

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2022년 12월 8일 (08.12.2022)



WIPO PCT



(10) 국제공개번호

WO 2022/255601 A1

(51) 국제특허분류:

B29C 64/10 (2017.01)

B33Y 80/00 (2015.01)

B01D 39/14 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2022/003413

(22) 국제출원일:

2022년 3월 11일 (11.03.2022)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2021-0072720 2021년 6월 4일 (04.06.2021) KR

(71) 출원인: 창원대학교 산학협력단 (CHANGWON NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY ACADEMY COOPERATION CORPS) [KR/KR]; 51140 경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20, Gyeongsangnam-do (KR).

(72) 발명자: 조영태 (CHO, Young Tae); 51427 경상남도 창원시 성산구 원이대로 449, 104동 1003호, Gyeongsangnam-do (KR). 김석 (KIM, Seok); 51140 경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20, Gyeongsangnam-do (KR). 김도혁 (KIM, Do Hyeok); 51429 경상남도 창원시 의창구 용지로261번길 9-19, 1층, Gyeongsangnam-do (KR). 이효준 (LEE, Hyo Jun); 51609 경상남도 창원시 진해구 안골로281번길 20, 401호, Gyeongsangnam-do (KR). 박서림 (PARK, Seo Rim); 51617 경상남도 창원시 진해구 웅천동로 106번길 20, 102동 1203호, Gyeongsangnam-do (KR). 정광호 (JUNG, Gwang Ho); 47143 부산시 부산진구 당감로 79, 11동 401호, Busan (KR). 심재윤 (SIM, Jae Yoon); 51142 경상남도 창원시 의창구 사림로99번길 40-2, 203호, Gyeongsangnam-do (KR).

(74) 대리인: 김연권 (KIM, Youn Gwon); 05836 서울시 송파구 법원로 127 문정대명벨리온 15층 1501호 및 1502호, Seoul (KR).

(81)

지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84)

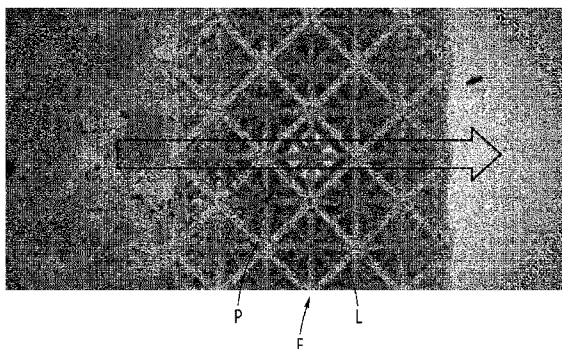
지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: MICROPARTICLE CAPTURING FILTER HAVING THREE-DIMENSIONAL LATTICE STRUCTURE

(54) 발명의 명칭: 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터



(57) Abstract: The present invention relates to a microparticle capturing filter having a three-dimensional lattice structure that selectively captures fine particles and has improved filter performance, characterized by comprising a filter for capturing microparticles having a three-dimensional lattice structure which is manufactured by periodically arranging unit cells connected by lattice members, wherein among particles included in a fluid that passes through the filter, microparticles having a first particle size or less are adhered to the lattice members and selectively captured by the filter.

(57) 요약서: 본 발명은 미세입자를 선택적으로 포집하고 필터의 성능이 향상된 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터에 관한 것으로, 격자부재들로 연결된 단위 셀을 주기적으로 배열시켜 제작된 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집용 필터를 포함하고, 상기 필터를 통과하는 유체에 포함된 입자 중 제1 입자크기 이하의 미세입자는 상기 격자부재들에 접촉되어 상기 필터에 의해 선택적으로 포집되는 것을 특징으로 한다.



WO 2022/255601 A1

명세서

발명의 명칭: 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터 기술분야

- [1] 본 발명은 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 미세입자를 선택적으로 포집하고 필터의 성능이 향상된 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 공기 중에 먼지 등을 제거하는 에어필터의 경우 등급에 따라 $0.3\mu\text{m}$ 의 입자에 대해 85 ~ 99.99% 이상의 포집 성능을 가진다. 이를 헤파필터라 한다. 이러한 공기 정화용 필터의 경우 수명 향상을 위해 큰 먼지를 제거하기 위한 프리필터, 복합필터 등으로 조대입자를 걸러주기도 한다.
- [3] 그러나, 종래의 필터의 경우 공기 중 미세먼지 등을 제거하고 나면 일정 수준에서 필터의 포집 성능이 하향되고, 필터에 의한 압력강하 등으로 인하여 에너지 효율이 떨어지게 된다. 헤파필터의 경우 250Pa의 압력강하를 가지도록 초기 설계가 되어 있으며, 510Pa에서 필터를 교체해주도록 되어 있다. 헤파필터는 수 μm 이하의 얇은 섬유들이 열기설기 엮여 있는 구조이므로 설계자가 필터의 설계를 제어할 수 없는 문제도 있다.
- [4] 또한, 종래의 필터의 경우 초미세입자(PM2.5), 미세입자(PM10) 뿐만 아니라 조대입자($10\mu\text{m}$ 이상)의 입자까지 모두 포집하여, 외부에서 사용할 경우 수명이 급격히 짧아지며, 재사용하기 어렵다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명의 과제는 상술한 종래 필터가 가진 문제를 해결하기 위해 고안된 것으로, 초미세입자와 미세입자만을 선택적으로 포집할 수 있고, 필터의 설계를 설계자가 제어할 수 있고, 재종래의 필터 보다 필터 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 형태의 발명을 제시하고자 한다.

과제 해결 수단

- [6] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터는, 격자부재들로 연결된 단위 셀을 주기적으로 배열시켜 제작된 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집용 필터를 포함하고, 상기 필터를 통과하는 유체에 포함된 입자 중 제1 입자크기 이하의 미세입자는 상기 격자부재들에 점착되어 상기 필터에 의해 선택적으로 포집되는 것을 특징으로 한다.
- [7] 바람직하게는, 상기 제1 입자크기는 $10\mu\text{m}$ 이하인 것을 특징으로 한다.
- [8] 또한, 바람직하게는, 상기 격자부재의 두께는 $50 \sim 200\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 한다.

- [9] 또한, 바람직하게는, 상기 격자부재 사이의 공간 크기는 적어도 500um 인 것을 특징으로 한다.
- [10] 또한, 바람직하게는, 상기 제1 입자크기 보다 크고 기 설정된 제2 입자크기 보다 작은 입자는 상기 격자부재들 사이의 공간으로 통과하는 것을 특징으로 한다.
- [11] 또한, 바람직하게는, 상기 단위 셀은 켈빈 격자구조, 큐빅 격자구조 및 옥텟 트러스 격자구조 중 적어도 어느 하나의 단위 셀인 것을 특징으로 한다.
- [12] 또한, 바람직하게는, 상기 3차원 격자구조는, 상기 유체가 통과하는 흐름측 방향으로 바라본 필터의 단면 형상이 상기 3차원 격자구조를 기 설정된 방향으로 회전시켜 일정한 격자패턴을 갖도록 제작되는 것을 특징으로 한다.
- [13] 또한, 바람직하게는, 상기 3차원 격자구조의 회전은 상기 유체가 통과하는 흐름측 방향을 중심으로 바라볼 때 상기 격자부재들에 의한 패턴이 일치하는 상태까지 수행되는 것을 특징으로 한다.
- [14] 또한, 바람직하게는, 상기 3차원 격자구조의 회전은 상기 유체가 통과하는 흐름측 방향을 중심으로 바라볼 때 상기 격자부재들 사이의 공간이 가장 큰 상태까지 수행되는 것을 특징으로 한다.
- [15] 또한, 바람직하게는, 상기 미세입자가 상기 격자부재에 점착되는데 필요한 에너지는 입자의 크기 및 유동 속도에 따라 달라지는 것을 특징으로 한다.
- [16] 또한, 바람직하게는, 상기 필터에 포집된 미세입자는 세척 후 재사용이 가능한 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [17] 본 발명에 따르면, 일정 크기 이하의 미세입자만 선택적으로 포집하여 압력 강하가 작아지는 것이 방지되므로 종래의 필터 보다 성능이 우수하고 수명이 길어지는 효과가 있다.
- [18] 또한, 본 발명에 따르면, 다양한 단위 셀을 사용하여 주기적인 3차원 격자구조를 형성시킬 수 있으므로 필터의 설계가 제어될 수 있다.
- [19] 또한, 본 발명에 따르면, 미세 격자구조를 가지고 있어 매우 가벼우며, 비강도가 높고 외부 충격을 유연하게 흡수할 수 있어 비행기의 내부소재, 열 및 진동 감쇠와 같은 충격 흡수장비, 배터리 전극 및 촉매제, 자동차 및 항공 공항 분야에서 구조의 보강 등 다양한 산업 분야에 활용될 수 있다.
- [20] 또한, 본 발명에 따르면, 필터에 점착된 미세먼지를 세척액 등을 이용하여 세척이 가능하므로 재사용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [21] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 나타낸 도면이다.
- [22] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조의 단위 셀을 나타낸 도면이다.
- [23] 도 3은 도 1에 도시된 단위 셀을 주기적으로 배열하여 3차원 격자구조가 형성된

상태를 나타낸 도면이다.

