(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0029163
(43) 공개일자 2013년03월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16F 9/53 (2006.01) *F16F 15/03* (2006.01)
F16F 13/30 (2006.01) *F16F 1/36* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0092389
(22) 출원일자 2011년09월14일
심사청구일자 2011년09월14일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
장암칼스 주식회사
서울 영등포구 영등포동8가 57
(72) 발명자
이철희
인천광역시 연수구 송도동 자이하버뷰아파트 201동 1301호
박정헌
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 2북 380 (용현동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김순웅

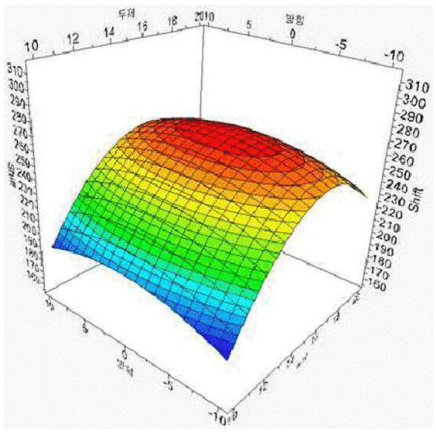
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체(MR Elastomer) 및 그 제조방법에 관한 것으로, 본 발명에 의할 경우, 자기유변탄성체의 방향성과 두께에 따라 자기장을 적용하였을 때, 강성의 변화에 따른 공진주파수의 이동 정도를 확인할 수 있고, 또한, 이를 바탕으로 자기유변탄성체와 자기장을 제어할 수 있는 제어 시스템을 융합시켜, 기계 시스템의 능동-반능동 진동제어 시스템으로 응용 가능한 효과가 있다.

대 표 도 - 도4



(72) 발명자

김철현

경기도 시흥시 정왕동 한일아파트115동 902호

조원오

대전광역시 유성구 노은서로266번길 61, 512호 (지족동, 계룡리슈빌스카이)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	43710-1
부처명	지식경제부
연구사업명	산학연 공동기술 개발사업
연구과제명	2차년도 차량진동제어용 지능형 자기유변 엘라스토머 개발
주관기관	인하대 산학협력단
연구기간	2011.06.01 ~ 2012.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

a) 자기유변탄성체의 제조단계;

b) 상기 제조된 자기유변탄성체를 배향시키기 위한 수단을 제조하는 단계;

c) 상기 제조된 자기유변탄성체를 상기 수단에 넣어, 그 내부에 철 입자가 평균 45° 방향으로 배향된 자기유변탄성체를 제조하는 단계;를 포함하는, 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 a)의 제조되는 자기유변탄성체는,

ⅰ) α,ω-Vinyl polydimethylsiloxane(VPDS)과 α,ω-Hydrido polydimethylsiloxane(HPDS)을, Hydrosilylation 반응을 통해 실리콘 젤로 합성하는 단계;

ii) 상기 합성된 실리콘 젤에 충전제를 첨가하는 단계;

iii) 상기 실리콘 젤과 충전제의 결합을 위해, Adhesive Promoter와 촉매를 첨가하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 b)의 자기유변탄성체를 배향시키기 위한 수단은,

알루미늄으로 제조되고, 그 이음새 부위를 비반응형의 실리콘 컴파운드로 처리하여 정밀하게 조립하며, 그 표면을 PDMS(Polydimethylsiloxane) 오일로 표면처리하여 탈형이 잘 되도록 이형 처리하는 금형인 것을 특징으로 하는, 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 c)의 자기유변탄성체를 수단에 넣고 배향된 자기유변탄성체를 제조하는 단계는,

ⅰ) 실리콘 젤과 충전제, Adhesive promoter 및 촉매가 첨가된 혼합물을 형틀에 붓고 기포 제거를 위해 상온에서 방치하는 단계;

ii) 상기 상온 방치된 혼합물의 금형을 조립하여 오븐에서 1~3시간 경화하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체의 제조방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 의하여 제조된, 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 지능 물질(Smart material)은 외부 조건을 적절히 제어함으로써 다양한 응용 분야에 적합한 특성을 나타낼 수 있기 때문에, 이들 외부조건에 의해 유변학적 성질이 변화하는 지능물질들에 대한 연구가 최근까지 활발히 수행되어 왔다.

