



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년12월23일  
(11) 등록번호 10-1097460  
(24) 등록일자 2011년12월15일

(51) Int. Cl.

*B01J 19/12* (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0114514

(22) 출원일자 2009년11월25일

심사청구일자 2009년11월25일

(65) 공개번호 10-2011-0057897

(43) 공개일자 2011년06월01일

(56) 선행기술조사문헌

JP2004207011 A\*

KR1020060135911 A

KR1020060011580 A

JP2007231386 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국전기연구원

경상남도 창원시 성산구 성주동 28-1

(72) 발명자

김대호

경기도 안산시 상록구 사동 고잔7차푸르지오 709동 301호

정순신

경기도 안산시 상록구 사동 고잔7차푸르지오 712동 1802호

설승권

서울특별시 동작구 사당동 1050-23번지 남양빌라 302호

(74) 대리인

특허법인명문

전체 청구항 수 : 총 15 항

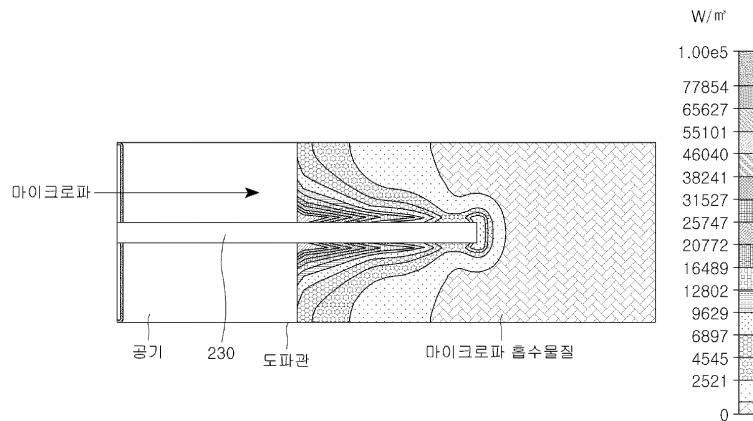
심사관 : 강민구

**(54) 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치 및 그 방법**

**(57) 요약**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치 및 그 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 화학 반응 장치는 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서, 마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기; 상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 상기 화학 반응 용기로 전달하는 도파관; 및 상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성되는 전계강화 수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

**대표도**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기;

상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 상기 화학 반응 용기로 전달하는 도파관; 및

상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성되는 전계강화 수단을 포함하며,

상기 전계강화 수단은

상기 화학 반응물 내부의 상기 마이크로파 전계를 강화시키는 도체 막대인 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 도체 막대는

표면에 화학적으로 안정되며 상기 마이크로파를 흡수하지 않는 기 설정된 물질이 코팅되는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 도체 막대는

적어도 하나 이상인 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

**청구항 5**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기;

상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 상기 화학 반응 용기로 전달하는 도파관; 및

상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성되는 전계강화 수단을 포함하며,

상기 전계강화 수단은

상기 전계강화 수단의 일부가 상기 화학 반응물 내부에 위치하거나 상기 전계강화 수단 모두가 상기 화학 반응물 내부에 위치하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

**청구항 6**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기;

상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 상기 화학 반응 용기로 전달하는 도파관; 및

상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성되는 전계강화 수단을 포함하며,

상기 전계강화 수단은

상기 전계강화 수단의 종단이 상기 화학 반응물 외부 표면에 접촉되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

#### 청구항 7

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기;

상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 상기 화학 반응 용기로 전달하는 도파관; 및

상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성되는 전계강화 수단을 포함하며,

상기 전계강화 수단은

상기 화학 반응물 내부의 상기 마이크로파 전계를 강화시키는 복수의 도체 입자가 상기 화학 반응 용기 내부에 형성되는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

#### 청구항 8

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기;

상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 상기 화학 반응 용기로 전달하는 도파관; 및

상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성되는 전계강화 수단을 포함하며,

상기 전계강화 수단은

상기 화학 반응물 내부의 상기 마이크로파 전계를 강화시키는 도체 막대 및 도체 입자인 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 도체 막대 및 상기 도체 입자는

상기 화학 용기 내부에 형성되는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

#### 청구항 10

제8항에 있어서,

상기 도체 막대는

상기 화학 용기 외부에 형성되고,

상기 도체 입자는

상기 화학 용기 내부에 형성되는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

**청구항 11**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기;

상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 상기 화학 반응 용기로 전달하는 도파관; 및

상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성되는 전계강화 수단을 포함하며,

상기 화학 반응 용기는

도체이고, 상기 화학 반응 용기 내부는 화학적으로 안정되며 상기 마이크로파를 흡수하지 않는 기 설정된 물질이 코팅되는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

**청구항 12**

제1항에 있어서,

상기 마이크로파는

필스 마이크로파를 포함하는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

**청구항 13**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하며, 상기 화학 반응물이 일정 통로를 통해 인접한 화학 반응 용기와 상호 교환되는 복수의 화학 반응 용기;

상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 복수의 마이크로파 발생기 각각에 의해 발생된 마이크로파를 상기 복수의 화학 반응 용기 각각으로 전달하는 복수의 도파관; 및

상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 복수의 화학 반응 용기 각각의 내부에 적어도 하나 이상 형성되는 전계강화 수단을 포함하며,

상기 전계강화 수단은

상기 화학 반응물 내부의 상기 마이크로파 전계를 강화시키는 도체 막대 및 도체 입자 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 화학 반응 장치.

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 방법에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 전계강화 수단을 형성하는 단계;

마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 도파관을 통해 상기 화학 반응 용기로 전달하는 단계; 및

상기 화학 반응물의 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 전계강화 수단을 통해 상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시키는 단계를 포함하며,

상기 전계강화 수단을 형성하는 단계는

상기 전계강화 수단의 일부가 상기 화학 반응물 내부에 위치하거나 상기 전계강화 수단 모두가 상기 화학 반응물 내부에 위치하도록 상기 전계강화 수단을 상기 화학 반응 용기 내부에 형성하는 것을 특징으로 하는 화학 반응 방법.

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 방법에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 전계강화 수단을 형성하는 단계;

마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 도파관을 통해 상기 화학 반응 용기로 전달하는 단계; 및

상기 화학 반응물의 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 전계강화 수단을 통해 상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시키는 단계를 포함하며,

상기 전계강화 수단을 형성하는 단계는

상기 전계강화 수단의 종단이 상기 화학 반응물 외부 표면에 접촉되도록 상기 전계강화 수단을 상기 화학 반응 용기 내부에 형성하는 것을 특징으로 하는 화학 반응 방법.

**청구항 18**

마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 방법에 있어서,

마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 전계강화 수단을 형성하는 단계;

마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 도파관을 통해 상기 화학 반응 용기로 전달하는 단계; 및

상기 화학 반응물의 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 전계강화 수단을 통해 상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시키는 단계를 포함하며,

상기 전계강화 수단을 형성하는 단계는

도체 막대 및 도체 입자 중 적어도 하나 이상을 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성하는 것을 특징으로 하는 화학 반응 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 화학 반응물에 대한 마이크로파 침투 깊이의 한계를 개선시키고 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 마이크로파 가열에 의한 화학 반응속도를 개선시킬 수 있는 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 마이크로파(microwave)는 극초단파라고도 불리는 전자기파의 일종으로, 파장이 1[mm]에서 1[m], 주파수가 300[MHz]로부터 300[GHz] 영역의 전자기파이다.

[0003] 마이크로파는 제2차 세계대전 중에 레이더용으로 개발되어 이용되었으며, 그 후 통신기기 등에 폭넓게 이용되고 있으며, 특히 휴대전화나 무선LAN 등에서 최근 그 활용이 확대되고 있다. 1946년 레이더 개발 도중 우연히 마이크로파가 식품을 급속히 가열하는 현상이 발견되었으며 이것이 전자레인지의 발명으로 연결되었다.

