



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0121133  
(43) 공개일자 2015년10월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01R 21/02 (2006.01) G01R 23/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01R 21/02 (2013.01)  
G01R 23/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-7026047  
(22) 출원일자(국제) 2014년02월20일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2015년09월21일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/017426  
(87) 국제공개번호 WO 2014/130689  
국제공개일자 2014년08월28일  
(30) 우선권주장  
61/767,872 2013년02월22일 미국(US)

- (71) 출원인  
버드 테크놀로지스 그룹, 인코포레이티드  
미합중국, 오하이오주 44139, 솔론, 오로라 로드 30303  
더 리서치 파운데이션 오브 더 스테이트 유니버시티 오브 뉴욕  
미국 뉴욕주 14228-2567 앰허스트 스위트 홈 로드 1576 스위트 111 유비 테크놀로지 인큐베이터  
(72) 발명자  
멜처 조엘 디.  
미국 오하이오주 44139 솔론 오로라 로드 30303  
버드 테크놀로지스 그룹, 인코포레이티드  
티투스 알버트 에이치.  
미국 뉴욕주 14216 버팔로 킬링헤스트 플레이스 52

(뒷면에 계속)

- (74) 대리인  
특허법인태평양

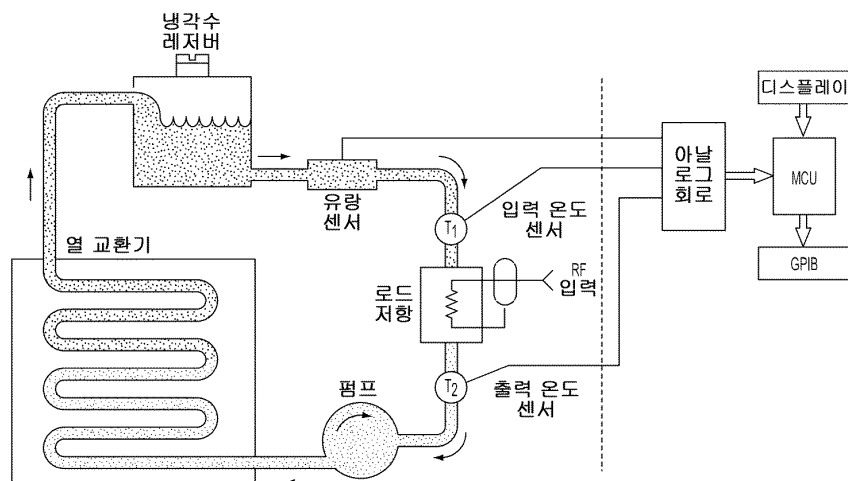
전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 발명의 명칭 RF 전력 측정하는 미세가공된 열량계

(57) 요약

본 발명은 RF 입력에 전기적으로 결합되는 로드, 로드와 전기적으로 결합되고 로드와 저-주파 바이어스를 인가하도록 구성되는 가변 저-주파 전원을 가지는 무선 주파수(RF) 전력 열량계이다. RF 전력 열량계는 로드와 열적으로 결합되는 열 매체를 포함한다. 추가로, RF 전력 열량계는 열 매체에 열적으로 결합되는 배출구 온도 센서를 포함하고, 배출구 온도 센서는 로드와 의한 가열에 기인한 열 매체의 온도를 측정하도록 배치된다. RF 전력 열량계는 또한 RF 입력에 전기적으로 결합되는 RF 소스의 평균 전력을 측정하기 위하여 저-주파 바이어스와 병합하여 RF 로드와 열 접촉하는 열 매체의 온도 측정을 이용하도록 구성된 회로를 가진다. 또한, RF 전력 열량계를 이용하여 RF 전력을 측정하는 방법이 개시된다.

대표도



(72) 발명자

**네지 비렐**

미국 뉴욕주 14226 애머스트 아파트 2 밀러스포트  
하이웨이 774

**수 정**

미국 뉴욕주 14226 버팔로 메리맥 스트리트 어퍼  
240

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

RF 전원(RF power source)에 전기적으로 결합되는 RF 입력에 전기적으로 결합되는 로드(load);

상기 로드와 전기적으로 결합되고 상기 로드로 저-주파 전력(low-frequency power)을 인가하도록 구성되는 가변 저-주파 전원(power source);

상기 로드와 열적으로 결합되는 열 매체(thermal medium);

상기 열 매체에 열적으로 결합되는 배출구 온도 센서(outlet temperature sensor); 및

저-주파 전원으로부터의 가변 바이어스(bias)를 이용하여 상기 열 매체의 온도 측정을 기초로 상기 RF 소스의 평균 전력을 결정함으로써 상기 RF 입력에 전기적으로 결합되는 상기 RF 소스의 전력을 계산하는 회로를 포함하고,

상기 배출구 온도 센서는 상기 로드와 의한 가열에 기인한 상기 열 매체의 온도를 측정하도록 배치되는, 무선 주파수(radio frequency, RF) 전력 열량계(power calorimeter).

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

RF 소스의 평균 전력을 결정하는 것은:

미리 정해진 전력 값을 가지는 기지의 저-주파 입력을 상기 로드와 인가하는 단계;

상기 로드와 상기 저-주파 입력을 인가한 후에 상기 열 매체의 제 1 출력 온도를 측정하는 단계;

상기 기지의 저-주파 입력을 인가하는 동안 상기 로드와 상기 RF 소스를 인가하는 단계;

상기 기지의 저-주파 입력 및 상기 RF 소스를 인가하는 동안 상기 열 매체의 제 2 출력 온도를 측정하는 단계;

상기 열 매체의 출력 온도를 측정하는 동안 상기 출력 온도가 상기 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일해 질 때까지 상기 기지의 저-주파 입력의 전력 값을 감소시키는 단계;

상기 출력 온도가 상기 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때 상기 기지의 저-주파 입력의 전력 값을 결정하는 단계; 및

상기 출력 온도가 상기 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때 상기 기지의 저-주파 입력의 상기 미리 정해진 값과 상기 기지의 저-주파 입력의 전력 값 사이의 차이에 기초하여 상기 RF 소스의 전력을 계산하는 단계를 포함하는 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 가변 저-주파 전원은 교류 전압 소스(alternating current voltage source)인 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 가변 저-주파 전원은 직류 전압 소스(direct current voltage source) 인 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 5

청구항 1 내지 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 매체는 열 매체 채널(channels)을 통하여 순환되는 유체인 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 열 매체 채널을 통과하는 상기 열 매체 유체의 유량(flowrate)은 가변하는 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 열 매체 채널을 통과하는 상기 열 매체 유체의 상기 유량을 가변시키도록 구성되는 복수의 유체 채널을 포함하는 유체 채널 경로 어레이(fluid channel path array)를 더 포함하는 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 유체 채널 경로 어레이는 복수의 유체 채널들과 유체 커뮤니케이션(fluid communication)하는 유체 스위치(fluid switch)를 포함하고,

상기 유체 채널 경로 어레이의 각각의 유체 채널은 서로 다른 길이 및/또는 수력 직경(hydraulic diameter)을 가지는 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 유체 채널 경로 어레이의 각각의 유체 채널은 열 매체 펌프를 가지는 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 10

청구항 1 내지 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 매체는 열 교환기(heat exchanger)에 열적으로 결합되는 기관인 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 11

청구항 1 내지 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 배출구 온도 센서는 휘트스톤 브릿지(Wheatstone bridge)인 무선 주파수 전력 열량계.

#### 청구항 12

청구항 1 내지 11 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전력 열량계는 약 100  $\mu$ W와 100mW 사이의 전력을 측정하도록 구성되는 무선 주파수 전력 열량계.

### 청구항 13

청구항 1 내지 12 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전력 열량계는 최소 0 Hz 및 최대 12 GHz 주파수에서 전력을 측정하도록 구성되는 무선 주파수 전력 열량계.

### 청구항 14

청구항 1 내지 13 중 어느 한 항에 있어서,

상기 RF 전력 열량계는 비-도전성 기판(non-conductive substrate)을 더 포함하고,

상기 로드 및 출력 센서는 상기 비-도전성 기판 상에서 미세가공되는 무선 주파수 전력 열량계.

### 청구항 15

열 매체와 저 주파 전원을 가지는 미세가공된 열량계를 포함하는 RF 전력 열량계로서;

상기 전력 열량계는 저-주파 전원으로부터의 가변 바이어스를 이용하여 상기 열 매체의 온도 측정에 기초하여 RF 소스의 평균 전력을 결정하도록 구성되는 RF 전력 열량계.

### 청구항 16

무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법으로서;

RF 입력에 전기적으로 결합되는 로드를 제공하는 단계;

상기 로드와 열적으로 결합되는 열 매체를 제공하는 단계;

미리 결정된 전력 값을 가지는 기지의 저-주파 입력을 상기 로드로 인가하는 단계;

상기 기지의 저-주파 입력을 상기 로드와 인가한 후 상기 열 매체의 제 1 출력 온도를 측정하는 단계;

상기 기지의 저-주파 입력을 인가하는 동안 미지의 RF 입력을 상기 로드와 인가하는 단계;

상기 기지의 저-주파 입력과 상기 미지의 RF 입력을 인가하는 동안 상기 열 매체의 제 2 출력 온도를 측정하는 단계;

상기 열 매체의 출력 온도를 측정하는 동안 상기 출력 온도가 상기 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일해 질 때까지 상기 기지의 저-주파 입력을 감소시키는 단계;

상기 출력 온도가 상기 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때 상기 기지의 저-주파 입력의 값을 결정하는 단계; 및

상기 출력 온도가 상기 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때 상기 기지의 저-주파 입력의 값과 상기 기지의 저-주파 입력의 미리 정해진 값 사이의 차이에 기초하여 상기 RF 입력의 전력을 계산하는 단계를 포함하는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

### 청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 무선 주파수 전력을 측정하는 방법은 미세가공된 RF 전력 열량계를 이용하여 수행되는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

#### 청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 가변 저-주파 입력은 교류 전압 소스인 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

#### 청구항 19

청구항 17 또는 청구항 18에 있어서,

상기 가변 저-주파 입력은 직류 전압 소스인 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

#### 청구항 20

청구항 17 내지 19 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 매체는 열 매체 채널을 통하여 순환되는 유체인 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

#### 청구항 21

청구항 20에 있어서,

상기 열 매체 채널을 통과하는 상기 열 매체의 유량은 가변하는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

#### 청구항 22

청구항 21에 있어서,

상기 열 매체 채널을 통과하는 상기 열 매체의 상기 유량을 가변시키도록 구성되는 복수의 유체 채널을 포함하는 유체 채널 경로 어레이를 더 포함하는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

#### 청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 유체 채널 경로 어레이는 복수의 유체 채널과 유체 커뮤니케이션하는 유체 스위치를 포함하고,

상기 유체 채널 경로 어레이의 각각의 유체 채널은 다른 길이 및/또는 수력 직경을 가지는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

#### 청구항 24

청구항 23에 있어서,

상기 유체 채널 경로 어레이의 각각의 유체 채널은 열 매체 펌프를 가지는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

**청구항 25**

청구항 17 내지 20 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 열 매체는 열 교환기에 열적으로 결합되는 기관인 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

**청구항 26**

청구항 17 내지 25 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 출력 온도는 휘트스톤 브릿지 온도 센서로 얻어지는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

**청구항 27**

청구항 17 내지 26 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 전력 열량계는 약 100  $\mu$ W와 100mW 사이의 전력을 측정하도록 구성되는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

**청구항 28**

청구항 17 내지 27 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 전력 열량계는 최소 0 Hz 및 최대 12 GHz 주파수에서 전력을 측정하도록 구성되는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

**청구항 29**

청구항 17 내지 28 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 RF 전력 열량계는 비-전도성 기관을 더 포함하고,  
상기 로드 및 출력 센서는 상기 비-전도성 기관 상에서 미세가공되는 무선 주파수(RF) 전력을 측정하는 방법.

**청구항 30**

평균 전력을 측정하기 위하여 DC 바이어스와 병합하여 RF 로드에서 열적으로 접촉되는 열 매체의 온도 측정을 이용하는 단계를 포함하는, 무선 주파수 측정 방법.

**청구항 31**

청구항 30에 있어서,  
상기 방법은:  
평균 전력을 측정하기 위하여 DC 바이어스와 병합하여 RF 로드 상에 이동하는 유체의 온도 측정을 이용하는 단계를 포함하는 무선 주파수 측정 방법.

**청구항 32**

RF 입력에 전기적으로 결합되는 로드;

상기 로드와 전기적으로 결합되고 상기 로드와 저-주파 바이어스를 인가하도록 구성되는 가변 저-주파 전원;

상기 로드와 열적으로 결합되는 열 매체;

상기 열 매체에 열적으로 결합되는 배출구 온도 센서; 및

상기 RF 입력에 전기적으로 결합되는 RF 소스의 평균 전력을 측정하기 위하여 저-주파 바이어스와 병합하여 RF 로드와 열접촉은 상기 열 매체의 온도 측정을 이용하도록 구성되는 회로를 포함하고,

상기 배출구 온도 센서는 상기 로드와 의한 가열에 기인한 상기 열 매체의 온도를 측정하도록 배치되는, 무선 주파수 전력 열량계.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 출원은 2013. 02. 22에 출원된 "RF 전력을 측정하는 미세가공된 열량계"를 청구하는 미국 가출원 특허 NO. 61/767,872를 기초로 출원하고, 본 명세서에 기초출원의 내용이 통합된다.

