(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2015 년 4 월 30 일 (30.04.2015)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2015/060573 A1

(51) 국제특허분류:
G01R 33/035 (2006.01) *H01L 39/00* (2006.01)
G01R 33/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2014/009612

(22) 국제출원일: 2014 년 10 월 14 일 (14.10.2014)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2013-0126944 2013 년 10 월 24 일 (24.10.2013) KR

(71) 출원인: **한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE)** [KR/KR]; 305-340 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR).

(72) 발명자: **유권규 (YU, Kwon Kyu)**; 305-315 대전시 유성구 동서대로 725, 1207-202, Daejeon (KR). **이용호 (LEE, Yong-Ho)**; 305-755 대전시 유성구 어은로 57, 111-801, Daejeon (KR). **김기웅 (KIM, Kiwoong)**; 305-749 대전시 유성구 반석동로 33, 502-903, Daejeon (KR). **김진목 (KIM, Jin-Mok)**; 305-370 대전시 유성구 엑스포로 339 번길 320, 4-204, Daejeon (KR). **권혁찬 (KWON, Hyukchan)**; 305-500 대전시 유성구 배울 1 로 147, 203-204, Daejeon (KR). **이상길 (LEE, Sang-Kil)**; 302-817 대전시 서구 동서대로 1047 번길 3, Daejeon (KR).

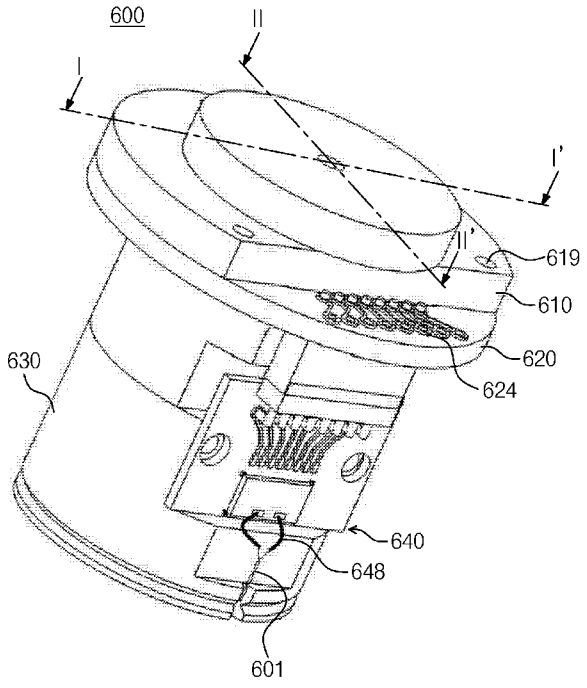
(74) 대리인: **이평우 (LEE, Pyung-Woo)**; 137-806 서울시 서초구 사평대로 70, 4 층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: SQUID SENSOR MODULE AND MAGNETOENCEPHALOGRAM MEASUREMENT APPARATUS

(54) **발명의 명칭** : SQUID 센서 모듈 및 뇌자도 측정 장치



(57) **Abstract**: The present invention provides a superconducting quantum interference device (SQUID) sensor module and a magnetoencephalogram measurement apparatus. The SQUID sensor module comprises: a fixed block wherein an end of the fixed block is fixed to a supporting part; a bobbin having a groove around which a detection coil is wrapped, wherein an end of the bobbin is fixed to the other end of the fixed block; a bobbin fixing means fixed to the other end of the fixed block through a through-hole formed in the centre of the bobbin; a SQUID printed circuit board (PCB) that is arranged on an upper side surface of the bobbin and that has a SQUID sensor; and a signal line connection PCB that is inserted into an outer surface of the fixed block and that transmits a signal detected by the SQUID sensor to an external circuit.

(57) **요약서**: 본 발명은 SQUID 센서 모듈 및 뇌자도 측정 장치를 제공한다. 이 SQUID 센서 모듈은 일단은 지지부에 고정되는 고정 블록; 일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고 검출 코일이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈; 상기 보빈의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단; 상기 보빈의 상부 측면에 배치되고 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(Printed Circuit Board;PCB); 및 상기 고정 블록의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB 를 포함한다.

WO 2015/060573 A1

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: SQUID 센서 모듈 및 뇌자도 측정 장치

기술분야

[1] 본 발명은 SQUID 센서 모듈에 관한 것으로, 더 구체적으로 픽업 코일과 SQUID 센서가 일체형으로 결합한 SQUID 센서 모듈에 관한 것이다.

배경기술

[2] 사람의 두뇌에는 많은 뇌신경 세포가 있으며, 뇌신경세포의 이온전기 활동에 의해 뇌자도 신호가 발생된다. 뇌자도 신호를 측정하면 뇌기능 진단, 간질발생 위치의 국지화, 인지기능 진단 등 의학적 활용이 가능하다. 그러나 뇌로부터 발생하는 뇌자도 신호는 수십에서 수백 fT (femto tesla) 정도의 매우 미약한 신호이다. 이러한 미세 신호를 높은 신호대잡음비 (signal-to-noise ratio: SNR)로 검출하기 위해서는 감도가 우수한 자기센서와 지구자기장 및 환경잡음을 효과적으로 차폐시킬 수 있는 기술개발이 선행되어야 한다.

[3] 초전도체를 이용한 초전도양자간섭소자 (SQUID: Superconducting QUantum Interference Device) 센서는 감도가 매우 우수한 자기센서로서 뇌자도 신호 측정시스템에 필수적으로 사용되는 센서이다. SQUID 센서로써 자기신호를 측정하기 위해서는 SQUID 센서를 검출코일과 연결해야 하는데, 검출코일의 종류에 따라 자기장 값을 측정하는 자력계, 자기장의 공간적 미분을 측정하는 미분계로 나눌 수 있다.

[4] 환경자기잡음을 제거하는 방법은 신호 검출코일을 미분계 형태로 만드는 것과, 투자율이 높은 금속과 전기전도도가 높은 금속을 이용하여 자기차폐실(MSR: magnetically shielded room)을 설치하는 것이 있다. 또한 측정된 신호의 신호처리 과정을 통하여 추가적으로 환경자기잡음을 제거할 수 있다.

[5] 검출코일을 미분계 형태로 할 경우는 대부분 1차 미분계(first order gradiometer)를 도입하는데, 이는 공간적으로 균일하지 않은 잡음을 효과적으로 제거하지 못하거나, 참조채널이 신호를 감소시켜 SNR 감소를 유발할 수 있다.

[6] SQUID 센서 모듈은 SQUID 센서와 픽업 코일을 포함할 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈이 생체 자기 신호를 측정하기 위하여, 상기 픽업 코일은 측정 대상에 근접하도록 배치되는 것이 바람직하다. 한편, 뇌자도 측정 장치의 경우, 듀어는 헬멧 형태의 센서 장착 헬멧을 포함하고, 복수의 SQUID 센서 모듈은 상기 센서 헬멜 주위에 배치된다. 상기 SQUID 센서 모듈의 구조는 자기 신호의 측정 감도 및 냉매 소비 효율에 영향을 미친다. 따라서, 상기 SQUID 센서 모듈의 구조 개선이 요구된다.

[7] 또한 자기차폐실을 이용한 자기차폐는 자기장을 효과적으로 차폐할 수 있으나, 많은 제작 시간과 공간이 필요하며, 고투자율 금속인 퍼말로이 (permalloy)와 높은 전기전도도를 갖는 금속을 사용해야 함으로써 많은 경비가 소요되는

단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 초전도 상태에서 초전도체 내부에 자기장이 침투할 수 없는 특성인 마이스너(Meissner) 효과를 이용한 자기장 차폐에 대한 연구가 이루어지고 있다. 초전도 차폐는 차폐성능이 주파수에 따라 일정하고, 이상적으로는 완전차폐가 가능한 방법이다.

[8] 초전도 차폐 특성을 이용하여 초전도체를 헬멧 형태로 구현할 경우, 초전도 헬멧은 그 내부에서 초전도 차폐 효과에 의해 환경잡음을 저주파에서 고주파까지 차단할 수 있다. 특히 0.1 Hz 이하의 낮은 주파수 영역에서 높은 차폐율을 얻기 위해서는 종래의 자기차폐실을 이용할 경우 고가의 퍼말로이를 많이 사용해야만 한다. 그러나 초전도 차폐의 경우 0.1 Hz 이하의 낮은 주파수 영역에서도 높은 차폐율을 얻을 수 있다.

[9] 초전도 차폐이론에 의하면, 초전도체 평면에서 수직한 방향으로 거리 a만큼 떨어진 곳에 자기 신호원(M_{source})이 있을 경우, 초전도 차폐체 표면에 흐르는 전류는 상기 자기 신호원(M_{source})의 반대편에 크기는 같으나 방향이 반대인 가상적인 자기 신호원(M_{image})이 있는 것과 같다. 따라서 이론적으로 초전도체 표면에서 거리 a에 있는 자력계는 기준선이 2a인 1차 미분계와 같은 동작을 한다는 것을 미국 LANL (Los Alamos National Laboratory) 연구 그룹이 증명하였다.

[10] 따라서 초전도체를 헬멧 형태로 하면 초전도 헬멧의 내부에서 자기차폐가 달성될 수 있다. 또한 측정하고자 하는 신호원의 깊이에 따라 초전도체 표면과 검출코일 사이의 이격 거리를 조절하여, 기준선 길이가 결정될 수 있다. 그리고, 초전도체 차폐는 주파수에 따라 일정한 차폐효과를 이룰 수 있다. LANL 연구그룹은 액체헬륨으로 직접 냉각한 초전도 차폐헬멧 형태의 뇌자도 장치를 제작하여, 헬멧내 자력계의 위치별 차폐율과 체성감각(somatosensory) 신호를 측정하여 초전도 차폐의 유효성에 대해 발표하였다.

[11] 하지만, LANL 연구그룹의 결과에서, 뇌자도 헬멧의 가장자리에 위치한 자력계의 신호대잡음비는 초전도 차폐를 하지 않은 경우보다 낮아졌다. 가장자리에 위치한 자력계의 신호대잡음비 감소는 헬멧의 가장자리에서 자력선 밀도가 높아졌기 때문이다. 실제로 초전도 차폐의 유무에 따라 뇌자도 신호를 측정한 결과, 초전도 차폐를 했을 때 정수리(vertex) 부근의 체성감각 신호는 높은 신호대잡음비로 측정되었으나, 좌우 측두부 및 후두부에서 반응하는 청각피질(auditory cortex) 및 시각피질(visual cortex)에 대한 유발신호는 매우 낮은 신호대잡음비를 가지는 것으로 나타났다. 특히 초전도 차폐를 할 경우, 피측정자의 심장 자기신호 및 인서트 진동 잡음은 초전도 차폐 헬멧의 가장자리에서 매우 크게 측정되었다. 이러한 외부 잡음 강도가 크게 증가한 것은 초전도 헬멧의 가장자리에서의 자기장 집속 효과에 의한 것이다.

[12] US7729740 특허를 참조하면, 이러한 문제점을 해결하기 위해 LANL 연구그룹에서는 초전도 차폐 헬멧 외부에 환경자기잡음만을 측정하기 위한 기준 자력계(reference magnetometer)를 설치하고, 적응 필터(adaptive filter)를 적용하여

잡음 제거를 하였다. 하지만 적응 필터를 사용할 경우, 초전도 차폐의 내부와 외부잡음이 동일한 주기와 주파수 성분을 가져야 하고, 측정하고자 하는 신호 성분보다 잡음 성분이 너무 클 경우, 효과적이지 못한 단점을 가진다. 특히 사람의 심장에서 발생하는 자기신호는 헬멧 내부의 자력계에는 검출되지만 기준 자력계에는 검출되지 못하는 경우가 있다.

[13] 따라서, 최소의 공간을 점유하는 SQUID 센서 모듈의 구조와 헬멧 가장자리에서의 차폐효과 향상을 위한 새로운 초전도 차폐 구조가 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[14] 본 발명의 해결하고자 하는 기술적 과제는 공간 활용도를 증가시킨 SQUID 센서 모듈을 이용하여 신호대잡음비가 우수한 뇌자도 신호를 측정하고, 경제적인 뇌자도 측정 장치를 제공하는 것이다.

[15] 본 발명의 해결하고자 하는 기술적 과제는 일체형으로 결합한 콤팩트한 구조의 SQUID 센서 모듈을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

[16] 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈은 일단은 지지부에 고정되는 고정 블록; 일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고 검출 코일이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈; 상기 보빈의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단; 상기 보빈의 상부 측면에 배치되고 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(Printed Circuit Board;PCB); 및 상기 고정 블록의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함한다.

[17] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 신호선 연결 PCB는 제1 커넥터를 포함하고, 상기 SQUID PCB는 제2 커넥터를 포함하고, 상기 제1 커넥터와 상기 제2 커넥터는 서로 전기적으로 연결될 수 있다.

[18] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 고정 블록은 디스크 형상을 가지고 상기 지지부에 형성된 홈 또는 관통홀에 결합하는 고정 블록 돌출부; 디스크 형상을 가지고 상기 고정 블록 도출부와 연속적으로 연결되고 상기 고정 블록 돌출부의 지직경보다 큰 직경을 가지고 평탄한 일 측면을 가지는 고정 블록 문턱부; 디스크 형상을 가지고 상기 고정 블록 문턱부와 연속적으로 연결되고 상기 고정 블록 문턱부의 직경보다 작은 직경을 가지고 평탄한 일 측면을 가지는 고정 블록 몸체부; 및 상기 고정 블록 몸체부와 동일한 직경을 가지고 평탄한 일측면을 가지는 상기 고정 블록 연장부를 포함할 수 있다. 상기 고정 블록 문턱부의 평탄한 일 측면과 상기 고정 블록 몸체부의 평탄한 일 측면은 서로 연결되고, 상기 고정 블록 몸체부의 일 측면은 상기 고정 블록 연장부의 일 측면은 서로 평행하고, 중심축과 상기 고정 블록 연장부의 일 측면 사이의 수직 거리는 상기

중심축과 상기 고정 블록 몸체부의 일 측면 사이의 수직 거리보다 작을 수 있다.

[19] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 보빈은 중심축으로부터 제1 수직 거리를 가지고 상부 측면에 형성된 제1 평탄부; 및 상기 제1 수직 거리보다 큰 제2 수직 거리를 가지고 하부 측면에 형성된 제2 평탄부를 포함할 수 있다.

[20] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 검출 코일과 상기 SQUID 센서를 전기적으로 연결하는 연결선을 더 포함하고, 상기 검출 코일의 양단은 상기 제2 평탄부에 고정되고, 상기 연결선은 상기 SQUID 센서의 도전 패드와 상기 검출 코일의 양단을 서로 연결할 수 있다.

[21] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 신호선 연결 PCB는 내부에 관통홀을 포함하는 와셔 형상이고, 상기 신호선 연결 PCB가 상기 고정 블록의 외주면에 결합한 경우 회전 운동을 억제하도록 상기 관통홀의 일 측면은 평면일 수 있다.

[22] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 검출 코일은 1차 미분계(first order gradiometer) 또는 자력계일 수 있다.

[23] 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치는 액체 냉매를 저장하고 내부 헬멧을 포함하는 내부 용기; 상기 내부 헬멧을 감싸도록 배치된 외부 헬멧을 포함하는 외부 용기; 상기 내부 용기 내부에 배치되는 센서 장착 헬멧; 및 상기 센서 장착 헬멧에 장착되는 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서 모듈을 포함한다. 상기 SQUID 센서 모듈은 일단은 상기 센서 장착 헬멧에 고정되는 고정 블록; 일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고 검출 코일이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈; 상기 보빈의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단; 상기 보빈의 상부 측면에 배치되고 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(Printed Circuit Board;PCB); 및 상기 고정 블록의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함한다.

[24] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 센서 장착 헬멧 상에 배치되는 초전도 헬멧을 더 포함하고, 상기 초전도 헬멧과 상기 내부 헬멧 사이에 상기 센서 장착 헬멧이 배치되고, 상기 SQUID 센서 모듈은 상기 내부 헬멧과 상기 센서 장착 헬멧 사이에 배치될 수 있다.

[25] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 검출 코일은 자력계일 수 있다.

[26] 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치는 액체 냉매를 저장하고 내부 헬멧을 포함하는 내부 용기; 상기 내부 헬멧을 감싸도록 배치된 외부 헬멧을 포함하는 외부 용기; 상기 내부 헬멧과 상기 외부 헬멧 사이의 공간에 배치되는 센서 장착 헬멧; 및 상기 센서 장착 헬멧과 상기 외부 헬멧 사의 공간에 배치되고 상기 센서 장착 헬멧에 장착되는 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서 모듈을 포함한다. 상기 SQUID 센서 모듈은 일단은 센서 장착 헬멧에 고정되는 고정 블록; 일단은 상기 고정 블록의 타단과

결합하고, 검출 코일이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈; 상기 보빈의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단; 상기 보빈의 상부 측면에 배치되고 SQUID 센서를 포함하는 SQUID PCB; 및 상기 고정 블록의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함한다.

