



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0078702
 (43) 공개일자 2014년06월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03H 9/56 (2006.01) *H03H 9/02* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7010866
- (22) 출원일자(국제) 2012년09월24일
 심사청구일자 2014년04월23일
- (85) 번역문제출일자 2014년04월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/056962
- (87) 국제공개번호 WO 2013/044262
 국제공개일자 2013년03월28일
- (30) 우선권주장
 13/241,356 2011년09월23일 미국(US)

- (71) 출원인
헬컴 인코포레이티드
 미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
- (72) 발명자
주오, 쉐지예
 미국 92121 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
로, 치 순
 미국 92121 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 남앤드남

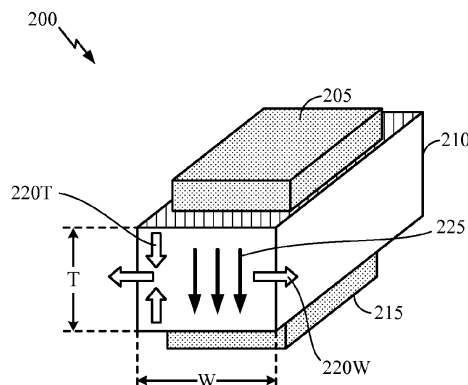
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 **조합된 두께 및 폭 진동 모드들을 갖는 압전 공진기**

(57) 요약

조합된 두께(220T) 및 폭(220W) 진동 모드들을 갖는 압전 공진기(200)를 위한 방법 및 장치가 개시된다. 압전 공진기는, 압전 기관(210) 및 압전 기관의 제 1 표면에 커플링된 제 1 전극(205)을 포함할 수 있다. 압전 공진기는 또한 압전 기관의 제 2 표면에 커플링된 제 2 전극(215)을 더 포함할 수 있고, 여기서 제 1 표면과 제 2 표면은 실질적으로 평행하고 압전 기관의 두께 치수를 정의한다. 게다가, 압전 기관의 두께 치수(T) 및 폭(W) 치수는, 그 전극들에 여기 신호가 인가되는 경우, 두께 진동 모드 및 폭 진동 모드의 코히어런트 조합으로부터 공진을 생산하도록 구성된다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

주, 상훈

미국 92121 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드
라이브 5775

윤, 창환

미국 92121 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드
라이브 5775

김, 종해

미국 92121 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드
라이브 5775

특허청구의 범위

청구항 1

압전 공진기(piezoelectric resonator)로서,

압전 기관;

상기 압전 기관의 제 1 표면에 커플링된 제 1 전극; 및

상기 압전 기관의 제 2 표면에 커플링된 제 2 전극을 포함하고,

상기 제 1 표면 및 상기 제 2 표면은, 실질적으로 평행하고, 상기 압전 기관의 두께 치수를 정의하며,

추가로, 상기 압전 기관의 두께 치수 및 폭 치수는, 상기 전극들에 여기 신호(excitation signal)가 인가되는 경우, 두께 진동 모드와 폭 진동 모드의 코히어런트한 조합으로부터 공진을 생산하도록 구성되는,

압전 공진기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 두께 치수 대 상기 폭 치수의 비율은 0.75 내지 1.25의 범위 내에 있는,

압전 공진기.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 두께 치수 대 상기 폭 치수의 비율은 1과 대략적으로 동일한,

압전 공진기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 입력 단자이고,

상기 제 2 전극은 출력 단자 또는 접지 단자인,

압전 공진기.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 압전 기관은,

폭 치수의 배수들에 걸쳐 그 폭이 확장되어 복수의 서브-공진기들을 형성하고,

확장된 압전 기관의 제 1 표면에 커플링되고, 그리고 확장된 폭 치수를 따라서 동일하게 이격된 복수의 제 1 전극들 - 상기 복수의 제 1 전극들 각각은 각각의 서브-공진기 위에 실질적으로 중심을 둠 - 및

상기 확장된 압전 기관의 제 2 확장된 표면에 커플링되고, 그리고 상기 확장된 폭 치수를 따라서 동일하게 이격된 복수의 제 2 전극들 - 상기 복수의 제 2 전극들 각각은 각각의 서브-공진기 위에 실질적으로 중심을 두고, 상기 제 1 확장된 표면과 상기 제 2 확장된 표면은 실질적으로 평행함 -

을 더 포함하고,

상기 서브-공진기들 각각의 두께 치수 및 폭 치수는, 상기 전극들 각각에 여기 신호들이 인가되는 경우, 두께 진동 모드 및 폭 진동 모드의 코히어런트한 조합으로부터 공진을 생산하도록 구성되는,

압전 공진기.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

입력 포트 및 출력 포트를 더 포함하고,

상기 입력 포트는:

상기 복수의 제 1 전극들로부터 인접하지 않은 전극들로부터 선택된 일 세트의(a set of) 입력 전극들, 및

상기 복수의 제 2 전극들로부터 인접하지 않은 전극들로부터 선택된 제 1 세트의 접지 전극들 - 상기 세트의 입력 전극들과 상기 제 1 세트의 접지 전극들은 정반대(diametrically opposed)임 - 을 더 포함하고,

상기 출력 포트는:

상기 복수의 제 2 전극들로부터 인접하지 않은 전극들로부터 선택된 일 세트의 출력 전극들, 및

상기 복수의 제 1 전극들로부터 인접하지 않은 전극들로부터 선택된 제 2 세트의 접지 전극들 - 상기 세트의 출력 전극들과 상기 제 2 세트의 접지 전극들은 정반대임 - 을 더 포함하는,

압전 공진기.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 복수의 제 1 전극들로부터 선택된 포지티브 입력 단자, 및 상기 복수의 제 2 전극들로부터 선택된 제 1 접지 단자를 더 포함하는 제 1 포트 - 상기 포지티브 입력 단자와 제 1 접지 단자는 정반대임 - ;

