



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월18일  
 (11) 등록번호 10-1959256  
 (24) 등록일자 2019년03월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/02* (2006.01) *H01L 21/208* (2006.01)  
*H01L 21/67* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*H01L 21/02345* (2013.01)  
*H01L 21/02266* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0024228
- (22) 출원일자 2017년02월23일  
 심사청구일자 2017년02월23일
- (65) 공개번호 10-2017-0099780
- (43) 공개일자 2017년09월01일
- (30) 우선권주장  
 1020160022143 2016년02월24일 대한민국(KR)
- (56) 선행기술조사문헌  
 KR101220400 B1\*  
 KR1020130097686 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 7 항

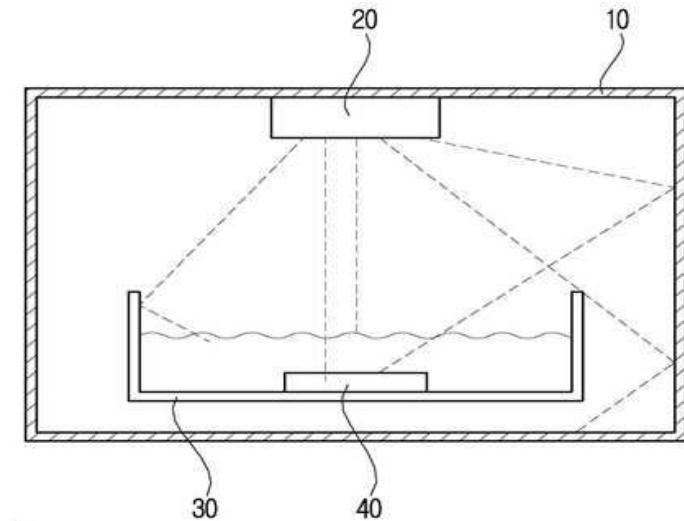
심사관 : 이언수

- (54) 발명의 명칭 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치

**(57) 요 약**

본 발명은 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 종래 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 용액 공정 요소를 도입하여, 용액 공정을 통한 나노 구조체 형성시 형성 용액의 농도 및 공정 조건을 일관되게 유지하면서 마이크로웨이브를 이용하여 나노 구조체를 안정적으로 제조할 수 있는 새로운 구조의 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 관한 것이다.

**대 표 도 - 도2**



(52) CPC특허분류

*H01L 21/02271* (2013.01)

*H01L 21/02274* (2013.01)

*H01L 21/02307* (2013.01)

*H01L 21/0231* (2013.01)

*H01L 21/02623* (2013.01)

*H01L 21/208* (2013.01)

*H01L 21/67017* (2013.01)

*H01L 21/6715* (2013.01)

*H01L 2924/1421* (2013.01)

이) 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 9991005396

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 저온 일정 용액 주입 공정법을 이용한 그래핀 투명 전극 기반 유연 하이브리드 다차원 나노결정 태양전지 특성 연구

기여율 1/1

주관기관 인체대학교 산학협력단

연구기간 2011.05.01 ~ 2016.04.30

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

챔버;

상기 챔버 내부에 장착되는 마이크로웨이브 발생장치;

상기 챔버 내부에 수용되는 반응 용액을 담지하고, 기판을 포함하는 반응 용기부;

상기 챔버 외부에 배치된 반응 용액 저장부;

상기 반응 용액 저장부로부터 상기 챔버 내부의 반응 용기부로 상기 반응 용액을 순환시키는 반응 용액 순환부;  
및

상기 반응 용액 순환부는 상기 챔버의 외부에 연결되는 반응 용액 주입부관 및 반응 용액 유출부관을 포함하고,

상기 반응 용액 주입부관 및 반응 용액 유출부관은 2중관으로 구성되고,

상기 2중관은 내부관과 금속으로된 외부관으로 구성된 것을 특징으로 하는,

마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 반응 용액 순환부는 구동 펌프를 더 포함하는 것인

마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 반응 용기부는

분리 및 조립이 가능한 상태로 순차적으로 적층되는 상부 반응용기; 기판; 및 하부 반응용기; 를 포함하고,

상기 상부 반응용기 하부에서 기판과 접하는 부분에 탄성체부가 포함되는 것인

마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 상부 반응용기는 반응 용액을 수용할 수 있도록 수직 방향의 높이를 갖는 수직부; 및

상기 수직부 상부에 형성되는 테이퍼 형상(taper)을 갖는 경사부를 포함하는 것인

마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치.

### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 반응 용기부가 캠버 내에 복수개 포함되는 것인

마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치.

### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 복수개의 반응 용기부 사이의 반응 용액을 순환시키기 위한 내부 반응 용액 순환부를 더 포함하는 것인

마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치.

### 청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 캠버 외부에 마이크로웨이브 공급부 및 온도 제어부를 포함하는 것인 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 종래 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 용액 공정 요소를 도입하여, 용액 공정을 통한 나노 구조체 형성시 형성 용액의 농도 및 공정 조건을 일관되게 유지하면서 마이크로웨이브를 이용하여 나노 구조체를 안정적으로 제조할 수 있는 새로운 구조의 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003]

나노 소재가 가진 특이한 전기적, 광학적, 자기적 성질을 이용해서 반도체 소자, 광소자, 메모리 소자를 제작하기 위한 연구가 현재 진행되고 있으며, 이러한 나노 소재를 이용한 소자를 구성하기 위해서는 원하는 위치에 나노 소재를 성장할 수 있는 기술이 필수적이다.

