

## 명세서

### 발명의 명칭: 광대역 액추에이터

#### 기술분야

- [1] 아래의 설명은 광대역 액추에이터에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 일반적인 햅틱 제공 장치로 선형 공진 액추에이터가 주로 사용되고 있으며, 이는 탄성 스프링과 자기 회로에 연결된 중량체에 의해 발생하는 공진 주파수를 이용하여 진동의 세기를 최대화시키는 방식으로 구동된다.
- [3] 종래의 선형 공진 액추에이터는 단순한 진동을 전달하는 것을 목적으로 중량체와 탄성부재에 의해 결정되는 공진 주파수를 이용해야만 효과적인 진동이 가능하다는 단점이 있다.
- [4] 종래의 햅틱 제공 장치를 통해서 특정 공진 주파수 대역에서의 진동만이 제공 가능하며 초저주파수 대역(20 Hz이하) 또는 1 KHz 이상의 고주파수 대역에서의 진동 구현은 어렵다는 문제점이 존재하였다.
- [5] 따라서, 단순히 하나의 공진주파수에 의한 진동이 아닌 넓은 주파수 대역에서의 진동 구현이 가능하여 다채로운 촉각을 제공할 수 있는 햅틱 제공 장치의 개발이 요구되는 실정이다.
- [6] 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술적 과제

- [7] 일 실시 예의 목적은 광대역 액추에이터를 제공하는 것이다.

##### 과제 해결 수단

- [8] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 내부 공간을 갖는 원통 형상의 하우징; 상기 내부 공간에 설치되고, 상기 내부 공간의 하측의 중심으로부터 상측으로 돌출된 원기둥 형상의 내부 요크를 구비하는 요크 부재; 상기 내부 요크의 외주면을 감싸도록 설치되는 중공 형상의 래디얼 마그넷; 상기 래디얼 마그넷의 외주면을 감싸도록 설치되는 원통 형상의 질량체와, 상기 질량체의 둘레를 따라 설치되는 코일부를 구비하는 운동체; 및 상기 내부 공간의 일측으로부터 상기 운동체를 탄성 지지하는 탄성 부재를 포함할 수 있다.
- [9] 상기 래디얼 마그넷의 내주면은 상기 내부 요크를 마주보고, 상기 래디얼 마그넷의 외주면은 상기 코일부를 마주보고, 상기 래디얼 마그넷의 내주면 및 외주면의 극성은 서로 반대일 수 있다.
- [10] 상기 운동체의 진동 방향을 따라 측정된 상기 래디얼 마그넷의 길이는, 상기 래디얼 마그넷의 외경 및 내경 사이의 거리보다 길 수 있다.

- [11] 상기 요크 부재는, 상기 내부 공간의 내주면의 둘레를 따라 형성되는 외부 요크; 및 상기 내부 공간의 하측에 설치되는 하부 요크를 더 포함할 수 있고, 상기 코일부는 상기 내부 요크, 외부 요크 및 하부 요크 사이의 수용 공간에 배치될 수 있다.
- [12] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 상기 래디얼 마그네틱의 상면을 덮도록 설치되는 폴 피스를 더 포함할 수 있다.
- [13] 상하 방향을 기준으로, 상기 코일부의 중심점의 위치는 상기 래디얼 마그네틱의 중심점의 위치보다 상측에 위치할 수 있다.
- [14] 상하 방향을 기준으로, 상기 코일부의 상단은 상기 폴 피스의 상단보다 낮게 위치할 수 있다.
- [15] 상기 탄성 부재는, 상기 하우징의 내부 공간 및 상기 질량체 사이를 상하 방향에 수직한 평면 방향을 따라 연결하는 평판 형태를 가질 수 있다.
- [16] 상기 하우징은, 상기 요크 부재의 둘레를 감싸는 하측 하우징; 및 하측으로 상기 하측 하우징 및 요크 부재에 연결되고, 상측의 내주면에 함몰 형성된 단차부를 구비하는 가이드 하우징을 포함할 수 있고, 상기 탄성 부재의 가장자리는 상기 가이드 하우징의 단차부에 설치될 수 있다.
- [17] 상기 하우징은, 상기 단차부에 설치되며, 상기 단차부에 설치된 탄성 부재의 가장자리를 상측으로부터 가압하여 고정하는 중공 형상의 상측 하우징을 더 포함할 수 있다.
- [18] 상기 질량체는, 하측으로 상기 래디얼 마그네틱 및 내부 요크를 수용할 수 있는 홈을 구비하는 통 형상의 삽입 부재; 및 상기 삽입 부재의 중심에서 상측으로 돌출하는 돌출 부재를 포함할 수 있다.
- [19] 상기 돌출 부재는 상기 하우징의 상측으로 노출되어 있을 수 있다.
- [20] 상기 탄성 부재는, 상기 하우징의 내부 공간 및 상기 돌출 부재 사이를 상하 방향에 수직한 평면 방향을 따라 연결하는 평판 형태를 가질 수 있다.
- [21] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 상기 코일부에 교류 전류를 인가하는 제어부를 더 포함할 수 있고, 상기 제어부가 100 Hz 내지 1 KHz 사이의 주파수 대역의 정현파를 상기 코일부에 인가할 경우, 상기 운동체는 0.2 G 이상의 진동력을 형성할 수 있다.
- [22] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 상기 코일부에 교류 전류를 인가하는 제어부를 더 포함할 수 있고, 상기 제어부가 1 Hz 내지 20 Hz 사이의 주파수 대역의 방형파형의 교류 전류를 상기 코일부에 인가할 경우, 50 ms 단위 간격 내에서 상기 운동체가 형성하는 누적 충격량이 3 mNs 이상으로 형성되어 두드림에 해당하는 햅틱 효과를 형성할 수 있다.
- [23] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 내부 공간을 갖는 하우징; 상기 내부 공간의 내주면의 둘레를 따라 형성되는 외부 요크와, 상기 내부 공간의 하측으로부터 상측으로 돌출된 내부 요크를 구비하는 요크 부재; 상기 내부 요크의 외주면을 감싸도록 설치되는 래디얼 마그네틱; 상기 래디얼 마그네틱 및 상기