상기 복수의 제 1 전극들로부터 선택된 네거티브 입력 단자, 및 상기 복수의 제 2 전극들로부터 선택된 제 2 접지 단자를 더 포함하는 제 2 포트 - 상기 네거티브 입력 단자와 제 2 접지 단자는 정반대임 - ;

상기 복수의 제 1 전극들로부터 선택된 포지티브 출력 단자, 및 상기 복수의 제 2 전극들로부터 선택된 제 3 접지 단자를 더 포함하는 제 3 포트 - 상기 포지티브 출력 단자와 상기 제 3 접지 단자는 정반대임 - ; 및

상기 복수의 제 1 전극들로부터 선택된 네거티브 출력 단자, 및 상기 복수의 제 2 전극들로부터 선택된 제 4 접지 단자를 더 포함하는 제 4 포트 - 상기 네거티브 출력 단자와 상기 제 4 접지 단자는 정반대임 - 를 더 포함하는,

압전 공진기.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

인접하는 서브-공진기들에 인가되는 여기 신호들은 반대 극성을 갖는,

압전 공진기.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

직사각형 프리즘(rectangular prism), 중공형 원통(hollow cylinder), 또는 디스크(disk) 중 하나인,

압전 공진기.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 기관은, 질화 알루미늄(Aluminum Nitride), PZT, 니오브산 리튬(Lithium Niobate), 리튬 탄탈레이트

(Lithium Tantalate), 또는 산화 아연(Zinc Oxide) 중 하나로부터 형성되는, 압전 공진기.

청구항 11

제 1 항에 있어서,
적어도 하나의 반도체 다이에 집적되는,
압전 공진기.

청구항 12

제 1 항에 있어서,
상기 압전 공진기가 집적되는, 셋톱 박스, 음악 플레이어, 비디오 플레이어, 엔터테인먼트 유닛, 내비게이션 디바이스, 통신 디바이스, 개인용 휴대 단말기(PDA), 고정형 위치 데이터 유닛, 및 컴퓨터로 이루어진 그룹으로부터 선택된 전자 디바이스를 더 포함하는,
압전 공진기.

청구항 13

압전 공진기에서 발진 신호(oscillating signal)를 생성하기 위한 방법으로서,
압전 엘리먼트에 걸친 전기 신호를 수신하는 단계;
상기 압전 엘리먼트의 두께 치수에서 제 1 진동 모드를 확립하는 단계;
상기 압전 엘리먼트의 폭 치수에서 제 2 진동 모드를 확립하는 단계; 및
단일-칩 다중 주파수 성능을 제공하면서 전기기계적 커플링의 계수(k_t^2)를 오직-폭 진동 모드 이상으로 증가시키는 공진 진동을 생산하기 위해 상기 제 1 진동 모드 및 상기 제 2 진동 모드를 코히어런트하게 조합하는 단계를 포함하는,
압전 공진기에서 발진 신호를 생성하기 위한 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,
상기 압전 공진기는, 상기 압전 공진기가 집적되는, 셋톱 박스, 음악 플레이어, 비디오 플레이어, 엔터테인먼트 유닛, 내비게이션 디바이스, 통신 디바이스, 개인용 휴대 단말기(PDA), 고정형 위치 데이터 유닛, 및 컴퓨터로 이루어진 그룹으로부터 선택된 전자 디바이스에 적용되는,
압전 공진기에서 발진 신호를 생성하기 위한 방법.

청구항 15

압전 공진기에서 발진 신호를 생성하기 위한 방법으로서,
압전 엘리먼트에 걸친 전기 신호를 수신하기 위한 단계;
상기 압전 엘리먼트의 두께 치수에서 제 1 진동 모드를 확립하기 위한 단계;
상기 압전 엘리먼트의 폭 치수에서 제 2 진동 모드를 확립하기 위한 단계; 및
단일-칩 다중 주파수 성능을 제공하면서 전기기계적 커플링의 계수(k_t^2)를 오직-폭 진동 모드 이상으로 증가시키는 공진 진동을 생성하기 위해 상기 제 1 진동 모드 및 상기 제 2 진동 모드를 코히어런트하게 조합하기 위한 단계를 포함하는,
압전 공진기에서 발진 신호를 생성하기 위한 방법.

청구항 16

압전 공진기로서,
 압전 엘리먼트에 걸친 전기 신호를 수신하기 위한 수단;
 폭 방향에서 제 1 진동 모드를 확립하기 위한 수단;
 두께 방향에서 제 2 진동 모드를 확립하기 위한 수단; 및
 전기기계적 커플링의 계수(k_t^2)를 오직-폭 진동 모드 이상으로 증가시키는 공진 진동을 생성하기 위해 상기 제 1 진동 모드 및 상기 제 2 진동 모드를 코히어런트하게 조합하기 위한 수단을 포함하는,
 압전 공진기.

청구항 17

압전 공진기로서,
 수직 방향에서의 공진들; 및
 측면(lateral) 방향에서의 공진들을 포함하고,
 상기 수직 방향에서의 공진들 및 상기 측면 방향에서의 공진들은 조합되어 전기 신호들을 생성하는,
 압전 공진기.

청구항 18

제 17 항에 있어서,
 상기 수직 방향에서의 공진들의 주파수는 두께 치수에 기초하고,
 상기 측면 방향에서의 공진들의 주파수는 폭 치수에 기초하는,
 압전 공진기.

청구항 19

제 18 항에 있어서,
 상기 두께 치수 대 상기 폭 치수의 비율은 대략적으로 1과 동일한,
 압전 공진기.

청구항 20

제 17 항에 있어서,
 상기 전기기계적 커플링의 유효 계수는 상기 수직 방향에서의 공진들의 전기기계적 커플링과 상기 측면 방향에서의 공진들의 전기기계적 커플링의 합에 기초하는,
 압전 공진기.

청구항 21

제 17 항에 있어서,
 진류 흐름이 상기 수직 방향에 있게 되도록, 최상부 전극 및 저부 전극을 더 포함하는,
 압전 공진기.

