



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월18일  
(11) 등록번호 10-2216167  
(24) 등록일자 2021년02월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/3504 (2014.01) G02B 3/08 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 21/3504 (2013.01)  
G01N 21/4133 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0044429  
(22) 출원일자 2019년04월16일  
심사청구일자 2019년04월16일  
(65) 공개번호 10-2020-0121631  
(43) 공개일자 2020년10월26일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP07198609 A\*  
KR1020100101305 A\*  
JP06221919 A  
JP2008232919 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
전성찬  
서울특별시 종로구 진흥로 438-10, 2동 401호 (구기동, 동진스위트빌라)  
이길호  
서울특별시 동작구 여의대방로 22, 2동 1702호 (신대방동, 우성아파트)  
(74) 대리인  
윤병국, 이영규

전체 청구항 수 : 총 3 항

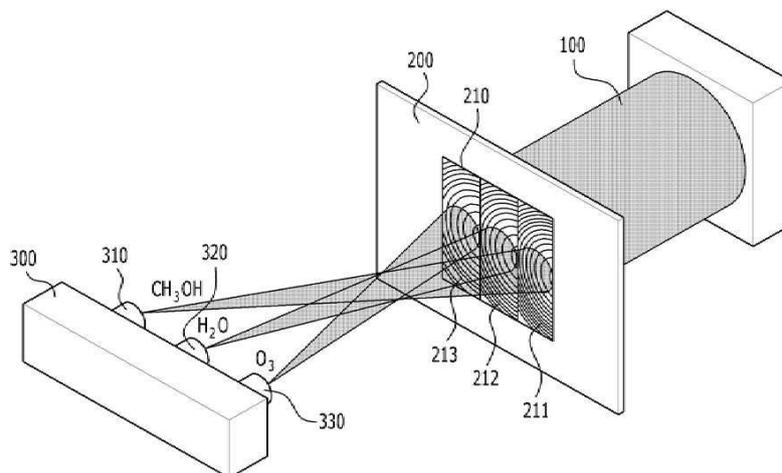
심사관 : 장일석

(54) 발명의 명칭 초박막 렌즈를 이용한 멀티 가스 센서의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 프레넬 패턴이 형성된 초박막 렌즈를 이용한 적외선 흡수식 가스 센서의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명의 제조방법에 의해 제조되는 적외선 흡수식 가스 센서는 프레넬 패턴이 형성된 초박막 렌즈를 이용하여 적외선 광원에서 방사되는 적외선을 파장에 따라 분류하여 서로 다른 위치에 초점을 형성하게 함으로써, 동시에 여러 종류의 가스를 판별할 수 있다. 또한, 초점으로 모여진 적외선을 감지함으로써 우수한 민감도를 갖기 때문에 여러 종류의 가스가 혼합된 상황에서도 정확한 측정이 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류  
**G02B 3/08** (2013.01)

(72) 발명자

**서영호**

서울특별시 서대문구 연희로5길 14, 1007호(연희동, 연희자이엘라)

**이혜성**

경기도 안산시 단원구 선부광장북로 67, 227동 1303호 (선부동, 수정한양아파트)

**기인호**

서울특별시 서초구 효령로34길 79, 1동 705호 (방배동, 삼익아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018053344
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발사업
연구과제명	나노복합소재를 활용한 VOCs 감지, 흡착, 제거용 IoT 적용 통합시스템 개발(1/3,1 단계)(2017.7.1~2022.6.30)
기여율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2017.07.01 ~ 2018.03.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

불투명한 등근 띠와 투명한 등근 띠가 교번적으로 배치되는 프레넬(Fresnel) 패턴이 형성된 초박막 렌즈(200)를 형성하는 초박막 렌즈 형성단계;

상기 초박막 렌즈(200)를 적외선 광원(100)에 부착하는 렌즈 부착단계; 및

상기 적외선 광원(100)에서 방사되어 상기 초박막 렌즈(200)를 통과하는 적외선을 입사 받아 가스의 성분을 센싱하는 검출부(300)를 형성하는 검출부 형성단계;를 포함하되,

