



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월24일

(11) 등록번호 10-1821825

(24) 등록일자 2018년01월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G10K 11/165 (2006.01) **B32B 15/08** (2006.01)
B32B 15/14 (2006.01) **B32B 5/18** (2006.01)
B32B 7/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7001686
(22) 출원일자(국제) 2010년06월22일
심사청구일자 2015년05월07일
(85) 번역문제출일자 2012년01월20일
(65) 공개번호 10-2012-0058501
(43) 공개일자 2012년06월07일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/039470
(87) 국제공개번호 WO 2010/151533
국제공개일자 2010년12월29일
(30) 우선권주장
61/220,261 2009년06월25일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003308074 A*
JP61144109 U
W02004107313 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
버커 알리
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
채터지 준
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 김영

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 신유식

(54) 발명의 명칭 **가청 음향 주파수 관리를 위한 방음벽**

(57) 요약

방음벽은 제1 밀도를 가진 제1 매질에 배치되고 제1 밀도와 상이한 제2 밀도를 가진 제2 매질로 제조된 구조체의 사실상 주기적인 어레이를 포함하고, 여기서 제1 및 제2 매질 중 하나는 다공성 금속 외의 다공성 매질이며, 다공성 매질은 다공도가 약 0.02 이상이며, 제1 및 제2 매질 중 다른 하나는 점탄성 또는 탄성 매질이다.

(72) 발명자

그레거 리차드 더블유

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

알로시나 에피 레수플레우르 마리

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

모한티 사나트

미국 55125 미네소타주 우드버리 이글 리지 로드 535

명세서

청구범위

청구항 1

제1 밀도를 가진 제1 매질에 배치되고 상기 제1 밀도와 상이한 제2 밀도를 가진 제2 매질로 제조된 구조체의 사실상 주기적인 어레이를 포함하고, 상기 제1 매질 및 제2 매질 중 하나는 다공성 금속 외의 다공성 매질이며, 상기 다공성 매질은 다공도가 0.02 이상이며, 상기 제1 매질 및 제2 매질 중 다른 하나는 점탄성 매질이고, 상기 점탄성 매질은 종방향 음파의 전파 속도 및 횡방향 음파의 전파 속도를 갖고, 상기 종방향 음파의 전파 속도는 상기 횡방향 음파의 전파 속도의 30배 이상인, 방음벽.

청구항 2

(a) 제1 밀도를 가진 제1 매질을 제공하는 단계;

(b) 상기 제1 밀도와 상이한 제2 밀도를 가진 제2 매질을 제공하는 단계; 및

(c) 상기 제1 매질 내에 배치되며 상기 제2 매질로 제조된 구조체의 사실상 주기적인 어레이를 형성하는 단계를 포함하고,

상기 제1 매질 및 제2 매질 중 하나는 다공성 금속 외의 다공성 매질이며, 상기 다공성 매질은 다공도가 0.02 이상이며, 상기 제1 매질 및 제2 매질 중 다른 하나는 점탄성 매질이고, 상기 점탄성 매질은 종방향 음파의 전파 속도 및 횡방향 음파의 전파 속도를 갖고, 상기 종방향 음파의 전파 속도는 상기 횡방향 음파의 전파 속도의 30배 이상인, 방음벽의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 방음벽은 20 헤르츠 내지 20 킬로헤르츠 범위의 적어도 일부에서 20 데시벨 초과 음 투과 손실(sound transmission loss)을 제공하는, 방음벽.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 우선권의 진술

[0002] 본 출원은 2009년 6월 25일자로 출원된 미국 가출원 제61/220,261호의 우선권을 주장하며, 이의 내용은 본 명세서에 참고로 포함되어 있다.

[0003] 본 발명은 방음벽에 관한 것이며, 다른 태양에서, 방음벽의 제조 방법 및 방음을 위한 그의 사용 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 방음 재료 및 구조체는 음향 산업에서 중요한 응용을 가진다. 흡수기 및 반사기와 같은 음향 산업에서 사용되는 전통적인 재료들은 통상 주파수 선택적 음 조절을 제공하지 않고서 넓은 범위의 주파수에 걸쳐 활성이다. 활성 소음 제거(Active noise cancellation) 장비는 주파수 선택적 음 약화를 가능하게 하지만, 이는 전형적으로 한정된 공간에서 가장 효과적이며 출력과 제어를 제공하기 위한 전자 장비에 대한 투자 및 전자 장비의 작동을 요구한다.

[0005] 전통적인 흡음 재료(예를 들어, 폼(foam) 또는 섬유질 재료)는 일반적으로 무게가 비교적 가볍고 다공성이며 그의 상대적으로 큰 표면적에 걸쳐 음파의 진동 에너지를 소산시키는 기능을 한다. 헬름홀츠(Helmholtz) 공명기(예를 들어, 두 개의 탄성 기재 사이에 개재된 공기 층을 포함함) 또한 흡음기로서 이용될 수 있다. 그러나, 두 가지 유형의 흡수기의 경우, 상대적으로 낮은 가청 주파수에서 상대적으로 우수한 흡수 특성을 얻기 위하여 상대적으로 두꺼운 구조체가 일반적으로 요구되며(예를 들어, 약 500 헤르츠(Hz) 미만의 주파수를 위해 대략 50 밀리미터(mm) 두께), 그러한 두꺼운 구조체는 한정된 공간에서 사용하기에는 문제가 될 수 있다.

[0006] 전통적인 흡음 재료와 대조적으로, 전통적인 방음벽은 비교적 무겁고 기밀형인데, 이는 재료로부터의 음 투과 손실(sound transmission loss)이 일반적으로 그 질량과 강성의 함수이기 때문이다. 소위 "질량 법칙"(소정 주파수 범위에서 많은 전통적인 방음벽 재료에 적용가능함)은 재료의 단위 면적 당 중량이 배가되면, 재료를 통한 투과 손실이 6 데시벨(dB) 만큼 증가하는 것을 나타낸다. 단위 면적 당 중량은 밀도가 더 높은 재료를 사용함으로써 또는 벽의 두께를 증가시킴으로써 증가될 수 있다. 그러나, 추가된 중량은 많은 응용에서 바람직하지 않을 수 있다.

[0007] 포논 결정(phononic crystal)(즉, 전형적으로 탄성/탄성 또는 탄성/유체 구조체 형태의 주기적 비균질 매질)이 음향 통과대역 및 밴드 갭을 가진 방음벽으로서 제안되어 왔다. 그러한 구조체는 주요 물리적 메커니즘으로서 점성 소산 또는 공명에 의존할 필요없이, 수동적(passive)이지만 주파수 선택적인 방식으로 음향 밴드 갭을 생성할 수 있다. 대신에, 투과 손실은 브래그 산란(Bragg scattering)으로 인한 것이며, 이는 비균질의 다중-상의 공간적으로 주기적인 구조체의 둘 이상의 성분들 사이의 음속 대비로부터 야기된다.

[0008] 예를 들어, 공기 중의 구리 튜브의 주기적인 어레이, (국소화된 공명 구조체의 어레이를 제공하기 위하여) 탄성적 연성 재료로 덮인 고밀도 중심을 가진 복합 요소의 주기적인 어레이, 및 공기 중의 물의 주기적인 어레이가 주파수-선택적 특징을 가진 방음벽을 생성하기 위해 제안되었다. 그러나, 이들 방법은 전형적으로 좁은 밴드 갭의 생성, 오디오 응용을 위해서는 너무 높은 주파수(예를 들어, 20 kHz 이상의 초음파 주파수)에서의 밴드 갭의 생성, 및/또는 부피가 크고/크거나 무거운 물리적 구조체(예를 들어, 데시미터 또는 미터의 외부 치수를 가진 어레이로 배열될 수 센티미터의 직경을 가진 금속 파이프)의 필요성과 같은 단점을 겪어왔다.

발명의 내용

[0009] 따라서, 외부 치수가 상대적으로 작고/작거나 중량이 상대적으로 가벼운 한편 가청 음향 주파수에서 적어도 부분적으로 효과적일 수 있는 (음 투과를 감소시키거나 바람직하게는 제거하는) 방음벽이 필요함을 인식한다. 바람직하게는, 방음벽은 상대적으로 넓은 범위의 가청 주파수에 걸쳐 적어도 부분적으로 효과적일 수 있고/있거나 상대적으로 간단하고 비용-효율적으로 제조될 수 있다.

[0010] 요약하면, 일 태양에서, 본 발명은 제1 밀도를 가진 제1 매질에 배치되고 제1 밀도와 상이한 제2 밀도를 가진 제2 매질로 제조된 구조체의 사실상 주기적인 어레이를 포함하는 그러한 방음벽을 제공하는데, 여기서 제1 및 제2 매질 중 하나는 다공성 금속 외의 다공성 매질이며, 다공성 매질은 다공도가 약 0.02 이상이며, 제1 및 제2 매질 중 다른 하나는 점탄성 또는 탄성 매질이다. 바람직하게는, 점탄성 또는 탄성 매질은 사실상 비다공성 매질이며(즉, 매질은 다공도가 약 0.02 미만임), 그리고/또는 구조체의 사실상 주기적인 어레이는 제1 및 제2 매질의 교대층을 포함하는 다층 구조체 형태의 1차원 어레이이다. 방음벽은 선택적으로 제1 및/또는 제2 매질과 상이한 기타 다공성, 탄성, 및/또는 점탄성 매질을 추가로 포함할 수 있다.