청구항 22

제 17 항에 있어서,

진류 흐름이 상기 수직 방향에 있게 되도록, 다수의 최상부 전극들 및 저부 전극들을 더 포함하는, 압전 공진기.

청구항 23

제 17 항에 있어서,

상기 전기 신호의 주파수는 상기 폭 치수를 변경시킴으로써 변경될 수 있는,

압전 공진기.

명세서

기술분야

[0001] 개시된 실시예들은 압전 공진기(piezoelectric resonator)들에 관한 것이고, 더욱 구체적으로는, 전기기계적 커플링을 개선시키기 위해 두께 진동 모드와 폭 진동 모드를 조합하는 압전 공진기들에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 압전 공진기들은, 광범위한 주파수 애플리케이션들에 걸쳐 발진기들 및 필터들과 같은 다양한 컴포넌트들에 이용될 수 있다. 이러한 공진기들은 또한 집적 회로들에서 클록 신호들을 생성하는데 채용될 수 있고, 상기 집적 회로들에서 진동의 주파수는 클록 주파수와 직접 관련된다.

[0003] 압전 공진기들은, 그 공진기들이 어떻게 구성되는지에 따라, 기계 에너지(mechanical energy)를 전기 에너지로 변환하고 전기 에너지를 다시 기계 에너지로 변환할 수 있는 고체 상태 트랜스듀서들로서 여겨질 수 있다. 기계 에너지는 공진기의 압전 재료(piezoelectric material) 내에서 진동들로서 자신을 나타낸다.

[0004] 도 1a 및 도 1b는 종래의 압전 공진기들에서의 상이한 모드들의 공진을 나타낸다. 진동들을 생산하는 압전 재료의 기하학적 구조에 관하여 다양한 모드들의 공진이 정의될 수 있다. 도 1a에서, 압전 공진기(100)는 자신의 상부 표면에 커플링된 제 1 전극(105), 및 자신의 하부 표면에 커플링된 제 2 전극(110)을 갖는 압전 기관(115)을 포함할 수 있다. 전기 여기 신호가 전극들(105 및 110)에 인가될 때, 압전 기관(115) 내에 전계(120)가 유도될 수 있다. 전계(120)는, 진동의 주파수가 압전 기관의 폭(W)에 의존할 수 있는 폭 진동 모드(125)를 야기할 수 있다. 폭 진동 모드는 또한 "d31" 진동으로 지칭될 수 있고, 여기서 d31은 압전 기관(115)의 폭 치수(즉, 도 1a에 도시된 바와 같이 측면 치수)에 관련된 압전 계수이다.

[0005] 도 1b에 도시된 바와 같이, 동일한 전계(120)가 또한 압전 기관(115)에서 두께 진동 모드(130)를 야기할 수 있다. 여기서, 진동의 주파수는 압전 기관의 두께(T)에 따를 수 있다. 두께 진동 모드는 또한 "d33" 진동으로 지칭될 수 있고, 여기서 d33은 압전 기관(115)의 두께 치수(즉, 도 1b에 도시된 바와 같은 수직 치수)에 관련된 압전 계수이다.

[0006] k_t^2 로 나타낸 전기기계적 커플링의 계수는 에너지 변환의 효율을 나타내며, 전기기계적 커플링의 더 높은 계수는, 기계 에너지가 전기 에너지로 더욱 효율적으로 변환된다는 것을 나타낸다..

[0007] 실제로, 두께 진동 모드들은, 이 모드가 전기기계적 커플링의 높은 계수 k_t^2 를 나타내는 경향이 있기 때문에, 압전 공진기들에 대개 활용된다. 그러나, 오직-두께 진동 모드들만을 활용하는 공진기들은, T가 오직-폭 진동 모드들만을 갖는 공진기들의 이점인 레이아웃 설계에 의해 공진 주파수를 정의하기 위해 자유를 제공하지 않을 수도 있다는 결점을 겪는다. 레이아웃 설계는 제작 이후에 변경될 수 없는 사전-제작 프로세스라는 것을 주목해야 한다. 다시 말해서, 오직 하나의 제작 구동을 행함으로써, 폭 진동 모드들은 단일 웨이퍼 상에서 동작의 다수의 주파수들을 제공할 수 있지만, 두께 진동 모드 공진기들은 오직 하나의 주파수만을 제공한다.

[0008] 반면, 질화 알루미늄으로 형성된 기관들을 갖는 폭 진동 모드 압전 공진기들은 두께 진동 모드 공진기들과 연관된 값의 거의 1/3인 전기기계적 커플링의 계수를 나타낸다. 이는, 폭 진동 모드 공진기들의 효율이 낮을 수 있다는 것을 의미한다. 그러나, 폭은 멀티-핑거(multi-finger) 공진기를 형성하기 위해 다수의 진동 공진기들을 커플링함으로써 사전-제작 설계 프로세스 동안 쉽게 변경가능할 수 있다. 다수의 핑거들이, 그 다수의 핑거들을 포함하는 전체 구조가 단일의 보디로서 진동하도록, 인접하게 위치될 수 있고 그리고 그들의 에지들에 의해

기계적으로 커플링될 수 있다. 다수의 핑거들은, 전체 구조가 단일의 공진기와 전기적으로 동일하게 되도록, 전기적으로 병렬로 접속될 수 있다.

[0009] 현재, 폭 및 두께 진동 모드들 모두의 긍정적인 속성들의 이점을 취할 수 있는 어떠한 압전 공진기들도 존재하지 않는다. 이에 따라, 단일-칩(즉, 단일-제작) 다중 주파수 성능을 여전히 보존하면서, 효율을 개선시키기 위해 폭 및 두께 진동 모드들의 이점들을 조합할 수 있는 압전 공진기에 대한 필요성이 존재한다.

발명의 내용

[0010] 개시된 실시예들은 조합된 두께 및 폭 진동 모드들을 갖는 압전 공진기들에 관한 것이다.

