



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월12일
(11) 등록번호 10-1999705
(24) 등록일자 2019년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 25/20 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)
H04N 5/33 (2006.01) H05B 1/02 (2006.01)
H05B 3/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 25/20 (2013.01)
H01L 21/67103 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7011493
(22) 출원일자(국제) 2015년10월28일
심사청구일자 2018년05월23일
(85) 번역문제출일자 2017년04월27일
(65) 공개번호 10-2017-0078645
(43) 공개일자 2017년07월07일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/057905
(87) 국제공개번호 WO 2016/069808
국제공개일자 2016년05월06일
(30) 우선권주장
14/530,670 2014년10월31일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR100194267 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
와틀로 일렉트릭 매뉴팩처어링 컴파니
미국 미주리 63146 세인트 루이스 랙랜드 로드
12001
(72) 발명자
스테인하우저, 루이스 피.
미국, 63129 미주리, 세인트 루이스, 크리플 크리
크 드라이브 2448
(74) 대리인
특허법인 신세기

전체 청구항 수 : 총 14 항

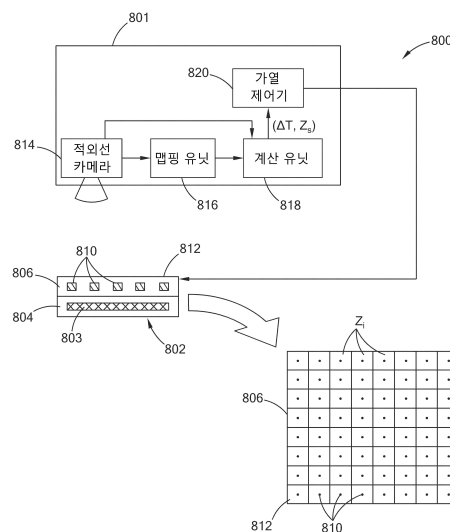
심사관 : 양성지

(54) 발명의 명칭 히터를 위한 열적 동적 응답 감지 시스템

(57) 요약

히터 시스템은 히터 어셈블리, 이미지화 장치 및 제어 시스템을 포함한다. 히터 어셈블리는 복수의 가열 영역을 포함한다. 이미지화 장치는 히터 어셈블리의 이미지를 얻는다. 제어 시스템은 열 이미지에 근거하여 복수의 가열 영역에서의 변화를 결정한다.

대표도 - 도18



(52) CPC특허분류

H01L 21/67248 (2013.01)

H04N 5/33 (2013.01)

H05B 1/0233 (2013.01)

H05B 3/22 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120103596 A*

KR100420871 B1

US20110092072 A1

JP평성07176363 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

히터 시스템으로서,

가열 대상물을 가열하기 위해, 복수의 가열 영역으로 형성된 가열 표면을 포함하는 히터 어셈블리;

상기 히터 어셈블리의 가열 표면의 열 이미지를 얻는 이미지화 장치; 및

상기 가열 표면의 열 이미지에 근거하여 상기 복수의 가열 영역에서의 변화를 결정하고, 복수의 가열 영역에서의 변화가 보상되도록 히터 어셈블리를 보정하는 제어 시스템을 포함하고,

상기 열 이미지는 히터 어셈블리에 있는 상기 복수의 가열 영역에 대응하는 복수의 픽셀(pixel)을 포함하는, 히터 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 이미지화 장치는 적외선 카메라 및 비디오 카메라 중의 하나인, 히터 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 복수의 픽셀은 상기 복수의 가열 영역의 온도를 나타내는, 히터 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제어 시스템은, 픽셀 중의 적어도 하나가 인접 픽셀의 색과 다른 색을 가지고 있으면 상기 가열 영역 중의 적어도 하나에 변화가 발생한 것으로 결정하도록 형성된, 히터 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제어 시스템은,

상기 열 이미지로부터 확인된 변화의 가열 영역을 결정하는 맵핑(mapping) 유닛;

상기 가열 영역에서의 실제 온도와 미리 정해진 온도 사이의 차를 결정하는 계산 유닛; 및

상기 히터 어셈블리에서 미리 정해진 온도 프로파일을 얻기 위해 상기 맵핑 유닛과 계산 유닛에 따라 가열 영역 내의 복수의 가열 요소를 다르게 제어하는 히터 제어기를 포함하는, 히터 시스템.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 히터 어셈블리는, 복수의 가열 영역에 배치되고 독립적으로 제어 가능한 복수의 가열 요소를 더 포함하는, 히터 시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제어 시스템은 상기 변화를 보상하기 위해 상기 복수의 가열 영역에 있는 가열 요소에 대한 파워를 선택적으로 활성화시키거나 비활성화시키거나 또는 변경하는, 히터 시스템.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 이미지화 장치는, 새로운 부하가 히터 어셈블리의 가열 표면 상에 놓여 있을 때 그 새로운 부하의 위치를 확인하도록 형성된 비디오 카메라인, 히터 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 제어 시스템은 처리 유닛을 더 포함하고, 이 처리 유닛은, 상기 새로운 부하가 위치되어 있는 히터 어셈블리 내의 특정 가열 영역을 상기 이미지에 근거하여 결정하는, 히터 시스템.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 제어 시스템은 특정 가열 영역에 있는 가열 요소에 대한 파워를 선택적으로 활성화시키거나 증가시키는, 히터 시스템.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 히터 어셈블리는 주 가열을 하는 베이스 히터 층 및 보충적인 가열을 하는 조정 히터 층을 포함하는, 히터 시스템.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

히터 시스템으로서,

내부 벽을 형성하는 처리 챔버;

상기 내부 벽에 배치되는 것으로, 복수의 가열 영역과 복수의 가열 요소를 포함하는 가열 표면으로 형성되는 히터 어셈블리;

가열 표면의 열 분배를 모니터링하기 위해 히터 어셈블리와 전기적으로 연통하도록 형성되고, 히터 어셈블리의 복수의 가열 영역에서의 변화가 보상되도록 히터 어셈블리를 보정하는 제어 시스템;을 포함하고.

상기 가열 표면은 상기 처리 챔버의 내부 면을 형성하며;

상기 제어 시스템은, 가열 요소들의 전기적 저항을 모니터링하여, 복수의 가열 영역의 열 분배를 결정하는, 히터 시스템.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 제어 시스템은 열 이미지를 생성하기 위한 적외선 카메라를 더 포함하는, 히터 시스템.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 제어 시스템은, 가열 표면의 열 이미지에 근거하여 복수의 가열 영역 사이의 열 분배에 변화가 존재하면, 상기 처리 챔버의 정화가 완료되지 않았다고 판단하도록 형성된, 히터 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 히터 시스템에 관한 것으로, 특히, 반도체 처리시에 사용되는 척(chuck) 또는 서셉터(susceptor)와 같은 용례에서 열 손실 및/또는 다른 변화를 보상하기 위해 작업 중에 가열 대상물에 정확한 온도 프로파일을 줄 수 있는 히터 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 절에서는 단지 본 개시에 관련된 배경 정보를 언급할 것인데, 이러한 언급은 종래 기술을 구성하지 않을 수 있다.

[0003] 예컨대, 반도체 처리 기술에서, 처리 중에 기판(또는 웨이퍼)을 유지하고 균일한 온도 프로파일을 그 기판에 주기 위해 척 또는 서셉터가 사용된다. 도 1을 참조하면, 정전 척(electrostatic chuck)을 위한 지지 어셈블리(10)가 도시되어 있는데, 이 지지 어셈블리는 내장된 전극(14)을 갖는 정전 척(12), 및 접착제 층(18)을 통해 정전 척(12)에 결합되는 히터 판(16)을 포함하며, 접착제 층은 일반적으로 실리콘 접착제이다. 히터(20)가 히터 판(16)에 고정되어 있고, 그 히터는 예컨대 에칭된 포일 히터일 수 있다. 이 히터 어셈블리는, 마찬가지로 일반적으로 실리콘 접착제인 접착제 층(24)를 통해 냉각 판(22)에 결합된다. 기판(26)이 정전 척(12) 위에 배치되어 있고, 정전기력이 발생되도록 전극(14)은 전압원(나타나 있지 않음)에 연결되어 있고, 그 정전기력에 의해 기판(26)이 제자리에 유지된다. 무선 주파수(RF) 또는 마이크로파 파워 소스(나타나 있지 않음)가, 지지 어셈블리(10)를 둘러싸는 플라즈마 반응기 챔버 내의 정전 척(12)에 연결될 수 있다. 그래서 히터(20)는 플라즈마 막 증착 또는 에칭을 포함하여 다양한 챔버내 플라즈마 반도체 처리 단계 동안에 기판(26) 상의 온도를 유지하기 위해 필요한 열을 주게 된다.

[0004] 기판(26)에 대한 처리의 모든 단계 동안에, 총 처리 시간을 줄이면서, 에칭되는 기판(26) 내에서의 처리 변화를 줄이기 위해 정전 척(12)의 온도 프로파일이 엄격하게 제어된다.

발명의 내용

[0005] 본 발명의 일 형태에서, 히터 시스템은 복수의 가열 영역을 포함하는 히터 어셈블리를 포함한다. 히터 시스템은 상기 히터 어셈블리의 이미지를 얻는 이미지화 장치를 가지고 있다. 제어 시스템이, 그 이미지화 장치로부터 주어진 이미지에 근거하여 복수의 가열 영역에서의 변화를 결정하게 된다.

[0006] 본 발명의 다른 형태에서, 히터 시스템은 복수의 가열 요소를 포함하는 히터 어셈블리를 포함한다. 히터 시스템은, 자극을 주어 히터 어셈블리의 원하는 온도에 교란을 야기하는 제어기를 가지고 있다. 제어 시스템이 그 제어기와 연통하고, 제어기에 관한 정보에 근거하여 히터 어셈블리를 제어하여 그 히터 어셈블리에서 원하는 온도 프로파일을 유지시킨다.

[0007] 또 다른 형태에서, 히터 시스템은 내벽을 형성하는 처리 챔버를 포함한다. 히터 어셈블리가 내벽에 배치되고

그 히터 어셈블리는 가열 표면을 형성한다. 가열 표면은 복수의 가열 영역 및 복수의 가열 요소를 포함한다. 제어 시스템이 가열 표면 및 챔버의 내벽의 온도 분포를 모니터링하기 위해 히터 어셈블리와 연통한다. 제어 시스템은 가열 요소의 전기 저항을 모니터링하여, 복수의 가열 영역의 온도 분포를 결정한다.

[0008] 추가적인 적용 가능 영역은 본 명세서에 주어진 설명으로부터 명백하게 될 것이다. 설명과 특정 실시예는 단지 실례를 들기 위한 것이고 본 개시의 범위를 한정하려는 의도는 없음을 이해해야 한다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 개시를 더 잘 이해할 수 있도록, 이제 첨부 도면을 참조하여, 예시적으로 주어진 본 개시의 다양한 형태를 설명할 것이다.

도 1은 종래 기술의 정전 척의 측면도이다.

도 2는 조정 층을 가지며 본 개시의 일 형태에 따라 구성된 히터의 부분 측면도이다.

도 3은 조정 층 또는 조정 히터를 가지며 본 개시의 원리에 따라 구성된 도 1의 히터의 다른 형태의 분해 측면도이다.

도 4는 도 3의 히터의 사시 분해도로, 본 개시의 원리에 따른 베이스 히터를 위한 예시적인 4개의 영역 및 조정 히터를 위한 18개의 영역을 도시한다.

도 5는 보충적인 조정 층을 가지며 본 개시의 원리에 따라 구성된 고선명 히터 시스템의 다른 형태의 측면도이다.

도 6은 본 개시의 다른 형태에 따라 서로 편위되어 있는 교번적인 조정 층의 분해 사시도이다.

도 7은 본 개시의 일 형태에 따라 히터 척 어셈블리의 층 안에 내장되어 있는 제어 장치의 사시도이다.

도 8은 본 개시의 원리에 따라 구성된 독립적으로 제어 가능한 히터 요소를 갖는 히터 시스템의 사시도이다.

도 9는 도 8의 9 - 9 선을 따라 취한 단면도로, 본 개시의 원리에 따라 구성된 히터 시스템의 비아(via)를 도시한다.

도 10은 도 8의 10 - 10 선을 따라 취한 부분 단면도로, 본 개시의 원리에 따라 구성된 히터 시스템의 상측 베이스를 도시한다.

도 11은 도 8의 11 - 11 선을 따라 취한 부분 단면도로, 본 개시의 원리에 따라 구성된 히터 시스템의 하측 베이스를 도시한다.

도 12는 도 11의 상면도로, 본 개시의 원리에 따라 구성된 하측 베이스의 테이퍼형 공동부 내에 있는 요소를 도시한다.

도 13은 2-상(phase) 유체용 유체 통로를 가지며 본 개시의 교시에 따라 구성된 베이스 부재를 갖는 고선명 히터 시스템의 다른 형태의 단면도이다.

도 14는 본 개시의 다른 형태에 따라 구성된 복수의 지지 요소를 도시하는 사시도이다.

도 15는 본 개시의 교시에 따른 지지 요소를 도시하는 단면도이다.

도 16은 본 개시의 교시에 따른 지지 요소의 확대 평면도이다.

도 17은 본 개시의 교시에 따라 구성된 열 분산기를 도시하는 사시도이다.

도 18은 히터 어셈블리와 페루프 제어 시스템을 포함하며 본 개시의 원리에 따라 구성된 히터 시스템의 개략도이다.

도 19는 히터 어셈블리와 페루프 제어 시스템을 포함하며 본 개시의 원리에 따라 구성된 히터 시스템의 개략도이다.

도 20은 히터 어셈블리와 페루프 제어 시스템을 포함하며 본 개시의 원리에 따라 구성된 히터 시스템의 개략도이다.

도 21은 본 개시의 원리에 따른 히터 어셈블리를 제어하는 방법의 흐름도이다.

도 22는 본 개시의 원리에 따른 히터 어셈블리를 제어하는 방법의 흐름도이다.

도 23a 및 23b는 본 개시의 원리에 따른 히터 어셈블리를 보정하는 방법의 흐름도이다.

도 24는 히터 어셈블리와 제어 시스템을 포함하며 본 개시의 원리에 따라 구성된 히터 시스템의 개략도이다.

본 명세서에서 설명되는 도면은 단지 설명을 위한 것이고 본 개시의 범위를 어떤 식으로도 한정하는 것은 아니다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 이하의 설명은 본래 단지 예시적인 것이고 본 개시, 적용 또는 용도를 제한하고자 하는 의도는 없다. 예컨대, 본 개시의 이하의 형태는 반도체 처리에 사용되는 척, 및 어떤 경우에는 정전 척에 대한 것이다. 그러나, 본 명세서에서 제공되는 히터 및 시스템은, 다양한 용도로 사용될 수 있고 반도체 처리 용도에 한정되는 것은 아니다.
- [0011] 도 2를 참조하면, 본 개시의 일 형태는 히터(50)이며, 이 히터는 주 가열을 하는 베이스 히터 층(52), 및 히터(50)에 의해 주어지는 열 분포를 미세 조정하기 위한 조정 층(60)을 포함한다. 베이스 히터 층(52)은 이 히터 층 안에 내장되어 있는 적어도 하나의 히터 회로(54) 및 이 히터 회로(54)를 전력 공급부(나타나 있지 않음)에 연결하기 위해 상기 히터 층을 통해 형성되어 있는 적어도 하나의 구멍(56)(또는 비아(via))을 포함한다. 조정 층(60)은 나타나 있는 바와 같이 베이스 히터 층(52) 가까이에 배치되어 있고, 그 조정 층 안에 내장되어 있는 복수의 개별적인 가열 요소(62)를 포함하며, 이들 가열 요소는 독립적으로 제어된다. 복수의 개별적인 가열 요소(62)를 전력 공급부와 제어기(나타나 있지 않음)에 연결하기 위한 적어도 하나의 구멍(64)이 조정 층(60)을 통해 형성되어 있다. 더 나타나 있는 바와 같이, 안내 층(66)이 베이스 히터 층(52)과 조정 층(60) 사이에 배치되어 있고 내부 공동부(68)를 가지고 있다. 제 1 세트의 전기 리드(70)가 히터 회로(54)를 전력 공급부에 연결하고, 히터 층 구멍(56)을 통해 연장되어 있다. 제 2 세트의 전기 리드(72)가 복수의 가열 요소(62)를 전력 공급부에 연결하고 안내 층(66)의 내부 공동부(68)를 통해 연장되어 있다. 안내 층(66)은 선택적인 것임을 이해해야 하며, 히터(50)는 그 안내 층(66) 없이 대신에 베이스 히터 층(52)과 조정 히터 층(60)만 가지고 사용될 수 있다.
- [0012] 다른 형태에서, 조정 층(60)은, 열 분포를 미세 조정하지 않고, 척(12)에서의 온도를 측정하기 위해 대안적으로 사용될 수 있다. 이러한 형태에서는, 온도 의존적인 저항 회로의 영역 특정적 또는 개별적인 복수의 위치가 있다. 이들 온도 센서 각각은 멀티플렉싱 스위칭 장치(이의 예시적인 형태는 아래에서 더 상세히 설명함)를 통해 개별적으로 판독될 수 있으며, 그 멀티플렉싱 스위칭 장치로 인해, 각 개별적인 센서를 측정하기 위해 필요한 신호 와이어의 수에 비해 실질적으로 더 많은 센서를 사용할 수 있다. 온도 감지 피드백에 의해, 기관(26)으로부터 척(12)으로의 열 흐름을 조절하기 위해 후면 냉각 가스 압력의 특정 영역을 제어하는 예컨대 제어 결정에 필요한 정보를 얻을 수 있다. 이 동일한 피드백은, 보조적인 저온 유체 열교환기를 통한 베이스 가열 영역(54)의 온도 제어 또는 플레이트 냉각 유체 온도의 평형화를 위해 베이스 히터(50) 근처에 설치되는 온도 센서(나타나 있지 않음)를 대체하거나 증가시키기 위해서도 사용될 수 있다.
- [0013] 일 형태에서, 베이스 히터 층(52) 및 조정 히터 층(60)은, 히터 회로(54)와 조정 층 가열 요소(62)를 중간 온도 용 폴리이미드 재료 안에 에워싸서 형성되며, 그 중간 온도는 일반적으로 250℃ 미만이다. 또한, 폴리이미드 재료는 열전도성을 증가시키는 재료로 도포될 수 있다.
- [0014] 다른 형태에서, 베이스 히터 층(52) 및/또는 조정 히터 층(60)은 증상 공정으로 형성되는데, 이 경우 층은 특히 후막, 박막, 용사(thermal spraying) 또는 졸-겔(sol-gel)과 관련된 공정을 사용하여 기관 또는 다른 층에 재료를 도포하거나 축적하여 형성된다.
- [0015] 일 형태에서, 베이스 히터 층(54)은 Inconel[®] 합금을 포함하고, 조정 층 가열 요소(62)는 니켈 재료를 포함한다. 또 다른 형태에서, 조정 층 가열 요소(62)는, 히터 및 온도 센서 둘 모두의 기능을 하도록(일반적으로 "2-와이어 제어"라고 함) 충분한 저항 온도 계수를 갖는 재료로 형성된다. 이러한 히터와 그의 재료는 미국 특허 제 7,196,295 및 계류 중인 미국 특허 출원 제 11/475,534 호에 개시되어 있고, 이것들은 본 출원과 공동으로 양도되어 있고 그의 개시 내용은 전체적으로 본 명세서에 참조로 통합되어 있다.
- [0016] 2-와이어 제어의 경우, 본 개시의 다양한 형태는, 첫째, 동일하게, 열 임피던스 조정 층(60) 내의 개별적인 요소 각각으로부터 나오는 열 흐름 및, 둘째, 요소 온도와의 알려진 관계에 따라, 그 개별적인 요소 각각에 주어

