



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월27일
(11) 등록번호 10-1643346
(24) 등록일자 2016년07월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/01 (2006.01) G01N 11/02 (2006.01)
G01N 21/05 (2006.01) G01N 21/85 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/01 (2013.01)
G01N 11/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0014239
(22) 출원일자 2015년01월29일
심사청구일자 2015년01월29일
(56) 선행기술조사문헌
JP2009058441 A*
KR1020100068090 A*
KR101248531 B1
박보경 등, '공극규모에서 지중저장 이산화탄소의 거동 가시화를 위한 마이크로 모델의 개발과 적용', 대한지질학회 학술대회, 99쪽
(2014.10.30.)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
왕수균
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교 환경해양
대학 에너지자원공학과 (대연동)
김선옥
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교 환경해양
대학 에너지자원공학과 (대연동)
(74) 대리인
특허법인 신태양

전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 박준영

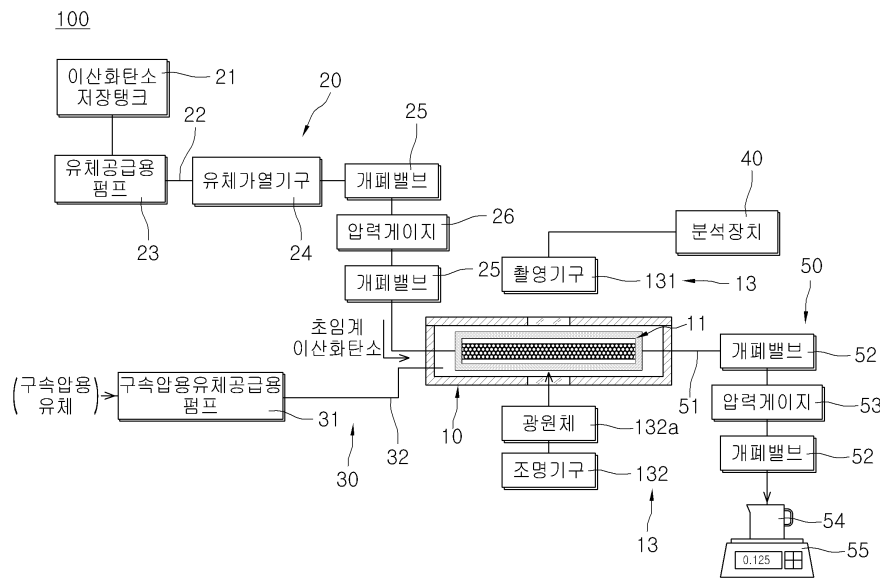
(54) 발명의 명칭 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템

(57) 요약

본 발명은 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템을 제공한다. 이와 같은 본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템은 설정된 다양한 온도와 압력 조건에서의 유체의 미세 거동이 정확하고 정밀하게 관찰되어 분석될 수 있고, 특히 이산화탄소 지중저장을 위한 이산화탄소 거동예측 분석에 적용되어 지하 심부의 지질구조

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



와 압력/온도 조건이 효과적으로 모델링되는 동시에 초임계 이산화탄소의 미세 거동이 정확하고 정밀하게 가시화되어 분석될 수 있는 기술적 특징을 갖는다.

본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템은 복수개의 비드(bead)가 수용된 내부공간을 갖는 마이크로모델 블록체가 밀폐된 유체수용공간에 배치되고, 마이크로모델 블록체의 내부공간을 관찰하기 위한 관측용 장치유닛이 구비되는 유체거동 검출장치와; 유체거동 검출장치의 마이크로모델 블록체에 연결되고, 마이크로모델 블록체의 내부공간으로 분석대상 유체를 공급하는 분석대상 유체 공급장치와; 유체거동 검출장치의 유체수용공간에 연결되어 유체수용공간으로 구속압용 유체를 공급하는 구속압용 유체 공급장치와; 유체거동 검출장치의 관측용 장치유닛으로부터 분석대상 유체가 통과하는 마이크로모델 블록체의 내부공간 관찰정보를 전달받아 분석대상 유체의 거동특성을 분석하게 되는 분석장치를 포함하여, 유체거동 검출장치의 유체수용공간으로 공급되는 구속압용 유체에 의해 고압상태에 놓인 마이크로모델 블록체의 내부공간으로 분석대상 유체가 공급되면서 분석대상 유체의 거동특성이 분석될 수 있도록 한다.

(52) CPC특허분류

G01N 21/05 (2013.01)

G01N 21/85 (2013.01)

G01N 2021/058 (2013.01)

이민희

부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교 환경해양
대학 지구환경과학과

(72) 발명자

박보경

부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교 환경해양
대학 에너지자원공학과 (대연동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 CD20141049

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지자원융합원천기술개발

연구과제명 포항분지 해상 소규모 CO2 주입실증 프로젝트

기 여 율 1/1

주관기관 공주대학교

연구기간 2013.08.01 ~ 2016.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

투명 케이싱(111)의 내부공간(11a)에 복수개의 비드(bead)(112)와 공극수인 염수가 수용되는 구조의 마이크로모델 블록체(11)가 밀폐된 유체수용공간(14)에 배치되고, 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)을 관찰하기 위한 관측용 장치유닛(13)이 구비되되, 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a) 입구부가 "<" 형상으로 이루어지고, 내부공간(11a) 출구부가 ">" 형상으로 이루어지며, 마이크로모델 블록체(11)의 양단부에 분석대상 유체인 이산화탄소가 유입되는 유입관(113)과 분석대상 유체와 공극수가 배출되는 배출관(114)이 연결되는 유체거동 검출장치(10)와;

유체거동 검출장치(10)의 마이크로모델 블록체(11)에 연결되고, 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)으로 분석대상 유체를 공급하는 분석대상 유체 공급장치(20)와;

유체거동 검출장치(10)의 유체수용공간(14)에 연결되어 유체수용공간(14)으로 구속압용 유체인 물을 공급하되, 구속압용 유체 공급용 펌프(31)와 유체배관(32)을 통해 유체거동 검출장치(10)의 유체수용공간(14)으로 물이 공급되어 마이크로모델 블록체(11)에 고압 조건의 구속압을 부과하게 되는 구속압용 유체 공급장치(30)와;

