



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0049651
(43) 공개일자 2021년05월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G16C 20/62 (2019.01) G06Q 10/04 (2012.01)
G16C 20/10 (2019.01) G16C 20/30 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G16C 20/62 (2019.02)
G06Q 10/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0010514
(22) 출원일자 2020년01월29일
심사청구일자 2020년01월29일
(30) 우선권주장
1020190133899 2019년10월25일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이관영
서울특별시 용산구 한강대로 26, 101동 1807호(한강로3가, 한강대우트럼프월드3차)
정현욱
서울특별시 서대문구 수색로 100, 303동 702호(북가좌동, DMC래미안e편한세상)
(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최관락

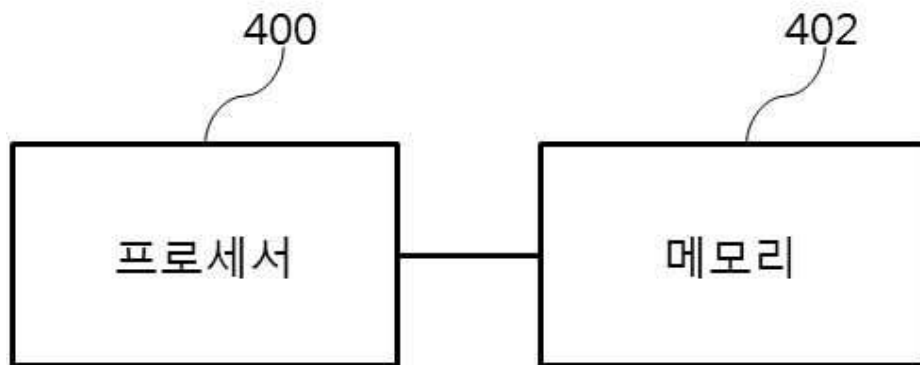
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 방법 및 장치를 개시한다. 본 발명에 따르면, 프로세서 및 상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하되, 상기 메모리는, 콜로이드 필름에 포함된 입자의 반지름, 용매의 점도, 공정 온도를 이용하여 상기 입자의 확산계수를 계산하고, 건조 속도, 초기 필름 두께 및 상기 확산계수로 정의되는 무차원 수인 필름 페클레 수(film Peclet number), 입자 농도, 상기 확산계수 및 복수의 파라미터에 관한 함수인 입자의 확산도를 정의하고, 상기 확산도를 포함하는 수직 방향 1차원 물질 수지를 서로 다른 건조 속도와 서로 다른 초기 입자 농도를 조건으로 풀어 건조 공정 간 수직 방향으로의 입자 분포를 예측하도록, 상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 명령어들을 저장하는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치가 제공된다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

G16C 20/10 (2019.02)

G16C 20/30 (2019.02)

(72) 발명자

전병진

서울특별시 강서구 공항대로 382, 203동 601호(화곡동, 우장산롯데캐슬아파트)

유태형

서울특별시 중구 다산로 32, 27동 1002호(신당동, 남산타운)

박진석

서울특별시 관악구 보라매로 62, 103동 1407호(봉천동, 보라매삼성아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2016R1A5A1009592
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	선도연구센터지원사업
연구과제명	초저에너지 자동차 초저배출 사업단
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2017R1E1A1A01075107
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	전략공모_전략과제
연구과제명	코팅-건조 공정에서의 고농도 현탁액 내 입자 유동 분석
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

프로세서; 및

상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하되,

상기 메모리는,

콜로이드 필름에 포함된 입자의 반지름, 용매의 점도, 공정 온도를 이용하여 상기 입자의 확산계수를 계산하고,

건조 속도, 초기 필름 두께 및 상기 확산계수로 정의되는 무차원 수인 필름 페클레 수(film Peclet number), 입자 농도, 상기 확산계수 및 복수의 파라미터에 관한 함수인 입자의 확산도를 정의하고,

상기 확산도를 포함하는 수직 방향 1차원 물질 수지를 서로 다른 건조 속도와 서로 다른 초기 입자 농도를 조건으로 풀어 건조 공정 간 수직 방향으로의 입자 분포를 예측하도록,

상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 명령어들을 저장하는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 파라미터는, 상기 입자의 부피로 인한 부피 배제 효과를 나타내는 파라미터이고,

상기 복수의 파라미터는 복수의 세부 파라미터에 의해 정의되고, 상기 복수의 세부 파라미터는 미리 설정된 개수의 필름 페클레 수 및 초기 입자 초기 농도의 조건 쌍을 통해 얻어지는 입자 농도 분포를 근사하여 결정되는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 복수의 세부 파라미터는, 적어도 2개의 서로 다른 초기 입자 농도에서 적어도 2개의 서로 다른 필름 페클레 수의 조건 쌍을 통해 결정되는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 확산도는 아래의 수학식으로 정의되는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치.

