

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0067049

(43) 공개일자 2025년05월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 3/00 (2017.01) **B82Y 40/00** (2017.01)
 (52) CPC특허분류
B82B 3/0038 (2013.01)
B82Y 40/00 (2013.01)
 (21) 출원번호 **10-2024-0152812**
 (22) 출원일자 **2024년10월31일**
 심사청구일자 **없음**
 (30) 우선권주장
 1020230152898 2023년11월07일 대한민국(KR)

- (71) 출원인
서강대학교산학협력단
 서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
 (72) 발명자
강대욱
 서울특별시 양천구 목동중앙로 143, 101동 406호
라주아
 서울특별시 중랑구 동일로144길 48, 405호
김민서
 경기도 부천시 도약로 56, 2202동 1002호
 (74) 대리인
최우성

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **균등 인가 외력에 의한 다중 채널 모세관을 이용한 나노입자 패턴의 제조 방법 및 제조 장치**

(57) 요약

본 명세서는 다중 채널 모세관을 이용한 나노입자 패턴의 제조 방법 및 제조 장치에 관한 것으로, 복수의 모세관에 동일한 압력을 가함으로써, 기판 상에 복수 개의 나노입자 단층막 패턴을 빠르고 쉽게 형성할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711198532
 과제번호 00259341
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 해외우수연구기관협력허브구축
 연구과제명 서강-유펜 신종 감염병 테라노스틱스 융합연구센터
 과제수행기관명 서강대학교
 연구기간 2023.07.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711195451
 과제번호 2021M3H4A4079630
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 나노소재기술개발
 연구과제명 나노 입자 프린팅 기술을 이용한 고감도 다중 바이오마커 검출 및 기계학습을 통한
 pattern 분석 기반의 폐암 진단 기술개발
 과제수행기관명 고려대학교
 연구기간 2023.02.01 ~ 2024.01.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2340003328
 과제번호 2016R1A6A1A03012845
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 이공학학술연구기반구축
 연구과제명 바이오융합기술연구소(뇌질환 약물 평가 기능 나노바이오칩 개발)
 과제수행기관명 서강대학교
 연구기간 2024.01.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 복수의 모세관 각각의 제1 단부를 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉시켜, 상기 용액으로부터 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 단계; 및
- (b) 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 가하여, 상기 분리된 나노입자 단층막을 기관으로 전사하는 단계;를 포함하는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계를 수행한 후 상기 (b) 단계를 수행하기 전,

상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부가 상기 제1 단부보다 중력 방향에 배치되도록 상기 복수의 모세관을 이동시키는 단계;를 더 포함하는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부가 기관에 접하도록 하고, 상기 복수의 모세관에 동일한 압력을 가하여 기관으로 나노입자 단층막을 전사하는 단계;인, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 압력은 100 Pa 미만의 압력인, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법.

청구항 5

복수의 모세관;

상기 복수의 모세관이 관통하여 고정되는 홀을 포함하는 모세관 설치부;

상기 모세관 설치부에 결합 가능하도록 마련되고, 상기 모세관 설치부와 결합되어 챔버를 형성하는 덮개부; 및

상기 챔버의 내부에 가스를 주입하는 가스 주입부;를 포함하고,

상기 복수의 모세관 각각의 제1단부는 상기 챔버의 내부에 마련되고, 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부는 상기 챔버의 외부에 마련되는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 덮개부는 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부가 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉된 후에 상

기 모세관 설치부와 결합되어 챔버를 형성하고,

상기 가스 주입부는 상기 챔버 내부에 가스를 주입함으로써 상기 복수의 모세관 각각의 제2 단부를 통해 기관으로 나노입자 단층막을 전사하는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 모세관 설치부 및 상기 덮개부를 이동시키는 구동부;를 더 포함하고,

상기 구동부는,

상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부가 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되도록 상기 모세관 설치부를 이동시킨 후에,

상기 복수의 모세관 각각의 상기 제2 단부가 상기 제1 단부보다 중력 방향에 배치되도록 상기 모세관 설치부를 이동시키고, 상기 모세관 설치부에 상기 덮개부가 결합되도록 상기 덮개부를 이동시키는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액을 포함하는, 나노입자 단층막 형성부;를 더 포함하는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 9

제5항에 있어서,

기관; 및

상기 기관을 상승 또는 하강시키는 구동부;를 더 포함하고,

상기 구동부는,

상기 가스 주입부가 가스 주입을 완료하면, 상기 기관이 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제2 단부와 접촉하도록 상기 기관을 상승시키고, 소정의 시간이 경과하면 상기 기관을 하강시키는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 10

제5항에 있어서,

상기 가스 주입부는 상기 덮개부에 형성된 홀을 통해 상기 챔버 내부로 가스를 주입하는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 11

제5항에 있어서,

상기 챔버 내부의 압력이 소정의 압력에 도달하면 가스의 주입을 중단하도록 상기 가스 주입부를 제어하는 제어부;를 더 포함하는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 12

i) 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되어 상기 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 복수의 모세관; 및

ii) 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 가하여, 기관으로 나노입자 단층막을 전사시키는 가압장치;를 포함하고,

상기 복수의 모세관 각각의 제1 단부가 상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되어 상기 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 것인, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 복수의 모세관을 이동시키는 구동부;를 더 포함하고,

상기 구동부는,

상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부가 상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되도록 상기 복수의 모세관을 이동시킨 후에,

상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부가 상기 제1 단부보다 중력 방향에 배치되도록 상기 복수의 모세관을 이동시키는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액을 포함하는, 나노입자 단층막 형성부;를 더 포함하는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

청구항 15

제12항에 있어서,

기관; 및

상기 기관을 상승 또는 하강시키는 구동부;를 더 포함하고,

상기 구동부는,

상기 기관이 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부와 접촉하도록 상기 기관을 상승시키고, 상기 기관에 소정의 압력이 가해지면 상기 기관을 하강시키는, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 명세서는 다중 채널 모세관을 이용한 모세관 프린팅 기법에 관한 것으로, 복수 개의 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 나노입자 단층막 패턴은 단일 나노입자 대비 다양한 광학적 전자기적 변화를 제어할 수 있기 때문에 전자 소자,

태양에너지 산업, 화학 및 바이오 센서, 촉매 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

[0004] 나노입자 단층막을 전사하기 위한 방법으로서, 물과 유기용매 계면에서 나노입자를 자가배열시킨 후 이를 Langmuir-Schaefer 및 Langmuir-Blodgett과 같은 고체 기판에 전사하는 방법이 많이 활용되고 있다. 하지만 이러한 전사 방법은 기판 전체 면적에 단층막을 전사하는 방법이며, 단층막을 원하는 위치에 일정한 간격으로 패턴화하여 전사하는 방법이 아니다. 또한, 기존의 모세관 프린팅 방법은, 한 개의 모세관을 이용하여 국소적으로 원하는 위치에 하나의 단층막만 전사하는 방법으로, 해당 방법은 일정한 간격으로 반복되는 단층막 패턴을 형성하기에는 한계가 있다.

[0005] 일반적으로 구조물을 일정한 간격을 가지도록 패턴닝하는 기술로는 포토리소그래피, 소프트리소그래피, 잉크젯 프린팅 기술, 콜로이드 리소그래피 등의 기술들이 알려져 있다. 특히 상기 패턴닝 기술들의 경우, 일정 패턴을 형성할 마스크 제작이 필요하며, 패턴 구조의 변화를 위해 ion beam 에칭 등의 추가적인 공법을 사용해야 한다는 단점이 있다.

