



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0103321  
(43) 공개일자 2014년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23K 26/38 (2014.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7019195  
(22) 출원일자(국제) 2012년12월19일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2014년07월10일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/070470  
(87) 국제공개번호 WO 2013/096372  
국제공개일자 2013년06월27일  
(30) 우선권주장  
13/331,472 2011년12월20일 미국(US)

(71) 출원인  
일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드  
미국, 오리건 97229, 포트랜드, 노스웨스트 싸이언스 파크 드라이브13900  
(72) 발명자  
노엘 엠 세인  
미국 오레곤주 97229 포트랜드 노스웨스트 싸이언스 파크 드라이브 13900 일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드 내  
세코이 토드 씨  
미국 오레곤주 97229 포트랜드 노스웨스트 싸이언스 파크 드라이브 13900 일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드 내  
(74) 대리인  
김태홍, 김성기

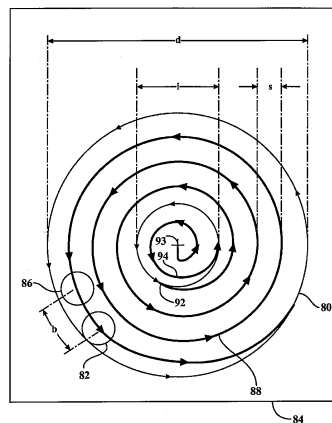
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **경화된 실리콘에 테이퍼를 최소화한 구멍을 천공하는 방법**

### (57) 요약

레이저 가공 시스템은, 엘라스토머 재료, 바람직하게는 실리콘 고무에 구멍을 정밀 레이저 천공하여, 소형 전자 부품을 이들 전자 부품이 처리되거나 혹은 테스트되고 있는 동안에 일시적으로 지지하는 구멍을 형성하는 데 사용된다. 상기 구멍은, 0이 아닌 내경에서부터 목표 직경으로 진행되거나 혹은 목표 직경에서부터 상기 내경으로 진행되는 방향의 복수의 패스에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도함으로써 형성된다. 상기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 복수의 패스가 제1 패턴을 형성한다. 엘라스토머 재료의 바닥면을 관통하게 구멍이 형성되기까지, 방향의 변경 없이 상기 제1 패턴을 반복하거나, 혹은 상기 복수의 패스의 방향을 역전시키면서 상기 제1 패턴을 반복한다.

**대표도** - 도4



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

중심을 가로지르는 목표 직경으로 엘라스토머 재료에 구멍을 천공하는 방법으로서,

0이 아닌 내경에서부터 목표 직경으로 진행되거나 혹은 목표 직경에서부터 상기 내경으로 진행되는 방향의 복수의 패스(pass)에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도하는 단계로서, 상기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 복수의 패스가 제1 패턴을 형성하는 것인 레이저 펄스 유도 단계; 및

엘라스토머 재료의 바닥면을 관통하게 구멍이 형성되기까지, 상기 방향의 변경 없이 상기 제1 패턴을 반복하거나, 혹은 상기 복수의 패스의 방향을 역전시키면서 상기 제1 패턴을 반복하는 단계

를 포함하는 구멍 천공 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 패턴을 형성하도록 상기 레이저 펄스를 유도하는 단계 이전에, 상기 중심 둘레의 중앙부를 상기 내경으로까지 제거하는 단계를 더 포함하는 구멍 천공 방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 중앙부를 제거하는 단계는,

상기 중앙부가 상기 엘라스토머 재료로부터 잘라내어질 때까지 상기 내경에 의해 형성된 경로 둘레로 레이저 천공하는 단계; 또는

중심에서부터 또는 중심의 부근에서부터 내경으로 진행되는 방향의 초기 복수의 패스에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도하는 단계로서, 상기 초기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 초기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 초기 복수의 패스가 제2 패턴을 형성하고, 상기 초기 복수의 패스 중 연속하는 패스 사이의 스텝 크기가 상기 제1 패턴을 형성하는 복수의 패스 중 연속하는 패스 사이의 스텝 크기보다 큰 것인 레이저 펄스 유도 단계; 또는

내경에서부터 중심으로 또는 중심의 부근으로 진행되는 방향의 초기 복수의 패스에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도하는 단계로서, 상기 초기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 초기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 초기 복수의 패스가 제2 패턴을 형성하고, 상기 초기 복수의 패스 중 연속하는 패스 사이의 스텝 크기가 상기 제1 패턴을 형성하는 복수의 패스 중 연속하는 패스 사이의 스텝 크기보다 큰 것인 레이저 펄스 유도 단계 중 하나

를 포함하는 것인 구멍 천공 방법.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 중앙부가 상기 엘라스토머 재료로부터 잘라내어질 때까지 상기 제2 패턴을 반복하는 단계를 더 포함하는 구멍 천공 방법.

### 청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 내경은 상기 목표 직경의 50%보다 큰 것인 구멍 천공 방법.

### 청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 제1 패턴을 형성하는 레이저 펄스의 연속하는 패스 사이의 스텝 크기가 5  $\mu\text{m}$  내지 50  $\mu\text{m}$ 인 것인 구멍 천공 방법.

### 청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 복수의 패스는,

상기 내경에서부터 상기 목표 직경으로 또는 상기 목표 직경에서부터 상기 내경으로 가는 스파이럴 패턴; 또는  
상기 내경에서부터 상기 목표 직경으로 또는 상기 목표 직경에서부터 상기 내경으로 가는 상기 중심 둘레의 동심원들 중 하나  
를 형성하는 것인 구멍 천공 방법.

#### 청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 목표 직경은 약 1 mm보다 크고, 상기 내경은 약 800  $\mu\text{m}$ 이며, 연속하는 패스 사이의 스텝 크기가 약 5  $\mu\text{m}$ ~15  $\mu\text{m}$ 이고, 레이저의 스폿 크기가 약 80  $\mu\text{m}$ 인 것인 구멍 천공 방법.

