



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0140550
(43) 공개일자 2013년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D06M 15/00 (2006.01) D06M 13/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0042507
(22) 출원일자 2013년04월17일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
13/523,087 2012년06월14일 미국(US)

(71) 출원인
더 보잉 컴파니
미국, 일리노이스 60606, 시카고, 100 노스 리버
사이드 플라자
(72) 발명자
월렌스키, 마크 에스.
미국, 워싱턴주 98040, 머서 아일랜드, 8446 에스
이 37 스트리트
코자르, 마이클 피.
미국, 워싱턴주 98040, 머서 아일랜드, 4105 에스
이 93 애비뉴
(74) 대리인
강철중, 김윤배

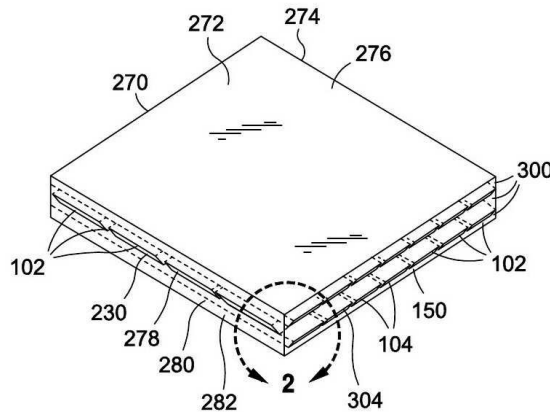
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 매트릭스가 동시에 도포되어 성형된 섬유 및 이의 제작방법

(57) 요약

복합 물품용 코팅된 섬유는 섬유 바디 및 매트릭스 레이어를 포함할 수 있다. 섬유 바디는 적어도 하나의 섬유 표면을 가질 수 있다. 매트릭스 레이어는 섬유 표면을 적어도 부분적으로 코팅할 수 있고 섬유 바디의 형성 동안에 도포될 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

적어도 하나의 섬유 표면을 가진 섬유 바디(102); 및

섬유 표면을 적어도 부분적으로 코팅하고 섬유 바디(102)의 형성 동안에 도포된 매트릭스 레이어(152)를 포함하는 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 2

제1항에 있어서,

섬유 바디(102)는 섬유 바디(102)의 길이 방향을 따라 신장되어 형성되는 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

매트릭스 레이어(152)는 섬유 바디(102) 상에서 실질적으로 균일하게 형성된 매트릭스 두께를 가진 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

매트릭스 레이어(152)는 섬유 바디(102) 상의 다른 위치들에서 다르게 형성된 매트릭스 두께를 가진 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 5

제4항에 있어서,

섬유 바디(102)는 섬유 표면 및 적어도 하나의 섬유 바디 코너(120)를 포함하는 단면 형태를 갖고;

매트릭스 레이어(152)는 섬유 바디 코너(120)에서 코너부 매트릭스 두께를 그리고 섬유 표면에서 표면 매트릭스 두께를 가지며; 그리고

코너부 매트릭스 두께는 표면 매트릭스 두께보다 적어도 약 10퍼센트 정도 더 크게 형성된 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

섬유 바디(102)는 원형, 타원형, 타원체형, 폐 반원형, 콩팥 모양, 다각형, 삼각형, 정사각형, 직사각형, 다이아몬드형, 평행사변형, 및 사다리꼴 중 적어도 하나를 포함하는 단면 형태를 가진 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 7

제6항에 있어서,

단면 형태는 적어도 약 10인 코팅된 섬유 두께에 대한 코팅된 섬유 폭의 중형비를 가진 시트형 형태를 포함하는 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 8

제7항에 있어서, 시트형 형태는 단일 방향으로 신장되거나 양 방향으로 신장되어 형성되는 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

복수의 섬유 바디들(102)이 매크로 섬유(200)를 형성토록 매트릭스 레이어(152)로 둘러싸인 복합 물품용 코팅된 섬유.

청구항 10

적어도 하나의 섬유 표면을 가진 섬유 바디(102)를 형성하는 단계; 및

매트릭스 레이어(152)를 섬유 바디(102)의 형성과 실질적으로 동시에 섬유 표면에 도포하는 단계를 포함하는 복합 물품용 코팅된 섬유를 제작하는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

매트릭스 두께가 섬유 바디(102) 상에서 실질적으로 균일하게 형성되도록 매트릭스 레이어(152)를 도포하는 단계를 더 포함하는 복합 물품용 코팅된 섬유를 제작하는 방법.

청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서,

매트릭스 두께가 섬유 바디(102) 상의 다른 위치들에서 다르게 형성되도록 매트릭스 레이어(152)를 도포하는 단계를 더 포함하는 복합 물품용 코팅된 섬유를 제작하는 방법.

청구항 13

제10항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

매트릭스를 표면 매트릭스 두께로 섬유 표면에 도포하는 단계; 및

매트릭스를 표면 매트릭스 두께보다 적어도 약 10퍼센트 정도 더 큰 코너부 매트릭스 두께로 섬유 바디(102)의 섬유 바디 코너(120)에 도포하는 단계를 더 포함하는 복합 물품용 코팅된 섬유를 제작하는 방법.

청구항 14

제10항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

각각이 적어도 하나의 섬유 표면을 가진 복수의 섬유 바디들(102)을 서로 실질적으로 동시에 형성하는 단계; 및

매크로 섬유(200)를 제작토록 매트릭스 레이어(152)를 섬유 바디들의 형성과 실질적으로 동시에 섬유 표면들에 도포하는 단계를 더 포함하는 복합 물품용 코팅된 섬유를 제작하는 방법.

청구항 15

제10항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

희생 재료를 섬유 바디의 형성 동안에 섬유 바디와 매트릭스 레이어를 둘러싸도록 도포하는 단계를 더 포함하는 복합 물품용 코팅된 섬유를 제작하는 방법.

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 복합물에 관한 것으로, 더 상세하게는 향상된 광학적 성능을 가진 섬유-강화 복합 물품들의 제작에 관한 것이다.

배경기술

[0001]

- [0002] 복합 물품들을 제작하기 위한 종래의 방법들은 복수의 섬유들을 포함한 건조 섬유 모재(dry fiber preform)를 제공하는 단계를 포함한다. 건조 섬유 모재는 복합 물품의 최종 형태와 가깝게 형성된 성형 기구 상에 위치될 수 있다. 건조 섬유 모재가 성형 기구 상에 위치된 후에, 수지가 별도로 건조 섬유 모재에 도포될 수 있다. 예를 들어, 수지 용기로부터 액상 수지가 진공압을 사용하여 건조 섬유 모재로 스며들게(infused) 될 수 있다. 열 및/또는 압력이 복합 물품을 형성하기 위하여 경화되거나 응고될 수 있도록 수지가 스며든 모재에 가해질 수 있다.
- [0003] 수지를 건조 섬유 모재에 별도로 스며들게 하는 것은 복합 물품들을 형성하기 위해 일반적으로 만족스러운 기술이지만, 이러한 방법은 전체적인 유용성을 떨어뜨리는 몇가지 단점들을 포함한다. 예를 들어, 건조 섬유 모재에 액상의 수지를 별도로 주입하는 것은 수지 용기, 수지 도관들, 유동 매체, 및 진공 장비와 같은 전문적인 장비의 사용을 필요로 한다. 전문적인 장비에 대한 필요성은 방법의 복잡성을 증가시키고 복합 물품들을 생산하기 위해 필요한 전체 비용과 시간을 증가시킨다.
- [0004] 복합 물품들을 제작하기 위한 다른 방법에서, 얇은 수지 필름들이 성형 기구 상에서 복합 적층체(layer)를 형성하도록 건조 섬유의 레이어들 사이에 도포될 수 있다. 열이 복합 적층체에 가해져 수지 필름의 점성도를 낮출 수 있고 수지가 흐르고, 혼합되며, 건조 섬유의 레이어들로 스며드는 것을 야기할 수 있다. 또한, 열 및/또는 압력이 복합 적층체의 경화 동안에 가해질 수도 있다. 얇은 수지 필름들의 사용은 수지를 건조 섬유에 제공하는 것과 관련된 복잡성을 약간 감소시킬 수 있지만, 수지 필름의 개개의 레이어들을 건조 섬유의 레이어들과 함께 위치시키는 필요성은 노동 집약적이고 많은 시간이 걸리는 방법을 야기한다.
- [0005] 복합 물품들을 제작하기 위한 종래의 방법들과 관련된 다른 단점은 특정의 단면 형태를 가진 개개의 섬유들을 제공하고자 하는 바람과 관련된 것이다. 예를 들어, 복합 물품의 광학적 성능을 향상시키기 위하여 각각의 섬유에 평평한 표면들과 비교적 날카로운 코너들을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 불행하게도, 섬유들을 제작하기 위한 종래의 방법들은 표면 에너지 효과들로 인하여 섬유들의 표면들 및 코너들의 라운딩을 야기한다. 섬유들의 라운드진 표면들 및 코너들은 복합 물품을 통과하는 빛의 광학적 왜곡을 야기할 수 있고, 이는 복합 물품의 광학적 성능을 저하시킬 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 알 수 있는 바와 같이, 수지를 복합 적층체에 도포하는 것과 관련된 시간, 비용, 및 복잡성을 제거한 복합 물품을 제작하기 위한 시스템 및 방법에 대한 당해 기술분야에서의 필요성이 존재한다. 또한, 복합 물품용 섬유들을 제작하기 위한 시스템 및 방법에 대한 당해 기술분야에서의 필요성이 존재하는데, 이때 섬유들은 평평한 표면들 및 비교적 날카로운 코너들을 갖도록 제공된다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기에서 설명된 복합물 제작과 관련된 필요성들은 실시예에서 복합 물품용 코팅된 섬유를 제공하는 본 발명에 의해 명확하게 해결되고 경감된다. 코팅된 섬유는 섬유 바디 및 매트릭스 레이어를 포함할 수 있다. 섬유 바디는 적어도 하나의 섬유 표면을 가질 수 있다. 매트릭스 레이어는 섬유 표면을 적어도 부분적으로 코팅할 수 있고 섬유 바디의 형성 동안에 도포될 수 있다.
- [0008] 또한, 복수의 섬유 바디들을 이용하여 형성될 수 있는 복합 물품이 개시되어 있다. 각각의 섬유 바디는 적어도 하나의 섬유 표면을 가질 수 있다. 매트릭스 레이어는 섬유 바디들 중 적어도 하나의 섬유 표면을 적어도 부분적으로 코팅할 수 있다. 매트릭스 레이어는 섬유 바디의 성형과 실질적으로 동시에 도포될 수 있다.
- [0009] 또한, 복합 물품용 코팅된 섬유를 제작하는 방법이 개시되어 있다. 본 방법은 적어도 하나의 섬유 표면을 가진 섬유 바디를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 본 방법은 매트릭스 레이어를 섬유 바디의 형성과 실질적으로 동시에 섬유 표면에 도포하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 다른 실시예에서, 복수의 코팅된 섬유들을 제공하는 단계를 포함할 수 있는 복합 물품을 형성하는 방법이 개시되어 있는데, 이때 각각의 코팅된 섬유는 섬유 바디의 형성 동안에 매트릭스 재료로 코팅된 섬유 바디로 구성될

수 있다. 복합 물품을 형성하는 방법은 복수의 코팅된 섬유들의 매트릭스 재료의 혼합을 야기토록 매트릭스 재료의 점성도를 감소시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 복합 물품을 형성하는 방법은 복합 물품을 형성토록 매트릭스 재료를 경화시키고/경화시키거나 굳히는 단계를 추가적으로 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 복합 물품을 로딩(loading)하는 방법이 개시되어 있다. 본 방법은 복수의 코팅된 섬유들로 형성된 복합 물품을 제공하는 단계를 포함할 수 있는데, 이때 각각의 코팅된 섬유는 섬유 바디 및 섬유 바디의 형성과 실질적으로 동시에 섬유 바디에 도포된 매트릭스 레이어를 포함한다. 복합 물품을 이용하는 방법은 복합 물품을 무하중 상태에 배치시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 복합 물품을 이용하는 방법은 복합 물품을 하중 상태에 배치시키는 단계를 추가적으로 포함할 수 있다.

[0012] 설명된 특징들, 기능들 및 이점들은 본 명세서의 다양한 실시예들에서 독립적으로 얻어질 수 있거나 다른 실시예들에서 조합될 수 있는 것으로, 이의 구체적인 내용은 다음의 상세한 설명과 아래의 도면들을 참조함에 따라 알 수 있다.

발명의 효과

[0013] 이와 같은 본 발명에 따르면, 섬유 바디와 이를 둘러싸는 매트릭스 재료를 함께 형성함에 따라, 별도의 수지 도포와 관련된 시간, 비용, 및 복잡성을 감소시킬 수 있다.

[0014] 또한, 섬유 바디를 이를 둘러싸는 매트릭스 재료와 함께 형성하는 것은 표면 에너지 효과에 의해 야기될 수 있는 표면 형상들의 라운딩을 최소화함에 따라 섬유 바디들의 크기들 및 단면 형태를 정확하게 제어하기 위한 수단을 제공할 수 있다.

[0015] 이에 따라, 섬유 바디들의 크기들 및 형태의 향상된 제어는 복합 물품의 향상된 광학 성능 및/또는 향상된 충돌 성능을 발생시킬 수 있는 복합 물품의 최종 크기들의 더 정확한 제어를 야기할 수 있다.

[0016] 그리고, 매트릭스 재료는 정확하게 조절된 매트릭스 두께를 갖도록 섬유 바디에 도포될 수 있다.

[0017] 따라서, 매트릭스 두께의 상대적인 크기들의 제어 및 섬유 바디 단면 영역의 제어는 특정의 섬유 볼륨부를 가진 복합 물품들을 형성하기 위한 더 정확한 수단을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 본 발명의 이러한 특징들 및 다른 특징들은 다음 도면들을 참조함에 따라 더 명백해질 것으로, 이때 동일한 숫자는 전체에 걸쳐 동일한 부품을 나타낸다:

도 1은 복합 패널로 구성된 복합 물품의 사시도이고;

도 2는 도 1의 복합 물품의 일부분에 대한 확대도로서 복수의 섬유 바디들이 매트릭스 재료 안에 끼워넣어진 것을 나타내며;

도 3은 도 2의 복합 물품의 측면도로서 크로스-플라이(cross-ply) 구성으로 배열된 섬유 바디들의 레이어들을 나타내고;

도 4는 섬유 바디의 형성과 동시에 도포될 수 있는 매트릭스 재료의 코팅을 가진 섬유 바디를 포함하는 코팅된 섬유의 단면도이며;

도 5는 매트릭스 재료의 가열 전의 제1 상태에 있는 도 4에 도시된 복수의 코팅된 섬유들의 단부도이고;

도 6은 다른 코팅된 섬유들의 매트릭스 재료의 가열 및 혼합 후의 제2 상태에 있는 도 4에 도시된 복수의 섬유 바디들의 단부도이며;

도 7은 코팅된 섬유들을 형성하기 위한 섬유-매트릭스 형성 장치의 실시예를 나타내는 개략도이고;

도 8은 섬유-매트릭스 형성 장치의 노즐에 대한 확대도로서 섬유 바디가 노즐로부터 인출됨에 따른 매트릭스 재료의 섬유 바디에의 도포를 나타내며;

도 9는 노즐의 단면도로서 섬유 바디 틀을 둘러싸는 매트릭스 레이어 틀을 나타내고;

