



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0122931
(43) 공개일자 2017년11월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01L 3/00 (2006.01) B81B 7/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B01L 3/50273 (2013.01)
B01L 3/502715 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0051917
(22) 출원일자 2016년04월28일
심사청구일자 2016년04월28일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
신관우
서울특별시 강남구 선릉로 221, 402동 1201호(도곡동, 도곡렉슬아파트)
권오선
경기도 성남시 분당구 내정로165번길 35, 510동 1008호(수내동, 양지마을한양아파트)
(74) 대리인
특허법인 피씨알

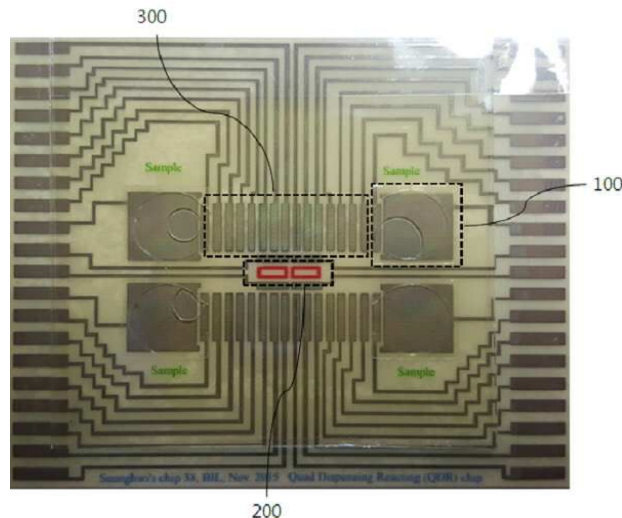
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 화학반응용 미세유체 칩 및 화학반응용 미세유체 칩 제조방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 반응에 사용되는 유체가 저장되는 저장부, 유체의 화학반응이 발생하는 반응부, 저장부로부터 반응부로 유체가 이동되는 이동부를 포함하며, 저장부, 이동부 및 반응부 각각은 전도성 잉크를 이용하여 인쇄된 전극을 포함하고, 저장부 상의 유체는 전기습윤법(electrowetting)에 의해 이동부 및 반응부 상으로 이동될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B81B 7/00 (2013.01)
B01L 2300/0645 (2013.01)
B01L 2300/0819 (2013.01)
B01L 2300/089 (2013.01)
B01L 2300/12 (2013.01)
B01L 2300/126 (2013.01)
B01L 2300/16 (2013.01)
B01L 2400/0427 (2013.01)

정해나

서울특별시 마포구 서강대길 40, 103동 603호(대흥동, 마포자이2차아파트)

(72) 발명자

백승휘

서울특별시 중랑구 답십리로75길 73, 102동 604호
 (면목동, 경남아너스빌아파트)

채희도

서울특별시 마포구 백범로 8, 624호(노고산동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711028189
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	방사선기술개발사업
연구과제명	방사선 기반 바이오시료 검출용 모듈형 디지털 종이 유체칩 기술 개발
기 여 율	1/4
주관기관	서강대학교
연구기간	2015.07.01 ~ 2016.06.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	1711022653
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원
연구과제명	인공세포 구조 및 기능 모사 연구
기 여 율	1/4
주관기관	서강대학교
연구기간	2015.05.01 ~ 2016.04.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	1711019174
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	원자력연구기반확충사업
연구과제명	냉중성자 표면 산란을 이용한 바이오/나노 계면 현상 연구
기 여 율	1/4
주관기관	서강대학교
연구기간	2014.12.01 ~ 2015.10.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	10049163
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	로봇산업융합핵심기술개발사업
연구과제명	로봇 전자 피부용 고감도(최소압력 50Pa, 고속 20ms) 및 다중모드(압력, 온도, 미끌림) 촉각센서 기술개발
기 여 율	1/4
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2014.07.01 ~ 2019.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

반응에 사용되는 유체가 저장되는 저장부;

상기 유체의 화학반응이 발생하는 반응부; 및

상기 저장부로부터 상기 반응부로 상기 유체가 이동되는 이동부를; 포함하며,

상기 저장부, 이동부 및 반응부 각각은 전도성 잉크를 이용하여 인쇄된 전극을 포함하고, 상기 저장부 상의 상기 유체는 전기습윤법(electrowetting)에 의해 상기 이동부 및 반응부 상으로 이동되는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 저장부 상에 형성되며, 상기 저장부 상의 상기 유체가 이동할 수 있는 개구가 상기 이동부 쪽으로 형성된 분리벽을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 분리벽의 개구의 폭은 $200\mu\text{m}$ 내지 $250\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 분리벽은 셀로판, 폴리부틸렌테레프탈렌, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리에스터 및 아세테이트 중에서 선택되는 하나의 화합물로 형성되는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 분리벽의 높이는 $100\mu\text{m}$ 내지 $400\mu\text{m}$ 로 형성되는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 분리벽의 개구는 이동부를 향해 폭이 좁아지게 형성되는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 저장부, 반응부 및 이동부를 하나 이상 포함하는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 이동부는 상기 유체가 상기 반응부로 이동하기 위한, 복수개의 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 저장부, 반응부 및 이동부는 종이 또는 필름인 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 잉크는 금속 잉크, 세라믹 잉크 또는 분자 잉크인 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 저장부, 이동부 및 반응부에 포함되는 적어도 하나의 상기 전극 상에 증착되어 형성되는 절연층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 절연층은 유리, 자기(porcelain) 또는 폴리머 조성물을 포함하는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 저장부, 이동부 및 반응부에 포함되는 적어도 하나의 상기 전극 상에 코팅되어 형성되는 보강층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 보강층은 폴리테트라플루오로에틸렌을 포함하는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 유체는 반응물, 촉매제, 산화제, 환원제, 안정화제 및 조절제 중에서 선택되는 하나의 화합물인 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩.

청구항 16

기관 상에 전도성 잉크를 인쇄하여, 반응에 사용되는 유체가 저장되는 저장부 전극, 상기 유체의 화학반응이 발생하는 반응부 전극 및 상기 저장부 전극으로부터 상기 반응부 전극으로 상기 유체가 이동되는 이동부 전극을 형성하는 단계;

상기 저장부 전극 상에 분리벽을 부착하는 단계;

상기 저장부 전극, 반응부 전극 및 이동부 전극 중에서 적어도 하나의 전극 상에 절연층을 증착하는 단계; 및

상기 절연층이 증착된 상기 저장부 전극, 반응부 전극 및 이동부 전극 중에서 적어도 하나의 전극 상에 보강층을 코팅하는 단계를; 포함하는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩 제조방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 분리벽은 상기 저장부 전극 상의 상기 유체가 이동할 수 있는 개구가 상기 이동부 전극 쪽으로 형성된 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩 제조방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 전도성 잉크는 잉크젯 프린터를 이용하여 상기 기관 상에 인쇄되는 것을 특징으로 하는 화학반응용 미세유체 칩 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 화학반응용 미세유체 칩 및 화학반응용 미세유체 칩 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 화학반응용 미세유체 칩 상에서 전위차를 이용하여 유체를 마이크로 리터 단위로 분리, 추출, 이동 및 합성시켜, 극소량의 반응물 또는 시료만으로 간편하게 다양한 화학반응을 수행할 수 있는 미세유체 칩에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 전기습윤법(electrowetting)을 이용하여 연속 유속흐름이 아닌 방울단위로 정량화된 유체의 움직임을 전기로 제어할 수 있으며, 이를 이용한 것이 디지털 미세유체 칩(digital microfluidic chips)이다. 전기습윤 현상이란, 전기로 표면장력이 바뀌는 현상이다. 유리관에 물을 담으면 유리관 벽은 중심부 보다 물의 높이가 더 높는데, 이는 물과 유리관 벽 사이의 표면장력 때문이다. 그런데, 유리관 대신 금속관을 쓰고 전기를 걸면, 인가되는 전기로 인하여 표면장력이 커져서 벽을 따라 올라오는 물의 높이가 더 높아진다. 이러한 현상은 1V 이하의 낮은 전압에서만 발생하고, 이보다 높은 전압이 인가되면 물이 산소와 수소로 분해되는 문제점이 있었다. 이후, 높은 전압으로도 표면장력을 제어할 수 있는 전기습윤 현상이 발견되었다. 금속관을 얇은 절연체로 씌운 뒤 그 위에 물을 한 방울 떨어뜨린 다음, 금속관과 물방울에 전기가 인가되자, 전압이 높아질수록 물방울이 얇게 퍼졌다. 이 방법을 사용하여, 수십 V의 높은 전압에서도 물방울의 모양을 바꾸는 것이 가능해졌다.