- [24] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 실제 제작된 다양한 크기의 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 나타낸 도면이다.
- [25] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 회전시켜 특정 방향에서 바라본 상태를 나타낸 도면이다.
- [26] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조가 제1 회전된 상태에서 필터로 제작되어 유체의 흐름측 상에 놓인 도면이며, 도 6b는 도 6a에 도시된 A-A' 라인을 따라 절단된 단면도이다.
- [27] 도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조가 제2 회전된 상태에서 필터로 제작되어 유체의 흐름측 상에 놓인 도면이며, 도 7b는 도 7a에 도시된 B-B' 라인을 따라 절단된 단면도이다.
- [28] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터의 압력강하를 나타낸 그래프이다.
- [29] 도 9는 3차원 격자구조가 캘빈 구조인 경우의 필터 단면을 나타낸 도면이다.
- [30] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 통과하는 유체의 유선을 나타낸 도면이다.
- [31] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 유체가 통과할 때 격자부재들이 받는 압력 크기를 색깔 별로 가시화하여 나타낸 도면이다.
- [32] 도 12a는 미세입자 포집 전 본 발명의 일 실시예에 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 확대한 도면이고, 도 12b 내지 도 12d는 미세입자 포집 후 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 확대한 도면이다.
- [33] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터에 의해 포집된 미세입자의 양을 나타낸 그래프이다.
- [34] 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 다양한 단위 셀의 형상을 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [35] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [36] 미세입자를 제거하기 위한 종래의 필터 구조는 수 μm 이하의 얇은 섬유들이 비주기적으로 열기설기 엮여 있는 구조이다. 이는 필터 설계자가 원하는 필터

구조가 형성되도록 제어할 수 없음을 의미하며, 종래의 필터 구조 중 포집 성능이 떨어지는 부분이 존재할 경우 불량품이 양산될 수도 있다.

[37] 본 출원인은 상술한 문제를 해결하기 위해 종래의 미세입자 포집용 필터 구조와 전혀 다른 구조를 채택하여 본 발명에 이르게 되었다. 본 발명에서 미세입자 포집용 필터 구조는 단위 셀이 주기적으로 배열된 3차원 격자구조를 가지며, 이러한 3차원 격자구조는 필터 설계자가 원하는 패턴 및 사양으로 제조될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 포집 필터(F)는 3차원 격자구조의 형상으로 인해 필터로 사용하기에 적합한 다양한 기계적 성질을 갖는다. 본 출원인은 본 발명에 따른 필터의 성능을 직접 실험하여 종래 필터 구조에서는 발견될 수 없는 효능을 발견하였다.

[38] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터의 구조 및 성능을 설명한다.

[39] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 나타낸 도면이다.

[40] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터(F)는 유체의 이동 경로 상에 놓여 유체에 포함된 미세입자를 포집한다. 여기서 유체는 액체 및 기체를 모두 포함하나 본 명세서에서 유체는 공기인 것으로 설명한다. 도 1에는 유체의 이동 경로가 화살표로 도시되어 있다. 포집 필터(F)를 기준으로 미세입자(P)가 포함된 공기가 좌측에서 우측 방향으로 이동하다가 포집 필터(F)에 미세입자가 점착되면서 포집 필터(F)를 통과한 공기는 미세입자(P)가 제거된다. 종래의 필터와 본 발명의 포집 필터(F)를 같은 크기로 제작하는 경우, 본 발명의 포집 필터(F)는 종래의 필터 보다 미세먼지를 포집할 수 있는 표면적이 더 크게 형성된다.

[41] 한편, 미세입자가 포집 필터(F)를 통과하며 제거되는 과정은 격자구조의 형상과 관련되므로 후술하기로 한다.

[42] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조의 단위 셀을 나타낸 도면이고, 도 3은 도 1에 도시된 단위 셀을 주기적으로 배열하여 3차원 격자구조가 형성된 상태를 나타낸 도면이며, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 실제 제작된 다양한 크기의 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 나타낸 도면이다.

[43] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조의 단위 셀은 옥텟-트러스(Octet-Truss)의 그물망 구조이다. 옥텟-트러스 구조는 격자부재(L)가 공간적으로 연결된 정팔면체 및 정사면체를 번갈아 배열함으로써 형성된 구조이다. 본 발명의 일 실시예에서 옥텟-트러스 구조가 단위 셀로 선택된 이유는 내구성, 안정성, 압력강하 등을 고려하였기 때문이다.

[44] 본 발명의 다른 실시예에서 단위 셀은 3차원 격자구조를 형성할 수 있는 다양한 단위 셀이 선택될 수 있다. 도 14에는 단위 셀의 일부 예시로서, BCC, FCCz, FBCCz, FBCCXYZ, BCCz, FCC가 도시되어 있다. 다만, 단위 셀의 종류는 이에

한정되지 않으며, 켈빈(Kelvin), 삼육각형(Kagome), 팔면체(Octahedron), 십이면체(Dodecahedron) 등 공지된 모든 격자구조가 선택될 수 있다.

- [45] 도 2에 도시된 바와 같이, 단위 셀은 그 가로, 세로 및 높이가 동일한 길이(a)를 가지고 있으며 단위 셀을 구성하는 격자부재(L)는 일정한 두께(d)를 가지고 있다. 본 발명의 일 실시예에서 단위 셀은 가로, 세로 및 높이의 길이가 2.5mm이고, 격자부재(L)의 두께(d)가 0.15mm로 제작되었다. 다만, 단위 셀의 크기는 사용조건 및 설계자의 의도에 따라 다양한 길이 및 두께로 제작될 수 있다.
- [46] 본 발명의 일 실시예에서 격자구조는 3D 프린팅용 소프트웨어를 사용하여 3D 프린터로 제작되었다. 3D 프린팅 방식 중 빛에너지를 이용하여 폴리머를 경화시키는 광경화 방식으로는 PuSL(projection micro-stereolithography), DLP(digital light processing), SLA(Stereo Lithography Apparatus), SLS(Selective laser sintering), SPPW(Self-propagating photopolymer waveguide) 등이 있고, 소재를 출력하는 방식인 FDM(Fused deposition modeling, 또는 FFF, Fused filament fabrication), Binder jetting 등이 있다. 제작 방법에 따라 단위 셀의 크기 및 격자부재의 두께는 다양한 크기로 조절될 수 있다.
- [47] 본 발명의 일 실시예에서 3차원 격자구조를 구성하고 있는 격자부재의 직경(두께)는 50 ~ 200 μ m의 크기를 가지고 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에서 격자부재들 사이의 공간은 500 μ m의 크기를 가지고 있다. 물론, 상술한 바와 같이 격자부재의 두께 및 격자부재들 사이의 공간은 다양하게 설정될 수 있으나 압력강하와, 조대입자가 격자부재들 사이의 공간을 통과하기 위해서는 최소 500 μ m의 크기를 가지는 것이 좋다.
- [48] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 실제 제작된 다양한 크기의 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 나타낸 도면이다.
- [49] 도 4에 도시된 포집 필터(F)는 가로 및 세로의 길이가 각각 30mm이고, 높이가 10 ~ 40mm로 서로 다르게 하여 제작되었다.
- [50] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 회전시켜 특정 방향에서 바라본 상태를 나타낸 도면이다.
- [51] 3차원 격자구조는 바라보는 방향에 따라 서로 다른 격자패턴이 형성된다. 도 5의 (a) 내지 (d)에 아래 도시된 도면들은 3차원 격자구조를 다양한 방향으로 회전시켜가며 특정 방향에서 바라본 상태가 도시되어 있고, 위에 도시된 도면들은 각 격자구조의 회전된 방향이 밀러 지수로 표현되었다.
- [52] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조가 제1 회전된 상태에서 필터로 제작되어 유체의 흐름축 상에 놓인 도면이고, 도 6b는 도 6a에 도시된 A-A' 라인을 따라 절단된 단면도이고, 도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조가 제2 회전된 상태에서 필터로 제작되어 유체의 흐름축 상에 놓인 도면이며, 도 7b는 도 7a에 도시된 B-B' 라인을 따라 절단된 단면도이다.
- [53] 본 발명의 일 실시예에 따른 포집 필터(F)는 도 5에서 설명한 원리에 기반하여 필터 단면이 형성되도록 제작된다. 이는 필터 단면의 격자 패턴 형상에 따라

필터의 성능이 달라질 수 있기 때문이다.

