

**(19) 대한민국특허청(KR)**
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0113670

(43) 공개일자 2024년07월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B32B 27/08 (2006.01) *A41D 13/11* (2006.01)*A62B 18/02* (2006.01) *B32B 27/28* (2006.01)*B32B 3/26* (2006.01)

(52) CPC특허분류

B32B 27/08 (2021.01)*A41D 13/11* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0005578

(22) 출원일자 2023년01월13일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)

(72) 발명자

김상문

경기도 광명시 광명역로 28 (일직동, 광명역센터빌자이)

김민주

인천광역시 연수구 청능대로55번길 17 (청학동)

이가현

인천광역시 연수구 먼우금로 190 (연수동)

(74) 대리인

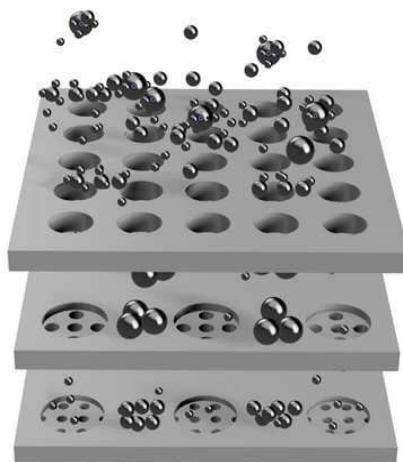
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 이중 다공성 고분자막 적층 구조체 및 이를 포함하는 필터 및 마스크

(57) 요약

본 발명은 다공성 고분자막이 상호 접합되어 있는 이중 다공성 고분자막을 복수의 층으로 적층되는 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체, 이를 포함하는 필터 및 마스크에 관한 것이다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

A62B 18/025 (2013.01)
B01D 39/1692 (2013.01)
B01D 61/1471 (2022.08)
B01D 67/0034 (2013.01)
B01D 71/52 (2022.08)
B32B 27/285 (2013.01)
B32B 3/266 (2013.01)
B32B 2250/02 (2013.01)
B32B 2371/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711107302
과제번호	2019R1C1C1006392
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	초박막 자가세정 투명 나노 기공 다층 필터/마스크 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	인천대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2021341020
과제번호	2021M3H4A1A02042957
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발사업
연구과제명	멀티스케일 패턴 및 기능성 입자층 도입을 통한 차세대 연료전지용 고성능 고내구성 막전극집합체 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	인천대학교 산학협력단
연구기간	2021.04.26 ~ 2025.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막이 상호 접합되어 있는 이중 다공성 고분자막이 복수 층으로 적층되는 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 상대적으로 큰 직경의 구멍은 직경이 1,500 μm 내지 3,500 μm 범위이고,

상기 상대적으로 작은 직경의 구멍은 직경이 50 μm 내지 550 μm 범위인 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 이중 다공성 고분자막의 구멍은 인접하는 이중 다공성 고분자막의 구멍과 적층 방향으로 적어도 일부가 오버랩되지 않는 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 이중 다공성 고분자막의 적층 구조체는 하나의 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 인접하는 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막이 서로 인접하여 배치되는 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 이중 다공성 고분자막 사이의 간격은 0.1 mm 내지 4.0 mm 범위인 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 이중 다공성 고분자막의 재질은 PFPE(Perfluoropolyether)인 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 7

일면에 상대적으로 큰 직경의 홈을 포함하고, 타면에 상기 홈에 대응하는 위치에서 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 이중 다공성 고분자막이 복수 층으로 적층되는 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 상대적으로 큰 직경의 홈은 직경이 1,500 μm 내지 3,500 μm 범위이고,

상기 상대적으로 작은 직경의 구멍은 직경이 50 μm 내지 550 μm 범위인 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자

막 적층 구조체.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 이중 다공성 고분자막의 구멍은 인접하는 이중 다공성 고분자막의 구멍과 적층 방향으로 적어도 일부가 오버랩되지 않는 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 10

제 7항에 있어서,

상기 이중 다공성 고분자막의 적층 구조체는 하나의 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 면과 인접하는 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 큰 직경의 홈을 포함하는 면이 서로 인접하여 배치되는 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 11

제 7항에 있어서,

상기 이중 다공성 고분자막 사이의 간격은 0.1 mm 내지 4.0 mm 범위인 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 12

제 7항에 있어서,

상기 이중 다공성 고분자막의 재질은 PFPE(Perfluoropolyether)인 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체.

청구항 13

제 1항 내지 제 12항 중 어느 한 항의 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 포함하는 것을 특징으로 하는 필터.

청구항 14

제 1항 내지 제 12항 중 어느 한 항의 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 포함하는 것을 특징으로 하는 마스크.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다공성 고분자막이 상호 접합되어 있는 이중 다공성 고분자막을 복수의 층으로 적층되는 것을 특징으로 하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체, 이를 포함하는 필터 및 마스크에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근래 들어 산업활동으로 인해 대기 중 미세먼지의 농도가 높아짐에 따라 미세먼지의 인체 유해성에 대한 문제가 대두되고 있다. 이에 미세먼지의 인체 유해성을 줄이기 위해서 여러 가지 에어필터 및 마스크가 개발되고 있다. 대표적으로 사용되는 에어필터인 HEPA필터 및 멜트블로운 부직포 필터와 같은 패브릭필터는 대부분 무작위로 적층된 섬유로 구성이 되어있다. 이러한 특성으로 인해 미세 입자를 효과적으로 필터링할 수 있지만, 섬유가 무작위로 적층된 구조는 높은 압력강하를 유발하며 이는 입자가 내부에 포집 될수록 더욱 급격히 증가한다는 단점이 있다.

