

(19)대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. ⁷ B24B 37/00		(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2005년09월13일 10-0514536 2005년09월06일
(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2000-0017824 2000년04월06일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2001-0014689 2001년02월26일

(30) 우선권주장	1999-104882	1999년04월13일	일본(JP)
(73) 특허권자	가부시키키가이샤 히타치세이사쿠쇼 일본국 도쿄토 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고		
(72) 발명자	콘도세이이치 일본국도쿄토코쿠분지시미나미쵸2쵸메18반13고1408 사쿠마노리유키 일본국도쿄토하치오지시아카쓰키쵸1쵸메47반3고F203 혼마요시오 일본국도쿄토니시타마군히노데마치히라이2196-58		
(74) 대리인	특허법인 원전		

심사관 : 김상배

(54) 연마방법

요약

스크래치나 박리, 디싱, 에로전을 억제하고, 동시에 높은 연마속도로 연마하는 기술을 제공한다.
산화성 물질과, 금속산화물을 수용성화하는 물질과 증점제(增粘劑)와 물을 포함하는 연마액으로 연마한다.

대표도

도 2

색인어

CMP 장치, 점성율, 증점제, 디싱, 에로전

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명을 실시한 CMP장치를 나타내는 도면,

도 2는 Cu의 연마속도에 대한 증점제의 분자량 의존성을 나타내는 도면,

도 3(a)는 CMP 전의 시료의 배선부의 단면구조를 나타내는 도면, (b)는 CMP후의 시료의 배선부의 단면구조를 나타내는 도면, (c)는 CMP후의 시료의 평면도이고, 또한 점선은 (b)의 단면위치이며,

도 4는 Cu의 연마속도에 대한 연마액의 점성을 의존성을 나타내는 도면,

도 5는 W의 연마속도에 대한 연마액의 점성을 의존성을 나타내는 도면,

도 6(a)은 CMP전의 시료의 플러그부의 단면구조를 나타내는 도면, (b)는 CMP후의 시료의 플러그부의 단면구조를 나타내는 도면, (c)는 CMP후의 시료의 평면도이고, 또한 점선은 (b)의 단면위치이다.

(부호의 설명)

11... 연마정반, 12... 웨이퍼홀더

13... 리테이너, 14... 웨이퍼

15... 연마액 공급구, 16... 순수공급구

17... 연마포, 18... 박킹패드

21... Cu막, 22... TiN막

23... 1층째의 배선층 부분의 SiO₂막

24... BPSG막,

25... 불순물 도프층이나 절연막이 형성된 Si 기판

26... 금속막 표면의 오목부

27... 금속막 표면의 볼록부, 28... W막

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 금속막의 연마에 관한 것으로서, 특히 반도체 장치의 매립배선형성공정에서의 연마방법에 관한 것이다.

근래, 반도체 집적회로(이하, LSI라고 함)의 고집적화, 고성능화에 따라서 새로운 미세가공기술이 개발되고 있다. 화학기계연마(이하 CMP라고 함)법도 그 하나이며, LSI제조공정, 특히 다층배선형성공정에서의 층간절연막의 평탄화, 금속플러그형성, 매립배선형성에서 빈번하게 이용되는 기술이다. 이 기술은 예컨대 미국특허 제4944836호 공보에 개시되어 있다.

또한, 최근에는 LSI의 고속성능화를 달성하기 위해 배선재료를 종래의 알루미늄합금으로부터 저저항의 동합금을 이용하려고 하는 것이 시도되고 있다. 그러나, 동합금은 알루미늄합금배선의 형성에서 빈번하게 이용된 드라이에칭법에 의한 미세가공이 곤란하다. 그래서, 홈가공이 행해진 절연막 상에 동합금박막을 퇴적하고, 홈내에 매립된 부분 이외의 동합금박막

을 CMP에 의해 제거하여 매립배선을 형성한다. 소위 대머신법이 주로 채용되고 있다. 이 기술은 예컨대 특개평2-278822호 공보에 개시되어 있다. 절연막과 동합금박막과의 사이에는 접착성 향상과 동확산배리어의 목적에서, 수십 nm 정도의 두께의 TiN막, Ta막 및 TaN막 등을 삽입하는 것이 일반적으로 되어 있다.

또한, 금속플러그형성에는 매립성이 높은 화학기상성장법(CVD법)에 의해 텅스텐을 이용하는 것도 있다. 이 경우도 마찬가지로 CMP로 플러그를 형성하는 것이 많다(그밖에 에치백법이 있다).

배선에 이용되는 동합금 등의 금속막의 CMP에 이용되는 연마액은, 고체지립(砥粒)과 산화성 물질(산화제라고 하는 것도 있다)을 주성분으로 하는 것이 일반적이다. 산화성 물질의 산화작용으로 금속표면을 산화하면서, 고체지립에 의해 그 산화물을 기계적으로 제거하는 것이 기본적인 CMP의 메카니즘이다. 이것에 관해서는 주식회사 사이언스포럼 발행, 柏木正弘 편집 「CMP의 사이언스」 1997년 8월 20일 발행의 제299쪽에 개시되어 있다.