[0011] 일 실시예는, 압전 기관 및 그 압전 기관의 제 1 표면에 커플링된 제 1 전극을 포함할 수 있는 압전 공진기를 포함할 수 있다. 압전 공진기는 압전 기관의 제 2 표면에 커플링된 제 2 전극을 더 포함할 수 있고, 여기서 제 1 표면 및 제 2 표면은 실질적으로 평행하고 압전 기관의 두께 치수를 정의하며, 추가로 압전 기관의 두께 치수 및 폭 치수는, 그 전극들에 여기 신호가 인가되는 경우, 두께 진동 모드와 폭 진동 모드의 코히어런트 조합으로부터 공진을 생성하도록 구성된다.

[0012] 다른 실시예는, 압전 공진기에서 발진 신호를 생성하기 위한 방법을 포함할 수 있다. 이 방법은, 압전 엘리먼트(piezoelectric element)에 걸친 전기 신호를 수신하는 단계, 및 압전 엘리먼트의 두께 치수에서 제 1 진동 모드를 확립하는 단계를 포함할 수 있다. 이 방법은, 압전 엘리먼트의 폭 치수에서 제 2 진동 모드를 확립하는 단계, 및 단일-칩 다중 주파수 성능을 제공하면서 전기기계적 커플링의 계수(k_t^2)를 오직-폭 진동 모드 이상으로 증가시키는 공진 진동을 생산하기 위해 제 1 진동 모드와 제 2 진동 모드를 코히어런트하게 조합하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 다른 실시예는, 수직 방향에서의 공진들, 및 측면 방향에서의 공진들을 갖는 압전 공진기를 포함할 수 있다. 수직 방향에서의 공진들 및 측면 방향에서의 공진들은 전기 신호들을 생성하도록 조합될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 첨부된 도면들은, 실시예들의 설명을 돕기 위해 제시되며, 오로지 실시예들의 한정이 아닌 예시를 위해서만 제공된다.

도 1a 및 도 1b는 상이한 진동 모드들을 나타내는 종래의 압전 공진기들의 도면들을 나타낸다.

도 2는 조합된 폭 및 두께 진동 모드들을 갖는 예시적인 단일 압전 공진기의 도면을 예시한다.

도 3은 조합된 폭 및 두께 진동 모드들을 갖는 예시적인 멀티-핑거 압전 공진기를 나타내는 도면이다.

도 4는 중공형 디스크 형상(hollow disk shape)을 갖는 예시적인 압전 공진기를 나타내는 도면이다.

도 5는 원통형 형상을 갖는 예시적인 압전 공진기를 나타내는 도면이다.

도 6은 전기기계적 커플링 k_t^2 와 두께 대 폭 비율(T/W) 사이의 관계의 플롯을 나타낸다.

도 7은, 압전 공진기가 원격의 유닛으로 통합되는 실시예를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 실시예들의 양상들이, 이러한 실시예들에 관련하여 이하의 설명 및 관련 도면들에 개시된다. 대안적인 실시예들이 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않고 고안될 수 있다. 추가적으로, 실시예들에 적용되고 이용된 잘-알려진 엘리먼트들은 상세하게 설명되지 않을 것이며 또는 관련 세부사항들을 모호하게 하지 않기 위해 생략될 것이다.

[0016] 단어 "예시적인"은 본원에서 "예, 예시, 또는 예증으로서 기능하는 것"을 의미하도록 사용된다. "예시적인"으로서 본원에 설명된 임의의 실시예는 반드시 다른 실시예들보다 바람직하거나 유리한 것으로서 해석되지는 않는다. 유사하게, 용어 "실시예들"은, 모든 실시예들이 논의된 특징, 이점 또는 동작의 모드를 포함하도록 요구하지 않는다. 본원에 이용된 용어는, 오직 특정한 실시예들을 설명하기 위한 목적이고, 본원을 제한하도록 의도되지는 않는다. 본원에 이용된 바와 같이, 문맥이 명확하게 그렇지 않은 것으로 지시하지 않는 한, 단수 형태들은 복수 형태들도 또한 포함하는 것으로 의도된다. 용어들 "포함하다(comprises)", "포함하는(comprising)",

"포함하다(includes)" 및/또는 "포함하는(including)"은, 본원에 이용되는 경우, 언급된 특징들, 정수들, 단계들, 동작들, 엘리먼트들, 및/또는 컴포넌트들의 존재를 특정하지만, 하나 또는 그 초과와 다른 특징들, 정수들, 단계들, 동작들, 엘리먼트들, 컴포넌트들, 및/또는 이들의 그룹들의 존재 또는 부가를 방해하는 것은 아니라는 것을 더 이해할 것이다.

[0017] 게다가, 수많은 실시예들이, 예를 들어, 컴퓨팅 디바이스의 엘리먼트들에 의해 수행될 액션들의 시퀀스와 관련하여 설명된다. 본원에 설명된 다양한 동작들은, 특정 회로들(예컨대, 주문형 집적회로들(ASIC들))에 의해, 하나 또는 그 초과와 프로세서들에 의해 실행되는 프로그램 명령들에 의해, 또는 이 둘의 조합에 의해 수행될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 추가적으로, 본원에 설명된 동작들의 이러한 시퀀스는, 실행시에, 관련 프로세서로 하여금 본원에 설명된 기능을 수행하게 하는 대응 세트의 컴퓨터 명령들이 저장된 컴퓨터 판독가능 저장 매체의 임의의 형태 내에서 전체적으로 구현되는 것으로 고려될 수 있다. 따라서, 본원의 다양한 양상들은 다수의 상이한 형태들로 구현될 수 있고, 이 형태들 모두는 청구된 청구물의 범위 내에 있는 것으로 고찰되었다. 또한, 본원에 설명된 실시예들 각각에 대해, 임의의 이러한 실시예들의 대응하는 형태는, 예를 들어, 설명된 동작을 수행하도록 "구성된 로직"으로서 본원에 설명될 수 있다.

