

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.

B24B 37/04 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0109897

B24B 49/16 (2006.01)

(43) 공개일자 2006년10월23일

B24B 53/007 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-7009043

(22) 출원일자 2006년05월10일

번역문 제출일자 2006년05월10일

(86) 국제출원번호 PCT/US2004/036407

(87) 국제공개번호 WO 2005/046935

국제출원일자 2004년11월01일

국제공개일자 2005년05월26일

(30) 우선권주장 10/704,982 2003년11월12일 미국(US)

(71) 출원인
다우 글로벌 테크놀로지스 인크.
미국 48674 미시건주 미들랜드 워싱턴스트리트 빌딩 1790(72) 발명자
발리제팔리, 수다카르
미국 48640 미들랜드주 미들랜드 폭스보로 코트 6009
알드리치, 데일, 제이.
미국 77566 텍사스주 레이크 잭슨 체리우드 드라이브 206
그리어, 로라, 에이.
미국 77422 테네시주 브라조리아 씨알344 2780
밀스, 마이클, 이.
미국 48642 미들랜드주 미들랜드 아발론 스트리트 1604(74) 대리인
장수길
김영

심사청구 : 없음

(54) 저압 화학-기계적 평탄화를 위한 재료 및 방법

요약

장벽 재료 위에 형성된 주재료에 대한 방법의 선택성을 동시에 향상시키면서, 보다 높은 하향력을 이용하여 수득된 것과 일반적으로 유사한 물질 제거 속도를 유지하면서 약 2.5 psi보다 적은 하향력을 사용하는 물질 층의 화학적 기계적 평탄화를 위한 재료 및 방법이 제공된다. 여기에 개시된 재료 및 방법은 반도체 장치 제조, 특히 주재료가 구리와 같이 연한 금속이고 장벽 재료가 금속 질화물과 같이 단단한 재료인 방법 도중의 금속화 작업에 사용되기 적합하다.

내포도

도 1A

색인어

장벽, 평탄화, 하향력, 질화물, 제거 속도

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 반도체 기질을 평탄화하기 위한 재료 및 방법, 특히 낮은 압력에서 고정식 연마성 패드를 사용하여 높은 선택성으로 반도체 기질의 표면으로부터 공정 재료 층을 제거하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

다이나믹 랜덤 액세스 메모리(DRAM) 및 동기적 다이나믹 랜덤 액세스 메모리(SDRAM)와 같은 초대형 규모의 집적된 (ULSI) 반도체 장치는 원하는 전자적 기능을 주도록 고안된 특정의 패턴으로 층들 내에 및 층간에 상호연결된 전도성, 반도체성 및 절연성 재료의 다수 층으로 구성된다. 상기 재료는 장치의 각 층 위에서, 사진평판 기술을 이용하여, 전형적으로 하나 이상의 층을 증착시키고 그 층을 패턴형성하거나 마스킹한 다음 상기 재료의 노출된 부분을 에칭함으로써 선택적으로 패턴형성된다.

반도체 장치 제조는, 특히 장치 구조의 크기가 계속 감소되고 회로의 복잡함도 계속 증가하기 때문에 매우 정밀한 공정이다. 아래에 놓인 층의 표면에 존재하는 단자, 피치 및 반사도 변화 및 기타 결점이, 추가의 공정 층의 형성 및/또는 이어지는 사진평판 공정 도중 형성되는 포토레지스트 패턴을 정밀하게 위치시키고 정밀치수화시키는 능력을 손상시킬 수 있다.

다양한 방법이 상기 제조 공정 도중 층의 평탄성을 증가시키기 위해 당분야에서 개발되어 왔다. 그러한 방법은 증착된 산화물을 이용한 재유동(reflow) 공정, 스판-온-글래스(SOG) 공정, 에치백(etchback) 공정 및 화학-기계적 평탄화(CMP) 공정(화학-기계적 연마(polishing)라고도 함)을 포함한다. CMP 공정은 반도체 기판의 표면으로부터 산화물, 질화물, 규소화물 및 금속을 포함하는 광범하게 다양한 재료를 제거하기 위하여 개발되어 왔다. 여기에서 사용되는, 평탄화 및 연마라는 용어는 공정의 동일한 일반적 카테고리에 대하여 상호 포함하는 용어인 것으로 의도된다.

다양한 CMP 공정을 수행하기 위해 여러가지 상이한 기계 배열이 개발되어 왔다. CMP 공정을 위해 사용되는 기계들은 넓게는 웹-공급 또는 고정된-패드 카테고리로 분류될 수 있다. 그러나 두 카테고리 모두에서, 기본적인 공정은 주로 기계적 작용을 사용하거나 화학적 및 기계적 작용의 조합을 통하여 반도체 기판의 표면으로부터 물질을 제거하기 위해 평탄화 패드 및 평탄화 액체의 조합을 사용한다.

다시, 평탄화 패드는 고정식 연마(FA) 또는 비-연마성(NA) 카테고리로 넓게 분류될 수 있다. 고정식 연마성 패드에서, 연마 입자는 패드의 평탄화 표면의 적어도 일부를 형성하는 재료에 분포되는 한편, 비-연마성 패드 조성물은 임의의 연마 입자를 포함하지 않는다. 고정식 연마성 패드가 이미 연마 입자를 포함하기 때문에, 이들은 전형적으로 추가의 연마 입자를 첨가하지 않는 "깨끗한" 평탄화 액체와 조합되어 사용된다.

그러나, 비-연마성 패드를 이용하면, 상기 평탄화 공정에 사용되는 연마 입자의 실질적으로 전부가, 상기 패드의 평탄화 표면에 적용되는 슬리리로서 전형적으로 상기 평탄화 액체의 성분으로 도입된다. 또한, "깨끗한" 및 연마 평탄화 액체는 둘다, 반도체 기판으로부터 목적한 재료 층의 제거를 위해 요구되는 액체 성질을 수득하기 위해서 및/또는 결합율을 감소시키기 위한 윤활을 제공하기 위해서 산화제, 계면활성제, 점도 개질제, 산 및/또는 염기 등의 여타 화학적 성분을 포함할 수 있다.

CMP 공정은, 웨이퍼 표면으로부터 1종 이상의 물질을 제거하여 실질적으로 평탄한 웨이퍼 표면을 제조하기 위해 평탄화 슬리리 또는 평탄화 액체 및 평탄화 패드의 작용에 의해 제공되는 기계적 연마 및 화학적 반응(들)의 조합을 전형적으로 이용한다. 비-연마성 패드와 조합되어 사용되는, 특히 산화물 층을 제거하기 위한, 평탄화 슬리리는 연마 실리카 입자를 함유하는, KOH와 같은 수산화물의 염기성 수용액을 일반적으로 포함한다. 특히 구리와 같은 금속 층의 제거를 위한 평탄화 슬리리는, 상응하는 금속 산화물을 형성하고 이를 그 후 상기 기판 표면으로부터 제거하기 위해, 일반적으로 1종 이상의 과산화 수소 같은 산화제의 수용액을 포함한다.

그러한 공정에 사용되는 평탄화 패드는 전형적으로 폴리우레탄과 같은 다공성 또는 섬유성 물질을 포함하며, 이는 그 위에 평탄화 슬러리가 분배될 수 있는 상대적으로 유순한 표면을 제공한다. CMP 공정의 일관성은 평탄화가 위에 놓인 재료 층의 충분한 제거를 반영하는 일관성있게 측정가능한 종말점에 반응하여 종료되도록 공정을 자동화하고, 그 후 전형적으로 상기 재료 층의 두께 변화를 보상하기 위해 간단히 "과에칭(overetch)" 또는 "과연마(over-polish)"함으로써 크게 향상될 수 있다.

웨이퍼 표면을 평탄화하기 위한 입자의 크기 및 농도는 수득되는 표면 마무리 및 CMP 공정의 생산성에 직접적인 영향을 줄 수 있다. 예를 들면, 연마 미립자의 농도가 너무 낮거나 연마 입자의 크기가 너무 작을 경우, 상기 물질의 제거 속도는 일 반적으로 낮을 것이며 공정의 처리량이 감소될 것이다. 반대로, 상기 연마 미립자의 농도가 너무 높고, 연마 입자가 너무 크거나 연마 입자가 응집하기 시작할 경우, 상기 웨이퍼 표면은 더욱 손상되기 쉬울 것이고, CMP 공정이 더욱 변동성이고 /또는 상기 재료의 제거 속도가 감소하게 되는 경향이 있어서, 감소된 처리량, 감소된 수율 또는 장치 신뢰성 및/또는 증가된 스크랩의 결과를 가져올 수 있다.

CMP 공정은 시간 경과에 따라 상당한 성능 변동을 경험할 수 있고, 이것이 또한 웨이퍼의 가공을 복잡하게 하며 공정 처리량을 감소시킨다. 많은 경우, 성능 변동은 CMP 공정 자체의 결과로서 평탄화 패드의 특성에 변화를 초래할 수 있다. 그러한 변화는 미립자의 응집 및/또는 패드 표면 상에 박히거나 그 위에서 경화되는 것으로부터 결과될 수 있다. 그러한 변화는 또한 패드의 연마, 글레이징(glazing) 또는 변형, 또는 단순히 시간 경과에 따른 패드 재료의 분해의 결과일 수도 있다.

전형적인 평탄화 공정에서, 평탄화 기계는 반도체 기판 상의 하나 이상의 패턴 위에 형성된 재료 층의 평탄하지 않은 표면을 평탄화 패드의 평탄화 표면과 접촉시킨다. 평탄화 공정 도중, 평탄화 패드의 표면은 전형적으로 연마 슬러리 및/또는 평탄화 액체로 연속적으로 습윤되어 원하는 평탄화 표면을 생성한다. 상기 기판 및/또는 패드의 평탄화 표면을 그 후 접촉시키고 서로에 대하여 이동하여 평탄화 표면으로 하여금 재료 층의 상부 부분을 제거하기 시작하도록 한다. 이러한 상대적 운동은 단순 또는 복잡할 수 있고, 평탄화 패드 및/또는 기판에 의한 하나 이상의 가로의, 회전의, 순환의 또는 궤도의 운동을 포함하여 기판의 표면을 가로질러 재료 층의 균일한 제거를 일반적으로 생성할 수 있다.

여기에서 사용된, 가로의 운동은 단일 방향으로의 운동이고, 회전의 운동은 회전체의 중심점을 통과하는 축 주위에서의 회전이며, 순환 운동은 중심이 아닌 축 주위로 회전체의 회전이고, 궤도의 운동은 왕복운동과 조합된 회전 또는 순환의 운동이다. 상기 지적한 바와 같이, 기판 및 평탄화 패드의 상대적 운동이 상이한 종류의 운동을 포함할 수 있지만, 그 운동은 전형적으로 평탄화된 기판 표면을 수득하기 위해 기판의 표면에 실질적으로 평행한 평면으로 제한되어야 한다.

고정식 연마 패드 종류는 반도체 웨이퍼 공정의 분야에 공지되어 있으며, 예를 들면 미국 특허 제 5,692,950 호 (Rutherford 등); 미국 특허 제 5,624,303 호 (Robinson); 및 미국 특허 제 5,335,453 호 (Baldy 등)에 개시되었다. 이러한 종류의 고정식 연마 패드는, 그 평탄화 능력을 유지하기 위해 표면을 평탄화하는데 적당한 수의 요철을 생성하기 위해, 그들이 CMP 공정에 사용될 수 있기 전에 예비-컨디셔닝 사이클을 필요로 할 뿐만 아니라 사용 도중 주기적인 재-컨디셔닝 또는 그 자리에서의 표면 컨디셔닝을 전형적으로 필요로 한다.

CMP 공정의 주요 목적은 평탄화된 기판의 전체 표면에 걸쳐 균일한 깊이의, 재료 층 또는 재료 층의 부분을 갖는 결함이 없는 평탄화된 기판 표면을 생성하고자 하는 것이다. CMP 공정의 처리량을 극대화하고 웨이퍼의 단가를 감소시키는 등의 다른 목적들은 경우에 따라 최선의 가능한 평탄화된 표면의 제조와 모순될 수 있다. 평탄화된 표면의 균일성 및 공정 처리량은 평탄화 액체, 평탄화 패드, 기계 유지보수, 뿐만 아니라 여타 작업 변수의 배열을 포함하는 전체 CMP 공정의 효율 및 반복가능성에 직접 관련된다. 제거되어야 할 재료 층(들)의 조성 및/또는 사용되는 평탄화 패드의 조성에 어느 정도 특이적인 다양한 평탄화 슬러리 및 액체가 개발되었다. 이러한 맞춤의 슬러리 및 액체는 적절한 물질 제거 속도 및 특정 CMP 공정에 대한 선택성을 제공하도록 의도된다.

