

(72) 발명자

타오, 룡

미국 95129 캘리포니아 샌어제이 알링톤 레인 1131

장, 홍

미국 94539 캘리포니아 프레몬트 야키마 드라이브
818

특허청구의 범위

청구항 1

기관을 프로세싱하기 위한 방법으로서,

내부에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물들을 가진 기관 위에 씨드층을 형성하는 단계;

유기 패시베이션 필름으로 상기 씨드층의 일부를 코팅하는 단계로서, 유기 계면 활성제를 함유한 액체 용액에 기관을 담금으로써 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들 위에 상기 씨드층을 코팅하는 단계를 포함하며, 상기 액체 용액은 소수성 캐리어 및 상기 소수성 캐리어에 부유된(suspended) 유기 계면 활성제를 포함하는, 상기 씨드층의 일부를 코팅하는 단계; 및

상기 유기 패시베이션 필름이 도금 용액에 용해되기 이전에, 상기 유기 패시베이션 필름에 의해 커버되지 않은 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 하부들 위의 씨드층 위에 전도성 물질을 증착시키기 위하여, 도금 용액에 상기 트렌치 또는 비아 구조물들을 담그는 단계; 를 포함하며,

상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들을 커버하는 상기 유기 패시베이션 필름이 상기 도금 용액에 최종적으로 용해되어, 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들 위에 상기 전도성 물질이 증착될 수 있는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 유기 계면 활성제는 1-2-3-벤조트리아졸(BTA)을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 액체 용액은 이소프로필 알콜(IPA)을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

저 중형비를 갖는 트렌치 또는 비아 구조물들이 완전히 채워지지 아니하였더라도 고 중형비를 갖는 트렌치 또는 비아 구조물들이 상기 전도성 물질에 의해 채워지면, 상기 기관을 건조시키는 단계;

상기 패시베이션 필름에 의해 이전에 커버된 씨드층의 일부들을 노출시키기 위해서 상기 패시베이션 필름을 제거하는 단계; 및

상기 기관 위에 전도성 물질을 도금하기 위하여 상기 도금 용액에 상기 기관을 담그는 단계; 를 더 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 패시베이션 필름을 제거하는 단계는 상기 기판을 어닐링하는 단계를 포함하는,
기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 6

기판을 프로세싱하기 위한 방법으로서,

기판에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물들의 표면들 위에 씨드층을 증착하는 단계;

상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들 위의 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부 개구들 근처의 씨드층을 커버하기 위하여 상기 기판 위에 패시베이션 필름을 도포하는 단계; 및

상기 트렌치 또는 비아 구조물들을 도금 용액에 담금으로써, 상기 트렌치 또는 비아 구조물들 내에 전도성 물질을 도금하는 단계;를 포함하며,

바텀 업 충전 효과를 발생시키기 위하여, 상기 패시베이션 필름이 상기 도금 용액에 용해되기 이전에, 상기 전도성 물질은 상기 패시베이션 필름에 의해 커버되지 않은 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 하부들에서 상기 씨드층 위에 증착되고,

상기 패시베이션 필름이 도금 동안 상기 도금 용액에 용해된 이후에, 상기 트렌치 또는 비아 구조물들을 채우기 위하여 상기 전도성 물질이 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들 위에 증착되는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 패시베이션 필름은 평면 분자들을 갖는 계면 활성제를 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 패시베이션 필름을 도포하는 단계는, 상기 기판 위에 계면 활성제를 함유한 액체 용액을 스핀 코팅하는 단계를 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 액체 용액은 이소프로필 알콜(IPA) 및 1-2-3-벤조트리아졸(BTA)을 포함하는 계면 활성제를 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 패시베이션 필름을 도포하는 단계는, 상기 계면 활성제를 함유한 액체 용액에 상기 기판을 담그는 단계를 포함하고,

상기 액체 용액은 소수성 캐리어를 포함하는,
기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 11

기판을 프로세싱하기 위한 방법으로서,
내부에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물들을 가진 기판 상에 씨드층을 증착하는 단계;
상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들 위의 전체 씨드층 중의 일부 위에 패시베이션 필름을 형성하기 위해 상기 기판을 스핀 코팅하는 단계; 및
상기 패시베이션 필름에 의해 커버되지 않은 상기 씨드층 위에 전도성 물질을 증착하고 도금 용액에 상기 패시베이션 필름을 용해시키기 위해, 상기 도금 용액에 상기 트렌치 또는 비아 구조물들을 담그는 단계; 를 포함하며,
상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들을 커버하는 상기 패시베이션 필름이 상기 도금 용액에 용해되어, 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들 위에 상기 전도성 물질이 증착될 수 있는,
기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
상기 기판을 스핀 코팅하는 단계는, 상기 패시베이션 필름이 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 측벽들을 따라 도달하는 깊이를 제어하는 단계를 포함하는,
기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,
상기 깊이를 제어하는 단계는,
상기 깊이를 감소시키기 위해 스핀의 속도를 증가시키는 단계; 및
상기 깊이를 증가시키기 위해 스핀의 속도를 감소시키는 단계; 를 포함하는,
기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,
상기 깊이를 제어하는 단계는, 상기 깊이를 감소시키기 위해 스핀 코팅하는 동안 상이한 점도의 캐리어를 이용하는 단계를 더 포함하는,
기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 15

기판을 프로세싱하기 위한 방법으로서,

내부에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물들을 가진 기판 위에 씨드층을 형성하는 단계; 및

유기 패시베이션 필름으로 상기 씨드층의 일부를 코팅하는 단계로서,

상기 기판 위에 1-2-3-벤조트리아졸(BTA)을 포함하는 유기 계면 활성제를 함유한 액체 용액을 스핀 코팅함으로써, 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들 위에 상기 씨드층을 코팅하는 단계; 및

전도성 물질을 증착시키기 위해 도금 용액에 상기 트렌치 또는 비아 구조물들을 담그는 단계; 를 포함하는,

상기 씨드층의 일부를 코팅하는 단계; 를 포함하며,

바텀 업 충전 효과를 발생시키기 위하여, 상기 유기 패시베이션 필름이 상기 도금 용액에 용해되기 이전에, 상기 전도성 물질은 상기 유기 패시베이션 필름에 의해 커버되지 않은 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 하부들에서 상기 씨드층 위에 증착되고,

상기 유기 패시베이션 필름이 상기 도금 용액에 용해가능하게 된 이후에, 상기 트렌치 또는 비아 구조물들을 채우기 위하여 상기 전도성 물질이 상기 트렌치 또는 비아 구조물들의 상부들 위에 증착되는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 액체 용액은 이소프로필 알콜(IPA)을 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 씨드층의 일부를 코팅하는 단계는, 상기 트렌치 또는 비아 구조물들 내로 유기 패시베이션 필름의 타겟 깊이 이하에 따라 스핀 코팅하기 위한 회전 속도를 결정하는 단계를 더 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예는 일반적으로 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명의 실시예는 바텀 업(bottom up) 도금을 수행하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 소자 치수의 지속적인 감소와 함께 제작하는 동안 반도체 기판 상에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물은 점진적으로 좁아지고 종횡비가 높아지고 있다. 좁은 개구 및 높은 종횡비는 일반적으로 이후의 물질 충전 프로세스에 있어서 어려움 및 과제를 일반적으로 제시한다. 결과적으로, 보이드(voids)가 충전 물질에서 형성되기가 더욱 쉬워지는데, 왜냐하면 좁은 개구는 충전 프로세스 동안 핀치 오프(pinched off)될 것이기 때문이다.

