

- (71) 출원인
한국원자력연구원
대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)
- (72) 발명자
조충호
세종특별자치시 새롬남로 18, 101동 802호(새롬동, 새뜸마을1단지)
김병호
대전광역시 유성구 가정로 43, 109동 1003호(신성동, 한울아파트)
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
유미특허법인

(54) 발명의 명칭 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기 및 이를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템

산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기는 가스가 순환되는 순환관과 연결되는 본체부, 본체부의 내부에 삽입되고 양극과 음극을 포함하는 전극부, 전극부를 둘러싸며 위치하는 절연부, 그리고 전극부의 단부와 연결되는 제1 감지부를 포함하고, 제1 감지부는 전극부의 단부의 전기저항의 변화 신호를 통해 액체 소듐의 누설을 감지하고, 산화그래핀(Graphene Oxide)을 포함할 수 있다.

(72) 발명자

김종만

대전광역시 유성구 배울2로 3, 801동 602호(관평동, 대덕테크노밸리8단지아파트)

조영일

세종특별자치시 마은로 151, 901동 1301호(고운동, 가락마을9단지)

정지영

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 107동 1601호(전민동, 엑스포아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 53115-18

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 원자력연구개발사업

연구과제명 소듐 열유동 종합효과시험

기 여 율 1/1

주관기관 한국원자력연구원

연구기간 2012.03.01~2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

가스가 순환되는 순환관과 연결되는 본체부,

상기 본체부의 내부에 삽입되고 양극과 음극을 포함하는 전극부,

상기 전극부를 둘러싸며 위치하는 절연부, 그리고

상기 전극부의 단부와 연결되는 제1 감지부,

를 포함하고,

상기 제1 감지부는 상기 전극부의 단부의 전기저항의 변화 신호를 통해 액체 소듐의 누설을 감지하고, 산화그래핀(Graphene Oxide)을 포함하는 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기.

청구항 2

제1항에서,

상기 제1 감지부는, 일측이 양극과 연결되고 타측은 음극과 연결되고 원통형 형상을 가지는 튜브부를 포함하는 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기.

청구항 3

제1항에서,

상기 제1 감지부는, 상기 전극부와 연결되고 박막형 형상을 가지는 시트부를 포함하는 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기.

청구항 4

제3항에서,

상기 제1 감지부는, 상기 시트부의 일면과 접촉되는 접촉기판부를 포함하는 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기.

청구항 5

제1항에서,

상기 본체부는, 상기 본체부와 상기 절연부의 사이에 위치하고 상기 본체부의 내부를 실링하는 실링부를 포함하는 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기.

청구항 6

액체 소듐을 포함하는 내부 배관,

상기 내부 배관을 둘러싸며 위치하는 외부 배관 그리고

상기 외부 배관과 연결되고 가스가 순환되는 순환관과 연결되는 액체 소듐 누설 감지기

를 포함하고,

상기 액체 소듐 누설 감지기는,

본체부,

상기 본체부의 내부에 삽입되고 양극과 음극을 포함하는 전극부,

상기 전극부를 둘러싸며 위치하는 절연부, 그리고

상기 전극부의 단부와 연결되는 제1 감지부,

를 포함하고,

상기 제1 감지부는 상기 전극부의 단부의 전기저항의 변화 신호를 통해 액체 소듐의 누설을 감지하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 7

제6항에서,

상기 외부 배관과 연결되고 상기 외부 배관의 압력값을 측정하고 액체 금속의 누설을 감지하는 제2 감지부를 더 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 8

제7항에서,

상기 제2 감지부는, 상기 외부 배관의 압력값이 초기 충전 압력값보다 클 경우, 상기 내부 배관의 손상으로 감지하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 9

제7항에서,

상기 제2 감지부는, 상기 외부 배관의 압력값이 초기 충전 압력값보다 작을 경우, 상기 외부 배관의 손상으로 감지하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 10

제6항에서,

상기 외부 배관과 연결되고 상기 내부 배관에서 상기 외부 배관으로 누설된 액체 금속을 감지하는 제3 감지부를 더 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 11

제10항에서,

상기 제3 감지부는, 상기 외부 배관과 연결되고 상기 외부 배관의 경사를 따라 이동하는 액체 금속을 수용하는 수용부를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 12

제11항에서,

상기 제3 감지부는, 상기 수용부에 수용된 액체 금속을 감지하는 플러그형 접촉식 센서를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 13

제12항에서,

상기 플러그형 접촉식 센서는, 양극과 음극을 포함하는 전극부 및 상기 전극부를 둘러싸며 위치하는 절연부를 포함하고, 상기 전극부의 단부의 단락 신호를 통해 상기 수용부에 수용된 액체 금속을 감지하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 14

제13항에서,

상기 전극부는, 상기 수용부의 내측면과 이격되어 위치하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 15

제11항에서,

상기 제3 감지부는, 상기 수용부와 연결되고 상기 수용부에 수용된 액체 금속을 저장탱크로 이송시키는 밸브를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 16

제6항에서,

상기 외부 배관 외면의 일부에 고정되고 서로 인접하고 있는 제1 누설 감지 유닛 및 제2 누설 감지 유닛을 포함하고 상기 외부 배관의 액체 금속의 누설을 감지하는 제4 감지부를 더 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 17

제16항에서,

상기 제1 누설 감지 유닛 및 제2 누설 감지 유닛 각각은, 단면의 모양이 다각형인 몸체부, 상기 몸체부에 매립되어 있고, 누설된 액체 금속을 감지하는 한 쌍의 금속 와이어, 그리고 상기 몸체부의 양측에 위치하고, 외부 배관에 접촉되는 한 쌍의 접촉부를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 18

제17항에서,

상기 제1 누설 감지 유닛 및 제2 누설 감지 유닛 각각은, 상기 한 쌍의 접촉부 사이에 위치하는 제1 액체 금속 수집 유도구, 제1 누설 감지 유닛의 접촉부와 제2 누설 감지 유닛의 접촉부 사이에 위치하는 제2 액체 금속 수집 유도구를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 19

제18항에서,

상기 제1 누설 감지 유닛의 몸체부에서 상기 제2 누설 감지 유닛의 몸체부와 마주하는 측면과 상기 제2 누설 감지 유닛의 몸체부에서 상기 제1 누설 감지 유닛의 몸체부와 마주하는 측면 사이에 미세 간극이 있는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 20

제19항에서,

상기 한 쌍의 금속 와이어는, 상기 제2 액체 금속 수집 유도구에 서로 이격되어 위치하고 상기 제1 누설 감지 유닛의 금속 와이어와 상기 제2 누설 감지 유닛의 금속 와이어가 서로 연결되는 액체 금속 누설 감지 시스템.

청구항 21

제20항에서,

상기 한 쌍의 금속 와이어는, 상기 한 쌍의 금속 와이어의 양단에 각각 압수 형상의 소켓이 설치되고, 상기 소켓의 결합 시 기능 점검이 가능한 2선 접촉식 누설감지기 상시 기능점검부를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기 및 이를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템이 제공된다.

배경 기술

[0002] 알칼리계 금속 등의 액체 금속은 상온에서 공기 중 산소나 물과의 접촉 시 쉽게 반응하는 특성을 가지고

있으며, 고속로 등 액체 금속 취급 시설에서 고온의 액체 금속이 용기, 배관의 외부로 누설될 경우 대기 중의 산소나 수분과 반응하여 많은 연무와 함께 화재가 발생시킬 수 있다. 이에, 알칼리계 금속 등의 액체 금속을 사용하는 용기나 배관, 기기 등에 적절하게 누설 감지 장치를 설치하여 액체 금속의 누설을 신속하게 감지할 필요성이 있다.

[0003] 특히 액체 금속을 이송하는 이중 배관의 경우, 내부 배관의 누출을 감지하는 감지기의 설치가 어려워 내부 배관과 외부 배관 사이에 있는 가스를 분석해 누출 여부를 판단하는 방법을 사용하지만, 분석장치의 유지·보수를 위해 많은 시간과 비용이 소요되며, 특별한 경우 차폐시설이나 레이저 등과 같은 특수시설이나 고가의 기기를 필요로 한다. 따라서 액체 금속을 사용하는 이중 용기 또는 배관 등에서 액체 금속의 누설을 쉽고 효율적으로 감지하는 장치 개발이 요구되고 있다.

[0004] 관련 선행문헌으로, 일본등록특허 제5,499,395호는 누설 검지용 파이프 및 누설 검지 장치를 개시한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본등록특허 제5,499,395호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 한 실시예는 배관과 배관 사이의 가스에 소듐 증기의 존재 여부를 확인해 액체 소듐의 누설을 신속하게 감지하기 위한 것이다.

[0007] 본 발명의 한 실시예는 누설된 액체 금속의 배출을 위한 유로에 접촉식 누설 감지기를 설치해 액체 금속의 누설을 신속하게 감지한 후 누출 신호 발생과 함께 누설로 인한 사고 확대 방지를 위해 누출 액체 금속 저장탱크로의 유로를 생성하기 위한 것이다.

