



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0008186
(43) 공개일자 2018년01월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 3/00 (2017.01) B82Y 10/00 (2017.01)
B82Y 15/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B82B 3/0004 (2013.01)
B82B 3/0038 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0090171
(22) 출원일자 2016년07월15일
심사청구일자 2016년07월15일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
손기현
서울특별시 송파구 올림픽로35길 104, 2동 605호
(신천동, 장미아파트)
황호찬
서울특별시 마포구 백범로37길 12, 110동 1501호
(신공덕동, 신공덕1차삼성래미안아파트)
(74) 대리인
서현, 민복기

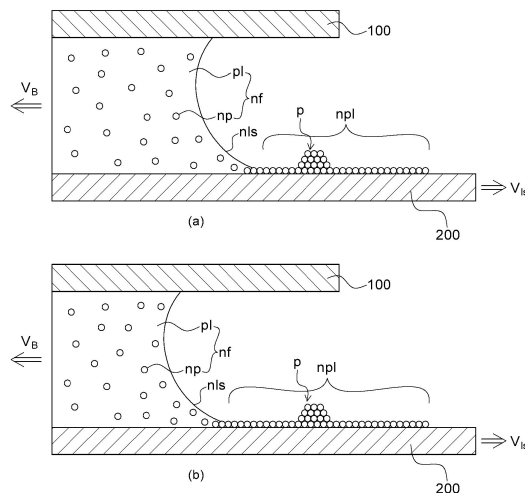
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 나노 입자층 형성장치 및 나노 입자층 형성방법

(57) 요약

본 발명은 나노입자가 혼입된 나노유체를 이용하여, 고정된 상부기관과 이동되는 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 유량을 조절하는 방법으로 정밀한 나노 입자층 형성이 가능한 나노 입자층 형성장치 및 이를 이용한 나노 입자층 형성방법에 관한 것이다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

B82Y 10/00 (2013.01)

B82Y 15/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711029971

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 (재)한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 미세다상역학과 증발자기조립 기반의 설계 가능한 패턴 제작공정 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교

연구기간 2015.12.01 ~ 2016.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

이송되는 기관 상에 두께가 가변 가능한 나노 입자층을 형성하기 위한 나노 입자층 형성장치에 있어서,
고정된 위치에서 수평하게 배치되는 상부기관;

상기 상부기관과 미리 결정된 간격 이격되어 평행하게 배치되며, 미리 결정된 속도로 일방향으로 이송되는 하부기관 사이의 수용공간으로 나노입자가 혼입된 나노유체를 공급하는 나노유체 공급장치;를 포함하며,

상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용되는 나노유체의 상기 일방향 수평방향 속도를 증가시킨 후 감소시키는 과정을 반복하며 상기 하부기관 상면에 두께가 가변 가능한 나노 입자층을 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 상기 일방향 액면의 속도를 단계적으로 감소시키는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 상기 일방향 액면의 속도가 음의 속도가 되도록 감소시키는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 상기 일방향 액면의 속도가 미리 결정된 제1 시간 동안 제1 속도($0 < \text{제1 속도}$)로 유지된 후 감속되어 미리 결정된 제2 시간 동안 제2 속도($0 < \text{제2 속도} < \text{제1 속도}$)가 되도록 유지한 후 감속되어 미리 결정된 제3 시간 동안 제3 속도($\text{제3 속도} < 0$)가 되도록 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 유량을 제어하는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 하부기관은 제2 속도로 등속 이송되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 나노유체의 액면이 제3 속도로 상기 일방향 반대방향으로 후퇴하는 동안 상기 하부기관 상면에 단층 나노 입자층이 형성되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 나노유체의 액면이 제1 속도로 상기 일방향으로 전진하기 시작하면 단층 나노 입자층 상부에 돌출부의 형성이 시작되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 나노유체의 액면이 미리 결정된 제1 시간 동안 제1 속도로 상기 일방향으로 전진한 후 감속되어 미리 결정된 제2 시간 동안 제2 속도로 상기 일방향으로 전진이 종료되는 시점에서 돌출부의 두께가 최대가 된 후 제3 속도로 액면이 후퇴하기 시작하며 상기 돌출부가 단층 나노 입자층이 될 때까지 감소되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 돌출부는 상기 일방향과 수직한 방향으로 미리 결정된 간격으로 형성되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 10

제4항에 있어서,

상기 제1 속도는 25 mm/s 내지 35 mm/s 이며, 상기 제2 속도는 5 mm/s 내지 15 mm/s 이며, 상기 제3 속도는 -25 mm/s 내지 15 mm/s 인 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 11

제4항에 있어서,

상기 미리 결정된 제1 시간은 1.0m 내지 1.25ms 인 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 미리 결정된 제3 속도 또는 상기 미리 결정된 제3 시간은 상기 돌출부의 간격과 비례하는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 돌출부의 간격은 미리 결정된 제3 시간 $\times$ 상기 제3 속도의 관계를 갖는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 상부기관과 상기 하부기관의 이격거리는 80 μ m 내지 120 μ m인 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 하부기관은 8 mm/s 내지 12 mm/s으로 상기 일방향으로 이송되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 상부기관 및 상기 나노유체의 온도는 20℃ 내지 30℃로 유지되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 하부기판의 온도는 60℃ 내지 80℃로 유지되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 상부기판 및 상기 하부기판 사이에 수용된 나노유체와 상기 상부기판이 형성하는 접촉각은 50° 내지 70° 인 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 상부기판 및 상기 하부기판 사이에 수용된 나노유체와 상기 하부기판이 형성하는 접촉각은 0° 내지 10° 인 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 20

제1항에 있어서,

상기 나노유체는 초순수에 나노입자를 혼합시켜 구성하는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 나노유체 중 상기 나노입자의 부피율은 $1 / 10^{-5}$ 내지 $1 / 10^{-3}$ 범위이며, 상기 나노입자의 확산 계수는 $3 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 내지 $7 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 인 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 나노입자의 직경은 1 나노미터(nm) 내지 20 나노미터(nm)인 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 23

제20항에 있어서,

상기 나노유체의 나노입자는 금(Au), 은(Ag), 산화알루미늄(Al_2O_3), 실리카(SiO_2) 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치.

청구항 24

이송되는 기판 상에 두께가 가변 가능한 나노 입자층을 형성하기 위한 나노 입자층 형성방법에 있어서,

고정된 위치에서 수평하게 배치되는 상부기판과 상기 상부기판과 미리 결정된 간격 이격되어 평행하게 배치되며, 미리 결정된 속도로 일방향으로 이송되는 하부기판 사이에 나노유체를 주입한 상태에서 나노유체의 주입량을 증가하는 과정과 감소시키는 과정을 반복하여 하부기판 상에 두께가 가변 가능한 나노 입자층을 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

나노유체의 주입량을 증가시키는 과정은 나노유체의 액면의 상기 일방향 속도가 제1 속도로 미리 결정된 제1 시간 유지한 후 나노유체의 액면의 상기 일방향 속도를 감속시켜 제2 속도($0 < \text{제2 속도} < \text{제1 속도}$)로 미리 결정된 제2 시간 유지되도록 수행하는 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성방법.