- [0004] 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)란, 탄소 6개로 이루어진 육각형들이 서로 연결되어 관 모양을 이루고 있는 신소재로서, 전기방전법을 사용하여 흑연의 음극상에 형성시킨 탄소덩어리를 분석하는 과정에서 발견되었다. 형태는 탄소 6개로 이루어진 육각형 모양이 서로 연결되어 관 모양을 이루고 있다. 관의 지름이 수십 나노미터에 불과하여 탄소나노튜브라고 일컬어지게 되었다. 탄소나노튜브는 전기 전도도는 구리와 비슷하고, 열전도율은 자 연계에서 가장 뛰어난 다이아몬드와 같으며, 강도는 철강보다 100배나 뛰어나다. 탄소섬유는 1%만 변형시켜도 끊어지는 반면, 탄소나노튜브 섬유는 15%가 변형되어도 견딜 수 있다. 탄소나노튜브가 발견된 이후, 반도체, 평 판 디스플레이, 배터리, 초강력 섬유, 생체 센서, 텔레비전 브라운관 등 다양한 분야에 적용되고 있다.
- [0005] 전기습윤 구동방식의 디지털 미세유체 칩은, 기관 위의 유체를 덮는 상판의 유무에 따라, 폐쇄 시스템(closed system)과 개방 칩 시스템(open chip system)이 개발되어있다. 폐쇄 시스템은 칩 위에서의 여러 가지 반응을 수행한 후, 생물물 분석을 위해서 커버 플레이트(cover plate)를 제거해야 하는 단점이 있지만, 유체의 저장, 추출, 분리, 이동 및 합성이 용이한 장점이 있다. 반면, 개방 칩 시스템은 시료의 접근성이 좋으며 유체의 이동 및 합성은 용이하나, 유체의 저장, 추출, 분리가 어렵기 때문에 화학반응기로 사용하기 위해서 자석 등의 별도의 장치들이 필요한 단점이 있다.
- [0006] 따라서, 특수한 제조장치 및 높은 제조비용 없이, 누구나 손쉽게 구할 수 있는 잉크젯 프린터, 종이, 유체 격벽 소재들을 사용함으로써, 현장에서 간편하고 용이하게 제조하여 다양한 화학반응을 수행할 수 있는 미세유체 칩 이 요구되고 있다.
- [0007] 대한민국 공개 특허 제 10-2013-0123115(이하, 특허문헌 1)는 잉크젯 프린팅을 이용한 모듈형 마이크로유체 종이 칩의 제작방법을 제안하고 있다. 이 특허는 전도성 잉크 및 잉크젯 프린팅을 이용하여 기관에 전극 패턴을 인쇄하고, 인쇄된 전극 패턴을 절단, 조립하여 모듈형 마이크로유체 칩을 제작하는 방법을 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 대한민국 공개 특허 제 10-2013-0123115호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 극소량의 반응물 또는 시료만으로 간편하게 다양한 화학반응을 수행할 수 있는 미세유체 칩을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 반응에 사용되는 유체가 저장되는 저장부, 유체의 화학 반응이 발생하는 반응부, 저장부로부터 반응부로 유체가 이동되는 이동부를 포함하며, 저장부, 이동부 및 반응부 각각은 전도성 잉크를 이용하여 인쇄된 전극을 포함하고, 저장부 상의 유체는 전기습윤법(electrowetting)에 의해 이동부 및 반응부 상으로 이동될 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 저장부상에 형성되며, 저장부 상의 유체가 이동할 수 있는 개구가 이동부 쪽으로 형성된 분리벽을 더 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽의 개구의 폭은 200 μ m 내지 250 μ m일 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽은 셀로판, 폴리부틸렌테레프탈렌, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리에스터 및 아세테이트 중에서 선택되는 하나의 화합물로 형성될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽의 높이는 100 μ m 내지 400 μ m로 형성될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽의 개구는 이동부를 향해 폭이 좁아지게 형성될 수 있다.

- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 저장부, 반응부 및 이동부를 하나 이상 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 이동부는 유체가 반응부로 이동하기 위한, 복수개의 전극을 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부, 반응부 및 이동부는 종이 또는 필름일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 잉크는 금속 잉크, 세라믹 잉크 또는 분자 잉크일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 저장부, 이동부 및 반응부에 포함되는 적어도 하나의 전극 상에 증착되어 형성되는 절연층을 더 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 절연층은 유리, 자기(porcelain) 또는 폴리머 조성물을 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 저장부, 이동부 및 반응부에 포함되는 적어도 하나의 전극 상에 코팅되어 형성되는 보강층을 더 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 보강층은 폴리테트라플루오로에틸렌을 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 유체는 반응물, 촉매제, 산화제, 환원제, 안정화제 및 조절제 중에서 선택되는 하나의 화합물일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 다른 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩 제조방법은 기판 상에 전도성 잉크를 인쇄하여, 반응에 사용되는 유체가 저장되는 저장부 전극, 유체의 화학반응이 발생하는 반응부 전극 및 저장부 전극으로부터 반응부 전극으로 유체가 이동되는 이동부 전극을 형성하는 단계, 저장부 전극 상에 분리벽을 부착하는 단계, 저장부 전극, 반응부 전극 및 이동부 전극 중에서 적어도 하나의 전극 상에 절연층을 증착하는 단계 및 절연층이 증착된 저장부 전극, 반응부 전극 및 이동부 전극 중에서 적어도 하나의 전극 상에 보강층을 코팅하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 다른 실시예에 따른 분리벽은 저장부 전극 상의 유체가 이동할 수 있는 개구가 이동부 전극 쪽으로 형성될 수 있다.
- [0029] 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 잉크는 잉크젯 프린터를 이용하여 기판 상에 인쇄될 수 있다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 저비용으로 간단하게 미세유체 칩을 제조할 수 있으며, 제조된 미세유체 칩 상의 유체를 분리, 이동시켜 극소량의 반응물 또는 시료만으로 간편하게 다양한 화학반응을 수행할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 미세유체 칩은 전극에 인가되는 전압의 크기를 조절함으로써, 목적하는 양의 유체를 반응부로 이동시켜 정량적인 화학반응을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부와 이동부를 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽을 나타낸 도면이다.
- 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부, 반응부, 이동부에 포함되는 전극을 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부와 이동부에 포함되는 전극을 나타낸 도면이다.
- 도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부로부터 이동부로 유체가 이동되는 것을 나타낸 도면이다.
- 도 7은 이동부의 전극에 인가되는 전압에 따라 저장부로부터 이동부로 이동되는 유체의 부피를 나타낸 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 4에 따른 미세유체 칩 상에서 금 나노입자를 합성하는 과정을 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 비교예 1 내지 비교예 4에 따른 미세유체 칩 상에서 금 나노입자를 합성하는 과정을 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 비교예 1 내지 비교예 4에 따른 미세유체 칩 상에서 합성되는 금 나노입자의 TEM 이미지이다.