[수학식]

$$D(\phi) = (1 - \phi)^{6.55} \frac{Pe \cdot \chi \cdot \phi + 1}{(1 - \phi / \phi_c)^2} \cdot D_0$$

여기서, ϕ 는 입자 농도, D_0 는 확산계수, Pe 는 필름 페클레 수, χ 와 ϕ_c 는 입자의 부피로 인한 부피 배제 효과를 나타내는 파라미터임

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 복수의 파라미터는, 상기 필름 페클레 수, 상기 초기 입자 농도 및 최대 비질량 편차(maximum packing fraction) ϕ_m 에 대해 다음의 수학식으로 정의되는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치.

[수학식]

$$\phi_m - \phi_c = \alpha \cdot Pe^\beta$$

$$\chi = \gamma \cdot \phi_0$$

$$\alpha = \alpha(\phi_0), \beta < 0, \gamma > 0$$

여기서, α, β, γ 는 상기 복수의 세부 파라미터임

청구항 6

프로세서 및 상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하는 장치에서 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측하는 방법으로서,

콜로이드 필름에 포함된 입자의 반지름, 용매의 점도, 공정 온도를 이용하여 상기 입자의 확산계수를 계산하는 단계;

건조 속도, 초기 필름 두께 및 상기 확산계수로 정의되는 무차원 수인 필름 페클레 수(film Peclet number), 입자 농도, 상기 확산계수 및 복수의 파라미터에 관한 함수인 입자의 확산도를 정의하는 단계; 및

상기 확산도를 포함하는 수직 방향 1차원 물질 수지를 서로 다른 건조 속도와 서로 다른 초기 입자 농도를 조건으로 풀어 건조 공정 간 수직 방향으로의 입자 분포를 예측하는 단계를 포함하는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 입자가 분산되어 있는 콜로이드 용액을 기재 상에 도포한 콜로이드 필름에서 건조 과정 중에 공정 조건에 따라 발생하는 수직 방향 입자 분포의 변화를 적은 양의 계산으로도 예측할 수 있는 연속체 모델에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기능성 박막의 제조를 위해 콜로이드 입자가 용매 속에 고르게 분산된 분산액을 기재 상에 도포하여 필름을 만든 뒤 이를 건조시키는 공정이 이용되고 있다.

[0003] 건조 중 공정 조건으로 인해 발생하는 결함에 대한 이해의 필요성이 높아지고 있다. 이에 대해, 공정의 양산성을 위해 빠른 속도로 건조할 때 발생할 수 있는 필름 내 입자의 수직 방향 불균일성으로 인해 최종 필름에 잔류 응력 등의 결함이 발생할 수 있다고 알려져 있다.

[0004] 건조 중인 콜로이드 필름 내부 입자의 수직 방향 분포는 건조 속도 및 입자의 크기, 필름의 초기 두께 등의 조건에 영향을 받는다. 일반적으로 건조 속도가 느릴 때는 내부 입자 분포가 균일한 분포를 유지하면서 건조가 진행되나 공정의 양산성이 떨어지고, 건조 속도가 빠를수록 공정의 양산성은 증대되나 내부 입자 분포는 불균일한 형태로 나타난다.