상기 초박막 렌즈 형성단계는, 금속포일에 그래핀을 증착하여 그래핀 층을 형성하는 단계;

상기 그래핀 층 상에 PMMA(polymethyl methacrylate)를 코팅하여 PMMA층을 형성하는 단계;

상기 그래핀 층과 PMMA층이 형성된 금속 포일을 부식액에 침지시켜 금속 포일을 식각하는 단계;

상기 그래핀 층과 PMMA층을 유리에 전사하고 PMMA층을 제거하는 단계; 및

유리에 전사된 그래핀 층의 일부를 FIB(Focused Ion Beam)로 제거하여 프레넬 패턴을 형성하는 단계;를 포함하는 적외선 흡수식 가스 센서의 제조방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 초박막 렌즈(200)는

그래핀(Graphene) 기반의 플랫 렌즈(Flat lens)인 것을 특징으로 하는, 적외선 흡수식 가스 센서의 제조방법.

#### 청구항 8

제6항에 있어서,

상기 초박막 렌즈(200) 상에는, 상기 적외선 광원(100)에서 방사되는 적외선을 근적외선(NIR), 중적외선(MIR) 및 원적외선(FIR)으로 분류하여 서로 다른 위치에 초점을 형성되도록 프레넬(Fresnel) 패턴이 형성된 것을 특징

으로 하는, 적외선 흡수식 가스 센서의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 적외선 흡수식 가스센서의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 초박막 렌즈를 이용해 적외선 광원에서 방사되는 적외선을 파장에 따라 분류하여 서로 다른 위치에 초점이 형성되도록 함으로써, 동시에 여러 종류의 가스를 판별할 수 있는 적외선 흡수식 가스센서의 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 적외선은 전자기적 방사 스펙트럼(Electromagnetic radiation spectrum)의 한 부분으로 0.70 μm에서 1mm까지의 특정 파장 범위를 가진다. 가스 분자들은 상호 결합된 여러 개의 원자들로 구성되고, 이런 결합들은 항상 각각의 고유진동수(Natural frequency)를 가지는 진동(Vibration)과 회전(Rotation)을 수행하는데, 진동운동과 회전운동의 주파수들은 원자들의 크기와 결합 힘이 크게 작용하는 함수관계를 갖는다. 이때 고유진동수는 가스들의 화학적 분자구조에 의해 서로 다른 값을 가지며, 주어진 분자와 결합구조에서는 항상 같다. 따라서 가스의 구성 물질과 분자구조에서 나타나는 고유진동수 특성들은 각각의 지문처럼 사용되어, 주어진 가스의 분자구조를 확인하는 단서를 제공한다.

[0004] 적외선 광원에 의해 방사된 적외선이 가스 분자들과 상호 영향을 미칠 때, 에너지 영역대의 특정 부분은 가스 분자의 고유진동수와 같은 진동수를 가지며, 나머지 다른 에너지 영역의 적외선이 투과되는 동안 흡수된다. 가스 분자가 동일한 진동수를 갖는 특정 영역대의 적외선 에너지를 흡수할 때, 분자는 에너지를 얻고 더욱 크게 진동한다. 이러한 진동은 가스 분자의 온도가 상승하는 결과를 가져오며, 가스 분자에 의해 흡수된 적외선은 광원에서의 원래의 세기를 잃게 된다. 이때 온도는 가스 농도에 비례해서 증가하게 되고 광의 세기는 가스농도에 반비례해서 감소하게 되는데, 감소된 방사 에너지는 전기적 신호로써 감지된다.

[0005] 일반적으로 적외선 흡수식 가스 센서는, 가스 샘플에 적외선을 조사하여 가스 샘플 내에 측정대상 가스의 유무에 따라 검출부에 도달하는 적외선 손실 정도의 비율을 측정하는 방식으로 측정대상 가스를 감지한다.