[0004]

기준에는 이를 위해서 먼저 반도체 박막을 성장시킨 후 식각을 통해서 원하는 위치에 구조물이 남게 하는 하향식(Top-down) 방법으로 이러한 소자의 나노 구조체를 구현하였다. 그러나, 이러한 방법으로 식각을 하게 되면 공정에 의한 증착 물질의 물리적 화학적 손상을 피할 수 없으며, 이러한 기준 공정의 치명적 문제는 예를 들어 레이저와 같은 활성 광소자를 구현하는데 저해 요소로 작용한다.

[0005] 이에 대한 대안으로 기판의 나노 구조체를 형성하기 위해 용액 반응, 전기 화학 증착 반응 등의 상향식 방법이 사용되고 있다. 기판(wafer)상에 나노 소재의 박막을 형성시키는 상향식으로 나노 박막 및 나노 구조체를 형성하는 방법은 화염가수분해 증착법(Frame Hydrlysis Deposition;FHD), 화학기상증착법(CVD), 변형된 화학기상증착법(MCVD), 물리적기상 증착법(PVD), 스퍼터링, 이-빔(e-beam) 증발증착법, 스피코팅법, 마이크로웨이브를 이용한 플라즈마 표면처리법 등이 사용된다.

[0006] 나노 구조체를 형성하는 방법으로 진공 분위기에서 합성하는 원자층 증착법(ALD), 유기금속화학 증착법(MOCVD) 등이 있다. 이 방법들은 균일하고 안정적인 나노 입자의 성장이 가능하다. 그러나 진공증착 방법은 시스템이 고가이며, 복잡한 공정 단계를 거쳐야하는 단점이 있을 뿐 아니라, ALD 및 MOCVD 공정은 주로 독성과 발화성이 있는 유기 금속 소스를 전구체로 사용하기 때문에 안정상의 문제가 있다.

[0007] 또한, 용액 내에서 합성하는 수열합성법, 전기화학증착법, 화학용액성장법(chemical bath deposition; CBD) 등이 있다. 이 방법들은 상기 진공 공정에 비하여 공정이 간단하고 비용이 저렴하며, 대면적 증착이 용이할 뿐 아니라 환경오염과 안전문제에서도 비교적 자유롭다는 장점이 있다.

[0008] 또한, 마이크로웨이브를 이용한 플라즈마 표면처리법은 처리시간이 짧고 설치가 간편하며 설치비가 적게 들어서 효율성이 우수하고 경제적인 장점으로 인해 사용이 증가하고 있다.

[0009] 도 1 에는 종래 마이크로웨이브를 이용하여 나노 구조체를 형성하는 과정을 나타내었다. 종래 마이크로웨이브를 이용하여 나노 구조체를 형성하는 과정은 마이크로웨이브 발생장치(7)와 전기전도성을 갖는 타겟(3)에 의하여 피가공물(4)의 표면(5)을 처리한다. 마이크로웨이브 발생장치(7)는 챔버(Chamber: 1)를 포함한다. 챔버(1)의 일측에 마이크로웨이브(2)를 발생하는 마그네트론(Magnetron)이 설치되어 있고, 챔버(1) 안에 타겟(3)과 피가공물(4)을 옮겨놓을 수 있는 테이블(6)이 설치되어 있다. 마이크로웨이브(2)는 스터러(Stirrer: 18)의 작동에 의하여 챔버(1) 안에 분산되어 타겟(3)에 조사된다. 타겟(3)은 예를 들어 금속(Metal), 탄소(Carbon) 등으로 구성될 수 있다.

[0010] 그러나, 이와 같은 용액 공정을 포함하는 증착법은 반응 공정 동안 반응용액의 증발에 의한 농도 변화 및 반응 조건의 변화로 인해 균일한 소재 생산에 어려움이 따른다.

[0011] 따라서, 종래의 용액 공정의 문제점을 보완하기 위하여, 반응용액의 일정 농도를 유지하면서도 높은 재현성 나타내며, 동시에 간편하고 저렴한 공정비용이 소모되는 용액공정을 기반으로 유무기 소재 개발이 가능한 새로운 공정 장치의 개발이 필요하다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 종래 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 용액 공정 요소를 도입함으로써, 실시간으로 용액의 공급이 가능하고, 공정 동안 용액 증발에 따른 용액의 농도 변화를 최소화하여 안정적인 소재의 제조가 가능한 마이크로웨이브를 이용한 나노구조체 형성 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0015] 본 발명은 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 챔버; 상기 챔버 내부에 장착되는 마이크로웨이브 발생장치; 및 상기 챔버 내부에 수용되는 반응 용액 및 기판을 포함하는 반응 용기부;를 포함하는 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 제공한다.

[0016] 도 2 에 본 발명의 일 실시예에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 나타내었다. 도 2에서 보는 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 챔버(10); 상기 챔버 내부에 장착되는 마이크로웨이브 발생장치(20); 반응 용액을 담지 할 수 있는 반응 용기(30); 및 상기 기판(40); 을 포함하는 반응 용기부를 포함한다.

