

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
C23C 14/00

(45) 공고일자 2001년11월30일

(11) 등록번호 10-0308467

(24) 등록일자 2001년08월29일

(21) 출원번호	10-1995-0704442	(65) 공개번호	특1996-0702014
(22) 출원일자	1995년10월12일	(43) 공개일자	1996년03월28일
번역문제출일자	1995년10월12일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1994/03286	(87) 국제공개번호	WO 1994/24330
(86) 국제출원일자	1994년03월25일	(87) 국제공개일자	1994년10월27일
(81) 지정국	국내특허 : 오스트레일리아 바베이도스 불가리아 브라질 캐나다 체코 헝가리 일본 대한민국 스리랑카 마다가스카르 몽고 노르웨이 뉴질랜드 폴란드 루마니아 슬로바키아 우크라이나 미국 베트남 AP ARIPO특 허 : 말라위 수단 EA 유라시아특허 : 벨라루스 카자흐스탄 러시아 EP 유럽특허 : 오스트리아 스위스 리히텐슈타인 독일 덴마크 스페인 핀란드 영국 룩셈부르크 네덜란드 포르투갈 스웨덴 OA OAPI특허 : 부르키나파소 베냉 중앙아프리카 콩고 코트디부아르 카 메룬 가봉 기네 말리 모리타니 니제르 세네갈 차드 토고		

(30) 우선권주장 047265 1993년04월13일 미국(US)

(73) 특허권자 도쿄 엘렉트론 가부시기가이샤 히가시 데츠로

일본 도쿄도 미나토구 아카사카 5-3-6

(72) 발명자 루디헨델

미국, 뉴저지07901, 서미트, 릿지로드26

히맨레빈스테인

(74) 대리인 미국, 뉴저지07974, 버클리하이트, 로빈슨애비뉴132

이병호

심사관 : 이한욱

(54) 기판내의서브마이크론비아충전방법

명세서

[발명의 명칭]

기판내의 서브마이크론 비아 충전 방법

[발명의 배경]

집적 회로의 능동 스위칭 소자(active switching elements)는 물리적 증기증착(physical vapor deposition), 화학적 증기 증착(chemical vapor deposition) 및 증발(enaporation)과 같은 다양한 방법에 의해 증착된 금속 라인(metal lines)에 의해 서로 연결된다. 통상, 다수의 레벨의 금속 라인이 집적회로에 사용되어 교차된다. 특정 장소에서는, 상이한 레벨의 라인간에 전기적 접촉이 행해진다. 이러한 장소를 비아(via)라 칭한다.

서브마이크론 결합 구조의 집적 회로의 구동은 극단적인 종횡비(aspectratio) 및 크기의 비아에서 이루어진다. 이들 비아를 규정하기 위해 사용된 공정은 비아 측벽(via sidewalls)의 제어를 신뢰할 수 없다. 언더컷(undercut) 또는 경사진 리-엔트런트 프로파일(sloped re-entrant profiles)이 종종 관측된다. 이러한 프로파일을 나타내는 웨이퍼는 이들 비아를 통한 상호접속이 불가능하고 따라서, 웨이퍼 라인 수율(wafer line yield)에 영향을 미친다.

높은 종횡비 비아를 위해 가장 통상적으로 사용되는 상호접속의 금속은 상기 비아의 측벽상에 텅스텐 헥사 불화물(tungsten hexafluoride)의 분해(decomposition)에 의해 증착된 텅스텐 플러그(plug)이다. 이러한 플러그는 제조 용도에 사용하기에 충분히 신뢰할 수 없는 선택적 증착이나 또는 연속적이 에칭에 의한 막의 전체적인 증착에 의해 형성된다. 모든 텅스텐 증착은 통상적으로 플라즈마 증기 증착 티타늄 질화물의 층(layer of plasma vapor deposited titanium nitride)인 부착층의 사전 증착을 필요로 한다. 티타늄 질화물 증착은 특히 높은 종횡비를 가진 결합구조의 리-엔트런트 프로파일(profile)을 초래할 수도 있다. 그래서 결과로서 발생한 화학적 증기 증착은 잘 알려진 키홀(keyhole)을 나타내며, 이 키홀은 집적 회로 신뢰성 문제점을 초래하고 텅스텐 화학적 증기 증착의 사용을 0.5 마이크로 이상의 임계 결합 구조로 제한한다.

상기 공정의 어려움 외에도, 텅스텐 화학적 증기 증착 공정은 복잡하고 값비싸다. 텅스텐의 높은 저항성으로 인해, 재료 접촉 저항 및 비아의 저항이 높아져서 집적 회로의 성능을 제한할 수 있다.