- 도 10은 섬유-매트릭스 형성 장치를 사용하여 형성된 코팅된 섬유의 실시예를 나타내는 단면도로서 일반적으로 날카롭고 라운드지지 않은 구성의 섬유 바디 코너들 및 일반적으로 평평하고 라운드지지 않은 섬유 표면들을 나타내고;
- 도 11은 매트릭스 재료의 도포 없이 섬유 재료를 인출하기 위한 섬유 형성 장치의 노즐에 대한 개략도이며;
- 도 12는 도 11에 도시된 섬유 형성 장치의 노즐에 대한 단면도이고;
- 도 13은 도 12에 도시된 노즐을 사용하여 형성된 섬유에 대한 단면도로서 표면 에너지 효과에 따른 섬유의 라운드진 표면들과 라운드진 코너들을 나타내며;
- 도 14는 코팅된 섬유들을 사용하여 형성된 복합 물품을 통과하는 복수의 광선들에 대한 단면도로서 광선들의 최종적인 각도들과 경로 길이들에서의 아주 작은 차이들을 나타내고;
- 도 15는 코팅된 섬유에 대한 단면도로서, 섬유 바디 코너들에서의 매트릭스 재료는 증가된 두께로 도포되어 있으며;
- 도 16은 매트릭스 재료의 가열 전의 제1 상태에 있는 도 15에 도시된 복수의 코팅된 섬유들의 단부도이고;
- 도 17은 다른 코팅된 섬유들의 매트릭스 재료의 가열 및 혼합 후의 제2 상태에 있는 도 15에 도시된 복수의 섬유 바디들의 단부도이며;
- 도 18은 하면 매트릭스 두께와 다른 상면 매트릭스 두께를 가진 코팅된 섬유의 실시예를 나타내는 단면도이고;
- 도 19는 상면 및 하면 매트릭스 두께와 다른 측면 매트릭스 두께를 가진 코팅된 섬유의 다른 실시예를 나타내는 단면도이며;
- 도 20은 사다리꼴 단면 형태를 가진 코팅된 섬유의 실시예를 나타내는 단면도이고;
- 도 21은 삼각형 단면 형태를 가진 코팅된 섬유의 실시예를 나타내는 단면도이며;
- 도 22는 다이아몬드형 단면 형태를 가진 코팅된 섬유의 실시예를 나타내는 단면도이고;
- 도 23은 시트형 구성에 있는 코팅된 섬유의 실시예를 나타내는 단면도이며;
- 도 24는 매트릭스 재료에 의해 둘러싸여진 복수의 섬유 바디들을 가진 매크로 섬유의 실시예를 나타내는 단면도이고;
- 도 25는 매트릭스 재료의 가열 전의 제1 상태에 있는 도 24에 도시된 복수의 매크로 섬유들의 단부도이며;
- 도 26은 매트릭스 재료의 가열 및 매트릭스 재료의 혼합 후의 제2 상태에 있는 도 24에 도시된 복수의 매크로 섬유들의 단부도이고;
- 도 27은 매트릭스 재료에 의해 둘러싸여진 복수의 섬유 바디들을 가진 매크로 섬유의 다른 실시예를 나타내는 단면도로서, 이때 매크로 섬유는 평행사변형 단면 형태를 가지며;
- 도 28은 매크로 섬유의 다른 실시예를 나타내는 단면도로서, 이때 매크로 섬유 바디 코너들에서의 매트릭스 재료는 증가된 두께로 도포되고;
- 도 29는 다른 섬유 바디들과 서로 맞물리기 위한 노치부들을 구비한 섬유의 실시예를 나타내는 단면도이며;
- 도 30은 서로에 대한 평면내 맞물림을 제공토록 구성된 복수의 섬유 바디들을 가진 매크로 섬유의 실시예를 나타내는 단면도이고;
- 도 31은 다른 섬유 바디들과 서로 맞물리기 위한 노치부들을 구비한 섬유의 다른 실시예를 나타내는 단면도이며;
- 도 32는 다른 섬유 바디들과의 평면내 맞물림과 평면외 맞물림을 제공토록 구성된 도 31에 도시된 복수의 섬유 바디들을 가진 매크로 섬유의 다른 실시예를 나타내는 단면도이고;
- 도 33은 적어도 하나의 코팅된 섬유를 둘러싸는 희생 재료를 포함하는 3-구성요소 섬유를 나타내는 사시도이며;
- 도 34는 도 33에 도시된 3-구성요소 섬유의 단면도이고;

- 도 35는 희생 재료를 제거한 후의 도 34에 도시된 코팅된 섬유를 나타내는 사시도이며;
- 도 36은 코팅된 섬유의 단면도이고;
- 도 37은 3-구성요소 섬유의 다른 실시예를 나타내는 단면도로서, 이때 섬유 바디 코너들에서의 희생 재료는 증가된 두께로 도포되며;
- 도 38은 희생 재료를 제거한 후의 도 37에 도시된 코팅된 섬유를 나타내는 단면도이고;
- 도 39는 3-구성요소 섬유의 실시예를 나타내는 단면도로서, 이때 희생 재료는 매트릭스 재료로 코팅된 복수의 섬유 바디들을 포함하는 매크로 섬유를 둘러싸며;
- 도 40은 희생 재료를 제거한 후의 도 39에 도시된 매크로 섬유를 나타내는 단면도이고;
- 도 41은 3-구성요소 섬유의 실시예를 나타내는 단면도로서, 이때 희생 재료는 테이프 구성에 있는 복수의 매크로 섬유들을 둘러싸며;
- 도 42는 희생 재료를 제거한 후의 도 41에 도시된 매크로 섬유를 나타내는 단면도로서 테이프 구성에 있는 복수의 개개의 매크로 섬유들을 나타내고;
- 도 43은 코팅된 섬유를 형성하는 방법의 실시예를 나타내는 순서도이며;
- 도 44는 복합 물품을 형성하는 방법의 실시예를 나타내는 순서도이고;
- 도 45는 복합 물품을 이용하는 방법의 실시예를 나타내는 순서도이며; 그리고
- 도 46은 복합 물품을 하나 이상의 실시예들에서 포함할 수 있는 항공기를 나타내는 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이제, 도면들을 참조하면, 도면들은 본 발명의 바람직하고 다양한 실시예들을 나타내는 목적을 위한 것으로, 도 1에서 복합 패널(274)로서 구성된 복합 물품(composite article)(270)이 도시되어 있다. 복합 물품(270)은 복수의 코팅된 섬유들(100)을 사용하여 형성될 수 있다(도 4 참조). 각각의 코팅된 섬유(100)는 섬유 바디(102)를 형성하는 동안 섬유 바디(102)에 도포되는(applied) 매트릭스 재료(150)를 갖는 섬유 바디(102)를 포함할 수 있다. 바람직하게도, 섬유 바디(102)와 이를 둘러싸는 매트릭스 재료(150)를 함께 형성함에 따라, 별도의 수지 도포와 관련된 시간, 비용, 및 복잡성이 감소될 수 있다. 또한, 섬유 바디(102)를 이를 둘러싸는 매트릭스 재료(150)와 함께 형성하는 것은 아래에서 더 상세하게 설명되는 바와 같이 표면 에너지 효과에 의해 야기될 수 있는 표면 형상들의 라운딩(rounding)을 최소화함에 따라 섬유 바디들(102)의 크기들(dimensions) 및 단면 형태를 더 정확하게 제어하기 위한 수단을 제공할 수 있다.
- [0020] 바람직하게도, 섬유 바디들(102)의 크기 및 형태의 향상된 제어는 복합 물품(270)의 향상된 광학 성능(optical performance) 및/또는 향상된 충돌 성능(ballistic performance)을 발생시킬 수 있는 복합 물품(270)의 최종 크기들(예를 들어, 두께)의 더 정확한 제어를 야기할 수 있다. 매트릭스 재료(150)는 정확하게 조절된 매트릭스 두께(154)를 갖도록 섬유 바디(102)에 도포될 수 있다(도 4 참조). 매트릭스 두께(154)의 상대적인 크기들의 제어 및 섬유 바디 단면 영역(106)(도 4 참조)의 제어는 특정의 섬유 볼륨부(volume fraction)(282)를 가진 복합 물품들(270)을 형성하기 위한 더 정확한 수단을 제공할 수 있다. 매트릭스 재료(150)는 매트릭스 재료(150)의 가공성, 광학적 속성, 기계적 속성, 내구성, 내습성, 및 다른 속성들에 따라 선택될 수 있다. 섬유 재료는 아래에서 더 상세하게 설명되는 바와 같이 기계적인 성능과 광학적인 속성들에 따라 선택될 수 있다. 섬유 바디(102)는 복합 물품(270)의 요망되는 전체적인 속성들에 따라 최적화될 수 있는 하나 이상의 특정 단면 형태들(104)로 형성될 수 있다.
- [0021] 도 1에서, 복합 물품(270)은 일반적으로 평평한 패널 표면들(276)을 가진 복합 패널(274)로서 도시되어 있다. 한편, 복합 물품(270)은 폭넓게 다양한 사이즈들, 형태들, 및 구성들 중 어느 하나로 형성될 수 있되, 이로 한정되는 것은 아니고, 그리고 평평한 표면들 및/또는 혼합된 곡면들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 복합 물품(270)은 실질적으로 광학상 투명한 복합 패널(274)로 제작될 수 있되, 매트릭스 재료(150)는 실질적으로 투명한 고분자 매트릭스를 포함할 수 있고 섬유 바디들(102)은 실질적으로 투명한 섬유들을 포함할 수 있다. 한편, 복합 물품(270)은 불투명하거나 상당히 투명하지 않은 복합 물품(270)으로 형성될 수 있다.
- [0022] 도 2를 참조하면, 매트릭스 재료(150) 안에 크로스-플라이 구성(304)으로 배열된 복수의 섬유 바디들(102)을 나타내는 복합 물품(270)의 일부분이 도시되어 있다. 섬유 바디들(102)은 평행사변형 형태(230)의 단면 형태(10

4)를 갖는 것으로 도시되어 있다. 한편, 섬유 바디들(102)은 후술하는 바와 같이 다양한 다른 단면 형태들 중 어느 하나로 형성될 수 있다. 섬유 바디들(102)은 매트릭스 단면 영역(168)(도 4 참조)에 대하여 특정의 단면 영역(106)(도 4 참조)을 갖도록 형성될 수 있다. 전체 섬유 볼륨(278) 및 전체 매트릭스 볼륨(280)은 복합 물품(270)의 요망되는 섬유 볼륨부(282)에 대한 비교적 높은 정도의 제어를 발생시킬 수 있도록 비교적 엄격한 허용 오차 내로 제어될 수 있다.

[0023] 또한, 섬유 바디들(102)은 도 2에 도시된 섬유 신장 방향(126)을 따라 길게 신장될(stretched) 수 있다. 또한, 하나 이상의 섬유 바디들(102)은 도 23에 도시되고 아래에서 더 상세하게 설명되는 바와 같이 시트형 형태(sheet)(228)로 형성될 수도 있다. 시트형 형태(228)는 단일 방향을 따라 일정 방향으로 늘려질 수 있다. 또는, 시트형 형태(228)는 일반적으로 서로 수직인 방향으로 형성될 수 있는 2개의 방향들을 따라 양 방향으로 늘려질 수 있다. 단면 형태와 관계없이, 섬유 바디들(102)은 매트릭스 재료(150)를 도포하기 전에 또는 도포하는 동안에 신장될 수 있다. 섬유 바디들(102)의 신장은 동일한 재료 타입으로 형성된 신장되지 않은 섬유들의 강도에 대하여 섬유 바디들(102)의 강도를 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 섬유 바디들(102)은 폴리아미드와 같은 고분자 재료로 형성될 수 있다. 폴리아미드는 섬유 바디(102)를 형성하는 동안에 또는 섬유 바디를 형성한 후에 의도적으로 늘려질 수 있다. 섬유 바디(102)의 신장은 섬유 바디(102)의 인장 강도 및 강성을 증대시킬 수 있도록 섬유 분자들이 실질적으로 나란히 정렬되게(aligned) 되는 것을 야기할 수 있다. 복합 물품(270)의 응고되거나 경화된 매트릭스 재료(150) 안에 끼워넣어진 때에, 신장된 섬유 바디들(102)은 복합 물품(270)의 특정 성능을 향상시킬 수 있다.

[0024] 도 3은 복수의 코팅된 섬유들(100)(도 4 참조)로부터 형성된 복합 물품(270)의 단면도이다. 각각의 코팅된 섬유(100)는 매트릭스 레이어(152)(도 4 참조)와 함께 형성된 섬유 바디(102)로 구성될 수 있다. 섬유 바디들(102)은 각각 섬유 바디 상면(112) 및/또는 섬유 바디 하면(114)에 수직하지 않은 관계로 방향이 형성될 수 있는 섬유 바디 측면들(116)을 가질 수 있다. 도시된 실시예에서, 섬유 바디들(102)은 인접한 섬유 바디들(102)의 섬유 바디 측면들 사이의 갭들(306)의 크기를 최소화시키도록 나란한(side-by-side) 배열로 그리고 서로 비교적 아주 가까이에 배치될 수 있다. 섬유 바디를 형성하는 동안에 각각의 섬유 바디(102)에 매트릭스 레이어(152)를 적용 시킴에 따라, 섬유 바디의 단면 형태(104)(도 1 참조)는 비교적 직선의 또는 평면의 섬유 바디 측면들(116)과 비교적 직선의 또는 평면의 섬유 바디 상면 및 하면(112, 114)을 제공토록 더 정확하게 조절될 수 있다. 섬유 바디의 단면 형태(104)의 향상된 크기 제어(dimensional control)는 섬유 바디들(102)의 라운드진 또는 평평하지 않은 표면들 및 코너들로부터 기인하는 회절 및 굴절 효과들에 의해 야기되는 광학상 왜곡을 감소시킬 수 있다.

[0025] 또한, 섬유 바디의 단면 형태(104)(도 1 참조)의 향상된 크기 제어는 섬유 바디들(102)이 섬유 바디들(102) 사이의 갭들(306)의 크기를 최소화하도록 서로 비교적 아주 가까이에 위치되는 것을 가능케 할 수 있다. 섬유 바디 측면들(116) 사이의 갭(gap)(306) 크기를 최소화하는 것은 인접한 섬유 바디들(102) 사이의 갭들(306)을 통과하는 빛에 대한 섬유 바디들(102)을 통과하는 빛에서의 위상차(미도시)로부터 형성되는 광학상 왜곡(distortion)을 최소화할 수 있다. 또한, 섬유 바디들(102)의 향상된 크기 제어는 인접한 레이어들(300)에 있는 섬유 바디들(102)의 섬유 바디 상면(112)과 하면(114) 사이의 갭들(308)의 크기를 제어하는 능력을 향상시킬 수도 있다. 섬유 바디들(102) 사이의 갭들(306, 308)에 대한 더 정확한 제어의 효과는 복합 물품(270)의 섬유 볼륨부(282)(도 2 참조)의 더 정확한 조절일 수 있다. 섬유 볼륨부(282)에서의 증대는 복합 물품(270)의 특정 성능에서의 향상을 야기할 수 있다.

[0026] 도 4는 매트릭스 레이어(152)에 의해 둘러싸인 섬유 바디(102)를 포함하는 코팅된 섬유(100)의 단면을 나타낸다. 매트릭스 레이어(152)는 섬유 바디 표면들(110)에 실질적으로 균일한 두께로 형성될 수 있다. 한편, 매트릭스 레이어(152)는 후술하는 바와 같이 단면 형태의 다른 위치들에서 다른 두께들로 형성될 수도 있다. 도시된 실시예에서, 섬유 바디(102)는 섬유 바디 상면(112), 섬유 바디 하면(114), 및 섬유 바디 상면(112)과 하면(114)에 대하여 비수직 각도(118)로 방향이 형성된 한 쌍의 섬유 바디 측면들(116)을 포함하는 평행사변형 형태(230)(도 5 참조)를 가진다. 한편, 섬유 바디 측면들(116)은 섬유 바디 상면(112) 및/또는 섬유 바디 하면(114)에 대하여 수직하도록 방향이 형성될 수도 있다. 섬유 바디 상면(112)과 하면(114) 및 섬유 바디 측면들(116)이 실질적으로 평평한 것으로 도시되어 있지만, 섬유 바디 상면(112)과 하면(114) 및/또는 섬유 바디 측면들(116)은 약간 오목하거나 약간 볼록한 것을 포함하여 약간 곡면으로 형성될 수 있는 것으로 엄격하게 실질적으로 평면의 또는 평평한 프로파일로 한정되는 것은 아니다.

[0027] 섬유 바디(102)는 섬유 바디 폭(124)과 섬유 바디 두께(122)를 가진다. 섬유 바디 두께(122)는 약 3미크론에서 약 5,000미크론까지의 범위에 있을 수 있다. 한편, 섬유 바디(102)는 제한없이 어떠한 섬유 바디 폭(124) 또는

섬유 바디 두께(122)로 제공될 수 있다. 섬유 바디(102)는 레이어(300)(도 3 참조)에서의 섬유 바디 측면들(116) 사이의 갭들(306)의 양을 최소화하도록 바람직하게도 비교적 높은 종횡비(aspect ratio)로 형성되는 일반적으로 길쭉한 단면 형태를 갖는다. 섬유 바디(102)의 종횡비는 섬유 바디 폭(124) 대 섬유 바디 두께(122)의 비율로 정의될 수 있다. 일 실시예에서, 섬유 바디(102)가 어떠한 종횡비로 형성될 수 있음에도 불구하고 종횡비는 약 3에서 약 500까지의 범위 내에 있을 수 있다. 도 4는 평행사변형 형태(230)(도 5 참조)의 섬유 바디(102)를 도시하고 있지만, 섬유 바디(102)는 제한없이 다양한 대안적인 형태들과 구성들 중 어느 하나로 제공될 수 있다. 예를 들어, 섬유 바디(102)는 후술하는 바와 같이 사다리꼴 형태(232)(도 20 참조), 삼각형 형태(234)(도 21 참조), 다이아몬드형 형태(236)(도 22 참조)로, 또는 다른 형태들과 크기들로 제공될 수 있다.

[0028] 도 5는 예를 들어 성형 기구(미도시) 상에서의 복합 물품(270)의 최종 형태에 가까울 수 있는 레이어(300)에 배열된 복수의 코팅된 섬유들(100)을 나타내는 단부도이다. 코팅된 섬유들(100)이 매트릭스 재료(150)의 혼합(intermingling)을 야기하기 위하여 매트릭스 재료(150)의 가열 전의 제1 상태에 있는 것이 도시되어 있다. 단일 레이어(300)가 도시되어 있지만, 코팅된 섬유들(100)의 복수의 레이어들(300)이 제공될 수 있다. 코팅된 섬유들(100)의 레이어들(300)은 복합 물품(270)의 바람직한 강도 속성들을 얻기 위하여 바람직한 방향으로 위치될 수 있다. 도시된 실시예에서, 코팅된 섬유들(100)은 측면들(116) 사이의 갭들(306)의 크기를 최소화시키도록 나란한 배열로 그리고 서로 비교적 아주 가까이에 또는 서로 밀접한 접촉 상태로 배치된다. 측면들(116) 사이의 갭들(306)의 크기를 최소화하는 것은 상기에서 설명된 바와 같이 복합 물품(270)의 광학적 성질을 향상시킬 수 있다. 또한, 복합 물품(270)의 특정 강도 속성들은 섬유 볼륨부(282)(도 2 참조)를 증대시킴에 따라 향상될 수 있다. 또한, 충돌 성능은 비교적 아주 가까운 측면들(116)로 인하여 향상될 수 있어 충돌물(projectile)에 의한 복합 물품(270)의 관통을 감소시킬 수 있다.

