



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월13일

(11) 등록번호 10-1568761

(24) 등록일자 2015년11월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B81C 1/00 (2006.01) **B81B 7/00** (2006.01)
- (21) 출원번호 **10-2014-0082564**
- (22) 출원일자 **2014년07월02일**
 심사청구일자 **2014년07월02일**
- (56) 선행기술조사문헌
 US07282329 B2*
 JP2009154286 A
 KR1020100064266 A
 KR1020080026337 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
서강대학교산학협력단
 서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
- (72) 발명자
이정철
 서울특별시 강남구 선릉로 221 204동 1202호
김주현
 인천 계양구 장군봉길 12, 101동 1103호 (굴현동, 굴현아이파크)
- (74) 대리인
지현조

전체 청구항 수 : 총 9 항

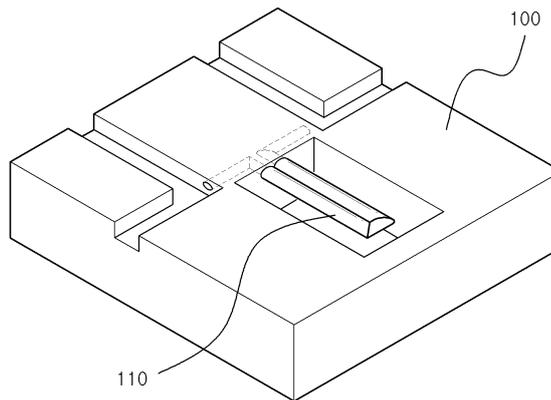
심사관 : 이관호

(54) 발명의 명칭 **미세채널 공진기 및 그 제조방법**

(57) 요약

이동하는 물질의 질량에 따라 공진 주파수가 변화하는 원리를 이용하여 목적물의 질량 및 특성을 측정할 수 있는 미세채널 공진기 제조방법은, 실리콘기판을 제공하는 단계, 실리콘기판의 내부에 공동 채널(cavity channel)을 형성하는 단계, 공동 채널의 내부 벽면을 산화시켜 공동 채널의 내부 벽면에 중공형 산화실리콘 구조체를 형성하는 단계, 중공형 산화실리콘 구조체의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하는 단계, 및 중공형 폴리실리콘 구조체가 실리콘기판에 대해 공진 운동 가능하도록 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거하는 단계를 포함하고, 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거함에 따라 잔류된 중공형 폴리실리콘 구조체에 의해 이동하는 물질이 공진 운동하기 위한 중공형 미세 채널구조체(fine channel structure)가 제공된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201333027.01

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 (재)한국연구재단

연구사업명 글로벌연구네트워크

연구과제명 나노입자의 질량 및 열 물성치 측정을 위한 히터가 내장된 나노유동채널 공진구조물 개발

기여율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2011.09.01 ~ 2012.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

이동하는 물질의 질량에 따라 공진 주파수가 변화하는 원리를 이용하여 목적물의 질량 및 특성을 측정할 수 있는 미세채널 공진기 제조방법에 있어서,

실리콘기판을 제공하는 단계;

상기 실리콘기판의 내부에 공동 채널(cavity channel)을 형성하는 단계;

상기 공동 채널의 내부 벽면을 산화시켜 상기 공동 채널의 내부 벽면에 중공형 산화실리콘 구조체를 형성하는 단계;

상기 중공형 산화실리콘 구조체의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하는 단계; 및

상기 중공형 폴리실리콘 구조체가 상기 실리콘기판에 대해 공진 운동 가능하도록 상기 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거하는 단계;를 포함하고,

상기 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거함에 따라 잔류된 상기 중공형 폴리실리콘 구조체에 의해 이동하는 물질이 공진 운동하기 위한 중공형 미세 채널구조체(fine channel structure)가 제공되는 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 중공형 폴리실리콘 구조체가 상기 실리콘기판에 대해 공진 운동 가능하도록 상기 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거하는 단계에서,

상기 실리콘기판 및 상기 중공형 산화실리콘 구조체는 단일 제거 공정 또는 복수의 제거 공정에 의해 제거 가능한 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 중공형 폴리실리콘 구조체의 내부 벽면을 산화시켜 상기 중공형 폴리실리콘 구조체의 내부 벽면에 2차 중공형 산화실리콘 구조체를 형성하는 단계;

상기 2차 중공형 산화실리콘 구조체의 내부에 2차 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하는 단계; 및

상기 2차 중공형 산화실리콘 구조체를 제거하는 단계;를 더 포함하며,

상기 미세 채널구조체는 상기 2차 중공형 폴리실리콘 구조체에 의해 정의되며, 상기 2차 중공형 산화실리콘 구조체 및 상기 2차 중공형 폴리실리콘 구조체를 이용하여 상기 미세 채널구조체의 높이 및 폭을 축소 조절 가능한 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 실리콘기판의 내부에 공동 채널(cavity channel)을 형성하는 단계는,

상기 실리콘기판 상에 복수개의 트렌치(trench)를 형성하는 단계; 및

상기 복수개의 트렌치를 이용하여 상기 실리콘기판의 내부에 상기 공동 채널을 형성할 수 있도록 상기 실리콘기판을 어닐링(annealing)하는 단계;를 포함하고,

상기 실리콘기판의 어닐링시 서로 인접한 상기 트렌치가 서로 연결되며 상호 협조적으로 상기 공동 채널을 형성

하는 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 공동 채널을 형성한 후 상기 실리콘기관의 상면에 폴리실리콘 박막층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거함에 따라, 상기 미세 채널구조체는 일단에 고정단을 가지며 타단에 자유단을 갖는 캔틸레버(cantilever) 구조로 제공되는 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 미세 채널구조체의 주변을 선택적으로 제거함에 따라, 상기 미세 채널구조체는 양단에 고정단을 갖는 브릿지(bridge) 구조로 제공되는 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 실리콘기관에 글라스기관을 접합하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 글라스기관을 접합하기 전에 상기 미세 채널구조체의 상면에 제1전극층을 형성하는 단계를 더 포함하고, 상기 글라스기관에는 상기 제1전극층과 이격되게 제2전극층이 제공되는 것을 특징으로 하는 미세채널 공진기 제조방법.

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 미세채널 공진기 및 그 제조방법으로서, 이동하는 물질의 질량에 따라 공진 주파수가 변화하는 원리를 이용하여 목적물의 질량 및 특성을 측정할 수 있는 미세채널 공진기 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 나노바이오멤스(NanoBioMems) 기술이란 생체분자들의 물리적, 화학적, 생물학적 상호작용을 즉시 감지, 측정, 분석, 진단할 수 있는 지능화 및 자동화된 마이크로기계(Micromechanical) 의료기기 및 화학기기를 의미한다.

[0003] 나노바이오멤스 기술 중 하나로서, 기존에는 살아 있는 단일 세포의 질량을 펨토그램(femtogram) 단위까지 측정할 수 있는 마이크로채널 공진 저울(microbalance, microcantilever)이 제시된 바 있으며, 기존 마이크로채널 공진 저울은 미국특허공보 제7,282,329호(2007.10.16)에서 확인할 수 있다.