- [0004] 마이크로파 가열은 마이크로파 주파수로 진동하는 전기장의 영향 하에서 극성 분자나 이온의 회전과 관련되는 데, 진동하는 전기장이 존재할 때 입자들은 전기장의 방향이나 위상에 맞추려고 하지만 이러한 입자들의 운동은 입자 간의 상호작용이나 전기 저항에 의해 제한을 받고 이것이 입자들의 무작위 운동을 일으켜 열을 발생하게 된다.
- [0005] 쌍극자 편극(dipolar polarization) 발열 메커니즘은 극성 분자들에서 열이 발생하는 프로세스로서, 적절한 주파수로 진동하는 전기장 하에서 극성 분자들이 전기장의 방향과 위상에 맞추려고 할 때, 분자 간 힘으로 인해 극성 분자들이 저항을 받아 전기장에 따라갈 수 없게 됨으로써 분자들의 무작위 운동을 야기하고 이것이 열을 발생시킨다.
- [0006] 전기 저항(electric conduction) 발열 메커니즘은 전류에 대한 저항으로 인해 열이 발생하는 프로세스로서, 진동하는 전기장은 전도체 내의 전자나 이온의 진동을 일으켜 전류를 만들어내고, 이 전류가 내부 저항에 의해 열을 발생시킨다.
- [0007] 1947년 스펜서 박사가 최초의 마이크로파 오븐을 개발하여 마이크로파를 가열 방법으로 사용한지 60여년이 넘었다. 이후 마이크로파 가열이 가정용 뿐만 아니라 산업용 가열 방법으로 개발되어 적용되었다. 1980년대 중반 마이크로파 가열은 화학 분석 예를 들어, ashing, extraction, digestion 등에 적용되기 시작하였고, 1986년에는 마이크로파 가열을 이용하여 화학 합성을 시도하여 재래식 가열 방법보다 약 1000배 빠르게 반응이 일어남을 보고하였다. 1990년대에는 마이크로파 화학 장치 업체에서 개발한 제품들이 기술적으로 발전하면서 널리 보급되었다.
- [0008] 마이크로파는 다양한 반응계에서 반응속도를 수배 내지 1000배로 가속시킬 뿐만 아니라 선택성 향상이나 나노입자의 생성 등 단순한 가열효과를 초월하는 새로운 반응영역으로 기대되는 사례가 많이 보고되고 있다. 특히 반응을 신속하게 실현할 수 있기 때문에 의약품 개발, 조합 화학(combinatorial chemistry) 및 실험실 단계에서의 반응 탐색 등으로 폭넓게 이용되어 오고 있다. 통상의 가열반응에서는 필수적인 용매나 촉매가 필요 없는 사례도 있다. 따라서 청정화학의 관점에서도 아주 유용한 도구로 인식되고 있으며, 이미 연간 1000편이 넘는 SCI급 논문들이 쏟아져 나오고 있다. Nature지에서도 'out of the kitchen'이라는 제목으로 마이크로파를 이용한 합성 반응이 향후 커다란 가능성이 있다고 지적하고 있다.
- [0009] 이런 마이크로파는 화학 반응에서 매우 효과적인 가열 수단으로 증명되었는데, 마이크로파 가열은 반응속도를 높이고, 수율을 더 좋게 하며, 균일하고 선택적인 가열을 가능케 하고, 반응 재현성을 더 좋게 하며, 보다 깨끗하고 친환경적인 합성 경로의 개발을 도와준다.
- [0010] 1) 마이크로파 가열은 재래식 가열에 비해 반응에 따라 반응속도를 10 내지 1000배 향상시킨다.
- [0011] 2) 마이크로파 가열은 장치를 가열하지 않고 피가열물 자체를 가열하기 때문에 재래식 가열에 비해 에너지 소비량이 적어 가열효율을 증대시킨다.
- [0012] 3) 마이크로파 가열은 반응에 따라 재래식 가열에 비해 더 높은 수율을 가능하게 하는데, 일 예로 플루오레세인의 마이크로파 합성의 경우 수율이 70[%]에서 82[%]로 증가하였다.
- [0013] 4) 마이크로파 가열은 물질에 따라 마이크로파에 다르게 반응하기 때문에 선택적 가열이 가능하게 하는데, 이는 어떤 물질은 마이크로파에 투명하지만 어떤 물질은 마이크로파를 흡수하기 때문이다.
- [0014] 5) 마이크로파 가열은 반응물을 직접 가열하기 때문에 화학 반응 시 사용하는 용매의 양을 줄이거나 용매를 없앨 수 있기에 친환경적이다.
- [0015] 6) 마이크로파 가열에 의한 반응은 가열이 균일하고 프로세스 변수의 제어가 좋기 때문에 재래식 가열에 비해 재현성이 더 좋다.
- [0016] 마이크로파의 유전체 가열에 의한 효과 이외에도 마이크로파가 분자에 직접 작용하여 반응을 가속시키는 효과도 있기 때문에 이를 비열적(non-thermal) 효과라 한다. 그러나 마이크로파 조사에 의해 계속 불가능한 미소영역에

서 단시간에 부위별로 고온으로 가열된다거나, 극성 중간체를 경유하는 반응에서 이를 선택적으로 가열함으로써 반응가속효과가 나타난다는 열적효과로도 해석을 하고 있어 학계에서 논쟁이 되고 있다.

- [0017] 마이크로파의 효과에 대한 해석과는 상관없이 같은 조건에서 마이크로파 전계강도가 클수록 반응의 효율이 더 좋아진다는 사실에는 이견이 있을 수 없다. 특히, 마이크로파에 의한 세라믹 소결에 관한 연구에서 가열온도와 유지시간이 같더라도 전계강도가 다르면 소결의 결과가 다르다는 것이 규명되었다.
- [0018] 마이크로파를 이용한 바이오디젤 합성법은 화석연료를 사용하는 기존의 외부가열방법 대신에 유전자열특성으로 물질내부에 직접 에너지를 가하여 화학반응속도를 급속히 단축시키는 것으로서, 반응속도는 약 10배 빨라지며 반응에 사용하는 에너지는 약 1/2이하로 줄어들어 바이오디젤 공정을 매우 효율적으로 만드는 기술이다.
- [0019] 현재 마이크로파 화학 반응기는 규모화(scalability)를 이루지 못해 연구실 수준에 머물고 있는 실정으로, 현재 마이크로파 장비 업체들은 생산량을 실질적으로 증가시킬 수 있는 제품 개발 쪽으로 연구하고 있다. 하지만 산업 생산 규모로 확대하는 데는 여전히 성과를 내지 못하고 있는 실정이다.
- [0020] 또한, 마이크로파 흡수물질에 대한 마이크로파의 침투깊이는 물질의 흡수능력에 반비례하여 줄어든다. 전자레인지에서 사용하는 2.45[GHz]의 경우 마이크로파 전계강도가 1/e 만큼 줄어드는 깊이를 계산해 보면, 물은 2.85[cm], 메탄올은 1.30[cm], 바이오디젤 합성반응물은 3.36[cm]이다.
- [0021] 도 1은 직사각형 도파관내에 바이오디젤 합성반응물과 같은 마이크로파 흡수물질이 있을 때, 마이크로파의 흡수 밀도가 어떻게 감쇄되는지 보여주는 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로서, 마이크로파의 침투깊이보다 훨씬 깊은 곳에서는 반응물이 마이크로파를 거의 만나지 못한다는 것을 알 수 있다.
- [0022] 이런 반응물에 대한 마이크로파 침투깊이의 한계는 마이크로파 화학 반응기를 대형화하는데 매우 큰 어려움으로 작용할 수 있다. 만일 마이크로파 침투깊이가 반응용기에 비해 훨씬 작다면, 실질적인 가열영역은 반응용기의 외곽에만 한정되므로 기존 외부가열방식의 반응기와 차이가 거의 없게 된다. 실험실 수준의 규모에서는 매우 좋은 결과를 보여주는 화학반응들이 파일럿(pilot) 수준의 규모로 커졌을 때는 마이크로파 효과가 거의 나타나지 않는 연구결과들이 많이 있다.
- [0023] 따라서, 마이크로파 화학 반응기의 대형화를 이루기 위해서는, 마이크로파 침투깊이의 한계를 해결할 수 있는 방법의 필요성이 대두된다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- [0024] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창안된 본 발명의 실시예에 따른 목적은, 화학 반응물에 대한 마이크로파 침투 깊이의 한계를 개선시키고 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시킴으로써, 마이크로파 가열에 의한 화학 반응속도를 개선시킬 수 있는 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.
- [0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다른 목적은, 마이크로파 침투 깊이의 한계를 개선시킴으로써, 마이크로파 화학 반응기의 대형화를 이룰 수 있는 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.

