

- 특허법의 누리

(54) 발명의 명칭 십자도 측정 장치

- 1 -

(52) CPC특허분류

G01R 33/0047 (2013.01)

G01R 33/3403 (2013.01)

(72) 발명자

김진목

대전광역시 유성구 엑스포로339번길 320 싸이언스
빌 4동 204호

권혁찬

대전광역시 유성구 배울1로 147 대덕테크노밸리푸
르지오하임2단지 203동 204호

이상길

대전광역시 서구 갈마로 262 맑은아침아파트 105동
1501호

김보경

대전광역시 유성구 엑스포로123번길 34 102동
1903호

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150030296 A*

KR1020190029638 A*

KR1020140054646 A

JP2007005514 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

외부 용기;

유리섬유 강화 플라스틱으로 형성되고 액체 냉매를 수납하고 상기 외부 용기의 내부에 배치되고 제1 직경을 가진 목부 및 상기 제1 직경보다 큰 제2 직경을 가진 몸체부를 포함하는 내부 용기;

상기 내부 용기와 상기 외부 용기의 사이의 공간은 진공상태로 유지되고, 상기 내부 용기의 하부에 배치되는 SQUID 센서 모듈 장착판;

상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 하부에 장착된 복수의 SQUID 센서 모듈들; 및

상기 SQUID 센서 모듈 장착판 및 상기 복수의 SQUID 센서 모듈들을 감싸도록 배치된 도전성 메쉬로 형성된 4 K 열차폐부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 냉매에 의하여 냉각되고 상기 내부 용기의 하부면에 배치된 메인 열 앵커(main thermal anchor);

상기 4K 열차폐부를 개재하여 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 측면에 결합하고 상기 4K 열차폐부를 고정하는 링 형상의 보조 열 앵커; 및

상기 메인 열 앵커와 상기 보조 열 앵커를 연결하여 냉각하는 리즈 와이어를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 그 측면의 하부면에 링 형태의 링 함몰부를 구비하고,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 상기 링 함몰부에서 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하는 적어도 하나의 연결부를 포함하고,

상기 보조 열 앵커는 상기 링 함몰부와 결합하고 상기 연결부에 삽입되도록 돌출된 적어도 하나의 돌기부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 4K 열차폐부는;

상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 상부면에 배치된 상부 4K 열차폐부; 및

상기 복수의 SQUID 센서 모듈들을 감싸도록 배치된 하부 4K 열차폐부를 포함하고,

상기 보조 열 앵커는 상기 하부 4K 열차폐부를 개재하여 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 측면에 결합하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 내부 용기의 하부면에 장착되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하여 연장되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 연직 운동을 가이드하는 센서 가이드 봉; 및

상기 내부 용기의 하부면에 장착되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판에 고정되는 센서 고정 봉;을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 SQUID 센서 모듈들은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하고 제1 방향 및 제2 방향을 따라 배열되고,

상기 SQUID 센서 모듈들 각각은 수직하게 연장되고,

상기 SQUID 센서 모듈들과 나란히 연장되는 복수의 열전달 봉들을 더 포함하고,

상기 열전달 봉들은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하고,

상기 열전달 봉들의 양단은 상기 4K 열차폐부에 각각 연결되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 SQUID 센서 모듈들은 제1 방향 및 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향을 따라 매트릭스 형태로 배열되고,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은:

상기 제1 방향으로 배열된 SQUID 센서 모듈들과 상기 제2 방향으로 이격되어 상기 제1 방향으로 배열된 SQUID 센서 모듈들 사이에 상기 SQUID 센서 모듈 장착판에서 상기 제1 방향으로 연장되는 트렌치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 트렌치와 연결되고 상기 제1 방향으로 일정한 간격으로 배열되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하는 신호선 연결홀을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 그 측면의 하부면에 링 형태의 링 함몰부를 구비하고,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 상기 링 함몰부에서 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하는 적어도 하나의 연결부를 포함하고,

보조 열 엔지니어는 상기 링 함몰부와 결합하고 상기 연결부에 삽입되도록 돌출된 적어도 하나의 돌기부를 포함하고,

상기 제1 방향의 최외측에 배치된 트렌치는 상기 연결부에 연결되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 내부 용기는:

배플 인서트 삽입되는 목부; 및

상기 목부보다 지름이 증가한 몸체부;를 포함하고,

상기 목부는 내측 원통과 상기 내측 원통을 감싸는 외측 원통을 포함하는 이중벽 구조인 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 11

제10 항에 있어서,
 상기 내측 원통은 원통의 외측으로 돌출된 복수의 링 돌출부를 더 포함하고,
 열 앵커들은 상기 링 돌출부들 각각과 결합하고,
 상기 링 돌출부들은 서로 이격되어 배치되고,
 상기 외측 원통은 상기 링 돌출부를 사이에 두고 서로 분리되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 12

제11 항에 있어서
 상기 목부는 상기 내측 원통과 상기 외측 원통 사이에 배치된 열 차폐막을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 13

제11 항에 있어서,
 상기 링 돌출부의 외주면과 상기 열 앵커의 내주면은 나사 결합하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 14

제11 항에 있어서,
 상기 열 앵커들은 상기 목부의 외측에는 서로 수직으로 이격되어 차례로 배치된 와셔 형상의 제1 내지 제3 열 앵커를 포함하고,
 상기 제1 열 앵커는 120K 열차폐막에 연결되고,
 상기 제2 열 앵커는 80K 열 차폐막에 연결되고,
 상기 제3 열 앵커는 40K 열 차폐막에 연결되고,
 상기 40 K 열 차폐막은 상기 4K 열차폐부를 감싸도록 배치되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 15

제14 항에 있어서,
 상기 제1 내지 제3 열 앵커 각각은 반경 방향으로 연장되는 복수의 슬릿을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 16

제1 항에 있어서,
 상기 내부 용기는:
 배플 인서트가 삽입되는 목부; 및
 상기 목부보다 지름이 증가한 몸체부;를 포함하고,
 상기 배플 인서트에 배치되고 기화된 냉매를 배기하는 냉매 배기 튜브;
 상기 배플 인서트에 배치되고 냉매를 주입하는 냉매 주입 튜브; 및
 상기 냉매 배기 튜브 및 상기 냉매 주입 튜브에 연결되고 상기 냉매 주입 튜브를 통하여 배기된 기화된 냉매를 응축하는 응축기를 더 포함하고,
 상기 냉매 배기 튜브 및 상기 냉매 주입 튜브는 동축 구조이고,
 상기 냉매 배기 튜브 및 상기 냉매 주입 튜브 각각은 내부 튜브와 외부 튜브를 구비한 이중 튜브인 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 17

제2 항에 있어서,

상기 메인 열 앵커는:

무산소 구리로 형성되고 제1 원판, 상기 제1 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제1 상부 돌출부 및 상기 제1 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제1 하부 돌출부를 포함하는 제1 열전달부;

무산소 구리로 형성되고 제2 원판, 상기 제2 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제2 상부 돌출부 및 상기 제2 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제2 하부 돌출부를 포함하는 제2 열전달부;

무산소 구리로 형성되고 제3 원판, 상기 제3 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제3 상부 돌출부 및 상기 제3 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제3 하부 돌출부를 포함하는 제3 열전달부;

무산소 구리로 형성되고 제4 원판, 상기 제4 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제4 상부 돌출부 및 상기 제4 원판의 중심축에서 하부면에 복수의 홀들을 포함하는 제4 열전달부;

절연체로 형성되고 상기 제1 열전달부의 제1 원판과 상기 제2 열전달부의 제2 원판 사이에 삽입되는 제1 열팽창 조절부; 및

절연체로 형성되고 상기 제3 열전달부의 제3 원판과 상기 제4 열전달부의 제4 원판 사이에 삽입되는 제2 열팽창 조절부;를 포함하고,

상기 제2 열전달부의 제2 상부 돌출부는 상기 제1 열전달부의 제1 하부 돌출부와 결합하기 위한 홈을 구비하고,

상기 제2 열전달부의 제2 하부 돌출부는 상기 제3 열전달부의 제3 상부 돌출부와 결합하기 위한 홈을 구비하고,

상기 제3 열전달부의 제3 하부 돌출부는 상기 제4 열전달부의 제4 상부 돌출부와 결합하기 위한 홈을 구비하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 제1 열팽창 조절부는:

상기 제1 원판의 직경과 동일한 직경을 가지는 제1 절연 몸체부;

상기 내부 용기의 하부면에 매몰되고 상기 제1 원판의 직경보다 큰 제2 직경을 가지는 제2 절연 몸체부; 및

상기 제2 직경보다 작은 제3 직경을 가지는 제3 절연 몸체부를 포함하고,

상기 제3 절연 몸체부는 상기 제2 원판의 외주면을 감싸도록 배치되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 19

제1 항에 있어서,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 곡선부위를 포함하고,

상기 곡선 부위는 심장의 좌심실을 감싸도록 배치되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 20

제1 항에 있어서,

상기 내부 용기는:

배플 인서트가 삽입되는 목부; 및

상기 목부보다 지름이 증가한 몸체부;를 포함하고,

상기 목부는 내측 원통부와 상기 내측 원통부를 감싸도록 배치된 외측 원통부를 포함하고,

상기 내측 원통부는 서로 수직으로 이격되어 배치된 보조 내측 원통들로 분리되고,

열 앵커들 각각은 상기 분리된 보조 내측 원통들 사이에 각각 삽입되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 21

제20 항에 있어서,

상기 열 앵커들 각각은:

원통 형상의 제1 원통부; 및

상기 제1 원통부의 중심에서 외측으로 연결된 와셔 형상의 제1 와셔부를 포함하고,

상기 제1 원통부의 외측면은 대응하는 보조 내측 원통의 내측면과 나사 결합하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 22

제21 항에 있어서,

와셔 형상의 제2 와셔부와 상기 제2 와셔부의 내측면에 연결되는 원통 형상의 제2 원통부를 포함하는 고정부들을 더 포함하고,

한 쌍의 고정부는 상기 열 앵커의 제1 와셔부의 내측 상부면 및 내측 하부면에 각각 배치되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 23

제22 항에 있어서,

상기 외측 원통부는 서로 이격되어 배치되는 복수의 보조 외측 원통부들을 포함하고,

상기 보조 외측 원통부는 상기 고정부의 제2 원통부를 감싸도록 배치되고,

열 차폐막은 상기 보조 외측 원통부와 상기 보조 내측 원통 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 24

제23 항에 있어서,

상기 열 앵커들 각각은 상기 제1 원통부의 중심에서 내측으로 연결된 와셔 형상의 보조 와셔부를 더 포함하고,

상기 보조 와셔부는 방위각 방향으로 형성된 슬릿을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 25

제1 항에 있어서,

상기 SQUID 센서 모듈들 각각은

검출 코일이 장착되고 사각형 단면을 가진 직육면체 형상의 보빈;

상기 보빈에 연결되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착관에 형성된 홀에 삽입되어 고정되는 고정 블록;

상기 보빈의 상부 측면들 중에서 적어도 일면에 장착되고 초전도양자간섭소자(SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인 쇄회로기판; 및

상기 고정 블록에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로에 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 26

제25 항에 있어서,

상기 검출 코일은 미분계이고,

상기 검출 코일은:

상기 보빈의 제1 측면에 배치된 제1 미분계;

상기 보빈의 제1 측면에 이웃한 제2 측면에 배치된 제2 미분계; 및

상기 보빈의 하부면에 배치된 제3 미분계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자기장 측정 장치에 관한 것으로, 더 구체적으로 진공 내 코일을 구비한 심자도 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 심장 근육의 이온 전류 활동에서 발생하는 자기장 신호를 측정하는 심자도(Magnetocardiography; MCG)는 심장 질환 진단에 유용한 기술이 될 수 있다.

[0003] 초전도양자간섭소자(Superconducting Quantum Interference Device; SQUID)는 심장, 뇌, 신경 등의 생체활동에서 발생하는 초미세 자기장을 측정할 수 있는 초고감도 센서이다. SQUID 센서는 4 K 혹은 77 K의 저온에서 동작한다. 측정 감도는 수 내지 수십 $fT/\sqrt{Hz}$ 이다. 상기 SQUID 센서를 저온으로 냉각하기 위해, 일반적으로 액화 질소나 액화 헬륨이 사용된다. 이러한 저온 냉매를 저장할 수 있는 저온 냉매 저장 용기가 필요하다. 저온 냉매 저장용기는 2중의 구조인데, 저온 냉매를 보관하는 헬륨 내부 저장용기(헬륨조)과 실온의 외통(진공조)으로 구성되며 그 사이에는 진공으로 유지된다.

[0004] 고감도 신호를 측정하기 위해서는 저온초전도체로 구성된 SQUID를 사용하는 것이 유리한데, 저온초전도 SQUID에 사용되는 초전도 재료인 Nb은 임계온도가 약 9 K이므로 액체헬륨 혹은 저온냉동기를 사용한 냉각이 필요하다. 듀아의 증발률을 줄이면서 듀아 진공부에 설치된 금속 단열재료(superinsulation 및 thermal shield)에 의한 열자기잡음을 줄이도록 단열재료의 구조, 두께, 설치방법의 최적화가 필요하다. 또한 헬륨가스는 작은 틈새를 통해 쉽게 투과하는 특성이 있으므로 듀아 재료로 사용되는 유리섬유강화 플라스틱의 높은 치밀성이 필요하다.

[0005] 자기신호의 세기는 자기장 신호원으로부터 거리의 제곱에 반비례하여 감소함으로 SNR을 향상시키기 위해 신호원과 검출코일의 간격을 최소화하는 것이 필요하다. 이러한 방법에 대한 연구가 진행되어, 검출코일이 헬륨조의 바깥, 즉, 진공부에 위치한 진공내코일(CIV: Coil-in-Vacuum) SQUID를 개발하여 사용하였다.

