



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0024010
(43) 공개일자 2024년02월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 19/00 (2018.01) B01J 2/14 (2006.01)
B22F 9/24 (2006.01) G01N 21/65 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 19/0093 (2013.01)
B01J 19/0053 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0088203
(22) 출원일자 2023년07월07일
심사청구일자 2023년07월07일
(30) 우선권주장
1020220102291 2022년08월16일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
서태석
경기도 수원시 영통구 청명북로 33, 433동 1901호(영통동, 청명마을삼성아파트)
반 힙 응우옌
경기도 수원시 영통구 덕영대로1673번길 8-11, B04호
(74) 대리인
특허법인 천지

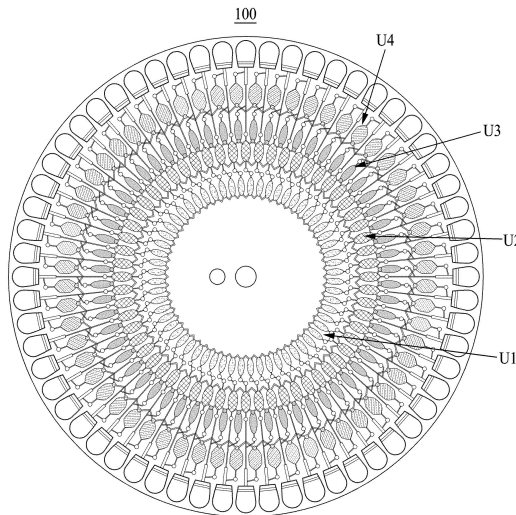
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 회전형 마이크로유동 장치, 회전형 마이크로유동 어셈블리, 나노입자 합성시스템, 금속나노입자의 제조방법, 이로부터 제조된 금속나노입자 및 표면중강 라만산란 기판

(57) 요약

나노입자를 합성하기 위해 필요한 시간, 비용 및 노동력을 절감할 수 있는 회전형 마이크로유동 장치가 제공된다. 본 발명의 일 측면에 따르면, 반응챔버; 및 상기 반응챔버와 연결되며, 적어도 하나 이상의 서브챔버를 포함하는 주입챔버; 및 상기 각각의 서브챔버를 서로 연결하고, 상기 반응챔버 및 주입챔버를 연결하는 적어도 하나 이상의 연결부;를 포함하고, 상기 각각의 연결부는 패시브 밸브를 포함하는, 회전형 마이크로유동 장치를 제공한다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

B01J 2/14 (2013.01)

B22F 9/24 (2013.01)

G01N 21/658 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711154202
과제번호	2021R1A5A6002853
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	선도연구센터지원사업
연구과제명	결정기능화공정기술센터 후속지원
기 여 율	1/2
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415177485
과제번호	P0017363
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	산업혁신인재성장지원
연구과제명	기능성 유무기 복합소재 실용화 전문인력 양성사업
기 여 율	1/2
과제수행기관명	경희대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2026.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

서로 동일한 부피를 갖고 제1 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제1 챔버를 포함하는 제1 유닛부;
서로 상이한 부피를 갖고 제2 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제2 챔버를 포함하는 제2 유닛부;
서로 상이한 부피를 갖고 제3 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제3 챔버를 포함하는 제3 유닛부;
서로 동일한 부피를 갖고 제4 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제4 챔버를 포함하는 제4 유닛부;
상기 제1 내지 제4 챔버와 연결된 복수의 제5 챔버를 포함하는 반응챔버;
각각의 상기 제1 챔버 및 상기 제2 챔버를 연결하는 제1 연결부;
각각의 상기 제2 챔버 및 상기 제5 챔버를 연결하는 제2 연결부;
각각의 상기 제3 챔버 및 상기 제5 챔버를 연결하는 제3 연결부; 및
각각의 상기 제4 챔버 및 상기 제5 챔버를 연결하는 제4 연결부; 를 포함하고,
상기 제1 내지 제4 연결부는,
패시브 밸브(passive valve)를 포함하는
회전형 마이크로유동 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 제1 채널의 두께는 상기 제1 연결부의 두께보다 두껍고,
상기 제2 채널의 두께는 상기 제2 연결부의 두께보다 두껍고,
상기 제3 채널의 두께는 상기 제3 연결부의 두께보다 두껍고,
상기 제4 채널의 두께는 상기 제4 연결부의 두께보다 두꺼운,
회전형 마이크로유동 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,
각각의 상기 제1 챔버는 원주방향으로 배열되고,
각각의 상기 제2 챔버는 원주방향으로 배열되고,
각각의 상기 제3 챔버는 원주방향으로 배열되고,
각각의 상기 제4 챔버는 원주방향으로 배열되고,
각각의 상기 제5 챔버는 원주방향으로 배열된,
회전형 마이크로유동 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 제1 내지 제4 채널은 지그재그(zigzag) 형상인,
회전형 마이크로유동 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 제1 채널은 금속씨드용액이 흐르는 채널이고,
상기 제2 채널은 환원제가 흐르는 채널이고,
상기 제3 채널은 희석제가 흐르는 채널이고,
상기 제4 채널은 성장용액(growth solution)이 흐르는 채널인,
회전형 마이크로유동 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 패시브 밸브는,
제1 패시브 밸브 및 상기 제1 패시브 밸브와 연결된 제2 패시브 밸브를 포함하고,
상기 제1 연결부는,
상기 제1 패시브 밸브 및 상기 제2 패시브 밸브를 포함하는,
회전형 마이크로유동 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,
원주방향으로 배열되는 각각의 상기 제2 챔버의 부피 구배(gradient)와, 상기 원주방향으로 배열되는 각각의 상기 제3 챔버의 부피 구배(gradient)는 서로 상이한,
회전형 마이크로유동 장치.

청구항 8

제1항에 따른 회전형 마이크로유동 장치; 및
상기 회전형 마이크로유동 장치의 적어도 일면 상에 배치된 접촉층; 을 포함하는
회전형 마이크로유동 어셈블리.

청구항 9

반응시약이 저장된 저장부;
상기 저장부와 연결되며, 접촉부를 포함하는 가이드부;

상기 접속부와 연결되며 상기 반응시약을 토출하는 주입부;
상기 주입부와 연결되고, 상기 반응시약을 상기 주입부에 공급하는 구동부;
상기 주입부와 대응되는 제8항에 따른 회전형 마이크로유동 어셈블리; 및
상기 회전형 마이크로유동 어셈블리를 회전시키는 회전부;를 포함하고,
상기 주입부는 상기 접속부에 의해 지지되는,
나노입자 합성시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 주입부의 위치를 조정하고, 상기 회전부의 회전속도를 제어하는 제어부;를 더 포함하는
나노입자 합성시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,
상기 가이드부, 구동부 및 회전부 중 적어도 어느 하나를 감싸는 패키징부;를 더 포함하는
나노입자 합성시스템.

청구항 12

제9항에 따른 나노입자 합성시스템을 이용한 금속나노입자의 제조방법으로,
(S1) 상기 제1 챔버에 금속씨드용액을 주입하는 단계;
(S2) 상기 제2 챔버에 환원제를 주입하는 단계;
(S3) 상기 제3 챔버에 희석제를 주입하는 단계;
(S4) 상기 제4 챔버에 성장용액(growth solution)을 주입하는 단계; 및
(S5) 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리를 회전하는 단계;를 포함하는
금속나노입자의 제조방법.

청구항 13

제12항에 있어서,
상기 제2 챔버에 포함된 환원제의 부피와, 상기 제2 챔버와 대응되는 상기 제3 챔버에 포함된 상기 희석제의 부피의 합은 일정한,
금속나노입자의 제조방법.

청구항 14

제12항에 있어서,
상기 (S5) 단계에서,

상기 회전형 마이크로유동 어셈블리는 4,000rpm 이상의 회전속도로 1 내지 60초 동안 회전되는, 금속나노입자의 제조방법.

청구항 15

제12항에 따른 금속나노입자의 제조방법으로 제조된 금속나노입자.

청구항 16

제15항에 따른 금속나노입자가 표면 상에 코팅된, 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관.

청구항 17

제16항에 있어서,
상기 금속나노입자는,
별 형상(star shape)의 금 나노입자(Au nanoparticle)인,
표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관.

청구항 18

적어도 하나 이상의 반응챔버; 및
상기 반응챔버와 연결되며, 적어도 하나 이상의 서브챔버를 포함하는 주입챔버; 및
상기 각각의 서브챔버를 서로 연결하고, 상기 반응챔버 및 주입챔버를 연결하는 적어도 하나 이상의 연결부;를 포함하고,
상기 각각의 연결부는 패시브 밸브를 포함하는,
회전형 마이크로유동 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 회전형 마이크로유동 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로 회전형 마이크로유동 장치, 회전형 마이크로유동 어셈블리, 나노입자 합성시스템, 금속나노입자의 제조방법, 이로부터 제조된 금속나노입자 및 표면증강 라만산란 기관에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 미세유동장치를 구성하는 미세유동 구조물에는 소량의 유체를 가두어 둘 수 있는 챔버와, 유체가 흐를 수 있는 채널, 유체의 흐름을 조절할 수 있는 밸브, 그리고 유체를 받아 소정의 기능을 수행할 수 있는 여러 가지 기능성 유닛 등이 포함될 수 있다. 소형의 칩(chip) 상에서 생화학적 반응을 포함한 시험을 수행할 수 있도록, 미세유동장치는 예를 들어 회전형 마이크로유동 장치를 구비할 수 있다.

[0003] 한편, 다양한 형상의 나노입자를 합성하기 위해서는 일반적으로 회분식 반응기를 이용한 합성법이 이용되고 있다. 이러한 회분식 반응기(batch reactor)를 이용한 합성법은 반응온도, 시약의 농도 등의 다양한 조건들에 의해 영향을 많이 받을 뿐만 아니라, 수많은 피펫, 시약 등이 필요 이상으로 소모되어, 많은 시간과 노동력, 비용

이 소모되는 문제점이 발생하였다. 예를 들어, 60개의 나노입자를 합성하기 위해서는 수많은 시약과 비커, 시약의 농도를 개별적으로 조절하는 시간과 인력이 투입되어 다양한 형상을 갖는 나노입자의 합성과정에서 비효율적인 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명의 목적은 나노입자를 합성하기 위해 필요한 시간, 비용 및 노동력을 절감할 수 있는 회전형 마이크로유동 장치를 제공하는 것이다.
- [0005] 본 발명의 다른 목적은, 다양한 형상의 고효율 금속나노입자를 인간의 개입 없이 자동적으로 빠르게 합성할 수 있는 회전형 마이크로유동 장치를 제공하는 것이다.
- [0006] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 회전형 마이크로유동 장치를 포함하는 회전형 마이크로유동 어셈블리를 제공하는 것이다.
- [0007] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리를 포함하는 나노입자 합성시스템을 제공하는 것이다.
- [0008] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 회전형 마이크로유동 장치를 이용한 금속나노입자의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 금속나노입자의 제조방법으로 제조된 금속나노입자를 제공하는 것이다.
- [0010] 본 발명의 또 다른 목적은 라만분광법 분석에서 신호의 민감도를 향상시킬 수 있는 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기판을 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예는 서로 동일한 부피를 갖고 제1 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제1 챔버를 포함하는 제1 유닛부; 서로 상이한 부피를 갖고 제2 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제2 챔버를 포함하는 제2 유닛부; 서로 상이한 부피를 갖고 제3 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제3 챔버를 포함하는 제3 유닛부; 서로 동일한 부피를 갖고 제4 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제4 챔버를 포함하는 제4 유닛부; 상기 제1 내지 제4 챔버와 연결된 복수의 제5 챔버를 포함하는 반응챔버; 각각의 상기 제1 챔버 및 상기 제2 챔버를 연결하는 제1 연결부; 각각의 상기 제2 챔버 및 상기 제5 챔버를 연결하는 제2 연결부; 각각의 상기 제3 챔버 및 상기 제5 챔버를 연결하는 제3 연결부; 및 각각의 상기 제4 챔버 및 상기 제5 챔버를 연결하는 제4 연결부를 포함하고, 상기 제1 내지 제4 연결부는 패시브 밸브(passive valve)를 포함하는, 회전형 마이크로유동 장치를 제공한다.
- [0013] 구체적으로, 상기 제1 채널의 두께는 상기 제1 연결부의 두께보다 두껍고, 상기 제2 채널의 두께는 상기 제2 연결부의 두께보다 두껍고, 상기 제3 채널의 두께는 상기 제3 연결부의 두께보다 두껍고, 상기 제4 채널의 두께는 상기 제4 연결부의 두께보다 두꺼울 수 있다.
- [0014] 구체적으로, 각각의 상기 제1 챔버는 원주방향으로 배열되고, 각각의 상기 제2 챔버는 원주방향으로 배열되고, 각각의 상기 제3 챔버는 원주방향으로 배열되고, 각각의 상기 제4 챔버는 원주방향으로 배열되고, 각각의 상기 제5 챔버는 원주방향으로 배열될 수 있다.
- [0015] 구체적으로, 상기 제1 내지 제4 채널은 지그재그(zigzag) 형상일 수 있다.
- [0016] 구체적으로, 상기 제1 채널은 금속세드용액이 흐르는 채널이고, 상기 제2 채널은 환원제가 흐르는 채널이고, 상기 제3 채널은 희석제가 흐르는 채널이고, 상기 제4 채널은 성장용액(growth solution)이 흐르는 채널일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 패시브 밸브는, 제1 패시브 밸브 및 상기 제1 패시브 밸브와 연결된 제2 패시브 밸브를 포함하고, 상기 제1 연결부는, 상기 제1 패시브 밸브 및 상기 제2 패시브 밸브를 포함할 수

있다.

- [0018] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 원주방향으로 배열되는 각각의 상기 제2 챔버의 부피 구배(gradient)와, 상기 원주방향으로 배열되는 각각의 상기 제3 챔버의 부피 구배(gradient)는 서로 상이할 수 있다.
- [0019] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예는 상기 회전형 마이크로유동 장치; 및 상기 회전형 마이크로유동 장치의 적어도 일면 상에 배치된 접촉층을 포함하는 회전형 마이크로유동 어셈블리를 제공할 수 있다.
- [0020] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예는 반응시약이 저장된 저장부; 상기 저장부와 연결되며, 접촉부를 포함하는 가이드부; 상기 접촉부와 연결되며 상기 반응시약을 토출하는 주입부; 상기 주입부와 연결되고, 상기 반응시약을 상기 주입부에 공급하는 구동부; 상기 주입부와 대응되는 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리; 및 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리를 회전시키는 회전부를 포함하는 나노입자 합성시스템을 제공할 수 있다. 구체적으로, 상기 주입부는 상기 접촉부에 의해 지지될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노입자 합성시스템은 상기 주입부의 위치를 조정하고, 상기 회전부의 회전속도를 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노입자 합성시스템은 상기 가이드부, 구동부 및 회전부 중 적어도 어느 하나를 감싸는 패키징부를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예는 나노입자 합성시스템을 이용한 금속나노입자의 제조방법으로, (S1) 상기 제1 챔버에 금속씨드용액을 주입하는 단계; (S2) 상기 제2 챔버에 환원제를 주입하는 단계; (S3) 상기 제3 챔버에 희석제를 주입하는 단계; (S4) 상기 제4 챔버에 성장용액(growth solution)을 주입하는 단계; 및 (S5) 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리를 회전하는 단계; 를 포함하는 금속나노입자의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0024] 구체적으로, 상기 제2 챔버에 포함된 환원제의 부피와, 상기 제2 챔버와 대응되는 상기 제3 챔버에 포함된 상기 희석제의 부피의 합은 일정할 수 있다.
- [0025] 구체적으로, 상기 (S5) 단계에서, 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리는 4,000rpm 이상의 회전속도로 1 내지 60 초 동안 회전할 수 있다.
- [0026] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예는 상기 금속나노입자의 제조방법으로 제조된 금속나노입자를 제공할 수 있다.
- [0027] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예는 상기 금속나노입자가 표면 상에 코팅된, 표면증강 라만 산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기판을 제공할 수 있다.
- [0028] 구체적으로, 상기 금속나노입자는, 별 형상(star shape)의 금 나노입자(Au nanoparticle)일 수 있다.
- [0029] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 적어도 하나 이상의 반응챔버; 및 상기 반응챔버와 연결되며, 적어도 하나 이상의 서브챔버를 포함하는 주입챔버; 및 상기 각각의 서브챔버를 서로 연결하고, 상기 반응챔버 및 주입챔버를 연결하는 적어도 하나 이상의 연결부; 를 포함하고, 상기 각각의 연결부는 패시브 밸브를 포함하는, 회전형 마이크로유동 장치를 제공한다.
- [0030] 구체적으로 상기 반응챔버는 금속나노입자의 합성 반응이 일어나는 챔버일 수 있다.
- [0031] 구체적으로 상기 주입챔버는 금속나노입자의 합성 반응에 필요한 용액이 주입되는 챔버일 수 있다. 예를 들어, 상기 금속나노입자의 합성 반응에 필요한 용액은 금속씨드용액, 환원제, 희석제, 성장용액 등일 수 있다. 다만 본 발명의 기술사상이 이에 제한되는 것은 아니고 다양한 종류의 합성 반응에 필요한 용액이 선택될 수 있다.
- [0032] 예를 들어, 상기 서브챔버는 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 복수의 제1 내지 제4 챔버를 포함할 수 있다.
- [0033] 예를 들어, 상기 연결부는 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 복수의 제1 내지 제4 연결부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0034] 본 발명의 몇몇 실시예에 따르면, 다양한 반응조건에서 나노입자를 합성하기 위해 필요한 시간, 비용 및 노동력을 현저히 절감시킬 수 있고, 다양한 형상의 고효율 금속나노입자를 인간의 개입 없이 자동적으로 빠르게 합성할 수 있는 회전형 마이크로유동 장치를 제공할 수 있다. 이러한 회전형 마이크로유동 장치를 이용하여 제조된 다양한 형상의 금속나노입자를 광열치료 분야, 약물전달에 이용되는 약물운반체 분야, 생물학적/화학적 센서의

민감도를 향상시키는 진단 분야 및 광 음향 효과를 기반으로 하는 생체의학 이미지 분야에 널리 적용할 수 있다.