[0008] 본 발명의 한 실시예는 소량의 액체 금속을 누설 감지기의 감지부로 용이하게 유입하여 액체 금속의 누설을 신속하게 감지하기 위한 것이다.

[0009] 본 발명의 한 실시예는 금속성 이물질 또는 고정 스트랩과의 접촉에 의한 오작동 가능성을 최소화시키기 위한 것이다.

[0010] 본 발명의 한 실시예는 액체 금속의 누설 여부를 2중 이상으로 감지하여 감지 신뢰성 및 안정성을 향상시키기 위한 것이다.

[0011] 본 발명의 한 실시예는 누설 감지기를 소형화 하여 누설 감지기의 설치와 유지 보수의 편리성을 향상시키기 위한 것이다.

[0012] 상기 과제 이외에도 구체적으로 언급되지 않은 다른 과제를 달성하는 데 본 발명에 따른 실시예가 사용될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 한 실시예에 따른 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기는 가스가 순환되는 순환관과 연결되는 본체부, 본체부의 내부에 삽입되고 양극과 음극을 포함하는 전극부, 전극부를 둘러싸며 위치하는 절연부, 그리고 전극부의 단부와 연결되는 제1 감지부를 포함하고, 제1 감지부는 전극부의 단부의 전기저항의 변화 신호를 통해 액체 소듐의 누설을 감지하고, 산화그래핀(Graphene Oxide)을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 한 실시예는 누설된 액체 금속을 용이하게 유입시킬 수 있고, 소량의 액체 금속의 누설도 신속하게 감지될 수 있으며, 금속성 이물질 또는 고정 스트랩과의 접촉에 의한 오작동 가능성을 최소화시킬 수 있고, 액체 금속의 누설 여부를 2중 이상으로 감지하여 감지 신뢰성 및 안정성을 향상시킬 수 있으며, 누설 감지기를 소형화 하여 누설 감지기의 설치와 유지 보수의 편리성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 대형시설이나 고가의 장

비 사용을 지양해 그에 따른 경제성도 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 액체 소듐 누설 감지기 및 이를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템을 개략적으로 나타내는 사시도이다.
- 도 2 는 본 발명의 한 실시예에 따른 제1 감지부에 설치되는 액체 소듐 누설 감지기를 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 3은 한 실시예에 따른 제1 감지부의 액체 소듐 누설 감지기에서 일어나는 화학 반응 개념을 나타내는 도면이다.
- 도 4와 도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 액체 소듐 누설 감지기를 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 6은 본 발명의 한 실시예에 따른 액체 금속 누설 감지 시스템의 제3 감지부를 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 7과 도 8은 액체 금속 누설 감지 시스템의 제4 감지부를 개략적으로 나타내는 사시도이다.
- 도9과 도10은 액체 금속 누설 감지 시스템의 제4 감지부를 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 11은 액체 금속 누설 감지 시스템의 제4 감지부가 외부 배관에 고정되는 형태를 나타내는 단면도이다.
- 도 12는 액체 금속 누설 감지 시스템의 제4 감지부의 상시 기능점검부를 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대해 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 도면부호가 사용되었다. 또한 널리 알려져 있는 공지기술의 경우 그 구체적인 설명은 생략한다.
- [0017] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0018] 이하에서는 도면들을 참조하여 액체 소듐 누설 감지기 및 이를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템을 상세하게 설명한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 산화 그래핀을 이용한 액체 소듐 누설 감지기 및 이를 포함하는 액체 금속 누설 감지 시스템을 개략적으로 나타내는 사시도이며, 도 2 는 본 발명의 한 실시예에 따른 제1 감지부에 설치되는 액체 소듐 누설 감지기를 개략적으로 나타내는 단면도이며, 도 3은 한 실시예에 따른 제1 감지부의 액체 소듐 누설 감지기에서 일어나는 화학 반응 개념을 나타내는 도면이며, 도 4와 도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 액체 소듐 누설 감지기를 개략적으로 나타내는 단면도이며, 도 6은 본 발명의 한 실시예에 따른 액체 금속 누설 감지 시스템의 제3 감지부를 개략적으로 나타내는 단면도이며, 도 7과 도 8은 액체 금속 누설 감지 시스템의 제4 감지부를 개략적으로 나타내는 사시도이며, 도9과 도10은 액체 금속 누설 감지 시스템의 제4 감지부를 개략적으로 나타내는 단면도이며, 도 11은 액체 금속 누설 감지 시스템의 제4 감지부가 외부 배관에 고정되는 형태를 나타내는 단면도이며, 도 12는 액체 금속 누설 감지 시스템의 제4 감지부의 상시 기능점검부를 나타내는 단면도이다.
- [0020] 본 명세서에서 제1 방향, 제2 방향 및 제3 방향은 도 1에 도시되어 있는 제1 방향, 제2 방향 그리고 제3 방향을 의미한다. 제1 방향은 도 1에서 가로 방향을 의미하고, 제2 방향은 제1 방향에 수직이며, 제3 방향은 제1 방향 및 제2 방향 모두에 수직인 도 1에서 세로 방향을 의미한다. 또한, 제3 방향에 수직인 평면이 제1 면으로 정의되고, 제2 방향에 수직인 평면이 제2 면으로 정의되며, 제1 방향에 수직인 평면이 제3 면으로 정의된다. 제1 면은 제1 방향과 제2 방향을 포함하고, 제2 면은 제1 방향과 제3 방향을 포함하며, 제3 면은 제2 방향과 제3 방향을 포함하며, 제1 면, 제2 면 및 제3 면은 서로 수직이다.
- [0021] 도 1을 참고하면, 내부 배관(50)과 외부 배관(60)으로 구성된 이중배관에 설치되는 액체 금속 누설 감지 시스템(1)은 액체 소듐 누설 감지기(10), 제2 감지부(20), 제3 감지부(30), 제4 감지부(40)를 포함할 수 있다.

- [0022] 내부 배관(50)은 제1 방향으로 뻗으며 위치할 수 있다. 내부 배관(50)은 액체 금속을 수용할 수 있다. 액체 금속은 예를 들어, 소듐(Na), 리튬(Li), 포타슘(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 프랑슘(Fr) 등의 알칼리계 액체 금속을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 다만 후술할 제1 감지부(14)의 경우, 감지되는 액체 금속이 소듐일 수 있으므로, 액체 금속이 액체 소듐으로 서술될 수 있다.
- [0023] 외부 배관(60)은 제1 방향으로 뻗으며 위치할 수 있다. 외부 배관(60)은 내부 배관(50)을 감싸며 위치할 수 있다. 외부 배관(60)은 내부 배관(50)에서 누설된 액체 금속(51)을 수용할 수 있다. 외부 배관(60)은 제3 감지부(30)를 향한 방향으로 경사지며 위치할 수 있다. 이 경우, 외부 배관(60)의 누설된 액체 금속(51)은 경사를 따라 이동할 수 있다. 외부 배관(60)은 내부 배관(50)의 외면을 둘러싸며 위치하면서 이중 배관을 형성할 수 있다.
- [0024] 액체 금속 누설 감지 시스템(1)은 순환관(61), 공급관(65) 그리고 배출관(67)을 포함할 수 있다. 순환관(61)은 외부 배관(60)의 일측과 연결될 수 있다. 순환관(61)은 외부 배관(60)의 상부의 일측에서 제3 방향으로 연장되다가 제1 방향으로 연장 되고 다시 제3 방향으로 연장되면서 외부 배관(60)의 상부의 타측과 연결될 수 있다.
- [0025] 순환관(61)은 차단밸브(62), 순환펌프(63) 그리고 유지 및 보수 밸브(611)를 포함할 수 있다. 차단밸브(62)는 순환관(61)을 순환하는 가스의 양을 조절할 수 있다. 유지 및 보수 밸브(311)는 시스템 유지 및 보수 시 가스 유로를 차단해 시스템을 격리시킬 수 있다.
- [0026] 순환펌프(63)는 순환관(61)의 가스를 순환관(61)에서 외부 배관(60)으로 또는 외부 배관(60)에서 순환관(61)으로 이동시킬 수 있다. 순환가스는 화살표 방향을 따라 이동할 수 있다.
- [0027] 공급관(65)은 순환관(61)과 연결될 수 있다. 공급관(65)은 공급부(64)와 공급밸브(66)를 포함할 수 있다. 공급부(64)는 공급관(65)을 통해 내부 배관(50)과 외부 배관(60)의 사이 공간에 가스를 공급할 수 있다. 가스는 아르곤(Ar) 가스 일 수 있다. 공급밸브(66)는 공급부(64)가 순환관(61)에 공급하는 가스의 양을 제2 감지부(20)에서 전송되는 압력정보를 통해 조절할 수 있다.
- [0028] 배출관(67)은 순환관(61)과 연결될 수 있다. 배출관(67)의 일측은 순환관(61)과 연결되고 타측은 제2 감지부(20)와 연결될 수 있다. 배출관(67)은 제2 감지부(20)의 유지 및 보수 시 격리를 위한 차단밸브(68)를 포함할 수 있다.
- [0029] 액체 소듐 누설 감지기(10)는 순환관(61)과 연결될 수 있다. 액체 소듐 누설 감지기(10)는 순환관(61)과 연결된 가스 측정용기(69)에 위치할 수 있다. 내부 배관(50)에서 액체 소듐(51)이 누설될 경우, 외부 배관(60)의 가스에는 액체 소듐(51) 에어로졸 또는 증기가 포함될 수 있다.
- [0030] 액체 소듐(51) 에어로졸 또는 증기는 순환관(61)을 통해 액체 소듐 누설 감지기(10)를 통과할 수 있다. 액체 소듐 누설 감지기(10)는 액체 소듐(51) 에어로졸 또는 증기와 반응에 의해 전기저항의 신호가 변화되어 액체 소듐(51)의 누설을 판별할 수 있다.
- [0031] 이하에서는 도2 내지 도 4를 참조하여 액체 소듐 누설 감지기(10)의 구조를 상세하게 설명한다.
- [0032] 도 2를 참고하면, 액체 소듐 누설 감지기(10)는 본체부(11), 전극부(12), 절연부(13), 제1 감지부(14), 실링부(18) 그리고 나사 연결부(19)를 포함할 수 있다. 본체부(11)는 제3 방향으로 뻗으며 위치할 수 있다. 본체부(11)는 나사 연결부(19)를 이용해 순환관(61)과 연결될 수 있다. 본체부(11)는 나사 연결부(19)를 통해서 순환관(61)과 연결된 가스 측정용기(69)와 연결될 수 있다. 나사 연결부(19)는 연결 시 나사 유무에 따라 나사 연결 방법 또는 용접 방법을 취할 수 있다. 본체부(11)의 하부는 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)의 내부에 위치할 수 있다.
- [0033] 절연부(13)는 본체부(11)의 내부에 위치할 수 있다. 절연부(13)는 전극부(12)를 둘러싸며 위치할 수 있다. 절연부(13)는 양극(121)과 음극(122)을 둘러싸며 위치할 수 있다. 절연부(13)는 양극(121)과 음극(122)이 서로 단락 되는 것을 미연에 방지할 수 있다. 절연부(13)는 절연체를 포함할 수 있다. 절연체는 예를 들어, 이산화규소(SiO_2), 세라믹 등의 절연물질을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 절연부(13)의 일측과 타측은 본체부(11)의 외측으로 돌출될 수 있다.
- [0034] 전극부(12)는 절연부(13)의 내부에 삽입될 수 있다. 전극부(12)는 제3 방향으로 뻗으며 위치할 수 있다. 전극부(12)는 양극(121)과 음극(122)을 포함할 수 있다. 양극(121)과 음극(122)은 서로 이격되어 위치할 수 있다. 양극(121)과 음극(122)의 일측과 타측은 절연부(13)의 외측으로 돌출될 수 있다. 양극(121)과 음극(122)의 일측

