



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0052646  
(43) 공개일자 2018년05월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H05K 1/02 (2006.01) C03B 33/02 (2006.01)  
C03C 17/00 (2006.01) C03C 23/00 (2006.01)  
H01L 21/48 (2006.01) H01L 23/15 (2006.01)  
H05K 1/03 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H05K 1/024 (2013.01)  
C03B 33/0222 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7008111  
(22) 출원일자(국제) 2018년08월19일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2018년03월21일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/047746  
(87) 국제공개번호 WO 2017/034969  
국제공개일자 2017년03월02일
- (30) 우선권주장  
62/208,282 2015년08월21일 미국(US)  
62/232,076 2015년09월24일 미국(US)

- (71) 출원인  
코닝 인코포레이티드  
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트  
플라자
- (72) 발명자  
가너 셴 매튜  
미국 뉴욕 14905 엘마이라 포스터 에비뉴 415  
오우수 사무엘 오데이  
미국 뉴욕 14845 홀스헤즈 가든 레인 2  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
리엔목특허법인

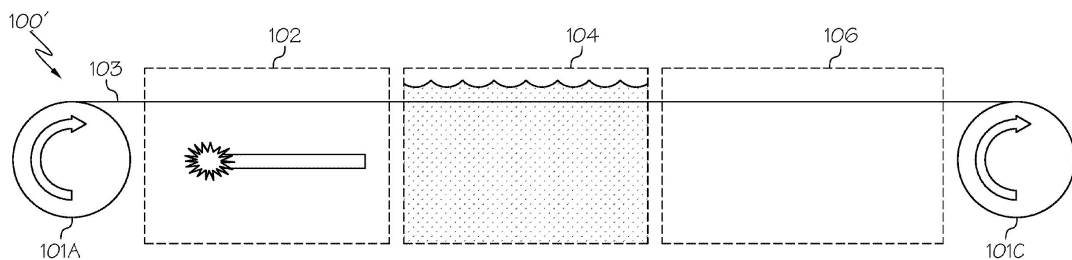
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 플렉서블 기관 웹들 내의 피쳐들의 연속적 제조 방법들 및 이와 관련된 제품들

(57) 요약

플렉서블 기관들 내의 피쳐들의 연속적 제조 방법들이 개시된다. 일 실시예에서, 기관 웹 내에 피쳐들을 제조하는 방법은 제1 스펀 어셈블리 상에서 제1 스펀 내에 배열되는 기관 웹을 제공하는 단계, 상기 제1 스펀로부터 레이저를 포함하는 제1 레이저 처리 어셈블리를 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계, 및 상기 레이저를 사용하여 상기 기관 웹 내에 복수의 결합들을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 식각 어셈블리를 통해 상기 기관 웹을 진행하고, 상기 복수의 결합들에서 유리 물질을 제거하여 상기 기관 웹 내에 복수의 결합들을 형성하도록 상기 식각 어셈블리에서 상기 기관 웹을 식각하는 단계를 더 포함한다. 상기 방법은 최종 스펀 내로 상기 기관 웹을 롤링하는 단계를 더 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*C03C 17/008* (2013.01)

*C03C 23/007* (2013.01)

*H01L 21/4807* (2013.01)

*H01L 23/15* (2013.01)

*H05K 1/0306* (2013.01)

*H05K 1/036* (2013.01)

*H05K 2201/0195* (2013.01)

*H05K 2203/1194* (2013.01)

*H05K 2203/1545* (2013.01)

(72) 발명자

**피치 가렛 앤드류**

미국 뉴욕 14830 코닝 혼비 로드 4226

**폴라드 스콧 크리스토퍼**

미국 뉴욕 14814 빅 플래츠 대번포트 로드 37

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법으로서,

제1 스펀로부터 상기 기관 웹을 진행시키는(advancing) 단계;

레이저를 포함하는 레이저 처리 어셈블리를 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계;

상기 레이저를 사용하여 상기 기관 웹 내에 복수의 결함들을 생성하는 단계;

식각 어셈블리를 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계;

상기 복수의 결함들에서의 물질을 제거하여 상기 기관 웹 내에 복수의 피쳐들을 형성하도록 상기 식각 어셈블리에서 상기 기관 웹을 식각하는 단계; 및

상기 기관 웹을 최종 스펀 내로 롤링(rolling)하는 단계를 포함하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 기관 웹은 유리 기관 웹, 유리-세라믹 기관 웹, 또는 세라믹 기관 웹을 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 식각 어셈블리를 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계 이전에,

중간 스펀(intermediate spool) 내로 상기 기관 웹을 롤링(rolling)시키는 단계를 더 포함하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 중간 스펀로부터 상기 식각 어셈블리를 향해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계를 더 포함하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 레이저 처리 어셈블리를 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계 이후에,

제3 중간 스펀을 형성하도록 하나 또는 그 이상의 추가적인 기관 웹들과, 인접한 기관 웹들 사이에 배치되는 하나 또는 그 이상의 간지 층들(interleaf layers)과 함께 상기 기관 웹을 롤링시키는 단계를 더 포함하고,

상기 하나 또는 그 이상의 기관 웹들은 그 내부에 형성된 복수의 결함들을 갖는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 기관 웹, 상기 하나 또는 그 이상의 간지 층들, 및 상기 하나 또는 그 이상의 추가적인 기관 웹들을 상기 식각 어셈블리를 향해 진행시키는 단계를 더 포함하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 하나의 청구항에 있어서,

상기 기관 웹은 상기 레이저 처리 어셈블리로부터 상기 식각 어셈블리까지 직접 진행되는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 하나의 청구항에 있어서,

상기 기관 웹을 진행시키도록 상기 제1 스펀과 상기 최종 스펀을 연속적으로 회전시키는 단계를 더 포함하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 하나의 청구항에 있어서,

상기 제1 스펀은 적어도 하나의 추가적인 기관 웹을 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 제1 스펀은 상기 기관 웹과 상기 적어도 하나의 추가적인 기관 웹 사이에 배치되는 적어도 하나의 간지 층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 11

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 하나의 청구항에 있어서,

상기 기관 웹을 상기 최종 스펀 내로 롤링시키는 단계 이전에, 하나 또는 그 이상의 추가적인 처리 어셈블리들을 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계를 더 포함하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 12

청구항 11에 있어서,

하나 또는 그 이상의 추가적인 처리 어셈블리들을 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 상기 단계는 상기 기관 웹에 하나 또는 그 이상의 코팅들을 적용하는(applying) 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 하나 또는 그 이상의 코팅들은 유전 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 14

청구항 1 내지 청구항 13 중 어느 하나의 청구항에 있어서,

상기 기관 웹은 300  $\mu\text{m}$ 보다 작은 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 15

청구항 1 내지 청구항 14 중 어느 하나의 청구항에 있어서,

상기 레이저를 사용하여 상기 기관 웹 내에 복수의 결함들을 생성하는 단계는,

빔 전파 방향을 따라 배열되고(oriented) 상기 기관 웹 내로 향해진(directed) 레이저 빔 초점 라인 내로 상기 레이저 빔을 펄스하고 포커싱하되, 상기 레이저 빔 초점 라인이 상기 기관 웹 내에서 유도 흡수(induced

absorption)를 생성하고, 상기 유도 흡수는 상기 기관 웹 내에서 상기 레이저 빔 초점 라인을 따라 결함 라인 형태의 결함을 생성하는, 상기 레이저 빔을 펄스하고 포커싱하는 단계; 및

상기 복수의 결함들을 형성하도록 상기 기관 웹과 상기 레이저 빔을 서로에 대하여 옮기는(translating) 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 16

청구항 1 내지 청구항 15 중 어느 하나의 청구항에 있어서,

상기 식각 어셈블리는 복수의 식각 영역들을 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 17

청구항 1 내지 청구항 16 중 어느 하나의 청구항에 있어서,

상기 식각 어셈블리는 스프레이 식각, 수용액 식각 또는 건식 식각 중 하나 또는 그 이상에 의해 상기 기관 웹을 식각하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 18

유리 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법으로서,

상기 유리 기관 웹을 제1 스펙로부터 레이저를 포함하는 레이저 처리 어셈블리를 통해 연속적으로 진행시키는 단계; 및

상기 레이저 처리 어셈블리에서 상기 레이저를 사용하여 상기 유리 기관 웹 내에 복수의 결함들을 생성하는 단계를 포함하는 유리 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 유리 기관 웹을 최종 스펙 어셈블리를 향해 연속적으로 진행시키는 단계; 및

상기 최종 스펙 어셈블리에서 최종 스펙 내로 상기 유리 기관 웹과 상기 유리 기관 웹에 인접한 간지 층을 롤링시키는 단계를 더 포함하는 유리 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 유리 기관 웹이 상기 최종 스펙 내로 롤링되는 동안 상기 최종 스펙을 식각하는 단계를 더 포함하는 유리 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 21

청구항 19 또는 청구항 20에 있어서,

상기 간지 층은 상기 유리 기관 웹이 상기 최종 스펙 내로 롤링될 때 상기 유리 기관 웹의 제1 표면과 제2 표면이 분리되도록(separated) 구성되는 것을 특징으로 하는 유리 기관 웹 내의 피쳐들의 제조 방법.

#### 청구항 22

유리 기관 웹으로서,

상기 유리 기관 웹 내에 배치되는 복수의 스루홀들(through holes)을 포함하고,

상기 유리 기관 웹이 스펙 내로 롤링되는 것을 특징으로 하는 유리 기관 웹.

#### 청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 유리 기판 웹은 300  $\mu\text{m}$ 보다 작은 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 유리 기판 웹.

#### 청구항 24

청구항 22 또는 청구항 23에 있어서,

상기 유리 기판 웹에 적용되는 코팅을 더 포함하는 유리 기판 웹.

#### 청구항 25

청구항 24에 있어서,

상기 코팅은 유전 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 기판 웹.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] [1] 본 출원은 2015년 8월 21일 출원된 미국 특허출원 번호 제62/208282호 및 2015년 9월 24일 출원된 제 62/232076호의 우선권의 이익을 주장하며, 상기 문헌들 각각의 내용이 그 전문으로서 여기에 참조문헌으로 병합 된다.

#### 배경 기술

[0002] [2] 다양한 어플리케이션들을 위하여 플렉서블 기판들 내에 스루홀들(through-holes), 블라인드-비아들 및 다른 표면 피쳐들과 같은 피쳐들을 생성하는 것에 대한 관심이 증가하고 있다. 이러한 어플리케이션들은 일반적으로 유리 인터포저들, 인쇄 회로 보드들, 유체공학들, 디스플레이들, 광학 백플레이트들, 및 다른 광전자 또는 생명 과학 어플리케이션들을 포함하나, 이에 한정되지 않는다. 플렉서블 유리 기판들과 같은 이러한 플렉서블 기판들은 적어도 이들의 치수 안정성에 기인하여 요구된다. 플렉서블 기판들 내에 피쳐들을 생성하는 현재의 방법들은 시트 형태의 기판을 처리하고 및 취급하기 위한 프레임에 접촉시키는 단계를 포함한다. 이는 플렉서블 기판들뿐만 아니라 양 폴리머 기판들에 수행된다. 이러한 방법은 폴리머 막을 위하여 처리 동안의 평평함 및 치수 안정성 이슈들을 극복하기 위하여 사용된다. 이러한 방법은 플렉서블 유리를 위하여 기판의 취급을 가능하게 하기 위하여 사용될 수 있다. 이러한 접근이 사용 가능할지라도, 대면적 소자들 또는 높은 처리량(throughput)의 연속적 제조 방법을 위하여 요구되는 대면적 기판들로 크기를 변경하는 것이 어렵다. 따라서, 이러한 접근법은 감소된 처리량 및 증가된 처리 단계들의 개수에 기인하여 최종 제품의 가격을 증가시킨다.

