



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년08월04일
(11) 등록번호 10-1054002
(24) 등록일자 2011년07월28일

(51) Int. Cl.

G21B 1/11 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0026857

(22) 출원일자 2009년03월30일

심사청구일자 2009년03월30일

(65) 공개번호 10-2010-0108713

(43) 공개일자 2010년10월08일

(56) 선행기술조사문헌

JP52133150 A*

JP54071297 A

JP01320495 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국기초과학지원연구원

대전광역시 유성구 어은동 52번지

(72) 발명자

김경민

대전광역시 유성구 노은동 521번지 열매마을아파트 906-202

양형렬

대전광역시 유성구 노은동 521번지 열매마을아파트 906-202

김학근

대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 125동 1305호

(74) 대리인

공인복

전체 청구항 수 : 총 9 항

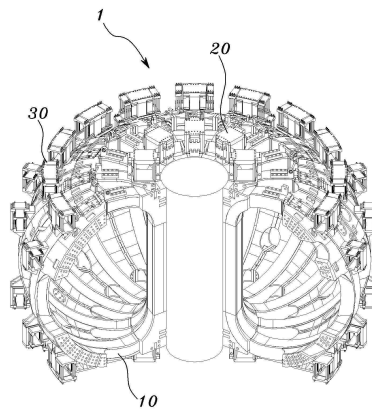
심사관 : 이용호

(54) 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치

(57) 요약

본 발명은 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치에 관한 것으로, 초전도 토카막 장치에 있어서, 진공용기 내부에 구비되는 다수의 할로겐 램프, 상기 할로겐 램프를 진공용기 내부에 지지하는 지지대, 상기 진공용기의 내부 온도를 감지하는 온도센서 및 상기 온도센서의 검출 온도값에 따라 할로겐 램프를 제어하는 제어부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다. 이와 같이 구성되고 작용되는 본 발명은 진공용기를 용이하게 가열하여 불순물을 제거할 수 있고, 저비용으로 가열장치를 설비할 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

초전도 토카막 장치에 있어서,

진공용기 내부에 구비되는 다수의 할로겐 램프;

상기 할로겐 램프를 진공용기 내부에 지지하는 지지대;

상기 진공용기의 내부 온도를 감지하는 온도센서; 및

상기 온도센서의 검출 온도값에 따라 할로겐 램프를 제어하는 제어부;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 할로겐 램프는,

직관형 램프인 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 온도센서는,

PFC 타일의 온도를 측정하기 위해 PFC 타일과, 상기 할로겐 램프의 온도를 측정하기 위해 상기 지지대와, 상기 진공용기 표면 온도를 측정하기 위해 진공용기 표면에 설치되는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 할로겐 램프는,

상기 진공용기 가열을 위한 진공용기 가열램프와, PFC 타일 가열을 위한 가열램프로 각각 설치되는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 할로겐 램프를 25 내지 35분 간격으로 단계적인 출력제어를 통해 진공용기 내부를 가열시키는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 할로겐 램프의 전원공급을 차단하기 위한 긴급정지부;

상기 온도센서에서 측정된 측정값을 표시하는 표시부; 및

상기 할로겐 램프로 공급되는 전원의 전압과 전류를 조절하는 전원조절부;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

청구항 7

초전도 토카막 장치에 있어서,

진공용기 내부에 구비되는 가열수단을 동작시켜 상기 진공용기의 내부와 그 내부에 구비되는 PFC타일을 가열하며,

상기 가열수단은, 할로겐 램프를 사용하여 상기 진공용기 내부를 가열시키는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 진공용기 내부에 온도센서를 더 구비하여 상기 가열수단을 통해 가열된 진공용기 내부의 온도를 측정하는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제 7항 내지 8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가열수단은,

25 내지 35분 간격으로 단계적인 출력제어를 통해 진공용기 내부를 가열시키는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 토카막 장치에서 플라즈마가 형성되는 진공용기 내부를 가열하여 불순물을 제거하는 진공용기 가열 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 차세대 핵융합 연구 장치인 초전도 토카막 (tokamak) 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.