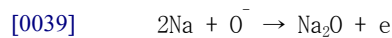
은 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)의 내부에 위치할 수 있으며, 타측은 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)의 외부에 위치할 수 있다.

[0035] 제1 감지부(14)는 전극부(12)의 일측 단부와 연결될 수 있다. 제1 감지부(14)는 산화그래핀(Graphene Oxide)을 포함할 수 있다. 제1 감지부(14)의 산화그래핀은 액체 소듐(51) 에어로졸 또는 증기와 반응에 필요한 산소 작용기(Oxygen-containing functional group)를 다량으로 포함할 수 있다.

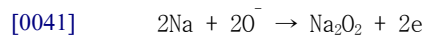
[0036] 내부 배관(50)에서 액체 소듐(51)이 누설될 경우, 액체 소듐(51) 에어로졸 또는 증기는 순환관(61)을 통해 제1 감지부(14)와 접촉할 수 있다. 도 3을 참고하면, 제1 감지부(14)의 산화그래핀이 소듐(Na) 에어로졸 또는 증기에 산소기를 빼앗기면서 음의 전기저항 변화가 발생할 수 있다.

[0037] 하기 화학식들로 표시되는 반응에 의해 소듐(Na) 또는 산화소듐(Na_2O)이 제1 감지부(14)의 산화그래핀과 접촉하면, 산화그래핀의 산소기를 빼앗아 수산화소듐(NaOH), 산화소듐(Na_2O) 또는 과산화소듐(Na_2O_2) 등이 생성될 수 있다.

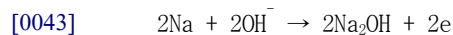
[0038] [화학식 1]



[0040] [화학식 2]



[0042] [화학식 3]



[0044] 액체 소듐 누설 감지기(10)는 제1 감지부(14)의 산화그래핀이 소듐(Na) 에어로졸 또는 증기에 산소기를 빼앗기면서 음의 전기저항 변화가 발생하므로, 제1 감지부(14)의 전기저항 신호의 변화를 통해 액체 소듐(51)의 누설을 판별할 수 있다.

[0045] 종래에는 필라멘트 또는 필터 등을 사용하여 액체 소듐의 누출 여부를 판단하므로 필라멘트 손상 또는 필터에 액체 소듐이 증착되어 누설 감지 기능 유지를 위해 잦은 유지·보수 작업이 필요하고, 감지 구역별로 개별 방사선원, 차폐시설, 레이저 등의 대형 시설 혹은 고가의 장비를 설치해야 하므로 공간적, 경제적 제약이 커질 수 있다.

[0046] 반면, 액체 소듐 누설 감지기(10)는 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)에 간편하게 설치할 수 있으며, 제1 감지부(14)가 산화그래핀을 포함할 수 있으므로, 전기저항의 변화만을 통해 액체 소듐이 소량 누설된 경우에도 안정적으로 누설을 감지하여 누설 감지의 정확도를 높일 수 있다. 또한, 액체 소듐 누설 감지기(10)는 플러그 형태로 제작되어 소형화될 수 있으므로 배관 내부에 삽입물, 추가적인 시설 또는 장비를 생략할 수 있고 공간 효율을 높이며 비용을 줄일 수 있다.

[0047] 도 2를 참고하면, 제1 감지부(14)는 산화 그래핀 튜브부(15)를 포함할 수 있다. 산화 그래핀 튜브부(15)는 원통형 형상을 가질 수 있다. 산화 그래핀 튜브부(15)의 일측은 양극(121)과 연결되고 산화 그래핀 튜브부(15)의 타측은 음극(122)과 연결될 수 있다. 이 경우, 각각 양극(121)과 음극(122)에 원통형 형상의 산화 그래핀 튜브부(15)가 삽입 결합될 수 있으므로 산화 그래핀 튜브부(15)와 전극부(12)의 결합 견고성을 높일 수 있다. 산화 그래핀 튜브부(15)는 원호(Circular Arc) 형상을 가지며 양극(121) 및 음극(122)과 연결될 수 있다.

[0048] 실링부(18)는 본체부(11)의 내부에 위치할 수 있다. 실링부(18)는 본체부(11)의 내부를 실링할 수 있다. 실링부(18)는 본체부(11)와 절연부(13) 사이에 위치할 수 있다. 실링부(18)의 일측은 본체부(11)와 맞닿고 타측은 절연부(13)와 맞닿을 수 있다. 실링부(18)는 본체부(11)의 일측 내면과 맞닿으며 위치할 수 있다. 실링부(18)는 본체부(11)의 내면 전체와 맞닿으며 위치할 수도 있다.

[0049] 나사 연결부(19)는 본체부의 외면에 위치할 수 있다. 나사 연결부(19)는 본체부(11)를 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)에 연결시킬 수 있다. 나사 연결부(19)는 나사산 형상을 가질 수 있다. 나사 연결부(19)는 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)와 나사 피팅될 수 있다. 다만 나사 피팅을 통해 기밀 유지가 어려운 경우, 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)에 용접 설치할 수 있다.

