



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년01월28일
 (11) 등록번호 10-0798554
 (24) 등록일자 2008년01월21일

(51) Int. Cl.

G02B 6/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2004-7000179
 (22) 출원일자 2004년01월06일
 심사청구일자 2006년04월18일
 번역문제출일자 2004년01월06일
 (65) 공개번호 10-2004-0014658
 (43) 공개일자 2004년02월14일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2001/021503
 국제출원일자 2001년07월06일
 (87) 국제공개번호 WO 2003/004425
 국제공개일자 2003년01월16일
 (56) 선행기술조사문현

US 5656056 A

US 4294271 A

US 5372653 A

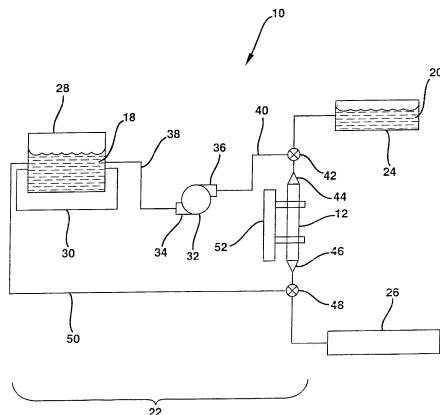
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 광도파관 섬유 및 광자 밴드 캡 섬유의 제작 방법

심사관 : 정소연

(57) 요 약

광자 밴드 캡 섬유의 제작 방법은 다수의 내부 통로(14)를 구비한 모체(12)를 식각한 후에, 상기 모체(12)를 광자 밴드 캡 섬유로 끌어내는 단계를 포함한다. 모체(12)의 식각 장치(10)는 액체 상태의 식각제(18)를 수용하는 저장부(28)를 포함한다. 히터(30)는 저장부(28)와 열적으로 연결되어 있다. 순환기(32)는 저장부(28)와 연결되어 있고, 순환기(32)는 모체(12)에 연결된 배수 라인(40)까지 식각제(18)를 끌어들인다. 식각제(18)는 모체(12)의 내부 통로(14)로 향하게 된다. 상기 장치는 모체(12)에 연결되고 식각제(18)가 저장부(28)로 귀환되게 하는 귀환 라인(50)도 포함한다

대표도 - 도6

특허청구의 범위

청구항 1

다수의 종방향 통로를 구비한 광자 결정 모체(photon crystal preform)를 제작하는 단계;

상기 광자 결정 모체를 식각하는 단계; 및

상기 식각된 광자 결정 모체에서 광자 밴드 갭 섬유(photon band gap fiber)을 제작하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광자 밴드 갭 섬유의 제작 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 광자 결정 모체를 식각하는 단계는

상기 다수의 종방향 통로를 통하여 식각제를 흐르게 하는 과정; 및

상기 다수의 종방향 통로에서 물질을 제거함으로써 상기 다수의 종방향 통로를 소정의 크기로 확대하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광자 밴드 갭 섬유의 제작 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 광자 밴드 갭 섬유를 제작하는 단계는

상기 식각된 광자 결정 모체를 광자 밴드 갭 섬유로 끌어내는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광자 밴드 갭 섬유의 제작 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 광자 결정 모체를 제작하는 단계는

소정의 배열로 다수의 공동 코어 유리봉(hollow core glass rod)을 배치하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광자 밴드 갭 섬유의 제작 방법.

청구항 5

식각 장치에 의해 식각된 광자 결정 모체로 제작된 광자 밴드 갭 섬유를 포함하는 것을 특징으로 하는 광도파관 섬유.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 일반적으로 광자 밴드 갭 섬유에 관한 것으로, 구체적으로는, 광자 밴드 갭 섬유의 제작 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 통상적인 광도파관 섬유는 광신호의 전달을 유도하기 위해 전체 내부 반사(total internal reflection)를 이용하였다. 통상적으로 광신호의 전송을 위한 전체 내부 반사에 의존하는 광도파관 섬유는 코어 영역(core region) 및 클래딩 영역(cladding region)을 구비한다. 코어 영역은 광신호가 내부에서 전달되는 광도파관 섬유 부분이다. 일반적으로, 광신호 전달을 유도하는 전체 내부 반사에 의존하는 광도파관 섬유의 코어 영역은 주위의 클래딩 영역보다 보다 높은 굴절률을 갖는다.

<3> 광신호 전달을 유도하기 위해 전체 내부 반사에 의존하는 광도파관 섬유는 고유의 한계 조건을 갖는다. 이들 조건 중에는 비교적 높은 광신호의 분산과 감쇠가 있으며, 비교적 낮은 광신호의 출력력에 대한 상한선이 있다.

<4> 광자 밴드 갭 섬유(photonic band gap fiber; PBG fiber)는 굴절률이 광파장 정도의 주기로 2-차원(z-좌표가 광섬유의 종축인 x-y 평면)에서 주기적으로 변하는 구조를 갖는 광자 결정이다. 광자 밴드 갭 섬유는 분산, 감쇠 및 신호 출력력에 대해 전체 내부 반사의 광도파관 섬유보다 좋은 성능을 제공한다.

<5> 광자 결정은 유전체 상수가 주기적 변화를 갖는 구조이다. 결정의 주기적인 구조는 1-차원, 2-차원 또는 3-차원일 수 있다. 광자 결정은 특정 파장의 광선이 통과하게 하기도 하고 특정한 다른 파장을 갖는 광선의 통과를 막기도 한다. 그러므로, 상기 광자 결정은 그 결정으로부터 배제되는 파장 밴드를 한정하는 허용된 광파장 벤

드 및 밴드 갭을 갖는다고 말한다. 광자 결정의 구조 및 기능의 재검토는 Joannopoulos 등의 "광자 결정 : 광선에 새로운 비틀림을 제공(Photonic Crystals : putting a new twist on light)"(Nature vol. 386, 1997년 3월 13일자, 143~149페이지)에서 확인된다.