[0029] 도 6은 매트릭스 재료(150)가 가열된 후 매트릭스 재료(150)의 점성도에서의 감소가 야기되고 동일 레이어(300)에 및/또는 다른 레이어들(300)에 있는 인접한 코팅된 섬유들(100)의 매트릭스 재료(150)의 혼합이 발생된 제2 상태에 있는 섬유 바디들(102)을 나타내는 단부도이다. 또한, 레이어들(300)의 통합(consolidation)을 위해 매트릭스 재료(150)를 가열하는 동안, 압력이 코팅된 섬유들(100)(도 4 참조)에 가해질 수도 있다. 열 및/또는 압력의 적용은 진공 백(vacuum bag) 몰딩, 오토클레이브(autoclave) 몰딩, 및 다른 복합 처리 기술들을 포함하는 하나 이상의 처리 기술들(processing techniques) 동안에 수행될 수 있다.

[0030] 도 7 및 8은 코팅된 섬유들(100)을 형성하기 위한 섬유-매트릭스 형성 장치(400)의 실시예를 나타내는 개략도들로서, 이때 비교적 낮은 점성도를 가진 매트릭스 재료(408)가 섬유 바디들(102)의 형성과 실질적으로 동시에 하나 이상의 바디들(102)에 도포될 수 있다. 섬유-매트릭스 형성 장치(400)는 섬유 재료(404) 및 매트릭스 재료(408)를 각각 수용하기 위한 섬유 재료 저장부(402) 및 매트릭스 재료 저장부(406)를 포함할 수 있다. 섬유 재료(404) 및/또는 매트릭스 재료(408)는 열가소성 재료 또는 열경화성 재료일 수 있는 고분자 재료로 구성될 수 있다. 섬유 재료(404) 및 매트릭스 재료(408)는 코팅된 섬유(100)를 형성하도록 적절한 섬유-매트릭스 형성 장치(400)에 의해 인출되거나(drawn), 압출성형되거나(extruded), 잡아늘려지거나(spun), 또는 제작될 수 있다.

[0031] 도 7 및 8에서, 섬유 재료(404) 및 매트릭스 재료(408)는 섬유 재료(404) 및 매트릭스 재료(408)가 노즐을 통하여 코팅된 섬유(100)의 형태로 압출성형되거나 인출되는 것을 가능케 할 수 있는 섬유-매트릭스 형성 장치(400)의 노즐에서 비교적 높은 온도 및/또는 비교적 낮은 점성도로 있을 수 있다. 코팅된 섬유(100)는 노즐(410)로부터 섬유 형성 방향(416)을 따라 인출될 수 있다. 코팅된 섬유(100)가 형성되고 매트릭스 레이어(152)가 도포되는 때에, 섬유 바디(102)는 섬유 신장 방향(126)을 따라(예를 들어, 섬유 바디(102)의 길이를 따라) 늘려질 수 있다. 코팅된 섬유(100)는 코팅된 섬유(100)가 노즐(410)로부터 떨어져 인출됨에 따라 냉각될 수 있다. 한편, 형성 동안에 섬유 바디(102)를 신장시키는 대신에, 섬유 바디(102)는 코팅된 섬유(100)가 형성된 후에 신장될 수도 있다.

[0032] 이러한 점에서, 코팅된 섬유(100)는 섬유 바디 크기(미도시)를 감소시킬 수 있으면서 그 안에 수용된 코팅된 섬유(100)와 섬유 바디(102)의 길이를 늘릴 수 있는 섬유 신장 장치(미도시)에서 처리될 수 있다. 예를 들어, 코팅된 섬유(100)는 스푼(spool)(미도시) 상에 감겨지고 이때 섬유 신장 장치(미도시)를 사용하여 늘려질 수 있다. 한편, 섬유 바디(102)는 다른 기술들을 사용하여 신장될 수 있는 것으로 코팅된 섬유(100)를 형성하는 동안 신장시키거나 코팅된 섬유(100)를 형성한 후에 신장시키는 것으로 한정되지 않는다. 도 7 및 8에 도시된 섬유-매트릭스 형성 장치(400)는 코팅된 섬유들(100)을 형성하기 위해 실행될 수 있는 시스템의 제한되지 않는 예로서 하나 이상의 섬유 바디들(102)을 매트릭스 재료(150)와 함께 형성하기 위한 다른 배열들을 한정하는 것으로 해석되어서는 아니 될 것이다.

- [0033] 도 7 및 8에서, 매트릭스 레이어(152)는 섬유 바디(102)가 섬유-매트릭스 형성 장치(400)으로부터 인출되거나 압출성형되는 속도에 따라 제어될 수 있는 매트릭스 도포 속도(application rate)로 섬유 바디(102)에 도포될 수 있다. 일 실시예에서, 매트릭스 레이어(152)는 요망되는 매트릭스 두께(154)(도 4 참조)가 섬유 바디(102)의 길이를 따라 상당히 균일한 방식으로 도포되도록 하는 속도로 도포될 수 있다. 도시되어 있지는 않지만, 섬유-매트릭스 형성 장치(400)는 섬유 바디(102) 및 매트릭스 레이어(152) 형성 공정의 정확한 제어를 용이하게 할 수 있는 섬유 인출 속도, 섬유 온도, 매트릭스 온도, 섬유 신장율(stretching ratio), 주위 온도, 상대 습도, 및 다른 데이터에 대하여 피드백 데이터를 포함할 수 있다.
- [0034] 도 9는 코팅된 섬유(100)(도 4 참조)가 인출되거나 압출성형되거나, 또는 형성될 수 있는 노즐(410)의 실시예를 나타내는 단면도이다. 노즐(410)은 섬유 바디(102)를 요망되는 섬유 바디 단면 형태(104)로 형성하도록 크기와 구성이 형성될 수 있는 섬유 바디 틀(die)(412)을 포함할 수 있다. 또한, 노즐(410)은 섬유 바디 틀(412)을 둘러싸도록 고리 모양으로 위치될 수 있는 매트릭스 레이어 틀(414)을 포함할 수 있다. 매트릭스 레이어 틀(414)은 섬유 바디(102)가 형성되는 때에 섬유 바디(102)를 둘러싸도록 매트릭스 레이어(152)(도 7 참조)를 요망되는 매트릭스 단면 형태(166)로 형성하는 크기와 구성으로 형성될 수 있다.
- [0035] 도 10을 참조하면, 섬유 바디(102)를 이를 둘러싸는 매트릭스 레이어(152)(도 7 참조)와 함께 형성함에 따라 생산된 코팅된 섬유(100)가 도시되어 있다. 바람직하게도, 별도의 단계에서의 복수의 섬유들의 종래의 수지 도포와 관련된 시간, 비용, 및 복잡성이 감소될 수 있다. 또한, 섬유 바디(102)가 형성되는 때에 매트릭스 레이어(152)를 섬유 바디(102)에 도포함에 따라, 섬유 바디 단면 형태(104)가 더 정확하게 제작될 수 있다. 예를 들어, 도 10에 도시된 평행사변형 형태(230)의 코팅된 섬유(100)의 경우, 섬유 바디(102)는 섬유 바디(102)가 섬유 바디 틀(412)(도 7 참조)로부터 인출되고 섬유 바디(102)가 냉각됨에 따라 섬유 바디 상면(112), 섬유 바디 하면(114), 및 섬유 바디 측면들(116)이 실질적으로 평평하게 형성되고 실질적으로 평평하게 유지되도록 제조될 수 있다.
- [0036] 또한, 섬유 바디 코너들(120)은 섬유 바디(102)와 실질적으로 유사한 형태를 가진 매트릭스 레이어(152)로 인하여 비교적 날카롭거나 라운드지지 않은 형태로 유지될 수 있다. 매트릭스 레이어(152)와 섬유 바디(102)가 실질적으로 유사한 형태를 가진 것의 효과는 예를 들어 섬유 바디 코너들(120)에서 섬유 바디(102)의 표면 에너지에 의해 만들어지는 라운딩에서의 감소이다. 섬유 바디(102)를 매트릭스 레이어(152)에 끼워넣음에 따라, 섬유 바디(102) 상에서의 표면 에너지 효과는 경감될 수 있다. 표면 에너지 효과는 섬유 바디(102)가 처음에 노즐(410)로부터 인출됨에 따라 섬유 바디(102) 재료가 비교적 높은 온도 및/또는 비교적 낮은 점성도에 있는 때에 가장 높을 수 있다. 바람직하게는, 섬유 바디(102)가 인출되는 때에 매트릭스 레이어(152)를 섬유 바디(102)에 적용시킴에 따라, 섬유 바디(102) 상에서의 표면 에너지 효과가 상당히 감소되거나 경감될 수 있다.
- [0037] 도 11을 참조하면, 매트릭스 재료(150)의 도포없이 섬유들(508)을 형성하는 것을 나타내는 섬유 형성 장치(500)의 노즐(502)에 대한 개략도가 도시되어 있다. 섬유 형성 장치(500)는 섬유 재료(미도시)를 수용하는 섬유 재료 저장부(미도시)를 포함할 수 있다. 섬유(508)는 노즐(502)에서 섬유 틀(504)로부터 인출될 수 있다. 섬유(508)는 섬유 인출 방향(506)을 따라 인출될 수 있다.
- [0038] 도 12는 노즐(502)의 단면도로서 섬유 틀(504)의 평행사변형 형태(230)(도 5 참조)를 나타낸다. 섬유 틀(504)은 비교적 날카롭거나 라운드지지 않은 내부 코너들을 갖는다. 도 13은 섬유 인출 방향(506)(도 11 참조)을 따라 섬유 틀(504)(도 11 참조)로부터 압출성형되거나 인출될 수 있는 섬유(508)의 단면을 나타내는 도면이다. 도 13에 도시된 섬유(508)의 단면 형태는 표면 에너지 효과(512)에 따라 라운드진 상면 및 하면(514, 516)과 라운드진 측면들(518)을 가진다. 상면 및 하면(514, 516)과 측면들(518)의 표면 에너지 라운딩은 섬유(508)가 처음에 섬유(508)의 냉각에 앞서 노즐(410)(도 7 참조)로부터 나오는 때에 그리고 섬유(508)가 비교적 낮은 점성도와 비교적 높은 온도를 가지는 때에 일어날 수 있다. 표면 에너지 라운딩은 섬유(508)의 코너들(520)(도 13 참조)에서 더 많이 뚜렷할 수 있다. 이러한 라운드진 코너들(520)은 섬유들(508)과 섬유들(508)이 복합 물품에 끼워넣어질 수 있는 매트릭스(미도시)의 굴절률에서의 차이로 인해 일어날 수 있는 굴절 및 회절의 광학적 왜곡 때문에 복합 물품의 저하된 광학적 성능을 야기할 수 있다. 이해될 수 있는 바와 같이, 본 발명에서 설명된 코팅된 섬유(100)(도 10 참조)는 바람직하게도 섬유들(508)이 이를 둘러싸는 매트릭스 레이어 없이 형성되는 때에 발생할 수 있는 이러한 라운드진 표면들 및/또는 라운드진 코너들의 발생을 피할 수 있다.
- [0039] 도 14는 코팅된 섬유들(100)(도 10 참조)을 사용하여 구성된 복합 물품(270)의 단면도로서 서로 비교적 아주 가까이 위치된 한 쌍의 섬유 바디들(102)을 나타낸다. 바람직하게는, 섬유 바디들(102)은 비교적 평평하거나 평면의 섬유 바디 상면 및 하면(112, 114)과 섬유 바디 측면들(116)을 가진 섬유 바디 단면 형태(104)를 갖는다.

또한, 섬유 바디 코너들(120)(도 10 참조)은 비교적 날카롭고 라운드지지 않도록 형성된다. 도 14는 복합 물품(270)을 통과하는 복수의 광선들(320)을 더 나타낸다. 광선들(320)의 최종적인 각도들(resultant angles)(324)과 경로 길이들(322)은 광선들(320)이 섬유 바디(102)의 주된 부분을 통과하는지 여부 또는 광선들(320)이 섬유 바디들(102)의 하나 이상의 측면들(116)을 통과하는지 여부에 따라 약간 다를 수 있다. 예를 들어, 제1 광선(320A)은 매트릭스 재료(150)로부터 섬유 바디(102) 안으로 지나가고 그리고 나서 섬유 바디(102)를 나가며 다시 매트릭스 재료(150) 안으로 지나갈 수 있는데, 이는 섬유 바디(102)의 굴절률에 대한 매트릭스 재료(150)의 굴절률에서의 차이로 인한 제1 광선(320A)의 측면 이동을 야기한다. 제5 광선(320E)은 매트릭스 재료(150)로부터 섬유 바디(102) 안으로 지나갈 수 있고 그리고 나서 제5 광선(320E)이 제1 광선(320A)이 섬유 바디(102)를 나간 후의 제1 광선(320A)의 최종적인 각도(324A)와 실질적으로 동등할 수 있는 최종적인 각도(324E)로 방향이 형성될 수 있도록 섬유 바디(102)를 나갈 수 있다. 또한, 제5 경로 길이(322E)는 제1 경로 길이(322A)와 실질적으로 동등할 수 있다.

[0040] 또한, 도 14는 매트릭스 재료(150)를 통과하고, 섬유 바디들(102) 중 하나의 섬유 바디 측면(116)으로 들어가며, 그리고 나서 갭(306)을 가로지르고, 섬유 바디(102)를 나가 매트릭스 재료(150)로 들어가기 전에 인접한 섬유 바디(102)의 섬유 바디 측면(116)으로 들어갈 수 있는 제3 광선(320C)을 나타낸다. 섬유 바디 측면(116)의 실질적으로 평평한 형태로 인하여, 제3 광선(320C)은 제1 광선(320A) 및 제5 광선(320E)의 최종적인 각도들(324A, 324E)에 실질적으로 동등한 최종적인 각도(324C)를 가지고 섬유 바디(102)를 나갈 수 있다. 또한, 제3 경로 길이(322C)는 제1 경로 길이(322A) 및 제5 경로 길이(322E)에 실질적으로 동등할 수 있다.

[0041] 도 14에서, 제2 및 제4 광선들(320B, 320D)은 섬유 바디들(102) 중 하나의 섬유 바디 측면들(116) 중 하나 상에 입사하는데, 이때 이것은 제2 및 제4 광선(320B, 320D)이 제1, 제3, 및 제5 광선(320A, 320C, 320E)의 최종적인 각도(324A, 324C, 324E)와 다른 최종적인 각도(324B, 324D)를 가지고 섬유 바디들(102)을 나가는 것을 야기한다. 또한, 제2 및 제4 광선(320B, 320D)이 섬유 바디 측면들(116) 중 단 하나를 통과함에 따라 제2 및 제4 광선(320B, 320D)은 제1, 제3, 및 제5 경로 길이들(322A, 322C, 322E)보다 더 긴 광학상 경로 길이들(322B, 322D)을 가질 수 있다. 최종적인 각도들(324)과 광학상 경로 길이(322)에서의 차이들이 일반적으로 광학상 왜곡을 야기함에도 불구하고, 도 14의 배열에서, 단 하나의 섬유 바디 측면(116)을 통과하는 빛의 양은 광학적 왜곡이 최소화되도록 각각의 레이어(300)에서 갭들(306)의 크기를 최소화함에 따라 그리고 갭들(306)의 양을 최소화함에 따라 비교적 작게 유지될 수 있다. 또한, 다른 섬유 바디들(102)을 통과하는 광선들(320)에 대한 최종적인 각도들(324)과 광학상 경로 길이들(322)에서의 차이들은 섬유 바디(102)와 매트릭스 레이어(152)(도 7 참조)를 함께 형성하는 동안에 섬유 바디 두께(122)(도 4 참조)를 더 정밀하게 제어함에 따라 최소화될 수 있다.

[0042] 바람직하게는, 표면 라운딩과 코너 라운딩을 방지하도록 매트릭스 레이어(152)(도 7 참조)를 도포함에 따라 섬유 바디 측면들(116)의 형태를 제어함으로써, 복합 물품(270)에서의 광학적 왜곡이 최소화될 수 있다. 또한, 레이어(300)에서 인접한 섬유 바디들(102)의 섬유 바디 측면들(116) 사이의 갭들(306)의 크기를 최소화함에 따라, 최종적인 각도들(324)의 각도 편차들에서의 차이들과 복합 물품(270)을 통과하는 광학상 경로 길이들(322)에서의 차이들은 최소화될 수 있다. 예를 들어, 본 발명은 아래에서 설명되는 실시예를 포함하는데, 이때 복수의 섬유 바디들(102)은 매크로(macro) 섬유(200)(도 24 참조)를 형성하기 위하여 섬유 바디들(102)을 둘러싸도록 동시에 도포되는 매트릭스 재료(150)와 동시에 제작(예를 들어, 인출, 압출성형 등)될 수 있다. 매크로 섬유(200)에서의 섬유 바디들(102)의 상대적인 크기, 간격, 및 정렬은 복합 물품(270)(도 3 참조) 내에서 섬유 바디들(102)(도 3 참조) 사이의 비교적 높은 정도의 정렬 및 섬유 바디들(102) 사이의 갭들(306, 308)(도 3 참조)의 크기에서의 비교적 높은 정도의 정밀성을 야기할 수 있도록 정확하게 제어될 수 있다.