집적 회로 금속 라인 사이와, 제 1의 금속층과 반도체 표면 사이의 상호 접속 비아를 충전시키

는 재료로서 알루미늄의 사용이 제안되어, 대략 450 °C의 온도에서 비아 내로 재료를 이동시키는 표면 확산이 이용되어 왔다. 이러한 것이 예를 들어, 암스트롱(Armstrong)씨에게 허여된 미국 특허 제 4,994,162 호에 기재되어 있다. 상기 특허는 확산을 위해 후속의 증착된 재료에 연속의 고품질 확산 경로를 제공하는 저온 시드 층(low temperatures seed layer)을 이용한다. 상기 저온 시드층에 유효한 표면 확산을 허용하기 위한 고온 저 증착 비율 단계가 증착 완료를 위한 고온 고 증착 비율 단계에 뒤이어 사용된다.

상기 공정은 비아의 측벽을 따르는 연속적인 확산 경로를 필요로 하고 동시계 특정 공정 조건을 달성하여야 한다. 이들 조건은 때때로 제어하기가 어려워 달성되기 어렵다.

1992 년 VMIC Conference Proceeding 에서 Sugano 씨 등에 의해 명칭이 "Quarter Micron Whole With SiN Sidewalls By Aluminum High Temperature Sputtering"인 비아 충전(via filling)용 매카니즘으로서의 벌크 확산(bulk diffusion)이 제안되었다. Sugano 공정에서, 비아를 충전하는 구동력은 티타늄 표면층과 증착된 알루미늄간의 인터페이스이다.

상기 공정은 비아의 측벽상에 연속하고 고품질의 티타늄 표면층의 존재를 필요로 한다.

Tracy 씨에게 허여된 미국특허 제 4,970,176 호에는 제 1 의 온도에서 비교적 두꺼운 알루미늄층의 증착과 상기 제 1 의 온도 보다 더 높은 온도에서 얇은 알루미늄층의 후속의 증착이 기재되어 있다. 상기 특허의 명세서에는 온도 증가가 입자 성장 및 재결정화를 통해 알루미늄을 다시 흐르게 한다고 기재되어 있다. 상기 명세서로부터 알 수 있듯이, 비아의 충전은 비아의 밑바닥에서 시작되어 최상부까지 실행된다.

Tracy씨의 출원서가 출원된 시점에서 비아는 통상 1 마이크로미터 이상의 크기이다.

Inoue 씨에게 허여된 미국특허 제 5,071,791 호에는 알루미늄으로부터 응결될 수 있는 실리콘 형성을 피하기 위해, 알루미늄을 증착하는 동안의 기판 웨이퍼 가열과 후속의 신속한 동결이 기재되어 있다. 근본적으로, 이것은 벌크 확산 공정이다. 또한, Kamoshida 씨에게 허여된 미국 특허 제 4,816,126 호에는 알루미늄 막의 비아 증착이 기재되어 있다. 그리고 Wang 씨에게 허여된 미국특허 제 5,108,570 호에는 2000 옴스트롬의 초기층과 약 30 내지 45 초 동안 고온에서 후속의 층을 코팅하는 스퍼터(sputter)가 기재되어 있다. 그 배경은 비아가 1.5 마이크로미터 만큼 작을 수 있음을 나타낸다. 이들 특허 중 어느 것에도 1 이상의 중형비를 가진 서브마이크론 비아를 충전시키는데 유효할 방법을 기재하고 있지 않다. 또한, 이들 방법은 일반적으로 비교적 복잡한 반응 조건의 임계 제어를 필요로 한다.

[발명의 개요]

본 발명은 서브마이크론 비아가 알루미늄의 스퍼터 증착에 의해 유효하고 신뢰가능하게 충전될 수 있는 실현을 전제로 한다.

특히, 본 발명은 압출 성형(extrusion)에 의한 비아 충전을 이용한다. 상기 방법에 따라, 알루미늄은 제 1 온도에서 비아 위에 증착된 스퍼터이다. 그 후에 상기 알루미늄은 열 에너지의 부가에 의해 압축된다. 상기 막이 충분히 가열되었고, 유효하게 두꺼운 초기 알루미늄 증착을 가정한다면, 상기 막은 소성으로 변형되어 비아로 강제로 나갈 것이다.

소성 변형(plastic deformation)의 온도는 증착된 합금 및 상기 합금의 열팽창의 공통-계수에 대한 특징일 뿐만 아니라 상기 기판 및 기판의 열 팽창의 공통-계수에 대한 특징이다.

상기 비아 위에 유효 두께의 금속층을 증착시키고, 상기 금속이 강제로 돌출 되어 비아를 충전할 만큼 충분히 높은 온도로 상승시킴으로써, 매우 신뢰할 수 있고 완전한 비아 충전이 이루어진다.

본 발명은 이하 상세한 설명 및 도면을 고려하여 이해될 것이다.

[도면의 간단한 설명]

제1도 내지 제14도는 비아내로 증착된 알루미늄 스퍼터를 가진 반도체의 단면의 주사 전자 현미경 사진(scanning electronic microscope photographs).

제15도는 다수의 비아를 가진 집적회로의 전반적인 개략도.

제16도는 라인 16-16 을 따라 취해진 제15도의 단면도.