[0003] 기존의 패브릭필터의 한계점을 개선하고자 다음 단계로 나노 파이버 필터가 개발되었으며 이는 섬유의 직경을 나노미터 단위로 줄임과 동시에 굉장히 얇게 적층된 구조로 제작하여 필터의 표면적을 넓히고 공극률을 높임으로써 상대적으로 높은 필터링 효율과 낮은 압력강하 효과를 얻을 수 있다. 하지만 이러한 나노 파이버 필터도

매우 얇은 초박형 두께로 인하여 기계적 강도가 낮거나, 독립적으로 사용할 수 없어 금속이나 플라스틱 메쉬 같은 지지체를 사용해야 하는 한계점이 존재한다. 또한 나노 파이버 필터를 제작하는 과정에서 인체에 해로운 유기용매가 방출되고 이는 작업자에게 치명적일 수 있다. 결정적으로 패브릭 필터 뿐만 아니라 나노 파이버 필터 또한 내부에 입자가 쌓이는 구조이기 때문에 재사용이 불가능하며 폐기되는 과정에서 소각하게 되면 또다시 대기오염물질이 배출된다는 모순점이 존재한다. 따라서 우수한 필터링 효율을 확보함과 동시에 압력강하를 낮게 유지할 수 있으며 환경친화적인 필터를 개발하기 위한 노력들이 계속되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 상술한 바와 같은 종래 기술상의 제반 문제점들을 감안하여 이를 해결하고자 창출된 것으로, 우수한 필터링 효율을 가지며 압력강하는 낮게 유지하면서 간단히 세척 후 재사용이 가능한 이중 다공성 고분자막 적층 구조체, 이러한 구조체를 포함하는 필터 및 마스크를 제공하는 것에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 다공성 고분자막 적층 구조체는 상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막이 상호 접합되어 있는 이중 다공성 고분자막이 복수 층으로 적층될 수 있다.

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 다공성 고분자막 적층 구조체는 일면에 상대적으로 큰 직경의 홈을 포함하고, 타면에 상기 홈에 대응하는 위치에서 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 이중 다공성 고분자막이 복수 층으로 적층될 수 있다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 필터는 상기 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 포함할 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 마스크는 상기 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 따른 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 포함하는 필터는 압력강하를 낮게 유지하면서 입자의 필터 효율도 충분히 확보가 가능하다.

[0010] 또한, 투명하고 유연하게 제조할 수 있어 마스크 등에 다양하게 활용될 수 있다.

[0011] 또한, 필터 및 마스크로 사용 시, 물 또는 에탄올로 간단히 세척 후 재사용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 이중 다공성 고분자막 적층 구조체의 입자 포집 원리를 간략하게 그린 모식도이다.

도 2는 다공성 고분자막 제작 단계를 그린 모식도이다.

도 3은 실시예 1의 PUA 311을 포함하는 이중 다공성 고분자막의 광학현미경 이미지로서, (a)는 PUA D3000,500, (b)는 PUA D2000,300, (c)는 PUA D2000,100 의 이미지이다.

도 4는 실시예 2의 PFPE를 포함하는 이중 다공성 고분자막의 광학현미경 이미지로서, (a)는 PFPE D3000,500, (b)는 PFPE D2000,300, (c)는 PFPE D2000,100 의 이미지이다.

도 5는 비교예 1 내지 비교예 3의 PUA 311을 포함하는 단층의 다공성 고분자막의 광학현미경 이미지로서, (a)는 D500, (b)는 D300, (c)는 D100 의 이미지이다.

도 6은 실험예 1의 조건 실험 결과 그래프로서, (a)는 입자의 유입면속도에 따른 측정 미세 입자 농도 비교, (b)는 적층된 이중 다공성 고분자막 사이의 간격에 따른 측정 미세 입자 농도 비교, (c)는 적층된 다공성 고분자막 구멍 직경의 변화에 따른 측정 미세 입자 농도 비교 그래프이다.

도 7은 실험예 2의 필터링 효율 및 품질인자(Quality factor) 비교 그래프로서, (a)는 입자의 직경 1 μm 에 해당하는 필터링 효율과 품질 인자(Quality factor)를 측정한 결과 그래프, (b)는 입자의 직경 2.5 μm 에 해당하는 필터링 효율과 품질 인자(Quality factor)를 측정한 결과 그래프이다.

도 8은 실험에 3의 압력 강하 비교 그래프로서, (a)는 0.001g/ml의 저농도 입자를 사용하여 작동시간에 따른 압력강하를 비교한 결과 그래프, (b)는 0.004g/ml의 고농도 입자를 사용하여 작동시간에 따른 압력강하를 비교한 결과 그래프이다.

도 9는 실험에 4의 고분자막 구조 및 고분자막 구성 물질에 따른 필터링 효율과 품질 인자(Quality factor) 비교 그래프로서, (a)는 입자의 직경 1 μm 에 해당하는 입자의 수를 측정한 결과 그래프, (b)는 입자의 직경 2.5 μm 에 해당하는 입자의 수를 측정한 결과 그래프이다.

