(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월18일
(11) 등록번호 10-2179665
(24) 등록일자 2020년11월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16F 15/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F16F 15/02 (2013.01)
F16F 2228/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0088260
(22) 출원일자 2019년07월22일
심사청구일자 2019년07월22일
(56) 선행기술조사문헌
US20130025961 A1
KR100781467 B1*
KR101804694 B1
탄성 메타물질의 구현과 응용(2014.10.) 1부.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
박노철
서울특별시 마포구 마포대로 195, 202동 1403호
윤주영
서울특별시 서대문구 신촌로11길 35, 204호
송원근
경기도 안성시 대학로 64, 101동 406호
(74) 대리인
특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 16 항 심사관 : 성상훈

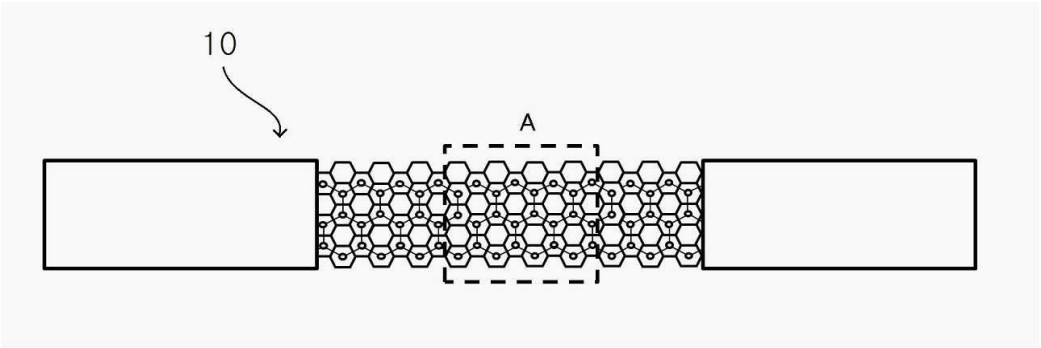
(54) 발명의 명칭 **탄성 메타물질 및 이를 이용한 진동의 저감 방법**

(57) 요 약

본 발명은 서로 다른 구조물이 서로의 진동에 의해 영향을 받지 않고 공진하고, 단위 공진체 내부에 작은 단위 공진체가 형성되는 탄성 메타물질을 제공하는데 그 목적이 있으며, 단위 공진체 및 작은 단위 공진체가 생성하는 밴드갭을 조절 할 수 있는 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

상기한 목적을 이루기 위해 본 발명에 따른 탄성 메타물질은, 제1 구조물, 상기 제1 구조물보다 작은 직경을 갖고, 상기 제1 구조물의 둘레를 감싸며 복수개가 배열되는 제2 구조물, 복수개의 상기 제2 구조물을 서로 연결하는 제2 빔을 포함하는 단위 공진체를 포함하고, 상기 단위 공진체의 상기 제1 구조물은 서로 인접하는 다른 단위 공진체의 제1 구조물과 제1 빔으로 연결되는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NRF-2017M1A3A3A02016432
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	우주핵심기술개발사업
연구과제명	인공위성 궤도제어 및 폐기를 위한 탄성 메타물질 테더 시스템 개발(3/4)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 구조물;

상기 제1 구조물보다 작은 직경을 갖고, 상기 제1 구조물의 둘레를 감싸며 복수개가 배열되는 제2 구조물;

복수개의 상기 제2 구조물을 서로 연결하는 제2 빔;을 포함하는 단위 공진체를 포함하고,

상기 단위 공진체의 상기 제1 구조물은 서로 인접하는 다른 단위 공진체의 제1 구조물과 제1 빔으로 연결되는 것을 특징으로 하고,

상기 제1 빔과 상기 제2 빔의 밀도는 상기 제1 구조물의 밀도보다 낮은 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1 구조물은 상기 제2 구조물보다 크기가 더 큰 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제1 빔과 상기 제2 빔은 서로 교차하여 연결되는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제1 빔과 상기 제2 빔의 밀도는 제2 구조물의 밀도보다 낮은 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 6

제 1항에 있어서,

복수개의 단위 공진체를 포함하고, 상기 제1 구조물은 N개의 상기 제 1빔을 포함하고, N개의 상기 제 1빔은 각각 인접하는 N개의 상기 단위 공진체와 각각 연결되는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 제1 구조물은 다각형으로 형성되고,

상기 제2 구조물은 상기 제1 구조물에 형성되는 변의 개수에 대응되는 개수로 형성되는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 제1 빔이 서로 다른 두 개의 상기 제1 구조물의 면을 연결하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 제1 빔이 서로 다른 두 개의 상기 제1 구조물의 모서리를 연결하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 10

제 1항에 있어서,

복수개의 상기 단위 공진체는 허니콤 구조로 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 11

제 1항에 있어서 상기 제1 구조물은,

제1 코어; 및

상기 제1 코어를 감싸고, 상기 제1 빔과 연결되되, 상기 제1 빔과 동일한 소재로 이루어지는 제1 시스;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 12

제 1항에 있어서 상기 제2 구조물은,

제2 코어; 및

상기 제2 코어를 감싸고, 상기 제2 빔과 연결되되, 상기 제2 빔과 동일한 소재로 이루어지는 제2 시스;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 13

제 1항에 있어서,

복수개의 밴드갭을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 제1 구조물의 공진에 의한 제1 밴드갭;

상기 제2 구조물의 공진에 의한 제2 밴드갭; 및

상기 제1 구조물과 상기 제2 구조물의 동시 공진에 의한 제3 밴드갭;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 15

제 13항에 있어서,

상기 복수개의 밴드갭은 1kHz 이하에서 형성되는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

청구항 16

제1 구조물, 상기 제1 구조물보다 작은 직경을 갖고, 상기 제1 구조물의 둘레를 감싸며 복수개가 배열되는 제2 구조물, 복수개의 상기 제2 구조물을 서로 연결하는 제2 빔을 포함하는 단위 공진체를 포함하고, 상기 단위 공진체의 제1 구조물은 서로 인접하는 다른 단위 공진체의 제1 구조물과 제1 빔으로 연결되고,

상기 제1 구조물 또는 상기 제2 구조물의 밀도를 증가시켜, 상기 제1 구조물 또는 상기 제2 구조물의 공진으로 흡수하는 주파수 대역을 각각 독립적으로 내리는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

제 16항에 있어서,

상기 제1 빔 또는 상기 제2 빔의 영률을 감소시켜, 상기 제1 구조물 또는 상기 제2 구조물의 공진으로 흡수하는 주파수 대역을 각각 독립적으로 내리는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 탄성 메타물질 및 이를 이용한 진동의 저감 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 각각이 빔의 연결을 통해 연결되어, 독립적인 밴드갭을 생성할 수 있는 두 개의 공진체가 형성된 탄성 메타물질 및 탄성 메타물질의 밴드갭을 조절할 수 있는 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 메타물질은 자연계에 존재하지 않는 특성을 구현하기 위해 플라스틱, 금속, 고무 등과 같은 일반적인 물질로부터 형성된 복합 요소의 집합체이다.

[0004] 일반적으로, 메타물질은 일반적인 물질의 반복적인 패턴으로 배열되어 형성되고, 물질의 특성이 아닌, 배열 구조에 따라 메타물질의 특성이 정해지게 된다.

[0005] 메타물질은 특정 주파수 대역에서 유효 질량과 유효 탄성률이 음의 값을 가지게 되는데, 이를 밴드갭이라고 하며, 밴드갭 대역에서는 파동이 메타물질을 통과하면서 감쇠하게 된다.