[0006] 그러나 이러한 종래의 적외선 흡수식 가스 센서는 적외선 광원 및 검출부가 각각 하나씩 있어 측정대상으로 하는 가스 이외의 다른 유해 가스를 검출하기 어려운 문제점이 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0008] (특허문헌 0001) 등록특허공보 제10-1784474호 (2017.09.27)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 패턴이 형성된 초박막 렌즈를 이용해 적외선 광원에서 방사되는 적외선을 파장에 따라 분류하여 동시에 여러 종류의 가스를 판별할 수 있고, 민감도가 높은 적외선 흡수식 가스 센서의 제조방법을 제공하고자 한다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 본 발명의 일 실시 형태는, 적외선 흡수식 가스 센서에 관한 것으로, 바람직하게는, 적외선 광원; 상기 적외선 광원에 부착되는 초박막 렌즈; 및 상기 적외선 광원으로부터 방사되어 상기 초박막 렌즈를 통과하는 적외선을 입사 받아 가스의 성분을 센싱하는 검출부;를 포함하고, 상기 초박막 렌즈 상에는, 상기 적외선 광원에서 방사되는 적외선을 파장에 따라 분류하여 서로 다른 위치에 초점이 형성되도록 패턴이 형성될 수 있다.

[0012] 상기 패턴은, 불투명한 둥근 띠와 투명한 둥근 띠가 교번적으로 배치되는 프레넬(Fresnel) 패턴인 것이 바람직하며, 상기 초박막 렌즈는 그래핀(Graphene) 기반의 플랫 렌즈(Flat lens)인 것이 더욱 바람직하다.

- [0013] 또한, 상기 초박막 렌즈는, 상기 적외선 광원에서 방사되는 적외선을 근적외선(NIR), 중적외선(MIR) 및 원적외선(FIR)으로 분류하여 서로 다른 위치에 초점을 형성할 수 있다.
- [0014] 상기 검출부는, 상기 초박막 렌즈에 의해 분류되는 적외선의 초점이 형성되는 위치에 구비되는 복수의 적외선 센서를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0015] 한편 본 발명의 다른 형태로는, 적외선 흡수식 가스 센서의 제조방법을 들 수 있는데, 불투명한 등근 띠와 투명한 등근 띠가 교번적으로 배치되는 프레넬(Fresnel) 패턴이 형성된 초박막 렌즈를 형성하는 초박막 렌즈 형성단계; 상기 초박막 렌즈를 적외선 광원에 부착하는 렌즈 부착단계; 및 상기 적외선 광원에서 방사되어 상기 초박막 렌즈를 통과하는 적외선을 입사 받아 가스의 성분을 센싱하는 검출부를 형성하는 검출부 형성단계;를 포함하되, 상기 초박막 렌즈 형성단계는, 금속포일에 그래핀을 증착하여 그래핀 층을 형성하는 단계; 상기 그래핀 층상에 PMMA(polymethyl methacrylate)를 코팅하여 PMMA층을 형성하는 단계; 상기 그래핀 층과 PMMA층이 형성된 금속 포일을 부식액에 침지시켜 금속 포일을 식각하는 단계; 상기 그래핀 층과 PMMA층을 유리에 전사하고 PMMA층을 제거하는 단계; 및 유리에 전사된 그래핀 층의 일부를 FIB(Focused Ion Beam)로 제거하여 프레넬 패턴을 형성하는 단계;를 포함한다.
- [0016] 상기 초박막 렌즈는, 그래핀(Graphene) 기반의 플랫 렌즈(Flat lens)인 것이 바람직하다.
- [0017] 또한, 상기 초박막 렌즈는, 상기 적외선 광원에서 방사되는 적외선을 근적외선(NIR), 중적외선(MIR) 및 원적외선(FIR)으로 분류하여 서로 다른 위치에 초점을 형성되도록 복수의 프레넬(Fresnel) 패턴이 형성된 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

