

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0010314

(43) 공개일자 2025년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 21/65 (2006.01) G01J 3/44 (2006.01)

G01N 33/00 (2006.01) B82Y 15/00 (2017.01)

B82Y 40/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G01N 21/658 (2013.01)

G01J 3/44 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0090372

(22) 출원일자 2023년07월12일

심사청구일자 2023년07월12일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

강대욱

서울특별시 양천구 목동중앙로 143, 101동 406호

김동철

서울특별시 서초구 신반포로15길 19, 106동 506호
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

최우성

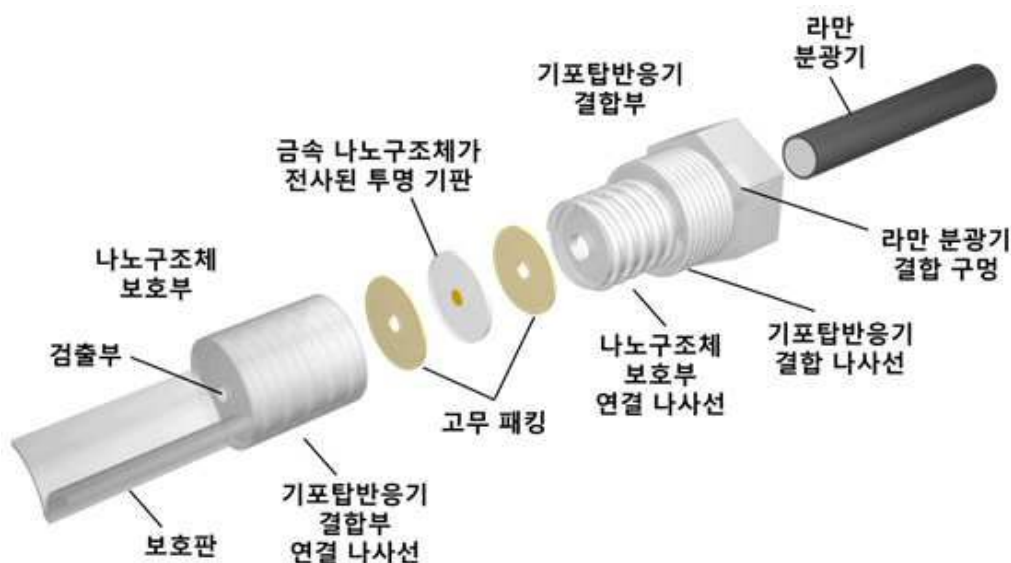
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치

(57) 요약

본 발명은 나노 구조체; 보호판, 검출부 및 기포탐반응기 결합부의 연결부를 포함하는 나노 구조체 보호부; 및 상기 나노 구조체 보호부의 연결부, 기포탐반응기 연결부 및 라만 분광기 결합부를 포함하는 기포탐반응기 결합부를 포함하는, 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치를 제공하여, 기포탐반응기 내 유동과 기포로 인하여 발생하는 나노 구조체의 손상 및 신호 간섭 문제를 극복할 수 있으므로, 안정적이고 정확도 높은 용존 가스의 실시간 모니터링이 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 33/0027 (2013.01)

G01N 33/0062 (2024.05)

B82Y 15/00 (2013.01)

B82Y 40/00 (2013.01)

(72) 발명자

황금래

서울특별시 강서구 강서로20길 25, 403호

민준원

서울특별시 송파구 충민로4길 5, 502동 701호

임영옥

인천광역시 연수구 해돋이로84번길 30, 109동 1303호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1055001158

과제번호 2018M3D3A1A01055759

부처명 기획재정부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 기후변화대응기술개발

연구과제명 표면증강라만분광법을 이용한 비평형 용존 C1 가스및 대사산물 실시간 모니터링 기

술 개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 서강대학교

연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 202321001

과제번호 2016R1A6A1A0301284532

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중점연구소지원사업

연구과제명 뇌질환 약물 평가 기능 나노바이오칩 개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 서강대학교

연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

나노 구조체;

