

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(21) 출원번호	10-2000-7008510	(65) 공개번호	10-2001-0040638
(22) 출원일자	2000년08월04일	(43) 공개일자	2001년05월15일
번역문 제출일자	2000년08월04일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1999/002224	(87) 국제공개번호	WO 1999/40607
국제출원일자	1999년02월02일	국제공개일자	1999년08월12일

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

(30) 웃선퀴주장 09/018.448 1998년02월04일 미국(US)

(73) 특허권자 램 리서치 코포레이션  
미합중국, 캘리포니아 94538-6401, 브레몬트, 쿠инг 파크웨이 4650

바해디, 바히드  
미국, 캘리포니아 94706, 알바니, 포스 애비뉴 1503

심사관 : 최정권

#### (54) 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법

요약

마스크 하부 제 1 층의 특징부를 예칭하는 동안 마스크의 부식을 감소시키기 위한 방법이 공개된다. 상기 제 1 층은 기판 위에 배치되고, 상기 기판은 플라즈마 공정 챔버 내의 척 위에 위치한다. 상기 방법은:

상기 플라즈마 공정 챔버로 에칭제 소스 기체를 유입시키고;

상기 에칭제 소스 기체로부터 플라즈마를 형성하며; 그리고

상기 척에 펠스형 RF 전력을 공급하기 위해 기존 펠스 주파수로 RF 전원을 펠스화하는; 이상의 단계로 이루어진다.

상기 펄스형 RF 전력은 제 1 주파수를 가지고, 상기 펄스 주파수의 고전력 사이클과 저전력 사이클 사이에서 진동하며, 상기 펄스 주파수는 충분히 낮도록 선택되어, 상기 저전력 사이클 중 상기 마스크위에 폴리머를 증착시킬 수 있다.

## 대표도

도 5

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 반도체 집적 회로의 제작에 관한 것이고, 보다 특히, 기판층의 에칭 중에 마스크 부식을 감소시키는 기술에 관한 것이다.

### 배경기술

반도체 기판 장비의 제작 중 평면 패널 디스플레이 장치나 집적 회로의 다중 증착 및 에칭 단계가 사용될 수 있다. 증착 단계 중, (글래스 패널이나 웨이퍼 표면과 같은) 기판 표면 위에 물질이 증착된다. 역으로, 기판 표면 위에 정해진 영역의 물질을 제거하기 위해 에칭이 사용될 수 있다.

에칭 중에, 하부층에 에칭될 영역을 형성하기 위해, 포토레지스트와 같은 적절한 마스크 물질로 형성되는 마스크가 사용된다. 포토레지스트 기술에서, 에칭될 하부층에 포토레지스트 물질이 증착된다. 적절한 리소그래피 시스템에서 포토레지스트 물질을 노출시킴으로서, 그리고 이어지는 에칭을 촉진시키기 위해 마스크를 형성하는 포토레지스트 물질을 현상시킴으로서, 포토레지스트 물질이 패터닝된다. 적절한 에칭제를 사용함으로서, 마스크에 의해 보호되지 않는 하부층 영역이 적절한 에칭 소스 기체에 의해 에칭되어 사라지고, 그래서 하부층에 트렌치나 바이어스와 같은 형태를 형성한다.

설명을 돋기 위해, 도 1은 마스크(102), 하부층(104), 그리고 기판(106)을 포함하는 기판 적층(100)을 도시한다. 언급한 바와 같이, 마스크(102)는 포토레지스트 마스크로 나타날 수 있고, 또는 하드 마스크 물질을 포함하는 적절한 마스크 물질로 형성될 수 있다. 하부층(104)은 에칭될 층을 나타낸다. 이해를 돋기 위해, 하부층은 여기서 유전층(예를 들어 도핑되거나 도핑되지 않은 실리콘 다이옥사이드-포함층)으로 나타난다. 그렇지만, 다결정실리콘, 금속, 등의 어떤 에칭 가능한 물질로도 하부층이 형성될 수 있다. 기판(104)은 에칭될 층 하부에 있는 특정부와 층을 포함하고, 반도체 웨이퍼나 글래스 패널 자체를 포함할 수 있다. 여기서의 발명의 목적을 위해 기판(104)의 조성은 크게 관계가 없다.

마스크(102) 내에서, 마스크 패터닝 과정 중 생성되는 구멍(108)이 도시된다. 구멍(108)을 통해, 하부층(104)의 형태(바이어스 또는 트렌치)를 에칭시키도록 하부층의 물질과 에칭제(또는 에칭제로부터 형성되는 플라즈마)가 반응한다.

어떤 주어진 에칭에서도, 원하는 수직 에칭 구조를 유지하면서 보호 마스크에 부적절한 손상을 일으키지 않도록, 하부층을 통해 높은 에칭 속도를 보이는 에칭 과정을 형성하고자 하는 기도가 있어왔다. 손상을 일으키지 않아야 한다는 점이 특히 중요하다. 왜냐하면, 에칭 중에 마스크가 우연하게 손상될 경우 보호 마스크 물질 하부에 놓이는 하부층의 영역이 에칭되어 사라질 수 있어서, 반도체 기반의 제품에 결함을 일으킬 수 있기 때문이다.

마스크 부식 문제의 논의를 용이하게 하기 위해, 기존 플라즈마-강화 에칭 공정을 이용하여 기판 적층물(100)이 에칭된 후의 에칭 결과가 도 2에 도시된다. 도 2에 도시되는 바와 같이, 마스크 부식은 마스크(102) 일부를 제거시키고, 이는 두께(202)로 표시된다. 마스크(102)의 구멍(108) 부근에는, 마스크 물질이 수직(벌크 손실(202)) 및 수평 방향으로 부식되어면 손실(206)을 형성한다. 도 2에 도시되지는 않지만, 과량의 마스크 부식은 에칭제에 층(104)의 하부 물질을 에칭제에 노출시키기에 충분한 면손실을 일으켜서, 구멍(108) 주변의 하부층(104)에 불요한 손상을 일으킬 수 있다. 현대의 고밀도 집적 회로 제작시 마스크 부식은 중요한 난제이다. 더 큰 회로 밀도를 얻기 위하여, 현대의 집적 회로는 더 좁은 설계 규칙으로 스케일링된다. 그 결과, 집적 회로 상의 인접 소자간 최소 거리가 점차적으로 감소하고 있다. 예를 들어, 고밀도 집적 회로의 제작에서 0.18 미크론 이하의 설계 규칙을 사용하는 것이 드문 일이 아니다. 인접 소자들이 보다 가깝게 위치할 경우, 마스크 층의 수용 가능한 최대 두께의 한계값이 존재한다. 주어진 설계 규칙에 대해 마스크가 부적절하게 두껍다면, 에칭을 위해 마스크를 적절하게 패터닝하는 것이 불가능할 수 있기 때문이다. 고밀도 집적 회로의 좁은 설계 규칙을 수용하기 위해 마스크 층이 점점 얇아질 경우, 부주의한 마스크 부식을 방지하기 위해 마스크 선택도가 점점 중요해진다. 따라서, 수직 에칭 구조를 유지하면서 전체 에칭 속도와 마스크 선택도를 최대화할 수 있는 에칭 과정을 원하게 된다.

