



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0128554  
(43) 공개일자 2016년11월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 13/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 13/02 (2013.01)

G01N 2013/0208 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0060006

(22) 출원일자 2015년04월28일

심사청구일자 2015년04월28일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

배위섭

서울특별시 광진구 능동로4길 40 B동 501호 (자양동, 이튼타워리버5차)

아셈 쿠르니아 퍼마디

서울특별시 광진구 능동로 209 세종대학교 영실관 506호 (군자동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이은철, 변형철

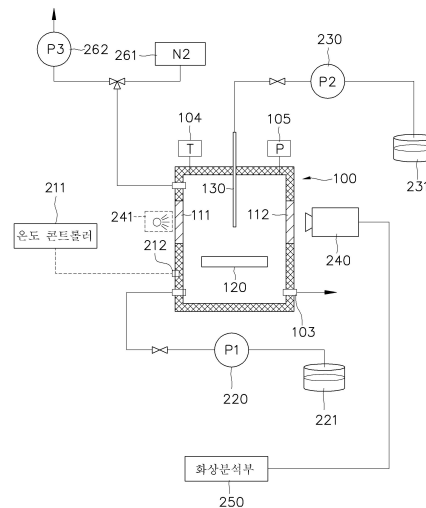
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 오일의 계면 특성 분석장치 및 그 방법

### (57) 요약

본 발명은 스팀(steam)을 이용하여 증유 또는 역청을 회수하는 방법(EOR)에서 다양한 온도와 압력의 스팀 분위기에서 오일의 계면 특성을 분석하기 위한 장치에 관한 것으로, 투시창(111)(112)을 갖는 기밀구조로써, 내측 하부에 수평하게 마련되어 유적이 착지하게 되는 착지판(120)과, 상기 착지판(120) 상단에 위치하여 외부에서 공급된 오일의 배출이 이루어지는 모세관(130)을 갖는 관찰셀(100)과; 상기 관찰셀(100)을 가열하기 위한 히팅부(211)(212)와; 상기 관찰셀(100) 내에 스팀원으로써 액체를 공급하게 되는 액체 공급펌프(220)와; 상기 모세관(130)에 오일을 공급하게 되는 오일 공급펌프(230)와; 상기 투시창을 통해 관찰셀(100) 내부의 액적 이미지를 획득하는 이미지 획득부(240)와; 상기 이미지 획득부(240)로부터 전달된 이미지를 분석하여 오일의 계면장력과 상기 착지판(120)에 탄착된 오일의 접촉각을 산출하게 되는 화상분석부(250);를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**마디 압둘라 나설**

서울특별시 광진구 능동로 209 세종대학교 영실관  
506호 (군자동)

**김성일**

강원도 춘천시 지석로 29, 517동 704호 (석사동, 휴  
먼타운아파트)

**권용훈**

서울특별시 노원구 상계로23다길 13-8 101동 701  
호 (상계동, 노원아이파크)

**민병언**

경기도 안양시 만안구 안양천서로 245 124동 807  
호 (안양동, 진흥아파트)

**팜 후이 타이**

서울특별시 광진구 능동로 209 세종대학교 영실관  
506호 (군자동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415136969

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가원

연구사업명 에너지자원융합핵심기술개발

연구과제명 CO2-EOR 파일럿테스트(1천톤급)를 통한 CO2 지중저장 연계기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2012.11.01 ~ 2015.10.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

투시창을 갖는 기밀구조로써, 내측 하부에 수평하게 마련되어 유적이 착지하게 되는 착지판과, 상기 착지판 상단에 위치하여 외부에서 공급된 오일의 배출이 이루어지는 모세관을 갖는 관찰셀과;

상기 관찰셀을 가열하기 위한 히팅부와;

상기 관찰셀 내에 스팀원으로써 액체를 공급하게 되는 액체 공급펌프와;

상기 모세관에 오일을 공급하게 되는 오일 공급펌프와;

상기 투시창을 통해 관찰셀 내부의 액적 이미지를 획득하는 이미지 획득부와;

상기 이미지 획득부로부터 전달된 이미지를 분석하여 오일의 계면장력과 상기 착지판에 탄착된 오일의 접촉각을 산출하게 되는 화상분석부;를 포함하는 오일의 계면 특성 분석장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 투시창은 관찰셀의 서로 대향하는 면에 한 쌍으로 구성됨을 특징으로 하는 오일의 계면 특성 분석장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 히팅부는,

상기 관찰셀에 삽입 고정되는 복수 개의 카트리지 히터와;

상기 카트리지 히터에 인가되는 전류를 조절하게 되는 콘트롤러;를 포함하는 오일의 계면 특성 분석장치.

