



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년02월28일
 (11) 등록번호 10-1833371
 (24) 등록일자 2018년02월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01N 29/12 (2006.01) G01B 17/04 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G01N 29/12 (2013.01)
 G01B 17/04 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0136702
 (22) 출원일자 2016년10월20일
 심사청구일자 2016년10월20일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020150026314 A*
 KR1020150078894 A*
 JP2012255799 A
 JP2008209296 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국원자력연구원
 대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)
 (72) 발명자
 윤두병
 대전광역시 유성구 엑스포로123번길 65-38, 201동
 2304호 (도룡동, 스마트시티)
 박진호
 대전광역시 유성구 관평1로 12, 701동 1301호 (관
 평동, 대덕테크노밸리7단지아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인이룸리온

전체 청구항 수 : 총 8 항

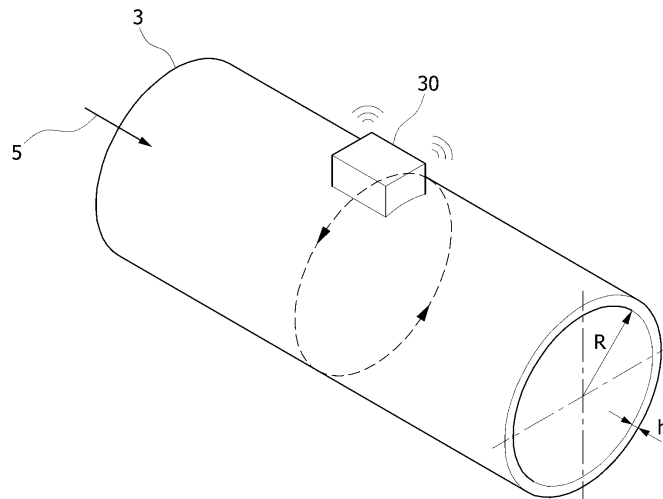
심사관 : 양성지

(54) 발명의 명칭 **센서 구조체, 이를 구비한 배관 감육 모니터링 장치 및 방법**

(57) 요약

센서 구조체가 제공된다. 센서 구조체는 배관에서 발생하는 진동파의 발생 지점과 동일한 원주상에 설치되어, 별도의 전원 공급이 없는 상태에서, 배관의 감육 여부를 모니터링하기 위해서 진동파 중 배관의 원주방향을 따라 전파되는 원주 방향 진동파를 측정하는 센싱부 및 센싱부로부터 측정된 원주 방향 진동파의 진동주파수와 설정된 공진주파수의 일치 여부를 판단하여 배관의 감육 여부를 판별하는 판정부를 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

문순성

대전광역시 유성구 유성대로 1741, 105동 1308호
(전민동, 세종아파트)

한순우

경기도 용인시 기흥구 용구대로2518번길 15, 211동
2004호 (보정동, 신촌마을 포스홈타운1단지)

강토

대전광역시 유성구 반석서로 109, 708동 501호 (반석동, 반석마을7단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 CRC-15-05-ETRI

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 융합연구사업(미래선도형 융합연구단사업)

연구과제명 자가학습형 지식융합 슈퍼브레인 핵심기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원 KSB융합연구단

연구기간 2015.12.01 ~ 2018.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

배관에서 발생하는 진동파의 발생 지점과 동일한 원주상에 설치되어, 상기 배관의 감육 여부를 모니터링하기 위한 센서 구조체로서,

상기 진동파 중 상기 배관의 원주방향을 따라 전파되는 원주 방향 진동파를 측정하는 센싱부 및

상기 센싱부로부터 측정된 상기 원주 방향 진동파의 진동주파수와 미리 설정된 공진주파수의 일치 여부를 판단하여 상기 배관의 감육 여부를 판별하는 판정부를 포함하고

상기 판정부는 상기 원주 방향 진동파의 진동주파수와 상기 미리 설정된 공진주파수가 일치하는 경우 공명현상으로 인해서 공명음을 발생시키는 센서 구조체.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 미리 설정된 공진주파수는 상기 배관이 감육된 상태에서 발생 가능한 원주 방향 진동파의 진동주파수인 센서 구조체.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 배관에서 발생하는 진동파는 상기 배관의 내부로 유체가 이동하여 상기 배관이 진동됨으로써 발생하는 센서 구조체.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 배관이 감육된 경우 상기 센서 구조체에서 일어나는 공명현상에 의해 발생하는 에너지를 저장하는 저장부 및

상기 저장부로부터 저장된 에너지를 통해 빛을 발산시키는 표시부를 포함하는 센서 구조체.

