



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년08월03일
(11) 등록번호 10-2140864
(24) 등록일자 2020년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
A61B 8/4494 (2013.01)
A61B 8/4444 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0062471

(22) 출원일자 2018년05월31일

심사청구일자 2018년05월31일

(65) 공개번호 10-2019-0136572

(43) 공개일자 2019년12월10일

(56) 선행기술조사문헌

WO2013064740 A1

KR101416722 B1

KR1020150060575 A

KR1020100091466 A

(73) 특허권자

한국교통대학교산학협력단

충청북도 충주시 대소원면 대학로 50

(72) 발명자

양태현

충청북도 충주시 대소원면 대학로 50, 한국교통대학교 전자공학과

권휴상

대전광역시 유성구 가정로 267, 한국표준과학연구원 광학표준센터

(74) 대리인

특허법인 아이퍼스

전체 청구항 수 : 총 12 항

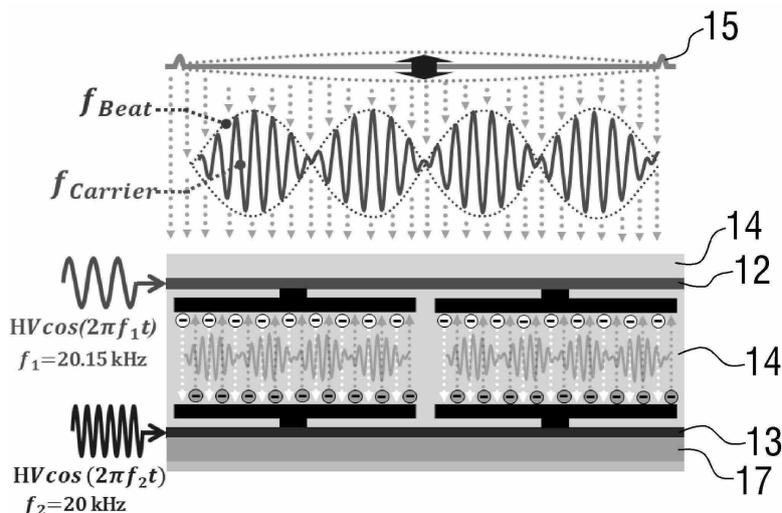
심사관 : 박세영

(54) 발명의 명칭 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서 및 그 작동방법

(57) 요약

본 발명은 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서에 관한 것으로, 트랜스듀서의 내부에 마련되는 전기기관; 전기기관의 일측에 이격되게 배열되고, 제1 전압이 인가되는 제1 전극층; 전기기관과 제1 전극층의 사이에 이격되게 배열되고, 제1 전압의 주파수와 다른 주파수를 가지는 제2 전압이 인가되는 제2 전극층; 제1, 제2 전극층을 감싸며, 전기기관의 일측에 배열되는 절연층; 및 절연층의 일측으로부터 이격되게 마련되는 메탈시트;를 포함하되, 절연층은 제1, 제2 전극층 간의 전위차에 의한 커플링 커패시턴스가 충전되고, 절연층과 메탈시트의 이격 공간에는 커플링 커패시턴스에 의한 제1, 제2 전압이 혼합된 복합 전기장이 발생되며, 메탈시트는 복합 전기장에 의한 정전기력을 통해 진동 및 일측을 향해 확산되는 초음파가 발생된다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018R1C1B5043837

부처명 한국연구재단

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 생애 첫 연구사업

연구과제명 비접촉·고출력 공중 촉각 피드백을 위한 Electrostatic Best현상 기반 소형 초음파 트랜스
듀서 및 음장 제어 기술 개발

기여율 1/1

주관기관 한국교통대학교

연구기간 2018.02.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서에 있어서,

상기 트랜스듀서의 내부에 마련되는 전기기관;

상기 전기기관의 일측에 이격되게 배열되고, 제1 전압이 인가되는 제1 전극층;

상기 전기기관과 상기 제1 전극층의 사이에 이격되게 배열되고, 상기 제1 전압의 주파수와 다른 주파수를 가지는 제2 전압이 인가되는 제2 전극층;

상기 제1, 제2 전극층의 사이 공간, 상기 제1 전극층의 일측에 배열되는 절연층; 및

상기 제1 전극층의 일측에 배열된 절연층으로부터 일측 방향으로 이격되게 마련되는 메탈시트;를 포함하되,

상기 제1, 제2 전극층의 사이 공간에 배열된 절연층은 상기 제1, 제2 전극층 간의 전위차에 의한 커플링 커패시턴스가 충전되고,

상기 제1 전극층의 일측에 배열된 절연층과 상기 메탈시트 간의 이격 공간에는 상기 커플링 커패시턴스에 의한 상기 제1, 제2 전압이 혼합된 복합 전기장이 발생되며, 그리고

상기 메탈시트는 상기 복합 전기장에 의한 정전기력을 통해 진동 및 일측을 향해 확산되는 초음파가 발생하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 메탈시트의 타측에 결합되고, 상기 이격 공간이 형성되도록 하는 스페이서;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 초음파의 출력파형의 크기는 이하의 [수학식 1]과 같이 연산되고,

[수학식 1]

$$\begin{aligned} & A\cos(2\pi f_1 t) + A\cos(2\pi f_2 t) \\ &= 2A\cos\left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t\right) \cos\left(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t\right) \\ &= 2A\cos(\pi f_{Beat} t) \cos(2\pi f_{Carrier} t) \end{aligned}$$

[수학식 1]에서, A는 상기 제1, 제2 전압이고, F_1 은 상기 제1 전압의 제1 주파수이며, F_2 는 상기 제2 전압의 제2 주파수이고, t는 상기 제1, 제2 전압이 인가되는 시간이며, f_{beat} 는 상기 복합 전기장에 포함되는 비트 주파수이고, $f_{carrier}$ 는 상기 복합 전기장에 포함되는 캐리어 주파수인 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 초음파는 입력신호 값인 제1, 제2 전압 값보다 출력신호 값이 증가되어 음향방사력이 증폭되는 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제1 주파수의 값은 20kHz~40kHz 사이의 값인 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 제2 주파수의 값은 19kHz~40kHz 사이의 값인 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 초음파는 상기 비트 주파수에 의해 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 저주파가 포함되는 초음파인 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 비트 주파수의 값은 10Hz~500Hz 사이의 값인 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 9

제 3 항에 있어서,

상기 초음파는 상기 캐리어 주파수에 의해 음향방사력이 상기 초음파의 영역 중 최대로 증폭되는 초음파인 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 캐리어 주파수의 값은 20kHz~25kHz 사이의 값인 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서.