[0002] 본 발명은 무선 주파수(RF) 전력 측정에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명은 RF 전력 측정을 하는 미세가공된 DC 대체 열량계와 상기 열량계를 이용하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] RF 전력은 전류, 전압 및 임피던스와 같은 다른 RF 전기적 양을 RF 장비에서 측정하고 수량화하는 것이 어렵기 때문에 자주 측정되는 값이다. 저 주파에서, 전력 측정은 기지의 임피던스를 통하는 전압 및 전류의 해석에 의하여 이루어진다. 그러나, RF 주파수와 같은 더 높은 주파수에서는, 임피던스가 크게 변하므로, 전력을 직접 측정하는 것은 불가능하다.

[0004] 종래에는, 핸드헬드(handheld) RF 전력 계량기(meters)는 쇼트키(Schottky) 또는 갈륨-비소(Gallium-Arsenide) 다이오드를 이용하는 것과 같이 고 주파 RF 전력을 DC 신호로 직접 바꾸고 DC 신호를 측정함으로써 직접 RF 전력을 측정하였다. 그러나, 종래의 직접 측정 기술을 이용한 계량기의 정확도는 측정된 RF 신호의 주파수와 파형에 민감하다.

[0005] 따라서, RF 신호의 주파수 또는 파형에 민감하지 않은 핸드헬드 RF 전력 계량기가 필요하다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 태양에 따르면, 무선 주파수(RF) 전력 열량계가 제공된다. RF 파워 열량계는 RF 전원에 전기적으로 결합되는 RF 입력에 전기적으로 결합되는 로드(load); 로드와 전기적으로 결합되고 저-주파 전력을 로드와 인가하는 가변 저-주파 전원; 로드와 열적으로 결합되는 열 매체; 열 매체에 열적으로 결합되는 배출구 온도 센서; 및 저-주파 전원으로부터 가변 바이어스를 이용하여 열 매체의 온도 측정에 기초하여 RF 소스의 평균 전력을 결정함으로써 RF 입력에 전기적으로 결합되는 RF 소스의 전력을 계산하는 회로를 포함하고, 상기 배출구 온도 센서는 로드와 의한 가열에 기인한 열 매체의 온도를 측정하도록 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0007] 본 발명의 다른 태양으로, RF 소스의 평균 전력을 결정하는 단계는: 로드와 미리 정해진 전력 값을 가지는 기지의 저-주파 입력을 인가하는 단계; 로드와 저-주파 입력을 인가한 후에 열 매체의 제 1 출력 온도를 측정하는 단계; 기지의 저-주파 입력을 인가하는 동안 로드와 RF 소스를 인가하는 단계; 기지의 저-주파 입력과 RF 소스의 인가 동안 열 매체의 제 2 출력 온도를 측정하는 단계; 열 매체의 출력 온도를 측정하는 동안 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일해질 때까지 기지의 저-주파 입력의 전력 값을 감소시키는 단계; 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때, 기지의 저-주파 입력의 전력 값을 결정하는 단계; 및 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때 기지의 저-주파 입력의 전력 값과 기지의 저-주파 입력의 미리 정해진 값 사이의 차이에 기초하여 RF 소스의 전력을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 본 발명의 다른 태양으로, 가변 저-주파 전원은 교류 전압 소스인 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 다른 태양으로, 가변 저-주파 전원은 직류 전압 소스인 것을 특징으로 한다.



- [0010] 본 발명의 다른 태양으로, 열 매체는 열 매체 채널을 통과하여 순환하는 유체인 것을 특징으로 한다.
- [0011] 본 발명의 다른 태양으로, 열 매체 채널을 통과하는 열 매체 유체의 유량(flow rate)은 가변하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 본 발명의 다른 태양으로, 복수의 유체 채널을 포함하는 유체 채널 경로 어레이는 열 매체 채널을 통과하는 열 매체 유체의 유량을 변하게 하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명의 다른 태양으로, 유체 채널 경로 어레이는 복수의 유체 채널과 유체 커뮤니케이션(communication)을 하는 유체 스위치를 포함하고, 유체 채널 경로 어레이의 각각의 유체 채널은 서로 다른 길이 및/또는 수력(hydraulic) 직경을 가지는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 본 발명의 다른 태양으로, 유체 채널 경로 어레이의 각각의 유체 채널은 열 매체 펌프를 가지는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명의 다른 태양으로, 열 매체는 열 교환기에 열적으로 결합되는 기관인 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명의 다른 태양으로, 배출구 온도 센서는 휘트스톤 브릿지인 것을 특징으로 한다.
- [0017] 본 발명의 다른 태양으로, 전력 열량계는 약 100  $\mu$ W과 100mW 사이의 전력을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명의 다른 태양으로, 전력 열량계는 최소 0 Hz and 최대 12 GHz 주파수에서 전력을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 본 발명의 다른 태양으로, 전력 열량계는 약 0 Hz과 약 12 GHz 사이의 주파수에서 전력을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 본 발명의 다른 태양으로, RF 전력 열량계는 비-전도성 기관을 더 포함하고; 로드 및 출력 센서는 비-전도성 기관 상에서 미세가공되는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 본 발명의 다른 태양으로, RF 전력 열량계는 열 매체 및 저 주파 전력 소스를 가지는 미세가공된 열량계이고; 전력 열량계는 저-주파 전원에서부터 가변 바이어스를 이용하여 열 매체의 온도 측정에 기초하여 RF 소스의 평균 전력을 결정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명의 다른 태양에 따르면, RF 전력을 측정하는 방법이 제공된다. RF 전력을 측정하는 방법은: RF 입력에 전기적으로 결합되는 로드를 제공하는 단계; 로드와 열적으로 결합되는 열 매체를 제공하는 단계; 미리 결정된 전력 값을 가지는 기지의 저-주파 입력을 로드와 인가하는 단계; 로드와 기지의 저-주파 입력을 인가한 후 열 매체의 제 1 출력 온도를 측정하는 단계; 기지의 저-주파 입력을 인가하는 동안 미지의 RF 입력을 로드와 인가하는 단계; 기지의 저-주파 입력과 미지의 RF 입력의 인가 동안 열 매체의 제 2 출력 온도를 측정하는 단계; 열 매체의 출력 온도를 측정하는 동안 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일해 질 때까지 기지의 저-주파 입력을 감소시키는 단계; 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때 기지의 저-주파 입력의 값을 결정하는 단계; 및 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때 기지의 저-주파 입력의 값과 기지의 저-주파 입력의 미리 정해진 값 사이의 차이에 기초하여 RF 입력의 전력을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 본 발명의 다른 태양으로, RF 전력을 측정하는 방법은 미세가공된 RF 전력 열량계를 이용하여 수행되는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 본 발명의 다른 태양으로, 가변 저-주파 입력은 교류 전압 소스인 것을 특징으로 한다.
- [0025] 본 발명의 다른 태양으로, 가변 저-주파 입력은 직류 전압 소스인 것을 특징으로 한다.
- [0026] 본 발명의 다른 태양으로, 열 매체는 열 매체 채널을 통하여 순환되는 유체인 것을 특징으로 한다.
- [0027] 본 발명의 다른 태양으로, 열 매체 채널을 통과하는 열 매체 유체의 유량은 가변하는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 본 발명의 다른 태양으로, 복수의 유체 채널을 포함하는 유체 채널 경로 어레이는 열 매체 채널을 통과하는 열 매체 유체의 유량을 변하게 하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 본 발명의 다른 태양으로, 유체 채널 경로 어레이는 복수의 유체 채널과 유체 커뮤니케이션하는 유체 스위치를 포함하고, 유체 채널 경로 어레이의 각각의 유체 채널은 서로 다른 길이 및/또는 수력 직경을 가지는 것을 특징

으로 한다.

- [0030] 본 발명의 다른 태양으로, 유체 채널 경로 어레이의 각각의 유체 채널은 열 매체 펌프를 가지는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 본 발명의 다른 태양으로, 열 매체는 열 교환기에 열적으로 결합되는 기관인 것을 특징으로 한다.
- [0032] 본 발명의 다른 태양으로, 출력 온도는 휘트스톤 브릿지 온도 센서로 얻어지는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 본 발명의 다른 태양으로, 전력 열량계는 100  $\mu$ W와 100mW 사이의 전력을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0034] 본 발명의 다른 태양으로, 전력 열량계는 최소 0 Hz and 최대 12 GHz 주파수에서 전력을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 본 발명의 다른 태양으로, 전력 열량계는 약 0 Hz와 약 12 GHz 사이의 주파수에서 전력을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0036] 본 발명의 다른 태양으로, RF 전력 열량계는 비-전도성 기관을 더 포함하고, 로드와 출력 센서는 비-전도성 기관 상에 미세가공되는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 무선 주파수 전력을 측정하는 방법으로서: 평균 전력을 측정하기 위하여 DC 바이어스와 병합하여 RF 로드 상에서 이동하는 유체의 온도 측정을 이용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0038] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 무선 주파수 전력을 측정하는 방법은 평균 전력을 측정하기 위하여 DC 바이어스에 병합하여 RF 로드와 열 접촉하는 열 매체의 온도 측정을 이용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 무선 주파수(RF) 전력 열량계는 RF 입력에 전기적으로 결합되는 로드; 로드와 전기적으로 결합하고 로드와 저-주파 바이어스를 인가하도록 구성되는 가변 저-주파 전원; 로드와 열적으로 결합되는 열 매체; 열 매체에 열적으로 결합되고 로드와 의한 열에 기인하는 열 매체의 온도를 측정하도록 배치되는 배출구 온도 센서; 및 RF 입력에 전기적으로 결합되는 RF 소스의 평균 전력을 측정하기 위하여 저-주파 바이어스와 함께 RF로드와 열 접촉하는 열 매체의 온도 측정을 이용하도록 구성되는 회로를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0040] 본 발명의 장점들은 도면으로 설명되고 도시되는 발명의 실시예들의 아래의 설명으로부터 본 발명이 속한 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자들에게 더욱 명확해질 것이다. 인식될 것과 같이, 본 발명은 다른 실시예들을 이용할 수 있고, 그것들의 세부사항들은 다양한 측면으로 변형될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0041] 본 발명의 특징들 및 장점들은 한 예로서 첨부되는 개략의 도면들을 참조하여 지금 설명되는 본 발명의 실시예에서 구체적으로 도시된다.
- 도 1은 종래의 RF 절대 유량(absolute flow) 열량계의 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 제 1 기관의 레이아웃(layout)이다.
- 도 4a-b는 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 제 1 기관 및 제 2 기관의 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 제 1 기관 및 제 2 기관의 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 제 1 기관의 부분의 확대도이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 제 1 기관의 부분의 확대도이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계에 대한 서로 다른 DC 전력에서의 시간에 대한 측정된 전압의 플롯(plot)이다.
- 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계에 대한 복수의 유량에서의 인가된 DC 전력에 대한 측정된 전압의 플롯(plot)이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 블록도이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 블록도이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계를 이용하여 전력을 측정하는 방법의 플로우차트(flow chart)이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계를 이용하여 전력을 측정하는 다른 방법의 플로우차트이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계를 이용하여 전력을 측정하는 추가적인 방법의 플로우차트이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 블록도이다.

도 16은 본 발명의 실시예에 따른 미세가공된 RF 전력 측정 열량계의 블록도이다.

