

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2013년 2월 14일 (14.02.2013)



(10) 국제공개번호
WO 2013/022271 A2

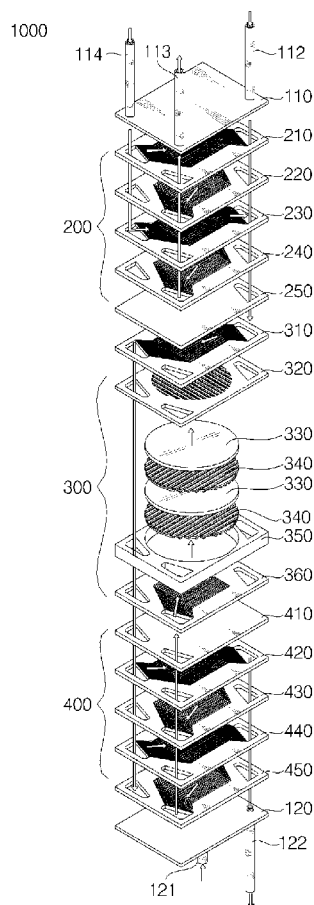
- (51) 국제특허분류: *C01B 3/16* (2006.01) *C01B 3/48* (2006.01) (72) 발명자; 겸
C01B 3/14 (2006.01) *B01J 19/00* (2006.01) (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 황경란 (HWANG, Ky-
ung-Ran) [KR/KR]; 302-752 대전시 서구 월평 2 동 백
(21) 국제출원번호: PCT/KR2012/006297 함아파트 106-1501, Daejeon (KR). 박종수 (PARK,
(22) 국제출원일: 2012년 8월 8일 (08.08.2012) Jong-Soo) [KR/KR]; 302-741 대전시 서구 만년동 강변
(25) 출원언어: 한국어 아파트 110-1505, Daejeon (KR). 이신근 (LEE, Shin-
(26) 공개언어: 한국어 Kun) [KR/KR]; 302-120 대전시 서구 둔산동 1380-1 아
(30) 우선권정보: 10-2011-0080183 2011년 8월 11일 (11.08.2011) KR 너스빌 1431 호, Daejeon (KR). 이진석 (LEE, Jin-Suk)
(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 한국 [KR/KR]; 305-768 대전시 유성구 노은동 열매마을 11
에너지기술연구원 (KOREA INSTITUTE OF EN- 단지아파트 1109 동 1203 호, Daejeon (KR). 이춘부
ERGY RESEARCH) [KR/KR]; 305-343 대전시 유성구 (LEE, Chun-Boo) [KR/KR]; 305-343 대전시 유성구 장
장동 71-2, Daejeon (KR). 동 71-2 한국에너지기술연구원 기숙사 110 호, Daejeon
(KR). 이성욱 (LEE, Sung-Wook) [KR/KR]; 305-345 대
전시 유성구 신성동 209-19 B04 호, Daejeon (KR).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: MICRO-CHANNEL WATER-GAS SHIFT REACTION DEVICE HAVING BUILT-IN THROUGH-TYPE METAL CATALYST

(54) 발명의 명칭 : 관통형 금속촉매가 내장된 마이크로채널 WGS 반응장치

[Fig. 2]



(57) Abstract: The present invention relates to a micro-channel water-gas shift (WGS) reaction device for WGS for generating hydrogen and pre-combustion carbon capture and storage (CCS) from coal gassification, the device using a micro-channel heater and a through-type metal catalyst capable of rapidly dissipating heat generated during a first treatment (single-stage WGS reactor) of high concentration CO in a high temperature space.

(57) 요약서: 본 발명은 석탄가스화로부터 연소전 이산화탄소 포집(CCS) 및 수소생산을 위한 수성가스전환반응(Water-gas Shift, WGS)에 있어서 고농도의 CO를 고온 구간에서 1 단 처리(single-stage WGS reactor)하면서 발생되는 열을 급속히 제거할수 있는 관통형 금속촉매 및 미세유로 가열기를 이용한 마이크로채널 WGS 반응장치에 관한 것이다.



(74) **대리인: 황이남 (HWANG, E-Nam);** 137-818 서울시 서초구 방배 2동 442-1 경복빌딩 2층, Seoul (KR).

(81) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 관통형 금속촉매가 내장된 마이크로채널 W G S 반응장치

기술분야

- [1] 본 발명은 관통형 금속촉매가 내장된 마이크로채널 WGS 반응장치에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 석탄가스화로부터 연소전 이산화탄소 포집(CCS) 및 수소생산을 위한 수성가스전환반응(Water-gas Shift, WGS)에 있어서 고농도의 CO를 고온 구간에서 1단 처리(single-stage WGS reactor)하면서 발생하는 열을 급속히 제거할수 있는 관통형 금속촉매 및 미세유로 가열기를 이용한 마이크로채널 WGS 반응장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 지구온난화 방지를 위한 온실가스 경감을 위해 다양한 기술적 포트폴리오가 적용되고 있으나 최근에 제어가능한 대용량 온실가스 처리기술로 CO₂를 포집하여 저장하는 CCS (Carbon capture and storage) 기술이 대두되고 있다. 대용량의 이산화탄소 배출원으로부터 CO₂를 포집한 후 저장소까지 수송하여 격리시키기 위해 저장하는 기술로서 발전소 적용 포집 기술의 경우, 연소후 포집, 연소전 포집 및 산소 연소 CO₂ 포집 기술로 크게 구분될 수 있다. 그 중 연소전 CO₂ 포집기술은 도 1에 제시된 것과 같이 다양한 화석연료를 부분산화시켜 합성가스(H₂+CO)를 제조하고, 연이어 수성가스 전이반응을 통해 수소와 이산화탄소로 전환한 후, 수소 또는 이산화탄소를 분리함으로써 연도가스로 배출 전에 이산화탄소를 포집하는 기술이다. 이 기술은 이산화탄소를 포집할 뿐만 아니라 수소를 생산할수 있는 기술로서 미래 수소경제사회로 가기 위한 핵심기술로 평가되며, 석유가 아닌 석탄, 바이오매스 및 유기성폐기물 등을 원료로 이용할 수 있기 때문에 석유고갈 및 고유가를 대비한 미래발전기술이다. 연소전 포집기술의 개발을 위한 요소기술로는 가스화 후 불순물을 제거하는 정제분야, 합성가스를 수소와 이산화탄소로 전환하는 수성가스 전이반응분야 및 생성된 수소와 이산화탄소를 분리하는 H₂/CO₂ 분리분야로 크게 나눌 수 있다.
- [3] 이와 같이, 석탄가스화로부터 연소전 이산화탄소 포집(CCS) 및 수소생산을 위해서는 수성가스 전환반응(Water-gas Shift, WGS)이 필수이다. 이러한 WGS반응은 (반응식 1)과 같이 발열반응으로써, 일반적으로 고온(400~450°C)과 저온(200~250°C)의 2단 처리를 거치게 된다.
- [4] $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$, 반응열 : -41.1 kJ/mol (반응식 1)
- [5] 석탄 가스화로부터 생성되는 합성가스는 고온, 고압, 고농도의 CO를 포함한다. 예를 들어 Conoco-philips E-Gas에서 생산되는 합성가스는 42atm, 927°C에서 37 mol%의 CO를 포함한다. 이렇게 고농도의 CO의 경우, 2단 WGS 반응기는

필수적이다. 그러나 고온, 고압의 가스조건이므로 매 단계마다 열교환기가 필요하며, 반응에 참여하는 CO의 농도가 높으므로 반응 중 발생하는 막대한 양의 반응열로 반응기 내부의 온도를 일정하게(isothermal) 유지하기는 매우 어렵다.

- [6] 또한, WGS 반응이 압력에 영향을 받지 않는 반응이기는 하나, 고압일 경우 WGS 반응에서 중요한 물의 증발(vaporization)이 잘 일어나지 않는다. 특히, 열교환에 의해 합성가스의 온도를 낮출 경우 더욱 그러하다. 따라서, 석탄가스화를 통해 얻어진 합성가스를 WGS 반응처리하기 위해서는 되도록 고온(high-temperature) 구간에서 WGS 반응을 진행하는 것이 바람직하다. 그러나, WGS 반응의 열역학적 평형 때문에 고온에서는 CO의 전환율이 그리 높지 않다는 단점이 발생하게 된다.
- [7] 더불어, 석탄가스화로부터 생성되는 합성가스는, 기존 SR반응(천연가스 개질반응)을 통해 얻은 합성가스 조성과 다르기 때문에, 대량의 CO를 처리해야하므로 WGS를 통해 발생하는 반응열이 매우 높으며, 반응열을 효과적으로 제거해주지 않으면, 반응기내의 촉매층에 열점(hot spot)이 발생되며, 이런 온도 상승은 촉매의 활성저하(deactivation) 뿐만 아니라, 열역학적 평형으로 인해 CO 전환율이 낮아지는 문제가 된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 상기 문제를 해결하기 위하여 안출된 본 발명의 목적은, 석탄가스화로부터 연소전 이산화탄소 포집(CCS) 및 수소생산을 위한 수성가스전환반응(Water-gas Shift, WGS)에 있어서 고농도의 CO를 고온 구간에서 1단 처리(single-stage WGS reactor)하면서 발생하는 열을 급속히 제거할수 있는 관통형 금속촉매 및 미세유로 가열기를 이용한 마이크로채널 WGS 반응장치를 제공하는 데에 있다. 기존의 세라믹계 촉매에 비해 월등히 높은 열전달속도를 갖는 금속촉매와 우수한 열전달면적을 갖는 마이크로채널 반응기의 적용은 고농도의 CO를 처리하면서 발생하는 반응열을 신속하게 제거할 수 있다.