- [54] 본 발명의 일 실시예에 따른 포집 필터(F)의 제작 과정을 살펴본다. 우선 옥텟-트러스 구조를 3D 프린팅 기술을 이용하여 제작한 후, 그 상태에서 기 설정된 방향으로 회전시켜 사용 목적에 맞는 필터의 크기(가로, 세로, 높이)로 가공한다. 이때, 특정 방향(유체의 흐름 방향)에서 바라본 필터의 단면 형상은 격자 패턴이 일치되어 격자부재(L)들 사이의 공간(S)이 일정하게 형성될 수 있다. 물론 상술한 바와 같이 포집 필터(F)를 구성하는 3차원 격자구조의 회전 상태에는 제한이 없으므로, 본 발명의 다른 실시예에서 특정 방향에서 바라본 필터의 단면 형상은 다양한 격자 패턴을 가질 수 있다.
- [55] 도 6a에는 3차원 격자구조가 제1 회전된 상태로 구성된 포집 필터(F)가 도시되어 있고, 도 6b에는 도 6a에 도시된 필터의 단면이 도시되어 있다. 유체는 포집 필터(F)를 중심으로 흐름축(X) 방향으로 흐른다.
- [56] 도 7a에는 3차원 격자구조가 제2 회전된 상태로 구성된 포집 필터(F)가 도시되어 있다. 여기서, 필터의 전체 크기 및 유체의 흐름 방향은 도 6a 및 도 6b에서 설명한 바와 같다. 도 6a와 도 7a에 도시된 필터는 동일한 표면적을 가지고 있다. 그러나, 도 6b와 도 7b를 비교하면, 3차원 격자구조가 제2 회전된 상태에서의 필터 단면에서 격자공간(S)이 더 크게 형성된다.
- [57] 일반적으로 필터의 성능 중 하나로 압력강하가 고려된다. 압력강하는 필터 전후 압력 차이를 의미하며, 압력강하가 작을수록 필터 성능이 좋다. 유체가 포집 필터(F)를 통과할 때 격자공간(S)이 크면 유체의 이동이 쉬우므로 압력강하가 작다. 상술한 바와 같이, 3차원 격자구조가 제2 회전된 상태로 구성되면 제1 회전된 상태보다 격자공간(S)이 더 크게 형성되므로 압력강하가 작다. 즉, 제2 회전된 3차원 격자구조는 모노리식 구조로서, 필터의 단면 형상이 단순해진다.
- [58] 반면, 상술한 바와 같이, 3차원 격자구조가 제1 회전된 상태와 제2 회전된 상태에서의 표면적은 동일하므로 미세입자 포집효율은 동일하다.
- [59] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터의 압력강하를 나타낸 그래프이고, 도 9는 3차원 격자구조가 켈빈 구조인 경우의 필터 단면을 나타낸 도면이다.
- [60] 도 8에는 3차원 격자구조가 옥텟-트러스 구조인 경우와 켈빈 구조인 경우의 압력강하를 비교한 그래프가 도시되었다. 이때, 옥텟-트러스 구조인 경우의 필터 단면 형상은 도 6b와 도 7b가 참조될 수 있으며, 켈빈 구조인 경우의 필터 단면 형상은 도 9가 참조될 수 있다.
- [61] 도 8을 참조하면, 일반적으로 유량의 흐름이 커짐에 따라 압력강하가 커진다. 이때, 제1 회전된 상태의 옥텟-트러스 구조에서는 켈빈 구조 보다 압력강하가 크게 나타났다. 그러나, 제2 회전된 상태의 옥텟-트러스 구조에서는 켈빈 구조에서의 압력강하와 비슷하게 나타났다. 따라서, 같은 옥텟-트러스 구조를 가지는 경우라도 회전 상태에 따라 압력강하가 달라짐을 알 수 있다.

- [62] 한편, 옥텟-트러스 구조는 캘빈 구조 보다 격자부재에 의한 표면적이 더 크다. 따라서, 전체적으로 같은 크기의 필터를 제작하였을 때 캘빈 구조 보다 옥텟-트러스 구조가 포집효율이 더 좋다.
- [63] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 통과하는 유체의 유선을 나타낸 도면이다.
- [64] 도 10에는 유체가 포집 필터(F)를 일 방향(도 10의 좌측에서 우측 방향)으로 흐를 때 유선 분포가 도시되어 있다. 종래의 필터(예를 들어 헤파 필터)에 의하면 필터의 복잡한 구성에 의해 필터를 통과한 후 유선의 분포가 균일하지 못하나, 본 발명의 포집 필터(F)는 주기적인 구조를 가지므로 필터를 통과한 후 유선의 분포가 대략 균일하게 형성될 수 있다.
- [65] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 유체가 통과할 때 격자부재들이 받는 압력 크기를 색깔 별로 가시화하여 나타낸 도면이다.
- [66] 도 11을 참조하면, 필터의 전방 측(유체가 흘러 들어오는 측)에서 격자부재가 받는 압력은 크게 작용하고, 필터의 후방 측(유체가 흘러 나가는 측)에서 격자부재가 받는 압력은 작게 작용한다. 도 11에서 빨간색은 압력이 크게 작용함을 의미하고, 파란색은 압력이 작게 작용함을 의미한다.
- [67] 도 12a는 미세입자 포집 전 본 발명의 일 실시예에 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 확대한 도면이고, 도 12b 내지 도 12d는 미세입자 포집 후 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터를 확대한 도면이다.
- [68] 미세입자가 본 발명의 포집 필터(F)와 충돌하게 되면 대전에 의한 정전기로 인해 격자부재(L)에 점착된다. 이때, 점착력의 크기는 미세입자의 크기와 속도에 따라 달라진다. 즉, 속도가 빠르고 입자가 클수록 격자부재(L)에 점착되지 못하고 튕겨 나가게 된다. 이론적으로 입자가 격자부재(L)에 튕겨져 나가기 위한 에너지는 아래 수학적식에 의해 연산될 수 있다. 그러나, 실제 실험환경에서는 2 ~ 15 μm 크기를 갖는 미세입자는 격자부재(L)에 충돌하기만 하면 점착되는 것을 확인할 수 있다.
- [69] < 수학적식 >
- [70]
- $$KE_b = \frac{d_p A (1 - e^2)}{2x e^2}$$
- [71] 여기서, x는 분리거리이고, A는 Hamaker 상수이고, e는 반발계수이다.
- [72] 본 발명의 일 실시예에서 미세입자 중 기 설정된 제1 입자크기 이하의 크기를 갖는 미세입자는 격자부재(L)에 충돌하면 점착된다. 본 발명의 일 실시예에서 제1 입자크기는 10 μm 크기를 갖는다. 한편, 제1 입자크기 보다 크고 기 설정된 제2 입자크기 보다 작은 크기를 갖는 입자는 격자부재(L)에 충돌하여도 점착되지 못하고 격자공간(S)을 통과할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 제2

입자크기는 500 μ m로 설정될 수 있다. 그러나, 제1 입자크기 및 제2 입자크기는 포집 필터(F) 설계자의 의도에 따라 다양하게 설정될 수 있다.

[73] 도 12a에는 미세입자가 점착되기 전 3차원 격자구조를 확대한 상태가 도시되어 있다. 이후, 유체가 포집 필터(F)를 통과할 때 미세입자가 격자부재(L)에 충돌하면 도 12b 내지 도 12d와 같이 제1 입자크기 이하의 크기를 갖는 미세입자는 격자부재(L)에 점착된다.

[74] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터에 의해 포집된 미세입자의 양을 나타낸 그래프이다.

[75] 도 13에 도시된 바와 같이, 본 발명의 포집 필터(F)를 이용한 미세입자 포집 실험을 수행하여 아래 < 표 1>와 같은 결과가 도출되었다.

[76] [표1]

시료명	옥텟-트러스				
No.	1	2	3	4	5
미세먼지 투입량(g)	0.10073	0.10077	0.09928	0.09954	0.10092
실험 전 무게평균(g)	28.98074	23.64857	26.29834	29.72107	27.27938
실험 후 무게평균(g)	28.98832	23.65856	26.31602	29.73490	27.30066
미세먼지 포집량(g)	0.00758	0.00999	0.01768	0.01383	0.02128
평균 포집량(mg)	14.07				

[77] 상기 실험표를 참조하면, 미세입자 포집 실험은 5번이 수행되었고 각 실험에서 미세먼지 투입량은 대략 일정하게 유지되었다. 그 결과 평균적으로 미세입자의 포집량은 14.07mg이다.

[78] 종래의 필터 구조에서는 입자 크기가 커도 필터에 포집되므로 포집효율은 좋으나, 필터의 압력강하가 낮아져 필터 성능이 떨어지면 교체해야 하는 문제가 있다.

[79] 반면, 본 발명의 포집 필터(F)는 공기에 포함된 입자 중 일정 크기 이하의 미세입자만 선택적으로 포집한다. 이후, 포집 필터(F)에 점착된 미세입자는 물 등의 세척액에 의해 씻겨 나갈 수 있으므로, 포집 필터(F)를 재사용하는 것이 가능하다.

[80] 또한, 본 발명의 포집 필터(F)는 종래의 필터(헤파 필터)에 비해 포집효율이 80% 정도로서 우수한 포집효율을 나타낸다. 본 발명의 포집 필터(F)는 주기적인

3차원 격자구조를 가지고 있어 격자공간이 일정하게 배열되므로 종래의 필터 구조보다 압력강하 측면에서 우수하다.

[81] 본 발명의 포집 필터(F)는 무게가 스티로폼의 100분의 1에 불과하여 매우 가볍고, 주기적인 3차원 격자구조로 인해 비강도가 높고 외부 충격을 유연하게 흡수할 수 있으므로 다양한 산업분야에서 활용될 수 있다.