[0006] 메타물질이 적용될 수 있는 분야는 매우 다양하며 항공우주산업, 센서 감지와 사회기반시설의 모니터링, 스마트 태양에너지 관리, 군중통제, 레이돔, 전쟁 시의 고주파 통신, 고 이득 안테나의 렌즈, 초음파 센서의 개선, 지진피해 방지 건물 등의 매우 다양한 분야에 적용된다.

[0007] 음파, 탄성파, 지진파의 경우, 0~50kHz의 넓은 주파수 대역에 분포하고 있어, 기존에는 넓은 주파수 대역을 커버하기 위해 넓은 밴드갭을 가지는 메타물질의 설계가 요구되었으며, 그 실시예는 다음과 같다.

[0008] 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0104820호를 참고하면, 도 1에 도시된 것과 같이 종래의 탄성 메타물질 구조(1)는 XY 평면상에 배열되는 복수 개의 질량체와 상기 질량체를 연결하는 연결빔을 포함하되, 상기 복수 개의 질량체가 집합된 단위체가 복수 개 배열되는 구성을 갖는다. 상기 단위체는 제1 단위체(A)와 제2 단위체(B)를 포함하며, 상기 연결빔은 제1 연결빔(40)과 제2 연결빔(50)을 포함한다. 이때, 상기 제1 연결빔(40)은 상기 제1 질량체(10a)와 상기 제2 질량체(20)를 연결하고, 상기 제2 연결빔(50)은 제1 질량체(10a)와 제3 질량체(30)를 서로 연결하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 그러나, 종래의 탄성 메타물질 구조는 서로 다른 질량체가 하나의 빔으로 연결되어, 상기 제1 질량체(10a)가 공진하는 경우, 상기 제1 연결빔(40)으로 상기 제1 질량체(10a)와 연결된 상기 제2 질량체(20)에 영향을 줄 수 있고, 상기 제2 연결빔(50)으로 상기 제1 질량체(10a)와 연결된 상기 제3 질량체(30)에 영향을 줄 수 있어, 각 질량체가 고유의 공진 구역에서 방해 없이 공진할 수 없어, 다수개의 독립적인 밴드갭 형성 및 예측이 어렵다는 문제점이 있었다.

[0010] 또한, 상기 제1 단위체(A)와 상기 제2 단위체(B)가 교대로 배열되어, 서로 다른 밴드갭을 형성하는 다수개의 단위체의 배열 구조에 많은 공간이 필요하다는 단점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0104820호 (공개일자 2017.09.18.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 서로 다른 구조물이 서로의 진동에 의해 영향을 받지 않고 공진하고, 단위 공진체 내부에 작은 단위 공진체가 형성되는 탄성 메타물질을 제공하는데 그 목적이 있으며, 단위 공진체 및 작은 단위 공진체가 생성하는 밴드갭을 조절 할 수 있는 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명에 따른 탄성 메타물질은, 제1 구조물, 상기 제1 구조물보다 작은 직경을 갖고, 상기 제1 구조물의 둘레를 감싸며 복수개가 배열되는 제2 구조물, 복수개의 상기 제2 구조물을 서로 연결하는 제2 빔을 포함하는 단위 공진체를 포함하고, 상기 단위 공진체의 상기 제1 구조물은 서로 인접하는 다른 단위 공진체의 제1 구조물과 제1 빔으로 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 상기 제1 구조물은 상기 제2 구조물보다 크기가 더 큰 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 상기 제1 빔과 상기 제2 빔이 서로 교차하여 연결되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 상기 제1 빔과 상기 제2 빔의 밀도가 상기 제1 구조물의 무게보다 낮은 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 상기 제1 빔과 상기 제2 빔의 밀도가 제2 구조물의 무게보다 낮은 것을 특징으로 할 수 있다.

[0020] 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 복수개의 단위 공진체를 포함하고, 상기 제1 구조물은 N개의 상기 제 1빔을 포함하고, N개의 상기 제 1빔은 각각 인접하는 N개의 상기 단위 공진체와 각각 연결되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질의 상기 제1 구조물은, 다각형으로 형성되고, 상기 제2 구조물은 상기 제1 구조물에 형성되는 변의 개수에 대응되는 개수로 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 상기 제1 빔이 서로 다른 두 개의 상기 제1 구조물의 면을 연결하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 상기 제1 빔이 서로 다른 두 개의 상기 제1 구조물의 모서리을 연결하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질의 복수개의 상기 단위 공진체는, 허니콤 구조로 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질의 상기 제1 구조물은, 제1 코어 및 상기 제1 코어를 감싸고, 상기 제1 빔과 연결되되, 상기 제1 빔과 동일한 소재로 이루어지는 제1 시스를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질의 상기 제2 구조물은, 제2 코어 및 상기 제2 코어를 감싸고, 상기 제2 빔과 연결되되, 상기 제2 빔과 동일한 소재로 이루어지는 제2 시스를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 본 발명의 탄성 메타물질은 복수개의 밴드갭을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 본 발명의 탄성 메타물질은 상기 제1 구조물의 공진에 의한 제1 밴드갭, 상기 제2 구조물의 공진에 의한 제2 밴드갭 및 상기 제1 구조물과 상기 제2 구조물의 동시 공진에 의한 제3 밴드갭을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질은, 상기 복수개의 밴드갭은 1kHz 이하에서 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0030] 본 발명에 따른 탄성 메타물질 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법은, 제1 구조물, 상기 제1 구조물보다 작은 직경을 갖고, 상기 제1 구조물의 둘레를 감싸며 복수개가 배열되는 제2 구조물, 복수개의 상기 제2 구조물을 서로 연결하는 제2 빔을 포함하는 단위 공진체를 포함하고, 상기 단위 공진체의 제1 구조물은 서로 인접하는 다른 단위 공진체의 제1 구조물과 제1 빔으로 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0031] 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법은, 상기 제1 구조물 또는 상기 제2 구조물의 밀도를 증가시켜, 상기 제1 구조물 또는 상기 제2 구조물의 공진으로 흡수하는 주파수 대역을 각각 독립적으로 내리는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0032] 본 발명에 일 실시예에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법은, 상기 제1 빔 또는 상기 제2 빔의 영률을 감소시켜, 상기 제1 구조물 또는 상기 제2 구조물의 공진으로 흡수하는 주파수 대역을 각각 독립적으로 내리는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0034] 본 발명의 탄성 메타물질은, 두 개의 단위체가 각각에 형성된 빔을 통해 연결되어 있어, 진동 발생 시, 서로의 진동에 영향을 받지 않아, 다수개의 독립적인 밴드갭을 발생시킬 수 있는 효과가 있다.

[0035] 또한, 물질 또는 빔의 재질을 변화시켜 물질의 공진으로 흡수하는 주파수 대역을 용이하게 변경시킬 수 있는 효과가 있으며, 단위 공진체 내부에 작은 단위 공진체가 형성되어, 다수개의 독립적인 밴드갭을 형성하기 위해 필요한 공간이 최소화 되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 종래의 탄성 메타물질 구조 도면

도 2는 탄성 메타물질의 정면도

도 3은 탄성 메타물질의 제1 실시예 사시도

도 4는 도 2의 A 확대도

도 5는 도 4의 B 확대도

도 6은 탄성 메타물질의 제3 실시예에 따른 도 2의 A 확대도

도 7은 탄성 메타물질의 제4 실시예에 따른 단위체 구성도

도 8은 탄성 메타물질의 제4 실시예에 따른 제2 구조물의 공진 상태도

도 9a 내지 9c는 탄성 메타물질의 제4 실시예에 따른 제1 구조물의 공진 상태도

도 10은 탄성 메타물질의 제4 실시예에 따른 제1 구조물 및 제2 구조물의 공진 상태도

도 11은 탄성 메타물질의 밴드갭 발생 그래프

도 12는 탄성 메타물질을 이용한 진동 저감 방법이 적용된 탄성 메타물질의 밴드갭 발생 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하, 본 발명의 기술적 사상을 첨부된 도면을 사용하여 더욱 구체적으로 설명한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0039] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0040] 이하, 본 발명의 기술적 사상을 첨부된 도면을 사용하여 더욱 구체적으로 설명한다. 첨부된 도면은 본 발명의 기술적 사상을 더욱 구체적으로 설명하기 위하여 도시한 일예에 불과하므로 본 발명의 기술적 사상이 첨부된 도면의 형태에 한정되는 것은 아니다.

