



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월28일
(11) 등록번호 10-1731566
(24) 등록일자 2017년04월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05B 1/02 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)
H05B 3/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7008066
(22) 출원일자(국제) 2012년08월30일
심사청구일자 2016년12월13일
(85) 번역문제출일자 2014년03월26일
(65) 공개번호 10-2014-0076556
(43) 공개일자 2014년06월20일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/053137
(87) 국제공개번호 WO 2013/033394
국제공개일자 2013년03월07일
(30) 우선권주장
61/528,939 2011년08월30일 미국(US)
61/635,310 2012년04월19일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20040232136 A1
US20080011737 A1

(73) 특허권자
와틀로 일렉트릭 매뉴팩처어링 컴파니
미국 미주리 63146 세인트 루이스 랙랜드 로드
12001
(72) 발명자
스미스 케빈 로버트
미국 몬타나 콜롬비아 케이스케이드 드라이브 6503
프타시엔스키 케빈
미국 몬타나 63368 오펜런 아이리쉬 하운드 드라이브
220
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 11 항

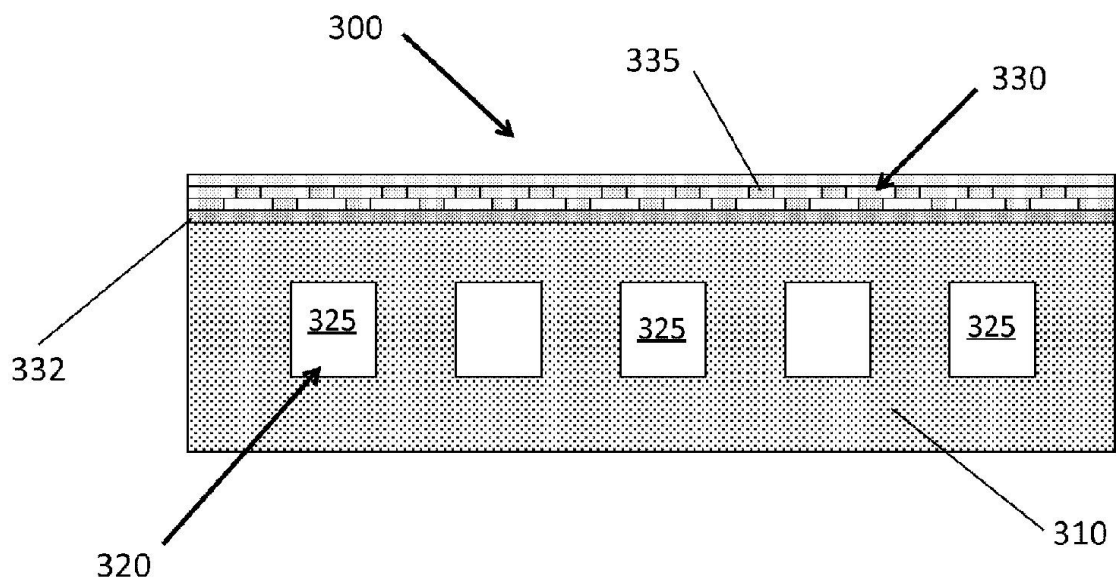
심사관 : 유재천

(54) 발명의 명칭 유체 매질을 구비한 고정밀 히터 시스템

(57) 요약

히터와 같은, 적어도 하나의 유체 통로를 구비한 베이스 멤버를 포함하는, 장치가 제공된다. 2상유체가 그 유체 통로 이내에 배치되며, 그 2상유체의 압력은 그 2상유체가 가열 및 냉각 중 적어도 하나를 그 베이스 멤버에 제공하도록 제어된다. 튜닝층은 그 베이스 멤버에 고정되며, 그 튜닝층은 복수 개의 영역들을 포함한다. 게다가, 구성요소가, 예컨대 척과 같은 것이 그 튜닝층에 고정된다.

대표도



(72) 발명자

더어러 레이 알란

미국 몬타나 63011 볼윈 우즈데일 코트. 833

스완슨 칼 토마스

미국 몬타나 63139 세인트 루이스 론 에비뉴 3307
아파트먼트 4

슈미트 필립 스티븐

미국 미네소타 55987 위노나 번디 블러바드 1241

노스라티 모하메드

미국 몬타나 63026 펜톤 피.오. 박스 523

린들리 제이콥 로버트

미국 몬타나 63109 세인트 루이스 머독 에비뉴
5512

볼트 알렌 노먼

미국 몬타나 63122 커크우드 코치 에비뉴 216

장 산홍

미국 몬타나 63021 볼윈 밸리 매너 드라이브 411

스테인하우스 루이스 피

미국 몬타나 63129 세인트 루이스 크리플 크릭 드
라이브 2448

그리마드 데니스 스텐리

미국 미시간 48103 앤 아보 뷔 오크 드라이브 411

명세서

청구범위

청구항 1

장치로서,

적어도 하나의 유체 통로를 포함한 베이스 멤버;

상기 유체 통로 내에 배치된 2상유체로서, 응축된 액체 및 가스로서 제공되는 가압된 냉각제로 이루어진, 2상유체;

상기 베이스 멤버에 고정된 튜닝층으로서, 복수의 영역들을 한정하고 독립적으로 제어가능한 복수의 저항성 가열 요소들을 포함하는, 튜닝층; 및

상기 튜닝층에 고정된 구성요소(component);를 포함하며,

상기 2상유체의 압력은 상기 2상유체가 가열 및 냉각 중 적어도 하나를 상기 베이스 멤버에 제공하도록 제어되고,

상기 튜닝층은 상기 베이스 멤버가 상기 구성요소에 제공하는 열전달보다 더 적은 열전달을 상기 구성요소에 제공하고, 상기 베이스 멤버가 상기 구성요소에 주된 가열 또는 주된 냉각을 제공할 때, 상기 튜닝층은 상기 구성요소에서의 요망되는 열분배와 상기 베이스 멤버에 의하여 상기 구성요소로 제공되는 실제 열분배에 따라서 상기 복수의 영역들에서 상이한 양의 열을 선택적으로 발생시켜서, 상기 베이스 멤버에 의하여 상기 구성요소에 제공되는 실제 열분배를 미세 조정(fine tuning)하는, 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 베이스 멤버는, 상기 2상유체를 포함하는 복수 개의 유체 통로들을 포함하며,

상기 복수 개의 통로들은 영역들을 한정하고

상기 베이스 멤버의 영역들의 수는 상기 튜닝층의 영역들의 수보다 적은,

장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 튜닝층은 히터 및 온도 센서 중의 하나인, 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 구성요소는 척, 받침대(pedestal), 웨이퍼 테이블, 기관 지지체 및 샤워헤드로 구성된 군에서 선택되는, 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 튜닝층은, 상기 튜닝층이 히터 및 온도 센서 양쪽으로 기능할 수 있도록 하는, 충분한 저항온도계수(temperature coefficient of resistance; TCR) 특성들을 갖는 저항성 물질을 포함하는, 장치

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 구성요소의 상단 표면에 고정된 부차적 튜닝층(secondary tuning layer)을 더 포함하는, 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

복수 개의 튜닝층들을 더 포함하는, 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 베이스 멤버와 상기 튜닝층 사이에 배치되고 전력선들을 라우팅하기 위해 내부 공동을 한정하는 라우팅층(routing layer)을 더 포함하는, 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

적어도 하나의 유체 통로들 및 상기 튜닝층은 상기 구성요소의 주변에 배치되는, 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 장치는,

상기 튜닝층에 근접 배치되고, 상기 영역들 각각과 정렬된 복수 개의 테이퍼 공동들을 한정하는, 상부 멤버; 및
상기 상부 멤버에 인접하고, 상기 상부 멤버의 상기 테이퍼 공동들과 정렬된 복수 개의 역 테이퍼 공동들을 한정하는, 하부 멤버를

더 포함하되,

상기 상부 멤버는 복수 개의 전력 비아(power via)들을 더 포함하고,

상기 하부 멤버는 상기 상부 멤버의 상기 전력 비아들과 통신하는 복수 개의 전력 비아들을 더 포함하며,

상기 하부 멤버의 상기 역 테이퍼 공동들 내에 제어 요소들이 배치되며, 상기 제어 요소들은 상기 튜닝층 및 상기 베이스 멤버 내부의 상기 2상유체를 위한 컨트롤러(controller) 중 적어도 하나와 통신하는,

장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제어 요소들은 디지털 버스를 통하여 통신하는, 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] **관련 출원에 대한 상호 참조**

[0002] 본 출원은 2011년 8월 30일자 출원된 미국 임시 출원 제61/528,939호 및 2012년 4월 19일자 출원된 제 61/635,310호에 대한 우선권을 주장하며, 그것들의 내용은 본 출원에 그것들 전체가 참조로서 포함된다. 또한 본 출원은, 여기에 동반하여 제출되고 본 출원과 함께 공통적으로 양도된, “System and Method for Controlling a Thermal Array”라는 제목의 공동-계속중 출원들 및 “Thermal Array System”이라는 제목의 출원들과 관련되며, 그것들의 내용은 본 출원에 그것들 전체가 참조로서 포함된다.

[0003] **발명의 기술분야**

[0004] 본 개시는 히터 시스템들에 관한 것으로, 특히, 반도체 공정에서 사용되는 척(chuck)들 또는 서셉터(susceptor)들로서의 응용들에서, 열 손실 및/또는 다른 변동들을 보상하기 위하여 작동(operation) 중에 가열 대상에 정확한 온도 프로파일을 전달할 수 있는 히터 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0005] 이 부분(section)의 서술들은 단지 본 개시에 관한 배경 정보를 제공하며, 선행기술에 해당되지 않을 수 있다.

