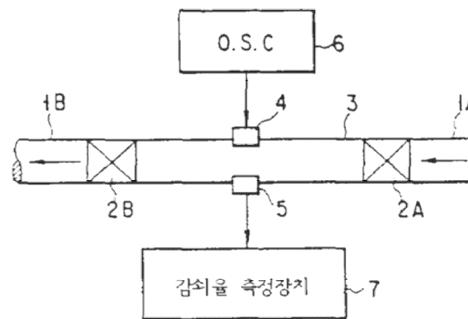


(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ G01N 23/00	(45) 공고일자 1999년05월01일 (11) 등록번호 10-0160159 (24) 등록일자 1998년08월17일
(21) 출원번호 10-1994-0006570 (22) 출원일자 1994년03월30일	(65) 공개번호 특 1994-0022081 (43) 공개일자 1994년10월20일
(30) 우선권주장 93-71664 1993년03월30일 일본(JP) (73) 특허권자 가부시키가이샤 도시바 사또우 후미오	일본국 가나가와현 가와사키시 사이와이구 호리가오초 72반지도쿄도 지 사 스즈키 준이치
(72) 발명자 일본국 도쿄도 신쥬구구 니시신쥬구 2쵸메 8반 1고 야마구찌 세이지	일본국 가나가와현 사가미하라시 후지미 6-11-6 야마우라 다케시
	일본국 지바현 나라시노시 아끼즈 4-5-7 오가따 다까쓰구
	일본국 사이타마현 사야마시 미쓰노 639 스즈끼 츠또무
	일본국 도쿄도 세따가야구 가수야 3-26-22 아라이 이꾸오
(74) 대리인 일본국 도쿄도 세따가야구 후나바시 1-48-31 손은진	일본국 도쿄도 세따가야구 후나바시 1-48-31 손은진

심사관 : 김호석**(54) 마이크로파를 이용한 농도계****요약**

마이크로파를 이용한 농도계는 마이크로파 검출부, 위상검출부, 및 밀도계측부로 구성되어 있다. 마이크로파 검출부는 기준유체로 부터 1.4[GHz] - 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고 기준유체로 수파하므로써 제 1 마이크로파 수신신호를 핵업하고, 측정유체로 부터 1.4[GHz] - 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고 측정유체로 수파하므로써 제 2 마이크로파 수신신호를 핵업하며, 위상검출부는 제 1 마이크로파 수신신호와 제 2 마이크로파 수신신호의 위상차를 산출하며, 밀도계측부는 위상검출부에 의해 얻어진 위상차에 의거하여 측정유체의 밀도를 계측한다.

대표도**명세서**

[발명의 명칭]

마이크로파를 이용한 농도계

[도면의 간단한 설명]

제1도는 종래의 농도계의 개략적인 구조를 나타내는 도면.

제2도 및 제3도는 각각 농도계의 밀도 측정원리를 설명하는 도면.

제4도는 작업곡선의 일례를 도시하는 도면.

제5도는 본 발명의 마이크로파를 이용한 농도계의 실시예를 도시하는 도면.

제6도는 농도계의 안테나가 본 발명의 농도계에 부착되어 있는 부분의 주요부를 도시하는 도면.

제7도는 마이크로파의 감쇠율 및 송파율을 측정하는 실험장치의 도면.

제8도 - 제10도는 제7도에 도시된 실험장치로 구한 마이크로파의 여러 가지 주파수 특성을 도시하는 도면.

제11도는 본 발명의 마이크로파를 이용한 농도계의 다른 실시예를 도시하는 도면.

제12도 - 제14도는 전도도, 온도, 및 위상차 사이의 관계를 도시하는 도면.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

7, 33 : 감쇠율 측정장치 1, 26 : 송파 안테나

12, 27 : 수파 안테나 13 : 기준유체

14 : 측정유체 30 : 위상 검출기

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 마이크로파를 이용한 농도계에 관한 것으로, 특히, 혼탁액(현탁물질) 또는 용해물질의 밀도를 고정확도로 측정할 수 있는 마이크로파를 이용한 농도계에 관한 것이다.

슬러지 및 펄프와 같은 혼탁액의 밀도를 측정하기 위한 농도계로서, 종래에는 초음파를 이용한 농도계가 사용되었다. 제1도는 이와 같은 초음파를 이용한 종래의, 농도계를 도시한다.

제1도에 도시된 바와같이, 검출파이프(3)은 슬루스 밸브(2A 및 2B)를 통해 파이프(1A) 및 파이프(1B)사이에 배치되어 있다. 파이프벽에는 초음파 송파기(4) 및 초음파 수파기(5)가 검출파이프(3)에 흐르는 측정유체와 접촉하도록 서로 대향하게 배치되어 있다. 오실레이터(6)는 초음파 송파기(4)에 접속되어 있으며, 감쇠율측정장치(7)는 초음파 수파기(5)에 접속되어 있다.

상술한 초음파를 이용한 농도계에 의하면, 초음파 송파기(4)는 오실레이터(6)로 구동되며, 초음파는 초음파 송파기(4)로 부터 검출파이프(3)의 유체에 전파되어 초음파 수파기(5)로 받아들여진다. 이때, 초음파 세기는 액체의 혼탁액의 밀도에 따라 감쇠한다. 초음파 수파기(5)는 수파된 초음파의 세기에 따라 전기 신호를 발생시킨다. 초음파 수파기(5)에서 출력된 수신신호는 감쇠율 측정장치(7)에 공급된다. 감쇠율 측정장치(7)에는 미리, 혼탁액의 밀도와 혼탁액에 의한 초음파 감쇠율사이의 관계를 도시하는 작업곡선이 설정되어 있다. 감쇠율 측정장치(7)는 초음파 수파기(5)로부터 출력된 수신신호로 나타낸 감쇠율에 의거한 작업곡선에 따라 유체내의 혼탁액 농도를 측정한다.

그러나, 상술한 초음파를 이용한 농도계에 있어서, 다음과 같은 문제점이 있다.

(a) 초음파 송파기(4) 및 초음파 수파기(5)가 유체와 접촉하고 있기 때문에, 혼탁액은 이들의 접촉면에 부착되며, 이는 측정오차의 원인이 된다. 이 때문에, 초음파 송파기(4) 및 초음파 수파기(5)의 접촉면이 청결해야 한다. 특히, 슬러지와 같은 혼탁액이 쉽게 부착되기 때문에 자주 세정되어야 한다.

(b) 상기 문제점은 초음파 송파기(4) 및 초음파 수파기(5)를 검출파이프(3)의 외측에 배치하므로써 해결될 수 있다. 그러나, 이와같은 경우에는, 초음파 송파기(4) 및 초음파 수파기(5)는 검출파이프(3)의 벽부의 초음파 감쇠율을 감소시키도록 가늘게 되어야 한다. 이 때문에, 강도 및 내구도에 문제가 발생된다. 또한, 검출파이프(3)는 진동영향을 받기 쉬워서 측정오차의 원인이 된다.