외부 요크 사이에 형성된 이격 공간에서 상기 내부 요크의 돌출 방향을 따라서 움직일 가능한 질량체와, 상기 질량체에 설치되는 코일부를 구비하는 운동체; 및 상기 내부 공간의 일측으로부터 상기 운동체를 탄성 지지하는 탄성 부재를 포함할 수 있다.

- [24] 상기 요크 부재는, 상기 외부 요크의 하측 및 상기 내부 요크의 하측을 연결하는 하부 요크를 더 포함할 수 있다.
- [25] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 내부 공간을 갖는 하우징; 상기 내부 공간의 내주면의 둘레를 따라 형성되는 외부 요크와, 상기 내부 공간의 하측으로부터 상측으로 돌출된 내부 요크를 구비하는 요크 부재; 상기 내부 요크의 외주면을 감싸도록 설치되는 래디얼 마그넷; 상기 래디얼 마그넷 및 상기 외부 요크 사이에 형성된 이격 공간에서 상기 내부 요크의 돌출 방향을 따라서 움직일 가능한 질량체와, 상기 질량체에 설치되는 코일부를 구비하는 운동체; 및 상기 래디얼 마그넷의 상면을 덮도록 설치되는 폴 피스를 포함할 수 있다.
- [26] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 내부 공간을 갖는 하측 하우징; 상기 하측 하우징에 삽입되고, 외주면의 상측의 외주면에 함몰 형성되는 제 1 단차가 형성된 요크 부재; 상기 요크 부재에 연결되는 래디얼 마그넷; 상기 하측 하우징 및 상기 단차에 의해 형성되는 장착 홈에 결합되는 하단부를 구비하는 가이드 하우징; 상기 가이드 하우징의 상측의 내주면에 함몰 형성되는 제 2 단차에 안착되는 탄성 부재; 및 상기 탄성 부재에 연결되고, 상기 래디얼 마그넷과 상호 작용하는 코일부를 구비하는 운동체를 포함할 수 있다.
- [27] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 상기 제 2 단차에 상기 탄성 부재가 안착된 상태에서, 상기 제 2 단차에 삽입되어, 상기 탄성 부재를 고정시키기 위한 상측 하우징을 더 포함할 수 있다.
- [28] 상기 상측 하우징은 상측으로 개방되어 있고, 상기 운동체는, 상기 상측 하우징의 개방된 상측으로 노출되는 돌출 부재를 더 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

- [29] 일 실시 예의 광대역 액추에이터에 의하면, 래디얼(radial) 타입의 마그넷을 통해 자속의 방향과 밀도를 효과적으로 제어할 수 있고, 누설 자력을 효과적으로 제어할 수 있다.
- [30] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 의하면 초저주파수 대역부터 고주파수 대역까지 광대역에서 구동되는 다양한 햅틱 효과를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [31] 도 1은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터의 단면도이다.
- [32] 도 2는 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터의 분해도이다.
- [33] 도 3은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 의해 형성되는 자력의 크기와 방향을 나타내는 도면이다.
- [34] 도 4는 일 실시 예에 따른 운동체의 변위량에 따라 형성하는 진동력을 나타내는

그래프이다.