[0043] 도 15는 코팅된 섬유(100)를 도시하는 것으로, 이때 매트릭스 레이어(152)는 섬유 바디 단면 형태(104)의 다른 위치들에서 다르게 형성된 매트릭스 두께(154)를 가진다. 예를 들어, 섬유 바디(102)의 코너부들(162)에서 매트릭스 레이어(152)는 평평한 섬유 바디 상면 및 하면(112, 114)을 따르는 상면 또는 하면 매트릭스 두께(156, 158)에 대하여 증가된 두께를 가진다. 일 실시예에서, 코너부 매트릭스 두께(164)가 약 10퍼센트보다 적은 정도로 표면 매트릭스 두께(156, 158)보다 클 수 있음에도 불구하고, 코너부 매트릭스 두께(164)가 적어도 약 10퍼센트만큼 상면 또는 하면 매트릭스 두께(156, 158)보다 더 클 수 있다. 코너부 매트릭스 두께(164)는 상면, 하면, 또는 측면 매트릭스 두께들(156, 158, 160)의 측정 방향과 동일한 방향(예를 들어, 표면들(112, 114, 116)에 수직한 방향)을 따라 측정될 수 있다.

[0044] 코너부 매트릭스 두께(164)에서의 증가는 코너부들(162)에서 매트릭스 레이어(152)의 표면 에너지에 의한 라운딩을 감소시킬 수 있다. 이러한 점에서, 도 4의 매트릭스 레이어의 일반적으로 날카로운 코너에 대하여 더 라운드진 형태를 가진 코너부 매트릭스 두께(164)를 매트릭스 레이어(152)에 제공함에 따라, 코너부들에서의 매트릭스

스 레이어(152)는 표면 에너지 효과로 인하여 라운딩에 덜 민감할(susceptible) 수 있다. 코너부들(162)에서 매트릭스 레이어(152)의 표면 에너지 라운딩을 감소시키는 것은 섬유 바디 코너(152)의 표면 에너지에 의해 만들어지는 라운딩을 감소시킬 수 있다. 도 14에 도시된 코팅된 섬유(100)가 도 4에 도시된 코팅된 섬유(100)에 대하여 증가된 코너부 매트릭스 두께(164)를 포함함에도 불구하고, 도 14에 도시된 코팅된 섬유(100)에 대한 매트릭스 레이어(152)의 전체 단면 영역은 요망되는 섬유 볼륨부(282)(도 2 참조)가 복합 물품(270)에서 얻어지도록 하는 양으로 제공될 수 있다.

[0045] 도 16은 상면, 하면, 또는 측면 매트릭스 두께들(156, 158, 160)(도 15 참조)에 대한 증가된 코너부 매트릭스 두께들(164)을 가진 복수의 코팅된 섬유들(100)(도 10 참조)을 나타내는 단부도이다. 코팅된 섬유들(100)은 서로 접촉하는 관계로 위치될 수 있다.

[0046] 도 17은 다른 코팅된 섬유들(100)의 매트릭스 재료(150)의 가열 및 혼합 후의 제2 상태에 있는 섬유 바디들(102)을 나타낸다. 압력이 복합 물품(270)의 복수의 레이어들(300)의 통합에 도움이 되도록 매트릭스 재료(150)의 가열과 동시에 가해질 수 있다. 열 및/또는 압력이 가해질 수 있고 그리고나서 매트릭스 재료(150)는 복합 물품(270)을 형성토록 경화되거나 응고될 수 있다.

[0047] 도 18 및 19는 코팅된 섬유(100)의 다른 실시예들로서, 이때 매트릭스 레이어(152)는 섬유 바디 단면 형태(104)의 다른 위치들에서 다르게 형성된 매트릭스 두께(154)를 갖는다. 예를 들어, 도 18은 코팅된 섬유(100)의 실시예를 나타내는데, 이때 측면 매트릭스 두께들(154)은 실질적으로 동등하고 상면 매트릭스 두께(156)는 하면 매트릭스 두께(158)보다 작게 형성된다. 도 19는 코팅된 섬유(100)의 실시예를 나타내는데, 이때 측면 매트릭스 두께들(160)은 각각 상면 및 하면 매트릭스 두께(156, 158)보다 작게 형성된다.

[0048] 도 20 내지 22는 코팅된 섬유(100)의 다른 형태들을 나타낸다. 도 20은 실질적으로 평평한 섬유 바디 상면 및 하면(112, 114)이 서로 실질적으로 평행하게 형성된 코팅된 섬유(100)의 사다리꼴(232) 형태를 나타낸다. 섬유 바디 측면들(116)은 서로 평행하지 않은 관계로 방향이 형성된다. 도 20에 도시된 섬유 바디(102)의 사다리꼴(232) 단면 형태는 복합 물품(270)(도 1 참조)을 위해 향상된 광학적 성능을 발생시킬 수 있는 비교적 높은 중량비로 제공될 수 있다.

[0049] 도 21은 섬유 바디 하면(114)과 한 쌍의 섬유 바디 측면들(116)을 가진 섬유 바디(102)를 포함하는 코팅된 섬유(100)의 삼각형 형태(234)를 나타낸다. 바람직하게는, 삼각형 형태(234)의 섬유 바디(102)의 중량비는 광학적 왜곡들을 최소화하기 위하여 크게 형성된다. 삼각형 형태(234)의 섬유 바디(102)는 복합 물품(270)(도 1 참조)을 적층하는(layering up) 때에 서로에 대한 섬유 바디들(102)의 정합(registration) 또는 정렬(alignment)을 용이하게 할 수 있다. 예를 들어, 삼각형 형태(234)의 섬유 바디들(102)의 레이어(300)(미도시)는 직립(upright) 방향으로 그리고 서로에 대하여 나란한 관계로 배열될 수 있다. 다음, 뒤집힌(미도시) 삼각형 형태(234)의 섬유 바디들(102)의 레이어(300)가 섬유 바디들(102)의 하나 이상의 2중 레이어들(미도시)을 형성하도록 직립의 삼각형 형태(234)의 섬유 바디들(102) 사이에 안착될(nested) 수 있다. 매트릭스 재료(150)는 복합 물품(270)을 형성하도록 가열되고 경화되거나 응고될 수 있다.

[0050] 도 22는 2쌍의 섬유 바디 측면들(116)을 가진 코팅된 섬유(100) 및 섬유 바디(102)의 다이아몬드형 형태(236)의 단면 형태(104)를 나타낸다. 복수의 다이아몬드형 형태(236)의 섬유 바디들(102)은 레이어들(300)(미도시)에 배열될 수 있다. 섬유 바디들(102)은 복합 물품(270)(도 1 참조)의 광학적 성능을 향상시키고/향상시키거나 섬유 볼륨부(282)(도 1 참조)를 증대시키도록 섬유 바디 측면들(116)이 서로에 대하여 비교적 아주 가까이에 있도록 위치될 수 있다.

[0051] 도 23은 시트형 형태(228)의 단면 형태(104)에서의 코팅된 섬유(100) 및 섬유 바디(102)의 실시예를 나타낸다. 시트형 형태(228)는 코팅된 섬유 두께(130)에 대한 코팅된 섬유 폭(128)의 비교적 높은 중량비로 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 시트형 형태(228)는 적어도 약 10인 코팅된 섬유 두께(130)에 대한 코팅된 섬유 폭(128)의 중량비를 가질 수 있다. 코팅된 섬유(100)를 시트형 형태(228)의 구성으로 형성함에 따라, 복합 물품(270)(도 1 참조)을 형성하기 위하여 필요한 코팅된 섬유들(100)의 전체 양이 감소될 수 있고, 이것은 복합 물품(270)을 적층하기 위하여 필요한 시간의 양을 감소시킬 수 있다.

[0052] 본 발명은 섬유 바디들(102)을 평행사변형 형태(230), 사다리꼴 형태(232)(도 20 참조), 삼각형 형태(234)(도 21 참조), 다이아몬드형 형태(236)(도 22 참조), 및 시트형 형태(228)의 구성으로 나타내고 있지만, 섬유 바디들(102)은 다양한 다른 형태들 및 구성들 중 어느 하나로 형성될 수 있는 것으로 도면들에 도시되어 있는 것으로 한정되지 않는다. 일 실시예에서, 섬유 바디들(102)은 복합 물품(270)의 광학적 성능을 향상시키도록 복합

물품(270)(도 1 참조)의 섬유 바디 상면 및/또는 하면(112, 114)(도 20 참조)에 대하여 수직하지 않게 그리고/또는 물품 표면(272)(도 1 참조)에 대하여 수직하지 않게 방향이 형성된 섬유 바디 측면들(116)을 가질 수 있다. 한편, 섬유 바디들(102)은 복합 물품(270)의 표면들에 대하여 수직하게 방향이 형성된 표면들을 가진 단면 형태들로 제공될 수도 있다. 예를 들어, 섬유 바디들(102)은 직사각형 형태, 정사각형 형태, 또는 하나 이상의 물품 표면들(272)에 실질적으로 수직한 측면들을 가진 다른 형태들로 제공될 수 있다. 또한, 섬유 바디들(102)은 적어도 부분적으로 라운드진 섬유 바디 단면 형태(104)를 가질 수 있다. 예를 들어, 섬유 바디 단면 형태(104)는 원형, 타원형, 타원체형(ellipsoid), 폐(closed) 반원형, 콩팥(kidney) 모양, 및 다른 형태들을 포함할 수 있다.

[0053] 도 24는 매트릭스 재료(150)에 의해 둘러싸여진 복수의 섬유 바디들(102)을 가진 매크로 섬유(200)의 실시예를 나타낸다. 매크로 섬유(200)는 복수의 섬유 바디들(102)을 인출하거나 압출성형하고 동시에 섬유 바디들(102)에 매트릭스 재료(150)를 도포함에 따라 형성될 수 있다. 매크로 섬유(200)는 복합 물품(270)(도 17 참조)에서 섬유 바디들(102)을 나란하게 정렬시키는 데에 비교적 높은 정도의 정확도를 발생시킬 수 있는 매크로 섬유(200)에서의 섬유 바디들(102)의 상대적인 크기, 간격, 및 정렬을 제어하기 위한 수단을 제공할 수 있다. 일 실시예에서, 매크로 섬유(200)에서의 섬유 바디들(102) 중 적어도 일부는 서로 일반적으로 수직으로 및/또는 수평으로 정렬될 수 있고 또는 섬유 바디들(102)은 서로에 대하여 균일하게 엇갈리게 배치될(staggered) 수 있다. 매크로 섬유(200)에서, 섬유 바디들(102)은 섬유 바디 상면(112)과 하면(114) 사이에 갭들(308)을 가진 복수의 레이어들(300)로 배열될 수 있다. 각각의 레이어(300) 안에서의 섬유 바디들(102)은 복합 물품(270)의 섬유 볼륨부(282)를 최대화하기 위하여 섬유 바디 측면들(116) 사이에 비교적 작은 갭들(306)을 갖도록 위치될 수 있다.

[0054] 도 25는 매트릭스 재료(150)의 가열 및 혼합 전의 제1 상태에 있는 복수의 매크로 섬유들(200)을 나타낸다. 매크로 섬유들(200)은 하나 이상의 레이어들(300)로 배열될 수 있다. 레이어들(300)에서의 섬유 바디들(102)이 동일한 방향을 향하는 것으로 도시되어 있지만, 하나의 레이어(300)에서의 섬유 바디들(102)은 적어도 다른 하나의 레이어(300)에서의 섬유 바디들(102)과 다른 방향을 향하도록 형성될 수 있다.

[0055] 도 26은 매트릭스 재료(150)의 점성도에서의 감소를 야기할 수 있고 다른 매크로 섬유들(200)의 매트릭스 재료(150)의 혼합을 용이하게 할 수 있는 매트릭스 재료(150)(도 25 참조)의 가열 다음의 제2 상태에 있는 매크로 섬유들(200)(도 25 참조)을 나타낸다. 바람직하게는, 특정의 정렬들 및/또는 방향들에 있는 복수의 섬유 바디들(102)을 갖도록 매크로 섬유(200)를 형성함에 따라, 최종 복합 물품(270) 안에서의 섬유 바디들(102)의 정렬 및 방향이 복합 물품(270)의 광학적 성능을 향상시킬 수 있도록 더 정확하게 제어될 수 있다.

[0056] 도 27은 평행사변형 형태(230)의 매크로 섬유 단면 형태(202)를 가진 매크로 섬유(200)의 실시예를 나타내는 도면이다. 매크로 섬유(200)는 매크로 섬유 두께(208)와 매크로 섬유 폭(210)을 가진다. 매크로 섬유(200)를 특정의 단면 형태(202)로 제공함에 따라, 복합 물품(270)(도 1 참조)의 성능이 향상될 수 있다. 예를 들어, 매크로 섬유 측면들(204)을 겹치게 하는 것은 충돌 사고 동안에 인접한 섬유 바디들(102)이 어느 정도 결합하는 것을 용이하게 할 수 있고, 이것은 충돌물을 감속시키는 데에 있어서 섬유 바디들(102)의 축적된 에너지 흡수 능력을 향상시킬 수 있다. 매크로 섬유(200)는 다양한 다른 단면 형태들 중 어느 하나로 제공될 수 있다. 예를 들어, 매크로 섬유 단면 형태(202)는 원형, 타원형, 타원체형, 폐 반원형, 콩팥 모양, 다각형, 삼각형, 정사각형, 직사각형, 다이아몬드형, 평행사변형, 사다리꼴 또는 다양한 다른 매크로 섬유 단면 형태들(202) 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 또한, 매크로 섬유(200)는 복합 물품(270)의 바람직한 섬유 볼륨부(282)(도 1 참조)를 얻도록 특정 양의 매트릭스 재료(150)를 제공하는 단면 영역으로 제공될 수 있다. 또한, 매크로 섬유(200)는 서로 나란하게 정렬되고 매트릭스 재료(150)에 의해 둘러싸인 나란한 섬유 바디들(102)로 형성된 단일 레이어(미도시)를 가진 실시예로 제공될 수 있다.

[0057] 도 28에 매크로 섬유(200)의 실시예가 도시되어 있는데, 이때 매크로 섬유 코너들(206)에서의 매트릭스 재료(150)는 증가된 두께로 갖는다. 매크로 섬유 코너들(206)의 증가된 두께는 상기한 바와 같이 표면 에너지 효과들로 인한 섬유 바디 코너들(120)의 라운딩을 방지할 수 있다.

[0058] 도 29 및 30은 섬유 바디 상면, 하면, 및 측면들(112, 114, 116)을 갖고 다른 섬유 바디들(102)을 안착시키거나 이들과 맞물리기 위한 노치부들(notch regions)(238)을 가진 섬유 바디들(102)을 나타낸다. 도 29의 실시예에서, 섬유 바디(102)는 노치부들(238) 및 노치부들(238)에 인접한 하나 이상의 측면부들(240)을 가진 것으로 도시되어 있다. 노치부(238)에서 섬유 바디(120)는 측면부들(240)에서의 두께보다 작은 두께를 가질 수 있다. 노치부(238)는 노치부(238)의 수평 부분에 대하여 실질적으로 수직하게 방향이 형성된 것으로 도시된 노치 측면들(242)에 의해 형성될 수 있다.

