(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0045652
(43) 공개일자 2008년05월23일

(51) Int. Cl.
H01L 21/205 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0118450
(22) 출원일자 2007년11월20일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
11/561,810 2006년11월20일 미국(US)

(71) 출원인
도쿄엘렉트론가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고
(72) 발명자
아시가키 시게오
일본 가나가와켄 사가미하라시 히가시-오누마 3-11-13
야마사키 히데아키
일본 야마나시켄 고후시 신덴초 17-44 비-2-1
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김태홍, 신정건

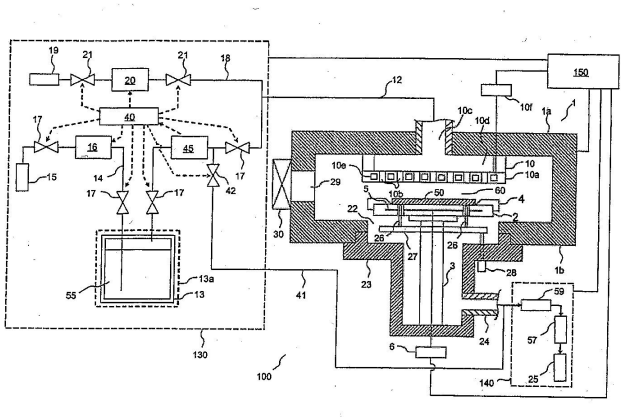
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 반도체 디바이스에 금속 함유 필름을 집적하는 방법

(57) 요 약

본 발명은, 금속 함유 필름을 반도체 디바이스, 예컨대 게이트 스택에 집적하는 방법을 제공한다. 일 실시예에서, 본 발명의 방법은, 공정 챔버에 기판을 제공하는 단계와, 그 기판을 텅스텐 카르보닐 전구체를 함유하는 증착 가스에 노출시킴으로써 제1 기판 온도에서 텅스텐 함유 필름을 기판 상에 증착하는 단계와, 텅스텐 함유 필름으로부터 일산화탄소를 제거하도록 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 텅스텐 함유 필름을 열처리하는 단계와, 열처리된 텅스텐 함유 필름 상에 배리어 층을 형성하는 단계를 포함한다. 텅스텐 함유 필름의 예로는 W, WN, WSi 및 WC가 포함된다. 추가의 실시예는, 대응 금속 카르보닐 전구체로부터 Ni, Mo, Co, Rh, Re, Cr 또는 Ru를 함유하는 금속 함유 필름을 증착하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

사코다 도모유키

일본 야마나시켄 가이시 나카시모조 1123

스즈키 미키오

일본 야마나시켄 니라사키시 미츠자와 호사카초 650

나카무라 겐지

일본 야마나시켄 니라사키시 미츠자와 호사카초 650

레우싱크 게리트 제이

미국 뉴욕주 12589 솔트포인트 네터우드 로드 1117

특허청구의 범위

청구항 1

공정 챔버에 기판을 제공하는 단계와,

상기 기판을 텅스텐 카르보닐 전구체를 함유하는 증착 가스에 노출시킴으로써 제1 기판 온도에서 텅스텐 함유 필름을 기판상에 증착하는 단계와,

상기 텅스텐 함유 필름으로부터 일산화탄소 가스를 제거하도록 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 텅스텐 함유 필름을 열처리하는 단계와,

열처리된 텅스텐 함유 필름상에 배리어 층을 형성하는 단계

를 포함하는 기판 처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 기판 온도는 400℃ 내지 600℃인 것인 기판 처리 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 기판 온도는 약 500℃인 것인 기판 처리 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제2 기판 온도는 500℃ 내지 1000℃인 것인 기판 처리 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제2 기판 온도는 600℃ 내지 800℃인 것인 기판 처리 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 열처리하는 단계는, 텅스텐 함유 필름 또는 기판의 산화를 초래하지 않는 산소 함유 가스의 분압을 갖는 공정 가스에 텅스텐 필름을 노출시키는 단계를 더 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 증착 가스는 불활성 가스, H_2, 질소 함유 가스, 실리콘 함유 가스, 탄소 함유 가스, 또는 이들의 조합을 더 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 텅스텐 함유 필름의 증착 중에, 공정 챔버의 압력은 약 1 Torr 미만인 것인 기판 처리 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 텅스텐 카르보닐 전구체는 $W(CO)_6$을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 텅스텐 함유 필름은 W, WN, WSi, WC 또는 이들의 조합을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 배리어 층은 WN, TaN, TaSiN, TiN, 또는 이들의 2 이상의 조합을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 배리어 층 상에 캡 층을 형성하는 단계를 더 포함하는 기판 처리 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 캡 층은 폴리-Si 또는 비정질 Si를 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 제1 처리 시스템에서 증착을 실시하고, 제2 처리 시스템에서 열처리를 실시하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 기판은 그 기판상에 배치된 계면층과, 이 계면층 상에 형성된 고유전율(high k)의 필름을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 계면층은 SiO_2, SiON, 또는 이들의 조합을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 고유전율의 필름은, Ta_2O_5, TiO_2, ZrO_2, Al_2O_3, Y_2O_3, HfSiO, HfSiON, HfO_2, ZrO_2, ZrSiO, ZrSiON, TaSiO, SrO, SrSiO, LaO, LaSiO, YO, YSiO, BaO, 또는 이들의 2 이상의 조합을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 18

공정 챔버에 기판을 제공하는 단계와,

상기 기판을 금속 카르보닐 전구체를 함유하는 증착 가스에 노출시킴으로써 제1 기판 온도에서 금속 함유 필름을 기판상에 증착하는 단계와,

상기 금속 함유 필름으로부터 일산화탄소 가스를 제거하도록 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 금속 함유 필름을 열처리하는 단계와,

열처리된 금속 함유 필름상에 배리어 층을 형성하는 단계

를 포함하는 기판 처리 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 금속 카르보닐 전구체는 $W(CO)_6$, $Ni(CO)_4$, $Mo(CO)_6$, $Co_2(CO)_8$, $Rh_4(CO)_{12}$, $Re_2(CO)_{10}$, $Cr(CO)_6$, $Ru_3(CO)_{12}$을 포함하고, 상기 금속 함유 필름은 W, Ni, Mo, Co, Rh, Re, Cr 또는 Ru를 함유하는 금속, 금속 질화물, 금속 규화물 또는 금속 탄화물을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 기판은, 기판상에 배치된 계면층과, 이 계면층 상에 형성된 고유전율(high-k)의 필름을 갖는 기판을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 계면층은 SiO_2, SiON, 또는 이들의 조합을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 22

제20항에 있어서, 상기 고유전율의 필름은, Ta_2O_5, TiO_2, ZrO_2, Al_2O_3, Y_2O_3, HfSiO, HfSiON, HfO_2, ZrO_2, ZrSiO, ZrSiON, TaSiO, SrO, SrSiO, LaO, LaSiO, YO, YSiO, BaO, 또는 이들의 2 이상의 조합을 포함하는 것인 기판 처리 방법.