[0003] [3] 대면적 소자들 및/또는 높은 처리량의 제조를 가능하게 하도록 연속적 방식으로 플렉서블 기판 물질들을 처리하기 위한 요구가 존재한다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004] 여기에 설명된 태양들은 앞서 설명된 문제점들의 일부를 해결하고자 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0005] [4] 여기 개시된 실시예들은 웨이퍼들과 같은 개별적인 성분들로 기판을 분리하는 단계 이전에 연속적, 롤-투-롤(roll-to-roll) 공정에서 플렉서블 기판들 내에 피쳐들을 생성하기 위한 방법들과 관련된다. 여기 설명되는 연속적, 롤-투-롤 공정들은 기판을 견고한 프레임에 접촉시키는 단계를 요구하지 않으며, 피쳐들을 제조하기 이전에 기판을 개별적인 성분들로(예를 들어, 웨이퍼들)로 개별적으로 분리하는 단계 이전에 피쳐들이 형성되는 것을 가능하게 한다. 여기 설명되는 연속적, 롤-투-롤 공정들은 배치(batch) 처리에 의해 제공되는 것과 유사하게 피쳐 및 기판 지형학들을, 그러나 향상된 기판 취급에 의해 제조하는 데 사용될 수 있다.

[0006] [5] 대면적 소자들 및/또는 높은 처리량의 제조를 가능하게 하도록 연속적 방식으로 플렉서블 기판 물질들을 처리하기 위한 필요성이 존재한다. 단독의(free-standing) 웹 물질들은 롤러에 기초한 시스템들을 사용하여 매우 효율적으로 취급되고 이동될 수 있으나, 롤-투-롤 처리의 사용은 치수적으로 정확한 비아 형성을 보여주지 못해 왔다. 폴리머 막의 롤-투-롤 처리가 알려져 있고, 펀칭 또는 레이저 어블레이션(laser ablation) 방법들에 의해

여 스루홀들을 생성하는 것이 가능할지라도, 폴리머는 치수 안정성 부족을 겪는다. 폴리머 막들은 후속의 처리 단계들 동안에 늘어나거나 뒤틀리고, 이는 스루홀들이 오정렬되는(misaligned) 것을 유발한다. 이것이 폴리머 막들이 일반적으로 처리 프레임(processing frame)에 부착되는 이유이다. 존재하는 특정한 요구는 치수적으로 안정한 기관들 내에 연속적 처리를 사용하여 스루홀들을 생성하는 능력이다.

[0007] [6] 일 실시예에서, 기관 웹 내에 피쳐들을 제조하는 방법은 제1 스폴 내에 배열되는 기관 웹을 제공하는 단계, 상기 제1 스폴로부터 레이저를 포함하는 레이저 처리 어셈블리를 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계, 및 상기 레이저를 사용하여 상기 기관 웹 내에 복수의 결합들을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 식각 어셈블리를 통해 상기 기관 웹을 진행시키는 단계 및 상기 복수의 결합들에서 유리 물질을 제거하여 상기 기관 웹 내에 복수의 피쳐들을 형성하도록 상기 식각 어셈블리에서 상기 기관 웹을 식각하는 단계를 더 포함한다. 상기 방법은 최종 스폴 내로 상기 기관 웹을 롤링하는 단계를 더 포함한다.

[0008] [7] 다른 실시예에서, 기관 웹 내에 피쳐들을 제조하는 방법은 제1 스폴 어셈블리 상의 제1 스폴 내에 배열되는 기관 웹을 제공하는 단계, 상기 기관 웹을 상기 제1 스폴로부터 레이저를 포함하는 레이저 처리 어셈블리를 향해 진행시키는 단계, 및 상기 레이저 처리 어셈블리에서 상기 레이저를 사용하여 상기 기관 웹 내에 복수의 결합들을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 상기 기관 웹을 최종 스폴 어셈블리를 향해 진행시키는 단계, 및 상기 최종 스폴 어셈블리를 사용하여 최종 스폴 내에 상기 기관 웹과, 상기 기관 웹에 인접한 간지 층을 롤링시키는 단계를 더 포함한다.

[0009] [8] 또 다른 실시예에서, 유리 기관 웹은 상기 유리 기관 웹 내에 배치되는 복수의 스루홀들을 포함하고, 상기 유리 기관 웹은 스폴 내로 롤링된다.

## 도면의 간단한 설명

[0010] [9] 다른 도면들을 통틀어 유사한 참조 부호들이 동일한 부분들을 가리키는 첨부한 도면들에서 도시된 바와 같이, 전술한 바는 예시적인 실시예들에 대한 하기의 더욱 구체적인 설명으로부터 명백할 것이다. 도면들은 필수적으로 치수에 맞게 그려지지는 않았으며, 대신 대표도를 도시함에 있어서 강조 표시된다.

[10] 도 1a는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 하나 또는 그 이상의 기관 웹들 내에 피쳐들을 제조하기 위한 방법 및 시스템의 개략적인 도시이다.

[11] 도 1b는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 하나 또는 그 이상의 기관 웹들 내에 피쳐들을 제조하기 위한 다른 방법 및 시스템의 개략적인 도시이다.

[12] 도 1c는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 하나 또는 그 이상의 기관 웹들 내에 피쳐들을 제조하기 위한 다른 방법 및 시스템의 개략적인 도시이다.

[13] 도 2는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 피쳐들의 제조 이후의 기관 웹의 부분도의 개략적인 도시이다.

[14] 도 3은 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 기관 웹의 개략적으로 도시로서, 기관 웹의 단편들은 그 내부에 형성된 피쳐들을 구비한다.

[15] 도 4a는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 기관 웹들 내에 결합들을 형성하기 위한 레이저 처리 어셈블리의 예시의 레이저 처리 성분들의 개략적인 도시이다.

[16] 도 4b는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 도 4a에 도시된 레이저 처리 성분들에 의해 생성되는 초점 라인을 따른 유도 흡수에 기인하여 결합 라인의 형성을 도시하는, 기관 웹의 측면도의 개략적인 도시이다.

[17] 도 5는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 기관 웹들 내에 결합들을 형성하기 위한 레이저 처리 어셈블리의 예시의 레이저 처리 성분들의 개략적인 도시이다.

[18] 도 6a는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 예시의 식각 어셈블리의 개략적인 도시이다.

[19] 도 6b는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 예시의 식각 어셈블리의 개략적인 도시이다.

[20] 도 6c는 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 예시의 식각 어셈블리의 개략적인

도시이다.

[21] 도 7은 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 기관 웹 및 간지 층을 포함하는 스폴의 부분도의 개략적인 도시이다.

[22] 도 8은 여기 설명되고 도시되는 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 시각 어셈블리 내에 배치되는 기관 웹 및 간지 층을 포함하는 스폴의 개략적인 도시이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] [23] 여기 설명된 실시예들은 기관을 웨이퍼들과 같은 개별적인 성분들로 분리하기 전에 연속적, 롤-투-롤 공정에서 플렉서블 기관들 내에 피쳐들을 생성하기 위한 방법과 관련된다. 여기 설명된 연속적, 롤-투-롤 공정들은 기관을 견고한 지지 프레임에 접촉시키는 단계를 요구하지 않으며, 피쳐들을 제조하는 단계 이전에, 기관을 개별적인 성분들(예를 들어 웨이퍼들)로 개별적으로 분리하는 단계 이전에 피쳐들이 형성되는 것을 가능하게 한다. 여기 설명되는 연속적, 롤-투-롤 공정들은 배치 처리에 의해 제공되는 것들과 유사한 피쳐 및 기관 지형학들을, 향상된 기관 취급에 의해 제조하는 데 사용될 수 있다.
- [0012] [24] 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이, 기관 웹은 스폴 또는 플렉서블 웹 내에 제공된다. 기관 웹은 스폴 또는 플렉서블 웹으로부터 풀리고(unrolled), 레이저 처리 어셈블리를 향해 진행되며, 레이저 빔이 기관 웹 내에서 피쳐들, 손상 영역들 또는 라인들을 형성하는 데 사용된다. 일 실시예에서, 기관 웹은 이후 시각 어셈블리를 향해 진행되고, 여기서 기관 웹에 손상 영역을 오픈하고 피쳐들을 생성하기 위하여 레이저 빔에 의해 생성된 손상 영역들 주위의 기관 물질을 제거하도록 시각 공정이 가해진다. 여기 사용된 바와 같이 용어 "피쳐"는 임의의 형상 또는 깊이를 갖는 기관 웹 내의 보이드(void)를 의미하고, 기관 웹의 두께를 완전히 관통하여 연장되는 스루홀들, 기관 웹의 두께를 부분적으로 통하여 연장되는 블라인드-비아들, 기관 웹의 깊이를 관통하여 연장하는 슬롯들, 기관 웹을 부분적으로 통하여 연장되는 채널들, 및 동류물을 포함한다. 그 내부에 형성되는 피쳐들을 구비하는 기관 웹은 이후 최종 스폴 내로 롤링되고, 이는 다이싱, 코팅, 소자 제조, 적층, 또는 다른 공정들을 위한 다른 설비로 이송되는 것과 같은 후속의 처리를 위하여 쉽게 취급될 수 있다. 플렉서블 기관 웹들 내에 피쳐들을 제조하기 위한 다양한 방법들이 아래에서 상세히 설명된다.
- [0013] [25] 이제 도 1a를 참조하면, 플렉서블 기관 웹(103) 내에 피쳐들을 제조하기 위한 방법 및 시스템(100)이 개략적으로 도시된다. 일반적으로, 기관 웹(103)은 처리 이전에 제1 스폴(101A) 내에 제공된다. 여기 사용되는 바와 같이, 용어 "기관 웹"은 유리 기관 웹, 유리-세라믹 기관 웹, 또는 세라믹 기관 웹을 의미한다. 용어 "기관 웹"은 또한 폴리머, 금속, 유리, 유리-세라믹 또는 세라믹 물질들 중 하나 또는 그 이상을 포함하는 플렉서블 기관 웹을 포함한다. 예를 들어, 기관 웹은 롤 내로 감기는 것이 가능한 플렉서블 유리 웹을 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 다른 물질들이 꼬이고(spliced), 적층되고, 또는 함께 결합되어 롤을 생성한다. 다른 물질들은 각각 웹의 전체 폭을 커버하거나 또는 개별적인 별개의 영역들(discrete regions)일 수 있다. 일 예시로서, 기관 웹은 개별적인 별개의 플렉서블 유리 영역들이 그 위에 적층되거나 접착된 폴리머 웹 캐리어일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 이들은 폴리머 웹 캐리어를 커버하거나 열린 프레임들의 위치들에서 부착될 수 있다. 유리 기관 웹은 레이저 드릴링될 수 있거나 여기 설명되는 바와 같이 선택적으로 식각되는 것이 가능한 임의의 유리 물질로부터 제조될 수 있다. 유사하게, 유리-세라믹 기관 웹 및 세라믹 기관 웹은 레이저 드릴링될 수 있거나 여기 설명되는 바와 같이 선택적으로 식각되는 것이 가능한 임의의 유리-세라믹 또는 세라믹 물질로부터 제조될 수 있다. 비한정적인 예시들로서, Corning, New York의 Corning Incorporated에 의해 제조된 EagleXG®, Lotus®, 및 Gorilla® 유리 기관들이 여기 설명되는 방법들을 사용하여 처리될 수 있다. 다른 비한정적인 예시로서, 플렉서블 이트리아-안정화 지르코니아(yttria-stabilized zirconia)가 여기 설명되는 방법들을 사용하여 처리될 수 있다.
- [0014] [26] 위에서 언급된 바와 같이, 기관 웹(103)은 레이저 노출 공정에 의해 드릴링되는 것이 가능하다. 따라서, 기관 웹(103)은 기관 웹(103)이 레이저 처리 동안 지지 프레임에 고정될 필요가 없도록 최소의 치수 변화를 갖는 열 에너지를 수신하는 것이 가능해야 한다. 예를 들어, 일반적으로 고온 전자 어플리케이션들을 위하여 사용되는 폴리이미드 막은 열 사이클들이 가해질 때 10  $\mu$ m 내지 100  $\mu$ m의 범위 내에서 예상치 못한 뒤틀림(distortion)을 경험할 수 있다. 대조적으로, 여기 설명되는 유리 기관들과 같은 기관들은 동일한 열 사이클들이 가해질 때 검출 가능한 뒤틀림을 갖지 않는다. 치수 안정성에 더하여, 기관 웹(103) 또는 만약 복합체라면 기관 웹의 일부분들이 약 500°C보다 큰 온도들을 견디는 것이 가능해야 하고, 약 50 GPa보다 큰 영률(Young's modulus)을 가지고, 및/또는 약 3 GPa보다 큰 경도(hardness)를 갖는다.