도 11은 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 4에 따른 미세유체 칩 상에서 합성되는 금 나노입자의 TEM 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0036] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0037] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0038] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 명세서 전체에서 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, "그 중간에 다른 소자를 사이에 두고" 연결되어 있는 경우도 포함한다.
- [0039] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩을 나타낸 도면이다.
- [0041] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 반응에 사용되는 유체(F)가 저장되는 저장부(100); 유체(F)의 화학반응이 발생하는 반응부(200); 및 저장부(100)로부터 반응부(200)로 유체(F)가 이동되는 이동부(300)를; 포함하며, 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200) 각각은 전도성 잉크를 이용하여 인쇄된 전극을 포함하고, 저장부(100) 상의 유체(F)는 전기습윤법(electrowetting)에 의해 이동부(300) 및 반응부(200) 상으로 이동되는 화학반응용 미세유체 칩이 제공된다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 저비용으로 간단하게 미세유체 칩을 제조할 수 있으며, 제조된 미세유체 칩 상의 유체(F)를 분리, 이동시켜 극소량의 반응물 또는 시료만으로 간편하게 다양한 화학반응을 수행할 수 있다.
- [0043] 미세유체 칩 상에서 유체(F)의 화학반응이 발생된다. 유체(F)는 미세유체 칩 상에서 합성반응, 산화반응, 환원반응, 분해반응, 치환반응, 침전반응 또는 산-염기반응을 할 수 있다. 또한, 미세유체 칩 상에서 수행될 수 있는 화학반응으로, 예를 들면, 고분자 또는 DNA를 합성하는 화학합성 반응, 그래핀(graphene) 또는 클레이(clay)의 표면을 개질하는 표면개질 반응, 양자점(quantum dot) 또는 은 나노입자를 환원하는 이온환원(ionic reduction) 반응이 미세유체 칩 상에서 수행될 수 있다.
- [0044] 다만, 전술한 화학반응의 종류는 설명을 위한 예시일 뿐 화학반응의 종류를 한정하는 것은 아니다.
- [0045] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부와 이동부를 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽을 나타낸 도면이다.
- [0046] 도 2 및 도 3을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 저장부(100) 상에 형성되며, 저장부(100) 상의 유체(F)가 이동할 수 있는 개구가 이동부(300) 쪽으로 형성된 분리벽(120)을 더 포함할 수 있다.
- [0047] 분리벽(120)은 저장부(100) 상에 형성되며, 분리벽(120)은 저장부(100) 상의 유체(F)가 지정된 이동부(300) 이

외에 다른 부위로 이동하는 것을 방지할 수 있다.

- [0048] 분리벽(120)은, 예를 들면, 저장부(100)에 20 μ l의 유체(F)가 저장될 수 있는 크기로 형성될 수 있으나, 저장부(100)에 저장되는 유체(F)의 양에 따라 분리벽(120)의 크기는 달라질 수 있다.
- [0049] 분리벽(120)의 개구의 폭은 200 μ m 내지 250 μ m일 수 있으며, 분리벽(120)은 셀로판, 폴리부틸렌테레프탈렌, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리에스터 및 아세테이트 중에서 선택되는 하나의 화합물로 형성될 수 있다.
- [0050] 분리벽(120)의 개구의 폭은 200 μ m 내지 250 μ m로 형성될 수 있다. 분리벽(120)의 개구는 저장부(100) 상의 유체(F)가 이동부(300) 상으로 이동하는 통로 역할을 수행하며, 개구의 폭의 길이를 조절함으로써, 저장부(100) 상의 유체(F)가 화학반응을 수행하기 전에 저장부(100)로부터 흘러 나오는 것을 방지할 수 있다.
- [0051] 분리벽(120)은 셀로판, 폴리부틸렌테레프탈렌, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리에스터 및 아세테이트 중에서 선택되는 하나의 화합물로 형성될 수 있으며, 유체가 분리벽에 흡수되는 것을 방지함으로써 유체가 저장부(100)로부터 정밀하게 분리되는 것을 유도할 수 있다. 다만, 기술한 분리벽의 소재는 설명을 위한 예시일 뿐 이를 한정하는 것은 아니다.
- [0052] 또한, 분리벽(120)은, 예를 들면, 저장부(100)를 둘러싸고 개구가 형성된 형태로 아세테이트 필름을 식각 또는 재단한 후, 접착제를 이용하여 저장부(100) 상에 부착할 수 있다.
- [0053] 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽(120)의 높이는 100 μ m 내지 400 μ m로 형성될 수 있다. 분리벽(120)의 높이는 저장부(100)에 저장되는 유체(F)의 양에 따라 달라질 수 있으나, 100 μ m 내지 400 μ m의 높이를 가지는 것이 바람직할 수 있다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽(120)의 개구는 이동부를 향해 폭이 좁아지게 형성될 수 있다. 분리벽(120) 개구가 이동부(300)를 향해 폭이 좁아지게 형성됨으로써, 저장부(100) 상의 유체(F)가 저장부(100)로부터 이동부(300)로 용이하게 분리되는 것을 유도할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 저장부(100), 반응부(200) 및 이동부(300)를 하나 이상 포함할 수 있다.
- [0056] 저장부(100)는, 예를 들면, 반응물이 저장되는 반응물 저장부, 환원제가 저장되는 환원제 저장부, 안정화제가 저장되는 안정화제 저장부, pH 조절제가 저장되는 조절제 저장부가 화학반응용 미세유체 칩 상에 형성될 수 있다. 다만, 화학반응에 사용되는 유체(F)의 종류의 수에 따라, 화학반응용 미세유체 칩 상에 형성되는 저장부(100)의 수는 달라질 수 있다.
- [0057] 반응부(200)는 화학반응용 미세유체 칩 상에 하나 이상으로 형성될 수 있다. 예를 들면, 유체(F)의 산화반응이 일어나는 산화 반응부, 산화 반응부에서 산화된 유체(F)를 이용하여 생성물을 합성하는 합성 반응부가 화학반응용 미세유체 칩 상에 형성될 수 있다. 따라서, 화학반응용 미세유체 칩은 단계적인 화학반응을 수행할 수 있다. 다만, 화학반응용 미세유체 칩 상에서 발생하는 화학반응의 종류의 수에 따라, 화학반응용 미세유체 칩 상에 형성되는 반응부(200)의 수는 달라질 수 있다.
- [0058] 이동부(300)는, 예를 들면, 저장부(100)로부터 상기의 산화 반응부로 유체(F)를 이동시키는 제1 이동부, 상기 산화 반응부로부터 상기 합성 반응부로 유체(F)를 이동시키는 제2 이동부가 화학반응용 미세유체 칩 상에 형성될 수 있다.
- [0059] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부, 반응부, 이동부에 포함되는 전극을 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부와 이동부에 포함되는 전극을 나타낸 도면이다.
- [0060] 본 발명의 일 실시예에 따른 이동부(300)는 유체(F)가 반응부(200)로 이동하기 위한, 복수개의 전극을 포함할 수 있다.
- [0061] 도 4a, 도 4b 및 도 5를 참고하면, 이동부(300)는 복수개의 이동부 전극(310)을 포함하고 저장부(100)는 저장부 전극(110)을 포함하며, 이동부 전극(310)은 저장부 전극(110)에 인접한 위치에 형성될 수 있다. 이동부(300)는, 저장부 전극(110)과 인접하며 저장부 전극(110) 상의 유체(F)를 추출할 수 있으며, 추출된 유체(F)를 반응부(200) 상으로 이동시킬 수 있는 복수개의 이동부 전극(310)을 포함할 수 있다.
- [0062] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부로부터 이동부로 유체가 이동되는 것을 나타낸 도면이다.
- [0063] 도 6을 참고하면, 저장부(100) 상의 유체(F)에서 일정량의 유체(F)를 이동부(300) 상으로 이동시키기 위하여,

먼저 저장부 전극(110)과 인접한 이동부 전극(310)에 전압을 인가할 수 있다. 상기 이동부 전극(310)에 전압이 인가되면 전기습윤법을 통해 일정량의 유체(F)가 상기 이동부 전극(310) 상으로 이동될 수 있다. 도 5에서 보듯이, 저장부 전극(110)과 인접한 위치에 있는 복수개의 이동부 전극(310)에 순차적으로 전압을 인가하여 일정량의 유체(F)가 상기 복수개의 이동부 전극(310)을 따라 이동되면, 저장부 전극(110)에 전압을 인가함으로써 상기 일정량의 유체(F)를 저장부(100) 상에서 완전하게 분리할 수 있다.

