



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월18일
(11) 등록번호 10-2376311
(24) 등록일자 2022년03월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08G 77/06 (2006.01) B01D 67/00 (2006.01)
B01D 69/02 (2006.01) B01D 69/08 (2006.01)
B01D 69/12 (2006.01) B01D 71/70 (2006.01)
C08G 77/46 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C08G 77/06 (2013.01)
B01D 67/0006 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7000802
(22) 출원일자(국제) 2015년06월09일
심사청구일자 2020년05월26일
(85) 번역문제출일자 2017년01월11일
(65) 공개번호 10-2017-0042277
(43) 공개일자 2017년04월18일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/034781
(87) 국제공개번호 WO 2015/191499
국제공개일자 2015년12월17일
- (30) 우선권주장
62/010,859 2014년06월11일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20100004478 A1
- (73) 특허권자
다우 실리콘즈 코퍼레이션
미국 미시간 미들랜드 웨스트 잘츠부르크 로드
2200 (우:48686)
- (72) 발명자
안동찬
미합중국 48640 미시간주 미드랜드 로즈우드 블러
바드 789
던, 폴, 찰스
미합중국 48640 미시간주 미드랜드 셀레나 2113
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 박수용

(54) 발명의 명칭 막 컨택터를 사용하여 기체와 액체를 반응시켜 유기규소 생성물을 형성하는 방법

(57) 요약

개시된 다양한 실시 형태는 유기규소 생성물을 형성하는 방법에 관한 것이다. 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공하며, 이 방법은 실리콘 막의 제1 면을 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다. 본 방법은 막의 제2 면을 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다. 접촉은 기체 반응물을 액체 반응물과 반응시켜 실리콘 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분할 수 있다. 실리콘 막은 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성일 수 있고 기체 반응물에는 실질적으로 투과성일 수 있다.

(52) CPC특허분류

B01D 69/02 (2013.01)
B01D 69/08 (2013.01)
B01D 69/125 (2013.01)
B01D 71/70 (2013.01)
C08G 77/46 (2013.01)
B01D 2325/04 (2013.01)

(72) 발명자

페리토, 마이클, 살바토레

미합중국 48642 미시간주 미드랜드 이스트 레이븐
우드 드라이브 2454

클레이어, 돈, 리

미합중국 48642 미시간주 햄록 노스 포드니 로드
4265

툼슨, 제임스

미합중국 48657 미시간주 샌포드 노스 나인 마일
로드 1555

명세서

청구범위

청구항 1

유기규소 생성물 형성 방법으로서, 상기 방법은,
 막의 제1 면을 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계; 및
 상기 막의 제2 면을 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함하고,
 상기 접촉은 상기 기체 반응물을 상기 액체 반응물과 반응시켜 상기 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하고, 상기 막은 상기 액체 반응물에는 불투과성이고 상기 기체 반응물에는 투과성이고,
 상기 액체 반응물은 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물 및 백금족 촉매를 포함하고, 상기 기체 반응물은 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물을 포함하거나, 또는
 상기 액체 반응물은 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물 및 백금족 촉매를 포함하고, 상기 기체 반응물은 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물을 포함하거나, 또는
 상기 액체 반응물은 불포화 유기 화합물 및 수소화 촉매를 포함하고, 상기 기체 반응물은 수소를 포함하는,
 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 막은 실리콘 막인, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 막은 비다공성인, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 4

◆청구항 4은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◆

제3항에 있어서, 상기 막은 치밀한 막이고, 상기 치밀한 막은 1 mm²당 100,000개 미만의 기공을 포함하는, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 막은 두께가 1 내지 300 μm인, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 6

◆청구항 6은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◆

제1항에 있어서, 상기 막은 독립형(free-standing) 막인, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 막은 중공 섬유 번들(bundle)을 포함하는 중공 섬유 막 모듈이고, 상기 섬유는 집합적으로 보어(bore) 면 및 셸(shell) 면을 갖고, 상기 중공 섬유 막의 제1 면은 상기 보어 면이고 상기 중공 섬유 막의 제2 면은 상기 셸 면이거나, 또는 상기 중공 섬유 막의 제1 면은 상기 셸 면이고 상기 중공 섬유 막의 제2 면은 상기 보어 면인, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 상기 화합물은 유기폴리실록산인, 유기규소 생성물

형성 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

◆청구항 11은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◆

제1항에 있어서, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 상기 화합물은 실란 또는 실록산인, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 상기 화합물은 폴리에테르인, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 13

유기규소 생성물 형성 방법으로서, 상기 방법은

치밀한 실리콘 막의 제1 면을, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물 및 백금족 촉매를 포함하는 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계; 및

상기 막의 제2 면을, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물을 포함하는 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함하고,

상기 접촉은 하이드로실릴화 반응을 통해 상기 기체 반응물을 상기 액체 반응물과 반응시켜 상기 실리콘 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하고, 상기 실리콘 막은 상기 액체 반응물에는 불투과성이고 상기 기체 반응물에는 투과성이고,

상기 치밀한 실리콘 막은 1 mm²당 100,000개 미만의 기공을 포함하는, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 14

유기규소 생성물 형성 방법으로서, 상기 방법은

치밀한 실리콘 막의 제1 면을, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물 및 백금족 촉매를 포함하는 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계; 및

상기 막의 제2 면을, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물을 포함하는 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함하고,

상기 접촉은 하이드로실릴화 반응을 통해 상기 기체 반응물을 상기 액체 반응물과 반응시켜 상기 실리콘 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하고, 상기 실리콘 막은 상기 액체 반응물에는 불투과성이고 상기 기체 반응물에는 투과성이고,

상기 치밀한 실리콘 막은 1 mm²당 100,000개 미만의 기공을 포함하는, 유기규소 생성물 형성 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 막은 치밀한 실리콘 막이고, 상기 치밀한 실리콘 막은 1 mm²당 100,000개 미만의 기공을 포함하는, 유기규소 생성물 형성 방법.

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

[0001] 기체와 액체를 반응시키는 전형적인 방법은 액체를 통한 기체의 버블링(bubbling) 또는 스파징(sparging)을 포함한다. 그러한 방법은 버블 크기 및 분산에 민감하고, 플러딩(flooding)하기 쉬우며, 체류 시간 또는 반응기 부피가 적절히 제어되지 않는 경우 폐가스를 야기할 수 있다.

발명의 내용

[0002] 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공한다. 본 방법은 막의 제1 면을 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함한다. 본 방법은 막의 제2 면을 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 또한 포함한다. 이 접촉은 기체 반응물을 액체 반응물과 반응시키기에 충분하다. 기체 반응물과 액체 반응물의 반응은 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성한다. 막은 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성이고 기체 반응물에는 실질적으로 투과성이다.

[0003] 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공한다. 본 방법은 치밀한 실리콘 막의 제1 면을, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물 및 백금족 촉매를 포함하는 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함한다. 본 방법은 막의 제2 면을, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물을 포함하는 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 또한 포함한다. 이 접촉은 하이드로실릴화 반응을 통해 기체 반응물을 액체 반응물과 반응시켜 실리콘 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하다. 실리콘 막은 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성이고 기체 반응물에는 실질적으로 투과성이다.

[0004] 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공한다. 본 방법은 치밀한 실리콘 막의 제1 면을, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물 및 백금족 촉매를 포함하는 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함한다. 본 방법은 막의 제2 면을, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물을 포함하는 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 또한 포함한다. 이 접촉은 하이드로실릴화 반응을 통해 기체 반응물을 액체 반응물과 반응시켜 실리콘 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하다. 실리콘 막은 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성이고 기체 반응물에는 실질적으로 투과성이다.

[0005] 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공한다. 본 방법은 치밀한 실리콘 막의 제1 면을, 불포화 유기규소 화합물 및 수소화 촉매를 포함하는 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함한다. 본 방법은 막의 제2 면을, 수소를 포함하는 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 또한 포함하며, 여기서 이 접촉은 기체 반응물을 액체 반응물과 반응시켜 실리콘 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하다. 실리콘 막은 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성이고 기체 반응물에는 실질적으로 투과성이다.

[0006] 본 발명은 기체와 액체를 반응시키는 다른 방법에 비해, 예를 들어 액체의 버블링 또는 스파징을 포함하는 방법에 비해 다양한 이점을 제공하며, 그 중 적어도 몇몇은 예상치 못한 것이다. 예를 들어, 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 다른 방법보다 더 효율적인, 기체를 액체와 반응시켜 유기규소 생성물을 제공하는 방법을 제공할 수 있어서, 더 높은 수율, 더 높은 전환율(conversion), 감소된 공정 시간, 더 적은 폐기물, 더 큰 공정 다양성(process versatility), 향상된 반응 선택도(selectivity), 향상된 생성물 순도, 덜 비싼 장비, 더 낮은 작동 비용, 및 더 낮은 유지보수 비용 중 적어도 하나를 제공할 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 기체와 액체를 반응시키는 다른 방법보다 더 신뢰성 있는 방법을 제공할 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 본 발명은, 다른 방법에 필요한 것에 비하여, 주어진 양의 생성물을 생성하는 데 더 적은 반응기 부피를 필요로 하는 방법을 제공할 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 다른 방법보다 더 적은 기체 반응물을 폐기하는, 액체와 기체를 반응시키는 방법을 제공할 수 있다.

[0007] 다양한 실시 형태에서, 본 발명은, 다른 방법보다, 예를 들어 액체의 버블링 또는 스파징을 포함하는 방법보다 제어하기에 더 편리하고 더 용이한 것 중 적어도 하나인, 기체와 액체를 반응시키는 방법을 제공할 수 있다. 예를 들어, 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 다른 방법보다 더 큰 공정 안전성을 제공할 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 액체를 통해 기체를 버블링하거나 스파징하는 것을 포함하는 방법과 관련된 플러딩의 위험성을 피할 수 있는 방법을 제공한다. 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 반응 온도의 더욱 수월한 제어를 제공할 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 다른 방법을 사용하여 가능한 것보다 더 정밀한, 액체 및 기체 유동 속도의 독립적인 제어를 제공할 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 본 발명은 기체와 액체를 반응시키는 연속 공정을 제공할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이제, 개시된 요지의 소정 실시 형태들에 대한 참조가 상세히 이루어질 것이다. 개시된 요지가 열거된 청구범

위와 관련하여 설명될 것이지만, 예시된 요지는 청구범위를 개시된 요지로 제한하고자 하는 것이 아님이 이해될 것이다.

- [0009] 범위 형식으로 표현된 값은 그 범위의 한계치로서 명백하게 나열되는 수치 값을 포함할 뿐만 아니라 마치 개개의 수치 값 및 하위 범위(sub-range)가 명백하게 언급되는 것처럼 그 범위 내에 포함되는 모든 개개의 수치 값 또는 하위 범위도 포함하는 유연한 방식으로 해석되어야 한다. 예를 들어, "약 0.1% 내지 약 5%" 또는 "약 0.1% 내지 5%"의 범위는 약 0.1% 내지 약 5%뿐만 아니라, 지시된 범위 내의 개개의 값들 (예를 들어, 1%, 2%, 3%, 및 4%) 및 하위 범위들 (예를 들어, 0.1% 내지 0.5%, 1.1% 내지 2.2%, 3.3% 내지 4.4%)도 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 달리 지시되지 않는다면, "약 X 내지 Y"라는 서술은 "약 X 내지 약 Y"와 동일한 의미를 갖는다. 마찬가지로, 달리 지시되지 않는다면, "약 X, Y, 또는 약 Z"이라는 서술은 "약 X, 약 Y, 또는 약 Z"와 동일한 의미를 갖는다.
- [0010] 본 명세서에서, 단수형("a," "an" 또는 "the") 용어는 그 문맥이 달리 명확하게 기술하지 않는다면 하나 또는 하나 초과를 포함하도록 사용된다. 용어 "또는"은 달리 지시되지 않는다면 비배타적인 "또는"을 지칭하도록 사용된다. "A 및 B 중 적어도 하나"라는 서술은 "A, B, 또는 A와 B"와 동일한 의미를 갖는다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 어법 또는 용어는, 달리 정의되지 않는다면, 단지 설명하기 위함이며 제한하고자 하지 않는 것으로 이해된다. 임의의 섹션 표제의 이용은 본 명세서의 해석을 돕고자 하는 것이며, 제한하는 것으로 해석되어서는 안 되고; 섹션 표제에 관련된 정보는 그 특정한 섹션 내에 또는 그 바깥에 나타날 수 있다. 게다가, 본 명세서에 언급된 모든 간행물, 특허, 및 특허 문헌은, 마치 개별적으로 참고로 포함되는 것처럼, 전체적으로 본 명세서에 참고로 포함된다. 본 명세서와 참고로 그렇게 포함된 상기 문헌들 사이의 일관성 없는 용법의 경우에는, 포함된 참고 문헌에서의 용법이 본 명세서의 것에 대하여 보충적인 것으로 간주되어야 하며; 양립될 수 없는 불일치의 경우, 본 명세서에서의 용법이 지배한다.
- [0011] 본 명세서에 기재된 제조 방법에서, 시간상 또는 작업상의 순서가 명시적으로 언급된 경우를 제외하고는, 본 발명의 원리로부터 벗어나지 않는다면 단계들은 임의의 순서로 수행될 수 있다. 게다가, 명시된 단계들은, 명백한 청구범위의 표현에 의해 상기 단계들이 별도로 수행되어야 하는 것으로 언급되지 않는다면, 동시에 수행될 수 있다. 예를 들어, X를 행하는 청구된 단계 및 Y를 행하는 청구된 단계는 단일 작업 내에서 동시에 수행될 수 있으며, 그 결과로 얻어지는 방법은 청구된 방법의 문자 그대로의 범위 내에 속할 것이다.
- [0012] 본 명세서에 기재된 화합물 내의 선택된 치환체는 반복되는 정도로 존재한다. 이와 관련하여, "반복 치환체"(recursive substituent)는 치환체가 그 자체의 다른 예를 인용하거나, 또는 자체적으로 제1 치환체를 인용하는 다른 치환체의 다른 예를 인용할 수 있음을 의미한다. 반복 치환체는 개시된 요지의 의도된 태양이다. 그러한 치환체의 반복적인 특성으로 인하여, 이론상, 임의의 주어진 청구범위에 많은 수가 존재할 수 있다. 유기 화학 분야의 숙련자는 그러한 치환체의 총 개수가 의도된 화합물의 원하는 특성에 의해 합리적으로 제한됨을 이해한다. 그러한 특성들에는, 제한이 아닌 예시로서, 물리적 특성, 예컨대 분자량, 용해도, 및 실용적인 특성, 예컨대 합성의 용이성이 포함된다. 반복 치환체는 임의의 적합한 횟수, 예컨대 약 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000, 10,000, 15,000, 20,000, 30,000, 50,000, 100,000, 200,000, 500,000, 750,000회 또는 약 1,000,000회 이상으로 그 자신을 불러낼 수 있다.
- [0013] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "약"은, 값 또는 범위에 있어서, 예를 들어 언급된 값 또는 언급된 범위의 한계의 10% 이내, 5% 이내 또는 1% 이내의 가변도를 허용할 수 있다.
- [0014] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "실질적으로"는 약 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99%, 99.5%, 99.9%, 99.99% 이상, 또는 약 99.999% 이상 또는 그 초과와 같은, 대다수 또는 대부분을 지칭한다.
- [0015] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "유기 기"는 임의의 탄소-함유 작용기를 지칭하지만 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 산소-함유 기, 예를 들어 알콕시 기, 아릴옥시 기, 아르알킬옥시 기, 옥소(카르보닐) 기, 카르복실 기 (카르복실산, 카르복실레이트 및 카르복실레이트 에스테르를 포함함); 황-함유 기, 예를 들어 알킬 및 아릴 설파이드 기; 및 다른 헤테로원자-함유 기. 유기 기의 비제한적인 예에는 OR, OOR, OC(O)N(R)₂, CN, CF₃, OCF₃, R, C(O), 메틸렌다이옥시, 에틸렌다이옥시, N(R)₂, SR, SOR, SO₂R, SO₂N(R)₂, SO₃R, C(O)R, C(O)C(O)R, C(O)CH₂C(O)R, C(S)R, C(O)OR, OC(O)R, C(O)N(R)₂, OC(O)N(R)₂, C(S)N(R)₂, (CH₂)₀₋₂N(R)C(O)R, (CH₂)₀₋₂N(R)N(R)₂, N(R)N(R)C(O)R, N(R)N(R)C(O)OR, N(R)N(R)CON(R)₂, N(R)SO₂R, N(R)SO₂N(R)₂, N(R)C(O)OR,