[0003] 라이너, 배리어, 또는 씨드층이 충전 프로세스에 요구될 때, 예를 들어, 씨드층이 필요한 도금 프로세스와 같은 경우 문제점은 더욱 확연해질 수 있다. 씨드층은 일반적으로 물리적 기상 증착(PVD) 프로세스를 이용하여 트렌치 또는 비아 구조물 상에 증착된다. 트렌치 또는 비아 표면 위에서 완전한 커버리지(coverage)를 이루기

위해, 씨드층은 트렌치 또는 비아의 입구 근처에서 그리고 트렌치 또는 비아의 바닥부 근처에서 일반적으로 더 두껍다. 씨드층의 두꺼운 부분은 작은 전기적 저항을 갖고, 이에 따라 더욱 도금 전류를 끌어당기고 결과적으로 빠른 도금을 이룬다. 결과적으로, 도금은 트렌치 또는 비아의 개구 근처에서 더 빠르고, 개구 근처에서 도금된 물질은 트렌치 또는 비아가 채워지기 이전에 개구를 펀치 오프하며, 트렌치 또는 비아에서 보이드를 형성한다. 보이드는 바람직하지 아니한데, 왜냐하면 보이드는 트렌치 또는 비아에 형성된 상호연결부의 전도성을 감소시키고 또한 상호연결부의 물리적 강도를 감소시키기 때문이다.

[0004] 도 1은 도금 트렌치 및 비아에서의 문제점을 개략적으로 도시한다. 트렌치 또는 비아 구조물(14)은 기판(10)의 유전 물질(dielectric material; 11)에 형성된다. 배리어층(16)은 이후 트렌치 또는 비아 구조물(14) 위에 증착된다. 이후 씨드층(12)은 배리어층(16) 위에 증착된다. 씨드층(16)은 트렌치 또는 비아 구조물(14)의 입구(17) 근처에서 더 두껍고, 결과적으로 입구(17) 근처에서 빠른 도금을 초래한다. 이후 금속층(13)이 트렌치 또는 비아 구조물(14)을 채우기 위해 증착된다. 도 1에서 도시된 바와 같이, 보이드(15)는 금속층(13)의 증착 동안 높은 중형비로 트렌치 또는 비아 구조물(14)에 형성된다.

[0005] 종래의 제조 프로세스는 일반적으로 도금 이전에 입구(17) 근처에서 씨드층(12)의 두께를 감소시키기 위해 스퍼터링 프로세스를 이용한다. 스퍼터링은 일반적으로 씨드층에서 원자를 물리적으로 녹아아웃(knock out) 하기 위해 양이온을 이용한다. 아르곤 양이온과 같은 양이온은 일반적으로 플라즈마 챔버에서 생성되고 이후 타겟을 향해 가속된다. 양이온은 가속 동안 모멘텀을 얻고, 기판의 상부면을 때린다. 이온은 물리적으로 씨드층에서 원자를 녹아아웃시킨다. 그러나, 이온은 전체 기판을 때린다. 게다가, 스퍼터링 동안 생성된 떨어져 나간(dislodged) 입자는 추가적인 세정 프로세스를 필요로 하고, 이후의 프로세싱에 대해 잠재적인 오염원으로 여전히 남아 있게 된다.

[0006] 따라서, 트렌치 또는 비아 구조물에서 도금 전도성 물질을 향상시키기 위한 방법 및 장치에 대한 요구가 있다.

발명의 내용

[0007] 본 발명의 실시예는 일반적으로 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명의 실시예는 바텀 업 트렌치 또는 비아 구조물 충진을 촉진시키는 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0008] 일 실시예는 기판을 프로세싱하기 위한 방법을 제공하고, 이러한 방법은 내부에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물을 가진 기판 위에 씨드층을 형성하는 단계, 유기 패시베이션 필름으로 씨드층의 일부를 코팅하는 단계, 및 유기 패시베이션 필름에 의해 커버되지 않은 씨드층 위에 전도성 물질을 증착하기 위해 도금 용액에 트렌치 또는 비아 구조물을 담그는 단계를 포함한다.

[0009] 다른 실시예는 기판을 프로세싱하기 위한 방법을 제공하는데, 이 방법은 기판에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물의 표면 위에 씨드층을 증착하는 단계, 트렌치 또는 비아 구조물의 상부 개구 근처의 씨드층을 커버하기 위해 기판 위에 패시베이션 필름을 도포하는 단계, 및 도금 용액에 트렌치 또는 비아 구조물을 담금에 의해 트렌치 또는 비아 구조물에 전도성 물질을 도금하는 단계를 포함하고, 패시베이션 필름은 도금 동안 도금 용액에서 용해된다.

[0010] 또 다른 실시예는 기판을 프로세싱하는 방법을 제공하고, 이 방법은 내부에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물을 가진 기판 상에 씨드층을 증착하는 단계, 적어도 씨드층의 일부 위에 패시베이션 필름을 형성하기 위해 기판을 스핀 코팅하는 단계(spinner coating), 및 패시베이션 필름에 의해 커버되지 않은 씨드층 위에 전도성 물질을 증착하고 도금 용액에서 패시베이션 필름을 용해시키기 위해 도금 용액에 트렌치 또는 비아 구조물을 담그는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명의 상기 언급된 특징이 자세히 이해될 수 있도록, 상기 간략히 요약된 본 발명의 더욱 구체적인 설명은 첨부된 도면에서 나타나는 실시예를 참고로 하여 설명될 수 있다. 하지만, 첨부된 도면은 본 발명의 오직 전형적인 실시예를 도시하는 것이고, 따라서 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 인식되어서는 안되며, 본 발명은 다른 동등하게 효과적인 실시예를 허용할 수 있음을 유의하여야 한다.

도 1은 트렌치 또는 비아 구조물을 도금시의 문제점을 개략적으로 도시한다.

도 2a-2d는 본 발명의 일 실시예에 따른 트렌치 또는 비아 구조물을 채우기 위한 방법을 개략적으로 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 트렌치 또는 비아 구조물을 채우기 위한 프로세스의 개략적인 흐름도이다.

도 4a-4c는 본 발명의 일 실시예에 따른 패시베이션 필름을 도포하기 위한 방법을 개략적으로 도시한다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 패시베이션 필름을 도포하기 위한 방법을 개략적으로 도시한다.

도 6a-6d는 본 발명의 일 실시예에 따른 트렌치 또는 비아 구조물을 채우기 위한 방법을 개략적으로 도시한다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 트렌치 또는 비아 구조물을 채우기 위한 프로세스의 개략적인 흐름 차트이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 비아 충전 결과의 광학 전자 현미경 이미지이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 트렌치 충전 결과의 투과 전자 현미경(TEM) 이미지이다.