- [0059] 도 30은 복수의 섬유 바디들(102)이 매크로 섬유(200) 안에서 나란한 관계로 위치되고 레이어들(300)에 배열된 평행사변형 형태(230)의 매크로 섬유(200)를 나타낸다. 매크로 섬유(200)는 적어도 하나의 레이어(300)의 적어도 하나의 섬유 바디(102)가 레이어들(300) 중 인접한 것의 적어도 하나의 섬유 바디(102)의 노치부(238) 안에 끼워질 수 있도록 구성될 수 있다. 노치부들(238)은 섬유 바디들(102) 중 적어도 일부가 하나에 기계적으로 결합될 수 있도록 섬유 바디들(102)의 평면내(in-plane) 맞물림(interlocking)(246)을 용이하게 할 수 있다. 충돌 사고 동안에, 섬유 바디들(102)의 기계적인 결합은 섬유 바디들(102)의 에너지 흡수 능력을 증가시킬 수 있고 충돌물을 감속시키는 데 있어서의 복합 물품의 능력을 향상시킬 수 있는 충돌 사고에 관련될 수 있는 섬유 바디들(102)의 양을 증가시킬 수 있다.
- [0060] 도 31 및 32는 섬유 바디 상면과 하면(112, 114) 중 적어도 하나에 수직하지 않은 관계로 방향이 형성된 측벽들에 의해 형성된 노치부들(238)을 가진 섬유 바디들(102)의 다른 실시예를 나타낸다. 측벽들의 수직하지 않은 방향은 인접한 섬유 바디들(102)과의 면내 맞물림(246)(도 32 참조)과 면외(out-of-plane) 맞물림(248)(도 32 참조)의 조합을 제공할 수 있다. 증가된 맞물림은 충돌 사고 동안에서의 섬유 바디들(102)의 에너지 흡수 능력을 증대시킬 수 있는 섬유 바디들(102)의 기계적인 결합을 증가시킬 수 있다.
- [0061] 여기에 개시되어 있는 실시예들에서, 섬유 바디들(102)은 어떠한 열가소성 재료와 어떠한 열경화성 재료를 포함하는 어떠한 적절한 유기 또는 무기 고분자 재료로 형성될 수 있되, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 섬유 바디들(102)은 아크릴, 탄화플루오르(fluorocarbons), 폴리아미드(나일론), 폴리에틸렌, 폴리에스테르, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트, 폴리우레탄, 폴리에테르에테르케톤(polyetheretherketone), 폴리에테르케톤케톤(polyetherketoneketone), 폴리에테르이미드(polyetherimides), 신장된 폴리머(stretched polymers) 및 어떠한 적절한 열가소성 재료 중 적어도 하나를 포함하는 열가소성 재료로 형성될 수 있다. 또한, 섬유 바디들(102)은 폴리아미드, 페놀(phenolics), 폴리이미드, 비스말레이미드(bismaleimides), 폴리에스테르, 에폭시, 실세스퀴옥산(silsesquioxanes) 및 어떠한 다른 적절한 열경화성 재료 중 어느 하나를 포함할 수 있는 열경화성 재료로 형성될 수 있다. 또한, 섬유 바디들(102)은 탄소, 탄화규소, 붕소, 또는 다른 무기 재료를 포함하는 무기 재료로 형성될 수 있다. 또한, 섬유 바디들(102)은 E-유리(붕규산 알루미늄(alumino-borosilicate) 유리), S-유리(규산 알루미늄 유리), 순수한(pure) 이산화규소, 붕규산염 유리, 광학 유리, 및 어떠한 다른 유리 재료를 포함하는 유리 재료로 형성될 수 있되, 이에 한정되는 것은 아니다. 일 실시예에서, 섬유 바디들(102)은 금속 재료로 형성될 수 있다. 섬유 바디들(102)이 신장되는 실시예들의 경우, 섬유 바디들(102)은 열가소성 재료로 형성될 수 있다.
- [0062] 여기에 개시되어 있는 실시예들에서, 매트릭스 재료(150)는 섬유 바디들(102)이 형성될 수 있는 상기에서 언급된 열가소성 또는 열경화성 재료들 중 어떤 것을 포함하는 어떠한 적절한 열가소성 재료 또는 열경화성 재료를 포함할 수 있되, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 여기에 개시되어 있는 실시예들에서, 매트릭스 재료(150)는 어떠한 적절한 금속 재료 및/또는 유리 재료를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 매트릭스 재료(150) 및/또는 섬유 바디들(102)은 실질적으로 광학상 투명한 재료로 형성될 수 있다. 한편, 매트릭스 재료(150) 및/또는 섬유 바디들(102)은 상당히 불투명한 재료 또는 상당히 투명하지 않은 재료로 형성될 수도 있다. 또한, 매트릭스 재료(150)는 섬유 바디(102)의 고분자 재료와 다른 고분자 재료로 구성될 수 있다. 한편, 매트릭스 재료(150) 및 섬유 바디들(102)은 실질적으로 동일하거나 유사한 고분자 재료로 형성될 수도 있다. 섬유 바디들(102)은 매트릭스 재료(150)보다 높은 분자량을 선택적으로 가질 수 있다. 섬유 바디들(102)의 높은 분자량은 복합 물품(270)의 강도 속성들과 충돌 성능을 향상시킬 수 있다. 매트릭스 재료(150)의 더 낮은 분자량은 복합 물품(270)이 섬유 바디들(102)의 요망되는 형태와 속성들에 영향을 미치지 않으면서 처리되는 것을 가능케 할 수 있다. 매트릭스 재료(150)와 섬유 바디들(102)을 동일한 재료로 형성함에 따라, 매트릭스 재료(150) 및 섬유 바디들(102) 재료는 매트릭스 재료(150)와 섬유 바디들(102)이 다른 재료들로 형성되는 배열에 대하여 복합 물품(270)의 광학적 성능을 향상시킬 수 있는 실질적으로 동등한 굴절률들 및/또는 굴절률의 온도 계수들을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 섬유 바디들(102) 및/또는 매트릭스 재료(150)는 바람직하게 높은 탄성 계수로 인하여 극히 높은 분자량을 가진 폴리에틸렌과 같은 폴리에틸렌으로 형성될 수 있다.
- [0063] 도 33 내지 36에, 3-구성요소(tri-component) 섬유(250) 실시예에서 실행되는 코팅된 섬유(100)의 실시예가 도시되어 있다. 3-구성요소 섬유(250)는 매트릭스 재료(150)로 코팅된 적어도 하나의 섬유 바디(102)를 함유하거나 둘러싸는 희생 재료(sacrificial material)(252)를 포함할 수 있다. 희생 재료(252)는 섬유 바디(102) 및/또는 매트릭스 재료(150)가 형성되는 재료와 다를 수 있다. 도 33은 길이를 따라 연장형성된 희생 재료(252)를 가진 3-구성요소 섬유(250)를 나타내는 사시도이다. 도 34는 일반적으로 라운드지거나 원형의 단면 형태를 가진 3-구성요소 섬유(250)의 단면도로서 평행사변형 형태(230)를 가진 코팅된 섬유(100)를 나타낸다. 일

실시예에서, 희생 재료(252)는 섬유 바디(102) 및 매트릭스 레이어(152)의 형성과 동시에 매트릭스 레이어(152)에 도포될 수 있다.

[0064] 도 35는 희생 재료(252)(도 33 참조)가 제거된 후의 코팅된 섬유(100)를 나타내는 사시도이다. 희생 재료(252)는 코팅된 섬유(100)의 형성 후에 씻겨지거나 제거될 수 있는 일반적인 용해성 재료를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 희생 재료(252)는 물에 또는 용매에 용해가능할 수 있고 또는 희생 재료(252)는 다른 화학 수단에 의하거나 기계적인 수단에 의해 제거될 수 있다. 바람직하게는, 희생 재료(252)는 프로세싱 동안 섬유 바디 표면들과 코너의 라운딩을 최소화하고 섬유 바디(102)의 다른 왜곡들을 방지함으로써 형성 동안 섬유 바디(102)의 크기 제어를 향상시킬 수 있다. 도 36은 코팅된 섬유(100)의 평행사변형 형태(230)의 단면 형태를 나타낸다. 한편, 코팅된 섬유(100)는 제한없이 어떠한 형태 또는 구성의 3-구성요소 섬유(250)(도 33 참조)로 형성될 수도 있다. 희생 재료(252)가 제조의 용이성을 위해 일반적으로 라운드진 형태를 갖는 것으로 도시되어 있지만, 희생 재료(252)는 다른 형태들로 제공될 수 있다.

[0065] 도 37은 코팅된 섬유(100)의 단면 형태와 가까운 형태를 가진 3-구성요소 섬유(250)의 단면도이다. 또한, 3-구성요소 섬유(250)는 섬유 바디 코너들(120)에서 희생 재료(252)의 증가된 두께를 가진다. 도시된 실시예는 용해되거나 씻겨나가는 재료의 양을 감소시킬 수 있는 것으로, 이는 재료를 절약하고 비용을 감소시킬 수 있다. 섬유 바디 코너들(120)에서의 희생 재료(252)(도 33 참조)의 증가된 두께는 상기에서 설명된 바와 같이 표면 에너지 왜곡들을 감소시킬 수 있다. 도 38은 희생 재료(252)를 제거한 후의 코팅된 섬유(100)를 나타내는 단면도이다.

[0066] 도 39는 매트릭스 재료(150)에 의해 둘러싸인 복수의 섬유 바디들(102)을 가진 3-구성요소 섬유(250)를 나타내는 단면도로서 이는 도 27에 도시된 매크로 섬유(200) 실시예와 유사하다. 도 39에 도시된 3-구성요소 섬유(250)의 희생 재료(252)는 복합 물품(270)에서 섬유 바디들(102)의 향상된 정렬을 야기할 수 있도록 섬유 바디(102)의 기하학적 구조를 보존할 수 있고 섬유 바디들(102)의 정렬을 유지시킬 수 있다. 도 40은 희생 재료(252)를 제거한 후의 매크로 섬유(200)를 나타내는 단면도이다.

[0067] 도 41은 3-구성요소 섬유(250)의 실시예를 나타내는 단면도로서, 이때 희생 재료(252)는 복수의 매크로 섬유들(200)을 둘러싸고 있다. 각각의 매크로 섬유(200)는 희생 재료(252)로 형성된 레이어에 의해 분리될 수 있다. 각각의 매크로 섬유(200)는 서로 나란한 배열로 정렬되고 매트릭스 재료(150)에 의해 둘러싸인 복수의 섬유 바디들(102)을 포함하는 테이프형 구성(212)을 갖는다. 섬유 바디들(102)이 평행사변형 형태(230)로 도시되어 있지만, 섬유 바디들(102)은 제한없이 어떠한 형태로 제공될 수 있다. 3-구성요소 섬유(250)의 희생 재료(252)는 상기한 바와 같이 매트릭스 레이어들(152)의 코너부들(162)의 표면 에너지에 의해 만들어지는 라운딩을 경감시키거나 감소시킬 수 있다. 또한, 3-구성요소 섬유(250)의 희생 재료(252)는 각각의 매크로 섬유(200)에서 섬유 바디들(102)의 일반적으로 평행하고, 나란한 정렬을 유지시킬 수 있다. 도 42는 희생 재료(252)를 제거한 후의 도 41에 도시된 매크로 섬유들(200)의 단면도로서 복수의 개개의 테이프형 구성(212)의 매크로 섬유들(200)을 나타내고 있다. 바람직하게도, 테이프형 구성(212)은 복합 물품(270)(도 1 참조)에 위치된 때에 섬유 바디들(102)의 정렬 및 위치를 유지시킬 수 있는 것으로, 이는 복합 물품(270)의 전체적인 기계적 속성들과 전체적인 광학적 속성들에서의 향상을 일으킬 수 있다.

[0068] 여기에 개시된 코팅된 섬유들(100)의 실시예들은 제한없이 어떠한 크기, 형태, 및 구성으로 형성된 어떠한 복합 물품(270)에 포함될 수 있다. 예를 들어, 복합 물품(270)은 바람막이 유리(windshield), 덮개(canopy), 창문, 멤브레인, 방호 패널(armor panel), 구조 패널, 건축 패널, 또는 비구조적인 물품으로 구성될 수 있다. 또한, 복합 물품(270)은 제한없이 어떠한 차량의(vehicular) 또는 비차량의 적용분야에서 사용을 위해 구성될 수도 있다.

[0069] 도 43을 참조하면, 코팅된 섬유(100)(도 4 참조)를 제작하는 방법(600)에 포함될 수 있는 하나 이상의 단계들을 나타내는 순서도가 도시되어 있다. 본 방법은 섬유 바디(102)에 매트릭스 레이어를 도포하는 것과 실질적으로 동시에 섬유 바디(102)(도 4 참조)를 형성하는 것을 포함하는 단계(602)를 포함할 수 있다. 섬유 바디(102)는 특정의 또는 사전에 결정된 섬유 바디 단면 형태(104)(도 4 참조)를 가질 수 있다. 섬유 바디 단면 형태(104)는 도면들에 도시되고/되거나 상기에서 설명된 단면 형태들 중 하나일 수 있고 또는 섬유 바디(102)는 다양한 다른 특정의 단면 형태들 중 어느 하나로 형성될 수도 있다. 매트릭스 레이어(152)는 예를 들어 섬유 바디 틀(412)(도 9 참조)로부터 섬유 바디(102)를 인출하거나 압출성형하는 동안에 도포될 수 있다. 예를 들어, 매트릭스 재료(150)는 섬유 바디 틀(412)과 함께 위치될 수 있는 매트릭스 레이어 틀(414)(도 9 참조)을 통하여 압출성형될 수 있다.

- [0070] 도 43에 도시된 방법(600)의 단계(604)는 섬유 바디(102)를 형성하는 동안 섬유 바디(102)(도 4 참조)를 늘리는 단계를 포함할 수 있다. 섬유 바디(102)는 섬유 바디(102)가 섬유-매트릭스 형성 장치(400)(도 7 참조)로부터 뽑아내짐에 따라 섬유 신장 방향(126)을 따라(예를 들어, 섬유 바디(102)의 길이를 따라 - 도 7 참조) 늘려질 수 있다. 섬유 바디(102)를 늘리는 것은 섬유 분자들의 정렬을 야기할 수 있고, 이는 섬유 바디(102)의 인장 강도를 증가시켜 복합 물품(270)(도 1 참조)의 특정 성능에서의 향상을 일으킬 수 있다.
- [0071] 코팅된 섬유들(100)(도 24 참조)은 매크로 섬유(200)(도 24 참조) 실시예에서 구현될 수 있다. 매크로 섬유(200) 실시예는 서로 실질적으로 동시에 형성된 복수의 섬유 바디들(102)(도 24 참조)을 포함할 수 있다. 바람직하게도, 매크로 섬유(200) 실시예는 섬유 바디들(102)의 적어도 일부를 서로 정렬시키는 것을 용이하게 할 수 있다. 일 실시예에서, 복수의 매크로 섬유들(200)은 도 41 및 42에 도시된 바와 같이 나란한 섬유 바디들(102)을 가진 테이프형 구성(212)으로 형성될 수 있다. 매크로 섬유(200)에서의 매트릭스 재료(150)(도 24 참조)는 매크로 섬유들(200)이 예를 들어 복합 성형 기구(미도시) 상에서 적층되는 때에 섬유 바디들(102)의 정렬을 유지시킬 수 있다. 또한, 매크로 섬유(200)에서의 섬유 바디들(102)은 섬유 바디들(102)의 상호 맞물림을 용이하게 하는 방식으로 형성될 수도 있다. 예를 들어, 섬유 바디들(102)은 인접한 섬유 바디들(102)의 노치부들(238)과 맞물리기 위한 노치부들(238)(도 30 참조)을 구비하도록 형성될 수 있다.
- [0072] 일 실시예에서, 본 방법은 형성 동안 섬유 바디(102)(도 33 참조) 및 매트릭스 레이어(152)(도 33 참조)를 실질적으로 둘러싸도록 희생 재료(252)(도 33 참조)를 도포하는 단계를 포함할 수 있다. 희생 재료(252)는 섬유 바디(102)의 크기 제어를 향상시킬 수 있고 섬유 바디(102)의 표면들과 코너들의 라운딩을 방지할 수 있다. 본 방법(600)은 희생 재료(252)의 적어도 일부분을 제거하는 단계를 포함할 수 있는데, 이는 결과로서 하나 이상의 섬유 바디들(102)이 섬유 바디 단면 형태(104)(도 4 참조)의 향상된 크기 제어를 갖도록 형성되게 한다.
- [0073] 도 43에 도시된 방법(600)의 단계(608)는 매트릭스 두께(154)(도 10 참조)가 도 10에 도시된 바와 같이 섬유 바디(102)의 단면 형태(104)(도 10 참조)의 둘레를 따라 실질적으로 균일하게 형성되도록 매트릭스 레이어(152)(도 10 참조)를 섬유 바디(102)(도 10 참조)에 도포하는 단계를 포함할 수 있다. 또는, 매트릭스 레이어(152)는 매트릭스 두께(154)가 도 15에 도시된 바와 같이 섬유 바디(102)의 단면 형태(104) 상의 다른 위치들에서 다르게 형성되도록 도포될 수 있다. 예를 들어, 매트릭스 레이어(152)는 섬유 바디 코너들(120)(도 15 참조)에서 상면 또는 하면 매트릭스 두께(156, 158)(도 15 참조)보다 큰 코너부 매트릭스 두께(164)(도 15 참조)를 가질 수 있다. 증가된 코너부 매트릭스 두께(164)는 섬유 바디 코너들(120)을 라운드지게 만들 수 있는 표면 에너지에 의한 효과들을 최소화할 수 있다.
- [0074] 도 44를 참조하면, 복합 물품(270)(도 1 참조)을 형성하는 방법(700)에 포함될 수 있는 하나 이상의 작업들을 포함하는 순서도가 도시되어 있다. 본 방법(700)은 복수의 코팅된 섬유들(100)(도 4 참조)을 제공하는 단계(702)를 포함할 수 있다. 상기에서 설명된 바와 같이, 각각의 코팅된 섬유(100)는 섬유 바디(102)를 형성하는 동안 매트릭스 재료(150)로 코팅될 수 있는 섬유 바디(102)(도 4 참조)로 구성될 수 있다. 본 방법(700)의 단계(704)는 예를 들어 매트릭스 재료(150)를 가열함에 따라 매트릭스 재료(150)(도 4 참조)의 점성도를 감소시키는 단계를 포함할 수 있다. 매트릭스 재료(150)의 점성도에서의 감소는 인접한 코팅된 섬유들(100)의 매트릭스 재료(150)의 혼합을 용이하게 할 수 있다.
- [0075] 도 44에 도시된 본 방법(700)의 단계(706)는 복합 물품(270)(도 17 참조)을 형성하도록 매트릭스 재료(150)(도 17 참조)의 경화 및 굳힘(hardening) 또는 응고 중 적어도 하나를 실행하는 단계를 포함할 수 있다. 본 방법(700)은 복합 물품(270)을 사전에 결정된 구성으로 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기에서 언급된 바와 같이, 복합 물품은 바람막이 유리, 덮개, 창문, 멤브레인, 방호 패널, 구조 패널, 건축 패널, 비구조적인 물품, 또는 다양한 다른 구성들 중 어느 하나로 형성될 수 있다.
- [0076] 도 45를 참조하면, 예를 들어 운송수단(890)(도 46 참조)에서 사용하기 위한 복합 물품(270)(도 1 참조)을 구현하는 방법(800)에 포함될 수 있는 하나 이상의 작업들을 포함하는 순서도가 도시되어 있다. 복합 물품(270)을 이용하는 방법(800)은 복합 물품(270)을 제공하는 단계(802)를 포함할 수 있되, 이때 복합 물품(270)은 복수의 코팅된 섬유들(100)로 형성된다. 상기에서 설명된 바와 같이, 각각의 코팅된 섬유(100)는 섬유 바디(102) 및 섬유 바디(102)의 형성과 실질적으로 동시에 섬유 바디(102)에 도포된 매트릭스 레이어(152)를 포함할 수 있다.
- [0077] 도 45에 도시된 방법(800)의 단계(804)는 복합 물품(270)(도 1 참조)을 무하중(non-loaded) 상태에 배치하거나 유지시키는 단계를 포함할 수 있다. 무하중 상태는 복합 물품(270)의 정지된(static) 상태를 포함할 수 있다. 예를 들어, 복합 물품(270)은 정지된 또는 실질적으로 움직이지 않는 운송수단(890)의 일부분을 구성할 수

있다. 일 실시예에서, 운송수단(890)은 항공기(900)를 포함할 수 있다.