청구항 26

제24항에 있어서,

나노유체의 주입량을 감소시키는 과정은 나노유체의 액면의 상기 일방향 속도를 감속시켜 제2 속도($0 < \text{제2 속도} < \text{제1 속도}$)로 미리 결정된 제2 시간 유지되도록 수행한 후 나노유체의 액면의 일방향 속도가 제3 속도($\text{제3 속도} < 0$)로 미리 결정된 제3 시간 동안 유지되도록 수행되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성방법.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 나노유체의 주입량을 증가시키는 과정과 나노유체의 주입량을 감소시키는 과정은 반복되며, 상기 나노유체의 주입량을 증가시키는 과정에 의하여 나노 입자 복수 층으로 적층되는 돌출부가 하부기관의 이송방향과 수직 한 방향으로 이격되어 형성되는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 나노 입자층 형성장치 및 이를 이용한 나노 입자층 형성방법에 관한 것이다. 보다 상세하게, 본 발명은 나노입자가 혼입된 나노유체를 이용하여, 고정된 상부기관과 이송되는 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 유량을 조절하는 방법으로 정밀한 나노 입자층 형성이 가능한 나노 입자층 형성장치 및 이를 이용한 나노 입자층 형성방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 화학 및 생물학적 센서와 데이터 저장기술 등에 미세입자를 이용한 라인나노 입자층 형성기술이 적용됨에 따라 미세한 입자, 예를 들면 나노입자를 이용하여 나노 입자층 또는 나노 입자층을 정밀하게 형성(또는 증착)하는 기술이 필수적이며 이를 위한 다양한 방법이 제시되고 있다.

[0003] 기존의 나노 입자층 형성 방법은 특정 나노 입자층의 증착 대상 기관을 나노유체 용액 속에 침지한 후 코팅하는 딥코팅 공정(Deep Coating Process)이나 기관을 회전시키는 방법으로 코팅하는 스핀코팅 공정(Spin Coating Process) 등을 이용하여 기관 상에 특정 형태의 나노 입자층이 증착되도록 한다. 그러나 전술한 공정들은 나노 입자 단위의 증착물질로 미세하게 나노 입자층을 형성하는 것은 불가능하다.

[0004] 특히, 통상적인 증착 또는 나노 입자층 형성 방법으로는 나노 단위의 입자들을 평면적으로 단층으로 배열하여 기관 전체를 코팅하는 형태의 나노 입자층을 형성하거나, 특정 영역에 복수 층으로 나노입자가 적층된 돌출부 형태의 나노 입자층 등을 형성하는 방법은 불가능했다.

[0005] 이러한 나노입자를 사용한 나노 입자층 형성방법에 대한 학문적 또는 산업적 요구가 증대되고 있으나, 특히 나노유체의 유량을 조절하는 방법으로 일방향으로 이송되는 기관 상에 그 두께의 조절이 가능한 나노 입자층을 형성하는 방법은 아직 소개된 바가 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 나노입자가 혼입된 나노유체를 이용하여, 고정된 상부기관과 이송되는 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 유량을 조절하는 방법으로 정밀한 나노 입자층 형성이 가능한 나노 입자층 형성장치 및 이를 이용한 나노 입자층 형성방법을 제공하는 것을 해결하고자 하는 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 이송되는 기관 상에 두께가 가변 가능한 나노 입자층을 형성하기 위한 나노 입자층 형성장치에 있어서, 고정된 위치에서 수평하게 배치되는 상부기관, 상기 상부기관과 미리 결정된 간격 이격되어 평행하게 배치되며, 미리 결정된 속도로 일방향으로 이송되는 하부기관 사이의 수용공간으로 나노입자가 혼입된 나노유체를 공급하는 나노유체 공급장치를 포함하며, 상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관

및 상기 하부기관 사이에 수용되는 나노유체의 상기 일방향 수평방향 속도를 증가시킨 후 감소시키는 과정을 반복하며 상기 하부기관 상면에 두께가 가변 가능한 나노 입자층을 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치를 제공할 수 있다.

- [0008] 또한, 상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 상기 일방향 액면의 속도를 단계적으로 감소시킬 수 있다.
- [0009] 이 경우, 상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 상기 일방향 액면의 속도가 음의 속도가 되도록 감소시킬 수 있다.
- [0010] 그리고, 상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 상기 일방향 액면의 속도가 미리 결정된 제1 시간 동안 제1 속도($0 < \text{제1 속도}$)로 유지된 후 감속되어 미리 결정된 제2 시간 동안 제2 속도($0 < \text{제2 속도} < \text{제1 속도}$)가 되도록 유지한 후 감속되어 미리 결정된 제3 시간 동안 제3 속도($\text{제3 속도} < 0$)가 되도록 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 유량을 제어할 수 있다.
- [0011] 여기서, 상기 하부기관은 제2 속도로 등속 이송될 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 나노유체의 액면이 제3 속도로 상기 일방향 반대방향으로 후퇴하는 동안 상기 하부기관 상면에 단층 나노 입자층이 형성될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 나노유체의 액면이 제1 속도로 상기 일방향으로 전진하기 시작하면 단층 나노 입자층 상부에 돌출부의 형성이 시작될 수 있다.
- [0014] 이 경우, 상기 나노유체의 액면이 미리 결정된 제1 시간 동안 제1 속도로 상기 일방향으로 전진한 후 감속되어 미리 결정된 제2 시간 동안 제2 속도로 상기 일방향으로 전진이 종료되는 시점에서 돌출부의 두께가 최대가 된 후 제3 속도로 액면이 후퇴하기 시작하며 상기 돌출부가 단층 나노 입자층이 될 때까지 감소될 수 있다.
- [0015] 그리고, 상기 돌출부는 상기 일방향과 수직한 방향으로 미리 결정된 간격으로 형성될 수 있다.
- [0016] 여기서, 상기 제1 속도는 25 mm/s 내지 35 mm/s 이며, 상기 제2 속도는 5 mm/s 내지 15 mm/s 이며, 상기 제3 속도는 -25 mm/s 내지 15 mm/s 일 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 미리 결정된 제1 시간은 1.0m 내지 1.25ms 일 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 미리 결정된 제2 시간 및 상기 미리 결정된 제3 시간은 상기 돌출부의 간격과 비례할 수 있다.
- [0019] 이 경우, 상기 돌출부의 간격은 미리 결정된 제3 시간 $\times$ 상기 제3 속도의 관계를 가질 수 있다.
- [0020] 그리고, 상기 상부기관과 상기 하부기관의 이격거리는 80 μm 내지 120 μm 일 수 있다.
- [0021] 여기서, 상기 하부기관은 8 mm/s 내지 12 mm/s로 상기 일방향으로 이송될 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 상부기관 및 상기 나노유체의 온도는 20℃ 내지 30℃로 유지될 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 하부기관의 온도는 60℃ 내지 80℃로 유지될 수 있다.
- [0024] 이 경우, 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체와 상기 상부기관이 형성하는 접촉각은 50° 내지 70° 일 수 있다.
- [0025] 그리고, 상기 상부기관 및 상기 하부기관 사이에 수용된 나노유체와 상기 하부기관이 형성하는 접촉각은 0° 내지 10° 일 수 있다.
- [0026] 여기서, 상기 나노유체는 초순수에 나노입자를 혼합시켜 구성할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 나노유체 중 상기 나노입자의 부피율은 $1 / 10^{-5}$ 내지 $1 / 10^{-3}$ 범위이며, 상기 나노입자의 확산 계수는 $3 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 내지 $7 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 일 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 나노입자의 직경은 1 나노미터(nm) 내지 20 나노미터(nm)일 수 있다.
- [0029] 이 경우, 기 나노유체의 나노입자는 금(Au), 은(Ag), 산화알루미늄(Al_2O_3), 실리카(SiO_2) 중 어느 하나일 수 있다.