이해를 촉진시키기 위해, 가능한 도면에서 공통적으로 동일한 요소를 지칭하기 위해 동일한 도면 부호가 사용되었다. 일 실시예에서 개시된 요소는 특별한 언급이 없다면 다른 실시예에서도 유리하게 이용될 수 있음을 인식해야 한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 본 발명의 실시예는 일반적으로 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명의 실시예는 바텀 업 트렌치 또는 비아 구조물 충진을 촉진시키는 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예는 트렌치 또는 비아 구조물에 충전 물질을 증착하기 이전에 패시베이션 필름으로 트렌치 또는 비아 구조물의 일부를 코팅하는 단계를 제공한다. 일 실시예에서, 패시베이션 필름은 트렌치 또는 비아 구조물의 상부 개구 근처에 형성되고, 이후의 증착 프로세스에서 상부 개구 근처에서 충전 물질의 증착을 늦추도록 구성된다.
- [0013] 일 실시예에서, 도금 프로세스는 트렌치 또는 비아 구조물에서 충전 물질을 증착시키는데 이용되고, 패시베이션 필름은 도금 용액에서 용해 가능하다. 도금 프로세스의 시작에서, 충전 물질은 패시베이션 필름이 바텀 업 충진을 초래하는 도금 용액에서 용해되기 이전에 오직 트렌치 또는 비아 구조물의 바닥부 부분 상에서만 증착된다. 따라서, 본 발명의 방법은 트렌치 또는 비아 구조물, 그리고 기판을 물리적으로 때리기 위해 침입 이온(invading ion)을 이용하는 일 없이 바텀 업 충진을 가능하게 한다.
- [0014] 일 실시예에서, 패시베이션 필름은 계면 활성제를 포함한다. 일 실시예에서, 계면 활성제는 평면 분자를 포함한다. 일 실시예에서, 패시베이션 필름을 코팅하는 단계는 내부에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물로 기판 상에 계면 활성제의 액체 용액을 스핀 코팅하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 패시베이션 필름을 코팅하는 단계는 계면 활성제의 액체 용액에서 트렌치 또는 비아 구조물을 담그는 단계를 포함한다.
- [0015] 도 2a-2d는 본 발명의 일 실시예에 따른 트렌치 또는 비아 구조물을 채우기 위한 순서를 개략적으로 도시한다. 도 3은 도 2a-2d에서 도시된 것과 같은 트렌치 또는 비아 구조물을 채우기 위한 프로세스(200)의 개략적인 흐름도이다.
- [0016] 프로세스(200)의 블록(210)은 기판에서 트렌치 또는 비아 구조물을 형성하는 단계를 포함한다. 트렌치 또는 비아 구조물은 일반적으로 반도체 소자의 상이한 부분을 형성하는데 이용된다. 예를 들면, 트렌치 또는 비아 구조물은 내부에 전도성 물질을 보유하고 반도체 소자에서 상호연결부를 형성하는데 공통적으로 이용된다. 도 2a는 유전체 물질(101)내 형성된 트렌치 또는 비아 구조물(106)을 가진 기판(100)의 개략적인 단면 측면도이다. 일 실시예에서, 트렌치 또는 비아 구조물(106)은 내부에 전도성 상호연결부를 형성하도록 구성된다.
- [0017] 프로세스(200)의 블록(220)은 트렌치 또는 비아 구조물 위에 배리어층을 증착시키는 단계를 포함한다. 배리어층은 상호연결부의 구리가 인접한 구역으로 확산하는 것을 방지하는데 일반적으로 이용된다. 도 2a에서 보는 바와 같이, 배리어층(102)은 트렌치 또는 비아 구조물(106)에서 형성되어 트렌치 또는 비아 구조물(106)에 이후에 증착되는 전도성 물질이 유전체 물질(101)로 확산하는 것을 방지한다.
- [0018] 프로세스(200)의 블록(230)은 트렌치 또는 비아 구조물 위에 씨드층을 증착하는 단계를 포함한다. 도 2a에서 도시된 바와 같이, 씨드층(103)은 기판(100)의 상부면에 걸쳐 배리어층(102) 위에 증착된다. 씨드층(103)은 전자도금과 같은 이후의 도금 프로세스를 위해 전도성 표면을 형성하도록 구성된다. 씨드층(103)은 물리 기상 증

착(PVD)을 이용하여 증착될 수 있다. 씨드층(103)은 PVD 프로세스의 특성 때문에 트렌치 또는 비아 구조물(106)의 측벽 위에 보다는 상부 개구 위에서 일반적으로 더 두껍다. 상기에서 논의된 바와 같이, 씨드층(103)의 불균일(unevenness)은 후속의 도금에서 처리 없이 보이드 형성을 일으킬 수 있다.