[27] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 내부 헬멧과 상기 센서 장착 헬멧 사이의 공간에 배치되는 초전도 헬멧을 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[28] 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈은 컴팩트한 구조를 제공하여, 헬멧형 뇌자도 측정 장치에 장착되고 공간 활용도를 증가시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[29] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈을 설명하는 개념도이다.

[30] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈의 결합 사시도이다.

[31] 도 2b는 도 2a의 SQUID 센서 모듈의 분해 사시도이다.

[32] 도 2c는 도 2a의 I-I'선을 따라 자른 단면도이다.

[33] 도 2d는 도 2a의 II-II'선을 따라 자른 단면도이다.

[34] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈을 설명하는 개념도이다.

[35] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈의 결합 사시도이다.

[36] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치(100)를 설명하는 도면이다.

[37] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치(200)를 설명하는 도면이다.

[38] 도 7a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치(300)를 설명하는 도면이다.

[39] 도 7b는 도 7a의 양 방향 브림(brim) 구조의 초전도 차폐 헬멧형 인서트를 설명하는 도면이다.

[40] 도 7c는 초전도 차폐 헬멧 및 센서 장착 헬멧을 나타내는 분해 사시도이다.

[41] 도 8a은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 간접 냉각형으로서 자력계 및 초전도 헬멧 차폐를 진공에 설치한 뇌자도 측정 장치를 설명하는 도면이다.

[42] 도 8b는 도 8a의 초전도 헬멧을 확대한 단면도이다.

[43] 도 8c는 도 8a의 초전도 헬멧을 나타내는 사시도이다.

[44] 도 8d는 도 8a의 초전도 헬멧을 나타내는 분해 사시도이다.

발명의 실시를 위한 형태

[45] 이하, 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예들에 대하여 보다 상세히 설명한다. 이하의 도면들에서 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 지칭하며, 도면상에서 각 구성요소의 크기는 설명의 명료성과 편의상 과장되어 있을 수 있다.

[46] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈을 설명하는 개념도이다.

[47] 도 1을 참조하면, SQUID 센서 모듈은 검출 코일(pick-up coil;601) 및 SQUID 센서(646)를 포함할 수 있다. 상기 SQUID 센서(646)는 입력 코일(input coil;646a) 및 SQUID(646b)를 포함할 수 있다. 상기 SQUID 센서(646)는 회로부(602)에 연결될 수 있다. 상기 검출코일(601)은 G-10 에폭시 봉(epoxy rod) 형태의 보빈(bobbin)을 감싸는 NbTi와 같은 초전도체 재질일 수 있다. 상기 SQUID 센서(646)는 반도체 기판에 형성된 입력 코일과 상기 입력 코일과 전기적으로 연결된 조셉슨 접합을 포함할 수 있다. 상기 입력코일(646a)과 상기 검출코일(601)은 초음파 웨지 본더(sonic wedge bonder)를 이용하여 Nb 선으로 연결될 수 있다.

[48] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈의 결합 사시도이다.

[49] 도 2b는 도 2a의 SQUID 센서 모듈의 분해 사시도이다.

[50] 도 2c는 도 2a의 I-I'선을 따라 자른 단면도이다.

[51] 도 2d는 도 2a의 II-II'선을 따라 자른 단면도이다.

[52] 도 2a 내지 도 2d를 참조하면, SQUID 센서 모듈(600)은 일단은 지지부(50)에 고정되는 고정 블록(610), 일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고 검출 코일(601)이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈(630), 상기 보빈(630)의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록(610)의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단(650), 상기 보빈(630)의 상부 측면에 배치되고 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서(646)를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(Printed Circuit Board;PCB)(640), 및 상기 고정 블록(610)의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서(646)에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB(620)를 포함할 수 있다.

[53] 지지부(50)는 SQUID 센서 모듈(600)을 장착하고 듀어(dewar)의 내부에 배치될 수 있다. 상기 지지부(50)는 비자성체 물질로 형성될 수 있다. 상기 지지부는 SQUID 센서 모듈을 장착하는 센서장착 헬멧일 수 있다.

[54] 상기 고정 블록(610)은 G10 에폭시와 같은 비자성 물질로 일체형으로 형성될 수 있다. 상기 고정 블록(610)은 상기 지지부(50)에 형성된 관통홀(51)에 삽입되어 접착제를 통하여 고정될 수 있다. 상기 고정 블록(610)은 고정 블록 돌출부(612), 고정 블록 문턱부(614), 고정 블록 몸체부(616), 그리고 고정 블록 연장부(618)를 포함할 수 있다.

[55] 고정 블록 돌출부(612)는 디스크 형상을 가지고 상기 지지부(50)에 형성된 홈 또는 관통홀(51)에 결합할 수 있다. 또한, 상기 고정 블록 돌출부(612)는 접착제를 통하여 상기 관통홀에 고정될 수 있다.

[56] 고정 블록 문턱부(614)는 디스크 형상을 가지고 상기 고정 블록 돌출부(612)와 연속적으로 연결될 수 있다. 상기 고정 블록 문턱부(614)는 상기 고정 블록 돌출부(612)의 직경보다 큰 직경을 가질 수 있다. 상기 고정 블록 문턱부(614)는 평탄한 일 측면(614a)을 가질 수 있다. 상기 고정 블록 문턱부(614)의 일

측면(614a)은 원기둥 형상의 중심축에서 일정한 제1 수직 거리를 가지는 평면일 수 있다. 상기 고정 블록 문턱부(614)는 중심축 방향으로 정렬하는 기능을 수행할 수 있다. 상기 고정 블록 문턱부(614)의 외곽에는 관통홀(619)이 형성될 수 있다.

[57] 고정 블록 몸체부(616)는 신호선 연결 PCB(620)와 결합하는 부위일 수 있다. 상기 신호선 연결 PCB(620)는 상기 고정 블록 몸체부(616)의 외주면에 삽입되어 배치된다. 상기 신호선 연결 PCB(620)는 외곽 둘레에 홀(623)을 포함할 수 있다. 상기 고정 블록 문턱부(614)의 관통홀(619)은 상기 신호선 연결 PCB(620)의 홀(623)과 정렬될 수 있다. 고정 수단은 상기 고정 블록 문턱부(614)의 관통홀(619) 및 상기 신호선 연결 PCB(620)의 홀(623)에 삽입되어, 상기 고정 블록 문턱부(614)와 상기 신호선 연결 PCB(620)를 서로 고정시킬 수 있다. 상기 신호선 연결 PCB(620)의 내부 직경은 상기 고정 블록 몸체부(616)의 외부 직경과 실질적으로 동일할 수 있다. 또한, 상기 신호선 연결 PCB(620)의 외부 직경은 상기 고정 블록 문턱부(614)의 외부 직경과 실질적으로 동일할 수 있다.

[58] 상기 신호선 연결 PCB(620)는 내부에 중심 관통홀을 포함하는 와셔 형상이고, 상기 신호선 연결 PCB(620)가 상기 고정 블록(610)의 외주면에 결합한 경우 회전 운동을 억제하도록 상기 중심 관통홀의 일 측면은 평면일 수 있다. 상기 신호선 연결 PCB(620)는 제1 커넥터(622)를 포함할 수 있다. 상기 제1 커넥터(622)는 암 커넥터일 수 있다. 상기 제1 커넥터(622)는 상기 신호선 연결 PCB(620)의 하부면의 가장 자리에 배치될 수 있다. 상기 신호선 연결 PCB(620)의 상부면에는 연결 단자(624) 및 배선이 배치될 수 있다. 연결 단자(624)는 상기 배선을 통하여 상기 제1 커넥터(622)와 연결될 수 있다. 외부 회로와 연결되는 연결 와이어는 상기 연결 단자(624)에 결합할 수 있다.

[59] 상기 고정 블록 몸체부(616)는 디스크 형상을 가지고 상기 고정 블록 문턱부(614)와 연속적으로 연결될 수 있다. 상기 고정 블록 몸체부(616)는 상기 고정 블록 문턱부(614)의 직경보다 작은 직경을 가지고 평탄한 일 측면(616a)을 가질 수 있다. 상기 고정 블록 몸체부(616)의 일 측면(616a)은 원 기둥 형상의 중심축에서 일정한 제2 수직 거리를 가지는 평면일 수 있다.

[60] 상기 고정 블록 연장부(618)는 상기 고정 블록 몸체부(616)와 동일한 직경을 가지고 평탄한 일 측면(618a)을 가질 수 있다. 상기 일 측면(618a)은 원 기둥 형상의 중심축에서 일정한 제3 수직 거리를 가지는 평면일 수 있다. 상기 제3 수직 거리는 상기 제2 수직 거리보다 작을 수 있다.

[61] 상기 고정 블록 문턱부(614)의 평탄한 일 측면(614a)과 상기 고정 블록 몸체부(616)의 평탄한 일 측면(616a)은 서로 연결될 수 있다. 상기 고정 블록 몸체부(616)의 일 측면(616a)은 상기 고정 블록 연장부(618)의 일 측면(618a)은 이격되어 서로 평행할 수 있다. 중심축과 상기 고정 블록 연장부의 일 측면 사이의 수직 거리는 상기 중심축과 상기 고정 블록 몸체부의 일 측면 사이의 수직 거리보다 작을 수 있다.

[62] 상기 보빈(630)은 G10 에폭시와 같은 비자성 물질로 형성될 수 있다. 상기

보빈(630)은 원기둥 형상일 수 있다. 상기 보빈(630)은 중심축으로부터 제1 수직 거리를 가지는 상부 측면에 형성된 제1 평탄부(634), 및 상기 제1 수직 거리보타 큰 제2 수직 거리를 가지는 하부 측면에 형성된 제2 평탄부(636)를 포함할 수 있다. 상기 보빈(630)은 하부 측면의 둘레에 형성된 홈(632)을 포함할 수 있다. 상기 홈은 폐루프(closed loop)를 형성할 수 있다. 상기 홈(632)에는 검출 코일(601)이 감길 수 있다. 제1 평탄부(634)에는 홀(635)이 형성될 수 있다. 상기 홀(635)은 SQUID PCB(640)를 고정시키는 고정 수단이 결합할 수 있다. SQUID PCB(640)는 상기 제1 평면부(634)에 배치될 수 있다. 검출 코일(601)의 양단은 상기 제2 평탄부(636)에 접착제를 통하여 고정될 수 있다. 상기 검출 코일(601)은 초전도체 재질의 연결선(648)를 통하여 상기 SQUID 센서(646)에 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 연결선(648)은 Nb 재질을 가질 수 있다.

[63] SQUID PCB(640)는 PCB 기판(644) 상에 배치된 SQUID 센서(646) 및 제2 커넥터(642)를 포함할 수 있다. 상기 SQUID 센서(646)는 반도체 칩 형태일 수 있다. 상기 SQUID 센서(646)는 입력 코일과 조셉슨 접합을 포함할 수 있다. 상기 SQUID 센서(646)는 검출 코일(601)과 전기적 연결을 위한 도전 패드를 포함할 수 있다. 상기 도전 패드(647)는 상기 검출 코일을 연결할 수 있다. 상기 제2 커넥터(642)는 다른 도전 패드와 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 제2 커넥터(642)는 핀 타입의 수 커넥터일 수 있다. 이에 따라, 상기 제2 커넥터(642)는 상기 제1 커넥터(622)와 분리 또는 결합할 수 있다.

[64] 검출코일(601)과 SQUID 센서(646)는 열처리된 초전도 재질의 연결선(648)을 이용하여 본딩되어 직접 연결되고, 일체화된 형태의 SQUID 자력계가 제작될 수 있다. 검출코일(601)은 보빈 및 상기 보빈을 감싸는 1턴의 초전도 선을 포함할 수 있다. 검출코일(601)의 재질은 NbTi 선일 수 있다.

[65] 본딩(bonding)에 사용된 Nb 재질의 연결선은 연성을 증가시키기 위해 섭씨 1900 도에서 진공 열처리될 수 있다. 초전도 본딩은 초음파 웨지 본더(sonic wedge bonder)를 이용하여 수행될 수 있다. 상기 검출 코일의 양단 부위는 서로 꼬일 수 있다. 이에 따라, 상기 검출 코일의 노이즈는 최소화될 수 있다. 상기 검출 코일은 1차 미분계(first order gradiometer) 또는 자력계인일 수 있다.

[66] 보빈 고정 수단(650)은 보빈(630)의 중심축을 관통하는 관통홀(638)에 삽입될 수 있다. 이에 따라, 상기 보빈 고정 수단(650)은 상기 고정 블록(610)의 하부면에 고정될 수 있다. 상기 보빈 고정 수단(650)은 G10 에폭시와 같은 비자성 물질일 수 있다.

[67] SQUID PCB(640)가 오동작하는 경우, 교체를 위하여, 보빈 고정 수단(650)이 제거될 수 있다. 이 경우, 상기 보빈(630)과 상기 고정 블록(610)은 서로 분리될 수 있다. 이에 따라, 새로운 SQUID PCB가 고장난 SQUID PCB로 간단히 교체될 수 있다. 이에 따라, 유지 보수가 용이할 수 있다.

[68] 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈(600)은 직접 냉각형 듀어 또는 간접 냉각형 듀어어 삽입되어 다양한 자기신호 측정 장치에 적용될 수 있다.

[69] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈을 설명하는 개념도이다.

[70] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈의 결합 사시도이다.

[71] 도 1 내지 도 2 에서 설명한 것과 중복되는 설명은 생략한다.

[72] 도 3 및 도 4를 참조하면, SQUID 센서 모듈(600a)은 일단은 지지부에 고정되는 고정 블록(610), 일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고 검출 코일(601a)이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈(630a), 상기 보빈(630a)의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단, 상기 보빈(630)의 상부 측면에 배치되고 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(Printed Circuit Board;PCB)(640), 및 상기 고정 블록(610)의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB(620)를 포함할 수 있다.

[73] 지지부는 SQUID 센서모듈(600a)을 장착하고 듀어의 내부에 배치될 수 있다. 상기 지지부는 비자성체 물질로 형성될 수 있다. 지지부는 센서를 장착하는 센서장착 헬멧일 수 있다.

[74] 검출코일(601a)은 일차축 미분계(1st order axial gradiometer)일 수 있다. 이에 따라, 상기 검출 코일(601a)이 감긴 보빈의 길이가 증가할 수 있다. 검출코일(601)은 연속적으로 연결되고 서로 반대 방향으로 감긴 한 쌍의 1 턴-코일을 포함할 수 있다.

[75] 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈(600a)은 직접 냉각형 듀어 또는 간접 냉각형 듀어어 삽입되어 다양한 자기신호 측정 장치에 적용될 수 있다.

[76] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치를 설명하는 도면이다.

[77] 도 5를 참조하면, 뇌자도 측정 장치(100)는 액체 냉매를 저장하고 내부 헬멧(112)을 포함하는 내부 용기(110), 상기 내부 헬멧(112)을 감싸도록 배치된 외부 헬멧(102a)을 포함하는 외부 용기(102), 상기 내부 용기(112) 내부에 배치되는 센서 장착 헬멧(120), 및 상기 센서 장착 헬멧(120)에 장착되는 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서 모듈(600a)을 포함한다.

[78] 뇌자도 측정 장치(100)는 외부 용기(102), 외부 용기(102) 내부에 배치된 내부 용기(110), 및 상기 내부 용기(110)에 삽입되는 제1 인서트(101)를 포함할 수 있다.

[79] 상기 내부 용기(110) 내부에는 액체 냉매로 채워질 수 있다. 상기 제1 인서트(101)는 인서트 상판(11), 상기 인서트 상판(11)의 하부에 배치되는 인서트 배플(12), 상기 인서트 배플(122) 지지하고 상기 인서트 상판에 고정되는 가이드 봉(13), 상기 가이드 봉(13)에 고정되는 지지판(14), 상기 지지판(14)에 연결되는 지지봉(151), 상기 지지봉(151)에 결합하는 센서 장착 헬멧(120), 상기 센서 장착 헬멧(120)에 장착되는 SQUID 센서 모듈(600a)을 포함할 수 있다.

[80] 상기 제1 인서트(101)는 상기 내부 용기(110)에 삽입되어 단열 기능을 수행할

수 있다. 상기 제1 인서트(101)는 인서트 상판(11), 상기 인서트 상판(11)에 결합하고 수직으로 연장되는 가이드 봉(13), 상기 가이드 봉(13)에 삽입되는 인서트 배플(12), 센서 장착 헬멧(120)을 고정하기 위한 지지판(14), 및 상기 지지판(14)과 센서 장착 헬멧(120)을 연결하는 지지봉(151)을 포함할 수 있다.