#### 청구항 4

제1항 내지 도 3항의 분석장치를 이용한 오일의 계면 특성 분석방법에 있어서,

상기 히팅부를 이용하여 상기 관찰셀을 일정 온도까지 가열하는 제1단계와;

상기 액체 공급펌프를 이용하여 상기 관찰셀 내에 액체를 공급하여 관찰셀 내부를 포화증기압까지 스팀을 발생시키는 제2단계와;

상기 오일 공급펌프를 이용하여 상기 모세관에 오일을 공급하여 포화증기압 상태의 관찰셀 내에 유적을 발생시켜 오일 형상의 이미지를 획득하는 제3단계와;

획득된 오일 형상의 이미지를 이용하여 오일의 표면 장력 또는 접촉각을 산출하게 되는 제4단계;를 포함하는 오일의 계면 특성 분석방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 시간 경과에 따른 오일의 표면 장력 또는 접촉각 변화를 추적하여 데이터화하는 제5단계를 더 포함하는 오일의 계면 특성 분석방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 스팀(steam)을 이용하여 중유 또는 역청을 회수하는 방법(EOR)에서 다양한 온도와 압력의 스팀 분위기에서 오일의 계면 특성을 분석하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0001]

## 배경 기술

- [0002] 오일 또는 가스 회수증진 기법(tertiary production)은 일반적인 일차 생산(primary recovery)이나 이차 생산(secondary recovery) 후에도 회수가 어려운 저류층으로부터 오일 또는 가스를 회수하는 것을 말한다. 이러한 오일 또는 가스 저류층의 회수증진을 위해서는 계면활성제 주입, 폴리머 주입, 이산화탄소 주입, 추가 시추, 수압파쇄 등의 다양한 기법이 사용된다.
- [0003] 한편, 열수 주입(hot-water injection)과 같이 오일 리저버(reservoir) 암석 표면과 브라인(brine)/원유/암석 시스템에서 비혼화 유체 상(phase)들 사이의 원유 계면 특성을 조사하기 위한 다양한 실험기법이 사용되고 있으며, 반면에, 브라인(brine)/원유/암석 시스템에서 스팀 주입(steam injection)에 대한 계면 특성의 연구는 미흡한 실정이다.
- [0004] 이에 본 발명은 스팀 주입을 이용한 중유 등의 역청(bitumen) 회수 시에 고온/고압에서 암석 시스템의 습윤성(wettability)을 모의하여 실험할 수 있는 분석장치를 개발하여 본 출원을 하는 것이다.

## 선행기술문헌

- [0005] 공개특허공보 제10-2014-0109477호(공개일자: 2014.09.15)
- [0006] 등록특허공보 제10-1452930호(공고일자: 2014.10.22)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 고온/고압의 조건의 스팀 분위기에서 암석 시스템의 습윤성(wettability)을 모의하여 실험할 수 있는 오일의 계면 특성을 위한 분석장치 및 그 방법을 제공하고자 하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 오일의 계면 특성 분석장치는, 투시창을 갖는 기밀구조로써, 내측 하부에 수평하게 마련되어 유체가 착지하게 되는 착지판과, 상기 착지판 상단에 위치하여 외부에서 공급된 오일의 배출이 이루어지는 모세관을 갖는 관찰셀과; 상기 관찰셀을 가열하기 위한 히팅부와; 상기 관찰셀 내에 스팀 원으로써 액체를 공급하게 되는 액체 공급펌프와; 상기 모세관에 오일을 공급하게 되는 오일 공급펌프와; 상기 투시창을 통해 관찰셀 내부의 액적 이미지를 획득하는 이미지 획득부와; 상기 이미지 획득부로부터 전달된 이미지를 분석하여 오일의 계면장력과 상기 착지판에 탄착된 오일의 접촉각을 산출하게 되는 화상분석부;를 포함한다.
- [0009] 바람직하게는, 상기 투시창은 관찰셀의 서로 대향하는 면에 한 쌍으로 구성됨을 특징으로 한다.
- [0010] 바람직하게는, 상기 히팅부는, 상기 관찰셀에 삽입 고정되는 복수 개의 카트리지 히터와; 상기 카트리지 히터에 인가되는 전류를 조절하게 되는 콘트롤러;를 포함한다.
- [0011] 다음으로, 본 발명의 분석장치를 이용한 오일의 계면 특성 분석방법은, 상기 히팅부를 이용하여 상기 관찰셀을 일정 온도까지 가열하는 제1단계와; 상기 액체 공급펌프를 이용하여 상기 관찰셀 내에 액체를 공급하여 관찰셀 내부를 포화증기압까지 스팀을 발생시키는 제2단계와; 상기 오일 공급펌프를 이용하여 상기 모세관에 오일을 공급하여 포화증기압 상태의 관찰셀 내에 유적을 발생시켜 오일 형상의 이미지를 획득하는 제3단계와; 획득된 오일 형상의 이미지를 이용하여 오일의 표면 장력 또는 접촉각을 산출하게 되는 제4단계;를 포함한다.
- [0012] 바람직하게는, 시간 경과에 따른 오일의 표면 장력 또는 접촉각 변화를 추적하여 데이터화하는 제5단계를 더 포함한다.

