



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0045005
(43) 공개일자 2011년05월03일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) Int. Cl.
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/203 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2011-7003435</p> <p>(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년08월06일
심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2011년02월14일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2009/004494</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2010/019196
국제공개일자 2010년02월18일</p> <p>(30) 우선권주장
12/222,789 2008년08월15일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650</p> <p>(72) 발명자
던드사 라진더
미국 95148 캘리포니아주 샌호세 롤링사이드 드라이브 3670</p> <p>(74) 대리인
특허법인코리아나</p> |
|---|--|

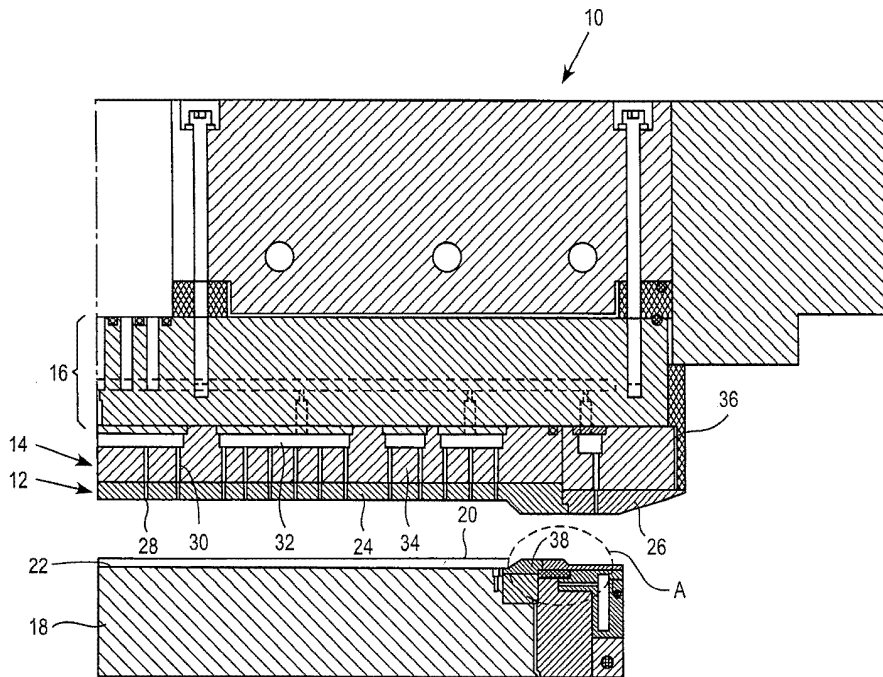
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 온도 제어형 핫 에지 링 어셈블리

(57) 요약

플라즈마 반응 챔버에서 지지되는 반도체 기판을 둘러싸도록 적용된 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리가 제공된다. 환형 지지체 표면을 갖는 기판 지지체는 기판 지지체 표면을 둘러싼다. 무선-주파수(RF) 커플링 링은 환형 지지체 표면 위에 위치된다. 하부 개스킷은 환형 지지체 표면과 RF 커플링 링 사이에 있다. 하부 개스킷은 열 및 전기 전도성이다. 핫 에지 링은 RF 커플링 링 위에 위치된다. 기판 지지체는 기판의 외부 에지가 핫 에지 링 위로 돌출되도록 기판을 지지하게 적용된다. 상부 열 전도성 매체는 핫 에지 링과 RF 커플링 링 사이에 있다. 핫 에지 링, RF 커플링 링, 및 환형 지지체 표면은 기계적으로 클램프될 수 있다. 가열 엘리먼트는 RF 커플링 링에 임베딩될 수 있다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

플라즈마 반응 챔버에서 지지되는 반도체 기판을 둘러싸도록 구성된 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리로서,

기관 지지체 표면을 둘러싸는 환형 (annular) 지지체 표면을 갖는 기관 지지체;

상기 환형 지지체 표면 위에 위치한 무선-주파수 (RF) 커플링 링;

상기 환형 지지체 표면과 상기 RF 커플링 링 사이의 하부 개스킷으로서, 열 및 전기 전도성인, 상기 하부 개스킷;

상기 RF 커플링 링 위에 위치한 핫 에지 링으로서, 상기 기관 지지체는 기관의 외부 에지가 상기 핫 에지 링 위로 돌출되도록 상기 기판을 지지하도록 구성되는, 상기 핫 에지 링; 및

상기 핫 에지 링과 상기 RF 커플링 링 사이의 상부 열 전도성 매체를 포함하는, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 열 전도성 매체는,

내부 O-링 및 외부 O-링을 포함하며,

상기 내부 O-링과 상기 외부 O-링은 동심으로 배열되고,

상기 내부 O-링, 상기 외부 O-링, 상기 핫 에지 링, 및 상기 RF 커플링 링은 체적을 정의하고, 상기 체적은 가압된 열 전달 가스를 포함하도록 구성되며,

상기 열 전달 가스는 헬륨, 네온, 아르곤, 또는 질소를 포함하는, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 내부 O-링 및 상기 외부 O-링은 상기 RF 커플링 링에 형성된 환형 채널을 둘러싸며,

상기 내부 O-링, 상기 외부 O-링, 및 상기 환형 채널은 동심으로 배열되는, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

제어기;

플라즈마 프로세싱 동안에 상기 핫 에지 링의 온도를 측정하고, 상기 제어기에 입력 신호들을 공급하도록 구성된 온도 센서;

상기 체적에 연결된, 열 전달 가스 소스 및 진공 펌프를 더 포함하며,

상기 가스 소스는 상기 제어기에 응답하여 상기 체적에서의 정적 가스 압력을 증가시키도록 동작가능하고, 상기 진공 펌프는 상기 제어기에 응답하여 상기 체적을 배기하도록 동작가능한, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 열 전도성 매체는 상부 개스킷이며,

상기 상부 개스킷은 열 및 전기 전도성인, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 상부 개스킷 및 상기 하부 개스킷은,

실리콘계 시트;

금속 및 폴리머 재료들의 적층체;

(a) 알루미늄 또는 알루미늄 합금들; 및 (b) 충전된 실리콘 고무의 적층체;

(a) 폴리이미드 재료; 및 (b) 충전된 실리콘 고무; 또는 플루오로엘라스토머 (fluoroelastomer) 의 적층체로 이루어지는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기관 지지체는 냉각된 액체로 능동적으로 냉각되는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 RF 커플링 링은 상기 환형 지지체 표면에 기계적으로 클램프되며; 그리고

상기 핫 예지 링은 상기 RF 커플링 링에 기계적으로 클램프되는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 RF 커플링 링은 상기 환형 지지체 표면에 볼트로 체결 (bolt) 되고; 그리고

방사상으로 연장되는 플랜지를 갖는 클램핑 링을 더 포함하고, 상기 핫 예지 링은, 상기 플랜지와 정합 (mate) 하고 상기 핫 예지 링을 상기 RF 커플링 링에 고정시키도록 구성된 주변 리세스를 가지며,

상기 클램핑 링은 상기 RF 커플링 링에 볼트로 체결되는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 클램핑 링과 상기 핫 예지 링 사이에 폴리이미드 링을 더 포함하는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 RF 커플링 링은 산화 알루미늄, 규소, 탄화 규소, 또는 질화 알루미늄으로 이루어지고;

상기 핫 예지 링은 규소, 탄화 규소 또는 석영으로 이루어지며;

상기 클램핑 링은 세라믹 재료로 이루어지는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

청구항 12

플라즈마 프로세싱 챔버에서의 기관의 플라즈마 프로세싱 동안에, 제 4 항에 기재된 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리의 온도를 제어하는 방법으로서,

상기 기관 지지체 상에서 상기 기관을 지지하는 단계;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 프로세스 가스를 도입하는 단계;

상기 프로세스 가스를 플라즈마 상태로 에너지화 (energizing) 하는 단계;

상기 핫 에지 링의 온도를 측정하는 단계;

상기 핫 에지 링의 온도가 목표 온도보다 낮은 경우에, 상기 체적에 대해 열 전달 가스의 압력을 감소시키거나; 또는 상기 핫 에지 링의 온도가 목표 온도보다 높은 경우에, 상기 체적에 대해 상기 열 전달 가스의 압력을 증가시키는 단계; 및

상기 플라즈마로 상기 기판을 프로세싱하는 단계를 포함하는, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리의 온도를 제어하는 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 플라즈마로 상기 기판을 프로세싱하는 단계는,

(a) 반도체 재료, 금속, 또는 유전체 재료의 층을 플라즈마 식각하는 단계; 또는

(b) 전도성 또는 유전체 재료를 퇴적하는 단계를 포함하는, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리의 온도를 제어하는 방법.

청구항 14

제 1 항에 기재된 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리를 포함하는 플라즈마 프로세싱 장치로서,

상기 플라즈마 반응 챔버는 반도체, 금속, 또는 유전체 재료를 식각하도록 구성된 플라즈마 식각기이거나; 또는 전도성 또는 유전체 재료를 퇴적하도록 구성된 증착 챔버인, 플라즈마 프로세싱 장치.

청구항 15

플라즈마 반응 챔버에서 반도체 기판 지지체를 둘러싸도록 구성된 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리로서,

기판 지지체 표면을 둘러싸는 환형 지지체 표면을 갖는 기판 지지체;

상기 환형 지지체 표면 상의 무선-주파수 (RF) 커플링 링으로서, 상기 RF 커플링 링은 상기 환형 지지체 표면에 기계적으로 클램프되는, 상기 RF 커플링 링;

상기 환형 지지체 표면과 상기 RF 커플링 링 사이의 열 절연성 매체;

상기 RF 커플링 링 위에 위치한 핫 에지 링으로서, 상기 핫 에지 링은 상기 RF 커플링 링에 기계적으로 클램프되는, 상기 핫 에지 링; 및

상기 핫 에지 링과 상기 RF 커플링 링 사이의 열 전도성 매체를 포함하는, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 열 절연성 매체는,

제 1 내부 O-링 및 제 1 외부 O-링으로서, 상기 제 1 내부 O-링과 상기 제 1 외부 O-링은 동심으로 배열되고, 상기 제 1 내부 O-링, 상기 제 1 외부 O-링, 상기 RF 커플링 링, 및 상기 환형 지지체 표면은 제 1 체적을 정의하며, 상기 제 1 체적은 감소된 압력에서 가스를 포함하도록 구성되는, 상기 제 1 내부 O-링 및 상기 제 1 외부 O-링; 또는

하부 개스킷을 포함하는, 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 열 전도성 매체는,

제 2 내부 O-링 및 제 2 외부 O-링으로서, 상기 제 2 내부 O-링과 상기 제 2 외부 O-링은 동심으로 배열되고, 상기 제 2 내부 O-링, 상기 제 2 외부 O-링, 상기 핫 에지 링, 및 상기 RF 커플링 링은 제 2 체적을 정의하며,

상기 제 2 체적은 가압된 열 전달 가스를 포함하도록 구성되는, 상기 제 2 내부 0-링 및 상기 제 2 외부 0-링;
또는

열 및 전기 전도성인 상부 개스킷을 포함하는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

제어기;

플라즈마 프로세싱 동안에 상기 핫 예지 링의 온도를 측정하고, 상기 제어기에 입력 신호들을 공급하도록 구성된 온도 센서;

상기 제 1 체적 및 상기 제 2 체적에 연결된, 열 전달 가스 소스 및 진공 펌프로서, 상기 가스 소스는 상기 제어기에 응답하여 상기 제 1 체적 및 상기 제 2 체적에서의 정적 가스 압력을 증가시키도록 동작가능하고, 상기 진공 펌프는 상기 제어기에 응답하여 상기 제 1 체적 및 상기 제 2 체적을 배기하도록 동작가능한, 상기 열전달 가스 소스 및 상기 진공 펌프;

상기 RF 커플링 링에 임베딩된 가열 엘리먼트; 및

상기 제어기에 응답하여 상기 가열 엘리먼트에 전력을 공급하도록 구성된 전력 공급기를 더 포함하는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

청구항 19

플라즈마 프로세싱 챔버에서의 기관의 플라즈마 프로세싱 동안에 제 15 항에 기재된 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리의 온도를 제어하는 방법으로서,

상기 기관 지지체 상에서 상기 기관을 지지하는 단계;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 프로세스 가스를 도입하는 단계;

상기 핫 예지 링의 온도를 측정하는 단계;

상기 핫 예지 링의 온도가 목표 온도보다 낮은 경우에, 가열 엘리먼트에 전력을 인가하여 상기 핫 예지 링의 온도를 증가시키거나; 또는 상기 핫 예지 링의 온도가 상기 목표 온도보다 높은 경우에, 상기 가열 엘리먼트로의 전력공급을 중단하고 체적에서의 열 전달 가스의 압력을 증가시키는 단계;

프로세스 가스를 플라즈마 상태로 에너지이징하는 단계; 및

상기 플라즈마로 상기 기관을 프로세싱하는 단계를 포함하는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리의 온도를 제어하는 방법.