모든 도면은 개략적인 것이고, 일정한 비례로 도시된 것이 아니다. 이런 구성들의 부분의 상대적인 치수와 비율은 도면들에서 편리함과 명확함을 위하여 크기에서 과장되거나 축소되어 도시되었다. 동일한 도면 부호는 일반적으로 다른 실시예들에서 대응하거나 유사한 구성들을 참조하는데 이용된다. 따라서, 도면(들)과 표현은 사실상 예시적인 것으로 여겨져야 하고 제한하는 것은 아니다

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0042] 명세서와 청구항을 통하여 본 명세서에 이용되는 근사시키는(approximating) 언어는 관련된 기본 기능의 변화없이 무방하게 변할 수 있는 임의의 양적인 표현을 바꾸는 데에 적용될 수 있다. 따라서, "약(about)"과 같은 용어 또는 용어들에 의하여 변경된 값은 명시된 정밀한 값을 제한하지 않는다. 적어도 몇몇의 경우에서, 근사시키는 언어는 값을 측정하는 기구의 정밀도에 대응할 수 있다. 범위 제한은 병합 및/또는 통합될 수 있고, 그런 범위들이 식별되고 문맥 또는 언어가 다른 것을 나타내지 않는다면 본 명세서에서 언급된 모든 하위-범위를 포함한다. 동작 예들과 다른 것 또는 그 외에 나타나는 곳에서 명세서와 청구항에서 이용되는 재료의 양, 반응 상태 등등을 나타내는 모든 번호들 또는 표현들은 용어 "약(about)"에 의하여 모든 경우들에서 변경되는 것으로 이해될 수 있다.
- [0043] "선택적인(Optional)" 또는 "선택적으로(optionally)"는 차후에 설명되는 사건 또는 상황이 일어날 수도 있고 일어나지 않을 수도 있고, 또는 차후에 식별되는 재료가 있을 수도 없을 수도 있는 것을 의미하고, 설명이 사건 또는 상황이 일어나거나 재료가 있는 경우를 포함하는 것 및 사건 또는 상황이 일어나지 않거나 재료가 없는 경우를 포함하는 것을 의미한다.
- [0044] 본 명세서에 이용되는 것처럼, 용어 "구비하다(comprises)", "구비하는(comprising)", "포함하다(includes)", "포함하는(including)", "가지다(has)", "가지는(having)" 또는 그것들의 임의의 다른 변경은 비-배타적인 포함을 아우르는 경향이 있다. 예를 들어, 엘리먼트(element)의 목록을 구비하는 프로세스(process), 방법, 물품(article) 또는 장치(apparatus)는 오직 그런 엘리먼트들로 필수적으로 제한되지 않으나, 분명하게 나열되지 않거나 그런 프로세스, 방법, 물품 또는 장치에 고유하지 않은 다른 엘리먼트들을 포함할 수 있다.
- [0045] 단수형 "하나(a)", "하나(an)" 및 "그(the)"는 문맥이 명확하게 그렇지 않다는 것을 나타내지않는다면 복수의 대상을 포함한다.
- [0046] 마이크로파(microwave) RF 전력 측정의 기본 원리는 고 주파 전력을 DC 신호로 변환하고 그 DC 신호를 측정하는 것이다. 도 1에 도시된 절대 유량 RF 전력 측정 열량계와 같은 RF 전력 측정 열량계들은 연구되어 왔으며 특정 상황에서 RF 전력을 측정하는 허용 가능 방법을 보여주었다.
- [0047] 종래의 RF 절대 유량 열량계의 시스템 레벨(system level) 블록도가 도 1에 도시된다. RF 전력은 내부 로드 저항을 지나간다. 로드 저항은 속이 비어있고, 그것을 통과하는 작업 유체(working fluid) 유량을 가진다. 펌프(pump)는 유체를 레저버(reservoir)에서 로드로, 그 뒤에 열 교환기를 통과하여 유체를 지나가게 함으로써 열을 제거한 후에 다시 레저버로 되돌려 순환시키는 데에 사용된다. 레저버는 작업 유체를 안정화시키고 평균 온도를 일정하게 유지할만큼 충분히 크다. 온도 센서들은 로드를 통과하기 전과 후의 유체 사이의 온도 차이를 측정하는 데에 이용된다. 센서들은 그것들의 빠른 응답 및 감도 때문에 대부분 서미스터(thermistor)이다. 유량 센서는 로드를 통과하는 유체의 질량 유량(mass flow rate)을 결정하는 데에 이용된다. 열역학 제 1 원칙에 의

하여, RF 전력은 온도 차이, 질량 유량 및 유체의 비열로부터 판정될 수 있다.

[0048] 도 1에서 도시된 것과 같은 절대 유량 열량계들은 핸드헬드 패키지(package)에 배치하기에는 너무 크고, 부정확성을 증가시키고 정밀도를 감소시키는 유량계(flowmeter)의 이용을 요구하고, 큰 열용량(thermal mass)을 가지고, 이는 DC 대체 방법을 이용할 때 너무 긴 평형 기간과 측정 습득 시간(measurement acquisition time)을 초래한다.

[0049] 그러나, 도 2에 도시된 미세가공된 RF 전력 측정 열량계(100)는 100  $\mu$ W에서 100 mW의 평균 전력을 가지는 신호를 측정할 수 있다. 측정된 신호들은 저 주파 신호에서 12GHz를 초과하는 신호까지를 포괄할 수 있다. 또한, 도 2의 열량계(100)는 유량계를 이용하지 않고, 이는 전력 측정 정밀도들이 핸드-헬드 장치 폼 팩터(form factor)에서의 판독의 0.2%보다 낮도록 한다.

[0050] 도 2를 참조하면, 도시된 미세가공된 RF 전력 열량계(100)의 실시예는 제 1 기관(1), 인쇄 회로 보드 어셈블리(printed circuit board assembly, 16) 및 RF 입력(2)을 가진다. 인쇄 회로 보드 어셈블리(16)는 가변 저 주파 전원(variable low frequency power source, 9), 제어 및 처리 전자 장치(control and processing electronics, 15), 온도 측정 전자 장치(temperature measurement electronics, 14), 열 교환기 전원(11) 및 펌프 전원(13)을 포함한다. 몇몇의 실시예들에서, 인쇄 회로 보드 어셈블리(16)는 또한, 펌프(12)를 포함한다. 그러나, 다른 실시예들에서는, 펌프(12)는 인쇄 회로 보드 어셈블리(16) 상에 설치되지 않는다. 제 1 기관(1)은 유리로 이루어지고, 하기와 같은 가공된 구성요소들의 기반(base)을 제공한다: 로드(3), 열 매체(4), 열 매체 채널(5), 흡입구 온도 센서(inlet temperature sensor, 6), 배출구 온도 센서(outlet temperature sensor, 7), 바이어스 티(bias tee, 8) 및 열 교환기(10). 제 1 기관(10)은 또한, 석영(quartz), 세라믹(ceramic), 실리콘(silicon) 또는 갈륨 비소(GaAs)로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0051] 하나의 예시적인 실시예에서, RF 입력(2)은 로드(3)로 전기적 경로를 제공하고 로드(3)로부터 전류 회귀 경로(current return path, 17)를 제공하는 구리 전송 선로(transmission line of copper)로 구성될 수 있다. RF 입력(2)의 전송 선로는 또한 알루미늄, 금 또는 플래티늄을 포함하는 다른 재료로 이루어질 수 있고, 이에 제한되지 않는다. 로드(3)는 전기적 에너지를 흡수하고 전기적 에너지를 열로 변환하는 질화 탄탈륨(tantalum nitride, TaN)으로 만들어진 저항이다. 로드(3)는 또한 탄탈륨, 니크롬(NiCr) 또는 삼산화 레늄(rhenium trioxide, ReO<sub>3</sub>)을 포함하는 다른 재료로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

[0052] 도 2의 실시예에서, 열 매체(4)는 로드(3), 흡입구 온도 센서(6), 배출구 온도 센서(7) 및 열 교환기(10)에 접촉하는 열 매체 채널(5)에 있는 미네랄 오일 냉각 유체이다. 열 매체 냉각 유체(4)는 펌프(12)에 의하여 열 매체 채널(5)을 통하여 이동된다. 열 매체 냉각 유체(4)는 로드(3)로부터 열을 받고, 그 열을 배출구 온도 센서(7)로 전달한다. 열 매체 냉각 유체(4)는 또한 물, 미네랄 오일, 벤젠, 메탄올 또는 냉매를 포함하는 다른 재료일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0053] 흡입구 온도 센서(6)는 냉각 유체가 로드(3) 상에서 흐르고 로드(3)로부터 열을 받기 전에 열 매체 채널(5)에서의 열 매체 냉각 유체(4)의 온도를 측정한다. 흡입구 온도 센서(6)는 가변 저 주파 전원(9)에서의 전력만이 로드(3)에 가해질 때, 및 가변 저 주파 전원(9)에서의 전력과 RF 입력(2)에서의 전력이 로드(3)에 인가될 때, 흡입구 온도 센서(6)에서 일정한 온도로 열 매체(4)를 유지하는데 이용된다. 이 실시예에서, 흡입구 온도 센서(6)는 플래티늄으로 이루어진다. 그러나, 흡입구 온도 센서(6)는 폴리실리콘 또는 알루미늄을 포함하는 높은 저항 온도 계수(high temperature coefficient)를 가지는 다른 재료들로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0054] 배출구 온도 센서(7)는 냉각 유체가 로드(3)상에서 흐르고 로드(3)로부터 열을 받은 후에, 열 매체 채널(5)에서 열 매체 냉각 유체(4)의 온도를 측정한다. 배출구 온도 센서(7)는 가변 저 주파 전원(9)에 의하여 로드(3)로부터 제거되는 전력이 RF 입력(2)에 의하여 로드(3)로 인가되는 전력과 동일할 때를 결정하기 위하여 가변 저 주파 전원(9)에서의 전력만이 로드(3)에 인가될 때 배출구 온도 센서(7)에서 열 매체 냉각 유체 온도(4)를 확인하고, 또한 가변 저 주파 전원(9)으로부터 전력이 로드(3)에서 비례하여 제거되는 동안 RF 입력(2)에서의 전력이 로드(3)에 인가될 때 배출구 온도 센서(7)에서 열 매체 냉각 유체 온도(4)를 확인하는 데에 이용된다. 이 실시예에서, 배출구 온도 센서(7)는 플래티늄으로 이루어질 수 있다. 그러나, 배출구 온도 센서(7)는 폴리실리콘 또는 알루미늄을 포함하는 높은 저항 온도 계수(TCR)를 가지는 다른 재료로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0055] 바이어스 티(8)는 개별 캐패시터 및 인덕터를 포함한다. 가변 저 주파 전원(9)으로부터의 전력은 바이어스 티



(8)를 통하여 로드(3)에 인가된다. 가변 저 주파 전원(9)은 정밀 가변 DC 전압 소스 또는 정밀 저-주파 AC 전압 소스이다.

[0056] 열 교환기(10)는 냉각 열 매체(4)를 통하여 열 평형으로 열 매체 냉각 유체(4)를 유지하는 능동 또는 수동 열 교환기이다. 열 교환기(10)가 능동 열 교환기일 때, 열 교환기 전원(11)이 있어 열 교환기(10)로 전력을 제공한다. 또한 열 매체 펌프 전원(13)에 의하여 전력이 공급되는 열 매체 펌프(12)는 열 매체 채널(5)을 통하여 열 매체 냉각 유체(4)를 순환시킨다. 일 실시예에서, 열 매체 펌프(12)는 압전 펌프(piezoelectric pump)이나, 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 다른 적절한 종류의 펌프를 선택할 수 있다.

[0057] 온도 측정 전자 장치(14)는 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7)로부터의 전기적 신호들을 제어 및 처리 전자 장치들(15)에 의한 추가적 조작을 위하여 AD 변환기(analog to digital converter)의 이용을 통하여 전압 또는 수치 값으로 변환한다. 제어 및 처리 전자 장치(15)는 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7)의 온도를 읽는다. 또한, 제어 및 처리 전자 장치(15)는 가변 저 주파 전압 전원(9)에 의하여 로드(3)에 인가되는 전력의 양을 제어한다. 제어 및 처리 전자 장치(15)는 또한, 프로세서(processor)에 의하여 실행되는 프로그램을 저장 및 회복하고 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7)의 온도 측정을 처리하는 프로세서 및 메모리를 포함한다.

[0058] 도식되는 바와 같이, 도 2의 미세가공된 RF 전력 열량계(100)는 흡수성의 로드(3)가 설치되는 얇은 비-전도성 제 1 기판(1)을 포함한다. 로드(3)는 저항성이고, 제 1 기판(1) 상에 놓이는 필름으로 구성된다. 미세가공된 RF 전력 열량계(100)에 연결되는 RF 입력(전송 선로, 2)의 전기적 임피던스를 기반으로 가장 적은 양의 반사되는 RF 에너지가 달성되도록 로드(3)의 모양 및 크기가 결정된다. 도전성 재료는 제 1 기판(1)의 동일한 면 상의 로드(3) 주위에서 제 1 기판(1) 상에 배치되고, RF 입력(전송 선로, 2)으로의 전류에 대한 회귀 경로로서 기능을 한다. 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7), 이 두 온도 센서들은 제 1 기판(1) 상에서 로드(3) 주변에 배치되나, 로드(3)에 닿지는 않는다. 몇몇의 실시예들에서, 바이어스 터(8)는 또한 제 1 기판(1) 상에서 미세가공된다.

[0059] 실리콘 이산화물(silicon dioxide)의 절연층은 전술한 층을 덮는 제 1 기판(1)의 전체 상부 표면(1a) 상에 적용된다. 제 1 기판(1)의 하부 표면(미도시)은 임의의 배치된 재료가 없다. PDMS(polydimethylsiloxane)로 이루어진 제 2 기판(20)은 열 매체 냉각 유체(4)를 포함하기 위하여 열 매체 채널(5)과 함께 이루어진다. 제 2 기판(20)은 열 매체 채널(5)을 통하여 흐르는 열 매체 냉각 유체(4)가 로드(3), 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7)에 접촉하고 열적으로 결합하도록 제 1 기판(1)에 부착된다.