$N(R)C(O)R$, $N(R)C(S)R$, $N(R)C(O)N(R)_2$, $N(R)C(S)N(R)_2$, $N(COR)COR$, $N(OR)R$, $C(=NH)N(R)_2$, $C(O)N(OR)R$, 또는 $C(=NOR)R$ 이 포함되며, 여기서 R은 수소 (다른 탄소 원자를 포함하는 예에서) 또는 탄소계 모이어티(carbon-based moiety)일 수 있고, 탄소계 모이어티는 그 자체가 추가로 치환될 수 있다.

[0016] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "치환된"은 함유된 하나 이상의 수소 원자가 하나 이상의 비-수소 원자로 대체된 분자 또는 본 명세서에 정의된 바와 같은 유기 기를 지칭한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "작용기" 또는 "치환체"는 분자 상에 또는 유기 기 상에 치환될 수 있거나 치환된 기를 지칭한다. 치환체 또는 작용기의 예에는 할로겐 (예를 들어, F, Cl, Br 및 I); 하이드록시 기, 알콕시 기, 아릴옥시 기, 아르알킬옥시 기, 옥소(카르보닐) 기, 카르복실 기 (카르복실산, 카르복실레이트 및 카르복실레이트 에스테르를 포함함)와 같은 기 내의 산소 원자; 티올 기, 알킬 및 아릴 설파이드 기, 설포사이드 기, 설피온 기, 설피닐 기 및 설피폰아마이드 기와 같은 기 내의 황 원자; 아민, 하이드록시아민, 니트릴, 니트로 기, N-옥사이드, 하이드라자이드, 아자이드 및 엔아민과 같은 기 내의 질소 원자; 및 다양한 다른 기 내의 다른 헤테로원자가 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 치환된 탄소 (또는 다른) 원자에 결합될 수 있는 치환체 J의 비제한적인 예에는 F, Cl, Br, I, OR, $OC(O)N(R)_2$, CN, NO, NO_2 , ONO_2 , 아자이드, CF_3 , OCF_3 , R, O (옥소), S (티오노), C(O), S(O), 메틸렌다이옥시, 에틸렌다이옥시, $N(R)_2$, SR, SOR, SO_2R , $SO_2N(R)_2$, SO_3R , C(O)R, C(O)C(O)R, C(O)CH₂C(O)R, C(S)R, C(O)OR, $OC(O)R$, C(O)N(R)₂, $OC(O)N(R)_2$, C(S)N(R)₂, $(CH_2)_{0-2}N(R)C(O)R$, $(CH_2)_{0-2}N(R)N(R)_2$, $N(R)N(R)C(O)R$, $N(R)N(R)C(O)OR$, $N(R)N(R)CON(R)_2$, $N(R)SO_2R$, $N(R)SO_2N(R)_2$, $N(R)C(O)OR$, $N(R)C(O)R$, $N(R)C(S)R$, $N(R)C(O)N(R)_2$, $N(R)C(S)N(R)_2$, $N(COR)COR$, $N(OR)R$, $C(=NH)N(R)_2$, $C(O)N(OR)R$, 또는 $C(=NOR)R$ 이 포함되며, 여기서 R은 수소 또는 탄소계 모이어티일 수 있고, 탄소계 모이어티는 그 자체가 추가로 치환될 수 있고, 예를 들어, R은 수소, 알킬, 아실, 사이클로알킬, 아릴, 아르알킬, 헤테로사이클릴, 헤테로아릴 또는 헤테로아릴알킬일 수 있고, 임의의 알킬, 아실, 사이클로알킬, 아릴, 아르알킬, 헤테로사이클릴, 헤테로아릴 또는 헤테로아릴알킬 또는 R은 독립적으로 J로 일치환 또는 다치환될 수 있거나; 또는 질소 원자 또는 인접한 질소 원자에 결합된 2개의 R 기는 질소 원자 또는 원자들과 함께 헤테로사이클릴을 형성할 수 있고, 이는 독립적으로 J로 일치환 또는 다치환될 수 있다.

[0017] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "알킬"은 1 내지 40개의 탄소 원자, 1 내지 약 20개의 탄소 원자, 1 내지 12개의 탄소 원자, 또는 일부 실시 형태에서 1 내지 8개의 탄소 원자를 갖는 직쇄 및 분지형 알킬 기 및 사이클로알킬 기를 지칭한다. 직쇄 알킬 기의 예에는 1 내지 8개의 탄소 원자를 갖는 것들, 예를 들어 메틸, 에틸, n-프로필, n-부틸, n-펜틸, n-헥실, n-헵틸, 및 n-옥틸 기가 포함된다. 분지형 알킬 기의 예에는 아이소프로필, 아이소부틸, sec-부틸, t-부틸, 네오펜틸, 아이소펜틸 및 2,2-다이메틸프로필 기가 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "알킬"은 n-알킬, 아이소알킬 및 안테아이소알킬 기뿐만 아니라 다른 분지형 사슬 형태의 알킬을 포함한다. 대표적인 치환된 알킬 기는 본 명세서에 열거된 임의의 기, 예를 들어 아미노, 하이드록시, 시아노, 카르복시, 니트로, 티오, 알콕시 및 할로겐 기로 1회 이상 치환될 수 있다.

[0018] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "알케닐"은 2개의 탄소 원자들 사이에 적어도 하나의 이중 결합이 존재하는 것을 제외하고는, 본 명세서에 정의된 바와 같은 직쇄 및 분지쇄 및 환형 알킬 기를 지칭한다. 따라서, 알케닐 기는 2 내지 40개의 탄소 원자, 또는 2 내지 약 20개의 탄소 원자, 또는 2 내지 12개의 탄소 원자, 또는 일부 실시 형태에서 2 내지 8개의 탄소 원자를 갖는다. 예에는 특히 비닐, $-CH=CH(CH_3)$, $-CH=C(CH_3)_2$, $-C(CH_3)=CH_2$, $-C(CH_3)=CH(CH_3)$, $-C(CH_2CH_3)=CH_2$, 사이클로헥세닐, 사이클로펜테닐, 사이클로헥사다이에닐, 부타다이에닐, 펜타다이에닐 및 헥사다이에닐이 포함되지만 이에 한정되지 않는다.

[0019] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "알키닐"은 2개의 탄소 원자들 사이에 적어도 하나의 삼중 결합이 존재하는 것을 제외하고는 직쇄 및 분지쇄 알킬 기를 지칭한다. 따라서, 알키닐 기는 2 내지 40개의 탄소 원자, 또는 2 내지 약 20개의 탄소 원자, 또는 2 내지 12개의 탄소 원자, 또는 일부 실시 형태에서 2 내지 8개의 탄소 원자를 갖는다. 예에는, 특히 $-C\equiv CH$, $-C\equiv C(CH_3)$, $-C\equiv C(CH_2CH_3)$, $-CH_2C\equiv CH$, $-CH_2C\equiv C(CH_3)$, 및 $-CH_2C\equiv C(CH_2CH_3)$ 가 포함되지만 이에 한정되지 않는다.

[0020] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "아실"은 카르보닐 모이어티를 함유하는 기를 지칭하는데, 이러한 기는 카르보닐 탄소 원자를 통해 결합된다. 카르보닐 탄소 원자는 알킬, 아릴, 아르알킬, 사이클로알킬, 사이클로알킬알킬, 헤테로사이클릴, 헤테로사이클릴알킬, 헤테로아릴, 헤테로아릴알킬 기 등의 일부일 수 있는 다른 탄소

원자에 또한 결합된다. 카르보닐 탄소 원자가 수소에 결합되는 특정 경우에, 용어가 본 명세서에 정의된 바와 같이, 이러한 기는 "포르밀" 기, 즉 아실 기이다. 아실 기는 카르보닐 기에 결합된 0 내지 약 12-20개 또는 12-40개의 추가적인 탄소 원자를 포함할 수 있다. 아실 기는 본 명세서에서의 의미 내에서 이중 결합 또는 삼중 결합을 포함할 수 있다. 아크릴로일 기가 아실 기의 일 예이다. 아실 기는 본 명세서에서의 의미 내에서 헤테로원자를 또한 포함할 수 있다. 니코티노일 기 (피리딘-3-카르보닐)가 본 명세서에서의 의미 내에서 아실 기의 일 예이다. 다른 예에는 아세틸, 벤조일, 페닐아세틸, 피리딜아세틸, 신나모일, 및 아크릴로일 기 등이 포함된다. 카르보닐 탄소 원자에 결합된 탄소 원자를 함유하는 기가 할로젠을 함유하는 경우, 이러한 기는 "할로아실" 기로 지칭된다. 일 예는 트라이플루오로아세틸 기이다.

[0021] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "사이클로알킬"은 사이클로프로필, 사이클로부틸, 사이클로펜틸, 사이클로헥실, 사이클로헵틸, 및 사이클로옥틸 기와 같은, 그러나 이에 한정되지 않는 환형 알킬 기를 지칭한다. 일부 실시 형태에서, 사이클로알킬 기는 3 내지 약 8-12개의 고리 구성원을 가질 수 있는 한편, 다른 실시 형태에서 고리 탄소 원자의 개수는 3 내지 4, 5, 6, 또는 7개의 범위이다. 사이클로알킬 기는 노르보르닐, 아다만틸, 보르닐, 캄페닐, 아이소캄페닐, 및 카레닐 기와 같은, 그러나 이에 한정되지 않는 다환식 사이클로알킬 기, 및 테갈리닐 등과 같은, 그러나 이에 한정되지 않는 융합 고리를 추가로 포함한다. 사이클로알킬 기는 본 명세서에 정의된 바와 같은 직쇄 또는 분지쇄 알킬 기로 치환된 고리를 또한 포함한다. 대표적인 치환된 사이클로알킬 기는, 예를 들어, 아미노, 하이드록시, 시아노, 카르복시, 니트로, 티오, 알콕시, 및 할로젠 기로 치환될 수 있는, 2,2-, 2,3-, 2,4- 또는 2,5- 또는 2,6-이치환된 사이클로헥실 기 또는 일치환, 이치환 또는 삼치환된 노르보르닐 또는 사이클로헵틸 기와 같이, 일치환되거나 1회를 초과하여 치환될 수 있으나 이에 한정되지 않는다. 용어 "사이클로알케닐"은 단독으로 또는 조합으로 환형 알케닐 기를 나타낸다.

[0022] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "아릴"은 고리 내에 헤테로원자들을 함유하지 않는 환형 방향족 탄화수소를 지칭한다. 따라서, 아릴 기에는 페닐, 아줄레닐, 헵탈레닐, 바이페닐, 인다세닐, 플루오레닐, 페난트레닐, 트라이페닐레닐, 피레닐, 나프타세닐, 크리세닐, 바이페닐레닐, 안트라세닐, 및 나프틸 기가 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 일부 실시 형태에서, 아릴 기는 기의 고리 부분에 약 6 내지 약 14개의 탄소를 함유한다. 아릴 기는 본 명세서에 정의된 바와 같이 비치환되거나 치환될 수 있다. 대표적인 치환된 아릴 기는, 본 명세서에 열거된 것들과 같은 탄소 기 또는 비-탄소 기로 치환될 수 있는, 이치환, 삼치환, 사치환, 오치환, 또는 육치환된 페닐 또는 이치환 내지 팔치환된 나프틸 기와 같이, 일치환되거나 1회를 초과하여 치환될 수 있지만 이에 한정되지 않는다.

[0023] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "아르알킬"은, 알킬 기의 수소 또는 탄소 결합이 본 명세서에 정의된 바와 같은 아릴 기에 대한 결합으로 대체된, 본 명세서에 정의된 바와 같은 알킬 기를 지칭한다. 대표적인 아르알킬 기에는 벤질 및 페닐에틸 기 및 융합된 (사이클로알킬아릴)알킬 기, 예를 들어 4-에틸-인다닐이 포함된다. 아르알케닐 기는, 알킬 기의 수소 또는 탄소 결합이 본 명세서에 정의된 바와 같은 아릴 기에 대한 결합으로 대체된, 본 명세서에 정의된 바와 같은 알케닐 기이다.

[0024] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "헤테로사이클릴"은, 3개 이상의 고리 구성원을 함유하며 그 중 하나 이상이 N, O, 및 S와 같은, 그러나 이에 한정되지 않는 헤테로원자인 방향족 및 비-방향족 고리 화합물을 지칭한다.

[0025] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "헤테로아릴"은, 5개 이상의 고리 구성원을 함유하며 그 중 하나 이상이 N, O, 및 S와 같은, 그러나 이에 한정되지 않는 헤테로원자인 방향족 고리 화합물을 지칭하며, 예를 들어, 헤테로아릴 고리는 5 내지 약 8-12개의 고리 구성원을 가질 수 있다. 헤테로아릴 기는 방향족 전자 구조를 갖는 다양한 헤테로사이클릴 기이다.