청구항 23

공정 챔버에 기판을 제공하는 단계와,

상기 기판상에 계면층을 형성하는 단계와,

상기 계면층상에 고유전율의 필름을 형성하는 단계와,

상기 기판을 금속 카르보닐 전구체를 함유하는 증착 가스에 노출시킴으로써 제1 기판 온도에서 금속 함유 필름을 기판상에 증착하는 단계와,

상기 금속 함유 필름으로부터 일산화탄소 가스를 제거하도록 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 금속 함유 필름을 열처리하는 단계와,

열처리된 금속 함유 필름상에 배리어 층을 형성하는 단계

를 포함하는 게이트 스택 형성 방법.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 계면층은 SiO_2, SiON, 또는 이들의 조합을 포함하는 것인 게이트 스택 형성 방법.

청구항 25

제23항에 있어서, 상기 고유전율의 필름은, Ta_2O_5, TiO_2, ZrO_2, Al_2O_3, Y_2O_3, HfSiO, HfSiON, HfO_2, ZrO_2, ZrSiO, ZrSiON, TaSiO, SrO, SrSiO, LaO, LaSiO, YO, YSiO, BaO, 또는 이들의 2 이상의 조합을 포함하는 것인 게이트 스택 형성 방법.

청구항 26

제23항에 있어서, 상기 금속 카르보닐 전구체는 $W(CO)_6$, $Ni(CO)_4$, $Mo(CO)_6$, $Co_2(CO)_8$, $Rh_4(CO)_{12}$, $Re_2(CO)_{10}$, $Cr(CO)_6$, $Ru_3(CO)_{12}$을 포함하고, 상기 금속 함유 필름은 W, Ni, Mo, Co, Rh, Re, Cr 또는 Ru를 함유하는 금속, 금속 질화물, 금속 규화물 또는 금속 탄화물을 포함하는 것인 게이트 스택 형성 방법.

청구항 27

제23항에 있어서, 상기 금속 함유 필름을 산소 농후 가스에 노출시키기 전에, 열처리된 금속 함유 필름에 배리어 층을 형성하는 단계를 실행하는 것인 게이트 스택 형성 방법.

청구항 28

제23항에 있어서, 열처리된 금속 함유 필름을 표준 대기에 노출시키기 전에, 열처리된 금속 함유 필름에 배리어 층을 형성하는 단계를 실행하는 것인 게이트 스택 형성 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 반도체 처리에 관한 것으로, 보다 구체적으로 화학 기상 증착 공정에서 형성된 금속 함유 필름을 반도체 디바이스에 집적하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 반도체 산업에 있어서는, 보다 고속이면서, 보다 낮은 파워의 마이크로프로세서 및 디지털 회로에 대한 요구를 충족시키기 위하여 마이크로전자 장치의 최소 배선폭(minimum feature size)이 딥 서브-미크론 구간(deep sub-micron regime)에 근접하고 있다. 상보성 금속 산화막 반도체(CMOS; complementary metal oxide semiconductor) 디바이스의 다운스케일링은, 게이트 유전체 재료에 대하여 스케일링 제한을 부가한다. 디바이스의 신뢰성을 증가시키고 게이트 전극으로부터 트랜지스터 채널로의 전자 누설을 감소시키기 위하여, 반도체 트랜지스터 기술은, 등가의 게이트 산화막 두께(EOT)를 약 10 옹스트롬 미만으로 유지하면서 게이트 유전체의

물리적 두께를 증가시킬 수 있는 고유전상수(고유전율; high-k) 재료를 이용하고 있다.

<3> 고유전율의 재료(high-k)는 SiO_2(k~3.9)의 유전상수보다 큰 유전상수를 특징으로 한다. 고유전율의 재료는 금속 산화물, 산질화물, 실리콘 산질화물 및 실리케이트, 예컨대 Ta_2O_5(k~26), TiO_2(k~80), ZrO_2(k~25), Al_2O_3(k~9), HfSiO, HfSiON, HfO_2(k~25)를 포함할 수 있다. 고유전율의 재료를 게이트 스택 용례에 채용하는 데에는, 계면 상태 특징을 유지하고 양호한 전기적 특성을 갖는 계면을 형성하도록 Si 기판의 표면에 초박 계면층을 필요로 할 수 있다. 그러나 계면층의 존재로 인하여, 게이트 스택의 전체 유전상수가 낮아지고, 이에 따라 계면층이 얇아질 필요가 있다. 층이 트랜지스터의 채널에 밀접하게 접속되어 있으므로, 계면층의 품질이 디바이스의 성능에 영향을 끼칠 수 있다.

<4> 텅스텐(W)과 텅스텐 함유 필름은 게이트 스택에 있어서의 전위 게이트 전극(potential gate electrode)이다. W 필름은 화학적 기상 증착(CVD) 공정에서 텅스텐 함유 전구체에 의해 형성될 수 있다. 금속 함유 전구체로부터 증착된 W 필름의 재료 특성은, 반응 부산물로부터 W 필름 내로의 오염물이나 증착 공정 중의 또는 증착 공정 후의 가스상 오염물의 혼입에 기인하여 열악할 수 있다. W 필름을 게이트 스택에 집적하는 데에는, W 필름을 다른 재료의 필름과 접촉시키는 것이 수반되는데, 이는, 오염물이 다른 재료 내로 확산하는 것을 방지하도록 양호한 표면 형태(surface morphology)와 낮은 오염물 레벨을 갖는 W 필름을 필요로 한다. 예컨대, 산소 오염물이 W 필름으로부터 외향 확산하는(outdiffusion) 것이 EOT의 증가와 게이트 스택에서의 플랫밴드 전압 변화(flatband voltage shifts)에 기여하는 것으로 고려된다.

<5> 따라서 텅스텐 함유 필름과 다른 금속 함유 필름을 낮은 오염 수준으로 반도체 디바이스에 증착하고 집적하기 위한 새로운 방법이 요구된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<6> 기존의 제작자는 텅스텐 카르보닐 전구체로부터 W를 증착하고, 500℃ 범위의 증착 온도를 이용함으로써 그때의 요구에 충분한 형태(morphology)를 달성하였다. 그러나 증착 두께에 대한 제어가 더욱 중요하게 되고 있으므로, W 층 아래에 증착된 임의의 계면층의 두께 변화가 더욱 문제로 되고 있다. 증착된 W 층에 산소가 존재할 수 있어서, 증착된 계면층의 두께 변화를 초래할 수 있는 것으로 예상되었지만, 증착된 W 층과 계면 층의 구조를 유지하면서 산소를 효과적으로 제거하는 방법은 공지되어 있지 않다. 본원의 발명자들은 증착된 텅스텐층에 존재하는 산소 또는 탄소가 적어도 부분적으로 CO의 형태로 함유되어 있다는 것을 인지하였다. 본원의 발명자들은 W 층의 증착 후에, 하지만 다른 층의 증착 전에 열처리 공정(어닐링 공정)을 실행함으로써, W 층에 존재하는 산소의 적어도 일부를 CO의 형태로 제거할 수 있다는 것을 인지하였다. 이러한 방식으로, 추후의 가열 공정 중에 또는 가열 공정 후에 발생하는 증착 계면층의 두께 변화를 줄일 수 있다. 또한, 본원의 발명자들은, W 층이 (예컨대 공정 툴 외측의 표준 대기와 같은) 공기에 또는 다른 산소 농후 환경에 노출되기 전에, 열처리되거나 어닐링된 W 층을 배리어 층 또는 캐핑 층(capping layer)으로 커버함으로써, 열처리되거나 어닐링된 W 층의 낮은 산소 함량 상태를 유지할 수 있다는 것을 인지하였다. 그 후에, 열처리되거나 어닐링된 W 층에 다른 층을 증착할 수 있으며, 이들 층 자체는 증착된 계면층의 과도한 두께 변화를 초래하지 않고 열처리되거나 어닐링될 수 있다.