<6> 특정 구조 및 유효 굴절률을 갖는 2-차원 광자 결정은 광신호가 공기 또는 진공에서 전달되는 광자 밴드 갭 섬유를 생성할 것이다. 광섬유로서 2-차원 광자 결정의 사용은 Birks 등의 "실리카/공기 구조에서 완전한 2-차원 광자 밴드 갭(Full 2-D photonic band gaps in silica/air structures)"(Electronic Letters, Vol. 31(22), 1995년 10월 26일자, 1941~1943 페이지)에 논의되어 있다. 브래그 회절(Bragg diffraction)을 통하여, 이들 구조는 일련의 광학 공명, 밴드 갭 및 허용 상태를 지원할 수 있다.

<7> 광신호가 공기 또는 진공에서 전달되는 광도파관 섬유는 정보 통신 분야에서 주요한 관심사이다. 이러한 관심사는, 광신호가 공기 또는 진공에서 전달되는 광도파관 섬유가 영(0)점 근처에서 비선형 굴절률을 가지며 전송되는 광신호의 보다 낮은 감쇠, 보다 낮은 분산을 제공하기 때문에 야기되고 있다. 공기 유도 광자 밴드 갭 섬유(air-guiding photonic band gap fiber)와 비교해서, 통상적인 전체 내부 반사 광섬유는 한정된 동작 영역을 갖는다.

<8> 최근의 이론적인 연구에서는 광자 밴드 갭 효과를 이용하는 낮은 굴절률의 코어 내에 광선을 전달하기 위해 광도파관 섬유에 큰 공극 충전율(void-filling fraction)이 필요하다고 지적하고 있다. 통상적으로 낮은 굴절률의 코어는 광선이 유도되고 진공 또는 공기로 채워진 통로를 포함한다. 공극 충전율은 통로의 지름 대 통로의 중심 간격 또는 피치의 비율의 함수이다. 수학식 1은 광자 밴드 갭 섬유의 공극 충전율인 v_f 에 대한 수학적 표현이다.

수학식 1

$$v_f = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \left[\frac{d}{\Lambda} \right]^2$$

<9>

<10> 여기서 v_f 는 공극 충전율이며, d 는 내부 통로의 지름이고, Λ 는 인접한 통로 또는 피치의 중심사이에 거리이다.

<11> 0.42의 공극 충전율을 갖는 광자 밴드 갭 공기 유도 섬유는 적층 및 추출 공정(stack and draw process)을 이용하여 제작되었다. 적층 및 추출 공정의 상세한 설명은 R. F. Cregan의 '공기 중에 광선의 단일모드 광자 밴드 갭 유도(Single-Mode Photonic Band Gap Guidance of Light in Air)'(SCIENCE, vol. 285, 1537~1539 페이지, 1999년도)에서 확인될 수 있다.

<12> 큰 공극 충전율을 갖는 광도파관 섬유는 통상적인 광도파관 섬유 제작 기술을 이용하여 큰 공극 충전율을 갖는 광자 결정 모체(photonic crystal preform)를 광도파관 섬유로 끌어냄으로써 획득된다.

<13> 광자 결정 모체는 적층과 추출 방법 및 압출 성형 방법을 이용하여 제작되어 왔다. 적층과 추출 방법은 바람직한 거시적 단면 특성을 갖는 배열로 유리 모세관을 배열한 후에, 모체의 단면을 축소시키는 과정을 포함한다. 통상적으로, 모체는 단면을 감소시키기 위하여 형틀을 통하여 힘이 가해지거나 끌어당겨진다. 적층과 추출 공정에 따라 제작된 모체는 밀집하게 채워진 배열(close-packed array) 또는 밀집하게 채워지지 않은 배열(non-close-packed array)로 분류된다. 밀집하게 채워진 배열은 모세관이 서로 지지하는 모세관의 배열이다. 밀집하게 채워지지 않은 배열은 스페이서(spacer) 또는 지그(jig)가 배열 내에 위치되어서 모세관의 벽이 떨어져 간격을 유지하는 모세관의 배열이다

<14> 작은 피치를 갖는 높은 공극 충전율을 구비한 광도파관 섬유를 제작하는 것은 어렵다.

<15> 따라서, 제작 환경에 대한 적응성, 다용도성 및 반복성이 있는 광자 밴드 갭 섬유를 제작하기 위한 모체 제작 방법이 필요하다.

발명의 상세한 설명

<16> 본 발명의 하나의 관점은 다수의 종방향 통로를 구비한 광자 결정 모체를 제작하는 단계를 포함하는 광자 밴드 갭 섬유의 제작 방법이다. 광자 결정 모체는 그때 광자 밴드 갭 섬유로 식각되고 끌어당겨진다. 다른 관점에서, 본 발명은 다수의 통로를 구비한 모체의 식각 장치를 포함한다. 상기 장치는 식각제를 수용하는 저장부를 포함한다. 히터는 상기 저장부와 열적으로 연결된다. 입수 라인과 배수 라인을 구비한 순환기는 상기 입수 라

인이 상기 저장부와 연결되고, 순환기가 상기 저장부에서 식각체를 끌어내며 순환기의 배수 라인에 연결된 노즐로 상기 식각체가 향하게 하도록 배치된다. 식각체는 상기 모체의 통로까지 노즐에 의해 향하게 된다. 상기 장치는 상기 통로를 나오는 식각체를 수집하도록 배치된 리셉터클을 포함한다. 귀환 라인은 상기 리셉터클에 연결되고, 상기 식각체는 귀환 라인을 통하여 흐르며 상기 저장부로 귀환된다.