[0042] 도 2 및 도 3을 참고하면, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 제1 구조물(100), 상기 제1 구조물(100)보다 작은 직경을 갖고, 상기 제1 구조물(100)의 둘레를 감싸며 복수개가 배열되는 제2 구조물(200), 복수개의 상기 제2 구조물(200)을 서로 연결하는 제2 빔(210)을 포함하는 단위 공진체(U1)를 포함하고, 상기 단위 공진체(U1)의 상기 제1 구조물(100)은 서로 인접하는 다른 단위 공진체(U1)의 제1 구조물(100)과 제1 빔(110)으로 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0043] 상기와 같은 구성에 따른, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 상기 단위 공진체 내에 복수개의 상기 제2 구조물(200)의 배열로 이루어지는 작은 단위 공진체가 형성되어, 독립적인 다수개의 밴드갭 형성이 가능하며, 일정 공간안에 서로 다른 공진체를 형성시켜, 공간 활용도를 높일 수 있는 효과가 있다.

[0044] 또한, 상기 제1 빔과 상기 제2 빔은 서로 교차하여 연결되는 것을 특징으로 할 수 있다. 즉, 복수개의 상기 제1 구조물(100)은 상기 제1 빔(110)에 의해 서로 연결되고, 상기 제2 구조물(200)은 상기 제2 빔(210)에 의해 서로 연결되며, 상기 제1 빔(110)과 상기 제2 빔(210)이 연결되는 구조로 형성된다. 이와 같은 구성으로, 진동 발생 시, 상기 제1 구조물(100)의 진동과 상기 제2 구조물(200)의 진동이 서로 영향을 주지 않아, 서로 다른 독립적인 밴드갭을 발생시킬 수 있다.

[0045] 상기 제1 구조물(100)과 상기 제2 구조물(200)은 일정 주기를 갖고 복수개가 배열되며, 상기 제1 구조물(100), 상기 제2 구조물(200), 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)은 서로 다른 재질의 적용이 가능하다.

[0046] 본 발명의 설계 변수는 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 크기와 밀도, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 두께, 길이, 영률이 될 수 있으며, 아래의 [표1]로 설명하도록 한다.

[0047] 이때, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 크기는 상기 제1 구조물(100)과 상기 제2 구조물(200)의 부피를 의미할 수 있으며, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 두께는 도 3의 두께(t1) 및 두께(t2)를 의미하고, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 길이는 도 3의 길이(L)을 의미하는 것이다.

[0048] [표 1] 설계 변수에 따른 밴드갭의 이동

설계 변수	저주파로 이동	고주파로 이동
제1 단위체의 및 제2 단위체의 크기	증가	감소
제1 단위체의 및 제2 단위체의 밀도	증가	감소
제1 빔 및 제2 빔의 두께	감소	증가
제1 빔 및 제2 빔의 길이	증가	감소
제1 빔 및 제2 빔의 영률	감소	증가

[0049]

[0050] 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 일부 설계변수와 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 일부 설계 변수들은 서로 독립적이지 않고 연관되어 있을 수 있다.

[0051] 예를 들면, 상기 제2 구조물(200)의 크기가 일정할 때, 상기 제1 빔(110)의 길이가 길어지게 되면, 제2 빔(210)의 길이도 증가되어야 한다.

[0052] 이때, 상기 제1 빔(110)과 상기 제2 빔(210)의 재질이 동일하면, 상기 제1빔과 상기 제2 빔(210)의 영률은 동일하기 때문에 영률을 설계 변수로 고려하지 않을 수 있다.

[0053] 또한, 상기 제1 구조물(100)의 크기가 증가하면, 복수개의 상기 제1 구조물(100)이 이루는 일정 배열의 형태를 유지하기 위하여, 상기 제1 빔(110)의 길이도 증가하게 된다.

[0054] 또한, 상기 제2 구조물(200)의 크기가 증가하면, 상기 제2 빔(210)의 길이는 감소하게 된다.

[0055] 상기와 같이 원하는 주파수 대역으로 밴드갭을 이동시키기 위해서는 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 크기와, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 길이는 서로 연관된 변수가 많아, 설계 변수로 고려하기에 어려울 수 있다.

[0056] 따라서, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 크기를 미리 선정한 후에 상기 제1 구조물(100), 상기 제2 구조물(200), 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 재질 변화를 주요 설계 변수로 할 수 있다. 구체적인 일 예로, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 밀도, 또는 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 영률을 변화시켜, 원하는 밴드갭 대역으로 이동하는 것이 바람직하며, 밴드갭 대역을 이동하는 방법은 후술하기로 한다.

[0057] 이때, 상기 제1 빔(110)과 상기 제2 빔(210)의 무게는 상기 제1 구조물(100)의 무게보다 낮은 것을 특징으로 할 수 있다. 또한, 상기 제1 빔(110)과 상기 제2 빔(210)의 무게는 제2 구조물(200)의 무게보다 낮은 것을 특징으로 할 수 있다. 즉, 상기 제1 구조물(100) 또는 상기 제2 구조물(200) 중 어느 하나 이상은 상기 제1 빔(110)과 상기 제2 빔(210)의 무게보다 더 무거운 것을 특징으로 하며, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 무게가 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)보다 무거울수록 진동을 감쇠시킬 수 있는 밴드갭 성능이 좋아지므로, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 무게를 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 무게보다 무겁게 적용하는 것이 바람직하다.

[0058] 또한, 밴드갭을 낮은 주파수 대역으로 낮추는 것을 목적으로 할 경우, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)은 낮은 영률을 가지고 있는 고무빔이 적용될 수 있다.

[0059] 또한, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 복수개의 단위 공진체를 포함하고, 상기 제1 구조물은 N개의 상기 제 1빔을 포함하고, N개의 상기 제 1빔은 각각 인접하는 N개의 상기 단위 공진체와 각각 연결되는 것을 특징으로 할 수 있다. 또한, 상기 제1 구조물은 다각형으로 형성되고, 상기 제2 구조물은 상기 제1 구조물에 형성되는 변의 개수에 대응되는 개수로 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다. 상기 N은 자연수를 의미하며 3 이상일 수 있고, 20 이하일 수 있으나 이에 제한받지 않는다.

[0061] 본 발명의 제1 실시예에 따라 도 3을 참고하면, 상기 제1 구조물(100) 하나와 4개의 상기 제2 구조물(200)은 하나의 단위 공진체를 형성하고, 상기 단위 공진체 내부에 형성된 4개의 상기 제2 구조물(200) 각각은 4개의 작은 단위 공진체를 형성한다.

[0062] 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 제1 구조물(100)은 상기 제2 구조물(200)보다 크기가 더 큰 것을 특징으로 할

수 있다.