[0003] 현재 국내에서 개발 중인 핵융합 실험장치인 초전도 토카막 장치(KSTAR : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)는 플라즈마 상태의 중수소를 강한 자기장으로 가두기 위한 토로이달(TF) 코일(TF 초전도 자석)과, 플라즈마를 발생시키고 그 위치와 모양을 제어하기 위한 포로이달(PF) 코일(PF 초전도 자석)들로 구성 및 중심 코일(CS 초전도 자석)로 구성된다.

[0004] 현재까지 개발된 초전도 자석은 지구자장의 26만배에 달하는 13테슬라의 자장을 얻을 수 있으며, 이러한 자장은 핵융합 반응에서 요구되는 플라즈마를 만들고 가두기 위해 필요한 것이다.

[0005] 따라서 초전도 자석의 핵심 기술은 '관내연선도체'(CICC : Cable-in Conduit-Conductor)라고 알려진 각각의 전선을 감아 코일을 형성하여 초전도 자석을 제조함에 있다. 관내연선도체(CICC)는 35kA급의 대전류 운전을 위해서 360 또는 486가닥의 선재를 사각형의 금속관으로 둘러싸인 방식의 도체를 사용하여 자석을 제작하는 것으로, 초전도 자석의 운전 시 침입 또는 발생하는 열을 4.5K로 냉각하기 위해 약 5기압의 초임계 헬륨을 관내연선도체로 강제 순환시킨다.

[0006] 도 1은 국내에서 제작되는 초전도 자석을 일례로 나타낸 도면이다. 도시된 바와 같이 초전도 자석(SC Magnet)은 고온의 플라즈마를 진공용기 벽에 닿지 않고 가두어두기 위한 것으로, 그 주요장치인 토카막장치를 보유하고 있다. 상기 토카막장치는 TF(Toroidal Field) 및 PF(Poloidal Field) 코일을 사용하여 플라즈마의 생성, 구속, 제어를 담당한다.

[0007] 초전도 자석은 TF(Toroidal Field)코일로 구성된 TF 초전도 자석(10)과 CS(Central Solenoid)코일로 구성된 CS 초전도 자석(20)과, PF(Poroidal Field)코일로 구성된 PF 초전도 자석(30) 및 각 초전도 자석을 연결하는 연결구조물(미부호)로 이루어진다.

[0008] 상기 TF 초전도 자석(1 ; 코일)은 약 35kA의 직류전류로 운전되며, 상기 CS 초전도 자석(20)과 PF 초전도 자석

(30)은 펄스운전을 하여 상호 자장변화에 의한 기전력을 토러스(도우넛) 형상의 진공용기 내부에 발생시켜 플라즈마를 생성하고 플라즈마 전류 및 TF 자장과 함께 플라즈마를 구속시키는 역할을 수행한다.

[0009] 이러한 초전도 토카막 장치는 10^{-8} mbar 영역의 초고진공으로 유지되기 때문에 고효율의 플라즈마 발생과 유지를 위해서 진공용기 내벽 세정이 필수적이며, 플라즈마 운전 중 수소 가스의 순환을 제어하기 위해서도 진공용기 내부의 불순물이 최소화 되도록 유지하여야 한다.

[0010] 따라서, 탄소 및 산소 화합물을 1차 제거하는 초기 내벽 세정을 실시하기 위한 가열장치가 필요한 실정이었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0011] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 진공용기와 그 내부에 설치되는 PFC 타일을 효과적으로 가열하여 불순물 제거를 용이하게 달성하고자 하는데 그 목적이 있다.