[0035] 상술한 효과와 더불어 본 발명의 구체적인 효과는 이하 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명하면서 함께 기술한다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1a는 60개의 반응유닛을 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전형 마이크로유동 장치이고, 도 1b는 하나의 반응유닛, 도 1c는 회전형 마이크로유동 장치 내 유체의 흐름 원리이고, 도 1d는 회전형 마이크로유동 장치의 디지털사진이다.

도 2는 도 1b에 도시된 하나의 반응유닛을 확대한 도면이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전형 마이크로유동 어셈블리이고, 도 3b는 회전형 마이크로유동 어셈블리의 디지털사진이다.

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노입자 합성시스템이다.

도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노입자 합성시스템의 디지털사진이다.

도 5a는 아스코르브산과 물이 각각 원주방향으로 흐르는 모식도, 도 5b는 회전형 마이크로유동 장치가 회전된 후 물에 의해 희석된 아스코르브산의 농도 구배를 나타낸 디지털 사진, 도 5c는 각 반응챔버에 대한, 선형성 관계를 보이는 아스코르브산과 물에 대한 빛 흡수세기의 상관관계 그래프, 도 5d는 나노입자 합성시스템의 사진, 도 5e는 나노입자 합성시스템의 주입부를 확대한 사진 및 도 5f는 패키징부가 도입된 나노입자 합성시스템의 사진이다.

도 6a는 금 씨드용액(Au seed solution)이 원주방향으로 배열된 복수의 제1 챔버에 먼저 주입되는 제1 단계; 도 6b는 아스코르브산이 원주방향으로 배열된 복수의 제2 챔버에 주입되는 제2 단계; 도 6c는 물이 원주 방향으로 배열된 복수의 제3 챔버에 주입되는 제3 단계; 및 도 6d는 성장용액이 원주 방향으로 배열된 복수의 제4 챔버에 주입되는 제4 단계를 나타낸 것이다.

도 6e는 회전부의 회전속도를 1,000RPM으로 회전시켰을 때 금 씨드용액을 제외한 아스코르브산, 물 및 성장용액이 반응챔버로 이동한 것을 나타낸 것이다.

도 6f는 회전부의 회전속도를 4,000RPM으로 높여 회전시켰을 때, 금 씨드용액까지 반응챔버로 모두 이동됨을 나타낸 것이다.

도 6g는 단 한번의 주입으로 금 씨드용액이 지그재그 형상의 제1 채널을 통해 60개의 제1 챔버로 이동함을 나타낸 것이다.

도 6h는 금 씨드용액과 성장 용액의 회수 부피(recovery volume)가 각각 일정한 것을 나타낸 것이다.

도 7은 아스코르브산의 농도를 달리할 때, 회전형 마이크로유동 어셈블리를 이용한 나노입자 합성시스템으로 제조된 금 나노입자의 FE-SEM 사진이다(노란색 자=50nm, 빨간색 자=150nm).

도 8a는 아스코르브산의 농도가 0.4mM, 0.9 mM, 1.25mM, 1.75mM, 2.75mM 및 3.6mM일 때 회전형 마이크로유동 장치로 제조된 금 나노입자(이하 순서대로 'Au#1, Au#4, Au#6, Au#9, Au#15 및 Au#20'라 칭함)의 UV-Vis 흡광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 8b는 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기판을 제조하기 위해 필요한, 각각의 Au#1, Au#4, Au#6, Au#9, Au#15 및 Au#20를 함유하는 금 나노입자 용액의 색을 나타낸 것이다.

도 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기판의 제조방법을 나타낸 것이다.

도 8d는 본 발명의 일 실시예에 따른 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기판의 디지털사진이다.

도 8e는 본 발명의 여러 실시예에 따른 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기판의 FE-SEM 사진이다.

도 9a는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#1)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기판을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.

도 9b는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#4)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기판을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.

도 9c는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#6)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기판을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.

도 9d는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#9)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기판을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.

도 9e는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#15)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기판을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.

도 9f는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#20)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기판을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.

도 9g는 Au#1, Au#4, Au#6, Au#9, Au#15 및 Au#20가 각각 도입된 표면증강 라만산란 기판의 10^{-7} M의 R6G(Rhodamine 6G)에 대한 라만 스펙트럼 세기를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 본 명세서에서 '연결된다'의 의미는 일 부재와 다른 부재가 직접적으로 연결되거나 간접적으로 연결되는 것까지 모두 포괄하는 것으로 정의된다.
- [0038] 본 명세서에서 '회전형 마이크로유동 장치'는 복수의 반응유닛(reaction unit)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 하나의 반응유닛은 제1 내지 제4 유닛부, 반응챔버 및 제1 내지 제4 연결부를 포함할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 일 실시예는 서로 동일한 부피를 갖고 제1 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제1 챔버를 포함하는 제1 유닛부; 서로 상이한 부피를 갖고 제2 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제2 챔버를 포함하는 제2 유닛부; 서로 상이한 부피를 갖고 제3 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제3 챔버를 포함하는 제3 유닛부; 서로 동일한 부피를 갖고 제4 채널을 통해 서로 연결된 복수의 제4 챔버를 포함하는 제4 유닛부; 상기 제1 내지 제4 챔버와 연결된 복수의 제5 챔버를 포함하는 반응챔버; 각각의 상기 제1 챔버 및 상기 제2 챔버를 연결하는 제1 연결부; 각각의 상기 제2 챔버 및 상기 제3 챔버를 연결하는 제2 연결부; 각각의 상기 제3 챔버 및 상기 제4 챔버를 연결하는 제3 연결부; 및 각각의 상기 제4 챔버 및 상기 제5 챔버를 연결하는 제4 연결부를 포함하고, 상기 제1 내지 제4 연결부는 패시브 밸브(passive valve)를 포함하는, 회전형 마이크로유동 장치를 제공한다.
- [0040] 패시브 밸브는 액티브 밸브(active valve)와 달리 구조 자체만으로 유체의 흐름 방향을 조절할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 내지 제4 연결부가 패시브 밸브를 포함함으로써, 패시브 밸브에 의한 모세관압(capillary pressure)이 각 채널에 의한 모세관압보다 높아져 용액이 일 챔버에 주입되었을 때, 반응챔버로 이동하지 않고 채널을 통해 연결된 다른 챔버로 이동할 수 있다. 각각의 챔버가 용액으로 모두 채워진 다음 회전형 마이크로유동 장치가 특정 속도 이상으로 회전할 경우, 원심력이 모세관압보다 높아져 각 챔버에 포함된 용액이 반응챔버로 이동할 수 있다. 이에 따라 각각의 반응챔버에서 다양한 나노입자의 합성 반응이 빠르게 진행될 수 있다.
- [0041] 결과적으로 본 발명의 일 실시예에 따르면 다양한 반응조건에서 나노입자를 합성하기 위해 필요한 시간, 비용 및 노동력을 현저히 절감시킬 수 있고, 다양한 형상의 고효율 금속나노입자를 인간의 개입 없이 자동적으로 빠르게 합성할 수 있는 회전형 마이크로유동 장치를 제공할 수 있다. 이러한 회전형 마이크로유동 장치를 이용하여 제조된 다양한 형상의 금속나노입자를 광열치료 분야, 약물전달에 이용되는 약물운반체 분야, 생물학적/화학적 센서의 민감도를 향상시키는 진단 분야 및 광 음향 효과를 기반으로 하는 생체의학 이미징 분야에 적용할 수

있다.

[0042] 이하에서는, 도면을 참고하여 본 발명의 구성을 보다 상세히 설명한다.

[0043] 1. 회전형 마이크로유동 장치

[0044] 도 1a는 60개의 반응유닛을 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전형 마이크로유동 장치이고, 도 1b는 하나의 반응유닛, 도 1c는 회전형 마이크로유동 장치 내 유체의 흐름 원리이고, 도 1d는 회전형 마이크로유동 장치의 디지털사진이다.

[0045] 도 2는 도 1b에 도시된 하나의 반응유닛을 확대한 도면이다.

[0046] 도 1 및 2를 참고하면, 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 제1 내지 제4 유닛부(U1, U2, U3, U4), 반응챔버(RC) 및 제1 내지 제4 연결부(C1, C2, C3, C4)를 포함한다.

[0047] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 서로 동일한 부피를 갖고 제1 채널(12)을 통해 서로 연결된 복수의 제1 챔버(10)를 포함하는 제1 유닛부(U1)를 포함한다. 구체적으로, 상기 복수의 제1 챔버(10)는 원주방향에 따라 배열될 수 있고, 모두 동일한 부피를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 채널은 금속씨드용액이 흐르는 채널일 수 있고, 상기 금속씨드용액은 예를 들어 NaBH_4 (0.6mL, 0.01M) 용액을, HAuCl_4 (0.1mL, 25mM) 및 계면활성제(Triton X-100; 15mL, 0.1M)가 혼합된 혼합물에 첨가한 후, 이들을 2분 동안 교반하여 생성된 결과물을 4°C에서 저장하여 제조된 것일 수 있다.

[0048] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 서로 상이한 부피를 갖고 제2 채널(22)을 통해 서로 연결된 복수의 제2 챔버(20)를 포함하는 제2 유닛부(U2)를 포함한다. 구체적으로, 상기 복수의 제2 챔버(20)는 원주방향에 따라 배열될 수 있다.

[0049] 도 1c 및 도 2를 참고하면 상기 복수의 제2 챔버(20)는 제2-1 챔버(20-1) 및 상기 제2-1 챔버(20-1)의 부피와 동일하거나 상이한 제2-2 챔버(20-2)를 포함할 수 있다. 상기 제2-1 챔버(20-1) 및 상기 제2-2 챔버(20-2)가 상이할 때 반응조건의 수가 보다 더욱 많아져 다양한 형상의 금속나노입자가 합성될 수 있다. 또한, 상기 제2-1 챔버(20-1)와 상기 제2-2 챔버(20-2)는 하나의 제2 채널(22)을 통해 직접 연결될 수 있고, 2개 이상의 제2 채널(22)을 통해 간접적으로 연결될 수도 있다. 예를 들어 상기 제2 채널(22)은 환원제가 흐르는 채널일 수 있고, 구체적으로 아스코르브산이 흐르는 채널일 수 있다.

[0050] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 서로 상이한 부피를 갖고 제3 채널(32)을 통해 서로 연결된 복수의 제3 챔버(30)를 포함하는 제3 유닛부(U3)를 포함한다. 구체적으로, 상기 복수의 제3 챔버(30)는 원주방향에 따라 배열될 수 있다. 예를 들어 상기 복수의 제3 챔버(30)는 상기 제2-1 챔버(20-1)와 대응되는 제3-1 챔버(30-1) 및 상기 제2-2 챔버(20-2)와 대응되는 제3-2 챔버(30-2)를 포함할 수 있다. 상기 제3-1 챔버(30-1)의 부피와 상기 제3-2 챔버(30-2)의 부피는 서로 동일하거나 상이할 수 있다. 상기 제3-1 챔버(30-1) 및 상기 제3-2 챔버(30-2)의 부피가 상이할 때 반응조건의 수가 보다 많아져 다양한 형상의 금속나노입자가 합성될 수 있다. 또한, 상기 제3-1 챔버(30-1)와 상기 제3-2 챔버(30-2)는 하나의 제3 채널(32)을 통해 직접 연결될 수 있고, 2개 이상의 제3 채널(32)을 통해 간접적으로 연결될 수도 있다. 예를 들어, 상기 제3 채널은 희석제가 흐르는 채널일 수 있고, 구체적으로 물이 흐르는 채널일 수 있다.

[0051] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제2-1 챔버(20-1)의 부피와 상기 제3-1 챔버(30-1)의 부피의 합은 일정할 수 있고, 상기 제2-2 챔버(20-2)의 부피와 상기 제3-2 챔버(30-2)의 부피의 합은 일정할 수 있다. 각각의 챔버의 부피의 합을 일정하게 조절함으로써, 다양한 나노입자의 합성조건이 구현될 수 있다.

[0052] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 서로 동일한 부피를 갖고 제4 채널(42)을 통해 서로 연결된 복수의 제4 챔버(40)를 포함하는 제4 유닛부(U4)를 포함한다. 구체적으로, 상기 복수의 제4 챔버(40)는 원주방향에 따라 배열될 수 있고, 모두 동일한 부피를 가질 수 있다. 예를 들어 상기 제4 채널은 성장용액(growth solution)이 흐르는 채널일 수 있다. 예를 들어, 상기 성장용액은 금속이온, 계면활성제 등을 포함할 수 있고, 구체적으로 HAuCl_4 (25mM), AgNO_3 (50mM) 및 비이온성 계면활성제(예: 0.3M의 Triton-X)가 1:10:166의 부피비로 혼합된 혼합물일 수 있다.

[0053] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 상기 제1 내지 제4 챔버(10, 20, 30, 40)와 연결된 복수의 제5 챔버(50)를 포함하는 반응챔버(RC)를 포함한다. 예를 들어, 상기 반응챔버(RC)는 회전형 마이크로유동 장치가 회전됨에 따라 원심력이 패시브 밸브에 의한 모세관압보다 높아져 각 챔버에 포함된 금속씨드용액, 환원제, 희

석제 및 성장용액이 모두 유입되어 금속나노입자가 합성되는 챔버일 수 있다.