청구항 20

플라즈마 반응 챔버에서 지지되는 반도체 기관을 둘러싸도록 구성된 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리로서,

기관 지지체 표면을 둘러싸는 환형 지지체 표면을 갖는 기관 지지체;

상기 환형 지지체 표면 상의 무선-주파수 (RF) 커플링 링;

상기 환형 지지체 표면과 상기 RF 커플링 링 사이의 하부 열 전도성 매체로서, 상기 RF 커플링 링은 상기 환형 지지체 표면에 기계적으로 클램프되는, 상기 하부 열 전도성 매체;

상기 RF 커플링 링 위에 위치한 핫 예지 링으로서, 상기 기관 지지체는 기관의 외부 예지가 상기 핫 예지 링 위로 돌출되도록 상기 기관을 지지하도록 구성되는, 상기 핫 예지 링; 및

상기 핫 예지 링과 상기 RF 커플링 링 사이의 상부 열 전도성 매체로서, 상기 핫 예지 링은 상기 RF 커플링 링에 기계적으로 클램프되는, 상기 상부 열 전도성 매체를 포함하는, 온도-제어형 핫 예지 링 어셈블리.

명세서

기술 분야

배경

[0002] 플라즈마 프로세싱 장치들은 식각, 물리 기상 증착 (PVD), 화학 기상 증착 (CVD), 이온 주입, 및 레지스트 제거를 포함하는 기술들에 의해 기판들을 프로세싱 하기 위해 사용된다. 플라즈마 프로세싱에서 사용되는 플라즈마 프로세싱 장치의 일 타입은 상부 및 저부 전극들을 포함하는 반응 챔버를 포함한다. 전극들 사이에서 전기장이 확립되어, 프로세스 가스를 플라즈마 상태로 여기시킴으로써, 반응 챔버에서 기판들을 프로세싱한다.

개요

[0004] 일 실시형태에 따르면, 플라즈마 반응 챔버에서 지지되는 반도체 기판을 둘러싸도록 적응된 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리는 기판 지지체 표면을 둘러싸는 환형 (annular) 지지체 표면을 갖는 기판 지지체를 포함한다. 무선-주파수 (RF) 커플링 링이 환형 지지체 표면 위에 위치된다. 하부 개스킷이 환형 지지체 표면과 RF 커플링 링 사이에 있다. 하부 개스킷은 열 및 전기 전도성이다. 핫 에지 링이 RF 커플링 링 위에 위치된다. 기판 지지체는 기판의 외부 에지가 핫 에지 링 위로 돌출되도록 기판을 지지하게 적응된다. 상부 열 전도성 매체가 핫 에지 링과 RF 커플링 링 사이에 있다.

[0005] 다른 실시형태에 따르면, 플라즈마 반응 챔버에서 반도체 기판 지지체를 둘러싸도록 적응된 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리는 기판 지지체 표면을 둘러싸는 환형 지지체 표면을 갖는 기판 지지체를 포함한다. 무선-주파수 (RF) 커플링 링이 환형 지지체 표면에 기계적으로 클램프되고, 열 절연성 매체가 환형 지지체 표면과 RF 커플링 링 사이에 있다. 핫 에지 링이 RF 커플링 링에 기계적으로 클램프되고, 열 전도성 매체가 핫 에지 링과 RF 커플링 링 사이에 있다.

[0006] 또 다른 실시형태에 따르면, 플라즈마 반응 챔버에서 지지되는 반도체 기판을 둘러싸도록 적응된 온도-제어형 핫 에지 링 어셈블리는 기판 지지체 표면을 둘러싸는 환형 지지체 표면을 갖는 기판 지지체를 포함한다. 무선-주파수 (RF) 커플링 링이 환형 지지체 표면에 기계적으로 클램프되고, 하부 열 전도성 매체가 환형 지지체 표면과 RF 커플링 링 사이에 있다. 핫 에지 링이 RF 커플링 링에 기계적으로 클램프되고, 상부 열 전도성 매체가 핫 에지 링과 RF 커플링 링 사이에 있다. 기판 지지체는 기판의 외부 에지가 핫 에지 링 위로 돌출되도록 기판을 지지하게 적응된다.

발명의 내용

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1a 및 도 1b는 핫 에지 링 어셈블리를 포함하는, 플라즈마 프로세싱 장치에 대한, 샤워헤드 전극 어셈블리 및 기판 지지체의 일 실시형태의 일부를 예시한다.

[0009] 도 2a 및 도 2b는, 하부 및 상부 열 전도성 매체를 포함하는, 핫 에지 링, RF 커플링 링, 및 환형 지지체를 갖는 기판 지지체를 갖는 핫 에지 링 어셈블리의 실시형태를 도시한다.

[0010] 도 3a 내지 도 3c는, 열 전도성 매체로서 가압된 열 전달 가스를 포함하는, 핫 에지 링, RF 커플링 링, 및 기판 지지체를 갖는 핫 에지 링 어셈블리의 다른 실시형태를 도시한다.

[0011] 도 4a 내지 도 4c는, 열 전도성 매체로서 가압된 열 전달 가스를 포함하는, 핫 에지 링, 가열 엘리먼트를 갖는 RF 커플링 링, 및 기판 지지체를 갖는 핫 에지 링 어셈블리의 다른 실시형태를 도시한다.

[0012] 도 5는 상이한 하부 및 상부 열 전도성 매체를 사용하는, 다수의 플라즈마 프로세싱 사이클들 동안의 핫 에지 링의 온도 프로파일들을 예시한다.

[0013] 도 6a 및 도 6b는 헬륨 열 전달 가스의 변화하는 정적 압력의 함수로서 핫 에지 링의 온도 프로파일들을 예시한다.

[0014] 도 7a 및 도 7b는 환형 채널에서의 헬륨 열 전달 가스의 변화하는 정적 압력의 함수로서 핫 에지 링의 온도 프로파일들을 예시한다.

[0015] 도 8은 핫 에지 링의 온도 프로파일들에 대한 O-링들의 효과들을 예시한다.

[0016] 도 9a 내지 도 9c는 상이한 하부 및 상부 열 전도성 매체를 갖는 핫 에지 링 어셈블리를 사용하는 포토레지스트

의 식각 레이트 균일성을 예시한다.

[0017] **상세한 설명**

[0018] 집적 회로 디바이스들의 제조는, 포토레지스트 마스크에서의 개구들에 의해 정의되는 선택된 층들을 식각할 수 있는 플라즈마 식각 챔버들의 사용을 포함한다. 프로세싱 챔버들이 프로세싱 가스들 (즉, 식각 케미스트리들) 을 수신하도록 구성되는 한편, 무선 주파수 (RF) 전력이 프로세싱 챔버의 하나 이상의 전극들에 인가된다.

또한, 프로세싱 챔버 내부의 압력은 특정한 프로세스를 위해 제어된다. 원하는 RF 전력을 전극(들)에 인가할 시에, 챔버에서의 프로세스 가스들이 활성화되어 플라즈마가 생성된다. 따라서, 플라즈마가 생성되어 웨이퍼와 같은 반도체 기관의 선택된 층들의 원하는 식각을 수행한다. 그러나, 웨이퍼들의 플라즈마 프로세싱과 연관된 난제들 중 하나는 플라즈마 불균일성들로 인한 프로세스 드리프트 (즉, 특정 시간양에 걸친 프로세스 성능의 변화) 를 포함한다.

[0019] 웨이퍼와 같은 반도체 기관 상의 식각 레이트 균일성의 제어를 위해, 특히, 웨이퍼의 중심에서의 식각 레이트를 웨이퍼 에지에서의 레이트에 대해 매칭시키기 위해, 웨이퍼 에지의 케미컬 노출, 프로세스 압력, 및 RF 필드 강도에 대하여 웨이퍼에 걸친 연속성을 보장하도록 웨이퍼 경계 조건들이 설계되는 것이 바람직하다. 알려져 있는 바와 같이, 정전 클램핑 전극 아래에 위치한 전원공급되는 전극에 의해, 플라즈마 프로세싱을 경험하는 웨이퍼에 RF 바이어스가 인가될 수 있다. 그러나, 전원공급되는 전극으로부터 정전 클램핑 전극 및 웨이퍼를 통한 플라즈마까지의 RF 임피던스 경로가 전원공급되는 전극의 외부 부분으로부터 플라즈마까지의 RF 임피던스 경로와 상이할 수 있기 때문에, 웨이퍼의 에지에서 초래되는 불균일한 플라즈마 밀도가 웨이퍼의 불균일한 프로세싱을 초래할 수 있다.

[0020] 그러한 불균일성들을 완화하기 위해, 핫 에지 링 및 RF 커플링 링이 웨이퍼 주위에 피팅되어 구현된다. 플라즈마 프로세싱을 경험하는 웨이퍼의 중심 및 에지에서 유사한 RF 임피던스 경로를 제공함으로써 개선된 플라즈마 균일성이 달성될 수 있다. RF 임피던스 경로는 RF 커플링 링에 대한 재료들의 선택에 의해 조작될 수 있다. 위에 위치한 핫 에지 링은 플라즈마 부식으로부터 RF 커플링 링을 보호하는 소모가능한 부분이다.

[0021] 에지 링에 대한 재료들은, 웨이퍼에 걸친 플라즈마 밀도의 균일성을 더 제공하기 위해, 웨이퍼의 중심 및 에지에서 더 균일한 RF 임피던스 경로를 제공하도록 선택될 수 있다. 그러나, RF 플라즈마와 같은 열원에 대한 노출 시에, 에지 링이 적절하게 냉각될 수 없고, 이는 에지 링의 온도의 꾸준한 상승을 초래한다. 다수의 웨이퍼들이 계속 프로세싱되는 경우에, 이 온도 상승은 웨이퍼의 에지에서 식각 레이트의 프로세스 드리프트 (즉, 프로세스 불균일성) 를 초래할 수 있다. 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 및 RF 커플링 링의 온도를 제어할 수 없는 능력은, 극단의 웨이퍼 에지 (예컨대, 300 mm 직경 규소 웨이퍼의 외부 5 내지 7 mm) 에서 식각 레이트의 증가, 폴리머 퇴적, 또는 "1차 웨이퍼 효과들" 을 초래하여 문제가 있을 수 있다.

[0022] 1차 웨이퍼 효과들은 1차 프로세싱된 웨이퍼의 가열에 의해 간접적으로 야기되는 후속하는 웨이퍼들의 2차 가열을 지칭한다. 구체적으로, 1차 웨이퍼의 프로세싱의 완료 시에, 가열된 프로세싱된 웨이퍼 및 프로세스 챔버 측벽들이 상부 전극을 향해 열을 방사한다. 그 후, 상부 전극은 챔버에서 프로세싱되는 후속하는 웨이퍼들에 대한 2차 가열 메커니즘을 간접적으로 제공한다. 결과로서, 시스템에 의해 프로세싱된 1차 웨이퍼는 시스템에 의해 프로세싱된 후속하는 웨이퍼들보다 원하는 것보다 더 큰 임계 치수 (CD) 변화를 나타낼 수도 있으며, 이는 웨이퍼 온도 변화가 고 애스펙트 비 접촉 비아들의 식각 동안에 CD 에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 후속하여 프로세싱된 웨이퍼들은 챔버에서의 온도의 안정화로 인해 1차 프로세싱된 웨이퍼와 상이하고/하거나 더 작은 CD 변화를 가질 수도 있다. 따라서, 다수의 웨이퍼들의 프로세싱에 걸친 에지 링의 온도의 꾸준한 증가에 의해 프로세스 드리프트가 야기될 수 있으므로, 다음의 웨이퍼가 프로세싱되기 이전에 에지 링의 개선된 냉각 또는 에지 링의 온도 제어를 허용하여 식각 레이트 드리프트를 감소시키는 핫 에지 링 어셈블리가 바람직하다.

