여 동배선(21)과 접속한 상태를 도시하였다. 그의 상층에 상기에서 설명한 바와 같이 다층배선을 형성하는 것에 의해서 각 반도체소자를 접속하고 LSI를 제작하여 동작하는 것을 확인하였다.

발명의 효과

본 발명의 연마스톱입자를 포함하지 않은 연마액에 의해 CMP를 실행하는 방법은 종래의 연마스톱입자를 포함하는 연마제에 의해 CMP를 실행하는 방법과 비교하여 굽힘이나 박리, 디싱, 이로전을 억제하는 효과가 있고 또한 고도의 세정프로세스나 연마제 공급/처리장치를 필요로 하지 않고 연마제나 연마포 등의 소모품의 비용을 억제하고 또한 실용적인 연마속도로 CMP를 실행하는 것이 가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

기관상에 형성된 요철을 갖는 금속막을 연마하여 평탄화하는 반도체장치의 연마방법으로서,

상기 금속막의 요철부분을 산화성물질에 의해 산화시켜 금속산화물을 형성하고,

상기 금속산화막을 상기 금속막의 pH-산화환원 전위도에서 pH 및 산화환원 전위가 상기 금속막의 부식영역에 있는 수용화물질에 의해 수용화하여 상기 금속산화막을 용출함으로써 상기 금속막을 연마하고,

그 연마에 있어서 상기 금속산화물의 불록부분을 연마포(研磨布)의 기계적 연마에 의해 국소적으로 가열함으로써 상기 수용화의 반응을 촉진하여, 상기 불록부분의 금속산화막의 연마속도를 오목부분의 금속산화막의 연마속도 보다 크게 하여,

상기 요철을 갖는 금속막을 평탄화하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 금속막은, 구리 또는 구리를 주성분으로 하는 금속 또는 구리화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 방식성물질은 벤조트리아졸 또는 그 유도체를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 4.

제3항에 있어서,

상기 벤조트리아졸 또는 그 유도체의 농도는, 0.001 ~ 1 중량%의 범위내인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 방식성물질이 계면활성제를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 6.

제1항에 있어서,

상기 산화성물질은, 과산화수소를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 7.

제1항에 있어서,

상기 수용화물질은 산 또는 그 염을 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 8.

제7항에 있어서,

상기 산은 유기산을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 9.

제8항에 있어서,

상기 유기산은 구연산, 젓산, 주석산, 프탈산, 초산(酢酸) 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 10.

제1항에 있어서,

상기 수용화물질은 암모늄화합물을 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 암모늄화합물은 수산화암모늄인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 12.

제1항에 있어서,

상기 금속막은 제1 금속층 및 제2 금속층을 가지며, 상기 제1 금속층이 수용성화되는 속도는 상기 제2 금속층이 수용성화되는 속도 보다 빠른 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 13.

제12항에 있어서,

상기 제1 금속층은 구리 또는 구리를 주성분으로 하는 금속 또는 구리화합물을 포함하고, 상기 제2 금속층은 티탄 또는 티탄합금 또는 티탄화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 14.

기관상에 형성된 요철을 갖는 구리막을 연마하여 평탄화하는 반도체장치의 제조방법으로서,

상기 구리막의 요철부분을 산화성물질에 의해 산화시켜 구리산화물을 형성하고,

상기 구리산화막을 상기 구리막의 pH-산화환원 전위도에서 pH와 산화환원 전위가 상기 구리막의 부식영역에 있는 수용화물질에 의해 수용화하여 상기 구리산화막을 용출함으로써 상기 구리막을 연마하고,

그 연마에 있어서 상기 구리산화물의 불록 부분을 연마포의 기계적 연마에 의해 국소적으로 가열함으로써 상기 수용화의 반응을 촉진하여, 상기 불록 부분의 구리산화막의 연마속도를 오목부분의 구리산화막의 연마속도 보다 크게 하여,

상기 요철을 갖는 구리막을 평탄화하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 15.

제14항에 있어서,

상기 방식성 물질은 벤조트리아졸 또는 그 유도체를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 16.

제15항에 있어서,

상기 벤조트리아졸 또는 그 유도체의 농도는 0.001 ~ 1 중량%의 범위내인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 17.

제14항에 있어서,

상기 방식성물질이 계면활성제를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 18.