- [0015] [27] 기관 웹(103)은 도 1a에 도시된 것과 같이, 스폴 내로 롤링되는 것이 가능하도록 두께를 가져야 한다. 유리 기관의 경우에, 비한정적 예시로서, 기관(103)은 물질의 조성 및 특성들에 의존하여 다른 두께들을 채용할 수 있다는 점이 이해되어야 한다.
- [0016] [28] 제1 스폴(101A)은 도 1a에 도시된 바와 같이, 기관 웹(103)을 풀도록 기계적으로 회전하는 제1 스폴 어셈블리(번호 표시되지 않음) 상에 배치된다. 제1 스폴 어셈블리뿐만 아니라 여기 설명되는 다른 스폴 어셈블리들은 회전할 수 있고 그 상부에 롤링되는 기관 웹(103)을 갖는 것이 가능한 임의의 장치로서 구현될 수 있다.
- [0017] [29] 도시되는 실시예에서, 기관 웹(103)은 제1 스폴(101A)로부터 풀리는 동안 레이저 처리 어셈블리(102)를 통과한다. 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이, 레이저 처리 어셈블리(102)는 기관 웹(103) 상에 또는 이를 통해 복수의 결함들(도 1a에 도시되지 않음) 레이저 드릴링하도록 구동 가능한 하나 또는 그 이상의 레이저들을 포함한다. 결함들은 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이 다수의 포톤 흡수에 의해 형성되는 유리 기관 내의 스루홀들, 블라인드 홀들, 결함 라인들, 또는 손상 영역일 수 있다. 최종 어플리케이션들 및 피쳐 요구조건들에 의존하여 기관 웹(103) 내에 레이저-유도된 결함들을 형성하는 것이 가능한 임의의 레이저 공정이 사용될 수 있다. 일 예시로서, 하나 또는 그 이상의 레이저들은 자외선 또는 적외선 파장 범위 내에서 레이저 빔을 생성하도록 구동 가능할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 일 예시에서, 비한정적인 레이저 처리 어셈블리는 도 4a, 4b, 및 5에 도시되며, 아래에서 상세하게 설명된다.
- [0018] [30] 몇몇의 기관 웹들을 동시에 처리하는 것이 가능하다는 점에 주목한다. 예를 들어, 제1 스폴(101A)은 레이저 처리 어셈블리(102) 내에 적층된 관계로 배열될 때 다수의 기관 웹들이 동시에 레이저 드릴링될 수 있도록 복수의 롤링된 기관 웹들을 포함할 수 있다.
- [0019] [31] 도 1a에 도시된 예시에서, 기관 웹(103)은 제1 중간 스폴 어셈블리(번호 표시되지 않음)를 향해 레이저 처리 어셈블리(102)로부터 진행되고, 여기서 기관 웹(103)은 중간 스폴(101B) 내로 롤링된다. 기관 웹(103)이 중간 스폴(101B)과 같이 완전히 롤링된 이후에, 제1 중간 스폴 어셈블리로부터 제거된다.
- [0020] [32] 대안의 실시예들에서, 기관 웹(103)은 이후 복수의 더 작은 중간 스폴들 내로 롤링되는 복수의 더 작은 단편들(segments)로 분리된다. 이러한 더 작은 단편들은 탈착(delaminating)에 의해, 또는 다른 방법들에 의해 폭을 가로질러, 길이를 가로질러, 폭 및 길이의 조합으로, 기관 웹을 분리함에 의해 형성될 수 있다. 이러한 더 작은 중간 스폴들은 이후 풀릴 수 있고 식각 어셈블리(104)를 통해 통과될 수 있다. 기관 웹(103)은 임의의 알려진거나 개발될 기관 분리 기술에 의해 더 작은 단편들로 분리될 수 있다.
- [0021] [33] 화살표(A)에 의해 도시되는 바와 같이, 예시의 공정은 기관 웹(103)을 중간 스폴(101B)로부터 풀도록 도 1a에 도시되는 바와 같이 기계적으로 회전하도록 구동 가능한 제2 중간 스폴 어셈블리(번호 표시되지 않음) 상에 중간 스폴(101B)(또는 다수의 중간 스폴들)을 위치시킴에 의해 계속된다. 기관 웹(103)은 이것이 식각 어셈블리(104)로 들어가도록 중간 스폴(101B)로부터 진행되며, 여기서 요구되는 피쳐들을 형성하도록 레이저 공정에 의해 생성되는 결함들을 오픈하는 식각 공정이 가해진다. 도 1a에 도시된 레이저 및 식각 공정들은 연속적일 필요는 없음에 주목한다. 예를 들어, 레이저 공정이 먼저 일어날 수 있고, 몇몇의 소자 제조 및 다른 공정 단계들이 뒤따르고, 이후 식각 공정이 뒤따를 수 있다. 임의의 알려진거나 곧 개발될 식각 공정이 요구되는 형상으로 피쳐들(110)을 오픈하거나 다르게 형상화하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 비한정적인 식각 공정들은 도 6a 내지 도 6c에 개략적으로 도시되고 아래에서 상세하게 설명된다. 도 2는 식각 공정을 뒤따르는 기관 웹(103)의 일부분 내의 스루홀들로서 구성되는 복수의 피쳐들을 도시한다. 홀들의 형상은 어플리케이션 요구조건들에 따라 실린더, 원뿔, 또는 다른 형상으로부터 달라질 수 있다. 대안적으로, 레이저 처리 유닛(102)은 식각 어셈블리(104)가 요구되지 않도록 식각 공정을 요구하지 않으며 기관 물질(103) 내에 충분한 피쳐들을 생성할 수 있다.
- [0022] [34] 식각 어셈블리(104)를 통해 통과한 이후에, 기관 웹(103)은 레이저 처리 어셈블리(102)로부터 최종 스폴 어셈블리(번호 표시되지 않음)를 향해 진행되고, 여기서 기관 웹(103)이 최종 스폴(101C) 내로 롤링된다. 기관 웹(103)이 최종 스폴(101C)과 같이 완전히 롤링된 이후에, 이는 최종 스폴 어셈블리로부터 제거된다. 최종 스폴(101C)은 이를 관통하여 형성되는 피쳐들(110)을 구비하는 롤링된 기관 웹(103)을 포함한다. 위에서 언급한 바와 같이, 피쳐들(110)은 스루-홀들, 블라인드-비아들, 슬롯들, 채널들, 또는 다른 피쳐들일 수 있다. 이후 최종 스폴(101C)에 추가적인 처리가 가해질 수 있거나 추가적인 처리를 위하여 후속의 설비로 이송될 수 있다. 최종 스폴(101C)의 기관 처리기(processor)로의 이송은 예를 들어 수천의 개별적으로 단일화된 기관들을 수송하는 것보다 더 쉽고 및/또는 더욱 가격 효율적일 수 있다.
- [0023] [35] 위에서 언급한 바와 같이, 몇몇의 기관 웹들을 동시에 처리하는 것이 가능할 수 있다. 식각 공정 동안, 기

관 웹들의 실질적으로 모든 표면들에 식각액이 도달하는 것을 보장하도록 인접한 기관 웹들의 표면들 사이에 갭이 존재해야 한다. 그러므로, 인접한 기관 웹들의 표면들 사이에 갭을 제공하도록 하나 또는 그 이상의 식각액-저항성 간지 층들(interleaf layers)이 인접한 기관 웹들 사이에 배치될 수 있다. 예시의 간지 층(111)이 도 7에 도시되고 아래에서 설명된다. 하나 또는 그 이상의 간지 층들은 하나 또는 그 이상의 기관 웹들의 실질적으로 모든 표면들에 식각액 용액이 도달하는 것을 허용하도록 그리드(grid)로서 구성되거나 또는 그렇지 않으면 개구부들을 가질 수 있다.

[0024] [36] 하나 또는 그 이상의 간지 층들은 식각 어셈블리(104) 이전에 공정 내에서 임의의 시간에 제공될 수 있다. 예를 들어, 기관 웹들 및 간지 층들이 레이저 처리 어셈블리(102)를 통해 통과하도록 제1 스펀(101A)은 교대의 기관 웹들 및 간지 층들을 포함할 수 있다. 대안적으로, 기관 웹들이 레이저 처리 어셈블리(102)를 통해 통과한 이후에, 및 기관 웹들을 식각 어셈블리를 통해 통과시키는 단계 이전에, 하나 또는 그 이상의 간지 층들은 하나 또는 그 이상의 스펀들(예를 들어, 제3 중간 스펀) 내로 기관 웹들과 함께 롤링될 수 있다.

[0025] [37] 도 1b를 참조하면, 플렉서블 기관 웹(103) 내에 피쳐들을 제조하기 위한 다른 방법 및 시스템(100')이 개략적으로 도시된다. 도 1a를 참조로 하여 위에서 설명된 바와 같이, 기관 웹(103)은 제1 스펀 어셈블리(번호 표시되지 않음) 상에서 제1 스펀(101A) 내에 최초로 제공된다. 기관 웹(103)이 제1 스펀(101A)로부터 풀림에 따라, 이는 레이저 처리 어셈블리(102)를 향해 진행하고, 여기서 위에서 설명되고 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이 하나 또는 그 이상의 레이저들에 의해 기관 웹(103) 내에 결함들이 형성된다.

