



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년09월24일
(11) 등록번호 10-1311138
(24) 등록일자 2013년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G21B 1/17 (2006.01) G21B 1/21 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0120272

(22) 출원일자 2011년11월17일

심사청구일자 2011년11월17일

(65) 공개번호 10-2013-0054717

(43) 공개일자 2013년05월27일

(56) 선행기술조사문헌

KR100767646 B1

JP2008080672 A

JP2010178518 A

(73) 특허권자

한국기초과학지원연구원

대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)

(72) 발명자

우인식

대전광역시 동구 신기로 100, 603동 1203호 (가오동, 은어송마을6단지)

이영주

대전광역시 서구 둔산3동 국화아파트 305동 1008호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인대한

전체 청구항 수 : 총 11 항

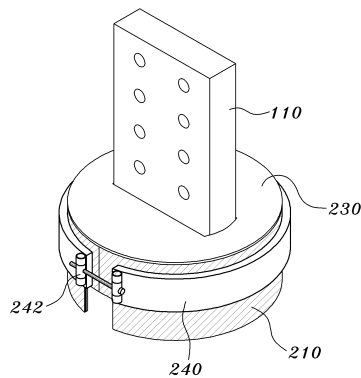
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 대 전류 커런트 리드용 히터

(57) 요약

본 발명은 대 전류 커런트 리드용 히터에 관한 것으로, 초전도 토카막 장치의 전류 공급을 위한 부스바를 구성하는 커런트 리드의 일측을 감싸는 것으로, 일측으로 커런트 리드 최상단이 관통될 수 있는 관통홀이 형성된 커버 조립체, 상기 커버 조립체 표면을 감싸는 캡톤 필름, 상기 커버 조립체 내측면과 상부 표면에 위치하는 그라파이트 및 상기 캡톤 필름이 감싸진 표면을 감싸는 히터를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이와 같이 구성되는 본 발명은 부스바를 구성하는 커런트 리드의 결로 현상을 방지하여 결과적으로 초전도 토카막 장치의 안정적이 운전 모드를 달성할 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도6



(72) 발명자

곽상우

대전광역시 서구 관저동로 42, 1306동 1403호 (관저동, 느리울마을)

송낙형

대전광역시 유성구 은구비남로 55, 701동 606호 (지족동, 열매마을7단지)

특허청구의 범위

청구항 1

초전도 토카막 장치의 전류 공급을 위한 부스바를 구성하는 커런트 리드의 일측을 감싸는 것으로, 일측으로 커런트 리드 최상단이 관통될 수 있는 관통홀이 형성된 커버 조립체;

상기 커버 조립체 표면을 감싸는 캡톤 필름;

상기 커버 조립체 내측면과 상부 표면에 위치하는 그래파이트; 및

상기 캡톤 필름이 감싸진 표면을 감싸는 히터;를 포함하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 커버 조립체는,

상기 부스바에 구성되는 헬륨 기체를 배출하는 배출로 공간 확보를 위한 측면홈이 더 구비되는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 캡톤 필름은,

3겹으로 감싸는 것을 특징으로 하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 히터는,

내측으로는 세라믹 재질의 히터로 구성되며, 히터 표면에는 절연체로 절연된 것을 특징으로 하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 5

제 1항 또는 제 4항에 있어서, 상기 히터는,

상기 캡톤 필름이 커버링된 커버 조립체 표면을 감싸도록 구성되며, 착탈 가능한 고정부재로 결합되는 것을 특징으로 하는 초대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 6

제 1항 또는 제 4항에 있어서, 상기 히터는,

표면 온도가 최대 250도를 만족하는 것을 특징으로 하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 7

제 4항에 있어서, 상기 절연체는,

절연 저항이 15GΩ 이상을 갖는 것을 특징으로 하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 히터는,