지는 전압 및/또는 전류(곱셈과 나누기를 통해 전력 또는 저항으로 변환됨)를 알거나 측정하여 층 가열 요소(62)에 대한 온도 기반 제어, 전력 기반 제어 및/또는 열 임피던스 기반 제어를 하는 것을 포함한다. 또한, 이것들은, 영역 특정한 열적 변화(사용 또는 유지보수, 처리 에러 및 장비 악화로 인한 챔버 또는 척의 물리적 변화 때문에 생길 수 있지만 이에 한정되지 않음)를 작업자 또는 제어 시스템이 검출하고 보상할 수 있도록 각 요소에 대한 열 임피던스 부하를 계산하고 모니터링하기 위해 사용될 수 있다. 대안적으로, 열 임피던스 조정 층(60) 내에 있는 개별적으로 제어되는 가열 요소 각각에는 동일한 또는 다른 특정 온도에 대응하는 설정점 저항이 할당될 수 있으며, 반도체 처리 중에 기판 온도를 제어하기 위해 베이스 히터 층(52)을 통과하는 기판 상의 대응하는 영역으로부터 나오는 열 흐름이 상기 특정 온도에 의해 변경되거나 차단된다.

[0017] 일 형태에서, 히터(50)는 예컨대 실리콘 접착제 또는 심지어 감압성(pressure sensitive) 접착제를 사용하여 척(51)에 결합된다. 그래서, 베이스 히터 층(52)은 주 가열을 하고 조정 층(60)은 가열 프로파일을 미세 조정하거나 조절하여, 척(51) 및 기판(나타나 있지 않음)에 균일한 또는 원하는 온도 프로파일이 제공된다.

[0018] 본 개시의 다른 형태에서, 조정 층 가열 요소(62)가 스트레인 부하에 노출될 때 이 가열 요소의 열적 민감성을 개선하기 위해, 조정 층 가열 요소(62)의 열팽창 계수(CTE)는 조정 가열 층 기판(60)의 CTE와 부합되어 있다. 2-와이어 제어를 위한 많은 적절한 재료는, 온도와 스트레인 모두에 대한 저항 민감성을 포함하여, 저항 온도 장치(RTD)와 유사한 특성을 지니고 있다. 조정 층 가열 요소(62)의 CTE를 조정 히터 층 기판(60)과 부합되게 함으로써, 실제 가열 요소에 대한 스트레인이 감소된다. 그리고, 작업 온도가 증가함에 따라 스트레인 레벨이 증가하는 경향이 있고, 그래서 CTE 부합이 중요해 지고 있다. 일 형태에서, 조정 층 가열 요소(62)는 약 15 ppm/°C의 CTE를 갖는 고순도 니켈-철 합금이고, 그 가열 요소를 에워싸는 폴리이미드 재료는 약 16 ppm/°C의 CTE를 가지고 있다. 이 형태에서, 조정 히터 층(60)을 다른 층에 결합시키는 재료는, 조정 히터 층(60)을 척(12)의 다른 부재로부터 물리적으로 분리시키는 탄성 특성을 지니고 있다. 비슷한 CTE를 갖는 다른 재료도 본 개시의 범위 내에서 사용될 수 있음을 이해해야 한다.

[0019] 이제 도 3 ~ 5를 참조하면, 베이스 히터 층과 조정 층(전체적으로 도 2와 관련하여 설명한 바와 같음) 모두를 갖는 히터의 일 예시적인 형태가 도시되어 있고 전체적으로 참조 번호 "80"으로 나타나 있다. 히터(80)는, 베이스 판(82), 이 베이스 판(82)에 고정되는 베이스 히터(84), 및 조정 히터(90)를 포함하는 고선명 히터이다. 베이스 판(82)은 냉각 판이라고도 하며, 일 형태에서 이 냉각 판은 대략 16 mm의 두께를 갖는 알루미늄 판이다. 일 형태에서 베이스 히터(84)는 나타나 있는 바와 같이 탄성 중합체 결합 층(86)을 사용하여 베이스 판(82)에 고정된다. 탄성 중합체 결합은 미국 특허 제 6,073,577 호에 개시되어 있는 것일 수 있고, 이 미국 특허는 전체적으로 본 명세서에 참조로 통합되어 있다. 본 개시의 일 형태에 따라 기판(88)이 베이스 히터(84) 위에 배치되어 있고 대략 1 mm의 두께를 갖는 알루미늄 재료이다. 기판(88)은 필요한 양의 파워를 베이스 히터(84)로부터 소산시키기 위해 열 전도성을 갖도록 설계되어 있다. 베이스 히터(84)는 필요한 양의 열 전도성을 갖지 않고 비교적 높은 파워를 가지기 때문에, 이 베이스 히터(84)는 인접 부품에 (저항 회로 트레이스(trace)의) "경계" 자국(witness mark)을 남길 것인데, 그래서 전체적인 히터 시스템의 성능이 저하된다.

[0020] 조정 히터(90)는 기판(88) 위에 배치되며, 전술한 바와 같이 탄성 중합체 결합 층(94)을 사용하여 척(92)에 고정된다. 일 형태에서 그 척(92)은 약 2.5 mm의 두께를 갖는 산화알루미늄 재료이다. 본 명세서에서 설명하는 바와 같은 재료와 치수는 단지 예시적인 것이고 그래서 본 개시는 본 명세서에서 설명하는 바와 같은 특정 형태에 한정되지 않음을 이해해야 한다. 추가로, 조정 히터(90)는 베이스 히터(84) 보다 낮은 파워를 가지며, 전술한 바와 같이, 기판(88)은 조정 히터(90)에 "경계" 자국이 형성되지 않도록 베이스 히터(84)로부터 파워를 소산시키는 기능을 한다.

[0021] 베이스 히터(84) 및 조정 히터(90)는 도 4에 더 상세히 나타나 있는데, 이 도에는 베이스 히터(84)에 대해 4개의 예시적인 영역이 나타나 있고, 조정 히터(90)에 대해서는 18개의 영역이 나타나 있다. 일 형태에서, 고선명 히터(80)는 450 mm의 척 크기에 사용되기에 적합하게 되어 있지만, 그 고선명 히터(80)는 열 분포를 잘 조절할 수 있기 때문에 더 크거나 더 작은 척 크기에도 사용될 수 있다. 추가로, 고선명 히터(80)는, 여기에 도시되어 있는 바와 같은 적층된/평평한 구성으로 사용되는 것이 아니라, 척의 주변(영역(P)으로 나타나 있음) 주위에(수평면을 가로질러), 또는 수직 위치(예컨대, 도 3에 있는 조정 층(90'))를 따라, 또는 척을 가로질러 또는 따라 있는 미리 정해진 개별적인 위치에, 또는 다른 부품 또는 부품조합물의 주변 주위에서 사용될 수 있다. 또한, 고선명 히터(80)는 반도체 처리 장비 내의 다른 부품들 중에서도 공정 키트(kit), 챔버 벽, 뚜껑, 가스 라인, 및 샤워헤드에도 사용될 수 있다. 또한, 본 명세서에서 설명되고 도시되는 히터 및 제어 시스템은 어떤 수의 용례에도 사용될 수 있음을 이해해야 하며, 그래서 예시적인 반도체 히터 척 용례는 본 개시의 범위를 제한하는

것으로 해석되어서는 아니 된다.

- [0022] 또한 본 개시에서, 베이스 히터(84)와 조정 히터(90)는 가열 기능에 한정되지 않는다. 본 개시의 범위 내에서 이들 부재(각각 "베이스 기능 층" 및 "조정 층" 이라고 함) 중의 하나 이상은 대안적으로 온도 센서 층 또는 다른 기능 부재일 수 있음을 이해해야 한다. 다른 기능은 특히 예컨대 냉각 층, 및 다양한 전기적 특성과 같은 센서 입력을 수집하는 진단 층을 포함할 수 있다.
- [0023] 도 5에 나타나 있는 바와 같이, 척(12)의 정상 표면에 이차 조정 층 히터(120)를 포함시켜 이중 조정 능력을 얻을 수 있다. 그 이차 조정 층은 본 개시의 범위 내에서 대안적으로 가열 층이 아닌 온도 감지 층으로서 사용될 수 있다. 따라서, 어떤 수의 조정 층 히터라도 사용될 수 있고 본 명세서에서 설명 및 도시되어 있는 히터에 한정되지 않는다.
- [0024] 다른 형태에서, 베이스 기능 층은 전술한 바와 같은 베이스 히터(84) 구성이 아닌 복수의 열전기 요소를 포함할 수 있다. 이들 열전기 요소들은 또한 영역별로 배치될 수 있고, 일반적으로 베이스 판 또는 냉각 판(82)의 위에 또는 그 근처에 배치된다.
- [0025] 또 다른 형태에서, 복수의 조정 층은, 개별적인 저항 트레이스가 맞은편 층 상의 인접한 저항 트레이스로부터 편위(offset)되어 있어 트레이스 사이에 존재하는 틈을 보상하도록, "적층된" 구성으로 사용될 수 있거나 또는 수직으로 구성될 수 있다. 예컨대, 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 제 1 조정 층(130)은, 제 2 조정 층(140)의 트레이스(142)가 제 1 조정 층(130)의 트레이스(134) 사이에 있는 틈(132)에 인접하여 정렬되도록 제 2 조정 층(140)으로부터 편위되어 있고, 그 반대도 가능하다. 다른 형태에서, 서로 인접하는 층들 사이의 틈 또는 열점(hot spot)을 보상하기 위해 "체커판" 설계가 사용될 수 있다.
- [0026] 도 7을 참조하면, 문턱 전압 스위칭 회로가 나타나 있는데, 일 형태에서, 그 문턱 전압 스위칭 회로는, 이 회로에서의 전압 문턱값이 초과되면 일 방향으로 전기를 전도하는 개별적인 입체 회로 소자(solid state device)를 포함하며 또한 히터 척의 본체 안에 내장되거나 그 본체에 부착되며, 이는 패키징된 형태이거나 또는 일반적으로 베어(bare) 다이 부품으로서 내장될 수 있다. 다른 형태에서, 제어 요소는 전술한 바와 같이 결합 층(86)에 내장된다. 제어 요소는 본 개시의 범위 내에서 임의의 부품 또는 부품의 어셈블리 안에 내장될 수 있음을 이해해야 한다. 대안적으로, 본 개시의 일 형태에서 단일 패키지 규모 제어 장치(ASIC)에 있는 문턱 전압 스위칭 회로는 척 안에 내장되거나 그 척에 부착될 수 있다. 부품 중의 어느 하나가 작업 중에 고장하면 대리 가능성을 주기 위해 추가적인 제어 장치가 또한 사용될 수 있다.
- [0027] 제어부를 내장하는 일 예시적인 형태가 도 8 ~ 12에 도시되어 있다. 나타나 있는 바와 같이, 히터 시스템의 이 대안적인 형태가 도시되어 있고 전체적으로 참조 번호 "200"으로 나타나 있다. 잘 맞춰진 온도 프로파일을 가열 대상물에 주기 위해(예컨대, 전술한 바와 같이 반도체 처리시에 균일한 온도 프로파일을 기판에 주기 위해) 히터 시스템(200)은 독립적으로 제어 가능한 복수의 히터 요소(202)(이의 작동에 대해서는 아래에서 더 상세히 설명함)를 포함한다. 상측 베이스(204)가 히터 요소(202) 근처에 배치되며, 일 형태에서, 상측 베이스(204)에 결합되는 엠틡된 포일 또는 그 상측 베이스 상에 위치되는 층상 히터와 같은 히터 요소(202)는 상측 베이스(204) 상에 배치된다. 상측 베이스(204)는 복수의 테이퍼형 공동부(206)를 가지며, 이들 공동부는 각 히터 요소와 정렬된다. 이 형태에서, 테이퍼형 공동부(206)는 나타나 있는 바와 같이 상측 벽(208) 및 테이퍼형 측벽(210)을 포함한다. 상측 베이스(204)는 아래에서 설명하는 바와 같이 파워 및 제어 라인을 위한 통로를 마련하기 위해 복수의 파워 비아(212)를 더 포함한다.
- [0028] 하측 베이스(220)는 상측 베이스(204)에 인접하고, 상측 베이스(204)의 테이퍼형 공동부(206)와 정렬되는 복수의 역 테이퍼형 공동부(222)를 가지고 있다. 역 테이퍼형 공동부(222)는 유사하게 하측 벽(224) 및 테이퍼형 측벽(226)을 가지고 있다. 하측 베이스(220)는 상측 베이스(204)의 파워 비아(212)와 연통하는 복수의 파워 비아(228)를 더 포함하고, 이 파워 비아 역시 파워 및 제어 라인을 위한 통로서 역할한다.
- [0029] 도 14에 가장 잘 나타나 있는 바와 같이, 상기 공동부(206, 222)의 형상은, 히터 요소(202)로부터 냉각 판(도 1에서 요소(22)로 나타나 있음)으로의 효율적인 열전달이 일어나도록 또한 히터 요소(202)에 의해 주어지는 성능 및 온도 프로파일에 대한 상기 공동부와 그의 부품의 열적 영향이 줄어들도록 구성되어 있다. 따라서, 공동부의 "풋프린트(footprint)"는 히터 요소(202) 근처에서 더 작게 되고, 또한 공동부는 열 흐름을 공동부(206) 주위로 보내기 위해 크기가 점진적으로 증가되어 있고 그런 다음에는 공동부(222) 주위의 열 흐름을 냉각 판(22) 쪽으로 보내기 위해 크기가 점진적으로 감소되어 있다. 공동부(206, 222)에 대한 다른 기하학적 구조도 본 개시에 의해 주어질 수 있음을 이해해야 하며, 그래서 테이퍼형 구성은 본 개시의 범위를 한정하는 것으로 해석되

어서는 아니 된다.

