



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0150320
(43) 공개일자 2024년10월15일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>G01K 1/08</i> (2021.01) <i>G01K 1/14</i> (2021.01)
 <i>G01K 13/00</i> (2021.01) <i>G01K 13/12</i> (2006.01)
 <i>G01K 7/18</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>G01K 1/08</i> (2013.01)
 <i>G01K 1/14</i> (2021.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-0087262</p> <p>(22) 출원일자 2023년07월05일
 심사청구일자 2023년07월05일</p> <p>(30) 우선권주장
 1020230046380 2023년04월07일 대한민국(KR)</p> | <p>(71) 출원인
 이화여자대학교 산학협력단
 서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)</p> <p>(72) 발명자
 강원
 경기도 고양시 일산동구 소재울3길 21 (중산동)</p> <p>(74) 대리인
 리앤목특허법인</p> |
|--|---|

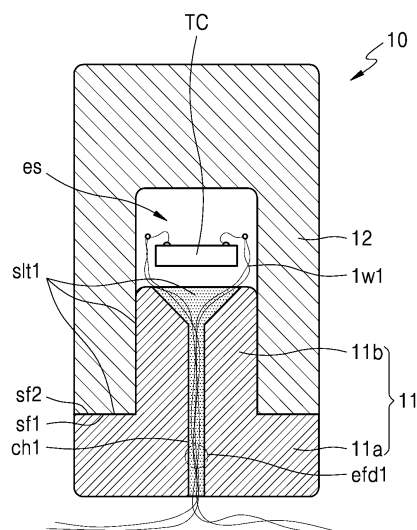
전체 청구항 수 : 총 24 항

- (54) 발명의 명칭 온도계 인클로저, 밀폐 장치, 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체 및 압력셀

(57) 요약

온도계 인클로저, 밀폐 장치, 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체 및 압력셀이 개시된다. 개시된 밀폐 장치는 서로 일체로 형성된 베이스부 및 가압부를 포함하고, 상기 베이스부 및 가압부는 제1 방향으로 나란히 배치되고, 상기 가압부의 상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향의 길이가 상기 베이스부의 대응 길이보다 짧고, 상기 베이스부와 상기 가압부에는 이들을 상기 제1 방향으로 관통하는 중앙홀이 형성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01K 13/006 (2013.01)

G01K 13/12 (2013.01)

G01K 7/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345364876
과제번호	2018R1D1A1B07050087
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(교육부)
연구과제명	저차원 층상 전자계의 양자 자기 진동 및 각도의존자기저항 메커니즘 연구
기 여 율	25/100
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2023.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345362481
과제번호	2018R1A6A1A03025340
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	신재생에너지연구센터
기 여 율	75/100
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

플러그; 및

상기 플러그를 덮도록 배치된 캡을 포함하고,

상기 플러그는 서로 일체로 형성된 베이스부 및 삽입부를 포함하고,

상기 베이스부 및 삽입부는 제1 방향으로 나란히 배치되고,

상기 삽입부의 상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향의 길이가 상기 베이스부의 대응 길이보다 짧고,

상기 베이스부와 상기 삽입부에는 이들을 상기 제1 방향으로 관통하는 중앙홀이 형성된 온도계 인클로저.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 플러그의 베이스부, 상기 플러그의 삽입부 및 상기 캡은 각각 중공 실린더 형상을 갖는 온도계 인클로저.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 캡이 상기 플러그를 완전히 덮은 상태에서, 상기 플러그의 상기 삽입부와 상기 캡 사이에 여유공간이 존재하도록 구성된 온도계 인클로저.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 중앙홀을 통해 상기 플러그의 내부에 삽입되되, 일단부와 타단부가 각각 상기 중앙홀의 외부로 노출된 리드 와이어를 더 포함하는 온도계 인클로저.

청구항 5

제4항에 있어서,

온도 측정 소자를 더 포함하고, 상기 온도 측정 소자는 상기 플러그의 상기 삽입부와 상기 캡 사이에 형성된 상기 여유공간으로 노출된 상기 리드 와이어에 부착된 것인 온도계 인클로저.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 중앙홀에 배치된 전기 피드스루를 더 포함하는 온도계 인클로저.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 캡이 상기 플러그를 완전히 덮은 상태에서, 상기 캡은 상기 플러그의 상기 베이스부와 대향하는 표면이 평평하도록 구성되고, 상기 플러그는 상기 베이스부의 상기 캡과 대향하는 표면이 테이퍼지도록 구성되어, 상기 제2 방향을 따라 중앙부에서 단부로 갈수록 상기 캡과 상기 베이스부 사이의 틈이 점점 더 벌어지는 온도계 인클로저.

청구항 8

서로 일체로 형성된 베이스부 및 가압부를 포함하고,
 상기 베이스부 및 가압부는 제1 방향으로 나란히 배치되고,
 상기 가압부의 상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향의 길이가 상기 베이스부의 대응 길이보다 짧고,
 상기 가압부의 선단부에는 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 온도계 인클로저를 수용하도록 구성된 홈이 형성되고,
 상기 베이스부와 상기 가압부에는 이들을 상기 제1 방향으로 관통하는 중앙홀이 형성된 밀폐 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,
 상기 홈의 직경은 상기 온도계 인클로저의 직경보다 크고, 상기 중앙홀은 상기 홈과 연통된 밀폐 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,
 상기 베이스부 및 상기 가압부는 각각 중공 실린더 형상을 갖는 밀폐 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,
 상기 가압부의 선단부 외주면에 형성된 실링 캡슐 고정부를 더 포함하는 밀폐 장치.

청구항 12

제8항에 따른 밀폐 장치; 및
 상기 밀폐 장치의 상기 가압부의 선단부에 형성된 상기 홈에 수용된 온도계 인클로저를 포함하는 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체.

청구항 13

제12항에 있어서,
 상기 온도계 인클로저에 포함된 상기 리드 와이어는 상기 홈을 한정하는 상기 가압부의 내벽과 상기 온도계 인클로저 사이의 빈틈 및 상기 밀폐 장치에 형성된 상기 중앙홀을 통해 상기 중앙홀의 외부까지 연장된 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체.

청구항 14

제13항에 있어서,
 상기 홈을 한정하는 상기 가압부의 내벽과 상기 온도계 인클로저 사이의 빈틈 및 상기 중앙홀에 배치된 전기 피드스루를 더 포함하는 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체.

청구항 15

제13항에 있어서,
 상기 온도계 인클로저의 상기 가압부측 외부로 노출된 리드 와이어에 부착된 부착물을 더 포함하는 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체.

청구항 16

제15항에 있어서,
 상기 부착물은 샘플, 온도센서, 압력센서 또는 이들의 조합을 포함하는 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체.

청구항 17

제12항에 따른 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체를 포함하는 압력셀.

청구항 18

제17항에 있어서,

중공 실린더형 외부 본체;

상기 외부 본체의 중공에 삽입 가능하도록 구성된 중공 실린더형 내부 본체;

상기 내부 본체의 중공에 삽입 가능하도록 구성된 상기 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체; 및

상기 외부 본체에 나사결합되어 상기 밀폐 장치를 위치 고정시키도록 구성된 클램핑 너트를 포함하는 압력셀.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 외부 본체 및 상기 내부 본체는 프리스트레스(pre-stressed)가 도입된 것인 압력셀.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 외부 본체는 그 내벽이 길이방향으로 테이퍼지게 형성되고, 상기 내부 본체는 그 외벽이 길이방향으로 테이퍼지게 형성된 압력셀.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 내부 본체는 그 외경이 상기 외부 본체의 대응 내경보다 크도록 구성된 압력셀.

청구항 22

제18항에 있어서,

상기 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체가 상기 내부 본체의 중공에 완전히 삽입된 상태에서, 상기 가압부와 상기 내부 본체 사이에 여유공간이 존재하도록 구성된 압력셀.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 가압부와 상기 내부 본체 사이의 상기 여유공간에 충전된 압력 전달 매질을 더 포함하는 압력셀.

청구항 24

제18항에 있어서,

개구부를 갖는 중공형 실링 캡슐을 더 포함하고, 상기 실링 캡슐은 그 외표면은 전체적으로 상기 내부 본체의 내벽에 밀착되고, 상기 개구부측 내표면은 상기 밀폐 장치의 상기 실링 캡슐 고정부와 밀착되게 배치되도록 구성된 압력셀.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 온도계 인클로저, 밀폐 장치, 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체 및 압력셀이 개시된다. 보다 상세하게는, 압력셀 내부의 압력 전달 매질로부터 온도계를 격리하도록 구성된 온도계 인클로저, 밀폐 장치, 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체 및 압력셀이 개시된다.