CMP의 유익은 그러한 조합 방법에서, 존재할 수 있는 불균형과 같은 고유한 변화에 의해 어느 정도 상쇄되거나 단일의 반도체 기판 상에 노출된 상이한 물질 층의 화학적 및 기계적 물질 제거 속도 사이에서 진전될 수 있다. 또한, 전형적인 CMP 공정에 사용되는 상기 연마 입자 및 여타 화학약품은 둘 다 비교적 고가이고 일반적으로 재사용 또는 재순환에 부적합하다. 이러한 문제는, 웨이퍼가 상기 패드를 가로질러 이동할 때 웨이퍼 표면의 모든 지점에서 충분한 물질이 이용가능하도록 보장하도록 평탄화 패드의 표면에 과량의 물질을 공급할 필요에 의해 더 복잡해진다. 따라서, CMP 공정에 사용되는 연마제 및 여타 화학약품의 양을, 사용 전에 상기 물질을 구매하고 저장하는 것 모두와 관련된 단가 및 추가의 폐물질의 폐기와 관련되는 우려 및 비용을 감소시키기 위해, 감소시키는 것이 바람직하다.

변동성을 감소시키고 CMP 공정의 질을 증가시키는 방향으로 다수의 노력이 이미 개시되었다. 예를 들면 미국 특허 제 5,421,769 호(Schultz 등)는, 내부 표면보다 더 많은 평탄화 패드를 가로질러 이동하는 회전 웨이퍼의 가장자리로부터 결과되는 변동에 대하여 보상하고자 의도되는 원형이 아닌 평탄화 패드를 개시한다. 미국 특허 제 5,441,598 호(Yu 등)는 웨이퍼 표면을 가로지르는 넓고 좁은 구조의 더욱 고른 연마를 제공하도록 의도되는 평탄화 표면을 제공하기 위해 질감을 갖는 평탄화 표면을 갖는 평탄화 패드를 개시한다. 미국 특허 제 5,287,663 호(Pierce 등)는 평탄화 표면에 마주보는 강성 층, 및 더 단단한 아래에 놓인 형태들 사이로부터 재료의 과평탄화 또는 "디싱(dishing)"을 감소시키기 위해 상기 강성 층에 인접한 탄성 층을 갖는 복합 평탄화 패드를 개시한다. 상기 참고문헌 각각은 그 전체로서 본 개시에 참고문헌으로 도입된다.

웨이퍼의 고르지 못한 평탄화를 최소화하기 위한 다른 종래 기술의 노력은 과평탄화를 제어하기 위한 "중지" 층으로 작용하도록 웨이퍼 표면 상에 추가의 재료 층을 형성하는 데 초점을 맞추어 왔다. 미국 특허 제 5,356,513 호 및 5,510,652 호(Burke 등) 및 미국 특허 제 5,516,729 호(Dawson 등)는 모두 아래에 놓인 회로 구조를 보호하기 위해 제거되는 층 아래에 CMP 공정에 대하여 증가된 내성을 갖는 추가의 재료 층을 구비한다. 그러나 상기 추가의 재료 층은 둘 다 반도체 제조 공정의 흐름을 복잡하게 하며, 도슨(Dawson) 등에 의해 인식된 바와 같이 "디싱"의 문제점을 완전히 극복하지 못한다. 상기 참고문헌 각각이 그 전체로서 본 개시에 참고문헌으로 도입된다.

평탄화 패드 조성물 및 구조에 관한 더욱 최근의 노력이 미국 특허 제 6,425,815 B1 호(Walker 등)(이중 재료 평탄화 패드), 미국 특허 제 6,069,080 호(James 등)(특정화된 성질을 갖는 매트릭스 재료를 갖는 고정식 연마 패드), 미국 특허 제 6,454,634 B1 호(James 등)(다상의 자가-드레싱 평탄화 패드), WO 02/22309 A1(Swisher 등)(가교된 중합체 결합재 중에 미립자 중합체를 갖는 평탄화 패드), 미국 특허 제 6,368,200 B1 호(Merchant 등)(폐쇄된 셀 엘라스토머 밸포체의 평탄화 패드), 미국 특허 제 6,364,749 B1 호(Walker 등)(연마용 돌출부 및 친수성의 우뚝한 부분을 갖는 평탄화 패드), 미국 특허 제 6,099,954 호(Urbanavage 등)(미세한 미립자 물질을 갖는 엘라스토머성 조성물) 및 미국 특허 제 6,095,902 호(Reinhardt)(폴리에스테르 및 폴리에테르 폴리우레탄의 양자로부터 제조된 평탄화 패드)에 개시되어 있다. 상기 참고문헌 각각은 그 전체로서 본 개시에 참고문헌으로 도입된다.

반도체 장치의 제조 도중 금속성 및 비금속성 기판의 종전의 연마는 전형적으로 적어도 약 3 psi(0.21 kg/cm²)의 하향 압력(하향력이라고도 함)에서 수행되며, 허용가능한 제거 속도를 수득하기 위해 6 psi(0.42 kg/cm²) 또는 그 이상만큼 높은 범위일 수 있다. 그러나, 상기 증가된 하향 압력이 증가된 제거 속도를 초래함에도 불구하고, 이는 또한 연마되는 웨이퍼에 디싱, 부식 및 긁힘과 같은 결함을 생성하는 경향을 증가시켜, 공정에서 잔존하는 웨이퍼에 대한 증가된 스크랩 비율 및 감소된 수율의 결과를 가져온다. 증가된 하향 압력은 또한 연마되는 기판 상에 존재할 수 있는 각종 물질 사이에서 연마의 선택성을 감소시키는 경향이 있으므로, 아래에 있는 층의 부분을 또한 제거하지 않고 층(들)의 의도된 부분을 완전히 제거하는 것의 어려움을 증가시킨다. 상기 지적된 바와 같이, 이러한 선택성의 결여는 아래에 놓인 구조를 보호하기 위해 추가의 보다 단단한 장벽 또는 "중지" 층의 사용을 선도하였으며, 상기 추가 층들의 증착 및 제거를 위해 구비되는 제조 공정을 더 복잡하게 하였다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 복수의 상호연결된 셀을 정의하며 중합체 매트릭스에 걸쳐 연마 입자가 분포된 열경화성 중합체 매트릭스의 개방 셀 구조를 갖는 고정된 연마 물질을 포함하는 연마 패드의 연마 표면에 담체액을 적용함으로써 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하고; 주표면과 연마 표면을 접촉하게 하는 첫 번째 힘을 가하면서 기판의 주표면에 일반적으로 평행한 평면에서 기판과 연마 패드 사이에 상대적인 움직임을 일으키고; 컨디셔닝 요소와 연마 표면을 접촉하게 하는 두 번째 힘을 적용하면서 기판의 주표면에 일반적으로 평행한 평면에서 컨디셔닝 요소와 연마 패드 사이에 상대적인 움직임을 일으킴으로써 고정된 연마 물질로부터 유리된 연마 입자를 방출시켜 상기 연마 표면을 컨디셔닝하고; 기판의 주표면을 유리된 연마 입자로 연마하여 재료의 일부를 기판의 주표면으로부터 제거하는 것을 포함하며, 상기 첫 번째 힘은 약 2.5 psi(0.18 kg/cm²) 이하인, 반도체 장치의 제조에 유용한 재료 및 방법, 특히 반도체 기판 상에 증착되거나 형성된 하나 이상의 층을 평탄화하기 위한 재료 및 방법을 제공한다.

기판으로부터 제거될 수 있는 물질의 종류는 반도체 장치의 제조에 사용되는 임의의 물질을 포함할 수 있지만, 상기 특정 방법은 층으로 존재하건 패턴으로 존재하건, Cu, W, WN, Ta, TaN, Ti, TiN, Ru 및 RuN을 포함하는 전도체 및 장벽 물질을 제거하기 위한 금속화 공정 도중에 사용하기 특히 적합한 것으로 예상된다. 연마 패드에 도입되고 컨디셔닝 단계 도중

중합체 매트릭스와 조합되어 상기 패드로부터 방출되는 연마 입자는 약 2 μm 미만, 바람직하게는 약 1 μm 미만의 평균 입자 크기를 갖는 알루미나, 세리아, 실리카, 티타니아 및 지르코니아로 구성된 군에서 선택되는 1종 이상의 미립자 물질을 포함할 수 있고, 고정된 연마 물질의 약 20 중량% 내지 약 70 중량% 사이를 구성할 수 있다.

상기 연마 패드는 예시적 방법의 수행 도중 그 자리에서 컨디셔닝되고, 상기 컨디셔닝 공정은 바람직하게는 실질적으로 연속적이며 각각의 연마되는 기판에 대하여 연마 패드의 연마 표면으로부터 약 0.01 내지 약 0.5 μm 의 고정된 연마 물질을 제거하도록 수행된다. 상기 고정된 연마 물질은 약 0.5 내지 약 1.2 g/cm^3 사이의 밀도; 약 30 내지 약 90 사이의 쇼어 A 경도; 약 30 내지 약 90 사이의 5 psi에서의 반향(rebound) 백분율; 및 약 1 내지 10 사이의 5 psi에서의 압축 백분율을 포함하는 성질의 범위로 특징될 수 있지만, 바람직하게는 약 0.75 내지 약 0.95 g/cm^3 사이의 밀도; 약 75 내지 약 85 사이의 쇼어 A 경도; 약 50 내지 약 75 사이의 5 psi에서의 반향 백분율; 및 약 2 내지 4 사이의 5 psi에서의 압축 백분율을 가질 것이다. 연마 작업 도중 상기 연마 패드의 표면에 적용되는 담체액은 실질적으로 연마제를 함유하지 않을 것이지만, 전형적으로 산, 산화제, 염기, 퀼레이트화제 및 계면활성제로 구성되는 군에서 선택된 1종 이상의 물질을 포함할 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1A-C는 상승된 패턴을 갖는 반도체 기판, 그 패턴 위에 형성된 재료 층, 및 본 발명의 예시적 구현예에 따르는 순차적 공정 단계에서 평탄화된 기판의 단면도이고;

도 2A-B는 본 발명의 예시적 구현예에 따르는 고정된 연마 물질을 도입하는 평탄화 패드를 이용하는 평탄화 기판로 사용될 수 있는 평탄화 장치의 평면도 및 측면도이며;

도 3A는 본 발명의 예시적 구현예에 따르는 고정된 연마 물질에 일반적으로 해당하는 단면도이고;

도 3B는 패드 표면을 컨디셔닝하지 않는 본 발명의 예시적 구현예에 따르는 평탄화 패드의 일부에 일반적으로 해당하는 단면도이며; 도 3C는 패드 표면을 컨디셔닝하는 본 발명의 예시적 구현예에 따르는 평탄화 패드의 일부에 일반적으로 해당하는 단면도이고;

도 4A-B는 본 발명의 예시적 구현예에 따라 제조된 고정된 연마 물질의 SEM 현미경 사진이며;

도 5A-D는 본 발명의 예시적 구현예에 따라 고정식 연마 패드를 컨디셔닝함으로써 제조된 입자 조성의 범위를 반영하는 SEM 현미경 사진이다.

도 6A-B는 세 가지 예시적 패드 조성물 및 비교용 종래의 패드 조성물 각각의 평가 도중 사용된 RPM에 대한 Cu/TaN 및 Cu/TiN 선택성을 도시하는 그래프이다.

도면의 그래프 및 도시는 여기에 그러한 구현예를 기재할 목적으로, 본 발명의 예시적 구현예의 방법 및 재료의 일반적 특성을 나타내고자 하는 것이다. 이들 그래프 및 도시는 임의의 주어진 구현예의 특성을 정확하게 반영하지 않을 수도 있으며, 본 발명의 범위 내에서 구현예의 값 또는 성질의 범위를 반드시 완전히 정의하거나 한정하고자 함이 아니다.

이하에 기재되고 첨부된 도면에 도시된 것들은 본 발명에 따르는 특정의 예시적 구현예이다. 이들 예시적 구현예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있도록 충분히 상세하게 기재되지만, 이하의 청구항의 범위를 부당하게 한정하는 것으로 여겨져서는 안된다. 사실상, 당업자는 다른 구현예가 사용될 수 있으며, 기재된 본 발명의 정신과 범위를 벗어나지 않고 공정 또는 기계적 변화가 가해질 수 있음을 쉽게 인식할 것이다.

본 발명은 반도체 장치의 제조에 유용한 방법을 제공한다. 여기에 언급된 바와 같이, 그러한 장치는 전도성, 반도체성 및 절연성 물질을 포함하는 하나 이상의 층을 포함하는 임의의 웨이퍼, 기판 또는 다른 구조를 포함한다. 웨이퍼 및 기판이라는 용어는 여기에서 그 가장 넓은 의미로 사용되며 금속-산화물-규소 (MOS), 살로우-트렌치 아이솔레이션 (shallow-trench isolation, STI), 사파이어-상-규소 (SOS), 절연체-상-규소 (SOI), 박막 트랜지스터 (TFT), 도핑된 및 도핑되지 않은 반도체, 애피택시 규소, III-V족 반도체 조성물, 폴리실리콘과 같은 임의의 기재 반도체 구조, 뿐만 아니라 그들의 제조 도중 임의의 단계에서의 기타 반도체 구조를 포함한다.

도 1A는 첫 번째 층(10)과 패턴을 가진 두 번째 층(12)을 갖는 전형적인 기판(1)을 도시한다. 전형적인 반도체 공정에서, 첫 번째 층(10)은 단일-결정의 실리콘 또는 다른 기재 반도체 층으로 된 웨이퍼, 다른 층으로부터 두 번째 패턴화 층(12)을

분리하는 절연 층, 또는 이전의 공정 단계 도중 형성된 다수의 층의 조합을 포함할 수 있다. 도 1B에 도시된 바와 같이, 1종 이상의 물질로 된 다수의 층을 실제적으로 포함할 수 있는 재료 층(14)이 그 후 상기 패턴화 층(12) 위에 전형적으로 형성 또는 증착되어 비평면 표면을 웨이퍼 상에 생성할 수 있다.