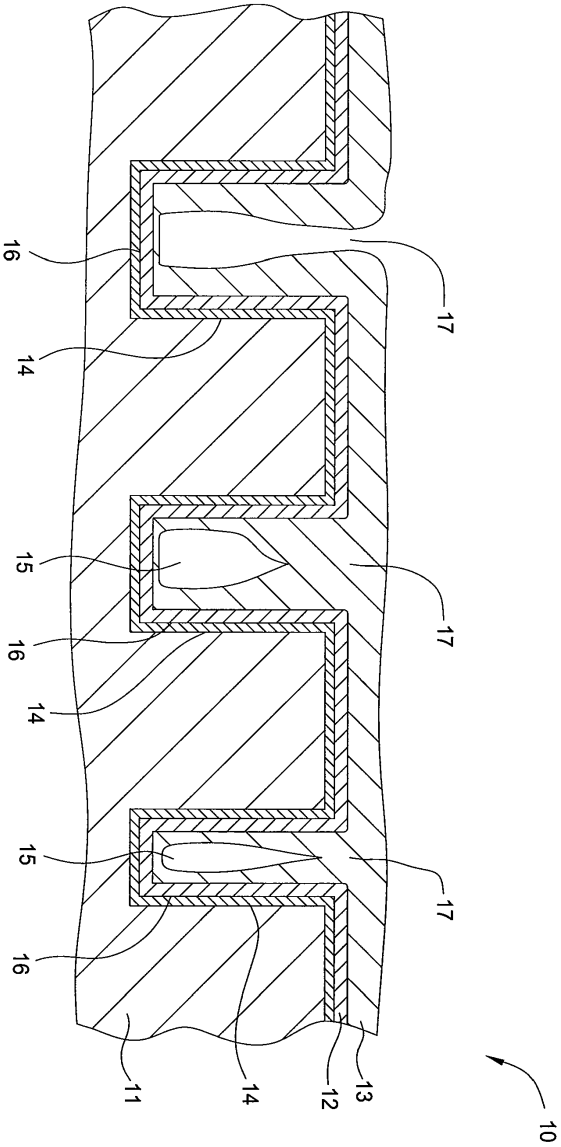
- [0019] 프로세스(200)의 블록(240)은 패시베이션 필름으로 씨드층의 일부를 코팅하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 패시베이션 필름은 트렌치 또는 비아 구조물의 상부 상에서 씨드층 위에 코팅된다. 패시베이션 필름은 아래에 있는 씨드층 위에 금속 증착을 막도록 구성된다. 일 실시예에서, 패시베이션 필름은 계면 활성제라고도 알려진 표면 작용제(acting agents)를 포함한다.
- [0020] 일 실시예에서, 패시베이션 필름은 씨드층에 걸쳐 다양한 두께를 가질 수 있다. 예를 들면, 패시베이션 필름은 트렌치 또는 비아 구조물의 하부 상의 씨드층 위에서보다 트렌치 또는 비아 구조물의 상부 상의 씨드층 위에서 훨씬 두껍다. 패시베이션 필름은 물에서 용해 가능하다. 트렌치 또는 비아 구조물이 수계 도금 용액에 담그어 질 때, 얇은 패시베이션 필름의 하부는 먼저 용해될 것이고 충전 물질의 증착을 위해 아래에 있는 씨드층을 노출시키며, 따라서 바텀 업 충진을 가능하게 한다.
- [0021] 일 실시예에서, 계면 활성제는 평면 분자를 가진 유기 화합물이고, 물에서 용해 가능하다. 일 실시예에서, 계면 활성제는 1-2-3-벤조트리아졸(BTA), 또는 유사한 화합물을 포함한다.
- [0022] 일 실시예에서, 패시베이션 필름(104)은 씨드층(103)에 포함된 물질에 대한 부식 방지제를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 부식 방지제는 이미다졸(IMA)을 포함한다.
- [0023] 도 2a는 트렌치 또는 비아 구조물(106)의 상부 위에 형성된 패시베이션 필름(104)을 도시한다. 트렌치 또는 비아 구조물(106)의 하부 상의 씨드층(103)은 패시베이션 필름(104)에 의해 커버되지 않는다.
- [0024] 일 실시예에서, 패시베이션 필름(104)을 코팅하는 단계는 계면 활성제의 액체 용액을 스핀 코팅하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 패시베이션 필름(104)을 코팅하는 단계는 계면 활성제의 액체 용액에 트렌치 또는 비아 구조물을 담그는 단계를 포함한다. 패시베이션 필름(104)을 도포하기 위한 방법의 상세한 설명은 도 4 및 5를 참고로 하여 설명될 것이다.
- [0025] 프로세스(200)의 블록(250)은 전도성 물질로 트렌치 또는 비아 구조물을 채우는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 트렌치 또는 비아 구조물을 채우는 단계는 도금 용액에 트렌치 또는 비아 구조물을 담금에 의해 수행된다.
- [0026] 도 2b는 기관(100)이 도금 용액(105)에 잠기고 도금 용액(105)이 트렌치 또는 비아 구조물(106)의 표면과 접촉하는 것을 도시한다. 도 2b는 기관(100)이 소자 측면을 위로 향하게 한 채로 도금 용액(105)에서 "소크(socked)"되는 것을 도시하고 있지만, 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 기관(100)이 아래로 향하는 것과 같은 적절한 위치에서 위치할 수 있고 도금 배스(bath)에 담겨질 수 있음을 알 것이다.
- [0027] 도 2b에서 도시된 바와 같이, 전도성 물질(107)은 씨드층(103)의 일부로부터 성장하고, 이러한 씨드층은 패시베이션 필름(104)에 의해 커버되지 않는다. 이러한 경우에, 씨드층(103)의 하부는 직접 도금 용액(105)에 노출되고, 전도성 물질(107)은 바텀 업 방식으로 트렌치 또는 비아 구조물(106)을 채운다.
- [0028] 도 2c는 잠시 동안 도금된 이후 기관(100)의 측면면도를 개략적으로 도시한다. 전도성 물질(107)은 트렌치 또는 비아 구조물(106)의 채워진 바닥부를 갖고, 트렌치 또는 비아 구조물(106)의 상부는 패시베이션 필름(104)의 커버 아래에 남아 있다. 하지만 패시베이션 필름(104)은 도금 용액(105)으로 용해된다. 패시베이션 필름(104)은 도금 용액(104)에서 결국 완전히 용해될 것이고, 도 2d에서 도시된 바와 같이 트렌치 또는 비아 구조물(106)의 상부 위에 전도성 물질(107)의 증착을 가능하게 할 것이다.
- [0029] 도 4a-4c는 본 발명의 일 실시예에 따른 패시베이션 필름을 도포하기 위한 방법을 개략적으로 도시한다. 특히, 패시베이션 필름은 스핀 코팅에 의해 도포된 계면 활성제의 층일 수 있다. 스핀 코팅 프로세스에서 원심력 때문에, 도포된 패시베이션 필름은 트렌치 또는 비아 구조물의 상부로부터 트렌치 또는 비아 구조물의 바닥부로 감소하는 두께 프로파일을 가질 수 있다. 높은 회전 속도는 트렌치 또는 비아 구조물의 바닥부에 코팅이 거의 없거나 또는 없는 결과를 초래한다. 동일한 철학에 의해, 용액의 물리적 특성은 의도된 깊이에 대해 구조 안으로 보호성 계면 활성제를 전달하는데 또한 동등한 역할을 한다.
- [0030] 계면 활성제는 도금 용액 또는 전해질에서 용해되기 때문에, 트렌치 또는 비아 구조물의 바닥면은, 계면 활성제가 용해되기 이전에 계면 활성제가 트렌치 또는 비아 구조물의 상부면을 커버할 때 먼저 전해질에 노출된다. 따라서, 바텀 업 도금이 이루어질 수 있다.

