



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년01월02일
(11) 등록번호 10-0789684
(24) 등록일자 2007년12월21일

(51) Int. Cl.

H01J 37/32 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2002-7008036

(22) 출원일자 2002년06월21일

심사청구일자 2005년12월02일

번역문제출일자 2002년06월21일

(65) 공개번호 10-2002-0062367

(43) 공개일자 2002년07월25일

(86) 국제출원번호 PCT/US2000/032441

국제출원일자 2000년12월08일

(87) 국제공개번호 WO 2001/46490

국제공개일자 2001년06월28일

(30) 우선권주장

09/469,286 1999년12월22일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US5647953

EP0648858

US5639341

전체 청구항 수 : 총 19 항

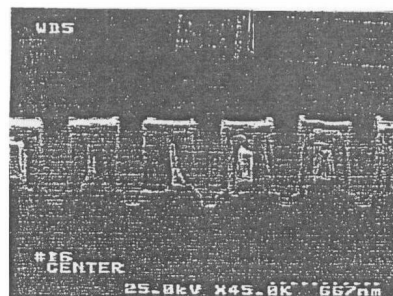
심사관 : 김성훈

(54) 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법

(57) 요약

실리콘 웨이퍼와 같은 기판이 프로세싱되는 플라즈마 챔버의 내부 표면을 세정 및 조절하는 방법. 이 방법은, 습식 세정 또는 인-사이츄(in-situ) 플라즈마 세정과 같은 챔버를 세정하는 단계, 챔버 내로 조절용 가스를 도입하는 단계, 조절용 가스를 플라즈마 상태로 에너지화(energizing)하는 단계, 내부 표면에 폴리머 코팅을 증착시키는 단계 및 기판을 프로세싱하는 단계를 포함한다. 상기 조절 단계는 챔버 내에 웨이퍼와 같은 기판이 없이도 수행될 수 있고, 상기한 프로세싱 단계는 생산 웨이퍼를 프로세싱하기 이전에 챔버 내에서 조절용 웨이퍼를 프로세싱하지 않고 실행될 수 있다. 알루미늄을 에칭하기 위하여 이용된 플라즈마 챔버인 경우에는, 조절용 가스는 불소 함유 가스, 탄소 함유 가스 및 염소 함유 가스를 포함할 수 있다.

대표도 - 도4a



제1단계=30초, 제2단계=15초
15 BC13/45 C12, (ROx=7154 A)

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 리히텐슈타인, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈스탄, 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, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 안티구와바부다, 코스타리카, 도미니카, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 벨리제, 모잠비크, 그라나다, 가나, 감비아, 크로아티아, 인도네시아, 인도, 시에라리온, 세르비아 앤 몬테네그로, 짐바브웨

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

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

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

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

특허청구의 범위

청구항 1

기판을 프로세싱하는 플라즈마 반응 챔버를 세정하고 조절하는 방법에 있어서,

상기 챔버 내부의 표면 상에 쌓인 증착물(deposit)을 제거하기 위하여 상기 플라즈마 반응 챔버를 세정하는 단계;

불소 함유 가스 및 탄소 함유 가스를 포함하는 조절용 가스(conditioning gas)를 상기 챔버 내로 도입하는 단계, 상기 조절용 가스를 플라즈마 상태로 에너지화(energizing)하는 단계, 및 상기 플라즈마에 의하여 형성된 폴리머 코팅(polymer coating)을 상기 챔버의 내부 표면에 증착시키는 단계에 의해 상기 플라즈마 반응 챔버를 조절하는 단계; 및

상기 조절 단계 이후에 상기 챔버 내에서 기판을 프로세싱하는 단계를 포함하고,

상기 조절 단계는 상기 챔버가 그 속에 상기 기판을 포함하지 않는 동안에 실시되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 에너지화 단계는 고주파(RF) 안테나 코일에서 고주파 전류를 공명시킴으로써 발생하는 유도장(inductive field)에 상기 조절용 가스를 노출시킴으로써 실시되고,

상기 고주파 안테나 코일은 상기 챔버의 밀봉체(enclosure)의 일부를 구성하는 유전체 차폐물(dielectric shield)에 근접한 상기 챔버의 외부에 배치되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 조절용 가스는 염소 함유 가스를 더 포함하고,

상기 증착 단계에서 증착되는 상기 폴리머는 그 속에 염소를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 세정 단계는 상기 챔버를 개방시키고 습식 세정을 수행하여 실시되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 세정 단계는 세정용 가스(cleaning gas)를 상기 챔버 내로 도입하고, 상기 세정용 가스를 플라즈마 상태로 에너지화하며, 상기 증착물을 제거하기 위하여 상기 플라즈마로 상기 내부 표면을 접촉시킴으로써 실시되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 생산 웨이퍼(production wafer)를 포함하고,

상기 생산 웨이퍼를 프로세싱하기 이전에 상기 챔버 내에서 조절용 웨이퍼를 프로세싱하지 않고 상기 프로세싱 단계가 실시되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 프로세싱 단계는 상기 생산 웨이퍼 상의 알루미늄막 스택(stack)을 에칭하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 프로세싱 단계에서 상기 기판이 지지되는 기판 서포트의 고주파 바이어스 전극에 전력을 인가하지 않고 상기 조절 단계가 실시되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 조절용 가스는 Cl_2 , BCl_3 , CCl_4 , SiCl_4 또는 이들의 혼합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 조절용 가스는 (i) CHF_3 및 BCl_3 , (ii) CHF_3 및 Cl_2 , 또는 (iii) CHF_3 , BCl_3 및 Cl_2 를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 조절 단계에서 상기 챔버의 압력은 5 내지 80 밀리토르(mTorr) 범위 이내인 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 13

제 2 항에 있어서,

상기 조절 단계에서 상기 고주파 안테나에 200 내지 1000 와트(Watt)의 전력이 인가되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 14

제 5 항에 있어서,

상기 플라즈마 세정용 가스는 상기 내부 표면 상의 상기 증착물을 가스 부산물(gas by-products)로 바꾸는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 챔버는 플라즈마 에칭 챔버인 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 세정 단계 이전에 상기 챔버 내에서 하나 이상의 반도체 기판 상의 알루미늄을 에칭하는 단계를 더 포함하

고,

상기 에칭 단계는 상기 챔버의 내부 표면에 상기 증착물을 만들어 내는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

하나 이상의 반도체 기판을 상기 챔버 내로 도입하고,

상기 하나 이상의 기판 상의 알루미늄을 에칭하는 단계가 상기 조절 단계에 뒤이어서 수행되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 조절 단계는 광학 방출 또는 간섭(interferometry)에 의하여 결정된 엔드포인트(endpoint)에 도달할 때까지 수행되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 조절 단계는 제 1 및 제 2 단계에서 실시되고,

상기 제 1 단계에서는 상기 조절용 가스가 염소 함유 가스를 더 포함하며,

상기 제 2 단계에서는 상기 조절용 가스에 불소가 없는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 단계에서는 상기 조절용 가스가 1 내지 30 sccm의 BCl_3 및 10 내지 60 sccm의 CHF_3 를 포함하고,

상기 제 2 단계에서는 상기 조절용 가스가 20 내지 60 sccm의 BCl_3 및 20 내지 60 sccm의 Cl_2 를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응 챔버의 세정 및 조절 방법.