## 발명의 상세한 설명

본 발명은 마스크 하부에 놓인 제 1 층의 형태를 에칭할 때 마스크 부식을 감소시키기 위한 방법에 관한 것이다. 제 1 층이 기판 위에 증착되고, 이때 기판은 플라즈마 공정 챔버 내의 척 위에 위치한다. 이 방법은 플라즈마 공정 챔버로 에칭 소스 기체를 흐르게 하고, 에칭 소스 기체로부터 플라즈마를 형성하는 단계를 포함한다. 이 방법은 펄스형 RF 전력을 척에 공급하기 위해 정해진 펄스 주파수에서 RF 전원을 펄싱하는 단계를 또한 포함한다. 펄스형 RF 전력은 제 1 주파수를 가지고, 펄스 주파수의 저전력 사이클 및 고전력 사이클 사이에서 진동한다. 저전력 사이클 중 마스크 위에 폴리머를 증착시키기에 충분히 낮은 주파수로 펄스 주파수가 선택된다.

또 하나의 실시예에서, 본 발명은 포토레지스트 마스크 하부에 놓이는 유전층 내에서 바이어(via)를 통해 에칭할 때 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법에 관한 것이다. 유전층이 웨이퍼 위에 증착되고, 이때 웨이퍼는 플라즈마 공정 챔버의 척 위에 위치한다. 이 방법은 플라즈마 공정 챔버로 에칭 소스 기체를 흐르게 하는 과정을 포함한다. 에칭 소스 기체로는 플루로카본 함유 기체와 비반응성 기체가 있다. 이 방법은 플라즈마 공정 챔버와 연계된 제 1 전극에 제 1 RF 전력 파형을 제공하는 과정을 또한 포함한다. 이 방법은 에칭 소스 기체로부터 플라즈마를 형성하는 단계를 또한 포함한다. 상기 에칭 소스 기체로는 플루로카본 함유 기체가 있다. 척에 펄스형 RF 전력 파형을 제공하는 단계가 추가로 포함된다. 펄스형 RF 전력 파형은 제 1 주파수를 가지고, 펄스 주파수의 고전력 사이클과 저전력 사이클 사이에서 진동한다. 저전력 사이클 중 마스크에 폴리머를 증착시키도록, 펄스 주파수와 저전력 사이클 중의 최대 전력 한계가 선택된다.

본 발명의 이들 장점과 다른 장점은 첨부된 도면과 함께 다음의 실시예를 참조함으로서 명백해질 것이다.

## 도면의 간단한 설명

도 1은 마스크, 에칭될 하부층, 그리고 기판으로 이루어지는 기판 적층물의 도면.

도 2는 기존 플라즈마 강화 에칭 과정을 이용하여 도 1의 기판 적층물이 에칭된 후의 에칭 결과를 도시하는 도면.

도 3은 발명 구현에 적합한 플라즈마 공정 시스템을 나타내는 TCP9100 플라즈마 공정 시스템의 단순화된 도면.

도 4는 기존 RF 전력 파형의 도면.

도 5는 에칭 중 마스크 부식을 감소시키기 위해 척 전극에 공급되는 펄스형 RF 전력 파형의 도면.

도 6은 플라즈마 에칭 중 존재하는 경쟁 메카니즘의 논의를 용의하게 하기 위해 이론적인 에칭 과정에 대한 에칭 비율 대 RF 바이어스 전력의 그래프.

도 7-9는 여러 RF 바이어스 전력 설정에서의 여러 에칭 결과의 도면.

## 실시예

본 발명은 첨부 도면에 도시되는 바와 같은 몇몇 선호되는 실시예를 참고하여 이제부터 상세하게 설명될 것이다. 다음의 설명에서, 본 발명의 완전한 이해를 제공하고자 여러 특정 세부사항이 설명될 것이다. 그러나, 이러한 특정 세부사항 전부나 일부 없이도 본 발명이 구현될 수 있음을 당 분야의 통상의 지식을 가진 자는 알 것이다. 다른 예에서, 본 발명의 본질을 불필요하게 흐리지 않기 위해 공지 과정 단계 및 구조는 상세하게 설명하지 않는다.

본 발명의 한 태양에 따라, 플라즈마 공정 시스템에서 펄스형 RF 바이어스 전력으로 기판 적층물을 에칭함으로서 마스크 부식이 최소화된다. 여기서의 용어 "마스크"란 폴리실리콘, 포토레지스트, 하드 마스크 물질, 등을 포함하는 모든 종류의 마스킹 물질을 의미한다. 플라즈마 공정 챔버의 척 위에 기판이 배치될 때 에칭이 일어난다. 정해진 RF 주파수를 가지는 펄스형 RF 바이어스 전력이 척에 공급되고, 정해진 펄스 주파수의 고전력 레벨과 저전력 레벨 사이에서 진동한다. 펄스형 RF 바이어스 전력이 저전력 사이클에 있을 때 마스크 표면에 폴리머 증착을 일으킬 수 있는 적절한 펄스 주파수, 듀티 사이클, 그리고 전력 레벨을 선택함으로서, 전체 마스크 부식이 감소될 수 있다. 고전력 사이클 동안에, 하부층의 에칭이 마스크의 구멍을 통해 일어난다. 한 실시예에서, 에칭부의 바닥과 측벽을 따라 증착되는 모든 폴리머를 제거하기 위하여 고전력 사이클에서 적절한 펄스 주파수, 듀티 사이클, 그리고 전력 레벨을 선택함으로서 에치 프로파일이 개선될 수 있다.