[82] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

청구범위

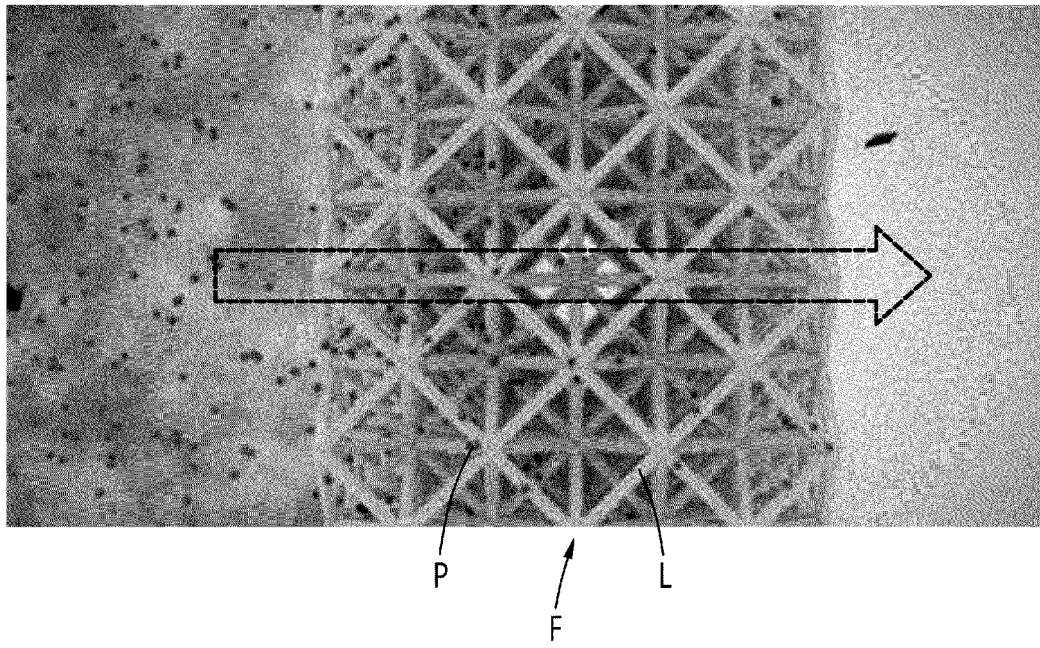
- [청구항 1] 격자부재들로 연결된 단위 셀을 주기적으로 배열시켜 제작된 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집용 필터를 포함하고,
상기 필터를 통과하는 유체에 포함된 입자 중 제1 입자크기 이하의 미세입자는 상기 격자부재들에 점착되어 상기 필터에 의해 선택적으로 포집되는 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 제1 입자크기는 10um 인 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 격자부재의 두께는 50 ~ 200um 인 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 격자부재 사이의 공간 크기는 적어도 500um 인 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 제1 입자크기 보다 크고 기 설정된 제2 입자크기 보다 작은 입자는 상기 격자부재들 사이의 공간으로 통과하는 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 단위 셀은 켈빈, 큐빅, 옥텟 트러스, BCC, FCCz, FBCCz, FBCCXYZ, BCCz, FCC, Kagome, Octahedron, Dodecahedron의 격자구조 중 적어도 어느 하나의 단위 셀인 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
상기 3차원 격자구조는, 상기 유체가 통과하는 흐름축 방향으로 바라본 필터의 단면 형상이 상기 3차원 격자구조를 기 설정된 방향으로 회전시켜 일정한 격자패턴을 갖도록 제작되는 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.
- [청구항 8] 제 7 항에 있어서,
상기 3차원 격자구조의 회전은 상기 유체가 통과하는 흐름축 방향을 중심으로 바라볼 때 상기 격자부재들에 의한 패턴이 일치하는 상태까지 수행되는 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.
- [청구항 9] 제 7 항에 있어서,
상기 3차원 격자구조의 회전은 상기 유체가 통과하는 흐름축 방향을

중심으로 바라볼 때 상기 격자부재들 사이의 공간이 가장 큰 상태까지 수행되는 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.

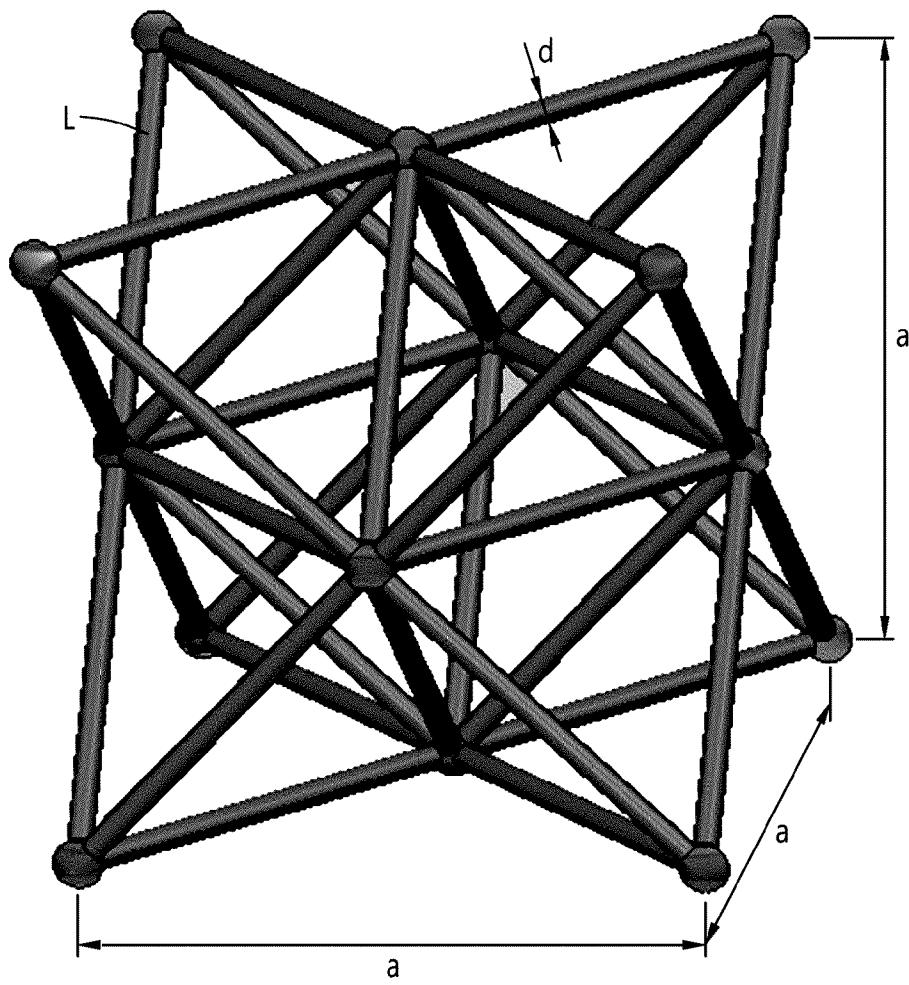
[청구항 10] 제 1 항에 있어서,
상기 미세입자가 상기 격자부재에 점착되는데 필요한 에너지는 입자의 크기 및 유동 속도에 따라 달라지는 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.

[청구항 11] 제 1 항에 있어서,
상기 필터에 포집된 미세입자는 세척 후 재사용이 가능한 것을 특징으로 하는 3차원 격자구조를 가진 미세입자 포집 필터.

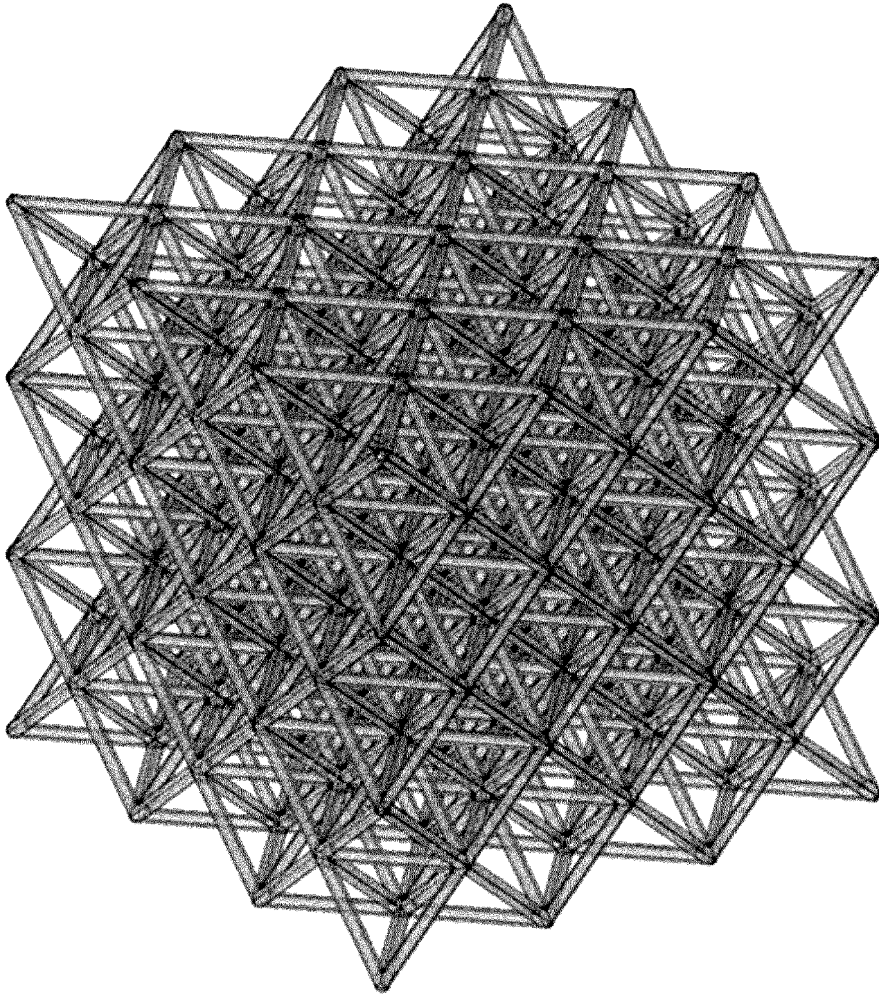
[도1]