[0026] [38] 도 1a 내에 도시되는 것과 같이 중간 스펀 내로 롤링되기 보다는, 기관 웹(103)은 식각 어셈블리(104)를 향해 직접 진행한다. 이러한 방식으로, 레이저 처리 이후에 기관 웹(103)은 레이저 처리 어셈블리(102)로부터 식각 어셈블리(104)까지 직접 통과한다. 위에서 언급된 바와 같이, 식각 어셈블리(104)는 피쳐들 내로 복수의 결함들을 오픈하는 것이 가능한 임의의 식각 공정(들)을 제공하는 임의의 어셈블리로서 구성될 수 있다. 이는 습식 공정들 및 플라즈마 공정들을 포함할 수 있다. 식각 어셈블리(104)를 나온 이후에, 기관 웹(103)은 최종 스펀 어셈블리(번호 표시되지 않음) 상에서 제1 스펀(101C) 내로 감긴다. 최종 스펀(101C)은 이후 위에서 설명한 바와 같이 최종 스펀 어셈블리로부터 제거될 수 있다.

[0027] [39] 기관 웹(103)이 제1 스펀(101A)로부터 풀리고 최종 스펀(101C) 내로 롤링되는 속도, 레이저 처리 어셈블리(102) 내에서의 레이저 처리의 속도, 및 기관 웹(103)이 식각 어셈블리(104) 내에 위치하는 시간 기간은, 식각 공정 동안에 결함들이 적절하게 형성되고 피쳐들이 적절하게 오픈되도록 조화되어야 한다. 일 실시예에서, 기관 웹(103)은 제1 스펀(101A)로부터 풀리고 레이저 처리 어셈블리는 연속적으로 결함들을 제조한다. 식각 어셈블리(104)의 길이는, 결함들이 요구되는 피쳐 형상을 오픈하도록 허용하는 기간 동안 기관 웹(103)이 식각 공정에 노출되도록 한다.

[0028] [40] 다른 실시예들에서, 기관 웹(103)이 레이저 처리 어셈블리(102) 내에서 정지하도록 기관 웹(103)은 제1 스펀(101A)로부터 별개로 풀어지고, 여기서 기관 웹(103)이 일 기간동안 정지하는 동안 하나 또는 그 이상의 레이저들이 복수의 결함들을 생성한다. 도 3은 기관 웹(103)의 일부분을 개략적으로 도시하고, 단편들(108A-108C) 내에 배치되지 않는 기관 웹(103)의 영역들이 피쳐들을 함유하지 않는 한편, 개별적인 단편들(108A-108C)이 피쳐들을 구비하도록 제조된다. 만약 요구된다면, 기관 웹(103)은 추가적인 처리를 위하여 단편들(108A-108C) 사이에서 절단될 수 있다.

[0029] [41] 이제 도 1c를 참조하면, 기관 웹 내에 피쳐들을 제조하기 위한 다른 방법 및 시스템(100'')이 개략적으로 도시된다. 도 1b에서 도시된 실시예와 유사하게, 기관 웹(103)은 레이저 처리 어셈블리(102)를 나온 이후에 바로 식각 어셈블리(104)로 들어간다. 그러나, 최종 스펀(101C) 내로 들어가기 이전에, 기관 웹(103)은 하나 또는 그 이상의 추가적인 처리 어셈블리들(106)을 통해 통과한다. 하나 또는 그 이상의 처리 어셈블리들은 세정(예를 들어, 수용액 또는 플라즈마), 비아 도금, 기관 웹(103)에 하나 또는 그 이상의 코팅들의 적용, 유전 물질의 적용(application), 평탄화(planarization), 금속화(metallization), 인쇄(printing), 적층(laminating), 또는 추가적인 비아 에칭 공정들을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 복수의 결함들을 형성하는 단계 이후에 기관 웹에 폴리머 코팅이 적용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 코팅(예를 들어 폴리머 코팅)의 두께는 결함들의 주요 치수보다 더 작다. 예를 들어, 코팅의 두께는 결함들의 주요 치수의 최대 약 90%, 최대 약 80%, 최대 약 70%, 최대 약 60%, 최대 약 50%, 최대 약 40%, 최대 약 30%, 최대 약 20%, 최대 약 10%, 또는 최대 약 5%이다. 결함들의 최대 치수는 기관 웹의 면 내의 결함들의 평균적인 가장 큰 치수로서 표현될 수 있다. 예를 들어, 기관 웹의 면 내의 원형 단면에서의 결함들을 위하여, 주요 치수는 결함들의 평균 직경으로서 표현될 수 있다. 일부 실시예들에서, 코팅은 유전 물질을 포함한다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 코팅은 코팅된

기관 웹 상으로 추가적인 코팅의 접착을 촉진하도록 구성되는 접착층을 포함한다. 예를 들어, 추가적인 코팅은 금속 물질(예를 들어, 무전해 금속화에 의해), 유전 물질, 또는 다른 기능성 물질을 포함한다. 위에서 설명한 바와 같이, 하나 또는 그 이상의 추가적인 처리 어셈블리들(106)을 뒤따라, 기관 웹(103)이 최종 스폴(101C) 내로 롤링된다. 대안적으로, 하나 또는 그 이상의 추가적인 처리 단계들(106)은 레이저 처리 어셈블리(102) 및 식각 어셈블리(104) 사이에서 일어날 수 있다.

[0030] [42] 레이저 처리 어셈블리(102)는 기관 웹(103)이 레이저 처리 어셈블리(102)를 통해 통과함에 따라 기관 웹(103) 내에 레이저 결함들을 빨리 형성하는 것이 가능한 임의의 레이저 처리 시스템으로서 구성될 수 있다. 일 예시로서, 비한정적인 레이저 드릴링 공정은 아래에 설명되며 도 4a, 4b, 및 5에 도시된다.

[0031] [43] 일반적으로, 미국 특허 출원 공개 번호 제2015/0166396호에 설명되는 바와 같이 레이저 빔이 유리 기관과 같은 기관 웹의 벌크 내에 위치하는 레이저빔 초점 라인으로 변형되어(transformed) 기관 내의 손상 라인들(damage lines)로서 구성되는 결함들을 생성하고, 상기 문헌은 여기서 그 전문이 참조문헌으로서 병합된다. 아래에서 설명되는 공정들에 따르면, 단일 통과(single pass)에서 레이저는 기관을 통해 고도로 조절된, 극도로 작은(75  $\mu\text{m}$ 보다 작고, 종종 50  $\mu\text{m}$ 보다 작음) 서브표면 손상(subsurface damage) 및 핵(debris) 생성을 갖는 전체 손상들을 생성하는 데 사용될 수 있다. 이는 어블레이션된 물질에 스팟-초점된 레이저의 일반적인 사용과는 대조되며, 여기서 유리 두께를 완전히 뚫도록 다수의 통과들이 종종 필수적이며, 다량의 핵이 어블레이션 공정으로부터 형성되며, 더 많은 서브-표면 손상(100  $\mu\text{m}$  이상) 및 에지 부서짐(chipping)이 발생한다.

[0032] [44] 도 4a 및 도 4b로 돌아가면, 물질을 레이저 처리하는 방법은 빔 전파 방향을 따라 배열된 레이저 빔 초점 라인(2b) 내로 펄스된 레이저 빔(2)을 포커싱하는 단계를 포함한다. 기관(1)(즉, 기관 웹(103))은 이러한 과정에서 물질깊이 mm 당 흡수가 약 10%보다 작고, 바람직하게는 약 1%보다 작을 때 레이저 과정에 대하여 실질적으로 투명하다. 도 5에 도시된 바와 같이, 레이저(3)(도시되지 않음)는 레이저 빔(2)을 발산하고, 이는 광학 어셈블리(6)에 입사하는 일부분(2a)을 갖는다. 광학 어셈블리(6)는 입사하는 레이저 빔을 빔 방향을(초점 라인의 길이(1)) 따라 정의되는 확장 범위(defined expansion range)를 거쳐 출력측 상에서 광범위한 레이저 빔 초점 라인(2b) 내로 돌려준다(turn). 평평한 기관(1)(즉, 기관 웹(103))은 레이저 빔(2)의 레이저 빔 초점 라인(2b)을 적어도 부분적으로 오버랩하도록 빔 경로 내에 위치한다. 따라서 레이저 빔 초점 라인은 기관 내로 향해진다. 참조부호(1a)는 광학 어셈블리(6) 또는 레이저 각각을 마주보는 평평한 기관의 표면을 가리키고, 참조부호(1b)는 기관의 반대면을 가리킨다. 기관 또는 물질 두께(이러한 실시예에서 기관 면에 대하여 면들(1a, 1b)에 수직하게 측정되는)는 d로 라벨링된다.

[0033] [45] 도 4a에 도시된 바와 같이, 기관(1)은 종방향 빔 축에 수직하게 정렬되고, 따라서 광학 어셈블리(6)에 의해 생성되는 동일한 초점 라인(2b) 뒤에서 정렬된다(기관이 도면의 면에 수직하다). 초점 라인이 빔 방향을 따라 배향되거나 정렬되기 때문에, 기관은 초점 라인(2b)이 기관의 표면(1a) 이전에 시작하고 기관의 표면(1b) 이전에 정지하는 방식으로, 즉 여전히 초점 라인(2b)이 기관 내에서 종결되고 표면(1b) 넘어 연장되지 않는 방식으로 초점 라인(2b)에 대하여 위치한다. 레이저 빔 초점 라인(2b)과 기관(1)의 오버랩 영역 내에서, 즉 초점 라인(2b)에 의해 커버되는 기관 물질 내에서, 광범위한 레이저 빔 초점 라인(2b)은 이를 따라 유도 흡수(induced absorption)가 기관 물질 내에 생성되는 광범위한 섹션(extensive section)(2c)(종방향 빔 방향을 따라 정렬되는)을 생성한다(레이저 빔 초점 라인(2b)을 따라 적합한 레이저 강도를 가정하면, 그 강도는 길이(1)의 섹션, 즉 길이(1)의 선상 초점(line focus) 상에 레이저 빔(2)을 포커싱함에 의해 확보된다). 유도 흡수는 섹션(2c)를 따라 기관 물질 내에 결함 라인 형성을 생성한다. 결함 라인은 단일 고에너지 방출 펄스를 사용하여 기관 내에서의 미세 구조의(예를 들어, 직경이 100 nm보다 크고 0.5 마이크로미터보다 작은) 연장된 "홀"(또한 구멍 또는 결함 라인으로 지칭되는)이다. 예를 들어, 개별적인 결함 라인들은 수백 킬로 Hz (초당 수십만 결함 라인들)의 속도들로 생성될 수 있다. 소스 및 기관 사이의 상대적인 운동으로, 이러한 홀들은 서로에 대하여 인접하게 놓여질 수 있다(요구되는 바와 같이 서브마이크론으로부터 수 마이크로미터까지 달라지는 공간적 분리). 결함 라인 형성은 국부적일 뿐만 아니라, 유도 흡수의 광범위한 섹션(2c)의 전체 길이를 걸쳐 존재한다. 섹션(2c)의 길이(기관(1)과 레이저 빔 초점 라인(2b)이 오버랩되는 길이에 대응하는)는 참조부호(L)로 라벨링된다. 유도 흡수(2c)의 섹션의 평균 직경 또는 정도(또는 결함 라인 형성을 겪는 기관(1)의 물질 내의 섹션들)는 참조부호(D)로 라벨링된다. 이러한 평균 정도(D)는 레이저 빔 초점 라인(2b)의 평균 직경( $\delta$ ), 즉 약 0.1 마이크로미터 및 약 5 마이크로미터 사이의 범위인 평균 스팟 직경에 대응된다.