도 10은 실험에 5에 대한 광학현미경 사진 및 그래프로서, (a)는 실험에 5의 세척 전, 후의 이중 다공성 고분자막의 광학현미경 이미지, (b)는 실험에 5의 세척 후 필터링 효율 유지율을 나타낸 그래프이다 세척 후 필터링 효율 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미이다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미인 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0015] 본 발명의 이중 다공성 고분자막 적층 구조체는 상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막이 상호 접합되어 있는 이중 다공성 고분자막이 복수 층으로 적층될 수 있다.
- [0016] 상기 상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 상기 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막이 상호 접합되어 있는 이중 다공성 고분자막의 경우, 단층의 다공성 고분자막에 비해 입자 필터링 효과가 뛰어나 수 있다. 구체적으로, 구멍과 구멍 사이의 간격 비율이 1:1인 다공성 고분자막을 고려하였을 때, 단층 다공성 고분자막의 경우 공극률이 0.2이며, 이중 다공성 고분자막의 경우 공극률이 0.2의 제곱인 0.04 일 수 있다. 이 때, 고분자막의 구멍 1개에 가해지는 입자의 유속을 고려한다면, “구멍에 가해지는 유입 속도 = 유입면속도/고분자막의 공극률”로 계산한 결과 동일한 유입면속도로 입자가 유입되어도 이중 다공성 고분자막의 구멍에 가해지는 입자의 유입속도가 더 높음을 알 수 있다. 결과적으로, 유입된 입자는 최적의 유속 범위내에서 입자의 유입속도가 빠를수록 강하게 부딪혀서 더 많이 포집되기 때문에 같은 면속도에서는 단층 다공성 고분자막에 비해 이중 다공성 고분자막의 필터링 효과가 더 높을 수 있다.
- [0017] 상기 상대적으로 큰 직경의 구멍은 직경이 1,500 μm 내지 3,500 μm 범위일 수 있고, 바람직하게는 2000 μm 내지 3000 μm 일 수 있다. 상기 상대적으로 작은 직경의 구멍은 직경이 50 μm 내지 550 μm 범위일 수 있고, 바람직하게는 100 μm 내지 500 μm 일 수 있다.
- [0018] 상기 이중 다공성 고분자막의 구멍은 인접하는 이중 다공성 고분자막의 구멍과 적층 방향으로 적어도 일부가 오버랩되지 않을 수 있다. 구체적으로, 어느 하나의 이중 다공성 고분자막 구멍을 통과한 입자는 인접하는 이중 다공성 고분자막의 구멍의 오버랩되지 않는 막힌 면적에 충돌하여 포집될 수 있다. 이 때, 어느 하나의 이중 다공성 고분자막의 구멍과 인접하는 이중 다공성 고분자막의 구멍의 직경은 다를 수 있다. 바람직하게는, 적층방향의 어느 한 방향으로 이중 다공성 고분자막의 구멍의 직경이 감소할 수 있다. 도 1은 이중 다공성 고분자막 적층 구조체의 입자 포집 원리를 나타낸 모식도로서, 도 1을 참고하여 보면, 상단에서 하단 방향으로 이중 다공성 고분자막의 구멍의 직경이 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 이중 다공성 고분자막 적층 구조체는 하나의 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 인접하는 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막이 서로 인접하여 배치될 수 있다.
- [0020] 이 때, 상기 하나의 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 인접하는 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막 사이의 간격은 0.1 mm 내지 4.0 mm 범위일 수 있다. 바람직하게는, 0.2 mm 일 수 있다.

