



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월18일
 (11) 등록번호 10-1408191
 (24) 등록일자 2014년06월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B82B 3/00 (2006.01) B03C 7/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0073935
 (22) 출원일자 2013년06월26일
 심사청구일자 2013년06월26일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2006176876 A
 Miniaturized Flow Fractionation Device Assisted by a Pulsed Electric Field for Nanoparticle Separation, Anal. Chem., 2002, Vol. 74 (20), pp5364-5369.
 Miniemulsion Polymerization and the Structure of Polymer and Hybrid Nanoparticles, Angewandte Chemie International Edition, 2009, Vol. 48, pp. 4488-4507.

(73) 특허권자
 한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
 (72) 발명자
 김덕중
 대전 서구 청사로 70, 108동 402호 (월평동, 누리아파트)
 정소희
 대전 유성구 노은로 416, 503동 1704호 (하기동, 송림마을5단지아파트)
 장원석
 대전 서구 청사서로 11, 107동 904호 (월평동, 무지개아파트)
 (74) 대리인
 나승택, 조영현

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 정명주

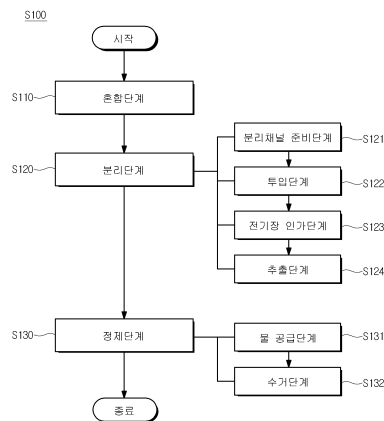
(54) 발명의 명칭 연속 나노입자 정제 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 연속 나노입자 정제 방법에 관한 것이며, 본 발명의 연속 나노입자 정제 방법은 나노입자를 포함하는 합성원액에 제1혼합용매를 첨가하여 제1혼합액을 마련하는 혼합액 마련단계; 별도의 유입구를 통하여 상기 제1혼합액과 제2혼합용매를 분리채널 내에 유입시키고, 상기 분리채널에 인가되는 전기장을 이용하여 상기 제1혼합액으로부터 나노입자를 분리하여 상기 제2혼합용매와 혼합하여 제2혼합액을 추출하는 분리단계; 비중차를 이용하여 상기 제2혼합액으로부터 상기 나노입자를 추출하는 정제하는 정제단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

따라서, 본 발명에 의하면, 합성원액으로부터 나노입자를 연속적으로 정제할 수 있는 연속 나노입자 정제 시스템이 제공된다.

대표도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NK175C

부처명 지식경제부

연구사업명 주요사업

연구과제명 나노소재 기반 기능성 소자 적용기술 개발(2/3)

기 여 율 1/1

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2013.01.01 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

나노입자를 포함하는 합성원액에 제1혼합용매를 첨가하여 제1혼합액을 마련하는 혼합액 마련단계;

별도의 유입구를 통하여 상기 제1혼합액과 제2혼합용매를 분리채널 내에 유입시키고, 상기 분리채널에 인가되는 전기장을 이용하여 상기 제1혼합액으로부터 나노입자를 분리하여 상기 제2혼합용매와 혼합하여 제2혼합액을 추출하는 분리단계;

비중차를 이용하여 상기 제2혼합액으로부터 상기 나노입자를 추출하는 정제단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 나노입자 정제 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1혼합용매 또는 상기 제2혼합용매는 상기 나노입자가 분산되지 않는 비용매(non-solvent)와 유기용매(organic-solvent)가 혼합되는 것을 특징으로 하는 연속 나노입자 정제 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 분리단계는,