고전력 레벨과 저전력 레벨 사이에서 RF 전원이 펄스화될 수 있는 적절한 플라즈마 공정 시스템에서 본 발명의 마스크 부식 환원 기술이 실제화될 수 있다. 가령, 본 발명에 따르는 에칭은 기존 플라즈마 공정 장치에서 구현될 수도 있다. 건식 에칭, 플라즈마 에칭, 반응성 이온 에칭(RIE), 자화 강화 반응성 이온 에칭(MERIE), 등이 그 예이다. 충전적으로 연결된 평행 전극 플레이트를 통해, 전자 사이클로트론 공명(ECR) 소스, 마이크로웨이브 플라즈마 소스를 통해, 헬리콘, 헬리컬 레조네 이터, 그리고 유도 코일 등과 같이 유도적으로 연결된 RF 소스를 통해 에너지가 플라즈마로 이동되리 수 있는지 여하에 관계없이 이는 사실이다. ECR 및 TCP-브랜드 플라즈마 공정 시스템은 미국, 캘리포니아, 프레몬트 소재의 램 리서치 주식회사(Lam Research Corporation)의 제품을 이용할 수 있다.

한 실시예에서, 본 발명은 TCP 9100 저압 고밀도 플라즈마 반응기에서 실현된다. 상기 반응기로는 램 리서치 사의 제품 말고도 다른 기존 제품을 이용할 수 있다. 도 3은 TCP 9100 플라즈마 반응기(300)의 간단화된 도면으로서, 플라즈마 공정 챔버(302)를 포함한다. 챔버(302) 위에는 전극(304)이 배치되고, 이는 도 3의 예에서 유도 코일에 의해 구현된다. 코일(304)은 정합망(도 3에 도시되지 않음)을 통해 RF 제너레이터(306)에 의해 에너지화된다. 코일(304)에 공급되는 RF 전력은 13.56 MHz의 RF 주파수를 가질 수 있다.

챔버(302) 내에는 기체 분배 플레이트(308)가 제공되고, 상기 플레이트(308)에는 다수의 구멍이 존재하여, 에칭 소스 기체와 같은 기체성 소스 물질을 플레이트(308)와 기판(310) 사이의 RF 유도 플라즈마 영역으로 분배한다. 기체성 소스 물질은 챔버 자체의 벽에 구축된 포트로부터 유입될 수도 있다. 기판(310)은 챔버(302) 내로 삽입되고, 척(312) 위에 배치되며, 이는 하부 전극으로 작용하고 RF 제너레이터(314)에 의해 바이어스되는 것이 선호된다. RF 제너레이터(314)에 의해 공급되는 RF 에너지는 예를 들어 4MHz의 RF 주파수를 가질 수 있고, 다른 RF 주파수도 사용될 수 있다. 척(12)은 적절한 장치 고정자로 사용되고, 정전(ESC) 척, 기계형 척, 진공 척, 등에 의해 구현될 수 있다. 플라즈마 에칭중, 챔버(302) 내의 압력은 한 실시예에서 약 1~50 mTorr 사이로 낮게 유지된다.

본 발명의 한 태양에 따라, 하부 전극(즉, 척(312))에 공급되는 RF 바이어스 전력은 에칭 중의 마스크 부식을 저하시키기 위해 정해진 펄스 주파수의 고전력 레벨과 저전력 레벨 사이에서 펄스화된다. 본 발명의 여러 태양 중 본 태양을 보다 적절하게 설명하기 위하여, 도 4와 5는 기존 에칭에서 일반적으로 사용되는 연속 RF 바이어스 전력 파형과, 본 발명에 따라 마스크 부식 감소를 위해 사용되는 펄스형 RF 바이어스 전력 파형 간의 콘트래스트를 도시한다. 도 4를 참조로 할 때, 기존 연속 RF 전력 파형은 정해진 RF 주파수(4MHz 등), 정해진 최대 출력 레벨  $P_{MAX}$ 를 가지고, 그래서 평균 전력 레벨  $P_{AV}$ 를 유도한다. 도 4의 기존 RF 바이어스 전력 파형은 연속적이다. 왜냐하면, 파형의 진폭이 에칭 중 기정 최대 전력 레벨  $P_{MAX}$ 로부터 변하지 않기 때문이다.

도 5에서, 또한 RF 전력은 기정 RF 주파수에서 공급된다(그러나 일정한 RF 주파수가 발명에서 요구되는 것은 아니다). 기준 도 4의 연속 RF 바이어스 전력 파형과는 달리, 도 5의 RF 바이어스 전력 파형의 최대 진폭은 높은 전력 레벨  $P_{MAX-HIGH}$ 와 저전력 레벨  $P_{MAX-LOW}$  사이에서 진동한다. 그러므로, 저전력 사이클 중에, 척 전극에 운반되는 평균 전력( $P_{AV-LOW}$ )은 고전력 사이클( $P_{AV-HIGH}$ ) 중 척 전극에 운반되는 평균 전력보다 낮다. RF 바이어스 전력 파형은 기정 펄스 주파수  $f_{PULSE}$ 의 저전력 레벨과 고전력 레벨 사이에서 진동한다. 이는 도시되는 펄스 주기(506)의 역이다. 펄스 주기(506)의 구간에 대한 상대적인 고전력 사이클(502)의 구간의 비에 의해 둑티 사이클이 정해진다.

본 발명의 한 태양에 따라, 저전력 사이클 중에 마스크 표면에 폴리머를 증착시키기에 충분히 낮도록 펄스 주파수(즉, 고전력 레벨과 저전력 레벨 사이에서 척 전극에 공급되는 RF 전력이 진동할 때의 주파수)가 선택된다. 고전력 사이클의 시작부에서, 이 증착된 층은 하부 마스크 물질을 보호하기 위한 희생층으로 작용한다. 따라서, 증착된 폴리머의 전체 두께가 고전력 사이클에서 산화되어 사라지는 경우에도, 마스크 물질은 별로 에칭되어 사라지지 않는다. 왜냐하면, 고전력 사이클의 시작부에서 증착 폴리머의 존재가 이 고전력 레벨에서 에칭제 물질에 마스크 물질이 노출되는 시간을 감소시키기 때문이다.

