

특허청구의 범위

청구항 1

제 1 유체가 장입 되는 본체;

제 2 유체가 장입 되는 혼합실;

상기 본체의 밀폐 상태를 유지하기 위한 덮개;

상기 본체의 일측 또는 상기 덮개에 관통 형성되며 상기 제 1 유체의 가압을 위한 기체가 유입되는 기체 유입관;

상기 본체의 하부에 구비되며 상기 기체의 압력에 의해 상기 제 1 유체를 배출시키는 유체 배출공; 및

상기 유체 배출공과 연결되어 상기 유체 배출공을 통해 배출된 상기 제 1 유체를 상기 혼합실에 액적 상태로 분사시키는 분사 노즐;

을 포함하여 상기 혼합실에서 상기 제 1 유체와 상기 제 2 유체의 혼합 유체가 형성되는 것을 특징으로 하는 마이크로 유체 혼합 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 분사 노즐은 플랫(flat) 노즐 또는 홀로우 콘(hollow cone) 노즐인 것을 특징으로 하는 마이크로 유체 혼합 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 분사 노즐의 노즐 구멍 직경은 0.15 내지 2.0mm인 것을 특징으로 하는 마이크로 유체 혼합 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 혼합실에는 상기 혼합실에 장입된 제 2 유체 및 상기 혼합실에 분사된 제 1 유체를 교반하기 위한 전동 교반봉을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 유체 혼합 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 본체를 둘러싸는 본체 가열 유닛; 및

상기 본체 가열 유닛과 관로로 연결되어 상기 제 1 유체를 일정한 온도로 유지하기 위한 항온 유체를 순환시키는 본체 항온 순환조;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 유체 혼합 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 혼합실을 둘러싸는 혼합실 가열 유닛; 및

상기 혼합실 가열 유닛과 관로로 연결되어 상기 제 2 유체 또는 상기 혼합 유체를 일정한 온도로 유지하기 위한
 항온 유체를 순환시키는 혼합실 항온 순환조;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 유체 혼합 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로 유체 혼합 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 가압 기체에 의해 인입된 유체를 노즐을
 통해 액적 상태로 분산시켜 다른 유체와 교반함으로 효율적인 급속 마이크로 혼합이 가능하도록 하는 마이크로
 유체 혼합 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 분석 기술의 발전 및 분석 기구의 소형화에 따라 많은 시료, 시약, 유체를 최소 단위로 처리, 제조, 분석,
 혼합하기 위한 미세 유체 시스템(micro-fluidic system)의 개발이 활발히 진행되고 있다. 미세 유체 시스템은
 DNA 시퀀싱(염기 서열 해독), 바이오 칩(bio chip)과 랩온어칩(Lab-on-a-Chip) 등에 널리 이용되고 있다. 미세
 유체 시스템이 각광을 받는 이유는 극소량의 시료에 대한 혼합과 처리가 대부분을 이루는 효소 반응, 세포 활성화,
 단백질 접합, 약물 전달, 핵산의 합성과 염기 서열 해명에 매우 적합하며 짧은 분석 시간과 저비용의 장점
 을 가지고 있기 때문이다.

[0003] 바이오 칩 또는 랩온어칩 등의 미세 유체 시스템은 분석에 필요한 모든 과정을 하나의 작은 소형 기관 위에서
 수행될 수 있도록 여러 개의 채널(micro-channel)이나 미세 구조물(micro-structure)이 구성되어 있다. 그러므
 로 미세 유체 시스템에서 시료의 분석, 제조, 혼합, 반응 개시를 위해서 마이크로 채널(micro-channel)을 통해
 수송되는 유체 또는 성분의 효과적인 혼합이 필수적이다.

[0004] 두 유체가 균일하게 혼합되는 것은 두 유체가 가진 물리적 특성의 구배가 사라지는 것을 의미한다. 일반적인
 화학 산업에서 혼합의 궁극적인 목적은 온도, 물질의 농도, 압력, 유속, 과포화도, 기계적 에너지 등이 혼합에
 의해 특정한 평균값으로 수렴되는 것이다.