[0005] 건조 공정 중 발생하는 불균일한 입자 분포는 생산된 필름 내에 불필요한 잔류 응력을 형성할 수 있으므로 최대한 지양되어야 한다. 이때 입자 농도 분포를 예측하기 위해 기존에 사용되던 컴퓨터 시뮬레이션 방식의 경우 높

은 computational cost로 인해 다양한 공정 조건에 대한 결과값을 예측하는 것에 있어 큰 어려움이 존재한다. 따라서 현실적인 시간 내에 공정의 양산성과 최종 필름의 성능을 모두 달성하기 위해서는 공정 조건에 따른 콜로이드 필름 내의 입자 분포를 예측할 수 있는 연속체 모델이 반드시 필요하다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0006] (비특허문헌 0001) M. Wang and J. F. Brady. Microstructures and mechanics in the colloidal film process. Soft matter, 13(44):8156-8170,2017.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 입자가 분산되어 있는 콜로이드 용액을 기재 상에 도포한 콜로이드 필름에서 건조 과정 중에 공정 조건에 따라 발생하는 수직 방향 입자 분포의 변화를 적은 양의 계산으로도 예측할 수 있는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 방법 및 장치를 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 프로세서; 및 상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하되, 상기 메모리는, 콜로이드 필름에 포함된 입자의 반지름, 용매의 점도, 공정 온도를 이용하여 상기 입자의 확산계수를 계산하고, 건조 속도, 초기 필름 두께 및 상기 확산계수로 정의되는 무차원 수인 필름 페클레 수(film Peclet number), 입자 농도, 상기 확산계수 및 복수의 파라미터에 관한 함수인 입자의 확산도를 정의하고, 상기 확산도를 포함하는 수직 방향 1차원 물질 수지를 서로 다른 건조 속도와 서로 다른 초기 입자 농도를 조건으로 풀어 건조 공정 간 수직 방향으로의 입자 분포를 예측하도록, 상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 명령어들을 저장하는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치가 제공된다.
- [0009] 상기 복수의 파라미터는, 상기 입자의 부피로 인한 부피 배제 효과를 나타내는 파라미터이고, 상기 복수의 파라미터는 복수의 세부 파라미터에 의해 정의되고, 상기 복수의 세부 파라미터는 미리 설정된 개수의 필름 페클레 수 및 초기 입자 초기 농도의 조건 쌍을 통해 얻어지는 입자 농도 분포를 근사하여 결정될 수 있다.
- [0010] 상기 복수의 세부 파라미터는, 적어도 2개의 서로 다른 초기 입자 농도에서 적어도 2개의 서로 다른 필름 페클레 수의 조건 쌍을 통해 결정될 수 있다.
- [0011] 상기 확산도는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.
- [0012] [수학식]

$$D(\phi) = (1 - \phi)^{6.55} \frac{Pe \cdot \chi \cdot \phi + 1}{(1 - \phi / \phi_c)^2} \cdot D_0$$

[0013]

- [0014] 여기서, ϕ 는 입자 농도, D_0 는 확산계수, Pe 는 필름 페클레 수, χ 와 ϕ_c 는 입자의 부피로 인한 부피 배제 효과를 나타내는 파라미터임

- [0015] 상기 복수의 파라미터는, 상기 필름 페클레 수, 상기 초기 입자 농도 및 최대 비질량 편차(maximum packing fraction) ϕ_m 에 대해 다음의 수학식으로 정의될 수 있다.

[0016] [수학식]

$$\phi_m - \phi_c = \alpha \cdot \text{Pe}^\beta$$

$$\chi = \gamma \cdot \phi_0$$

$$\alpha = \alpha(\phi_0), \beta < 0, \gamma > 0$$

[0017]

[0018] 여기서, α, β, γ 는 상기 복수의 세부 파라미터임

[0019] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 프로세서 및 상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하는 장치에서 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측하는 방법으로서, 콜로이드 필름에 포함된 입자의 반지름, 용매의 점도, 공정 온도를 이용하여 상기 입자의 확산계수를 계산하는 단계; 건조 속도, 초기 필름 두께 및 상기 확산계수로 정의되는 무차원 수인 필름 페클레 수(film Peclet number), 입자 농도, 상기 확산계수 및 복수의 파라미터에 관한 함수인 입자의 확산도를 정의하는 단계; 및 상기 확산도를 포함하는 수직 방향 1차원 물질 수지를 서로 다른 건조 속도와 서로 다른 초기 입자 농도를 조건으로 풀어 건조 공정 간 수직 방향으로의 입자 분포를 예측하는 단계를 포함하는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면, 연속체 모델을 통해 적은 계산 양으로 공정의 양산성과 필름의 성능을 모두 달성할 수 있는 최적 공정 조건을 결정할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 콜로이드 필름의 건조 공정 중 발생할 수 있는 수직 방향 입자 불균일성에 대한 개념을 나타낸 도면이다.