과제 해결수단

<7> 본 발명의 실시예는 금속 카르보닐 전구체로부터 증착된 금속 함유 필름을 반도체 디바이스에 집적하는 방법을 제공한다. 금속 함유 필름은, $W(CO)_6$, $Ni(CO)_4$, $Mo(CO)_6$, $Co_2(CO)_8$, $Rh_4(CO)_{12}$, $Re_2(CO)_{10}$, $Cr(CO)_6$, $Ru_3(CO)_{12}$ 전구체로부터 각각 증착된 W, Ni, Mo, Co, Rh, Re, Cr, 및 Ru를 함유하는 금속, 금속 질화물, 금속 규화물, 금속 탄화물을 포함할 수 있다.

<8> 일 실시예에 따르면, 텅스텐 카르보닐 전구체를 이용한 CVD에 의해 W 필름을 형성하는 방법이 제공된다. W 필름은 낮은 오염 수준 특히, 낮은 일산화탄소(CO) 수준을 가져서, 반도체 디바이스의 후속 처리 중에 플랫밴드 전압 변화 및 EOT의 증가를 줄이거나 방지한다. 이로 인하여, W 필름을 초박 계면층을 갖는 게이트 스택과 같은 반도체 디바이스에 집적할 수 있다.

<9> 일 실시예에 따르면, 본 발명의 방법은, 공정 챔버에 기판을 제공하는 단계와, 텅스텐 카르보닐 전구체를 함유

하는 증착 가스에 그 기판을 노출시킴으로써 제1 기판 온도에서 기판 상에 텅스텐 함유 필름을 증착하는 단계와, 텅스텐 함유 필름으로부터 일산화탄소 가스를 제거하기 위하여 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 텅스텐 함유 필름을 열처리하는 단계와, 열처리된 텅스텐 함유 필름에 배리어 층을 형성하는 단계를 포함한다.

<10> 다른 실시예에 따르면, 본 발명의 방법은, 위에 배치된 계면층과 계면층 상의 고유전율 필름을 갖는 기판을 공정 챔버에 제공하는 단계와, $W(CO)_6$ 전구체를 함유하는 증착 가스에 그 기판을 노출시킴으로써 제1 기판 온도에서 고유전율의 필름 상에 텅스텐 함유 필름을 증착하는 단계와, 텅스텐 함유 필름으로부터 일산화탄소 가스를 제거하기 위하여 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 텅스텐 함유 필름을 열처리하는 단계와, 열처리된 텅스텐 함유 필름에 배리어 층을 형성하는 단계를 포함한다.

효 과

<11> 본 발명의 방법에 따르면, 텅스텐 함유 필름과 다른 금속 함유 필름을 낮은 오염 수준으로 반도체 디바이스에 증착하고 집적할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<12> 본 명세서에 채용되어 발명의 일부를 이루는 첨부 도면은 본 발명의 실시예를 예시하고 있다.

<13> 텅스텐 카르보닐 전구체를 이용하여 증착된 W 필름을 포함하는 게이트 전극은 2 내지 5 옹스트롬(옹스트롬 = 10^{-10}m)의 EOT의 증가와 1050℃에서 소스/드레인 플래시 열처리 후에 0.2V에 이르는 플랫밴드 전압 변화를 나타내었다. 이는 W 필름 및 다른 금속 함유 필름을 게이트 스택에 집적하기 위한 기본적인 문제이다. 이 문제가 해결되지 않으면, 이러한 계면층의 두께 증가 및 플랫밴드 전압 변화로 인하여 이들 게이트 스택에 W 필름을 사용할 수 없게 될 수 있다. 이들 결과에 대한 하나의 이유로는, 높은 열처리 온도에서 W 필름으로부터의 산소 종의 외향 확산과, 고유전율의 필름을 통한 산소 종의 확산, 기부의 Si 기판과의 반응을 포함하여, 2 내지 5 옹스트롬 두께의 SiO_2 계면층을 형성하거나 부가한다는 것이다.

<14> 본원의 발명자들은, CVD 공정에서 텅스텐 카르보닐 전구체(예컨대, $W(CO)_6$)로부터 W 필름을 증착하게 되면, 종종 W 필름에 CO가 합체되는 결과를 야기하는 것을 인지하였다. W 필름 상에 추가의 층(배리어 층, 캡 층)을 형성하기 전에 CO 오염물을 제거하지 않으면, CO 오염물은 기부의 고유전율의 필름과 기판 사이의 계면층의 두께 증가에 기여한다. 본원의 발명자들은, 증착 온도보다 높은 온도, 예컨대 500℃ 내지 1000℃의 열처리 온도에서 증착된 W 필름을 열처리하는 것이 W 필름으로부터 CO 오염물을 제거하는 데에 효과적이며, 이로써 기판의 후속 처리 중에 계면층의 두께 증가를 줄이거나 방지한다는 것을 또한 인지하였다. 열처리 공정 중의 TDS(thermal desorption spectroscopy)에 의해 텅스텐 카르보닐 전구체를 이용하여 증착된 W 필름으로부터 CO가 제거되는 것으로 확인되었다.

<15> 본 발명의 실시예는 낮은 오염물 수준, 특히 낮은 CO 수준을 갖는 금속 함유 필름을 반도체 디바이스에 증착하고 집적하는 방법을 제공한다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 본 발명의 방법은, 기판을 금속 카르보닐 전구체를 함유하는 증착 가스에 노출시킴으로써 제1 기판 온도에서 금속 함유 필름을 기판 상에 증착하는 단계를 포함한다. 필름 증착 후에, 기판은 금속 함유 필름으로부터 CO 가스를 제거하기 위하여 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 열처리된다. 그 후, 가스상 오염물이 금속 함유 필름 내로 혼입되는 것을 방지하기 위하여 열처리된 금속 함유 필름 상에 배리어 층 또는 캡 층을 형성할 수 있다.