[0078] 도 46을 참조하면, 여기에 개시된 바와 같은 복합 물품(270)(도 1 참조)의 하나 이상의 실시예들을 포함할 수 있는 항공기(900)를 나타내는 사시도가 도시되어 있다. 항공기(900)는 한 쌍의 날개(904)와, 수직 꼬리날개(stabilizer)(312) 및 수평 꼬리날개(310)를 포함할 수 있는 꼬리부(308)를 가진 동체(302)를 포함할 수 있다. 항공기(900)는 조종면들(control surfaces)(906)과 추진 유닛들(914)을 더 포함할 수 있다. 항공기(900)는 여기에서 설명된 바와 같은 복합 물품(270)의 하나 이상을 포함할 수 있는 다양한 운송수단들 중 하나를 일반적으로 대표하는 것일 수 있다.

[0079] 일 실시예에서, 복합 물품(270)(도 1 참조)은 복합 패널(274)(도 1 참조)을 구성할 수 있다. 무하중 상태에서, 복합 패널(274) 상의 하중들은 복합 패널(274)의 대부분 상에 작용하는 중력 또는 항공기(900) 상에 작용하는 다른 정하중들(static loads)로 인한 정하중들로 한정될 수 있다. 무하중 상태의 일 예는 예를 들어 항공기(900)가 공항 포장도로(tarmac) 상에 주차되어 있는 때에 항공기(900)(도 46 참조) 동체(902)가 가압되지 않은(un-pressurized) 것을 포함할 수 있다.

[0080] 도 45에 도시된 방법(800)의 단계(806)는 복합 물품(270)(도 1 참조)을 하중 상태에 배치하는 단계를 포함할 수 있는데, 이때 운송수단은 움직이는 상태일 수 있고/있거나 복합 패널(274)은 동하중(dynamic load)을 받을 수 있다. 예를 들어, 운송수단은 이륙하는 동안 활주로 상에서 이동하고 있는 항공기(900)(도 46 참조)를 포함할 수 있다. 또한, 하중 상태는 가압되고 있는 항공기(900) 동체(902)를 포함할 수 있다. 하중 상태에서, 복합 물품(270) 상의 하중들은 압축 하중, 인장 하중, 전단 하중, 비틀림 하중 중 어느 하나 또는 이들의 어떠한 조합도 포함할 수 있다.

[0081] 본 발명의 일 측면에 따르면, 복수의 섬유 바디들을 포함하는 복합 물품이 제공되는데, 이때 매트릭스 레이어는 섬유 바디들 중 적어도 하나의 섬유 표면을 적어도 부분적으로 코팅하고 매트릭스 레이어는 섬유 바디의 형성과 실질적으로 동시에 도포된다. 바람직하게는, 복합 물품은 바람막이 유리, 덮개, 창문, 멤브레인, 방호 패널, 구조 패널, 건축 패널, 및 비구조적인 물품 중 적어도 하나로 구성될 수 있다.

[0082] 본 발명의 일 측면에 따르면, 복합 물품을 형성하는 방법이 제공되는데, 이 방법은 각각이 섬유 바디의 형성 동안에 매트릭스 재료로 코팅된 섬유 바디로 구성되는 복수의 코팅된 섬유들을 제공하는 단계, 복수의 코팅된 섬유들의 매트릭스 재료의 혼합을 야기하도록 매트릭스 재료의 점성도를 감소시키는 단계 및 복합 물품을 형성하도록 매트릭스 재료의 경화 및 굳힘 중 적어도 하나를 실행하는 단계를 포함한다.

[0083] 복합 물품을 이용하는 방법은 각각이 섬유 바디 및 섬유 바디의 형성과 실질적으로 동시에 섬유 바디에 도포된 매트릭스 레이어를 포함하는 복수의 코팅된 섬유들로 형성된 복합 물품을 제공하는 단계, 복합 물품을 무하중 상태에 배치하는 단계 및 복합 물품을 하중 상태에 배치하는 단계를 포함한다. 바람직하게는, 무하중 상태는 실질적으로 움직이지 않고 있는 운송수단과 관련이 있고, 하중 상태는 움직이고 있는 운송수단과 관련이 있다. 바람직하게는, 무하중 상태는 가압되고 있지 않은 항공기 동체와 관련이 있고, 하중 상태는 가압되고 있는 항공기 동체와 관련이 있다.

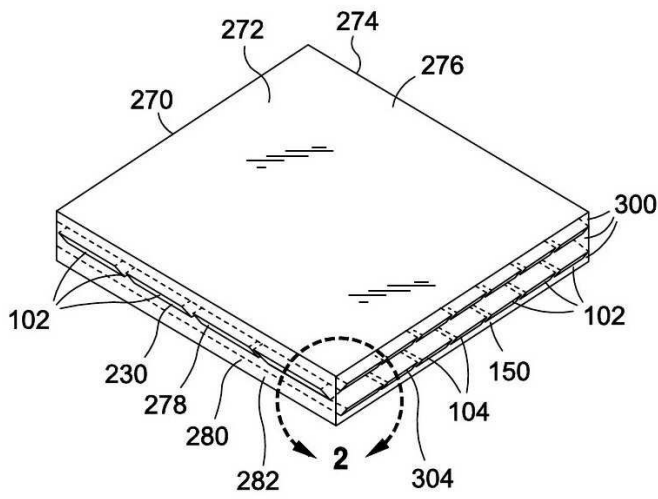
[0084] 본 명세서의 추가적인 변형례들과 개선례들은 당해 기술분야에서의 보통의 기술을 가진 자들에게 명백할 수 있다. 따라서, 여기에서 설명되고 도시된 부품들의 특정 조합은 본 발명의 단지 어떠한 실시예들을 나타내려고 한 것이지만 본 발명의 사상과 범위 내에 속하는 다른 실시예들 또는 장치들의 제한으로서 제공하려고 의도된 것은 아니다.

부호의 설명

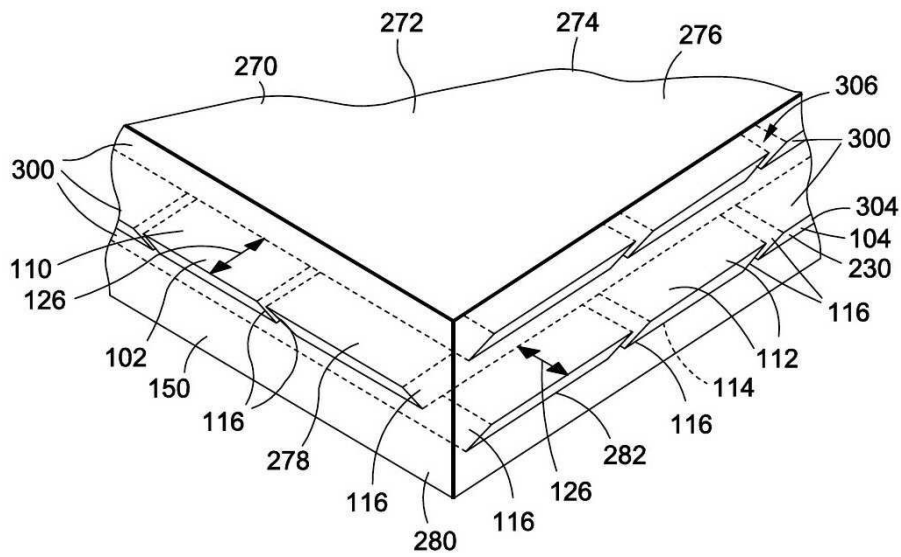
- [0085] 100 ... 코팅된 섬유
- 102 ... 섬유 바디
- 150 ... 매트릭스 재료
- 152 ... 매트릭스 레이어
- 270 ... 복합 물품
- 300 ... 레이어
- 400 ... 섬유-매트릭스 형성 장치

