

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2011-0024992 (43) 공개일자 2011년03월09일
(51) Int. Cl. B01J 19/00 (2006.01) B01F 5/06 (2006.01) B01F 3/08 (2006.01) B81B 1/00 (2006.01) (21) 출원번호 10-2009-0083210 (22) 출원일자 2009년09월03일 심사청구일자 2009년09월03일	(71) 출원인 충남대학교산학협력단 대전광역시 유성구 공동 220번지 충남대학교 (72) 발명자 김동표 대전시 유성구 어은동 한빛아파트 131동 905호 홍난영 대전 서구 탄방동 산호아파트 103동 909호 (뒷면에 계속) (74) 대리인 박창희, 김종관, 권오식	
전체 청구항 수 : 총 17 항		

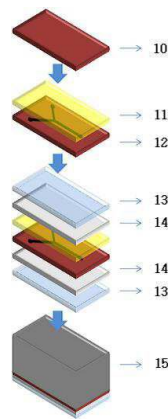
(54) 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 혼합될 유체가 투입되는 유체투입부, 투입된 유체가 혼합되는 유체혼합부와 혼합된 유체가 배출되는 유체배출부로 이루어지고, 상기 유체혼합부는 레이저빔으로 식각하여 미세유로채널 및 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부가 형성된 열가소성고분자 필름인 기재필름과 상기 기재필름의 상부에 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 커버필름을 적층하여 커버필름의 Tg ~ 용융점 또는 커버필름 상 접착제의 경화온도에서 가온 가압에 의해 일체로 접합되는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 마이크로 리액터는 유체혼합부의 기재필름으로 사용되는 열가소성고분자 필름의 성질에 따라 특정 유체에 대한 내성 및 내열성, 광투과성 등의 특성을 갖는 화학반응용 마이크로 리액터로 제작되어 화학반응에 선택적으로 사용될 수 있고, 제조가 용이하여 경제적이며 내구성이 우수한 효과가 있다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

민경익

대전광역시 유성구 궁동 1-19 101호

이태호

경기도 부천시 소사구 송내1동 우성아파트 10동
1405호

특허청구의 범위

청구항 1

혼합될 유체가 투입되는 유체투입부, 투입된 유체가 혼합되는 유체혼합부와 혼합된 유체가 배출되는 유체배출부로 이루어지고,

상기 유체혼합부는,

레이저빔으로 식각하여 미세유로채널 및 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부가 형성된 열가소성고분자 필름인 기재필름과 상기 기재필름의 상부에 기재필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 커버필름을 적층하여 커버필름의 T_g ~ 용융점의 온도로 가온 가압에 의해 일체로 접합되는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 기재필름의 상부에 적층되는 커버필름의 접합면에 아크릴레이트계, 우레탄계 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제를 더 코팅하여 커버필름 상 접착제의 경화온도로 가온 가압하여 일체로 접합되는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 유체혼합부는 기재필름의 하부에 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부가 형성된 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 보강필름이 더 적층되어 일체로 접합되는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 기재필름은 폴리에틸렌(Polyethylene), 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리이미드(polyimide), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate), 또는 폴리에틸렌 나프탈레이트(Polyethylene naphthalate)에서 선택되는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 미세유로채널은 기재필름 두께의 1/5~4/5의 비율로 식각되는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 마이크로 리액터의 커버필름 상부에 아크릴레이트계, 우레탄계 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제를 코팅하여, 1개 이상의 마이크로 리액터를 더 적층하는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터.

청구항 7

제 1항 내지 제 6항에 있어서,

상기 마이크로 리액터를 다양한 입체 형태로 구부려 3차원적 다중 미세유로채널을 형성하는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터.