청구항 6

유체의 이동에 의해 배관이 진동함으로써 상기 배관에 진동파를 발생시키는 진동 발생부 및

상기 진동 발생부로 인해 발생된 상기 배관의 진동파를 측정하여 상기 배관의 감육 여부를 판별하는 제1 항, 제2 항, 제4 항 및 제5 항 중 어느 한 항에 따른 센서 구조체를 포함하는 배관 감육 모니터링 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 센서 구조체에서 발생된 공명음을 탐지할 수 있는 복수개의 마이크로폰 어레이 및

상기 복수개의 마이크로폰 어레이 각각에 도달한 공명음의 시간차이를 이용하여 공명음이 발생하는 상기 센서 구조체의 위치를 탐지하는 탐지부를 포함하는 배관 감육 모니터링 장치.

청구항 8

유체의 이동에 의해 배관이 진동함으로써 배관에 진동과가 발생하는 단계;

상기 발생된 진동과 중 상기 배관의 원주방향을 따라 전파되는 원주 방향 진동과를 측정하는 단계;

상기 측정된 상기 원주 방향 진동과의 진동주파수 및 미리 설정된 공진주파수의 일치 여부를 판단하여 상기 배관의 감육 여부를 판별하는 단계를 포함하고

상기 판별 단계에서는 상기 원주 방향 진동과의 진동주파수와 미리 설정된 공진주파수가 일치하는 경우 공명현상으로 인해서 공명음이 발생하는 배관 감육 모니터링 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 설정된 공진주파수는 상기 배관이 감육된 상태에서 발생 가능한 원주 방향 진동과의 진동주파수인 배관 감육 모니터링 방법.

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 센서 구조체, 이를 구비한 배관 감육 모니터링 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 원자력발전소를 포함한 각종 플랜트의 경우, 초기 건설 시에 설치된 배관의 노후화에 따라 배관의 감육(wall thinning) 및 파단이 발생하는 사례가 보고되고 있다. 특히, 일본 미하마 원전에서의 배관 감육 및 파단 사고가 발생한 이후 배관의 감육 상태를 파악하기 위한 기술에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다.

[0003] 발전소의 경우, 배관의 감육상태를 파악하기 위하여 초음파방식의 두께측정기법이 현장에 널리 적용되고 있다. 이러한 방식은 배관 두께를 정확하게 측정할 수 있으나, 배관 표면에 분포하는 다수의 측정점을 일일이 측정하여야 하므로, 발전소의 예방정비기간(약 30일)에 다수의 배관(발전소 별로 수천개 이상의 검사대상 배관이 있음)을 검사하기에는 어려움이 있다.

[0004] 최근에는 무선데이터전송 방식으로 배관부에 설치된 초음파방식 센서로부터 취득한 두께정보를 원격전송 및 수집하는 시스템이 개발되어, 외국 플랜트 현장에 적용된 사례가 있으나, 가격이 매우 고가이므로 아직 널리 사용되기에는 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 일 실시예는 별도의 전원공급용 케이블이나 신호전송을 위한 케이블 및 신호취득/전송장치가 필요하지 않으며, 기존 센서에 비하여 경제적으로 배관의 감육 상태를 모니터링할 수 있는 센서 구조체, 이를 구비한 배관 감육 모니터링 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따르면 배관에서 발생하는 진동과의 발생 지점과 동일한 원주상에 설치되어, 상기 배관의 감육 여부를 모니터링하기 위해서 상기 진동과 중 상기 배관의 원주방향을 따라 전파되는 원주 방향 진동과를 측정하는 센싱부 및 상기 센싱부로부터 측정된 상기 원주 방향 진동과의 진동주파수와 설정된 공진주파수의 일치 여부를 판단하여 상기 배관의 감육 여부를 판별하는 판정부를 포함하는 센서 구조체를 제공한다.

