

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁷		(45) 공고일자	2000년08월01일
H01L 21/3205		(11) 등록번호	10-0261017
		(24) 등록일자	2000년04월14일
(21) 출원번호	10-1997-0039346	(65) 공개번호	특1999-0016693
(22) 출원일자	1997년08월19일	(43) 공개일자	1999년03월15일

(73) 특허권자	삼성전자주식회사	윤종용
(72) 발명자	경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416	임현석
(74) 대리인	경기도 용인시 기흥읍 농서리 산 7-1번지 월계수 804	임창현

심사관 : 정경덕

(54) 반도체 장치의 금속 배선층을 형성하는 방법

요약

여기에 개시되는 금속 배선층의 형성 방법에서는, 웨이퍼의 표면 상에 도전막을 형성하되, 상기 형성된 도전막의 표면의 반사율이 배어 실리콘 웨이퍼의 적어도 2배가 될 때 상기 도전막의 형성은 일단 중지된다. 이후, 상기 도전막 상에 상기 도전막의 핵형성 자리를 제공하는 도전성이 있는 버퍼막을 형성하고, 그후에, 상기 버퍼막 위에 다시 새로운 도전막이 위와 동일한 방식으로 형성된다. 이와 같은 공정은 원하는 두께의 금속 배선층이 형성될 때까지 반복적으로 수행될 수 있다. 이로써, 매끄럽고 평탄화된 표면의 금속 배선층이 형성된다.

대표도

도3c

명세서

도면의 간단한 설명

제1도는 화학 증착(CVD) 장치의 단면도,

제2a도 내지 제2d도는 CVD 공정의 수행 중에 형성되는 알루미늄 막의 표면 특성을 보여주는 마이크로 사진,

제3a도 내지 제3c도는 본 발명의 실시예에 따라서 서브마이크론 크기의 그리고 높은 종횡비의 컨택 호를 채우는 방법을 공정 순서대로 보여주는 단면도,

제4a도는 배어 실리콘 웨이퍼 상에 900 Å 두께의 TiN 층과 2400 Å 두께의 Al 층이 형성될 때 상기 Al 층의 표면 특성을 보여주는 마이크로 사진; 그리고

제4b도는 제4a도와 비교되는 사진으로서, 본 발명에 따라서 배어 실리콘 웨이퍼 상에 각각이 50 Å 두께를 갖는 3 개의 TiN 층들과 각각이 800 Å 두께를 갖는 3 개의 Al 층들이 반복적으로 형성될 때 상기 각 Al 층의 표면 특성을 보여주는 마이크로 사진이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

10 : CVD 반응기	12 : 증착 챔버 하우징
14 : 개스 조합용 샤워헤드	16 : 지지대
17 : 웨이퍼	18 : 진공구
20 : 절연막	22 : 확산 방지막
24 : 도전막	26 : 완충막

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 반도체 장치의 금속 배선 기술(metallization)에 관한 것으로, 더 구체적으로는 초고집적 반도체 장치(ULSI semiconductor device)의 제조에 적용될 수 있는 금속 배선층(metal wiring layers) 형성 방법에 관한 것이다.

반도체 장치들의 제조에 있어서, 반도체 장치들의 상호연결(interconnection)을 위한 상호연결 배선(interconnection metallizations)은 전형적으로 단일의 합금이나 다층 배선(multi-layer metallization)에 의해 형성되고 있다. 특히, 알루미늄이나 알루미늄 합금선(aluminum or aluminum alloy lines)이 실리콘 산화물(silicon oxide)과 같은 층(layer)에 형성되어 있는 트렌치(trenches) 또는 그루브(grooves)와 같은 비어(vias) 및 개구(openings)에 증착되고 있다. 이는 알루미늄이 다른 금속 재료에 비해 높은 전기 전도성(electrical conductivity), 실리콘과의 낮은 접촉 저항(contact resistance) 등과 같은 전기적으로 우수한 특성을 가지고 있기 때문이다.

현재까지, 집적회로의 제작에 있어서, 금속선은 주로 스퍼터링(sputtering)과 같은 물리적 증착(physical vapor deposition; PVD)에 의해 형성되어 있다. 그러나, 디바이스들이 점차 작아짐에 따라, 개구 또한 작아지게 되어서 충전(充填)되어야 하는 개구는 높은 종횡비(high aspect ratios)(즉, 개구의 깊이가 그것의 폭에 비해 상대적으로 더 큼)를 갖게 된다. 따라서, 플라스마(plasma) 또는 부가적인 이온 총(ion gun)을 사용하여 직접적으로 수행되는 스퍼터링과 같은 직시형(直視型) 증착법을 사용해서 박막을 증착하는 경우, 기판 모양에 따른 음영 효과(shadow effect)로 인해 높은 종횡비의 서브마이크로 크기(submicron size)의 컨택 호울에서 막의 두께 불균형이 발생한다. 결국, 초고집적(ULSI) 기술에 있어서 박막 형성을 위해 PVD를 사용하는 것은 곤란하다.

한편, 화학 증착(chemical vapor deposition; CVD)에 의하면, 기판 표면의 요철에 관계없이 박막의 핵 생성 및 성장이 가능할 뿐만 아니라 ULSI 디바이스의 제조시 PVD에 비해 우수한 계단 도포성(step coverage)이 얻어진다는 것이 잘 알려져 있다. 따라서, 전술한 PVD의 단점을 극복하기 위해 이 CVD에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히, 금속 배선(metal lines)으로 사용되고 있는 알루미늄 막을 CVD에 의해 형성하는 방법이 많이 연구되고 있다.