[0011] 소정의 특징을 가진 다공성 재료를 선택하고 그들을 점탄성 또는 탄성 재료와 조합하여 공간적으로 주기적인 어레이를 형성함으로써, 포논 결정 구조체 밴드 갭 또는 적어도 상당한 투과 손실(예를 들어, 20 데시벨(dB) 초과)이 가청 범위(즉, 20 헤르츠(Hz) 내지 20 킬로헤르츠(kHz) 범위)의 적어도 일부에서 얻어질 수 있음이 발견

되었다. 놀랍게도, 그러한 구조체는 그의 이론적 질량 법칙 투과 손실 값(단위 면적 당 구조체의 중량을 기준으로 함)을 초과할 수 있는 투과 손실을 제공한다.

[0012] 구조체는 상대적으로 경량이고 상대적으로 작다(예를 들어, 몇 센티미터 이하 정도의 외부 치수를 가짐). 재료의 선택, 격자 구조체의 유형, 상이한 재료의 간격 등과 같은 그러한 디자인 파라미터를 제어함으로써, 밴드 갭의 주파수, 갭의 수, 및 그들의 폭이 조절되거나, 또는 최소한으로, 투과 손실 수준이 주파수의 함수로서 조절될 수 있다.

[0013] 포논 결정 구조체는 수동적이지만 여전히 주파수 선택적인 방식으로 음향 밴드 갭을 생성할 수 있다. 음향 산업에 사용되는 가장 일반적인 흡음기와 달리, 포논 결정은 투과 방식으로 음을 제어한다. 밴드 갭의 주파수 범위 내에서, 구조체를 통한 입사 음파의 투과가 본질적으로 없을 수 있다. 밴드 갭은 항상 절대적이지 않지만(즉, 음 투과가 없음), 음 투과 손실은 종종 20 데시벨(dB) 이상 정도일 수 있다. 음향 산업에서, 3 dB 정도의 약화는 상당한 것으로 간주되며, 따라서 20 + dB는 투과에서 매우 큰 손실이며, 음향 출력의 100% 감소에 접근한다.

[0014] 포논 결정 구조체는 음원(sound source)과 수신체(receiver) 사이에 위치되어 구조체를 통과할 주파수를 선택하는 것만을 허용할 수 있다. 따라서 수신체는 여과된 음을 듣게 되며, 바람직하지 않은 주파수는 차단된다. 포논 결정 구조체를 적절하게 구성함으로써, 투과된 주파수는 수신체에서 집중될 수 있거나, 바람직하지 않은 주파수는(주파수 선택 거울과 매우 유사하게) 음원으로 다시 반사될 수 있다. 현재의 음향 재료와 달리, 포논 결정 구조체는 음파를 단순히 약화시키거나 반사하기 보다는, 음파를 사실상 관리하기 위해 사용될 수 있다.

[0015] 따라서, 적어도 일부 실시 형태에서, 본 발명의 방음벽은 외부 치수가 상대적으로 작고/작거나 중량이 상대적으로 가벼운 한편 가청 음향 주파수에서 적어도 부분적으로 효과적일 수 있는 방음벽에 대한 상기에 언급한 요구를 충족할 수 있다. 본 발명의 방음벽은 빌딩(예를 들어, 가정, 사무실, 병원 등), 고속도로 방음벽, 수송 차량, 청력 보호 장치 등을 포함한 여러 상이한 환경에서 방음을 제공하기 위해 사용될 수 있다.

[0016] 다른 태양에서, 본 발명은 또한 방음벽을 제조하는 방법을 제공한다. 본 방법은 (a) 제1 밀도를 가진 제1 매질을 제공하는 단계; (b) 제1 밀도와 상이한 제2 밀도를 가진 제2 매질을 제공하는 단계; 및 (c) 제1 매질 내에 배치되고 제2 매질로 제조된 구조체의 사실상 주기적인 어레이를 형성하는 단계를 포함하고, 여기서 제1 및 제2 매질 중 하나는 다공성 금속 외의 다공성 매질이며, 다공성 매질은 다공도가 약 0.02 이상이며, 제1 및 제2 매질 중 다른 하나는 점탄성 또는 탄성 매질이다.

[0017] 또 다른 태양에서, 본 발명은 방음 방법을 추가로 제공한다. 본 방법은 (a) 제1 밀도를 가진 제1 매질 내에 배치되고 제1 밀도와 상이한 제2 밀도를 가진 제2 매질로 제조되는 구조체의 사실상 주기적인 어레이를 포함하고, 제1 및 제2 매질 중 하나는 다공성 금속 외의 다공성 매질이며 다공성 매질은 다공도가 약 0.02 이상이며, 제1 및 제2 매질 중 다른 하나는 점탄성 또는 탄성 매질인, 방음벽을 제공하는 단계; 및 (b) 음원(바람직하게는 가청 음향 주파수의 공급원)과 음향 수신체(바람직하게는 가청 음향 주파수의 수신체) 사이에 방음벽을 개재시키는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 다음의 상세한 설명, 첨부된 특허청구범위 및 첨부 도면에 관하여 본 발명의 이들 및 다른 특징, 태양 및 이점을 보다 잘 이해할 것이다.

도 1a 및 1b는 실시예 1에 기재된 본 발명의 방음벽의 실시 형태에 대한 투과 손실(dB 단위; 측정 및 이론적 질량 법칙 값) 및 투과 계수(계산치) 대 주파수(Hz 단위)의 그래프이다.

도 2a 및 2b는 실시예 2에 기재된 본 발명의 방음벽의 실시 형태에 대한 투과 손실(dB 단위; 측정 및 이론적 질량 법칙 값) 및 투과 계수(계산치) 대 주파수(Hz 단위)의 그래프이다.

도 3a 및 3b는 실시예 3 및 4에 기재된 본 발명의 방음벽의 실시 형태에 대한 투과 손실(dB 단위; 측정 및 이론적 질량 법칙(3a에서는 수직 입사; 3b에서는 음장 입사) 값) 대 주파수(kHz 단위)의 그래프이다.

도 4a 및 4b는 비교예 1에 기재된 비교 방음벽 및 실시예 5에 기재된 본 발명의 방음벽의 실시 형태에 대한 투과 손실(dB 단위; 측정 및 이론적 질량 법칙(수직 입사) 값) 대 주파수(Hz 단위)의 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 점탄성 및 탄성 재료

[0020] 본 발명의 방음벽의 전술된 점탄성 성분(들)으로 이용하기 적합한 재료는 점탄성 고체 및 액체를 포함한다. 점탄성 재료는 다공성일 수 있지만 바람직하게는 사실상 비다공성(즉, 다공도가 약 0.02 미만임)이다. 그러한 사실상 비다공성 재료는 예를 들어, 표면 결합 또는 가끔의 내부 함유물의 형태로 약간의 다공도를 나타낼 수 있으나, 일반적으로 비다공성이다. 바람직한 점탄성 재료는 (바람직하게는, 적어도 음향 주파수의 가청 범위 내에서) 그의 횡방향 음파의 전파 속도의 약 30배 이상(바람직하게는, 약 50배 이상; 더욱 바람직하게는, 약 75배 이상; 가장 바람직하게는, 약 100배 이상)인 종방향 음파의 전파 속도를 갖는 것들을 포함한다.

[0021] 유용한 점탄성 고체 및 액체는 주위 온도(예를 들어, 약 20℃)에서 약 5×10^6 파스칼(Pa) 이하의 정상 전단 고원 탄성률(steady shear plateau modulus)(G_N^0)을 갖는 것들을 포함하며, 정상 전단 고원 탄성률은 바람직하게는 재료의 유리 전이 온도(T_g)보다 약 30 K 내지 약 100 K 높은 온도에 미친다. 바람직하게는, 방음벽의 점탄성 재료 중 적어도 하나는 주위 온도(예를 들어, 약 20℃)에서 약 1×10^6 Pa 이하(더욱 바람직하게는 약 1×10^5 Pa 이하)의 정상 전단 고원 탄성률을 갖는다.

[0022] 그러한 점탄성 재료의 예는 탄성중합체(예를 들어, 열가소성 탄성중합체를 포함), 점탄성 액체, 등, 및 그 조합(바람직하게는, 적어도 일부 응용을 위해서는, 탄성중합체 및 그 조합)을 비롯한 다양한 형태의 고무질 중합체 조성물(예를 들어, 약하게 가교결합된 또는 반결정성 중합체 포함)을 포함한다. 유용한 탄성중합체는 단일중합체 및 공중합체(블록, 그래프트, 및 랜덤 공중합체 포함) 둘 모두, 무기 및 유기 중합체 둘 모두 및 그 조합, 및 선형 또는 분지형인 중합체 및/또는 상호침투성 또는 반-상호침투성 네트워크 형태이거나 다른 복합 형태(예를 들어, 스타 중합체)인 중합체를 포함한다. 유용한 점탄성 액체는 중합체 용융물, 용액, 및 겔(하이드로겔 포함)을 포함한다.

[0023] 바람직한 점탄성 고체는 실리콘 고무(바람직하게는, 약 20A 내지 약 70A; 더욱 바람직하게는, 약 30A 내지 약 50A의 듀로미터 경도(durometer hardness)를 가짐), (메트)아크릴레이트(아크릴레이트 및/또는 메타크릴레이트) 중합체(바람직하게는, 아이소옥틸아크릴레이트(IOA)와 아크릴산(AA)의 공중합체), 에틸렌-비닐 아세테이트(EVA) 공중합체, 블록 공중합체(바람직하게는 스티렌, 에틸렌 및 부틸렌을 포함), 셀룰로오스 중합체(바람직하게는, 코르크), 유기 중합체(바람직하게는, 폴리우레탄) 및 폴리다이오르가노실록산 폴리아미드 블록 공중합체(바람직하게는, 실리콘 폴리옥사미드 블록 공중합체)의 블렌드, 네오프렌, 및 그의 조합을 포함한다. 바람직한 점탄성 액체는 광유-개질된 블록 공중합체, 하이드로겔, 및 그 조합을 포함한다.

