



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.

H01L 21/60 (2006.01)

H01L 23/488 (2006.01)

H01L 23/49 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년06월25일

(11) 등록번호 10-0731850

(24) 등록일자 2007년06월18일

(21) 출원번호 10-2007-7000028(분할)

(65) 공개번호 10-2007-0010211

(22) 출원일자 2007년01월02일

(43) 공개일자 2007년01월22일

심사청구일자 2007년01월02일

번역문 제출일자 2007년01월02일

(62) 원출원 특허10-2001-7012365

원출원일자 : 2001년09월27일

심사청구일자 2005년02월14일

(86) 국제출원번호 PCT/US2000/005787

(87) 국제공개번호 WO 2000/59029

국제출원일자 2000년03월06일

국제공개일자 2000년10월05일

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기스스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 코스타리카, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 그라나다, 가나, 감비아, 크로아티아, 인도네시아, 인도, 시에라리온, 세르비아 앤 몬테네그로, 짐바브웨, 도미니카,

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨, 탄자니아,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기스스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우,

(30) 우선권주장 09/282,596 1999년03월31일 미국(US)

(73) 특허권자 램 리서치 코퍼레이션
미국, 캘리포니아 94538, 프레몬트, 커싱 파크웨이 4650

(72) 발명자 리, 휴
미국, 캘리포니아 95051, 산타클라라, 에이피티. 9, 1901 할포드애비뉴

히메스, 다이안, 제이.

미국, 캘리포니아 95138, 산 조세, 5617 알고우킨 웨이

(74) 대리인

김윤배
이범일

(56) 선행기술조사문헌
WO 93/10277
EP 878831 A

US 5858109 A

심사관 : 박준영

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 구리를 기본으로 한 본드패드에 종래의 와이어를 결합시킬수 있는 방법 및 이를 위한 장치

(57) 요약

본 발명에 따른 방법은 브러쉬에 액체를 도포하는 단계와; 반도체 웨이퍼표면에 상기 브러쉬로 액체를 도포하는 단계 및; 상기 액체와 반도체 웨이퍼표면 사이의 화학반응으로 반도체 웨이퍼표면에 층을 형성하는 단계;를 포함하고, 본 발명에 따른 장치는 위 방법을 구현하기 위한 것이다.

대표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

브러쉬에 액체를 도포하는 단계와;

반도체 웨이퍼표면에 상기 브러쉬로 액체를 도포하는 단계 및;

상기 액체와 반도체 웨이퍼표면 사이의 화학반응으로 반도체 웨이퍼표면에 층을 형성하는 단계;를 포함하는, 본드패드의 와이어를 결합시키는 방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 층은 20Å 이하로 하는, 본드패드의 와이어를 결합시키는 방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 반도체 웨이퍼는 금속배선(metallization)을 갖춘 반도체 웨이퍼를 추가로 구비하는, 본드패드의 와이어를 결합시키는 방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 반도체 웨이퍼표면은 추가로 본드패드표면을 구비한, 본드패드의 와이어를 결합시키는 방법.

청구항 5.

제 1항에 있어서, 상기 브러쉬는 웨이퍼용 브러쉬세척(scrubbing)시스템의 일부인, 본드패드의 와이어를 결합시키는 방법.

청구항 6.

제 1항에 있어서, 상기 층은 부동화층을 추가로 구비하는, 본드패드의 와이어를 결합시키는 방법.

청구항 7.

제 6항에 있어서, 상기 부동화층은 아질계 화합물을 추가로 구비하는, 본드패드의 와이어를 결합시키는 방법.

청구항 8.

제 7항에 있어서, 상기 아질계 화합물은 BTA를 추가로 포함하는, 본드패드의 와이어를 결합시키는 방법.

청구항 9.

브러쉬에 액체를 도포하도록 된 공급라인과,

웨이퍼의 표면 위에 위치되고, 액체로 웨이퍼표면상에 층을 형성하는 데에 이용되는 브러쉬를 구비하는, 본드패드에 와이어를 결합시키는 장치.

청구항 10.

제 9항에 있어서, 상기 액체는 아질계 화합물을 추가로 포함하는, 본드패드에 와이어를 결합시키는 장치.

청구항 11.

제 10항에 있어서, 상기 액체는 BTA를 추가로 포함하는, 본드패드에 와이어를 결합시키는 장치.

청구항 12.

제 9항에 있어서, 상기 브러쉬는 브러쉬시스템의 세척부(scrubbing station)내에 위치되는, 본드패드에 와이어를 결합시키는 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

향상된 반도체장비의 제조에서, 구리(Cu)가 금속배선(metallization)을 위한 재료로서 알루미늄(Al)을 대체하기 시작하고 있다. 알루미늄과 비교하여, 구리는 고유저항이 낮고 현저하게 뛰어난 전자이동성(electromigration) 수명 때문에 구리가 바람직하다.

하지만, 구리를 기본으로 한 야금술이 가지고 있는 문제점에는 구리의 노출영역에서 자생산화물이 생성되는 속도가 포함 된다는 것이다. 대기중에서, 구리산화물은 1분내에 20Å으로 성장하지만, 수중환경에서는, 구리산화물이 1분내에 50Å으로 성장한다고 알려져 있다. 간혹 이러한 자생산화물이 바람직한 것만은 아니다. 다시 말하자면, 구리영역이 전형적으로 전기회로에서 다양한 장치들을 전기적으로 상호연결시키는 데에 이용되기 때문에, 산화물의 형성은 바람직하지 못한 전도성의 감소를 나타낸다. 따라서, 구리야금술을 기본으로 하는 제조공정에 독특한 세척과, 환경제어 및 처리하는 방법도 전형적으로 산화물 생성효과를 조절 완화하거나 적어도 제한하는 데에 사용된다.

하나의 특정한 문제점으로는, 입/출력부에 이용되는 본드패드가 반도체칩으로부터 관련된 패키지(package)를 연결하는 것이다. 특히, 구리본드패드를 갖는, 구리를 기본으로 한 금속배선기술은 구리본드패드에 비교적으로 두꺼운 자생산화물의 성장으로 야기되는 결합정도에 문제점을 갖는다.

전형적으로, 와이어(wire)는 도 1에 도시된 바와 같이 결합된다. 도 1a를 참조로 하면, 캐필러리 끝(105a)에 형성된 볼(102a)을 갖추고서 (전형적으로 금(Au) 또는 알루미늄으로된)와이어(104a)를 갖추며 나사산이 형성된 캐필러리(101a)는 칩의 본드패드(103a) 위로 중심이 맞춰지고, (도 1b를 참조하면) 본드패드(103b)의 표면과 부딪쳐서 가압된다. 그 후에, 전형적으로 열파(thermosonic) 또는 열압축(thermoccompressive) 에너지가 본드패드(103b)에 볼(102b)을 접착시키도록 캐필러리 끝(105b)에 가해진다. 도 1c와 도 1d에 도시된 바와 같이, 볼(102c)이 본드패드(103c)에 고착된 후, 캐필러리(101c)는 와이어(104d)가 패키지 도선(106)에 끼워져 결합되는 패키지 도선(106)으로 이동된다.