[0006] 따라서, 상술한 종래의 패턴닝 기술의 단점을 해결함과 동시에, 높은 재현성과 안정성을 가지며, 소재, 크기 및 형태에 구애받지 않고 여러 개의 패턴을 형성할 수 있는 방법에 대한 연구개발이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-2485615

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 명세서의 일 측면은, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0010] 본 명세서의 일 측면은, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 본 명세서의 일 측면은, 다중 채널 모세관을 이용하여 국소적 영역 또는 대면적에서 복수 개의 나노입자 단층막을 동시에 전사하여, 소정의 간격을 가지는 복수 개 나노입자 단층막으로 이루어진 패턴을 제조하는 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 명세서의 예시적인 구현예들에서는, 다중 채널 모세관에 일정한 압력을 가하여 복수의 나노입자 단층막을 포함하는 패턴을 형성하고, 웨이퍼 스케일까지 다중 모세관 프린팅할 수 있는 방법 및 장치를 제공한다.

[0014] 본 명세서의 예시적인 구현예들에서는, 모세관 프린팅 기법에 사용되는 모세관을 2개 이상 포함하는, 모세관 번들(다중 채널 모세관으로 표현될 수 있음)을 이용하여 복수의 나노입자 단층막을 동시에 전사할 수 있는 방법 및 장치를 제공한다.

[0015] 본 명세서의 일 측면에 따른 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법은,

[0016] (a) 복수의 모세관 각각의 제1 단부를 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉시켜, 상기 용액으로부터 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 단계; 및

[0017] (b) 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 가하여, 상기 분리된 나노입자 단층막을 기판으로 전사하는 단계;를 포함한다.

[0018] 본 명세서의 일 측면에 따른 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,

[0019] 복수의 모세관;

- [0020] 상기 복수의 모세관이 관통하여 고정되는 홀을 포함하는 모세관 설치부;
- [0021] 상기 모세관 설치부에 결합 가능하도록 마련되고, 상기 모세관 설치부와 결합되어 챔버를 형성하는 덮개부; 및
- [0022] 상기 챔버의 내부에 가스를 주입하는 가스 주입부;를 포함하고,
- [0023] 상기 복수의 모세관 각각의 제1단부는 상기 챔버의 내부에 마련되고, 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부는 상기 챔버의 외부에 마련되는 것이다.
- [0024] 본 명세서의 일 측면에 따른 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0025] i) 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되어 상기 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 복수의 모세관; 및
- [0026] ii) 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 가하여, 기관으로 나노입자 단층막을 전사시키는 가압장치;를 포함하고,
- [0027] 상기 복수의 모세관 각각의 제1단부가 상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되어 상기 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 것이다.

발명의 효과

- [0029] 본 명세서의 방법 및 장치는, 모세관의 직경과 형태에 제한 없이, 나노입자 단층막 패턴을 제조할 수 있다.
- [0030] 본 명세서의 방법 및 장치는, 대면적 기관에 복수개의 나노입자 단층막을 패터닝 할 수 있다.
- [0031] 본 명세서의 방법 및 장치는, 나노입자 단층막 패턴을 대면적 스케일의 기관에 빠르고 쉽게 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 물과 공기의 계면에 자가 조립으로 형성된 나노입자 단층막을 다중 채널 모세관을 이용하여 기관으로 전사시켜, 다중 나노입자 단층막 패턴을 제작하는 과정을 나타낸다.
- 도 2는 일 구현예에 따른 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치의 모식도로, 상기 장치는 다중 채널 모세관에 압력을 균등하게 인가할 수 있는 형태이다. 도 2의 모세관 설치부는 1개의 모세관을 고정하고 있는 것으로 표시되어 있으나, 상기 모세관 설치부는 복수의 모세관을 고정하고 있는 것일 수 있다.
- 도 3은 도 2의 장치를 이용하여 복수의 금 나노입자 단층막을 전사하는 과정을 나타내는 모식도이다.
- 도 4는 다중 채널 모세관에 동일한 압력이 가해지는 경우, 그렇지 않은 경우에 비해 금 나노입자 단층막이 효과적으로 전사되어 패턴을 형성하는 것을 보여준다.
- 도 5는 2개의 모세관을 포함하는 2중 채널 모세관의 예시적인 형태를 나타낸다. 구체적으로, 2개의 모세관 사이의 간격(s)이 없는 2중 채널 모세관($s=0\text{mm}$), 2개의 모세관 사이의 간격(s)이 모세관의 직경(c)과 동일한 2중 채널 모세관($c=s$), 2개의 모세관 사이의 간격(s)이 모세관의 직경(c)보다 큰 2중 채널 모세관($c<s$)의 예시적인 형태를 나타낸다.
- 도 6은 도 5의 2중 채널 모세관에 동일한 압력을 가하여 전사된 나노입자 단층막 패턴을 나타낸다.
- 도 7은 도 5의 2중 채널 모세관에 동일한 압력을 가하여 전사된 나노입자 단층막 패턴에서, 패턴을 형성하는 각 나노입자 단층막의 나노입자의 배열을 보여주는 주사전자현미경 이미지이다.
- 도 8은 도 7의 나노입자 단층막 패턴을 형성하는 각 나노입자의 단층막의 구조적 균일성을 보여주기 위해, 표면 증강라만산란법으로 785 nm 레이저 조사 하에서 0.1 mM의 rhodamine 6G (R6G)를 검출한 결과이다. 이를 확인하기 위해, 30 nm 금 나노입자를 이용하여 단층막을 형성하였다.
- 도 9는 3개의 모세관을 포함하는 3중 채널 모세관의 예시적인 형태 및 이를 이용하여 전사된 나노입자 단층막 패턴, 4개의 모세관을 포함하는 4중 채널 모세관의 예시적인 형태 및 이를 이용하여 전사된 나노입자 단층막 패턴, 및 7개의 모세관을 포함하는 7중 채널 모세관의 예시적인 형태 및 이를 이용하여 전사된 나노입자 단층막

패턴을 나타낸다.

도 10은 복수의 모세관을 포함하는 다중 채널 모세관(2중 채널 모세관, 3중 채널 모세관, 4중 채널 모세관, 7중 채널 모세관)에 균등한 압력을 동시에 인가하여 전사한 금 나노입자 단층막의 표면 균일도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 본 문서의 다양한 실시예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술적 특징들을 특정한 실시예들로 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0036] 본 명세서에서는, 1개의 모세관을 이용하여 프린팅하는 종래 단일 모세관 프린팅 기법과 달리, 2개 이상의 모세관을 포함하는 다중 채널 모세관을 이용하여 기관(예컨대 대면적 기관)에 여러 개의 나노입자 단층막을 전사시켜 패턴닝하는 방법 및 장치를 제공할 수 있다. 복수의 모세관을 이용하는 경우 신속하고 쉽게 여러 개의 나노입자 단층막을 전사시켜 패턴닝 할 수 있는 장점이 있다. 또한, 본 명세서의 일 측면에 따른 방법 및 장치는 복수의 모세관에 동일한 압력을 인가함으로써 균일하게 나노입자 단층막 패턴을 형성할 수 있다.
- [0037] **용어 정의**
- [0038] 본 명세서에서, 용어 “나노입자 단층막 패턴”은 여러 개의 구분되는 나노입자 단층막의 특정한 형식이나 구조, 반복되는 디자인, 또는 규칙적인 배열을 의미한다. 본 명세서에서, 나노입자 단층막 패턴은, 여러 개의 나노입자 단층막이 규칙적으로 배열되거나 불규칙적으로 배열된 것일 수 있다. 본 명세서에서, 나노입자 단층막 패턴은, 복수의 모세관을 통해 전사된 여러 개의 나노입자 단층막으로 형성된 것일 수 있다. 나노입자 단층막 패턴은 전자기기, 센서, 촉매, 바이오 이미징 등에서 기능적 특성을 개선하거나 새로운 성질을 부여하는 데 활용될 수 있다. 나노입자들이 형성하는 패턴은 물질의 물리적, 화학적 성질에 큰 영향을 미칠 수 있다.
- [0039] 본 명세서에서, 용어 “단부”는 특정 물체나 구조의 끝부분이나 끝단을 의미한다. 본 명세서에서, 모세관의 “제1 단부”는 모세관의 한쪽 말단을 의미하며, 모세관의 “제2 단부”는 상기 모세관의 제1 단부의 반대 쪽에 위치하는 말단을 의미할 수 있다. 본 명세서에서, 모세관의 “제1 단부” 및 “제2 단부”는 개구부일 수 있다. 본 명세서에서, 용어 “개구부”는 어떤 구조나 물체에서 열리거나 비어 있는 부분을 의미하며, 주로 입구, 출구, 창문 등과 같이 접근이 가능한 공간을 가리킬 때 사용된다.
- [0040] 본 명세서에서, 용어 “다중 채널 모세관”은 복수의 모세관을 포함하는 집합체를 의미한다. 다중 채널 모세관에 포함된 각각의 모세관은 독립적으로 작용할 수 있다. 다중 채널 모세관은 단일 채널 모세관(즉, 하나의 모세관)에 비해, 하나의 물질의 전달 속도를 높이거나, 여러 가지 샘플을 동시에 처리할 수 있는 이점이 있다.
- [0041] 본 명세서에서, 용어 “챔버”는 특정 공간을 의미한다. 본 명세서에서 챔버는 모세관 설치부와 덮개부가 결합하여 형성된 특정 공간일 수 있다.
- [0043] **나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법**
- [0044] 본 개시의 일 측면은, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법을 제공한다.
- [0045] 이하 도 3을 참조하여, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법을 설명한다. 도 3은 설명을 위한 예시적인 도면일 뿐이며, 본 개시의 일 측면에 따른 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법은 도면에 개시된 형태나 구조에 한정되지 않는다.
- [0047] 일 구현예에서, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 방법은,
- [0048] (a) 복수의 모세관 각각의 제1 단부를 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉시켜, 상기 용액으로부터 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 단계; 및
- [0049] (b) 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 가하여, 상기 분리된 나노입자 단층막을 기관으로 전사하는 단계;를 포함한다.
- [0050] 일 구현예에서, 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 가하는 방식은, 기체 주입을 통한 것일 수 있으나, 압력을