- [35] 도 5는 종래의 선형 공진 액추에이터와 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터의 구동 주파수별로 형성하는 진동력을 나타내는 그래프이다.
- [36] 도 6은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 20 Hz 미만의 주파수를 갖는 정현파를 인가하였을 경우의 진동력을 측정한 그래프이다.
- [37] 도 7은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 5 Hz의 방형파를 인가하였을 경우, 두드림에 해당하는 햅틱 효과가 형성되는 모습을 나타내는 그래프이다.
- [38] 도 8은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 서로 다른 초저주파수 대역의 방형파를 인가하였을 때 발생하는 충격량을 나타내는 그래프이다.
- [39] 도 9는 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 5 Hz의 방형파를 인가하였을 경우(A)와 정현파를 인가하였을 경우(B)에 형성되는 진동력을 나타내는 그래프이다.
- [40] 도 10은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 초저주파수 대역의 방형파를 인가하였을 경우 형성되는 진동력을 나타내는 그래프이다.

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [41] 이하, 실시 예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 실시 예를 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 실시 예에 대한 이해를 방해한다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [42] 또한, 실시 예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [43] 어느 하나의 실시 예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시 예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [44] 도 1은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터의 단면도이고, 도 2는 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터의 분해도이고, 도 3은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 의해 형성되는 자력의 크기와 방향을 나타내는 도면이고, 도 4는 일 실시 예에 따른 운동체의 변위량에 따라 형성하는 진동력을 나타내는 그래프이고, 도 5는 종래의 선형 공진 액추에이터와 일 실시 예에 따른 광대역

액추에이터의 구동 주파수별로 형성하는 진동력을 나타내는 그래프이다.

- [45] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터(1)는 20 Hz 미만의 초저주파수 대역부터 500 Hz 또는 1 KHz 이상의 고주파수 대역까지 광대역에서 구동되는 다양한 햅틱 효과를 제공할 수 있다.
- [46] 예를 들어, 광대역 액추에이터(1)는 하우징(11), 요크 부재(14), 래디얼 마그넷(15), 운동체(12), 탄성 부재(13) 및 제어부(17)를 포함할 수 있다.
- [47] 하우징(11)은 내부 공간을 갖는 통 형상의 부재일 수 있다. 예를 들어, 하우징(11)의 내부 공간의 형상은 원기둥 형상일 수 있다.
- [48] 예를 들어, 하우징(11)은 하측 하우징(111), 가이드 하우징(112) 및 상측 하우징(113)을 포함할 수 있다.
- [49] 하측 하우징(111)은 요크 부재(14)의 둘레를 감쌀 수 있다. 예를 들어, 하측 하우징(111) 상측이 개방된 원통 형상을 가질 수 있고, 상측으로부터 요크 부재(14)가 수용될 수 있다.
- [50] 가이드 하우징(112)은 하측으로 서로 결합된 하측 하우징(111) 및 요크 부재(14)에 연결되어 상측으로 돌출 형성되는 중공 형상의 부재일 수 있다.
- [51] 예를 들어, 가이드 하우징(112)의 하단부(1122)는 하측 하우징(111) 및 요크 부재(14)의 상측의 결합 부위에 형성된 홈에 형합되는 구조를 가질 수 있어서, 상기 홈에 끼워 맞춰질 수 있다.
- [52] 예를 들어, 가이드 하우징(112)은, 상측의 내주면에 함몰 형성되는 단차부(1121)를 포함할 수 있다.
- [53] 상측 하우징(113)은 가이드 하우징(112)의 상측에 연결될 수 있다. 상측 하우징(113)은 단차부(1121)의 내주면에 끼워맞춰지는 중공 형상의 부재일 수 있다. 예를 들어, 상측 하우징(113)은 상측으로 개방되어 있는 형상을 가질 수 있다.
- [54] 예를 들어, 상측 하우징(113)은 단차부(1121)의 하측에 탄성 부재(13)의 가장자리가 설치된 이후 단차부(1121)에 설치될 수 있고, 이 경우 상측 하우징(113)은 상측으로부터 탄성 부재(13)의 가장자리를 가압하여 고정시킬 수 있다.
- [55] 요크 부재(14)는 하우징(11)의 내부 공간의 하측에 설치되어 자기장의 흐름을 유도할 수 있다. 예를 들어, 요크 부재(14)는 래디얼 마그넷(15)으로부터 방출되는 자력선을 요크 부재(14) 내부에 수용된 코일부(122)에 집중되도록 분포시킬 수 있다.
- [56] 예를 들어, 요크 부재(14)는 하측 하우징(111)의 하측에 설치되는 하부 요크(144), 하측 하우징(111)의 하측으로부터 상측으로 돌출 형성되는 내부 요크(141) 및 하측 하우징(111)의 내주면의 둘레를 따라 설치되는 외부 요크(142)를 포함할 수 있다.
- [57] 내부 요크(141)는 내부 공간의 하측의 중심으로부터 상측으로 돌출 형성된 원기둥 형상의 부재일 수 있다. 예를 들어, 원기둥 형상의 내부 요크(141)의