[0060] 더 구체적으로, 제 1 기판(1) 상에 구성요소들의 미세가공은 제 1 기판(1) 상에서 포지티브형 포토레지스트(positive photoresist, Shipley 1818)를 제 1 스핀 코팅(spincoating)하는 것에 의하여 수행된다. 그 뒤에, 제 1 기판은 종래의 UV 포토리소그래피(photolithography) 방법을 이용하여 패터닝된다. 그 뒤에, 알루미늄은 이-빔 증착(E-Beam evaporation)으로 증착된다. 쉬플리 1818 포지티브형 포토레지스트의 다른 층은 모든 패턴들을 덮기 위하여 적용되고, 로드(3), 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7) 패턴을 생성하기 위하여 노출된다. 질화 탄탈륨은 DC 스퍼터링(sputtering)을 통하여 포토레지스트 몰드(mold)에 채워지고, 아세톤은 리프트-오프(lift-off)에 이용된다.

[0061] 다음으로, PDMS(polydimethylsiloxane)는 펌프(12)와 열 교환기(10)를 위한 흡입구 연결 장치(inlet connection, 21) 및 배출구 연결 장치(outlet connection, 22)와 미세 유체 열 매체 채널(5)을 포함하는 제 2 기판(20)을 생성하는데 이용된다. 제 2 기판(20)은 네거티브형 포토레지스트(negative photoresist, MicroChem, SU-8 2050)의 층을 스핀 코팅을 하고, 실리콘 웨이퍼(silicon wafer) 상에서 패터닝함으로써, 생성된다. 미세 유체 열 매체 채널(5)의 폭은 100  $\mu\text{m}$ 이다. UV 노출 포토레지스트를 현상한(developing) 후에, 소프트 몰드(soft mold)가 형성된다. 그 뒤에, PDMS 혼합물이 소프트 몰드 위로 쏟아지고, 그 뒤로 30분 동안 80에서 큐어링(curing)이 된다. 최종적으로, PDMS 모형은 흡입구 연결 장치(21) 및 배출구 연결 장치(22)를 형성하도록 구멍이 뚫린다. 제 2 기판(20)은 그 뒤에  $\text{O}_2$  플라즈마 처리( $\text{O}_2$  plasma treatment)를 20초 동안 함으로써 제 1 기판(1) 상에 배치되고 부착된다. 가공된 제 2 기판(20)은 도 4a-4b에 도시된다. A 열 교환기(10)는 열 매체 채널(5)의 상부의 제 2 기판(20)에 장착된다. 마이크로 열 매체 펌프(12)는 열 매체 채널(5) 및 열 교환기(10)를 통하여 열 매체 유체(4)를 유동시킨다. 몇몇의 실시예들에서, 마이크로 열 매체 펌프(12)는 PCBA(16) 상에 설치된다.

[0062] 도 3 및 도 4a-4b는 제 1 기판(1) 상에 미세가공된 로드(3), 회귀 전류 경로(17), 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7)의 레이아웃을 도시한다. 또한, RF 전력 측정 열량계(100)의 실시예에 따라 제 2 기판(20) 상

에 미세가공된 열 매체 채널(5), 미세 유체 흡입구(21) 및 미세 유체 배출구(22)가 더 도시된다. 도 5는 제 1 기관(1) 상에 설치되는 제 2 기관(20)을 도시한다. 또한, 도 5는 기관(1)의 회귀 전류 경로(17) 및 로드(3)에 연결되는 RF 입력(2)을 또한 도시한다. 도 6은 RF 전력 측정 열량계(100)의 실시예에 따라 제 1 기관(1)의 흡입구 온도 센서(6), 배출구 온도 센서(7), 로드(3) 및 전류 회귀 경로(17)의 확대도이다. 도 7은 RF 전력 측정 열량계(100)의 실시예에 따라 제 1 기관(1)의 로드(3)와 전류 회귀 경로(17), 및 제 2 기관(20)의 미세 유체 열 매체 채널(5)의 확대도이다. 제 1 기관(1)의 몇몇의 실시예들에서, 로드(3) 및 RF 입력(2)은 로드(3)와 동일한 면, 로드(3)와 RF 입력(2)의 반대 면 또는, 로드(3)와 RF 입력(2)의 동일한 면 및 반대 면 상의 조합(예를 들어, 매달린 동일-평면상의 도파관, 접지된 마이크로스트립(microstrip) 또는 접지된 동일 평면상의 도파관(waveguide))에 배치된 전류 회귀 경로(17)에 이용되는 도전성 재료를 가질 수 있다.

[0063]

몇몇의 실시예들에서, 도 3 및 도 4a-4b에 볼 수 있는 것과 같이, 흡입구 온도 센서(6)는 흡입구 온도 센서 휘트스톤 브릿지(18)에 위치되고, 배출구 온도 센서(7)는 제 1 기관(1) 상에 대칭적으로 가공된 배출구 온도 센서 휘트스톤 브릿지(19)에 위치된다. 휘트스톤 브릿지(18, 19)는 흡입구 온도 센서(6)와 배출구 온도 센서(7)가 열 매체(4)의 온도 변화를 더 정확하게 검출하도록 한다. 추가적으로, 제 2 기관(20)이 도 3에 도시되지 않음에도 불구하고, 이해의 편의를 위하여, 열 매체 채널(5), 미세 유체 흡입구(21) 및 미세 유체 배출구(22)는 또한 로드(3), 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7)에 관련되어 도시된다.

[0064]

동작 중, 각각의 휘트스톤 브릿지(18, 19) 상의 한 쌍의 패드(pads)는 DC 전압( $V_{in} = 0.5 V$ )을 인가하는 데에

이용되고, 다른 쌍의 패드는 출력 전압을 측정하는데 이용된다. 하기의 식은  $V_{out}$ ,  $V_{in}$  및  $R_{sensor}$  사이의 관

$$V_{out} = \left( \frac{R_{sensor}}{R_3 + R_{sensor}} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) * V_{in}$$

계를 나타낸다.

[0065]

휘트스톤 브릿지(19)에 관해서, 로드(3)로 인가된 전력은 로드(3)에서 열 매체(4)로 전달되는 열을 생성한다. 가열된 열 매체(4)가 일단 배출구 온도 센서(7)에 도달하면, 배출구 온도 센서(7)의 저항이 증가할 것이고, 결

과적으로 휘트스톤 브릿지(19)의  $V_{out}$ 의 증가를 야기할 것이다. 또한, 배출구 온도 센서(7) 상에 흐르는 열 매체(4)의 온도가 감소할 때 배출구 온도 센서(7)의 저항이 감소하고, 이는 결과적으로 휘트스톤 브릿지(19)의

$V_{out}$ 의 감소를 야기할 것이다. 동일한 맥락으로, 흡입구 온도 센서(6) 상에 흐르는 열 매체(4)의 온도가 감소

할 때 흡입구 온도 센서(6)의 저항이 감소되고, 이는 결과적으로 휘트스톤 브릿지(18)의  $V_{out}$ 의 감소를 야기한다. 또한, 흡입구 온도 센서(6) 상에 흐르는 열 매체(4)의 온도가 증가할 때 흡입구 온도 센서(6)의 저항이 증

가하고, 결과적으로 이는 휘트스톤 브릿지(18)의  $V_{out}$ 의 증가를 야기한다.

[0066]

도 8은 배출구 온도 센서 휘트스톤 브릿지(19)에 대한 시간 및 상이한 유량에서 인가된 전력 함수로서  $V_{out}$ 를 도시한다. 도 8에서 도시되는 바와 같이, 5 개의 상이한 DC 전력 값이 로드(3)에 인가된다.

[0067]

또한, 도 8은 또한 높은 유량의 열 매체(4)는 로드(3)에서 배출구 온도 센서(7)로 열을 더 전달하는 것을 나타낸다. 이는 도 9를 참조하면 더 명확하고, 도 9는 정해진 DC 파워 값이 로드(3)에 인가될 때, 더 높은 유량이

더 가파른  $V_{out}$  내 인가된 전력 기울기를 가진다는 것을 도시한다.

[0068]

도 10은 바이어스 티(8)가 제거되고 로드(3)의 근방에 위치되는 DC 로드(23)로 대체되는 RF 전력 측정 열량계(100)의 대안적인 실시예를 도시한다. RF 입력(2)을 통하여 수신되는 RF 전력을 위한 로드와 가변 저 주파 전원(9)에서 받은 전력을 위한 개별 로드를 가지는 실시예에서, RF 전력을 받는 로드(3)는 RF 로드(3)라고 하고, 가변 저 주파 전력을 받는 로드(23)는 DC 로드(23)라고 한다. DC 대체 동안, DC 로드(23)는 가변 저 주파 전원

(9) 및 RF 입력(2)으로부터 받은 미지의 RF 전원 사이에서 열 차이를 비교하는데 이용되는 제 2 전원으로서 역할을 한다. RF 스위치(25)가 닫힐 때, 전력은 RF 입력(2)을 통하여 받은 미지의 RF 전원에서 RF 로드(3)로 전달된다. RF 스위치(25)는 제어 및 처리 전자 장치(15)에 의하여 제어되는 단극 단투형 스위치(single pole single throw switch)이다.

[0069] 도 11은 유체가 열 매체(4)로 이용되지 않는 RF 전력 측정 열량계(100)의 추가적 실시예를 도시한다. 그 대신에, 제 1 기관(1)이 열 매체(4)로 역할을 하고, 기준 온도(temperature reference)를 제공하는 데에 이용된다. 추가적으로, 제 1 기관(1)을 일정한 온도로 유지하는 수단(예를 들어, 조절된 냉각 수단)이 실시예에 포함된다. 또한, RF 전력 측정 열량계(100)의 몇몇의 실시예에서, 제 1 기관(1)을 일정한 온도로 유지하는 수단은 제 1 기관(10)에 부속하여 설치되는 능동 또는 수동 열 교환기(10)이다.

[0070] 도 11에서, 제 1 기관(1)은 유리로 이루어지고, 하기의 가공된 구성요소들에 대한 기초를 제공한다: RF 로드(3), DC 로드(23), 흡입구 온도 센서(6), 배출구 온도 센서(7) 및 열 교환기(10). 제 1 기관(1)은 석영, 세라믹, 실리콘 또는 갈륨 비소(GaAs)를 포함하는 다른 재료로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0071] 하나의 예시적인 실시예에서, RF 입력(2)은 RF 로드(3)로의 전기적 경로와 RF 로드(3)로부터의 전류 회귀 경로(17)를 제공하는 구리 전송 선로로서 구성될 수 있다. RF 입력(2)의 전송 선로는 알루미늄, 금 또는 플래티늄을 포함하는 다른 재료들로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. RF 로드(3)는 전기적 에너지를 흡수하고, 전기적 에너지를 열로 변환하는 질화 탄탈륨(TaN)으로 만들어진 저항이다. RF 로드(3)는 또한 탄탈륨, 니크롬(NiCr) 또는 삼산화 레늄( $\text{ReO}_3$ )을 포함하는 다른 재료들로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0072] DC 로드(23)는 전기적 에너지를 흡수하고 전기적 에너지를 열로 변환하는 질화 탄탈륨(TaN)으로 만들어진 저항이다. 또한 DC 로드(23)는 탄탈륨, 니크롬(NiCr) 또는 삼산화 레늄( $\text{ReO}_3$ )을 포함하는 다른 재료로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. DC 대체 동안, DC 로드(23)는 가변 저 주파 전원(9)과 RF 입력(2)을 통하여 받은 미지의 RF 전원 사이에서 열 차이를 비교하는데 이용되는 제 2 전원으로서의 역할을 한다. 온도 센서(6, 7)는 열 평형을 판단하기 위하여 제 1 기관(1)의 온도를 측정한다. 또한, 열 교환기(10)는 제 1 기관(10)을 냉각시키고, 제 1 기관(1)을 고정된 온도 값으로 유지시킨다. 온도 측정 전자 장치(14)는 온도 센서(6, 7)로부터의 전기적 신호를 전압 또는 수치 값으로 변환한다. 제어 및 처리 전자 장치(15)는 온도 센서(6, 7)의 온도를 읽고, 가변 저 주파 전원(9)을 제어하고, 센서(6, 7)의 온도 측정을 처리한다.

[0073] 또한, 가변 저 주파 전원(9)은 정밀한 가변 DC 또는 저 주파 전압을 DC 로드(23)에 인가한다. 제 1 기관(1)의 열 평형이 도달된 후, DC 로드(23)로의 전력 감소가 RF 로드(3) 상에 있는 RF 전력을 판단하는데 이용된다.

[0074] 상술된 바에 따라, RF 전력 측정 열량계(100)는 RF 입력(2)을 통하여 로드(3)에 전달되는 RF 전력을 측정하는데 DC 대체를 이용한다. DC 대체는 가변 저 주파 전원(9)과 같은 제 2 정밀 전원을 이용하고 가변 저 주파 전원(9)에 의하여 로드(3)에 인가되는 전력과 RF 입력(2)을 통하여 로드(3)에 전달되는 미지의 RF 전력 사이의 열 차이를 비교한다.