청구항 11

제1항에 따른 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서의 작동방법에 있어서,

제1, 제2 전극층에 서로 다른 주파수를 가지는 제1, 제2 전압이 인가되는 단계;

제1, 제2 전극층의 사이 공간에 배열된 절연층에 상기 제1, 제2 전극층 간의 전위차에 의한 커플링 커패시턴스가 충전되는 단계;

제1 전극층의 일측에 배열된 절연층과 메탈시트 간의 이격 공간에 상기 커플링 커패시턴스에 의한 상기 제1, 제2 전압이 혼합된 복합 전기장이 발생하는 단계; 및

상기 메탈시트에서 상기 복합 전기장에 의한 정전기력을 통해 진동 및 일측을 향해 확산되는 초음파가 발생하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백 방법을 위한 트랜스듀서의 작동방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 초음파의 출력파형의 크기는 이하의 [수학식 1]과 같이 연산되고,

[수학식 1]

$$\begin{aligned}
 & A\cos(2\pi f_1 t) + A\cos(2\pi f_2 t) \\
 &= 2A\cos\left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t\right) \cos\left(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t\right) \\
 &= 2A\cos(\pi f_{\text{Beat}} t) \cos(2\pi f_{\text{Carrier}} t)
 \end{aligned}$$

[수학식 1]에서, A는 상기 제1, 제2 전압이고, F_1 은 상기 제1 전압의 제1 주파수이며, F_2 는 상기 제2 전압의 제2 주파수이고, t는 상기 제1, 제2 전압이 인가되는 시간이며, f_{beat} 는 상기 복합 전기장에 포함되는 비트 주파수이고, f_{carrier} 는 상기 복합 전기장에 포함되는 캐리어 주파수인 것을 특징으로 하는 비접촉식 공중 촉각 피드백 방법을 위한 트랜스듀서의 작동방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서 및 그 작동방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달하는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서 및 그 작동방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초음파 트랜스듀서는 전기적 신호를 초음파 신호로 변환하거나, 반대로 초음파 신호를 전기적 신호로 변환할 수 있는 장치이다.

[0003] 여기서, 초음파는 사람이 들을 수 있는 가청 주파수 대역보다 큰 20kHz 이상인 주파수를 가지는 음파로서, 일반적으로 인간이 청각을 이용하여 들을 수 없다. 이러한 초음파는 다양한 분야에서 널리 활용되며 우리 삶에 많은 영역에서 편의를 제공해주고 있다. 예를 들어, 햅틱 기기에 적용될 수 있는데, 사용자는 이러한 햅틱 기기를 통해 촉각의 힘, 운동감, 진동, 정전기 등을 느낄 수 있다는 장점이 있다.

[0004] 한편, 이러한 햅틱 기기에 적용된 비접촉식 공중 촉각 피드백 기술은 초음파 트랜스듀서에서 발생하는 초음파 진동을 통해 글러브 없이 사용자에게 촉각 피드백을 전달하는 방식이다.

[0005] 도 1은 종래의 2차원 배열된 초음파 트랜스듀서를 나타내는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 2차원 배열된 상태인 초음파 트랜스듀서(1)의 위상을 제어하여 작동시키면, 비선형적 특성을 갖는 음향방사력이 최대가 되는 위치를 제어할 수 있게 된다. 이러한 음향방사력을 통해 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달할 수 있다.

[0006] 한편, 비접촉식 공중 촉각 피드백 기술은 스마트카에 적용된 바가 있다. 도 2는 종래의 비접촉식 공중 촉각 피드백 기술이 적용된 자동차 상태 인식 시스템의 구성도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 자동차 상태 인식 시스템(2)은 자동차의 구성요소를 감지하여 출력하는 자동차 구성요소 감지 장치(3), 자동차 구성요소의 상태 정보가 운전자에게 촉각으로 전달되도록 하는 제어 장치(4) 및 운전자가 상태 정보를 확인하기 위한 촉각디스플레이 장치(5)로 구성된다.

[0007] 그러나 도 1의 2차원 배열된 초음파 트랜스듀서(1)를 통해 사용자에게 촉각 피드백을 전달하기 위해서는 적어도 250개~300개 이상의 음향방사력을 집중시키기 위한 초음파 트랜스듀서(1)가 필요하다는 문제점이 있다. 한편, 도 2에 도시된 방식으로는 사용자가 제어 장치(3)와 촉각 디스플레이 장치(4)의 분리로 인해 사용자가 촉각 피드백에 대한 이질감을 느끼게 된다는 문제점이 있다.

[0008] 이에 따라, 비접촉식 공중 촉각 피드백 기술에 대한 연구가 지속적으로 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1222911호