[0003] 특히, 자기장에 의해 유변학적 특성이 변화하는 물질을 자기유변물질 (Magneto-Rheological material)이라고 하며, 이는 주로 비자화 물질에 자화성이 강한 입자를 혼합한 형태를 가지고 있다.

[0004] 이러한 자기유변물질은 모재로 사용되는 비자성 물질의 종류에 따라 구분될 수 있는 데, 액체 형태의 MR 유체(MR fluid, MRF)와 고무와 같은 고체 형태인 MR 중합탄성체(MR Elastomer, MRE)의 두 가지로 나눌 수 있다.

[0005] MR 유체는 자기장에 의해 극성을 가질 수 있는 입자들이 점성유체에 섞여있는 재료로써 입자들이 점성 유체 안에 불규칙적으로 분포하고 있으나, 외부 자기장의 방향에 따라 입자들이 체인 형태로 정렬하여 기계적 성질이 변하게 된다. 이러한 성질을 이용하여 MR 유체는 브레이크와 클러치, 댐퍼, 엔진 마운트에 활용되어져 왔으며, 또한, 현재는 진동감쇠 성능이나 트라이볼로지 성질에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

[0006] 그러나, 이러한 특성에도 불구하고, MR 유체는 완전한 밀폐가 되지 않아 액체가 누출되어 환경오염을 가져올 수 있으며, 또한, MR 유체에서 극성을 가지는 입자들의 잔류물로 인한 MR 장비의 성능 저하라는 단점을 지니고 있다.

[0007] 따라서, 이와 같은 MR 유체의 단점을 보완하고 MR의 고유한 성질을 활용할 수 있는 대안으로써 개발된 것이 고체의 성질을 띄는 MR Elastomer이며, 최근 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0008] 이러한 자기유변탄성체(Magneto-Rheological Elastomer, MRE)는 MR 유체와 유사하게 천연 고무나 실리콘 고무와 같은 폴리머 재료 안에 자기력에 의해 극성을 이를 수 있는 입자들을 첨가한 고체로써, 그 제작 시에 자기장을 주어 입자들의 체인 형성 방향을 결정할 수 있는 특성을 지니고 있다.

[0009] 최근, MR Elastomer의 장점을 활용하는 다양한 연구가 이루어지고 있는 데, 구체적으로, 1992년에 도요타의 R&D 연구실에서 엔진 마운트를 위해 철 입자를 가지는 실리콘 젤을 개발하였고, Ford 연구소에서는 Ginder 등이 천연 고무와 합성 고무를 이용하여 MR Elastomer를 제작하였으며, Watson은 MR elastomer를 이용한 자동차 부싱을 개발하였다.

[0010] 그러나, 최근의 이러한 일련의 연구개발에도 불구하고, 능동 진동 제어, 차량의 현가장치 및 기계부품의 마운트 등 여러 다양한 분야에 있어서, MR Elastomer의 감쇠 및 강성 특성 변화를 컨트롤하여, 자기장 인가 시 강성변화가 뛰어나고, 능동진동제어에 보다 효율적인 자기유변탄성체에 관한 연구는 거의 찾아볼 수 없는 바, 급증하는 수요를 반영하여 그 연구 개발이 시급한 실정이라 할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 이에 본 발명자는, 상기와 같이 급증하는 수요 해결 및 보다 활용성 뛰어난 MRE를 개발하기 위하여 예의 노력을 계속하던 중, 다양한 실리콘 매트릭스 기반의 MR Elastomer를 제작하고 이에 자기장이 적용되는 여부에 따라 진동을 줌으로써, 강성변화를 통하여 공진주파수를 이동시켜 최적의 진동저감효과를 나타내는, 상기 본원과 같은 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체를 완성하기에 이르렀다.

[0012] 따라서, 본 발명의 목적은 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위한 하나의 양태로서, 본 발명은 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체의 제조방법을 제공한다.