[0024] 그러한 점탄성 고체와 액체는 공지 방법에 의해 제조될 수 있다. 다수는 구매가능하다.

[0025] 본 발명의 방음벽의 상기 언급한 탄성 성분(들)으로서 사용하기 적합한 재료는 본질적으로 모든 탄성 재료를 포함한다. 탄성 재료는 다공성일 수 있지만 바람직하게는 사실상 비다공성(즉, 다공도가 약 0.02 미만임)이다. 그러한 사실상 비다공성 재료는 예를 들어, 표면 결합 또는 가끔의 내부 함유물의 형태로 약간의 다공도를 나타낼 수 있으나, 일반적으로 비다공성이다. 바람직한 탄성 재료는 약 2000 미터/초(m/s) 이상인 음의 종방향 속도를 갖는 것들을 포함한다.

[0026] 탄성 고체의 유용한 부류는 금속(및 그 합금), 유리질 중합체(예를 들어, 경화된 에폭시 수지), 복합 재료(예를 들어, 중합체 매트릭스 내의 유리, 금속, 또는 탄소 섬유(또는 플레이크(flake) 또는 분말과 같은 다른 미립자 형태)), 등, 및 그의 조합을 포함한다. 탄성 고체의 바람직한 부류는 금속, 금속 합금, 유리질 중합체, 및 그의 조합(더욱 바람직하게는, 구리, 알루미늄, 에폭시 수지, 구리 합금, 알루미늄 합금, 및 그의 조합; 더욱 더 바람직하게는, 구리, 알루미늄, 구리 합금, 알루미늄 합금, 및 그의 조합; 더욱 한층 더 바람직하게는, 알루미늄, 알루미늄 합금, 및 그의 조합; 가장 바람직하게는, 알루미늄)을 포함한다.

[0027] 그러한 탄성 재료는 공지 방법에 의해 제조되거나 얻어질 수 있다. 다수는 구매가능하다.

[0028] 다공성 재료

[0029] 본 발명의 방음벽의 전술한 다공성 성분(들)으로서 사용하기 적합한 재료는 진공- 또는 유체-함유 기공(예를 들어, 캐비티, 간극, 함유물 등)을 포함하는 고체 또는 액체 매트릭스 재료 또는 그 조합(예를 들어, 겔)을 포함하며 다공도가 약 0.02 이상인 다중상 재료(다공성 금속 외)를 포함한다. 바람직하게는, 매트릭스 재료는 고체 또는 겔(더욱 바람직하게는 고체)이고/이거나 기공은 적어도 하나의 유체로(즉, 액체 또는 기체로; 바람직하게

는 기체로) 적어도 부분적으로 충전(더욱 바람직하게는, 완전히 충전)된다. 유용한 유체는 공기, 수증기, 질소, 이산화탄소, 액체 물, 등, 및 그 조합을 포함한다. 다공성 재료는 선택적으로 진공- 또는 유체-함유 재료(예를 들어, 기체를 함유할 수 있는 유리 또는 중합체 미소구체의 형태)를 추가로 포함할 수 있다.

[0030] 고체 매트릭스 재료는, 원소 금속이 중합체 매트릭스 내에 충전제로서만 존재할 수 있다는 조건으로, 본질적으로 임의의 점탄성 또는 탄성 재료를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 점탄성 또는 탄성 재료는, 매트릭스 재료로 기공이 상당히 충전되는 것을 피하기 위하여, 사용 조건하에서 본질적으로 크리프(creep)를 나타낼 수 없거나 단지 최소의 크리프를 나타낼 수 있다(바람직하게는, 약 10^{-6} Pa^{-1} 미만, 더욱 바람직하게는, 약 10^{-7} Pa^{-1} 미만의 정상 전단 크리프 컴플라이언스(steady shear creep compliance) $J(t)$ 를 나타냄).

[0031] 유용한 점탄성 및 탄성 매트릭스 재료는 전술한 것들을 포함한다. 바람직한 탄성 재료는 약 2000 미터/초(m/s) 이상인 음의 종방향 속도를 갖는 것들을 포함한다. 바람직한 탄성 매트릭스 재료는 무기 재료, 예를 들어, 결정 산화물(예를 들어, 알루미늄 또는 실리카에 기반한 것들 및 더욱 전통적인 점토기반 세라믹 포함)과 같은 세라믹 및 유리(예를 들어, 실리카 기반 유리 포함); 경화, 유리질 또는 결정 중합체 수지(예를 들어, 경화된 에폭시 수지); 비교적 고도로-가교결합된 탄성중합체(예를 들어, 아크릴로니트릴 부타다이엔 고무, 에틸렌 프로필렌 다이엔 M-클래스 고무(EPDM 고무), 폴리클로로프로펜 고무, 스티렌 부타다이엔 고무, 및 비교적 고도로-가황처리 올레핀 고무를 비롯한, 적어도 약 쇼어 60A의 듀로미터 경도 값을 갖는 고무); 사용 조건하에서 상대적으로 유리질, 결정질, 또는 그 조합의 열가소성 중합체(예를 들어, 주위 조건(예를 들어, 약 23°C 및 약 1 기압)하에서, 폴리올레핀, 예를 들어, 폴리프로필렌; 폴리스티렌; 폴리카보네이트; 및 폴리에스테르); 등, 및 그 조합을 포함한다. 바람직한 점탄성 매트릭스 재료는 비교적 온건하게-가교결합된 탄성중합체(예를 들어, 실리콘 및 아크릴레이트를 비롯한, 적어도 약 쇼어 40A 내지 약 쇼어 59A의 듀로미터 경도 값을 가진 고무); 사용 조건하에서 상대적으로 고무질인 열가소성 중합체(예를 들어, 주위 조건(예를 들어, 약 23°C 및 약 1 기압)하에서, 폴리에틸렌; 및 에틸렌과 비닐 아세테이트의 공중합체(EVA 공중합체)); 등 및 그 조합을 포함한다. 원하면, 탄성 및 점탄성 재료의 조합을 사용할 수 있다.

[0032] 고체 매트릭스 재료 내의 기공은 본질적으로 임의의 형상과 크기를 가질 수 있다. 기공은 형상 및/또는 크기가 동일할 수 있거나 상이할 수 있다. 유용한 크기는 예를 들어, 약 10 마이크로미터 내지 수 밀리미터 범위일 수 있으며; 유용한 형상은 구형, 타원형, 평면 또는 곡면을 가지며 예리하거나 만곡된 꼭지점을 가진 다각형, 등, 및 그 조합을 포함한다. 또한, 고체 매트릭스 재료 내의 기공의 공간 배열은 완전히 무작위적일 수 있거나, 부분적으로 또는 완전히 주기적(바람직하게는, 부분적으로 주기적)일 수 있다. 기공의 형상, 크기 또는 간격의 임의의 변화는 매트릭스 재료 내에서 비대칭 또는 대칭(바람직하게는 대칭)일 수 있다. 기공의 일부 또는 전부는 (예를 들어, "폐쇄 셀 폼" 내의 함유물로서) 고체 매트릭스 재료에 의해 에워싸이거나 완전히 둘러싸일 수 있거나, 다소 덜 바람직하게는, (예를 들어, "개방 셀 폼"에서처럼) 다른 기공의 일부 또는 전부와 그리고/또는 매트릭스의 외부 표면과 접촉할 수 있다.

[0033] 고체 매트릭스 재료는 연속적이거나 불연속적일 수 있다. 예를 들어, 불연속적인 고체 매트릭스 재료는 간극 형태의 기공을 형성하기 위하여 서로 접촉하는 별개의 입자(예를 들어, 섬유 또는 분말)를 포함할 수 있다. 입자는 동일할 수 있거나 크기, 형상 및/또는 화학 조성이 상이할 수 있으며, 그의 공간 배열은 무작위적이거나 부분적으로 또는 완전히 주기적일 수 있다. 입자는 다공성 입자, 사실상 비다공성 입자, 또는 그 조합일 수 있다.

[0034] 다공성 매질의 전체 기공 부피를 전체 기공 부피와 전체 고체 매트릭스 재료 부피의 합(즉, 다공성 매질의 전체 부피)으로 나눈 것이 매질의 "다공도"를 정의한다. 다공도는 0과 1 사이(순수 고체 상 및 기체 상에 각각 해당하는 한계를 제외함)의 무차원 수이다. 본 발명의 방음벽을 제조하는 데 유용한 다공성 매질은 다공도가 약 0.02 내지 약 0.99 (바람직하게는, 약 0.02 내지 약 0.65; 더욱 바람직하게는, 약 0.03 내지 약 0.2 및 약 0.4 내지 약 0.65; 더욱 더 바람직하게는, 약 0.04 내지 약 0.18 및 약 0.42 내지 약 0.62; 가장 바람직하게는, 약 0.05 내지 약 0.15 및 약 0.45 내지 약 0.6)인 것들을 포함한다.

[0035] 다공성 매질의 "벌크 밀도"는 다공성 매질의 총 질량을 그 전체 부피로 나눈 것으로 정의될 수 있다. 벌크 밀도(ρ)는 하기 식을 통해 고체 밀도(ρ_s), 유체 밀도(ρ_g), 및 다공도(ϕ)와 관계된다:

[0036]
$$\rho = \phi \rho_g + (1 - \phi) \rho_s$$

[0037] 본 발명의 방음벽의 제조에 유용한 다공성 매질은 벌크 밀도가 0보다 크고 약 3000 kg/m^3 보다 작은 (바람직하게는, 약 1.0보다 크고 약 2900 kg/m^3 보다 작은; 더욱 바람직하게는, 약 1.5보다 크고 약 2800 kg/m^3 보다 작은;

가장 바람직하게는, 약 2.0보다 크고 약 2600 또는 2700 kg/m³보다 작은) 것들을 포함한다.