마이크로모델 블록체(11) 출구부의 배출관(114)에 연결되는 드레인(51), 드레인(51) 상에 설치되는 개폐밸브(52), 마이크로모델 블록체(11)로부터 배출되는 분석대상 유체와 공극수의 압력을 측정하게 되는 압력계이지(53), 드레인(51)의 끝단부 하측으로 설치되어 드레인(51)으로부터 배출되는 공극수의 중량이 측정될 수 있도록 하는 공극수 수용용기(54)와 계량기(55)를 포함하되, 개폐밸브(52)는 개폐동작하여 마이크로모델 블록체(11)로부터의 분석대상 유체와 공극수의 배출을 제어하게 되는 배출장치(50)와;

유체거동 검출장치(10)의 본체 케이싱(10a) 외부를 감싸는 히팅재킷(60a)으로 이루어지고, 마이크로모델 블록체(11)로 열을 전달하게 되는 발열장치(60)와;

유체거동 검출장치(10)의 관측용 장치유닛(13)으로부터 분석대상 유체가 통과하는 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간 관찰정보를 전달받아 분석대상 유체의 거동특성을 분석하게 되는 분석장치(40)를 포함하여,

유체거동 검출장치(10)의 유체수용공간(14)으로 공급되는 구속압용 유체에 의해 고압상태에 놓인 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)으로 분석대상 유체가 공급되면서 분석대상 유체의 거동특성이 분석될 수 있도록 하되,

유체거동 검출장치(10)는,

마이크로모델 블록체(11)와 구속압용 유체인 물이 배치되는 유체수용공간(14)을 상측으로 개방되게 형성시키고, 길이방향 양단부를 이루는 측벽에 유입관(113)과 배출관(114)이 관통하는 관통공이 형성되며, 관통공에 유체수용공간(14)에 수용된 구속압용 유체의 누출이 방지되도록 패킹 링이 설치되고, 유체수용공간(14)의 중앙부에 배치되는 마이크로모델 블록체(11)의 위치에 맞추어 저면 중앙부에 형성되는 투명창(15)과 저면 길이방향 전방부와 후방부에 각각 형성되는 보조 투명창(16)을 구비하되, 투명창(15)과 보조 투명창(16)은 고압에 견딜 수 있는 강화유리소재로 이루어지는 본체 케이싱(10a)과; 본체 케이싱(10a) 상면에 착탈가능하게 고정되고, 유체수용공간(14)의 중앙부에 배치되는 마이크로모델 블록체(11)의 위치에 맞추어 중앙부에 형성되는 투명창(15)과 길이방향 전방부와 후방부에 각각 형성되는 보조 투명창(16)을 구비하되, 투명창(15)과 보조 투명창(16)은 고압에 견딜 수 있는 강화유리소재로 이루어지는 커버체(10b)와; 마이크로모델 블록체(11) 외부로 둘러싸면서 마이크로모델 블록체(11)와 일체를 이루는 에폭시 블록체(12)를 포함하는 구성으로 이루어지고,

관측용 장치유닛(13)은,

커버체(10b)의 투명창(15) 상측에 배치되고, CCD 카메라로 이루어지며, 분석장치(40)와 연결되는 촬영기구(131)과; 본체 케이싱(10a)의 투명창(15)과 보조 투명창(16) 중에서 선택된 어느 하나의 하측에 배치되는 광원체(132a)를 구비하여 마이크로모델 블록체(11)에 광을 조사하게 되되, 광원체(132a)에서 조사되는 광의 세기와 광량이 조절가능하도록 하는 조명기구(132)를 포함하는 구성으로 이루어지고,

분석대상 유체 공급장치(20)는,

이산화탄소가 저장되는 이산화탄소 저장탱크(21)와; 이산화탄소 저장탱크(21)와 유체거동 검출장치(10)의 마이크로모델 블록체(11)를 연결시키는 유체배관(22)과; 유체배관 상에 설치되고, 이산화탄소를 설정압력으로 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)으로 투입시키게 되는 유체공급용 펌프(23)와; 유체배관 상에 설치되고, 이산화탄소를 가열하여 설정온도의 이산화탄소가 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)으로 투입되도록 하는 유체가열기구(24)와; 유체배관(22) 상에 설치되는 개폐밸브(25)와; 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로 투입되는 이산화탄소의 압력을 측정하게 되는 압력게이지(26)를 포함하는 구성으로 이루어져 초임계 이산화탄소에 대한 거동분석이 가능해지도록 하는 것을 특징으로 하는 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템에 관한 것으로, 좀더 구체적으로는 설정된 다양한 온도와 압력 조건에서의 유체의 미세 거동이 정확하고 정밀하게 관찰되어 분석될 수 있고, 특히 이산화탄소 지중저장을 위한 이산화탄소 거동예측 분석에 적용되어 지하 심부의 지질구조와 압력/온도 조건이 효과적으로 모델링되는 동시에 초임계 이산화탄소의 미세 거동이 정확하고 정밀하게 가시화되어 분석될 수 있는 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지구 대기 내에 급속도로 축적되는 온실가스(Greenhouse gas; GHG)는 지속적으로 지구의 평균온도를 높이고 있으며, 이러한 온난화 현상은 현재 우리 인류가 당면한 가장 시급한 환경 문제로 대두되고 있다. 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs) 및 육불화황(SF₆) 등 대기 중으로 배출되는 온실가스 중 이산화탄소는 그 방대한 배출 규모 때문에 온난화의 주범으로 지목되고 있으며, 이산화탄소 배출의 가장 주요한 원인은 산업혁명 이후 급속하게 증가된 화석연료의 사용으로 알려져 있다. 따라서 재생 가능한 청정에너지 시대로의 전환 이전까지 다양한 발생원으로부터 배출되는 이산화탄소의 저감과 발생된 이산화탄소에 대한 안전한 처리는 단순한 환경 문제가 아닌 시급한 사회정치경제적 현안으로 떠올랐으며, 그 해결책으로 지중저장(Geological sequestration), 해양저장(Ocean sequestration), 탄산염광물화(Mineral carbonation), 산업적 활용(Industrial utilization) 등 다양한 이산화탄소 처리 기법이 제안되고 활발한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 여기서 지중저장은 대규모로 포집된 이산화탄소를 도 1에서와 같이 육지나 해양저 800 m~수 km 심부에 존재하는 안정적인 지질구조 내에 주입하여 장기적으로 격리하는 기술이다. 범지구적인 탄소 순환(Carbon cycle) 내에서 가장 큰 규모를 차지하는 암권(Lithosphere) 내에는 이산화탄소를 저장할 수 있는 막대한 규모의 공극이 존재하며, 이산화탄소의 모체가 원천적으로는 암권 내에 존재하던 화석연료라는 점에서 암권 내 지질구조 속으로의 지중저장은 가장 자연스러운 저장 방안이라고 할 수 있다. 기술적으로도 심부 지층 속으로 이산화탄소 등 유체를 주입하는 기술은 이미 1990년대 이후 미국, 캐나다, 유럽연합 등 자원개발 기술선진국에서 석유 및 천연가스 개발 사업과 연계하여 활발히 개발되어 실제 현장에 적용되고 있는 상용화 기술로 그 활용성과 안정성이 입증되어 왔다.