양단에 한 쌍의 유입구와 한 쌍의 유출구가 각각 형성되는 분리채널을 준비하는 분리채널 준비단계; 상기 분리채널의 각각의 유입구에 상기 제1혼합액과 제2혼합용매를 각각 투입하는 투입단계; 상기 분리채널 내에서 상기 제1혼합액 내의 나노입자가 상기 제2혼합용매 측으로 이동하도록 상기 분리채널에 전기장을 인가하는 전기장 인가단계; 상기 분리채널로부터 상기 제2혼합용매와 상기 나노입자가 혼합되는 제2혼합액을 추출하는 추출단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 나노입자 정제 방법.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 정제단계는,

상기 비용매가 분산되도록 상기 제2혼합액에 물을 혼합하는 물 공급단계; 비중차를 통하여 상기 비용매와 상기 물을 가라앉히고, 부유하는 상기 유기용매와 상기 나노입자를 수거하는 수거단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 나노 입자 정제 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 비용매는 에탄올(Ethanol), 메탄올(Methanol), 부탄올(Butanol) 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 연속 나노 입자 정제 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 유기용매는 헥세인(Hexane)인 것을 특징으로 하는 연속 나노 입자 정제 방법.

청구항 7

나노입자를 포함하는 합성원액을 제1혼합용매와 혼합시키는 제1혼합액을 제작하는 혼합부;

상기 혼합부와 연결되며, 전기장을 이용하여 상기 제1혼합액으로부터 나노입자를 분리하여 제2혼합용매에 분산

하여 제2혼합액을 추출하는 입자분리부;

상기 입자분리부와 연결되며, 비중을 이용하여 상기 제2혼합액으로부터 나노입자를 추출하는 추출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 나노 입자 정제 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 혼합부는 유동로 내에 상기 합성원액과 상기 제1혼합용매이 혼합되도록 복수개의 믹싱 블레이드가 구비되는 것을 특징으로 하는 연속 나노 입자 정제 시스템.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 입자분리부는,

양단에 한 쌍의 유입구 및 한 쌍의 유출구가 각각 형성되며, 상기 혼합부로부터 제1혼합액을 공급받아 나노입자를 추출하는 분리채널; 상기 분리채널에 전기장을 인가하는 전기장인가부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 나노 입자 정제 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 연속 나노입자 정제 시스템 및 연속 나노입자 정제 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 합성원액으로부터 나노입자를 정제할 수 있는 연속 나노입자 정제 시스템 및 연속 나노입자 정제 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 나노 기술은 원자나 분자 정도의 작은 크기 단위에서 물질을 합성하고, 조립, 제어하며, 그 성질을 측정, 규명하는 기술로서, 일반적으로 크기가 1 내지 100나노미터 범위인 재료나 대상에 대한 나노기술을 말한다.

[0003] 이러한, 나노 기술은 나노입자의 크기로 인한 독특한 광학적/화학적 특성이 있으며, 기계적/전기적 성질에 있어서도 우수한 성질이 있어 다양한 분야에 응용되고 있다. 특히, 나노 기술은 전자, 통신분야와 재료/제조 분야, 의료분야, 생명공학분야, 환경/에너지 분야 및, 항공분야에 이르기까지 다양한 분야에 적용되고 있다.

[0004] 나노입자를 합성하게 되면 다양한 불순물들이 잔존하고 있어 이를 제거하여 나노입자의 순도를 높이는 정제 과정을 반드시 거쳐야 한다. 종래에는 투석(dialysis), 초미세여과(ultra-filtration) 등의 기술이 있으나, 이러한 기술은 값비싼 비용과 부착물로 인해 나빠지는 구멍 크기 물질들에 의존하는 등 다양한 문제가 있었다.

[0005] 또한, 종래에는 원심분리하여 나노입자를 침전시켜 회수한 후 이를 불순물 없는 용매에 분산하여 이용해 왔다. 이러한 침전-용해 방법(precipitationdissolution method)은 시간적인 문제나 값비싼 원심분리기가 필요해 산업에 적용하기가 힘들었다.

[0006] 또한, 상술한 방식의 나노입자 정제방식은 배치타입(batch-type)으로서 대량생산에 부적합하다는 문제가 있었다.