[0018] 본원에 제공된 실시예들은, 공통의 여기 신호를 이용하여 조합된 폭 및 두께 진동 모드들을 갖는 압전 공진기들을 논의한다. 본원에 이용된 바와 같이, 측면 진동 모드들로서 또한 지칭될 수 있는 폭 진동 모드들은 인가된 전계에 수직하는 진동의 치수로서 정의될 수 있다. 수직 진동 모드로서 또한 지칭될 수 있는 두께 진동 모드는, 인가된 전계에 평행한 진동의 치수로서 정의될 수 있다. 폭 및 두께 모두에서의 진동들로부터 생성된 전기 에너지는, 효율을 증가시키고 그리고 전기 기계적 커플링을 최대화하기 위해 하네스(harness)될 수 있다. 이하의 더욱 상세한 설명에서 논의되는 바와 같이, 대략적으로 1(즉, 폭은 대략적으로 두께와 동일함)의 두께 대 폭 비율(T/W)이 개선된 효율을 제공하는 것이 실험을 통해서 관찰된다. 압전 공진기들은, 알려진 기법들을 이용하여 제작될 수 있고 그리고 적어도 하나의 반도체 다이에서 구현될 수 있다.

[0019] 도 2는 조합된 폭 및 두께 진동 모드들을 갖는 예시적인 단일 압전 공진기(200)의 도면을 예시한다. 압전 공진기(200)는 제 1 전극(205) 및 제 2 전극(215)을 가질 수 있고, 이 전극들 둘 다는 압전 기관(210)의 대향 측면들 상에 커플링될 수 있다. 그러나, 몇몇 실시예들에서, 전기 신호는 제작된 전극들(205, 215)을 이용하지 않고 압전 기관에 직접 인가될 수 있다.

[0020] 통상적으로, 압전 기관(210)은, 질화 알루미늄(AIN), 산화 아연(ZnO), 또는 압전 성질들을 갖는 임의의 다른 적합한 재료를 이용하여 형성될 수 있다. 폭 대 두께의 비율(T/W)은 0.75 내지 1.25의 범위 내에 있고, 예를 들어 1일 수 있다. T/W가 1과 동일한 경우, 두께 규모(extent) 및 폭 규모는 동일하고, 압전 기관(210)은 정사각형 단면을 갖는다. T/W=1인 경우, 진동의 조합된 주파수는 치수들에 역비례하여 의존한다. 즉, $T=W=\lambda/2$ 이고, 여기서 λ 는 공진 진동의 파장에 대응한다. 주파수는 $f=v/\lambda$ 로 결정될 수 있고, 여기서 v 는 압전 기관(210)을 통한 진동 파장의 전파 속도이다. 전파 속도 v 는 압전 기관(210)에서 이동하는 파장의 음속(acoustic velocity)이다.

[0021] 전기 여기 신호가 전극들(205 및 215)에 인가되는 경우, 전계(225)가 압전 기관(210)에 형성될 수 있다. 전계(225)는 압전 기관(210)을 여기서, 폭(W) 규모에서 진동들을 유도하고(즉, 폭 진동 모드(220W)를 여기서킴), 두께(T) 규모에서 진동들을 유도한다(즉, 두께 진동 모드(220T)를 여기서킨다). 2개의 진동 모드들은 동시에 발생하고, 압전 기관(210) 내에서 코히어런트 방식으로 조합할 수 있어서, 이에 따라 오직-폭 진동 모드 컴포넌트보다 더욱 효율적인 조합된 진동 모드를 생산한다. 2개의 진동 모드들은 전기 신호로 다시 변환될 수 있는 기계 에너지를 나타낸다.

[0022] 2개의 모드들의 진동의 코히어런트 조합은, 오직-폭 진동 모드 보다 더 높은 효율의 전기기계적 커플링 k_t^2 를 초래할 것이다(여기서, k_t^2 는 기계 에너지 대 전기 에너지의 비율이다). 이에 따라, 이 기법은, 단일 디바이스 기술에서 높은 kt^2 및 단일-칩 다중 주파수 성능이 동시에 달성될 수 있도록, 압전 박막 두께를 엔지니어링함으로써 공진기들을 측면으로 진동시키는(폭 진동 모드) k_t^2 를 최적화하기 위한 방법을 제공한다. 당업자는, T/W 비율이, 이러한 목표를 달성하기 위해 정확하게 1과 동일할 필요는 없지만, 개선된 k_t^2 결과들을 위해 1에 가까워야한다는 것을 인식해야 한다.

[0023] 도 2에 나타난 바와 같은 압전 공진기(200)는 평거 공진기이며, 여기서 제 1 전극(205)은 입력으로서 기능할 수

있고, 제 2 전극(215)은 출력 전극 또는 접지로서 기능할 수 있다. 예를 들어, 제 2 전극(215)이 접지되면, 공진기는 2-단자 디바이스인 일-포트 공진기이다. 제 2 전극이 출력되면, 공진기는 4-단자 디바이스인 2-포트 공진기이다.

[0024] 일 실시예에 따르면, 압전 공진기(200)는, 압전 엘리먼트에 걸친 전기 신호를 수신하기 위한 수단(205, 215), 폭 방향에서 제 1 진동 모드를 확립하기 위한 수단(210), 두께 방향에서 제 2 진동 모드를 확립하기 위한 수단(210), 및 전기기계적 커플링(k_t^2)의 계수를 오직-폭 진동 모드 이상으로 증가시키는 공진 진동을 생산하기 위해 제 1 진동 모드와 제 2 진동 모드를 조합하기 위한 수단(210)을 포함할 수 있다.

[0025] 이에 따라, 다른 실시예는, 수직 방향에서의 진동들 및 측면 방향에서의 진동들을 갖는 압전 공진기(200)를 포함할 수 있다. 수직 방향에서의 진동들 및 측면 방향에서의 진동들은 압전 기관(210)에서 조합되어 전기 신호들을 생성할 수 있다.