[0014] 또한, 본 발명은 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체를 제공한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 의한 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체(MR Elastomer)는, 그 방향성과 두께에 따라 자기장을 적용하였을 때, 강성의 변화에 따른 공진주파수의 이동 정도를 적절히 확인할 수 있고, 또한, 이를 바탕으로 자기유변탄성체와 자기장을 제어할 수 있는 제어 시스템을 융합시켜, 기계 시스템의 능동-반능동 진동제어 시스템으로 응용 가능한 효과를 지니고 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명에 따른, 자기유변탄성체(MR Elastomer) 샘플 사진이다.

도 2는 본 발명에 따른, 자기유변탄성체(MR Elastomer)의 제작을 위한 몰드(mold) 사진이다.

도 3은 본 발명에 따른, 자기유변탄성체(MR Elastomer)를 이용하여 배향 시, 좌우 방향성에 대하여 자기장 인가에 관한 주파수 응답 그래프이다.

도 4는 본 발명에 따른, 자기유변탄성체(MR Elastomer)를 이용하여, 두께 및 방향성에 대한 공진주파수의 이동 정도를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 상기 목적을 달성하기 위한 하나의 양태로서, 본 발명은 자기유변탄성체의 제조단계; 상기 제조된 자기유변탄성체를 배향시키기 위한 수단을 제조하는 단계; 상기 제조된 자기유변탄성체를 상기 수단에 넣어, 그 내부에 철 입자가 평균 45° 방향으로 배향된 자기유변탄성체를 제조하는 단계;를 포함하는, 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체의 제조방법을 제공한다.

[0018] 본 발명에 있어서, 상기 “자기유변탄성체(Magneto-Rheological Elastomer)”는 외부 조건을 적절히 제어함으로써 다양한 응용 분야에 적합한 특성을 나타낼 수 있는 지능물질의 일종으로, 특히, 자기장에 의해 유변학적 특성이 변화하는 자기유변 물질이다. 이는 고무 및 겔 등 고상의 물질 내에 MR 입자를 분포시킨 것이고, 자기장의 세기에 따라 각각 다른 영률 및 전단계수를 갖는 특징이 있다.

[0019] 본 발명에 있어서, 상기 “배향(orientation)”은 입자 또는 분자가 등방적이 아닐 경우에 장과의 상호작용에 의해 입자 또는 분자방향의 분포는 균일하지않는 경우, 예를 들면 전기쌍극자가 있는 분자를 전장 내에 두면 전장의 방향을 향하는 것의 수가 많아지는 현상을 의미한다. 이때, 그 배향의 정도를 나타내는 데는 배향 인자S를 주로 사용하며, 여기서, $S=(1/2)<3\cos^2\Theta-1>$ Θ는 개개의 입자 축과 공간의 기준 축 사이의 각을, < >는 입자 전체에서의 평균을 의미한다. 입자가 공간의 전 방향에 균일하게 향하고 있을 때에는 S는 0이고, 공간 축의 방향을 향하고 있으면 1이며, 공간 축에 직교하는 면 내에 균일하게 분포하고 있는 경우에는 -1/2이 된다.

[0020] 본 발명에 의할 경우, 자성 입자의 입자 축이 평균 45° 방향으로 규칙적으로 위치한 주기적 구조로 되어 있기 때문에, 자기장의 여기 방향에 관계없이 자기유변탄성체의 강도를 항상 유지할 수 있는 특장점을 구비하고 된다. 상기 이러한 특성은, 어느 한쪽 방향으로 자성 입자의 입자 축이 배향되어 있을 때 그 방향을 따르는 자기장 발생 수단을 어느 일 방향으로 배치해야만 하는 설계상의 구속 조건으로 인해 자기유변탄성체의 설치 각도를 제한시키는 요인이 됨으로써 설계상의 자유도를 저하시키는 문제점을 지니고 있던 종래 발명의 한계를 극복하는 현저한 효과라 할 것이다.