[0007] 따라서, 최근에는 보다 효율적으로 나노입자를 정제할 수 있는 기술이 요구되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서, 본 발명의 목적은 이와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 합성원액으로부터 나노입자를 연속적으로 정제할 수 있는 연속 나노입자 정제 시스템 및 연속 나노입자 정제 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적은, 본 발명에 따라, 나노입자를 포함하는 합성원액에 제1혼합용매를 첨가하여 제1혼합액을 마련하는

혼합액 마련단계; 별도의 유입구를 통하여 상기 제1혼합액과 제2혼합용매를 분리채널 내에 유입시키고, 상기 분리채널에 인가되는 전기장을 이용하여 상기 제1혼합액으로부터 나노입자를 분리하여 상기 제2혼합용매와 혼합하여 제2혼합액을 추출하는 분리단계; 비중차를 이용하여 상기 제2혼합액으로부터 상기 나노입자를 추출하는 정제 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 나노입자 정제 방법에 의해 달성된다.

- [0010] 또한, 상기 제1혼합용매 또는 상기 제2혼합용매는 상기 나노입자가 분산되지 않는 비용매(non-solvent)와 유기용매(organic-solvent)가 혼합될 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 분리단계는, 양단에 한 쌍의 유입구와 한 쌍의 유출구가 각각 형성되는 분리채널을 준비하는 분리채널 준비단계; 상기 분리채널의 각각의 유입구에 상기 제1혼합액과 제2혼합용매를 각각 투입하는 투입단계; 상기 분리채널 내에서 상기 제1혼합액 내의 나노입자가 상기 제2혼합용매 측으로 이동하도록 상기 분리채널에 전기장을 인가하는 전기장 인가단계; 상기 분리채널로부터 상기 제2혼합용매와 상기 나노입자가 혼합되는 제2혼합액을 추출하는 추출단계;를 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 정제단계는, 상기 비용매가 분산되도록 상기 제2혼합액에 물을 혼합하는 물 공급단계; 비중차를 통하여 상기 비용매와 상기 물을 가라앉히고, 부유하는 상기 유기용매와 상기 나노입자를 수거하는 수거단계;를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 비용매는 에탄올(Ethanol), 메탄올(Methanol), 부탄올(Butanol) 중 어느 하나일 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 유기용매는 헥세인(Hexane)일 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 목적은, 본 발명에 따라, 나노입자를 포함하는 합성원액을 제1혼합용매와 혼합시키는 제1혼합액을 제작하는 혼합부; 상기 혼합부와 연결되며, 전기장을 이용하여 상기 제1혼합액으로부터 나노입자를 분리하여 제2혼합용매에 분산하여 제2혼합액을 추출하는 입자분리부; 상기 입자분리부와 연결되며, 비중을 이용하여 상기 제2혼합액으로부터 나노입자를 추출하는 추출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 나노 입자 정제 시스템에 의해 달성된다.
- [0016] 또한, 상기 혼합부는 유동로 내에 상기 합성원액과 상기 제1혼합용매이 혼합되도록 복수개의 믹싱 블레이드가 구비될 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 입자분리부는, 양단에 한 쌍의 유입구 및 한 쌍의 유출구가 각각 형성되며, 상기 혼합부로부터 제1혼합액을 공급받아 나노입자를 추출하는 분리채널; 상기 분리채널에 전기장을 인가하는 전기장인가부;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따르면, 연속적으로 공급되는 합성원액으로부터 나노입자를 용이하게 정제할 수 있는 나노입자 정제 시스템 및 나노입자 정제 방법이 제공된다.
- [0019] 또한, 연속적인 나노입자 정제를 통하여 나노입자의 대량생산이 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 연속 나노 입자 정제 시스템의 개략도이고,
- 도 2는 도 1의 연속 나노 입자 정제 시스템의 혼합부를 개략적으로 도시한 것이고,
- 도 3은 도 1의 연속 나노 입자 정제 시스템의 입자분리부를 개략적으로 도시한 것이고,
- 도 4는 도 1의 연속 나노 입자 정제 시스템의 추출부를 개략적으로 도시한 것이고,
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 연속 나노 입자 정제 방법의 개략적인 공정 흐름도이고,
- 도 6는 도 5의 연속 나노 입자 정제 방법의 혼합단계 공정을 개략적으로 도시한 것이고,
- 도 7은 도 5의 연속 나노 입자 정제 방법의 분리단계 공정을 개략적으로 도시한 것이고,
- 도 8은 도 5의 연속 나노 입자 정제 방법의 정제단계 공정을 개략적으로 도시한 것이다.