인가할 수 있는 방식이면 구체적인 형태나 방식은 제한되지 않는다.

- [0051] 일 구현예에서, 상기 (a) 단계를 수행한 후 상기 (b) 단계를 수행하기 전,
- [0052] 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부가 상기 제1 단부보다 중력 방향에 배치되도록 상기 복수의 모세관을 이동시키는 단계;를 더 포함할 수 있다. 여기서, 상기 복수의 모세관을 이동시키는 것은, 상기 복수의 모세관을 뒤집는 것(inversion)일 수 있다.
- [0053] 본 명세서에서, A가 B보다 “중력 방향에 배치” 된다는 것은, A가 B보다 중력이 작용하는 방향 쪽에 가게 배치되는 것을 의미하며, 즉 중력이 작용하는 방향을 기준으로 A가 B보다 아래쪽으로 향하도록 배치되는 것을 의미한다.
- [0054] 일 구현예에서, 상기 (b) 단계는, 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 동시에 인가하여, 상기 분리된 나노입자 단층막을 기관으로 전사하는 단계;일 수 있다.
- [0055] 일 실시예에서, 복수의 모세관에 동일한 압력을 동시에 인가하는 경우, 수의 모세관 각각에 의해 분리된 복수 개의 나노입자 단층막을 기관으로 균일하게 전사할 수 있었다. 반면, 복수의 모세관에 동일한 압력을 동시에 인가하지 않는 경우, 복수의 모세관 각각에 의해 분리된 복수 개의 나노입자 단층막을 모두 균일하게 전사할 수 없었다.
- [0056] 일 구현예에서, 상기 (b) 단계는, 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부가 기관에 접하도록 하고, 상기 복수의 모세관에 동일한 압력을 가하여 기관으로 나노입자 단층막을 전사하는 단계;일 수 있다.
- [0057] 일 구현예에서, 상기 (b) 단계는, 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부가 기관에 접하도록 하고, 상기 복수의 모세관에 동일한 압력을 동시에 인가하여 기관으로 나노입자 단층막을 전사하는 단계;일 수 있다.
- [0059] 다중 채널 모세관에 포함된 각각의 모세관을 통해 나노입자 단층막을 동시에 전사하기 위해서 일정 크기 이상의 압력이 필요하다. 한편, 다중 채널 모세관에 과도한 압력이 가해지는 경우 나노입자 단일막 패턴이 잘 형성되지 않을 수 있다 (도 4 참조).
- [0060] 일 구현예에서, 상기 (b) 단계에서, 복수의 모세관에 가해지는 상기 압력은 100 Pa 미만일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 상기 (b) 단계에서, 복수의 모세관에 가해지는 상기 압력은 100 Pa 미만, 90 Pa 이하, 80 Pa 이하, 75 Pa 이하, 73 Pa 이상, 70 Pa 이상, 60 Pa 이상, 50 Pa 이상, 또는 이들의 조합범위(예: 70 내지 80 Pa)일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0061] 일 구현예에서, 복수의 모세관은 2개, 3개, 4개, 5개, 6개, 7개, 8개, 9개, 10개 또는 그 이상의 모세관일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0062] 일 구현예에서, 복수의 모세관에 포함된 모세관 각각의 직경은 0.1 내지 10 mm일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 복수의 모세관을 구성하는 모세관 각각의 직경은 0.1 mm 이상, 0.5 mm 이상, 1 mm 이상, 2 mm 이상, 5 mm 이상, 10 mm 이상, 0.1 mm 이하, 0.5 mm 이하, 1 mm 이하, 2 mm 이하, 5 mm 이하, 10 mm 이하 또는 이들의 조합 범위(예: 0.1 내지 2 mm) 일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0063] 일 구현예에서, 복수의 모세관에 포함된 모세관 각각의 직경이 모두 동일할 수 있다. 일 구현예에서, 복수의 모세관 중 하나 이상의 모세관의 직경이 나머지 모세관의 직경과 다를 수 있다. 일 구현예에서, 복수의 모세관을 구성하는 모세관 각각의 직경이 모두 다를 수 있다.
- [0064] 일 구현예에서, 복수의 모세관에 포함된 모세관들 사이의 간격은, 복수의 모세관을 구성하는 모세관들(예: 2개의 인접하는 모세관들) 사이에 포함되는 구조체(즉, 스페이서) 또는 복수의 모세관을 구성하는 각 모세관들의 두께로 제어될 수 있다.
- [0065] 일 구현예에서, 복수의 모세관에 포함된 제1 모세관과 상기 제1 모세관과 인접하는 제2 모세관 사이의 간격은 0 mm 이상일 수 있다. 예를 들어, 복수의 모세관을 구성하는 제1 모세관과 상기 제1 모세관과 인접하는 제2 모세관 사이의 간격은 0 mm 이상, 1 mm 이상, 1 cm 이상, 10 cm 이상, 1 mm 이하, 1 cm 이하, 10cm 이하, 또는 이들의 조합범위일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.