그러나, CVD에 의해 형성되는 알루미늄 박막은 섬형 증착 특성(deposition characteristics of island-shape)을 보임으로써 증착된 박막이 비교적 거친 표면을 가지는 결함이 있다. 이로 인해, 높은 종횡비의 컨택 호울이나 비어를 균일하게 충전하는 것과 긴 CVD 금속 라인의 형성이 곤란하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 초고집적 반도체 장치의 제조에 적합한 배선 방법(metallization method)을 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 CVD 금속 배선층의 표면 특성(surface morphology)을 개선해서 상기 배선층이 매끄럽고 평탄화된 표면(smooth and planarized surface)을 갖도록 하는 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 서브마이크론 크기(submicron size)의 그리고 높은 종횡비(high aspect ratio)의 비어(vias) 및 개구(opening)를 보이드(voids)의 형성없이 금속으로 채울 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 CVD에 의해서 긴 금속 라인(long metal lines)을 형성할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 CVD 금속층의 계단 도포성(step coverage)을 개선 하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 일 특징에 따르면, 웨이퍼의 표면에 형성되, 상기 형성된 도전막(conductive film)의 표면의 반사율(reflection index:RI)이 배어 웨이퍼 표면의 반사율의 적어도 2배가(바람직하게는 최대값) 될 때 상기 도전막의 형성은 일단 중지된다. 이후, 상기 도전막 상에 상기 도전막의 핵형성 자리를 제공하는 도전성이 있는 버퍼막을 형성하고, 그후에, 상기 버퍼막 위에 다시 새로운 도전막이 위와 동일한 방식으로 형성된다. 이와 같은 공정은 원하는 두께의 금속 배선층이 형성될 때까지 반복적으로 수행될 수 있다. 이로써, 매끄럽고 평탄화된 표면의 금속 배선층이 형성된다. 특히, 본 발명이 CVD 기술에 적용되는 경우에는 다음과 같은 장점들이 얻어진다. 먼저, 형성된 금속층의 계단 도포성이 더욱 개선됨에 따라서 서브마이크론 크기의 그리고 높은 종횡비의 비어 및 개구를 채울 때 상기 비어 또는 개구에 보이드가 형성되지 않는다. 나아가, 매끄럽고 평탄화된 표면의 금속 배선층이 형성되므로 긴 CVD 금속 라인의 형성이 가능하게 된다.

상기 각 도전막이 알루미늄으로 형성되는 경우, 상기 알루미늄막은 500~1000 Å의 두께로 형성되는 것이 바람직하다. 인접한 두 알루미늄(Al) 막 사이에는 Al 결정이 성장할 수 있는 완충막(buffer film)이 형성되며, 상기 완충막의 두께는 100 Å 이하이다. 상기 완충막은 금속, 합금(alloy), 금속과 반도체의 합금 중 어느 하나로 형성될 수 있다.

본 발명의 다른 특징에 따르면, 개스 조합(調合)용 새워헤드(gas-dispensing showerhead)와 반응 챔버(reaction chamber)를 구비하는 화학 증착 장치(CVD apparatus)를 사용하여 반도체 장치의 금속 배선층을 형성하는 방법은: 상기 반응 챔버 내에 웨이퍼를 장착하는 제 1 단계와; 증착금속원(deposition metal precursor)과 반응 개스(reactant gas)를 사용해서 상기 웨이퍼 상에 도전막을 증착하되, 상기 도전막의 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼의 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때 상기 도전막의 증착을 중단하는 제 2 단계와; 상기 도전막을 이루는 금속의 결정이 성장할 수 있는 완충막(buffer film)을 상기 도전막 위에 증착하되, 상기 완충막은 도전성을 가짐과 아울러 상기 도전막보다 얇은 두께를 갖는 제 3

단계 및; 상기 제 2 단계를 반복해서 상기 완충막 상에 다른 하나의 도전막을 형성하는 제 4 단계를 포함한다.

화학 증착(CVD)에 의해 상기 도전막을 형성하는 경우에는 상기 증착금속원로서 트리이소부틸 알루미늄(triisobutyl aluminum), 디메틸알루미늄 하이드라이드(dimethylaluminum hydride), 트리메틸 알루미늄(trimethyl aluminum) 및 디메틸 에틸아민 알란(dimethylethylamine alane)과 같은 유기금속화합물(metalorganic compound)이 사용될 수도 있다. 상기 반응 챔버 내의 압력은 0.1~5 Torr이고, 상기 웨이퍼의 온도는 100~350 °C이다. 상기 반응 개스는 Ar 또는 H₂이고, 상기 반응 개스의 플로우 레이트(flow rate)는 20~500 sccm(standard cubic centimeters per minute)이다. 상기 완충막은 CVD, 물리 증착(physical vapor deposition; PVD), 원자층 증착(atomic layer deposition; ALD or atomic layer epitaxy; ALE) 그리고 다양한 기체(예컨대, WF₆, SiH₄, TiCl₄, B₂H₆ 등) 분위기에서의 열처리 중의 어느 하나에 의해서 형성될 수 있다.

본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 반도체 장치의 화학적 기상증착(CVD) 금속 배선층을 형성하는 방법은: 반도체 웨이퍼 상에 절연막을 형성하는 단계와; 상기 절연막을 식각(etching)해서 개구(opening)를 형성함으로써 상기 개구를 통해 상기 웨이퍼가 노출되도록 하는 단계와; 상기 개구를 포함하여 상기 절연막 상에 확산 방지막(diffusion barrier film)을 형성하는 단계와; 상기 확산 방지막 상에 제 1의 도전막을 형성하되, 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막의 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막의 형성을 중단하는 단계와; 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막 상에 제 2의 도전막을 형성하되, 상기 제 2의 도전막은 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막보다 얇은 두께로 형성되는 단계 및; 상기 제 2의 도전막 상에 제 3의 화학적 기상증착 도전막을 형성하되, 상기 제 3의 화학적 기상증착 도전막의 표면의 반사율(RI)이 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막의 반사율이 될 때 상기 제 3의 화학적 기상증착 도전막의 형성을 중단하는 단계를 포함한다. 원하는 두께의 금속 배선층이 형성될 때까지 상기 제 2 및 제 3의 도전막의 형성은 반복된다.

CVD에 의해 제조되는 금속 배선은 증착 조건과 밀접한 관계를 가진다. 즉, 증착원(deposition precursor)이 금속 유기 화합물인 경우에는, 증착원이 갖고 있는 결합(bonding)의 종류 및 특성에 따라서 상기 증착원의 열분해 온도(thermal decomposition temperature)가 달라지기 때문이다. CVD의 속도는 증착 온도에 따라서 크게 2 가지의 영역으로 분류되는 데, 저온 증착 영역에서의 증착 속도는 웨이퍼의 표면 반응에 의해 결정되는 반면, 고온 증착 영역에서의 증착 속도는 확산되는 기체의 유량에 의해 결정된다. 상기 저온 증착 영역(또는, 표면 반응 제어 영역)에서는 온도가 증가함에 따라서 증착 속도가 증가하는 반면에 상기 고온 증착 영역(또는, 유량 전달 제어 영역)에서는 온도와 무관하게 거의 일정한 증착 속도를 갖는다. CVD에서는, 상기 표면 반응 제어 영역에서 우수한 계단 도포성을 갖기 때문에, PVD의 약점(즉, 낮은 계단 도포성)을 보완하기 위한 CVD는 주로 표면 반응 제어 영역에서 수행된다. 예를 들면, 디메틸에틸아민 알란(dimethylethylamine alane)의 열분해 온도는 약 80 °C 이하 이고 표면 반응 제어 영역은 약 200 °C 이하 이다.