## 발명의 효과

- [0013] 본 발명의 오일 계면 특성 분석장치는, 고온/고압의 조건의 스팀 분위기에서 암석 시스템의 습윤성(wettability)을 모의하여 중유 등의 고점도 역청의 효과적인 회수를 위한 오일 계면 특성을 정확히 분석할 수 있는 효과가 있다.

## 도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명에 따른 오일의 계면 특성 분석장치의 전체 구성도,  
 도 2는 본 발명에서 관찰셀의 종단면 구조를 보여주는 사시도,  
 도 3은 본 발명에 있어서 관찰셀 내부의 포화증기압 상태 곡선을 보여주는 도면,  
 도 4의 (a)(b)는 본 발명의 분석장치를 이용한 오일 계면특성의 분석예를 보여주는 도면,  
 도 5의 (a)(b)는 각각 본 발명의 분석장치를 이용한 오일 표면 장력 결과를 보여주는 사진과 그래프,  
 도 6의 (a)(b)(c)는 본 발명의 분석장치를 이용한 접촉각 결과를 보여주는 사진들과 그래프.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0016] 한편, 본 명세서에서 사용하는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서 "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0017] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부 도면을 참고하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0018] 중유 등과 같이 점도가 높은 역청(bitumen)의 회수 시에 스팀을 주입하는 것이 매우 효과적인 것이 알려져 있지만, 이에 대한 구체적인 기작이나 이론적인 근거에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 본 발명은 이러한 고온/고압 조건의 스팀 분위기에서 상대 투과도의 중요 인자인 암석 표면의 습윤도를 모의하여 분석할 수 있는 장치를 제공하고자 하는 것이며, 이러한 암석 시스템의 습윤성은 대상 암석 표면의 계면 특성(표면 장력, 접촉각)을 통해 이루어질 수 있을 것이다.
- [0019] 구체적으로, 도 1을 참고하면, 본 발명의 분석장치는, 고온/고압에서 기밀유지가 가능한 관찰셀(100)과, 관찰셀(100) 내부를 가열하기 위한 히팅부(211)(212)와, 관찰셀(100) 내에 스팀원으로써 액체를 공급하게 되는 액체 공급펌프(220)와, 상기 관찰셀(100) 내에 오일 유적을 공급하게 되는 오일 공급펌프(230)와, 관찰셀(100) 내부의 액적 이미지를 획득하는 이미지 획득부(240)와; 이미지 획득부(240)로부터 전달된 이미지를 이용하여 오일 계면특성의 분석이 이루어지는 화상분석부(250);를 포함한다.
- [0020] 관찰셀(100)은 서로 대향하여 한 쌍의 투시창(111)(112)이 마련되며, 내측 하부에 수평하게 마련되어 유적이 차지하게 되는 착지판(120)과, 착지판(120) 상단에 위치하여 외부에서 공급된 오일의 배출이 이루어지는 모세관(130)을 포함한다.
- [0021] 본 발명에서 착지판(120)은 대상 암석 시편으로써 석영 플레이트가 사용된다.
- [0022] 도면부호 103은 관찰셀(100) 내에서 응축된 액체를 배출하기 위한 배수포트이다. 도면부호 104 및 105는 각각 관찰셀 내부의 온도와 압력을 표시하는 온도검출수단과 압력검출수단이다.