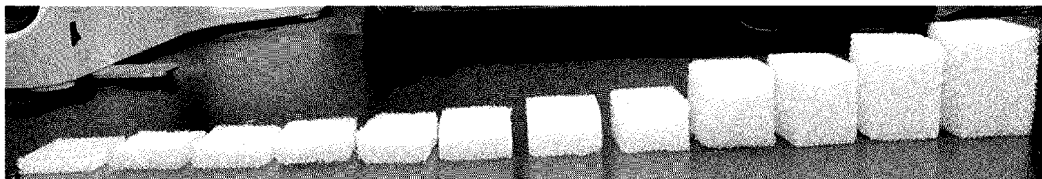
[도2]



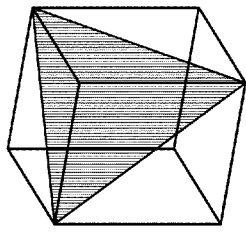
[도3]



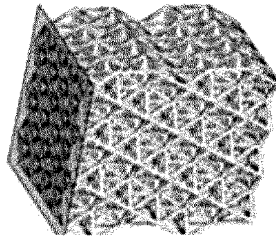
[도4]



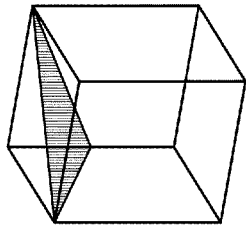
[도5]



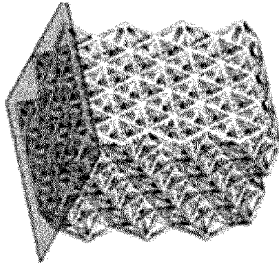
(110)



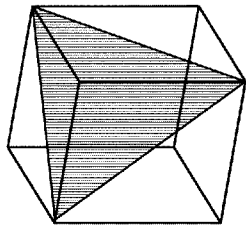
(d)



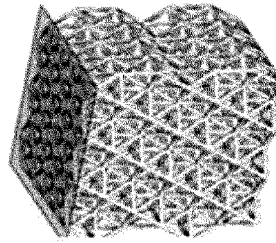
(112)



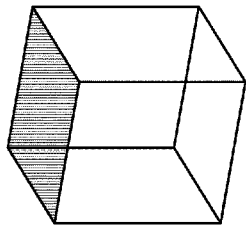
(c)



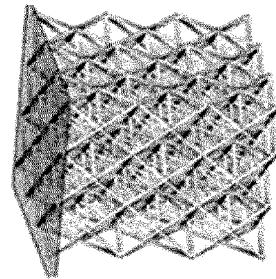
(111)



(b)

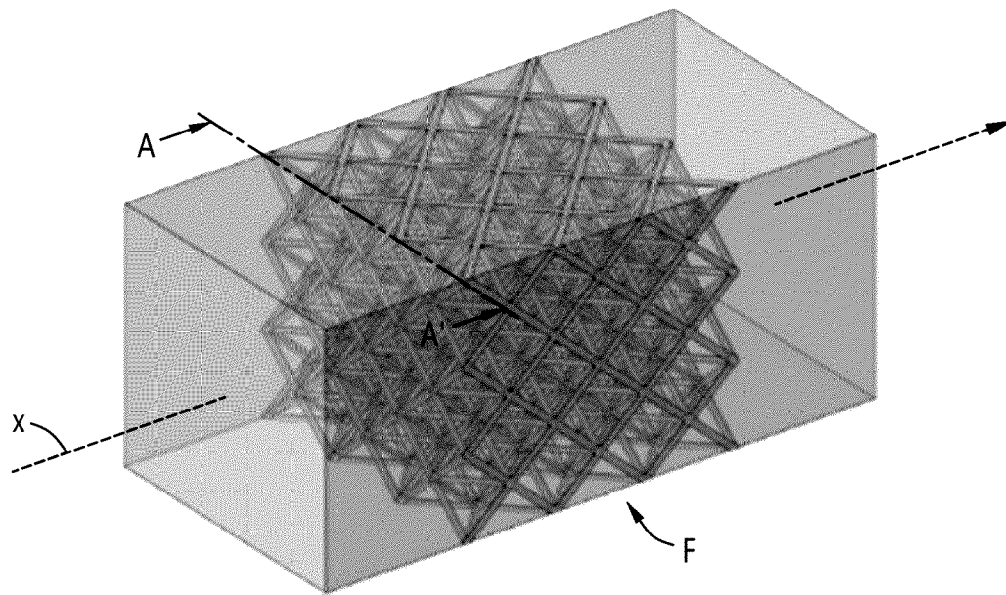


(001)

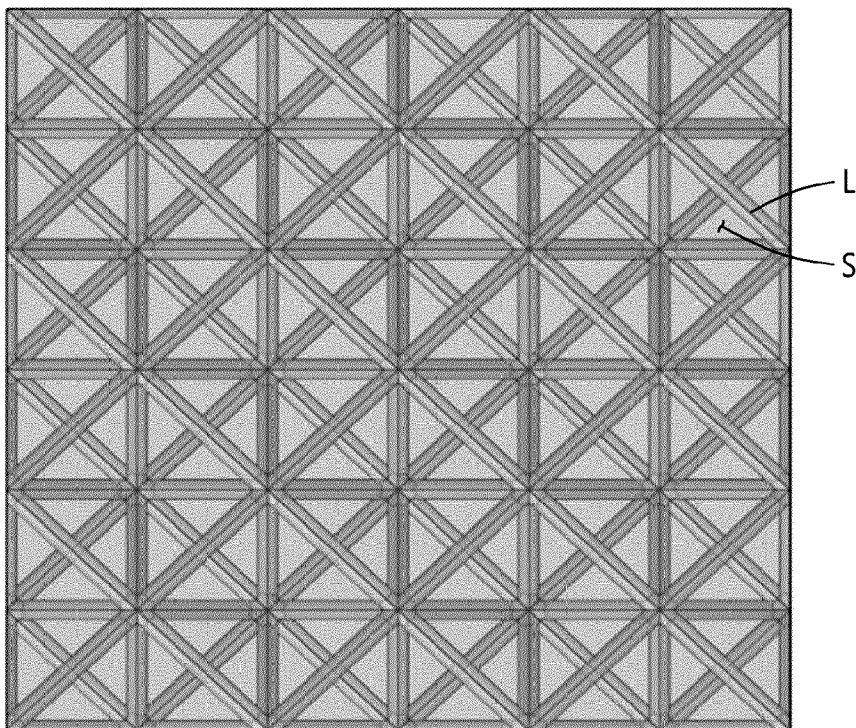


(a)

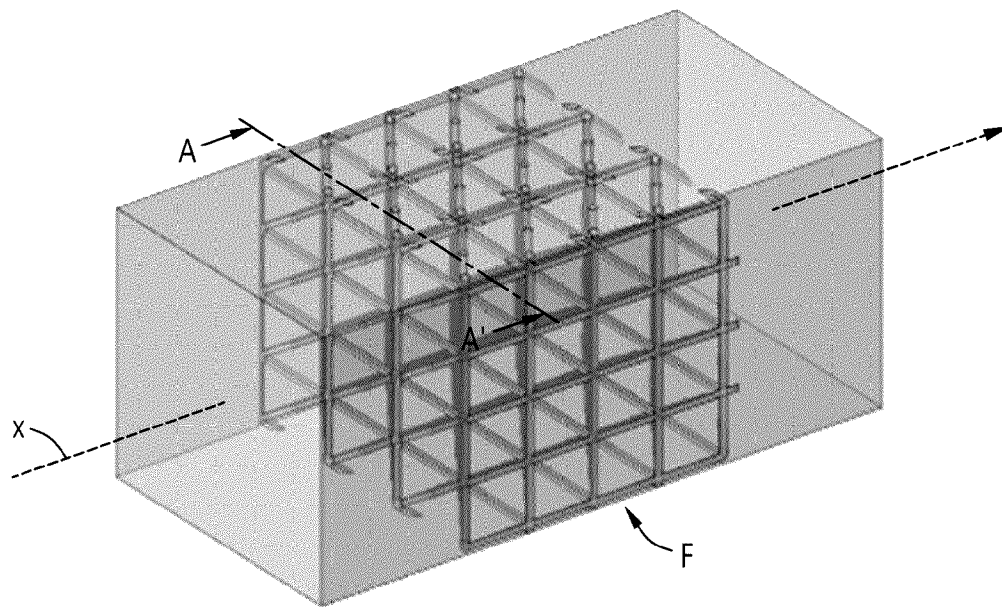
[도6a]



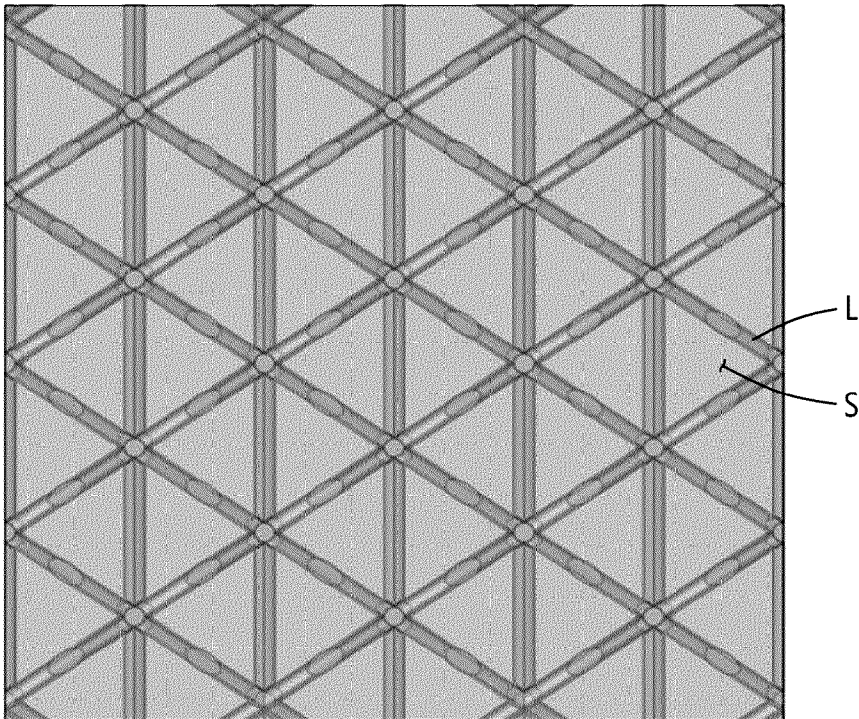
[도6b]