[0064] 이후, 저장부(100)로부터 분리된 유체(F)의 아래에 있는 이동부 전극(310)과 인접하며 반응부(200) 쪽으로 형성된 복수개의 이동부 전극(310)에 전압을 순차적으로 인가하면, 상기 일정량의 유체(F)는 상기 복수개의 이동부 전극(310)을 따라 이동하고, 최종적으로 상기 일정량의 유체(F)는 반응부(200)로 이동될 수 있다.

[0065] 상기의 방법으로, 종류를 달리하는 유체(F)들은 다수의 저장부(100)로부터 반응부(200)로 이동되어 합쳐질 수 있다. 반응부(200)는 복수개의 반응부 전극(210)을 포함할 수 있다. 복수개의 반응부 전극(210)에 순차적으로 전압을 인가하면, 반응부(200)로 이동되어 하나로 합쳐진 유체(F)들은 복수개의 반응부 전극(210)을 따라 이동하며 혼합됨으로써, 화학반응이 진행될 수 있다.

[0066] 도 7은 이동부의 전극에 인가되는 전압에 따라 저장부로부터 이동부로 이동되는 유체의 부피를 나타낸 그래프이다.

[0067] 도 7을 참고하면, 이동부 전극(310)에 인가되는 전압이 증가될수록, 저장부(100) 상에서 이동부(300) 상으로 이동하는 유체(F)의 부피가 증가될 수 있다. 이를 이용하여, 이동부 전극(310)에 인가되는 전압을 조절함으로써, 화학반응에 사용되는 유체(F)의 양을 정량적으로 조절하여 반응부(200)로 공급할 수 있다.

[0068] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 미세유체 칩은 전극에 인가되는 전압의 크기를 조절함으로써, 목적하는 양의 유체(F)를 반응부(200)로 이동시켜 정량적인 화학반응을 수행할 수 있다.

[0069] 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부(100), 반응부(200) 및 이동부(300)는 종이 또는 필름일 수 있다.

[0070] 화학반응용 미세유체 칩은 취급 및 절단이 용이한 기판상에 다양한 전극 도면을 형성할 수 있다. 저장부(100), 반응부(200) 및 이동부(300)는 당업계에서 이용되는 종이, 필름 또는 플라스틱 시트를 이용할 수 있다. 예를 들면, 일반 A4 용지, 사진 인화용지 등의 취급이 용이한 종이, OHP 필름 등을 기판으로 사용할 수 있으나, 기판의 종류를 한정하는 것은 아니다.

[0071] 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 잉크는 금속 잉크, 세라믹 잉크 또는 분자 잉크일 수 있다. 전도성 잉크(conductive ink)는 은 또는 탄소와 같은 전도성 물질을 포함하고 있으며, 종이 또는 필름 등과 같은 다양한 고체 기판(substrate)상에 인쇄될 수 있는 물질들을 포함하는 잉크를 의미한다.

[0072] 금속 잉크는, 예를 들면, 금, 은, 동, 니켈, 팔라듐, 구리 또는 팔라듐을 포함할 수 있다. 세라믹 잉크는, 예를 들면, 금속산화물 또는 탄소나노튜브(CNT)를 포함할 수 있다. 분자 잉크는, 예를 들면, 특수 유기물 또는 고분자 재료를 포함할 수 있다.

[0073] 전도성 잉크는 적합한 용매, 전도성 물질, 접착증진제(adhesive improver), 환원제 또는 커플링제(coupling agent) 등을 사용하여 제조할 수 있다. 용매는, 예를 들면, 글리시딜 에테르류, 글리콜 에테르류, 식물성 기름, 알파-테르피넨올 또는 NMP(N-메틸-2-피롤리돈pyrrolidone)를 사용할 수 있으나, 용매의 종류를 한정하는 것은 아니다. 접착증진제는, 예를 들면, 아크릴계 수지 또는 비닐계 수지를 사용할 수 있으며, 비닐계 수지를 이용하는 경우에는 실란(silane) 화합물을 포함하는 혼합물을 사용할 수 있다. 환원제는 전도성 물질이 산화될 때 이를 환원시킴으로써 전기 도전성이 감소되는 것을 방지하는 역할을 수행하며, 예를 들면, 히드라진계 환원제 또는 알데하이드계 환원제를 포함할 수 있다. 히드라진계 환원제는, 예를 들면, 히드라진, 히드라진 수화물, 히드라진 설페이트, 히드라진 카보네이트 또는 히드라진 하이드로클로라이드를 포함할 수 있다. 알데하이드계 환원제는, 예를 들면, 포름알데하이드, 아세트알데하이드 또는 프로피온 알데하이드를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0074] 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 잉크는 탄소나노튜브(CNT)-은(Ag) 복합체 잉크일 수 있다. 탄소나노튜브-은 복합체는 우수한 전기적 성질을 가진다. 따라서, 탄소나노튜브-은 복합체를 도전성 물질로 사용하는 경우에는, 전기적 저항을 감소시킬 수 있으며, 우수한 열전도도로 인해 미세유체 칩 내부의 열을 효과적으로 외부로 방출할 수 있는 장점이 있다. 또한, 탄소나노튜브-은 복합체를 사용한 잉크는 기존의 탄소나노튜브 잉크보다 우수한 전도성을 보유하고 있어, 가정용 잉크젯에서는 사용이 불가능한 실버 잉크의 대체품으로서 활용될 수 있다.