배경 기술

- [0002] 고압은 응집 물질 물리학(condensed matter physics)에서 유용한 기술이다. 저온 및 고자기장과 결합된 고압은 새로운 물질의 물리적 특성을 연구하는데 자주 사용된다.
- [0003] 거의 모든 온도 측정 소자는 압력의 영향을 받기 때문에 압력셀에서 가압된 시료의 온도를 측정하는 것은 매우 어렵다. 대부분의 경우에 온도계를 압력셀의 외부 표면에 부착하거나 압력셀의 본체 또는 고정 나사에 구멍을 뚫어 삽입하는 방식으로 온도를 측정한다. 그러나, 측정하고자 하는 물성의 압력 의존성이 작거나 정밀한 온도 제어가 중요한 경우 센서를 가능한 한 샘플에 가깝게 배치하는 것이 매우 바람직하다. 한 가지 예로 1차 상전이(the first-order phase transition)가 일어나는 전이 온도(transition temperature)에 매우 가까운 온도 영역에서 물리적 특성을 연구하려는 경우를 들 수 있다.
- [0004] 선행기술문헌 1은 아주 가는 Pt 와이어를 Al_2O_3 세라믹 패키지에 캡슐화하여 만든, 시판되는 소형 Pt 온도계가 40K 이상의 압력셀 내부에서 상호 교환적으로 사용될 수 있음을 입증하였다. 이를 이용하여 길이가 3mm인, 원통형 압력셀의 샘플 공간에서 $YBa_2Cu_3O_7$ 의 초전도 전이 온도(T_c)의 매우 약한 압력 의존성을 정확하게 연구할 수 있었다(선행기술문헌 2 참조). 그러나, Pt 온도계의 감도는 온도가 약 40K 아래로 떨어지면서 급격히 감소하기 때문에 극저온에서는 사용할 수 없다.
- [0005] 최근 극저온 환경에서 가장 널리 사용되는 온도계는 Lake Shore Cryotronics, Inc.의 Cernox[®] 온도계인데, 지르코늄 산화물화 박막의 저항을 센서 요소로 사용하며 베어 칩(BR)을 위시하여 다양한 패키지로 판매된다. 특히, BR은 크기가 작기 때문에 조사 중인 샘플이 있는 압력셀 내부에 쉽게 설치할 수 있다. 그러나, Cernox의 저항도 대부분의 다른 온도계와 마찬가지로 압력에 따라 크게 변한다. 이는 압력 하에서 상기 센서 요소를 온도계로 사용하는 것을 어렵게 한다. 예를 들어, Cernox[®] 1080 센서는 5K의 극저온에서 20kbar의 압력을 가하게 되면 원래 저항의 약 28%가 감소하게 되며, 이를 보정하지 않을 경우 겉보기 온도는 0.5 ~ 1K 범위에서 오류가 발생할 것으로 추정된다. 그러므로, 온도계를 압력 하에서 사용하려면 주위의 압력으로부터 격리하여야 한다. 그렇지 않으면 모든 온도와 압력에서 온도계를 보정해야 하는데, 이는 대부분의 압력셀에서 압력 값이 온도에 따라 변하기 때문에 현실적으로 불가능하다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0006] (비특허문헌 0001) 1. K. Murata, H. Yoshino, H. O. Yadav, Y. Honda, and N. Shirakawa, "Pt resistor thermometry and pressure calibration in a clamped pressure cell with the medium, daphne 7373." Rev. Sci. Instrum. 68, 2490 (1997).
- (비특허문헌 0002) 2. K. Murata, Y. Honda, H. Oyanagi, and Y. Nishihara, "H. Ihara, n. terada, r. sugise, m. hirabayashi, m. tokumoto and y. kimura," in Proceedings of the MRS International Meeting on Advanced Materials: Superconductivity, Vol. 6 (1989) p. 681.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 일 구현예는 압력셀 내부의 압력 전달 매질로부터 온도계를 격리하도록 구성된 온도계 인클로저를 제공한다.
- [0008] 본 발명의 다른 구현예는 상기 온도계 인클로저를 포함하는 밀폐 장치를 제공한다.
- [0009] 본 발명의 또 다른 구현예는 상기 밀폐 장치에 상기 온도계 인클로저가 장착된 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체를 제공한다.
- [0010] 본 발명의 다른 구현예는 상기 밀폐 장치-온도계 인클로저를 포함하는 압력셀을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일 측면은,

- [0012] 플러그; 및
- [0013] 상기 플러그를 덮도록 배치된 캡을 포함하고,
- [0014] 상기 플러그는 서로 일체로 형성된 베이스부 및 삽입부를 포함하고,
- [0015] 상기 베이스부 및 삽입부는 제1 방향으로 나란히 배치되고,
- [0016] 상기 삽입부의 상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향의 길이가 상기 베이스부의 대응 길이보다 짧고,
- [0017] 상기 베이스부와 상기 삽입부에는 이들을 상기 제1 방향으로 관통하는 중앙홀이 형성된 온도계 인클로저를 제공한다.
- [0018] 상기 플러그의 베이스부, 상기 플러그의 삽입부 및 상기 캡은 각각 중공 실린더 형상을 가질 수 있다.
- [0019] 상기 온도계 인클로저는, 상기 캡이 상기 플러그를 완전히 덮은 상태에서, 상기 플러그의 상기 삽입부와 상기 캡 사이에 여유공간이 존재하도록 구성될 수 있다.
- [0020] 상기 온도계 인클로저는 상기 중앙홀을 통해 상기 플러그의 내부에 삽입되되, 일단부와 타단부가 각각 상기 중앙홀의 외부로 노출된 리드 와이어를 더 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 온도계 인클로저는 온도 측정 소자를 더 포함하고, 상기 온도 측정 소자는 상기 플러그의 상기 삽입부와 상기 캡 사이에 형성된 상기 여유공간으로 노출된 상기 리드 와이어에 부착된 것일 수 있다.
- [0022] 상기 온도계 인클로저는 상기 중앙홀에 배치된 전기 피드스루를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 캡이 상기 플러그를 완전히 덮은 상태에서, 상기 캡은 상기 플러그의 상기 베이스부와 대향하는 표면이 평평하도록 구성되고, 상기 플러그는 상기 베이스부의 상기 캡과 대향하는 표면이 테이퍼지도록 구성되어, 상기 제2 방향을 따라 중앙부에서 단부로 갈수록 상기 캡과 상기 베이스부 사이의 틈이 점점 더 벌어질 수 있다.
- [0024] 본 발명의 다른 측면은,
- [0025] 서로 일체로 형성된 베이스부 및 가압부를 포함하고,
- [0026] 상기 베이스부 및 가압부는 제1 방향으로 나란히 배치되고,
- [0027] 상기 가압부의 상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향의 길이가 상기 베이스부의 대응 길이보다 짧고,
- [0028] 상기 가압부의 선단부에는 상기 온도계 인클로저를 수용하도록 구성된 홈이 형성되고,
- [0029] 상기 베이스부와 상기 가압부에는 이들을 상기 제1 방향으로 관통하는 중앙홀이 형성된 밀폐 장치를 제공한다.
- [0030] 상기 홈의 직경은 상기 온도계 인클로저의 직경보다 크고, 상기 중앙홀은 상기 홈과 연통될 수 있다.
- [0031] 상기 베이스부 및 상기 가압부는 각각 중공 실린더 형상을 가질 수 있다.
- [0032] 상기 밀폐 장치는 상기 가압부의 선단부 외주면에 형성된 실링 캡슐 고정부를 더 포함할 수 있다.
- [0033] 본 발명의 또 다른 측면은,
- [0034] 상기 밀폐 장치; 및
- [0035] 상기 밀폐 장치의 상기 가압부의 선단부에 형성된 상기 홈에 수용된 온도계 인클로저를 포함하는 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체를 제공한다.
- [0036] 상기 온도계 인클로저에 포함된 상기 리드 와이어는 상기 홈을 한정하는 상기 가압부의 내벽과 상기 온도계 인클로저 사이의 빈틈 및 상기 밀폐 장치에 형성된 상기 중앙홀을 통해 상기 중앙홀의 외부까지 연장될 수 있다.
- [0037] 상기 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체는 상기 홈을 한정하는 상기 가압부의 내벽과 상기 온도계 인클로저 사이의 빈틈 및 상기 중앙홀에 배치된 전기 피드스루를 더 포함할 수 있다.
- [0038] 상기 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체는 상기 온도계 인클로저의 상기 가압부측 외부로 노출된 리드 와이어에 부착된 부착물을 더 포함할 수 있다.
- [0039] 상기 부착물은 샘플, 온도센서, 압력센서 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 또 다른 측면은,