- [0019] 본 발명은 프레넬 패턴이 형성된 초박막 렌즈를 이용하여 적외선 광원에서 방사되는 적외선을 파장에 따라 분류하여 서로 다른 위치에 초점을 형성하게 함으로써, 동시에 여러 종류의 가스를 판별할 수 있다.
- [0020] 또한, 초점으로 모인 적외선을 감지함으로써 우수한 민감도를 갖기 때문에 여러 종류의 가스가 혼합된 상황에서도 정확한 측정이 가능하다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 흡수식 가스 센서를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 프레넬 패턴을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초박막 렌즈상에 형성된 패턴을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 적외선 파장에 따른 초점 형성 원리를 도식적으로 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 초박막 렌즈를 형성단계를 개략적으로 나타낸 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023] 이하, 본 발명의 실시예와 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위해 예시적으로 제시한 것일 뿐, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가지는 자에 있어서 자명할 것이다.
- [0024] 또한, 달리 정의하지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 모든 기술적 및 과학적 용어는 본 발명이 속하는 기술 분야의 숙련자에 의해 통상적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지며, 상충되는 경우에는, 정의를 포함하는 본 명세서의 기재가 우선할 것이다.
- [0025] 도면에서 제안된 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 그리고, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에서 기술한 "부"란, 특정 기능을 수행하는 하나의 단위 또는 블록을 의미한다.
- [0026] 각 단계들에 있어 식별부호(제1, 제2, 등)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르

게 실시될 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 실시될 수도 있고 실질적으로 동시에 실시될 수도 있으며 반대의 순서대로 실시될 수도 있다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 흡수식 가스 센서를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0028] 도 1을 참조하여 설명하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 흡수식 가스 센서는, 적외선 광원(100); 상기 적외선 광원(100)에 부착되는 초박막 렌즈(200); 및 상기 적외선 광원(100)으로부터 방사되어 상기 초박막 렌즈(200)를 통과하는 적외선을 입사 받아 가스의 성분을 센싱하는 검출부(300);를 포함한다. 본 발명의 적외선 흡수식 가스 센서는 상기 초박막 렌즈(200)를 통해 적외선 광원(100)에서 방사되는 적외선을 파장 범위에 따라 분류하여 서로 다른 위치에 초점을 형성하도록 함으로써, 동시에 여러 종류의 가스를 검출할 수 있다.

[0029] 상기 적외선 광원(100)은, 초박막 렌즈(200)를 통과하도록 적외선을 방사하기 위한 것으로, 특별히 제한되는 것은 아니나 넓은 파장 범위의 적외선을 방사할 수 있는 적외선 광원인 것이 바람직하다.

[0030] 상기 초박막 렌즈(200)는, 상기 적외선 광원(100)에서 방사되는 적외선을 파장 범위에 따라 분류하고, 각각의 파장 범위의 적외선의 초점을 서로 다른 위치에 형성시키기 위한 것으로, 초박막 렌즈(200) 상에는 패턴(210)이 형성될 수 있으며, 상기 패턴(210)은 프레넬(Fresnel) 패턴인 것이 바람직하다.

[0031] 프레넬(Fresnel) 패턴은, 도 2에 도시된 것과 같이, 불투명한 등근 띠와 투명한 등근 띠가 교번적으로 배치되는 패턴이다. 이러한 프레넬(Fresnel) 패턴이 형성된 초박막 렌즈(200)는, 기존의 렌즈나 곡면거울이 굴절이나 반사를 이용하는 것과 달리, 빛의 회절(diffraction)을 이용하여 특정 파장 범위의 적외선을 집중시킬 수 있다.

[0032] 도 2를 참조하여 보다 상세하게 설명하면, 프레넬(Fresnel) 패턴의 중심으로부터 적외선이 집중되는 초점까지의 거리를  $f$ , 프레넬(Fresnel) 패턴의 중심으로부터 등근 띠 패턴까지의 거리를  $r$ , 등근 띠 패턴으로부터 적외선이 집중되는 초점까지의 거리를  $l$ 이라 하면, 하기와 같은 수학적 식 (1)이 성립된다.

[0033] 
$$l = \sqrt{r^2 + f^2} \dots\dots \text{수학적 식 (1)}$$

[0034] 본 발명의 프레넬(Fresnel) 패턴은, 집중시키고자 하는 적외선의 파장( $\lambda$ )의 1/2 간격으로 등근 띠 패턴을 설계하여,  $\lambda/2$ 의 홀수배의 등근 띠 패턴은 보강간섭을 최대화 시키기 위해 투명하게 하고,  $\lambda/2$ 의 짝수배의 등근 띠 패턴은 불투명하게 형성할 수 있다.