- [0023] 구체적으로, 도 2에 예시된 것과 같이, 관찰셀(100)은 중공 형상의 용기몸체(101)와, 용기몸체(101) 상부에 볼트 조립되는 커버(102)를 포함하며, 중공부 하단에는 착지판(120)이 마련되고 커버(102)는 모세관(130)이 관통되어 고정된다.
- [0024] 용기몸체(101)의 좌우 측에는 각각 수평하게 관통 형성된 투시창 조립홀이 형성되며, 투시창 조립홀에 투시창(111)(112)과 고정플랜지(113)(114)가 차례로 조립된다. 한편, 고정플랜지는 외주면에 나사산이 형성되어 투시창 조립홀과 나사 조립되어 고정될 수 있으며, 또는 별도의 조립볼트에 의해 용기몸체에 고정될 수 있다.
- [0025] 용기몸체(101) 하단에는 유적이 착지하게 되는 착지판(120)이 마련되며, 바람직하게는, 착지판(120)은 나사(123)에 의해 조립이 이루어지는 한 쌍의 원형 디스크(121)(122)로 구성된다.
- [0026] 커버(102)는 모세관(130)이 관통하여 조립되며, 모세관(130) 하단부는 착지판(120) 상부에 위치하게 된다. 용기몸체(101)와 커버(102)는 복수의 볼트에 의해 조립이 이루어질 수 있으며, 조립면 사이에는 기밀을 유지할 수 있도록 주지의 O링이 삽입될 수 있다.
- [0027] 본 실시예에서 용기몸체(101)와 커버(102)는 복수의 히터조립 홀(101a)(102a)을 보여주고 있으며, 각 히터조립 홀(101a)(102a)에 카트리지 히터(cartridge heater)가 내설되어 관찰셀(100)의 온도 조절이 이루어질 수 있다.
- [0028] 다시 도 1을 참고하면, 히팅부(211)(212)는 관찰셀(100) 내부의 온도 조절을 위한 것으로써, 온도 콘트롤러(211)와, 온도 콘트롤러(211)와 인가되는 전류의 조절이 이루어져 발열이 이루어지는 카트리지 히터(212)에 의해 제공될 수 있다. 한편, 카트리지 히터(212)는 관찰셀에 복수 개가 배치되어 관찰셀(100) 내부를 고온 상태로 균일하게 유지할 수가 있다.
- [0029] 액체 공급펌프(220)는 관찰셀(100) 내에 스팀원으로서 액체를 공급하게 되며, 예를 들어, 액체는 물일 수가 있으며, 물이 저장되는 저수조(221)가 마련될 수 있다.
- [0030] 오일 공급펌프(230)는 모세관(130)에 오일을 공급하기 위한 것으로써, 오일이 저장되는 오일챔버(231)를 포함할 수 있다.
- [0031] 이러한 액체 공급펌프와 오일 공급펌프는 관찰셀 내에 정량의 유체를 정확하게 공급할 수 있는 실린지 펌프(syringe pump)에 의해 제공될 수 있으며, 유체의 역류를 방지하기 위하여 배관에 체크밸브가 마련될 수 있다.
- [0032] 이미지 획득부(240)는 투시창(112)을 통하여 관찰셀(100) 내부의 액적 이미지를 획득하기 위한 것으로써, 주지의 카메라가 사용될 수 있다. 한편, 다른 투시창(111)에는 조명기구(241)가 배치되어 정확하고 선명한 이미지 정보를 얻을 수가 있을 것이다.
- [0033] 화상분석부(250)는 이미지 획득부(240)로부터 전달된 관찰셀(100) 내부의 액적 이미지가 전달되며, 이를 분석하여 오일의 계면장력과 착지판(120)에 탄착된 오일의 접촉각(contact angle) 산출이 이루어지며, 이러한 과정은 액적 이미지에 대한 이미지 처리 알고리즘에 의해 이루어질 수 있다. 이에 대한 구체적인 사항은 관련 도면을 참고하여 다시 설명한다.
- [0034] 도면부호 261과 262는 각각 질소 가스가 저장되는 질소탱크와 진공을 발생시키는 진공펌프이며, 실험의 실시 전에 사전 작업으로써 질소탱크와 진공펌프를 이용하여 관찰셀 내부의 클리닝(cleaning)이 이루어질 수 있다.
- [0035] 이와 같이 구성된 본 발명의 분석장치를 이용한 오일 계면 특성 분석 과정을 살펴보면, 먼저 실험 전에 관찰셀(100)의 클리닝 작업이 이루어진 후에 히팅부(211)(212)에 의해 관찰셀(100)을 일정 온도(대략 138℃)까지 가열한다.
- [0036] 다음으로, 액체 공급펌프(220)를 이용하여 관찰셀(100) 내에 일정 유량의 물을 주입하게 되며, 관찰셀(100) 내에 주입된 물은 내부에서 증발되고 이러한 과정은 관찰셀(100) 내부가 일정 포화증기압 상태까지 진행된 후에 실험이 이루어진다(도 3 참고).
- [0037] 이후 관찰셀 내의 포화증기압 상태에서 오일 공급펌프(230)에 의해 관찰셀(100)의 모세관(130)에 오일 공급이 이루어지며, 이때 모세관(130) 끝단에 유적이 매달린 상태에서 수적법(pendant drop method)에 의해 오일의 표면 장력 측정이 이루어질 수 있다.
- [0038] 다음으로 모세관(130) 끝단에서 오일이 자유 낙하하여 착지판(120) 표면에 떨어지며, 착지판(120) 표면에 떨어진 유적은 소정의 각도를 갖고 평형 상태에 도달하게 되며, 이때 유적의 접촉각(contact angle)을 측정하게 된다.