과제 해결 수단

- [9] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 열전달가스공급원과 연결되어 열전달가스가 공급되는 열전달가스공급관과, 반응가스를 배출하는 반응가스배출관이 형성되는 상부플레이트; 원료가스공급원과 연결되어 원료가스를 공급하는 원료가스공급관과, 열전달가스를 배출하는 열전달가스배출관이 형성되는 하부플레이트; 상기 상부플레이트의 하부에 배치되고, 상기 열전달가스공급관과 연결되어 열전달가스가 이동하는 상부열전달가스유로와, 상기 상부열전달가스유로와 열전달되도록 접촉형성되는 것과 동시에 상기 반응가스배출관과 연결된 상부반응가스유로를 가지는 상부열전달부; 상기 하부플레이트의 상부에 배치되고, 상기

열전달가스배출관과 연결되어 열전달가스가 이동하는 하부열전달가스유로와, 상기 하부열전달가스유로와 열전달되도록 접촉형성되는 상기 원료가스공급관과 연결되는 하부반응가스유로를 가지는 하부열전달부; 및 상기 상부열전달부와 상기 하부열전달부 사이에 하나 이상이 적층되는 반응부를 포함하고, 상기 반응부는 1개 이상이 적층가능하도록, 상기 하부반응가스유로에만 연통되는 가스공급채널이 설치되는 가스공급플레이트; 상기 가스공급플레이트의 상측에 적층되고, 하나 이상의 금속촉매와 상기 금속촉매의 하측에는 다공성의 금속촉매누름판이 하나 이상 배치되는 금속촉매플레이트; 상기 금속촉매플레이트의 상측에 적층되고 금속촉매에 의해 반응이 완료된 가스를 상기 상부반응가스유로에 전달시키는 가스전달부; 및 상기 가스공급플레이트의 하측 또는 상기 가스전달부의 상측에 배치되어 상기 상부열전달가스유로와 상기 하부열전달가스유로를 연통시키는 흡열채널을 가지는 흡열플레이트를 가지며, 상기 가스공급플레이트, 상기 금속촉매플레이트, 상기 가스전달부, 및 상기 흡열플레이트에는 각각 상기 상부반응가스유로에 연통되는 제1반응관통홀, 상기 상부열전달가스유로에 연통되는 제2반응관통홀, 상기 하부반응가스유로에 연통되는 제3반응관통홀, 및 상기 하부열전달가스유로에 연통되는 제4반응관통홀이 형성되는 것을 특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치이다.

- [10] 상기 금속촉매플레이트에서 상기 금속촉매와 상기 금속촉매누름판이 각각 복수개가 설치되는 경우에는, 상기 금속촉매와 상기 금속촉매누름판이 서로 교호적으로 적층되는 것을 특징으로 한다.
- [11] 또, 상기 상부열전달부는,
- [12] 상기 열전달가스공급관과 연통되는 상부열전달채널을 가지며 상부열전달가스유로를 형성하는 하나 이상의 상부열전달플레이트와,
- [13] 상기 반응가스배출관과 연통되는 상부반응채널을 가지며 상부반응가스유로를 형성하는 것과 동시에 상기 상부열전달플레이트와 교대로 적층되는 하나 이상의 상부반응가스플레이트를 포함하고,
- [14] 상기 상부열전달플레이트 및 상기 상부반응가스플레이트에는 상기 반응부의 제1반응관통홀 내지 제4반응관통홀에 대응되는 위치에, 제1상부관통홀 내지 제4상부관통홀이 형성되며,
- [15] 상기 상부열전달부의 최하측에는 상기 제1상부관통홀 및 상기 제2상부관통홀만 형성된 상부차단플레이트가 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [16] 또, 상기 하부열전달부는, 상기 열전달가스배출관과 연통되는 하부열전달채널을 가지며 하부열전달가스유로를 형성하는 하나 이상의 하부열전달플레이트와, 상기 원료가스공급관과 연통되는 하부반응채널을 가지며 하부반응가스유로를 형성하는 것과 동시에 상기 하부열전달플레이트와 교대로 적층되는 하나 이상의 하부원료가스플레이트를 포함하고, 상기 하부열전달플레이트 및 상기 하부원료가스플레이트에는 상기 반응부의

제1반응관통홀 내지 제4반응관통홀에 대응되는 위치에, 제1하부관통홀 내지 제4하부관통홀이 형성되며, 상기 하부열전달부의 최상측에는 상기 제3하부관통홀 및 상기 제4하부관통홀만 형성된 하부차단플레이트가 배치되는 것을 특징으로 한다.

[17] 또, 상기 가스전달부는, 상기 금속촉매플레이트의 상측에 배치되고 상기 제1반응관통홀 내지 상기 제4반응관통홀에 대하여 격리되는 다공성 포집홀이 형성되는 가스포집플레이트와, 상기 가스포집플레이트의 상측에 배치되며, 상기 제1반응관통홀에만 연통되는 가스전달채널이 형성되는 가스전달플레이트를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[18] 또, 상기 가스전달부는, 상기 금속촉매플레이트의 상측에 배치되고 상기 제2반응관통홀 내지 상기 제4반응관통홀에 대하여 격리되는 다공성 포집홀이 형성되며, 상기 다공성포집홀은 연결채널에 의해 상기 제1반응관통홀에 연통되는 포집전달플레이트인 것을 특징으로 한다.

[19] 또, 상기 금속촉매플레이트의 하측에는 오링이 배치되고, 상기 오링의 상측으로 상기 금속촉매누름판이 배치되는 것을 특징으로 한다.

[20] 또, 상기 다공성 포집홀의 단면적은 상기 금속촉매의 단면적보다 작은 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[21] 본 발명을 통하여 석탄가스화로부터 연소전 이산화탄소 포집(CCS) 및 수소생산을 위한 수성가스전환반응(Water-gas Shift, WGS)을 고농도의 CO를 고온 구간에서 1단 처리(single-stage WGS reactor)하면서 발생하는 열을 급속히 제거할수 있다.

[22] 따라서, 본 발명은 종래기술의 2단처리를 거치는 WGS반응장치를 대체할 수 있기 때문에, 설치공간 및 설치비용을 절감하면서도 효율이 우수한 WGS반응장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[23] 도 1은 연소전 이산화탄소 포집 및 수소분리 공정도이다.

[24] 도 2는 본 발명의 실시예1에 따른 마이크로채널 WGS 반응장치의 분해사시도이다.

[25] 도 3은 도 2의 상부열전달부의 분해사시도이다.

[26] 도 4는 도 2의 반응부의 분해사시도이다.

[27] 도 5는 도 2의 금속촉매 및 금속촉매누름판이 설치된 WGS 반응플레이트의 단면도이다.

[28] 도 6은 도 2의 하부열전달부의 분해사시도이다.

[29] 도 7은 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 접합 후 외관사시도이다.

[30] 도 8은 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 상부열전달플레이트의 사시도이다.

- [31] 도 9은 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 상부반응가스플레이트의 사시도이다.
- [32] 도 10은 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 상부차단달플레이트의 사시도이다.
- [33] 도 11은 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 하부차단달플레이트의 사시도이다.
- [34] 도 12는 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 금속촉매누름판의 사시도이다.
- [35] 도 13은 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 포집전달플레이트의 사시도이다.
- [36] 도 14는 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 금속촉매플레이트의 사시도이다.
- [37] 도 15는 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 가스공급플레이트의 사시도이다.
- [38] 도 16은 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 변형예의 분해사시도이다.
- [39] 도 17은 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 또 다른 변형예의 분해사시도이다.
- [40] 도 18은 본 발명의 실시예2에 따른 마이크로채널 WGS 반응장치의 분해사시도이다.
- [41] 도 19는 도 18의 반응부의 분해사시도이다.
- [42] 도 20은 도 18의 금속촉매 및 오링이 설치된 WGS 반응플레이트의 단면도이다.
- [43] 도 21은 도 4에 도시된 반응부의 변형예의 분해사시도이다.
- [44] 도 22는 도 2의 마이크로채널 WGS 반응장치의 접합한 제품의 사진이다.
- [45] 도 23은 도 22의 마이크로채널 WGS 반응장치에 사용된 다공성 금속촉매의 확대사진이다.
- [46] 도 24는 본 발명의 실시예 1에 따른 마이크로채널 WGS 반응장치를 이용한 실험예에 따른 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [47] 이하, 본 발명을 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 하기의 각 도면의 구성 요소들에 참조 부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하며, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [48] 본 발명의 실시예1에 따른 관통형 금속촉매를 이용한 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)는 도 2에 도시된 바와 같이 다수의 플레이트를 적층하여 구성되고, 이를 확산접합, 전기용접 또는 아크용접 등의 방법으로 접합시켜 도 7에 도시된 바와 같은 컴팩트한 형태로 된다.
- [49] 상기 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)는 상부플레이트(110)와

하부플레이트(120)가 최상측과 최하측에 배치된다.

- [50] 그리고, 상부플레이트(110)와 하부플레이트(120) 사이에는 열전달가스와의 온도차에 의해 반응가스로부터 열을 흡수하기 위한 상부열전달부(200)와, WGS 반응이 활발하게 이루어지는 반응부(300)와, 배출되는 열전달가스로부터 WGS 반응에 충분한 온도까지 원료가스를 가열시키기 위한 하부열전달부(400)가 배치된다.
- [51] 특히, 본 발명에서는 도 17에 도시된 바와 같이, 상기 반응부(300)를 복수개 적층시키기 위한 독특한 구조를 개시하며, 이에 대해서는 아래에 설명한다.
- [52] 상기 상부플레이트(110)는 열전달가스공급원(미도시)과 연결되어 열전달가스가 공급되는 열전달가스공급관(112,114)과, 반응가스를 배출하는 반응가스배출관(113)이 형성된다. 상기 열전달가스공급관(112,114)은 도 2에 도시된 바와 같이 2개로 구성되거나, 이 중 어느 하나가 생략되어 1개로 구성되는 것도 가능하다.
- [53] 열전달가스로는 대기 또는 불활성 기체를 사용할 수 있다.
- [54] 상기 하부플레이트(120)는 원료가스공급원(미도시)과 연결되어 원료가스를 공급하는 원료가스공급관(121)과, 열전달가스를 배출하는 열전달가스배출관(122)이 형성된다.
- [55] 상기 상부열전달부(200)는 상기 상부플레이트(110)의 하부에 배치되고, 상기 열전달가스공급관(112,114)과 연결되어 열전달가스가 이동하는 상부열전달가스유로와, 상기 상부열전달가스유로와 열전달되도록 접촉형성되는 것과 동시에 상기 반응가스배출관(113)과 연결된 상부반응가스유로를 가진다.
- [56] 상기 상부열전달부(200)는, 상기 열전달가스공급관(112,114)과 연통되는 상부열전달채널(215,235)을 가지며 상부열전달가스유로를 형성하는 하나 이상의 상부열전달플레이트(210,230)와, 상기 반응가스배출관(113)과 연통되는 상부반응채널(225,245)을 가지며 상부반응가스유로를 형성하는 것과 동시에 상기 상부열전달플레이트(210,230)와 교대로 적층되는 하나 이상의 상부반응가스플레이트(220,240)를 포함한다. 그리고, 상기 상부열전달부(200)의 최하측에는 상부차단플레이트(250)가 배치된다.
- [57] 상기 상부열전달플레이트(210,230) 및 상기 상부반응가스플레이트(220,240)에는 도 3에 도시된 바와 같이, 제1상부관통홀 내지 제4상부관통홀이 형성된다. 상기 제1상부관통홀(211,221,231,241), 상기 제2상부관통홀(212,222,232,242), 상기 제3상부관통홀(213,223,233,243), 및 상기 제4상부관통홀(214,224,234,244)는 서로 격리되며, 도 2에 도시된 바와 같이 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)의 단면형상이 사각형을 가지는 경우에는 그 사각형의 꼭지점 부근에 배치되는 것이 열전달활용면에서 바람직하다. 따라서, 제1상부관통홀 내지 제4상부관통홀은 상기 상부열전달플레이트(210,230) 및 상기 상부반응가스플레이트(220,240)의 적층시 상하로 동일한 위치에 배치되어

각각 관형태를 이루게 된다.