발명의 효과

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체는 기존의 감육 및 진동 감시를 위해 사용되었던 AE센서, 초음파센서,

가속도계센서 등과는 달리 별도의 전원공급용 케이블이나 신호전송을 위한 케이블 및 신호취득 / 전송장치가 필요하지 않으며, 기존 센서에 비하여 경제적으로 배관의 감육 상태를 모니터링하여 조기 경보를 발생시킬 수 있다.

- [0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체 및 이를 구비한 배관 감육 모니터링 장치 및 방법은 저렴한 가격에 생산이 가능하여 배관에 대량 설치가 가능하고, 체계적인 배관의 노화 관리 및 유지 보수를 가능하게 할 수 있다.
- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 배관 감육 모니터링 장치 및 방법은 유체를 이동시켜 배관을 진동시킴으로써 배관을 진동시키기 위한 별도의 부재를 필요로 하지 않아 구조적으로 단순하다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체, 이를 구비한 배관 감육 모니터링 장치 및 방법은 발전소 운행 중 자동적으로 배관의 감육 상태를 모니터링 하여 배관의 두께 변화를 신속, 간단하게 파악할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 구비한 배관 감육 모니터링 장치를 도시한 사시도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체가 배관에 설치된 것을 도시한 개략도이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 구비한 배관 감육 모니터링 장치의 작동 상태를 도시한 사시도이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 도시한 개략도이다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체의 공진주파수, 정상 배관의 진동주파수 및 감육 배관의 진동주파수를 도시한 그래프이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 이용하여 배관 감육 모니터링 방법을 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 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 참조부호를 붙였다.
- [0013] 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할 경우, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "아래에" 있다고 할 경우, 이는 다른 부분 "바로 아래에" 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 구비한 배관 감육 모니터링 장치를 도시한 사시도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체가 배관에 설치된 것을 도시한 개략도이다. 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 구비한 배관 감육 모니터링 장치의 작동 상태를 도시한 사시도이다.
- [0015] 도 1 내지 도 3을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 포함하는 배관 감육 모니터링 장치(1)는 진동 발생부(5), 센서 구조체(30), 마이크로폰 어레이(7) 및 탐지부(9)를 포함할 수 있다.
- [0016] 도 2를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에서 진동 발생부(5)는 배관(3) 내부로 유체가 이동함으로써 배관이 진동하여 이를 통해서 배관에 진동파가 발생할 수 있다.
- [0017] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 구비한 배관 감육 모니터링 장치(1)는 진동 발생부(5)를 포함하여 배관을 진동시키기 위해 배관의 외측을 타격시켜 충격을 주는 별도의 타격부재(미도시)가 필요로 하지 않아 구조적으로 단순하다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 구비한 배관 감육 모니터링 장치는 별도의 타격 부재가 필요하지 않아 저렴한 가격에 생산이 가능하여 배관에 대량 설치가 가능하다.