[상세한 설명]

본 발명은 비아, 특히, 서브마이크론 직경을 가진 비아를 충전(充填)시키는 방법에 관한 것이며, 여기서 비아의 중형비, 즉, 높이 대 직경 비율은 약 1 에서 약 4 까지이다. 본 발명의 실행에 있어서, 알루미늄은 약 0.1 내지 0.7 마이크로미터, 되도록이면, 0.25 내지 0.5 마이크로미터의 직경을 가진 비아 내로 증착될 것이다. 상기 방법에 따라, 하나 또는 그 이상의 비아를 포함하는 기판은 초기에 알루미늄 또는 알루미늄 합금층으로 코팅된다.

상기 알루미늄층을 웨이퍼 온도를 증가시켜 압축한다.

기판과 알루미늄간의 열 팽창 공통-계수의 차이로 상기 알루미늄이 압축된다. 상기 압축력으로 인해, 알루미늄이 흐르게 되어 비아를 충전한다.

통상, 본 발명에 사용된 기판은 실리콘층, 붕소 및 인(boron and phosphorus doped silica)이 도핑된 실리카, 열적 산화물 및 TEOS 산화물을 포함할 것이다. 이들 재료의 열 팽창의 계수가 표 1 에 도시되어 있다.

[표 1]

실리콘	3.24[ppm/°C]
붕소 및 인이 도핑된 실리카	0.5-0.6[ppm/°C]
석영	0.55[ppm/°C]
Si_3Ni_4	1.5-1.6[ppm/°C]

대부분의 유리의 열 팽창 공통-계수는 대략 석영의 열 팽창 공통-계수와 동일해야 한다.

알루미늄 또는 알루미늄 합금은 기판 상에 증착된 스퍼터이다. 알루미늄 외에도, $\text{AlSi}(1\%)$, $\text{AlSi}_2(1\%)\text{-Cu}(0.5\%)$, $\text{Al-Cu}(1\%)$ 및, $\text{Al-Ti}(0.15\%)$ 와 같은 알루미늄 합금이 사용될 수 있다. 고 농축 알루미늄으로 인해, 모든 이들 합금은 약 24[ppm/°C]의 열 팽창 계수를 가질 것이다.

저온에서 비교적 두꺼운 알루미늄 또는 알루미늄 합금의 층을 증착시키는 것은 본 발명을 실행하는데 결정적이다.

제 15 및 제 16 도에 도시된 바와 같이, 3 개의 비아(12, 13, 14)를 가진 기판(11)은 H 의 두께 또는 높이를 가진 알루미늄 (15)으로 코팅된다. 비아의 체적 12(a), 13(a), 14(a)는 빗금쳐져 있다. 각각의 비아는 그 다음에 인접한 비아측정 중심 대 중심(next adjacent via measure focus to focus)의 대략 $1/2$ 거리와 동일한 알루미늄의 유효 반경을 갖는다. 이것이 제 15 도에 R1, R2 및 R3 로서 도시되었다. 따라서, 비아의 체적을 충전하는데 필요한 알루미늄을 돌출시키기 위해 요구되는 필요한 압축 압력을 발생시키는데 유효한 $2\pi RH$ 와 동일한 반경 및 두께 H 에 의해 규정된 알루미늄의 실린더가 존재한다.

웨이퍼상에 알루미늄을 증착한 후, 온도가 증가될 것이다.

비아를 충전시키기 위해, 기판과 알루미늄층간의 상이한 열 팽창이 적어도 비아의 체적과 동일하도록 실린더는 시간을 맞추어야 한다. 증착된 알루미늄의 가열 시에, 온도의 증가에 의해 야기된 유효 알루미늄의 체적의 증가는 비아의 공간 체적과 동일해야 한다. 0.8 입방 마이크론의 체적을 가진 비아를 완전히 충전시키기 위해서는, 막의 두께가 1 마이크론이고 온도 변화가 100°C인 경우에는, 7 마이크론의 유효 반경이 있어야 한다. 이것은 기판이 실리콘이고 금속이 알루미늄이라고 전제되어야 한다. 충전되어질 비아가 단지 0.2 입방 마이크론의 체적을 갖는다면, 1 마이크론의 막 두께에 대해 3 마이크론의 유효 반경이 요구된다. 온도가 200°C로 상승하면, 각각의 반경은 각기 3,7 마이크론 및 1.5 마이크론이다.

유효 반경은 돌출에 의한 비아 충전에 유효한 재료를 제한하고 따라서, 비아의 밀도를 제한하여, 상기 공정이 지지될 것이다. 만약 그렇지 않다면, 대부분의 모든 실제 집적 회로에 도시된 값이 적용된다. 더 높은 밀도가 요구된다면, 증착된 알루미늄의 막 두께가 증가될 수 있다. 이것은 돌출에 의해 비아를 충전하는데 유효한 재료의 양을 증가시키고 이에 비례하여 반경을 감소시킨다. 큰 체적을 가진 고 밀도의 비아 홀의 어레이는 압출 성형 공정 후에 정상 두께로 역 에칭될 수 있는 두꺼운 층의 증착에 의해 충전될 수 있다.