- 중심선은 원기둥 형상의 내부 공간의 중심선과 동일한 선상에 위치할 수 있다.
- [58] 외부 요크(142)는, 하측 하우징(111)의 내주면 둘레를 감싸도록 설치될 수 있다. 위의 구조에 의하면, 외부 요크(142) 및 내부 요크(141) 사이에는 환 형상의 수용 공간(143)이 형성될 수 있고, 상기 수용 공간(143)에는 래디얼 마그넷(15), 폴 피스(16) 및 코일부(122)가 수용될 수 있다.
- [59] 예를 들어, 외부 요크(142)의 외주면의 상측에서 함몰 형성되는 단차가 형성될 수 있고, 상기 단차는 하부 하우징(11)의 상단부와 함께, 전술한 가이드 하우징(112)의 하단부(1122)가 결합되는 장착 홈(145)을 형성할 수 있다.
- [60] 요크 부재(14) 및 폴 피스(16)에 의하면, 도 3과 같이 래디얼 마그넷(15)으로부터 형성되는 자력의 흐름이 요크 부재(14)의 외부로 누설되지 않고, 코일부(122)가 위치하는 수용 공간(143)에 집중되어 통과하도록 유도할 수 있어서 코일부(122)의 전체 부분을 따라 크고 균일한 자기력을 인가할 수 있다.
- [61] 래디얼 마그넷(15)은 내부 요크(141)의 외주면을 감싸도록 설치되는 중공 형상의 자성체일 수 있다. 예를 들어, 래디얼 마그넷(15)은 반경 방향으로 착자되어 있을 수 있다. 다시 말하면, 래디얼 마그넷(15)의 중심 축을 기준으로 내측에 위치하는 부분의 자성과, 외측에 위치하는 부분의 자성은 서로 반대일 수 있다.
- [62] 예를 들어, 운동체(12)의 진동 방향을 따라 측정된 래디얼 마그넷(15)의 길이는, 래디얼 마그넷(15)의 외경 및 내경 사이의 거리보다 길 수 있다.
- [63] 폴 피스(16)는 래디얼 마그넷(15)의 상면을 덮도록 설치되어 래디얼 마그넷(15)의 자력이 상측으로 누설되지 않도록 자력을 유도할 수 있다. 예를 들어, 폴 피스(16)의 상면은 내부 요크(141)의 상면과 동일한 평면 상에 위치할 수 있다. 이와 같은 구조에 의하면, 부드러운 자기 경로를 형성함은 물론, 운동체(12)의 이동 거리에 대비하여, 전체적인 광대역 액추에이터(1)의 부피를 줄여줄 수 있다.
- [64] 예를 들어, 폴 피스(16)의 양면 중 적어도 하나 이상의 면에는 운동체(12)와의 충돌에 따른 충격을 완화하기 위한 쿠션 또는 댐퍼가 설치되어 있을 수 있다.
- [65] 운동체(12)는, 하우징(11) 내부 공간에 설치되어 수용 공간(143) 내부를 흐르는 자기력에 의해 상하 방향으로 운동할 수 있다.
- [66] 예를 들어, 운동체(12)는 래디얼 마그넷(15) 및 내부 요크(141)를 감싸도록 설치되는 원통 형상의 질량체(121)와, 상기 질량체(121)의 둘레를 따라 설치되는 코일부(122)를 포함할 수 있다.
- [67] 질량체(121)는, 하측으로 래디얼 마그넷(15) 및 내부 요크(141)를 수용할 수 있는 홈을 구비하는 원통 형상의 삽입 부재(1212)와, 삽입 부재(1212)로부터 상측으로 돌출 형성되는 돌출 부재(1211)를 포함할 수 있다.
- [68] 예를 들어, 질량체(121)는 광대역 주파수 대역의 구동을 위해 황동 등 가벼운 질량을 갖는 소재로 형성될 수 있다. 예를 들어, 질량체(121)는 요크 부재(14)보다 밀도가 작은 소재로 형성될 수 있다.