도 2는 동일한 조건에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

도 3은 본 실시예에 따른 연속체 모델을 통해 예측한 특정 공정 조건 범위 상의 입자 농도 기울기 분포를 예시적으로 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치의 구성을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0023] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0025] 콜로이드 입자가 고르게 분산된 용액을 기재 상에 도포하여 얻은 필름을 건조시킬 때, 필름 계면의 하강으로 인해 입자의 축적과 이로 인한 확산이 동시에 일어나면서 필름 내 입자의 농도 분포를 결정하게 된다.

[0026] 이러한 거동은 아래와 수학식 1의 Stokes-Einstein diffusivity 와 무차원 수인 수학식 2의 필름 페클레 수(film Peclet number)로 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0027] $D_0 = k_B T / 6\pi\mu a$

[0028] 여기서, a 는 입자의 반지름, μ 는 용매의 점도, T 는 공정 온도이다.

수학식 2

[0029] $Pe = v_{ev} H_0 / D_0$

[0030] 여기서, v_{ev} 는 건조 속도, H_0 는 초기 필름 두께이다.

[0031] $Pe < 1$ 의 공정 조건에서는 건조 속도가 입자의 확산 속도보다 작아서 균일한 농도 분포를 보이는 반면, $Pe > 1$ 의 공정 조건에서는 건조 속도가 충분히 빨라서 불균일한 농도 분포를 보인다.

[0032] 불균일한 농도 분포를 유지한 채 건조 공정이 끝까지 진행되어 최종적으로 필름을 형성할 경우, 입자 네트워크 내 응력 차이가 충분히 해소되지 않아 의도했던 필름의 성능을 나타내지 않을 수 있다.

[0033] 도 1은 콜로이드 필름의 건조 공정 중 발생할 수 있는 수직 방향 입자 불균일성에 대한 개념을 나타낸 도면이다.

[0034] 도 1을 참조하면, 계면 부근에 입자가 축적되어 형성하는 네트워크를 consolidation front라고 칭한다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 콜로이드 필름 내 입자 분포의 발달은 아래의 수학식 3과 같이 입자 농도(ϕ)에 대한 수직 방향(y) 1차원 물질 수지를 일정한 건조 속도 v_{ev} 와 균일한 초기 입자 농도 ϕ_0 의 조건에서 풀어냄으로써 예측할 수 있다.

수학식 3

[0036]
$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} [j_y], \quad j_y = D(\phi) \frac{\partial \phi}{\partial y}$$

$$j_y = 0 \quad \text{at } y=0$$

$$j_y = v_{ev} \cdot \phi \quad \text{at } y = H_0 - v_{ev} t$$

$$\phi = \phi_0 \quad \text{at } t=0$$

[0037] 여기서, $D(\phi)$ 는 물질 수지 내에서 입자의 확산도를 나타내며, 다음과 같은 입자 농도에 대한 함수로 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$D(\phi) = (1 - \phi)^{6.55} \frac{Pe \cdot \chi \cdot \phi + 1}{(1 - \phi / \phi_c)^2} \cdot D_0$$

[0038]

[0039] 여기서, χ 와 ϕ_c 는 입자의 부피로 인한 volume exclusion effect(부피 배제 효과)를 나타내는 모델 상의 파라미터로, 필름 페클레 수 Pe 와 초기 입자 농도 ϕ_0 , 최대 비질량 편차(maximum packing fraction) ϕ_m 에 대해 다음과 같은 관계로 정의된다.

수학식 5

$$\phi_m - \phi_c = \alpha \cdot Pe^\beta$$

$$\chi = \gamma \cdot \phi_0$$

$$\alpha = \alpha(\phi_0), \beta < 0, \gamma > 0$$

[0040]

[0041] 세부 파라미터 α, β, γ 는 다음을 만족하는 최소 Pe 및 ϕ_0 조건 쌍들에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 얻은 입자 농도 분포로부터 근사(fitting)하여 결정할 수 있다.