[0038] 전술한 다공성 재료 또는 매질은 공지 방법에 의해 제조될 수 있으며, 일부는 구매가능하다. 바람직한 다공성 매질은 중합체 폼(바람직하게는, 폐쇄 셀 중합체 폼; 예를 들어, 폐쇄 셀 폴리에틸렌 폼), 중합체 부직 재료(예를 들어, 폴리올레핀 부직 재료), 다공성 실리카 재료(예를 들어, 펄라이트 및 에어로겔), 다공성 복합 재료(예를 들어, 펄라이트 또는 중합체 매트릭스 중의 기체-함유 중합체 미소구체), 및 그 조합을 포함한다. 더욱 바람직한 다공성 매질은 폐쇄 셀 중합체 폼, 중합체 부직 재료, 다공성 실리카 재료, 및 그 조합을 포함한다(더욱 더 바람직하게는, 폐쇄 셀 중합체 폼, 중합체 부직 재료, 및 그 조합; 가장 바람직하게는, 중합체 부직 재료 및 그 조합을 포함함).

[0039] 원하는 경우, 본 발명의 방음벽은 선택적으로 다른 성분 재료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 방음벽은 하나 초과 of 점탄성 재료(횡방향 음파의 전파 속도의 적어도 약 30배인 종방향 음파의 전파 속도를 갖지 않으며, 제1 및 제2 매질 중 하나로서 또는 추가 매질로서 사용될 수 있는 하나 이상의 점탄성 재료를 포함), 하나 초과 of 탄성 재료, 및/또는 하나 초과 of 다공성 재료(전술한 다공성 재료 중 적어도 하나가 전술한 방음벽에 포함된다면, 전술한 다공성 재료(예를 들어, 다공성 금속)와 상이한 하나 이상의 다공성 재료를 포함함)를 포함할 수 있다.

[0040] 포논 결정 구조체의 제조

[0041] 본 발명의 방음벽은 제1 밀도를 가진 제1 매질에 배치된 구조체의 사실상 주기적(1차원, 2차원 또는 3차원) 어레이를 포함하며, 구조체는 상기한 바와 같이 제1 밀도와 상이한 제2 밀도를 가진 제2 매질로 제조된다. 그러한 어레이는 제1 매질로서 전술한 다공성 재료 또는 전술한 점탄성 또는 탄성 재료를 그리고 제2 매질로서 둘 중 다른 하나를 이용함으로써 형성될 수 있다.

[0042] 생성된 구조체 또는 포논 결정은 거시 구조체(예를 들어, 센티미터 또는 밀리미터 이하 정도의 크기 규모를 가짐)일 수 있다. 원하는 경우, 포논 결정은, 함유물들 사이에 매트릭스를 형성하는 재료에 의해 둘러싸인, 그의 격자 부위에서 균일한 크기와 균일한 형상의 함유물을 가진 공간적으로 주기적인 격자 형태를 취할 수 있다. 그러한 구조체를 위한 디자인 파라미터는 격자의 유형(예를 들어, 정사각형, 삼각형 등), 격자 부위들 사이의 간격(격자 상수), 단위 셀의 구성 및 형상(예를 들어, 함유물에 의해 점유되는 단위 셀의 분획 면적 - 또한 f 로 도 알려지며, 소위 "필 팩터(fill factor)"), 함유물 및 매트릭스 재료의 물리적 특성(예를 들어, 밀도, 포아송 비(Poisson ratio), 계수, 등), 함유물의 형상(예를 들어, 막대, 구, 중공 막대, 정사각형 기둥, 등) 등을 포함한다. 그러한 설계 파라미터를 조절함으로써, 생성된 밴드 갭의 주파수, 갭의 개수, 및 그의 폭이 조절될 수 있으며, 또는 최소한으로, 투과 손실의 수준이 주파수의 함수로서 조절될 수 있다.

[0043] 바람직하게는, 구조체의 사실상 주기적인 어레이는 제1 및 제2 매질의 교대층들을 포함하는 다층 구조체 형태의 1차원 어레이이다(그리고, 원하는 경우, 하나 이상의 층의 형태인 상기 설명된 선택적 성분 중 하나 이상을 추가 포함하며; 예를 들어, "ABCD" 구조체, "ACDB" 구조체, "ACBD" 구조체, 등은 제1 매질(A) 및 제2 매질(B)과 두 개의 추가의 성분 C 및 D로부터 형성될 수 있다). 다층 구조체의 층의 총 수는 사용되는 특정 재료, 층 두께, 및 특정 음향 응용의 요건에 따라, 넓은 범위에 걸쳐 변할 수 있다.

[0044] 예를 들어, 다층 구조체의 층의 총 수는 2층만큼 적고 수백층 이상만큼 높은 범위에 있을 수 있다. 층 두께는 또한 (예를 들어, 원하는 주기성에 따라) 넓게 변할 수 있으나 바람직하게는 센티미터 이하 정도(더욱 바람직하게는, 밀리미터 이하 정도; 가장 바람직하게는, 약 10 mm 이하)이다. 그러한 층의 두께 및 층의 수는 센티미터 이하(바람직하게는, 약 100 mm 이하; 더욱 바람직하게는, 약 50 mm 이하; 더욱 더 바람직하게는, 약 30 mm 이하; 가장 바람직하게는 약 20 mm 이하) 정도의 치수를 갖는 포논 결정 구조체를 제공할 수 있다. 원하는 경우, 층은 구조체의 조립 이전에 (예를 들어, 계면활성제 조성물 또는 아이소프로판올을 이용하여) 세정될 수 있으며, 하나 이상의 결합제(예를 들어, 접착제 또는 기계적 패스너)가 선택적으로 (원하는 음향에 큰 간섭이 없다면) 이용될 수 있다.

[0045] 다층 구조체의 바람직한 실시 형태는 층 두께가 약 5 mm 내지 약 10 mm인 다공성재료(바람직하게는, 폐쇄 셀 중합체 폼, 중합체 부직 재료, 다공성 실리카 재료, 또는 그 조합)와 층 두께가 약 0.025 mm 내지 약 1 mm인 탄성 재료(바람직하게는, 알루미늄, 에폭시 수지, 알루미늄 합금, 또는 그 조합)의 약 3개 내지 약 10개 또는 20개 (더욱 바람직하게는, 약 3개 내지 약 5개)의 교대층을 포함한다. 이는 약 5 mm 내지 약 100 mm (더욱 바람직하게는, 약 10 mm 내지 약 60 mm; 더욱 더 바람직하게는, 약 10 mm 내지 약 50 mm; 가장 바람직하게는, 약 10 mm 내지 약 30 mm) 정도의 바람직한 치수를 가진 포논 결정 구조체를 제공할 수 있다.