[81] 상기 인서트 상판(11)은 원판 형상이고, G-10 에폭시로 형성될 수 있다. 상기 인서트 상판(11)은 상기 외부 용기(102)의 상판 상에 고정될 수 있다.

[82] 상기 가이드 봉(13)은 G-10 에폭시로 형성되고, 봉 형상 또는 파이프 형상일 수 있다. 상기 가이드 봉(13)은 인서트 배플(12)을 지지하는 수단일 수 있다.

[83] 상기 인서트 배플(12)은 보온성이 높은 스티로폼(styrofoam)과 도전판을 포함할 수 있다. 상기 도전판은 복사열을 차단하기 위하여 차례로 적층된 알루미늄 코팅된 마일라(mylar) 및 구리층을 포함할 수 있다. 상기 인서트 배플은 외부의 열전도 및 복사열 유입을 차단할 수 있다.

[84] 상기 지지판(14)은 G-10 에폭시로 형성되고 와셔 형상일 수 있다. 상기 지지판은 상기 지지봉(151)을 통하여 센서 장착 헬멧(120)을 고정할 수 있다.

[85] 지지봉(151)은 G-10 에폭시로 형성되고 봉 형상일 수 있다. 상기 지지봉은 복수개이고, 상기 지지판에 연결되며, 상기 지지봉은 수직으로 연장되어 상기 센서 장착 헬멧에 연결될 수 있다.

[86] 외부 용기(102)는 그 하부면에 외부 헬멧(102a)을 포함하고, 내부 용기(110)는 그 하부면에 내부 헬멧(112)을 포함할 수 있다. 상기 외부 헬멧(102a), 상기 내부 헬멧(112), 상기 센서 장착 헬멧(120)은 정렬될 수 있다.

[87] SQUID 센서 모듈(600a)은 검출 코일로 미분계를 포함한다. 제1 인서트(101)는 통상적인 지저선 50 mm를 가지는 미분계 검출코일(gradiometer pick-up coil)을 가지는 뇌자도 인서트일 수 있다. 상기 제1 인서트(101)는 초전도 차폐를 사용하지 않는다. 상기 제1 인서트(101)는 듀아의 내부 용기(110)의 액체 냉매에 잠겨서 냉각된다. 검출코일(601a)로 권선형 미분계(wire-wound gradiometer)가 사용되었다. 상기 검출코일(601a)는 신호코일과 기준코일이 서로 반대 방향으로 감기고, 서로 일정한 거리로 이격된 한 쌍의 코일을 포함한다. 신호코일과 기준코일 사이의 기저선의 길이는 50 mm 이다. 상기 검출코일(601a)은 센서 장착 헬멧(120)의 표면에 균일하게 152개 설치되었다. 상기 검출코일(601a) 및 상기 SQUID 센서(646)는 일체형 모듈로 제작되어 액체 냉매에 직접 잠길 수 있다.

[88] 상기 센서 장착 헬멧(120)은 반구부(121a), 상기 반구부(121a)에 연속적으로 연결된 원통 형상의 직선부(121b), 상기 직선부(121b)의 하부면에서 외측으로 연장된 와셔 형상의 브림(121c)을 포함할 수 있다. 상기 브림(121c)은 지지봉(151)을 통하여 인서트 몸체에 연결될 수 있다. 상기 인서트 몸체는 냉매의 증발을 방지하는 복수의 인서트 배플을 포함할 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈(600a)은 상기 센서 장착 헬멧(120)에 장착된다.

[89] 상기 제1 인서트(101)는 외부 환경 노이즈에 민감하여, 자기차폐실(magnetically shielded room: MSR)이 요구될 수 있다. 또한, 자기차폐실을 이용하는 경우에도,

저주파 성분의 자기차폐는 어렵기 때문에 고가의 퍼말로이를 많이 사용할 수 있다.

[90] 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈을 채용한 컴팩트한 뇌자도 측정 장치는 액체 헬륨의 냉매 소모량을 감소시킬 수 있다.

[91] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서 모듈이 장착된 따른 뇌자도 측정 장치가 설명된다.

[92] 본 발명의 일 실시예에 따른 SQUID 센서모듈은 초전도 차폐부와 결합되어 사용될 수 있다. 초전도 차폐 재료는 순도 99.95 퍼센트, 두께 0.5 mm인 납(lead) 판을 사용하였다.

[93] 헬멧형 초전도 차폐 구조에서의 차폐 효과를 확인하기 위해 직경 1 m인 헬름홀츠 구조의 코일을 이용하여 헬멧에 자기장을 가하고 브림(brim) 구조 및 헬멧 내 SQUID 센서의 위치에 따라 차폐율을 측정하고 비교하였다.

[94] 자기 차폐율 다음과 같이 정의한다.

[95] 수학식 1

$$Shieding\ Factor\ (S) = \frac{H^{(0)}}{H_{axial}}$$

[96] 여기서, $H^{(0)}$는 외부 자기장의 세기이고, H_{axial} 은 축방향의 자기장의 세기이다.

[97] 초전도 차폐 헬멧을 형성할 경우, 마이스너(Meisser) 효과에 의해 차폐 재질 중심에서 밀려난 자력선이 가장자리에 집속되어, 가장자리는 차폐를 하지 않은 경우보다 자속밀도가 높아진다. 또한 초전도 차폐 표면에 수직으로 이격되어 배치된 검출코일 대한 자력선의 입사각이 커지게 되어, 검출되는 자속(=B A sinθ)이 증가한다 (B는 자기장의 세기, A는 검출코일 면적, θ는 자기장과 검출코일 법선과의 각도). 이러한 이유에서, 헬멧 가장자리에 위치한 SQUID 센서는 초전도 차폐에 의해 자기잡음이 더 증가하게 된다.

[98] SQUID 센서 모듈에 미치는 외부 잡음의 영향을 알아보기 위해 초전도 차폐 헬멧 가장자리의 형태를 변화시켰다. 첫째, 단방향 브림을 가지는 헬멧에 대한 가상 실험을 실시하였다. 둘째, SQUID 센서의 검출코일이 위치한 곳에서의 자기장분포와 자력선 방향을 최적화하기 위해 양방향으로 브림을 형성하였다. 양방향 브림의 경우, 외부로 형성된 브림의 길이 또는 폭은 50 mm, 내부로 형성된 브림의 길이 또는 폭은 30 mm이었다. 초전도 차폐 표면과 검출코일 사이의 수직 이격 거리는 상기 내측 브림의 폭과 동일하게 설계되었다. 즉, 내측 브림의 길이 또는 폭을 검출코일의 수직 이격 거리와 동일하게 한 것은 검출코일에 입사되는 자력선의 입사각을 최소화하기 위한 것이다.

[99] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치를 설명하는 도면이다.

[100] 도 6을 참조하면, 뇌자도 측정 장치(200)는 액체 냉매를 저장하고 내부 헬멧(212)을 포함하는 내부 용기(210), 상기 내부 헬멧(212)을 감싸도록 배치된

외부 헬멧(202a)을 포함하는 외부 용기(202), 상기 내부 용기(212) 내부에 배치되는 센서 장착 헬멧(220), 및 상기 센서 장착 헬멧(220)에 장착되는 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서 모듈(600)을 포함한다.

[101] 뇌자도 측정 장치(200)는 외부 용기(202), 외부 용기(202) 내부에 배치된 내부 용기(210), 및 상기 내부 용기(210)에 삽입되는 제2 인서트(201)를 포함할 수 있다.

[102] 상기 제2 인서트(201)는 상기 내부 용기(210)에 삽입되어 단열 기능을 수행할 수 있다. 상기 제2 인서트(201)는 인서트 상판(11), 상기 인서트 상판(11)에 결합하고 수직으로 연장되는 가이드 봉(13), 상기 가이드 봉(13)에 삽입되는 인서트 배플(12), 센서 장착 헬멧(220)을 고정하기 위한 지지판(14), 및 상기 지지판(14)과 센서 장착 헬멧(220)을 연결하는 지지봉(251)을 포함할 수 있다.

[103] 상기 인서트 상판(11)은 원판 형상이고, G-10 에폭시로 형성될 수 있다. 상기 인서트 상판(11)은 상기 외부 용기(202)의 상판 상에 고정될 수 있다.

[104] 상기 가이드 봉(13)은 G-10 에폭시로 형성되고, 봉 형상 또는 파이프 형상일 수 있다. 상기 가이드 봉(13)은 인서트 배플(12)을 지지하는 수단일 수 있다.

[105] 상기 인서트 배플(12)은 보온성이 높은 스티로폼(styrofoam)과 도전판을 포함할 수 있다. 상기 도전판은 복사열을 차단하기 위하여 차례로 적층된 알루미늄 코팅된 마일라(mylar) 및 구리층을 포함할 수 있다. 상기 인서트 배플은 외부의 열전도 및 복사열 유입을 차단할 수 있다.

[106] 상기 지지판(14)은 G-10 에폭시로 형성되고 와셔 형상일 수 있다. 상기 지지판은 상기 지지봉(251)을 통하여 센서 장착 헬멧(220)을 고정할 수 있다.

[107] 지지봉(251)은 G-10 에폭시로 형성되고 봉 형상일 수 있다. 상기 지지봉은 복수개이고, 상기 지지판에 연결되며, 상기 지지봉은 수직으로 연장되어 상기 센서 장착 헬멧에 연결될 수 있다.

[108] 외부 용기(202)는 그 하부면에 외부 헬멧(202a)을 포함하고, 내부 용기(210)는 그 하부면에 내부 헬멧(212)을 포함할 수 있다. 상기 외부 헬멧(202a), 상기 내부 헬멧(212), 상기 센서 장착 헬멧(220)은 정렬될 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈(600)은 상기 센서 장착 헬멧(220)에 장착된다.

[109] 제2 인서트(201)는 외측 브림(brim) 구조의 초전도 차폐 헬멧(230) 및 SQUID 센서 모듈을 포함할 수 있다. 외측 브림(brim) 구조의 초전도 차폐 헬멧(230)은 순도 99.95 퍼센트의 납판(lead plate)을 이용하여 제작되었다. 초전도 차폐 헬멧(230) 내부에 센서 장착 헬멧(220)이 설치된다. 제2 인서트는 외측 브림(brim)을 가지는 초전도 차폐 헬멧형 뇌자도 인서트이다.

[110] SQUID 센서 모듈(601)은 검출 코일로 자력계를 포함한다. 상기 제2 인서트(201)는 초전도 차폐를 사용한다. 상기 제2 인서트(201)는 듀아의 내부 용기(210)의 액체 냉매에 잠겨서 냉각된다. 검출코일(601)로 1턴의 자력계가 사용되었다. 상기 검출코일(601)은 센서 장착 헬멧(220)의 표면에 균일하게

152개 설치되었다. 상기 검출코일(601) 및 상기 SQUID 센서(646)는 일체형 모듈로 제작되어 액체 냉매에 직접 잠길 수 있다.

[111] 상기 센서 장착 헬멧(220)은 반구부(221a), 상기 반구부(221a)에 연속적으로 연결된 원통 형상의 직선부(221b), 상기 직선부(221b)의 하부면에서 외측으로 연장된 와셔 형상의 브림(221c)을 포함할 수 있다. 상기 브림(221c)은 지지봉(251)을 통하여 인서트 몸체에 연결될 수 있다. 상기 인서트 몸체는 냉매의 증발을 방지하는 복수의 인서트 배플을 포함할 수 있다.

[112] 검출코일(601)은 보빈 및 상기 보빈을 감싸는 1턴의 NbTi 선을 포함할 수 있다. 검출코일(601)과 SQUID 센서(646)는 일체형 모듈로 제작되어, 상기 센서 장착 헬멧(220)에 배치될 수 있다. 센서 장착 헬멧(220)은 지지봉(251)을 통하여 인서트 몸체에 연결된다. 상기 초전도 차폐 헬멧(230)과 상기 센서 장착 헬멧(220)은 액체 냉매에 잠기어 냉각된다.

[113] 외측 브림(brim)을 가지는 초전도 차폐 헬멧형 뇌자도 측정 장치의 경우, 적응 필터(adaptive filter)를 이용하기 위해 기준 SQUID 센서 채널(미도시)을 5개 지점에 3차원 벡터 방식으로 15개를 설치하였다. 기준 SQUID 센서 채널(미도시)은 상기 초전도 차폐 헬멧(230)의 외측에 배치된다.

[114] 초전도 차폐 헬멧(230)은 반구 형상의 반구부(231a)와 상기 반구부에 연속적으로 연결되는 원통 형상의 직선부(231b), 및 상기 직선부의 하부면에서 외측으로 연장되는 와셔 형상의 외측 브림(232)을 포함한다.

[115] 외측 브림(brim)을 가지는 초전도 차폐 헬멧형 뇌자도 측정 장치는 자기차폐실의 무게를 낮출 수 있다. 그러나, 외측 브림을 가지는 초전도체 차폐 헬멧형 뇌자도 측정 장치(200)는 기준 SQUID 센서 채널을 필요로 한다. 또한, 외측 브림을 가지는 초전도체 차폐 헬멧형 뇌자도 측정 장치는 초전도 헬멧의 가장자리 부근의 청각피질(auditory cortex) 또는 시각피질(visual cortex)에서 발생하는 뇌자도 신호에 대해서는 잘 측정하지 못할 수 있다. 따라서, 청각피질(auditory cortex)과 시각피질(visual cortex)에서 발생하는 뇌자도 신호를 측정하기 위하여, 다른 구조의 초전도 헬멧이 요구된다.

[116] 이하, 청각피질(auditory cortex)과 시각피질(visual cortex)에서 발생하는 뇌자도 신호를 측정하기 위하여, 다른 구조의 초전도 헬멧이 설명된다.

[117] 도 7a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치를 설명하는 도면이다.

[118] 도 7b는 도 7a의 양 방향 브림(brim) 구조의 초전도 차폐 헬멧형 인서트를 설명하는 도면이다.

[119] 도 7c는 초전도 차폐 헬멧 및 센서 장착 헬멧을 나타내는 분해 사시도이다.

[120] 도 7a 내지 도 7c를 참조하면, 뇌자도 측정 장치(300)는 액체 냉매를 저장하고 내부 헬멧(312)을 포함하는 내부 용기(310), 상기 내부 헬멧(312)을 감싸도록 배치된 외부 헬멧(302a)을 포함하는 외부 용기(302), 상기 내부 용기(312) 내부에 배치되는 센서 장착 헬멧(320), 및 상기 센서 장착 헬멧(320)에 장착되는

초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서 모듈(600)을 포함한다.

[121] 뇌자도 측정 장치(300)는 외부 용기(302), 외부 용기(302) 내부에 배치된 내부 용기(310), 및 상기 내부 용기(310)에 삽입되는 제3 인서트(301)를 포함할 수 있다. 상기 내부 용기(310) 내부에는 액체 냉매로 채워질 수 있다.

[122] 상기 제2 인서트(301)는 상기 내부 용기(310)에 삽입되어 단열 기능을 수행할 수 있다. 상기 제2 인서트(301)는 인서트 상판(11), 상기 인서트 상판(11)에 결합하고 수직으로 연장되는 가이드 봉(13), 상기 가이드 봉(13)에 삽입되는 인서트 배플(12), 센서 장착 헬멧(320)을 고정하기 위한 지지판(14), 및 상기 지지판(14)과 센서 장착 헬멧(320)을 연결하는 지지봉(351)을 포함할 수 있다. 상기 SQUID 센서 모듈은 상기 센서 장착 헬멧에 장착된다.

[123] 제3 인서트(301)는 양 방향 브림(brim) 구조의 초전도 차폐 헬멧(330)을 포함할 수 있다. 헬멧형 뇌자도에 초전도 차폐를 활용하기 위해 순도 99.95 퍼센트의 납판(lead plate)을 헬멧 형태로 제작하였다. 초전도 차폐 헬멧(330) 내부에 센서 장착 헬멧(320)이 설치된다. 검출코일(601)은 자력계가 사용되었다. 상기 검출 코일(601)은 상기 초전도 장착 헬멧(320)의 표면에 균일하게 152개 설치되었다. SQUID 센서(646)와 검출코일(601)은 일체형으로 모듈로 제작되어, 상기 센서 장착 헬멧(320)에 장착된다. 자력계는 보빈 및 상기 보빈을 감싸는 1턴의 NbTi 선을 포함할 수 있다.