고체지립으로서의 수십 ~ 수백nm의 입자지름을 가지는 알루미늄지립이나 실리카지립이 알려져 있지만, 일반적으로 시판되고 있는 금속연마용의 고체지립의 대부분은 전자이다.

산화성물질로서는, 과산화수소(H_2O_2), 질산제2철($Fe(NO_3)_3$), 과요오드산칼륨(KIO_3)이 일반적으로 이용되고 있고, 이들은 예컨대 상기한 「CMP의 사이언스」의 제299쪽에서 제300쪽에 개시되어 있다. 이들 중에서도 과산화수소가 금속이온을 포함하지 않기 때문에, 최근에는 빈번하게 이용되도록 되어 왔다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러나, 종래의 금속막 연마용의 고체지립을 주성분으로서 포함하는 연마액을 이용하여 CMP에 의해 배선 및 플러그를 형성하는 경우, 이하의 (1) ~ (7)에 언급한 문제가 있었다.

(1) 절연막에 형성된 홈의 내부에 매립되는 금속배선의 표면 중앙부분이 주변부분보다도 과잉으로 연마되어 오목한 현상(이하, 디싱이라고 함)이나 배선부 주위의 절연막 표면이 연마되는 현상(이하 에로전이라고 함)이 발생한다. 디싱이나 에로전은 금속부분의 면적이 넓은 전극패드(0.1mm각 정도의 면적)이나 밀집배선패턴에서 현저한 문제가 된다. 이들은 저널 오브 일렉트로케미칼 소사이어티 제141권 제10호, 1994년 10월, 제2842쪽 ~ 제2848쪽(J.Electrochem.Soc.Vol.141, No.10, October 1994, p.2842 ~ p.2848)에 기재되어 있다.

(2) 연마용의 고체지립에 의해 스크래치(연마흔)가 발생한다. 배선용 금속막의 표면뿐만 아니라 CMP에 의해 노출한 절연막의 표면에도 스크래치가 발생한다.

(3) CMP를 행하면 연마지립과 금속막 표면의 사이에 높은 마찰력이 생기므로, 금속막과 하층 절연층과의 사이나, 하층 절연층내의 도포글라스(SOG; Spin On Glass)와 화학기상증착(이하 CVD라고 함)산화막의 사이에서 박리가 발생하는 경우가 있다.

(4) CMP 직후의 웨이퍼 표면에는 연마지립이 다수 잔류하기 때문에, 다음 공정을 행하기 전에 세정을 행하고, 규정치 이하(예컨대 0.2 마이크로미터 이상의 이물수(異物數)가 웨이퍼 당 100개 이하)까지 이물수를 제거하지 않으면 안된다. 이것을 위해서는 화학적인 세정뿐만 아니라 기계적인 세정을 병용하는 세정기를 필요로 하였다.

일반적으로는, 약액을 병용한 브러시세정과 메가소닉세정이 행해지고 있다. 브러시재료는 금속막표면을 손상시키지 않는 특수한 재료가 아니면 안되고, 약액으로서의 예컨대 수산화 암모늄이나 플루오르화 수소산 수용액 등이 이용된다. 이상과 같은 CMP 후 세정프로세스의 예로서는, 예컨대 「월간세미컨덕터월드(Semiconductor World)」 1995년 5월호의 172쪽에 개시되어 있다.

(5) CMP에 이용되는 소모품의 코스트가 높다. 이것은 연마제로 이용하는 지립의 제조코스트가 높고, 입자 사이즈를 고르게 하기 위해서도 극히 주의를 요하기 때문이다. 특히 알루미늄지립은 실리카지립에 비하여 수배 고가이다. CMP프로세스의 코스트에 관해서는 예컨대 리얼라이즈 사 최신기술강좌 1996년 5월 「CMP 장치와 관련재료의 최신동향과 그 문제점」에 기재되어 있다.

(6) CMP관련장치 및 설비의 문제로서, 상기한 CMP장치나 후세정장치 이외에도 연마제 공급장치, 연마제를 포함하는 폐액의 처리장치가 필요로 되고, CMP설비 전체에 드는 코스트가 매우 높은 것으로 되고 있었다. 연마제 공급장치에서는 지립의 침전을 방지하기 위한 교반(攪拌)장치도 필요로 하고, 배관내에도 침전하지 않도록 항상 연마제를 순환하는 기구도 필요로 하였다. 그 폐액처리코스트도 높고, 재이용기술도 필요로 되고 있다.

(7) CMP장치는 발진의 원인으로 되는 연마지립을 다량으로 사용하고 있음에도 불구하고, 클린룸 내에 설치하지 않으면 안된다고 하는 문제가 있다. CMP장치에 배기덕트 등의 발진을 억제하는 기구를 설치하고, 클린룸 내에 특별한 부실을 설치하는 등 하여 클린도를 유지할 필요가 있고, 그것을 위한 코스트도 든다.

상기한 문제점은 전부 연마지립을 포함하는 연마제에 의해 CMP를 행하는 것이 원인으로 되어 있다. 그러나, 종래의 CMP의 방법에서는 연마지립은 산화제에 의해 형성된 산화층을 빠르게 제거하기 위해 기계적 제거효과를 발생시키기 때문에 필요하고, 연마지립을 가하지 않으면 실용적인 연마속도에 도달하지 않았다.