<17> 다른 관점에서, 본 발명은 다수의 유리판을 판다발로 제작하는 제 1 단계를 포함하는 광자 밴드 캡 섬유의 제작 방법을 포함한다. 상기 판다발은 그때 판다발의 단면을 축소시킴으로써 다수의 통로를 구비한 광자 결정 모체로 형성된다. 다음으로, 광자 결정 모체의 통로 중 하나가 그것을 통하여 식각체를 흐르게 함으로써 확대된다. 소정의 시간이 경과한 후에, 상기 식각체의 흐름은 중단된다. 식각체가 상기 통로를 통한 흐름이 중단된 후에, 광자 결정 모체는 임의의 잔존하는 액체 상태의 식각체를 제거하기 위하여 세정된다. 광자 밴드 캡 섬유는 그 때 식각된 광자 모체로 제작된다. 통상적으로, 광자 밴드 캡 섬유는 통상적인 섬유 추출 방법에 의하여 모체로부터 제작된다.

<18> 본 발명의 장점은 모체가 0.82와 비슷하거나 보다 큰 공극 충전율이 되도록 제작될 수 있는 것이다.

<19> 본 발명의 일실시예의 다른 장점은 특별한 지그가 큰 공극 충전율을 갖는 모체를 제작하는데 요구되지 않는 것이다.

<20> 본 발명의 또 다른 장점은 모체의 구조에 큰 통로를 삽입하기가 비교적 용이한 방법을 제공하여, 결과적인 광자 밴드 캡 섬유를 제공하는 것이다. 이것은 내부의 통로 또는 채널에서, 통로의 벽에 대한 양의 곡률 반경을 갖는 임의의 표면, 예를 들면 벽면의 돌출부가 평면보다 큰 식각 비율을 갖는 관점에 따른다. 게다가, 평면의 식각 비율은 음의 곡률을 구비한 표면, 예를 들면 함몰부보다 크다. 그러므로, 넓은 중심 통로를 갖는 모체를 제작하는 것 대신에, 어려운 것으로 증명된 과제는, 잔존하는 통로에서 상반되는 곡률의 벽을 갖는 보다 작은 통로를 모체에서 제작하는 것이다. 통로가 식각체에 동시에 노출될 때, 잔존하는 통로의 공극 충전율이 증가하는 동안, 통로의 바람직한 단면 형태는 실현된다.

<21> 본 발명의 부가적인 특징과 장점은 이하 상세한 설명부분에서 기술되어 있으며, 부분적으로 본 명세서에서 기술 분야의 숙련된 당업자에게 명백하거나 또는 상세한 설명부분과 이하 특허청구범위 및 첨부된 도면을 포함하는 본 명세서에 기술된 본 발명을 수행함으로써 인정될 것이다.

<22> 상술한 개략적인 설명 및 이하 상세한 설명부분 모두는 단지 본 발명의 일실시예이며, 특허청구범위로서 본 발명의 본질과 특성을 이해하기 위한 개요 또는 개괄을 제공하도록 의도된 것으로 이해되어야 한다. 첨부한 도면은 한층 더 본 발명의 이해를 제공하기 위하여 포함되고, 본 명세서에 일체화되어 본 명세서의 한 부분을 구성한다. 도면은 본 발명의 다양한 실시예를 설명하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리와 동작을 설명하는데 도움을 준다.

실시예

<31> 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 가능한 모든 곳에서, 동일한 참조 번호가 도면의 전체에 걸쳐 동일한 것 또는 동일한 부분을 나타내는데 사용될 것이다. 본 발명의 광자 결정 모체(photonic crystal preform)의 식각 장치의 일실시예가 도 6에 도시되어 있고, 본 명세서 전체에서 참조 번호 10으로 표시된다.

<32> 본 발명은 모체(preform; 12)를 식각함으로써 광자 밴드 캡 섬유(photonic bland gap fiber)를 제작하는 것에 관한 것이다. 모체(12)의 식각은 모체(12)를 사용하므로, 광자 밴드 캡 섬유가 다른 광자 밴드 캡 광섬유 제작 기술에서 유용한 것보다 매우 큰 공극 충전율(void-filling fraction)을 구비하도록 제작된다. 도 2 및 도 4는 모체(12)의 가능한 부분적 단면을 도시한 것이다.

<33> 모체(12)는 통상적으로 모체(12)의 길이가 되는 다수의 평행한 내부 통로(14)를 구비한 길게 늘어진 유리 본체이다. 모체(12)로 선택된 유리는 높은 굴절률을 갖는다. 모체가 제작될 수 있는 유리의 예들은 실리카 유리(silica glass), 납 규산염 유리(lead silicate glass), 게르마늄 규산염 유리(germanium silicate glass), 칠레그마이드 유리(chalegmide glass), 게르마늄산염 유리(germanate glass), 불소화합물 유리(fluoride glass) 및 인산염 유리(phosphate glass)가 있다. 예를 들면, 모체(12)는 멀티셀의 유리 본체(multicellular glass body)를 압출 성형하는 과정 및 모세관(16)을 멀티셀 구조로 제작하는 과정을 포함하는 다양한 방식으로 제작될 수 있다. 모체(12)의 구조는 상기 선택된 유리의 굴절률 및 결과의 광자 밴드 캡 섬유에 의해 전송되는 광신호의 파장에 따라 결정된다.