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-1175043호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명은 종래의 트랜스듀서보다 적은 수의 트랜스듀서를 통해 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달하는데 목적이 있다.
- [0011] 그리고 본 발명은 사용자가 촉각 피드백에 대한 이질감을 느끼게 되는 것을 방지하는 인터페이스를 제공하는데 목적이 있다.
- [0012] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기 목적을 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제1 목적인 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서는, 트랜스듀서의 내부에 마련되는 전기기관; 전기기관의 일측에 이격되게 배열되고, 제1 전압이 인가되는 제1 전극층; 전기기관과 제1 전극층의 사이에 이격되게 배열되고, 제1 전압의 주파수와 다른 주파수를 가지는 제2 전압이 인가되는 제2 전극층; 제1, 제2 전극층의 사이 공간, 제1 전극층의 일측에 배열되는 절연층; 및 제1 전극층의 일측에 배열된 절연층으로부터 일측 방향으로 이격되게 마련되는 메탈시트;를 포함하되, 제1, 제2 전극층의 사이 공간에 배열된 절연층은 제1, 제2 전극층 간의 전위차에 의한 커플링 커패시턴스가 충전되고, 제1 전극층의 일측에 배열된 절연층과 메탈시트 간의 이격 공간에는 커플링 커패시턴스에 의한 제1, 제2 전압이 혼합된 복합 전기장이 발생되며, 메탈시트는 복합 전기장에 의한 정전기력을 통해 진동 및 일측을 향해 확산되는 초음파가 발생할 수 있다.
- [0014] 그리고 메탈시트의 타측에 결합되고, 이격 공간이 형성되도록 하는 스페이서;를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 초음파의 출력파형의 크기는 이하의 [수학식 1]과 같이 연산되고,
- [0016] [수학식 1]

$$\begin{aligned}
 & A\cos(2\pi f_1 t) + A\cos(2\pi f_2 t) \\
 &= 2A\cos\left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t\right) \cos\left(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t\right) \\
 &= 2A\cos(\pi f_{Beat} t) \cos(2\pi f_{Carrier} t)
 \end{aligned}$$

- [0017]
- [0018] [수학식 1]에서, A는 제1, 제2 전압이고, F_1 은 제1 전압의 제1 주파수이며, F_2 는 제2 전압의 제2 주파수이고, t는 제1, 제2 전압이 인가되는 시간이며, f_{beat} 는 복합 전기장에 포함되는 비트 주파수이고, $f_{carrier}$ 는 복합 전기장에 포함되는 캐리어 주파수일 수 있다.
- [0019] 그리고 초음파는 증가되는 출력신호의 값을 통해 음향방사력이 증폭될 수 있다.
- [0020] 또한, 제1 주파수의 값은 20kHz~40kHz 사이의 값일 수 있다.
- [0021] 그리고 제2 주파수의 값은 19kHz~40kHz 사이의 값일 수 있다.
- [0022] 또한, 초음파는 비트 주파수에 의해 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 저주파가 포함되는 초음파일 수 있다.
- [0023] 그리고 비트 주파수의 값은 10Hz~500Hz 사이의 값일 수 있다.
- [0024] 또한, 초음파는 캐리어 주파수에 의해 음향방사력이 초음파의 영역 중 최대로 증폭되는 초음파일 수 있다.
- [0025] 그리고 캐리어 주파수의 값은 20kHz~25kHz 사이의 값일 수 있다.

[0026] 본 발명의 제2 목적인 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서의 작동방법은, 제1, 제2 전극층에 서로 다른 주파수를 가지는 제1, 제2 전압이 인가되는 단계; 제1, 제2 전극층의 사이 공간에 배열된 절연층에 제1,

제2 전극층 간의 전위차에 의한 커플링 커패시턴스가 충전되는 단계; 제1 전극층의 일측에 배열된 절연층과 메탈시트 간의 이격 공간에 커플링 커패시턴스에 의한 제1, 제2 전압이 혼합된 복합 전기장이 발생하는 단계; 및 메탈시트에서 복합 전기장에 의한 정전기력을 통해 진동 및 일측을 향해 확산되는 초음파가 발생하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 초음파의 출력파형의 크기는 이하의 [수학식 1]과 같이 연산되고,

[0028] [수학식 1]

$$\begin{aligned} & A\cos(2\pi f_1 t) + A\cos(2\pi f_2 t) \\ &= 2A\cos\left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t\right) \cos\left(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t\right) \\ &= 2A\cos(\pi f_{Beat} t) \cos(2\pi f_{Carrier} t) \end{aligned}$$

[0029]

[0030] [수학식 1]에서, A는 제1, 제2 전압이고, F₁은 제1 전압의 제1 주파수이며, F₂는 제2 전압의 제2 주파수이고, t는 제1, 제2 전압이 인가되는 시간이며, f_{beat}는 복합 전기장에 포함되는 비트 주파수이고, f_{carrier}는 복합 전기장에 포함되는 캐리어 주파수일 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 따르면, 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서와 디스플레이가 인터페이스로 모듈화됨으로써, 사용자는 적은 수의 트랜스듀서를 통해 공기 중에서 촉각 피드백을 느낄 수 있고, 촉각 피드백에 대한 이질감을 느끼지 않을 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명에 따르면, 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서는 진폭 변조를 수행하기 위한 진폭 변조 제어기를 구성하지 않음으로써, 비용이 절약되고, 트랜스듀서의 구조가 간단해지는 효과가 있다.

[0033] 그리고 본 발명에 따르면, 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서는 진폭 변조를 수행하지 않은 상태로 사용자가 촉각을 느낄 수 있는 저주파를 포함한 초음파를 발생시켜 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달할 수 있다.

[0034] 또한, 본 발명에 따르면, 본 발명은 초음파 영역 중에서 음향방사력이 최대로 증폭된 초음파를 발생시켜 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달할 수 있다.

[0035] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 종래의 2차원 배열된 초음파 트랜스듀서를 나타내는 도면이다.

도 2는 종래의 비접촉식 공중 촉각 피드백 기술이 적용된 자동차 상태 인식 시스템의 구성도다.

도 3은 본 발명에 따른 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서의 분해사시도다.

도 4는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서의 평면도다.

도 5는 도 4에 도시된 A-A'를 따라 절단된 트랜스듀서의 단면도다.

도 6은 절연층에서 충전되는 커플링 커패시턴스를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 7은 전기기관에서 발생하는 복합 전기장을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 8은 제1 주파수와 제2 주파수의 차에 따른 비트 주파수 값의 변화를 나타내는 그래프다.

도 9는 메탈시트에서 복합 전기장에 의한 정전기력을 통해 진동 및 초음파가 발생하는 상태를 나타내는 도면이다.

도 10은 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서와 디스플레이가 모듈화된 인터페이스를 나타내는 도면이다.