한편, 지립을 포함하지 않는 연마액에 의해 금속막을 연마하고, 매립 배선구조를 형성하는 방법이 지금까지의 우리들의 연구에 의해 발견되었다. 즉, 산화성물질과, 산화물을 수용성화(water-soluble)하는 물질과 물과, 필요하다면 방식성 물질(防蝕性物質)(corrosion inhibitor:부식방지제)을 포함하는 연마액을 이용하여, 금속막 표면을 기계적으로 연마하는 것에 의해 매립 금속배선을 형성할 수 있다. 예컨대 과산화수소수나 구연산과 벤조트리아졸(benzotriazole)(이하 BTA라고 함.)을 포함하는 지립(砥粒)프리(free)(abrasive-free) 연마액으로 동(銅)배선을 형성하는 방법이 일예이다.

이 지립을 포함하지 않는 연마액을 이용하면 상기 (1) ~ (7)의 문제는 해결되지만, 지립을 포함하는 연마액과 비교하여 연마속도가 늦다고 하는 문제가 있었다. 특히, 높은 연마하중($300\text{g}/\text{cm}^2$ 이상)을 걸어도 연마속도가 포화하여 충분하게 상승하지 않는다고 하는 문제가 있었다. 예컨대, 시판하고 있는 알루미늄연마액의 연마속도가 $200 \sim 400\text{nm}/\text{분}$ 까지 달한다(다만, 스크래치 등의 문제점은 보다 심각하게 된다)는데 대하여, 상기한 지립프리 연마액의 연마속도는 $100 \sim 150\text{nm}/\text{분}$ 정도였다.

본 발명은 이러한 점을 감안하여 이루어진 것이며, 매립 금속배선을 형성하는 연마공정에 있어서, 연마속도의 고속화를 실현할 수 있는 연마방법이나 반도체 장치의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적은 금속막의 연마방법에 있어서, 산화성 물질과, 금속산화물을 수용성화하는 물질과, 증점제 및 물을 포함하는 연마액을 이용하여, 금속막 표면을 기계적으로 연마하는 것에 의해 달성된다.

연마액에는 필요에 따라서 부식을 억제하는 물질(방식성 물질)을 연마액에 첨가하여도 좋다.

증점제의 분자량으로서는 1만 이상인 것이 바람직하다. 게다가, 10만 이상이라면 보다 높은 연마속도가 얻어진다. 또한, 가교형 중합체와 같이 수백만에 달하는 것이라면, 또한 바람직하다.

증점제 자체의 점성율(점도)(viscosity coefficient)로서는, 1중량% 수용액의 상태에서 100cP 이상인 것이 바람직하다. 게다가, 1000cP 이상이라면 보다 높은 연마속도가 얻어진다. 또한, 연마액의 점성율로서는 실온에서 10cP 이상인 것이 바람직하다. 게다가 100cP 이상이라면 보다 높은 연마속도가 얻어진다. 덧붙여서, 순수의 실온에서의 점성율은 1cP 이다.

증점제의 분자구조로서는 카르복실기나 인산기를 포함하는 것이 금속의 연마속도를 향상할 목적에서 바람직하다. 예컨대, 폴리아크릴산(polyacrylic acid), 폴리메타크릴산 및 이들의 암모늄염, 트리에탄올아민염, 모노에탄올아민염, 트리에탄올아민염, 디이소프로판올아민염 등을 들 수 있고, 상기한 분자량 또는 점성율을 만족하는 것이 유효하다. 특히 가교형 폴리아크릴산 또는 그 염을 이용하는 것에 의해 연마속도는 보다 한층 높게 된다. 이들의 폴리머는 복수의 종류를 조합하여 이용해도 좋다. 또한, 공중합폴리머로 하여도 좋다.

상기한 금속산화물을 수용성화하는 물질로서는 유기산 또는 그 염이 있고, 금속이온(예컨대, Cu^{2+} 이온)으로서 수용성화하는 작용을 이용한다. 유기산 중에서도 히드록시카르본산은 연마속도를 높이는 효과가 높다. 예컨대, 구연산, 사과산, 말론산, 호박산, 주석산, 프탈산, 말레인산, 푸말산, 유산, 피멜린산, 아디핀산, 글루탈산, 수산, 살리칠산, 글루콜산, 안식향산 등의 히드록시산이나 의산, 초산, 프로피온산, 낙산, 길초산 등의 카르본산으로 대표되는 유기산 및 그들의 염을 들 수 있

다. 그 외에, EDTA 등의 킬레이트제도 이용할 수 있다. 염은 용해도를 높이는 효과가 있고, 금속성분을 포함하지 않는 것, 예컨대 암모늄염, 또는 반도체 소자에 악영향을 미치지 않는 원소(예컨대, 알루미늄 등)를 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 이들의 약제는 복수를 조합하여 이용해도 좋다.

상기한 산 중, 구연산, 사과산, 말론산, 호박산, 주석산, 의산이 고연마속도, 저에칭속도의 관점에서 본 발명의 연마액에 사용하는 산으로서 바람직하다.