공교롭게도, 표준제조공정에서 자생산화물(도 1a에 도시되지 않음)은 볼(102a)이 패드(103a)와 접촉하기 전에 구리본드패드(103a) 위에 형성된다. 이 자생산화물은 와이어와 아래에 놓인 구리패드 사이에 결합부의 형성을 방지한다. 좋은 결합부는 전형적으로 볼(102)과 본드패드(103) 사이에 중간금속층으로 나타난다.

전술된 바와 같이, 자생산화물은 볼(102)이 본드패드(103)에 붙여지기 전에 형성된다. 전형적으로, 표준제조공정은 반도체 웨이퍼의 상호연결구조의 최종(혹은 최고)금속배선층에 바로 이어서 본드패드구조를 형성한다. 최종금속배선층이 형성된 후에, 금속층은 특정한 두께범위로 (예컨대, 화학기계연마(이하 CMP)) 연마된다.

연마한 후에, 상기 반도체 웨이퍼는 웨이퍼의 표면에서 불필요한 입자를 제거하도록 세척되는데, 이들 입자 대부분은 이전의 연마단계로부터 생성된다. 연마된 후와, 세척 전에 형성되는 자생산화물은 사용된 세척용 화학약품에 따른 세척공정으로 제거될 수 있다. 세척 후에 반도체 웨이퍼는 건조되고, 검사되며 절단(dice)된다. 그 다음으로, 각각의 개별적인 다이(die)는 칩 운반기에 위치되고, 와이어 결합공정이 개시되기 전에 상승된 온도에서 다이 패키지에 에폭시수지로 접착된다.

전술된 전체 "세척 후" 공정은 실온에서 산소를 기본으로 한 대기/환경에서 뿐만 아니라 상당한 시간 동안 열건조오븐(thermal curing oven)에서의 구리본드패드를 노출시키는 것으로 끝난다. 그 결과, 전술된 표준제조공정 (예컨대, 플라즈마 에칭(plasma etch)을 한 후에 니켈(Ni)과 같은 다른 금속막으로 된 비교적 두꺼운 층을 증착하고, 이어서 팔라듐(palladium) 혹은 금으로 제 2증착을 실행하는 방법)에 값비싸고 복잡한 과정을 적용하지 않고서는 노출된 본드패드에서의 자생산화물의 성장을 방지하기가 어렵다.

따라서, 구리본드패드상에서의 자생산화물의 성장을 조절하는 비용효율이 높은 방법이 필요하게 되었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명에 따른 방법과 장치는 표면에서 산화물을 제거한 후, 이 산화물을 제거하는 중 5초안에 표면에 부동화층(passivation layer)의 도포를 개시하기 위한 것이다. 상기 표면은 본드패드표면을 추가로 구비한 구리표면으로 될 수 있으며, 산화물을 제거하는 단계는 구연산 혹은 염산으로 이뤄진 용매를 도포하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 부동화층

을 도포하는 단계는 아졸계(azole family)화합물로 이뤄진 용매를 도포하는 단계를 추가로 구비하는데, 이 아졸계 화합물은 벤조트리아졸(Benzotriazole, 이하 BTA)를 추가로 포함할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 방법은 도포를 개시한 후 35초내에 부동화층을 완전히 도포하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

발명의 구성

본 발명은 첨부도면으로 제한되지 않으며 예로서 도해되되, 유사한 부재에는 유사한 참조번호로 표시한다.

본 발명에 따른 방법과 장치는 웨이퍼를 처리하기 위한 것으로, 이 명세서에서 구성부재들간의 거리, 몰딩의 종류 등과 같은 다양한 세부사항들이 설명된다. 하지만, 당해분야의 숙련자에게는, 본 발명이 이런 특별한 설명없이 실현가능할 수 있음이 명백하다. 한편, 널리 공지된 구조와 장치들은 본 발명의 모호성을 피하기 위해서 상세하지 않은 블록선도(block diagram)로 도시된다.

한 실시예에서, 구리를 기본으로 한 금속배선기술의 제조가능성 및 비용 문제는 아래에 기술될 처리기술로 향상된다. 구리는 지속적으로 산화물이 형성되므로, 아래에 기술된 본 발명의 방법과 장치는 산화물의 성장으로 야기되는 나쁜 영향을 조절한다.

한 실시예에서, 웨이퍼의 처리는 표면에서 산화물을 제거하는 단계와, 그 후에 표면(예컨대, 구리표면, 본드패드표면 등)에 부동화층의 도포를 개시하는 단계를 포함한다. 상기 산화물은 표면에 구연산 혹은 염산 등의 용매를 도포하여 제거될 수 있다. 부동화층은 표면에 용매를 도포함으로써 도포될 수 있는데, 상기 용매는 아졸계 화합물(예컨대, BTA 등) 중 하나이다. 한 실시예에서, 상기 부동화층은 산화물을 제거하는 5초안에 도포되며, 그 도포를 시작한 후 대략 35초내에 완전히 도포된다.

한 실시예에서, 부동화층의 도포는 브러쉬와 이 브러쉬에 공급되는 액체(예컨대, 액상 화학약품)를 사용하여 실행된다. 이러한 기술은 다른 층의 도포에서도 동일하게 사용될 수 있다. 한 실시예에서, 상기 액체는 웨이퍼표면과 반응하여 층을 형성한다. 한 실시예에서는, 브러쉬가 전형적으로 브러쉬로 세척하도록 된 웨이퍼처리시스템의 일부로 될 수 있으며, 상기 액체는 브러쉬를 통해 화학약품을 전달하는 브러쉬의 코어(core)에 제공된다. 브러쉬를 통한 화학약품의 전달은 반드시 필요한 것은 아니며, 상기 액체를 예컨대 도포용 브러쉬에 떨어뜨려 사용할 수 있다.

본 발명의 상기 및 다른 실시예들은 다음의 설명으로 알 수 있으며, 다양한 변형과 응용이 본 발명의 폭 넓은 범주와 정신으로부터 벗어남 없이 다음의 설명으로 이루어질 수 있다. 따라서, 명세서와 도면들은 제한적 의미라기 보다는 도해로 간주되며, 본 발명은 청구범위에 의해 판단된다.

예컨대, 아래의 설명은 주로 반도체 IC 본드패드를 위한, 구리를 기본으로 한 처리기술에 관한 것으로, 당해분야의 숙련자들에게는 다음 설명의 폭 넓은 범주가 공격적이며 불필요한 산화물의 형성에 민감한 재료를 사용하는 다른 기술에 적용될 수 있음이 명백할 것이다. 예컨대, 자성기록 혹은 자기광학(magneto optical)을 기본으로 하는 처리들은 불필요한 산화막이 성장될 수 있는 (철과 코발트 및 니켈과 같은) 전이금속 혹은 이들의 합금들을 필요로 한다. 더구나, 다음의 설명도 마찬가지로 공격적이며 불필요한 산화물이 성장하는 다른 재료(구리 외에)들을 이용하여 반도체를 기본으로 하는 처리에 사용될 수 있다. 또, 다음의 설명은, 예컨대 플립 칩(flip chip)기술 뿐만 아니라 불형 격자배열(ball grid array) 및 핀형 격자배열(pin grid array)과 같은 다른 패키지기술(와이어결합부 외에)에 적용될 수 있다.