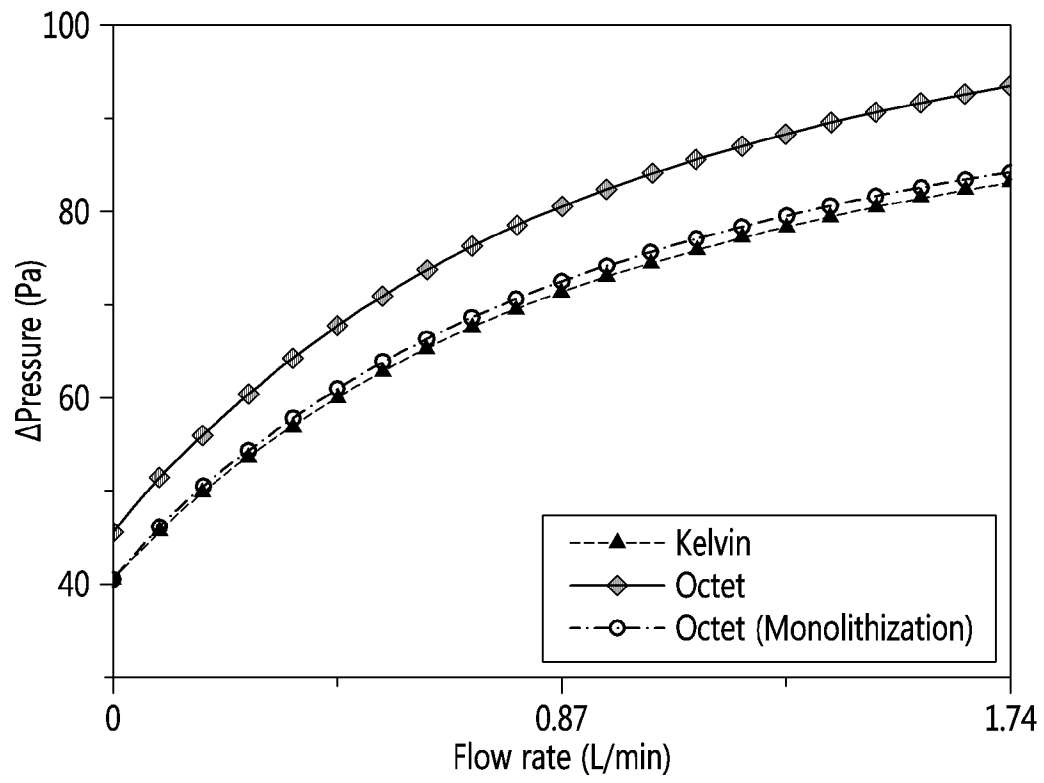
[도7a]



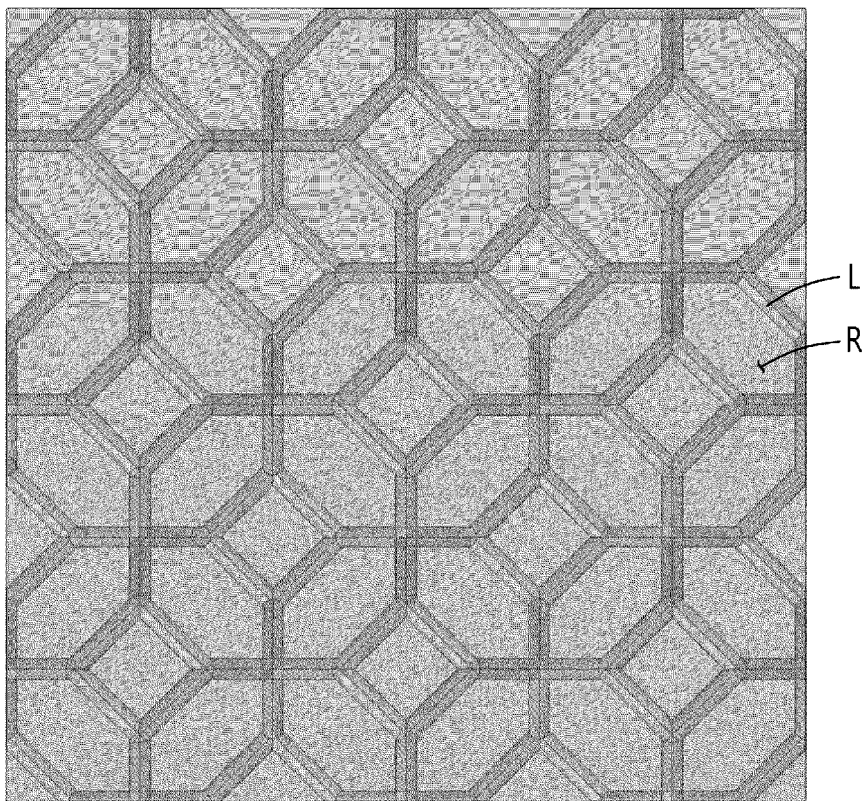
[도7b]



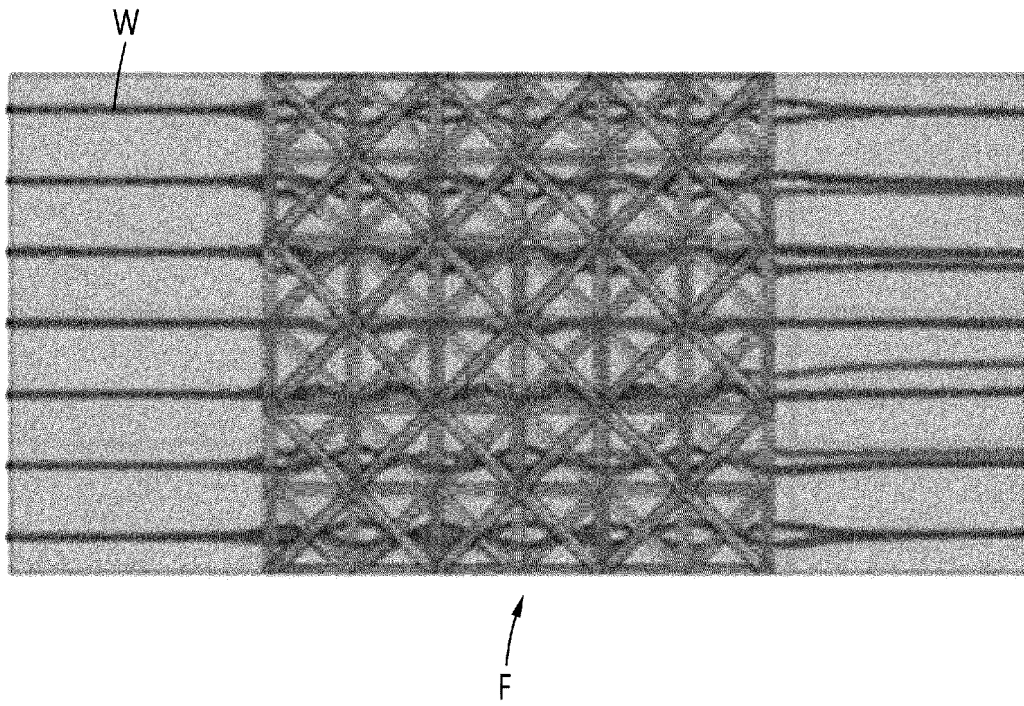
[도8]