[0004] 기존 마이크로채널 공진 저울의 측정원리는, 텅빈 공진장치(hollow resonator)를 만들고, 그 안에 유체의 액체 분자 샘플을 주입한다. 공진장치의 주변은 진공공간으로 둘러 쌓여 있지만, 액체 상태의 유체 분자들은 공진장치의 내부에 배치된다. 내부에 배치된 유체 샘플에 고형 입자가 포함되어 있는 경우, 이 입자가 공진장치 내부

에서 이동할 때 공진장치의 공진 주파수(frequency)를 측정하여 입자의 질량을 정확히 측정할 수 있게 된다.

- [0005] 그런데, 기존 마이크로채널 공진 저울은 그 형성이 매우 어려울 뿐만 아니라, 여러 단계에 걸쳐 정교하고 복잡한 제조 공정이 요구되어 제작이 용이하지 않은 문제점이 있다. 특히, 기존에는 실리콘기판 상에 미리 마이크로 채널이 될 부분을 형성한 후, 이를 이용하여 마이크로 채널 내장 캔틸레버 구조의 빔(beam)을 형성하기 위해 여러 단계에 걸친 복잡한 패터닝 및 식각 공정을 수행해야 하기 때문에 제조가 복잡하고 제조시간이 증가하는 문제점이 있다.
- [0006] 이에 따라 최근에는 미세채널 공진기의 구조 및 제조 공정을 간소화하기 위한 여러 가지 검토가 이루어지고 있으나, 아직 미흡하여 이에 대한 개발이 요구되고 있다.
- [0007] 또한, 최근에는 보다 다양한 조건에서 다양한 목적물의 특성을 측정할 수 있도록 나노 스케일(nano-scale) 단위의 채널 공진기가 요구되고 있으나, 기존 제조 공정에 의해서는 공진기를 나노 스케일 단위로 제작하기 어려움에 대한 개발이 절실히 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 구조 및 제조 공정을 간소화할 수 있는 미세채널 공진기 및 그 제조방법을 제공한다.
- [0009] 특히, 본 발명은 실리콘기판의 내부에 공동 채널(cavity channel)을 형성하고, 공동 채널 내부 벽면을 산화시켜 중공형 산화실리콘 구조체를 형성한 후, 중공형 산화실리콘 구조체의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하여 미세 채널구조체를 형성할 수 있도록 한 미세채널 공진기 및 그 제조방법을 제공한다.
- [0010] 또한, 본 발명은 마이크로 스케일 단위뿐만 아니라 나노 스케일 단위의 채널 공진기를 제조 가능한 미세채널 공진기 및 그 제조방법을 제공한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 파이프 형상의 미세 채널구조체를 다양한 조건 및 형상으로 형성할 수 있는 미세채널 공진기 및 그 제조방법을 제공한다.
- [0012] 또한, 본 발명은 구조적인 안정성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 미세채널 공진기 및 그 제조방법을 제공한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 제조비용을 절감할 수 있으며, 다양한 나노바이오센스 장치 및 분야에 적용할 수 있는 미세채널 공진기 및 그 제조방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 이동하는 물질의 질량에 따라 공진 주파수가 변화하는 원리를 이용하여 목적물의 질량 및 특성을 측정할 수 있는 미세채널 공진기 제조방법은, 실리콘기판을 제공하는 단계, 실리콘기판의 내부에 공동 채널(cavity channel)을 형성하는 단계, 공동 채널의 내부 벽면을 산화시켜 공동 채널의 내부 벽면에 중공형 산화실리콘 구조체를 형성하는 단계, 중공형 산화실리콘 구조체의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하는 단계, 및 중공형 폴리실리콘 구조체가 실리콘기판에 대해 공진 운동 가능하도록 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거하는 단계를 포함하고, 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거함에 따라 잔류된 중공형 폴리실리콘 구조체에 의해 이동하는 물질이 공진 운동하기 위한 중공형 미세 채널구조체(fine channel structure)가 제공된다.
- [0015] 실리콘기판의 내부의 공동 채널은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 방식으로 형성될 수 있다. 일 예로, 실리콘기판의 내부에 공동 채널(cavity channel)을 형성하는 단계는, 실리콘기판 상에 복수개의 트렌치(trench)를 형성하는 단계, 및 복수개의 트렌치를 이용하여 실리콘기판의 내부에 상기 공동 채널을 형성할 수 있도록 실리콘기판을 어닐링(annealing)하는 단계를 포함할 수 있으며, 실리콘기판의 어닐링시 서로 인접한 트렌치가 서로 연결되며 상호 협조적으로 공동 채널을 형성할 수 있다.
- [0016] 공동 채널을 형성하기 위한 트렌치는 요구되는 조건에 따라 다양한 방식으로 형성될 수 있다. 일 예로, 트렌치를 형성하는 단계는, 실리콘기판 상에 제1포토레지스트 패턴을 패터닝하는 단계, 제1포토레지스트 패턴을 이용하여 실리콘기판의 표면을 제1에칭하는 단계, 및 제1포토레지스트 패턴을 제거하는 단계를 포함할 수 있으며, 트렌치는 제1에칭시 소정 깊이를 갖도록 형성될 수 있다.
- [0017] 트렌치가 형성된 실리콘기판을 소정 온도, 압력 및 시간 조건에서 어닐링 처리함으로써 실리콘기판의 내부에 트

렌치를 이용한 공동 채널을 형성할 수 있는 바, 트렌치가 형성된 실리콘기판을 어닐링 처리하게 되면, 대략 물방울 모양과 같이 트렌치의 상단 개구부는 서서히 좁아지며 폐쇄됨과 동시에, 트렌치의 하단부는 확장되게 되는데, 이때 서로 인접한 트렌치의 하단부가 서로 연결됨으로써, 서로 인접한 트렌치에 의해 상호 협조적으로 실리콘기판의 내부에 공동 채널이 형성될 수 있다.

[0018] 또한, 실리콘기판의 내부에 공동 채널을 형성한 후, 실리콘기판의 상면에 폴리실리콘 박막층(Poly-Si LPCVD)을 형성할 수 있다. 일 예로, 폴리실리콘 박막층은 실리콘기판의 상면에 폴리실리콘층을 증착한 후, 폴리실리콘층의 상면 리세스가 제거될 수 있도록 폴리실리콘층의 상면을 폴리싱함으로써 제공될 수 있다. 경우에 따라서는 폴리실리콘 박막층 대신 다른 수단이 대체 수단으로 사용되거나 폴리실리콘 박막층이 제거되는 것도 가능하다.