[0017] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 상기 마이크로웨이브 발생장치(20)는 마이크로웨이브를 발생하는 마그네트론(Magnetron)을 포함하고, 마그네트론의 작동에 의하여 발생되는 마이크로웨이브(8)는 챔버 안에 마이크로웨이브 필드(Microwave field)(8)를 형성한다. 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 용액 내에 침지된 기판(40)의 가열을 위한 마이크로웨이브(2)는 2.45GHz의 주파수와 2kW 이하의 세기를 갖는 것이 바람직하다.

- [0018] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 상기 챔버 외부 반응 용액 저장부로부터 상기 챔버 내부의 반응 용기로 반응 용액을 순환시키는 반응 용액 순환부;를 더 포함하는 것이 가능하다. 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 상기 반응 용액 순환부는 구동 펌프를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 도 3에 본 발명의 다른 실시예에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 나타내었다. 도 3에서 보는 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 챔버 내에 연결되어 상기 챔버 외부 반응 용액(60') 저장부로부터 상기 챔버 내부의 반응 용기로 반응 용액을 순환시키는 반응 용액 주입부(53) 및 반응 용액 유출부(52')를 포함하는 반응 용액 순환부(50)와 정량펌프(51)를 더 포함한다.
- [0020] 상기 반응 용액 순환부(50)는 챔버 외부에 설치되고, 반응 용기 내의 반응 용액의 농도를 일정하게 유지하기 위하여 순환시키는 기능을 수행한다. 또한, 상기 정량펌프(51)는 챔버 내로 대량의 반응 용액을 공급하여 대면적 기판에 대한 나노 구조체 형성이 가능하게 한다.
- [0021] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 상기 반응 용액 순환부(50)는 챔버 외부에 연결되는 반응 용액 주입부관 및 반응 용액 유출부관을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 상기 반응 용액 주입부관 및 반응 용액 유출부관은 외부 금속관과 내부 테프론관으로 형성되는 것을 특징으로 한다. 상기 반응 용액 주입부관 및 용액 유출부관은 외부 금속관내에 테프론관을 삽입함으로써 내부에서 조사되는 마이크로웨이브가 내부 테프론관에 도달하지 못하도록 외부 금속관이 막게 하여 상기 반응 용액이 기판에 도달하기 전에 반응이 진행되는 문제를 방지할 수 있게 한다.
- [0023] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 반응 용기부(300)는 분리 및 조립이 가능한 상태로 순차적으로 적층되어 형성되는 상부 반응용기(310); 기판(40); 및 하부 반응용기(320)를 포함하고, 상기 상부 반응용기 하부(320)에서 기판(40)과 접하는 부분은 탄성체(330)를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 상기 상부 반응용기(310)는 반응 용액을 수용할 수 있도록 수직 방향의 높이를 갖는 수직부(312) 및 상기 수직부 상부에 형성되는 경사부(311)를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 상기 반응 용액을 담지 할 수 있는 반응 용기가 복수개 포함되는 것이 가능하다.
- [0025] 도 4 및 도 5에 본 발명의 다른 실시예에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 나타내었다. 도 4 및 도 5에서 보는 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 상기 챔버 내부에 상기 반응 용액을 담지 할 수 있는 반응 용기(30,31)가 복수개 포함되는 것을 특징으로 한다. 또한 이와 같은 경우 각각의 반응 용기 사이의 반응 용액을 순환시키기 위한 내부 반응 용액 순환부(70)를 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0026] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 상기 복수개의 반응 용기 사이의 반응 용액을 순환시키기 위한 내부 반응 용액 순환부(70)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 상기 반응 용기부(300)는 내부에 포함되는 기판(40)을 가열하기 위한 가열 수단을 더 포함하는 것이 가능하다. 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 상기 가열수단은 특별히 한정되지 않는다.
- [0028] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 있어서, 상기 반응 용기부(300)를 회전시키기 위한 회전판을 더 포함하는 것이 가능하다.
- [0029] 도 6에 본 발명의 다른 실시예에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 나타내었다. 도 6에서 보는 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 스터러(Stirrer: 18)를 더 포함하고, 마이크로웨이브(20)는 스터러(Stirrer: 18)의 작동에 의하여 챔버(10) 안에 분산되는 것이 가능하다.

### 발명의 효과

- [0031] 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 마이크로웨이브를 이용한 박막 형성, 표면 처리, 나노 구조체의 제조 및 화학용액 증착 공정시, 반응 용액의 농도와 조건을 일관되게 유지함으로써 안정적

인 소재의 개발을 가능하게 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 종래의 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치의 챔버 내부를 나타내는 개략도이다.

도 2 내지 6은 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치의 챔버 내부를 나타내는 개략도이다.

도 7 은 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치의 전면부를 나타내는 개략도이다.

도 8 은 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치의 용액 주입관 및 용액 배출관을 나타내는 개략도이다.

도 9 의 (a)는 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치의 반응 용기부 단면을 나타내는 개략도, (b)는 상기 반응 용기부의 실물 형태이다. (b-1)은 상기 반응 용기부를 분리한 평면 분해도 및 저면 분해도, (b-2)는 상기 반응 용기부를 조립한 평면도, 사시도, 저면 사시도이다.