보호판, 검출부 및 기포탐반응기 결합부의 연결부를 포함하는 나노 구조체 보호부; 및

상기 나노 구조체 보호부의 연결부, 기포탐반응기 연결부 및 라만 분광기 결합부를 포함하는 기포탐반응기 결합부;를 포함하는,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 나노 구조체의 재질은 금속 또는 무기물인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 금속은 금, 은, 팔라듐, 백금, 루테튬, 루비듐, 알루미늄, 구리, 코발트, 크롬, 망가니즈, 니켈 및 철로 이루어진 군에서 선택되는 것인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 무기물은 이산화규소, 이산화 타이타늄, 산화 알루미늄 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군에서 선택되는 것인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 나노 구조체는 나노입자의 배열 공정, 증착 공정 또는 식각 공정으로 제작된 것인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 나노 구조체의 형상은 구형, 막대형, 타원형, 코어-껍질 형태, 덴드리머, 정사면체, 정육면체, 정팔면체,

2차원 삼각형 및 2차원 사각형으로 이루어진 군에서 선택되는 것인,
기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 7

제 1항에 있어서,
상기 보호판의 형상은 정사각형, 직사각형 또는 원호인,
기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 8

제 1항에 있어서,
상기 검출부의 형상은 정사각형, 직사각형, 삼각형 또는 원형인,
기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 9

제 1항에 있어서,
상기 나노 구조체 보호부 또는 상기 기포탐반응기 결합부의 재질은 고분자, 무기물 또는 금속인,
기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 10

제 9항에 있어서,
상기 고분자는 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(Polymethylmethacrylate), PET(polyethylene terephthalate), PE(Polyethylene), PP(Polypropylene), PC(polycarbonate) 및 하이드로겔(hydrogel)로 이루어진 군에서 선택되는 것인,
기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 11

제 9항에 있어서,
상기 무기물은 이산화규소, 이산화 타이타늄, 산화 알루미늄 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군에서 선택되는 것인,
기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 12

제 9항에 있어서,
상기 금속은 철, 코발트, 니켈, 구리, 티타늄, 크롬 또는 텅스텐으로 이루어진 군에서 선택되는 것인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 13

제 1항에 있어서,

상기 용존 가스는 H_2 , O_2 , CO_2 , CO , N_2 또는 CH_4 인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 14

제 1항에 있어서,

상기 나노 구조체가 전사된 기관 및 상기 기관 양면에 배치된 패키징을 더 포함하는,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 기관의 형상은 원형, 정사각형 또는 직사각형인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 16

제 14항에 있어서,

상기 기관의 두께는 0.1 내지 10 mm인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 17

제 14항에 있어서,

상기 기관의 재질은 유리, 고분자 또는 무기물인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 18

제 17항에 있어서,

상기 고분자는 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(Polymethylmethacrylate), PET(polyethylene terephthalate), PE(Polyethylene), PP(Polypropylene), PC(polycarbonate) 및 하이드로겔(hydrogel)로 이루어진 군에서 선택되는 것인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 19

제 17항에 있어서,

상기 무기물은 상기 무기물은 이산화규소, 이산화 타이타늄, 산화 알루미늄 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군에서 선택되는 것인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

청구항 20

제 14항에 있어서,

상기 패키지의 형태는 원형, 정사각형 또는 직사각형인,

기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기포탐반응기 내 표면증강라만분광법을 기반으로 한 용존 가스 농도의 모니터링 장치에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 기포탐반응기(bubble column reactor)는 액체가 담긴 원통의 밑바닥에 기포 주입 장치가 있는 형태의 반응기로 습식 산화 반응, 고분자 중합 반응, 발효 반응 등 다양한 반응에 활용되고 있다. 이로 인해 기포탐반응기 내에서의 기체 체류량, 기포 특성, 유동 해석, 열 및 물질 전달 등의 연구가 활발히 진행되고 있을 뿐만 아니라 화학, 석유화학, 생물화학, 금속 등의 산업에서도 폭넓게 활용되고 있다.

[0003] 이러한 기포탐반응기 내에서 반응 효율을 향상시키거나 반응기 구조를 개선, 반응 실패 방지 등을 위해서는 반응물인 용존 가스의 농도를 실시간으로 모니터링할 필요가 있다. 기존에 기포탐반응기 내에서 용존 가스의 농도를 모니터링하는 데에는 기체 크로마토그래피 기반의 분석 방법이 주로 활용되고 있다. 일반적으로 이러한 크로마토그래피 기반의 검출 방법의 경우 기체 상의 가스 농도를 측정된 후 평형을 가정하여 반응 용액에 녹아 있는 용존 가스의 농도를 추정하는 방식을 사용한다. 하지만 반응 용액 내에서 용존 가스가 실시간으로 소모되고 있기 때문에 반응기 내의 기체 상과 액체 상의 가스 농도는 평형을 이루고 있지 않다. 이 때문에 기체 크로마토그래피를 활용한 간접 검출 방법의 경우 부정확한 농도 정보를 전달하게 된다. 뿐만 아니라, 기체 크로마토그래피를 활용할 경우 가스를 지속적으로 샘플링 해야 하므로, 반응기의 오염을 유발할 수 있으며 샘플링 과정과 분석에 오랜 시간이 걸린다는 점 때문에 공정 자동화에 적합하지 않다.