[0006] 반도체 공정의 기술에서, 예를 들어, 척이나 서셉터는 공정 중에 기판(또는 웨이퍼)을 유지하고 균일한 온도 프로파일을 상기 기판에 제공하기 위해 사용된다. 도 1을 참조하면, 정전척을 위한 지지 어셈블리(support assembly)(10)가 도시되는데, 상기 지지 어셈블리는 삽입 전극(embedded electrode)(14)이 있는 정전척(12), 및 전형적으로 실리콘 접착제(silicone adhesive)인 접착층(18)을 통해 상기 정전척(12)과 결합(bond)되는 히터 플레이트(16)를, 포함한다. 히터(20)는 상기 히터 플레이트(16)에 고정(secure)되고, 이는 예를 들어 에칭형 판상 히터(etched-foil heater)일 수 있다. 이 히터 어셈블리는, 다시 전형적으로 실리콘 접착제인 접착층(24)을 통하여 냉각 플레이트(22)에 결합(bond)된다. 상기 기판(26)은 상기 정전척(12) 상에 배치되고, 상기 전극(14)은 정전기 전력이 발생되도록 전압 소스(도시되지 않음)에 연결되는데, 이는 상기 기판(26)을 같은 자리에 고정한다. 라디오 주파수(RF) 또는 마이크로파 전원(미도시)은 상기 지지 어셈블리(10)를 포위하는 플라즈마 반응 챔버(plasma reactor chamber) 내부에서 상기 정전척(12)에 결합될 수 있다. 따라서 상기 히터(20)는 플라즈마 강화 막 증착(plasma enhanced film deposition) 또는 식각(etch)을 포함하는 다양한 챔버-내 플라즈마 반도체 공정 단계 동안에 상기 기판(26) 상의 온도를 유지하기 위해 필요한 열을 제공한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상기 기판(26) 공정의 모든 페이즈(phase)들 동안에, 총 공정 시간을 감소시키되, 식각(etch)되는 상기 기판(26) 내의 공정 변동들(processing variations)을 감소시키기 위해, 상기 정전척(12)의 온도 프로파일이 엄격하게 제어되는 것이 중요하다. 상기 기판 상의 온도 균일성을 향상시키기 위한 개선된 장치들 및 방법들은 다른 응용들 가운데서 반도체 공정 기술에 지속적으로 요망되었다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 개시의 한 형태에서, 적어도 하나의 유체 통로(passageway)를 구비한 베이스 멤버를 포함하는 장치가 제공된다. 2상유체는 상기 유체 통로 내에 배치되며, 상기 2상유체의 압력은, 상기 2상유체가 가열 및 냉각 중 적어도 하나를 상기 베이스 멤버에 제공하도록 제어된다. 튜닝층은 상기 베이스 멤버에 고정되며 복수 개의 영역들을 갖는다. 게다가 구성요소(component)가 상기 튜닝층에 고정된다.

[0009] 다른 형태에서는, 적어도 하나의 유체 통로를 구비한 베이스 멤버를 포함하는 히터가 제공된다. 2상유체는 상기 유체 통로 내에 배치되며, 상기 2상유체의 압력은, 상기 2상유체가 가열 및 냉각 중 적어도 하나를 상기 베이스 멤버에 제공하도록 제어된다. 튜닝 히터는 상기 베이스 멤버에 고정되며, 복수 개의 영역들을 포함한다. 추가적으로 척이 상기 베이스 멤버의 반대측에서 상기 튜닝 히터에 고정된다.

[0010] 또 다른 형태에서는, 적어도 하나의 유체 통로를 구비한 베이스 멤버를 포함하는 히터 시스템이 제공된다. 2상유체는 상기 유체 통로 내에 배치되는데, 상기 2상유체의 압력은, 상기 2상유체가 가열 및 냉각 중 적어도 하나를 상기 베이스 멤버에 제공하도록 제어된다. 튜닝층은 상기 베이스 멤버에 고정되며 복수 개의 영역들을 포함한다. 또한 제어 시스템으로서, 상기 튜닝층과 통신하는 전력선들의 복수 개의 세트들; 및 상기 전력선들 및 상기 튜닝층과 전기적으로 통신하는 어드레스 지정가능한(addressable) 복수 개의 제어 요소(control element)들

을 구비하되, 상기 제어 요소는 상기 튜닝층 영역들의 선택적 제어를 제공하는, 제어 시스템도 제공된다.

[0011] 응용성에 있어 더 많은 영역들이 본 명세서에 제공된 설명으로부터 명백해질 것이다. 그 설명과 구체적인 예시들은 보여주기 위한 목적으로 의도되었을 뿐이고, 본 개시의 범위를 제한하기 위한 목적은 아니라는 것이 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 개시서가 잘 이해될 수 있도록, 첨부 도면들을 참조하여 개시서의 다양한 형태들이 예시적으로 설명될 것이다.

도 1은 선행기술의 정전척(electrostatic chuck)의 측면도이다.

도 2는 튜닝층을 구비하고 본 개시의 일 형태의 원리들에 따라 구성된, 히터의 부분 측면도이다.

도 3은 튜닝층 또는 튜닝 히터를 구비하고 본 개시의 원리들에 따라 구성된, 도 1의 히터의 다른 형태의 분해 측면도이다.

도 4는 본 개시의 원리들에 따른, 베이스 히터에 대한 4개의 영역들 및 튜닝 히터에 대한 18개의 영역들을 예시적으로 도시하는, 도 3의 히터의 사시 분해도(perspective exploded view)이다.

도 5는 보조적(supplemental) 튜닝층을 구비하고, 본 개시의 원리들에 따라 구성된 고정밀 히터 시스템의 다른 일 형태의 측면도이다.

도 6은 본 개시의 다른 일 형태에 따라 서로 오프셋된 교번(alternating) 튜닝층들의 분해 사시도(exploded perspective view)이다.

도 7은 본 개시의 일 형태에 따라, 상기 히터 칩 어셈블리의 층들로 삽입(embed)된 제어 장치들의 사시도이다.

도 8은 본 개시의 원리들에 따라 구성된 독립적으로 제어가능한 히터 요소(element)들을 구비한 히터 시스템의 사시도이다.

도 9는 본 개시의 원리들에 따라 구성되고 상기 히터 시스템의 비아(via)들 도시하는, 도 8의 9-9 라인을 따라 취한 단면도이다.

도 10은 본 개시의 원리들에 따라 구성되고 상기 히터 시스템의 상부 베이스(upper base)를 도시하는, 도 8의 10-10 라인을 따라 취한 부분단면도이다.

도 11은 본 개시의 원리들에 따라 구성되고 상기 히터 시스템의 하부 베이스(lower base)를 도시하는, 도 8의 11-11 라인을 따라 취한 부분단면도이다.

도 12는 본 개시의 원리들에 따라 구성되고 상기 하부 베이스의 테이퍼 공동들(tapered cavities) 내부의 요소들을 도시하는, 도 11의 평면도이다.

도 13은 본 개시의 지침(teaching)들에 따라 구성되고 2상 유체(two-phase fluid)를 위한 유체 통로들을 구비한 베이스 멤버들을 지닌 고정밀 히터 시스템의 다른 일 형태의 단면도이다.

도 14는 본 개시의 다른 일 형태에 따라 구성된 복수 개의 지지 요소(element)들 도시하는 사시도이다.

도 15는 본 개시의 지침(teaching)들에 따른, 상기 지지 요소들을 도시하는 단면도이다.

도 16은 본 개시의 지침(teaching)들에 따른, 지지 요소의 확대 평면도이다.

도 17은 본 개시의 지침(teaching)들에 따라 구성된 히트 스프레더(heat spreader)들을 도시하는 사시도이다.

본 명세서에 설명된 도면들은 실례를 보여주기 위한 목적들을 위한 것일 뿐, 어떤 방법으로도 본 개시의 범위를 제한하기 위하여 의도된 것은 아니다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 하기의 설명은 단지 사실상 예시적인 것에 지나지 않고, 본 개시, 본 출원 또는 사용들을 제한하기 위하여 의도된 것은 아니다. 예를 들어, 본 개시의 하기의 형태들은 반도체 공정에서의 사용을 위한 척들, 그리고 몇몇 사례들에서 정전척들에 관한 것이다. 그러나, 본 명세서에 제공된 히터들과 시스템들은 다양한 응용(application)

n)들에 쓰여질 수 있으며, 반도체 공정 응용들로 제한되는 것은 아니다.