[0075] 탄소나노튜브는, 예를 들면, 단일벽 탄소나노튜브, 이중벽 탄소나노튜브, 다중벽 탄소나노튜브 또는 다발형 탄

소나노튜브를 사용할 수 있다. 다중벽 탄소나노튜브-은 복합체를 사용한 전극은 사진 인화용지 상에서 11.53Ω/sq의 저항 값을 나타낸다. 따라서, 탄소나노튜브로 다중벽 탄소나노튜브를 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 탄소나노튜브-은 복합체 잉크를 잉크젯 프린터로 인쇄하기 위하여, 예를 들면, 다중벽 탄소나노튜브에 분산제를 넣고 볼밀링(ball milling) 작업을 수행하여 물에 고르게 분산된 탄소나노튜브 잉크를 제조한 후, 제조된 탄소나노튜브 잉크와 실버 나노입자 잉크를 10:1의 부피비로 혼합하고 혼합물을 1시간동안 음파처리(sonication)하여 탄소나노튜브-은 복합체 잉크를 제조할 수 있다.
- [0077] 포토샵 또는 CAD 등과 같은 프로그램을 이용하여 전극 도면을 그리고 원하는 모양의 전극 도면을 일반 A4용지 또는 사진 인화용지에 인쇄할 수 있다.
- [0078] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200)에 포함되는 적어도 하나의 전극 상에 증착되어 형성되는 절연층을 더 포함할 수 있다.
- [0079] 절연층은 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200)에 포함되는 적어도 하나의 전극 상에 증착됨으로써, 화학반응에 사용되는 유체(F)가 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200)에 흡수되는 것을 방지할 수 있다.
- [0080] 유체가 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200)에 포함되는 전극과 직접 접촉된 상태에서 상기 전극에 전압이 인가되면, 상기 유체에 존재하는 전자가 이동하여 유체가 분해되는 현상이 발생될 수 있다. 따라서, 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200)에 포함되는 적어도 하나의 전극 상에 절연층이 형성됨으로써, 화학반응용 미세유체 칩 상의 유체는 전압이 인가된 전극으로부터 발생하는 전기장의 영향은 받지않, 유체 내의 전자가 이동되어 분해되는 현상을 방지할 수 있다.
- [0081] 본 발명의 일 실시예에 따른 절연층은 유리, 자기(porcelain) 또는 폴리머 조성물을 포함할 수 있다.
- [0082] 절연층에 포함되는 절연체로서 폴리머 조성물을 사용하는 경우에는 파릴렌을 사용할 수 있으며, 예를 들면, 파릴렌 N, 파릴렌 C, 파릴렌 D, 파릴렌 F를 사용할 수 있다. 다만, 파릴렌 C를 사용하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0083] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200)에 포함되는 적어도 하나의 전극 상에 형성되는 보강층을 더 포함할 수 있으며, 보강층은 폴리테트라플루오로에틸렌을 포함할 수 있다.
- [0084] 보강층은 화학반응용 미세유체 칩을 사용하는 과정 중 열, 압력 등에 견딜 수 있도록 하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0085] 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200)에 포함되는 적어도 하나의 전극 상에 스핀 코팅, 스프레이 코팅 또는 프린팅을 이용하여 보강제를 코팅할 수 있다. 또한, 물리적 기상 증착법(physical vapor deposition), 화학적 기상 증착법(chemical vapor deposition) 또는 도금(electroplating)에 의하여 저장부(100), 이동부(300) 및 반응부(200)에 포함되는 적어도 하나의 전극 상에 추가적으로 보강제를 코팅하여 보강층을 형성할 수 있다.
- [0086] 본 발명의 일 실시예에 따른 유체(F)는 반응물, 촉매제, 산화제, 환원제, 안정화제 및 조절제 중에서 선택되는 하나의 화합물일 수 있다.
- [0087] 유체(F)는 화학반응용 미세유체 칩 상에서 수행하고자 하는 화학반응에 따라 선택될 수 있다. 예를 들면, 화학반응용 미세유체 칩 상에서 금 나노입자를 합성하기 위하여, 반응물로 HAuCl₄, 환원제로 NaBH₄, 안정화제로 cetyl trimethylammonium borohydride(CTAB)를 선택하여 금 나노입자 합성반응을 수행할 수 있다. 다만, 전술한 유체(F)의 종류는 설명을 위한 예시일 뿐 유체(F)의 종류를 한정하는 것은 아니다.
- [0088] 본 발명의 일 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩은 재사용될 수 있다. 예를 들면, 화학반응 수행 후에 미세유체 칩 상에 잔존하고 있는 유체를 제거하고, 미세유체 칩을 실리콘 오일에 담그는 방식으로 미세유체 칩을 재사용할 수 있다.
- [0089] 본 발명의 다른 실시예에 따른 화학반응용 미세유체 칩 제조방법은 기판 상에 전도성 잉크를 인쇄하여, 반응에 사용되는 유체가 저장되는 저장부 전극, 유체의 화학반응이 발생하는 반응부 전극 및 저장부 전극으로부터 반응부 전극으로 유체가 이동되는 이동부 전극을 형성하는 단계, 저장부 전극 상에 분리벽을 부착하는 단계, 저장부 전극, 반응부 전극 및 이동부 전극 중에서 적어도 하나의 전극 상에 절연층을 증착하는 단계 및 절연층이 증착된 저장부 전극, 반응부 전극 및 이동부 전극 중에서 적어도 하나의 전극 상에 보강층을 코팅하는 단계를 포함한다.

- [0090] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 극소량의 반응물 또는 시료만으로 간편하게 다양한 화학반응을 수행할 수 있는 화학반응용 미세유체 칩을 제조할 수 있다.
- [0091] 본 발명의 다른 실시예에 따른 분리벽은 저장부 전극 상의 유체가 이동할 수 있는 개구가 이동부 전극 쪽으로 형성될 수 있다.
- [0092] 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 잉크는 잉크젯 프린터를 이용하여 기판 상에 인쇄될 수 있다.
- [0093] 본 발명의 다른 실시예에 따른 잉크젯 프린터는 컴퓨터의 대표적인 출력 장치인 프린터 장치 중에서 압전 헤드 (piezo electric head)를 사용하는 프린터로, 용지 상에 잉크를 분사함으로써 문자를 인쇄할 수 있다.
- [0095] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에 있어서 자명할 것이다.
- [0097] 탄소나노튜브(CNT)-은(Ag) 복합체 잉크의 제조
- [0098] 저장부, 이동부, 반응부에 포함되는 전극을 인쇄하기 위해 탄소나노튜브(CNT)-은(Ag) 복합체를 이용하여 잉크를 제조하였고, 종이 위에 인쇄한 후 전극으로 사용하였다. 탄소나노튜브-은 복합체 잉크를 제조하기 위하여, 다중 벽 탄소나노튜브에 분산제를 넣고 볼밀링(ball milling) 작업을 수행하여 물에 고르게 분산된 탄소나노튜브 잉크를 제조한 후, 제조된 탄소나노튜브 잉크와 실버 나노입자 잉크를 10:1의 부피비로 혼합하고 혼합물을 1시간 동안 음파처리(sonication)하여 탄소나노튜브-은 복합체 잉크를 제조하였다. 전극으로 사용되기 위해서는 일정량 이상의 전도도가 요구되는데, 사진 인화용지 상에 인쇄된 탄소나노튜브-은 복합체 전극은 11.53Ω/sq의 저항값을 나타내어 전극으로 사용될 수 있는 전도도를 보였다.
- [0100] 탄소나노튜브(CNT)-은(Ag) 복합체 잉크를 이용한 화학반응용 미세유체 칩 제조
- [0101] 화학반응용 미세유체 칩에 사용될 전극을 제조하기 위하여 포토샵, CAD, 어도비 플래시 등과 같은 프로그램을 이용하여 전극 도면을 설계하고, 설계된 형상의 전극 도면을 사진 인화용지 상에 잉크젯 프린터 및 상기 제조된 탄소나노튜브-은 복합체 잉크를 이용하여 수십 μm 해상도로 인쇄하였다.
- [0102] 이후, 전극 도면에서의 저장부 상에 개구의 폭이 200μm로 형성된 아세테이트 필름을 부착하여 분리벽을 형성하였다. 전극 도면에서의 저장부, 이동부 및 반응부 상에 화학 증착 기상법(chemical vapor deposition)을 통해 파릴렌 C(parylene C)를 1μm 두께로 증착시켜 절연층을 형성하였고, 상기 절연층이 증착된 저장부, 이동부 및 반응부 상에 폴리테트라플루오로에틸렌 AF1600을 2000rpm에서 1분간 스핀코팅(spin coating) 하여 보강층을 형성하였다. 마지막으로, 실리콘 오일을 1000rpm에서 1분간 스핀코팅(spin coating) 하였다.
- [0103] 미세유체 칩의 이동부의 전극 상에 물방울을 떨어뜨리고 전압(V)을 걸어준 경우, 미세유체 칩 표면에서 물방울의 움직임 조절할 수 있음을 확인하였다.
- [0105] 탄소나노튜브(CNT)-은(Ag) 복합체 잉크를 이용한 화학반응용 미세유체 칩을 이용한 금 나노입자의 합성
- [0107] 실시예 1 내지 실시예 4
- [0108] 상기의 탄소나노튜브(CNT)-은(Ag) 복합체 잉크를 이용한 화학반응용 미세유체 칩을 준비한 후, 반응물로 HAuCl₄, 안정화제로 cetyl trimethylammonium borohydride(CTAB), 환원제로 NaBH₄를 하기 표 1에 기재한 농도로 준비하였다.

표 1

	반응물		안정화제		환원제	
	종류	농도(mol/L)	종류	농도(mol/L)	종류	농도(mol/L)

실시예 1	HAuCl ₄	1.0 X 10 ⁻³	CTAB	1.0 X 10 ⁻³	NaBH ₄	1.0 X 10 ⁻³
실시예 2	HAuCl ₄	1.0 X 10 ⁻³	CTAB	1.0 X 10 ⁻³	NaBH ₄	1.0 X 10 ⁻²
실시예 3	HAuCl ₄	1.0 X 10 ⁻³	CTAB	1.0 X 10 ⁻³	NaBH ₄	1.0 X 10 ⁻¹
실시예 4	HAuCl ₄	1.0 X 10 ⁻³	CTAB	1.0 X 10 ⁻³	NaBH ₄	1.0

도 8은 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 4에 따른 미세유체 칩 상에서 금 나노입자를 합성하는 과정을 나타낸 도면이다.

