

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) 요약서: 본 발명은 인체의 달팽이관을 모사하여 나선형 구조를 가진 인공 기저막을 형성하고, 인공 기저막의 각 위치에 따라 원하는 주파수 응답 신호를 얻기 위해 공진이 발생하는 위치에 감지 센서를 부착하여 이를 측정하는 인공 기저막 장치에 관한 것으로, 나선형 구조를 가진 인공 기저막; 상기 인공 기저막을 지지하는 지지부; 및 상기 인공 기저막의 진동 신호를 감지하는 감지부를 포함하고, 상기 인공 기저막의 길이에 따라 폭이 변하는 것을 특징으로 한다.

명세서

발명의 명칭: 인공 기저막 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 인공 기저막 장치로서, 더욱 상세하게는 나선형 구조의 인공 기저막을 형성하여 진동이 발생되는 위치에 따라 원하는 주파수 응답 신호를 얻기 위해 공진이 발생하는 부위에 진동 신호를 측정할 수 있는 인공 기저막 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 달팽이관은 소리의 주파수 신호를 감지하여 청신경을 통해 뇌로 전달하는 역할을 한다. 달팽이관은 대략 2.75 바퀴 감겨 있는 나선형(spiral shape) 구조이고, 내부에는 림프액으로 채워져 있다. 달팽이관은 기저막을 포함하는데, 기저막 또한 달팽이관의 형상처럼 나선 형상으로 감겨 있다. 달팽이관의 일단을 기저부(Base)라 하고 타단을 첨부(Apex)라 한다. 소리는 기저부에서 첨부 방향으로 전달된다. 소리 전달의 메커니즘을 간략하게 살펴보면, 소리가 이소골을 지나 난원창을 통해 달팽이관 내부로 들어오면 림프액이 유동하면서 얇은 두께의 기저막을 진동시킨다. 기저막 위에는 일정한 간격으로 스테레오실리아가 배치되는데, 기저막이 진동하면 스테레오실리아가 변형되면서 이온 채널이 열리게 되고, 이러한 이온 채널을 통해 이온이 이송되면서 기저막의 각 위치에서 신경 신호가 발생하는 것이다.
- [3] 인간의 기저막의 폭은 $40 \sim 500 \mu\text{m}$ 이고, 두께는 $1.16 \sim 0.55 \mu\text{m}$ 이며, 길이는 34mm 정도이다. 기저막은 그 길이 방향을 따라 폭과 두께가 변하는 3차원 형상의 박막 구조를 가지고 있다. 구체적으로, 감겨 있는 기저막을 펼치면 대략 사다리꼴 모양의 평판 형상이고, 기저막의 일단은 폭이 좁고 두꺼우며, 첨부는 폭이 넓고 가늘다. 이에 따라 기저막의 각 위치(길이 방향 위치)에 따라 스프링 상수가 변하게 되어 각기 다른 공진 주파수가 형성된다.
- [4] 한편, 인공 기저막을 형성하는 종래 기술로서 한국 공개특허 제10-2020-0138010호(물질층을 포함하는 청각 센서)가 개시되어 있다. 상기 한국 공개특허 제10-2020-0113531호에 따르면, 측정하고자 하는 주파수 범위를 넓히기 위해 인공 기저막의 어느 한 면에 질량을 가진 물질층을 형성시키는 기술이다.
- [5] 그러나, 상기 한국 공개특허 제10-2020-0113531호는 전체 주파수 범위를 늘리기 위해 별도의 물질층을 형성해야 하고, 인간은 대략 $20 \sim 20,000\text{Hz}$ 범위의 주파수(가청 주파수)를 인지할 수 있는데 실제 직선형 인공 기저막을 통해 인지할 수 있는 주파수 범위는 가청 주파수 범위 보다 좁으며, 직선형 구조의 인공 기저막은 공간을 효율적으로 활용하지 못하는 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명의 과제는 상술한 종래 기술이 가진 문제를 해결하기 위해 고안된 것으로, 진동에 따라 측정할 수 있는 주파수 범위를 넓혀 측정 성능을 향상시킴과 동시에 인공 기저막이 차지하는 공간을 효율적으로 활용할 수 있는 인공 기저막 장치를 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

- [7] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 인공 기저막 장치는, 나선형 구조를 가진 인공 기저막; 상기 인공 기저막을 지지하는 지지부; 및 상기 인공 기저막의 진동 신호를 감지하는 감지부;를 포함하고, 상기 인공 기저막은 상기 지지부의 바닥으로부터 일정 거리 떨어진 상태로 상기 지지부에 의해 지지되는 것을 특징으로 한다.
- [8] 일 실시예에 따르면, 상기 인공 기저막의 길이에 따라 폭이 변하는 것을 특징으로 한다.
- [9] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 인공 기저막은 두께가 길이에 비해 1/10 이하인 것을 특징으로 한다.
- [10] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 인공 기저막의 회전각은 나선 중심을 기준으로 90° 이상 1080° 이하인 것을 특징으로 한다.
- [11] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 인공 기저막은 진동을 전기적 신호로 변환할 수 있는 압전 소재로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [12] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 감지부는 상기 인공 기저막의 중심 부위에 길이 방향을 따라 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [13] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 인공 기저막은 부도체로 구성되고, 상기 인공 기저막에 복수로 구획된 각 영역에 감지부가 부착되는 것을 특징으로 한다.
- [14] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 감지부는 저항식 센서, 자기 센서 및 압전형 센서 중 어느 하나인 것을 특징으로 한다.
- [15] 한편, 다른 실시예에 따르면, 상기 감지부는 상기 인공 기저막의 진동을 광학적 방법으로 감지하는 것을 특징으로 한다.
- [16] 여기서, 상기 인공 기저막의 일면에는 광의 반사를 돕는 재료가 부착될 수 있다.
- [17] 한편, 또 다른 실시예에 따르면, 상기 감지부는 상기 인공 기저막에 형성된 제1 도전막; 및 상기 제1 도전막과 대향되도록 일정 거리 이격된 제2 도전막;을 포함하고, 상기 제1 도전막 및 제2 도전막 사이의 거리 변화에 따른 정전용량 변화를 감지하는 것을 특징으로 한다.
- [18] 여기서, 상기 인공 기저막은 부도체이고, 상기 인공 기저막 위에 고전도성 막이 코팅된 것을 특징으로 한다.
- [19] 또한, 상기 제1 도전막 또는 제2 도전막은 복수로 구성되어 상기 인공 기저막의 길이 방향을 따라 배열되는 것을 특징으로 한다.
- [20] 또한, 상기 제1 도전막 또는 제2 도전막의 폭은 상기 인공 기저막의 길이 방향을

따라 일정하게 형성되는 것을 특징으로 한다.

[21] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 감지부에서 감지한 진동 신호의 전압을 측정하는 측정부;를 더 포함한다.

[22] 또한, 다른 실시예에 따르면, 상기 감지부는 상기 인공 기저막에 복수로 구획된 각 영역에 부착되고, 상기 각 영역에는 상기 감지부에서 감지한 진동 신호의 전압을 측정하는 측정부가 형성된다.

발명의 효과

[23] 본 발명에 따르면 소리에 의한 진동이 인공 기저막의 길이 방향으로 나선형 경로를 따라 전달되는 동안 최대 진폭이 발생하는 위치가 중심 부위에서 폭 방향으로 떨어져 형성되고, 이로 인해 인공 기저막의 스프링 상수가 변화되므로 인공 기저막의 각 위치에서 측정되는 공진 주파수의 범위가 확대될 수 있다.

[24] 또한, 본 발명에 따르면 인공 기저막에 다양한 감지 센서를 사용함으로써 각 위치에서 발생하는 공진 주파수를 측정할 수 있다.

[25] 또한, 본 발명에 따르면 감지 센서로 정전용량형 센서가 사용되는 경우 인공 기저막에 형성되는 도전막의 폭을 일정하게 유지시킴으로써 감지 신호의 감도를 향상시킬 수 있다.