본 발명의 본 태양은, 대부분의 플라즈마 에칭 공정에서 두 분리 메카니즘이 서로 경쟁하면서 작용한다는 것을 인지함으로부터 시작된다. 일반적으로, 하부층의 에칭중, 척 전극에 공급되는 RF 전력은 마스크의 구멍을 통해 노출되는 하부층의 영역을 에칭하여 없애버리기 위해 플라즈마로부터의 이온을 기판 표면을 향해 가속시킨다. 동시에, 기판 위에 에칭 특징부 측벽을 따라, 그리고 에칭 특징부의 하부면을 따라 폴리머가 증착된다. 폴리머 증착은 일부 유용한 기능으로 작용하고, 즉, 에칭 중 에칭제에 의해 측벽이 파괴되는 것을 막으며, 에치 프로파일을 보호한다.

또한 일반적으로, 척 전극에 공급되는 RF 전력이 감소할 경우, 폴리머 증착이 증가되고 마스크 부식이 감소되는 경향이 있다(즉, 마스크 선택도가 증가한다). 그러나, 척 전극까지의 RF 전력을 감소시키는 것은 이온 에너지 감소에 따라 전체 에칭 속도를 감소시키는 우려할만한 경향을 보인다. 포토레지스트 마스크의 부식 속도나 에칭 속도와 하부층의 에칭 속도에 대한 RF 바이어스 전력의 영향을 설명하기 위해, 도 6은 이론적인 에칭 공정에 대한 에칭 속도 대 RF 바이어스 전력 간의 그래프를 도시한다. 도 6에서, 이해를 돋기 위해 RF 전력 과형은 연속적(펄스형이 아님)인 것으로 가정된다.

도 6에서, 곡선 602는 하부층(즉, 마스크 아래의 유전층)을 통한 에칭 속도를 나타낸다. 도 6에 도시되는 바와 같이, RF 바이어스 전력이 지정값  $P_A$  이상일 때 하부층의 에칭이 일어난다. 지정값  $P_A$ 에서, 에칭 메카니즘과 폴리머 증착 메카니즘은 서로를 상쇄시켜서, 하부층의 에칭 속도를 0으로 하게 한다. 지정값  $P_A$  이하에서, 폴리머 증착 메카니즘이 주메카니즘이 되고, 폴리머 증착이 하부층 에칭 없이 이루어진다.

곡선 604는 RF 바이어스 전력의 함수로 마스크를 통한 부식 속도를 도시한다. RF 바이어스 전력이 지정 값  $P_B$ 보다 클 때 마스크 부식이 일어난다. 지정값  $P_B$ 에서, 에칭 메카니즘과 폴리머 증착 메카니즘이 서로 상쇄되어, 마스크 에칭 속도를 0으로 이끈다. 지정값  $P_B$  이하에서, 폴리머 증착 메카니즘이 주메카니즘이 되고, 폴리머 증착이 마스크 부식 없이 이루어진다.

도 6에 도시되는 바와 같이, 값  $P_A$ 와  $P_B$  사이의 영역에 하부층의 에칭이 여전히 일어날 수 있고, 이때 마스크 부식이 최소화된다. 그러나, 에칭이 본 영역에서만 일어나도록 연속 RF 전력이 감소될 경우, 에칭 속도는 실제값보다 낮게 된다. 또한, 에칭이 진행되고 특징부가 깊어질 경우, 특징부 하부의 에칭 속도는 점점 낮아져서, 에칭 특징부의 하부에 도달하는 이온이 감소함에 따라 하부층의 에칭이 일어나지 않을 것이다. 따라서, 에칭 속도를 증가시키기 위해, 그리고 에칭 특징부가 깊어짐에 따라 에칭이 계속되는 것을 보장하기 위해, 기존 연속 RF 전력 과형 기술에 따르는 에칭은 값  $P_B$  이상인 연속 RF 바이어스 전력 세팅을 사용한다.

이 내용으로부터, 저전력 레벨(마스크 위에 폴리머 증착되는 값  $P_B$  이하)과 고전력 레벨(하부층 에칭이 증가하지만 증착된 폴리머/마스크의 부식 역시 증가하는 값  $P_A$  이상)이 증가하지 사이에서 RF 바이어스 전력의 전력 레벨을 진동시킴으로서, 마스크 부식이 감소할 수 있다. 고전력 사이클이 개시될 때, 저전력 사이클 중 마스크 상에 증착되는 폴리머는 첫 번째로 부식되어 없어지는 희생층으로 작용한다. 이러한 방식으로, 고전력 사이클 중의 어떤 점에서 모든 증착 폴리머가 사라질 경우에도, 마스크 물질의 부식이 감소된다.

에칭 특징부의 하부에서나 특징부 측벽을 따라서보다는 마스크의 표면에서 폴리머 증착이 더 빨리 일어난다. 저출력 사이클 중 에칭 특징부의 바닥을 따라 그리고 특징부 측벽을 따라 폴리머 증착이 덜 일어나기 때문에, 폴리머 증착의 존재는 하부층의 최하부 에칭 속도를 크게 감소시키지 않고, 에칭 프로파일을 크게 저하시키지 않는다. 일부 경우에, 폴리머가 마스크 위에 증착될 때 에칭 특징부의 하부에 거의 어떤 폴리머도 증착되지 않도록 저전력 사이클에서 에칭 방법을 조절하는 것이 가능하다. 고전력 사이클에서, 에칭 프로파일이 보호되고 하부층을 통한 에칭이 촉진되도록, 저전력 사이클 중 에칭 특징부의 바닥에서와 에칭 특징부의 측벽을 따라 증착되는 모든 폴리머가 제거될 수 있게 에칭 방법이 조절되는 것이 선호된다.

저전력 사이클 중 폴리머 증착을 발생시킬 만큼 펄스 주기가 충분히 짧은 것이 중요하다. 대부분의 플라즈마 공정 시스템에 대해 1KHz 이상과 같이 펄스 주파수가 너무 높으면, 저전력 사이클에서 폴리머 증착이 일어나지 않을 수 있다. RF 바이어스 전력 과형의 고전력 사이클로부터 저전력 사이클까지 이동할 때 폴리머 증착이 즉각 일어나지 않는다고 믿어진다. 이는 RF 전력 레벨이 변할 때, 기판, 척, 그리고 그 연관 전자 장치가 중요한 축적 용량을 갖고 자연스런 램프 다운 속도를 가지기 때문이다. 또한, 플라즈마로부터의 이온은 무시할 수 없는 이너시아를 가지고, 에너지 손실 방지를 위해 시간을 할애할 수 있다. 따라서, 마스크에 폴리머 증착이 일어나기 전에 고전력 레벨로부터 저전력 레벨까지의 이동 이후 시간을 필요로 할 수 있다. 그러므로, 폴리머 증착이 일어날 수 있도록 펄스 주파수가 매우 높지 않다면, 고전력 레벨과 저전력 레벨 간의 RF 바이어스 전력의 진동은 마스크 선택도를 향상시키는 방식의 폴리머 증착을 이끌지는 않는다. 각각의 저전력 사이클 중 듀티 사이클이 낮게 유지되더라도 이는 사실이다.