준비된 화학반응용 미세유체 칩 및 유체를 사용하여 금 나노 입자를 하기와 같은 방법으로 합성하였다.

(1) 반응물 저장부에 인접한 이동부의 전극에 100V의 전압을 인가하여, 반응물 저장부로부터 1.2 μ l의 HAuCl₄를 분리하였다.

(2) 환원제 저장부에 인접한 이동부의 전극에 100V의 전압을 인가하여, 환원제 저장부로부터 1.2 μ l의 NaBH₄를 분리하였다.

(3) 분리된 HAuCl₄와 NaBH₄는 이동부 상에서 만나 하나의 유체로 합쳐진 뒤, 반응부의 전극에 100V의 전압을 인가하여 반응부 상으로 이동시켰다.

(4) 안정화제 저장부에 인접한 이동부의 전극에 100V의 전압을 인가하여, 안정화제 저장부로부터 1.2 μ l의 CTAB를 분리하였다.

(5) 반응부의 전극에 100V의 전압을 인가하여 반응부 상으로 CTAB를 이동시켰다.

(6) 반응부의 전극에 순차적으로 100V의 전압을 인가하여, 하나로 합쳐진 HAuCl₄, CTAB, NaBH₄는 반응부 상으로 이동하며 혼합됨으로써, 금 나노입자를 합성하였다.

비교예 1 내지 비교예 4

상기의 탄소나노튜브(CNT)-은(Ag) 복합체 잉크를 이용한 화학반응용 미세유체 칩을 준비한 후, 반응물로 HAuCl₄, 환원제로 NaBH₄를 하기 표 2에 기재한 농도로 준비하였다.

표 2

	반응물		환원제	
	종류	농도(mol/L)	종류	농도(mol/L)
비교예 1	HAuCl ₄	1.0 X 10 ⁻³	NaBH ₄	1.0 X 10 ⁻³
비교예 2	HAuCl ₄	1.0 X 10 ⁻³	NaBH ₄	1.0 X 10 ⁻²
비교예 3	HAuCl ₄	1.0 X 10 ⁻³	NaBH ₄	1.0 X 10 ⁻¹
비교예 4	HAuCl ₄	1.0 X 10 ⁻³	NaBH ₄	1.0

도 9는 본 발명의 비교예 1 내지 비교예 4에 따른 미세유체 칩 상에서 금 나노입자를 합성하는 과정을 나타낸 도면이다.

준비된 화학반응용 미세유체 칩 및 유체를 사용하여 금 나노 입자를 하기와 같은 방법으로 합성하였다.

(1) 반응물 저장부에 인접한 이동부의 전극에 100V의 전압을 인가하여, 반응물 저장부로부터 1.2 μ l의 HAuCl₄를 분리하였다.

- [0127] (2) 환원제 저장부에 인접한 이동부의 전극에 100V의 전압을 인가하여, 환원제 저장부로부터 $1.2\mu\text{l}$ 의 NaBH_4 를 분리하였다.
- [0128] (3) 분리된 HAuCl_4 와 NaBH_4 는 이동부 상에서 만나 하나의 유체로 합쳐진 뒤, 반응부의 전극에 100V의 전압을 인가하여 반응부 상으로 이동시켰다.
- [0129] (4) 반응부의 전극에 순차적으로 100V의 전압을 인가하여, 하나로 합쳐진 HAuCl_4 , NaBH_4 는 반응부 상으로 이동하며 혼합됨으로써, 금 나노입자를 합성하였다.
- [0131] 금 나노 입자 합성결과
- [0132] 도 10은 본 발명의 비교예 1 내지 비교예 4에 따른 미세유체 칩 상에서 합성되는 금 나노입자의 TEM 이미지이다.
- [0133] 도 10에서 보듯이, 안정화제인 CTAB를 사용하지 않은 비교예 1 내지 비교예 4에 따라 합성되는 금 나노입자의 경우, 금 나노입자의 크기가 고르지 않으며 각각의 금 나노입자들이 뭉쳐 있는 것을 TEM 이미지를 통하여 확인하였다. 또한, 금 나노합성에 사용되는 환원제의 농도가 증가될수록, 합성되는 금 나노입자의 평균 크기가 8nm, 14 nm, 29 nm, 41 nm로 커지는 것을 확인하였다.
- [0135] 도 11은 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 4에 따른 미세유체 칩 상에서 합성되는 금 나노입자를 나타내는 도면이다.
- [0136] 도 11에서 보듯이, 안정화제인 CTAB를 사용한 실시예 1 내지 실시예 4에 따라 합성되는 금 나노입자의 경우, 금 나노입자의 크기가 균일하고 표면이 안정화되어 각각의 금 나노입자들이 뭉쳐있지 않고 분산되어 있는 것을 TEM 이미지를 통하여 확인하였다.
- [0137] 금 나노입자의 표면 에너지를 낮추고 안정화 시킬 수 있는 안정화제로 CTAB를 사용함으로써, 합성되는 금 나노입자의 표면이 안정화될 수 있는 것을 확인하였다. 또한, 사용되는 환원제의 농도를 조절함으로써, 합성되는 금 나노입자의 크기를 조절할 수 있는 것을 확인하였다.
- [0139] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0140] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