제14항에 있어서,

상기 구리막의 산화성물질이 과산화수소를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 19.

제14항에 있어서,

상기 구리산화막의 수용화물질은 산 또는 그 염을 포함하는 물질에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 20.

제19항에 있어서,

상기 염은 유기산을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 21.

제20항에 있어서,

상기 유기산은 구연산, 젖산, 주석산, 프탈산, 초산(酢酸) 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 22.

제14항에 있어서,

상기 구리산화막의 수용화물질은 암모늄화합물을 포함하는 물질에 의해서 이루어지는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 23.

제22항에 있어서,

상기 암모늄화합물은 수산화암모늄인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 24.

기관상에 형성된 절연막상에 트렌치를 형성하고, 상기 트렌치 내 및 상기 절연막 상에 제1 금속막과 제2 금속막을 형성하고,

기관상에 형성된 요철을 갖는 상기 제2 금속막을 연마하여 평탄화하는 반도체장치의 제조방법에 있어서,

상기 제2 금속막의 요철부분을 산화성물질에 의해 산화시켜 금속산화물을 형성하고, 상기 제2 금속산화막을 상기 제2 금속막의 pH-산화환원 전위도에서 pH 및 산화환원 전위가 상기 제2 금속막의 부식영역에 있는 수용화물질에 의해 수용화하여 상기 제2 금속산화막을 용출시킴으로써 상기 제2 금속막을 연마하고,

그 연마에 있어서 상기 제2 금속산화물의 불록부분을 연마포의 기계적 연마에 의해 국소적으로 가열함으로써 상기 수용화의 반응을 촉진하여, 상기 불록부분의 제2 금속산화막의 연마속도를 오목부분의 제2 금속산화막의 연마속도 보다 크게 하여,

상기 요철을 갖는 제2 금속막을 평탄화하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 25.

제24항에 있어서,

상기 방식성 물질은 벤조트리아졸 또는 그 유도체를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 26.

제25항에 있어서,

상기 벤조트리아졸 또는 그 유도체의 농도는 0.001 ~ 1 중량%의 범위내인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 27.

제24항에 있어서,

상기 방식성 물질이 계면활성제를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 28.

제24항에 있어서,

상기 산화성물질은 과산화수소를 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 29.

제24항에 있어서,

상기 수용화물질은 산 또는 그 염을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 30.

제29항에 있어서,

상기 산은 유기산을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 31.

제30항에 있어서,

상기 유기산은 구연산, 젖산, 주석산, 프탈산, 초산(醋酸) 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 32.

제24항에 있어서,

상기 수용화물질은 암모늄화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 33.

제32항에 있어서,

상기 암모늄화합물은 수산화암모늄인 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

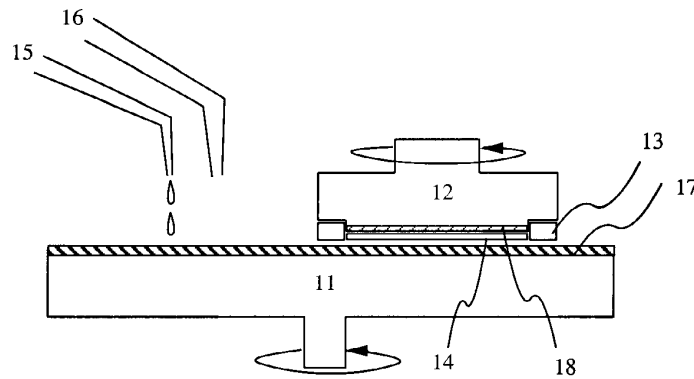
청구항 34.

제24항에 있어서,

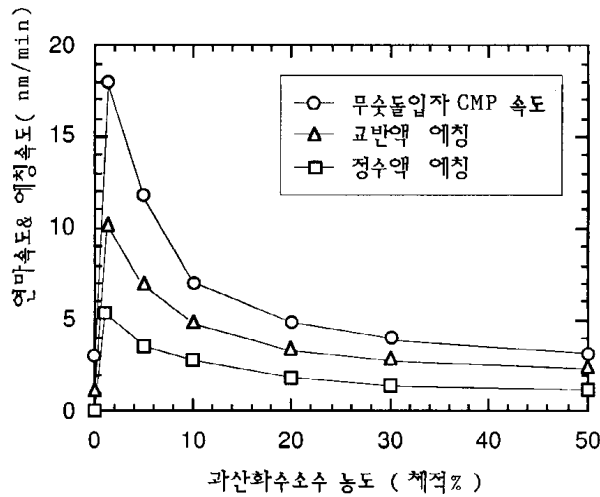
상기 제1 금속층은 구리 또는 구리를 주성분으로 하는 금속 또는 구리화합물을 포함하고, 상기 제2 금속층은 티탄 또는 티탄합금 또는 티탄산화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