- [0066] 일 구현예에서, 모세관 사이의 간격을 조절하는 구조체(즉, 스페이서)의 재질은 유리, 나무, 플라스틱 등일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0067] 일 구현예에서, 복수의 모세관을 구성하는 모세관 각각의 단면 모양은 원형, 삼각형, 또는 사각형일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0068] 일 구현예에서, 복수의 모세관을 구성하는 모세관 각각의 단면 모양이 모두 동일할 수 있다. 일 구현예에서, 복수의 모세관 중 하나 이상의 모세관의 단면 모양이 나머지 모세관의 단면 모양과 다를 수 있다. 일 구현예에서, 복수의 모세관을 구성하는 모세관 각각의 단면 모양이 모두 다를 수 있다.
- [0069] 일 구현예에서, 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 포함된 나노입자 단층막의 일부가 모세관에 의해 분리된 후 기판에 전사될 수 있다.
- [0070] 일 구현예에서, 나노입자 단층막을 포함하는 용액에서, 나노입자 단층막은 액체(예: 물)와 기체(예: 공기)의 계면에 형성된 것일 수 있다.
- [0071] 일 구현예에서, 나노입자 단층막을 포함하는 용액에서, 나노입자 단층막은 액체(예: 물)와 기체(예: 공기)의 계면에 자가배열로 형성된 것일 수 있다.
- [0072] 일 구현예에서, 나노입자 단층막을 포함하는 용액에서, 나노입자 단층막은 당업계 통상의 지식으로 제조될 수 있다.
- [0073] 일 구현예에서, 나노입자의 직경은 1 nm 내지 1000 nm일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 나노입자의 직경은 1 nm 이상, 5 nm 이상, 10 nm 이상, 15 nm 이상, 20 nm 이상, 25 nm 이상, 30 nm 이상, 35 nm 이상, 40 nm 이상, 45 nm 이상, 50 nm 이상, 55 nm 이상, 60 nm 이상, 65 nm 이상, 70 nm 이상, 75 nm 이상, 80 nm 이상, 85 nm 이상, 90 nm 이상, 95 nm 이상, 100 nm 이상, 200 nm 이상, 300 nm 이상, 400 nm 이상, 500 nm 이상, 600 nm 이상, 700 nm 이상, 800 nm 이상, 900 nm 이상, 1000 nm 이상, 1 nm 이하, 5 nm 이하, 10 nm 이하, 15 nm 이하, 20 nm 이하, 25 nm 이하, 30 nm 이하, 35 nm 이하, 40 nm 이하, 45 nm 이하, 50 nm 이하, 55 nm 이하, 60 nm 이하, 65 nm 이하, 70 nm 이하, 75 nm 이하, 80 nm 이하, 85 nm 이하, 90 nm 이하, 95 nm 이하, 100 nm 이하, 200 nm 이하, 300 nm 이하, 400 nm 이하, 500 nm 이하, 600 nm 이하, 700 nm 이하, 800 nm 이하, 900 nm 이하, 1000 nm 이하, 및 이들의 조합 범위(예: 5 내지 100 nm)일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0074] 일 구현예에서, 나노입자의 형상은 구형, 막대형, 타원형 및 사면체로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 형상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0075] 일 구현예에서, 나노입자의 재질은 금속, 고분자 및 무기 산화물로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 형상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0076] 일 구현예에서, 기판은, 교체될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0077] 일 구현예에서, 기판의 형태, 재질 등을 제한되지 않는다.
- [0079] **나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치**
- [0080] 본 개시의 일 측면은, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치를 제공한다.
- [0081] 이하 도 2 및 도 3을 참조하여, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치를 설명한다. 도 2 및 도 3은 설명을 위한 예시적인 도면일 뿐이며, 본 개시의 일 측면에 따른 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는 도면에 개시된 형태나 구조에 한정되지 않는다.
- [0083] 일 구현예에서, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0084] 복수의 모세관;
- [0085] 상기 복수의 모세관이 관통하여 고정되는 홀을 포함하는 모세관 설치부;
- [0086] 상기 모세관 설치부에 결합 가능하도록 마련되고, 상기 모세관 설치부와 결합되어 챔버를 형성하는 덮개부; 및

- [0087] 상기 챔버의 내부에 가스를 주입하는 가스 주입부;를 포함한다.
- [0088] 모세관, 복수의 모세관, 나노입자 단층막을 포함하는 용액, 나노입자에 대해서는 전술한 바와 동일하여 구체적인 설명은 생략한다.
- [0090] 일 구현예에서, 복수의 모세관이 관통하여 고정되는 홀은 1개 또는 복수 개 일 수 있다. 예를 들어, 홀이 1개인 경우, 복수의 모세관이 1개의 홀을 관통하여 고정되는 것일 수 있다. 예를 들어, 홀이 복수 개인 경우, 복수의 모세관이 각각이 구분되는 홀 각각을 관통하여 고정되는 것일 수 있다. 예를 들어, 1개의 모세관이 홀 1개를 관통하는 것일 수 있다. 예를 들어, 2개 이상의 모세관이 홀 1개를 관통하는 것일 수 있다.
- [0091] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치에서, 상기 덮개부는 상기 모세관 설치부에 결합되어 챔버를 형성하거나, 결합되지 않은 상태로 존재할 수 있다.
- [0092] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치에서,
- [0093] 상기 덮개부가 상기 모세관 설치부와 결합되어 챔버를 형성한 상태일 때,
- [0094] 상기 복수의 모세관 각각의 제1단부는 상기 챔버의 내부에 마련되고, 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부는 상기 챔버의 외부에 마련된다.
- [0095] 일 구현예에서, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0096] 복수의 모세관;
- [0097] 상기 복수의 모세관이 관통하여 고정되는 홀을 포함하는 모세관 설치부;
- [0098] 상기 모세관 설치부에 결합 가능하도록 마련되고, 상기 모세관 설치부와 결합되어 챔버를 형성하는 덮개부; 및
- [0099] 상기 챔버의 내부에 가스를 주입하는 가스 주입부;를 포함하고,
- [0100] 상기 복수의 모세관 각각의 제1 단부는 상기 챔버의 내부에 마련되고, 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부는 상기 챔버의 외부에 마련된다.
- [0101] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치에서,
- [0102] 상기 덮개부는 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부가 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉된 후에 상기 모세관 설치부와 결합되어 챔버를 형성하고,
- [0103] 상기 가스 주입부는 상기 챔버 내부에 가스를 주입함으로써 상기 복수의 모세관 각각의 제2 단부를 통해 기관으로 나노입자 단층막을 전사하는 것일 수 있다.
- [0104] 일 구현예에서, 상기 덮개부가 상기 모세관 설치부에 결합되어 챔버를 형성하고 상기 가스 주입부가 상기 챔버 내부에 가스를 주입함으로써, 상기 복수의 모세관에 동일하게 압력을 가할 수 있다. 도 2는 상기 덮개부가 상기 모세관 설치부에 결합되어 챔버가 형성된 상태의 형태를 예시적으로 도시한 것으로, 챔버가 형성된 상태에서 챔버 내부로의 가스 주입을 통해 복수의 모세관에 압력을 균등하게 인가할 수 있다.
- [0105] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0106] 상기 모세관 설치부 및 상기 덮개부를 이동시키는 구동부;를 더 포함하고,
- [0107] 상기 구동부는,
- [0108] 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부가 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되도록 상기 모세관 설치부를 이동시킨 후에,
- [0109] 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제2 단부가 상기 제1 단부보다 중력 방향에 배치되도록 상기 모세관 설치부를 이동시키고, 상기 모세관 설치부에 상기 덮개부가 결합되도록 상기 덮개부를 이동시키는 것일 수 있다.
- [0110] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0111] 기관; 및
- [0112] 상기 기관을 상승 또는 하강시키는 구동부;를 더 포함하고,