비평면이 남게될 경우, 이러한 평면성 부족은 이어지는 공정 단계 도중, 치명적이지 않을지라도 상당한 공정의 복잡성을 나타낼 것이다. 그 결과, 전부는 아닐지라도, 대부분의 반도체 제조 공정은 웨이퍼를 추가 가공하기 전에 실질적으로 평면인 표면을 형성하기 위해 스픽-온-글래스 (SOG), 에치백(또는 블랭킷 에치) 또는 화학-기계적 평탄화(CMP)와 같은 하나 이상의 평탄화 공정을 포함한다.

전형적인 CMP 공정은 도 1C에 도시된 바와 같이 실질적으로 더욱 평면인 표면을 생성하기 위해 패턴화 층(12)의 입구에 증착되었던 재료 층(14)의 부분(14A)을 남기면서 상기 패턴화 층(12) 위에 놓이는 재료 층(14)의 부분을 제거할 것이다. 공정에 따라, 더욱 CMP 저항성인 재료를 포함하는 중지 층이 평탄화 공정 도중 아래에 있는 패턴을 보호하기 위해 상기 패턴화 층(12)의 상부 표면 상에 도입될 수 있다. 첫 번째 층 (10), 두 번째 층(12) 및 재료 층(14)의 실제 조성 및 구조는 반도체 장치의 제조 도중 조립되는 반도체, 절연체 또는 전도체 물질의 임의 조합을 포함할 수 있다.

도 2A-B에 도시된 바와 같이, 고정된 연마 평탄화 패드와 함께 사용하기 위한 전형적인 CMP 장치는 평탄화 패드(18)를 지지하는 적어도 하나의 압반(16), 웨이퍼(22)를 지지하고 상기 웨이퍼의 주표면을 상기 평탄화 패드(18)의 주표면에 인접하게 위치시키는 웨이퍼 담체(20), 및 상기 평탄화 패드의 주표면을 컨디셔닝하기 위한 컨디셔닝 장치(24) 및 상기 주표면과 상기 패드의 주표면에 담체액을 적용하기 위한 담체액 공급 라인(26)을 포함할 것이다. 상기 압반(16) 및 웨이퍼 담체(20)는, 상기 웨이퍼와 평탄화 패드를 서로에 대하여 움직이도록 하는 힘을 적용하면서, 평탄화 패드(18)의 주표면과 웨이퍼(22)의 주표면 사이에 상대적인 운동을 제공하도록 배열된다.

본 발명의 방법은 고정된 연마 물질을 포함하는 연마 패드의 사용을 포함한다. 예시적인 고정된 연마 물질은 복수의 상호 연결된 셀을 정의하는 열경화성 중합체 매트릭스의 개방 셀 구조 및 상기 중합체 매트릭스에 걸쳐 매우 고르게 분포된 미세한 연마 입자를 갖는다. 본 발명에 유용한 고정된 연마 물질은 폴리우레탄, 폴리에테르 폴리올, 폴리에스테르 폴리올, 폴리아크릴레이트 폴리올 및 폴리스티렌/폴리아크릴레이트 라텍스와 같은 1종 이상의 수성 분산액 또는 에멀션을 포함하는 중합체성 조성물로부터 바람직하게 제조된다. 상기 중합체성 조성물은 또한 중합 촉매, 둘 다 지방족 및 방향족일 수 있는 아민 및 디올, 이소시아네이트를 포함하는 사슬 연장제, 계면활성제 및 점도 조절제를 포함하는 1종 이상의 첨가제를 포함할 수 있다.

고정된 연마 물질을 제조하기 유용한 폴리우레탄 분산액의 예시적 구현예는 물, 연마 입자 및 폴리우레탄(및/또는 폴리우레탄을 형성할 수 있는 혼합물)을 포함한다. 폴리우레탄 분산액은, 거품 보조제, 습윤제 및/또는 기포 안정화제 및 점도 조절제로 작용할 수 있는 계면활성제 등 1종 이상의 첨가제를 또한 일반적으로 포함할 것이다. 폴리우레탄-형성 물질은 예를 들면 분산된 후 일정 기간 동안 약간의 미약한 이소시아네이트 반응성을 유지하는 폴리우레탄 예비중합체를 포함할 수 있지만, 여기에서 언급된 바와 같이, 폴리우레탄 예비중합체 분산액은 실질적으로 완전히 반응하여 폴리우레탄 중합체 분산액을 형성할 것이다. 또한, 폴리우레탄 예비중합체 및 폴리우레탄 중합체라는 용어는 예를 들면 우레아 기와 같은 여타 종류의 구조를 포함할 수도 있다.

폴리우레탄 예비중합체는 활성 수소 화합물을 이소시아네이트와, 전형적으로 는 화학량론적 과량의 이소시아네이트와 반응시킴으로써 제조될 수 있다. 폴리우레탄 예비중합체는 이소시아네이트 작용성을 약 0.2 내지 20%의 양으로 나타낼 수 있고, 약 100 내지 약 10,000 범위의 분자량을 가질 수 있으며, 전형적으로 분산 조건 하에 실질적으로 액체 상태이다. 상기 예비중합체 조성물은 전형적으로 폴리올 성분, 예를 들면 적어도 2 개의 히드록실 또는 아민 기를 갖는 활성 수소 함유 화합물을 포함한다. 예시적인 폴리올은 일반적으로 공지되어 있으며, 문헌 [High Polymers, Vol. XVI, "Polyurethanes, Chemistry and Technology," Saunders and Frisch, Interscience Publishers, New York, Vol. I, pp. 32-42, 44-54 (1962) 및 Vol. II, pp. 5-6, 198-99 (1964); Organic Polymer Chemistry, K. J. Saunders, Chapman and Hall, London, pp. 323-25 (1973); 및 Developments in Polyurethanes, Vol. I, J. M. Burst, ed., Applied Science Publishers, pp. 1-76 (1978)] 등의 간행물에 기재되어 있다.

폴리우레탄 예비중합체 분산액은 또한 폴리우레탄의 분자량을 증가시키기 위한 사슬 연장제 및/또는 가교제를 포함할 수 있다. 폴리우레탄 예비중합체 분산액은 또한 예를 들면 삼차 아민, 유기금속 화합물 및 그의 혼합물과 같은 촉매, 및 양이온성 계면활성제, 음이온성 계면활성제 및 비-이온성 계면활성제, 뿐만 아니라 내부 및 외부 계면활성제에서 선택된 계면활성제를 포함할 수 있다. 계면활성제, 습윤제 및 점도 조절제 조성물의 폴리우레탄 분산액에서의 선택 및 사용 및 폴리우레탄 제조의 다른 국면, 특히 기계적 발포에 의해 제조된 폴리우레탄 발포체에 관한 것이 미국 특허 제 6,372,810 호 및 6,271,276 호에 나타나 있으며, 그 내용은 여기에 그 전체로서 참고문헌으로 도입된다.

약 5 미크론 미만의 평균 입자 크기를 갖는 폴리우레탄 분산액은 일반적으로 선반-안정성 또는 보관-안정성인 것으로 생각될 수 있지만, 약 5 미크론을 초과하는 평균 입자 크기를 갖는 폴리우레탄 분산액은 덜 안정한 경향이 있을 것이다. 폴리우레탄 분산액은 폴리우레탄 예비중합체를 물과 혼합하고 상기 예비중합체를 막서를 이용하여 물에 분산시킴으로써 제조될 수 있다. 그렇지 않으면, 상기 폴리우레탄 분산액은 예비중합체와 물을 고정된 혼합 장치에 공급하고 물과 예비중합체를 고정된 막서 내에서 분산시킴으로써 제조될 수 있다. 폴리우레탄의 수성 분산액을 제조하기 위한 연속적인 방법은 예를 들면 미국 특허 제 4,857,565 호; 4,742,095 호; 4,879,322 호; 3,437,624 호; 5,037,864 호; 5,221,710 호; 4,237,264 호; 4,092,286 호 및 5,539,021 호에 개시된 바와 같이 널리 알려져 있으며, 상기 특허의 내용은 여기에 그 전체로서 참고문헌으로 도입된다.

연마 패드를 형성하기 유용한 폴리우레탄 분산액은 일반적으로 폴리우레탄 성분, 연마 입자, 및 발포를 조절하고 수득되는 발포체를 안정화시켜 내연마, 인장, 인열 및 신장 (TTE), 압축 경화, 발포체 회수율, 습윤 강도, 인성 및 접착성과 같은 원하는 발포체 성질을 유지하면서 350 kg/m^3 내지 1200 kg/m^3 사이의 밀도를 갖는 경화된 발포체를 제조하기 위한 1종 이상의 계면활성제를 포함할 것이다.

당업자에 의해 잘 인식되는 바와 같이, 상기 여러 성질들의 어떤 것은 상호관련되어 있으므로, 하나의 성질을 조절하는 것이 하나 이상의 다른 성질의 값에 영향을 주는 경향이 있을 것이다. 그러나, 본 개시에 의해 안내된 당업자는 다양한 목적에 허용가능한 값들의 조합을 갖는 조성의 범위를 만들어 낼 수 있다.

경화된 발포체는 약 350 kg/m^3 내지 1200 kg/m^3 사이의 밀도를 가질 수 있지만, 바람직한 발포체는 약 600 내지 1100 kg/m^3 의 밀도를 가질 것이고, 더욱 바람직한 발포체는 약 700 내지 1000 kg/cm^3 의 밀도를 가질 것이며, 가장 바람직한 발포체는 약 750 내지 950 kg/m^3 의 밀도를 가질 것이다.

폴리우레탄 분산액은 또한 1종 이상의 연마 미립자 조성물을 포함한다. 그러한 연마 조성물은 약 1 내지 80 중량% 사이, 더욱 바람직하게는 약 20 내지 70 중량% 사이의 연마 미립자를 포함하는 최종 폴리우레탄 분산액 조성물을 제조하기 위한 건조 분말 또는 수성 슬러리일 수 있다. 상기 연마 미립자는 1종 이상의 미세한 연마 물질, 전형적으로 실리카, 세리아, 알루미나, 지르코니아 및 티타니아로 구성되는 군에서 선택된 1종 이상의 무기 산화물을 포함할 수 있고, 약 10 nm 내지 1 μm 사이, 바람직하게는 약 600 nm 미만의 평균 입자 크기를 가질 수 있다.

폴리우레탄 분산액은 또한 폴리우레탄 분산액의 점도를 조절하기 위해 점도 조절제, 특히 중점제를 포함할 수 있다. 그러한 점도 조절제로서 아쿠솔 (ACUSOL) 810A (로hm & Haas Company의 상품명), 알코검 (ALCOGUMTM) VEP-II (알코 케미칼 코포레이션(Alco Chemical Corporation)의 상품명) 및 파라검 (PARAGUMTM) 241(파라-켐 서던 사(Para-Chem Southern, Inc.)의 상품명)을 들 수 있다. 다른 적합한 중점제로서 메토셀 (MethocelTM) 제품(다우 케미칼 캄파니(Dow Chemical Company의 상품명)과 같은 셀룰로오스 에테르를 들 수 있다. 상기 점도 조절제는 원하는 점도를 수득하기에 필요한 임의의 양으로 폴리우레탄 분산액에 존재할 수 있지만 바람직하게는 10 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 5 중량% 미만으로 존재한다.

수득되는 폴리우레탄 분산액은 약 60 중량% 이하의 유기 고형분 함량, 약 60 중량% 이하의 예를 들면 연마 입자와 같은 무기 고형분 함량, 약 500 내지 50,000 cps 사이의 점도, 약 4 내지 11 사이의 pH를 가질 수 있고 약 25 중량% 이하의 계면활성제(들)를 포함할 수 있다. 상기 폴리우레탄 분산액은 또한 그 안정성을 향상시키기 위해 전형적으로 약 10 nm 내지 50 μm 사이, 바람직하게는 약 5 μm 미만의 평균 유기 미립자 크기를 가질 것이다.

폴리우레탄 분산액으로부터 폴리우레탄 발포체를 제조하기 위해, 폴리우레탄 분산액은 일반적으로 예를 들면 공기, 이산화탄소, 산소, 질소, 아르곤 및 헬륨과 같은 1종 이상의 기체를 포함하는 1종 이상의 발포제를 주입하는 것에 의해 전형적으로 발포된다. 발포제(들)는 전형적으로 상기 발포제를 가압 하에 상기 폴리우레탄 분산액 내로 주입하는 것에 의해 폴리우레탄 분산액 내에 도입된다. 그 후, 기계적 발포기를 이용하여 기계적 전단력을 상기 폴리우레탄 분산액에 적용함으로써 실질적으로 균질한 기포를 생성한다. 발포된 조성물의 균질성을 향상시키기 위해, 폴리우레탄 분산액의 발포제를 제외한 모든 성분을, 발포 공정에 앞서 상기 분산액 내로 과도한 양의 기체가 도입되지 않도록 하는 방식으로 혼합하는 것이 바람직하다. 기계적 발포는, 오크스, 코위 앤 라이딩 (OAKES, COWIE & RIDING) 및 파이어스톤(FIRESTONE)을 포함하는 제조원으로부터 입수가능한 발포기를 포함하는 다양한 장치를 이용하여 수행될 수 있다.