이들 제한을 염두에 두고, 실제 증착 공정에 대해 이하에 보다 상세히 설명한다.

되도록이면, 본 발명은 에칭 챔버 및 2 개 또는 그 이상의 스퍼터링 챔버를 포함하는 멀티챔버 스퍼터링 유닛으로 행해질 것이다. 그러한 하나의 머신이 Materials Research Corporation 에 의해 판매되는 Eclipse 브랜드 스퍼터링 시스템 (또한, U.S. 특허 제 4,994,162 호라 언급됨)이다. 다른 상업적으로 입수가 가능한 시스템도 똑같이 적합하다.

제 1 의 챔버에서, 기판은 초기에 에칭되어 표면 불순물을 제거한다. 기판의 가열은 또한 외부 가스의 제거를 지원한다. 이것은 선택이지만 행하는 것이 양호하다. 그 후에 상기 기판은 제 2 의 챔버로 이동된다.

상기 제 2 의 챔버에서는, 원한다면 장벽층(barrier layer)이 인가될 수 있다. ZrN 및 RuO_2 장벽도 사용될 수 있지만 양호한 장벽은 TiN 이다. 그러나, 장벽층은 모든 응용에 필요치 않을 수도 있다. 일반적으로 상기 장벽층의 두께는 약 1000 내지 약 2000 옹스트롬일 것이다. 원래의 비아 측벽이 웨이퍼 표면에 수직이라면, 이것은 비아에 약간 내부로(네거티브) 경사진 리-엔트런트 프로필을 설정한다. 상기 경사지거나 또는 언더컷된 리-엔트런트 프로필은 압축 상태에서 비아내로의 알루미늄의 이동을 촉진시킨다. 본래, 상기 비아는 초기 알루미늄층이 비아를 충전하지 않고도 개구부(opening)를 덮기 때문에 상기 개구부를 감소시킨다. 비아가 클수록 장벽층 및 초기 알루미늄층이 두꺼워야 한다. 그러나, 개구부는 0.1 마이크론 이하의 반경을 가져서는 안된다. 또한, 0 내지 20. , 되도록이면, 5 내지 10. 의 내부 리-엔트런트 프로필을 구비하는 것이 좋다. 상기 장벽층은 이를 형성하는데 도움을 준다.

제 3 의 챔버에서는, 기판은 대략 실온으로 냉각된다. 그 후 상기 기판은 알루미늄이 증착되는 최종 챔버로 이동된다.

상기 설비를 사용하여, 약 20 내지 50℃ 의 온도에서 약 3 내지 15KW 의 스퍼터 전력으로 초기에 2000 내지 5000 옹스트롬의 두꺼운 알루미늄층을 증착하는 것이 좋다. 원한다면 바이어스 전압이 인가될 수도 있으나, 필수적이지 않다. 일단 상기 제 1 의 두꺼운 알루미늄층이 증착되면, 그 후에 상기 기판 및 알루미늄은 알루미늄이 기판에 비해 팽창될 수 있는 온도로 가열된다. 비교적 평탄한 표면을 제공하기 위해, 가열 단계동안 알루미늄의 증착을 계속하는 것이 바람직할 수도 있다. 상기 가열은 웨이퍼 근처의 가열된 표면간에 가스를 인입시킴으로써 이루어질 수 있다. 상기 가스는 열을 뒷면(backplane)으로부터 웨이퍼로 전달시켜 웨이퍼 온도를 증가시킨다. 게다가, 상기 웨이퍼는 부가의 증착 알루미늄의 응축 열에 의해 가열된다.

상기 온도 증가에 의해 야기된 압력이 해제되기에 충분한 시간을 제공하는 것도 또한 중요하다. 일반적으로, 1 내지 10 분 동안 상승된 온도를 유지하면, 압력이 적절하게 해제되어 비아를 충전시킨다.

제 1 도 내지 제 12 도는 성공했거나 실패한 시도를 증명하기 위해 다양한 파라미터하에 충전된 다양한 비아를 도시한다. 제 1 도는 명백한 공간을 가진 밀접하게 이격된 패턴을 도시한다. 실패한 평탄화(unsuccesful planarization)의 상기 제 1 도는 (1)비아 충전이 측벽을 따라 연속적인 막을 통해 밀바닥으로부터 행해지는 것이 아니라 기존의 공간의 최상부로부터 충전이 일어난다는 것과, (2)매우 고 패턴 밀도가 비아를 완전히 충전시키는데 충분한 압력을 발생하지 못하게 한다는 2 가지 사실을 증명한다. 그러나, 제 2 도 및 제 3 도는 보다 멀리 이격된 비아의 성공한 평탄화를 도시한다.