[0021] 또한, 본 발명은, 상기 본 발명에 있어서, 상기 자기유변탄성체는, α,ω-Vinyl polydimethylsiloxane(VPS)과

α,ω-Hydrido polydimethylsiloxane(HPDS)을, Hydrosilylation 반응을 통해 실리콘 젤로 합성하는 단계; 상기 합성된 실리콘 젤에 충전제를 첨가하는 단계; 상기 실리콘 젤과 충전제의 결합을 위해, Adhesive Promoter와 촉매를 첨가하는 단계;를 포함하는 조건에서 수행될 수 있다.

[0022] 본 발명에 있어서, “충전제(filler)”는 고무나 플라스틱의 실용화에서 노화방지, 보강, 증량의 목적으로 가하는 물질로써, 고무로부터 자동차 타이어를 제조할 때 필요한 강도를 얻기 위해서 가하는 탄소가 바로 이러한 충전제의 예에 해당한다.

[0023] 또한, 본 발명은, 상기 본 발명에 있어서, 상기 자기유변탄성체를 배향시키기 위한 수단은, 알루미늄으로 제조되고, 그 이음새 부위를 비반응형의 실리콘 컴파운드로 처리하여 정밀하게 조립하며, 그 표면을 PDMS(Polydimethylsiloxane) 오일로 표면 처리하여 탈형이 잘 되도록 이형처리하는 금형인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0024] 본 발명에 있어서, “이형처리(Release coating)”란 실리콘이나 우레탄을 필름에 얇게 도포해 접착력을 떨어뜨리는 방법으로, 통상 점착제의 반대 면이 잘 떨어지게 하기 위하여 많이 쓰인다. 또한, 이는 접착제의 접착력이 물체 표면의 원자 수준에서 일어나는 현상인 점을 이용한 것이며, 이러한 처리를 통해 추후 “탈형(removal of forms)”이 잘 되게 되는 것이다.

[0025] 본 발명에 있어서, “금형(metallic pattern)”이란 재료의 소성, 전연성, 유동성 등의 성질을 이용하여 재료를 가공성형, 제품을 생산하는 도구로 틀 또는 형의 통칭이다. 이러한 금형은 금속, 수지, 고무, 요업분말 등의 재료를 사용하여, TV의 케이스, 음료수 페트병, 베어링, 콜라병, 기어, 장난감 등의 제조에 이용된다.

[0026] 또한, 본 발명은, 상기 본 발명의 제조방법에 있어서, 상기 자기유변탄성체를 수단에 넣고 배향된 자기유변탄성체를 제조하는 단계는, 실리콘 젤과 충전제, Adhesive promoter 및 촉매가 첨가된 혼합물을 형틀에 붓고 기포제거를 위해 상온에서 방치하는 단계; 상기 상온 방치된 혼합물의 금형을 조립하여 오븐에서 1~3시간 경화하는 단계;를 포함하는 조건에서 수행될 수 있다.

[0027] 본 발명에 의한 상기 경화 시에는 영구자석(직경 50㎜)을 사용하여 상하 방향(원통높이 방향), 좌우 방향(높이에 수직)으로 배향을 하였으며, 배향을 하지 않고 비방향성의 MR Elastomer도 제작하였다.

[0028] 상기 목적을 달성하기 위한 다른 하나의 양태로서, 본 발명은 실리콘 매트릭스 기반의 자기유변탄성체를 제공한다.

[0029] 본 발명에 의한 자기유변탄성체는, 그 방향성과 두께에 따라 자기장을 적용하였을 때, 강성의 변화에 따른 공진주파수의 이동 정도를 확인할 수 있고, 이를 바탕으로 자기유변탄성체와 자기장을 제어할 수 있는 제어 시스템을 융합시켜, 기계 시스템의 능동-반능동 진동제어 시스템으로 응용 가능한 효과를 지니고 있다.