[26] 또한, 본 발명에 따르면 직선형 인공 기저막에 비해 인공 기저막이 차지하는 공간을 효율적으로 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[27] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막 장치의 개략적인 구성을 나타낸 도면.

[28] 도 2는 도 1의 X-X' 절단선을 따라 절단한 단면도.

[29] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 인공 기저막 장치의 개략적인 구성을 나타낸 도면.

[30] 도 4는 도 3의 Y-Y' 절단선을 따라 절단한 단면도.

[31] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 인공 기저막 장치의 개략적인 구성을 나타낸 도면.

[32] 도 6은 도 5의 Z-Z' 절단선을 따라 절단한 단면도.

[33] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 측정부를 나타낸 도면.

[34] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 측정부를 나타낸 도면.

[35] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막 장치의 시제품을 나타낸 도면.

[36] 도 10은 도 9의 시제품을 이용하여 각 채널에서의 주파수응답특성을 분석한 실험값과 컴퓨터 시뮬레이션 값을 비교하여 나타낸 그래프.

[37] 도 11은 도 9의 시제품을 이용하여 인공 기저막에 형성된 각 채널에서의 공진주파수를 나타낸 그래프.

발명의 실시를 위한 형태

[38] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 인공 기저막 장치에

대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.

- [39] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막 장치의 개략적인 구성을 나타낸 도면이고, 도 2는 도 1의 X-X' 절단선을 따라 절단한 단면도이고, 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 인공 기저막 장치의 개략적인 구성을 나타낸 도면이고, 도 4는 도 3의 Y-Y' 절단선을 따라 절단한 단면도이고, 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 인공 기저막 장치의 개략적인 구성을 나타낸 도면이며, 도 6은 도 5의 Z-Z' 절단선을 따라 절단한 단면도이다.
- [40] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막 장치는 포유류의 달팽이관을 모사한 것으로, 생체 기저막과 유사한 형상을 가진 인공 기저막(100), 인공 기저막(100)을 지지하는 지지부(200) 및 인공 기저막(100)의 진동을 감지하는 감지부(300)를 포함한다.
- [41] 인공 기저막(100)은 소리에 의해 진동할 때 그 길이 방향을 따라 일면의 각 위치에서 소리의 주파수를 분별하는 기능을 수행한다. 인공 기저막(100)은 달팽이관과 유사한 나선형 구조를 가진다. 일반적으로 달팽이관은 2.75 바퀴 정도 나선형으로 감긴 상태이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막(100)은 나선 중심을 기준으로 0.75바퀴 감겨 있고, 이를 회전각으로 표현하면 대략 270°이다(도 9 참조). 다만, 인공 기저막(100)의 회전수 또는 회전각에는 제한이 없다. 예를 들어, 본 발명의 다른 실시예에서 인공 기저막(100)은 나선 중심을 기준으로 대략 0.25 바퀴에서 3 바퀴 사이의 회전수로 감겨 있고, 이를 회전각으로 표현하면 대략 90° 이상 1080° 이하이다.
- [42] 인공 기저막(100)은 소리에 의한 진동 발생이 용이하도록 얇은 막 형태를 갖는다. 도 1에 도시된 바와 같이, 인공 기저막(100)의 일단(a)은 폭이 좁고 타단(b)으로 갈수록 폭이 넓어진다. 여기서, 인공 기저막(100)의 일단(a)을 기저부(Base)라 하고, 타단(b)을 첨부(Apex)라 한다.
- [43] 인공 기저막(100)은 길이(L)에 비해 두께(H)가 상대적으로 매우 얇다. 인공 기저막(100)의 두께와 길이의 비에는 제한이 없다. 다만, 생물학적 기저막(Basilar membrane)을 고려해 볼 때, 인공 기저막(100)의 두께-길이 비는 1/10 이하 또는 1/100 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다.
- [44] 한편, 인공 기저막(100)의 두께는 길이 방향을 따라 가면서 변할 수 있다. 예를 들어, 인공 기저막(100)의 일단(a)은 두껍게 형성되고, 타단(b)으로 갈수록 가늘게 형성될 수 있다. 이렇게 형성되면 인공 기저막(100)의 일단(a)은 강성이 높고 타단으로 갈수록 강성이 낮아진다.
- [45] 인공 기저막(100)은 폴리머 소재, 세라믹, 금속, 복합재 등 다양한 소재로

구성될 수 있다. 예를 들어, 유연성과 부착성이 우수한 폴리머 소재로는 PI(polyimide), PA(polyamide), PC(polycarbonate), PU(Polyurethane), PP(Polypropylen), PET(polyethylene terephthalate), PEN(polyethylene naphthalate), PP(polypropylene), PVDF(polyvinylidene fluoride), PPA(Polyphthalamide), PPS(polyphenylene sulfide), PDMS(Polydimethylsiloxane), PMMA(poly methyl methacrylate), PET(polyethylene terephthalate) 등 공지된 다양한 소재 중에서 선택될 수 있다.

- [46] 한편, 인공 기저막(100)의 소재는 감지부(300)의 감지 방식에 따라서도 선택될 수 있다. 예를 들어, 인공 기저막(100)의 소재가 부도체 물질로 구성되면 진동 신호의 감지를 위해 전도성 있는 물질이 코팅될 수 있고, 진동 및 감지 기능을 모두 수행하기 위해 인공 기저막(100)은 압전 특성이 있는 필름 형태로 제작될 수 있다.
- [47] 지지부(200)는 인공 기저막(100)이 진동할 때 변형되지 않도록 인공 기저막(100)의 가장자리를 고정하여 지지한다. 지지부(200)의 두께는 인공 기저막(100)의 두께(H) 보다 크다. 따라서, 도 2에 도시된 바와 같이, 지지부(200)에 의해 지지된 경우 인공 기저막(100)은 지지부(200)의 바닥으로부터 일정 거리 떨어져 있게 된다. 지지부(200) 소재의 종류에는 제한이 없다.
- [48] 감지부(300)는 감지 센서로서, 인공 기저막(100)이 진동할 때 발생하는 전기 신호를 감지하여 외부로 전송하는 기능을 수행한다. 따라서, 감지부(300)는 진동에 의해 발생된 전위차를 감지할 수 있도록 전도성 물질로 구성된다.
- [49] 감지부(300)가 인공 기저막(100)의 진동 신호를 감지할 수 있다면 감지부(300)의 부착 방식 및 감지 방식은 다양하게 채택될 수 있다. 이하 감지부(300)의 부착 방식 및 감지 방식의 다양한 실시예들에 대해 설명한다.
- [50] 우선, 감지부(300)의 부착 방식부터 살펴본다.
- [51] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 감지부(300)는 연속적인 형태를 갖고 인공 기저막(100)의 일면 중심 부위에 길이 방향을 따라 부착될 수 있다. 이러한 형태를 가진 경우 감지부(300)는 인공 기저막(100)의 길이 방향을 따라 모든 영역에서 발생하는 진동 신호를 감지할 수 있다.
- [52] 한편, 도 3 및 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 인공 기저막(100)의 일면이 복수의 영역으로 구획되고, 각 영역의 전부 또는 일부에 감지부(300)가 배열되어 부착될 수 있다. 이때, 복수개의 감지부(300)는 각 영역에서 서로 다른 주파수 대역의 신호를 감지할 수 있다.
- [53] 다만, 감지부(300)가 인공 기저막(100)에 부착되는 부위에는 제한이 없다.
- [54] 다음으로, 감지부(300)의 감지 방식을 살펴본다.
- [55] 본 발명의 일 실시예로서 감지부(300)는 인공 기저막(100)의 진동으로 인한 저항 변화를 측정하는 저항식 센서가 사용될 수 있다. 예를 들어, 이러한 감지 센서로는 스트레인 센서, 금속 필름, 그래핀 등이다. 도 1 내지 도 4에는 상술한

감지 센서가 인공 기저막(100)의 일면에 부착된 상태가 도시되어 있다.