- [0041] 상기 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체를 포함하는 압력셀을 제공한다.
- [0042] 상기 압력셀은,
- [0043] 중공 실린더형 외부 본체;
- [0044] 상기 외부 본체의 중공에 삽입 가능하도록 구성된 중공 실린더형 내부 본체;
- [0045] 상기 내부 본체의 중공에 삽입 가능하도록 구성된 상기 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체; 및
- [0046] 상기 외부 본체에 나사결합되어 상기 밀폐 장치를 위치 고정시키도록 구성된 클램핑 너트를 포함할 수 있다.
- [0047] 상기 외부 본체 및 상기 내부 본체는 프리스트레스(pre-stressed)가 도입된 것일 수 있다.
- [0048] 상기 외부 본체는 그 내벽이 길이방향으로 테이퍼지게 형성되고, 상기 내부 본체는 그 외벽이 길이방향으로 테이퍼지게 형성될 수 있다.
- [0049] 상기 내부 본체는 그 외경이 상기 외부 본체의 대응 내경보다 크도록 구성될 수 있다.
- [0050] 상기 압력셀은, 상기 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체가 상기 내부 본체의 중공에 완전히 삽입된 상태에서, 상기 가압부와 상기 내부 본체 사이에 여유공간이 존재하도록 구성될 수 있다.
- [0051] 상기 압력셀은 상기 가압부와 상기 내부 본체 사이의 상기 여유공간에 충전된 압력 전달 매질을 더 포함할 수 있다.
- [0052] 상기 압력셀은 개구부를 갖는 중공형 실링 캡슐을 더 포함하고, 상기 실링 캡슐은 그 외표면은 전체적으로 상기 내부 본체의 내벽에 밀착되고, 상기 개구부측 내표면은 상기 밀폐 장치의 상기 실링 캡슐 고정부와 밀착되게 배치되도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0053] 본 발명의 일 구현예에 따른 온도계 인클로저는 압력셀 내부의 압력 전달 매질로부터 온도계를 격리하도록 구성되어 압력셀 내부의 압력 변동과 무관하게 샘플의 온도를 주위 압력 하에서 측정할 수 있다.
- [0054] 본 발명의 일 구현예에 따른 밀폐 장치는 밀폐 장치로서의 본연의 기능뿐만 아니라 샘플 지지대, 전기 피드스루 및 피스톤의 역할도 함께 수행할 수 있다.
- [0055] 또한, 본 발명의 일 구현예에 따른 압력셀은 초전도 및 전자석 모두에서 성공적으로 사용될 수 있고, 구성할 부품 수가 최소화되어 압력 전달 매질의 누출 위험이 크게 줄어들며, 작은 샘플 공간에서도 360도 회전 가능하며, 압력셀을 열지 않고도 압력을 변경할 수 있어 동일한 샘플을 여러 압력 값에 대해 연구할 수 있어서 연구 결과의 신뢰성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0056] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 온도계 인클로저를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 온도계 인클로저 중 플러그의 평면 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 온도계 인클로저의 구성 부품들을 나타낸 사진들이다.
- 도 4는 본 발명의 일 구현예에 따른 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 밀폐 장치-온도계 인클로저의 상부를 나타낸 사진이다.
- 도 6은 본 발명의 일 구현예에 따른 압력셀을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 압력셀이 세 가지 다른 압력 값으로 가압되었을 때, 세 가지 다른 온도에서 캡슐화된 Cernox[®] 온도계의 저항을 그래프로 나타낸 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 압력셀이 14kbar로 가압되었을 때, 캡슐화된 Cernox[®] 온도계에서 읽은 온도의 함수로서 Pt 온도계의 저항의 반복 측정 값을 그래프로 나타낸 도면이다.
- 도 9의 (a)와 (b)는 각각 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 압력셀 내부의 Cernox[®] 온도계와 당해 압

력셀의 외벽에 부착된 온도계에서 측정된 온도에 따른 $(\text{TMTSF})_2\text{FSO}_3$ 의 저항 변화를 그래프로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0057] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 일 구현예에 따른 온도계 인클로저, 밀폐 장치, 밀폐 장치-온도계 인클로저 결합체 및 압력셀을 상세히 설명한다.
- [0058] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 온도계 인클로저(10)를 개략적으로 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 온도계 인클로저 중 플러그의 평면 사진이고, 도 3은 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 온도계 인클로저의 구성 부품들을 나타낸 사진들이다. 도 3에서 (1)은 플러그의 평면 사진이고, (1a)는 리드 와이어(lw1)가 내장된 플러그이고, (2)는 캡의 측면 사진이다.
- [0059] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 구현예에 따른 온도계 인클로저(10)는 플러그(11) 및 캡(12)을 포함한다.
- [0060] 플러그(11)는 베이스부(11a) 및 삽입부(11b)를 포함할 수 있다.
- [0061] 베이스부(11a) 및 삽입부(11b)는 서로 일체로 형성될 수 있다.
- [0062] 또한, 베이스부(11a) 및 삽입부(11b)는 제1 방향(즉, 도 1에서 세로방향)으로 나란히 배치될 수 있다.
- [0063] 삽입부(11b)의 상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향(즉, 도 1에서 가로방향)의 길이는 베이스부(11a)의 대응 길이보다 짧을 수 있다.
- [0064] 또한, 베이스부(11a) 및 삽입부(11b)에는 이들을 상기 제1 방향으로 관통하는 중앙홀(ch1)이 형성될 수 있다.
- [0065] 또한, 플러그(11)의 베이스부(11a), 플러그(11)의 삽입부(11b) 및 캡(12)은 각각 중공 실린더 형상을 가질 수 있다(도 1 및 도 3 참조).
- [0066] 또한 온도계 인클로저(10)는, 캡(12)이 플러그(11)를 완전히 덮은 상태에서, 플러그(11)의 삽입부(11b)와 캡(12) 사이에 여유공간(es)(즉, 온도계 공간)이 존재하도록 구성될 수 있다.
- [0067] 또한, 온도계 인클로저(10)(구체적으로, 플러그(11))는 리드 와이어(lw1)를 더 포함할 수 있다(도 1 내지 도 3 참조).
- [0068] 리드 와이어(lw1)는 중앙홀(ch1)을 통해 플러그(11)의 내부에 삽입되되, 일단부와 타단부가 각각 중앙홀(ch1)의 외부로 노출될 수 있다(도 1 내지 도 3 참조).
- [0069] 또한, 리드 와이어(lw1)는 4단자 저항 측정을 위하여 4개의 리드 와이어를 포함할 수 있다.
- [0070] 또한, 리드 와이어(lw1)는 금 리드 와이어, 구리 리드 와이어, 절연된 금 리드 와이어, 절연된 구리 리드 와이어 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0071] 또한, 리드 와이어(lw1)는 직경이 0.05~0.14mm인 복수개의 리드 와이어를 포함할 수 있다.
- [0072] 또한, 온도계 인클로저(10)(구체적으로, 플러그(11))는 전기 피드스루(electrical feedthrough)(efd1)를 더 포함할 수 있다.
- [0073] 전기 피드스루(efd1)는 중앙홀(ch1)에 배치된 것일 수 있다. 이러한 전기 피드스루(efd1)는 리드 와이어(lw1)가 배치된 중앙홀(ch1)의 빈틈을 에폭시 수지로 완전히 밀봉하여 형성된 것으로, 도선(conducting wire) 및 압력 차단재 역할을 동시에 수행할 수 있다. 예를 들어, 상기 에폭시 수지는 Stycast[®] 2850FT를 포함할 수 있다. 구체적으로, 리드 와이어(lw1)를 플러그(11)의 중앙홀(ch1)에 넣고, 중앙홀(ch1)을 에폭시 수지로 밀봉하는데, 이때 기포가 상기 에폭시 수지에 갇히지 않도록 주의한다. 한편, 플러그(11)의 중앙홀(ch1)을 에폭시 수지로 밀봉하기 전에, 중앙홀(ch1)을 한정하는 플러그(11)의 내벽과 리드 와이어(lw1)를 세정액(예를 들어, 메틸 알코올)으로 세정할 수 있다.
- [0074] 또한, 온도계 인클로저(10)는 플러그(11)에 캡(12)을 완전히 덮은 상태에서 플러그(11)와 캡(12) 사이의 빈틈 및 플러그(11)의 선단부에 충전된 밀봉재(slt1)을 더 포함할 수 있다. 여기서, 플러그(11)의 선단부란 삽입부(11b)의 베이스부(11a)쪽 단부의 반대쪽 단부를 의미한다.
- [0075] 또한, 온도계 인클로저(10)는 온도 측정 소자(TC)를 더 포함할 수 있다.
- [0076] 온도 측정 소자(TC)는 플러그(11)의 삽입부(11b)와 캡(12) 사이에 형성된 여유공간(es)으로 노출된 리드 와이어

(1w1)에 부착된 것일 수 있다.