상기의 산 중, 구연산과 사과산은 식품첨가물로서도 일반적으로 사용되고 있고, 독성이 낮고, 폐액으로서의 해도 낮으며, 냄새도 없고, 물에의 용해도도 높기 때문에 본 발명의 연마액으로 사용하는 산으로서 특히 바람직하다.

산화성 물질로서는 과산화수소가 금속을 포함하지 않는 것이므로 가장 적합하다. 또한, 질산제2철, 질산, 과요오드산칼륨도 충분한 산화력이 있고, 특히 텅스텐의 연마에 적합하다. 이들의 산화성 물질은 복수를 조합하여 이용해도 좋다.

금속막의 과잉의 산화나 에칭을 억제하는 물질로서는 방식성 물질이 유효하다. 증점제 자체에도 방식기능을 가지는 것도 있지만, 게다가 강한 방식성 물질을 연마액중에 혼합하는 것으로 디싱을 억제할 수 있다. 특히 동합금의 방식성 물질로서는 벤조트리아졸(이하, BTA라고 함)이 가장 효과가 크다. 그밖에 실용상 사용될 수 있는 것으로서는 톨릴트리아졸(이하, TTA라고 함), BTA카르본산(이하, BTA-COOH라고 함) 등의 BTA의 유도체, 시스틴, 할로초산, 글루코즈, 도데실머캅탄, 퀴날딘산 등도 방식효과가 있다.

연마지립에 관해서는, 알루미늄지립이나 실리카지립이 본 발명의 연마액에 포함되어 있으면 연마속도를 증가하는 효과를 기대할 수 있다. 다만, 위에 기재한 문제점(1) ~ (7)이 발생하므로, 이와 같은 문제점이 장해가 되지 않는 경우에는 적용할 수 있다.

또한, 연마할 금속막으로서, Cu, W, Ti, TiN, Ta, TaN, Al 등에 적용할 수 있다. 특히, Cu는 연마속도가 높고, 본 발명의 대상금속으로서 가장 적합하다. W, Ti, 및 TiN은 연마속도는 Cu만큼 높지 않지만, 연마막두께가 얇은 경우(예컨대, Cu 배선의 배리어막으로서의 수십 nm 정도의 막두께)에는 적합하다.

상기한 물질이 포함된 연마액으로 CMP를 행하면, 우선 금속막 표면이 폴리머(증점제)에 의해 피복보호된다. 도 3(a)에 나타내는 바와 같은 금속막 표면의 볼록부(27)는 항상 연마포의 기계적 마찰을 받으므로, 폴리머에 의해 형성된 보호막은 용이하게 제거된다. 연마액에 노출된 금속막 표면은 산화성물질에 의해 산화되고, 표면에 얇은 산화층이 형성된다. 다음에 금속산화물을 수용성화하는 물질이 공급되면 상기 산화층이 수용액으로 되어 용출하여 상기 산화층의 두께가 감소한다. 산화층이 얇게 된 부분은 재차 산화성 물질에 노출되어 산화층의 두께가 증가하고, 이 반응을 반복하여 CMP가 진행된다. 따라서, 금속막 표면의 볼록부(27)는 표면의 반응생성물은 제거되기 쉽고, 또한 국소적으로 가열되기 때문에 반응이 촉진되며, 상기한 산화/수용성화의 반복반응은 폴리머 보호막이 형성된 오목부(26)보다도 빠르게 진행된다. 즉, 볼록부(27)의 연마속도는 빠르게 되어 평탄화된다.

방식성 물질은 금속표면에 부착하여 오목부의 반응을 더욱 억제하고, 최종적으로 디싱의 발생을 저지하는 효과가 있다. 첨가농도의 표준으로서, 연마속도를 50nm/min이상으로 유지하고, 또 에칭속도가 수 nm/min이하인 것이 바람직하다(속도비가 50 정도). 그 이상의 농도로 첨가하면 CMP속도가 저하하는 일이 있다. 다만, 무첨가로 연마속도가 충분히 높고 또 에칭속도가 수nm/min이하로 작은 경우에는, 방식성 물질을 첨가하지 않아도 평탄성 좋게 연마할 수 있다.

(발명의 실시의 형태)

이하, 본 발명을 도면을 이용하여 구체적으로 설명한다.

실시에 1

본 실시예에서는 동(銅)의 CMP를 행하는 것에 의해 동배선을 형성하는 방법에 대하여 설명한다. 도 1은 본 발명의 실시예에 있어서 사용하는 CMP장치를 나타내는 개략도이다. 연마포(17)가 첩부된 정반(11)의 위를 박킹패드(18)에 의해 웨이퍼를 지지한 홀더(12)가 회전하여 CMP를 행하는 구조로 되어 있다. CMP 중에 웨이퍼가 빠지지 않도록 리테이너링(13)이 설치되어 있다. CMP중에서의 연마하중은 홀더(12)의 위에 추를 얹어 조절하였다. 표준적인 연마하중은 220g/cm², 정반의 회전수는 60rpm, 홀더의 회전수는 40rpm으로 하였다. 또한, 연마하중이나 회전수는 이것에 한정되는 것은 아니다. 연마포는 로텔사제의 경질포IC1000을 사용하였다.