[0023] 도 1a는 예컨대 규소 웨이퍼들과 같은 반도체 기관들이 프로세싱되는 플라즈마 프로세싱 장치에 대한 샤프헤드 전극 어셈블리 (10) 의 예시적인 실시형태를 예시한다. 샤프헤드 전극 어셈블리 (10) 는, 상부 전극 (12), 상부 전극 (12) 에 고정된 배킹 부재 (14), 및 열 제어 플레이트 (16) 를 포함하는 샤프헤드 전극을 포함한다.

저부 전극 및 정전 클램핑 전극 (예컨대, 정전 척) 을 포함하는 기관 지지체 (18) (일부만이 도 1에서 도시됨) 이 플라즈마 프로세싱 장치의 진공 프로세싱 챔버에서 상부 전극 (12) 아래에 위치된다. 플라즈마 프로세싱을 경험하는 기관 (20) 은 기관 지지체 (18) 의 기관 지지체 표면 (22) 상에 정전적으로 클램프된다.

[0024] 예시된 실시형태에서, 샤프헤드 전극의 상부 전극 (12) 은 내부 전극 부재 (24) 및 선택적인 외부 전극 부재

(26) 를 포함한다. 내부 전극 부재 (24) 는 원통형 플레이트 (예컨대, 규소로 이루어진 플레이트) 인 것이 바람직하다. 내부 전극 부재 (24) 는 프로세싱될 웨이퍼보다 더 작거나, 동일하거나, 또는 더 큰 직경, 예컨대, 플레이트가 규소로 이루어진 경우에 12 인치 (300 mm) 이상까지의 직경을 가질 수 있다. 바람직한 실시형태에서, 샤워헤드 전극 어셈블리 (10) 는, 300 mm 이상의 직경을 갖는 반도체 웨이퍼들과 같은 큰 기관들을 프로세싱하기에 충분히 크다. 300 mm 웨이퍼들에 대해, 상부 전극 (12) 은 직경이 적어도 300 mm 이다. 그러나, 샤워헤드 전극 어셈블리는 다른 웨이퍼 사이즈들 또는 비-원형 구성을 갖는 기관들을 프로세싱하도록 사이징될 수 있다.

[0025] 예시된 실시형태에서, 내부 전극 부재 (24) 는 기관 (20) 보다 더 넓다. 300 mm 웨이퍼들을 프로세싱하기 위해, 외부 전극 부재 (26) 는 약 15 인치로부터 약 17 인치까지 상부 전극 (12) 의 직경을 확장하기 위해 제공된다. 외부 전극 부재 (26) 는 연속하는 부재 (예컨대, 연속하는 폴리-규소 링) 또는 세그먼트된 부재 (예컨대, 규소로 이루어진 세그먼트들과 같이, 링 구성으로 배열된 2 내지 6 개의 개별적인 세그먼트들을 포함) 일 수 있다. 다중-세그먼트의 외부 전극 부재 (26) 를 포함하는 상부 전극 (12) 의 실시형태들에서, 세그먼트들은, 서로 중첩하여 플라즈마에 대한 노출로부터 아래에 위치한 본딩 재료를 보호하는 에지들을 갖는 것이 바람직하다.

[0026] 내부 전극 부재 (24) 는, 상부 전극 (12) 과 기관 지지체 (18) 사이의 공간 으로 프로세스 가스를 주입하기 위한, 배킹 부재 (14) 에 형성된 다수의 가스 통로들 (30) 에 대응하여 연장하는 다수의 가스 통로들 (28) 을 포함하는 것이 바람직하다. 배킹 부재 (14) 는, 내부 전극 부재 (24) 및 배킹 부재 (14) 에서의 가스 통로들 (28 및 30) 에 프로세스 가스들을 각각 분배하기 위해 다수의 플레넘들 (32) 을 포함한다.

[0027] 규소는 내부 전극 부재 (24) 및 외부 전극 부재 (26) 의 플라즈마 노출된 표면들에 대한 바람직한 재료이다. 고-순도, 단결정 규소는 플라즈마 프로세싱 동안에 기관들의 오염을 최소화하고, 또한, 플라즈마 프로세싱 동안에 부드럽게 닳아서 입자들을 최소화한다. 상부 전극 (12) 의 플라즈마-노출된 표면들에 대해 사용될 수 있는 대안 재료들은 예컨대 SiC 또는 AlN 을 포함한다.

[0028] 예시된 실시형태에서, 배킹 부재 (14) 는, 배킹 플레이트 (34) 및 배킹 플레이트 (34) 의 주변 주위에서 연장하는 배킹 링 (36) 을 포함한다. 실시형태에서, 내부 전극 부재 (24) 는 배킹 플레이트 (34) 와 동연을 이루고 (co-extensive), 외부 전극 부재 (26) 는 둘러싸는 배킹 링 (36) 과 동연을 이룬다. 그러나, 배킹 플레이트 (34) 가 내부 전극 부재 (24) 를 넘어 연장할 수 있어서, 단일의 배킹 플레이트가 내부 전극 부재 (24) 및 외부 전극 부재 (26) 를 지지하기 위해 사용될 수 있다. 내부 전극 부재 (24) 및 외부 전극 부재 (26) 는 본딩 재료 및/또는 기계적인 패스너들에 의해 배킹 부재 (14) 에 부착되는 것이 바람직하다.

[0029] 배킹 플레이트 (30) 및 배킹 링 (36) 은 플라즈마 프로세싱 챔버에서 반도체 기관들을 프로세싱하는데 사용되는 프로세스 가스들과 화학적으로 안정한 (chemical compatible) 재료로 이루어지는 것이 바람직하며, 전기 및 열 전도성이다. 배킹 부재 (14) 를 제조하기 위해 사용될 수 있는 예시적인 적합한 재료들은 알루미늄, 알루미늄 합금들, 흑연, 및 SiC 를 포함한다.

[0030] 상부 전극 (12) 은, 열 응력들을 수용하고, 상부 전극 (12) 과 배킹 플레이트 (34) 와 배킹 링 (36) 사이에서 열 및 전기 에너지를 전달하는 적합한 열 및 전기 전도성인 탄성 중합체 (elastomeric) 본딩 재료를 이용하여 배킹 플레이트 (34) 및 배킹 링 (36) 에 부착될 수 있다. 전극 어셈블리의 표면들을 함께 본딩하기 위한 엘라스토머들의 사용은 예컨대, 본원에 전체가 참조로 통합된 공통 소유된 미국 특허 제 6,073,577 호에서 설명된다.

[0031] 300 mm 웨이퍼들과 같은 큰 기관들을 프로세싱하기 위한 용량성 커플링된 RF 플라즈마 챔버에서, 접지 전극에 추가하여 2차 접지가 또한 사용될 수도 있다. 예컨대, 기관 지지체 (18) 는 하나 이상의 주파수들로 RF 에너지가 공급되는 저부 전극을 포함할 수 있고, 프로세스 가스는 접지된 상부 전극인 샤워헤드 전극 (12) 을 통해 챔버의 내부에 공급될 수 있다. 기관 지지체 (18) 에서 저부 전극 외측을 향하여 위치한 2차 접지는, 프로세싱될 기관 (20) 을 포함하지만 핫 에지 링 (38) 에 의해 분리되는 면에서 일반적으로 연장하는 전기적으로 접지된 부분을 포함할 수 있다. 핫 에지 링 (38) 은 플라즈마 생성 동안에 가열되는 전기 전도성 또는 반도체성인 재료로 이루어질 수 있다.

[0032] 도 1b는 핫 에지 링 (38) 을 둘러싸는 도 1a의 영역 A 의 확대도이다. 기관 (20) 상의 식각 레이트 균일성을 제어하고, 기관의 중심에서의 식각 레이트를 기관 에지에서의 레이트에 매칭시키기 위해, 기관 에지의 케미컬 노출, 프로세스 압력, 및 RF 필드 강도에 대하여 기관에 걸친 연속성을 보장하도록 기관 경계 조건들이 설계

되는 것이 바람직하다. 기관 오염을 최소화하기 위해, 핫 에지 링 (38) 이 기관 자체에 안정한 재료로부터 제조된다. 예에서, 핫 에지 링 재료들은 규소, 흑연, 탄화 규소 등을 포함할 수 있다. 다른 예에서, 핫 에지 링 재료들은 석영을 포함할 수 있다.

[0033] 핫 에지 링 (38) 은, 기관 표면 (18) 의 외부 주변 상에서 기관 지지체 표면 (22) 을 둘러싸는 환형 지지체 표면 (42) 상에 위치되는 RF 커플링 링 (40) 위에 위치된다. 기관 지지체 (18) 는 기관의 외부 에지가 핫 에지 링 (38) 위로 돌출되도록 기관 (20) 을 지지하게 적응된다. 기관 지지체 (18) 는, 기관 지지체의 내부에 위치한 냉각 통로들에서 순환하는 냉각된 액체로 능동적으로 냉각될 수 있다 (도 1a에서 도시되지 않음). RF 커플링 링 (40) 에 대한 재료는 기관 (20) 의 에지에서 RF 필드 강도를 점감시켜서 식각 레이트 균일성을 강화하도록 선택된다. 예컨대, RF 커플링 링 (40) 은 세라믹 (예컨대, 석영, 산화 알루미늄, 질화 알루미늄) 또는 전도성 재료 (예컨대, 알루미늄, 규소, 탄화 규소) 로 이루어질 수 있다. 유전체 재료로 이루어진 핫 에지 링 커버 (44) 가 핫 에지 링 (38) 을 둘러싼다. 핫 에지 링 커버 (44) 은 포커스 링 (46) 위에 위치되고, 그 포커스 링 (46) 은 기관 (20) 위의 영역에서 플라즈마를 한정하고 석영으로 이루어질 수 있다.

[0034] 핫 에지 링 커버 (44) 는 포커스 링 (46) 위에 위치되고, 그 포커스 링 (46) 은 기관 (20) 위의 영역에서 플라즈마를 한정하고, 핫 에지 링 커버 (44) 는 석영으로 이루어질 수 있다. 또한, 접지 링 커버 (48) 가 핫 에지 링 커버 (44) 를 둘러싼다. 핫 에지 링 커버 (44) 는 플라즈마에 의한 공격으로부터 접지 연장을 보호한다. 예컨대, 핫 에지 링 커버 (44) 및 접지 링 커버 (48) 는 석영 또는 이트리아로 이루어질 수 있다. 접지 연장부 (49) 는 알루미늄으로 이루어질 수 있다.

[0035] 기관 (20) 의 플라즈마 프로세싱 동안에, 핫 에지 링 (38), RF 커플링 링 (40), 및 기관 지지체 (18) 는 진공 환경 (즉, 50 mTorr 미만) 에 노출된다. 결과로서, 핫 에지 링 (38) 과 RF 커플링 링 (40) 사이의 계면 B; 및 RF 커플링 링 (40) 과 기관 지지체 (18) 사이의 계면 C 에서 진공이 형성된다. RF 전력에 대한 노출 동안에 핫 에지 링 (38) 의 온도가 증가함에 따라, 적절한 계면들에서의 진공의 존재로 인해, 열 전도를 통한 핫 에지 링 (38) 으로부터 RF 커플링 링 (40) 및 기관 지지체 (18) 로의 열의 전달이 최소화이다. 따라서, 기관 (20) 의 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 (38) 의 온도를 제어하기 위한 능력에 대한 필요성이 존재한다.

[0036] 도 2a는 온도 제어형 핫 에지 링 어셈블리 (200) 의 일 실시형태를 예시한다. 기관 지지체 (218) 는 기관 지지체 (218) 의 외부 주변 상에서 기관 지지체 표면 (222) 을 둘러싸는 환형 지지체 표면 (242) 을 포함한다. RF 커플링 링 (240) 은 환형 지지체 표면 (242) 과 RF 커플링 링 (240) 사이에 하부 열 전도성 매체 (250) 를 가지고 환형 지지체 표면 (242) 위에 위치된다. 핫 에지 링 (238) 은 핫 에지 링 (238) 과 RF 커플링 링 (240) 사이에 상부 열 전도성 매체 (260) 를 가지고 RF 커플링 링 (240) 위에 위치된다. 기관 지지체 (218) 는 기관 (220) 의 외부 에지가 핫 에지 링 (238) 위로 돌출되도록 기관 (220) 을 지지하게 적응된다.