[124] SQUID 센서(646)와 검출 코일(601) 사이의 연결은 Nb 판과 Nb 나사 등의 보조물을 사용하지 않고 뇌자도 장치의 집적화를 위해 직접 본딩하였다. 이러한 집적화는 검출 코일(601)과 SQUID 센서 사이의 기생 인덕턴스(stray inductance)를 1/10 정도 줄일 수 있어 밸런스 팩터(balance factor)를 크게 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 본딩(bonding)에 사용된 Nb 와이어는 연성을 증가시키기 위해 섭씨 1900 도에서 진공 열처리하였다. 초전도 본딩은 초음파 웨지 본더(sonic wedge bonder)를 이용하였다. 상기 SQUID 센서(646)가 장착된 SQUID PCB는 센서 장착 헬멧에 부착된 고정 블록에 플라스틱 나사를 이용하여 고정되었다.

[125] 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치(300)는 내측 브림(brim;333)을 포함하는 초전도 헬멧(330), 상기 초전도 헬멧(330)의 내부에 배치되는 센서 장착 헬멧(320), 상기 센서 장착 헬멧(320)의 내부에 배치된 검출 코일(601), 및 상기 센서 장착 헬멧(320)에 장착된 SQUID 센서 모듈(600)을 포함한다. 상기 SQUID 센서 모듈(600)은 상기 검출 코일(601)에 연결되는 SQUID(Superconducting QUantum Interference Device; SQUID) 센서를 포함한다.

[126] 듀어는 내부 용기(310)와 외부 용기(302)를 포함할 수 있다. 상기 듀어는 동축의 원통 구조일 수 있다. 상기 외부 용기(302)와 상기 내부 용기(310) 사이의 공간은 진공 상태로 유지될 수 있다. 상기 외부 용기(302)는 상판을 포함할 수 있다. 상기 상판의 중심에는 관통홀이 형성될 수 있다. 상기 내부 용기(310)는 상기 관통홀에

연결될 수 있다. 상기 외부 용기(302)는 원통 형상일 수 있다. 상기 외부 용기의 하부면에는 사람의 머리가 삽입될 수 있는 외부 헬멧(302a)이 배치될 수 있다.

[127] 상기 내부 용기(310)는 뚜껑을 가지지 않은 원통 형상일 수 있다. 상기 내부 용기의 하부면에는 상기 외부 헬멧(302)과 정렬되는 내부 헬멧(312)이 배치될 수 있다. 상기 내부 용기(310)의 외측면에는 와셔 형상의 지지부(311)가 배치될 수 있다. 상기 지지부(311)의 외주면에는 열 차폐부(312)가 배치될 수 있다. 상기 열 차폐부(312)는 원통 형상의 상부 원통부와 상기 상부 원통부와 연속적으로 결합한 하부 슬릿부를 포함할 수 있다. 상기 하부 슬릿부는 수직 방향으로 형성된 슬릿을 포함할 수 있다. 상기 열 차폐부(312)는 도전성 물질로 형성될 수 있다. 상기 내부 용기(310)에는 액체 냉매가 저장될 수 있다.

[128] 상기 인서트(301)는 상기 내부 용기(310)에 삽입되어 단열 기능을 수행할 수 있다. 상기 인서트(301)는 인서트 상판(11), 상기 인서트 상판(11)에 결합하고 수직으로 연장되는 가이드 봉(13), 상기 가이드 봉(13)에 삽입되는 인서트 배플(12), 센서 장착 헬멧(320)을 고정하기 위한 지지판(14), 및 상기 지지판(14)과 센서 장착 헬멧(320)을 연결하는 지지봉(351)을 포함할 수 있다.

[129] 상기 인서트 상판(11)은 원판 형상이고, G-10 에폭시로 형성될 수 있다. 상기 인서트 상판(11)은 상기 외부 용기(302)의 상판 상에 고정될 수 있다.

[130] 상기 가이드 봉(13)은 G-10 에폭시로 형성되고, 봉 형상 또는 파이프 형상일 수 있다. 상기 가이드 봉(13)은 인서트 배플(12)을 지지하는 수단일 수 있다.

[131] 상기 인서트 배플(12)은 보온성이 높은 스티로폼(styrofoam)과 도전판을 포함할 수 있다. 상기 도전판은 복사열을 차단하기 위하여 차례로 적층된 알루미늄 코팅된 마일라(mylar) 및 구리층을 포함할 수 있다. 상기 인서트 배플은 외부의 열전도 및 복사열 유입을 차단할 수 있다.

[132] 상기 지지판(14)은 G-10 에폭시로 형성되고 와셔 형상일 수 있다. 상기 지지판은 상기 지지봉(351)을 통하여 센서 장착 헬멧(320)을 고정할 수 있다.

[133] 지지봉(351)은 G-10 에폭시로 형성되고 봉 형상일 수 있다. 상기 지지봉은 복수개이고, 상기 지지판에 연결되며, 상기 지지봉은 수직으로 연장되어 상기 센서 장착 헬멧에 연결될 수 있다.

[134] 센서 장착 헬멧(320)은 반구 형상의 반구부(321a), 상기 반구부(321a)에 연속적으로 연결된 원통 형상의 직선부(321b), 및 상기 직선부(321b)의 하부면에서 외측 방향으로 연결된 외측 브림(321c)을 포함한다. 사람의 눈이 바라보는 방향의 상기 직선부(321b)의 일부분은 제거될 수 있다. 상기 센서 장착 헬멧(320)의 직선부(321b)와 상기 반구부(321a)에는 복수의 관통홀(322)이 배치된다. 상기 관통홀(322)에 SQUID 센서 모듈이 장착된다.

[135] 상기 센서 장착 헬멧(320)은 G-10 에폭시로 제작되고, 복수의 부품을 에폭시 접착제를 사용하여 형성될 수 있다. 반구부(321a)는 반구 형상을 가질 수 있다. 상기 반구부(321a)의 형상은 사람의 머리가 들어갈 수 있는 포물선 형상 또는 타원 형상 등의 곡선 형상으로 다양하게 변형될 수 있다. 직선부(321b)는 상기

반구부(321a)에 연속적으로 연결될 수 있다. 이에 따라, 상기 직선부(321b)는 원통 형상을 가질 수 있다. 상기 직선부(321b)는 원통 형상에 한하지 않고 상기 반구부의 곡률 반경보다 큰 곡률 반경을 가질 수 있다. 상기 직선부의 일부는 제거되어 시야 확보부를 제공할 수 있다. 구체적으로, 45도 내지 180 도 범위 방위각 성분이 제거될 수 있다. 이에 따라, 사람의 머리가 센서 장착 헬멧의 내부에 있는 경우, 눈은 시야를 확보할 수 있다. 상기 외측 브림(321c)은 와셔 형상일 수 있다.

[136] 초전도 헬멧(330)은 내측 브림(333), 외측 브림(332), 반구 형상의 반구부(331), 상기 반구부(331a)에 연속적으로 원통 형상의 직선부(331b), 및 상기 직선부(331b)의 일부가 제거된 시야 확보부(331c)를 포함한다. 상기 초전도 헬멧은 상기 시야 확보부(331c)의 양 측면에 배치되고 상기 내측 브림(333)에 연결된 내측 측면 브림(335), 상기 시야 확보부(331c)의 양 측면에 배치되고 상기 외측 브림(332)에 연결된 외측 측면 브림(334), 상기 시야 확보부(331c)의 상부에 배치되고 상기 내측 측면 브림(335)에 연결된 내측 상부 브림(337), 및 상기 시야 확보부(331c)의 상부에 배치되고 상기 외측 측면 브림(334)에 연결된 외측 상부 브림(336)을 더 포함할 수 있다. 초전도 헬멧(330)은 외부 자기 잡음을 차폐하여, 자기차폐실의 성능이 떨어지거나 상기 자기차폐실이 없는 상황에서 뇌자도 신호를 측정할 수 있다.

[137] 상기 내측 브림(333), 상기 내측 측면 브림(335), 및 상기 내측 상부 브림(337)은 연속적으로 연결될 수 있다. 상기 외측 브림(332), 상기 외측 측면 브림(334), 및 상기 외측 상부 드림(336)은 연속적으로 연결될 수 있다. 상기 내측 브림(333)의 길이 또는 폭은 20 mm 내지 40 mm 일 수 있다. 상기 외측 브림(332)의 길이 또는 폭은 40 mm 내지 60 mm일 수 있다. 상기 초전도 헬멧의 재질은 납(Pb)일 수 있다. 상기 초전도 헬멧은 판을 접어서 형성하거나 몰드를 이용하여 성형할 수 있다. 상기 초전도 헬멧(330)의 상기 외측 브림(332)은 상기 센서 장착 헬멧(320)의 외측 브림(321c)을 감싸도록 배치될 수 있다.

[138] 신호 특성 및 외부 환경 잡음 특성 비교를 위해 자기차폐실에서 동일한 회로 및 동일한 듀어를 이용하여 세 가지 형태의 측정 인서트가 평가되었다. 사용된 자기차폐실의 특성은 전기전도도가 높은 알루미늄과 초기 투자율이 높음 자성체를 이용하였으며, 이중차폐 형태로 제작되었다. 제작된 차폐실의 자기차폐율이 140배(@0.1 Hz), 80,000배 (@100Hz)였다. 자기장 신호 측정을 위하여, SQUID 회로는 상용 전단전폭기를 사용한 자속고정루프 회로(flux-locked-loop circuit; FLL circuit)와 측정된 신호의 잡음 필터와 증폭을 위한 아날로그 신호 처리 회로(ASP)를 포함할 수 있다. 상기 아날로그 신호 처리 회로는 저주파 통과 필터(low pass filter(100 Hz)), 고주파 통과 필터(high pass filter(0.1 Hz)), 60 Hz 노치 필터(notch filter), 및 40 dB 증폭기를 포함할 수 있다.

[139] 헬멧의 바깥쪽에만 50 mm 폭의 외측 브림을 부착한 것과 양쪽(외측 브림과 내측 브림)에 50 mm 및 30 mm의 브림을 각각 부착한 헬멧의 자기장 분포 및

자력선 방향이 확연히 다르다. 외측 브림만을 형성한 경우, 헬멧 안쪽 가장자리를 향해 자기장이 집속되며 검출코일 면에 수직한, 즉, 검출코일에 입사하는, 자기장 성분이 큰 것으로 나타났다.

[140] 외측 브림과 더불어 안쪽으로 검출코일이 초전도 표면과 이격된 거리 (30 mm) 만큼 내측 브림을 만들어 줄 경우, 자기장 방향과 검출코일 면이 이루는 각도가 더 적은 것이 확인되었다. 상기 내측 브림의 길이는 30 mm인 것이 바람직할 수 있다. 또한, 상기 외측 브림의 길이는 50 mm인 것이 바람직할 수 있다. 상기 내측 브림의 길이는 상기 검출코일과 상기 초전도 헬멧 사이의 이격 거리와 동일한 경우, 검출코일에 입사하는 자기장은 검출코일 면에 거의 수평으로 입사할 수 있다. 이에 따라, 외부 자기 노이즈가 감소될 수 있다.

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

[142] CIV형 SQUID 장치의 경우, 검출코일과 SQUID 센서가 진공 유지 상태로 배치된다. 따라서, 액화 냉매를 저장하는 헬륨 내부 저장 용기에는 저온 냉매만 존재한다. 따라서 냉매를 채울 수 있는 통로만 존재하면 된다. 따라서, 상기 헬륨 내부 저장 용기의 목부의 직경은 현저히 감소될 수 있다. 이에 따라, 액화 냉매의 증발율을 줄일 수 있게 된다.

[143] 통상적인 CIV형 SQUID 장치는 자기 신호 왜곡을 방지하기 위해 SQUID 센서와 검출코일을 이격시켜 연결한다. 이러한 방법은 제작 난이도가 높고, 제작 후 유지 및 보수가 힘들다. 검출코일을 냉각하기 위한 열전달 매체를 추가하여 설치해야하는 단점이 있다. 또한 통상적인 CIV형 SQUID 장치에 사용된 SQUID 센서와 검출코일은 초전도 볼트와 너트를 이용하여 결합된다. 이러한 큰 부피의 초전도 볼트와 너트가 검출코일에 근접하면, 자력계(magnetometer)의 경우, 왜곡된 자기 신호를 측정한다. 또한, 미분계(gradiometer)의 경우에는, 벨런즈 펙터(balance factor)를 크게 저하시킴으로써 측정하고자 하는 신호를 정확히 측정할 수 없다. 또한 낮은 SNR과 큰 신호 왜곡은 신호 분석에 있어서 중요한 신호원 국지화 오차를 유발할 수 있다.

[144] 이러한 방법을 개선하기 위해 통상적인 CIV형 SQUID 장치에서는 SQUID 센서와 검출코일을 물리적으로 분리시켜 고정하는 방법을 사용하였다. SQUID 센서의 고정 위치는 냉매 저장 용기의 바닥 혹은 측면 벽에 부착시키고, 검출코일은 신호원에 근접한 위치에 고정된다. 이러한 방법은 센서 제작 및 저온 냉매 저장용기와 센서의 결합 난이도를 크게 증가시켜, 시스템 제작에 필요한 경제적, 시간적 비용이 많이 소요되는 단점이 있다.

[145] 통상적인 CIV SQUID 시스템을 뇌자도 장치에 활용할 경우, 발생하는 또 다른 문제점은 다음과 같다. SQUID 센서를 이용한 생체자기 신호 측정을 위한

검출코일은 자력계 형태 또는 미분계 형태를 가질 수 있다.

[146] 자력계의 경우, 상기 자력계는 자기장의 절대값을 측정함으로 신호원과 주변의 큰 환경 잡음도 동시에 측정한다. 따라서, 주변 환경 잡음에 따라 SQUID 동작 특성 및 신호 대 잡음비가 크게 달라진다. 특히, 신호가 매우 미약한 뇌자도의 경우, 매우 높은 차폐율을 가지는 특수한 자기차폐실이 요구된다.

[147] 미분계의 경우에는, 미분계는 참조 코일과 신호 코일을 포함한다. 참조코일과 신호코일은 서로 다른 방향으로 꼬인다. 이에 따라, 미분계는 자기 신호의 미분값을 측정한다. 따라서, 균일한 외부 환경 잡음은 대부분 제거되고, 신호코일에 근접한 신호원에 의해 발생되는 자기 신호는 비교적 적게 상쇄됨으로서 SNR을 증가시킬 수 있다. 미분계를 사용하면 자력계에 비해 낮은 차폐율을 가지는 자기차폐실에서 높은 SNR을 가진 신호를 획득할 수 있다. 하지만, 미분계의 길이가 자력계에 비해 훨씬 길어서 헬멧형 미분계 장치가 차지하는 면적도 증가되어 상온으로부터 유입되는 복사열을 받는 면적도 증가하게 된다. 이는 저온 냉매의 증발율을 크게 증가시킨다. 따라서, 자력계를 사용하면서도, 검출코일과 신호원 사이의 거리가 가까운 CIV 뇌자도 장치가 요구된다.

[148] CIV SQUID 시스템을 뇌자도 장치에 초전도 차폐를 적용하는 경우를 가정하면, 통상적인 헬멧형 초전도 차폐는 헬멧 가장자리에서 자력선의 방향이 검출코일과 수직한 방향으로 유입된다. 헬멧형 초전도 차폐는 정수리에서 가장 먼 가장자리에 위치한 SQUID 센서의 잡음 수준을 크게 증가시킨다. 청각 피질(auditory cortex)와 시각 피질(visual cortex)에서 발생하는 뇌자도 신호를 측정하는데 크게 제한된다. 따라서, 초전도 차폐를 이용하는 경우, 자력계는 미분계와 유사하게 동작할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 초전도 차폐를 사용하면, 청각 피질(auditory cortex)와 시각 피질(visual cortex)에서 발생하는 뇌자도 신호의 측정이 어려워, 새로운 구조의 초전도 차폐가 요구된다.

[149] 도 8a은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 뇌자도 측정 장치를 설명하는 도면이다.

[150] 도 8b는 도 8a의 초전도 헬멧을 확대한 단면도이다.

[151] 도 8c는 도 8a의 초전도 헬멧을 나타내는 사시도이다.

[152] 도 8d는 도 8a의 초전도 헬멧을 나타내는 분해 사시도이다.

[153] 도 8a부터 도 8d를 참조하면, 뇌자도 측정 장치(400)는 액체 냉매를 저장하고 내부 헬멧(412)을 포함하는 내부 용기(410), 상기 내부 헬멧(412)을 감싸도록 배치된 외부 헬멧(402a)을 포함하는 외부 용기(402), 상기 내부 헬멧(412)과 상기 외부 헬멧(402a) 사이의 공간에 배치되는 센서 장착 헬멧(420), 및 상기 센서 장착 헬멧(420)과 상기 외부 헬멧(402a) 사의 공간에 배치되고 상기 센서 장착 헬멧(420)에 장착되는 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서 모듈(600)을 포함한다.