[0004] 금속 나노 구조체에 의한 강한 전자기장 증폭으로 인해 주변 분자들의 고유 광학 신호인 라만 신호가 크게 증폭되어 높은 민감도와 선택도를 가지는 표면증강라만분광법(Surface-enhanced Raman spectroscopy)이 각광받고 있다. 하지만 기포탐반응기의 경우, 일반적으로 기체 분자들의 물질전달 효율 향상을 위해 살포기(sparger)를 활용하여 무수히 많은 기포들을 발생시켜주는데, 이 기포들이 금속 나노 구조체에 흡착이 되면 반응 용액에 녹아 있는 용존 가스의 농도가 아닌 기포 내 기체의 농도를 측정하게 되어 부정확한 결과를 얻게 된다. 또한, 무수히 많은 기포를 발생시키고 기포들이 상승하면서 발생하는 유동으로 인해 금속 나노 구조체에 손상이 발생할 수도 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제 2208042호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 기포탐반응기 내 유동과 기포로 인하여 발생하는 신호 간섭 문제를 극복하여, 기포탐반응기 내 용존 가스의 농도를 실시간으로 모니터링 하기 위한 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 예시적인 구현예들에서는, 나노 구조체; 보호판, 검출부 및 기포탐반응기 결합부의 연결부를 포함하는 나노 구조체 보호부; 및 상기 나노 구조체 보호부의 연결부, 기포탐반응기 연결부 및 라만 분광기 결합부를 포함하는 기포탐반응기 결합부;를 포함하는, 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 장치는 기포탐반응기 내 용존 가스를 실시간으로 모니터링할 수 있다.

[0009] 본 발명의 장치는 기포탐반응기의 오염 위험이 없다.

[0010] 본 발명의 장치는 용존 가스의 농도를 직접적으로 측정함으로써 신속하고 정확한 농도 측정이 가능하다.

[0011] 본 발명의 장치는 기포탐반응기 내에서 기포에 의해 발생하는 유동과 기포에 의한 신호 간섭 문제를 일으키지 않으므로 용존 가스 모니터링의 정확도가 우수하다.

[0012] 본 발명의 장치는 기포탐반응기 내에서 발생하는 유동 및 기포에 의한 나노 구조체의 손상이 발생되지 않아 안정적으로 용존 가스를 모니터링할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 예시적인 일 구현예에서 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치의 개략도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에서 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치에 들어가는 금-팔라듐 코어-겹질 나노입자 단일층이 중앙부에 원형으로 전사된 유리 기관의 사진과 이의 주사전자현미경 이미지이다.

도 3은 본 발명의 실시예에서 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치의 나노 구조체 보호부, 기포탐반응기 결합부, 라만 프로브, 및 본 발명의 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 실시간 모니터링 장치가 결합된 라만 프로브의 사진이다.

도 4는 본 발명의 실시예에서 기포탐반응기 내에서 본 발명 장치의 보호판이 아래에서 위로 상승하는 기포를 검출부로 접근하지 못하게 막는 것을 확인할 수 있는 사진이다.

도 5는 본 발명의 실시예에서 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치를 활용하여 용존 일산화탄소의 농도가 증가했다가 감소하는 것을 실시간으로 모니터링한 것을 보여주는 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0016] 본 발명은 나노 구조체; 보호판, 검출부 및 기포탐반응기 결합부의 연결부를 포함하는 나노 구조체 보호부; 및 상기 나노 구조체 보호부의 연결부, 기포탐반응기 연결부 및 라만 분광기 결합부를 포함하는 기포탐반응기 결합부;를 포함하는, 기포탐반응기 내 표면증강라만분광 기반 용존 가스 모니터링 장치를 제공한다.

[0017] 본 명세서에서 나노란 100 nm 이하를 의미한다.