도 11은 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서의 작동방법을 단계별로 나타내는 흐름도다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하에서는 본 발명의 실시예들을 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 이하에 소개되는 실시예들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위한 예로서 제공되는 것이다. 본 발명은 이하 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.
- [0038] **일 실시예의 구성**
- [0039] 도 3은 본 발명에 따른 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서의 분해사시도이다. 그리고 도 4는 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서의 평면도이다. 또한, 도 5는 도 4에 도시된 A-A'를 따라 절단된 트랜스듀서의 단면도다.
- [0040] 이하에서는 도 3 내지 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서(10)(이하에서는 '트랜스듀서'라 함)의 구성에 대해 자세히 설명하도록 하겠다.
- [0041] 이들 도면에 도시된 바와 같이, 트랜스듀서(10)는 대략 하우징(11), 제1 전극층(12), 제2 전극층(13), 절연층(14), 메탈시트(15), 스페이서(16), 전기기관(17)으로 구성된다.
- [0042] 먼저, 하우징(11)은 일측이 개방되고 제1 전극층(12), 제2 전극층(13), 절연층(14), 전기기관(17)이 내부에 인입될 수 있는 공간이 형성될 수 있다.
- [0043] 제1 전극층(12)은 전기기관(17)의 일측에 이격되게 배열되는 층으로서, 제1 전압이 인가되는 제1 전극(미도시)이 적어도 하나 이상 마련될 수 있다.
- [0044] 제2 전극층(13)은 제1 전극층(12)과 전기기관(17)의 사이에 이격되게 배열되는 층으로서, 제2 전압이 인가되는 제2 전극(미도시)이 적어도 하나 이상 마련될 수 있다.
- [0045] 여기서, 제1 전극(미도시)과 제2 전극(미도시)을 형성하는 전도성 전극 재료는 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide, ITO), 탄소 나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT), 그래핀(Graphene), 금속 나노 와이어, 전도성 고분자(PEDOT, Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)) 또는 투명 전도성 산화물(TCO) 중 어느 하나를 포함하여 구성된 것일 수 있으나 이를 한정하지는 아니한다.
- [0046] 절연층(14)은 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)의 사이 공간과 제1 전극층(12)의 일측에 배열되는 층으로서, 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)을 전기적으로 절연시킬 수 있다. 한편, 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)은 절연층(14)의 두께만큼 서로 이격될 수 있다.
- [0047] 이러한 절연층(14)은 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)을 절연시키기 위해, 전도성이 없는 고분자 물질을 이용하여 형성될 수 있다. 이때, 고분자 물질은 겔, 젤, 실리콘, PDMS(polydimethylsiloxane), PI(polyimide) 중 어느 하나일 수 있으나 이를 한정하지는 아니한다.
- [0048] 한편, 절연층(14)은 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)의 사이 공간과 제1 전극층(12)의 일측에 별도로 배열되는 것이 아니라, 일체형으로 형성되어 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)을 감싸는 형태로 마련될 수 있다.
- [0049] 메탈시트(15)는 제1 전극층(12)의 일측에 배열된 절연층(14)으로부터 일측 방향으로 스페이서(16)를 통해 이격되게 마련되는 부재로서, 초음파의 전달이 용이한 금속 물질을 이용하여 형성될 수 있다. 이때, 금속 물질은 철강, 탄소강, 특수강, 스테인리스강, 주철, 주강, 비철금속 중 어느 하나일 수 있으나 이를 한정하지는 아니한다.
- [0050] 한편, 메탈시트(15)는 후술될 트랜스듀서(10)의 동작에 따라 발생하는 초음파가 사용자에게 전달되도록 하기 위해, 두께가 0.01t~0.1t로 형성될 수 있으나 이를 한정하지는 아니한다.
- [0051] 스페이서(16)는 제1 전극층(12)의 일측에 배열된 절연층(14)과 메탈시트(15)를 이격시키기 위해, 메탈시트(15)의 타측에 결합될 수 있다. 그리고 스페이서(16)는 메탈시트(15)와 동일한 금속 물질을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0052] 한편, 트랜스듀서(10)는 내부에 제1 전극층(12)의 일측에 배열된 절연층(14)과 메탈시트(15)간에 이격 공간(a)이 형성될 수 있다.
- [0053] 전기기관(17)은 FR4(flame retardant 4)를 이용하여 형성되는 통상적인 PCB 기판과 동일한 부재이므로, 이에 대

한 자세한 설명은 생략하도록 하겠다.

[0054] **일 실시예의 동작**

[0055] 도 6은 절연층에서 충전되는 커플링 커패시턴스를 개략적으로 나타내는 도면이다. 그리고 도 7은 전기기관에서 발생하는 복합 전기장을 개략적으로 나타내는 도면이다. 또한, 도 8은 제1 주파수와 제2 주파수의 차에 따른 비트 주파수 값의 변화를 나타내는 그래프다. 그리고 도 9는 메탈시트에서 복합 전기장에 의한 정전기력을 통해 진동 및 초음파가 발생하는 상태를 나타내는 도면이다. 또한, 도 10은 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서와 디스플레이가 모듈화된 인터페이스를 나타내는 도면이다. 그리고 도 11은 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서의 작동방법을 단계별로 나타내는 흐름도다.

[0056] 이하에서는 도 6 내지 도 11을 참조하여 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달하기 위한 트랜스듀서(10)의 동작 과정에 대해서 자세히 설명하도록 한다.

[0057] 먼저, 도 6 및 도 11을 참조하면, 제1 전극층(12)의 제1 전극(미도시)에는 제1 주파수(g)를 가지는 제1 전압(1b)이 인가되고, 제2 전극층(13)의 제2 전극(미도시)에는 제1 주파수(g)와는 다른 제2 주파수(h)를 가지는 제2 전압(2b)이 인가된다(S100).

[0058] 이때, 제1 주파수(g)의 값은 20kHz~40kHz 사이의 값일 수 있으나 이를 한정하지는 아니한다. 또한, 제2 주파수(h)의 값은 19kHz~40kHz 사이의 값일 수 있으나 이를 한정하지 아니한다.