(c) 또한, 유체에서와 비교하여 볼 때, 초음파 감쇠율은 가스에서 매우 크다. 따라서, 기포가 유체에 흔들되어 있다면, 가스에서의 초음파 감쇠율은 혼탁액으로 인한 감쇠보다 훨씬 더 커진다. 그 결과, 측정유체의 밀도는 측정될 수 없거나, 또는 외관상 높은 밀도를 갖는 측정결과가 얻어질 것이다.

상기 문제를 해소하도록, 이와 같은 형태의 초음파를 이용하는 농도계에 있어서, 기포제거장치를 구비한 농도계를 들 수 있다. 기포제거장치를 구비한 농도계에 있어서, 측정유체는 소정의 샘플링기간에 압력식 기포제거실로 도입된다. 압력식 기포제거실의 내부는 가압되고 기포는 용해된다. 그 후, 측정하고자 하는 유체와 함께 혼탁액의 밀도는 초음파로 측정된다. 그러나, 이런 형태의 농도계의 경우에도, 유체가 소정의 샘플링기간에 조사되므로, 연속적으로 측정될 수 없다. 또한, 샘플링 및 가압이 행해지기 때문에 기계식 가동기구가 장치되어야 한다. 따라서, 작업신뢰도가 저하된다.

(d) 또한, 상술한 초음파를 이용한 농도계는 초음파가 측정 물질에 의해 분산되고 감쇠된다는 사실을 이용한다. 이 때문에, 이와 같은 형태의 농도계는 물질이 유체에 완전히 용해되어 있는 경우에는 용이하게 사용될 수 없다.

본 발명의 목적은 초음파를 이용한 농도계의 단점을 가지지 않고, 고정확도로 혼탁액의 밀도를 측정할 수 있는 마이크로파를 이용한 농도계를 제공하는 데 있다.

본 발명의 목적은 하기의 농도계에 의해 달성될 수 있다.

특히, 본 발명에 따라, 기준유체로 부터 1.4[GHz] - 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고 기준유체로 수파하므로써 제1 마이크로파 수신신호를 핀업하고, 측정유체로 부터 1.4[GHz] - 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고 측정유체로 수파하므로써 제2 마이크로파 수신신호를 핀업하는 마이크로파 검출부; 제1 마이크로파 수신신호와 제2 마이크로파 수신신호의 위상차를 산출하는 위상검출부; 및 위상검출부에 의해 얻어진 위상차에 의거하여 측정유체의 밀도를 계측하기 위한 밀도 계측부로 구성되는 마이크로파를 이용한 농도계가 제공된다.

또한, 상기 목적은 하기의 농도계에 의해 달성될 수 있다.

특히, 본 발명에 따라, 기준유체로 부터 1.4[GHz] - 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고 기준유체로 수파하므로써 제 1 마이크로파 수신신호를 픽업하고, 측정유체로 부터 1.4[GHz] - 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고 측정유체로 수파하므로써 제2마이크로파 수신신호를 픽업하는 마이크로파 검출부; 제1마이크로파 수신신호와 제2마이크로파 수신신호의 위상차를 산출하는 위상검출부; 기준유체의 제1전도도 및 제1온도 중 적어도 하나와 측정유체의 제2전도도 및 제2온도 중 적어도 하나와의 차이에 의거한 위상차를 보정하기 위한 보정부; 및 보정부에 의해 구한 보정 위상차에 의거하여 측정유체의 밀도를 계측하기 위한 밀도 계측부로 구성되는 마이크로파를 이용한 농도계가 제공된다.

마이크로파를 이용한 농도계에 따라, 1.4 - 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파가 실질적으로 측정물질을 함유하지 않는 유체 및 측정물질을 함유하는 유체로 전달되어, 위상지연(θ_A 및 θ_B)이 각각 측정된다. 그 다음에, 위상차($\Delta\theta$)는 위상지연(θ_A 및 θ_B)으로 부터 구해진다. 그 후, 소정의 밀도와 위상차 사이의 관계를 도시하는 작업곡선을 이용하여, 유체밀도가 측정된다.

또한, 혼탁액이 유체에 용해되어 있는 경우에도, 마이크로파는 용해물지의 영향으로 전달되어 수신기에 도달된다. 이 때문에, 측정유체의 밀도는 적절히 측정될 수 있다.

또한, 농도계가 측정되는 유체가 흐르는 실제 파이프에 사용되는 경우에는, 마이크로파 송파 및 수파 안테나는 안테나 부착장치용 절연부재를 통해 서로 대향하는 오프닝 원도우에 인접하게 부착되어 있다. 그 후, 1.4 - 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파는 송파 및 수파된다. 이로 인해, 높은 송파율 특성이 얻어져서, 측정하고자 하는 유체밀도는 고 정확도로 측정될 수 있다.

위상차는 보정되어 측정유체의 전도도 및 온도의 영향을 받지 않기 때문에 측정유체의 밀도는 고 정확도로 측정될 수 있다.

본 발명의 다른 목적 및 장점은 하기에 설명되고, 일부는 하기의 설명으로 부터 명백해지거나 본 발명의 실시에 의해 알게 될 것이다. 본 발명의 목적 및 장점은 특히 첨부된 특허청구의 범위에 나타낸 수단 및 조합에 의해 실현될 수 있다.

본 발명의 양호한 실시예는 하기에서 첨부도면과 관련하여 상세히 기술될 것이고, 이것에 의해 본 발명의 원리가 설명될 것이다.

농도계는 유체의 물질 함량도, 즉, 일정한 유체에 존재하는 여러 가지 성분을 갖는 물질의 비율을 나타낸다. 바꾸어 말하면, 이 비율은 함량, 농도, 또는 밀도등과 같은 일반적인 용어로 나타낼 수 있다.

본 출원 명세서에 사용된 함량, 농도, 또는 밀도 등과 같은 파라미터 단위는 하기와 같이 설명될 것이며, 이들 단위는 본 발명에서 규정될 수 있다.

(1) 용적 백분율, 이것은 물질의 용적에 대한 동일 압력하에서의 물질에 함유된 화합물의 용적의 비 $\times 100$ 을 의미하며, vol%로 나타낼 수 있다.

(2) 중량 백분율, 이것은 물질의 중량에 대한 물질에 함유된 화합물의 중량의 비 $\times 100$ 을 뜻하며, wt%로 나타낼 수 있다.

(3) 물농도, 이것은 $1m^3$ 용액에 용해되어 있는 분자 1000g을 함유하는 용액의 농도를 의미하며, mol로 나타낼 수 있다. 일반적으로, 이것은 용액 $1l$ 에 녹아있는 분자 1g을 함유하는 농도로서 사용된다.

(4) 노르말, 이것은 용액 $1m^3$ 에 녹아있는 용질의 1000g당량을 함유하는 용액의 농도를 뜻하며, N으로 나타낼 수 있다. 일반적으로, 이것은 용액 $1l$ 에 녹아있는 분자 1g을 함유하는 농도로서 사용된다.

상술한 설명에 덧붙여서, 하기에 방법이 기술되어 있다.