- [0113] 상기 구동부는,
- [0114] 상기 가스 주입부가 가스 주입을 완료하면, 상기 기관이 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제2 단부와 접촉하도록 상기 기관을 상승시키고, 소정의 시간이 경과하면 상기 기관을 하강시키는 것일 수 있다.
- [0115] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0116] 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부를 통해 나노입자 단층막을 포함하는 용액으로부터 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하고, 복수의 모세관 각각의 상기 제2 단부를 통해 분리된 나노입자 단층막을 기관으로 전사하는 것일 수 있다.
- [0117] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0118] 상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액을 포함하는, 나노입자 단층막 형성부;를 더 포함할 수 있다.
- [0119] 일 구현예에서, 나노입자 단층막 형성부에 포함된 나노입자 단층막을 포함하는 용액은 상용화된 것일 수 있고, 자체적으로 제조된 것일 수 있다.
- [0120] 일 구현예에서, 나노입자 단층막 형성부는 나노입자 단층막을 포함하는 용액을 제조할 수 있다. 일 구현예에서, 나노입자 단층막 형성부는 나노입자 단층막을 제조할 수 있다.
- [0121] 일 구현예에서, 상기 가스 주입부는 상기 덮개부에 형성된 홀을 통해 상기 챔버 내부로 가스를 주입하는 것일 수 있다.
- [0122] 일 구현예에서, 상기 가스 주입부는 상기 덮개부에 형성된 홀에 연결되어, 상기 홀을 통해 상기 챔버 내부로 가스를 주입하는 것일 수 있다.
- [0123] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는, 상기 챔버 내부의 압력이 소정의 압력에 도달하면 가스의 주입을 중단하도록 상기 가스 주입부를 제어하는 제어부;를 더 포함할 수 있다. 이 때 상기 소정의 압력은, 100 Pa, 95 Pa, 90 Pa, 80 Pa, 또는 75 Pa일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0124] 일 구현예에서, 가스 주입부를 통해 질소 가스를 주입할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0125] 일 구현예에서, 가스 주입부를 통해 주입되는 가스의 용량에 따라 모세관에 가해지는 압력을 조절할 수 있다.
- [0126] 덮개부와 모세관 설치부의 결합 후 가스 주입부를 통해 가스를 주입함으로써 복수의 모세관에 동일한 압력을 인가할 수 있다. 이 때, 가스 주입부를 통해 주입되는 가스의 용량에 따라 압력을 조절할 수 있다.
- [0128] 또한, 다른 구현예에서, 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0129] i) 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되어 상기 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 복수의 모세관; 및
- [0130] ii) 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 가하여, 기관으로 나노입자 단층막을 전사시키는 가압장치;를 포함할 수 있다.
- [0131] 여기서 가압장치는 전술한 가스 주입부일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0132] 모세관, 복수의 모세관, 나노입자 단층막을 포함하는 용액, 나노입자에 대해서는 전술한 바와 동일하여 구체적인 설명은 생략한다.
- [0133] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치에서,
- [0134] 상기 ii)의 가압장치는, 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 동시에 인가하여, 기관으로 나노입자 단층막을 전사시키는 것일 수 있다.
- [0135] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치에서, 상기 복수의 모세관 각각의 제1 단부가 상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되어 상기 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 것일 수 있다.
- [0136] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0137] i) 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되어 상기 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 복수의 모세

관; 및

- [0138] ii) 상기 복수의 모세관 각각에 동일한 압력을 가하여, 기관으로 나노입자 단층막을 전사시키는 가압장치;를 포함하고,
- [0139] 상기 복수의 모세관 각각의 제1단부가 상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되어 상기 나노입자 단층막의 적어도 일부를 분리하는 것일 수 있다.
- [0140] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0141] 상기 복수의 모세관을 이동시키는 구동부;를 더 포함하고,
- [0142] 상기 구동부는,
- [0143] 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부가 상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액에 접촉되도록 상기 복수의 모세관을 이동시킨 후에,
- [0144] 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부가 상기 제1 단부보다 중력 방향에 배치되도록 상기 복수의 모세관을 이동시키는 것일 수 있다.
- [0145] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0146] 기관; 및
- [0147] 상기 기관을 상승 또는 하강시키는 구동부;를 더 포함하고,
- [0148] 상기 구동부는,
- [0149] 상기 기관이 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부와 접촉하도록 상기 기관을 상승시키고, 상기 기관에 소정의 압력이 가해지면 상기 기관을 하강시키는 것일 수 있다.
- [0150] 일 구현예에서, 상기 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치는,
- [0151] 상기 나노입자 단층막을 포함하는 용액을 포함하는, 나노입자 단층막 형성부;를 더 포함할 수 있다.
- [0152] 일 구현예에서, 나노입자 단층막 형성부에 포함된 나노입자 단층막을 포함하는 용액은 상용화된 것일 수 있고, 자체적으로 제조된 것일 수 있다.
- [0153] 일 구현예에서, 나노입자 단층막 형성부는 나노입자 단층막을 포함하는 용액을 제조하는 기능을 할 수 있다.

[0155] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명하기 위해 실시예를 들어 상세하게 설명하기로 한다. 아래 실시예는 본 발명에 대한 이해를 돕기 위해 예시의 목적으로만 제공된 것일 뿐 본 발명의 범주 및 범위가 그에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0157] **[실시예]**

[0158] **1. 다중 채널 모세관을 이용한 다중 나노입자 단층막 패턴 제조**

[0159] **(1) 나노입자 단층막의 형성**

[0160] 4.5 mL 금 나노입자 콜로이드 용액 위에 3 mL의 헥산을 올려 물과 오일 계면을 형성하였다. 그 후 콜로이드 용액에 4.5 mL 에탄올을 주입하여 물과 오일 계면에 금 나노입자 단층막을 자가배열시켰다 (도 1에서 빨간색 입자 참조). 이 후, 헥산을 증발시켜 액체(물)와 기체(공기)의 계면에 금 나노입자 단층막이 남아 있도록 하였다 (도 1의 왼쪽 그림). 본 실험에서 금 나노입자는 평균 입자크기가 30nm인 금 나노입자를 사용하였다.

[0162] **(2) 복수의 모세관을 이용하여 나노입자 단층막을 분리한 후 기관으로 전사**

[0163] 여러 개의 모세관(모세관의 제1 단부)을 금 나노입자 단층막에 동시에 접촉시켜, 금 나노입자 단층막을 각 모세관 내부로 분리하였다. 모세관을 계면으로부터 떨어뜨리고 뒤집은 후, 상기 여러 개의 모세관(모세관의 제2 단부)를 한번에 기관에 접촉시켜, 기관으로 금 나노입자 단층막을 전사하였다. 이 때, 기관과 접촉하는 부분과 반

대쪽(모세관의 제1 단부)에 나노입자 단층막 패턴을 제조하는 장치를 이용하여 약 74 Pa의 압력을 균등하게 인가함으로써, 여러 개의 금 나노입자 단층막을 동시에 기판(Si, 유리, quartz, PDMS 등)으로 전사할 수 있었다. 이후, 금 나노입자 단층막이 전사된 기판을 물로 세척해준 뒤 금 나노입자 단층막이 전사된 기판에 질소를 분사시켜 금 나노입자 단층막이 전사된 기판에 남아있는 용액을 제거함으로써, 기판 위에 금 나노입자 단층막만 남도록 하였다 (도 1의 오른쪽 그림). 위에 개시된 나노입자 단층막 패턴은 아래 2(1)의 장치와 2(2)1)의 나노입자 단층막 전사 방법을 적용하여 제조한 것이다.

2. 나노입자 단층막 패턴의 제조를 위한 장치를 이용한 다중 나노입자 단층막 패턴 제조

(1) 나노입자 단층막 패턴의 제조를 위한 장치 제작

다중 채널 모세관을 구성하는 각 모세관에 압력을 균등하게 인가하기 위한 장치를 제조하였다.

상기 장치는 복수의 모세관; 복수의 모세관이 관통하여 고정되는 홀을 포함하는 모세관 설치부; 모세관 설치부에 결합 가능하며, 모세관 설치부와 결합되어 챔버를 형성하는 덮개부; 상기 챔버가 형성되면 챔버 내부에 가스를 주입하는 가스 주입부;를 포함한다. 상기 장치는 챔버가 형성되는 때에 상기 복수의 모세관 각각의 제1 단부는 상기 챔버의 내부에 배치되고, 상기 복수의 모세관 각각의 상기 제1 단부와 반대의 제2 단부는 상기 챔버의 외부에 배치된다.