- [58] 따라서, 상기 상부열전달채널(215,235)는 상기 제2상부관통홀(212,232)과 상기 제4상부관통홀(214,234)를 연통시키는 것과 동시에 상기 제1상부관통홀(211,231)과 상기 제3상부관통홀(213,233)을 격리시킨다. 그리고, 상기 상부반응채널(225,245)는 상기 제1상부관통홀(221,241)과 상기 제3상부관통홀(223,243)을 연통시키는 것과 동시에 상기 제2상부관통홀(222,242)과 상기 제4상부관통홀(224,244)를 격리시킨다.
- [59] 상기 상부차단플레이트(250)는 상기 제1상부관통홀(251) 및 상기 제2상부관통홀(252)만 형성된다.
- [60] 이 결과, 상기 상부열전달가스유로는 상기 열전달가스공급관(112,114)과, 제2상부관통홀(212,222,232,242) 및 제4상부관통홀(214,224,234,244)과, 상기 상부열전달채널(215,235)를 통해 상기 상부차단플레이트(250)의 상기 제2상부관통홀(252)로 이루어진다. 그리고, 상부반응가스유로는 상기 배반응가스배출관(113)과, 제1상부관통홀(211,221,231,241) 및 제3상부관통홀(213,223,233,243)과, 상기 상부반응채널(225,245)를 통해 상기 상부차단플레이트(250)의 상기 제1상부관통홀(251)로 이루어진다.
- [61] 상기 하부열전달부(400)는 상기 하부플레이트(120)의 상부에 배치되고, 상기 열전달가스배출관(122)과 연결되어 열전달가스가 이동하는 하부열전달가스유로와, 상기 하부열전달가스유로와 열전달되도록 접촉형성되는 상기 원료가스공급관(121)과 연결되는 하부반응가스유로를 가진다.
- [62] 상기 하부열전달부(400)는, 상기 열전달가스배출관(122)과 연통되는 하부열전달채널(425,445)을 가지며 하부열전달가스유로를 형성하는 하나 이상의 하부열전달플레이트(420,440)와, 상기 원료가스공급관(121)과 연통되는 하부반응채널(435,455)을 가지며 하부반응가스유로를 형성하는 것과 동시에 상기 하부열전달플레이트(420,440)와 교대로 적층되는 하나 이상의 하부원료가스플레이트(430,450)를 포함한다. 그리고, 상기 하부열전달부(400)의 최상측에는 하부차단플레이트(410)가 배치된다.
- [63] 상기 하부열전달플레이트(420,440) 및 상기 하부원료가스플레이트(430,450)에는 도 6에 도시된 바와 같이, 제1하부관통홀 내지 제4하부관통홀이 형성된다. 상기 제1하부관통홀(421,431,441,451), 상기 제2하부관통홀(422,432,442,452), 상기 제3하부관통홀(423,433,443,453), 및 상기 제4하부관통홀(424,434,444,454)는 서로 격리되며, 도 6에 도시된 바와 같이 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)의 단면형상이 사각형을 가지는 경우에는 그 사각형의 꼭지점 부근에 배치되는 것이 열전달활용면에서 바람직하다. 따라서, 제1하부관통홀 내지 제4하부관통홀은 상기 하부열전달플레이트(420,440) 및 상기 하부원료가스플레이트(430,450)의 적층시 상하로 동일한 위치에 배치되어 각각 관형태를 이루게 된다.

- [64] 따라서, 상기 하부열전달채널(425,445)는 상기 제2하부관통홀(422,442)과 상기 제4하부관통홀(424,444)를 연통시키는 것과 동시에 상기 제1하부관통홀(421,441)과 상기 제3하부관통홀(423,443)을 격리시킨다. 그리고, 상기 하부반응채널(435,455)는 상기 제1하부관통홀(431,451)과 상기 제3하부관통홀(433,453)을 연통시키는 것과 동시에 상기 제2하부관통홀(432,452)과 상기 제4하부관통홀(434,454)를 격리시킨다.
- [65] 상기 하부차단플레이트(410)는 상기 제3하부관통홀(413) 및 상기 제4하부관통홀(414)만 형성된다.
- [66] 이 결과, 상기 하부열전달가스유로는 상기 열전달가스배출관(122)과, 제2하부관통홀(422,432,442,452) 및 제4하부관통홀(424,434,444,454)과, 상기 하부열전달채널(215,235)를 통해 상기 하부차단플레이트(410)의 상기 제4하부관통홀(414)로 이루어진다. 그리고, 하부반응가스유로는 상기 원료가스공급관(121)과, 제1하부관통홀(421,431,441,451) 및 제3하부관통홀(423,433,443,453)과, 상기 하부반응채널(435,455)를 통해 상기 하부차단플레이트(410)의 상기 제3하부관통홀(413)로 이루어진다.
- [67] 상기 반응부(300)는 도 4에 도시된 바와 같이, 1개 이상이 적층가능한 구조를 가진다. 이를 위하여 상기 반응부(300)는, 상기 하부반응가스유로에만 연통되는 가스공급채널(365)이 설치되는 가스공급플레이트(360)와, 상기 가스공급플레이트(360)의 상측에 적층되고 금속촉매(330)가 설치되는 금속촉매플레이트(350)와, 상기 금속촉매플레이트(350)의 상측에 적층되고 금속촉매(330)에 의해 WGS반응이 완료된 가스를 상기 상부반응가스유로에 전달시키는 가스전달부; 및 상기 가스공급플레이트(360)의 하측 또는 상기 가스전달부의 상측에 배치되어 상기 상부열전달가스유로와 상기 하부열전달가스유로를 연통시키는 흡열채널(315)을 가지는 흡열플레이트(310)를 가진다.
- [68] 상기 가스공급플레이트(360), 상기 금속촉매플레이트(350), 상기 가스전달부, 및 상기 흡열플레이트(310)에는 각각 상기 상부반응가스유로에 연통되는 제1반응관통홀(311,321,351,361), 상기 상부열전달가스유로에 연통되는 제2반응관통홀(312,322,352,362), 상기 하부반응가스유로에 연통되는 제3반응관통홀(313,323,353,363), 및 상기 하부열전달가스유로에 연통되는 제4반응관통홀(314,324,354,364)이 형성된다. 이 결과, 제1반응관통홀 내지 제4반응관통홀은 상기 반응부(300)의 접합시 상하로 동일한 위치에 배치되어 각각 관형태를 이루게 된다.
- [69] 따라서, 상기 제1반응관통홀 내지 제4반응관통홀, 상기 제1상부관통홀 내지 제4상부관통홀, 및 상기 제1하부관통홀 내지 제4하부관통홀은 모두 동일한 위치에 배치될 수 있다.
- [70] 상기 흡열플레이트(310)에서 상기 흡열채널(315)는 상기 제2반응관통홀(312)와 제4반응관통홀(314)은 서로 연통시키고, 상기 제1반응관통홀(311) 및 상기

제3반응관통홀(313)은 서로 격리시킨다.

- [71] 상기 가스공급플레이트(360)에서 가스공급채널(365)는 상기 제3반응관통홀(363)에만 연통되고, 제1반응관통홀(361), 제2반응관통홀(362), 및 제4반응관통홀(364)에 대해서는 격리된다.
- [72] 또, 상기 금속촉매플레이트(350)의 중심에 형성된 촉매홀(355)에는, 상기 금속촉매(330)의 하측으로 다공성의 금속촉매누름판(340)이 배치된다. 상기 금속촉매누름판(340)은 도 12에 도시된 바와 같이, 상측과 하측의 그릴구조가 서로 수직으로 교차하도록 형성될 수 있다. 이러한 금속촉매누름판(340)은 금속원판의 상하측에 마스크를 부착하고 식각가공하는 것에 의해 제조할 수 있다. 상기 금속촉매누름판(340)과 금속촉매(330)는 접합 전에는 상기 금속촉매플레이트(350)보다 돌출되며, 접합시 압축력에 의하여 압축되어 상기 금속촉매플레이트(350)의 상면과 동일높이를 이루는 것이, 상기 금속촉매(330)의 접촉효율을 높일 수 있어서 바람직하다.
- [73] 상기 금속촉매(330)는 니켈파우더(평균입경 2.0 μ m) 또는 표면개질된 니켈파우더(평균입경 2.0 μ m)를 압력 100~800 kgf/cm²에서 가압하여 두께 0.3~3.0mm로 성형한 것을 사용할 수 있다. 성형체는 수소 가스분위기에서 500~900°C에서 1~5시간 소결하여 강도를 부여한다. 상기 금속촉매(330)는 도 23에 도시된 바와 같은, 다공성의 조직을 가진다.
- [74] 또한, 상기 금속촉매(330)와 상기 금속촉매누름판(340)은 도 2 및 도 4에 도시된 바와 같이, 유입되는 합성가스의 유량과 CO 농도에 따라 하나 이상의 복수개가 서로 교대로 적층할 수 있다. 즉, 최하단에서 금속촉매누름판(340)이 위치하고, 최상단에는 금속촉매(330)가 위치하게 된다. 이러한 상기 금속촉매(330)와 상기 금속촉매누름판(340)의 반복적인 적층에 의해 WGS 반응 후 가스내 CO농도를 1% 이하로 낮추는 것이 가능하다. 또한, 상기 금속촉매(330)와 상기 금속촉매누름판(340)의 적층매수가 늘어날수록 상기 금속촉매플레이트(350)의 두께 역시 늘어나게 된다. 또, 상기 금속촉매(330)와 상기 금속촉매누름판(340)은 도 16에 도시된 바와 같이 1개의 금속촉매(330)와 1개의 금속촉매누름판(340)만으로 이루어지는 것도 가능하다.
- [75] 즉, 상기 금속촉매(330)와 상기 금속촉매누름판(340)의 적층매수는 반응에 필요한 열전달량, 원료가스의 유량, 압력 및 조성 등에 따라서 가변적이다.
- [76] 또, 상기 가스전달부는, 상기 금속촉매플레이트(350)의 상측에 배치되고 상기 제2반응관통홀 내지 상기 제4반응관통홀(322,323,324)에 대하여 격리되는 다공성 포집홀(325)이 형성되며, 상기 다공성 포집홀(325)은 연결채널(326)에 의해 상기 제1반응관통홀(321)에 연통되는 포집전달플레이트(320)로 이루어질 수 있다. 상기 다공성 포집홀(325) 및 상기 연결채널(326)은 상술한 바와 같이 마스크에 의한 부분식각을 통해 제작할 수 있다.
- [77] 그리고, 상기 다공성 포집홀(325)의 단면적은 상기 금속촉매(330)의 단면적보다 작게 하여, 상기 금속촉매(330)를 통과하지 않은 반응가스의 유출을

방지하는 것이 바람직하다.