(5) 용액 $1l$ 에 녹아있는 물질의 그램수. 이것은 g농도로서 일컬어 질 수 있고 g/ l로 나타낸다. 또한, 이러한 경우에는 용액은 100g로 나타낼 수 있다.

(6) 용액 1000g에 녹아있는 용질의 1g을 함유하는 농도, 이것은 또한 물농도로서 일컬어지며, (3)과 구별하도록, 이것은 중량 물농도로서 일컬어지며, (3)의 경우에는 용적 물농도로 일컬어진다.

(7) 용액의 용매 및 용질의 전체 몰수에 대한 한 용질의 몰수의 비. 이것은 몰분율 또는 분자비율로 일컬어진다.

(8) 용매 1000g 녹아있는 용질의 몰수. 이것은 몰 성분비로 일컬어진다.

본 발명에서, 함량, 농도, 또는 밀도와 같은 상술한 파라미터는 유체밀도로서 불리워질 수 있다.

본 발명의 마이크로파를 이용한 농도계에 있어서, 마이크로파의 송파 안테나(11) 및 수파 안테나(12)는 안테나가 부착된 상태에서 서로 대향하게 배치되도록 절연관, 케이스 또는 부분적으로 절연하는 부재로 구성되는 금속관(10), 이하, 절연관이라 일컬어짐)의 외측에 배치되어 있다. 마이크로파는 송파 안테나(11)에서 전달되어 수파 안테나(12)에 의해 받아들여진다.

제2도에 도시된 바와같이, 물과 같은 실질적으로 불순물을 함유하지 않는 기준유체(13)가 절연관(10)에 포함되어 있는 경우에는, 마이크로파 절연관(10)의 벽을 통과하여 기준유체(13)에 전파되어, 반대측부에 배치된 수파 안테나(12)에 수용된다. 이 때, 마이크로파의 수파의 위상지연은 θ_A 로 설정된다.

한편 제3도에 도시된 바와같이, 혼탁액을 함유하는 측정유체가 절연관(10)에 흐르는 경우에는, 마이크로파는 송파 안테나(11)로 부터 전달되고, 절연관(10)의 벽을 통과하여 측정물질을 갖는 측정유체(14)에 전파되어 반대측에 배치된 수파 안테나(12)에 의해 받아들여진다. 이때, 마이크로파의 수파의 위상지연

은 θ_B 로 설정된다. 위상지연(θ_A 및 θ_B)은 하기식으로 부터 구할 수 있다.

$$\theta_A = \frac{d}{C_0} \frac{1}{2} \sqrt{\omega^2 \varepsilon_v^2 + \frac{\sigma_v^2}{\varepsilon_0^2} + \omega \varepsilon_v} \quad \dots (1)$$

$$\theta_B = \frac{d}{C_0} \frac{1}{2} \sqrt{\omega^2 \varepsilon_s^2 + \frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2} + \omega \varepsilon_s} \quad \dots (2)$$

C_0 : 진공에서의 마이크로파의 전파속도

d : 측정 유체 층의 두께(거리)

ω : 들어오는 마이크로파의 각 주파수.

ε_v : 진공유전상수

ε_s : 기준유체의 상대유전상수

σ_v : 기준유체의 전도도 : 및

σ : 측정 유체의 전도도.

상기 위상지연(θ_A 및 θ_B)을 이용하여, 위상차($\triangle\theta$)는 하기식으로 부터 구할 수 있다.

$$\Delta \theta = \theta_A - \theta_B$$

$$\theta_s = \frac{C_0}{2} \sqrt{\frac{\omega(\omega^2 \varepsilon_s^2 + \dots + \omega \varepsilon_s)}{\varepsilon_0^2 + \dots}} \quad (1)$$

σ^2

$$\theta_s = \frac{C_0}{2} \sqrt{\frac{\omega(\omega^2 \varepsilon_s^2 + \dots + \omega \varepsilon_s)}{\varepsilon_0^2 + \dots}} \dots (3)$$

σ_s^2

상기식으로부터 명백한 바와 같이, $\Delta \theta$ 는 ε_s 의 함수이고, ε_s 는 측정유체의 함수이다. 이것에 의해, 위상차($\Delta \theta$)는 밀도 함수로서 간주된다. 따라서, 혼탁액과 같은 측정물질을 함유하는 측정유체 밀도를 측정하기 위해서, 위상지연(θ_A 및 θ_B)은 제2-3도에 도시된 측정원리에 의거하여 측정되며, 위상차($\Delta \theta = \theta_A - \theta_B$)는 위상차(θ_A 및 θ_B)로부터 구할 수 있다. 그 후, 제4도에 도시된 바와 같이, 소정의 밀도와 위상차사이의 관계를 도시하는 작업곡선을 이용하여 측정유체의 밀도를 측정한 위상차로 부터 구할 수 있다.

본 발명의 상술한 원리에 의거한 본 발명의 마이크로파를 이용한 농도계의 제1실시예는 제5-10도에 관하여 설명될 것이다.

제5도에서, 밀도 검출파이프(20)는 슬루스 밸브(22A 및 22B)를 통해 상류측 파이프(21A)와 하류측 파이프(21B)사이에 배치되어 있다.

밀도 검출파이프(20)에는 물공급밸브(24) 및 물배출밸브(25)가 배치되어 있어서, 기준유체가 외부로 부터 도입될 수 있다.

특히, 제6도에 도시된 바와 같이, 밀도검출파이프(20)에는 마이크로파를 도입하고 내보기 위해 각각 사용되는 오프닝 윈도우(20A 및 20B)가 서로 대향하게 배치되어 있다. 안테나 부착판(26B 및 27B)은 각각 기밀 실 패킹(seal packing, 26A 및 27A)을 통해 오프닝 윈도우(20A 및 20B)에 부착되어 있다. 마이크로파를 도입하고 내보는 부위의 기밀성을 유지하기 위해서는, 절연체(26C 및 27C) 또는 전면이 절연체로 된 것을 안테나 부착판(26B 및 27B)에 삽입한다.

송파 안테나(26D) 및 수파 안테나(27D)는 각각 안테나 부착판(26B 및 27B)에 각각 밀접하게 부착되어 있다. 세라믹과 같은 유전체(26E 및 27E)는 안테나(26D 및 27D)에 채워져 있다.

다시 제5도를 참조하여, 본 발명의 실시예로서 마이크로파를 이용한 농도계의 구조가 설명될 것이다.

농도계의 송파시스템은 마이크로파를 발생시키기 위한 마이크로파 발생기(28)를 구비하고 있다. 마이크로파 발생기(28)의 출력은 출력분할기(29)를 통해 송파 안테나(26)로 전송된다.

한편, 수파 시스템에는 위상 검출기(30)가 수파 안테나(27)에 배치되어 있다. 기준신호로서 제공되는 마이크로파의 송파 일부는 수파 안테나(27)에서 전달된 마이크로파와 함께 위상 검출기(30)로 도입된다.