- [0050] 도 4 및 도 5에서는 제1 감지부(14)와 나사 연결부(19)를 제외하고는 도 2의 액체 소듐 누설 감지기(10)와 유사하므로, 동일한 부분에는 동일한 도면 부호를 사용하며, 그 상세한 설명을 생략한다. 도 4 및 도 5를 참고하면, 제1 감지부(14)는 산화 그래핀 시트부(16)를 포함할 수 있다.
- [0051] 산화 그래핀 시트부(16)는 박막형 형상을 가질 수 있다. 산화 그래핀 시트부(16)의 일측은 전극부(12)와 연결될 수 있다. 산화 그래핀 시트부(16)는 양극(121)과 음극(122)의 일측 단부를 덮으며 위치할 수 있다. 액체 소듐(51)의 에어로졸 또는 증기가 액체 소듐 누설 감지기(10)를 통과할 경우, 산화 그래핀 시트부(16)와 액체 소듐(51)의 에어로졸 또는 증기가 맞닿는 단면적이 커질 수 있으므로 누설 감지의 효율성을 높일 수 있다. 산화 그래핀 시트부(16)는 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)의 크기에 따라 그 크기나 두께 등을 달리하여 구성할 수 있다.
- [0052] 산화 그래핀 시트부(16)는 산화 그래핀 접착기관부(17)를 포함할 수 있다. 산화 그래핀 접착기관부(17)는 산화 그래핀 시트부(16)의 일면과 접착될 수 있다. 산화 그래핀 접착기관부(17)의 단면적은 산화 그래핀 시트부(16)의 단면적보다 클 수 있다. 산화 그래핀 접착기관부(17)는 산화 그래핀 시트부(16)를 지지할 수 있다. 산화 그래핀 접착기관부(17)는 산화 그래핀 시트부(16)와 견고하게 결합하면서 제1 감지부(14)의 구조적 안전성을 높일 수 있다.
- [0053] 나사 연결부(19)는 본체부의 외면에 위치하고 본체부(11)를 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)에 연결시킬 수 있다. 나사 연결부(19)는 순환관(61) 또는 가스 측정용기(69)와 스웨즈락 피팅될 수 있다.
- [0054] 도 1을 참고하면, 제2 감지부(20)는 배출관(67)을 통해 외부 배관(60)과 연결될 수 있다. 배출관(67)은 차단밸브(68)를 포함할 수 있다. 배출관(67)에는 공급부(64)에서 외부 배관(60)으로 공급되어 외부 배관(60)을 순환한 가스가 유입될 수 있다.
- [0055] 제2 감지부(20)는 압력센서를 포함할 수 있다. 제2 감지부(20)는 외부 배관(60)의 내부압력값(P_{out})을 측정할 수 있다. 내부 배관(50)의 내부압력값(P_{in})은 외부 배관(60)의 내부압력값(P_{out})보다 클 수 있다.
- [0056] 제2 감지부(20)는 외부 배관(60)의 내부압력값(P_{out})이 최초 충전된 가스 압력값(P_{Ar})과 같을 경우, 내부 배관(50)과 외부 배관(60)에서 액체 금속의 누설이 없는 정상 상태로 판단할 수 있다.
- [0057] 제2 감지부(20)는 외부 배관(60)의 내부압력값(P_{out})이 가스 압력값(P_{Ar})보다 클 경우, 내부 배관(50)의 손상으로 감지할 수 있다. 내부 배관(50)의 내부압력값(P_{in})이 외부 배관(60)의 내부압력값(P_{out})보다 크므로, 내부 배관(50)에 손상이 발생되어 액체 금속(51)이 누설될 경우, 내부 배관(50)의 압력이 외부 배관(60)에 전달되고 외부 배관(60)의 내부압력값(P_{out})이 증가할 수 있다. 이에, $\Delta P/P$ (ΔP : 누설 시 압력변화, P : 가스 압력값)이 양의 기준값 이상일 경우, 내부 배관(50)에서 액체 금속(51)의 누설이 발생되고 있음을 알 수 있다.
- [0058] 제2 감지부(20)는 외부 배관(60)의 내부압력값(P_{out})이 가스 압력값(P_{Ar})보다 작을 경우, 외부 배관(60)의 손상으로 감지할 수 있다. 외부 배관(60)의 외측은 대기 압력값(P_{atm})이 작용하고 있고, 외부 배관(60)에는 가스를 대기압보다 큰 압력으로 충전하므로, 외부 배관(60)에 손상이 발생되어 액체 금속(51)이 누설될 경우, 외부 배관(60)의 내부압력값(P_{out})이 감소할 수 있다. 이에, $\Delta P/P$ (ΔP : 누설 시 압력변화, P : 가스 압력값)이 음의 기준값 이상일 경우, 외부 배관(60)에서 누설이 발생되고 있음을 알 수 있다.
- [0059] 제2 감지부(20)는 이중 배관에서 액체 금속(51)이 누설된 위치가 내부 배관(50)인지 외부 배관(60)인지 판단할 수 있으므로, 액체 금속 누설 감지 시스템(1)의 유지 보수의 효율성을 높일 수 있다.
- [0060] 액체 금속 누설 감지 시스템(1)은 액체 소듐 누설 감지기(10)에서 액체 소듐(51) 에어로졸 또는 증기와 반응에 의해 액체 소듐(51)의 누설 여부를 판별하고, 제2 감지부(20)에서 측정된 압력값의 변화를 통해 액체 소듐(51)의 누설의 위치를 판별할 수 있으므로, 액체 소듐(51)의 누설 여부를 2중으로 감지하여 누설 감지 신호의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0061] 도 1과 도 6을 참고하면, 제3 감지부(30)는 외부 배관(60)과 연결될 수 있다. 제3 감지부(30)는 내부 배관(50)에서 외부 배관(60)으로 누설된 액체 금속(51)을 감지할 수 있다. 제3 감지부(30)는 수용부(31), 플러그형 접촉식 센서(32), 배출배관(35), 배출 차단밸브(36), 저장탱크(37) 그리고 액위계(38)를 포함할 수 있다.
- [0062] 수용부(31)는 외부 배관(60)과 연결될 수 있다. 수용부(31)는 외부 배관(60)으로 누설된 액체 금속(51)을 수용

할 수 있다. 수용부(31)는 외부 배관(60)의 경사를 따라 이동한 액체 금속(51)을 수용할 수 있다. 액체 금속(51)은 표면 장력이 물보다 약 2배 크므로, 외부 배관(60)의 경사를 따라 흘러내려 수용부(31)로 용이하게 유입될 수 있다.

- [0063] 수용부(31)는 수용부(31)의 하단부를 향한 방향으로 내측으로 경사진 형상을 가질 수 있다. 수용부(31)는 배출 배관(35)을 향한 방향으로 경사진 콘(Cone)형상을 가질 수 있다. 이 경우, 수용부(31)는 수용된 액체 금속(51)을 배출배관(35)에 용이하게 전달할 수 있다. 또한 수용부(31)에 소량의 액체 금속(51)이 수용된 경우에도 신속하게 액체 금속(51)의 누설을 감지할 수 있다. 수용부(31)는 원통형 형상을 가질 수도 있다.
- [0064] 플러그형 접촉식 센서(32)는 수용부(31)에 수용된 액체 금속(51)을 감지할 수 있다. 플러그형 접촉식 센서(32)는 본체부(11), 전극부(12), 절연부(13) 그리고 실링부(18)를 포함할 수 있다. 플러그형 접촉식 센서(32)는 도 2의 액체 소듐 누설 감지기(10)에서 산화 그래핀 튜브부(15)를 제외한 형상을 가질 수 있다. 플러그형 접촉식 센서(32)는 도 2의 액체 소듐 누설 감지기(10)와 유사하므로, 동일한 부분에는 동일한 도면 부호를 사용하며, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0065] 본체부(11)는 수용부(31)와 연결될 수 있다. 본체부(11)는 수용부(31)와 용접 연결될 수 있다. 본체부(11)의 하부는 수용부(31)의 내부에 위치할 수 있다.
- [0066] 전극부(12)의 일측은 수용부(31)의 내부에 위치할 수 있으며, 타측은 수용부(31)의 외부에 위치할 수 있다. 전극부(12)는 수용부(31) 내부에 수용된 액체 금속(51)과 접촉할 경우, 단락 신호를 통해 액체 금속(51)의 누설을 판별할 수 있다.
- [0067] 액체 금속(51)이 내부 배관(50)에서 외부 배관(60)으로 누설될 경우, 액체 금속(51)은 외부 배관(60)의 경사를 따라 수용부(31)로 이동하고, 수용부(31) 내부에 위치하는 전극부(12)와 접촉되면 전극부(12)가 통전 되면서 누설 신호를 발생할 수 있다.
- [0068] 전극부(12)는 수용부(31)의 내측면과 이격되어 위치할 수 있다. 양극(121) 또는 음극(122)은 수용부(31)의 내측면과 이격거리(d1)를 가질 수 있다. 이 경우, 전극부(12)와 수용부 사이에 의도치 않은 접촉 및 오류 신호를 미연에 방지할 수 있다.
- [0069] 배출배관(35)은 수용부(31)의 하단부와 연결될 수 있다. 배출배관(35)은 수용부(31)에 수용된 액체 소듐(51)을 저장탱크(37)로 전달할 수 있다. 배출 차단밸브(36)는 배출배관(35)과 연결될 수 있다. 배출 차단밸브(36)는 배출배관(35)의 유로를 개폐할 수 있다.
- [0070] 전극부(12)가 통전 되면서 누설 신호를 발생할 경우, 배출 차단밸브(36)가 개방되어 수용부(31)에 수용된 액체 금속(51)이 배출배관(35)을 통과하여 저장탱크(37)로 이동할 수 있다.
- [0071] 액위계(38)는 저장탱크(37)에 위치할 수 있다. 액위계(38)는 저장탱크(37)에 수용된 액체 금속(51)의 양을 측정할 수 있다. 액위계(38)는 액체 금속(51)의 양을 통해서 액체 금속(51)의 누설량을 측정할 수 있다.
- [0072] 제3 감지부(30)는 액체 금속(51)에 의한 단락 신호를 통해 내부 배관(50)에서의 액체 금속(51)의 누설 여부를 효율적으로 감지할 수 있으며, 저장탱크(37)에 수용된 액체 금속(51)을 통해 액체 금속(51)의 누설량도 측정할 수 있다. 또한, 제1감지부(14), 제 2 감지부(20)와 함께 내부 배관(50)의 액체 금속(51) 누설을 감지함으로써 누설 감지부의 오작동 여부를 판단할 수 있는 근거를 제공해 액체 금속 누설 감지 시스템(1)의 신뢰성과 안정성을 높일 수 있다.
- [0073] 도 7 내지 도 10을 참고하면, 제4 감지부(40)는 외부 배관(60)의 하단에 고정될 수 있다. 제4 감지부(40)는 외부 배관(60)의 액체 금속(51)의 누설을 감지할 수 있다. 제4 감지부(40)는 제1 방향으로 뻗으며 위치할 수 있다.
- [0074] 제4 감지부(40)는 둘 이상의 누설 감지 유닛들을 포함하고, 이 중 임의의 인접한 2 개의 누설 감지 유닛이 제1 누설 감지 유닛(41)과 제2 누설 감지 유닛(42)이다. 제1 누설 감지 유닛(41) 및 제2 누설 감지 유닛(42)은 복수의 누설 감지 유닛 중 임의의 위치에 있는 두 개의 누설 감지 유닛(41, 42)을 의미하고, 도면들에 표시된 위치에 제한되지 않는다. 제4 감지부(40)는 세 개 이상의 누설 감지 유닛을 포함할 수 있고, 누설 감지 유닛은 필요에 따라 다양한 개수로 배치될 수 있다.
- [0075] 제1 누설 감지 유닛(41) 및 제2 누설 감지 유닛(42)은 제1 방향으로 서로 인접하며 위치할 수 있다. 제1 누설 감지 유닛(41) 및 제2 누설 감지 유닛(42) 각각은 제1 방향에 수직인 면(제3 면)에 평행한 단면이 오목한 형태