[0075] DC 대체는 기지의 출력 전력 값을 가지는 저-주파 전원과 미지의 출력 전력 값을 가지는 RF 전원 사이의 열 차이를 비교하기 위해 정밀, 저-주파 전원을 이용한다. 열 평형을 유지하기 위하여 감소되어야만 하는 저-주파 소스의 전력량은 미지의 RF 소스의 전력을 결정하는데 이용된다. 저-주파 전압 소스로부터의 전력은 RF 또는 마이크로파 전력과 같이 고-주파 전력을 직접 측정하는 것 보다 더 높은 레벨의 정확성으로 판단될 수 있다.

[0076] RF 전력 측정 열량계(100)의 몇몇의 실시예에서, 로드(3), 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7)에 있는 열 매체 냉각 유체(4)의 유량은 RF 전력 측정 열량계(100)의 전력 측정 범위를 향상시키기 위하여 선택 및 변경될 수 있다. 열 매체 채널(5)을 따라 로드(3), 흡입구 온도 센서(6) 및 배출구 온도 센서(7)로의 열 매체 냉각 유체(4)의 유량의 변화는 가변하는 전력 로드(3)에 걸쳐서 최대 온도 감도를 유지하는 것을 돕는다. 예를 들어, 저 전력 측정에 대해, 더 낮은 유량은 감도를 증가시키는데 이용될 수 있는 반면에, 고 전력 측정은 더 높은 유량에서 로드 고장을 감소시키는 이점이 있다. 열 매체 채널(5)을 따르는 열 매체 냉각 유체(4)의 유량에서의 임의의 변화는 임의의 전력 측정에 앞서 도 12 내지 14에 도시되고 논의되는 것과 같은 고유의 DC 보정(DC calibration)과 안정화되는 유량을 요구한다.

[0077] 도 15를 참조하면, RF 전력 측정 열량계(100)의 몇몇의 실시예들은 열 매체 채널(5)을 따라 흐르는 열 매체 냉각 유체(14)의 유량을 변경하는데 이용될 수 있는 유체 채널 경로 어레이(fluid channel path array, 30)를 가진다. 도 15에 도시되는 실시예에서, 유체 채널 경로 어레이(30)는 배출구 온도 센서(7)와 열 매체 펌프(12)

사이에 위치되나, 본 발명이 속한 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자는 열 매체 채널(5)을 따라 다른 위치에 유체 채널 경로 어레이(30)를 배치하도록 선택할 수 있다.

[0078]

유체 채널 경로 어레이(30)는 업스트림 유체 스위치(upstream fluid switch, 31), 다운스트림 유체 스위치(downstream fluid switch, 33) 및 복수의 유체 채널(32a-n)을 가지고, "n"은 유체 채널(32)의 개수에 대응하는 알파벳이다. 업스트림 유체 스위치(31) 및 다운스트림 유체 스위치(33)는 유체 채널(32a-n)들 사이에서 열 매체 냉각 유체(4)의 흐름을 전환하기 위하여 유동적으로 연결되고 구성되므로, 정해진 시간에서 복수의 유체 채널(32a-n)들 중 하나 만을 따라 열 매체 냉각 유체(4)를 흐르게 한다; 예를 들어, 업스트림 유체 스위치(31)가 유체 채널(32a)을 따라 열 매체 냉각 유체(4)를 흐르게 하도록 구성될 때, 다운스트림 유체 스위치(33)는 유체 채널(32a)로부터 열 매체 냉각 유체(4)를 받고 유체 채널(32a)에서 열 매체 냉각 유체(4)가 열 매체 채널(5)을 통하여 흐르게 하도록 구성될 것이다. 복수의 유체 채널(32a-n)의 각각은 그것의 길이 및/또는 수력 직경으로 고유하게 변경되고, 따라서 열 매체 펌프(12)로의 상이한 압력 강하가 존재한다.

[0079]

업스트림 유체 스위치(31)와 다운스트림 유체 스위치(33) 중 하나 또는 양 쪽 모두는 밸브(valve) 및/또는 매니폴드(manifold)일 수 있다. 유체 채널 경로 어레이(30)는 제 1 기관(1)에 직접적으로 집적될(integrated) 수 있거나, 외부에 설치될 수 있다. 또한, 임의의 업스트림 유체 스위치(31), 유체 채널(32a-n) 및/또는 다운스트림 유체 스위치(33)는 제 1 기관(1) 상에 직접 집적될 수 있거나, 외부에 설치될 수 있다. 몇몇의 실시예들에서, 업스트림 유체 스위치(31)와 다운스트림 유체 스위치(33)는 수동으로 스위칭(switching)된다. 다른 실시예에서는, 업스트림 유체 스위치(31)와 다운스트림 유체 스위치(33)의 스위칭은 제어 및 처리 전자 장치(15)에 의하여 제어된다.

[0080]

도 16을 참조하면, RF 전력 측정 열량계(100)의 다른 몇몇의 실시예들은 업스트림 유체 스위치(31) 및 복수의 유체 채널(32a-n)을 가지는 유체 채널 경로 어레이(30)를 가진다. 복수의 유체 채널(32a-n)의 각각은 열 매체 펌프(12a-n)를 가진다. 몇몇의 실시예에서, 열 매체 펌프(12a-n)는 정해진 시간에서 하나의 열 매체 펌프(12a-n)에 동력을 공급할 수 있는 단일 열 매체 펌프 전원(13)을 공유한다. 다른 실시예들에서, 각각의 열 매체 펌프(12a-n)는 대응하는 열 매체 펌프 전원(13a-n)에 의하여 개별적으로 동력이 공급된다. 업스트림 유체 스위치(31), 복수의 유체 채널(32a-n) 및 열 매체 펌프(12a-n)는 유체 채널들(32a-n) 사이에서 열 매체 냉각 유체(4)의 흐름을 스위칭하도록 구성되고 유동적으로 연결되므로, 주어진 시간에서 복수의 유체 채널(32a-n) 중 하나만을 따라 열 매체 냉각 유체를 흐르도록 한다; 예를 들어, 업스트림 유체 스위치(31)가 열 매체 냉각 유체(4)를 유체 채널(32a)을 따라 흐르게 하도록 구성될 때, 대응하는 열 매체 전원(13)이 대응하는 열 매체 펌프(12a)에 동력을 공급할 것이다.

[0081]

임의의 유체 채널 경로 어레이(30), 열 매체 펌프(12a-n) 및/또는 열 매체 펌프 전원(13a-n)은 제 1 기관(1) 상에 직접 집적될 수 있거나, 외부에 설치될 수 있다. 또한, 임의의 업스트림 유체 스위치(31), 유체 채널(32a-n) 및/또는 다운스트림 유체 스위치(33)는 제 1 기관(1) 상에 직접 집적될 수 있거나, 외부에 설치될 수 있다. 몇몇의 실시예에서, 업스트림 유체 스위치(31)와 열 매체 전원(13)은 수동으로 스위칭된다. 다른 실시예에서, 업스트림 유체 스위치(31)와 열 매체 전원(13)의 스위칭은 제어 및 처리 전자 장치(15)에 의하여 제어된다.

[0082]

또한, RF 전력 측정 열량계(100)의 몇몇의 실시예들에서, 열 매체 펌프(12)의 열 매체 펌프 전원(13)은 열 매체 채널(5)을 따라 열 매체 냉각 유체(4)의 유량을 변화시키기 위하여 감소 또는 조절되도록 구성된다. 몇몇의 실시예들에서, 열 매체 펌프(12)의 열 매체 펌프 전원(13)의 감소 또는 조절은 수동으로 수행된다. 다른 실시예들에서는, 열 매체 펌프(12)의 열 매체 펌프 전원(13)의 감소 또는 조절은 제어 및 처리 전자 장치(15)에 의하여 제어된다. 본 명세서에 도시 및/또는 설명된 열 매체 채널(15)을 따르는 열 매체 냉각 유체(4)의 유량을 변경하는 임의의 하나 이상의 방법들 및 구조들은 단독으로 이용될 수 있거나, RF 전력 측정 열량계(100)의 실시예에서 조합되어 이용될 수 있다.

[0083]

도 12는 RF 전력 측정 열량계(100)의 실시예와 함께 이용될 수 있는 DC 대체의 하나의 방법을 도시한다. 단계(301)에서, 기지의, 가변 저 주파 전원(9)으로부터의 전력의 고정된 레벨(level)은 바이어스 티(8)를 거쳐 로드(3)에 인가된다:  $P_{ref}$ . 이 최초의, 고정된 전력의 값은  $P_{eq} = (V_{eq})^2 / R_{load}$ 이다.

[0084]

단계(305)에서, 열 매체(4)는 능동 또는 수동 열 교환기(10)가 열 매체(4)를 열 평형에서 계속적으로 유지하는 동안 가열하도록 허용된다. 이런 평형은 흡입구 온도 센서(6)에 의하여  $T_{in}$ 으로 결정된다. 열 매체(4, 배출되는(exiting) 유체 또는 제 1 기관(1)의 온도는 또한 평형에서 배출구 온도 센서(7)에 의하여 모니터링(monitering)된다:  $T_{out}$ . 이런 초기 온도들,  $T_{ineq}$  &  $T_{outeq}$ , 은 측정 전자 장치(14)에 의하여 모니터링된다.