본 발명의 연마액은 정반(11) 상에 설치된 제1의 공급구(15)로부터 연마포 상에 약 100cc/min의 속도로 적하하여 CMP를 행한다. CMP가 종료한 단계에서 제1의 공급구(15)를 닫고 연마액의 공급을 정지하고, 제2의 공급구(16)로부터 순수를 약 3000cc/min의 속도로 공급하여 린스를 15 ~ 30초간 행한다. 그 후 웨이퍼를 건조하지 않은 상태에서 유지하고, 브리시스크리브세정에 의해 연마액을 제거한 후, 웨이퍼를 건조시킨다.

우선, 배선패턴이 형성되어 있지 않은 웨이퍼를 이용하여 본 발명의 연마액의 연마특성을 조사하였다. 시료는 실리콘 웨이퍼 상에 두께 200nm의 실리콘 산화막을 형성한 후, 접착층으로서 두께 50nm의 TiN막과 두께 800nm의 Cu막을 스퍼터링법에 의해 진공중에서 연속성막한 것이다. 웨이퍼 직경은 5인치이다.

본 실시예에서 이용한 연마액은 과산화수소수(시판의 30% H_2O_2 수용액)와 구연산과, 분자량이 다른 폴리아크릴산으로 구성된 수용액이다. 조성은 과산화수소수는 30체적%, 구연산은 0.15중량%, 폴리아크릴산은 0.1중량%이다. 이 연마액을 이용하여, Cu막의 연마속도와 에칭속도를 측정하였다. 에칭속도는 연마액중에 시료를 담근 때에 Cu막 표면이 에칭되는 속도이며, CMP중에 과잉으로 에칭이 진행하면 배선구조가 형성되지 않으므로, 가능한 한 낮은 쪽이 바람직하다. 또한, 연마액의 온도는 실온이다. 연마속도 및 에칭속도는 Cu막의 전기저항치 변화로부터 환산하여 구했다.

도 2에 Cu의 연마속도의 폴리아크릴산의 분자량 의존성을 조사한 결과를 나타낸다. 분자량이 1만 이하의 폴리아크릴산을 포함하는 연마액의 연마속도는 90nm/분이었다. 이것에 대하여 분자량이 14만인 것에서는 200nm/분으로 되고, 분자량 100만을 초과하는 가교폴리머에서는 250nm/분으로 되었다. 에칭속도는 어느 연마액에 있어서도 1.0nm/분 이하로 억제되고 있고, 디싱발생의 문제는 없다.

매립배선을 형성하는 시료의 연마전의 단면구조의 예를 도 3(a)에 나타낸다. 불순물도프층이나 절연막이 형성된 실리콘 기판(25)상에 두께 500nm의 BPSG막(붕소와 인이 첨가된 실리콘 산화막)(24)과 두께 500nm의 실리콘 산화막(23)을 성막하고, 리소그라피공정 및 드라이에칭공정에 의해 깊이 500nm의 배선용의 홈패턴을 실리콘산화막(23)내에 형성하였다. 그 위에 접착층으로서 두께 50nm의 TiN층(22)을 성막한 후에 두께 800nm의 동박막(21)을 스퍼터링법에 의해 진공 중에서 연속성막하였다. 게다가 단차피복성(段差被覆性)을 좋게 하기 위해 스퍼터장치내에서 섭씨 450도에서 3분간의 진공열처리를 행하였다. 실리콘기판(25)에는 소스, 드레인 등의 불순물 도프층이 형성되어 있지만, 여기서는 생략하고 기재하고 있지 않다.

이 시료를, 상술한 연마액으로 CMP를 행한 결과, 도 3(b) 및 (c)와 같이, 어느 연마액으로도 디싱이나 에로전이 약 50nm 이하로 되는 형상으로 가공할 수 있었다. 박리도 발생하지 않았다. 분자량이 14만인 폴리아크릴산을 첨가한 연마액을 사용한 경우는 1만인 것과 비교하여 반정도의 시간에서 연마가 종료하였다. 분자량이 100만을 넘는 폴리아크릴산을 첨가한 연마액을 사용한 경우는 1만인 것과 비교하여 40%의 시간에서 연마가 종료하였다.

형성된 동배선의 전기저항율을 측정한 결과, TiN층의 부분도 포함하여 1.9마이크로옴센티미터의 값을 얻었다. 또한, 사행(蛇行)배선(배선폭 0.3마이크로미터에서 3마이크로미터, 길이 40mm)이나 즐형(橢形)배선(배선간격 0.3마이크로미터에서 3마이크로미터, 길이 40mm)을 이용하여 도통/절연시험을 행한 결과, 거의 100%의 수율이 얻어졌다. LSI의 동작도 정상인 것을 알았다.

(실시예 2)

본 실시예에서 이용한 연마액은 과산화수소수(시판의 30% H_2O_2 수용액)와 사과산과, 분자량이 다른 폴리아크릴산 암모늄염으로 구성된 수용액이다. 조성은 과산화수소수는 30체적%, 사과산은 0.15중량%, 폴리아크릴산 암모늄염은 0.1중량%이다. 이 연마액을 이용하여 Cu막의 연마속도와 에칭속도를 측정하였다. 연마특성의 평가는 실시예 1과 마찬가지로 행하였다.