**과제 해결수단**

- [0026] 상기 목적을 달성하기 위한, 본 발명의 한 관점에 따른 화학 반응 장치는 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서, 마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기; 상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 상기 화학 반응 용기로 전달하는 도파관; 및 상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 형성되는 전계 강화 수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 바람직하게, 상기 전계강화 수단은 상기 화학 반응물 내부의 상기 마이크로파 전계를 강화시키는 도체 막대일 수 있다.
- [0028] 이때, 상기 전계강화 수단은 상기 전계강화 수단의 일부가 상기 화학 반응물 내부에 위치하거나 상기 전계강화 수단 모두가 상기 화학 반응물 내부에 위치하도록 형성될 수도 있고, 상기 전계강화 수단의 종단이 상기 화학

반응물 외부 표면에 접촉되도록 형성될 수도 있다.

[0029] 바람직하게, 상기 전계강화 수단은 상기 화학 반응물 내부의 상기 마이크로파 전계를 강화시키는 복수의 도체 입자가 상기 화학 반응 용기 내부에 형성될 수 있다.

[0030] 바람직하게, 상기 전계강화 수단은 상기 화학 반응물 내부의 상기 마이크로파 전계를 강화시키는 도체 막대 및 도체 입자일 수 있고, 상기 도체 막대 및 상기 도체 입자는 상기 화학 용기 내부에 형성될 수도 있으며, 상기 도체 막대는 상기 화학 용기 외부에 형성되고, 상기 도체 입자는 상기 화학 용기 내부에 형성될 수도 있다.

[0031] 바람직하게, 상기 마이크로파는 펄스 마이크로파를 포함할 수 있다.

[0032] 본 발명의 다른 한 관점에 따른 화학 반응 장치는 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치에 있어서, 마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하며, 상기 화학 반응물이 일정 통로를 통해 인접한 화학 반응 용기와 상호 교환되는 복수의 화학 반응 용기; 상기 화학 반응물을 마이크로파 가열시키기 위해 복수의 마이크로파 발생기 각각에 의해 발생된 마이크로파를 상기 복수의 화학 반응 용기 각각으로 전달하는 복수의 도파관; 및 상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 복수의 화학 반응 용기 각각의 내부에 적어도 하나 이상 형성되는 전계강화 수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0033] 바람직하게, 상기 전계강화 수단은 상기 화학 반응물 내부의 상기 마이크로파 전계를 강화시키는 도체 막대 및 도체 입자 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0034] 본 발명의 한 관점에 따른 화학 반응 방법은 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 방법에 있어서, 마이크로파 가열에 의해 화학 반응하는 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기 내부 또는 외부에 전계강화 수단을 형성하는 단계; 마이크로파 발생기에 의해 발생된 마이크로파를 도파관을 통해 상기 화학 반응 용기로 전달하는 단계; 및 상기 화학 반응물의 화학 반응 속도를 증가시킬 수 있도록, 상기 전계강화 수단을 통해 상기 마이크로파를 상기 화학 반응물 내부로 전달하여 상기 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

**효과**

[0035] 본 발명에 따르면, 화학 반응물의 내외부에 위치한 하나 이상의 도체를 이용하여 마이크로파의 전계를 부분적으로 집중시키거나 마이크로파가 침투하지 못하는 깊은 영역까지 마이크로파를 유도함으로써, 부분적으로 강한 전계에 의해 화학반응이 더욱 가속화되고 대형화된 반응기에서도 마이크로파 효과에 의한 화학 반응 속도를 개선시킬 수 있다.

[0036] 또한, 본 발명에 따르면, 화학 반응물의 온도유지를 위해 공급되는 전체 마이크로파의 출력은 변하지 않더라도 부분적으로 전계가 집중되는 영역을 형성시켜주기 때문에 전계가 약해진 영역에서는 온도에 의존하는 기존방식의 화학반응이 진행되고 전계가 강해진 영역에서는 마이크로파 효과에 의한 초고속의 화학반응이 진행되어 부분적인 전계강화로 인해 전체적인 화학반응속도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0037] 상기 목적 외에 본 발명의 다른 목적 및 특징들은 첨부 도면을 참조한 실시 예에 대한 설명을 통하여 명백히 드러나게 될 것이다.

[0038] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치 및 그 방법을 첨부된 도 2 내지 도 16을 참조하여 상세히 설명한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0039] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 화학 반응 장치에 대한 구조를 나타낸 것이다.



- [0040] 도 2를 참조하면, 화학 반응 장치는 도파관(210), 화학 반응 용기(220) 및 전계강화 수단(230)을 포함한다.
- [0041] 도파관(210)은 마이크로파 발생기(미도시)에 의해 발생된 마이크로파를 화학 반응 용기(220)로 전달하여 화학 반응 용기(220)에 수용되는 화학 반응물을 마이크로파 가열시켜 화학 반응이 발생되도록 한다.
- [0042] 이때, 도파관(210)을 통해 화학 반응 용기(220)로 전달되는 마이크로파는 화학 반응을 위해 사용되는 다양한 종류의 마이크로파일 수 있으며, 펄스 마이크로파를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0043] 화학 반응 용기(220)는 화학 반응물을 수용하는 용기로서, 도파관(210)을 통해 전달되는 마이크로파에 의한 가열을 통해 화학 반응물을 화학 반응시킨다.
- [0044] 이때, 화학 반응 용기(220)는 대형화를 위해 금속성의 마이크로파 챔버 역할을 할 수 있도록 도체로 형성될 수 있고, 내부 면이 화학적으로 안정되며 마이크로파를 흡수하지 않는 기 설정된 물질이 코팅되는 것이 바람직하며, 코팅되는 물질에 대한 예로, 테프론, 세라믹 등을 들 수 있는데, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0045] 전계강화 수단(230)은 도파관(210)을 통해 화학 반응 용기(220) 내부로 전달되는 마이크로파를 화학 반응물 내부 깊이 전달하고 부분적으로 마이크로파 전계를 강화하여 화학 반응물의 화학 반응 속도를 개선시키기 위한 수단으로, 화학 반응 용기(220) 내부 혹은 외부에 형성될 수 있으며, 도체 막대 혹은 도체 입자가 될 수 있다. 물론, 도 2에 도시된 화학 반응 장치에서의 전계강화 수단(230)은 도체 막대이지만, 본 발명에서의 전계강화 수단은 도체 막대 뿐만 아니라 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 부분적으로 강화할 수 있는 다양한 수단이 될 수 있다.
- [0046] 나아가, 전계강화 수단(230)은 화학 반응물에 의해 이온화되거나 산화되는 경우가 있을 수 있기에, 테프론이나 세라믹 같이 화학적으로 안정하면서도 마이크로파를 흡수하지 않는 물질로 코팅하여 쓰는 것이 바람직하다.
- [0047] 도 3 및 도 4는 도 2에 도시된 전계강화 수단의 일부가 화학 반응물 내부에 형성된 경우에 대한 마이크로파 흡수 패턴에 대한 예들을 나타낸 것으로, 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 화학 반응물의 외부에서 내부로 이르는 방향으로 급속과 같은 전계강화 수단(230)을 설치했을 때 화학 반응물의 마이크로파 흡수패턴은 도 1의 최대 마이크로파 흡수밀도(power loss density)가 약 10,000 W/m<sup>3</sup>인 것에 반해, 도 3에서는 그것의 약 10배가 되고, 도 4에서는 약 7.7배가 되는 것을 알 수 있다.
- [0048] 또한 도 4에서 전계강화 수단(230)인 도체 막대의 끝부분까지도 강한 마이크로파 흡수패턴이 형성되고 있는 것을 알 수 있다.
- [0049] 여기서, 화학 반응물은 도 1에서와 같은 바이오디젤 합성공정에서 사용되는 화학 반응물의 조성을 그대로 사용하고, 화학 반응물의 복소 유전상수(complex dielectric constant)는 6.614 - i3.056이다.
- [0050] 또한, 도 5에 도시된 전계강화 수단이 위치한 화학 반응물 내부의 위치에 따른 화학 반응물의 전환율을 통해 알 수 있듯이, KOH 균일촉매를 사용하여 대두유를 바이오디젤로 전환하는 전이에스테르화 반응에 적용시킨 실험을 수행한 결과 도체 막대인 전계강화 수단의 위치에 따라 같은 시간 예를 들어, 5분의 전환율이 87.6[%]에서 95.9[%]까지 향상된 것을 알 수 있다.
- [0051] 이렇듯 본 발명에 따른 화학 반응 장치는 전계강화 수단을 이용하여 분산되어 있는 마이크로파를 그 주변으로 집중시켜 화학 반응물의 내부 깊숙이 전달해줌으로써, 화학 반응 속도를 개선시킬 수 있다.
- [0052] 이런 본 발명의 일 실시예에 따른 화학 반응 장치는 전계강화 수단인 도체 막대를 이용하여 부분적으로 마이크로파 강도를 증가시킬 수 있는 방법을 상황에 따라 다양하게 적용할 수 있는데, 도 6은 전계강화 수단(230)이 화학 반응물 외부 표면에 접촉되도록 형성된 경우에 대한 마이크로파 흡수 패턴을 나타낸 것으로, 국소적으로 아주 강한 강도를 얻을 수 있으며, 도 7은 전계강화 수단(230)이 화학 반응물 내부에 형성된 경우에 대한 마이크로파 흡수 패턴을 나타낸 것으로, 마이크로파가 화학 반응물의 더 깊은 영역까지 확대시킬 수 있다.
- [0053] 이하, 본 발명에 따른 화학 반응 장치에 대한 실시예들을 설명한다.
- [0054] 실시예 1)
- [0055] 도 8은 화학 반응 용기의 크기가 비교적 작은 경우에 적용할 수 있는 화학 반응 장치에 대한 일 예를 나타낸 것

으로, 도 2에 도시된 화학 반응 장치에 교반 날개(850)가 포함된 경우이다.