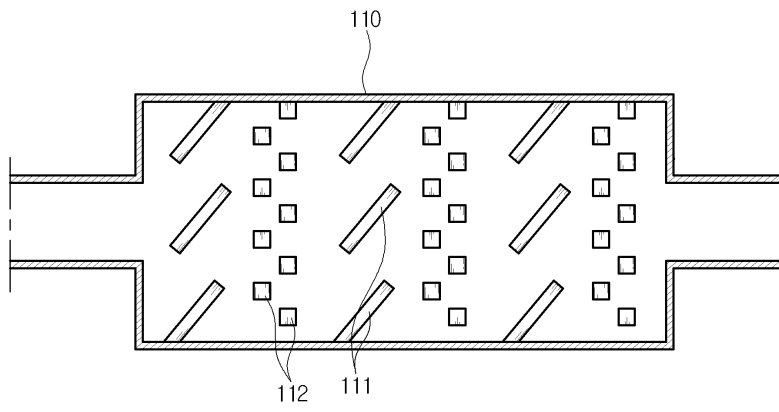
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 연속 나노 입자 정제 시스템에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 연속 나노 입자 정제 시스템의 개략도이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 연속 나노 입자 정제 시스템(100)은 합성시에 다양한 용액에 혼합되는 나노입자를 합성원액으로부터 연속적으로 추출하기 위한 시스템으로서, 혼합부(110)와 입자분리부(120)와 추출부(130)를 포함한다.
- [0024] 도 2는 도 1의 연속 나노 입자 정제 시스템의 혼합부를 개략적으로 도시한 것이다.
- [0025] 도 2를 참조하여 설명하면, 상기 혼합부(110)는 합성원액(L)과 제1혼합용매(S1)를 균일하게 혼합하여 제1혼합액(M1)을 추출하기 위한 것으로서, 합성원액(L)과 제1혼합용매(S1)가 유동하면서 혼합되는 경로에는 복수개의 믹싱 블레이드(111)와 유동 방해 구조물(112)이 형성된다.
- [0026] 합성원액(L)과 제1혼합용매(S1) 간의 혼합 성능을 향상시키기 위하여 본 실시예에서 이러한 믹싱 블레이드(111)는 유동로와는 경사를 형성하도록 형성되나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 또한, 유동 방해 구조물(112)은 혼합부(110) 내에 블럭의 형태로 서로 엇갈리게 배치됨으로써, 유체의 유동을 방해하여 혼합율을 더욱 향상시킨다.
- [0028] 한편, 상술한 합성원액(L)은 나노입자(P)의 최초 합성시에 만들어지는 원액으로서, 여기에는 합성시에 나노입자의 크기 또는 구조를 제어하기 위하여 요구되는 다양한 분자 물질 및 합성시 필요한 용액이 포함될 수 있다.
- [0029] 이때, 합성원액(L)에 포함되는 합성시 필요한 용액으로는 옥타데센(ODE:Octadecene)이 포함될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니고, 상술한 옥타데센이 합성원액에 포함되는 대신 스쿠알렌(squalene), 도데실아민(dodecylamine) 등이 포함될 수도 있다.
- [0030] 또한, 본 실시예에서 제1혼합용매(S1)는 비용매(non-solvent)와 유기용매(organic-solvent)를 혼합한 용매를 의미한다.
- [0031] 이때, 본 실시예에서 비용매라고 함은 나노입자(P)를 분산시키지 않는 용매를 의미한다. 특히, 비용매는 후술하는 입자분리부에서 나노입자(P)가 전기장의 영향을 받을 수 있도록 높은 유전율(dielectric constant)을 갖는 소재의 용매가 이용되는 것이 바람직하다. 본 실시예에서는 에탄올(ethanol), 메탄올(methanol), 부탄올(butanol) 중 어느 하나가 비용매로 이용될 수 있으나, 상술한 특징을 갖는 소재라면 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0032] 더불어, 본 실시예에서 유기용매는 합성원액(L) 내에 포함되는 합성시 필요한 용액, 즉, 옥타데센을 용해시키기 위한 소재의 용매이다. 본 실시예에서 유기용매로는 헥세인(hexane)이 이용될 수 있으나, 점도가 낮은 탄화수소 화합물인 하이드로카본(hydrocarbon)이라면 반드시 헥세인에 제한되지는 않는다.
- [0033] 따라서, 본 실시예에서 합성원액(L)에는 나노입자(P), 옥타데센, 그 밖의 나노입자를 제어하기 위한 물질이 혼합되는 것으로 설명하며, 제1혼합용매(S1)에는 비용매인 에탄올과 유기용매인 헥세인이 혼합되는 것으로 설명한다.
- [0034] 따라서, 혼합부(110)에 의하여 혼합되는 제1혼합액(M1)에는 나노입자(P), 옥타데센, 에탄올, 헥세인, 그 밖의 물질이 혼합된다.
- [0035] 도 3은 도 1의 연속 나노 입자 정제 시스템의 입자분리부를 개략적으로 도시한 것이다.
- [0036] 도 3을 참조하여 설명하면, 상기 입자분리부(120)는 전기장을 이용하여 혼합액(M1)으로부터 나노입자(P)를 분리하여, 새로운 제2혼합용매(S2)에 혼합함으로써 제2혼합액(M2)을 추출하기 위한 것으로서, 분리채널(121)과 전기장인가부(129)를 포함한다.
- [0037] 상기 분리채널(121)은 제1혼합액(M1)으로부터의 나노입자(P) 분리 유동을 발생시키는 유동공간을 제공하기 위한 채널로서, 유동부(122)와 유입부(123)와 유출부(126)를 포함한다.
- [0038] 상기 유동부(122)는 후술하는 유입부(123)로부터 유입되는 제1혼합액(M1)과 제2혼합용매(S2)가 유동하며, 제1혼합액(M1)으로부터의 나노입자(P) 분리가 일어나는 공간이다.
- [0039] 상기 유입부(123)는 유동부(122)의 일단부에 형성되며, 제1유입구(124)와 제2유입구(125)를 포함한다. 상기 제1유입구(124)는 혼합부(110)에 연결되어 이로부터 제공되는 제1혼합액(M1)을 유동부(122) 측으로 연속적으로 공