- [0031] 도 4a에서 도시된 바와 같이, 도 2a의 패시베이션 필름(104)과 같은 패시베이션 필름은 스핀 코팅 장치(300)를 이용하여 도포될 수 있다. 스핀 코팅 장치(300)는 일반적으로 상부면(301a) 상에서 기관(302)을 지지하고 스핀들(301b) 주위로 기관(302)을 회전시키도록 구성된 기관 지지 어셈블리(301)를 포함한다. 스핀 코팅 장치(300)는 기관 지지 어셈블리(301) 상에 배치된 기관(302)을 향해 액체 용액(303)을 분배하도록 이루어진 액체 디스펜서(304)를 추가로 포함한다.
- [0032] 기관 지지 어셈블리(301)가 기관(302)을 빠르게 회전시키는 동안 액체 용액(303)은 일반적으로 기관(302)에 도포된다. 액체 용액(303)은 기관(302)에 걸쳐 퍼지고, 이후 원심력에 의해 기관(302) 밖으로 날아가고, 도 4b에서 도시된 바와 같이 기관(302) 위에 얇은 층(305)을 남긴다.
- [0033] 도 4c는 기관(302) 위 얇은 층(305)의 확대도이다. 도 4c에서 도시된 바와 같이, 기관(302)은 내부에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물(306)을 갖는다. 스핀 코팅 동안 회전 속도, 액체 용액(303)의 성질 또는 이들의 조합을 조정함으로써, 스핀 코팅으로부터 초래되는 얇은 층(305)은 트렌치 또는 비아 구조물(306)의 상부 내에서 제어될 수 있다.
- [0034] 일 실시예에서, 트렌치 또는 비아 구조물(306)의 얇은 층(305)의 깊이(307)는 기관(302)의 회전 속도를 조정함으로써 제어될 수 있다. 일 실시예에서, 깊이(307)는 기관(302)의 회전 속도를 증가시킴으로써 감소될 수 있고, 깊이(307)는 기관(302)의 회전 속도를 감소시킴으로써 증가될 수 있다.
- [0035] 액체 용액(303)은 일반적으로 계면 활성제 또는 부식 방지제와 같은 캐리어 및 용질을 포함한다. 일 실시예에서, 캐리어는 이소프로필 알콜(IPA)을 포함할 수 있다.
- [0036] 다른 실시예에서, 트렌치 또는 비아 구조물(306)에서 얇은 층(305)의 깊이(307)는 액체 용액(303)의 캐리어의 성질을 조정함에 의해 제어될 수 있다. 일 실시예에서, 깊이(307)는 더욱 친수성인 또는 휘발성인 캐리어를 선택함으로써 증가될 수 있다. 일 실시예에서, 깊이(307)는 캐리어의 점도를 조정함으로써 조정될 수 있다.
- [0037] 다른 실시예에서, 트렌치 또는 비아 구조물(306)에서 얇은 층(305)의 깊이(307)는 액체 용액(303)의 용질의 특성을 조정함으로써 제어될 수 있다. 용질의 특성은 일반적으로 액체 용액의 성질을 변화시킨다.
- [0038] 일 실시예에서, 스핀 코팅 이후 캐리어는 증발되고, 얇은 층(305)에서 기관(302) 상에 남아 있는 용질을 남긴다. 일 실시예에서, 얇은 층(305)은 계면 활성제 또는 부식 방지제와 같은 용질의 다수의 분자층을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 기관(302)은 스핀 코팅 이후 베이킹(baked)될 수 있고, 이에 의해 얇은 층(305)으로부터 캐리어를 증발시킨다.
- [0039] 도 5는 액체 용액에 기관을 담금에 의해 패시베이션 필름을 도포하는 단계를 개략적으로 도시한다. 내부에 형성된 트렌치 또는 비아 구조물(403)을 가진 기관(401)은 거꾸로 향하고 도 2a의 패시베이션 필름(104)과 같은 패시베이션 필름을 형성하기 위해 액체 용액(402) 안으로 담겨질 수 있다. 액체 용액(402)은 일반적으로 소수성 캐리어를 갖고, 이에 의해 트렌치 또는 비아 구조물의 상부(트렌치 또는 비아 구조물의 입구 근처의 부분) 위에 얇은 필름을 얻는다.
- [0040] 도 6a-6d는 본 발명의 일 실시예에 따른 다양한 치수를 가진 트렌치 또는 비아 구조물을 채우기 위한 방법을 개략적으로 도시한다. 도 7은 도 6a-6d에서 도시되는 방법에 따른 트렌치 또는 비아 구조물을 채우기 위한 프로세스(600)의 개략적인 흐름도이다.
- [0041] 프로세스(600)의 블록(610)은 상이한 치수의 트렌치 또는 비아 구조물을 가진 기관 위에 씨드층을 증착하는 단계를 포함한다. 도 6a에서 도시된 바와 같이, 큰 트렌치 또는 비아 구조물(506) 및 작은 트렌치 또는 비아 구조물(505)는 기관(500)의 유전체 물질(501)에서 형성된다. 배리어층(507)은 트렌치 또는 비아 구조물(505, 506)의 표면 위에 증착된다. 씨드층(502)은 배리어층(507) 위에 증착된다. 씨드층(502)은 물리 기상 증착(PVD)을 이용하여 증착될 수 있다. 씨드층(502)은 PVD 프로세스의 특성에 의해 트렌치 또는 비아 구조물(505, 506)의 측벽 위에 보다는 상부 개구 위에서 일반적으로 더 두껍다.
- [0042] 프로세스(600)의 블록(620)은 패시베이션 필름으로 씨드층의 일부를 코팅하는 단계를 포함한다. 패시베이션 필름은 트렌치 또는 비아 구조물의 상부 상의 씨드층 위에 코팅될 수 있다. 패시베이션 필름은 아래에 씨드층 위로의 금속 증착을 방지하도록 구성된다. 일 실시예에서, 패시베이션 필름은 계면 활성제를 포함한다. 패시베이션 필름은 도 4 및 5와 함께 상술한 바와 같이 액체 용액에 기관을 담금에 의해 또는 스핀 코팅함으로써 형성될 수 있다. 도 6a에서 도시된 바와 같이, 패시베이션 필름(503)은 트렌치 또는 비아 구조물(505, 506)의 상부 위에 형성된다.