동작 온도를 검출하기 위한 온도센서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 9

초전도 토카막 장치의 전류를 공급하는 커런트 리드의 전류를 공급하는 커런트 리드용 히터에 있어서,

초전도 토카막 장치의 전류 공급을 위한 부스바를 구성하는 커런트 리드의 일측을 감싸는 것으로, 일측으로 커

런트 리드 최상단이 관통될 수 있는 관통홀이 형성된 커버 조립체;
 상기 커버 조립체 표면을 감싸는 캡톤 필름;
 상기 커버 조립체 내측면과 상부 표면에 위치하는 그라파이트; 및
 상기 캡톤 필름이 감싸진 표면을 감싸는 히터;를 포함하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 히터는,
 내측으로는 세라믹 재질의 히터로 구성되며, 히터 표면에는 절연체로 절연된 것을 특징으로 하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

청구항 11

제 9항에 있어서, 상기 히터는,
 동작 온도를 검출하기 위한 온도센서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대 전류 커런트 리드용 히터.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 대 전류 커런트 리드용 히터에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 초전도 토카막 장치로 전원을 공급하는 부스바(Bus bar)를 구성하는 커런트 리드(Current lead)의 결로 현상을 방지하기 위한 대 전류 커런트 리드용 히터에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 초기 플라즈마 실험 이후 매년 새로운 진단시스템이 추가 설치되고 있다. 한국형 초전도 토카막 장치(KSTAR ; Korea Superconducting Tokamak Advanced Reserch)의 경우 대부분의 진단 시스템이 표준 미들웨어인 EPICS를 기본으로 하여 개발되었으며 신뢰성 있는 운전을 보이고 있다.

[0003] 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), 전류 전송장치(Current lead system), 헬륨냉동기, 헬륨분배장치, 가열장치, 전원장치, 진단장치 등으로 구성되어 있다.

[0004] 이와 같이 구성되는 초전도 토카막 장치는 최초 플라즈마 발생 실험을 수행하기 위해서는 초전도 자석 및 전원 장치, 가열 장치, 물리 현상의 측정을 위한 진단장치, 그리고 플라즈마 제어 장치 등 다수의 시스템들이 기 설계된 표준 운전 시나리오에 따라 순차적이고 유기적으로 운전되어야 한다.

[0005] 초전도 토카막 장치의 플라즈마 구속을 위해서는 초전도의 PF 코일, TF 코일, CS 코일로 전류를 공급하여 고자기장을 형성하고, 여기에 플라즈마를 구속하여 운전된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) KR 10-0849414
 (특허문헌 0002) 이때, 각 코일에 전류를 공급하기 위해서는 도 1에 나타낸 바와 같이 부스바(커런트 리드)를 통해 해당 코일로 전류를 공급하게 되는데, 상기 부스바의 일측 부분은 초전도 상태에서 저온 상태를 유지하기 위해서 액체 헬륨을 통해 냉각하는 구조로 이루어진다. 상기 부스바의 구조는 한국등록특허 제10-0849414호에 상세히 나타나 있다.
 (특허문헌 0003) 여기서 저온 헬륨 가스가 부스바를 통해 외측으로 배출되도록 설계되어야 하는데, 부스바의 하

측과 일측의 온도차로 인하여 결로현상이 발생된다. 이러한 결로현상은 전류 공급에 차질을 일으켜 결과적으로 토카막 장치의 운전에 치명적인 문제점을 일으킬 수 있는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 부스바를 구성하는 커런트 리드의 결합 부위에 부스바의 타측과 온도차로 인한 결로 현상을 효과적으로 방지하여 초전도 토카막 장치에 정확한 운전 전류를 공급하고자 하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 초전도 토카막 장치의 전류 공급을 위한 부스바를 구성하는 커런트 리드의 일측을 감싸는 것으로, 일측으로 커런트 리드 최상단이 관통될 수 있는 관통홀이 형성된 커버 조립체, 상기 커버 조립체 표면을 감싸는 캡톤 필름, 상기 커버 조립체 내측면과 상부 표면에 위치하는 그라파이트 및 상기 캡톤 필름이 감싸진 표면을 감싸는 히터를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 상기 커버 조립체는, 상기 부스바에 구성되는 헬륨 기체를 배출하는 배출로 공간을 확보를 위한 측면홈이 더 구비된다.