[0039] 도 4의 (a)(b)는 본 발명의 분석장치를 이용한 오일의 계면특성을 분석예를 보여주는 도면으로써, (a)는 오일의 표면 장력을 구하는 것을 보여주고 있으며, (b)는 오일의 접촉각(contact angle)을 구하는 것을 보여주고 있다.

[0040] 도 4의 (a)를 참고하면, 본 발명의 분석장치는 수적법(pendant drop method)을 이용하여 오일의 표면 장력을 구할 수 있으며, 모세관(130) 끝단에 매달린 오일(10) 형상으로부터 다음의 [수학식 1]에 의해 오일의 표면 장력( $\gamma$ )을 구할 수 있다.

[0041] [수학식 1]

$$\gamma = \frac{\Delta \rho g R_0^2}{\beta}$$

[0042]

[0043] [수학식 1]에서  $\Delta \rho$ 는 오일과 오일을 감싸는 증기의 밀도차이며,  $g$ 는 중력가속도이며,  $R_0$ 와  $\beta$ 는 다음의 [수학식 2]와 같이 표현되는 실험식이다.

[0044] [수학식 2]

$$\beta = 0.12836 - 0.7577s + 1.7713s^2 - 0.5426s^3$$

$$R_0 = \frac{de}{2(0.9987 + 0.1971\beta - 0.073\beta^2 + 0.34708\beta^3)}$$

$$s = \frac{ds}{de}$$

[0045]

[0046] [수학식 2]에서  $de$ 는 오일 유적의 최대 지름이며,  $ds$ 는 수직거리  $de$ 에서의 오일 유적의 수평 지름이며,  $\beta$ 와  $R_0$ 는  $S$ 의 함수로써 실험적으로 결정된 실험식이다.

[0047] 이와 같이 모세관(130) 끝단의 오일 유적의 형상으로부터  $ds$ 와  $de$ 를 구하여 오일의 표면 장력을 얻을 수 있다.

[0048] 다음으로, 도 4의 (b)를 참고하면, 착지판(120)에 탄착된 오일 유적(10)의 접촉각은 착지판(120)과의 접촉점에서의 접선과 착지판의 평면이 이루는 각도에 의해 측정이 이루어진다.

[0049] 도 5의 (a)(b)는 각각 본 발명의 분석장치를 이용한 오일 표면 장력 결과를 보여주는 사진과 그래프로써, 특히 (b)는 관찰셀 내부 온도가 138℃이며 포화압력이 50 psia에서 시간 경과에 따른 표면 장력 변화를 보여주고 있으며, 시간이 경과함에 따라서 오일의 표면 장력이 작아지는 것을 확인할 수 있다.