[0026] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "알콕시"는 본 명세서에 정의된 바와 같은 사이클로알킬 기를 포함하는 알킬 기에 산소 원자가 연결된 것을 지칭한다. 선형 알콕시 기의 예에는 메톡시, 에톡시, 프로톡시, 부톡시, 펜틸옥시, 헥실옥시 등이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 분지형 알콕시의 예에는 아이소프로톡시, sec-부톡시, tert-부톡시, 아이소펜틸옥시, 아이소헥실옥시 등이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 환형 알콕시의 예에는 사이클로프로필옥시, 사이클로부틸옥시, 사이클로펜틸옥시, 사이클로헥실옥시 등이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 알콕시 기는 산소 원자에 결합된 1 내지 약 12-20개 또는 약 12-40개의 탄소 원자를 포함할 수 있으며, 이중 결합 또는 삼중 결합을 추가로 포함할 수 있고, 헤테로원자를 또한 포함할 수 있다. 예를 들어, 알틸옥시 기는 본 명세서에서의 의미 내에서 알콕시 기이다. 메톡시에톡시 기가 본 명세서에서의 의미 내에서 또한 알콕시 기이며, 구조의 2개의 인접한 원자들이 치환된 상황에서 메틸렌다이옥시 기도 마찬가지이다.

- [0027] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "할로", "할로겐" 또는 "할라이드" 기는 그 자체 또는 다른 치환체의 일부분으로서, 달리 언급되지 않는다면, 불소, 염소, 브롬 또는 요오드 원자를 의미한다.
- [0028] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "할로알킬" 기는 모노-할로 알킬 기, 모든 할로 원자가 동일하거나 상이할 수 있는 폴리-할로 알킬 기, 및 모든 수소 원자가 할로겐 원자, 예를 들어 플루오로로 대체된 퍼-할로 알킬 기를 포함한다. 할로알킬의 예에는 트라이플루오로메틸, 1,1-다이클로로에틸, 1,2-다이클로로에틸, 1,3-다이브로모-3,3-다이플루오로프로필, 퍼플루오로부틸 등이 포함된다.
- [0029] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "1가"는 치환되는 분자에 단일 결합을 통해 연결되는 치환체를 지칭한다. 예를 들어, F 또는 Cl과 같이 치환체가 1가인 경우, 치환체는 치환할 원자에 단일 결합에 의해 결합된다.
- [0030] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "탄화수소"는 탄소 원자 및 수소 원자를 포함하는 작용기 또는 분자를 지칭한다. 이 용어는, 탄소 원자 및 수소 원자 둘 모두를 보통 포함하지만 모든 수소 원자가 다른 작용기로 치환된 작용기 또는 분자를 또한 지칭할 수 있다.
- [0031] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "수지"는 3개 또는 4개의 다른 실록산 단량체에 Si-O-Si 결합을 통해 결합되는 적어도 하나의 실록산 단량체를 포함하는, 임의의 점도의 폴리실록산 재료를 지칭한다. 한 가지 예에서, 폴리실록산 재료는 본 명세서에 정의된 바와 같은 T 또는 Q 기를 포함한다.
- [0032] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "경화"는 임의의 형태의 방사선에 노출시키거나, 가열하거나, 또는 물리적 또는 화학적 반응을 겪게 하여, 그 결과로 경질화 또는 점도 증가를 일으키는 것을 지칭한다.
- [0033] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "기공"은 고형 물체 내의 임의의 크기 또는 형상의 함몰부(depression), 슬릿, 또는 구멍을 지칭한다. 기공은 물체를 통해 완전히 연장될 수 있거나 또는 물체를 통해 부분적으로 연장될 수 있다. 기공은 다른 기공들과 교차될 수 있다.
- [0034] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "독립형"(free-standing) 또는 "비지지형"(unsupported)은 막의 2개의 주 면(major side) 각각에서 표면적의 대부분이 기재 - 이 기재가 다공성이든지 또는 아니든지 간에 - 와 접촉하지 않는 막을 지칭한다. 일부 실시 형태에서, "독립형" 또는 "비지지형"인 막은 양쪽 주 면에서 100% 지지되지 않을 수 있다. "독립형" 또는 "비지지형"인 막은 상기 막의 어느 한 쪽 또는 양쪽의 주 면에서 표면적의 소부분 (예를 들어, 약 50% 미만, 또는 약 45%, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5, 4, 3, 2, 또는 약 1% 이하)에서 또는 에지에서 지지될 수 있다.
- [0035] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "지지형"(supported)은 2개의 주 면 중 적어도 하나에서 표면적의 대부분이 기재 - 이 기재가 다공성이든지 또는 아니든지 간에 - 와 접촉하는 막을 지칭한다. 일부 실시 형태에서, "지지형"인 막은 적어도 한쪽 면에서 100% 지지될 수 있다. "지지형"인 막은 상기 막의 어느 한 쪽 또는 양쪽 주 면에서 표면적의 대부분 (예를 들어, 약 50% 초과, 또는 약 55%, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 또는 약 99% 이상)에서 임의의 적합한 위치에서 지지될 수 있다.
- [0036] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "용매"는 고체, 액체 또는 기체를 용해시킬 수 있는 액체를 지칭한다. 용매의 비제한적 예에는 실리콘, 유기 화합물, 물, 알코올, 이온성 액체 및 초임계 유체가 있다.
- [0037] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "선택도" 또는 "이상적 선택도"는, 실온에서 측정된, 더 느리게 투과하는 기체에 대한 더 빨리 투과하는 기체의 투과도(permeability)의 비를 지칭한다.
- [0038] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "투과도"는 막을 통과하는 물질 X의 투과 계수 (P_x)를 지칭하며, 여기서 $q_{mx} = P_x \cdot A \cdot \Delta p_x \cdot (1/\delta)$ 이고, 상기 식에서 q_{mx} 는 막을 통과하는 물질 X의 체적 유량이고, A는 물질 X가 통과해 이동하는 막의 한 쪽 주 면의 표면적이고, Δp_x 는 막을 가로지른 물질 X의 분압의 차이이고, δ 는 막의 두께이다. P_x 는 또한 $V \cdot \delta / (A \cdot t \cdot \Delta p)$ 로서 표현될 수 있으며, 여기서 P_x 는 막에서의 기체 X의 투과도이고, V는 막을 통해 투과하는 기체 X의 부피이고, δ 는 막의 두께이고, A는 막의 면적이고, t는 시간이고, Δp 는 잔류 면과 투과 면에서의 기체 X의 압력차이다. 달리 지시되지 않는다면, 투과도는 실온에서 측정한다.
- [0039] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "배러"(Barrer)는 투과도의 단위를 지칭하며, 여기서 1 배러는 10^{-11} (cm^3 기체) $\text{cm cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{mmHg}^{-1}$, 또는 10^{-10} (cm^3 기체) $\text{cm cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{cm Hg}^{-1}$ 이고, 이때 " cm^3 기체"는 표준 온도 및 압력에서 1 세제곱센티미터를 차지하는 기체의 양을 나타낸다.

- [0040] 막과 관련하여 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "총 표면적"은, 기체 반응물 또는 액체 반응물에 노출되는 면의 부분과 같은, 막의 한 쪽 면의 총 표면적을 지칭한다.
- [0041] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "공기"는, 일반적으로 지면에서, 대기로부터 취한 기체들의 자연 그대로의 조성과 대략 동일한 조성을 갖는 기체들의 혼합물을 지칭한다. 일부 예에서, 공기는 주위 환경으로부터 취한다. 공기는 대략 78% 질소, 21% 산소, 1% 아르곤, 및 0.04% 이산화탄소뿐만 아니라 소량의 기타 기체들을 포함하는 조성을 갖는다.
- [0042] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "실온"은 약 15°C 내지 28°C의 온도를 지칭한다.
- [0043] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "표준 온도 및 압력"은 20°C 및 101 kPa를 지칭한다.
- [0044] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "중합체"는 적어도 하나의 반복 단위를 갖는 분자를 지칭하며 공중합체를 포함할 수 있다.
- [0045] 유기규소 생성물을 형성하는 방법.
- [0046] 다양한 실시 형태에서, 본 발명은, 막의 제1 면을 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계, 및 막의 제2 면을 기체 반응물과 적어도 부분적으로 동시에 접촉시키는 단계를 포함하는, 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공한다. 접촉 동안, 기체 반응물은 막을 통과하여 액체 반응물과 반응할 수 있다. 막은 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성일 수 있고 기체 반응물에는 실질적으로 투과성일 수 있다. 액체 반응물, 기체 반응물, 또는 이들의 조합은 하나 이상의 규소-함유 화합물을 포함할 수 있다. 기체 반응물 및 액체 반응물의 반응은 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성한다.
- [0047] 액체 반응물과 기체 반응물 사이의 반응은 유기규소 생성물을 생성하는 임의의 적합한 반응일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반응은 하이드로실릴화 반응, 축합 반응, 자유-라디칼 반응, 및 아민 기와 에폭시 기의 반응 중 적어도 하나일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반응은, 수소화규소를 올레핀으로 캡핑(capping)하는 것 및 실리콘 폴리메테르를 생성하는 것 중 적어도 하나와 같은 하이드로실릴화 반응일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반응은, 수소를 포함하는 기체 반응물을 사용하며 생성물의 생성 시에 포화되는 탄소-탄소 불포화 결합을 포함하는 액체 반응물을 사용하는 수소화 반응일 수 있다.
- [0048] 일부 실시 형태에서, 기체 반응물 및 액체 반응물 중 적어도 하나 또는 둘 모두는 막으로 연속적으로 공급될 수 있다. 기체 반응물 및 액체 반응물 중 적어도 하나 또는 둘 모두는 재순환되는 것 (예를 들어, 접촉 후에 막의 각각의 면으로 다시 공급되는 것) 및 수집 탱크 또는 벤트(vent)로 공급되는 것 중 적어도 하나일 수 있다. 일 실시 형태에서, 막은 치밀한 실리콘 중공 섬유 모듈의 형태이고, 액체 반응물은 셸(shell) 면 (예를 들어, 제1 면 또는 투과 면)으로 공급되는 한편, 기체는 역류로 보어(bore) 면 (예를 들어, 제2 면 또는 잔류 면)으로 공급된다.
- [0049] 기체 반응물 및 액체 반응물의 유동 구성은 임의의 적합한 유동 패턴, 예를 들어 횡류(cross-current), 역류(counter-current), 병류(co-current), 및 방사상 유동 관계 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 유동 구성은 다수의 유동 패턴을 포함할 수 있으며, 예를 들어 기체 반응물 및 액체 반응물의 약 10, 20 30, 40, 50, 60, 70, 80, 또는 90 부피%는 횡류 유동을 가질 수 있는 한편 기체 반응물 및 액체 반응물의 나머지 약 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 또는 10 부피%는 다른 유동 패턴을 가질 수 있다. 유동 패턴의 임의의 적합한 조합이 본 발명의 실시 형태 내에 포함된다. 막의 한쪽 면 상의 액체 반응물의 유량, 및 막의 다른 쪽 면 상의 기체 반응물의 유량을 독립적으로 변화시켜, 막 시스템을 위한 임의의 적합한 액체 반응물 대 기체 반응물 유동 비를 제공할 수 있다.
- [0050] 액체 반응물 및 기체 반응물은 임의의 적합한 방식으로 막 (예를 들어, 하나 이상의 막)에 접촉될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 막을 가로지르는 기체 반응물의 분압에 있어서 양의 구배(positive gradient)가 존재하도록 하는 압력에서 기체 반응물이 막과 접촉하게 하여, 막의 제1 면 (예를 들어, 막의 투과 면) 내로의 기체 반응물의 투과를 강제할 수 있다. 한 가지 예에서, 대략 주위 압력에서 기체 반응물이 막과 접촉하게 한다. 일부 실시 형태에서, 막의 제1 면과 제2 면 사이에 압력차가 발생하도록 액체 반응물이 막과 접촉하게 한다. 압력차는, (막의 제1 면 상의) 액체 반응물의 압력이 막의 제2 면에서의 압력보다 더 크도록 될 수 있다. 한 가지 예에서, 압력차는 기체 반응물의 압력이 주위 압력 초과인 것에 의해 유발되며; 그러한 예에서, 기체 반응물의 압력은 펌프를 사용하는 것과 같은 임의의 적합한 수단을 사용하여 주위 압력 초과로 상승될 수 있다. 다른 예에서, 압력차는 막의 제1 면에서의 압력이 주위 압력 이하인 것에 의해 유발된다.

[0051] 일부 실시 형태에서, 액체 반응물의 온도는 기체 반응물 및 막의 속성에 따라 원하는 반응 속도를 제공하도록 조정될 수 있다. 액체 반응물의 온도는 임의의 적합한 온도, 예를 들어 대략 실온 내지 약 150°C, 약 -40°C 내지 약 250°C, 약 30°C 내지 약 150°C, 약 40°C 내지 약 110°C, 약 50°C 내지 약 90°C, 또는 대략 실온, 또는 약 -40°C 이하, 또는 약 -35°C, -30, -25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240°C, 또는 약 250°C 이상일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 기체 반응물은, 막의 제1 면으로의 기체 반응물의 더욱 신속한 전달을 달성하는 것 (예를 들어, 막을 가로지르는 기체 반응물의 플럭스(flux)를 증가시키는 것) 및 막의 제1 면에서 특정 반응 속도를 달성하는 것 중 적어도 하나를 수행하기에 유리한 온도 및 압력에서 막의 제2 면으로 도입될 수 있다. 기체 반응물은 접촉 동안 임의의 적합한 온도, 예를 들어 약 -60°C 내지 약 150°C, 약 -30°C 내지 약 150°C, 약 -20°C 내지 약 150°C, 약 -10°C 내지 약 150°C, 약 0°C 내지 약 150°C, 약 10°C 내지 약 150°C, 약 20°C 내지 약 150°C, 약 10°C 내지 약 110°C, 약 10°C 내지 약 90°C, 또는 약 -60°C 이하, 또는 약 -55°C, -50, -45, -40, -35, -30, -25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145°C, 또는 약 150°C 이상일 수 있다.