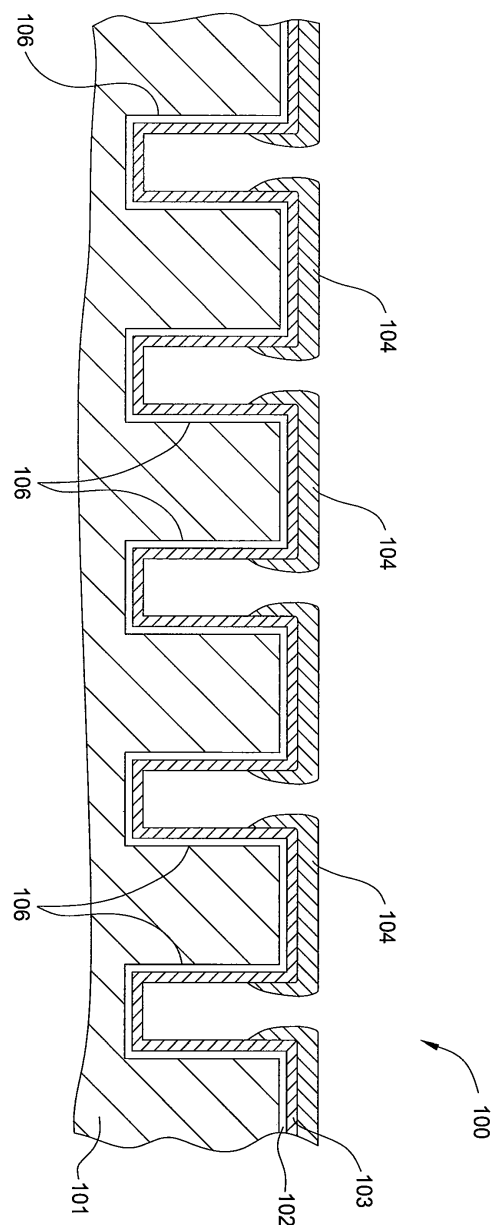
- [0043] 프로세스(600)의 블록(630)은 전도성 물질로 트렌치 또는 비아 구조물을 채우는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 트렌치 또는 비아 구조물을 채우는 단계는 도금 용액에 트렌치 또는 비아 구조물을 담금으로써 수행된다. 프로세스(200)에서 설명된 도금 프로세스와 유사하게, 패시베이션 필름은 트렌치 또는 비아 구조물의 상부 상에서 도금을 늦춤에 의해 트렌치 또는 비아 구조물에서 바텀 업 충전 효과를 가능하게 한다.
- [0044] 도 6b는 기관(500)이 잠시 동안 도금 용액에 담겨진 이후 도금 결과를 도시한다. 높은 종횡비를 가진 작은 트렌치 또는 비아 구조물(505)은 대부분 전도성 물질(504)로 채워지지만, 큰 트렌치 또는 비아 구조물(506)은 대부분의 내부 부피는 여전히 채워지지 아니한 채로 있다. 패시베이션 필름(503)은 여전히 씨드층(502) 위에 남아 있을 수 있다.
- [0045] 이러한 포인트에서, 패시베이션 필름(503)이 도금 용액에서 용해 가능하다면 큰 트렌치 또는 비아 구조물(506)이 또한 채워질 때까지 기관(500)은 도금 용액에 남아 있을 수 있다. 보이드 형성을 감소시키기 위해 높은 종횡비의 트렌치 또는 비아 구조물을 채울 때 도금 속도는 낮은 값으로 일반적으로 설정된다. 작은 트렌치 또는 비아 구조물(505)이 채워진 이후, 낮은 도금 속도를 유지할 필요는 없다. 따라서, 큰 트렌치 또는 비아 구조물(506)을 채우는데 있어서 도금 속도 증가에 대한 도금 파라미터를 변화시키는 것이 바람직하다.
- [0046] 프로세스(600)의 블록(640)은 좁은 트렌치 또는 비아 구조물이 전도성 물질로 채워진 이후 기관을 건조시키는 단계를 포함한다.
- [0047] 프로세스(600)의 블록(650)은 잔존하는 패시베이션 필름을 제거하기 위해 기관을 어닐링하는 단계를 포함한다. 블록(640, 650)은 이전에 커버된 씨드층이 패시베이션 필름으로부터 벗겨지게 되는 것을 가능하게 한다. 도 6c는 패시베이션 필름이 제거된 이후 기관(500)을 도시한다.
- [0048] 프로세스(600)의 블록(660)은 기관 위에 전도성 물질을 증착하기 위해 도금 용액에 기관을 담그는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 블록(660)의 도금 프로세스는 블록(630)의 도금 프로세스보다 빠른 도금 속도를 갖는다. 일 실시예에서, 동일한 도금 용액은 블록(630 및 660)에서 고려될(mused) 수 있다. 다른 실시예에서, 상이한 도금 용액이 블록(630 및 660)에서 이용될 수 있다. 도 6c에서 도시된 바와 같이, 작은 트렌치 또는 비아 구조물(505) 및 큰 트렌치 또는 비아 구조물(506) 모두는 전도성 물질(504)로 채워진다.
- [0049] 프로세스(600)는 기관 상의 트렌치 또는 비아 구조물이 큰 정도로 변경될 때 특히 유용하다. 블록(630 및 660)의 도금 속도는 높은 종횡비로 트렌치에서 보이드 형성을 방지하고 큰 치수를 가진 트렌치를 채우는 것을 가속하도록 상이하게 설정될 수 있다.
- [0050] 또한, 패시베이션 필름이 도금 용액에서 용해될 수 없을 때 프로세스(600)는 유용하다.
- [0051] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 비아 충전 결과의 광학 현미경 이미지이다. 도 8에서 비아는 실리콘 기관에서 형성되고, 약 14 마이크론의 지름 및 약 140 마이크론의 깊이를 갖는다. 약 6000옹스트롬의 두께를 가진 구리 씨드층은 패시베이션 코팅 이전에 증착된다. 패시베이션 코팅에서, 이소프로필 알콜(IPA)에 용해된 1-2-3-벤조트리아졸(BTA)의 액체 용액은 기관 위에서 스핀 코팅된다. 이후 코팅된 기관은 기관 상에서 구리를 도금하도록 구성된 도금 용액에 담겨진다. 도 8은 도금 이후의 이미지이다. 구리 몸체는 흰색으로 도시된다. 도 8에서 도시된 바와 같이, 비아는 바텀 업 방식으로 구리로 채워진다.
- [0052] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법을 이용한 트렌치 구조물의 충전 결과의 투과 전자 현미경 이미지이다. 트렌치 구조물은 바닥부 근처에서 25nm의 중요한 치수를 갖는다. 패시베이션 코팅이 본 발명의 실시예에 따라 도포된 이후 트렌치는 전자도금 프로세스에서 구리에 의해 채워진다. 트렌치는 바텀업으로 채워진다. 전자도금된 구리는 버섯과 같이 트렌치로부터 밖으로 "쏟아져 나오고(spill)", 원래의 구리 씨드층은 온전하게 남아있음을 관찰할 수 있다.
- [0053] 트렌치 또는 비아 구조물 충전이 본 출원에서 설명되었지만, 본 발명의 실시예는 트렌치 및 비아 조합과 같은 다른 구조물 또는 다른 개구를 채우는데 응용 가능하다.
- [0054] 이전의 내용은 본 발명의 실시예에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 그리고 추가적인 실시예는 본 발명의 기본 범위로부터 벗어나지 아니한 채로 고안될 수 있고, 그 범위는 이하의 청구항에 의해 결정된다.