- [0014] 도 2를 참조하면 본 개시의 일 형태는, 베이스 히터층(base heater layer)(52)을 포함하는 히터(50)로서, 상기 베이스 히터층은 거기에 삽입된(embedded) 적어도 하나의 히터 회로(54)를 갖는다. 상기 베이스 히터층(52)은, 그것을 통해 상기 히터 회로(54)를 전원(미도시)에 연결하기 위해 형성된 적어도 하나의 개구(aperture)(56)(또는 비아)를 갖는다. 상기 베이스 히터층(52)은 주된 가열(primary heating)을 제공하는 반면, 근접 배치된 튜닝 히터층(60)은 상기 히터(50)에 의해 제공되는 열분배의 미세 조정(fine tuning)을, 도시된 바와 같이 상기 히터층(52)에 제공한다. 상기 튜닝층(60)은 거기에 삽입된 복수 개의 가열 요소(heating element)들(62)을 포함하는데, 상기 가열 요소들은 독립적으로 제어된다. 적어도 하나의 개구(64)는 복수 개의 개별 가열 요소들(62)을 전원 및 컨트롤러(미도시)에 연결하기 위해 상기 튜닝층(60)을 통해 형성된다. 더 도시된 바와 같이, 라우팅층(routing layer)(66)은 상기 베이스 히터층(52)과 상기 튜닝층(60) 사이에 배치되며, 내부 공동(internal cavity)(68)을 한정(define)한다. 전기 리드(electrical lead)들의 제1 세트(70)는 상기 히터 회로(54)를 상기 전원에 연결하는데, 이는 상기 히터층 개구(56)를 통해 연장된다. 전기 리드들의 제2 세트(72)는 복수 개의 가열 요소들(62)을 상기 전원에 연결하고, 상기 라우팅층(66)의 상기 내부 공동(68) 및 상기 히터층(52)에 있는 개구(55)를 통해 연장한다. 상기 라우팅층(66)은 선택적이며, 상기 히터(50)는 상기 라우팅층(66)이 없이, 그 대신 상기 베이스 히터층(52) 및 튜닝 히터층(60)만을 가지고도 사용될 수 있다는 것이 이해되어야 할 것이다.
- [0015] 다른 일 형태에서는, 열분배의 미세 조정을 제공하는 것보다는, 대안으로서 상기 튜닝층(60)이 상기 척(12)에서의 온도를 측정하기 위해 사용될 수 있다. 이 형태는 온도 종속 저항 회로들의 복수 개의 구역-특정적(area-specific)이고 면밀한(discreet) 위치들을 제공한다. 이 온도 센서들 각각은 멀티플렉싱(multiplexing) 스위칭 배열을 통하여 개별적으로 읽혀질 수 있는데, 그것들의 예시적인 형태들은 더욱 상세하게 아래에서 제시되며 이는 각 개별 센서들을 측정하기 위하여 요구되는 신호 전선(signal wire)들의 수에 비해 상대적으로 본질적으로 더 많은 센서들이 사용될 수 있도록 한다. 온도 감지 피드백(temperature sensing feedback)은, 예컨대 상기 기관(26)으로부터 상기 척(12)으로의 열 흐름(heat flux)을 조절하도록 이면(backside) 냉각 기체 압력의 특정 영역(zone)을 제어하기 위한, 제어 판단(decision)들에 관하여 필요한 정보를 제공할 수 있다. 이와 동일한 피드백이, 보조 냉각 유체 열교환기(ancillary cool fluid heat exchangers)들을 통한, 유체 온도를 냉각하는 플레이트(미도시)의 밸런싱(balancing) 및 베이스 가열 영역(base heating zone)들(54)의 온도 조절을 위해, 상기 베이스 히터(50) 근처에 설치된 온도 센서들을 교체하거나 증가(augment)시키는 데도 사용될 수 있다.
- [0016] 일 형태에서는, 상기 베이스 히터층(50) 및 상기 튜닝 히터층(60)은 중간(medium) 온도 응용(application)들을 위해 폴리이미드 물질 내, 밀봉 히터 회로(54) 및 튜닝층 가열 요소들(62)로부터 형성되는데, 상기 중간 온도 응용은 일반적으로 250° C 이하이다. 더욱이, 상기 폴리이미드 물질은 열전도율을 증가시키기 위해 물질들로 도핑될 수 있다.
- [0017] 다른 형태들에서는, 상기 베이스 히터층(50) 및/또는 튜닝 히터층(60)은 층 공정(layered process)에 의해 형성되는데, 상기 공정에서 상기 층은 특히 후막, 박막, 용사(溶射, thermal spraying) 또는 졸-겔(sol-gel)과 관련된 공정들을 사용하는, 기관이나 또다른 층(layer)에의 물질의 적용(application) 또는 축적(accumulation)을 통해 형성된다.
- [0018] 일 형태에서는, 상기 베이스 가열 회로(54)는 인코넬®(Inconel®)로부터 형성되며, 상기 튜닝층 가열 요소들(62)은 니켈 물질이다. 또 다른 형태에서는, 상기 튜닝층 가열 요소들(62)은, 상기 요소들이 일반적으로 “2선식 제어(two-wire control)”로 언급되는 히터들과 온도 센서들 양쪽 모두로 기능할 수 있도록, 충분한 저항온도계수(temperature coefficient of resistance)를 갖는 물질로 형성된다. 그러한 히터들과 그것들의 물질들은, 본 출원에 동반하여 공통적으로 양도되고 그 개시들이 본 명세서에 전체로서 참조 병합된, 미국 특허 제7,196,295호 및 출원중(pending) 미국 특허출원 제11/475,534호에 개시된다.
- [0019] 상기 2선식 제어로, 본 개시의 다양한 형태들이, 상기 열임피던스(thermal impedance) 튜닝층(60)의 개별 요소들 각각에 인가되는 전압 및/또는 전류의 인지(knowledge) 또는 측정을 통한 상기 층 가열 요소들(62)에 대한 온도, 전력 및/또는 열임피던스 기반 제어(based control)를 포함하는데, 상기 개별 요소들은, 첫번째 예로, 이들 요소들 각각으로부터의 열 흐름 출력(heat flux output)과 동일하게, 또는 두번째 예로, 상기 요소 온도에 알려진 관계에, 상응하는 곱셈과 나눗셈을 통하여 전력 및 저항으로 변환된다. 이것들 모두는, 각 요소 상의 열임피던스 부하(load)를 계산하고 모니터링(monitor)하도록 사용되어, 오퍼레이터(operator) 또는 제어 시스템이, 사용 또는 유지보수(maintenance), 공정 오류들 및 장비 열화(equipment degradation)로 인한 상기 챔버 또는 척의 물리적 변화들로부터 기인할 수 있되 그것들에 제한되지는 않는 구역-특정적 열 변화(area-

specific thermal change)들을 감지하고 보상하는 것을 가능케 한다. 선택적으로, 상기 열임피던스 튜닝층(60) 내 개별적으로 제어되는 가열 요소들 각각은, 동일하거나 상이한 특정 온도들에 대응하는 기준점 저항(setpoint resistance)으로 지정될 수 있으며, 이때 상기 특정 온도는, 기관 상의 상응하는 구역(area)들로부터 발생하여 상기 베이스 히터층(52)을 통과하는 상기 열흐름을 수정하거나 게이트 제어(gate)하여, 반도체 공정 중 상기 기관 온도를 제어한다.

[0020] 일 형태에서는, 상기 베이스 히터(50)는 예컨대, 실리콘(silicone) 접착제 혹은 심지어 감압 접착제(pressure sensitive adhesive)를 사용하여 척(51)에 결합(bond)된다. 따라서 상기 히터층(52)은 주된 가열을 제공하며, 상기 튜닝층(60)은, 균일하거나 바람직한 온도 프로파일이 상기 척(51)에 제공되고 따라서 상기 기관(미도시)에 제공되도록 상기 가열 프로파일(heating profile)을 미세 조정 또는 조절(adjust)한다.

[0021] 본 개시의 다른 일 형태에서는, 상기 튜닝층 가열요소들(62)이 스트레인 하중(strain load)들에 노출되었을 때의 상기 튜닝층 가열 요소들(62)의 열적 민감도를 향상시키기 위해, 상기 튜닝층 가열 요소들(62)의 열팽창계수(coefficient of thermal expansion: CTE)는 상기 튜닝 가열층 기관(60)의 열팽창계수(CTE)에 매치(match)된다. 2선식 제어에 대한 많은 적합한 물질들이 온도와 스트레인(strain) 모두에 대한 저항 민감도(resistance sensitivity)를 포함하는 저항기 온도 장치(Resistor Temperature Device: RTD)들과 유사한 특성들을 보인다. 상기 튜닝층 가열 요소들(62)의 열팽창계수(CTE)를 상기 튜닝 히터층 기관(60)에 매치(match)하는 것은 상기 실제(actual) 가열 요소 상의 스트레인(strain)을 감소시킨다. 그리고 작동 온도들이 증가함에 따라, 스트레인 수준(strain level)들은 증가하는 경향이 있으며, 따라서 열팽창계수(CTE) 매치(matching)는 더 중요한 요소가 된다. 일 형태에서는, 상기 튜닝층 가열 요소들(62)은 약 15 ppm/°C의 열팽창계수(CTE)를 갖는 고순도 니켈-철 합금이며, 그것을 둘러싸는 폴리이미드 물질은 약 16 ppm/°C의 열팽창계수(CTE)를 갖는다. 이 형태에서는, 상기 튜닝 히터층(60)을 다른 층들에 결합하는 물질들은, 상기 튜닝 히터층(60)을 상기 척(12)의 다른 멤버(member)들로부터 물리적으로 분리(decouple)시키는 탄성 특성들을 보인다. 비교가능한(comparable) 열팽창계수(CTE)들을 지닌 다른 물질들도 본 개시의 범위 내에 속하는 한, 사용될 수 있다는 것이 이해되어야 할 것이다.

[0022] 이제 도 3 내지 도 5를 참조하면, 베이스 히터층 및 튜닝층(위에 도 2에서 일반적으로 제시된 바와 같음)을 모두 구비한 히터의 한 예시적 형태가 도시되며, 참조번호(80)에 의해 일반적으로 표시된다. 상기 히터(80)는 베이스 플레이트(82)(냉각 플레이트(cooling plate)로서도 지칭됨)를 포함하는데, 이것은 일 형태에서는 약 16mm 두께의 알루미늄 플레이트이다. 일 형태에서는, 베이스 히터(84)는 도시된 바와 같이 탄성 결합층(elastomeric bond layer)(86)을 사용하여, 상기 베이스 플레이트(82)에 고정된다. 상기 탄성 결합층은, 그 전체가 참조로서 본 명세서에 포함된, 미국 특허 제6,073,577호에 개시된 것일 수 있다. 본 개시의 일 형태에 따르면, 기관(88)은, 상기 베이스 히터(84)의 상단(top)에 배치되며 두께 약 1mm의 알루미늄 물질이다. 상기 기관(88)은 상기 베이스 히터(84)로부터 전력의 필요량을 분산(dissipate)시키기 위한 열전도율을 갖도록 설계된다. 상기 베이스 히터(84)는 열전도율의 필요량 없이 상대적으로 높은 전력을 갖기 때문에, 이 베이스 히터(84)는 (상기 저항성(resistive) 회로 트레이스(circuit trace)로부터) 인접한 구성요소(component)들 상에 “증거(witness)” 마크(mark)들을 남길 것이며, 결과적으로 전체 히터 시스템의 성능을 감소시킨다.

[0023] 튜닝 히터(90)는 상기 기관(88)의 상단에 배치되며, 위에서 제시된 바와 같이 탄성 결합층(94)을 사용하여 척(92)에 고정된다. 상기 척(92)은 일 형태에서는, 약 2.5mm의 두께를 가진 산화 알루미늄 물질(Aluminum Oxide material)이다. 본 명세서에 제시된 물질들과 치수(dimension)들은 단지 예시적인 것에 불과하고 따라서 본 개시는 본 명세서에 제시된 특정 형태들로 제한되지 않는다는 점이 이해되어야 할 것이다. 추가적으로, 상기 튜닝 히터(90)는 상기 베이스 히터(84)보다 낮은 전력을 갖고 있으며, 위에서 제시된 바와 같이 상기 기관(88)은, 상기 튜닝 히터(90) 상에 “증거(witness)” 마크(mark)들을 형성하지 않도록 상기 베이스 히터(84)로부터 전력을 분산시키는 기능을 한다.

[0024] 상기 베이스 히터(84) 및 상기 튜닝 히터(90)는 더욱 상세하게 도 4에 도시되며, 여기서 상기 베이스 히터(84)를 위해 예시적인 4개의 영역(zone)들이 보여지고, 상기 튜닝 히터(90)를 위해 18개의 영역(zone)들이 보여진다. 일 형태에서, 상기 히터(80)는 450mm의 척 크기들과 함께 사용되도록 적응되나, 상기 열분배를 고도로 맞추는 그 능력으로 인해 더 크거나 더 작은 척 크기들과 함께 사용될 수 있다. 추가적으로, 상기 고정밀 히터(80)는 본 명세서에 도시된 바와 같은 적층/평면(stacked/planar) 구성에서보다는, (수평 평면을 가로질러) 상기 척의 표면 주변(영역(P)로 표시됨)에서, 또는 도 3, 튜닝층(90')의 수직 위치에 나란하게, 또는 상기 척을 가로지르거나 상기 척에 나란한 별개의 소정의 위치들에서, 또는 다른 주변 구성요소들 혹은 구성요소들의 조합들 표면 주위에서 사용될 수 있다. 또한 여전히 상기 고정밀 히터(80)는, 반도체 공정 장비(processing

equipment) 내의 다른 구성요소들 중에서 공정 키트(process kit)들, 챔버 벽들, 두껍(lid)들, 기체 라인들 및 샤워헤드(showerhead)들에 사용될 수 있다. 본 명세서에 도시되고 설명된 상기 히터들 및 제어 시스템들은 많은 수의 응용들에서 사용될 수 있으며 따라서 상기 예시적 반도체 히터 적 응용(application)은 본 개시의 범위를 제한하는 것으로 간주되어서 아니된다는 사실이 이해되어야 할 것이다.