본드패드는 전형적으로 상호연결하는 금속배선의 최종층이 형성된 후에 형성된다. 그러므로, 분열을 최소화하기 위해서 산화물의 제거 및 부동화층을 증착한 후 CMP 웨이퍼세척단계 후에 브러쉬 스크러버(brush scrubber)를 사용하여 제조공정에 추가된다. 또한, 산화물제거 및 부동화층 도포방법이 웨이퍼를 검사한 이후나 와이어를 결합하기 바로 전에 실행되면, 전체 제조공정에서 최소한의 분열이 생길 수 있다.

이제, 브러쉬 스크러버로 웨이퍼를 세척하는 데에 이용되는 전형적인 방법의 간략한 설명이 기술된다. 도 2는 브러쉬 스크러버(시스템으로도 불림)의 실례를 도시한 것이다. 스크러버는 다수의 부(station)를 구비하는 바, 이들 각 부는 전형적으로 웨이퍼 세척공정의 하나 이상의 단계를 나타낸다. 오염된 웨이퍼(혹은 기관)는 시스템의 한쪽 끝에 놓이고, 세척되고서 건조된 기관은 시스템의 다른쪽 끝에서 빼내어 진다. 즉, 오염된 기관은 웨이퍼 카세트(280)에 적재되며, 그 후에 카세트(280)가 습식이송지시부(210; wet send index station)내에 위치된다. 카세트(280)가 습식이송지시부(210)내에 위치된 후에, 기관은 자동적으로 카세트(280)로부터 제거되며, 하나씩 외부 브러쉬부(220)내에 놓인다.

이 외부 브러쉬부(220)에서, 기관은 제 1세척을 통해 처리된다. 전형적으로, 상기 기관은 제 1세척 동안에 (수산화암모늄(NH_4OH), HF 혹은 SCl 과 같은) 용매로 처리된다. 이 용매는 브러쉬(221)를 통해 기관에 도포된다. 기관 자체는 용매의 도포를 돕도록 브러쉬(221) 아래에서 회전될 수 있다. 통상적으로, 웨이퍼는 브러쉬부의 한쪽 끝에서 다른쪽 끝으로 웨이퍼를 이송하는 하드웨어를 통해 브러쉬부(220,230)를 통과한다.

세척된 기관은 외부 브러쉬부(220)에서 자동으로 제거된 다음에, 내부 브러쉬부(230)내에 위치된다. 대부분의 스크리버는 5초 이내에 제 1부에서 제 2부로 웨이퍼를 이송할 수 있다. 내부 브러쉬부(230)에서, 기관은 제 2세척을 통해 처리된다. 다시, 웨이퍼는 제 2세척 중에 다른 용매(예컨대, 묽은 불화수소산(HF))으로 처리된다. 제 1세척단계에서와 같이, 용매는 브러쉬(231)를 통해 기관에 도포된다. 제 2세척 후에, 기관은 내부 브러쉬부(230)에서 자동으로 제거되고, 다음으로 린스와 회전 및 건조부(240)내에 위치된다. 그 후에, 상기 기관은 배출부(250)로 이송되고, 카세트(281)내에 놓인다.

웨이퍼의 세척은 물론 여러 용액을 도포하는 데에 사용되는 예시적인 브러쉬장치(300)가 도 3에 도시되어 있다. 용매는 전형적으로 하나 이상의 (탈이온화(DI)수 및 산과 같은)액체로 된 혼합물이다. 도 3의 실시예는 공급라인(310,320)을 통해 액체를 공급한다. 다양한 액체들은 연속적으로 하나씩, 또는 동시에 교대로 도포된다. 공급라인(310,320)은 전송관(370)에 이어진다. 이 전송관(370)은 예정된 유속으로 브러쉬(340)의 공동(空洞)코어(330)로 용매를 전달한다. 그러므로, 공급라인(310,320)은 브러쉬코어(330)와 유체적으로 연통되어 있다. 일반적으로, 브러쉬(340)가 용매로 포화되어 있을 때, 회전장치(360)로 회전된다. 이 회전장치(360)는 시계방향(혹은 반시계방향)으로 브러쉬(340)를 회전시켜, 슬롯 혹은 구멍(350)을 통해 기관에 용매를 도포한다. 브러쉬(340)가 용매로 젖어 있기 때문에, 웨이퍼와 접촉하게 되는 용매는 기관에 도포된다. 브러쉬로 세척하는 기술의 더욱 상세한 설명은 미국특허 제 5,868,863호 "불화수소산(HF)을 사용하여 반도체 기관을 세척하는 방법 및 장치"에 기술되어 있다.

더욱이, 브러쉬의 코어에 액체를 주입하는 것과 다른 브러쉬로 세척하는 장치는 브러쉬 혹은 웨이퍼 위에 유체를 도포한다. 그러므로, 이런 장치는 웨이퍼에 용매를 비교적 균일하게 도포하는 젖은 브러쉬를 사용한다. 이런 유형의 장치(브러쉬를 통해 액체를 흐르게 하는 시스템 혹은, 브러쉬 혹은 웨이퍼 위에 액체를 도포하는 시스템)가 사용됨에 관계없이, 브러쉬가 2개의 시스템에서 액체로 젖어 있기 때문에, 양쪽의 시스템은 브러쉬로 액체를 도포하는 장치로 불리운다.

아래의 설명은 반도체 IC용 구리본드패드에 발생하는 산화물형성 등과 같은 하나 이상의 문제점을 해결하는 데에 사용될 수 있는 다양한 방법과 장치에 관해서 기술한다. 일반적으로, 도 4를 참조하면 (도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이) 자생 산화물(401)은 우선 본드패드(402)에서 제거되고 나서, (도 4c에 도시된 바와 같이) 부동화층(403)이 본드패드(402) 위에 바로(즉, 5초 이내에 시작되어) 생성된다. 상기 부동화층이 본드패드를 덮기 때문에, 이송과 (검사, 절단, 열담금질 등과 같은) 하류처리 중에 자생산화물의 형성이 방지된다. 더욱이, (도 4d 및 도 4e에 도시된 바와 같이) 부동화층은, 와이어결합부(404)가 결합될 때에, 구리패드에 부동화층을 통해 결합될 수 있도록 되어있다. 이처럼, 부동화층은 와이어결합부와 구리본드패드 사이에 형성된 결합부의 완전성에 해를 크게 끼치지 않는다. 그러므로, 부동화층은 와이어를 결합시키는 한편, 자생산화물에 대한 차폐물로 된다.