[0019] 미세 채널구조체는 실리콘기판의 내부에 공동 채널을 형성하고, 공동 채널 내부 벽면을 산화시켜 중공형 산화실리콘 구조체를 형성한 후, 중공형 산화실리콘 구조체의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하여 제공될 수 있다. 기존과 달리, 본 발명에서는 미세 채널구조체를 형성하기 위해 복잡한 여러 단계의 패터닝 및 식각 공정을 수행할 필요없이, 단순히 공동 채널의 내부 공간을 따라 산소를 공급하여 공동 채널의 내부 벽면을 산화시킨 후 중공형 산화실리콘 구조체의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성함 중공형 미세 채널구조체를 형성할 수 있다.

[0020] 참고로, 본 발명에서 중공형 폴리실리콘 구조체로 이루어진 미세 채널구조체가 실리콘기판에 대해 공진 운동 가능하도록 미세 채널구조체의 주변을 선택적으로 제거한다 함은, 미세 채널구조체가 실리콘기판에 대해 공진 운동할 수 있는 구조가 되도록, 미세 채널구조체의 주변에 대응하는 실리콘기판 부위를 부분적으로 제거하여 공진 공간을 형성하는 것으로 이해될 수 있다.

[0021] 중공형 폴리실리콘 구조체로 이루어진 미세 채널구조체가 실리콘기판에 대해 공진 운동 가능한 구조로서는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 구조가 적용될 수 있다. 일 예로, 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거함에 따라, 미세 채널구조체는 일단에 고정단을 가지며 타단에 자유단을 갖는 캔틸레버(cantilever) 구조로 제공될 수 있다. 다른 일 예로, 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거함에 따라, 미세 채널구조체는 양단에 고정단을 갖는 브릿지(bridge) 구조로 제공될 수 있다.

[0022] 중공형 폴리실리콘 구조체로 이루어진 미세 채널구조체의 주변의 제거 공정은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 일 예로, 중공형 폴리실리콘 구조체가 실리콘기판에 대해 공진 운동 가능하도록 중공형 폴리실리콘 구조체의 주변을 선택적으로 제거하는 단계에서, 실리콘기판 및 중공형 산화실리콘 구조체는 단일 제거 공정 또는 복수의 제거 공정에 의해 제거될 수 있다.

[0023] 또한, 중공형 폴리실리콘 구조체의 내부 벽면을 산화시켜 중공형 폴리실리콘 구조체의 내부 벽면에 2차 중공형 산화실리콘 구조체를 형성하는 단계, 2차 중공형 산화실리콘 구조체의 내부에 2차 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하는 단계, 및 2차 중공형 산화실리콘 구조체를 제거하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 미세 채널구조체는 2차 중공형 폴리실리콘 구조체에 의해 정의되며, 2차 중공형 산화실리콘 구조체 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체를 이용하여 미세 채널구조체의 높이 및 폭을 축소 조절할 수 있다.

[0024] 또한, 글라스기판을 접합하기 전에 미세 채널구조체의 상면에 제1전극층을 형성할 수 있으며, 글라스기판에는 제1전극층과 이격되게 제2전극층이 제공될 수 있다.

[0025] 글라스기판은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 방식으로 제공될 수 있다. 일 예로, 글라스기판은 글라스기판의 표면에 제3포토레지스트 패턴을 패터닝하는 단계, 제3포토레지스트 패턴을 이용하여 글라스기판의 표면을 제3에칭하여 글라스기판의 표면에 공진 공간을 형성하는 단계, 및 공진 공간 상에 제2전극층을 형성하는 단계에 의해 제공될 수 있다. 경우에 따라서는 여타 다른 기계적인 여기 방식 의해 미세 채널구조체가 공진 운동하도록 구성하는 것도 가능하다.

발명의 효과

[0026] 본 발명에 따른 미세채널 공진기 및 그 제조방법에 따르면, 구조 및 제조 공정을 간소화할 수 있다.

[0027] 특히, 본 발명에 따르면 실리콘기판의 내부에 공동 채널(cavity channel)을 형성하고, 공동 채널 내부 벽면을 산화시켜 중공형 산화실리콘 구조체를 형성한 후, 중공형 산화실리콘 구조체의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하여 미세 채널구조체를 형성할 수 있기 때문에, 기존과 같이 여러 단계에 걸친 복잡한 패터닝 및 에칭 공정을 생략할 수 있고, 비교적 간단한 공정으로 미세 채널구조체를 형성할 수 있다.

- [0028] 또한, 본 발명에 따르면 미세 채널구조체의 내부에 2차 증공형 산화실리콘 구조체 및 2차 증공형 폴리실리콘 구조체를 형성 및 제거하는 공정을 통해 미세 채널구조체의 높이 및 폭을 축소 조절할 수 있다. 특히, 본 발명에 따르면 2차 증공형 산화실리콘 구조체 및 2차 증공형 폴리실리콘 구조체를 형성 및 제거하는 공정을 반복적으로 수행함으로써 매우 작은 폭 및 높이를 갖는 채널 구조체를 형성하는 것이 가능하다. 따라서, 본 발명에 따르면 마이크로 스케일 단위뿐만 아니라 나노 스케일 단위의 채널 공진기의 제조가 가능하다.
- [0029] 한편, 공동 채널을 형성하기 위한 트렌치를 매우 미세한 크기(나노 스케일)로 형성함으로써 나노 스케일 단위의 채널 공진기를 형성하는 것도 가능하지만, 매우 미세한 크기의 트렌치를 형성하기 위해서는 고가의 특수 장비를 이용하여 복잡한 제조 단계를 거쳐야 하는 문제점이 있다. 하지만, 본 발명에 따르면 매우 미세한 크기의 트렌치를 형성할 필요없이, 단순히 미세 채널구조체의 내부에 2차 증공형 산화실리콘 구조체 및 2차 증공형 폴리실리콘 구조체를 형성 및 제거하는 공정을 반복적으로 수행함으로써, 나노 스케일 단위의 채널 공진기를 제조할 수 있기 때문에, 제조 공정을 보다 간소화할 수 있으며, 제작비용을 절감할 수 있다.
- [0030] 더욱이, 본 발명에 따르면 실리콘기판 내부의 공동 채널은, 실리콘기판 상에 복수개의 트렌치를 형성한 후, 실리콘기판을 어닐링하는 비교적 간단한 공정에 의해 형성될 수 있기 때문에, 구조 및 제조 공정을 보다 간소화할 수 있다.
- [0031] 또한, 본 발명에 따르면 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 형태 및 구조로 공동 채널을 형성할 수 있으며, 미세 채널구조체는 공동 채널을 기반으로 형성될 수 있기 때문에, 구조 및 제조 공정의 제약없이 미세 채널구조체를 보다 다양한 조건 및 형상으로 형성할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명에 따르면 구조적인 안정성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명에 따르면 다양한 칩 설계가 가능하며, 미세채널의 조건 및 형상을 다양하게 조절할 수 있기 때문에 다양한 연구 분야 및 산업 분야에서 응용이 자유롭다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1 및 도 2는 본 발명에 따른 미세채널 공진기를 설명하기 위한 도면이다.
 도 2 내지 도 15은 본 발명에 따른 미세채널 공진기 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.
 도 16 및 도 17은 본 발명에 따른 미세채널 공진기 제조방법으로서, 어닐링 공정에 의해 공동 채널이 형성되는 원리 및 예를 설명하기 위한 도면이다.
 도 18은 본 발명의 다른 실시예에 따른 미세채널 공진기를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 이러한 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용을 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나 반복되는 내용은 생략될 수 있다.
- [0036] 도 1 및 도 2는 본 발명에 따른 미세채널 공진기를 설명하기 위한 도면이고, 도 2 내지 도 15은 본 발명에 따른 미세채널 공진기 제조방법을 설명하기 위한 도면이며, 도 16 및 도 17은 본 발명에 따른 미세채널 공진기 제조방법으로서, 어닐링 공정에 의해 공동 채널이 형성되는 원리 및 예를 설명하기 위한 도면이다. 또한, 도 18은 본 발명의 다른 실시예에 따른 미세채널 공진기를 설명하기 위한 도면이다.
- [0037] 참고로, 본 발명에 따른 미세채널 공진기는 목적물의 질량 및 특성을 측정하기 위해 사용될 수 있다. 경우에 따라서는 본 발명에 따른 미세채널 공진기가 측정 대상물의 물리적, 화학적, 생물학적 상호작용을 감지, 측정, 분석, 진단하기 위해 사용되는 것도 가능하며, 그 사용 용도에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0038] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 미세채널 공진기는 실리콘기판(100) 및 글라스기판(200)을 포함한다.
- [0039] 실리콘기판(100) 상에는 공진 운동 가능하게 미세 채널구조체가 구비되며, 미세 채널구조체의 상면에 형성된 제1전극층(120) 및 글라스기판(200)에 구비된 제2전극층(210) 간의 정전기력 작용에 의해 미세 채널구조체가 공진 운동할 수 있다.
- [0040] 상기 미세 채널구조체는 실리콘기판(100)의 내부에 공동 채널(cavity channel)(102)을 형성하고, 상기 공동 채널