청구항 8

a) 열가소성고분자 필름인 기재필름을 레이저빔으로 식각하여 미세유로채널 및 유체투입부와 유체배출부를 연통

하는 미세홀부를 형성하는 단계;

b) 상기 기재필름의 미세유로채널이 형성된 면의 상부에 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 커버필름을 적층하는 단계;

c) 상기 커버필름이 적층된 기재필름을 커버필름의 $T_g \sim$ 용융점의 온도로 가온 가압하여 일체로 접합시켜 유체 혼합부를 제조하는 단계;

d) 상기 기재필름의 하부에 미세홀부와 연통되도록 유체투입부 및 유체배출부를 접합하는 단계;

를 포함하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 b) 단계는 기재필름의 상부에 적층되는 커버필름의 접합면에 아크릴레이트계, 우레탄계 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제를 더 코팅하여 커버필름 상 접착제의 경화온도로 가온 가압하여 일체로 접합시키는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 b) 단계는 기재필름 하부에 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부가 형성된 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 보강필름을 더 적층하는 단계를 포함하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 11

제 8항에 있어서,

상기 미세유로채널은 다수개로 이루어지며 서로 인접되는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 12

제 8항에 있어서,

상기 기재필름은 폴리에틸렌(Polyethylene), 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리이미드(polyimide), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate), 또는 폴리에틸렌 나프탈레이트(Polyethylene naphthalate)에서 선택되는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 13

제 8항에 있어서,

상기 c) 단계의 가온 가압은 상기 커버필름이 적층된 기재필름의 양면에 테프론 필름 및 유리를 순차적으로 더 적층한 다음 수행하는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 14

제 8항에 있어서,

상기 d) 단계의 유체투입부 및 유체배출부는 나노포트를 사용하는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 15

제 8항에 있어서,

상기 d) 단계의 유체투입부 및 유체배출부는 아크릴레이트계, 우레탄계, 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제를 사용하여 접합하는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 16

제 1항에 있어서,

상기 마이크로 리액터의 커버필름 상부에 아크릴레이트계, 우레탄계 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제를 코팅하여 1개 이상의 마이크로 리액터를 더 적층하는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

청구항 17

제 8항 내지 제 16항에 있어서,

상기 마이크로 리액터를 다양한 입체 형태로 구부러 3차원적 다중 미세유로채널을 형성하는 것을 특징으로 하는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 혼합될 유체가 투입되는 유체투입부, 투입된 유체가 혼합되는 유체혼합부와 혼합된 유체가 배출되는 유체배출부로 이루어지고, 상기 유체혼합부의 기재필름으로 사용되는 열가소성고분자 필름의 성질에 따라서 특정 유체에 대한 내성 및 내열성, 광투과성 등의 특성을 갖는 화학반응용 마이크로 리액터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 마이크로 화학공학에서 마이크로 리액터(micro reactor)는 수십 또는 수백미크론 크기의 채널을 가공하여 미세유로채널을 형성하며, 이 미세유로채널 사이를 유체가 통과하면서 혼합되도록 하고 이 혼합된 유체를 배출하기 위한 기기를 뜻한다. 마이크로 리액터의 크기는 상한 및 하한의 경계가 명확히 설정되어있지 않으며, 마이크로 반응기를 마이크로 화학 기술 또는 마이크로 화학 공정의 개념으로써, 즉 수단이 아닌 목적이거나 방법으로 구분하여 정의하는 것이 명확하다.

[0003] 마이크로 리액터를 제작하는 기술은 전자공학에서 유래된 방법에서부터 마이크로 식각기술, 최신의 초정밀 공정 기술까지 다양하다. 이러한 선택의 다양성이 3차원 구조와 같이 다양한 형상의 제작을 가능하게 하였다. 또한 이와 같은 기술의 다양성이 마이크로 리액터에 사용할 수 있는 재료 선택의 폭을 넓혀주었다. 기존의 리액터 제조에 사용되었던 재료는 금속을 포함하여 실리콘, 유리 등이 있으며, 특히 실리콘은 건식 또는 습식 식각을 이용한 고비용 반도체 공정의 미세 화학 시스템(Microelectromechanical Systems, MEMS)의 응용분야로 널리 이용되었다. 상기 금속, 실리콘 및 유리 등의 재료는 MEMS 기술 및 그로부터 유래한 Lab-on-a-chip 기술 등에 있어서 재료 자체의 뛰어난 기계적 강도와 고신뢰성을 바탕으로 고품질의 마이크로 리액터를 제조할 수 있는 최고의 재료로 각광받고 있으나, 낮은 성형성 및 가공의 어려움 등의 문제로 인해 마이크로 리액터의 제작단가를 높이는 요인이 되었고, 이에 따라서 마이크로 리액터 기술이 극히 일부에서만 쓰일 수 있는 고급 기술이 되었다.