[0052] 액체 반응물은 막의 제1 면과 접촉하는 동안 임의의 적합한 압력을 가질 수 있다. 예를 들어, 액체 반응물의 압력은 0.01 바(bar) 내지 약 100,000 바, 또는 약 0.5 바 내지 약 5 바, 또는 약 0.01 바 이하, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 500, 750, 1,000, 1,500, 2,500, 5,000, 10,000, 50,000, 또는 약 100,000 바 이상일 수 있다. 기체 반응물은 막의 제2 면과 접촉하는 동안 임의의 적합한 압력을 가질 수 있다. 예를 들어, 기체 반응물의 압력은 약 0.00001 바 내지 약 100 바, 또는 약 0.001 바 내지 약 10 바, 또는 약 0.00001 바 이하, 약 0.0001 바, 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 또는 약 100 바 이상일 수 있다. 액체 반응물과 기체 반응물 사이의 압력차는 본 방법이 본 명세서에 기재된 바와 같이 수행될 수 있도록 하는 임의의 적합한 압력차일 수 있다. 예를 들어, 액체 반응물과 기체 반응물 사이의 압력차는 약 0 바, 약 0.00001 바 내지 약 100,000 바, 또는 약 0.01 바 내지 약 10,000 바, 또는 약 0.00001 바 이하, 약 0.0001 바, 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 500, 750, 1,000, 1,500, 2,500, 5,000, 10,000, 50,000, 또는 약 100,000 바 이상일 수 있다.

[0053] 액체 반응물 및 기체 반응물 각각의 유량은 임의의 적합한 유량일 수 있다. 예를 들어, 액체 반응물의 유량은 약 0.001 L/min 내지 약 100,000 L/min, 약 0.1 L/min 내지 약 100 L/min, 또는 약 0.001 L/min 이하, 0.01 L/min, 0.1, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 500, 750, 1,000, 1,500, 2,500, 5,000, 7,500, 10,000, 15,000, 20,000, 25,000, 50,000, 75,000, 또는 약 100,000 L/min 이상일 수 있다. 기체 반응물의 유량은 0.001 L/min 내지 약 100,000 L/min, 약 0.1 L/min 내지 약 100 L/min, 또는 약 0.001 L/min 이하, 0.01 L/min, 0.1, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 500, 750, 1,000, 1,500, 2,500, 5,000, 7,500, 10,000, 15,000, 20,000, 25,000, 50,000, 75,000, 또는 약 100,000 L/min 이상일 수 있다. 일부 예에서, 액체 반응물 및 기체 반응물 중 적어도 하나의 유량은 막 면적 1 m²당 약 1 내지 100,000,000 cm³/min, 막 면적 1 m²당 1 내지 100,000 cm³/min, 막 면적 1 m²당 1 내지 10,000 cm³/min, 막 면적 1 m²당 약 2 내지 약 5,000 cm³/min, 막 면적 1 m²당 약 5 내지 약 20 cm³/min, 또는 막 면적 1 m²당 약 1 cm³/min 이하, 또는 막 면적 1 m²당 약 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 750, 1,000, 2,500, 5,000, 7,500, 10,000, 20,000, 50,000, 75,000, 100,000, 200,000, 500,000, 750,000, 1,000,000, 5,000,000, 10,000,000, 20,000,000, 50,000,000, 또는 약 100,000,000 cm³/min 이상일 수 있다.

[0054] 막

[0055] 막은 본 명세서에 추가로 기재된 바와 같은 임의의 적합한 막 또는 막들의 조합일 수 있다. 예를 들어, 본 방법은 단일 막, 또는 중공 섬유 막들의 모듈을 포함하는, 임의의 크기, 형상, 또는 형태 계수(form factor)의 막들의 열(bank) 또는 어레이(array)를 가로질러 액체 반응물 및 기체 반응물을 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다. 하나 이상의 막이 기체 반응물에 선택적으로 투과성일 수 있으며, 예를 들어, 일 실시 형태에서, 기체 반응물은 다른 비반응성 재료에 용해되거나 그와 혼합되고; 다른 실시 형태에서, 하나 이상의 막은 비반응성 재료

(예를 들어, 액체 반응물과 비반응성이거나, 기체 반응물보다 더 낮은 속도로 반응성인 재료)가 막의 제2 면 (예를 들어, 잔류 면)에서 기체 반응물과 함께 제1 면 (예를 들어, 투과 면)으로 투과하는 것을 허용한다.

[0056] 막은, 본 방법이 본 명세서에 기재된 바와 같이 수행될 수 있도록, 임의의 적합한 재료로 제조될 수 있다. 막은 셀룰로오스 아세테이트, 니트로셀룰로오스, 셀룰로오스 에스테르, 폴리설폰, 폴리에테르 설폰, 폴리아크릴로니트릴, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리테트라플루오로에틸렌, 폴리비닐리덴 플루오라이드, 또는 폴리비닐 클로라이드와 같은 중합체를 포함할 수 있다. 막은 가교결합되거나 가교결합되지 않은 중합체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 막은 가교결합된 중합체, 예를 들어, 폴리비닐 중합체 (예를 들어, 폴리비닐 클로라이드), 천연 고무, 합성 고무, 예를 들어 폴리아이소프렌 또는 폴리부타다이엔, EPDM (에틸렌-프로필렌 다이엔 단량체) 고무, 니트릴 고무, 아크릴 고무, 플루오로아크릴레이트 고무, 폴리우레탄, 폴리아이소부틸렌, 실리콘, 또는 플루오로실리콘을 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 막은 (예를 들어, 화학적 가교결합이 부재하는) 열가소성 물질, 예를 들어, 스티렌계 블록 공중합체, 열가소성 폴리올레핀 블렌드 또는 공중합체, 열가소성 폴리우레탄, 탄성중합체성 합금, 열가소성 폴리에스테르 공중합체, 폴리에스테르-폴리에테르 공중합체, 폴리아미드-폴리에테르 공중합체, 또는 실리콘 열가소성 물질을 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 막은 이온 결합을 통해 가교결합된 재료, 예를 들어, 카르복실화, 설폰화, 또는 말레에이트화 중합체의 금속 염 및 그러한 화합물을 포함하는 이온성 및 비이온성 중합체의 블렌드를 포함할 수 있다. 막은 화학적으로 가교결합된 재료, 또는 상분리된 도메인(domain)에서의 물리적 가교결합을 통해 비화학적으로 가교결합된 재료를 포함할 수 있다. 막은 알루미늄, 티타니아, 지르코니아 산화물, 탄화규소, 또는 유리질 재료와 같은 무기 재료를 포함하는 세라믹 막일 수 있다. 막은 실리콘 막, 예를 들어 유기폴리실록산 막일 수 있다.

[0057] 막은, 예를 들어, 유기규소 조성물의 경화된 생성물을 포함하는, 실리콘 막일 수 있다. 유기규소 조성물은 임의의 적합한 유기규소 조성물일 수 있다. 유기규소 조성물의 경화는 유기규소 조성물의 경화된 생성물을 제공한다. 경화성 유기규소 조성물은 적어도 하나의 적합한 유기폴리실록산 화합물을 포함한다. 실리콘 조성물은 조성물이 임의의 적합한 방식으로, 예를 들어, 하이드로실릴화 경화, 축합 경화, 자유-라디칼 경화, 아민-에폭시 경화, 방사선 경화, 냉각, 또는 이들의 임의의 조합으로 경화가능하기에 적합한 성분을 포함한다. 적어도 하나의 적합한 폴리실록산에 더하여, 유기규소 조성물은, 임의의 적합한 유기 또는 무기 성분을 포함하거나, 규소를 포함하지 않는 성분을 포함하거나, 폴리실록산 구조를 포함하지 않는 성분을 포함하는, 임의의 적합한 추가 성분을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 실리콘 조성물의 경화된 생성물은 폴리실록산을 포함한다.

[0058] 경화성 규소 조성물은 유기규소 화합물을 포함할 수 있다. 유기규소 화합물은 임의의 유기규소 화합물일 수 있다. 유기규소 화합물은, 예를 들어, 실란 (예를 들어, 유기실란), 폴리실란 (예를 들어, 유기폴리실란), 실록산 (예를 들어, 유기실록산, 예를 들어 유기모노실록산 또는 유기폴리실록산), 폴리실록산 (예를 들어, 유기폴리실록산), 또는 폴리실록산-유기 공중합체, 예를 들어 본 기술 분야에 공지된 바와 같은 그러한 화합물 중 임의의 적합한 화합물일 수 있다. 경화성 실리콘 조성물은 임의의 수의 적합한 유기규소 화합물, 및 임의의 수의 적합한 유기 화합물을 함유할 수 있다. 유기규소 화합물은 경화를 가능하게 하는 임의의 작용기를 포함할 수 있다.

[0059] 일부 실시 형태에서, 유기규소 화합물은, 유기하이드로젠실란 또는 유기하이드로젠실록산과 같이 규소-결합 수소 원자를 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 유기규소 화합물은, 유기알케닐실란 또는 유기알케닐 실록산과 같이, 알케닐기를 포함할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 유기규소 화합물은 경화를 가능하게 하는 임의의 작용기를 포함할 수 있다. 유기실란은 모노실란, 다이실란, 트라이실란, 또는 폴리실란일 수 있다. 유사하게는, 유기실록산은 다이실록산, 트라이실록산, 또는 폴리실록산일 수 있다. 유기규소 화합물의 구조는 선형, 분지형, 환형 또는 수지상일 수 있다. 사이클로실란 및 사이클로실록산은 3 내지 12개의 규소 원자, 대안적으로 3 내지 10개의 규소 원자, 대안적으로 3 내지 4개의 규소 원자를 가질 수 있다.

[0060] 유기규소 화합물은 유기폴리실록산 화합물일 수 있다. 일부 예에서, 유기폴리실록산 화합물은 평균 1개 이상, 2개 이상, 또는 2개 초과, 경화를 가능하게 하는 작용기를 갖는다. 유기폴리실록산 화합물은 선형, 분지형, 환형, 또는 수지상 구조를 가질 수 있다. 유기폴리실록산 화합물은 단일중합체 또는 공중합체일 수 있다. 유기폴리실록산 화합물은 다이실록산, 트라이실록산, 또는 폴리실록산일 수 있다. 유기폴리실록산 화합물은 단일 유기폴리실록산일 수 있거나, 또는 구조, 점도, 평균 분자량, 실록산 단위, 및 시퀀스(sequence) 중 적어도 하나가 상이한 둘 이상의 유기폴리실록산을 포함하는 조합일 수 있다.

[0061] 막은 치밀한 막, 예를 들어, 치밀한 실리콘 막일 수 있다. 막은 비다공성 막, 예를 들어 비다공성 실리콘 막일 수 있다. 일부 유형의 기공은, 대략 원통처럼 형상화된 원통형 기공과 같이, 또는 스펀지 기공, 예를 들어, 한

쪽 주 면으로부터 다른 쪽 주 면으로의 연결부를 형성하는 랜덤하게 형상화된 공동 및 채널을 포함하는 기공과 같이, 막의 한쪽 주 면으로부터 다른 쪽 주 면까지 관통할 수 있다. 일부 유형의 기공은, 표면 기공으로도 지칭되는 블라인드(blind) 기공과 같이, 막의 한쪽 주 면으로부터 다른 쪽 주 면까지 관통하지 않는다. 일부 유형의 스펀지 기공은 또한 막의 한쪽 주 면으로부터 다른 쪽 주 면까지 관통할 수 없다. 일부 실시 형태에서, 본 발명의 치밀한 막은 실질적으로 비다공성일 수 있고, 한쪽 주 면으로부터 다른 쪽 주 면까지 관통하는 기공과 한쪽 주 면으로부터 다른 쪽 주 면까지 관통하지 않는 기공 둘 모두를 포함하는 기공을 실질적으로 포함하지 않을 수 있으며, 예를 들어 1 mm²당 약 100,000개 미만의 기공, 또는 1 mm²당 약 10,000, 1,000, 100, 50, 25, 20, 15, 10, 5개 미만, 또는 약 1개 미만의 기공을 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 치밀한 막은 한쪽 면으로부터 다른 쪽 면까지 관통하는 기공을 실질적으로 포함하지 않을 수 있으며, 예를 들어 1 mm²당 약 100,000개 미만의 관통 기공, 또는 1 mm²당 약 10,000, 1,000, 100, 50, 25, 20, 15, 10, 5개 미만, 또는 약 1개 미만의 관통 기공을 포함할 수 있지만, 상기 막은 또한 상기 막의 한쪽 주 면으로부터 막의 다른 쪽 주 면까지 관통하지 않는 기공, 예를 들어 표면 기공 및 스펀지 기공 중 적어도 하나를 임의의 적합한 수로 포함할 수 있으며, 예를 들어 1 mm²당 약 100,000개 이상의 비-관통 기공, 또는 1 mm²당 10,000, 1,000, 100, 50, 25, 20, 15, 10, 5개 미만, 또는 약 1개 이상의 비-관통 기공을 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 치밀한 막은, 약 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1 μm 초과, 또는 약 2 μm 초과의 직경을 갖는, 막의 한쪽 주 면으로부터 다른 쪽 주 면까지 관통하는 기공을 실질적으로 0개 가질 수 있으며, 예를 들어, 1 mm²당 약 100,000개 미만의 기공, 또는 1 mm²당 약 10,000, 1,000, 100, 50, 25, 20, 15, 10, 5개 미만, 또는 약 1개 미만의 기공을 가질 수 있다. 기공 크기는 막을 통과하는 단지 일부 또는 전체 두께를 통과하는 그 경로 전반에 걸친 기공의 평균 크기에 의해 결정될 수 있다. 기공 크기는 막의 표면에서의 기공의 평균 크기에 의해 결정될 수 있다. 임의의 적합한 분석 기술이 기공 크기를 결정하는 데 사용될 수 있다. 실시 형태는 막을 완전히 통과하는 기공, 원통 기공, 스펀지 기공, 블라인드 기공, 임의의 다른 유형의 기공, 또는 이들의 조합 각각에 대해 본 문단에 제공된 치수들로부터의 대략적인 최대 크기들의 임의의 조합을 갖는 치밀한 막을 포함한다. 일부 실시 형태에서, 치밀한 막은 막을 완전히 통과하는 기공, 원통 기공, 스펀지 기공, 블라인드 기공, 및 임의의 다른 유형의 기공 중 적어도 하나를 가지며, 기공은 본 문단에 제공된 치수들의 최대 크기보다 더 작은 크기를 갖는다.

[0062] 막은 임의의 적합한 두께를 가질 수 있다. 일부 예에서, 막은 두께가 약 1 μm 내지 약 20 μm, 또는 약 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 또는 15 μm 내지 약 20 μm이다. 일부 예에서, 막은 두께가 약 0.1 μm 내지 약 300 μm, 또는 약 10, 15, 20, 25, 또는 30 μm 내지 약 200 μm이다. 다른 예에서, 막은 두께가 약 0.01 μm 내지 약 2000 μm, 또는 약 0.01 μm 이하, 약 0.1 μm, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1,000, 1,250, 1,500, 1,750 μm, 또는 약 2,000 μm 이상이다.