#### 청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 구멍은 약 25  $\mu\text{m}$  미만의 테이퍼를 갖는 것인 구멍 천공 방법.

#### 청구항 10

중심을 가로지르는 목표 직경으로 엘라스토머 재료에 구멍을 천공하는 장치로서,  
레이저 가공 시스템으로서,

레이저;

메모리; 및

상기 메모리에 프로그램된 명령을 실행시켜,

0이 아닌 내경에서부터 목표 직경으로 진행되거나 혹은 목표 직경에서부터 상기 내경으로 진행되는 방향의 복수의 패스(pass)에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도하는 공정으로서, 상기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 복수의 패스가 제1 패턴을 형성하는 것인 레이저 펄스 유도 공정; 및

엘라스토머 재료의 바닥면을 관통하게 구멍이 형성되기까지, 상기 방향의 변경 없이 상기 제1 패턴을 반복하거나, 혹은 상기 복수의 패스의 방향을 역전시키면서 상기 제1 패턴을 반복하는 공정을 실시하도록 되어 있는 프로세서

를 구비하는 것인 레이저 가공 시스템

을 포함하는 구멍 천공 장치.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 프로세서는 상기 제1 패턴을 형성하도록 상기 레이저 펄스를 유도하는 공정 이전에,

상기 중앙부가 상기 엘라스토머 재료로부터 잘라내어질 때까지 상기 내경에 의해 형성된 경로 둘레로 천공하는 공정; 또는

중심에서부터 또는 중심의 부근에서부터 내경으로 진행되는 방향의 초기 복수의 패스에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도하는 공정으로서, 상기 초기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 초기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 초기 복수의 패스가 제2 패턴을 형성하고, 상기 중앙부가 상기 엘라스토머 재료로부터 잘라내어질 때까지 상기 제2 패턴을 반복하며, 상기 초기 복수의 패스 중 연속하는 패스 사이의 스텝 크기가 상기 제1 패턴을 형성하는 복수의 패스 중 연속하는 패스 사이의 스텝 크기보다 큰 것인 레이저 펄스 유도 공정; 또는

내경에서부터 중심으로 또는 중심의 부근으로 진행되는 방향의 초기 복수의 패스에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도하는 단계로서, 상기 초기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 초기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 초기 복수의 패스가 제2 패턴을 형성하고, 상기 중앙부가 상기 엘라스토머 재료로부터 잘라내어질 때까지 상기 제2 패턴을 반복하며, 상기 초기 복수의 패스 중 연속하는 패스 사이의 스텝 크기가 상기 제1 패턴을 형성하는 복수의 패스 중 연속하는 패스 사이의 스텝 크기보다 큰 것인 레이저 펄스 유도 공정 중 하나에 의해,

상기 중심 둘레의 중앙부를 상기 내경으로까지 제거하도록 되어 있는 것인 구멍 천공 장치.

#### 청구항 12

제10항에 있어서, 상기 프로세서는 레이저를 제어하여, 레이저 펄스의 연속하는 패스 사이의 스텝 크기보다 큰 직경을 갖는 레이저 스폿, 또는 레이저 펄스의 연속하는 패스 사이의 스텝 크기보다 큰 직경을 갖는 원형의 또는 트레판(trepan) 레이저 패턴 중 하나를 형성하도록 되어 있는 것인 구멍 천공 장치.

#### 청구항 13

제10항 또는 제11항에 있어서, 상기 레이저는,

20 마이크로초의 펄스폭;

15 W의 파워;

10 kHz의 펄스 반복 빈도; 및

적외선 영역의 파장

을 포함하는 파라미터를 갖는 CO<sub>2</sub> 레이저인 것인 구멍 천공 장치.

#### 청구항 14

제10항 또는 제11항에 있어서, 제1 패턴을 형성하는 레이저 펄스의 연속하는 패스 사이의 스텝 크기가 5  $\mu\text{m}$  내지 15  $\mu\text{m}$ 인 것인 구멍 천공 장치.

### 명세서

#### 기술 분야

[0001] 본원에 개시된 내용은 소형 전자 부품용 캐리어에 관한 것이고, 특히 전자 부품 캐리어에 이러한 소형 전자 부품을 붙잡아 이를 제어된 자세로 유지하는 레이저 기반의 정밀 치수의 구멍을 형성하는 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 시간이 지나가고 신규 모듈이 도입됨에 따라, 기술의 진보와 시장의 힘이 협력하여, 컴퓨터 또는 휴대전화 등의 전자 제품을 보다 작아지게 그리고 보다 강력해지게 만들고 있다. 크기의 축소 및 파워의 증대를 지지하기 위해, 전자 부품은 소형화되고 있고 보다 강력해지고 있다. 이러한 동향의 예를, 레지스터, 커패시터 및 인덕터 등의 수동형 전자 부품의 제조에서 찾을 수 있다.

#### 발명의 내용

##### 과제의 해결 수단

[0003] 금속 벨트의 실리콘 고무 플러그 등의 전자 부품 캐리어를 엘라스토머 재료로부터 제조하는 실시형태가 개시되어 있다. 본원에 교시되어 있는, 중심을 가로지르는 목표 직경으로 엘라스토머 재료에 구멍을 천공하는 한 방법에 따르면, 이 방법은, 0이 아닌 내경에서부터 목표 직경으로 진행되거나 혹은 목표 직경에서부터 상기 내경으로 진행되는 방향의 복수의 패스(pass)에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도하는 단계로서, 상기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 복수의 패스가 제1 패턴을 형성하는 것인 레이저 펄스 유도 단계, 및 엘라스토머 재료의 바닥면을 관통하게 구멍이 형성되기까지, 상기 방향의 변경 없이 상기 제1 패턴을 반복하거나, 혹은 상기 복수의 패스의 방향을 역전시키면서 상기 제1 패턴을 반복하는 단계를 포함한다.

[0004] 또한, 이러한 구멍을 천공하기 위한 장치를 포함하는 실시형태도 개시되어 있다. 이러한 일 실시형태는 레이저, 메모리 및 프로세서를 구비하는 레이저 가공 시스템을 포함한다. 상기 프로세서는 메모리에 프로그램된 명령을 실행시켜, 0이 아닌 내경에서부터 목표 직경으로 진행되거나 혹은 목표 직경에서부터 상기 내경으로 진행되는 방향의 복수의 패스(pass)에서, 레이저로부터의 레이저 펄스를 엘라스토머 재료의 상면으로 유도하는 공정으로서, 상기 복수의 패스 중 연속하는 패스가 상기 복수의 패스의 이전 패스와 겹치도록, 상기 복수의 패

스가 제1 패턴을 형성하는 것인 레이저 펄스 유도 공정을 실시하도록 되어 있다. 또한, 상기 프로그램된 명령은, 엘라스토머 재료의 바닥면을 관통하게 구멍이 형성되기까지, 상기 방향의 변경 없이 상기 제1 패턴을 반복하게 하거나, 혹은 상기 복수의 패스의 방향을 역전시키면서 상기 제1 패턴을 반복하게 하는 명령을 포함한다.

[0005] 이들 실시형태의 변형예와 그 밖의 실시형태를 이하에서 설명한다.