- [0077] 또한, 캡(12)이 플러그(11)를 완전히 덮은 상태에서, 캡(12)은 플러그(11)의 베이스부(11a)와 대향하는 표면(sf2)이 평평하도록 구성되고, 플러그(11)는 베이스부(11a)의 캡(12)과 대향하는 표면(sf1)이 테이퍼지도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 상기 제2 방향(즉, 도 1에서 가로방향)을 따라 중앙부에서 단부로 갈수록 캡(12)과 베이스부(11a) 사이의 틈이 점점 더 벌어질 수 있다. 이에 따라, 캡(12)과 베이스부(11a) 사이의 틈에 충전된 밀봉재(slt1)의 두께가 중앙부에서 단부로 갈수록 두꺼워져 상기 틈을 밀봉하는 효과가 극대화될 수 있다.
- [0078] 온도계 인클로저(10)는 텅스텐 카바이드(WC)로 제조된 것일 수 있다. 특히, WC는 약 2.7GPa의 극한 압축 강도와 Poisson's ratio가 0.31로 큰 것을 감안하면, 큰 압축강도가 요구되는 경우에 많이 사용된다. 예를 들어, WC는 고압 실험에서 사용되는 피스톤의 재료로 사용될 수 있다. 온도계 인클로저(10)는 이를 포함하는 압력셀의 내부 압력으로 인해 큰 압축 응력에 노출되기 때문에 WC가 적합한 선택이다.
- [0079] 상기와 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 구현예에 따른 온도계 인클로저(10)는 본질적으로 역기능을 가진 압력 전달 매질이 없는 작은 압력셀이다. 이러한 온도계 인클로저(10)는 외부 압력(즉, 압력셀 내부의 압력)이 크게 증가하는 동안 온도 측정 소자(TC)의 주변을 주위 압력으로 유지시킬 수 있다. 따라서, 온도계 인클로저(10)의 내부에 장착된 온도 측정 소자(TC)는 외부 압력(즉, 압력셀 내부의 압력)에 영향을 받지 않고 항상 상압하에서 작동할 수 있다.
- [0080] 도 4는 본 발명의 일 구현예에 따른 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체를 개략적으로 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 구현예에 따라 실제로 제작된 밀폐 장치-온도계 인클로저의 상부를 나타낸 사진이다. 도 5에서, "att1"은 샘플을 의미하고, "att2"는 비교를 위하여 삽입한 보조 온도센서(세라믹 패키지 Pt 센서)를 의미하고, "att3"는 manganin 압력센서를 의미한다.
- [0081] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 구현예에 따른 밀폐 장치(20)는 베이스부(21) 및 가압부(22)를 포함할 수 있다.
- [0082] 베이스부(21) 및 가압부(22)는 서로 일체로 형성될 수 있다.
- [0083] 또한, 베이스부(21) 및 가압부(22)는 제1 방향(즉, 도 4에서 세로방향)으로 나란히 배치될 수 있다.
- [0084] 가압부(22)의 상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향(즉, 도 4에서 가로방향)의 길이는 베이스부(21)의 대응 길이보다 짧을 수 있다.
- [0085] 가압부(22)의 선단부에는 상술한 온도계 인클로저(10)를 수용하도록 구성된 홈(gr1)이 형성될 수 있다. 여기서, 가압부(22)의 선단부란 가압부(22)의 베이스부(21)쪽 단부의 반대쪽 단부를 의미한다.
- [0086] 홈(gr1)의 직경은 온도계 인클로저(10)의 직경보다 클 수 있다. 또한, 온도계 인클로저(10)가 홈(gr1)의 중앙부에 삽입될 경우, 온도계 인클로저(10)의 외주면과 홈(gr1)을 한정하는 가압부(22)의 내벽 사이에는 빈틈이 형성될 수 있다.
- [0087] 또한, 베이스부(21) 및 가압부(22)에는 이들을 상기 제1 방향으로 관통하는 중앙홀(ch2)이 형성될 수 있다.
- [0088] 중앙홀(ch2)은 홈(gr1)과 연통될 수 있다.
- [0089] 또한, 베이스부(21) 및 가압부(22)는 각각 중공 실린더 형상을 가질 수 있다.
- [0090] 또한, 밀폐 장치(20)는 실링 캡슐 고정부(scpf)를 더 포함할 수 있다.
- [0091] 실링 캡슐 고정부(scpf)는 가압부(22)의 선단부 외주면에 형성될 수 있다. 구체적으로, 실링 캡슐 고정부(scpf)는 가압부(22)의 선단부에 형성된 것으로서, 그 외경이 실링 캡슐 고정부(scpf)에 해당하지 않는 나머지 가압부(22)의 외경보다 작도록 구성될 수 있다. 또한, 실링 캡슐 고정부(scpf)의 외주면 중 일부는 실링 캡슐 고정부(scpf)에 해당하지 않는 나머지 가압부(22)의 외주면으로 덮이도록 구성되어 홈(이 홈으로 후술하는 실링 캡슐(scpl)의 일단부가 삽입될 수 있음)을 형성할 수 있다. 이와 관련하여 도 4와 함께 도 6을 참조하면, 실링 캡슐(scpl)의 상단부가 실링 캡슐 고정부(scpf)에 해당하지 않는 나머지 가압부(22)의 하부 외주면 내로 삽입된 것을 볼 수 있다.
- [0092] 또한, 밀폐 장치(20)는 리드 와이어(1w2)를 더 포함할 수 있다.
- [0093] 리드 와이어(1w2)는 중앙홀(ch2)을 통해 밀폐 장치(20)의 내부에 삽입되되, 일단부 및 타단부 중 적어도 한 단부가 중앙홀(ch2)의 외부로 노출될 수 있다.

- [0094] 또한, 리드 와이어(lw2)는 리드 와이어(lw1)와 용접 등의 방법으로 결합된 것일 수 있다.
- [0095] 또한, 리드 와이어(lw2)는 8~16개의 리드 와이어를 포함할 수 있다.
- [0096] 또한, 리드 와이어(lw2)는 금 리드 와이어, 구리 리드 와이어, 절연된 금 리드 와이어, 절연된 구리 리드 와이어 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0097] 밀폐 장치(20)는 금속으로 제조된 것일 수 있다.
- [0098] 상기 금속은 BeCu 합금을 포함할 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0099] 또한, 밀폐 장치(20)는 대부분의 경우 여러 번 재활용될 수 있다.
- [0100] 또한, 리드 와이어(lw2)는 직경이 0.05~0.14mm인 복수개의 리드 와이어를 포함할 수 있다.
- [0101] 이하 다시 도 4를 참조하여 본 발명의 일 구현예에 따른 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체를 상세히 설명한다.
- [0102] 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체는 밀폐 장치(20) 및 온도계 인클로저(10)를 포함한다.
- [0103] 온도계 인클로저(10)는 밀폐 장치(20)의 가압부(22)의 선단부에 형성된 홈(gr1)에 수용될 수 있다.
- [0104] 온도계 인클로저(10)에 포함된 리드 와이어(lw1)는 밀폐 장치(20)의 리드 와이어(lw2)와 용접 등의 방법으로 결합된 것일 수 있다.
- [0105] 또한, 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체는 전기 피드스루(electrical feedthrough)(efd2)를 더 포함할 수 있다.
- [0106] 전기 피드스루(efd2)는 홈(gr1)을 한정하는 가압부(22)의 내벽과 온도계 인클로저(10) 사이의 빈틈 및 중앙홀(ch2)에 배치된 것일 수 있다. 이러한 전기 피드스루(efd2)는 홈(gr1)을 한정하는 가압부(22)의 내벽과 온도계 인클로저(10) 사이의 빈틈 및 중앙홀(ch2)의 빈틈(이들 빈틈에는 리드 와이어(lw2)가 배치되어 있음)을 에폭시 수지로 완전히 밀봉하여 형성된 것으로, 도선(conducting wire) 및 압력 차단재 역할을 동시에 수행할 수 있다. 예를 들어, 상기 에폭시 수지는 Stycast[®] 2850FT를 포함할 수 있다. 구체적으로, 리드 와이어(lw2)를 밀폐 장치(20)의 중앙홀(ch2)에 넣고, 중앙홀(ch2)을 에폭시 수지로 밀봉하는데, 이때 기포가 상기 에폭시 수지에 갇히지 않도록 주의한다. 한편, 밀폐 장치(20)의 중앙홀(ch2)을 에폭시 수지로 밀봉하기 전에, 중앙홀(ch2)을 한정하는 밀폐 장치(20)의 내벽과 리드 와이어(lw2)를 세정액(예를 들어, 메틸 알코올)으로 세정할 수 있다.
- [0107] 상기 에폭시 수지로서 Stycast[®] 2850FT를 사용할 경우에는 온도계 인클로저(10)가 밀폐 장치(20)에 영구적으로 부착될 수 있다. 반면에, 상기 에폭시 수지로서 Stycast[®] 2850FT 대신에 5분 에폭시 및 GE7031 바니시와 같은 제거 가능한 접착제를 사용할 경우에는 온도계 인클로저(10)를 회수하여 재사용하는 것이 가능하다.
- [0108] 또한, 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체는 부착물(att)을 더 포함할 수 있다.
- [0109] 부착물(att)은 중앙홀(ch2)의 가압부(22)측 외부로 노출된 리드 와이어(lw2)에 부착된 것일 수 있다.
- [0110] 구체적으로, 부착물(att)은 샘플, 온도센서, 압력센서 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0111] 상기 샘플은 그 물리량(온도, 압력, 저항 등)을 측정할 목적으로 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체에 투입되는 것이다.
- [0112] 상기와 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 구현예에 따른 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체는 밀폐 부재, 샘플 지지대, 전기 피드스루 및 피스톤으로 동시에 작용하여, 종래의 압력셀의 필수 구성요소인 약간의 자성이 있는 텅스텐 카바이드 피스톤을 제거할 수 있다.
- [0113] 이하 도 6을 참조하여 본 발명의 일 구현예에 따른 압력셀(1)을 상세히 설명한다.
- [0114] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 구현예에 따른 압력셀(1)은 상술한 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체를 포함한다.
- [0115] 구체적으로, 압력셀(1)은 외부 본체(31), 내부 본체(32), 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체 및 클램핑 너트(40)를 포함할 수 있다.