- [0046] 방음벽 및 그 용도
- [0047] 본 발명의 방음벽은 음원(바람직하게는 가정 음향 주파수의 공급원)과 수음체(바람직하게는, 가정 음향 주파수의 수신체) 사이에 방음벽을 개재시키거나 위치시키는 단계를 포함하는 방음 방법에 사용될 수 있다. 유용한 음원은 교통 소음, 산업 소음, 대화, 음악 등(바람직하게는, 가정 성분을 가진 소음 또는 다른 음; 더욱 바람직하게는, 약 500 Hz 내지 약 1500 Hz 범위의 주파수 성분을 가진 소음 또는 다른 음)을 포함한다. 수음체는, 예를 들어 사람의 귀, 임의의 다양한 녹음 장치, 등(바람직하게는 사람의 귀)일 수 있다. 원하는 경우, 방음벽은 (예를 들어, 방음벽이 헬름홀츠 공명기-유형의 흡수기로서 기능을 할 수 있도록 기체에 대하여 방음벽을 위치시킴으로써) 흡수기로서 사용될 수 있다.
- [0048] 본 발명의 방음벽은 가정 범위의 비교적 큰 부분에 걸쳐 투과 손실을 이루기 위해 사용될 수 있다(바람직한 실시 형태는 약 800 Hz 내지 약 1500 Hz의 범위에 걸쳐 약 20 dB 이상인 투과 손실을 제공하며; 더욱 바람직한 실시 형태는 약 500 Hz 내지 약 1500 Hz의 범위에 걸쳐 약 20 dB 이상인 투과 손실을 제공하며; 더욱 더 바람직한 실시 형태는 약 250 Hz 내지 약 1500 Hz의 범위에 걸쳐 약 20 dB 이상인 투과 손실을 제공하며; 가장 바람직한 실시 형태는 약 500 Hz 내지 약 1500 Hz 범위의 적어도 일부에 걸쳐 사실상 전체 투과 손실을 제공한다). 그러한 투과 손실은 포논 결정 구조체 치수를 센티미터 이하의 정도로 (바람직하게는, 약 20 cm 이하; 더욱 바람직하게는, 약 10 cm 이하 정도로; 가장 바람직하게는, 약 10 mm 내지 약 30 mm 정도로) 유지하면서 이루어질 수 있다.
- [0049] 상기 설명된 포논 결정 구조체 중 하나 이상에 더하여, 본 발명의 방음벽은 선택적으로 하나 이상의 종래의 또는 이후에 개발되는 방음체(예를 들어, 종래의 흡수기, 벽, 등)를 추가로 포함할 수 있다. 원하는 경우, 그러한 종래의 방음체는, 예를 들어 방음벽의 주파수 효과 범위를 넓히기 위하여, 증화될 수 있다.
- [0050] 실시예
- [0051] 본 발명의 목적 및 이점은 하기의 실시예에 의해 추가로 예시되지만, 이들 실시예에 인용된 특정 물질 및 그 양뿐만 아니라 기타 조건이나 상세사항은 본 발명을 부당하게 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. 실시예에서 모든 부, 백분율, 비 등은 달리 표시되지 않으면 중량 기준이다. 달리 표시되지 않으면 용매 및 다른 시약은 미국 미주리주 세인트 루이스 소재의 시그마-알드리치 케미칼 컴퍼니(Sigma-Aldrich Chemical Company)로부터 입수하였다.
- [0052] 시험 방법
- [0053] 50 Hz 내지 1.6 kHz의 주파수 범위에서 투과 손실 측정
- [0054] 투과 손실 측정은 브뤼엘 앤드 케아 임피던스 튜브 시스템 타입 4206(Brüel & Kjær Impedance Tube System Type 4206)(100 mm 튜브, 덴마크 소재의 브뤼엘 앤드 케아 사운드 앤드 바이브레이션 메저먼트 에이/에스(Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S))을 이용하여 실시하였다. 4-마이크로폰 전달-함수 시험 방법을 50 Hz 내지 1.6 kHz의 주파수 범위에서 투과 손실의 측정을 위해 사용하였다.
- [0055] 요약하면, 튜브 시스템은 100 mm 내경의 수용 튜브, 홀더 튜브 및 공급원 튜브로 구성되었다. 각각의 시험 샘플을 공급원 튜브와 수용 튜브 사이에 위치한 홀더 튜브 내에 2개의 고무 o-링으로 설치하였다. 공급원 튜브의 단부에 장착된 확성기(4 오옴(Ω) 임피던스, 80 mm 직경)를 평면 음파의 발생기로 사용하였다. 타입 4187의 4개의 0.64 cm(1/4 인치) 콘덴서 마이크로폰을 사용하여 시험 샘플의 양 측에서 음압 수준을 측정하였다(공급원 튜브 내에 두 개 및 수용 튜브 내에 두 개). 공급원 튜브 내의 두 개의 마이크로폰을 이용하여 입사 및 반사된 평면파를 측정하였다. 수용 튜브 내에 위치한 두 개의 다른 마이크로폰을 이용하여 흡수되고 투과된 부분을 측정하였다.
- [0056] 4개의 마이크로폰 위치에서 음압을 측정하고 문헌[Olivieri, O., Bolton, J. S., and Yoo, T. in "Measurement of Transmission Loss of Materials Using a Standing Wave Tube", INTER-NOISE 2006, 3-6 December 2006, Honolulu, Hawaii, USA]에 의해 설명된 절차에 따라 4-채널 디지털 주파수 분석기를 이용하여 복합 전달 함수를 계산함으로써, 시험 샘플의 투과 손실을 측정하였다. 펄스(PULSE) 버전 11 데이터 획득 및 분석 소프트웨어(브뤼엘 앤드 케아)를 이용하였다.
- [0057] 각 구조체를 위하여, 시험 샘플을 준비하였다. 모든 시험 샘플을 99.54 mm 직경의 정밀 다이로 절단하였다. 투과 손실 측정을 각 시험 샘플에 대하여 3회 반복하였다. 각 구조체에 대하여 생성된 투과 손실은 3회 측정의

대수 평균으로 계산하였다.

[0058] 1,000 Hz 내지 25,000 kHz의 주파수 범위에서 투과 손실 측정

[0059] 1,000 내지 25,000 Hz 주파수 범위에서 투과 손실 측정은 음원, 샘플 홀더, 및 마이크로폰을 포함한 시험 챔버; 디지털-아날로그 변환기(DAC); 전력 증폭기; 마이크로폰 전치증폭기; 아날로그-디지털 변환기(ADC); 및 개인용 컴퓨터(PC)로 이루어진 음향 시험 벤치 박스(ATB)를 이용하여 실시하였다. 랩뷰(LabView)TM 8.0 소프트웨어(미국 텍사스주 오스틴 소재의 내셔널 인스트루먼트즈(National Instruments)로부터 입수가가능함)를 데이터 획득 프로그램으로 이용하였다. ATB는 4개의 상호접속된 고수준 시스템을 갖도록 디자인되었으며, 각 시스템은 그 자신의 세부적인 서브시스템을 갖는다. 4개의 고수준 시스템은 사용자 인터페이스, 신호 처리, 오디오 하드웨어, 및 시험 챔버였다.

[0060] 사용자 인터페이스는 시험 설정, 시험 결과, 및 시험 시작 및 중단을 위한 제어 메커니즘을 비롯하여, 사용자와 시험 챔버 사이에서 정보 전달을 책임지는 모든 구성요소를 포함하였다. 신호 처리 시스템은 신호의 생성, 획득, 및 처리를 담당하였다. 그의 생성 섹션은 아날로그 신호로의 변환을 위하여 일정한 주파수와 진폭의 디지털 신호를 디지털-아날로그 변환기(미국 텍사스주 오스틴 소재의 내셔널 인스트루먼트즈로부터 입수가가능한 모델 PCI-6711)로 전송하였다. 그의 수신 섹션은 아날로그-디지털 변환기(미국 텍사스주 오스틴 소재의 내셔널 인스트루먼트즈로부터 입수가가능한 모델 PCI-4472)로부터 디지털 신호를 수신하고, 임의의 소음을 필터링하기 위하여 대역 통과 필터를 이용하고, 생성된 신호를 보정 데이터로부터 정규화하였다.

[0061] 오디오 하드웨어는 시험 챔버를 통해 이동하는 음파를 물리적으로 생성, 측정 및 증폭하는 것을 담당하였다. 디지털 신호를 신호 처리 시스템으로부터 DAC로 전송하고, 여기서 이를 아날로그 신호로 변환하였다. 아날로그 신호를 10X의 이득으로 맞춤형 전력 증폭기로 전송하였다. 증폭기는 폴레인지 스피커(www.fostex.com으로부터 입수가가능하며, 79 Hz 내지 25 kHz의 소리를 생성할 수 있는 포스텍스(Fostex)TM FE-126E 폴레인지 스피커)에 전력을 공급하였으며, 이는 시험 챔버를 음파로 채웠다. 마이크로폰 어레이가 시험 챔버에 걸쳐 전략적으로 배치되어 음파를 측정하고 기록하였다. 두 가지 유형의 마이크로폰을 이용하였다: 어스웍스(Earthworks)TM M50 측정 마이크로폰(미국 뉴햄프셔주 밀포드 소재의 어스웍스, 인크.(Earthworks, Inc.)로부터 입수가가능함) 및 DPA 4021 콤팩트 카디오이드 마이크로폰(compact cardioid microphone)(미국 코네티컷주 80501 롱몬트 소재의 DPA 마이크로폰스(Microphones)로부터 입수가가능함). 마이크로폰은 전문가용 마이크로폰 전치증폭기(미국 캘리포니아주 플레이서빌 소재의 밀레니아 뮤직 앤드 미디어 시스템즈(Millenia Music and Media Systems)로부터 입수가가능하며, 48V 팬텀 파워(phantom power)를 구비한 모델 밀레니아TM HV-3D)로 증폭시켰다. 전치증폭기는 그 신호를 ADC로 전송하고, ADC는 신호를 아날로그에서 디지털로 변환하여 이를 다시 신호 처리 시스템으로 전송하였다.

[0062] 시험 챔버는 마이크로폰, 스피커, 및 시험 샘플 모두를 보유한 물리적 챔버였다. 이는 0.514 미터/1.212 미터/0.572 미터(20.25 인치/47.75 인치/22.5 인치)(높이/길이/폭)의 치수를 가진 0.0191 미터(3/4 인치) 합판으로 구성되었다. 챔버는 일 단부 상의 스피커 상자(0.228 미터/0.165 미터/0.127 미터(9 인치/6.5 인치/5 인치)(높이/길이/폭)의 치수를 가진 0.0191 미터(3/4 인치)합판으로 구성됨), 타 단부 상의 마이크로폰 장착대, 마이크로폰을 걸기 위한 6개 위치, 기립 마이크로폰 장착대, 및 샘플 홀더를 위한 가이드 기둥(0.393 미터/0.457 미터(15.5 인치/18 인치)(높이/폭)의 치수를 가진 0.0191 미터(3/4 인치) 합판으로 구성됨)로 이루어졌다. 시험 챔버의 전방 패널 및 후방 패널 둘 모두는 스피커와 마이크로폰의 용이한 교환을 위해 제거가능하였다. 시험 챔버와 각 샘플 홀더의 내부는 방음을 위하여 3MTM 틴슐레이트(Thinsulate)TM 방음재(미국 미네소타주 세인트폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)로부터 입수가가능한, 0.025 미터 두께의 부직 중합체 매트)로 라이닝을 완전히 형성하였다.

[0063] 각 시험 샘플을 2개의 고무 O-링으로 제자리에 유지시키거나 시험 챔버 내의 수신 마이크로폰과 음원(스피커) 사이에 위치한 샘플 홀더 내에 석유 젤리로 밀봉하였다. 각각의 상이한 구조체를 위하여, 시험 샘플을 제조하였다. 모든 시험 샘플을 99.54 mm 직경의 정밀 다이로 절단하였다. 투과 손실 측정을 각 시험 샘플에 대하여 6회 반복하였다. 각 구조체에 대하여 생성된 투과 손실은 6회 측정의 대수 평균으로 계산하였다.