위상 검출기(30)는 제2도 및 제3도에 도시된 측정조건하에서 위상지연(θ_A 및 θ_B)을 측정하기 위한 위상지연 측정부(30A), 위상지연데이터를 저장하기 위한 측정데이터저장부(30B), 및 위상차($\Delta \theta$)를 구하기 위한 위상차 계측부(30C)로 구성되어 있다. 신호 변환기(31)는 위상 검출기(30)로부터 위상차에 상당하는 신호를 받아들여서, 예를들면, 0-5% 밀도, 즉, 4-20[mA]의 전기신호에 해당하는 신호로 변환시킨다.

하기에서, 본 발명의 실시예로서 상술한 구조로 된 농도계의 밀도측정작업을 설명할 것이다.

첫째, 제5도에 도시된 바와 같이, 기준유체, 예를들면, 불순물 혼탁액을 함유하지 않은 물을 밀도 검출파이프(20)로 공급하여, 위상지연(θ_A)을 측정한다. 이 경우에는, 위상지연은 위상 검출기(30)로 얻어진 마이크로파의 송파에 대한 마이크로파의 수파의 위상지연을 뜻한다.

위상지연(θ_A)을 측정하는데 있어서, 슬루스 밸브(22A 및 22B)를 닫은 후에, 물배출밸브(25)를 열어서 파이프(20)에서 들어온 슬러지와 같은 측정유체를 배출시킨다. 그 후, 물공급밸브(24)를 열어서 물을 공급하여, 파이프(20)의 내부를 세정한 다음에, 물배출밸브(25)를 닫고서 파이프(20)의 내부를 물로 채운다.

파이프(20)의 내부를 물로 채운 후에, 마이크로파 신호가 발생기(28)에 의해 발생된다면, 마이크로파는 출력분할기(29)를 통해 송파 안테나(26)에서 전달되고, 파이프(20)의 물을 통해 전파되어, 수파 안테나(27)에 의해 받아들여진다. 수파 안테나(27)에 의해 수파된 마이크로파는 위상 검출기(30)로 전달된다. 마이크로파의 수파일부는 출력분할기(29)로부터 위상 검출기(30)로 전달된다. 위상 검출기(30)의 위상지연측정부(30A)는 송파된 마이크로파와 수파된 마이크로파를 비교하여 위상지연(θ_A)을 측정하며, 측정된 위상지연(θ_A)은 데이터 저장부(30B)에 저장된다.

그 다음에, 물배출밸브(25)를 열어서 파이프(25)의 물을 배출시키고, 슬루스 밸브(22A 및 22B)를 열어서, 측정물질을 함유하는 측정유체를 흐르게 하며, 측정유체의 위상지연(θ_B)을 측정한다. 즉, 측정물질을 함유하는 측정유체가 흐르는 상태에서, 마이크로파가 소정기간 또는 임의로 송파된다. 그 다음에, 위상지연(θ_B)은 위상 검출기(30)로 측정되고, 측정된 위상지연(θ_B)은 필요에 따라 연이어서 갱신되어 저장된다.

또한, 위상 검출기(30)의 위상차 계측부(30C)에 있어서, 위상지연(θ_B)과 기준유체 고급시에 이미 측정된 위상지연(θ_A)을 데이터 저장부(30B)로 부터 읽어내어, 하기식에 따라 위상차($\Delta\theta$)를 구하여 신호 변환기(31)로 전송한다.

$$\Delta\theta = \theta_B - \theta_A$$

신호 변환기(31)는 위상차($\Delta\theta$)를 받아들여서, 작업곡선에 따라, 소정의 밀도와 위상차, 즉, 밀도사이의 관계를 구하고, 위상차를 얻은 밀도에 상응하는 신호로 변환시켜서 신호를 출력한다.

본 발명의 마이크로파를 이용한 농도계의 원리 및 구조를 앞에서 설명하였다. 다음은 어느 정도의 마이크로파 주파수가 측정물질을 함유하는 측정유체의 밀도를 효과적이면서 정확하게 측정하는 데 실질적으로 이용되는가를 설명할 것이다. 특히, 적절한 주파수를 얻는 실험을 행한 예와 실험결과가 하기에 기술될 것이다.

현탁액을 함유하는 측정유체의 밀도를 효과적이면서 정확하게 측정하기 위해서, 본 발명자들은 첫째로 실험하기에 앞서, 다음사항에 주목하였다.

즉, 측정유체에서 전파되고 수용되는 마이크로파의 감쇠율이 가장 작아야 한다. 바꾸어 말하면, 높은 송파율을 갖는 마이크로파의 주파수를 이용하는 것이 유효하다.

그 다음에, 가장 높은 송파율을 갖는 마이크로파의 주파수를 구하기 위해서, 제7도에 도시된 장치로 실험을 하였다. 검출파이프(20)와 실질적으로 동일한 구조를 갖는 하부판을 구비한 케이스(20')가 장치로서 사용되었다. 케이스(20')의 내부를 기준유체로서 물로 채우고, 제5도와 유사한 송파 시스템에 마이크로파 발생기(32), 출력분할기(29), 및 송파안테나(26)를 설치하였다. 수파 시스템에는 수파 안테나(27)를 장치하고, 또한 위상 검출기(30)의 대신에 감쇠율 측정장치(33)가 새로이 배치되었다.

예를 들면, 제7도에 도시된 바와 같은 상기 실험장치를 이용하여 마이크로파 발생기(28)로부터 0 - 3.6[GHz]의 마이크로파가 발생된다면, 마이크로파가 출력분할기(29)를 통과하고 송파 안테나로 부터 물에 전달되는 송파주파수 특성을 구할 수 있다. 즉, 실질적으로 동일한 송파출력특성을 갖는 마이크로파가 1.0 - 3.6[GHz]의 주파수대에서 발생될 수 있다.

마이크로파는 물에 전파되어, 수파 안테나(27)에 의해 수용된다. 그러나, 수파 안테나(27)에 의해 받아들여진 마이크로파(B)는 감쇠율 측정장치(33)로 전달된다. 이때, 송파되는 마이크로파(A)는 출력분할기(29)로부터 감쇠율 측정장치(33)로 입력된다. 따라서, 감쇠율 측정장치(33)에 있어서, B/A가 각각 입력된 마이크로파(A 및 B)를 이용하여 계산된다면, 감쇠율에 상응하는 값을 얻을 수 있다.

그 다음에, 감쇠율 측정장치(33)의 측정결과와 수용 주파수사이의 관계를 체크하였다. 그 결과, 제9도에 도시된 바와 같이, 실질적으로 일정한 감쇠율이 얻어졌다. 그러나, 감쇠율이 1.5[GHz]의 수용 주파수에서 극도로 낮음을 발견했다. 또한, 약 1.5[GHz]의 수용 주파수 대를 더욱 정확하게 조사하고, 송파율(감쇠율의 역수)을 측정하였다. 그 결과, 그 중점이 1.575[GHz]인 1.40 - 1.75[GHz]의 수용 주파수 대의 마이크로파 송파율이 다른 수용 주파수 대의 마이크로파 송파율보다 높다는 것을 알아냈다(제10도).