- [0004] 이산화탄소를 심부 지질구조 속으로 저장하기 위해서 대상지층은 대규모로 주입되는 이산화탄소의 저장을 위한 최적의 조건을 제공할 수 있는 충분한 깊이(Depth), 충분한 크기의 공극률(Porosity)과 투과성(Permeability)을 지니고 있어야 하며, 저장대상 지층의 상부에는 부력에 의한 이산화탄소 이동을 억제할 수 있는 저투과성의 지층이 위치하고 있어야 한다. 저장 대상지층 내에서는 물리학적 및 지화학적 포획 기작으로 인하여 주입된 이산화탄소가 안정적으로 장기간 저장될 수 있어야 한다. 이러한 지질구조가 대규모의 이산화탄소 발생원과 근거리 에 위치한다면(Accessibility), 경제적으로 또한 환경적으로 유리한 조건을 지닐 수 있다. 그리고 지중저장의 수행을 위해서는 대중의 수용성(Public acceptance)이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.
- [0005] 이러한 지질/환경/사회적 조건을 갖춘 이상적인 지질구조는 지질시대에 걸쳐 안정적으로 석유나 천연가스를 저장하여 온 석유 또는 천연가스 저류층이다. 다공성의 퇴적암류 지층으로 이루어진 이들 저류층(Reservoirs)과 상부에 자리잡은 불투수성의 덮개암(Cap rocks)은 내부의 석유나 천연가스를 안전하게 보유함으로써 이산화탄소를 주입/저장하였을 경우에 대한 안정성을 입증하고 있다. 따라서 지중저장에 관한 연구의 초기부터 채굴이 끝난 유전/가스전(Depleted oil/gas reservoirs)이 일차적인 저장 대상지층으로 고려되었으며, 생산중인 유전/가스전에 이산화탄소를 주입하여 생산을 증진하고 이산화탄소 지중저장으로의 부수적 효과를 기대하는 Enhanced oil/gas recovery(EOR/EGR) 또한 많은 현장에서 적용되어 왔다. 그러나 이러한 이상적인 지질조건을 가진 저류층은 지역적으로 편중되어 존재하기 때문에 발생지와 저장지를 연결하기 위한 운송 과정에서 발생하는 비용과 환경적 우려가 문제점으로 떠올랐다.
- [0006] 이에 대하여 발전소, 제철공업단지 등 대규모의 이산화탄소 발생원으로부터 비교적 근거리에서 흔하게 발견될 수 있는 지질구조에 대한 관심이 대두되었으며 심부 대염수층(Deep saline aquifers)이 그 대안으로 연구되고 있다. 심부 대염수층은 지하 수 km 심부에 존재하는 사암 등 다공성의 퇴적암층으로, 내부의 공극수가 오랜 기간 흐름이 정체된 상태로 주변암석과 반응하여 염수화된 지층이다. 이러한 지질구조 중 상부에 셰일층 등 투과성이 매우 낮은 지층군이 존재하며 주변에 대규모의 균열 또는 단열이 존재하지 않는 지층은 석유/가스전에 비하여 상대적으로 넓은 지역에 걸쳐 분포하여 지중저장을 위한 후보지층으로 고려되고 있다. 이러한 대염수층의 공극을 채우고 있는 염수는 용해된 광물의 농도가 매우 높아 농업용으로 활용하거나 인간이 섭취하기에 적절치 않은 경제성 없는 지하수로서 막대한 규모의 지하공간을 차지하고 있다. 이러한 지하공간의 일부를 이산화탄소로 대체하여 주입하는 것이 대염수층 내 지중저장의 개념이다. 그러나 수 km 지하에 존재하는 심부 대염수층의 지질구조적 안정성에 대한 완벽한 조사에는 수많은 현실적 어려움이 수반되기 때문에 심부 대수층 내 이산화탄소 지중저장의 안정성과 신뢰성을 보장하기 위해서는 주입된 이산화탄소의 거동에 대한 탐사와 예측, 지중 주입된 이산화탄소의 일부가 천부 대수층이나 지표상으로 누출되었을 때 야기될 수 있는 잠재적 환경영향에 철저한 대비가 필요하며 이에 대한 다양한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.
- [0007] 여기서 지하 수 km 깊이의 심부 지질구조에 대한 구조적 취약성을 보완하여 안정적이고 효과적인 지중저장을 실현하기 위해서는 정교한 지층 특성화 및 평가 기술, 시추 및 주입 기술, 거동 예측 기술, 거동 관측 기술, 환경영향 평가 기술, 사후 관리 기술 등 여섯 분야의 요소 기술이 필요하다.
- [0008] 특히 거동예측기술은 고온고압하의 심부지층에 주입된 이산화탄소의 성상과 거동 특성 및 포획기작을 열적-수리학적-역학적-화학적 수치 모델을 통하여 예측하는 기술이다. 거동예측기술을 통하여 다양한 지중저장 조건 하에서 수치모델을 적용하여 주입 전후의 변화와 주입된 이산화탄소의 성상과 거동을 정량적으로 모의함으로써 효율적인 주입 시나리오 등 최적의 지중저장 시스템을 설계하고 잠재적인 환경영향에 대비한 대책 제시에 활용되고 있다. 이와 같은 이산화탄소 거동예측기술과 관련한 특허기술로는 대한민국 등록특허공보 등록번호 제10-1225508호 "이산화탄소 거동 모니터링 시스템 및 방법", 등록번호 제10-0964713호 "해양 전자탐사를 이용한 염수 대수층 내에서의 이산화탄소 거동을 모니터링하는 방법" 등이 안출되어 있는데, 이와 같은 종래의 이산화탄소 거동 모니터링 기술의 경우 지하 심부의 환경을 충분히 구현하지 못하였으며, 다양한 압력/온도 조건 하에서의 이산화탄소 거동을 정확하고 정밀하게 가시화하여 분석하는데 한계가 있었다.