수학식 6

$$(Pe, \phi_0): (Pe1, \phi_0 1), (Pe1, \phi_0 2), (Pe2, \phi_0 1), (Pe2, \phi_0 2) \dots$$

$$\text{이때, } Pe1 \geq 1000, \phi_0 \# : 0 \sim 0.37$$

[0042]

[0043] 수학식 6은 서로 다른 초기 입자 농도에서 Pe 1000 이상의 조건($Pe1$)을 최소 2개 포함하고, 같은 초기 입자 농도 조건을 2개 이상 포함하는, 총 4쌍 이상의 서로 다른 초기 입자 농도(ϕ_0)와 필름 페클레 수 (Pe) 조건을 나타낸다.

[0044] 모델 파라미터 ϕ_c 의 값으로 각 조건 쌍에 대한 농도 분포에서 consolidation front가 필름 바닥 면에 도달하는 시점의 부피 분율 값을 취한다.

[0045] 상기한 부피 분율 값과 ϕ_m 의 차이 ($\phi_m - \phi_c$) 를 각 조건 쌍의 Pe 값을 x축으로 하는 log-log 스케일 플롯에서 ϕ_0 값이 같은 조건들을 선형 회귀(linear regression) 하였을 때 나타나는 기울기를 β 라 한다. 또한, 이때의 y축 절편을 수합해 서로 다른 ϕ_0 조건 쌍들의 y축 절편들에 대해 다시 한번 선형 회귀를 했을 때 구해지는 ϕ_0 에 대한 1차 함수를 α 의 관계식으로 한다.

[0046] 모델 파라미터 χ 는 trial-and-error 방식으로 앞에서 얻은 ϕ_c 에 대한 관계식을 활용하여 1000 이상의 값을 갖는 Pe1의 조건 쌍들에 대해 모델을 계산하였을 때 시뮬레이션 결과 중 $t = 0.3 \cdot H_0 / v_{ev}$ 의 시점의 순간 농도 기울기의 최대값과 가장 잘 부합하는 결과를 얻도록 하는 값을 취한다. 이때 χ 간격은 0.1로 하여, 시뮬레이션 결과보다 농도 기울기가 작으면 더 작은 값을, 농도 기울기가 더 크면 더 큰 값을 대입하여 반복한다. 이를 각기 다른 ϕ_0 조건 쌍에 대해 반복하여 각 ϕ_0 에 대한 적합한 χ 을 얻어 플롯을 한다. 이를 원점을 지나는 1차식으로 선형회귀 했을 때의 기울기의 γ 로 한다.

[0048] 실시예

[0049] 평균 입경 $10\mu m$ 인 폴리스티렌 구형 입자($a=5\mu m$)를 물($\mu=0.001Pa.s$)에 용해시켜서 분산된 콜로이드 분산액을 사용하여 $300\mu m$ 의 초기 두께($H_0=300\mu m$)를 가지는 콜로이드 필름에 대한 분석을 실시하였다.

[0050] 동일한 조건의 콜로이드 필름에 대해 필름 페클레 수 $Pe=3, 10, 20, 60, 100, 300, 600, 1500$ 및 초기 입자 농도 $\phi_0=0.1, 0.2, 0.3, 0.37$ 조건에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 얻은 결과에 대해 피팅을 통해 세부 모델 파라미터 α, β, γ 의 관계식을 다음과 같이 얻을 수 있다.

수학식 7

$$\alpha = -1.5 \cdot \phi_0 + 0.7$$

$$\beta = -0.4$$

$$\gamma = 6$$

[0051]

[0052] 위와 같이 얻어진 세부 모델 파라미터를 연속체 모델에 적용하여 각각 $v_{ev}=0.09\mu m/min$, $v_{ev}=0.52\mu m/min$, $v_{ev}=13.1\mu m/min$ 의 건조 속도에 대응되는 필름 페클레 수 $Pe=10, 60, 1500$ 과 초기 입자 농도 $\phi_0=0.1, 0.2, 0.3$ 의 공정 조건에서의 시간에 대한 콜로이드 필름 내 수직 방향 입자 분포의 변화를 예측하였다.

[0053] 도 2는 동일한 조건에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

[0054] 적정 공정 조건 도출을 위해 연속체 모델을 통해 예측되는 입자 농도 분포의 순간 기울기의 최대값을 통해 특정 공정 조건에 대한 대표 기울기 값을 계산하였다.