[78] 본 발명의 실시예1에 따른 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)는 기본적으로 상술한 바와 같이 구성된다. 이러한 구성을 가지는 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)는 접합을 통해 도 7과 같은 형태를 가지게 된다. 또, 도 22에는 실제로 제작한 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)의 사진을 첨부하였다.

[79] 도 17은 본 발명의 실시예1에 따른 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)의 변형예인 마이크로채널 WGS 반응장치(1002)로써, 복수의 반응부(300)를 가지고 있다.

[80] 상기 반응부(300)는 상술한 바와 같이, 제1반응관통홀 내지 제4반응관통홀은 상기 반응부(300)의 접합시 상하로 동일한 위치에 배치되어 각각 관형태를 이루게 된다. 따라서, 상기 반응부(300)는 적층하여도 이러한 관형태가 연속적으로 연결될 수 있다. 또한, 최종적으로 복수의 반응부(300)의 상측에 배치하는 상부열전달부(200)의 상부차단플레이트(250)와, 복수의 반응부(300)의 하측에 배치하는 하부열전달부(400)의 하부차단플레이트(410)에 의해 열전달가스는 흡열플레이트(310) 만을 통해 이동할 수 있고, 반응가스는 금속촉매(330)를 통해서만 이동할 수 있기 때문에 반응부(300)의 적층이 가능하게 되는 것이다.

[81] 따라서, 상기 흡열플레이트(310)를 상기 가스공급플레이트(360)의 하측 또는 상기 포집전달플레이트(320)의 상측 중 어느 곳에 배치하여도, 상기 반응부(300)의 반복적인 적층에 의해서 동일한 효과를 가지게 된다.

[82] 도 18 내지 도 21은 본 발명의 실시예2에 따른 마이크로채널 WGS 반응장치(2000)를 도시한다. 실시예1의 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)와 동일한 구성요소에 대해서는 그 설명을 생략한다.

[83] 실시예2의 마이크로채널 WGS 반응장치(2000)는 실시예1의 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)와 금속촉매(530)가 설치되는 모습이 상이하다. 즉, 실시예2의 마이크로채널 WGS 반응장치(2000)에서는, 금속촉매(530)의 하측에 오링(540)을 배치하여 원료가스의 실링과 동시에 금속촉매(530)를 포집전달플레이트(520)의 하측에 밀착시키기 위한 압박력을 제공한다. 상기 오링(540)은 금속재질이며, 조립단계에서 압축되면서 변형되어 상기 촉매홀(555)의 내벽면에 밀착되어 반응가스가 상기 금속촉매(530)와 상기 포집전달플레이트(520) 사이로 누설(leak)되는 것을 방지한다. 상기 오링(540)의 단면형상은 제한이 없으며, 본 발명의 실시예2에서는 원형으로 형성된다. 따라서, 상기 오링(540)과 상기 금속촉매(530)의 두께의 합은 상기 촉매홀(555)의 두께보다 크며, 조립과정에서 압축되는 것에 의해 상기 촉매홀(555)의 두께와 동일하게 되면서, 상기 오링(540)에 의한 충분한 기밀도를 얻게 된다.

[84] 도 21은 본 발명의 실시예1에 따른 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)에서 반응부(300)의 변형예인 반응부(600)를 도시한다. 실시예1의 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)와 동일한 구성요소에 대해서는 그 설명을 생략한다.

- [85] 상기 반응부(600)는 상기 가스전달부가 가스포집기능을 가지는 가스포집플레이트(630)와, 가스전달기능을 가지는 가스전달플레이트(620)으로 이루어진다. 이는 실시예1의 포집전달플레이트(320)의 2가지 기능을 분리시킨 것이다.
- [86] 상기 가스포집플레이트(630)는 중심부에 다공성 포집홀(635)가 형성되며, 상기 다공성 포집홀(635)은 제1반응관통홀 내지 제4반응관통홀(631,632,633,634)에 대하여 모두 격리된다. 그리고, 상기 가스전달플레이트(620)는 가스공급플레이트(670)를 뒤짚은 형태로써, 가스전달채널(625)이 형성된다. 상기 가스전달채널(625)은 제1반응관통홀(621)에만 연통되며, 제2반응관통홀 내지 제4반응관통홀(622,623,624)에 대해서는 격리된다. 상기 가스전달채널(625)은 상기 다공성 포집홀(635)로부터 공급되는 반응가스를 상기 제1반응관통홀(621)로 수집전달하는 기능을 한다.
- [87] 다음으로, 상기 마이크로채널 WGS 반응장치(1000)를 이용하여 성능을 측정한 실험예를 설명한다.
- [88] 금속촉매(330)의 반응을 위해, 반응전에 450°C에서 30분동안 수소가스로 활성화하였다. 반응가스로는 60% CO, 36% H₂, 4% Ar(steam/C 비: 3.0)의 조성을 가지는 가스를 사용하였다.
- [89] 실험조건으로 기체공간속도(GHSV)는 20000h⁻¹이고, 압력은 상압으로 하였다. 실험결과는 도 24와 같다. 도 24의 그래프에서 밝은 회색바는 CO전환율을 나타내며, 어두운 회색바는 메탄선택도를 나타낸다.
- [90] 380°C에서 평형전환율은 95.2%, 400°C에서 평형전환율은 94.2%, 450°C에서 평형전환율은 91.4%였으며, 메탄선택도는 모두 1% 미만으로 매우 작았다.
- [91] 본 발명의 실시예1에 따른 마이크로채널 WGS 반응장치(1000) 사용으로 반응중 발생하는 반응열이 효과적으로 제거되었고, 이 결과 각 온도별 CO 전환율은 WGS 반응의 평형전환율에 도달할 수 있음을 알 수 있다.
- [92] 상기와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술 분야의 숙련된 당업자라면 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [93] [부호의 설명]
- [94] 10: 가스화반응기 20: 탈황장치
- [95] 30: 고온 수성가스전이반응기 40: 저온 수성가스전이반응기
- [96] 50: 수소/이산화탄소 분리막
- [97] 110: 상부플레이트 112,114: 열전달가스공급관
- [98] 113: 반응가스배출관 120: 하부플레이트
- [99] 121: 원료가스공급관 122: 열전달가스배출관
- [100] 200: 상부열전달부 210,230: 상부열전달플레이트
- [101] 211,221,231,241: 제1상부관통홀 212,222,232,242: 제2상부관통홀

- [102] 213,223,233,243: 제3상부관통홀 214,224,234,244: 제4상부관통홀
- [103] 215,235: 상부열전달채널 220,240: 상부반응가스플레이트
- [104] 225,245: 상부반응채널 250: 상부차단플레이트
- [105] 300,500,600: 반응부 310,510,610: 흡열플레이트
- [106] 311,321,351,361,511,521,551,561,611,621,631,661,671: 제1반응관통홀
- [107] 312,322,352,362,512,522,552,562,612,622,632,662,672: 제2반응관통홀
- [108] 313,323,353,363,513,523,553,563,613,623,633,663,673: 제3반응관통홀
- [109] 314,324,354,364,514,524,554,564,614,624,634,664,674: 제4반응관통홀
- [110] 315,515,615: 흡열채널 320,520: 포집전달플레이트
- [111] 325,525,635: 다공성 포집홀 326,526: 연결채널
- [112] 330,530,640: 금속촉매 340,532,650: 금속촉매누름판
- [113] 350,550,660: 금속촉매플레이트 355,555,665: 촉매홀
- [114] 360,560,670: 가스공급플레이트 365,565: 가스공급채널
- [115] 400: 하부열전달부 410: 하부차단플레이트
- [116] 420,440: 하부열전달플레이트 421,431,441,451: 제1하부관통홀
- [117] 422,432,442,452: 제2하부관통홀 423,433,443,453: 제3하부관통홀
- [118] 424,434,444,454: 제4하부관통홀 425,445: 하부열전달채널
- [119] 430,450: 하부원료가스플레이트 435,455: 하부반응채널
- [120] 540: 오링 625: 가스전달채널
- [121] 1000,1001,1002,2000: 마이크로채널 WGS 반응장치

청구범위

[청구항 1]

열전달가스공급원과 연결되어 열전달가스가 공급되는
열전달가스공급관과, 반응가스를 배출하는 반응가스배출관이
형성되는 상부플레이트;
원료가스공급원과 연결되어 원료가스를 공급하는
원료가스공급관과, 열전달가스를 배출하는 열전달가스배출관이
형성되는 하부플레이트;
상기 상부플레이트의 하부에 배치되고, 상기 열전달가스공급관과
연결되어 열전달가스가 이동하는 상부열전달가스유로와, 상기
상부열전달가스유로와 열전달되도록 접촉형성되는 것과 동시에
상기 반응가스배출관과 연결된 상부반응가스유로를 가지는
상부열전달부;
상기 하부플레이트의 상부에 배치되고, 상기 열전달가스배출관과
연결되어 열전달가스가 이동하는 하부열전달가스유로와, 상기
하부열전달가스유로와 열전달되도록 접촉형성되는 상기
원료가스공급관과 연결되는 하부반응가스유로를 가지는
하부열전달부; 및
상기 상부열전달부와 상기 하부열전달부 사이에 하나 이상이
적층되는 반응부를 포함하고,
상기 반응부는 1개 이상이 적층가능하도록,
상기 하부반응가스유로에만 연통되는 가스공급채널이 설치되는
가스공급플레이트;
상기 가스공급플레이트의 상측에 적층되고, 하나 이상의
금속촉매와 상기 금속촉매의 하측에는 다공성의
금속촉매누름판이 하나 이상 배치되는 금속촉매플레이트;
상기 금속촉매플레이트의 상측에 적층되고 금속촉매에 의해
반응된 가스를 상기 상부반응가스유로에 전달시키는 가스전달부;
및
상기 가스공급플레이트의 하측 또는 상기 가스전달부의 상측에
배치되어 상기 상부열전달가스유로와 상기
하부열전달가스유로를 연통시키는 흡열채널을 가지는
흡열플레이트를 가지며,
상기 가스공급플레이트, 상기 금속촉매플레이트, 상기
가스전달부, 및 상기 흡열플레이트에는 각각 상기
상부반응가스유로에 연통되는 제1반응관통홀, 상기
상부열전달가스유로에 연통되는 제2반응관통홀, 상기
하부반응가스유로에 연통되는 제3반응관통홀, 및 상기

하부열전달가스유로에 연통되는 제4반응관통홀이 형성되는 것을 특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치.