도 4에 Cu의 연마속도의 연마액의 점성을 의존성을 조사한 결과를 나타낸다. 점성율이 10이하인 폴리아크릴산암모늄염(polyacrylate ammonium salt)을 포함하는 연마액의 연마속도는 90nm/분이었다. 이것에 대하여 점성율이 120인 것에서는 200nm/분으로 되고, 1000을 초과하는 가교폴리머에서는 250nm/분으로 되었다. 에칭속도는 어느 연마액에서도 1.0nm/분이하로 억제되어 있고, 디싱발생의 문제는 없다.

매립 배선을 형성하는 시료를, 상술한 연마액으로 CMP를 행한 결과, 도 3(b), (c)와 같이, 어느 연마액으로도 디싱이나 에로전이 약 50nm이하로 되는 형상으로 가공할 수 있었다. 박리도 발생하지 않았다. 점성율이 10이하인 폴리아크릴산 암

모늄염을 첨가한 연마액을 이용한 경우는 120인 것과 비교하여 반 정도의 시간에서 연마가 종료하였다. 분자량이 1000을 초과하는 폴리아크릴산 암모늄염을 첨가한 연마액을 이용한 경우는 10인 것과 비교하여 40%의 시간에서 연마가 종료하였다.

형성된 동배선의 전기저항율을 측정된 결과, TiN층의 부분도 포함하여 1.9마이크로옴센티미터의 값을 얻었다. 또한, 사행배선(배선폭 0.3마이크로미터에서 3마이크로미터, 길이 40mm)나 줄형배선(배선간격 0.3마이크로미터에서 3마이크로미터, 길이 40mm)을 이용하여 도통/절연시험을 행한 결과, 거의 100%의 수율이 얻어졌다. LSI의 동작도 정상인 것을 알 수 있었다.

실시예 3

본 실시예에서는 W의 매립플러그의 형성방법에 관하여 설명한다. 사용한 연마액은 과산화수소수(시판의 30% H_2O_2 수용액)와 사과산과 말론산과 아디핀산과, 분자량이 다른 폴리아크릴산 트리에탄올아민염으로 구성된 수용액이다. 조성에 관해서는 과산화수소수는 10체적%, 사과산은 0.01중량%, 말론산은 0.03%, 아디핀산은 0.1%, 폴리아크릴산 트리에탄올아민염은 0.01중량%이다. 이 연마액을 사용하여, CVD에 의해 형성한 W막의 연마속도와 에칭속도를 측정하였다. 연마특성의 평가는 실시예 1과 마찬가지로 행하였다. 연마특성의 평가는 실시예 1과 마찬가지로 행하였다. 다만, 연마하중은 $400g/cm^2$ 으로 하였다.

도 5에 W의 연마속도의 연마액의 점성을 의존성을 조사한 결과를 나타낸다. 점성율이 10이하인 폴리아크릴산 트리에탄올아민염을 포함하는 연마액의 연마속도는 40nm/분이었다. 이것에 대하여, 점성율이 120인 것에서는 80nm/분으로 되고, 1000을 초과하는 가교폴리머에서는 100nm/분으로 되었다. 에칭속도는 어느 연마액에 있어서도 1.0nm/분 이하로 억제되어 있고, 디싱발생의 문제는 없다.

매립 W플러그를 형성하는 시료(도 6(a))를, 상술한 연마액으로 CMP를 행한 결과, 도 6(b) 및 (c)와 같이, 어느 연마액으로도 디싱이나 에로전이 약 50nm이하로 되는 형상으로 가공할 수 있었다. 박리도 발생하지 않았다. 점성율이 10이하인 폴리아크릴산 트리에탄올아민염을 첨가한 연마액을 이용한 경우는 120인 것과 비교하여 반 정도의 시간에서 연마가 종료하였다. 분자량이 1000을 초과하는 폴리아크릴산 트리에탄올아민염을 첨가한 연마액을 이용한 경우는 10인 것과 비교하여 40%의 시간에서 연마가 종료하였다.

형성된 W플러그의 전기저항율을 측정된 결과, 20마이크로옴센티미터의 값을 얻었다. 또한, 플러그가 연속으로 100개 형성된 비아체인을 이용하여 도통/절연시험을 행한 결과, 100%의 수율이 얻어졌다. LSI의 동작도 정상인 것을 알 수 있었다.