[0030] 또한, 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 이송되는 기관 상에 두께가 가변 가능한 나노 입자층을 형성하기 위한 나노 입자층 형성방법에 있어서, 고정된 위치에서 수평하게 배치되는 상부기관과 상기 상부기관과 미리 결정된 간격 이격되어 평행하게 배치되며, 미리 결정된 속도로 일방향으로 이송되는 하부기관 사이에 나노유체를 주입한 상태에서 나노유체의 주입량을 증가하는 과정과 감소시키는 과정을 반복하여 하부기관 상에 두께가 가변 가능한 나노 입자층을 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성방법을 제공할 수 있다.

[0031] 이 경우, 나노유체의 주입량을 증가시키는 과정은 나노유체의 액면의 상기 일방향 속도가 제1 속도로 미리 결정된 제1 시간 유지한 후 나노유체의 액면의 상기 일방향 속도를 감속시켜 제2 속도($0 < \text{제2 속도} < \text{제1 속도}$)로 미리 결정된 제2 시간 유지되도록 수행하는 방법으로 수행될 수 있다.

[0032] 그리고, 나노유체의 주입량을 감소시키는 과정은 나노유체의 액면의 상기 일방향 속도를 감속시켜 제2 속도($0 < \text{제2 속도} < \text{제1 속도}$)로 미리 결정된 제2 시간 유지되도록 수행한 후 나노유체의 액면의 일방향 속도가 제3 속도($\text{제3 속도} < 0$)로 미리 결정된 제3 시간 동안 유지되도록 수행될 수 있다.

[0033] 상기 나노유체의 주입량을 증가시키는 과정과 나노유체의 주입량을 감소시키는 과정은 반복되며, 상기 나노유체의 주입량을 증가시키는 과정에 의하여 나노 입자 복수 층으로 적층되는 돌출부가 하부기관의 이송방향과 수직한 방향으로 이격되어 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0034] 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치 및 나노 입자층 형성방법에 의하면, 나노입자가 혼입된 나노유체를 이용하여 이송되는 하부기관 상에 정밀한 나노 입자층 형성이 가능하다.

[0035] 또한, 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치 및 나노 입자층 형성방법에 의하면, 나노입자가 혼입된 나노유체를 이용하여 이송되는 하부기관 상에 나노입자를 단층으로 배열한 나노 입자층을 형성할 수 있다.

[0036] 또한, 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치 및 나노 입자층 형성방법에 의하면, 고정된 상부기관 및 이송되는 하부기관 사이에 수용된 나노유체의 수용량을 조절하여, 나노 입자층의 두께 또는 나노 입자층 사이에 형성되는 돌출부의 간격 등을 다양하게 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 구성하는 상부기관과 하부기관 사이에 나노유체를 주입하는 과정을 도시한다.

도 2는 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 구성하는 상부기관과 하부기관 사이에 주입된 나노유체의 주입량을 감소시켜 하부기관에 단층 나노 입자층을 형성하는 과정을 도시한다.

도 3은 도 2는 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 구성하는 상부기관과 하부기관 사이에 주입된 나노유체의 주입량을 증가시켜 하부기관에 나노 입자층 사이에 나노입자가 복수 층으로 적층된 돌출부를 형성하는 과정을 도시한다.

도 4는 도 3에서 돌출부를 형성한 뒤 다시 하는 상부기관과 하부기관 사이에 주입된 나노유체의 주입량을 감소시켜 하부기관에 단층 나노 입자층을 형성하는 과정을 도시한다.

도 5는 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 구성하는 상부기관과 하부기관 사이에 주입된 나노유체의 하부기관 이송방향 액면의 속도와 시간의 관계를 도시하는 그래프를 도시한다.

도 6은 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 하부기관 상면에 형성된 나노 입자층의 두께의 프로파일을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명된 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록, 그리고 당업자에게 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조 번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0039] 도 1은 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치(1)를 구성하는 상부기관(100)과 하부기관(200) 사이에 나노유체

(nf)를 주입하는 과정을 도시한다.

