



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년11월25일  
 (11) 등록번호 10-1087028  
 (24) 등록일자 2011년11월21일

(51) Int. Cl.

*G21B 1/17* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0132168  
 (22) 출원일자 2009년12월28일  
 심사청구일자 2009년12월28일  
 (65) 공개번호 10-2011-0075661  
 (43) 공개일자 2011년07월06일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP10039064 A  
 JP08082688 A  
 KR1020090110848 A  
 KR1020100048475 A

(73) 특허권자

한국기초과학지원연구원

대전광역시 유성구 어은동 52-9번지

(72) 발명자

이근수

대전광역시 유성구 노은동 559-2 302호

김학근

대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 125동 1305호

양형렬

대전광역시 유성구 노은동 열매마을아파트 906동 202호

(74) 대리인

공인복

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 이용호

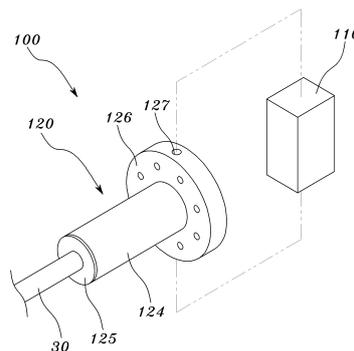
**(54) 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조**

**(57) 요약**

본 발명은 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 토카막의 진공용기 내부 오염을 감소시키기 위해 증기상태의 카르보란(Carborane)이 주입되는 코팅 유로를 가열하는 가열구조에 있어서, 상기 가열구조는, 기체를 가열시키는 가열부; 및 상기 코팅 유로의 외측을 감싸도록 구비되며, 이 코팅 유로와의 사이에 상기 가열부에 의해 가열된 기체가 이동되는 순환로를 갖는 열교환부를 포함하여 이루어지고, 상기 열교환부에 의해 카르보란이 증기상태를 유지하여 진공용기로 공급된다.

상기와 같은 본 발명에 의하면, 가열된 기체를 이용하여 코팅 유로 전체에 열을 전달시켜 유로를 따라 이동되는 카르보란을 증기상태로 유지할 수 있어 종래 코팅 유로를 따라 직선 또는 나선형으로 설치되어 일부 면 또는 선 접촉에 의해 국부적인 열전달의 문제점을 해소할 수 있고, 가열부가 코팅 유로와 일정간격 이격되어 가열부의 절연 손상이 발생되어도 진공용기에 누설 전류가 발생되는 것을 방지하여 작업의 효율성을 향상시킬 수 있다.

**대표도** - 도3



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

토카막의 진공용기 내부 오염을 감소시키기 위해 증기상태의 카르보란(Carborane)이 주입되는 코팅 유로를 가열하는 가열구조에 있어서,

상기 가열구조는,

기체를 가열시키는 가열부; 및

상기 코팅 유로의 외측을 감싸도록 구비되되, 이 코팅 유로와의 사이에 상기 가열부에 의해 가열된 기체가 이동되는 순환로를 갖는 열교환부를 포함하여 이루어지고,

상기 열교환부에 의해 카르보란이 증기상태를 유지하여 진공용기로 공급되는 것을 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 열교환부는,

상기 코팅 유로의 외주면과 일정간격 이격되어 제1순환로를 형성하는 내부튜브;

상기 내부튜브의 외측으로 일정간격 이격되어 제2순환로를 형성하되, 상기 제1순환로와 일단부에서 연통되고, 그 일단은 패킹부재에 의해 밀폐되는 외부튜브; 및

상기 코팅 유로가 관통 설치되고, 상기 내부튜브와 외부튜브의 개방된 타단에 구비되어 그 내부에 상기 내부튜브에 가열된 기체를 유입시키기 위한 기체유입구와 상기 외부튜브의 기체를 배출시키기 위한 기체배출구를 갖는 플랜지를 포함하여 이루어지는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 내부튜브는 STS316L로 형성되고, 0.6 ~ 1mm 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 코팅 유로와 내부튜브의 이격거리는 3.5 ~ 4.3mm인 것으로 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

### 청구항 5

제2항에 있어서,

상기 외부튜브는 STS316L로 형성되고, 1.63 ~ 1.67mm 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

### 청구항 6

제2항에 있어서,

상기 내부튜브와 외부튜브의 이격거리는 3.05 ~ 3.09mm인 것으로 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로

가열구조.