[0050] 다음으로, 도 6의 (a)(b)(c)는 본 발명의 분석장치를 이용한 접촉각 결과를 보여주는 사진들과 그래프로써, (a)와 (b)는 관찰셀 내부 온도 138℃, 포화압력 50 psia에서 5초 경과된 시점과 10020초 경과된 시점의 접촉각을 보여주는 사진이며, (c)는 동일 조건에서의 오일 접촉각의 변화를 보여주는 그래프이다. 도 6의 (c)에서 알 수 있듯이, 시간이 경과함에 따라서 접촉각이 작아지는 것을 확인할 수 있다.

[0051] 이와 같이 스팀에 노출된 암석 시스템은 초기에 오일 습윤(oil wet) 특성이 시간이 경과함에 따라서 워터 습윤(water wet) 특성으로 변화됨을 알 수 있으며, 따라서 중유와 같이 점성이 큰 역청 회수 시에 스팀 주입에 의해 상대 투과도가 증가하여 회수 효율이 높아질 수 있음을 알 수 있다.

[0052] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

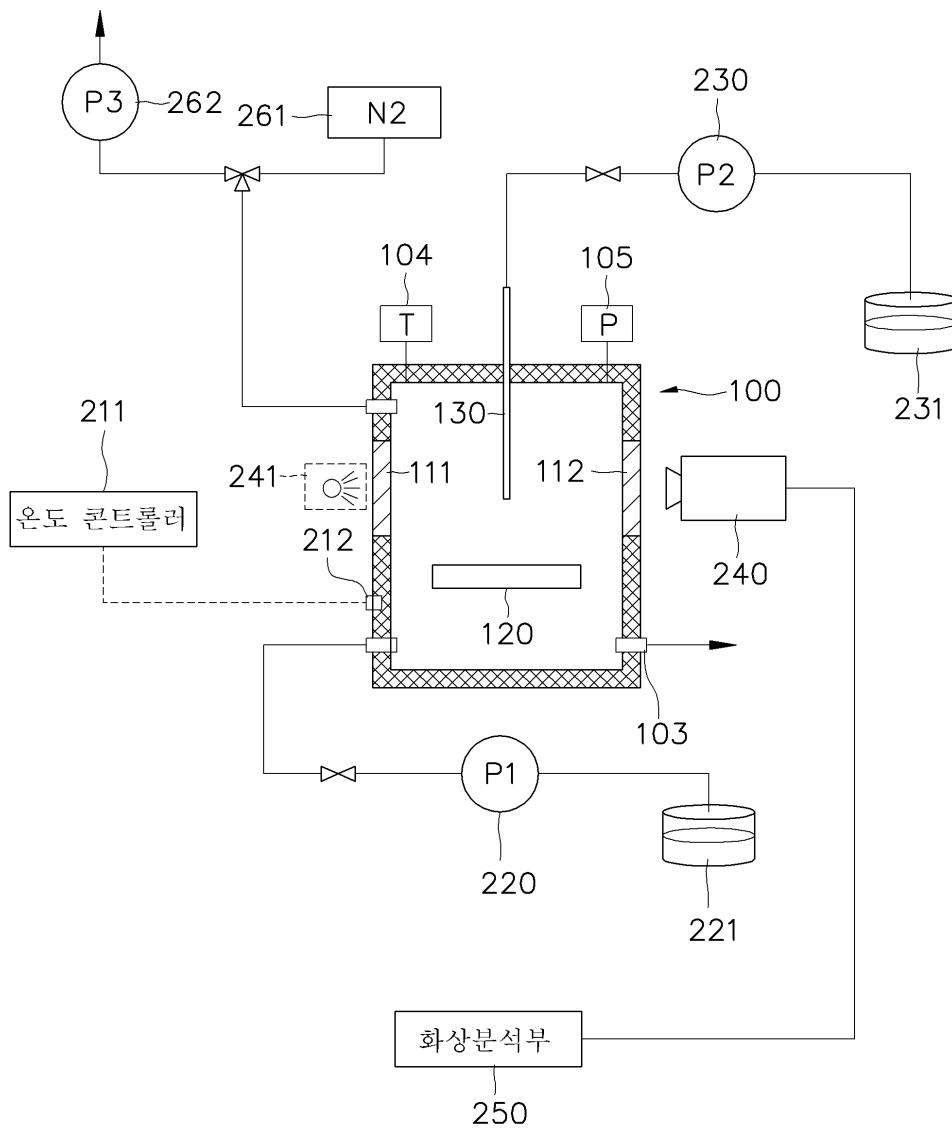
## 부호의 설명

[0053]