<16> 예컨대, 금속 함유 필름은, 고유전율의 필름을 포함하는 게이트 스택의 게이트 전극으로서 사용될 수 있는 텅스텐 함유(예컨대, W, WN, WSi, WC) 필름일 수 있다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 예시적인 게이트 스택을 도시한다. 게이트 스택(400)은 기판(402; 예컨대 Si), 기판(402) 상의 계면층(404; 예컨대 SiO_2, SiON, 또는 이들의 조합), 계면층(404) 상의 고유전율 층(406; HfO_2, HfON, HfSiO 또는 HfSiON), 고유전율 층 상의 텅스텐 함유 게이트 전극 필름(408), 텅스텐 함유 게이트 전극 필름(408) 상의 배리어 층(410; 예컨대, WN, TaN, TaSiN, TiN 또는 이들의 조합), 배리어 층(410) 상의 캡 층(412; 예컨대 폴리-Si 또는 비정질 Si)을 포함한다.

<17> 이제 텅스텐 카르보닐 전구체로부터 텅스텐 함유 필름을 증착하는 것을 이용하여 본 발명의 실시예를 설명하지만, 당업자가 쉽게 이해할 수 있듯이, 본 발명의 실시예는 대응 금속 카르보닐 전구체로부터 임의의 금속 함유 필름(예컨대, 금속, 금속 질화물, 금속 규화물, 금속 탄화물)을 증착하는 데에 사용될 수 있다.

<18> 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 금속 함유 필름을 증착하기 위한 처리 시스템을 단순화한 블록도이다. 처리 시스템(100)은 상부 챔버부(1a), 하부 챔버부(1b) 및 배기 챔버(23)를 구비하는 공정 챔버(1)를 포함한다. 하부 챔버부(1b)의 중간에는 원형 개구(22)가 형성되어 있고, 이 원형 개구에서 하부 챔버부(1b)가 배기 챔버(23)에 연결된다.

<19> 공정 챔버(1)의 내측에는 처리 대상 기판(웨이퍼; 50)을 수평으로 유지하기 위한 기판 홀더(2)가 마련되어 있다. 기판 홀더(2)는 배기 챔버(23)의 하부 중앙으로부터 상측으로 연장하는 원통형 지지 부재(3)에 의해 지지된다. 기판 홀더(2)의 가장자리에는 기판(50)을 기판 홀더(2) 상에 위치 결정하기 위한 가이드 링(4)이 설치된다. 또한, 기판 홀더(2)는, 전원(6)에 의해 제어되고 기판(50)을 가열하는 데 사용되는 가열기(5)를 내장한다. 가열기(5)는 저항성 히터(resistive heater)일 수 있다. 대안으로, 가열기(5)는 램프 가열기 또는 임의의 다른 타입의 가열기일 수 있다. 가열기(5)는 기판을 400℃ 내지 1000℃의 온도, 또는 그 이상의 온도로 가열하도록 구성될 수 있다.

<20> 처리 중에, 가열된 기판(50)은 $W(CO)_6$ 전구체를 열적으로 분해할 수 있고, 텅스텐 함유 필름을 기판(50) 상에 증착시킬 수 있다. 기판 홀더(2)는 소정의 텅스텐 함유 필름을 기판(50) 상에 증착하기에 적합한 예정된 온도로 가열된다. 챔버 벽을 예정된 온도로 가열하기 위하여 공정 챔버(1)의 벽에는 가열기(도시 생략)가 매설되어 있다. 가열기는 공정 챔버(1)의 벽의 온도를 약 40℃ 내지 약 80℃로 유지할 수 있다.

<21> 공정 챔버(1)의 상부 챔버부(1a)에는 샤워헤드(10)가 위치되어 있다. 샤워헤드(10)의 바닥에 있는 샤워헤드 플레이트(10a)는, $W(CO)_6$ 전구체를 함유하는 증착 가스를 기판(50) 위에 위치한 처리 영역(60)에 공급하기 위한 다수의 가스 공급 구멍(10b)을 포함한다. 처리 영역(60)은 기판 직경과, 기판(50)과 샤워헤드(10) 사이의 간극에 의해 구획된 용적이다.

<22> 상부 챔버부(1b)에는 가스 라인(12)으로부터의 증착 가스를 가스 분배 격실(10d) 내로 도입하기 위한 개구(10c)가 마련되어 있다. 샤워헤드(10)의 온도를 제어하기 위한 동심의 냉매 유동 채널(10e)이 마련되고, 이로써 샤워헤드(10) 내측의 $W(CO)_6$ 전구체 가스의 증착을 방지한다. 샤워헤드(10)의 온도를 약 20℃ 내지 약 100℃로 제어하기 위하여 냉매 유체 공급원(10f)으로부터 냉매 유동 채널(10e)로 물과 같은 냉매 유체가 공급될 수 있다.

<23> 가스 라인(12)은 전구체 이송 시스템(13)을 공정 챔버(1)에 연결한다. 전구체 용기(13)는 고상의 $W(CO)_6$ 전구체(55)를 포함하고, 전구체 용기(13)를 가열하기 위한 전구체 가열기(13a)가 설치되어, $W(CO)_6$ 전구체(55)를 $W(CO)_6$ 전구체의 소정의 증기압을 발생시키는 온도로 유지한다. $W(CO)_6$ 전구체(55)는 65℃에서 비교적 높은 증기압(P_{vap}~1 Torr)을 가질 수 있다. 따라서 $W(CO)_6$ 전구체(55)를 공정 챔버(1)에 이송하는 데에는, 전구체 공급원(13)과 전구체 가스 이송 라인(예컨대, 가스 라인 12)의 완만한 가열만이 요구된다. 또한, $W(CO)_6$ 전구체(55)는 약 200℃ 미만의 온도에서는 열적으로 분해되지 않는다. 이러한 특징은, 가열된 챔버 벽과의 상호반응과 가스상 반응에 기인하여 $W(CO)_6$ 전구체(55)의 분해를 현저하게 줄일 수 있다.

<24> 일 실시예에서, $W(CO)_6$ 전구체 증기는 캐리어 가스를 사용하지 않고 공정 챔버(1)로 이송될 수도 있고, 대안으로 캐리어 가스를 사용하여 공정 챔버(1)로의 전구체 증기의 이송을 개선할 수도 있다. 가스 라인(14)은 가스 공급원(15)으로부터의 캐리어 가스를 전구체 용기(13)로 공급할 수 있고, 캐리어 가스의 유량을 제어하는 데에는 질량 유량 제어기(MFC; 16)와 밸브(17)를 이용할 수 있다. 캐리어 가스를 사용하는 때에, 캐리어 가스는 고상의 $W(CO)_6$ 전구체(55)를 통하여 스며들도록 전구체 용기(13)의 하부로 도입될 수 있다. 대안으로, 캐리어 가스는 전구체 공급원(13) 내로 도입되고 고상의 $W(CO)_6$ 전구체(55)의 상부를 가로질러 분배될 수 있다. 전구체 용기(13)로부터의 총 가스 유량을 측정하기 위하여 센서(45)가 설치되어 있다. 센서(45)는 예컨대 MFC를 포함할 수 있고, 공정 챔버(1)로 이송된 $W(CO)_6$ 전구체의 양은 센서(45) 및 밸브(17)를 이용하여 측정 및 제어할 수 있다. 대안으로, 센서(45)는 공정 챔버(1)로의 가스 흐름 중에서 $W(CO)_6$ 전구체의 농도를 측정하는 광 흡수 센서를 포함할 수 있다.