- [0030] 더 나타나 있는 바와 같이, 복수 쌍의 스위칭 요소(230)와 제어 요소(232)가 하측 베이스(220)의 역 테이퍼형 공동부(222) 내에 배치되며 복수의 히터 요소(202)와 연통한다. 일반적으로, 스위칭 요소(230) 및 제어 요소(232)는, 전술한 바와 같이 반도체 처리 장비에서 필요한 온도 프로파일을 기관에 주고 또한 일 용례에서는 균일한 온도 프로파일을 기관에 주기 위해 히터 요소(202)의 작동을 제어한다. 보다 구체적으로, 일 형태에서, 제어 요소는 마이크로프로세서이다. 다른 형태에서, 제어 요소는 전술한 바와 같은 래스터(raster) 부스트 히터에 따른 회로이다. 일 형태에서, 제어 요소(232)는 히터 요소(202)의 온도 제어를 위한 디지털 버스(234)를 통해 연통한다.
- [0031] 히터 시스템(200)은 각 제어 요소(232)와 연통하는 멀티플렉서(240)를 더 포함하고, 이 멀티플렉서는 원하는 온도 프로파일을 위해 적절한 제어 신호를 각 히터 요소(202)에 보낸다. 일 형태에서, 멀티플렉서(240)는 광학 버스(242)를 통해 전력 공급부(나타나 있지 않음)와 연통한다.
- [0032] 추가로, 히터 시스템(200)은 복수의 히터 요소(202) 근처에 배치되는 복수의 개별적인 온도 센서(250)를 또한 포함할 수 있다. 일 대안적인 형태에서, 히터 요소(202)는 충분한 저항 온도 계수 특성을 갖는 저항 재료를 포함하고 있어, 본 개시의 다른 형태에서 본 명세서에서 설명한 바와 같이 그 저항 재료는 히터와 온도 센서 모두로서의 기능을 하게 된다.
- [0033] 정전 척 용례에서, 히터 시스템(200)은 RF 필터(260)를 더 포함하는데, 일 형태에서 그 필터는 디지털 버스(262)와 연통한다.
- [0034] 본 명세서에서 설명한 시스템의 온도 보정은, 표준 저항계(resistance meter)를 사용하여 먼저 조정 층 히터의 개별 저항을 측정하여 수행될 수 있다. 다른 방법에서는, 단독으로 또는 위의 방법에 추가로, 조정 층 히터 요소(62)는 짧은 기간만 제외하고는 통상적인 작업에서와 같이 일정한 온도로 유지되고 또한 펄스화될 수 있으며, 그런 다음 저항이 계산되고 제어 시스템에 설정된다. 동일한 또는 복수의 온도점에서의 이러한 반복적인 기술에 의해 시스템이 제어를 위해 보정될 것이다.
- [0035] 이제 도 13을 참조하면, 히터 시스템의 다른 형태가 도시되어 있고 전체적으로 장치(300)로 표시되어 있다. 이 장치(300)(본 개시의 일 형태에서는 히터임)는 적어도 하나의 유체 통로(320)를 갖는 베이스 부재(310)를 포함한다. 이 형태에서는 복수의 유체 통로(320)가 도시되어 있고, 본 개시의 다른 형태에서 통로(320)는 영역(전술한 바와 같은 히터 영역)을 더 가질 수 있다. 2-상(phase) 유체(325)가 유체 통로(320) 내에 배치되어 있고, 그 2-상 유체(325)의 압력은, 2-상 유체(325)가 베이스 부재(310)를 가열하도록 제어된다. 이러한 시스템은 예컨대 미국 특허 제 7,178,353 호 및 7,415,835 호 그리고 또한 공개된 미국 출원 20100076611 호에 더 상세히 설명되어 있고, 이것들의 내용은 전체적으로 본 명세서에 참조로 통합되어 있다. 일반적으로, 이들 시스템에서, 가압된 냉매가 응축 액체로서 기체 상태로 주어진다. 응축 액체는 팽창되어 증기 혼합물로 되고, 기체 냉매가 추가되어, 이 기체 냉매의 압력에 의해 결정되는 목표 온도에 도달하게 된다. 이렇게 해서 온도 보정이 가스 압력 조절에 의해 매우 빠르게 이루어질 수 있다. 이러한 시스템은 Advanced Thermal Science Corporation에 의해 주어지며 본 개시의 교시와 함께 사용될 수 있다. 더 나타나 있는 바와 같이, 조정 층(330)은 베이스 부재(310)에 고정되고 복수의 영역(335)을 포함한다. 이 조정 층(330)은 전술한 조정 층 및 히터와 유사한데, 따라서, 명료성을 위해 다시 상세히 설명하지 않을 것이다. 전술한 형태와 유사하게, 조정 층(335)은 베이스 부재(310) 보다 낮은 파워를 갖는다. 또한 더 나타나 있는 바와 같이, 예컨대 척, 받침대, 웨이퍼 테이블, 기관 지지부 또는 샤워헤드와 같은 부품(340)(대시선으로 나타나 있음)이 조정 층(330)에 고정된다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같은 "부품"은, 웨이퍼가 처리를 위해 직접 또는 간접적으로 지지되는 임의의 부재 또는 또는 어셈블리를 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0036] 위에서 상세히 설명한 같이, 일 형태에서, 조정 층(330)은 히터인데, 하지만 다른 형태에서는, 조정 층(330)은 온도 센서이다. 이 조정 층(330) 및 베이스 부재(310)는, 히터 및 온도 센서 둘 모두로서의 기능을 하도록 충분한 TCR 특성을 갖는 재료로 설계될 수 있다. 추가로, 이차 조정 층(도 5에 나타나 있음)이 부품(340)의 정상 표면에 고정되며, 히터 및/또는 온도 센서로서 기능하는 어떤 수의 조정 층이라도 본 개시의 범위 내에서 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 이차 조정 층이 부품(340)의 정상 표면에 고정되어 있는 경우에 웨이퍼는 간접적으로 지지될 것이고, 반면에, 웨이퍼가 부품(340)의 정상 표면에 있을 때에는 직접 지지될 것이다.
- [0037] 상기 장치(300)는 다수의 파워 라인을 수용하기 위해, 도 2에 나타나 있는 바와 같은 안내 층(66)을 또한 사용할 수 있다. 도면 전체에 걸쳐 본 명세서에서 설명하는 바와 같은 추가적인 특징적 부분이, 본 개시의 범위 내

에서, 유체 통로(320)가 있는 베이스 부재(310)를 갖는 본 개시의 이 형태에 또한 사용될 수 있다.

[0038] 이제 도 14 ~ 16을 참조하면, 본 개시의 다른 형태는, 제조(이 형태에서는 프레스 공정) 중에 필요한 평평도를 주기 위해 조정 히터 층과 부스트 히터 층 사이에 마련되는 복수의 지지 요소(600)를 포함한다. 보다 구체적으로, 본 개시의 이 형태에서, 지지 요소(600)는 히터 회로를 갖는 구리 층(602)에 옹칭된다. 도 14에 나타나 있는 바와 같이, 구리 층(602)에 있는 트레이스들 사이에는 비교적 큰 공간이 존재하는데, 이 공간은 평평하지 않은 적층물 또는 바람직하지 않은 평평도를 갖는 적층물에 기여하는 일종의 틈이다. 지지 요소(600)를 마련함으로써, 평평도를 개선하는 추가적인 구조가 마련된다. 또한 도 16에 나타나 있는 바와 같이, 지지 요소(600)는 "분할형" 구성으로 되어 있거나, 개구(610)를 사이에 두고 있는 2개의 부분(602, 604)으로 구성되어 있다. 따라서, 접착제(620)(도 15에 나타나 있음)가 각 지지 요소(600) 사이에서 더 고르게 흐를 수 있다.

[0039] 도 17에 나타나 있는 바와 같이, 조정 히터(700)의 다른 형태가 도시되어 있는데, 여기서 개별 요소(720)에 걸쳐 온도를 균일하게 하기 위해, 대응하는 복수의 열 분산기(710)가 각각 요소(720) 위에 배치되어 있다. 열 분산기(710)는 알루미늄, 구리, 및 PGS(Pyrolytic Graphite Sheet)를 포함한 열분해 흑연을 포함하여(이에 한정되지 않음) 다양한 재료일 수 있다. 일 형태에서, 나타나 있는 바와 같이 열 분산기(710)는 단체형 구성 또는 일정한 두께의 구성이다. 그러나, 일체형 홈 또는 열 가이드(730)를 포함한 다른 구성도 본 개시의 범위 내에서 주어질 수 있음을 이해해야 한다.

[0040] 본 명세서에서 설명하는 조정 층/히터 각각은 제어 시스템으로 제어되며, 이 제어 시스템의 다양한 형태가, 공동 계류 출원, 즉 "열적 어레이를 제어하기 위한 시스템 및 방법"이라는 명칭으로 2012년 8월 30일에 출원된 미국 출원 제 13/598,985 호 및 "열적 어레이 시스템"이라는 명칭으로 2012년 8월 30일에 출원된 미국 출원 제 13/598,995 호에 더 상세히 설명되어 있고, 이들 미국 출원은 본 출원과 공동으로 양도되어 있고 전체적으로 참조로 통합되어 있다. 일반적으로, 상기 제어 시스템은 조정 층과 연통하는 복수 세트의 파워 라인, 및 이 파워 라인 및 조정 층과 전기적으로 연통하는 복수의 주소화 가능 제어 요소를 가지며, 이들 제어 요소는 조정 층 영역을 선택적으로 제어한다. 제어 요소는 예컨대 문턱 전압 스위칭 회로일 수 있고, 이 회로는 반도체 스위치일 수 있다. 문턱 전압 스위칭 회로는 예컨대 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)에 패키징될 수 있다. 또한, 제어 요소는 전술한 바와 같이 칩과 같은 부품에 내장될 수 있다. 이들 제어 시스템 및 그의 관련된 알고리즘은 위에서 언급한 공동 계류 출원에 더 상세히 설명 및 도시되어 있고 그래서 명료성을 위해 본 명세서에는 포함되어 있지 않다.

[0041] 도 18을 참조하면, 히터 시스템(800)은 페루프 제어 시스템(801) 및 히터 어셈블리(802)를 포함한다. 히터 어셈블리(802)는 베이스 히터 층(804)과 조정 히터 층(806)을 포함한다. 조정 히터 층(806)은 복수의 가열 영역(Z_i)을 가지며, 이 가열 영역에는 복수의 가열 요소(810)가 배치되어 있고 독립적으로 제어가능하다. 전술한 바와 같이, 베이스 히터 층(804)은 반도체 처리 챔버 안에 있는 기관과 같은 가열 대상물(나타나 있지 않음)에 대해 주 가열을 하게 되며, 조정 히터 층(806)은 히터 어셈블리(802)에서의 변화를 보상하기 위해 그 히터 어셈블리(802)의 가열 표면(812)에서의 온도 분포를 미세 조정하게 된다.

[0042] 일반적으로 히터 어셈블리(802)에 변화가 존재하여, 그 히터 어셈블리(802)는 원하는 온도 프로파일에 도달할 수 없게 된다. 이 변화는 제조 편차로 인해 또는 환경에서 변화된 작업 조건으로 인해 히터 어셈블리(802)에서 생길 수 있다. 보다 구체적으로, 변화는, 베이스 히터 층(804)에 있는 가열 요소(803)에서의 변화, 조정 히터 층(806)의 가열 요소(810)에서의 변화, 히터 어셈블리(802)를 형성하기 위해 서로 다른 층들을 함께 결합하는 결합 층(나타나 있지 않음)에서의 변화 또는 사용되는 재료에서의 변화로 인해 히터 어셈블리(802)에서 생길 수 있다.

[0043] 환경의 변화는 일반적으로 히터 작동 중에 일어나게 되고 동적으로 변할 수 있다. 상기 변화는 가열 표면(812) 상에 놓이는 새로운 부하 또는 가열 표면(812) 근처에서의 변화된 공기 흐름을 포함할 수 있다. 일 예로, 냉동 햄버거 패티가 가열 표면(812) 상에 놓이면, 새로운 부하가 되는 그 냉동 햄버거 패티로 인해, 가열 표면(812)에서 냉동 햄버거 패티가 놓여 있는 영역의 온도가 낮아지게 된다. 그 결과, 복수의 가열 영역(Z_i)에 있는 복수의 가열 요소(810)에 균일한 파워가 공급되더라도 균일한 가열이 이루어질 수 없게 된다. 다른 예로, 반도체 처리 챔버 안에서, 작업 중에 가열 표면(812)의 근처에서 처리 가스가 주입될 수 있는데, 그러면, 그 가열 표면(812)에서 온도차가 생길 수 있다. 또 다른 예로, 가열 표면(812) 상에서의 온도차는 히터 어셈블리(802) 근처에 있는 고정구 또는 장착 수단에 의해 야기될 수 있는데, 그 고정구 또는 장착 수단은 히터 어셈블리(802)로부터 열을 흡수하는 열 싱크가 된다.

- [0044] 본 개시의 일 양태에 따른 페루프 제어 시스템(801)은 이들 변화를 고려하여(이들 변화가 히터 어셈블리(802)에서 생기든 또는 환경에서 생기든 상관 없이) 히터 어셈블리(802)에 대한 페루프 제어를 하게 된다. 페루프 제어 시스템(801)은 이미지화 장치(814), 맵핑(mapping) 유닛(816), 계산 유닛(818) 및 히터 제어기(820)를 포함한다.
- [0045] 본 개시의 이미지화 장치는 적외선 카메라(814)일 수 있지만, 그 이미지화 장치는 히터 시스템에서의 열적 변화를 연속적으로 포착하는 온도 기록 카메라 또는 비디오 카메라일 수도 있다. 먼저 베이스 히터 층(804)에 파워가 공급되어 가열 표면(812)의 온도가 증가된다. 히터 어셈블리(802)의 내부 또는 외부에서(즉, 환경에서) 변화가 존재하면, 가열 표면(812)은 균일한 온도에 이르지 못할 수 있다. 다른 가열 영역에 있는 가열 표면(812)은 다른 레벨의 적외선을 방출할 수 있으며, 이 레벨은 가열 표면(812)의 온도의 함수이다. 적외선 카메라(814)는 복수의 가열 영역(Z_i)에서 나오는 적외선을 연속적으로 포착하고 그에 따라 복수의 열 이미지를 생성하게 된다. 각 열 이미지는 조정 히터 층(806)에 있는 복수의 가열 영역(Z_i)에 대응하는 복수의 픽셀을 규정하며, 이 픽셀은 다른 가열 영역(Z_i)에 있는 가열 표면(812)의 온도를 나타낸다. 열 이미지에 있는 픽셀의 색이 인접 픽셀의 색에서 벗어나 있으면, 이 특정 픽셀에 대응하는 가열 영역에서 변화가 존재한다고 판단할 수 있다.
- [0046] 열 이미지는 그러한 변화가 존재하는 특정 가열 영역(Z_s)을 결정하기 위해 맵핑을 위한 맵핑 유닛(816)에 보내진다. 이 맵핑 유닛(816)은, 열 이미지 상에 있는 복수의 픽셀과 조정 히터 층(806)에 있는 복수의 가열 영역(Z_i) 사이의 관계에 대한 정보를 포함한다. 이 맵핑에 의해, 변화가 존재하는 특정 가열 영역(Z_s)이 결정될 수 있다.
- [0047] 특정 가열 영역(Z_s)이 확인된 후, 그 특정 가열 영역(Z_s)에 관한 정보 및 열 이미지가 계산 유닛(818)에 보내져, 특정 가열 영역(Z_s)에서 가열 표면(812)의 실제 온도가 계산된다. 계산 유닛(818)은 특정 가열 영역(Z_s)에서의 실제 온도와 원하는 온도 사이의 차를 또한 계산한다. 변화가 존재하는 특정 가열 영역(Z_s)에서의 실제 온도와 원하는 온도 사이의 온도차(ΔT)는 피드백으로서 히터 제어기(820)에 보내진다. 그러므로, 히터 제어기(820)는, 특정 가열 영역(Z_s)에 있는 가열 요소(810)를 변화가 존재하지 않는 나머지 가열 영역(Z_i)과 다르게 제어할 수 있다. 제어 시스템(800)은 열 이미지에 근거하여 또한 원하는 균일한 또는 균일하지 않는 온도 프로파일에 따라 히터 어셈블리(802)를 조절하고 미세 조정하기 위해 히터 어셈블리(802)에 대해 페루프 피드백 제어를 한다.
- [0048] 도 19를 참조하면, 히터 시스템(850)은 히터 어셈블리(802) 및 이 히터 어셈블리(802)를 제어하기 위한 페루프 제어 시스템(851)을 포함하고, 히터 어셈블리는 베이스 히터 층(804)과 조정 히터 층(806)을 포함한다. 페루프 제어 시스템(851)은 비디오 카메라(852), 처리 유닛(854) 및 히터 제어기(856)를 포함한다. 비디오 카메라(802)는 새로운 부하나 변화 또는 시스템에 대한 자극을 확인할 수 있다. 예컨대, 냉동 햄버거 패티(854)가 히터 어셈블리(802)의 가열 표면(812) 상에 놓이면, 비디오 카메라(852)가 가열 표면(812)의 이미지를 얻어, 그 냉동 햄버거 패티(854)의 위치를 보여주게 된다. 비디오 카메라(852)가 히터 어셈블리(802)의 이미지를 얻으면, 히터 어셈블리(802)는 활성화 상태(가열이 주어짐) 또는 비활성화 상태(가열이 주어지지 않음)에 있을 수 있다.
- [0049] 각 이미지는 조정 히터 층(806)에 있는 복수의 가열 영역(Z_i)에 대응하는 복수의 픽셀을 규정한다. 이미지는 처리 유닛(854)에 보내져, 햄버거 패티(854)가 위치되어 있는 특정 가열 영역(Z_s)이 결정된다. 특정 가열 영역(Z_s)에 관한 정보는 피드백으로서 히터 제어기(856)에 보내지며, 특정 가열 영역(Z_s)에 있는 가열 요소(810)만 활성화될 필요가 있거나 또는 그 특정 가열 영역(Z_s)에 대한 파워가 증가될 필요가 있음을 나타내게 된다. 햄버거(854)가 위치되어 있는 곳의 외부에 있는 가열 요소(810)는 활성화되지 않거나 또는 더 낮은 파워를 받게 되므로, 제어 시스템(851)은 필요에 따라 가열 표면(806) 상의 열 분포를 더 효율적으로 관리할 수 있게 된다.
- [0050] 도면에는 나타나 있지 않지만, 도 18의 제어 시스템(801) 및 도 19의 제어 시스템(851)은 결합되어 단일의 페루프 제어 시스템으로 될 수 있으며, 그래서 히터 어셈블리(802) 내의 변화 또는 환경의 변화가 그 단일의 페루프 제어 시스템에 의해 확인되고 보상될 수 있다.
- [0051] 도 20을 참조하면, 히터 시스템(870)은 히터 어셈블리(802) 및 이 히터 어셈블리(802)를 제어하기 위한 페루프