또한, 80, 100, 200, 250, 300, 350 및 400mm(크기(d))는 파이프의 직경에 해당됨.)의 다양한 크기(d)를 갖는 케이스(20')를 사용하여 실험을 하였다. 그 결과, 모든 크기의 케이스(20')에 대해 동일한 결과가 얻어졌다.

따라서, 상기 실험으로 부터 명백한 바와 같이, 송파 및 주파수가 1.55 - 1.60[GHz]의 주파수 대를 갖는 마이크로파를 이용하여 행해진다면, 가장 높은 정확도로 측정결과를 구할 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 1.4 - 1.75[GHz]의 수용 주파수 대의 마이크로파가 이용되더라도 감쇠율은 다른 주파수 대보다 낮아진다는 것을 알 수 있다.

본 발명은 상기 실시예에 한정되어 있는 것은 아니다. 예를들면, 상기 실시예에서, 밀도는 슬러지가 흐르는 상태에서 측정되었다. 그러나, 밀도는 슬러지가 흐르지 않는 상태에서 측정될 수도 있다. 본 발명은 슬러지를 제외한 유체의 밀도를 측정하는 경우에도 적용될 수 있다. 또한, 상기 실시예는 멜도가 0%인 유체를 기준유체로서 사용한 경우를 설명하였다. 그러나, 밀도가 실질적으로 0인 유체를 사용하는 것이 가능하다. 또한, 소정의 밀도를 갖는 측정물질이 기준으로서 사용될 수 있다. 일정한 전파특성을 갖는 전기회로가 기준으로서 사용될 수 있다. 밀도는 제5도 또는 제6도에 도시된 검출파이프(20) 및 구조 대신에 바이패스 파이프 또는 케이스를 이용하여 측정될 수 있다.

마이크로파를 이용한 본 발명의 제2실시예는 제11도-제14도에 관하여 설명될 것이다.

제2실시예에서, 전도도 측정장치(34) 및 온도 측정장치(35)가 검출파이프(20)에 설치되어 있다. 전도도 측정장치(34)의 출력은 전도도 신호 발생기(36)로 입력되어, 전도도에 해당하는 전도도 신호를 발생시킨

다. 온도 측정장치(35)의 출력은 온도 신호 발생기(37)에 입력되어 온도에 상응하는 온도신호를 발생시킨다. 전도도 신호 및 온도신호는 보정회로(38)에 공급된다. 전도도 신호 및 온도신호이외의 위상 검출기(3)의 출력도 보정회로(38)에 입력된다.

보정회로(38)에 있어서, 위상 검출기(30)의 출력보정은 전도도 보정 및 온도 보정에 의해 선택적으로 행해질 수 있다. 또한, 위상 검출기(30)의 출력보정은 전도도 보정 및 온도보정에 의해 행해질 수 있다.

전도도 보정은 제12도에 관하여 설명될 것이다.

특히, 보정회로(38)는 제12도에 도시된 바와 같이, 전도도차와 위상차 보정값($\triangle \theta \sigma$)사이의 관계를 나타내는 데이터를 저장한다. 이와같은 경우에는, 전도도는 밀도가 0인 액체의 측정·저장된 전도도 및 이에 상응하는 전도도 신호로부터 구한다. 그 다음에, 보정회로(38)가 전도도 신호를 수용한다면, 보정회로(38)는 위상 검출기(30)로부터 얻은 위상차($\triangle \theta$)와, 전도도차와 위상차 보정값($\triangle \theta \sigma$)사이의 관계로부터 산출한 위상차 보정값($\triangle \theta \sigma$)사이의 차($\triangle \theta'$)를 구한다.

$$\triangle \theta' = \triangle \theta - \triangle \theta \sigma$$

위상차($\triangle \theta'$)는 신호 변환기(31)로 전송되며, 신호 변환기(31)는 제14도에 도시된 위상차($\triangle \theta'$)와 밀도사이의 관계(작업곡선데이터)로부터 슬러지와 같은 측정물질의 밀도를 구한다. 그 다음에, 신호 변환기(31)는 구한 밀도에 따라 전류신호를 출력하며, 전류신호는 출력회로(32)를 통해 플랜트(도시되지 않음)로 전송된다.

다음은 제13도에 관련하여 온도 보정에 대해 설명될 것이다.

특히, 제13도에 도시된 바와 같이, 보정회로(38)는 밀도가 0인 액체의 측정·저장된 온도 및 그에 상응하는 온도신호로부터 얻은 온도차와 위상차 보정값($\triangle \theta \varepsilon$)사이의 관계를 나타내는 데이터를 저장한다. 그 다음에, 보정회로(38)가 온도신호를 수신한다면, 보정회로(38)는 위상 검출기(30)로부터 얻은 위상차($\triangle \theta$)와, 온도차와 위상차 보정값($\triangle \theta \varepsilon$) 사이의 관계로부터 얻은 위상차 보정값($\triangle \theta \varepsilon$) 사이의 차($\triangle \theta'$)를 구한다.

$$\triangle \theta' = \triangle \theta - \triangle \theta \varepsilon$$

위상차($\triangle \theta'$)는 신호 변환기(1)로 전송되고, 신호 변환기(31)는 제14도에 도시된 위상차($\triangle \theta'$)와 밀도사이의 관계(작업곡선 데이터)로부터 슬러지와 같은 측정 물질의 밀도를 구한다. 그 후, 신호 변환기(31)는 얻어진 밀도에 따라 전류신호를 출력하고, 전류신호는 출력회로(32)를 통해 플랜트(도시되지 않음)로 전송된다.

또한, 전도도 보정 및 온도 보정이 행해지는 경우에는, 신호 변환기(31)는 전도도 신호 및 온도 신호를 수용하여, 위상차 보정값($\triangle \theta \sigma$ 및 $\triangle \theta \varepsilon$), 및 위상차($\triangle \theta$)와 위상차 보정값($\triangle \theta \sigma$ 및 $\triangle \theta \varepsilon$)사이의 차($\triangle \theta'$)를 구한다.

$$\triangle \theta' = \triangle \theta - \triangle \theta \sigma - \triangle \theta \varepsilon$$

위상차($\triangle \theta'$)는 신호 변환기(31)로 전송되며, 신호 변환기(31)는 제14도에 도시된 위상차($\triangle \theta'$)와 온도사이의 관계(작업곡선 데이터)로부터, 슬러지와 같은 측정 물질의 밀도를 구한다. 그 다음에, 신호 변환기(31)는 구한 밀도에 따라 전류신호를 출력하고, 전류신호는 출력회로(32)를 통해 플랜트(도시되지 않음)로 전송된다.

상술한 바와 같이, 제2실시예에 있어서, 제1실시예와 동일한 기술적 장점을 얻을 수 있으며, 하기에 구체적으로 설명한다.

즉, 밀도측정물체의 전도도를 측정하여 위상차($\triangle \theta$)를 보정하기 때문에, 전도도는 슬러지에 용해되어 있는 이노성분에 의해 거의 영향을 받을 수 없다.

또한, 예를들면, 슬러지의 온도를 측정하여 위상차($\triangle \theta$)를 보정하기 때문에, 전도도는 슬러지에 녹아있는 이온성분에 의해 거의 영향을 받을 수 없다. 상대유전상수가 변하더라도, 이와같은 영향은 조정될 수 있어서 정확한 밀도측정을 할 수 있게 된다.