<25> 센서(45)의 하류에 위치한 바이패스 라인(41)이 가스 라인(12)을 배기 라인(24)에 연결한다. 바이패스 라인(41)은 가스 라인(12)을 배기시키고, 공정 챔버(1)로의 $W(CO)_6$ 전구체의 공급을 안정화시키도록 설치된다.

또한, 가스 라인(12)의 분기부의 하류에 위치하는 밸브(42)가 바이패스 라인(41)에 설치된다.

<26> 가스 라인 12, 14 및 41을 독립적으로 가열하도록 히터(도시 생략)가 설치되고, 여기서 가스 라인의 온도는 가스 라인에서 $W(CO)_6$ 전구체가 응축되는 것을 방지하도록 제어될 수 있다. 가스 라인의 온도는 약 20℃ 내지 약 100℃로, 또는 약 25℃ 내지 약 60℃로 제어될 수 있다.

<27> 가스 라인(18)을 이용하여 가스 공급원(19)으로부터 가스 라인(12)으로 희석 가스가 공급될 수 있다. 희석 가스는 증착 가스를 희석시키는 데 사용될 수도 있고, 증착 가스의 분압을 조정하는데 사용될 수도 있다. 가스 라인(18)은 MFC(20) 및 밸브(21)를 포함한다. MFC(16, 20)와 밸브(17, 21, 42)는 제어기(40)에 의해 제어되고, 이 제어기는 캐리어 가스, $W(CO)_6$ 전구체 가스 및 희석 가스의 공급, 차단 및 유량을 제어한다. 센서(45)도 또한 제어기(40)에 연결되어, 센서(45)의 출력을 기초로 하여, 제어기(40)는 질량 유량 제어기(16)를 통한 캐리어 가스의 유량을 제어하여 공정 챔버(1)로의 소정의 $W(CO)_6$ 전구체 유량을 얻을 수 있다.

<28> 추가로 또는 대안으로, 가스 공급원(19)은, 금속 질화물(MN) 필름을 형성하는 질소 함유 가스(예컨대, NH_3), 금속 규화물(MSi) 필름을 형성하는 규소 함유 가스(예컨대, SiH_4), 금속 탄화물(MC) 필름을 형성하는 탄소 함유 가스(예컨대, CH_4)를 포함한 다른 가스를 증착 가스에 공급하는데 사용될 수 있다.

<29> 배기 라인(24)이 배기 챔버(23)를 진공 펌핑 시스템(140)에 연결한다. 공정 챔버(1)를 소정의 진공도로 배기시키고 처리 중에 공정 챔버(1)로부터 가스 종을 제거하는 데에 진공 펌프(25)가 사용된다. 자동 압력 제어기(APC; 59)와 트랩(57)은 진공 펌프(25)와 직렬로 사용될 수 있다. 진공 펌프(25)는 800 리터/초(및 그 이상)에 이르는 펌핑 속도가 가능한 터보 분자 펌프(TMP)를 포함할 수 있다. 대안으로, 진공 펌프(25)는 건조 펌프를 포함할 수 있다. 처리 중에, 증착 가스는 공정 챔버(1) 내로 도입될 수 있고, 챔버 압력은 APC(59)에 의해 조정될 수 있다. APC(59)는 버터플라이 타입의 밸브 또는 게이트 밸브를 포함할 수 있다. 트랩(57)은 공정 챔버(1)로부터 미반응 전구체 재료 및 부산물을 수집할 수 있다.

<30> 공정 챔버(1) 내에는, 기판(5)을 유지, 상승 및 하강시키기 위한 3개의 기판 리프트 핀(26; 2개만 도시되어 있음)이 설치되어 있다. 기판 리프트 핀(26)은 플레이트(27)에 고정되어 있고, 기판 홀더(2)의 상면까지 아래로 하강할 수 있다. 예컨대 공기 실린더를 이용한 구동 기구(27)가 플레이트(27)를 상승 및 하강시키기 위한 수단을 제공한다. 기판(50)은 로봇식 전달 시스템(도시 생략)을 매개로 게이트 밸브(30) 및 챔버 관통 공급 통로(29)를 통과하여 공정 챔버(1)의 내외로 전달될 수 있으며, 기판 리프트 핀에 의해 수용될 수 있다. 일단 기판(50)이 전달 시스템으로부터 수용되면, 기판은 기판 리프트 핀(26)을 하강시킴으로써 기판 홀더(2)의 상면까지 하강할 수 있다.

<31> 처리 시스템 제어기(150)는 마이크로프로세서, 메모리 및 디지털 I/O 포트를 포함하며, 디지털 I/O 포트는 처리 시스템(100)으로부터의 출력을 모니터할 뿐 아니라 처리 시스템(100)의 입력을 통신 및 기동시키기에 충분한 제어 전압을 발생시킬 수 있다. 또한, 처리 시스템 제어기(150)는 공정 챔버(1), 제어기(40)와 전구체 가열기(13a)를 구비하는 전구체 이송 시스템(130), 진공 펌핑 시스템(140), 전원(6), 및 냉매 유체 공급원(10f)과 결합하여 정보를 교환한다. 진공 펌핑 시스템(140)에 있어서, 처리 시스템 제어기(150)는 공정 챔버(1) 내의 압력을 제어하는 자동 압력 제어기(59)와 결합하여 정보를 교환한다. 메모리에 기억된 프로그램을 사용하여 처리 시스템(100)의 전술한 구성요소들을 기억된 공정 레시피에 따라 제어한다. 처리 시스템 제어기(150)의 하나의 예로는, 미국 텍사스주의 달라스에 소재하는 Dell Corporation에서 판매하는 DELL PRECISION WORKSTATION 610™이 있다.