명세서

배경 기술

- <1> 반도체 웨이퍼 프로세스에서 플라즈마 에칭 및 CVD 반응기에 대하여 주기적인 인-시츄(in-situ) 세정을 실시하는 것이 일반적이다. 미국 특허 제5,129,958호에는 반도체 웨이퍼 프로세싱 장치에 있는 CVD 증착 챔버를 세정하는 방법이 개시되어 있는데, 여기에서는 선행(prior) 단계인 불소 플라즈마 세정 단계로부터 남겨진 챔버 내의 불소 잔류물(residues)이 환원 가스(reducing gas) 예컨대 실란(SiH_4), 암모니아, 수소, 수소화인(PH_3), 이붕소화 수소(diborane, B_2H_6) 및 아르신(arsine, AsH_3)들 중 하나 이상과 접촉한다. 플라즈마 CVD 반응기의 내부 표면을 세정하고 조절(conditioning)하는 것에 대한 다른 기술이 공유된 미국 특허 제 5,647,953호에 개시되어 있는데, 그것의 내용은 여기에서 참조에 의하여 함께 통합된다. 예전에는 전극을 덮기 위해 챔버 내에서 웨이퍼와 함께 이러한 세정이 행해졌지만, 웨이퍼 없이 세정을 하는 것이 더 보편적인 것이 되었다.
- <2> 플라즈마 반응 챔버를 세정하는 것에 관한 다른 기술들이, 공유된 미국 특허 제5,356,478호; 미국 특허 제 4,657,616호; 제4,786,352호; 제4,816,113호; 제4,842,683호; 제4,857,139호; 제5,006,192호; 제5,129,958호; 제5,158,644호 및 제5,207,836호와 일본 특허 공개 공보(Japanese Laid-Open Patent Publication) 제57-201016호; 제61-250185호, 제62-214175호, 제63-267430호 및 제3-62520호에 개시되어 있다. 예를 들면, 실리콘 산화물(SiO_2)의 증착물(deposits)을 제거하기 위하여, 플라즈마 상태로 에너지화(energizing)된 불소 함유 가스가 챔버의 내부 표면을 세정하기 위하여 이용되었다. 반응기를 세정한 후에 남아 있는 불소 잔류물은 수소

(H₂), 실란(SiH₄), 암모니아(NH₃), 수소화인(PH₃), 이붕소화 수소(B₂H₆) 또는 아르신(AsH₃)과 같은 환원 가스를 반응기에 통과시킴으로써 제거할 수 있다.

- <3> 조절하는 동안에 전극을 보호하기 위하여 웨이퍼가 챔버 내에 배치된 경우, 챔버 조절 프로세스 또한 일반적으로 이용된다. 증착용 반응기(deposition reactor)에 대하여 플라즈마 세정에 의하여 이러한 조절 프로세스가 아주 일반적으로 행해지며, 또한 에칭 반응기에 대하여 습식 세정에 의하여 일반적으로 행해진다. 조절 프로세스에서 도움을 주는 역할을 하는 막이 웨이퍼 상에 증착되어 있는 경우도 있다. 예를 들면, 레지스트가 코팅된 웨이퍼가 조절 속도를 증가시키기 위하여 일반적으로 이용되었다. 이러한 조절 단계에서는 챔버 벽을 시즈닝(seasoning)하는 하부 전극의 전력이 없는 프로세스 조건을 이용할 수도 있다.
- <4> 생산 웨이퍼를 프로세싱하는 경우, 재생 가능한 프로세스 조건을 획득하기 위하여 플라즈마 챔버를 시즈닝하는 조절용 웨이퍼를 이용함에 있어서 발생하는 하나의 문제는, 이러한 조절용 웨이퍼는 비용을 증가시키고 생산 속도를 지체시킨다는 것이다. 따라서, 비용과 생산 효율의 관점에서 보다 경제적인 조절 처리 방법이 요구된다.

발명의 상세한 설명

- <11> 본 발명은 기판이 프로세싱되는 플라즈마 반응 챔버를 세정하고 조절하는 방법을 제공하고, 챔버 내부의 표면에 쌓인 증착물을 제거하기 위하여 플라즈마 반응 챔버를 세정하는 단계, 불소 함유 가스 및 탄소 함유 가스를 포함하는 조절용 가스를 챔버로 도입하는 단계, 조절용 가스를 플라즈마 상태로 에너지이징하는 단계, 챔버의 내부 표면 상에 폴리머 코팅(polymer coating)을 증착하는 단계, 증착 단계 이후에 챔버에서 기판을 프로세싱하는 단계를 포함한다. 여기에서 "폴리머" 코팅이라는 용어는 에칭 또는 증착 부산물(by-products)을 함유할 수도 있는 유기막(organic film)을 지칭한다.
- <12> 본 발명의 바람직한 실시형태에 따르면, 에너지이징 단계는 고주파(radio frequency : RF) 안테나 코일에서 고주파 전류를 공진시켜 발생하는 유도장(inductive field)에 조절용 가스를 노출시킴으로써 실행되는데, 여기에서 RF 안테나 코일은 챔버의 밀봉체(enclosure)의 일부를 이루는 유전체 차폐물(dielectric shield)에 근접한 챔버의 외부에 배치된다. 또한, 세정 단계는 챔버를 개방시키고 습식 세정을 수행하여 실시될 수 있고, 세정 단계는 세정용 가스를 챔버로 도입시키고, 세정용 가스를 플라즈마 상태로 에너지이징하며, 증착물을 제거하기 위하여 내부의 표면을 플라즈마와 접촉시킴으로써 실시될 수도 있다. 바람직한 방법에서, 조절 단계는 챔버 내에는 기판이 없는 경우 및/또는 기판이 생산 웨이퍼(production wafer)를 포함하는 경우 실시될 수 있고, 프로세싱 단계는 생산 웨이퍼를 프로세싱하기 전에 챔버 내에서 조절용 웨이퍼를 프로세싱하지 않고 실시된다. 또한, 프로세싱 단계에서, 기판을 지지하는 기판 서포트의 RF 바이어스 전극(biasing electrode)에 전력을 인가하지 않고 조절 단계를 실시할 수도 있다.
- <13> Al 에칭 반응기 세정에서, 조절용 가스가 염소 함유 가스를 더 포함할 수 있기 때문에, 증착 단계에서 증착된 폴리머는 그 안에 염소를 포함할 수 있고 프로세싱 단계는 생산 웨이퍼 상의 Al 층을 에칭하는 프로세스를 포함할 수 있다. 이 경우에는, 조절용 가스는 Cl₂, BCl₃, CCl₄, SiCl₄ 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 예를 들면, 조절용 가스로서 CHF₃, BCl₃ 및/또는 Cl₂를 이용하여 하나 이상의 단계에서 조절 단계를 실시할 수 있다. 조절 단계에서, 챔버의 압력은 5 내지 80 밀리토르(mTorr) 범위 내일 수 있고 및/또는 플라즈마 발생 안테나에는 200 내지 1000 와트(W)의 에너지가 공급될 수 있다.