발명의 효과

본 발명의 증점제를 포함하는 연마액으로 CMP를 행하는 방법은, 종래의 연마액으로 CMP를 행하는 방법과 비교하여, 스크래치나 박리, 디싱, 에로전을 억제하고, 동시에 높은 연마속도로 연마를 행하는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

절연막 상에 금속막이 형성된 기판을 준비하는 공정과,

상기 기판 상의 상기 금속막 표면을, 산화성물질과, 금속산화물을 수용성화(water-soluble)하는 물질과, 증점제(增粘劑) 및 물을 포함하는 지립(砥粒)프리(free)(abrasive-free) 연마액을 사용하여 기계적으로 마찰하여, 상기 금속막의 적어도 일부를 제거하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 증점제의 분자량이 10000 이상인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 증점제의 점성율이 1중량% 수용액의 상태에서 100cP 이상인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 4.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 연마액의 점성율이 10cP 이상인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 5.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 증점제(增粘劑)가 폴리아크릴산인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 6.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 증점제가 폴리아크릴산암모늄염 또는 폴리아크릴산아민염인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 7.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 증점제가 가교형 중합체인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 8.

절연막 상에 동(銅) 또는 동을 주성분으로 하는 합금 또는 동화합물을 포함하는 금속막이 형성된 기판을 준비하는 공정과,

상기 기판 상의 상기 금속막 표면을, 과산화수소와, 금속산화물을 수용성화하는 물질과, 증점제와, 방식성 물질(防蝕性物質)(corrosion inhibitor:부식방지제) 및 물을 포함하는 지립프리 연마액을 이용하여 기계적으로 마찰하여, 상기 금속막의 적어도 일부를 제거하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 9.

절연막 상에 동(銅) 또는 동을 주성분으로 하는 합금 또는 동화합물을 포함하는 금속막이 형성된 기판을 준비하는 공정과,

상기 기판 상의 상기 금속막 표면을, 과산화수소와, 금속산화물을 수용성화하는 물질과, 방식성 물질과 물을 포함하고, 점성율이 10cP 이상인 지럽프리 연마액을 이용하여 기계적으로 마찰하여, 상기 금속막의 적어도 일부를 제거하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 10.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 산화성물질은 과산화수소인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 11.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속산화물을 수용성화하는 물질은 유기산 또는 그 염을 포함하는 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 12.

제 11항에 있어서,

상기 유기산은 히드록시카르본산인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 13.

제 12항에 있어서,

상기 히드록시카르본산은 사과산 또는 구연산인 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 14.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속막은 동(銅) 또는 동을 주성분으로 하는 합금 또는 동화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 15.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속막은 텅스텐이나 텅스텐합금 또는 텅스텐화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 16.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속막은 질화티탄 또는 탄탈, 또는 질화탄탈을 포함하는 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 17.

절연막 상에 금속막이 형성된 기판을 준비하는 공정과,

상기 기판 상의 상기 금속막 표면을, 과산화수소수와; 구연산 또는 사과산과; 벤조트리아졸 또는 그 유도체와; 분자량이 10000 이상인 폴리아크릴산(polyacrylic acid) 또는 폴리아크릴산암모늄염을 포함하는 지립프리 연마액을 이용하여 기계적으로 마찰하여, 상기 금속막의 적어도 일부를 제거하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 연마방법.

청구항 18.

불순물도프층을 가지는 기체(基體)를 준비하는 공정과,

상기 불순물도프층 상에 개구부를 가지는 절연막을 형성하는 공정과,

상기 절연막이 형성된 기체 상에 금속막을 형성하는 공정과,

산화성 물질과, 금속산화물을 수용성화하는 물질과, 증점제와, 방식성 물질 및 물을 포함하는 지립(砥粒)프리 연마액을 이용하여, 상기 금속막 표면을 기계적으로 연마함으로써 상기 절연막을 노출시키는 공정과,

그후, 상기 기체를 세정하는 공정 및,

세정된 상기 기체를 건조하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

청구항 19.

제1의 배선층을 가지는 기체(substrate)를 준비하는 공정과,

상기 제1의 배선층이 노출되는 개구부를 가지는 제1의 절연막을 형성하는 공정과,

상기 절연막이 형성된 기체 상에 금속막을 형성하는 공정과,

산화성 물질과, 금속산화물을 수용성화하는 물질과, 증점제와, 방식성 물질 및 물을 포함하는 지립(砥粒)프리 연마액을 이용하여, 지립(abrsasive)을 포함하지 않는 연마 패드(polishing pad)로 상기 금속막 표면을 기계적으로 연마함으로써 상기 절연막을 노출시키는 공정과,

그후, 상기 기체를 세정하는 공정 및,

세정된 상기 기체를 건조하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

청구항 20.

도전체층을 가지는 기체를 준비하는 공정과,

상기 도전체층 상에 개구부를 가지는 절연막을 형성하는 공정과,

상기 절연막이 형성된 기체 상에 질화티탄막(titanium nitride film) 및 동(銅)(copper)을 포함하는 금속막을 구비하는 적층막(laminated film)을 형성하는 공정과,

과산화수소수와; 구연산 또는 사과산과; 벤조트리아졸 또는 그 유도체와; 가교형 폴리아크릴산(crosslinked polyacrylic acid) 또는 가교형 폴리아크릴산염(salt of crosslinked polyacrylic acid)을 포함하는 지립프리 연마액을 이용하여, 지립을 포함하지 않는 연마 패드로 상기 금속막 표면을 기계적으로 연마하는 공정과,

그후, 상기 기체를 세정하는 공정 및,

세정된 상기 기체를 건조하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

청구항 21.