제어 시스템(871)을 포함한다. 히터 어셈블리(802)는 처리 챔버(805) 안에 배치되며, 이 처리 챔버는 웨이퍼와 같은 가열 대상물(나타나 있지 않음)에 처리 가스를 주는 가스 샤워 헤드(807)를 포함한다. 이 실시 형태에서, 히터 어셈블리(802)는 웨이퍼를 지지하고 가열하기 위한 정전 척의 형태로 되어 있다. 나타나 있는 바와 같이, 가스 샤워 헤드(807)는 히터 어셈블리(802)의 상방에 배치되어 처리 챔버(805) 안으로 처리 가스를 주입하게 된다. 처리 가스(가열 표면(812)의 온도와 다른 온도를 가짐)는 가열 표면(812) 상의 원하는 온도 분포를 교란시킬 수 있다. 이 교란을 보상하기 위해, 페루프 제어 시스템(871)은, 가스 제어기(811) 및 가스 밸브(813)와 전기적으로 연통하는 계산 유닛(874), 및 히터 제어기(876)을 포함한다. 가스 제어기(811)는 처리 챔버(805) 내로의 가스 주입을 제어하고 또한 그 처리 챔버(805) 내로 주입되는 가스의 종류, 질량, 및 온도에 관한 정보를 저장한다. 가스 밸브(813)는 가스 주입 시기를 제어한다. 상기 종류, 질량, 온도 및 가스 주입 시기와 같은 가스 주입에 관한 정보는 계산 유닛(874)에 보내져, 원하는 온도 프로파일에 대한 예상 교란이 계산되고 결정된다. 이 예상 교란은 히터 제어기(876)에 보내지고, 이 히터 제어기는 예상 교란에 응하여 개별 가열 요소(810)에 대한 파워를 활성화시키거나 변화시키게 된다. 복수의 가열 영역(Z_i)에 있는 가열 요소(810)는 독립적으로 제어 가능하므로, 제어 시스템(871)은 예상 교란에 근거하여 또한 원하는 온도 프로파일에 따라 히터 어셈블리(802)를 더 잘 제어할 수 있다. 그러므로, 제어 시스템(870)은, 그렇지 않으면 가스 주입으로 인해 야기되는 원하는 온도 프로파일에 대한 교란을 상쇄시키기 위해 히터 어셈블리(802)에 대한 페루프 제어를 한다.

[0052] 도면에는 나타나 있지 않지만, 페루프 제어 시스템(870)은, 그렇지 않으면 원하는 온도 프로파일을 교란시키게 될 히터 어셈블리(802)에 대한 예상 자극 또는 교란에 관한 정보를 가지고 있는 어떤 제어기와도 전기적으로 연통할 수 있다. 따라서, 예상 자극이 일어나면 페루프 제어 시스템(870)은 조정 히터 층(860)에 있는 복수의 가열 요소(810)를 제어할 수 있다.

[0053] 도 21을 참조하면, 히터 어셈블리(802)에서의 변화를 보상하기 위해 그 히터 어셈블리(802)를 보정하는 방법(900)이 나타나 있다. 히터 어셈블리(802)는 베이스 히터 층(804) 및 복수의 저항 가열 요소(808)를 가지고 있는 조정 히터 층(806)을 포함한다. 복수의 가열 요소(808)는, 가열 표면(812)의 온도를 조정할 수 있는 것에 추가로, 복수의 가열 영역(Z_i)의 온도를 측정하고 또한 히터 어셈블리(802)의 성능을 진단하는 복수의 센서로서의 기능도 할 수 있다. 히터 및 센서 둘 모두로서 가열 요소를 사용하는 것이 2007년 3월 27일에 공개된 미국 특허 제 7,196,295("2-와이어 층상 히터 시스템")에 기재되어 있는데, 이 미국 특허의 개시 내용은 전체적으로 본 명세서에 참조로 통합되어 있다.

[0054] 단계 902에서, 각 가열 영역(808)에 있는 가열 요소(810)에 미리 정해진 파워 레벨이 공급된다. 단계 904에서, 히터 어셈블리(802)는 정상 상태(steady state)로 안정화되고 유지될 수 있다. 정상 상태에 도달하면, 단계 906에서, 조정 히터 층(806)에 있는 복수의 가열 영역(Z_i)에 있는 가열 요소(810)에 대한 파워 공급이 차단된다. 그런 다음, 단계 908에서, 제어 시스템이 각 가열 영역의 온도 저하율과 같은 각 가열 영역의 열적 정보를 연속적으로 기록한다. 가열 요소(810)는 센서로서도 사용되기 때문에, 온도 저하율을 모니터링하기 위해 추가의 센서가 필요 없다. 단계 910에서, 복수의 히터 영역에서의 온도 저하율의 차가 분석된다.

[0055] 진술한 바와 같이, 균일하지 않은 재료 특성 및/또는 히터 어셈블리(802)에서의 균일하지 않은 결합 또는 복수의 가열 요소(810)에서의 제조 편차로 인해 가열 영역(808)에 변화가 존재할 수 있다. 이 변화는, 정상 상태와의 온도 저하율 차이에 기여할 수 있다. 온도 저하율을 분석하여, 변화가 존재하는 특정 가열 영역이 확인될 수 있다. 특정 가열 영역이 확인된 후, 단계 912에서, 불일치를 사용하여, 특정 가열 영역에 전달되는 특정 파워 레벨을 보상하거나 미리 프로그래밍할 수 있다. 그러므로, 변화가 존재하더라도, 원하는 온도 프로파일이 얻어질 수 있다. 원하는 온도 프로파일은 균일한 온도 프로파일이거나, 미리 정해진 균일하지 않은 온도 프로파일일 수 있다.

[0056] 도 22를 참조하면, 환경의 변화를 보상하기 위해 히터 어셈블리(802)를 현장에서 보정하는 방법(920)이 나타나 있다. 단계 922에서, 히터 어셈블리(802)는 미리 정해진 균일한 온도의 환경 챔버 안에 배치된다. 단계 924에서, 히터 어셈블리(802)는 미리 정해진 균일한 온도로 될 수 있다. 단계 926에서, 복수의 가열 영역(808)에 있는 가열 요소(810)의 저항 판독값이 기록된다. 단계 922 ~ 926는 미리 정해진 온도를 변경하여 반복될 수 있다. 단계 928에서, 각 가열 영역에서 저항 판독값을 사용하여 온도 의존적인 저항의 매트릭스를 생성할 수 있다. 단계 930에서, 그 온도 의존적인 저항을 사용하여, 각 가열 영역에서 히터 어셈블리(802)를 보정할 수 있다.

[0057] 이 방법에서, 환경에서의 변화가 히터 어셈블리(802)의 가열 표면(812) 상의 온도 분포에 영향을 줄 수 있는 환

경 챔버 안에 히터 어셈블리(802)가 배치될 때, 보정이 수행된다. 그러므로, 상기 방법은 환경의 동적 변화를 고려하여 히터 시스템을 보정할 수 있다.

[0058] 환경의 동적 변화에 추가로, 시간에 따른 재료 악화로 인한 히터 어셈블리(802)에서의 변화가 원하는 온도 분포에 동적으로 영향을 줄 수 있다. 재료는 상이한 가열 영역(Z_i)에서 상이한 속도로 악화될 수 있다. 상기 방법(920)을 사용하여, 시간에 따른 각 가열 영역의 온도 응답을 측정하여 기록할 수 있으며, 그래서, 시간에 따른 시스템 성능을 개선하기 위해 각 가열 영역에서의 악화를 보상하도록 히터 어셈블리(802)가 미리 프로그래밍될 수 있다.

[0059] 다시 말해, 상기 방법(920)은 히터 어셈블리(802)의 구성 요소 및/또는 주변 환경의 변화가 히터 어셈블리(802)의 원하는 온도 프로파일에 어떻게 영향을 주는지 모니터링할 수 있고 또한 제어 알고리즘을 실시간으로 미세 조정할 수 있다. 그 실시간 미세 조정은 다음 공정 사이클에서의 유사한 변화 및/또는 자극을 사전에 예측하고 보상할 수 있으며 또한 현장 조절을 이룰 수 있다. 추가로, 각 가열 영역에 대한 기록된 실제 온도 정보가 얻어질 수 있고, 원하는 온도가 도달되었는지를 확인 또는 인증하는데 사용될 수 있다. 예컨대, 각 가열 영역에 대한 기록된 실제 정보를 사용하여, 안전한 소비를 보장하기 위해 햄버거 또는 다른 음식물이 적절히 조리되었는지를 인증할 수 있다.

[0060] 도 23a 및 23b를 참조하면, 본 개시의 다른 실시 형태에 따른 히터 어셈블리(802)를 보정하는 방법(1000)이 나타나 있다. 이 방법(1000)은 단계 1002에서 히터를 환경 챔버 안에 배치하고 활성화시키는 것으로 시작한다. 단계 1004에서, 예상 온도의 어떤 범위에 대해 각 가열 영역(Z_i)의 저항 특성을 기록하여, 각 가열 영역에 대한 저항과 온도 사이의 관계를 특성화한다. 복수의 가열 영역(Z_i)에 있는 가열 요소(812)는 제조 편차로 인해 상이한 저항 온도 계수(TCR)를 가질 수 있으며, 그 결과, 높은 온도에서 복수의 가열 영역에 있는 가열 요소의 저항의 차이가 나타나게 된다. 가열 요소(812)의 온도 의존적인 저항 특성은 각 영역에 대한 특정 온도에 대한 특정 데이터 또는 저항으로 환산된다.

[0061] 그런 다음, 단계 1006에서, 히터는 일 부품에 조립되어, 결합된 칩 어셈블리와 같은 최종 히터 어셈블리로 된다. 단계 1008에서, 그 최종 히터 어셈블리는 환경 챔버 안에 배치되고 활성화된다., 최종 히터 어셈블리는 복수의 온도로 가열된다. 단계 1010에서, 예상 온도의 어떤 범위에 대해 각 가열 영역(Z_i)의 저항 특성을 기록하여, 각 가열 영역에 대한 저항과 온도 사이의 관계를 특성화한다. 이 단계는, 히터가 일 부품과 결합되어 히터 어셈블리를 형성한다는 점을 제외하고는, 단계 1004와 유사하다. 단계 1004에서는, 히터가 독립적일 때 각 가열 영역에서의 변화가 얻어지게 된다. 히터가 다른 부품에 조립된 후에, 그 부품 및/또는 히터와 그 부품 사이의 결합 층(들)으로 인해 가열 영역(Z_i)에서 변화가 일어날 수 있다. 그러므로, 단계 1010는 히터 어셈블리 전체에서의 변화를 더 결정한다.

[0062] 단계 1012에서, 각 가열 영역에 대한 특성화 및 데이터는 업데이트되고 보정 데이터로서 사용되며, 이 보정 데이터에 근거한 룩업 테이블이 생성된다. 단계 1014에서, 최종 히터 어셈블리를 그에 따라 보정하여, 히터 어셈블리에서의 변화를 보상하게 된다.

[0063] 다음, 단계 1016에서, 보정 데이터를 사용하여 최종 히터 어셈블리가 미리 정해진 온도로 활성화된다. 복수의 가열 영역(Z_i)에 있는 복수의 가열 요소는, 가열 영역(Z_i)에서의 변화를 고려하여 서로 다른 파워를 받을 수 있다. 그런 다음, 단계 1018에서, 최종 히터 어셈블리는 정상 상태 조건으로 안정화된다.

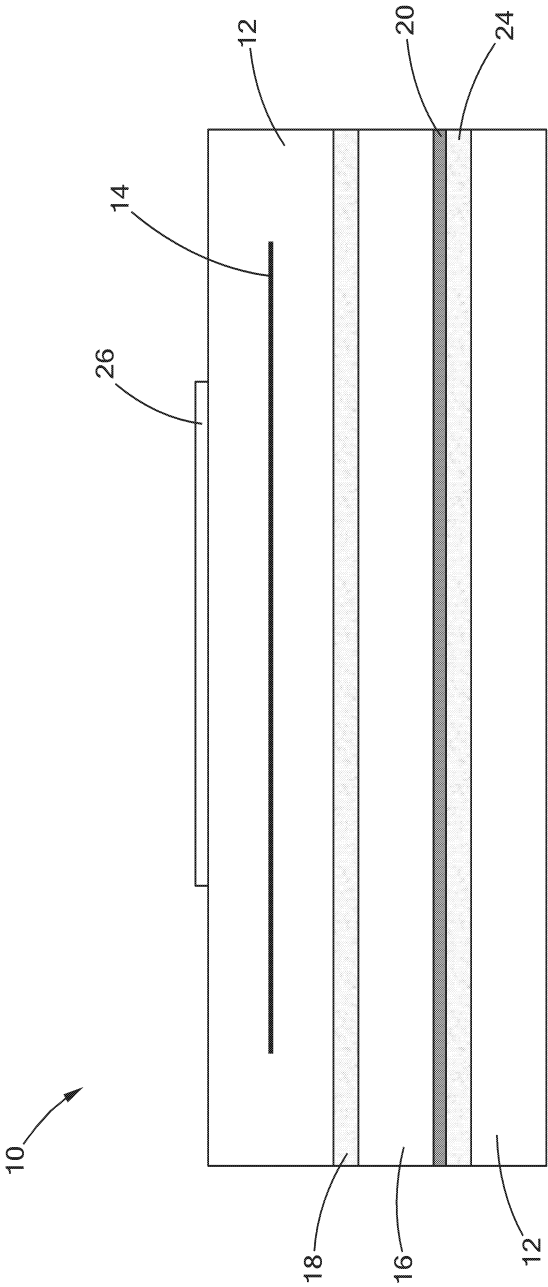
[0064] 다음, 단계 1020에서, 최종 히터 어셈블리에 대한 파워 공급이 차단되고, 각 가열 영역의 온도 저하율이 시간에 따라 기록된다. 단계 1022에서, 온도 저하율을 사용하여 룩업 테이블을 업데이트한다. 상이한 가열 영역에서의 온도 저하율의 차이는, 어셈블리의 실제 열적 응답과 모델링으로부터 예상되는 열적 응답 사이의 불일치를 나타낸다. 단계 1020은 복수의 온도에서 반복될 수 있다. 그런 다음, 단계 1024에서, 히터 어셈블리가 보정된다.

[0065] 다음, 단계 1026에서, 최종 히터 어셈블리가 사용될 챔버 또는 기계 안에 그 최종 히터 어셈블리를 배치한다. 단계 1028에서, 단계 1024에서 얻은 데이터를 사용하여, 각 가열 영역에 대한 알려져 있는 균일한 온도로 되도록 최종 히터 어셈블리에 파워를 준다. 모든 가열 영역을 원하는 온도로 유지하기 위해 필요한 요구 파워 레벨과 예상 파워 레벨 사이의 불일치는, 그 특정한 챔버 어셈블리의 다양한 열적 동적 특성을 나타내며, 그 정보는 최종 시스템 어셈블리의 미세 조정 및 보정을 위해 얻어진다.