[0004] 따라서 종래의 금속, 실리콘, 유리 등의 재료를 기반으로 하는 마이크로 리액터에 견줄만한 안정성을 가지며, 제조공정이 간단하고, 저비용으로도 제조 가능한 마이크로 리액터의 제작이 절실하게 요구되는 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 종래의 금속, 실리콘, 유리 등의 재료를 기반으로 하는 마이크로 리액터에 견줄만한 안정성을 가지며, 제조공정이 간단하고, 저비용으로도 제조 가능한 마이크로 리액터를 제공하는데 목적이 있다.

[0006] 보다 구체적으로는 유체혼합부의 기재필름으로 사용되는 열가소성고분자 필름의 성질에 따라 특정 유체에 대한

내성 및 내열성, 광투과성 등의 특성을 갖는 화학반응용 마이크로 리액터로 제작되어 화학반응에 선택적으로 사용될 수 있고, 제조가 용이하여 경제적이며 내구성이 우수한 마이크로 리액터를 제공하는데 본 발명의 목적이 있다.

과제 해결수단

- [0007] 본 발명은 상기 목적을 달성하기 위하여 안출된 것으로, 혼합될 유체가 투입되는 유체투입부, 투입된 유체가 혼합되는 유체혼합부와 혼합된 유체가 배출되는 유체배출부로 이루어지고, 상기 유체혼합부의 기재필름으로 사용되는 열가소성고분자 필름의 성질에 따라 특정 유체에 대한 내성 및 내열성, 광투과성 등의 특성을 갖는 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터 및 이의 제조방법을 제공한다.
- [0008] 이하 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.
- [0009] 이때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.
- [0010] 본 발명은 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터에 관한 것으로, 혼합될 유체가 투입되는 유체투입부, 투입된 유체가 혼합되는 유체혼합부와 혼합된 유체가 배출되는 유체배출부로 이루어지고, 상기 유체혼합부는, 레이저빔으로 식각하여 미세유로채널 및 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부가 형성된 열가소성고분자 필름인 기재필름(10)과 상기 기재필름의 상부에 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 커버필름(11)을 적층하여 커버필름의 T_g ~ 용융점의 온도로 가온 가압에 의해 일체로 접합되는 것을 특징으로 한다. 또한 상기 기재필름의 상부에 적층되는 커버필름의 접합면에 아크릴레이트계, 우레탄계 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제를 더 코팅하는 것으로 기재필름과 커버필름을 일체로 접합시키는데 유용한 효과가 있다. 상기 유체혼합부는 기재필름의 하부에 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부가 형성된 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 보강필름이 더 적층되어 일체로 접합되는 것을 특징으로 하며, 상기 기재필름의 하부에 보강필름이 더 적층되면 제조된 마이크로 리액터가 채널 내부 압력에 견디는 내압성이 더욱 향상되어 고유속 및 기체상 반응에 유리하다.
- [0011] 상기 기재필름은 마이크로 리액터에 투입되는 유체 간의 화학반응에 참여하지 않는 열가소성고분자 필름 중에서 선택적으로 사용될 수 있고, 구체적인 예로는 폴리에틸렌(Polyethylene), 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리이미드(polyimide), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate), 또는 폴리에틸렌 나프탈레이트(Polyethylene naphthalate)에서 선택될 수 있다.
- [0012] 상기 미세유로채널은 유체혼합부를 이루는 기재필름의 한쪽 면에 형성되어, 유체투입부와 유체배출부를 연결하며, 레이저빔에 의해 식각된다. 상기 미세유로채널은 기재필름 두께의 1/5~4/5의 비율로 식각하여 채널의 깊이를 조절하는 것이 좋으며, 상기 범위일 경우, 기재필름으로 사용되는 열가소성고분자 필름의 내구성면에서 우수한 효과를 가질 수 있다.
- [0013] 본 발명에 따른 마이크로 리액터는 마이크로 리액터의 커버필름 상부에 아크릴레이트계, 우레탄계 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제를 코팅하여, 1개 이상의 마이크로 리액터를 더 적층하여 사용 가능하며, 혼합 효율 향상을 위해 마이크로 리액터를 다양한 입체 형태로 구부러 3차원적 다중 미세유로채널 형성 또한 가능하다.
- [0014] 또한 본 발명에 따른 마이크로 리액터는,
- [0015] a) 열가소성고분자 필름인 기재필름을 레이저빔으로 식각하여 미세유로채널 및 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부를 형성하는 단계;
- [0016] b) 상기 기재필름의 미세유로채널이 형성된 면의 상부에 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 커버필름을 적층하는 단계;
- [0017] c) 상기 커버필름이 적층된 기재필름을 커버필름의 T_g ~ 용융점의 온도로 가온 가압하여 일체로 접합시켜 유체혼합부를 제조하는 단계;
- [0018] d) 상기 기재필름의 하부에 미세홀부와 연통되도록 유체투입부 및 유체배출부를 접합하는 단계;
- [0019] 를 포함하는 제조방법으로 제조될 수 있다.