- <34> 모체(12)는 특정 지름 d 및 폐치(pitch) Δ 를 갖는 내부 통로(14)의 격자 구조를 가질 것이다. 바람직하게는, 내부 통로(14)의 지름 d 및 폐치 Δ 는 모체(12)의 전체에서 실질적으로 균일하다.
- <35> 도 1은 광자 밴드 캡 섬유의 제작 방법(100)의 일실시예를 도시한 것이다. 본 발명의 방법(100) 실시예는 도 6에 도시된 본 발명의 식각 장치(10)의 실시예를 참조하여 기술될 것이다.
- <36> 상기 방법(100)은 식각된 모체(12)에 대하여 바람직한 공극 충전율을 결정하는 단계(110)를 포함한다. 공극 충전율은 결과의 광자 밴드 캡 섬유에 의해 나타나는 특정 광자 밴드 캡 효과에 의해 결정된다.
- <37> 본 발명의 방법(100)은 식각제(18)의 온도를 안정화시키는 단계(112)를 더 포함한다. 식각제(18)의 안정한 온도는 식각제(18) 및 모체(12)의 조성물에 의존한다. 예를 들면, 식각제(18)가 $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ 인 경우, 히터(30)는 식각제(18)의 온도를 약 58°C로 안정화시키는데 사용된다.
- <38> 본 발명의 방법(100)은 식각 장치(10)에 모체를 배치하는 단계(114)를 더 포함한다. 본 발명이 실시되는 식각 장치의 예는 도 6에 도시되어 있고 이하 상세하게 기술된다.
- <39> 상기 방법(100)은 모체(12)에 배수 라인(delivery line; 40) 및 귀환 라인(recovery line; 50)을 연결하는 단계(116)를 더 포함한다. 도 6은 배수 라인(40)이 노즐(nozzle; 44)에 연결되고 귀환 라인(50)이 리셉터를 (receptacle; 46)에 부착된 식각 장치(10)를 도시한 것이다. 노즐(44) 및 리셉터(46)은 각각 모체(12)의 상반되는 말단부에 연결된다.
- <40> 상기 방법(100)은 모체(12)가 바람직한 공극 충전율을 가질 때까지, 모체(12)의 내부 통로(14)를 통하여 식각제(18)을 흐르게 하는 단계(118)를 더 포함한다. 모체가 바람직한 공극 충전율을 기지면, 모체를 통한 식각제(18)의 흐름은 중단된다.
- <41> 상기 방법(100)은 모체(12)에서 식각제(18)을 세정하는 단계(120)를 더 포함한다. 예를 들면, 물과 같은 세정제(20)는 임의의 잔존하는 식각제(18)를 제거하고 식각 공정을 중단시키기 위하여 모체(12)의 내부 통로(14)를 통하여 흘려진다.
- <42> 실시예의 방법(100)의 다음 단계(122)에서, 모체(12)는 식각 장치(10)에서 제거된다. 마지막으로, 모체에서 광도파관 섬유를 제작하는 기술분야의 숙련된 당업자에게 공지된 기술을 사용하여 모체(12)는 광도파관 섬유로 제작된다. 이것은 도 1에서 단계 124로 도시된 것이다.
- <43> 도 2는 도 1에 도시된 방법(100)의 식각 단계(118) 이전에 육각형의 모세관(16)으로부터 제작된 모체(12)의 일부분의 단면도를 나타낸다. 공극(void; 60)은 단일 육각형의 모세관의 생략에 의해 형성된다. 공극(60)은 단계 124에서 생성된 광자 밴드 캡 섬유에서 광선 유도 영역이 된다.
- <44> 도 3은 상기 방법(100)의 식각 단계(118) 이후에 동일한 부분의 단면도를 나타낸다. 공극(60)의 형태는 다른 곡률을 갖는 표면의 식각 비율의 차이의 결과이다.
- <45> 도 4는 상술한 본 발명의 방법 실시예(100)의 식각 단계(118) 이전에 압출 성형 공정에 의해 제작된 모체(12)의 일부분의 단면도를 나타낸다. 모체는 음의 곡률(62)의 영역을 갖는 공극(60)을 구비한다. 이 공극(60)은 단계 124에서 생성된 광자 밴드 캡 섬유에서 광선 유도 영역이 될 것이다.
- <46> 도 5는 식각 단계(118) 이후에 동일한 부분의 단면도를 나타낸다. 공극(60)의 형태는 다른 곡률을 갖는 표면의 식각 비율의 차이의 결과에 따라 변화하였다.
- <47> 본 발명의 부가적인 실시예에 있어서, 본 명세서에서 실시되고 도 6에 나타낸 바와 같이, 본 발명은 모체(12)의 내부 통로(14)를 식각하기 위한 식각 장치(10)를 포함한다. 식각 장치(10)는 모체(12)의 적어도 몇 개의 내부 통로(14)를 통하여 식각제(18)를 통과시키기 위한 실질적으로 폐쇄 고리 배수 회로(closed loop delivery circuit; 22)를 포함한다. 식각 장치(10)는 세정제(20)에 대한 배수 시스템(24) 및 귀환 시스템(26)도 포함한다. 세정제(20) 배수 시스템(24)은 모체(12)에 세정제(20)를 제공한다. 모체(12)의 식각이 완료된 후에, 세정제(20)는 모체(12)를 통하여 흐르고 잔존하는 식각제(18)를 제거한다. 통상적인 세정제(20)의 예는 물이다.
- <48> 식각 장치(10)는 식각제(18)를 수용하는 저장부(reservoir; 28)를 포함한다. 이 실시예에서, 식각제(18)는 효율적이고 예측 가능한 방식으로 모체(12)의 내부 통로(14)에서 물질을 제거하는데 선택된다. 통상적으로 식각제(18)는 산성 약품이며, 실리카 유리로 제작된 모체(12)에 사용하기 적절한 산성 약품의 예는 HF 및 $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ 를 포함한다. 특정 모체(12)에 사용하기 위하여 선택된 식각제(18)는 식각되는 모체(12)의 화학적 조성물에 의