[0005] 일례로, 미세 관로에서 균일한 혼합에 의한 농도 변화를 살펴보면, 층류이므로 혼합은 분자 확산(molecular
 diffusion)에 의해 크게 좌우된다. 확산 시간(t_{diff})과 확산 거리(x) 사이에는 다음과 같은 관계가 있다는 것이
 알려져 있다.

수학식 1

$$t_{diff} = \frac{x^2}{2D}$$

[0006]

[0007] 여기서, x 는 확산 거리 또는 확산 길이(diffusion length), D 는 확산 계수, t_{diff} 는 확산시간(diffusion time)이
 다. 확산 계수(D)가 일정할 경우 확산시간(t_{diff})을 단축하는 방법은 두 유체간의 접촉 면적을 높이고 확산 거리
 를 줄이는 것이다.

[0008] 혼합에 걸리는 시간의 단위가 물리 화학적 사건에 걸리는 시간과 비슷하거나 더 큰 경우에는 혼합 시간은 매우
 중요한 의미를 차지하게 된다. 예를 들면, 포화된 용액으로부터 역용매(anti-solvent)의 첨가에 의해 입자가
 형성되는 공정이 대표적이다. 특정 용질(solute)을 용매(solvent)에 용해시킨 후, 용해도를 떨어뜨리는 역용매
 을 혼합하여 결정상 또는 비결정상 입자를 제조하는 공정은 정밀 화학 산업, 특히, 제약, 염 안료와 같은 제품
 제조에서 널리 쓰이고 있다.