[0034] [46] 도 4a가 도시하는 바와 같이, 기관 물질(레이저 빔(2)의 파장( $\lambda$ )에 대하여 투명한)은 초점 라인(2b) 내의 레이저 빔의 높은 강도와 연관되는 비선형 효과들로부터 일어나는 초점 라인(2B)을 따른 유도 흡수에 기인하여 가열된다. 도 4b는 대응되는 유도된 장력이 마이크로-크랙 형성을 유발하고 그 장력이 표면(1a)에서 최대가 되



도록 가열된 기관 물질이 결국 확장될(expand) 것이라는 점을 도시한다.

- [0035] [47] 레이저 소스의 선택은 투명 물질들 내에 다수-포톤 흡수(multi-photon absorption, MPA)를 생성하기 위한 능력 상에서 예측된다. MPA는 하나의 상태(일반적으로 그라운드 상태)로부터 더 높은 에너지 전자 상태(이온화)까지 분자를 여기시키기 위한 동일하거나 다른 주파수들의 둘 또는 그 이상의 포톤들의 동시적인 흡수이다. 연관되는 분자의 더 낮고 더 높은 상태들 사이의 에너지 차이는 두 개의 포톤들의 에너지들의 합과 동일할 수 있다. 또한 유도 흡수로 불리는 MPA는 예를 들어 제3차 공정(third-order process)일 수 있고, 이는 선형 흡수보다 크기가 수 오더 더 약하다. 유도 흡수의 강도가 광 강도 자체에 비례하는 것 대신에 광 강도의 제곱(square) 또는 세제곱(cube)에 비례할 수 있는 점에서 MPA는 선형 흡수와 다르다. 따라서 MPA는 비선형 광학 공정이다.
- [0036] [48] 초점 라인(2b)을 생성하도록 적용될 수 있는 대표적인 광학 어셈블리들(6)뿐만 아니라 이러한 광학 어셈블리들이 적용될 수 있는 대표적인 광학적 설정(setup)이 아래에 설명된다. 모든 어셈블리들 또는 설정들은 동일한 참조부호들이 동일한 성분들 또는 피쳐들 또는 그들의 기능에서 동일한 것들을 위하여 사용되도록 위의 설명에 기초할 수 있다.
- [0037] [49] 요구되는 개구수(numerical aperture)를 획득하기 위하여, 한편 광학기구는 알려진 Abbe 수식( $N.A. = n \sin(\Theta)$ ,  $n$ : 처리될 유리 또는 다른 물질의 굴절율;  $\Theta$ : 개구 각의 절반, 및  $\Theta = \arctan(D/2f)$ ;  $D$ : 개구,  $f$ : 초점 길이)에 따라 주어진 초점 길이를 위한 요구되는 개구부를 처리해야 한다. 반면에, 레이저 빔은 요구되는 개구까지 상기 광학기구를 밝혀야 하며, 이는 일반적으로 레이저와 포커싱 광학기구 사이의 확장 망원경(widening telescope)을 사용하여 빔 확장의 수단에 의해 달성된다.
- [0038] [50] 스팟 사이즈는 초점 라인을 따른 균일한 상호작용의 목적을 위하여 너무 강하게 달라지지 않아야 한다. 이는 예를 들어, 빔 개구 및 이에 따라 개구수의 퍼센티지가 약간만 달라지도록 작은 원형 영역 내에서 포커싱 광학기구를 밝힘에 의해 확보될 수 있다(아래의 실시예를 참조할 것).
- [0039] [51] 도 4a(레이저 복사(2)의 레이저 빔 번들 내의 중앙 빔의 레벨에서의 기관 면에 수직한 단면, 여기서는 레이저 빔(2)이 기관 면에 수직하게 입사하고, 즉 초점 라인(2b) 또는 유도 흡수(2c)의 광범위한 섹션이 기관 법선에 평행하도록 입사각  $\beta$  가  $0^\circ$  이다)를 참조하면, 레이저(3)에 의해 발산된 레이저 복사(2a)가 우선 사용되는 레이저 복사에 완벽하게 불투명한 원형 개구(8) 상으로 향해진다. 개구(8)는 종방향 빔 축에 수직하게 배열되고 도시된 빔 번들(2a)의 중심 빔 상에 중심에 오도록(centered) 조정된다. 빔 번들(2a)의 중심에 인접한 빔 번들 또는 중심 빔(여기서 2aZ로 라벨링된)이 개구와 부딪치고, 이에 의해 완전히 흡수되는 방식으로 개구(8)의 직경이 선택된다. 빔 번들(2a)의 외주 범위 내의 빔들만이(주변 광선, 여기서 2aR로 라벨링된) 빔 직경에 비교하여 감소된 개구 사이즈에 기인하여 흡수되지 않으나, 개구(8)를 측방향으로 통과하고 광학 어셈블리(6)의 포커싱 광학 성분들의 마진 영역들(marginal areas)과 부딪치며, 상기 광학 어셈블리(6)는 이러한 실시예에서 구형상으로 잘려진, 양면-볼록 렌즈(7)로서 설계된다.
- [0040] [52] 도 4a에 도시된 바와 같이, 레이저 빔 초점 라인(2b)은 레이저 빔을 위한 단일 초점 지점일 뿐만 아니라, 레이저 빔 내의 다른 광선들을 위한 일련의 초점 지점들이다. 도 4a에 레이저 빔 초점 라인(2b)의 길이(1)로서 도시된 바와 같이, 일련의 초점 지점들은 한정된 길이의 연장된 초점 라인을 형성한다. 렌즈(7)는 중심 빔 상에서 중심에 오도록 되고, 통상의 구형으로 잘린 렌즈의 형태 내에서 비-보정된, 양면 볼록 초점 렌즈로서 설계된다. 이러한 렌즈의 구면 수차(spherical aberration)는 유리할 수 있다. 대안으로서, 이상적으로 보정된 시스템들로부터 벗어나는 비구면들(aspheres) 및 다중-렌즈 시스템들이 또한 사용될 수 있으며, 이들은 이상적인 초점 지점을 형성하지 않으나, 한정된 길이의 연장된 초점 라인을 형성한다(즉, 단일 초점 지점을 갖지 않는 렌즈들 또는 시스템들). 따라서 렌즈의 영역들은 렌즈 중심으로부터 거리가 가해지는 초점 라인(2b)을 따라 포커싱된다. 빔 방향을 가로지른 개구(8)의 직경은 빔 번들의 직경(빔의 강도가 피크 강도의  $1/e$ 로 감소되는 데 요구되는 거리에 의해 정의되는)의 대략 90%이고, 광학 어셈블리(6)의 렌즈의 직경의 대략 75%이다. 따라서 중심 내의 빔 번들들을 차단함에 의해 생성되는 비-수차-보정된 구형 렌즈(7)의 초점 라인(2b)이 사용된다. 도 4a는 중심 빔을 통한 일 면에서의 단면을 도시하며, 초점 라인(2b) 주위로 도시된 빔들이 회전할 때 완전한 3차원 번들이 보여질 수 있다.
- [0041] [53] 유도 흡수(2c)의 영역이 기관의 적어도 일 표면 상에서 시작하도록 적어도 하나의 표면들(1a, 1b)이 초점 라인에 의해 커버되는 방식으로 초점 라인(2b)을 위치시키는 것이 유리할 수 있다.
- [0042] [54] 미국 특허 출원 공개 번호 제2015/0166396호는 사용될 수 있는 기관들 내로 피쳐들을 드릴링하기 위하여

레이저 초점 라인을 생성하기 위한 추가적인 실시예들을 개시한다. 또한 레이저 초점 라인을 사용하지 않는 다른 레이저 드릴링 방법들이 또한 사용될 수 있다는 점이 이해되어야 한다.

[0043] [55] 도 6a 내지 도 6c를 참조하면, 식각 어셈블리(104)에 의해 제공될 수 있는 예시의 식각 공정들이 개략적으로 도시된다. 위에서 언급된 바와 같이, 기관 웹(103) 내에 레이저 드릴링된 피쳐들을 오픈하는 것이 가능한 임의의 식각 공정이 사용될 수 있다. 도 6a를 우선 참조하면, 예시의 식각 어셈블리(104')는 스프레이 식각에 의해 진행되는 기관 웹(103)을 식각하도록 구성된다. 복수의 노즐들(도시되지 않음)은 식각 용액의 복수의 스프레이 젯들(105)을 기관 웹(103)로 향하게 한다. 도 6a가 기관 웹(103)의 양 측면들 상의 스프레이 젯들(105)을 도시하지만, 실시예들은 또한 기관 웹(103)의 일 측면 상에만 스프레이 젯들(105)을 향하게 할 수 있다. 스프레이 젯들(105)의 유체 속도는 식각 어셈블리(104')의 길이 및 폭에 따라 달라질 수 있다. 유체 속도, 진동, 펄스, 식각액 조성과 같은 스프레이 식각 조건들은 기관 웹(103)의 일 표면으로부터 다른 표면까지 달라질 수 있다.

[0044] [56] 식각 용액은 특별히 한정되지 않으며 기관 웹(103)의 물질에 의존할 것이다. 실험이 수행되었으며, 여기서 70 내지 80  $\mu\text{m}$ 의 두께와 140 mm의 폭 및 10 m의 길이를 갖는 Corning, New York의 Corning Incorporated에 의해 제조된 EagleXG® 유리가 레이저 드릴링되고, 이후 150 mm의 직경을 갖는 코어 상으로 감겨졌다. 롤 및 언롤(unroll) 스펀들은 식각 어셈블리의 각각의 단부에서 제공되었다. 식각 어셈블리는 20 psi의 스프레이 압력에서 식각 용액의 스프레이를 진동시켜 제공되었다. 식각 케미스트리는 42°C의 온도에서 3 M의 HF 및 1 M의  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 였다. 식각 어셈블리 내에서 3.5분의 유리 시트 체류 시간 동안 유리 시트는 160 mm/분의 속도로 진행되었다. 식각 이후에, 유리 시트는 50  $\mu\text{m}$  두께의 폴리에틸렌-나프탈레이트(polyethylene-naphthalate, "PEN") 막을 간지 물질로서 사용하여 150 mm 직경의 스펀 상으로 다시 감겨졌다.

[0045] [57] 도 6b는 수용액 식각을 제공하는 식각 어셈블리(104'')를 개략적으로 도시하며, 여기서 기관 웹(103)이 식각 용액 내에 잠긴다. 위에서 언급한 바와 같이, 기관 웹(103)의 특성들에 따라 임의의 식각 용액 케미스트리가 사용될 수 있다. 도 6b에 도시되지 않았으나, 식각액-저항성 폴러들이 기관 웹(103)을 아래로 밀어 이들이 식각 용액 내에 완전히 잠기도록 식각 어셈블리(104'') 내에 제공될 수 있다. 도 6b에 도시된 바와 같이, 초음파 에너지 및/또는 교반(형상들(107)에 의해 대표되는)은 피쳐들의 식각을 더욱 촉진하도록 식각 용액 및/또는 기관 웹(103)에 적용될 수 있다. 적용되는 에너지 또는 교반은 기관 웹(103)의 폭, 길이 또는 표면을 가로질러 다르게 유도될 수 있다.