- [0022] 본 발명의 이중 다공성 고분자막 적층 구조체는 일면에 상대적으로 큰 직경의 홈을 포함하고, 타면에 상기 홈에 대응하는 위치에서 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 이중 다공성 고분자막이 복수 층으로 적층될 수 있다.
- [0023] 이 때, 상기 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 제조하는 단계는 이하와 같이 수행될 수 있다. 우선, PDMS (Polydimethylsiloxane) 베이스와 PDMS 경화제의 비율을 10:1로 혼합한 PDMS 고분자 물질을 준비하고, 다양한 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막을 각각 제조하기 위해 Si wafer를 dry etching 하여 패턴을 가공할 수 있다. 그리고, 상기 패턴이 균일하게 새겨진 Si master wafer에 상기 PDMS 고분자 물질을 액상의 형태로 도포 후 70 °C에서 경화시켜 PDMS 고분자 몰드를 제조할 수 있다. 그 후, 각각 직경이 다르게 제조된 PDMS 고분자 몰드 사이에 UV 경화제를 포함하는 액체 상태의 PUA 311 (Polyurethane acrylate)을 도포 후 압력 및 UV를 가하고, 양쪽의 PDMS 고분자 몰드를 제거하여 고체 상태의 이중 다공성 고분자막을 제조할 수 있다.
- [0024] 상기 상대적으로 큰 직경의 구멍은 직경이 1,500 μm 내지 3,500 μm 범위일 수 있고, 바람직하게는 2000 μm 내지 3000 μm 일 수 있다. 상기 상대적으로 작은 직경의 구멍은 직경이 50 μm 내지 550 μm 범위일 수 있고, 바람직하게는 100 μm 내지 500 μm 일 수 있다.
- [0025] 상기 이중 다공성 고분자막의 구멍은 인접하는 이중 다공성 고분자막의 구멍과 적층 방향으로 적어도 일부가 오버랩되지 않을 수 있다. 구체적으로, 어느 하나의 이중 다공성 고분자막 구멍을 통과한 입자는 인접하는 이중 다공성 고분자막의 구멍의 오버랩되지 않는 막힌 면적에 충돌하여 포집될 수 있다. 이 때, 어느 하나의 이중 다공성 고분자막의 구멍과 인접하는 이중 다공성 고분자막의 구멍의 직경은 다를 수 있다. 바람직하게는, 적층방향의 어느 한 방향으로 이중 다공성 고분자막의 구멍의 직경이 감소할 수 있다. 도 1은 이중 다공성 고분자막 적층 구조체의 입자 포집 원리를 나타낸 모식도로서, 도 1을 참고하여 보면, 상단에서 하단 방향으로 이중 다공성 고분자막의 구멍의 직경이 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 이중 다공성 고분자막 적층 구조체는 하나의 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 인접하는 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막이 서로 인접하여 배치될 수 있다.
- [0027] 이 때, 상기 하나의 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 작은 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막과 인접하는 이중 다공성 고분자막의 상대적으로 큰 직경의 구멍을 포함하는 다공성 고분자막 사이의 간격은 0.1 mm 내지 4.0 mm 범위일 수 있다. 바람직하게는, 0.2 mm 일 수 있다.
- [0029] 본 발명의 필터는 상술한 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 포함할 수 있다. 본 발명의 필터는 유연성을 가지며, 투명할 수 있고, 세척 후 재사용할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 마스크는 상술한 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 포함할 수 있다. 본 발명의 마스크는 유연성을 가지며, 투명할 수 있고, 세척 후 재사용할 수 있다.
- [0033] 이하, 실시예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 그러나, 하기 실시예 및 실험예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 범위가 하기 실시예 및 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0035] <실시예 1>
- [0036] PUA 311(Polyurethane acrylate)을 포함하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체 제조
- [0037] 우선, PDMS(Polydimethylsiloxane) 베이스와 PDMS 경화제의 비율을 10:1로 혼합한 PDMS 고분자 물질을 준비하고, 직경이 100, 300, 500, 2000 및 3000 μm 인 구멍을 포함하는 다공성 고분자막을 각각 제조하기 위해 Si wafer를 dry etching 하여 패턴을 가공하였다. 그리고, 상기 패턴이 균일하게 새겨진 Si master wafer에 상기 PDMS 고분자 물질을 액상의 형태로 도포 후 70 °C에서 경화시켜 PDMS 고분자 몰드를 제조하였다. 그 후, 도 2와 같이 상기 PDMS 고분자 몰드와 평판 PDMS 고분자 몰드 사이에 UV 경화제를 포함하는 액체 상태의 PUA 311

(Polyurethane acrylate)을 도포 후 압력을 가하였다. 이와 같이 상기 PDMS 고분자 몰드와 평판 PDMS 고분자 몰드 사이에 상기 UV 경화제를 포함하는 액체 상태의 PUA 311 등을 도포하면, 상대적으로 산소농도가 높게 형성된 곳(OIL:Overlapped oxygen Inhibition Layer)은 산소로 인해 UV 경화가 지연되어 상기 PUA 311이 액체 상태로 잔류하고, 상대적으로 산소농도가 낮은 곳은 상기 PUA 311이 고체로 경화될 수 있다. 이러한 경화 원리를 Oxygen scavenging effect라고 하는데, 상기 원리를 고려하여 강도 $443 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 의 UV를 43초 동안 가하고, 양쪽의 PDMS 몰드를 제거하여 액체 상태의 PUA 311를 고체상태의 다공성 고분자막으로 제조하였다.

[0038] 상기 방법으로 제조된 다공성 고분자막 중, 직경이 $3000 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막과 직경이 $500 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막을, 직경이 $2000 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막과 직경이 $300 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막을, 직경이 $2000 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막과 직경이 $100 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막을 각각 상호 접합시켜 이중 다공성 고분자막을 도 3과 같이 제조하였다. 그리고 제조된 이중 다공성 고분자막을 차례대로 PUA D3000,500 / PUA D2000,300 / PUA D2000,100 으로 명명하였다.

[0039] 마지막으로 상기 제조된 이중 다공성 고분자막들을 PUA D3000,500 - PUA D2000,300 - PUA D2000,100 순으로 적층하여 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 제조하였다.

[0041] <실시예 2>

[0042] PFPE(Perfluoropolyether)를 포함하는 이중 다공성 고분자막 적층 구조체 제조

[0043] 우선, 실시예 1과 동일한 방법으로 PDMS 고분자 몰드를 제조하였다. 그 후, 상기 PDMS 고분자 몰드와 평판 PDMS 고분자 몰드 사이에 UV 경화제를 포함하는 액체 상태의 PFPE(Perfluoropolyether)를 도포 후 압력을 가하였다. 그리고 UV를 가한 후, 양쪽의 PDMS 몰드를 제거하여 액체 상태의 PFPE를 고체상태의 다공성 고분자막으로 제조하였다.

[0044] 상기 방법으로 제조된 다공성 고분자막 중, 직경이 $3000 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막과 직경이 $500 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막을, 직경이 $2000 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막과 직경이 $300 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막을, 직경이 $2000 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막과 직경이 $100 \mu\text{m}$ 인 다공성 고분자막을 각각 상호 접합시켜 이중 다공성 고분자막을 도 4와 같이 제조하였다. 그리고 제조된 이중 다공성 고분자막을 차례대로 PFPE D3000,500 / PFPE D2000,300 / PFPE D2000,100으로 명명하였다.

[0045] 마지막으로 상기 제조된 이중 다공성 고분자막들을 PFPE D3000,500 - PFPE D2000,300 - PFPE D2000,100 순으로 적층하여 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 제조하였다.