상술한 바와같이, 본 발명에 따라, 밀도가 1.4 ~ 1.75[GHz]의 주파수 대의 마이크로파를 이용하여 측정될 수 있기 때문에(실제 사용시의 주파수대는 1.55 ~ 1.60[GHz]임), 측정대상의 밀도는 측정물질위에 점착물이 없이 유체의 기포 영향을 받지 않고 측정될 수 있다. 또한, 본 발명에 따라, 밀도는 측정대상이 유체에 완전히 용해되어 있는 상태이더라도 용이하게 측정될 수 있다. 본 발명에 의해, 1.55 ~ 1.60[GHz]의 주파수 대의 마이크로파를 이용하여, 밀도측정 정확도를 크게 향상시킬 수 있다.

본 발명의 또 다른 장점 및 변경은 당해 기술분야의 숙련공들에게 용이하게 이뤄질 수 있을 것이다. 따라서, 광범위한 측면에서, 본 발명은 본 명세서에 나타낸 구체적인 사항 및 대표적인 장치에 한정되어 있는 것은 아니므로, 본 발명의 특허청구의 범위에 규정된 범위 및 일반적인 발명개념을 벗어남이 없이 다양하게 변경될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

1.4GHz ~ 1.75GHz의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고, 기준유체로 부터 수파하는 것에 의해 제 1 마이크로파 수신신호를 핵입하고, 1.4GHz ~ 1.75GHz의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고, 측정유체로 부터 수파하는 것에 의해 제 2 마이크로파 수신신호를 핵입하기 위한 마이크로파 검출부와; 측정유체가 검출파이프부재로 흐를 때 상기 마이크로파 검출부에 의해 산출된 상기 마이크로파 수신신호의 위상지연을 검출하기 위한 위상지연검출수단과, 상기 제 1 마이크로파 수신신호의 제 1 위상지연데이터 및 상기 측정유체가 상기 검출파이프 부재로 흐를 때 상기 마이크로파 수신수단에 의해 산출된 상기 제 2 마이크로

파 수신신호의 제 2 위상지연에 근거하여 상기 제 1 마이크로파 수신신호와 제 2 마이크로파 수신신호 사이의 위상차를 산출하기 위한 위상차검출수단을 포함함으로써 상기 제 1 마이크로파 수신신호와 제 2 마이크로파 수신신호 사이의 위상차를 산출하기 위한 위상검출부와; 상기 위상검출부에 의해 얻어진 위상차에 의거하여 측정유체의 밀도를 계산하기 위한 밀도계측부를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 마이크로파 검출부가 측정유체가 흐르는 검출파이프부재와; 상기 검출파이프부재에 설치되어 1.4GHz - 1.75GHz 주파수 대의 마이크로파를 송신하기 위한 마이크로파 송파부와; 상기 마이크로파 송파부에 대향되도록 상기 검출파이프부재에 설치되어, 1.4GHz - 1.75GHz 주파수 대의 마이크로파를 수신하기 위한 마이크로파 수파부를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 마이크로파 검출부가 측정유체가 흐르고, 서로 대향되게 형성된 제 1 및 제 2 오프닝 원도우를 구비하는 검출파이프부재와; 상기 제 1 오프닝 원도우에 기밀하게 배치되는 제 1 절연부재와; 상기 제 1 절연부재에 기밀하게 배치되어 1.4GHz - 1.75GHz 주파수 대의 마이크로파를 송신하기 위한 마이크로파 송파 안테나와; 상기 제 2 오프닝 원도우에 기밀하게 배치되는 제 2 절연부재; 및 상기 제 2 절연부재에 기밀하게 배치되어 1.4GHz - 1.75GHz 주파수 대의 마이크로파를 수신하기 위한 마이크로파 수파 안테나를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 마이크로파 송파 안테나와 마이크로파 수파 안테나가 그 내부에 세라믹과 같은 유전체로 채워지는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 마이크로파 송파 안테나 및 마이크로파 수파 안테나는 그 내부에 세라믹과 같은 유전체로 채워지고, 상기 제 1 및 제 2 절연부재 중 적어도 하나는 상기 유전체와 같은 재료 또는 유전상수 및 투과도가 상기 유전체와 근접한 재료로 형성되는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 위상검출부가 기준유체가 미리 상기 검출파이프부재로 흐를 때 상기 마이크로파 검출부에 의해 얻어진 상기 제 1 마이크로파 수신신호의 제 1 위상지연 및 측정유체가 상기 검출파이프부재로 흐를 때 상기 마이크로파 검출부에 의해 얻어진 상기 제 2 마이크로파 수신신호 사이의 위상차를 구하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 위상검출부가 상기 측정유체가 상기 검출파이프부재로 흐를 때 상기 마이크로파 검출부에 의해 얻어진 마이크로파 수신신호의 위상지연을 검출하기 위한 위상지연 검출수단과; 기준유체가 상기 검출파이프부재로 흐를 때 상기 위상지연 검출수단에 의해 얻어진 제 1 마이크로파 수신신호의 제 1 위상지연 데이터를 저장하는 저장수단; 및 측정유체가 상기 검출파이프부재로 흐를 때 상기 위상지연 검출수단에 의해 얻어진 상기 제 2 마이크로파 수신신호의 제 2 위상지연 및 상기 저장수단에 저장된 제 1 위상지연 데이터에 근거하여 상기 제 1 마이크로파 수신신호와 상기 제 2 마이크로파 수신신호 사이의 위상차를 산출하기 위한 위상차 검출수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 8

제1항에 있어서, 기준유체의 제 1 전도도와 제 1 온도중 적어도 하나 및 측정유체의 제 2 전도도와 제 2 온도중 적어도 하나 사이의 차이에 근거하여 상기 위상차를 보정하기 위한 보정부를 부가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 9

제1항에 있어서, 기준유체의 제 1 전도도와 측정유체의 제 2 전도도 사이의 차이에 근거하여 상기 위상차를 보정하기 위한 보정부를 부가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 10

제1항에 있어서, 기준유체의 제 1 온도와 측정유체의 제 2 온도 사이의 차이에 근거하여 상기 위상차를 보정하기 위한 보정부를 부가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 11

1.4GHz - 1.75GHz의 주파수 대의 마이크로파를 송파하고, 기준유체로 부터 수파하는 것에 의해 제 1 마이크로파 수신신호를 핀업하고, 1.4GHz - 1.75GHz의 주파수 대의 마이크로파를 측정유체로 송파하고, 측정유체로 부터 수파하는 것에 의해 제 2 마이크로파 수신신호를 핀업하기 위한 마이크로파 검출부와; 측정유체가 검출파이프부재로 흐를 때 상기 마이크로파 검출부에 의해 산출된 상기 마이크로파 수신신호의 위상지연을 검출하기 위한 위상지연검출수단과, 상기 제 1 마이크로파 수신신호의 제 1 위상지연데이터 및 상기 측정유체가 상기 검출파이프 부재로 흐를 때 상기 마이크로파 수신수단에 의해 산출된 상기 제 2 마이크로파 수신신호의 제 2 위상지연에 근거하여 상기 제 1 마이크로파 수신신호와 제 2 마이크로파 수신신호 사이의 위상차를 산출하기 위한 위상검출부와; 기준유체의 제 1 전도도와 제 1 온도중 적어도