[0063] 상기 제1 구조물(100)과 상기 제2 구조물(200)은 서로 동일한 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다. 이때, 상기 제1 구조물(100)과 상기 제2 구조물(200)은 도 3과 같이 원형으로 형성될 수 있으며, 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형 등을 포함한 다각형으로도 이루어질 수 있다.

[0065] 본 발명의 제2 실시예를 나타낸 도 4를 참고하면, 상기 제1 구조물(100) 하나와 4개의 상기 제2 구조물(200)은 하나의 단위 공진체를 형성하고, 상기 단위 공진체 내부에 형성된 4개의 상기 제2 구조물(200) 각각은 4개의 작은 단위 공진체를 형성한다.

[0066] 상기 제1 구조물(100)과 상기 제2 구조물(200)은 서로 다른 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다. 상기 제1 구조물(100)이 사각형을 포함한 다각형으로 이루어 질 때, 상기 제2 구조물(200)은 원형 일 수 있거나, 사각형을 포함하지 않은 다각형으로 이루어질 수 있다. 또한, 상기 제1 구조물(100)이 원형으로 이루어질 때, 상기 제2 구조물(200)은 다각형으로 이루어질 수 있다.

[0067] 또한, 상기 제 2구조물(200)은 상기 제1 구조물(100)에 형성되는 변의 개수에 대응되는 개수로 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다. 도 4와 같이, 상기 제1 구조물(100)이 사각형으로 형성되면, 상기 제2 구조물(200)은 원형으로 형성되되, 4개의 상기 제2 구조물(200)이 서로 동일한 간격 및 각도를 가지며 상기 제1 구조물(100)의 둘레를 감싸며 배열될 수 있다.

[0069] 본 발명의 제2 실시예를 더욱 상세하게 설명하기 위해, 도 5를 참고하면, 제1a 구조물(100a)과 제1b 구조물(100b) 사이에 하나의 상기 제1 빔(110)이 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다. 또한, 제2a 구조물(200a)과 제2b 구조물(200b) 사이에 하나의 상기 제2 빔(210)이 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0070] 이때, 하나의 상기 제1 구조물(100)에 형성되는 복수개의 상기 제1 빔(110)은 상기 제1 구조물(100)의 형상 및 상기 제2 구조물(200)의 형성 개수에 따라 동일한 간격 및 각도를 이룰 수 있다. 그러나, 상기 제1 구조물(100)에 형성되는 상기 제1 빔(110)의 간격 및 각도는 특별히 제한되지 않는다.

[0071] 또한, 하나의 상기 제2 구조물(200)에 형성되는 복수개의 상기 제2 빔(210)도 서로 동일한 간격 및 각도를 이룰 수 있다. 그러나, 상기 제2 구조물(200)에 형성되는 상기 제1 빔(210)의 간격 및 각도는 특별히 제한되지 않는다.

[0073] 본 발명의 제3 실시예를 나타낸 도 6을 참고하면, 상기 제1 구조물(100) 하나와 6개의 상기 제2 구조물(200)은 하나의 단위 공진체를 형성하고, 상기 단위 공진체 내부에 형성된 6개의 상기 제2 구조물(200) 각각은 6개의 작은 단위 공진체를 형성한다.

[0074] 상기 제1 빔(110)은 서로 다른 두 개의 상기 제1 구조물(100)의 면을 연결하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0075] 상기 제1 구조물(100)이 도 6과 같이, 육각형으로 형성되면, 6개의 상기 제2 구조물(200)이 서로 동일한 간격 및 각도를 가지며 상기 제1 구조물(100) 둘레를 감싸며 배열되고, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 벌집 형태를 이룰 수 있다.

[0076] 이때, 상기 제2 구조물(200)은 상기 제1 빔(110)과, 상기 제1 빔(110)과 연결되는 상기 제2 빔(210)이 수직으로 교차되도록 위치하는 것을 특징으로 할 수 있다. 즉, 각각의 상기 제2 구조물(200)은 상기 제1 구조물(100)의 6개의 모서리에서 일정거리 이격된 지점에 위치하여, 상기 제1 빔(110)과 상기 제2 빔(210)이 수직으로 교차 할 수 있다. 이때, 상기 제1 구조물(100)의 6개의 모서리 지점은 단면도인 도 6에서 육각형으로 도시된 상기 제1 구조물(100)의 꼭지점(a)에 해당하는 위치를 의미하는 것이다.

[0077] 또한, 본 발명의 제3 실시예에 따르면, 상기 제1 빔(110)의 길이방향 중심과 상기 제2 빔(210)의 길이방향 중심이 연결되는 것을 특징으로 할 수 있다. 즉, 상기 제1a 물질(100a)과 상기 제1b 물질(100b)을 연결하는 상기 제1 빔(110)과, 상기 제2a 물질(200a)과 상기 제2b 물질(200b)을 연결하는 제2 빔(210)이 서로 수직을 이루되, 상기 제1 빔(110)의 길이방향 중심과 상기 제2 빔(210)의 길이방향 중심점이 서로 연결되는 것이다.

[0078] 이와 같은 연결 구성으로, 복수개의 상기 제1 구조물(100) 및 복수개의 상기 제2 구조물(200)은 각각 진동을 고르게 전달 받을 수 있어, 전체적인 지점에서 진동의 고른 흡수가 가능 할 수 있다.

[0080] 본 발명의 제4 실시예를 나타낸 도 7을 참고하면, 상기 제1 구조물(100) 하나와 6개의 상기 제2 구조물(200)은 하나의 단위 공진체(U1)를 형성하고, 상기 단위 공진체(U1) 내부에 형성된 6개의 상기 제2 구조물(200) 각각은

6개의 작은 단위 공진체(U2)를 형성한다.

[0081] 상기 제1 빔(110)은 서로 다른 두 개의 상기 제1 구조물(100)의 모서리를 연결하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0082] 상기 제1 구조물(100)이 도 7과 같이, 육각형으로 형성되면, 6개의 상기 제2 구조물(200)이 서로 동일한 간격 및 각도를 가지며 상기 제1 구조물(100) 둘레를 감싸며 배열되고, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 벌집 형태를 이룰 수 있다. 이때, 본 발명의 제4 실시예에 따르면, 상기 제2 구조물(200)은 상기 제1 빔(110)과, 상기 제1 빔(110)과 연결되는 상기 제2 빔(210)이 수직되도록 위치하는 것을 특징으로 할 수 있다. 즉, 각각의 상기 제2 구조물(200)은 상기 제1 구조물(100)의 6개의 면에서 일정거리 이격된 지점에 위치하여, 상기 제1 빔(110)과 상기 제2 빔(210)이 수직으로 교차 할 수 있다. 이때, 상기 제1 구조물(100)의 6개의 면은 단면도인 도 7에서 육각형으로 도시된 상기 제1 구조물(100)의 변(b)에 해당하는 위치를 의미하는 것이다.

[0083] 또한, 본 발명의 제4 실시예에 따르면, 상기 제1 빔(110)의 길이방향 중심은 상기 제2 빔(210)의 길이방향 중심이 연결되는 것을 특징으로 할 수 있다. 즉, 상기 제1a 물질(100a)과 상기 제1b 물질(100b)을 연결하는 상기 제1 빔(110)과, 상기 제2a 물질(200a)과 상기 제2b 물질(200b)을 연결하는 제2 빔(210)이 서로 수직을 이루되, 상기 제1 빔(110)의 길이방향 중심과 상기 제2 빔(210)의 길이방향 중심점이 서로 연결되는 것이다.