[0010] 또한, 상기 캡톤 필름은, 3겹으로 감싸는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 히터는, 내측으로는 세라믹 재질의 히터로 구성되며, 히터 표면에는 절연체로 절연된 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 히터는, 상기 캡톤 필름이 커버링된 커버 조립체 표면을 감싸도록 구성되며, 착탈 가능한 고정부재로 결합되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 히터는, 표면 온도가 최대 250도를 만족하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 절연체는, 15kV 내전압 시험에서 절연 저항이 15GΩ 이상을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 히터는, 동작 온도를 검출하기 위한 온도센서를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 초전도 토카막 장치의 전류를 공급하는 커런트 리드의 전류를 공급하는 커런트 리드용 히터에 있어서, 초전도 토카막 장치의 전류 공급을 위한 부스바를 구성하는 커런트 리드의 일측을 감싸는 것으로, 일측으로 커런트 리드 최상단이 관통될 수 있는 관통홀이 형성된 커버 조립체, 상기 커버 조립체 표면을 감싸는 캡톤 필름, 상기 커버 조립체 내측면과 상부 표면에 위치하는 그라파이트 및 상기 캡톤 필름이 감싸진 표면을 감싸는 히터를 포함한다.

발명의 효과

[0017] 상기와 같이 구성되고 작용되는 본 발명은 초전도 토카막 장치를 구성하는 초전도 코일에 전원을 공급하기 위한 부스바(Bus bar)의 커런트 리드에 결로 현상을 방지하여 안정적인 전류 공급을 달성할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 종래에 따른 초전도 토카막 장치의 전류 공급을 위한 커런트 리드를 포함하는 부스바의 전체 구성도,