- [56] 본 발명의 다른 실시예로서 감지부(300)는 압전 구동 특성을 가지고 필름 형태로 제작된 인공 기저막(100)의 일면에 부착된 압전형 센서일 수 있다. 예를 들어, 감지부(300)는 PVDF로 제작된 인공 기저막(100)의 일면에 부착된 압전 센서일 수 있다.
- [57] 본 발명의 또 다른 실시예로서 감지부(300)는 진동에 의한 자기 자기장 변화를 감지할 수 있는 자기 센서이거나 진동에 의한 압력 변화를 감지할 수 있는 압력 센서일 수 있다.
- [58] 본 발명의 또 다른 실시예로서 감지부(300)는 인공 기저막(100)의 진동을 광학적 방법으로 감지하는 센서일 수 있다. 예를 들어, 감지부(300)는 레이저 도플러 간섭 측정기(Laser Doppler Interferometer), 레이저 다이오드(Laser diode), 발광 다이오드(Photo diode) 등의 광학 장치일 수 있다. 이러한 장치들은 인공 기저막(100)의 일면에 투사된 광과 반사광의 주파수 변이를 측정하여 진동 신호를 감지한다. 이때, 측정 감도를 향상시키기 위해 인공 기저막(100)에는 반사율을 향상시킬 수 있도록 금속, 세라믹, 난반사테이프 등의 소재가 부착될 수 있다.
- [59] 본 발명의 또 다른 실시예로서 감지부(300)는 정전용량형 센서일 수 있다. 도 5 및 도 6은 감지부(300)가 정전용량형 센서로 사용되는 실시예를 나타낸다. 도 5 및 도 6을 참조하면, 인공 기저막(100)의 상면 또는 하면에는 전도성 물질이 코팅될 수 있다. 인공 기저막(100)의 하면에는 제1 도전막(310)이 형성되고, 제1 도전막(310)과 대향되도록 일정 거리 이격되어 제2 도전막(320)이 형성된다. 정전용량형 센서는 인공 기저막(100)으로 전달된 외부 자극(진동)으로 인해 제1 도전막(310)과 제2 도전막(320) 사이의 거리 변화에 따라 정전용량이 변하게 되면 이를 감지하는 센서이다.
- [60] 도 5에는 제1 도전막(310) 또는 제2 도전막(320)이 복수 개로 구성되어 인공 기저막(100)의 길이 방향을 따라 배열된 상태가 나타난다. 즉, 제1 도전막(310)은 복수 개로 구성되어 인공 기저막(100)에 구획된 복수의 영역에 각각 부착되고, 제2 도전막(320)은 제1 도전막(310)과 대향되는 위치에 배열된다. 다만, 본 발명의 다른 실시예에서 제1 도전막(310) 또는 제2 도전막(320)은 연속적인 형태를 가질 수 있다.
- [61] 한편, 제1 도전막(310) 또는 제2 도전막(320)의 폭은 인공 기저막(100)의 길이 방향을 따라 일정하게 형성될 수 있다. 이는 인공 기저막(100)에서 발생된 진동을 감지할 때 일정한 감도를 확보하기 위함이다. 즉, 정전용량형 센서의 경우 도전막(310, 320)의 전극 면적에 비례해서 신호가 발생하는데, 전극의 면적이 다르면 저주파 영역에서 신호가 크게 나타나고, 고주파 영역에서 신호가 작게 나타날 수 있기 때문이다.
- [62] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 측정부를 나타낸 도면이고, 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 측정부를 나타낸 도면이다.

- [63] 본 발명은 감지부(300)의 양단 전압 신호를 측정하는 측정부(400)가 더 포함된다. 도 7에는 모든 감지부(300)에서 감지한 신호를 측정하는 단일 측정부(400)가 도시되어 있고, 도 8에는 인공 기저막(100)에 복수로 구획된 각 영역마다 배치된 복수 측정부(400)가 도시되어 있다. 단일 측정부(400)는 인공 기저막(100)을 통해 전달된 전체 음향 신호를 측정할 수 있고, 복수 측정부(400)는 인공 기저막(100) 각각의 영역에서 서로 다른 주파수 대역의 신호를 개별적으로 측정할 수 있다.
- [64] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막 장치의 시제품을 나타낸 도면이고, 도 10은 도 9의 시제품을 이용하여 각 채널에서의 주파수응답특성을 분석한 실험값과 컴퓨터 시뮬레이션 값을 비교하여 나타낸 그래프이며, 도 11은 도 9의 시제품을 이용하여 인공 기저막에 형성된 각 채널에서의 공진주파수를 나타낸 그래프이다.
- [65] 도 9를 참조하면, 본 발명의 발명자는 본 발명이 갖는 주파수응답특성을 검증하기 위해 시제품을 제작하였다. 시제품의 구성을 살펴보면, 인공 기저막(100)은 압전 소재의 필름으로 제작되었고, 지지부(200)는 아크릴 재료로 제작되었으며, 감지부(300)는 금 전극이 사용되었다. 지지부(200)는 레이저 커팅을 이용하여 인공 기저막(100) 형상의 홀을 갖도록 가공된 상판과 하판으로 구성된다. 인공 기저막(100)은 상판과 하판 사이에 겹쳐진 상태로 가장자리가 고정된다. 여기서, 인공 기저막(100)의 폭은 1.5 ~ 27mm이고, 두께는 40 μ m이며, 전체 직경은 40mm이다. 인공 기저막(100)의 상부에는 E-beam evaporator를 이용하여 금 전극이 증착된다.
- [66] 인공 기저막(100)에는 진동에 의해 발생된 전압 신호의 측정 지점이 형성된다. 본 명세서에서는 이를 채널(Ch)이라 지칭한다. 도 9를 참조하면, 총 8개의 채널(Ch_1, Ch_2, Ch_3, Ch_4, Ch_5, Ch_6, Ch_7, Ch_8)이 형성된다. 다만, 채널의 개수가 8개 보다 많거나 작을 수 있음은 물론이다. 각 채널에는 금 전극(300a, 300b, 300c, 300d, 300e, 300f, 300g, 300h)이 연결된다.
- [67] 일반적으로, 소리에 의한 진동은 인공 기저막(100)의 기저부(도 1의 a 참조)에서 침부(도 1의 b 참조) 방향으로 전달된다. 이때, 기저부에서는 주파수가 높은 고역의 진동에 공명하여 진동하고, 침부 방향으로 갈수록 주파수가 낮은 저역의 진동에 공명하여 진동한다. 즉, 인공 기저막(100)은 소리의 주파수 성분을 구분할 수 있는 능력이 있는데, 고주파수에서 생성된 진행파는 기저부에서 최대 진폭을 나타내고, 저주파수에서 생성된 진행파는 침부 근처에서 최대 진폭을 나타낸다.
- [68] 다음으로 본 발명의 발명자는 상기 시제품의 인공 기저막(100)에 형성된 각 채널(Ch)에서의 주파수응답특성을 분석하였다. 도 10의 그래프에는 각 채널(Ch)에서 측정된 공진주파수와 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 얻은 고유진동수가 함께 도시되어 있다. 도 10의 그래프에서 아래에 실선으로 나타난 그래프는 상기 시제품을 이용하여 측정된 실험값으로 각 채널 위치에서의 공진

주파수이고, 위의 점선으로 나타난 그래프는 시뮬레이션값으로 각 채널 위치에서의 고유 진동수이다. 도 10의 그래프에서 가장 오른쪽에 위치한 위와 아래 그래프는 Ch_1에서의 주파수 특성을 나타내고, 가장 왼쪽에 위치한 위와 아래 그래프는 Ch_8에서의 주파수 특성을 나타낸다. 도 10의 그래프에서 볼 수 있듯이, 각 채널이 가지는 고유 진동수가 서로 독립적이고, 각 채널에서의 실험값과 시뮬레이션값은 동일함을 알 수 있다.