널(102)의 내부 벽면을 산화시켜 공동 채널의 내부 벽면에 중공형 산화실리콘 구조체(110)를 형성한 후, 상기 중공형 산화실리콘 구조체(110)의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체(112)를 형성함으로써 중공 파이프 형상으로 형성될 수 있다.

- [0041] 참고로, 미세 채널구조체는 일단에 고정단을 가지며 타단에 자유단을 갖는 캔틸레버(cantilever) 구조로 제공될 수 있으나, 경우에 따라서는 미세 채널구조체가 양단에 고정단을 갖는 브릿지(bridge) 구조로 제공되는 것도 가능하다.
- [0042] 이하에서는 본 발명에 따른 미세채널 공진기 제조방법을 설명하기로 한다.
- [0043] 본 발명에 따른 미세채널 공진기는, 실리콘기판(100)을 제공하는 단계, 상기 실리콘기판(100)의 내부에 공동 채널(cavity channel)(102)을 형성하는 단계, 상기 공동 채널(102)의 내부 벽면을 산화시켜 공동 채널의 내부 벽면에 중공형 산화실리콘 구조체(110)를 형성하는 단계, 상기 중공형 산화실리콘 구조체(110)의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체(112)를 형성하는 단계, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)가 실리콘기판(100)에 대해 공진 운동 가능하도록 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변을 선택적으로 제거하는 단계, 및 실리콘기판(100)의 상면에 글라스기판(200)을 접합하는 단계를 포함한다.
- [0044] 먼저, 실리콘기판(100)을 제공하고, 상기 실리콘기판(100)의 내부에 공동 채널(cavity channel)(102)을 형성한다.
- [0045] 상기 실리콘기판(100)의 내부의 공동 채널(102)은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 방식으로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 실리콘기판(100)의 내부에 공동 채널(cavity channel)(102)을 형성하는 단계는, 상기 실리콘기판(100) 상에 복수개의 트렌치(trench)(101)를 형성하는 단계, 및 상기 복수개의 트렌치(101)를 이용하여 실리콘기판(100)의 내부에 상기 공동 채널(102)을 형성할 수 있도록 실리콘기판(100)을 어닐링(annealing)하는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 실리콘기판(100)의 어닐링시 서로 인접한 트렌치(101)가 서로 연결되며 상호 협조적으로 공동 채널(102)을 형성하게 된다.
- [0046] 도 3을 참조하면, 상기 실리콘기판(100)에는 복수개의 트렌치(101)가 소정 배열을 이루도록 형성될 수 있다. 상기 트렌치(101)는 요구되는 조건에 따라 다양한 방식으로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 트렌치(101)를 형성하는 단계는, 실리콘기판(100) 상에 제1포토투레지스트 패턴을 패터닝하는 단계, 상기 제1포토투레지스트 패턴을 이용하여 실리콘기판(100)의 표면을 제1에칭하는 단계, 및 상기 제1포토투레지스트 패턴을 제거하는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 트렌치(101)는 제1에칭시 소정 깊이를 갖도록 형성될 수 있다.
- [0047] 다음, 상기 트렌치(101)가 형성된 실리콘기판(100)을 소정 온도, 압력 및 시간 조건에서 어닐링 처리함으로써, 도 4와 같이, 실리콘기판(100)의 내부에 공동 채널(102)을 형성할 수 있다.
- [0048] 참고로, 도 16을 참조하면, 대략 원형홀 형태를 갖는 트렌치(101)가 형성된 실리콘기판(100)을 어닐링 처리하게 되면, 대략 물방울 모양과 같이 트렌치(101)의 상단 개구부는 서서히 좁아지며 폐쇄됨과 동시에, 트렌치(101)의 하단부는 확장되게 되는데, 이때 서로 인접한 트렌치(101)의 하단부가 서로 연결됨으로써, 서로 인접한 트렌치(101)에 의해 상호 협조적으로 실리콘기판(100)의 내부에 공동 채널(102)이 형성될 수 있다.
- [0049] 아울러, 도 17과 같이, 공동 채널(102)의 형성 정도는 트렌치(101)의 직경(ϕ_H), 트렌치(101) 간의 이격 간격(S_H), 및 어닐링 처리 조건을 적절히 변경하여 조절할 수 있다. 가령, 공동 채널(102)의 높이(두께), 공동 채널(102)의 상단부 폐쇄되는 부위의 두께 및 공동 채널(102)의 상면에 형성되는 리세스(도 2의 201 참조)의 깊이와 같은 공동 채널(102)의 형성 조건은, 트렌치(101)의 직경(ϕ_H) 및 트렌치(101) 간의 이격 간격(S_H)을 조절함으로써 변경될 수 있다. 이하에서는 어닐링 공정이 급속 열처리(Rapid thermal anneal)로 진행되되, 1150℃ 온도 조건, 1 atm(760 Torr) 압력 조건, 15분 시간 조건으로 진행된 예를 들어 설명하기로 한다. 물론 요구되는 조건에 따라 어닐링 처리 조건이 적절히 변경될 수 있다.
- [0050] 다음, 도 5 및 도 6과 같이, 상기 실리콘기판(100)의 내부에 공동 채널(102)을 형성한 후, 상기 실리콘기판(100)의 상면에 폴리실리콘 박막층(Poly-Si LPCVD)(130)을 형성할 수 있다. 일 예로, 상기 폴리실리콘 박막층(130)은 실리콘기판(100)의 상면에 폴리실리콘층(130')을 증착한 후, 추후 분당시 문제될 수 있는 상기 폴리실리콘층(130')의 상면 리세스가 제거될 수 있도록 폴리실리콘층(130')의 상면을 폴리싱함으로써 제공될 수 있다.
- [0051] 참고로, 상기 폴리실리콘 박막층(130)은 주변 구조물 또는 접합 등을 위해 형성될 수 있으며, 경우에 따라서는 폴리실리콘 박막층 대신 다른 수단이 대체 수단으로 사용되거나 폴리실리콘 박막층이 제거되는 것도 가능하다.