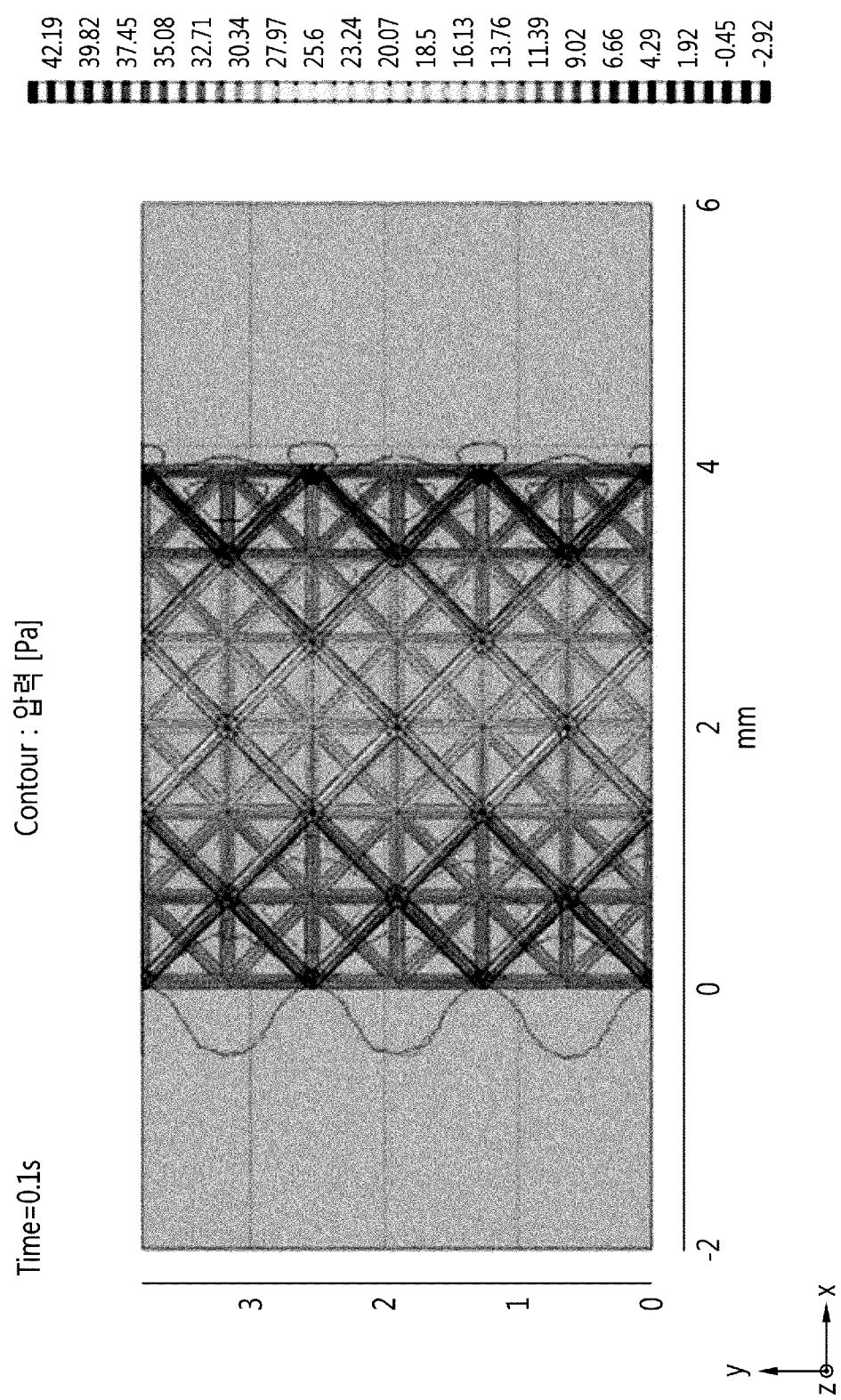
[도9]



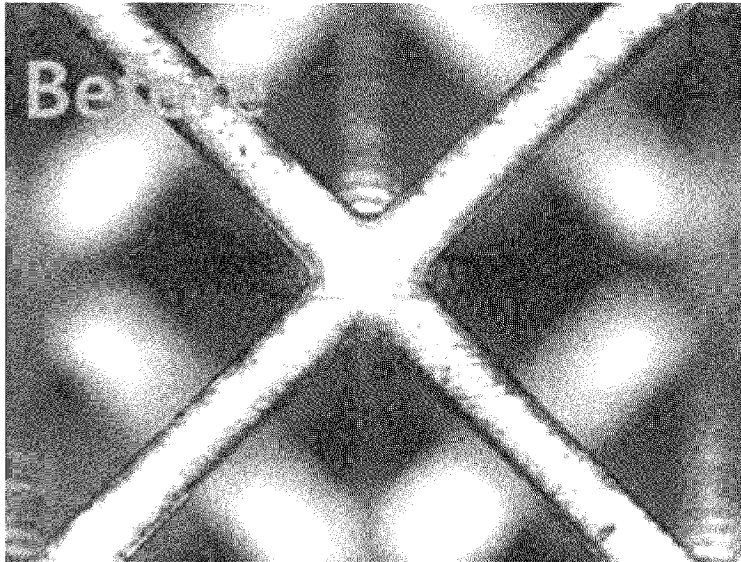
[도10]



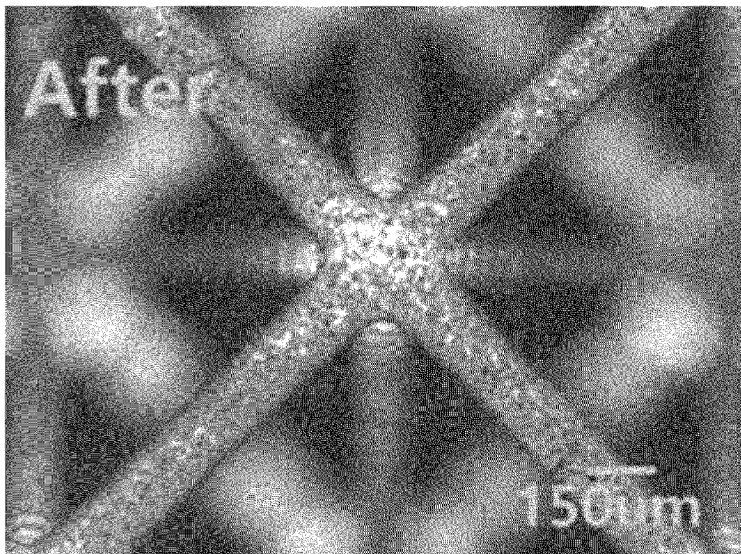
[도11]



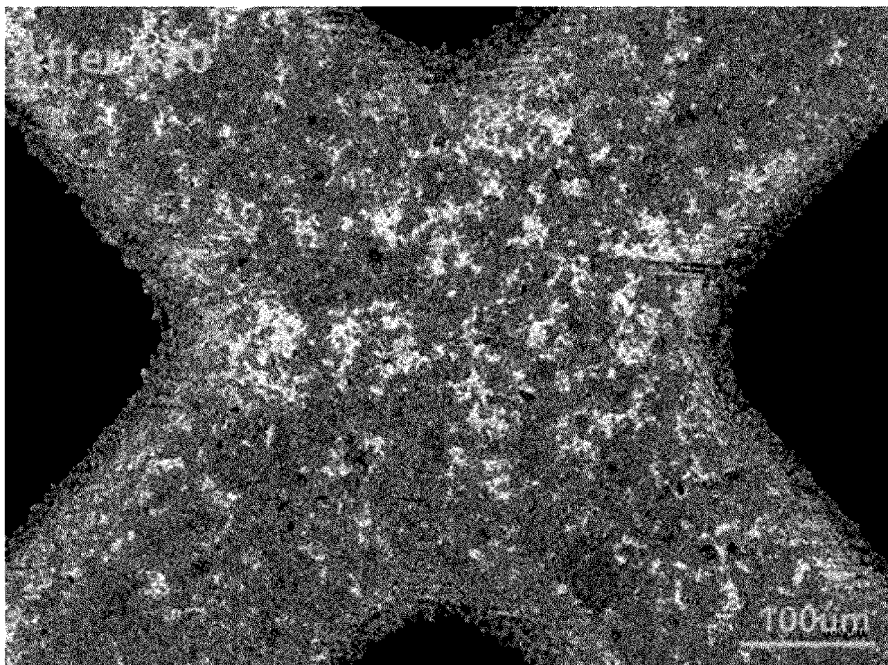
[도 12a]



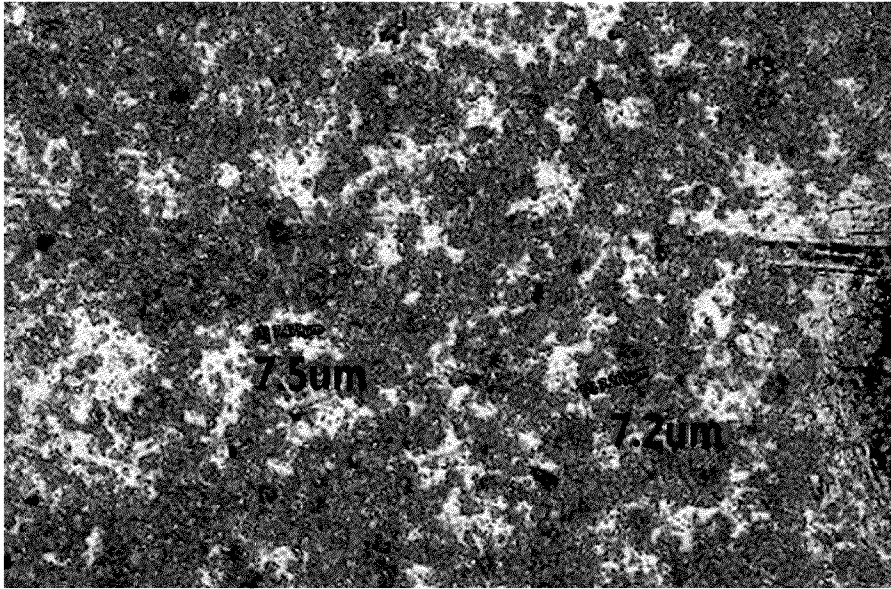
[도 12b]