[0063] 일부 실시 형태에서, 예를 들어, 막의 다른 쪽 면 상에 존재하는 액체 반응물 없이 (예를 들어, 막의 다른 쪽 면 상에 공기가 있는 채로) 실온에서 시험할 때, 막은 하나 이상의 기체 반응물의 투과 계수가 약 0.001 배리 이하, 또는 약 0.01 배리 이상, 0.1, 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 240, 280, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 또는 약 2000 배리 이상이다. 막은, 기체 반응물을 포함하는, 막의 제2 면 상의 조성물 내의 다른 성분에 대해 실질적으로 투과성이거나 실질적으로 불투과성일 수 있으며; 일부 실시 형태에서, 막은, 막의 제2 면 상의 다른 성분에 대해 실질적으로 불투과성인 반면, 다른 실시 형태에서, 막은 막의 제2 면 상의 하나 이상의 다른 성분에 대해 실질적으로 투과성일 수 있다.

[0064] 본 방법 동안 액체 반응물이 막을 거의 또는 전혀 통과하지 못 하도록, 막은 액체 반응물에 실질적으로 불투과성일 수 있다. 막은, 액체 반응물을 포함하는, 막의 제1 면 상의 조성물 내의 다른 성분에 대해 실질적으로 투과성이거나 실질적으로 불투과성일 수 있으며; 일부 실시 형태에서, 막은, 막의 제1 면 상의 다른 성분에 대해 실질적으로 불투과성인 반면, 다른 실시 형태에서, 막은 막의 제1 면 상의 하나 이상의 다른 성분에 대해 실질적으로 투과성일 수 있다. 액체 반응물의 투과 계수는 0.000001 배리 내지 약 50 배리, 약 0.00001 배리 내지 약 40 배리, 약 0.001 배리 내지 약 10 배리, 또는 약 0.000001 배리 이하, 약 0.00001 배리, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 또는 약 50 배리 이상일 수 있다.

[0065] 막은 임의의 적합한 형상을 가질 수 있다. 일부 예에서, 막은 플레이트-프레임(plate-and-frame) 막, 나선형

권취(spiral wound) 막, 관형 막, 모세관 섬유 막 또는 중공 섬유 막일 수 있다. 본 방법은, 각각의 섬유가 보어 면 및 셀 면을 갖는 복수의 중공 섬유 막을 포함하는 중공 섬유 막 모듈에서와 같은, 하나 이상의 막을 가로질러 기체 반응물 및 액체 반응물을 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다. 중공 섬유 막 모듈 내의 섬유들은, 모듈의 각각의 면 상의 단일 연결부(connector)를 통해 접근가능한 보어 면 및 셀 면을 집합적으로 가질 수 있다. 대안적으로, 중공 섬유 막 모듈 내의 섬유들은, 모듈 내의 다양한 지점에 배치된 다수의 연결부를 통해 접근가능한 보어 면 및 셀 면을 가질 수 있다. 본 방법의 일부 실시 형태에서, 기체 반응물은 하나 이상의 중공 섬유 막의 보어 면 (예를 들어, 제2 면 또는 잔류 면)에 접촉될 수 있고, 액체 반응물은 셀 면 (예를 들어, 제1 면 또는 투과 면)에 접촉될 수 있다. 본 방법의 다른 실시 형태에서, 기체 반응물은 하나 이상의 중공 섬유 막의 셀 면 (예를 들어, 제2 면 또는 잔류 면)에 접촉될 수 있고, 액체 반응물은 보어 면 (예를 들어, 제1 면 또는 투과 면)에 접촉될 수 있다.

[0066] 임의의 수의 막이 분리를 성취하는 데 사용될 수 있다. 독립형 막과 지지형 막의 임의의 조합이 사용될 수 있다. 막 또는 막들의 조합의 임의의 적합한 표면적이 사용될 수 있다. 예를 들어, 각각의 막의 표면적, 또는 막들의 총 표면적은, 약 0.01 m², 0.1, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600, 1,800, 2,000, 2,200, 2,400, 2,600, 2,800, 3,000, 3,200, 3,400, 3,800, 4,000, 5,000, 10,000, 50,000, 100,000, 500,000, 또는 약 1,000,000 m²일 수 있다.

[0067] 한 가지 예에서, 하나 이상의 막은 하나 이상의 중공 튜브 또는 섬유 막이다. 임의의 수의 중공 튜브 또는 섬유 막이 사용될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 막으로서, 1개의 중공 튜브 또는 섬유 막, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1,000, 2,000, 5,000, 10,000, 100,000 또는 약 1,000,000개의 중공 튜브 또는 섬유 막이 함께 사용될 수 있다. 한 가지 예에서, 하나 이상의 막은 가교결합된 실리콘 또는 유기폴리실록산 중공 튜브 또는 섬유 막이다. 한 가지 예에서, 하나 이상의 막은 (예를 들어, 다공성 지지체를 갖지 않는) 하나 이상의 독립형 중공 튜브 또는 섬유 막이다. 한 가지 예에서, 하나 이상의 막은 (예를 들어, 다공성 지지체를 갖지 않는) 가교결합된 실리콘 또는 유기폴리실록산 독립형 중공 튜브 또는 섬유 막이다. 하나 이상의 중공 튜브 또는 섬유 막은, 하나 이상의 막이 용이하게 대체되거나 유지될 수 있도록, 모듈식 카트리지(modular cartridge)의 형태일 수 있다. 일 실시 형태에서, 하나 이상의 중공 튜브 또는 섬유 막의 내부는 하나 이상의 막의 제1 면일 수 있고, 하나 이상의 중공 튜브 또는 섬유 막의 외부는 하나 이상의 막의 제2 면일 수 있다. 다른 실시 형태에서, 하나 이상의 중공 튜브 또는 섬유 막의 외부는 하나 이상의 막의 제1 면일 수 있고, 하나 이상의 중공 튜브 또는 섬유 막의 내부는 하나 이상의 막의 제2 면일 수 있다. 일부 예에서, 하나 이상의 중공 튜브 또는 섬유 막의 제1 면과 제2 면 사이에서 압력차가 유지된다.

[0068] 일부 실시 형태에서, 본 발명의 다양한 실시 형태는 기체 반응물로부터 액체 반응물로의 또는 그 반대의 제한된 열 전달을 허용하거나 열 전달을 허용하지 않는 모듈을 제공할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 본 발명의 다양한 실시 형태는 기체 반응물로부터 액체 반응물로의 또는 그 반대의 실질적인 열 전달을 허용하는 모듈을 제공할 수 있다. 예를 들어, 본 발명은 기체 반응물과 액체 반응물 사이의 동시적인 열 및 질량 교환을 허용하는 시스템을 제공할 수 있다.

[0069] 일부 실시 형태에서, 막은 다공성 기재 또는 고투과성 비다공성 기재 상에 지지된다. 기재는 임의의 적합한 기재일 수 있다. 지지형 막은 막의 2개의 주 면 중 적어도 하나의 표면적의 대부분이 다공성 기재 또는 고투과성 비다공성 기재와 접촉한다. 다공성 기재 상의 지지형 막은 복합 막으로 지칭될 수 있는데, 이러한 막은 막과 다공성 기재의 복합체이다. 지지형 막이 그 상에 위치되는 다공성 기재는, 기체 또는 액체가 기공을 통과하여 상기 막에 도달하게 할 수 있다. 지지형 막은 다공성 기재에 부착 (예를 들어, 접촉)될 수 있다. 지지형 막은 접촉되지 않고서 기재와 접촉된 상태로 있을 수 있다. 다공성 기재는 막에 부분적으로 통합되거나, 완전히 통합되거나, 또는 통합되지 않을 수 있다. 다공성 기재는, 예를 들어, 필터, 또는 다공성 구조 또는 임의의 구조를 포함하는 임의의 적합한 형상의 임의의 기재일 수 있다. 다공성 기재는 직물 또는 부직물일 수 있다. 다공성 기재는 프릿(frit)일 수 있다. 다공성 기재는, 임의의 형상인, 예를 들어, 편평하거나, 만곡되거나, 또는 이들의 임의의 조합인 막을 포함하는 표면을 갖는, 당업자에게 공지된 임의의 적합한 다공성 재료일 수 있다. 표면은 임의의 주변부(perimeter) 형상을 가질 수 있다. 다공성 기재는 임의의 수의 표면을 가질 수 있으며, 임의의 3차원 형상일 수 있다. 3차원 형상의 예에는 정육면체, 구체, 원추, 및 가변 두께를 포함하는 임의의 두께를 갖는 이들의 평면 섹션, 및 다공성 중공 섬유가 포함된다. 다공성 기재는 임의의 수의 기공을 가질 수 있으며, 기공은 임의의 크기, 깊이, 형상, 및 분포를 가질 수 있다. 한 가지 예에서, 다공성 기재는 기공 크기가 약 0.2 nm 내지 약 500 nm이고, 임의의 적합한 수의 기공을 가질 수 있다.

- [0070] 일부 실시 형태에서, 막은 독립형으로도 지칭되는 비지지형이다. 독립형인 막의 2개의 주 면 각각에서 표면적의 대부분은 기재 - 이 기재가 다공성이든지 또는 아니든지 간에 - 와 접촉하지 않는다. 일부 실시 형태에서, 독립형인 막은 100% 비지지될 수 있다. 독립형인 막은 막의 어느 하나 또는 둘 모두의 주 면에서 표면적의 대부분 (예를 들어, 50% 미만)에서 또는 에지에서 지지될 수 있다. 독립형 막은, 지지되는 독립형 막의 백분율에 무관하게, 임의의 적합한 형상을 가질 수 있다. 독립형 막에 적합한 형상의 예에는, 예를 들어 정사각형, 직사각형, 원형, 튜브, 정육면체, 구체, 원추, 원통, 및 가변 두께를 포함하는 임의의 두께를 갖는 이들의 평면 섹션이 포함된다.
- [0071] 비휘발성 액체 반응물 및 기체 반응물.
- [0072] 본 방법은 막의 제1 면을 액체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함한다. 액체 반응물은 기체 반응물과 (예를 들어, 기체 반응물 내의 하나 이상의 기체 화합물과) 반응할 수 있는 하나 이상의 화합물이다. 액체 반응물은 액체 반응물을 포함하는 조성물의 형태로 막의 제1 면에 접촉될 수 있으며, 이때 막의 제1 면에서의 조성물은 기체 반응물과 반응성이 아닌 화합물, 예를 들어 하나 이상의 용매 (예를 들어 유기 용매) 또는 임의의 다른 적합한 재료를 포함한다. 본 명세서에서, 막의 제1 면에서의 액체 반응물의 특성 또는 조건, 예를 들어 압력, 유량, 온도, 및 액체 반응물의 다른 태양의 설명에 있어서, 액체 반응물을 포함하는, 막의 제1 면 상의 조성물은 동일한 특성 또는 조건을 가질 수 있거나, 또는 조성물 내의 액체 반응물이 기재된 특성 또는 조건을 갖도록 하는 특성 또는 조건을 가질 수 있음이 이해되어야 한다. 액체 반응물은 액체 반응물을 포함하는 조성물에서 임의의 적합한 농도, 예를 들어 약 0.001 중량% 내지 약 99.999 중량%, 또는 약 1 중량% 내지 약 99 중량%, 또는 약 0.001 중량% 이하, 0.01 중량%, 0.1, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 99.9, 99.99, 또는 약 99.999 중량% 이상을 가질 수 있다.
- [0073] 비휘발성 액체 반응물은 표준 온도 및 압력에서 액체이며, 101 kPa에서의 비점이 약 30°C 내지 약 1,500°C, 또는 약 50°C 내지 약 1,000°C, 또는 약 75°C 내지 약 500°C, 또는 약 100°C 내지 약 400°C, 또는 약 30°C 이하, 또는 약 40°C, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1,000, 1,250, 또는 약 1,500°C 이상일 수 있다. 표준 온도 및 압력에서, 비휘발성 액체 반응물은 비점이 약 0.0001 kPa 내지 80 kPa, 약 0.001 kPa 내지 약 50 kPa, 약 0.001 kPa 내지 약 25 kPa, 또는 약 0.0001 kPa 이하, 또는 약 0.001 kPa, 0.01, 0.1, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 또는 약 80 kPa 이하일 수 있다. 액체 반응물을 포함하는 조성물 내의 다른 성분 (존재하는 경우)은, 예를 들어 막의 제1 면과 접촉하는 시점에, 액체 (예를 들어, 액체 반응물이 액체 중에 용해될 수 있음), 또는 기체 (예를 들어, 막의 제1 면과 접촉하며 액체 반응물을 포함하는 액체 조성물이 그 안에 용해된 기체를 포함할 수 있음)일 수 있다.
- [0074] 다양한 실시 형태에서, 액체 반응물과 기체 반응물 사이의 반응은 하이드로실릴화 반응일 수 있다. 하이드로실릴화 반응에서, 규소 원자와 규소-결합 수소 원자를 포함하는 유기규소 화합물은 알케닐 기와 같은 불포화 기와 반응하여, 불포화 기를 가로질러 첨가하고 불포화 기가 적어도 하나의 불포화도를 손실하게 하여 (예를 들어, 이중 결합이 단일 결합으로 전환됨), 규소 원자가 본래의 불포화 기의 하나의 탄소 원자에 결합되고, 수소 원자가 본래의 불포화 기의 다른 탄소 원자에 결합될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 하이드로실릴화 촉매가 액체 반응물에 존재한다. 다른 실시 형태에서, 하이드로실릴화 촉매는 액체 반응물에 존재하지 않는다.
- [0075] 일부 실시 형태에서, 하이드로실릴화 촉매는 백금족 금속 또는 백금족 금속을 함유하는 화합물을 포함하는 임의의 하이드로실릴화 촉매일 수 있다. 백금족 금속에는 백금, 로듐, 루테튬, 팔라듐, 오스뮴 및 이리듐이 포함될 수 있다. 하이드로실릴화 촉매의 예에는, 윌링(Willing)의 미국 특허 제3,419,593호에 개시된, 염화백금산과 소정 비닐-함유 유기실록산의 착물, 예를 들어, 염화백금산과 1,3-다이비닐-1,1,3,3-테트라메틸다이실록산의 반응 생성물; 미국 특허 제4,766,176호 및 미국 특허 제5,017,654호에 예시된 바와 같은, 열가소성 수지 내에 캡슐화된 백금족 금속을 포함하는 마이크로캡슐화된 하이드로실릴화 촉매; 및 미국 특허 제7,799,842호에 예시된 바와 같은, 광활성화 하이드로실릴화 촉매, 예를 들어, 백금(II) 비스(2,4-펜탄다이오에이트)가 포함된다. 적합한 하이드로실릴화 촉매의 예에는 1,3-다이에틸-1,1,3,3-테트라메틸다이실록산의 백금(IV) 착물이 포함될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 하이드로실릴화 촉매는 적어도 하나의 광활성화 하이드로실릴화 촉매일 수 있다. 광활성화 하이드로실릴화 촉매는 백금족 금속 또는 백금족 금속을 함유하는 화합물을 포함하는 잘 알려진 하이드로실릴화 촉매들 중 임의의 것일 수 있다. 액체 반응물을 포함하는 조성물 중의 하이드로실릴화 촉매의 농도는 액체 반응물과 기체 반응물의 하이드로실릴화를 촉매하기에 충분할 수 있다. 하이드로실릴화 촉매의 농도는 액체 반응물 중에 약 0.1 내지 약 1000 ppm의 백금족 금속, 약 0.5 내지 약 500 ppm의 백금족 금속, 또

는 약 1 내지 약 100 ppm의 백금족 금속을 제공하기에 충분할 수 있다.