제 2 도에 도시된 바와 같이, 기판의 비아는 아르곤 가스(50 SCCM; 가스압력 4.7millitores)로 120 초 동안 500℃에서 웨이퍼 표면을 초기에 에칭함으로써 충전된다. 표면 클리닝 외에도, 상기 단계는 막에 존재할 수도 있는 물(water)을 흡수하려고 한다. 제 2 챔버에서는 웨이퍼는 TiN 장벽 코팅으로 코팅된다. 300℃의 뒷면 온도에 대하여, 350 옹스트롬 막이 50 SCCM 아르곤 가스 흐름 및 2.2 SCCM 질소 가스 흐름이 인가된다(3KV 의 인가 전압). 5 초간 지속하는 제 2 의 단계에서는, 뒷면 가스가 유지되고 27 SCCM의 질소가 인입되는 동안 20 SCCM 의 아르곤이 유입된다. 최종으로, 제 3 의 단계에서는 33 초 동안 6KV 의 DC 전력으로 800 옹스트롬 TiN 이 인가된다(아르곤은 20 SCCM 으로 인입된다).

제 3 의 챔버에서는, 상기 웨이퍼는 뒷면이 120 초에 걸쳐 냉각되어 뒷면 가스가 실온에 이른다. 상기 웨이퍼는 냉동된 가스를 사용하여 상기 챔버에서 활발히 냉각될 수 있다. 120 초 동안 웨이퍼를 0. 내지 -40℃ 로 신속히 냉각시키므로 최종 제품이 개선될 수 있다. 최종으로, 제 4 의 챔버에서는, 2500 옹스트롬의 초기 알루미늄 층은 스퍼터 가스로서 공급된 100 SCCM의 아르곤 흐름에 12 초동안 11.0KV 의 DC 전력으로 인가된다. 뒷면 가스는 인입되지 않는다. 그러므로, 웨이퍼 온도는 대략 50℃ 에서 머문다. 1.7KV 의 DC 전력으로 그 다음의 88 초동안, 뒷면 가스가 550℃ 의 온도로 인가된다. 이시간 동안, 3000 옹스트롬의 알루미늄 막이 증착된다. 그 결과가 제 2 도에 도시되었다.

제 3 도에 도시된 결과는 유사한 공정으로 획득된다. 초기에 상기 기판은 에칭되고 500℃ 온도로 구워진다. 그 후에 상기 웨이퍼는 상기 제 3 의 챔버에서의 냉각 단계에 의하여 대략 1500 옹스트롬의 티타늄 질화물 층으로 코팅된다. 최종의 챔버에서는, 5000 옹스트롬의 알루미늄 막이 11.0KV 의 DC 전력으로 실온(50℃ 이하)에서 기판에 인가된다(14 초 동안). 그 다음의 43 초 동안, 3000 옹스트롬의 알루미늄이 550℃ 로 인가된 뒷면 가스에 인가된다. 그다음 단계에서는, DC 전력이 3.7KV 로 바뀌고 36 초 동안(100 SCCM 의 아르곤가스), 뒷면 가스가 550℃ 온도로 인가된다. 상기 기간동안, 3500 옹스트롬의 알루미늄이 증착된다.

제 4 도는 본 발명의 방법에 의해 충전된 네거티브 경사(내부로) 리-엔트런트 각도를 도시한 실리콘 다이오드의 패턴을 도시한다. 이러한 구조는 임의의 종래 기술의 방법으로 전적으로 충전하기는 불가능하다.

제 5 도는 리-엔트런트 비아 각도로 지형을 평탄화 하기 위한 제 1 의 실패한 시도를 도시한다. 상기 패턴은 고밀도이고 도달된 최종 온도는 500℃이다. 초기 냉각 단계의 온도는 대략 100℃ 여서, 400℃ 의 전체적인 온도 상승을 나타낸다. 극단적으로 밀접하게 이격된 패턴의 엄격함은, 비아를 효과적으로 충전하는데 충분한 압력을 발생하지 못하게 하여 비아가 $1/2$ 정도 충전된다. 한편, 제 6 도는 550℃ 의 최종온도(450℃ 온도 상승)로 유사하게 밀집한 패턴을 도시한다. 최상부로부터의 비아의 충전이 명백히 진행되어 이제는 대략 2/3 정도 충전되었음을 나타낸다. 최종적으로, 온도가 600℃ 까지 상승하고, 따라서, 500℃ 의 온도차는 제 7 도 및 제 8 도에 도시된 고밀도 구조에서조차도 완전한 비아 충전을 도시한다. 제 7 도에 도시된 비아가 측벽을 따라 연속한 막의 증착을 방지 하는 16. 이상의 리-엔트런트 각도(기판의 평면에 수직한 라인으로부터 측정됨)를 갖는다는 것에 주목하라. 이러한 측별을 따르는 확산은 막 불연속성을 붕괴시켜 종래 기술의 사용을 불가능하게 한다. 이 기술은 임의의 리-엔트런트 프로필을 가진 비아에 적용된다. 그러나, 일반적으로 5° 내지 10° 의 리-엔트런트 프로필을 갖는것이 좋다.