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 등록번호 제10-1225508호 "이산화탄소 거동 모니터링 시스템 및 방법"
- (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 등록번호 제10-0964713호 "해양 전자탐사를 이용한 염수 대수층 내에서의 이산화탄소 거동을 모니터링하는 방법"

비특허문헌

- [0010] (비특허문헌 0001) 한국공업화학회 공업화학 제12권 제2호 (2009년 4월) pp.21-30 1225-0112 KCI, 왕수균 "이산화탄소 지중저장의 현재와 미래"
- (비특허문헌 0002) 한국공업화학회 공업화학 제12권 제2호 (2009년 4월) pp.31-41 1225-0112 KCI, 김준모 "이산화탄소 저장 기술의 현황 및 전망"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 따라서 본 발명은 이와 같은 종래 기술의 문제점을 개선하여, 물과 같은 구속압용 유체에 의한 구속압 조절과 히팅재킷과 같은 발열장치의 의한 온도 조절이 가능한 유체거동 검출장치 내부에 분석대상 유체가 통과하는 마이크로모델 블록체가 배치되고, 마이크로모델 블록체 내부공간이 관측용 장치유닛에 의해 관찰되어 가시화되는 구성의 제공을 통해 다양한 온도와 압력 조건에서의 유체의 미세 거동이 정확하고 정밀하게 관찰되어 분석될 수 있도록 하는 새로운 형태의 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

- [0012] 특히 본 발명은 마이크로모델 블록체의 내부공간에 복수개의 비드(bead)가 수용되도록 하는 한편 염수도 필요시 수용되도록 함으로써 저류압과 덮개압을 갖는 심부 대염수층과 같은 지하 심부의 지질구조가 효과적으로 모델링될 수 있고, 고온 고압 상태로 이산화탄소를 공급하는 분석대상 유체 공급장치를 통해 초임계 이산화탄소의 공급이 가능해짐에 따라 이산화탄소의 지중저장이 수행될 수 있는 지하 심부에서의 초임계 이산화탄소의 미세 거동과 공극수의 잔류 특성 등이 정확하고 정밀하게 가시화되어 분석될 수 있도록 하는 새로운 형태의 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 의하면, 본 발명은 복수개의 비드(bead)가 수용된 내부공간을 갖는 마이크로모델 블록체가 밀폐된 유체수용공간에 배치되고, 상기 마이크로모델 블록체의 내부공간을 관찰하기 위한 관측용 장치유닛이 구비되는 유체거동 검출장치와; 상기 유체거동 검출장치의 마이크로모델 블록체에 연결되고, 상기 마이크로모델 블록체의 내부공간으로 분석대상 유체를 공급하는 분석대상 유체 공급장치와; 상기 유체거동 검출장치의 유체수용공간에 연결되어 상기 유체수용공간으로 구속압용 유체를 공급하는 구속압용 유체 공급장치와; 상기 유체거동 검출장치의 관측용 장치유닛으로부터 분석대상 유체가 통과하는 상기 마이크로모델 블록체의 내부공간 관찰정보를 전달받아 분석대상 유체의 거동특성을 분석하게 되는 분석장치를 포함하여, 상기 유체거동 검출장치의 유체수용공간으로 공급되는 구속압용 유체에 의해 고압상태에 놓인 상기 마이크로모델 블록체의 내부공간으로 분석대상 유체가 공급되면서 분석대상 유체의 거동특성이 분석될 수 있도록 하는 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템을 제공한다.

- [0014] 이와 같은 본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템에서 상기 유체거동 검출장치는 상측으로 개방된 유체수용공간이 형성되고, 저면에 투명창이 형성되는 본체 케이싱과; 상기 본체 케이싱 상면에 착탈가능하게 고정되고, 투명창이 형성되어 있는 커버체를 포함하는 구성으로 이루어지고, 상기 관측용 장치유닛은 상기 커버체의 투명창 상측에 배치되고, 상기 분석장치와 연결되는 촬영기구과; 상기 본체 케이싱의 투명창 하측에

배치되는 광원체를 구비하여 상기 마이크로모델 블록체에 광을 조사하게 되는 조명기구를 포함하는 구성으로 이루어질 수 있다.

[0015] 이와 같은 본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템에서 상기 유체거동 검출장치의 본체 케이싱은 저면에 투명창을 형성하고, 상기 관측용 장치유닛의 조명기구는 상기 본체 케이싱의 투명창 하측에 배치되는 광원체를 포함할 수 있다.

[0016] 이와 같은 본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템은 상기 마이크로모델 블록체로 열을 전달하기 위한 발열장치를 더 포함할 수 있다.