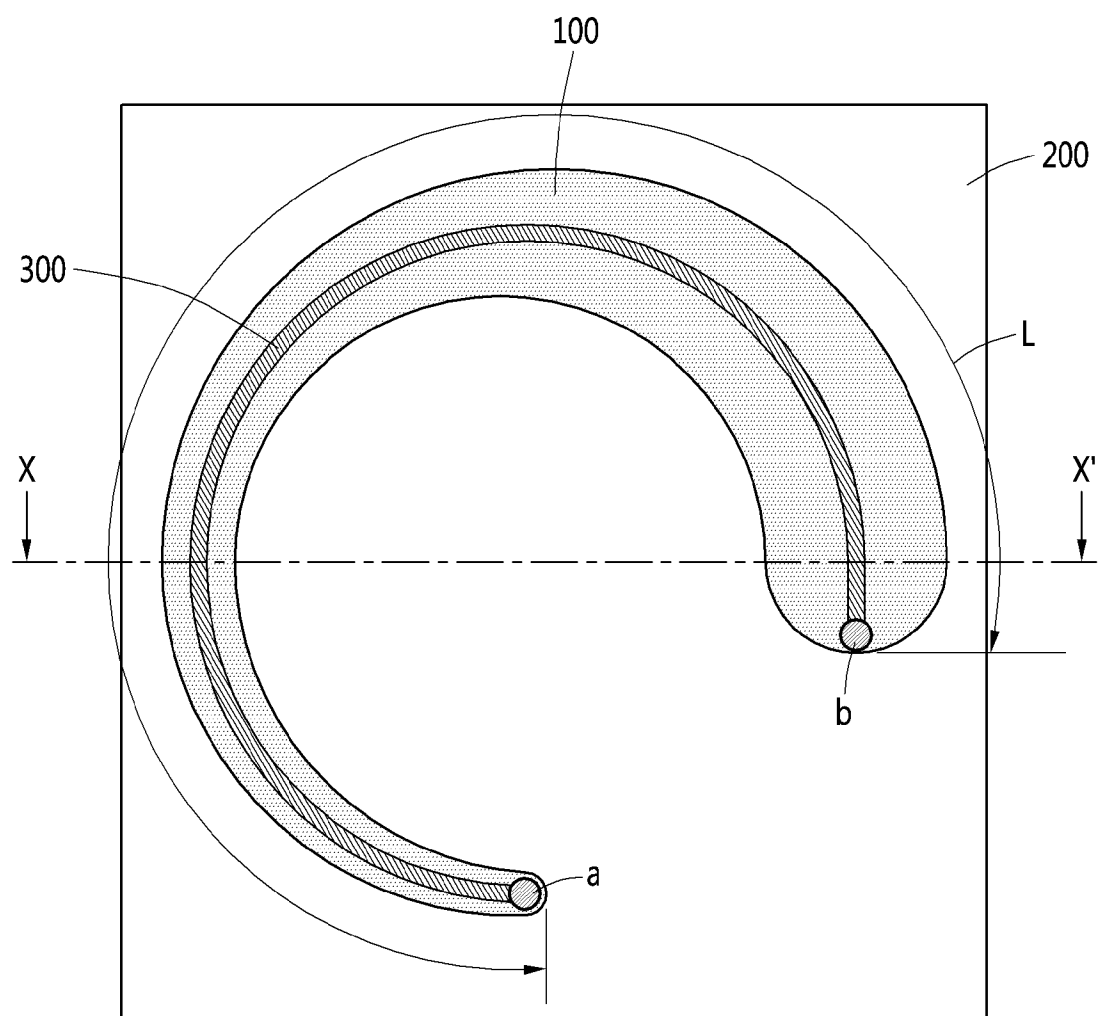
- [69] 도 11의 그래프에는 각 채널 위치에서의 공진 주파수를 나타낸다. 여기서, distance가 0이 되는 지점은 인공 기저막(100)의 기저부를 의미한다. 도 11의 그래프에서 Ch_1에서 Ch_8까지 측정된 공진 주파수는 각각 19300 Hz, 16238 Hz, 7375 Hz, 4463 Hz, 1825 Hz, 1087 Hz, 587 Hz, 124 Hz이다.
- [70] 도 10 및 도 11에서 알 수 있듯이 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막 장치는 서로 다른 주파수 대역을 가진 소리를 주파수 대역 별로 분리하여 독립적으로 인식할 수 있다.
- [71] 한편, 종래 직선형 인공 기저막 장치와 달리 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막 장치는 공진 주파수 대역을 조절할 수 있는 효과를 가진다. 소리에 의한 진동이 인공 기저막(100)의 나선형 경로를 따라 기저부에서 첨부 방향으로 이동하면 관성에 의해 진동에 의한 최대 진폭이 발생하는 지점이 인공 기저막(100)의 폭 방향 중심에서 바깥쪽으로 이동한다. 이로 인해 인공 기저막(100)의 스프링 상수가 달라지게 되며, 공진 주파수 또한 변한다. 즉, 본 발명에 따르면 인공 기저막(100)의 폭과 길이를 조절함으로써 넓은 영역의 주파수 대역을 구현할 수 있는 것이다. 그러나, 종래의 직선형 인공 기저막에 따르면 본 발명의 나선형 구조의 인공 기저막(100)과 동일한 폭과 길이를 가진 경우라도 최대 진폭이 발생하는 위치가 기저막 중심에 한정되므로 공진 주파수 대역이 본 발명에 비해 한정적이다.
- [72] 또한, 종래 직선형 인공 기저막 장치와 달리 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 기저막 장치는 나선형 구조를 가지므로 공간을 효율적으로 사용할 수 있다.
- [73] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

청구범위

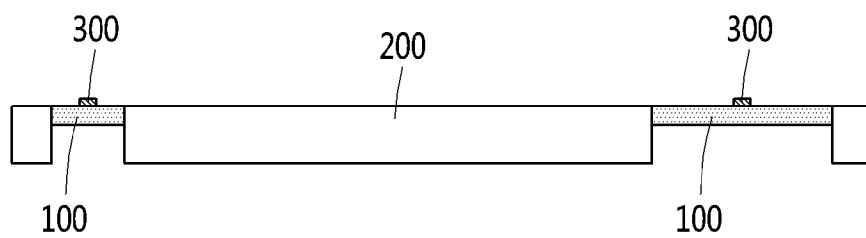
- [청구항 1] 나선형 구조를 가진 인공 기저막;
상기 인공 기저막을 지지하는 지지부; 및
상기 인공 기저막의 진동 신호를 감지하는 감지부;를 포함하고,
상기 인공 기저막은 상기 지지부의 바닥으로부터 일정 거리 떨어진
상태로 상기 지지부에 의해 지지되는 것을 특징으로 하는 인공 기저막
장치.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 인공 기저막의 길이에 따라 폭이 변하는 것을 특징으로 하는 인공
기저막 장치.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 인공 기저막의 두께는 길이 방향을 따라 변하는 것을 특징으로 하는
인공 기저막 장치.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 인공 기저막은 두께가 길이에 비해 1/10 이하인 것을 특징으로 하는
인공 기저막 장치.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 인공 기저막의 회전각은 나선 중심을 기준으로 90° 이상 1080°
이하인 것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 인공 기저막은 진동을 전기적 신호로 변환할 수 있는 압전 소재로
구성되는 것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
상기 감지부는 상기 인공 기저막의 중심 부위에 길이 방향을 따라
형성되는 것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,
상기 인공 기저막은 부도체로 구성되고, 상기 인공 기저막에 복수로
구획된 각 영역에 감지부가 부착되는 것을 특징으로 하는 인공 기저막
장치.
- [청구항 9] 제 1 항에 있어서,
상기 감지부는 저항식 센서, 자기 센서 및 압전형 센서 중 어느 하나인
것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 10] 제 1 항에 있어서,
상기 감지부는 상기 인공 기저막의 진동을 광학적 방법으로 감지하는
것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 11] 제 10 항에 있어서,
상기 인공 기저막의 일면에는 광의 반사를 돕는 재료가 부착되는 것을

- 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 12] 제 1 항에 있어서,
상기 감지부는,
상기 인공 기저막에 형성된 제1 도전막; 및
상기 제1 도전막과 대향되도록 일정 거리 이격된 제2 도전막;을 포함하고,
상기 제1 도전막 및 제2 도전막 사이의 거리 변화에 따른 정전용량 변화를
감지하는 것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 13] 제 12 항에 있어서,
상기 인공 기저막은 부도체이고, 상기 인공 기저막 위에 고전도성 막이
코팅된 것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 14] 제 12 항에 있어서,
상기 제1 도전막 또는 제2 도전막은 복수로 구성되어 상기 인공 기저막의
길이 방향을 따라 배열되는 것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 15] 제 13 항 또는 제 14 항에 있어서,
상기 제1 도전막 또는 제2 도전막의 폭은 상기 인공 기저막의 길이 방향을
따라 일정하게 형성되는 것을 특징으로 하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 16] 제 1 항에 있어서,
상기 감지부에서 감지한 진동 신호의 전압을 측정하는 측정부;를 더
포함하는 인공 기저막 장치.
- [청구항 17] 제 1 항에 있어서,
상기 감지부는 상기 인공 기저막에 복수로 구획된 각 영역에 부착되고,
상기 각 영역에는 상기 감지부에서 감지한 진동 신호의 전압을 측정하는
측정부;를 더 포함하는 인공 기저막 장치.