도면

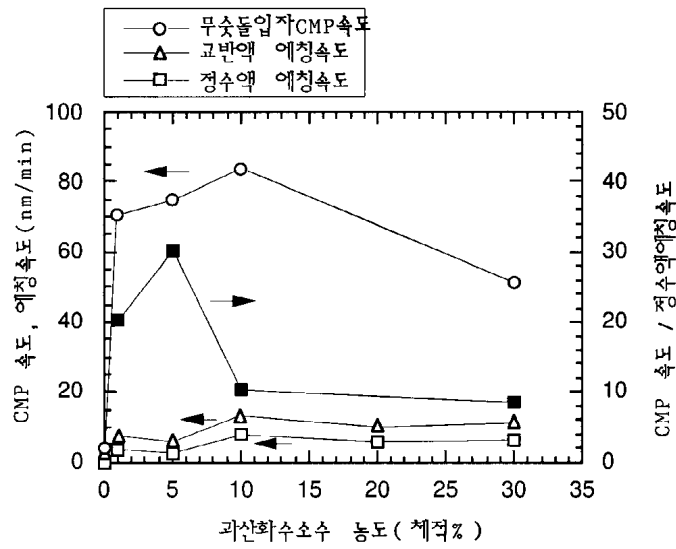
도면1



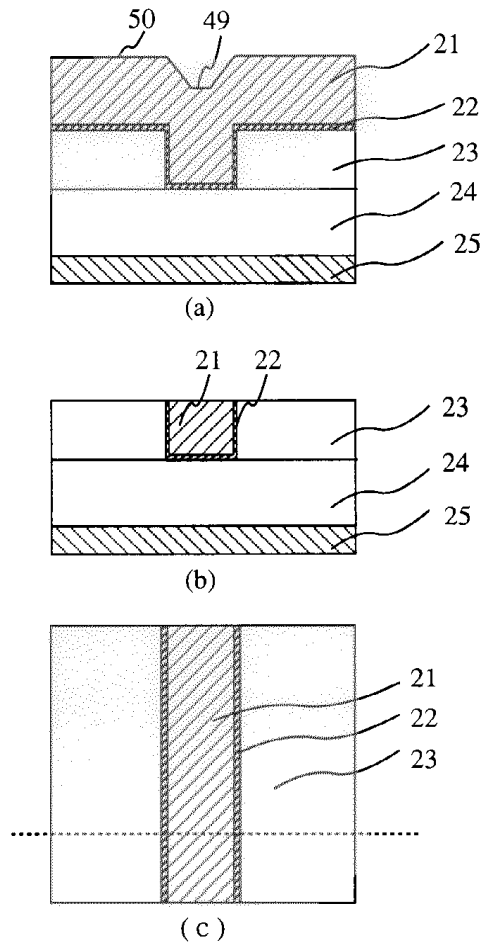
도면2



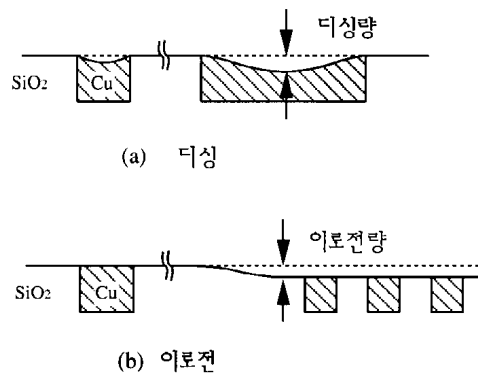
도면3



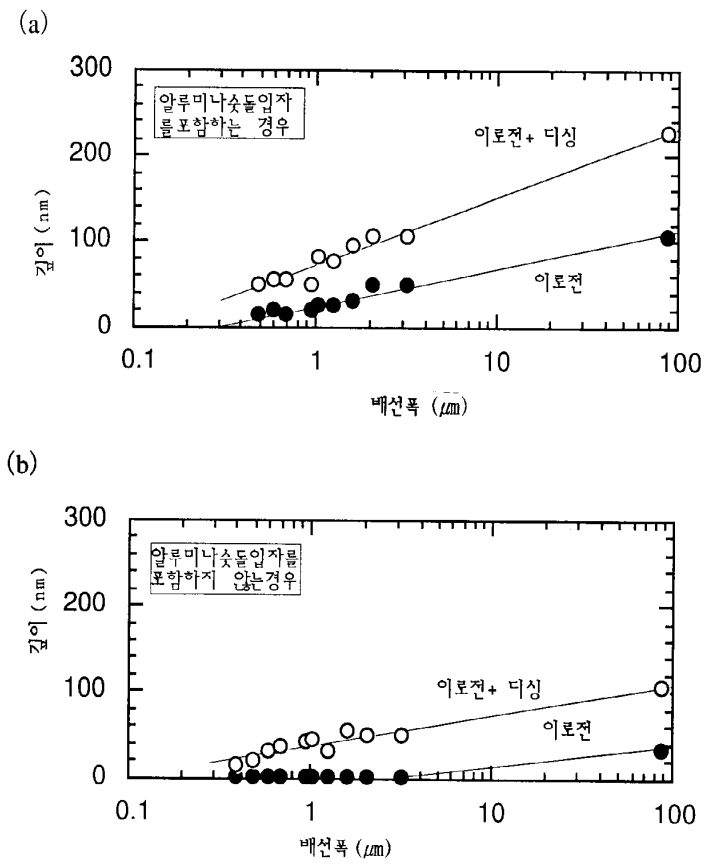
도면4



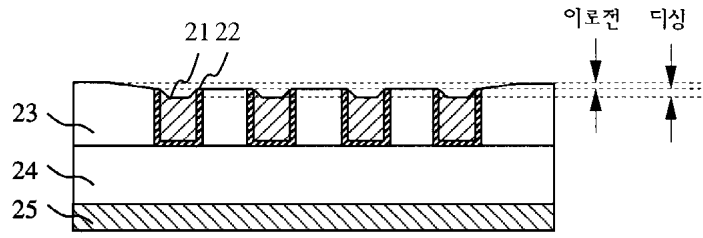
도면5



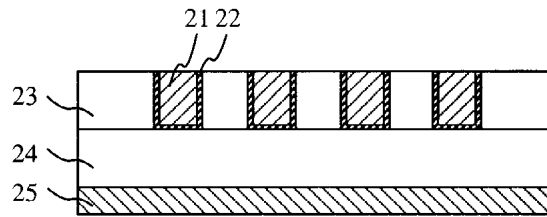
도면6



도면7