[0055] 연속체 모델의 계산 비용(computational cost) 측면에서의 장점을 활용하여 초기 입자 농도 $\phi_0=0.1\sim 0.3$ 의 범위, 필름 페클레 수 $Pe=10\sim 1000$ 의 범위의 공정 조건 내에서 구한 대표 기울기 값을 도 3과 같은 regime map 형태로 나타내어 공정의 양산성과 필름의 성능 모두 달성할 수 있는 최적의 공정 조건을 결정할 수 있다.

[0056] 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포 예측 장치의 구성을 도시한 도면이다.

[0057] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 장치는 프로세서(400) 및 메모리(402)를 포함할 수 있다.

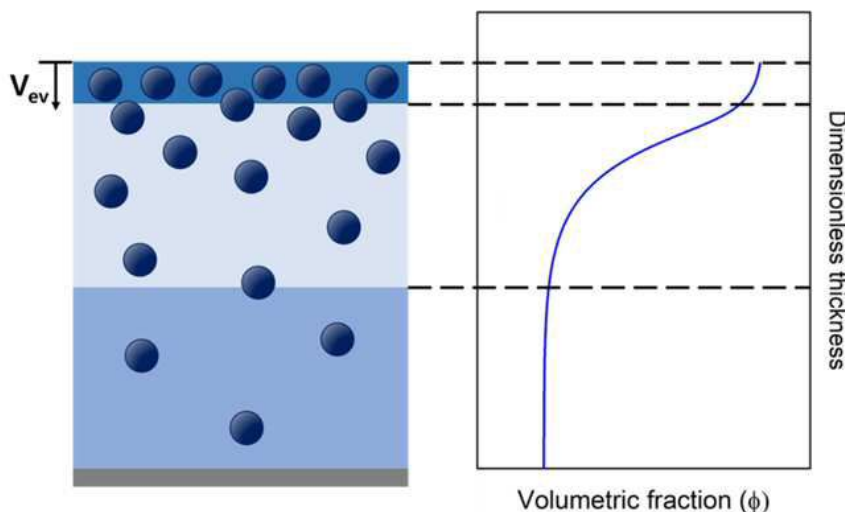
[0058] 프로세서(400)는 컴퓨터 프로그램을 실행할 수 있는 CPU(central processing unit)나 그밖에 가상 머신 등을 포

함할 수 있다.