- [0054] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 각각의 상기 제1 챔버(10) 및 상기 제2 챔버(20)를 연결하는 제1 연결부(C1)를 포함한다. 구체적으로, 상기 제1 챔버(10) 및 상기 제2 챔버(20)는 상기 제1 연결부(C1)를 통해 하나의 반응유닛(reaction unit) 내에서 서로 대응될 수 있다.
- [0055] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 패시브 밸브(pv)는 제1 패시브 밸브 및 상기 제1 패시브 밸브와 연결된 제2 패시브 밸브를 포함할 수 있다. 상기 제1 연결부(C1)는 상기 제1 패시브 밸브 및 상기 제2 패시브 밸브를 포함할 수 있다. 상기 제1 연결부(C1)가 2 이상의 패시브 밸브를 포함함에 따라 패시브 밸브에 의한 모세관압이 제1 채널(12)에 의한 모세관압보다 훨씬 높아질 수 있다. 이에 따라 금속씨드용액이 단 한번 제1 챔버(10)로 주입되었을 때, 금속씨드용액은 반응챔버로 이동하지 않고 제1 채널(12)을 통해 다른 제1 챔버(10)로 이동할 수 있다.
- [0056] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제1 채널(12)의 두께는 상기 제1 연결부(C1)의 두께보다 두꺼울 수 있다. 상기 제1 채널(12)의 두께를 제1 연결부(C1)의 두께 보다 두껍게 설계함에 따라, 제1 연결부(C1)로 흐르는 유체가 저항을 상대적으로 많이 받을 수 있다. 이러한 구조적 특성 상, 결과적으로 패시브 밸브에 의한 모세관압이 더욱 보강되어 금속씨드용액은 하나의 제1 챔버에서 다른 제1 챔버로 제1 채널(12)을 통해 이동할 수 있다.
- [0057] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 각각의 상기 제2 챔버 및 상기 제5 챔버를 연결하는 제2 연결부(C2)를 포함한다. 구체적으로, 상기 제2 챔버(20) 및 상기 제5 챔버(50)는 제2 연결부(C2)를 통해 하나의 반응유닛(reaction unit) 내에서 서로 대응될 수 있다.
- [0058] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제2 채널(22)의 두께는 상기 제2 연결부(C2)의 두께보다 두꺼울 수 있다. 상기 제2 채널(22)의 두께를 제2 연결부(C2)의 두께 보다 두껍게 설계함에 따라, 제2 연결부(C2)로 흐르는 유체가 저항을 보다 많이 받을 수 있다. 이러한 구조적 특성 상, 패시브 밸브에 의한 모세관압이 더욱 보강되어 환원제는 하나의 제2 챔버에서 또 다른 제2 챔버로 이동할 수 있다.
- [0059] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 각각의 상기 제3 챔버(30) 및 상기 제5 챔버(50)를 연결하는 제3 연결부(C3)를 포함한다. 구체적으로, 상기 제3 챔버(30) 및 상기 제5 챔버(50)는 제3 연결부(C3)를 통해 하나의 반응유닛(reaction unit) 내에서 서로 대응될 수 있다.
- [0060] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제3 채널(32)의 두께는 상기 제3 연결부(C3)의 두께보다 두꺼울 수 있다. 상기 제3 채널(32)의 두께를 제3 연결부(C3)의 두께 보다 두껍게 설계함에 따라, 제3 연결부(C3)로 흐르는 유체가 저항을 보다 많이 받을 수 있다. 이러한 구조적 특성 상, 패시브 밸브에 의한 모세관압이 더욱 보강되어 희석제는 하나의 제3 챔버에서 또 다른 제3 챔버로 이동할 수 있다.
- [0061] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 장치(100)는 각각의 상기 제4 챔버(40) 및 상기 제5 챔버(50)를 연결하는 제4 연결부(C4)를 포함한다. 구체적으로, 상기 제4 챔버(40) 및 상기 제5 챔버(50)는 제4 연결부(C4)를 통해 하나의 반응유닛(reaction unit) 내에서 서로 대응될 수 있다.
- [0062] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제4 채널(42)의 두께는 상기 제4 연결부(C4)의 두께보다 두꺼울 수 있다. 상기 제4 채널(42)의 두께를 제4 연결부(C4)의 두께 보다 두껍게 설계함에 따라, 제4 연결부(C4)로 흐르는 유체가 저항을 보다 많이 받을 수 있다. 이러한 구조적 특성 상, 패시브 밸브에 의한 모세관압이 더욱 보강되어 성장용액은 하나의 제4 챔버에서 또 다른 제4 챔버로 이동할 수 있다.
- [0063] 각각의 상기 제1 챔버(10)는 원주방향으로 배열되고, 각각의 상기 제2 챔버(20)는 원주방향으로 배열되고, 각각의 상기 제3 챔버(30)는 원주방향으로 배열되고, 각각의 상기 제4 챔버(40)는 원주방향으로 배열되고, 각각의 상기 제5 챔버(50)는 원주방향으로 배열될 수 있다. 즉, 하나의 제1 챔버는 다른 제1 챔버와 원주방향으로 배열될 수 있고, 하나의 제2 챔버는 다른 제2 챔버와 원주방향으로 배열될 수 있고, 하나의 제3 챔버는 다른 제3 챔버와 원주방향으로 배열될 수 있고, 하나의 제4 챔버는 다른 제4 챔버와 원주방향으로 배열될 수 있고, 하나의 제5 챔버는 다른 제5 챔버와 원주방향으로 배열될 수 있다.
- [0064] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제1 내지 제4 채널(12, 22, 32, 42)은 지그재그(zigzag) 형상일 수 있다. 상기 제1 내지 제4 채널이 지그재그 형상을 가짐에 따라 패시브 밸브에 의한 모세관압이 더욱 보강되어 각각의 챔버에 단 한번 주입된 용액이 반응챔버(RC)로 흐르지 않고 각각의 제1 내지 제4 채널을 통해 각 용액이 흐를 수 있다.

[0065] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 원주방향으로 배열되는 각각의 상기 제2 챔버(20)의 부피 구배(gradient)와, 상기 원주방향으로 배열되는 각각의 상기 제3 챔버(30)의 부피 구배(gradient)는 서로 상이할 수 있다. 예를 들어, 원주방향으로 연속적으로 배열되는 복수의 제2 챔버(20)는 시계 방향에 따라 부피가 증가할 수 있고 원주방향으로 연속적으로 배열되는 복수의 제3 챔버(30)는 시계 방향에 따라 부피가 감소할 수 있다. 또 다른 예시로 원주방향으로 연속적으로 배열되는 복수의 제2 챔버(20)는 시계 방향에 따라 부피가 감소할 수 있고, 원주방향으로 연속적으로 배열되는 복수의 제3 챔버(30)는 시계 방향에 따라 부피가 증가할 수 있다. 이러한 제2 챔버 및 제3 챔버의 구조적 특징으로 인해 회석제의 부피와 환원제의 부피의 전체 합은 일정하게 유지될 수 있고, 다양한 환원제의 농도가 구현되어 다양한 형상을 갖는 나노입자가 빠르게 제조될 수 있다.

[0066] 2. 회전형 마이크로유동 어셈블리

[0067] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전형 마이크로유동 어셈블리이고, 도 3b는 회전형 마이크로유동 어셈블리의 디지털사진이다.

[0068] 도 3a 및 3b를 참고하면, 본 발명의 또 다른 실시예는 상기 회전형 마이크로유동 장치(100) 및 상기 회전형 마이크로유동 장치(100)의 적어도 일면 상에 배치된 접착층(120)을 포함하는 회전형 마이크로유동 어셈블리(200)를 제공할 수 있다. 예를 들어, 상기 접착층(120)은 압력이 가해질 경우 접착결합을 형성하는 비반응성 점착제인 감압 점착제를 포함할 수 있다. 상기 감압 점착제를 사용함에 따라 회전형 마이크로유동 어셈블리의 적어도 일면 상에 접착층을 용이하게 형성할 수 있다.

[0069] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 접착층(120)은 상기 회전형 마이크로유동 장치(100)의 양면 상에 배치될 수 있다. 상기 접착층(120)은 제1 접착층(120a) 및 상기 제1 접착층(120a)과 대향되는 제2 접착층(120b)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 및 제2 접착층(120a, 120b)의 두께는 각각 독립적으로 10 내지 80 μ m일 수 있다.

[0070] 예를 들어, 상기 회전형 마이크로유동 장치(100)는 반지름이 6.0 내지 10.0cm일 수 있고 두께가 3 내지 10mm일 수 있다. 다만 본 발명의 기술사상이 이에 제한되는 것은 아니고 회전형 마이크로유동 장치의 반지름과 두께는 적절히 변형될 수 있다.

[0071] 3. 나노입자 합성시스템

[0072] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노입자 합성시스템이다. 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노입자 합성시스템의 디지털사진이다.

[0073] 도 4a 및 4b를 참고하면, 본 발명에 따른 나노입자 합성시스템(300)은 저장부(310), 가이드부(320), 주입부(322), 구동부(330), 회전형 마이크로유동 어셈블리(200) 및 회전부(340)를 포함한다.

[0074] 본 발명에 따른 저장부(310)는 나노입자를 합성하기 위해 필요한 반응시약이 저장된 부재이다. 예를 들어 상기 저장부(310)는 제1 내지 제4 저장부를 포함할 수 있고, 각각의 상기 제1 내지 제4 저장부에는 각각 금속염용액, 환원제, 회석제 및 성장용액이 포함될 수 있다.

[0075] 본 발명에 따른 가이드부(320)는 상기 저장부(310)와 연결되며 접속부(325)를 포함할 수 있다. 구체적으로 상기 접속부(325)는 구동부(330)를 통해 상기 저장부(310)와 간접적으로 연결될 수 있다. 상기 주입부(322)를 통해 반응시약이 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리(200)에 주입될 수 있다. 구체적으로, 상기 가이드부(320)는 높이 방향으로 길게 연장되는 금속막대(328)와 볼 스크류(326), 스테퍼 모터(324) 및 접속부(325)를 포함할 수 있다. 상기 금속막대(328)는 가이드부(320)의 본체(320bd)와 측면 방향으로 이격되며, 높이 방향으로 길게 연장될 수 있다. 상기 볼 스크류(326)는 가이드부(320)의 본체(320bd)와 측면 방향으로 이격되며, 높이 방향으로 길게 연장될 수 있다.

[0076] 상기 접속부(325)는 금속막대(328)와 볼 스크류(326)의 형상과 대응되는 형상을 구비할 수 있고, 금속막대(328)와 볼 스크류(326)를 둘러쌀 수 있다. 상기 접속부(325)의 일부는 상기 금속막대(328) 및 볼 스크류(326)를 둘러싸면서 다른 일부는 회전형 마이크로유동 어셈블리(200)가 배치된 방향으로 돌출될 수 있다. 또한, 상기 접속부(325)는 상기 금속막대(328) 및 볼 스크류(326)의 높이 방향(예: z축 방향)으로 이동할 수 있다. 상기 접속부(325)는 주입부(322)를 지지하는 홀더 암(holder arm) 기능을 수행할 수 있다. 이에 따라 상기 접속부(325)와 연결된 주입부(322)도 마찬가지로 상기 높이 방향을 따라 이동할 수 있다.

[0077] 본 발명에 따른 주입부(322)는 상기 접속부(325)와 연결되며 상기 반응시약을 토출할 수 있다. 구체적으로, 상

기 주입부(322)는 상기 접속부(325)에 의해 지지될 수 있다.

[0078] 본 발명에 따른 구동부(330)는 상기 저장부(310) 및 상기 가이드부(320)를 연결하며, 상기 반응시약을 상기 주입부(322)에 공급할 수 있다. 구체적으로, 상기 구동부(330)는 포트 밸브(332) 및 펌프(334)를 포함할 수 있다. 상기 포트 밸브(332)는 구동부 내에서 반응시약 유체의 흐름을 조절하는 기능을 수행할 수 있고, 상기 펌프(334)는 상기 저장부(310)에 저장된 반응시약을 구동부(330)로 이동시키는 기능을 수행할 수 있다.

[0079] 상기 스테퍼 모터(324)는 접속부(325)의 위/아래 움직임에 필요한 동력을 제공할 수 있다. 상기 스테퍼 모터(324)는 상기 가이드부(320)의 하부에 배치될 수 있다.

[0080] 본 발명에 따른 나노입자 합성시스템(300)은 상기 저장부(310)와 상기 구동부(330)를 연결하는 제1 연결관(CN1)을 포함할 수 있고, 상기 주입부(322)와 상기 구동부(330)를 연결하는 제2 연결관(CN2)을 포함할 수 있다. 저장부(310)에 포함된 반응시약들은 상기 제1 연결관(CN1)을 통해 구동부(330)로 이동된 후, 상기 제2 연결관(CN2)을 통해 주입부(322)로 이동될 수 있다. 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 주입부(322)는 제2 연결관(CN2)의 말단부일 수 있다.

[0081] 본 발명에 따른 회전형 마이크로유동 어셈블리(200)는 상기 주입부(322)와 대응될 수 있다. 구체적으로 상기 주입부(322)를 통해 주입된 나노입자의 합성에 필요한 반응시약은 회전형 마이크로유동 어셈블리의 각 챔버로 주입될 수 있다. 예를 들어, 금속나노입자를 합성하기 위해 4가지 반응시약이 필요할 경우 4개의 주입부가 구비될 수 있고, 4개의 주입부와 대응되는 제1 내지 제4 챔버(도 2 참조)에 각각의 반응시약이 투입될 수 있다.

[0082] 본 발명에 따른 나노입자 합성시스템(300)은 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리(200)를 회전시키는 회전부(340)를 포함한다. 구체적으로, 상기 회전부(340)는 회전 모터(341), 지지 부재(343) 및 히터(345)를 포함할 수 있다. 상기 회전 모터(341)는 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리(200)를 회전시키는 동력을 제공할 수 있고, 상기 지지 부재(343)는 상기 히터(345)를 지지하는 기능을 수행할 수 있고, 상기 히터(345)는 나노입자의 합성 온도를 조절하는 기능을 수행할 수 있다.

[0083] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노입자 합성시스템(300)은 상기 주입부(322)의 위치를 조정하고, 상기 회전부(340)의 회전속도를 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 제어부는 인-하우스 프로그램을 작동시키는 하드웨어 장치일 수 있고, 더욱 구체적으로 상기 하드웨어 장치는 컴퓨터일 수 있다.

[0084] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노입자 합성시스템(300)은 상기 가이드부(320), 구동부(330) 및 회전부(340) 중 적어도 어느 하나를 감싸는 패키징부(390)를 더 포함할 수 있고, 구체적으로 상기 가이드부(320), 구동부(330) 및 회전부(340) 모두를 감쌀 수 있다. 상기 패키징부(390)는 상기 가이드부(320), 구동부(330) 및 회전부(340) 중 적어도 어느 하나를 패키징(packaging)하도록 구비됨에 따라, 휴대용 특성을 갖는 나노입자 합성시스템이 제공될 수 있다.

[0085] 도 5a는 아스코르브산과 물이 각각 원주방향으로 흐르는 모식도, 도 5b는 회전형 마이크로유동 장치가 회전된 후 물에 의해 희석된 아스코르브산의 농도 구배를 나타낸 디지털 사진, 도 5c는 각 반응챔버에 대한, 선형성 관계를 보이는 아스코르브산과 물에 대한 빛 흡수세기의 상관관계 그래프, 도 5d는 나노입자 합성시스템의 사진, 도 5e는 나노입자 합성시스템의 주입부를 확대한 사진 및 도 5f는 패키징부가 도입된 나노입자 합성시스템의 사진이다.

[0086] 도 5a를 참고하면, 아스코르브산은 단 한번의 주입으로 원주방향으로 연속적으로 배열된 60개의 챔버에 도입되었고, 물도 마찬가지로 단 한번의 주입으로 상기 아스코르브산이 포함된 60개의 챔버에 대응되는 60개의 챔버에 도입되었다. 예를 들어, 하나의 반응유닛 당 아스코르브산의 부피와 물의 부피의 합을 40 μ L로 일정하게 유지하되, 아스코르브산과 물의 부피는 각 챔버의 깊이를 달리함으로써 조절하였다.

[0087] 도 5b를 참고하면, 회전형 마이크로유동 장치가 특정 속도 이상으로 회전함에 따라 원심력에 의해 물과 아스코르브산이 반응챔버로 이동함을 확인할 수 있다. 이로 인해 아스코르브산이 물에 의해 희석되어 다양한 농도의 아스코르브산이 제조되었음을 색깔을 통해 간접적으로 확인할 수 있다.