[0012] 또한, 최저 비용으로 가열장치를 제공하며, 높은 유지 보수의 용이성을 제공하고자 하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

[0013] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 초전도 토카막 장치에 있어서, 진공용기 내부에 구비되는 다수의 할로겐 램프, 상기 할로겐 램프를 진공용기 내부에 지지하는 지지대, 상기 진공용기의 내부 온도를 감지하는 온도센서 및 상기 온도센서의 검출 온도값에 따라 할로겐 램프를 제어하는 제어부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 할로겐 램프는, 직관형 램프인 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 온도센서는, PFC 타일의 온도를 측정하기 위해 PFC 타일과, 상기 할로겐 램프의 온도를 측정하기 위해 상기 지지대와, 상기 진공용기 표면 온도를 측정하기 위해 진공용기 표면에 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 할로겐 램프는, 상기 진공용기 가열을 위한 진공용기 가열램프와, PFC 타일 가열을 위한 가열램프로 각각 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 제어부는, 상기 할로겐 램프를 25 내지 35분 간격으로 단계적인 출력제어를 통해 진공용기 내부를 가열시키는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 제어부는, 상기 할로겐 램프의 전원공급을 차단하기 위한 긴급정지부, 상기 온도센서에서 측정된 측정값을 표시하는 표시부 및 상기 할로겐 램프로 공급되는 전원의 전압과 전류를 조절하는 전원조절부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 초전도 토카막 장치에 있어서, 진공용기 내부에 구비되는 가열수단을 동작시켜 상기 진공용기의 내부와 그 내부에 구비되는 PFC타일을 가열하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 진공용기 내부에 온도센서를 더 구비하여 상기 가열수단을 통해 가열된 진공용기 내부의 온도를 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 가열수단은, 할로겐 램프를 사용하여 상기 진공용기 내부를 가열시키는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 가열수단은, 25 내지 35분 간격으로 단계적인 출력제어를 통해 진공용기 내부를 가열시키는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0023] 상기와 같이 구성되고 작용되는 본 발명은 초전도 토카막 장치의 진공용기 내부에 설치되는 진공용기 가열용 할로겐 램프와 PFC 타일 가열용 할로겐 램프를 이용하여 진공용기와 PFC 타일을 신속하게 가열하여 불순물 제거를 용이하게 달성할 수 있다.

[0024] 또한, 단계적인 가열 방법을 통하여 할로겐 램프의 안정성을 유지하고 효과적으로 기준온도를 달성할 수 있는

이점이 있다.

[0025] 또한, 할로겐 램프를 이용한 가열방법은 설비비용을 크게 절감시킬 수 있고, 용이하게 조작할 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치의 바람직한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0027] 도 2는 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치의 구성도, 도 3a 및 3b는 본 발명에 따른 진공용기 가열 장치의 상/하 할로겐 램프와 온도센서의 설치 구성도, 도 4는 할로겐 램프와 온도센서가 설치된 진공용기의 단면도, 도 5는 본 발명에 따른 진공용기 가열 장치의 할로겐 램프 설치를 위한 진공용기용 지지대의 평면도, 도 6은 본 발명에 따른 진공용기 가열 장치의 할로겐 램프 설치를 위한 PFC 타일용 지지대의 평면도, 도 7은 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치를 통한 운전 결과를 나타낸 그래프이다.

[0028] 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치는, 진공용기(500) 내부에 설치되는 다수의 할로겐 램프(100)와, 상기 할로겐 램프를 진공용기 내부에 지지하는 지지대(210, 220)와, 상기 진공용기의 내부 온도를 감지하는 온도센서(300) 및 상기 온도센서의 검출 온도값에 따라 할로겐 램프를 제어하는 제어부(400)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0029] 할로겐 램프(100)는 초전도 토카막 장치의 진공용기 내부를 가열하는 수단으로써, 진공용기와 더불어 진공용기 내벽에 설치되는 PFC 타일을 가열한다. 상기 할로겐 램프(100)는 직관형 램프를 사용하는 것이 바람직하며, 본 발명에서는 두 용량급의 할로겐 램프를 사용한다. 바람직하게 진공용기 가열용(VC)으로 1kW용량을 사용하고, PFC 타일 가열용(PC)으로 500W 용량을 사용하여 각각 16개의 할로겐 램프가 설치된다.