구체적으로, 모세관 설치부와 덮개부가 결합되어 챔버가 형성된 후, 가스 주입부를 통해 챔버 내부로 질소 가스를 주입하여 여러 개의 모세관에 압력을 균등하게 인가할 수 있었다. 가스 주입부를 통해 주입되는 질소 가스의 주입 용량에 따라 압력을 조절할 수 있었다.

도 2에 나타난 형태는 본 명세서의 일 측면에 따른 장치가 작동하는 과정 중에 나타날 수 있는 일 형태로서, 여러 개의 모세관에 압력을 균등하게 인가할 수 있는 형태를 나타낸 모식도이다. 도 3은 일 측면에 따른 장치를 이용하여 여러 개의 금 나노입자 단층막을 전사하는 과정에 대하나 모식도이다.

(2) 나노입자 단층막 패턴의 제조를 위한 장치를 이용하여 나노입자 단층막을 기판으로 전사

1) 장치를 이용한 나노입자 단층막 전사 방법

위 (1)의 장치를 이용하여 나노입자 단층막을 기판으로 전사하였다.

구체적으로, 모세관 설치부에 고정된 복수의 모세관을 물/공기 계면에 형성된 금 나노입자 단층막에 동시에 접촉시켜, 금 나노입자 단층막을 각 모세관 내부로 분리하였다. 모세관 설치부를 뒤집은 후, 모세관 설치부에 덮개부를 결합시켜 챔버를 형성하였다. 가스 주입부를 통해 챔버 내부에 질소 가스를 주입하였다. 가스 주입부를 통해 주입되는 질소 가스의 유량 조절을 통해 모세관에 인가되는 압력을 조절한 후, 기판에 금 나노입자 단층막을 전사하였다. 단층막을 전사한 기판을 물로 세척해준 뒤 기판에 질소를 분사시켜 남아있는 용액을 제거하여 기판 위에 금 나노입자 단층막만 남도록 하였다 (도 3 참조). 본 실험에서 금 나노입자는 평균 입자크기가 30nm 인 금 나노입자를 사용하였다.

2) 인가되는 압력에 따른 효과 차이 확인

다중 채널 모세관에 가해지는 압력에 따른 전사 효과를 확인하였다. 위 2.(2).1)과 동일한 방법으로 위 2.(1)의 장치를 이용하여 나노입자 단층막을 기판으로 전사하였다. 구체적으로, 질소 가스를 1분동안 주입하였으며, 가스를 주입할 때의 유량에 따라 복수의 모세관에 인가되는 압력을 0 Pa~300 Pa로 조절하였다.

다중 채널 모세관에 동일한 압력이 가해지지 않은 경우, 다중 채널 모세관을 구성하는 모든 모세관으로부터 금 나노입자 단층막이 효과적으로 전사되지 않았다 (도 4의 위쪽 참조). 장치의 챔버 내로 약 74 Pa의 압력이 인가되었을 때, 복수 개의 금 나노입자 단층막의 손상이나 손실없이 전체적으로 기판에 전사되었다. 장치의 챔버 내로 약 300 Pa의 압력이 인가되었을 때, 모세관 내의 금 나노입자 단층막이 유지되지 않고 파쇄되었다 (도 4의 아래쪽 참조).

[0181] **3. 다중 채널 모세관의 간격 조절에 따른 나노입자 단층막 패턴 전사 효과 확인**

[0182] **(1) 나노입자 단층막 패턴의 전사효과 확인**

[0183] 2중 채널 모세관(2개의 모세관으로 이루어짐)을 구성하는 모세관 사이 간격을 달리하여 나노입자 단층막 패턴 전사 효과를 확인하였다.

[0184] 모세관 간격 제어용 막대를 각 모세관 사이에 결합시켜 모세관의 간격을 조절하였다. 도 5는 2중 채널 모세관을 기준으로 (1) 모세관 간격 제어용 막대를 포함하지 않거나, (2) 모세관의 직경(c)과 같은 직경을 갖는 모세관 간격 제어용 막대(s)를 포함하거나, (3) 모세관의 직경(c) 보다 큰 직경을 갖는 모세관 간격 제어용 막대(s)를 활용하여, 모세관의 간격을 조절할 수 있음을 보여준다. 모세관 간격을 조절하기 위해서, 0 mm에서 수 센치미터의 직경을 가지는 유리 막대(: 모세관 간격 제어용 막대의 예시)를 이용하여 간격을 조절할 수 있다.

[0185] 도 6은 2중 채널 모세관의 간격을 조절한 후 (1.7 mm, 2.8 mm, 3.2 mm, 3.4 mm), 약 74 Pa의 압력 하에서 나노입자 단층막의 패턴을 전사한 결과를 나타낸다. 나노입자 단층막의 패턴 전사 방법은 위 2.(2).1과 동일한 방법으로 수행하였다.

[0186] **(2) 나노입자 단층막 패턴의 균일도 확인**

[0187] 다중 채널 모세관으로부터 전사된 나노입자 단층막 패턴에 포함된 각각의 나노입자 단층막의 표면 균일도를 확인하였다.

[0188] 먼저, 주사전자 현미경을 이용하여 패턴에 포함된 각각의 나노입자 단층막의 배열을 확인하였다. 도 7은 모세관 사이 간격이 있는 2중 채널 모세관에 균등한 압력을 동시에 인가하여 전사된 나노입자 단층막 2개 각각의 나노입자 배열을 보여주는 주사전자현미경 이미지이다.

[0189] 추가로, 각 모세관으로부터 형성된 금 나노입자 단층막의 구조적 형태가 유사한 경우 각 단층막에 대한 라만 신호 세기가 비슷할 것으로 예상하고, 표면증강라만산란법을 이용하여 패턴에 포함된 각각의 나노입자 단층막의 rhodamine 6G (R6G)를 검출하였다. 구체적으로, 2중 채널 모세관으로부터 형성된 각각의 단층막에 대한 라만 신호 세기를 단일 채널 모세관으로 형성된 하나의 단층막에서 얻은 라만 신호 세기와 비교하였다. 2중 채널 모세관으로부터 형성된 각각의 단층막의 라만 신호 세기가 유사하였다 (각 단층막의 라만 신호 세기의 상대표준편차 약 6.7%). 도 8은 나노입자 단층막 패턴을 형성하는 각 금 나노입자 단층막의 rhodamine 6G (R6G) 검출 결과이다.

[0191] **4. 다중 채널 모세관의 개수 조절에 따른 나노입자 단층막 패턴 전사 효과 확인**

[0192] 모세관 1개, 2개, 3개, 4개, 및 7개로 구성된 다중 채널 모세관을 이용하여 약 74 Pa의 균등한 압력 인가 하에서 장치를 이용하여 금 나노입자(평균 입자크기 30nm) 단층막을 기판에 전사하였다. 그 후 전사된 금 나노입자 단층막에 대한 표면 균일도를 평가하였다. 나노입자 단층막의 패턴 전사 방법은 위 2.(2).1과 동일한 방법으로 수행하였다.

[0193] 도 9는 다중 채널 모세관의 모세관 수를 다양하게 변형하여(모세관 3개, 모세관 4개, 모세관 7개), 나노입자 단층막의 패턴을 전사한 결과를 나타낸다. 다중 채널 모세관을 구성하는 모세관의 개수를 7개까지 증가시킨 경우에도 나노입자 단층막 패턴이 잘 형성되는 것을 확인하였다 (도 9 참조).