를 가질 수 있다. 제1 누설 감지 유닛(41) 및 제2 누설 감지 유닛(42) 각각의 모서리는 라운딩(rounding) 처리되어 있을 수 있다.

[0076] 제1 누설 감지 유닛(41) 및 제2 누설 감지 유닛(42) 각각은 몸체부(43a, 43b), 한 쌍의 접촉부(45a, 45b), 제1 액체 금속 수집 유도구(46a, 46b), 제2 액체 금속 수집 유도구(47), 미세 간극(48) 그리고 한 쌍의 금속 와이어(49a, 49b)를 포함할 수 있다.

[0077] 몸체부(43a, 43b)는 제3 방향에 수직인 면(제1 면)에 평행한 단면의 모양이 다각형일 수 있다. 몸체부(43a, 43b)의 단면은 8각형 형상을 가질 수 있다. 몸체부(43a, 43b)는 모서리가 라운딩 처리될 수 있다. 이 경우, 제1 누설 감지 유닛(41) 및 제2 누설 감지 유닛(42)이 외부 배관(60)에 고정될 시, 외부 배관(60)과의 밀착성이 향상될 수 있다. 몸체부(43a, 43b)는 세라믹 재질로 제조될 수 있다.

[0078] 한 쌍의 접촉부(45a, 45b)는 몸체부(43a, 43b)의 8각형 형상에서 서로 마주보는 변 영역에 위치할 수 있다. 한 쌍의 접촉부(45a, 45b)는 몸체부(43a, 43b)의 상부에서 제3 방향으로 돌출된 형상을 가질 수 있다. 한 쌍의 접촉부(45a, 45b)는 서로 대향하며 위치할 수 있다. 한 쌍의 접촉부(45a, 45b)는 모서리가 라운딩 처리되어 외부 배관(60)과의 밀착성을 높일 수 있다.

[0079] 제1 액체 금속 수집 유도구(46a, 46b)는 한 쌍의 접촉부(45a, 45b) 사이에 위치할 수 있다. 제1 액체 금속 수집 유도구(46a, 46b)에는 외부 배관(60)에서 누설된 액체 금속(51)이 직접적으로 낙하될 수 있으며, 한 쌍의 접촉부(45a, 45b)의 내측면을 타고 하강하여 제1 액체 금속 수집 유도구(46a, 46b)로 유입될 수 있다.

[0080] 한 쌍의 금속 와이어(49a, 49b)는 제1 액체 금속 수집 유도구(46a, 46b)에 위치할 수 있다. 한 쌍의 금속 와이어(49a, 49b)는 몸체부(43a, 43b)의 구멍(hole)에 삽입될 수 있다. 한 쌍의 금속 와이어(49a, 49b)는 몸체부(43a, 43b)에 매립될 수 있다. 한 쌍의 금속 와이어(49a, 49b)는 서로 이격되어 위치할 수 있다. 제1 누설 감지 유닛(41)의 금속 와이어(49a)와 제2 누설 감지 유닛(42)의 금속 와이어(49b)는 서로 연결될 수 있다.

[0081] 종래에는 와이어가 외부에 노출되어 있기 때문에, 와이어 사이에 금속성 이물질이 접촉될 경우 잘못된 누설 신호를 발생하게 될 수 있다. 또한, 제4 감지부(40) 고정을 위한 스트랩이 열에 의해 팽창과 수축을 반복하면서 고정 스트랩이 기존 설치 위치에서 이탈되면서 와이어와 접촉될 수 있다.

[0082] 반면, 제4 감지부(40)는 몸체부(43a, 43b)에 구멍(hole)을 뚫은 후 금속 와이어(49a, 49b)를 삽입하여 몸체부(43a, 43b) 내부에 금속 와이어(49a, 49b)의 대부분이 매립되어 있으므로, 외부 환경과의 의도치 않은 접촉이 최소화될 수 있고, 오류 신호 발생 및 누설 신호의 미발생이 최소화될 수 있다. 또한, 몸체부(43a, 43b)에 구비된 구멍을 통해 금속 와이어(49a, 49b)가 삽입되므로, 서로 꼬이거나 교차되는 것이 방지될 수 있다.

[0083] 한 쌍의 금속 와이어(49a, 49b)는 통전식 감지기일 수 있고, 금속 와이어(49a, 49b)가 누설된 액체 금속(51)에 접촉되면 합선 신호가 발생될 수 있고, 합선 신호가 신호 변환기(signal converter)(미도시)에 의해 변환되어 누출 표시 장치(leak indicator)(미도시)에 의해 표시되거나 경보가 생성될 수 있다.

[0084] 도 9 및 도 10을 참고하면, 제2 액체 금속 수집 유도구(47)는 제1 방향으로 제1 누설 감지 유닛(41)의 접촉부(45a)와 제2 누설 감지 유닛(42)의 접촉부(45b) 사이에 위치할 수 있다. 제2 액체 금속 수집 유도구(47)에는 외부 배관(60)에서 누설된 액체 금속(51)이 유입될 수 있다.

[0085] 누설된 액체 금속(51)이 전술한 제1 액체 금속 수집 유도구(46)에 대응되는 위치가 아닌 경우, 외부 배관(60)의 외면을 타고 중력 방향으로 이동할 수 있고, 제2 액체 금속 수집 유도구(47)로 인해 누설된 액체 금속(51)이 몸체부(43a, 43b)에 유입될 수 있다. 따라서 누설된 액체 금속(51)이 접촉부(45a, 45b) 외면을 타고 흘러내려 누설 감지가 지연되거나 누설이 감지되지 않는 현상을 최소화 할 수 있다.

[0086] 미세 간극(48)은 제1 누설 감지 유닛(41)의 몸체부(43a)에서 제2 누설 감지 유닛(42)의 몸체부(43b)와 마주하는 측면과 제2 누설 감지 유닛(42)의 몸체부(43b)에서 제1 누설 감지 유닛(41)의 몸체부(43a)와 마주하는 측면 사이에 위치할 수 있다.

[0087] 외부 배관(60)에서 액체 금속(51)이 누설되면, 미세 간극(48)을 통해 액체 금속(51)이 금속 와이어(49)에 접촉될 수 있다. 액체 금속(51)은 미세 간극(48)에 의한 모세관 현상(capillary phenomenon)으로 인해 금속 와이어(49)에 접촉될 수 있다. 유입된 액체 금속(51)은 모세관 현상에 의해 매우 소량이라고 하더라도 신속하게 검출될 수 있으므로 누설 신호의 신뢰성이 크게 향상될 수 있다.

[0088] 한편, 누설된 액체 금속(51)이 접촉부(45) 및 몸체부(43)의 외면을 타고 흘러내려 하부의 단열재(70) 등의 구조

에 흡착되어 있는 경우에도, 미세 간극(48)의 모세관 현상에 의해 액체 금속(51)이 상승하여 금속 와이어(49)에 접촉되어 검출될 수 있다. 따라서, 제4 감지부(40)의 검출 성능이 크게 향상될 수 있다.