**청구항 7**

제2항에 있어서,

상기 패킹부재는 코팅 유로에 용접에 의해 접합되는 것을 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

**청구항 8**

제2항에 있어서,

상기 외부튜브의 길이는 내부튜브의 길이보다 길게 형성되어 그 길이차이만큼의 공간부가 형성되어 상기 제1순환로와 제2순환로가 연통되는 것을 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

**청구항 9**

제2항에 있어서,

상기 내부튜브와 외부튜브의 길이는 동일하고, 상기 패킹부재와 닿는 내부튜브의 일단부 외주를 따라 다수의 연결공이 통공되어 상기 제1순환로와 제2순환로가 연통되는 것을 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 가열로에서 가열되어 열교환부로 공급 및 순환되는 기체는 공기와 질소 또는 불활성 가스 중 선택된 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 불활성 가스는,

아르곤, 헬륨, 네온, 크립톤, 제논, 라돈 중 선택된 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

본 발명은 유로 가열구조에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 증기상태의 카르보란을 진공용기 내부로 공급하기 위한 코팅 유로의 전체에 가열된 기체를 순환시키고, 이 기체를 가열하는 가열부를 일정 거리 이격시킴에 따라 카르보란의 증기상태 유지는 물론, 진공용기에서 발생하는 자장으로부터 영향을 받지 않아 가열부의 수명 연장 및 교체가 용이하여 작업 효율을 향상시킬 수 있는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 일반적으로, 차세대 핵융합 연구 장치인 초전도 토카막 (tokamak) 장치는 플라즈마 상태의 중수소를 강한 자기장으로 가두기 위한 토로이달 코일과, 플라즈마를 발생시키고 그 위치와 모양을 제어하기 위한 포로이달 코일들로 구성된다.
- [0003] 다시 말해, 핵융합 실험 장치인 토카막 장치의 주요 구성품으로는 초전도 자석 (superconducting magnet), 초전도 자석 구조물(superconducting magnet structure), 진공용기 (vacuum vessel), 저온용기 (cryostat), 열차폐막 (thermal shield), 플라즈마 대향부품(PFC, Plasma Facing Component), 플라즈마 진단설비 (plasma diagnostics) 등으로 구성되어 있다.
- [0004] 초전도 자석은 상전도 전자석과는 달리 일정한 온도 이하로 내려가면 저항이 없어지는 초전도 관내연선도체(CICC)를 코일로 사용하므로 열이 발생하지 않기 때문에, 이것을 핵융합장치에 이용하여 원하는 시간만큼 연속운전을 하는 것을 가능하게 한다.
- [0005] 이러한, 토카막 장치의 초전도 자석 구조물은 3개로 이루어지는데, TF(Toroidal Field) 자석구조물은 초전도 선체를 사각형의 금속관으로 둘러싸는 방식인 관내 연선도체로 만든 후 그 도체를 와인더 장비로 D 형으로 감아 만든 코일을 포함하며, 이러한 D형상의 자석이 16 개로 이루어진다.
- [0006] TF 자석 구조물(코일)과 마찬가지로 초전도 자석이면서 자기장을 급격히 변화시켜 플라즈마를 생성시키고, 중심 솔레노이드(CS) 자석 구조물과 함께 플라즈마 전류를 발생시키는 PF(Poloidal Field) 자석구조물이 함께 구성된다.
- [0007] 또한, 플라즈마에 전류가 유도되도록 하는 중심 솔레노이드(CS) 자석구조물이 중심부에 형성되고, 플라즈마가 발생되고 가두어 지는 진공용기가 D형상의 TF자석구조물의 내부에 구성되어 있다.
- [0008] 도 1은 종래 토카막을 도시한 도면이고, 도 2는 종래 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조를 도시한 도면이다.
- [0009] 도 1에 도시된 바와 같이, 토카막(1)에는 진공용기(20)와 이 진공용기(20)를 둘러싼 초전도자석 구조물(10)이 구비되며, 먼저, 초전도자석 구조물(10)의 초전도자석(SC Magnet)은 고온의 플라즈마를 진공용기 벽에 닿지 않고 가두어두기 위한 것으로, 그 주요장치인 토카막(1)을 보유하고 있다.
- [0010] 상기 토카막(1)은 TF(Toroidal Field) 및 PF(Poloidal Field) 코일을 사용하여 플라즈마의 생성, 구속, 제어를 담당한다.
- [0011] 그리고 초전도자석 구조물(10)은 TF(Toroidal Field)코일로 구성된 TF 구조물(11)과 PF(Poloidal Field)코일로 구성된 PF 구조물(12) 및 CS(Central Solenoid)코일로 구성된 CS 구조물(13)로 구성되며, 각 구조물은 연결구조물(미 도시)에 의해 연결된다.
- [0012] 상기 TF 구조물(11)로 내설되는 TF코일은 약 35KA의 직류전류를 운전되며, 상기 CS 구조물(13)의 CS코일과 PF 구조물(12)의 PF코일은 펄스운전을 하여 상호 자장변화에 의한 기전력을 도넛 형상의 진공용기 내부에 발생시켜 플라즈마를 생성하고 플라즈마 전류 및 TF 자장과 함께 플라즈마를 구속시키는 역할을 수행한다.
- [0013] 또한 진공용기(20)에는 코팅 유로(30)가 구비되어 진공용기(20) 내면을 코팅하기 위해 카르보란(Carborane)을 공급하게 된다.
- [0014] 여기서, 진공용기(20) 내면을 코팅하는 이유는 핵융합을 위해서는 초고진공의 조건이 필요하며, 이 초고진공을 달성하기 위해 진공용기(20) 내부는 고청정의 조건이 필요하기 때문이다.
- [0015] 이에 따라, 진공용기(20)의 세척을 위해 직접 세척을 하거나 진공용기(20)를 가열 또는 플라즈마 방전을 이용한 방법 등이 사용되어 불순물을 효과적으로 제어할 수 있으나 마그네틱 필드(magnetic field)가 존재하는 경우 사용이 불가능하고, 플라즈마 운전 시 불순물 농도를 보다 직접적으로 제어하기 위해 카르보란(Carborane)을 진공용기(20) 내부로 주입하여 그 내면을 코팅함에 따라 불순물을 감소시키고 있다.
- [0016] 이러한 카르보란(Carborane)을 이용하여 진공용기(20) 내면을 코팅하기 위해서는 증기상태의 카르보란(Carborane)이 주입되어야 하며, 이를 위해 코팅 유로(30) 주변에 가열부(50)와 열전달관(40)을 갖는 가열구조가 설치되어 증기상태의 카르보란(Carborane)이 주입되었다.
- [0017] 그러나 이 열전달관(40)은 코팅 유로(30)를 따라 직선 또는 나선형으로 설치되어 일부 면 또는 선 접촉에 의해