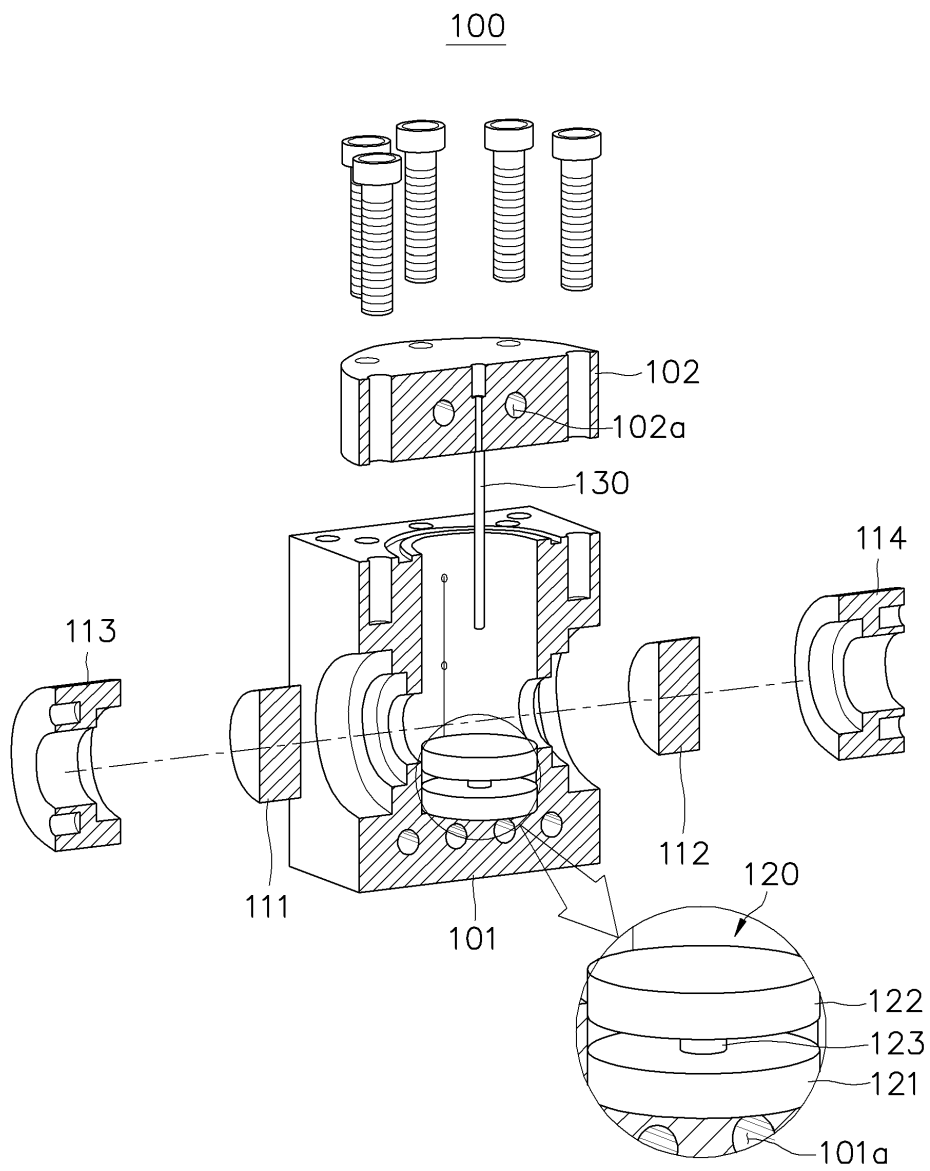
100 : 관찰셀 111, 112 : 투시창  
120 : 착지판 130 : 모세관  
211 : 온도 콘트롤러 212 : 카트리지 히터  
220 : 액체 공급펌프 230 : 오일 공급펌프  
240 : 이미지 획득부 250 : 화상분석부