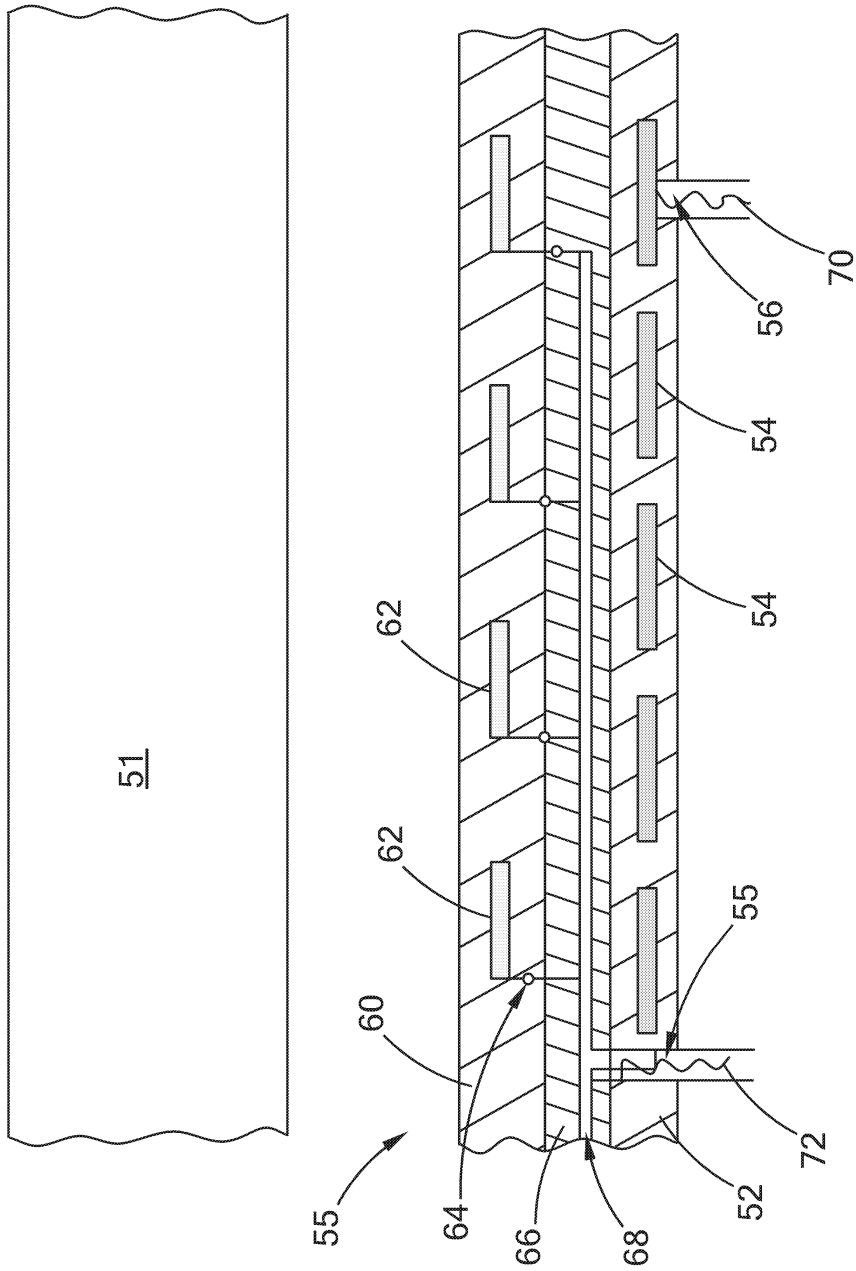
- [0066] 단계 1030에서, 가스 주입, 웨이퍼의 도입 등과 같은 다양한 시스템 자극을 도입하여, 각 가열 영역의 온도에 대한 그것들의 각각의 영향을 특성화할 수 있다. 단계 1032에서, 이러한 정보 모두를 평가하고 사용하여, 시스템의 실제 사용에 사용될 다양한 록업 테이블 및 제어 알고리즘을 만든다. 단계 1034에서, 상기 시스템은 예상되는 열적 응답 속도와의 불일치를 찾으면서 각 온도 사이클 동안에 각 가열 영역의 가열 속도와 냉각 속도를 연속적으로 모니터링한다.
- [0067] 이 방법은, 히터 어셈블리를 보정하여 시간에 따른 그 자신의 드리프트(drift)를 보상할 수 있는 이점을 가지고 있다. 선택적으로, 예상 결과가 실제 열적 응답 결과와 부합하지 않으면, 사전 정보가 주어질 수 있다. 고장 모드가 결정되어 히터 제어기에 저장될 수 있다. 다음 사이클에서 그 고장 모드를 사용하여, 히터 어셈블리가 정상적으로 작동하고 있는지를 판단할 수 있다. 도 18 및 19와 관련하여 설명한 바와 같은 적외선 카메라와 비디오 카메라를 사용하면, 히터 어셈블리의 성능을 모니터링하고 예측하는데 도움이 될 수 있다. 히터 제어기는, 양호한 제품을 보장하기 위해 공정에서 실제 온도가 도달되었음을 입증하거나 확인하는 정보를 생성할 수 있다. 작업자는 상기 시스템에 의해 제조된 제품에 대한 시험으로 얻은 데이터를 입력할 수 있는데, 이 데이터를 사용하여 제어 시스템은 장래에 상기 시스템에 의해 제조되는 제품 또는 생산물을 개선하기 위해 시스템 성능을 보상하거나 더 미세 조정할 수 있다. 상기 데이터를 사용하여, 히터 제조 공정 단계에서 대응하는 조절 및 개선을 이룰 수 있다.
- [0068] 도 24를 참조하면, 본 개시의 다른 실시 형태에 따른 히터 시스템(1100)은 내벽(1104)을 갖는 반도체 처리 챔버(1102), 그 내벽(1104)에 배치되는 히터 어셈블리(802), 및 제어 시스템(801)을 포함한다. 본 실시 형태에서 히터 어셈블리(802) 및 제어 시스템(801)은 도 18과 관련하여 설명한 것들과 유사하고 그래서 유사한 참조 번호가 사용되며 본 명세서에서는 명료성을 위해 그에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0069] 본 실시 형태에서, 히터 어셈블리(802)는 반도체 처리 챔버(1102)의 내벽(1104)에 배치되며, 그래서 히터 어셈블리(802)의 가열 표면(812)이 반도체 처리 챔버(1102)의 내부 표면을 이루게 된다. 히터 어셈블리(802)를 사용하여, 가열 표면(812)의 온도 분포를 모니터링해서 반도체 처리 챔버(1102)의 내부 표면에서의 변화를 결정한다.
- [0070] 전술한 바와 같이, 조정 히터 층(806)에 있는 복수의 가열 요소(810)는 비교적 높은 저항 온도 계수(TCR)를 가질 수 있으며, 그래서 가열 요소(810)는 히터 및 센서 둘 모두로서 사용될 수 있다. 다시 말해, 가열 요소(810) 각각의 저항은 비례적으로 또는 반비례적으로 온도 변화에 따라 선형적으로 변하게 된다. 가열 요소(810) 각각의 저항을 모니터링하여 각 가열 영역(Z_i)의 온도를 결정할 수 있다.
- [0071] 웨이퍼(나타나 있지 않음)를 처리하기 위해 일반적으로 처리 가스가 반도체 처리 챔버(1102) 안으로 주입된다. 그 처리 가스는 처리 챔버(1102)의 내부 표면에 증착되거나 축적되어, 미립자 생성, 불안정한 공정, 웨이퍼 오염, 및 수율과 처리량의 손실을 초래할 수 있다. 이들 문제를 피하기 위해, 처리 챔버(1102)는 주기적으로 정화될 필요가 있다. 히터 어셈블리(802)를 사용하여, 정화가 언제 완료되는지를 결정할 수 있다.
- [0072] 내부 표면이 완전히 정화되지 않으면, 원치 않는 증착물 및 입자가 내부 표면(즉, 가열 표면(812))의 일부 영역에 여전히 남아 있게 되어, 복수의 가열 영역(Z_i)에서 변화를 초래할 수 있다. 그래서, 가열 표면(812)의 열 이미지를 얻기 위해 적외선 카메라(814)를 포함하는 제어 시스템(801)은 복수의 가열 영역(Z_i)에 변화가 존재하는지를 판단할 수 있다. 변화의 존재는, 일부 원치 않는 증착물 및 입자가 내부 표면(812)에 여전히 남아 있음을 나타낸다. 그러므로, 제어 시스템(801)은 히터 어셈블리(802)를 사용하여 내부 표면(812)과 처리 챔버(1102)의 정화가 완료되었는지를 판단할 수 있다. 추가로, 상기 시스템은 처리 챔버(1102)에 대한 가동 중단 시간의 정확한 예측 및 예방적인 유지보수 일정을 주기 위해 정화 시간을 기록할 수 있다.
- [0073] 본 개시는 예로서 설명되고 도시된 실시 형태에 한정되지 않음을 유의해야 한다. 다양한 수정예가 설명되었고 더욱이 당업자의 지식의 일 부분이다. 이들과 추가의 수정예 및 기술적 등가물에 의한 대체예가 본 개시와 본 특허의 보호 범위에서 벗어남이 없이 상기 설명 및 도면에 추가될 수 있다.