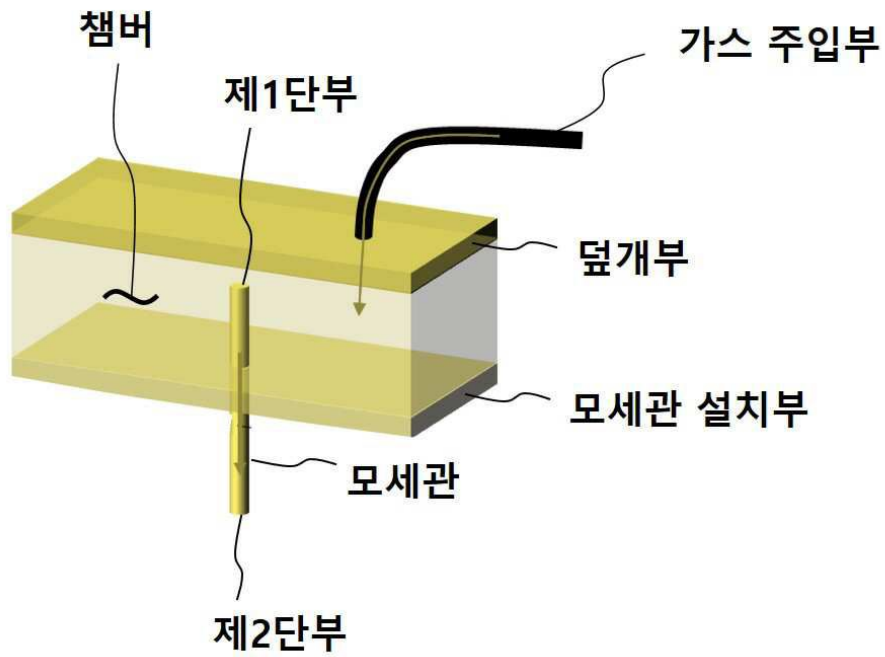
[0194] 도 10은 다중 채널 모세관에 균등한 압력을 동시에 인가하여 전사된 금 나노입자 단층막의 표면 균일도를 나타낸다. 각 단층막의 표면 균일도를 평가하기 위해서 주사전자현미경 이미지를 기반으로 단위 면적당 입자가 차지하는 비율인 surface coverage를 계산하였다. 도 10의 사진 중 1-7(도 10의 그래프에서 7 ea의 substrate 1-7에 대응됨)은 7중 채널 모세관(도 10에서 7ea로 표시됨)에 균등한 압력을 동시에 인가하여 전사된 금 나노입자 단층막 7개 각각의 나노입자 배열을 보여주는 주사전자현미경 이미지이다. 전사된 복수의 나노입자 단층막 각각의 주사전자현미경 이미지를 통해서 나노입자가 균일하게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있었다 (도 10 참조). 또한, 주사전자현미경 이미지를 기반으로 계산된 surface coverage(%)를 통해서도 나노입자 단층막 패턴에 포함된 각각의 나노입자 단층막은 균일도에 있어서 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다 (도 10의 그래프 참조).