- [69] 예를 들어, 질량체(121)는 내부 요크(141)의 돌출 방향을 따라서 상하 방향으로 움직일 수 있다.
- [70] 삽입 부재(1212)는 하측으로부터 함몰 형성된 원형의 홈을 구비할 수 있고, 하측의 가장자리 부분은 수용 공간(143) 내부로 삽입될 수 있다. 다시 말하면, 삽입 부재(1212)의 홈 내부에는 래디얼 마그넷(15) 및 내부 요크(141)의 적어도 일부가 삽입되어 있을 수 있다.
- [71] 돌출 부재(1211)는, 삽입 부재(1212)의 상측으로부터 상측 방향으로 돌출 형성될 수 있다. 예를 들어, 돌출 부재(1211)는 원형의 삽입 부재(1212)의 중심으로부터 상측으로 돌출 형성될 수 있다.
- [72] 예를 들어, 돌출 부재(1211)의 상단부는 하우징(11)의 상측으로 노출되어 있을 수 있다. 예를 들어, 코일부(122)에 전류가 인가되지 않은 상태에서 돌출 부재(1211)의 상단부는 상측 하우징(113)의 상면과 동일한 수직 평면상에 위치할 수 있다.
- [73] 코일부(122)는, 삽입 부재(1212)의 원형 둘레를 따라 설치될 수 있다. 예를 들어, 코일부(122)는 제어부(17)로부터 교류 전류를 인가받아 상하 방향을 따라서 극성이 교번적으로 변화하는 자기장을 형성할 수 있다.
- [74] 탄성 부재(13)는, 내부 공간의 일측으로부터 운동체(12)를 탄성 지지할 수 있다. 예를 들어, 탄성 부재(13)는 상하 방향에 수직한 평면 방향을 따라서 하우징(11)의 내주면으로부터 질량체(121)를 연결하는 평판 형태의 탄성 소재로 형성될 수 있다.
- [75] 예를 들어, 탄성 부재(13)는 상측 하우징(113) 및 돌출 부재(1211)를 연결할 수 있다. 이 경우, 탄성 부재(13)의 일측, 다시 말하면 가장자리 부분은 전술한 단차부(1121)의 내주면에 형합되도록 삽입되어 고정될 수 있다. 예를 들어, 단차부(1121)에 설치된 탄성 부재(13)의 가장자리의 상측은 상측 하우징(113)의 하단부에 연결될 수 있어서, 결과적으로 탄성 부재(13)의 가장자리 부분은 상측 하우징(113)에 고정될 수 있다.
- [76] 한편, 상측 하우징(113)에 고정된 탄성 부재(13)의 일측으로부터 수평하게 연장된 탄성 부재(13)의 타측은 돌출 부재(1211)의 외주면에 접촉되어 고정될 수 있다.
- [77] 탄성 부재(13)에 의하면, 운동체(12)는 하우징(11)의 내벽 및 탄성 부재(13)를 제외한 나머지 구성 요소들과 접촉되지 않도록 이격된 상태로 탄성 지지할 수 있다.
- [78] 예를 들어, 탄성 부재(13)는, 운동체(12)가 상측 운동 방향으로 최대 변위로 이동된 상태에서도, 코일부(122)의 측부는 수용 공간(143) 내에 완전히 삽입되어 있는 상태를 유지할 수 있도록, 충분히 높은 탄성 계수를 가질 수 있다.
- [79] 한편, 코일부(122)에 전기가 인가되지 않은 초기 상태를 기준으로, 코일부(122)의 중심은 래디얼 마그넷(15)의 중심보다 높게 위치할 수 있다. 또한, 코일부(122)의 상단은 폴 피스(16)의 상단보다 낮게 위치할 수 있다. 이와 같은

구조에 의하면, 인가되는 전류의 크기에 대비한, 운동체(12)의 진동력 제공 효율을 충분히 높게 하면서도, 운동체(12)의 하측 이동 거리를 확보하고, 또한, 전체 광대역 액추에이터(1)를 컴팩트하게 제공할 수 있다.