- [0020] 상기 a) 단계의 열가소성고분자 필름인 기재필름을 레이저빔으로 식각하여 미세유로채널 및 유체투입부와 유체 배출부를 연통하는 미세홀부를 형성하는 단계에 있어서, 미세홀부는 유체의 투입 및 배출을 위해 형성되고, 상기 미세홀부에 유체투입부 및 유체배출부가 접합된다. 상기 미세유로채널은 유체투입부 및 유체배출부를 연결하는 반응루트로써 미세유로채널에서 유체의 화학반응이 이루어진다.
- [0021] 레이저빔을 이용한 식각은 미세유로채널 제작 시 작은 영역을 정밀하게 제작할 수 있는 기술로, 레이저 가공장비를 이용하여 유체의 혼합을 도울 수 있는 형태로 미세유로채널을 제작한다. 이때 미세유로채널은 다수개로 이루어지며 서로 인접되는 것이 특징이고, 채널표면에는 유체의 흐름방향과 다양한 각도를 이루는 각종 미세 패턴 형상을 레이저로 가공하며, 다양한 층류적 특성에 의한 혼합 효율이 향상되도록 한다. 저렴하고 빠른 레이저 장비를 이용 시에는 광화학적 식각보다는 광열적 식각이 주로 일어나므로 레이저 가공 후 필름의 표면은 필름 용융물과 기타 탄화로 인하여 오염되어 있는데 이러한 오염물질은 커버필름 접합 시 문제를 일으킬 여지가 있고, 미세유로채널 내에서의 화학반응에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 과산화수소(H_2O_2)와 황산(H_2SO_4)을 1:1~3의 비율로 혼합하여 제조한 피라나 솔루션(Piranha solution)을 이용하여 제거할 수 있다. 이러한 세정 공정을 거친 미세유로채널이 형성된 기재필름은 상부에 기재필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 커버필름 접합 시에 유체가 흐르지 않도록 일체형 접합이 가능하게 된다.
- [0022] 레이저 가공장비를 이용한 미세유로채널의 제조공정 모식도는 도 1에 나타내었으며, 이는 미세유로채널의 일실시예일 뿐 이를 한정하는 것은 아니다.
- [0023] 상기 b) 단계의 기재필름의 미세유로채널이 형성된 면의 상부에 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 커버필름을 적층하는 단계에 있어서, 상기 커버필름은 유체가 흐르지 않도록 기재필름의 상부에 접합되는 것이 바람직하다.
- [0024] 또한 기재필름의 하부에는 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부가 형성된 기재 필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름인 보강필름을 더 적층할 수 있으며, 상기 보강필름은 마이크로 리액터의 내압성을 향상시키는 이점이 있다. 상기 보강필름이 기재필름의 하부에 더 적층될 경우에는 미세홀부가 막히게 되기 때문에 보강필름에도 기재필름과 같은 위치로 미세홀부를 형성하여 유체투입부 및 유체배출부를 접합할 수 있도록 제작한다.
- [0025] 상기 기재필름은 마이크로 리액터에 투입되는 유체 간의 화학반응에 참여하지 않는 열가소성고분자 필름 중에서 선택적으로 사용될 수 있고, 구체적인 예로는 폴리에틸렌(Polyethylene), 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리이미드(polyimide), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate), 또는 폴리에틸렌 나프탈레이트(Polyethylene naphthalate)에서 선택될 수 있다.
- [0026] 또한 본 발명에 사용되는 커버필름 및 보강필름은 상기 기재필름과 동일한 열가소성고분자 필름 중에서 선택적으로 사용될 수 있으며, 마이크로 리액터의 유체혼합부를 구성할 때 기재필름과 동종 또는 이종의 열가소성고분자 필름이 사용될 수 있다.
- [0027] 상기 c) 단계의 커버필름이 적층된 기재필름을 커버필름의 $T_g \sim$ 용융점의 온도로 가온 가압하여 일체로 접합시켜 유체혼합부를 제조하는 단계에 있어서, 상기 가온 가압은 커버필름이 적층된 기재필름의 양면에 테프론 필름(14) 및 유리(13)를 순차적으로 더 적층한 다음 수행하는 것이 바람직하며, 상기 테프론 필름은 접합공정 시 유리와 기재필름 사이에서 충격흡수 및 기재 필름이 유리와 원하지 않는 접착을 방지하는데 효과적이며, 상기 유리는 전체적으로 고른 압력을 받을 수 있도록 하는데 효과적이다.
- [0028] 또한 본 발명의 커버필름이 적층된 기재필름을 일체로 접합시킬 때에는 커버필름으로 사용된 열가소성고분자 필름의 $T_g \sim$ 용융점 이상의 온도에서 점성을 갖게 되어, 일정압력을 가해준 후 다시 냉각 시에 열가소성 필름이 경화됨으로써 기재필름과 커버필름 간, 혹은 기재필름과 보강필름 간 적층 접합이 가능해진다.
- [0029] 또한 기재필름의 상부에 적층되는 커버필름의 접합면에 아크릴레이트계, 우레탄계 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제를 더 코팅하는 것으로 기재필름과 커버필름을 일체로 접합할 수 있다. 상기 접착제를 사용하여 커버필름을 적층한 기재필름은 접착제의 경화온도에서 가온 가압하여 일체로 접합시켜 유체혼합부를 제조할 수 있다. 대체로 필름 접합 시 가해주는 압력은 높을수록 접착 성능이 좋아진다. 압력을 가할 때는 특별히 제한되지는 않으나, 상기 유리 상부에 4 kg 이상의 금속 추(15)를 더 적층하는 방법으로 수행할 수 있다. 상기 가온 가압 후 진공, 플라즈마 등의 처리과정을 거치면 접착 성능이 더욱 좋아질 수 있으나, 가온 가압으로도 마이크로 리액터를 제조할 수 있다.