<32> 도 2는 본 발명의 실시예에 따라 금속 함유 필름을 반도체 디바이스에 집적하기 위한 흐름도를 도시한다. 공정(200)은, 위에 있는 계면층과 이 계면층 상에 있는 고유전율의 필름을 구비하는 기판을 공정 챔버에 제공하는 단계(단계 210)를 포함한다. 공정 챔버는 도 1에 도시하고 설명한 공정 챔버(1)일 수 있다. 기판(웨이퍼)은 임의의 사이즈의 기판, 예컨대 200 mm 기판, 300 mm 기판, 또는 그보다 대형의 기판일 수 있다. 예컨대, 기판은 Si 기판일 수 있다. 고유전율의 필름은, 예컨대 Ta_2O_5, TiO_2, ZrO_2, Al_2O_3, Y_2O_3, HfSiO, HfSiON, HfO_2, ZrO_2, ZrSiO, ZrSiON, TaSiO, SrO, SrSiO, LaO, LaSiO, YO, YSiO, BaO, 또는 이들의 2 이상의 조합을 포함할 수 있다. 고유전율의 필름의 두께는, 예컨대 약 1 nm 내지 약 3 nm, 바람직하게는 약 1.5 nm일 수 있다.

<33> 단계 220에서는, 기판을 텅스텐 카르보닐 전구체와, 선택적으로 불활성 가스, 환원 가스 또는 양자를 포함하는 증착 가스에 노출시킴으로써 텅스텐 함유 필름을 제1 기판 온도에서 고유전율의 필름 상에 증착한다. 증착 가

스는 금속 질화물(MN) 필름을 형성하는 질소 함유 가스(예컨대, NH_3), 금속 규화물(MSi) 필름을 형성하는 규소 함유 가스(예컨대, SiH_4), 금속 탄화물(MC) 필름을 형성하는 탄소 함유 가스(예컨대, CH_4)를 더 포함할 수 있다. 제1 기판 온도는 400℃ 내지 600℃, 예컨대 약 500℃일 수 있다. 그러나, 일부 공정에서는 제1 기판 온도가 600℃를 넘을 수 있다. 제1 기판 온도가 600℃를 넘을 때에, 전구체 중의 CO는 분해될 수 있고, 그 결과 텅스텐 필름에 증착된 탄소로 될 수 있다. 그러한 온도에서, W의 증착과 CO의 탈기(out-gassing)가 동시에 발생할 수 있다. 이는 텅스텐-탄화물 층을 증착할 때에 특히 유리할 수 있다. CVD 공정을 위한 다른 공정 파라미터로는 예컨대, 약 1 Torr 미만의 챔버 압력, 예컨대 300 mTorr 미만의 챔버 압력을 사용할 수 있다. 대안으로, 챔버 압력은 약 200 mTorr 미만, 예컨대 약 150 mTorr일 수 있다. 캐리어 가스의 유량은 약 1000 sccm 미만일 수 있다. 희석 가스의 유량은 약 2000 sccm 미만일 수 있다. $W(CO)_6$ 전구체 가스의 유량은 약 0.1 sccm 내지 약 200 sccm일 수 있다. 캐리어 가스와 희석 가스는 불활성 가스와 H_2 가스 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 불활성 가스는 Ar, He, Ne, Kr, Xe 및 N_2 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

<34> 단계 **230**에서, 텅스텐 함유 필름으로부터 일산화탄소를 제거하기 위하여 텅스텐 함유 필름을 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 열처리한다. 제2 기판 온도는 500℃ 내지 1000℃, 예컨대 600℃ 내지 800℃일 수 있다. 단계 **230**은 열처리 중에 텅스텐 함유 필름 또는 Si 기판의 산화를 방지하기 위하여 산소 함유 가스(예컨대, O_2, H_2O, CO)의 분압이 낮은 상태의 낮은 공정 압력에서 실시될 수 있다. 텅스텐 함유 필름으로부터 CO 가스를 제거할 수 있고 텅스텐 함유 필름 또는 Si 기판의 산화를 방지할 수 있는 공정 압력 및 산소 함유 가스의 분압은 DOE(design of experiment) 방법을 이용하여 결정될 수 있다. 일례로서, 공정 가스 중의 O_2, H_2O, 또는 CO의 분압을 기판 온도에 대비해서 표시하여, 텅스텐 함유 필름 또는 Si 기판을 산화시키지 않고 존재할 수 있는 O_2, H_2O 및 CO의 최대 분압을 결정할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 단계 **230**은 약 1 Torr와 760 Torr 사이의 가스 압력을 사용하여 고순도의 불활성 가스(예컨대, Ar)와, 선택적으로 H_2 가스의 존재하에 실시할 수 있다.

<35> 단계 **240**에서, 열처리된 텅스텐 함유 필름 상에 배리어 층을 형성한다. 예시적인 배리어 층은 WN, TaN, TaSiN, TiN, 또는 이들의 2 이상의 조합을 포함한다. 배리어 층은 기부의 열처리된 텅스텐 함유 필름을 가스상 분위기로부터 보호하여, 텅스텐 함유 필름과 Si 기판의 산화를 방지하거나 감소시킨다. 배리어 층은, 예컨대 CVD 또는 물리적 기상 증착(PVD)에 의해 증착될 수 있다. 배리어 층(예컨대, WN)은, 텅스텐 함유 필름과 동일한 공정 챔버에서 증착될 수도 있고, 동일한 처리 툴 상의 상이한 처리 시스템의 공정 챔버에서 (예컨대, CVD-TaSiN 배리어 층에) 증착될 수도 있고, 상이한 처리 툴 상의 공정 챔버에서 (예컨대, PVD-TiN 배리어 층에) 증착될 수도 있다. 마찬가지로, Si 캡 층은, 배리어 층의 증착과 동일한 공정 챔버에서 배리어 층(예컨대, CVD-TaSiN 배리어 층) 상에 증착될 수도 있고, 동일한 처리 툴에서 상이한 처리 시스템(CVD-Si 처리 시스템)의 공정 챔버에서 증착될 수도 있고, 상이한 처리 툴(예컨대, 일본의 아카사카에 소재하는 동경 엘렉트론 주식회사로부터 입수 가능한 TELFORMULA™ 배치 처리 툴)의 공정 챔버에서 증착될 수도 있다.

<36> 원칙적으로, 텅스텐 카르보닐 전구체로부터 텅스텐 함유 필름을 열적으로 증착시키는 데에(또는 대응 금속 카르보닐 전구체로부터 다른 금속 함유 필름을 증착시키는 데에) 환원제는 필요하지 않은데, 그 이유는 텅스텐 카르보닐 전구체 중의 텅스텐 원자가 이미 0가(zero-valent)이기 때문이다. 대안으로, 텅스텐 함유 필름의 증착을 돕기 위하여, 환원제, 예컨대 H_2 가스를 채용할 수도 있다. 텅스텐 카르보닐 전구체의 열적 분해와 후속하는 W 증착은 주로 기판으로부터의 CO 제거 및 CO 부산물의 탈착에 의해 진행되는 것으로 생각된다. 증착 중에 텅스텐 함유 필름 내로 CO 부산물이 혼입되는 것은, 텅스텐 카르보닐 전구체의 불완전한 분해, 텅스텐 함유 필름으로부터 CO 부산물의 불완전한 제거, 공정 챔버로부터 텅스텐 함유 필름으로 CO 부산물의 재부착에 기인한 것일 수 있다.