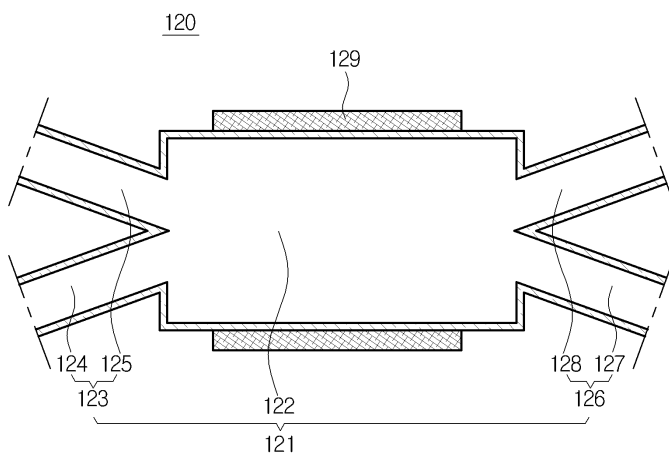
급한다. 또한, 상기 제2유입구(125)는 제1유입구(124)와는 별도로 형성되는 것으로서, 제2유입구(125)를 통하여는 제2혼합용매(S2)가 유동부(122) 내에 연속적으로 공급된다.

- [0040] 이때, 제2혼합용매(S2)는 제1혼합용매(S1)와 마찬가지로, 비용매와 유기용매가 혼합될 수 있다.
- [0041] 상기 유출부(126)는 유동부(122)의 타단부에 형성되며, 제1유출구(127)와 제2유출구(128)를 포함한다. 상기 제1유출구(127)는 유동부(122)를 통과하면서 나노입자가 제거된 상태의 제1혼합액(M1)을 외부로 배출하기 위한 경로이다. 또한, 상기 제2유출구(128)는 유동부(122)를 통과하면서 제1혼합액(M1)으로부터 분리되는 나노입자와 제2혼합용매(S2)가 혼합되는 제2혼합액(M2)을 외부로 추출하기 위한 경로이다.
- [0042] 상기 전기장인가부(129)는 유동부(122)의 측면에 설치되어, 유동부(122) 내로 전기장을 인가하기 위한 부재이다.
- [0043] 도 4는 도 1의 연속 나노 입자 정제 시스템의 추출부를 개략적으로 도시한 것이다.
- [0044] 도 4를 참조하여 설명하면, 상기 추출부(130)는 입자분리부(120)로부터 추출되는 제2혼합액(M2)으로부터 나노입자(P)를 분리하여 추출하기 위한 것으로서, 추출탱크(131)와 물공급부(132)를 포함한다.
- [0045] 상기 추출탱크(131)는 물질 간의 비중차이를 이용하여 제2혼합액(M2)으로부터 나노입자(P)를 분리, 추출하기 위한 공간을 제공하는 탱크이다. 한편, 추출탱크(131)는 상술한 분리채널(121)의 제2유출구(128) 및 후술하는 물공급부(132)와 연결되어, 이들로부터 제2혼합액(M2) 및 물을 공급받는다.
- [0046] 상기 물공급부(132)는 추출탱크(131) 내로 물을 공급하기 위한 것이다.
- [0047] 지금부터는 상술한 연속 나노 입자 정제 시스템을 이용한 연속 나노 입자 정제 방법의 일실시예의 작동에 대하여 설명한다.
- [0048] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 연속 나노 입자 정제 방법의 개략적인 공정 흐름도이다.
- [0049] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 연속 나노 입자 정제 방법(S100)은 나노입자(P)를 연속적인 공정 내에서 정제하기 위한 방법에 관한 것으로서, 혼합단계(S110)와 분리단계(S120)와 정제단계(S130)를 포함한다.