[0025] 본 개시는 또한 상기 베이스 히터(84) 및 상기 튜닝 히터(90)가 가열 기능에 제한되지 않는다는 점을 고려한다. 본 개시의 범위 내에 속하는 한, 각각 “베이스 기능층” 및 “튜닝층”으로 언급된, 이 멤버들 중 하나 이상은, 그 대체로서 온도 센서층(sensor layer) 또는 다른 기능 멤버(functional member)일 수 있다는 점이 이해되어야 할 것이다. 다른 기능(function)들은 예를 들어, 특히 다양한 전기적 특성들과 같은 센서 입력을 수집하는 진단층(diagnostic layer) 또는 냉각층(cooling layer)을 포함할 수 있다.

[0026] 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 척(12)의 상단 표면 상의 부차적(secondary) 튜닝층 히터(120)의 포함과 함께 이중 튜닝 능력(dual tuning capability)이 제공될 수 있다. 상기 부차적 튜닝층은, 본 개시의 범위 내에 속하는 한, 가열층보다는 온도 감지층(sensing layer)으로 대체 사용될 수 있다. 따라서 임의의 수의 튜닝층 히터들이 사용될 수 있으며, 본 명세서에 도시되고 설명된 것들에 제한되지 않아야 한다.

[0027] 다른 일 형태에서는, 상기 베이스 기능층은, 전술한 바와 같은 상기 베이스 히터(84) 구성(construction) 대신 복수 개의 열전기적(thermoelectric) 요소들을 포함할 수 있다. 이 열전기적 요소들은 영역(zone)들 내에 배열될 수 있으며, 일반적으로 상기 베이스 플레이트 또는 냉각 플레이트(82)의 상단에 또는 근접하게 배치된다.

[0028] 또 다른 형태에서는, 상기 다수의(multiple) 튜닝층들은 “적층(stacked)” 구성(configuration)으로 사용되거나, 트레이스(trace)들 사이에 존재하는 갭(gap)들을 보상(compensate)하기 위해 반대 층들 상에서 개별 저항성 트레이스들이 인접(adjacent) 저항성 트레이스들로부터 오프셋(offset)되도록 수직으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 튜닝층(130)은, 튜닝층(140)의 트레이스들(142)이 상기 제1 튜닝층(130)의 트레이스들(134) 사이의 상기 갭들(132)에 인접하여 일렬로 배열되도록, 제2 튜닝층(140)으로부터 오프셋되며, 반대의 경우도 마찬가지이다. 또 다른 형태에서는, “체커판 형태의(checkerboard)” 설계가 인접한 층들 사이의 갭들이나 핫스팟(hot spot)들을 보상하기 위해 사용된다.

[0029] 도 7을 참조하면, 일 형태에서, 회로를 가로지르는 문턱 전압이 초과될 때 한 방향으로 통전하는 별개의 고상 장치들(solid state devices)을 포함하는, 문턱 전압 스위칭 회로들은 패키징된 형태인 혹은 일반적으로 베어 다이(bare die) 구성요소들로서 삽입되며, 상기 히터 척의 몸체에 삽입(embed)되거나 부착(attach)된다. 다른 일 형태에서는, 상기 제어 요소(control element)들은 위에서 보여진 바와 같이 상기 결합층(bond layer)(86)에 삽입된다. 본 개시의 범위 내에 속하는 한, 상기 제어 요소들은 상기 구성요소(component)들이나 그것들의 어셈블리(assembly)들 어떤 것 내에 삽입될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 선택적으로, 단일 패키지 실리콘 제어 장치(single package silicon controls device)(ASIC) 상의 상기 문턱 전압 스위칭 회로들이 본 개시의 일 형태에 있어서의 상기 척에 삽입되거나 부착될 수 있다. 추가적인 제어 장치들(controls devices)도, 구성요소들 중 어떤 것이 작동 중 실패하는 경우의 여분을 제공하기 위해 사용될 수 있다.

[0030] 도 8 내지 도 12에서 삽입 제어들(embedding controls)의 예시적인 하나의 형태가 도시된다. 보여지는 바와 같이 히터 시스템의 이러한 대안적 형태가 도시되고, 일반적으로 참조번호(200)에 의해 표시된다. 전술한 바와 같이 반도체 공정에 있어서 기관에 대한 균일한 온도 프로파일과 같은 고도로 맞춤형(highly tailored) 온도 프로파일을 가열 대상에 제공하기 위하여, 상기 히터 시스템(200)은 복수 개의 독립적으로 제어가능한 히터 요소들(202)을 포함하며, 그 작동은 아래에서 더욱 상세히 제시된다. 상부 베이스(204)는 상기 히터 요소들(202)에 근접 배치되며, 일 형태에서는, 상기 히터 요소들(202)은, 상기 상부 베이스(204)에 결합된 식각막(etched foil) 또는 상기 상부 베이스(204) 상에 퇴적(deposit)된 층을 이룬(layered) 히터와 같이, 상기 상부 베이스(204) 상에 배치된다. 상기 상부 베이스(204)는 복수 개의 테이퍼 공동들(206)을 한정하는데, 이것들은 상기 히터 요소들 각각과 정렬된다. 이 형태의 상기 테이퍼 공동들(206)은 도시된 바와 같이 상부 벽(208) 및 테이퍼 측벽들(210)을 포함한다. 상기 상부 베이스(204)는 아래에서 제시되는 바와 같이 전력 및 제어 선들에 대한 통로를 제공하기 위한 복수 개의 전력 비아(via)들(212)을 더 포함한다.

[0031] 하부 베이스(220)는 상부 베이스(204)에 인접하며, 상기 상부 베이스(204)의 상기 테이퍼 공동들(206)과 정렬된 복수 개의 역 테이퍼 공동들(222)을 한정한다. 상기 역 테이퍼 공동들(222)은 마찬가지로 하부 벽(224)과 테이퍼 측벽들(226)을 한정한다. 상기 하부 베이스(220)는, 전력 및 제어 선들에 대한 통로로도 제공되며, 상기 상부 베이스(204)의 전력 비아들(212)과 통신하는, 복수 개의 전력 비아(via)들(228)을 더 포함한다.

- [0032] 도 14에서 가장 잘 보여지는 바와 같이, 상기 공동들(206, 222)의 형태는, 상기 히터 요소들(202)로부터 냉각 플레이트(도 1의 요소(22)로 도시됨)로 효율적인 열전달을 제공하고, 또한 상기 히터 요소들(202)에 의해 제공되는 성능(performance) 및 온도 프로파일에 있어 상기 공동들과 그것들의 구성요소(component)들의 열충격을 감소시키도록 구성된다. 따라서, 상기 히터 요소들(202) 근처의 상기 공동의 “흔적(footprint)”은 더 작으며, 상기 냉각 플레이트(22)를 향해 상기 공동(206) 주변의 열 흐름을 이끌기(direct) 위해 상기 공동은 크기가 점차 더 커지고, 그리고 나서 상기 공동(222) 주변의 열 흐름을 상기 냉각 플레이트(22)를 향해 이끌기(direct) 위해 크기가 점차 감소한다. 상기 공동들(206 및 222)의 다른 형태(geometries)도 본 개시에 의해 제공될 수 있으며 따라서 상기 테이퍼(tapered) 구성들은 본 개시의 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 안된다는 점이 이해되어야 한다.
- [0033] 더 나타난 바와 같이, 스위칭 요소들(230)과 제어 요소들(232)의 복수 개의 쌍들이 상기 하부 베이스(220)의 상기 역 테이퍼 공동들(222) 내에, 그리고 상기 복수 개의 히터 요소들(202)과 통신하도록 배치된다. 일반적으로 상기 스위칭 요소들(230) 및 제어 요소들(232)은, 상기 히터 요소들(202)의 작동을 제어하여, 전술한 바와 같이, 일 응용(application)에서 균일한 온도 프로파일인, 필요로 하는 온도 프로파일을 반도체 공정 장비(equipment)의 기관에 제공한다. 더욱 구체적으로, 일 형태에서는 상기 제어 요소는 마이크로프로세서이다. 다른 일 형태에서는, 상기 제어 요소는 전술한 바와 같은 상기 래스터 부스트(raster boost) 히터에 따른 회로이다. 일 형태에서는, 상기 제어 요소들(232)은 상기 히터 요소들(202)의 온도 제어를 위해 디지털 버스(234)를 통해 통신한다.
- [0034] 상기 히터 시스템(200)은, 원하는 온도 프로파일을 위해 상기 히터 요소들(202) 각각에 적절한 제어 신호들을 보내는 상기 제어 요소들(232) 각각과 통신하는 멀티플렉서를 더 포함한다. 일 형태에서는, 상기 멀티플렉서(240)는 광학 버스(242)를 통해 전원(미도시)과 통신한다.
- [0035] 게다가, 상기 히터 시스템(200)은 복수 개의 히터 요소들(202)에 근접 배치된 복수 개의 개별 온도 센서들(250)을 포함할 수도 있다. 한 대안적 형태에서, 상기 히터 요소들(202)은 본 개시의 다른 형태들에서 본 명세서에 제시된 바와 같이, 저항성 물질이 히터 및 온도 센서 양쪽 모두로 기능하도록 하는 충분한 저항온도계수 특성을 갖고 있는 저항성 물질을 포함한다.
- [0036] 정전적 응용(application)에서는, 상기 히터 시스템(200)은, 일 형태에서 디지털 버스(262)와 통신하는, RF 필터(260)를 더 포함한다.
- [0037] 본 명세서에 제시된 시스템들 중 임의의 것의 온도 캘리브레이션(calibration)은 표준 저항 측정기를 사용하여 첫째로 상기 튜닝층 히터들의 개별 저항들을 측정하는 것에 의해 수행된다. 독립적이거나 또는 상기 위의 방법에 추가적인, 다른 방법에서는, 상기 튜닝층 히터 요소들(62)은 일정한 온도로 유지되고, 정상 작동(normal operation)에서와 같이 펄스가 발생될 것이지만 짧은 지속시간 동안뿐일 것이며, 그리고 나서 상기 저항이 계산되어 상기 제어 시스템에 세팅될 것이다. 동일하거나 복수 개인 온도 포인트들에 있어 이런 반복적 테크닉은 제어를 위해 상기 시스템을 캘리브레이션(calibrate)할 것이다.
- [0038] 이제 도 13을 참조하면, 히터 시스템의 다른 일 형태가 도시되며, 장치(300)로 일반적으로 표시된다. 본 개시의 일 형태에서의 히터인 상기 장치(300)는 적어도 하나의 유체 통로(fluid passageway)(320)를 구비한 베이스 멤버(310)를 갖는다. 다수의 유체 경로들(320)은 이 형태에서 도시되며, 본 개시의 또다른 형태에서 상기 통로들(320)은 영역(zone)들(위에서 제시된 바와 같은 히터 영역들과 같은 것)을 더 한정할 수 있다. 2상 유체(325)는 상기 유체 통로들(320) 내부에 배치되며, 2상유체(325)가 상기 베이스 멤버(310)에 가열을 제공하도록 2상유체(325)의 압력이 제어된다. 이 시스템은 예를 들어, 그 전체가 참조로써 본 명세서에 내용이 포함된, 미국 특허 제7,178,353호 및 제7,415,835호, 그리고 공개된 미국 특허출원 제20100076611호에 더 상세하게 설명된다. 일반적으로 이 시스템들에, 가압된 냉각제(pressurized refrigerant)가 응축된 액체(condensed liquid)로서 또한 기체 상태로서 제공된다. 상기 응축된 액체는 증기 혼합물(vaporous mix)로 팽창되며, 그 압력에 의해 결정된 목표(target) 온도에 도달하게끔 기체 냉각제가 추가된다. 따라서 온도 조정(correction)들은 기체 압력 조정들에 의해 매우 빠르게 이루어질 수 있다. 그러한 시스템들은 어드밴스드 써멀 사이언스즈 주식회사(Advanced Thermal Sciences Corporation)에 의해 제공되며, 본 개시의 지침(teaching)들과 함께 사용될 수 있다.
- [0039] 더 보여지는 바와 같이, 튜닝층(330)은, 예를 들어 접착층(332)과 함께 상기 베이스 멤버(310)에 고정되며, 이때 상기 튜닝층(330)은 복수 개의 영역(zone)들(335)을 포함하도록 한다. 이 튜닝층(330)은 위에서 제시된 상기 튜닝층들 및 히터들과 유사하며, 그런 점에 있어 명확화의 목적을 위하여 다시 상세하게 설명되지 않을 것이다. 위에서 제시된 형태들과 유사하게, 상기 튜닝층(335)은 상기 베이스 멤버(310)보다 더 낮은 전력을 가진다. 그