- [0009] 이런 공정에서는 입자의 특성 중에서 평균 입경과 입도 분포가 중시된다. 평균 입경과 입도 분포를 제어하기 위해 가장 중요한 것은 용매와 역용매의 혼합에 의한 과포화도 형성 시점 또는 입자의 석출 시점이다. 교반 장치에서 혼합은 장치 전체 규모의 거시 혼합(macro-mixing)에서 마이크로 혼합(micro-mixing)으로 일어난다. 거시 혼합(macro-mixing)은 대류 수송(convective transport)에 의해 국소적인 편차가 없는 큰 유체 요소(large element of fluid)의 균일 분포에 의한 평균 물성 도달, 유체 요소의 크기 감소와 함께 다른 물성을 가진 유체 요소와 접촉 증대, 가장 작은 단위 유체 요소간의 분자 확산(molecular diffusion)에 의해 마이크로 혼합이 완료된다.
- [0010] 일반적인 교반 용기(stirred-vessel)에서 국소 교반 동력(local specific power input, ϵ)은 0.1 ~ 10 W/kg이고 수용액의 점도와 밀도 비(μ/ρ)는 $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 이므로 마이크로 혼합(micro-mixing)에 소요되는 시간은 5 ~ 50 ms이다(J.F. Chen, Y.-H. Wang, F.Guo, X.-M. Wang, C.Zheng., Synthesis of Nanoparticles with Novel Technology: High-Gravity Reactive Precipitation, Ind.Eng.Chem.Res., 39, 948-954 (2000)). 또한, 일반적으로 수용액에서 핵생성 유도 시간(τ_{ind})이 1 ms 이하이므로, 교반 용기의 마이크로 혼합 시간(τ_{micro})보다 훨씬 짧다. 이는 비용매와 포화 용액의 혼합이 완전하게 이루어지기 전 핵생성에 의해 용질 입자의 석출이 되는 것을 의미하며, 교반 용기(stirred-vessel)에서 입도 분포(또는 평균 입경)의 제어는 사실상 불가능하다.
- [0011] 이에 따라 미세 유체 시스템(micro-fluidic system)에서 마이크로 믹서(micro-mixer)는 가장 핵심적인 부분이다.
- [0012] 마이크로 믹서(micro-mixer)는 크게 능동(active)과 수동(passive) 방식으로 나뉘어진다. 능동 방식(active micro-mixer)은 외부 에너지(external energy)에서 제공되는 교란에 의해 혼합이 이루어지는 방법이다. 반면에 수동 방식(passive micro-mixer)은 외부 에너지가 아닌 확산 또는 무질서한 이류(chaotic advection)에 의한 혼합 방식이다.
- [0013] 상기 능동 방식은 압력(pressure), 유전 영동(dielectrophoretic), 자기 유체 수력(magneto hydrodynamic), 전기 수력(electro hydrodynamic), 음파(acoustic), 열(thermal)에 의한 강력한 혼합 성능의 장점을 지니고 있지만, 복잡한 제작 과정과 구조로 인해서 경제적 이점이 떨어지는 단점이 있다.
- [0014] 반면, 수동 방식은 외부 에너지가 필요하지 않아 에너지 소모가 적고, 안정한 혼합 특성, 비교적 간단한 장치 구조로 인해 제작이 용이하므로 최근 들어 많은 관심을 받고 있다. 그러나 상기 수동 방식은 미세 유체 시스템의 특성인 층류(laminar flow)에서 분자 확산과 무질서한 이류에 의한 불균일 혼합 및 느린 확산 속도의 단점을 지니고 있다.
- [0015] 따라서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서는 상기 능동 방식과 수동 방식이 가지고 있는 각각의 단점을 해결할 수 있는 유체 혼합 장치에 대한 개발이 요구되고 있다. 즉, 능동 방식에서 제기되는 복잡한 성형 또는 제작 과정 및 유로 제어 문제와, 수동 방식에서 제기되는 미세 관로 통과에 의한 유체의 층류화로 인한 확산 속도 감소의 해결이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 따라서 본 발명은 전술한 바와 같은 기술적 과제를 해결하는데 그 목적이 있는 발명으로서, 마이크로 크기 유체 액적(micron-sized droplet)의 생성을 통해 유체의 계면 접촉 면적을 확대시키고 확산 거리를 감소시킴으로 효율적인 급속 마이크로 혼합이 가능하도록 하는 유체 혼합 장치를 제공하고자 하는 목적을 가지고 있다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 마이크로 유체 혼합 장치는, 제 1 유체가 장입 되는 본체; 제 2 유체가 장입 되는 혼합실; 상기 본체의 밀폐 상태를 유지하기 위한 덮개; 상기 본체의 일측 또는 상기 덮개에 관통 형성되며 상기 제 1 유체의 가압을 위한 기체가 유입되는 기체 유입관; 상기 본체의 하부에 구비되며 상기 기체의 압력에 의해 상기 제 1 유체를 배출시키는 유체 배출공; 및 상기 유체 배출공과 연결되어 상기 유체 배출공을

통해 배출된 상기 제 1 유체를 상기 혼합실에 액적 상태로 분사시키는 분사 노즐; 을 포함하여 상기 혼합실에서 상기 제 1 유체와 상기 제 2 유체의 혼합 유체가 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 이때, 상기 분사 노즐은 플랫(flat) 노즐 또는 홀로우 콘(hollow cone) 노즐인 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 분사 노즐의 노즐 구멍 직경은 0.15 내지 2.0mm인 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 혼합실에는 상기 혼합실에 장입된 제 2 유체 및 상기 혼합실에 분사된 제 1 유체를 교반하기 위한 전동 교반봉을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 본체를 둘러싸는 본체 가열 유닛; 및 상기 본체 가열 유닛과 관로로 연결되어 상기 제 1 유체를 일정한 온도로 유지하기 위한 항온 유체를 순환시키는 본체 항온 순환조; 를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 혼합실을 둘러싸는 혼합실 가열 유닛; 및 상기 혼합실 가열 유닛과 관로로 연결되어 상기 제 2 유체 또는 상기 혼합 유체를 일정한 온도로 유지하기 위한 항온 유체를 순환시키는 혼합실 항온 순환조; 를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따른 마이크로 유체 혼합 장치에 의하면, 혼합 대상 유체를 미세화 하여 액적 상태로 혼합되게 함으로 유체의 접촉 면적이 확대되고 확산거리가 감소되어 우수한 혼합성능을 나타낼 수 있는 유체 혼합 장치를 제공할 수 있게 된다.