[0047] <비교예 1>

[0048] PUA 311을 포함하는 단층의 다공성 고분자막 제조

[0049] 실시예 1과 동일한 방법으로 도 5 (a)와 같이 직경이 $500 \mu\text{m}$ 인 구멍을 포함하는 다공성 고분자막을 제조하였다. 그리고 제조된 다공성 고분자막을 D500으로 명명하였다.

[0051] <비교예 2>

[0052] PUA 311을 포함하는 단층의 다공성 고분자막 제조

[0053] 실시예 1과 동일한 방법으로 도 5 (b)와 같이 직경이 $300 \mu\text{m}$ 인 구멍을 포함하는 다공성 고분자막을 제조하였다. 그리고 제조된 다공성 고분자막을 D300으로 명명하였다.

[0055] <비교예 3>

[0056] PUA 311을 포함하는 단층의 다공성 고분자막 제조

[0057] 실시예 1과 동일한 방법으로 도 5 (c)와 같이 직경이 $100 \mu\text{m}$ 인 구멍을 포함하는 다공성 고분자막을 제조하였다. 그리고 제조된 다공성 고분자막을 D100으로 명명하였다.

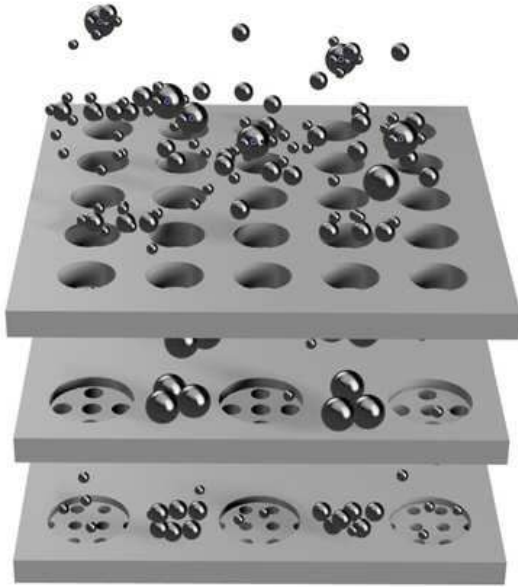
- [0059] <비교예 4>
- [0060] PUA 311을 포함하는 다공성 고분자막 적층 구조체 제조
- [0061] 비교예 1 내지 비교예 3의 D500, D300, D100 다공성 고분자막을 D500 - D300 - D100 순으로 적층하여 다공성 고분자막 적층 구조체를 제조하였다.
- [0063] <실험예 1>
- [0064] 필터 성능 측정 조건 설정
- [0065] 우선, 실시예 1에 따라 제조된 이중 다공성 고분자막 적층 구조체에 대하여 입자의 유입면속도 및 시간에 따라 이중 다공성 고분자막을 통과 후 배출되는 미세 입자 농도를 측정하였다. 도 6 (a)의 그래프 Y 축에 따르면, 입자의 유입면속도가 10 cm/s 일 때, 가장 Y 축의 수치가 낮았고, 이는 이중 다공성 고분자막 필터에 부착된 입자가 많다는 의미이며 따라서, 입자의 유입면속도가 10 cm/s 인 경우 필터링 효율이 상대적으로 높음을 알 수 있다.
- [0066] 다음으로, 실시예 1에 따라 제조된 이중 다공성 고분자막 적층 구조체의 이중 다공성 고분자막 사이의 간격에 따라 이중 다공성 고분자막을 통과 후 배출되는 입자의 수를 측정하였다. 도 6 (b) 를 참고하여 보면, 이중 다공성 고분자막 사이의 간격이 0.2 mm 일 때 필터링 효율이 상대적으로 높음을 알 수 있다.
- [0067] 다음으로, 적층된 다공성 고분자막의 구멍 직경이 점점 작아지는 경우와 적층된 다공성 고분자막의 구멍 직경이 전부 같은 경우에 대해 비교 실험을 진행하였다. 직경이 전부 50 μm 인 경우, 전부 500 μm 인 경우, 직경이 500 μm , 300 μm , 100 μm 로 작아지는 경우에 대해 실험을 한 결과, 도 6 (c)에서와 같이, 적층된 다공성 고분자막의 구멍 직경이 동일한 경우에는 필터링 효율이 낮았고, 구멍의 직경이 점점 작아지는 경우에 상대적으로 필터링 효율이 높음을 알 수 있다.
- [0069] <실험예 2>
- [0070] 필터링 효율 비교
- [0071] 본 실험에서는 비교예 1 내지 비교예 4 및 실시예 1에 따른 다공성 고분자막 구조체들의 필터링 효율 및 품질 인자(Quality factor)를 직경 1 μm 및 2.5 μm 입자에 대하여 비교하였다. 도 7의 (a)는 입자의 직경 1 μm 에 해당하는 입자의 수를 측정한 결과이고, (b)는 입자의 직경 2.5 μm 에 해당하는 입자의 수를 측정한 결과 그래프이다.
- [0072] 도 7의 그래프에서, 좌측 세로축은 구조체로 유입되는 입자와 필터링 후 배출되는 입자 개수를 아래 식 1에 따라 필터링 효율을 계산한 결과로서, 수치가 높을수록 필터링 능력이 우수함을 의미한다.
- [0073] [식 1]
- [0074]
$$\text{Efficiency, } \eta = \frac{\text{Amount of Inlet particles} - \text{Amount of Outlet particles}}{\text{Amount of Inlet particles}} \times 100 [\%]$$
- [0076] 우측 세로축은 구조체의 상대적인 비교를 위해 구조체의 압력강하와 필터링 효율을 동시에 고려한 지표인 품질 인자(Quality factor)로서, 아래 식 2에 따라 계산한다. 이 값은 필터링 효율보다 압력강하에 영향을 크게 받기 때문에 필터링 효율이 높아도 압력강하에 의해 낮은 값을 가질 수 있다.
- [0077] [식 2]
- [0078]
$$\text{Quality Factor (QF)} = -\frac{\ln(1 - \eta)}{\Delta P} [Pa^{-1}]$$
- [0079] (식 2에서 η 는 식 1의 효율을, ΔP 는 압력강하를 의미한다.)