[0026] 도 3은 조합된 폭 및 두께 진동 모드들을 갖는 예시적인 멀티-핑거 압전 공진기(300)를 나타내는 도면이다. 압전 공진기(300)는 확장된 압전 기관(310)을 포함한다. 제 1 세트의 전극들(305A-305D)은 확장된 압전 기관(310)의 제 1 표면에 커플링되고, 제 2 세트의 전극들(315A-315D)은 압전 기관(310)의 제 2 측면에 커플링된다. 제 2 측면은 제 1 측면에 대향하고 그리고/또는 평행할 수 있다.

[0027] 멀티-핑거 압전 공진기(300)는 서브-공진기들의 정수(N)를 포함한다. 각각의 서브-공진기는 W의 폭 치수 및 T의 두께 치수를 가질 수 있다. 비율 T/W는 0.75 내지 1.25의 범위 내에 있고, 예를 들어, 1과 동일할 수 있다. 이에 따라, 압전 기관(310)의 폭 치수에서의 전체 확장은 대략적으로 $N \times W$ 이다. 대향하는 쌍들의 전극들(예컨대, 305A, 315A)은 각각의 서브-공진기에 걸쳐 배치된다. 두 세트들의 전극들(305, 315)은, W에 비례하는 피치 값만큼 분리된, 확장된 압전 기관(310)을 따라서 폭 치수로 동일하게 이격될 수 있다.

[0028] 멀티-핑거 압전 공진기(300)는 멀티-포트 공진기일 수 있다. 각각의 포트는 2개의 단자들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 2개의 단자들 중 하나는 통상적으로 접지이지만; 그러나, 필수적으로 이 경우일 필요는 없다. 공진기(300)가 2-포트 전극 구성을 활용할 수 있는 일 예시에서, 전극들(305A 및 305C)은 입력 단자를 형성할 수 있고, 315B 및 315D는 출력 단자를 형성할 수 있다. 나머지 전극들은 접지 단자를 형성할 수 있고, 입력 포트 및 출력 포트 모두에 의해 공유될 수 있다. 입력 단자와 접지 단자(2개의 단자들)는 입력 포트를 형성한다. 출력 단자와 접지 단자는 출력 단자를 형성한다.

[0029] 다른 예시에서, 멀티-핑거 압전 공진기(300)는, 차동 입력 및 차동 출력을 지원하는데 이용될 수 있는 4-포트 전극 구성을 활용할 수 있다. 접지 단자는 4개의 포트들: 포트1= 입력+ 및 접지; 포트2= 입력- 및 접지; 포트3= 출력+ 및 접지; 포트4= 출력- 및 접지를 형성하기 위해 4개의 단자들에 의해 공유될 수 있다.

[0030] 일반적으로, 인접하는 서브-공진기들이 서로에 대해 역위상으로(out-of-phase) 진동하기 때문에, 전체 라인들은 상이한 서브-공진기들에 대해 교번하는 패턴을 갖는다. 이러한 위상 배열은, 전체 멀티-핑거 압전 공진기의 등가 임피던스의 설계를 허용한다. k_t^2 는 W/T 비율을 엔지니어링함으로써 개선되지만, 신호들을 입력하는데 전용된 몇몇 전극들, 신호들을 출력하는데 전용된 다른 전극들, 및 접지에 전용된 몇몇 전극들을 갖는 다중 핑거 배열과 거의 관련이 없을 수 있다. 예를 들어, 전극들(305A 및 315B)은 입력 신호들을 수신하도록 지정될 수 있고, 전극들(305C 및 315D)은 출력 신호들을 제공하도록 지정되고, 전극들(315A, 305B, 315C, 및 305D)은 접지에 묶여 있다. 인접하는 서브-공진기들과 연관된 신호들이 반대 극성을 갖기 때문에, 도 3에 나타난 바와 같이, 전체 라인들의 방향은 인접하는 서브-공진기들에서 반대이다. 상이한 전극 구성들은 서브-공진기들 사이에서 상이한 커플링을 생성할 수 있다. 또한, 서브-공진기 커플링은 전체 공진기의 전반적으로 등가인 k_t^2 를 강화시킬 수 있다.

[0031] 도 4는 중공형 디스크 형상을 갖는 예시적인 압전 공진기(400)를 나타내는 도면이다. 이 실시예에서, 압전 공진기(400)는, 중공형 디스크인 압전 기관(410)을 포함할 수 있다. (압전 기관상에서 원형 전극들에 의해 형성된) 원형 서브-공진기 각각의 폭은 W일 수 있고, 고체 부분의 전체 두께는 대략적으로 $N \times W$ 일 수 있으며, 여기서 N은 서브-공진기들의 수이다(예컨대, 도 4에서의 서브-공진기들의 수 N는 2이다). 디스크의 두께는 도 4에서 관찰되는 바와 같이 T이다. 제 1 세트의 전극들(405)은 압전 기관의 제 1 측면에 커플링될 수 있다. 제 2 세트의 전극들(415)은 제 1 측면에 평행한 제 2 측면에 커플링될 수 있다. 압전 공진기(200)의 길이 치수가 도 4에 나타난 실시예에서 필수적으로 "원형으로 둘러싸여"지기 때문에, 압전 공진기(400)의 동작은 도 2에 나타난 압전 공진기(200)와 유사하다. 폭 및 두께 치수들은, 비율 T/W이 0.75 내지 1.25의 범위 내에 있을 수 있고,

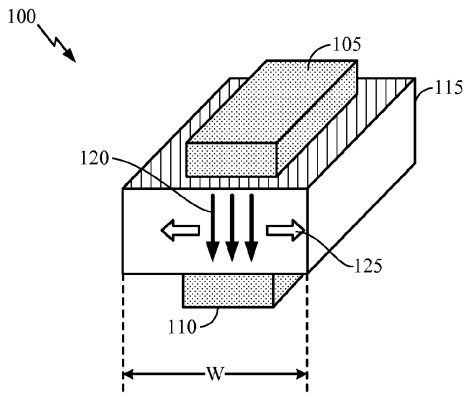
예를 들어, 하나(1)와 동일할 수 있는 것과 필수적으로 동일하다.