[0017] 이와 같은 본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템에서 상기 분석대상 유체 공급장치는 이산화탄소가 저장되는 이산화탄소 저장탱크와; 상기 이산화탄소 저장탱크와 유체거동 검출장치의 마이크로모델 블록체를 연결시키는 유체배관과; 상기 유체배관 상에 설치되고, 이산화탄소를 설정압력으로 상기 마이크로모델 블록체의 내부공간으로 투입시키게 되는 유체공급용 펌프와; 상기 유체배관 상에 설치되고, 이산화탄소를 가열하여 설정온도의 이산화탄소가 상기 마이크로모델 블록체의 내부공간으로 투입되도록 하는 유체가열기구와; 상기 유체배관 상에 설치되는 개폐밸브를 포함하여, 초임계 이산화탄소에 대한 거동분석이 가능해지도록 할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 의한 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템에 의하면, 구속압용 유체 공급장치와 히팅재킷과 같은 발열장치가 연결되어 구속압과 온도 조절이 가능하게 되는 유체거동 검출장치 내부에 마이크로모델 블록체가 배치되어 마이크로모델 블록체 내부공간을 통과하는 분석대상 유체의 거동이 관측용 장치유닛에 의해 관찰되어 가시화되므로, 다양한 온도와 압력 조건에서의 유체의 미세 거동이 정확하고 정밀하게 관찰되어 분석되는 효과가 있다. 특히 본 발명에 의한 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템에 의하면, 마이크로모델 블록체의 내부공간에 복수개의 비드(bead)가 수용되는 한편 필요시 염수도 수용되는 구성을 통해 저류압과 덮개압을 갖는 심부 대염수층과 같은 지하 심부의 지질구조가 효과적으로 모델링되고, 고온 고압 상태로 이산화탄소를 공급하는 분석대상 유체 공급장치를 통해 초임계 이산화탄소의 공급이 가능해지므로, 이산화탄소의 지중저장이 수행될 수 있는 지하 심부에서의 초임계 이산화탄소의 미세 거동과 공극수의 잔류 특성 등이 정확하고 정밀하게 가시화되어 분석되는 효과가 있다. 이에 따라 본 발명의 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템은 지하 심부의 지질구조와 압력/온도 조건이 효과적으로 모델링되면서 이산화탄소 지중저장을 위한 이산화탄소 거동예측 분석에 효과적으로 적용될 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 이산화탄소 지중저장의 개념을 보여주기 위한 도면;
 도 2는 본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템의 기본구성을 보여주기 위한 블록도;
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템의 전체 구성을 보여주기 위한 도면;
 도 4와 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 마이크로모델 블록체를 보여주기 위한 도면;
 도 6은 에폭시 블록체로 둘러싸인 본 발명의 실시예에 따른 마이크로모델 블록체를 보여주기 위한 도면;
 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 유체거동 검출장치를 보여주기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면 도 2 내지 도 7에 의거하여 상세히 설명한다. 한편, 도면과 상세한 설명에서 일반적인 이산화탄소 지중저장기술, 이산화탄소 거동 모니터링 시스템, 펌프, 발열장치, 히팅재킷, 에폭시, 개폐밸브 등으로부터 이 분야의 종사자들이 용이하게 알 수 있는 구성 및 작용에 대한 도시 및 언급은

간략히 하거나 생략하였다. 특히 도면의 도시 및 상세한 설명에 있어서 본 발명의 기술적 특징과 직접적으로 연관되지 않는 요소의 구체적인 기술적 구성 및 작용에 대한 상세한 설명 및 도시는 생략하고, 본 발명과 관련되는 기술적 구성만을 간략하게 도시하거나 설명하였다.

- [0021] 본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 gas와 같은 유체의 거동을 분석하기 위한 것으로, 특히 초임계상 유체의 거동을 분석하는데 사용되는 시스템이다. 이와 같은 본 발명에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 도 2와 도 3에서와 같이 유체거동 검출장치(10), 분석대상 유체 공급장치(20), 구속압용 유체 공급장치(30), 분석장치(40)를 포함하는 구성으로 이루어진다. 특히 본 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 심부 대염수층과 같은 지하 심부에 이산화탄소를 지중 저장하기 위한 기술개발에 필요한 지하 심부 모델에서의 초임계 이산화탄소의 미세 거동예측 분석에 효과적으로 적용될 수 있는 시스템이다.
- [0022] 유체거동 검출장치(10)는 밀폐된 유체수용공간(14)을 갖는 것으로, 유체거동 검출장치(10)의 유체수용공간(14)에는 마이크로모델 블록체(11)와 구속압용 유체가 배치된다. 구속압용 유체로는 물이 사용될 수 있다.
- [0023] 마이크로모델 블록체(11)는 복수개의 비드(bead)(112)가 수용된 내부공간(11a)을 갖는 것으로, 분석대상 유체는 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)을 통과하게 된다. 비드(112)로는 유리구슬이 사용될 수 있다. 여기서 복수개의 비드(112) 사이에 형성되는 공극은 다공성의 퇴적암류 지층 구조의 공극을 모델링하게 된다. 한편 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)에는 비드(112)와 함께 공극수(interstitial water)가 수용될 수 있다. 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)에 수용되는 공극수로는 염수가 사용될 수 있는데, 이를 통해 심부 대염수층이 모델링될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로모델 블록체(11)는 도 3과 도 4에서와 같이 투명 케이싱(111)의 내부공간(11a)에 비드(112)가 배치되도록 하는데, 도 5의 (a)와 (b)에서와 같이 비드(112)는 설정폭(w)과 설정두께(d)로 투명 케이싱(111)의 내부공간(11a)에 배치된다. 특히 본 발명의 실시예에 따른 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간(11a)은 입구부가 "<" 형상으로 이루어지도록 하는 한편, 출구부가 ">" 형상으로 이루어지도록 하여 분석대상 유체의 유입이나 분석대상 유체 또는 공극수의 배출이 원활하게 이루어질 수 있도록 한다.
- [0025] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 마이크로모델 블록체(11)의 양단부에는 분석대상 유체가 유입되는 유입관(113)과 분석대상 유체 또는 공극수가 배출되는 배출관(114)이 연결된다.
- [0026] 한편 본 발명의 실시예에 따른 유체거동 검출장치(10)는 도 6에서와 같이 마이크로모델 블록체(11) 외부를 둘러싸면서 마이크로모델 블록체(11)와 일체를 이루는 에폭시 블록체(12)가 구비되도록 하는데, 이와 같은 에폭시 블록체(12)는 구속압이 추가되는 마이크로모델 블록체(11)의 손상이나 파손이 방지되도록 하기 위한 것이다.
- [0027] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 유체거동 검출장치(10)는 도 7에서와 같이 고정볼트에 의해 서로 착탈가능하게 결합되는 본체 케이싱(10a)과 커버체(10b)를 포함하는 구성으로 이루어진다.
- [0028] 본체 케이싱(10a)은 상측으로 개방된 유체수용공간(14)이 형성되는 것으로, 본체 케이싱(10a)의 저면에는 투명창(15)이 형성된다. 투명창(15)은 유체수용공간(14)의 중앙부에 배치되는 마이크로모델 블록체(11)의 위치에 맞추어 본체 케이싱(10a) 저면 중앙부에 형성될 수 있다. 여기서 본체 케이싱(10a) 저면 길이방향 전방부와 후방부에 보조 투명창(16)이 형성될 수도 있다. 이와 같은 투명창(15)이나 보조 투명창(16)은 고압에 견딜 수 있는 강화유리소재로 이루어질 수 있다. 또한 본체 케이싱(10a)은 길이방향 양단부를 이루는 측벽에 유입관(113)과 배출관(114)이 관통하는 관통공이 형성되도록 한다. 이와 같은 관통공에는 유체수용공간(14)에 수용된 구속압용 유체의 누출이 방지되도록 패킹 링이 설치된다.
- [0029] 커버체(10b)는 본체 케이싱(10a) 상면에 착탈가능하게 고정되는 것으로, 커버체(10b)에도 투명창(15)이 형성된다. 커버체(10b)의 투명창(15)도 유체수용공간(14)의 중앙부에 배치되는 마이크로모델 블록체(11)의 위치에 맞추어 커버체(10b) 중앙부에 형성될 수 있다. 여기서 커버체(10b)의 길이방향 전방부와 후방부에도 보조 투명창(16)이 형성될 수 있다. 이와 같은 투명창(15)이나 보조 투명창(16)은 고압에 견딜 수 있는 강화유리소재로 이

루어질 수 있다.