[0035] 구체적으로, 하기의 수학적 식 (2)를 만족하는  $l$ 값을 갖는  $r$ 의 위치에 등근 띠 패턴을 형성하되,

[0036] 
$$l = f + \frac{m\lambda}{2} \quad (m = 0, 1, 2, 3, 4 \dots) \text{ (수학적 식 2)}$$

[0037]  $m$ 값이 홀수인 경우에는 투명한 등근 띠 패턴을,  $m$ 값이 짝수인 경우에는 불투명한 등근 띠 패턴을 형성한다.

[0038] 불투명한 등근 띠 패턴은 포커싱 효율을 위해 금속으로 형성될 수 있으나, 우수한 포커싱 효율을 나타내면서도, 초박막 렌즈(200)의 두께를 얇게 하기 위해 그래핀(Graphene)으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0039] 그래핀(Graphene)은 탄소(carbon)으로 이루어진 벌집 형태의 2차원 물질로, 두께가 약 0.2nm 정도 밖에 되지 않아, 그래핀(Graphene)으로 등근 띠 패턴을 형성하게 되는 경우에는, 초박막 렌즈(200)를 플랫 렌즈(Flat lens) 형태로 할 수 있어 적외선 흡수식 가스 센서의 부피를 최소화 할 수 있다. 그래핀을 이용하여 프레넬 패턴을 형성하는 자세한 내용은 후술한다.

[0040] 상기 패턴(210)은, 상기 적외선 광원(100)으로부터 방사된 적외선을 파장 범위에 따라 분류하여 서로 다른 위치에 초점이 형성되도록 하기 위하여, 도 1 및 3에 도시된 것과 같이, 서로 다른 간격의 링 패턴을 갖는 복수의 프레넬(Fresnel) 패턴으로 구성되는 것이 바람직하다. 프레넬 패턴의 일부만 사용하여도 프레넬 패턴의 중심원 지점으로 빛을 모을 수 있기 때문에, 서로 다른 간격의 링 패턴을 갖는 프레넬 패턴의 부분들이 모여 상기 패턴을 형성할 수 있다.

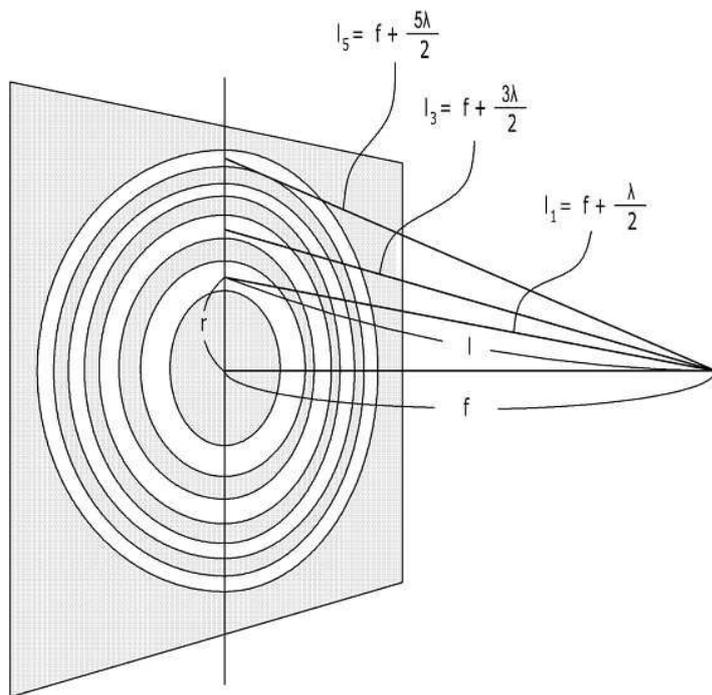
[0041] 일 예로, 상기 패턴(200)은 제1 프레넬 패턴(211), 제2 프레넬 패턴(212) 및 제3 프레넬 패턴(213)을 포함할 수 있는데, 제1 프레넬 패턴(211)은 0.70 ~ 3.0 $\mu$ m의 파장 범위를 갖는 근적외선(near infrared ray, NIR)이 소정의 위치에 모여 초점이 형성되는 링 패턴을 갖도록 설계될 수 있으며, 제2 프레넬 패턴(212)은 3.0 ~ 50 $\mu$ m의 파장 범위를 갖는 중적외선(middle infrared ray, MIR)이 소정의 위치에 모여 초점이 형성되는 링 패턴을 갖도록