[154] 뇌자도 측정 장치(400)는 외부 용기(402), 외부 용기(402) 내부에 배치된 내부

용기(410), 및 상기 내부 용기(410)에 삽입되는 인서트(401)를 포함할 수 있다. 상기 내부 용기(410) 내부에는 액체 냉매로 채워질 수 있다.

[155] 뇌자도 측정 장치(400)는 내측 브림(brim)과 외측 브림(brim)을 포함하는 초전도 헬멧(430), 상기 초전도 헬멧(430)과 상기 외부 헬멧(402a) 사이의 공간에 배치되는 센서 장착 헬멧(420), 및 상기 센서 장착 헬멧(420)과 상기 외부 헬멧(402a) 사이의 공간에 배치된 SQUID 센서 모듈을 포함한다.

[156] SQUID 센서 모듈(600)은 검출코일(601), 및 상기 센서 장착 헬멧(420)에 장착되고 상기 검출 코일에 연결되는 SQUID 센서(646)를 포함한다.

[157] 듀어는 외부 용기(402)와 내부 용기(410)를 포함할 수 있다. 상기 듀어는 동축의 원통 구조일 수 있다. 상기 외부 용기(402)와 상기 내부 용기(410) 사이의 공간은 진공 상태로 유지된다. 상기 내부 용기(410)는 상판을 포함할 수 있다. 상기 상판의 중심에는 관통홀이 형성될 수 있다. 상기 외부 용기(402)는 원통 형상일 수 있다. 상기 외부 용기의 하부면에는 사람의 머리가 삽입될 수 있는 외부 헬멧(402a)이 배치될 수 있다.

[158] 상기 내부 용기(410)는 작은 직경을 가지는 목부(410a)와 큰 직경을 가지는 몸체부(410b)를 포함할 수 있다. 상기 목부(410a) 및 상기 몸체부(410b)는 원통 형상일 수 있다. 상기 몸체부(410b)의 하부면에는 상기 외부 헬멧(402a)과 정렬되는 내부 헬멧(412)이 배치될 수 있다.

[159] 상기 내부 용기(410)의 목부(410a) 외측면에는 와셔 형상의 지지부(411)가 배치될 수 있다. 상기 지지부(411)의 외주면에는 열 차폐부(413)가 배치될 수 있다. 상기 열 차폐부(413)는 원통 형상의 상부 원통부와 상기 상부 원통부와 연속적으로 결합한 하부 슬릿부를 포함할 수 있다. 상기 하부 슬릿부는 수직 방향으로 형성된 슬릿을 포함할 수 있다. 상기 열 차폐부(413)는 도전성 물질로 형성될 수 있다. 상기 내부 용기(410)에는 액체 냉매가 저장될 수 있다. 열 차폐부(413)는 진공 내부의 온도 구배를 줄이기 위하여 다층으로 구성될 수 있다. 상기 열차폐부(413)는 복사열을 차단하기 위하여 차례로 적층된 알루미늄 코팅된 마일라(mylar) 및 구리층을 포함할 수 있다. 상기 열차폐부(413)는 외부의 복사열 유입을 차단할 수 있다.

[160] 인서트(401)는 상기 내부 용기(410)의 목부(410a)에 삽입되어 단열 기능을 수행할 수 있다. 상기 인서트(401)는 인서트 상판(21), 상기 인서트 상판(21)에 결합하고 수직으로 연장되는 가이드 봉(23), 및 상기 가이드 봉(23)에 삽입되는 인서트 배플(22)을 포함할 수 있다.

[161] 상기 인서트 상판(21)은 원판 형상이고, G-10 에폭시로 형성될 수 있다. 상기 인서트 상판(21)은 상기 내부 용기(410)의 상판 상에 고정될 수 있다.

[162] 상기 가이드 봉(23)은 G-10 에폭시로 형성되고, 봉 형상 또는 파이프 형상일 수 있다. 상기 가이드 봉(23)은 인서트 배플(22)을 지지하는 수단일 수 있다.

[163] 상기 인서트 배플(22)은 보온성이 높은 스티로폼(styrofoam)과 도전판을 포함할 수 있다. 상기 도전판은 복사열을 차단하기 위하여 차례로 적층된 알루미늄

코팅된 마일라(mylar) 및 구리층을 포함할 수 있다. 상기 인서트 배플은 외부의 전도열 및 복사열 유입을 차단할 수 있다.

[164] 상기 내부 용기(410)와 상기 외부 용기(402) 사이의 공간은 진공 상태로 유지될 수 있다. 센서 장착 헬멧(420) 및 상기 센서 장착 헬멧(420) 상에 배치된 초전도 헬멧(430)은 상기 외부 헬멧(402a)과 내부 헬멧(412) 사이에 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 외부 헬멧(402a), 센서 장착 헬멧(420), 초전도 헬멧(430), 및 내부 헬멧(412)이 차례로 배치될 수 있다. 상기 내부 헬멧(412)은 상기 센서 장착 헬멧(420)을 고정하고 냉각할 수 있다.

[165] 커넥터 박스(connector box,419)는 SQUID 센서(442)와 외부 회로를 전기적으로 연결한다. 상기 커넥터 박스(419)는 진공 부위를 통하여 연장되는 배선을 외부 회로와 연결하고, 상기 내부 용기(410)의 상판 상에 배치될 수 있다.

[166] 센서 장착 헬멧(420)은 반구 형상의 반구부(421a), 상기 반구부(421a)에 연속적으로 연결된 원통 형상의 직선부(421b)를 포함한다. 사람의 눈이 바라보는 방향의 상기 직선부(421b)의 일부분은 제거될 수 있다. 상기 센서 장착 헬멧(420)의 직선부(421b)와 상기 반구부(421a)에는 복수의 관통홀(422)이 배치된다. 상기 관통홀(422)에 SQUID 센서(442)가 장착된다.

[167] 상기 센서 장착 헬멧(420)은 G-10 에폭시로 제작되고, 복수의 부품을 에폭시 접착제를 사용하여 형성될 수 있다. 반구부(421a)는 반구 형상을 가질 수 있다. 상기 반구부(421a)의 형상은 사람의 머리가 들어갈 수 있는 포물선 형상 또는 타원 형상 등의 곡선 형상으로 다양하게 변형될 수 있다. 직선부(421b)는 상기 반구부(421a)에 연속적으로 연결될 수 있다. 이에 따라, 상기 직선부(421b)는 원통 형상을 가질 수 있다. 상기 직선부의 일정한 방위각 성분이 제거되어 시야 확보부(431c)를 제공할 수 있다. 구체적으로, 45도 내지 180 도 범위 방위각 성분이 제거될 수 있다. 이에 따라, 사람의 머리가 센서 장착 헬멧의 내부에 있는 경우, 눈은 시야를 확보할 수 있다.

[168] 초전도 헬멧(430)은 내측 브림(433), 외측 브림(432), 반구 형상의 반구부(431a), 상기 반구부(431a)에 연속적으로 원통 형상의 직선부(431b), 및 상기 직선부(431b)의 일부가 제거된 시야 확보부(431c)를 포함한다. 상기 초전도 헬멧(430)은 상기 시야 확보부(431c)의 양 측면에 배치되고 상기 내측 브림(433)에 연결된 내측 측면 브림(435), 상기 시야 확보부(431c)의 양 측면에 배치되고 상기 외측 브림(432)에 연결된 외측 측면 브림(434), 상기 시야 확보부(431c)의 상부에 배치되고 상기 내측 측면 브림(435)에 연결된 내측 상부 브림(437), 및 상기 시야 확보부(431c)의 상부에 배치되고 상기 외측 측면 브림(434)에 연결된 외측 상부 브림(436)을 포함할 수 있다. 초전도 헬멧(430)은 외부 자기잡음을 차폐할 수 있다.

[169] 상기 내측 브림(433), 상기 내측 측면 브림(435), 및 상기 내측 상부 브림(437)은 연속적으로 연결될 수 있다. 상기 외측 브림(432), 상기 외측 측면 브림(434), 및 상기 외측 상부 드림(436)은 연속적으로 연결될 수 있다. 상기 내측 브림(433)의

길이 또는 폭은 20 mm 내지 40 mm 일 수 있다. 상기 외측 브림(432)의 길이 또는 폭은 40 mm 내지 60 mm일 수 있다. 상기 초전도 헬멧(430)의 재질은 납(Pb)일 수 있다. 상기 초전도 헬멧은 판을 접어서 형성할 수 있다. 상기 초전도 헬멧은 금형을 이용하여 형성할 수 있다. 상기 초전도 헬멧 표면과 상기 검출 코일 사이의 수직 이격 거리는 20 mm 내지 40 일 수 있다. 또한, 상기 수직 이격 거리는 상기 내측 브림의 길이와 동일할 수 있다. 이 경우, 청각피질(auditory cortex)과 시각피질(visual cortex)에서 발생하는 뇌자도 신호의 측정이 가능하다.

[170] 제1 열전도층(414)이 상기 내부 헬멧(412)과 상기 초전도 헬멧(430) 사이의 열전달을 위하여 상기 내부 헬멧(412)과 상기 초전도 헬멧(430) 사이에 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 초전도 헬멧(430)은 저온으로 냉각될 수 있다. 또한, 제2 열전도층(416)은 상기 초전도 헬멧(430)과 상기 센서 장착 헬멧(420) 사이의 열전달을 위하여 상기 초전도 헬멧(430)과 상기 센서 장착 헬멧(420) 사이에 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 센서 장착 헬멧(420) 및 SQUID 센서 모듈(440)은 저온으로 냉각될 수 있다. 제1 열전도층(414) 및 제2 열전도층(416)은 도전성 메쉬로 형성될 수 있다.

[171] 열 캡(thermal cap,452)은 높은 열전도율을 가지는 재료로 제작되고, 센서모듈(440)의 냉각효율을 증가시킬 수 있다. 상기 열 캡(452)은 상기 센서 장착 헬멧(420)과 상기 외부 용기(402) 사이에 배치될 수 있다. 상기 열 캡(452)은 상기 센서 장착 헬멧(420)을 감싸도록 배치될 수 있다. 상기 열 캡(452)은 상기 내부 용기의 몸체부(410b) 하단에 열적으로 연결될 수 있다. 상기 열 캡(452)은 열전도를 위하여 구리 메쉬와 열반사를 위하여 알루미늄이 코팅된 얇은 마일러 재질일 수 있다.

[172] SQUID 센서 모듈(600)은 일단은 센서 장착 헬멧(420)에 고정되는 고정 블록(610), 일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고 검출 코일(601)이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈(630), 상기 보빈(630)의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록(610)의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단(650), 상기 보빈(630)의 상부 측면에 배치되고 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서(646)를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(Printed Circuit Board;PCB)(640), 및 상기 고정 블록(610)의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서(646)에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB(620)를 포함할 수 있다.

[173] 연결선 PCB(2)에는 커넥터 박스(connector box, 419)로부터 연결된 전력 및 신호선 8가닥이 연결되는 8개의 연결 단자가 형성되어 있다.

[174] 뇌자도 신호 측정 및 분석을 위해 100개 이상의 SQUID 센서 모듈이 사용되며, 각각의 SQUID 센서 모듈는 신호 검출의 중복을 피하기 위해 최적의 간격을 유지한다.

[175] CIV 형태의 듀아는 SQUID를 액체헬륨에 담가서 냉각시키는 직접 냉각형 듀아보다 듀아 목의 단면적을 획기적으로 감소시킬 수 있다. 따라서, CIV 형태의

듀아는 고가의 저온 냉매 소모를 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. 하지만 1차 미분형 SQUID 센서를 사용할 경우, 헬멧 내부의 열 유입 면적이 매우 넓어짐으로 인해 저온 냉매의 증발율을 증가시키는 요인이 된다.

[176] 이러한 문제점을 해결하기 위해 CIV형 뇌자도에 초전도 헬멧 및 컴팩트한 구조의 SQUID 센서 모듈이 사용되었다. SQUID 자력계를 초전도체로 차폐할 경우, 초전도 영상 전류(image current)에 의해 SQUID 미분계와 동일한 동작 특성을 가질 수 있다. 이러한 특성을 CIV형 뇌자도 장치에 적용할 경우, SQUD 센서 모듈이 위치하는 진공조 헬멧 표면적을 40 퍼센트 감소시킬 수 있다. 또한, 절대온도 300K에 노출된 열 차폐막(thermal shield)의 표면적은 미분계로 형성된 CIV형 뇌자도 장치보다 290 퍼센트 감소시킬 수 있다. 이에 따라, 저온 냉매 저장용기의 하단으로부터의 열유출을 대폭 감소시킬 수 있다. 구체적으로, 일체화된 상기 자력계를 사용한 경우, 상기 보빈의 길이가 감소함에 따라, 외부 헬멧과 상기 내부 헬멧 사이의 거리가 감소한다. 한편, 상온으로 유지되는 외부 용기의 하부면을 바라보는 상기 외부 헬멧과 상기 내부 헬멧 사이의 하부면의 면적은 감소한다. 이 면적이 감소함에 따라, 이 면적을 통하여 열 유입이 감소하여, 냉매 증발률이 감소될 수 있다.

[177] 또한, 내측 브림을 가지는 초전도 헬멧은 청각피질(auditory cortex)와 시각 피질(visual cortex)에서 발생하는 뇌자도 신호의 측정이 용이할 수 있다. 내측 브림을 포함하는 초전도 헬멧은 모든 주파수 대역의 자기잡음을 차폐할 수 있으므로 자기차폐실의 소형 경량화를 이룰 수 있다.

[178] 본 발명으로 구성된 초전도 차폐를 152채널 MEG(Magnetoencephalography, 뇌자도) SQUID 장치에 적용하였다. 발명이 적용된 MEG SQUID 장치를 이용하여 정상인을 대상으로 청각유발 신호 및 시각자극 유발 신호를 측정하였다. 측정된 신호의 SNR은 일반적인 초전도 차폐보다 5배 이상 향상되었다.

[179] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

청구범위

[청구항 1] 일단은 지지부에 고정되는 고정 블록;
일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고, 검출 코일이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈;
상기 보빈의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단;
상기 보빈의 상부 측면에 배치되고
초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(Printed Circuit Board;PCB); 및
상기 고정 블록의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함하는 것을 특징으로 하는 SQUID 센서 모듈.

[청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 신호선 연결 PCB는 제1 커넥터를 포함하고,
상기 SQUID PCB는 제2 커넥터를 포함하고,
상기 제1 커넥터와 상기 제2 커넥터는 서로 전기적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 SQUID 센서 모듈.

[청구항 3] 제1 항에 있어서,
상기 고정 블록은:
디스크 형상을 가지고 상기 지지부에 형성된 홈 또는 관통홀에 결합하는 고정 블록 돌출부;
디스크 형상을 가지고 상기 고정 블록 도출부와 연속적으로 연결되고 상기 고정 블록 돌출부의 지직경보다 큰 직경을 가지고 평탄한 일 측면을 가지는 고정 블록 문턱부;
디스크 형상을 가지고 상기 고정 블록 문턱부와 연속적으로 연결되고 상기 고정 블록 문턱부의 직경보다 작은 직경을 가지고 평탄한 일 측면을 가지는 고정 블록 몸체부; 및
상기 고정 블록 몸체부와 동일한 직경을 가지고 평탄한 일측면을 가지는 상기 고정 블록 연장부를 포함하고,
상기 고정 블록 문턱부의 평탄한 일 측면과 상기 고정 블록 몸체부의 평탄한 일 측면은 서로 연결되고,
상기 고정 블록 몸체부의 일 측면은 상기 고정 블록 연장부의 일 측면은 서로 평행하고,
중심축과 상기 고정 블록 연장부의 일 측면 사이의 수직 거리는 상기 중심축과 상기 고정 블록 몸체부의 일 측면 사이의 수직 거리보다 작은 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 SQUID

센서 모듈.

[청구항 4] 제1 항에 있어서,
상기 보빈은:
중심축으로부터 제1 수직 거리를 가지고 상부 측면에 형성된 제1 평탄부; 및
상기 제1 수직 거리보타 큰 제2 수직 거리를 가지고 하부 측면에 형성된 제2 평탄부를 포함하는 것을 특징으로 하는 SQUID 센서 모듈.

[청구항 5] 제3 항에 있어서,
상기 검출 코일과 상기 SQUID 센서를 전기적으로 연결하는 연결선을 더 포함하고,
상기 검출 코일의 양단은 상기 제2 평탄부에 고정되고,
상기 연결선은 상기 SQUID 센서의 도전 패드와 상기 검출 코일의 양단을 서로 연결하는 것을 특징으로 하는 SQUID 센서 모듈.

[청구항 6] 제1 항에 있어서,
상기 신호선 연결 PCB는 내부에 관통홀을 포함하는 와셔 형상이고,
상기 신호선 연결 PCB가 상기 고정 블록의 외주면에 결합한 경우 회전 운동을 억제하도록 상기 관통홀의 일 측면은 평면인 것을 특징으로 하는 SQUID 센서 모듈.