- [0056] 도 8에 도시된 바와 같이, 화학 반응 장치에 교반 날개(850)가 필요한 경우 전계강화 수단(230)이 마이크로파를 화학 반응물 내부로 전달하는 역할과 동시에 교반봉의 역할을 수행할 수 있으며, 만일 마이크로파의 출력이 1[KW]를 넘지 않는다면 동축형의 도파관을 사용하고, 동축형 도파관의 중심 도체를 전계강화 수단인 도체 막대로 연장할 수도 있다.
- [0057] 실시예 2)
- [0058] 도 9는 화학 반응 용기의 크기가 비교적 큰 경우에 적용할 수 있는 화학 반응 장치에 대한 일 예를 나타낸 것으로, 복수의 도체 막대를 적절히 사용하여 마이크로파를 부분적으로 강화할 수 있다.
- [0059] 이때, 화학 반응 용기(920)로 마이크로파가 투입되는 도파관(910)의 위치는 상부면(a)이 될 수도 있고, 측면(b)이 될 수도 있다.
- [0060] 도체 막대(930)는 화학 반응 용기의 벽면에서부터 시작되어 고정될 수 있는데, 이 방법이 마이크로파를 집중시키는데 부적절한 경우에는 유리 또는 테프론과 같이 마이크로파를 흡수하지 않는 물질을 지지구조로 사용할 수도 있다.
- [0061] 상기 실시예 1)과 2)에서 도체 막대가 화학 반응물의 외부로부터 시작하여 도체 막대의 일부가 화학 반응물 내부에 위치하도록 되어 있지만, 마이크로파 침투깊이가 상대적으로 깊은 화학 반응물의 경우에는, 상기 실시예들과 같이 도체 막대가 화학 반응물의 외부로부터 시작되지 않아도 효과를 기대할 수 있다. 마이크로파 화학 반응 장치의 상황에 따라 도체를 이용하여 다양한 방식으로 마이크로파 흡수강도를 부분적으로 증가시켜 반응속도 향상효과를 얻을 수 있다.
- [0062] 실시예 3)
- [0063] 화학 반응물 내의 마이크로파의 파장보다 훨씬 작은(1/10 이하) 도체가 마이크로파가 작용하는 공간 내에 있으면, 도체 주변으로 전계가 집중되는 성질이 있다.
- [0064] 도 10은 마이크로파 흡수율이 상대적으로 낮은 화학 반응물에 대한 화학 반응 장치에 대한 일 예를 나타낸 것으로, 화학 반응 용기(1020) 내에 수용된 화학 반응물 내에 복수의 도체 입자들(1030)이 분포되어 도파관(1010)을 통해 전달되는 마이크로파를 도체 입자를 통해 집중시켜 도체 입자 주변으로 높은 화학 반응 속도를 얻을 수 있다.
- [0065] 이때, 화학 반응물 내에 형성되는 도체 입자의 개수는 화학 반응물에 따라 상이하게 결정될 수 있다.
- [0066] 또한, 마이크로파 흡수율이 상대적으로 낮은 화학 반응물에 대한 경우, 도 11에 도시된 바와 같이, 화학 반응 용기에 수용된 화학 반응물 내부에 특정한 모양의 도체를 두어 부분적으로 마이크로파 흡수강도를 증가시킬 수도 있다. 즉, 도파관(1110)을 통해 전달되는 마이크로파가 화학 반응물 내부에 형성된 도체(1130)를 통해 화학 반응 용기(1120)에 수용되는 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 부분적으로 강화할 수 있는데, 화학 반응물의 마이크로파 흡수율에 따라 화학 반응물 내부에 형성되는 도체의 위치가 상이할 수 있다.
- [0067] 나아가, 마이크로파 흡수율이 상대적으로 낮은 화학 반응물에 대한 경우, 도 12에 도시된 바와 같이, 도 8 또는 도 9와 도 10을 결합한 형태의 화학 반응 장치를 이용하여 화학 반응 속도를 개선시킬 수 있다.
- [0068] 즉, 화학 반응 용기(1220)에 수용된 화학 반응물의 화학 반응 속도를 개선시키기 위해, 도체 막대(1231)와 도체 입자(1232) 모두를 전계강화 수단(1230)으로 사용함으로써, 도파관(1210)을 통해 전달되는 마이크로파를 도체 막대(1231)와 도체 입자(1232)를 통해 화학 반응물 내부로 잘 전달시키고 마이크로파 전계를 부분적으로 강화시켜 화학 반응 속도를 더욱 더 개선시킬 수 있다.

- [0069] 실시예 4)
- [0070] 화학 반응 용기의 부피가 매우 커서 하나의 마이크로파 발생기로 충분한 에너지를 공급할 수 없을 때에는, 복수의 마이크로파 발생기를 사용해야 하는데, 복수의 마이크로파 발생기를 하나의 마이크로파 챔버로 결합하게 되면 각각의 마이크로파 발생기가 서로에게 심각한 영향을 주어 고장을 일으키게 될 확률이 매우 높게 된다.
- [0071] 도 13은 복수의 마이크로파 발생기를 사용하는 경우에 대한 화학 반응 장치에 대한 일 예를 나타낸 것으로, 복수의 마이크로파 발생기에 의한 간섭을 배제하기 위한 것이다.
- [0072] 도 13에 도시된 바와 같이, 화학 반응 장치는 복수의 마이크로파 발생기(미도시) 각각에 의해 발생된 마이크로파를 전달하기 위한 도파관(1310)을 복수의 화학 반응 용기(1320) 각각에 대해 별도로 구성하고, 복수의 화학 반응 용기(1320) 각각은 도체 막대 등의 전계강화 수단(1330)을 구비한다.
- [0073] 여기서, 화학 반응 용기(1320) 각각은 인접하는 화학 반응 용기와 내부에 수용되는 화학 반응물이 상호 교환될 수 있도록 일정 통로(1350)를 형성할 수 있는데, 도 13에서는 두 화학 반응 용기가 인접하는 부분에 일정 크기의 구멍을 뚫어 통로를 형성하는 것으로 도시하였지만, 화학 반응물이 상호 이동할 수 있는 모든 통로 예를 들어, 화학 반응물 이동관 등을 포함할 수 있다.
- [0074] 이때, 화학 반응물이 상호 교환되는 일정 통로(1350)는 해당 화학 반응 용기 내로 전달되는 마이크로파가 인접하는 화학 반응 용기로 전달되지 못하도록 설계되어야 하는 것이 바람직하다.
- [0075] 이런, 화학 반응 장치는 마이크로파 가열을 이용한 초대형의 화학 반응 장치로 구성할 수 있으며, 초대형 화학 반응 장치로 구성되더라도 별개의 마이크로파 발생기와 전계강화 수단을 포함하는 화학 반응 용기를 이용하여 화학 반응물의 화학 반응 속도를 개선시킬 수 있다.
- [0076] 물론, 화학 반응 용기 각각에 도체 막대 뿐만 아니라 복수의 도체 입자를 포함할 수도 있으며, 도체 막대가 아닌 복수의 도체 입자만을 이용하여 초대형의 화학 반응 장치를 구성할 수도 있다는 것은 상술한 내용을 토대로 당업자라면 자명하다.
- [0077] 실시예 5)
- [0078] 상황에 따라 화학 반응 용기를 마이크로파 챔버와 일체화하지 않고 챔버 내부에 따로 두어야 하는 경우에도 도체를 적절히 사용하여 반응물 내의 마이크로파 흡수강도를 부분적으로 높일 수 있다.
- [0079] 도 14는 마이크로파 챔버와 화학 반응 용기가 별도로 구비된 경우의 화학 반응 장치에 대한 예를 나타낸 것으로, 도파관(1410)이 화학 반응 용기(1420)에 직접 연결되지 않고, 마이크로파 챔버(1450)에 연결되는 구조를 가지고 있다.
- [0080] 도 14a에 도시된 예와 같이 화학 반응물의 화학 반응 속도를 개선시키기 위한, 전계강화 수단(1430)을 화학 반응 용기 외부에만 형성할 수도 있고, 도 14b에 도시된 예와 같이 전계강화 수단(1460)이 화학 반응 용기 외부와 내부에 형성할 수도 있다.
- [0081] 비록, 전계강화 수단인 도체 막대가 화학 반응 용기 외부에 형성되는 것으로 도시하였지만, 이에 한정하지 않고 화학 반응 용기 내부에 형성될 수도 있으며, 외부 또는 내부에 형성되는 도체 막대의 개수 또한 상황에 따라 달라질 수 있다.
- [0082] 나아가, 상술한 다양한 실시예의 상황을 마이크로파 챔버와 화학 반응 용기가 별도로 구성된 도 14와 같은 장치에 적용할 수 있다.
- [0083] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 화학 반응 장치는 전계강화 수단을 이용하여 마이크로파를 화학 반응물 내부에 전달시키고 마이크로파 전계를 부분적으로 강화시켜 화학 반응 속도를 개선시킬 수 있다. 이런 화학 반응 속도는 마이크로파 전계강도가 높을수록 빨라질 수 있는데, 이에 대해 도 15를 참조하여 설명한다.