도 10 내지 11 은 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 이용하여 합성한 ZnO 나노로드 및 종래 합성 방법을 이용하여 합성한 ZnO 나노로드의 SEM 분석 이미지이다.

도 10의 (a)는 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성장치를 이용하여 합성한 ZnO 나노로드, (b) 및 (C)는 종래 수열합성법을 이용하여 합성한 ZnO 나노로드의 SEM 분석 이미지이고, 도 11의 (a)는 종래 원자층증착법을 이용하여 합성한 ZnO 나노로드, (b)는 종래 수열합성법을 이용하여 합성한 ZnO 나노로드, (c)는 종래 화학용액성장법을 이용하여 합성한 ZnO 나노로드, (d)는 변형된 화학용액성장법을 이용하여 합성한 ZnO 나노로드의 SEM 분석 이미지이다.

도 12 는 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 이용하여 형성한 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 나노박막 및 종래 수열합성법을 이용하여 합성한 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 나노박막의 SEM 분석 이미지이다.

도 12의 (a)는 본 발명에 의한 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 이용하여 형성한 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 나노박막, (b)는 종래 수열합성법을 이용하여 합성한 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 나노박막의 SEM 분석 이미지이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하에서는 본 발명을 실시예에 의하여 더욱 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명이 이하의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

#### <실시예> 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치의 제조

[0037] 도 7 내지 도 9에 본 발명의 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 도시하였다.

도 7에서 보는 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 챔버(100) 및 상기 챔버 외부에 형성되는 마이크로웨이브 공급부(110), 온도 제어부(120)를 포함한다.

[0039] 또한, 도 8 에서 보는 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치는 챔버 외부에 연결되는 반응 용액 주입관(52')와 반응 용액 유출관(53)을 포함한다.

[0040] 도 9에 본 발명의 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치에 사용되는 반응 용기부(300)를 나타내었다. 도 9 에서 보는 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 의한 반응 용기부(300)는 분리 및 조립이 가능한 상태로 순차적으로 적층되어 형성되는 상부 반응용기(310); 기판(40); 및 하부 반응용기(320)를 포함하고, 상기 상부 반응용기 하부(320)에서 기판(40)과 접하는 부분은 탄성체부(330)를 포함하여, 상기 상부 반응용기(310); 기판(40); 및 하부 반응용기(320)로 적층 후 조립시 탄성체부(330)가 가스켓 역할을 하여 상기 상부 반응 용기의 수직부(312)에 반응 용액을 수용할 수 있게 된다.

#### <실험예> 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성 장치를 이용한 나노 구조체 형성

##### 실험예 1 : 마이크로웨이브를 이용한 ZnO 나노로드 합성 공정 효율(성장률)분석

[0044] 상기 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성장치를 이용하여 ZnO 나노로드 및

종래 수열합성법을 이용하여 ZnO 나노로드를 합성하였고, 각 합성 공정에 대한 성장률을 분석하여 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

실험 예 1		종래 수열합성법 공정 효율	
공정 방법	마이크로웨이브-화학용액 성장법	수열합성법	수열합성법
공정 시간	15 분	12 시간	20 시간
나노로드 길이	약 453 nm	약 1,500 nm	약 1,000 nm
나노로드 직경	약 64 nm	약 150 nm	약 40-80 nm
성장률	1,812 nm/시간	125 nm/시간	50 nm/시간

상기 표 1에서 보는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노구조체 형성 장치를 이용한 ZnO 나노로드 합성 공정은 종래 수열합성법을 이용한 ZnO 나노로드 합성 공정에 비하여, 성장률(시간 당 합성되는 나노로드)이 크게 증가한 것으로써, 종래 수열합성 법보다 공정 시간은 대폭 감소된 반면 공정의 효율성은 확연히 증대된 것을 알 수 있다.

상기 각 합성 공정에 의하여 합성된 ZnO 나노로드의 SEM 분석 이미지를 도 10에 도시하였다.

#### 실험 예 2 : 마이크로웨이브를 이용한 ZnO 나노로드(반치폭 분석)

상기 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성장치를 이용하여 합성한 ZnO 나노로드와 종래 합성 방법인 원자층착법(ALD), 수열합성법, 화학용액성장법(CBD), 변형된 화학용액성장법(M-CBD)에 의하여 합성된 ZnO 나노로드의 XRD 반치폭(Full width at half maximum)을 분석하여 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

표 2

실험 예 2		종래 합성 방법			
공정 방법	마이크로웨이브-화학용액성장법 (MC-CBD)	원자층증착법 (ALD)	수열합성법	화학용액성장법 (CBD)	변형된 화학용액성장법 (M-CBD)
반치폭	0.15 ~ 0.18	0.3 ~ 0.4	0.16 ~ 0.32	0.35 ~ 0.44	0.18 ~ 0.21

상기 표 2에서 보는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노구조체 형성 장치를 이용한 ZnO 나노로드는 종래 합성 방법을 이용한 ZnO 나노로드에 비하여, XRD 반치폭 값이 감소하였다.