- [0030] 또한 본 발명의 실시예에 따른 유체거동 검출장치(10)에는 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간을 관찰하기 위한 관측용 장치유닛(13)이 구비되는데, 관측용 장치유닛(13)은 촬영기구(131)와 조명기구(132)를 포함한다.
- [0031] 촬영기구(131)는 커버체(10b)의 투명창(15) 상측에 배치되는 것으로, 분석장치(40)와 연결된다. 이와 같은 촬영기구(131)로는 CCD 카메라 등이 사용될 수 있다.
- [0032] 조명기구(132)는 마이크로모델 블록체(11)에 광을 조사하는 것으로, 이를 통해 촬영기구(131)는 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간을 선명하고 분명하게 촬영할 수 있게 된다. 이와 같은 조명기구(132)는 본체 케이싱(10a)의 투명창(15) 하측에 배치되는 광원체(132a)를 포함한다. 광원체(132a)에서 조사되는 광의 세기와 광량은 조절가능하도록 할 수 있다. 필요시 광원체(132a)는 본체 케이싱(10a)의 보조 투명창(16) 하측에 배치될 수도 있으며, 광원체(132a)에서 조사되는 광의 세기와 광량의 조절은 커버체(10b)의 투명창(15)이나 보조 투명창(16)에 필터를 부착시켜 수행할 수도 있다.
- [0033] 한편 본 발명의 실시예에 따른 유체거동 검출장치(10)는 마이크로모델 블록체(11)로 열을 전달하기 위한 발열장치(60)를 구비하여 고온 조건을 포함한 다양한 온도 조건에서의 유체 거동이 분석될 수 있도록 하는데, 본 발명의 실시예에 따른 발열장치(60)로는 도 7에서와 같이 유체거동 검출장치(10)의 본체 케이싱(10a) 외부를 감싸는 히팅재킷(60a)이 사용된다.
- [0034] 삭제
- [0035] 분석대상 유체 공급장치(20)는 유체거동 검출장치(10)의 마이크로모델 블록체(11)에 연결되는 것으로, 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로 분석대상 유체를 공급하게 된다. 여기서 초임계 이산화탄소의 거동분석을 위한 본 발명의 실시예에 따른 분석대상 유체 공급장치(20)는 도 3에서와 같이 이산화탄소가 저장되는 이산화탄소 저장탱크(21)와 이산화탄소 저장탱크(21)와 유체거동 검출장치(10)의 마이크로모델 블록체(11)를 연결시키는 유체배관(22)을 포함한다. 유체배관(22) 상에는 유체공급용 펌프(23), 유체가열기구(24), 개폐밸브(25), 압력게이지(26)가 설치되는데, 유체공급용 펌프(23)는 이산화탄소를 설정압력으로 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로 투입시키게 된다. 유체가열기구(24)는 이산화탄소를 가열하여 설정온도의 이산화탄소가 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로 투입되도록 한다. 이와 같은 유체공급용 펌프(23)와 유체가열기구(24)에 의해 초임계 이산화탄소가 생성될 수 있게 된다. 개폐밸브(25)는 유체배관(22)을 개폐시켜 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로의 초임계 이산화탄소 투입을 제어하는 것이고, 압력게이지(26)는 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로 투입되는 이산화탄소의 압력을 계측하게 되는 것이다.
- [0036] 구속압용 유체 공급장치(30)는 유체거동 검출장치(10)의 유체수용공간(14)에 연결되어 유체수용공간(14)으로 구속압용 유체를 공급하는 장치이다. 구속압용 유체로는 물이 사용될 수 있고, 구속압용 유체 공급용 펌프(31)와 유체배관(32)을 통해 유체거동 검출장치(10)의 유체수용공간(14)으로 물이 공급되어 마이크로모델 블록체(11)에 고압 조건의 구속압을 부과하게 된다.
- [0037] 한편 본 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 도 3에서와 같이 배출장치(50)가 마이크로모델 블록체(11)에 연결되도록 하는데, 이와 같은 배출장치(50)는 마이크로모델 블록체(11) 출구부의 배출관(114)에 연결되는 드레인(51), 드레인(51) 상에 설치되는 개폐밸브(52), 압력게이지(53)를 포함한다.
- [0038] 여기서 개폐밸브(52)는 개폐동작하여 마이크로모델 블록체(11)로부터의 분석대상 유체 또는 공극수의 배출을 제어하게 되고, 압력게이지(53)는 마이크로모델 블록체(11)로부터 배출되는 분석대상 유체 또는 공극수의 압력을 계측하게 된다. 또한 드레인(51)의 끝단부 하측으로 공극수 수용용기(54)와 계량기(55)가 설치되어 드레인(51)으로부터 배출되는 공극수의 중량이나 질량이 계측될 수 있도록 한다. 이를 통해 마이크로모델 블록체(11)의 내

부공간에 복수개의 비드(112)가 배치되어 형성되는 공극에 수용되어 있는 공극수의 잔류특성이 분석될 수 있게 된다.

[0039] 분석장치(40)는 유체거동 검출장치(10)의 관측용 장치유닛(13)으로부터 분석대상 유체가 통과하는 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간 관찰정보를 전달받아 분석대상 유체의 거동특성을 분석하게 되는 것이다.

[0040] 여기서 본 발명의 실시예에 따른 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 지중저장되는 초임계 이산화탄소의 거동특성을 분석하기 위하여 마이크로모델 블록체(11)에 대한 구속압력과 온도, 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로 투입되는 초임계 이산화탄소의 유량, 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로 투입되는 염수의 염도 등의 실험조건을 변경하면서 초임계 이산화탄소의 거동, 잔류하는 공극수의 형상, 비드(112) 표면에 형성된 잔류 공극수의 접촉각 등을 측정하게 된다. 이를 통해 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간에 배열된 복수개의 비드(112)에 의해 모델링되는 암석의 습윤도(wettability) 변화도 예측할 수 있게 된다.