도면

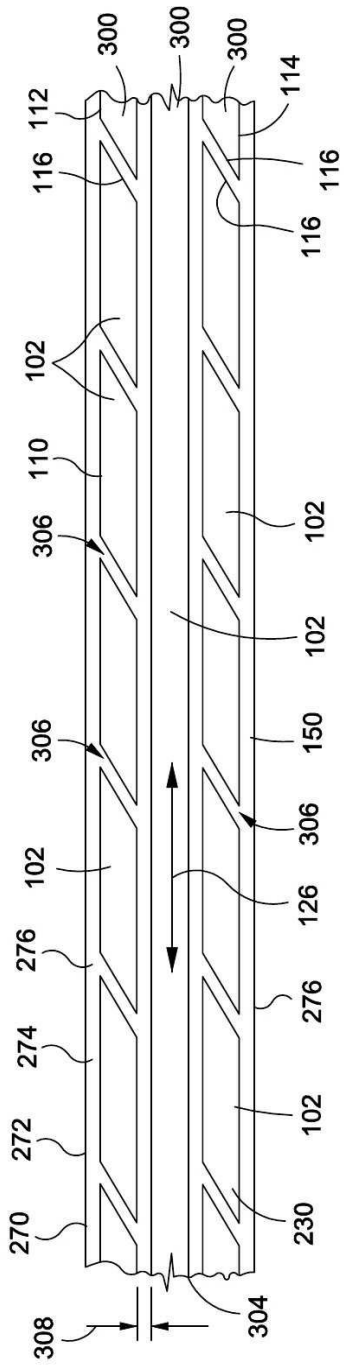
도면1



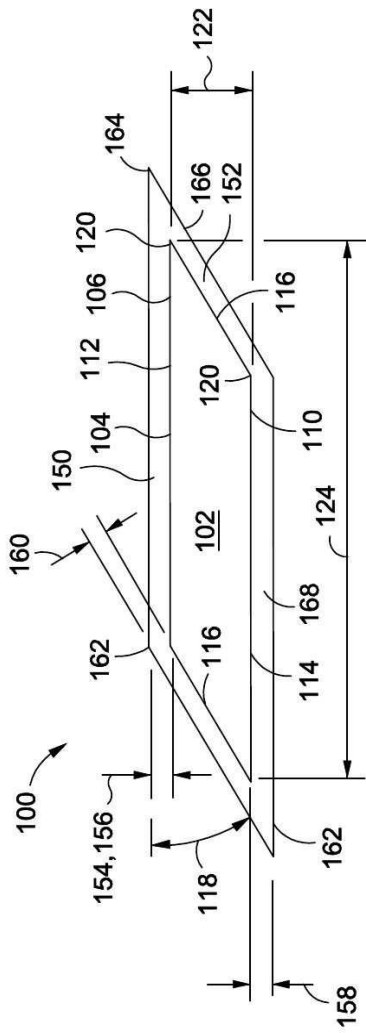
도면2



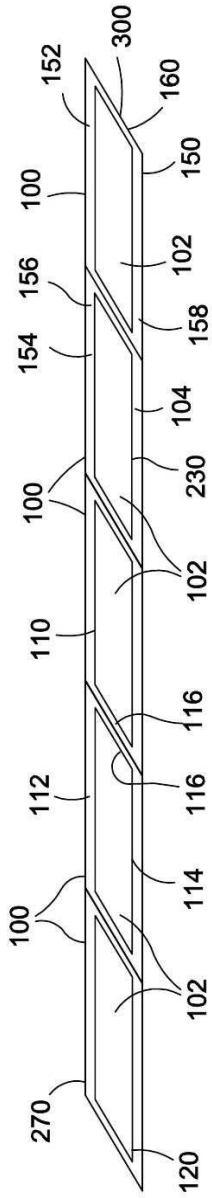
도면3



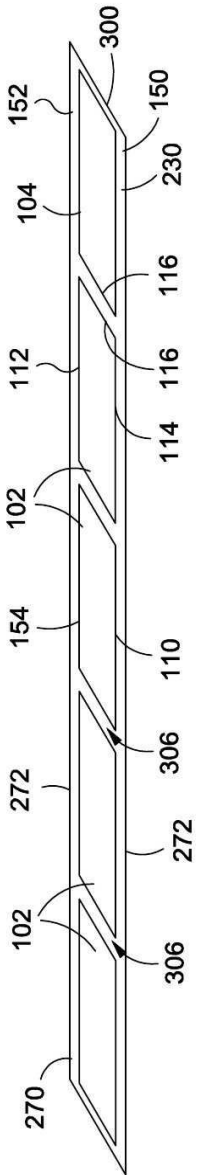
도면4



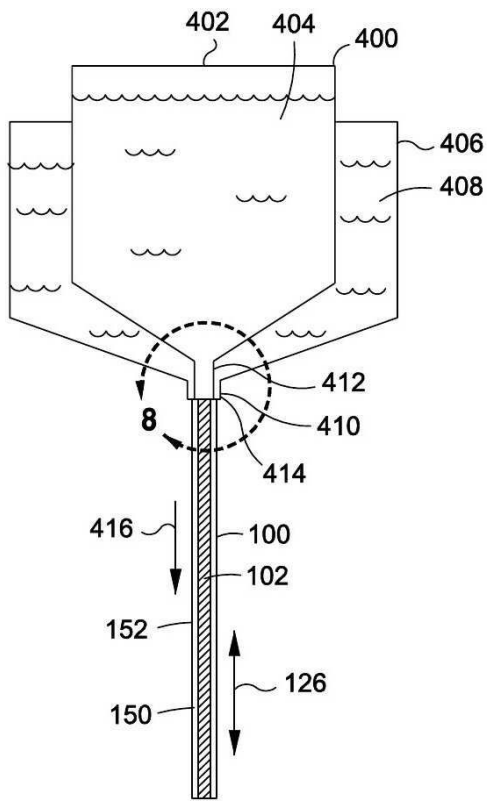
도면5



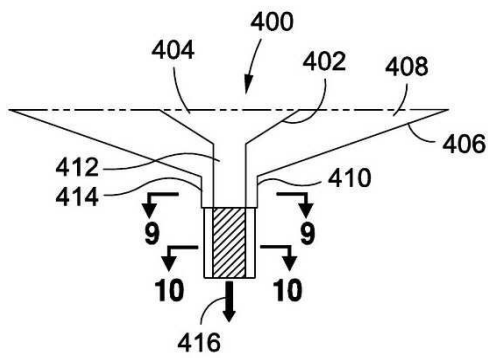
도면6



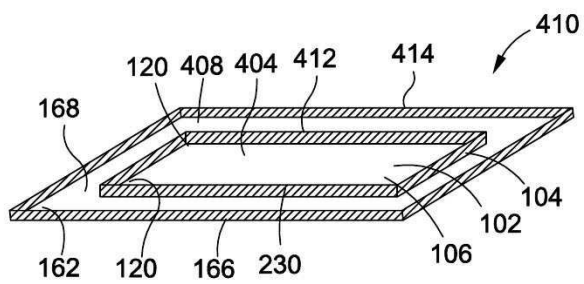
도면7



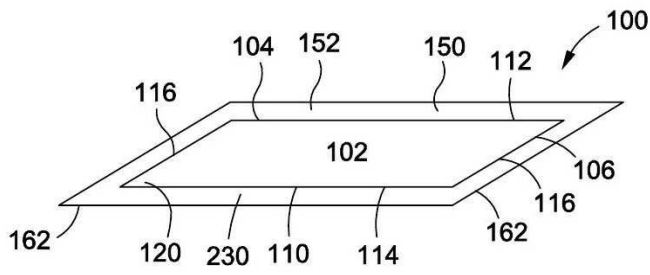
도면8



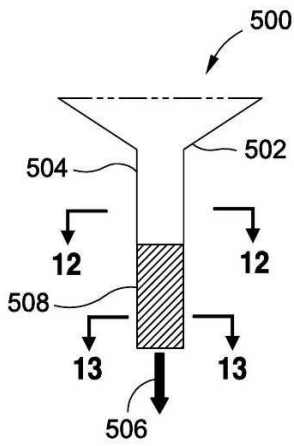
도면9



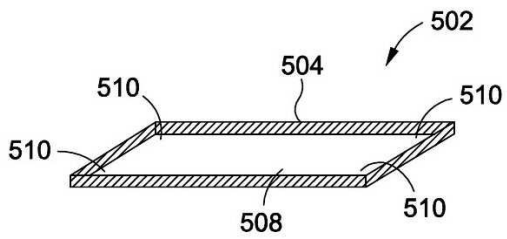
도면10



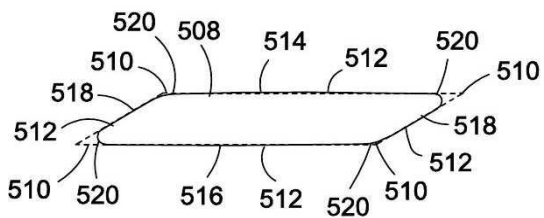
도면11



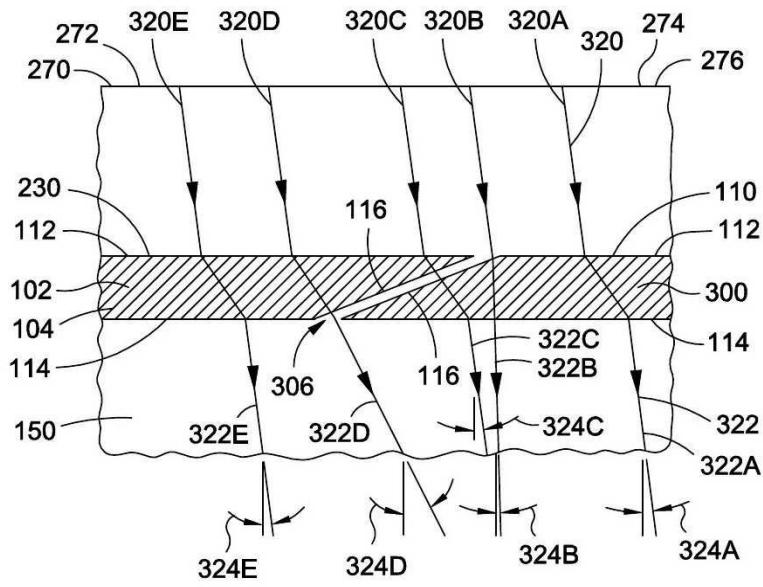
도면12



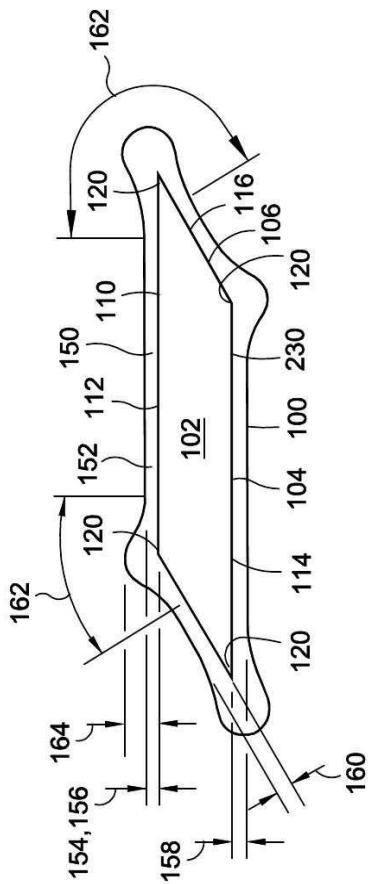
도면13



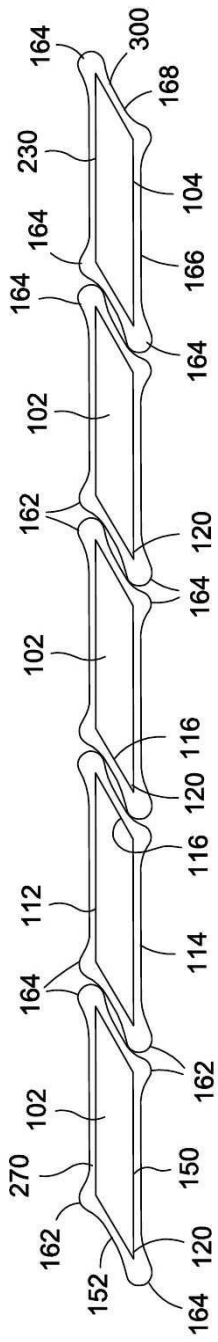
도면14



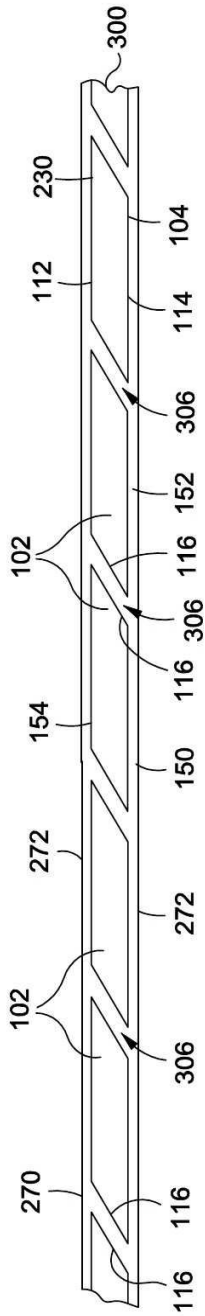
도면15



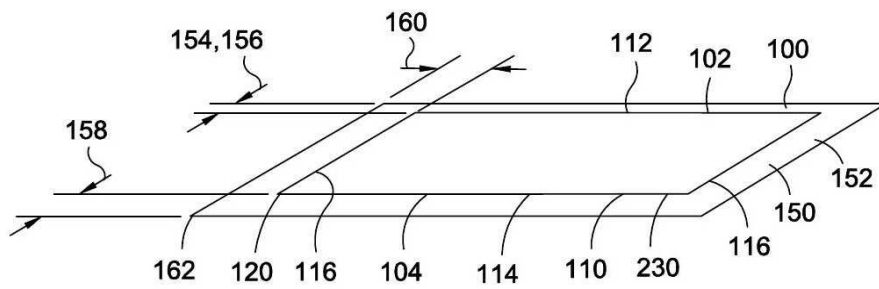
도면16



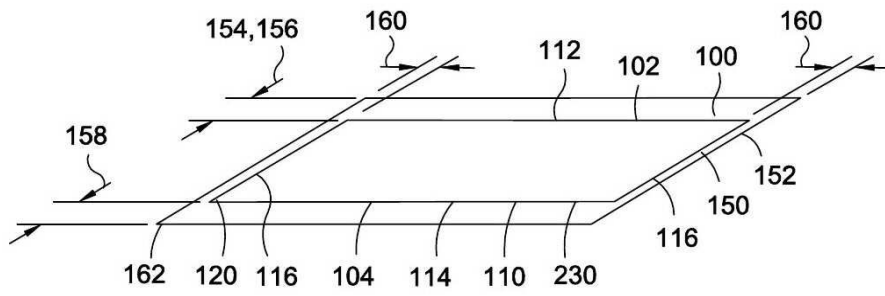
도면17



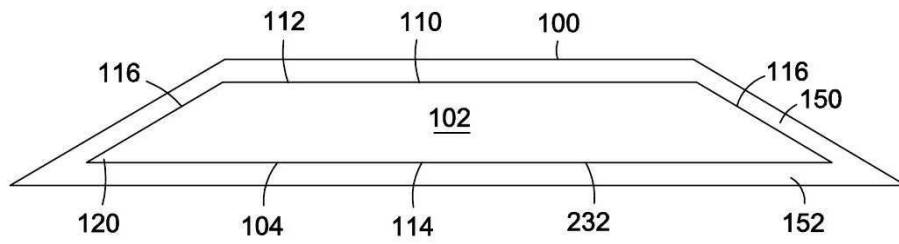
도면18



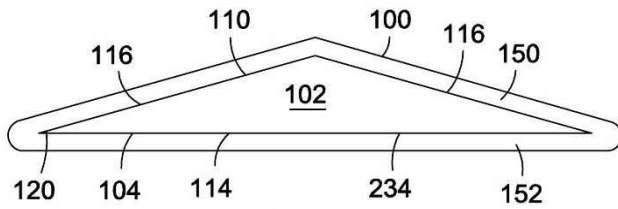
도면19



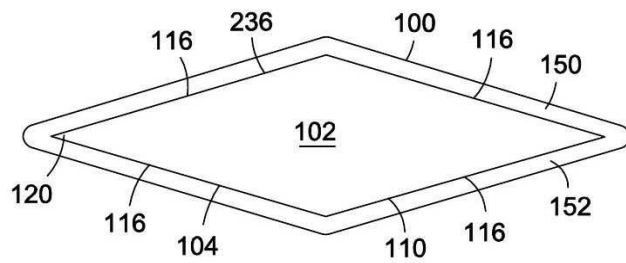
도면20



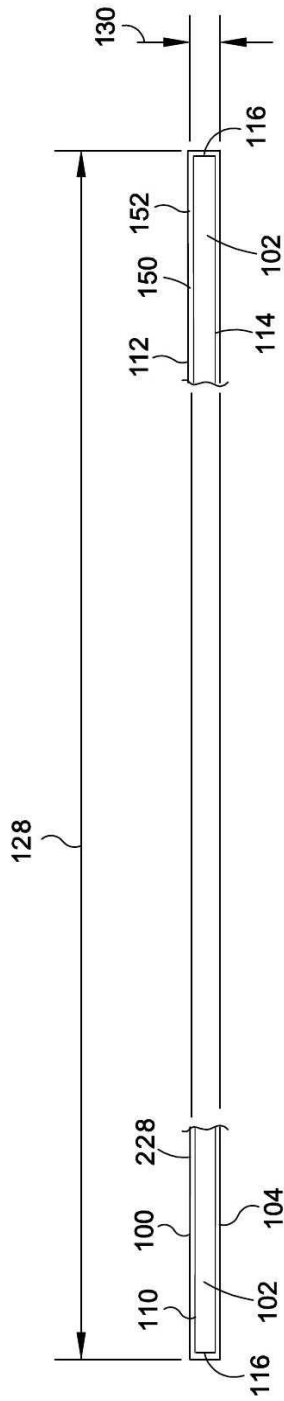
도면21



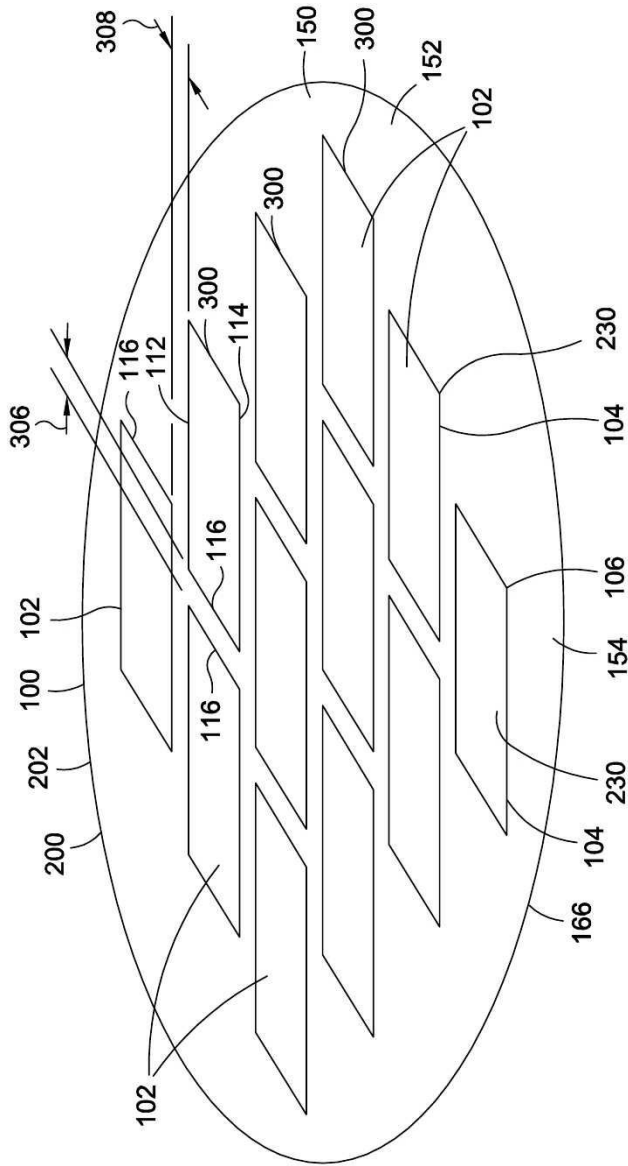