도면

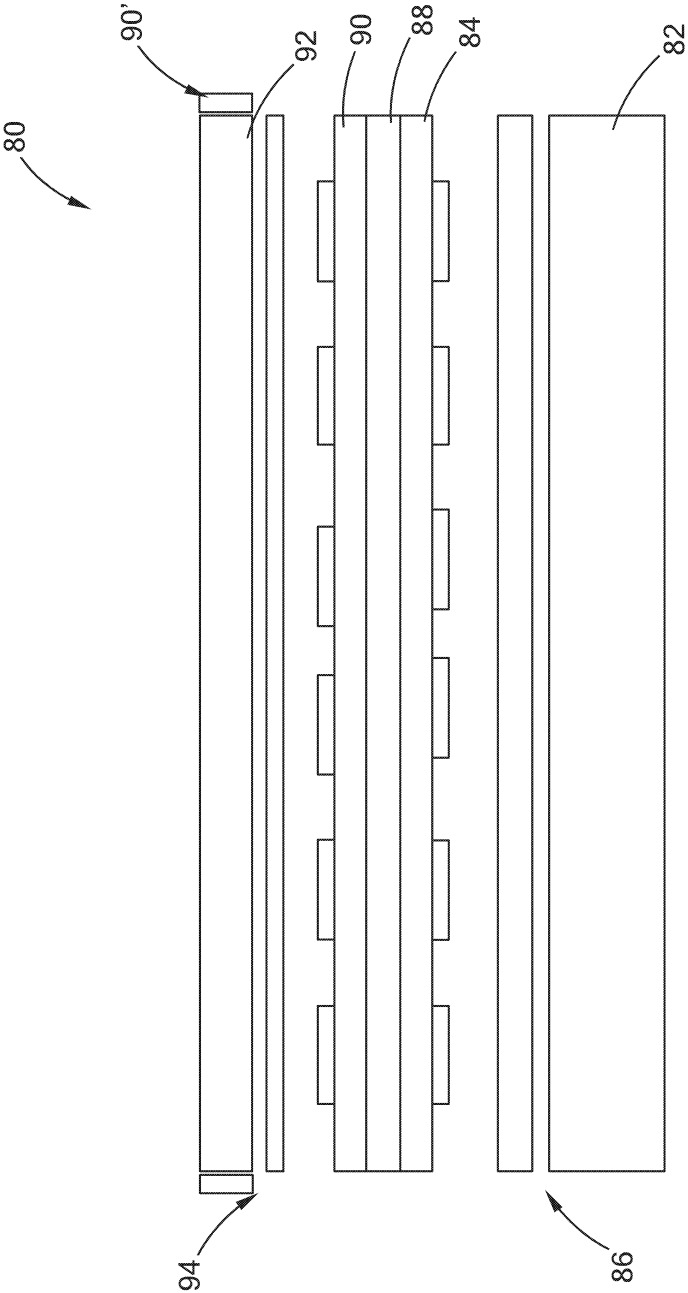
도면1



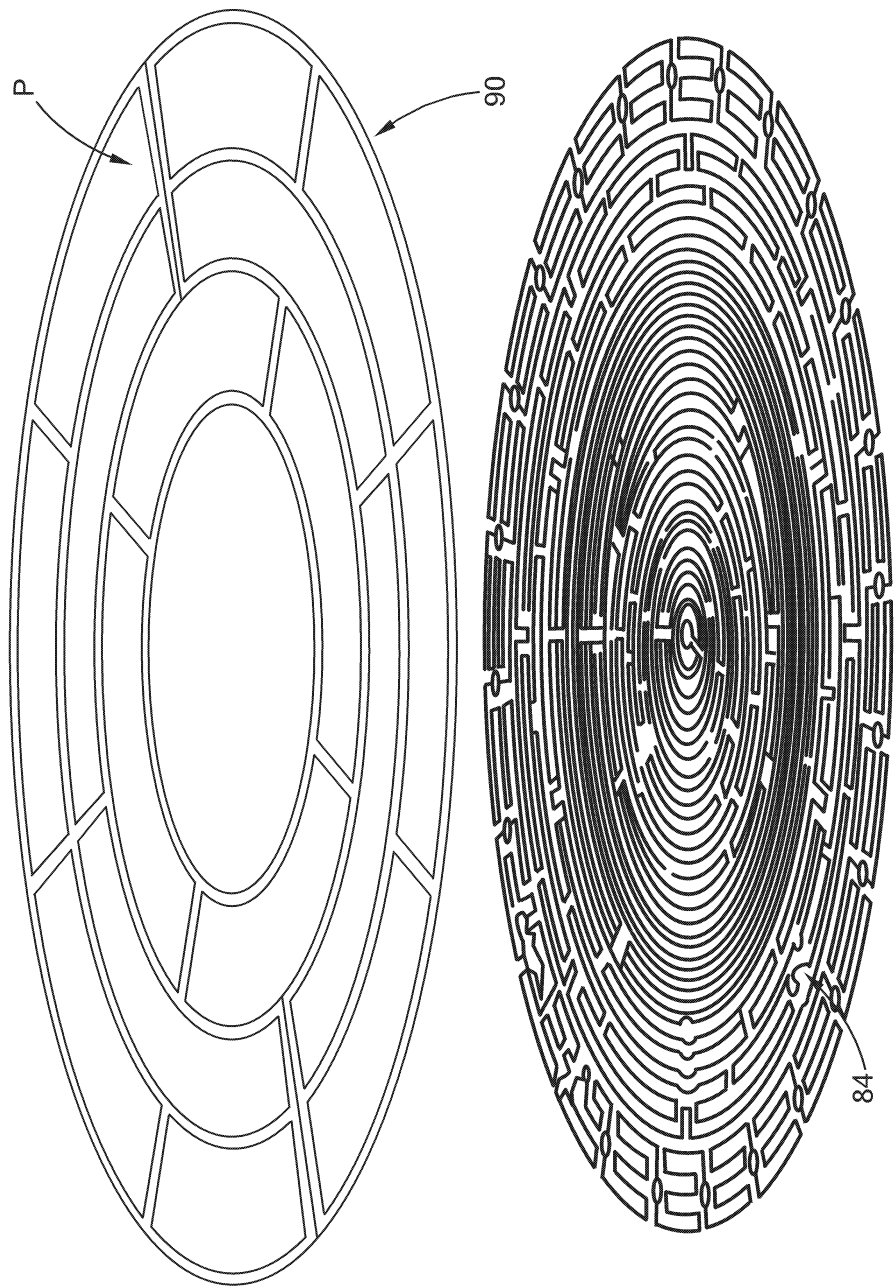
도면2



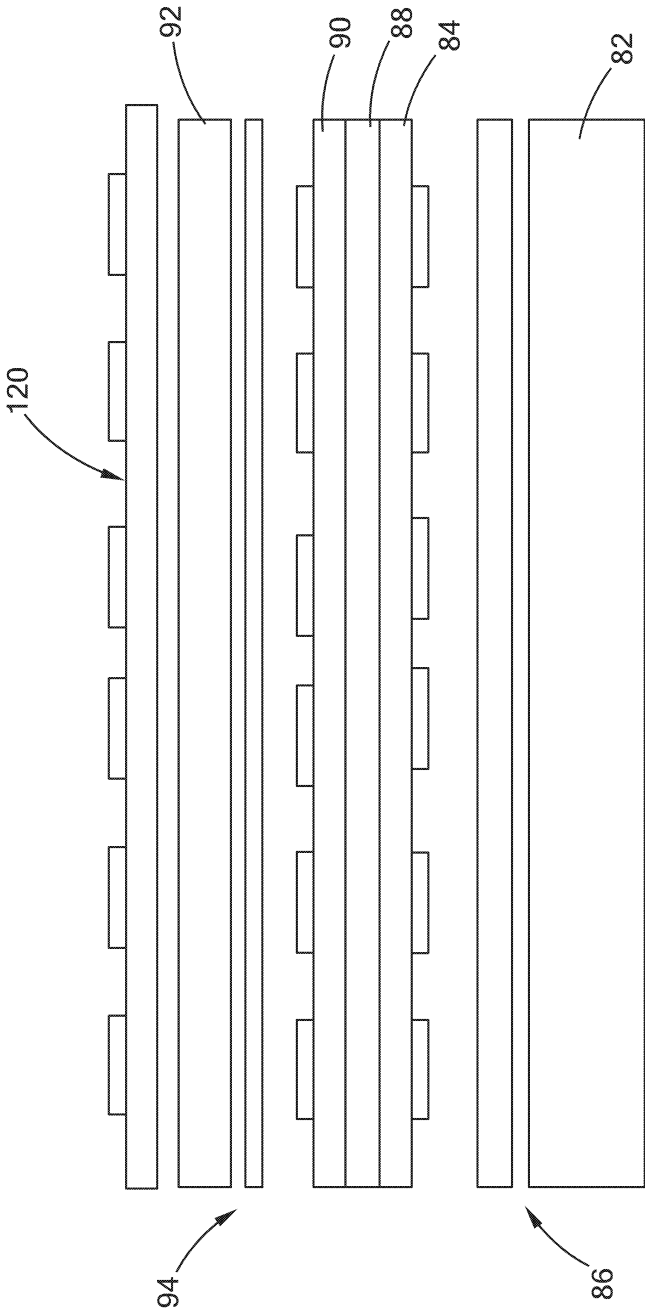
도면3



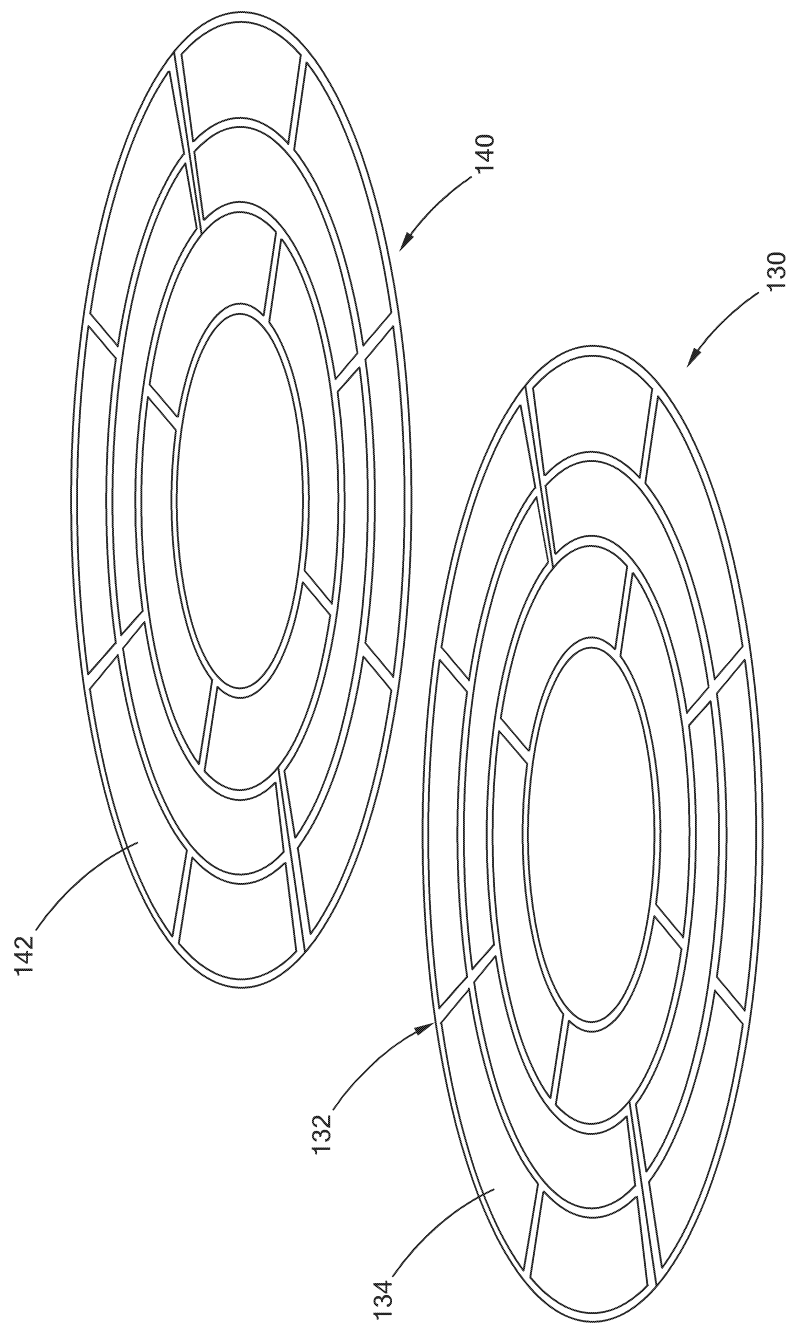
도면4



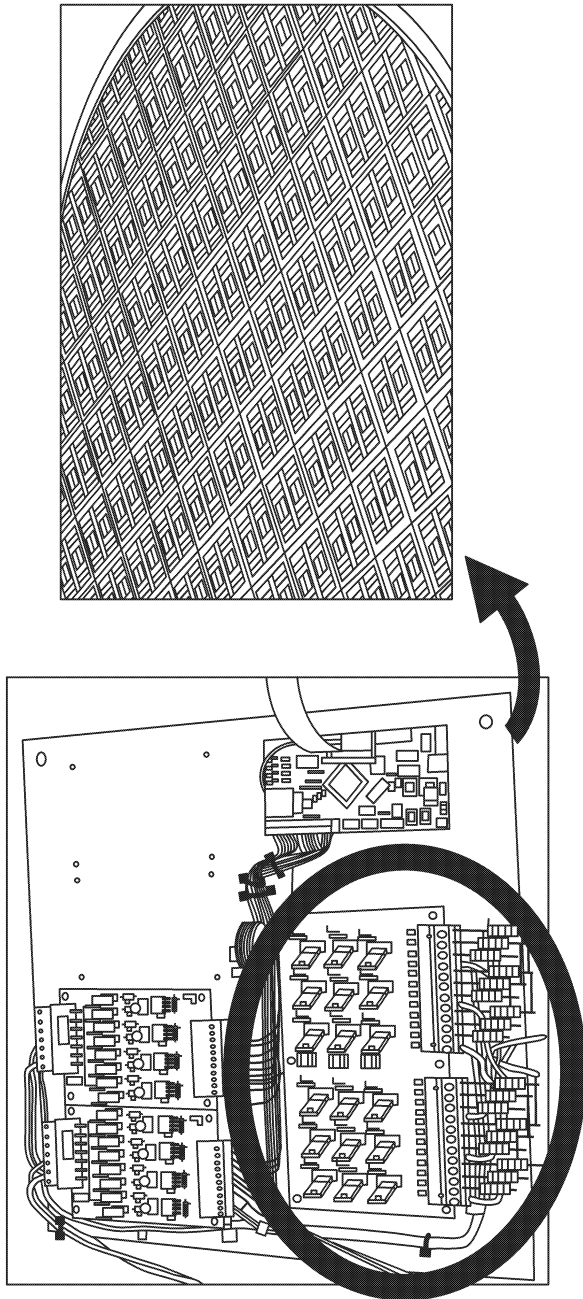
도면5



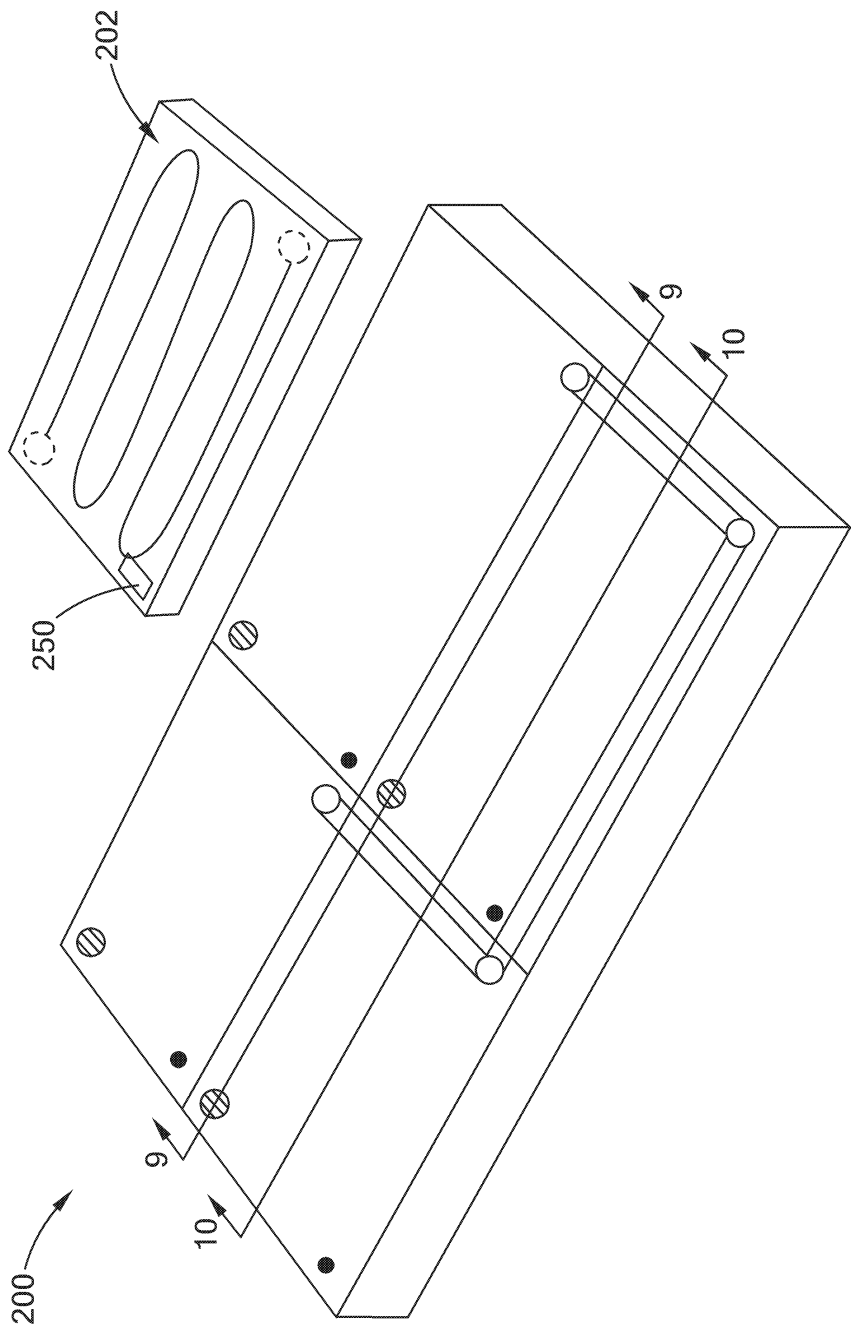
도면6



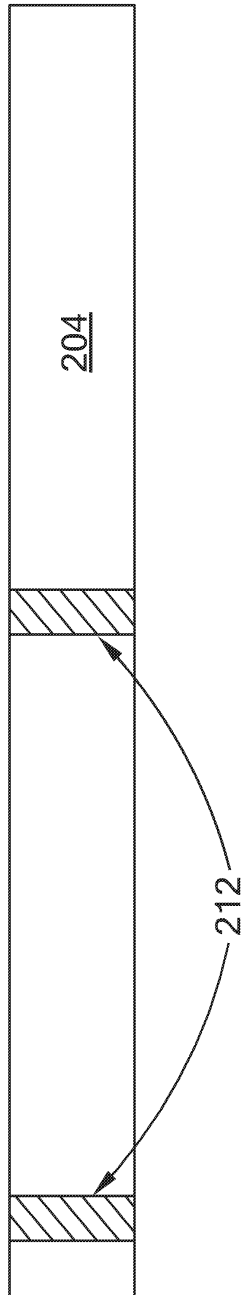
도면7



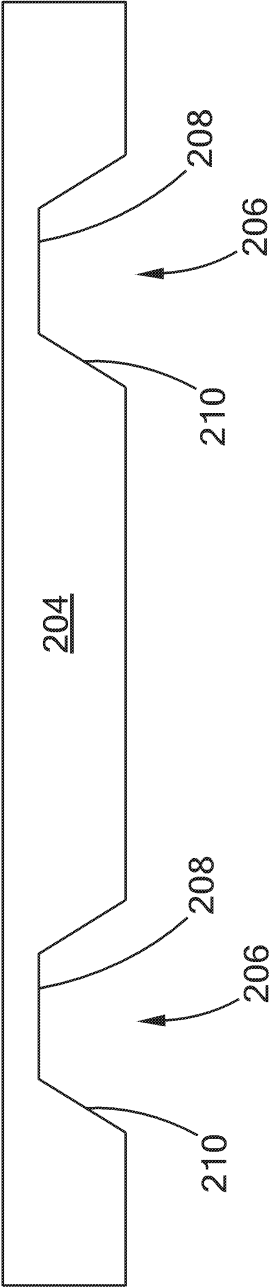