실시예

- <14> 본 발명은 기판이 프로세싱되는 플라즈마 반응 챔버를 세정하고 조절하는 경제적인 방법을 제공한다. 본 방법은 챔버 내부의 표면에 쌓인 증착물을 제거하기 위하여 플라즈마 반응 챔버를 세정하는 단계, 불소 함유 가스 및 탄소 함유 가스를 포함하는 조절용 가스를 챔버로 도입하는 단계, 조절용 가스를 플라즈마 상태로 에너지이징하는 단계, 챔버의 내부 표면에 플라즈마에 의하여 형성된 폴리머 코팅을 증착하는 단계, 이 증착 단계 이후에 챔버에서 기판을 프로세싱하는 단계를 포함한다.
- <15> 바람직한 실시형태에서, 본 발명은 Al 막 스택(stack)을 플라즈마 에칭하기 위하여 이용된 챔버를 조절하는 웨이퍼 없는 플라즈마 세정 리커버리 프로세스(waferless plasma clean recovery process)를 제공한다. Al을 플라즈마 에칭하는 프로세스는 반응기 전체에 증착되는 부산물(by-product)을 발생시킨다. 결국에는 이 부산물이 반응기의 벽에 더 이상 부착되지 않는 두께에 도달하여, 에칭되는 기판을 오염시키는 입자들을 떨어뜨린

다. 이러한 현상이 발생하는 경우, 반응기를 개방시켜서 습식 세정 프로세스로 세정해야만 한다.

<16> 세정하기 위하여 반응기를 준비하는 프로세스, 즉 실질적인 세정 프로세스와 챔버를 개방시켜서 세정한 후에 챔버를 조절하는데 요구되는 단계들은, 상당한 시간을 필요로 할 수 있다. 웨이퍼를 제조시 생산성을 최대화시키기 위하여, 챔버를 세정하기 위하여 챔버를 개방하는 사이의 시간을 증가시키는 것이 바람직하다. 이것을 수행하기 위한 한가지 방법은 플라즈마 세정을 실시하는 것인데, 이 경우에는 챔버에 증착되는 에칭 부산물을 감소시킬 수 있기 때문에, 챔버를 세정하기 위하여 챔버를 개방시키는 사이의 시간을 증가시킬 수 있다. 그러나, 플라즈마 세정은 반응기의 증착물을 제거함으로써 챔버의 상태(condition)를 변화시키기 때문에, 플라즈마 세정 후에는 일반적인 프로세스 변이(process shift)가 존재한다. 그 결과, Al 에칭율, 에칭 프로파일 및 최소 배선평(feature CDs, 임계 치수)이 제조되는 소자(device)의 허용 가능한 범위를 벗어날 수 있다. 플라즈마 세정이 이용되는 경우, 생산 웨이퍼를 에칭하기에 앞서서 챔버 벽의 상태를 재조절하기 위하여, 웨이퍼가 챔버를 통하여 순환된다.

<17> 조절하기 위하여 챔버 내에 웨이퍼가 필요한 프로세스에서, 특별한 유형의 웨이퍼가 필요할 수도 있다. 이것은 제조 환경에서 Al을 에칭하기 위한 플라즈마 세정 프로세스의 적용 가능성을 제한하는데, 이는 특별한 유형의 웨이퍼를 챔버로 로드하고 플라즈마 세정 후에 조절 프로세스를 실시해야만 하는 것이 제조 프로세스의 흐름(flow)에 파괴적일 수 있기 때문이다. 그 결과, 제조시, 플라즈마 세정이 이용되지 않고, 반응기는 장시간의 습식 세정을 진행하기 위하여 보다 자주 개방될 필요가 있다. 따라서, 습식 세정 시간을 늘리기 위하여 플라즈마 세정을 이용하는 이점을 가진 반응기의 유효성은, 특별한 유형의 웨이퍼로 챔버를 재조절해야 하는 부담으로 인하여 무효화된다.

<18> 본 발명은 플라즈마 세정 후에 챔버의 상태를 재조절하기 위하여, 챔버 내에 웨이퍼 없이 실시할 수 있는 프로세스를 제공한다. Al의 에칭으로부터 발생하는 부산물의 증착물은 많은 양의 유기 재료를 함유하고 있는 것으로 나타났다. 증착물은 에칭 프로세스 전체에 걸쳐서 존재하고, 반응종들에 대한 재조합 및 흡착 위치뿐만 아니라, 측벽의 패시베이션(passivation) 소스를 제공함으로써 상기 프로세스에 관여한다. 증착물은 산소(O₂)를 함유하는 플라즈마에 의해 세정될 수 있다. 그러나, 이것은 챔버 내에 산소 잔류물을 일부 남기게 된다. 또한, Al 에칭 가스에 산소를 첨가하는 것은 Al 에칭율을 증가시키는 것으로 알려져 있고, 에칭 프로파일의 결과에 영향을 미칠 수 있다.

<19> 플라즈마 세정 후에 챔버를 재조절하기 위하여, 산소 잔류물을 제거하거나 결합하여 에칭 프로세스에 영향을 미치지 않도록 하는 것이 바람직하다. 또한, 부산물의 증착물이 프로세스에 관여하는 것과 같은 방법으로 프로세스에 관여하는 유기 증착물을 제공하는 것이 바람직하다. 웨이퍼 없는 조절 프로세스에서는, 프로세스에서 커버되지 않거나 보호되지 않는 웨이퍼 척크(wafer chuck)를 어택(attack)하는 일이 없이 이것을 수행해야만 한다.