도 1에는 개스 조합용 샤워헤드와 반응 챔버를 구비하는 CVD 장치가 개략적으로 도시되어 있다.

잘 알려져 있는 바와 같이, CVD 반응기(reactor) (10)의 증착 챔버 하우징(12) 내의 지지대(susceptor) (16) 상에 웨이퍼 (17)이 놓여진다. 챔버 하우징(12) 안으로는 다양한 반응 개스들이 개스 공급부(도시되지 않음)로부터 샤워헤드(14)를 통해 주입된다. 반응성 개스들은 웨이퍼 주위에서 혼합되어서 웨이퍼 (17)의 표면에 화학적으로 반응한다. 그와 같은 화학 반응으로부터 하나 또는 그 이상의 생성물들이 웨이퍼 (17)의 표면 상에 증착(deposit)되어서 막을 형성한다. 반응하지 않은 반응성 개스들은 진공구(vacuum opening) (18)를 통해 반응 공간으로부터 외부로 배출된다.

다음에는 첨부된 도면들에 의거해서 본 발명의 바람직한 실시예들에 대해 상세히 설명한다.

도 2a 내지 2d는 디메틸에틸아민 알란을 증착원으로 사용하는 CVD 공정의 수행 중에 형성되는 알루미늄 막의 표면 특성을 보여주는 마이크로 사진(photomicrographs)이다. 이때, 디메틸에틸아민 알란의 온도는 상온 내지 35 °C로 유지되고, 반응 개스로서는 Ar 또는 H₂가 사용된다. 또, 운반 개스의 플로우 레이트는 20~500 sccm이다.

도 2a를 참조하면, 먼저 웨이퍼의 표면에 알루미늄 결정 핵이 성장한다. 이때, 배어 웨이퍼의 표면의 반사도(100 %)를 기준할 때 형성된 박막의 표면의 반사도(RI)는 93 % 정도가 된다.

이어, 도 2b에 도시된 바와 같이, 박막이 2 차원적으로(평면적으로) 성장한다. 이때, 형성된 박막의 반사도(RI)는 61 % 정도가 된다. 그후, 도 2c에 도시된 바와 같이, 박막이 500~1500 Å(바람직하게는 800 Å 정도)의 두께로 연속적으로 형성되면, 형성된 박막의 반사도(RI)는 214 % 정도(즉, 상기 박막의 표면의 반사율이 배어 실리콘 웨이퍼의 표면의 반사율의 2 배 이상)가 된다.

도 2d를 참조하면, 알루미늄의 증착이 계속되어서 3 차원적인 성장이 이루어지면 알루미늄 막의 성장이 불균일진다. 결국, 박막의 두께가 약 1700 Å 정도에 이르게 되면, 반사도는 오히려 140 %로 낮아진다. 이로부터, CVD에 의해 형성되는 알루미늄 박막의 두께가 500~1500 Å(바람직하게는 800 Å 정도)일 때 그 박막은 가장 우수한 표면 특성을 가짐을 알 수 있다. 그러나, 대부분의 금속 배선의 두께는 이와 같은 두께보다 훨씬 크기 때문에 미끈하고 평탄화된 표면 형상을 갖는 알루미늄 배선을 얻기가 곤란하다.

따라서, 본 발명에서는, CVD에 의해, 웨이퍼의 표면 상에 알루미늄 막을 형성하되, 상기 형성된 알루미늄 막의 표면의 반사율이 소정의 값(바람직하게는 최대값)에 이르게 될 때 상기 도전막의 형성은 일단 중지된다. 즉, 알루미늄 박막의 표면의 반사율이 배어 실리콘 웨이퍼의 표면의 반사율의 2 배 이상 되어야 하며, 이때, 증착금속원으로서 트리이소부틸 알루미늄, 디메틸알루미늄 하이드라이드, 트리메틸 알루미늄 및 디메틸에틸아민 알란과 같은 유기금속화합물이 사용된다. 반응 챔버 내의 압력은 0.1~5 Torr이고, 웨이퍼의 온도는 100~300 °C이다. 반응 개스로서는 Ar 또는 H₂가 사용되고, 상기 반응 개스의 플로우 레이트는 20~500 sccm이다. 여기서, 웨이퍼 (17)의 표면과 샤워 헤드 간의 거리는 10~50 mm 정도로 유지된다.

한편, 상기 알루미늄 막의 형성에 앞서, 알루미늄의 확산을 방지할 수 있고 접촉 저항을 증가시키지 않는

확산 방지막을 웨이퍼의 표면 상에 먼저 형성할 수도 있다. 이 확산 방지막은 CVD, 물리 증착(PVD), 원자층 증착(ALD or ALE), 또는 다양한 기체(예를 들면, WF_6 , SiH_4 , $TiCl_4$, B_2H_6 등) 분위기에서의 열처리에 의해 형성될 수 있다. 상기 확산 방지막은 Cu, Zn, Ti, W, Ta, Ti-N, W-N, Ta-N, Ti-Si-N, Ti-B-N, Ti-Al-N, W-B-N, W-Si-N, W-Al-N, Ta-Si-N, Ta-B-N 및, Ta-Al-N 중 어느 하나 또는 이들의 조합에 의해 형성될 수 있다.