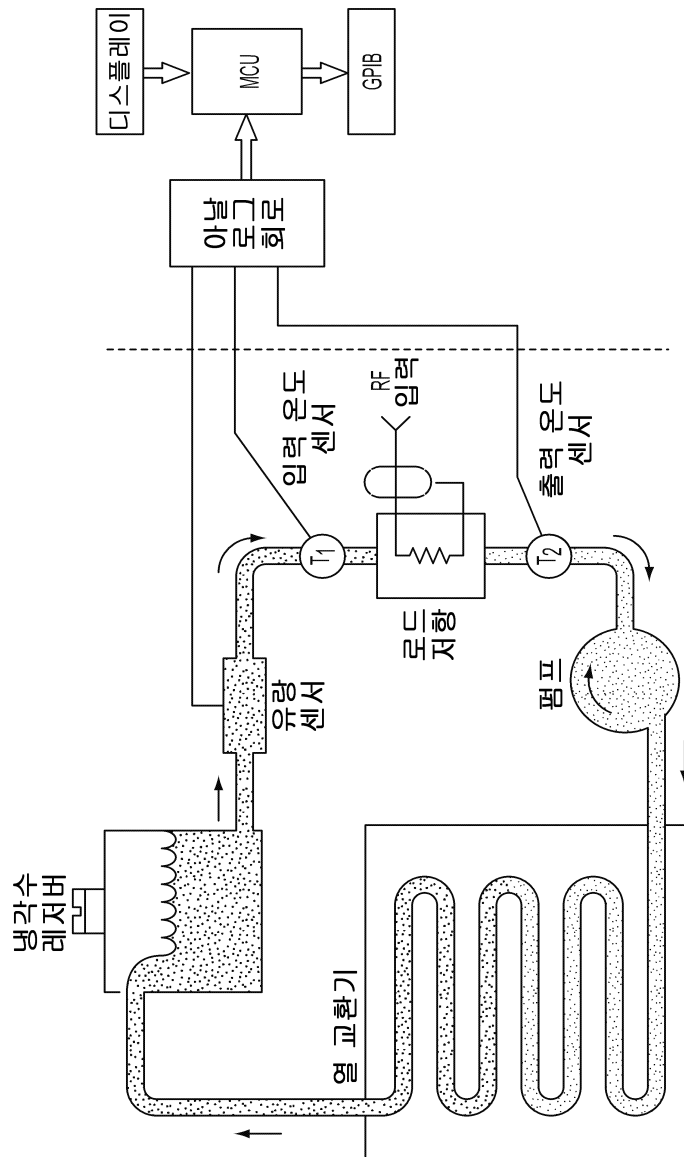


- [0085] 단계(310)에서, 미지의 RF 전력  $P$  는 RF 입력(2)을 거쳐 로드(3)에 인가된다. 미지의 RF 전력은  $P_{eq}$  이하여야 한다. 로드(3)에 인가되는 전체 전력은 기지 및 미지의 전력의 합일 것이다:  $P_{ref} + P$ .
- [0086] 단계(315)에서, 처음에는 이 합은  $P_{eq}$  보다 더 크고, 열 매체(4)의 기관 또는 유체 온도는 올라갈 것이다. 가변 저 주파 전원(9)으로부터의 기지의 전력은 열 매체(4)가  $T_{out} = T_{outeq}$  일 때 결정되는 시작 평형에 도달할 때까지 제어 전자 장치(15)에 의하여 비례하여 감소된다. 이 감소된 전력은  $P_{meas}$  이라 한다. 흡입구 온도  $T_{in}$  는 열 교환기(10)에 의하여  $T_{in} = T_{ineq}$  에서 유지될 수 있다.
- [0087] 단계(320)에서, 이런 상태들이 충족될 때, 미지의 RF 전력은 비례하여 감소되어야 하는 기지의 전원의 양에 의하여 결정될 수 있다:  $P = P_{eq} - P_{meas}$ .
- [0088] 미지의 전력이 영이면,  $P_{meas} = P_{eq}$  임을 알 수 있다.
- [0089] 이 측정 기술의 하나의 장점은 저-주파 전압 소스  $P_{ref}$  로부터의 전력이 고-주파(예를 들어, RF) 전력을 직접 측정하는 것보다 더 높은 레벨의 정확성으로 판단될 수 있다.
- [0090] 도 13을 참조하면, RF 소스의 평균 전력을 결정하는 다른 실시예가 도시된다. 단계(401)에서, 가변 저 주파 전원(9)으로부터의 기지의 저-주파 입력이 로드(3)에 인가된다. 기지의 저-주파 입력은 미리 결정된 전력 값을 가진다. 단계(405)에서, 열 매체(4)의 제 1 출력 온도는 저-주파 입력이 로드(3)로 인가된 후 배출구 온도 센서(7)에 의하여 측정된다.
- [0091] 단계(410)에서, 미지의 전력을 가지는 RF 소스는 기지의 저-주파 입력을 인가하는 동안 로드(3)로 인가된다. 단계(415)에서, 열 매체(4)의 제 2 출력 온도는 기지의 저-주파 입력과 미지의 전력 값을 가지는 RF 소스를 인가하는 동안 배출구 온도 센서(7)에 의하여 측정된다.
- [0092] 단계(420)에서, 기지의 저-주파 입력의 전력 값은 배출구 온도 센서(7)를 이용하여 열 매체(4)의 출력 온도를 측정하는 동안, 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일해질 때까지 감소된다. 단계(425)에서, 기지의 저-주파 입력의 전력 값은 단계(420)에서 배출구 온도 센서(7)에 의하여 측정된 출력 온도가 단계(401)에서 배출구 온도 센서(7)에 의하여 측정된 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때 결정된다.
- [0093] 단계(430)에서, RF 소스의 미지의 전력에 대한 값은 단계(401)에서 기지의 저-주파 입력의 미리 결정된 전력 값과 출력 온도가 단계(420)의 끝에서 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때의 기지의 저-주파 입력의 전력 값 사이의 차이에 기초하여 계산된다.
- [0094] 또한 도 14를 참조하면, RF 전력을 측정하는 방법이 개시된다. 단계(501)에서, RF 입력(2)에 전기적으로 결합되는 로드(3)가 제공된다. 단계(505)에서, 로드(3)에 열적으로 결합되는 열 매체(4)가 제공된다. 단계(510)에서, 가변 저 주파 전원(9)으로부터의 기지의 저-주파 입력은 로드(3)에 인가된다. 기지의 저-주파 입력은 미리 결정된 전력 값을 가진다.
- [0095] 단계(515)에서, 열 매체(4)의 제 1 출력 온도는 기지의 저-주파 입력이 로드(3)로 인가된 후에 측정된다. 단계(520)에서, 미지의 전력을 가지는 RF 입력은 기지의 저-주파 입력을 인가하는 동안 로드(3)에 인가된다.
- [0096] 단계(525)에서, 열 매체(4)의 제 2 출력 온도는 기지의 저-주파 입력과 미지의 RF 입력을 인가하는 동안 측정된다. 단계(530)에서, 기지의 저-주파 입력은 열 매체(4)의 출력 온도를 측정하는 동안 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때까지 감소된다.
- [0097] 단계(535)에서, 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때, 기지의 저-주파 입력의 값이 결정된다. 단계(540)에서 RF 입력의 기지의 전력의 값은 기지의 저-주파 입력의 미리 결정된 전력과 출력 온도가 제 1 출력 온도와 실질적으로 동일할 때의 기지의 저-주파 입력의 전력 값의 차이에 기초하여 계산된다.
- [0098] 본 발명이 상술된 구체적인 실시예와 함께 설명되는 동안, 본 발명에 속한 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자들은 본 발명에 대하여 많은 대안, 병합, 변화 및 변경을 할 수 있다. 따라서, 본 발명의 앞서 기술된 실시예들은 실례가 될 뿐이고 본 발명은 이에 제한되지 않는다. 본 발명의 다양한 변경들은 본 발명의 범위 및 목적을 벗어나지 않고 이루어질 수 있다. 상기 실시예들과 다른 실시예들의 병합은 본 발명의 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자들이 상기 설명을 연구하여 용이하게 할 수 있고, 본 설명에 포함될 수 있다. 그러므로, 본 발명의 범위는 첨부된 청구항에 의하여 정의되고, 문언적으로 또는 동일성으로 본 청구항의 목적 내에

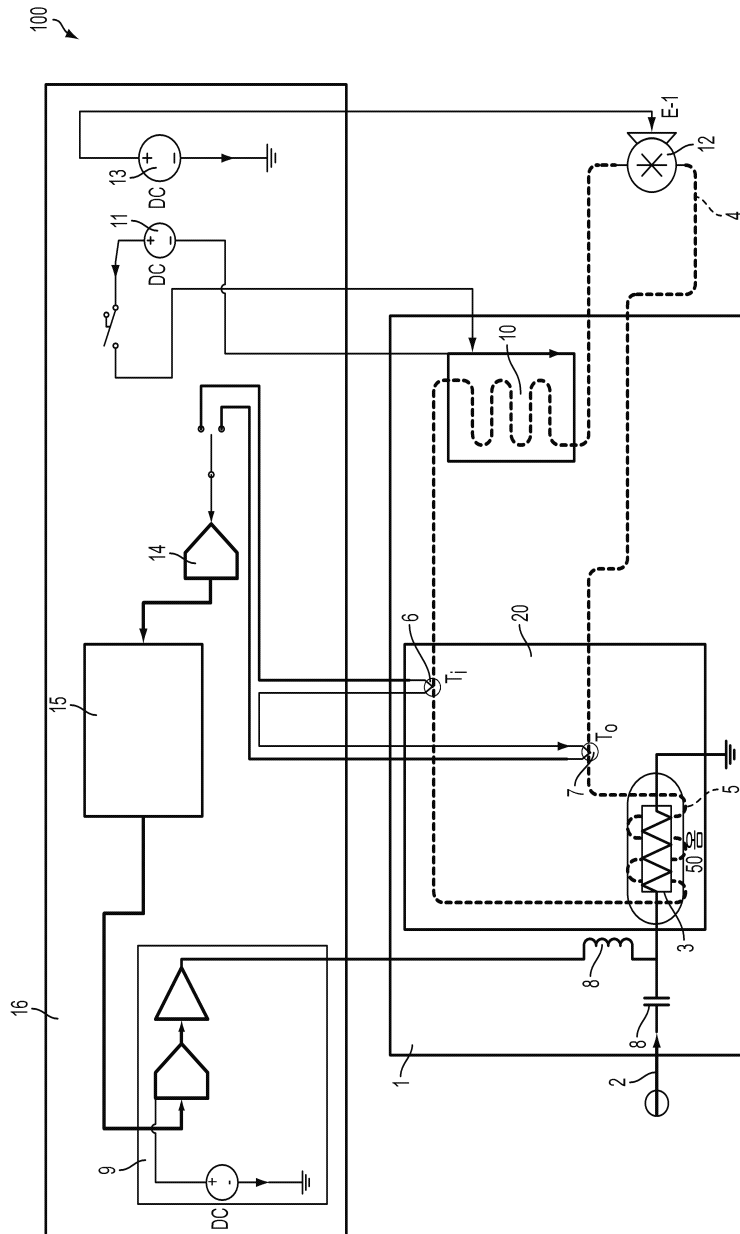
서 오는 모든 장치들, 프로세스들 및 방법들은 그 범위 내에 포함된다.