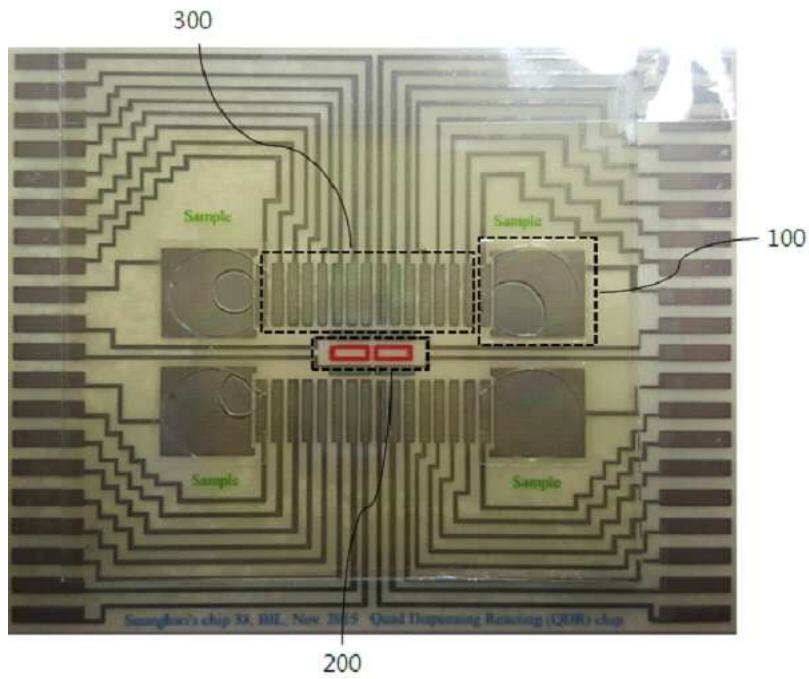
부호의 설명

- [0142] 100: 저장부
110: 저장부 전극
120: 분리벽
200: 반응부
210: 반응부 전극
300: 이동부

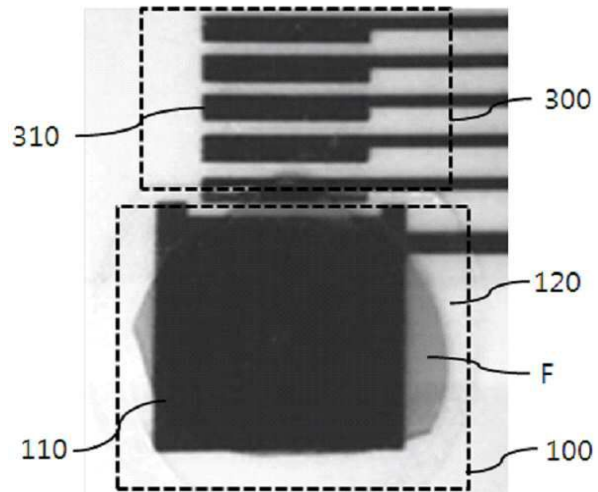
310: 이동부 전극

도면

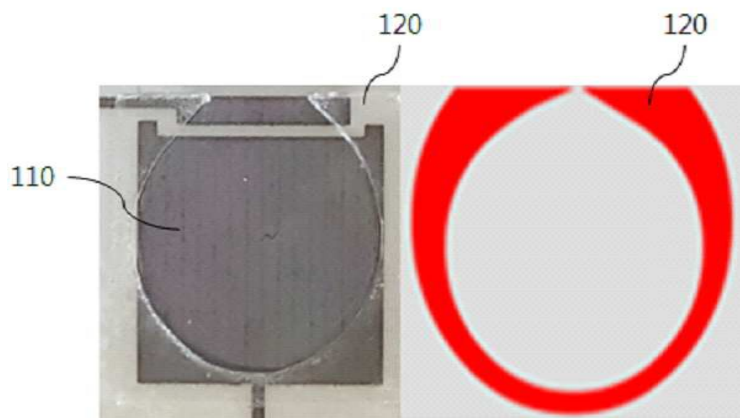
도면1



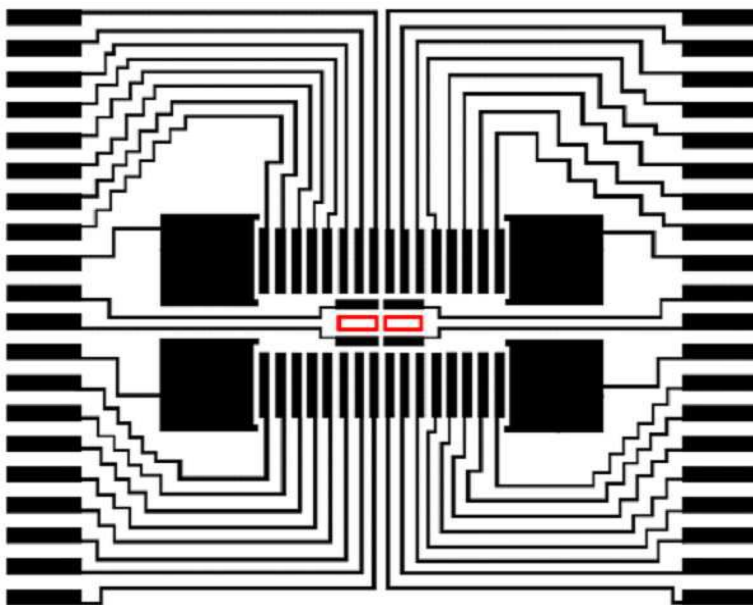
도면2



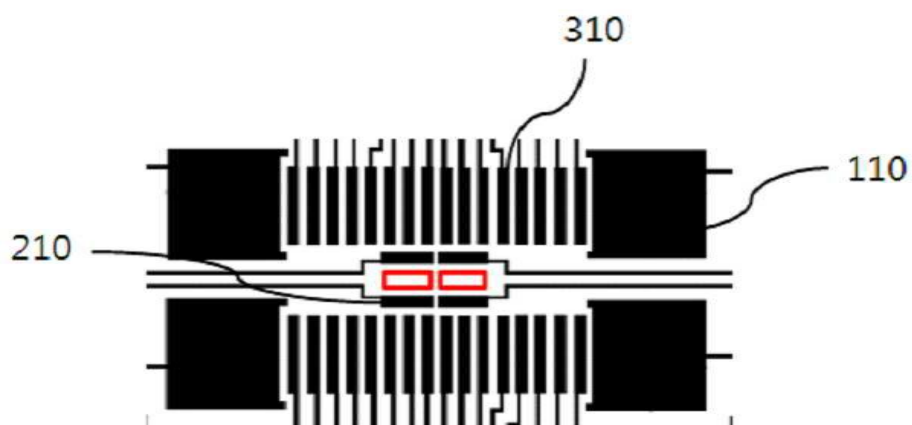