- [0040] 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치 및 나노 입자층 형성방법은 평행하게 이격되어 배치되는 상부기관(100)과 하부기관(200) 사이에 나노유체(nf)를 주입하고, 하부기관(200)은 미리 결정된 방향과 속도(V_{ls})로 이송시키며, 주입된 나노유체(nf)의 유량을 조절하는 방법으로 하부기관(200)의 상면에 나노 입자층(np1)을 형성하는 장치와 방법에 관한 것이다.
- [0041] 구체적으로, 본 발명은 이송되는 하부기관 상에 두께(나노입자의 적층 층수에 따른 두께)가 가변 가능한 나노 입자층(np1)을 형성하기 위한 나노 입자층 형성장치에 있어서, 고정된 위치에서 수평하게 배치되는 상부기관(100), 상기 상부기관(100)과 미리 결정된 간격 이격되어 평행하게 배치되며, 미리 결정된 속도(V_{ls})로 일방향으로 이송되는 하부기관(200) 사이의 수용공간으로 나노입자가 혼입된 나노유체(nf)를 공급하는 나노유체 공급장치(미도시)를 포함하며, 상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용되는 나노유체(nf)의 상기 일방향 수평방향 속도를 증가시킨 후 감소시키는 과정을 반복하며 상기 하부기관(200) 상면에 두께가 가변 가능한 나노 입자층(np1)을 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 입자층 형성장치를 제공할 수 있다.
- [0042] 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200)은 이격된 상태일 수 있으며, 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200)의 이격거리(d)는 매니스커스 액면의 형성이 가능하도록 약 $80\mu\text{m}$ 내지 $120\mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0043] 따라서, 도 1(a)과 같이 상부기관(100)과 하부기관(200)을 평행하게 이격된 상태로 배치한 후 도 1(b)에 도시된 바와 같이 상부기관(100)과 하부기관(200) 사이로 나노유체(nf)를 주입된다.
- [0044] 여기서, 각각의 기관 사이에 주입되는 나노유체는 초순수 등의 순수유체(pl)에 나노입자(np)를 혼합시켜 구성할 수 있다. 나노유체(nf)의 나노입자(np)는 금(Au), 은(Ag), 산화알루미늄(Al_2O_3), 실리카(SiO_2) 등이 사용될 수 있으나, 나노 입자층(np1)의 용도 등에 따라 다양한 재료의 나노입자가 적용될 수 있다. 상기 순수유체(pl)로서 퓨어 워터 등이 사용될 수 있다.
- [0045] 또한, 상기 나노유체 중 상기 나노입자의 부피율은 $1 / 10^{-5}$ 내지 $1 / 10^{-3}$ 범위이며, 상기 나노입자의 확산 계수는 $3 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 내지 $7 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 일 수 있다. 또한, 상기 나노입자의 직경은 1 나노미터(nm) 내지 20 나노미터(nm)일 수 있다.
- [0046] 도 1에 도시된 본 발명의 실시예의 나노유체는 나노입자가 실리카(SiO_2)이며, 부피율은 $1 / 10^{-4}$, 확산계수는 $5 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 인 예가 사용되었다.
- [0047] 도 1(b)에 도시된 바와 같이, 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200) 사이에 나노유체가 주입되면, 나노유체(nf)의 경계부에 매니스커스 형태의 액면(nls)이 형성될 수 있다.
- [0048] 매니스커스(meniscus)란 모세관 내의 액체 표면이 모세관 현상으로 인하여 관벽을 따른 주위가 중앙부에 비해서 올라가거나 내려가서 곡면을 형성하는 것을 의미하는 것으로, 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치 경우에는 나노유체가 수용되는 상부기관(100)과 하부기관(200) 사이에 나노유체가 주입되면 각각의 기관과 나노유체(nf)의 접촉면의 마찰 등에 의하여 중심부가 주입방향으로 오목하게 함몰된 매니스커스 액면(nls)이 형성될 수 있다.
- [0049] 그리고, 하부기관(200)을 이송함과 동시에 주입된 나노유체(nf)의 유량을 조절하며 하부기관(200)의 상면에 나노 입자층(np1)을 형성하는 과정에서 매니스커스 액면(nls)의 경계영역에서 나노유체가 쉽게 증발하여 나노 입자층이 형성되도록 하기 위하여 상기 하부기관(200)의 온도는 60°C 내지 80°C 로 유지될 수 있으며, 주입되는 나노유체(nf)의 유동성을 보장하기 위하여, 상기 상부기관(100) 및 상기 나노유체(nf)의 온도는 20°C 내지 30°C 로 범위에서 유지되는 것이 바람직하다.
- [0050] 도 1에 도시된 실시예에서, 상기 하부기관(200)의 온도는 70°C 로 유지하고, 상기 상부기관(100) 및 상기 나노유체(nf)의 온도는 25°C 로 유지하였다.
- [0051] 따라서, 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치는 기관 가열장치(미도시) 또는 나노유체 가열장치(미도시)를 더 구비할 수 있다.

- [0052] 도 2는 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 구성하는 상부기관(100)과 하부기관(200) 사이에 주입된 나노유체(nf)의 주입량을 감소시켜 하부기관(200)에 단층 나노 입자층(np1)을 형성하는 과정을 도시한다.
- [0053] 본 발명은 이송되는 기관 상에 두께가 가변 가능한 나노 입자층(np1)을 형성하기 위한 나노 입자층 형성방법에 있어서, 고정된 위치에서 수평하게 배치되는 상부기관(100)과 상기 상부기관(100)과 미리 결정된 간격 이격되어 평행하게 배치되며, 미리 결정된 속도로 일방향으로 이송되는 하부기관(200) 사이에 나노유체(nf)를 주입한 상태에서 나노유체(nf)의 주입량을 증가하는 과정과 감소시키는 과정을 반복하여 하부기관(200) 상에 두께가 가변 가능한 나노 입자층(np1)을 형성하는 기술에 관한 것이다.
- [0054] 먼저 나노유체 주입량을 감소시켜 나노입자가 거의 단층으로 배치되는 나노 입자층(np1)을 형성하는 방법을 설명한다.
- [0055] 도 2(a)에 도시된 것과 같이, 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200) 사이에 나노유체(nf)의 주입이 완료된 상태에서, 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체(nf)의 유량을 감소시킴과 동시에 상기 하부기관(200)을 미리 결정된 속도(V_{1s})로 일방향(오른쪽 방향)으로 이송하기 시작하면, 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체와 하부기관(200)의 마찰력 등에 의하여 나노유체와 기관의 접촉각(θ)이 변경된다.
- [0056] 즉, 상기 하부기관(200)의 이송이 시작되기 전에는 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200)과 나노유체(nf)의 접촉각(θ)은 큰 차이가 없으나, 상기 하부기관(200)이 미리 결정된 속도로 일방향으로 이송이 시작된 후에는 하부기관(200)과 나노유체(nf)의 접촉각($\theta 2$)이 감소되어, 액면(nls) 단부 근방 내부에 존재하던 나노입자들이 집중(영역별 나노입자의 부피율 또는 농도가 급격하게 증가)되고 하부기관(200)이 이송됨에 따라 나노유체(nf)를 구성하는 순수유체(pl) 외부로 노출되어 나노 입자층(np1)을 형성할 수 있다.
- [0057] 이 경우, 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체와 상기 상부기관(100)이 형성하는 접촉각($\theta 1$)은 50° 내지 70° 일 수 있다.
- [0058] 그리고, 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체와 상기 하부기관(200)이 형성하는 접촉각($\theta 2$)은 0° 내지 10° 일 수 있다.
- [0059] 도 2에 도시된 실시예에서, 나노유체(nf)의 유량이 감소되는 과정에서 상기 하부기관(200)이 반대방향으로 미리 결정된 속도(V_{1s})로 이송되는 경우, 상기 상부기관(100)과 나노유체(nf)의 접촉각($\theta 1$)은 60° 이고, 상기 하부기관(200)과 나노유체(nf)의 접촉각($\theta 2$)은 3° 인 것으로 측정되었다. 상기 하부기관(200)과 나노유체(nf)의 접촉각($\theta 2$)이 작아지면, 액면 단부의 유체의 양이 감소되어 가열된 하부기관에서 증발성이 향상되어 나노 입자층이 쉽게 형성될 수 있다.
- [0060] 여기서, 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체(nf)의 유량을 감소시키는 방법은 매니스커스 액면(nls)이 상기 하부기관(200)의 이송방향과 반대방향으로 미리 결정된 속도로 이동하도록 수용된 나노유체(nf)를 펌핑하여 수용공간 외부로 빼내는 방법이 사용될 수 있다.
- [0061] 따라서, 도 2(b) 및 도 2(c)에 도시된 바와 같이, 상기 하부기관(200)을 미리 결정된 속도로 이송함과 동시에 액면(nls)이 반대방향으로 미리 결정된 속도로 이송되도록 나노유체(nf)의 유량을 조절하면 하부기관(200) 상면에 단층 나노 입자층이 형성될 수 있다.
- [0062] 여기서, 상기 하부기관(200)은 8 mm/s 내지 12 mm/s 정도의 속도로 상기 일방향으로 이송되는 것이 바람직하며, 도 2에 도시된 실시예에서 상기 하부기관(200)을 10 mm/s로 상기 일방향으로 이송하며 실험을 수행하였다.
- [0063] 도 3은 도 2는 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 구성하는 상부기관(100)과 하부기관(200) 사이에 주입된 나노유체(nf)의 주입량을 증가시켜 하부기관(200)에 나노 입자층 사이에 나노입자가 복수 층으로 적층된 돌출부(P)를 형성하는 과정을 도시한다.
- [0064] 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치 및 나노 입자층 형성방법은 고정된 상부기관(100)과 일방향으로 미리 결정된 속도로 이송되는 하부기관(200) 사이에 수용되는 나노유체(nf)의 유량을 조절하는 방법으로 이송되는 하부기관(200) 상면에 나노 입자층(np1)을 형성한다.
- [0065] 그리고, 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치는 단층으로 형성되는 나노 입자층 사이에 나노입자가 복층으로 적층되어 구성되는 돌출부(P)를 형성할 수 있다는 특징을 갖는다.