[0006] CIV형 SQUID 장치의 경우, 검출코일과 SQUID 센서가 진공 유지 상태로 배치된다. 따라서, 액화 냉매를 저장하는 헬륨 내부 저장 용기에는 저온 냉매만 존재한다. 따라서 상기 헬륨 내부 저장 용기의 목부는 냉매를 채울 수 있

는 통로만 존재하면 된다. 따라서, 목부의 직경은 현저히 감소될 수 있다. 이에 따라, 목부를 통해서 유입되는 열이 줄어들어 액화 냉매의 증발률을 줄일 수 있게 된다.

[0007] 헬륨 내부 저장 용기에 열이 침입하면서 액체 헬륨은 끓으면서 증발하게 된다. 이때 내부 저장용기 내부에는 액체의 끓음에 의해 진동이 발생된다. 만약 검출코일을 내부 저장용기의 내부가 아닌 외부 진공면에 설치한다면 액체헬륨의 끓음에 의한 진동 영향을 줄일 수 있다.

[0008] 또한 검출코일과 SQUID가 진공에 설치되면 초기 냉각시의 냉각속도가 액체헬륨에 직접 담겨있을 때와 비교하여 낮아지므로 냉각시 발생하는 급격한 수축 스트레스를 줄일 수 있고, 내부 저장 용기에 유입된 공기 등이 SQUID 표면에 흡착 응결되어 발생하는 물리적 화학적 손상을 없앨 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 SQUID 센서 모듈을 용이하게 교체할 수 있는 자기장 측정 장치를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 액체헬륨이 끓을 때 발생하는 진동을 줄여서 센서장치의 측정 감도를 높이는 것이다. 또한 센서를 진공부에 설치함으로써 센서의 냉각시 스트레스를 줄이고, 물리적 화학적 신뢰성을 높이는 것이다.

[0011] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 복사열을 차단할 수 있는 이중 벽 구조의 목 부분 구조를 갖는 냉각 장치를 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 고중량의 SQUID 센서 모듈과 액체 헬륨 저장용기를 회전 및 기울임에 대한 안정성을 제공하기 위하여 이중벽 구조의 목부를 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 동축 이중 튜브 구조의 기화된 냉매 포집 튜브(He gas return tube)를 구비한 자기장 측정 장치를 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 냉매를 재활용할 수 있는 냉각 장치를 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 진공중에 위치한 SQUID 센서 모듈의 효과적인 냉각 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는, 외부 용기; 액체 냉매를 수납하고 상기 외부 용기의 내부에 배치되고 제1 직경을 가진 목부 및 상기 제1 직경보다 큰 제2 직경을 가진 몸체부를 포함하는 내부 용기; 상기 내부 용기와 상기 외부 용기의 사이의 공간은 진공상태로 유지되고, 상기 내부 용기의 하부에 배치되는 SQUID 센서 모듈 장착판; 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 하부에 장착된 복수의 SQUID 센서 모듈들; 및 상기 SQUID 센서 모듈 장착판 및 상기 복수의 SQUID 센서 모듈들을 감싸도록 배치된 도전성 메쉬로 형성된 4 K 열차폐부를 포함한다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 냉매에 의하여 냉각되고 상기 내부 용기의 하부면에 배치된 메인 열 앵커(main thermal anchor); 상기 4K 열차폐부를 개재하여 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 측면에 결합하고 상기 4K 열차폐부를 고정하는 링 형상의 보조 열 앵커; 및 상기 메인 열 앵커와 상기 보조 열 앵커를 연결하여 냉각하는 리즈 와이어를 더 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 그 측면의 하부면에 링 형태의 링 함몰부를 구비하고, 상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 상기 링 함몰부에서 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하는 적어도 하나의 연결부를 포함하고, 상기 보조 열 앵커는 상기 링 함몰부와 결합하고 상기 관통 열결부에 삽입되도록 돌출된 적어도 하나의 돌기부를 포함한다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 4K 열차폐부는; 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 상부면에 배치된 상부 4K 열차폐부; 및 상기 복수의 SQUID 센서 모듈들을 감싸도록 배치된 하부 4K 열차폐부를 포함하고, 상기 보조 열 앵커는 상기 하부 4K 열차폐부를 개재하여 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 측면에 결합할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 내부 용기의 하부면에 장착되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하여

연장되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 연직 운동을 가이드하는 센서 가이드 봉; 및 상기 내부 용기의 하부면에 장착되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판에 고정되는 센서 고정 봉;을 더 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 SQUID 센서 모듈들은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하고 제1 방향 및 제2 방향을 따라 배열되고, 상기 SQUID 센서 모듈들 각각은 수직하게 연장될 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈들과 나란히 연장되는 복수의 열전달 봉들을 더 포함하고, 상기 열전달 봉들은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하고, 상기 열전달 봉들의 양단은 상기 4K 열차폐부에 각각 연결될 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 SQUID 센서 모듈들은 제1 방향 및 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향을 따라 매트릭스 형태로 배열될 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈 장착판은, 상기 제1 방향으로 배열된 SQUID 센서 모듈들과 상기 제2 방향으로 이격되어 상기 제1 방향으로 배열된 SQUID 센서 모듈들 사이에 상기 SQUID 센서 모듈 장착판에서 상기 제1 방향으로 연장되는 트렌치를 더 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 트렌치와 연결되고 상기 제1 방향으로 일정한 간격으로 배열되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하는 신호선 연결홀을 더 포함할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 그 측면의 하부면에 링 형태의 링 함몰부를 구비하고, 상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 상기 링 함몰부에서 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하는 적어도 하나의 연결부를 포함하고, 상기 보조 열 앵커는 상기 링 함몰부와 결합하고 상기 연결부에 삽입되도록 돌출된 적어도 하나의 돌기부를 포함하고, 상기 제1 방향의 최외측에 배치된 트렌치는 상기 연결부에 연결될 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 내부 용기는: 배플 인서트가 삽입되는 목부; 및 상기 목부보다 지름이 증가한 몸체부;를 포함하고, 상기 목부는 내측 원통과 상기 내측 원통을 감싸는 외측 원통을 포함하는 이중벽 구조일 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 내측 원통은 원통의 외측으로 돌출된 복수의 링 돌출부를 더 포함하고, 열 앵커들은 상기 링 돌출부들 각각과 결합하고, 상기 링 돌출부들은 서로 이격되어 배치되고, 상기 외측 원통은 상기 링 돌출부를 사이에 두고 서로 분리될 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 목부는 상기 내측 원통과 상기 외측 원통 사이에 배치된 열 차폐막을 더 포함할 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 링 돌출부의 외주면과 상기 열 앵커의 내주면은 나사 결합할 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 열 앵커들은 상기 목부의 외측에는 서로 수직으로 이격되어 차례로 배치되어 와서 형상의 제1 내지 제3 열 앵커를 포함하고, 상기 제1 열 앵커는 120K 열차폐막에 연결되고, 상기 제2 열 앵커는 80K 열 차폐막에 연결되고, 상기 제3 열 앵커는 40K 열 차폐막에 연결되고, 상기 40 K 열 차폐막은 상기 4K 열차폐부를 감싸도록 배치될 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 내지 제3 열 앵커 각각은 반경 방향으로 연장되는 복수의 슬릿을 포함할 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 배플 인서트에 배치되고 기화된 냉매를 배기하는 냉매 배기 튜브; 상기 배플 인서트에 배치되고 냉매를 주입하는 냉매 주입 튜브; 및 상기 냉매 배기 튜브 및 상기 냉매 주입 튜브에 연결되고 상기 냉매 주입 튜브를 통하여 배기된 기화된 냉매를 응축하는 응축기를 더 포함하고, 상기 냉매 배기 튜브 및 상기 냉매 주입 튜브는 동축 구조이고, 상기 냉매 배기 튜브 및 상기 냉매 주입 튜브 각각은 내부 튜브와 외부 튜브를 구비한 이중 튜브일 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 메인 열 앵커는: 무산소 구리로 형성되고 제1 원판, 상기 제1 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제1 상부 돌출부 및 상기 제1 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제1 하부 돌출부를 포함하는 제1 열전달부; 무산소 구리로 형성되고 제2 원판, 상기 제2 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제2 상부 돌출부 및 상기 제2 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제2 하부 돌출부를 포함하는 제2 열전달부; 무산소 구리로 형성되고 제3 원판, 상기 제3 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제3 상부 돌출부 및 상기 제3 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제3 하부 돌출부를 포함하는 제3 열전달부; 무산소 구리로 형성되고 제4 원판, 상기 제4 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제4 상부 돌출부 및 상기 제4 원판의 중심축에서 하부면에 복수의 홀들을 포함하는 제4 열전달부; 절연체로 형성되고 상기 제1 열전달부의 제1 원판과 상기 제2 열전달부의 제2 원판 사이에 삽입되는 제1 열팽창 조절부; 및 절연체로 형성되고 상기 제3 열전달부의 제3 원판과 상기 제4 열전달부의 제4 원판 사이에 삽입되는 제2 열팽창 조절부;를 포함할 수 있다. 상기 제2 열전달부의 제

2 상부 돌출부는 상기 제1 열전달부의 제1 하부 돌출부와 결합하기 위한 홈을 구비하고, 상기 제2 열전달부의 제2 하부 돌출부는 상기 제3 열전달부의 제3 상부 돌출부와 결합하기 위한 홈을 구비하고, 상기 제3 열전달부의 제3 하부 돌출부는 상기 제4 열전달부의 제4 상부 돌출부와 결합하기 위한 홈을 구비할 수 있다.

[0033] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 열팽창 조절부는: 상기 제1 원판의 직경과 동일한 직경을 가지는 제1 절연 몸체부; 상기 내부 몸체의 하부면에 매몰되고 상기 제1 직경보다 큰 제2 직경을 가지는 제2 절연 몸체부; 및 상기 제2 직경보다 작은 제3 직경을 가지는 제3 절연 몸체부를 포함하고, 상기 제3 절연 몸체부는 상기 제2 원판의 외주면을 감싸도록 배치될 수 있다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 곡선부위를 포함하고, 상기 곡선 부위는 심장의 좌심실을 감싸도록 배치될 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 내부 용기는: 배플 인서트가 삽입되는 목부; 및 상기 목부보다 지름이 증가한 몸체부;를 포함하고, 상기 목부는 내측 원통부와 상기 내측 원통을 감싸도록 배치된 외측 원통부를 포함하고, 상기 내측 원통부는 서로 수직으로 이격되어 배치된 보조 내측 원통들로 분리되고, 열 앵커들 각각은 상기 분리된 보조 내측 원통들 사이에 각각 삽입될 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 열 앵커들 각각은: 원통 형상의 제1 원통부; 및 상기 제1 원통부의 중심에서 외측으로 연결된 와셔 형상의 제1 와셔부를 포함하고, 상기 제1 원통부의 외측면은 대응하는 보조 내측 원통의 내측면과 나사 결합할 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 와셔 형상의 제2 와셔부와 상기 제2 와셔부의 내측면에 연결되는 원통 형상의 제2 원통부를 포함하는 고정부들을 더 포함하고, 한 쌍의 고정부는 상기 열 앵커의 제1 와셔부의 내측 상부면 및 내측 하부면에 각각 배치될 수 있다.

[0038] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 외측 원통부는 서로 이격되어 배치되는 복수의 보조 외측 원통부들을 포함하고, 상기 보조 외측 원통부는 상기 고정부의 제2 원통부를 감싸도록 배치되고, 열 차폐막은 상기 보조 외측 원통부와 상기 보조 내측 원통부 사이에 배치될 수 있다.

[0039] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 열 앵커들 각각은 상기 제1 원통부의 중심에서 내측으로 연결된 와셔 형상의 보조 와셔부를 더 포함하고, 상기 보조 와셔부는 방위각 방향으로 형성된 슬릿을 포함할 수 있다.

[0040] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 SQUID 센서 모듈들 각각은: 검출 코일이 장착되고 사각형 단면을 가진 직육면체 형상의 보빈; 상기 보빈에 연결되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판에 형성된 홀에 삽입되어 고정되는 고정 블록; 상기 보빈의 상부 측면들 중에서 적어도 일면에 장착되고 초전도양자간섭소자(SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판; 및 상기 고정 블록에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로에 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함할 수 있다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 검출 코일은 미분계일 수 있다. 상기 검출 코일은: 상기 보빈의 사각형 단면의 제1 측면에 배치된 제1 미분계; 상기 보빈의 제1 측면에 이웃한 제2 측면에 배치된 제2 미분계; 및 상기 보빈의 하부면에 배치된 제3 미분계를 포함할 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는, 외부 용기; 및 액체 냉매를 수납하고 상기 외부 용기에 삽입된 내부 용기를 포함하고, 상기 내부 용기는: 배플 인서트가 삽입되는 목부; 및 상기 목부보다 지름이 증가한 몸체부;를 포함한다. 상기 목부는 내측 원통부와 상기 내측 원통을 감싸도록 배치된 외측 원통부를 포함하고, 상기 내측 원통부는 서로 수직으로 이격되어 배치된 보조 내측 원통들로 분리되고, 열 앵커들 각각은 상기 분리된 보조 내측 원통들 사이에 각각 삽입될 수 있다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 열 앵커들 각각은: 원통 형상의 제1 원통부; 및 상기 제1 원통부의 중심에서 외측으로 연결된 와셔 형상의 제1 와셔부를 포함하고, 상기 제1 원통부의 외측면은 대응하는 보조 내측 원통의 내측면과 나사 결합할 수 있다.