이어, 알루미늄의 핵 생성 자리에 제공할 수 있는 완충막(예컨대, Ti-N)을 상기 알루미늄 위에 상기 알루미늄 막의 두께보다 얇게(약 20 내지 100 Å 범위) 형성한다. 상기 완충막으로서는 알루미늄의 핵 생성 자리를 제공할 수 있고 전기적인 특성에 영향을 주지 않는 금속, 금속들의 합금, 반도체와 금속의 합금, 또는 이들의 합금 중 어떤 것도 사용될 수 있다. 예를 들면, Cu, Zn, Ti, W, Ta, Ti-N, W-N, Ta-N, Ti-Si-N, Ti-B-N, Ti-Al-N, W-B-N, W-Si-N, W-Al-N, Ta-Si-N, Ta-B-N 및, Ta-Al-N 중 어느 하나 또는 이들의 조합에 의해 상기 완충층이 형성될 수 있다. 이 완충막은 CVD는 물론, 물리 증착(PVD) 또는 원자층 증착(ALD or ALE)에 의해서 형성될 수도 있다.

그후, 상기 완충막 상에 다시 새로운 도전막이 위와 동일한 방식으로 형성된다. 이와 같은 공정은 원하는 두께의 알루미늄 배선층이 형성될 때까지 반복적으로 수행된다. 이로써, 매끄럽고 평탄화된 표면을 갖는 알루미늄 배선층이 형성된다. 또한, 위와 같은 본 발명의 방법에 따르면, CVD에 의해서도 긴 금속 배선층을 형성할 수도 있다.

도 3a 내지 3c는 본 발명의 실시예에 따라서 서브마이크론 크기의 그리고 높은 종횡비의 컨택 호울을 채우는 방법을 공정 순서대로 보여주고 있다.

도 3a를 참조하면, 웨이퍼 (17) 위에 BPSG(borophosphosilicate glass)와 같은 절연막 (20)이 형성된다.

이어, 도 3b에 도시된 바와 같이, 상기 절연막 (20)을 식각해서 개구 (21)을 형성함으로써 상기 개구 (21)을 통해 상기 웨이퍼 (17)이 노출되도록 한다.

다음, 도 3c를 참조하면, 상기 개구 (21)의 바닥 및 측벽에 확산 방지막 (22)을 형성한다. 이 확산 방지막 (22)은 CVD, 물리 증착(PVD), 또는 원자층 증착(ALD or ALE)에 의해서 형성될 수 있다. 상기 확산 방지막 (22)은 Cu, Zn, Ti, W, Ta, Ti-N, W-N, Ta-N, Ti-Si-N, Ti-B-N, Ti-Al-N, W-B-N, W-Si-N, W-Al-N, Ta-Si-N, Ta-B-N 및, Ta-Al-N 중 어느 하나 또는 이들의 조합에 의해 형성될 수 있다.

이어, 상기 확산 방지막 (22) 상에 제 1의 도전막(예컨대, 알루미늄 막) (24)을 형성하되, 상기 제 1의 도전막 (24)의 표면의 반사율(RI)이 소정의 값(바람직하게는 최대값)에 이르게 될 때, 즉 배어 실리콘 웨이퍼의 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때, 상기 제 1의 도전막 (24)의 형성을 중단한다. 이때, 웨이퍼 (17)의 표면과 샤워 헤드 간의 거리는 10~50 mm 정도로 유지된다. 또한, 증착금속원로서 트리이소부틸 알루미늄, 디메틸알루미늄 하이드라이드, 트리메틸 알루미늄 및 디메틸에틸아민 알란과 같은 유기금속화합물이 사용되고, 반응 챔버 내의 압력은 0.1~5 Torr이고, 웨이퍼 (17)의 온도는 100~350 °C로 유지된다. 반응 개스로서는 Ar 또는 H₂이 사용되고, 상기 반응 개스의 플로우 레이트는 20~500 sccm이다.

다음에는, 완충막 (26)이 100 Å 이하의 두께로, 예를 들면 약 20 내지 100 Å 범위로 형성된다. 상기 완충막 (26)으로서는 제 1 도전막(24)을 이루는 금속 결정의 생성 자리를 제공할 수 있고 전기적인 특성에 영향을 주지 않는 금속, 금속들의 합금, 반도체와 금속의 합금, 또는 이들의 합금(예컨대, Cu, Zn, Ti, W, Ta, Ti-N, W-N, Ta-N, Ti-Si-N, Ti-B-N, Ti-Al-N, W-B-N, W-Si-N, W-Al-N, Ta-Si-N, Ta-B-N 및, Ta-Al-N) 중 어느 것이라도 사용될 수 있다.

다시, 상기 완충막 (26) 위에 제 2의 도전막(예컨대, 알루미늄 막) (28)을 형성하되, 상기 제 2의 도전막 (28)의 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때, 즉 상기 제 1의 도전막과 동일하게 될 때, 상기 제 2의 도전막 (28)의 형성을 중단한다. 원하는 두께의 금속 배선층 (40)이 형성될 때까지 도전막 완충막 (30) 및 (34) 그리고 도전막 (32) 및 (36)의 형성은 반복된다. 이로써, 컨택 호울 또는 비어 호울은 보이드 없이 완전히 충전된다.

도 4a는 배어 실리콘 웨이퍼 상에 900 Å 두께의 TiN 층과 2400 Å 두께의 단일의 Al 층이 CVD에 의해 형성될 때 상기 Al 층의 반사도를 보여주는 마이크로 사진이고, 도 4b는 도 4a와 비교되는 사진으로서, 본 발명에 따라서 배어 실리콘 웨이퍼 상에 각각이 50 Å 두께를 갖는 3 개의 TiN 층들과 각각이 800 Å 두께를 갖는 3 개의 Al 층들이 CVD에 의해 반복적으로 적층될 때 각 Al 층의 반사도를 보여주는 마이크로 사진이다. 도 4a와 도 4b를 비교하면, 본 발명의 배선 방법의 방법에 따라서 형성된 Al 층들(즉, 도 4b)의 표면 특성이 일반적인 방법(즉, 도 4a)에 비해 훨씬 개선됨을 볼 수 있다. 구체적으로, 도시된 바와 같이, 도 4a의 경우 Al 층의 표면의 반사도가 약 84 %인 데 반해, 도 4b의 경우에는 각 Al 층의 표면의 반사도가 약 206 내지 210 %이다.

비록 본 발명이 그것의 바람직한 실시예들과 관련하여 상세히 개시되었지만, 본 발명의 범위 및 사상을 벗어남이 없이 다른 실시예들 및 변형예들이 있을 수 있다는 것은 이 분야에 대한 통상적인 지식을 가진 자들에게는 자명할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 다음에 첨부된 청구범위에 의해 정해진다.