도전체층을 가지는 기체를 준비하는 공정과,

상기 도전체층 상에 개구부를 가지는 절연막을 형성하는 공정과,

상기 절연막이 형성된 기체 상에, 질화티탄막과 동(銅)을 주성분으로 하는 금속막을 포함하는 적층막을 형성하는 공정과,

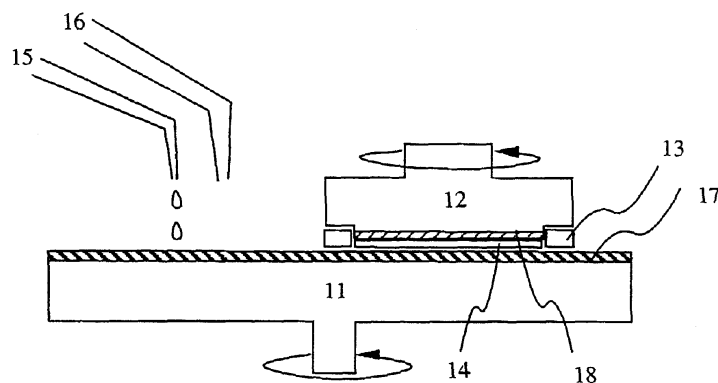
과산화수소수와; 구연산 또는 사과산과; 벤조트리아졸 또는 그 유도체와; 폴리아크릴산 또는 폴리아크릴산염을 포함하고, 점성율(viscosity coefficient)이 10cP 이상인 지립프리 연마액을 이용하여, 상기 금속막 표면을 기계적으로 연마하는 공정과,

그후, 상기 기체를 세정하는 공정 및,

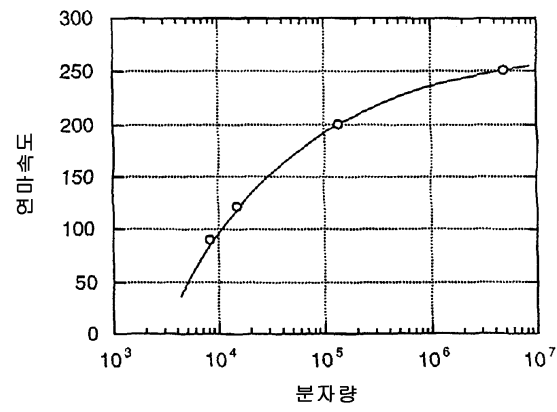
세정된 상기 기체를 건조하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

도면

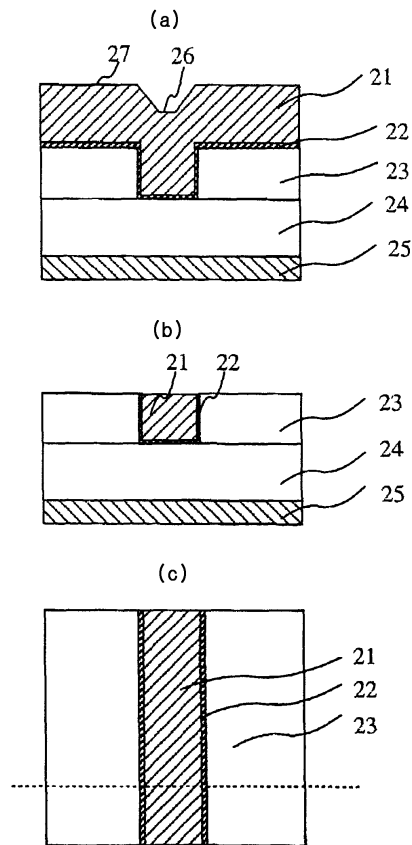
도면1



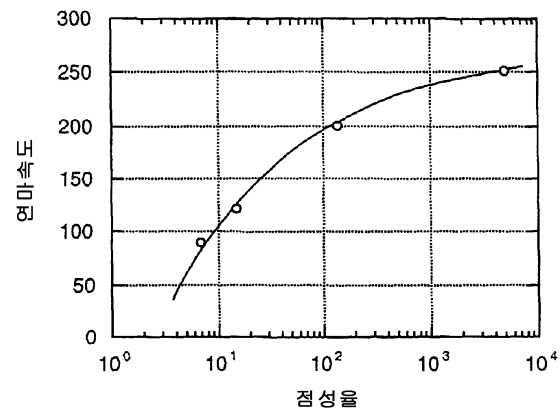
도면2



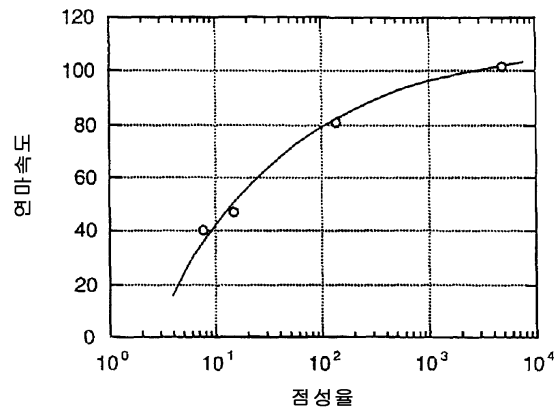
도면3



도면4



도면5



도면6