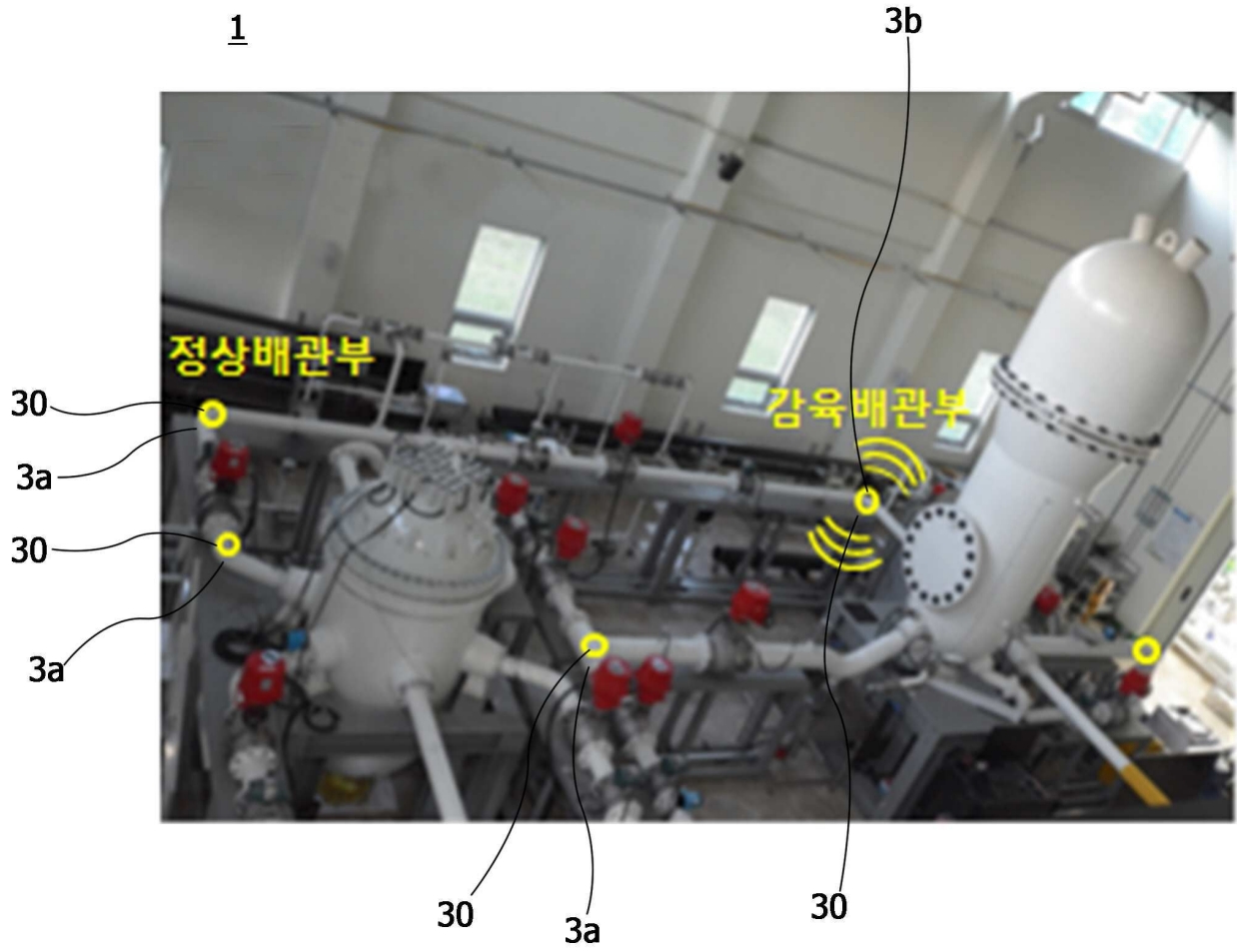
- [0019] 본 발명의 일 실시예에서 배관(3)은 반지름(R)인 원통 형상으로서 중심부에 유체가 이동할 수 있도록 통로(미도시)가 형성될 수 있다. 또한 배관(3) 내부로 이동시키는 유체는 냉각제일 수 있으나 이에 한정되지는 않는다.
- [0020] 이때 도 1을 참고하면 배관(3)은 배관의 두께가 감육되지 않은 정상적인 배관(3a) 및 배관의 두께가 감육된 상태의 배관(3b)을 포함할 수 있다.
- [0021] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 배관(3) 내부로 유체가 이동하여 발생하는 유체 기인 진동(fluid induced vibration)은 배관에 복수개의 진동파를 유발시킨다. 이때, 복수개의 진동파는 배관의 길이방향 및 원주방향으로 전파될 수 있다.
- [0022] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 도시한 개략도이다. 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체의 공진주파수, 정상 배관의 진동주파수 및 감육 배관의 진동주파수를 도시한 그래프이다. 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체를 이용하여 배관 감육 모니터링 방법을 도시한 순서도이다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체(30)는 센싱부(31), 판정부(33), 저장부(35) 및 표시부(37)를 포함할 수 있다.
- [0024] 도 2를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체(30)는 진동 발생부(5)를 통해 배관(3)에 발생하는 진동파의 발생지점과 동일한 원주상에 설치되어 배관의 두께(h)가 감소되었는지 여부를 측정할 수 있다.
- [0025] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 센싱부(31)는 배관(3)에서 발생하는 진동파 중 배관의 원주방향으로 전파되는 원주 방향 진동파를 측정하여 이에 따른 진동주파수를 파악할 수 있다. 이때, 원주 방향 진동파의 원주방향 진동주파수(f_n)는 하기 식 1과 같다.
- [0026]
$$f_n = \frac{h}{2\sqrt{12}\pi R^2} \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}} \frac{n(n^2-1)}{\sqrt{n^2+1}}$$