[청구항 2]

제1항에 있어서, 상기 금속촉매플레이트에서 상기 금속촉매와 상기 금속촉매누름판이 각각 복수개가 설치되는 경우에는, 상기 금속촉매와 상기 금속촉매누름판이 서로 교호적으로 적층되는 것을 특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치.

[청구항 3]

제1항에 있어서,
상기 상부열전달부는,
상기 열전달가스공급관과 연통되는 상부열전달채널을 가지며
상부열전달가스유로를 형성하는 하나 이상의
상부열전달플레이트와,
상기 반응가스배출관과 연통되는 상부반응채널을 가지며
상부반응가스유로를 형성하는 것과 동시에 상기
상부열전달플레이트와 교대로 적층되는 하나 이상의
상부반응플레이트를 포함하고,
상기 상부열전달플레이트 및 상기 상부반응플레이트에는 상기
반응부의 제1반응관통홀 내지 제4반응관통홀에 대응되는 위치에,
제1상부관통홀 내지 제4상부관통홀이 형성되며,
상기 상부열전달부의 최하측에는 상기 제1상부관통홀 및 상기
제2상부관통홀만 형성된 상부차단플레이트가 배치되는 것을
특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치.

[청구항 4]

제1항에 있어서,
상기 하부열전달부는,
상기 열전달가스배출관과 연통되는 하부열전달채널을 가지며
하부열전달가스유로를 형성하는 하나 이상의
하부열전달플레이트와,
상기 원료가스공급관과 연통되는 하부반응채널을 가지며
하부반응가스유로를 형성하는 것과 동시에 상기
하부열전달플레이트와 교대로 적층되는 하나 이상의
하부원료가스플레이트를 포함하고,
상기 하부열전달플레이트 및 상기 하부원료가스플레이트에는
상기 반응부의 제1반응관통홀 내지 제4반응관통홀에 대응되는
위치에, 제1하부관통홀 내지 제4하부관통홀이 형성되며,
상기 하부열전달부의 최상측에는 상기 제3하부관통홀 및 상기
제4하부관통홀만 형성된 하부차단플레이트가 배치되는 것을
특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치.

[청구항 5]

제1항에 있어서, 상기 가스전달부는,
상기 금속촉매플레이트의 상측에 배치되고 상기 제1반응관통홀

내지 상기 제4반응관통홀에 대하여 격리되는 다공성 포집홀이 형성되는 가스포집플레이트와,
상기 가스포집플레이트의 상측에 배치되며, 상기 제1반응관통홀에만 연통되는 가스전달채널이 형성되는 가스전달플레이트를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치.

[청구항 6]

제1항에 있어서, 상기 가스전달부는,
상기 금속촉매플레이트의 상측에 배치되고 상기 제2반응관통홀 내지 상기 제4반응관통홀에 대하여 격리되는 다공성 포집홀이 형성되며, 상기 다공성포집홀은 연결채널에 의해 상기 제1반응관통홀에 연통되는 포집전달플레이트인 것을 특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치.

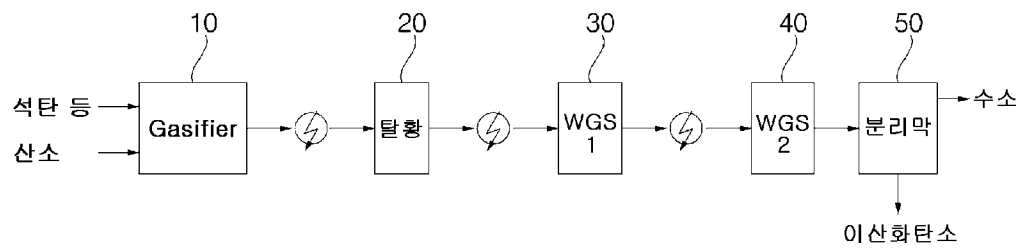
[청구항 7]

제1항에 있어서, 상기 금속촉매플레이트의 하측에는 오링이 배치되고, 상기 오링의 상측으로 상기 금속촉매누름판이 배치되는 것을 특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치.

[청구항 8]

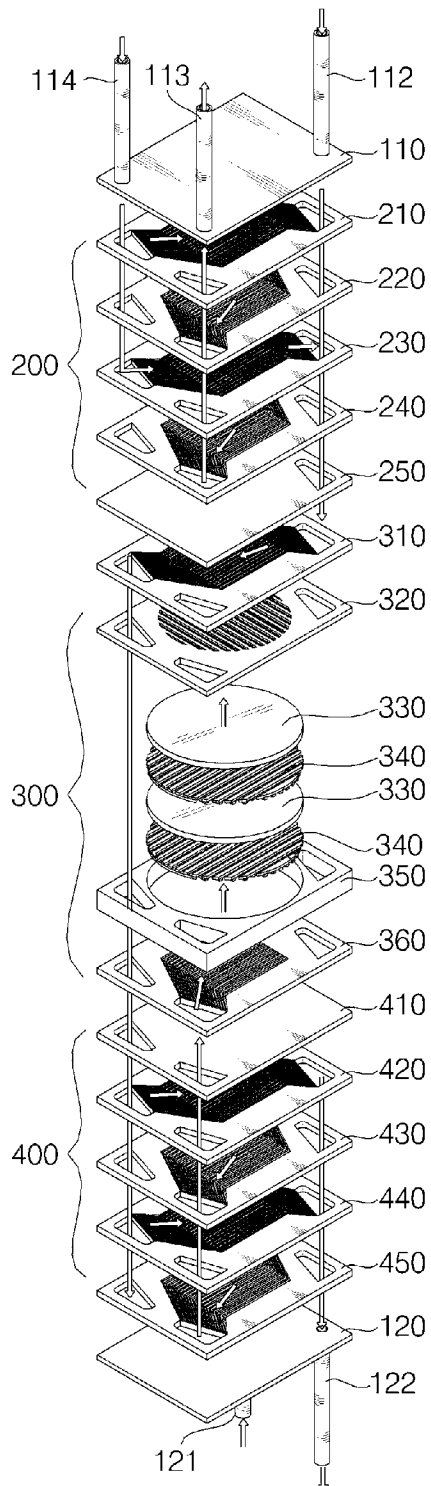
제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 다공성 포집홀의 단면적은 상기 금속촉매의 단면적보다 작은 것을 특징으로 하는 마이크로채널 WGS 반응장치.

[Fig. 1]

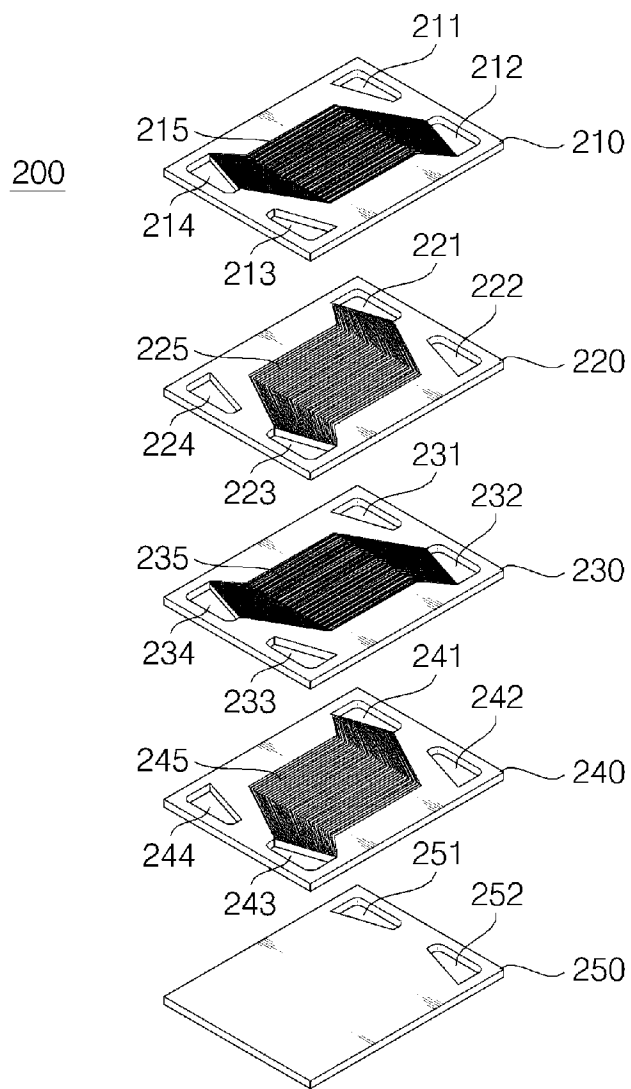


[Fig. 2]