<20> 삭제

표 1					
웨이퍼 없는 리커버리 프로세스에 대한 프로세스 조건					
	압력	TCP™ 파워	바이어스 파워	BCl ₃	CHF ₃
일반적인 조건	50 mTorr	700 와트	0 와트	15 sccm	37 sccm
범위	10-99	400-1200	0-5	10-30	10-60

<21> 이것을 수행하기 위한 바람직한 방법은 BCl₃ 및 CHF₃를 이용하여 플라즈마 프로세스를 실시하는 것이다. TCP 9600™ 에칭기(LAM Research Corporation 제조)와 같은 유도 결합(inductively coupled) 플라즈마 에칭기에서, 상부 전극(TCP™ 전력) 소스에는 높은 RF 전력을 인가하지만 하부 전극에는 전력을 인가하지 않으므로써, 웨이퍼 프로세스에서 RF 기관 바이어스(bias)를 제공하여 그 프로세스를 실시한다. 이로 인하여 낮은 플라즈마 포텐셜(plasma potential)이 발생하고 웨이퍼 척크에 대한 어택을 방지한다. BCl₃는 잔류하는 O₂를

챔버로부터 제거할 수 있고, CHF₃는 챔버의 벽 상의 유기 재료 증착물의 소스이다. BCl₃는 또한 에칭에 의하여 생기는 부산물의 증착물에 존재하는 Cl의 소스이다. TCP 9600TM 에칭 반응기에 대한 일반적인 프로세스 조건 및 범위를 표 1에 나타낸다.

<22> A1 에칭 스텝 및 프로세스의 요구조건에 따라, 웨이퍼 없는 리커버리 프로세스의 제 2 단계가 필요할 수도 있다. A1 에칭 프로세스가 CHF₃를 함유하지 않는 단계에서 끝이 나는 경우에는, CHF₃를 제거하기 위한 리커버리 프로세스의 최종 단계는 프로세스 리커버리를 개선시킬 것이다. 2 단계로 구성된 웨이퍼 없는 리커버리 프로세스에 대한 예를 표 2에 나타낸다.

<23> 삭제

표 2						
2단계 웨이퍼 없는 리커버리 공정						
	압력	TCP TM 파워	바이어스 파워	BCl ₃	Cl ₂	CHF ₃
제1단계	50 mTorr	700 와트	0 와트	15 sccm		37 sccm
제2단계	15 mTorr	450 와트	0 와트	30 sccm	30 sccm	

<24> BCl₃는 O₂를 제거하는 능력 때문에 선택이 되었고, CCl₄ 및 SiCl₄와 같은 다른 가스들이 적절한 대체물이 될 수 있다. Cl₂를 첨가함으로써 염소의 농도를 증가시킬 수 있다. 마찬가지로, 많은 염화 탄소(chlorocarbon), 불화 탄소(fluorocarbon) 및 CFC 가스들이 폴리머의 소스로서 CHF₃를 용이하게 대체할 수 있다. 효과적인 프로세스를 유지하면서, He 또는 Ar과 같은 희석용 가스(diluent gas)를 첨가할 수 있다.

<25> 웨이퍼 없는 리커버리 프로세스는, 작동 매개물(operator intervention)에 대한 필요성을 제거함으로써 특별한 웨이퍼 유형 없이 실시될 수 있다. 리커버리 프로세스에 웨이퍼를 필요로 하지 않는다는 것의 또 다른 이점은, 세정 또는 조절 단계에서 챔버로 웨이퍼를 로드하는데 이용되는 오버헤드 시간(overhead time)이 없기 때문에 제조기간의 손실을 최소화한다는 점이다. 이로 인하여 직접적으로 생기는 결과는 에칭할 가치가 있는 제품에 대한 반응기의 유용성이 더 증가한다는 것이다.

<26> 반응기를 습식 세정하는 단계 후에 웨이퍼 없는 리커버리 프로세스를 이용하게 되면 습식 세정의 리커버리 시간도 감소시킬 수 있는 이점이 있다. 예를 들면, 50개의 레지스트 웨이퍼가 습식 세정된 챔버를 통과하게 하는데 약 90분 정도의 시간이 걸리는 조절 프로세스와 비교했을 때, 본 발명에 따르면 조절 프로세스를 약 5분 이하로 완료할 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 조절 프로세스는 챔버 세정 후의 리커버리 시간을 50% 이상, 및 80% 이상까지도 단축할 수 있다. 또한, 조절용 웨이퍼를 이용하지 않거나 또는 그것의 이용을 최소화하여 보다 짧은 시간에 챔버를 조절할 수 있다. 생산을 위하여 반응기의 유용성이 증가하고, 비생산(non-production) 웨이퍼에 대한 요구 조건들이 감소하는 것은 모두 고객의 수익을 증가시키는데 도움이 된다.

<27> 테스트 데이터 및 결과. TCPTM 9600SETM 시스템시스템 베이스라인

<28> 본 연구는 9600 SETM 시스템의 베이스라인을 가지고 시작하였다. 챔버는 습식으로 세정하였고, 블랭킷 포토 레지스트(PR) 웨이퍼를 챔버를 조절하기 위하여 이용하였다. 웨이퍼 없는 리커버리 프로세스 진행 작업에 대한 에칭을 타겟을 설정하기 위하여 조절된 챔버에 대하여 A1 에칭을 웨이퍼를 이용하였다. 장시간의 O₂ 웨이퍼 없는 자동 세정(waferless autoclean : WAC)의 실행으로 인한 프로세스 에칭을 변이가 설정되었다. 베이스라인 테스트로부터의 에칭을 결과를 표 3에 나타낸다.

<29> 삭제

표 3			
8분 O ₂ WAC 프로세스 전과 후의 Al 에칭율 베이스라인 데이터			
웨이퍼의 ID	평균 단차 높이	세정에 기인한 변화%	압력 제어 밸브각 (개방%)
전세정 #1	4602		36.8
전세정 #2	4659		36.1
후WAC프로세스	5254	13.5%	35.5

<30>

챔버/프로세스 리커버리 고려

<31>

WAC 프로세스 후의 에칭율의 증가를 설명하기 위하여 여러 가지 메커니즘이 제안되었다. 에칭율의 리커버리를 설명하기 위한 하나의 제안은 압력을 조절하기 위하여 압력 조절 밸브의 위치를 이용하기 보다는 Cl₂ 흐름 제어기를 이용하는 것인데, 이는 Al의 에칭율은 Cl₂의 흐름과 비례하기 때문이다. Cl₂와 세정되고 조절된 챔버 벽과의 상호작용은 (흡수율, 재조합 등에서) 별개이고, 압력 조절 밸브의 위치가 고정되어 있기 때문에 이것이 순수한 Cl₂의 농도에 영향을 미친다면 챔버의 압력에 반영되는 것도 가능하다.

<32>

일부 Al 에칭 프로세스에 약간의 O₂를 첨가하게 되면 Al 에칭율을 증가시키는 것으로 또한 보고되었다. 챔버 내에 잔존하는 O₂는 WAC 프로세스 후에 에칭율을 증가시킬 수 있는 요인으로서 제안되었다. 잔존하는 O₂를 제거하는 조절 프로세스는 이러한 문제를 다룰 수 있다.