- [0084] 도 15는 펄스 마이크로파를 이용한 올레산의 에스테르화 반응에 대한 변환률을 나타낸 것이다.
- [0085] 여기서, 화학 반응물의 온도유지를 위해 같은 평균출력의 마이크로파가 공급되어야 하므로, 펄스의 듀티(duty)가 낮을수록 높은 침투출력의 마이크로파가 공급되어야만 한다.
- [0086] 이를 통해 알 수 있듯이, 펄스 마이크로파의 펄스 듀티가 줄어들수록 즉, 마이크로파의 침투출력이 커질수록 화학 반응 속도가 증가한다는 것을 알 수 있다.
- [0087] 따라서, 도체 막대나 도체 입자를 사용하여 공간적으로 마이크로파 전계강도를 높이는 방식과 펄스 마이크로파를 이용하여 시간적으로 마이크로파 전계강도를 높이는 방식을 결합하면 화학 반응물의 화학 반응 속도를 더욱 개선시킬 수 있다.
- [0088] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 화학 반응 방법에 대한 동작 흐름도를 나타낸 것이다.
- [0089] 도 16을 참조하면, 화학 반응 방법은 화학 반응물을 수용하는 화학 반응 용기 내부 혹은 외부에 전계강화 수단을 형성한다(S1610).
- [0090] 여기서, 전계강화 수단은 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 부분적으로 강화시킬 수 있는 모든 수단 예를 들어, 도체 막대 및 도체 입자를 포함할 수 있고, 도체 막대는 화학 반응 용기 내부 또는 외부 중 적어도 하나에 형성될 수 있으며, 도체 입자는 화학 반응 용기 내부에 형성되는 것이 바람직하다.
- [0091] 전계강화 수단이 도체 막대이고 화학 반응 용기 내부에 형성되는 경우 전계강화 수단의 일부가 화학 반응물 내부에 위치하거나 전계강화 수단 모두가 화학 반응물 내부에 위치하도록 전계강화 수단을 형성할 수도 있고, 전계강화 수단의 중단이 화학 반응물 외부 표면에 접촉되도록 전계강화 수단을 화학 반응 용기 내부에 형성할 수도 있다.
- [0092] 전계강화 수단이 화학 반응 용기 내부 혹은 외부에 형성되는 방식은 이 외에도 상술한 실시예들의 방식을 모두 포함할 수 있다.
- [0093] 마이크로파 발생기로부터 발생된 마이크로파를 도파관을 통해 화학 반응물을 수용하고 있는 화학 반응 용기로 전달한다(S1620).
- [0094] 이때, 화학 반응 장치의 규모 예를 들어, 소규모, 대규모에 따라 마이크로파 발생기의 개수가 달라질 수 있으며, 화학 반응 용기의 부피가 작은 경우 하나의 마이크로파 발생기로부터 발생된 마이크로파를 도파관을 통해 화학 반응 용기로 전달함으로써 마이크로파 가열을 수행할 수 있지만, 화학 반응 용기의 부피가 매우 커서 하나의 마이크로파 발생기로 충분한 에너지를 공급할 수 없을 때에는, 복수의 마이크로파 발생기를 사용해야 하며 복수의 마이크로파 발생기를 하나의 마이크로파 챔버로 결합하게 되면 각각의 마이크로파 발생기가 서로에게 심각한 영향을 주어 고장을 일으키게 될 확률이 매우 높기 때문에 마이크로파 발생기 각각에 의해 발생된 마이크로파를 전달받는 화학 반응 용기가 별도로 구비되어야 하고, 화학 반응 용기 각각은 일정 통로를 통해 화학 반응물이 상호 교환될 수 있도록 구성하는 것이 바람직하다.
- [0095] 도파관을 통해 전달되는 마이크로파는 화학 반응 용기 내부 혹은 외부에 형성된 전계강화 수단을 통해 화학 반응물 내부로 전달하여 화학 반응물 내부의 마이크로파 전계를 강화시켜 화학 반응물의 화학 반응 속도를 개선시킨다(S1630).
- [0096] 이와 같이, 본 발명에 따른 화학 반응 장치 및 그 방법은 화학 반응물의 내부 혹은 외부에 형성된 적어도 하나 이상의 도체를 이용하여 마이크로파의 전계를 부분적으로 집중시키거나 마이크로파가 침투하지 못하는 깊은 영역까지 마이크로파를 유도함으로써, 부분적으로 강한 전계에 의해 화학반응이 더욱 가속화되고 대형화된 반응기에서도 마이크로파 효과를 얻을 수 있다.
- [0097] 또한, 화학 반응물의 평균온도 등의 반응조건이 같아도 마이크로파의 전계강도가 높은 영역에서는, 소위 'hot spots' 효과 또는 'superheating' 효과 또는 'non-thermal' 효과로 인해 반응이 일어나는 계면에서 매우 높은 활성을 가지게 되어 반응속도가 최대 1000배까지 급속도로 증가한다. 화학 반응물의 온도유지를 위해 공급되는 전체 마이크로파의 출력은 변하지 않더라도 부분적으로 전계가 집중되는 영역을 형성시켜주기 때문에 전계가 약해진 영역에서는 온도에 의존하는 기존방식의 화학반응이 진행되고 전계가 강해진 영역에서는 마이크로파 효과

에 의한 초고속의 화학반응이 진행되어 부분적인 전계강화로 인해 전체적인 화학 반응 속도를 개선시킬 수 있다.

[0098] 본 발명에 의한, 마이크로파 가열을 이용한 화학 반응 장치 및 그 방법은 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 형태로 변형, 응용 가능하며 상기 실시 예에 한정되지 않는다. 또한, 상기 실시 예와 도면은 발명의 내용을 상세히 설명하기 위한 목적일 뿐, 발명의 기술적 사상의 범위를 한정하고자 하는 목적은 아니며, 이상에서 설명한 본 발명은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 상기 실시 예 및 첨부된 도면에 한정되는 것은 아님은 물론이며, 후술하는 청구범위뿐만이 아니라 청구범위와 균등 범위를 포함하여 판단되어야 한다.

**도면의 간단한 설명**

[0099] 도 1은 직사각형 도파관내에 바이오디젤 합성반응물과 같은 마이크로파 흡수물질이 있을 때, 마이크로파의 흡수 밀도가 어떻게 감쇄되는지 보여주는 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

[0100] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 화학 반응 장치에 대한 구조를 나타낸 것이다.

[0101] 도 3은 도 2에 도시된 전계강화 수단의 일부가 화학 반응물 내부에 형성된 경우에 대한 마이크로파 흡수 패턴에 일 예를 나타낸 것이다.