[0059] 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)에 제1 전압(1b)과 제2 전압(2b)이 각각 인가되면, 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)의 사이 공간에 배열된 절연층(14)은 제1 전압(1b)과 제2 전압(2b)이 인가되는 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13) 간의 전위차에 의해 커플링 커패시턴스(c)가 충전된다(S200).

[0060] 한편, 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)의 사이 공간에 배열된 절연층(14)은 커플링 커패시턴스(c)를 통해 제1 전압(1b)과 제2 전압(2b)의 교류 신호를 통과시키되, 직류 신호를 차단 시킨다.

[0061] 제1 전극층(12)과 제2 전극층(13)의 사이 공간에 배열된 절연층(14)에 커플링 커패시턴스(c)가 충전되면, 이격 공간(a)에는 제1 전압과 제2 전압(2b)의 혼합에 의한 복합 전기장(d)이 발생된다(S300). 이러한 복합 전기장(d)은 이하에서 자세히 설명하도록 하겠다.

[0062] 도 7 및 도 11을 참조하면, 복합 전기장(d)은 비트 주파수(e)와 캐리어 주파수(f)가 포함된다.

[0063] 한편, 비트 주파수(e)는 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달하기 위한 저주파이다. 그리고 캐리어 주파수(f)는 초음파 영역 중에서 음향방사력이 최대로 증폭되는 주파수이다. 이러한 비트 주파수(e)와 캐리어 주파수(f)의 값은 이하의 도 8을 통해 설명하도록 하겠다.

[0064] 도 8에 도시된 그래프를 참조하면, 진동의 강도를 낮아질수록, 제1 주파수(g)와 제2 주파수(h)의 차가 증가되고, 이와 비례하여 비트 주파수(e)의 값이 증가되는 것을 알 수 있다.

[0065] 한편, 비트 주파수(e)의 값은 제1 주파수(g)의 진폭(i)과 제2 주파수(h)의 진폭(j)간의 차를 통해 계산된다. 또한, 캐리어 주파수(f)의 값은 제1 주파수(g)의 진폭(i)과 제2 주파수(h)의 진폭(j)간의 평균값을 통해 계산된다.

[0066] 더 나아가, 비트 주파수(e)의 값은 10Hz~500Hz로 설정될 수 있고, 캐리어 주파수(f)의 값은 20kHz~25kHz로 설정될 수 있다. 이와 같이, 비트 주파수(e)의 값과 캐리어 주파수(f)의 값을 설정하는 것은 이하의 도 9 및 도 11을 통해 설명하도록 하겠다.

[0067] 도 9 및 도 11을 참조하면, 제1 트랜스듀서(10a)와 제2 트랜스듀서(10b)의 메탈시트(15)는 복합 전기장(d)에 의한 정전기력으로 인해 일측과 타측을 향해 반복되는 진동이 발생된다. 그리고 메탈시트(15)는 진동이 발생됨과 동시에 일측을 향해 확산되는 초음파(k)가 발생된다(S400).

[0068] 도 9에는 트랜스듀서(10)가 제1 트랜스듀서(10a)와 제2 트랜스듀서(10b)로 도시되어 있으나, 트랜스듀서(10)는 이보다 많게 마련될 수 있다. 그리고 사용자는 제1 트랜스듀서(10a)와 제2 트랜스듀서(10b)의 초음파(k)를 통해 공중에서 촉각을 느낄 수 있다.

[0069] 한편, 메탈시트(15)는 일측과 타측을 향해 진동함에 따라, 진동이 발생하는 중에 타측이 제1 전극층(12)의 일측에 배열된 절연층(14)의 일측과 맞닿게 될 수 있으나, 스페이서(16)와 이격 공간(a)을 통해 맞닿음이 방지될 수 있다.

[0070] 즉, 메탈시트(15)는 스페이서(16)를 통해 타측으로 진동되는 폭보다 제1 전극층(12)의 일측에 배열된 절연층(14)과의 이격 거리가 길게 형성됨으로써, 진동이 발생되어도 제1 전극층(12)의 일측에 배열된 절연층(14)과 맞닿지 않게 되는 것이다.

[0071] 한편, 메탈시트(15)에서 발생하는 초음파(k)의 출력과형의 크기는 [수학식 1]과 같이 연산될 수 있다.

수학식 1

$$\begin{aligned}
 & A\cos(2\pi f_1 t) + A\cos(2\pi f_2 t) \\
 &= 2A\cos\left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t\right) \cos\left(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t\right) \\
 &= 2A\cos(\pi f_{Beat} t) \cos(2\pi f_{Carrier} t)
 \end{aligned}$$

[0072]

[0073] [수학식 1]에서 A는 전압(b)을 의미하고, F₁은 제1 전압(1b)의 제1 주파수(g)를 의미하며, F₂는 제2 전압(2b)의 제2 주파수(h)를 의미하고, t는 전압(b)이 인가되는 시간을 의미하며, f_{beat}는 비트 주파수(e)를 의미하고, f_{carrier}는 캐리어 주파수(f)를 의미한다.

[0074] 이러한 [수학식 1]을 통해 초음파(k)는 입력신호의 값보다 출력신호의 값이 증가될 수 있고, 음향방사력이 증폭될 수 있다.

[0075] 이러한 [수학식 1]에 실질적인 값을 대입한 예를 들면, 입력신호 값인 제1 전압 값과 제2 전압 값이 각각 3000v라고 가정할 때, 출력신호 값은 6000v일 수 있다. 다만, 입력신호 값과 출력신호 값의 실효값은 [수학식 1]을 통해 연산된 값과 다를 수 있으며, 사용자의 설정에 의해서도 변경될 수 있다.

[0076] 그리고 초음파(k)는 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달하기 위한 저주파(1)가 포함된 초음파일 수 있다. 이를 위해, 비트 주파수(e)의 값은 사용자가 촉각을 느낄 수 있는 저주파(1)의 영역인 10Hz~500Hz로 설정되는 것이다.