존한다. 유리를 식각하는 기술분야에 통상적으로 숙련된 당업자가 특정 유리 조성물을 갖는 모체(12)에 대하여 특정 식각제(18)를 용이하게 선택할 수 있다.

<49> 저장부(28)는 부식성 물질 취급용으로 상용화된 저장부일 수 있다. 이러한 저장부는 상용화되어 있다. 이러한 저장부(28)의 예는 낼진 컨테이너(nalgene container)이다.

<50> 저장부(28)는 히터(heater; 30)와 열적으로 연결되어 있다. 히터(30)는 열적으로 식각제(18)를 소정의 온도로 안정화시킨다. 예를 들면, 히터(30)는 저장부(28)의 일부를 둘러싼 가열 싱크 배스(heat sink bath)일 수 있다. 이러한 가열 싱크 배스는 상용화된 장치로 제작될 수 있다. 가열 싱크 배스를 형성하기 위해 연결될 수 있는 상용화된 장치의 예는 쇼트 저레이트(Schott Gerate)에서 판매되는 CT 050 펌프(CT 050 pump) 및 뉴햄프셔 주의 포츠머스의 네슬랩 인스트루먼츠(Neslab Instruments, Portsmouth, NH)에서 입수할 수 있는 GP-100 배스 온도 제어기(GP-100 bath temperature controller)이다. 일실시예에서, 암모늄 바이플로라이드(Ammonium Bifluoride; NH₄F · HF)가 식각제(18)로 사용되고 모체(12)가 실리카 유리로 제작되는 경우, 히터(30)는 식각제(18)를 약 58°C의 온도로 유지한다.

<51> 식각 장치(10)는 순환기(circulator; 32)를 더 포함한다. 순환기(32)는 취수구(intake port or input port; 34) 및 배수구(output port; 36)를 포함한다. 취수구(34)는 입수 라인(input line; 38)에 의해 저장부(28)에 연결된다. 순환기(32)는 입수 라인(38)을 통하여 저장부(28)에서 식각제(18)를 끌어온다. 바람직하게는, 입수 라인(38)은 식각제(18)의 부식 효과에 내성이 있는 물질로 제작된다. 취수구(34)로 들어가는 식각제(18)는 배수구(36)를 통하여 순환기(32)를 나온다. 식각제(18)가 배수 회로(22)를 통하여 순환될 수 있도록, 순환기(32)는 식각제(18)의 동적인 압력을 증가시킨다. 순환기의 배수구(36)는 배수 라인(40)에 연결되어 있다. 배수 라인(40)의 다른 말단부는 밸브(valve; 42)에 연결되어 있다.

<52> 밸브(42)는 모체(12)를 통하여 식각제(18)의 흐름을 조절하기 위하여 배치된다. 바람직하게는, 세정제(20)에 대한 배수 시스템(24)도 밸브(42)에 연결되며, 상기 밸브(42)는 적어도 세 개의 세팅(setting)을 구비하여 배치된다. 제 1 세팅은 순환기(32)에서 노즐(nozzle; 44)까지 흘러가도록 식각제(18)를 향하게 한다. 제 2 세팅은 노즐(44)까지 세정제(20)를 향하게 하고, 제 3 세팅은 노즐(44)로 들어가는 식각제(18) 및 세정제(20) 모두를 봉쇄한다.

<53> 노즐(44)은 모체(12)의 하나의 말단과 연결되고, 모체(12)의 내부 통로(14)까지 노즐을 통하여 흐르는 임의의 물질을 향하게 하도록 배치된다. 기술분야의 숙련된 당업자에게 공지된 기술을 사용하면, 노즐은 모체(12)의 모든 또는 몇 개의 내부 통로(14)까지 식각제(18) 및 세정제(20)를 향하게 하도록 배치될 수 있다. 바람직하게는 노즐(44)은 식각제(18)가 모체(12)의 외부 표면에 작용하는 것을 배제하는 방식으로 모체(12)와 연결된다.

<54> 바람직하게는 모체(12)는 지지부인 리셉터클(receptacle; 46)에 의해 식각 공정동안 거의 수직 위치로 고정된다.

<55> 리셉터클(46)은 모체(12)의 다른 말단과 연결된다. 리셉터클(46)은 식각제(18) 및 세정제(20)를 수집하도록 배치되고, 방향성 밸브(directional valve; 48)까지 이러한 약품의 흐름을 향하게 한다. 방향성 밸브(48)는 적어도 두 개의 세팅을 구비한다. 리셉터클(46)이 식각제(18)를 수집하고 있을 경우, 방향성 밸브(48)는 귀환 라인(50)까지 식각제(18)를 향하게 하도록 배치된다. 식각제(18)는 귀환 라인(50)을 통하여 흐르고, 저장부(28)로 재주입된다. 리셉터클(46)이 세정제(20)를 수집하고 있을 경우, 방향성 밸브(48)는 세정제(20)에 대하여 귀환 시스템(42)까지 세정제(18)를 향하게 하도록 배치된다.