- [0066] 도 2를 참조하여 전술한 바와 같이, 수용된 나노유체(nf)의 유량을 감소시킴과 동시에 하부기관(200)을 액면(nls)의 이동방향과 반대방향인 일방향으로 이송하면 하부기관(200) 상면에 단층 나노 입자층이 형성될 수 있다.
- [0067] 이와 같이 단층 나노 입자층이 형성되는 과정에서 수용된 나노유체(nf)의 유량을 증가시키면 액면(nls) 단부 근방 내부에 존재하던 나노입자들의 집중상태가 나노입자들의 적층상태가 될 수 있다.
- [0068] 구체적으로, 도 3(a)에 도시된 유량 감소 상태에서, 상기 나노유체(nf)의 액면(nls)이 제1 속도(V_{F1})로 상기 일 방향으로 전진하기 시작하면 도 3(b)에 도시된 바와 같이, 단층 나노 입자층 상부에 액면(nls) 단부 근방 내부에 존재하던 나노입자들의 적층이 시작될 수 있다.
- [0069] 그리고, 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200) 사이에 수용되는 나노유체의 유량을 증가시키는 과정은 나노유체(nf)의 매니스커스 액면(nls)의 하부기관(200) 이송방향 속도가 2단계로 변화되도록 수행되는 것이 바람직하다.
- [0070] 즉, 상기 나노유체(nf)의 액면(nls)이 미리 결정된 제1 시간($\Delta t(F1)$) 동안 제1 속도(V_{F1})로 상기 일방향으로 전진한 후 감속되어 미리 결정된 제2 시간($\Delta t(F2)$) 동안 제2 속도(V_{F2})로 상기 일방향으로 전진되도록 유량의 제어가 수행될 수 있다.
- [0071] 여기서, 상기 하부기관(200)의 이송속도와 제2 속도(V_{F2})는 동일한 속도일 수 있다.
- [0072] 즉, 나노유체(nf)의 유량을 증가시키는 과정에서 상기 하부기관(200)의 이송방향 액면(nls)의 2단계 속도인 제2 속도(V_{F2})는 상기 하부기관(200)의 이송속도와 대응되는 속도일 수 있다.
- [0073] 따라서, 도 3(a)에 도시된 바와 같이 단층으로 형성된 나노 입자층에 상기 하부기관(200)의 이송속도보다 빠르게 액면(nls)이 움직이는 도 3(b)에 도시된 상태에서 액면(nls) 단부 근방 내부에 존재하던 나노입자들의 적층이 시작되고, 상기 하부기관(200)과 상기 나노유체가 동일한 방향으로 동일한 속도로 이송되는 과정에서 나노유체층의 액면(nls) 단부 근방 내부에 적층되는 나노 유체층의 두께가 최대가 될 수 있다.
- [0074] 적층되는 나노 유체층의 두께가 두꺼운 영역을 돌출부(P)라 하고, 상기 돌출부(P)는 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체(nf)의 유량을 증가시키는 과정과 감소시키는 과정을 반복하는 경우, 하부기관(200)의 이송방향과 수직한 방향으로 미리 결정된 간격으로 돌출부(P)를 형성할 수 있다.
- [0075] 도 4는 도 3에서 돌출부(P)를 형성한 뒤 다시 하는 상부기관(100)과 하부기관(200) 사이에 주입된 나노유체(nf)의 주입량을 감소시켜 하부기관(200)에 단층 나노 입자층(np1)을 형성하는 과정을 도시한다.
- [0076] 도 2를 참조하여 설명한 바와 같이, 상기 나노유체(nf)의 액면(nls)이 상기 하부기관(200)의 이송방향인 일방향 반대방향으로 후퇴하는 동안 상기 하부기관(200) 상면에 단층 나노 입자층(np1)이 형성될 수 있음은 전술한 바와 같다.
- [0077] 따라서, 상기 액면(nls)이 제3 속도(V_B)를 갖도록 후퇴하도록 수용된 유량을 감소시키면 도 4(a)에 도시된 바와 같이 나노 입자층(np1) 사이에 돌출부(P)가 형성될 수 있다.
- [0078] 이 경우, 상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체(nf)의 액면(nls)을 후퇴시키는 것은 액면(nls)의 상기 일방향 속도가 음이 되도록 유량을 제어하는 것이다.
- [0079] 즉, 단층 형태의 나노 입자층(np1)을 형성하기 위하여 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 주입된 나노유체(nf)의 주입량을 감소시키는 과정은 나노유체(nf)의 액면(nls)의 일방향 속도가 제3 속도(V_B)(제3 속도(V_B) < 0)로 미리 결정된 제3 시간($\Delta t(B)$) 동안 유지되도록 수행될 수 있다.
- [0080] 이 경우, 상기 나노유체(nf)의 주입량을 증가시키는 과정과 나노유체(nf)의 주입량을 감소시키는 과정은 반복되며, 상기 나노유체(nf)의 주입량을 증가시키는 과정에 의하여 나노 입자 복수 층으로 적층되는 돌출부(P)가 하부기관(200)의 이송방향과 수직한 방향으로 이격되어 형성될 수 있음은 전술한 바와 같다.
- [0081] 도 5는 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 구성하는 상부기관(100)과 하부기관(200) 사이에 주입된 나노유체(nf)의 하부기관(200) 이송방향 액면(nls)의 속도와 시간의 관계를 도시하는 그래프를 도시한다.
- [0082] 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 주입된 나노유체(nf)의 매니스커

스 액면(nls)의 속도를 하부기관(200) 이송방향 속도를 + 속도로 하고, 이송방향과 반대방향 속도를 - 속도로 하면, 상기 나노유체 공급장치는 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체(nf)의 상기 일방향 액면(nls)의 속도가 미리 결정된 제1 시간($\Delta t(F1)$) 동안 제1 속도(V_{F1}) ($0 < \text{제1 속도}(V_{F1})$)로 유지된 후 감속되어 미리 결정된 제2 시간($\Delta t(F2)$) 동안 제2 속도(V_{F2}) ($0 < \text{제2 속도}(V_{F2}) < \text{제1 속도}(V_{F1})$)가 되도록 유지한 후 음의 속도로 감속(또는 방향이 변경)되어 미리 결정된 제3 시간($\Delta t(B)$) 동안 제3 속도(V_B) ($\text{제3 속도}(V_B) < 0$)가 되도록 상기 상부기관(100) 및 상기 하부기관(200) 사이에 수용된 나노유체(nf)의 유량을 제어할 수 있다.