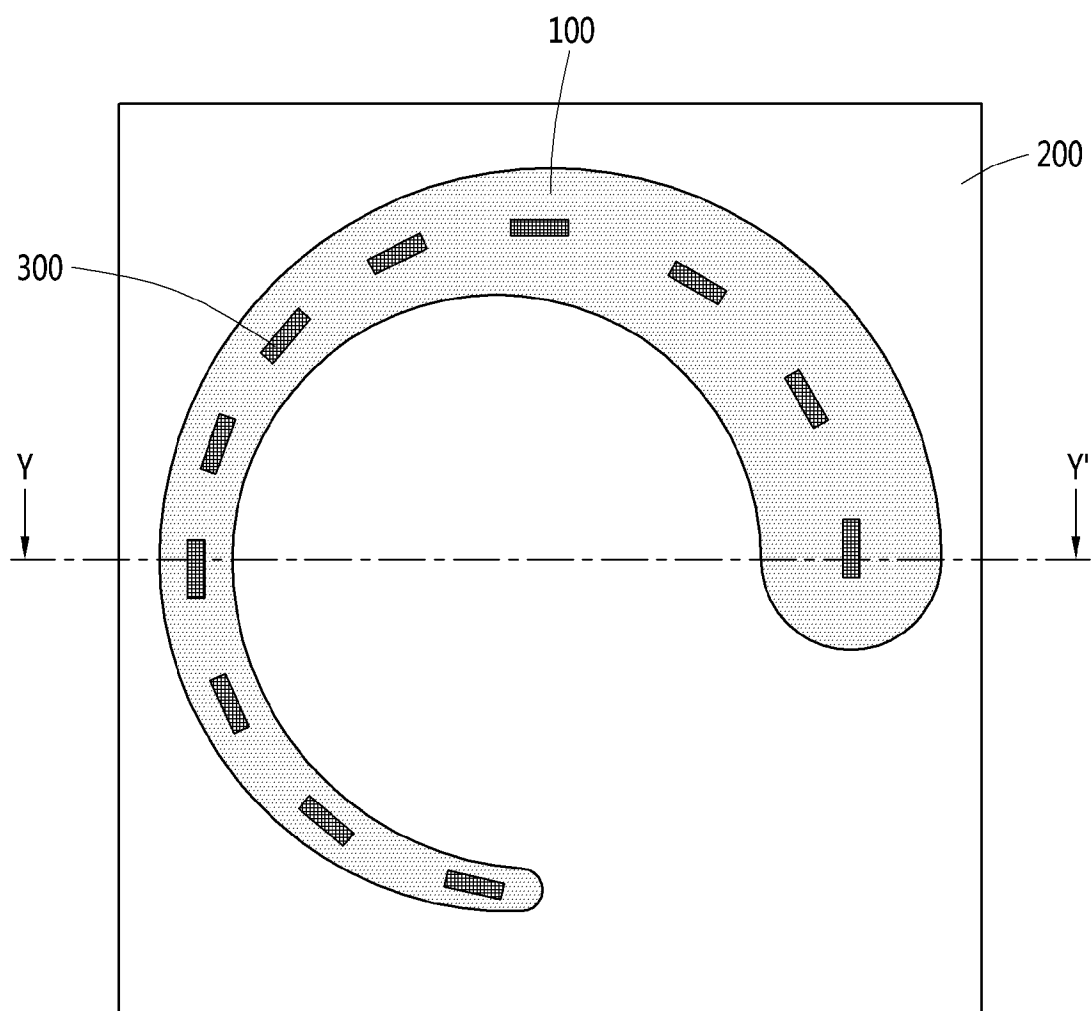
[51]



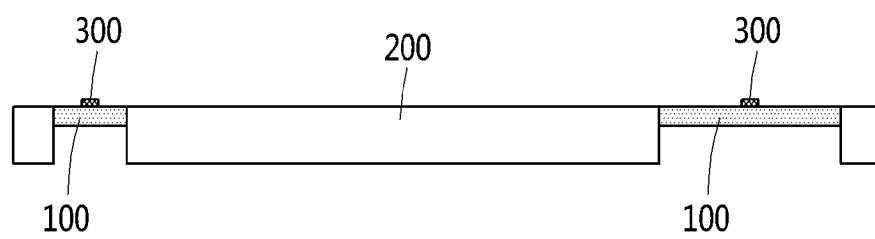
[도2]



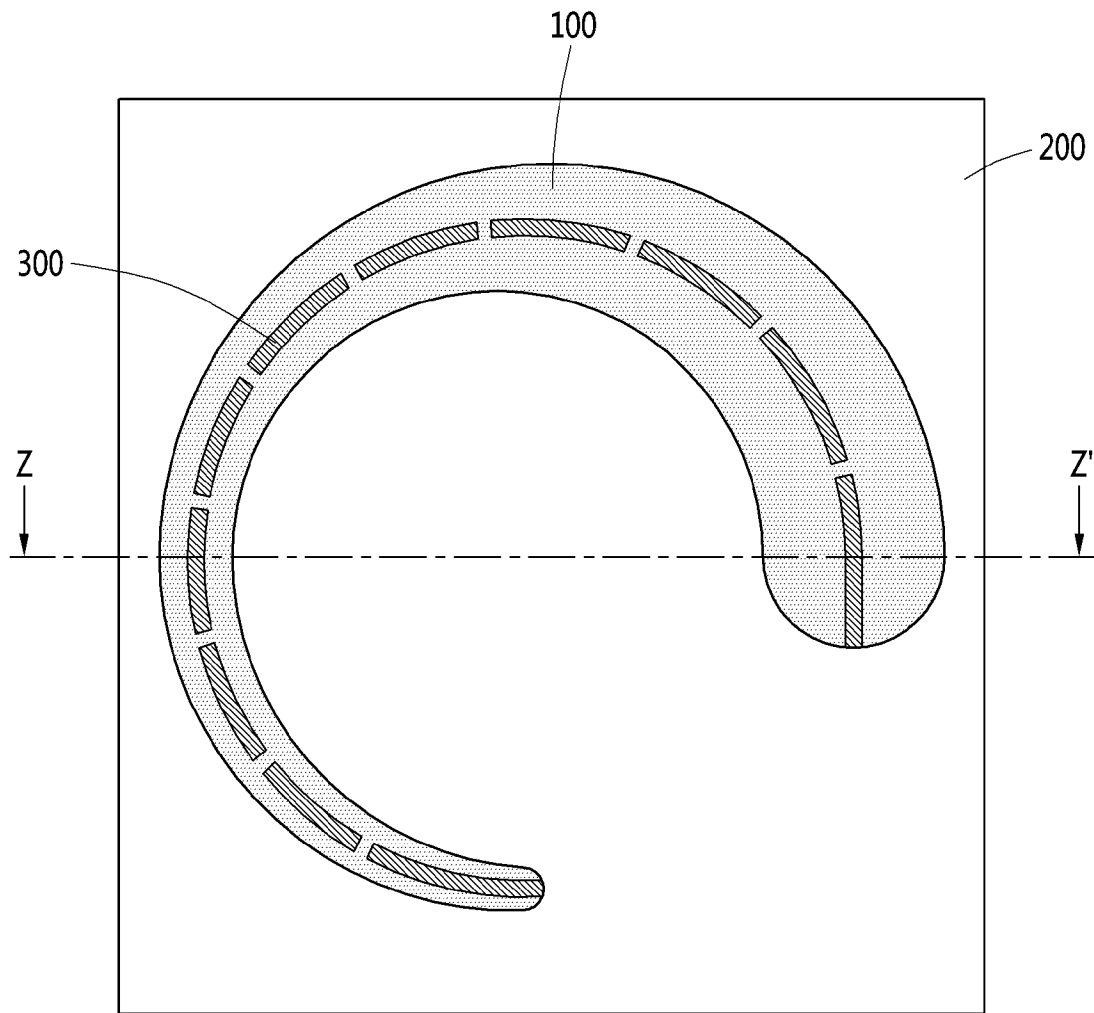
[도3]