도면3



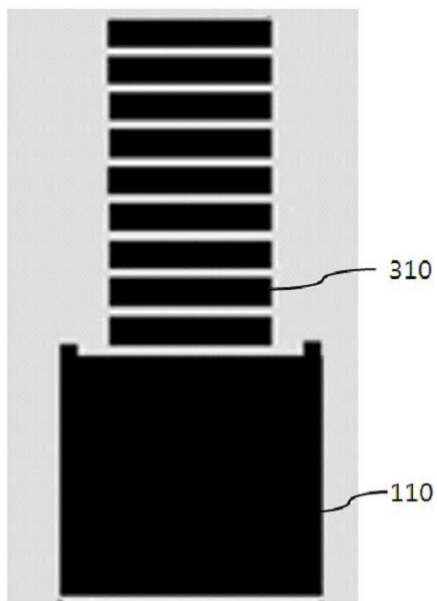
도면4a



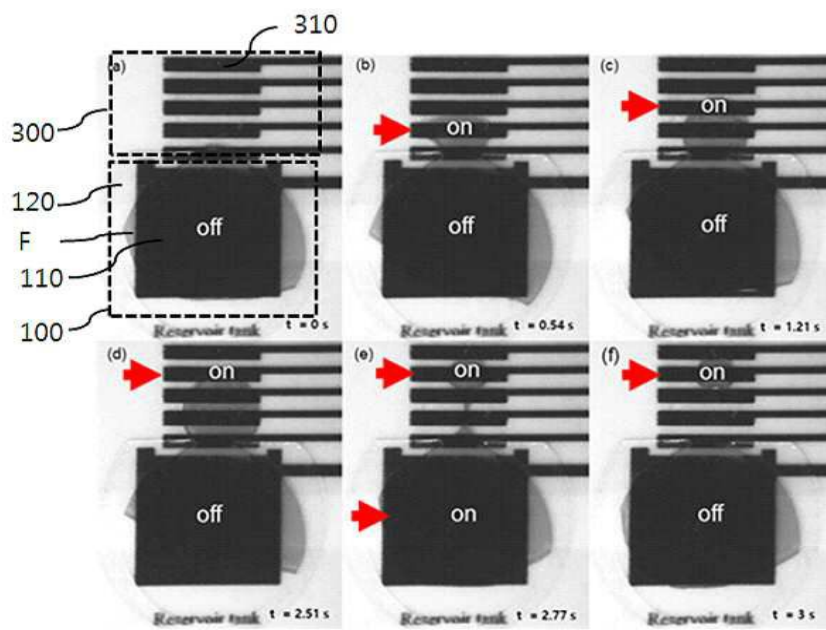
도면4b



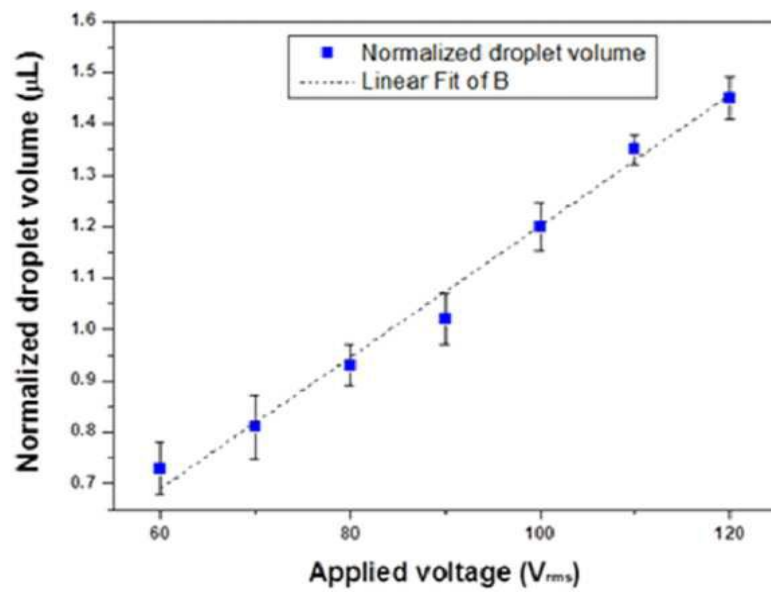
도면5



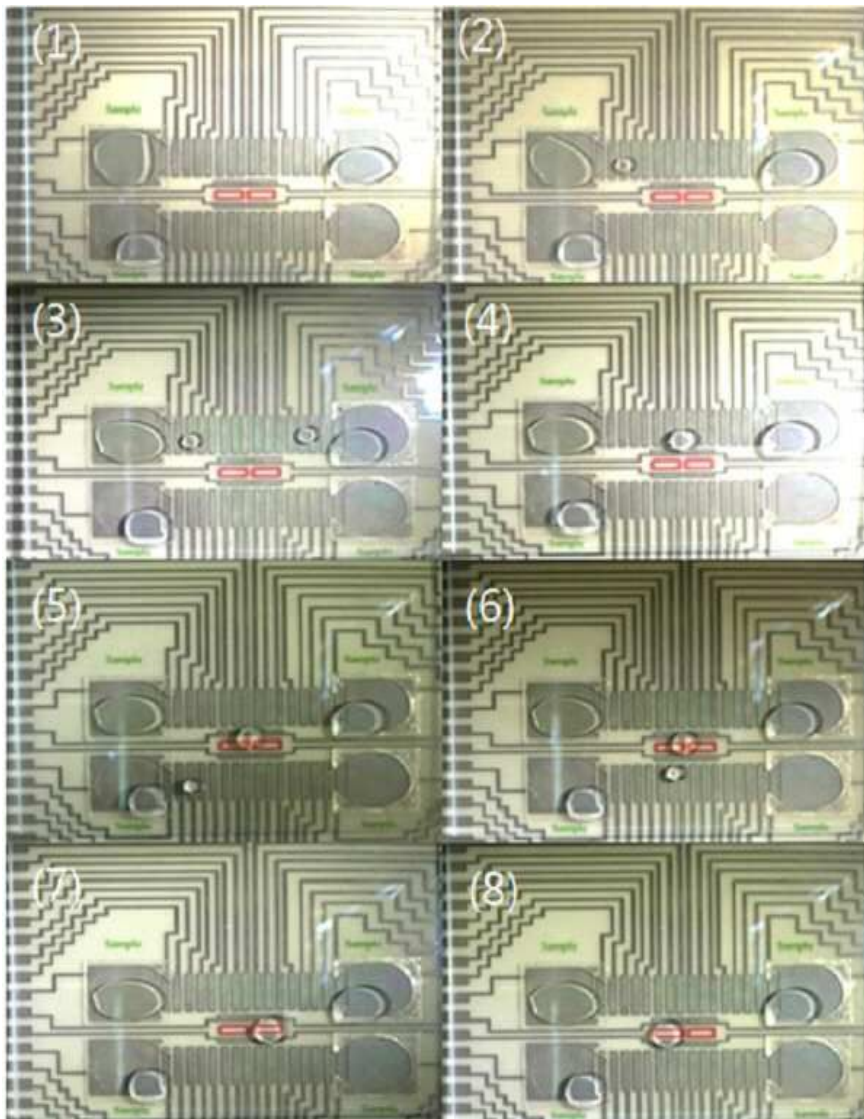
도면6



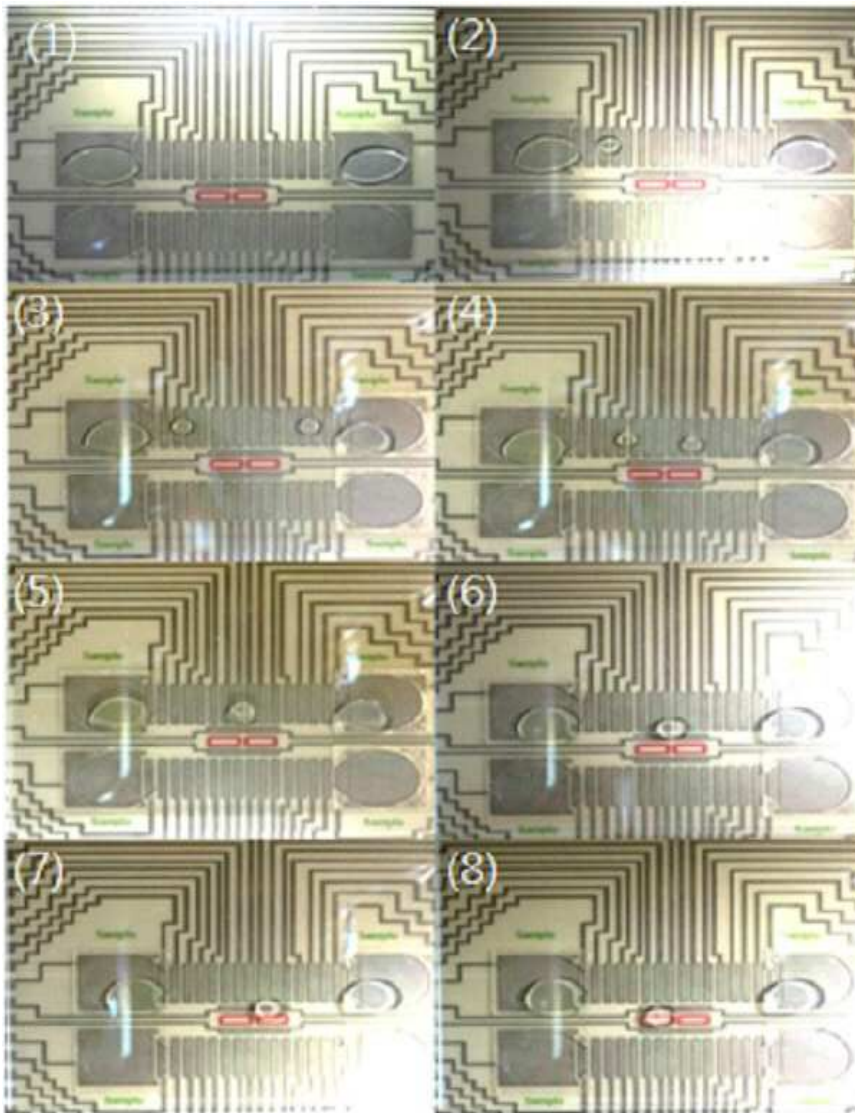
도면7



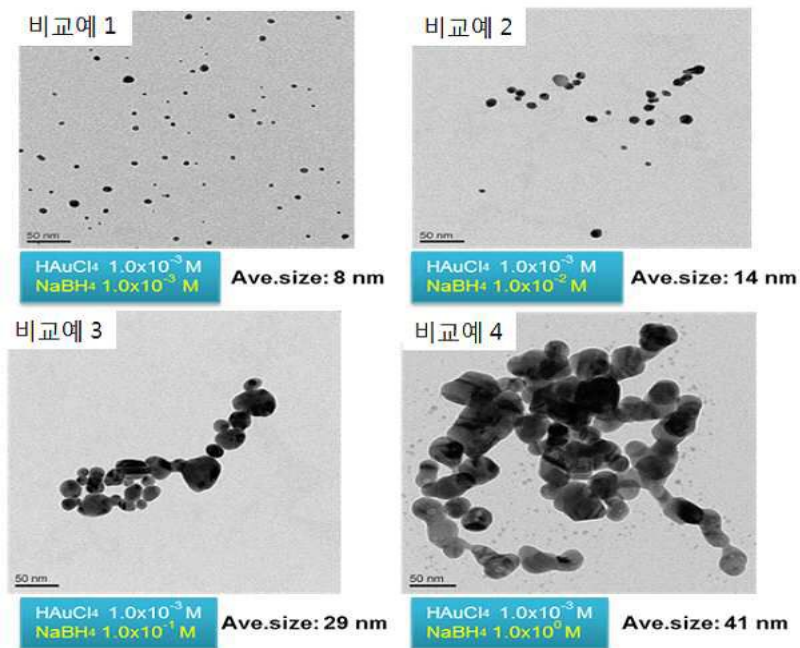
도면8



도면9



도면10



도면11