[0037] 일 실시형태에서, 하부 열 전도성 매체 (250) 는 하부 개스킷 (252) 을 포함하고, 상부 열 전도성 매체 (260) 는 상부 개스킷 (262) 을 포함한다. 하부 개스킷 (252) 및 상부 개스킷 (262) 은 열 및 전기 전도성 개스킷들이다. 바람직한 실시형태에서, 하부 개스킷 (252) 및 상부 개스킷 (262) 은, 금속 또는 폴리머 재료들의 적층체; 실리콘계 시트 (예컨대, 일본, 동경, GELTECH 로부터 입수가 가능한 λ GEL[®]

COH-4000); 알루미늄 (또는 알루미늄 합금) 과 충전된 실리콘 고무 (예컨대, 미네소타, 첸하센, The Bergquist Company 에 의해 제조된 Q-PAD[®]

II) 의 적층체; 또는 폴리이미드 재료와 충전된 실리콘 고무 (예컨대, 미네소타, 첸하센, The Bergquist Company 에 의해 제조된 SIL-PAD[®]

K-10) 의 적층체; 또는 폴리이미드 재료 (예컨대, DU PONT[®]

에 의해 제조된 KAPTON[®]

폴리이미드 필름) 로 이루어진다.

[0038] 하부 개스킷 (252) 및 상부 개스킷 (262) 에 대한 다른 예시적인 재료들은, 질화 붕소로 충전된 실리콘과 같은 열 충전제 재료 (예컨대, CHOMERICS 에 의해 제조된 CHO-THERM[®]

1671), 흑연 재료 (예컨대, GRAFTECH 에 의해 제조된 eGRAF[®]

705), 인듐 포일, 또는 상변화 재료 (PCM) (예컨대, THERMAGON 에 의해 제조된 T-pcm HP105) 를 포함할 수 있다.

[0039] 도 2b는 온도 제어형 핫 에지 링 어셈블리 (200) 의 실시형태를 예시하며, 핫 에지 링 (238) 이 RF 커플링 링 (240) 에 기계적으로 클램프되고; RF 커플링 링 (240) 이 환형 지지체 표면 (242) 에 기계적으로 클램프된다.

RF 커플링 링 (240) 은 하부 볼트들 (270) (예컨대, 2 내지 12 개의 원주 이격된 볼트들) 로 환형 지지체 표면 (242) 에 볼트로 체결될 수 있다. 핫 에지 링 (238) 은 클램핑 링 (272) 으로 RF 커플링 링 (240) 에 기계적으로 클램프되며, 그 클램핑 링 (272) 은 방사상으로 연장되는 플랜지 (272A) 를 포함한다. 핫 에지 링 (238) 은 주변 리세스 (recess) (238A) 를 포함한다. 방사상으로 연장되는 플랜지 (272A) 는 주변 리세스와 정합 (mate) 하여 RF 커플링 링 (272) 에 핫 에지 링 (238) 을 고정하도록 구성된다. 클램핑 링 (272) 은 상부 볼트들 (274) (예컨대, 2 내지 12 개의 원주 이격된 볼트들) 로 RF 커플링 링에 볼트로 체결된다. 클램핑 동안에 클램핑 링 (272) 및 핫 에지 링 (238) 에 대한 손상을 방지하기 위해, 클램핑 링 (272) 과 핫 에지 링 (238) 사이에 평탄한 폴리이미드 링 (276) (예컨대, KAPTON®

폴리이미드 필름) 이 위치될 수 있다. 핫 에지 링 (238) 은 약 1 ft.-lb. 로부터 약 10 ft.-lb. 까지의 토크로 RF 커플링 링 (240) 에 클램프될 수 있다. 마찬가지로, RF 커플링 링 (240) 은 약 1 ft.-lb. 로부터 약 10 ft.-lb. 까지의 토크로 환형 지지체 표면 (242) 에 클램프될 수 있다.

[0040] 도 3a는 온도 제어형 핫 에지 링 어셈블리 (300) 의 추가적인 실시형태를 예시하며, 상부 열 전도성 매체 (360) 에 대해 가압된 열 전달 가스가 사용된다. 기관 지지체 (318) 는 기관 지지체 (318) 의 외부 주변 상에서 기관 지지체 표면 (322) 을 둘러싸는 환형 지지체 표면 (342) 을 포함한다. RF 커플링 링 (340) 은, 환형 지지체 표면 (342) 과 RF 커플링 링 (340) 사이에 하부 열 전도성 매체 (350) 로서 하부 개스킷 (352) 을 가지고 환형 지지체 표면 (342) 위에 위치된다. 핫 에지 링 (338) 은, 핫 에지 링 (338) 과 RF 커플링 링 (340) 사이에 상부 열 전도성 매체 (360) 를 가지고 RF 커플링 링 (340) 위에 위치된다.

[0041] 상부 열 전도성 매체 (360) 는, 동심으로 배열된, 상부 내부 O-링 (363A) 및 상부 외부 O-링 (363B) 을 포함한다. 핫 에지 링 (338), RF 커플링 링 (340), 상부 내부 O-링 (363A), 및 상부 외부 O-링 (363) 은 상부 체적 (366) 을 정의한다. 상부 체적 (366) 은 헬륨, 네온, 아르곤, 또는 질소를 포함하는 가압된 열 전달 가스의 체적을 포함하도록 적응된다. 일 실시형태에서, 상부 체적 (366) 에서의 헬륨의 정적 압력은 약 30 Torr 까지일 수 있다. 바람직한 실시형태에서, O-링들은 열 저항성 플루오로엘라스토머 (fluoroelastomer) (예컨대, DUPONT®

에 의해 제조된 VITON®

플루오로엘라스토머) 로 이루어진다.

[0042] 도 3b에서 예시된 바와 같이, 상부 내부 O-링 (363A) 및 상부 외부 O-링 (363B) 은 RF 커플링 링 (340) 및 핫 에지 링 (338) 에 형성된 그루브들 (365) 에 놓일 수 있다. 다른 실시형태에서, 도 3c에서 예시된 바와 같이, 상부 내부 O-링 (363A), 상부 외부 O-링 (363B), 그루브들 (365), 및 환형 채널 (364) 은 동심으로 배열되어, 상부 내부 O-링 (363A) 및 상부 외부 O-링 (363B) 이 환형 채널 (364) 을 둘러싼다. 환형 채널들 (364) 은 핫 에지 링 (338) 의 열 전달 가스 노출된 표면 (338A) 과 RF 커플링 링 (340) 의 열 전달 가스 노출된 표면 (340A) 사이의 표면 접촉을 최소화하여, 상부 체적 (366) 에서의 열 전달 가스의 압력을 조정함으로써 (예컨대, 30 Torr 까지) 열 전도성에 대해 더 정밀한 제어를 제공한다. 일 실시형태에서, 환형 채널 (364) 의 높이는 약 1 밀로부터 약 5 밀까지일 수 있다.

[0043] 도 3a의 실시형태가 하부 개스킷 (352) 으로서 하부 열 전도성 매체 (350); 그리고 핫 에지 링 (338), RF 커플링 링 (340), 상부 내부 O-링 (363A), 및 상부 외부 O-링 (363B) 에 의해 정의된 상부 체적 (366) 으로서 상부 열 전도성 매체 (360) 를 예시하지만, 하부 열 전도성 매체 (350) 가 또한 가압된 열 전달 가스의 하부 체적 (예컨대, 하부 내부 O-링, 하부 외부 O-링, 환형 지지체 표면 (342), 및 RF 커플링 링 (340) 에 의해 정의됨) 일 수 있다는 것이 이해된다. 마찬가지로, 상부 열 전도성 매체 (360) 가 상부 개스킷일 수 있다.

[0044] 또한, 도 3a는 제어기 (380), 온도 센서 (382), 열 전달 가스 소스 (384), 및 진공 펌프 (386) 를 예시한다. 온도 센서 (382) 는 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 (338) 의 온도를 측정하고, 제어기 (380) 에 입력 신호들을 공급하도록 적응된다. 열 전달 가스 소스 (384) 및 진공 펌프 (386) 는 상부 체적 (366) 과 유체 연통한다. 가스 소스 (384) 는 제어기 (380) 에 응답하여 상부 체적 (366) 에서의 정적 압력을 증가시키도록

록 동작가능하다. 마찬가지로, 진공 펌프는 제어기 (380) 에 응답하여 체적 (366) 을 배기하도록 동작가능하다.

[0045] 온도 제어형 핫 에지 링 어셈블리 (300) 를 갖는 플라즈마 프로세싱 챔버에서의 기관 (320) 의 플라즈마 프로세싱 동안에, 기관 (320) 은 기관 지지체 표면 (322) 상에서 지지된다. 프로세스 가스가 프로세싱 챔버 내로 도입되고, 프로세스 가스는 플라즈마 상태로 에너지이징 (energize) 된다. 핫 에지 링 (338) 의 온도가 측정된다. 핫 에지 링 (338) 의 온도가 목표 온도보다 낮은 경우에, 상부 체적 (366) 에서의 열 전달 가스의 압력이 감소된다. 상부 체적 (366) 에서의 열 전달 가스 압력에서의 이 감소는 핫 에지 링 (338) 으로부터 RF 커플링 링 (340) (즉, 열 초크) 으로의 열의 전달을 금지하고, 이는 핫 에지 링 (338) 의 온도가 RF 플라즈마에 대한 노출로부터 증가하게 허가한다. 핫 에지 링 (338) 의 온도가 목표 온도보다 높은 경우에, 상부 체적 (366) 에서의 열 전달 가스의 압력이 증가된다. 상부 체적 (366) 에서의 열 전달 가스 압력에서의 이 증가는 핫 에지 링 (338) 으로부터 RF 커플링 링 (340) 으로 그리고 온도 제어형 기관 지지체 (318) 로의 열의 전달을 용이하게 한다. 기관 (320) 의 플라즈마 프로세싱 동안에, 핫 에지 링 (338) 의 온도는 연속적으로 모니터링될 수 있고, 그에 따라, 상부 체적 (366) 에서의 열 전달 가스의 압력이 조정되어, 원하는 목표 온도로 핫 에지 링 (338) 을 유지할 수 있다. 기관 (320) 의 플라즈마 프로세싱은 반도체 재료, 금속 또는 유전체 재료의 플라즈마 식각 또는; 전도성 또는 유전체 재료의 퇴적을 포함할 수 있다.

[0046] 도 4a는 RF 커플링 링 (440) 에 임베딩 (embed) 된 가열 엘리먼트 (490) 를 포함하는 활성 온도 제어형 핫 에지 링 어셈블리 (400) 의 추가적인 실시형태를 예시한다. 기관 지지체 (418) 는 기관 지지체 (418) 의 외부 주변 상에서 기관 지지체 표면 (422) 을 둘러싸는 환형 지지체 표면 (442) 을 포함한다. RF 커플링 링 (440) 은 환형 지지체 표면 (442) 과 RF 커플링 링 (440) 사이에 하부 열 전도성 매체 (450) 를 가지고 환형 지지체 표면 (442) 위에 위치된다. 핫 에지 링 (438) 은 핫 에지 링 (438) 과 RF 커플링 링 (440) 사이에 상부 열 전도성 매체 (460) 로서 상부 개스킷 (462) 을 가지고 RF 커플링 링 (440) 위에 위치된다.

[0047] 하부 열 전도성 매체 (450) 는, 동심으로 배열된, 하부 내부 0-링 (463C) 및 하부 외부 0-링 (463D) 을 포함한다. 환형 지지체 표면 (442), RF 커플링 링 (440), 하부 내부 0-링 (463C), 및 하부 외부 0-링 (463D) 은 하부 체적 (468) 을 정의한다. 하부 체적 (468) 은 헬륨, 네온, 아르곤, 또는 질소를 포함하는 가압된 열 전달 가스의 체적을 포함하도록 적응된다.

[0048] 도 4b에서 예시된 바와 같이, 하부 내부 0-링 (463C) 및 하부 외부 0-링 (463D) 은 RF 커플링 링 (440) 에 형성된 그루브들 (465) 에 놓일 수 있다. 다른 실시형태에서, 도 4c에서 예시된 바와 같이, 하부 내부 0-링 (463C), 하부 외부 0-링 (463D), 그루브들 (465), 및 환형 채널 (464) 은 동심으로 배열되어, 하부 내부 0-링 (463C) 및 하부 외부 0-링 (463D) 이 환형 채널 (464) 을 둘러싼다. 환형 채널 (464) 은 환형 지지체 표면 (442) 의 열 전달 가스 노출된 표면 (442A) 과 RF 커플링 링 (440) 의 열 전달 가스 노출된 표면 (440A) 사이의 표면 접촉을 최소화하여, 상부 체적 (468) 에서의 열 전달 가스의 압력을 조정함으로써 (예컨대, 30 Torr 까지) 열 전도성에 대해 더 정밀한 제어를 제공한다. 일 실시형태에서, 환형 채널 (464) 의 높이는 약 1 밀로부터 약 5 밀일 수 있다.