[0088] 도 5c를 참고하면, 반응챔버에 도입된 아스코르브산과 물이 혼합된 희석액은 자외선 가시광선 흡수분광법(UV-vis absorbance spectroscopy)을 통해 분석될 수 있다. 상기 자외선 가시광선 흡수분광법은 아스코르브산과 물이 혼합된 희석액이 흡수하는 빛의 양인 흡광도(absorbance)로 시료의 농도를 결정하는 분석법이다. 첫 번째의 반응챔버로부터 60 번째의 반응챔버로 이동할수록 파란색(파장:631nm)에 대응되는 흡광세기는 선형적으로 증가하는 반면, 빨간색(파장:507nm)에 대응되는 흡광세기는 선형적으로 감소함을 확인할 수 있다.

- [0089] 도 5d 내지 5f를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노입자 합성시스템은 저장부(solution storage)에 저장된 4 종류의 반응시약이 펌프에 의해 이동하여 4개의 니들 주입부(needle injector)로 이동할 수 있다. 3D 프린트 방법으로 제조된 리니어 가이드부(linear guide)에 의해 상기 주입부는 z축 방향으로 구동될 수 있고, 상기 주입부를 통해 4 종류의 반응시약이 회전형 마이크로유동 어셈블리의 각 챔버에 주입될 수 있다. 또한, 3D 프린트 방법으로 제조된 패키징부로 상기 리니어 가이드부와 펌프를 패키징함으로써, 휴대용 나노입자 합성시스템이 제공될 수 있다.
- [0090] **4. 금속나노입자의 제조방법 및 이로부터 제조된 금속나노입자**
- [0091] 본 발명의 또 다른 실시예는 상기 나노입자 합성시스템을 이용한 금속나노입자의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속나노입자의 제조방법은 (S1) 상기 제1 챔버에 금속씨드용액을 주입하는 단계를 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 (S1) 단계에서 금속씨드용액을 주입하기 위한 수단은 나노입자 합성시스템의 주입부일 수 있다. 상기 주입부를 통해 하나의 제1 챔버에 주입된 단 한번의 금속씨드용액은 패시브 밸브에 의한 모세관압과 제1 채널과 제1 연결부의 두께 차이로 인해 제1 채널을 통해 다른 제1 챔버로 주입될 수 있다. 결과적으로 동일한 부피를 갖는 복수의 제1 챔버에 모두 금속씨드용액이 주입될 수 있다.
- [0093] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속나노입자의 제조방법은 (S2) 상기 제2 챔버에 환원제를 주입하는 단계를 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 제2 챔버에 환원제를 주입하기 위한 수단은 나노입자 합성시스템의 주입부일 수 있다. 상기 주입부를 통해 하나의 제2 챔버에 단 한번 주입된 환원제는 패시브 밸브에 의한 모세관압과 제2 채널과 제2 연결부의 두께 차이로 인해 제2 채널을 통해 다른 제2 챔버로 주입될 수 있다. 예를 들어, 환원제의 다양한 농도를 구현하기 위해 서로 상이한 부피를 갖는 복수의 제2 챔버가 구비될 수 있다.
- [0094] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속나노입자의 제조방법은 (S3) 상기 제3 챔버에 희석제를 주입하는 단계를 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 제3 챔버에 희석제를 주입하기 위한 수단은 나노입자 합성시스템의 주입부일 수 있다. 상기 주입부를 통해 하나의 제3 챔버에 단 한번 주입된 희석제는 패시브 밸브에 의한 모세관압과 제3 채널과 제3 연결부의 두께 차이로 인해, 제3 채널을 통해 다른 제3 챔버로 주입될 수 있다. 예를 들어, 희석제로 환원제의 농도를 다양하게 조절하기 위해 서로 상이한 부피를 갖는 복수의 제3 챔버가 구비될 수 있다.
- [0095] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속나노입자의 제조방법은 (S4) 상기 제4 챔버에 성장용액(growth solution)을 주입하는 단계를 포함한다. 구체적으로, 상기 제4 챔버에 성장용액을 주입하기 위한 수단은 나노입자 합성시스템의 주입부일 수 있다. 상기 주입부를 통해 하나의 제4 챔버에 단 한번 주입된 반응용액은 패시브 밸브에 의한 모세관압과 제4 채널과 제4 연결부의 두께 차이로 인해 제4 채널을 통해 다른 제4 챔버로 주입될 수 있다.
- [0096] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속나노입자의 제조방법은 (S5) 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리를 회전하는 단계를 포함한다. 구체적으로, 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리를 회전하기 위한 수단은 회전부일 수 있고, 구체적으로 해당 기술분야의 통상적인 모터일 수 있다. 상기 (S5) 단계에서 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리는 1,000rpm 초과와 회전속도로 1 내지 60초 동안 회전될 수 있고, 구체적으로 4,000rpm 이상의 회전속도로 1 내지 20초 동안 회전될 수 있다. 상기 회전형 마이크로유동 어셈블리의 회전속도가 상기 수치 범위 이하일 경우 가장 안쪽에 있는 금속씨드용액에 작용하는 원심력이 모세관압보다 낮아 금속씨드용액은 반응챔버로 이동하지 못할 수 있다.
- [0097] 구체적으로, 상기 제2 챔버에 포함된 환원제의 부피와, 상기 제2 챔버와 대응되는 상기 제3 챔버에 포함된 상기 희석제의 부피의 합은 일정할 수 있다. 상기 제2 챔버 및 상기 제2 챔버와 대응되는 제3 챔버는 하나의 반응유닛 내에 구비될 수 있다. 상기 환원제의 부피와 상기 희석제의 부피의 합이 일정하게 조절됨으로써, 다양한 환원제의 농도로 다양한 형상의 금속나노입자가 제조될 수 있다.
- [0098] 본 발명의 또 다른 실시예는 상기 금속나노입자의 제조방법으로 제조된 금속나노입자를 제공할 수 있다. 상기 금속나노입자는 예를 들어, 금 나노입자, 은 나노입자, 합금 나노입자일 수 있다. 상기 금속나노입자는 예를 들어, 광열치료 분야, 약물전달에 이용되는 약물운반체 분야, 생물학적/화학적 센서의 민감도를 향상시키는 진단 분야 및 광 음향 효과를 기반으로 하는 생체의학 이미지 분야에 적용될 수 있다.
- [0099] 도 6a는 금 씨드용액(Au seed solution)이 원주방향으로 배열된 복수의 제1 챔버에 먼저 주입되는 제1 단계; 도 6b는 아스코르브산이 원주방향으로 배열된 복수의 제2 챔버에 주입되는 제2 단계; 도 6c는 물이 원주 방향으로 배열된 복수의 제3 챔버에 주입되는 제3 단계; 및 도 6d는 성장용액이 원주 방향으로 배열된 복수의 제4 챔버에 주입되는 제4 단계를 나타낸 것이다. 도 6e는 회전부의 회전속도를 1,000 rpm으로 회전시켰을 때 금 씨드용액을

제외한 아스코르브산, 물 및 성장용액이 반응챔버로 이동한 것을 나타낸 것이다. 도 6f는 회전부의 회전속도를 4,000 rpm으로 높여 회전시켰을 때, 금 씨드용액까지 반응챔버로 모두 이동됨을 나타낸 것이다. 도 6g는 단 한 번의 주입으로 금 씨드용액이 지그재그 형상의 제1 채널을 통해 60개의 제1 챔버로 이동함을 나타낸 것이다. 도 6h는 금 씨드용액과 성장 용액의 회수 부피(recovery volume)가 각각 일정한 것을 나타낸 것이다. 이론적으로 금 씨드용액의 부피는 10 μ L이고 성장용액의 부피는 25 μ L인 점을 고려할 때, 회전형 마이크로유동 장치를 이용한 다양한 금속나노입자의 합성반응이 정확하게 이루어졌음을 확인할 수 있다.

[0100] 도 7은 아스코르브산의 농도를 달리할 때, 회전형 마이크로유동 어셈블리를 이용한 나노입자 합성시스템으로 제조된 금 나노입자의 FE-SEM 사진이다(노란색 자=50nm, 빨간색 자=150nm).

[0101] 도 7을 참고하면, 60개의 개별 반응(반응조건 당 3개의 챔버=20개의 반응조건)이 아스코르브산의 농도가 0.4mM에서 3.6mM로 변화함에 따라 이루어졌음을 확인할 수 있다. 아스코르브산의 농도가 0.4mM에서 1.1mM로 증가할수록 금 나노입자의 형상이 구형에서 삼각형으로 점진적으로 변화하였고, 특히 아스코르브산의 농도가 0.9 내지 1.1mM일 때 사각형/다면체 및 작은 별 형상(star shape)으로 변화됨을 확인할 수 있다. 아스코르브산의 농도가 1.25 내지 1.9mM일 때 금 나노입자의 별 형상이 선명해짐을 확인할 수 있었고, 상기 농도 범위 내에서 별 형상의 금 나노스타(Au nanostar)의 뾰족한 부분(spike)이 성장하고 금 나노스타의 수가 증가함을 확인할 수 있었다. 아스코르브산의 농도가 2.1 내지 2.75mM로 증가할수록 금 나노스타의 밀도가 꾸준히 증가하였고, 2.75mM에서 포화 상태에 이르렀음을 확인할 수 있었다. 또한, 아스코르브산의 농도가 2.9 내지 3.6mM인 경우 금 나노스타의 뾰족한 부분의 길이가 약간 감소하며 금 나노스타가 응집되는 경향성을 보임을 확인할 수 있었다.

[0102] 5. 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관

[0103] 일반적으로 라만 분광법(Raman Spectroscopy)은 분자에 레이저를 조사하였을 때 분자의 진동에너지만큼 빛에너지를 흡수하는 성질을 활용하여 미지의 분자를 검출하는 방법이다. 특히 표면증강 라만산란법(Surface Enhanced Raman Spectroscopy; SERS)은 금, 은, 구리 등과 같은 금속나노입자의 국부 표면 플라즈몬 공명(Localized Surface Plasmon Resonance; LSPR) 현상으로 인해 금속나노입자의 표면 근처에 분자가 있을 경우 라만(Raman) 신호가 크게 증폭되는 현상을 이용한 것이다.

[0104] 본 발명의 또 다른 실시예는 상기 금속나노입자가 표면 상에 코팅된, 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관을 제공할 수 있다. 구체적으로, 상기 금속나노입자는 별 형상(star shape)의 금 나노입자(Au nanoparticle)일 수 있다. 표면증강 라만산란(SERS) 기관에 별 형상의 금 나노입자가 코팅됨에 따라, 라만분광법 분석에서 신호의 민감도가 현저하게 향상될 수 있다.

[0105] 구체적으로, 상기 별 형상의 금 나노입자를 구현하기 위한 아스코르브산의 농도는 1.75 내지 2.75mM일 수 있다. 상기 아스코르브산의 농도가 상기 수치 범위 미만일 경우 원 또는 다면체 형상의 금 나노입자가 제조되어 라만 분광법 분석에서 신호의 민감도가 충분히 향상되지 못할 수 있고 상기 수치 범위를 초과할 경우 별 형상의 금 나노입자가 클러스터(cluster)를 형성함에 따라 라만분광법 분석에서 신호의 민감도가 충분히 향상되지 못할 수 있다.

[0106] 이하, 도 8을 참고하여 상세히 설명한다.

[0107] 도 8a는 아스코르브산의 농도가 0.4mM, 0.9 mM, 1.25mM, 1.75mM, 2.75mM 및 3.6mM일 때 회전형 마이크로유동 장치로 제조된 금 나노입자(이하 순서대로 'Au#1, Au#4, Au#6, Au#9, Au#15, Au#20'라 칭함)의 UV-Vis 흡광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 8b는 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관을 제조하기 위해 필요한, 각각의 Au#1, Au#4, Au#6, Au#9, Au#15 및 Au#20를 함유하는 금 나노입자 용액의 색깔을 나타낸 것이다.

[0108] 도 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관의 제조방법을 나타낸 것이다. 도 8c를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표면증강 라만산란 기관의 제조방법은 유리 슬라이드에 산 조건 하에 H₂O₂ 처리하여 유리 슬라이드의 표면에 수산화이온을 도입하는 단계; 상기 수산화이온(OH⁻)이 도입된 유리 슬라이드의 표면을 3-아미노프로필트리에톡시실란으로 개질하여 NH₃⁺이 표면에 도입된 유리 슬라이드를 제조하는 단계; 및 상기 NH₃⁺이 표면에 도입된 유리 슬라이드를 금 나노입자를 함유하는 용액에 침지한 후, 탈이온수로 세척하여 최종적으로 금속나노입자가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관을 제조하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0109] 도 8d는 본 발명의 일 실시예에 따른 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관의 디지털사진이다. 도 8e는 본 발명의 여러 실시예에 따른 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 기관의 FE-SEM 사진이다.
- [0110] 도 8a 내지 8e를 참고하면, 531.5nm에서 빛을 흡수하는 금 나노입자(Au#1)에서 760nm에서 빛을 흡수하는 금 나노입자(Au#20)로 진행될수록, 구형에서 별 형상으로 변화하는 것을 확인할 수 있었고, 금 나노입자들(Au#9, Au#15)이 별 형상이 가장 선명함을 확인할 수 있었다.
- [0111] 한편, 검출한계는 상당한 확신을 가지고 어떤 물질이 검출된다고 말할 수 있는 최소 농도를 의미한다. 상기 표면증강 라만산란법을 분석하기 위한 방법은 예를 들어, 10^{-5} 내지 10^{-15} M의 R6G(Rhodamine 6G) 각 용액(100 μ L)에 표면증강 라만산란 기관을 3시간 동안 침지한 후 실온에서 건조한 결과물을 분석하는 방법일 수 있고, 분석 장비로는 532nm의 엑사이팅소스(exciting source)를 갖는 라만 분광기가 이용될 수 있다.
- [0112] 도 9a는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#1)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다. 도 9b는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#4)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.
- [0113] 도 9a 및 9b를 참고하면, 표면이 부드러운 형상을 갖는 각각의 금 나노입자들(Au#1, Au#4)이 표면에 코팅된 각각의 표면증강 라만산란 기관은 10^{-9} M의 검출한계(R6G)를 보임을 확인할 수 있었다.
- [0114] 도 9c는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#6)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다. 도 9d는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#9)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.
- [0115] 도 9c 및 9d를 참고하면, 일부 표면이 뾰족하게 형성된 금 나노입자들(Au#6, Au#9)이 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관은 10^{-10} M의 더욱 낮은 검출한계(R6G)를 보임을 확인할 수 있었다.
- [0116] 도 9e는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#15)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.
- [0117] 도 9e를 참고하면, 별 형상을 갖는 금 나노입자(Au#15)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관은 10^{-11} M의 더욱 낮은 검출한계(R6G)를 보임을 확인할 수 있었다. 이를 통해 금 나노입자가 별 형상을 가짐에 따라 라만분광법에서의 빛의 신호를 증폭시킬 수 있음을 유추할 수 있다.
- [0118] 도 9f는 R6G(Rhodamine 6G)의 검출한계(limit of detection; LOD)를 분석하기 위해 금 나노입자(Au#20)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관을 이용하여 라만 시프트(Raman shift)에 따른 빛의 세기(intensity)를 나타낸 것이다.
- [0119] 도 9f를 참고하면, 클러스터 또는 응집체를 형성하는 금 나노입자(Au#20)가 표면에 코팅된 표면증강 라만산란 기관은 10^{-9} M의 높은 검출한계(R6G)를 보임을 확인할 수 있었다. 이러한 경향성은 구형 또는 다각형 형상의 금 나노입자와 거의 동등한 수준으로, 금 나노입자가 응집체를 형성함에 기인한 것으로 유추할 수 있다.
- [0120] 도 9g는 Au#1, Au#4, Au#6, Au#9, Au#15 및 Au#20가 각각 도입된 표면증강 라만산란 기관의 10^{-7} M의 R6G(Rhodamine 6G)에 대한 라만 스펙트럼 세기를 나타낸 것이다.
- [0121] 도 9g를 참고하면, Au#9 및 Au#15가 각각 도입된 표면증강 라만산란 기관이 다른 유형의 금 나노입자보다 라만 세기가 더욱 높음을 확인할 수 있었다. 이러한 경향성은 별 형상의 뾰족한 끝(tip)에서 기인한 높은 표면전하밀도와 높은 전기장에 의한 것으로 유추할 수 있다.
- [0122] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예들에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형