결합패드상에 자생산화물의 형성을 방지하기 위해, 부동화층은 구리패드의 표면과 대기산소와의 상호작용을 적당히 방지하도록 충분한 두께와 밀도를 갖는다. 더욱이, 와이어 결합공정에 대해 분명히 하기 위해서, 부동화층은 (그 존재가 결합부의 완전성을 적당한 표준 아래로 떨어뜨리는 범위로 와이어결합에 해를 크게 끼치도록) 아주 두껍지 않다. 따라서, 두께와 밀도는 산화물 성장역학으로 결정된 제 1경계와 와이어 결합역학으로 결정된 제 2경계를 갖는다.

또한, 부동화층은 접착 또는 차폐층과는 다르다. 접착층의 형태는 와이어 결합부 전에 구리패드 위에 적층된 (Ni/Au 또는 Ni/Pd과 같은) 전술된 금속막이다. 접착층은 구리본드패드와 와이어결합부 사이의 전이층이다. 즉, 와이어결합부와 구리패드는 각각 전이층에 증착되는데, 이는 결국 다이에 대한 와이어결합부의 전체 기계적인 연결을 촉진시킨다. 하지만, 접착층이 일부러 구리패드와 와이어결합부 사이가 직접 접촉하는 것을 방지하도록 사용되므로, 전도성을 가져야 한다. 접착층에 의해, 전류는 접착층을 가로지르지 않고서 본드패드와 와이어결합부 사이를 직접 흐르지 않는다.

이와는 반대로, 여기에 기술된 부동화층은 와이어 결합공정에 의해 천공되도록 되어 있다. 이로써, 와이어 결합부와 전도패드(conducting pad) 사이에는 어느 정도 직접적인 접촉이 있다. 따라서, 부동화층에 의해 적어도 약간의 전류가 본드패드와 와이어결합부 사이를 직접 흐르기 때문에, 전류는 부동화층을 통하여 흐르거나 혹은 흐르지 않을 수 있다.

전술된 바와 같이 최종 금속배선과 이와 관련된 연마 후에, 전형적으로 웨이퍼는 추가로 세척과, 건조, 검사, 절단 및 열담금질을 받는다. 각각 칩이 절단된 후에, 각 칩은 전형적으로 칩 운반기에 위치되고, 와이어 결합전에 패키지에 에폭시수지로 접착된다. 자생산화물은 제거되며, 부동화층은 전술된 처리내의 어디에서든지 도포될 수 있다. 예컨대, 검사후에 웨이퍼는 부동화층 도포단계 이전에 산화물제거단계를 받을 수 있다.

전술된 바와 같이, 자생산화물은 산소를 함유한 (공기 혹은 물과 같은) 환경에 노출된 구리상에 빠르게 형성된다. 따라서, 이러한 환경에서 일단 자생산화물이 제거되면, 부동화층은 자생산화물의 재성장을 감소시키도록 실용되자마자 도포되어야 한다. 바람직하기로, 자생산화물은 산소가 없는 혹은 부족한 환경속에서 제거될 수 있다. 대기산소가 부족하면, 자생산화물의 제거와 부동화층의 도포 사이에서 상당히 지연되어(지연되는 동안에 그 환경이 산소가 없는 채로 남아 있기 때문에) 자생산화물은 성장할 수 없다.

전술된 바와 같이, 산화물의 제거단계 뿐만 아니라 부동화층의 도포단계는 당해 분야에서 알려진 다수의 방식(용탕(bath) 혹은 분무와 같은)중 임의의 것으로 이행될 수 있다. 하지만, 한 실시예에서는 산화물의 제거 및 부동화층의 도포용 장치로서 (도 2 및 도 3을 참조로 기술된) 브러쉬 스크러버를 사용한다.

스크러버시스템의 작동에 관해 전술된 설명은, 세척브러쉬를 통해 용매를 도포하는 것에 포함될 수 있는 적어도 7개의 처리변수를 제안하는 바, 1) 브러쉬의 회전속도(즉, 브러쉬 속도)와; 2) 전형적으로 웨이퍼 위에서의 브러쉬의 높이와 브러쉬의 털의 종류 및 형태와 관련된 브러쉬의 응력(즉, 브러쉬의 힘); 3) 브러쉬의 아래에서 웨이퍼를 회전시키는 데에 사용되는 롤러의 속도(즉, 롤러속도); 4) 부내에서 웨이퍼가 보내는 시간길이(즉, 처리시간); 5) 브러쉬에 도포된 액체의 유속(즉, 유속); 6) 용매성분은 물론 도포된 특정용매의 다양한 농도 및; 마지막으로 7) 온도 등이다.

일반적으로, 임의의 시스템에서 롤러속도와 웨이퍼의 처리시간은 웨이퍼가 브러쉬 아래에서 이루는 회전수를 결정한다. 여기에 기술된 롤러속도와 웨이퍼의 처리시간은 직경이 40mm인 롤러를 갖춘 시스템에서 직경이 200mm인 웨이퍼에서 이행되었다.

다음 설명은 구리의 자생산화물의 제거 뿐만 아니라 부동화층의 도포를 모두를 위해 설정하는 매개변수들에 관한 것이다. 전술된 바와 같이, 브러쉬세척시스템은 전통적으로 웨이퍼를 세척하는 데에 사용된다. 이는 개별입자 또는 막과 같은 잔여물의 형태인 오염물질의 제거 뿐만 아니라 (린스와 회전 및 건조단계 중에) 용매세척을 필요로 한다. 하지만, 다음에 기술된 방법은 웨이퍼표면에 박막층(예컨대, 부동화층)의 의도적인 증착에 대하여 브러쉬세척기술의 독특한 사용을 수반한다. 더욱이, 아래의 설명을 독특하게도 초박층(ultra thin layer; 20Å 이하)의 형성을 설명하고 있다. 하지만, 전술된 바와 같이, 20Å 이상 또는 이하의 두께를 갖는 층을 획득하기 위해서 공정은 변화될 수 있다. 더욱이, 초박층은 습식화학처리(즉, 웨이퍼 처리에 액체를 사용하는)로 만들어진다. 전형적으로, (분무 혹은 용탕과 같은) 습식화학처리는 막두께를 마이크론의 크기 정도로 생성한다. 따라서, 재료의 층을 도포하는 장치로서 브러쉬세척시스템에 있는 브러쉬의 사용은 많은 독특한 기여를 수반한다. 이와 일치하게, 도 2의 장치는 브러쉬세척시스템과 달리 브러쉬시스템으로 같이 간략하게 도시될 수도 있다.