[0044] 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈은, 검출 코일이 장착되고 사각형 단면을 가진 직육면체 형상의 보빈; 상기 보빈에 연결되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판에 형성된 홀에 삽입되어 고정되는 고정 블록; 상기 보빈의 상부 측면들 중에서 적어도 일면에 장착되고 초전도양자간섭소자(SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판; 및 상기 고정 블록에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로에 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함할 수 있다.

[0045] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 검출 코일은 미분계이고, 상기 검출 코일은: 제1 내지 제4 측면을 가진 상기 보빈의 제1 측면에 배치된 제1 미분계; 상기 보빈의 제1 측면에 이웃한 제2 측면에 배치된 제2 미분계; 및 상기 보빈의 하부면에 배치된 제3 미분계를 포함할 수 있다.

[0046] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 보빈은: 직육면체 형상의 하부 보빈; 상기 하부 보빈에 수직으로 정렬된 상부 보빈; 및 수직으로 연장 방향의 4 개의 모서리에 각각 배치된 보빈 연결 기둥을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 SQUID 센서 모듈을 용이하게 교체할 수 있다.

[0048] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 이중 벽 구조의 목부를 이용하여 복사열을 효율적으로 차단할 수 있다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 이중 벽 구조의 목부를 이용하여 냉매의 진공층 내부로의 투과를 차단할 수 있다.

[0050] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 이중 벽 구조의 목부에 장착된 열앵커를 기화된 냉매에 직접 접촉함으로써 센서 냉각을 향상시키고, 액체 헬륨 증발율을 효과적으로 감소시킬 수 있다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 검출코일을 내부 용기의 진공층 하부면에서 설치하여 진동을 줄일 수 있다.

[0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 검출코일과 SQUID를 내부 용기의 진공층 하부면에서 설치하여 동작 신뢰성을 높일 수 있다.

[0053] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 응축기와 듀아를 연결하는 동축 이중 튜브 구조를 사용하여 듀아에서 증발된 차가운 헬륨 가스를 응축기에 전달하여 응축기 또는 냉각기의 효율을 증가시킬 수 있다.

[0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 진공내코일 구조를 채용하여 SQUID 센서와 전류원 사이의 거리를 감소시키어 신호대잡음비를 증가시킬 수 있다.

[0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 3축 미분계를 사용하여 신호원의 측정 정확성을 증가시킬 수 있다.

[0056] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치는 냉매를 보관하는 내부 용기의 하부면에서 SQUID 센서를 냉각하기 위한 메인 열 앵커를 구비한다. 상기 메인 열 앵커는 복수의 부품으로 구성하여 열 수축에 의한 내부 용기의 파손을 억제하면서 열접촉 면적을 증가시키어 리츠 와이어를 통하여 SQUID 센서를 효율적으로 냉각할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0057] 도 1 및 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치를 설명하는 개념도들이다.

도 3은 도 1의 자기장 측정 장치에서 내부 용기의 하부면을 바라본 평면도이다.

도 4는 도 1의 자기장 측정 장치의 열 앵커를 설명하는 사시도이다.

도 5a는 도 1의 자기장 측정 장치의 SQUID 센서 모듈 장착판의 상부 평면도이다.

도 5b는 도 1의 자기장 측정 장치의 SQUID 센서 모듈 장착판의 하부 평면도이다.

도 6은 도 5a의 A-A' 선을 따라 자른 단면도이다.

도 7은 도 5a의 B-B' 선을 따라 자른 단면도이다.

도 8은 도 5a의 C-C' 선을 따라 자른 단면도이다.

도 9는 도 1의 보조 열 앵커를 나타내는 사시도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 메인 열 앵커를 나타내는 단면도이다.

도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기장 측정 장치를 설명하는 개념도이다.

도 12는 도 11의 SQUID 센서 장착판을 설명하는 사시도이다.

도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자기장 측정 장치를 설명하는 개념도이다.

도 14는 도 13의 자기장 측정 장치를 설명하는 단면도이다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈을 설명하는 사시도이다.

도 16은 도 15의 SQUID 센서 모듈의 미분계의 검출 코일을 설명하는 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 헬륨가스를 냉동기로 바로 재응축하여 듀아로 되돌려 보내는 기술이 적용된다. 냉동기와 냉매 전달 튜브에 의한 자기잡음과 진동잡음이 매우 크기 때문에 SQUID 장치가 이들 진동에 반응하지 않도록 하기 위해 특별한 듀아(dewar) 구조 및 SQUID 배치방법이 요구된다.
- [0059] 최근 헬륨 가스의 가격 상승에 따라, 헬륨가스를 냉동기로 바로 재응축하여 듀아로 되돌려 보내는 기술이 요구된다. 기화된 헬륨은 기체 배기 튜브를 통하여 냉동기에 공급되고, 액체된 냉매가 냉매 주입 튜브를 통하여 듀아에 제공된다. 기체 배기 튜브와 냉매 주입 튜브가 단일 파이프로 구성하는 경우, 파이프 내부와 외부 사이의 열교환으로 인해 파이프 내부의 냉매가 차가운 상태를 유지할 수가 없다.
- [0060] 본 발명의 일 실시예에 따른 진공내코일(CIV) SQUID 장치는 동축 이중 튜브 구조를 이용하여 배플 인서트 뚜껑에 열음 응결을 해결하였다. 냉매가 증발된 가스의 배기 튜브와 냉매 주입 튜브 각각은 이중 튜브 구조이다. 상기 이중 튜브 구조는 차가운 기화 가스를 냉각기로 이송하여 냉각 효율을 증가시킬 수 있고, 듀아의 회전 및 기울임 자세 제어를 가능하게 할 수 있다.
- [0061] 진공내코일(CIV) SQUID 장치에서, 듀아는 내부 용기와 내부 용기를 감싸는 외부 용기를 포함한다. 그러나, 내부 용기는 외부로부터 복사열을 흡수하여 냉매의 소모를 증가시킨다.
- [0062] 본 발명의 일 실시예에 따른 진공내코일(CIV) SQUID 장치에서, 듀아는 배플 인서트가 삽입되는 내부 용기의 목부에 이중 벽 구조를 사용한다. 이러한 이중 벽 구조는 급속한 냉각시 듀아 내부를 구성하는 부분품의 열수축으로 인한 진공파괴를 방지하는 데 크게 기여할 수 있다. 또한, 이중 벽 구조는 듀아 내부 냉각시 자동적으로 진공층이 형성되고, 복사열 유입을 감소시키기 위해 이중 벽 사이에 열 차폐막을 배치함으로써 듀아 목으로부터의 복사열 유입을 크게 감소시킨다. 또한 이중 진공층은 유리섬유로 강화된 에폭시를 관통하는 미세한 헬륨가스를 이중으로 차단하여 진공층의 진공도를 향상시킴으로써 액체헬륨의 증발율을 감소시킬 수 있다. 이중 벽 구조에서, 열 앵커는 기화된 냉매와의 효율적인 열접촉을 위해 내부 용기 내부로 삽입된다. 열 앵커와 내부 용기 사이의 팽창에 의한 손상을 감소시키도록, 열 앵커와 내부 용기는 서로 나사 결합을 수행한다. 또한, 상기 이중 벽 구조에서 내부로 삽입된 열 앵커는 열 접촉면을 증가시키기 위해 여러 개의 구멍이 형성되어 있으며 기화된 냉매에 직접 접촉함으로써 폐열을 효율적으로 사용하게 된다. 따라서 열차단 층의 효과를 극대화시켜 냉매의 증발율을 감소시키는 것과 동시에 고하중의 내측 구조물을 안정적으로 지지할 수 있어 냉매 증발과 외부 진동에 의한 잡음을 억제할 수 있다.
- [0063] 본 발명의 일 시예에 따른 심자도 장치는 SQUID 센서의 유지 보수를 용이하게 수행하는 진공내코일(CIV: Coil-in-Vacuum) SQUID를 채용하고, SQUID 센서들을 감싸도록 저온 냉각 차폐 구조물을 포함한다. 상기 저온 냉각 차폐 구조물은 서로 분해되어 상기 SQUID 센서의 유지 보수를 용이하게 수행할 수 있다.
- [0064] 자기장 신호원으로부터 자기신호의 세기는 거리의 제곱에 반비례하여 감소하므로 신호대잡음비를 향상시키기 위해 신호원과 검출코일의 간격을 최소화하는 것이 필요하다. 그런데, 신호원과 검출코일의 간격이 너무 좁으면, 냉매의 증발률이 증가할 수 있다. 따라서, 신호원과 검출 코일 사이의 간격을 조절할 수 있는 장치가 요구된다. 본 발명은 신호원과 검출 코일 사이의 간격을 용이하게 조절할 수 있다.
- [0065] 본 발명의 일 시예에 따른 심자도 장치는 내부 용기의 하부면에 배치된 메인 열 앵커를 구비하고, 상기 메인 열 앵커는 서로 나사 결합하는 복수의 열전달부와 상기 열전달부와 상기 내부 용기 사이의 열 팽창에 의한 밀봉 파괴를 조절하는 절연 재질의 열 팽창 조절부를 포함한다. 복수의 열전달부가 결합된 경우, 내부 용기의 외부면과 내부면에 매몰되어 배치된 한 쌍의 열 팽창 조절부를 압박하여 밀봉 및 열 팽창에 의한 부품 파손을 억제한다.
- [0066] 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈은 3축 미분계를 구비하고, 열 용량을 감소시키기 위하여 부피를 최소화한 구조를 가진다. 이를 위하여, 미분계는 직육면체의 보빈에 배치된다. 보빈은 상부 보빈, 하부 보빈, 이들을 연결하는 보빈 연결 기둥을 포함한다. 또한, 3축 미분계를 구성하는 각 미분계는 신호 코일과 참조 코일을 구비한다. 각각의 미분계는 하나의 보빈 내에서 서로 간섭을 최소화하도록 서로 직육면체의 다른 면에 배치되

어 서로 교차하지 않는다.

- [0067] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 도면들에 있어서, 구성요소는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [0068] 도 1 및 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 측정 장치를 설명하는 개념도들이다.
- [0069] 도 3은 도 1의 자기장 측정 장치에서 내부 용기의 하부면을 바라본 평면도이다.
- [0070] 도 4는 도 1의 자기장 측정 장치의 열 앵커를 설명하는 사시도이다.
- [0071] 도 5a는 도 1의 자기장 측정 장치의 SQUID 센서 모듈 장착판의 상부 평면도이다.
- [0072] 도 5b는 도 1의 자기장 측정 장치의 SQUID 센서 모듈 장착판의 하부 평면도이다.
- [0073] 도 6은 도 5a의 A-A' 선을 따라 자른 단면도이다.
- [0074] 도 7은 도 5a의 B-B' 선을 따라 자른 단면도이다.
- [0075] 도 8은 도 5a의 C-C' 선을 따라 자른 단면도이다.
- [0076] 도 9는 도 1의 보조 열 앵커를 나타내는 사시도이다.
- [0077] 도 1 내지 도 9를 참조하면, 자기장 측정 장치(100)는, 외부 용기(110); 액체 냉매(30)를 수납하고 상기 외부 용기(110)의 내부에 배치되고 제1 직경을 가진 목부(162) 및 상기 제1 직경보다 큰 제2 직경을 가진 몸체부(164)를 포함하는 내부 용기(160); 상기 내부 용기(160)와 상기 외부 용기(110)의 사이의 공간은 진공상태로 유지되고, 상기 내부 용기(160)의 하부에 배치되는 SQUID 센서 모듈 장착판(120); 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)의 하부에 장착된 복수의 SQUID 센서 모듈들(10); 및 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120) 및 상기 복수의 SQUID 센서 모듈들(10)을 감싸도록 배치된 도전성 메쉬로 형성된 4K 열차폐부(140)를 포함한다.
- [0078] 외부 용기(110)는 원통 형상이고 G10 에폭시와 같은 유리섬유 강화 플라스틱일 수 있다. 상기 외부 용기(110)는 외부 용기 상판(111)을 포함할 수 있다.
- [0079] 상기 내부 용기(160)는 액체 냉매(30)를 저장하고, 메인 열 앵커(170) 및 리츠 와이어(22)를 통하여 SQUID 센서 모듈(10)을 냉각할 수 있다. 상기 내부 용기(160)의 재질은 G10 에폭시와 같은 유리섬유 강화 플라스틱일 수 있다. 상기 내부 (160)는, 배플 인서트(150)가 삽입되는 목부(162); 상기 목부(162)보다 지름이 증가한 몸체부(164)를 포함할 수 있다. 상기 목부(162)는 내측 원통과 상기 내측 원통을 감싸는 외측 원통을 포함하는 이중벽 구조일 수 있다. 상기 목부(162)는 내측 원통(162a)과 상기 내측 원통(162a)을 감싸는 외측 원통(162b)을 포함할 수 있다. 열 차폐막(162c)은 상기 내측 원통(162a)과 상기 외측 원통(162b) 사이에 배치될 수 있다. 상기 열 차폐막(162c)은 반사율(reflectivity)이 높고, 방사율(emissivity)이 낮은 금속 박막층과 낮은 열 전도율을 갖는 매우 얇은 부직포를 순차적으로 쌓은 다층구조일 수 있다.
- [0080] 상기 내측 원통(162a)은 원통의 외측으로 돌출된 복수의 링 돌출부(162a')를 더 포함할 수 있다. 상기 링 돌출부(162a')는 원통 링 형태이고, 상기 내측 원통(162a)과 일체형으로 형성될 수 있다. 상기 링 돌출부(162a')의 외주면에는 나사 결합을 위한 스크루가 형성될 수 있다.
- [0081] 열 앵커들(106a~c)은 상기 링 돌출부들(162a') 각각과 결합할 수 있다. 상기 링 돌출부들(162a')은 서로 이격되어 배치되고, 상기 외측 원통(162b)은 상기 링 돌출부(162a')를 사이에 두고 서로 분리될 수 있다. 상기 링 돌출부(162a')의 외주면과 상기 열 앵커(106a~c)의 내주면은 나사 결합할 수 있다.
- [0082] 상기 링 돌출부들(162a')은 서로 이격되어 배치될 수 있다. 상기 외측 원통(162b)은 상기 링 돌출부(162a')를 사이에 두고 서로 분리될 수 있다. 즉, 상기 외측 원통(162b)은 서로 분리된 복수의 원통 형상의 부품을 포함할 수 있다. 상기 외측 원통(162b)과 상기 내측 원통(162a) 사이의 간격은 수 mm 이내일 수 있다. 상기 외측 원통(162a) 각각은 열 앵커 결합부(106a'') 및 상기 링 돌출부(162a')를 감싸는 턱(162b')을 포함할 수 있다. 상기 외측 원통(162b)은 상기 링 돌출부를 감싸도록 결합한 후, 결합 부위는 에폭시와 같은 접착제로 고정되고 밀봉될 수 있다.
- [0083] 상기 열 앵커들(106a~c)은 상기 목부의 외측에는 서로 수직으로 이격되어 차례로 배치된 와셔 형상의 제1 내지

제3 열 앵커(106a~c)를 포함할 수 있다. 상기 제1 내지 제3 열 앵커(106a~c) 각각은 반경 방향으로 연장되는 복수의 슬릿(108)을 포함할 수 있다.