<37> 텅스텐 함유 필름에 혼입되거나 텅스텐 함유 필름의 표면에 흡착되는 CO 오염물이 텅스텐 함유 필름 증착 후에 제거되지 않으면, CO 오염물은 텅스텐 함유 필름의 저항성을 증가시켜, 기부에 있는 고유전율의 필름을 통하여 확산하여 고유전율의 필름과 기판 사이의 계면층의 두께 증가에 기여할 수 있는 산소 종을 제공한다.

<38> 텅스텐 함유 필름의 증착 중에, CO 부산물이 텅스텐 함유 필름 내로 혼입되는 것은 (1) 공정 압력을 강하시킴으로써, (2) 기판 온도를 증가시킴으로써, 그리고 (3) 고유량의 희석 증착 가스를 사용함으로써 감소할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 고유량의 희석 증착 가스는 텅스텐 함유 필름의 표면 상의 CO 부산물의 분압과 공정 챔버 내의 CO의 분압을 감소시키는 데에 효과적이며, 이로써 텅스텐 함유 필름 내의 CO 오염물의 양을 줄

일 수 있다. 그러나 텅스텐 함유 필름을 증착 후에 열처리하면, 텅스텐 함유 필름으로부터 또는 텅스텐 함유 필름과 고유전율의 필름의 계면으로부터 CO 오염물이 더욱 제거된다.

<39> 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 금속 함유 필름을 반도체 디바이스에 집적하기 위한 처리 툴을 단순화한 블록도이다. 처리 툴(300)은 기판 로딩 챔버(310, 320), 처리 시스템(330-360), 로봇식 전달 시스템(370) 및 제어기(380)를 구비한다. 도시하지는 않지만, 처리 툴(300)은 기판 정렬 시스템과, 처리된 기판을 냉각하도록 구성된 냉각(cool-down) 시스템을 또한 구비할 수 있다. 아울러, 처리 툴(300)은 기판을 탈기시키거나 및/또는 예비-세정하도록 구성된 처리 시스템을 또한 구비할 수 있다. 탈기 과정은 기판이 처리 툴(300)에 배치되어 있을 때에 배기에 후속하여 실시될 수 있다. 예컨대, 탈기 과정은 Ar과 같은 불활성 가스의 존재하에서 기판을 약 100℃ 내지 약 500℃의 온도로 가열함으로써 실행될 수 있다. 예비 세정은 기판의 표면으로부터 오염물을 제거하는 단일의 웨이퍼 습식 또는 건식 세정 기법을 포함할 수 있다. 아울러, 처리 툴(300)은 기판 상에 계면층, 예컨대 SiO_2 층, SiON 층, 또는 이들의 조합을 형성하도록 구성된 처리 시스템을 구비할 수 있다.

<40> 기판 로딩 챔버(310, 320)는 처리를 위하여 처리 툴(300) 내로, 그리고 처리 후에 처리 툴(300)의 외부로 기판을 전달하는데 사용된다. 처리 툴(300)의 부분은 통상적으로 진공 상태이기 때문에, 기판 로딩 챔버(310, 320)는 처리 툴(300)에 배치된 기판을 배기시키도록 구성된다. 도 3에 도시된 바와 같이, 기판 로딩 챔버(310, 320)는 로봇식 전달 시스템(370)에 결합된다. 로봇식 전달 시스템(370)은 기판 로딩 챔버(310, 320)와 처리 시스템(330-360) 사이에서 기판을 전달하도록 구성된다. 예컨대, 로봇식 전달 시스템(370)은 진공 상태(예컨대 100 mTorr 이하)에서 Ar과 같은 불활성에 의해 퍼지될 수 있다.

<41> 처리 시스템(330)은 CVD(chemical vapor deposition), PVD(physical vapor deposition), PECVD(plasma enhanced CVD), ALD(atomic layer deposition), PEALD(plasma enhanced ALD)에 의해 기판 상에 고유전율의 필름을 증착하도록 구성될 수 있다. 처리 시스템(340)은 금속 함유 필름을 기판 상에, 예컨대 처리 시스템(340)에서 증착된 고유전율의 필름 상에 증착하도록 구성될 수 있다. 처리 시스템(340)은 예컨대 도 1에 도시된 처리 시스템(100)일 수도 있다. 처리 시스템(350)은 금속 함유 필름으로부터 일산화탄소 가스를 제거하기 위하여 금속 함유 필름을 열처리하도록 구성된다. 일례로서, 처리 시스템(350)은, 일본 아카사카에 소재하는 동경 엘렉트론 주식회사로부터 입수 가능한 저압 어닐링 시스템(LPA)일 수 있다. 대안으로, 열처리 과정을 처리 시스템(340)에서 실행할 수도 있다. 처리 시스템(360)은 텅스텐 함유 필름에 배리어 층을 형성하도록 구성된다.

<42> 탈기 및/또는 예비 세정 후에, 기판을 로봇식 전달 시스템(370)에 의해 처리 시스템(330)으로 운반하여 고유전율의 필름을 증착한다. 대안으로, 기판은 처리 툴(300) 내로 도입될 때에 그 기판 상에 고유전율의 필름을 가질 수도 있다. 다음으로, 기판을 로봇식 전달 시스템(370)에 의해 처리 시스템(340)으로 운반하여 고유전율의 필름 상에 금속 함유 필름을 증착한다. 다음으로, 기판을 로봇식 전달 시스템(370)에 의해 처리 시스템(350)으로 운반하여 금속 함유 필름을 열처리하고, 처리 시스템(360)에서 열처리된 금속 함유 필름 상에 배리어 층을 형성한다. 이에 따라, 처리 툴(300)은 단계 210 내지 240 중에 또는 그 단계들 사이에서 공기에 노출되지 않고도 2의 처리 단계 210 내지 240을 실시할 수 있게 한다. 이로 인하여, 상이한 필름 및 층 사이의 계면이 양호하게 제어되고 상이한 필름 및 층에서의 오염이 낮은 깨끗한 필름을 형성할 수 있게 된다. 도시하지는 않지만, 처리 툴(300)은 단계 240의 공정 후에 기판을 추가로 처리하기 위한 추가의 처리 시스템을 구비하거나 추가의 처리 시스템과 진공 접속될 수 있다. 예컨대, 추가의 처리 시스템은 배리어 층 상에 캡 층을 증착하도록 구성될 수 있다.

<43> 처리 툴(300)은 제어기(380)에 의해 제어될 수 있다. 제어기(380)는 기판 로딩 챔버(310, 320), 처리 시스템(330 내지 360) 및 로봇식 전달 시스템(370)과 결합되어 정보를 교환할 수 있다. 제어기(380)는 처리 툴(300) 내에서의 기판 전달 작업과 처리 시스템(330-360) 내에서 실시된 기판 처리 과정을 작동시킬 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 제어기(380)는 제어기(380)의 메모리에 기억된 프로그램을 통하여, 본 발명의 실시예의 공정과 공정의 모니터링과 관련한 임의의 기능을 실시하도록 프로그래밍될 수 있다. 제어기(380)는 시스템 제어기, 전용 하드웨어 회로, 또는 프로그램된 범용 컴퓨터일 수 있다.