상기와 같은 반치폭의 감소는 입자의 결정성이 높은 것을 의미하는 것으로써, 따라서 본 발명의 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노구조체 형성 장치를 이용한 ZnO 나노로드는 결정성이 우수하다는 것을 알 수 있다.

상기 각 합성 공정에 의하여 합성된 ZnO 나노로드의 SEM 분석 이미지를 도 11에 도시하였다.

#### 실험 예 3 : 마이크로웨이브를 이용한 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 나노박막 합성 공정 효율(성장률)분석

상기 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노 구조체 형성장치를 이용하여  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  나노박막 및 종래 수열합성법을 이용하여  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  나노박막을 합성하였고, 각 합성 공정에 대한 성장률을 분석하여 그 결과를 하기 표 3에 나타내었다.

표 3

실험 예 3		종래 수열합성법 공정 효율		
공정 방법	MW-CBD	수열합성법	수열합성법	수열합성법
공정 시간	10 분	4-24 시간	2 시간	12 시간
박막 두께	40 nm	120 nm	100 nm	10 nm

성장률	2,400 nm /시간	29.9 nm/시간	50.04 nm/시간	0.83 nm/시간
-----	-----------------	------------	-------------	------------

[0062] 상기 표 1에서 보는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의하여 제조된 마이크로웨이브를 이용한 나노구조체 형성 장치를 이용한  $Fe_2O_3$  나노박막 합성 공정은 종래 수열합성법을 이용한  $Fe_2O_3$  나노박막 합성 공정에 비하여, 성장률(시간 당 합성되는 나노로드)이 크게 증가한 것으로써, 종래 수열합성 법보다 공정 시간은 대폭 감소된 반면 공정의 효율성은 확연히 증대된 것을 알 수 있다.

[0063] 상기 각 합성 공정에 의하여 합성된  $Fe_2O_3$  나노박막의 SEM 분석 이미지를 도 12에 도시하였다.

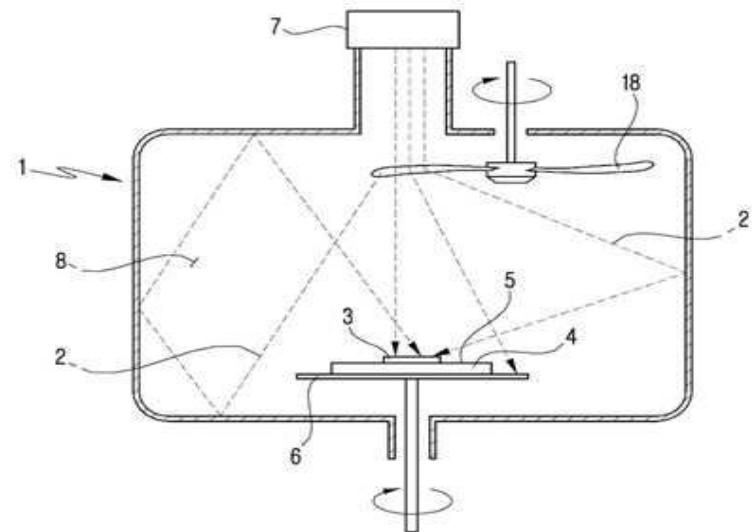
### 부호의 설명

[0065]

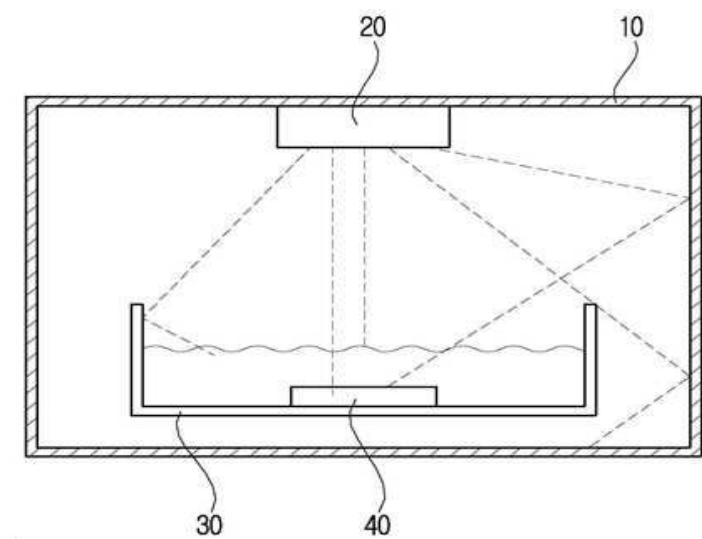
- 1, 10, 100: 챔버
- 2: 마이크로웨이브
- 3: 타겟
- 4: 피가공물
- 5: 피가공물의 표면
- 6: 테이블
- 7, 20: 마이크로웨이브 발생장치
- 8: 마이크로웨이브 필드(Microwave field)
- 18: 스터러(Stirrer)
- 30, 31: 반응용기
- 40, 41: 기판
- 50: 반응 용액 순환부
- 51: 정량펌프
- 52, 52': 용액 유출부
- 53: 반응 용액 주입부
- 60', 61, 62: 반응 용액
- 70: 내부 용액 순환관
- 110: 마이크로웨이브 공급부
- 120: 온도 제어부
- 300: 반응 용기부
- 310: 상부 반응용기
- 311: 상부 반응용기의 수직부 상부의 경사부
- 312: 상부 반응용기의 수직부
- 320: 하부 반응용기
- 330: 탄성체부