[0064] 음속 측정

[0065] 음속 측정은 맞춤형 펄서(pulser)/수신기 시스템을 이용하여 실시하였다. 이 시스템에서, 음 시스템 구성의 투과 속도(through-transmission speed)를 이용하였다. 시험 샘플을 송신기 트랜스듀서(transducer) 및 수신기 트랜스듀서로서의 두 개의 음파 트랜스듀서(미국 매사추세츠주 윌담 소재의 올림푸스(Olympus) NDT로부터 입수

가능한 모델 V101-RB 파나메트릭스(Panametrics)-NDT 접촉 트랜스듀서, 종방향 음파, 0.5 MHz) 사이에 위치시켰다. 각 시험 샘플에 대하여, 바세린(VASELINE)TM 석유 젤리를 각각의 트랜스듀서의 표면 상에 적용하여 우수한 접촉을 확실히 하였다. 송신기 트랜스듀서 및 수신기 트랜스듀서를 펄서/수신기(미국 매사추세츠주 월담 소재의 올림푸스 NDT로부터 입수가 가능한 모델 5077PR 초음파 펄서/수신기)에 접속하였으며, 이를 디지털 오실로스코프(미국 콜로라도주 콜로라도 스프링스 소재의 어질런트 테크놀로지스, 인크.(Agilent Technologies, Inc.)로부터 입수가 가능한 모델 DS06054A 500MHz, 4 채널, 6000 시리즈 오실로스코프)에 접속하였다. 음속은 100 kHz에서 비행 시간(time-of-flight) 기술로 측정하였다. 각 시험 샘플에 대하여, 음속의 측정을 3회 반복하였다. 음속 값은 3회 측정의 대수 평균으로 계산하였다.

[0066] 리올로지 측정

[0067] 리올로지 특성(예를 들어, 정상 전단 고원 탄성률)은, 상업적 ARES 동적 유량계(미국 델라웨어주 뉴 캐슬 소재의 티에이 인스트루먼트(TA Instruments))를 통해 입수가 가능함)에서 시험 샘플 재료에 대해 신축 모드로 선형 등온 주파수 스위프(sweep) 동적 기계적 분석(DMA) 시험을 실시하여 측정하였다. 이어서 생성된 데이터를 시간-온도 중첩 원리를 이용하여 이동시켜 선택된 기준 온도(22.7°C의 실온으로 취함)에서 동적 마스터 곡선을 생성하였다. 동적 마스터 곡선의 이동을 위해 사용된 수평 이동 인자를 점검하여 윌리엄스-란델-페리(Williams-Landel-Ferry)(WLF) 형태를 따르는 것을 발견하였다. 생성된 동적 마스터 곡선을 마지막으로 니노미야-페리(Ninomiya-Ferry)(NF) 절차에 의해 실온(22.7°C)에서 정상 선형 신장 계수 마스터 곡선으로 변환시켰다. 고무질 신장 계수 고원 값은 정상 선형 신장 계수 마스터 곡선으로부터 측정하였으며, 재료의 정상 전단 고원 탄성률은 고무질 신장 계수 고원 값의 1/3인 것으로 취했다. (예를 들어, 문헌[John D. Ferry in Viscoelastic Properties of Polymers, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York (1980)]에 의한 리올로지 데이터 분석 기술의 논의를 참조.)

[0068] 재료

[0069] 재료 A:

[0070] 폴리에틸렌(PE) 폼 1번: 미국 일리노이주 엘름허츠 소재의 맥마스터-칼 인크.(McMaster-Carr Inc.)로부터 입수가 가능한 물품 번호 8722K26, 폐쇄 셀 폼, 두께 6.35 mm.

[0071] 재료 B:

[0072] 폴리에틸렌(PE) 폼 2번: 미국 일리노이주 엘름허츠 소재의 맥마스터-칼 인크.로부터 입수가 가능한 물품 번호 8722K27, 폐쇄 셀 폼, 두께 9.53 mm.

[0073] 재료 C:

[0074] VHB 폼: 미국 미네소타주 세인트폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능한 3MTM VHBTM 아크릴 폼 테이프 4611, 폐쇄 셀 폼, 두께 1.14 mm.

[0075] 재료 D:

[0076] 알루미늄 1번: 미국 펜실베이니아주 피츠버그 소재의 알코아 코퍼레이션(Alcoa Corp.)으로부터 입수가 가능한 알루미늄 시트, 두께 0.5 mm.

[0077] 재료 E:

[0078] 알루미늄 2번: 미국 펜실베이니아주 피츠버그 소재의 알코아 코퍼레이션으로부터 상표명 레이놀즈 랩(Reynolds Wrap)TM으로 판매되는 알루미늄 호일, 두께 0.03 mm.

[0079] 재료 F:

[0080] 실리콘 고무: 미국 일리노이주 엘름허츠 소재의 맥마스터-칼 인크.로부터 입수가 가능한, 아크릴 접착 패키지를 갖는 물품 번호 86915K24, 듀로미터 경도 40A, 두께 0.8 mm, 본질적으로 상기 설명된 바와 같이 측정될 때 22.7°C의 실온에서 정상 전단 고원 탄성률 4.3×10^5 Pa.

[0081] 재료 G:

[0082] 열가소성 중합체: 미국 미시간주 미드랜드 소재의 다우 케미컬 컴퍼니(Dow Chemical Company)로부터 다우 DNDA-

1081 NT 7로 입수가 가능한 선형 저밀도 폴리에틸렌.

[0083] 재료 H:

[0084] 폴리올레핀 탄성중합체: 미국 미시간주 미드랜드 소재의 다우 케미컬 컴퍼니로부터 인게이지(ENGAGE) 8401 폴리올레핀 탄성중합체로 입수가 가능한, 에틸렌과 옥텐-1의 공중합체.

[0085] 재료 I:

[0086] 부직 매트: 10 mm 의 매트 두께를 얻기 위해, 미국 특허 제6,133,173호(라이델(Riedel) 등)의 실시예 1에 기재된 바와 같이 본질적으로 제조된 폴리올레핀 부직 재료, 다만 실시예 1에 언급된 피드블록 조립체가 2개의 중합체 용융 스트림 - 하나는 200°C에서 실시예 3에 기재된 PSA의 용융 스트림이며 다른 하나는 20/80의 중량비의 재료 G와 H의 용융 스트림(폴리올레핀 블렌드를 형성함)임 - 에 의해 공급된 것은 제외함. 실시예 1의 기어 펌프를 조정하여 20/80 비의 PSA 대 폴리올레핀 블렌드를 생성하였다. 생성된 부직 매트의 평량은 약 3200 g/m² 이었다.

[0087] 재료 J:

[0088] 다공성 실리카 재료: 미국 일리노이주 호킨스 소재의 실브리코 코포레이션(Silbrico Corporation)으로부터 리오텍스(Ryolox)TM 등급 3-S로 입수가 가능한, 평균 입자 크기가 약 0.5 밀리미터인, 팽창된 펄라이트 분말.

[0089] 재료 K:

[0090] 중합체 미소구체: 미국 조지아주 둘루스 소재의 에카 케미컬스 인크., 엑스펜셀(Eka Chemicals Inc., Expance 1)로부터 입수가 가능한, 평균 직경이 75 마이크로미터인, 엑스펜셀TM 091 DE 80d30 미소구체(아크릴 공중합체 봉지화 아이소펜탄).

[0091] 재료 L:

[0092] 아크릴레이트 접착제: 1:1 아이소부틸 아크릴레이트/아이소옥틸 아크릴레이트(IBA/IOA)의 단량체 비율을 이용한 것을 제외하고는, 미국 특허 제5,708,110호(베네트(Bennett) 등)의 실시예 3에 기재된 바와 같이 본질적으로 제조된, IBA/IOA 50/50 공중합체 접착제.

[0093] 재료 M:

[0094] 다공성 복합 재료 1번: 90/10 중량% 비의 아크릴레이트 접착제(재료 L)와 다공성 실리카 재료(재료 J)의 혼합물; 재료를 배합하고, 약 5분 동안 목재 스틱으로 수동으로 혼합하고, 생성된 혼합물을 2개의 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 라이너 사이에서 약 5 mm 두께의 시트로 압축하고, 이어서 생성된 구조체를 약 2시간 동안 구조체의 양면에 자외선(UV)을 조사하여 경화시킴으로써 제조됨.

[0095] 재료 N:

[0096] 다공성 복합 재료 2번: 아크릴레이트 접착제(재료 L)와 중합체 미소구체(재료 K)의 혼합물; 93/7 중량% 비로 재료를 배합하고 약 5분 동안 목재 스틱으로 수동으로 혼합하고, 생성된 혼합물을 2개의 PET 라이너 사이에서 약 8 mm 두께의 시트로 압축하고, 이어서 생성된 구조체를 약 2시간 동안 구조체의 양면에 UV를 조사하여 경화시킴으로써 제조됨.

[0097] 실시예 1

[0098] 부직 매트(재료 I)와 알루미늄 1번(재료 D)의 교대층을 조립하여 6층 구조체를 구성하였다. 생성된 구조체(IDIDID)의 투과 손실 성능 및 성분 재료의 중방향 음파의 속도를 전술한 절차에 따라서 측정하였다. 성분 재료의 결과적인 중방향 속도(c_1), 및 그의 두께(d) 및 밀도(ρ)를 이용하여 6층 구조체를 위한 예상 밴드 갭 프로파일을 계산하였다(문헌[J. M. Bendickson and J. P. Dowling in "Analytical expressions for the electromagnetic mode density in finite, one-dimensional, photonic band-gap structures," Physical Review E, Volume 53, Number 4, pages 4107-4121 (1996)]에 기재된 분석 모델을 이용함). (계산을 위해 사용된 파라미터: 부직 매트: $C_1 = 200$ m/s, $\rho = 260$ kg/m³, $d = 10$ mm; 알루미늄 1번: $C_1 = 6342$ m/s, $\rho = 2799$ kg/m³, $d = 0.5$ mm.)