도면

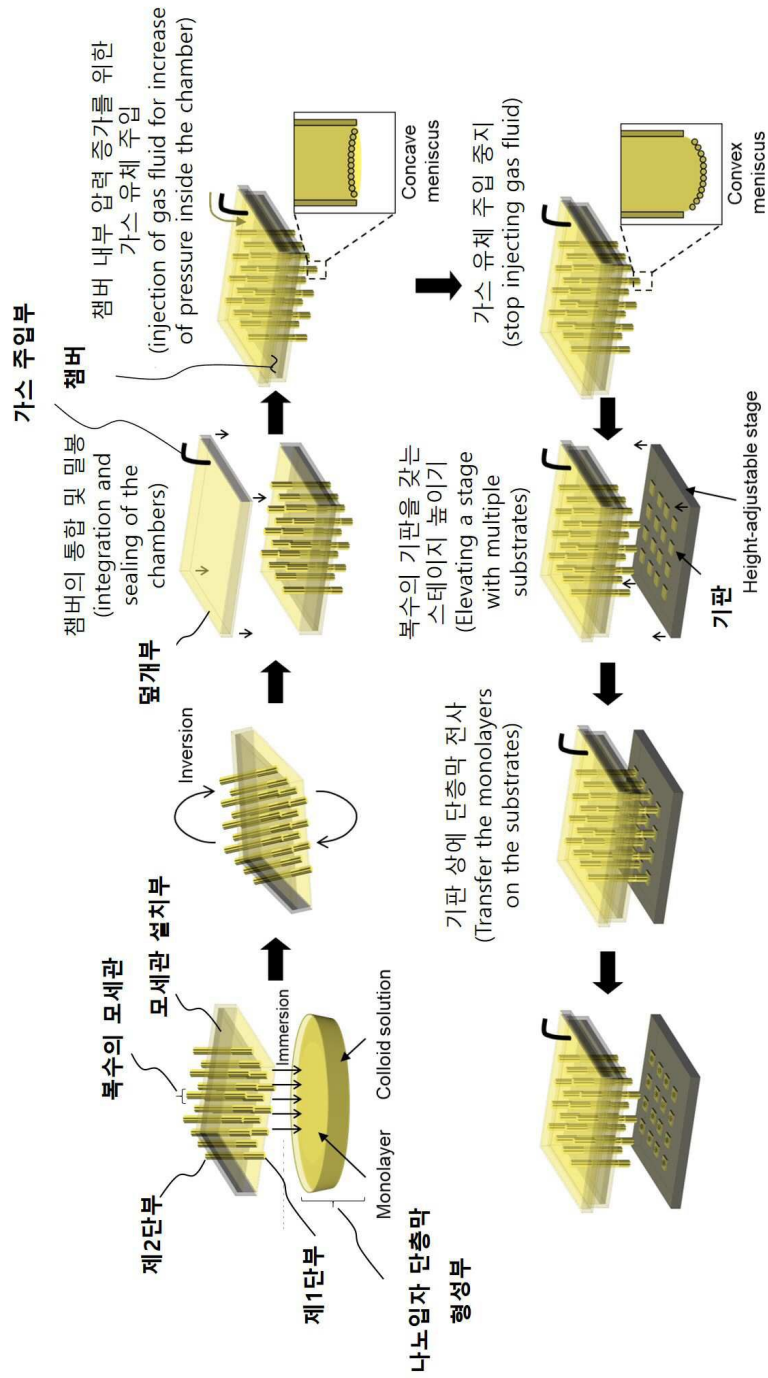
도면1



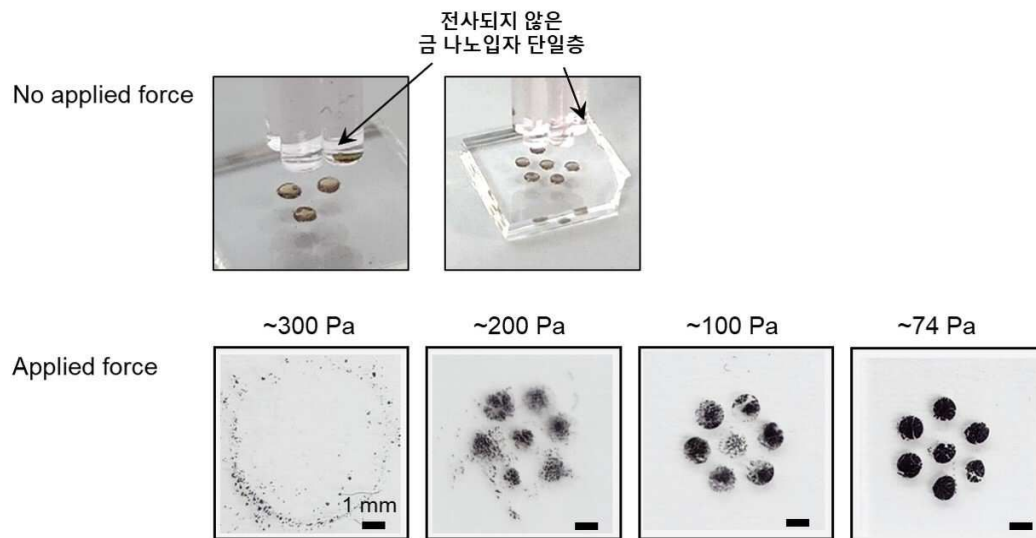
도면2



도면3



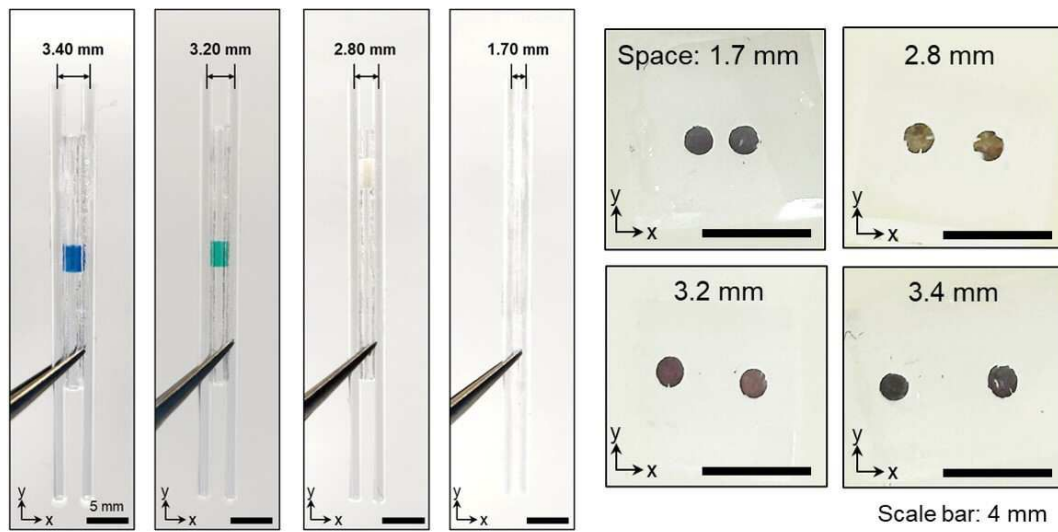
도면4



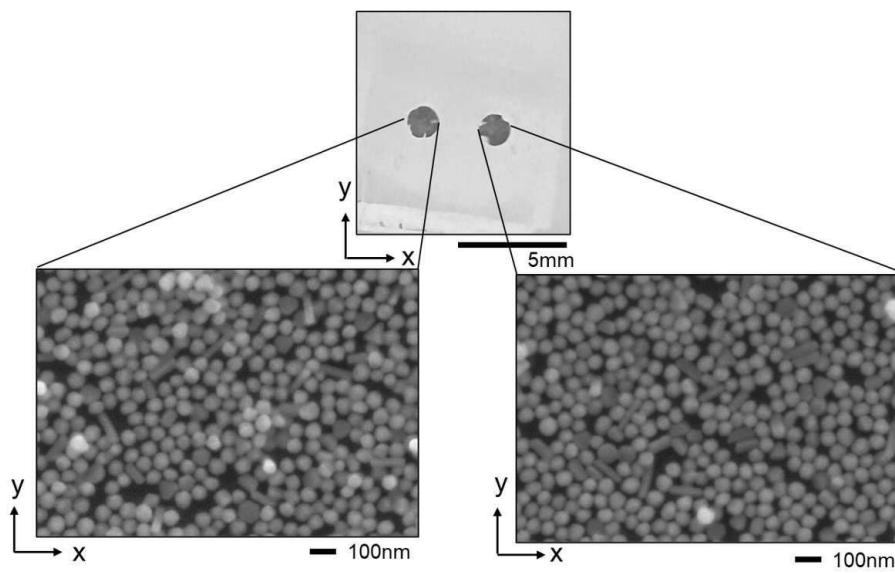
도면5



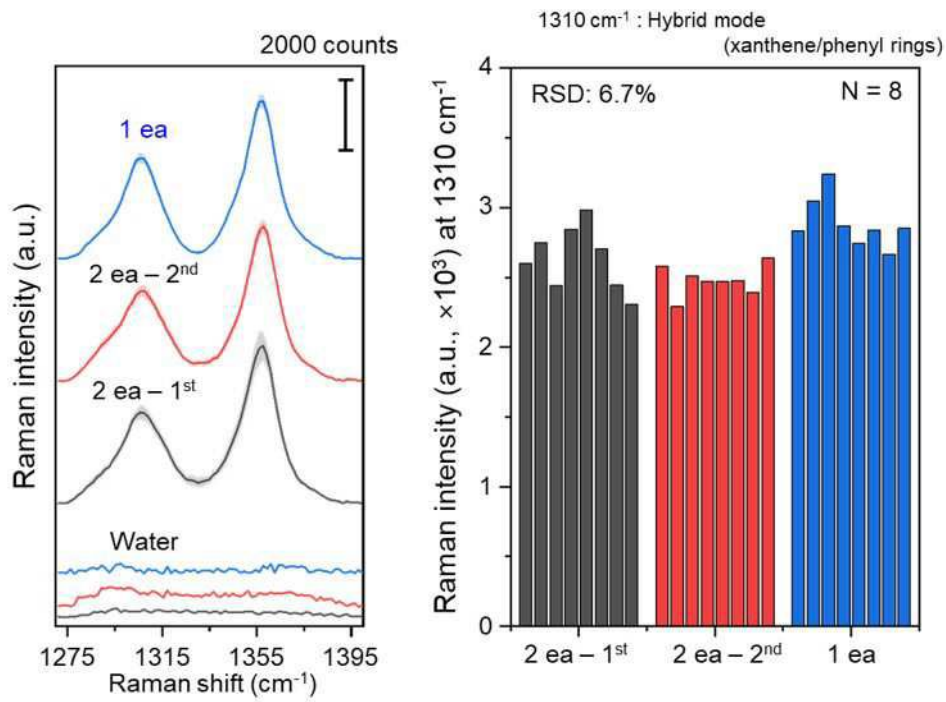
도면6



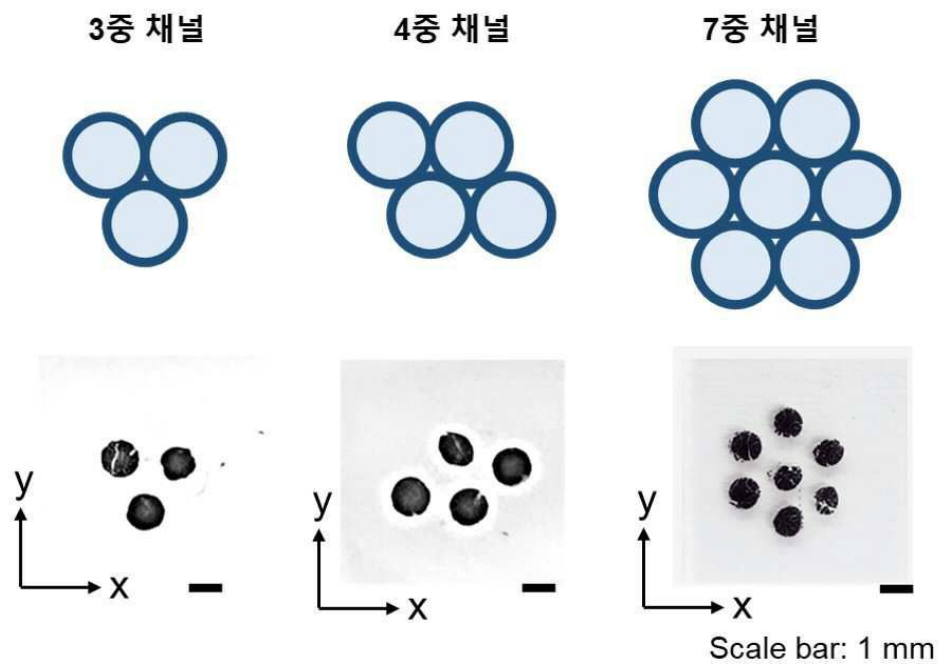
도면7



도면8



도면9



도면10