리고 더 도시된 바와 같이, 구성요소(340)는 예시에서와 같이, 척, 받침대(pedestal), 웨이퍼 테이블, 기판 지지체(support) 또는 샤워헤드가 상기 튜닝층(330)에 고정된다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, “구성요소(component)”는 공정을 위해 직접적으로 또는 간접적으로 지지되는 웨이퍼가 그 위에 있는 어떤 멤버나 어셈블리(assembly)를 뜻하는 것으로 간주되어서는 안 된다.

[0040] 일 형태에서는, 상기 튜닝층(330)은 히터이고, 또다른 일 형태에서는, 상기 튜닝층(330)은 온도 센서이며, 위에 상세하게 제시된 바와 같다. 이 튜닝층(330) 및 또한 상기 베이스 멤버(310)는 그것들이 히터로서와 온도 센서로서 모두 기능할 수 있도록 하는 충분한 TCR 특성들을 가진 물질로 설계될 수 있다. 추가적으로, 부차적 튜닝층(도 5에 도시됨)이 구성요소(340)의 상단 표면에 고정되며, 또한 본 개시의 범위 내에 속하는 한, 히터들 및/또는 온도 센서들로서 기능하는 임의의 수의 튜닝층들이 사용될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 상기 구성요소(340)의 상단 표면에 고정된 상기 부차적 튜닝층과 함께, 웨이퍼가, 상기 구성요소(340)의 상단 표면 상에 상기 웨이퍼가 있을 때 직접적인 것에 비하여, 간접적으로 지지될 것이다.

[0041] 상기 장치(300)는 다수의 전력선들을 수용하기 위해 도 2에 도시된 바와 같이 상기 라우팅층(routing layer)(66)을 사용할 수도 있다. 본 개시의 범위 내에 속하는 한, 본 명세서에서 도면들을 통하여 제시된 바와 같이 추가적인 특징들이 유체 경로들(320)과 함께 베이스 멤버(310)를 구비한 본 개시의 이 형태와 함께 사용될 수도 있다.

[0042] 이제 도 14 내지 도 16을 참조하면, 본 개시의 다른 일 형태가 제조(manufacture) 중 필요한 평면도(flatness)를 제공하기 위해 상기 튜닝 히터층과 상기 부스트(boost) 히터층 사이에 제공되는 복수 개의 지지 요소(support element)들(600)을 포함하는데, 이 형태에서 상기 제조(manufacture)는 프레스 공정이다. 더욱 구체적으로는, 본 개시의 이 형태에 있어서, 상기 지지 요소들(600)은 히터 회로를 가진 구리 층(602)으로 식각된다. 도 14에 보여지는 바와 같이, 상대적으로 큰 공간이 상기 구리 층(602) 내 트레이스들 사이에 존재하는데, 이들은 비평면 레미네이트(laminate) 또는 바람직하지 못한 평면도를 지닌 레미네이트에 기여하는 다소의 빈 공간(a void)이다. 지지 요소들(600)을 제공함으로써 평면도를 향상시키기 위한 추가적인 구조가 제공된다. 그리고 도 16에 도시된 바와 같이, 상기 지지 요소들(600)은, “분할된(split)” 구성으로 되어 있거나, 또는 그들 사이에 개구(opening)(610)를 갖는 두 부분(portion)들(602 및 604)을 포함한다. 그것으로써, 상기 접착제(adhesive)(620)(도 15에 도시됨)는 각각의 상기 지지 요소들(600) 사이에서 더욱 더 고르게 흐르도록 허용된다.

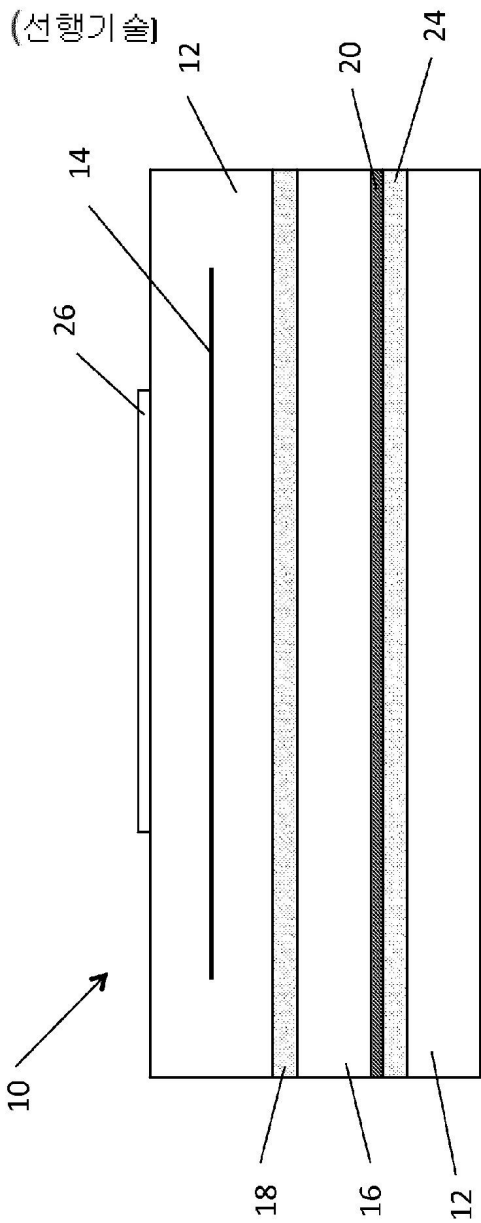
[0043] 도 17에 보여지는 바와 같이, 개별 요소들(720)을 가로지르는 온도 균일성을 제공하기 위해 각각의 상기 요소들(720) 상에, 상응하는 복수의 히트 스프레더(heat spreader)들(710)이 배치되는 튜닝 히터(700)의 다른 일 형태가 도시된다. 상기 히트 스프레더들은, 알루미늄, 구리 및 열분해 흑연 시트(Pyrolytic Graphite Sheet: PGS)를 포함한 열분해 흑연을 포함하지만 이에 제한되지는 않는 다양한 물질들로 될 수 있다. 일 형태에서, 상기 히트 스프레더들(710)은 보여지는 바와 같이 모놀리식(monolithic)이며 일정한 두께를 갖는 구성일 수 있다. 그러나, 본 개시의 범위 내에 속하는 한, 일체형 홈(integral groove)들 또는 열 가이드(heat guide)들을 포함하는 다른 구성들(730)이 또한 제공될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0044] 본 명세서에 제시된 각각의 상기 튜닝층들/히터들은 제어 시스템에 의해 제어되며, 상기 제어 시스템의 다양한 형태들은, 여기에 동반하여 제출되고 공통적으로 본 출원에 지정된, “System and Method for Controlling a Thermal Array”이라는 제목의 공동-계속중인 특허출원들 및 “Thermal Array System”이라는 제목의 출원들에서 더욱 상세히 제시된다. 일반적으로, 상기 제어 시스템들은 상기 튜닝층과 통신하는 복수 개의 전력선들 및 상기 전력선들과 상기 튜닝층과 전기적으로 통신하는 어드레스 지정가능한(addressable) 복수 개의 제어 요소들을 구비하되, 상기 제어 요소들은 상기 튜닝층 영역들의 선택적 제어를 제공한다. 상기 제어 요소들은 예를 들어 문턱 전압 스위칭 회로들일 수 있으며, 이것들은 반도체 스위치들일 수 있다. 상기 문턱 전압 스위칭 회로들은 패키징될 수 있으며, 예를 들어 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit: ASIC)로 될 수 있다. 뿐만 아니라, 상기 제어 요소들은 위에서 제시된 바와 같이 상기 척과 같은 구성요소 내에 삽입될 수 있다. 이 제어 시스템들 및 그것들의 관련된 알고리즘들은 위에서 제시된 공동-계속중 특허출원들에서 더 상세하게 설명되고 도시되며, 따라서 명확화의 목적을 위하여 본 명세서에 포함되지 않을 것이다.