[0083] 이와 같이, 액면(nls)의 속도가 제1 속도(V_{F1}), 제2 속도(V_{F2}) ($0 < \text{제2 속도}(V_{F2}) < \text{제1 속도}$) 및 제3 속도(V_B) ($\text{제3 속도}(V_B) < 0$)가 되도록 하고, 각각의 속도의 지속시간인 제1 시간($\Delta t(F1)$), 제2 시간($\Delta t(F2)$) 및 제3 시간($\Delta t(B)$)으로 하여 주기함수 형태로 나노유체(nf)의 액면(nls)의 속도를 제어함과 동시에 상기 하부기관(200)을 일방향으로 미리 결정된 속도로 이송하면 전술한 바와 같이 하부기관(200)의 상면에 나노입자층을 형성할 수 있고, 일정 간격으로 복수 층으로 나노입자가 적층되는 돌출부(P)까지 형성할 수 있다.

[0084] 그리고, 상기 하부기관(200)의 이송속도는 도 3(c)를 참조하여 설명한 바와 같이 제2 속도(V_{F2})와 동일한 속도인 것이 바람직하다. 상기 나노유체(nf)의 액면(nls)을 하부기관(200)의 이송속도와 동일하게 제2 속도(V_{F2})로 이송하는 과정에서 액면(nls) 하단부에 집중된 나노입자들이 적층되어 돌출부(P)의 높이를 가장 높게 형성할 수 있음은 전술한 바와 같다.

[0085] 또한, 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200) 사이에 수용되는 나노유체(nf)의 유량을 증가시키는 과정에서 액면(nls)의 속도를 제1 속도(V_{F1})와 제2 속도(V_{F2})로 이원화하지 않는 경우, 상기 하부기관(200)에 형성되는 나노 입자층(np1)의 연속되지 않음을 확인할 수 있었다.

[0086] 즉, 상기 액면(nls)을 상기 하부기관(200)의 이송속도보다 빠르게 제1 속도(V_{F1})로 움직이도록 유량을 조절한 후 감속시켜 하부기관의 이송속도와 동일한 제2 속도(V_{F2})로 상기 액면(nls)이 움직이도록 유량을 제어하면 상기 하부기관(200)에 형성되는 나노 입자층 사이에 돌출부(P)를 형성함과 동시에 나노 입자층(np1)의 연속성을 보장할 수 있음을 확인할 수 있었다.

[0087] 여기서, 상기 제1 속도는 25 mm/s 내지 35 mm/s 이며, 상기 제2 속도(V_{F2})는 5 mm/s 내지 15 mm/s 이며, 상기 제3 속도(V_B)는 - 25 mm/s 내지 - 15 mm/s 정도의 범위에서 선택되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 미리 결정된 제1 시간($\Delta t(F1)$)은 1.0ms 내지 1.25ms 일 수 있다.

[0088] 도 5의 실험예에서, 상기 제1 속도는 30 mm/s, 제2 속도(V_{F2})는 10 mm/s 및 제3 속도(V_B)는 - 20 mm/s 이고, 상기 하부기관(200)의 속도는 제2 속도(V_{F2})와 동일한 10 mm/s로 제어하였다.

[0089] 도 6은 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치를 하부기관(200) 상면에 형성된 나노 입자층(np1)의 두께의 프로파일을 도시한다.

[0090] 전술한 바와 같이, 본 발명에 따른 나노 입자층 형성장치와 형성방법에 의하면, 액면(nls)을 후퇴시켜 나노유체 주입량을 감소시키면 단층 형태의 나노 유체층이 형성되고 나노유체 주입량을 증가시키는 과정에서 돌출부(P)가 형성될 수 있다.

[0091] 결국, 돌출부(P)를 일정 간격($\Delta X(B)$)으로 형성하는 방법은 나노유체(nf)의 유량을 감소시키는 구간을 정기적으로 수행하는 방법이므로, 돌출부(P)의 간격($\Delta X(B)$)은 상기 미리 결정된 제3 시간($\Delta t(B)$) 또는 상기 제3 속도(V_B)에 비례할 수 있고, 결국 돌출부(P)의 간격($\Delta X(B)$) 또는 폭은 미리 결정된 제3 시간($\Delta t(B)$) $\times$ 미리 결정된 제3 속도(V_B)에 대응하는 크기를 가질 수 있음을 확인할 수 있다.

[0092] 따라서, 도 6에 도시된 그래프에서, 우측에서 좌측방향으로 나노 입자층이 형성되는 과정에서 돌출부(P)의 미리 결정된 간격($\Delta X(B)$)은 미리 결정된 제3 시간($\Delta t(B)$) $\times$ 미리 결정된 제3 속도(V_B)에 대응되는 크기를 가지며, 단층 형태의 나노 입자층(np1)의 두께(D_b)는 결국 나노유체(nf)를 구성하는 나노입자의 직경과 대응될 수 있음을 확인할 수 있다.

[0093] 그리고, 상기 돌출부(P)는 상기 상부기관(100)과 상기 하부기관(200)에 주입된 나노유체(nf)의 유량이 증가되는 상황에서 액면(nls)의 하단에 집중된 나노입자들이 적층되어 형성되는 것이므로, 나노유체(nf)의 액면(nls) 하단 근방에 나노입자들의 농도가 증가된 상태에서 유량이 증가되어야 돌출부(P)의 최대 높이(D_F)도 상승될 수 있으므로, 돌출부(P)의 간격이 클수록 즉 돌출부(P)의 형성빈도가 작을수록 돌출부(P)의 최대 높이(D_F)도 커진다는 가정은 실험적으로도 타당함을 확인할 수 있었다.