[0046] [58] 도 6c는 식각 영역들(109A, 109B)의 형태들 내에서 다수의 식각 영역들을 제공하는 식각 어셈블리(104''')를 개략적으로 도시한다. 어플리케이션에 따라 임의의 수의 식각 영역들이 제공될 수 있음이 이해되어야 한다. 도시된 실시예에서, 식각 영역(109A)은 수용액 식각 영역인 한편(이는 초음파 에너지 또는 교반을 제공하거나 제공하지 않을 수 있고), 후속의 식각 영역(109B)은 건식 식각 영역이다. 도시된 식각 영역들(109A, 109B) 대신에 또는 추가적으로 다른 식각 영역들이 제공될 수 있다는 점이 이해되어야 한다. 예를 들어, 식각 영역들은 스프레이 공정들 또는 기관 담금을 제공할 수 있다.

[0047] [59] 다른 식각 영역들은 다른 식각 조건들을 구체적으로 갖도록 최적화될 수 있다. 식각 조건들의 빠른 변경들은 기관들의 개별적인 시트들이 식각되는 बै치 처리에서 달성되기는 어렵다. 그러나 여기 설명되는 바와 같은 연속적이거나 롤-투-롤 공정에서, 기관 웹(103)이 식각 어셈블리(104)를 통해 진행함에 따라 스프레이 노즐의 순차적인 세트들이 식각 조성을 달리하거나, 물 린스를 제공하거나, 온도를 변화시키거나, 교반 등을 추가하거나 제거할 수 있다.

[0048] [60] 위에서 언급된 바와 같이, 기관 웹(103)의 각각의 표면은 독립적으로 처리될 수 있다. 예를 들어, 기관 웹(103)의 양 표면들이 동일하거나 다르게 식각될 수 있다. 또는 다른 구성들에서는, 기관 웹(103)의 오직 하나의 표면이 식각될 수 있다. 각각의 표면을 다르게 식각하는 능력을 가짐에 의해, 제1 표면을 공격적으로 식각하고 다른 표면을 약하게 식각함에 의해 피쳐들을 동시에 생성하는 것이 가능하다. 이는 또한 하나의 표면으로부터 공격적으로 식각함에 의해 스루홀들을 생성하고 다른 표면 상에 가벼운 식각에 의해 오직 표면 피쳐들만을 생성하는 데 사용될 수 있다. 기관의 각각의 표면의 처리는 또한 엇갈려질 수 있다(staggered). 식각 조건들은 또한 기관의 수평 폭을 가로질러 달라질 수 있다.

[0049] [61] 연속적인 식각이 피쳐 특성들에 영향을 줄 뿐만 아니라, 이는 또한 기관 웹 에지들 및 전체 기계적 신뢰성에 영향을 줄 수 있다. 기관 웹의 에지들의 식각은 기관 웹 내에 흠들(flaws)을 제거하거나 감소시킬 수 있고, 이에 의해 굽힘(bend) 강도를 증가시킨다. 에지들 근처의 식각은 또한 라운드지거나, 테이퍼지거나, 또는 달라지는 두께의 에지 프로파일을 생성할 수 있다. 식각 공정은 기관 웹의 박형화(thinning)를 또한 생성한다. 이러한 박형화는 기관 웹 폭에 걸쳐 균일할 수 있거나, 기계적, 절단, 또는 소자 기능성의 목적들을 위하여 기관 웹

내에 더 얇은 영역들을 더욱 공격적으로 생성할 수 있다. 이러한 변형들은 기관 표면들 가로질러 식각 조건들을 달리함에 의해 또는 마스크 기술에 의해 가능하다.

[0050] [62] 일부 실시예들에서, 기관 웹(103)은 연속적 공정에서 레이저 처리 어셈블리, 식각 어셈블리, 또는 추가적인 처리 어셈블리들(예를 들어 도 1a, 1b, 1c, 6a, 6b 및 6c에 도시된 것과 같이) 중 하나 또는 그 이상을 통해 통과하거나 진행된다. 예를 들어, 물-투-물 공정에서 기관 웹이 레이저 처리 어셈블리, 식각 어셈블리, 또는 추가적인 처리 어셈블리들 중 하나 또는 그 이상을 통해 순차적으로 통과될 때 기관 웹(103)의 각각의 단부는 스폴에 부착된 채 잔류한다. 또한 예를 들어, 물-투-물 공정에서 기관 웹이 레이저 처리 어셈블리, 식각 어셈블리, 또는 추가적인 처리 어셈블리들 중 하나 또는 그 이상을 통해 순차적으로 통과되고, 이후 단일화되어(singulated) 개별적인 단편들을 형성할 때 기관 웹(103)의 각각의 단부는 스폴에 부착된 채 잔류한다.

[0051] [63] 대안적인 실시예들에서, 기관 웹(103)은 레이저 공정 이후에 개별적인 단편들로 분리될 수 있다. 물-투-물 처리보다는 기관 웹(103)의 개별적인 단편들은 여기 설명되는 식각 어셈블리들을 통해 연속적으로 통과될 수 있다. 일부 실시예들에서, 기관 웹(103)은 롤링되지 않은 시트로서 식각 어셈블리(104)로 들어갈 수 있고, 이후 식각 어셈블리를 통해 통과한 이후에 스폴 내로 롤링될 수 있다.

[0052] [64] 이제 도 7 및 도 8을 참조하면, 일부 실시예들에서, 식각 어셈블리(104)를 통해 기관 웹(103)을 연속적으로 통과하기보다는, 전체 스폴(101D)이 레이저 처리를 뒤따라 스폴 형태로 식각된다. 도 7은 롤링된 기관 웹(103)의 최종 스폴(101D)의 일부분을 개략적으로 도시한다. 식각 용액이 기관 웹(103)의 실질적으로 모든 표면 영역들에 도달하는 것을 보장하기 위하여, 기관 웹(103)의 인접한 표면들 사이에 갭이 존재해야 한다. 도 7에 도시된 바와 같이, 식각액-저항성의 간지 층(111)이 기관 웹(103)의 인접한 표면들 사이에 배치된다. 그리드 또는 그렇지 않으면 개구부들을 포함하도록 구성될 수 있는 간지 층(111)은 기관 웹(103)의 인접한 표면들 사이에 갭들을 제공한다. 이는 최종 스폴(101D)이 식각 용액 내에 담가질 때, 식각액 용액이 기관 웹(103)의 표면들 사이 내에 흐르는 것을 가능하게 한다. 간지 층(111)은 레이저 처리 어셈블리(102) 이전 또는 이후에 적용될 수 있다. 최종 스폴(101D)은 또한 복수의 기관 웹들 및 복수의 간지 층들을 포함할 수 있다.

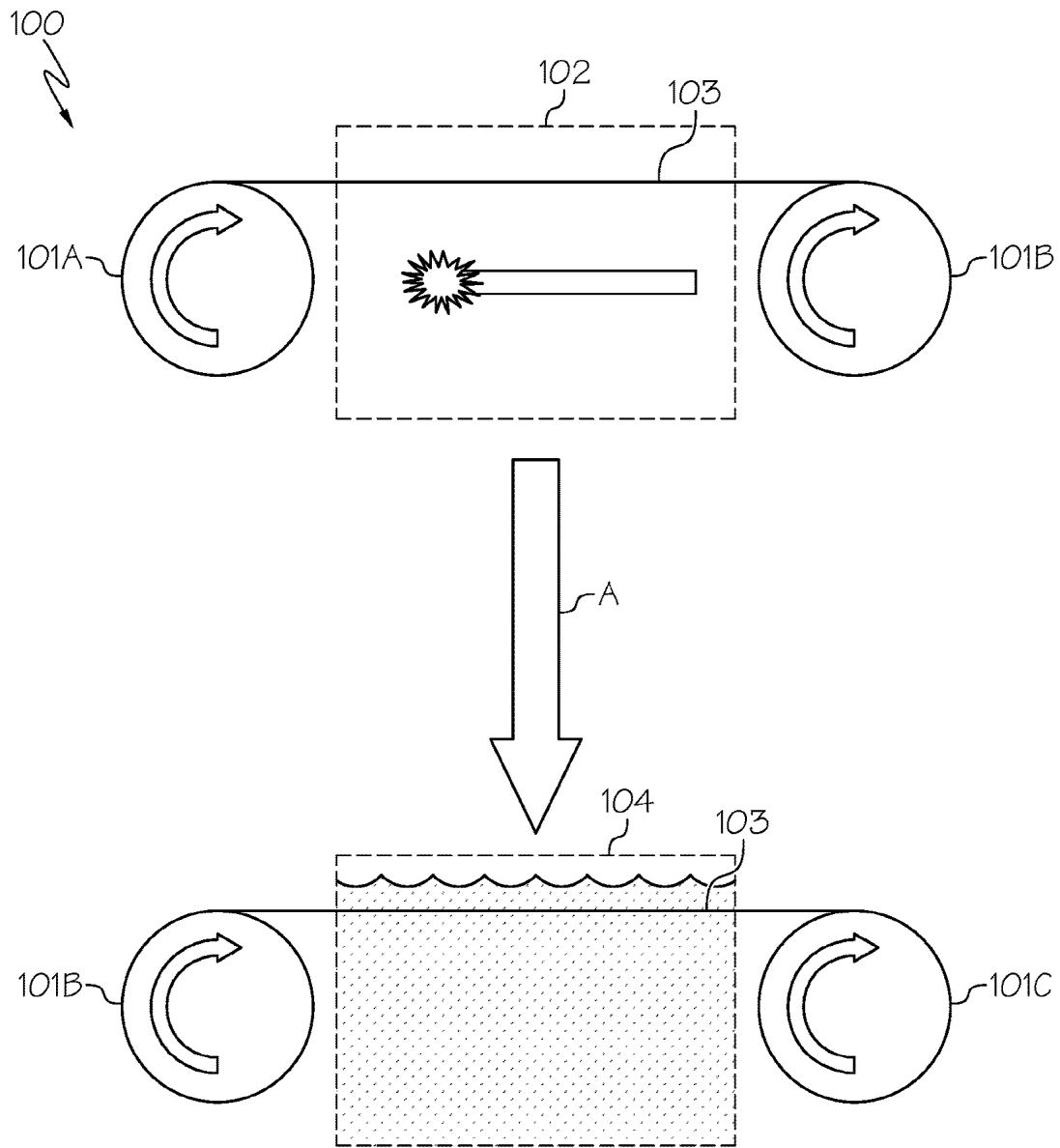
[0053] [65] 레이저 처리 어셈블리(102)를 통해 통과하고 최종 스폴(101D)(또는 도 1a에 도시된 바와 같은 중간 스폴(101B)) 내로 롤링된 이후에, 기관 웹(103)은 화살표(B)에 의해 지시되는 바와 같이 식각 어셈블리(112) 내로 놓여진다. 식각 용액 케미스트리 및 식각 기간은 기관 웹(103)의 물질 및 요구되는 특성들(예를 들어, 홀 직경, 기관 웹 두께, 및 동류물)에 의존할 것이다. 결과 산물은 그 내부에 형성된 피쳐들을 구비하는 롤링된 기관 웹의 스폴이다. 식각 이후에, 최종 스폴(101D)이 세정될 수 있고(예를 들어, 수용액 세정 또는 플라즈마 세정), 및/또는 추가 처리가 가해질 수 있다. 예를 들어, 최종 스폴(101D)은 쉽게 패키징될 수 있고, 추가 처리를 위하여 다른 설비로 수송될 수 있다.