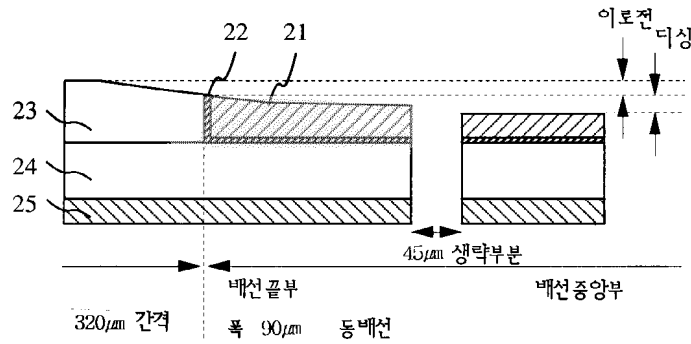


(a) 알루미늄 나이트라이드 마스크를 포함하는 경우

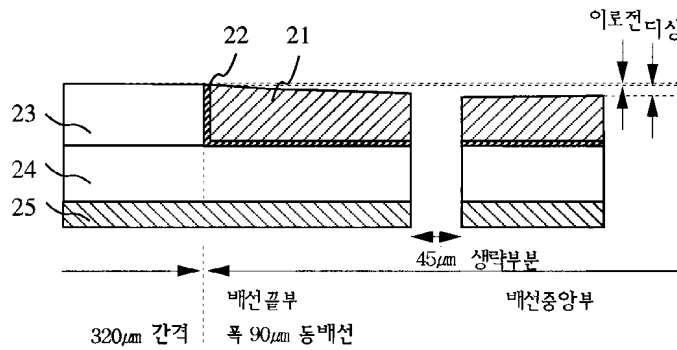


(b) 알루미늄 나이트라이드 마스크를 포함하지 않는 경우

도면8

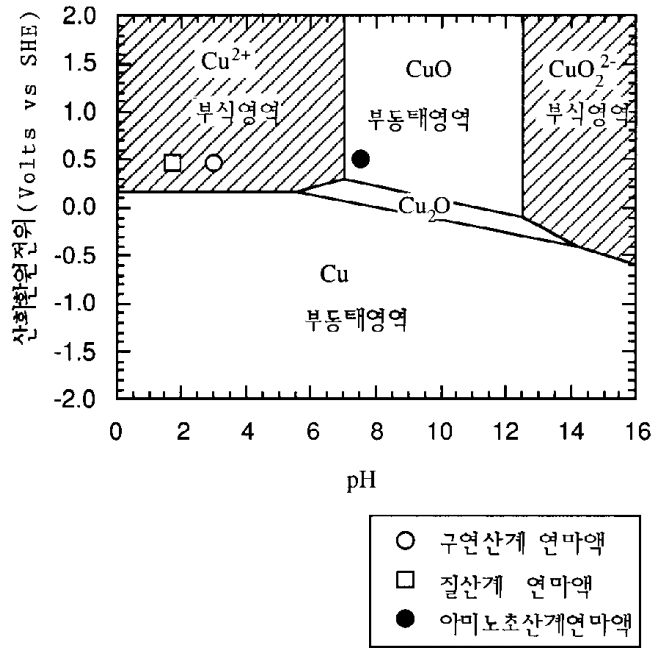


(a) 알루미늄 나이트라이드 마스크를 포함하는 경우

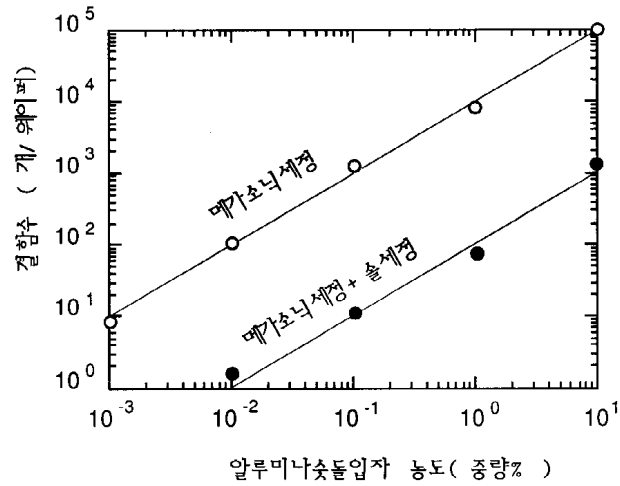


(b) 알루미늄 나이트라이드 마스크를 포함하지 않는 경우