도 2는 본 발명에 따른 커런트 리드의 히터 조립을 위한 커버 조립체를 나타낸 사시도와 단면도,

도 3은 부스바를 구성하는 커런트 리드의 정면도,

도 4는 본 발명에 따른 커런트 리드의 커버 조립체 조립 순서를 나타낸 순서도,

도 5는 커버 조립체가 조립된 상태를 나타낸 단면도,

도 6은 본 발명에 따른 대 전류 커런트 리드용 히터를 도시한 사시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 대 전류 커런트 리드용 히터의 바람직한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0020] 본 발명에 따른 대 전류 커런트 리드용 히터는, 초전도 토카막 장치의 전류 공급을 위한 부스바를 구성하는 커런트 리드의 일측을 감싸는 것으로, 일측으로 커런트 리드 최상단이 관통될 수 있는 관통홀이 형성된 커버 조립체, 상기 커버 조립체 표면을 감싸는 캡톤 필름, 상기 커버 조립체 내측면과 상부 표면에 위치하는 그라파이트 및 상기 캡톤 필름이 감싸진 표면을 감싸는 히터를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 본 발명에 따른 히터를 구비한 커런트 리드(Current Lead ; 110)는 초전도 토카막 장치에 전원을 공급하기 위한 부스바(도 1 참조 ; Bus bar, 100)를 구성하는 것으로, 외부 전원 인입선이 연결되는 구성이다. 부스바(100)는 일측은 초전도 상태를 유지하여야 하기 때문에 초전도를 유지하는 영역으로는 액체 헬륨으로 감싸 저온 상태를 유지할 수 있도록 설계되어 있는데, 이때 액체 헬륨 가스가 부스바를 구성하는 수백개의 CICC(관내연선도체)의 틈을 통해 유입되어 커런트 리드측으로 배출시키는 구조를 갖는다. 여기서 저온의 헬륨 가스에 의해 커런트 리드의 표면에 결로 현상을 발생시키는데, 이는 전류 흐름에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 발명에 따른 히터가 설치된 커런트 리드는 상기와 같이 결로 현상을 최적화된 조건으로 방지하여 운전 전류에 영향이 없도록 구성하는 것을 본 발명의 주요 기술적 요지로 한다.
- [0022] 도 2는 본 발명에 따른 커런트 리드의 히터 조립을 위한 커버 조립체를 나타낸 사시도와 단면도이다. 본 발명에 따른 커버 조립체(200)는 커런트 리드와 부스바가 연결되는 접합부위를 커버링하기 위한 조립체로서, 재질은 알루미늄 소재로 형성되며, 도면에 도시된 바와 같이 커런트 리드의 헤드측이 관통 결합될 수 있도록 상부면 결합홀(201)이 형성되고, 반대면은 완전 개방된 원통형상으로 구성되며, 측면으로는 기체를 배출하는 배출로를 위치시키기 위한 측면홈(202)이 구성되어 있다. 이와 같은 구조를 갖는 커버 조립체는 PF 코일과 TF 코일에 전류를 공급하는 총 22개의 부스바에 모두 적용하기 위해 해당 개수만큼 구비되어야 한다.
- [0023] 도 3은 부스바를 구성하는 커런트 리드의 정면도이다. 부스바를 구성하는 커런트 리드는 헤드측으로 전류 인입선이 연결될 수 있는 사각 형태를 가지며, 반대측은 수백개의 CICC가 삽입된 후 합금 조성된 접합 재료로 접합될 수 있도록 소정깊이의 홈이 형성되어 있다. 이러한 커런트 리드의 접합 부분을 상술한 커버 조립체로 커버링한다.
- [0024] 도 4는 본 발명에 따른 커런트 리드의 커버 조립체 조립 순서를 나타낸 순서도이다. 우선 준비된 알루미늄 소재의 커버 조립체를 결합하기 전 조립 공정을 거치는데, 첫 번째로 상기 커버 조립체 측면 표면으로는 캡톤 필름을 다수 회 감싸 고정시킨다. 본 발명에서는 바람직한 예로 2회 정도 우선 감싼다. 다음으로 조립체 상부면과 캡톤 필름 가장자리를 따라 캡톤 테이프를 다시 감싸 절연성을 확보한다. 캡톤 테이프가 떨어지지 않도록 1000 도 용 실리콘을 조립체와 캡톤 테이프 경계면에 주입한다.
- [0025] 본 발명에 따른 바람직한 예로 캡톤 필름으로 감싸도록 제안하였지만, 테프론 코팅을 적용할 수 있으나 재질에 따라 코팅 횟수가 달라지며, 요구되는 절연저항을 반드시 만족 하고 열전달 또한 만족 하여야 한다.
- [0026] 표면 코팅이 완료된 후에는 커버 조립체 하부측으로 커런트 리드를 삽입하여 고정한 후 하부 내측으로 내측 표면과 접할 수 있는 판넬 형상의 내부 그라파이트(220)를 삽입하여 커버 조립체 내측 표면과 커런트 리드가 열전달이 잘 되도록 구성한다.
- [0027] 커버 조립체 상부면에도 열전달이 잘 되도록 커버 조립체 상부면 면적에 대응하는 상부 그라파이트(230)를 끼우고 결합한다.
- [0028] 이와 같은 공정은 부스바가 설치된 상태에서 준비된 커버 조립체를 제작한 후 커런트 리드의 접합 부분에 결합한 후 내부 그라파이트와 상부 그라파이트(230)를 조립하는 것이다.
- [0029] 도 5는 커버 조립체가 조립된 상태를 나타낸 단면도이다. 도면에 나타난 바와 같이 커버 조립체가 조립된 커런트 리드의 단면은 내측부터 커런트 리드, 내부 그라파이트, 커버조립체, 3중 캡톤 필름으로 구성된다. 이와 같이 완성된 커버 조립체가 조립된 커런트 리드 표면으로 히터를 장착한다. 도 6은 본 발명에 따른 대 전류 커런트 리드용 히터를 도시한 사시도이다. 본 발명에 따른 히터는 커버 조립체 표면을 감싸도록 구성되는 것으로,

외부는 절연체로 감싸지며, 내부에 열선이 구성되는 형태의 히터를 장착한다. 바람직한 예로 표면의 절연체는 운모(mica)로 구성되며, 히터의 요구사항으로는 열선 저항이 $27\Omega \pm 1\%$, 절연체의 절연저항 $1.5G\Omega$ 를 갖도록 설계하여야 한다.

[0030] 한편, 상기 히터의 온도를 감지하기 위하여 3선식 온도센서가 설치된다.