국부적으로 열전달이 이루어짐에 따라 그 효율이 저하되는 문제점이 있다.

- [0018] 그리고 가열부(50)는 코팅 유로(30)에 직접 설치되며, 이 코팅 유로(30)가 설치되는 토카막(1) 부위는 고자장이면서 전기적으로 안정된 조건이 필요한 것으로, 가열부(50)와 진공용기(20) 각각에서 발생하는 자장에 의해 가열부(50)는 쉽게 손상되고, 진공용기(20)는 실험에 영향을 주어 상호 다양한 문제점이 발생되고 있다.
- [0019] 이에 따라, 진공용기(20)에 영향이 없이 코팅 유로(30)에 일정한 온도의 열을 전달할 수 있는 가열구조의 개발이 시급히 요구되는 실정이다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- [0020] 이에 본 발명은 상기와 같은 문제점들을 해소하기 위해 안출된 것으로써, 기체를 가열하는 가열부를 구비하고, 이 가열부에 의해 가열된 기체를 전달하는 열교환부에 의해 코팅 유로에 일정한 열을 공급함에 따라 그 내부를 따라 이동되는 카르보란(Carborane)을 증기상태로 유지시킬 수 있다.
- [0021] 특히, 열교환부는 코팅 유로의 외측을 다중으로 감싸도록 내부튜브와 외부튜브로 구성되어 코팅 유로 전체에 열을 전달함에 따라 열교환율을 상승시켜 고온을 유지할 수 있다.
- [0022] 또한 가열부는 코팅 유로로부터 일정거리 이격하여 구비됨에 따라 진공용기와 상호 자장에 의한 영향을 방지 또는 최소화시킬 수 있어 정확한 실험과 손상을 방지하여 작업 효율을 향상시킬 수 있는 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조를 제공하는 것이 목적이다.