- [0032] 도 5는 원통 형상을 갖는 예시적인 압전 공진기(500)를 나타내는 도면이다. 이러한 실시예에서, 압전 공진기(500)는 중실형 실린더(solid cylinder)인 압전 기관(510)을 포함할 수 있다. 실린더의 두께는 T이고, 실린더의 폭은, W이며 또한 도 5에 나타낸 바와 같이 원형 표면의 반경이다. 디스크로서 형상화될 수 있는 제 1 전극(505)은, 압전 기관(510)의 제 1 원형 측면에 커플링될 수 있다. 제 2 전극(515)은 또한 디스크로서 형상화될 수 있고, 제 1 원형 측면에 평행한 압전 기관(510)의 제 2 원형 측면에 커플링될 수 있다. 이 경우, 최상부(저부) 원형 표면의 반경(W)은 측면 진동의 주파수를 결정한다. 두께(T)는 수직 진동의 주파수를 결정한다. 폭 및 두께 치수들은, 비율 T/W가 0.75 내지 1.25의 범위 내에 있고, 예를 들어, 1과 동일할 수 있도록, 구성될 수 있다. T/W 비율이 대략적으로 1과 동일한 경우, 유효 전자기적 커플링 k_t^2 은 도 2에 나타낸 실시예의 설명에서 앞서 설명된 바와 같이 개선될 수 있다.
- [0033] 도 6은 전기기계적 커플링 k_t^2 과 두께 대 폭 비율(T/W) 사이의 예시적인 관계의 플롯을 나타낸다. 도 6은, T/W=1인 경우에 최대 전기기계적 커플링 k_t^2 이 발생할 수 있는 것으로 예측하는 시뮬레이션의 결과를 예시한다. 이 경우, 폭 진동 모드 및 두께 진동 모드는 도 6에 도시된 피크를 생산하기 위해 코히어런트하게 조합할 수 있다. 그러나, T/W 비율이 0.75 내지 1.25 사이에 놓이는 경우에 전기기계적 커플링 k_t^2 에서 이득들이 형성될 수 있다.
- [0034] 도 7은, 본 개시물의 실시예들이 채용될 수 있는 예시적인 무선 통신 시스템(700)을 나타내는 도면이다. 예시의 목적으로, 도 7은 3개의 원격 유닛들(720, 730 및 750) 및 2개의 기지국들(740)을 나타낸다. 종래의 무선 통신 시스템들이 더 많은 원격 유닛들 및 기지국들을 가질 수 있다는 것이 주목된다. 원격 유닛들(720, 730 및 750)은, 앞서 논의된 바와 같이 본 개시물의 실시예일 수 있는 압전 공진기들(725A, 725B 및 725C)을 포함할 수 있다. 도 7은 기지국들(740)로부터 원격 유닛들(720, 730 및 750)로의 순방향 링크 신호들(780) 및 원격 유닛들(720, 730 및 750)로부터 기지국들(740)로의 역방향 링크 신호들(790)을 더 나타낸다.
- [0035] 도 7에서, 원격 유닛(720)은 모바일 전화로서 나타내고, 원격 유닛(730)은 휴대용 컴퓨터로서 나타내고, 원격 유닛(750)은 무선 로컬 루프 시스템에서의 고정형 위치 원격 유닛으로서 나타낸다. 예를 들어, 원격 유닛들은, 모바일 폰들, 핸드-헬드 PCS(hand-held personal communication systems) 유닛들, 개인 휴대정보 단말기들과 같은 휴대용 데이터 유닛들, GPS 인에이블 디바이스들, 내비게이션 디바이스들, 셋톱 박스들, 음악 플레이어들, 비디오 플레이어들, 엔터테인먼트 유닛들, 계량 판독 장비(meter reading equipment)와 같은 고정형 위치 데이터 유닛들, 또는 데이터 또는 컴퓨터 명령들, 또는 이들의 임의의 조합을 저장하거나 또는 리트리브하는 임의의 다른 디바이스일 수 있다. 도 7은 본 개시물의 교시들에 따라 원격 유닛들을 예시하지만, 본 개시물은 이러한 예시적인 예시된 유닛들로 한정되지 않는다. 본 개시물의 실시예들은 테스트 및 특징화를 위한 온-칩 회로 및 메모리를 포함하는 액티브형 집적 회로를 포함하는 임의의 디바이스에 적절하게 채용될 수 있다. 본 개시물의 실시예들은, 테스트 및 특징화를 위한 온-칩 회로 및 메모리를 포함하는 액티브형 집적 회로를 포함하는 임의의 디바이스에 적절하게 채용될 수 있다. 본원에 설명된 압전 공진기들은, 다양한 애플리케이션들, 예를 들어, 클록들에 대한 주파수 소스들, 국부 발진기들, 공진기 필터들, 공진 센서들, 듀플렉서들 등으로서 이용될 수 있다.
- [0036] 앞서 개시된 디바이스들 및 방법들은, 컴퓨터 판독가능 매체 상에 저장될 수 있는 GDSII 및 GERBER 컴퓨터 파일들에 설계되고 구성될 수 있다. 이러한 파일들은 결과적으로 이러한 파일들에 기초하여 디바이스들을 제작하는 제작 처리자들에게 제공된다. 결과로 초래되는 물건들은, 그후 반도체 다이로 절단되고 반도체 칩으로 패키징되는 반도체 웨이퍼들이다. 이 칩들은 그후 앞서 설명된 디바이스들에 채용된다.
- [0037] 당업자들은 정보 및 신호들이 임의의 다양한 상이한 기술들 및 기법들을 이용하여 표현될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 전술한 설명을 통해서 참조될 수 있는 데이터, 명령들, 커맨드들, 정보, 신호들, 비트들, 심볼들 및 칩들은 전압들, 전류들, 전자기파들, 자기장들 또는 자기 입자들, 광 펄스들 또는 광 입자들, 또는 이들의 임의의 결합에 의해 표현될 수 있다.
- [0038] 전술한 개시물은 예시적인 실시예들을 나타내지만, 첨부된 청구항들에 의해 정의되는 바와 같이 본 발명의 범위에서 벗어나지 않고 다양한 변경들 및 변형들이 본원에서 행해질 수 있다는 것에 주목해야 한다. 본원에 설명된 실시예들에 따른 방법 청구항들의 기능들, 단계들 및/또는 동작들은 임의의 특정산 순서로 수행될 필요는 없

다. 게다가, 실시예들의 엘리먼트들이 단수형으로 설명되거나 또는 청구될 수 있지만, 단수형으로의 한정 이 명백하게 언급되지 않는 한, 복수형이 고려된다.