[청구항 7] 제1 항에 있어서,
상기 검출 코일은 1차 미분계(first order gradiometer) 또는 자력계인 것을 특징으로 SQUID 센서 모듈.

[청구항 8] 액체 냉매를 저장하고 내부 헬멧을 포함하는 내부 용기;
상기 내부 헬멧을 감싸도록 배치된 외부 헬멧을 포함하는 외부 용기;
상기 내부 용기 내부에 배치되는 센서 장착 헬멧; 및
상기 센서 장착 헬멧에 장착되는
초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서 모듈을 포함하고,
상기 SQUID 센서 모듈은:
일단은 상기 센서 장착 헬멧에 고정되는 고정 블록;
일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고, 검출 코일이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈;
상기 보빈의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단;
상기 보빈의 상부 측면에 배치되고
초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference

Device;SQUID) 센서를 포함하는 SQUID 인쇄회로기판(Printed Circuit Board;PCB); 및
상기 고정 블록의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함하는 것을 특징으로 하는 뇌자도 측정 장치.

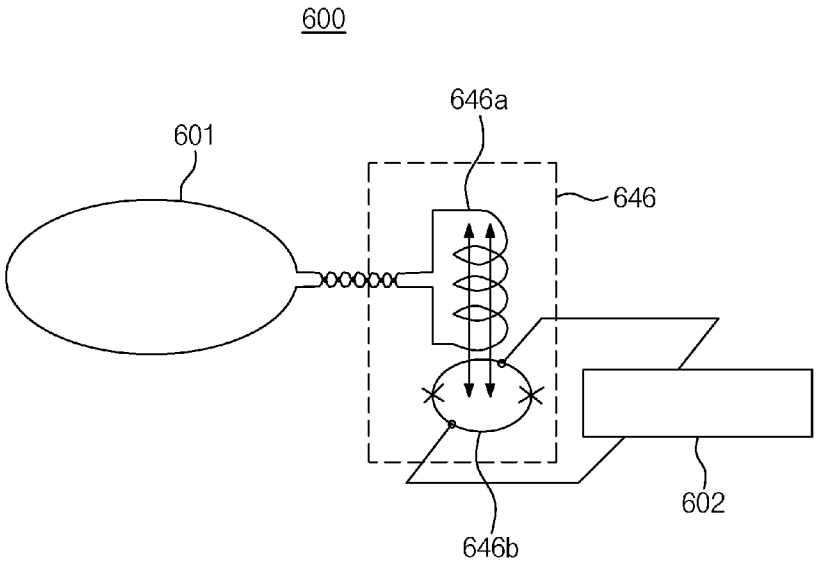
[청구항 9] 제1 항에 있어서,
상기 센서 장착 헬멧 상에 배치되는 초전도 헬멧을 더 포함하고,
상기 초전도 헬멧과 상기 내부 헬멧 사이에 상기 센서 장착 헬멧이 배치되고,
상기 SQUID 센서 모듈은 상기 내부 헬멧과 상기 센서 장착 헬멧 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 뇌자도 측정 장치.

[청구항 10] 제9 항에 있어서,
상기 검출 코일은 자력계인 것을 특징으로 하는 뇌자도 측정 장치.

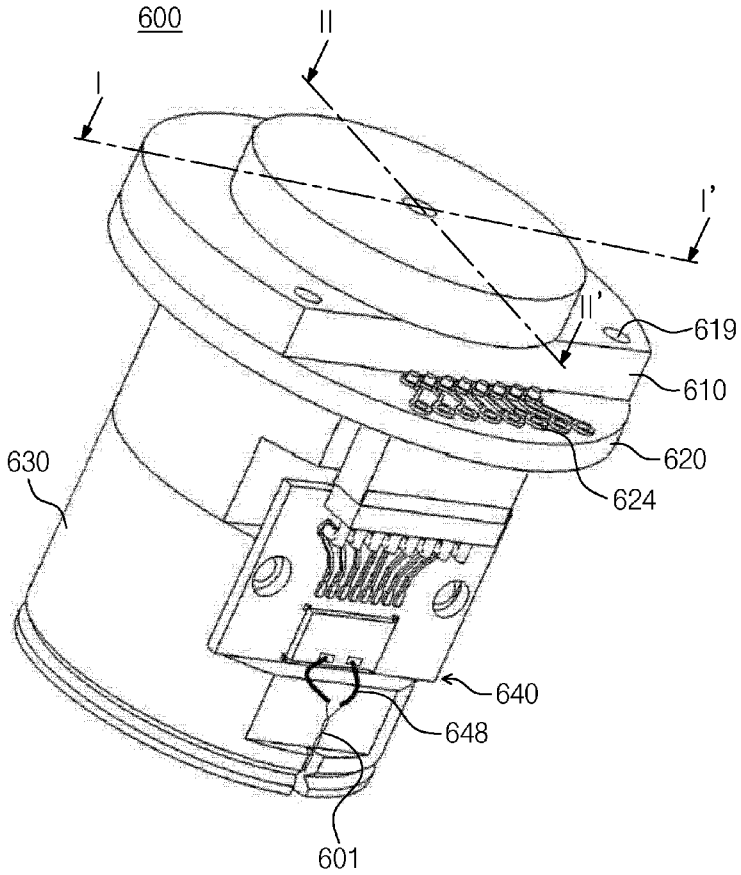
[청구항 11] 액체 냉매를 저장하고 내부 헬멧을 포함하는 내부 용기;
상기 내부 헬멧을 감싸도록 배치된 외부 헬멧을 포함하는 외부 용기;
상기 내부 헬멧과 상기 외부 헬멧 사이의 공간에 배치되는 센서 장착 헬멧; 및
상기 센서 장착 헬멧과 상기 외부 헬멧 사의 공간에 배치되고 상기 센서 장착 헬멧에 장착되는 초전도양자간섭소자(Superconducting QUantum Interference Device;SQUID) 센서 모듈을 포함하고,
상기 SQUID 센서 모듈은:
일단은 센서 장착 헬멧에 고정되는 고정 블록;
일단은 상기 고정 블록의 타단과 결합하고, 검출 코일이 감기는 홈(groove)을 포함하는 보빈;
상기 보빈의 중심에 형성된 관통홀을 통하여 상기 고정 블록의 타단에 고정되는 보빈 고정 수단;
상기 보빈의 상부 측면에 배치되고 SQUID 센서를 포함하는 SQUID PCB; 및
상기 고정 블록의 외주면에 삽입되고 상기 SQUID 센서에서 검출된 신호를 외부 회로로 전달하는 신호선 연결 PCB를 포함하는 것을 특징으로 하는 뇌자도 측정 장치.

[청구항 12] 제11 항에 있어서,
상기 내부 헬멧과 상기 센서 장착 헬멧 사이의 공간에 배치되는 초전도 헬멧을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 뇌자도 측정 장치.

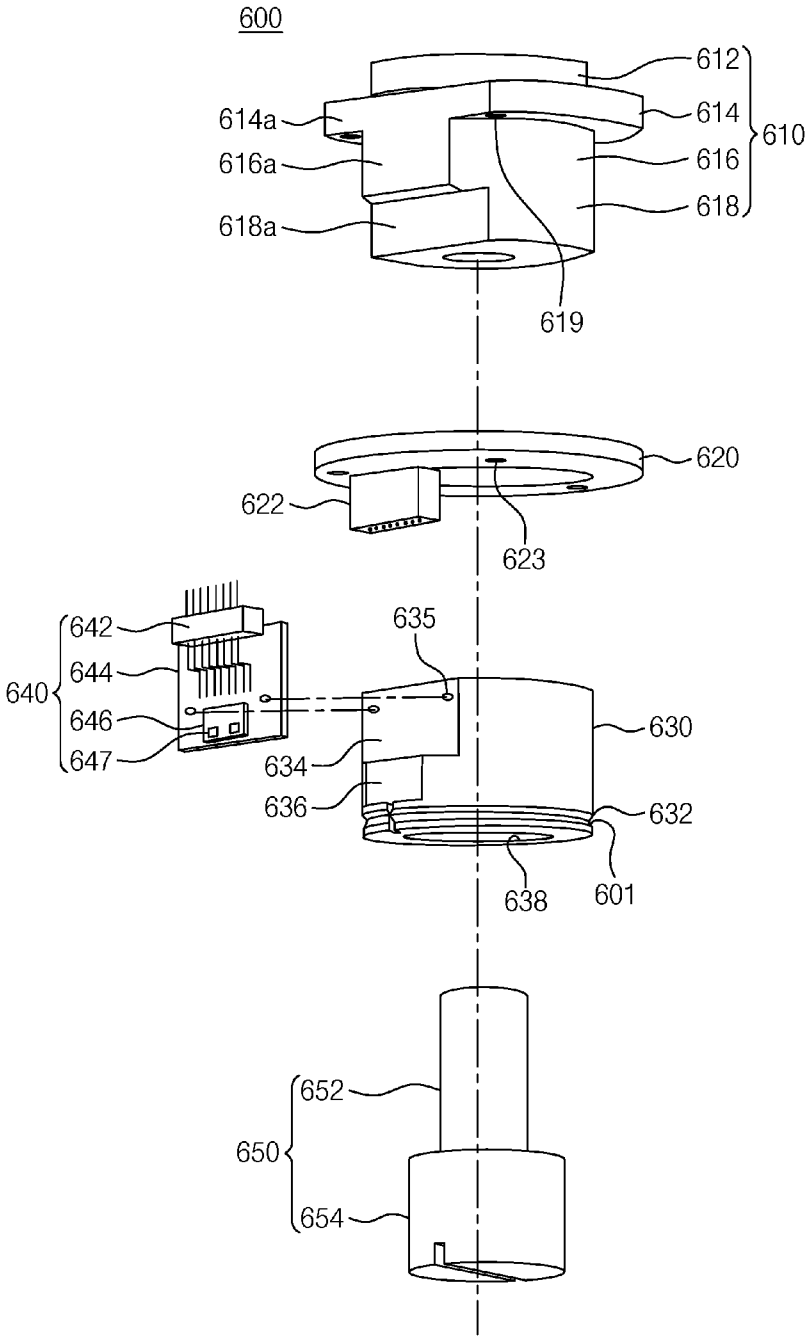
[Fig. 1]


600
646a
601
646
602
646b

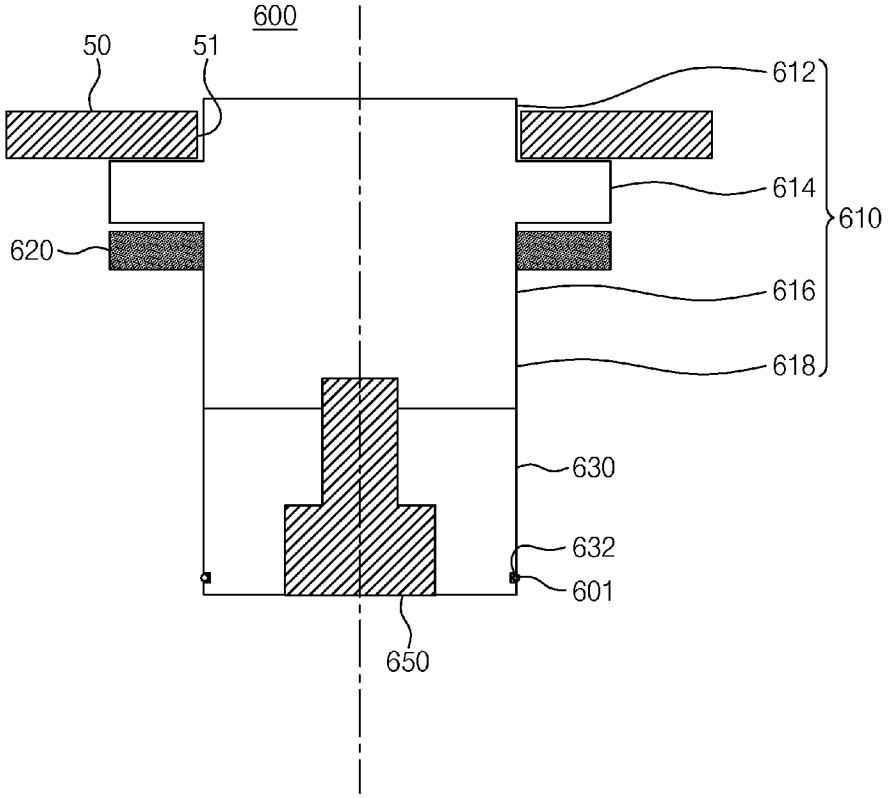
[Fig. 2a]


600
II
I
I'
II'
619
610
620
630
624
640
648
601

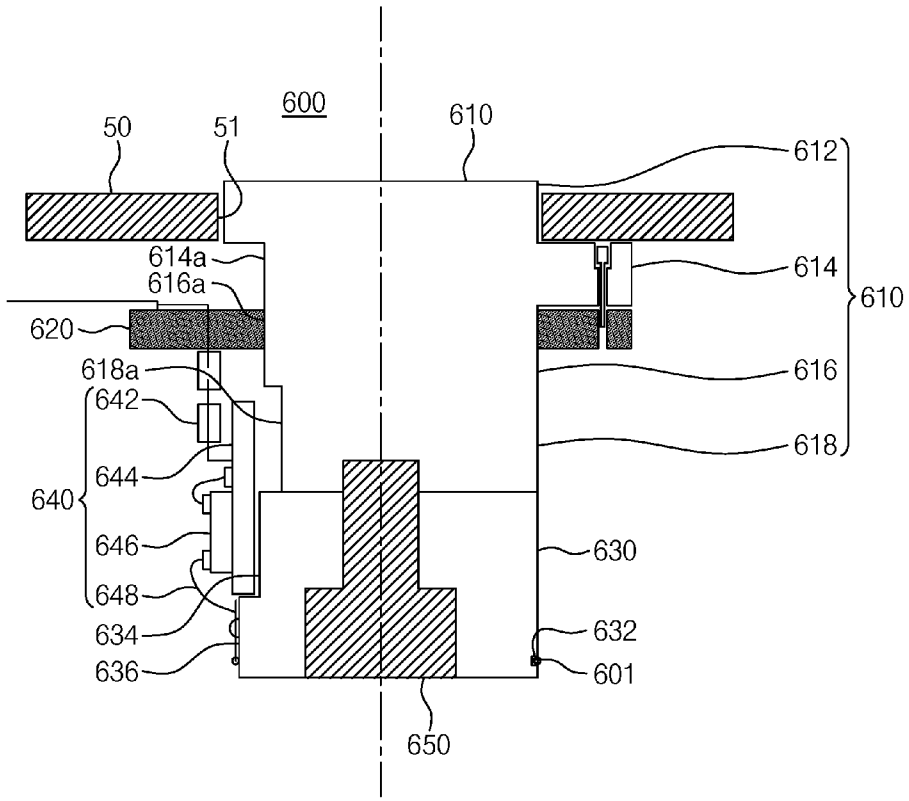
[Fig. 2b]


600
612
614a
614
610
616a
616
618a
618
619
620
622
623
642
635
640
644
646
630
647
634
636
632
638
601
652
650
654

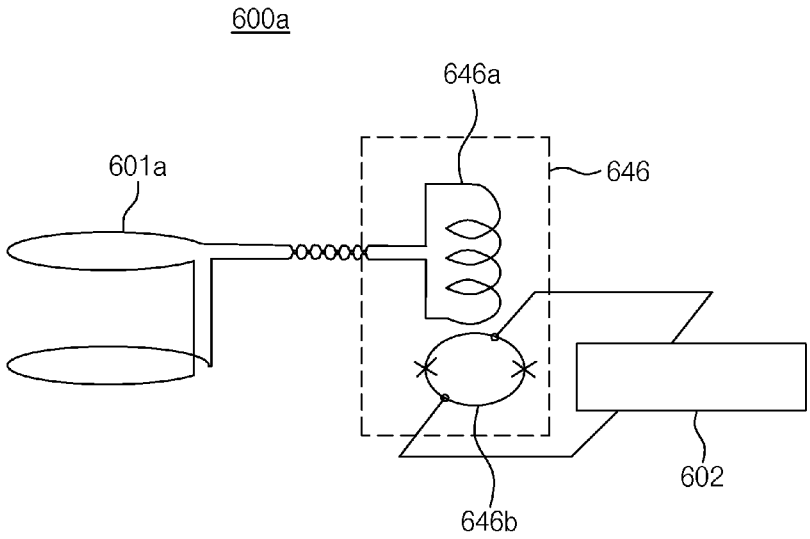
[Fig. 2c]