- [0084] 상기 제1 열 앵커(106a)는 120K 열차폐막(107a)에 연결되고, 상기 제2 열 앵커(106b)는 80K 열 차폐막(107b)에 연결되고, 상기 제3 열 앵커(106c)는 40K 열 차폐막(107c)에 연결될 수 있다. 상기 40 K 열 차폐막(107c)은 상기 4K 열차폐부(140)를 감싸도록 배치될 수 있다. 상기 80K 열 차폐막(107b)은 상기 40 K 열 차폐막(107c)을 감싸도록 배치될 수 있다. 상기 120K 열 차폐막(107a)은 상기 80 K 열 차폐막(107b)을 감싸도록 배치될 수 있다.
- [0085] 열 앵커들(106a, 106b, 106c)은 상기 링 돌출부들(162a`)과 각각 결합할 수 있다. 상기 링 돌출부(162a`)의 외주면과 상기 열 앵커(106a, 106b, 106c)의 내주면은 나사 결합할 수 있다. 상기 열 앵커들(106a, 106b, 106c) 각각은 원형 와서 형태일 수 있다. 상기 열 앵커들은 구리 또는 알루미늄일 수 있다.
- [0086] 상기 열 앵커(106a)는 원통 형상의 열 앵커 결합부(106a`)와 상기 열 앵커 결합부의 외주면에서 배치되고 원판 형상의 열 앵커 몸체부(106a`)를 포함할 수 있다. 상기 열 앵커 결합부(106a`)의 내주면은 상기 링 돌출부의 외주면과 나사 결합할 수 있다. 이에 따라, 상기 열 앵커들(106a, 106b, 106c)은 상기 내부 용기에 안정적으로 고정되면서, 서로 넓은 면적으로 열접촉하여 냉각될 수 있다. 상기 링 돌출부(162a`)와 상기 열 앵커(106a)의 나사 결합은 열 팽창에 의한 효율적인 열접촉을 제공하면서 기계적 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0087] 상기 이중 벽 구조는 외부로부터 상기 내부 용기(160) 내로 복사 열의 유입을 차단할 수 있다. 상기 내부 용기가 냉매에 의하여 냉각된 경우, 상기 내측 원통과 상기 외측 원통 사이의 공간은 진공을 유지할 수 있다. 이에 따라, 열전달에 의한 열 유입을 차단하고, 상기 열 차폐막(162c)은 복사 열의 유입을 추가적으로 차단할 수 있다. 이에 따라, 이중벽 구조의 목부는 단일벽 구조의 목부에 비하여 높은 기계적 안정성 및 높은 열차폐 효율을 제공할 수 있다.
- [0088] 상기 열 앵커(106a, 106b, 106c)는 차례로 배치된 제1 내지 제3 열 앵커(106a, 106b, 106c)를 포함할 수 있다. 상기 제1 열 앵커(106a)는 목부(362)의 가장 상측에 배치되고 120K 열차폐막(107a)에 연결될 수 있다. 상기 제2 열 앵커(106b)는 상기 제1 열 앵커(106a)의 하측에 배치되고 80K 열 차폐막(107b)에 연결될 수 있다. 상기 제3 열 앵커(106c)는 상기 제2 열 앵커(106b)의 하측에 배치되고 40K 열 차폐막(107b)에 연결될 수 있다. 상기 제1 열 앵커(106a)의 외직경은 상기 제2 열 앵커(106b)의 외직경보다 클 수 있다.
- [0089] 상기 제1 열 앵커(106a)는 상기 냉매로부터 가장 멀리 이격되어 있어 가장 높은 온도로 유지되고, 상기 제3 열 앵커(106c)는 상기 냉매에 가장 근접하여 가장 낮은 온도로 유지될 수 있다. 상기 제1 열 앵커 내지 상기 제3 열 앵커(106a, 106b, 106c)는 기화된 냉매와 열접촉하여 냉각될 수 있다.
- [0090] 상기 40K 열차폐막(107c)은 상기 제3 열 앵커(106c)의 외주면에 결합하고 상기 내부 용기(160)을 감싸도록 배치되고 복사 열의 유입을 차단할 수 있다. 상기 40K 열차폐막(107c)은 서로 절연된 금속선으로 짜여진 금속 메쉬 및 단열 필름을 포함할 수 있다. 상기 40K 열차폐막(107c)은 상기 4K 열차폐막을 감쌀 수 있다.
- [0091] 상기 80K 열차폐막(107b)은 상기 제2 열 앵커(106b)의 외주면에 결합하고 상기 40K 열차폐막(107c)을 감싸도록 배치되고 복사 열의 유입을 차단할 수 있다. 상기 80K 열차폐막(107b)은 서로 절연된 금속선으로 짜여진 금속 메쉬 및 단열 필름을 포함할 수 있다. 상기 80K 열차폐막(107b)은 상기 4K 열차폐막을 감쌀 수 있다.
- [0092] 상기 120K 열차폐막(107a)은 상기 제1 열 앵커(106a)의 외주면에 결합하고 상기 80K 열차폐막(107b)을 감싸도록 배치되고 복사 열의 유입을 차단할 수 있다. 상기 120K 열차폐막(107a)은 서로 절연된 금속선으로 짜여진 금속 메쉬 및 단열 필름을 포함할 수 있다. 상기 120K 열차폐막(107a)은 상기 80K 열차폐막(107b)을 감쌀 수 있다.
- [0093] 상기 내부 용기(160)와 상기 외부 용기(110) 사이의 공간은 진공 상태로 유지될 수 있다. 상기 외부 용기 뚜껑(111)은 진공 펌프와 연결되는 배기 포트(111a)를 포함할 수 있다. 상기 배기 포트(111a)는 G-10 에폭시 튜브로 형성될 수 있다. 상기 몸체부(164)의 하부면(164a)은 복수의 게터 홈(getter groove)을 포함할 수 있다. 상기 게터 홈에는 진공 상태에서 잔류 기체를 포집하는 게터가 배치될 수 있다.
- [0094] 배플 인서트(150)는 상기 내부 용기(160)의 목부(162)에 삽입되어 배치될 수 있다. 상기 배플 인서트(150)는 인서트 상판(151), 상기 인서트 상판의 하부에 배치된 배플(156), 상기 배플(156)을 지지하고 상기 인서트 상판에 고정되는 복수의 가이드 봉(154)을 포함할 수 있다.
- [0095] 상기 인서트 상판(151)은 원판 형상이고, G-10 에폭시로 형성될 수 있다. 상기 인서트 상판(151)은 상기 외부 용기 뚜껑(111)에 고정될 수 있다. 상기 가이드 봉(154)은 G-10 에폭시로 형성되고, 봉 형상 또는 파이프 형상

일 수 있다. 상기 가이드 봉(154)은 상기 배플(156)을 지지할 수 있다. 상기 배플(156)은 보온성이 높은 스티로폼과 도전판을 포함할 수 있다. 상기 도전판은 복사 열을 차단하기 위하여 차례로 적층된 알루미늄 코팅된 마일라(mylar) 및 구리층을 포함할 수 있다.

[0096] 냉매 배기 튜브(153)는 상기 배플 인서트(150)의 인서트 상판(151)에 배치되고 기화된 냉매를 배기할 수 있다. 냉매 주입 튜브(152)는 상기 배플 인서트(150)의 인서트 상판(151)에 배치되고 냉매를 주입할 수 있다. 상기 냉매 배기 튜브(153) 및 상기 냉매 주입 튜브(152) 각각은 내부 튜브와 외부 튜브를 구비한 이중 튜브일 수 있다. 이중 튜브에서 내부 튜브와 외부 튜브 사이의 공간은 냉각시 진공 상태를 유지할 수 있다. 상기 냉매 주입 튜브(152)는 상기 냉매 배기 튜브(153)에 삽입된 동축 구조일 수 있다. 상기 냉매 배기 튜브(153) 및 상기 냉매 주입 튜브(152)는 G-10 에폭시로 형성될 수 있다.

[0097] 동축 이중 튜브(152,153)는 상기 인서트 상판(151)과 열접촉을 감소시키어 상기 인서트 상판(151)의 열음 생성을 감소시킬 수 있다. 상기 냉매 배기 튜브 및 상기 냉매 주입 튜브가 단일 튜브인 경우, 상기 인서트 상판(151) 및 냉매 배기 튜브는 열음을 생성하고, 상기 열음은 상기 외부 용기 뚜껑(111)과 상기 인서트 상판(151)의 밀봉을 저해하고 외부의 열 유입을 증가시킬 수 있다. 동축 이중 튜브(152,153)는 상기 인서트 상판(151)의 중심축에 배치될 수 있다. 상기 냉매 배기 튜브(153)의 일단은 제1 열 앵커(106a)보다 높은 위치에 배치될 수 있다.

[0098] 응축기(159)는 상기 냉매 배기 튜브(153) 및 상기 냉매 주입 튜브(152)에 연결되고 상기 냉매 주입 튜브(153)를 통하여 배기된 기화된 냉매를 응축할 수 있다. 상기 응축기(159)는 자기 차폐실 외부에 배치될 수 있다.

[0099] 신호선 연결 박스는 상기 외부 용기의 외부에 배치되고 SQUID 센서의 신호선들(15)을 연결할 수 있다.

[0100] 메인 열 앵커(main thermal anchor, 170)는 상기 냉매에 의하여 냉각되고 상기 내부 용기(160)의 하부면에 일정한 원주 상에 일정한 간격으로 배치될 수 있다. 상기 메인 열 앵커(170)는 6 개일 수 있다.

[0101] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 메인 열 앵커를 나타내는 단면도이다.

[0102] 도 10을 참조하면, 상기 메인 열 앵커(170)는, 제1 열전달부(171), 제2 열전달부(172), 제3 열전달부(173), 제4 열전달부(174), 제5 열전달부(175), 제1 열팽창 조절부(176), 및 제2 열팽창 조절부(177)를 포함할 수 있다. 상기 메인 열 앵커(170)는 복수의 부품으로 구성되어 열 팽창에 의한 내부 용기의 파손을 억제하면서 열접촉 면적을 증가시키어 리즈 와이어(2)2 및 SQUID 센서를 효율적으로 냉각할 수 있다.

[0103] 상기 제1 열팽창 조절부(176)는 상기 내부 용기의 하부면의 내측에 형성된 2개의 반경을 가진 이중 홈에 결합하고, 제2 열팽창 조절부(177)는 상기 내부 용기의 하부면의 외측에 형성된 2개의 반경을 가진 이중 홈에 결합할 수 있다.

[0104] 제1 열전달부(171)는 무산소 구리로 형성되고 제1 원판(171a), 및 상기 제1 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제1 하부 돌출부(171b)를 포함할 수 있다. 제1 열전달부(171)는 상기 제1 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제1 상부 돌출부(171c)를 더 포함할 수 있다.

[0105] 제2 열전달부(172)는 무산소 구리로 형성되고 제2 원판(172a), 상기 제2 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제2 상부 돌출부(172b) 및 상기 제2 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제2 하부 돌출부(172c)를 포함할 수 있다. 상기 제2 열전달부(172)의 제2 상부 돌출부(172b)는 상기 제1 열전달부(171)의 제1 하부 돌출부(171b)와 결합하기 위한 나사 홈(172d)을 구비할 수 있다. 상기 제2 열전달부(172)의 제2 하부 돌출부(172c)는 상기 제3 열전달부(173)의 제3 상부 돌출부(173b)와 결합하기 위한 나사 홈(172e)을 구비할 수 있다.

[0106] 제3 열전달부(173)는 무산소 구리로 형성되고 제3 원판(173a), 상기 제3 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제3 상부 돌출부(173b) 및 상기 제3 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제3 하부 돌출부(173c)를 포함할 수 있다. 상기 제3 열전달부(173)의 제3 하부 돌출부(173c)는 상기 제4 열전달부(174)의 제4 상부 돌출부(174b)와 결합하기 위한 나사 홈(173d)을 구비할 수 있다.

[0107] 제4 열전달부(174)는 무산소 구리로 형성되고 제4 원판, 및 상기 제4 원판의 중심축에서 상부면으로 돌출된 제4 상부 돌출부(174b), 및 상기 제4 원판의 중심축에서 하부면으로 돌출된 제4 하부 돌출부(174c)를 포함할 수 있다.