[0030] 진공용기 가열용으로 상/하부 4개씩 8개의 slanted port를 중심으로 좌우 약 500mm 지점에 하나씩 한 포트당 2개씩 설치하였다. 도면에 나타낸 바와 같이 상부측 램프는 D,H,L,P - upper slanted port에 8개의 램프를 설치하였고, 하부측 램프는 B,F,J,M - lower slanted port를 중심으로 8개를 설치하여 총 16개의 할로겐 램프를 지그재그 형태로 설치하였다.

[0031] PFC 타일 가열용으로는 진공용기 구조물의 플레이트와 진공용기 사이에 16개의 할로겐 램프가 설치된다.

[0032] 플라즈마 대향장치인 PFC(plasma facing components) 타일은 플라즈마와 가장 인접하는 장치로 플라즈마의 고온과 고열로부터 진공용기 및 여러 장치(ICRH, 진단장치, IVCC 등)들을 보호하는 장치이다.

[0033] 지지대는 상기 할로겐 램프를 진공용기 내벽에 설치하기 위한 것으로, 크게 진공용기용 지지대(210)와 PFC 타일용 지지대(220)로 각각 달리 구성되어 설치된다.

[0034] 진공용기용 지지대(210)는 진공용기 내벽에 고정 설치되는 지지부(211)와, 이와 결합되는 서포트(212) 및 상기 할로겐 램프(100)를 고정시키는 고정부(213)를 구성된다.

[0035] 상기 지지부는 지지대를 진공용기 내벽에 고정하기 위한 플레이트로써, 체결수단(볼트 등)을 통해 내벽에 고정시킬 수 있도록 다수의 결합홀이 형성된다. 여기에 길이형상의 상기 서포트(212)가 결합되어 진공용기 내벽에서 소정거리를 두고 할로겐 램프를 설치할 수 있도록 하되, 진공용기 내벽이 곡률을 가짐으로써 서포트는 지지부에 소정각도를 두고 고정되어 진공용기를 기준으로 상기 지지대(210)가 수직하게 구비될 수 있도록 결합되는 것이 바람직하다.

[0036] 상기 고정부는 할로겐 램프가 직접적으로 고정되는 것으로, 직관형 할로겐 램프가 결합될 수 있도록 홈이 형성되고 여기서 전원인가를 위한 전극이 구비된다.

[0037] PFC 타일용 지지대(220)는 진공용기 가열용 지지대와는 다르게 진공용기 구조물을 이루는 기 설치된 플레이트에 체결부재를 이용하여 설치할 수 있도록 고정부(213)만 구성되어 있어 여기에 할로겐 램프를 결합한다.

[0038] 한편, 상기 지지대(210)는 금속재질로 제작되는 것이 바람직하며, 초전도 토카막 장치의 특성상 비자성체재질이 더 바람직하다.

[0039] 온도센서(300 ; VM, VC, PC)는 진공용기, PFC 타일 및 램프 온도를 감지하기 위한 것으로, 열전대 형태의 온도

센서를 사용한다. 열전대 종류는 K-type 이며, 리드선의 수는 2선식이고, 굵기는 직경 1mm, 길이는 약 10m, 보호관의 재질은 stainless steel 316을 사용하며, 상기 온도센서의 온도 측정범위는 약 -200 내지 1200도이다. 이러한 상기 온도센서의 사양은 본 발명에 있어 바람직한 실시예일 뿐 결코 이에 한정하는 것은 아니다.