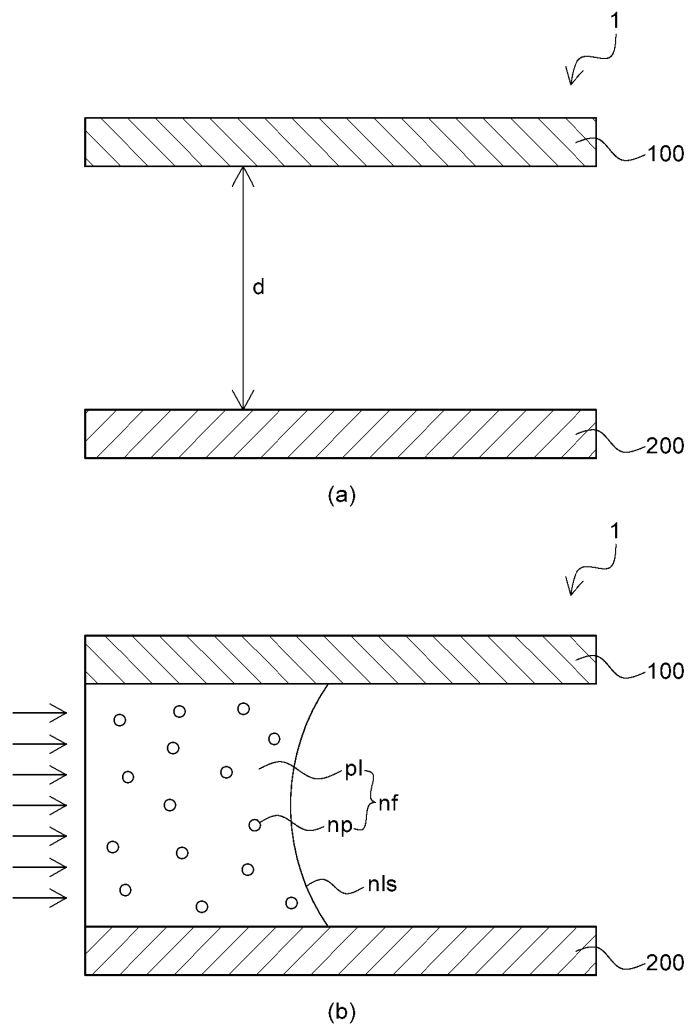
[0094] 본 명세서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 당업자는 이하에서 서술하는 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경 실시할 수 있을 것이다. 그러므로 변형된 실시가 기본적으로 본 발명의 특허청구범위의 구성요소를 포함한다면 모두 본 발명의 기술적 범주에 포함된다고 보아야 한다.

부호의 설명

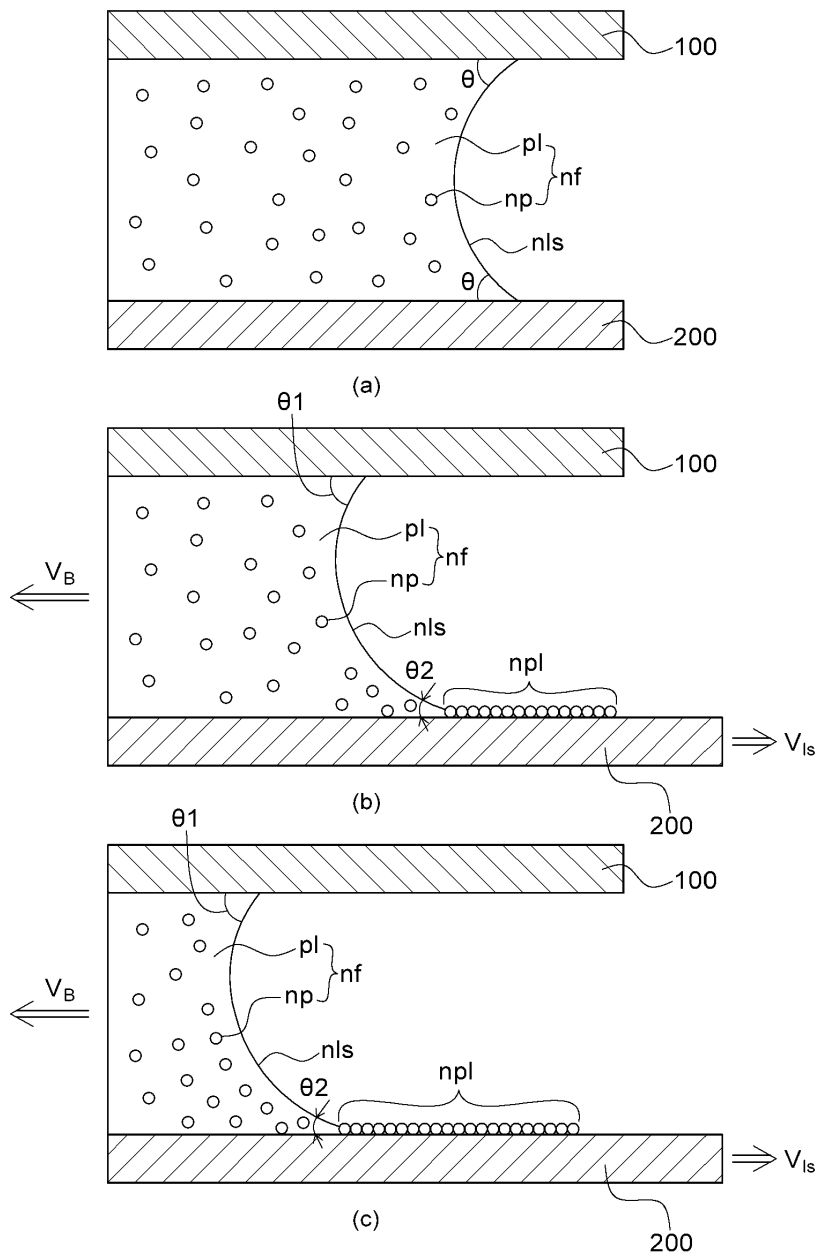
[0095] 100 : 상부기관
 200 : 하부기관
 np : 나노입자
 pl : 순수유체
 nf : 나노유체
 npl : 나노 입자층