- [0027] 이때, R은 반지름이고, h는 배관 두께이고, E는 배관 재료의 영 계수(Young's modulus)이고, ρ 는 밀도이며, ν 는 프아송비일 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에서 배관(3) 내부로 유체가 이동함에 따라 두께가 감소하는 감육 현상이 발생하고, 시간의 경과에 따라 점차 배관 두께가 미세하게 감소할 수 있으며 원주 방향 진동파의 원주방향 진동주파수(f_n)는 배관의 두께(h)가 감소함에 따라 감소될 수 있다.
- [0029] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 판정부(33)는 센싱부(31)로부터 측정된 원주 방향 진동파의 진동주파수(f_n)와 미리 설정된 공진주파수(f_H)의 일치 여부를 판단하여 배관의 감육 여부를 판별할 수 있다.
- [0030] 이때, 미리 설정된 공진주파수(f_H)는 배관(3)이 감육된 상태에서 발생가능한 원주방향 진동파의 진동주파수(f_n)로서 배관 두께(h)가 80 % 감육 시 발생할 수 있는 원주방향 진동파의 진동주파수일 수 있다.
- [0031] 도 5를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에서 미리 설정된 공진주파수(f_H)는 감육이 발생되지 않은 정상배관에서 발생하는 진동주파수(f)보다 작을 수 있다.
- [0032] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에서 판정부(33)는 원주 방향 진동파의 진동주파수(f_n)와 미리 설정된 공진주파수(f_H)가 일치하는 경우 공명현상으로 인해서 공명음을 발생시킬 수 있다.
- [0033] 이를 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체(30)는 별도의 전원공급용 케이블이나 신호전송을 위한 케이블 및 신호취득 / 전송장치 없이 배관의 감육 상태를 센싱할 수 있다.
- [0034] 즉, 본 발명의 일 실시예에서 배관 두께(h)가 감육된 때에는 배관에서 발생하는 원주 방향 진동파의 진동주파수(f_n)와 미리 설정된 공진주파수(f_H)가 일치하는 경우 공명현상으로 인해서 공명음이 발생될 수 있다.
- [0035] 또한, 배관 두께(h)가 정상상태일 때에는 원주 방향 진동파의 진동주파수(f)와 미리 설정된 공진주파수(f_H)가 일치하지 않으므로 공명현상이 발생하지 않는다.
- [0036] 이때 본 발명의 일 실시예에 따른 센서 구조체(30)의 판정부(33)는 80 % 감육 시 발생할 수 있는 원주방향 진동파의 진동주파수(f_n)에 튜닝된 헬름홀츠 공명기(Helmholtz resonator) 형태일 수 있다.