<33>

레지스트 웨이퍼를 순환시키는 것은 챔버를 조절하기 위한 아주 효과적인 방법이고 습식 세정 이후에 추천되는 리커버리 절차이다. 이것은 챔버를 조절하는데 있어서 중요한 인자로서 에칭 부산물에 있는 탄소의 역할을 지시한다. 또한, 챔버를 세정하는데 있어서 O₂ WAC 프로세스가 보여준 효용성(effectiveness)은 챔버의 벽이 유기 증착물로 조절된다는 것을 나타낸다. 챔버를 조절하는데 있어서 유기 증착 화학(organic depositing chemistry)을 이용하면 이러한 문제를 다룰 수 있다.

<34>

제안된 메커니즘들을 고려하고, 중요한 효과를 판단하기 위하여 일련의 실험을 행하였다.

<35>

실험에 대한 Cl₂ 흐름 제어의 옵션에 있어서, 압력 제어 밸브 위치가 고정된 경우에 웨이퍼 없는 세정의 전과 후에 압력에 있어서 측정할 수 있어야만 한다. 다른 방법으로는, Cl₂ 흐름 제어가 효과적일 수 있다면, WAC 프로세스 후에 정해진 압력을 유지하기 위하여 압력 제어 밸브를 더 넓게 개방하는 것을 예상하였다. WAC 프로세스 이전(2개의 웨이퍼)과 이후에 압력 제어 밸브의 위치를 측정하였다. 위치 변화는 작고, 큰 경우에는 에칭율 리커버리에 대하여 효과적인 Cl₂ 흐름 제어의 방향이 잘못된 것이다.

<36>

이러한 사실에 기초하여, 챔버의 리커버리를 연구하기 위한 방법은 웨이퍼 없는 리커버리 단계(waferless recovery step : WRS)의 실행 가능성 여부에 관심이 집중되었다. 제안된 메커니즘을 염두에 두고서, 3가지 화학 프로세스가 연구되었는데, 즉 Cl₂ / BCl₃ (O₂ 제거), Cl₂ / CHF₃ (유기물 증착), BCl₃ / CHF₃ (제거와 증착의 조합)이 그것이다.

<37>

가능한 WRS 프로세스를 테스트하기 위하여, 시스템은 각 웨이퍼 사이에 WAC 프로세스(12초) 및 WRS 프로세스를 실시하는 베이스라인 Al 에칭 프로세스를 이용하여 블랭킷 레지스트 웨이퍼를 순환시키도록 설치하였다. 테스트된 3개의 WRS 단계를 표 4에 나타낸다. 각 테스트에 대하여, Al 에칭율 테스트를 수행하기 이전에 30-40 블랭킷 레지스트 웨이퍼를 순환하였다. 표 5는 에칭율의 결과를 나타낸다. 조절된 챔버에 대하여, Al의 에칭 깊이는 약 4630 Å이다. BCl₃ / CHF₃ 프로세스는 WRS 프로세스를 이용하여 WAC 프로세스에 뒤이어서 소망하는 Al의 에칭율을 회복하는 것이 가능하다는 것을 나타낸다. 에칭율이 프로세스의 변이의 주요한 인자라고 가정한다면, 소망하는 프로세스의 안정성을 회복하기 위하여 WAC 프로세스에 뒤이어서 WRS 프로세스를

이용하는 것의 실현가능성은 충분히 보인다.

표 4			
테스트된 WRS 프로세스 조건			
파라미터	Cl ₂ /BCl ₃	Cl ₂ /CHF ₃	BCl ₃ /CHF ₃
압력	20 mTorr	20 mTorr	50 mTorr
TCP™	700 W	700 W	700 W
Cl ₂	162 sccm	30 sccm	
BCl ₃	54 sccm		15 sccm
CHF ₃		37 sccm	37 sccm
단계 소요 시간	8 초	15 초	20 초

<38>

표 5		
WRS 프로세스 테스트에 대한 에칭 깊이의 결과		
WRS 프로세스	AI 에칭 깊이	조절된 챔버로부터의 변화
Cl ₂ /BCl ₃	5445 Å	17.6%
Cl ₂ /CHF ₃	5300 Å	14.5%
BCl ₃ /CHF ₃	4671 Å	0.9%

웨이퍼 없는 세정 진동수

<39>

삭제

<40>

WAC 프로세스를 실행하는데 있어서 중요한 부분은 깨끗한 챔버를 유지하기 위한 효율을 최대화시키면서 처리량 충돌(throughput impact)을 최소화시키는 WAC 프로세스 진동수를 선택하는 것이다. 703 nm 에서의 광학적인 방출이 적절한 WAC 프로세스의 엔드포인트(endpoint)를 지시하는 것으로 판명되었다. 챔버가 적절하게 세정된 경우, 신호는 WAC 프로세스 전체에 걸쳐서 저하되고 평평해진다.

<41>

WAC 프로세스 사이에 요구되는 WAC 프로세스 시간과 웨이퍼의 개수 ("N") 가 어떻게 비례하는지를 결정하기 위하여 일련의 테스트를 실시하였다. 베이스라인 조건에 도달하기 위하여 챔버를 확장된 O₂ 플라즈마로 세정하였다. 이것에 뒤이어서 WAC 프로세스를 수행하는 사이에 웨이퍼의 개수를 변화시키고 챔버를 세정하기 위하여 요구되는 시간을 결정하기 위하여 WAC 프로세스 단계에서 703 nm의 방출을 모니터링하는 테스트를 수행하였다. 도 1은 본 테스트로부터의 엔드포인트 자취(endpoint trace)를 도시한다. RF에 가까워지는 경우에 엔드포인트 신호는 급격하게 증가한다. "N"이 증가함에 따라서, 엔드포인트의 신호가 베이스라인까지 저하되는데 걸리는 시간이 증가하는데, 이것은 세정 시간이 "N"의 함수라는 것을 보여준다.

표 6은 웨이퍼에 대한 세정 시간 뿐만이 아니라 WAC 프로세스 대 "N"에 대한 엔드포인트 시간을 보여준다. 베이스라인 위로 100회까지 저하되는 것뿐만이 아니라 엔드포인트 신호가 베이스라인까지 저하되는 시간을 나타낸다. 이러한 프로세스 조건에 대하여 "N"이 1-5로부터 증가함에 따라서 단위 세정 시간은 감소하지만, "N" = 10인 경우에는 단위 세정 시간이 증가한다. 이러한 사실로부터 최적의 세정 진동수는 5-20 웨이퍼 사이의 어딘가에 있을 수 있음을 알 수 있다.