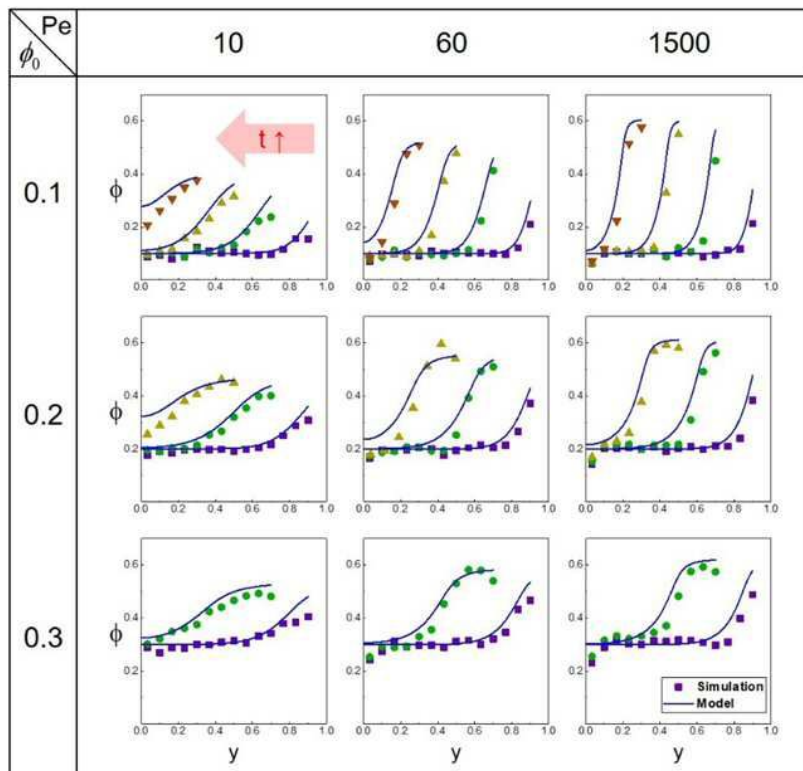
- [0059] 메모리(402)는 고정식 하드 드라이브나 착탈식 저장 장치와 같은 불휘발성 저장 장치를 포함할 수 있다. 착탈식 저장 장치는 콤팩트 플래시 유닛, USB 메모리 스틱 등을 포함할 수 있다. 메모리(402)는 각종 랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리도 포함할 수 있다.
- [0060] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 프로세서(400)는 메모리(402)에 저장된 프로그램 명령어들을 이용하여 입자를 포함하는 콜로이드 필름의 건조 공정 간 수직 방향 입자 분포를 예측한다.
- [0061] 보다 상세하게, 본 실시예에 따른 메모리(402)에는 콜로이드 필름에 포함된 입자의 반지름, 용매의 점도, 공정 온도를 이용하여 상기 입자의 확산계수를 계산하고, 건조 속도, 초기 필름 두께 및 상기 확산계수로 정의되는 무차원 수인 필름 페클레 수(film Peclet number), 입자 농도, 상기 확산계수 및 복수의 파라미터에 관한 함수인 입자의 확산도를 정의하고, 상기 확산도를 포함하는 수직 방향 1차원 물질 수지를 서로 다른 건조 속도와 서로 다른 초기 입자 농도를 조건으로 풀어 건조 공정 간 수직 방향으로의 입자 분포를 예측하도록, 상기 프로세서(400)에 의해 실행되는 프로그램 명령어들이 저장된다.
- [0062] 여기서, 복수의 파라미터는, 상기 입자의 부피로 인한 부피 배제 효과를 나타내는 파라미터이고, 복수의 파라미터는 복수의 세부 파라미터에 의해 정의되고, 복수의 세부 파라미터는 미리 설정된 개수의 필름 페클레 수 및 초기 입자 초기 농도의 조건 쌍을 통해 얻어지는 입자 농도 분포를 근사하여 결정될 수 있다.
- [0063] 복수의 세부 파라미터는, 적어도 2개의 서로 다른 초기 입자 농도에서 적어도 2개의 서로 다른 필름 페클레 수의 조건 쌍을 통해 결정될 수 있다.
- [0064] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

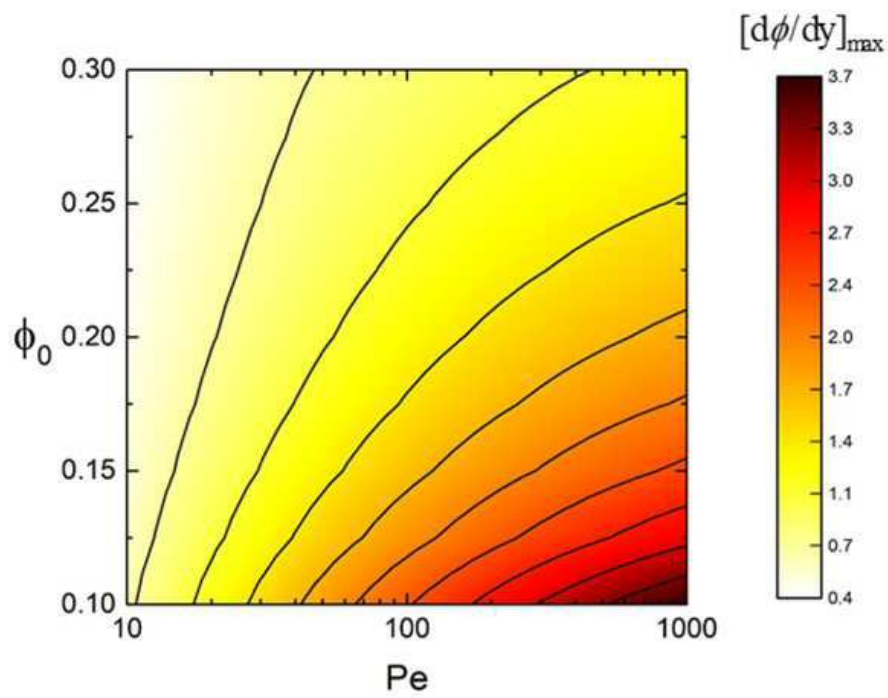
도면1



도면2



도면3



도면4