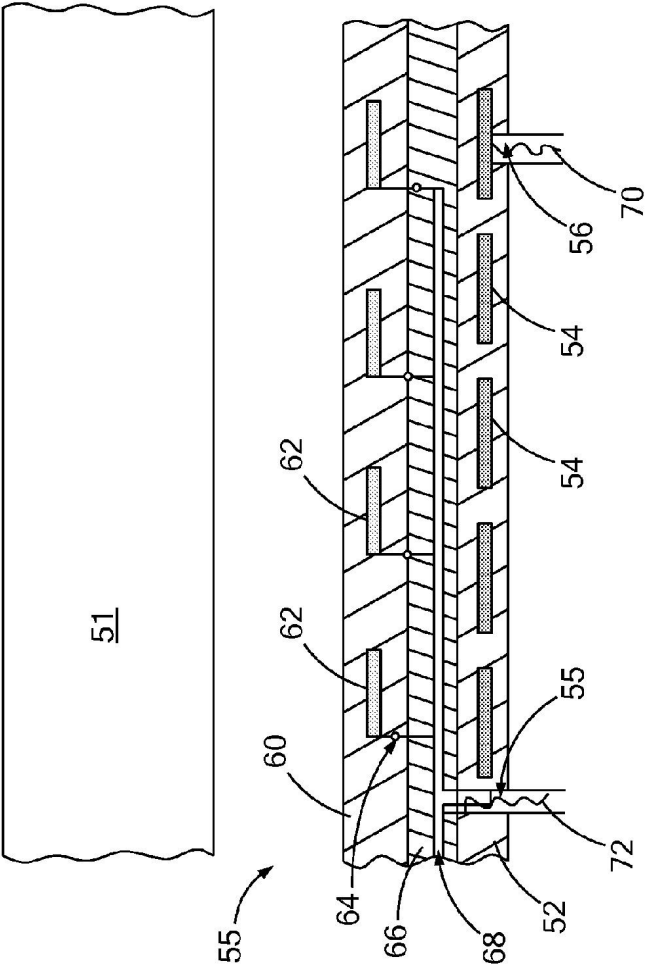
[0045] 상기 개시는 예시들로서 설명되고 도시된 상기 실시예들에 한정되지 않음을 유의해야 한다. 광범위한 수정들이 설명되어 왔으며, 더 많은 것들도 당업자가 가진 지식의 부분들이다. 이것들 및 그 이상의 수정들도 기술적 균등물들에 의한 어떤 교체와 마찬가지로, 본 개시 및 본 특허의 보호범위를 이탈함 없이 상기 설명과 도면들에 추가될 수 있다.