표 6					
WAC 엔드포인트 및 단위 세정 시간(초) 대 WAC 진동수					
WAC 프로세스 시간	10 웨이퍼	5 웨이퍼	3 웨이퍼	1 웨이퍼	1 웨이퍼
전체 WAC 프로세스	265	71	56	37	38
방출 1=100	143	45	40	23	24
단위 세정 시간					
전체 WAC 프로세스	26.5	14.2	18.66667	37	38
방출 1=100	14.3	11.4	13.33333	23	24

<42> 삭제

<43> WRS 프로세스 에칭율 리커버리

<44> 삭제

<45> 표 7에 개시되어 있는 A1 에칭, WAC, WRS 단계에 대한 프로세스 조건을 이용하여 BCl_3 / CHF_3 WRS 프로세스를 9600PTX™ 시스템 상에서 테스트하였다. A1 에칭 프로세스 조건으로 57 블랭킷 레지스트 웨이퍼를 순환시킴으로써 시스템을 초기화하여 조절하였다. 조절된 챔버에 대한 A1 에칭율을 측정하였다. 이 단계 다음으로 WAC 프로세스 조건을 이용하여 7분간의 세정 시간으로 챔버를 과세정(over clean) 하였다. 세정 시간이 충분함을 입증하기 위하여 703nm 엔드포인트 신호를 이용하였다. 다음으로, 추가적인 29 블랭킷 레지스트 웨이퍼를 A1 에칭 프로세스를 이용하는 시스템을 통하여 순환하였지만, WAC 프로세스 및 WRS 프로세스 단계를 각 웨이퍼 사이에 이용하였다. 그 다음 WAC 프로세스 및 WRS 프로세스 단계에 뒤이어서 A1 에칭율을 다시 체크하였다. WAC 프로세스 및 WRS 프로세스에 뒤따르는 에칭율은 시즈닝된 챔버에서의 에칭율과 크게 다르지 않았다(1.6% 낮음).

표 7								
A1 에칭, WAC 및 WRS 프로세스 조건								
프로세스	압력	TCP™ (W)	바이어스 (W)	유량 (sccm)			He 냉각	시간 (초)
사이클	12 mTorr	350	78	74 Cl_2	30 BCl_3	5 CHF_3	10 T	65
A1 에칭 깊이	12 mTorr	350	78	74 Cl_2	30 BCl_3	5 CHF_3	10 T	35
WAC	32 mTorr	700	0	500 O_2				12
WRS	50 mTorr	700	0		15 BCl_3	37 CHF_3		20

표 8		
조절된 챔버와 후 WAC+WRS 프로세스의 A1 에칭 깊이		
테스트 조건	A1 에칭 깊이	델타
조절된 챔버	3835	
후 WAC+WRS 프로세스	3773	~1.6%

에칭 프로파일 테스트

에칭 프로파일에 대한 WAC 프로세스 및 WRS 프로세스의 영향을 결정하기 위하여 에칭 테스트를 수행하였다. 도 2 는 에칭 이전의 테스트 웨이퍼 구조의 프로파일을 도시한다.

<46> 삭제

<47> 삭제

<48> 삭제

<49> 에칭 프로파일에 대하여 단계에 소요되는 시간 및 리커버리 단계에서의 $\text{BCl}_3 : \text{Cl}_2$ 비율의 중요성을 평가하기 위하여 작은 매트릭스를 실시하였다. 표 9 에는 1/2 팩토리얼 매트릭스(factorial matrix)에서 4 개의 프로세스를 실시하는 것을 나타낸다. 도 3 은 2 단계 리커버리 프로세스 후의 에칭된 웨이퍼에 대한 엔드포인트 자취를 나타낸다. 엔드포인트 자취는 레지스트로 조절된 챔버에서 에칭된 웨이퍼의 자취와 거의 일치한다. 또한, BARC, Ti 및 TiN 층을 통한 에칭율은 레지스트로 조절된 챔버에서의 이들 층을 통한 에칭율과 일치한다. 2 단계 리커버리 후에 에칭된 모든 웨이퍼는 유사한 자취를 가졌다.

표 9				
베이스라인 프로세스:				
제1단계: 50 mt/700 W TCP™/37 sccm CHF_3 /15 sccm BCl_3 /"X" 초				
제2단계: 15 mt/450 W TCP™/"Y" sccm BCl_3 /(60-"Y") sccm Cl_2 /"Z" 초				
매트릭스	웨이퍼 16	웨이퍼 17	웨이퍼 18	웨이퍼 19
제1단계시간 ("X")	30 초	20 초	20 초	30 초
제2단계시간 ("Z")	15 초	7 초	15 초	7 초
BCl_3/Cl_2 흐름 ("Y")/(60-"Y")	15 sccm BCl_3 45 sccm Cl_2	15 sccm BCl_3 45 sccm Cl_2	30 sccm BCl_3 30 sccm Cl_2	20 sccm BCl_3 30 sccm Cl_2

<50> 삭제

<51> 도 4a 내지 도 4e 및 도 5a 내지 도 5e 는 레지스트로 조절된 챔버에서의 에칭 결과와 WAC 프로세스 및 WRS 프로세스 매트릭스의 일부로서 에칭된 웨이퍼의 에칭 프로파일을 비교하여 나타낸다. 웨이퍼들 사이에서 에칭 프로파일의 차이는 대부분의 경우에 미미한데, 2 단계 리커버리 프로세스가 합리적인 프로세스 윈도우(window)를 가지고 있음을 나타낸다. 상기한 매트릭스로부터 알 수 있는 두드러진 경향은 다음과 같다;

<52> - 염소를 베이스로 한 제 2 리커버리 단계는 에칭 프로파일 리커버리를 향상시킨다.

<53> - 제 2 리커버리 단계에서 Cl_2 를 이용하는 퍼센트를 높이면, 참조 웨이퍼와 비교하여 형성체 (feature) 상부에서 CD 성장을 감소시키는 결과를 초래하는 것으로 나타난다. 제 1 리커버리 단계 시간이 짧은 경우에 효과는 더 강하다(웨이퍼 17 을 참조).

<54> - 제 1 리커버리 단계에 걸리는 시간을 더 길게 하면 측벽의 평활도에 대한 프로세스 여유도(latitude)를 향상시킨다.

<55> - 제 2 단계에 걸리는 시간을 더 짧게 하여 에칭된 웨이퍼는 참조 웨이퍼 상의 잔류 산화물에 보다 근접하게 일치하였다.

<56> 도 6a 내지 도 6f 는 조절된 챔버에서의 결과와 웨이퍼 19 의 결과를 비교하는 추가적인 SEM이다. 이들 SEM

에서는 고립된 형성체(isolated feature)의 프로파일도 재생되고, 레지스트 프로파일과 측벽 증착물이 2단계 리커버리 프로세스와 서로 일치한다.

<57> 염소를 이용한 화학 프로세스를 짧게 수행한 후에, 챔버 안에 유기막을 일부 생성시킬 정도로 충분히 오랫동안 제 1 리커버리 단계를 수행하는 것은, WAC 프로세스 후에 프로세스를 리커버리하는데 충분한 것으로 나타난다. 에칭 측벽을 보호하기 위하여 무거운 유기 증착물과 높은 충돌 에너지에 의존하는 프로세스에 대해서는 염소를 이용한 화학 프로세스 단계가 필요하지 않을 수도 있다.