[0018] 상기 나노 구조체는 표면증강라만분광을 기반으로 기포탐반응기 내 반응액의 용존 가스 모니터링을 수행할 수 있다.

[0019] 상기 표면증강라만분광은 신호가 약하여 검출하기 어려운 라만 산란 신호를 나노 크기의 구조체에 물질을 흡착시켜 라만산란의 증폭을 통하여 물질에 대한 정보를 얻기 위한 고감도 분석기법을 말한다.

[0020] 상기 나노 구조체의 재질은 금속 또는 무기물일 수 있다.

- [0021] 상기 나노 구조체의 재질이 금속인 경우, 상기 금속은 금, 은, 팔라듐, 백금, 루테튬, 루비듐, 알루미늄, 구리, 코발트, 크롬, 망가니즈, 니켈 및 철로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0022] 상기 나노 구조체의 재질이 무기물인 경우, 상기 무기물은 이산화규소, 이산화 타이타늄, 산화 알루미늄 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0023] 상기 나노 구조체는 나노입자의 배열 공정, 증착 공정 또는 식각 공정으로 제작된 것일 수 있다.
- [0024] 상기 나노 구조체의 형상은 구형, 막대형, 타원형, 코어-껍질 형태, 텐드리머, 정사면체, 정육면체, 정팔면체, 2차원 삼각형 및 2차원 사각형으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0025] 상기 나노 구조체 보호부는 보호판, 검출부 및 기포탐반응기 결합부의 연결부를 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 보호판은 기포탐반응기에서 발생하는 기포와 유동으로부터 나노 구조체를 물리적으로 보호하기 위한 기능을 한다. 예를 들어, 기포탐반응기 내에서 아래에서 위로 올라오는 기포와 이로 인해 발생하는 유동으로부터 나노 구조체를 보호할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 상기 보호판의 형상은 정사각형, 직사각형 또는 원호일 수 있다.
- [0028] 상기 검출부는 상기 나노 구조체와 기포탐반응기 내 반응액이 접촉될 수 있는 구멍을 말한다.
- [0029] 상기 검출부의 형상은 정사각형, 직사각형, 삼각형 또는 원형일 수 있다.
- [0030] 상기 기포탐반응기 결합부의 연결부는 상기 나노 구조체 보호부와 기포탐반응기 결합부를 연결시키는 기능을 한다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이 기포탐반응기 결합부의 연결부는 내부에 연결 나사선을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0031] 예시적인 구현예에서, 상기 기포탐반응기 결합부의 연결부는 원통형이고, 상기 원통형의 한 쪽 평면에는 검출부 구멍이 존재하며, 검출부가 존재하는 면에서 원통형의 높이 방향으로 보호판이 부착될 수 있다. 상기 원통형의 다른 쪽 평면은 면이 형성되어 있지 않고, 상기 원통의 내부가 비어 있으며, 상기 원통의 내부에 연결 나사선이 존재하여 나노 구조체 보호부의 연결부와 결합 또는 조립될 수 있다.
- [0032] 상기 기포탐반응기 결합부는 상기 나노 구조체 보호부의 연결부, 기포탐반응기 연결부 및 라만 분광기 결합부를 포함할 수 있다. 기포탐반응기 결합부 내부에는 라만 분광기로부터 상기 나노 구조체에 광을 조사할 수 있는 내부 공간(이하, 기포탐반응기 결합부 중앙 구멍이라 함)이 존재한다.
- [0033] 상기 검출부 구멍 및 상기 기포탐반응기 결합부 중앙 구멍의 배향은 일치되어야 한다.
- [0034] 상기 나노 구조체 보호부 또는 기포탐반응기 결합부의 재질은 고분자, 무기물 또는 금속일 수 있다.
- [0035] 상기 나노 구조체 보호부 또는 기포탐반응기 결합부의 재질이 고분자인 경우, 상기 고분자는 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(Polymethylmethacrylate), PET(polyethylene terephthalate), PE(Polyethylene), PP(Polypropylene), PC(polycarbonate) 및 하이드로겔(hydrogel)로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0036] 상기 나노 구조체 보호부 또는 기포탐반응기 결합부의 재질이 무기물인 경우, 상기 무기물은 이산화규소, 이산화 타이타늄, 산화 알루미늄 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0037] 상기 나노 구조체 보호부 또는 기포탐반응기 결합부의 재질이 금속인 경우, 상기 금속은 철, 코발트, 니켈, 구리, 티타늄, 크롬 또는 텅스텐으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0038] 상기 나노 구조체 보호부의 연결부는 상기 기포탐반응기 결합부의 연결부와 결합 또는 조립된다. 예를 들어, 상기 나노 구조체 보호부의 연결부는 바깥쪽으로 나사선이 형성된 원통형의 구조일 수 있으며, 바람직하게는 도 1에 도시된 바와 같이 나노 구조체 보호부 연결 나사선을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0039] 상기 기포탐반응기 연결부는 기포탐반응기와 연결된다. 예를 들어, 상기 기포탐반응기 연결부는 바깥쪽으로 나사선이 형성된 원통형의 구조일 수 있고, 바람직하게는 도 1에 도시된 바와 같이 기포탐반응기 결합 나사선을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 상기 라만 분광기 결합부는 라만 분광기를 본 발명의 장치와 연결시키는 기능을 한다. 예를 들어, 상기 라만 분광기 결합부는 도 1에 도시된 바와 같이 라만 분광기 결합 구멍을 가질 수 있고, 상기 라만 분광기 결합 구멍은