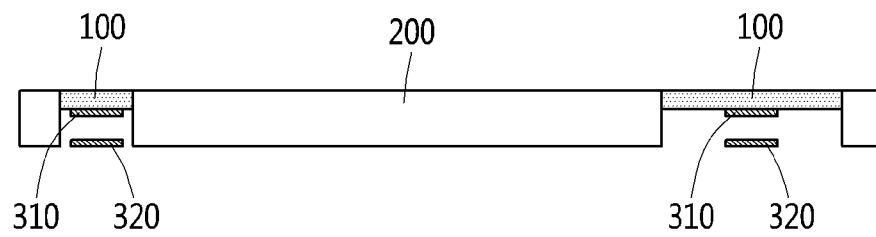
[도4]



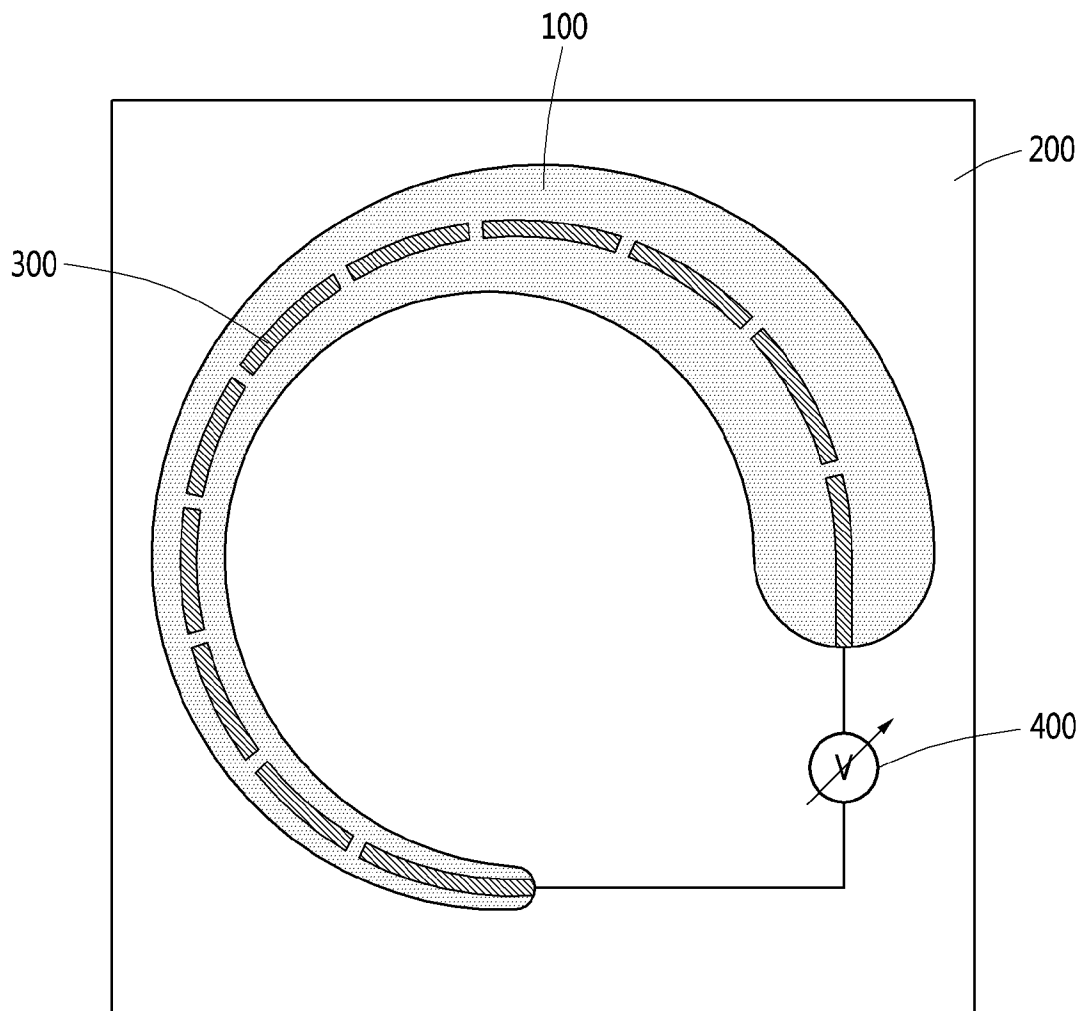
[도5]



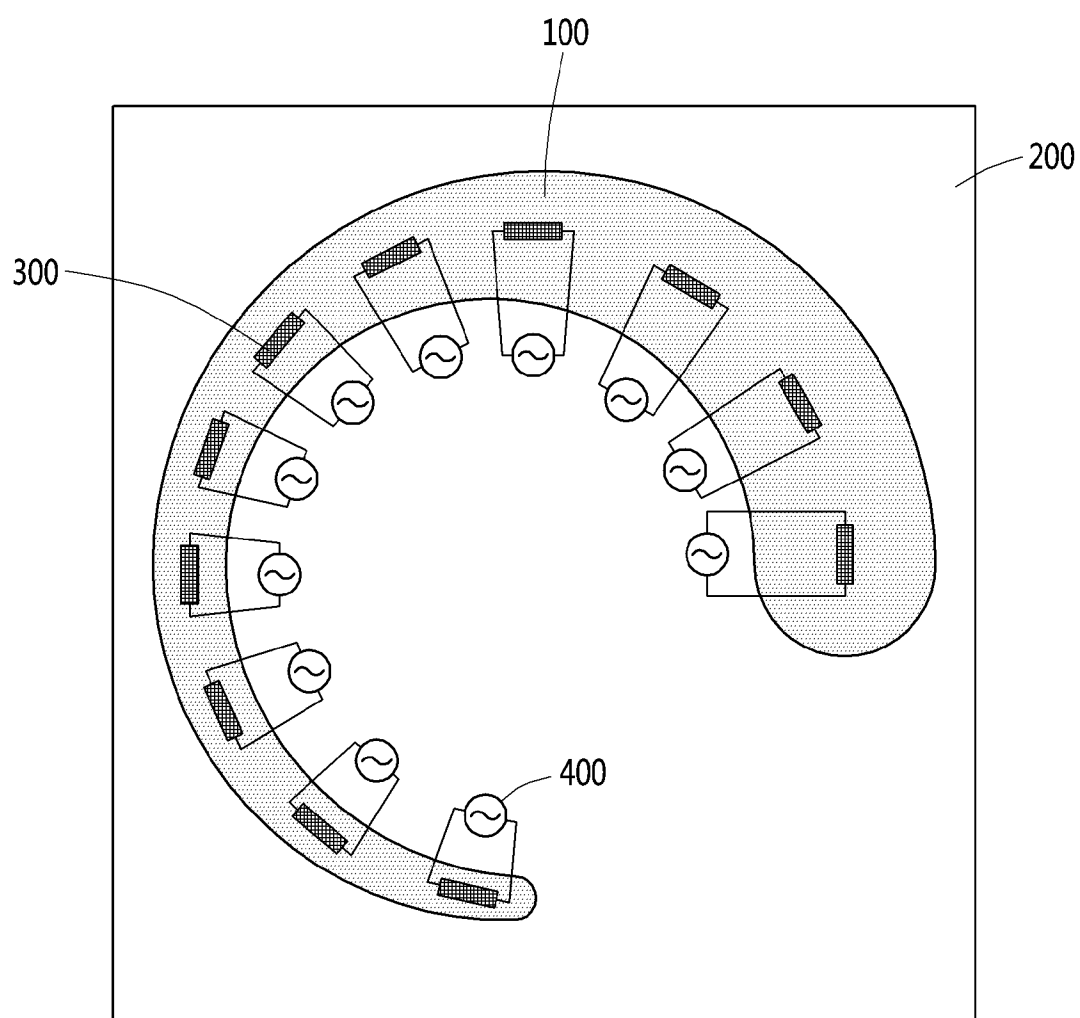
[도6]