[0049] 또한, 도 4a는 제어기 (480), 온도 센서 (482), 열 전달 가스 소스 (484), 진공 펌프 (486), 및 전력 공급기 (488) 를 예시한다. 온도 센서 (482) 는 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 (438) 의 온도를 측정하고, 제어기 (480) 에 입력 신호들을 공급하도록 적응된다. 열 전달 가스 소스 (484) 및 진공 펌프 (486) 는 하부 체적 (468) 과 유체 연통한다. 가스 소스 (484) 는 제어기 (480) 에 응답하여 하부 체적 (468) 에서의 정적 압력을 증가시키도록 동작가능하다. 마찬가지로, 진공 펌프 (486) 는 제어기 (480) 에 응답하여 체적 (466) 을 배기하도록 동작가능하다. 전력 공급기 (488) 는 가열 엘리먼트 (490) 에 연결되고, 제어기 (480) 에 응답하여 가열 엘리먼트 (490) 에 전력을 공급한다.

[0050] 활성 온도 제어형 핫 에지 링 어셈블리 (400) 를 갖는 플라즈마 프로세싱 챔버에서의 기관 (420) 의 플라즈마 프로세싱 동안에, 기관 (420) 은 기관 지지체 표면 (422) 상에서 지지된다. 프로세스 가스가 프로세싱 챔버 내로 도입되고, 프로세스 가스는 플라즈마 상태로 에너지이징된다. 핫 에지 링 (438) 의 온도가 측정된다.

[0051] 핫 에지 링 (438) 의 온도가 목표 온도보다 낮은 경우에, 전력 공급기 (488) 로부터 가열 엘리먼트 (490) 로 전력을 공급함으로써 RF 커플링 링 (440) 이 가열된다. 일 실시형태에서, 목표 온도는 약 40 °C 로부터 약 200 °C 까지이다. RF 커플링 링 (440) 과 핫 에지 링 (438) 사이의 상부 개스킷 (462) 은 RF 커플링 링 (440) 으로부터 핫 에지 링 (438) 으로의 열의 전달을 용이하게 한다. 전력 공급기 (488) 로부터 가열 엘리먼트 (490) 로 전력이 공급되는 한편, 하부 체적 (468) 에서의 열 전달 가스의 압력이 감소된다. 하부 체적

(468) 에서의 열 전달 가스 압력에서의 이러한 감소는 가열 엘리먼트 (490) 로부터 온도 제어형 기관 지지체 (418) 로의 열의 전달을 금지한다 (즉, 열 쇼크).

[0052] 핫 에지 링 (438) 의 온도가 목표 온도보다 높은 경우에, 전력 공급기 (488) 로부터의 전력공급이 중단되고 (가열 엘리먼트 (490) 가 활성인 경우) 하부 체적 (468) 에서의 열 전달 가스의 압력이 증가된다. 하부 체적 (468) 에서의 열 전달 가스 압력에서의 이러한 증가는 핫 에지 링 (438) 으로부터 RF 커플링 링 (440) 으로 그리고 온도 제어형 기관 지지체 (418) 로의 열의 전달을 용이하게 한다.

[0053] 기관 (420) 의 플라즈마 프로세싱 동안에, 핫 에지 링 (438) 의 온도는 연속적으로 모니터링될 수 있고, 그에 따라, 하부 체적 (468) 에서의 열 전달 가스의 압력 및 가열 엘리먼트 (490) 로의 전력이 조정되어, 원하는 목표 온도로 핫 에지 링 (438) 을 유지할 수 있다.

[0054] **실시예 1**

[0055] 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 (238) 으로부터 열을 소산시키는데 있어서, 도 2a의 실시형태에서의 하부 열 전도성 매체 (250) 및 상부 열 전도성 매체 (260) 의 효과를 결정하기 위해 일련의 테스트들이 수행되었다.

[0056] 테스트들은, 캘리포니아, 프레몬트에 위치한 Lam Research Corporation 에 의해 제조된 EXELAN[®] FLEX[™] 식각 시스템에서 수행되었다. 각각의 테스트에 대해, 4 개의 300 mm 규소 웨이퍼들이 약 1 분 동안 플라즈마 프로세싱을 경험하였다. 25 SCCM O₂/35 SCCM C₄F₈/500 SCCM Ar 의 가스 혼합물이 45 mTorr 의 압력에서 식각 챔버 내로 도입되었다. 약 2 Mhz 의 주파수에서 약 1000 W 및 27 Mhz 의 주파수에서 약 1000 W 인 (2 kW 의 총 전력), 듀얼-주파수 전력이 저부 전극에 인가되었다. 플라즈마 프로세싱 동안에, 광섬유 온도 프로브로 핫 에지 링 (238) 의 온도가 측정되었다. 핫 에지 링 (238) 및 RF 커플링 링 (240) 은 약 2 in.-lb. 내지 약 6 in.-lb. 의 토크로 기계적으로 클램프되었다. 하부 열 전도성 매체 (250) 및 상부 열 전도성 매체 (260) 에 대한 재료들은 λGEL[®]

COH-4000 개스킷들, Q-PAD[®]

II 개스킷들, 및 KAPTON[®]

개스킷들을 포함하였다.

[0057] 도 5는 2 kW 의 총 전력에서 4 개의 플라즈마 프로세싱 사이클들 동안의 시간의 함수로서 핫 에지 링의 온도 프로파일들을 예시한다. 도 5로부터, 8 개의 열 전도성 매체가 테스트되었다: (A) 2 in.-lb. 토크를 갖는, Q-PAD[®]

하부 개스킷; KAPTON[®]

상부 개스킷; (B) 4 in.-lb. 토크를 갖는, Q-PAD[®]

하부 개스킷; KAPTON[®]

상부 개스킷; (C) 6 in.-lb. 토크를 갖는, Q-PAD[®]

하부 개스킷; KAPTON[®]

상부 개스킷; (D) 2 in.-lb. 토크를 갖는, Q-PAD[®]

하부 및 상부 개스킷; (E) 4 in.-lb. 토크를 갖는, Q-PAD[®]

하부 및 상부 개스킷; (F) 6 in.-lb. 토크를 갖는, Q-PAD[®]

하부 및 상부 개스킷; (G) λGEL 상부 개스킷; 하부 열 전도성 매체 없음; 및 (H) 하부 및 상부 열 전도성 매체 없음.

[0058] 도 5에서의 온도 프로파일들 (A) 내지 (H) 의 각각에 대해, 각각의 로컬 온도 최소치는 다음의 플라즈마 프로세

싱 사이클의 시작을 표현한다. 온도 프로파일 (H) (상부 또는 하부 열 전도성 매체 없음) 에서 예시된 바와 같이, 각각의 로컬 최소치 (도 5의 화살표들에 의해 표시됨) 의 온도는 각각의 반복되는 플라즈마 프로세싱 사이클에 따라 점진적으로 증가한다. 그러나, 온도 프로파일들 (A) 내지 (G) 에 대해, 각각의 로컬 온도 최소치는 더 느린 레이트에서 증가하거나 또는 일정하게 유지하였다. 도 5는, 핫 에지 링 (238) 으로부터 열을 소산시키고 1차 웨이퍼 효과들을 감소시키는 것에서 하부 열 전도성 매체 (250) 및 상부 열 전도성 매체 (260) 가 더 효과적인 것을 예시한다. 더 높은 RF 전력 (예컨대, 3 kW 및 4.5 kW) 에서의 테스트가 유사한 경향들을 나타낸다.

[0059] **실시예 2**

[0060] 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 (238) 으로부터 열을 소산시키는데 있어서, 도 3b의 실시형태에서의 상부 체적 (366) (상부 열 전도성 매체 (360)) 에서의 가압된 헬륨의 효과를 결정하기 위해 일련의 테스트들이 수행되었다.

[0061] 테스트들은, 캘리포니아, 프레몬트에 위치한 Lam Research Corporation 에 의해 제조된 EXELAN[®]

FLEX[™] 식각 시스템에서 수행되었다. 각각의 테스트에 대해, 4 개의 300 mm 규소 웨이퍼들이 1 분 동안 플라즈마 프로세싱을 경험하였다. 그 후, 제 5 번째의 300 mm 규소 웨이퍼가 6 분 동안 플라즈마 프로세싱되었다. 25 SCCM O₂/35 SCCM C₄F₈/500 SCCM Ar 의 가스 혼합물이 45 mTorr 의 압력에서 식각 챔버 내로 도입되었다. 듀얼-주파수 전력이 저부 전극에 인가되었고, 총 RF 전력이 약 1 kW 로부터 약 4.5 kW 까지 변화되었으며; 총 헬륨 압력이 약 0 Torr 로부터 약 30 Torr 까지 변화되었다. 플라즈마 프로세싱 동안에, 광섬유 온도 프로브로 핫 에지 링 (338) 의 온도가 측정되었다. 핫 에지 링 (338) 및 RF 커플링 링 (340) 은 약 4 in.-lb. 및 약 10 in.-lb. 의 토크로 기계적으로 각각 클램프되었다. 하부 열 전도성 매체 (350) 에 대한 재료는 Q-PAD[®]

II 개스킷이었다.

[0062] 도 6a는, (A) 약 0 Torr 의 헬륨 정적 압력; 및 (B) 약 30 Torr 의 헬륨 정적 압력에 대한 총 RF 전력의 함수로서 핫 에지 링 (338) 의 온도 프로파일들을 예시한다. 제 5 번째의 300 mm 규소 웨이퍼가 약 6 분 동안 프로세싱된 이후에, 핫 에지 링 (338) 의 온도가 측정되었다. 도 6a에서 예시된 바와 같이, 약 30 Torr 에서의 가압된 헬륨이 4.5 kW 의 RF 전력에서 핫 에지 링 (338) 의 온도를 20 °C 까지 저하시킬 수 있다.

[0063] 도 6b는 헬륨 압력이 0 Torr 로부터 30 Torr 까지 5 Torr 증분들로 변화될 때의 핫 에지 링 (338) 의 온도 응답을 예시한다. 초기에, 상부 체적 (366) 에서의 헬륨의 정적 압력은 4.5 kW RF 전력의 인가 동안에 약 0 Torr 였다. 핫 에지 링 (338) 의 온도가 약 93 °C 를 초과한 이후에, 헬륨의 정적 압력은 약 1 분 동안 5 Torr 까지 증가되어, 약 85 °C 까지 핫 에지 링의 온도 감소를 결과로 발생시켰다. 정적 압력이 약 1 분 동안 10 Torr 까지 증가된 경우에, 온도는 약 85 °C 까지 감소하였다. 정적 압력이 약 1 분 동안 15 Torr 까지 증가된 경우에, 온도는 약 79 °C 까지 감소하였다. 정적 압력이 약 1 분 동안 20 Torr 까지 증가된 경우에, 온도는 약 73 °C 까지 감소하였다. 정적 압력이 약 1 분 동안 25 Torr 까지 증가된 경우에, 온도는 약 72 °C 까지 감소하였다. 정적 압력이 약 1 분 동안 30 Torr 까지 증가된 경우에, 온도는 약 70 °C 까지 감소하였다.

[0064] 도 6b는, 핫 에지 링 (338) 의 온도가 1 분 시간 스케일 상에서 조정될 수 있는 것을 예시한다. 또한, 더 낮은 정적 압력들 (예컨대, 0 Torr, 5 Torr, 또는 10 Torr) 에서 더 큰 온도 감소들이 달성될 수 있다. 또한, 도 3b의 실시형태는 헬륨 정적 압력을 약 0 Torr 로부터 약 30 Torr 까지 변화시킴으로써, 4.5 kW 의 총 RF 전력에서 핫 에지 링의 온도를 약 20 °C 내지 25 °C 까지 조정하기 위한 능력을 제공한다.

[0065] **실시예 3**

[0066] 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 (338) 으로부터 열을 소산시키는데 있어서, 도 3c의 실시형태에서의 상부 열 전도성 매체 (360) 로서의 환형 채널 (364) 에서의 가압된 헬륨의 효과에 대한 일련의 테스트들이 수행되었다. 이 일련의 테스트들에 대한 실험 조건들은 실시예 2에 대해 상술된 것과 동일하였다. 환형 채널 (364) 의 높이는 약 2 밀이었다.