일단 상기 폴리우레탄 분산액이 발포되면, 상기 발포된 조성물의 층을 폴리카보네이트 시트 또는 여타 중합체성 재료와 같은 적합한 기판에, 닥터 나이프 또는 룰, 에어 나이프 또는 닥터 블레이드와 같이 층을 적용하고 측정하기 위한 도포 장치를 이용하여 적용할 수 있다. 예를 들면, 그 내용이 여기에 그 전체로서 참고문헌으로 도입되는 미국 특허 제 5,460,873 호 및 5,948,500 호를 참고하라. 안감 재료 또는 기판은 상기 발포된 폴리우레탄 분산액의 적용 이전에 약 25 내지 50°C 사이의 온도로 가열될 수도 있다.

발포된 폴리우레탄 분산액을 기판에 적용한 후, 상기 기포를 처리하여 상기 기포 중에 남아있는 물을 실질적으로 전부 제거하고 폴리우레탄 물질을 경화시켜 셀 벽에 걸쳐 일반적으로 균일하게 분산된 미세한 연마 입자를 함유하는 개방 셀 구조를 갖는 탄성의 폴리우레탄 발포체를 형성한다. 물은 상기 기포를 가열함으로써 적어도 부분적으로 제거될 수 있으며, 약 50 내지 200°C의 온도를 수득할 수 있는 적외선 오븐, 통상의 오븐, 마이크로파 또는 가열 판과 같은 하나 이상의 에너지원을 사용할 수 있다. 기포는 또한 단계적 또는 연속적인 증가 방식으로 온도를 점차 증가시킴으로써 경화될 수도 있다. 예를 들면, 상기 기포의 층을 경화시키는 것은 각각 약 70, 125 및 150°C의 온도에서 약 30 분의 세 단계로 각각 가열하는 것을 포함할 수 있다.

발포된 폴리우레탄 분산액은, 기판의 특성, 원하는 피복 중량 및 원하는 두께에 따라, 약 1 kg/m² 내지 약 14.4 kg/m² (약 3.3 oz/ft² 내지 약 47.2 oz/ft²)의 건조 중량 범위를 갖는 일정의 층 두께 및 중량 범위를 수득하도록 기판에 적용될 수 있다. 예를 들면, 약 3 내지 6 mm 사이의 두께를 갖는 발포체의 경우, 바람직한 피복 중량은 약 2.1 kg/m² 내지 약 5.7 kg/m² (약 6.9 oz/ft² 내지 약 18.7 oz/ft²)의 건조 중량이다. 약 12 mm의 두께를 갖는 발포체의 경우 바람직한 피복 중량은 약 9 kg/m² 내지 약 11.4 kg/m² (약 29.5 oz/ft² 내지 약 37.4 oz/ft²)의 건조 중량이다.

스티렌-부타디엔 분산액; 스티렌-부타디엔-비닐렌 클로라이드 분산액; 스티렌-알킬 아크릴레이트 분산액; 에틸렌 비닐 아세테이트 분산액; 폴리클로로프로필렌 라텍스; 폴리에틸렌 공중합체 라텍스; 에틸렌 스티렌 공중합체 라텍스; 폴리비닐 클로라이드 라텍스; 또는 아크릴계 분산액, 유사 화합물, 및 이들의 혼합물을 포함하는, 다른 종류의 수성 중합체 분산액이 전술한 폴리우레탄 분산액과 조합되어 사용될 수 있다. 적합한 수성 중합체 분산액을 제조하는 데 유용한 기타 성분은 아크릴 기 또는 아민 기를 갖는 폴리올, 아크릴레이트 예비중합체, 에폭시, 아크릴계 분산액, 아크릴레이트 분산액 및 혼성 예비중합체를 포함한다.

전술한 발포된 폴리우레탄 분산액을 경화시킴으로써 제조된 폴리우레탄 발포체는 전형적으로 탄성의 개방 셀 발포체, 즉 ASTM D3574에 준하여 시험할 경우 5% 이상의 탄성을 나타내는 발포체이다. 상기 폴리우레탄 발포체는 바람직하게는 약 5 내지 80%, 더욱 바람직하게는 약 10 내지 60%, 가장 바람직하게는 약 15 내지 50%의 탄성, 및 약 0.35 내지 1.2 g/cm³ 사이, 바람직하게는 약 0.7 내지 1.0 g/cm³ 사이, 가장 바람직하게는 약 0.75 내지 약 0.95 g/cm³ 사이의 발포체 밀도를 나타낸다.

도 3A에 도시된 바와 같이, 고정된 연마 물질(19)은 실질적으로 균일한 분포의 연마 입자(30)를 함유하는 중합체성 물질(28)을 포함한다. 상기 중합체성 물질은 작은 인접한 셀들(32)이 서로에 대하여 랜덤하게 연결되어 상기 고정된 연마 물질의 표면으로부터 상기 고정된 연마 물질의 둉어리 안으로 및 그를 통하여 유체 흐름을 위한 경로를 제공하는 개방 셀 구조를 갖는다.

도 3B에 도시된 바와 같이, 바람직한 구현예에서, 상기 고정된 연마 물질(19)이 기판 재료(21)상에 실질적으로 균일한 층으로 구비되어 고정된 연마 평탄화 패드(18)를 형성한다. 바람직한 방법에서, 상기 물질은 고정된 연마 물질(19)의 노출된 주표면 위에 나노-거칠성(asperity) (33)을 형성하도록 컨디셔닝된다. 상기 고정된 연마 물질(19)의 개방 셀 구조는 액체 및 미세 입자로 하여금 상기 고정된 연마 물질 안으로 및 그를 통하여, 그리고 기판 재료(21)를 통하여 유동하게 한다. 기판 재료(21)는 다층 및/또는 복합 구조를 가질 수 있다. 안감 또는 기판 재료(21) 및 고정된 연마 물질(19)의 층은 둘 다, 공정 또는 장비 특이적 부착, 액체 흐름 및/또는 시각적 또는 물리적 접근을 제공하기 위해 다양한 채널 또는 구멍(도시되지 않음)을 포함하도록 조정될 수 있다. 잘 인식되는 바와 같이, 도 3A-C는 논의를 위해 본 발명에 따르는 고정된 연마 물질 및 상기 고정된 연마 물질을 이용하는 평탄화 패드의 단순화된 구현예를 단시 예시하려 하는 것이며, 따라서, 축척에 맞게 그려지지 않았고, 따라서 본 발명을 제한하는 것으로 생각되어서는 안된다.

본 발명을 실시하기에 유용한 고정된 연마 물질을 SEM 하에 조사하여 도 4A 및 4B로 제공된 현미경 사진을 얻었다. 도 4A는 본 발명에 사용된 고정된 연마 물질의 고도로 개방된 구조를 도시하기 위해 비교적 낮은 배율 하에 상기 고정된 연

마 물질의 표면을 나타낸다. 도 4B는 셀 구조의 세부를 나타내고 연마 입자의 균일한 분포, 즉 상기 고정된 연마 물질의 셀 벽을 형성하는 중합체성 조성물에 걸쳐 밝은 반점을 나타내기 위해 훨씬 높은 배율 하에 상기 고정된 연마 물질의 일부를 나타낸다.

고정된 연마 물질은 약 0.5 내지 약 1.5 g/cm³, 바람직하게는 약 0.7 내지 약 1.4 g/cm³, 더욱 바람직하게는 0.9 내지 약 1.3 g/cm³, 가장 바람직하게는 약 1.1 내지 1.25 g/cm³ 사이의 밀도를 가질 수 있다. 상기 고정된 연마 물질은 약 30 내지 약 90, 바람직하게는 약 70 내지 약 85, 더욱 바람직하게는 약 75 내지 약 85의 쇼어 A 경도를 가질 수 있다. 상기 고정된 연마 물질은 5 psi에서 약 30 내지 약 90, 바람직하게는 약 50 내지 약 80, 더욱 바람직하게는 약 50 내지 약 75의 반향 백 분율을 가질 수 있다. 상기 고정된 연마 물질은 5 psi에서 약 1 내지 약 10%, 바람직하게는 약 2 내지 약 6%, 더욱 바람직하게는 약 2 내지 약 4%의 압축 백분율을 가질 수 있다. 상기 고정된 연마 물질은 약 5 내지 60% 사이, 바람직하게는 약 10 내지 50% 사이, 더욱 바람직하게는 약 20 내지 40% 사이의 다공도를 가질 수 있다. 상기 고정된 연마 물질은 약 5 내지 500 μm 사이, 바람직하게는 약 30 내지 300 μm 사이, 더욱 바람직하게는 약 30 내지 200 μm 사이의 평균 셀 크기를 가질 수 있다.

본 발명에 따르는 고정된 연마 물질로부터 제조된 평탄화 패드는:

복수의 상호연결된 셀을 정의하며 중합체 매트릭스에 걸쳐 연마 입자가 분포된 열경화성 중합체 매트릭스의 개방 셀 구조를 갖는 고정된 연마 물질로부터 형성되는 연마 패드의 연마 표면에 담체액을 적용하고;

상기 주표면과 연마 표면을 접촉하게 하는 약 2.5 psi(0.18 kg/cm²) 이하의 힘을 가하면서 기판의 주표면에 일반적으로 평행한 평면에서 기판과 연마 패드의 연마 표면 사이에 상대적인 움직임을 일으키고;

상기 연마 표면을 컨디셔닝함으로써 고정된 연마 물질로부터 연마 입자를 방출시켜 유리된 연마 입자를 형성하고;

기판의 주표면을 상기 유리된 연마 입자로 연마하여 재료의 일부를 기판의 주표면으로부터 제거함으로써, 공정에서 반도체 기판의 주표면으로부터 1종 이상의 물질을 제거하는 데 사용될 수 있다.

상기 방법의 단계들은 순차적으로 수행되거나 하나 이상의 단계가 실질적으로 동시에 수행되는 연속적인 공정으로 수행될 수 있다. 바람직한 방법에서, 담체액을 적용하는 단계, 컨디셔닝 및 상대적 움직임을 일으키는 단계들은 실질적으로 동시에 수행된다. 상기 방법은 당 분야에서 CMP 공정을 위해 통상적으로 사용되는 장치들을 포함하는 임의의 다양한 장치를 이용하여 수행될 수 있다.

본 발명의 방법은 연마 패드의 연마 표면에 담체액을 적용하는 것을 포함한다. 담체액은 상기 연마 패드를 적시고 그 컨디셔닝을 촉진할 수 있는 임의의 액체이다. 담체액은 용액 또는 애멜션일 수 있으며, 바람직하게는 수성이다. 담체액 또는 담체 애멜션은 예를 들면 습윤제, 혼탁제, pH 완충제, 산화제, 퀼레이트화제, 산화제 및/또는 연마 입자를 포함할 수 있다. 산화물 제거를 위해 바람직한 담체액은 탈이온화된 (DI) 물과 상기 액체의 pH를 약 4 내지 약 10, 바람직하게는 약 5 내지 약 8의 pH로 조절하기 위한 산 또는 염기 물질의 적합한 조합 및 1종 이상의 여타 성분을 포함한다.

반대로, 구리(Cu)와 같은 금속의 제거를 위한 바람직한 담체액은 퀼레이트화제 및 1종 이상의 계면활성제와 조합된, 예를 들면 약 5 중량%의 과산화 수소와 같은 산화제 용액을 포함할 수 있다. 적합한 퀼레이트화제로서, 에틸렌디아민테트라아세트산 (EDTA), 히드록시에틸에틸렌디아민트리아세트산 (HEDTA), 니트릴로트리아세트산 (NTA), 디에틸렌트리아민펜타아세트산 (DPTA), 에탄올디글리시네이트 및 이들의 혼합물과 같은 아미노카르복실레이트를 들 수 있다.

상기 연마 패드의 연마 표면에 담체액을 적용하는 것은 연마 표면의 컨디셔닝과 실질적으로 동시에 수행되는 것이 바람직하다. 담체액은 상기 패드의 연마 표면을 가로질러 상기 담체액의 충분한 양 및 분포를 제공할 임의의 적합한 수단을 이용하여 적용될 수 있다. 그러한 수단은 컨디셔닝 또는 평탄화 슬러리를 적용하기 위해 당 분야에 공지되고 사용되는 것들과 유사한 방법 및 장치를 포함한다.

위에 상술한 바와 같이 중합체 매트릭스에 고정된 연마 물질과 마주보는 연마 패드가 CMP 공정 도중 낮은 속도에서 기판 표면으로부터 물질을 제거할 수 있음에도 불구하고, 상기 물질 제거 속도는 바람직한 구현예에서 상기 연마 표면의 그 자리에서의 컨디셔닝을 통해 유리된 연마 입자를 만들도록 향상될 수 있다. 바람직한 구현예에서, 상기 고정된 연마 물질의 개방 셀 구조는 연마에 앞서 상기 연마 패드를 제조하기 위한 종래의 "시운전(break-in)" 컨디셔닝을 위한 필요를 감소

또는 없애준다. 바람직하게는, 상기 유리된 연마 입자는 컨디셔닝 공정에 의해 상기 고정된 연마 물질로부터 분리된 연마 입자, 복합 연마제/중합체 입자 및 중합체 입자의 혼합물을 포함한다. 바람직한 방법에서, 상기 유리된 연마 입자는 담체액과 조합되어, 평탄화 표면과 협력하여 반도체 기판의 표면으로부터 목적한 물질 층을 제거하는 평탄화 슬러리를 형성한다.