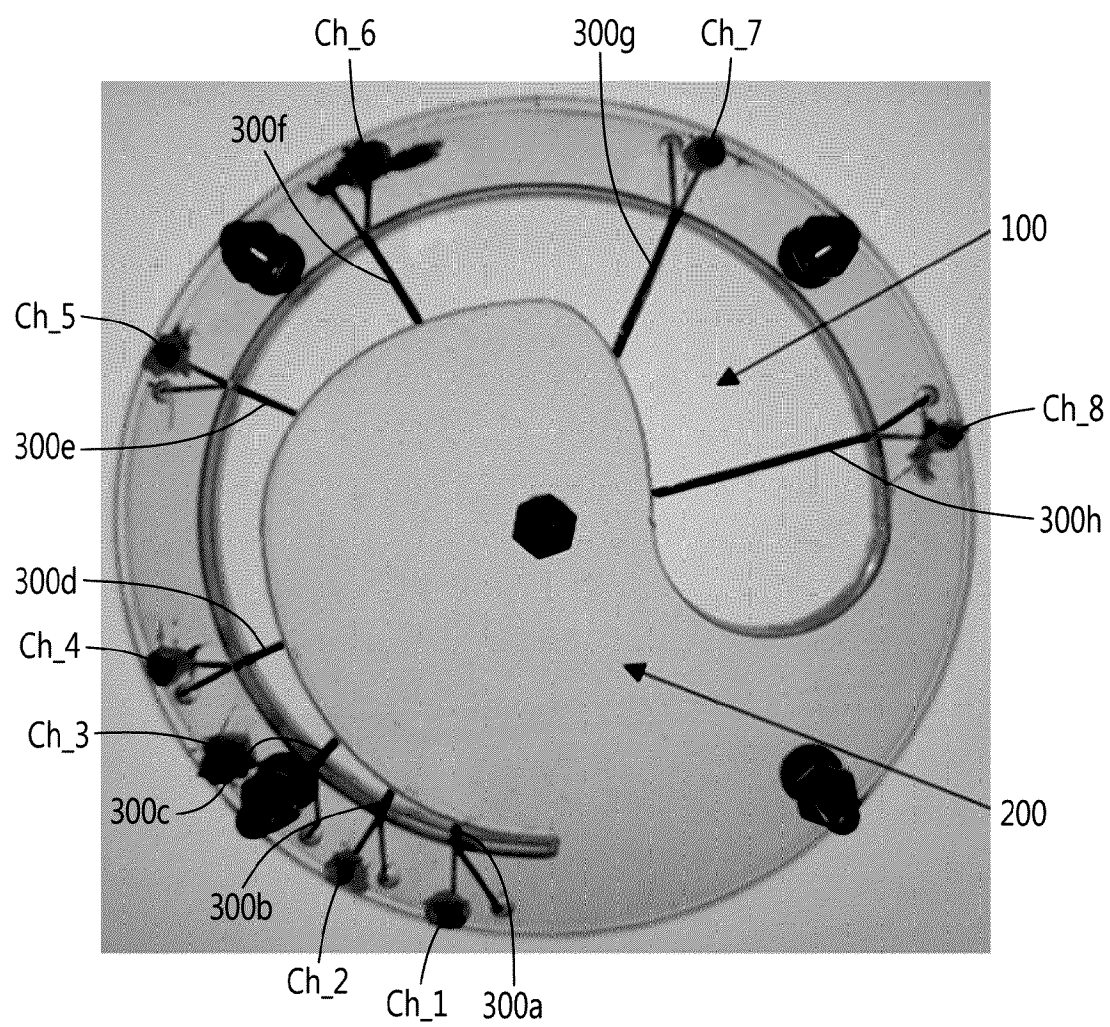
[도7]



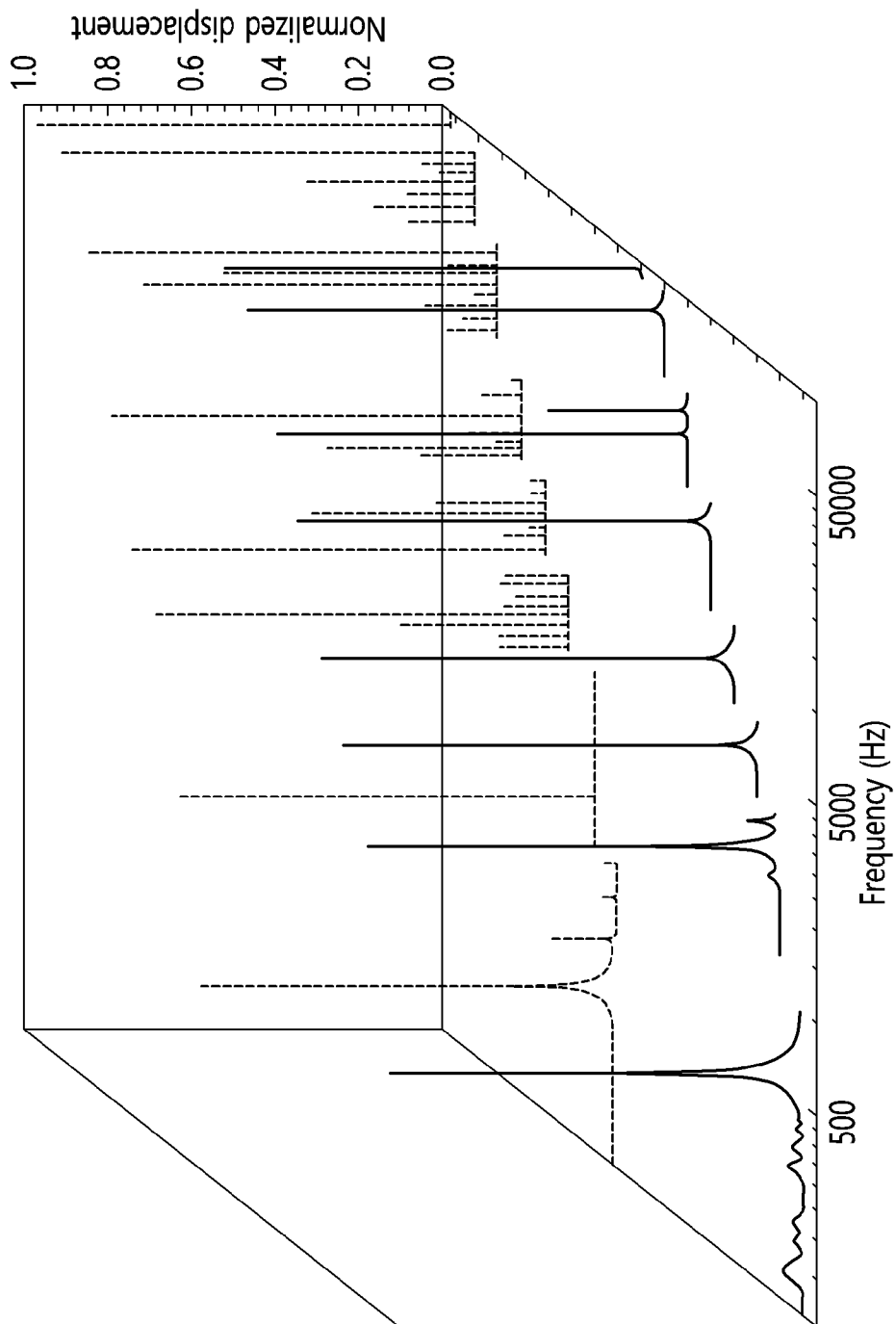
[도8]