[0030] 상기 d) 단계의 기재필름의 하부에 미세홀부와 연통되도록 유체투입부 및 유체배출부를 접합하는 단계에 있어서, 상기 유체투입부 및 유체배출부는 적절한 체결장치를 사용하는 것이 좋으며, 예를 들어, 나노포트(22)를 사용할 수 있다. 상기 나노포트는 상용품의 커넥터(connector)로 입부 및 유체배출부로 사용 시에 1/16~1/32 두께의 판을 쉽게 연결하고, 한쪽 면에 접착제를 바를 수 있도록 구성되어 채널과 외부의 유체 흐름을 원활하게 연결해주는 장점이 있다.

[0031] 상기 d) 단계의 유체투입부 및 유체배출부와 나노포트 접합 시 내용매성 또는 내열성, 기계적 강도 등을 고려하여 아크릴레이트계, 우레탄계, 또는 에폭시계에서 선택되는 접착제(23)를 사용하는 것이 바람직하다.

효 과

[0032] 본 발명에 따른 고분자 필름을 이용한 마이크로 리액터는 종래의 금속, 실리콘, 유리 등의 재료를 기반으로하는 마이크로 리액터에 견줄만한 안정성을 가지며, 레이저빔을 이용한 식각 공정을 이용하여 혼합 효율의 향상 및 정밀하게 가공할 수 있고, 제조가 용이한 효과가 있다. 또한 유체혼합부의 기재필름으로 사용되는 열가소성고분자 필름의 성질에 따라 특정 유체에 대한 내성 및 내열성, 광투과성 등의 특성을 갖는 화학반응용 마이크로 리액터로 사용이 가능하며 경제적이고, 내구성이 우수한 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 상세하게 설명하나, 이는 발명의 구성 및 효과를 이해시키기 위한 것일뿐, 본 발명의 범위를 제한하고자 하는 것은 아니다.