도면8



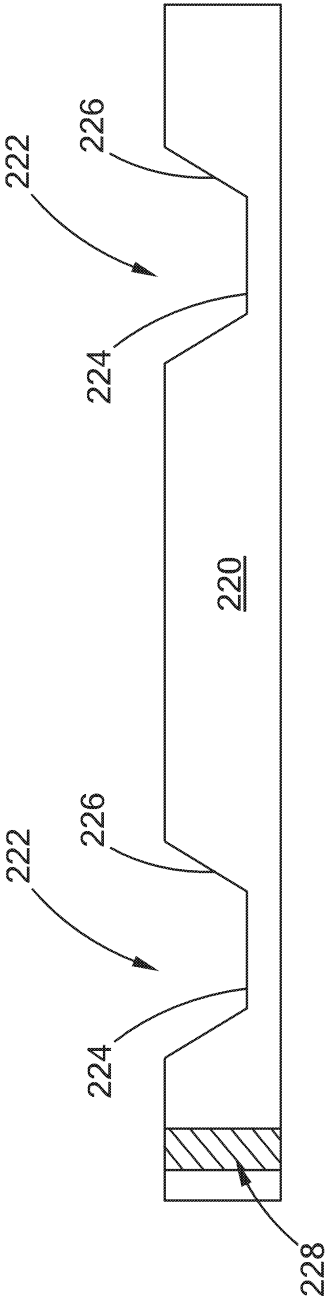
도면9



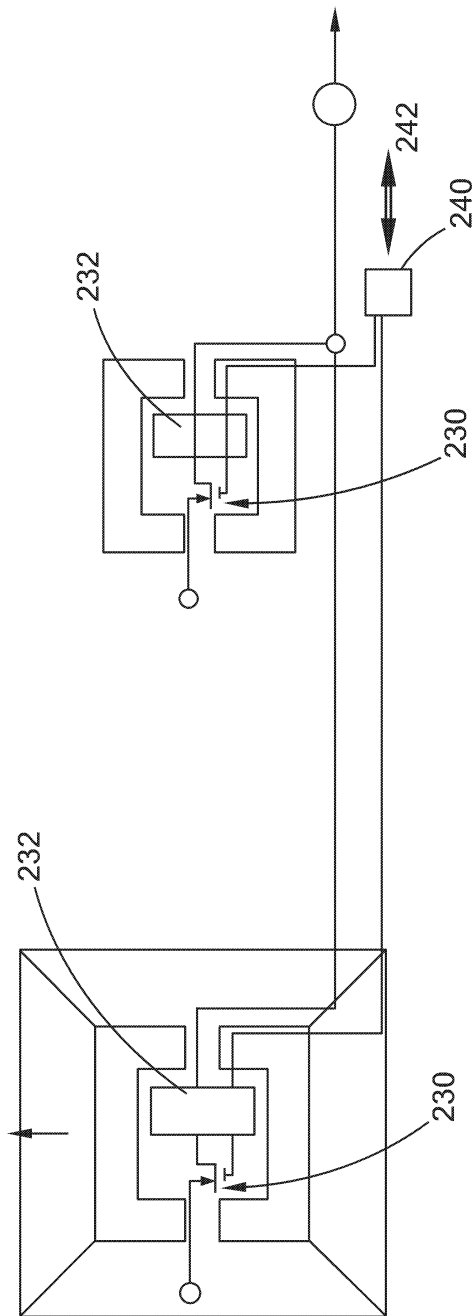
도면10



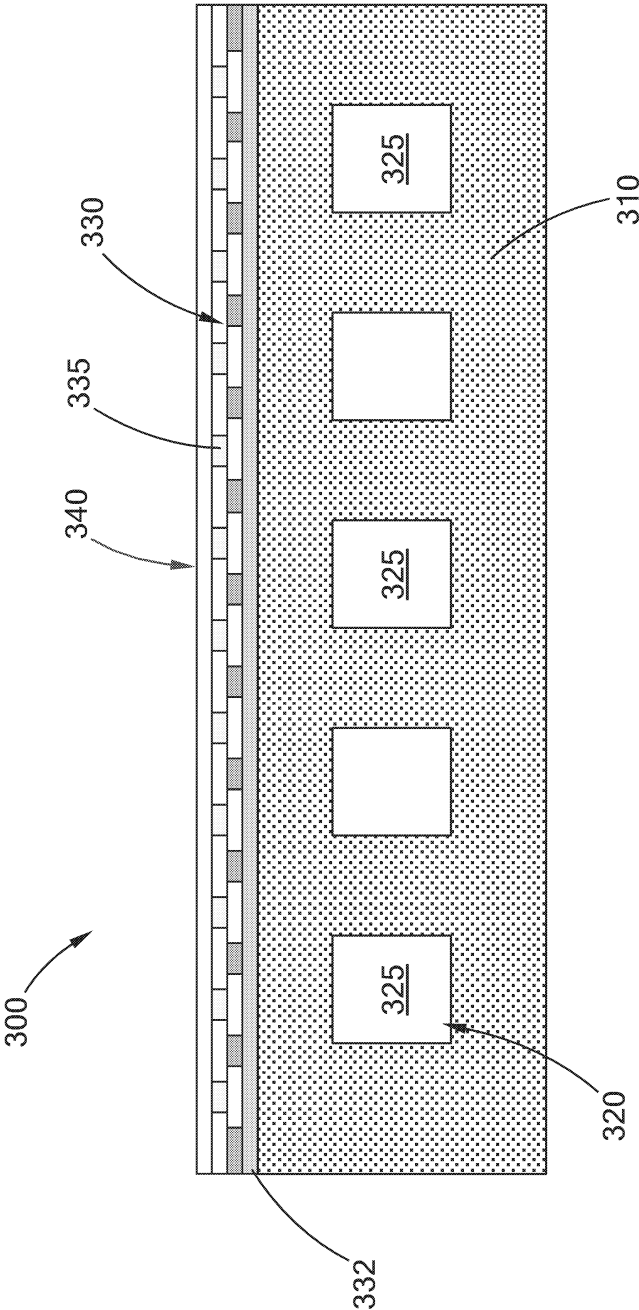
도면11



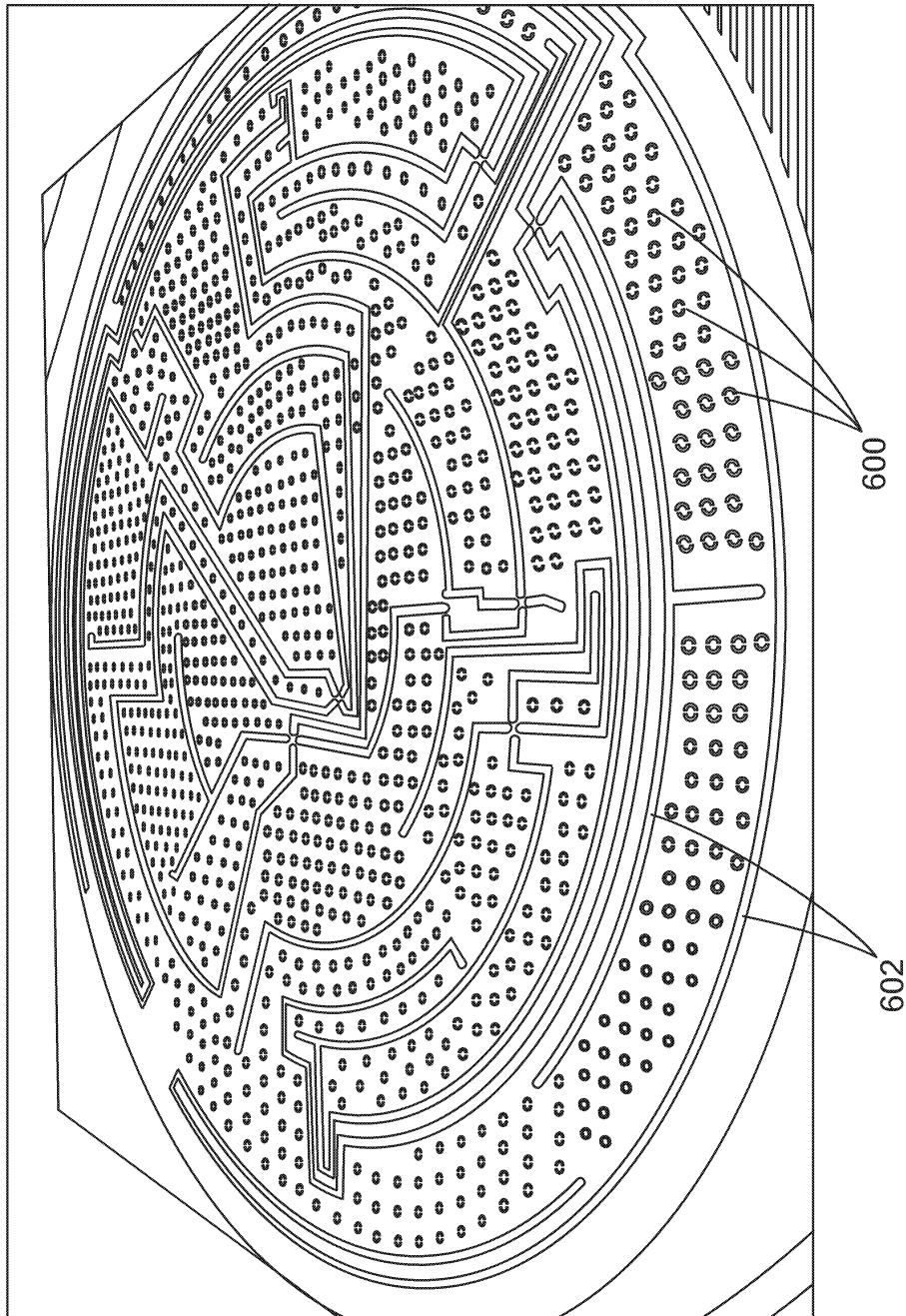
도면12



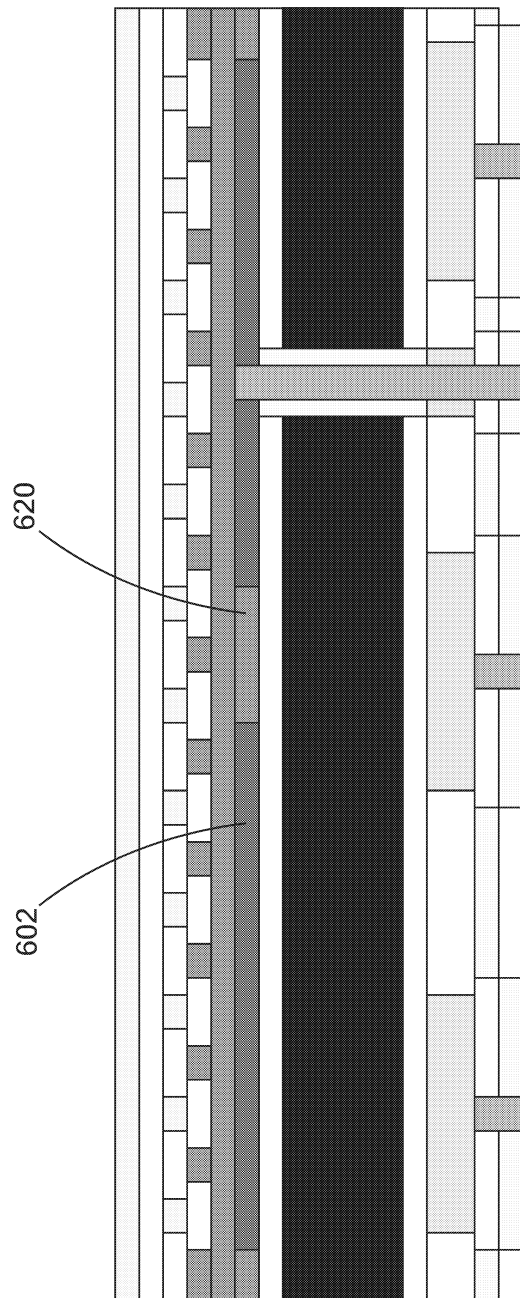
도면13



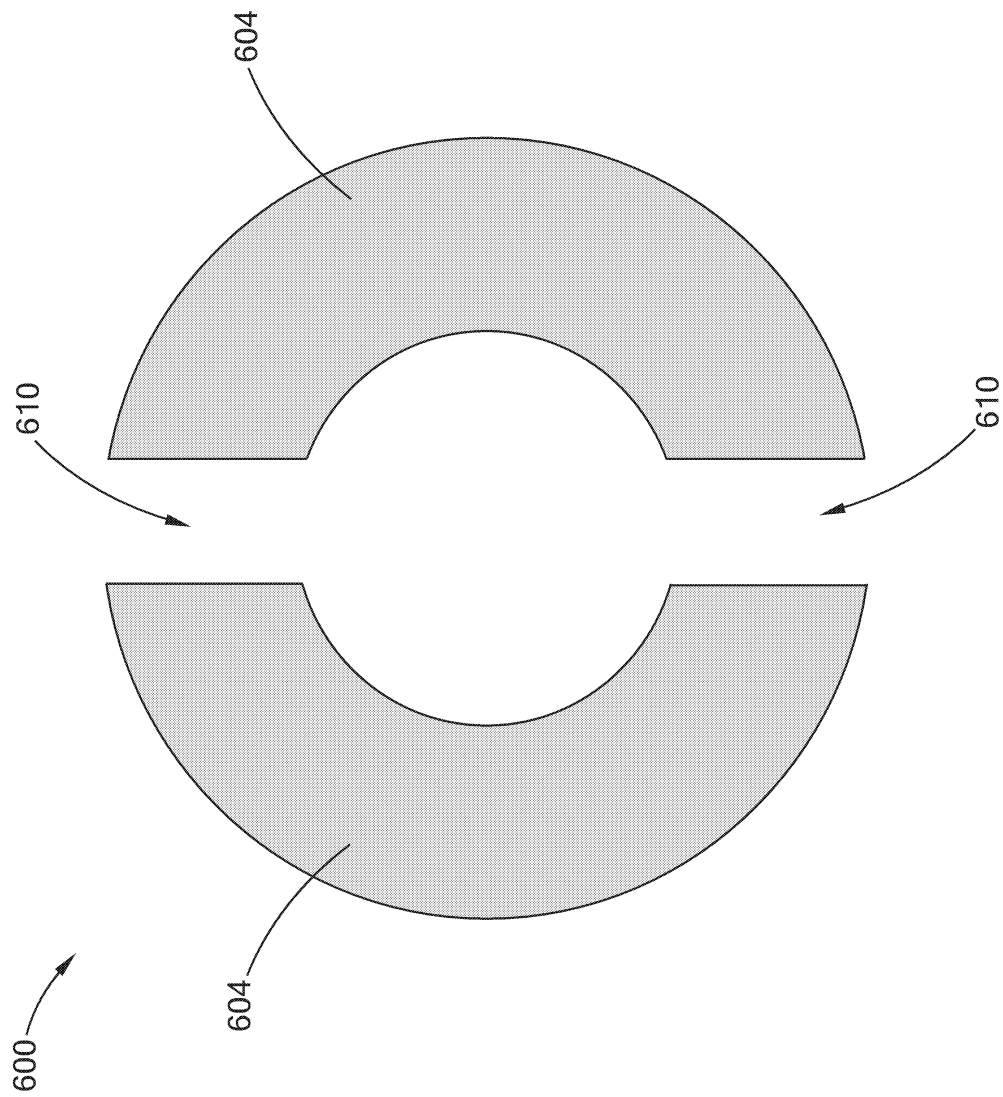
도면14



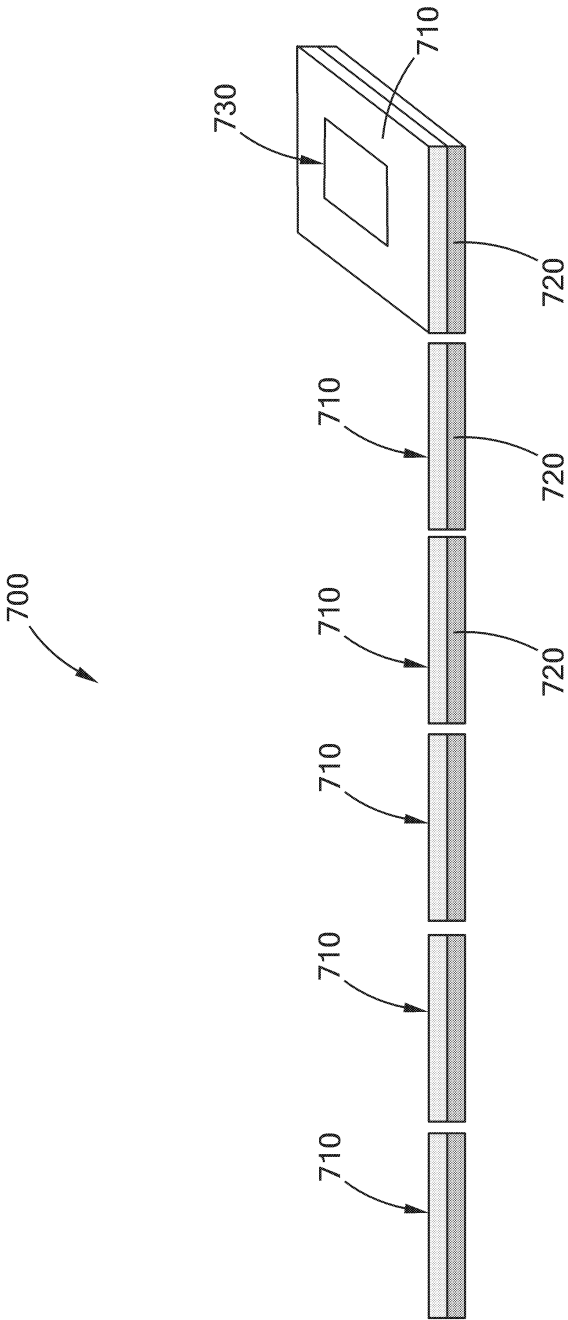
도면15