도 7-9는 기판 적층물 예에 대한 여러 RF 바이어스 전력 레벨에서의 에칭 및 폴리머 증착 메카니즘의 영향을 도시한다. 도 7에서, RF 바이어스 전력 레벨은 0으로 설정된다. 본 예에서, 0 RF 바이어스 전력 레벨(또는 매우 낮은 RF 바이어스 전력 레벨)은 폴리머를 마스크(702) 위에, 에칭 특징부(704)의 측벽을 따라, 그리고 에칭 특징부의 하부를 따라 증착시킨다. 그

러나, 에칭 특징부의 하부를 따라 또는 에칭 특징부의 측벽을 따라서보다는 마스크(702) 위에 폴리머가 증착되려하는 경향을 보인다. 고전력 사이클에서, 에칭 특징부의 하부를 따르는 폴리머 증착이 제거되어, 하부층(706)의 에칭을 진행시킬 수 있다. 마스크 상부면을 따라 증착되는 폴리머의 두께는 고전력 사이클에서 마스크의 부식을 저하시킨다.

도 7의 RF 바이어스 전력 레벨보다 도 8의 RF 바이어스 전력 레벨이 더 높다. 이는 RF 바이어스 전력이 상승할 때 에칭 효과를 도시한다. 본 예에서, 마스크(702) 위에 폴리머가 증착된다. 그러나 높은 RF 바이어스 전력 레벨로 인해, 저전력 사이클 중에는 에칭 특징부의 하부나 측벽을 따라 폴리머 증착이 거의 발생하지 않는다. 또한, 하부층의 일부 에칭은 이 저전력 사이클 중 일어날 수도 있다. 도 6과 연관하여 앞서 설명한 바와 같이, 마스크 표면에 폴리머가 계속 증착되더라도 하부 에칭이 일어날 수 있다. 고전력 사이클이 다시 개시될 때, 특징부 하부의 에칭이 계속되고, 마스크 상부층을 따른 증착 폴리머의 두께는 마스크의 부식을 저하시킨다.

도 9에서, 고전력 사이클에서의 효과를 도시하기 위해 도 7이나 8의 경우보다 높은 RF 바이어스 전력이 도시된다. 상대적으로 높은 RF 바이어스 전력 레벨에서, 하부층(706)을 통한 에칭이 주요하다. 저전력 사이클이 고전력 사이클에 선행되면, 앞선 저전력 사이클에서 증착된 대부분의 폴리머가 제거되는 것이 선호된다. 일부 마스크 물질이 고전력 사이클의 말미에 의해 제거될 수 있지만, 고전력 사이클 시작부에서 증착된 폴리머의 존재는 고전력 사이클 중 제거되는 마스크 물질량을 감소시킨다.

특정 기판 적층물의 요청에 적합하게 에칭을 최적화하기 위하여, 펄스 주파수가 변할 수 있다. 일반적으로, 펄스 주파수를 감소시키는 것은 폴리머 증착 속도를 증가시키는 경향이 있다. 에칭 처리의 추가적 최적화를 위하여, 듀티 사이클이 변할 수 있다. 일반적으로, 듀티 사이클 증가는 마스크 선택도를 감소시키는 경향이 있다. RF 바이어스 전력 파형의 듀티 사이클이 100% 마크에 접근함에 따라, 에칭 결과는 기준 연속 RF 바이어스 파형의 결과에 접근한다.

앞서 언급한 바와 같이, 고전력 사이클 중에 바람직한 에칭 결과를 얻기 위해 고전력 레벨이 변할 수 있다. 가령, 고전력 레벨을 증가시키는 것은 높은 마스크 부식 속도에서도 에칭 속도를 증가시키고 수직 에칭 프로파일을 향상시키는 경향이 있다. 마찬가지로, 저전력 사이클에서 에칭 메카니즘과 폴리머 증착 메카니즘 사이에 바람직한 균형을 이루기 위해 하부 전력 레벨이 변할 수 있다. 예를 들어, 저전력 레벨을 증가시키는 것은 에칭 속도를 증가시키고 폴리머 증착의 양을 감소시키는 경향이 있다. 도 7 및 8에서, 저전력 레벨을 증가시키는 것은 라인 708을 낮게 한다. 역으로, 저전력 레벨을 감소시키는 것은 에칭 속도를 감소시키고, 저전력 사이클 중 보다 많은 폴리머 증착을 일으킨다. 앞서 언급한 바와 같이, 마스크 상부면에 일부 폴리머 증착을 일으키면서 에칭 특징부 하부에 폴리머 증착이 거의 생기지 않도록 저전력 레벨이 선택될 수 있다.

## 예

특정 장치에서, 유전층(실리콘 다이옥사이드 층, 가령 BPSG)을 가지는 200 mm 웨이퍼가 TCP 9100 플라즈마 처리 시스템에서 에칭된다. 마스크 물질은 포토레지스트 층을 나타내고, 에칭제는 플루로카본 함유 기체(플루로카본 기체나 하이드로플루로카본 기체, 즉  $C_2HF_5$ )를 포함한다. 그러나 당 분야의 통상의 지식을 가진 자가 쉽게 알 수 있는 바와 같이, 선택되는 특정 에칭제는 에칭될 하부층의 조성이나 선택된 에칭 방법에 따라 좌우된다.

높은 RF 바이어스 전력 레벨은 약 1600 와트이다. 그러나, 적절한 전체 유전 에칭 속도, 포토레지스트 선택도를 얻기 위해, 그리고 주어진 시스템과 주어진 기판 적층구조에서 원하는 에칭 프로파일을 유지하기 위해, 높은 RF 바이어스 전력 레벨이 최적화될 수 있다. 높은 RF 바이어스 전력 레벨은 600 와트와 2500 와트 사이일 수 있다. 저전력 레벨은 0와트와 고전력 레벨의 1KS 사이일 수 있고, 0와트와 고전력 레벨의 1/5 사이가 선호된다. 본 예에서, 저전력 레벨은 약 150 와트이다.