발명의 효과

이상과 같은 본 발명에 따르면, CVD에 의해 서브마이크론 크기의 그리고 높은 종횡비의 비어 및 개구를 채울 때 상기 비어 또는 개구에 보이드가 형성되지 않는다. 나아가, 매끄럽고 평탄화된 표면의 금속 배선층이 형성되므로 긴 CVD 금속 라인의 형성이 가능하게 된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

반도체 장치의 화학적 기상증착 알루미늄 금속 배선층을 형성하는 방법에 있어서: 웨이퍼의 표면 상에 제

1의 화학적 기상증착 알루미늄막을 형성하되, 상기 제 1의 알루미늄막 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때 중단하는 단계와; 상기 제 1의 알루미늄막 상에 제 2의 도전막을 형성하되, 상기 제 2의 도전막은 상기 제 1의 알루미늄막 보다 상대적으로 얇은 두께로 형성되는 단계 및; 상기 제 2의 도전막 상에 제 3의 알루미늄막을 형성하되, 상기 제 3의 알루미늄막의 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때 상기 제 3의 알루미늄막의 형성을 중단하는 단계를 포함해서, 상기 금속 배선층이 적어도 3 개의 적층된 도전막들로 이루어지도록 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다층의 화학기상 증착 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제 1 및 제 3의 알루미늄막은 각각 500~1500 Å 범위의 두께를 가지도록 형성되는 것을 특징으로 하는 다층의 화학적 기상증착 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제 2의 도전막은 물리 증착(PVD), 화학 증착(CVD), 원자층 증착(ALD or ALE) 그리고 열처리 중의 어느 하나에 의해서 형성되는 것을 특징으로 하는 다층의 화학적 기상증착 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제 2의 도전막의 두께는 20 내지 100 Å 범위인 것을 특징으로 하는 다층의 화학적 기상증착 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제 2의 도전막은 Cu, Zn, Ti, W, Ta, Ti-N, W-N, Ta-N, Ti-Si-N, Ti-B-N, Ti-Al-N, W-B-N, W-Si-N, W-Al-N, Ta-Si-N, Ta-B-N 및, Ta-Al-N 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 형성되는 것을 특징으로 하는 다층의 화학적 기상증착 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 6

가스 조합용 샤워헤드와 반응 챔버를 구비하는 화학 증착(CVD) 장치를 사용하여 반도체 장치의 금속 배선층을 형성하는 방법에 있어서: 상기 반응 챔버 내에 웨이퍼를 장착하는 제 1 단계와; 증착금속원과 반응 가스를 사용해서 상기 웨이퍼 상에 도전막을 증착하되, 상기 도전막의 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼의 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때 상기 도전막의 증착을 중단하는 제 2 단계와; 상기 도전막을 이루는 금속의 결정이 성장할 수 있는 완충막을 상기 도전막상에 형성하되, 상기 완충막은 도전성을 가짐과 아울러 상기 도전막보다 상대적으로 얇은 두께를 갖도록 형성되는 제 3 단계 및; 상기 제 2 단계를 반복해서 상기 완충막 상에 다른 하나의 도전막을 형성하는 제 4 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 각 도전막은 알루미늄 막인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 알루미늄 막의 두께는 500~1500 Å 범위의 두께를 가지도록 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 제 3 및 제 4 단계를 적어도 1 회 더 수행하는 단계를 부가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 10

제6항에 있어서, 상기 증착금속원은 금속유기 화합물인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 금속유기 화합물은 트리이소부틸 알루미늄, 디메틸알루미늄 하이드라이드, 트리메틸 알루미늄 및 디메틸에틸아민 알란 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 반응 챔버 내의 압력은 0.1~5 Torr인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 웨이퍼의 온도는 100~350 °C인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 반응 개스는 Ar 또는 H₂ 인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 반응 개스의 플로우 레이트는 20~500 sccm인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 16

제6항에 있어서, 상기 웨이퍼의 표면과 상기 샤워 헤드 간의 거리는 10~50 mm인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 17

반도체 장치의 금속 배선층을 형성하는 방법에 있어서: 반도체 웨이퍼 상에 절연막을 형성하는 단계와; 상기 절연막을 식각해서 개구를 형성함으로써 상기 개구를 통해 상기 웨이퍼가 노출되도록 하는 단계와; 상기 개구를 포함하여 상기 절연막 상에 확산 방지막을 형성하는 단계와; 상기 확산 방지막 상에 제 1의 화학적 기상증착 도전막을 형성하되, 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막의 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼의 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때, 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막의 형성을 중단하는 단계와; 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막 상에 제 2의 도전막을 형성하되, 상기 제 2의 도전막은 상기 제 1의 화학적 기상증착 도전막보다 상대적으로 얇은 두께로 형성되는 단계 및; 상기 제 2의 도전막 상에 제 3의 화학적 기상증착 도전막을 형성하되, 상기 제 3의 화학적 기상증착 도전막의 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때, 상기 제 3의 화학적 기상증착 도전막의 형성을 중단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 제 1 및 제 3의 화학적 기상증착 도전막은 알루미늄(Al)으로 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 알루미늄막은 500~1500 Å의 두께범위로 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 확산방지막 및 상기 제 2의 도전막 각각은 Cu, Zn, Ti, W, Ta, Ti-N, W-N, Ta-N, Ti-Si-N, Ti-B-N, Ti-Al-N, W-B-N, W-Si-N, W-Al-N, Ta-Si-N, Ta-B-N 및, Ta-Al-N 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 제 2의 도전막은 20 내지 100 Å 범위로 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 22

제17항에 있어서, 상기 확산 방지막 및 상기 제 2의 도전막은 물리 증착(PVD), 화학 증착(CVD), 원자층 증착(ALD or ALE) 그리고 열처리 중의 어느 하나에 의해서 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 확산 방지막 및 상기 제 2의 도전막 상기 열처리는 SiH_4 , WF_6 , B_2H_6 그리고 TiCl_4 중 어느 하나의 분위기에서 수행되는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 확산 방지막 및 상기 제 2의 도전막의 형성 단계에서 상기 웨이퍼의 온도는 100~350 °C인 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 25

제17항에 있어서, 상기 제 2 및 제 3의 도전막 형성 단계를 적어도 1 회 더 수행하는 단계를 부가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 배선층 형성 방법.