도면

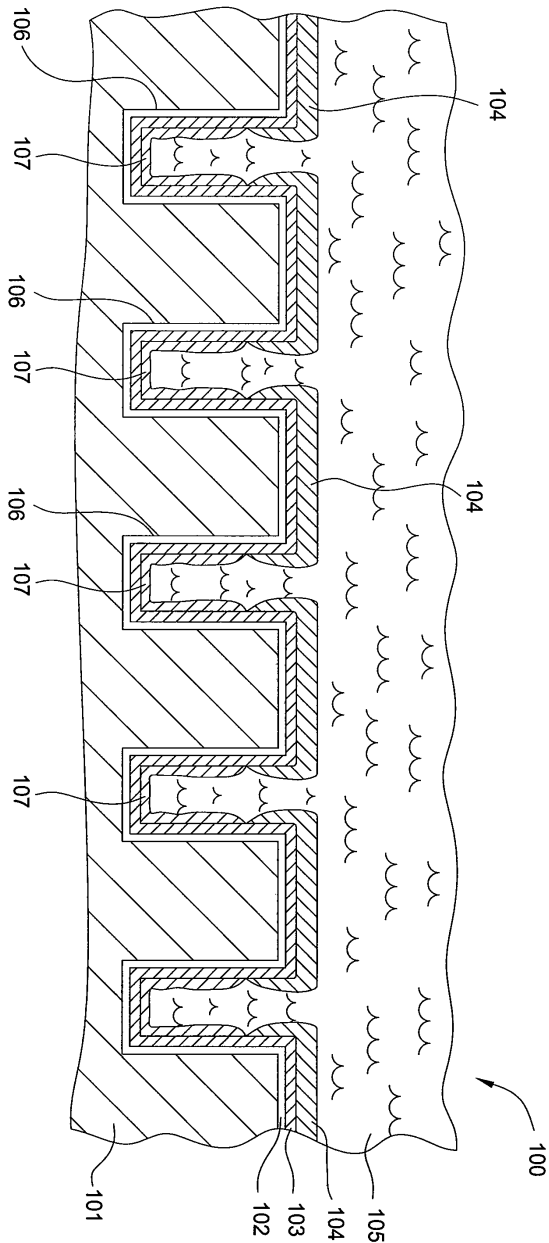
도면1



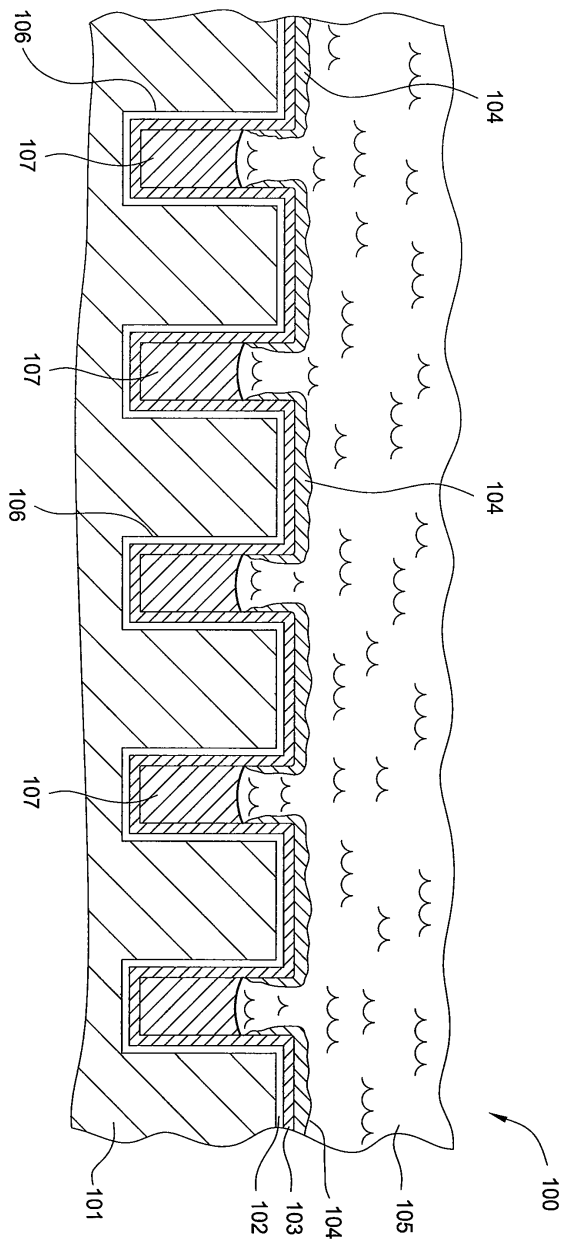
도면2a



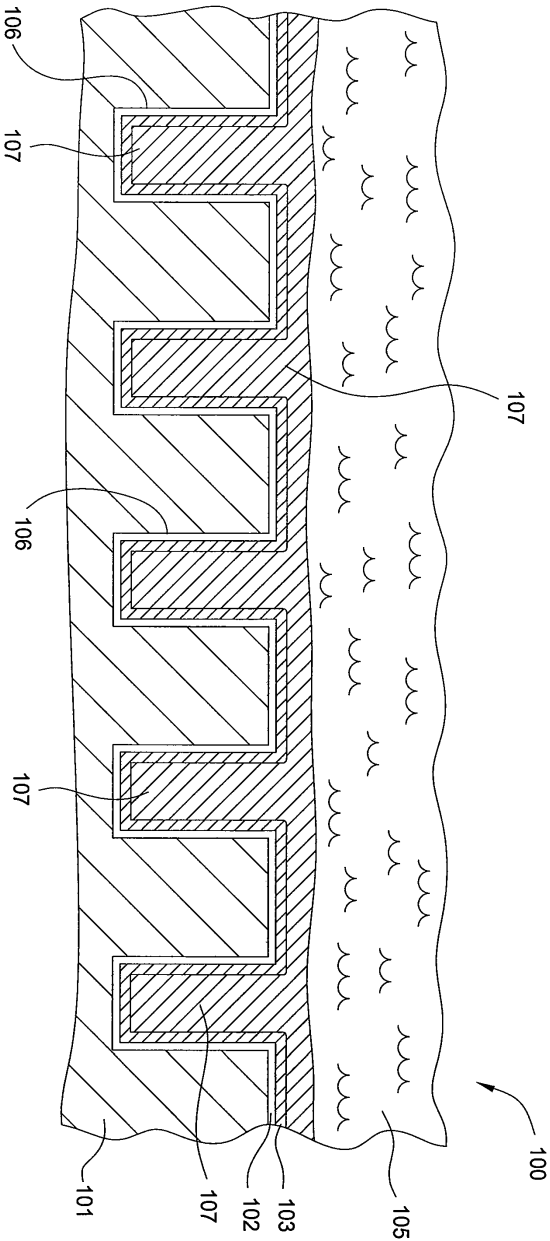
도면2b



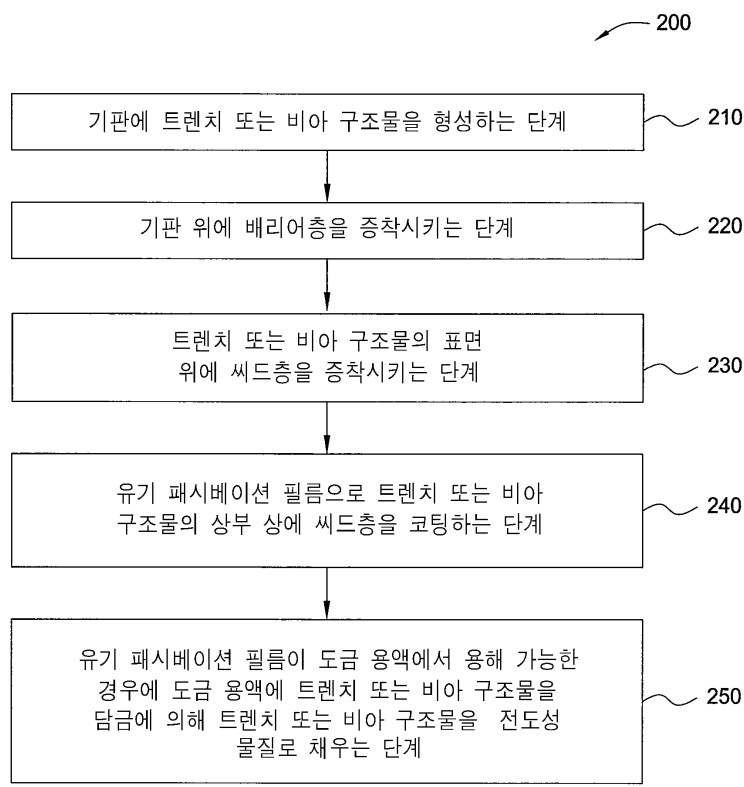
도면2c



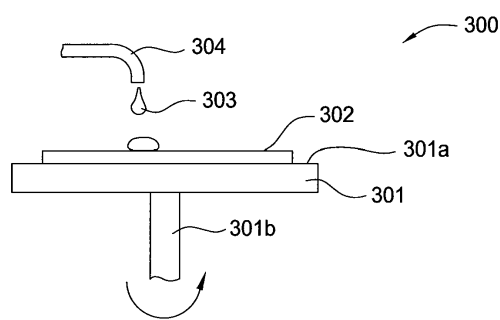
도면2d



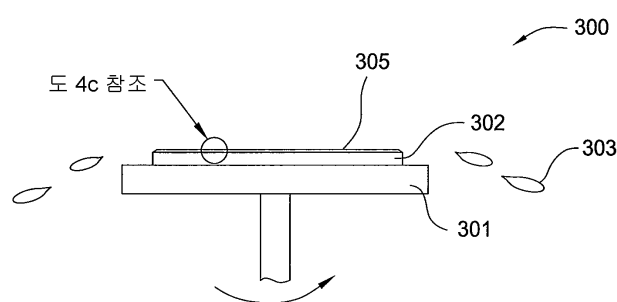
도면3



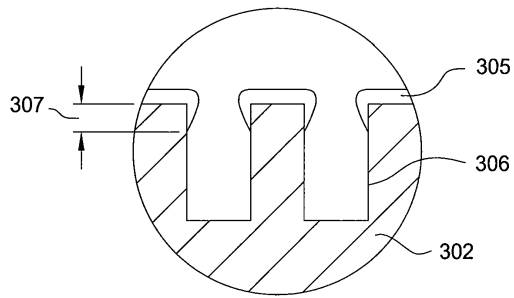
도면4a