[0067] 도 7a는, (A) 약 0 Torr 의 헬륨 정적 압력; 및 (B) 약 30 Torr 의 헬륨 정적 압력에 대한 총 RF 전력의 함수로서 핫 에지 링 (338) 의 온도 프로파일들을 예시한다. 제 5 번째의 300 mm 규소 웨이퍼가 약 6 분 동안

프로세싱된 이후에, 핫 에지 링 (338) 의 온도가 측정되었다. 또한, 도 7a는 도 6a의 실시형태로부터의 온도 프로파일들을 포함한다. 도 7a에서 예시된 바와 같이, 환형 채널 (364) 은 핫 에지 링 (338) 으로부터 소산된 열을 감소시키는데 효과적이고, 따라서 도 3b의 실시형태와 비교하여 핫 에지 링 (338) 의 온도를 증가시킨다.

[0068] 도 7a 및 도 7b에서 예시된 바와 같이, 도 3c의 실시형태는 헬륨 정적 압력을 약 0 Torr 로부터 약 30 Torr 까지 변화시킴으로써, 4.5 kW 의 총 RF 전력에서 핫 에지 링 (338) 의 온도를 약 25 °C 내지 30 °C 까지 조정하기 위한 능력을 제공한다. 또한, 핫 에지 링 (338) 의 온도는, 도 3b의 실시형태와 비교하여, 약 4.5 kW 의 총 RF 전력에서 약 20 °C 내지 약 50 °C 만큼 증가한다. 특정 식각 애플리케이션들에 대해, 핫 에지 링 (338) 의 온도가 약 70 °C 내지 약 90 °C 아래인 경우에, 바람직하지 않은 폴리머 퇴적들이 핫 에지 링 (338) 상에 형성될 수도 있다.

[0069] **실시예 4**

[0070] 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 (338) 으로부터 열을 소산시키는데 있어서, 상부 내부 O-링 (363A) 및 상부 외부 O-링 (363B) 의 효과를 예시하기 위해 테스트들이 수행되었다. 25 SCCM O₂/35 SCCM C₄F₈/500 SCCM Ar 의 가스 혼합물이 3 kW 의 총 RF 전력으로 45 mTorr 의 압력에서 식각 챔버 내로 도입되었다. 300 mm 규소 웨이퍼의 플라즈마 프로세싱 동안에 핫 에지 링 (338) 의 온도가 측정되었다. 체적 (365) 에서의 헬륨의 정적 압력은 약 0 Torr 로 유지되었다. 내부 O-링 (363A) 및 외부 O-링 (363B) 은 VITON®

플루오로엘라스토머로 이루어졌다.

[0071] 도 8은 3 kW 의 총 RF 전력에서의 플라즈마 프로세싱 동안에 시간의 함수로서 핫 에지 링의 온도 프로파일을 예시한다. 도 8로부터, 2 개의 조건들이 테스트되었다: (A) 약 0 Torr 의 정적 압력에서 상부 내부 O-링 및 상부 외부 O-링; 및 (B) 약 0 Torr 의 정적 압력에서 O-링 없음. 도 8에서 나타난 바와 같이, VITON®

플루오로엘라스토머 O-링들의 효과는 3 kW 의 총 RF 전력에서 약 3 분의 플라즈마 프로세싱 이후에, 핫 에지 링의 온도를 약 25 °C 만큼 감소시켰다.

[0072] **실시예 5**

[0073] 300 mm 규소 웨이퍼의 직경에 걸친 균일한 식각 레이트를 달성하는데 있어서, 도 2a의 실시형태에서의 하부 열 전도성 매체 (250) 및 상부 열 전도성 매체 (260) 의 효과를 결정하기 위해 일련의 식각 테스트들이 수행되었다.

[0074] 테스트들은, 캘리포니아, 프레몬트에 위치한 Lam Research Corporation 에 의해 제조된 EXELAN®

FLEX™ 식각 시스템에서 수행되었다. 각각의 테스트에 대해, 300 mm 규소 웨이퍼들이 유기 포토레지스트의 층으로 전면적 코팅되었다. 25 SCCM O₂/35 SCCM C₄F₈/500 SCCM Ar 의 가스 혼합물이 45 mTorr 의 압력에서 식각 챔버 내로 도입되었다. 듀얼-주파수 전력이 저부 전극에 인가되었고, 총 RF 전력은 약 1 kW 로부터 약 3 kW 까지 변화되었다. 핫 에지 링 (238) 및 RF 커플링 링 (240) 은 약 2 in.-lb. 내지 약 5 in.-lb. 의 토크로 기계적으로 클램프되었다. 하부 열 전도성 매체 (250) 및 상부 열 전도성 매체 (260) 에 대한 재료들은 SIL-PAD®

개스킷들, Q-PAD®

II 개스킷들, 및 KAPTON®

개스킷들을 포함하였다. 전면적 포토레지스트 층의 식각이 완료된 이후에, 식각 레이트 (nm/분) 가 웨이퍼의 직경에 걸쳐 측정되었다.

[0075] 도 9a 내지 도 9c는 약 1 kW, 약 2 kW, 및 약 3 kW의 총 RF 전력에 대한 방사상 위치의 함수로서 포토레지스트 식각 레이트 프로파일들을 각각 예시한다. 도 9a 내지 도 9c로부터, 5 개의 열 전도성 매체가 테스트되었다: (A) 2 in.-lb. 토크를 갖는 Q-PAD®

하부 및 상부 개스킷들; (B) 5 in.-lb. 토크를 갖는 Q-PAD[®]

하부 및 상부 개스킷들; (C) 5 in.-lb. 토크를 갖는, 2 개의 SIL-PAD[®]

하부 개스킷들; KAPTON[®]

상부 개스킷; (D) 하부 열 전도성 매체 없음; 2 개의 SIL-PAD[®]

상부 개스킷들; 및 (E) 하부 또는 상부 열 전도성 매체 없음.

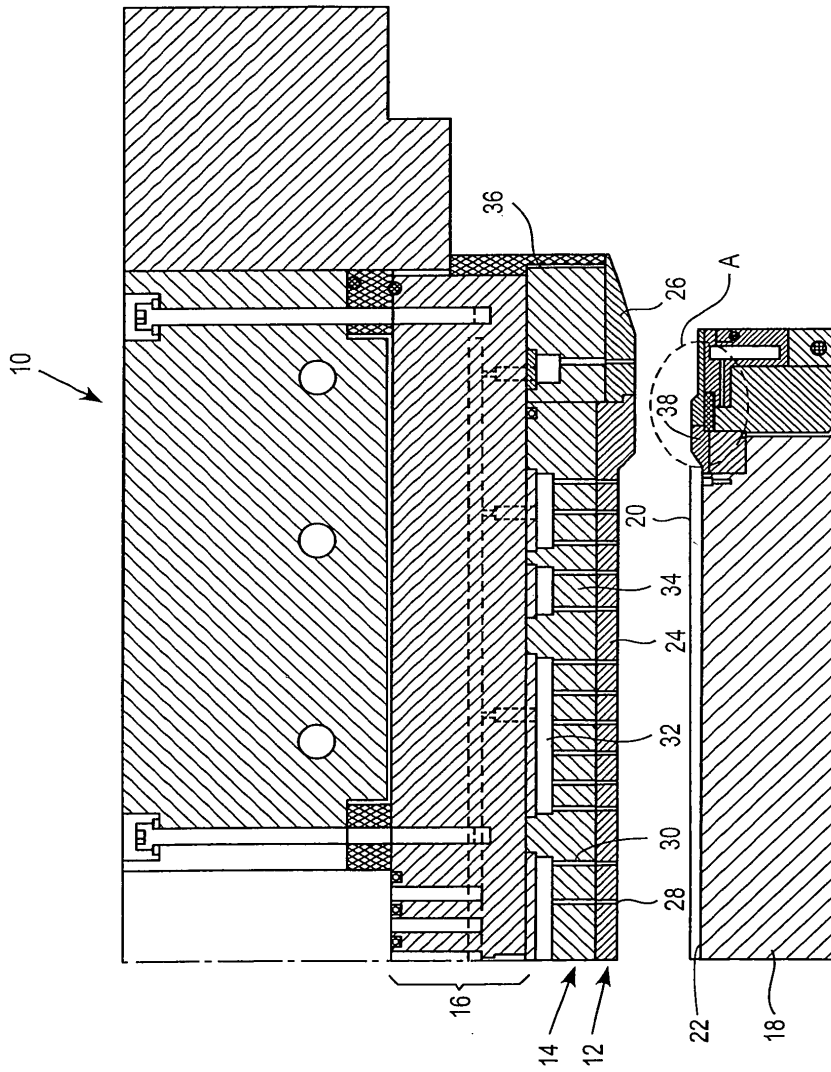
[0076] 도 9a 내지 도 9c에서 예시된 바와 같이 (화살표에 의해 표시된 원형 영역), 하부 열 전도성 매체 (250) 및/또는 상부 열 전도성 매체 (260) (커브들 (A 내지 D))의 존재는 웨이퍼의 포토레지스트 근처 에지 (즉, ± 150 mm 근처의 방사상 위치)의 식각 레이트에 영향을 미친다. 도 9a 내지 도 9c로부터, 2 kW 및 3 kW의 총 RF 전력에서 2 in.-lb. 토크 및 5 in.-lb. 토크를 갖는 Q-PAD[®]

하부 및 상부 개스킷이 가장 균일한 포토레지스트 식각 레이트를 산출하였다는 것이 결정되었다.

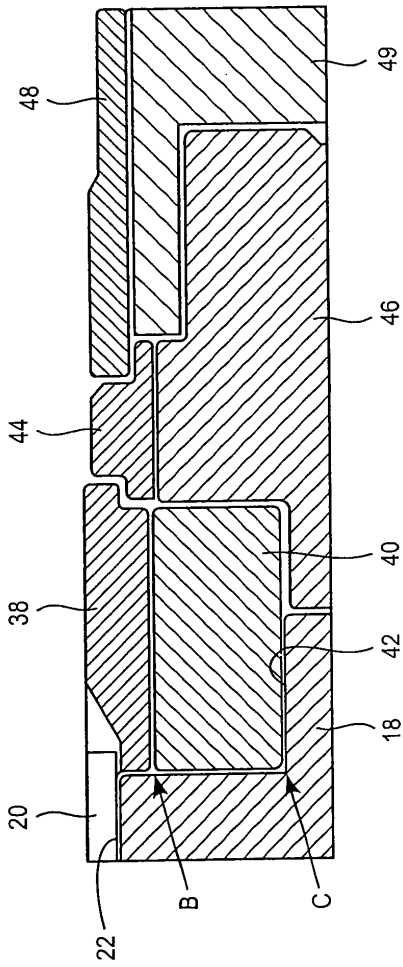
[0077] 본 발명이 본 발명의 특정 실시형태들을 참조하여 상세히 설명되었지만, 첨부된 청구항들의 범위로부터 벗어나지 않으면서, 다양한 변화들 및 변형들이 이루어질 수 있고, 균등물들이 채용될 수 있다는 것이 당업자에게 명백할 것이다.