[0108] 제5 열전달부(175)는 무산소 구리로 형성되고 원판을 포함할 수 있다. 상기 제5 열전달부(175)는 제4 열전달부(174)의 제4 하부 돌출부(174c)와 결합할 수 있다. 제5 열전달부(175)의 하부면은 고정 수단(178)과 결합할 수

있다. 상기 고정 수단(178)은 리즈 와이어(22)를 고정하고 생각할 수 있다.

- [0109] 제1 열팽창 조절부(176)는 절연체로 형성되고 상기 제1 열전달부(171)의 제1 원판(171a)과 상기 제2 열전달부(172)의 제2 원판(172b) 사이에 삽입될 수 있다. 제1 열팽창 조절부(176)는 상기 내부 용기의 재질과 동일한 재질일 수 있다.
- [0110] 제2 열팽창 조절부(177)는 절연체로 형성되고 상기 제3 열전달부(173)의 제3 원판(173a)과 상기 제4 열전달부(174)의 제4 원판(174a) 사이에 삽입될 수 있다. 제2 열팽창 조절부(177)는 상기 내부 용기의 재질과 동일한 재질일 수 있다.
- [0111] 상기 제1 열팽창 조절부(176)는, 상기 제1 원판(171a)의 제1 직경(D1)과 동일한 직경을 가지는 제1 절연 몸체부(176a); 상기 내부 몸체의 하부면에 매몰되고 상기 제1 직경(D1)보다 큰 제2 직경(D2)을 가지는 제2 절연 몸체부(176b); 및 상기 제2 직경(D2)보다 작은 제3 직경(D3)을 가지는 제3 절연 몸체부(176c)를 포함할 수 있다. 상기 제3 절연 몸체부(176c)는 상기 제2 원판(172a)의 외주면을 감싸도록 배치될 수 있다. 제3 절연 몸체부(176c)의 외주면은 나사홈을 구비할 수 있다.
- [0112] 상기 제2 열팽창 조절부(177)는 상기 제1 열팽창 조절부(176)와 동일한 구조를 가질 수 있다.
- [0113] 제1 내지 제4 열전달부(171~174)는 서로 결합하면, 상기 제1 열팽창 조절부(176) 및 상기 제2 열팽창 조절부(177)는 압박되어 상기 내부 용기와 실링될 수 있다. 또한, 제1 원판(171a) 및 제4 원판(174a)은 상기 제1 열팽창 조절부(176)와 상기 제2 열팽창 조절부(177)를 압박하여 실링될 수 있다.
- [0114] 상기 메인 열 앵커(170)는 상기 4K 열차폐부 및 상기 SQUID 센서 모듈들(10)을 리즈 와이어를 통하여 생각할 수 있다.
- [0115] 다시, 도 1을 참조하면, 센서 가이드 봉(180a)은 상기 내부 용기의 하부면(164a)에 장착되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)을 관통하여 연장되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)의 연직 운동을 가이드할 수 있다. 상기 센서 가이드 봉(180a)은 상기 내부 용기의 하부면(164a)에서 일정한 반경의 원주 상에 주기적으로 배치될 수 있다.
- [0116] 센서 고정 봉(180b)은 상기 내부 용기의 하부면(164a)에 장착되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)에 고정될 수 있다. 상기 센서 고정 봉(180b)은 상기 내부 용기의 하부면(164a)에서 일정한 반경의 원주 상에 주기적으로 배치될 수 있다. 상기 센서 고정 봉(180b)의 길이 또는 고정 위치를 조절하여, 자기장 신호원과 검출 코일 사이의 거리를 조절할 수 있다.
- [0117] 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)은 원판 형태이고, G10 에폭시와 같은 비자성 물질일 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)은 그 측면의 하부면에 링 형태의 링 함몰부(120a)를 구비할 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)은 상기 링 함몰부(120a)에서 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)을 관통하는 적어도 하나의 연결부(123)를 포함할 수 있다.
- [0118] 상기 SQUID 센서 모듈들(10)은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)을 관통하고 제1 방향(x축 방향) 및 제2 방향(y축 방향)을 따라 배열될 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈들(10) 각각은 수직하게 연장될 수 있다. 구체적으로, 상기 SQUID 센서 모듈들(10)은 제1 방향 및 제2 방향을 따라 매트릭스 형태로 배열될 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)의 상부면은, 상기 제1 방향으로 배열된 SQUID 센서 모듈들과 상기 제2 방향으로 이격되어 상기 제1 방향으로 배열된 SQUID 센서 모듈들 사이에 상기 SQUID 센서 모듈 장착판에서 상기 제1 방향으로 연장되는 트렌치(121)를 포함할 수 있다. 신호선 연결홀(122)은 상기 트렌치(121)와 연결되고 상기 제1 방향으로 일정한 간격으로 배열되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)을 관통할 수 있다. 신호선 연결홀(122) 및 상기 트렌치(121)는 상기 SQUID 센서 모듈을 구성하는 복수의 SQUID 센서의 신호선에 대한 연결 통로를 제공할 수 있다.
- [0119] 상기 보조 열 앵커(144)는 상기 링 함몰부(120a)와 결합하고 상기 열결부(123)에 삽입되도록 돌출된 적어도 하나의 돌기부(144c)를 포함하고, 상기 제1 방향의 최외측에 배치된 트렌치(121)는 상기 열결부(123)에 연결될 수 있다.
- [0120] 상기 보조 열 앵커(144)는 상기 4K 열차폐부(140)를 개재하여 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)의 측면에 결합하고 상기 4K 열차폐부(140)를 고정하는 링 형상일 수 있다. 상기 보조 열 앵커(144)는 상기 4K 열차폐부와 열 접촉하여 상기 4K 열차폐부를 냉각할 수 있다. 상기 보조 열 앵커(144)는 무산도 동으로 형성되고, 반원 형상의 제1 보조 열 앵커(150a)와 제2 보조 열 앵커(150b)로 분리되어 와류의 흐름을 억제할 수 있다.

- [0121] 상기 4K 열차폐부(140)는, 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)의 상부면에 배치된 상부 4K 열차폐부(140a); 및 상기 복수의 SQUID 센서 모듈들을 감싸도록 배치된 하부 4K 열차폐부(140b)를 포함할 수 있다. 상기 보조 열 앵커(144)는 상기 하부 4K 열차폐부(140b)를 개재하여 상기 SQUID 센서 모듈 장착판의 측면에 결합할 수 있다. 상기 하부 4K 열차폐부(140b)는 4K 열차폐부 하우징(140c)을 감싸도록 배치될 수 있다. 상기 4K 열차폐부 하우징(140c)은 얇은 플라스틱 재질일 수 있다. 상기 4K 열차폐부 하우징(140c)은 진공 배기를 위하여 적어도 하나의 개구부를 구비할 수 있다. 상기 4K 열차폐부 하우징(140c)은 냉각 공간을 감소시키기 위하여 SQUID 센서 모듈들(10)이 배치된 영역에서 작은 직경을 가지도록 연직 방향으로 연장되면서 턱을 가질 수 있다.
- [0122] 복수의 열전달 고정부들(186)은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)의 가장 자리를 따라 주기적으로 장착될 수 있다. 상기 열전달 고정부들(186)은 열전달률이 높은 무산도 동과 같은 금속일 수 있다. 상기 복수의 열전달 고정부들(186)은 리즈 와이어를 통하여 메인 열 앵커(170)와 열접촉하고, 상기 상부 4K 열차폐부(140a)를 고정하면서 냉각하고, 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)에 고정될 수 있다. 예를 들어, 하나의 메인 열 앵커(170)는 복수의 열전달 고정부(186)에 리즈 와이어를 통하여 연결될 수 있다. 상기 리즈 와이어(22)는 유연성을 가진 복수의 구리 도선을 포함할 수 있다.
- [0123] 복수의 열전달 봉들(20)은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)에 고정되고 상기 SQUID 센서 모듈들(10)과 나란히 연장될 수 있다. 복수의 열전달 봉들(20)은 매트릭스 형태로 배열될 수 있다. 상기 열전달 봉들(20)은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)을 관통하고, 상기 열전달 봉들(29)의 양단은 상기 4K 열차폐부(140)에 각각 열접촉하도록 연결되고 고정될 수 있다.
- [0124] 상기 복수의 SQUID 센서 모듈들(10) 각각은 상기 4K 열차폐부(140)에 의하여 냉각된다. 상기 외부 용기(110)와 상기 내부 용기(160) 사이의 공간은 진공 상태이다. 상기 자기장 측정 장치(100)는 심전도를 측정하고 자기 차폐실 내부에 배치될 수 있다.
- [0125] SQUID 센서 모듈들(10) 중에서 일부가 고장난 경우, SQUID 센서 모듈들(10)을 분리하여 교체될 수 있다. 이를 위하여, 상기 보조 열 앵커(144)가 상기 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)에서 제거된 후, 상기 4K 열차폐부(140)가 제거될 수 있다. 이에 따라, 고장난 SQUID 센서 모듈은 용이하게 교체될 수 있다.
- [0126] 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기장 측정 장치를 설명하는 개념도이다.
- [0127] 도 12는 도 11의 SQUID 센서 장착판을 설명하는 사시도이다.
- [0128] 도 11 및 도 12를 참조하면, 자기장 측정 장치(200)는, 외부 용기(210); 액체 냉매(30)를 수납하고 상기 외부 용기(210)의 내부에 배치되고 제1 직경을 가진 목부(162) 및 상기 제1 직경보다 큰 제2 직경을 가진 몸체부(164)를 포함하는 내부 용기(160); 상기 내부 용기(160)와 상기 외부 용기(210)의 사이에 진공상태로 유지되는 공간에 배치되는 SQUID 센서 모듈 장착판(220); 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(220)의 하부에 장착된 복수의 SQUID 센서 모듈들(10); 및 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(220) 및 상기 복수의 SQUID 센서 모듈들(10)을 감싸도록 배치된 도전성 메쉬로 형성된 4K 열차폐부(240)를 포함한다.
- [0129] 상기 외부 용기(210)의 상부는 원통 형상이나, 하부는 인체의 몸통의 일부를 감싸도록 곡면 처리될 수 있다. 이에 따라, SQUID 센서 모듈은 심장의 좌심실의 자기장 신호를 측정하기 위해서는 좌측 가슴 옆부분을 커버할 수 있다.
- [0130] SQUID 센서 모듈 장착판(220)은 C 자 또는 L자 형태로 구부러진 원판 또는 사각판일 수 있다. 복수의 SQUID 센서 모듈들(10) 및 복수의 열전달 봉들(20)은 매트릭스 형태로 배열될 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 곡선부위를 포함할 수 있다. 상기 곡선 부위는 심장의 좌심실을 감싸도록 배치될 수 있다.
- [0131] 4K 열차폐부(240)는 상기 SQUID 센서 모듈들(10) 및 SQUID 센서 모듈 장착판(220)을 감싸도록 배치된다. 4K 열차폐부(240)는 상기 메인 열 앵커와 리즈 와이어에 의하여 냉각된다.
- [0133] 도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자기장 측정 장치를 설명하는 개념도이다.
- [0134] 도 14는 도 13의 자기장 측정 장치를 설명하는 단면도이다.
- [0135] 도 13 및 도 14를 참조하면, 자기장 측정 장치(300)는, 외부 용기(110); 액체 냉매(30)를 수납하고 상기 외부 용기(110)의 내부에 배치되고 제1 직경을 가진 목부(362) 및 상기 제1 직경보다 큰 제2 직경을 가진 몸체부(364)를 포함하는 내부 용기(360); 상기 내부 용기(360)와 상기 외부 용기(110)의 사이에 진공상태로 유지되는 공간에 배치되는 SQUID 센서 모듈 장착판(120); 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)의 하부에 장착된 복수의

SQUID 센서 모듈들(10); 및 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120) 및 상기 복수의 SQUID 센서 모듈들(10)을 감싸도록 배치된 도전성 메쉬로 형성된 4K 열차폐부(140)를 포함한다.