35 : 저장부

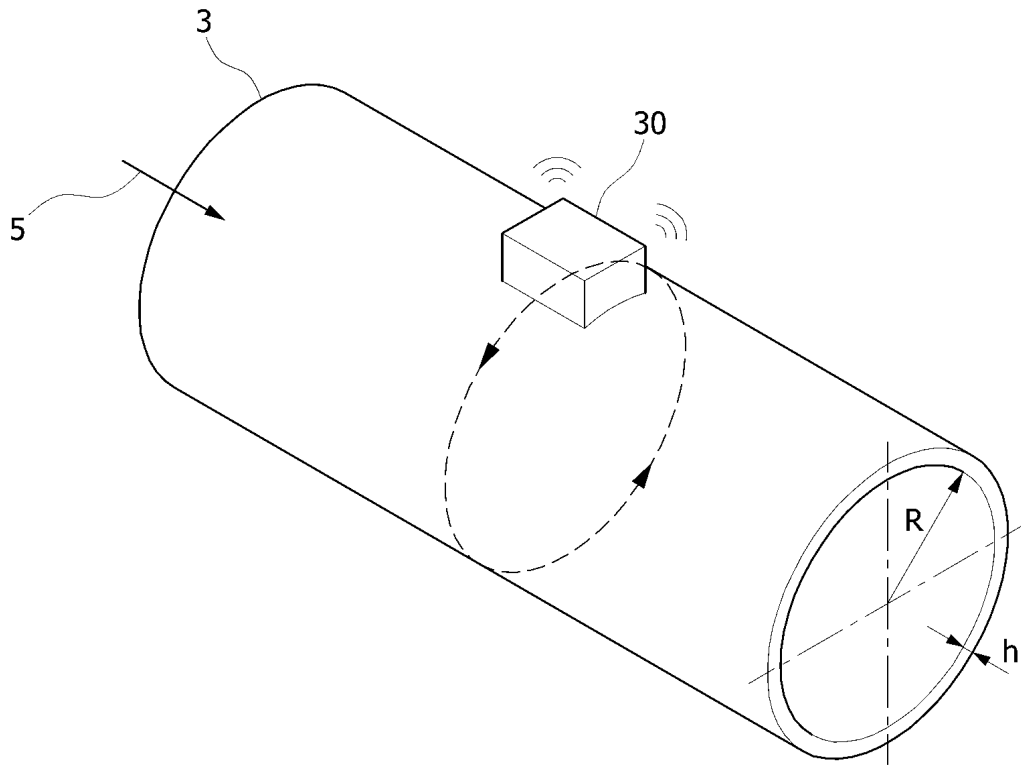
37 : 표시부

도면

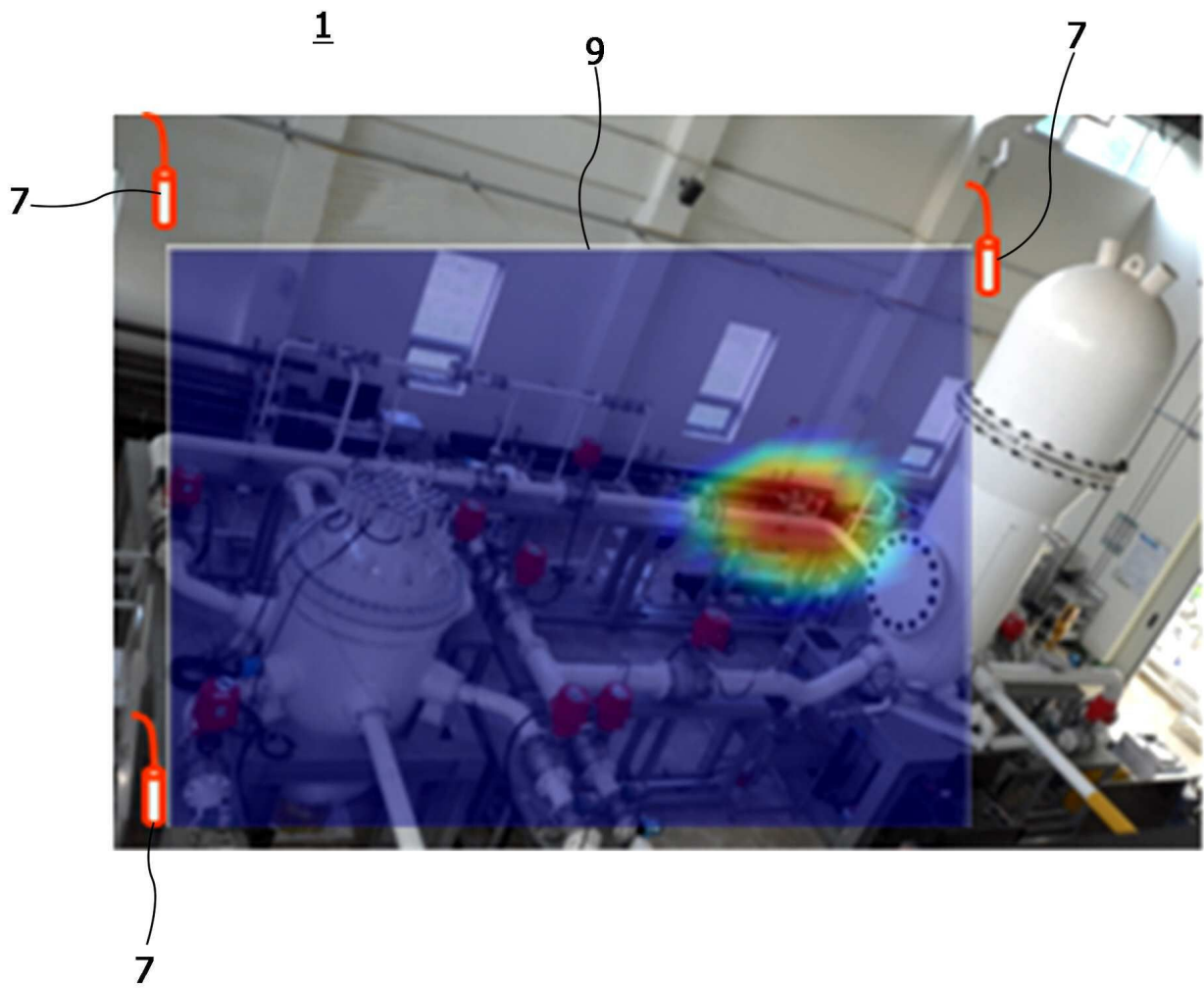
도면1



도면2