600
50
51
612
614
610
620
616
618
630
632
601
650

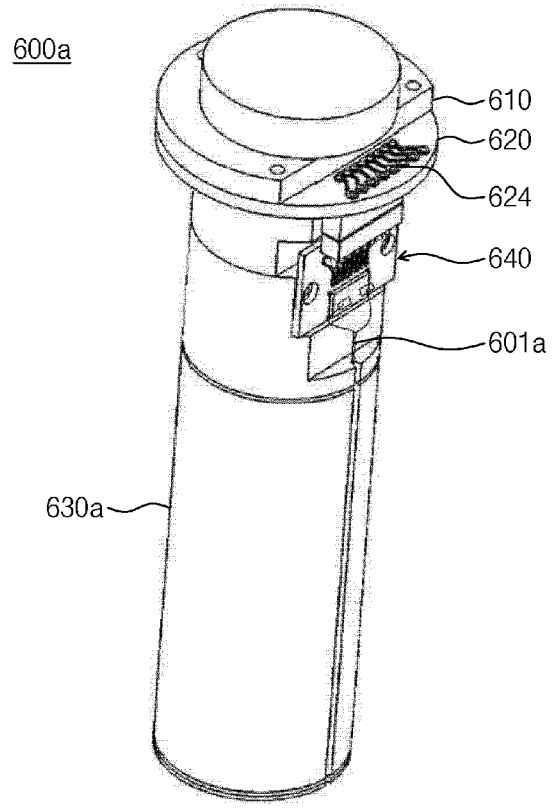
[Fig. 2d]


600
610
50
51
612
614a
616a
614
610
620
618a
616
642
618
644
640
630
646
648
632
634
601
636
650

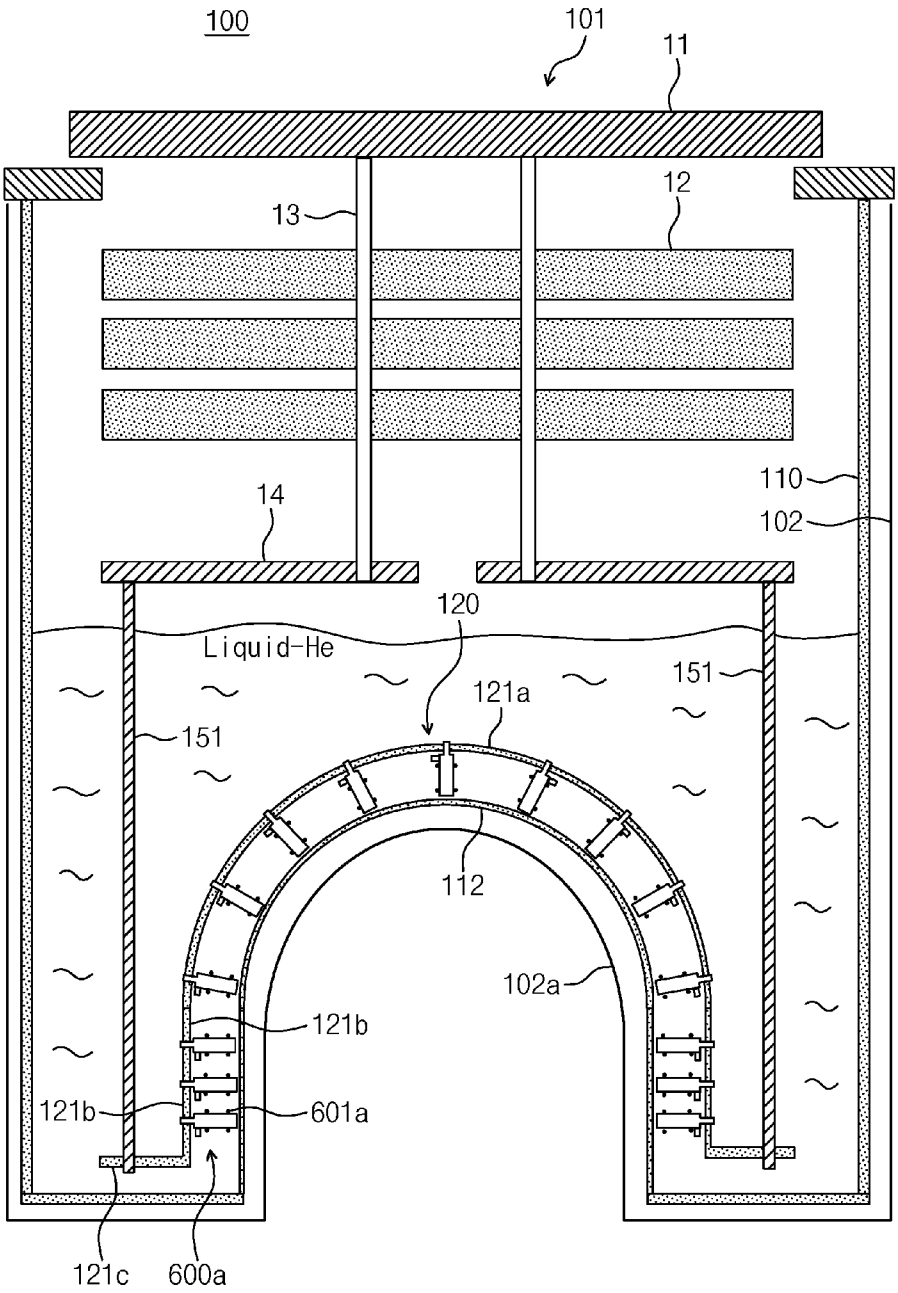
[Fig. 3]



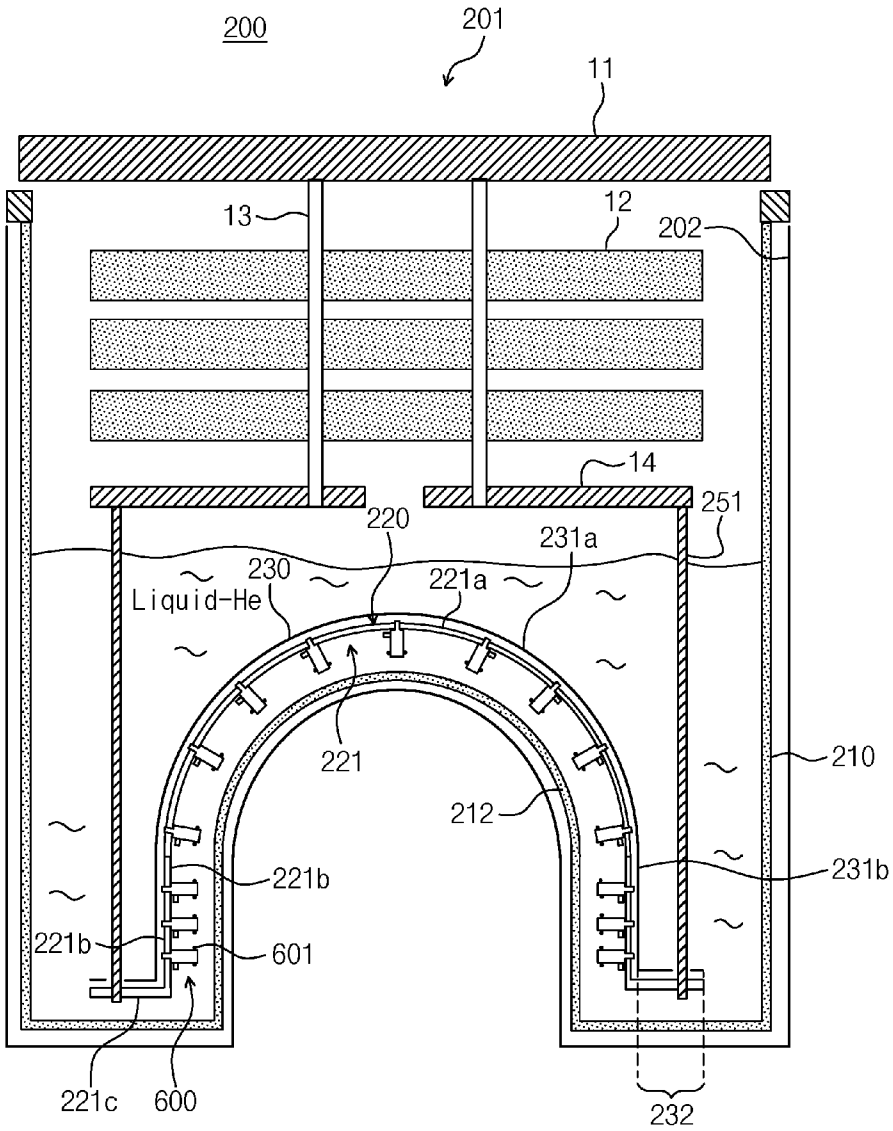
[Fig. 4]



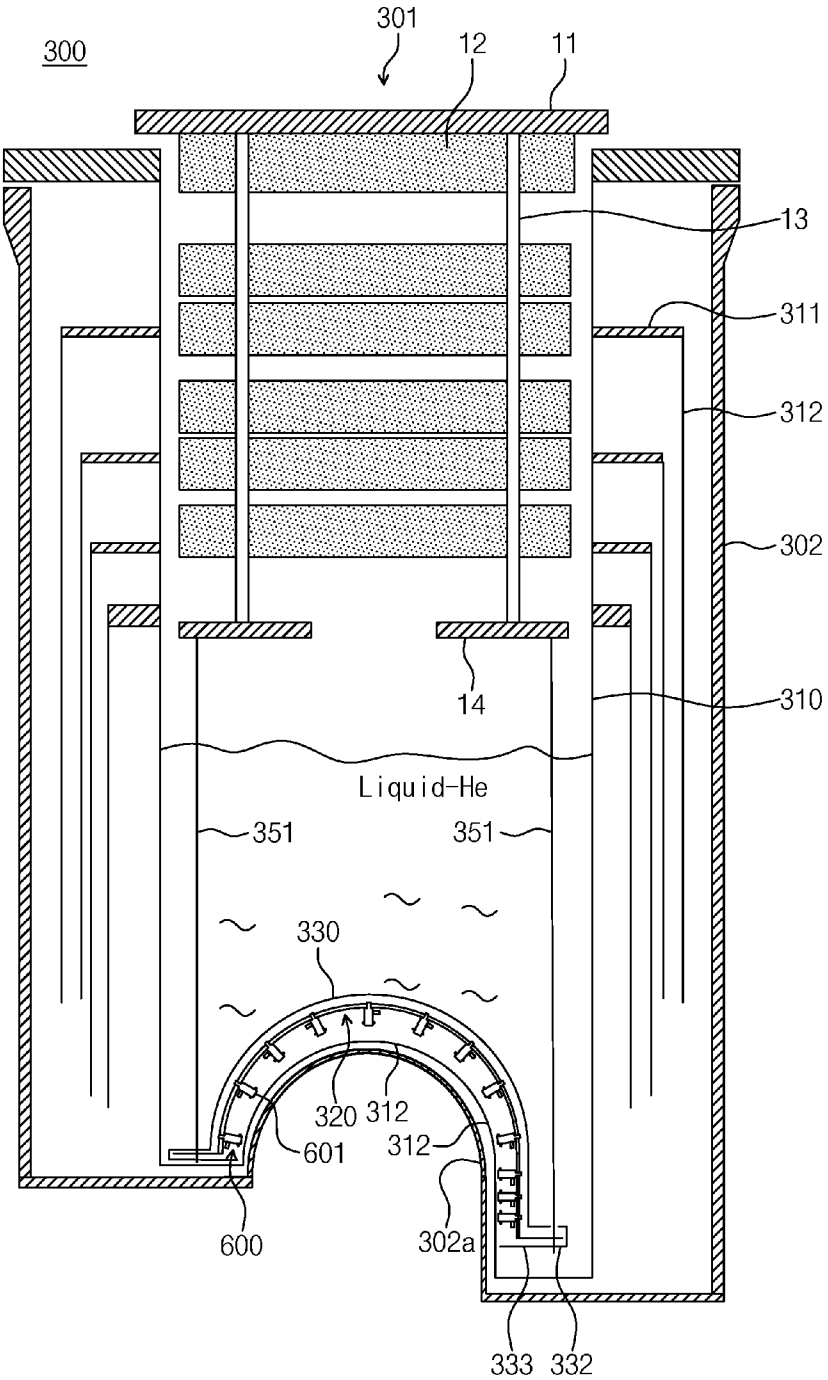
[Fig. 5]


100
101
11
12
13
14
110
102
120
Liquid-He
151
121a
151
112
102a
121b
121b
601a
121c
600a

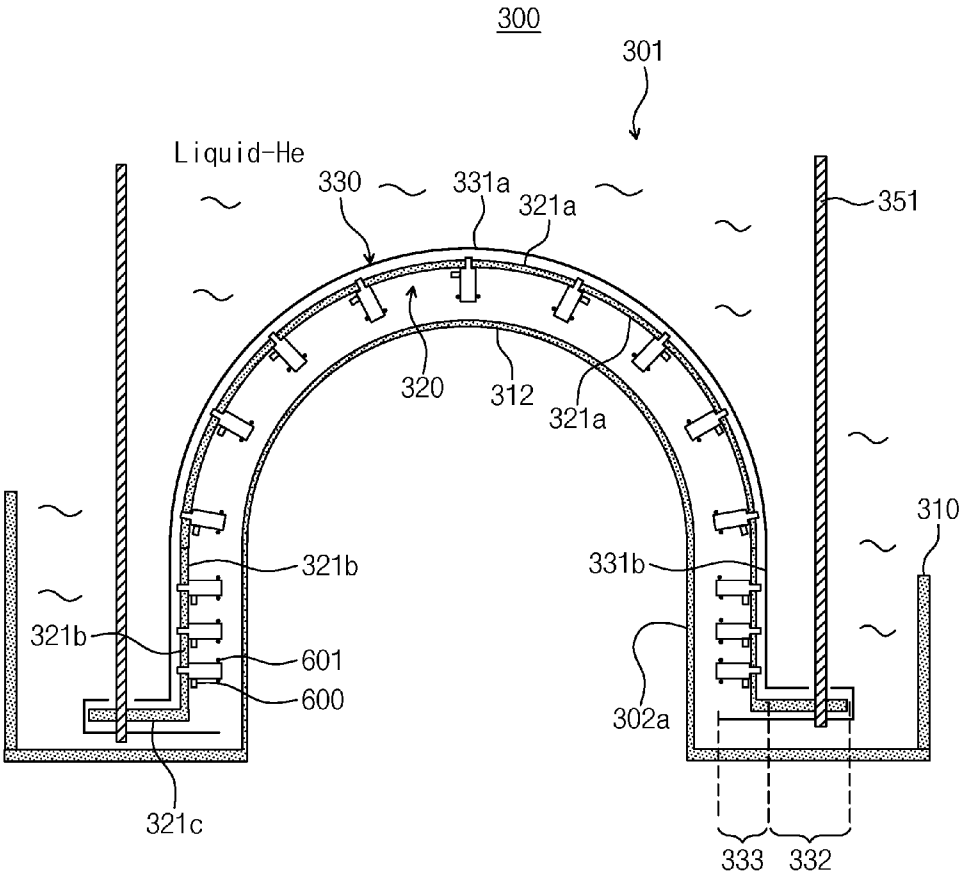
[Fig. 6]


200
201
11
13
12
202
14
251
220
231a
230
221a
Liquid-He
221
210
212
221b
231b
221b
601
221c
600
232

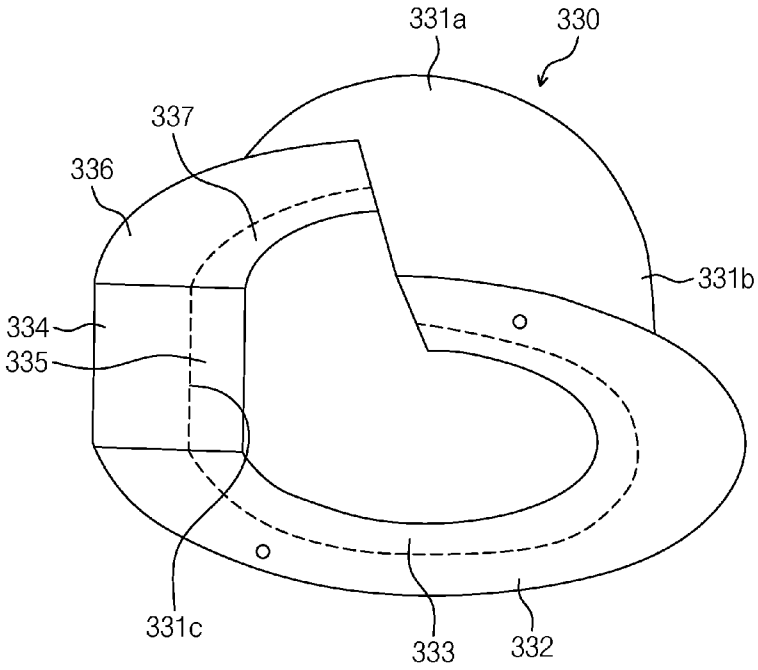
[Fig. 7a]