<44> 본 발명을 실시하는 데에 본 발명의 다양한 변형예 및 수정예를 채용할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 따라서 첨부의 청구범위의 범위 내에서, 본 명세서에서 구체적으로 설명하고 있는 것과는 달리 본 발명을 실시할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

도면의 간단한 설명

<45> 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 금속 함유 필름을 증착하기 위한 처리 시스템을 단순화한 블록도이고,

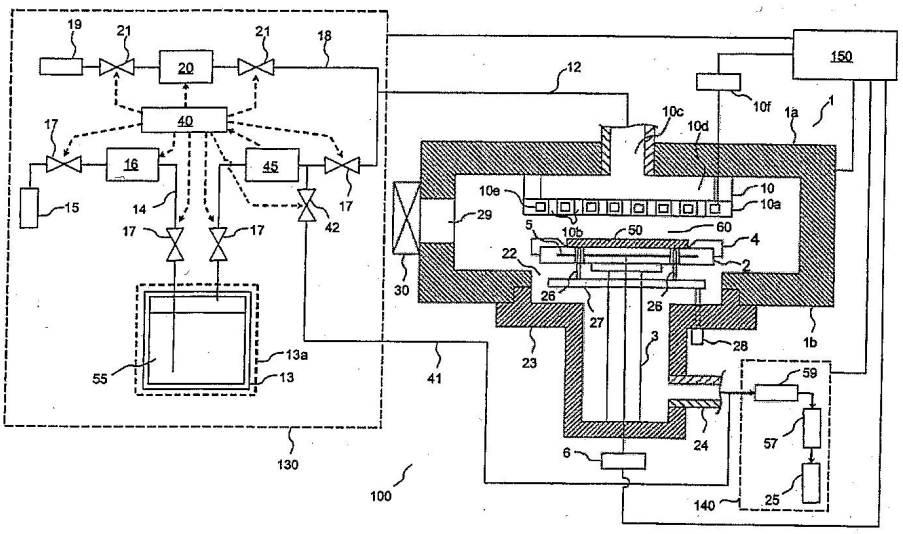
<46> 도 2는 본 발명의 실시예에 따라 금속 함유 필름을 반도체 디바이스에 집적하기 위한 흐름도를 도시하고,

<47> 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 금속 함유 필름을 반도체 디바이스에 집적하기 위한 처리 툴을 단순화한 블록도이고,

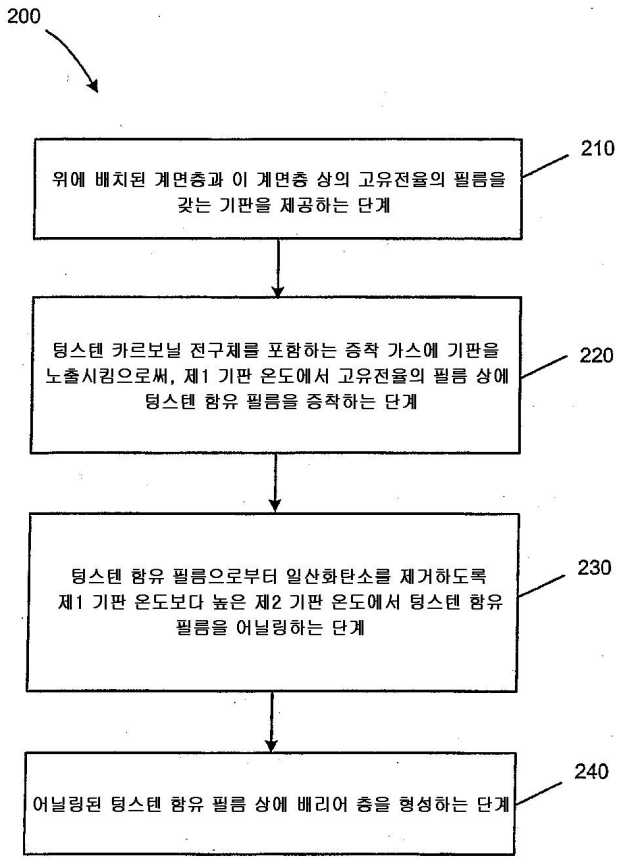
<48> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 예시적인 게이트 스택을 도시한다.

도면

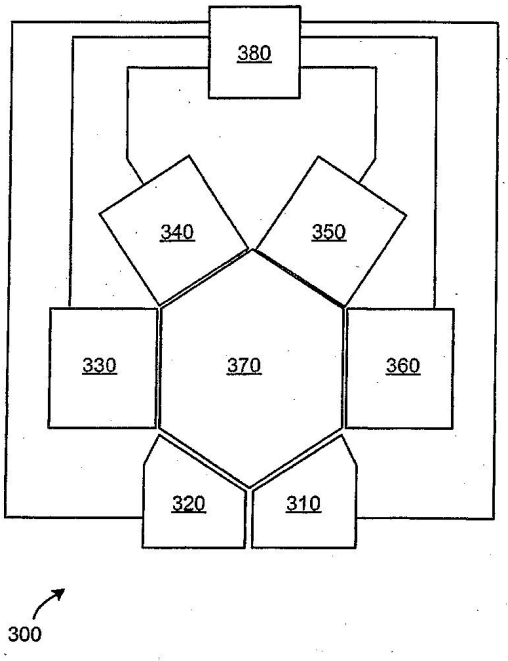
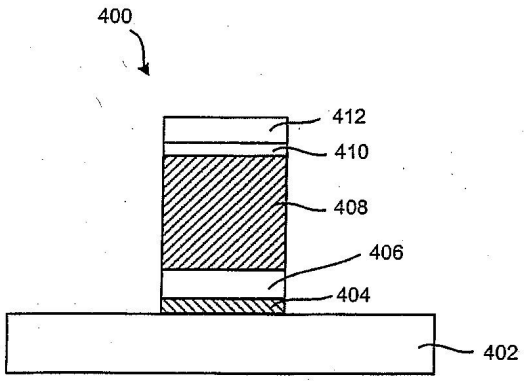
도면1



도면2


200
위에 배치된 계면층과 이 계면층 상의 고유전율의 필름을 갖는 기판을 제공하는 단계
210
텅스텐 카르보닐 전구체를 포함하는 증착 가스에 기판을 노출시킴으로써, 제1 기판 온도에서 고유전율의 필름 상에 텅스텐 함유 필름을 증착하는 단계
220
텅스텐 함유 필름으로부터 일산화탄소를 제거하도록 제1 기판 온도보다 높은 제2 기판 온도에서 텅스텐 함유 필름을 어닐링하는 단계
230
어닐링된 텅스텐 함유 필름 상에 배리어 층을 형성하는 단계
240

도면3


380
340
350
330
370
360
320
310
300

도면4