[0054] [66] 여기 설명된 실시예들은 유리 시트들, 유리-세라믹 시트들, 또는 세라믹 시트들과 같은 플렉서블 기관 웹들 내에서 피쳐들의 연속적인 물-투-물 제조를 제공한다는 점이 이해되어야 한다. 하나 또는 그 이상의 기관 웹들은 스폴로부터 풀리고, 레이저 처리 어셈블리를 통해 통과하며, 여기서 하나 또는 그 이상의 기관 웹들 내에 결함들이 레이저에 의해 생성된다. 요구되는 치수들을 갖는 피쳐들 내로 결함들을 오픈하기 위하여 하나 또는 그 이상의 유리 기관 웹들을 화학적으로 식각하도록 하나 또는 그 이상의 기관 웹들은 이후 식각 어셈블리를 통해 연속적으로 통과된다. 물-투-물 연속 처리는 전통적인 제조 방법들에 비하여 공정 단계의 수를 감소시키고, 스폴 형태의 기관 웹들의 용이한 취급을 가능하게 한다.

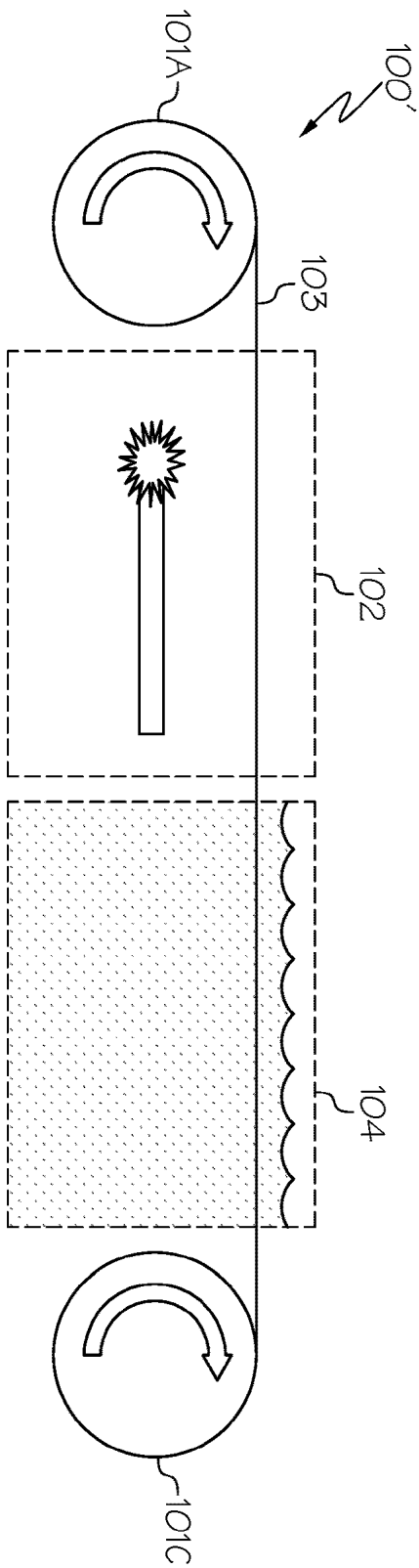
[0055] [67] 예시의 실시예들이 여기서 설명되었지만, 첨부된 청구범위들에 의해 포함되는 범위로부터 벗어나지 않고, 그 내부에서 당업자에 의해 형태 및 세부사항들에 있어 다양한 변형들이 만들어질 수 있음이 이해될 것이다.