도면9



도면10



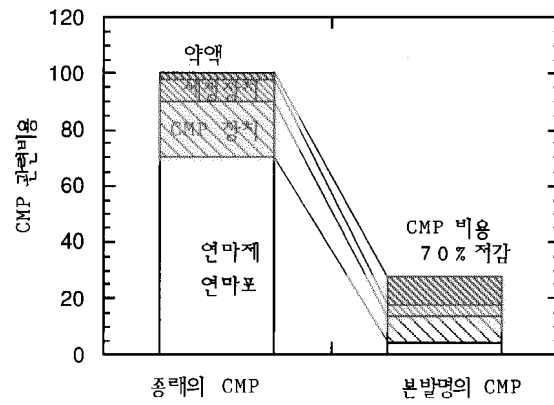
도면11

	장치	프로세스	목적	시간
	CMP 장치	컨디셔닝	숫돌입자에 의한 연마패드의 손상방지	1분
		제1 CMP	금속 CMP: 배선가공	5분
		제2 CMP	절연막CMP : 숫돌입자제거 및 절연막상의 손상층제거	2분
	세정 장치	제1 솔세정 (NH ₄ OH)	숫돌입자제거	1분
		제2 솔세정 (HF)	절연막표면의 손상층의 금속오염제거	1분
		메가소닉 세정	세정액제거	30초
		스핀건조	웨이퍼건조	30초