[0034] [실시예 1] 마이크로 리액터의 도면 디자인

[0035] 본 발명에서는 기타 고 비용의 마스크가 있어야 제작이 가능한 건식 및 습식 식각에 비해서 도면만 있다면 마스크의 제작 없이 매번 다른 디자인의 제작이 가능한 레이저 가공을 하였으며, Auto-CAD 2008 프로그램을 이용하여 500 μm 폭을 가지는 미세유로채널을 디자인 하였다. 미세유로채널은 입구의 두 유체가 만나는 지점부터 출구로 나오기까지의 길이를 50 cm가 되도록 하였으며, 디자인된 모든 미세유로채널이 가로 7.5 cm, 세로 5.5 cm의 직사각형 안에 들어가도록 도면을 설계하였다. 또한 기재필름 및 커버필름으로 사용되는 열가소성고분자 필름으로는 다양한 유기용매 및 산에 대한 내구성, 고온 및 저온에서도 안정한 폴리이미드 필름 (Polyimide HN type, Dupont., USA)을 사용하였다. 필름의 두께는 125 μm 이고, 미세유로채널의 깊이는 식각되지 않고, 남은 필름이 너무 얇으면 마이크로 리액터의 기계적 물성이 떨어지기 때문에 50 μm 의 깊이로 제작하였다.

[0036] [실시예 2] 기재필름에 미세홀부 및 미세유로채널의 가공

[0037] 사용된 레이저 장비는 355 nm 파장의 UV 레이저 장비(FLEX 5330, Electro Scientific Industries., USA)로 빠른 가공이 가능한 절단용 레이저를 사용하였으며, 출력 및 반복속도 등의 조건을 조절하여 유체투입부와 유체배출부를 연통하는 미세홀부가 형성되도록 필름을 뚫고, 미세유로채널은 원하는 깊이만큼만 식각 하였다. 캐드 도면을 이용하여 프로그램을 통해 변환하면, 도면상 선들의 최단거리를 컴퓨터가 인식하여 레이저로 가공작업을 하게 된다.

[0038] [실시예 3] 레이저 가공면의 세척

[0039] 사용된 레이저 장비가 절단용이기에 광화학적 식각반응 보다는 광열적 식각반응이 주로 일어나게 되고, 광열적 식각반응의 부산물인 용융물과 폴리이미드 필름의 탄화물이 미세유로채널의 가공면과 가공면 주위에 침적되게 된다. 이러한 오염물질은 과산화수소(H_2O_2)와 황산(H_2SO_4)을 1:2의 부피비로 혼합한 강한 산화제인 피라나(Piranha) 용매를 제조하여 상온에서 10분간 피라나 용매 처리를 하여 세척하였다. 여기서 황산의 비율을 높이면 더욱 빠른 시간 동안에 세척이 가능하지만 필름을 손상시킬 수 있기에 상기 비율로 세척 하였다.

[0040] [실시예 4] 기재필름과 커버필름의 접합

[0041] 도 1 과 같이 동종의 열가소성고분자 필름(PIXEO BP, KANEKA., JAPAN)인 커버필름을 기재필름의 레이저빔으로 가공한 면에 닿도록 적층하고, 그 양면에 다시 테프론 필름 및 유리를 순차적으로 적층하였다. 그 다음 전기로 속에 4 kg 이상의 금속주를 올려놓은 뒤 320 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 1시간 30분 동안 커버필름과 기재필름이 접합되도록 방치한 후 다시 기다려준 냉각시켜주었다.