- [0040] 제어부(400)는 상기 할로겐 램프와 온도센서(300)를 각각 제어하게 된다. 외부 전압을 통해 할로겐 램프로 전압을 순차적으로 공급하며, 상기 온도센서에서 측정된 측정값을 입력받는다.
- [0041] 상기 제어부는 긴급상황에서 할로겐 램프에 공급되는 전원을 즉시 차단할 수 있는 긴급정지부(410)와 전원(전압/전류) 조절부(420) 및 상기 온도센서에서 측정되는 온도값을 나타내는 표시부(430)로 구성되어 있다. 이러한 제어부는 온도센서에서 측정된 온도값을 피드백하여 할로겐 램프의 출력을 자동 제어할 수 있도록 구현할 수 있다.
- [0042] 아래 설명을 통해 상기 제어부(400)의 바람직한 일실시예로 제어방법을 상세히 설명하기로 한다.
- [0043] 진공용기 내부를 가열하기 위하여 할로겐 램프의 갑작스런 전원 공급을 피하기 위한 방안으로 단계적인 출력 상승을 통해 동작시킨다.
- [0044] 진공용기를 가열하기 위해서 4단계에 거쳐 할로겐 램프에 전원을 인가함으로써 가열을 시작한다. 우선, 1단계로 진공용기 가열용으로 설치된 램프 u1 내지 u4와 L1 내지 L4에 전원을 공급하며, 출력 기준값은 150 내지 200W로 공급한다. 그리고 PFC 타일 가열용 램프 P1 내지 P4에 115 내지 130W로 출력 전압을 인가한다.
- [0045] 다음으로 30분 2단계 전압을 인가한다. 출력 기준값 330 내지 410W로 진공용기 가열 램프에 전원을 인가하고, 출력 기준값 220 내지 240W로 PFC 가열 램프에 공급한다. 다시 30분 후에 3단계로 560 내지 600W의 출력 기준값을 진공용기 가열 램프에 전원을 공급하며 300 내지 320W로 PFC 가열 램프에 전원을 공급하며, 마지막으로 30분 후 4단계에서 650 내지 800W의 출력으로 진공용기 가열 램프에 전원을 공급하며, 350 내지 430W로 PFC 가열 램프에 전원을 공급한 후 일정시간 가열 후 전원 공급을 중지함으로써 가열을 종료한다.
- [0046] 본 발명에 따른 가열장치를 통해 진공용기를 가열하기 위한 기본조건으로는 1회 가열시간은 대략적으로 72시간 내에 진공용기의 내부 표면온도가 100도 이상, PFC 타일의 표면 온도가 150도 이상으로 가열시키는 것이 바람직하다. 72시간을 기준으로 하는 이유는 특별히 없으나, 상승 온도는 시간당 30도를 넘지 않는 범위에서 가열해야 하며, 초전도 토카막 장치의 운전 특성상 72시간내 목표 온도에 도달하는 것이 바람직하기 때문이다.
- [0047] 도 7은 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열장치를 통한 시험 운전 결과를 나타낸 것이다.
- [0048] 할로겐 램프의 최대 출력의 약 70%로 운전했을 때, 약 53시간만에 PFC 타일 표면의 온도는 약 160도, 진공용기 내벽의 온도는 약 90도까지 상승하였다.
- [0049] 부분에서의 최고 온도는 PFC 타일 표면에서 113도였다. 할로겐 램프의 최대 출력으로 가열한다면, 약 60시간 이내에 목표 온도인 타일 표면에서 150도, 진공용기 내벽에서 100도 이상 가열할 수 있음을 알 수 있다.
- [0050] 앞서 설명한 바와 같이 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열을 위한 가열수단으로 가장 적합하고 비용면에서 경제적인 할로겐 램프를 채택하였으나, 결코 여기에 한정하는 것은 아니며 그 개수 또한 절대 한정되는 것은 아니다. 본 발명에서의 주요 기술적 요지는 진공용기 내부를 가열하여 불순물 제거를 달성하기 위한 것임으로 할로겐 램프 뿐만 아니라 다양한 가열수단이 필요에 따라 변경되는 것은 당업자라면 용이하게 실시할 수 있는 것에 불과하다.
- [0051] 이와 같이 구성되고 작용되는 본 발명은 진공용기 내부를 가열하여 불순물 제거가 용이하게 가열 시스템의 제어를 용이하게 달성할 수 있는 이점이 있다.
- [0052] 이상, 본 발명의 원리를 예시하기 위한 바람직한 실시예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 그와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용으로 한정되는 것이 아니다.
- [0053] 오히려, 첨부된 청구범위의 사상 및 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대한 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균등물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