하나 및 측정유체의 제 2 전도도와 제 2 온도중 적어도 하나 사이의 차이에 근거하여 상기 위상차를 보정하기 위한 보정부와; 상기 위상검출부에 의해 얻어진 위상차에 의거하여 측정유체의 밀도를 계산하기 위한 밀도계측부를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 마이크로파 검출부가 측정유체가 흐르는 검출파이프부재와; 상기 검출파이프부재에 설치되어 1.4GHz – 1.75GHz 주파수 대의 마이크로파를 송신하기 위한 마이크로파 송파부; 및 상기 마이크로파 송파부에 대향되도록 상기 검출파이프부재에 설치되어, 1.4GHz – 1.75GHz 주파수 대의 마이크로파를 수신하기 위한 마이크로파 수파부를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 마이크로파 검출부가 측정유체가 흐르고, 서로 대향되게 형성된 제 1 및 제 2 오프닝 원도우를 구비하는 검출파이프부재와; 상기 제 1 오프닝 원도우에 기밀하게 배치되는 제 1 절연부재와; 상기 제 1 절연부재에 기밀하게 배치되어 1.4GHz – 1.75GHz 주파수 대의 마이크로파를 송신하기 위한 마이크로파 송파 안테나와; 상기 제 2 오프닝 원도우에 기밀하게 배치되는 제 2 절연부재; 및 상기 제 2 절연부재에 기밀하게 배치되어 1.4GHz – 1.75GHz 주파수 대의 마이크로파를 수신하기 위한 마이크로파 수파 안테나를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 마이크로파 송파 안테나와 마이크로파 수파 안테나가 그 내부에 세라믹과 같은 유전체로 채워지는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 마이크로파 송파 안테나 및 마이크로파 수파 안테나는 그 내부에 세라믹과 같은 유전체로 채워지고, 상기 제 1 및 제 2 절연부재중 적어도 하나는 상기 유전체와 같은 재료 또는 유전상수 및 투과도가 상기 유전체와 근접한 재료로 형성되는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 16

제11항에 있어서, 기준유체가 미리 상기 검출파이프부재에 흐를 때 상기 마이크로파 검출부에 의해 얻어진 상기 제 1 마이크로파 수신신호의 제 1 위상지연 및 측정유체가 상기 검출파이프부재에 흐를 때 상기 마이크로파 검출부에 의해 얻어진 상기 제 2 마이크로파 수신신호의 제 2 위상지연에 근거하여 상기 제 1 마이크로파 수신신호와 제 2 마이크로파 수신신호 사이의 위상차를 산출하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 17

제11항에 있어서, 상기 측정유체가 상기 검출파이프부재로 흐를 때 상기 마이크로파 검출부에 의해 얻어진 마이크로파 수신신호의 위상지연을 검출하기 위한 위상지연 검출수단과; 기준유체가 상기 검출파이프부재로 흐를 때 상기 위상지연 검출수단에 의해 얻어진 제 1 마이크로파 수신신호의 제 1 위상지연 데이터를 저장하는 저장수단; 및 측정유체가 상기 검출파이프부재로 흐를 때 상기 위상지연 검출수단에 의해 얻어진 상기 제 2 마이크로파 수신신호의 제 2 위상지연 및 상기 저장수단에 저장된 제 1 위상지연 데이터에 근거하여 상기 제 1 마이크로파 수신신호와 상기 제 2 마이크로파 수신신호 사이의 위상차를 산출하기 위한 위상차 검출수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 18

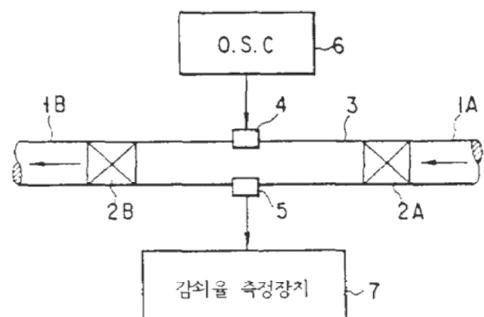
제11항에 있어서, 상기 보정부가 기준유체의 제 1 전도도와 측정유체의 제 2 전도도 사이의 차이에 근거하여 상기 위상차를 보정하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

청구항 19

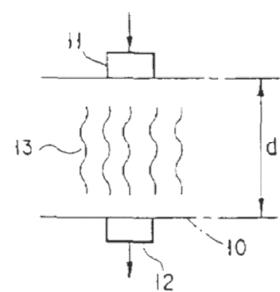
제11항에 있어서, 상기 보정부가 기준유체의 제 1 온도와 측정유체의 제 2 온도 사이의 차이에 근거하여 상기 위상차를 보정하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로파를 이용한 농도계.