청구항 26

가스 조합용 샤워헤드와 반응 챔버를 구비하는 화학 증착(CVD) 장치를 사용해서 반도체 장치의 알루미늄 금속 배선층을 형성하는 방법에 있어서: 반도체 웨이퍼 상에 절연막을 형성하는 제 1 단계와; 상기 절연막을 식각해서 개구를 형성함으로써 상기 개구를 통해 상기 웨이퍼가 노출되도록 하는 제 2 단계와; 상기 개구를 포함하여 상기 절연막 상에 확산 방지막을 형성하는 제 3 단계와; 상기 반응 챔버 내에 상기 제 3 단계까지 공정이 진행된 상기 웨이퍼를 장착하는 제 4 단계와; 증착금속원과 반응 개스를 사용해서 상기 웨이퍼 상에 알루미늄막을 증착하되, 상기 증착된 알루미늄막의 표면의 반사율(RI)이 배어 실리콘 웨이퍼 표면의 반사율의 적어도 2배가 될 때 증착을 중단하는 제 5 단계와; 상기 알루미늄막을 이루는 알루미늄 금속의 결정이 성장할 수 있는 완충막을 상기 알루미늄막 상에 증착하되, 상기 완충막은 도전성을 가짐과 아울러 상기 알루미늄막보다 상대적으로 얇은 두께를 갖도록 형성되는 제 6 단계; 상기 제 5 단계를 반복해서 상기 완충막 상에 다른 하나의 알루미늄막을 형성하는 제 7 단계; 및 상기 개구를 완전히 채우고 원하는 알루미늄 금속배선층의 두께를 얻을 때까지 상기 제 6 단계 및 제 7 단계를 번갈아 가며 진행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속배선층 형성 방법.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 알루미늄 막은 500~1500 Å의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속

배선층 형성 방법.

청구항 28

제26항에 있어서, 상기 알루미늄 증착금속원은 금속유기 화합물인 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 29

제28항에 있어서, 상기 금속유기 화합물은 트리이소부틸 알루미늄, 디메틸알루미늄 하이드라이드, 트리메틸 알루미늄 및 디메틸에틸아민 알란 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 반응 챔버 내의 압력은 0.1~5 Torr인 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 31

제29항에 있어서, 상기 웨이퍼의 온도는 100~350 °C인 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 32

제29항에 있어서, 상기 반응 개스는 Ar 또는 H₂인 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 33

제32항에 있어서, 상기 반응 개스의 플로우 레이트는 20~500 sccm인 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

청구항 34

제29항에 있어서, 상기 웨이퍼의 표면과 상기 샤워 헤드 간의 거리는 10~50 mm인 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

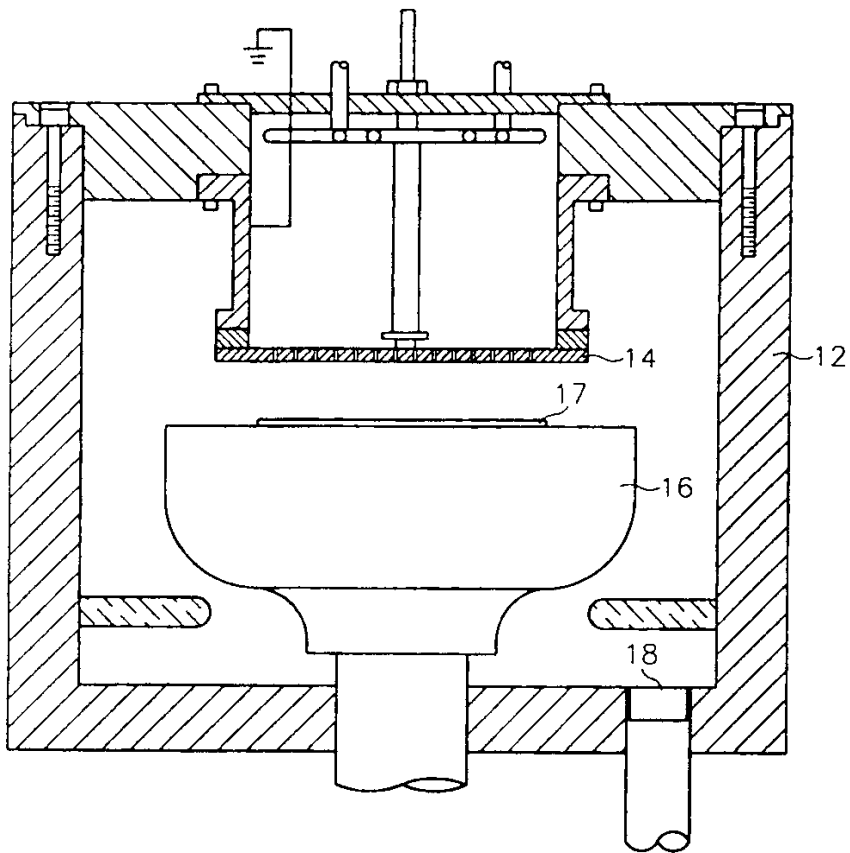
청구항 35

제29항에 있어서, 상기 완충막은 금속, 합금, 그리고 금속과 반도체의 합금 중 어느 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 알루미늄 금속 배선층 형성 방법.