도면

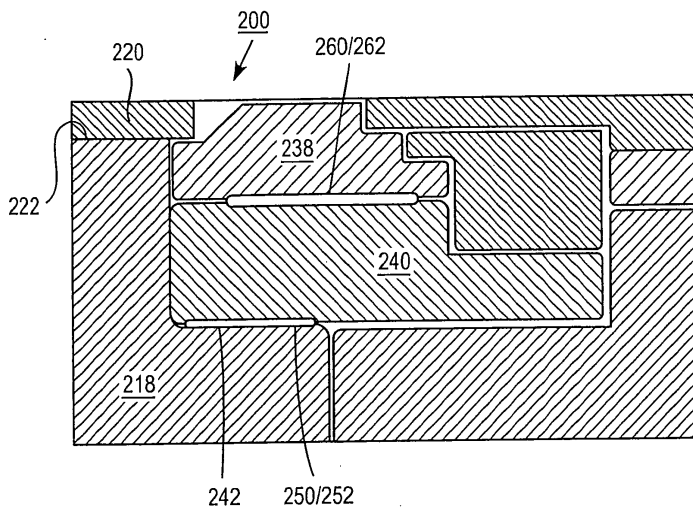
도면1a



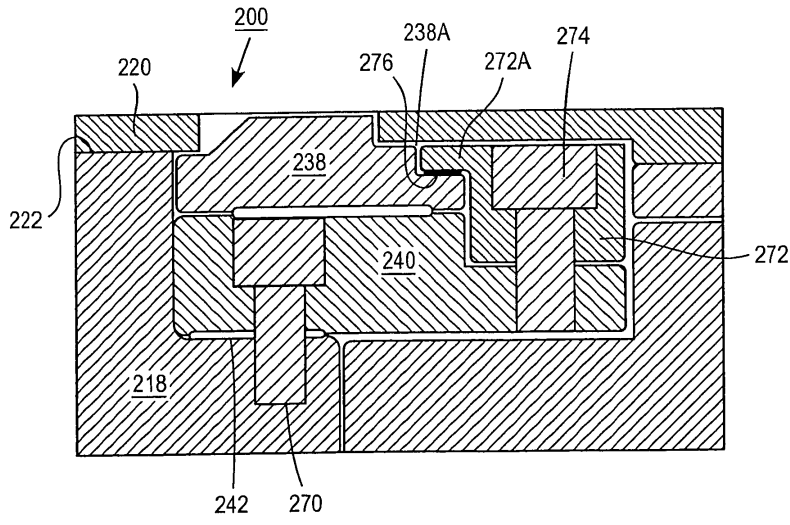
도면1b



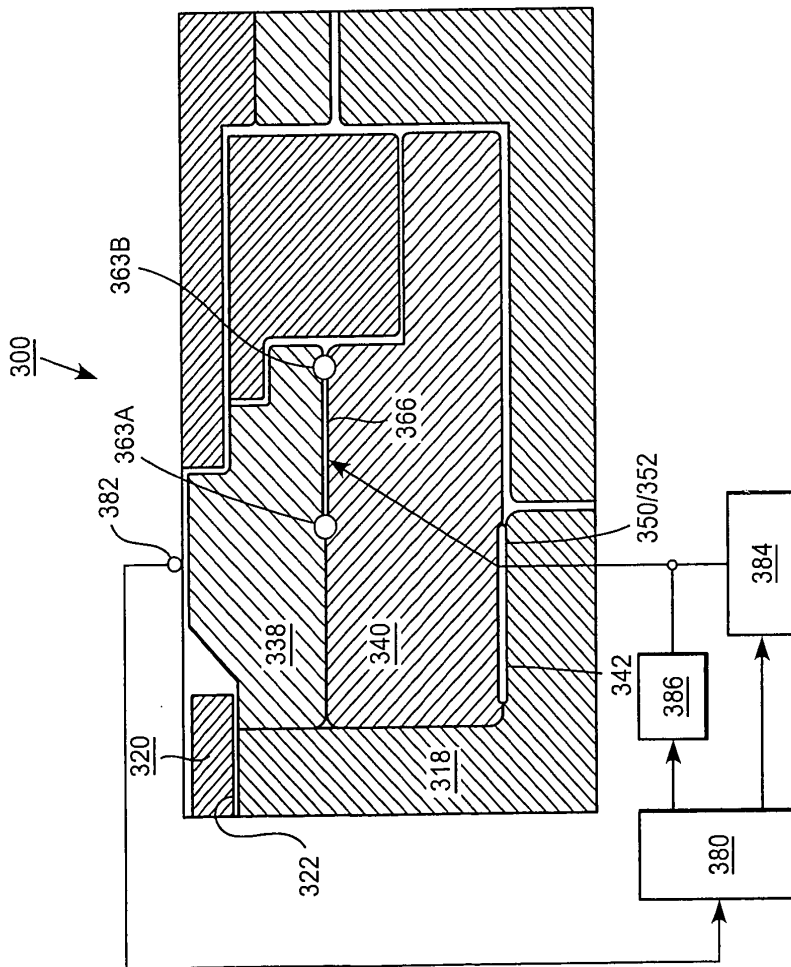
도면2a



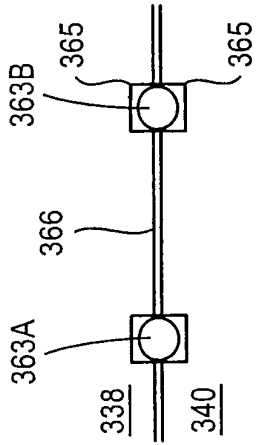
도면2b



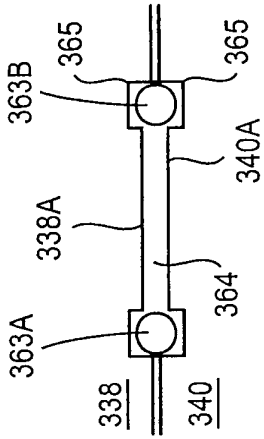
도면3a



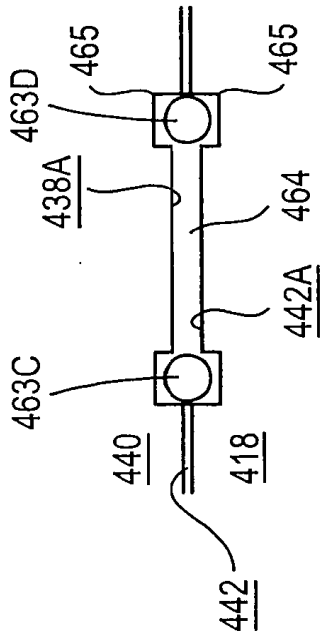
도면3b



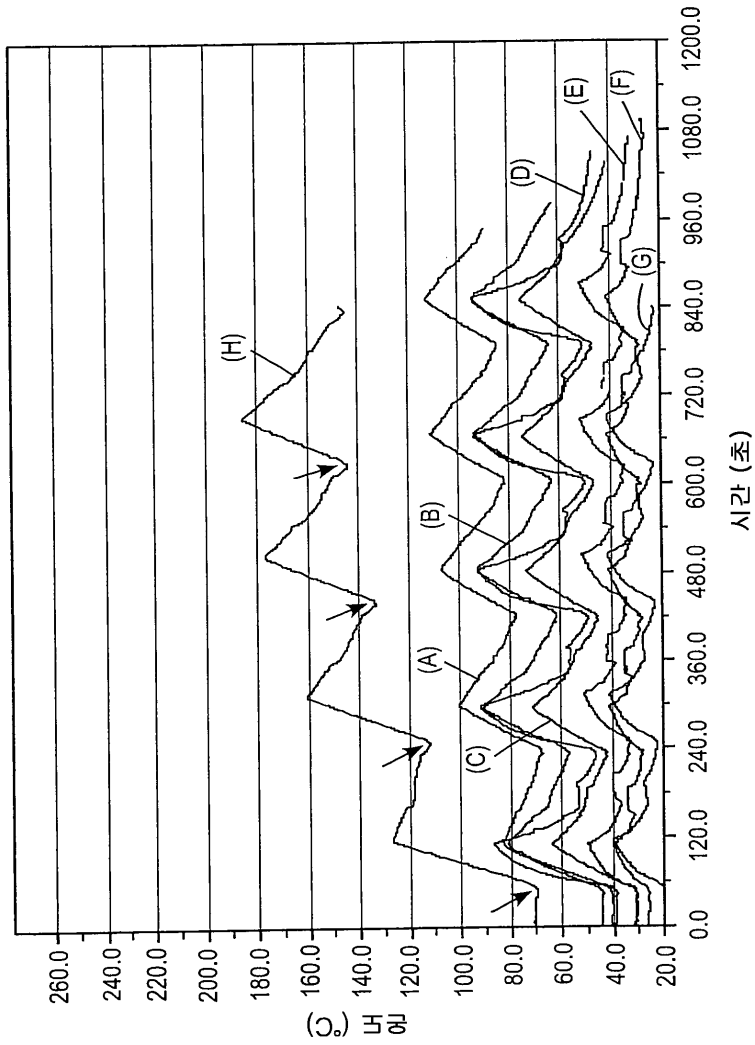
도면3c