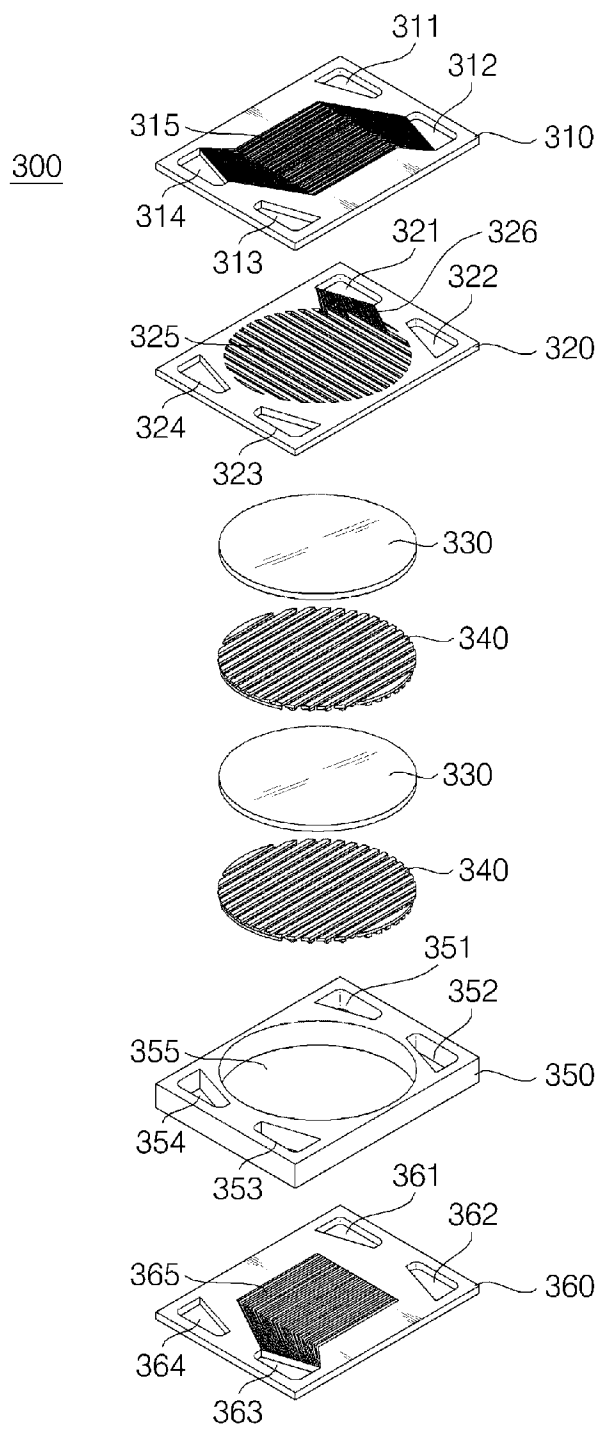
1000



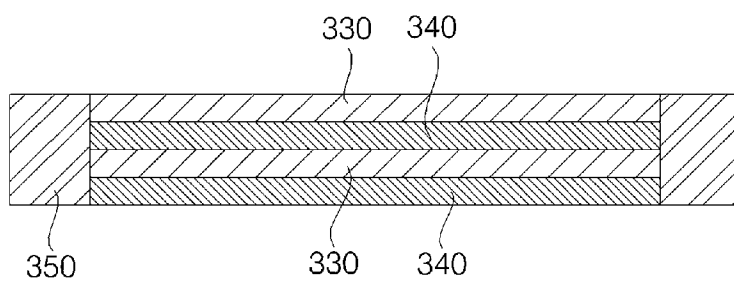
[Fig. 3]



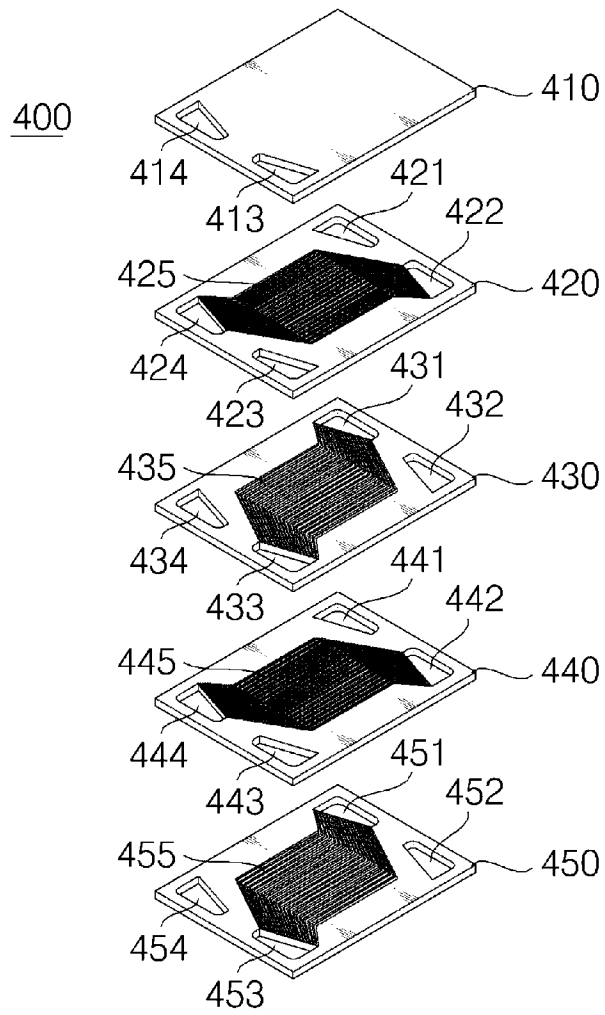
[Fig. 4]



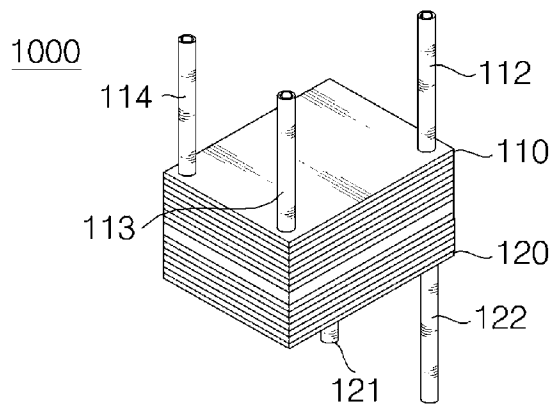
[Fig. 5]



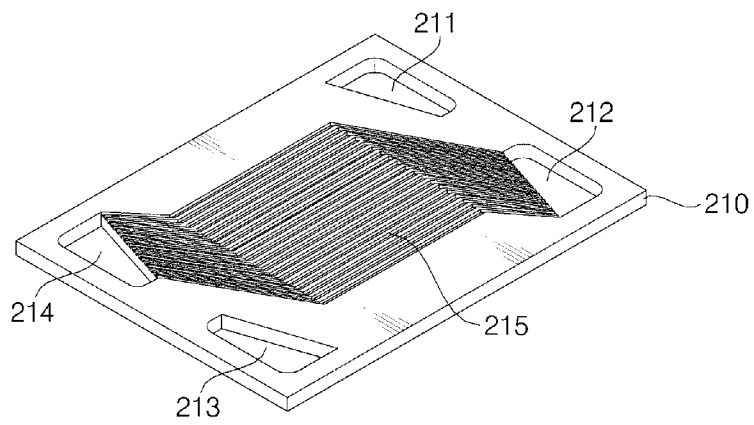
[Fig. 6]



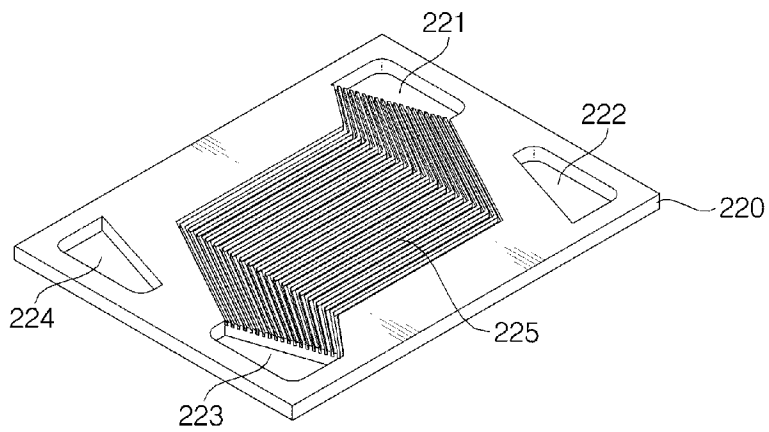
[Fig. 7]



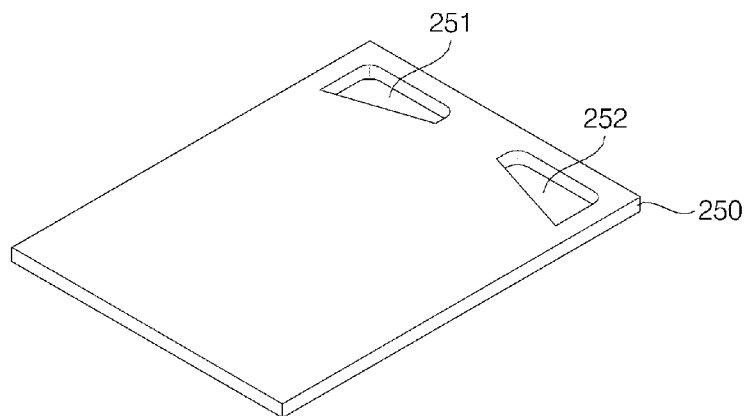
[Fig. 8]



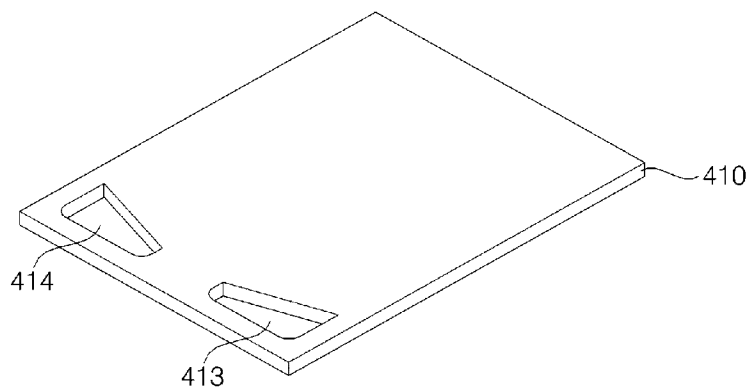
[Fig. 9]



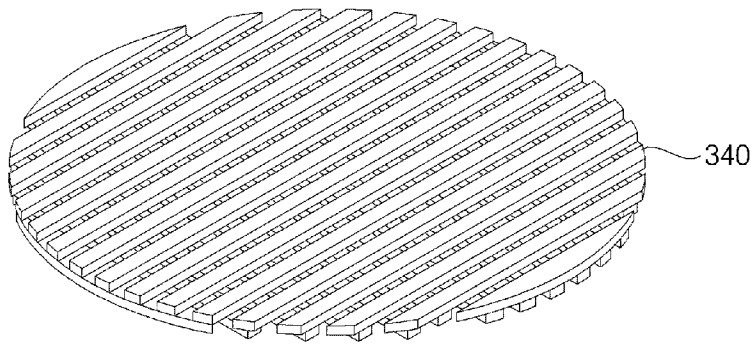
[Fig. 10]