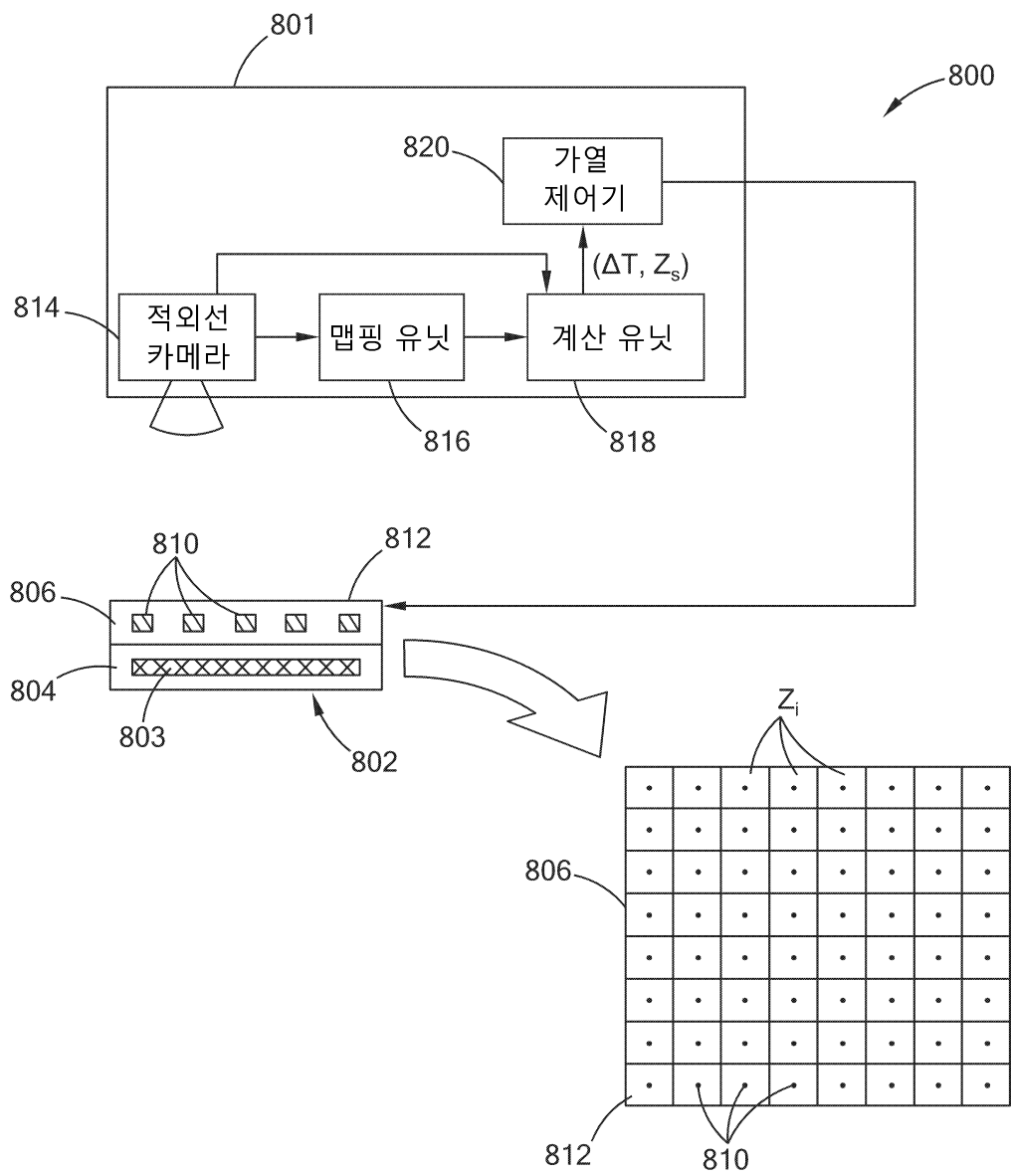
도면16



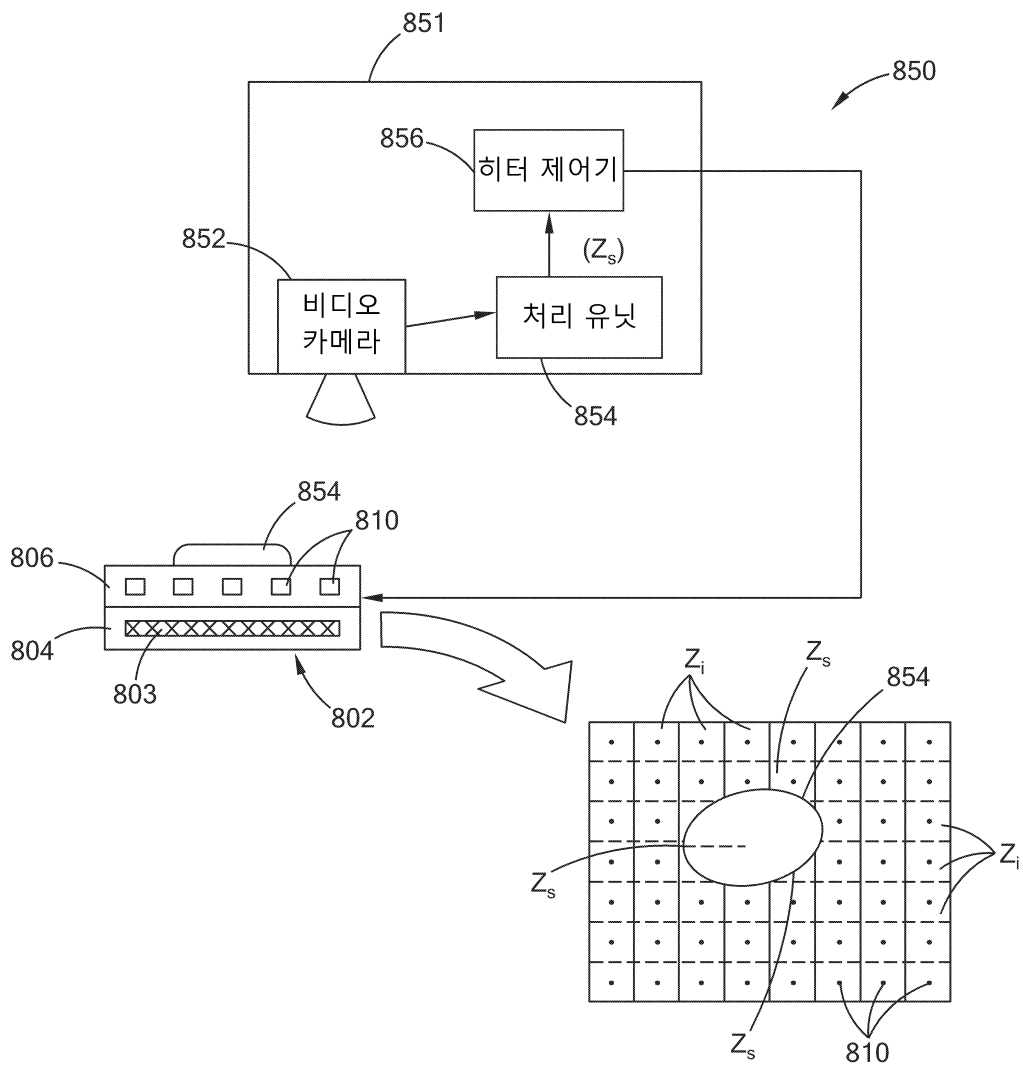
도면17



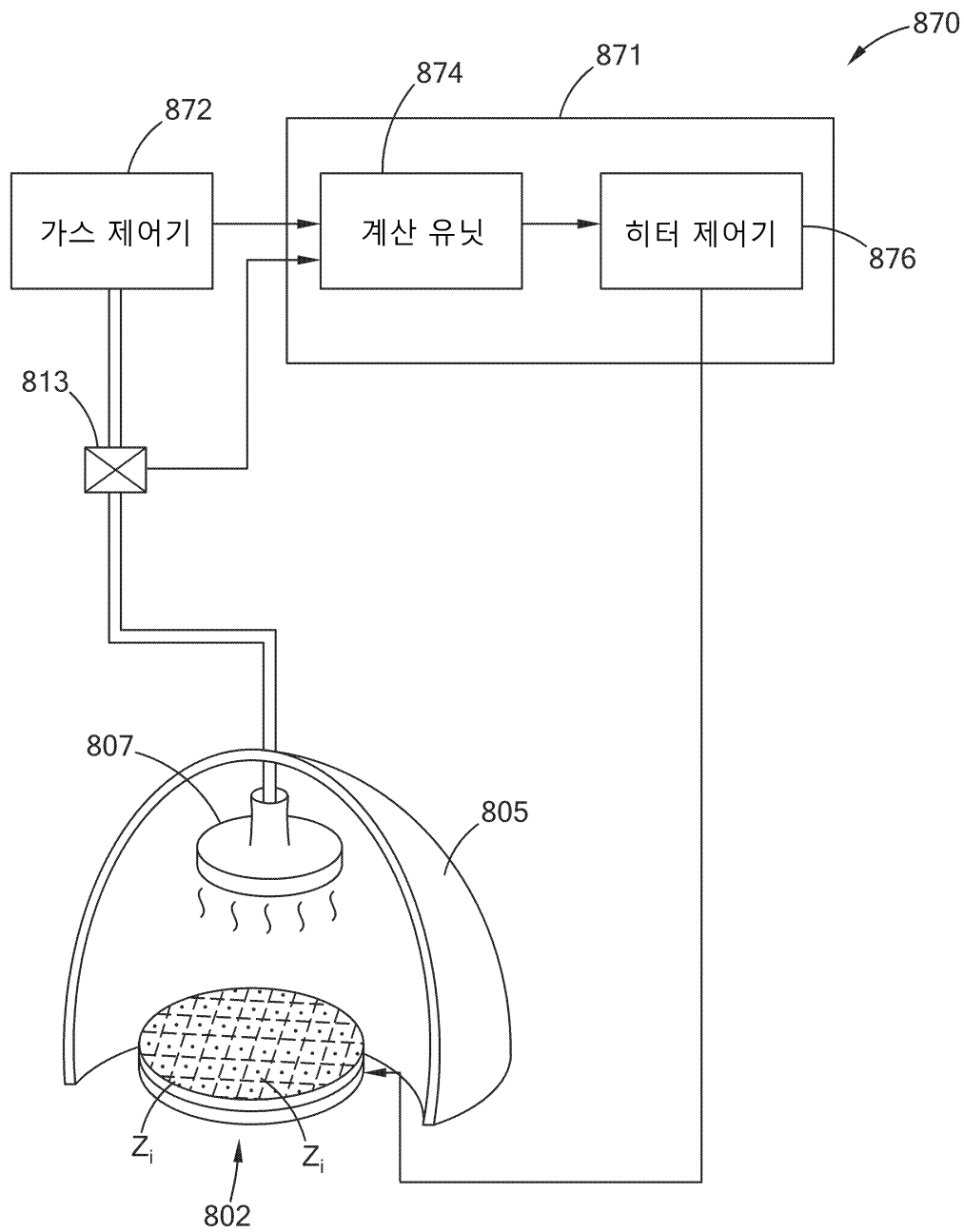
도면18



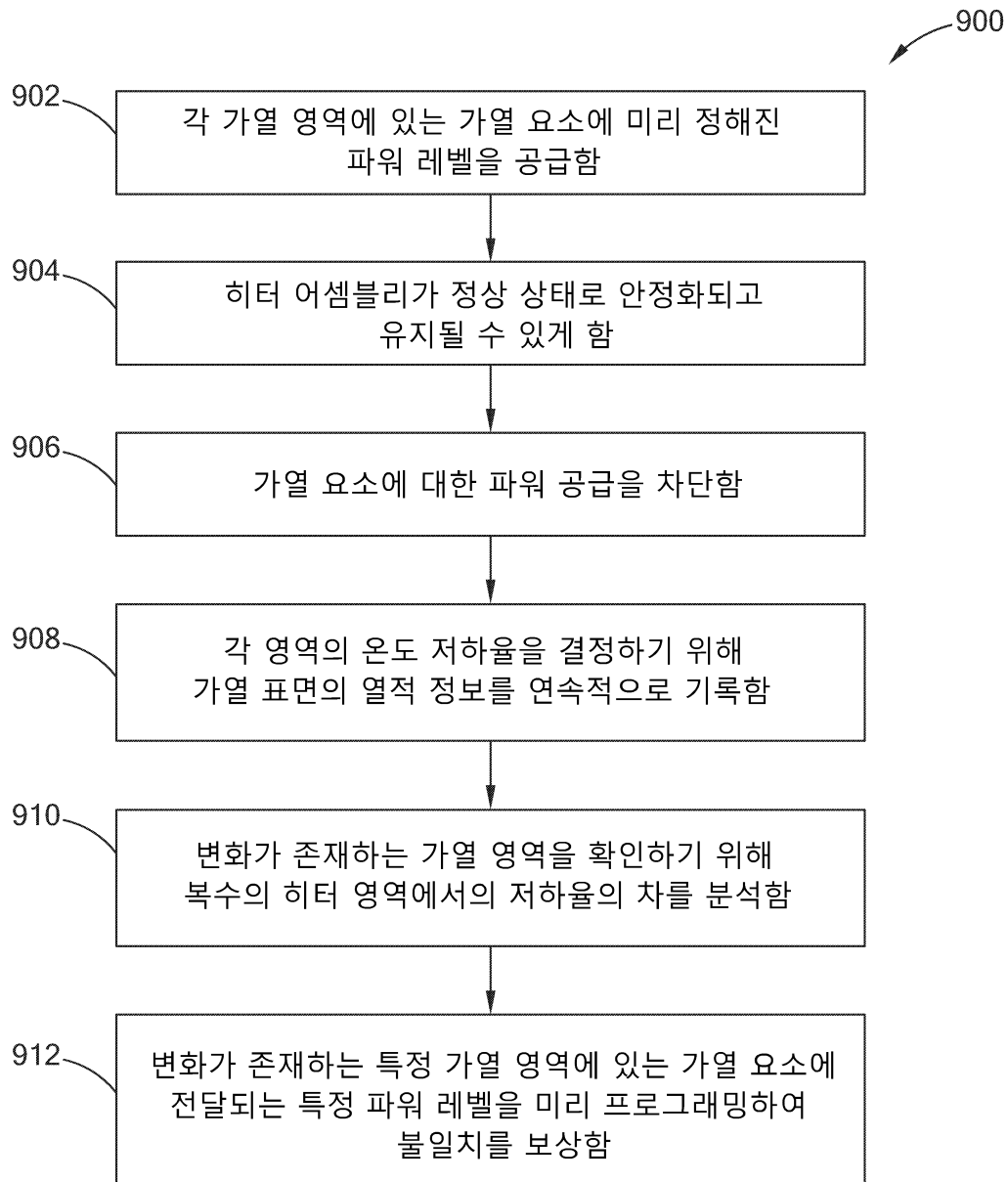
도면19



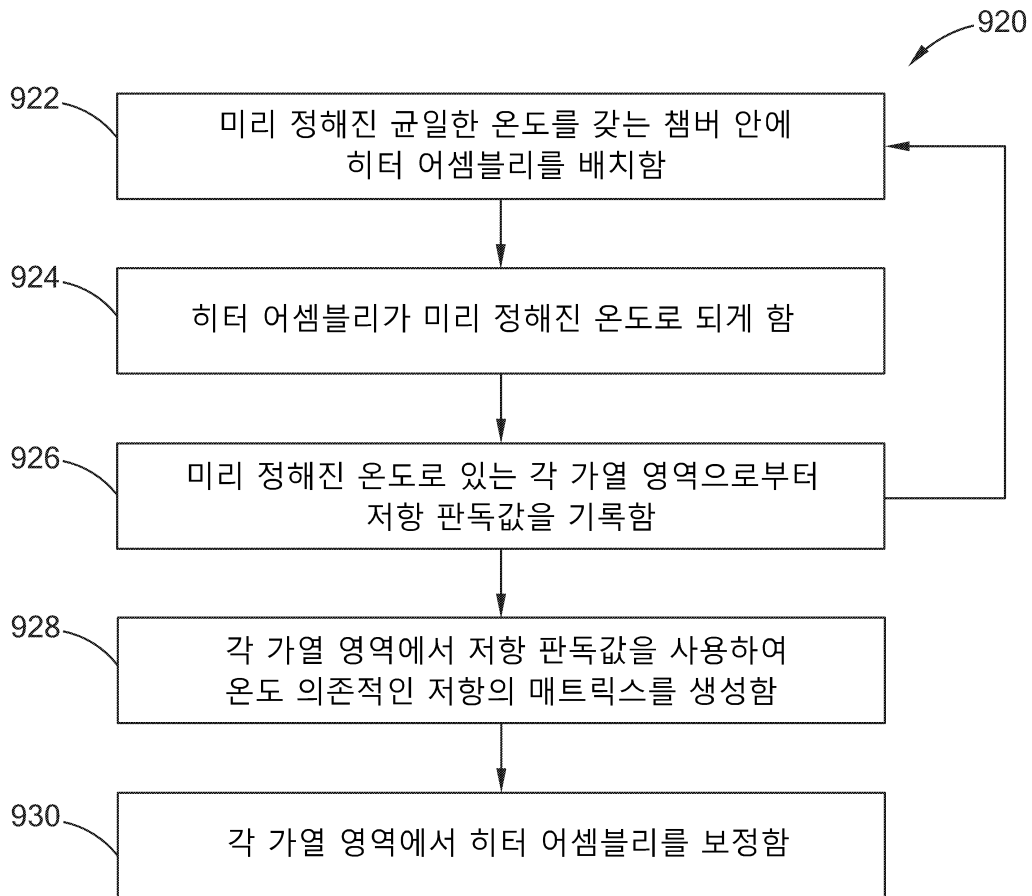
도면20



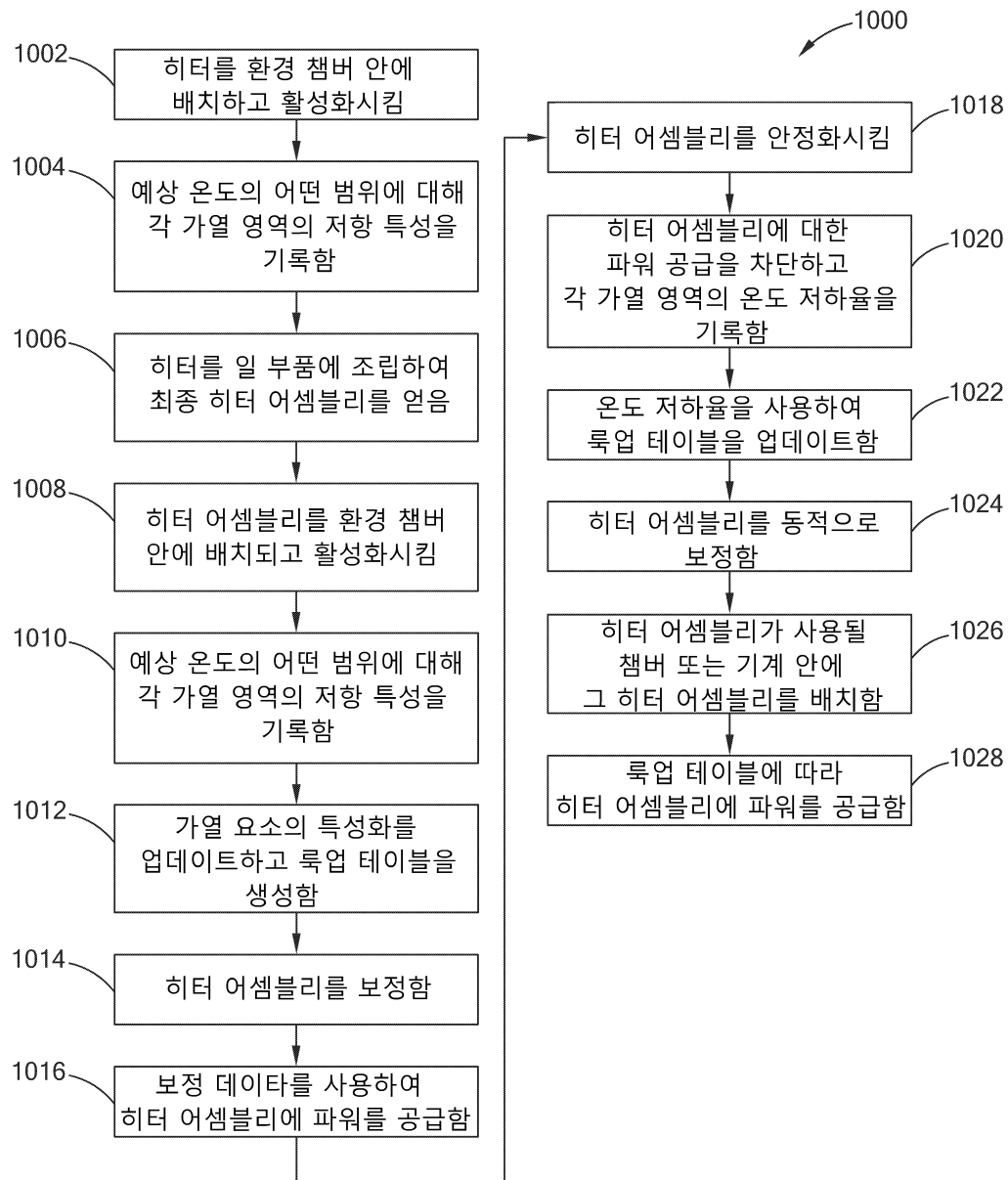
도면21



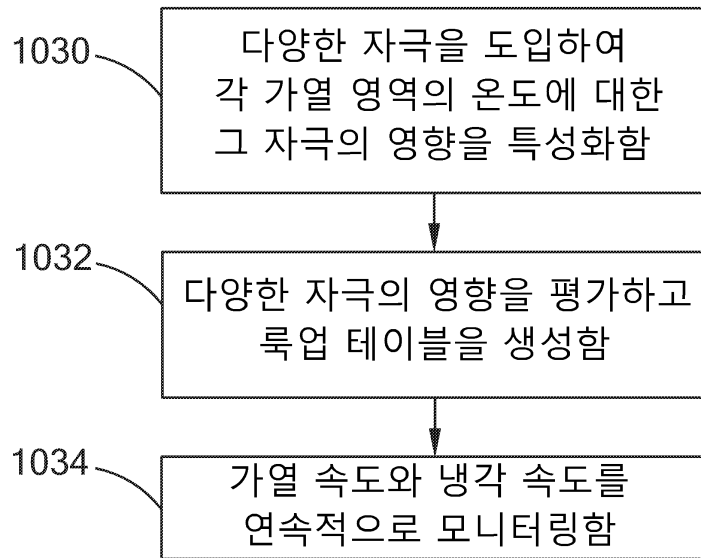
도면22



도면23a



도면23b



도면24