[0077] 또한, 초음파(k)는 초음파(k)의 영역이면서 음향방사력이 최대로 증폭되는 초음파일 수 있다. 이를 위해, 캐리어 주파수(f)의 값은 초음파 영역 중 음향방사력이 최대가 되는 20kHz~25kHz로 설정되는 것이다.

[0078] 한편, 초음파(k)의 음향방사력은 [수학식 2]와 같이 연산된다.

수학식 2

$$P = \alpha E = \alpha \frac{I}{c} = \alpha \frac{p^2}{\rho c^2}$$

[0079]

[0080] [수학식 2]에서 E는 초음파(k)상의 에너지 밀도[J/m³]를 의미하고, I는 음의 세기[W/m²]를 의미하며, C는 음속[m/s]을 의미하고, P는 초음파(k)상의 음압의 실효 값[pa]을 의미하며, ρ는 매질(매개체)의 밀도[kg/m³]를 의미하고, a는 1+R²(R: 반사계수)를 의미한다.

[0081] 이와 같은, [수학식 2]를 통해 연산되는 비선형적인 특성은 특정 공간에서 압력구배를 형성하고, 압력구배에 따라 공기의 입자들이 이동하게 되는 것으로서, 본 발명에서 이루고자 하는 공중 촉각 피드백 기술은 공기의 입자들의 이동을 통해 구현되는 것이다.

[0082] 본 발명의 일 실시예에서는 이러한 공중 촉각 피드백 기술을 구현하기 위한 인터페이스(100)가 마련될 수 있다. 이러한 인터페이스(100)는 이하의 도 10을 통해 설명하도록 하겠다.

[0083] 도 10을 참조하면, 인터페이스(100)는 도 1 내지 도 9, 도 11을 통해 상술한 트랜스듀서(10) 및 디스플레이(150)로 마련될 수 있다. 이때, 트랜스듀서(10)는 인터페이스(100)의 베젤 부분에 배열된다.

[0084] 이러한 인터페이스(100)를 통해 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달하는 과정을 설명하면, 인터페이스(100)를 사용하는 사용자가 공기 중에서 터치 영역(m)을 터치하는 경우, 트랜스듀서(10)는 터치 영역(m)을 향해 초음파(k)를 발생시킨다. 이때, 인터페이스(100)가 초음파(k)를 터치 영역(m)에 발생시키게 되면, 터치 영역(m)에는 음향방사력이 집중된다. 이러한 과정을 통해 인터페이스(100)는 사용자에게 공기 중에서 촉각 피드백을 전달하는 것이며, 사용자는 인터페이스(100)를 통해 공기 중에서 촉각을 느낄 수 있게 된다.

[0085] 즉, 본 발명에서 제안하는 공중 촉각 피드백 기술은 인터페이스(100)의 베젤 부분에 마련되는 트랜스듀서(10)에서 발생하는 초음파(k)를 통해 구현될 수 있는 것이다.

[0086] 상술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0087] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

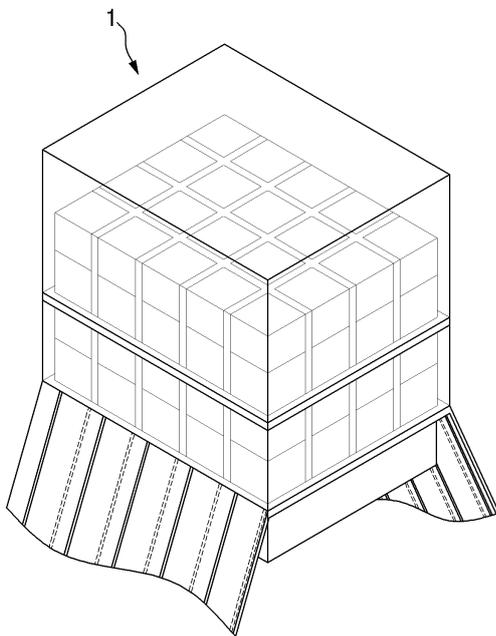
부호의 설명

- [0088] 1: 2차원 배열 초음파 트랜스듀서,
- 2: 자동차 상태 인식 시스템,
- 3: 자동차 구성요소 감지 장치,
- 4: 제어 장치,
- 5: 촉각디스플레이 장치,
- 10: 비접촉식 공중 촉각 피드백을 위한 트랜스듀서,
- 10a: 제1 트랜스듀서,
- 10b: 제2 트랜스듀서,
- 11: 하우징,
- 12: 제1 전극층,
- 13: 제2 전극층,
- 14: 절연층,
- 15: 메탈시트,
- 16: 스페이서,
- 17: 전기기관,
- a: 이격 공간,
- b: 전압,
- 1b: 제1 전압,
- 2b: 제2 전압,
- c: 커플링 커패시턴스,
- d: 복합 전기장,
- e: 비트 주파수,
- f: 캐리어 주파수,

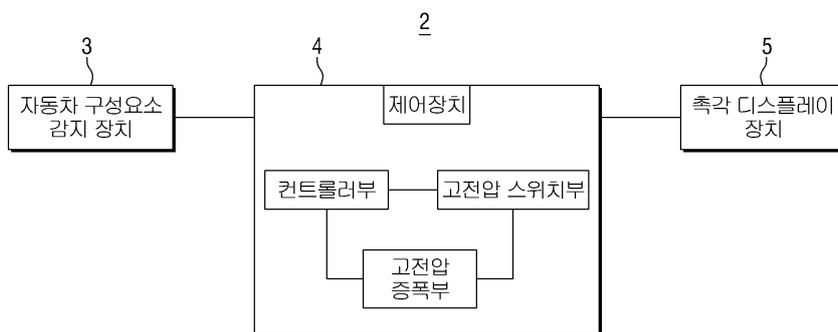
- g: 제1 주파수,
- h: 제2 주파수,
- i: 제1 주파수의 진폭,
- j: 제2 주파수의 진폭,
- k: 초음파,
- l: 저주파,
- m: 터치 영역.