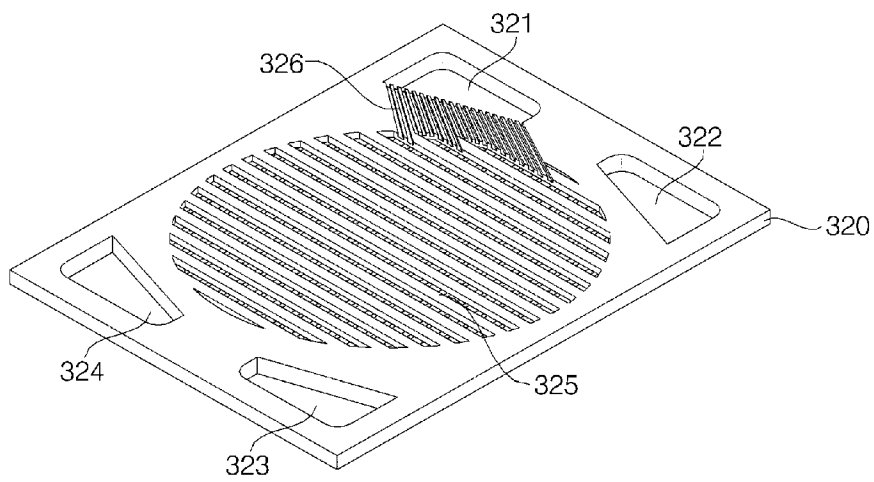
[Fig. 11]



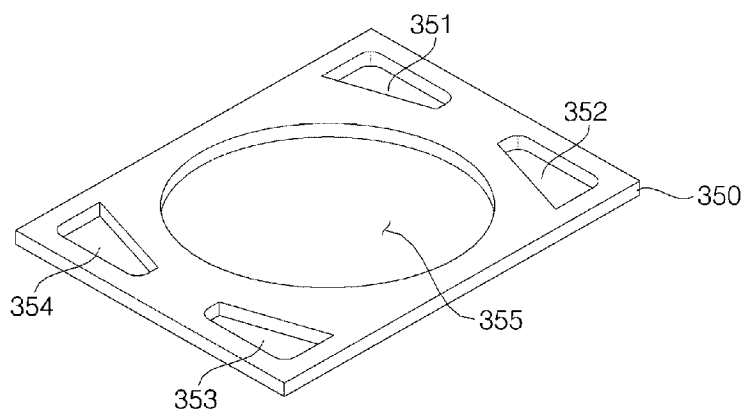
[Fig. 12]



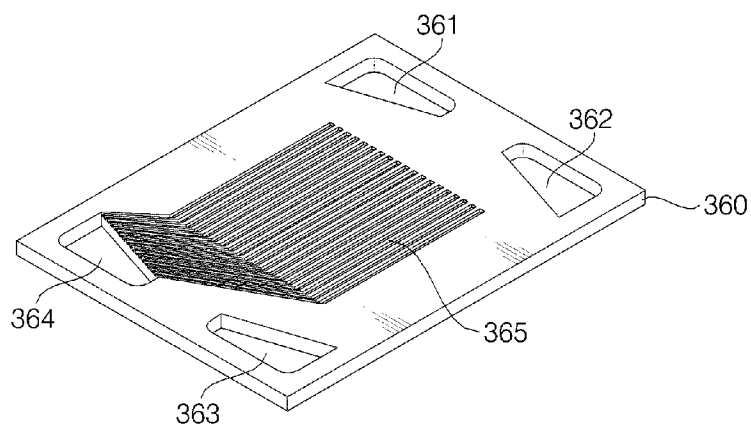
[Fig. 13]



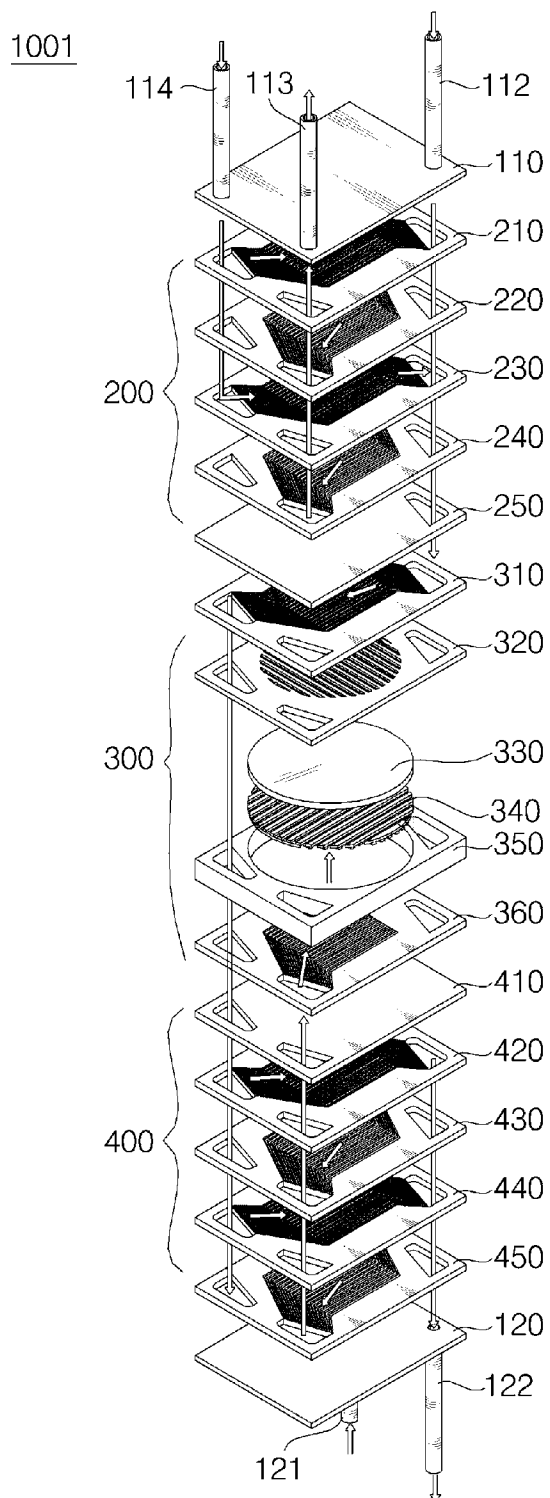
[Fig. 14]



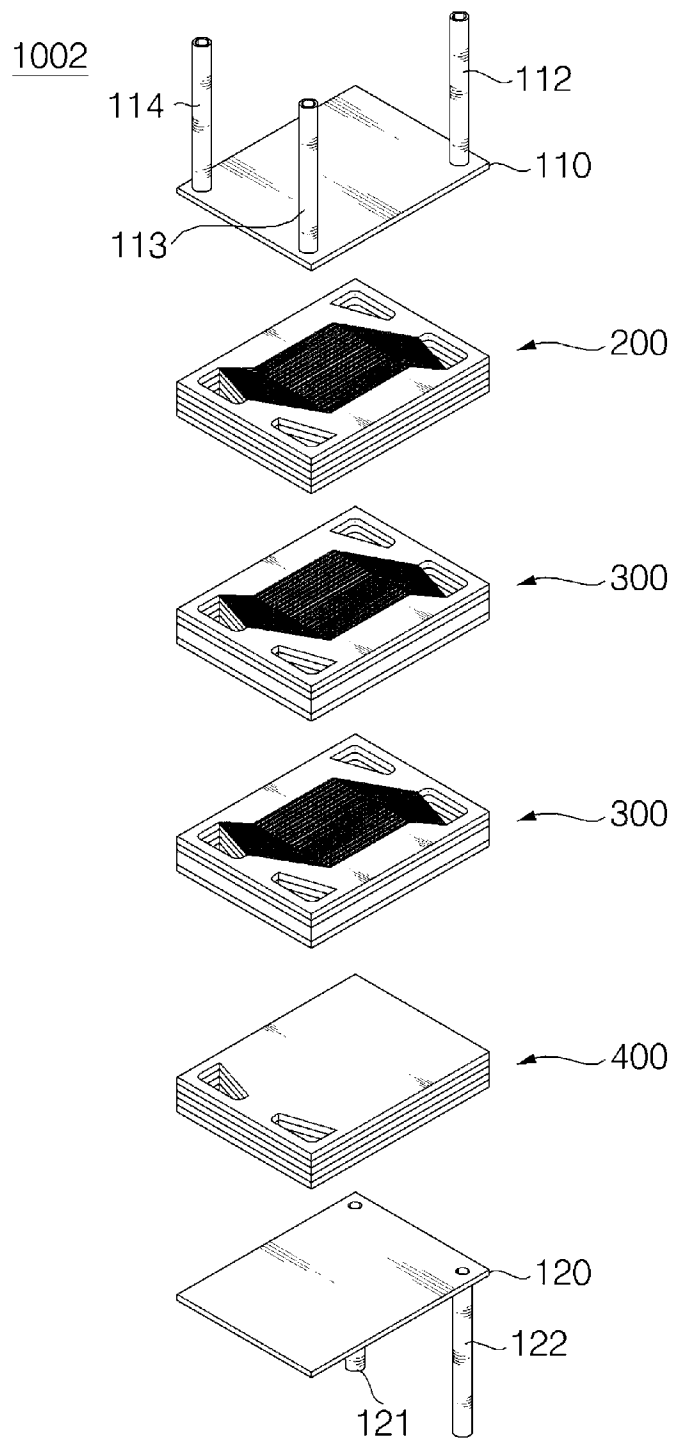
[Fig. 15]



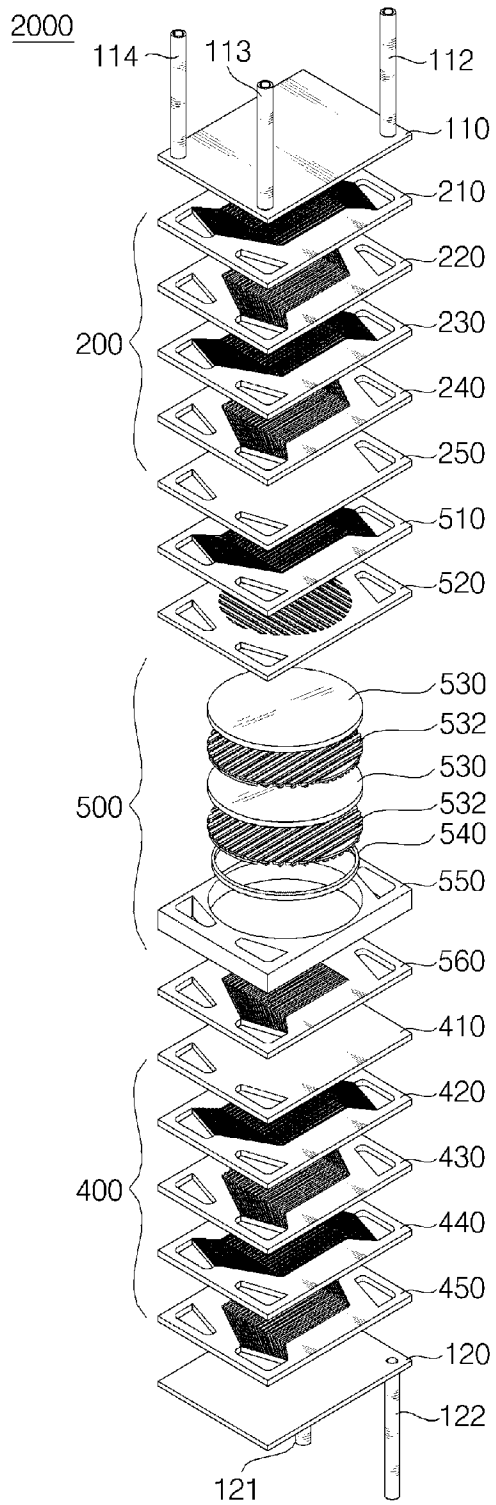
[Fig. 16]