### 도면의 간단한 설명

[0006] 본원의 발명의 상세한 설명은, 여러 도면에 걸쳐 유사한 도면부호가 유사한 부분을 나타내고 있는 첨부 도면을 참조로 한다.

도 1은 개시된 실시형태에 따른 실리콘 고무 플러그를 구비한 금속 테이프의 사시도이다.

도 2는 개시된 실시형태에 따른 실리콘 고무 플러그의 단면도이다.

도 3은 본원에 기재된 바와 같이 레이저 천공을 수행하는 레이저 처리 시스템의 개략 평면도이다.

도 4는 개시된 실시형태에 따른 실리콘 고무에 레이저 천공된 구멍의 상면도이다.

도 5a는 레이저 천공된 구멍의 단면도이다.

도 5b는 전자 부품을 지지하고 있는 도 5a의 레이저 천공된 구멍의 단면도이다.

도 6은 전자 부품의 사시도이다.

도 7은 금속 테이프의 평면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 도 6은 전자 부품(10)의 일례로서, 유전체 재료에 의해 분리되어 있고 세라믹 또는 세라믹 계열 재료로 피복되어 있으며 각 단부에 금속 캡이 덮여 있는 금속 도체의 층을 포함하고, 각 금속 캡은 내부의 금속 도체와 통해 있는 것인 본체(12)를 구비한 칩 커패시터를 보여준다. 이러한 타입의 전자 부품(10)과 다른 타입의 전자 부품, 특히 수동형 부품은, 시간이 갈수록 증대되는 회로 밀도를 지원하도록, 보다 작은 크기로 제공되고 있다. 일반적으로 이용 가능한 수동형 부품의 크기는 0.25 in×0.12 in(6.3 mm×3.0 mm) 내지 0.016 in×0.008 in(0.41 mm×0.20 mm)의 범위이다. 다종다양한 시판 부품을 제조 프로세스 동안에 부품에 손상을 입히는 일 없이 정확하고 효율적으로 유지할 수 있는 부품 캐리어가 요망되고 있다. 본원에서는, 제조 단계 동안에는 부품이 제 위치에 쉽게 삽입되어 정확하고 확고하게 유지될 수 있게 하면서, 제조 단계가 완료되었을 때에는 부품이 구멍으로부터 신속하고 안전하게 제거되는 것을 허용하도록, 특정 부품 크기에 맞춰, 변형 가능한 재료, 바람직하게는 실리콘 고무를 정밀 레이저 천공한다. 본 발명의 실시형태에 따라 구멍을 레이저 천공함으로써, 재료에 대한 손상을 최소화하면서, 원하는 위치에 테이퍼를 최소화한 특정 직경의 구멍이 형성된다. 이와 같이 구멍을 레이저 천공함으로써, 다양한 크기 및 스타일의 부품 캐리어를 구성하는 것이 유리해진다.

[0008] 예를 들어, 본원의 교시 내용에 따라 변경될 수 있는 공지의 부품 캐리어의 하나로는, 본 발명의 출원인에게 양도된 미국 특허 공개 공보 2010/0206769A1호에 나타내어진 것이 있다. 이 공지의 부품 캐리어에서는, 핀이 금속재의 하층 시트에 있는 구멍을 통과해 연장된다. 이때, 변형 가능한 재료를 하층 시트의 표면에 공급하여, 이 변형 가능한 재료를 하층 시트의 표면 및 구멍의 표면에 대해 성형한다. 다른 예에서는, 새로운 부품 캐리어가 필요할 때마다, 레이저 천공할 준비가 되어 있는 재고 유지 가능한 블랭크 실리콘 고무 플러그를 구비한 금속 벨트로, 부품 캐리어를 형성할 수 있다. 새로운 부품이 주어질 때마다, 핀을 이용한 성형에 의해 구멍을 확정하는 것은 시간 소모가 큰 프로세스이며, 몰딩 프로세스에서의 변동으로 인해 용납 가능한 부품 캐리어의 수율의 저하를 초래할 수 있다. 레이저 천공에 의하면, 우수한 정밀도로 제조하는 것에 대한 융통성이 커지고, 수율이 증대된다.

[0009] 도 7은 전자 부품 캐리어로서 사용하도록 마련된 금속 테이프(20)의 일례로서, 엘라스토머 플러그를 추가하기 이전의 금속 테이프를 보여준다. 전자 부품 캐리어는, 제조 프로세스 동안에 복수의 전자 부품을 정확한 방위 및 위치에 일시적으로 유지시키도록 되어 있는 어셈블리이다. 이 전자 부품 캐리어는 2D 어레이로 부품을 유지하는 직사각형 캐리어이거나, 또는 무단(無斷) 벨트로서 구성될 수 있다. 테이프(20)는 스테인리스강 또는 그 밖의 고강도 금속으로 이루어지는 가요성 스트립으로서 형성되며, 그 두께가 약 0.13 mm(0.005 인치)이고 그 폭이 약 5.1 cm(2.0 인치)이다. 테이프(20)는 시단(始端) 또는 종단(終端)이 없지만 여러 처리 스테이션 사이에 있는 일련의 폴리 및 스프로킷 휠 둘레로 기동되는 "끝이 없는" 타입의 테이프이다. 테이프(20)는 서로 간격을

두고 있는 평행한 측방 가장자리(22, 24)에 의해 형성되며, 구동 스프로켓 휠의 구동 스테브를 수용하는 구동 구멍의 역할을 하는 일련의 파일럿 또는 스프로켓 구멍(26)을 포함한다. 스프로켓 구멍(26)은 측방 가장자리(22, 24) 중 적어도 하나에, 바람직하게는 양 측방 가장자리에 인접하게 배치되어 있고, 테이프(20)의 길이를 따라 등간격을 두고 있다. 도 7은 플러그가 삽입될 수 있는 서로 다른 형상의 여러 개구가 형성되어 있는 테이프(20)를 보여준다. 이산 패턴으로 형성된 복수의 개구(28, 30)가 테이프(20)의 길이를 따라 간격을 두고 있고, 바람직하게는 측방 가장자리(22, 24)의 중간에 등간격을 두고 배치되어 있다. 개구는 좁은 간격을 두고 있는 둥근 구멍(30)이거나, 한 쌍의 짧은 끝 가장자리(34)에서 종단되는 한 쌍의 평행한 긴 가장자리(32)에 의해 형성되는 실질적으로 직사각형인 구멍(28)일 수 있다.