태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

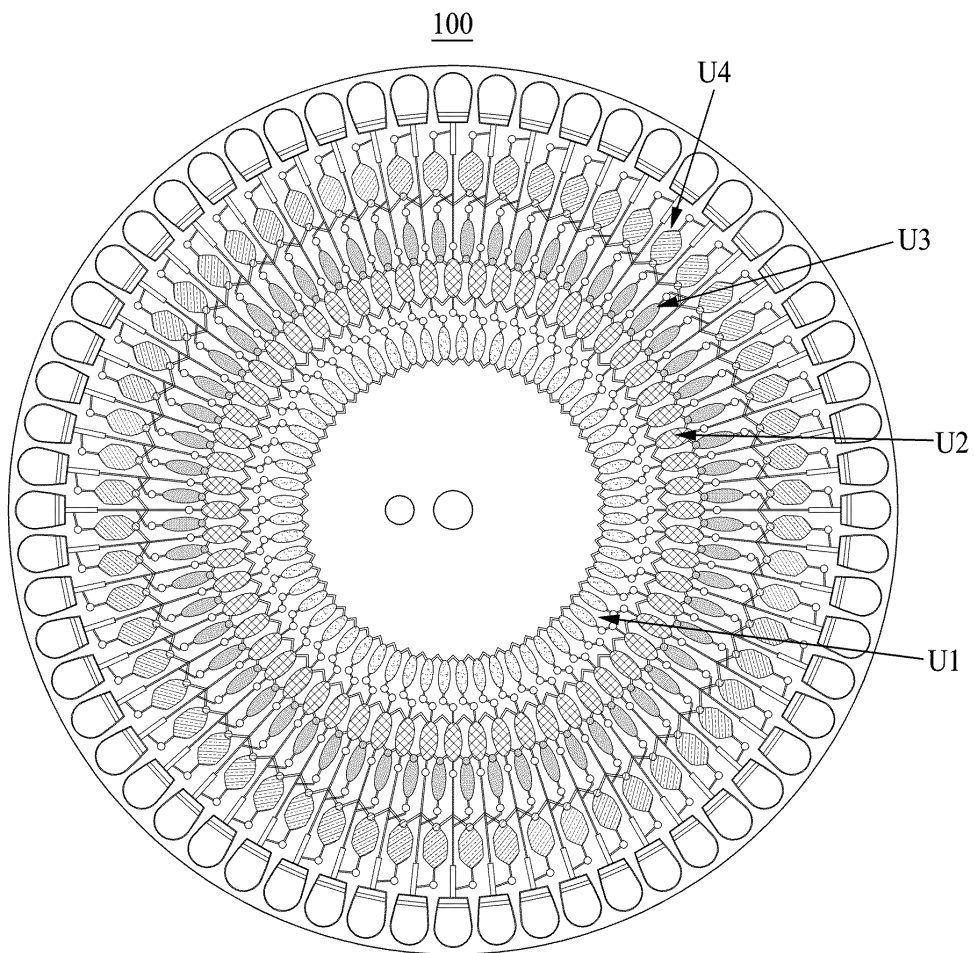
부호의 설명

[0123]

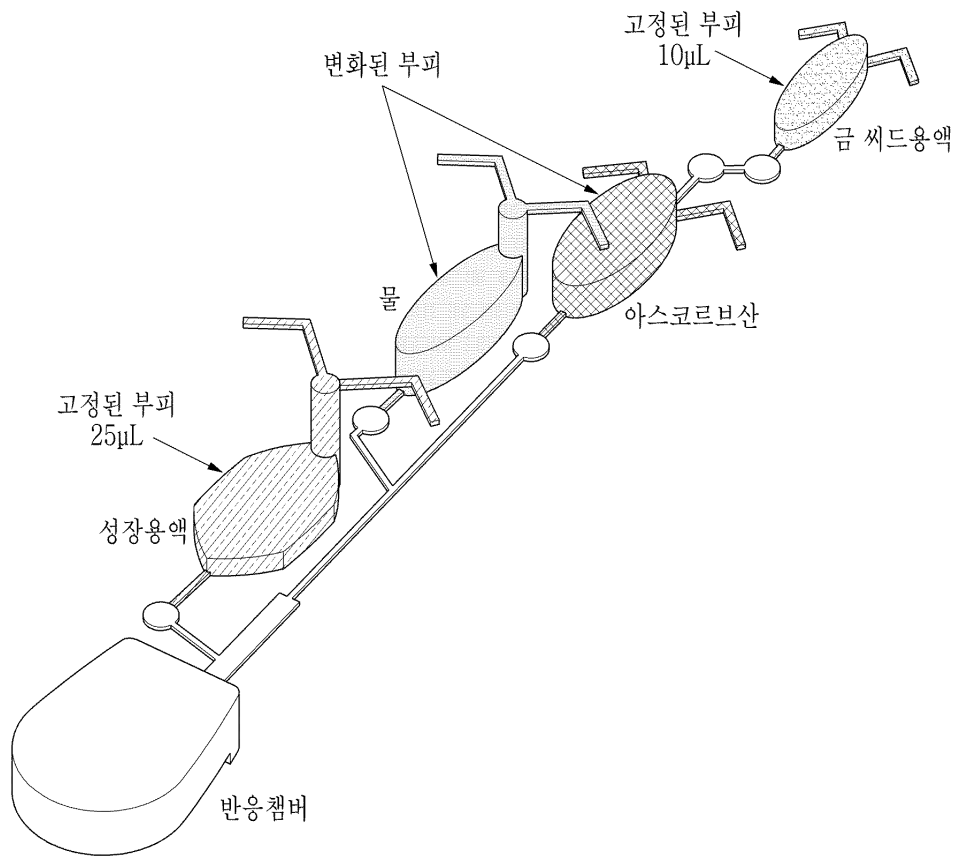
10: 제1 챔버 20: 제2 챔버
 20-1: 제2-1 챔버 20-2: 제2-2 챔버
 30: 제3 챔버 30-1: 제3-1 챔버
 30-2: 제3-2 챔버 40: 제4 챔버
 50: 제5 챔버 12: 제1 채널
 22: 제2 채널 32: 제3 채널
 42: 제4 채널 U1: 제1 유닛부
 U2: 제2 유닛부 U3: 제3 유닛부
 U4: 제4 유닛부 pv: 패시브 밸브
 RC: 반응챔버 C1: 제1 연결부
 C2: 제2 연결부 C3: 제3 연결부
 C4: 제4 연결부 100: 회전형 마이크로유동 장치
 120: 접착층 120a: 제1 접착층
 120b: 제2 접착층 200: 회전형 마이크로유동 어셈블리
 300: 나노입자 합성시스템310: 저장부
 320: 가이드부 322: 주입부
 324: 스테퍼 모터 325: 접속부
 326: 볼 스크류 328: 금속막대
 CN1: 제1 연결관 CN2: 제2 연결관
 330: 구동부 332: 포트 밸브
 334: 펌프 340: 회전부
 341: 회전 모터 343: 지지 부재
 345: 히터 390: 패키징부

도면

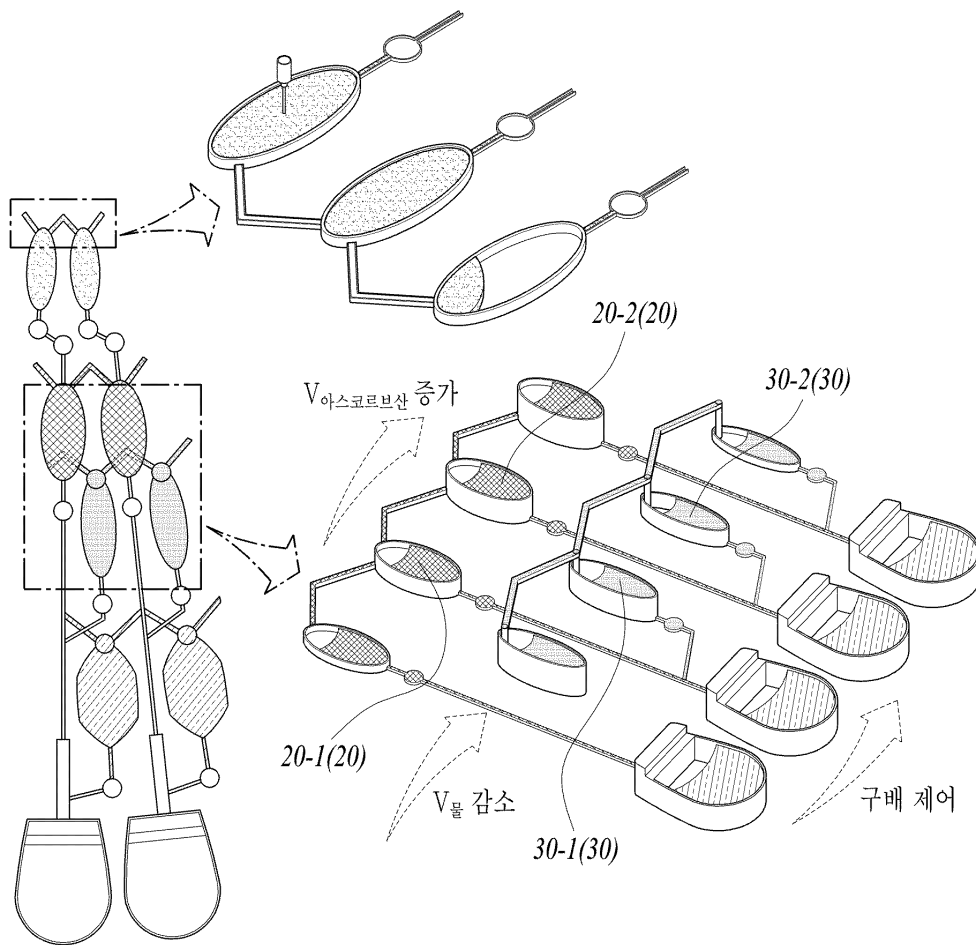
도면1a



도면1b

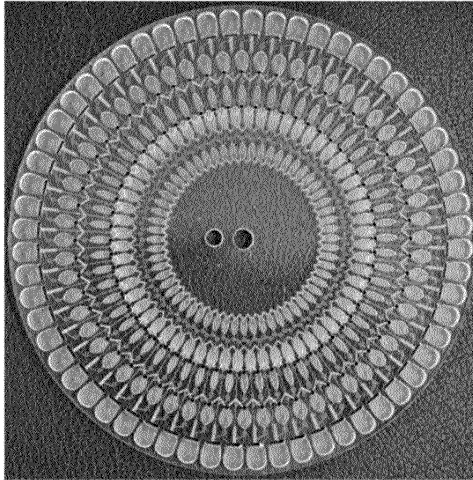


도면1c

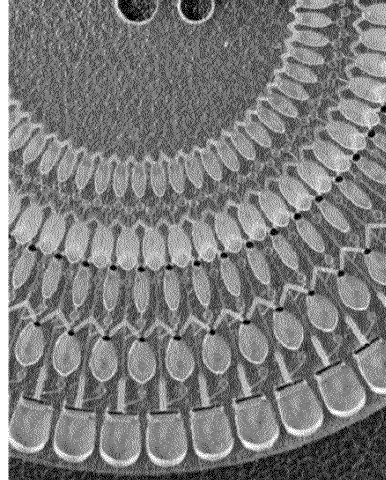


도면1d

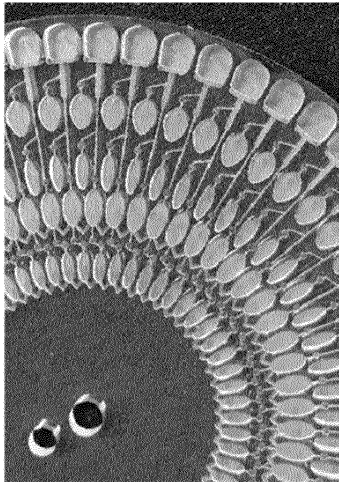
정면도



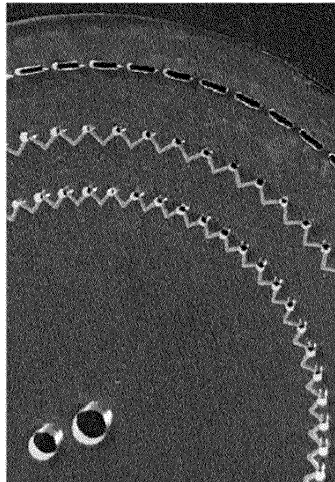
확대도



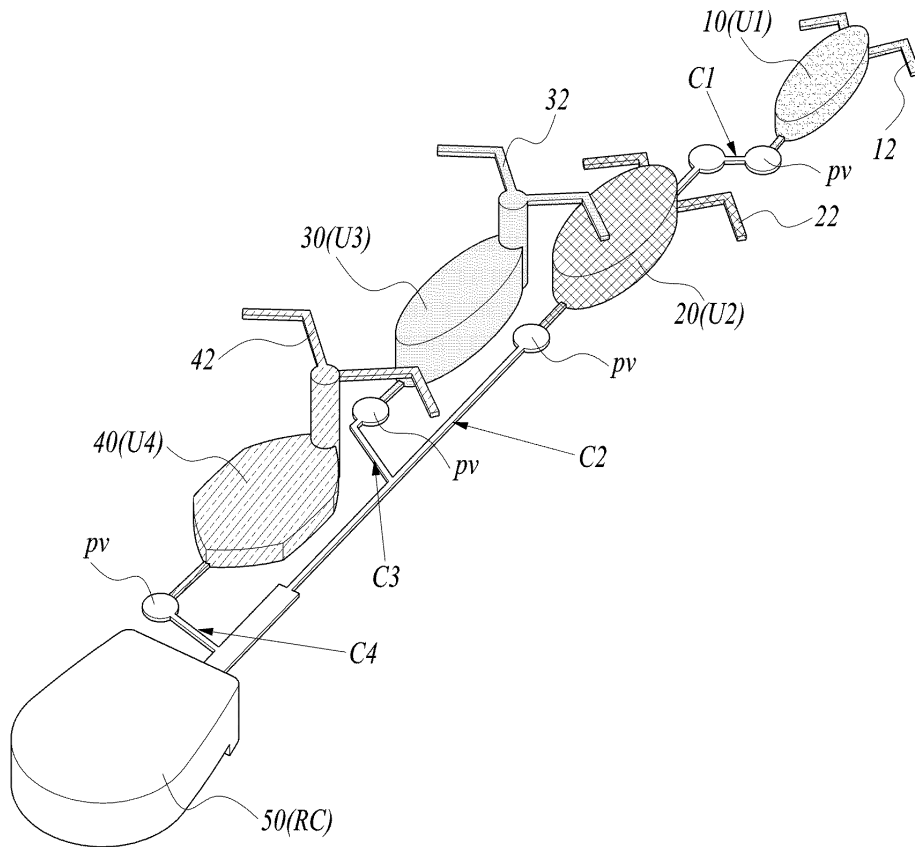
마이크로패턴 (위)