## 도면

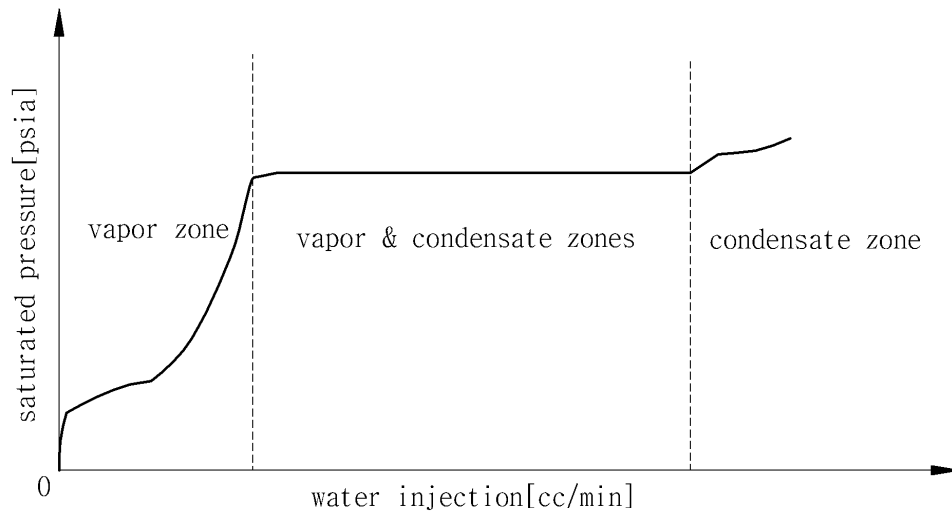
### 도면1



도면2

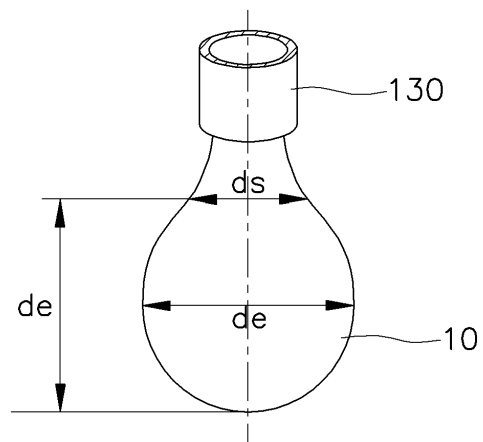


도면3

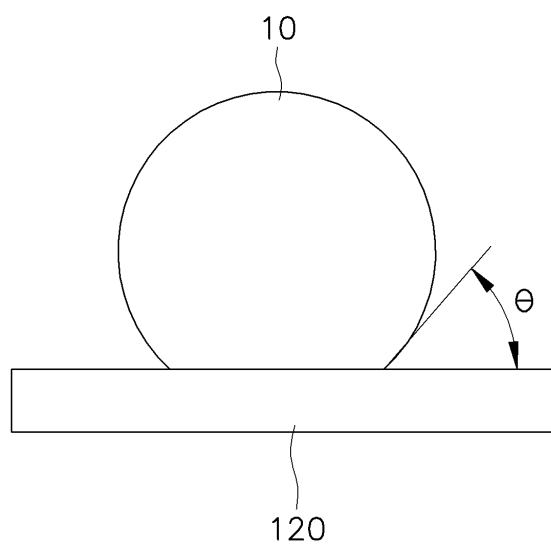


도면4

(a)



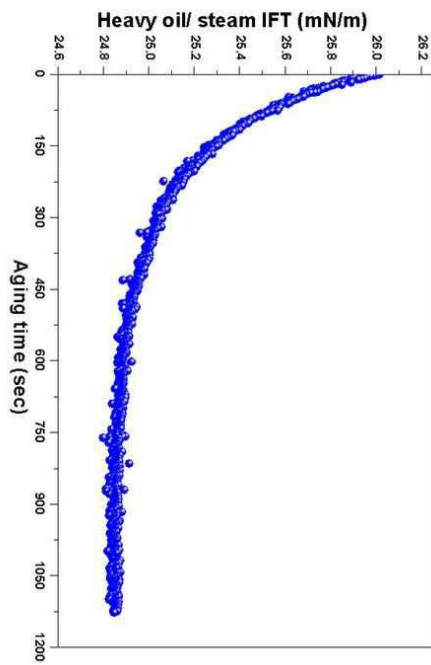
(b)



도면5



(a)



(b)

도면6