- [0116] 외부 본체(31) 및 내부 본체(32)는 각각 중공 실린더형일 수 있다.
- [0117] 내부 본체(32)는 외부 본체(31)의 중공(즉, 중앙홀(ch3))에 삽입 가능하도록 구성될 수 있다.
- [0118] 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체(구체적으로, 밀폐 장치(20))는 내부 본체(32)의 중공(즉, 중앙홀(ch4))에 삽입 가능하도록 구성될 수 있다.
- [0119] 외부 본체(31) 및 내부 본체(32)는 프리스트레스(pre-stressed)가 도입된 것일 수 있다. 이에 따라, 내부 본체(32)의 내부 압력이 증가하더라도 외부 본체(31) 및 내부 본체(32)는 상기 증가된 내부 압력을 잘 견딜 수 있다.
- [0120] 외부 본체(31) 및 내부 본체(32)로 이루어진 이중벽 구조의 본체(30)는, 비전문가도 쉽게 만들 수 있기 때문에, 본 발명자는 더 정교한 자긴가공(autofrettage)보다 이중벽 시스템을 선호하였다. 구체적으로, 외부 본체(31)와 내부 본체(32)의 양단부를 평평하게 만들고, 외부 본체(31)와 내부 본체(32)에 각각 중공(즉, 중앙홀(ch3, ch4))을 뚫었다. 내부 본체(32)에 형성된 중공(즉, 중앙홀(ch4))의 끝은 변형이 효율적으로 분산되도록 반구형으로 형성될 수 있다.
- [0121] 또한, 외부 본체(31)는 그 내벽이 길이방향(즉, 상기 제1 방향)으로 테이퍼지게 형성될 수 있다(제1 특징). 구체적으로, 외부 본체(31)는 이에 형성된 중공(즉, 중앙홀(ch3))의 직경이 길이방향(즉, 상기 제1 방향)을 따라 일정한 비율로 연속적으로 감소하도록 형성될 수 있다.
- [0122] 또한, 내부 본체(32)는 그 외벽이 길이방향(즉, 상기 제1 방향)으로 테이퍼지게 형성된 것일 수 있다(제2 특징). 구체적으로, 내부 본체(32)는 그 외경이 길이방향(즉, 상기 제1 방향)을 따라 일정한 비율로 연속적으로 감소하도록 형성될 수 있다.
- [0123] 또한, 내부 본체(32)는 그 외경이 외부 본체(31)의 대응 내경보다 크도록 구성될 수 있다(제3 특징). 예를 들어, 내부 본체(32)는 그 외경이 외부 본체(31)의 대응 내경보다 약 1.5%만큼 크도록 구성될 수 있다. 여기서, “내부 본체(32)의 외경”이란 내부 본체(32)가 외부 본체(31)에 삽입되기 전 상태에서 측정된 내부 본체(32)의 외경을 의미하고, “외부 본체(31)의 대응 내경”이란 내부 본체(32)가 외부 본체(31)에 삽입되기 전 상태에서 측정된 외부 본체(31)의 내경을 의미하고, 아울러 “외부 본체(31)의 대응 내경”이란 내부 본체(32)가 외부 본체(31)에 완전히 삽입된 상태에서 내부 본체(32)의 외경에 대응되는 위치의 외부 본체(31)의 대응 내경을 의미한다.
- [0124] 상기 제1 특징 내지 상기 제3 특징으로 인하여 내부 본체(32)는 최대 작동력(maximum force of operation)보다 3배 이상의 더 큰 힘으로 외부 본체(31)의 테이퍼진 중공(즉, 중앙홀(ch3))에 강제로 삽입될 수 있다. 여기서, “최대 작동력”이란 내부 본체(32)의 내벽과 밀폐 장치(20)의 가압부(22)의 외벽으로 둘러싸인 후술하는 여유 공간(즉, 샘플 공간)의 최대 도달 가능 압력을 의미한다.
- [0125] 클램핑 너트(40)는 외부 본체(31)에 나사결합되어 밀폐 장치(20)를 위치 고정시키도록 구성될 수 있다. 구체적으로, 외부 본체(31)의 상단부 내벽에 형성된 암나사산(sc1)과 클램핑 너트(40)의 하단부 외벽에 형성된 수나사산(sc2)이 서로 나사결합될 수 있다.
- [0126] 또한, 클램핑 너트(40)에는 중공(즉, 중앙홀(ch5))이 형성되어, 상기 중공을 통해 리드 와이어(lw2)가 압력셀(1)의 외부로 빼내어질 수 있다.
- [0127] 또한, 클램핑 너트(40)에는 홈(gr2)이 형성되고, 이 홈(gr2)에 밀폐 장치(20)의 베이스부(21)의 상단부 전체 및 측단부 일부가 밀착되어, 클램핑 너트(40)의 위치 고정력이 밀폐 장치(20)에 그대로 전달될 수 있다.
- [0128] 한편, 압력셀(1)의 크기가 작은 경우(예를 들어, 압력셀(1)의 직경이 8mm 이하인 경우), 당해 압력셀(1)은 클램핑 너트(40) 대신에 외부에서 밀폐 장치(20)를 위치 고정시키도록 구성된 지그(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0129] 또한, 압력셀(1)은 밀폐 장치(20)가 내부 본체(32)의 중공(즉, 중앙홀(ch4))에 완전히 삽입된 상태에서, 가압부(22)와 내부 본체(32) 사이에 여유공간(즉, 샘플 공간)이 존재하도록 구성될 수 있다.
- [0130] 외부 본체(31), 내부 본체(32), 밀폐 장치(20) 및 클램핑 너트(40)는 금속으로 제조된 것일 수 있다.
- [0131] 상기 금속은 BeCu 합금을 포함할 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0132] 또한, 압력셀(1)은 압력 전달 매질(pm)을 더 포함할 수 있다. 이러한 압력 전달 매질(pm)은 밀폐 장치(20)가 내부 본체(32)의 중공(즉, 중앙홀(ch4))에 삽입된 상태에서, 가압부(22)와 내부 본체(32) 사이에 형성된 여유공간

내에 충전될 수 있다.