[0089] 도 11을 참고하면, 제4 감지부(40)는 고정 스트랩(80)을 통해 외부 배관(60)의 일부에 고정될 수 있다. 외부 배관(60)이 수평 배관 형태일 경우, 제4 감지부(40)는 환형의 고정 스트랩(80)에 의해 외부 배관(60)에 고정될 수 있다. 이때, 고정 스트랩(80)이 몸체부(43)의 외면을 둘러싸게 되어, 제1 액체 금속 수집 유도구(46)가 외부 환경과 격리된 상태가 되므로, 고정 스트랩(80)이 정 위치에서 이탈하는 경우에도 제1 액체 금속 수집 유도구(46)와 접촉이 발생하지 않을 수 있다.

[0090] 따라서, 누설 액체 금속(51)에 대한 검출 신뢰성 및 안정성이 향상될 수 있다. 또한, 제1 액체 금속 수집 유도구(46)가 외부 환경과 격리되었음에도 불구하고, 전술한 제2 액체 금속 수집 유도구(47)와 미세 간극(48)의 모세관 현상을 이용해 액체 금속(51)의 누설을 신속하고 정확하게 판단할 수 있다.

[0091] 제4 감지부(40)는 외부 배관(60)의 직경에 관계없이 다양한 설계에 따라 간편하게 설치될 수 있다. 또한, 액체 금속(51)의 누설이 예상되는 곳에 자유롭게 단일 시공으로 설치될 수 있어 설치 효율성이 크게 향상될 수 있다.

[0092] 제4 감지부(40)는 제2 액체 금속 수집 유도구(47)를 통해 누설된 액체 금속(51)이 제4 감지부(40)로 용이하게 유입될 수 있다. 미세 간극(48)의 모세관 현상을 이용해 소량의 누설도 신속하게 감지될 수 있고, 금속 와이어(49)를 세라믹 재질의 몸체부(43)에 매립 설치해 금속성 이물질 또는 고정 스트랩(80)과의 접촉에 의한 오작동 가능성을 최소화할 수 있다.

[0093] 액체 금속 누설 감지 시스템(1)은 액체 소듐 누설 감지기(10)에서 액체 금속(51)에 의한 전기저항 신호로 액체 금속(51)의 누설 여부를 판별하고, 제2 감지부(20)에서 측정된 압력값의 변화를 통해 내부 배관(50)과 외부 배관(60)에서의 액체 금속(51)의 누설의 위치를 판별할 수 있다. 동시에 액체 금속 누설 감지 시스템(1)은 제3 감지부(30)에서 내부 배관(50)의 액체 소듐(51)의 누설 및 누설량을 측정할 수 있으며, 제4 감지부(40)에서 모세관 현상을 이용해 소량의 누설도 신속하게 감지할 수 있다.

[0094] 도 12를 참고하면, 제4 감지부(40)는 일단에 2선 접촉식 누설감지기 상시 기능점검부(90)를 설치할 수 있다. 상시 기능점검부(90)는 제1 소켓형 기능점검 단자(91)와 제2 소켓형 기능점검 단자(92)를 구비할 수 있다. 제1 소켓형 기능점검 단자(91)는 제4 감지부(40)의 일선에 연결될 수 있고, 제2 소켓형 기능점검 단자(92)는 나머지 선에 연결될 수 있다. 제1 소켓형 기능점검 단자(91)와 제2 소켓형 기능점검 단자(92)는 암수형태를 취해 결합 시 제4 감지부(40)에 강제로 누설 신호를 발생시킬 수 있다.

[0095] 제4 감지부(40)는 2선 접촉식 누설 감지기이므로 만일의 경우 임의의 위치에서 단선이 생긴 경우 액체 금속(51)이 누설되어도 이를 인지 못하는 일이 발생할 수 있다. 이에 제4 감지부(40)의 일단에 2선 접촉식 누설감지기 상시 기능점검부(90)를 설치해 상시 운전 중에도 제4 감지부의 정상 기능여부를 확인 할 수 있어 액체 금속 누설 감지 시스템(1)의 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0096] 이에, 액체 금속 누설 감지 시스템(1)은 액체 소듐 누설 감지기(10), 제2 감지부(20), 제3 감지부(30) 그리고 제4 감지부(40)에서 각각, 액체 소듐(51)의 누설 여부를 2중 이상으로 감지할 수 있으므로 다양한 상호 보완 감지를 통해 누설 감지 신호의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0097] 또한 액체 금속 누설 감지 시스템(1)은 액체 소듐 누설 감지기(10), 제2 감지부(20), 제3 감지부(30) 또는 제4 감지부(40) 중 하나가 기능 오류 또는 기능 불능이 되었을 때 나머지 감지부들이 누설 감지 기능을 지속 수행할 수 있어 액체 금속 누설 감지 시스템(1)의 안정성을 높일 수 있다.

[0098] 그리고 액체 금속 누설 감지 시스템(1)은 액체 소듐 누설 감지기(10), 제2 감지부(20), 제3 감지부(30), 제4 감지부(40), 또는 2선 접촉식 누설감지기 상시 기능점검부(90) 각각의 기능 오류 또는 오작동 여부를 판단하도록 모니터링을 해볼 수 있고, 이로 인해 시스템 오류에 대하여 선제적 대응이 가능하므로, 액체 금속 취급 시설의 안정적인 운영을 담보할 수 있다.