- [0136] 상기 내부 용기(360)는, 배플 인서트(150)가 삽입되는 목부(362); 및 상기 목부보다 지름이 증가한 몸체부(164);를 포함할 수 있다. 상기 목부(362)는 내측 원통부(362a)과 상기 내측 원통을 감싸도록 배치된 외측 원통부(362b)를 포함할 수 있다. 상기 내측 원통부(362a)는 서로 수직으로 이격되어 배치된 보조 내측 원통들로 분리될 수 있다. 열 앵커들(306a,306b,306c)은 상기 분리된 보조 내측 원통들 사이에 각각 삽입될 수 있다.
- [0137] 상기 열 앵커들(306a,306b,306c) 각각은, 원통 형상의 제1 원통부(306a'); 및 상기 제1 원통부(306a')의 중심에서 외측으로 연결된 와셔 형상의 제1 와셔부(306a' ')를 포함할 수 있다. 상기 제1 원통부(306a')의 외측면은 대응하는 보조 내측 원통(362a)의 내측면과 나사 결합할 수 있다.
- [0138] 고정부들(262d)은 와셔 형상의 제2 와셔부(362d')와 상기 제2 와셔부의 내측면에 연결되는 원통 형상의 제2 원통부(362d' ')를 포함할 수 있다. 한 쌍의 고정부(262d)는 상기 열 앵커의 제1 와셔부(306a' ')의 내측 상부면 및 내측 하부면에 각각 배치될 수 있다.
- [0139] 상기 외측 원통부(362b)는 서로 이격되어 배치되는 복수의 보조 외측 원통부들을 포함할 수 있다. 상기 보조 외측 원통부는 상기 고정부의 제2 원통부(362d' ')를 감싸도록 배치될 수 있다.
- [0140] 열 차폐막(362c)은 상기 보조 외측 원통부와 상기 보조 내측 원통부 사이에 배치될 수 있다.
- [0141] 상기 열 앵커들(306a,306b,306c) 각각은 상기 제1 원통부의 중심에서 내측으로 연결된 와셔 형상의 보조 와셔부(306a' ")를 더 포함할 수 있다. 상기 보조 와셔부(306a' ")는 방위각 방향으로 형성된 슬릿을 포함할 수 있다. 상기 슬릿을 통하여 기화된 냉매는 냉매 배기 튜브(153)를 통하여 응축기(159)에 제공될 수 있다.
- [0143] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈을 설명하는 사시도이다.
- [0144] 도 16은 도 15의 SQUID 센서 모듈의 미분계의 검출 코일을 설명하는 사시도이다.
- [0145] 도 15 및 도 16을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈(10)은, 검출 코일(11a,11b,11c)이 장착되고 사각형 단면을 가진 직육면체 형상의 보빈(14); 상기 보빈(14)에 연결되고 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)에 형성된 홀에 삽입되어 고정되는 고정 블록(12); 상기 보빈(14)의 상부 측면들 중에서 적어도 일면에 장착되고 초전도양자간섭소자(SQUID) 센서(13)를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(13); 및 상기 고정 블록(12)에 삽입되고 상기 SQUID 센서(13)에서 검출된 신호를 외부 회로에 전달하는 신호선 연결 PCB(16)를 포함한다.
- [0146] 상기 보빈(14)은, 직육면체 형상의 하부 보빈(14b); 상기 하부 보빈(14b)에 수직으로 이격되어 정렬된 상부 보빈(14a); 및 상기 하부 보빈(14b)과 상기 상부 보빈을 연결하도록 모서리에 각각 배치된 보빈 연결 기둥(14c)을 포함할 수 있다. 상기 보빈(14)은, G10 에폭시와 같은 비자성 물질로 일체형으로 형성될 수 있다.
- [0147] 상기 검출 코일(11a,11b,11c)은 미분계이다. 상기 검출 코일은, 제1 내지 제4 측면(1,2,3,4)을 가진 상기 보빈의 제1 측면(1)에 배치된 제1 미분계(11a); 상기 보빈의 제1 측면(1)에 이웃한 제2 측면(2)에 배치된 제2 미분계(11b); 및 상기 보빈의 단면에 배치된 제3 미분계(11c)를 포함할 수 있다.
- [0148] 미분계의 경우에는, 미분계는 신호 코일(11a') 및 참조 코일(11a' ')을 포함한다. 신호코일(11a')과 참조코일(11a' ')은 서로 반대 방향으로 감긴다. 이에 따라, 미분계는 자기 신호의 미분값을 측정한다. 따라서, 균일한 외부 환경 잡음은 대부분 제거되고, 신호코일에 근접한 신호원에 의해 발생하는 자기 신호는 비교적 적게 상쇄됨으로서 SNR을 증가시킬 수 있다.
- [0149] 제1 미분계(11a)의 신호 코일(11a')은 상기 하부 보빈의 제1 측면(1)에 배치되고, 상기 참조 코일은 상기 상부 보빈의 제1 측면(1)에 배치될 수 있다. 상기 신호 코일(11a')은 상기 제1 측면(1)에 인접하도록 상기 하부 보빈()을 관통할 수 있다.
- [0150] 제2 미분계(11b)의 신호 코일(11b')은 상기 하부 보빈의 제2 측면(2)에 배치되고, 상기 참조 코일(11b' ')은 상기 상부 보빈의 제2 측면(2)에 배치될 수 있다.
- [0151] 제3 미분계(11c)의 신호 코일(11c')은 상기 하부 보빈의 하부면을 감싸도록 배치되고, 상기 참조 코일(11c' ')은 상기 상부 보빈을 감싸도록 배치될 수 있다.
- [0152] 상기 고정 블록(12)은 G10 에폭시와 같은 비자성 물질로 일체형으로 형성될 수 있다. 상기 고정 블록(12)은 상기 SQUID 센서 모듈 장착판(120)에 형성된 관통홀에 삽입되어 너트를 통하여 고정될 수 있다.

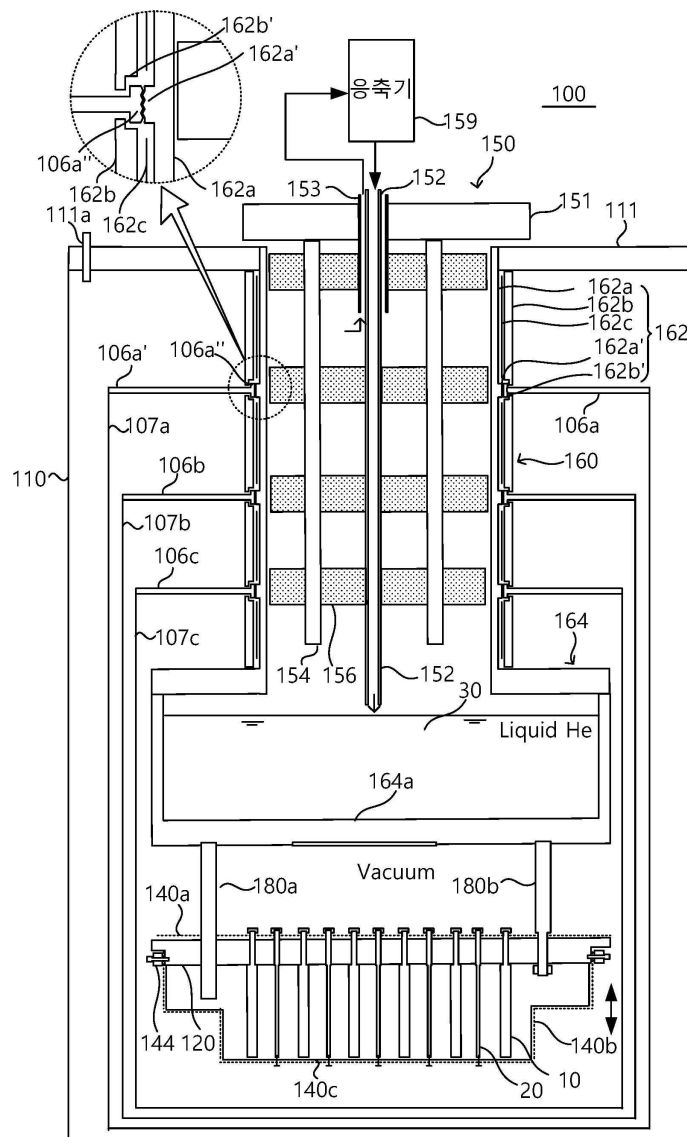
- [0153] 상기 신호선 연결 PCB(16)는 중심에 사각형 관통홀을 포함하는 사각판 형상이고, 상기 신호선 연결 PCB(16)가 상기 고정 블록(12)의 외주면에 결합할 수 있다. 상기 신호선 연결 PCB(16)는 커넥터를 포함할 수 있다. 커넥터는 신호선을 통하여 외부 회로와 연결될 수 있다.
- [0154] SQUID 인쇄회로기판(18)은 상기 고정 블록(12)의 측면에 각각 배치될 수 있다. 상기 검출 코일(11a, 11b, 11c)은 초전도체 재료의 연결선을 통하여 상기 SQUID 센서(13)에 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 연결선은 Nb 재질을 가질 수 있다.
- [0155] SQUID 인쇄회로기판(18)은 PCB 기판 상에 배치된 SQUID 센서(18) 및 커넥터를 포함할 수 있다. 상기 SQUID 센서(18)는 반도체 칩 형태일 수 있다.
- [0156] 미분계를 사용하면 자력계에 비해 낮은 차폐율을 가지는 자기차폐실에서 높은 SNR을 가진 신호를 획득할 수 있다. 하지만, 미분계의 길이가 자력계에 비해 훨씬 길어서 미분계 장치가 차지하는 체적도 증가되어 상온으로부터 유입되는 복사열을 받는 면적도 증가하게 된다. 이는 저온 냉매의 증발율을 크게 증가시킨다. 미분계의 보빈은 열용량을 최소화하기 위하여 서로 이격된 하부 보빈(14b) 및 상기 하부 보빈(14b), 그리고 모서리에 각각 배치된 보빈 연결 기둥(14c)을 포함한다.
- [0157] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

부호의 설명

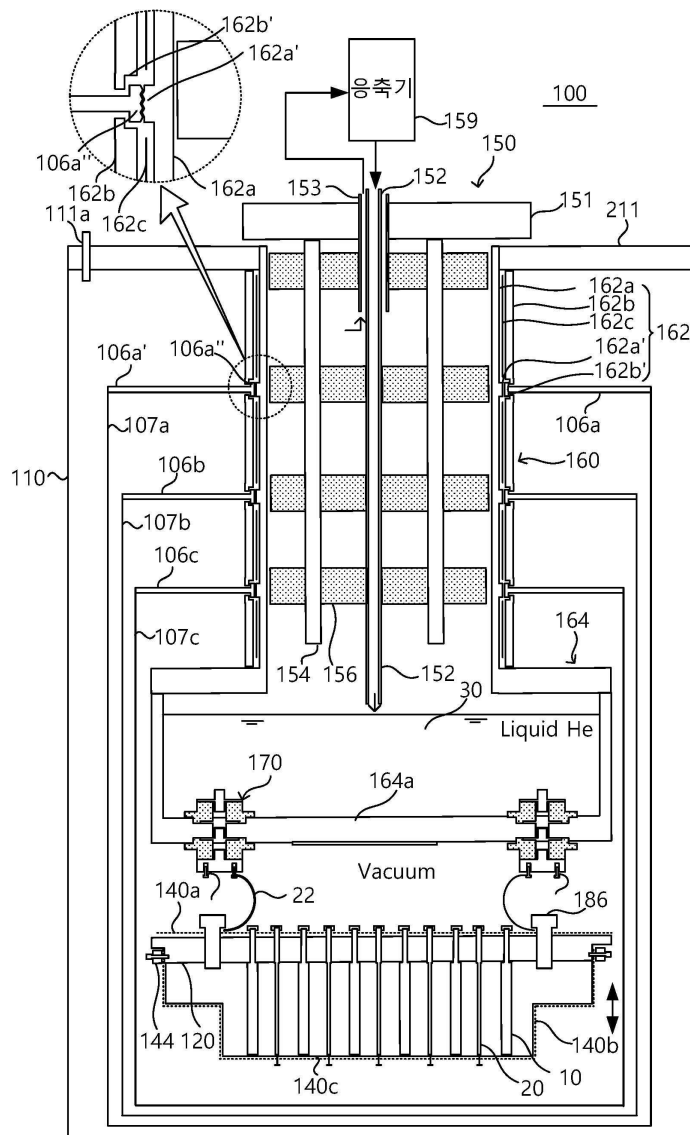
- [0158]
- 100: 자기장 측정 장치
 - 110: 외부 용기
 - 120: SQUID 센서 모듈 장착판
 - 140: 4K 열차폐부
 - 160: 내부 용기