[0102] 도 4는 도 2에 도시된 전계강화 수단의 일부가 화학 반응물 내부에 형성된 경우에 대한 마이크로파 흡수 패턴에 대한 다른 일 예를 나타낸 것이다.

[0103] 도 5는 전계강화 수단이 위치한 화학 반응물 내부의 위치에 따라 화학 반응물의 전환률을 나타낸 것이다.

[0104] 도 6은 전계강화 수단이 화학 반응물 외부 표면에 접촉되도록 형성된 경우에 대한 마이크로파 흡수 패턴을 나타낸 것이다.

[0105] 도 7은 전계강화 수단이 화학 반응물 내부에 형성된 경우에 대한 마이크로파 흡수 패턴을 나타낸 것이다.

[0106] 도 8은 화학 반응 용기의 크기가 비교적 작은 경우에 적용할 수 있는 화학 반응 장치에 대한 일 예를 나타낸 것이다.

[0107] 도 9는 화학 반응 용기의 크기가 비교적 큰 경우에 적용할 수 있는 화학 반응 장치에 대한 일 예를 나타낸 것이다.

[0108] 도 10은 마이크로파 흡수율이 상대적으로 낮은 화학 반응물에 대한 화학 반응 장치에 대한 일 예를 나타낸 것이다.

[0109] 도 11은 마이크로파 흡수율이 상대적으로 낮은 화학 반응물에 대한 화학 반응 장치에 대한 다른 일 예를 나타낸 것이다.

[0110] 도 12는 마이크로파 흡수율이 상대적으로 낮은 화학 반응물에 대한 화학 반응 장치에 대한 또 다른 일 예를 나타낸 것이다.

[0111] 도 13은 복수의 마이크로파 발생기를 사용하는 경우에 대한 화학 반응 장치에 대한 일 예를 나타낸 것이다.

[0112] 도 14는 마이크로파 챔버와 화학 반응 용기가 별도로 구비된 경우의 화학 반응 장치에 대한 예를 나타낸 것이다.

[0113] 도 15는 펄스 마이크로파를 이용한 올레산의 에스테르화 반응에 대한 변환률을 나타낸 것이다.

[0114] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 화학 반응 방법에 대한 동작 흐름도를 나타낸 것이다.