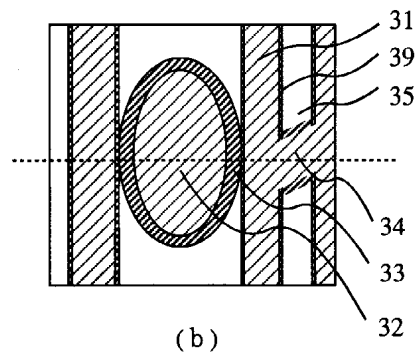
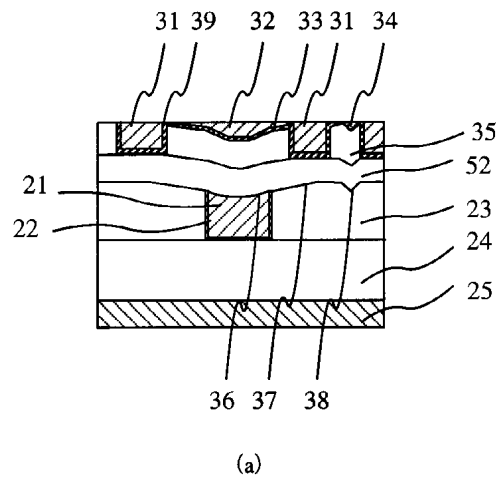
도면12

	장치	프로세스	목적	시간
	CMP 장치	CMP	금속 CMP : 배선가공	5분
		세정 장치	메가소닉세정	연마액제거
	스핀건조		웨이퍼건조	30초

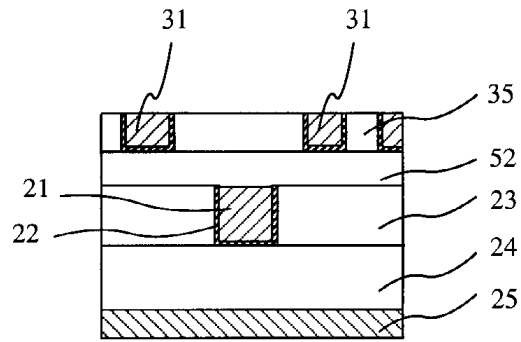
도면13



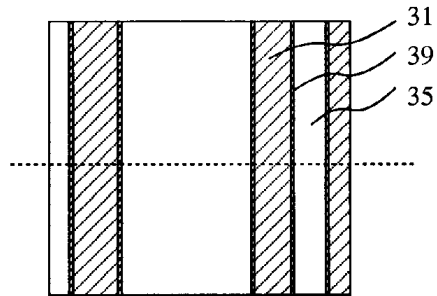
도면14



도면15

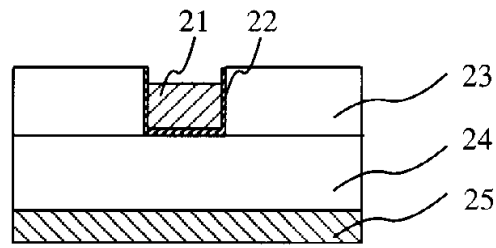


(b)

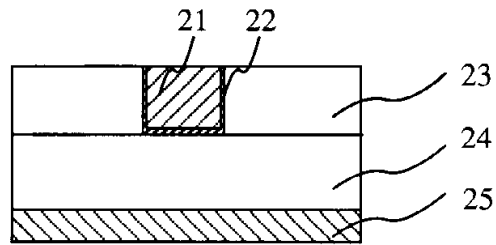


(b)