[0010] 도 1은 스프로켓 구멍(26)을 포함하고, 이 경우에는 본원에 개시된 실시형태에 따라 구멍(44)이 형성된 엘라스토머 플러그(42)를 갖는 직사각형 개구(28)를 포함하는, 금속 테이프(20)로 구성된 부품 캐리어(40)의 일례를 보여준다. 테이프(20)는 또한 둥근 개구(30)를 가질 수도 있다. 바람직하게는, 엘라스토머 재료는 실리콘 고무 재료이지만, 이는 필수적인 것은 아니다. 이 예에서는, 플러그(42)를 테이프(20)의 둘레 위치에 성형하여, 실리콘 고무가 경화됨에 따라, 플러그(42)를 이루는 재료가 테이프(20)의 위와 아래에서 굳어지게 되며, 이로써 테이프(20)가 포착되고 각 플러그(42)가 견고히 부착된 채로 유지된다.

[0011] 도 2는 본원에 개시된 실시형태에 따른 구멍(44)이 형성되어 있는 플러그(42)의 단면도이다. 플러그(42)는 상면(46)과 반대편의 바닥면(48)을 갖고, 테이프(20)의 평행한 가장자리(32)가 포착되는 긴 슬롯(50, 52)을 갖는다. 구멍(44)의 직경이 긴 슬롯(50, 52) 사이의 거리보다 작아서, 테이프(20)와 구멍(44) 사이에 엘라스토머 재료(예컨대, 실리콘 고무)(54)가 마련되고, 전자 부품을 단단히 유지하는 데 기여하는 재료(54)의 컴플라이언스가 보장된다는 점을 주목해야 할 필요가 있다.

[0012] 도 3은 본원에 개시된 실시형태에 따른 전자 부품 캐리어(62)(단면도로 도시됨)를 처리하도록 되어 있는 레이저 처리 시스템(60)을 보여준다. 본원을 실시하도록 조정될 수 있는 레이저 처리 시스템의 일례로는, 오래곤주 포토랜드 소재의 일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드에서 제조한 MM5330 레이저 마이크로머시닝 시스템이 있다. 이 예에서, 레이저 처리 시스템(60)은 레이저 펄스(66)를 발하는 레이저 소스(64)를 포함한다. 전체적으로 프로그램 가능한 컨트롤러(78)의 지시하에, 레이저 펄스(66)는 금속 테이프(76)의 둘레에 몰딩되어 있는 엘라스토머 플러그(74)의 상면(72)에 부딪히도록, 빔 포지셔너(68)에 의해 필드 광학 장치(70)를 통과하게 유도된다. 컨트롤러(78)는 ROM(read-only memory), RAM(random-access memory), 또는 소프트웨어 프로그램 형태의 명령이 저장되어 있는 그 밖의 메모리 등의 메모리와, 메모리에 저장된 명령을 실행하여(예컨대, 소프트웨어 프로그램을 작동시켜) 후술하는 바와 같은 레이저 천공을 수행하도록 되어 있는 중앙 처리 유닛(CPU) 등의 프로세서를 구비하는 컴퓨터일 수 있다. 이러한 이유로, 컨트롤러(78)는 프로그램 가능한 것으로 기재되어 있다. 다른 레이저 처리 시스템(60)의 형태가 사용될 수 있다.

[0013] 도 3은 완성된 구멍(75)과, 천공되고 있는 구멍(77), 그리고 전자 부품 캐리어(62)에 있어서 구멍이 천공될 위치(79)를 보여주고 있는데, 일단 처리가 완료되면 플러그(42) 등의 플러그를 형성할 수 있다. 전자 부품 캐리어(62)는 공지의 기술에 따라 레이저 처리 시스템(60)에 대하여 위치 결정되는데, 이때 프로그램 가능한 컨트롤러(78)는 레이저 소스(64)에 명령을 내려, 빔 포지셔너(68)에 의해 유도되는 펄스(66)를, 재료를 제거하여 원하는 구멍을 형성하는 패턴으로, 필드 광학 장치(70)를 통과하게 발하게 한다. 빔 포지셔너(68)는 검류계, 또는 상면(72)으로부터 반대측 면에까지 연장되며 소기의 직경을 갖는 구멍(75, 77)을 형성하도록 레이저 펄스를 상면(72)에 걸쳐 프로그램 가능한 패턴으로 신속하고 정확하게 유도하는 프로그램 가능한 컨트롤러(78)에 의해 제어되는 그 밖의 광학 기기를 포함할 수 있다. 필드 광학 장치(70)는 상면(72)에 실질적으로 수직한 방향으로부터 상면(72)에 부딪히도록 펄스를 유도하여, 본 예에서는 레이저 펄스가 구멍(75, 77)을 적절히 형성할 수 있게 하지만, 이는 필수적인 것은 아니다.

[0014] 일 실시형태에서, 레이저 소스(64)는 적외선(IR) 영역에서 작동되며 약 10.6  $\mu\text{m}$ 의 출력 파장과 약 5 W 내지 50 W, 더 바람직하게는 약 15 W의 파워를 비롯한 파라미터를 갖는 CO<sub>2</sub> 레이저를 포함한다. 예컨대 9.2 또는 9.4  $\mu\text{m}$ 의 출력 파장을 갖는 대안적인 CO<sub>2</sub> 레이저를 사용할 수 있다. CO<sub>2</sub> 레이저는 통상적으로 CW 모드, 즉 연속파 모드로 작동된다. 그러나, 음향-광학 변조기(AOM) 등을 포함하는 추가적인 레이저 광학 장치를 레이저 소스(64)에 추가하여 빔을 주기적으로 가로막고 레이저 펄스(66)를 형성할 수 있다. 이러한 경우, 레이저 펄스(66)의 지속 기간은 약 1 마이크로초 내지 약 100 마이크로초, 더 바람직하게는 20 마이크로초이고, 주파수 또는 펄스 반복 빈도는 1 kHz 내지 100 kHz, 더 바람직하게는 10 kHz일 것이다. 이 레이저는 레이저 가공되는 가공 대상물의 표면 상에서 약 80  $\mu\text{m}$ 의 레이저 스폿 공간 크기를 갖는다. 다른 레이저도 본원의 교시 내용과 함께 사



용될 수 있다. 예를 들어, 자외선(UV) 레이저가 실리콘 고무에 구멍을 레이저 천공할 수 있다. 그러나, 이러한 레이저는 재료의 변색을 초래할 수 있고, 이러한 변색은 특정 용례에서 바람직하지 못할 수 있으며, 일반적으로 흡수율을 높이기 위해서는 재료의 도핑이 요구된다. IR 영역에서 작동되는 레이저는, 도핑의 필요성을 배제시켜 도핑에 의해 야기되는 흡수율 상승으로 인한 열 손상을 최소화하므로 바람직하지만, 이는 필수적인 것은 아니다.