대부분의 경우에, 웨이퍼는 CMP 후에 (전술된 바와 같이 브러쉬 스크러버에 의해) 세척을 필요로 한다. 산화물제거 및 부동화층의 도포단계는 이 웨이퍼 세척단계 후에 바로 적용될 수 있다. 이러한 예에서, 웨이퍼는 배출카세트(281)로부터 제거된 후(시스템이 후 CMP 웨이퍼처리를 바로 이행하고자)에 바로 웨이퍼 주입카세트(280; 도 2를 다시 참조)내로 재삽입될 수 있다. 또한, 산업동향은 브러쉬세척시스템과 함께 CMP 연마기를 병합하는 추세이다. 병합된 시스템은 웨이퍼 브러쉬세척장치(브러쉬부 주입카세트의 접근 가능성에 따라)의 재사용을 제한하거나 혹은 허용할 수 있다. 만약 병합된 시스템이 개별적인 브러쉬의 사용을 제한한다면, 별도의 분리형 브러쉬 스크러버는 전술된 방법을 이행하는 데에 사용될 수 있다. 이미 제안된 바와 같이 다른 실시예에서, 산화물제거 및 부동화층의 도포는 CMP 바로 후를 제외하고, 웨이퍼검사 바로 후에 혹은 와이어결합 바로 전과 같은 다른 제조단계, 또는 이들 처리단계를 포함한 재가공순환에 추가될 수 있다. 더욱이, 다른 가능한 실시예에서, (제 1 혹은 제 2금속층과 같은) 아주 높은 금속면 아래에 구리의 금속배선을 부동화시키는 것이 필요할 수 있다. 본 발명은 이러한 용도로 사용될 수도 있다.

자생산화물은 부동화층이 도포되기 전에 제거되어야만 한다. 자생산화물은 다수의 다른 화학약품 용매로 제거될 수 있다. 통상적으로, 산 혹은 다른 용매는 탈이온화수로 묽어진다. 예컨대, 탈이온화수에서 0.2%의 농도와 pH 2.0인 구연산과, 탈이온화수에서 0.1%의 농도를 갖는 염산(HCl), 탈이온화수에서 0.2%의 농도를 갖는 사과산(malic acid) 혹은 탈이온화수에서 0.2%의 농도를 갖는 말론산 모두가 사용될 수 있는데, 모든 농도수준은 중량에 의한 것이다. 더욱이, 이들 각 농도수준은, 예컨대 제거될 산화물의 두께 혹은 필요한 처리시간에 따라 변화가능하다. 따라서, 적어도 구연산과 사과산 및 말론

산은 0.005% 내지 0.5%의 범위에서, 염산은 0.01% 내지 0.2%의 범위에서 사용될 수도 있다. 더욱이, 전술된 용매 중 어느 하나는 수산화암모늄의 0.2%에 100ppm으로 추가로 완충 즉, 첨가될 수 있다. 산화물제거를 위해 당해분야에서 공지된 다른 용매가 적용될 수 있다.

처리시간과 용매의 유속은 (35초의 처리시간과 500cc/min인 용매의 유속과 같이) 표준웨이퍼 세척공정 동안 일반적으로 사용되는 전형적인 값으로 될 수 있다. 일반적으로, 웨이퍼는 산화물 아래에 잔존하는 재료와 웨이퍼 상의 다른 형태에 에칭효과로 인한 손상없이 실제로 산화물을 제거할 수 있는 충분한 시간을 위해 충분한 용매로 필요로 한다. 이 지침은 전술된 산농도수준으로 확장된다. 즉, 고농도 산성용매는 저농도 산성용매와 비교하여 처리시간과 유속에 덜 상응되어야 한다. 또한, 이러한 지침과 일치되게, 사용된 브러쉬의 속도와, 롤러의 속도 및 힘은 각각 120rpm, 40rpm, 2.5lb로서 산화수세척을 위해 사용될 수 있다. 솔직이 너무 활발(에칭된 산화물에 의한 결과로)하지 않거나 매우 공격적(웨이퍼 혹은 형태의 손상에 의한 결과)이지 못한다면, 다양한 범위의 이런 변수들이 적당하다. 온도는 실온에서 50℃까지 될 수 있으며, 온도에 따른 산화물제거는 일반적으로 온도가 높으면 높을수록 제거속도가 빨라진다.

산화물이 제거된 후에, 부동화층이 도포된다. 한편, 이 층을 도포하기 위한 브러쉬부에 사용된 특정한 처리변수를 설명하기에 앞서서, 웨이퍼의 이송역학에 대한 간략한 설명이 도움될 것이다. 전술된 바와 같이, 구리상의 자생산화물은 매우 빠른 성장속도를 가진다. 본질적으로, 산소를 함유한 환경(브러쉬부내의 자유 대기와 같은)하에서, 세척된 후에 산화물은 곧바로 성장하기 시작한다. 이와 같이, 산화물의 제거와 부동화층의 도포 사이의 시간을 최소화하는 것이 바람직하다. 전술된 바와 같이, 대부분의 세척기구는 제 1부에서 제 2부까지 웨이퍼를 5초 이내에 이송할 수 있다. 일반적으로, 성취할 수 있는 가장 빠른 이송시간이 사용되어야 한다. 대충으로, 이송시간은 5초 이내로 소요되어야 한다. 하지만, 전술된 바와 같이, 이 시간은 표면상에서 남겨진 부식액(etchant)의 양에 따라 확장될 수 있다.

세척시스템에서, 상기 웨이퍼는 웨이퍼의 아래에 있는 하드웨어상의 제 1브러쉬부(220; 즉, 산화물제거용)로부터 제 2브러쉬부(230; 즉, 부동화층의 도포용)까지(도 2를 참조) 수평방향으로 이동한다. 즉, 웨이퍼표면은 제 1부(220)에서 제 2부(230)까지 이동할 때 중력의 방향에 수직하게 된다. 또한, 웨이퍼가 전형적으로 "우측이 상승"하며(장치들과 금속배선이 스크러버의 상부브러쉬를 향하게 됨을 의미), 브러쉬는 웨이퍼가 제 2부로 이동하기 전에 웨이퍼표면으로부터 제거되므로, 산화물 제거용 용매(즉, 제 1브러쉬부에 사용된 용매)의 코팅은 웨이퍼가 제 1브러쉬부에서 제 2브러쉬부로 이동할 때까지 웨이퍼표면상에 남아있게 된다. 이는 아래에 설명될 바와 같은 바람직한 효과를 갖는다.

웨이퍼가 브러쉬부에 남아, 브러쉬가 웨이퍼표면에 잔존하면, 특히 브러쉬에서 흐르는 용매가 중단되면, 산화물 제거용 용매는 웨이퍼에서 닦여질 것이다. 용매가 표면에서 닦여지면, 구리본드패드는 공기중에 노출되어 바로 바람직하지 못한 산화물의 성장을 초래하게 된다. 하지만, 특별한 세척시스템(온트랙 시스템즈(Ontrak Systems)사의 시너지(Synergy) 브러쉬 스크러버와 같은)은 웨이퍼가 배출되기 바로 전에, 제 1브러쉬부에서 브러쉬를 간단히 들어올리기 때문에, 웨이퍼는 깨끗하게 닦여지지 않아서, 웨이퍼표면 위로 웨이퍼가 세척부들 사이에서 이송되는 동안 산화물형성을 방지하는 산화물에 청용매의 보호성 "퍼들(puddle)"을 생성한다.