도면

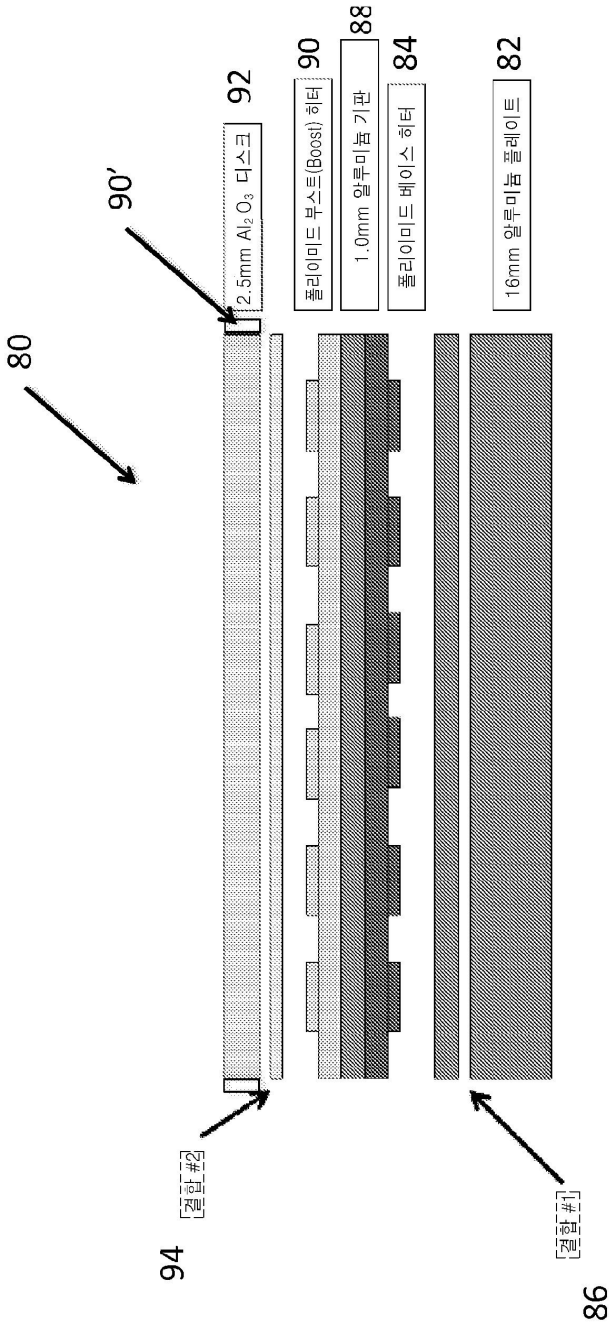
도면1



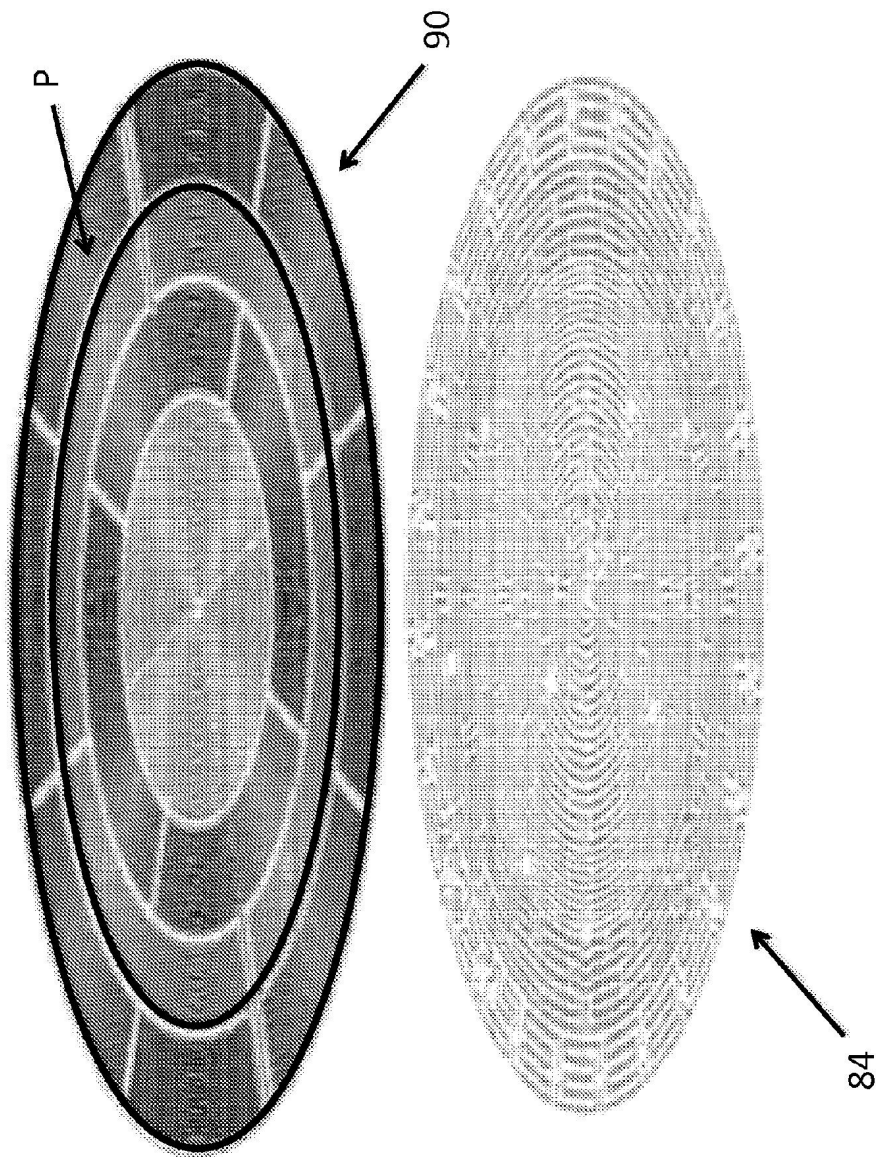
도면2



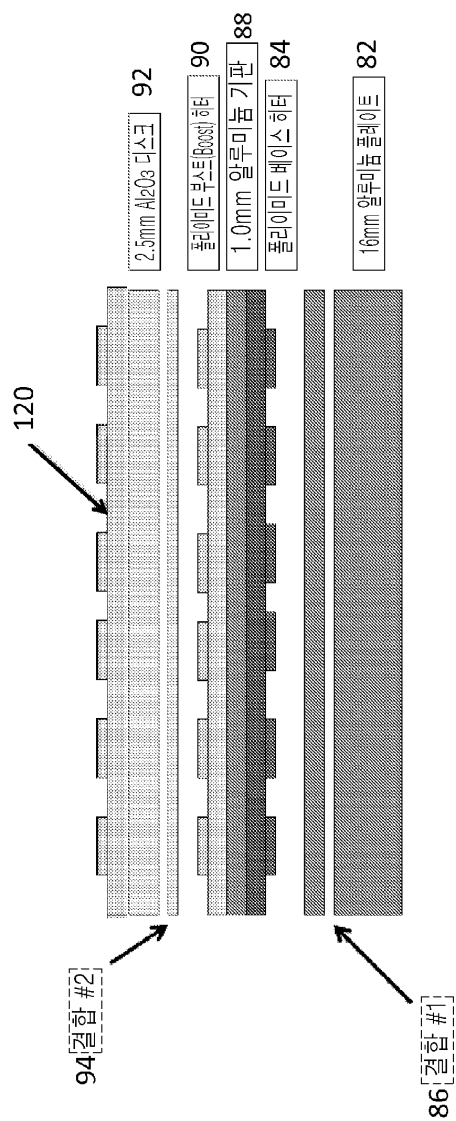
도면3



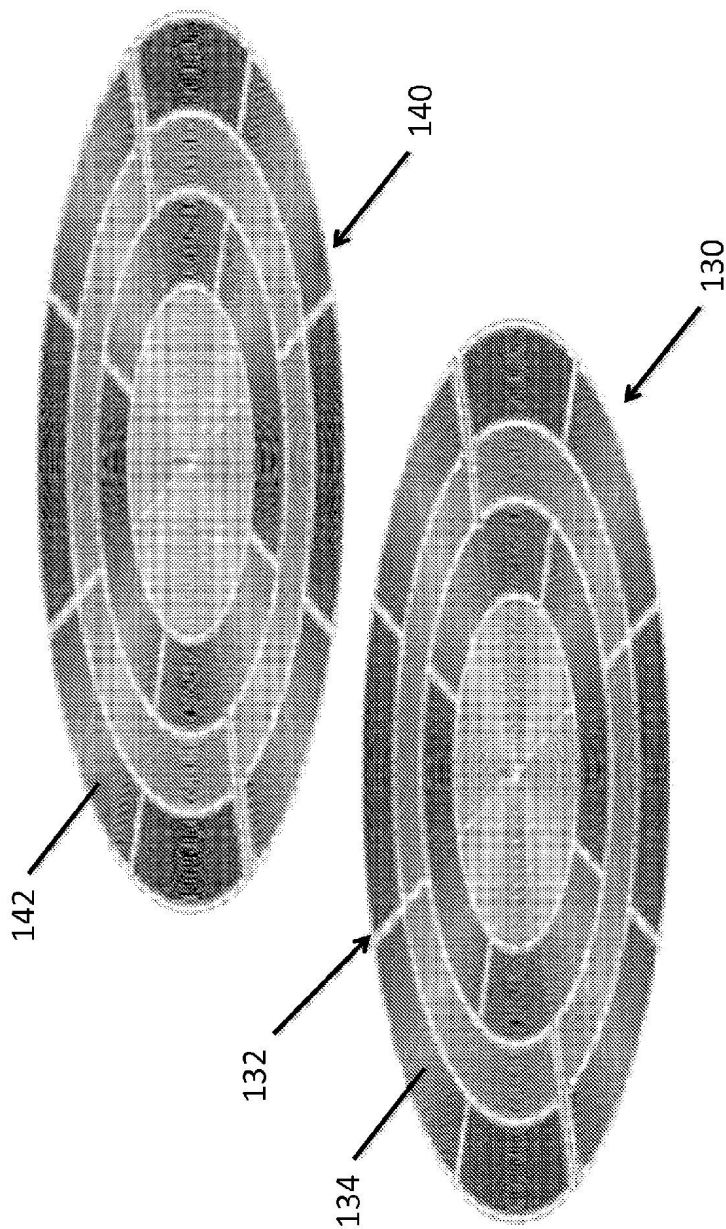
도면4



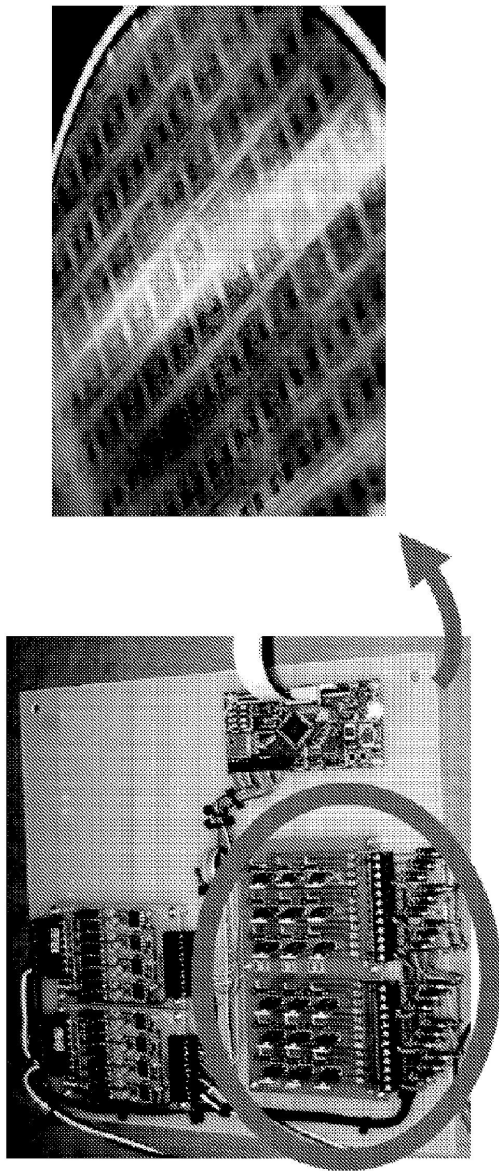
도면5



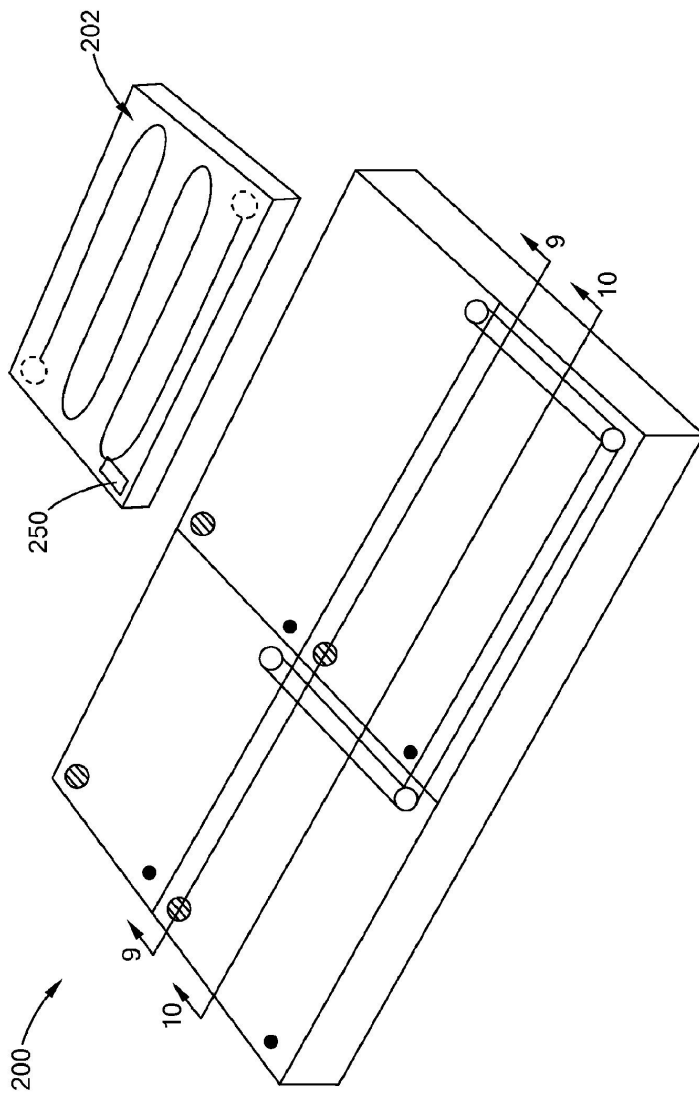
도면6



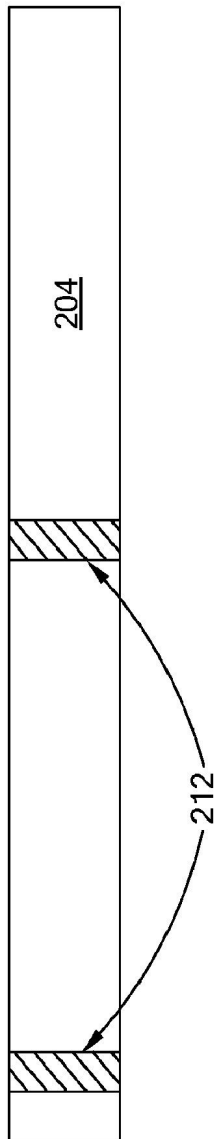
도면7