[0015] 엘라스토머 재료에서 전자 부품을 지지하는 구멍은, 지지되는 부품의 크기에 기초하여 특정되는 외경을 갖도록 형성되는 것이 바람직하다. 그러나, 테이퍼가 거의 없거나 테이퍼가 전혀 없이 엘라스토머 재료를 관통하는 구멍, 특히 구멍의 직경에 비해 두꺼운 부분을 관통하는 구멍을 천공하기가 어렵다. 한 가지 가능한 방법으로는, 초점을 한 곳에 두고서 천공하고 나서, 초점을 변경하고 재차 천공하는, 구멍을 형성하면서 레이저 초점을 변경하는 것이 있다. 이러한 프로세스는, 복수의 단계 및 조정을 필요로 할 뿐만 아니라, 다량의 열을 발생시키는 경향이 있어, 재료를 태울 수 있다. 다른 옵션으로는, 일측을 도중까지 관통하게 천공하고, 캐리어를 뒤집어, 반대측을 천공하는 것이 있다. 이 방법 역시 복수의 단계를 수반하고, 각측에서 천공되는 구멍이 서로 만나서 매끄러운 구멍의 내면을 형성하도록 캐리어를 정확하게 정렬시켜야 한다는 추가적인 문제를 갖는다.

[0016] 이에 반해, 본원에 기재된 레이저 천공 프로세스는, 캐리어의 자세의 반전 또는 레이저의 초점의 변경을 필요로 하지 않으면서도, 테이퍼를 최소화한 구멍을 엘라스토머 재료를 관통하게 천공한다. 이러한 프로세스에서는, 구멍의 직경이 레이저 펄스의 직경보다 크기 때문에, 레이저 펄스는 구멍의 전체 직경으로부터 재료를 제거하도록 가공 대상물의 표면에 소정 패턴으로 분포되어야 한다. 본원에서는, 외경, 내경, 나선형 피치 및 반복 횟수 등의 파라미터를 갖는 나선형 패턴이 사용된다. 유익하게는, 트레판(trepan) 패턴도 또한 사용되는데, 이 경우 레이저 펄스는 직경이 감소되거나 증대되는 나선으로 또는 일련의 동심원으로 분포되어 재료를 제거한다.

[0017] 예시를 목적으로, 도 4는 재료의 손상과 과잉 부스러기의 발생을 최소화하거나 혹은 방지하기 위한 하나 이상의 연속 나선 패턴의 천공 경로를 보여준다. 이 예에서, 구멍(80)은 가공 대상물(84), 이 경우에는 실리콘 고무 플러그에서 특정 반경을 갖는 레이저 스폿(82)을 이용하여 직경 "d"로 레이저 가공되는 것이 요망된다. 가공 대상물(84)은 소기의 구멍(80)의 크기에 비해 비교적 두꺼울 수 있고, 또는 구멍(80)은 가공 대상물의 두께와 동일한 규모의 직경을 가질 수 있다. 구멍(80)은 그 전체 깊이에 걸쳐 매우 둥근 것이 바람직하다. 예를 들어, 가공 대상물(84)은 두께가 750  $\mu\text{m}$  내지 1500  $\mu\text{m}$ 일 수 있고, 구멍(80)은 25  $\mu\text{m}$  미만의 최소화된 테이퍼를 갖는 것이 바람직하다. 구멍(80)의 직경 "d"는 예를 들어 1 mm 내지 2 mm의 범위이다. 도 4는 일정한 축척비로 도시되어 있지 않다.

[0018] 가공 대상물(84)을 천공하려면, 내경 "i"를 정해야 한다. 후술하는 바와 같이 피치 또는 스텝 크기 "s"와 소정 횟수의 회전에 의해 실질적으로 곧은(즉, 최소한도로 테이퍼진) 구멍(80)의 내면이 만들어지는 방식으로, 내경 "i"를 정한다. 비교적 작은 구멍, 예컨대 1 mm 미만의 구멍을 레이저 천공하는 실시형태에서, 내경 "i"는 0일 수 있다. 일 실시형태에서, 내경 "i"는 구멍(80)의 직경 "d"의 1/2보다 크다. 보다 바람직하게는, 내경 "i"의 직경이 직경 "d"의 약 80%~90%인데, 이 경우에는 직경 "d"가 증대되면 내경 "i"가 증대되어, 직경 "d"가 증대될 때 직경 "d"와 내경 "i"의 차가 크게 변화하지 않는다. 이 예에서는, 가공 대상물(84)에 부딪히는 레이저 펄스를 내경 "i" 상에 위치하는 지점에서 시작되게 유도함으로써 천공을 시작하고, 외경 "d"에 이르기까지 나선형 경로(88)를 따라 진행한다. 선택적으로, 나선형 경로(88)를 따라 진행하기에 앞서, 내경 "i"의 전체 경로를 따르는 패스가 실시된다. 나선형 경로(88) 상에서 인접한 두 레이저 펄스(66)는 레이저 스폿(82, 86)으로 나타내어져 있다. 레이저 처리 시스템(60)은 펄스의 형성과 가공 대상물(84)에 대한 이동을 개시하고, 가공 대상물(84)의 레이저 가공을 수행하는 레이저 펄스(66)를 전달한다. 레이저 펄스(66)가, 연속해 있는 레이저 펄스(66)와 관련된 레이저 스폿(82, 86) 사이의 거리로서 펄스 반복 빈도와 가공 대상물(84)에 대한 레이저 빔의 이동 속도의 함수인 바이트 크기 "b"로 규정되는 일정 거리를 두고, 가공 대상물(84)에 전달되도록, 레이저 빔[레이저 펄스(66)가 레이저 소스(64)로부터 가공 대상물(84)에 이르기까지 전파되는 경로]은 가공 대상물(84)에 대해 연속적인 방식으로 이동된다. 바람직하게는, 이러한 연속해 있는 레이저 펄스(66)는 서로 밀접해 있거나 겹쳐져 있다. 즉, 실제로 바이트 크기 "b"는 스폿 크기보다 작을 수 있으므로, 펄스(66)는 겹쳐질 것이다. 일 실시형태에 따르면, 이렇게 형성된 레이저 빔은, 다수의 구멍의 처리가 비교적 짧은 시간에 완료될 수 있도록 약 375 mm/sec의 속도로 이동된다.