도면16

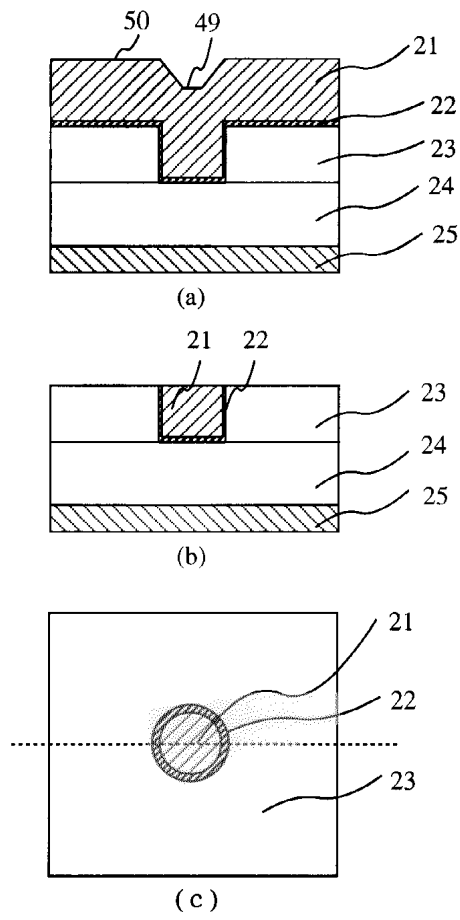


(a)

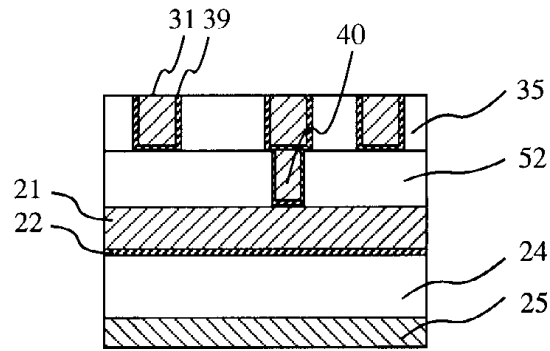


(b)

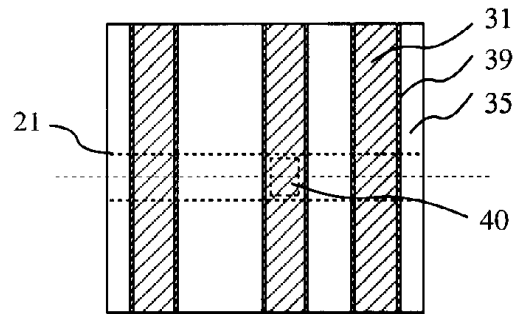
도면17



도면18

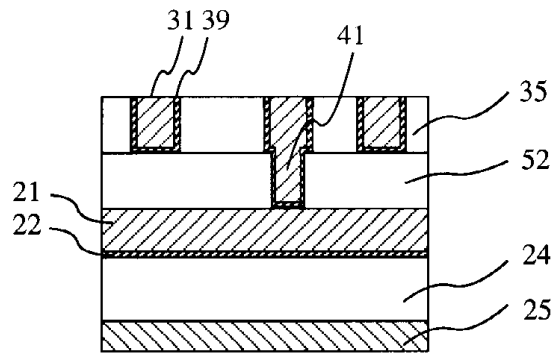


(a)

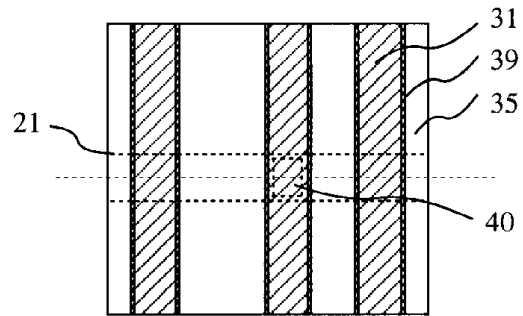


(b)

도면19

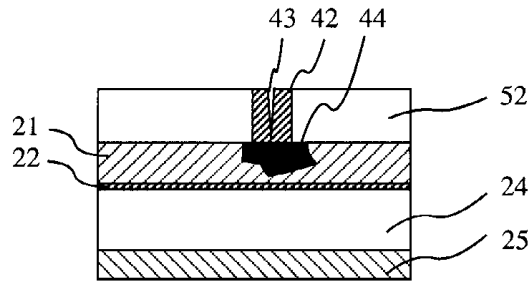


(a)

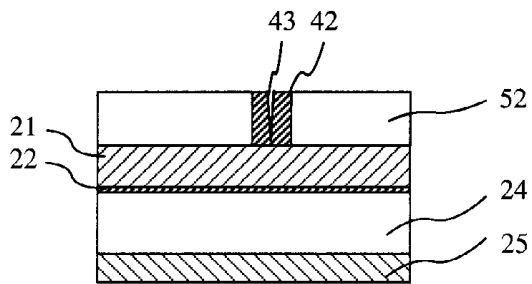


(b)