듀티 사이클은 10%와 100% 이하값에서 변할 수 있고, 30%와 75% 사이가 보다 선호된다. 본 예에서, 듀티 사이클은 약 50%이다. 펄스 구간은 0.1Hz에서 1000 Hz 이하 사이이고, 1Hz와 100Hz 사이가 가장 선호되며, 약 5Hz가 선호된다.

또한 본 예에서, TCP 9100 반응기의 압력은 에칭 중에 약 5mT로 유지된다. 상부 출력은 1500 와트로 설정된다. 본 예에서, 상부 RF 전력은 연속적이다. 그러나, 필요할 경우 상부 RF 전력도 펄스화될 수 있다. 약 100 sccm에서 공정 챔버로 아르곤이 유입된다. 그러나, 어떤 적절한 비반응성 기체(즉, 비활성 기체, 또는 질소기체 등)도 또한 사용될 수 있다.  $CHF_3$ 는 약 45 sccm으로,  $C_2HF_5$ 는 20 sccm으로, 그리고  $CH_2F_2$ 는 약 5 sccm으로 유입된다. 그러나, 특정 실시예의 압력, 상부 전력 세팅, 유입 속도, 에칭제 기체 조성 등에 발명이 제한되는 것은 아니다. 특정 플라즈마 공정 시스템이나 특정 기판에 따라 이러한 변수가 적절히 조정될 수 있음을 당 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 알 수 있을 것이다. 공개된 펄스형 RF

전력 파형을 이용하여 기판이 에칭될 때, 에칭 프로파일이나 에칭 속도에 약영향없이 포토레지스트 선택도는 약 3:1에서 7:1까지 증가한다. 연속 RF 전력 파형으로 에칭될 때 더 높은 마스크 선택도를 이미 가지는 에칭에 대해서도 개선점을 얻을 수 있다. 연속 RF 전력 파형만을 사용하는 기존 에칭에 대해 상당한 개선점을 그 결과가 보여준다. 이때, 마스크 선택도를 향상시키는 것, 즉 마스크 부식을 감소시키는 것은 에칭 프로파일을 저하시키고, 전체 하부층 에칭 속도를 감소시킨다.

본 발명이 여러 선호되는 실시예를 들어 설명되었지만, 본 발명의 범위 내에서 여러 수정, 변경 등이 가능하다. 본 발명을 구현하는 방법 및 장치에는 여러 가지 방법이 있다. 그러므로 본 발명의 진정한 사상 및 범위 내에서 이러한 모든 변경, 수정을 포함하도록, 다음의 청구범위가 해석되어져야 할 것이다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

마스크(702) 하부 제 1 층(706)의 에칭 특징부를 에칭하는 동안 마스크의 부식을 감소시키기 위한 방법으로서, 상기 제 1 층이 기판 위에 배치되며, 상기 기판(310)이 플라즈마 공정 챔버(302) 내의 척(312) 위에 위치하게 되는 상기 방법이:

상기 플라즈마 공정 챔버로 에칭제 소스 기체를 유입시키고;

상기 에칭제 소스 기체로부터 플라즈마를 형성하며; 그리고

상기 척에 펄스형 RF 전력을 공급하기 위해 기정 펄스 주파수로 RF 전원(314)로부터 펄스를 공급하고, 이 때 상기 펄스 주파수는 5Hz에서 100Hz 사이이며, 상기 펄스형 RF 전력을 상기 척으로 공급하도록 하고, 상기 펄스형 RF 전력이 제 1주파수를 가지며, 이 같은 펄스 주파수에서 고전력 사이클과 저전력 사이클 사이를 진동하고, 상기 저전력 사이클 중 상기 마스크위에 폴리머를 증착시킬 수 있도록 상기 펄스 주파수가 충분히 낮도록 선택됨을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법.

##### 청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 에칭제 소스 기체는 하이드로플루로카본 기체를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법.

##### 청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 플라즈마 공정 챔버는 유도-연결되는 플라즈마 공정 챔버인 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법.

##### 청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 저전력 사이클 중의 최대 전력 레벨이 상기 고전력 사이클 중의 최대 전력 레벨 반보다 작은 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법.

##### 청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 층이 유전층인 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법.

##### 청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 마스크가 포토레지스트 마스크인 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법.

### 청구항 7.

제 6 항에 있어서, 상기 저전력 사이클 중의 최대 전력 레벨이 상기 고전력 사이클 중의 최대 전력 레벨 반보다 작은 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법.

### 청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 고전력 사이클이 최대 전력 레벨을 가지며, 상기 고전력 사이클 최대 전력 레벨이 상기 고전력 사이클 중 상기 에칭 특징부 하부의 모든 폴리머 증착을 제거하도록 선택되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 방법.

### 청구항 9.

포토레지스트 마스크(702) 하부의 유전층(706)내에서 바이어(via)를 에칭할 때 포토레지스트 선택도를 향상시키기 위한 방법으로서, 상기 유전층이 웨이퍼 위에 배치되고, 상기 웨이퍼는 플라즈마 공정 챔버(302)내의 척(312)위에 배치되는 상기 방법이:

플루로카본 함유 기체와 비반응성 기체를 포함하는 에칭제 소스 기체를 상기 플라즈마 공정 챔버로 유입시키고;

상기 플라즈마 공정 챔버와 연관된 제 1 전극(304)으로 제 1 RF 전력 파형을 제공하며, 이때 상기 제 1 전극은 상기 척과는 다른 것이며;

플루로카본 함유 기체를 포함하는 상기 에칭제 소스 기체로부터 플라즈마를 형성하고; 그리고

상기 척에 펠스형 RF 전력 파형을 제공하며, 이때 상기 펠스형 RF 전력 파형이 제 1 주파수를 가지고 고전력 사이클과 저전력 사이클 사이에서 진동하며, 상기 저전력 사이클 중 최대 전력 레벨과 상기 펠스 주파수가 선택되어 상기 저전력 사이클 중에 상기 마스크 위에 폴리머를 증착될 수 있도록 하며, 상기 펠스 주파수가 5Hz와 100Hz 사이이도록 함을 포함함을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 10.