[0019] 언급한 바와 같이, 레이저 펄스(66)는, 스텝 크기 "s" 만큼 경로를 확대시켜 나선형 경로(88)의 반경을 증대시키면서, 가공 대상물(84)의 표면에 대하여 나선형 경로(88)를 따라 이동되어 구멍(80)으로부터 재료를 제거한다. 외경(80)에 이르기까지, 이를 소정 횟수의 회전동안 진행한다. 회전 횟수는, 스텝 크기 "s"가 레이저 펄스(66)의 스폿 크기 및 직경 "d"와 내경 "i" 사이의 차이 모두에 대해 비교적 작도록 선택되어야 한다.

이 예에서, 회전 횟수는 3이다. 보다 바람직하게는, 구멍(80)의 직경이 1 mm~2 mm이며, 레이저 펄스(66)의 스폿 크기(예컨대, 직경)가 80  $\mu$ m이고, 내경이 800  $\mu$ m이며, 스텝 크기 "s"가 5  $\mu$ m~15  $\mu$ m인 경우, 회전 횟수는 5회 내지 10회이다. 여러 실시형태에서, 스텝 크기 "s"는 50  $\mu$ m을 초과해서는 안 되는데, 이는 너무 많은 횟수의 회전에 의해 테이퍼가 과도하게 형성될 수 있기 때문이다. 스텝 크기 "s"를 약 5  $\mu$ m보다 작게 하면, 회전 횟수가 너무 많아질 수 있어, 이 역시도 과도한 테이퍼의 형성을 초래한다. 본원의 교시 내용을 이용하면, 예컨대 구멍의 크기가 5 mm 이상인 큰 구멍을 천공할 수 있다.

[0020] 도 4에서, 나선형 경로(88)를 나타내는 선이 레이저 펄스(66)의 스폿 크기의 외측 치수라는 점을 주목해야 할 필요가 있다. 예를 들어, 레이저 펄스(66)가 스텝 크기 "s"보다 큰 스폿 크기(예컨대, 80  $\mu$ m 대 5  $\mu$ m~50  $\mu$ m)의 원형 스폿에 대하여 거의 균일한 경로를 형성하는 경우, 직경 "d"를 따르는 최종 경로를 지나가기까지, 나선형 경로(88)를 돌때마다, 이전 회전을 통해 추가된 재료를 제거하게 된다. 선택적으로, 레이저 펄스(66)는 나선형 경로(88)를 따라 진행하는 트레판 패턴으로 형성될 수 있다. 이러한 경우, 레이저 펄스(66)는 직경이 감소되거나 증대되는 나선으로 또는 일련의 동심원으로 분포되어 나선형 경로(88)를 따라 재료를 제거하는데, 이 경우 레이저 펄스(66)의 외경이 나선형 경로(88)를 따라 형성된다. 이러한 옵션은 가동 대상물(84)에 관한 레이저 처리 시스템(60)의 이동을 더 필요로 하지만, 고속 이동하는 광학 장치를 포함시킴으로써 바람직해질 수 있다. 이러한 경우, 스폿 크기는 달라지고, 레이저 펄스(66)의 직경 그 자체가 아니라, 나선형 또는 동심형 경로의 직경과 관련이 있다.

[0021] 가공 대상물(84)의 전체에 걸쳐 재료를 일관되게 제거하도록, 나선형 경로(88)의 패턴을 2회 이상 반복한다. 나선형 경로(88)의 반복 횟수는 부분적으로 가공 대상물(84)의 깊이에 따라 결정되지만, 강도 및 스폿 크기에 따라서도 결정된다. 반복 횟수를 너무 많이 혹은 너무 적게 하면, 과도한 테이퍼의 형성이 초래될 수 있다. 본원에 기재된 예시적인 구멍의 경우에는, 10회 미만, 바람직하게는 6회 이하의 반복이 바람직하다. 레이저 펄스(66)가 중첩된 나선형 경로(88)를 지나가므로, 재료의 제거가 비교적 빠르게 이루어지지만, 실리콘 고무에 대한 손상을 야기할 수 있는 재료의 국부적인 가열이 우려된다. 일반적으로, 재료 제거 속도는, 국부적인 가열로 인한 재료의 손상을 최소화하고 테이퍼 형성을 최소화하면서 재료 제거 속도를 높이도록 조정되는 레이저 파라미터의 함수이다.

[0022] 전술한 실시형태는 나선형 경로(88)의 반복 시마다 내경 "i"에서 시작하여 직경 "d"로 진행되지만(소위 인사이드 아웃), 이는 필수적인 것은 아니다. 반복 시마다 직경 "d"에서 시작하여 피치 또는 스텝 크기 "s"를 이용해 내경 "i"로 진행될 수 있다(소위 아웃사이드 인). 별법으로서, 반복 시마다, 아웃사이드 인과 인사이드 아웃을 번갈아 행할 수 있다. 또한, 경로(88)는 나선형이어야만 하는 것은 아니고, 피치 또는 스텝 크기 "s"를 갖는 동심원들로 구성될 수 있다.

[0023] 본원에 개시된 실시형태는 또한, 나선형 경로(88)의 반복을 진행하기에 앞서, 내경 "i"의 외측 치수를 갖는 플러그를 제거하는 2단계 프로세스를 수행할 수 있다. 레이저 펄스(66)는 경로(94)를 따라, 이 예에서는 내경 또는 중앙 시작점(93)에서 시작되어 큰 구멍(80)의 직경 "d"를 따르는 경로(92)에서 종료되는 전술한 바와 유사한 방식으로 진행되는 나선형 경로를 따라 진행될 수 있다. 일반적으로는 측벽의 품질을 희생하면서 가공 속도를 증대시키도록 인접 경로 사이에 약 60  $\mu$ m의 큰 피치를 두고서, 경로(94)를 적어도 2회 반복적으로 지나간다. 경로(94)는, 나선형 경로(88)와 유사하게 인사이드 아웃 또는 아웃사이드 인으로 진행될 수 있다. 또한, 경로(94)는 도시된 바와 같이 나선형 경로일 필요는 없다. 경로(94)는 내경 "i"로 규정되는 경로(92)를 따라 지나가는 단일의 원형 경로일 수 있다. 내경 "i"에 관한 구멍 품질은 2단계 프로세스에서는 특별한 사안은 아닌데, 이는 내부 구멍 또는 플러그의 외경은 내경 "i"에서 직경 "d"로 가는 프로세스의 제2 단계에서 제거되기 때문이다. 가공 대상물(84)에 예컨대 1 mm를 초과하는 두꺼운 재료가 사용되는 경우에는, 상기한 2단계 프로세스가 특히 바람직하지만, 구멍(80)의 직경 "d"가 비교적 큰, 예컨대 1 mm~약 2 mm인 경우에도 유익할 수 있다. 2단계 프로세스의 제1 단계는, 구멍(80)의 중앙(93)의 전체에 걸쳐 재료를 일관되게 제거하여, 전술한 프로세스의 제2 단계에 의해 생성된 부스러기가 빠져나갈 수 있게 하는 관통 구멍을 형성하고, 경로(88)를 따라 처리하는 동안에 열을 방산시킬 수 있게 되어 있다. 일반적으로, 내경 "i"는 소기의 스텝 크기로 내경 "i"와 외경 "d" 사이에서 복수의 패스를 일으켜, 2단계 프로세스를 이용하는 경우, 플러그를 제거하는 속도를 최대화하면서 소기의 품질을 제공하도록 선택된다. 이로써, 직경 "d"에서 소기의 구멍 품질을 유지하면서, 신속하고 효율적인 천공이 이루어진다.