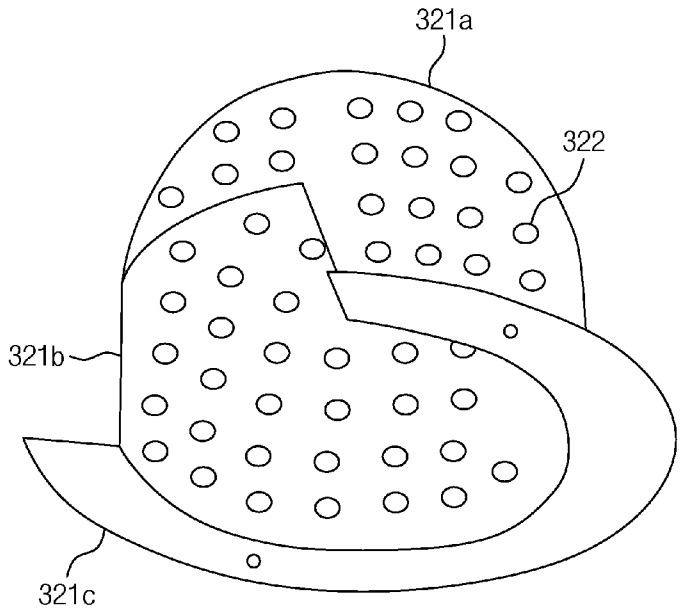

300
301
12
11
13
311
312
302
14
310
Liquid-He
351
351
330
320
312
312
601
600
302a
333
332

[Fig. 7b]

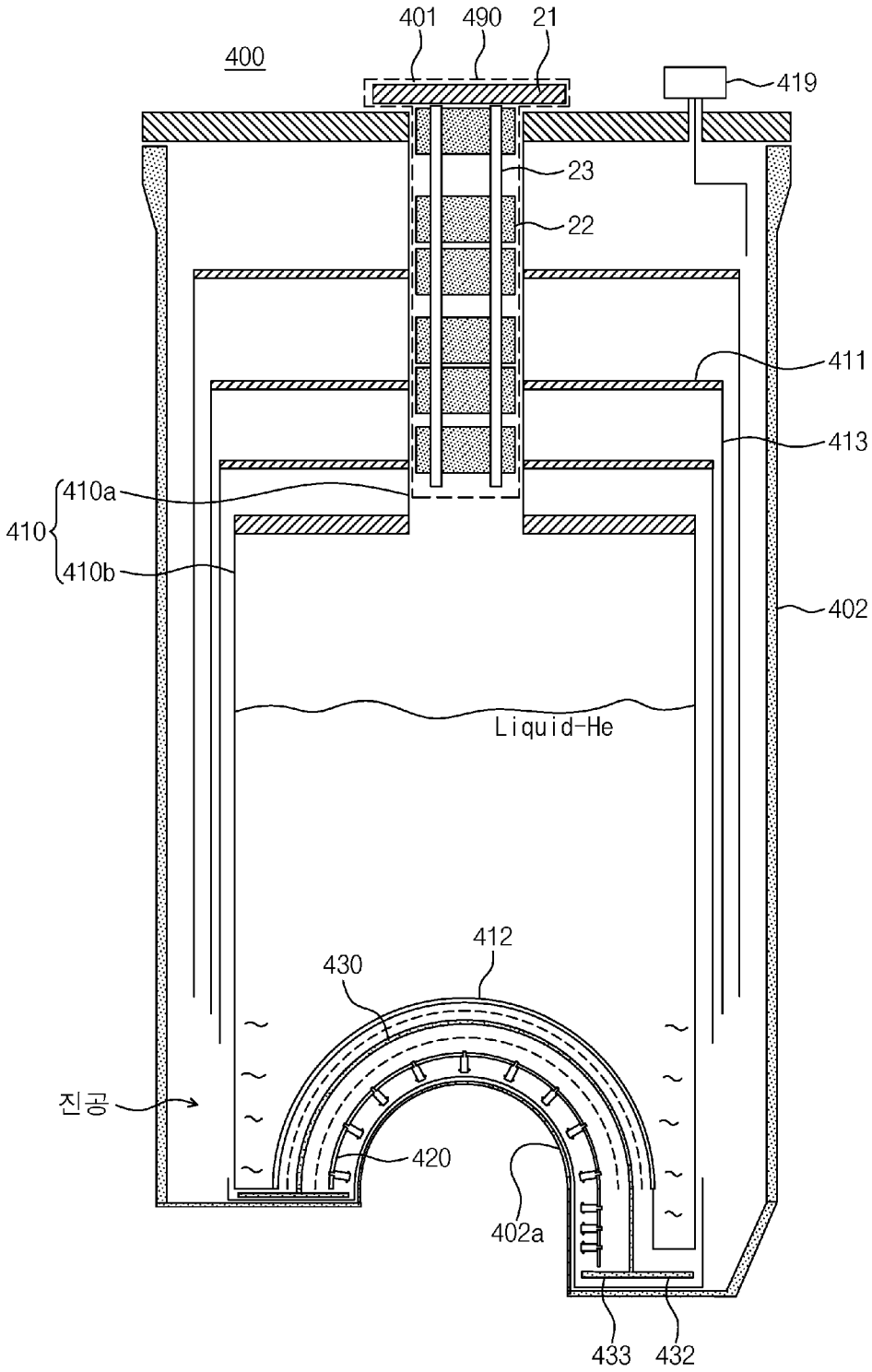

300
301
Liquid-He
330
331a
321a
351
320
312
321a
310
321b
331b
321b
601
600
302a
321c
333
332

[Fig. 7c]

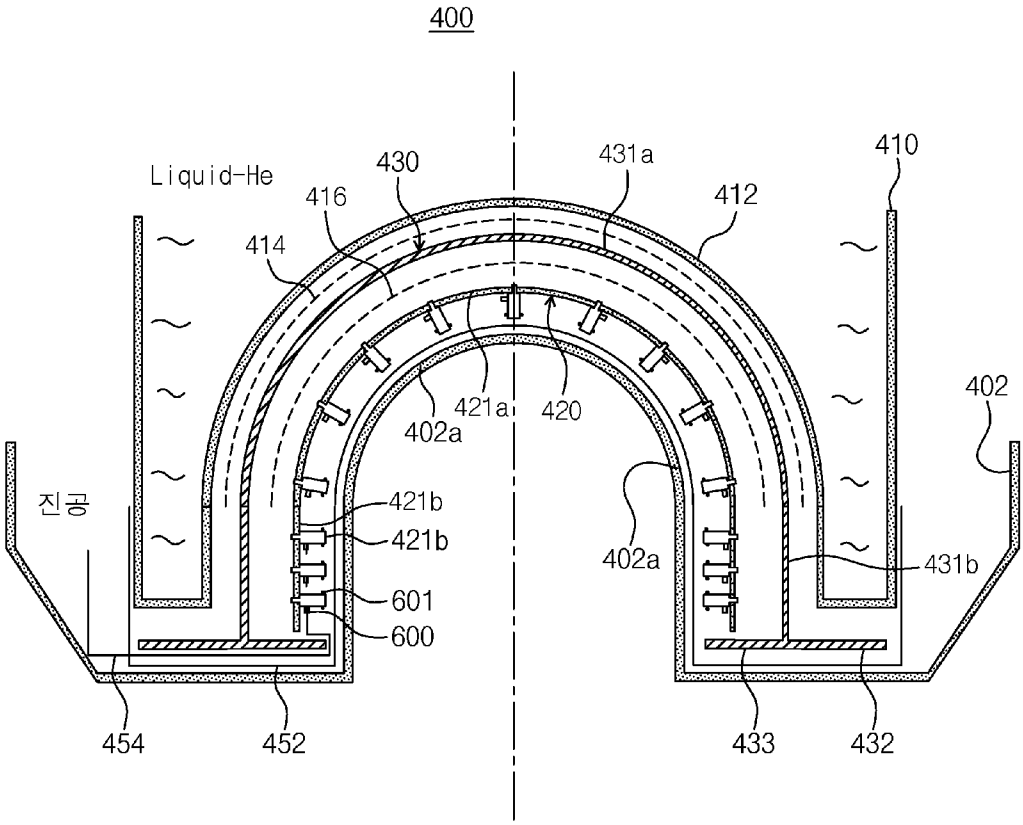




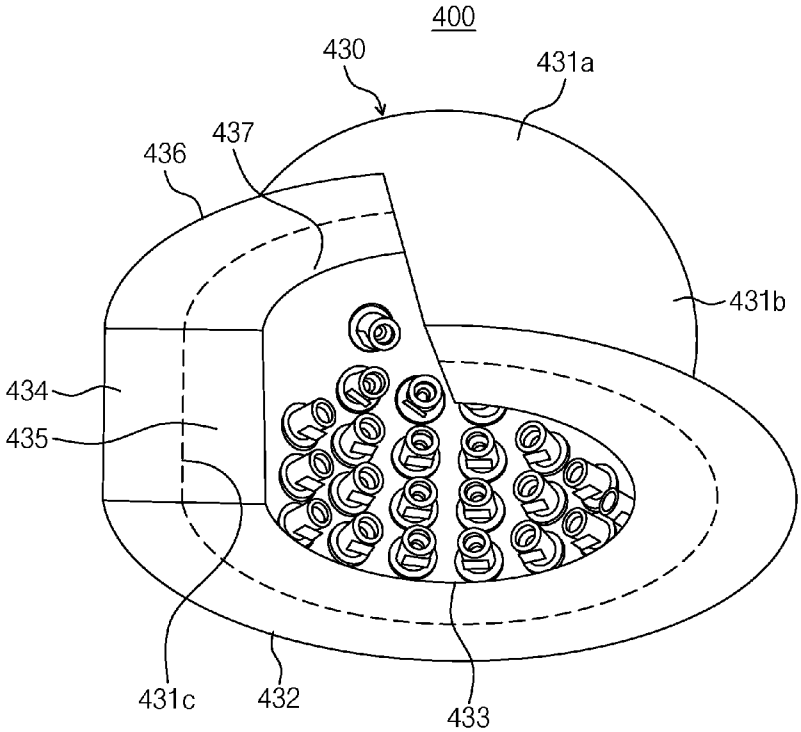
[Fig. 8a]


401
490
21
400
419
23
22
411
413
410a
410
410b
402
Liquid-He
412
430
진공
420
402a
433
432

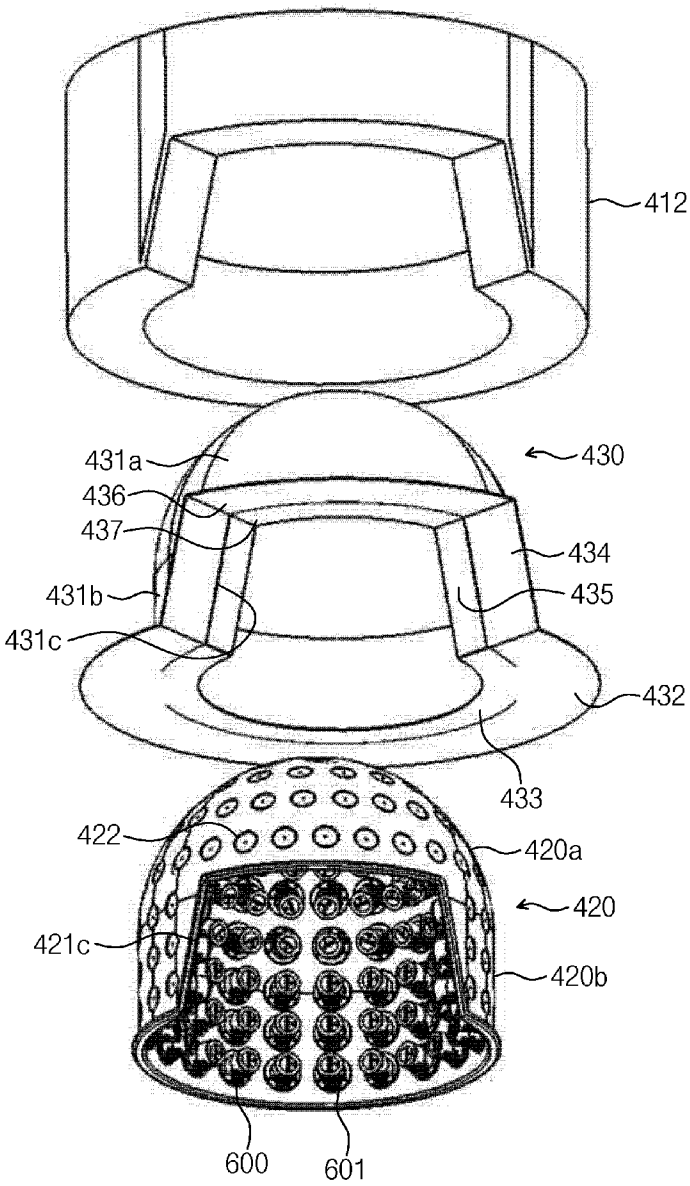
[Fig. 8b]


400
Liquid-He
430
431a
410
416
412
414
402
421a
420
402a
진공
421b
421b
402a
431b
601
600
454
452
433
432

[Fig. 8c]


400
430
431a
437
436
431b
434
435
431c
432
433

[Fig. 8d]


412
431a
430
436
437
434
431b
435
431c
432
433
422
420a
420
421c
420b
600
601

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2014/009612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 33/035(2006.01)i, G01R 33/00(2006.01)i, H01L 39/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R 33/035; H01L 27/18; A61B 5/05; H01L 39/00; A61B 5/055; H01F 6/06; G01R 33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: SQUID, magnetoencephalography, PCB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2000-0031387 A (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) 05 June 2000	1,2,7-12
A	Abstract; page 5-2 paragraphs 6-8, page 5-3 paragraphs 2-11; claim 6.	3-6
Y	KR 10-1243318 B1 (KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE) 13 March 2013 Abstract; claims 1, 5.	1,2,7-12
Y	JP 2010-046350 A (SUMITOMO HEAVY IND LTD et al.) 04 March 2010 Abstract; paragraph [0005]; figure 1.	8-12
A	KR 10-2011-0076150 A (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) 06 July 2011 Abstract; claims 1, 15.	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 NOVEMBER 2014 (27.11.2014)	**28 NOVEMBER 2014 (28.11.2014)**

Name and mailing address of the ISA/**KR**
Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea
Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

International application No.
PCT/KR2014/009612

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2000-0031387 A	05/06/2000	KR 10-0281168 B1	01/02/2001
KR 10-1243318 B1	13/03/2013	NONE	
JP 2010-046350 A	04/03/2010	JP 5101433 B2	19/12/2012
KR 10-2011-0076150 A	06/07/2011	JP 2013-515964 A	09/05/2013
		KR 10-1081482 B1	08/11/2011
		US 2012-0252678 A1	04/10/2012
		US 8554294 B2	08/10/2013
		WO 2011-081299 A2	07/07/2011
		WO 2011-081299 A3	15/09/2011

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2014/009612

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01R 33/035(2006.01)i, G01R 33/00(2006.01)i, H01L 39/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01R 33/035; H01L 27/18; A61B 5/05; H01L 39/00; A61B 5/055; H01F 6/06; G01R 33/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: SQUID,뇌자도,PCB

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2000-0031387 A (한국표준과학연구원) 2000.06.05 요약; 5-2쪽6-8째 단락, 5-3쪽 2-11째 단락; 청구항 6.	1,2,7-12
A		3-6
Y	KR 10-1243318 B1 (한국전기연구원) 2013.03.13 요약; 청구항 1, 5.	1,2,7-12
Y	JP 2010-046350 A (SUMITOMO HEAVY IND LTD 외 1명) 2010.03.04 요약; 문단 [0005]; 도1	8-12
A	KR 10-2011-0076150 A (한국표준과학연구원) 2011.07.06 요약; 청구항 1, 15	1-12

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2014년 11월 27일 (27.11.2014)	2014년 11월 28일 (28.11.2014)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관
양찬호
전화번호 +82-42-481-5689

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2014/009612

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2000-0031387 A	2000/06/05	KR 10-0281168 B1	2001/02/01
KR 10-1243318 B1	2013/03/13	없음	
JP 2010-046350 A	2010/03/04	JP 5101433 B2	2012/12/19
KR 10-2011-0076150 A	2011/07/06	JP 2013-515964 A	2013/05/09
		KR 10-1081482 B1	2011/11/08
		US 2012-0252678 A1	2012/10/04
		US 8554294 B2	2013/10/08
		WO 2011-081299 A2	2011/07/07
		WO 2011-081299 A3	2011/09/15