[0024] 또한, 본 발명은 압력을 이용한 유체 분사를 적용함으로써 복잡한 미세 관로 설계 또는 미세 유체 제어가 필요하지 않으며, 비교적 간단한 장치를 통해 효율적인 급속 마이크로 혼합이 가능하게 되어 비용이 절감되는 경제적인 효과를 얻을 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 유체 혼합장치의 구성을 나타내는 구성도.

도 2는 상기 마이크로 유체 혼합장치에 의해 제 1 유체와 제 2 유체의 마이크로 혼합이 일어나는 과정을 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명하기로 한다.

[0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 유체 혼합 장치의 구성을 나타내고 있다. 본 발명에 따른 마이크로 유체 혼합 장치는 제 1 유체(10)와 제 2 유체(20)를 빠른 속도로 마이크로 혼합하기 위한 장치이며, 도시된 바와 같이 본체(100), 덮개(140), 기체 유입관(110), 유체 배출공(120), 분사 노즐(130) 및 혼합실(200)을 구비하고 있다.

[0028] 먼저 본 발명에서 본체(100)는 제 1 유체(10)가 장입 가능한 내부 공간을 구비하고 있다. 상기 본체(100)는 원통형의 스테인리스 재질로 이루어질 수 있다. 또한, 상기 본체(100)의 상단부에는 본체(100)의 밀폐 상태를 유지하기 위한 덮개(140)가 장착되어있다.

[0029] 이때, 상기 본체(100)의 일측 또는 상기 덮개(140)에는 상기 제 1 유체(10)의 가압을 위한 기체가 유입되는 기체 유입관(110)이 관통 형성될 수 있다. 도 1에서는 상기 기체 유입관(110)이 상기 덮개(140)에 관통 형성된 모습을 도시하고 있다. 본 발명에서 상기 기체 유입관(110)을 통해 유입되는 기체는 상기 제 1 유체(10)의 가압을 위한 기체로서, 고온 또는 저온에서 상기 제 1 유체(10)의 화학적 변성을 일으키지 않도록 불활성 기체(예를 들면, 질소)가 사용될 수 있다.

[0030] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 기체 유입관(110)에는 가압 기체의 유로를 개폐하기 위한 기체 유입 밸브(112)가 추가적으로 장착될 수 있다. 또한, 상기 가압 기체의 이상 변동 또는 과다 압력에 의한 장치 폭발을

방지하기 위하여, 본체(100) 또는 덮개(140)에 형성되는 안전 밸브(114)를 추가적으로 구비할 수 있다.