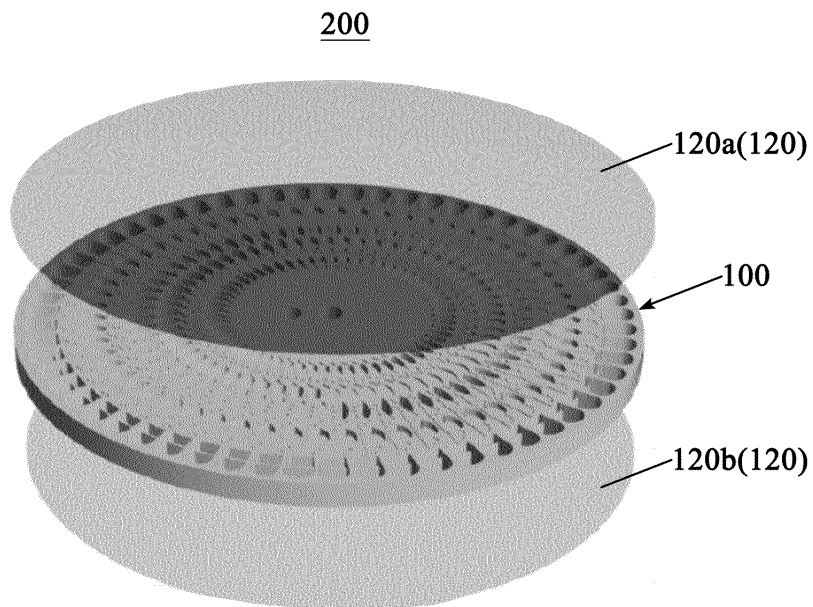
마이크로패턴 (아래)