- [0080] 도 7 (a) 및 (b)를 참고하여 보면, 비교예 1 내지 비교예 3에 따른 구조체는 필터링 효율이 10 ~ 30 %, 비교예 4에 따른 구조체는 45 ~ 55 %, 실시예 1에 따른 구조체는 60 ~ 80 % 임을 확인할 수 있다.
- [0081] 이는 실시예 1의 경우, 이중 다공성 고분자막이기 때문에 공극률이 낮아 구멍에 가해지는 입자의 유입속도가 높아지고, 이에 따라 충돌이 강하고 빠르게 이루어져 포집이 상대적으로 많이 일어난 결과로 이해할 수 있다.
- [0083] <실험예 3>
- [0084] 압력 강하 비교
- [0085] 본 실험에서는 저농도 및 고농도의 유입 입자에 대한 HEPA 필터 및 실시예 1에 따른 이중 다공성 고분자막 적층 구조체의 압력 강하를 비교하였다. 도 8 (a)는 0.001g/ml의 저농도 입자를 사용하여 작동시간에 따른 압력강하를 비교한 결과 그래프이고, 도 8 (b)는 0.004g/ml의 고농도 입자를 사용하여 작동시간에 따른 압력강하를 비교한 결과 그래프이다.
- [0086] 도 8(a)를 참고하여 보면, HEPA 필터 및 실시예 1에 따른 이중 다공성 고분자막 적층 구조체 모두 압력강하가 증가할 만큼의 입자가 구조체 내부에 포집되지 않아 압력강하가 안정적으로 유지되었음을 알 수 있다. 도 8 (b)를 참고하여 보면, HEPA 필터의 경우는 압력강하가 급격하게 증가함을 확인할 수 있고, 실시예 1에 따른 이중 다공성 고분자막 적층 구조체의 경우는 압력강하가 여전히 안정적으로 유지됨을 확인할 수 있다. 이는 HEPA 필터의 경우 입자가 필터 내부에 포집되면서 작동시간이 길어질수록 압력강하가 증가하였고, 실시예 1에 따른 이중 다공성 고분자막 적층 구조체의 경우는 구조체 내부에 입자가 충분히 포집되었지만, 다공성 고분자막의 구멍이 막히지 않은 상태로 유지되기 때문에 발생한 결과로 이해할 수 있다.
- [0088] <실험예 4>
- [0089] 고분자막 구조에 따른 필터링 효율 비교
- [0090] 본 실험에서는 비교예 4, 실시예 1 및 실시예 2에 따른 다공성 고분자막 구조체들의 필터링 효율 및 품질 인자 (Quality factor)를 직경 1 μm 및 2.5 μm 입자에 대하여 비교하였다. 도 9의 (a)는 입자의 직경 1 μm 에 해당하는 입자의 수를 측정한 결과이고, (b)는 입자의 직경 2.5 μm 에 해당하는 입자의 수를 측정한 결과 그래프이다.
- [0091] 도 9 (a), (b)를 참고해 보면, 실시예 2의 PFPE로 제조된 이중 다공성 고분자막을 적층한 경우, 비교예 4의 PUA로 제조된 단층 다공성 고분자막을 적층한 경우에 비해 40 % 정도의 필터링 효율이 향상하였고, 실시예 1의 PUA로 제조된 이중 다공성 고분자막을 적층한 경우에 비해 15 % 정도의 필터링 효율이 향상함을 확인하였다.
- [0093] <실험예 5>
- [0094] 세척 후 필터링 효율 유지율
- [0095] 본 실험에서는 실시예 2에 따른 이중 다공성 고분자막 적층 구조체를 물 또는 에탄올로 세척한 후 필터링 효율이 유지되는지 확인하였다. 도 10 (a) 및 (b)를 참고하여 보면, 물 또는 에탄올로 세척 후에 입자가 효과적으로 제거되었음을 알 수 있으며, 입자의 크기가 직경 1 μm , 2.5 μm 및 5 μm 인 경우 모두 초기 상태의 이중 다공성 고분자막의 필터링 효율과 유사한 결과값을 얻었음을 확인할 수 있다.
- [0096] 실시예 2에서와 같이 PFPE를 이용하여 이중 다공성 고분자막을 제작하는 경우, 충분히 UV를 가하여도 제조된 이중 다공성 고분자막의 표면에 부분 경화된 PFPE 액적이 잔류하여 이중 다공성 고분자막이 얇게 코팅된 것처럼 제조되는 특징이 있는데, 본 실험에서도 이로 인해 이중 다공성 고분자막을 필터 실험 후 물 또는 에탄올로 세척하여도 포집된 입자는 효과적으로 제거되었지만, 표면의 PFPE 액적이 기름처럼 유지되었다. 따라서, 본 발명의 이중 다공성 고분자막 적층 구조체가 재사용될 수 있음을 알 수 있다.
- [0098] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고