- [0052] 다음, 도 7과 같이, 상기 공동 채널(102)의 내부 벽면을 산화시켜 공동 채널(102)의 내부 벽면에 중공형 산화실리콘 구조체(110)를 형성한다.
- [0053] 상기 중공형 산화실리콘 구조체(110)는 실리콘기판(100)의 내부에 형성된 공동 채널(102)의 내부 벽면을 산화시켜 형성된 산화막으로써, 공동 채널(102)의 내부 벽면을 따라 공동 채널(102)에 대응하는 중공형 파이프 형상으로 형성될 수 있다. 기존과 달리, 본 발명에서는 미세 채널구조체를 형성하기 위해 복잡한 여러 단계의 패터닝 및 식각 공정을 수행할 필요없이, 단순히 공동 채널(102)의 내부 공간을 따라 산소를 공급하여 공동 채널(102)의 내부 벽면을 산화시킴으로써 중공형 미세 채널구조체를 형성할 수 있다.
- [0054] 참고로, 본 발명의 실시예에서는 폴리실리콘 박막층(130)이 먼저 형성된 후, 미세 채널구조체가 형성된 예를 들어 설명하고 있지만, 경우에 따라서는 미세 채널구조체가 형성된 후 폴리실리콘 박막층이 형성되는 것도 가능하다.
- [0055] 다음, 도 8과 같이, 상기 중공형 산화실리콘 구조체(110)의 내부 벽면에 중공형 폴리실리콘 구조체(112)를 형성한다.
- [0056] 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)는 중공형 산화실리콘 구조체(110)의 내부 벽면에 폴리실리콘을 증착하여 형성될 수 있으며, 중공형 산화실리콘 구조체(110)의 내부 벽면을 따라 중공형 산화실리콘 구조체(110)에 대응하는 중공형 파이프 형상으로 형성될 수 있다.
- [0057] 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)에 의해 이동하는 물질이 공진 운동하기 위한 중공형 미세 채널구조체(fine channel structure)가 제공될 수 있는 바, 미세 채널구조체의 폭 및 높이는 중공형 폴리실리콘 구조체(112)에 의해 결정될 수 있으며, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)는 중공형 산화실리콘 구조체(110)의 내부 벽면에 형성되기 때문에, 중공형 산화실리콘 구조체(110)보다 작은 폭 및 높이를 가질 수 있다.
- [0058] 다음, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)가 실리콘기판(100)에 대해 공진 운동 가능하도록 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변을 선택적으로 제거한다.
- [0059] 상기 중공형 미세 채널구조체를 형성하기 위해 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변을 선택적으로 제거하는 단계에서, 상기 실리콘기판(100) 및 중공형 산화실리콘 구조체(110)는 단일 제거 공정 또는 복수의 제거 공정에 의해 제거 가능하다. 가령, 실리콘기판(100) 및 중공형 산화실리콘 구조체(110)는 단일 에칭 공정에 의해 한번에 제거되거나, 복수의 에칭 공정에 의해 각각 별도로 제거될 수 있다.
- [0060] 이하에서는 상기 중공형 미세 채널구조체를 형성하기 위해 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변을 선택적으로 제거하는 단계가, 중공형 산화실리콘 구조체(110)의 주변에 대응하는 실리콘기판(100)을 선택적으로 제거하는 단계, 상기 실리콘기판(100)을 선택적으로 제거함에 따라 노출되는 중공형 산화실리콘 구조체(110)를 제거하는 단계를 포함하는 예를 들어 설명하기로 한다.
- [0061] 참고로, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)가 실리콘기판(100)에 대해 공진 운동 가능하도록 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변을 선택적으로 제거한다 함은, 중공형 폴리실리콘 구조체(112)가 실리콘기판(100)에 대해 공진 운동할 수 있는 구조가 되도록, 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변에 대응하는 실리콘기판(100) 부위 및 중공형 산화실리콘 구조체(110)를 제거하여 공진공간(103)을 형성하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0062] 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)로 이루어진 미세 채널구조체가 실리콘기판(100)에 대해 공진 운동 가능한 구조로서는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 구조가 적용될 수 있다. 일 예로, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변을 선택적으로 제거함에 따라, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)로 이루어진 미세 채널구조체는 일단에 고정단을 가지며 타단에 자유단을 갖는 캔틸레버(cantilever) 구조로 제공될 수 있다. 다른 일 예로, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변을 선택적으로 제거함에 따라, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)로 이루어진 미세 채널구조체는 양단에 고정단을 갖는 브릿지(bridge) 구조로 제공될 수 있다.
- [0063] 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변에 대응하는 실리콘기판(100) 부위의 제거 공정은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 일 예로, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변에 대응하는 실리콘기판(100) 부위의 제거하는 단계는, 도 9과 같이 상기 실리콘기판(100)의 상면에 제2포토레지스트 패턴(140)을 패터닝하는 단계, 도 10과 같이 상기 제2포토레지스트 패턴(140)을 이용하여 실리콘기판(100)에서 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변을 부분적으로 제2에칭하는 단계, 및 도 11과 같이 상기 제2포토레지스트 패턴(140)을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0064] 참고로, 전술한 제1 및 제2포토레지스트 패턴(140)을 이용한 제1에칭 및 제2에칭 공정으로서의 통상의 포토레지

스트 패턴을 이용한 습식 또는 건식 에칭 공정이 적용될 수 있으며, 포토레지스트 패턴 및 에칭 공정의 종류 및 특성에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 또한, 제1 및 제2포토레지스트 패턴(140)의 제거 공정 역시 통상의 애싱(ashing) 및 스트립(strip) 공정에 의해 수행될 수 있다.