**과제 해결수단**

- [0023] 상기 목적을 이루기 위한 본 발명은, 토카막 장치의 진공용기 내부 오염을 감소시키기 위해 증기상태의 카르보란(Carborane)이 주입되는 코팅 유로를 가열하는 가열구조에 있어서, 상기 가열구조는, 기체를 가열시키는 가열부; 및 상기 코팅 유로의 외측을 감싸도록 구비되며, 이 코팅 유로와의 사이에 상기 가열부에 의해 가열된 기체가 이동되는 순환로를 갖는 열교환부를 포함하여 이루어지고, 상기 열교환부에 의해 카르보란이 증기상태를 유지하여 진공용기로 공급된다.
- [0024] 바람직하게, 상기 열교환부는, 상기 코팅 유로의 외주면과 일정간격 이격되어 제1순환로를 형성하는 내부튜브, 상기 내부튜브의 외측으로 일정간격 이격되어 제2순환로를 형성하며, 상기 제1순환로와 일단부에서 연통되고, 그 일단은 패키징부재에 의해 밀폐되는 외부튜브, 및 상기 코팅 유로가 관통 설치되고, 상기 내부튜브와 외부튜브의 개방된 타단에 구비되어 그 내부에 상기 내부튜브에 가열된 기체를 유입시키기 위한 기체유입구와 상기 외부튜브의 기체를 배출시키기 위한 기체배출구를 갖는 플랜지를 포함하여 이루어진다.
- [0025] 그리고 상기 내부튜브는 상기 내부튜브는 STS316L로 형성되고, 0.6 ~ 1mm 두께로 형성된다.
- [0026] 또한, 상기 코팅 유로와 내부튜브의 이격거리는 3.5 ~ 4.3mm이다.
- [0027] 그리고 상기 외부튜브는 STS316L로 형성되고, 1.63 ~ 1.67mm 두께로 형성된다.
- [0028] 또한, 상기 내부튜브와 외부튜브의 이격거리는 3.05 ~ 3.09mm이다.
- [0029] 그리고 상기 패키징부재는 코팅 유로에 용접에 의해 접합된다.
- [0030] 또한, 상기 외부튜브의 길이는 내부튜브의 길이보다 길게 형성되어 그 길이차이만큼의 공간부가 형성되어 상기 제1순환로와 제2순환로가 연통된다.
- [0031] 그리고 상기 내부튜브와 외부튜브의 길이는 동일하고, 상기 패키징부재와 닿는 내부튜브의 일단부 외주를 따라 다수의 연결공이 통공되어 상기 제1순환로와 제2순환로가 연통된다.
- [0032] 또한, 상기 가열로에서 가열되어 열교환부로 공급 및 순환되는 기체는 공기와 질소 또는 불활성 가스 중 선택된 어느 하나 이상이다.
- [0033] 그리고 상기 불활성 가스는, 아르곤, 헬륨, 네온, 크립톤, 제논, 라돈 중 선택된 어느 하나 이상이다.

**효 과**

[0034] 상기한 바와 같이, 본 발명에 의한 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조에 의하면, 가열된 기체를 이용하여 코팅 유로 외측 전체에 열을 전달시켜 유로를 따라 이동되는 카르보란을 증기상태로 유지할 수 있어 종래 코팅 유로를 따라 직선 또는 나선형으로 설치되어 일부 면 또는 선 접촉에 의해 국부적인 열전달의 문제점을 해소할 수 있고, 가열부가 코팅 유로와 일정간격 이격되어 진공용기에서 발생되는 자장으로부터 영향을 받지 않아 가열부의 수명 연장시킬 수 있으며, 가열부의 절연 손상이 발생되어도 진공용기에 누설 전류가 발생하는 것을 방지하여 작업의 효율성을 향상시킬 수 있게 하는 매우 유용하고 효과적인 발명이다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0035] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.

[0036] 또한, 본 실시 예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것은 아니고 단지 예시로 제시된 것이며, 그 기술적 요지를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변경이 가능하다.

[0037] 도 3은 본 발명에 따른 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조를 도시한 도면이고, 도 4는 본 발명에 따른 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조의 단면도를 도시한 도면이며, 도 5는 본 발명에 따른 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조의 작동상태를 도시한 도면이고, 도 6은 본 발명에 따른 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조의 내부튜브를 도시한 도면이며, 도 7은 본 발명에 따른 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조의 내부튜브의 다른 실시 예를 도시한 도면이다.