도면

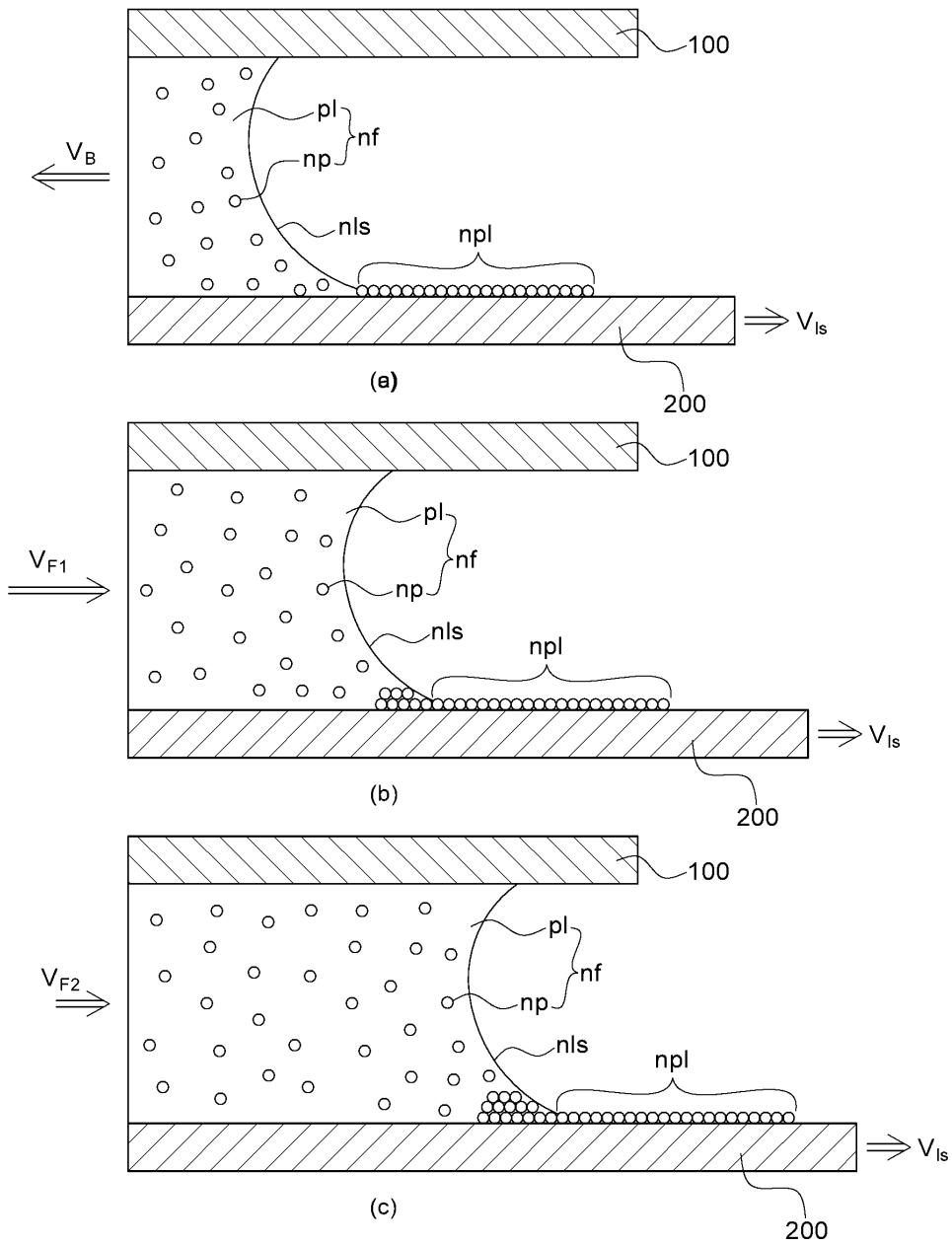
도면1



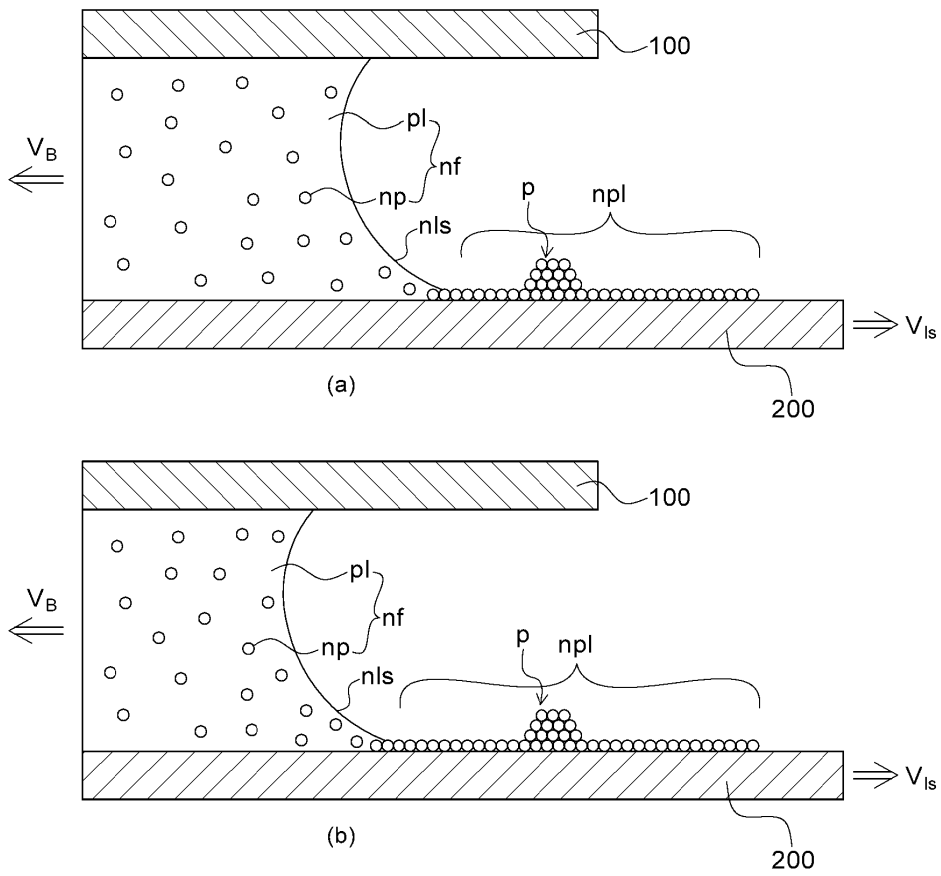
도면2



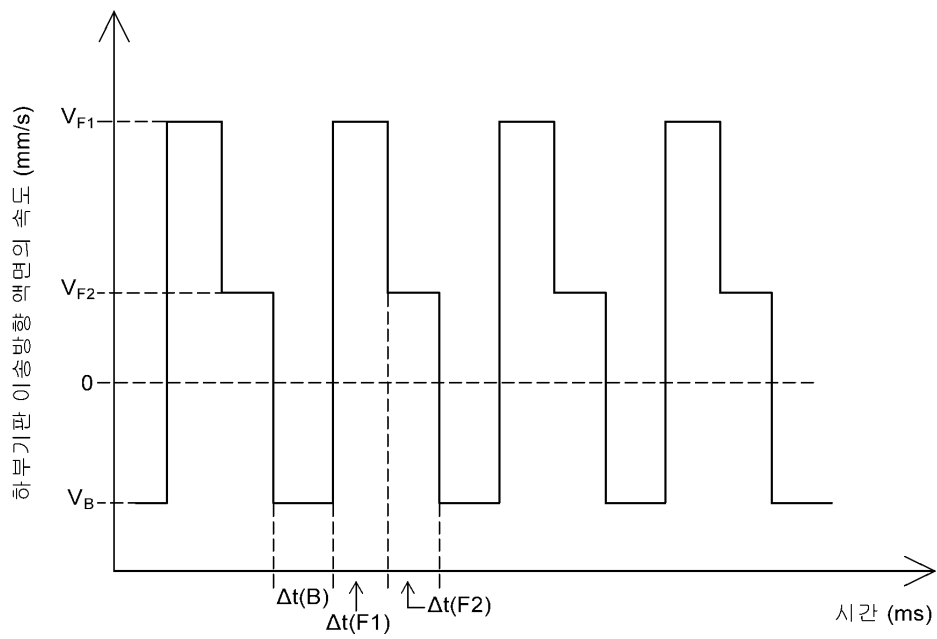
도면3



도면4



도면5



도면6