따라서, 웨이퍼표면 위에 산화물 제거용 용매를 남기는 것은 산화물제거 및 부동화층의 도포 사이에 약간의 시간적 여유를 제공하므로 바람직하다. 그럼에도 불구하고, 구리산화물의 성장속도가 주어지면, 일단 산화물이 제거될 때 부동화층은 가능한 빨리 또는 실용되자마자 도포되어야 한다. 일반적으로, 부동화층은 산화물제거단계의 5초 이내에 도포되어야 한다. 따라서, 장치의 설정은 브러쉬부들 사이에서 웨이퍼를 이송하도록 설정되되, 부식액의 퍼들은 이 시간을 지나 약간의 여유를 제공해야 한다.

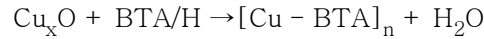
다른 방법에 의하면, 산화물 제거용 용매 뿐만 아니라 부동화용 용매 모두는 제 1세척부내에서 도포될 것이다. 즉, 산화물 제거용 용매는 우선 제 1브러쉬부에 의해 도포되며, 이어서 동일한 제 1브러쉬부에 의해 부동화용 용매가 흐르게 된다. 이 방법은 웨이퍼는 제 2부가 통과할 필요가 없어서 공정을 단순화시킨다. 더욱이, 제거용 용매의 도포와 부동화층용매의 도포 사이의 타이밍은 제 1세척부에서 제 2세척부로 웨이퍼를 이송해야 하는 하드웨어에 의해 더 이상 제한받지 않는다.

"2개의 부"방법으로 계속 예를 들자면, 일단 웨이퍼가 제 2부로 들어가면, 용매는 바로 (브러쉬를 통해) 도포되어, 구리본드패드의 표면으로 노출된 후에, 고체이면서 안정된 부동화층으로 변환한다. 상기 층은 막으로 불릴 수도 있다. 화학약품 용매는 일반적으로 아졸계 화합물로 이루어진다. 벤조트리아졸(이하 BTA)과 같은 아졸계는 구리상에 자생산화물의 성장 대해서 보호하는 것으로 알려져 있다. BTA는 구리용 부동화제로 현재 가장 널리 통용되며, 구리산화물방지용으로 이용되고 시장에서 구입가능한 많은 용매들(어플라이드 케미컬 테크놀로지스, 인코포레이티드(Applied Chemical Technologies, Inc.)의 스톱옥스(StopOx)와 같은)의 주요 성분이다. 구리산화물방지용으로 사용되는 다른 아졸계는 인

다졸(Indazole)과, 벤즈이미다졸(Benzimidazole), 인돌(Indole) 및 메틸-벤존트리아졸을 포함한다. 더욱이, 인쇄회로기판(이하 PCB)기술은 구리연동부를 사용하기 때문에, (PCB처리용 유기결합방지제(OSPs)로 사용되는)트리아졸(triazole)과 이미다졸(imidazole)을 기본으로 한 부동화 화학약품도 사용될 수 있다.

BTA와 다른 아졸계는 화학반응에 의해서 보호층을 형성한다. 화학반응 전에, 순수 BTA(혹은 묽은 BTA용매)는 액상이다. 하지만, 구리에 노출되면, 구리상에 고체인 부동화막을 일으키는 화학반응이 일어난다. 입자들은 임의의 고상물질(폴리머(polymer)를 포함하는)이다. 이들 입자는 부동화층을 형성한다. BTA에 대하여, 화학반응은 일반적으로 다음과 같이 표현된다.

화학식 1



여기서, $[\text{Cu} - \text{BTA}]_n$ 는 고체막물질이며, Cu_xO 는 구리와 용해된 산소의 반응으로 된 결과물이라 여겨진다.

전술된 바와 같이, 부동화층의 두께는 실제로 추가적인 산화물의 성장을 방지하는 데에 필요한 최소 경계와, 결합공정에 대해 명백하게 남아있는 데에 필요한 상부 경계를 가질 수 있다. 적당한 결합부를 형성하는 데에 필요한 특정한 결합변수(빈도 혹은 시간과 같은)는 결합공구제조사 뿐만 아니라 부동화층의 두께 및 관련된 균일성에 따라 변화할 수 있다. 일반적으로, 부동화층의 두께(혹은 두께변화)가 증가함에 따라 더욱 큰 결합에너지가 필요하게 된다. 다양한 결합공구가 더욱 많거나 적은 에너지를 사용(또는 다른 변수들을 변화)할 수 있어서, 부동화층의 상부결합부의 두께는 사용되어진 특별한 결합공구에 달려있다.

최소 경계에 있어서, BTA 부동화층의 성패는 다른 중요한 막특성(두께 외에), 즉 밀도와 관련된다. 심한 다공성인 BTA의 두꺼운 층은 산소가 BTA막의 기공을 통하여 구리패드와 접촉할 수 있어서 부적당한 부동화층으로 되는 것이다. 따라서, (저다공성의) 조밀한 BTA의 박막이 바람직하다. 막의 다공성은 적용된 코팅기술(사용된 브러쉬의 유형과, 브러쉬의 속도 및, 유속 등과 같은)과 관련된다. 일반적으로 얼룩덜룩하게 얼룩진 적용범위보다는, 전체 웨이퍼표면에 걸쳐 BTA 적용범위를 향상시키는 기술이 다공성을 줄인다.

이와 일관되게, BTA막의 밀도는 용매내에 있는 BTA의 농도수준과 관련된다. 일반적으로, 고농도의 BTA는 웨이퍼표면에 걸쳐 우수한 BTA 적용범위를 제공하게 되어 조밀한 막을 생성한다. 또한, 많은 BTA가 화학식 1에 나타난 반응을 이용할 수 있기 때문에, 고농도의 BTA는 두꺼운 막을 생성할 수 있다. 따라서, 높은 수준의 BTA 농도는 더욱 두꺼운 (바람직하지 않은)두께를 가진 (바람직한) 조밀한 막을 생성한다.

고농도의 BTA의 잠재적인 단점(즉, 두꺼운 막)을 감소시키나 심지어 최소화시키는 한편, 동시에 고농도의 BTA의 장점(즉, 더욱 조밀한 막)을 얻기 위해서는, BTA 코팅의 균일성이 조절되어야 한다. 따라서, 적용기술이 BTA 적용범위를 향상(즉, BTA의 적어도 최소량이 전체 웨이퍼표면에 걸쳐 노출되는 것을 확보)시켜야 할 뿐만 아니라 사용된 기술이 적용범위의 균일성을 향상(즉, 전체 웨이퍼표면에 걸쳐 BTA 적용범위의 크기에서의 변동을 최소화)시켜야 한다.