[0084] 이와 같은 연결 구성으로, 복수개의 상기 제1 구조물(100) 및 복수개의 상기 제2 구조물(200)은 각각 진동을 고르게 전달 받을 수 있어, 전체적인 지점에서 진동의 고른 흡수가 가능할 수 있다.

[0085] 본 발명의 제3 실시예 및 제4 실시예에서 전술한 바와 같이, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은, 복수개의 상기 단위 공진체(U1)는 허니콤 구조로 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다. 복수개의 단위 공진체가 허니콤 구조를 형성함으로써 제한된 면적 내에 많은 수의 단위 공진체가 포함될 수 있으며, 이에 따라 탄성 메타물질(10)은 다양한 주파수 대역에서 복수개의 밴드갭을 가지면서 효과적으로 진동 및 충격을 흡수할 수 있다.

[0087] 본 발명의 제5 실시예를 나타낸 도 8을 참고하면, 상기 제1 구조물(100)은, 제1 코어(101) 및 상기 제1 코어(101)를 감싸고, 상기 제1 빔(110)과 연결되되, 상기 제1 빔(110)과 동일한 소재로 이루어지는 제1 시스(102)를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0088] 또한, 상기 제2 구조물(200)은, 제2 코어(201) 및 상기 제2 코어(201)를 감싸고, 상기 제2 빔(210)과 연결되되, 상기 제2 빔(210)과 동일한 소재로 이루어지는 제2 시스(202)를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0089] 상기 제1 코어(101) 및 상기 제2 코어(201)는 금속물질이 적용될 수 있으며, 상기 제1 코어(101)와 상기 제1 시스(102)는 서로 다른 재질이 적용되어 형성되는 것이 바람직하고, 상기 제2 코어(201)와 상기 제2 시스(202) 또한 서로 다른 재질이 적용되어 형성되는 것이 바람직하다.

[0090] 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 상기 제1 시스(102)가 상기 제1 빔(110)과 연결되어 있고, 상기 제1 코어(101)는 상기 제1 시스(102)의 내부에 결합되는 것을 특징으로 한다. 이와 같은 구성으로, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 상기 제1 코어(101)를 교체하기 용이하다는 장점이 있으며, 상기 제1 코어(101)만을 교체하여, 기존과 다른 밴드갭 특성을 가질 수 있다는 장점이 있다.

[0091] 또한, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 상기 제2 시스(202)가 상기 제2 빔(210)과 연결되어 있고, 상기 제2 코어(201)는 상기 제2 시스(202)의 내부에 결합되는 것을 특징으로 한다. 이와 같은 구성으로, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 상기 제2 코어(201)를 교체하기 용이하다는 장점이 있으며, 상기 제2 코어(201)만을 교체하여, 기존과 다른 밴드갭 특성을 가질 수 있다는 장점이 있다.

[0093] 도 8 내지 10를 참고하면, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 복수개의 밴드갭을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다. 이때, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)이 발생시키는 밴드갭들은 상기 제1 구조물(100) 또는 상기 제2 구조물(200) 중 어느 하나의 물질만 진동하는 경우와, 상기 제1 구조물(100)과 상기 제2 구조물(200)이 함께 진동하는 경우로 나눌 수 있다.

[0094] 이때, 상기 복수개의 밴드갭은 1kHz 이하에서 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0095] 도 8을 참고하면, 상기 제1 구조물(100)만 공진하여 발생한 밴드갭을 확인할 수 있다. 이때, 상기 제2 구조물(200)은 움직이지 않고, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 움직임으로 상기 제1 구조물(100)이 공진하게 된다.

[0096] 또한, 도 9a 내지 9c를 참고하면, 상기 제2 구조물(200)만 공진하는 밴드갭을 확인할 수 있다. 이때, 상기 제1 구조물(100)은 움직이지 않고, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 움직임으로 상기 제2 구조물(200)이 공진하게 된다. 이때, 상기 제2 구조물(200)이 도 9b에 도시된 것과 같이 원형으로 형성되면, 상기 제2 구조물(200)은 회전하며 공진할 수도 있다.

[0097] 또한, 도 10을 참고하면, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)이 함께 공진하여 발생하는 밴드갭을 확인할 수 있다. 이때, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200) 모두 공진하게 된다.

[0099] 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)이 발생시키는 밴드갭이 도시된 도 11을 참고하면, 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 상기 제1 구조물(100)의 공진에 의한 제1 밴드갭(b1, b2), 상기 제2 구조물(200)의 공진에 의한 제2 밴드갭(a1, a2, a3) 및 상기 제1 구조물(100)과 상기 제2 구조물(200)의 동시 공진에 의한 제3 밴드갭(c1, c2)을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0100] 본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법은, 제1 구조물(100), 상기 제1 구조물(100)보다 작은 직경을 갖고, 상기 제1 구조물(100)의 둘레를 감싸며 복수개가 배열되는 제2 구조물(200), 복수개의 상기 제2 구조물(200)을 서로 연결하는 제2 빔(210)을 포함하는 단위 공진체를 포함하고, 상기 단위 공진체의 제1 구조물(100)은 서로 인접하는 다른 단위 공진체의 제1 구조물(100)과 제1 빔(110)으로 연결되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0101] 이때, 본 발명은 상기 [표 1]의 설계 변수를 조절하여 상기 제1 밴드갭(b1, b2) 및 상기 제2 밴드갭(a1, a2, a3)들을 이동시킴으로써 하나의 넓은 밴드갭을 만들 수 있다.

[0102] 본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법의 제1 실시예는, 상기 제1 구조물(100) 또는 상기 제2 구조물(200)의 밀도를 증가시켜, 상기 제1 구조물(100) 또는 제2 구조물(200)의 공진으로 흡수하는 주파수 대역을 각각 독립적으로 내리는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0103] 또한, 본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법의 제2 실시예는, 상기 제1 빔(110) 또는 상기 제2 빔(210)의 영률을 감소시켜, 상기 제1 구조물(100) 또는 제2 구조물(200)의 공진으로 흡수하는 주파수 대역을 각각 독립적으로 내리는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0104] 본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법의 바람직한 예를 들면, 낮은 주파수 대역에 분포하고 있는 상기 제2 구조물(200)이 형성하는 밴드갭들은 오른쪽으로 이동시키고, 높은 주파수 대역에 분포하고 있는 상기 제1 구조물(100)이 형성하는 밴드갭들은 왼쪽으로 이동시킴으로써, 새로운 밴드갭을 형성시킬 수 있다.

[0105] [표 1]을 통해, 전술한 바와 같이, 원하는 주파수 대역으로 밴드갭을 이동시키기 위해서는 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 크기와, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 길이는 서로 연관된 변수가 많아, 설계 변수로 고려하기에 어려울 수 있다.

[0106] 따라서, 본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법은 크기를 미리 선정한 후에 상기 제1 구조물(100), 상기 제2 구조물(200), 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 재질 변화를 통해서 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 밀도, 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 영률을 변화시켜, 원하는 밴드갭 대역으로 이동하는 것을 특징한다.

[0108] 본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법의 바람직한 예를 따라, 도 12를 참고하면, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 질량과 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 영률을 변화시킴으로써 밴드갭 오버랩(Band gap overlap)이 형성된 것을 확인 할 수 있다.

[0109] 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 질량과 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 영률을 변화시키기 전의 Original band gap과 상기 밴드갭 오버랩(Band gap overlap)을 비교하면, 상기 밴드갭 오버랩(Band gap overlap)은, 80Hz~ 140Hz 사이에서 진폭(Amplitude)을 상기 Original band gap보다 더 낮은 음의 값으로 나타내는 넓은 밴드갭(Wide band gap)을 형성하며, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)이 상기 Original band gap에서 만들었던 밴드갭도 유지시킬 수 있다는 특징이 있다.