- [80] 도 4를 참조하면 코일부(122)에 전류가 인가되지 않은 초기 상태를 기준으로 운동체(12)의 상측 운동 방향의 구동폭(mm)의 크기에 따라 코일부(122)에 인가되는 힘(N)의 크기를 확인할 수 있다. 도 4의 그래프의 결과에 의하면, 초기 상태를 기준으로 상측 운동 방향의 구동폭이 약 0.5 mm 내지 0.7 mm(도 4에서는 -0.5 mm 내지 -0.7mm)일 경우, 코일부(122)에 인가되는 힘의 크기가 가장 큰 것으로 나타나는 것을 확인할 수 있다.
- [81] 따라서, 초기 상태를 기준으로, 상기 운동체의 상측 운동 방향의 최대 변위량은 0.5 mm 내지 0.7 mm일 수 있다. 이 경우, 운동체(12)의 상하 방향의 구동 폭 역시 0.5 mm 내지 0.7 mm일 수 있다.
- [82] 코일부(122)에 전류가 인가되지 않은 경우, 상하 방향을 기준으로 코일부(122)의 중심점의 위치는 래디얼 마그넷(15)의 중심점의 위치보다 소정의 간격(d)만큼 상측에 위치할 수 있다.
- [83] 코일부(122)가 래디얼 마그넷(15)의 상측으로 편향되게 위치되어 있는 구조에 의하면, 전류의 초기 인가시 상하 방향으로 극성이 변화하는 코일부(122)를 상측 또는 하측 방향으로 이동시키기 위한 자기력을 크게 형성하기 유리한 구조를 가지게 되므로, 응답 속도를 효과적으로 증가시킬 수 있다.
- [84] 코일부(122)에 교류 전류가 인가될 경우, 운동체(12)는 탄성 부재(13)에 연결된 상태로 상하 방향으로 선형 운동할 수 있고, 래디얼 마그넷(15)의 자속 방향과 운동체(12)의 운동 방향은 수직하게 형성될 수 있다.
- [85] 제어부(17)는, 코일부(122)에 교류 전류를 인가하여 운동체(12)를 상하 방향으로 운동시킬 수 있다. 예를 들어, 제어부(17)는 코일부(122)에 인가하는 전류의 주파수 및 파형을 조절할 수 있다. 제어부(17)는, 복수개의 구동 모드를 통해 운동체(12)를 구동시킬 수 있다.
- [86] 구동 모드가 일반 진동 모드일 경우, 제어부(17)는 100 Hz 내지 1 KHz 사이의 주파수 대역의 정현파를 코일부(122)에 인가할 수 있어서, 넓은 주파수 대역에서 운동체(12)를 구동시켜 주파수 대역별로 상이한 햅틱 효과를 형성할 수 있다.
- [87] 예를 들어, 제어부(17)가 100 Hz 내지 1 KHz 사이의 주파수 대역의 정현파를 상기 코일부에 인가할 경우, 운동체(12)는 사람이 촉감 또는 햅틱 효과를 감지할 수 있는 일반적인 진동력의 크기인 0.2 G 이상의 진동력을 형성할 수 있다.
- [88] 구동 모드가 두드림 모드일 경우, 제어부(17)는 1 Hz 내지 20 Hz 사이의 주파수 대역의 방형파를 코일부(122)에 인가할 수 있어서 운동체(12)가 형성하는 진동력의 진폭이 간헐적으로 변화하는 "두드림"에 해당하는 햅틱 효과를 형성할 수 있다.
- [89] 제어부(17)는 두드림에 해당하는 햅틱 효과를 형성하기 위해 20 Hz 미만의 방형파형의 교류 전류를 코일부(122)에 인가할 수 있다. 두드림 모드에 대한



구체적인 설명은 아래 도 6 내지 도 10을 통해 후술하기로 한다.