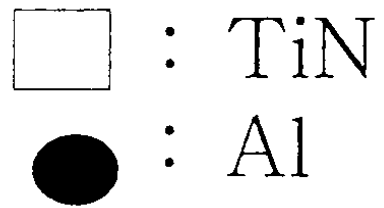
도면

도면1

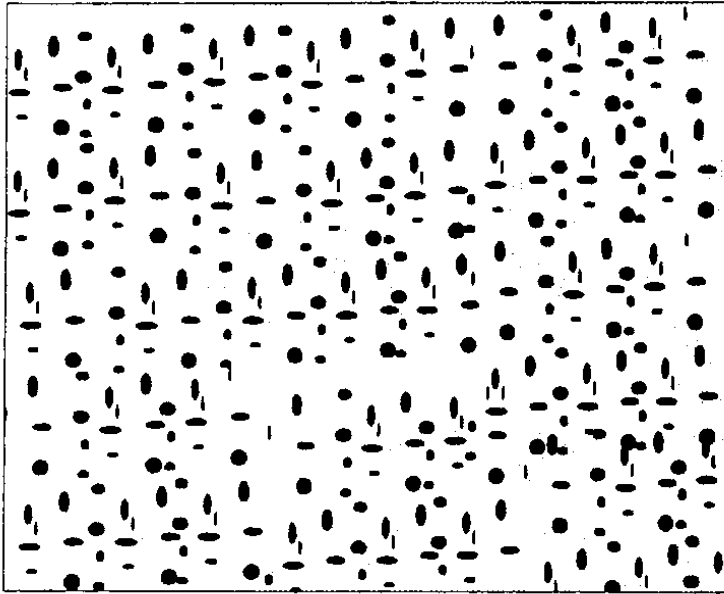
10



도면2a



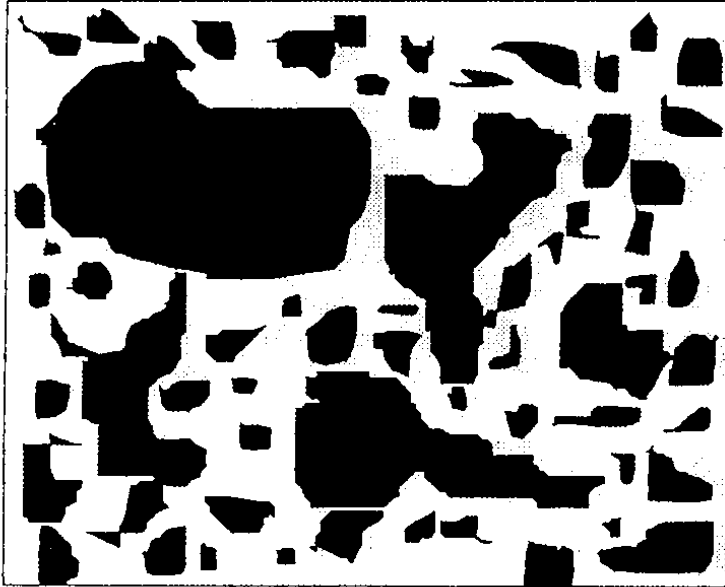
RI : 93%



도면2b

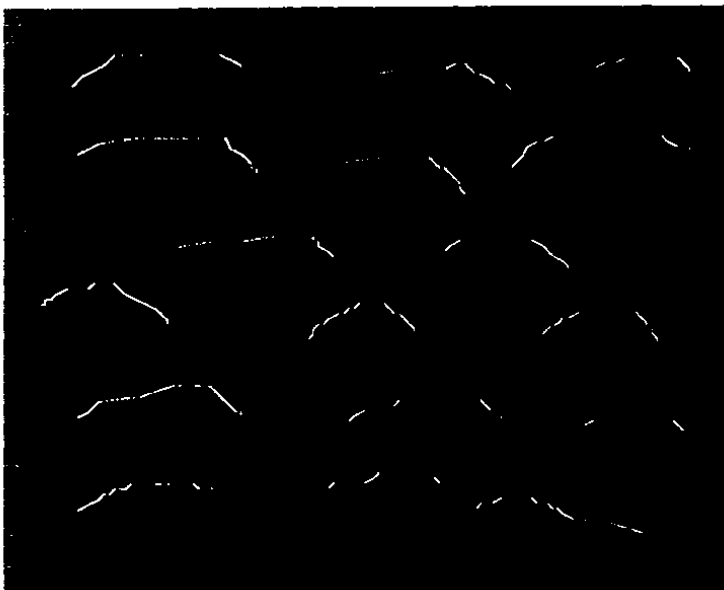


RI : 61%



도면2c

RI : 214%