[0030] 또한, 본 발명에 의할 경우, 자성 입자의 입자 축이 평균 45° 방향으로 규칙적으로 위치한 주기적 구조로 되어 있기 때문에, 종래 발명의 설계상의 자유도 저하에 관한 문제점을 극복하여, 자기장의 여기 방향에 관계없이 자기유변 탄성체의 강도를 항상 유지할 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명에 의한 MR Elastomer의 형태는 원통형이고, 그 크기는 직경 59.5㎜ 두께 10㎜에서 20㎜까지 5㎜ 간격으로 만들어졌다.

[0032] 이하, 본 발명을 실시예를 통하여 상세히 설명하도록 한다. 하기 실시예는 본 발명을 설명하기 위한 일 예에 지나지 않으며, 이에 의하여 본 발명의 범위가 제한되는 것은 아니다.

[0033] **<실시예>**

[0034] **1. MR Elastomer의 제조**

[0035] MR Elastomer를 제조하기 위하여 α,ω-Vinyl polydimethylsiloxane(VPDS)과 α,ω-Hydrido polydimethylsiloxane이 이용되어 Hydrosilylation 반응을 통해 실리콘 젤을 합성하였다. 이는 5가지 서로 다른 점도를 지닌 고분자를 사용하여 만들어졌으며, 자성에 대하여 극성을 나타내는 충전제로는 Fe, Ni, Co 분말을 첨가하였다.

[0036] 사용된 충전제가 실리콘 고분자와 섞여있을 때 가능한 한 분리가 늦게 되고, 실리콘 반응시 각 충전제와의 결합이 이루어지도록 하기 위해 Adhesion Promoter로 Vinyl trialkoxy silane과 Hydrogen trialkoxy silane을 첨가하였다. 촉매로는 백금산 6배위수와 Divinyl tetramethyl disiloxane을 사용하여 반응시킨 후 적정 Pt 함량이 되도록 합성하여 첨가하였다.

[0037] MR Elastomer는 잘 섞인 채로 형틀에 붓고 기포가 제거되도록 상온에서 몇 분간 방치하였다가 금형을 조립하여 오븐에서 약 2시간 동안 경화하였다 (도2 참조). 또한, MR Elastomer의 형태는 원통형이고, 그 크기는 직경 59.5mm 두께 10mm에서 20mm까지 5mm 간격으로 만들어졌다. 또한, 경화 시에는 영구자석(직경 50mm)을 사용하여 45° 방향, 상하 방향(원통높이 방향), 좌우 방향(높이에 수직)으로 배향을 하였으며, 배향을 하지 않고 비방향성의 MR Elastomer도 제작하였다.

[0038] **2. MR Elastomer의 진동 실험**

[0039] **2-1. 실험장치**

[0040] MR Elastomer의 강성 변화에 따른 감쇠효과를 관찰하기 위하여 Shaker, 전자석, MR Elastomer, 질량체로 이루어진 실험 장치를 구성하였다. 또한, 데이터 수집을 위해 DAQ 보드(NIBNG-2110), 가속도계(B&K Type 4520), Function Generator(Agilent 33220A), Shaker(B&K Type 4808), Power Amplifier(B&K Type 2719), Conditioning Amplifier(B&K NEXUS Type 2693), 전자석(직경 60mm, 높이 60mm, 1T)을 사용하였다. 또한, MR Elastomer의 윗부분에는 직경 59mm, 높이 23mm의 무게 500g의 추가 질량을 부착하였고, 최상단에 가속도계를 부착하였다.

[0041] **2-2. 주파수 응답 곡선**

[0042] Shaker에 의하여 MR Elastomer 바닥면에 해당하는 전자석이 진동을 하게 되고, MR Elastomer를 거쳐 상단에 있는 질량체에 진동이 전달되었다. 진동신호가 가속도계로 전달되어 가속도계에서 나오는 신호는 Conditioning Amplifier를 거쳐 DAQ보드를 통해 PC와 연결되며 LABVIEW 프로그램을 이용하여 주파수 응답 곡선을 구할 수 있었다.

[0043] Shaker를 통해 2Hz~500Hz 사이의 주파수대역으로 가진시키고 가속도계의 신호를 받아 주파수 응답 곡선을 구하였다. 전자석의 전원을 넣지 않은 상태에서 먼저 실험을 하였으며, 전자석을 통해 자기장을 가해줬을 경우의 주파수 응답 곡선상 변화를 관찰하였다.