도면

도면1a

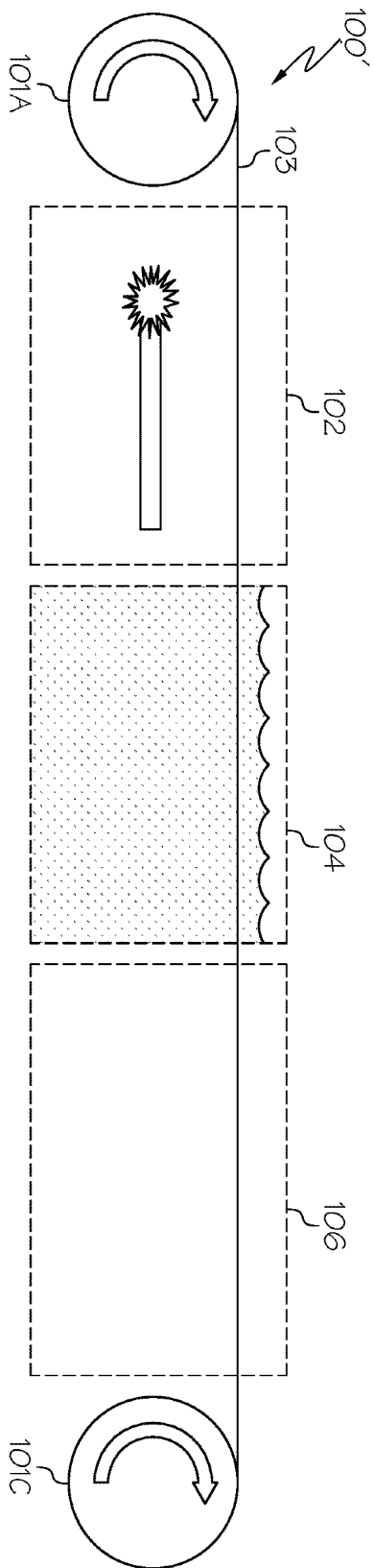


도면1b

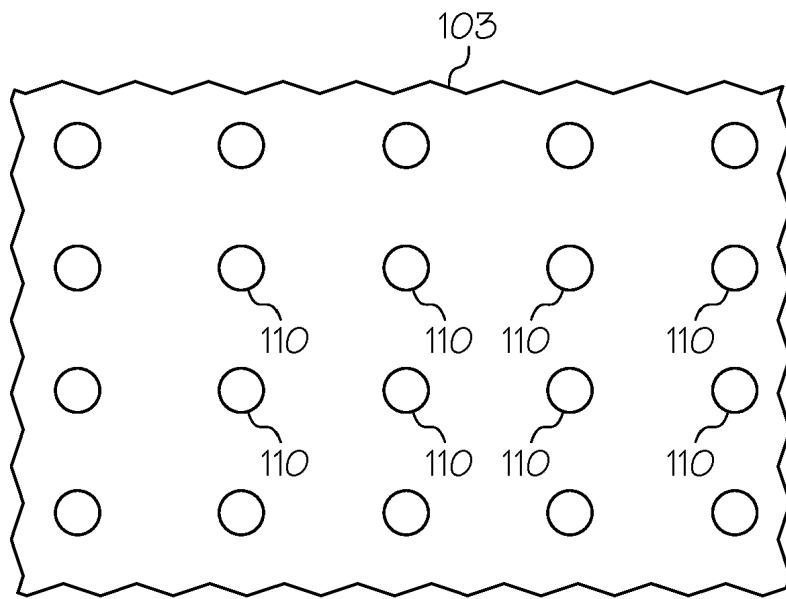




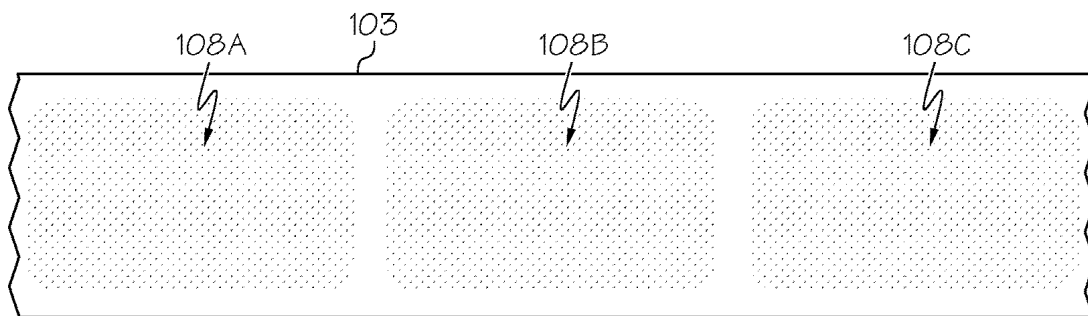
도면1c



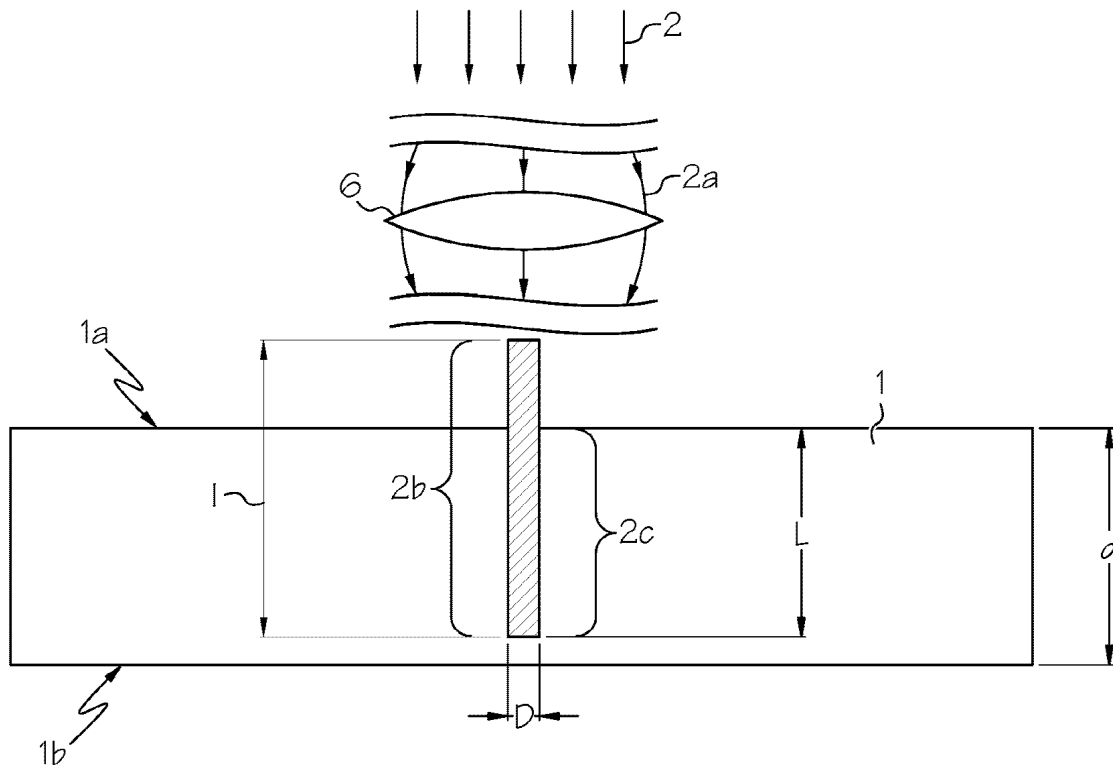
도면2



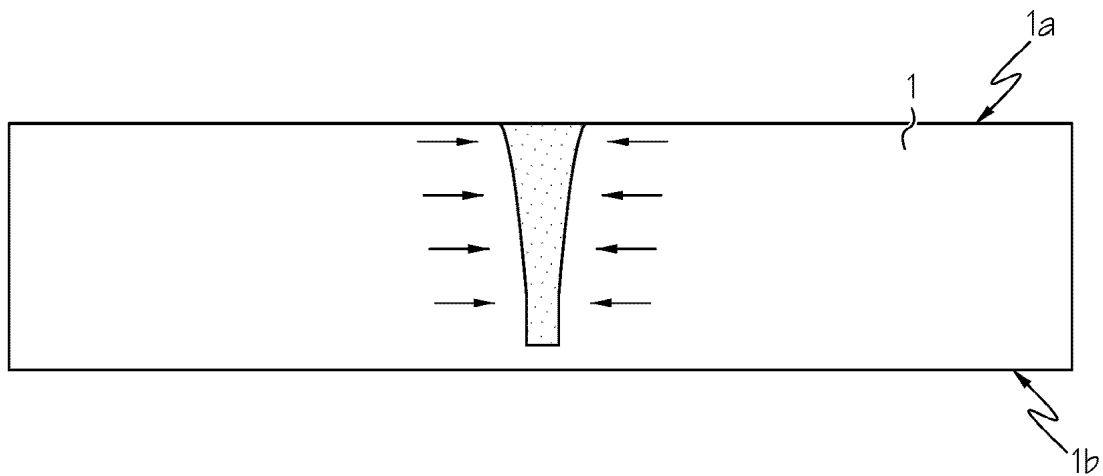
도면3



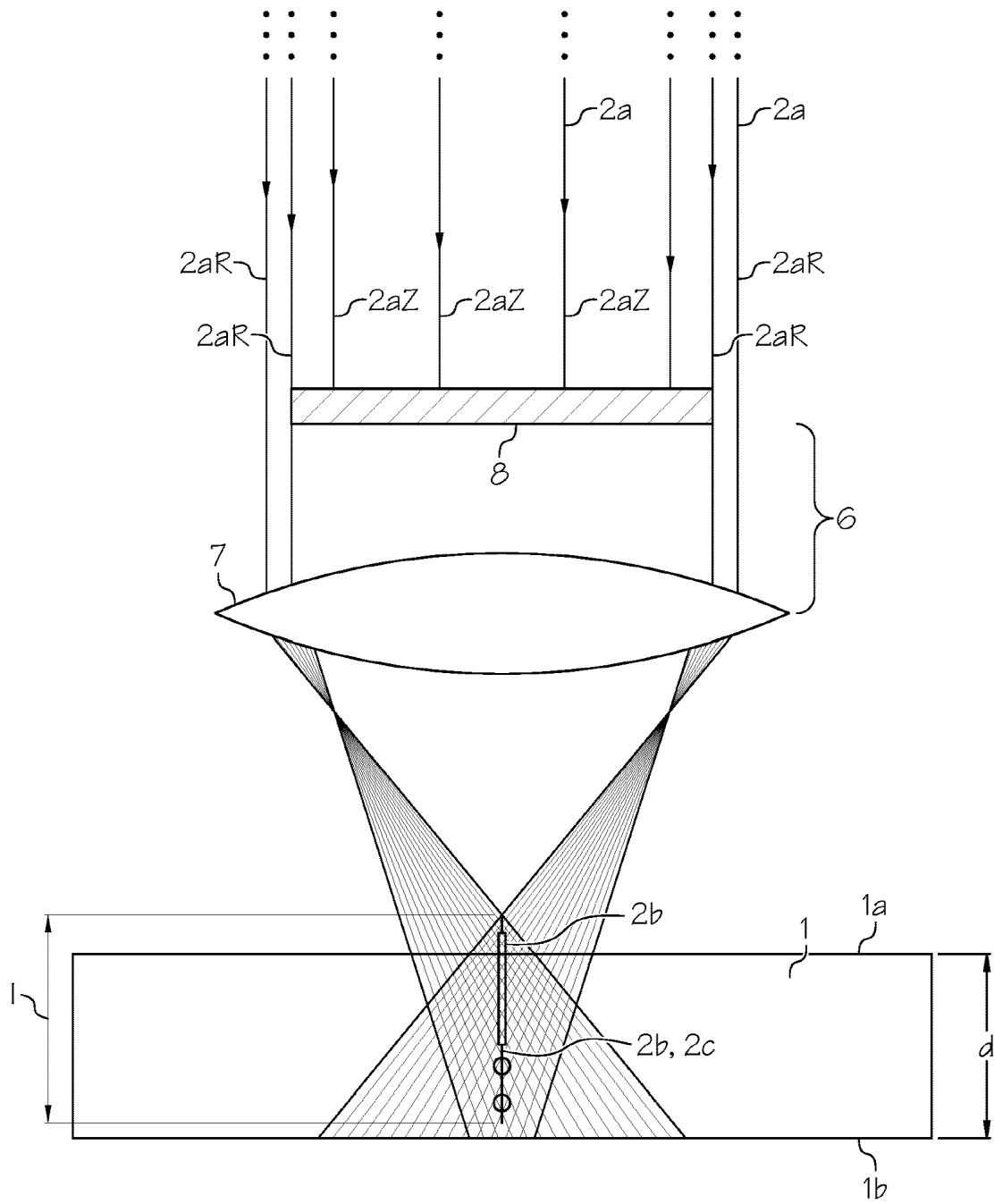
도면4a



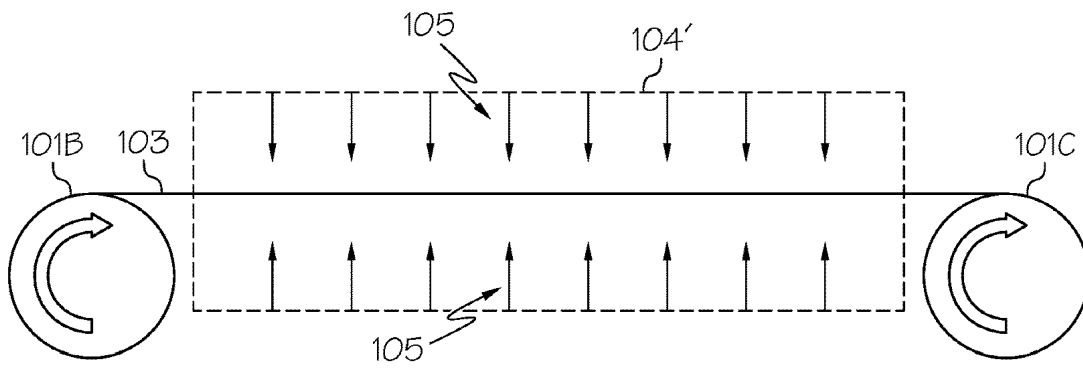
도면4b



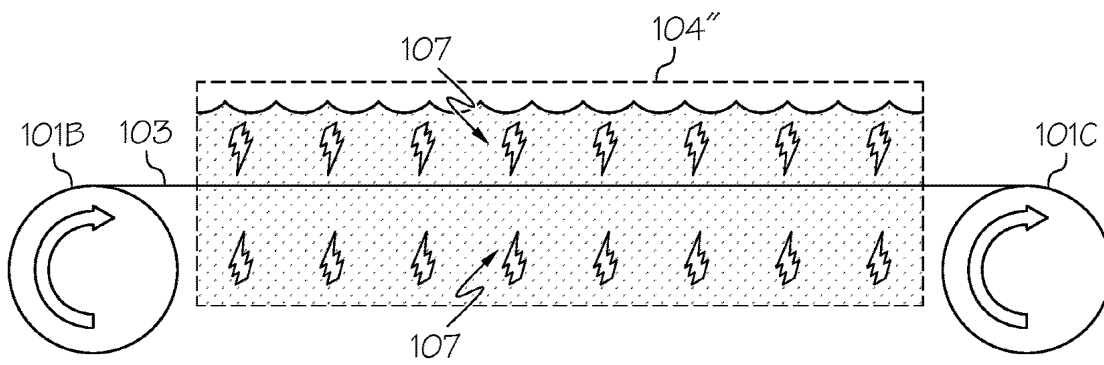
도면5



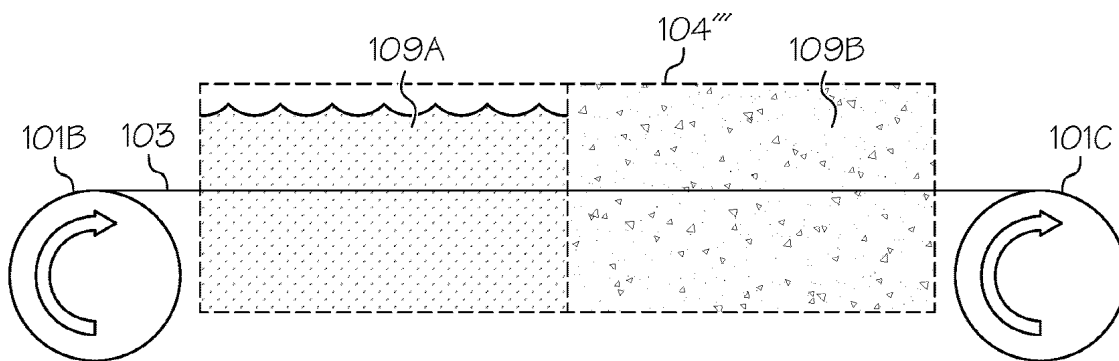
도면6a



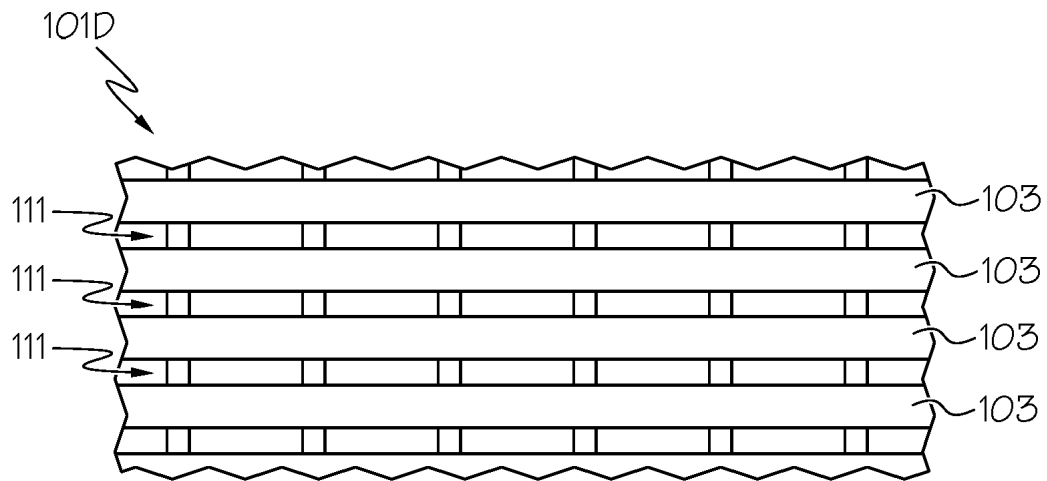
도면6b



도면6c



도면7



도면8