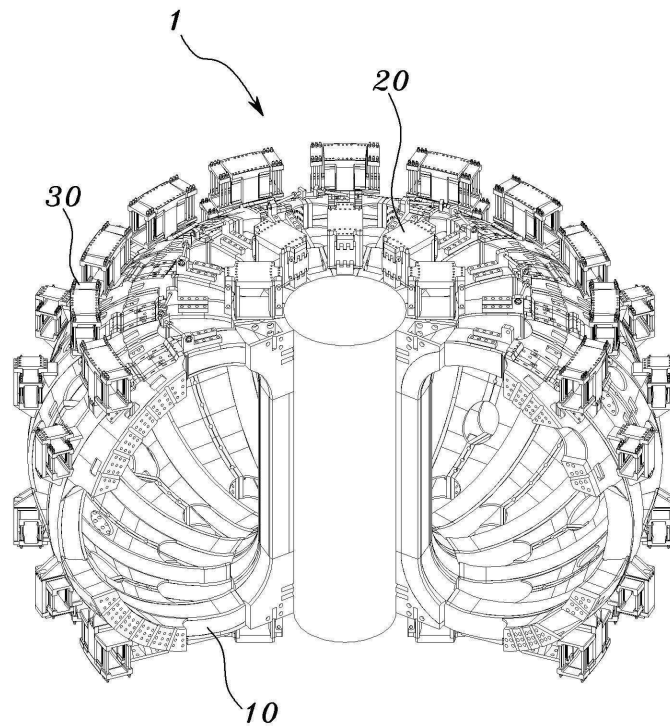
- [0054] 도 1은 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 구조물을 나타낸 개략적인 구성도,

[0055] 도 2는 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치의 구성도,
 [0056] 도 3a 및 3b는 본 발명에 따른 진공용기 가열 장치의 상/하 할로겐 램프와 온도센서의 설치 구성도,
 [0057] 도 4는 할로겐 램프와 온도센서가 설치된 진공용기의 단면도,
 [0058] 도 5는 본 발명에 따른 진공용기 가열 장치의 할로겐 램프 설치를 위한 진공용기용 지지대의 평면도,
 [0059] 도 6은 본 발명에 따른 진공용기 가열 장치의 할로겐 램프 설치를 위한 PFC 타일용 지지대의 평면도,
 [0060] 도 7은 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 진공용기 가열 장치를 통한 운전 결과를 나타낸 그래프.
 [0061] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