도 5A-D에서 SEM 현미경 사진에 반영되었듯이, 본 발명의 예시적 구현예에 따르는 고정된 연마 물질로부터 방출된 입자는 연마 입자, 중합체 입자, 및 중합체 매트릭스 내에 여전히 연마 입자를 포함하는 복합재 입자의 혼합물을 포함할 수 있다. 입자의 이러한 혼합물은 수득되는 연마된 웨이퍼 표면의 전체적인 결합의 원인이 되는 굵힘의 수 및 정도를 감소시키는 경향이 있다.

본 발명의 컨디셔닝 단계는 바람직하게는,

컨디셔닝 요소의 컨디셔닝 표면을 연마 표면에 접촉하게 위치시키고;

상기 컨디셔닝 표면과 연마 표면을 접촉시키는 경향이 있는 힘을 적용하면서 상기 연마 표면에 일반적으로 평행한 평면에서 상기 컨디셔닝 요소와 연마 패드 사이에 상대적인 움직임을 유도하는 것을 포함한다. 상기 고정된 연마 물질의 전형적으로 약 0.01 내지 약 0.5 μm 가 연마되는 각 기판의 경우 상기 컨디셔닝 단계 도중 연마 표면으로부터 제거될 것이지만, 상기 범위는 적어도 평탄화 패드 및 평탄화되는 기판의 상대적 표면적, 동시에 평탄화되는 기판의 수, 기판으로부터 제거되는 물질(들)의 조성 및 두께, 및 존재할 경우 담체액의 기판으로부터의 물질(들) 제거에 대한 기여도에 따라 변할 수 있다.

상기 컨디셔닝에 의해 연마 패드의 연마 표면으로부터 제거된 물질은 담체액과 조합되어 그 자리에서, 약 0.01 내지 10 중량% 사이의 고형분, 바람직하게는 약 0.1 내지 5 중량% 사이의 고형분, 더욱 바람직하게는 약 0.1 내지 2 중량% 사이의 고형분을 포함하는 슬러리를 형성할 것이다. 상기 그 자리에서의 슬러리 중에서 평균 중합체 입자 크기는 약 1 μm 내지 25 μm 사이일 수 있고 전형적으로 약 0.1 μm 내지 10 μm 사이, 바람직하게는 약 0.5 μm 내지 5 μm 사이, 더욱 바람직하게는 약 0.5 μm 내지 2 μm 사이일 수 있다. 그 자리에서 슬러리를 형성함으로써, 본 발명의 예시적 구현예는 교반의 필요성 및 연마 입자의 응집 위험과 같은 CMP 공정에 사용하기 위해 별도의 슬러리를 유지하는 것과 관련된 곤란함을 피한다.

컨디셔닝 요소는 전형적으로 부착 지점과 반대되는 실질적으로 평면이거나 원통형인 컨디셔닝 표면을 갖는 컨디셔닝 장비(예를 들면, 기계적 암)에 부착되도록 배열된 장치를 포함한다. 실제 컨디셔닝은, 상기 컨디셔닝 표면과 연마 표면의 사이에서, 상기 표면들이 압축력 또는 부하에 의해 한데 몰리기 때문에, 상대적인 움직임을 필요로 한다. 많은 경우에, 상기 컨디셔닝 표면 및 연마 표면은 둘 다, 직선형 또는 아치형의 형태로 연마 표면을 가로질러 또한 이동하는 컨디셔닝 표면과 동시에 회전한다.

컨디셔닝 요소는 통상적으로 컨디셔닝에 사용하는 연마 패드보다 상당히 작은 직경을 가지며, 일반적으로 원판, 고리 또는 원통형으로 배열된다. 상기 컨디셔닝 요소는 고체 및/또는 패턴을 가진 표면을 포함하며 배열을 "브러시"하기 위한 강모 또는 필라멘트를 포함할 수 있다. 실질적으로 모든 연마 표면을 컨디셔닝하기 위해, 상기 컨디셔닝 장비는 연마 표면의 중심으로부터 가장자리까지 및 다시 중심까지 (2-방향 컨디셔닝) 컨디셔닝 요소를 통과하거나, 연마 패드의 중심으로부터 가장자리까지만(단일-방향 컨디셔닝) 컨디셔닝 요소를 통과할 수 있다.

단일-방향 시스템에서 원하는 연마 표면을 수득하기 위해 컨디셔닝 요소의 2회 이상 통과가 필요할 경우, 상기 컨디셔닝 요소는 전형적으로 상승되어 연마 표면과의 접촉을 피하고, 중심에 위치하였다가, 낮추고, 다시 상기 패드의 가장자리로 훑쓸린다. 그러한 단일-방향 컨디셔닝은 또한 상기 컨디셔닝 요소가 이동하고 아마도 상기 연마 표면의 가장자리를 통과할 때 상기 연마 표면으로부터 부스러기 및 기타 물질을 쓸어버리는 경향을 가질 수도 있다.

컨디셔닝 요소는 광범위한 형태, 입자 유형(들), 입자 크기, 표면 지형학, 입자 패턴, 또는 요소 표면 또는 입자에 가해진 변형을 포함할 수 있다. 예를 들면 상기 컨디셔닝 요소의 컨디셔닝 표면은 원형, 직선형, 격자 또는 조합된 패턴으로 흄을 포함할 수 있다. 유사하게, 컨디셔닝 입자는 컨디셔닝 표면 위에 원형, 직선형, 격자, 조합 또는 랜덤 패턴으로 배열될 수 있으며 2종 이상 또는 2 가지 이상의 크기의 컨디셔닝 입자를 포함할 수 있다.

컨디셔닝 요소의 컨디셔닝 표면은 상기 연마 표면을 연마하기 충분한 경도 및 크기의 연마 입자를 전형적으로 포함한다. 상기 컨디셔닝 입자는 1종 이상의 중합체, 다이아몬드, 실리콘 카바이드, 질화 티탄, 탄화 티탄, 알루미나 알로이, 또는 괴복된 알루미나 입자를 포함할 수 있으며, 다이아몬드 입자가 널리 사용된다. 컨디셔닝 입자는 예를 들면 화학적

증착(CVD)을 포함하는 다양한 기술을 이용하여 컨디셔닝 표면 상에 제공되거나, 실질적으로 균일한 컨디셔닝 물질의 일부로서 형성되거나, 또 다른 물질 중에 파묻힐 수 있다. 컨디셔닝 입자가 컨디셔닝 표면 상에 제공되는 방식은 단지 컨디셔닝 표면이 컨디셔닝될 표면 상에 원하는 효과를 가질 수 있게 하기 충분할 것만이 요구된다.

다수의 컨디셔닝 요소가 원판 또는 고리로 제공될 수 있고 약 1 내지 약 16 인치(2.5 내지 40.6 cm) 범위의 직경을 가지고 형성될 수 있으며, 더욱 일반적으로는 약 2 내지 4 인치(5.1 내지 10.2 cm) 사이의 직경으로 제공된다. 다이아몬드 컨디셔너 요소, 구체적으로 컨디셔너 원판은 다이모넥스 사(DimoneX, Inc., Allentown, PA), 3M (Minneapolis, MN) 등으로부터 입수될 수 있다. 컨디셔닝 요소가 고리로서 제공되는 경우, 상기 컨디셔닝 요소의 고리 부분의 폭은 약 0.5 내지 2 인치(1.3 내지 5.1 cm)의 범위일 수 있다.

상기 컨디셔닝 표면 상에 구비된 컨디셔닝 입자의 크기, 밀도 및 분포는 얼마나 많은 물질을 상기 컨디셔닝 요소가 컨디셔닝될 표면의 각 통과 도중에 제거하는가에 영향을 줄 것이다. 그 결과, 컨디셔닝 입자는 일반적으로 약 1 내지 50 μm 의 평균 직경을 나타내며, 더욱 전형적으로 약 25 내지 45 μm 의 직경을 나타낸다. 유사하게, 컨디셔닝 표면 상에 구비된 컨디셔닝 입자의 수(즉, 입자 밀도)는 약 5 내지 100 입자/ mm^2 사이인 경향이 있으며, 더욱 전형적으로는 약 40 내지 60 입자/ mm^2 사이인 경향이 있다.

당업자는 상기 컨디셔닝이, 컨디셔닝 표면이 연마 표면과 접촉되는 한편, 약간의 압축력 또는 하향 압력이 적용되어 상기 표면들 사이에 필요한 정도의 접촉을 유지할 것을 필요로 함을 잘 인식할 것이다. 적용된 힘의 양은 컨디셔닝 공정에 영향을 줄 것이며 일반적으로 컨디셔닝 공정 도중 일정 범위 내에서 유지된다. 컨디셔닝 요소에 적용된 하향력은 무시할 만할 수도 있으며 약 0.8 psi 이하의 범위(약 0 내지 약 0.056 kg/cm²)일 수도 있고, 더욱 전형적으로 약 0.4 psi (0.028 kg/cm²) 내지 약 0.7 psi (0.049 kg/cm²) 사이일 수 있다.

시운전 및 공정-도중(in-processing) 컨디셔닝 공정에서의 또 다른 변수는 상기 컨디셔닝 표면에 의해 연마 표면을 가로지르는 통과의 회수이다. 잘 인식하듯이, 모든 다른 조건이 동일하게 유지될 경우, 통과 회수의 증가는 상기 연마 표면으로부터 제거되는 물질의 두께를 증가시킬 것이다. 대부분의 종래 컨디셔닝 공정에서의 목적은 연마 표면의 수명을 증가시키고 사용 가능한 생산 시간을 증가시키기 위한 연마 표면의 컨디셔닝의 원하는 정도를 획득하기까지 필요한 통과 회수를 감소시키는 것이다.

바람직한 구현 예에서, 통상적인 종래 기술의 고정된 마모성 연마 패드와는 달리, 본 발명에 따르는 연마 패드는 임의의 거시적 3-차원 구조 또는 연마 표면 상에 구별되게 상이한 물질의 교체되는 영역을 포함하지 않는다. 도 3B에 도시된 바와 같이, 컨디셔닝 없이, 고정된 연마 물질과 마주보는 그러한 연마 패드는 충분한 양의 연마 입자를 방출하거나 노출시키는 경향이 없으므로 따라서 반도체 기판의 표면으로부터 물질 층의 상대적으로 낮은 물질 제거 속도를 나타낸다.

그러나, 도 3C에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따르는 고정된 연마 물질과 마주보는 연마 패드의 연마 표면을 컨디셔닝하는 것은 고정된 연마 입자 및 중합체 매트릭스의 일정 양을 방출한다. 이러한 방출된 입자는 그 후 자유롭게 담체액과 조합되어, 반도체 기판으로부터 증가된 속도로 물질을 제거할 수 있는 평탄화 슬러리를 그 자리에서 형성한다.

하나의 구현 예에서, 본 발명의 방법은 연마의 속도를 종결하거나 조절하는 단계를 더 포함한다. 바람직하게는, 연마의 속도를 종결하거나 조절하는 것은

기판과 연마 패드의 상대적인 움직임을 종결하거나 조절하는 것;

기판을 연마 패드와의 접촉으로부터 제거하는 것;

연마 표면의 컨디셔닝을 종결하거나 조절하는 것;

담체액의 pH를 조절하는 것; 및

담체액의 산화제 농도를 감소시키는 것으로 구성되는 군에서 선택된 하나 이상의 작용을 포함한다.

바람직하게는, 담체액의 pH는, 컨디셔닝 액체를 패드에 적용하는 단계 도중 적합한 산 또는 염기를 상기 액체에 가함으로써 조절된다. 바람직한 방법에서, 연마 속도는 담체액의 pH를 증가시킴으로써 감소되고, 따라서 주표면으로부터 산화물이

제거되는 속도를 약 50% 이상 감소시킨다. 반도체의 주표면으로부터 산화물을 제거하기 위한 바람직한 방법은 담체액의 pH를 pH 10 또는 그 이상으로 증가시키며, 바람직하게는 주표면으로부터 산화물이 제거되는 속도를 약 75% 이상 감소시키는 것을 포함한다.

바람직하게는 담체액의 산화제 농도는 과산화 수소와 같은 산화제의 담체액으로의 첨가를 늦추거나 종결함으로써, 탈이온 수과 같은 덜 산화성인 담체액에 스위칭함으로써, 또는 과량의 탈이온수의 첨가에 의해 상기 담체액을 희석함으로써 감소된다. 바람직한 방법에서, 연마 속도는 담체액의 산화제 농도를 감소시킴으로써, 구리와 같은 금속이 반도체 기판의 주표면에서 제거되는 속도를 약 50% 이상, 더욱 바람직하게는 약 75% 이상 감소시킴으로써 감소된다.