[0110] 즉, 본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법은 각각이 독립적인 밴드갭을 형성하는 상기 단위 공진체 및 상기 작은 단위 공진체의 특성을 변화시켜, 추가적인 밴드갭 형성이 가능한 것을 특징으로 할 수 있다.

[0112] 또한, 도시화 되지는 않았지만, 상기한 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 전동 드릴, 전동 드라이버, 전기

그라인더, 전기 연마기, 전기톱 또는 전기 대패를 포함하는 전동공구에 적용되어, 진동을 흡수할 수 있다. 본 발명에 따른 탄성 메타물질(10)은 상기 전동공구의 작동 세기에 따라 흡수하는 밴드갭 대역을 단계화하여, 상기 전동공구의 작업 구성의 회전 또는 왕복 이송에 의해 발생되는 진동을 흡수할 수 있다.

[0114] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

[0116] 10 : 탄성 메타물질

100, 100a, 100b : 제1 구조물 101 : 제1 코어

102 : 제1 시스 110 : 제1 빔

200, 200a, 200b : 제2 구조물 201 : 제2 코어

202 : 제2 시스 210 : 제2 빔

b1, b2 : 제1 밴드갭

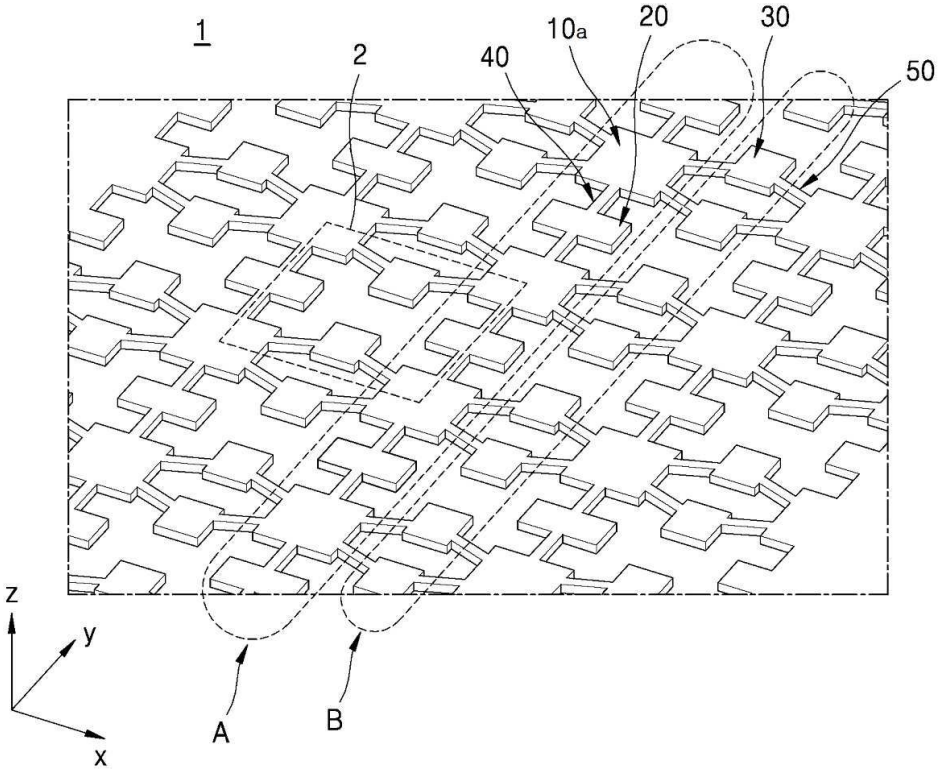
a1, a2, a3 : 제2 밴드갭

c1, c2 : 제3 밴드갭