제 9 도 내지 제 11 도 및 제 12 도 내지 제 14 도는 본 발명의 또다른 요소를 증명한다. 제 9 도 내지 제 11 도는 제 5 도 내지 제 7 도에 도시된 것 보다 덜 밀접하게 이격된 작은 비아(0.6 마이크론)의 비아 충전을 도시하고 따라서, 더 낮은 온도(540℃)에서 평탄화 되어질 수 있다. 압력 해제를 위한 시간의 증가가 이들 상황에 요구될 수도 있다. 제 9 도에 도시된 비아의 충전에 있어서, 50 초의 핫(hot) 스퍼터링 시간이 사용되고 공간은 비아의 맨 밀바닥상에 남아 있다. 그러나, 제 10 도에 도시된 비아는 1 분 동안 스퍼터되고 완전히 충전된다. 마찬가지로, 제 11 도에 도시된 바와같이, 2 분 동안의 스퍼터링이 비아를 완전히 충전한다.

최종적으로, 제 12 도 내지 제 14 도는 동일한 웨이퍼 상의 보다 큰 비아(0.8 마이크론)를 도시한다. 제 9 도 및 제 12 도에 도시된 비아는 동일한 조건하에서 처리되며, 제 10 및 제 13 도와 제 11 및 제 14 도에 도시된 비아도 마찬가지이다. 더 큰 비아에 있어서, 50 초 및 1 분의 압력 해제 시간은 완전한 공간 프리비아를 충전시키기에는 불충분하다. 2 분의 압력 해제 시간은 상기 비아를 완전히 충전시킨다. 통상적으로 집적 회로의 패턴 밀도는 실제로 이들 테스트 패턴에 도시된 패턴 밀도 보다 작은 밀도이

다. 그러므로, 보다 낮은 온도 및 보다 짧은 가열 사이클로 적당한 압력을 설정할 수 있다.

따라서, 이들 예에 의해 증명된 바와 같이, 본 발명은 다수의 파라미터의 극단적인 제어 없이도 스퍼터 증착된 알루미늄으로 비아를 충전하는 방법을 제공한다. 상기는 0.1 내지 0.8 마이크론의 직경 및 1.0 내지 4.0 의 중형비를 갖고 0. 에서 20. 까지의 리-엔트런트 프로필을 가진 비아에 폭넓게 적용 가능하다. 따라서, 본 발명은 쓸모가 많고, 신뢰 가능하며 값싸다. 물론, 이것은 본 발명 외에도 본 발명을 실행하는 발명자에게 현재 가장 잘 공지된 모드의 설명이었다. 그러나, 본 발명 그 자체는 청구하고자 하는 첨부된 청구범위에 의해서만 규정되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

기판 내에 서브마이크론 비아를 충전하는 방법에 있어서, 상기 기판 위에 열팽창 계수를 갖는 금속 도체의 층을 제 1 의 온도에서 증착시키는 단계로서, 상기 도체층은 상기 비아를 덮고 상기 비아 내에 빈 공간을 남기며, 상기 기판은 상기 금속 도체보다 더 낮은 열 팽창 계수를 갖는, 상기 증착단계와, 상기 기판 및 상기 증착된 도체를 제 2 의 온도로 가열하는 단계를 포함하며, 상기 증착된 금속 도체의 층은 유효하게 두꺼워서, 상기 제 1 의 온도로부터 상기 제 2 의 온도로의 온도 증가에 의해 발생된 열적 압력과 상기 도체와 상기 기판의 상대적 열팽창 계수가 상기 도체를 팽창시켜 상기 서브마이크론 비아 내의 빈 공간을 균일하게 충전할 수 있도록 하며, 상기 금속 도체의 층은 적어도 2,000Å인, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 비아는 0.8 내지 0.1 마이크론의 직경을 갖는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 비아는 1 내지 4 의 중형비를 갖는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 비아는 상기 기판의 평면에 수직인 라인으로부터 측정된 0. 내지 20. 의 리-엔트런트 프로필(re-entrant profile)을 갖는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 비아는 5. 내지 10. 의 리-엔트런트 프로필을 갖는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 금속 도체는 알루미늄, Al-Si, Al-Cu, Al-Si-Cu 및, Al-Ti 로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 기판은 실리콘, 붕소 및 인이 도핑된 실리카, 석영, TEOS, 스핀-온글래스(spin-on glass), 및 Si_3N_4 로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 장벽층을 스퍼터법으로 증착함으로써 상기 금속 도체를 증착시키기에 앞서 상기 비아 내에 리-엔트런트 프로필을 설정하는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 장벽층은 TiN, ZrN 및, RuO로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 도체가 가열됨에 따라 상기 증착된 금속 상에 부가 금속이 스퍼터되는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 제 2 의 온도는 1 내지 10 분 동안 유지되어 상기 도체에 대한 압력 해제를 제공하는, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 제 2 의 온도는 상기 제 1 의 온도보다 300도 더 높은, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 금속 도체의 층은 2000 내지 5000 옴스트롬인, 기판 내의 서브마이크론 비아 충전 방법.