[0041] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 유체거동 검출장치(10)의 유체수용공간(14)으로 공급되는 구속압용 유체에 의해 고압상태에 놓인 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간으로 분석대상 유체가 공급되면서 분석대상 유체의 거동특성이 분석될 수 있도록 한다.

[0042] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 구속압용 유체 공급장치(30)와 히팅재킷(60a)과 같은 발열장치(60)가 연결되어 구속압과 온도 조절이 가능하게 되는 유체거동 검출장치(10) 내부에 마이크로모델 블록체(11)가 배치되어 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간을 통과하는 분석대상 유체의 거동이 관측용 장치유닛(13)에 의해 관찰되어 가시화되므로, 다양한 온도와 압력 조건에서의 유체의 미세 거동이 정확하고 정밀하게 관찰되어 분석되는 특징을 갖는다.

[0043] 특히 본 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 마이크로모델 블록체(11)의 내부공간에 복수개의 비드(112)가 수용되는 한편 필요시 염수도 수용되는 구성을 통해 저류암과 덮개암을 갖는 심부 대염수층과 같은 지하 심부의 지질구조가 효과적으로 모델링되고, 고온 고압 상태로 이산화탄소를 공급하는 분석대상 유체 공급장치(20)를 통해 초임계 이산화탄소의 공급이 가능해지므로, 이산화탄소의 지중저장이 수행될 수 있는 지하 심부에서의 초임계 이산화탄소의 미세 거동과 공극수의 잔류 특성 등이 정확하고 정밀하게 가시화되어 분석되는 특징을 갖는다.

[0044] 따라서 본 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템(100)은 지하 심부의 지질구조와 압력/온도 조건이 효과적으로 모델링되면서 이산화탄소 지중저장을 위한 이산화탄소 거동예측 분석에 효과적으로 적용될 수 있게 된다.

[0045] 상술한 바와 같은, 본 발명의 실시예에 따른 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템을 상기한 설명 및 도면에 따라 도시하였지만, 이는 예를 들어 설명한 것에 불과하며 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변화 및 변경이 가능하다는 것을 이 분야의 통상적인 기술자들은 잘 이해할 수 있을 것이다.

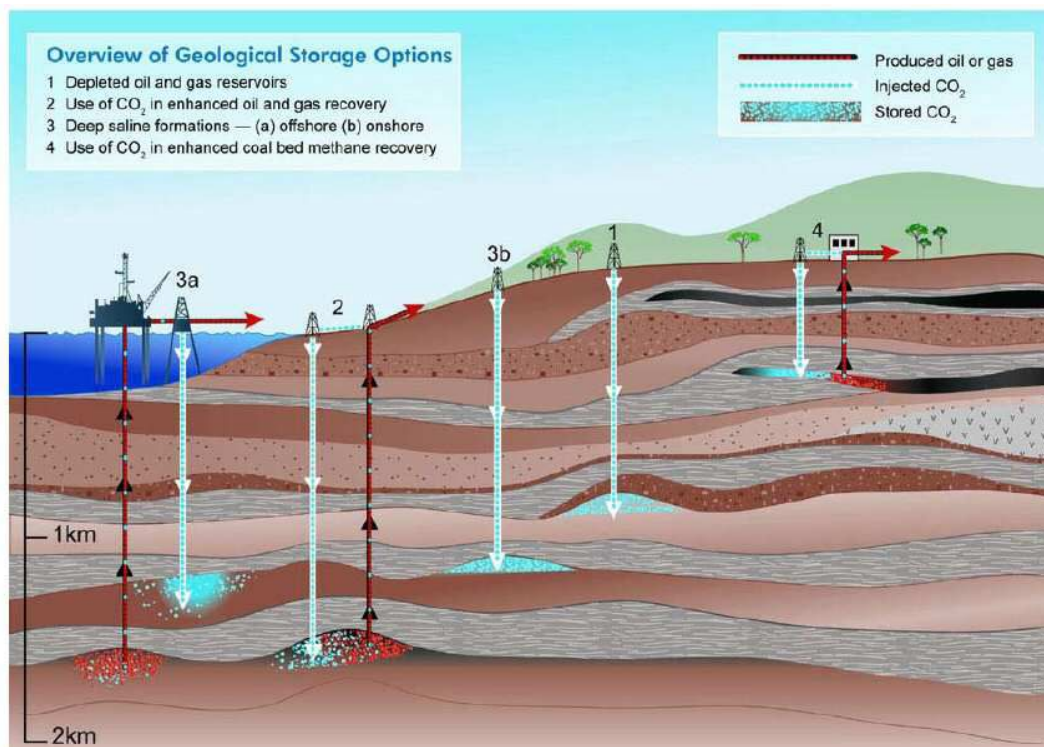
부호의 설명

[0046]	10 : 유체거동 검출장치	10a : 본체 케이싱
	10b : 커버체	11 : 마이크로모델 블록체
	11a : 내부공간	111 : 투명 케이싱
	112 : 비드	113 : 유입관
	115 : 배출관	12 : 에폭시 블록체

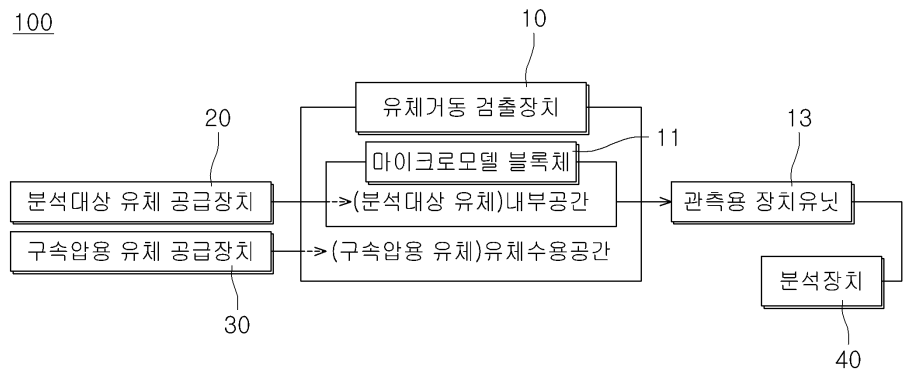
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| 13 : 관측용 장치유닛 | 131 : 촬영기구 |
| 132 : 조명기구 | 132a : 광원체 |
| 14 : 유체수용공간 | 15 : 투명창 |
| 16 : 보조 투명창 | |
| 20 : 분석대상 유체 공급장치 | 21 : 이산화탄소 저장탱크 |
| 22 : 유체배관 | 23 : 유체공급용 펌프 |
| 24 : 유체가열기구 | 25, 52 : 개폐밸브 |
| 26, 53 : 압력계이지 | 30 : 구속압용 유체 공급장치 |
| 31 : 구속압용 유체 공급용 펌프 | 32 : 유체배관 |
| 40 : 분석장치 | 50 : 배출장치 |
| 51 : 드레인 | 54 : 공극수 수용용기 |
| 55 : 계량기 | 60 : 발열장치 |
| 60a : 히팅재킷 | |
| 100 : 초임계상 유체 거동 마이크로 분석시스템 | |