- [0050] 도 6는 도 5의 연속 나노 입자 정제 방법의 혼합단계 공정을 개략적으로 도시한 것이다.
- [0051] 도 6을 참조하여 설명하면, 상기 혼합단계(S110)는 나노입자(P)가 포함되는 합성원액(L)과 제1혼합용매(S1)를 혼합하는 단계이다.
- [0052] 본 단계에서는 나노입자(P)와 나노입자(P)를 합성하는데 필요한 용액, 즉, 옥타데센과 그 밖의 물질이 포함되는 합성원액(L)을 비용매와 유기용매로 구성되는 제1혼합용매(S1)에 혼합한다.
- [0053] 즉, 합성원액(L)과 제1혼합용매(S1)를 혼합부에 연속적으로 공급하면, 혼합부(110) 내의 믹싱블레이드(111)에 의하여 합성원액(L)과 제1혼합용매(S1)는 균일하게 혼합되어 제1혼합액(M1)이 추출된다.
- [0054] 이때, 제1혼합액(M1)에 포함되는 합성원액(L)과 비용매와 유기용매 간의 혼합비율은 1 : 2 : 1 이 되도록 하는 것이 바람직하나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0055] 도 7은 도 5의 연속 나노 입자 정제 방법의 분리단계 공정을 개략적으로 도시한 것이다.
- [0056] 도 7을 참조하여 설명하면, 상기 분리단계(S120)는 제1혼합액(M1)으로부터 나노입자(P) 만을 분리하고 제2혼합용매(S2)와 혼합하여 제2혼합액(M2)을 추출하는 단계로서, 분리채널 준비단계(S121)와 투입단계(S122)와 전기장인가단계(S123)와 추출단계(S124)를 포함한다.
- [0057] 상기 분리채널 준비단계(S121)는 상술한 구성의 분리채널(121)을 준비하는 단계이다. 분리채널(121)은 수지로 제작되는 상부기판과 하부기판을 상호 접합하여 마련된다.
- [0058] 상기 투입단계(S122)는 분리채널(121) 내에 제1혼합액(M1)과 제2혼합용매(S2)를 연속적으로 공급, 투입하는 단계이다.
- [0059] 즉, 혼합부(110)와 연결되는 제1유입구(124)를 통하여는 제1혼합액(M1)을 연속적으로 투입하고, 제2유입구(125)를 통하여 제2혼합용매(S2)를 투입한다. 상술한 바와 같이, 제2혼합용매(S2)는 비용매와 유기용매로 구성될 수 있으며, 비용매와 유기용매가 혼합될 경우 1 : 1의 비율이 되도록 투입되는 것이 바람직하다.