[0099] 마지막으로, 구조체의 측정된 단위 면적 당 중량에 기초하여, (B&K 데이터에 대한) 수직 질량 법칙 값 및 (ATB

박스 데이터에 대한) 음장 입사 질량 법칙 값을 또한 하기 식에 따라 계산하였다(예를 들어, 문헌[R. F. Barron, "Industrial Noise Control and Acoustics," Marcel Dekker, Inc., New York (2003), p.112, 113] 참고):

$$TL_n = 10 \log_{10} \left[1 + \left(\frac{\pi f M_s}{\rho c_1} \right)^2 \right]$$

$$TL_f = TL_n - 5$$

[0100]

[0101]

여기서, TL_n 및 TL_f 는 각각 수직 및 음장 입사 투과 손실(dB 단위)이며, \log_{10} 은 10을 밑으로 하는 로그이며, π 는 대략 3.14인 수학 상수이며, M_s 는 다층 구조체의 단위 면적 당 질량(kg/m² 단위)이며, ρ_1 및 c_1 은 각각 다층 구조체를 둘러싸는 공기의 밀도(kg/m³ 단위) 및 음속(m/s 단위)이며, f 는 주파수(Hz 단위)이다. 결과적인 계산 및/또는 측정 투과 손실/투과 계수 대 주파수 곡선이 도 1a 및 도 1b에 나타나 있다.

[0102]

실시예 2

[0103]

폴리에틸렌(PE) 폼 2번(재료 B)과 알루미늄 1번(재료 D)의 교대층을 조립하여 6층 구조체를 구성하였다. 생성된 구조체(BDBDBD)의 투과 손실 성능 및 성분 재료의 종방향 음파의 속도를 전술한 절차에 따라서 측정하였다. 성분 재료의 결과적인 종방향 속도(c_1), 및 그의 두께(d) 및 밀도(ρ)를 이용하여 6층 구조체를 위한 예상 밴드 갭 프로파일을 계산하였다(문헌[J. M. Bendickson and J. P. Dowling in "Analytical expressions for the electromagnetic mode density in finite, one-dimensional, photonic band-gap structures," Physical Review E, Volume 53, Number 4, pages 4107-4121 (1996)]에 기재된 분석 모델을 이용함). (계산을 위해 사용된 파라미터: PE 폼 2번: C_1 310 m/s(268 m/s의 속도가 측정되었을 때, 줄잡아 선택한 값(selected conservative value)), $\rho = 50$ kg/m³, $d = 9.53$ mm; 알루미늄 1번: $C_1 = 6342$ m/s, $\rho = 2799$ kg/m³, $d = 0.5$ mm.)

[0104]

마지막으로, 구조체의 측정된 단위 면적 당 중량에 기초하여, (B&K 데이터에 대한) 수직 질량 법칙 값 및 (ATB 박스 데이터에 대한) 음장 입사 질량 법칙 값을 또한 실시예 1에서 전술된 바와 같이 계산하였다. 결과적인 계산 및/또는 측정 투과 손실/투과 계수 대 주파수 곡선이 도 2a 및 도 2b에 나타나 있다.

[0105]

실시예 3 및 4

[0106]

VHB 폼(재료 C)과 알루미늄 2번(재료 E)의 교대층을 조립하여 3층 및 5층 구조체를 구성하였다. 생성된 구조체(실시예 3으로서 CEC 및 실시예 4로서 CECEC)의 투과 손실 성능을 전술한 절차에 따라서 측정하였다. 마지막으로, 구조체의 측정된 단위 면적 당 중량에 기초하여, (B&K 데이터에 대한; 도 3a) 수직 질량 법칙 값 및 (ATB 박스 데이터에 대한; 도 3b) 음장 입사 질량 법칙 값을 또한 실시예 1에서 전술된 바와 같이 계산하였다. 결과적인 계산 및 측정 투과 손실 대 주파수 곡선이 도 3a 및 3b에 나타나 있다.

[0107]

실시예 5 및 비교예 1

[0108]

비교예 1(5층 구조체)로서 실리콘 고무(재료 F)와 알루미늄 2번(재료 E)의 교대층을 조립하고, 실시예 5(6층 구조체)로서 부직 매트(재료 I)와 알루미늄 1번(재료 D)의 교대층을 조립하여 2개의 상이한 다층 구조체를 구성하였다. 생성된 구조체(FEFEF 및 IDIDID)의 투과 손실 성능을 전술한 절차에 따라서 측정하였다. 마지막으로, 구조체의 측정된 단위 면적 당 중량에 기초하여, 수직 입사 질량 법칙 값을 또한 실시예 1에서 전술된 바와 같이 계산하였다. 결과적인 계산 및 측정 투과 손실 대 주파수 곡선이 (주로 그들의 상대적인 투과 손실 성능을 그들의 각 질량 법칙에 비교하기 위해) 도 4a 및 4b에 나타나 있다.

[0109]

실시예 6 및 실시예 7

[0110]

실시예 6으로서 아크릴레이트 접착제(재료 L)와 다공성 복합 재료 1번(재료 M)의 교대층을 조립하고, 실시예 7로서 아크릴레이트 접착제(재료 L)와 다공성 복합 재료 2번(재료 N)의 교대층을 조립하여 2개의 상이한 3층 구조체를 구성하였다. 생성된 구조체(LML 및 LNL)의 음속을 전술한 절차에 따라서 측정하였으며, 결과는 실시예 6에 대해 288 m/s 및 실시예 7에 대해 276 m/s로 밝혀졌다.

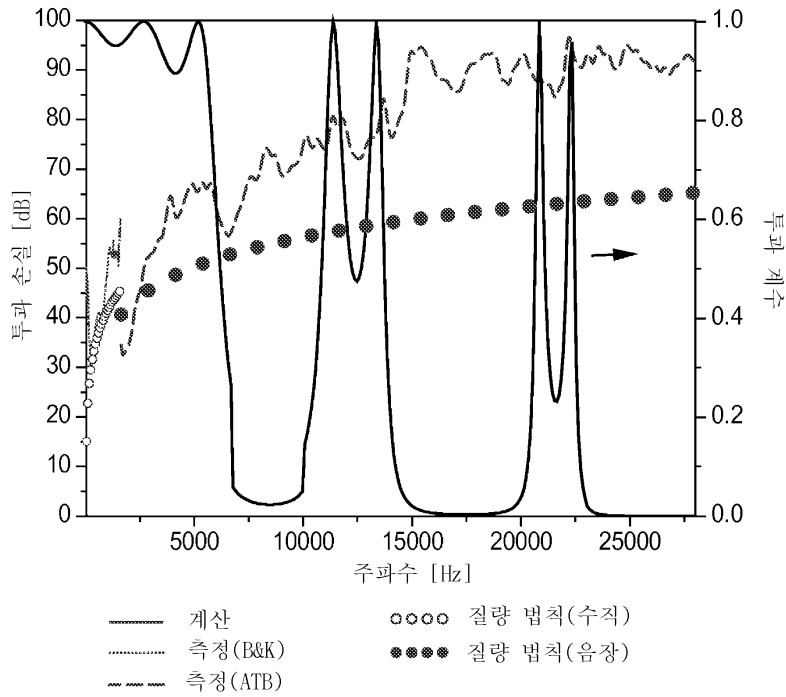
[0111]

본 명세서에 인용된 특허, 특허 문서, 및 간행물에 포함된 참고 설명은 마치 각각이 개별적으로 포함되는 것처럼 전체적으로 참고로 포함된다. 본 발명의 범주 및 취지를 벗어나지 않고도 본 발명에 대한 다양한 예측할 수 없는 변형 및 변경이 당업자에게 명백하게 될 것이다. 본 발명을 본 명세서에 설명된 예시적 실시 형태 및 실

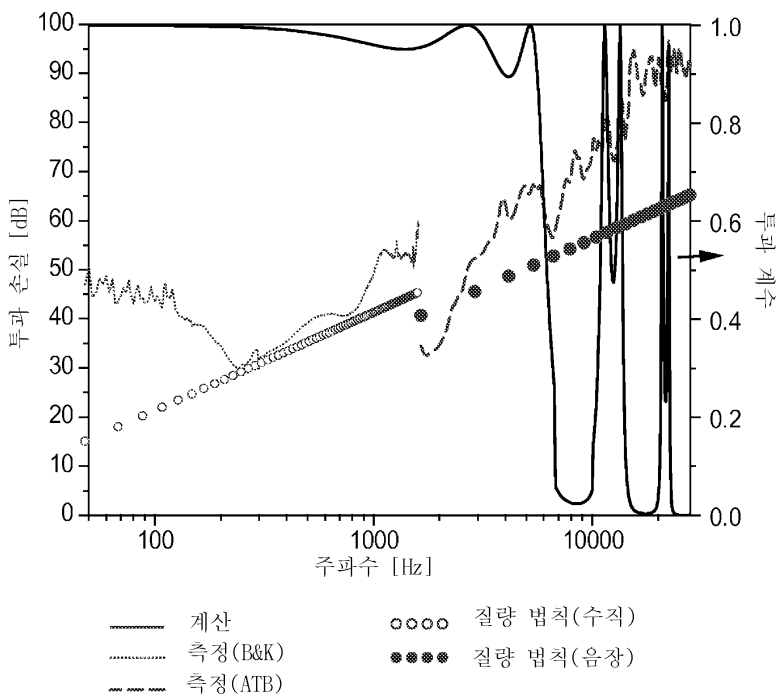
시에로 부당하게 제한하려는 것이 아니며, 그러한 실시예 및 실시 형태는 본 명세서에서 하기와 같이 설명된 특허청구범위에 의해서만 제한하려는 본 발명의 범위와 함께 단지 예로서 제시된다는 것을 이해하여야 한다.