<56> 상술한 바와 같이, 식각제(18)가 모체(12)를 통하여 순환하는 주기 시간은 내부 통로(14)의 사전에 식각된 크기 및 모체의 바람직한 식각 이후의 공극 충전율에 의해 결정된다.

<57> 도 7은 식각 주기를 결정하는데 사용될 수 있는 도표의 일례이다. 도 7의 도표는 내부 통로(14)의 바람직한 식각 이후의 지름을 결정하고, 수직축 상에 그 값을 찾는 것으로 사용된다. 수평선은 선 c와 교차할 때까지의 값으로부터 그려진다. 대응하는 시간은 그때 수평축에서 판독된다.

<58> 도 7에 나타낸 바와 같은 이러한 도표의 작성은 유리를 식각하는 기술분야의 숙련된 당업자에게 공지되어 있다. 이를 도표는 특정 물질 상에 식각제(18)의 효과적인 수학적 모델을 사용하여 작성될 수 있다. 이러한 도표는 특정 유리 조성물 및 지름 d를 갖는 내부 통로(14)를 구비한 모체(12)를 식각하는 것과 특정 식각제(18)에서 획득된 실험적 데이터를 사용하여 작성될 수도 있다.

<59> 도 8에는 본 발명의 식각 장치(10)의 다른 실시예가 도시되어 있다.

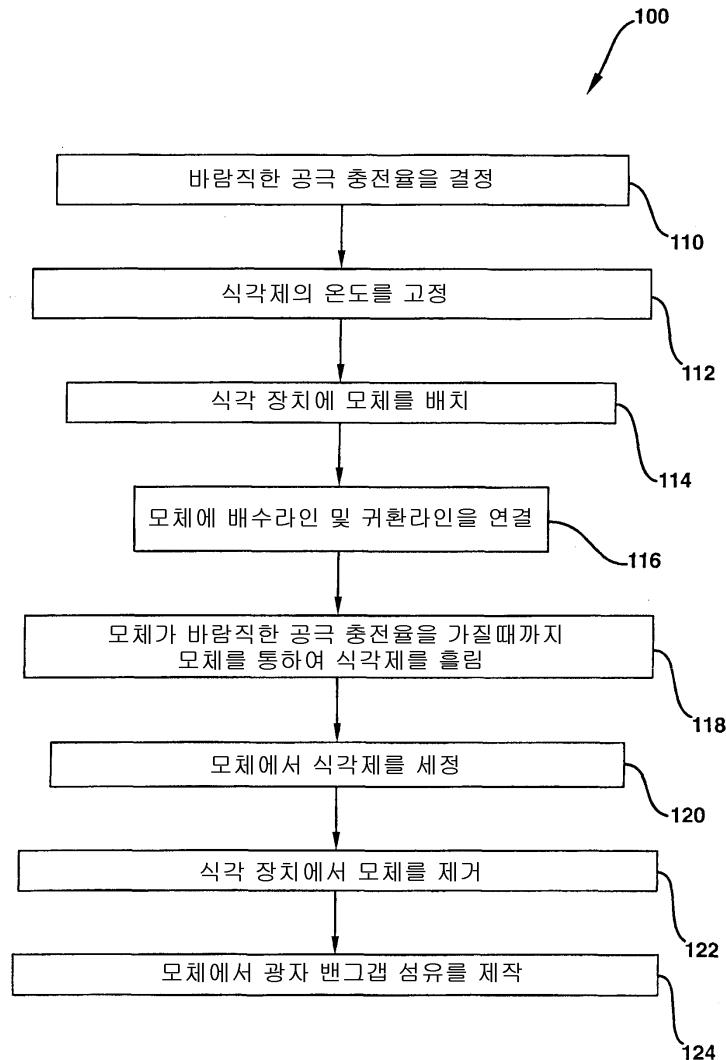
- <60> 식각 장치(10)는 모체(12)의 적어도 몇 개의 내부 통로(14)를 통하여 식각제(18)를 통과시키기 위한 실질적으로 폐쇄 고리 배수 회로이다.
- <61> 식각 장치(10)는 식각제(18)를 수용하기 위한 저장부(28)를 포함한다. 이 실시예에서, 식각제(18)는 효율적이고 예측 가능한 방식으로 모체(12)의 내부 통로에서 물질을 제거하는 것이 선택된다. 식각제(18)는 산성 약품일 것이고, 실리카 유리로 제작된 모체(12)에 사용하기 적절한 산성 약품의 예는 HF 및 NH₄F · HF를 포함한다. 특정 모체(12)에 사용하기 위하여 선택된 식각제(18)는 식각되는 모체(12)의 화학적 조성물에 의존한다. 유리를 식각하는 기술분야의 통상적으로 숙련된 당업자는 특정 유리 조성물을 갖는 모체(12)에 대한 특정 식각제(18)를 용이하게 선택할 수 있다. 저장부(28)는 히터(30)와 열적으로 연결된다. 히터(30)는 식각제(18)를 열평형상태로 유지시킨다. 도 6에 도시한 식각 장치(10)와 관련하여 상기 기술한 실시예와 같이, 히터(30)는 저장부(28)의 일부부를 둘러싸는 가열 싱크 배스일 수 있다. NH₄F · HF가 식각제(18)로 사용되고 모체(12)가 실리카 유리로 제작된 경우, 히터(30)는 식각제(18)를 약 58°C의 온도로 유지시킨다.
- <62> 식각 장치(10)는 순환기(32)를 더 포함한다. 순환기(32)는 취수구(34) 및 배수구(36)를 포함한다. 취수구(34)는 입수 라인(38)에 의해 저장부(28)에 연결된다. 순환기(32)는 입수 라인(38)을 통하여 저장부(28)에서 식각제(18)를 끌어온다. 바람직하게는, 입수 라인(38)은 식각제(18)의 부식 효과에 내성이 있는 물질로 제작된다. 취수구(34)로 들어오는 식각제(18)는 배수구(36)를 통하여 순환기(32)를 나온다. 식각제(18)가 배수 회로(52)를 통하여 순환되도록, 순환기(32)는 식각제(18)의 동적 압력을 증가시킨다. 순환기의 배수구(36)는 배수 라인(40)에 연결된다. 배수 라인(40)의 다른 말단부는 모체(12)에 연결된다.
- <63> 배수 라인(40)은 모체(12)의 하나의 말단과 연결되고, 모체(12)의 내부 통로(14)로 식각제(18)를 향하게 하도록 배치된다. 바람직하게는, 배수 라인(40)은 식각제(18)가 모체(12)의 외부 표면상에 작용하는 것을 배제하는 방식으로 모체(12)와 연결된다. 바람직하게는, 모체(12)는 지지대인 리셉터를(46)에 의해 식각 공정동안 거의 수직 위치로 고정된다.
- <64> 귀환 라인(50)은 모체(12)의 다른 말단부와 연결된다. 식각제(18)는 귀환 라인(50)을 통하여 흐르고, 저장부(28)로 재주입된다.
- <65> 상술한 바와 같이, 식각제(18)가 모체(12)를 통하여 순환하는 주기 시간은 내부 통로(14)의 사전에 식각된 크기 및 모체의 바람직한 식각 이후의 공극 충전율에 의해 결정된다.
- <66> 본 발명의 사상과 범위를 벗어나지 않고 다양한 변형 및 변경이 본 발명에서 수행될 수 있음을 기술분야의 숙련된 당업자에게 분명할 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 특허청구범위 및 그와 균등한 범위내에서 제공되는 본 발명의 변형 및 변경을 포함하는 것으로 의도된다.