전체 웨이퍼표면에 걸쳐 농축된 BTA의 균일코팅은 두께를 줄이는 한편, 아래에 기술되는 바와 같이 조밀한 막을 확보하는 데에 도움이 된다. 우수한 균일성을 나타내지 않은 막은 적당한 밀도수준을 유지하기 위해 고농축의 BTA를 필요로 하게 된다. 고농축된 용매의 비균일성 BTA 적용범위는 많은 양의 BTA에 노출된 일부 웨이퍼영역(두꺼운 막영역을 형성하는)과 적당량의 BTA에 노출된 다른 웨이퍼영역(덜 두꺼운 막영역을 형성하는)을 생성한다. 따라서, 막은 웨이퍼를 가로질러 불균일한 두께를 갖는 특징을 가진다. 이런 경우에, BTA의 농도는 높아서, 두꺼운 영역과 덜 두꺼운 영역 모두는 산화물의 성장을 방지하도록 충분한 밀도를 갖지만, 두꺼운 막영역에서는 와이어 결합공정을 방해한다. 그러므로, BTA의 균일한 분배는 전체 웨이퍼표면을 가로질러 막의 밀도를 유지하고 두께를 최소화시킨다.

따라서, 성공적인 부동화층의 도포는 목표 BTA 막두께(20Å 이거나 보다 작은)에 대해 BTA 적용범위의 균일성에 영향을 끼치는 처리변수와 BTA 농도수준의 조화에 의존한다. 균일한 BTA 적용범위는 BTA로 이루어진 용매의 균일한 코팅을 확보함으로써 거의 성취된다. 균일한 용매의 코팅은 높은 웨이퍼 및 브러쉬 회전속도를 통해 성취된다. 또한, 브러쉬의 형태는 균일성에 영향을 미친다. 예컨대, 편평한 브러쉬가 혹을 갖춘 브러쉬와 비교하여 전체 및 국부적으로 우수한 용매의 균일성을 가져온다.

한 실시예에서, 탈이온화수에서 500ppm의 BTA 농도 및 pH 7.0; 500cc/min인 용매의 유속; 혹바늘을 갖춘 브러쉬와 120rpm의 브러쉬 속도; 40rpm의 롤러의 속도; 35초인 웨이퍼 처리시간; 1.5lb인 브러쉬의 힘과 25℃의 온도로 실행된 부

동화 도포처리는 전체 웨이퍼표면을 가로지르는 층두께가 15 내지 20Å 사이에서 변화되는 적당히 조밀한 막을 생성하였다. 부동화층 두께의 최소경계는 산화물 형성을 방지할 정도로 충분히 두껍기 때문에 만족된다. 또한, 최대경계는 막이 와이어결합을 할 수 있을 정도로 충분히 얇기 때문에 만족된다.

다른 실시예에서, 탈이온화수에서 100ppm의 BTA 농도 및 pH 7.0; 500cc/min인 용매의 유속; 139rpm의 속도에서의 편평한 브러쉬; 40rpm의 롤러의 속도; 35초인 웨이퍼 처리시간; 1.5lb인 브러쉬의 힘과 25℃의 온도로 실행된 부동화 도포 처리는 전체 웨이퍼표면을 가로지르는 두께의 변화가 거의 없는 15Å인 적당히 조밀한 막을 생성하였다.

위의 양쪽 실시예에서, 미약한 산화물의 성장(10 내지 40Å)은 실험건본이 고온에서 경화하는 동안 BTA 층의 아래에서 일어난다.

마지막으로, 전술된 바와 같이 산화물의 제거 및 부동화층의 도포는 브러쉬세척장치를 반드시 필요로 하지 않는다. 또한 최종 CMP 웨이퍼세척단계후에 바로 시행할 필요하지 않는다. 예컨대, 산화물층은 침식(예컨대, 용탕)처리 혹은 분무처리로 제거될 수 있다.

용탕은 산화물 부식액내에서 웨이퍼를 완전히 침식시키는 것을 수반한다. 처리변수는 시간, 농도, 온도 및, 용탕에 사용된 교반양을 포함한다. 웨이퍼가 담겨질 화학약품 용매는 일반적으로 세척시스템에서 사용되는 것과 동일하다. 시간은 용매의 농도와 제공된 교반양에 따라 수 초에서 수 분까지의 범위내에 있을 수 있다. 용탕에 의한 산화물제거는 당해분야에서 명료하게 공지되어 있기 때문에, 특별한 처리변수는 쉽게 결정되어진다.

다른 실시예에서, 산화물은 산의 분무로써 제거될 수 있다. 분무는 웨이퍼에 부식액을 분무하는 것을 수반한다. 분무와 관련된 처리변수는 용매의 용적속도와 용매의 선형유속, 분무각도, 분무된 용매의 산농도, 시간 및 온도를 포함한다. 또한, 분무에 의한 산화물제거가 당해분야에서 명료하게 이미 공지되어 있기 때문에, 특별한 처리변수는 쉽게 결정되어진다.

또한, 부동화층은 브러쉬세척과는 다른 처리에 의해 도포될 수 있다. 이들은 특히, 침식(용탕과 같은)과 분무 및 회전식코팅(spin coat)을 포함한다. 용탕과 분무에 의한 막의 도포는 실질적으로 전술된 동일한 변수를 포함한다. 회전식코팅은 시간과 회전속도 및 용매의 농도를 포함한다. 또한, 이러한 방법에 의한 막의 도포가 당해분야에서 이미 공지되어 있기 때문에, 특별한 처리변수는 마찬가지로 쉽게 결정될 수 있다.

마지막으로, 세척시스템과 다른 처리기술이 사용된다면(그리고, 이 처리가 산소가 없는 환경내에서 실행되지 않는다면), 부동화층은 산화물이 제거된 후에 가능한 또는 실용적으로 빠르게 도포되어야 한다. 다시, 대중으로 5초 이내에 이루어져야 한다. 더구나, 부동화층이 도포될 때까지 산화물 부식액이 웨이퍼표면에 남아있게 하는 것은 산화물 제거 및 부동화층의 도포 사이에 있는 허용가능한 시간여유를 마찬가지로 확장시켜야 한다.

발명의 효과

본 발명에 따라 구리본드패드상에서의 자생산화물의 성장을 조절하는 비용효율이 높은 방법이 가능하게 되었다.

도면의 간단한 설명

도 1a 내지 도 1d는 전형적인 와이어 결합공정도들이고,

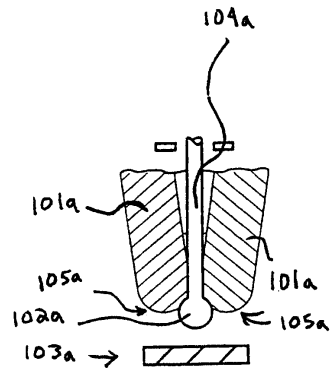
도 2는 브러쉬 세척시스템의 개략도,

도 3은 도 2의 브러쉬 세척시스템에서 사용된 브러쉬의 단면도,

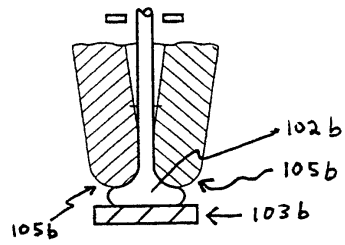
도 4a 내지 도 4e는 구리표면에 와이어결합부를 형성하는 방법을 도시한 도면들이다.