[0076] 본 방법은 막의 제2 면을 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함한다. 기체 반응물은 액체 반응물과 (예를 들어, 하나 이상의 액체 반응물과) 반응할 수 있는 하나 이상의 화합물이다. 기체 반응물은 기체 반응물을 포함하는 조성물의 형태로 막의 제2 면에 접촉될 수 있으며, 예를 들어, 조성물은 하나 이상의 유기 용매 또는 하나 이상의 기체 (예를 들어, 불활성 기체 또는 다른 기체)를 포함할 수 있다. 기체 반응물을 포함하는, 막의 제2 면에 접촉되는 조성물은, 막을 통해 실질적으로 투과성인 화합물 및 막을 통해 실질적으로 불투과성인 화합물 중 적어도 하나, 및 액체 반응물과 반응성인 화합물 및 액체 반응물과 실질적으로 비반응성인 화합물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 기체 반응물을 포함하는 조성물은 막에 접촉하는 시점에 액체 또는 기체 상태일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 기체 반응물은 막의 제2 면에서 하나 이상의 액체 성분에 용해되는 반면, 다른 실시 형태에서, 기체 반응물은 막의 제2 면에서 다른 기체 성분과 혼합된다. 본 명세서에서, 막의 제2 면에서의 기체 반응물의 특성 또는 조건, 예를 들어 압력, 유량, 온도, 및 기체 반응물의 다른 태양의 설명에 있어서, 기체 반응물을 포함하는, 막의 제2 면 상의 조성물은 동일한 특성 또는 조건을 가질 수 있거나, 또는 조성물 내의 기체 반응물이 기재된 특성 또는 조건을 갖도록 하는 특성 또는 조건을 가질 수 있음이 이해되어야 한다. 기체 반응물은 기체 반응물을 포함하는 조성물에서 임의의 적합한 농도, 예를 들어 약 0.001 중량% 내지 약 99.999 중량%, 또는 약 1 중량% 내지 약 99 중량%, 또는 약 0.001 중량% 이하, 0.01 중량%, 0.1, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 99.9, 99.99, 또는 약 99.999 중량% 이상을 가질 수 있다.

[0077] 기체 반응물은 표준 온도 및 압력에서 기체 (예를 들어 기체 또는 증기), 액체, 또는 고체일 수 있으며, 101 kPa에서의 비점 또는 승화점이 약 -500°C 내지 약 150°C, 또는 약 -250°C 내지 약 100°C, 또는 약 -200°C 내지 약 50°C, 또는 약 -100°C 내지 약 25°C, 또는 약 -500°C 이하, 또는 약 -450°C, -400, -350, -300, -250, -200, -150, -100, -50, -25, -10, 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 또는 약 150°C일 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 그러한 기체 반응물 또는 기체 반응물을 포함하는 조성물로 되는 재료는, 상기 재료가 막의 제2 면에 접촉하는 시점에 기체이도록, 가열될 수 있는 것과 감소된 압력 (예를 들어, 주위 압력 미만)으로 노출되는 것 중 적어도 하나일 수 있다. 기체 반응물을 포함하는 조성물 내의 다른 성분 (존재하는 경우)은 액체일 수 있거나 (예를 들어, 기체 반응물이 액체에 용해될 수 있음), 또는 막의 제2 면과 접촉하는 시점에서와 같이 기체일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 기체 반응물은 승화성 고체 (예를 들어, 드라이아이스) 또는 기체-발생 고체 (예를 들어, 탄산암모늄)를, 기체 반응물 (예를 들어, 후속하여 막의 제2 면에 접촉될 수 있는 CO₂ 또는 암모니아)을 생성하기에 충분한 조건 (예를 들어, 온도 또는 압력)에 노출시킴으로써 막의 제2 면에 접촉될 수 있다.

[0078] 비휘발성 액체 반응물은, 예를 들어 하이드로실릴화 반응을 통해 기체 반응물과 반응할 수 있는 적어도 하나의 작용기를 가질 수 있다. 일부 예에서, 액체 반응물은 유기폴리실록산 (예를 들어, 폴리오르가노하이드리도실록산 또는 유기하이드리도실록산 반복 단위를 포함하는 공중합체) 또는 실란과 같이 Si-H 결합을 포함할 수 있으며, 기체 반응물은 탄소-탄소 불포화 결합을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 액체 반응물은 탄소-탄소 불포화 결합을 포함할 수 있으며, 기체 반응물은 유기폴리실록산 (예를 들어, 폴리오르가노하이드리도실록산 또는 그를 포함하는 공중합체) 또는 실란과 같이 Si-H 결합을 포함할 수 있다. 탄소-탄소 불포화 결합은 비방향족, 비공액, 및 지방족 중 적어도 하나일 수 있다. 탄소-탄소 불포화 결합은 이중 결합 또는 삼중 결합일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 액체 반응물은 수소화 반응을 통해 기체 반응물과 반응할 수 있는데, 이때 기체 반응물은 수소를 포함하고 액체 반응물은 적어도 하나의 탄소-탄소 불포화 결합을 갖는 규소-함유 화합물을 포함한다.

[0079] 다양한 실시 형태에서, 기체 반응물 및 액체 반응물 중 적어도 하나는, Si-H 결합을 포함하는 적어도 하나의 유기폴리실록산, 예를 들어, 유기하이드로겐폴리실록산 또는 이의 공중합체를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 유기하이드로겐폴리실록산 화합물은 평균 1개 이상, 2개 이상, 또는 2개 초과인 규소-결합 수소 원자를 갖는다. 유기폴리실록산 화합물은 선형, 분지형, 환형, 또는 수지상 구조를 가질 수 있다. 유기폴리실록산 화합물은 단일중합체 또는 공중합체일 수 있다. 유기폴리실록산 화합물은 다이실록산, 트라이실록산, 또는 폴리실록산일 수 있다. 유기규소 화합물 내의 규소-결합 수소 원자는 말단 위치, 펜던트 위치 또는 말단 위치와 펜던트 위치 둘 모두에 위치할 수 있다.

[0080] 다양한 실시 형태에서, 유기하이드로겐폴리실록산 화합물은 평균 분자당 1개의 Si-H 단위, 분자당 약 2, 3, 4, 5개, 또는 약 5개 미만, 또는 약 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 100, 200개 이상, 또는 약 200개 초과인 Si-H 단위를 가질 수 있다.

- [0081] 한 가지 예에서, 유기하이드로겐폴리실록산은 하기 화학식의 화합물을 포함할 수 있다:
- [0082] [화학식 a]
- [0083] $R^x_3SiO(R^x_2SiO)_a(R^xR^2SiO)_bSiR^x_3$, 또는
- [0084] [화학식 b]
- [0085] $R^4R^x_2SiO(R^x_2SiO)_x(R^xR^4SiO)_ySiR^x_2R^4$.
- [0086] 화학식 a에서, a는 평균값이 약 0 내지 약 500,000이고, β는 평균값이 약 1 내지 약 500,000이다. 각각의 R^x는 독립적으로 1가 작용기이다. 적합한 1가 작용기에는 아크릴 기; 알킬; 할로겐화 탄화수소 기; 알케닐; 알키닐; 아릴; 및 시아노알킬이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 각각의 R²는 독립적으로 H 또는 R^x이다. 일부 실시 형태에서, β는 약 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 또는 약 200 이상이다. 화학식 b에서, x는 평균값이 0 내지 500,000이고, δ는 평균값이 0 내지 500,000이다. 각각의 R^x는 독립적으로 상기에 기재된 바와 같다. 각각의 R⁴는 독립적으로 H 또는 R^x이다. 일부 실시 형태에서, δ는 약 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 또는 약 200 이상이다.
- [0087] 유기하이드로겐폴리실록산의 예에는 하기 평균 단위 화학식을 갖는 화합물이 포함될 수 있다:
- [0088] [화학식 I]
- [0089] $(R^xR^4R^5SiO_{1/2})_w(R^xR^4SiO_{2/2})_x(R^4SiO_{3/2})_y(SiO_{4/2})_z$
- [0090] 상기 식에서, R^x는 독립적으로 상기에 정의된 바와 같고, R⁴는 H 또는 R^x이고, R⁵는 H 또는 R^x이고, 0 ≤ w ≤ 1, 0 ≤ x < 1, 0 ≤ y < 1, 0 ≤ z < 0.95, 및 w+x+y+z ≈ 1이다. 일부 실시 형태에서, R¹은 C₁₋₁₀ 하이드로카르빌 또는 C₁₋₁₀ 할로겐-치환된 하이드로카르빌 (둘 모두 지방족 불포화체가 부재함), 또는 C₄ 내지 C₁₄ 아릴이다. 일부 실시 형태에서, w는 0.01 내지 0.6이고, x는 0 내지 0.5이고, y는 0 내지 0.95이고, z는 0 내지 0.4이고, w+x+y+z ≈ 1이다.
- [0091] 유기하이드로겐폴리실록산은 환형 폴리실록산, 예를 들어 환형 폴리(치환 또는 비치환 (C₁-C₂₀)하이드로카르빌)하이드로겐실록산, 환형 폴리(치환 또는 비치환 (C₁-C₁₀)알킬)하이드로겐실록산, 환형 폴리(치환 또는 비치환 (C₁-C₅)알킬)하이드로겐실록산, 환형 폴리((C₁-C₃)알킬)하이드로겐실록산, 또는 환형 폴리메틸하이드로겐실록산, 예를 들어 테트라메틸 테트라사이클로실록산일 수 있으며, 여기서 각각의 하이드로카르빌 및 각각의 알킬은 독립적으로 선택된다.
- [0092] 일부 실시 형태에서, 기체 반응물 및 액체 반응물 중 적어도 하나는 Si-H 결합을 포함하는 적어도 하나의 실란을 포함할 수 있다. Si-H 결합을 포함하는 실란은 임의의 적합한 실란일 수 있다. 일부 예에서, 실란은 (할로)_a(치환 또는 비치환 (C₁-C₂₀)하이드로카르빌)_b-Si-H (상기 식에서, a+b는 3이고, a는 1, 2, 또는 3이고, b는 1, 2, 또는 3임; 예를 들어, HMe₂SiCl)일 수 있거나, 또는 실란은 (치환 또는 비치환 (C₁-C₂₀)하이드로카르빌)₃-Si-H, (치환 또는 비치환 (C₁-C₁₀)알킬)₃-Si-H, (치환 또는 비치환 (C₁-C₅)알킬)₃-Si-H, ((C₁-C₃)알킬)₃-Si-H, 또는 트라이메틸실란일 수 있으며, 여기서 각각의 치환 또는 비치환 하이드로카르빌 및 치환 또는 비치환 알킬은 독립적으로 선택된다.
- [0093] 일부 실시 형태에서, 기체 반응물 및 액체 반응물 중 적어도 하나는 적어도 하나의 불포화 탄소-탄소 결합을 포함하는 적어도 하나의 화합물을 포함할 수 있다. 지방족 불포화 탄소-탄소 결합-함유 기의 예에는 비닐, 알릴, 부테닐, 및 헥세닐과 같은 알케닐 기; 에틸닐, 프로피닐, 및 부티닐과 같은 알키닐 기; 및 아크릴로일옥시알킬 또는 메타크릴로일옥시프로필과 같은 아크릴레이트-작용성 기가 포함될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 적어도 하나의 탄소-탄소 불포화 결합을 갖는 화합물은 (i) 분자당 적어도 하나의 불포화 지방족 탄소-탄소 결합 (예를 들어, 분자당 적어도 하나의 알케닐 또는 알키닐 기)을 갖는 유기규소 화합물, 또는 (ii) 분자당 적어도 하나의 불포화 지방족 탄소-탄소 결합 (예를 들어, 분자당 적어도 하나의 알케닐 또는 알키닐 기)을 갖는 적어도 하나

의 유기 화합물일 수 있다.

[0094] 적어도 하나의 탄소-탄소 불포화 결합을 갖는 화합물은 분자당 평균 적어도 하나의 지방족 불포화 탄소-탄소 결합을 갖는 유기규소 화합물일 수 있다. 분자당 평균 적어도 하나의 지방족 불포화 탄소-탄소 결합을 갖는 유기규소 화합물은 임의의 적합한 유기규소 화합물일 수 있으며, 여기서 불포화 탄소-탄소 결합은 규소-결합된 기의 일부일 수 있고; 예를 들어, 유기규소 화합물은 적어도 하나의 규소-결합된 지방족 불포화 탄소-탄소 결합-함유기를 가질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 유기규소 화합물은 분자당 1개 이상, 2개 이상, 또는 3개 이상의 지방족 불포화 탄소-탄소 결합을 갖는다. 불포화 탄소-탄소 결합은 규소 원자에 직접 결합될 수 있거나 (예를 들어, Si-Vi), 하이드로카르빌 스페이서(spacer)를 통해 규소 원자로부터 떨어져 있을 수 있거나 (예를 들어, Si-(치환 또는 비치환 (C₁-C₁₀)하이드로카르빌)-비닐), 또는 중간 (비-말단) 위치에 있을 수 있다 (예를 들어, Si-CH₂-CH₂-CH=CH-CH₂-CH₃). 유기규소 화합물은 폴리(C₁-C₁₀)알케닐(C₁-C₁₀)알킬실록산, 예를 들어 폴리비닐메틸실록산, 예를 들어 폴리비닐메틸실록산-폴리다이메틸실록산 공중합체일 수 있다. 유기규소 화합물은 알케닐할로실란, 예를 들어 (할로)_a(치환 또는 비치환 (C₁-C₂₀)알케닐)_b-Si-H (상기 식에서, a+b는 3이고, a는 1, 2, 또는 3이고, b는 1, 2, 또는 3임; 예를 들어, ViMe₂SiCl)일 수 있다.