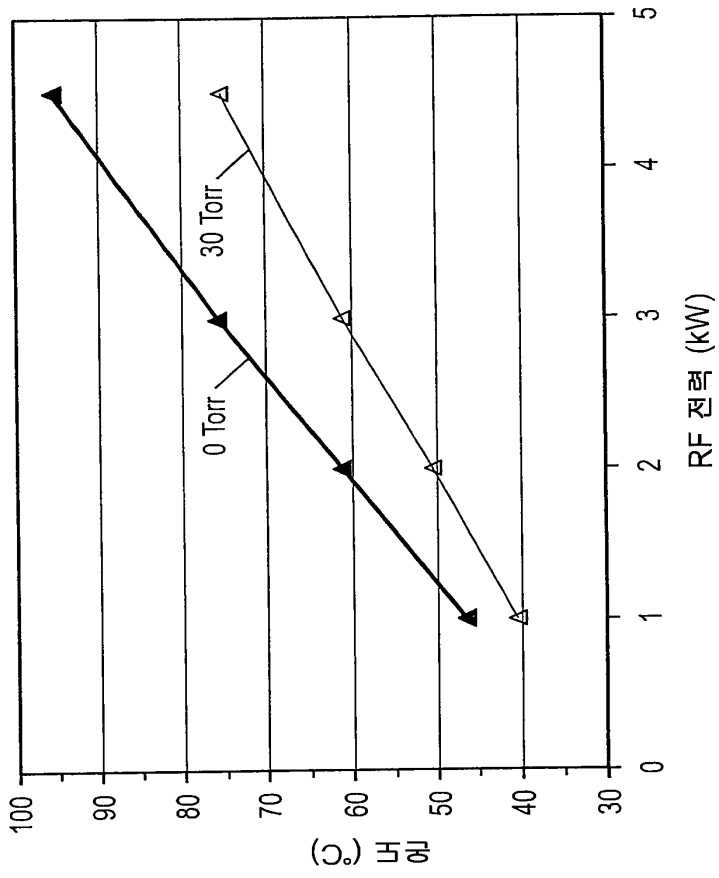
도면4c



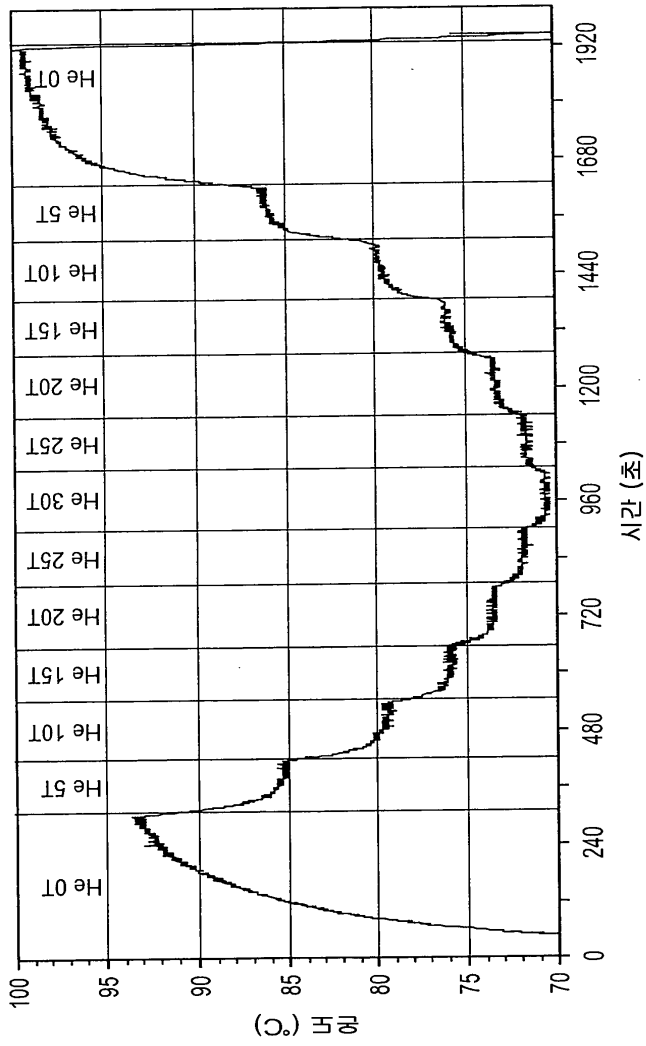
도면5



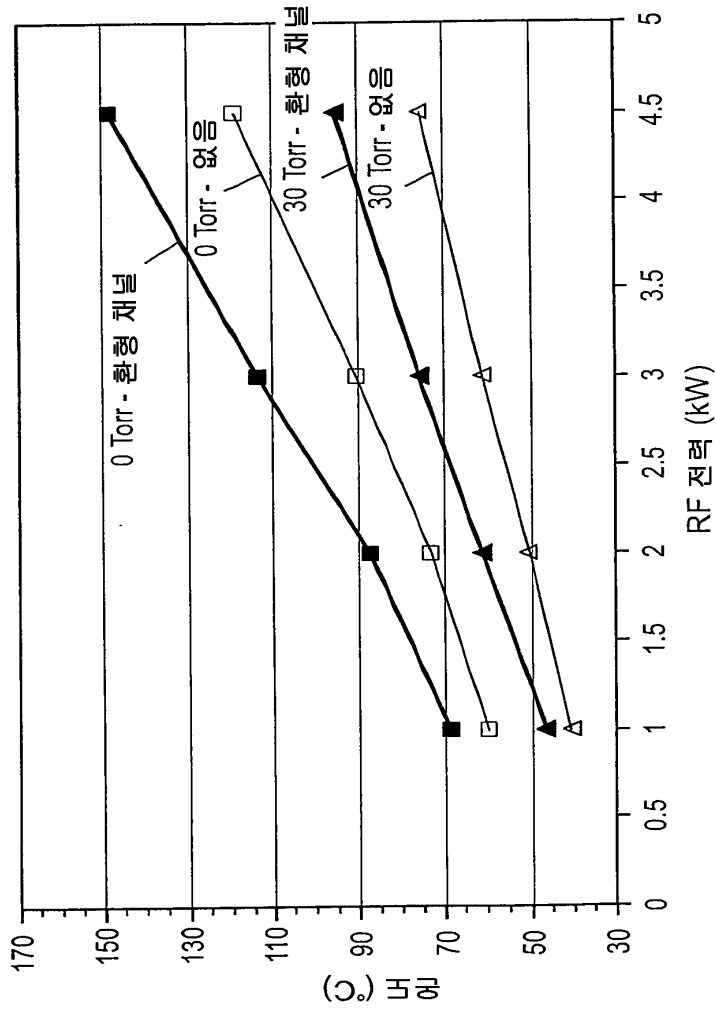
도면6a



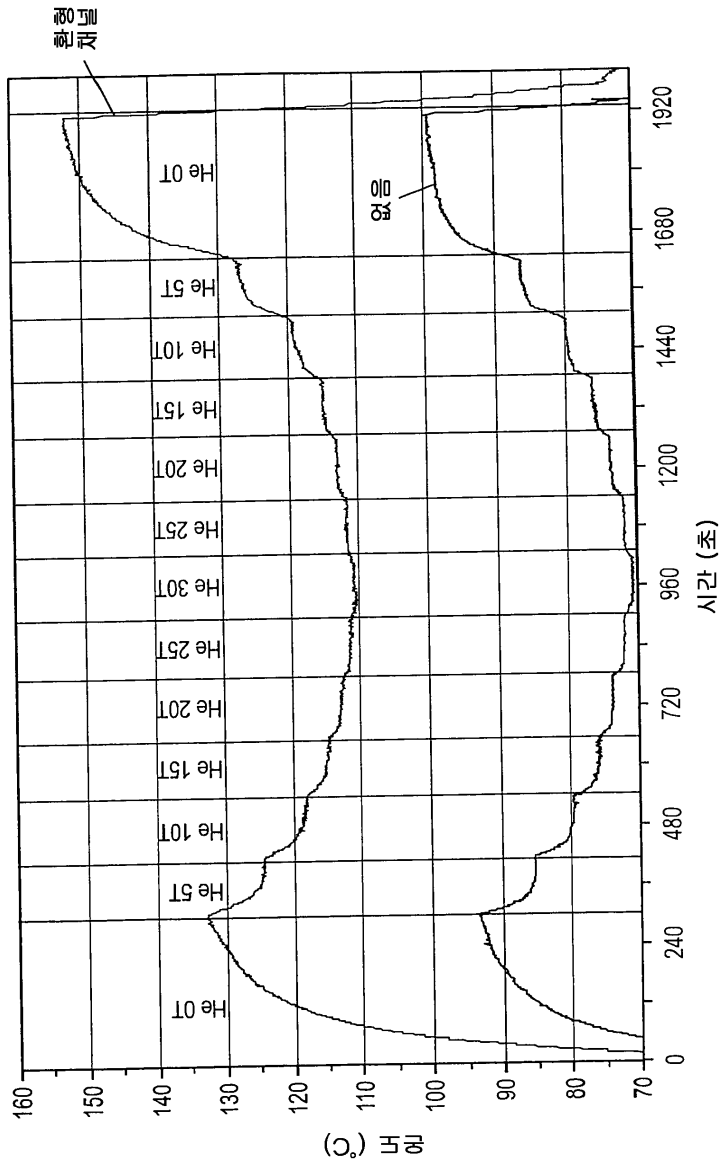
도면6b



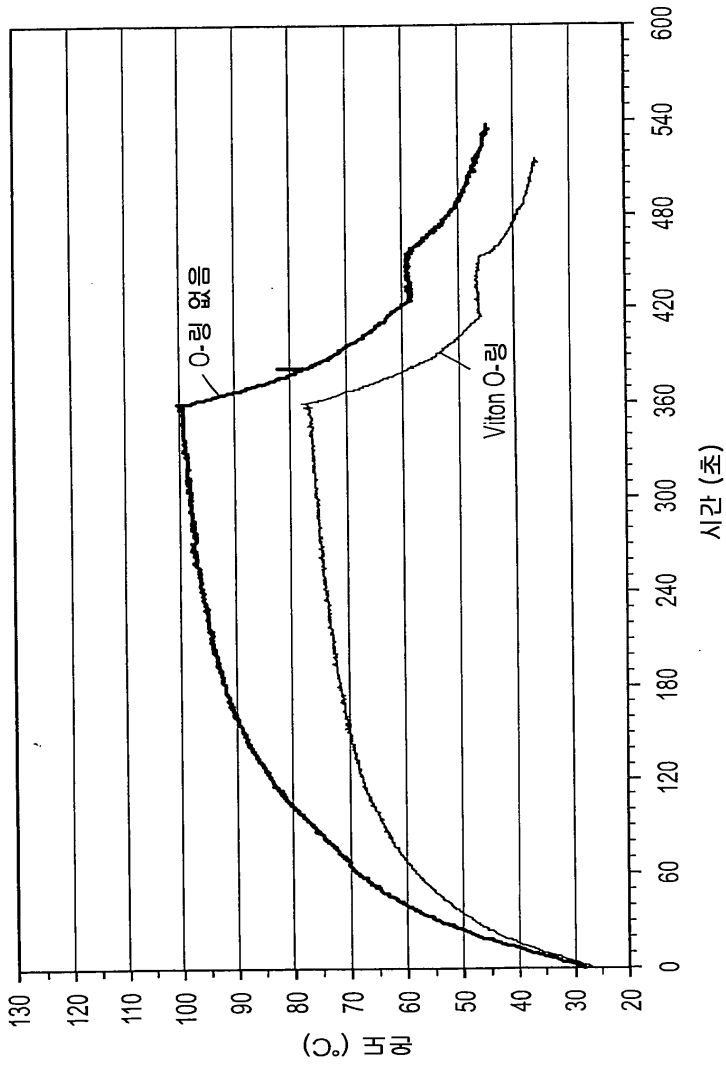
도면7a



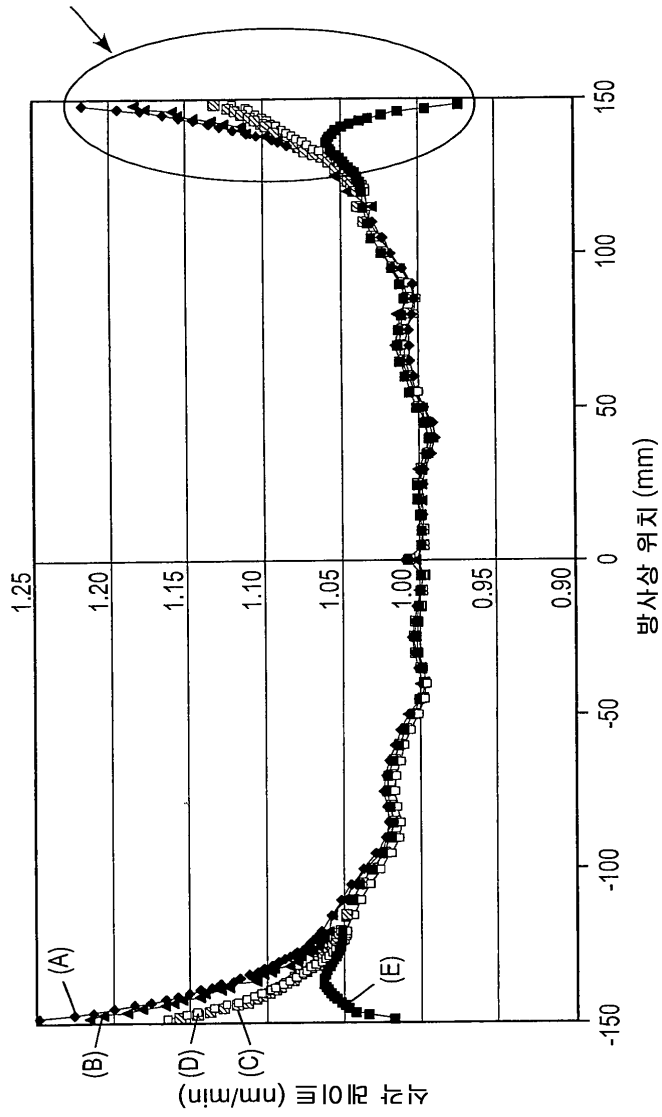
도면7b



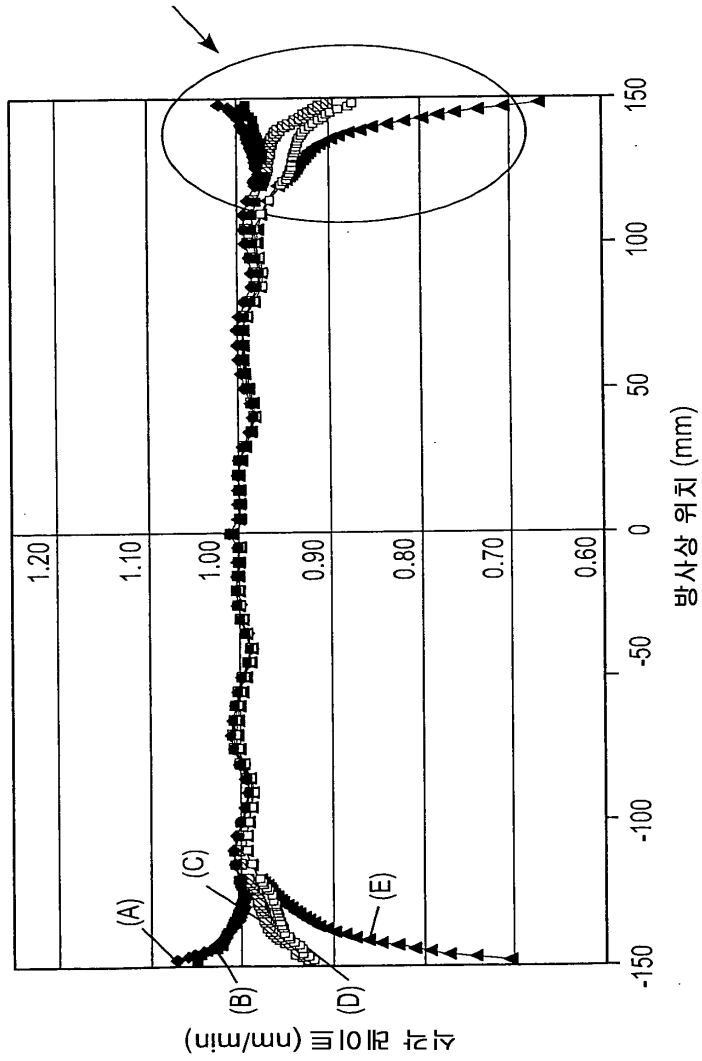
도면8



도면9a



도면9b



도면9c