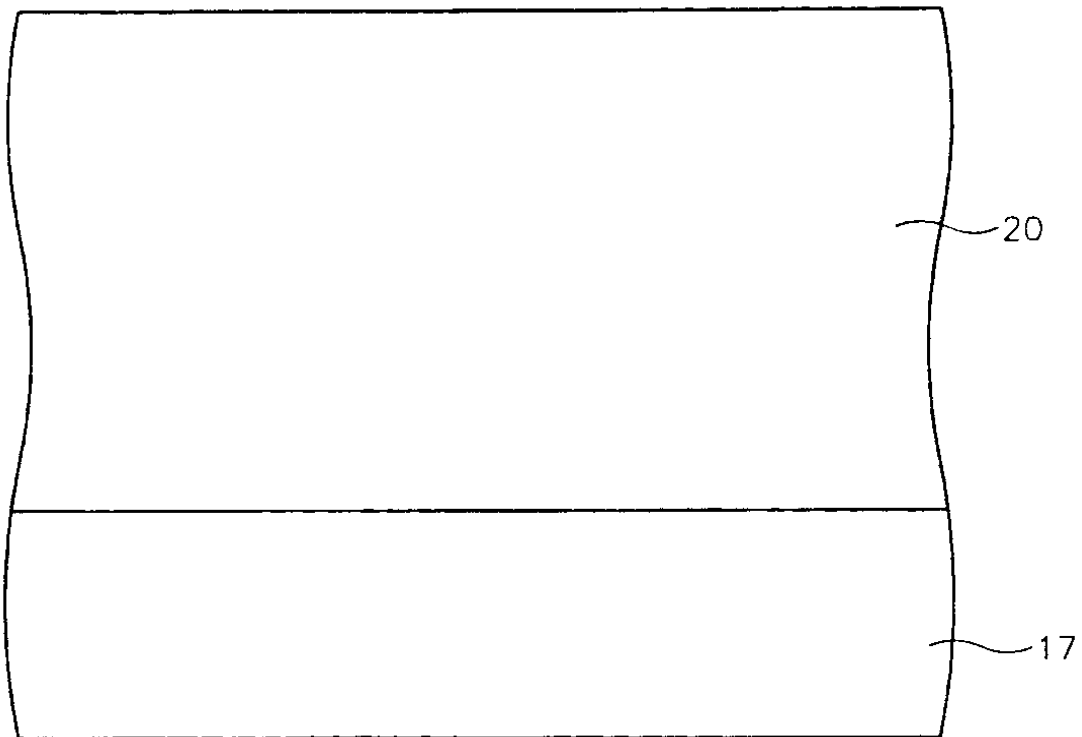


도면2d

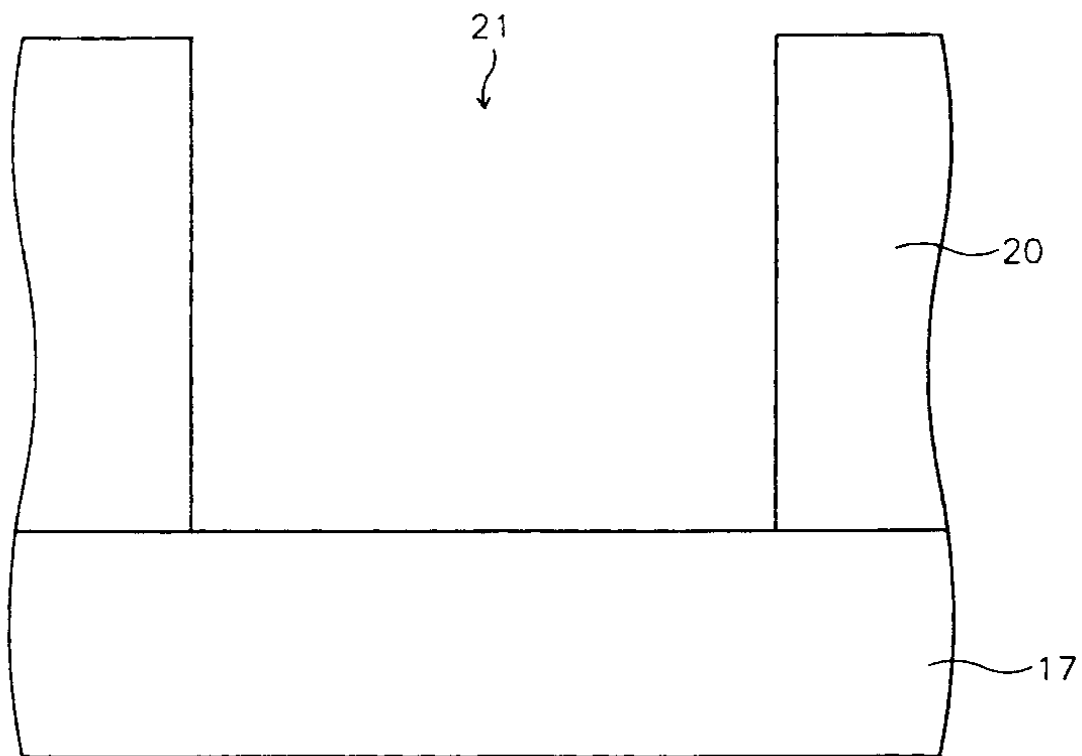
RI : 140%



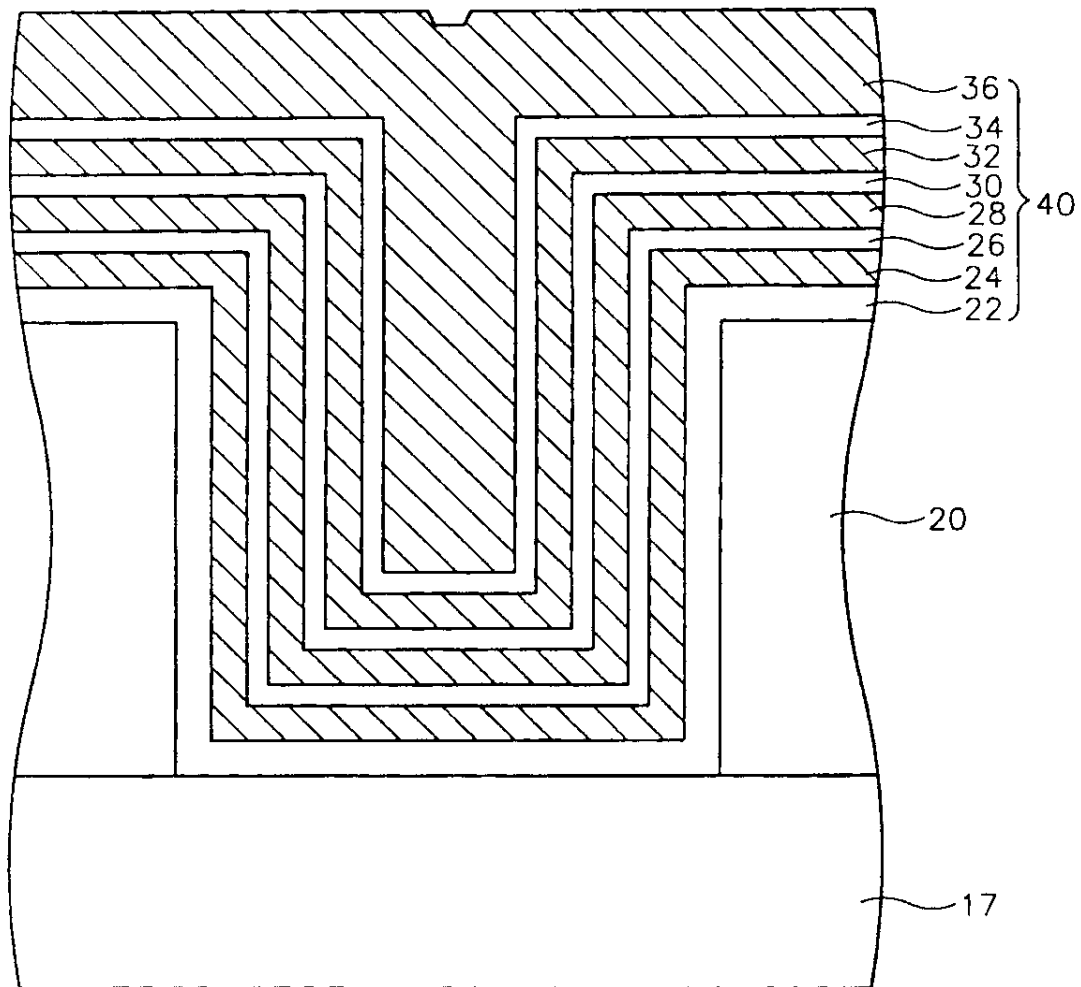
도면3a



도면3b



도면3c



도면4a

RI : 84%



Al 2400 Å / TiN 900 Å

도면4b

Al1 RI : 210%

Al2 RI : 208%

Al3 RI : 206%