도면

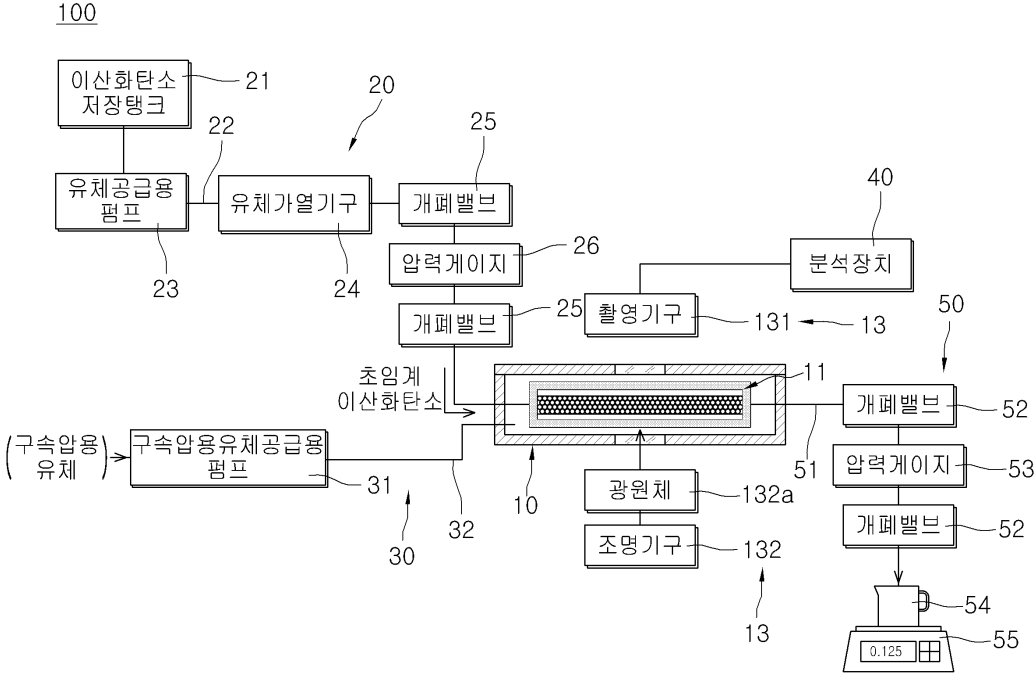
도면1



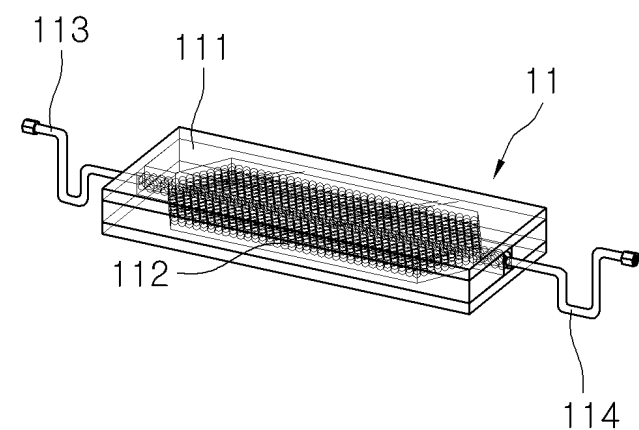
도면2



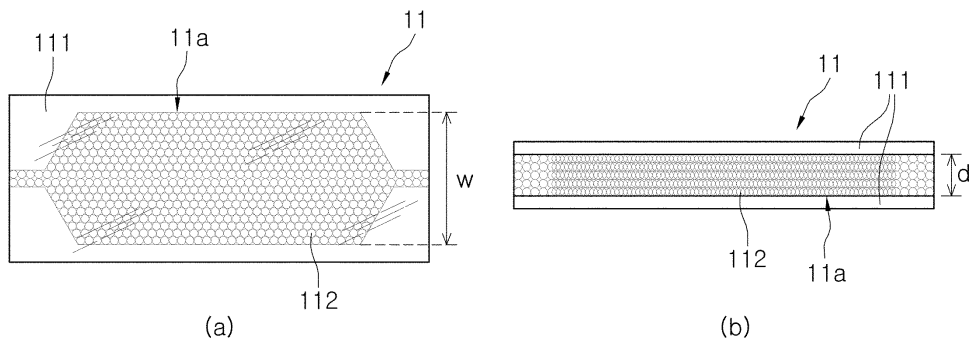
도면3



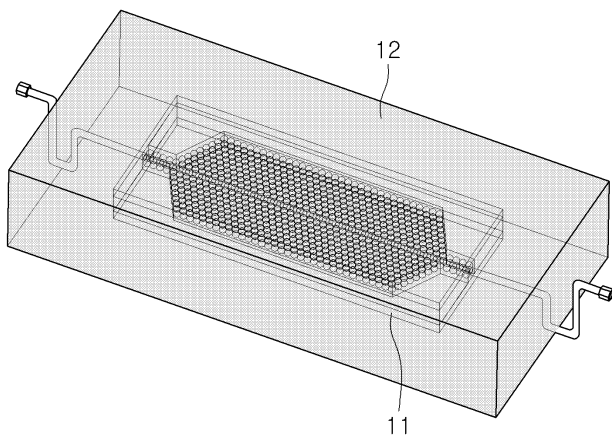
도면4



도면5



도면6



도면7