제 9 항에 있어서, 상기 저전력 사이클 중의 최대 전력 레벨이 상기 고전력 사이클 중 최대 전력 레벨의 반보다 작은 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키는 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 11.

포토레지스트 마스크(702) 하부의 유전층(706) 내에서 바이어(via)를 에칭할 때 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법으로서, 상기 유전층은 기판(310) 위에 배치되고, 상기 기판은 플라즈마 공정 챔버(302)의 척(312) 위에 위치하는 상기 방법이:

플루로카본 함유 기체와 비반응성 기체를 포함하는 에칭제 소스 기체를 상기 플라즈마 공정 챔버로 유입시키고;

상기 에칭제 소스 기체로부터 플라즈마를 형성하며; 그리고

상기 척에 펠스형 RF 전력 파형을 제공하고, 이때 상기 펠스형 RF 파형은 제 1 주파수를 가지며 고전력 사이클과 저전력 사이클 사이에서 진동하고, 상기 저전력 사이클 중 최대 전력 레벨과 상기 펠스 주파수가 상기 마스크 위에 폴리머를 증착 시키도록 선택되며, 이때 상기 펠스 주파수가 5Hz에서 100Hz 사이이도록 함을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 12.

제 11 항에 있어서, 상기 고전력 사이클 중 상기 바이어(via)의 하부에서 유전 물질을 에칭시키도록 상기 고전력 사이클의 최대 전력 레벨이 선택되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 13.

제 11 항에 있어서, 상기 저전력 사이클 중 상기 바이어의 하부를 따라 증착되는 모든 폴리머를 상기 고전력 사이클이 끝나는 때 제거하도록 상기 고전력 사이클 중의 최대 전력 레벨이 선택되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 14.

제 13 항에 있어서, 상기 저전력 사이클 중 상기 바이어의 측벽을 따라 증착되는 모든 폴리머를 상기 고전력 사이클이 끝나는 때 제거하도록 상기 고전력 사이클 중의 상기 최대 전력 레벨이 선택되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 15.

제 11 항에 있어서, 상기 저전력 사이클 중의 최대 전력 레벨이 상기 고전력 사이클 중 최대 전력 레벨의 반보다 작은 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 16.

제 11 항에 있어서, 상기 플라즈마 공정 챔버의 상부 전극에 RF 전력을 제공하는 단계를 추가로 포함하고, 상기 상부 전극이 상기 기판 위에 배치되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 17.

제 16 항에 있어서, 상기 상부 전극이 유도 코일인 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

### 청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 저전력 사이클 중의 최대 전력 레벨이 상기 고전력 사이클 중의 최대 전력 레벨 반보다 작은 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

**청구항 19.**

제 11 항에 있어서, 상기 저전력 사이클이 상기 저전력 사이클중 상기 에칭 특징부(704) 저부에서 폴리머를 증착할 수 있도록 선택되며, 상기 고전력 사이클 중 상기 에칭 특징부(704) 저부에서 모든 폴리머 증착을 제거하도록 상기 고전력 레벨이 선택되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭 중 마스크 부식을 감소시키어 포토레지스트 선택도를 향상시키는 방법.

**청구항 20.**

삭제

**청구항 21.**

삭제

**청구항 22.**

삭제

**청구항 23.**

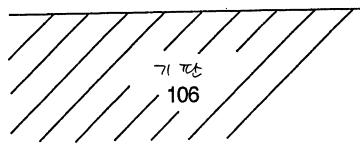
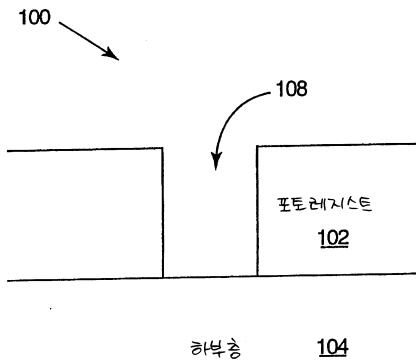
삭제