- [0133] 압력 전달 매질(pm)은 실리콘 오일, FC-77 Fluorinert(3M), Daphne 7373 오일(Idemitsu) 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 특히, Daphne 7373 오일은 부서지기 쉬운 유기 전도체 연구에 좋은 선택일 수 있다. 또한, Daphne 오일의 응고는 액체와 고체 사이의 열수축 계수의 차이로 인해 발생하는 저항 대 온도 곡선의 작은 기울기 변화, 또는 액체 또는 응고된 매질을 향한 열 분산 차이로 인해 발생하는 열기전력 측정(thermopower measurement)의 온도 구배 양의 변화로 쉽게 감지할 수 있다
- [0134] 또한, 압력셀(1)은 실링 캡슐(scpc)을 더 포함할 수 있다.
- [0135] 실링 캡슐(scpc)은 중공형으로서 개구부를 가질 수 있다.
- [0136] 또한, 실링 캡슐(scpc)은 그 외표면은 전체적으로 내부 본체(32)의 내벽에 밀착되고, 상기 개구부측 내표면은 밀폐 장치(20)의 실링 캡슐 고정부(scpcf)와 밀착되게 배치되도록 구성될 수 있다.
- [0137] 실링 캡슐(scpc)이 내부 본체(32)의 내벽 및 밀폐 장치(20)의 실링 캡슐 고정부(scpcf)와 밀착되게 배치됨으로써 구현되는 이러한 종류의 밀봉은 매우 간단한 구조이지만 압력 전달 매질(pm)의 누출에 대해 놀라울 정도로 안정적이며, 1회 조립 사용시 여러 번 압력을 변경할 수 있는 이점을 갖는다. 실험이 끝나면 실링 캡슐(scpc)을 압력셀(1)에 남겨두고 소량의 압력 전달 매질(pm)을 추가하는 방식으로 당해 압력셀(1)을 여러 번 재사용할 수 있다.
- [0138] 실링 캡슐(scpc)은 폴리테트라플루오로에틸렌(즉, 테프론)으로 제조된 것일 수 있다.
- [0139] 또한, 압력셀(1)은 압력 해제 후 밀폐 장치(20)-온도계 인클로저(10) 결합체를 내부 본체(32)로부터 외부로 빼낼 수 있는 장치(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [0140] 상기와 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 구현예에 따른 압력셀(1)은 구조가 간단하고, 강한 자기장에서의 재료 연구에 적합하며, 구성요소(element)의 수가 최소화되어 압력 전달 매질(pm)의 누출 가능성이 크게 줄어들고, 모듈식 설계가 가능하며, 쉽게 크기 확장이 가능하므로 저온의 강한 자기장 하에서 각도 의존 연구에 적합한 소형 셀로 제작될 수 있으며, 압력셀(1)을 열지 않고도 압력을 변경할 수 있어 동일한 샘플을 여러 압력 값에 대해 연구할 수 있어서 결과의 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0141] 또한, 인클로저(10) 및 이를 포함하는 압력셀(1)은 압력셀(1) 내부의 압력 전달 매질(pm)로부터 온도 측정 소자(TC)를 격리할 수 있어서, 압력 변화와 관계 없이 샘플의 온도를 정밀하게 측정하고 제어할 수 있다. 또한, 인클로저(10) 및 이를 포함하는 압력셀(1)은 물리적 특성의 작은 온도 변화를 결정하거나 1차 상전이에서 히스테리시스의 양을 정확하게 측정하는데 유용하다. 또한, 인클로저(10) 및 이를 포함하는 압력셀(1)은 샘플이 한쪽에서 전이 온도에 접근할 때 샘플 온도를 정확하게 제어하는데 유용하다.
- [0142] 또한, 압력셀(1)은 조사 중인 샘플이 배치되는 작은 부피에서 높은 압력을 유지할 수 있다. 압력셀(1)에서 밀폐 장치(20)의 중공(즉, 중앙홀(ch2))을 통해 전기 피드스루를 구현하여 내부 샘플에 대한 전기 연결을 달성할 수 있다.
- [0143] 또한, 압력셀(1)(구체적으로, 인클로저(10))에 장착된 온도 측정 소자(TC)는 고자기장 및 고압을 포함하는 여러 극한 환경에서 정밀한 극저온 온도 센서로서의 잠재력을 가질 수 있다. 이는 온도 측정 소자(TC)를 압력셀(1)(구체적으로, 인클로저(10)) 내부에 배치하되, 압력 전달 매질(pm)로부터 격리되도록 배치함으로써 달성될 수 있는 것이다.
- [0144] 이하, 본 발명을 하기 실시예를 들어 설명하지만, 본 발명이 하기 실시예로만 한정되는 것은 아니다.
- [0145] 실시예 1: 압력셀의 제작
- [0146] 온도계 인클로저는 소결된 비자성 텅스텐 카바이드(WC)로 제조되었다. 플러그 중앙에 직경 0.2mm의 구멍을 뚫었다. 상기 구멍에 에나멜 처리된 직경이 50 μ m인 4개의 구리 와이어를 넣은 다음, Stycast[®] 2850FT 에폭시를 충전시켰다. 온도 측정 소자로는 Cernox[®] 온도계를 사용했는데, 이 온도계의 가장 낮은 유효 온도는 0.1K이다. Cernox[®] 온도계의 감지 요소는 면적이 $0.965 \times 0.762\text{mm}^2$ 인 직사각형 모양의 얇은 사파이어 기판에 증착되었다. 구체적으로, BG 패키지에는 2개의 볼 접합된 직경이 50 μ m인 금 리드 와이어가 함께 제공되기 때문에 BR 대신 Cernox[®] 온도계용 BG 패키지를 선택하였다. Au 리드 와이어를 짧게 절단하고, 온도계 인클로저 내부의 4선 구성

에서 직경이 $50\mu\text{m}$ 인 구리선에 납땜하였다. 온도계 인클로저의 내부 직경은 1.5mm로 감지 요소가 증착된 사파이어 기판의 대각선 길이보다 약간 컸다. 서로 닿는 WC 부품의 표면은 조립하기 전에 Stycast[®] 에폭시로 적셔졌다. 또한, 플러그의 평평한 표면에 대해 2도의 테이퍼를 만들어, 플러그 목 주변에 얇은 Stycast[®] 에폭시 층이 추가로 채워질 수 있는 공간을 확보하였다. 온도계 인클로저의 외부 직경은 3mm이었으며, 이는 압력셀의 샘플 공간(직경 5mm)에 쉽게 맞출 수 있는 크기였다. 조립된 온도계 인클로저의 전체 길이는 5mm이었다.

[0147] 밤새 Stycast[®] 에폭시를 경화시킨 후, 온도계 인클로저를 수용하기 위한 직경 3.5mm 및 깊이 4.5mm의 홈이 가공된 밀폐 장치 위에 온도계 인클로저를 고정하였다. 온도계 인클로저에서 나온, 직경이 $50\mu\text{m}$ 인 구리선 4개를 밀폐 장치의 0.13mm 구리선에 납땜하였다. 또한 0.05mm 망가닌 와이어 게이지와 세라믹 패키지 Pt 온도계(Netsushin MC0804)를 추가하여 각각 실온에서의 압력 모니터링 및 온도를 비교할 수 있도록 하였다.

[0148] 마지막으로, 파일릿 실험을 동시에 수행할 수 있도록 유기 전도체(TMTSF)₂FSO₃의 작은 결정의 저항을 중간 저항을 측정할 수 있도록 장착하였다. 준비된 밀폐 장치를 BeCu 합금으로 만든 단순화된 이중벽 피스톤 실린더형 압력셀에 삽입하였다. 샘플 공간은 압력 전달 매질의 역할을 수행하는 Daphne 7373 오일로 채워졌으며, 유압 프레스를 사용하여 실온에서 압력을 가하였다. 압력셀을 닫은 후 실온에서 망가닌 저항의 변화를 측정하여 내부 압력을 결정하였다.

[0150] 평가예 1: 압력 및 온도에 따른 인클로저 내부의 Cernox[®] 온도계의 저항 측정

[0151] 상기 실시예 1에서 제조된 압력셀이 세 가지 다른 압력 값으로 가압되었을 때, 세 가지 다른 온도에서 Cernox[®] 온도계의 저항을 측정하여, 그 결과를 도 7에 그래프로 나타내었다. 구체적으로, 도 7은 압력셀이 상압, 그리고 7.4kbar와 14.1kbar로 가압된 환경에서 놓였을 때, 세 가지 다른 온도(즉, 5K, 77.4K 및 302K)에서 인클로저로 보호된 Cernox[®] 온도계(CX-1050-BG-HT)의 저항을 보여준다. 압력셀 내부의 온도계 인클로저는 진공, 7.4kbar 및 14.1kbar의 세 가지 다른 압력 값에 노출되었다. 본 명세서에 주어진 모든 압력 값은 내장된 망가닌 압력계의 저항 증가로부터 얻은 것이다. 압력 매질은 Daphne 7373 오일을 사용하였으며 저온에서의 압력 감소는 상온에서의 초기압력에 관계없이 약 1.5 kbar이었다.

[0152] 도 7을 참조하면, 곡선들은 하나의 곡선으로 합쳐져 인클로저로 보호된 Cernox[®] 온도계가 주위 압력에 둔감함을 보여준다. 도 7에 삽입된 도면은 세 가지 다른 압력에서 Cernox[®] 온도계의 저항의 평균값에 대한 Cernox[®] 온도계의 저항의 변화를 표시한다. 한 온도에서 압력의 변화에 따른 저항의 변화는 온도 불안정정보다 작다. 이러한 결과는 BR Cernox[®] 1080 온도계가 15kbar의 압력에 노출되었을 때 75K에서 저항이 약 10% 감소하고, 5K에서 25% 감소한 것과 비교될 수 있다. 이는 Cernox[®] 온도계에 대한 압력 효과에 대한 유일한 정보이다(참고문헌 1 참조). 인클로저로 보호된 Cernox[®] 온도계의 신뢰성과 안정성은 14.1kbar의 고정 압력으로 실온과 극저온 사이에서 여러 번 열 사이클을 반복하여 테스트되었다.

[0153] 상기 참고문헌 1은 E. Gati, G. Drachuck, L. Xiang, L.-L. Wang, S. L. Budko, and P. C. Caneld, "Use of cernox thermometers in ac specific heat measurements under pressure," Review of Sci. Instrum. 90, 023911 (2019)이었다.

[0154] 평가예 2: 인클로저로 보호된 Cernox[®] 온도계에서 읽은 온도의 함수로서 Pt 온도계의 저항의 반복 측정

[0155] 도 8은 Pt 저항 온도계의 15회 반복된 열 순환 측정을 보여준다. 1 K/min의 속도로 냉각 및 가온을 반복하였다. 실험 동안, 샘플 공간에 위치한 Pt 온도계의 저항을 인클로저로 보호된 Cernox[®] 온도계에서 측정된 온도의 함수로 모니터링하였다. 측정은 하루 간격으로 15회 반복하였다. 오랜 시간에 걸쳐 Cernox[®] 온도계의 저항값에 따른 온도 변화가 없었다. 도 8에 삽입된 그림은 Pt 온도계가 유용한 최저 온도인 40K에서 기록된 Pt 온도계의 저항의 평균값에 대한 Pt 온도계의 저항의 변화를 보여준다.