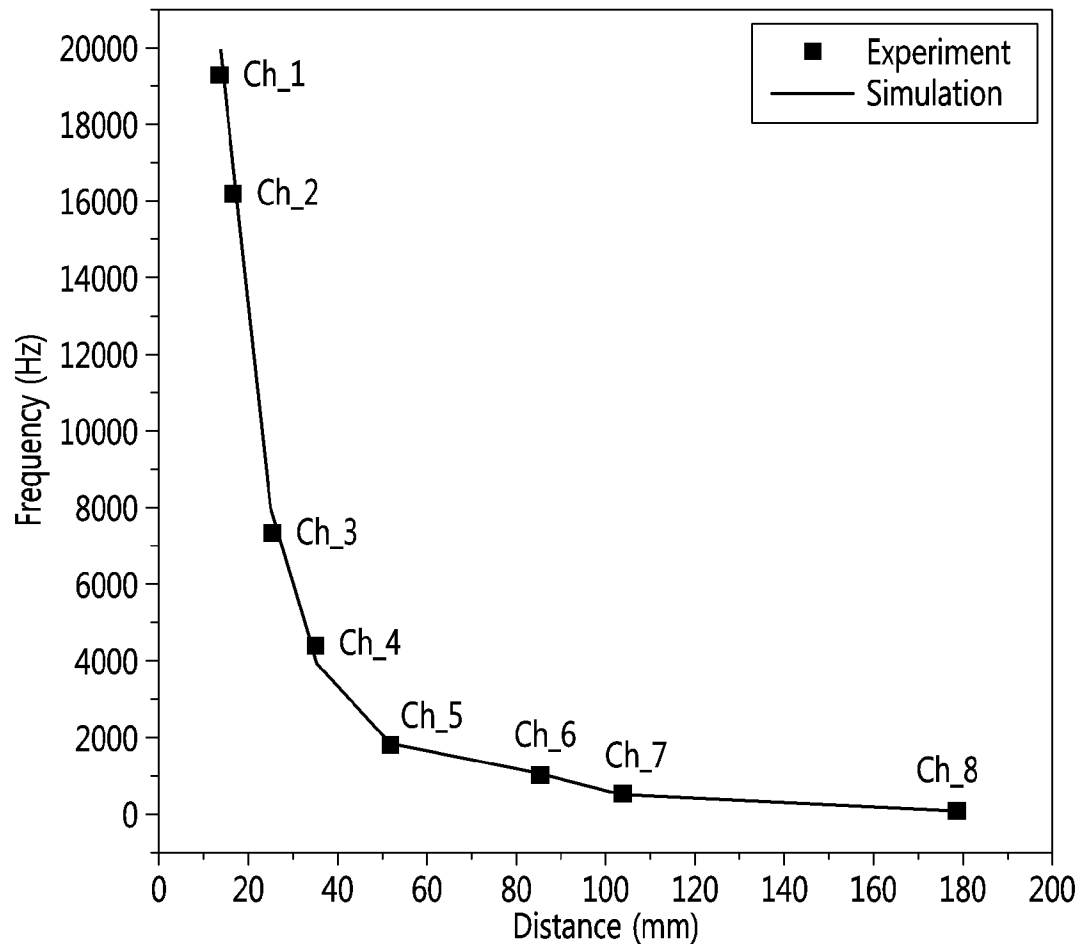
[도9]



[도 10]



[도11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/003864

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61F 2/18(2006.01)i; A61F 11/00(2006.01)i; A61N 1/36(2006.01)i; A61N 1/05(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61F 2/18(2006.01); A61F 11/00(2006.01); G01P 15/125(2006.01); H04R 19/00(2006.01); H04R 19/01(2006.01); H04R 25/00(2006.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 나선형 기저막(spiral basilar membrane), 이격 지지부(spaced apart support portion), 진동 감지(vibration detection), 압전 소재(piezoelectric material), 복수의 도전막(multiple conductive thin film), 정전용량 변화(capacitance change)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2015-0039012 A (DAEGU GYEONGBUK INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 09 April 2015 (2015-04-09) See paragraphs [0011]-[0024] and [0044]-[0052]; claim 5; and figures 2-3.	1-17
Y	JUNG, Youngdo et al. Development of a multi-channel piezoelectric acoustic sensor based on an artificial basilar membrane. Sensors. 2014, vol. 14, pp. 117-128. See abstract; pages 119-120; and figure 1.	1-17
Y	KR 10-2020-0113531 A (INHA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 07 October 2020 (2020-10-07) See paragraph [0022]; and claim 9.	10-11
Y	KR 10-2018-0130929 A (KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) 10 December 2018 (2018-12-10) See paragraph [0038]; claim 1; and figure 4.	12-15
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 27 June 2022		Date of mailing of the international search report 27 June 2022
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/003864**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2013-0089549 A (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION et al.) 12 August 2013 (2013-08-12) See entire document.	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/003864

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2015-0039012	A	09 April 2015	KR	10-1530775	B1	22 June 2015
KR	10-2020-0113531	A	07 October 2020	KR	10-2214475	B1	09 February 2021
KR	10-2018-0130929	A	10 December 2018	KR	10-1936805	B1	09 April 2019
KR	10-2013-0089549	A	12 August 2013	KR	10-1334912	B1	29 November 2013
				US	2015-0012059	A1	08 January 2015
				WO	2013-115621	A1	08 August 2013

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) A61F 2/18(2006.01)i; A61F 11/00(2006.01)i; A61N 1/36(2006.01)i; A61N 1/05(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) A61F 2/18(2006.01); A61F 11/00(2006.01); G01P 15/125(2006.01); H04R 19/00(2006.01); H04R 19/01(2006.01); H04R 25/00(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 나선형 기저막(spiral basilar membrane), 이격 지지부(spaced apart support portion), 진동 감지(vibration detection), 압전 소재(piezoelectric material), 복수의 도전막(multiple conductive thin film), 정전용량 변화(capacitance change)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2015-0039012 A (재단법인대구경북과학기술원) 2015.04.09 단락 [0011]-[0024], [0044]-[0052]; 청구항 5; 및 도면 2-3 참조.	1-17
Y	JUNG, YOUNGDO 등 "Development of a multi-channel piezoelectric acoustic sensor based on an artificial basilar membrane", Sensors, 2014, 14권, 페이지 117-128 요약; 페이지 119-120; 및 도면 1 참조.	1-17
Y	KR 10-2020-0113531 A (인하대학교 산학협력단) 2020.10.07 단락 [0022]; 및 청구항 9 참조.	10-11
Y	KR 10-2018-0130929 A (경북대학교 산학협력단) 2018.12.10 단락 [0038]; 청구항 1; 및 도면 4 참조.	12-15
A	KR 10-2013-0089549 A (서울대학교산학협력단 등) 2013.08.12 전체 문헌 참조.	1-17
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: "A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 "D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 "E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 "L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 "O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 "P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 "T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 "X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. "Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. "&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2022년06월27일(27.06.2022)		국제조사보고서 발송일 2022년06월27일(27.06.2022)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 허주형 전화번호 +82-42-481-5373

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2015-0039012 A	2015/04/09	KR 10-1530775 B1	2015/06/22
KR 10-2020-0113531 A	2020/10/07	KR 10-2214475 B1	2021/02/09
KR 10-2018-0130929 A	2018/12/10	KR 10-1936805 B1	2019/04/09
KR 10-2013-0089549 A	2013/08/12	KR 10-1334912 B1	2013/11/29
		US 2015-0012059 A1	2015/01/08
		WO 2013-115621 A1	2013/08/08