[0099] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

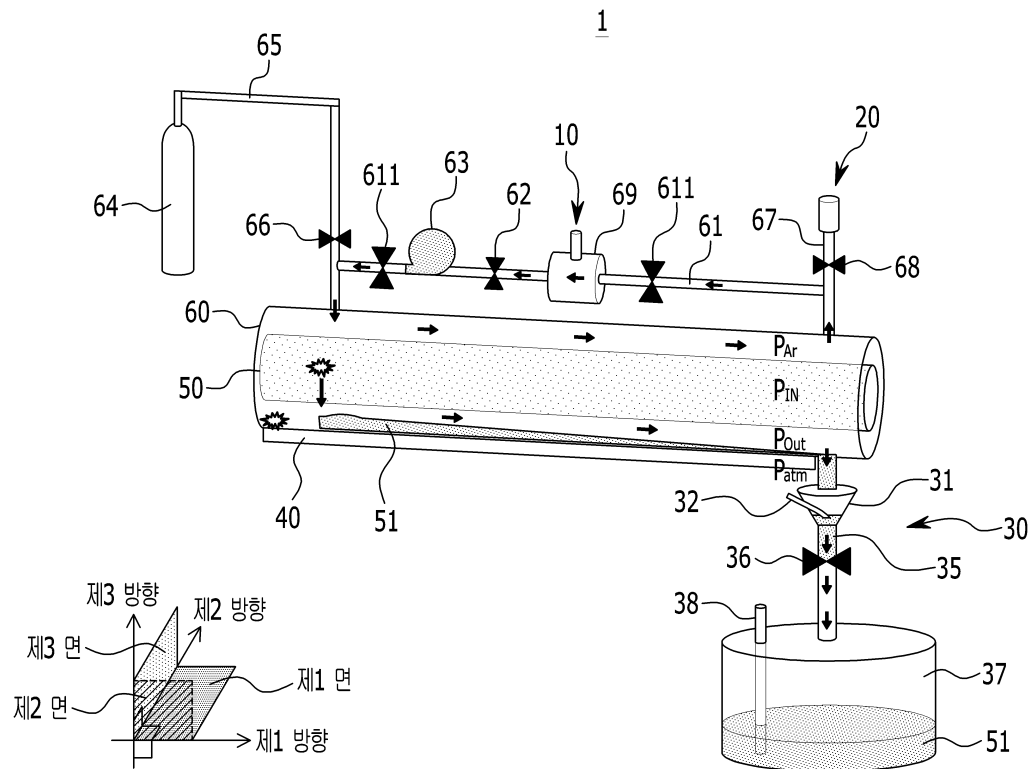
부호의 설명

[0100] 1: 액체 금속 누설 감지 시스템

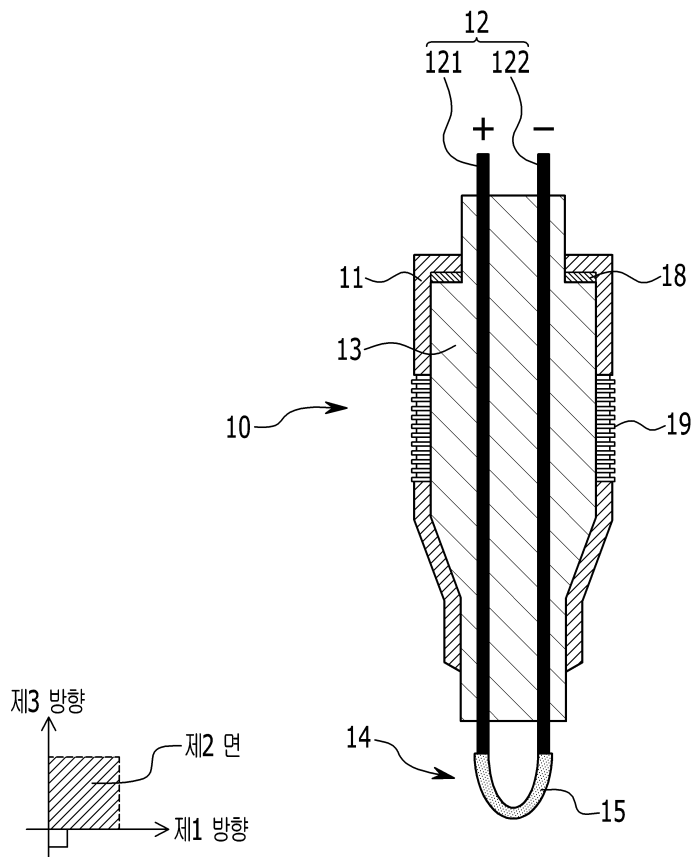
10. 액체 소듐 누설 감지기
11. 본체부 12. 전극부
13. 절연부 14. 제1 감지부
15. 산화 그래핀 튜브부 16. 산화 그래핀 시트부
17. 산화 그래핀 접촉기관부 18. 실링부
19. 나사 연결부 20. 제2 감지부
30. 제3 감지부 31. 수용부
32. 플러그형 접촉식 센서 35. 배출배관
36. 배출 차단밸브 37. 저장탱크
38. 액위계 40. 제4 감지부
41. 제1 누설 감지 유닛 42. 제2 누설 감지 유닛
43. 몸체부 45. 접촉부
46. 제1 액체 금속 수집 유도구 47. 제2 액체 금속 수집 유도구
48. 미세 간극 49. 와이어
50. 내부 배관 51. 액체 금속 또는 액체 소듐
60. 외부 배관 61. 순환관
62. 차단밸브 63. 순환펌프
64. 공급부 65. 공급관
66. 공급밸브 67. 배출관
68. 차단밸브 69. 가스 측정용기
70. 단열재 80. 스트랩
90. 2선 접촉식 누설감지기 상시 기능점검부
91. 제1 소켓형 기능점검 단자 92. 제2 소켓형 기능점검 단자