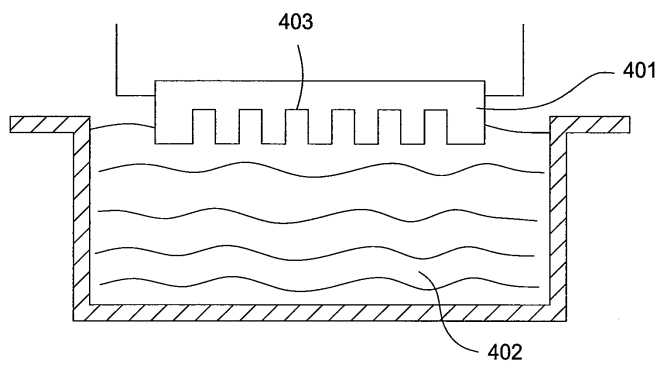
도면4b



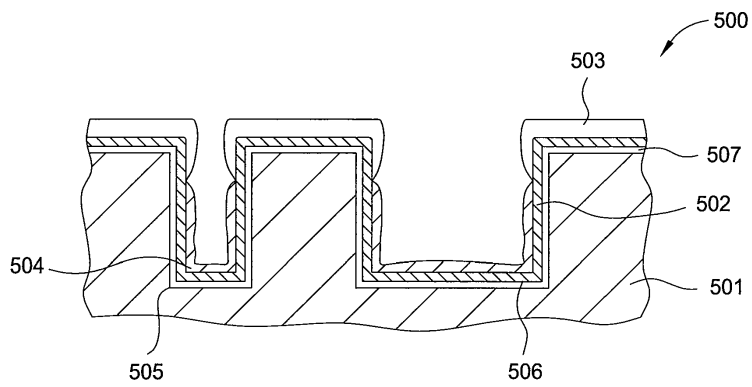
도면4c



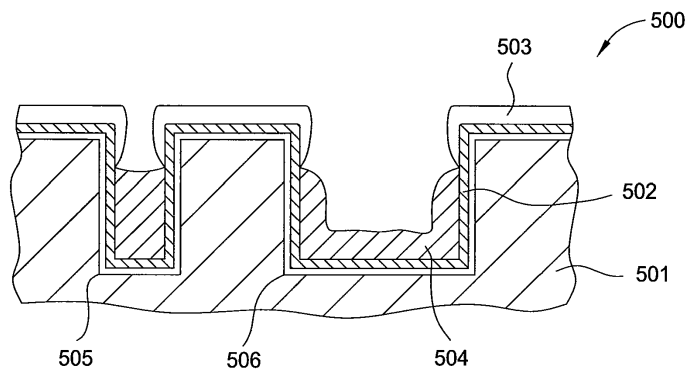
도면5



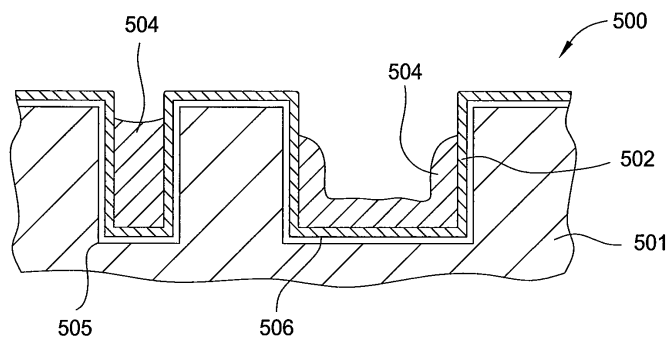
도면6a



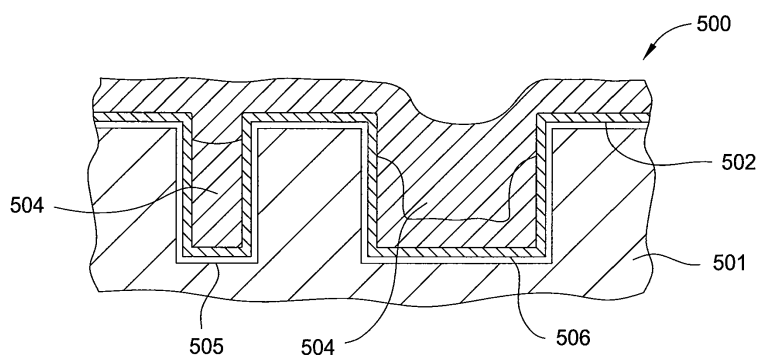
도면6b



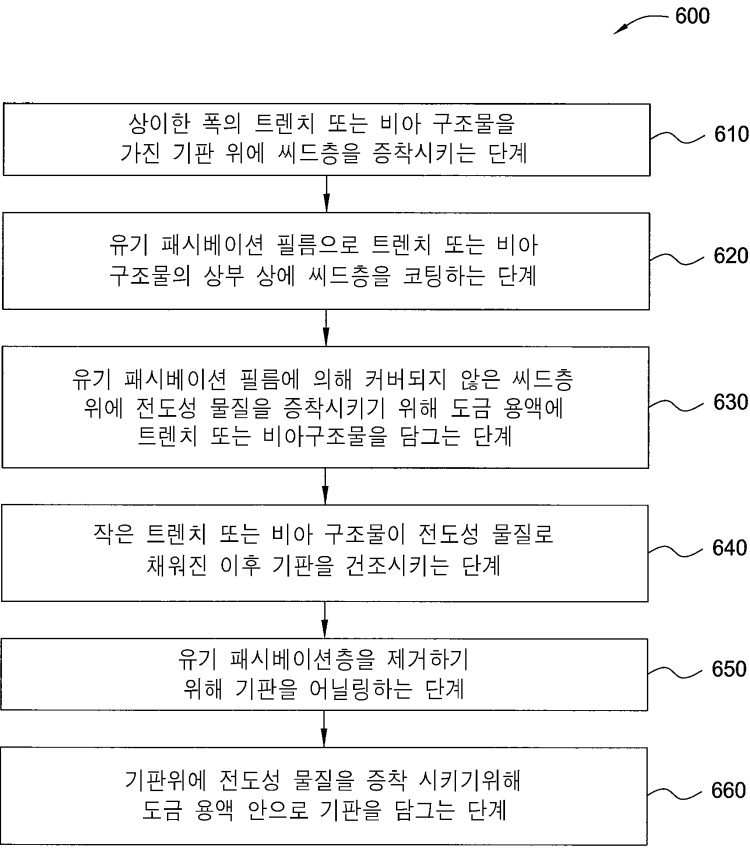
도면6c



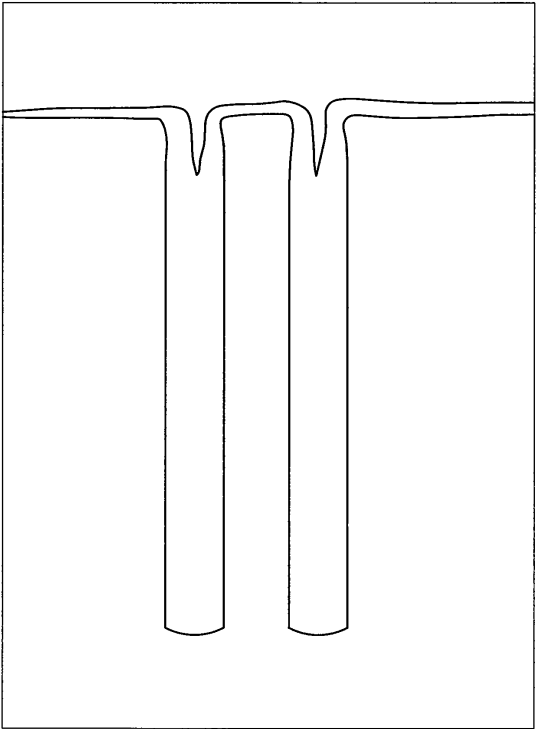
도면6d



도면7



도면8



도면9