원통형의 구멍일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0041] 상기 기포탐 반응기는 본 발명의 장치를 설치할 수 있는 것이라면 당업계 공지 기포탐 반응기를 제한 없이 포함한다.
- [0042] 상기 용존 가스는 상기 기포탐 반응기의 반응액 내 존재하는 특정의 가스를 말한다.
- [0043] 상기 용존 가스는 H_2 , O_2 , CO_2 , CO , N_2 또는 CH_4 일 수 있다.
- [0044] 상기 용존 가스의 종류에 따라 당업계 통상의 기술자는 상기 나노 구조체의 종류를 적절하게 결정할 수 있다.
- [0045] 본 발명의 장치에는 상기 나노 구조체가 전사된 기관 및 상기 기관 양면에 배치된 패키징을 더 포함할 수 있다.
- [0046] 상기 기관은 나노 구조체가 전사될 수 있는 것이라면 당업계 공지된 기관을 제한 없이 포함한다. 또한, 당업계 공지된 방법을 제한 없이 사용하여 상기 기관에 상기 나노 구조체를 전사할 수 있다.
- [0047] 상기 기관은 투명기관일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0048] 상기 기관의 형상은 원형, 정사각형 또는 직사각형일 수 있다.
- [0049] 상기 기관의 두께는 0.1 내지 10 mm일 수 있다.
- [0050] 상기 기관의 재질은 유리, 고분자 또는 무기물일 수 있다.
- [0051] 상기 기관의 재질이 고분자인 경우, 상기 고분자는 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(Polymethylmethacrylate), PET(polyethylene terephthalate), PE(Polyethylene), PP(Polypropylene), PC(polycarbonate) 및 하이드로겔(hydrogel)로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0052] 상기 기관의 재질이 무기물인 경우, 상기 무기물은 이산화규소, 이산화 타이타늄, 산화 알루미늄 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0053] 상기 패키징은 기포탐반응기 내 반응액의 누수를 막기 위한 기능을 할 수 있다. 상기 패키징의 중앙에는 구멍(이하, 패키징의 중앙 구멍이라 함)이 형성되어 있다. 상기 검출부 구멍, 상기 기포탐반응기 결합부 중앙 구멍 및 패키징의 중앙 구멍의 배향은 일치되어야 한다.
- [0054] 상기 패키징은 상기 나노 구조체가 전사된 기관의 양면에 배치될 수 있다.
- [0055] 상기 패키징의 형태는 원형, 정사각형 또는 직사각형일 수 있다.
- [0056] 상기 패키징의 재질은 고무일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0058] 이하, 본 발명의 예시적인 구현예들에 따른 구체적인 실시예를 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니며 첨부된 특허청구범위 내에서 다양한 형태의 실시예들이 구현될 수 있고, 단지 하기 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 함과 동시에 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 실시를 용이하게 하고자 하는 것임이 이해될 것이다.

[0060] **실시예**

[0061] **제조예**

- [0062] 도 1의 도식과 같이 나노구조체 보호부와 기포탐반응기 결합부를 제조하였다.
- [0063] 금-팔라듐 코어-겍질 나노입자 단일층을 갖는 나노 구조체를 제조하고, 유리 기관에 상기 나노 구조체를 중앙부에 원형으로 전사시켜 나노 구조체가 전사된 유리 기관을 제조하였다.
- [0064] 나노 구조체가 전사된 유리 기관의 양 옆에 고무 패키징을 끼우고, 이를 기포탐반응기 결합부의 연결부 안에 위치시킨 뒤, 기포탐반응기 결합부의 연결나사선과 나노 구조체 보호부의 연결나사선을 조립시켜 본 발명의 장치를 제조하였다.