[0044] **3. 실험 결과의 도출**

[0045] **3-1. 실험 진행**

[0046] 실험은 10mm, 15mm, 20mm의 MR Elastomer에 대하여, 각각 45° 방향성, 상향방향성, 비방향성, 좌우방향성으로 진행하였다. 전자석을 이용하였으며, 해당 전자석은 원통 형태로써 자기장의 세기는 표면 중심에서 약 1T 정도로 적용하여 실험을 진행하였다.

[0047] 각각의 실험결과에 대해 주파수 응답을 관찰하였으며, 이를 통해 여러 가지 방향성과 두께를 가지는 MR Elastomer 샘플들 중에 두께 10mm인 경우에 있어서, 배향시 방향성에 대하여 자기장을 인가해 준 샘플의 주파수 응답 그래프 결과를 얻었다 (도 3 참조).

[0048] **3-2. 실험 결과**

[0049] 자기장이 적용되었을 때 강성이 증가하여, 자기장을 가해주지 않았을 때에 비해 공진주파수가 증가하는 것을 볼

수 있었다.

[0050] 또한, 아래 <표1>에서 각 두께 및 방향성에 따른 공진주파수 이동 정도를 확인할 수 있었고, 모든 두께 및 방향성에 대하여 자기장을 적용하였을 경우 공진주파수가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

[0051] 하지만, 두께, 방향성에 따라서 그 이동 정도가 차이가 남을 알 수 있었다. 진동 감쇠효과를 극대화하기 위하여 최적의 두께 및 방향성의 MR Elastomer를 구하였다. 또한, iSIGHT 프로그램을 이용하여 두 가지 변수(방향성, 두께)에 대하여 공진주파수의 이동 정도의 Response Surface Model 을 도출해 내었다.

표 1

[0052] MR Elastomer에 따른 공진주파수

	상태	45° 방향성 (Hz)	상하방향성 (Hz)	비방향성 (Hz)	좌우방향성 (Hz)
10mm	Unapplied	182.5	149	130.2	171.4
	Applied	302.4	278.5	293.7	289.3
15mm	Unapplied	107	96.2	87.4	89.4
	Applied	278.5	252.3	237.9	221
20mm	Unapplied	71.5	67	64.8	66.6
	Applied	182.4	163.7	145.4	154.7

[0053] 또한, 두께, 방향성에 대한 공진주파수의 이동 정도(%)를 나타내는 그래프를 통해 (도 4 참조), 두께는 10mm~20mm 범위에서, 방향성에 대해서는 45° 방향성에서 공진주파수 증가가 현저함을 확인하였다.

[0054] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

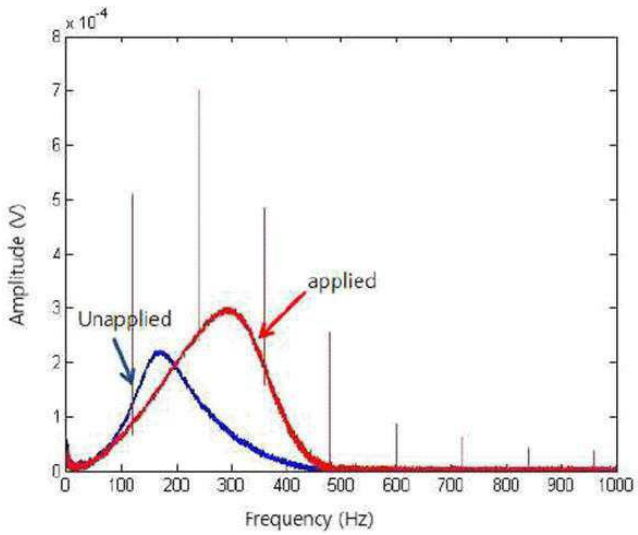
도면1



도면2



도면3


x 10^-4
Amplitude (V)
Frequency (Hz)
Unapplied
applied
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

도면4