- [0065] 도 12를 참조하면, 전술한 바와 같이 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 주변에 대응하는 실리콘기판(100) 부위 및 중공형 산화실리콘 구조체(110)를 제거함에 따라, 잔류된 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)로 이루어진 미세 채널구조체가 실리콘기판(100)에 대해 공진 운동 가능한 구조로 제공될 수 있다.
- [0066] 한편, 본 발명에 따르면 중공형 폴리실리콘 구조체(112)로 이루어진 미세 채널구조체의 내부에 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a) 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체(112a)를 형성 및 제거하는 공정을 반복적으로 수행함으로써 미세 채널구조체의 높이 및 폭을 축소 조절하는 것이 가능하다.
- [0067] 도 13을 참조하면, 본 발명에 따른 미세채널 공진기 제조방법은 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 내부 벽면을 산화시켜 중공형 폴리실리콘 구조체(112)의 내부 벽면에 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a)를 형성하는 단계, 상기 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a)의 내부에 2차 중공형 폴리실리콘 구조체(112a)를 형성하는 단계, 및 상기 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a)를 제거하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a) 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체(112a)를 이용하여 미세 채널구조체의 높이(H1,H2) 및 폭(W1,W2)을 축소 조절할 수 있다.
- [0068] 참고로, 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a) 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체(112a)를 이용하여 미세 채널구조체의 높이 및 폭을 축소 조절한다 함은, 전술한 중공형 폴리실리콘 구조체(112)로 이루어진 미세 채널구조체보다 상대적으로 매우 작은 높이 및 폭을 갖는 미세 채널구조체를 형성하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0069] 아울러, 도 13에는 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a) 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체(112a)가 단 한번씩 형성된 예를 들어 설명하고 있지만, 경우에 따라서는 2차 중공형 폴리실리콘 구조체로 이루어진 미세 채널구조체의 내부에 다른 2차 중공형 산화실리콘 구조체 및 다른 2차 중공형 폴리실리콘 구조체를 반복적으로 형성 및 제거함으로써, 보다 미세한 높이 및 폭을 갖는 미세 채널구조체를 형성할 수 있다.
- [0070] 이와 같이, 본 발명에 따르면 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a) 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체(112a)를 형성 및 제거하는 공정을 반복적으로 수행함으로써 매우 작은 폭 및 높이를 갖는 채널 구조체를 형성하는 것이 가능하며, 마이크로 스케일 단위뿐만 아니라 나노 스케일 단위의 채널 공진기의 제조가 가능하다.
- [0071] 한편, 공동 채널을 형성하기 위한 트렌치를 매우 미세한 크기(나노 스케일)로 형성함으로써 나노 스케일 단위의 채널 공진기를 형성하는 것도 가능하지만, 매우 미세한 크기의 트렌치를 형성하기 위해서는 고가의 특수 장비를 이용하여 복잡한 제조 단계를 거쳐야 하는 문제점이 있다. 하지만, 본 발명에 따르면 매우 미세한 크기의 트렌치를 형성할 필요없이, 단순히 미세 채널구조체의 내부에 2차 중공형 산화실리콘 구조체(110a) 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체(112a)를 형성 및 제거하는 공정을 반복적으로 수행함으로써, 나노 스케일 단위의 채널 공진기를 제조할 수 있다.
- [0072] 전술 및 도시한 본 발명의 실시예에서는 실리콘기판 및 중공형 산화실리콘 구조체(110)를 제거한 후, 잔류된 중공형 폴리실리콘 구조체의 내부에 2차 중공형 산화실리콘 구조체 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성한 예를 들어 설명하고 있지만, 경우에 따라서는 실리콘기판 및 중공형 산화실리콘 구조체를 제거하기 전에 중공형 폴리실리콘 구조체의 내부에 2차 중공형 산화실리콘 구조체 및 2차 중공형 폴리실리콘 구조체를 형성하는 것도 가능하다.
- [0073] 다음, 도 14와 같이, 상기 중공형 폴리실리콘 구조체(112)(또는 2차 중공형 폴리실리콘 구조체)로 이루어진 미세 채널구조체의 상면에 제1전극층(120)을 형성할 수 있다.
- [0074] 상기 제1전극층(120)은 미세 채널구조체의 상면에 전극층을 증착함으로써 형성될 수 있다. 상기 제1전극층(120)으로서서는 후술할 제2전극층(210)과 정전기력 작용 가능한 다양한 단일 또는 합금 금속 재질이 사용될 수 있으며, 제1전극층(120)의 종류 및 특성에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 상기 제2전극층(210)에 전원이 인가됨에 따라 제2전극층(210)과 정전기력 작용하는 제1전극층(120)에 의해 미세 채널구조체가 공진 운동할 수 있다.
- [0075] 다음, 도 15와 같이, 상기 제1전극층(120)과 이격되게 제2전극층(210)을 갖는 글라스기판(200)을 상기 실리콘기판(100)의 상면에 접합한다.
- [0076] 상기 글라스기판(200)은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 방식으로 제공될 수 있다. 일 예로, 상기

글라스기판(200)은 글라스기판(200)의 표면에 제3포토레지스트 패턴을 패터닝하는 단계, 상기 제3포토레지스트 패턴을 이용하여 상기 글라스기판(200)의 표면을 제3에칭하여 글라스기판(200)의 표면에 공진 공간을 형성하는 단계, 및 상기 공진 공간 상에 제2전극층(210)을 형성하는 단계에 의해 제공될 수 있다.

[0077] 상기 제2전극층(210)은 제1전극층(120)은 동일 또는 유사한 재질로 형성될 수 있으며, 제2전극층(210)에는 외부 전원이 연결될 수 있다. 상기 글라스기판(200)은 공진 공간이 형성된 표면이 실리콘기판(100)의 상면(미세 채널 구조체가 노출되는 면)을 마주하도록 접합될 수 있다.

[0078] 참고로, 도 14 및 도 15에서 도시된 미세 채널구조체는 캔틸레버 방식의 미세 채널구조체의 단부에 대응하는 부위가 될 수 있다.

[0079] 아울러, 전술 및 도시한 본 발명의 실시예에서는 제1전극층(120) 및 제2전극층(210) 간의 정전기적인 여기(excitation)에 의해 미세 채널구조체가 공진 운동하도록 구성된 예를 들어 설명하고 있지만, 경우에 따라서는 여타 다른 기계적인 여기 방식 의해 미세 채널구조체가 공진 운동하도록 구성하는 것도 가능하다.

[0080] 한편, 도 18는 본 발명의 다른 실시예에 따른 미세채널 공진기를 설명하기 위한 도면이다.

[0081] 전술한 본 발명의 실시예에서는 미세 채널구조체가 캔틸레버 구조로 제공된 예를 들어 설명하고 있지만, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 미세 채널구조체가 공진 운동 가능한 다른 구조로 제공되는 것도 가능하다.