[0156] Netsushin MC0803 Pt 온도계가 이미 최대 15kbar의 압력을 견디는 것으로 입증되었기 때문에(선행기술문헌 1 참조), 본 발명자는 압력이 캡슐화된 Cernox[®] 온도계에 어떤 식으로든 영향을 미칠 경우 곡선의 이동을 예상하였

다. 그러나, 본 발명자는 장기간에 걸쳐 여러 열 순환을 거친 다음에도 인클로저로 보호된 Cernox[®] 온도계로부터 획득한 온도값에서 유의미한 드리프트를 발견하지 못하였다. 망가닌 압력계는 압력이 지속적으로 동일한 값으로 되돌아옴을 나타내었다. 또한, 본 실험은 동시에 세라믹 패키지 Pt 온도계의 저항이 압력에 둔감함을 재확인하였다.

[0157] 평가예 3: 온도에 따른 (TMTSF)₂FSO₃의 저항의 변화 측정

[0158] 도 9의 (a)는 샘플 공간에 내장된 인클로저로 보호된 Cernox[®] 온도계로 온도를 측정했을 때, (TMTSF)₂FSO₃의 음이온 정렬 전이 온도(anion ordering transition temperature) 근처의 저항 대 온도를 나타내고, 도 9의 (b)는 압력 셀의 외부 표면에 접촉된 SD 패키지 Cernox[®] 온도계로 온도를 측정했을 때, (TMTSF)₂FSO₃의 음이온 정렬 전이 온도(anion ordering transition temperature) 근처의 저항 대 온도를 나타낸다. 히스테리시스의 양은 냉각 및 가온 속도와 관계없이 도 9의 (a)에서 정확하게 결정될 수 있다.

[0159] 구체적으로, 온도계를 샘플에 가능한 한 가깝게 배치하는 이점이 도 9에 예시되어 있다. 본 발명자는 노출되는 압력에 따라 여러 유형의 상전이를 겪는 유기 전도체(TMTSF)₂FSO₃를 사용하였다. (TMTSF)₂FSO₃는 상압에서 음이온 정렬에 기인한 전형적인 1차 상전이를 겪는다. 도 9의 (a)와 (b)는 각각 압력셀 내부의 Cernox[®] 온도계와 압력셀의 외벽에 부착된 온도계에서 측정된 온도에 따른 (TMTSF)₂FSO₃의 저항을 보여준다. 냉각 및 가온 속도는 0.1K/min에서 1.0K/min까지 다양하게 적용하였다. 외부 온도계에서 온도를 측정했을 때, 냉각/가온 속도가 증가함에 따라 히스테리시스의 양이 증가하였는데, 이는 샘플의 온도가 온도계보다 늦게 반응하는 것을 반영한다. 대조적으로, 도 9의 (a)는 샘플 온도가 압력셀 내부에 샘플과 함께 내장된 인클로저로 보호된 Cernox[®] 온도계로 측정될 때, 냉각 및 가온 곡선이 온도의 변화율과 무관함을 보여준다. 도 9의 (a)에서 히스테리시스의 양은 0.93K이고, 냉각/가온 속도에 관계없이 일정한 것으로 나타났다.

[0160] 논의

[0161] 본 발명자는 측정 대상 샘플의 온도를 정확하게 모니터링하기 위하여, 조사 중인 샘플이 위치한 압력셀 내부에 직접 배치할 수 있는 극저온 온도 센서 패키지를 개발하기 위해 원통형 클램핑 압력셀의 잘 확립된 기술을 사용하였다.

[0162] 사전 접합된 금 리드 와이어가 있는 상업용 Cernox 베어 칩 센서는 압력 연구에서 사용되는 것과 동일한 원리를 적용하여 구현된 전기 피드스루가 있는 WC 인클로저에 캡슐화되었다. 그 결과, "Cernox[®] 온도계 인클로저"는 최대 15kbar의 외부 압력을 견디며, 항상 Cernox[®] 온도계를 상압으로 유지하는 것으로 나타났다. 온도계는 여러 차례 반복된 열 순환 후에도 안정적으로 유지되었다.

[0163] 수행된 실험에서는 권장 저온 한계가 1.4K인 모델 1050 Cernox[®] 온도계를 사용하였지만, 모델 1010 또는 1030에서도 동일한 유형의 "Cernox 인클로저"를 적용할 수 있다. 현재 설정을 3.2K까지만 테스트하였지만, 상기 설정이 Cernox[®] 온도계의 최저 작동 온도까지 작동하지 않을 이유가 없으므로 유용한 온도 범위를 0.1K까지 확장할 수 있다. 따라서, 이제 압력이 가해지는 상황에서도 Cernox[®] 온도계의 전체 온도 영역을 활용할 수 있다.

[0164] 본 Cernox[®] 온도계 인클로저는 직사각형 기판을 감지 요소의 크기에 가깝게 줄이거나 기판의 모서리를 둥글게 하거나 모따기하는 방법을 사용하여 간단하게 더 소형화할 수 있다. 인클로저의 내경이 감소함에 따라 외경과 길이도 더 작게 만들 수 있기 때문이다. 얇은 사파이어 기판은 깨지기 쉽기 때문에 직접 시도하지는 않았다.

[0165] 인클로저의 유용성은 고압 환경에서 주위 압력의 격리된 공간이 필요한 모든 경우에 확장할 수 있다. 고압에서 저항의 작은 변화를 감지하는 저항 브리지 회로를 한 가지 예로 들 수 있겠다.

[0166] 이상에서 도면 및 실시예를 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 구현예가 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 구현예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 보호범위는 첨부된 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

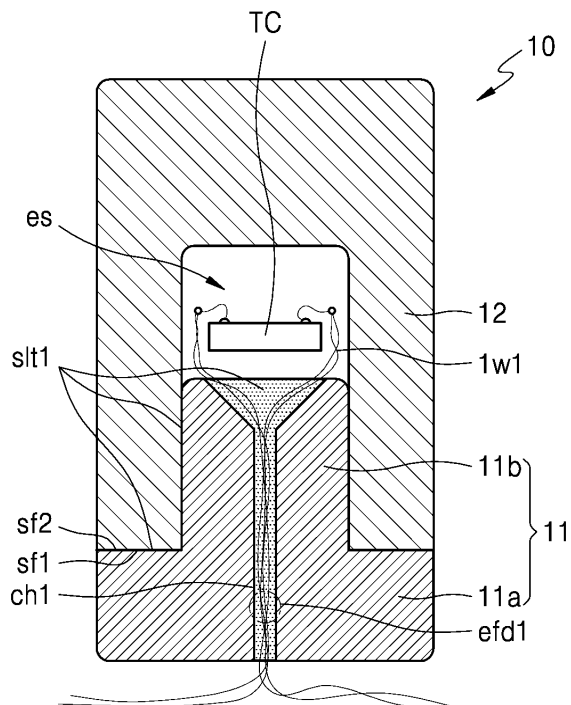
부호의 설명

[0167]

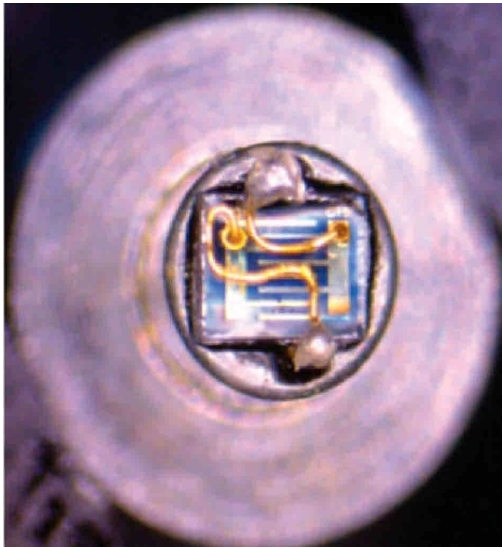
1: 압력셀	10: 온도계 인클로저
11: 플러그	11a: 베이스부
11b: 삽입부	12: 캡
20: 밀폐 장치	21: 베이스부
22: 가압부	30: 본체
31: 외부 본체	32: 내부 본체
40: 클램핑 너트	es: 빈 공간
sf1: 베이스부의 표면	sf2: 캡의 표면
slt1, slt2: 밀봉재	lw1, lw2: 리드 와이어
TC: 온도 측정 소자	scpf: 실링 캡슐 고정부
ch1, ch2, ch3, ch4: 중앙홀	efd: 전기 피드스루
scp: 실링 캡슐	pm: 압력 전달 매질
att: 부착물	gr: 홈
sc1: 암나사산	sc2: 수나사산