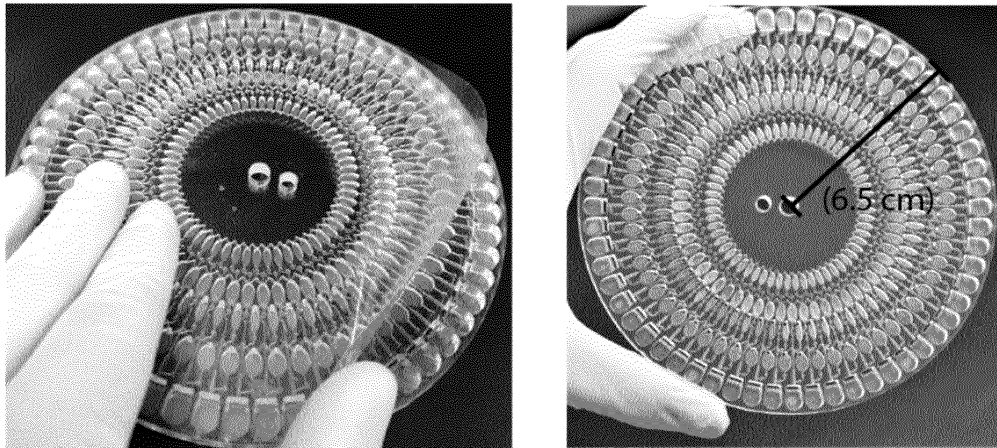
도면2



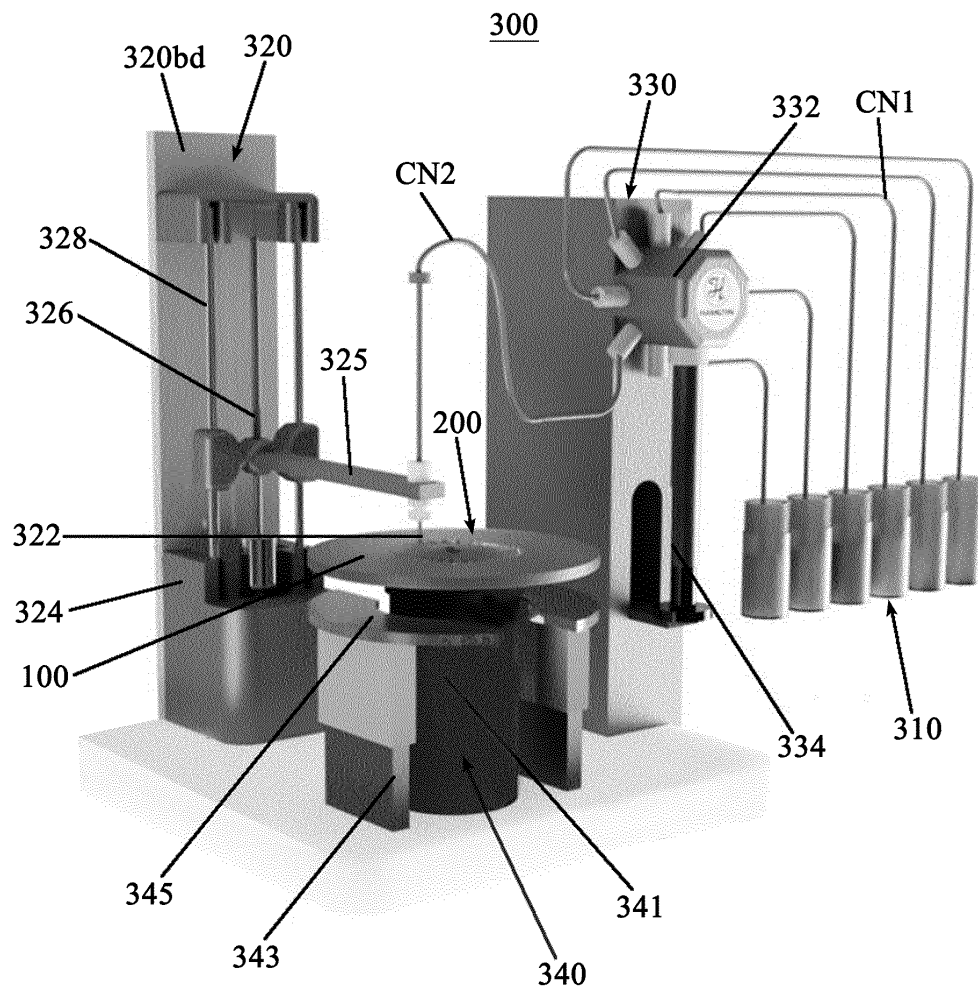
도면3a



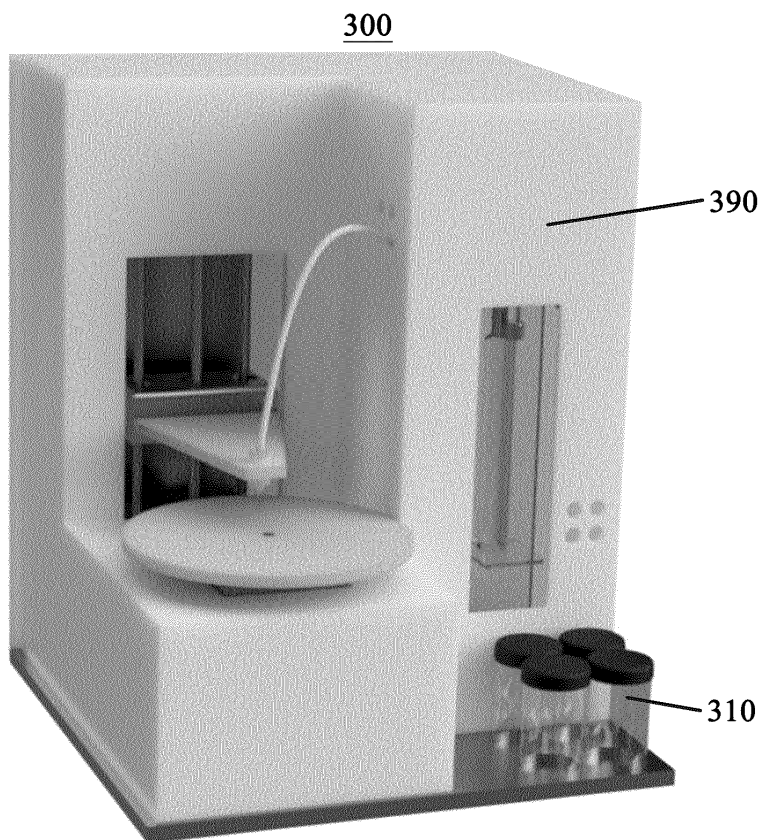
도면3b



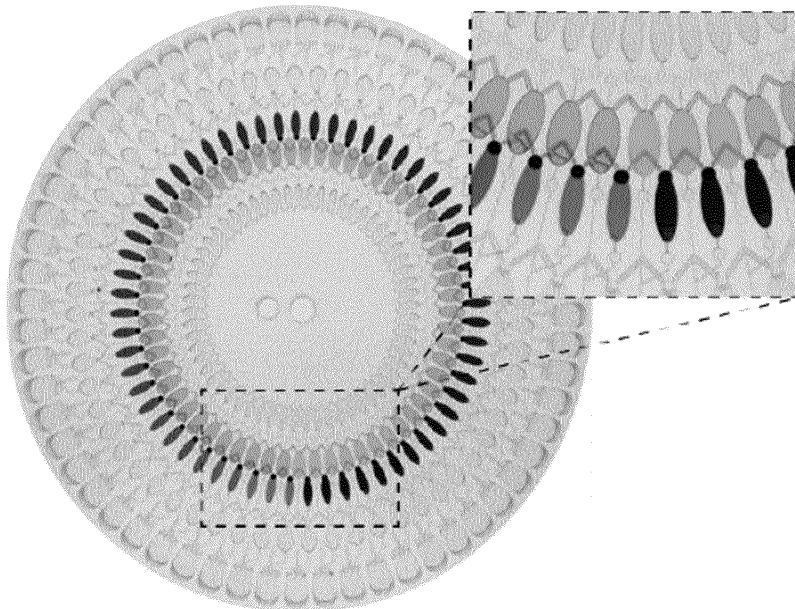
도면4a



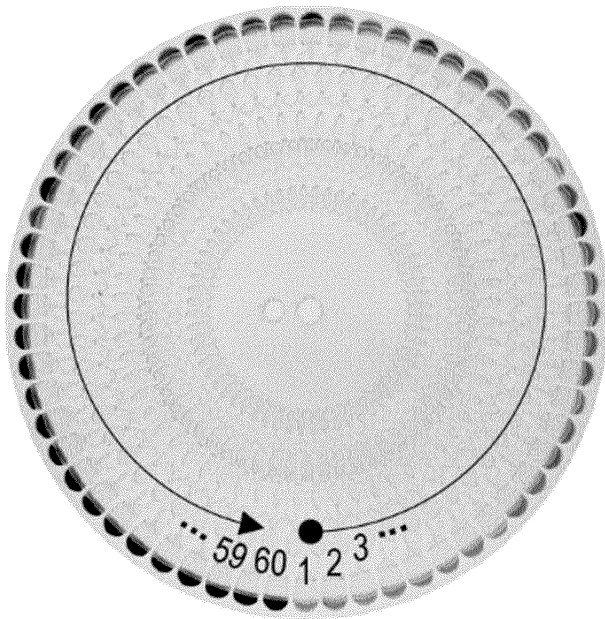
도면4b



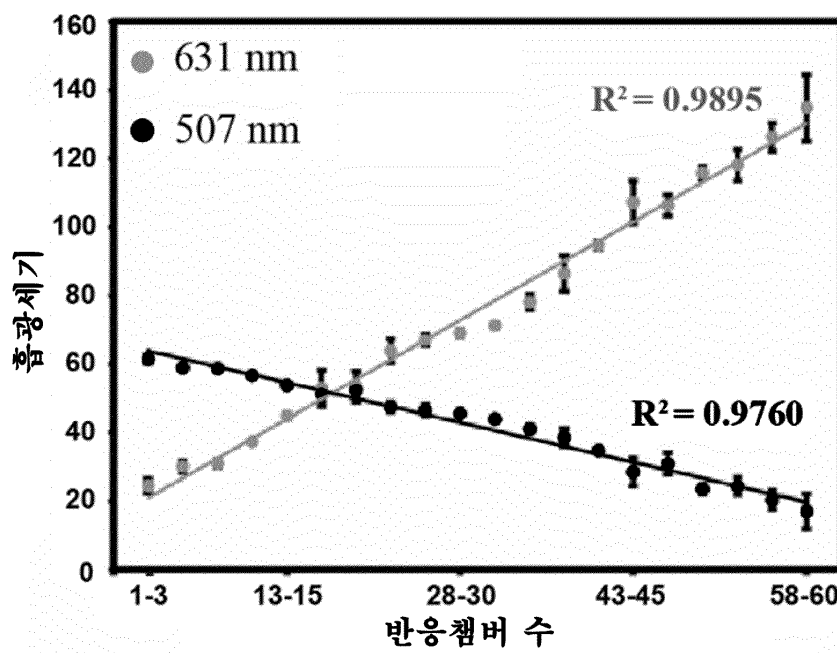
도면5a



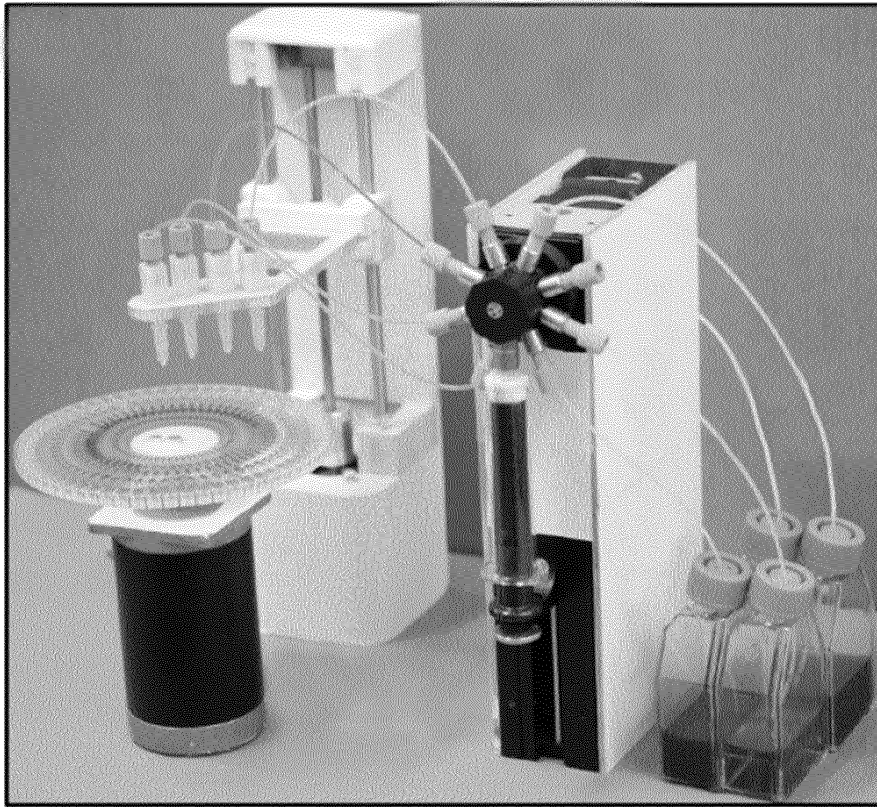
도면5b



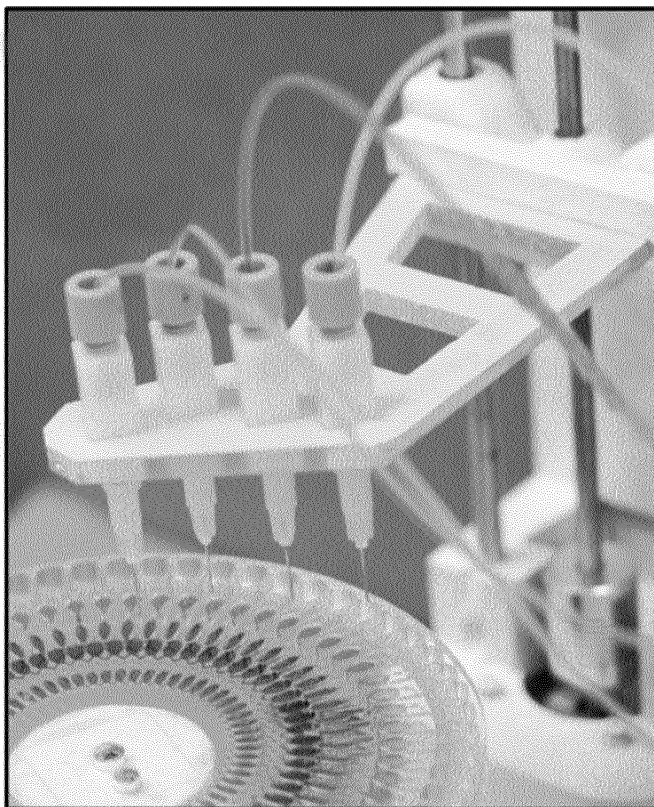
도면5c



도면5d



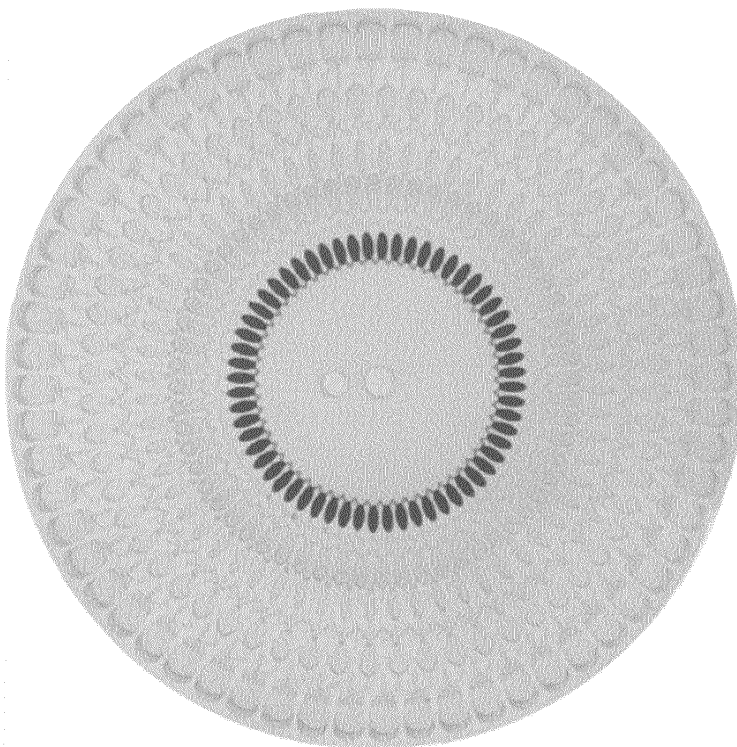
도면5e



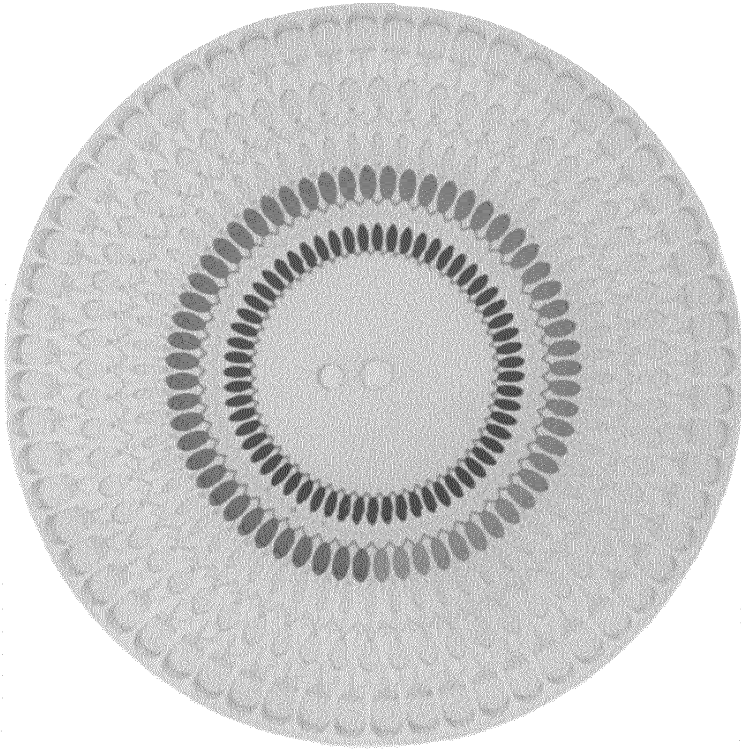
도면5f



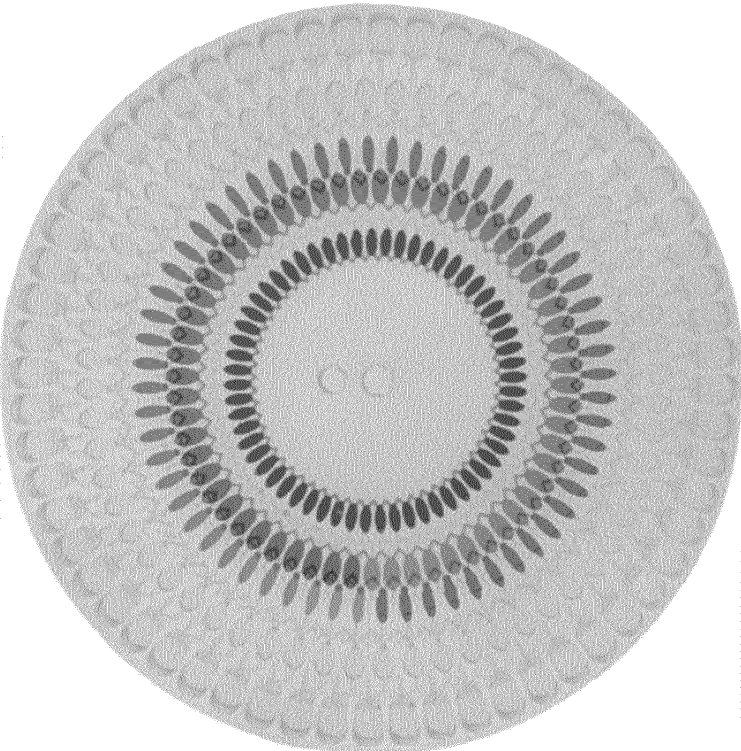
도면6a



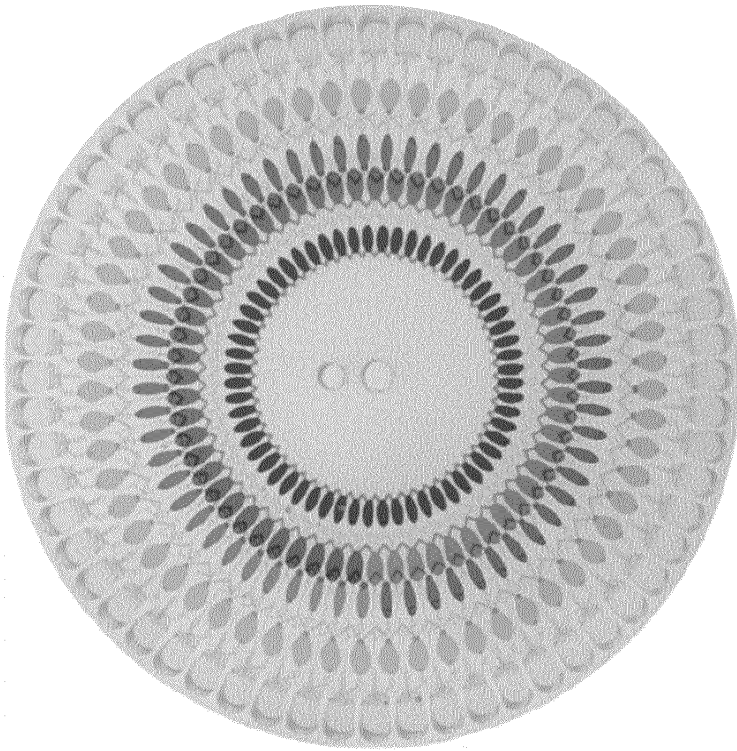
도면6b



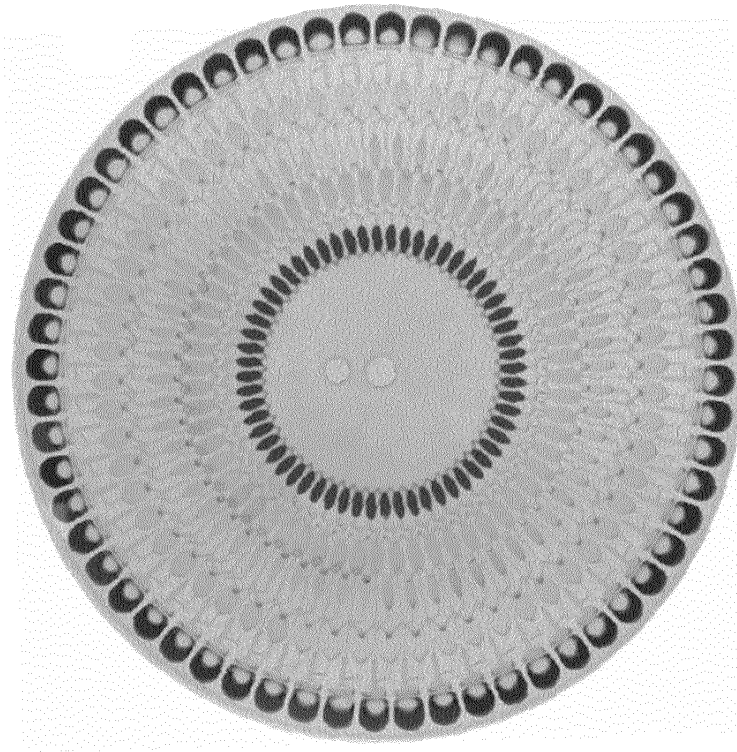
도면6c



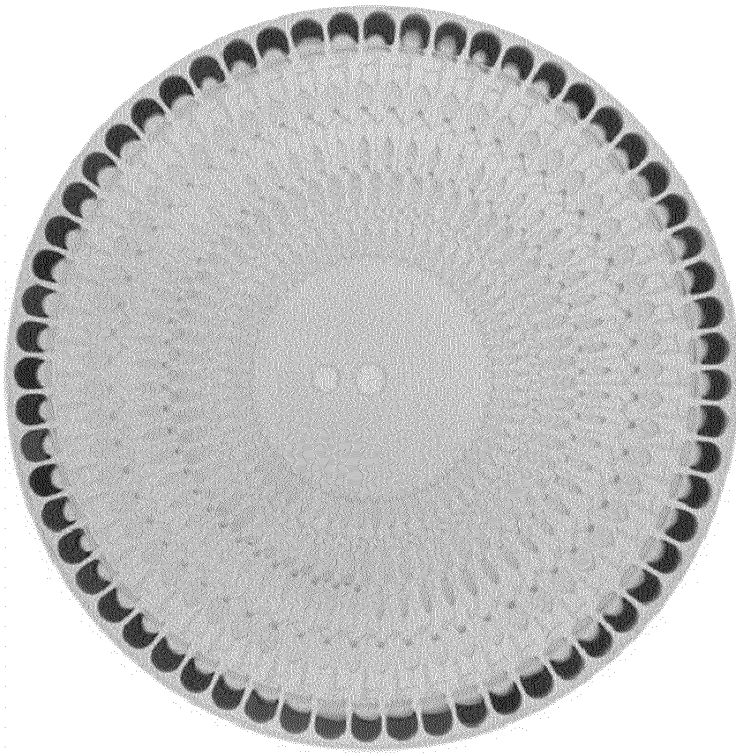
도면6d