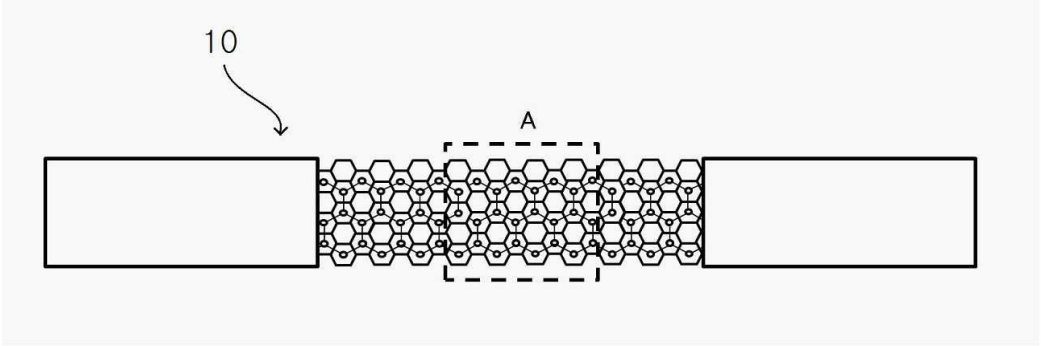
U1 : 단위 공진체 U2 : 작은 단위 공진체

도면

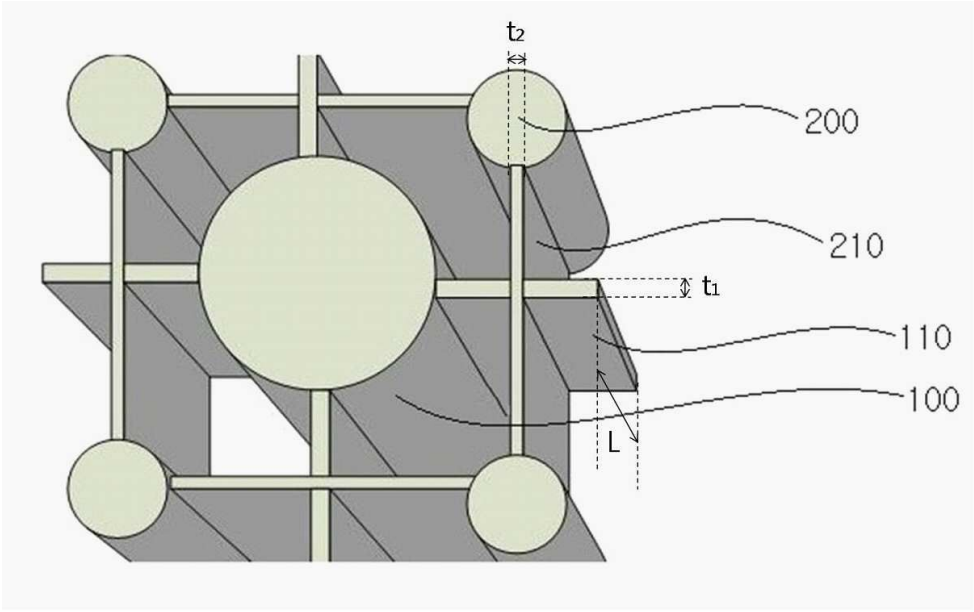
도면1



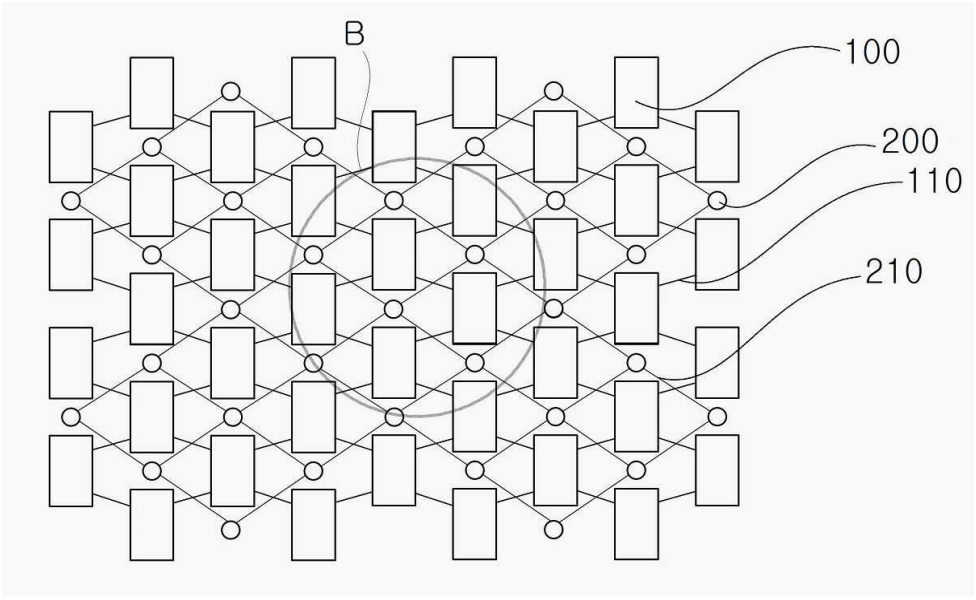
도면2



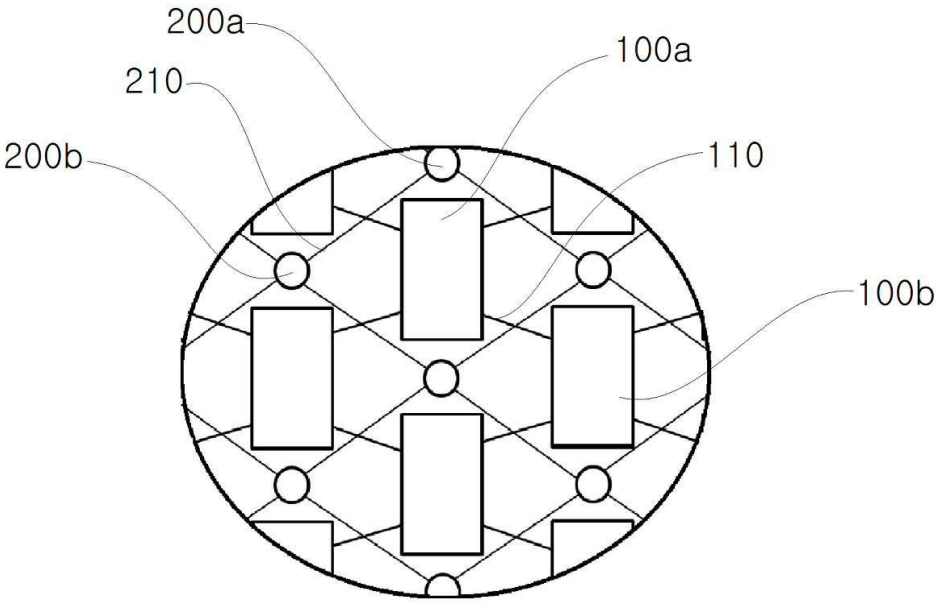
도면3



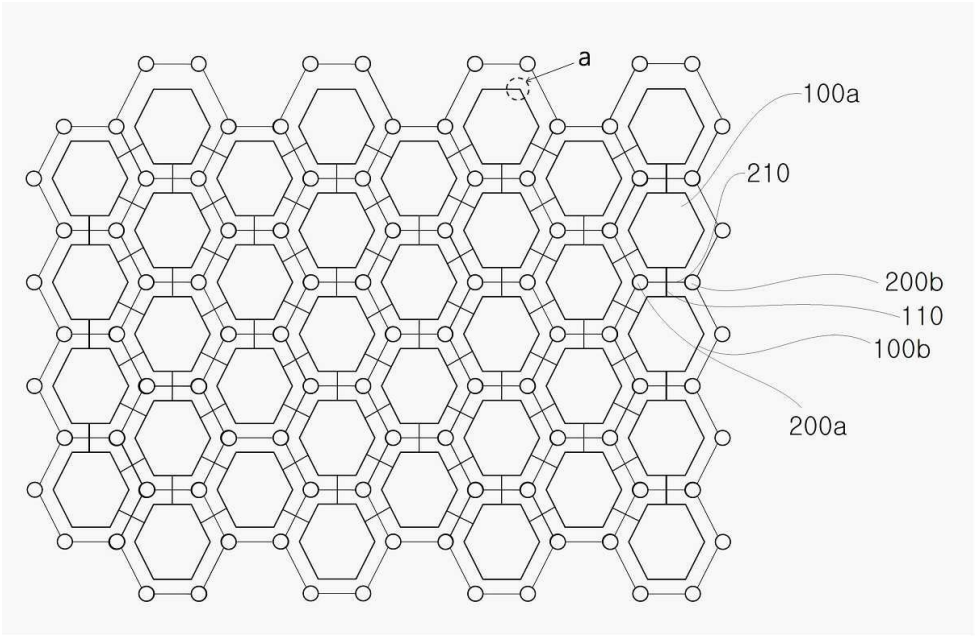
도면4



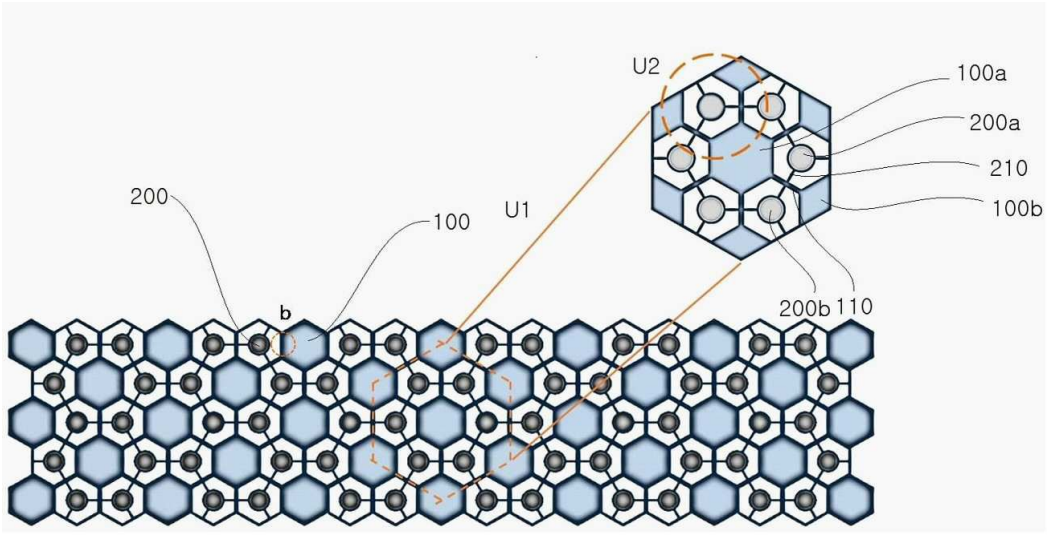
도면5



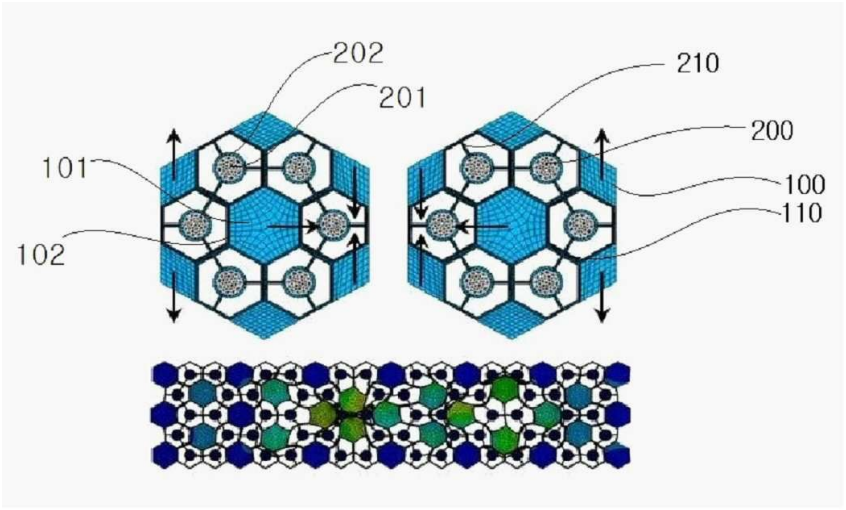
도면6


a
100a
210
200b
110
100b
200a

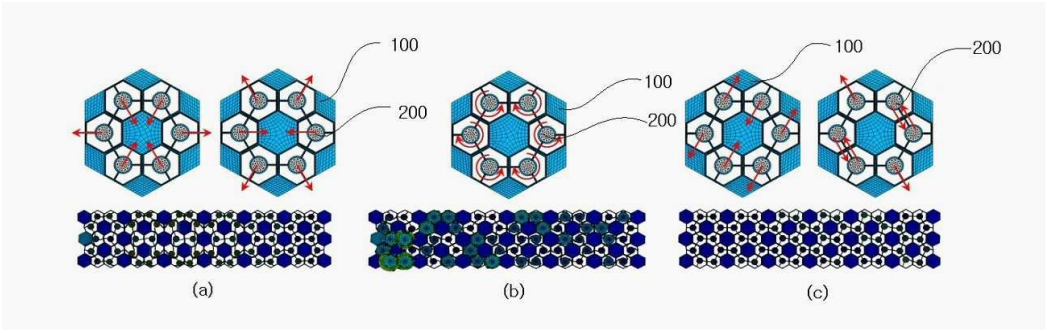
도면7


U2
100a
200a
210
100b
200
100
U1
b
200b
110

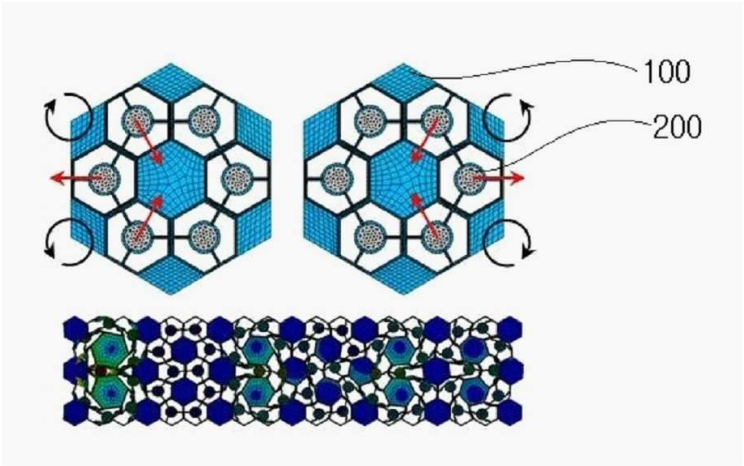
도면8


202
201
210
200
101
100
110
102

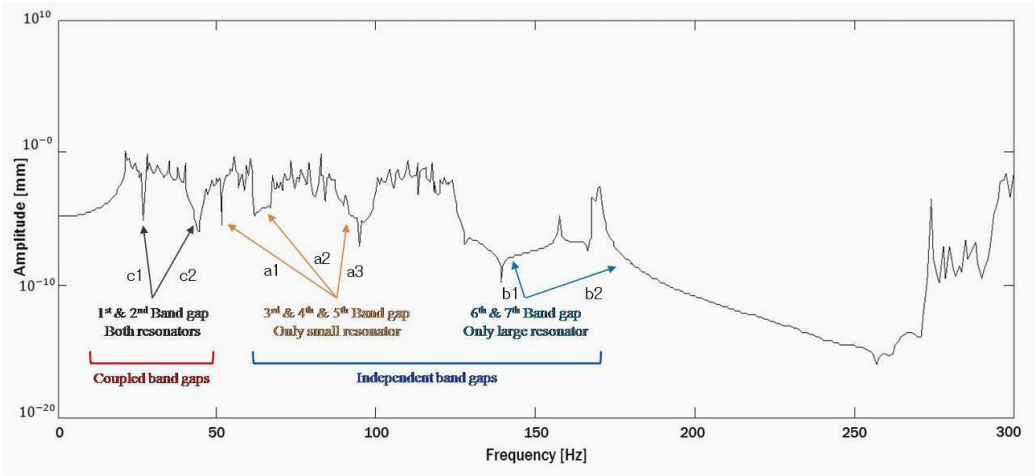
도면9


100
200
100
200
100
200
(a)
(b)
(c)

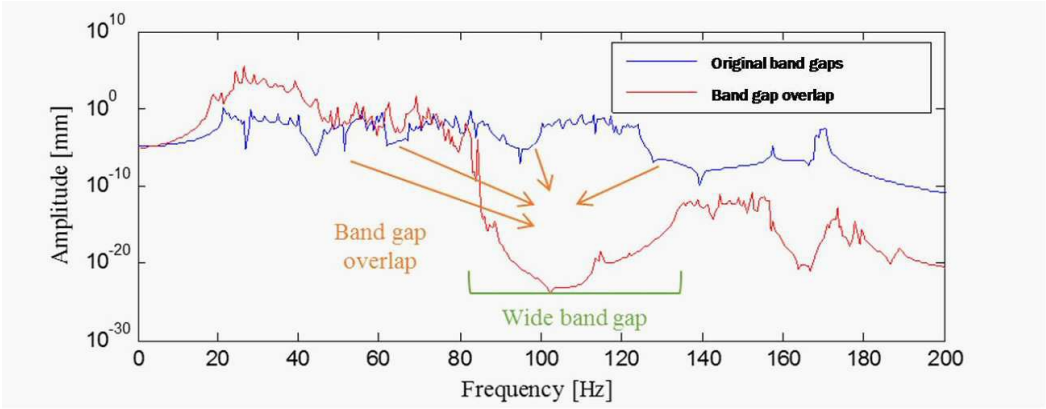
도면10


100
200

도면11



도면12



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 0108

【변경전】

본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법의 바람직한 예를 따라, 도 13을 참고하면, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 질량과 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 영률을 변화시킴으로써 밴드갭 오버랩(Band gap overlap)이 형성된 것을 확인 할 수 있다.

【변경후】

본 발명에 따른 탄성 메타물질을 이용한 진동의 저감 방법의 바람직한 예를 따라, 도 12를 참고하면, 상기 제1 구조물(100) 및 상기 제2 구조물(200)의 질량과 상기 제1 빔(110) 및 상기 제2 빔(210)의 영률을 변화시킴으로써 밴드갭 오버랩(Band gap overlap)이 형성된 것을 확인 할 수 있다.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 9

【변경전】

제 7항에 있어서,

상기 제1 빔이 서로 다른 두 개의 상기 제1 구조물의 모서리을 연결하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.

【변경후】

제 7항에 있어서,

상기 제1 빔이 서로 다른 두 개의 상기 제1 구조물의 모서리를 연결하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성 메타물질.