[0082] 도 18을 참조하면, 미세 채널구조체의 주변을 선택적으로 제거함에 따라, 상기 미세 채널구조체(110')는 양단에 고정단을 갖는 브릿지(bridge) 구조로 제공될 수 있다. 참고로, 브릿지 구조의 미세 채널구조체에서도 전술한 제1전극층(120) 및 제2전극층(210)과 같은 여기 수단에 의해 미세 채널구조체가 공진 운동하도록 구성될 수 있다.

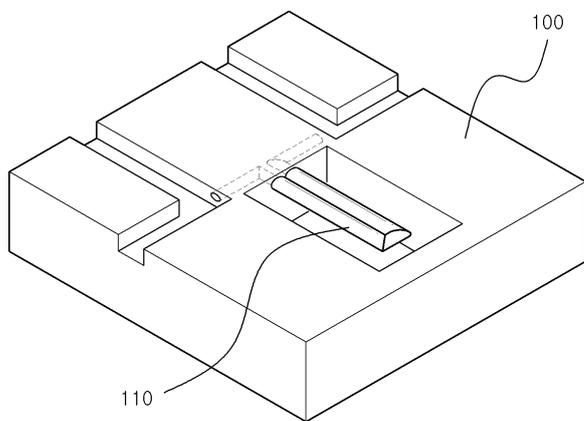
[0083] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

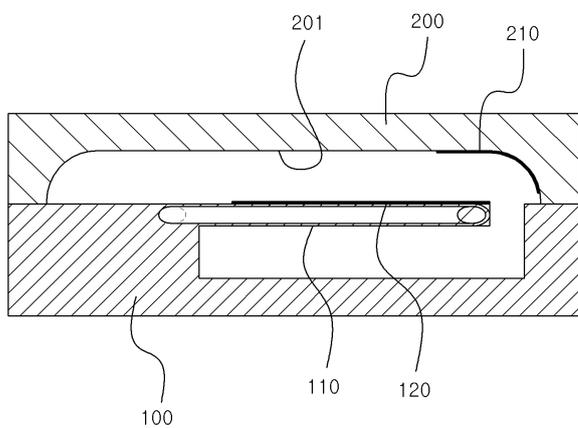
- [0084]
- | | |
|---------------------|---------------------|
| 100 : 실리콘기판 | 101 : 트렌치 |
| 102 : 공동 채널 | 110 : 중공형 산화실리콘 구조체 |
| 112 : 중공형 폴리실리콘 구조체 | 120 : 제1전극층 |
| 130 : 폴리실리콘 박막층 | 200 : 글라스기판 |
| 201 : 공진 공간 | 210 : 제2전극층 |