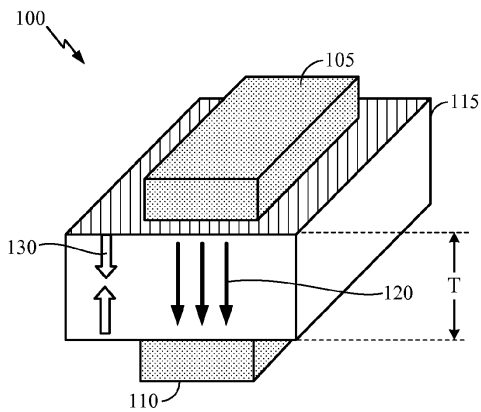
도면

도면1a



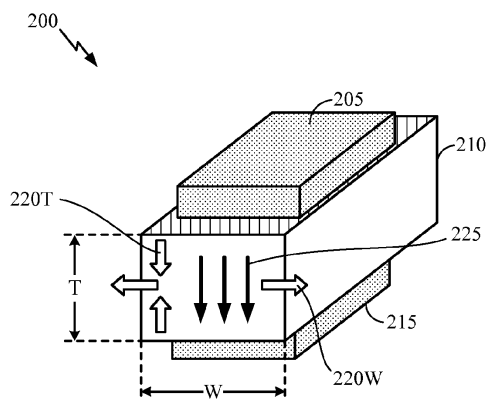
종래 기술

도면1b

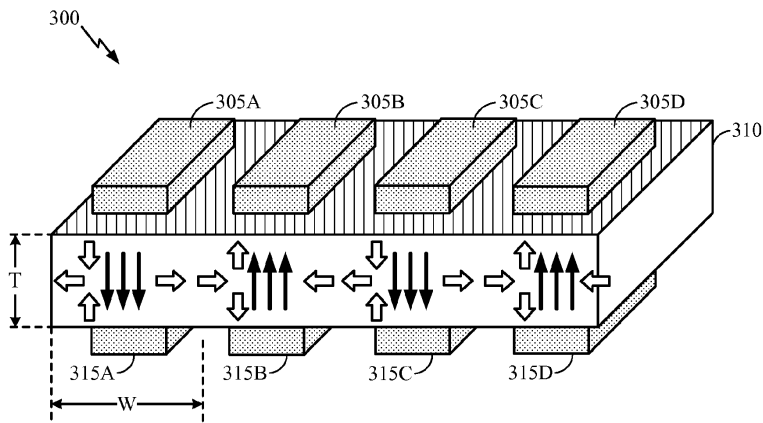


종래 기술

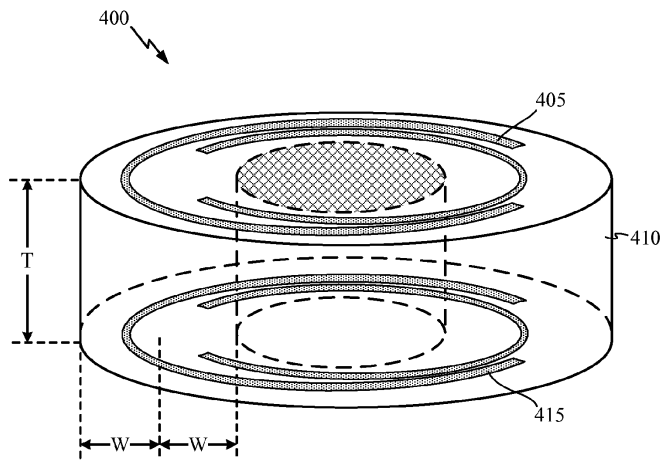
도면2



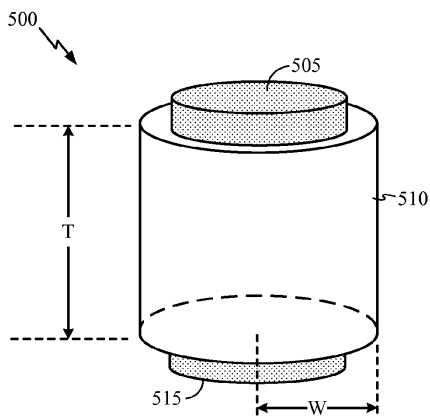
도면3



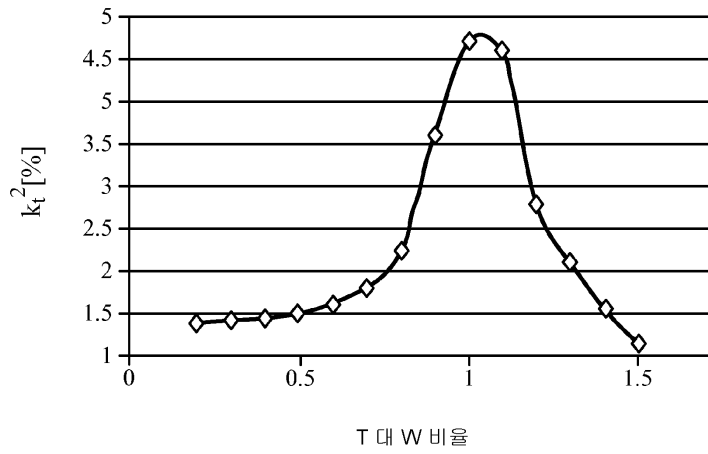
도면4



도면5



도면6



도면7