도면20

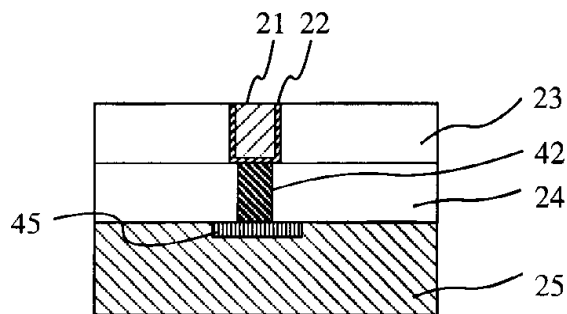


(a)

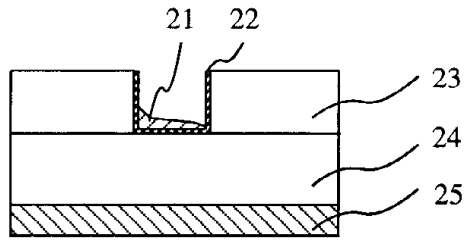


(b)

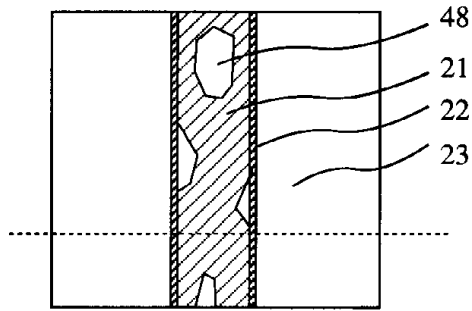
도면21



도면22

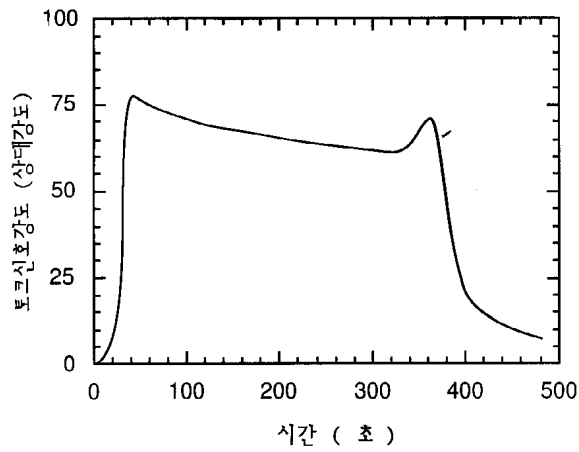


(a)

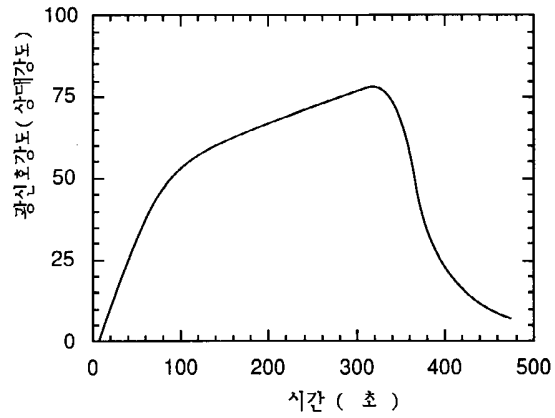


(b)

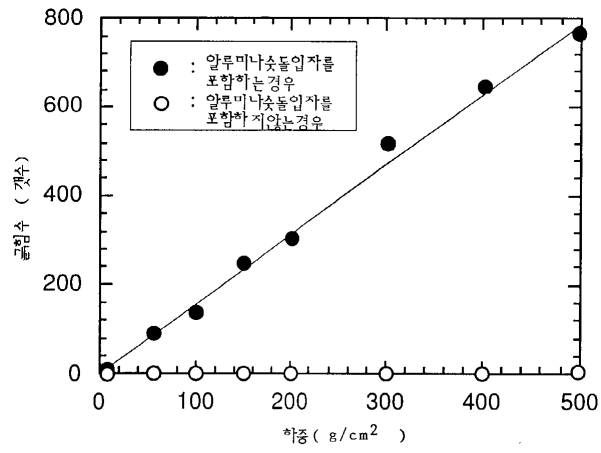
도면23



도면24



도면25



도면26