도면

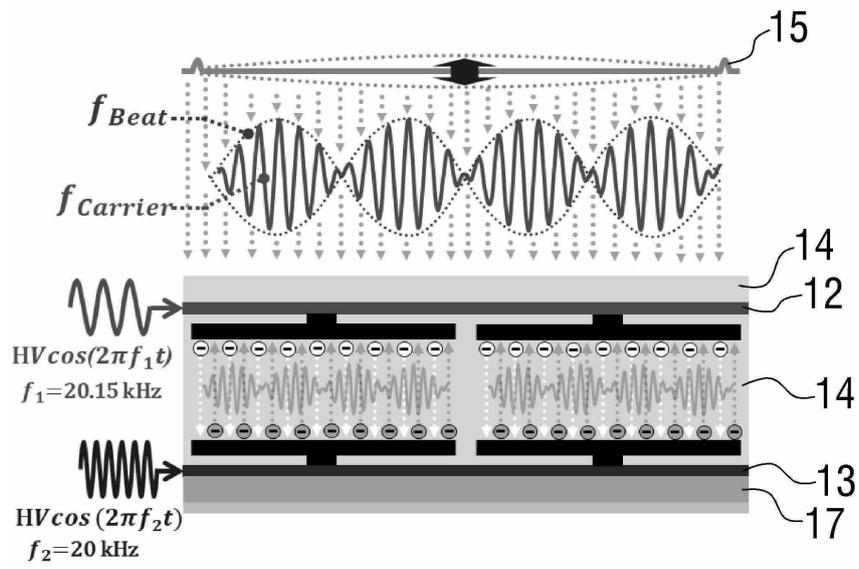
도면1



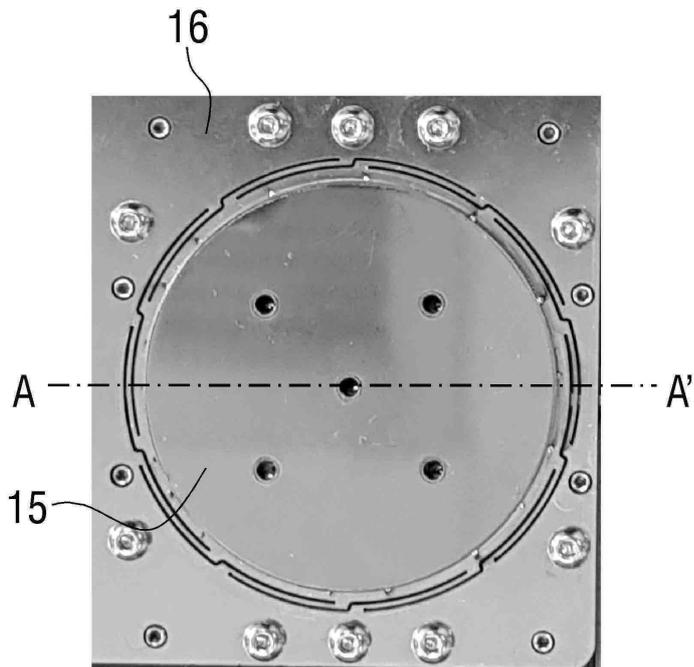
도면2



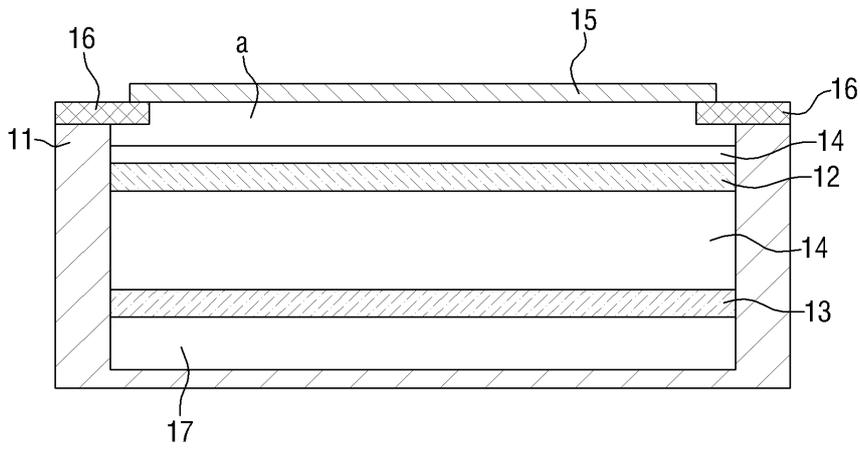
도면3



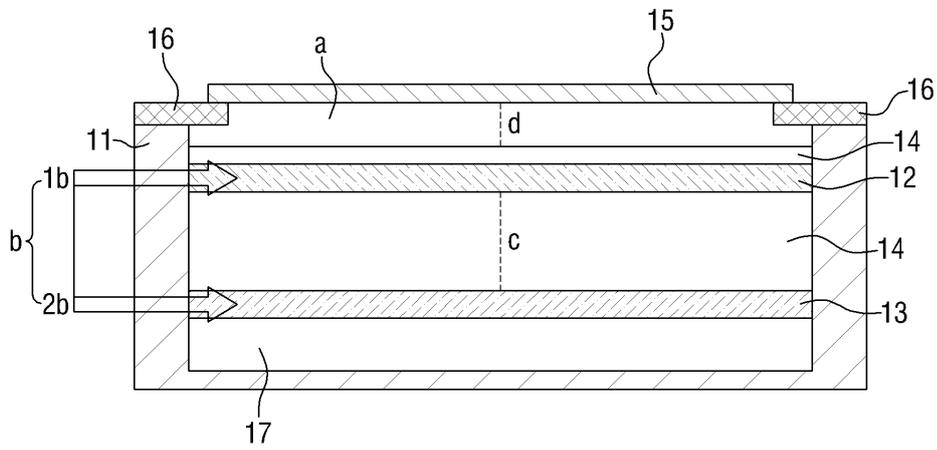
도면4