[0042] [실시예 5] 나노포트 부착

[0043] 상기 실시예 4에서 제작된 마이크로 리액터의 미세홀부에 Upchurch의 F-124Sx 시리즈의 나노포트를 도 2와 같이 부착하였다. F-124Sx 나노포트는 외경이 360 μm 인 모세관 튜브에 맞는 나노포트로써 마이크로 리액터의 미세홀부 위치에 맞게 나노포트의 구멍을 배치하고 바인더 클립으로 움직이지 않게 고정 시켜준 뒤 에폭시 접착제(Duralco 4525, Cotronics., USA)를 이용하여 접착시켜주었다. 접착제는 레진과 하드너의 비율을 무게비 100:8로 섞어주었으며, 포트 한 개당 0.1~ 0.15 g씩 사용하여 나노포트 주위에 발라준 뒤 상온에서 24시간 방치하여 경화 시켰다. 빠른 경화를 위해선 120 $^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간, 170 $^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간, 총 2시간을 경화시켜주면 완전히 경화가 이루어진다. 경화 중에 자연적으로 조금씩의 기포가 발생 하는데 이러한 현상을 방지하기 위하여 데시케이터에 넣고 20분 진공을 잡아주면 기포가 빠른 속도로 제거되고 이후 안정적으로 빠른 경화를 시행할 수 있다.

[0044] [시험예 1] 폴리아미드 필름을 이용한 마이크로 리액터의 내용매성 측정

[0045] 폴리아미드 필름의 다양한 용매 내에서의 내용매성에 대하여 측정하였다. 용매로는 물(H_2O), 에탄올(ethanol), 아세톤(acetone), 노말 헥산(n-Hexane), 톨루엔(toluene), 테트라하이드로퓨란(THF), 다이메틸설포(DMSO), 다이클로로메탄(DCM), 다이메틸포름아마이드(DMF), 2N의 황산(H_2SO_4)등 다양한 용매 내에서 용매에 대한 내성을 측정하였다. 측정 시 온도는 용매가 증발하지 않는 조건 하에서 상온, 75 $^{\circ}\text{C}$, 100 $^{\circ}\text{C}$ 의 세 가지 조건으로 시행하였다. 시편은 가로, 세로가 각각 1cm, 1cm인 시편을 준비하였으며, 열두시간의 테스트 후 질량 변화를 측정하여 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

[0046] [표 1]

용매, 온도	질량의 변화량	용매, 온도	질량의 변화량
H_2O , 100 $^{\circ}\text{C}$	1.00	THF, 75 $^{\circ}\text{C}$	1.02
Ethanol, 75 $^{\circ}\text{C}$	1.01	DMSO, 100 $^{\circ}\text{C}$	1.01
Acetone, 상온	1.01	DCM, 상온	1.02
n-Hexane, 75 $^{\circ}\text{C}$	1.00	DMF, 100 $^{\circ}\text{C}$	1.02
Toluene, 100 $^{\circ}\text{C}$	1.02	H_2SO_4 , 100 $^{\circ}\text{C}$	1.00

[0047]

[0048] 상기 표 1에서 보이는 바와 같이 폴리아미드 필름은 각 용매에 대한 내성이 강하여 마이크로 리액터 제조 시에 적합하게 사용될 수 있음을 확인 할 수 있었다.

[0049] [시험예 2] 베크만 리액션 테스트

[0050] 본 발명의 실시예에 따라 제조된 마이크로 리액터가 강산, 고온 조건에서 제대로 작동하는지 확인하기 위하여 베크만 리액션(Beckmann Rearrangement)을 시행하였다. 유체투입부가 2개 장착된 마이크로 리액터에 한쪽은 사이클로헥산은 옥심, 다른 한쪽은 황산을 분당 5 μl 씩 흘려주어 온도를 증가시키며 반응시켰다. 반응 결과 출구로 분당 10 μl 씩의 생성물을 얻을 수 있었으며, 비교군으로 유리 리액터에서 동일한 양의 반응물을 1시간 동안 반응하여 얻어진 결과들을 비교하여 하기 표 2에 나타내었다.

[0051] [표 2]

반응 시스템	반응 수율 (%)		
	상온	80 $^{\circ}\text{C}$	130 $^{\circ}\text{C}$
폴리아미드 마이크로 리액터	22 %	31 %	46 %
유리 리액터	-	-	28 %

[0052]

[0053] 상기 표 2에서 보이는 바와 같이 폴리아미드 필름을 이용한 마이크로 리액터에서의 반응 수율은 온도의 증가에 따라서 증가하였고, 지속되는 반응과정 중 깨어짐이나, 용매에 의한 부풀음, 리액터의 분해가 일어나지 않은 것을 확인할 수 있었다.