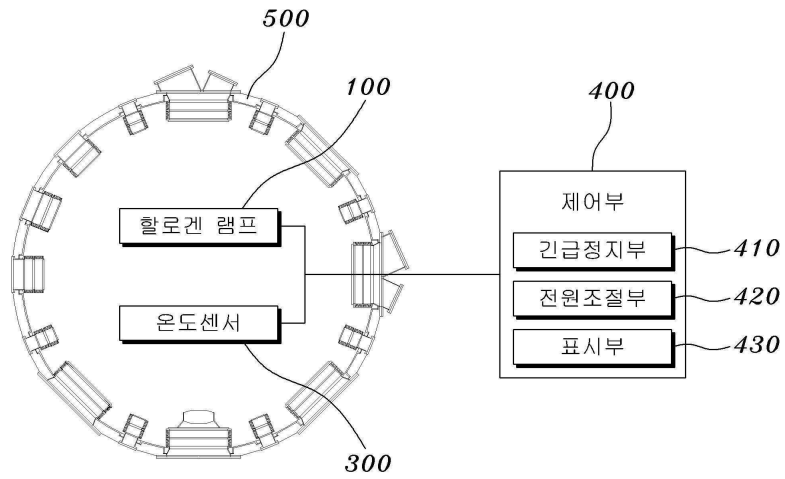
- [0062] 100 : 할로겐 램프
- [0063] 210 : 진공용기용 지지대 220 : PFC 타일용 지지대
- [0064] 300 : 온도센서 400 : 제어부
- [0065] 500 : 진공용기