설계될 수 있고, 제3 프레넬 패턴(213)은 50 ~ 1,000 $\mu$ m의 파장 범위를 갖는 원적외선(far infrared ray, FIR) 이 소정의 위치에 모여 초점이 형성되는 링 패턴을 갖도록 설계될 수 있다.

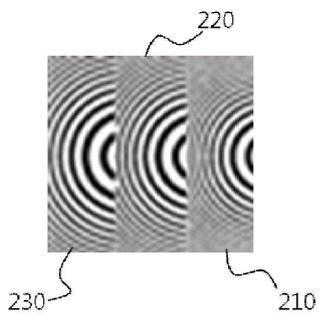
- [0042] 검출부(300)는, 상기 적외선 광원(100)으로부터 방사되어 초박막 렌즈(200)를 통과하는 적외선을 입사 받아 가스의 성분을 센싱하는 역할을 하는 것으로, 상기 적외선 광원(300)으로부터 소정의 거리만큼 이격되어 형성될 수 있다.
- [0043] 이러한 검출부(300)는 초박막 렌즈(200)에 의해 분류되는 적외선의 초점이 형성되는 위치에 구비되는 복수의 적외선 센서를 포함할 수 있다. 일 예로, 상기 검출부(300)는, 도 4에 도시된 것과 같이, 상기 제1 프레넬 패턴(211)에 의해 분류되는 근적외선(NIR)의 초점이 형성되는 위치에 구비되는 제1 적외선 센서(310), 상기 제2 프레넬 패턴(212)에 의해 분류되는 중적외선(MIR)의 초점이 형성되는 위치에 구비되는 제2 적외선 센서(320) 및 상기 제3 프레넬 패턴(213)에 의해 분류되는 원적외선(FIR)의 초점이 형성되는 위치에 구비되는 제3 적외선 센서(330)를 포함할 수 있다.
- [0044] 이러한 적외선 센서(310, 320, 330)는 입사되는 적외선의 세기를 측정하여 가스를 감지하는 것으로, 각각의 적외선 센서별로 고유한 파장 범위를 갖는 적외선이 입사되기 때문에, 입사되는 파장 범위의 적외선 마다 서로 다른 종류의 가스를 측정할 수 있다.
- [0045] 또한, 상기 적외선 센서(310, 320, 330)는 초박막 렌즈(200)를 통해 적외선이 모여지는 초점 위치에 형성되기 때문에, 가스의 흡수로 인해 손실되는 적외선의 세기를 보다 정확하게 감지할 수 있어 적외선 흡수식 가스 센서의 민감도가 향상된다.
- [0046] 한편, 본 발명의 다른 실시 형태는 적외선 흡수식 가스 센서의 제조방법에 관한 것으로, 불투명한 등근 띠와 투명한 등근 띠가 교번적으로 배치되는 프레넬(Fresnel) 패턴이 형성된 초박막 렌즈(200)를 형성하는 초박막 렌즈 형성단계; 상기 초박막 렌즈(200)를 적외선 광원(100)에 부착하는 렌즈 부착단계; 및 상기 적외선 광원(100)에서 방사되어 상기 초박막 렌즈(200)를 통과하는 적외선을 입사 받아 가스의 성분을 센싱하는 검출부(300)를 형성하는 검출부 형성단계;를 포함하여 적외선 흡수식 가스 센서를 제조할 수 있다.
- [0047] 초박막 렌즈 형성단계를 통해 형성되는 초박막 렌즈(200)는, 그래핀(Graphene) 기반의 플랫 렌즈(Flat lens)인 것이 바람직하다. 그래핀(Graphene) 기반의 플랫 렌즈(Flat lens)를 형성하기 위해 상기 초박막 렌즈 형성단계는, 도 5에 도시된 것과 같이, 금속 포일에 그래핀을 증착하여 그래핀 층을 형성하는 단계; 그래핀 층 상에 PMMA(polymethyl methacrylate)를 코팅하여 PMMA층을 형성하는 단계; 금속 포일을 식각(etching)하는 단계; 그래핀 층과 PMMA층을 유리에 전사하고, PMMA층을 제거하는 단계; 및 유리에 전사된 그래핀 층의 일부를 FIB(Focused Ion Beam)으로 제거하여 프레넬 패턴을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0048] 상기 그래핀 층을 형성하는 단계는 화학기상증착법(Cemical Vapor Deposition, CVD)으로 수행될 수 있으며, 상기 금속 포일(foil)은 화학기상증착법(CVD)을 통해 그래핀을 증착시킬 수 있는 금속 포일(foil)이면 특별히 제한되지 않으나, 구리(Cu) 포일인 것이 바람직하다.
- [0049] 상기 PMMA층을 형성하는 단계는 PMMA(polymethyl methacrylate) 용액을 그래핀 층 상에 고르게 부은 후, 이를 경화시켜 코팅함으로써 수행될 수 있다.
- [0050] 상기 금속 포일을 식각(etching)하는 단계는, 유리(glass)에 그래핀 층을 전사하기 위해 금속 포일만을 식각(etching)하기 위한 것으로, 그래핀 층과 PMMA층이 형성된 금속 포일을 부식액(etchant)에 침지시켜 금속 포일을 식각할 수 있다. 금속 포일이 구리(Cu) 포일인 경우에는 부식액(etchant)으로 APS를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0051] 그래핀 층과 PMMA층을 유리에 전사하고, PMMA층을 제거하는 단계는, 유리(glass)에 그래핀 층을 형성하기 위한 것으로, 적외선의 회절이 잘 일어나도록 하여 초박막 렌즈의 포커싱 효율을 높이기 위해서, 약 5회 반복되어 수행되는 것이 바람직한데, 그래핀 층과 PMMA층을 유리에 전사하고, PMMA층을 제거하는 단계 5회 반복하게 되면, 유리(glass)에 5층의 그래핀 층을 형성할 수 있다.
- [0052] 그 후, 유리에 전사된 그래핀 층의 일부를 FIB(Focused Ion Beam)으로 제거하여 프레넬 패턴을 형성하는 단계가 수행된다. 구체적으로 프레넬 패턴을 형성하는 단계는, 그래핀 층이 전사된 유리를 티타늄(Ti)으로 코팅한 후, 프레넬 패턴이 형성되도록 FIM(Focused Ion Beam) 밀링(milling)으로 그래핀 층의 일부를 제거한 후, 코팅된 티타늄(Ti)을 식각(etching)하여 수행될 수 있다.