[0115] < 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

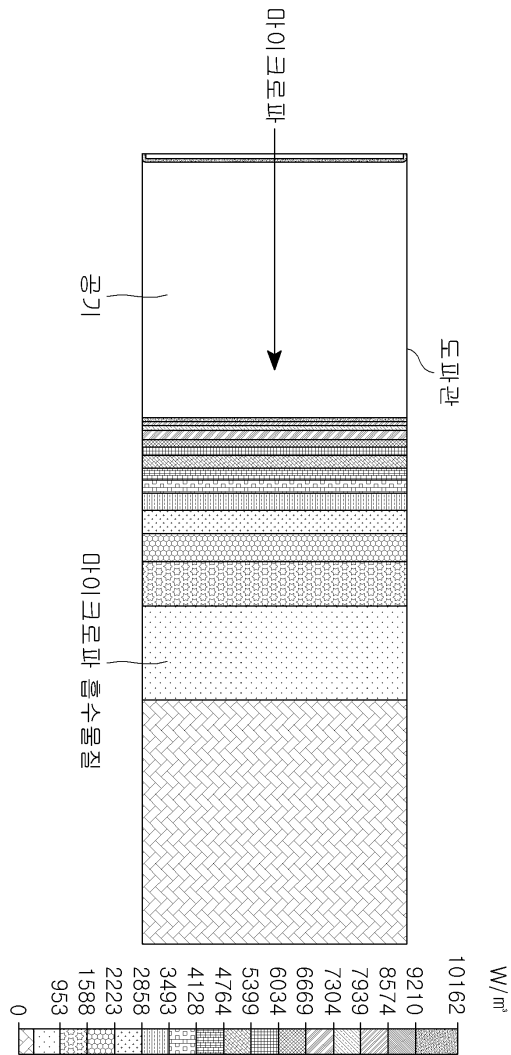
[0116] 210: 도파관

[0117] 220: 화학 반응 용기

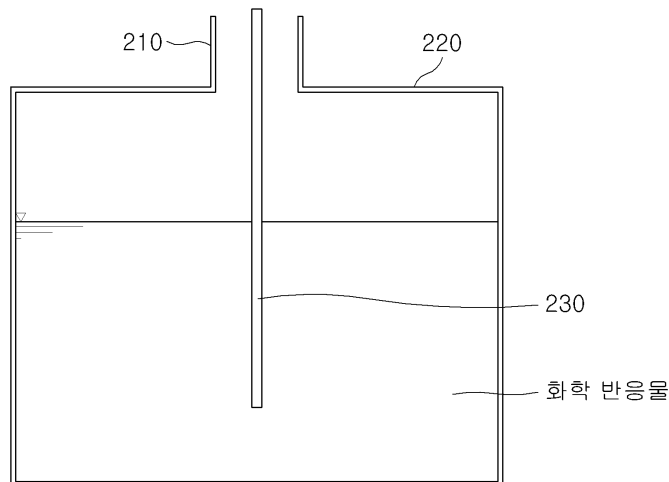
[0118] 230: 전계강화 수단

도면

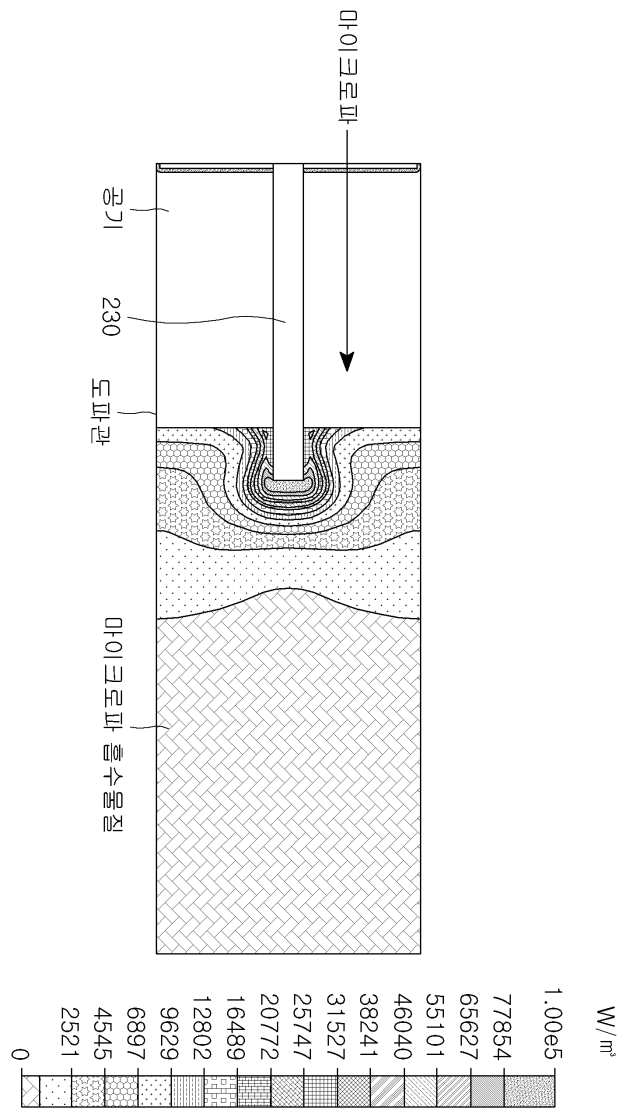
도면1



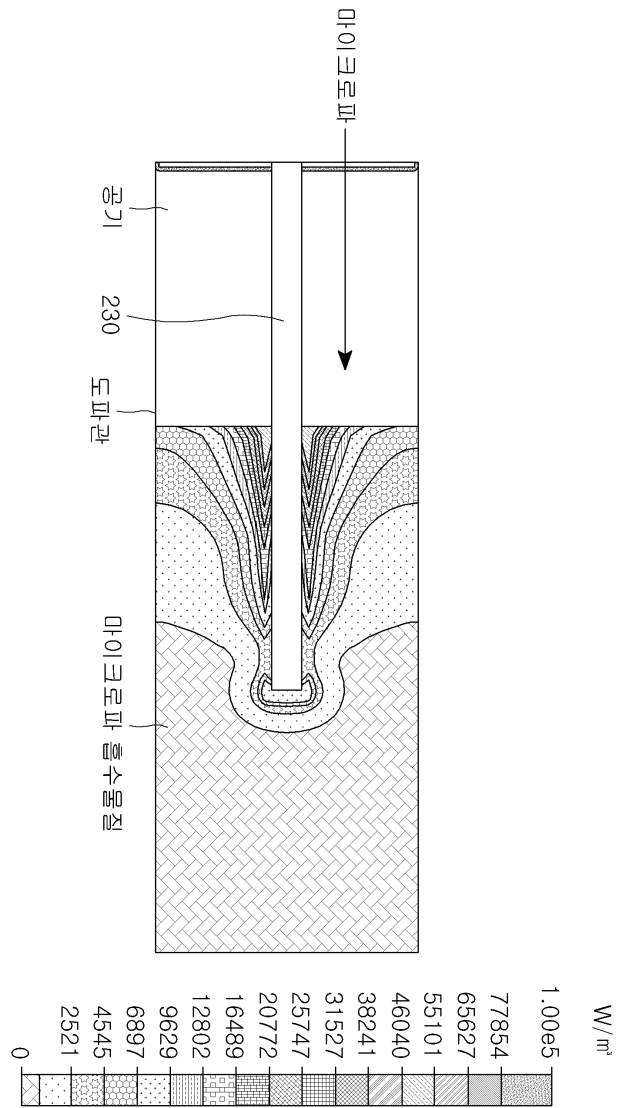
도면2



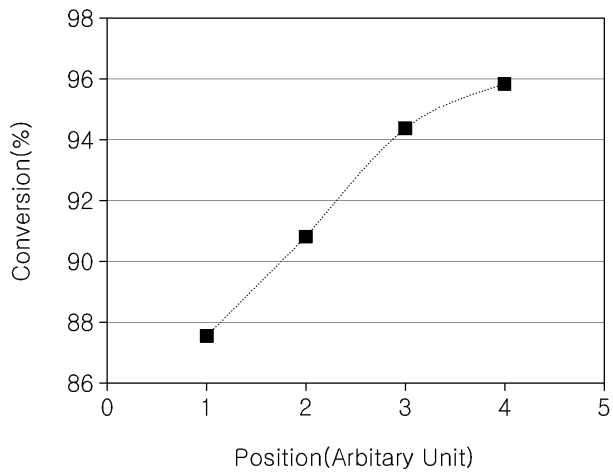
도면3



도면4

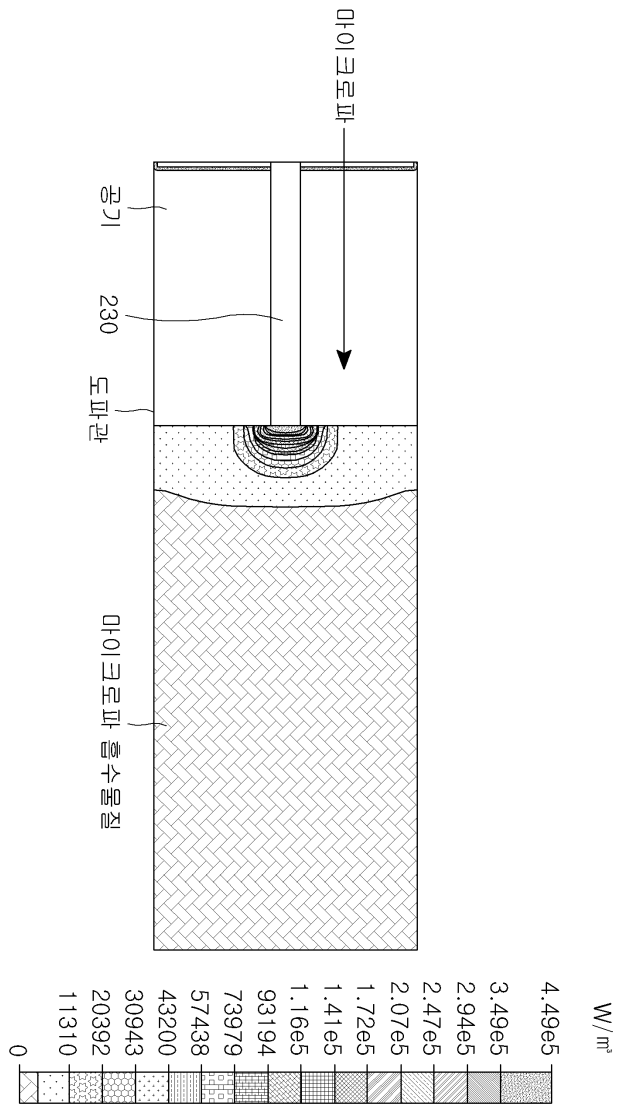


도면5

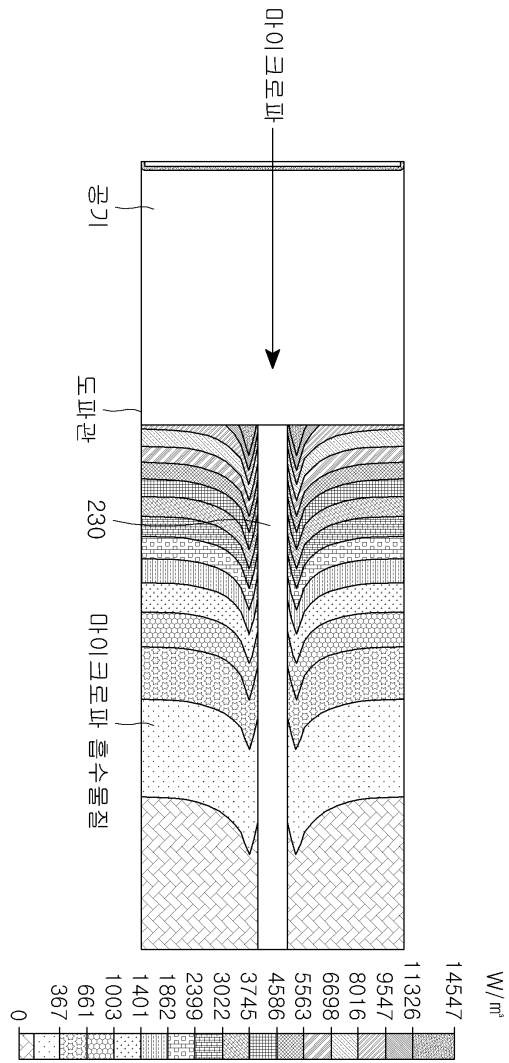