- [90] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터(1)에 의하면, 운동체(12)의 전체 이동 과정에서, 요크 부재(14)는 래디얼 마그넷(15)과 더불어 코일부(122)의 측부를 완전히 감싸도록 설치되는 구조를 가질 수 있다. 이와 같은 구조에 의하면, 운동체(12)가 수행하는 상하측 방향의 운동의 전체 구간동안 코일부(122)에는 전체 부분에 걸쳐 크고 균일한 자기장이 인가될 수 있기 때문에, 높은 진동력, 빠른 반응 속도 및 구동 안정성을 확보할 수 있다.
- [91] 또한, 탄성 부재(13)를 평판 형태로 형성함과 동시에 질량체(121)를 가벼운 소재로 형성함으로써, 결과적으로 구동 주파수를 500 Hz 또는 더 나아가 1 KHz까지 넓힐 수 있어 광대역 주파수 대역의 구동이 가능할 수 있다.
- [92] 도 6은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 20 Hz 미만의 주파수를 갖는 정현파를 인가하였을 경우의 진동력을 측정한 그래프이다.
- [93] 도 6을 참조하면, 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터(1)에 1 Hz, 10 Hz 및 19 Hz의 정현파를 인가하였을 경우, 0.01 G 이하의 진동력이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터(1)에 20 Hz 이하의 정현파를 입력하였을 경우, 사람이 인지할 수 없는 노이즈성 응답이 관찰된다는 것을 알 수 있다. 한편, 이와 달리 저주파의 방형파를 인가하였을 경우의 응답신호에 대하여 도 7을 참조하여 설명하기로 한다.
- [94] 도 7은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 5 Hz의 방형파를 인가하였을 경우, 두드림에 해당하는 햅틱 반응이 형성되는 모습을 나타내는 그래프이다.
- [95] 먼저, 도 7의 첫 번째 그래프는 제어부(17)가 5 Hz의 주파수를 갖는 방형파를 코일부(122)에 1주기 동안 인가하는 전압의 형태를 나타낸 것이고, 도 7의 두 번째 그래프는 제어부(17)가 5 Hz의 주파수를 갖는 방형파를 코일부(122)에 인가하였을 경우 광대역 액추에이터(1)에서 형성되는 진동력(G)을 나타내는 그래프이다.
- [96] 도 7을 참조하면, 1~20 Hz 사이의 초저주파수 대역에 해당하는 방형파를 광대역 액추에이터(1)에 인가하였을 경우, 일반 진동과는 다른 햅틱 반응이 형성되는 모습을 확인할 수 있다. 이와 같은 햅틱 반응을 통하여, 광대역 액추에이터(1)는 사용자에게 "두드림"의 촉각을 제공할 수 있다. 즉, 도 7은 광대역 액추에이터(1)를 "두드림 모드"로 구동시키는 모습을 나타내는 것으로 이해할 수 있다.
- [97] 도 7의 하단에 도시된 그래프를 참조하여, 두드림 모드로 구동되는 햅틱 반응을 살펴보면, 시간에 따라서, 진동력의 파형에서 진폭의 크기가 매 사이클마다 변하는 것을 확인할 수 있다. 해당 진폭의 크기는 반주기 동안 대략 지수적으로(exponentially) 감소하는 형상을 갖는데, 초반에 다소 짧은 시간(약 20 ms) 동안 큰 값을 나타내고, 중반 및 후반으로 갈수록 급격하게 감소함을 알 수 있다. 이와 같은 진폭의 급격한 차이에 따라서, 사용자는, 일반적인 진동과는 다른 간헐적인 두드림과 같은 햅틱 효과를 감지할 수 있다.