[0038] 도면에서 도시한 바와 같이, 토카막의 진공용기 코팅 유로 가열구조(100)는 가열부(110)와 열교환부(120)로 구성되어 토카막(1)의 진공용기(20) 내부 오염을 감소시키기 위해 증기상태의 카르보란(Carborane)이 주입되는 코팅 유로(30)를 가열하게 된다.

[0039] 가열부(110)는 기체를 가열시키는 것으로, 코팅 유로(30)로부터 일정거리 이격하여 구비됨에 따라 진공용기(20)와 상호 자장에 의한 영향을 방지 또는 최소화시킬 수 있어 정확한 실험과 손상을 방지하게 된다.

[0040] 그리고 열교환부(120)는 가열부(110)에 의해 가열된 기체를 순화시켜 코팅 유로(30)를 가열함에 따라 코팅 유로(30) 내부에 이동되는 카르보란(carborane)을 증기상태로 유지시키게 된다.

[0041] 이를 위해, 열교환부(120)는 코팅 유로(30)의 외측을 감싸도록 구비되며, 이 코팅 유로(30)와의 사이에 순환로(130)를 형성하는 것으로, 이 순환로(130)는 다수의 층으로 형성되어 가열부(110)에 의해 가열된 기체가 이동된다.

[0042] 이에 따라 증기상태의 카르보란(carborane)을 증기상태를 유지하여 코팅 유로(30)를 따라 진공용기(20)로 공급되고, 진공용기(20) 내면에 코팅되어 불순물을 감소시킬 수 있는 것이다.

[0043] 이러한 열교환부(120)는 도 4 내지 도 5에서 도시한 바와 같이, 내부튜브(122)와 외부튜브(124) 및 플랜지(126)로 구성된다.

[0044] 내부튜브(122)와 코팅 유로(30)의 외주면과 일정간격 이격되는 것으로, 코팅 유로(30)의 사이에 제1순환로(132)를 형성하게 된다.

[0045] 이러한 내부튜브(122)는 STS316L로 형성되고, 0.6 ~ 1mm 두께로 본 발명에서는 0.8mm로 형성되며, 코팅 유로(30)와 내부튜브(122)의 이격거리, 즉, 제1순환로(132)의 폭은 3.5 ~ 4.3mm로 본 발명에서는 3.9mm로 유지됨이 바람직하다.

[0046] 그리고 외부튜브(124)는 내부튜브(122)의 외측으로 일정간격 이격되는 것으로, 내부튜브(122)의 사이에 제2순환로(134)를 형성하게 된다.

[0047] 이러한 외부튜브(124)는 STS316L로 형성되고, 1.63 ~ 1.67mm 두께로 본 발명에서는 1.65mm로 형성되며, 내부튜브(122)와 외부튜브(124)의 이격거리, 즉, 제2순환로(134)의 폭은 3.05 ~ 3.09mm로 본 발명에서는 3.07mm로 유지됨이 바람직하다.