도면

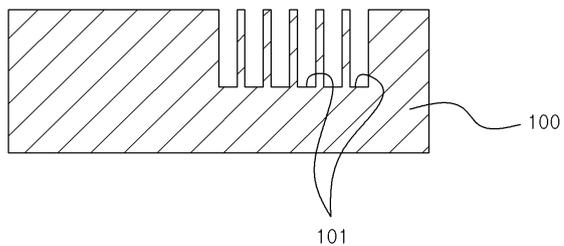
도면1



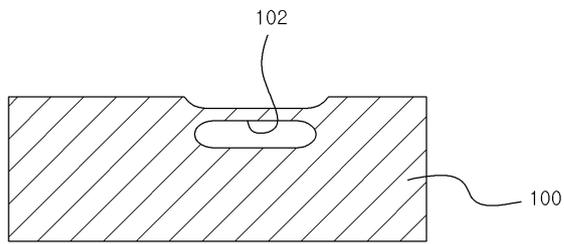
도면2



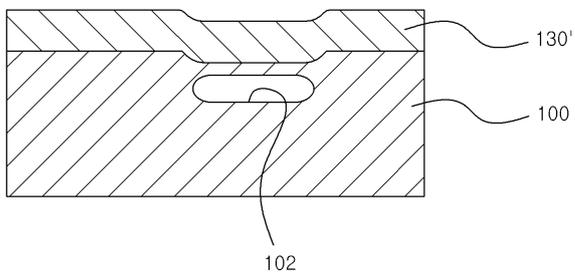
도면3



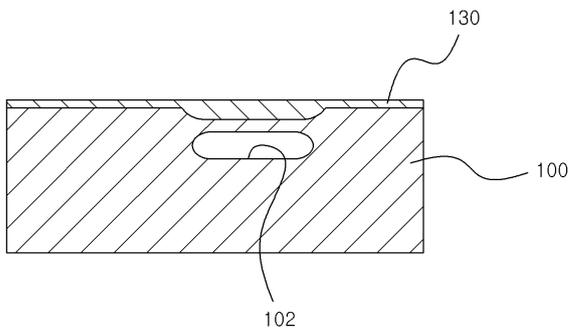
도면4



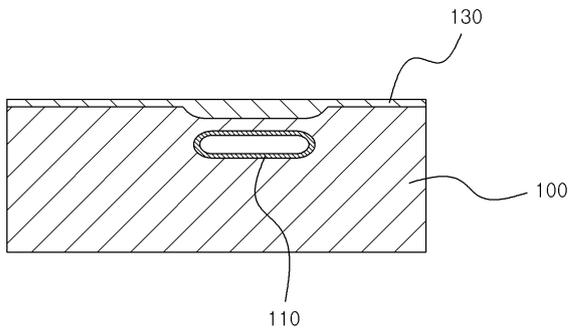
도면5



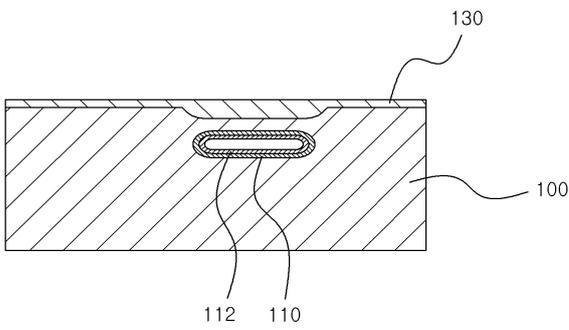
도면6



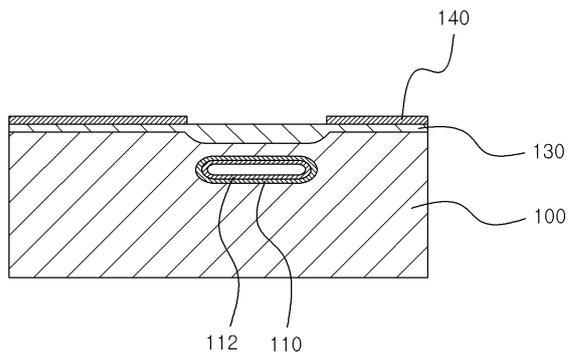
도면7



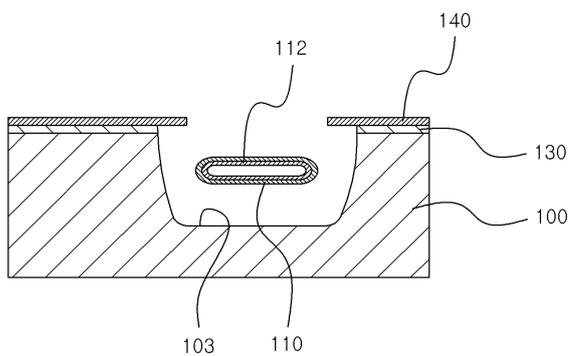
도면8



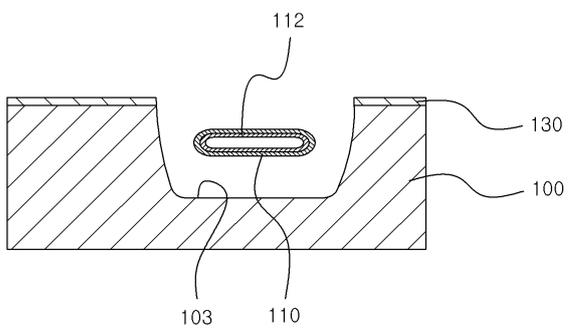
도면9



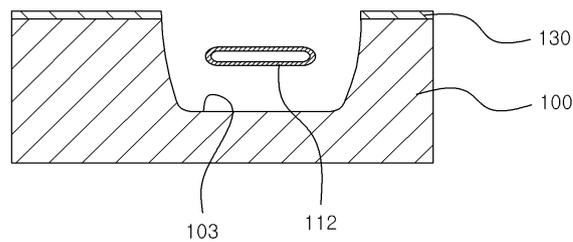
도면10



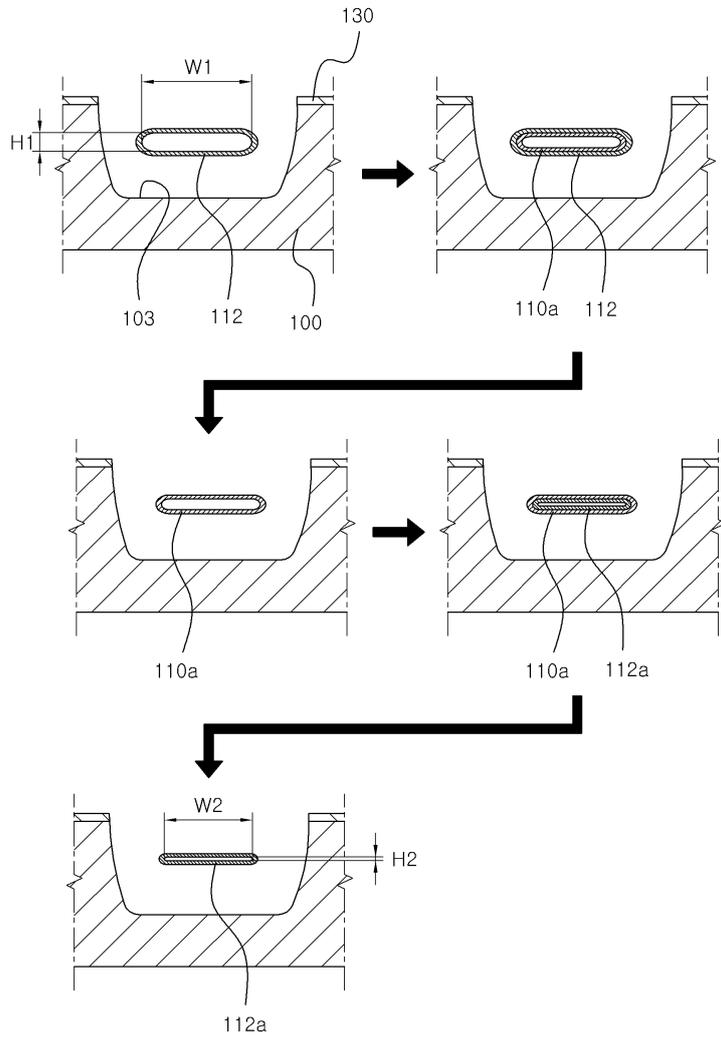
도면11



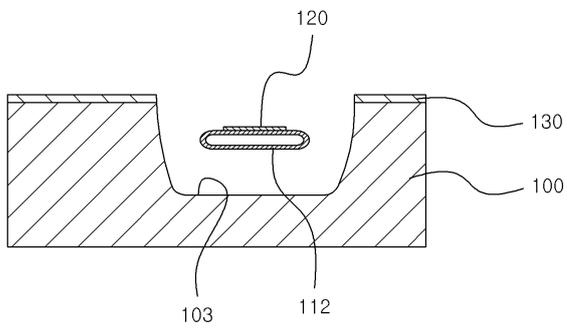
도면12



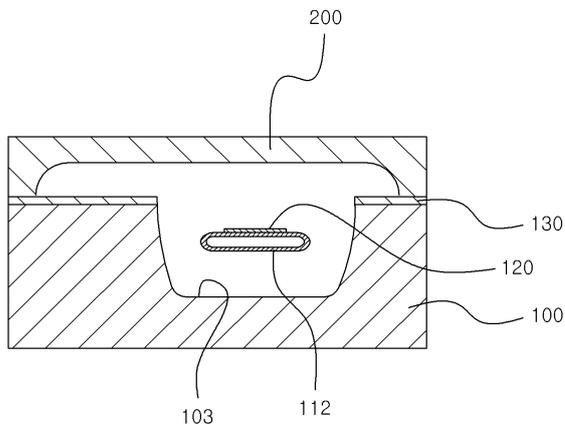
도면13



도면14



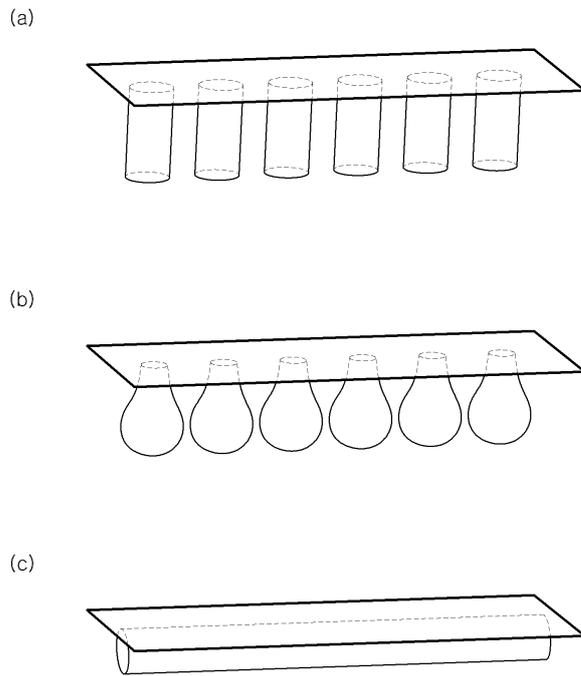
도면15



도면16

$\frac{\Phi_H}{S_H}$	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6
0.4					
0.6					
0.8					
1.0					
1.2					

도면17



도면18