[0095] 유기규소 화합물은 유기실란 또는 유기실록산일 수 있다. 유기실란은 모노실란, 다이실란, 트라이실란, 또는 폴리실란일 수 있으며, 유기실록산은 다이실록산, 트라이실록산, 또는 폴리실록산일 수 있다. 유기규소 화합물의 구조는 선형, 분지형, 환형 또는 수지상일 수 있다. 사이클로실란 및 사이클로실록산은 3 내지 12개의 규소 원자를 가질 수 있다. 비환형 폴리실란 및 폴리실록산에서, 지방족 불포화 탄소-탄소 결합은 말단 위치 및 펜던트 위치 중 적어도 하나에 위치할 수 있다.

[0096] 탄소-탄소 결합을 포함하는 유기실란의 예에는 Vi₄Si, PhSiVi₃, MeSiVi₃, PhMeSiVi₂, Ph₂SiVi₂, 및 PhSi(CH₂CH=CH₂)₃, ViSiMe₃이 포함되며, Me는 메틸이고, Ph는 페닐이고, Vi는 비닐이다.

[0097] 일부 실시 형태에서, 적어도 하나의 탄소-탄소 불포화 결합을 갖는 화합물은 하기 화학식의 유기폴리실록산이다:

[0098] [화학식 a]



[0100] [화학식 b]



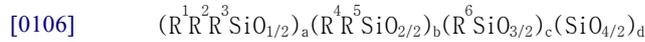
[0102] 또는 이들의 조합.

[0103] 화학식 a에서, a는 평균값이 0 내지 2000, 예를 들어 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 또는 약 200 이상이다. 화학식 a에서, β는 평균값이 1 내지 2000, 예를 들어 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 또는 약 200 이상이다. 각각의 R^y는 독립적으로 1가 유기 기, 예를 들어 본 명세서에서 R^x에 대해 열거된 것, 또는 아크릴 작용기, 예를 들어 아크릴로일옥시프로필 및 메타크릴로일옥시프로필; 알케닐 기, 예를 들어, 비닐, 알릴, 및 부테닐; 알킬닐 기, 예를 들어 에틸닐 및 프로피닐; 아미노알킬 기, 예를 들어 3-아미노프로필, 6-아미노헥실, 11-아미노운데실, 3-(N-알릴아미노)프로필, N-(2-아미노에틸)-3-아미노프로필, N-(2-아미노에틸)-3-아미노아이소부틸, p-아미노페닐, 2-에틸피리딘, 및 3-프로필피롤; 에폭시알킬 기, 예를 들어 3-글리시독시프로필, 2-(3,4-에폭시사이클로헥실)에틸, 및 5,6-에폭시헥실; 아이소시아네이트 및 마스크된 아이소시아네이트 작용기, 예를 들어 3-아이소시아나토프로필, 트리스-3-프로필아이소시아누레이트, 프로필-t-부틸카르바메이트, 및 프로필에틸카르바메이트; 알데하이드 작용기, 예를 들어 운데카날 및 부티르알데하이드; 무수물 작용기, 예를 들어 3-프로필 석신산 무수물 및 3-프로필 말레산 무수물; 카르복실산 작용기, 예를 들어 3-카르복시프로필 및 2-카르복시에틸; 및 카르복실산의 금속 염, 예를 들어, 3-카르복시프로필 및 2-카르복시에틸의 Zn, Na 또는 K 염이다. 각각의 R²는 독립적으로, 본 명세서에 기재된 바와 같은, 불포화 1가 지방족 탄소-탄소 결합-함유 기, 또는 R^y이다. 화학식 b에서, χ는 평균값이 0 내지 2000, 예를 들어 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 또는 약 200 이상이다. 화학식 b에서, δ는 평균값이 1 내지

2000, 예를 들어 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 또는 약 200 이상이다. 각각의 R^y는 독립적으로 상기에 정의된 바와 같고, R⁴는 독립적으로 상기에 R²에 대해 정의된 바와 동일하다.

[0104] 분자당 평균 적어도 하나의 지방족 불포화 탄소-탄소 결합을 갖는 유기폴리실록산의 예에는 하기 평균 단위 화학식을 갖는 화합물이 포함된다:

[0105] [화학식 I]



[0107] 상기 식에서, R¹, R², R³, R⁴, R⁵, 및 R⁶은 상기에 정의된 바와 같은 R^y 또는 R²로부터 독립적으로 선택되는 유기기이고, 0 ≤ a < 0.95, 0 ≤ b < 1, 0 ≤ c < 1, 0 ≤ d ≤ 1, a + b + c + d = 1이다.

[0108] 적어도 하나의 탄소-탄소 결합을 포함하는 화합물은 분자당 평균 적어도 하나의 지방족 불포화 탄소-탄소 결합, 예를 들어 알케닐 기 또는 알킬닐 기를 갖는 유기 화합물일 수 있다. 유기 화합물은 분자당 적어도 하나의 지방족 불포화 탄소-탄소 결합을 포함하는 임의의 유기 화합물일 수 있다. 유기 화합물은 다이엔, 트라이엔, 또는 폴리엔일 수 있다. 불포화 화합물은 선형, 분지형 또는 환형 구조를 가질 수 있다. 비환형 유기 화합물에서, 불포화 탄소-탄소 결합은 말단 위치, 펜던트 위치, 또는 말단 위치와 펜던트 위치 둘 모두에 위치할 수 있다. 예에는 1,4-부타다이엔, 1,6-헥사다이엔, 1,8-옥타다이엔, 및 이들의 내부적으로 불포화된 변이체가 포함될 수 있다.

[0109] 한 가지 예에서, 분자당 평균 적어도 하나의 알케닐 기를 갖는 유기 화합물은 에테르 또는 폴리에테르, 예를 들어 (C₂-C₁₀)알케닐-O-(치환 또는 비치환 (C₁-C₁₀)하이드로카르빌) 또는 (C₂-C₁₀)알케닐-O-(치환 또는 비치환 (C₁-C₁₀)하이드로카르빌렌)_{DP}-(치환 또는 비치환 (C₁-C₁₀)하이드로카르빌)이다. 화합물은 구조 (C₂-C₅)알케닐-O-(치환 또는 비치환 (C₂-C₅)알카닐렌옥시)_{DP}-(C₂-C₅)알케닐 또는 HO-(치환 또는 비치환 (C₂-C₅)알카닐렌옥시)_{DP}-(C₂-C₅)알케닐을 가질 수 있다. 화합물은 구조 (C₂-C₅)알케닐-O-(치환 또는 비치환 (C₂-C₃)알카닐렌옥시)_{DP}-(C₂-C₅)알케닐 또는 HO-(치환 또는 비치환 (C₂-C₃)알카닐렌옥시)_{DP}-(C₂-C₅)알케닐을 가질 수 있다. 화합물은 구조 (C₂-C₃)알케닐-O-(치환 또는 비치환 에탄옥시)_{DP}-(C₂-C₃)알케닐 또는 HO-(치환 또는 비치환 에탄옥시)_{DP}-(C₂-C₃)알케닐을 가질 수 있다. DP는 유기 화합물의 중합도(degree of polymerization)이며, 약 1 내지 약 100,000, 약 2 내지 약 100, 약 2 내지 50, 약 2 이하, 또는 약 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 500, 1,000, 10,000, 또는 약 100,000 이상일 수 있다. 일부 예에서, 유기 화합물은 모노-알릴 중결된 폴리에틸렌 글리콜, 또는 알릴 글리시딜 에테르일 수 있다.

[0110] 기타 성분

[0111] 본 명세서에 기재된 임의의 선택적인 성분이 막, 막을 형성하는 조성물, 기체 반응물, 및 액체 반응물 중 적어도 하나에 존재할 수 있으며; 본 명세서에 기재된 임의의 선택적인 성분이 막, 막을 형성하는 조성물, 기체 반응물, 및 액체 반응물 중 적어도 하나에 부재할 수 있다. 제한 없이, 이러한 선택적인 추가 성분의 예에는 계면활성제, 유화제, 분산제, 중합체성 안정제, 가교결합제, 중합체들의 조합물, 가교결합제, 입자의 이차 중합 또는 가교결합을 제공하는 데 유용한 촉매, 리올로지 조절제(rheology modifier), 밀도 조절제, 아지리딘 안정제, 경화 조절제, 예를 들어 하이드로퀴논 및 장애 아민, 자유 라디칼 개시제, 중합체, 희석제, 산 수용체, 산 화방지제, 열안정제, 난연제, 제거제(scavenging agent), 실릴화제, 거품 안정제, 용매, 희석제, 가스제, 충전제 및 무기 입자, 안료, 염료 및 건조제가 포함된다. 액체가 선택적으로 사용될 수 있다. 액체의 예에는 물, 유기 용매, 임의의 액체 유기 화합물, 실리온액, 유기 오일, 이온성 유체, 및 초임계 유체가 포함된다. 다른 선택적인 성분에는 분자당 적어도 하나의 알케닐 기를 갖는 폴리에테르, 증점제, 충전제 및 무기 입자, 안정제, 왁스 또는 왁스-유사 재료, 실리콘, 유기작용성 실록산, 알킬메틸실록산, 실록산 수지, 실리콘 검, 선택적인 성분일 수 있는 실리콘 카르비놀 유체, 수용성 또는 수 분산성 실리콘 폴리에테르 조성물, 실리콘 고무, 하이드로 실릴화 촉매 억제제, 접착 촉진제, 열안정제, UV 안정제, 및 유동 제어 첨가제가 포함된다.

[0112] 실시예

[0113] 본 발명의 다양한 실시 형태는 예시로서 제공되는 하기 실시예를 참고로 하여 더 잘 이해될 수 있다. 본 발명

은 본 명세서에 제공된 실시예로 제한되지 않는다.

[0114] 실시예 1.

[0115] 대략 11개의 에틸렌 옥사이드 단위의 수평균 중합도를 갖는 모노-알릴 종결된 폴리에틸렌 글리콜 (다우 케미칼 컴퍼니(Dow Chemical Company)(등록상표) 49.9 g 및 아이소프로판올 중의 카르스테트 촉매(Karstedt's catalyst)의 형태의 1% Pt (w/w) (촉매 1) 0.1 g을 포함하는 혼합물 ("혼합물 1")을 제조하고 병에서 완전히 혼합하였다. 1.42 mm 내경의 튜빙(tubing)을 갖는 마노스태트 카터 카세트 펌프(Manostat Carter Cassette Pump)를 사용하여, 총 23 g의 혼합물을 0.25 m² 실리콘 중공 섬유 막 (HFM) 모듈 (메드어레이, 인크.(MedArray, Inc.))의 셀 면 내로 펌핑하였다. HFM 모듈에 들어가기 전에 1/8" 스테인리스강 튜빙의 섹션을 통해 유체를 펌핑하였다. 스테인리스강 튜빙 및 모듈 둘 모두를, 개별적인 온도 조절기에 의해 제어되는 열 테이프(heat tape)로 감쌌다. 둘 모두를 또한 유리섬유 단열재로 감쌌다. (10.6 mL/min의 대략적인 속도에 상응하는) 100 rpm의 설정으로 모듈을 통해 혼합물을 펌핑하였다. 트라이메틸실란 (TMS; 젤레스트(Gelest))을 HFM의 보어 면에 통과시켰다. TMS를 5 psi의 압력 및 5 cc/min의 유량으로 조절하였다. 총 8.4 g의 TMS를 이 실험에 사용하였다. 유동을 시각적으로 확인할 수 있도록, TMS 출구에 버블러(bubbler)를 장착하였다. 모듈 상의 미사용 포트를 밀봉하였다.

[0116] 모듈로 출입하는 유체 온도를 모니터링하였다. 전체 실험 동안 유체를 소형 저장조로부터 재순환시켰다. 이 실험에 대한 정상 상태 온도는 유체 입구에서 64°C였고 유체 출구에서 51°C였다.

[0117] 매 시간 샘플을 취하였고, 단일 바운스 감쇠 전반사 장치(single bounce attenuated total reflectance apparatus)(셀렌화아연 결정)가 장착된 적외선 분광계에서 시험하였다. 5시간 후에 더 이상 검출할 수 없을 때까지 반응이 진행됨에 따라 반응 생성물은 3080 cm⁻¹에서 C=C 이중 결합 피크의 점진적인 소실을 확증하였다.

[0118] 실시예 2. (가공예)

[0119] 실시예 1의 방법을 따랐지만, 50.0 g의 PHMS-PDMS 및 0.1 g의 촉매 1을 포함하는 혼합물 (혼합물 2)을 사용하였다. (10.6 mL/min의 대략적인 속도에 상응하는) 100 rpm의 설정으로 HFM의 셀 면 내로 총 23 g의 혼합물을 펌핑하였다. 에틸렌 기체 (C₂H₄; 시그마-알드리치(Sigma-Aldrich)(등록상표))를 HFM의 보어 면에 통과시켰다. C₂H₄를 16시간 동안 5 psi의 압력 및 5 cc/min의 유량으로 조절하였다. 이 실험에 대한 정상 상태 온도는 유체 입구에서 70°C였고 유체 출구에서 60°C였다. 반응 생성물은 2160 cm⁻¹에서 SiH 피크의 점진적인 소실을 확증하였고, 이는 SiH 기를 기체상 반응물로 캡핑하는 이러한 방법의 유용성을 나타낸다.

[0120] 실시예 3. (가공예)

[0121] 실시예 2의 방법을 따랐지만, 상이한 기체상 시약을 사용하였다. (10.6 mL/min의 대략적인 속도에 상응하는) 100 rpm의 설정으로 HFM의 셀 면 내로 총 23 g의 혼합물 2를 펌핑하였다. 하이드로퀴논 모노메틸 에테르(MEHQ) 및 페노티아진 억제제로 안정화된 스티렌 (시그마-알드리치(등록상표))을 70°C로 가열하고, 이어서 HFM의 보어 면에 통과시켜 증기를 생성하였다. 스티렌을 16시간 동안 5 psi의 압력 및 5 cc/min의 유량으로 조절하였다. 이 실험에 대한 정상 상태 온도는 유체 입구에서 90°C였고 유체 출구에서 75°C였다. 반응 생성물은 2160 cm⁻¹에서 SiH 피크의 점진적인 소실을 확증하였고, 이는 방향족 개질된 실리콘 생성물을 생성하는 이러한 방법의 유용성을 나타낸다.

[0122] 실시예 4. (가공예)

[0123] 실시예 2의 방법을 따랐지만, 상이한 기체상 시약을 사용하였다. (10.6 mL/min의 대략적인 속도에 상응하는) 100 rpm의 설정으로 HFM의 셀 면 내로 총 23 g의 혼합물 2를 펌핑하였다. MEHQ 및 페노티아진 억제제로 안정화된 α-메틸스티렌 (시그마-알드리치(등록상표))을 70°C로 가열하고, 이어서 HFM의 보어 면에 통과시켜 증기를 생성하였다. α-메틸스티렌을 16시간 동안 5 psi의 압력 및 5 cc/min의 유량으로 조절하였다. 이 실험에 대한 정상 상태 온도는 유체 입구에서 90°C였고 유체 출구에서 75°C였다. 반응 생성물은 2160 cm⁻¹에서 SiH 피크의 점진적인 소실을 확증하였고, 이는 방향족 개질된 실리콘 생성물을 생성하는 이러한 방법의 유용성을 나타낸다.