도면

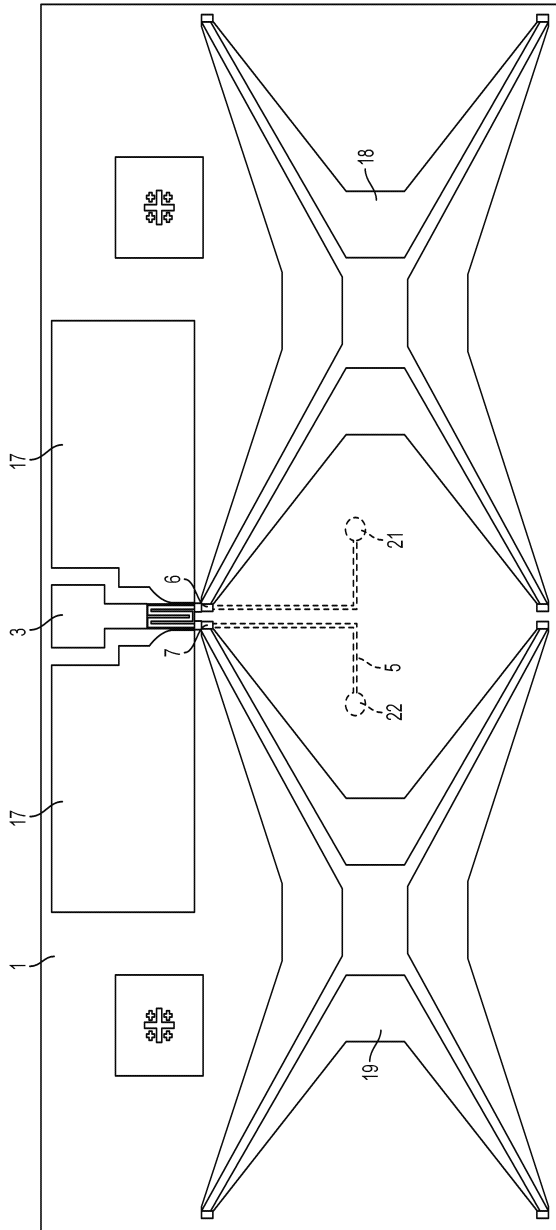
도면1



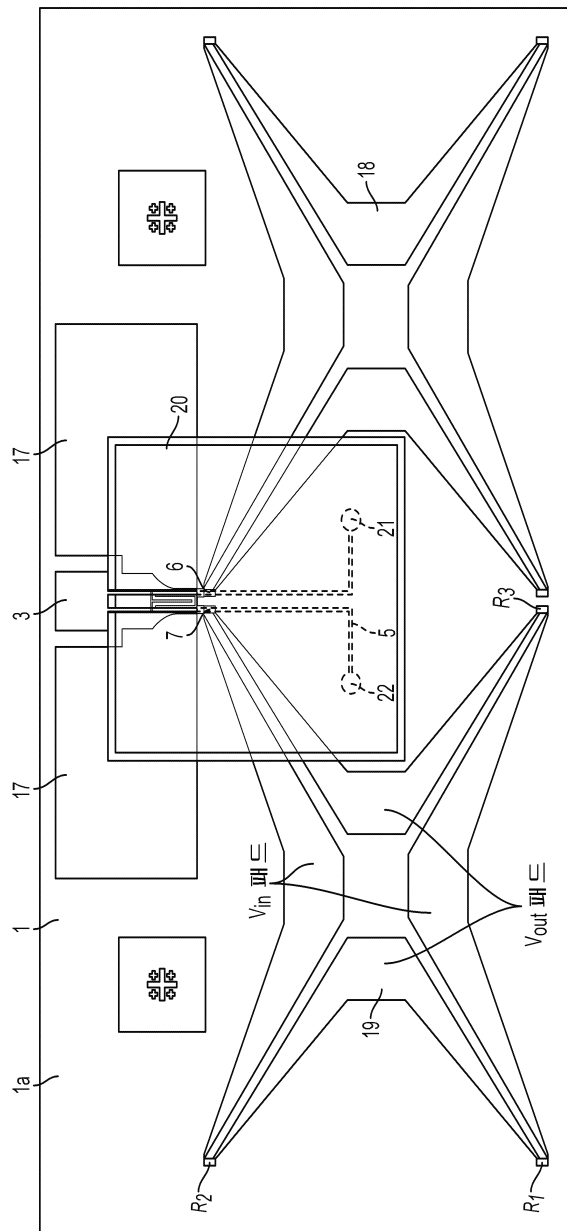
도면2



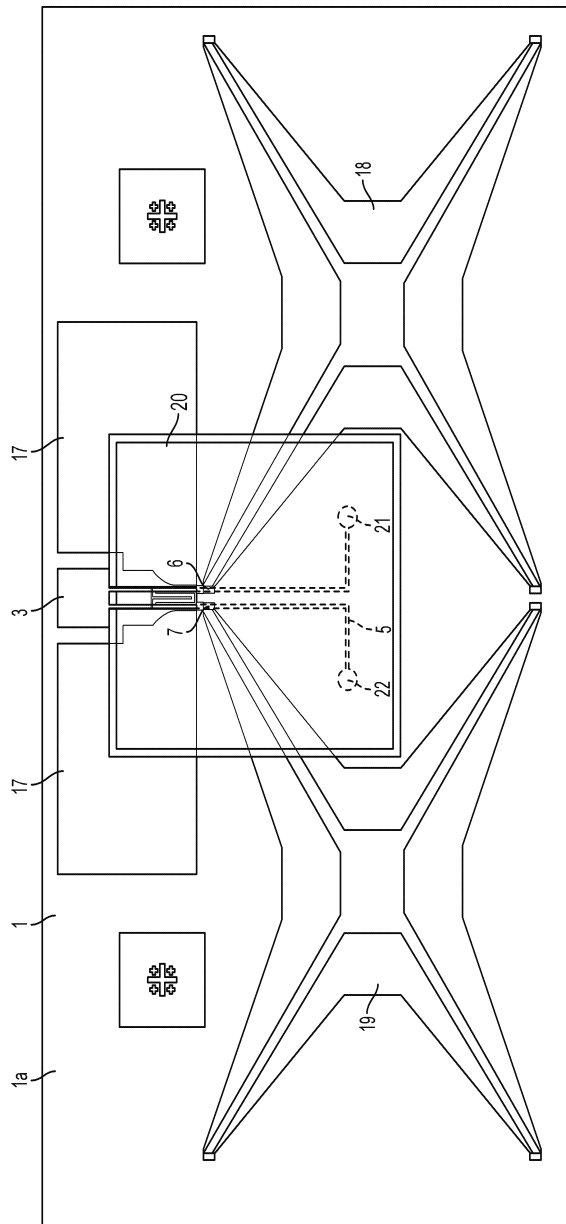
도면3



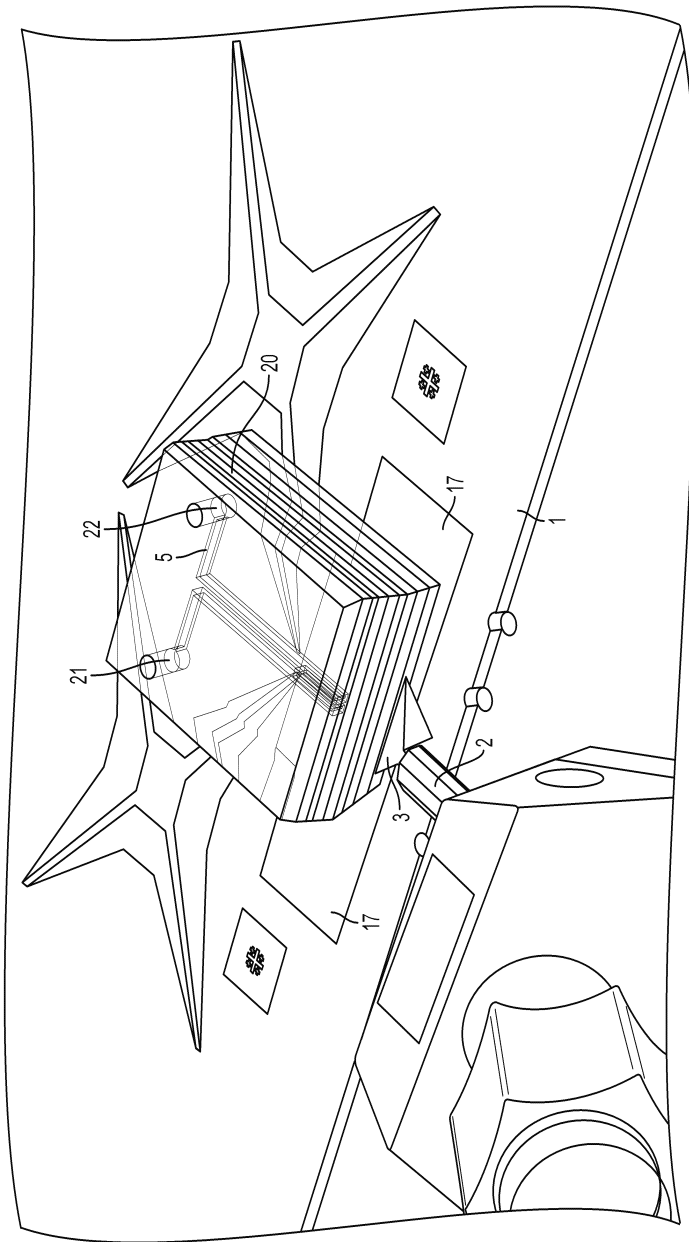
도면4a



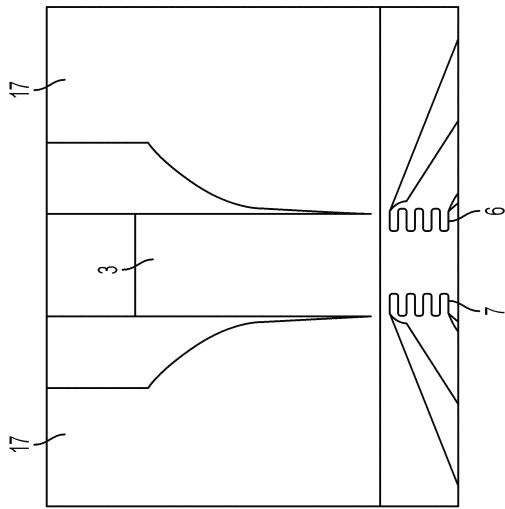
도면4b



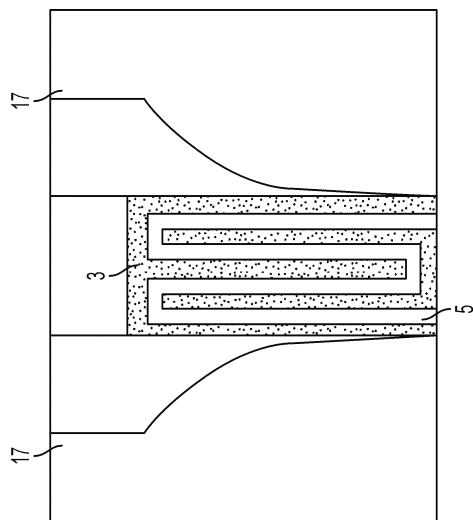
도면5



도면6

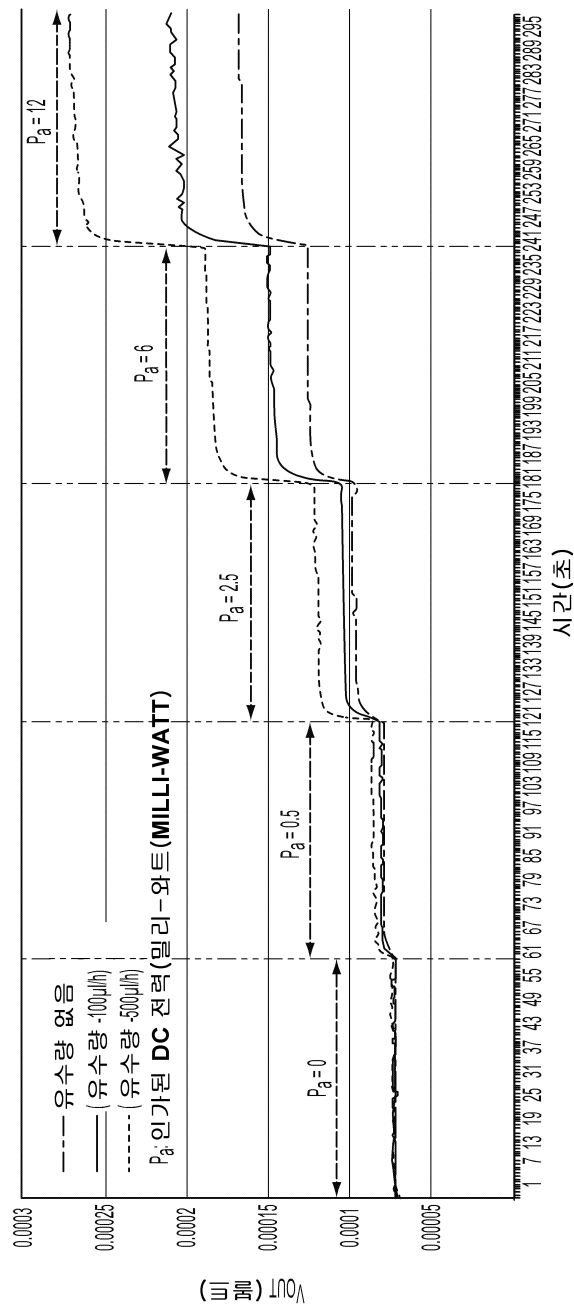


도면7