도면

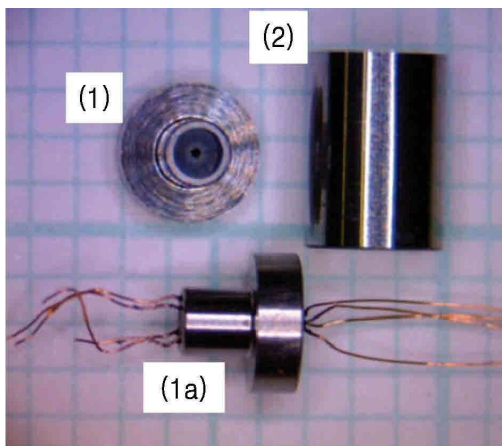
도면1



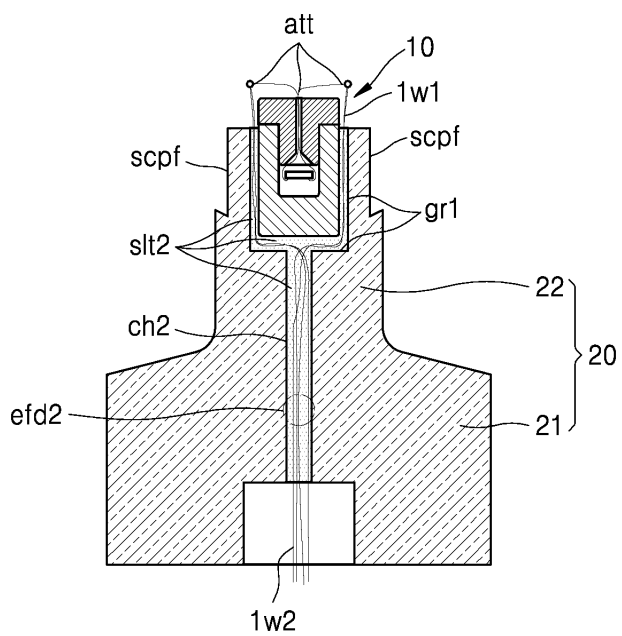
도면2



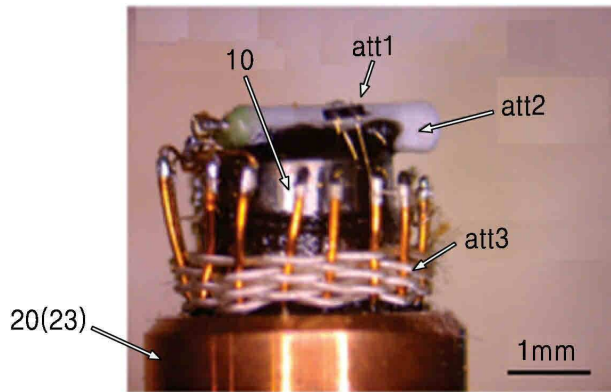
도면3



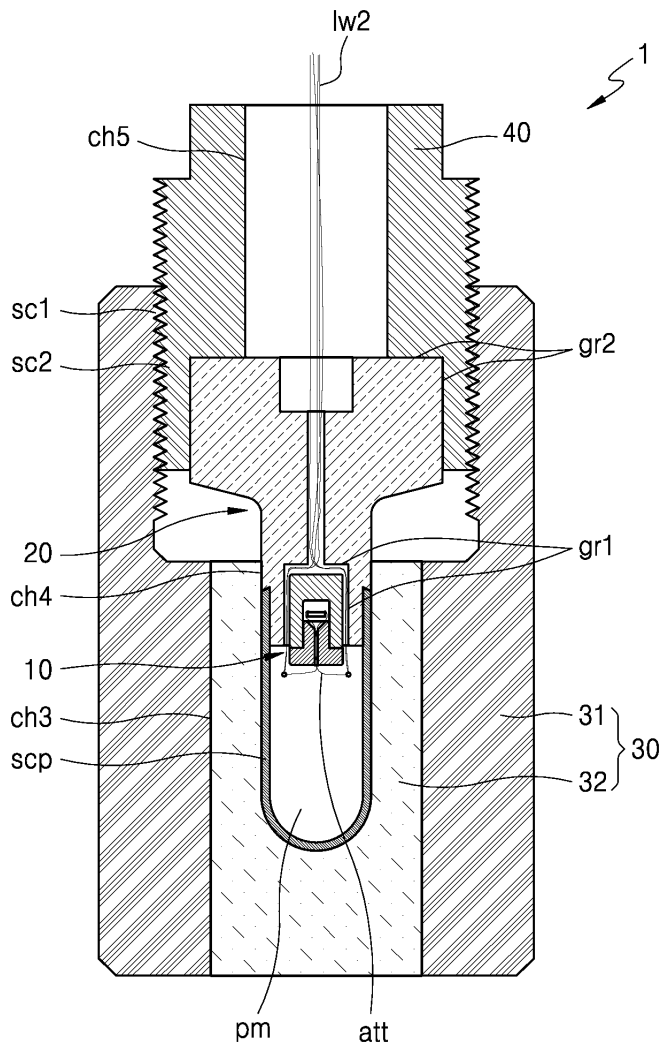
도면4



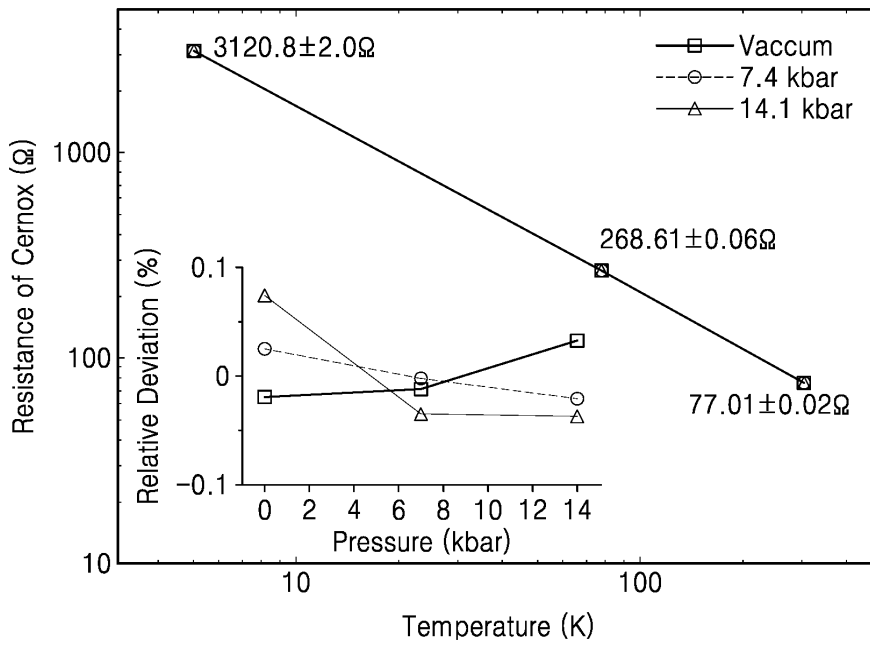
도면5



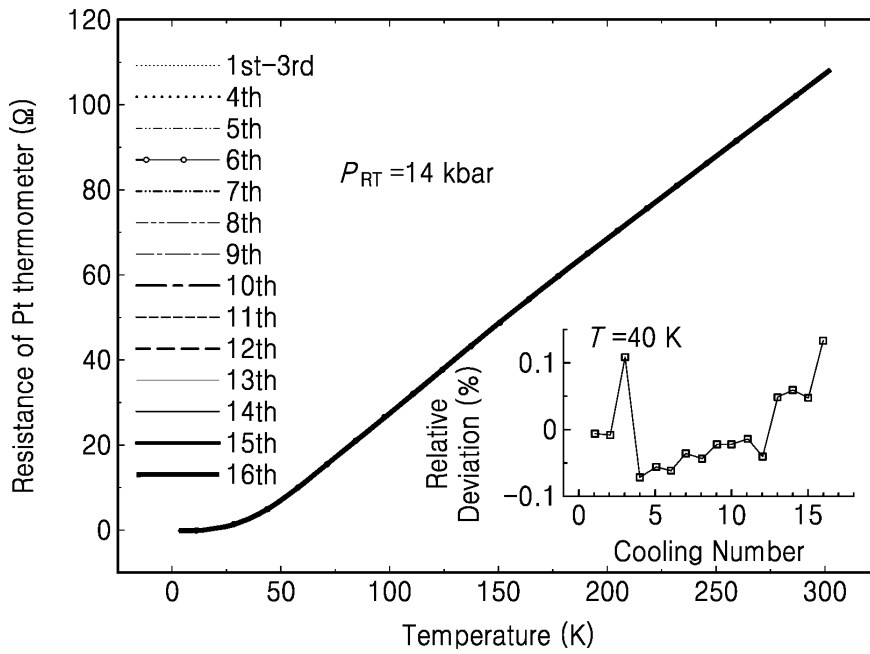
도면6



도면7



도면8



도면9