요약

서브 마이크론 비아(12 내지 14)는 실리콘 또는 실리콘 산화물과 같은 기판(11)상에 알루미늄(15)과 같은 도체의 스퍼터 증착에 의해 충전된다. 알루미늄막(15)은 제 1 의 저온에서 증착되고 그 후에 상기 온도는 증가된다. 금속 도체(15)에 대한 기판(11)의 열 팽창의 상이한 계수로 인해 도체가 비아(12 내지 14)내로 팽창된다. 유효한 두께(1+)를 유지하고 제 1 의 온도로부터 제 2 의 온도로의 온도 증가를 제어하므로, 4 까지의 종횡비를 가진 서브마이크론 비아를 유효하게 신뢰가능하게 충전한다. 본 발명은 20. 까지의 리-엔트런스 각도를 가진 비아를 충전하는데 특히 유용하다.

대표도

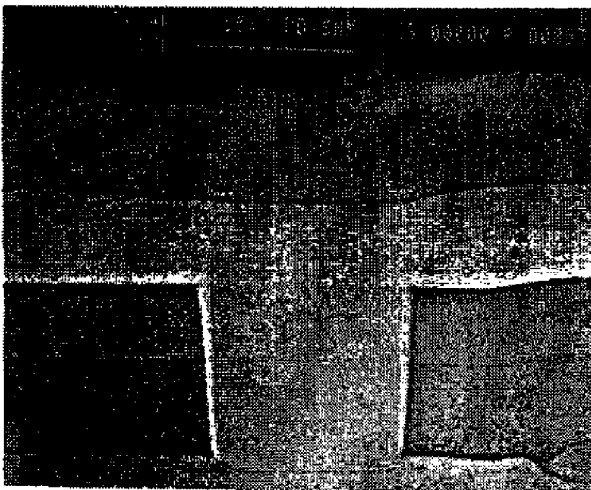
도1

도면

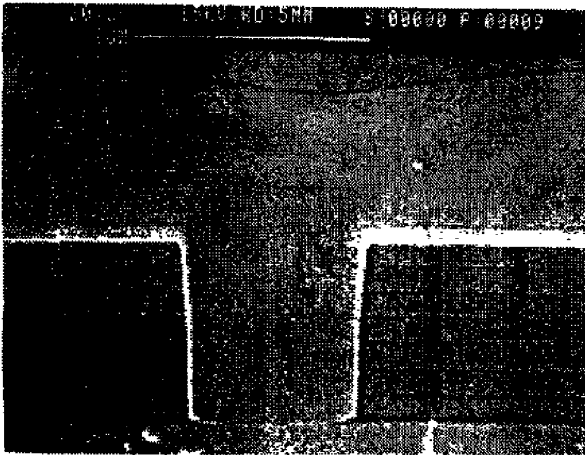
도면1