도면

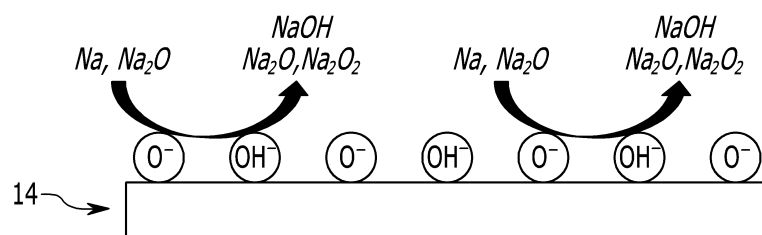
도면1



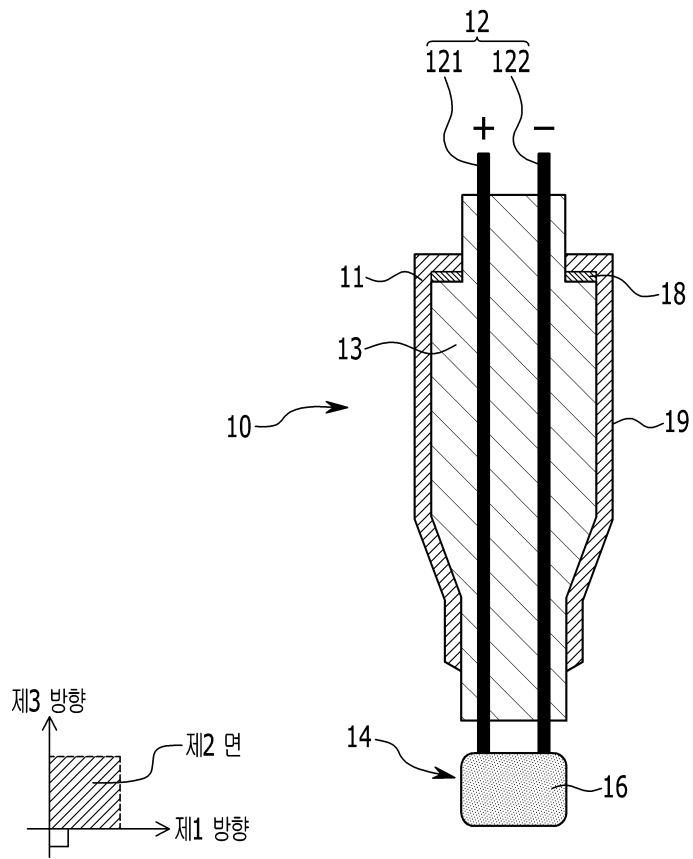
도면2



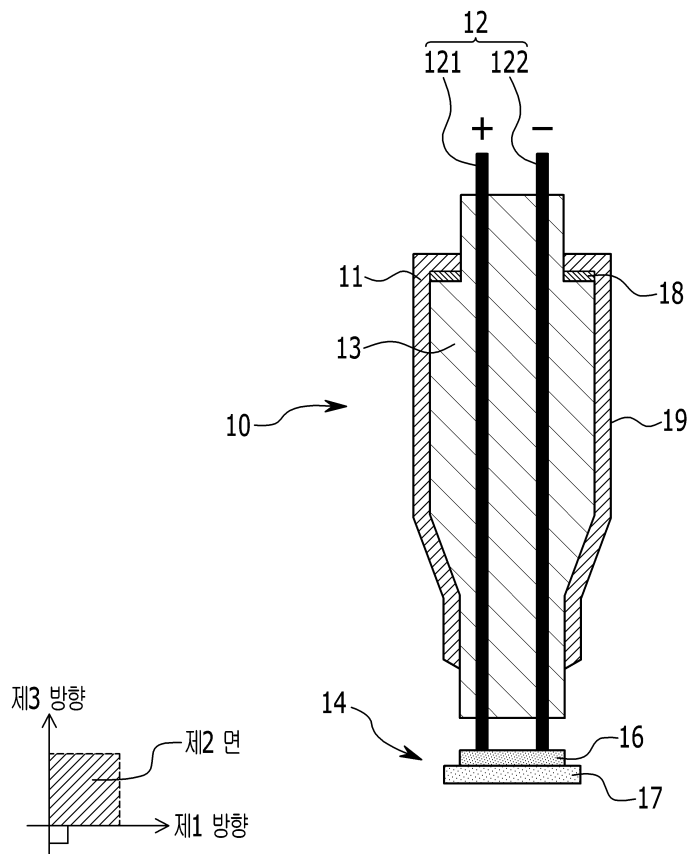
도면3



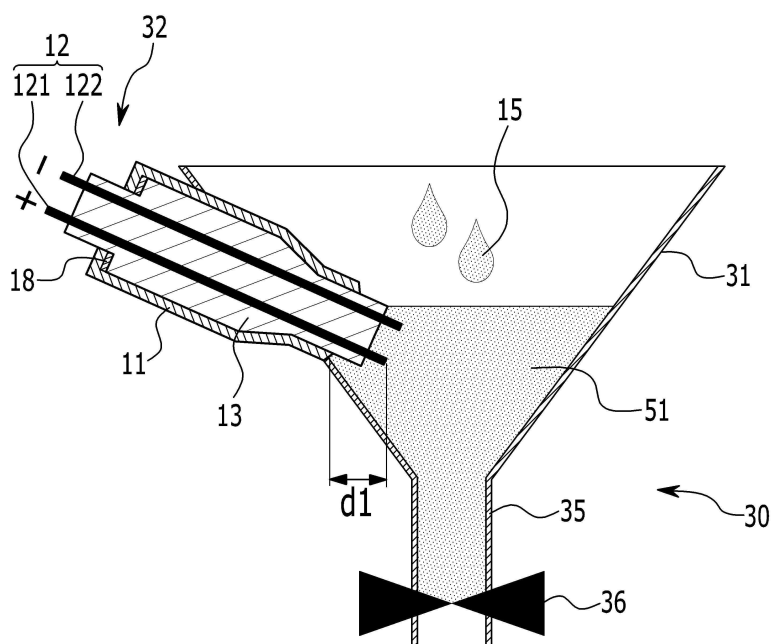
도면4



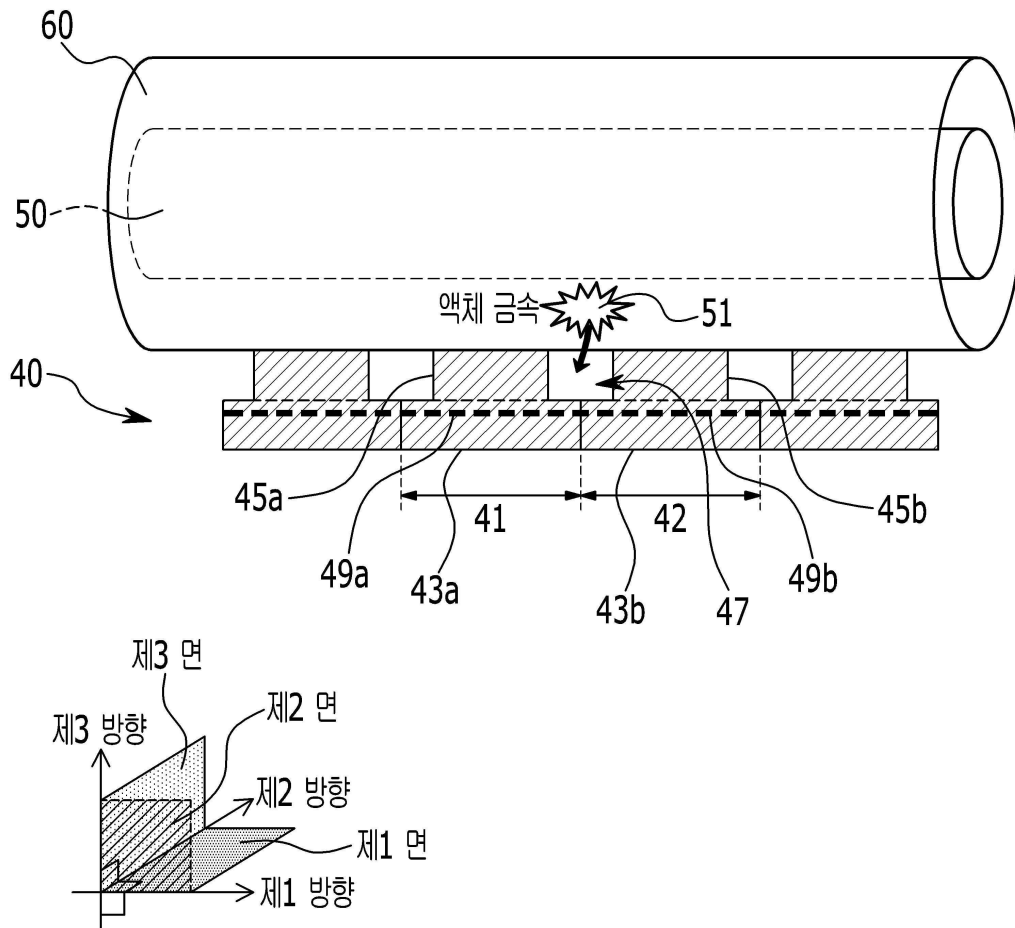
도면5



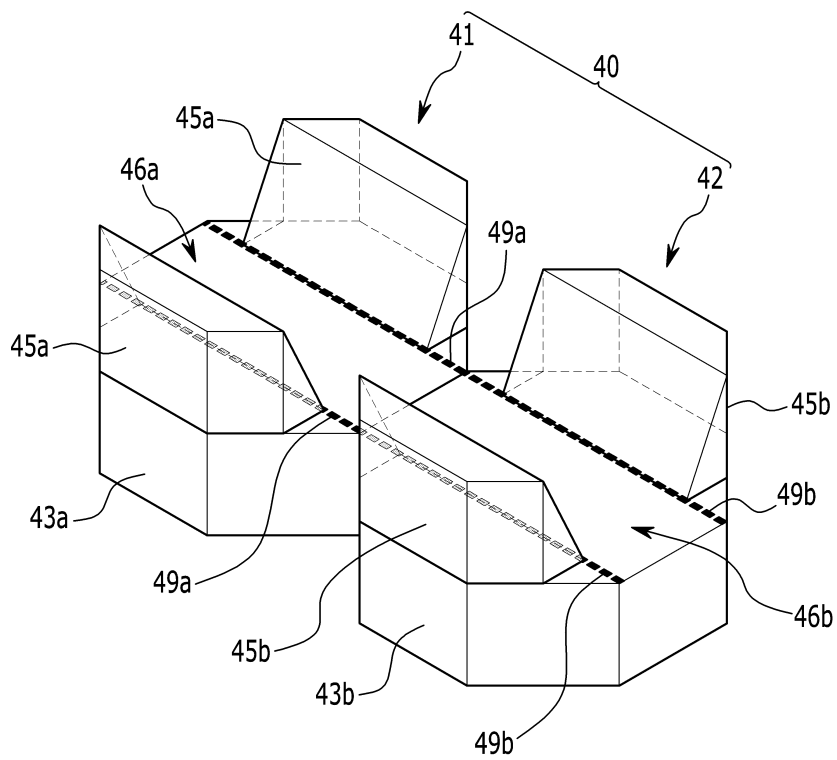
도면6



도면7

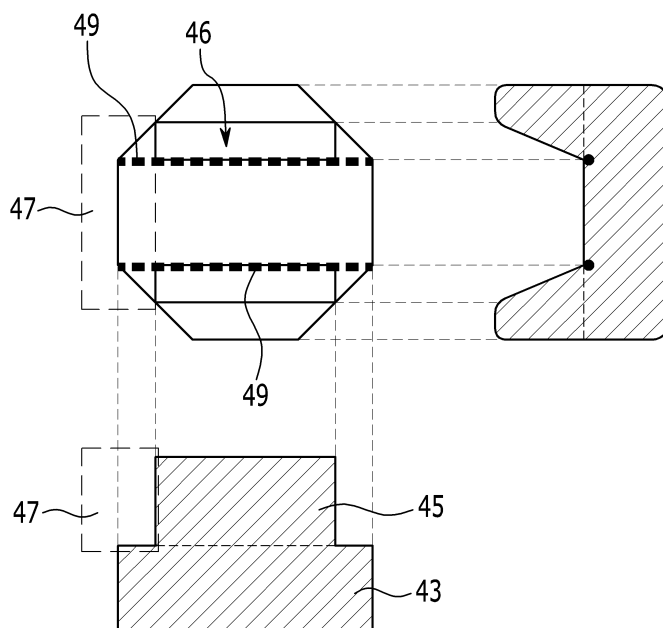


도면8

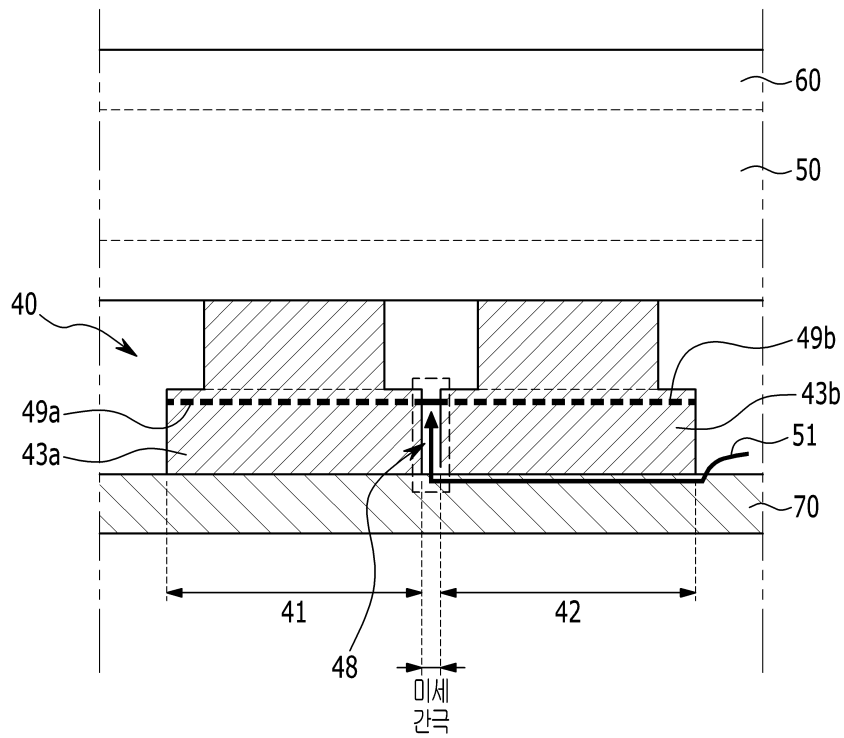


도면9

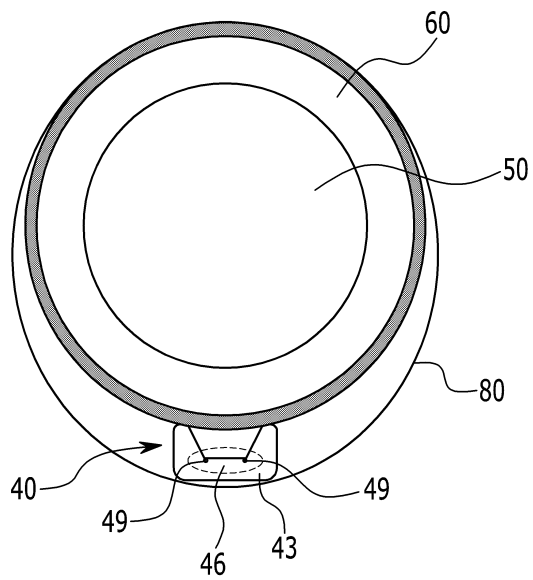
40



도면10



도면11



도면12