도면

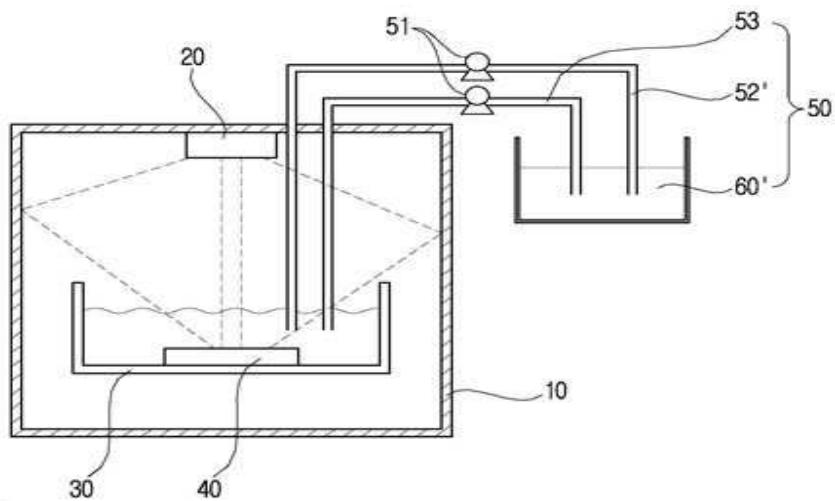
도면1



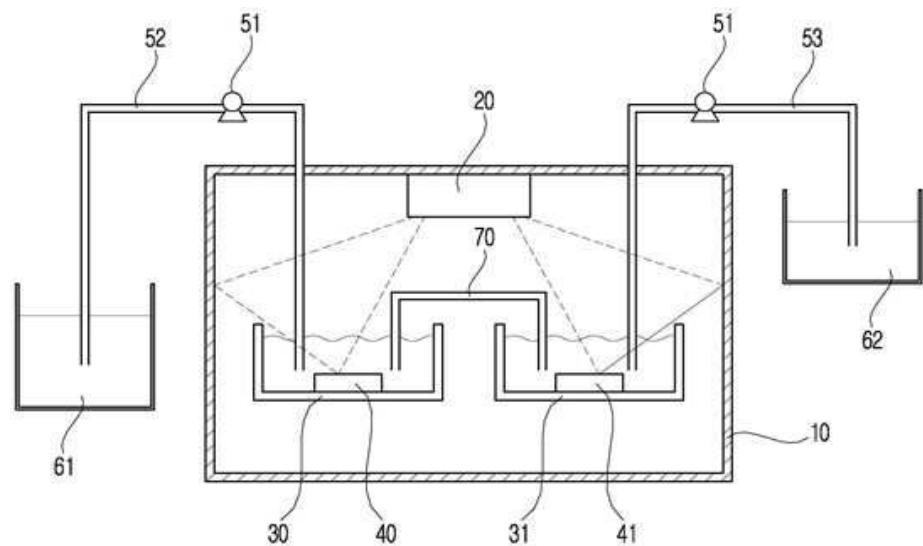
도면2



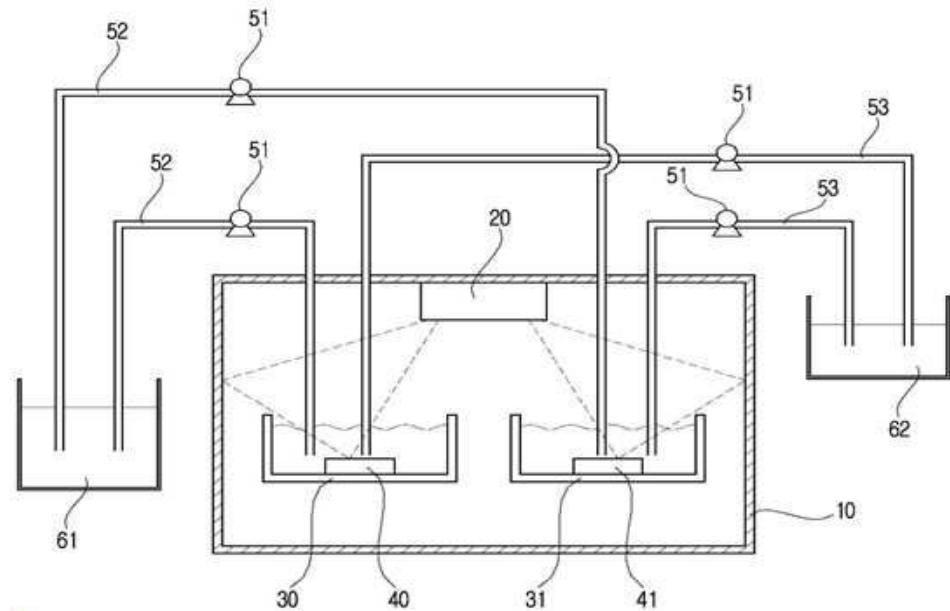
도면3