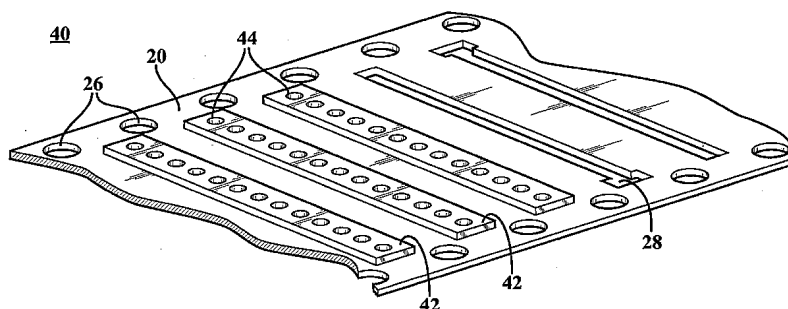
[0024] 상기한 프로세스 중 어느 것에서도, 구멍(80)의 둥근 형상을 일그러뜨리는 임의의 소량의 재료를 제거하도록, 외경의 내측을 따라 최종 패스가 발생될 수 있다.



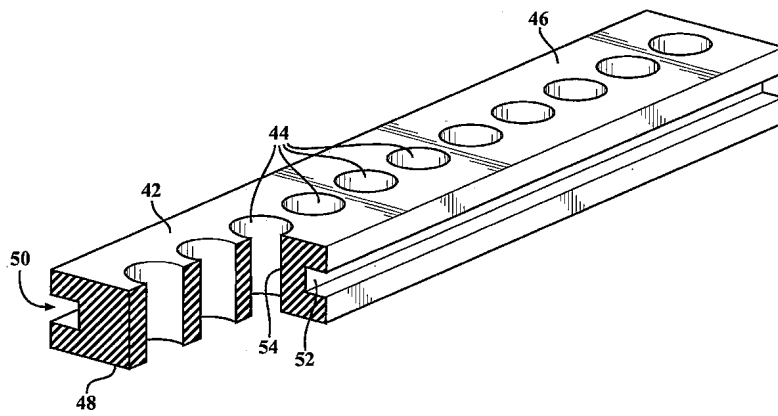
- [0025] 도 5a는 본원에 개시된 실시형태에 따라 형성된 구멍(112)으로서, 전술한 2단계 프로세스에서 실리콘 고무(100)의 상면(104)으로부터 바닥면(106)까지 연장되는 구멍을 레이저 천공함으로써 형성된 구멍을 보여준다. 전술한 재료 제거에 사용되는 레이저 파라미터로 인하여, 프로세스는 도 5a에 도시된 바와 같이 구멍(112)을 형성하는데, 이 경우 상면측 직경(108)과 바닥면측 직경(110) 사이의 차이가 소기의 양보다 작다. 일반적으로, 이들 직경이 동일한 것으로 여겨질 수 있을 정도로 상기 차이는 무시할 만한 크기이다. 또한, 본원에 개시된 실시형태에 따라 실리콘 고무에 구멍(112)을 형성하게 되면, 특히 두꺼운 재료를 천공하는 경우에는, 구멍(112)에 있어서 테이퍼진 영역 또는 제거되지 않은 재료의 "웨이스트(16)"가 남겨질 수 있다. 바람직한 특정 실시형태에서, 상기한 테이퍼진 영역(116)은 존재하지 않고, 구멍(112)의 직경은 상면측 직경(108)에서부터 바닥면측 직경(110)에 걸쳐 실질적으로 변동되지 않는다(즉, 대략 동일하다). 테이퍼 형성 영역(116)이 존재하는 경우, 테이퍼를 최소화하여야 한다. 즉, 직경 "d"에 비교해 보면, 테이퍼 형성 영역(116)에서의 구멍(112)의 직경은 직경 "d"와의 격차가 2.5% 미만인 것이 바람직하다. 예를 들어, 직경 "d"가 1 mm~2 mm인 경우, 테이퍼 형성 영역(116)은 상면측 직경(108)과 바닥면측 직경(110)에 의해 형성된 내벽에서부터 100  $\mu$ m 이하, 바람직하게는 25  $\mu$ m 미만으로 벗어나 있게 연장된다.
- [0026] 도 5b에 도시된 바와 같이, 본원에 기재된 정밀 제어 천공을 통해, 전자 부품(114)은 구멍(112) 내에 용이하게 삽입될 수 있게 될 뿐만 아니라 정확하게 위치 결정될 수 있게 되며, 손상 없이 처리되고, 처리 이후에는 손상 없이 용이하게 릴리스된다. 전자 부품(114)의 상측 단부면(118)은 실리콘 고무(100)의 상면(104) 위로 연장되고, 전자 부품(114)의 바닥측 단부면(120)은 실리콘 고무(100)의 바닥면(106) 너머로 연장된다는 점을 주목해야 할 필요가 있다. 이러한 배치 구성을 통해, 처리 중에 전자 부품(114)을 실리콘 고무(100)로 견고히 유지하면서 전자 부품(114)의 양 단부면(118, 120)에의 동시 접근을 허용한다고 하는 바람직한 결과가 얻어진다. 테이퍼 형성 영역(116)이 존재한다면, 테이퍼 형성 영역(116)에 의해 야기되는 직경 "d"의 경미한 감소는 전자 부품(114)을 유지하는 데 도움을 준다.
- [0027] 본원에 기재된 실시형태는, 구멍을 몰딩하는 단계 없이, 엘라스토머 재료, 특히 경화된 실리콘을 관통하게 구멍을 생성한다. 이들 실시형태에 의하면, 신규 디자인의 프로토타입을 신속하게 만들 수 있게 되며, 몰드를 수리하고 구매할 필요가 없어져서, 장비 비용이 줄어든다. 또한, 실리콘 재료를 검게 태우거나 혹은 그렇지 않으면 실리콘 재료를 열화하는 일 없이, 적당량의 시간에 판 구조를 천공할 수 있을 정도로, 상기한 프로세스는 충분히 빠르다. 상기한 구멍들을 몰딩하는 경우에는, 본원에 교시된 내용과는 달리, 모든 디자인 변경에서 신규 몰드가 요구된다. 또한, 본원의 실시형태는, 많은 비용이 드는 몰드 수리를 요하는 구멍의 불량 형성으로 이어질 수 있는 몰드 손상의 문제를 해결한다.
- [0028] 본 발명을 특정 실시형태와 관련하여 설명하였지만, 본 발명은 개시된 실시형태에 국한되는 것이 아니라, 이와는 반대로 첨부된 청구범위의 범위 내에 속하는 여러 수정예 및 등가 구성을 커버하려는 의도가 있는 것으로 이해되어야 하는데, 상기 청구범위의 범위에는, 법률에 의거하여 허용되는 바에 따라 모든 상기한 수정예 및 등가 구성을 망라하도록 가장 넓은 해석이 부여되어야 한다.