본 발명에 따르는 금속 층의 CMP를 위한 바람직한 방법은

복수의 상호연결된 셀을 정의하며 중합체 매트릭스에 걸쳐 연마 입자가 분포된 열경화성 중합체 매트릭스의 개방 셀 구조를 갖는 연마 패드의 연마 표면에 담체액을 적용하고;

상기 금속 층과 연마 표면을 접촉하게 하는 약 2.5 psi(0.18 kg/cm²) 이하의 상대적으로 가벼운 힘을 가하면서 상기 금속 층에 일반적으로 평행한 평면에서 기판과 연마 패드의 사이에 상대적인 움직임을 일으키고;

상기 연마 표면을 컨디셔닝함으로써 고정된 연마 물질로부터 유리된 연마 입자를 방출시키고;

상기 담체액과 상기 유리된 연마 입자를 합하여 평탄화 슬러리를 형성하고;

상기 금속을 상기 평탄화 슬러리로 연마하여 금속의 일부를 기판으로부터 제거하는 것을 포함한다.

본 발명의 방법은 또한, 장벽 층을 반도체 기판의 주표면으로부터 첫 번째 속도로 제거하고 금속 층을 상기 주표면으로부터 두 번째 속도로 제거하며, 여기에서 상기 두 번째 속도는 상기 첫 번째 속도의 적어도 4 배, 바람직하게는 상기 첫 번째 속도의 약 10 배 이상인, 금속 층과 아래에 놓인 장벽 층을 기판의 표면으로부터 선택적으로 제거하는 방법을 가능하게 한다.

이하의 예시적 실시예는 본 발명을 설명하기 위해 주어진다. 실시예는 본 발명의 범위를 제한하고자 의도되는 것이 아니며 그렇게 해석되어서는 아니된다. 모든 백분율은 달리 지적되지 않는 한 중량 기준이다.

실시예

예시적 패드 조성물 A

예시적인 폴리우레탄인 조성물 A는 다음 성분을 조합하여 수성 분산액을 형성함으로써 제조되었다 (모든 부는 건조 중량을 반영함):

80 부의 위트코본드(WITCOBOND) A-100 (WITCO Corp.);

20 부의 위트코본드 W-240 (WITCO Corp.);

5 부의 계면활성제 (3 부의 스탠팍스(STANFAX) 320, 1 부의 스탠팍스 590 및 1 부의 스탠팍스 318로 이루어짐)(파라-케임 서던 사);

6.25 부의 아쿠솔(ACUSOL) 810A (점도 조절제/증점제로서)(롬 앤 하스); 및

70 부의 500 nm 세리아 입자.

상기 폴리우레탄 분산액을 그 후 약 1 시간 동안 방치하여 점도를 약 12,240 cps에서 안정화하였다. 다음, 폴리우레탄 분산액을 오크스(OAKES) 발포기를 이용하여 발포시켜 약 948 g/l의 밀도를 갖는 발포체를 생성하고, 폴리카보네이트 기판

에 약 1.5 mm의 두께로 적용하였다. 상기 발포체를 그 후 70°C에서 2시간, 125°C에서 2시간 및 150°C에서 2시간 동안 경화시켜 약 0.75 내지 0.85 g/cm³ 사이의 발포체 밀도를 갖는 고정된 연마 물질을 포함하는 발포체 생성물을 형성하였다.

예시적 패드 조성물 B

또 다른 예시적 폴리우레탄 조성물인 조성물 B는 다음 성분을 조합하여 수성 분산액을 형성함으로써 제조되었다:

100 부의 위트코본드 W-240;

5 부의 계면활성제 (3 부의 스탠팍스 320, 1 부의 스탠팍스 590 및 1 부의 스탠팍스 318로 이루어짐);

6 부의 아쿠솔 810A (점도 조절제/증점제로서); 및

70 부의 500 nm 세리아 입자.

다음 폴리우레탄 분산액을 약 1시간 동안 방치하여 점도를 약 9400 cps에서 안정화시켰다. 상기 폴리우레탄 분산액을 그 후 오크스 발포기를 이용하여 발포시켜 약 835 g/l의 밀도를 갖는 발포체를 생성하고, 폴리카보네이트 기판에 약 1.5 mm의 두께로 적용하였다. 상기 발포체를 그 후 70°C에서 30분, 125°C에서 30분 및 150°C에서 30분 동안 경화시켜 약 0.75 내지 0.85 g/cm³ 사이의 발포체 밀도를 갖는 고정된 연마 물질을 포함하는 발포체 생성물을 형성하였다.

예시적 패드 조성물 C

또 다른 예시적 폴리우레탄 조성물인 조성물 C는 다음 성분을 조합하여 수성 분산액을 형성함으로써 제조되었다:

100 부의 UD-200 (본드테인 사(Bondthane Corp.));

5 부의 계면활성제 (3 부의 스탠팍스 320, 1 부의 스탠팍스 590 및 1 부의 스탠팍스 318로 이루어짐);

6 부의 아쿠솔 810A (점도 조절제/증점제로서); 및

70 부의 500 nm 세리아 입자.

다음 폴리우레탄 분산액을 약 1시간 동안 방치하여 점도를 약 13,380 cps에서 안정화시켰다. 상기 폴리우레탄 분산액을 그 후 오크스 발포기를 이용하여 발포시켜 약 960 g/l의 밀도를 갖는 발포체를 생성하고, 폴리카보네이트 기판에 약 1.5 mm의 두께로 적용하였다. 상기 발포체를 그 후 70°C에서 30분, 125°C에서 30분 및 150°C에서 30분 동안 경화시켜 약 0.75 내지 0.85 g/cm³ 사이의 발포체 밀도를 갖는 고정된 연마 물질을 포함하는 발포체 생성물을 형성하였다.

예시적인 고정된 연마 물질과 관련하여 상기 정의된 특정 성분에 관하여, 위트코본드 A-100은 지방족 우레탄/아크릴계 알로이의 수성 분산액이고, 위트코본드 W-240은 지방족 우레탄의 수성 분산액이며, UD-220은 지방족 폴리에스테르의 수성 분산액이고, 아쿠솔 810A는 음이온성 아크릴계 공중합체이며, 스탠팍스 318은 기포 안정화제로 사용된 소듐 술포숙시네이트를 포함하는 음이온성 계면활성제이고, 스탠팍스 320은 발포제로서 사용된 암모늄 스테아레이트를 포함하는 음이온성 계면활성제이며, 스탠팍스 519는 습윤/침투제로 사용된 디-(2-에틸헥실)술포숙시네이트 나트륨 염을 포함하는 계면활성제이다.

Cu 연마 시험

예시적 조성물 A, B 및 C에 관련하여 전술한 폴리우레탄 분산액을 이용하고 종래의 IC1000TM(로델 사(Rodel Inc.)) 연마 패드로부터 약 6 인치(약 15.25 cm)의 직경을 갖는 시료 평탄화 패드를 제조하였다. 상기 시료 평탄화 패드를 CMP 연마 장치 상에 올려놓은 후, 연마제-무함유 슬러리, 구체적으로는 히다치(Hitachi)의 HS-C430-A3 슬러리와 30 중량% 과산화 수소 용액의 70:30 혼합물을 상기 연마 공정 동안 상기 연마 패드의 표면에 공급하여 약 9 중량% H₂O₂를 포함하는 초기 조성을 갖는 용액을 제조하였다.

그 후 일련의 2-인치(약 5 cm) 시험 웨이퍼를 상기 습윤되고 컨디셔닝된 패드 상에서 연마하였다. 사용된 시험 웨이퍼는 약 12,000 Å(약 0.0206 g)의 구리 중량에 대하여)의 명목상 Cu 층 두께를 갖는 블랭킷 Cu 시험 웨이퍼 및 1000 Å(약 0.0028 g)의 TaN 중량에 대하여)의 명목상 TaN 층 두께를 갖는 블랭킷 TaN 웨이퍼를 포함하였다.

이하의 표 1(Cu) 및 표 2(TaN)에서 반영되듯이, 시험 웨이퍼를 종래의 4 psi(27.6 kPa) 하향력 또는 감소된 1.5 psi(6.9 kPa)의 하향력 및 60, 120 또는 200 rpm의 회전 속도를 이용하여 10 분 동안 연마하였다. 연마가 완료된 후, 상기 시험 웨이퍼를 칭량하여 제거된 층의 질량을 결정하였다. 각 경우, 평탄화 패드를 연마 공정의 동안에 걸쳐 균일한 그 자리에서의 컨디셔닝 공정으로 처리하였다.

상기 예시적 실시예에 사용된 CMP 장치는 0.5 내지 4 psi(0.035 내지 0.28 kg/cm²)의 부하에서 60 내지 200 rpm의 웨이퍼 및 압반 회전 속도를 제공하였다. 시료 패드를 상기 압반에 부착된 SUBA-IV (Rodel) 발포된 중합체 층 위에 올려 놓았다. 상기 평가의 시작 전에 시료 패드에 시운전 컨디셔닝이 적용되지 않았지만, 0.6 psi(0.042 kg/cm²)의 부하가 적용된 60 rpm에서 회전하는 4-인치(10.2 cm)의 ATI 컨디셔닝 디스크를 이용한 연속적인 그 자리에서의 다이아몬드 컨디셔닝을 사용하여, 상기 평가 동안 시료 평탄화 패드의 연마 표면으로부터 연마제, 중합체 및 복합재 입자를 방출시켰다. 이하의 표 1에서 반영되듯이, 연마 시험 과정 도중 시험 웨이퍼에 적용된 부하는 60, 120 및 200 rpm의 회전 속도에서 4 psi(0.28 kg/cm²) 및 1.5 psi(0.11 kg/cm²)였다. IC1000 연마 패드를 이용하는 TaN 제거 속도에 관하여, 120 및 60에서의 제거 속도는 상기 시험 도중 사용된 장비로 정확하게 측정하기에는 단순히 너무 낮았다. 보고된 제거 속도를 그 후 시험 웨이퍼로부터 실질적으로 완전히 목표 물질을 제거하는 데 필요한 시간으로부터 또는 특정의 시험 진행 동안 제거된 물질의 질량으로부터 계산하였다.

[표 1]

패드 유형	RPM	하향력 (PSI)/(kPa)	제거 속도 (A/min)
A	200	4.0/27.6	1500
A	120	4.0/27.6	1160
A	60	4.0/27.6	870
A	200	1.5/10.3	1439
A	120	1.5/10.3	1293
A	60	1.5/10.3	874
B	200	4.0/27.6	1124
B	120	4.0/27.6	1130
B	60	4.0/27.6	925
B	200	1.5/10.3	1625
B	120	1.5/10.3	1567
B	60	1.5/10.3	1200
C	200	4.0/27.6	1200
C	120	4.0/27.6	1030
C	60	4.0/27.6	849
C	200	1.5/10.3	1328
C	120	1.5/10.3	950
C	60	1.5/10.3	717
IC1000	200	4.0/27.6	1636
IC1000	120	4.0/27.6	1384
IC1000	60	4.0/27.6	594
IC1000	200	1.5/10.3	250
IC1000	120	1.5/10.3	419
IC1000	60	1.5/10.3	425

[표 2]

패드 유형	RPM	하향력 (PSI)/(kPa)	제거 속도 (A/min, 대략)
A	200	4.0/27.6	163
A	120	4.0/27.6	84
A	60	4.0/27.6	57
A	200	1.5/10.3	4
A	120	1.5/10.3	4
A	60	1.5/10.3	8
IC1000	200	4.0/27.6	133
IC1000	120	4.0/27.6	129
IC1000	60	4.0/27.6	97
IC1000	200	1.5/10.3	4
IC1000	120	1.5/10.3	-
IC1000	60	1.5/10.3	-

Cu 및 TaN 막의 경우 모두 예시적 패드 조성물 A 및 IC1000의 양자에 대하여 관찰된 제거 속도를 사용하여 언급된 조건 하에서 수득된 선택성을 계산하였다. 예시적 연마 패드 및 방법에 의해 제거된 물질의 양의 함수로서 계산된 선택성을 이하의 표 3에 나타낸다. 시험 웨이퍼로부터 제거된 물질의 양은, 특히 장벽 층 물질에 관하여, 본 평가에 사용된 기기로 그 정밀한 정량화가 어려울 만큼 충분히 낮았음을 주목해야 한다. 따라서, 보고된 선택성은 본 발명에 따르는 예시적 방법 및 고정된 연마 물질을 이용할 경우 경험될 수 있는 성능 범위의 일반적 지표로서 간주되어야 한다.

표 1에 나타낸 데이터에서 반영되듯이, 각각의 예시적 패드 조성물로 구리 층을 연마하는 것은 하향력을 약 60% 감소시킨 경우에도 물질 제거 속도를 실질적으로 유지하거나 증가시켰다. 이러한 특별하고 예기치 못한 성질 성능은 비교용 IC1000과 같은 종래의 연마 패드에서 예상되거나 문헌에 보고된 성질과는 일반적으로 반대이다. 이러한 증가된 선택성은 금속 CMP 공정이 향상된 선택성 및 만족스러운 제거 속도의 양자를 초래하는 조건 하에 수행되는 것을 가능하게 하며, 따라서 그러한 공정을 위한 공정의 여지를 향상시킨다.