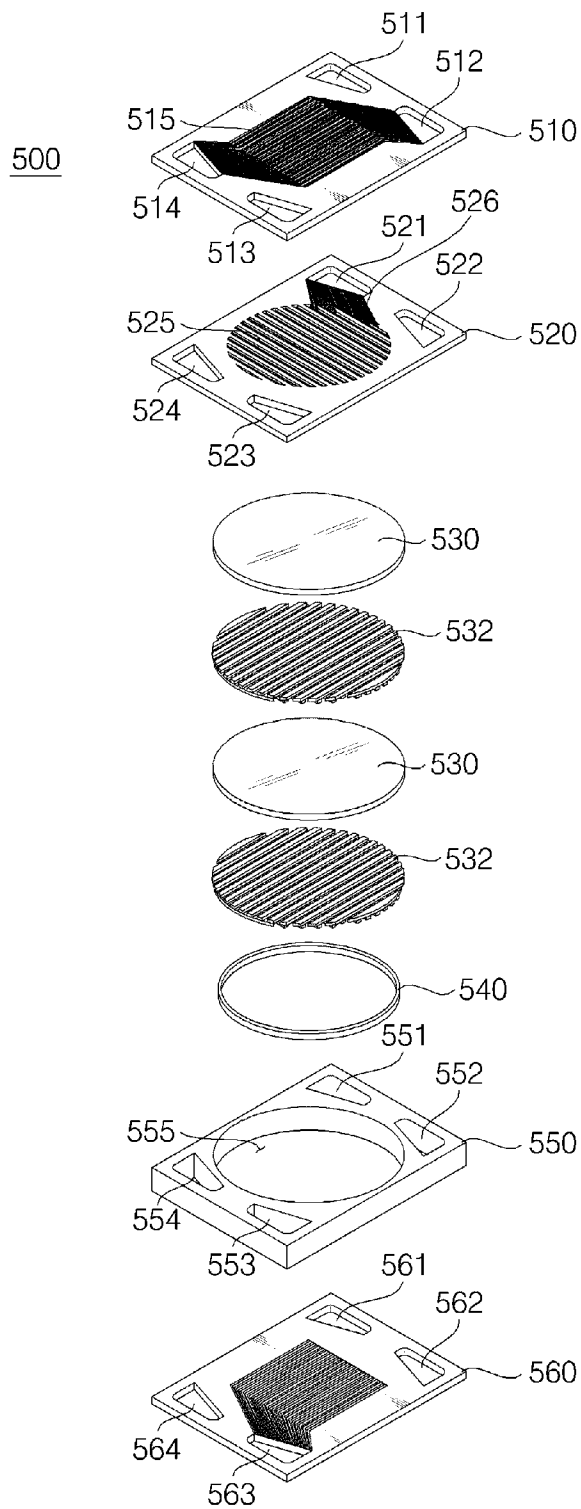
[Fig. 17]



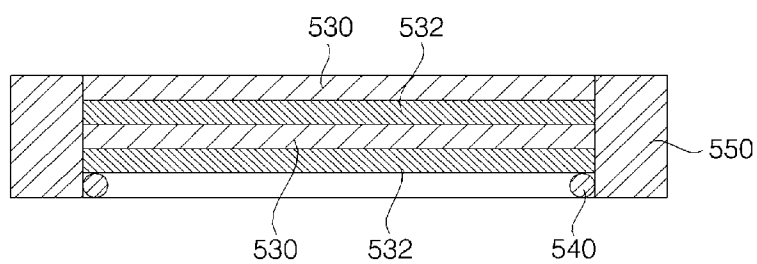
[Fig. 18]



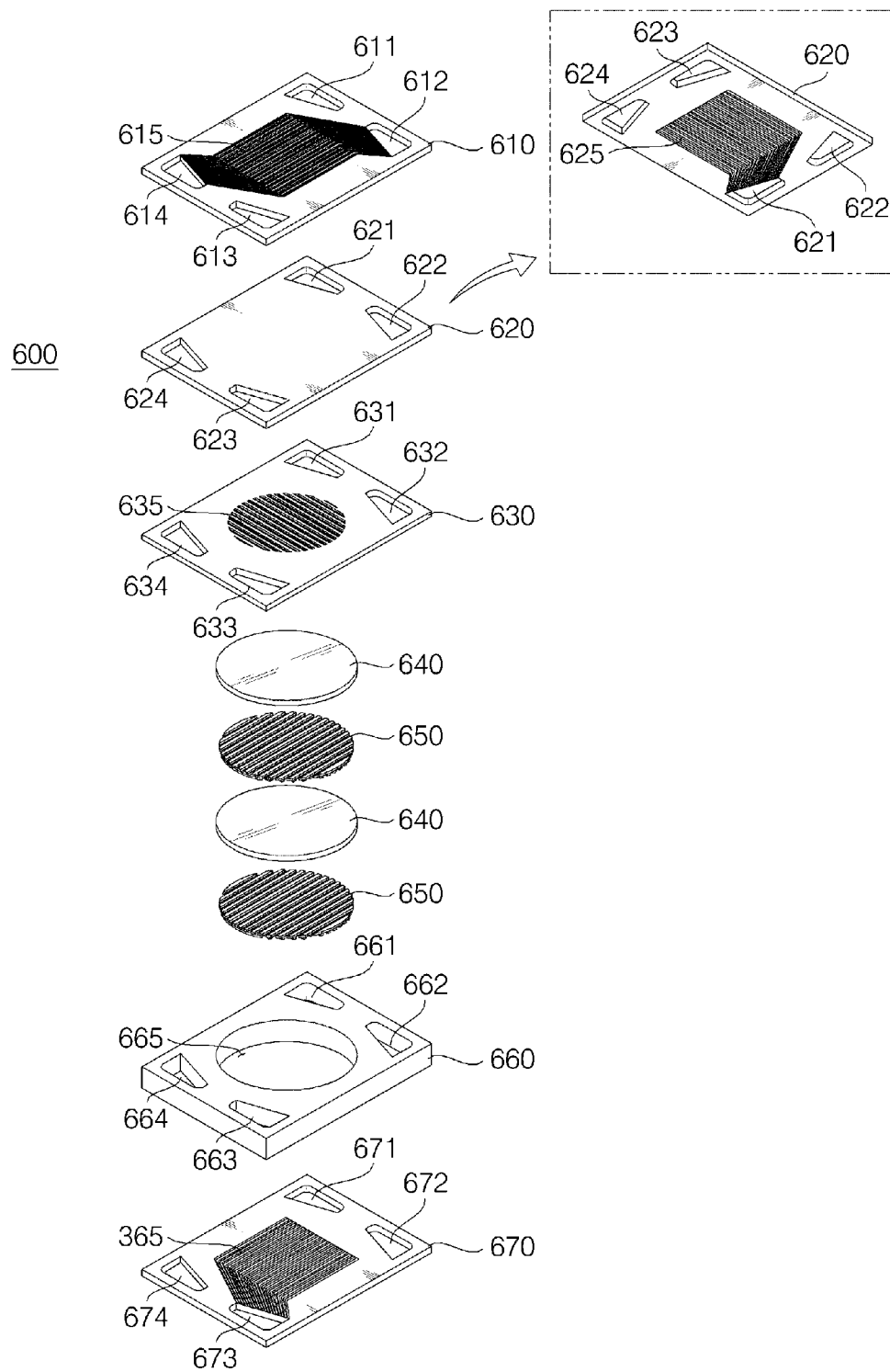
[Fig. 19]



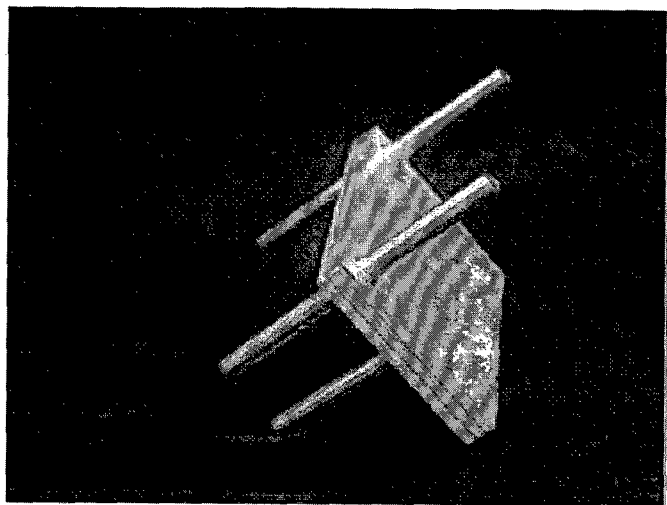
[Fig. 20]



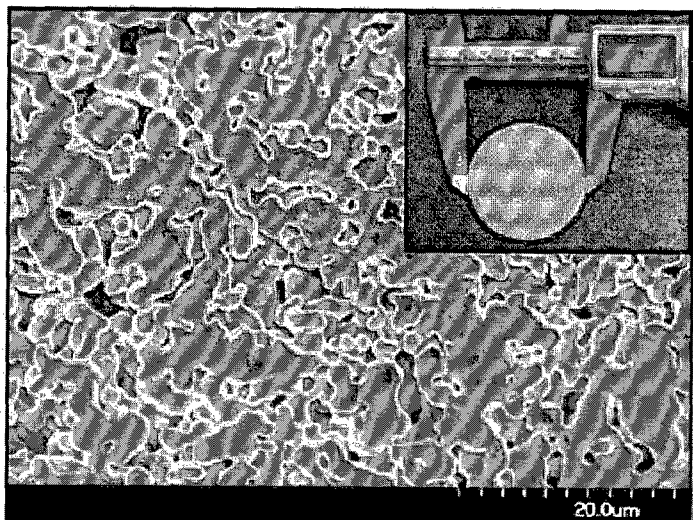
[Fig. 21]



[Fig. 22]



[Fig. 23]



[Fig. 24]