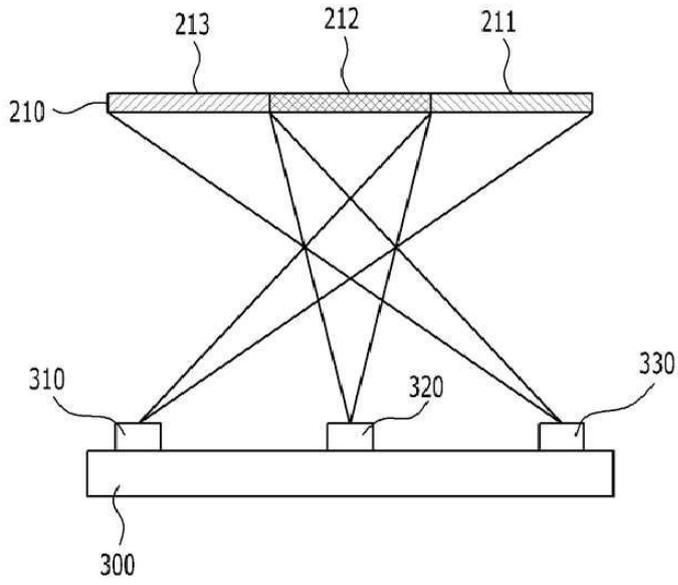
도면2



도면3



도면4



도면5