[표 3]

패드 유형	RPM	하향력 (PSI)/(kPa)	선택성 Cu/TaN 제거된 두께 비 (대략)
A	200	4.0/27.6	9
A	120	4.0/27.6	14
A	60	4.0/27.6	15
A	200	1.5/10.3	368
A	120	1.5/10.3	331
A	60	1.5/10.3	112
IC1000	200	4.0/27.6	12
IC1000	120	4.0/27.6	11
IC1000	60	4.0/27.6	6
IC1000	200	1.5/10.3	64
IC1000	120	1.5/10.3	-
IC1000	60	1.5/10.3	-

상기 예시적인 고정식 연마 패드 조성물 및 관련된 저압 CMP 공정은 반도체 제조 및 여타 연마 또는 평탄화 공정에서 사용되는 일정 범위의 재료의 평탄화에 사용될 수 있다. 본 발명에 따르는 패드 조성물은 반도체 가공에서 전형적으로 발견되는 금속, 금속 산화물, 금속 질화물, 반도체, 반도체 산화물 및 반도체 질화물을 포함하는 각종 재료 층을 제거하는 데 사용될 수 있다. 다른 응용으로서, 예를 들면 단단한 구동 재료, 렌즈 및 거울을 연마하는 것을 포함하는 반도체 장치 제조와 무관한 평면 및 비-평면 연마 공정을 들 수 있다.

본 발명의 원리 및 수행 방식을 특정의 예시적 및 바람직한 구현예를 들어 위에 기술하였다. 그러나, 본 발명은 이하의 청구항에서 정의된 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않고, 상기 구체적으로 예시되고 기술된 것들이 아닌 방식으로 실시될 수 있음이 주목되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

복수의 상호연결된 셀을 정의하며 중합체 매트릭스에 걸쳐 연마 입자가 분포된 열경화성 중합체 매트릭스의 개방 셀 구조를 갖는 고정된 연마 물질을 포함하는 연마 패드의 연마 표면에 담체액을 적용하는 단계;

상기 주표면과 연마 표면을 접촉하게 하는 첫 번째 힘을 가하면서 기판의 주표면에 일반적으로 평행한 평면에서 기판과 연마 패드 사이에 상대적인 움직임을 일으키는 단계;

컨디셔닝 요소와 연마 표면을 접촉하게 하는 두 번째 힘을 적용하면서 기판의 주표면에 일반적으로 평행한 평면에서 컨디셔닝 요소와 연마 패드 사이에 상대적인 움직임을 일으킴으로써 고정된 연마 물질로부터 유리된 연마 입자를 방출시켜 상기 연마 표면을 컨디셔닝하는 단계; 및

기판의 주표면을 유리된 연마 입자로 연마하여 재료의 일부를 기판의 주표면으로부터 제거하는 단계

를 포함하며, 상기 첫 번째 힘은 약 2.5 psi 이하인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 첫 번째 힘이 약 1.5 psi 이하인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 첫 번째 힘이 약 1 psi 이하인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 물질이 Cu, W, WN, Ta, TaN, Ti, TiN, Ru 및 RuN으로 구성된 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 유리된 연마 입자가 연마 입자, 복합 연마제/중합체 입자 및 중합체 입자에서 선택된 2종 이상의 입자를 포함하는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 유리된 연마 입자가 담체액과 혼합되어 평탄화 슬러리를 형성하는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 7.

제 1 항에 있어서,

담체액을 적용하는 단계;

상기 기판과 연마 패드 사이에 상대적인 움직임을 일으키는 단계;

상기 연마 표면을 컨디셔닝하는 단계; 및

기판의 주표면을 연마하는 단계가 실질적으로 동시에 수행되는, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서, 연마 표면을 컨디셔닝하는 단계가 약 1 psi 이하의 두 번째 힘으로 실질적으로 연속적으로 수행되는, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 9.

제 1 항에 있어서,

상기 제거되는 물질이 Cu 및 금속 질화물의 양쪽총 모두를 포함하고;

Cu가 첫 번째 제거 속도로 상기 기판으로부터 제거되며;

상기 금속 질화물이 두 번째 제거 속도로 상기 기판으로부터 제거되고;

상기 첫 번째 제거 속도 대 두 번째 제거 속도의 비가 10:1 이상인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서, 상기 금속 질화물이 TiN 또는 TaN이고, 첫 번째 제거 속도가 800 Å/분이상인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 11.

제 10 항에 있어서, 상기 첫 번째 제거 속도와 두 번째 제거 속도 사이의 비가 20:1 이상인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 12.

제 1 항에 있어서,

고정된 연마 물질 중 셀이 250 μm 미만의 평균 셀 직경을 가지며;

연마 입자가 약 2 μm 미만의 평균 입자 크기를 가지고, 알루미나, 세리아, 실리카, 티타니아 및 지르코니아로 구성되는 군에서 선택된 1종 이상의 미립자 물질을 포함하는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 연마 입자가 상기 고정된 연마 물질의 약 20 중량% 내지 약 70 중량% 사이를 구성하는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 연마 입자가 $1 \mu\text{m}$ 이하의 평균 입자 크기를 갖는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 15.

제 1 항에 있어서, 상기 연마 표면을 컨디셔닝하는 단계가, 연마되는 각 기판에 대해 연마 표면으로부터 평균 약 0.01 내지 약 $0.5 \mu\text{m}$ 의 고정된 연마 물질을 제거하는 단계를 더 포함하는, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 16.

제 1 항에 있어서, 상기 고정된 연마 물질이

약 0.5 내지 약 1.2 g/cm^3 사이의 밀도;

약 30 내지 약 90 사이의 쇼어 A 경도;

약 30 내지 약 90 사이의 5 psi에서의 반향 백분율; 및

약 1 내지 10 사이의 5 psi에서의 압축 백분율을 갖는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 17.

제 16 항에 있어서, 상기 고정된 연마 물질이

약 0.7 내지 약 1.0 g/cm^3 사이의 밀도;

약 70 내지 약 85 사이의 쇼어 A 경도;

약 50 내지 약 80 사이의 5 psi에서의 반향 백분율; 및

약 2 내지 6 사이의 5 psi에서의 압축 백분율을 갖는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 고정된 연마 물질이

약 0.75 내지 약 0.95 g/cm^3 사이의 밀도;

약 75 내지 약 85 사이의 쇼어 A 경도;

약 50 내지 약 75 사이의 5 psi에서의 반향 백분율; 및

약 2 내지 4 사이의 5 psi에서의 압축 백분율을 갖는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 19.

제 1 항에 있어서, 상기 담체액이 산, 염기, 퀼레이트화제 및 계면활성제로 구성되는 군에서 선택된 1종 이상의 성분을 포함하는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 20.

제 19 항에 있어서,

상기 물질이 장벽 물질 위에 형성된 연질 금속을 포함하는 것이고;

상기 담체액이 산화제를 포함하는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 21.

제 20 항에 있어서, 상기 산화제가 약 5 중량% 이상의 H_2O_2 를 포함하는 것인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 22.

제 20 항에 있어서,

상기 연질 금속이 구리 또는 그의 합금이고;

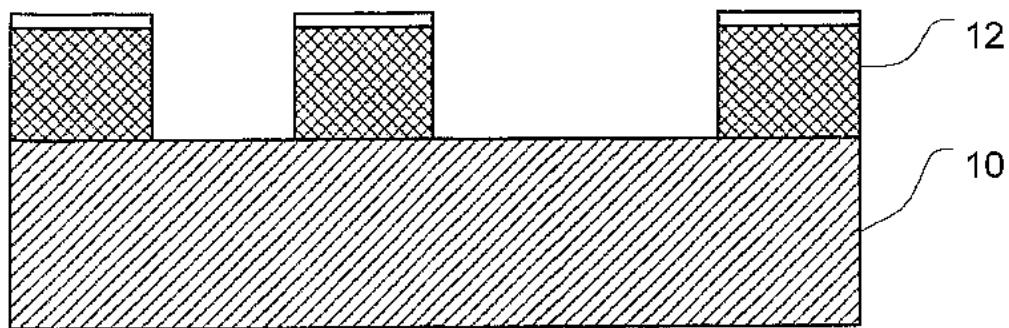
상기 장벽 물질이 금속 질화물인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

청구항 23.

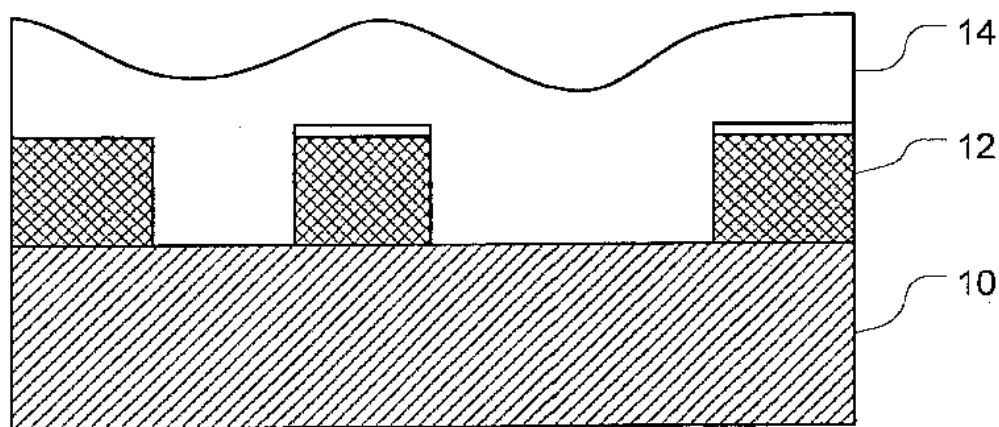
제 10 항에 있어서, 상기 물질 제거 속도가, 3 psi 내지 5 psi 사이의 첫 번째 힘을 사용하여 수득된 고압 제거 속도의 70% 이상인, 기판의 주표면으로부터 물질을 제거하는 방법.