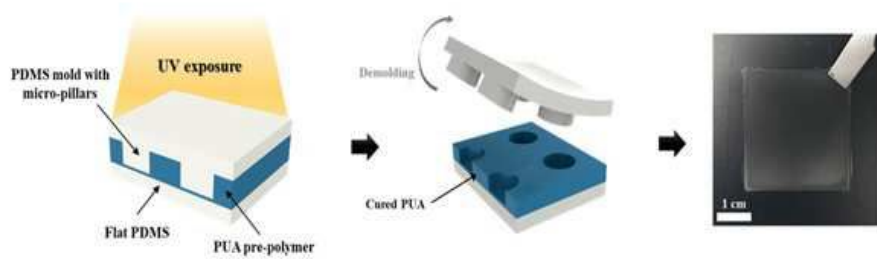
려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

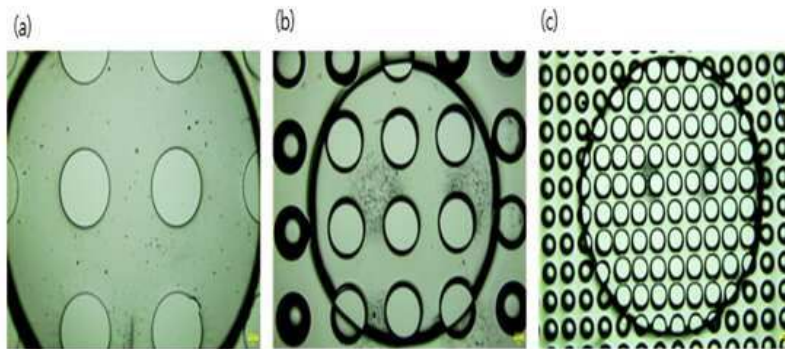
도면1



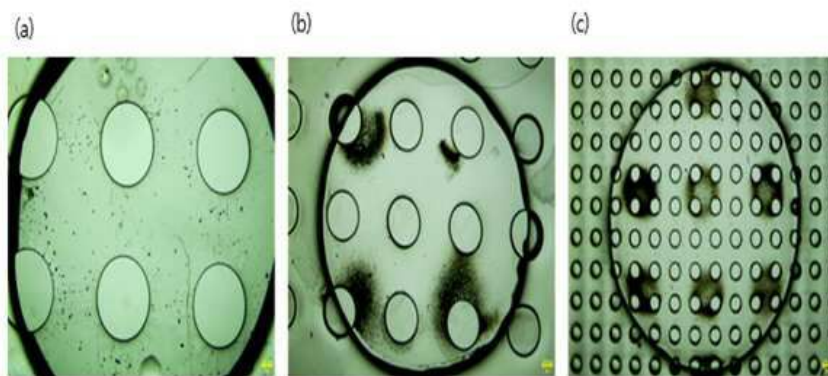
도면2



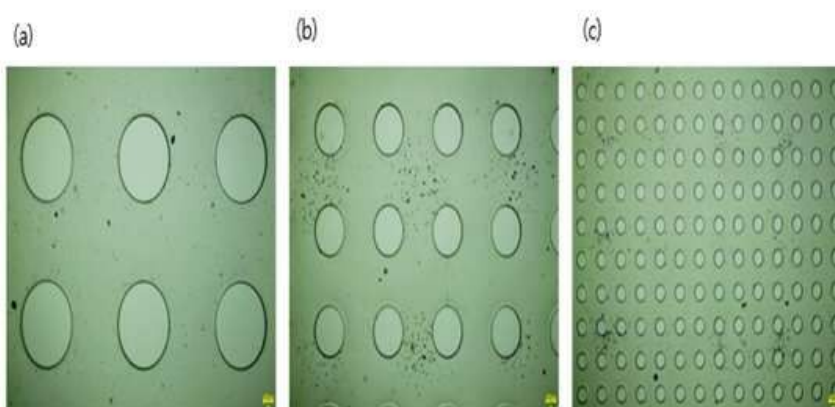