<58> WAC 프로세스 이후에 AI을 에칭하기 위하여 프로세스를 리커버리하는 것은, 챔버 내의 유기물 증착과 챔버 벽의 염소화 사이에 적절한 균형을 이루는 것이 요구된다. 에칭 프로파일이 화학적 균형에 보다 민감한 경우에, CHF_3 첨가 에칭 프로세스에 대한 프로세스 리커버리가 증명되었다. WRS 프로세스 매트릭스는 WAC 프로세스에 뒤이어 수행되는 2 단계 리커버리 프로세스가 챔버 내에 유기물과 염소화된 합성물이 균형을 맞추어 "조절된" 상태가 될 수 있음을 보여준다.

산업상 이용 가능성

<59> 본 발명은 기판에 대하여 소정의 프로세스, 예를 들면 플라즈마를 이용한 에칭 또는 증착 장치의 반응 챔버 내부를 세정하고 조절하는 보다 경제적인 방법을 제공한다.

<60> 본 발명의 특정한 실시예들을 참조하면서 본 발명을 상세하게 기술하였지만, 첨부되어 있는 특허 청구 범위의 기술적 범위를 벗어남이 없이 여러 가지 변화 및 수정이 가해질 수 있으며, 균등물이 이용될 수 있다는 것이 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확할 것이다.

도면의 간단한 설명

<5> 도 1 은 본 발명에 따라서 웨이퍼 없는 자동 세정 프로세스에서 703nm 방출 데이터를 나타낸다.

<6> 도 2 는 0.25 μm 프로파일 테스트 웨이퍼의 프리-에칭(pre-etch)의 구조를 도시한다.

<7> 도 3은 레지스트 웨이퍼 있는 챔버 조절 프로세스 이후와 본 발명에 따른 웨이퍼 없는 자동 세정 프로세스 이후의 프로파일 웨이퍼 엔드포인트(endpoint) 자취의 비교도이다.

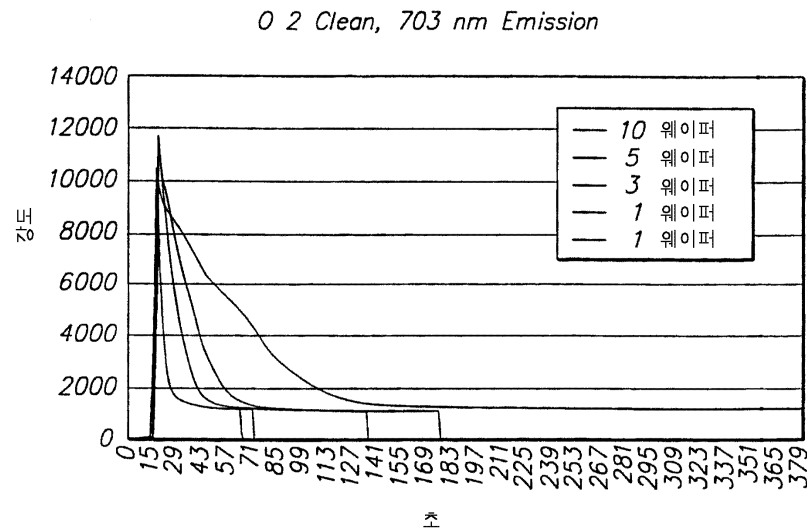
<8> 도 4a 내지 도 4d 는 본 발명에 따른 웨이퍼 없는 자동 세정 프로세스 및 웨이퍼 없는 리커버리(recovery) 단계를 거친 후의 에칭된 구조물에 대한 마이크로 사진(photomicrograph)이고, 도 4e 는 레지스트 웨이퍼 있는 챔버 조건에서 프로세싱된 에칭된 구조물에 대한 마이크로사진이다.

<9> 도 5a 내지 도 5d 는 본 발명에 따른 웨이퍼 없는 자동 세정 프로세스 및 웨이퍼 없는 리커버리 단계를 거친 후의 에칭된 구조물에 대한 마이크로사진이고, 도 5e 는 레지스트 웨이퍼 있는 챔버 조건에서 프로세싱된 구조물에 대한 마이크로사진이다.

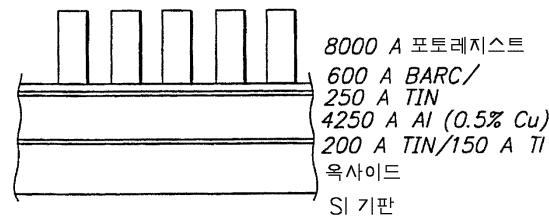
<10> 도 6a 내지 도 6c 는 본 발명에 따른 웨이퍼 없는 자동 세정 프로세스 및 웨이퍼 없는 리커버리 단계를 거친 후의 에칭된 구조물에 대한 마이크로사진이고, 도 6d 내지 도 6f 는 레지스트 웨이퍼 있는 챔버 조건에서 프로세싱된 에칭된 구조물에 대한 마이크로사진이다.

도면

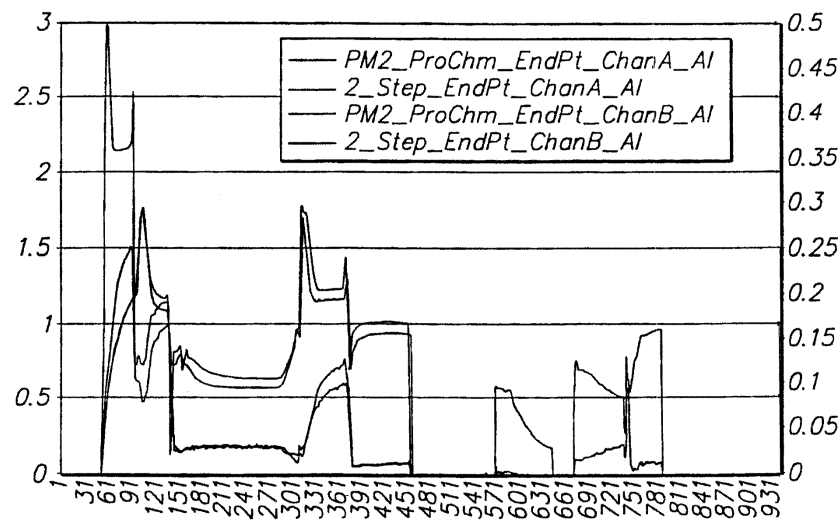
도면1



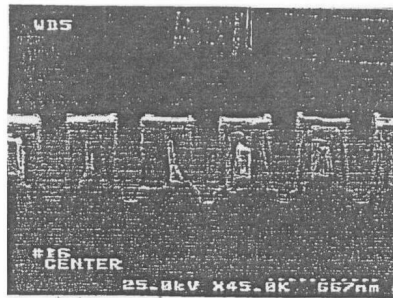
도면2



도면3

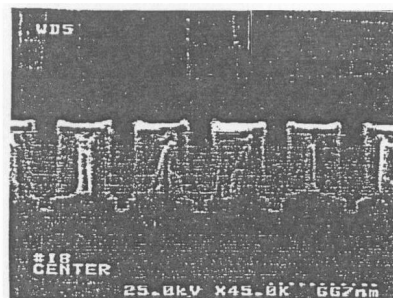


도면4a



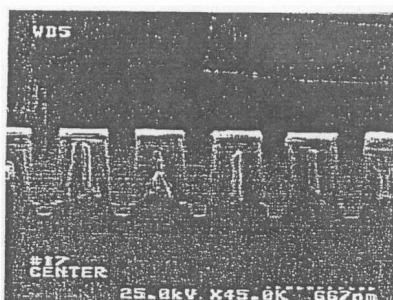
제1단계=30초, 제2단계=15초
15 BC13/45 C12, (ROx=7154 Å)