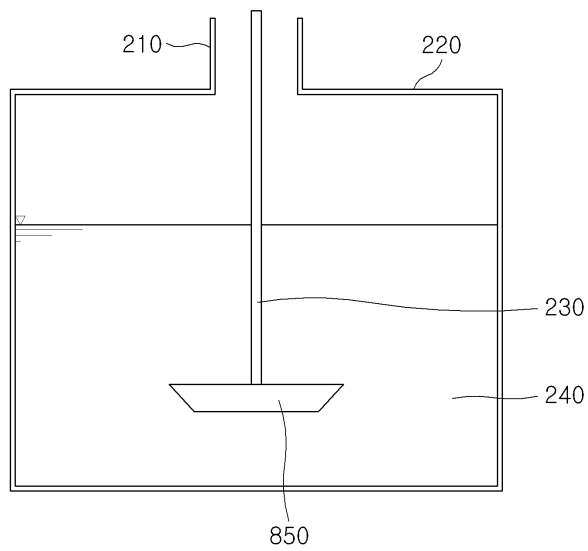
도면6



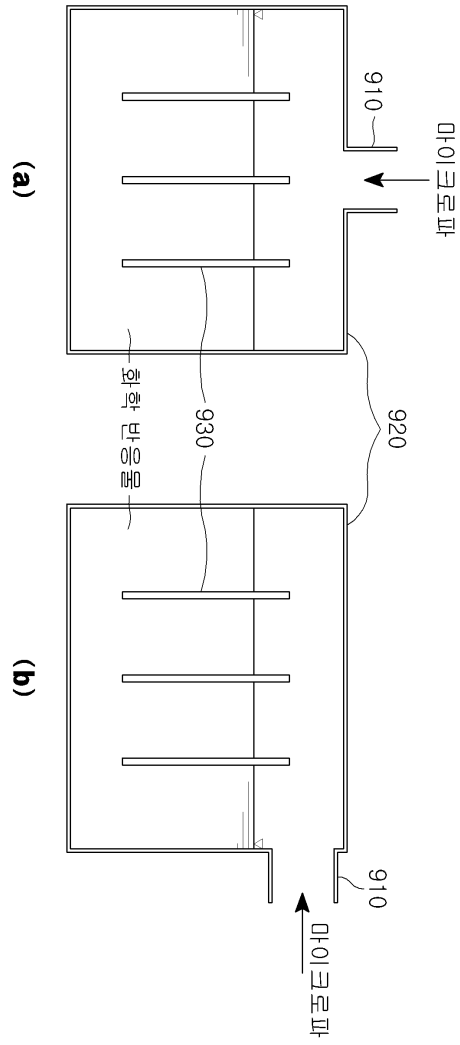
도면7



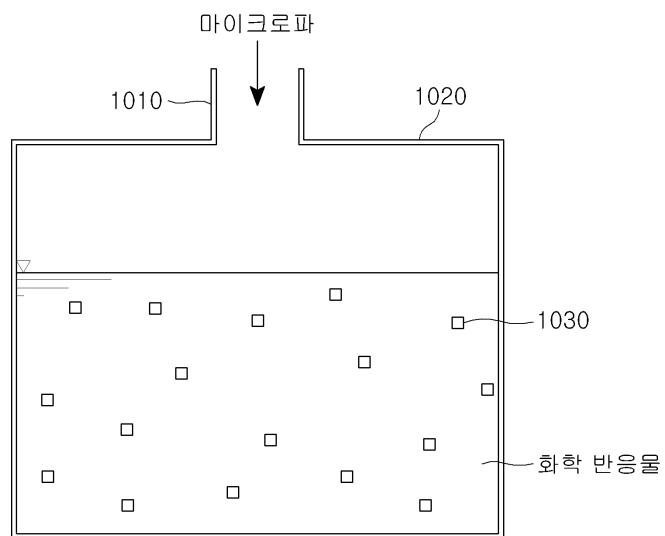
도면8



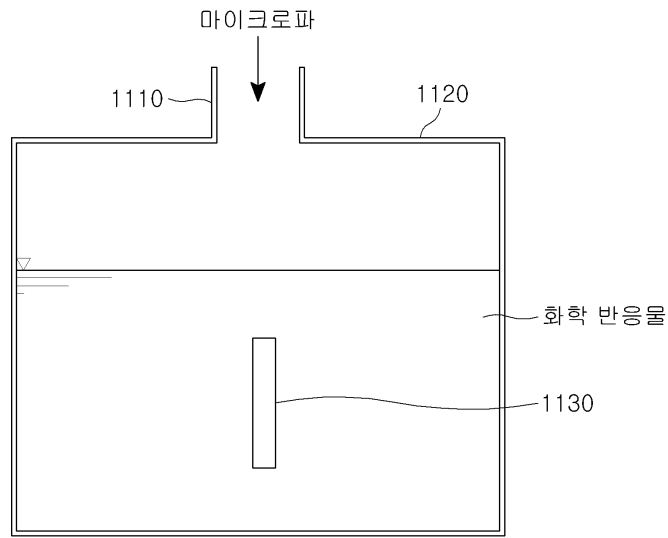
도면9



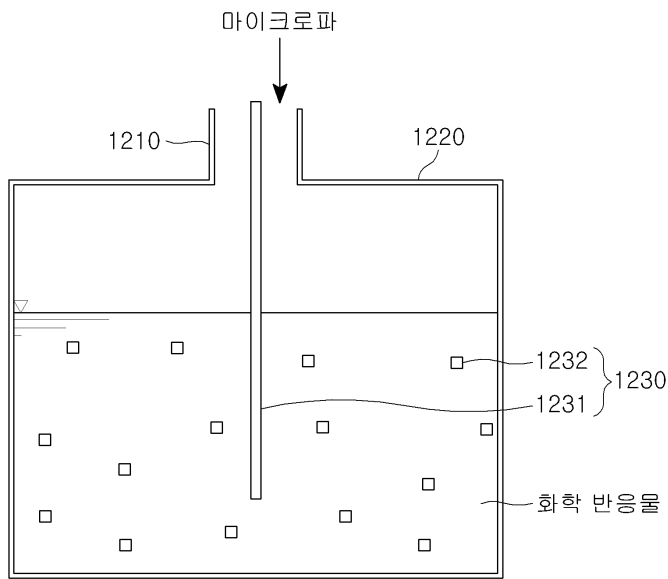
도면10



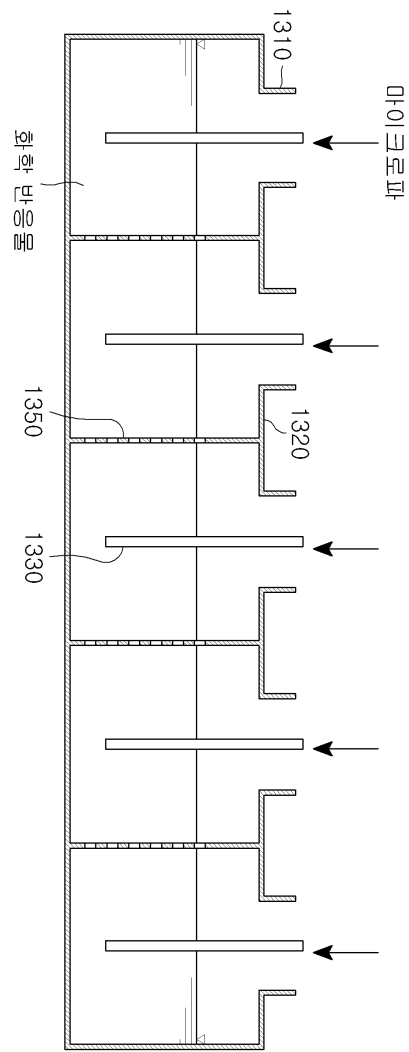
도면11



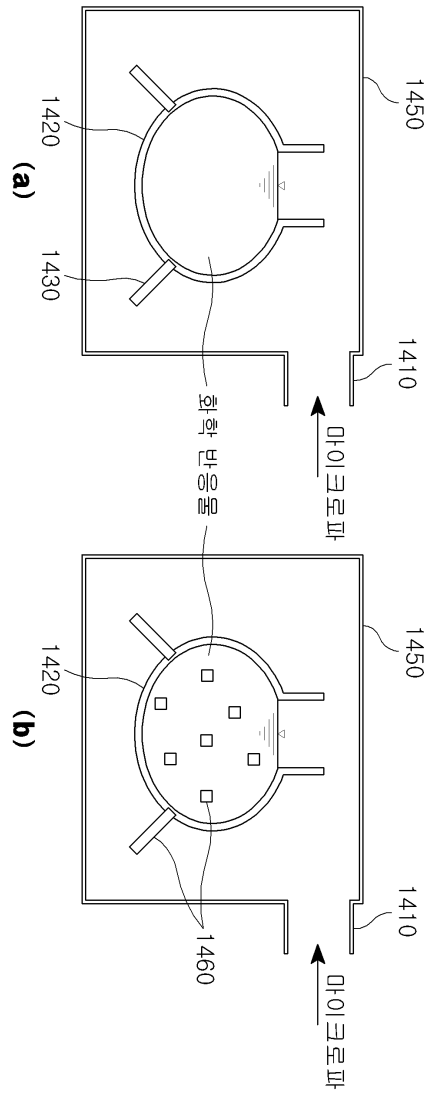
도면12



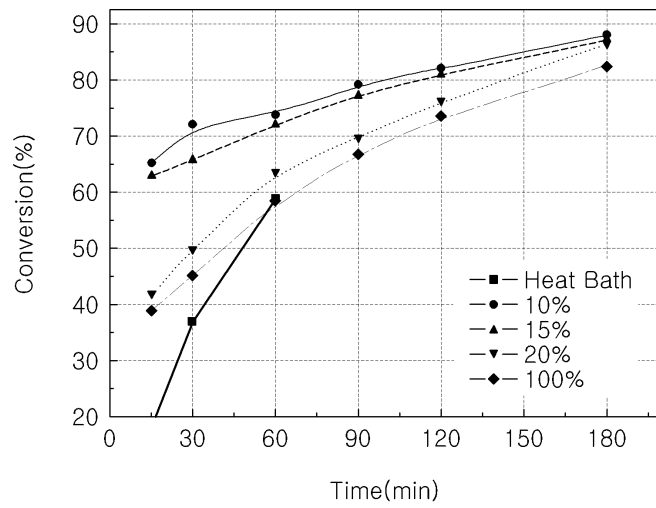
도면13



도면14



도면15



도면16