도면22



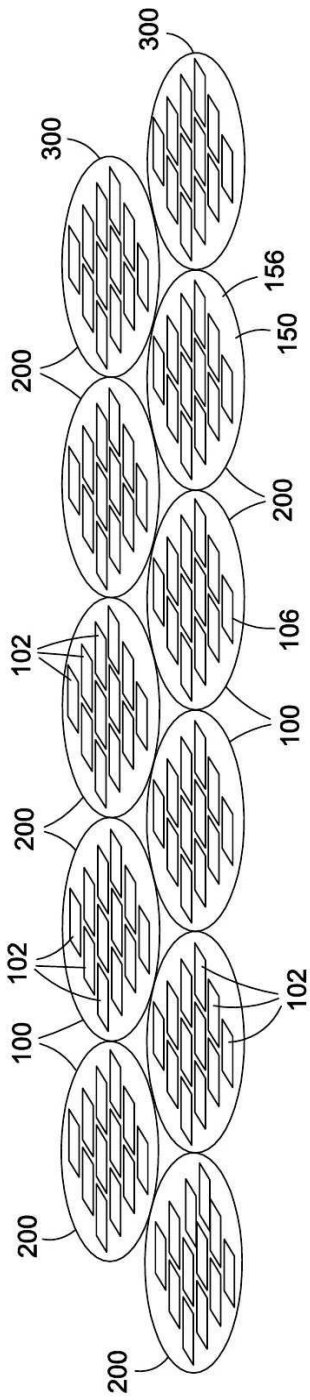
도면23



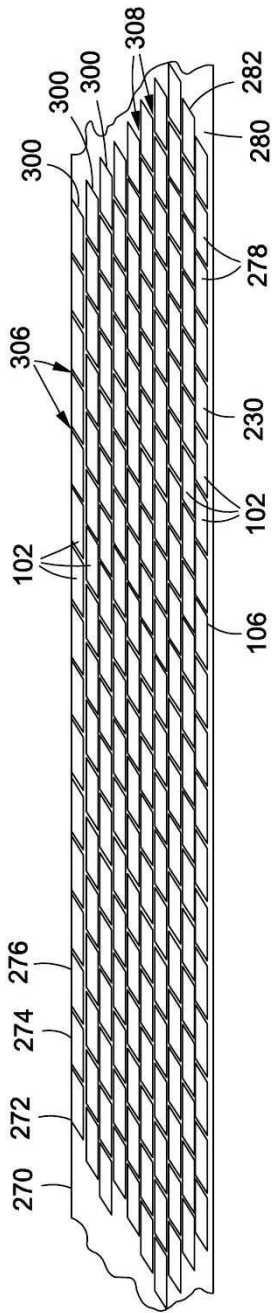
도면24



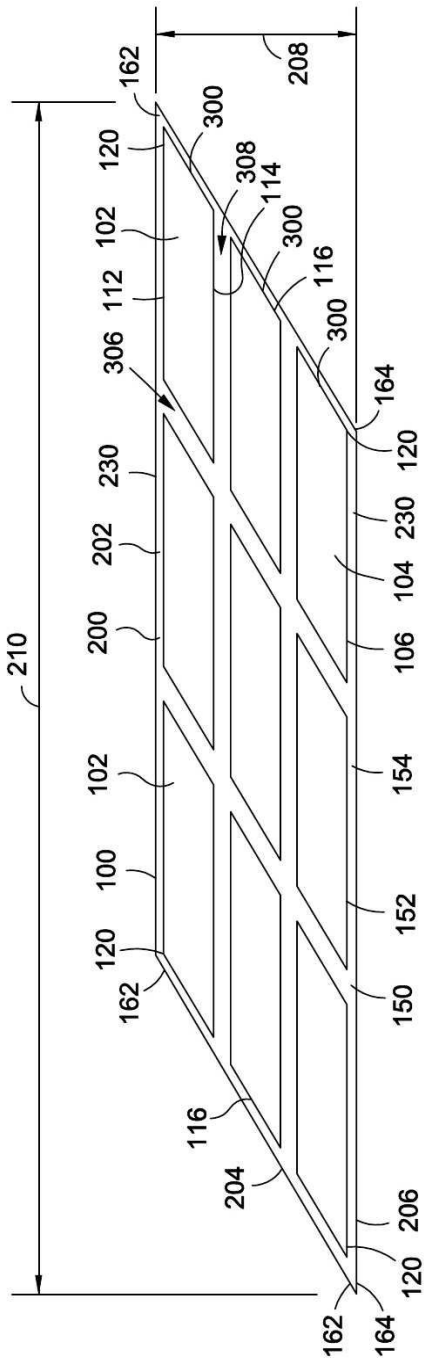
도면25



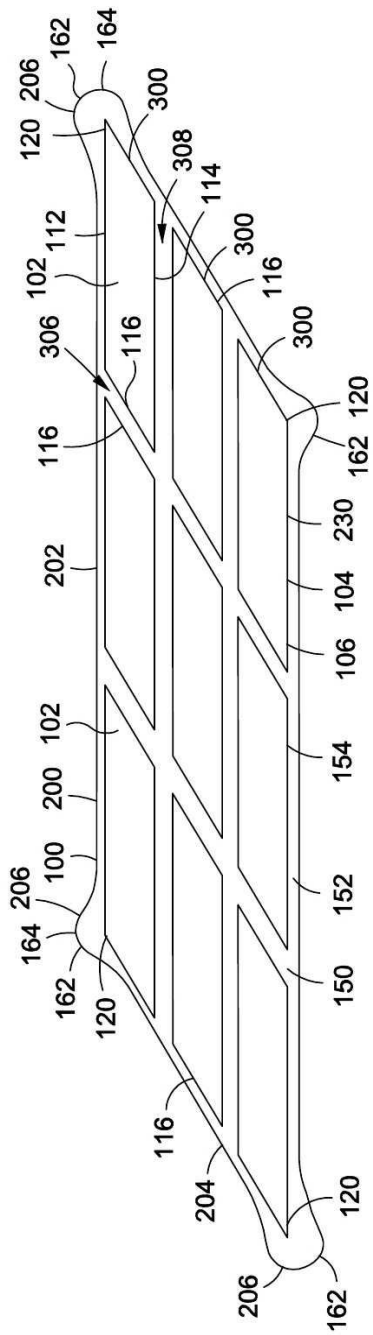
도면26



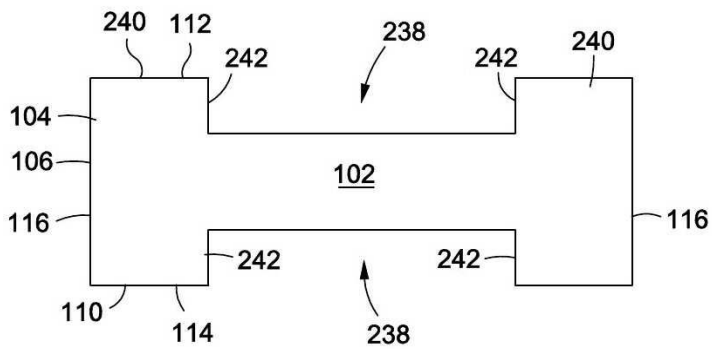
도면27



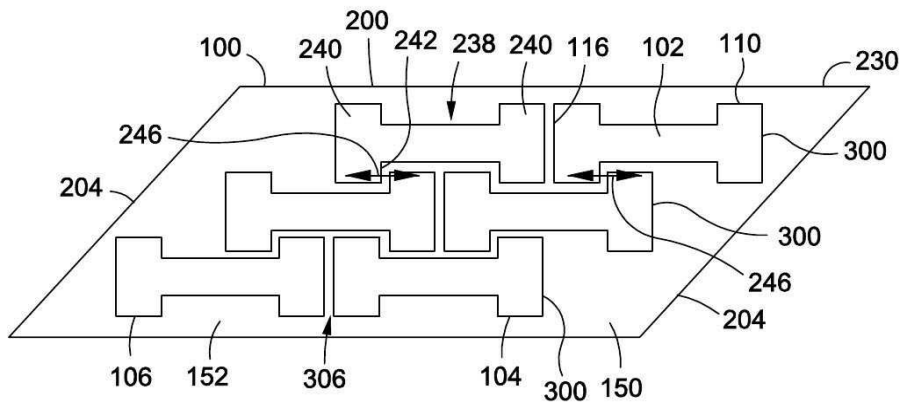
도면28



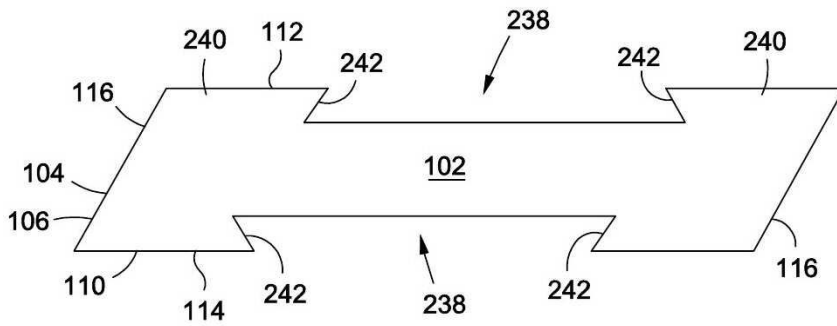
도면29



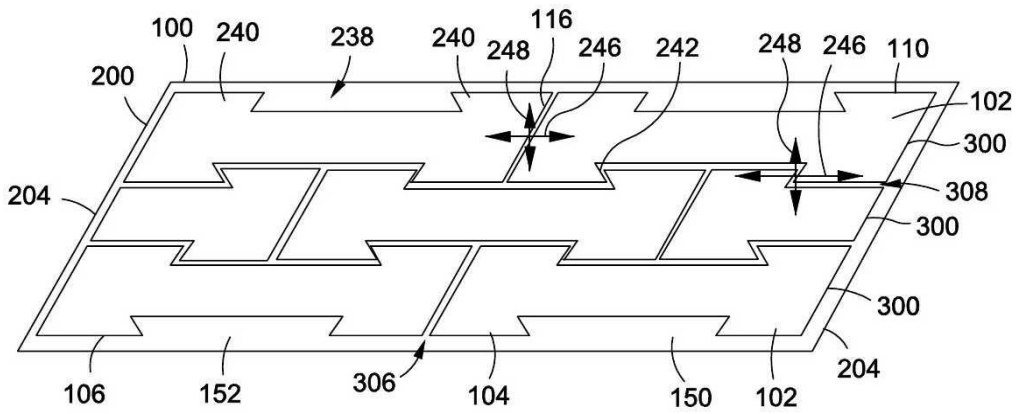
도면30



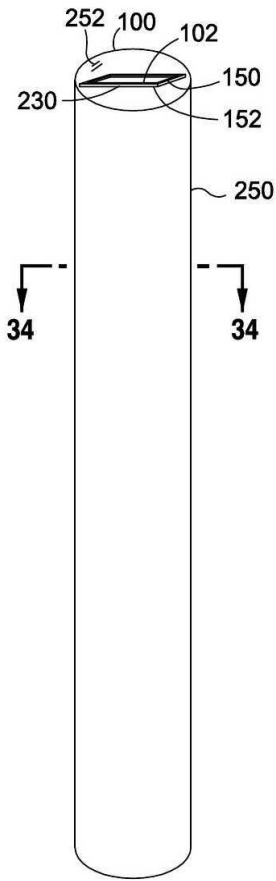
도면31



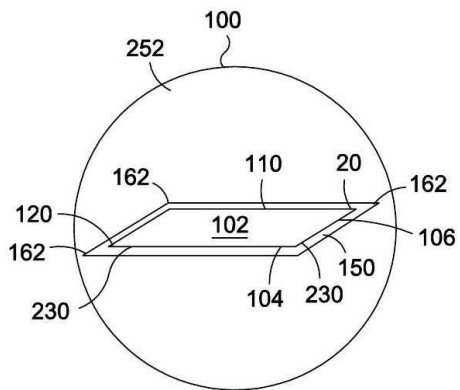
도면32



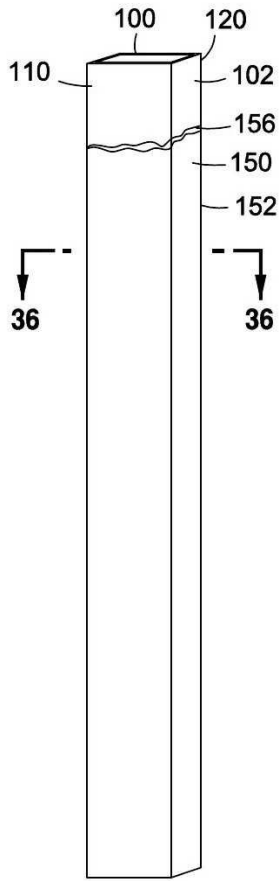
도면33



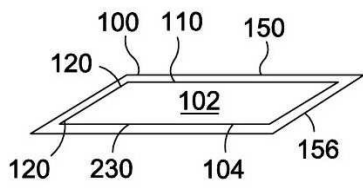
도면34



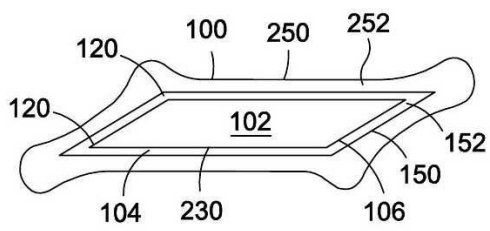
도면35



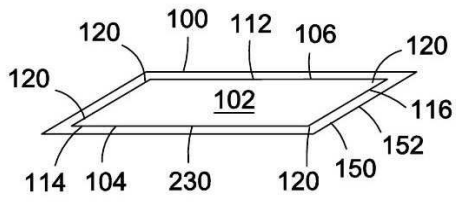
도면36



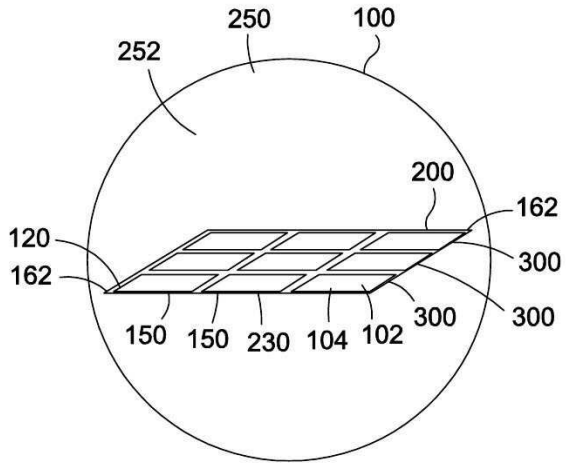
도면37



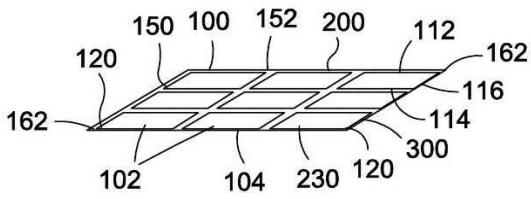
도면38



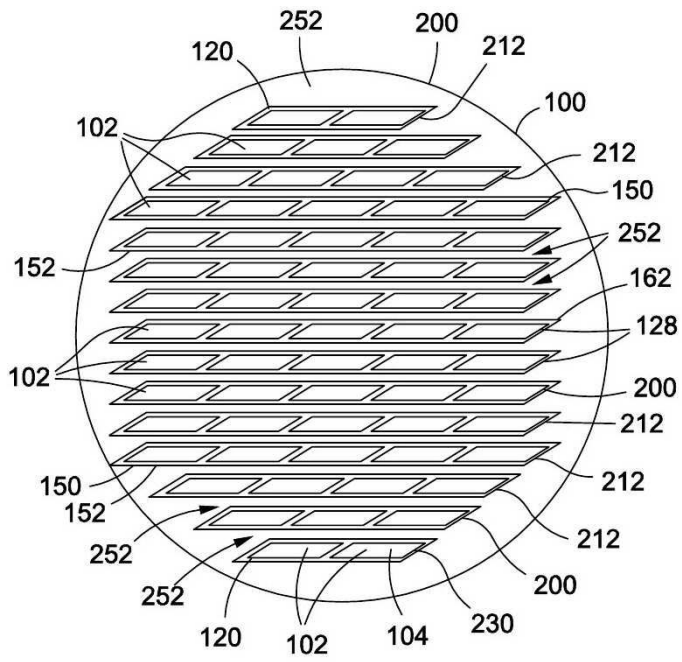
도면39



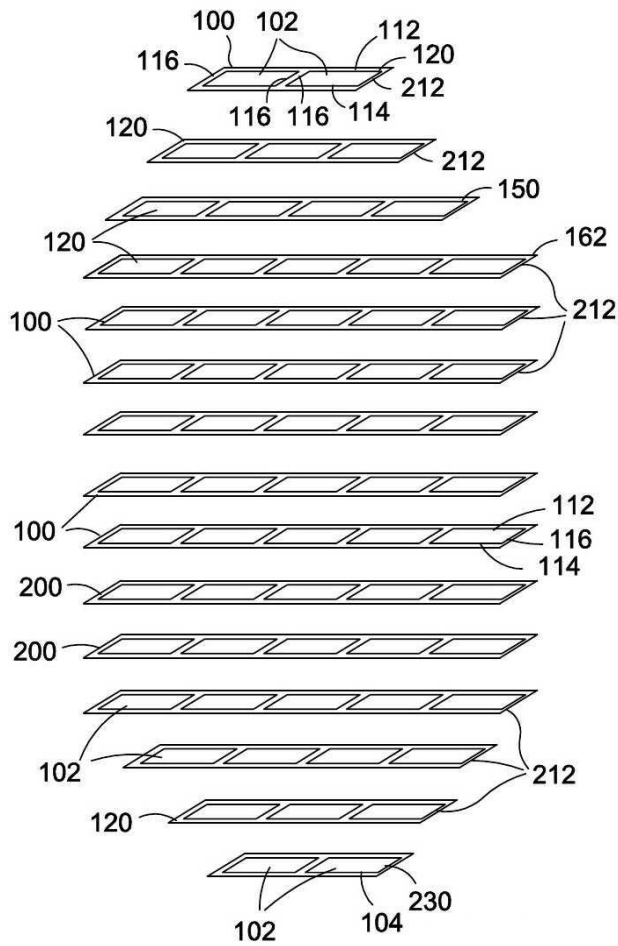
도면40



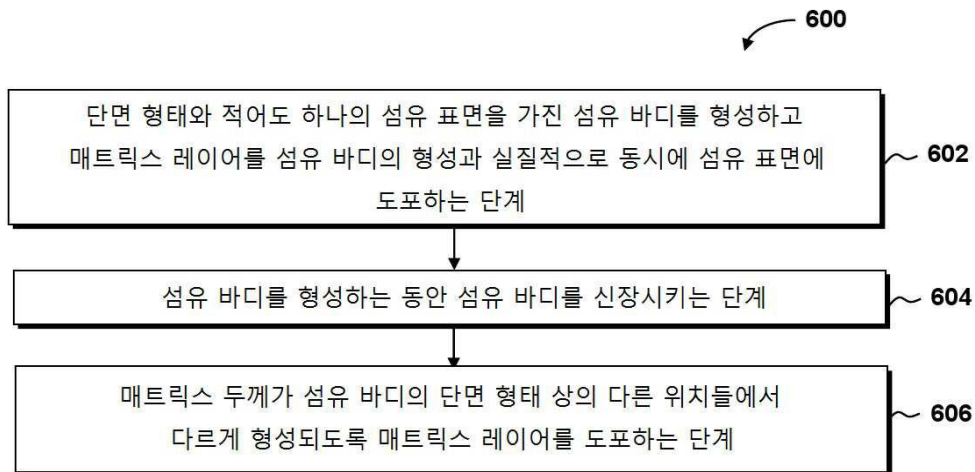
도면41



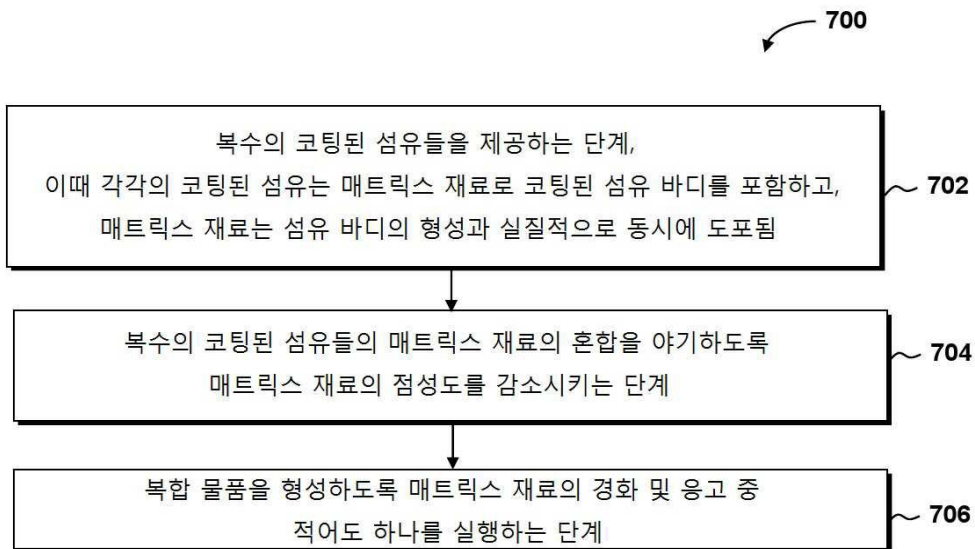
도면42



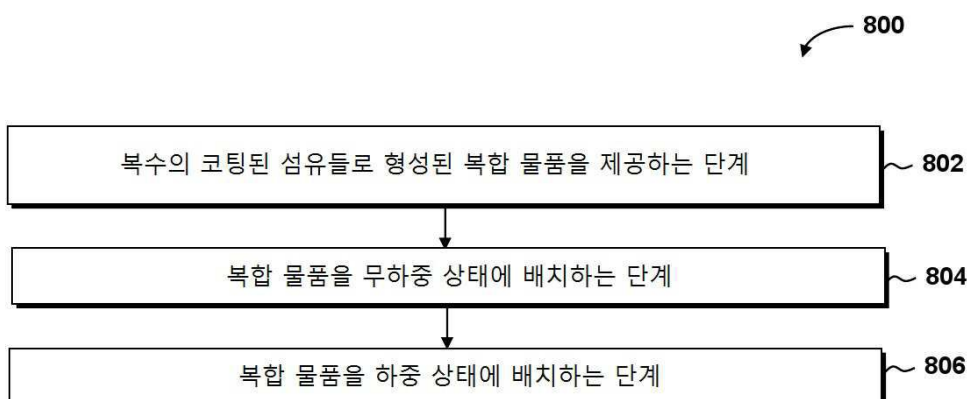
도면43



도면44



도면45



도면46