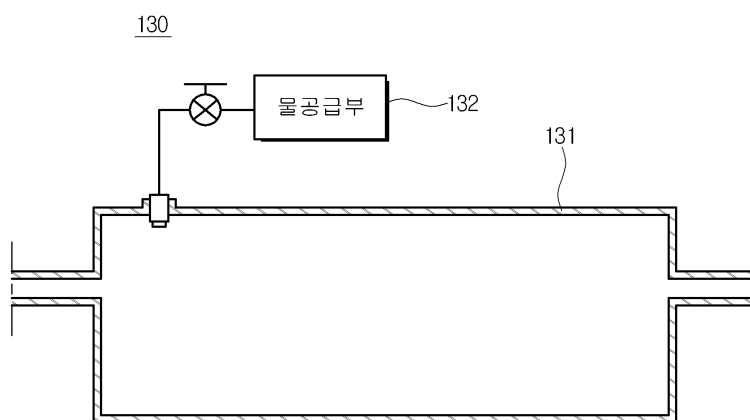
도면2



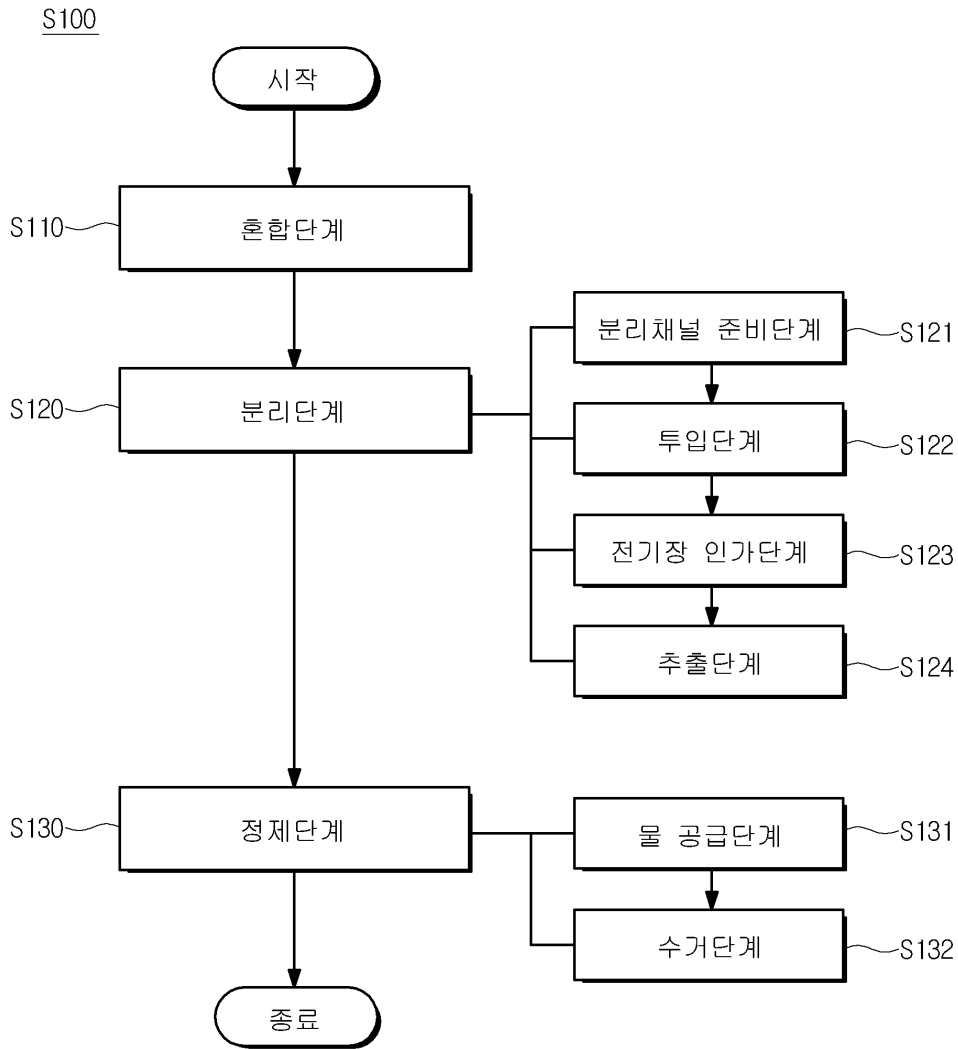
도면3