도면

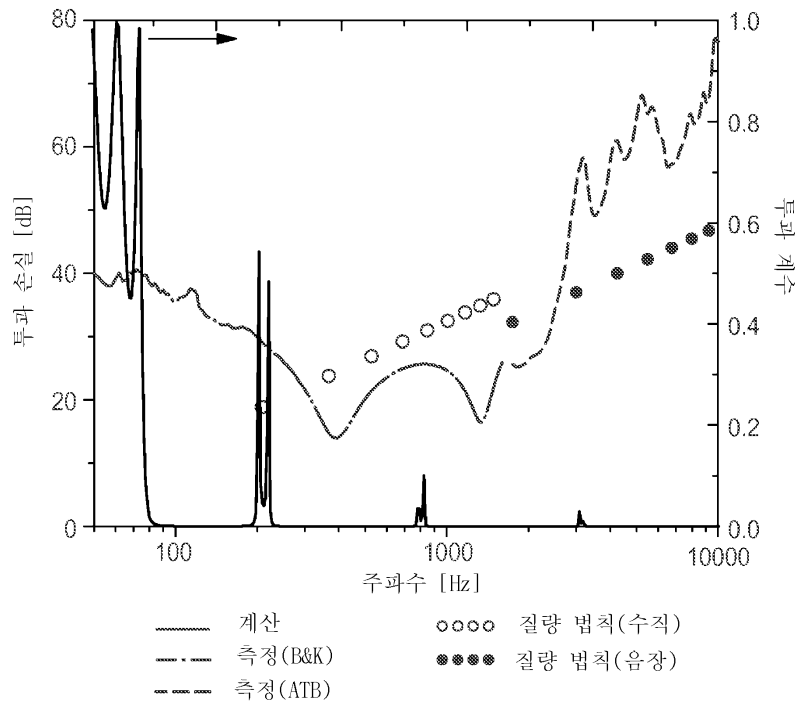
도면1a



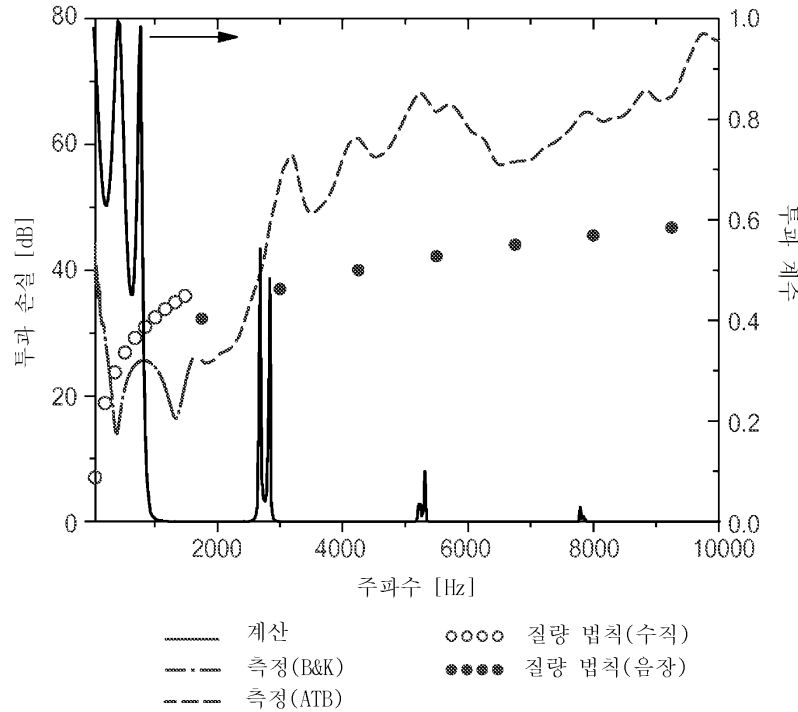
도면1b



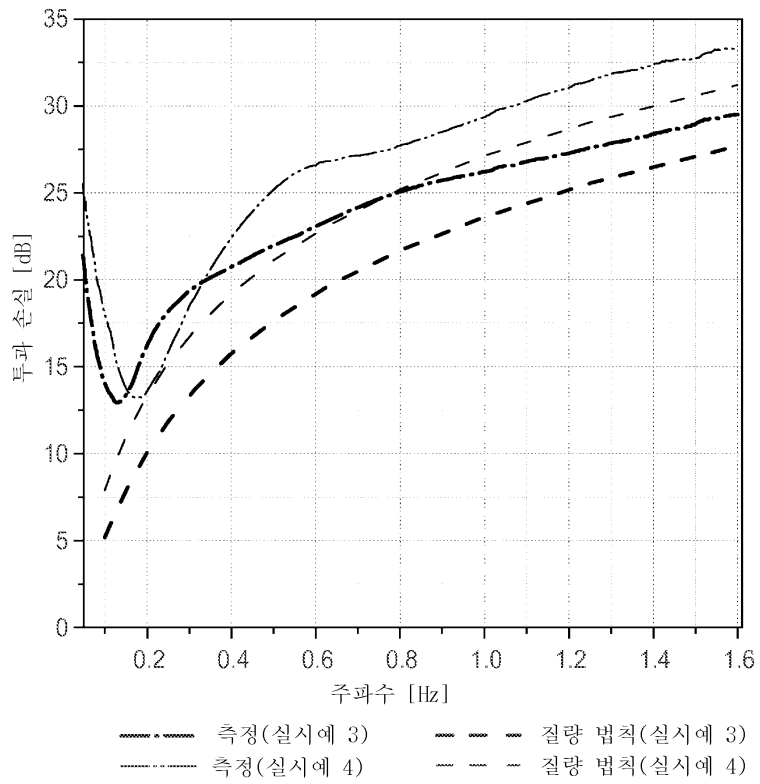
도면2a



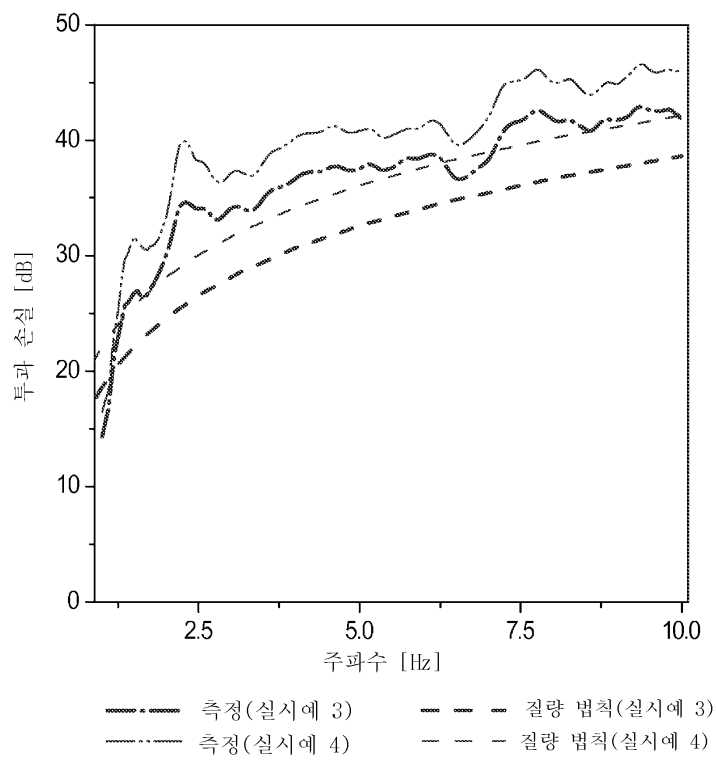
도면2b



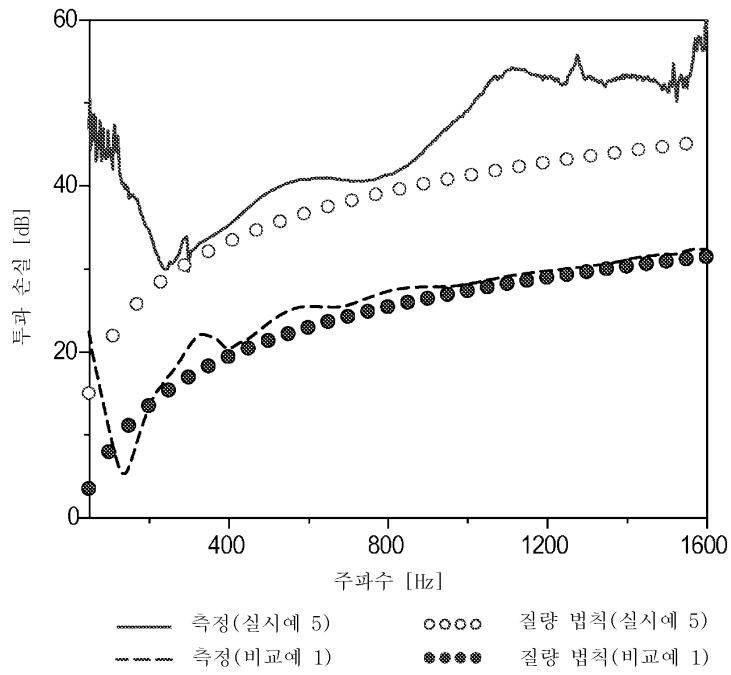
도면3a



도면3b



도면4a



도면4b