도면

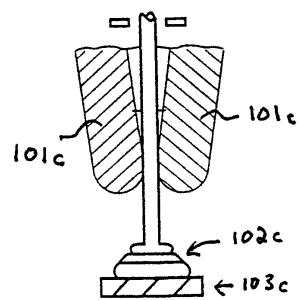
도면1a



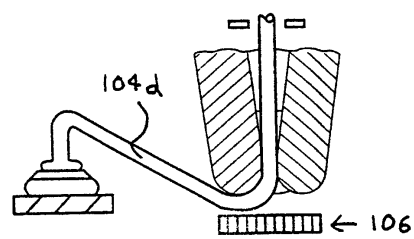
도면1b



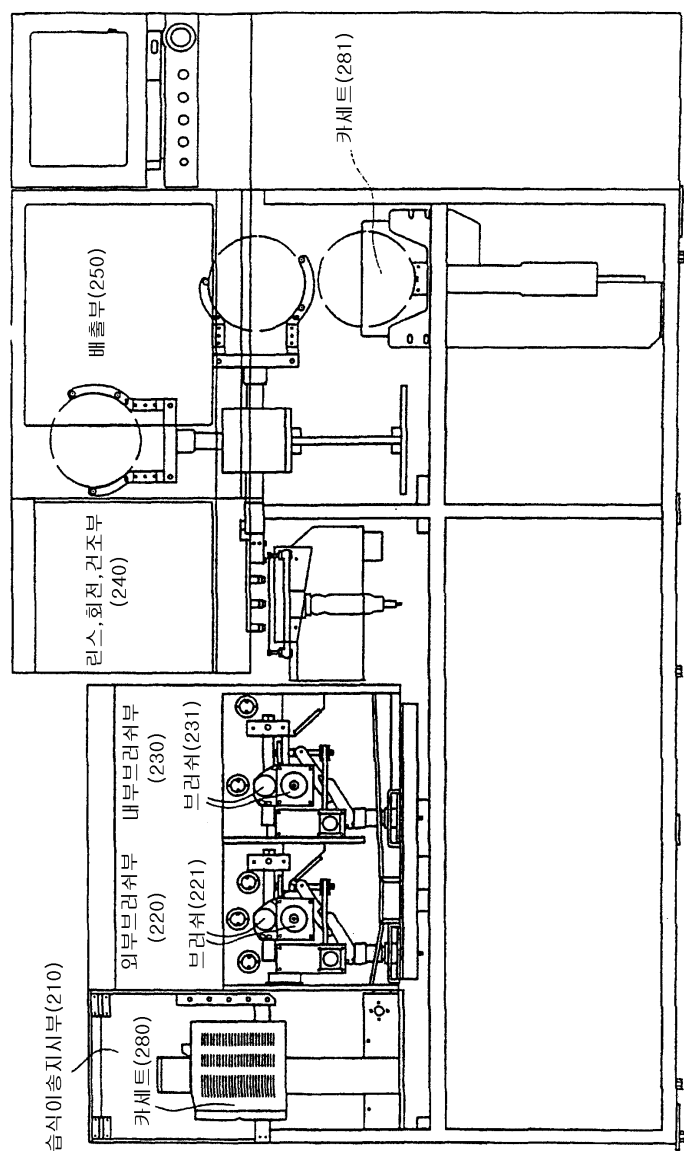
도면1c



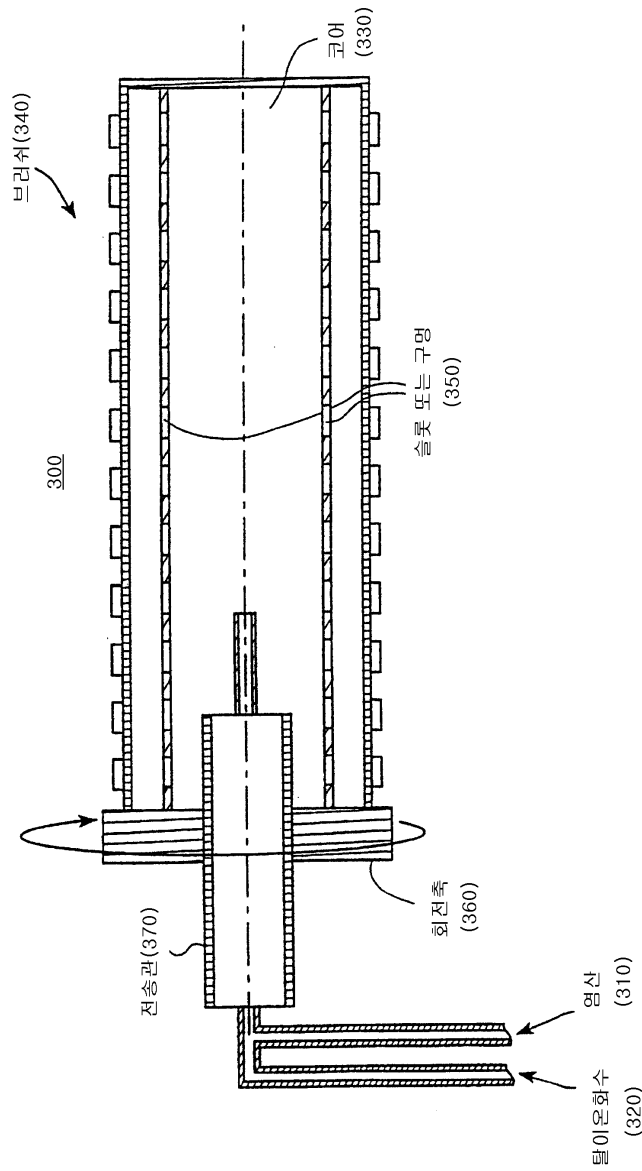
도면1d



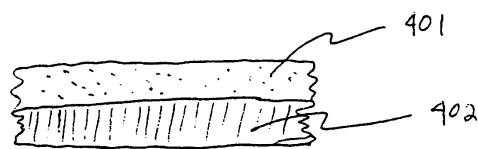
도면2



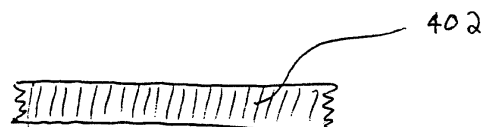
도면3



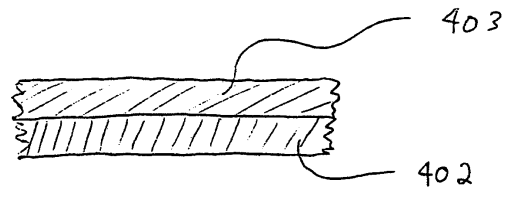
도면4a



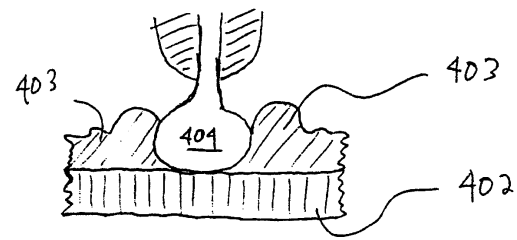
도면4b



도면4c



도면4d



도면4e