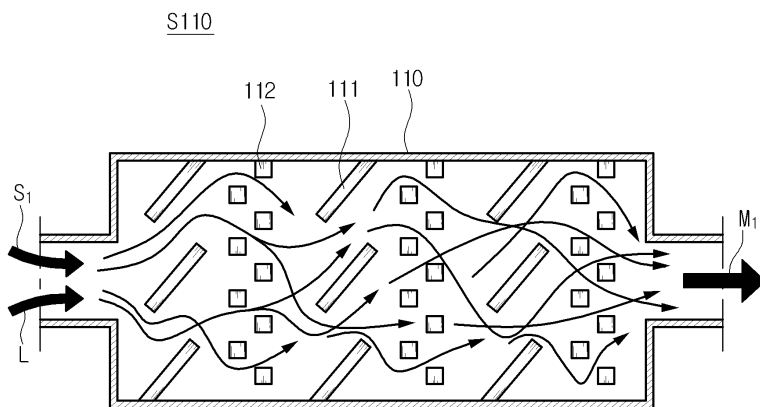
도면4



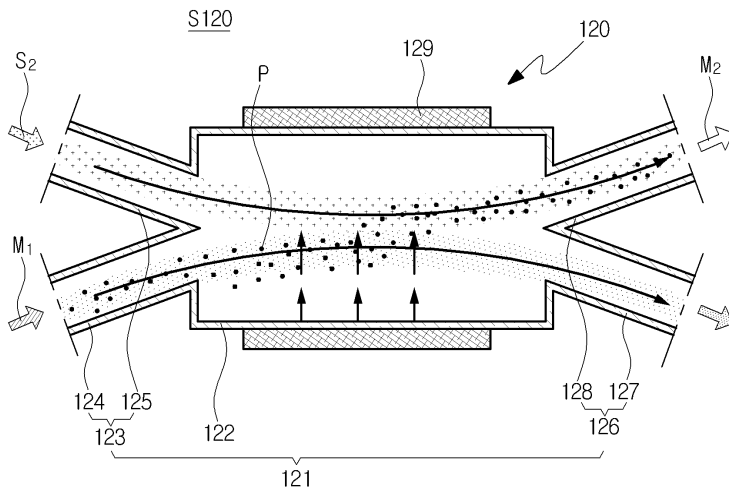
도면5



도면6



도면7



도면8