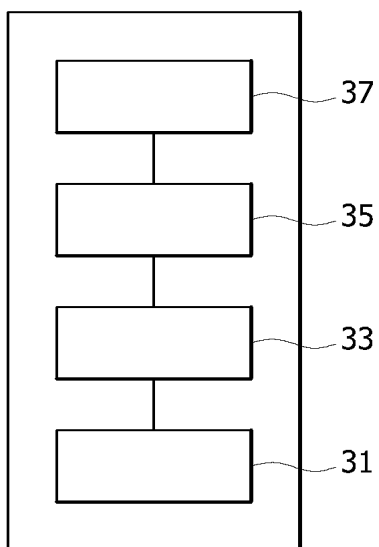


도면3

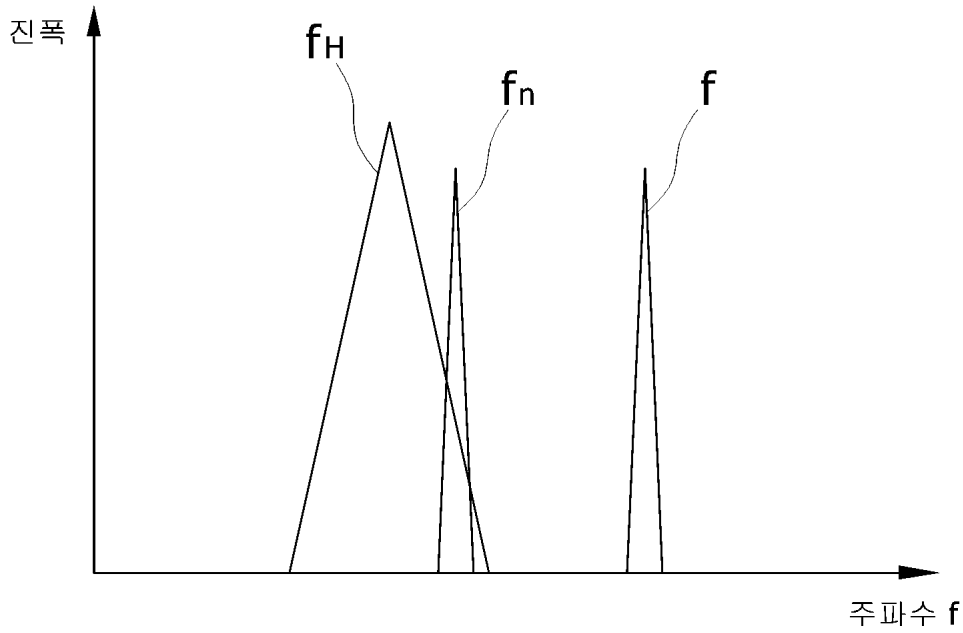


도면4

30



도면5



도면6