도면3



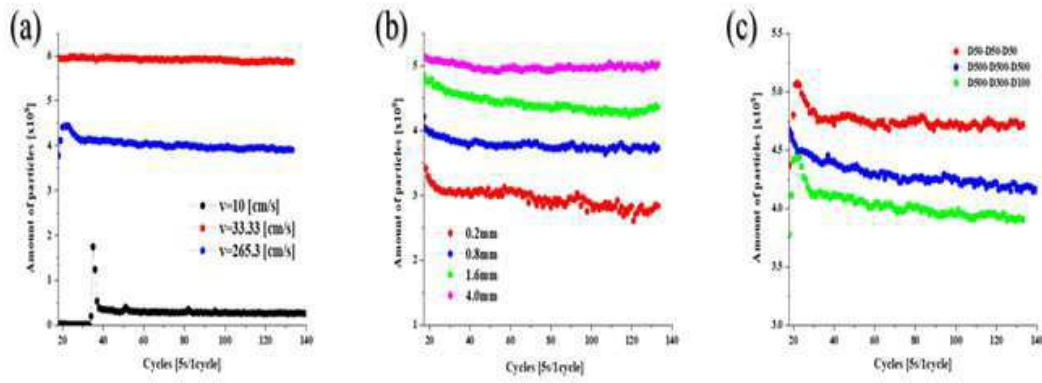
도면4



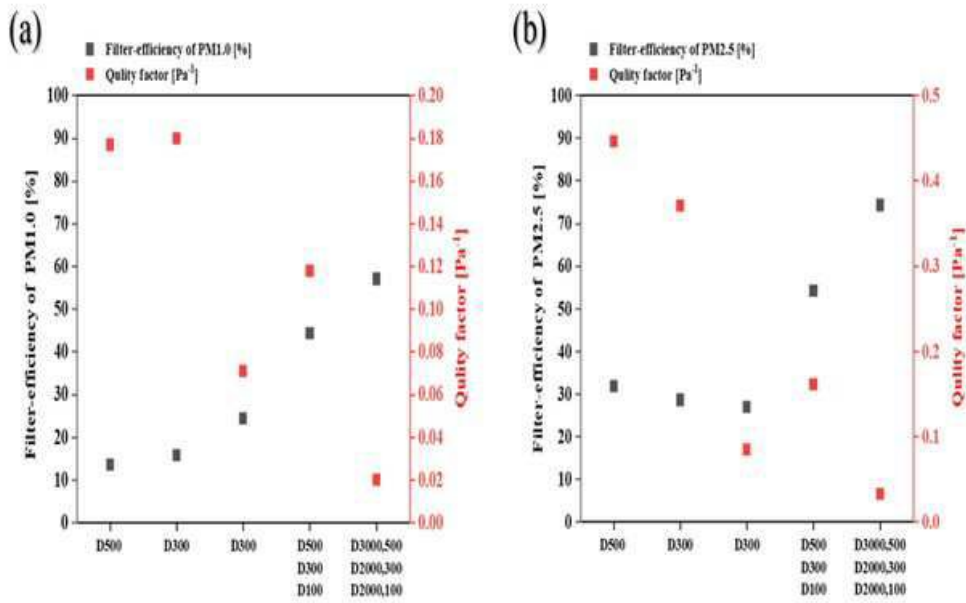
도면5



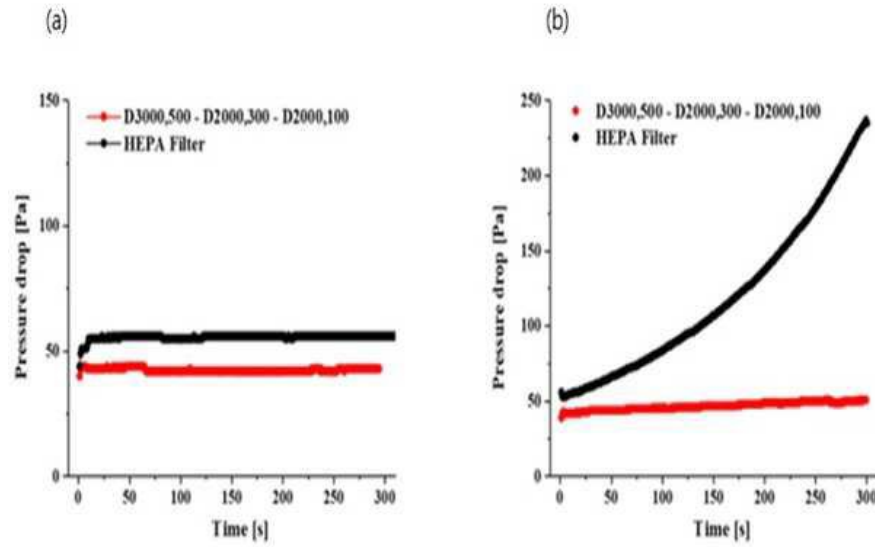
도면6



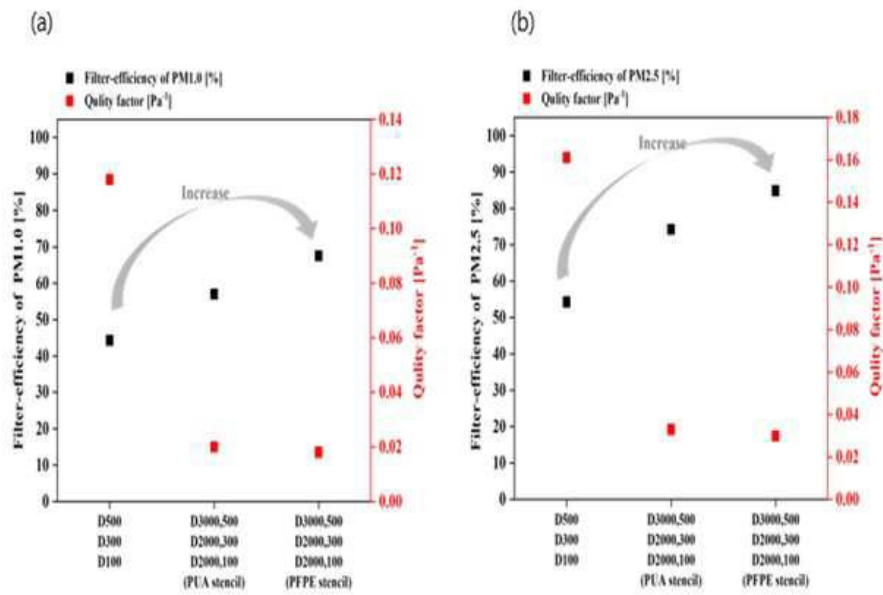
도면7



도면8



도면9



도면10