## 도면

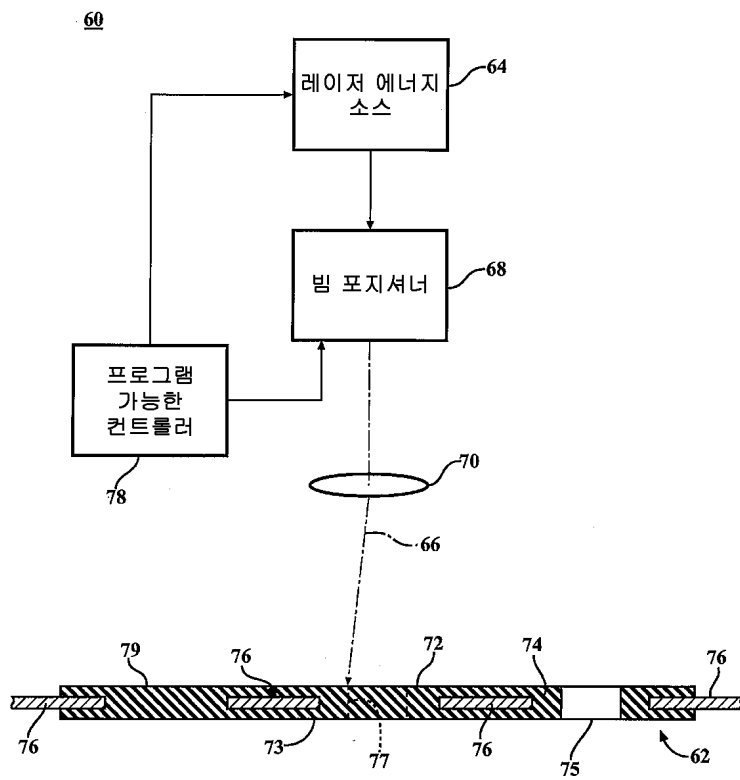
### 도면1



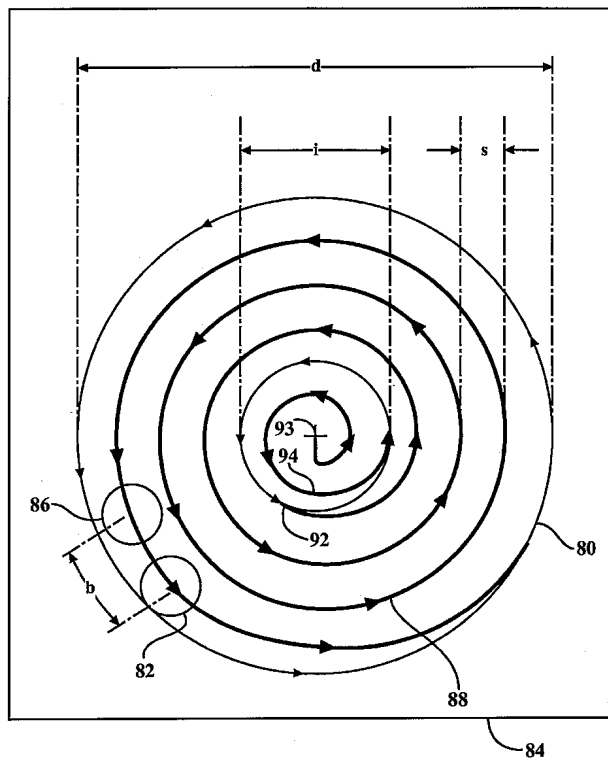
도면2



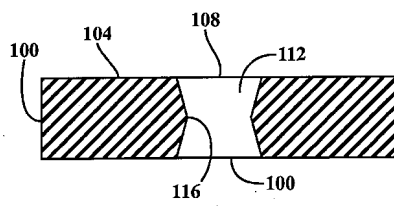
도면3



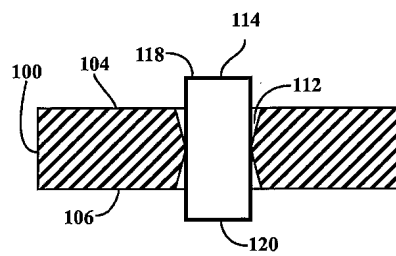
도면4



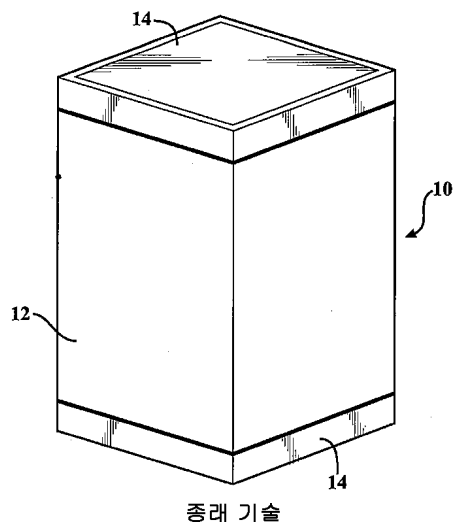
도면5a



도면5b



도면6



도면7