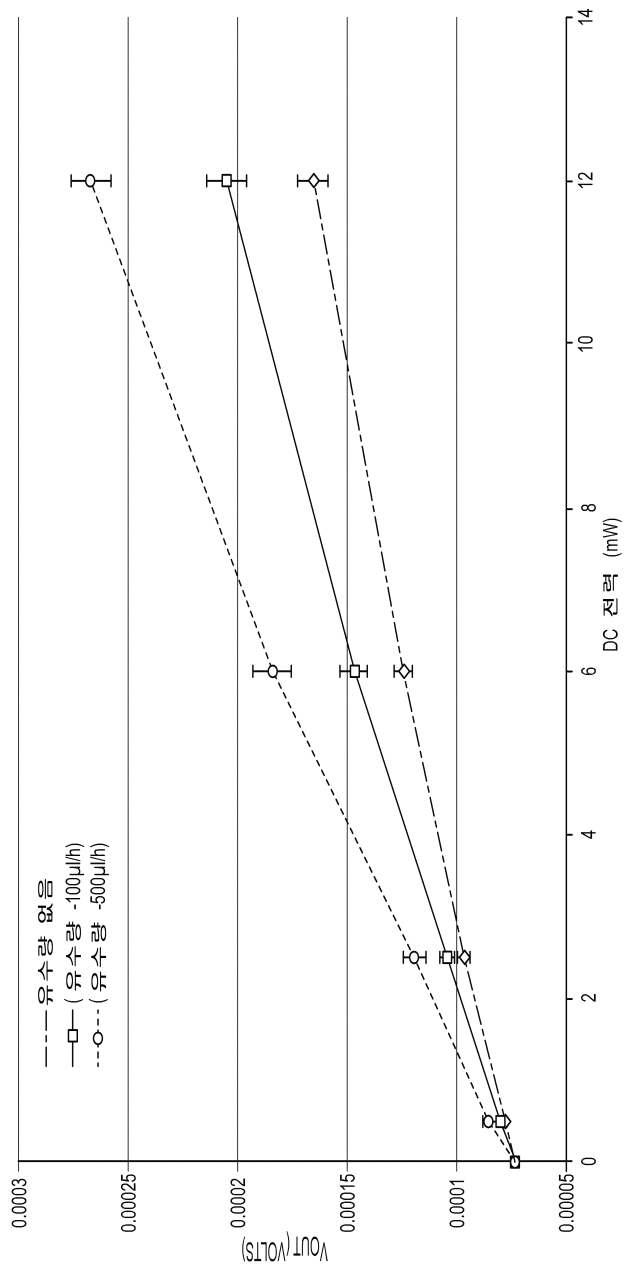




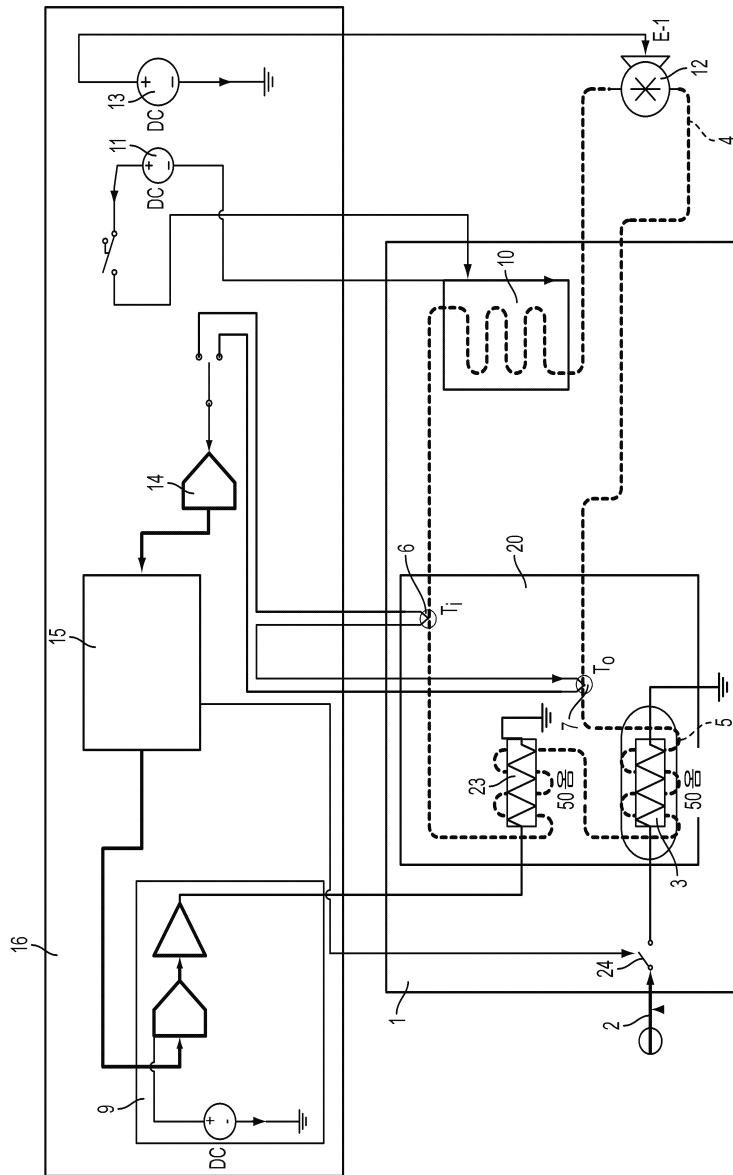
도면8



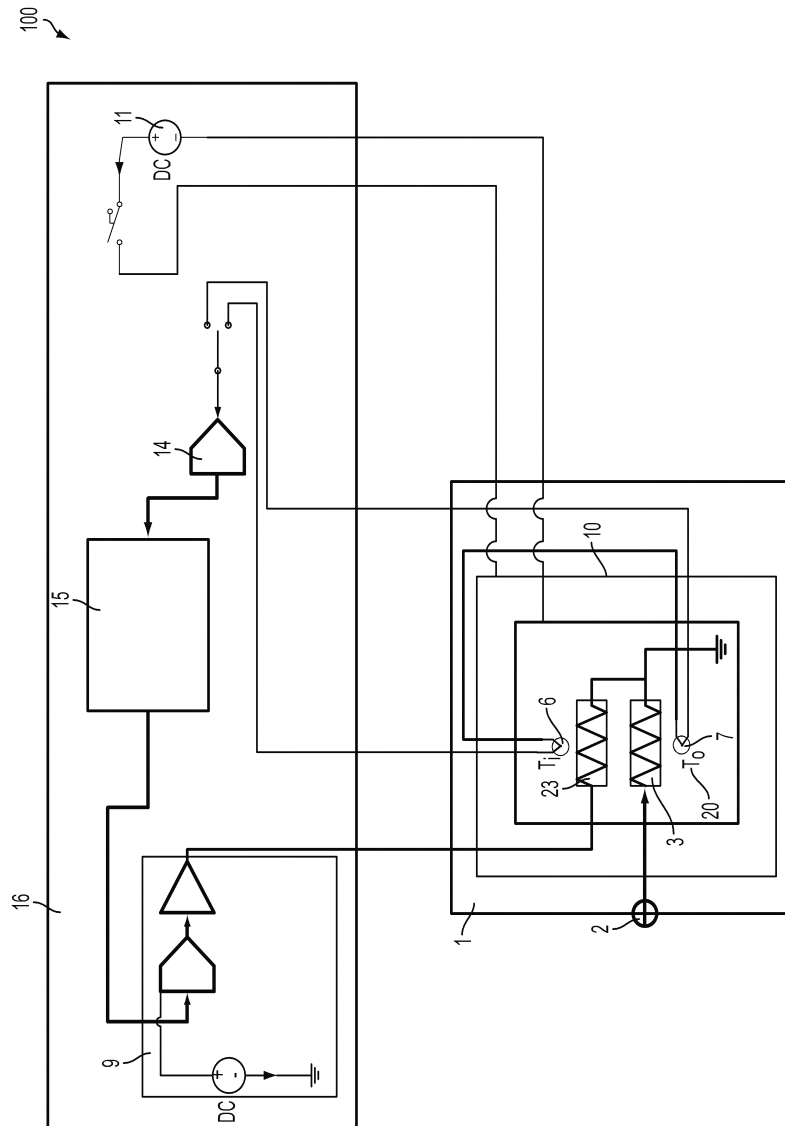
도면9



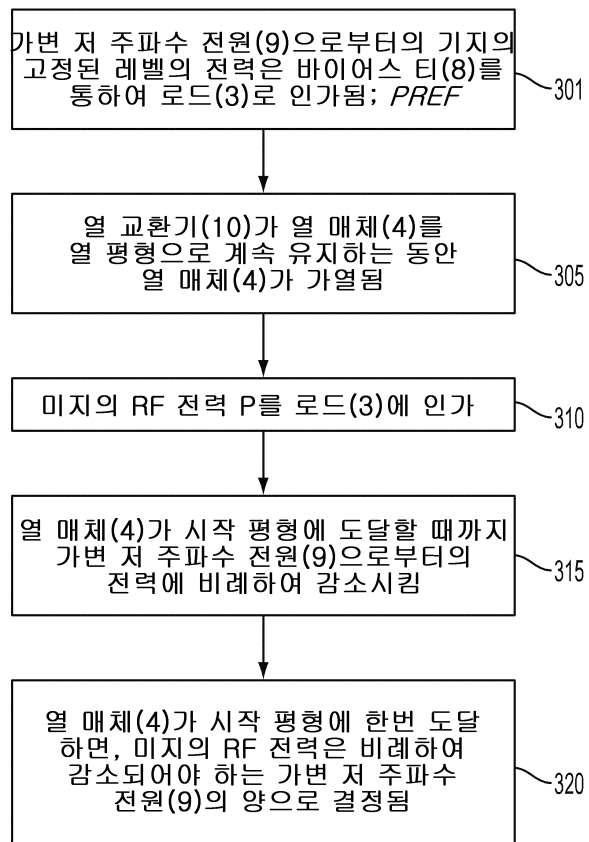
도면10



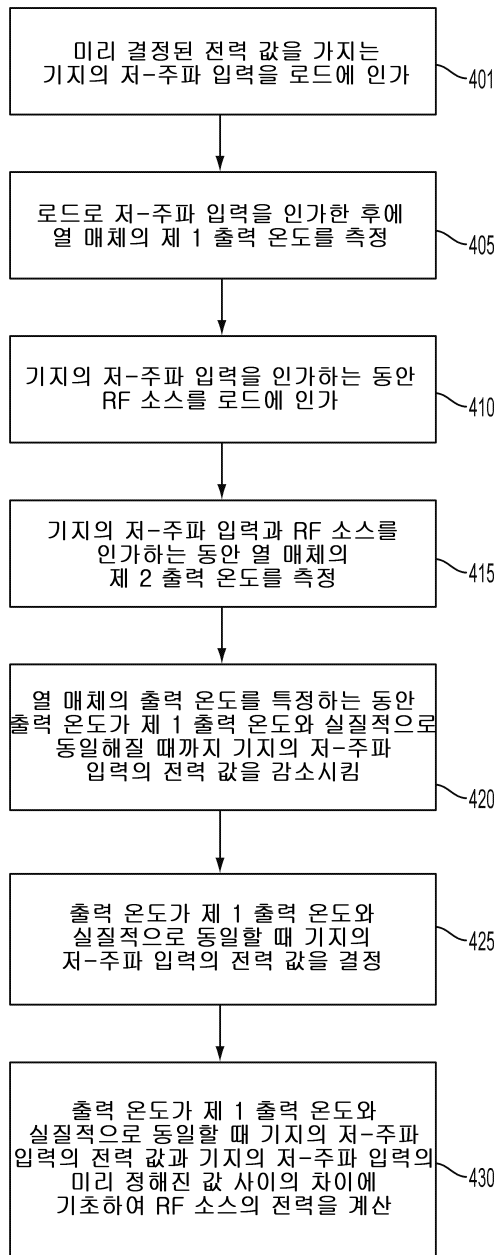
도면11



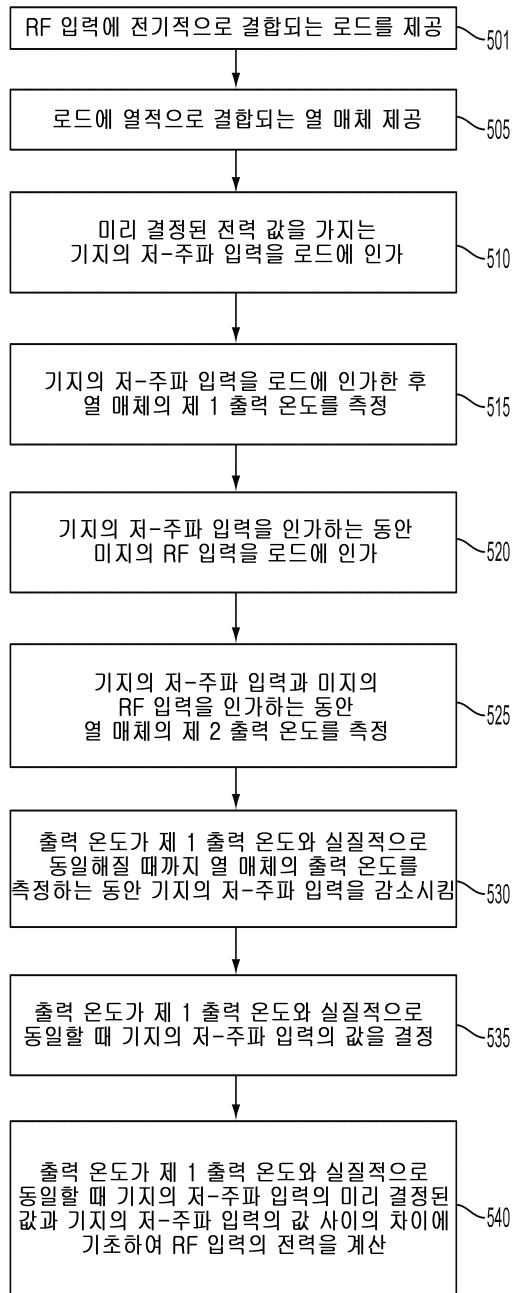
도면12



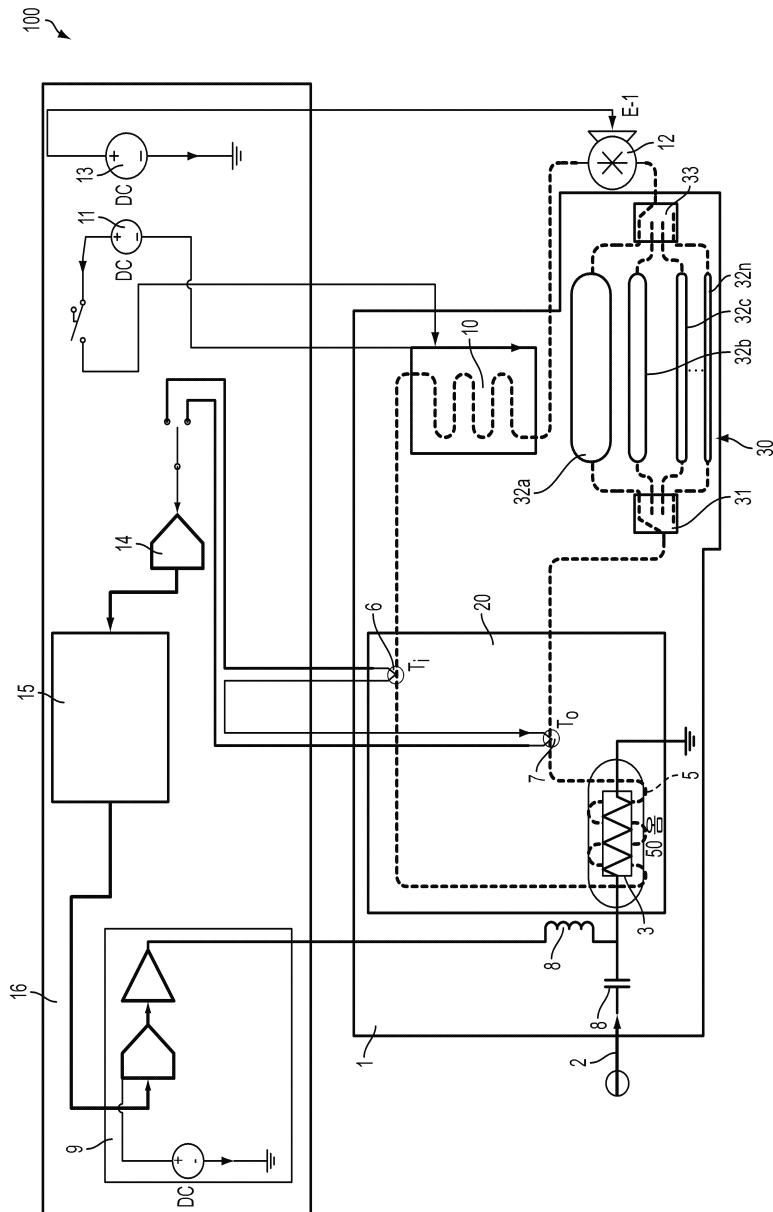
도면13



도면14



도면15





도면16