도면

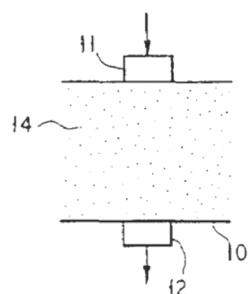
도면1



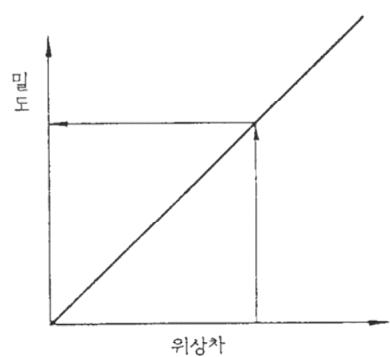
도면2



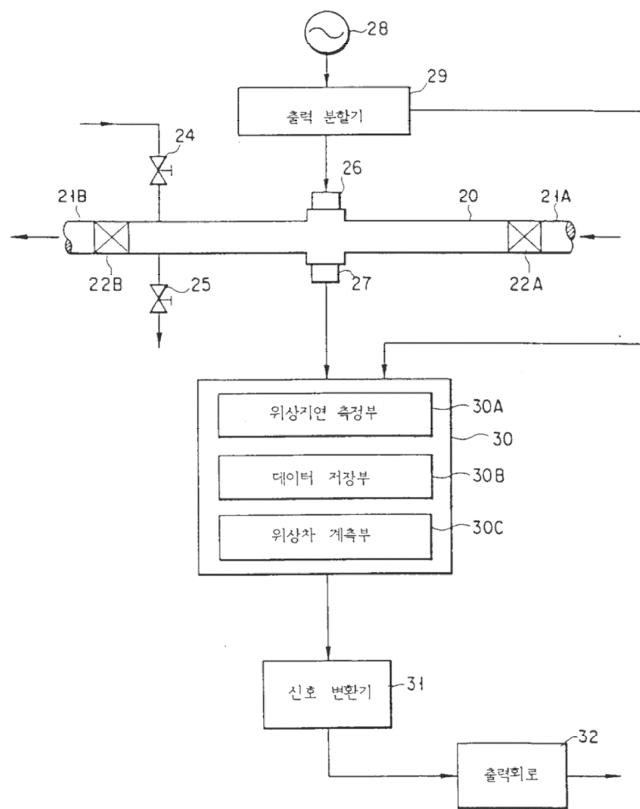
도면3



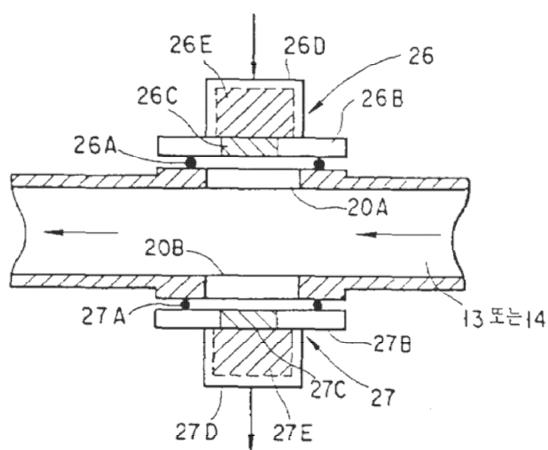
도면4



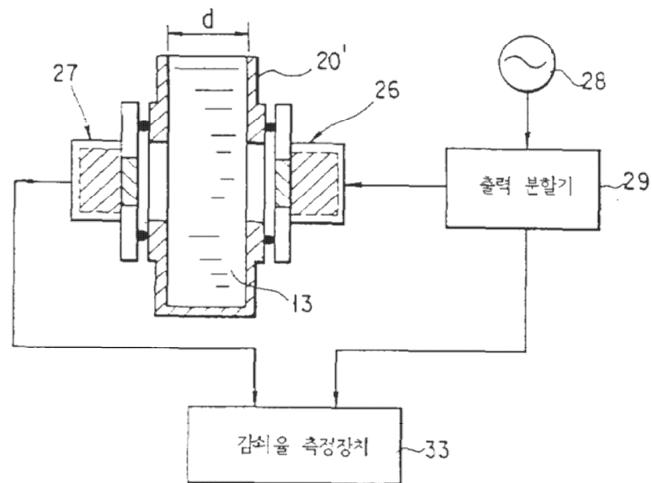
도면5



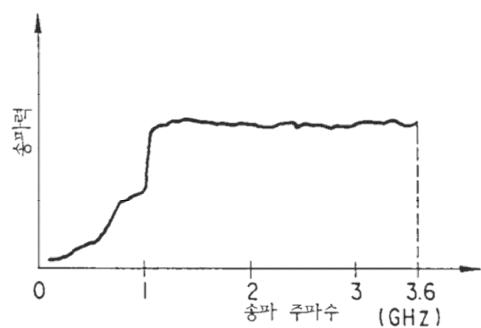
도면6



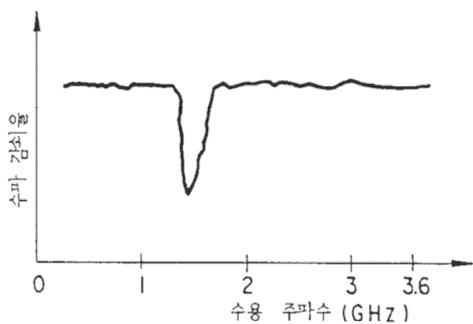
도면7



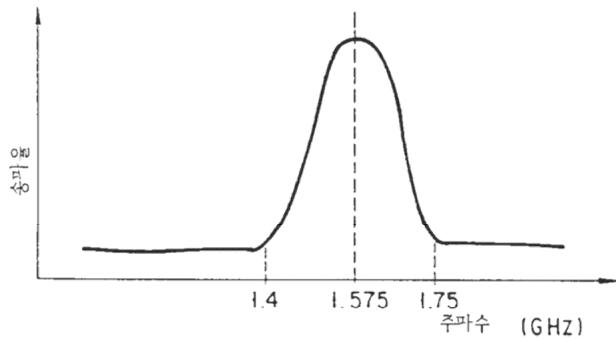
도면8



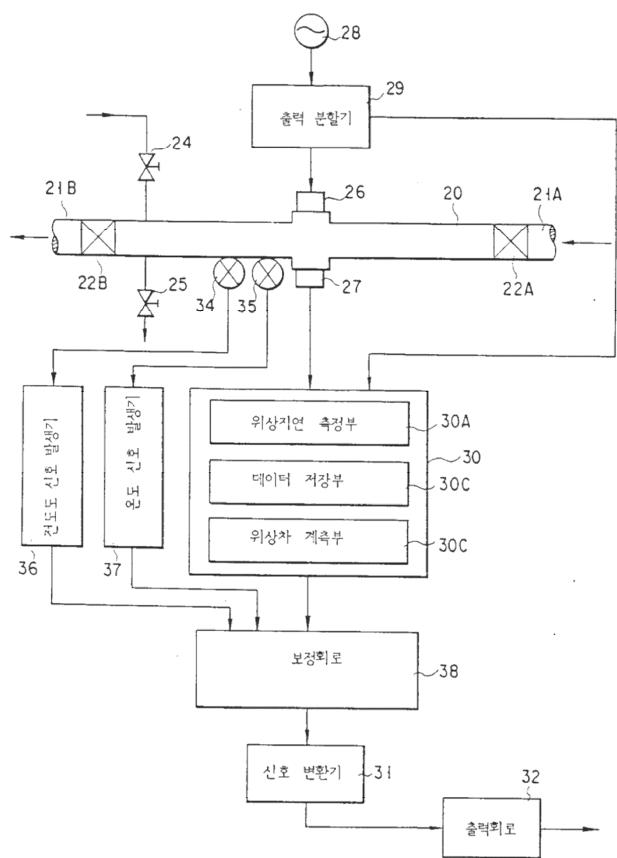
도면9



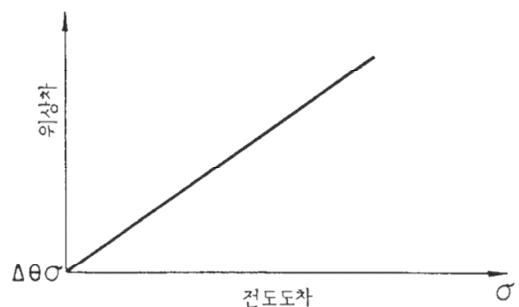
도면10



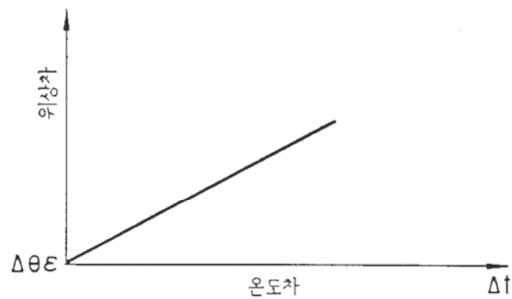
도면11



도면12



도면 13



도면 14