도면의 간단한 설명

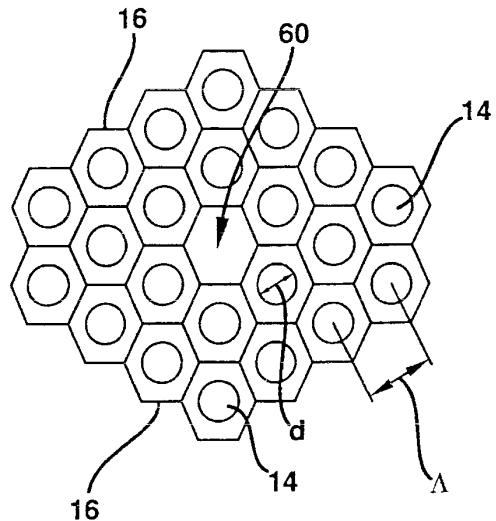
- <23> 도 1은 본 발명이 실시되는 과정의 개략도이다.
- <24> 도 2는 식각 이전의 모체의 단면도이다.
- <25> 도 3은 식각 이후의 도 2에 나타낸 모체의 단면도이다.
- <26> 도 4는 식각 이전의 모체의 단면도이다.
- <27> 도 5는 식각 이후의 도 4에 나타낸 모체의 단면도이다.
- <28> 도 6은 본 발명이 실시되는 장치의 개략도이다.
- <29> 도 7은 물질 제거와 식각제에 대한 노출간 관계를 나타내는 도표이다.
- <30> 도 8은 본 발명이 실시되는 장치의 개략도이다.