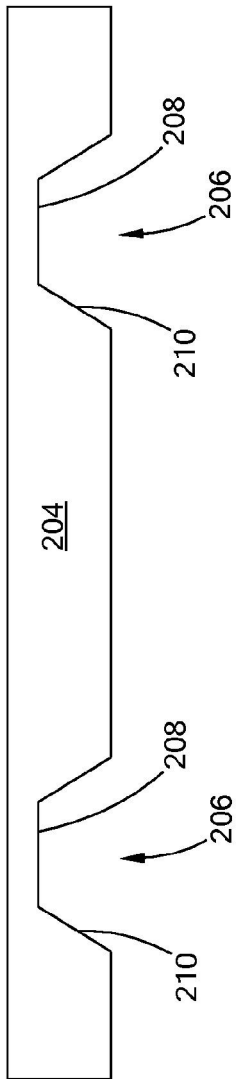
도면8



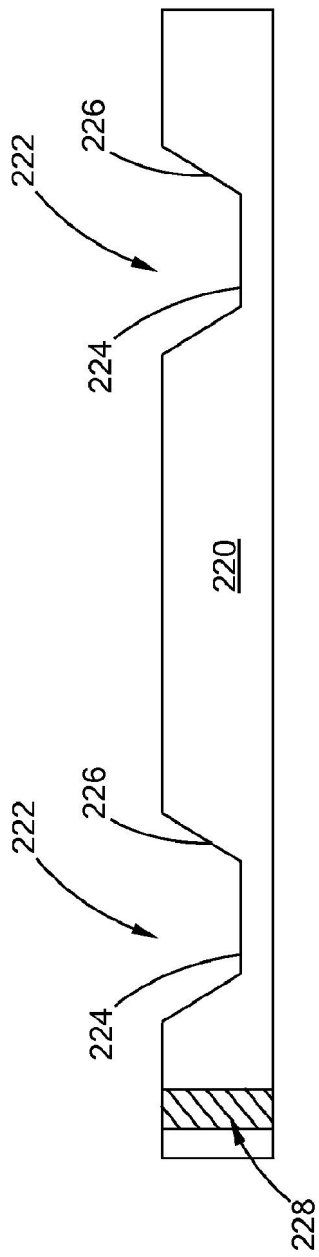
도면9



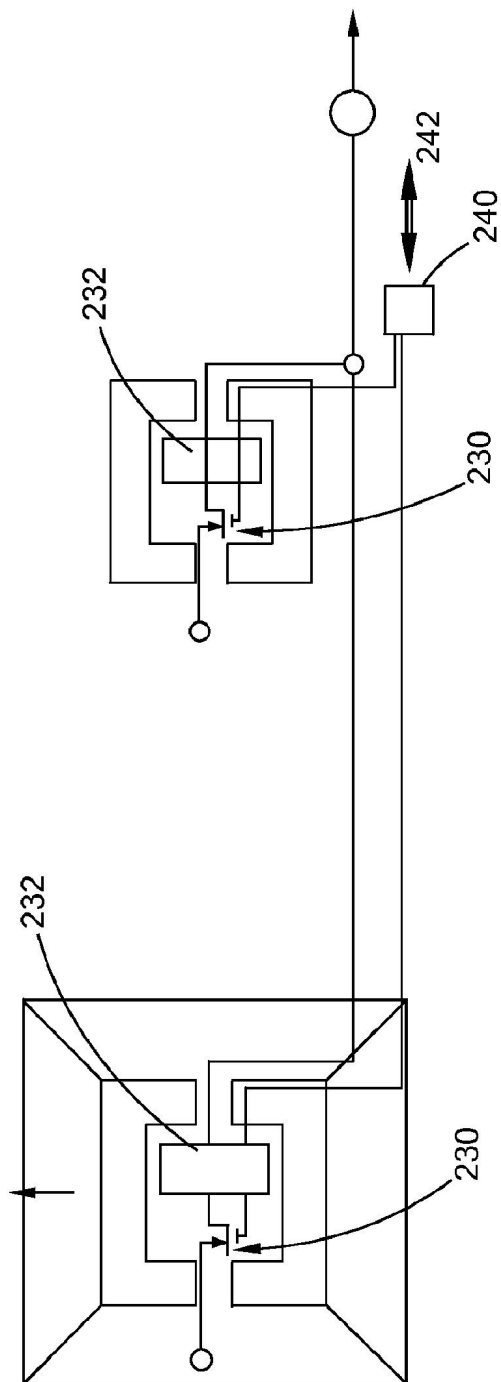
도면10



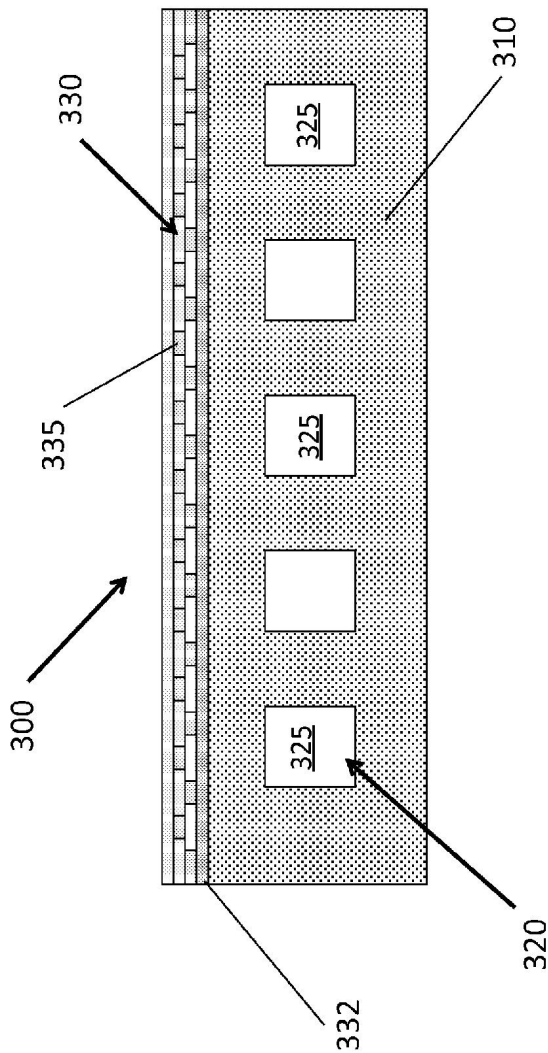
도면11



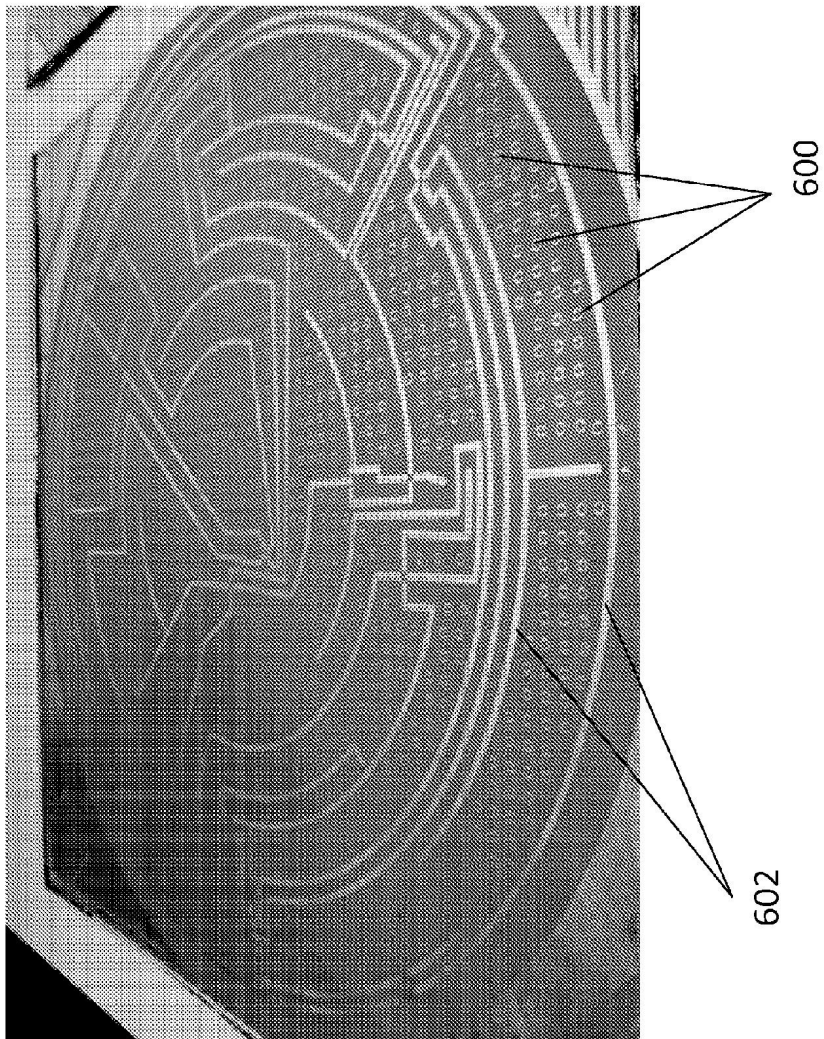
도면12



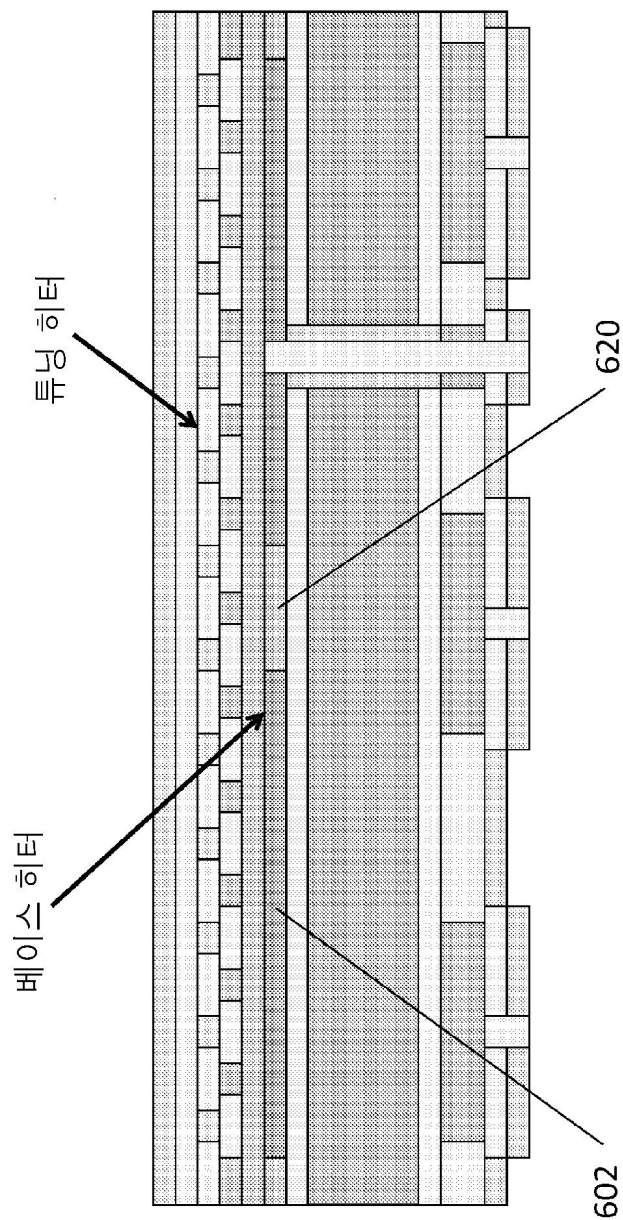
도면13



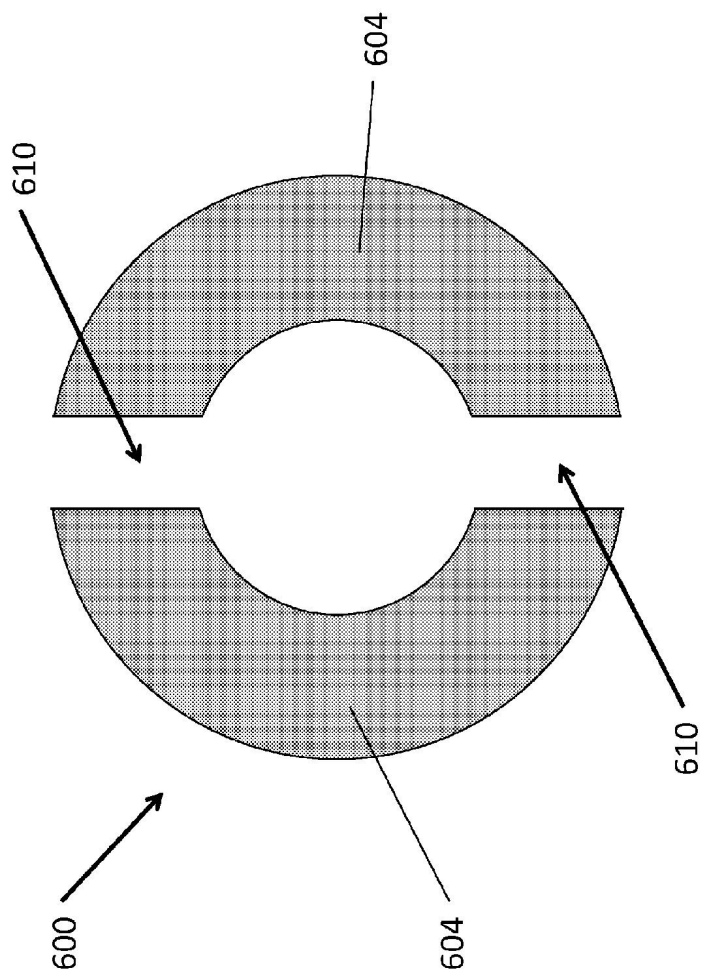
도면14



도면15



도면16



도면17