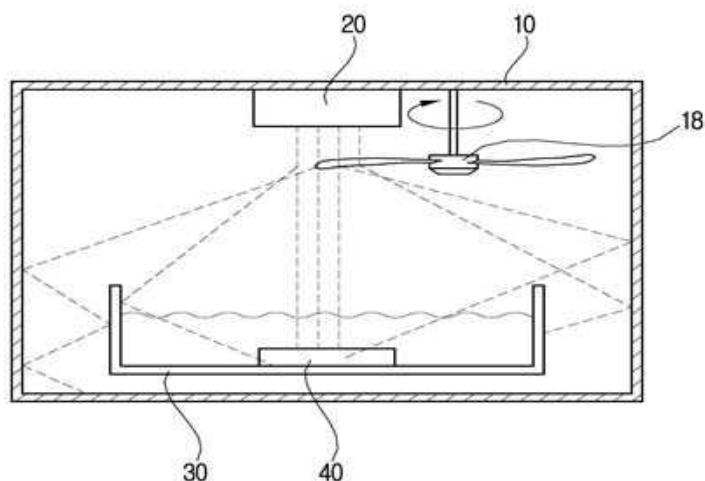
도면4



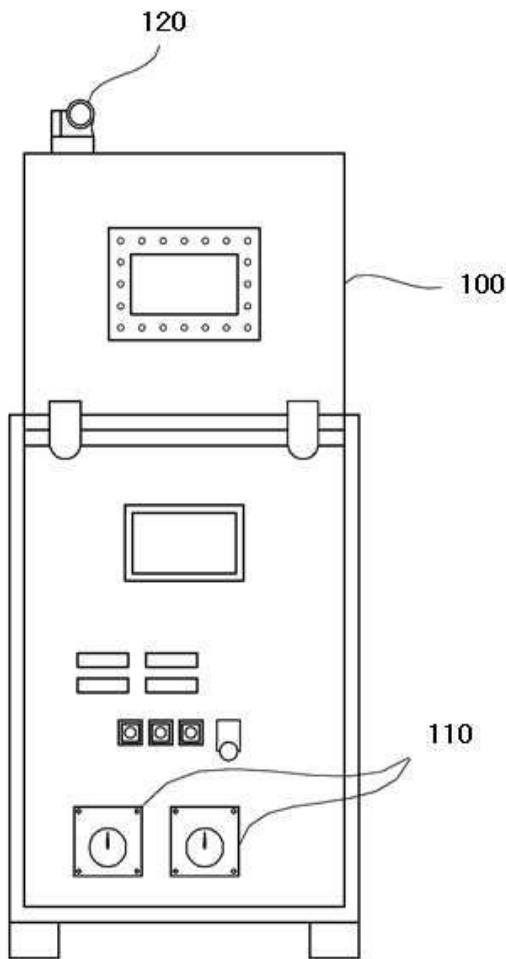
도면5



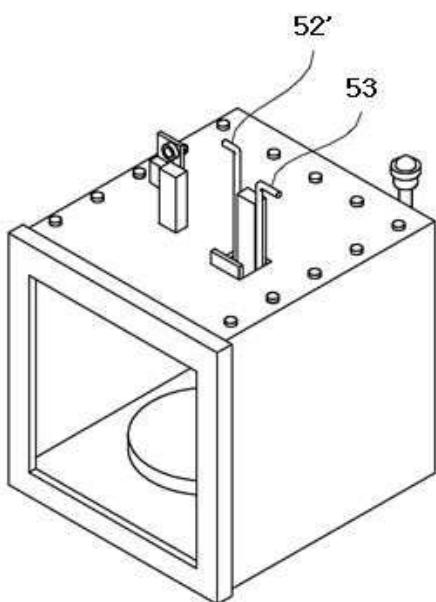
도면6