[0066] 실험예

[0067] 1. 기포탑반응기 내 기포와 나노 구조체 간 접촉 방지 효과 확인

[0068] 본 발명의 장치를 기포탑반응기 내 설치하였을 때, 실제로 기포탑반응기 내 기포에 의해 본 발명 장치 내부의 나노 구조체와 접촉되는지 여부를 확인하였다.

[0069] 확인 결과, 기포탑반응기 내 아래에서 위로 상승하는 기포가 본 발명 장치의 보호판으로 인해 내부의 나노 구조체와 접촉하지 못함을 확인할 수 있었다(도 4).

[0071] 2. 기포탑반응기의 반응액 내 용존 일산화탄소 농도 모니터링 실험

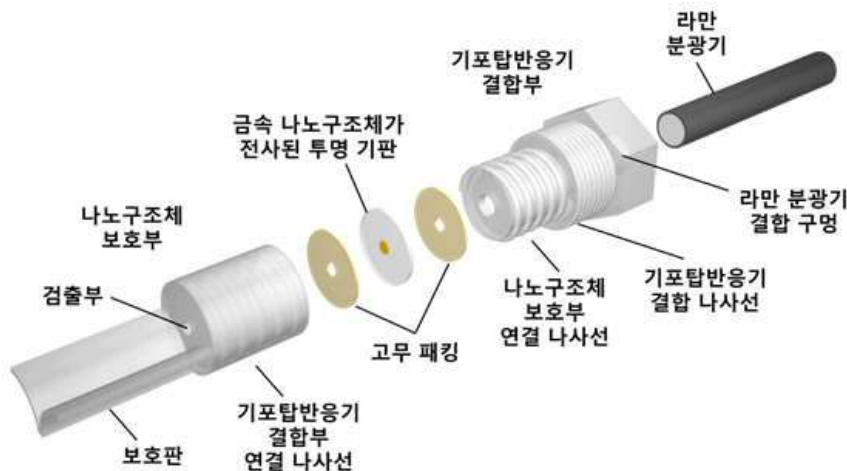
[0072] 제조예의 장치를 활용하여 표면증강라만분광법을 기반으로 기포탑반응기 내에서 용존 일산화탄소의 농도가 증가했다가 감소하는 것을 실시간으로 모니터링하였다.

[0073] 기포탑반응기 내에 일산화탄소 가스를 주입시켰을 때, 반응액 내 용존 일산화탄소의 농도가 증가하여 일산화탄소의 라만 신호가 증가하다가 평형에 도달한 것을 확인할 수 있었다. 이후 기포탑반응기 내에 질소 가스를 주입시켰을 때, 용존 일산화탄소의 라만 신호가 감소하는 것을 확인할 수 있었다(도 5).

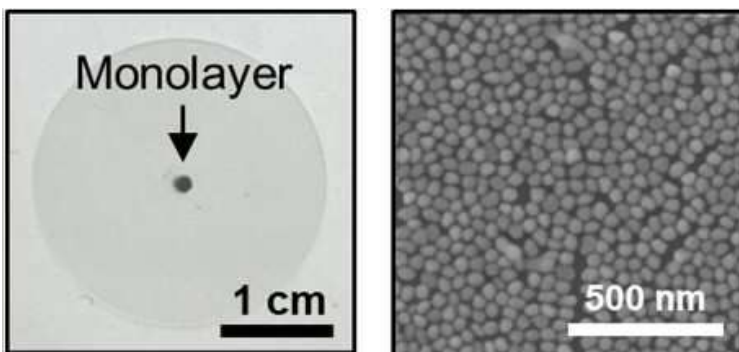
[0074] 따라서, 본 발명의 장치는 기포탑반응기 내 발생하는 기포가 나노 구조체로 유입되는 것을 방지할 수 있고, 기포로 인한 유동도 막아주어, 기포탑 반응기 내 용존 가스 모니터링을 안정적으로 수행할 수 있음을 알 수 있었다.

도면

도면1



도면2



도면3



도면4



도면5