**청구항 24.**

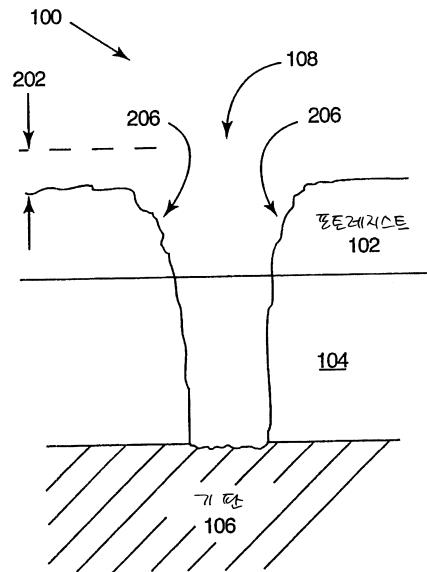
삭제

도면

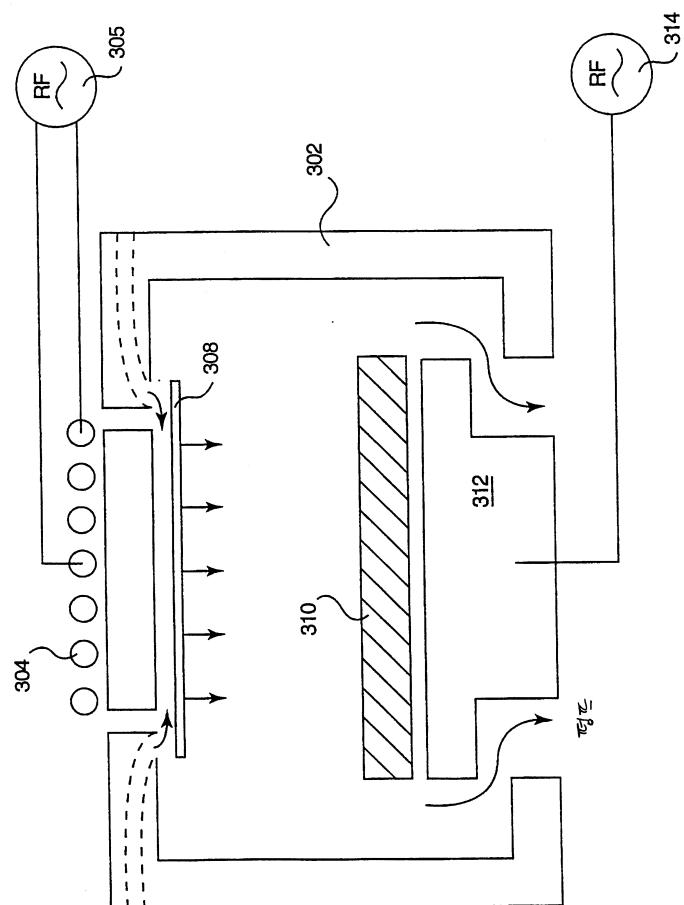
도면1



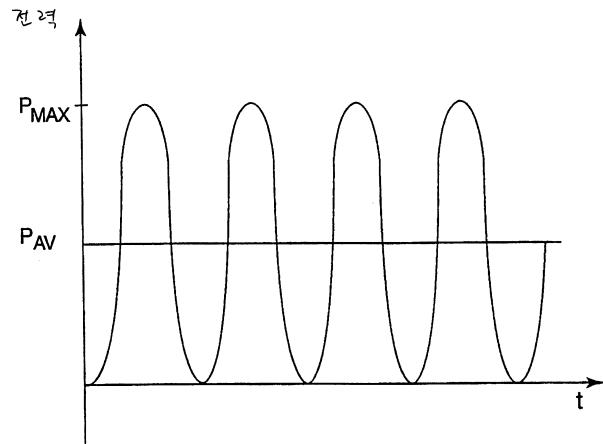
도면2



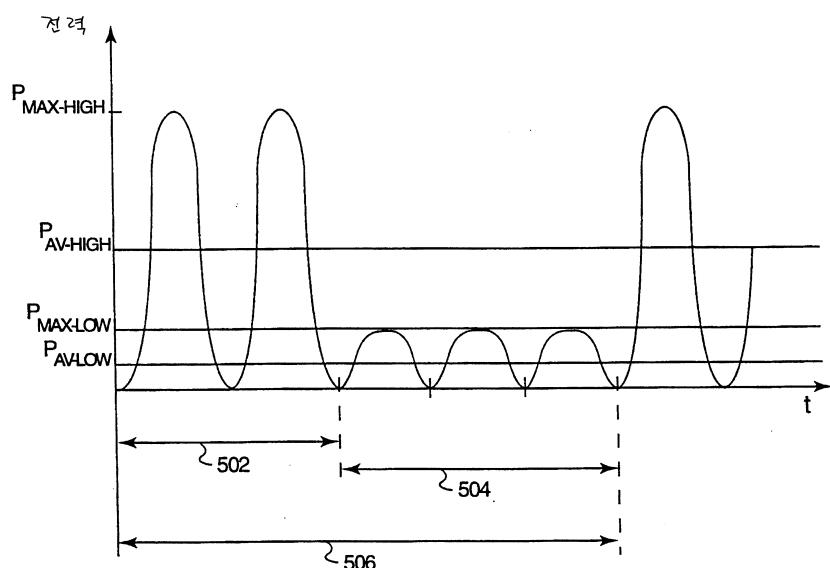
도면3



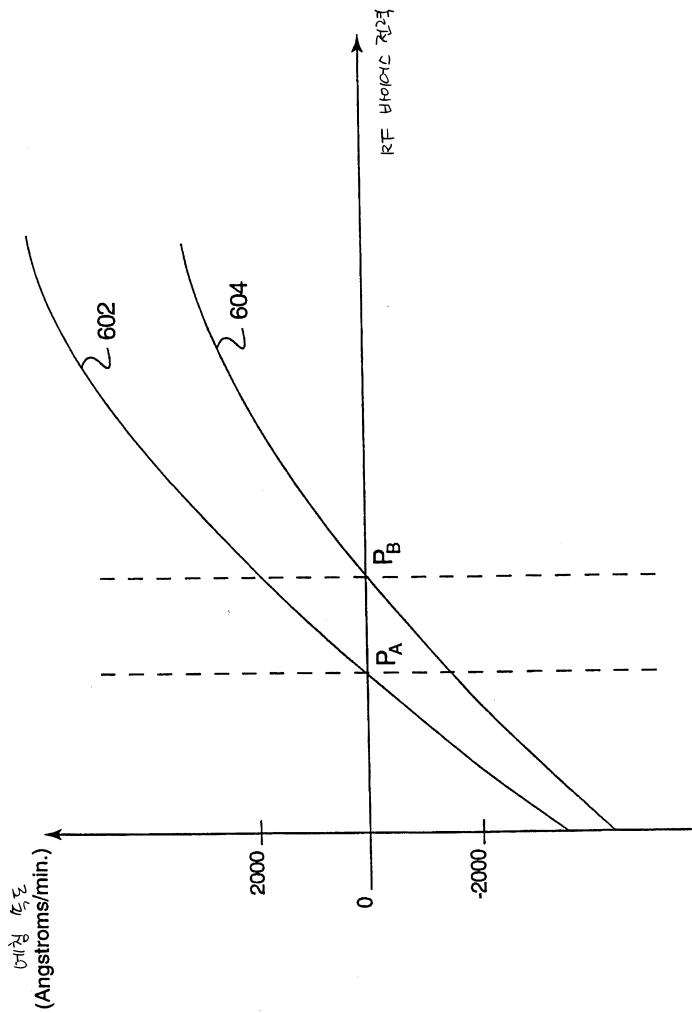
도면4



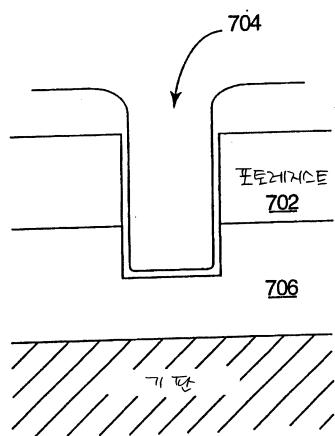
도면5



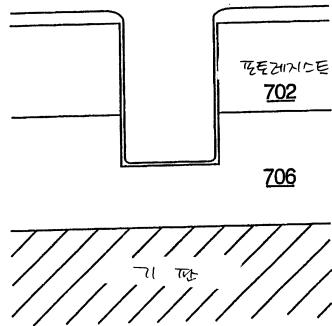
도면6



도면7



도면8



도면9