도면

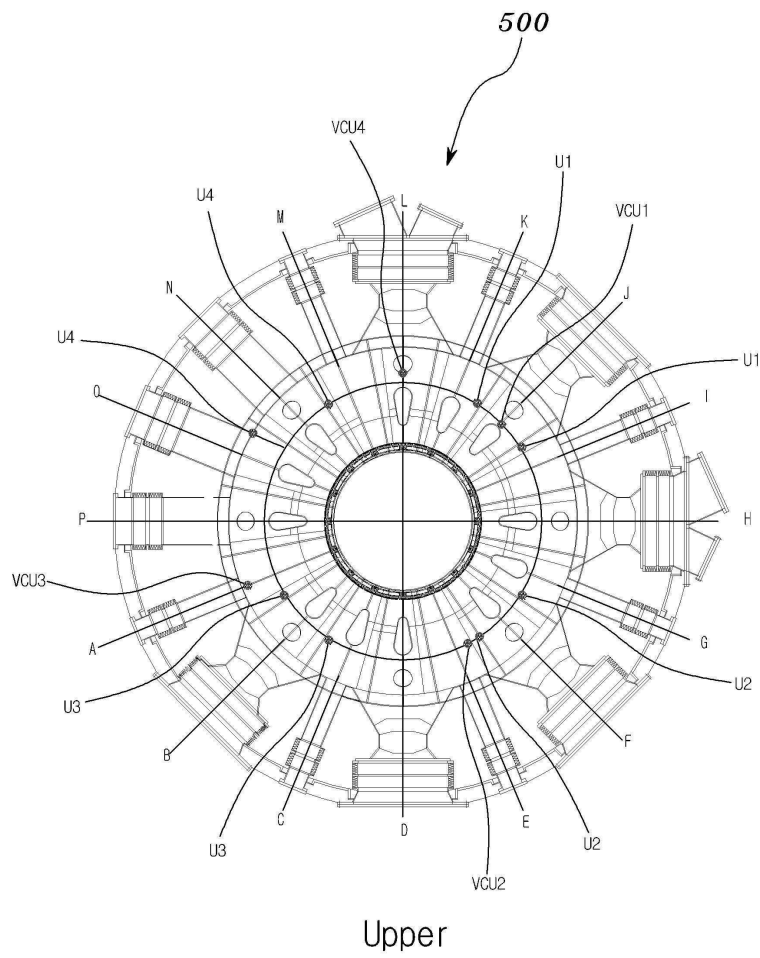
도면1



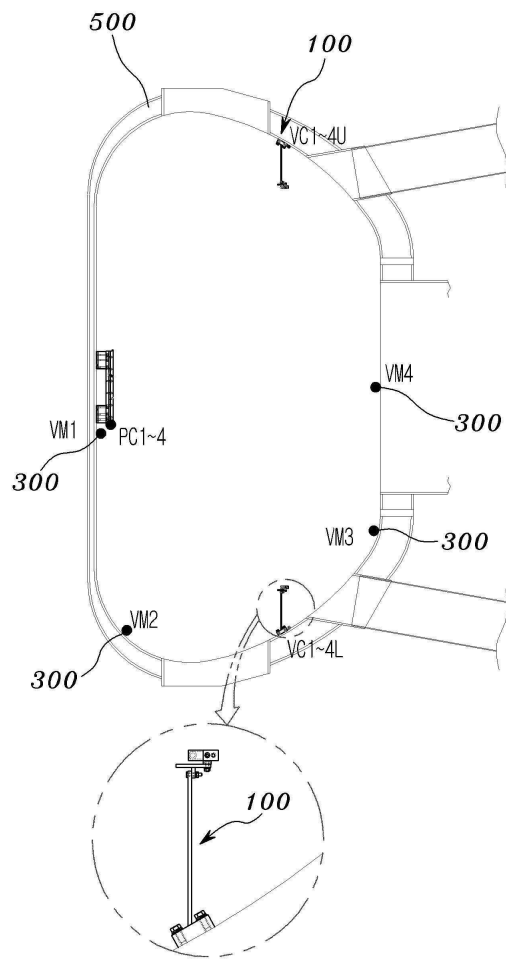
도면2



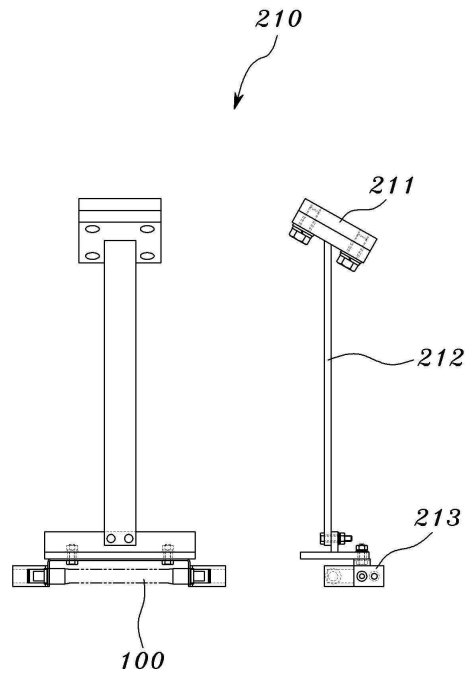
도면3a



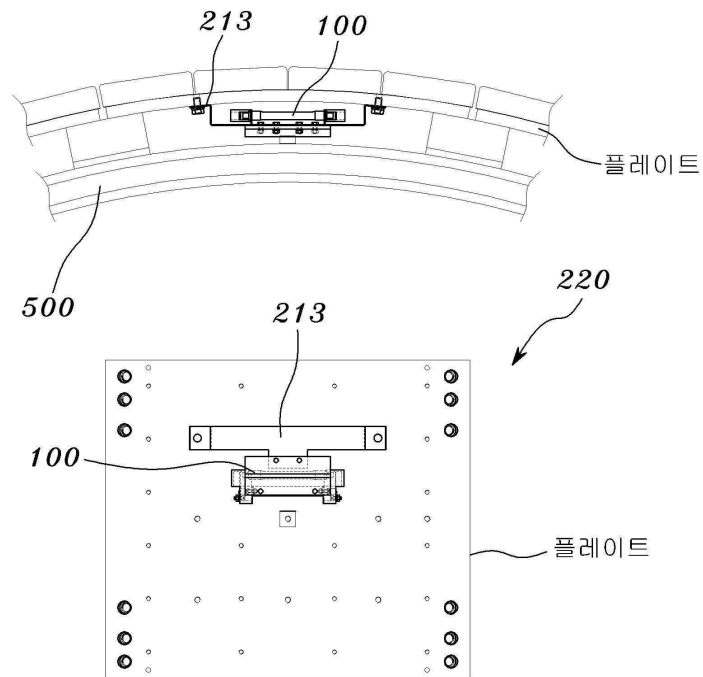
도면4



도면5



도면6



도면7