도면

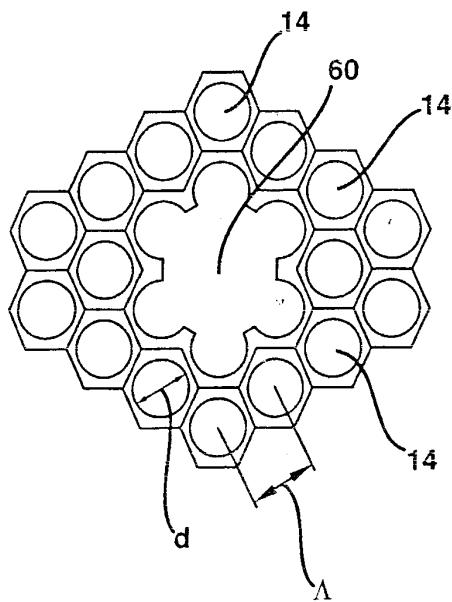
도면1



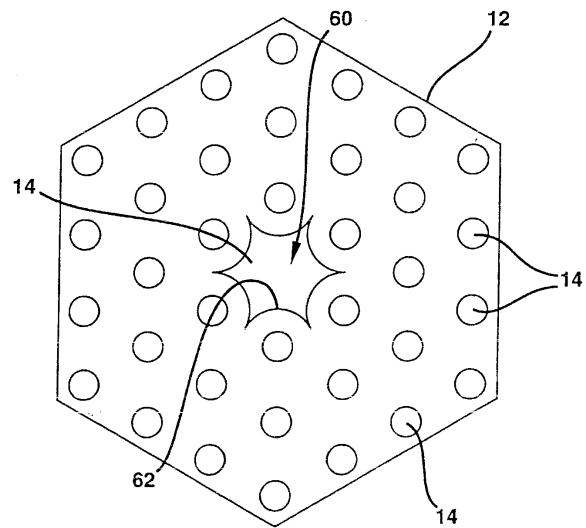
도면2



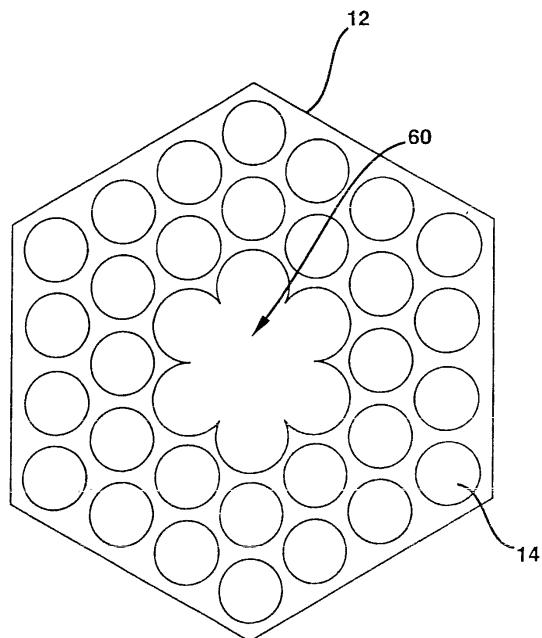
도면3



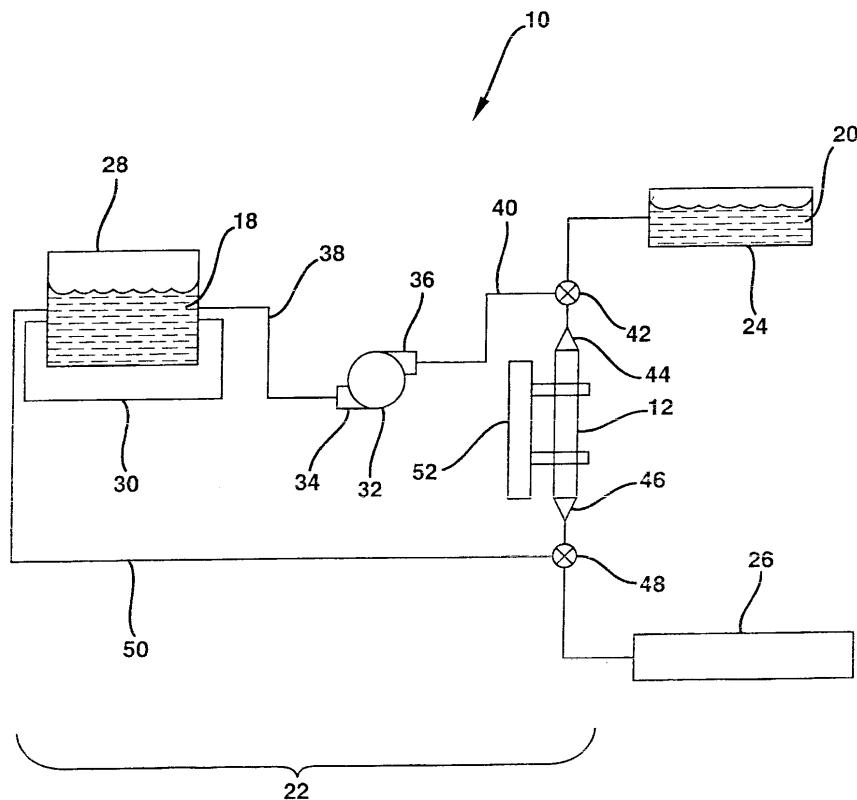
도면4



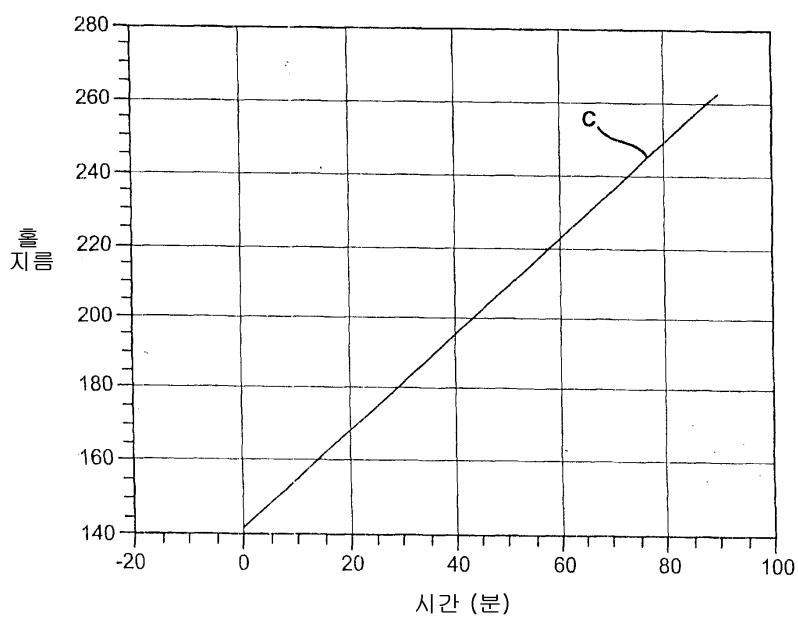
도면5



도면6



도면7

홀 지름 대 시간

도면8