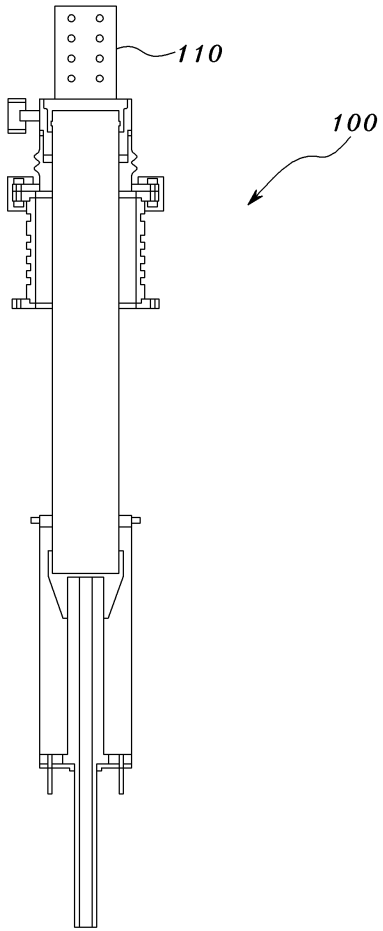
[0031] 이와 같이 구성되는 본 발명은 부스바를 구성하는 커런트 리드의 결로 현상을 방지하여 결론적으로 초전도 토카막 장치의 안정적인 운전을 달성할 수 있는 것이다. 이상, 본 발명의 원리를 예시하기 위한 바람직한 실시예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 그와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용으로 한정되는 것이 아니다. 오히려, 첨부된 청구범위의 사상 및 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대한 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균등물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

부호의 설명

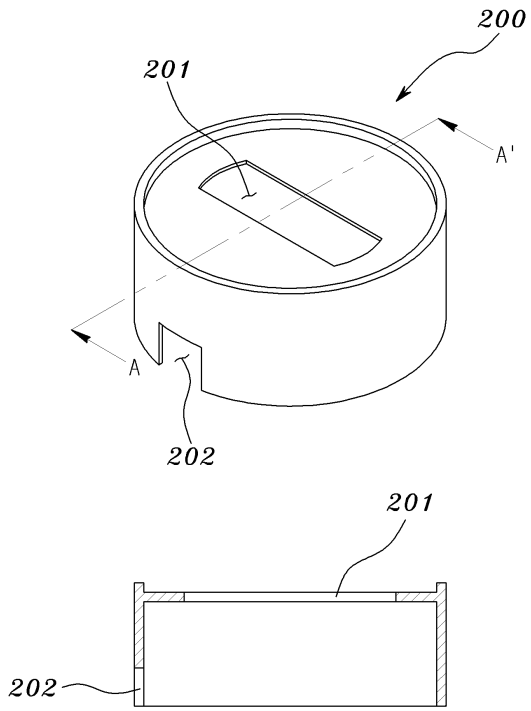
- [0032] 100 : 부스바
 110 : 커런트 리드
 200 : 커버 조립체
 201 : 결합홀
 202 : 측면홈
 210 : 캡톤 필름
 220 : 내부 그래파이트
 230 : 상부 그래파이트
 240 : 히터
 241 : 절연체
 242 : 고정부재