도면

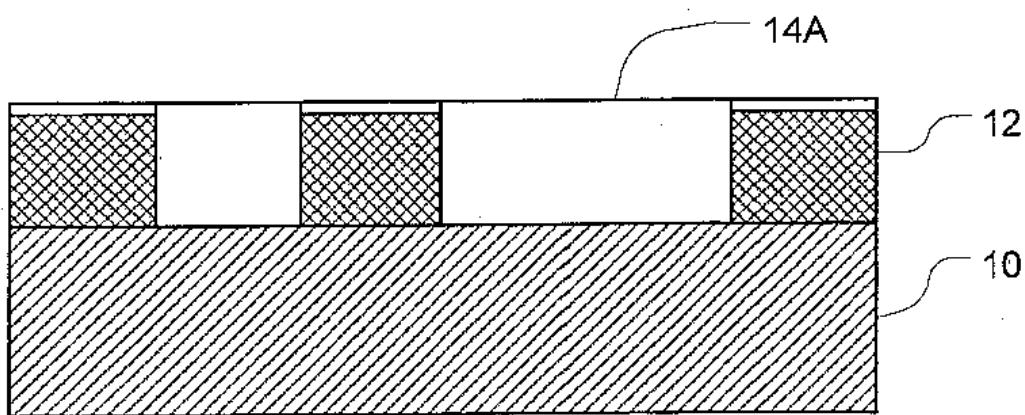
도면1A



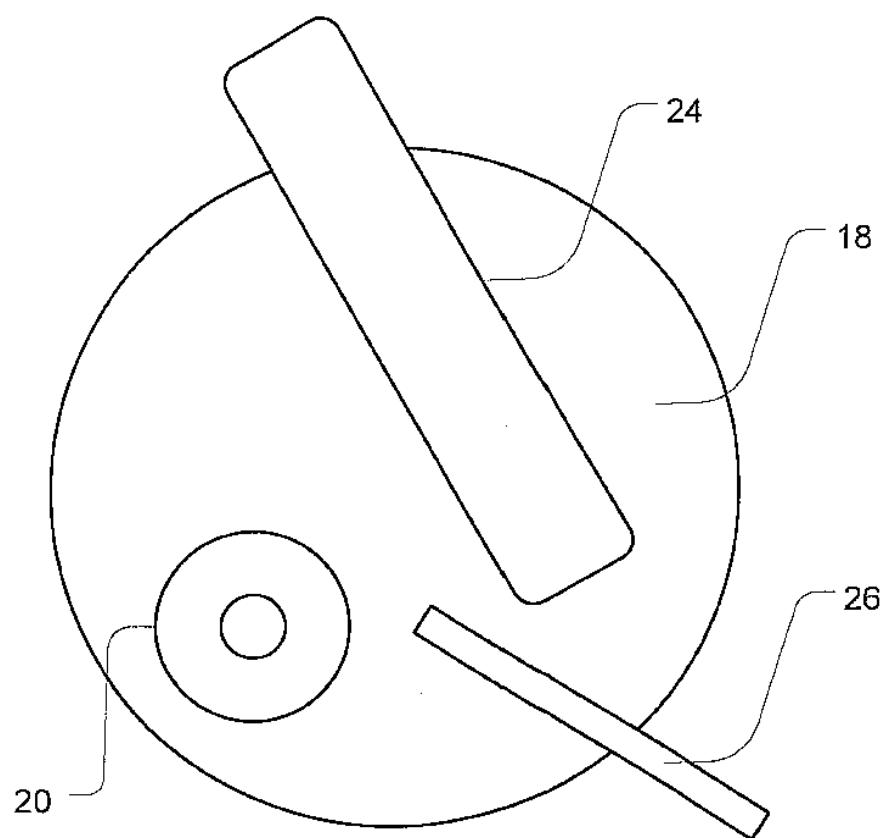
도면1B



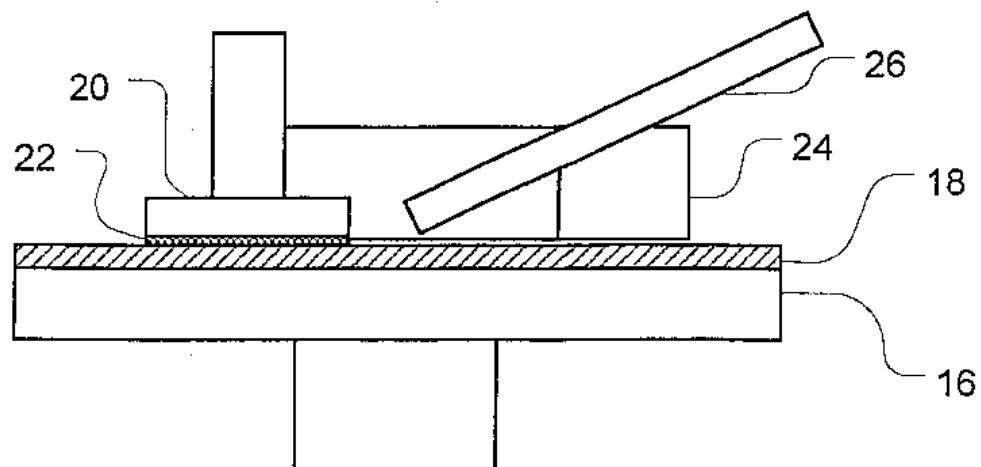
도면1C



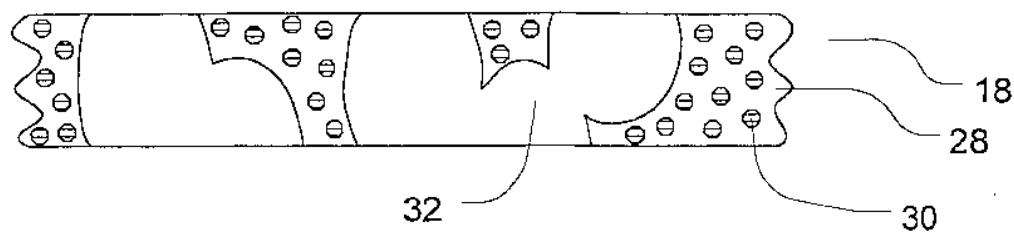
도면2A



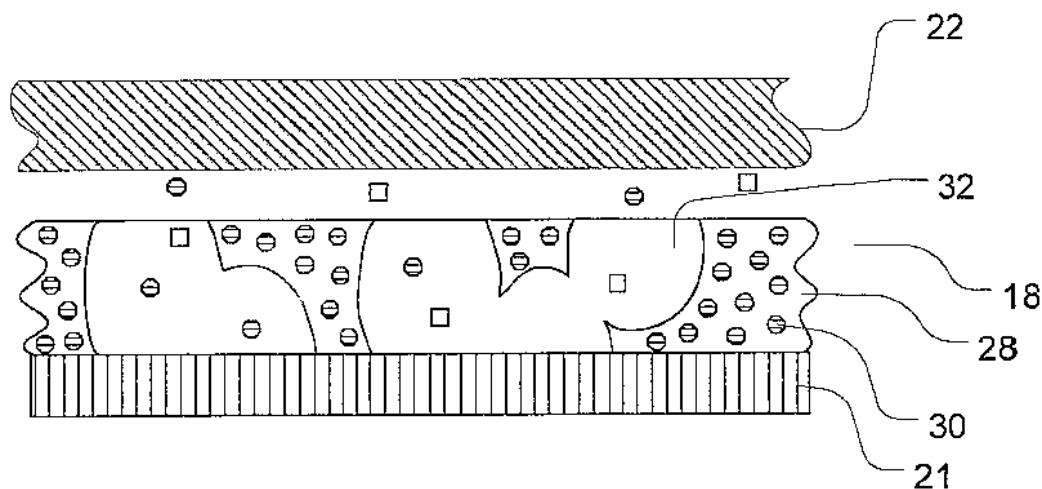
도면2B



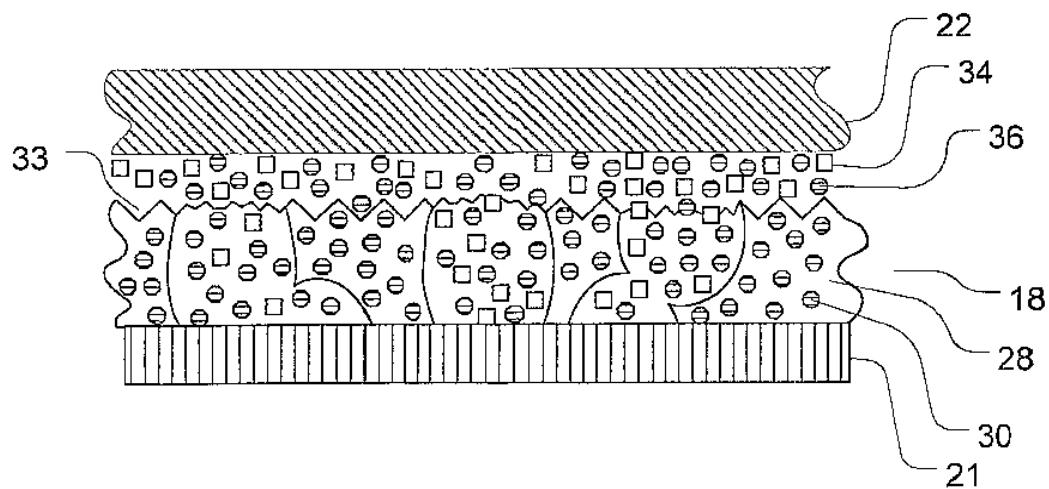
도면3A



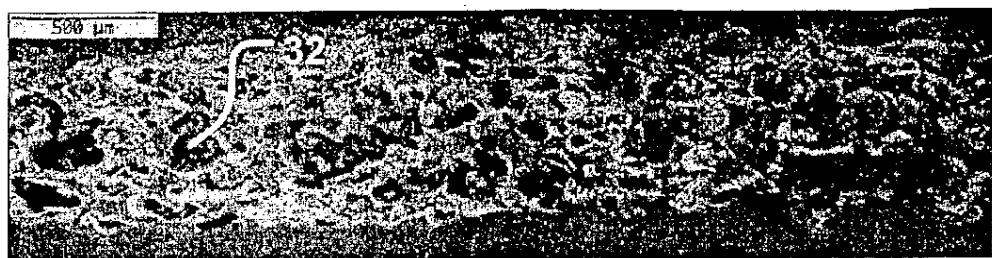
도면3B



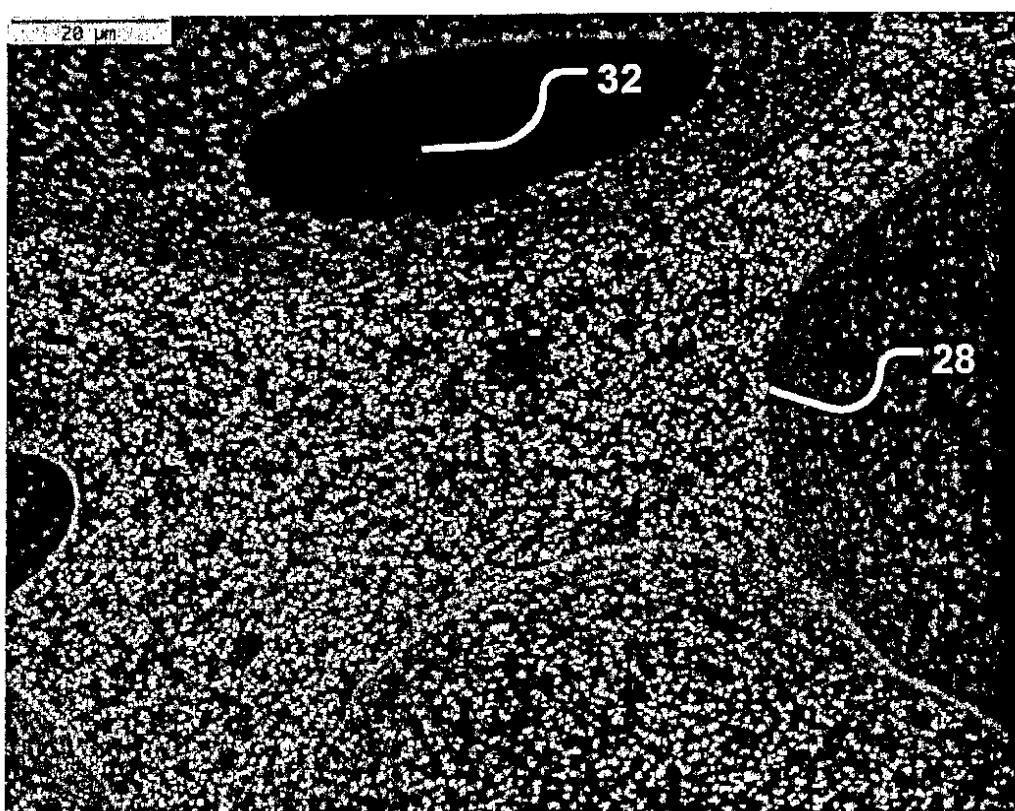
도면3C



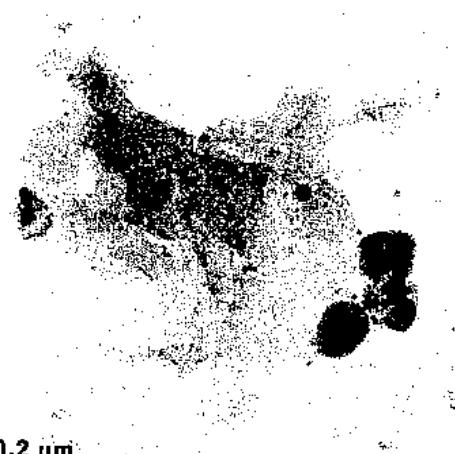
도면4A



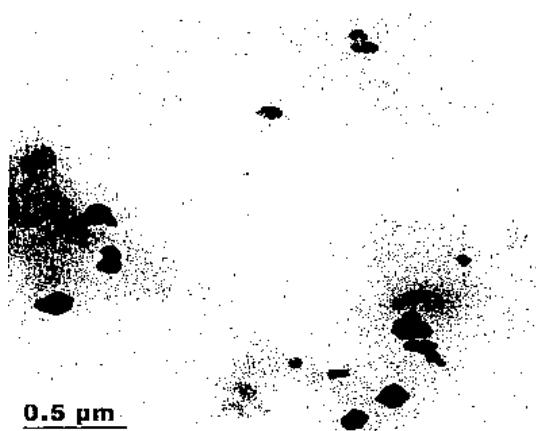
도면4B



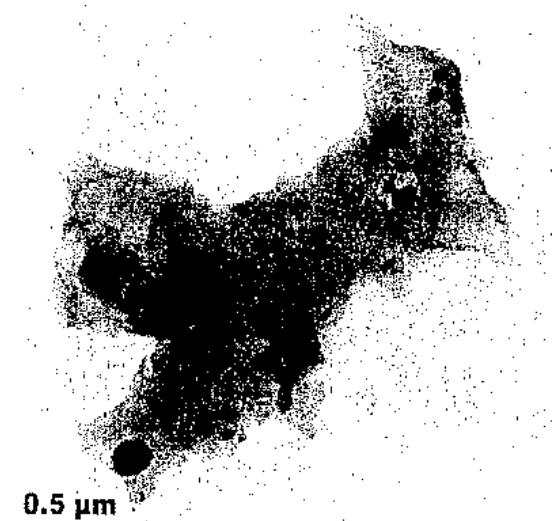
도면5A



도면5B



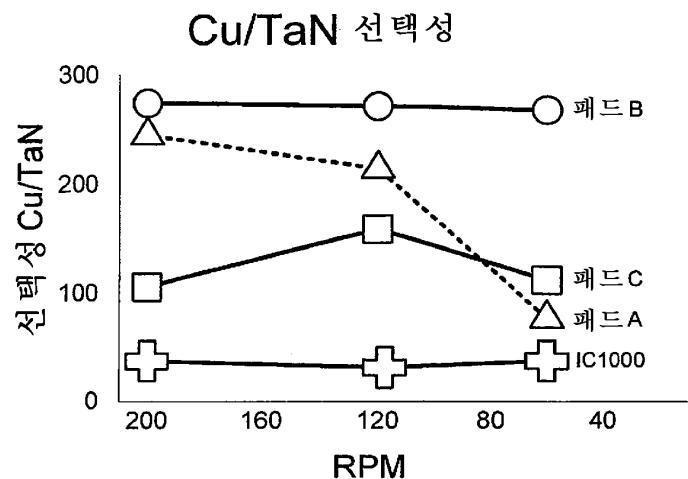
도면5C



도면5D



도면6A



도면6B