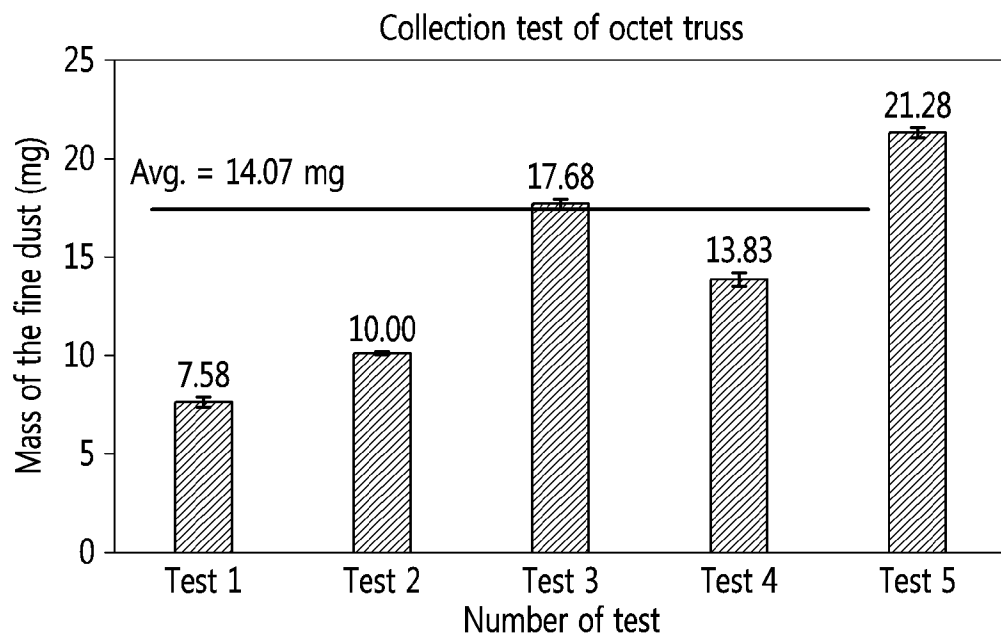
[도 12c]



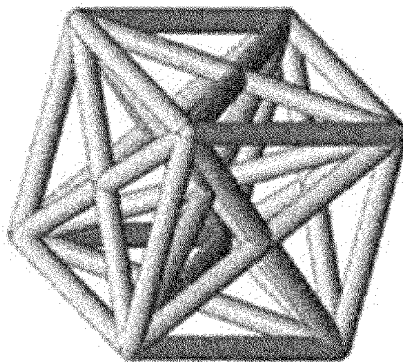
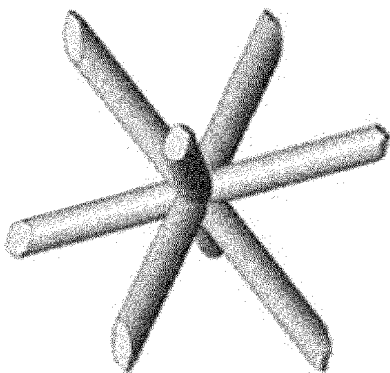
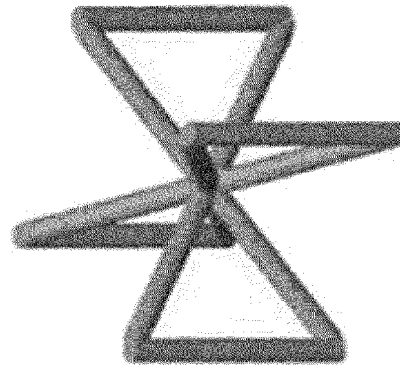
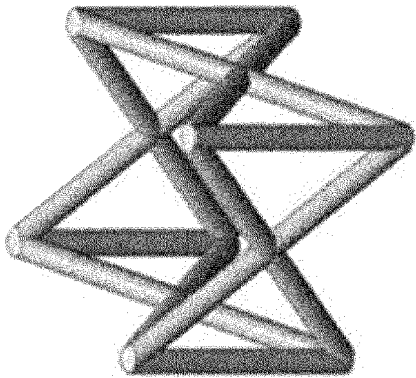
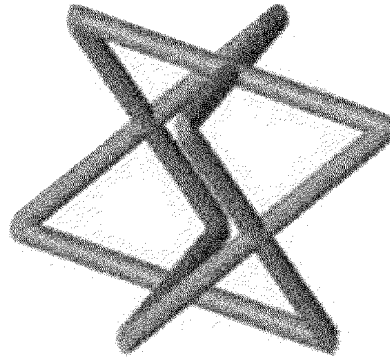
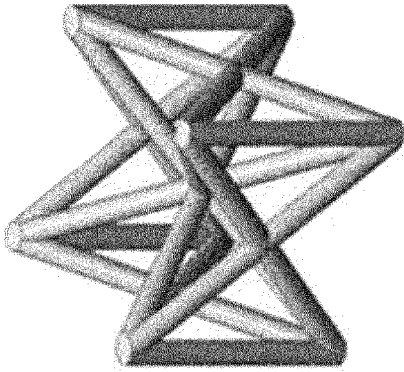
[도12d]



[도13]



[도14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/003413

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B29C 64/10**(2017.01)i; **B01D 39/14**(2006.01)i; **B33Y 80/00**(2015.01)i; **B33Y 10/00**(2015.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29C 64/10(2017.01); A61L 9/20(2006.01); B01D 11/04(2006.01); B01D 39/14(2006.01); B01D 46/00(2006.01); B01D 46/10(2006.01); B07B 13/00(2006.01); B33Y 80/00(2015.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 필터(filter), 격자(grid), 회전(rotation), 크기(size), 먼지(dust)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2018-0033250 A (ASK CHEMICALS LLC) 02 April 2018 (2018-04-02) See paragraphs [0033]-[0040]; and figures 1-4.	1-6,10
Y		7,8,11
A		9
Y	KR 10-2017-0014483 A (SEOUL VIOSYS CO., LTD.) 08 February 2017 (2017-02-08) See claims 7 and 18; paragraphs [0021], [0034], [0113] and [0114]; and figures 24 and 25.	7,8
Y	KR 10-2020-0087414 A (THE INDUSTRY & ACADEMIC COOPERATION IN CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY (IAC)) 21 July 2020 (2020-07-21) See abstract; and claim 1.	11
A	KR 10-2013-0109344 A (E&G FILTER TECH CO., LTD.) 08 October 2013 (2013-10-08) See entire document.	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 June 2022

Date of mailing of the international search report

10 June 2022

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/003413

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 8852523 B1 (ROPER, C. S.) 07 October 2014 (2014-10-07) See entire document.	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/003413

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2018-0033250	A	02 April 2018	CA	2992848	A1	26 January 2017
				CN	107848900	A	27 March 2018
				CN	107848900	B	14 May 2021
				EP	3325428	A1	30 May 2018
				EP	3325428	B1	04 September 2019
				ES	2752577	T3	06 April 2020
				HU	E046346	T2	30 March 2020
				JP	2018-528850	A	04 October 2018
				JP	6839169	B2	03 March 2021
				MX	2018000874	A	15 August 2018
				PL	3325428	T3	31 January 2020
				US	2018-0078888	A1	22 March 2018
				WO	2017-015489	A1	26 January 2017
KR	10-2017-0014483	A	08 February 2017	None			
KR	10-2020-0087414	A	21 July 2020	KR	10-2229668	B1	19 March 2021
KR	10-2013-0109344	A	08 October 2013	KR	10-1354677	B1	24 January 2014
US	8852523	B1	07 October 2014	None			

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) B29C 64/10(2017.01)i; B01D 39/14(2006.01)i; B33Y 80/00(2015.01)i; B33Y 10/00(2015.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) B29C 64/10(2017.01); A61L 9/20(2006.01); B01D 11/04(2006.01); B01D 39/14(2006.01); B01D 46/00(2006.01); B01D 46/10(2006.01); B07B 13/00(2006.01); B33Y 80/00(2015.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 필터(filter), 격자(grid), 회전(rotation), 크기(size), 먼지(dust)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2018-0033250 A (에이에스케이 케미칼스 엘엘씨) 2018.04.02 단락 [0033]-[0040]; 도면 1-4	1-6,10
Y		7,8,11
A		9
Y	KR 10-2017-0014483 A (서울바이오시스 주식회사) 2017.02.08 청구항 7, 18; 단락 [0021], [0034], [0113], [0114]; 도면 24, 25	7,8
Y	KR 10-2020-0087414 A (충남대학교산학협력단) 2020.07.21 요약; 청구항 1	11
A	KR 10-2013-0109344 A ((주)이엔지필터텍) 2013.10.08 전문	1-11
A	US 8852523 B1 (ROPER, C. S.) 2014.10.07 전문	1-11
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2022년06월10일(10.06.2022)		국제조사보고서 발송일 2022년06월10일(10.06.2022)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 허주형 전화번호 +82-42-481-5373

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2018-0033250 A	2018/04/02	CA 2992848 A1	2017/01/26
		CN 107848900 A	2018/03/27
		CN 107848900 B	2021/05/14
		EP 3325428 A1	2018/05/30
		EP 3325428 B1	2019/09/04
		ES 2752577 T3	2020/04/06
		HU E046346 T2	2020/03/30
		JP 2018-528850 A	2018/10/04
		JP 6839169 B2	2021/03/03
		MX 2018000874 A	2018/08/15
		PL 3325428 T3	2020/01/31
		US 2018-0078888 A1	2018/03/22
		WO 2017-015489 A1	2017/01/26
KR 10-2017-0014483 A	2017/02/08	없음	
KR 10-2020-0087414 A	2020/07/21	KR 10-2229668 B1	2021/03/19
KR 10-2013-0109344 A	2013/10/08	KR 10-1354677 B1	2014/01/24
US 8852523 B1	2014/10/07	없음	