도면

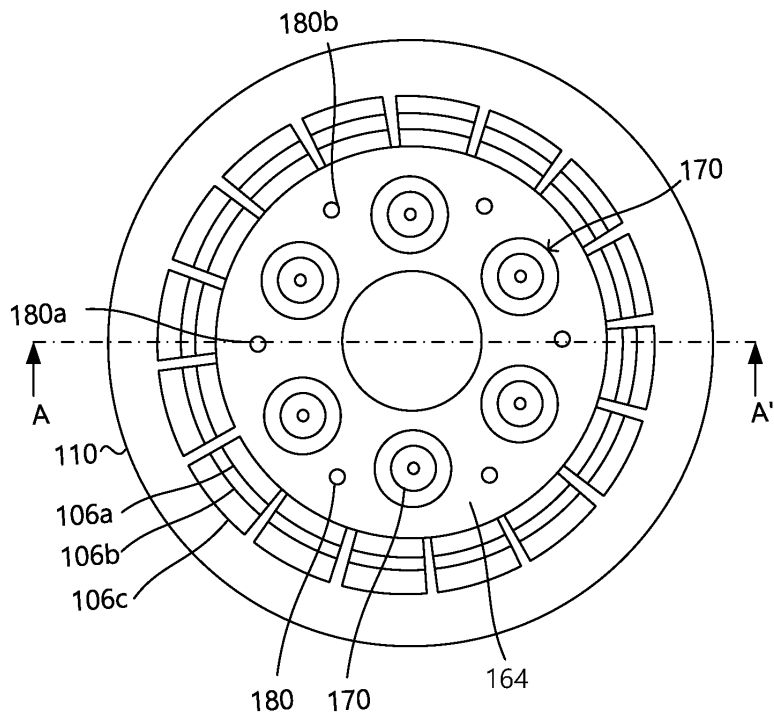
도면1



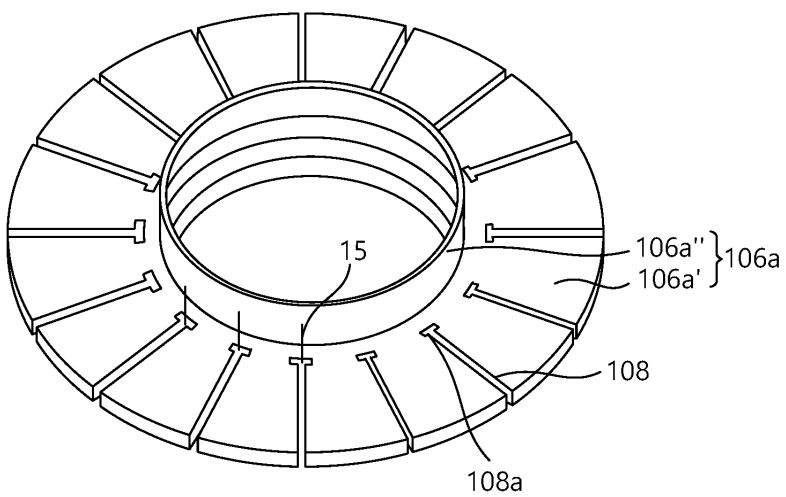
도면2



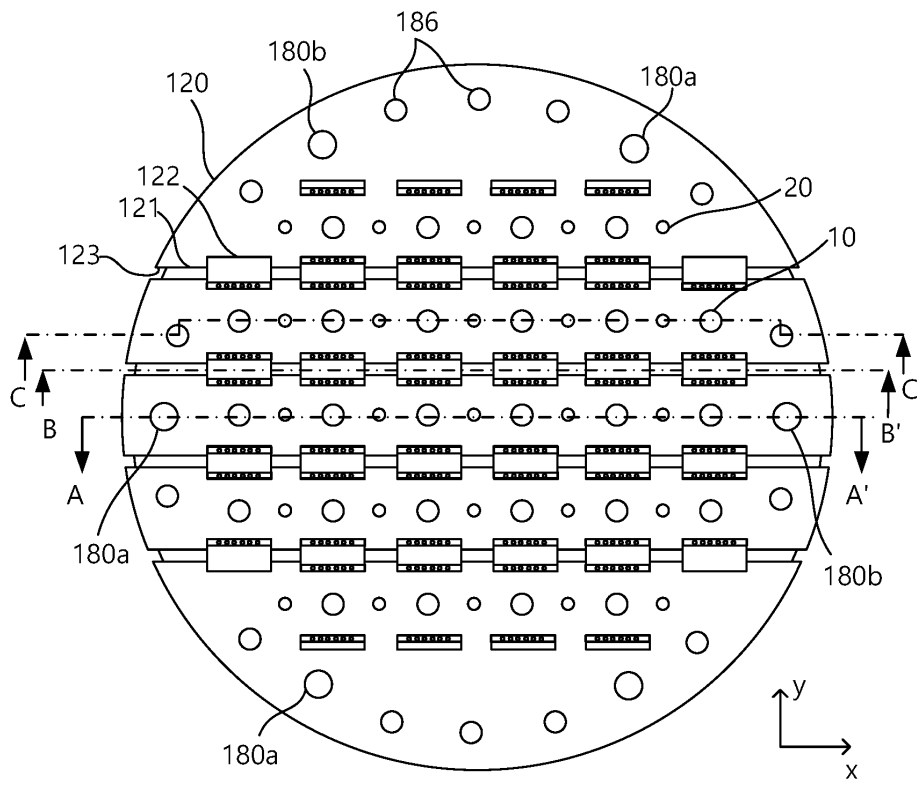
도면3



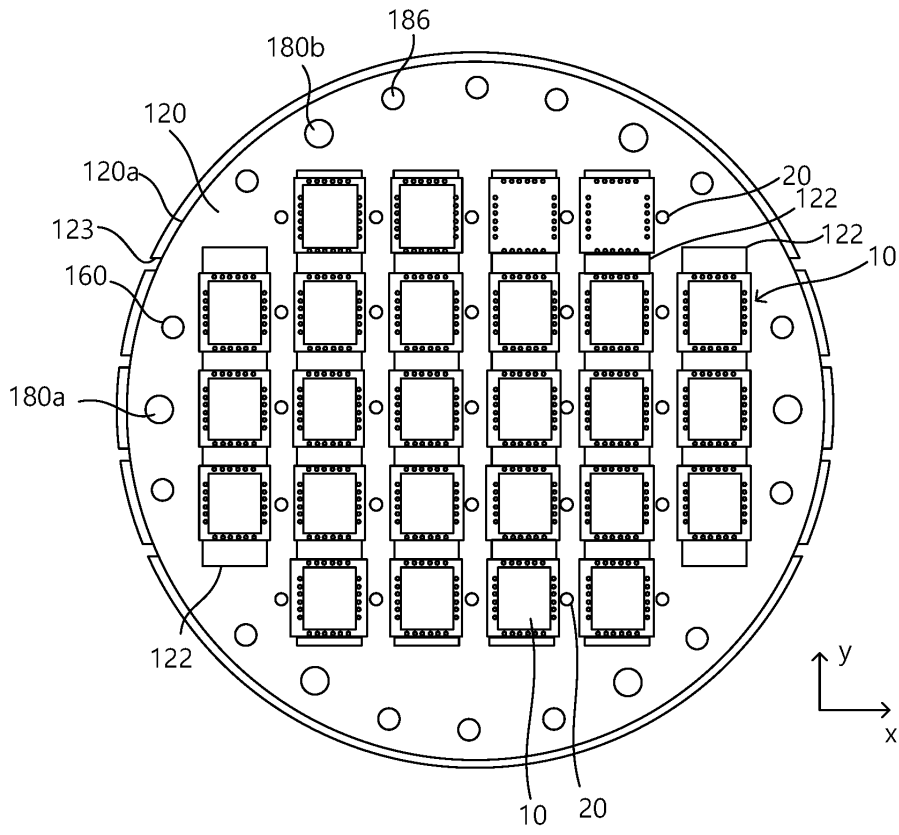
도면4



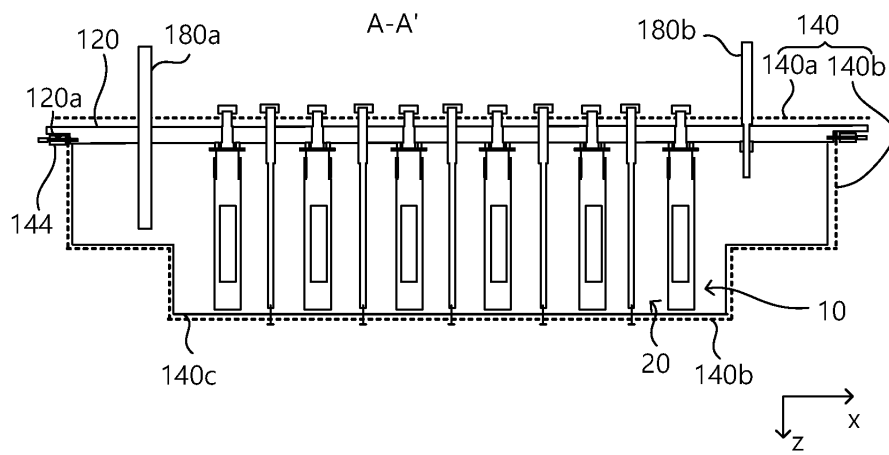
도면5a



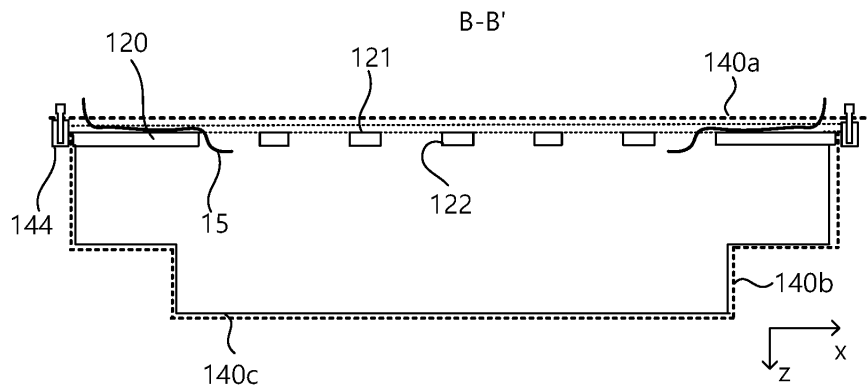
도면5b



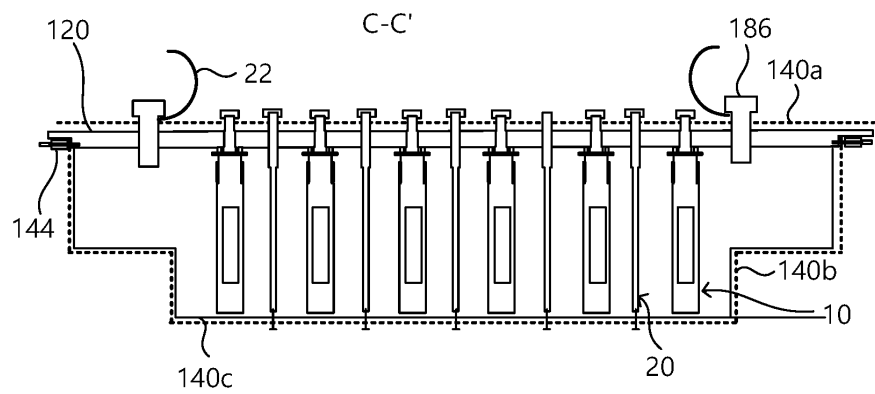
도면6



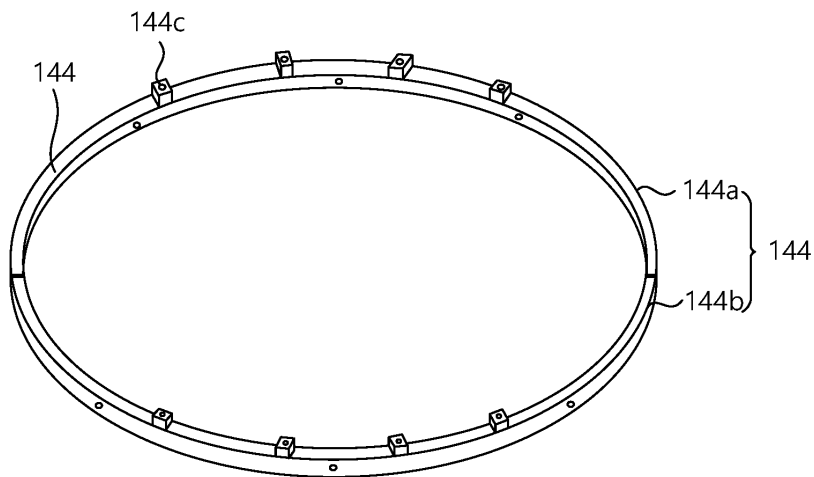
도면7



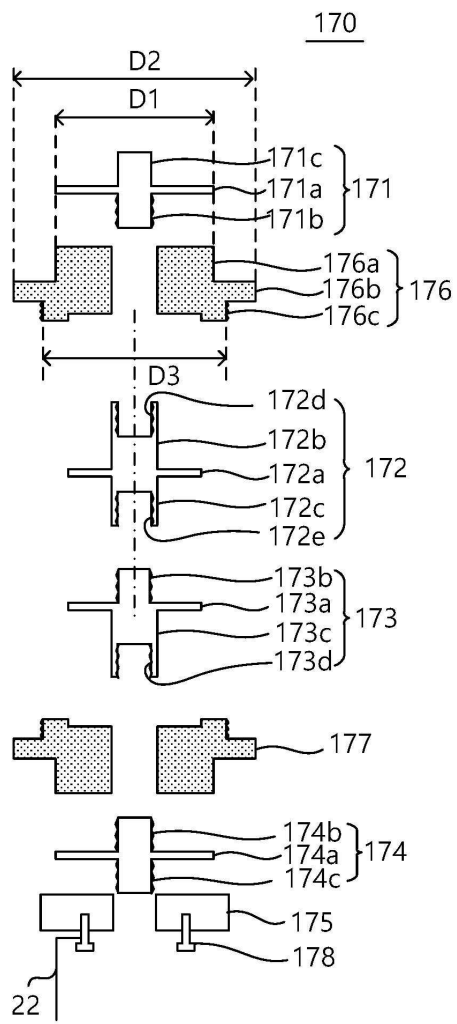
도면8



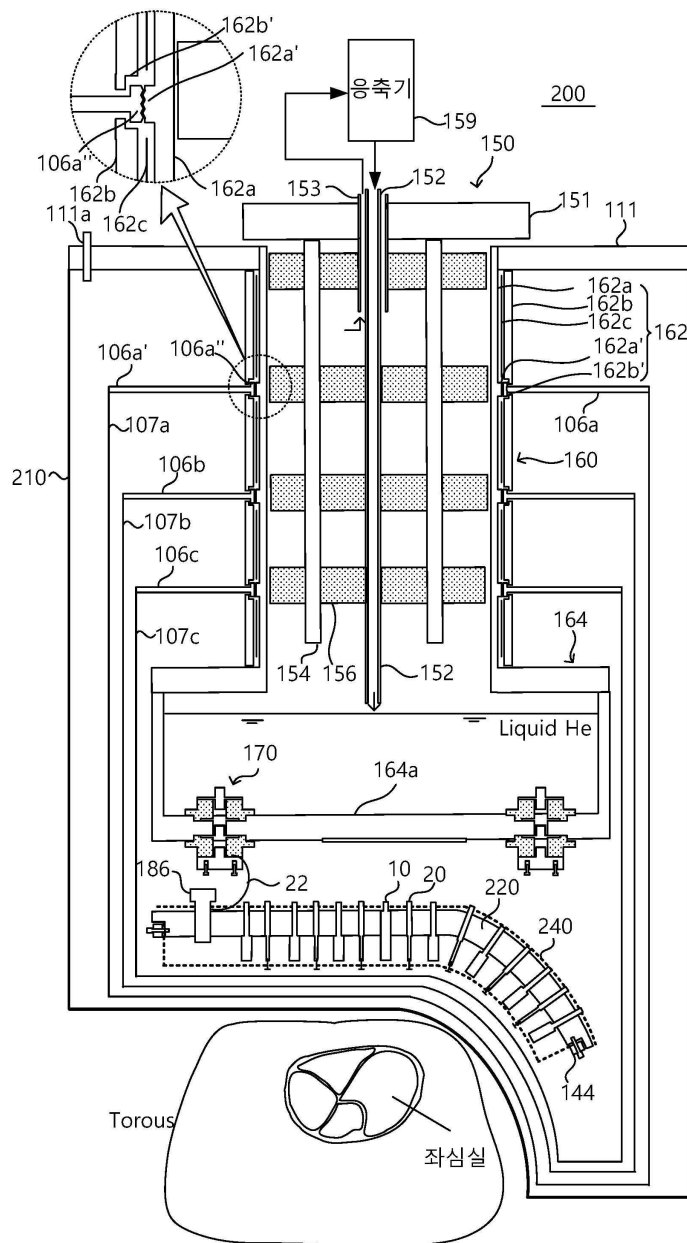
도면9



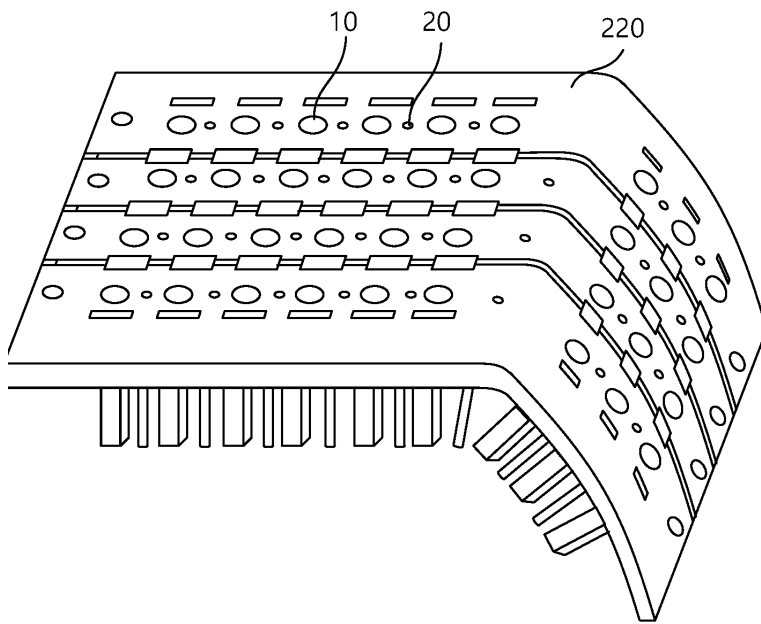
도면10



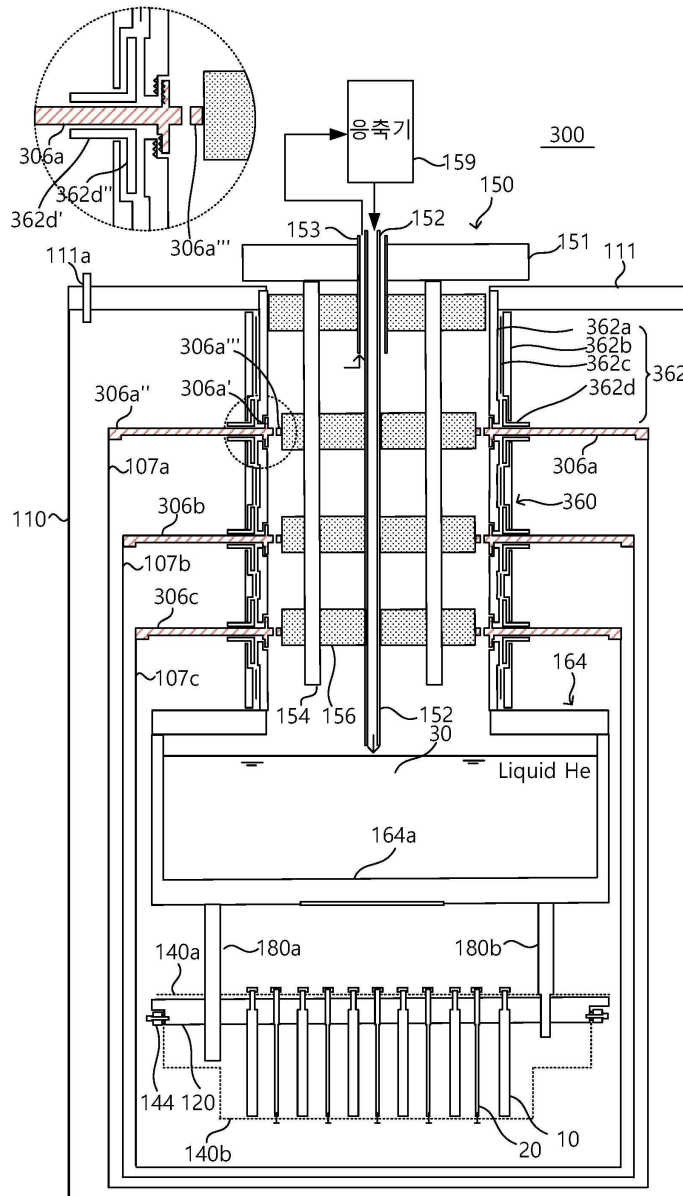
도면11



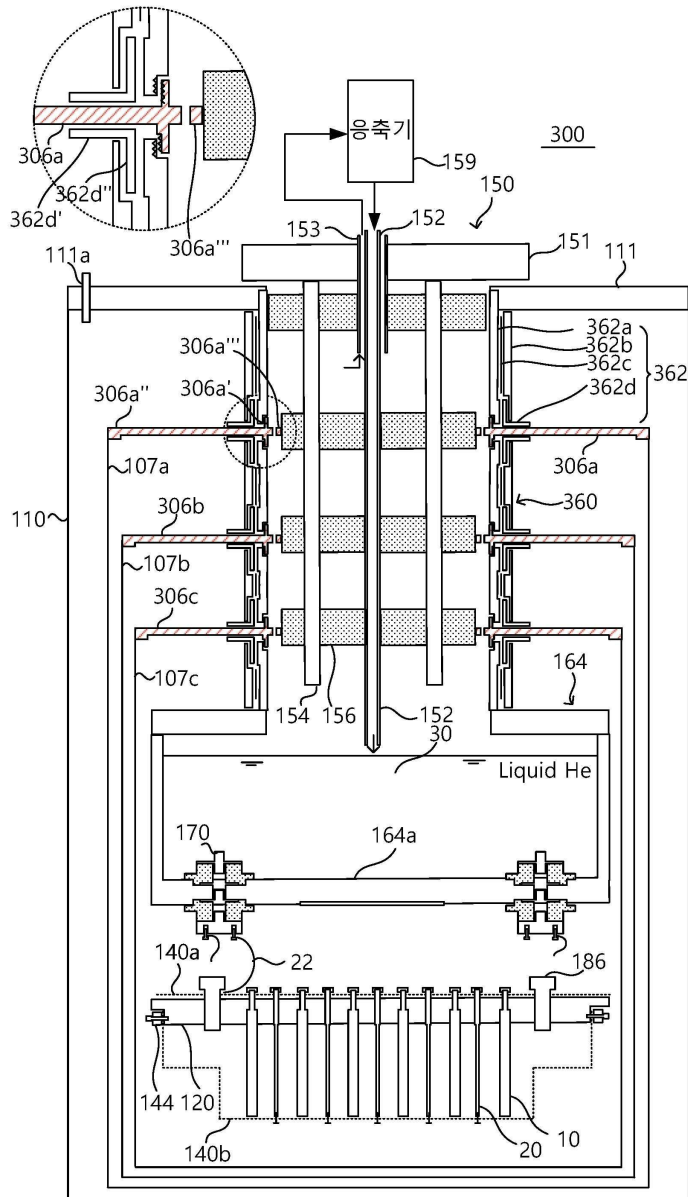
도면12



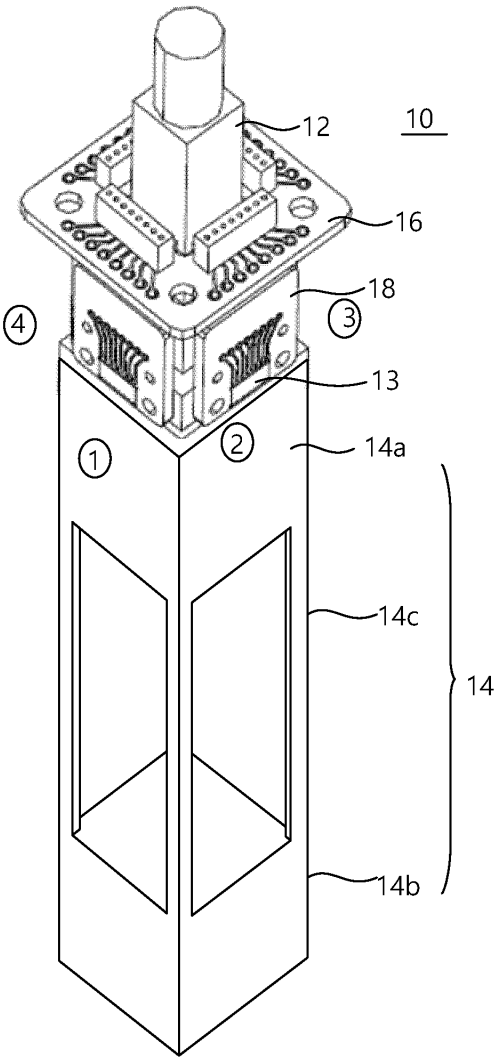
도면13



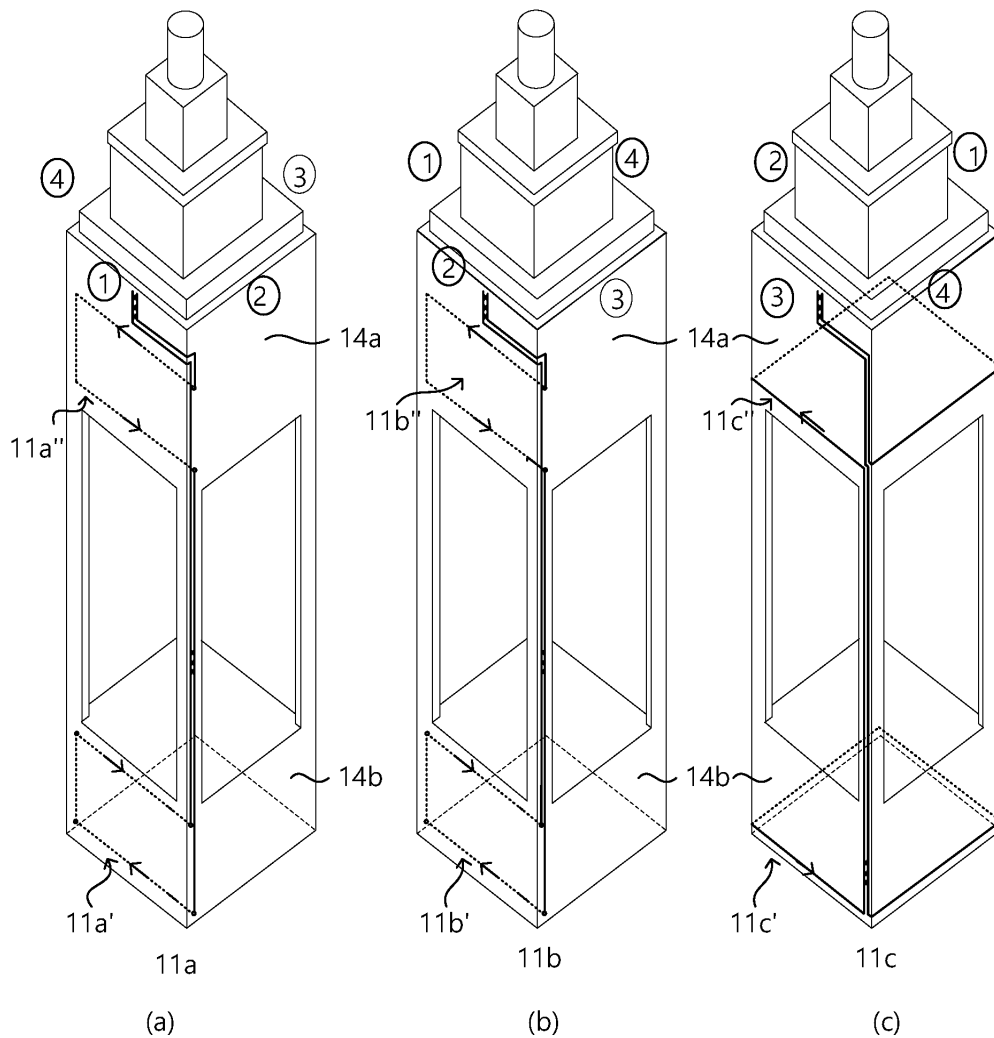
도면14



도면15



도면16



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 3

【변경전】

제2 항에 있어서,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 그 측면의 하부면에 링 형태의 링 함몰부를 구비하고,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 상기 링 함몰부에서 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하는 적어도 하나의 연결부를 포함하고,

상기 보조 열 앵커는 상기 링 함몰부와 결합하고 상기 열결부에 삽입되도록 돌출된 적어도 하나의 돌기부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.

【변경후】

제2 항에 있어서,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 그 측면의 하부면에 링 형태의 링 함몰부를 구비하고,

상기 SQUID 센서 모듈 장착판은 상기 링 함몰부에서 상기 SQUID 센서 모듈 장착판을 관통하는 적어도 하나의 연결부를 포함하고,

상기 보조 열 앵커는 상기 링 함몰부와 결합하고 상기 연결부에 삽입되도록 돌출된 적어도 하나의 돌기부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 측정 장치.