도면의 간단한 설명

[0054] 도 1은 레이저 가공장비를 이용한 미세유로채널의 제조공정 모식도를 나타낸 것이다.

[0055] 도 2는 본 발명의 마이크로 리액터 제조 시 적층단계를 나타낸 것이다.

[0056] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

[0057] 10: 기재필름 13: 유리

[0058] 11: 커버필름 14: 테프론 필름

[0059] 12: 레이저빔으로 식각된 기재필름 15: 금속 추

[0060] 도 3은 본 발명에 의해 제작된 마이크로 리액터의 커버필름 상부에 유체투입부 및 유체배출부로 나노포트를 접합하는 과정을 나타낸 것이다.

[0061] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

[0062] 21: 적층된 마이크로 리액터

[0063] 22: 나노포트

[0064] 23: 접착제

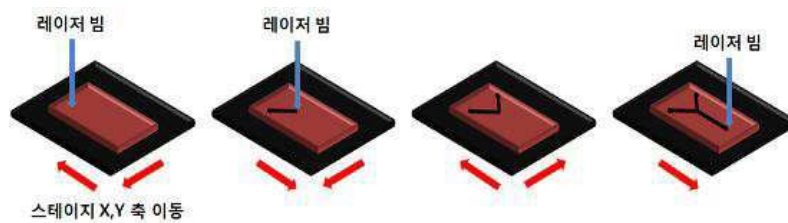
[0065] 도 4는 본 발명에 따른 마이크로 리액터의 사진을 나타낸 것이다.

[0066] 도 5는 절단용 레이저빔을 이용하여 가공된 미세유로채널의 직선부분 주사전자현미경(SEM) 사진을 나타낸 것이다.

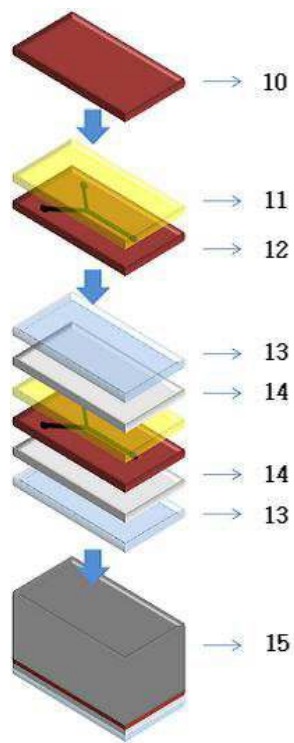
[0067] 도 6은 절단용 레이저빔을 이용하여 가공된 미세유로채널의 곡선부분 주사전자현미경(SEM) 사진을 나타낸 것이다.

도면

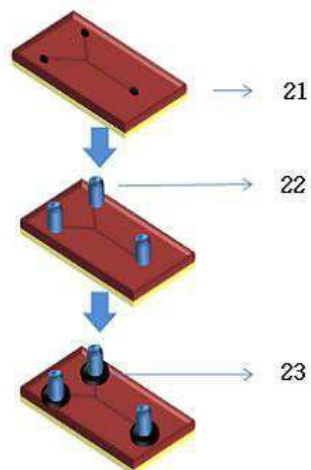
도면1



도면2



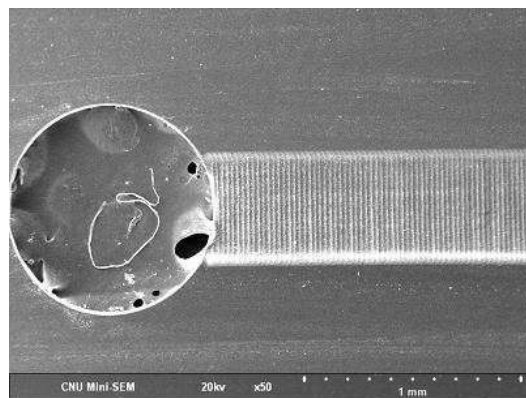
도면3



도면4



도면5



도면6