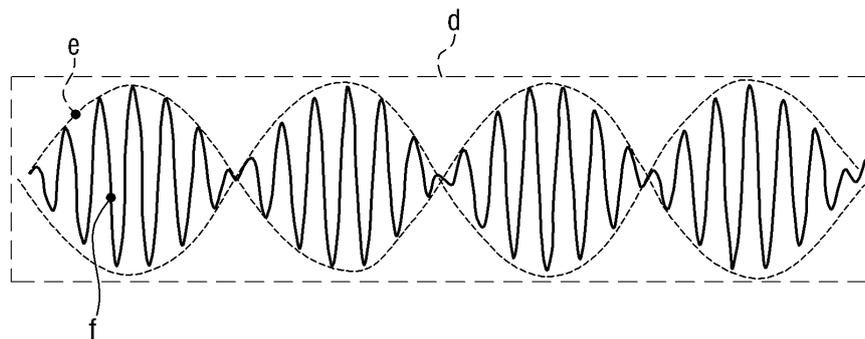
도면5



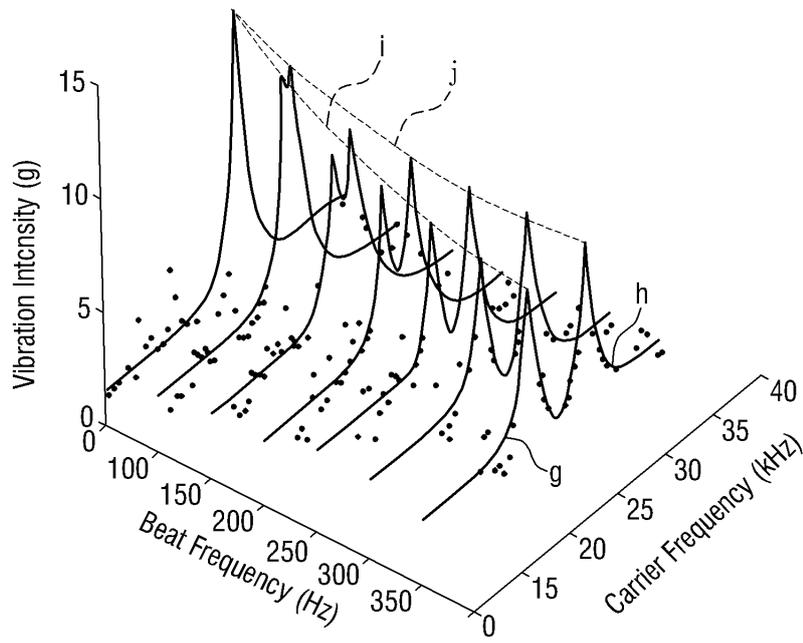
도면6



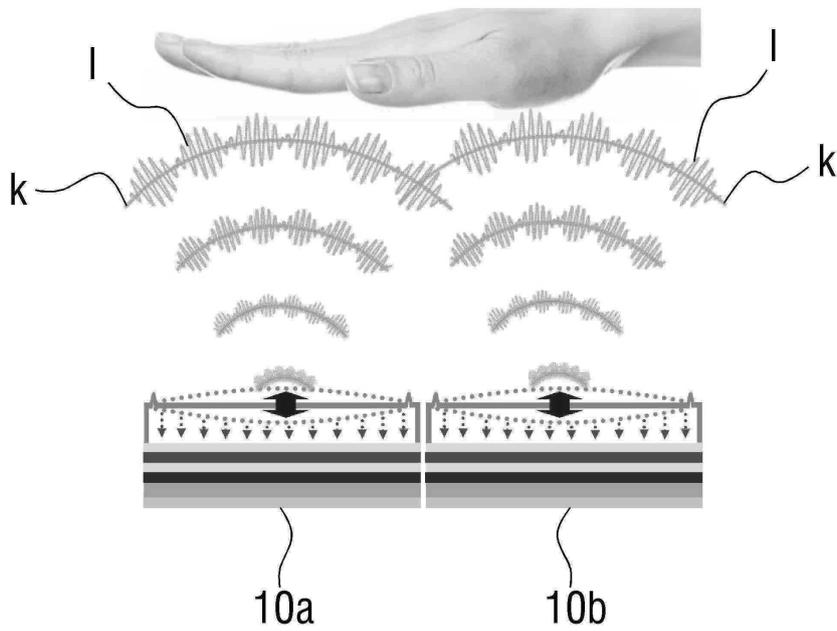
도면7



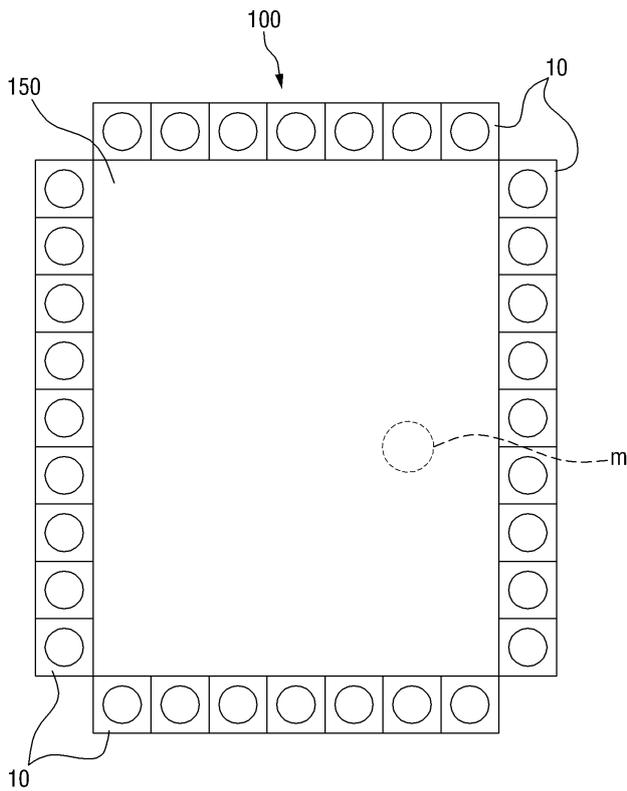
도면8



도면9



도면10



도면11