[0048] 이때, 제2순환로(134)는 제1순환로(132)와 연통되는 것으로, 진공용기(20) 방향에 위치한 외부튜브(124)의 일단



[0073] 127 : 기체유입구

128 : 기체배출구

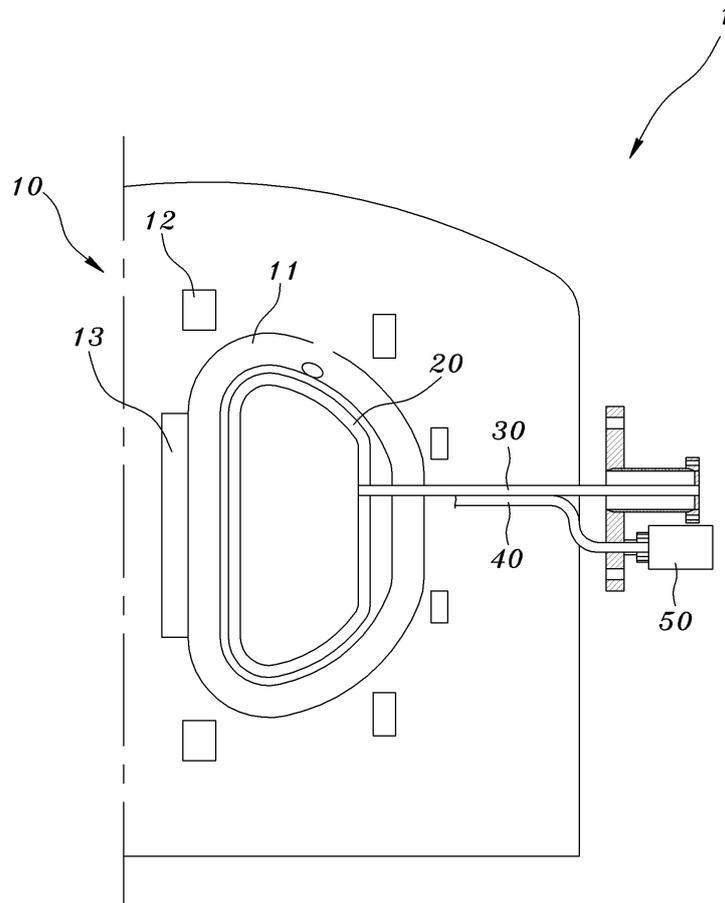
[0074] 130 : 순환로

132 : 제1순환로

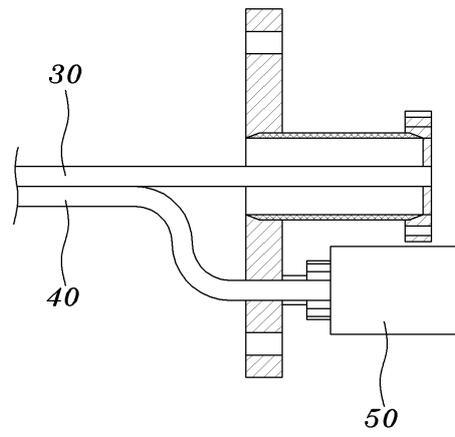