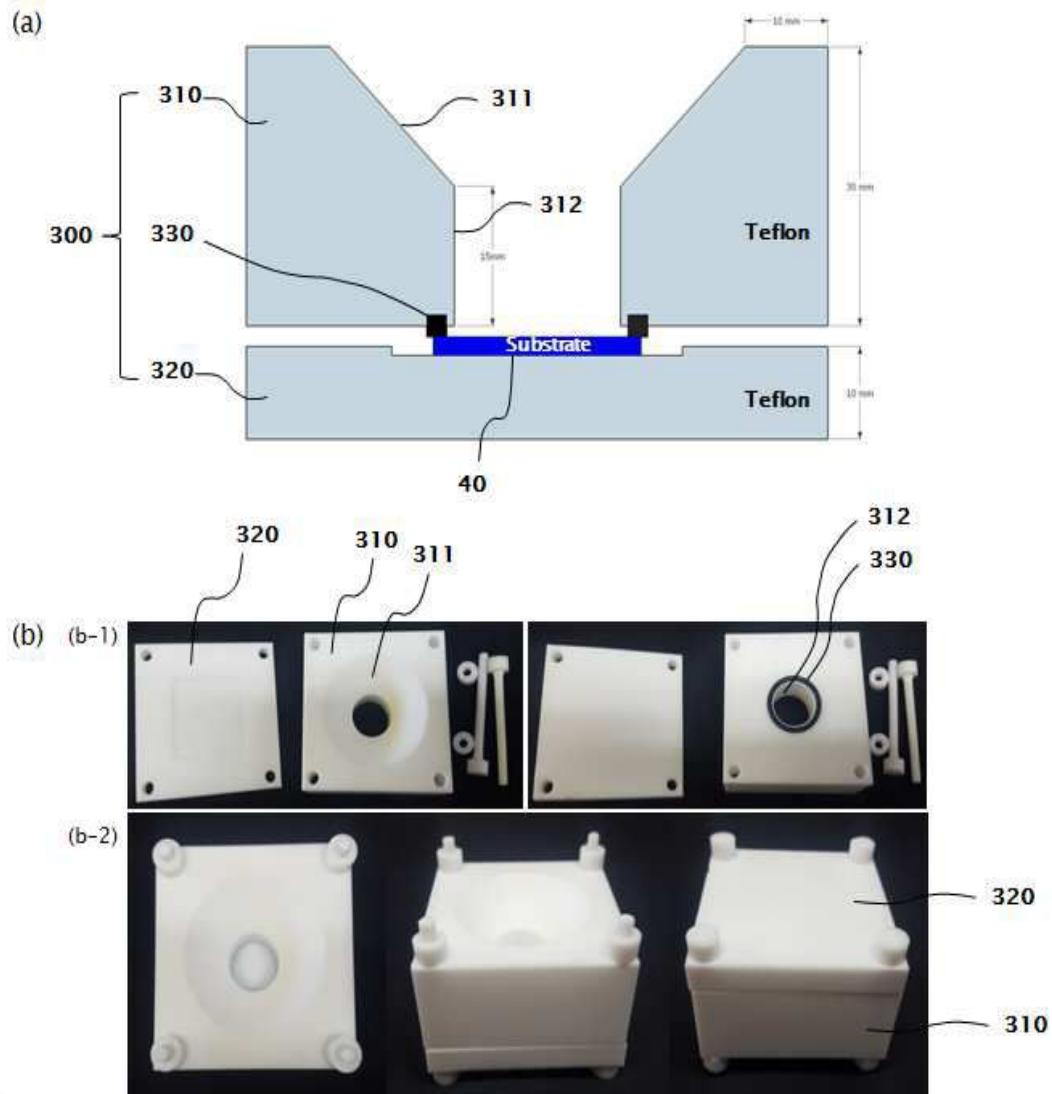
도면7



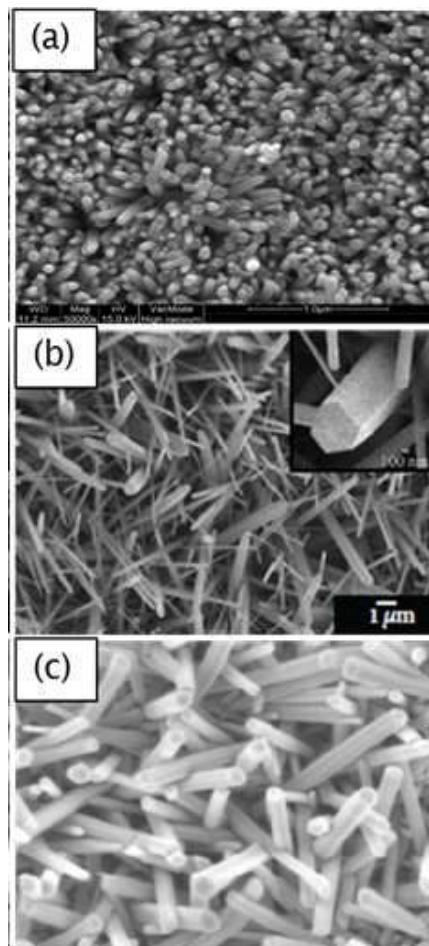
도면8



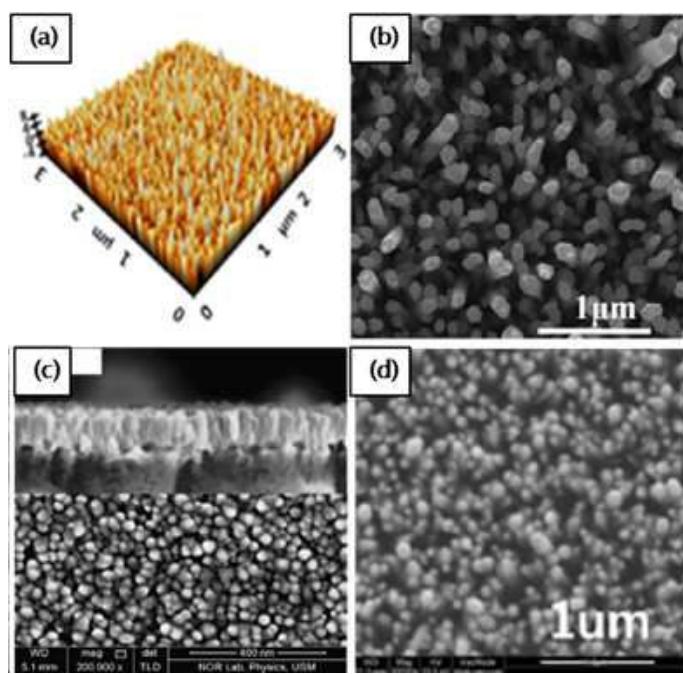
## 도면9



도면10



도면11



도면12