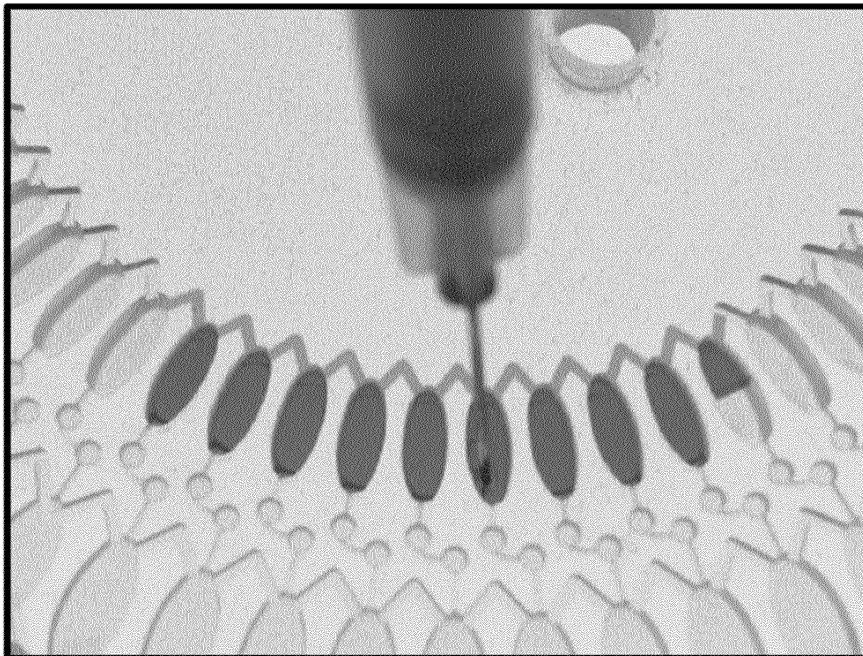
도면6e



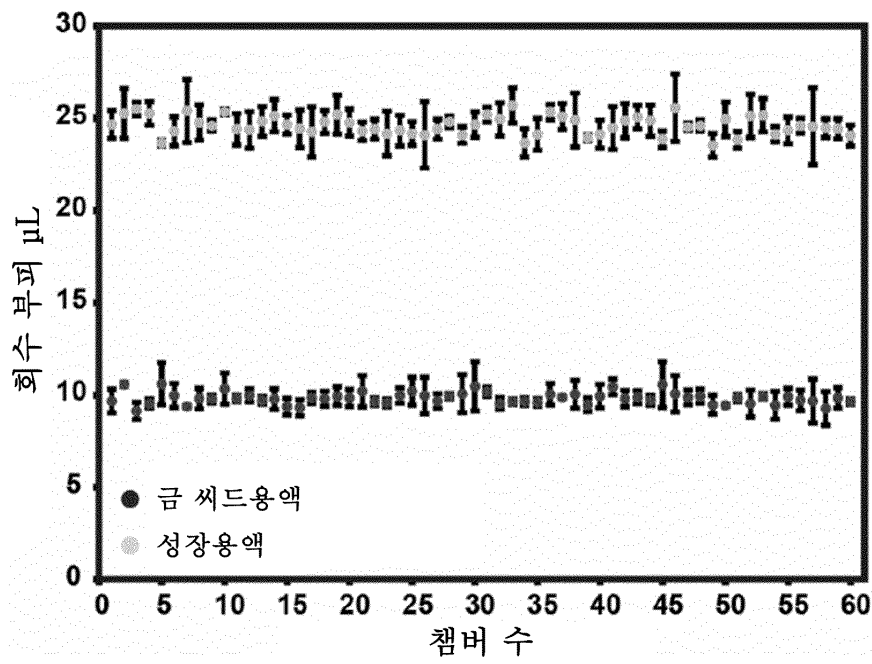
도면6f



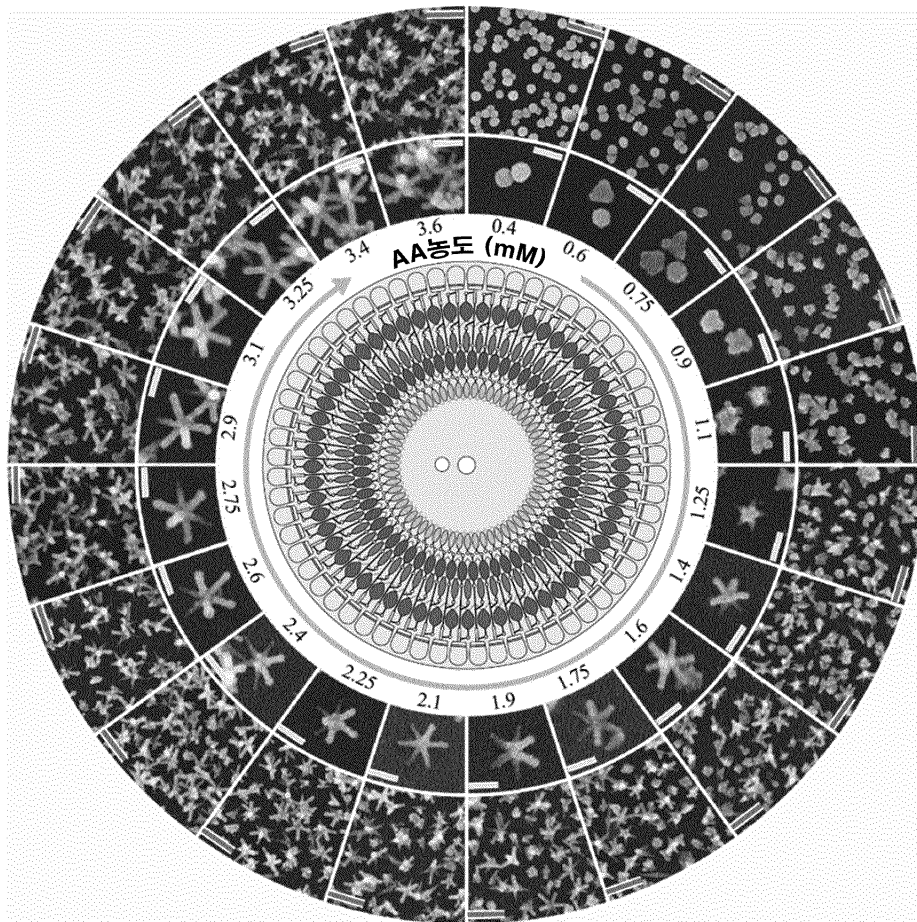
도면6g



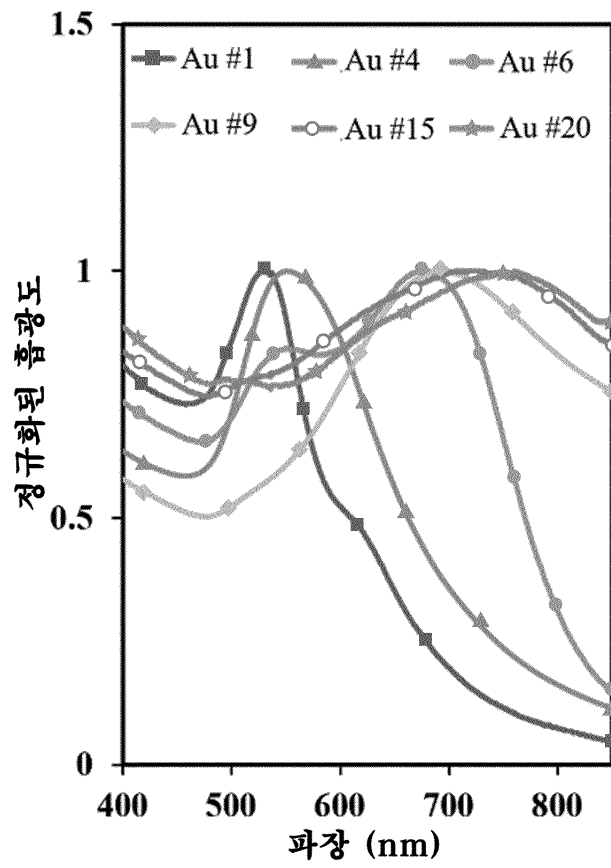
도면6h



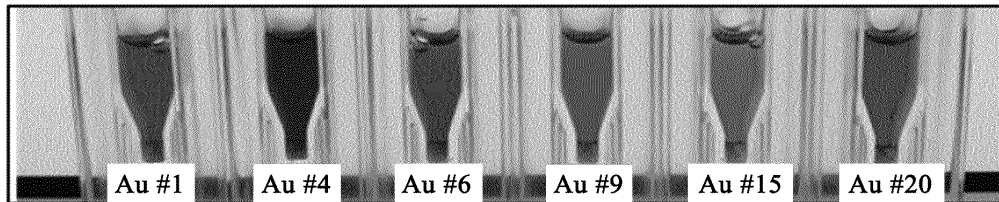
도면7



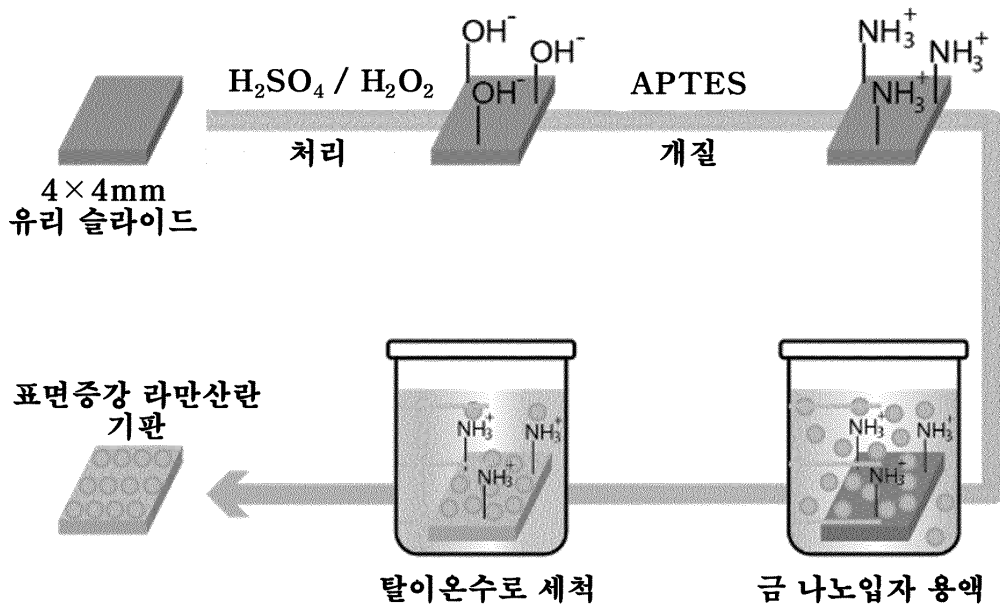
도면8a



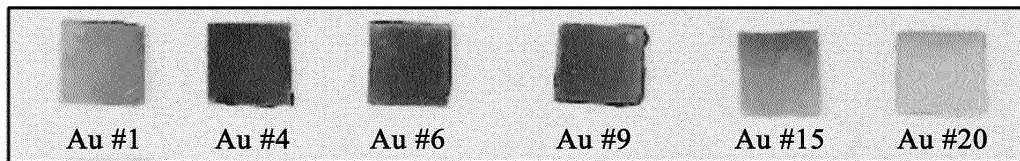
도면8b



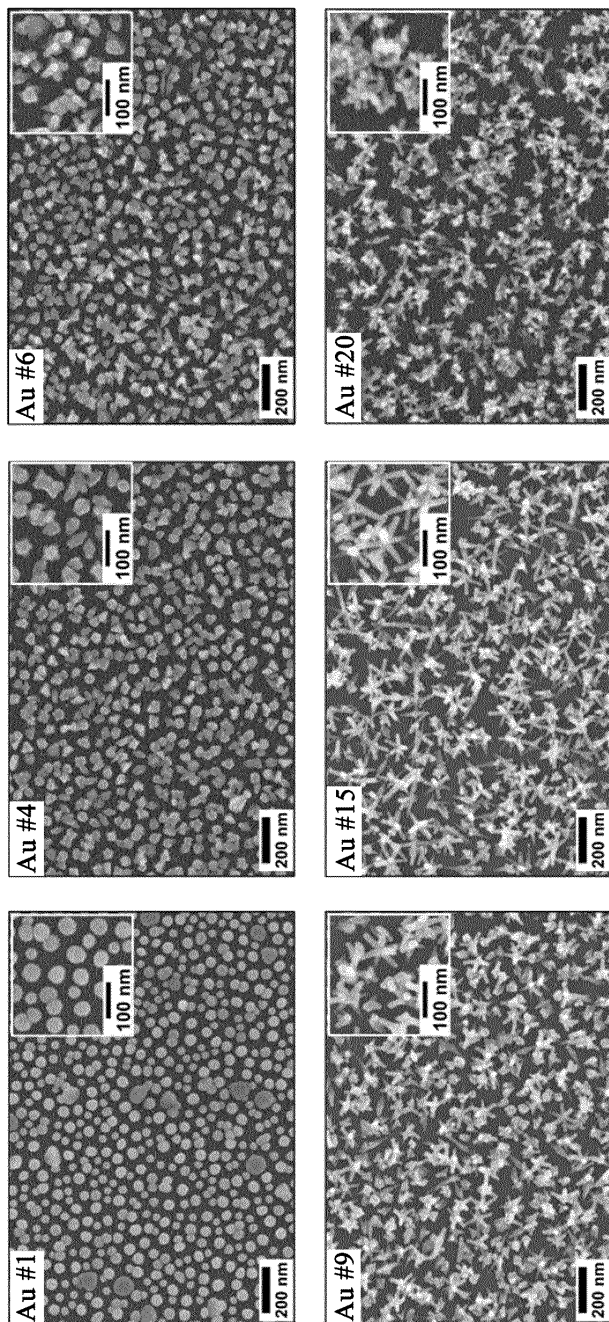
도면8c



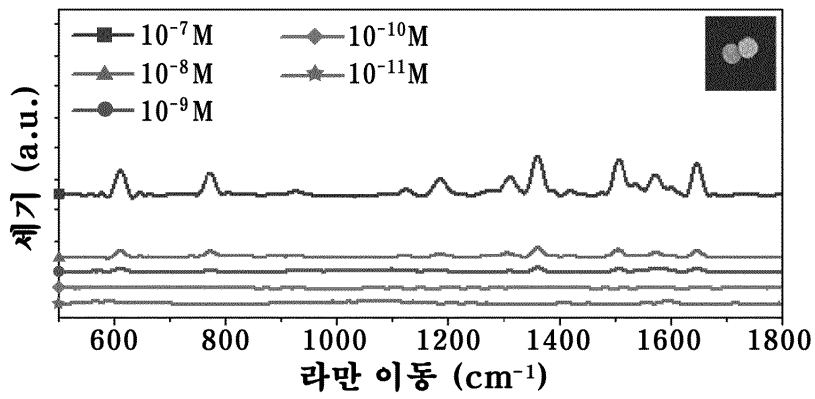
도면8d



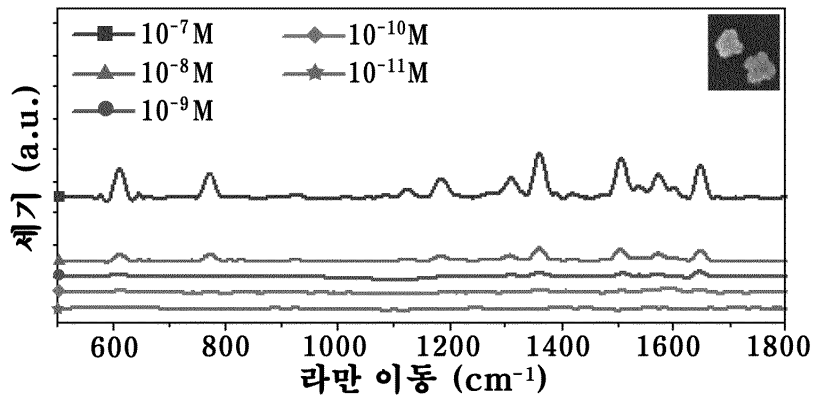
도면8e



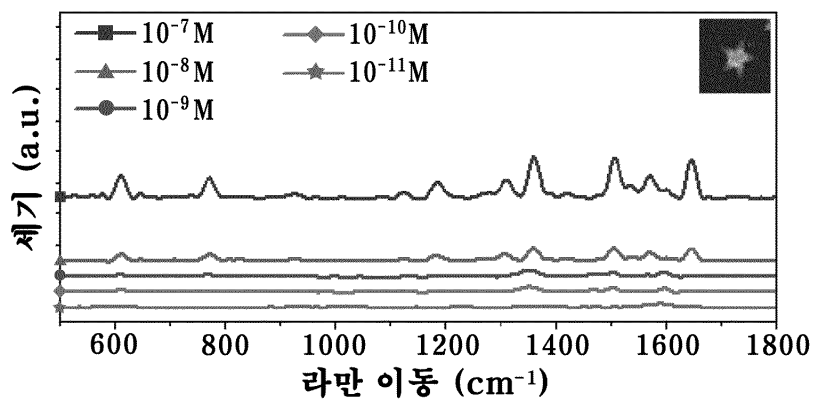
도면9a



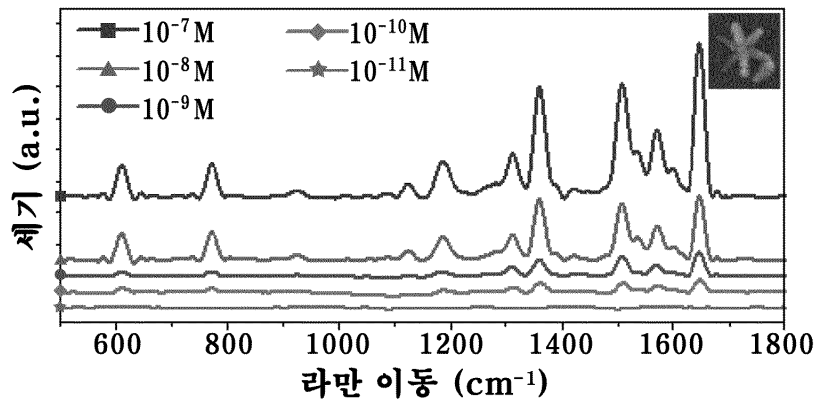
도면9b



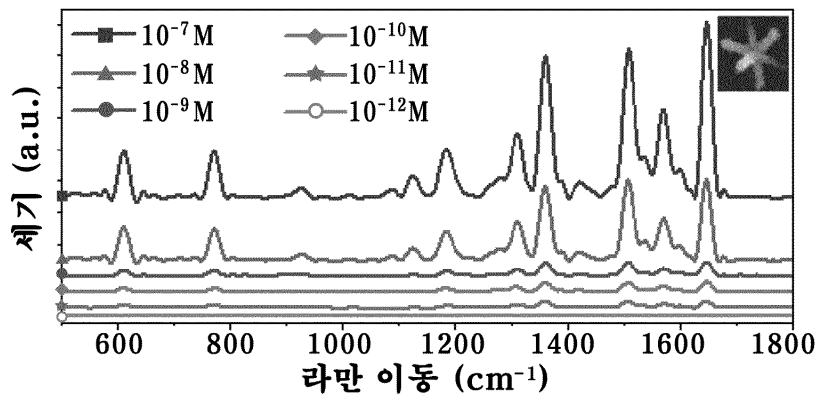
도면9c



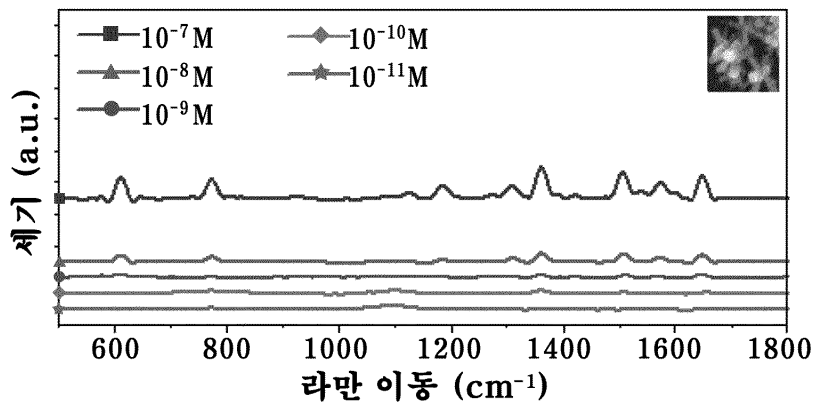
도면9d



도면9e



도면9f



도면9g