[0075] 134 : 제2순환로

도면

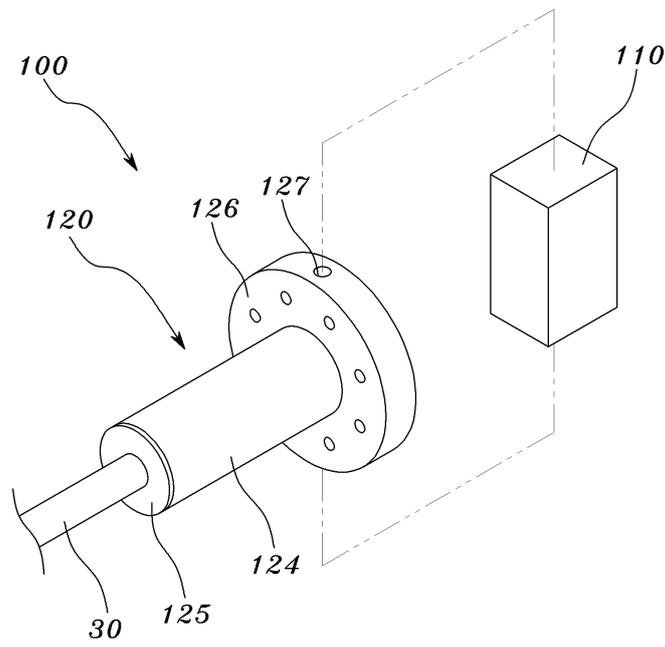
도면1



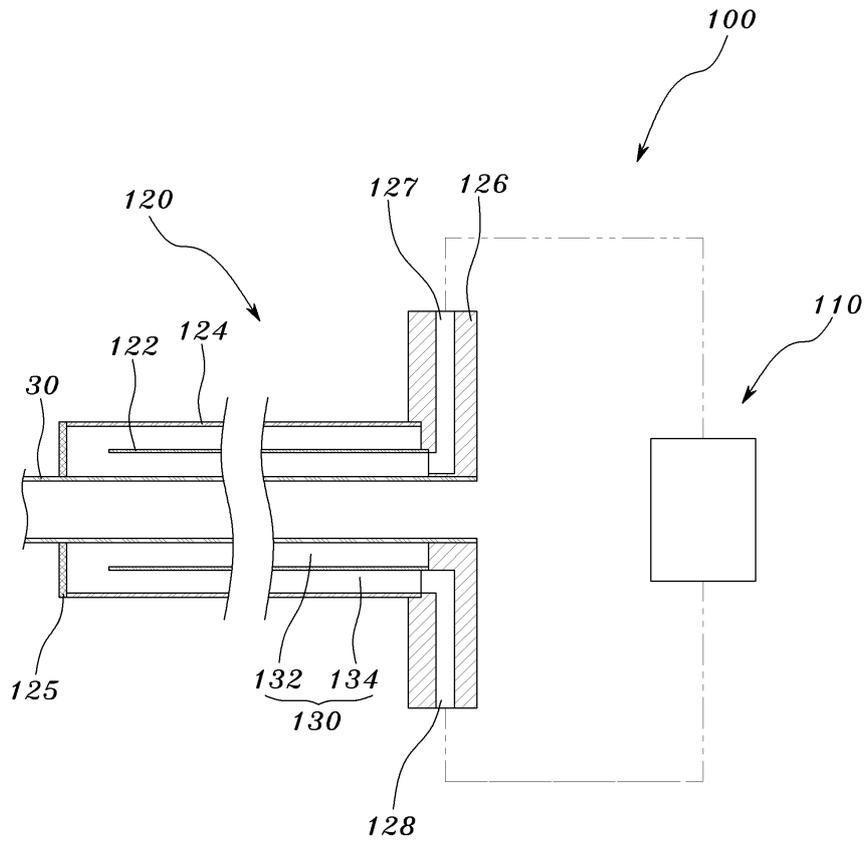
도면2



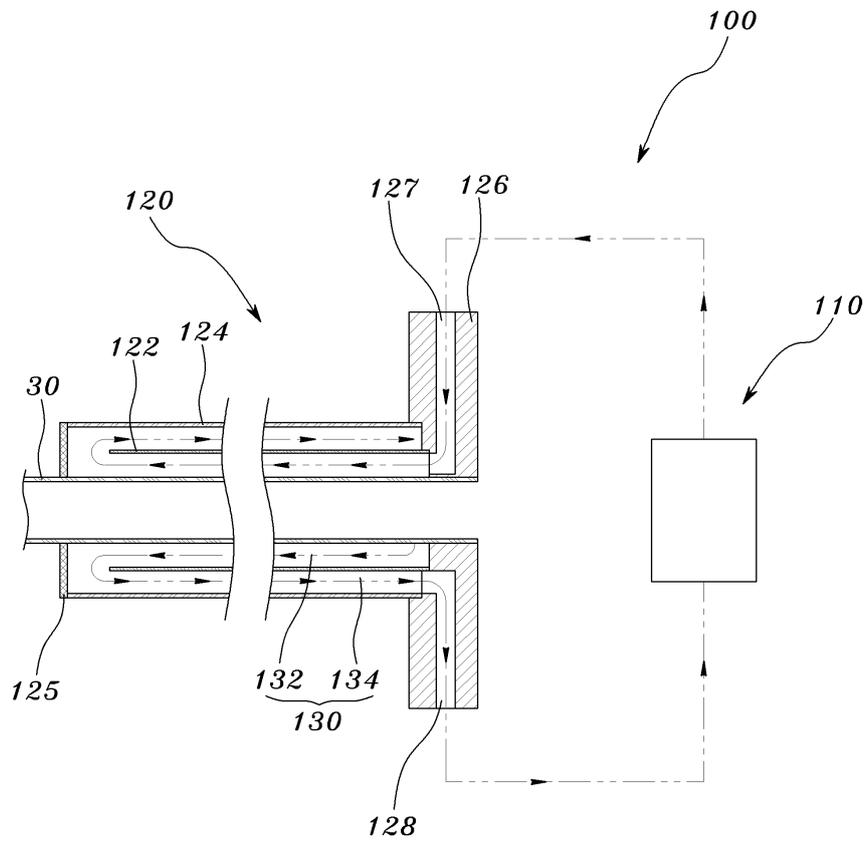
도면3



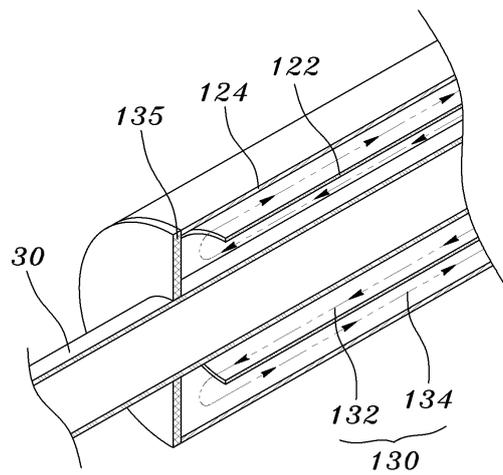
도면4



도면5



도면6



도면7