- [0031] 한편, 상기 가압 기체는 분배 유니언(150)을 통해 분사 노즐(130)에도 분배될 수 있다. 상기 가압 기체는 분사 노즐(130) 내부로 인입되어 제 1 유체(10)를 액적 상태로 만드는 역할을 수행한다. 또한, 본 발명에서는 상기 분사 노즐(130)을 향하는 상기 가압기체의 흐름을 조절하기 위해 밸브(132)가 추가적으로 구비될 수 있다.
- [0032] 상기 본체의 하단에는 유체 배출공(120)이 구비될 수 있다. 상기 유체 배출공(120)은 상기 본체(100) 내부에 있는 제 1 유체(10)가 배출되는 통로가 된다. 상기 유체 배출공(120)은 관로로 연결될 수 있으며, 그 단부에 분사 노즐(130)이 구비될 수 있다. 이처럼 상기 분사 노즐(130)은 상기 유체 배출공(120)과 연결되어, 상기 유체 배출공(120)을 통해 배출된 제 1 유체(10)를 액적(11) 상태로 혼합실(200)에 분사한다. 이때, 본 발명에서는 상기 분사 노즐(130)을 향하는 제 1 유체(10)의 흐름을 조절하기 위한 밸브(122)가 추가적으로 구비될 수 있다.
- [0033] 상기 분사 노즐(130)은 노즐 구멍이 슬릿 형태로 형성된 플랫(flat) 노즐, 노즐 내부에서 액체 유동이 중공형태로 분사되는 홀로우 콘(hollow cone) 노즐 등이 사용될 수 있다. 상기 분사 노즐(130)의 구멍은 타원형 또는 원형 형상을 가질 수 있으며, 구멍의 직경은 0.15mm 내지 2.0mm 바람직하게는 0.3mm 내지 0.4mm를 갖도록 형성될 수 있다. 이에 따라 상기 분사 노즐(130)을 통해 60 μ m 내지 150 μ m의 평균 입경(droplet size)을 갖는 제 1 유체의 액적(11)이 생성될 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 유체 혼합 장치는 상기 본체(100)를 둘러싸는 본체 가열 유닛(미도시) 및 상기 본체 가열 유닛과 관로(52)로 연결되어 상기 제 1 유체(10)를 일정한 온도로 유지하기 위한 항온 유체를 순환시키는 본체 항온 순환조(50)를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 상기 본체 가열 유닛은 상기 본체(100)의 내주면 또는 외주면을 원주방향으로 둘러싸도록 형성될 수 있으며, 상기 본체 항온 순환조(50) 및 관로(52)를 통해 유입된 항온 유체가 본체(100) 주위를 순환하면서 상기 본체(100) 내부의 제 1 유체(10)의 온도가 일정하게 유지되도록 할 수 있다.
- [0036] 한편, 본 발명에 따른 마이크로 유체 혼합장치는 혼합실(200)을 포함한다. 상기 혼합실(200)에는 제 2 유체(20)가 장입될 수 있으며, 액적(11) 상태로 분사되는 제 1 유체(10)가 상기 제 2 유체(20)와 혼합되어 혼합 유체가 생성될 수 있다. 상기 혼합실(200)은 유리 재질의 원통 형상으로 형성될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0037] 상기 혼합실(200)에는 상기 혼합실(200)에 장입된 제 2 유체(20) 및 상기 혼합실(200)에 액적(11) 상태로 분사된 제 1 유체(10)를 교반하기 위한 전동 교반봉(210)을 더 포함할 수 있다. 상기 전동 교반봉(210)은 전동 모터에 의해 구동될 수 있으며, 상기 제 1 유체(10)와 제 2 유체(20)가 더욱 빠른 속도로 혼합될 수 있도록 한다.
- [0038] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 유체 혼합 장치는 상기 혼합실(200)을 둘러싸는 혼합실 가열 유닛(미도시) 및 상기 혼합실 가열 유닛과 관로(62)로 연결되어 상기 제 2 유체(10) 또는 혼합 유체를 일정한 온도로 유지하기 위한 항온 유체를 순환시키는 본체 항온 순환조(60)를 더 포함할 수 있다.
- [0039] 상기 혼합실 가열 유닛은 상기 혼합실(200)의 내측면 또는 외측면을 원주방향으로 둘러싸도록 형성될 수 있으며, 상기 혼합실 항온 순환조(60) 및 관로(62)를 통해 유입된 항온 유체가 혼합실(200) 주위를 순환하면서 상기 본체(200) 내부의 제 2 유체(10) 또는 혼합 유체의 온도가 일정하게 유지되도록 할 수 있다.
- [0040] 이처럼 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 유체 혼합 장치는 항온 순환조(50, 60)를 통하여 각 유체의 온도를 일정하게 유지함으로써 일정한 온도에서 제 1 유체(10) 및 제 2 유체(20)의 혼합이 이루어지도록 할 수 있다.
- [0041] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 유체 혼합장치에 의해 제 1 유체(10)와 제 2 유체(20)의 마이크로 혼합이 일어나는 과정을 나타내고 있다. 도 2에 도시된 바와 같이 본체의 배출공을 통해 배출된 제 1 유체는 분사 노즐(130) 내부에서 가압 기체에 의해 액적(11) 상태로 혼합실에 분사된다. 가압 기체와 함께 분사된 미세한 크기의 액적(11)은 혼합실 내부에 장입된 제 2 유체(20)와 계면 접촉을 통해 혼합될 수 있다.
- [0042] 상기와 같이 액적(11) 분사를 통해 비표면적이 늘어난 제 1 유체는 혼합실 내부에서 제 2 유체(20)와 빠른 속도로 혼합될 수 있게 된다. 이때 혼합실 내부에서 전동 교반봉을 사용하면 상기 제 1 유체와 제 2 유체간의 교반이 더욱 빠른 속도로 일어날 수 있게 된다.
- [0043] 이처럼 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 유체 혼합 장치는 액적 분사를 통해 서로 다른 유체의 계면 접촉 면적을 확대하고 확산 거리를 감소시킬 수 있게 되며, 이를 통해 마이크로 초 단위의 빠른 속도로 유체 혼합이 일