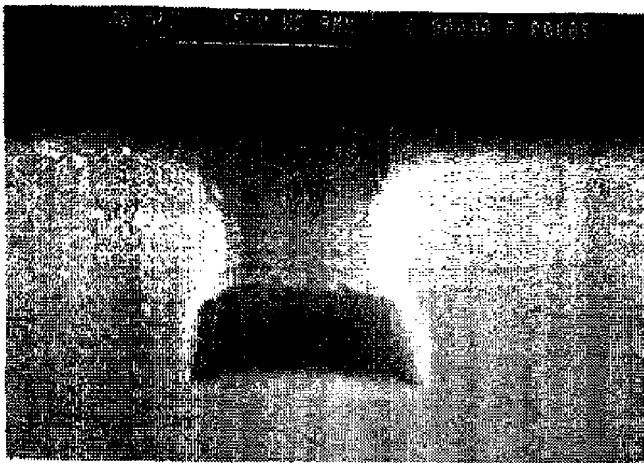
도면2



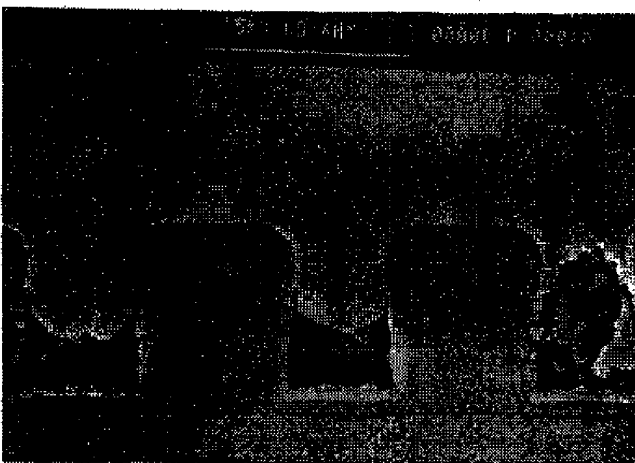
도면3



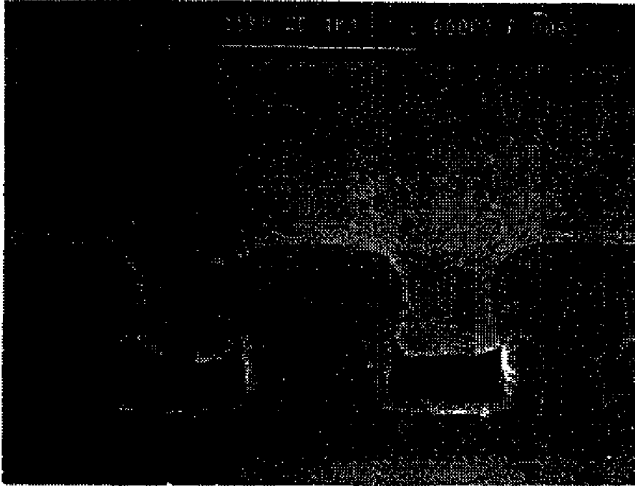
도면4



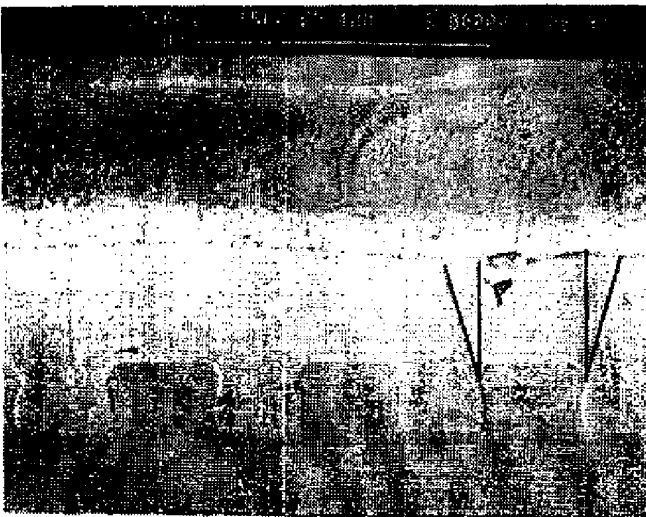
도면5



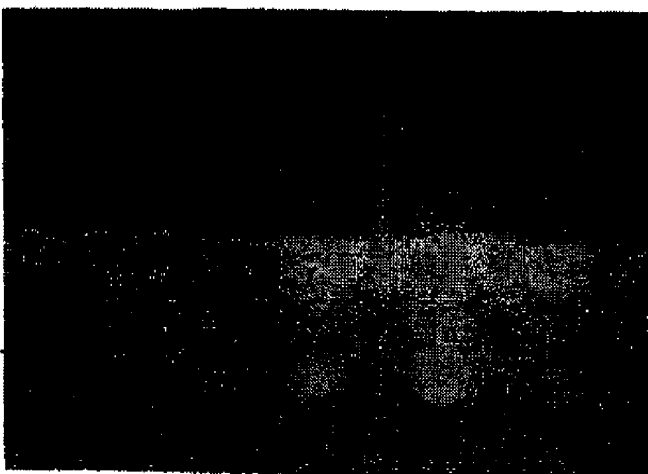
도면6



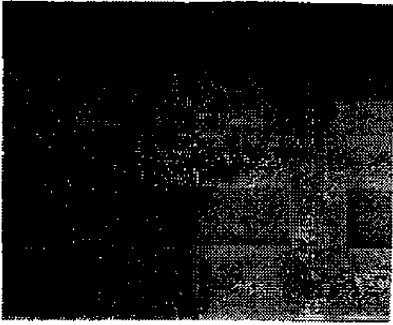
도면7



도면8



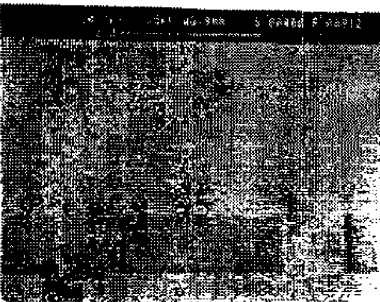
도면9



도면10



도면11



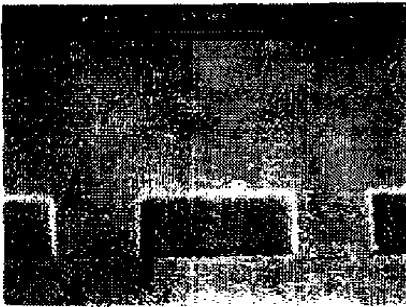
도면12



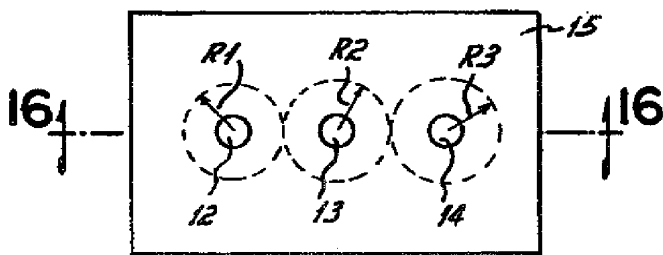
도면 13



도면 14



도면 15



도면 16