[0124] 실시예 5. (가공예)

[0125] 실시예 2의 방법을 따랐지만, 상이한 기체상 시약을 사용하였다. (10.6 mL/min의 대략적인 속도에 상응하는)

100 rpm의 설정으로 HFM의 셸 먼 내로 총 23 g의 혼합물 2를 펌핑하였다. 1-프로펜을 HFM의 보어 면을 통해 공급하였다. 프로펜을 16시간 동안 5 psi의 압력 및 5 cc/min의 유량으로 조절하였다. 이 실험에 대한 정상 상태 온도는 유체 입구에서 70°C였고 유체 출구에서 55°C였다. 반응 생성물은 2160 cm⁻¹에서 SiH 피크의 점진적인 소실을 확증하였고, 이는 알킬 기로 개질된 실록산을 생성하는 이러한 방법의 유용성을 나타낸다.

[0126] 실시예 6. (가공예)

[0127] 실시예 1의 방법을 따랐지만, 상이한 액체 및 기체상 반응물을 사용하였다. 50 g의 알릴 글리시딜 에테르 및 0.1 g의 촉매 1을 조합하여 혼합물 3을 제조하였다. (10.6 mL/min의 대략적인 속도에 상응하는) 100 rpm의 설정으로 HFM의 셸 먼 내로 총 23 g의 혼합물 3을 펌핑하였다. 테트라메틸 테트라사이클로실록산 (D4H)을 HFM의 보어 면을 통해 공급하였다. D4H를 4시간 동안 5 psi의 압력 및 2 cc/min의 유량으로 조절하였다. 이 실험에 대한 정상 상태 온도는 유체 입구에서 70°C였고 유체 출구에서 55°C였다. 반응 생성물은 2160 cm⁻¹에서 SiH 피크의 점진적인 소실을 확증하였고, 이는 알킬 기로 개질된 실록산을 생성하는 이러한 방법의 유용성을 나타낸다.

[0128] 실시예 7a. (비교예)

[0129] 250 mL 3구 유리 반응기에서, 비닐트라이메틸실란 (VTMS; 25.1 g)을 첨가하였다. 환류 응축기, 온도 조절기를 갖는 열전쌍 탐침, 및 점도가 25°C에서 약 0.03 Pa·s이고 다이메틸실록산 기에 대한 하이드리도메틸실록산 기의 몰 비가 약 2.4이고 점도가 25°C에서 약 0.030 Pa·s인 10 g의 트라이메틸실록시-중결된 폴리다이메틸실록산-폴리하이드리도메틸실록산 공중합체 (PHMS-PDMS; 24.0 g)가 담긴 첨가 깔때기를 플라스크에 장착하였다. 반응기를 주위 실험실 온도 (20°C)로 유지되는 오일조(oil bath)에 넣었다. 이어서, 0.26% Pt (w/w)를 함유하는 톨루엔 중 카르스테트 촉매 착물 (1,3-다이에테닐-1,1,3,3-테트라메틸다이실록산과 염화백금산의 부가물) 희석액 (촉매 2) 0.12 g을 반응기에 첨가하고 자석 교반하였다. 약 5 ml의 PHMS-PDMS를 반응기에 적가하고, 온도를 65°C의 설정점까지 서서히 상승시켰다. 63°C에서 평형을 이루게 한 후, PHMS-PDMS의 적가를 재개하였다. 그 다음의 13분에 걸쳐 온도가 현저하게 증가하는 것으로 관찰되었으며, 이는 원하는 발열 하이드로실릴화 반응을 나타낸다. 참조예 2의 방법에 따라 ATR-IR에 의해 반응 생성물을 시험하였고, 동일한 농도의 반응물들의 촉매되지 않은 차가운 혼합물에 비하여, 반응 생성물은 2155 cm⁻¹에서 SiH 피크 강도의 큰 감소를 나타내었다. 추가로 시차 주사 열량법(DSC) 펜 내에서 160°C까지 생성물을 가열하여 반응이 완료되게 하였으며, 잔류 반응물들의 반응을 나타내는 약간의 발열이 나타났다.

[0130] 이러한 반응에서 관찰되는 문제점 중 하나는 VTMS 성분의 높은 휘발성이었는데, 이는 VTMS의 이탈을 방지하기 위해 매우 큰 응축기를 필요로 한다. 이는, 반응 온도 및/또는 반응 시간을 상승시켜 반응의 전환율을 증가시킬 수 있는 정도를 제한한다. 또한, 작은 규모에서 이러한 절차에서 관찰되는 상당한 반응 발열은 위험성을 초래하는데, 이는 반응 조건의 주의 깊은 모니터링을 필요로 하며 더 큰 규모에서 수행되는 경우 위험한 무조절(run-away) 조건을 피하도록 반응 용기 상의 냉각 재킷(cooling jacket)과 같은 조치를 필요로 한다.

[0131] 실시예 7b. (가공예)

[0132] 실시예 2의 방법을 따랐지만, 상이한 액체 및 기체상 반응물을 사용하였다. 50 g의 폴리비닐메틸실록산-폴리다이메틸실록산 공중합체 (다이메틸 실록산 기에 대한 비닐메틸실록산 기의 몰 비가 약 2.4인), 및 0.1 g의 촉매 1을 조합하여 혼합물 4를 제조하였다. (10.6 mL/min의 대략적인 속도에 상응하는) 100 rpm의 설정으로 HFM의 셸 먼 내로 총 23 g의 혼합물 4를 펌핑하였다. 트라이메틸실란 (TMS)을 HFM의 보어 면을 통해 공급하였다. 트라이메틸실란을 5시간 동안 5 psi의 압력 및 6 cc/min의 유량으로 조절하였다. 이 실험에 대한 정상 상태 온도는 유체 입구에서 70°C였고 유체 출구에서 60°C였다. 5시간 후에 더 이상 검출할 수 없을 때까지 반응이 진행됨에 따라 반응 생성물은 3080 cm⁻¹에서 C=C 이중 결합 피크의 점진적인 소실을 확증하였다.

[0133] 생성물의 구조가 동일하거나 유사하기 때문에, 비교예 7a는 실시예 7b에 대한 대조군으로 볼 수 있다. 이 실시예는 비교예 7a의 불리한 태양들 중 일부를 피하면서 (예를 들어, 큰 응축기가 필요하지 않고, 전환율 수준이 높고, 발열이 제한됨), 하이드로실릴화 반응을 통해 생성물을 형성하는 것을 입증한다.

[0134] 실시예 8. (가공예)

[0135] 실시예 1의 방법을 따랐지만, 상이한 액체 및 기체상 반응물을 사용하였다. 70°C에서 20 ppm의 카르스테트 촉매를 사용하여 12개의 EO 단위의 수평균을 갖는 모노-알릴-중결된 폴리에틸렌 글리콜 및 1,1,1,2,3,3,3-헵타메

틸트라이실록산의 하이드로실릴화 반응으로부터 실리콘 폴리테르 생성물을 생성하였다. 얻어진 생성물은 말단 불포화 단위의 이성체화로부터 발생하는 대략 10 중량%의 미반응 폴리테르를 가졌다. 50 g의 이러한 생성물을 5 g의 5% Pd/C 촉매 (존슨 매테이(Johnson Matthey))와 조합하여 혼합물 5를 생성하고, (10.6 mL/min의 대략적인 속도에 상응하는) 100 rpm의 설정으로 HFM의 쉘 면 내로 공급하였다. 수소 기체를 HFM의 보어 면 내로 공급하였다. H₂를 5시간 동안 5 psig의 압력 및 5 ccm의 유량으로 조절하였다. 이 실험에 대한 정상 상태 온도는 유체 입구에서 70°C였고 유체 출구에서 60°C였다. 반응 생성물을 ¹H NMR 및 ¹³C NMR에 의해 연구하였고 2시간 후에 잔류 불포화 기가 부재하는 것으로 나타났다.

[0136] 사용된 용어 및 표현은 설명하는 용어로서 사용되며 한정하는 것이 아니고, 이러한 용어 및 표현의 사용에 있어서 나타내고 기재된 특징부의 임의의 등가물 또는 그의 일부분을 배제할 의도는 없지만, 본 발명의 실시 형태의 범주 내에서 다양한 변경이 가능함이 인식된다. 따라서, 본 발명이 특정한 실시 형태 및 선택적인 특징부에 의해 구체적으로 개시되었지만 당업자라면 본 발명에서 개시된 개념의 변경 및 변화를 채택할 수 있으며 그러한 변경 및 변화는 본 발명의 실시 형태의 범주 이내인 것으로 간주됨을 이해해야 한다.

[0137] 추가적인 실시 형태

[0138] 하기 예시적인 실시 형태들이 제공되며, 이들의 번호 매김은 중요성의 수준을 정하는 것으로 해석되어서는 안 된다:

[0139] 실시 형태 1은 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공하며, 상기 방법은

[0140] 막의 제1 면을 비취발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계; 및 상기 막의 제2 면을 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함하고,

[0141] 상기 접촉은 상기 기체 반응물을 상기 액체 반응물과 반응시켜 상기 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하고, 상기 막은 상기 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성이고 상기 기체 반응물에는 실질적으로 투과성이다.

[0142] 실시 형태 2는, 상기 막은 실리콘 막인, 실시 형태 1의 방법을 제공한다.

[0143] 실시 형태 3은, 상기 막은 비다공성인, 실시 형태 1의 방법을 제공한다.

[0144] 실시 형태 4는, 상기 막은 치밀한 막인, 실시 형태 3의 방법을 제공한다.

[0145] 실시 형태 5는, 상기 막은 두께가 1 내지 300 μm인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 4 중 어느 하나의 방법을 제공한다.

[0146] 실시 형태 6은, 상기 막은 독립형 막인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 5 중 어느 하나의 방법을 제공한다.

[0147] 실시 형태 7은, 상기 막은 중공 섬유 번들(bundle)을 포함하는 중공 섬유 막 모듈이고, 상기 섬유는 집합적으로 보어 면 및 쉘 면을 갖고, 상기 중공 섬유 막의 제1 면은 상기 보어 면이고 상기 중공 섬유 막의 제2 면은 상기 쉘 면이거나, 또는 상기 중공 섬유 막의 제1 면은 상기 쉘 면이고 상기 중공 섬유 막의 제2 면은 상기 보어 면인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 6 중 어느 하나의 방법을 제공한다.

[0148] 실시 형태 8은, 상기 액체 반응물은 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물을 포함하고, 상기 기체 반응물은 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물을 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 7 중 어느 하나의 방법을 제공한다.

[0149] 실시 형태 9는, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 상기 화합물은 유기폴리실록산인, 실시 형태 8의 방법을 제공한다.

[0150] 실시 형태 10은, 상기 액체 반응물은 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물을 포함하고, 상기 기체 반응물은 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물을 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 7 중 어느 하나의 방법을 제공한다.

[0151] 실시 형태 11은, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 상기 화합물은 실란 또는 실록산인, 실시 형태 10의 방법을 제공한다.

[0152] 실시 형태 12는, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 상기 화합물은 폴리테르인, 실시 형태 10 내지 실시 형태 11 중 어느 하나의 방법을 제공한다.

- [0153] 실시 형태 13은, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 상기 화합물은 유기폴리실록산인, 실시 형태 10 내지 실시 형태 12 중 어느 하나의 방법을 제공한다.
- [0154] 실시 형태 14는, 상기 액체 반응물은 백금족 촉매를 포함하는, 실시 형태 8 내지 실시 형태 13 중 어느 하나의 방법을 제공한다.
- [0155] 실시 형태 15는, 상기 기체 반응물은 액체를 기체 상태로 전환시킴으로써 생성되는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 14 중 어느 하나의 방법을 제공한다.
- [0156] 실시 형태 16은, 상기 유기규소 생성물은 실리кон-폴리에테르 공중합체인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 15 중 어느 하나의 방법을 제공한다.
- [0157] 실시 형태 17은, 상기 액체 반응물은 불포화 유기규소 화합물 및 수소화 촉매를 포함하고, 상기 기체 반응물은 수소를 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 4 중 어느 하나의 방법을 제공한다.
- [0158] 실시 형태 18은 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공하며, 상기 방법은
- [0159] 치밀한 실리кон 막의 제1 면을, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물 및 백금족 촉매를 포함하는 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계; 및
- [0160] 상기 막의 제2 면을, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물을 포함하는 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함하고,
- [0161] 상기 접촉은 하이드로실릴화 반응을 통해 상기 기체 반응물을 상기 액체 반응물과 반응시켜 상기 실리кон 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하고, 상기 실리кон 막은 상기 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성이고 상기 기체 반응물에는 실질적으로 투과성이다.
- [0162] 실시 형태 19는 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공하며, 상기 방법은
- [0163] 치밀한 실리кон 막의 제1 면을, 적어도 하나의 탄소-탄소 다중 결합을 갖는 화합물 및 백금족 촉매를 포함하는 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계; 및
- [0164] 상기 막의 제2 면을, 적어도 하나의 규소-결합 수소 원자를 갖는 화합물을 포함하는 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함하고,
- [0165] 상기 접촉은 하이드로실릴화 반응을 통해 상기 기체 반응물을 상기 액체 반응물과 반응시켜 상기 실리кон 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하고, 상기 실리кон 막은 상기 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성이고 상기 기체 반응물에는 실질적으로 투과성이다.
- [0166] 실시 형태 20은 유기규소 생성물을 형성하는 방법을 제공하며, 상기 방법은
- [0167] 치밀한 실리кон 막의 제1 면을, 불포화 유기 화합물 및 수소화 촉매를 포함하는 비휘발성 액체 반응물과 접촉시키는 단계; 및
- [0168] 상기 막의 제2 면을, 수소를 포함하는 기체 반응물과 접촉시키는 단계를 포함하고,
- [0169] 상기 접촉은 상기 기체 반응물을 상기 액체 반응물과 반응시켜 상기 실리кон 막의 제1 면 상에 유기규소 생성물을 형성하기에 충분하고, 상기 실리кон 막은 상기 액체 반응물에는 실질적으로 불투과성이고 상기 기체 반응물에는 실질적으로 투과성이다.
- [0170] 실시 형태 21은, 언급된 모든 요소 또는 선택 사항이 그로부터의 사용 또는 선택에 이용가능하도록 선택적으로 구성된, 실시 형태 1 내지 실시 형태 21 중 어느 하나 또는 이들의 임의의 조합의 방법을 제공한다.