어날 수 있도록 한다. 따라서 짧은 분석 시간이 필요한 미세 유체 시스템 등의 다양한 분야에서 유용하게 사용될 수 있으며, 간단한 장치의 구성을 통해 우수한 혼합 성능을 유지할 수 있게 되어 비용을 절감할 수 있게 된다.

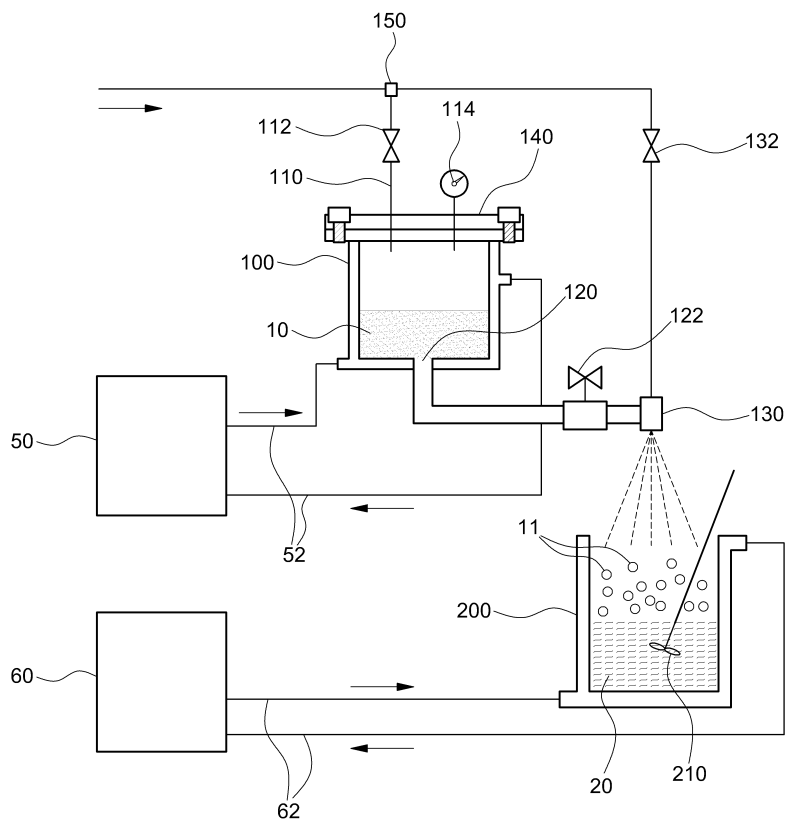
[0044] 이상에서는 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 설명하였으나, 당업자라면 본 발명의 취지 및 범위를 벗어나지 않고 수정, 변경을 할 수 있다. 따라서 본 발명의 상세한 설명 및 실시예로부터 본 발명이 속하는 기술분야에 속한 사람이 용이하게 유추할 수 있는 것은 본 발명의 권리범위에 속하는 것으로 해석된다.

부호의 설명

[0045]	10 : 제 1 유체	20 : 제 2 유체
	50 : 본체 항온 순환조	60 : 혼합실 항온 순환조
	100 : 본체	110 : 기체 유입관
	114 : 안전 밸브	120 : 배출공
	130 : 분사 노즐	140 : 덮개
	150 : 분배 유니언	112, 122, 132 : 밸브
	200 : 혼합실	210 : 전동 교반봉

도면

도면1



도면2