도면4b



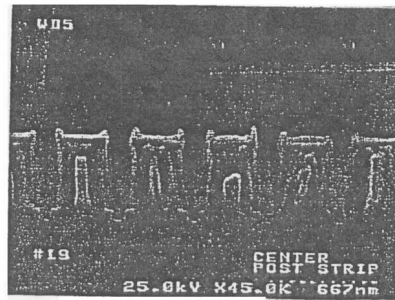
제1단계=20초, 제2단계=15초
30 BC13/30 C12, (ROx=7227 Å)

도면4c



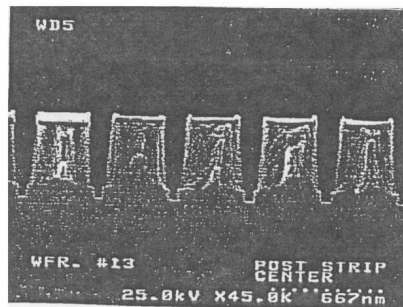
제1단계=20초, 제2단계=7초
15 BC13/45 C12, (ROx=7576 Å)

도면4d



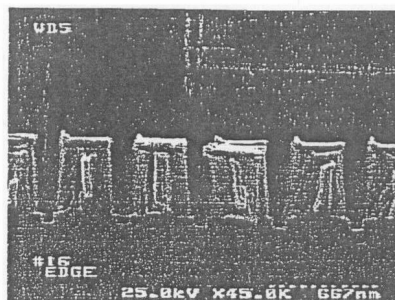
제1단계=30초, 제2단계=7초
30 BC13/30 C12, (ROx=7593 A)

도면4e



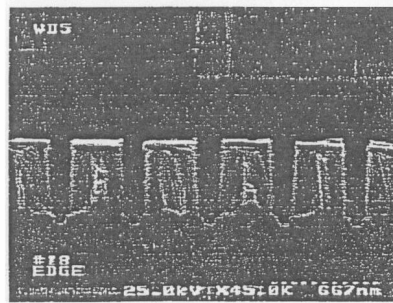
조절된 챔버
참조, (ROx=7506 A)

도면5a



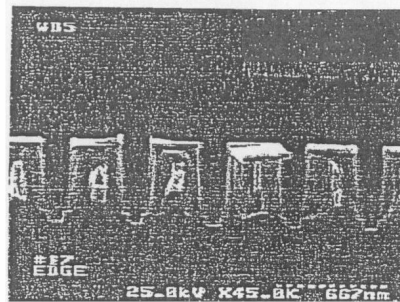
제1단계=30초, 제2단계=15초
15 BC13/45 C12, (ROx=7154 A)

도면5b



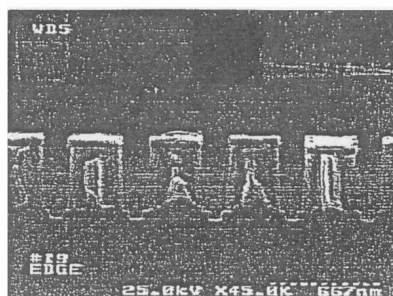
제1단계=20초, 제2단계=15초
30 BC13/30 C12, (ROx=7227 Å)

도면5c



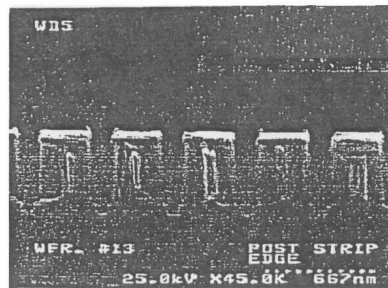
제1단계=20초, 제2단계=7초
15 BC13/45 C12, (ROx=7576 Å)

도면5d



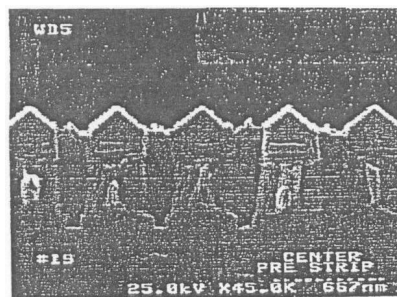
제1단계=30초, 제2단계=7초
30 BC13/30 C12, (ROx=7593 Å)

도면5e

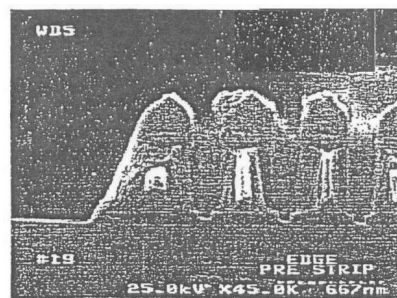


조절된 챔버
참조, (ROx=7506 Å)

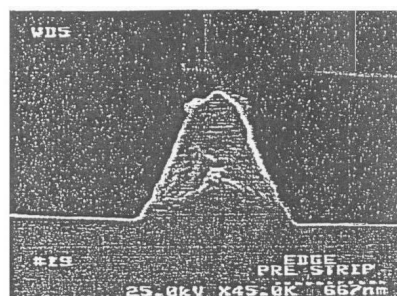
도면6a



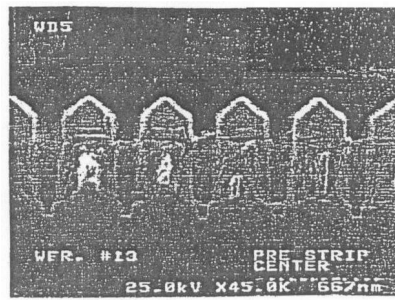
도면6b



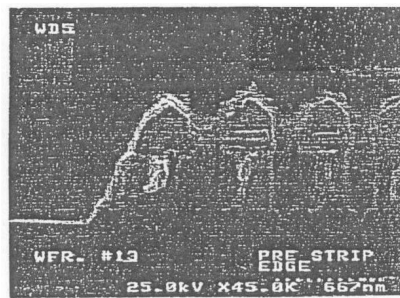
도면6c



도면6d



도면6e



도면6f