도면

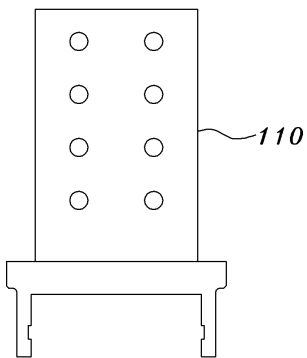
도면1



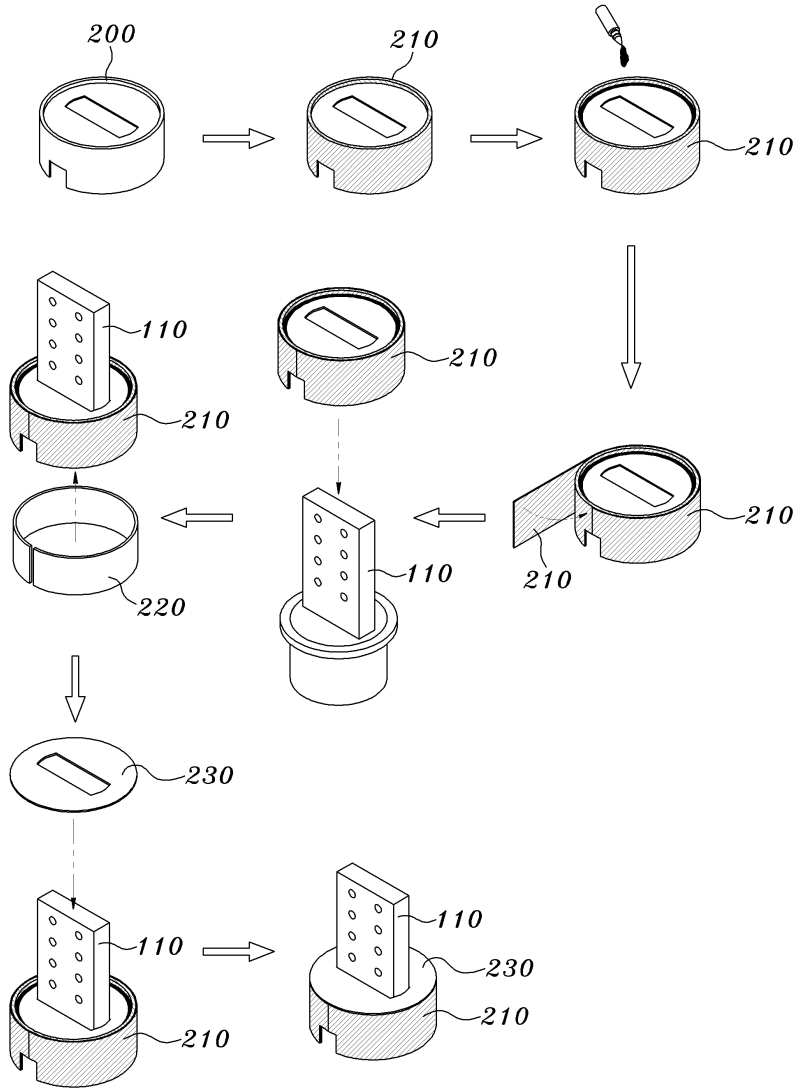
도면2



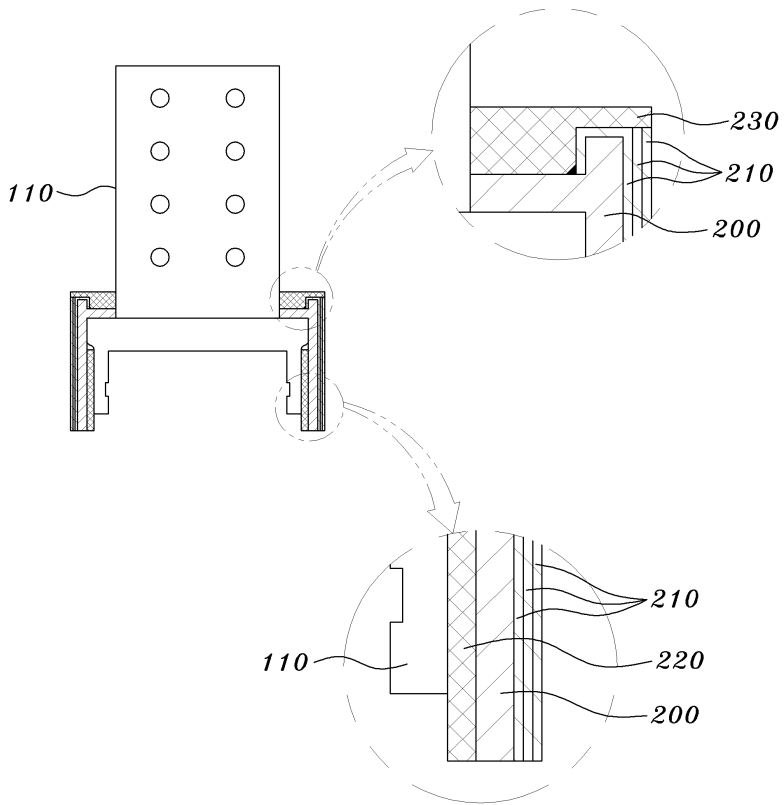
도면3



도면4



도면5



도면6