- [98] 도 8은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 서로 다른 초저주파수 대역의 방형파를 인가하였을 때 발생하는 충격량을 나타내는 그래프이다.
- [99] 구체적으로 도 8은 80 Hz 내지 360 Hz 사이에서 여러 공진주파수를 갖는 촉각 액추에이터마다 2Hz, 5 Hz, 10 Hz 및 20 Hz에 해당하는 방형파를 인가하였을 경우, 해당 파형을 인가하고 나서 50 ms구간 동안, 진동력을 측정함 다음, 그 측정된 진동력을, 상기 50 ms구간 내에서 적분을 하여 구한 충격량을 그래프로 나타낸 것이다.
- [100] 진동력을 50 ms 단위로 적분하여 충격량을 구하는 식은 다음의 수학식 1과 같다.
- [101] **【수학식 1】**
- $$(충격량) = \int_{t_0}^{t_0+50\text{ms}} F dt$$
- [102] 수학식 1에서,  $t_0$ 는, 파형의 입력 순간의 시간일 수 있다.
- [103] 'Robotic Tactile Sensing Technologies and System, Springer Science & Business Media, (2012. 7. 29)'에 따르면 사람이 손끝에서 두 개의 자극을 구분할 수 있는 최소 시간이 30~50 ms이고, 20~40대 성인을 대상으로 측정한 결과 두드림을 손가락으로 인지하기 위해서는, 0~50 ms 구간에서 3 mNs 이상의 충격량이 필요하다는 점을 확인하였다.
- [104] 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터(1)로부터 바람직한 두드림의 효과를 얻기 위해서는, 후술할 도 9과 같이 일반적인 진동에 해당하는 촉각을 제공하는 최소 한계 주파수인 20 Hz 이하의 방형파가 인가되어야 하고, 상기 확인된 내용과 같이 평균적인 사람이 두 개의 자극을 구분할 수 있는 최소 시간인 50 ms 구간 동안 누적된 충격량이 3 mNs 이상이 되어야 함을 확인할 수 있다.
- [105] 도 9는 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 5 Hz의 방형파를 인가하였을 경우(A)와 정현파를 인가하였을 경우(B)에 형성되는 진동력을 나타내는 그래프이다.
- [106] 도 9를 참조하면, 유형 A와 같이 50 ms 구간 내 충격량의 합이 3 mNs를 초과하는 경우, 사용자가 두드림의 촉각을 느낄 수 있다.
- [107] 반면 유형 B와 같이 임펄스(impulse)에 가까운 감쇄율이 매우 높은 햅틱 반응을 나타내는 경우로써, 50 ms 구간 내 충격량의 합이 3 mNs를 초과하지 않는 경우, 사용자가 두드림의 촉각을 느끼지 못함을 확인할 수 있었다.
- [108] 도 10은 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터에 초저주파수 대역의 방형파를 인가하였을 경우 형성되는 진동력을 나타내는 그래프이다.
- [109] 구체적으로, 도 10은, 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터(1)에 각각 10 Hz, 15 Hz 및 20 Hz의 방형파를 입력하였을 경우에 측정되는 진동력을 나타내는 그래프를 유형 A, 유형 B 및 유형 C로 나타낸 것이다.
- [110] 도 10을 참조하면, 유형 A 및 B의 경우, 점선으로 표시한 바와 같이, 진동력의

진폭의 크기, 즉, 최고점의 높이가, 시간의 흐름에 따라서, 변화하는 것을 확인할 수 있다. 예를 들어, 진폭의 최고점의 높이의 차이는 0.1 G 이상일 수 있다. 또한, 진폭의 최고점의 높이의 차이가 0.1 G 이상이 되는 최소 시간 간격은, 사람이 손끝에서 두 개의 자극을 구분할 수 있는 최소 시간, 예를 들면, 30 ms 이상으로 형성됨을 알 수 있다. 이와 같은 유형 A 및 B의 경우, 사용자가 두드림에 해당하는 촉각을 느낄 수 있음을 확인할 수 있었다.

[111] 반면 유형 C의 경우, 주기의 간격이, 사람이 손끝에서 두 개의 자극을 구분할 수 있는 최소 시간, 예를 들면, 30 ms 내로 좁게 형성될 뿐만 아니라, 점선으로 표시한 바와 같이, 진폭의 차이는 0.1 G 미만으로 크게 차이가 나지 않는 것을 확인할 수 있다. 이 경우, 사용자는 두드림이 아닌 일반적인 진동으로 감지할 수 있다.

[112] 따라서, 일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터(1)를 두드림 모드로 작동시키기 위해서는, 20 Hz 미만의 방형파가 인가될 수 있다. 다시 말하면, 방형파를 인가하더라도, 방형파의 주파수가 20 Hz를 초과할 경우 정현파와 같은 파형을 보이므로 사용자는 두드림이 아닌 일반적인 진동으로 감지함을 알 수 있다.

[113] 결과적으로, 두드림 모드에서 제어부(17)는 20 Hz 미만의 방형파형의 교류 전류를 코일부(122)에 인가함으로써, 두드림에 해당하는 햅틱 효과를 형성할 수 있다.

[114] 이상과 같이 비록 한정된 도면에 의해 실시 예들이 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구조, 장치 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

## 청구범위

- [청구항 1] 내부 공간을 갖는 원통 형상의 하우징;  
 상기 내부 공간에 설치되고, 상기 내부 공간의 하측의 중심으로부터 상측으로 돌출된 원기둥 형상의 내부 요크를 구비하는 요크 부재;  
 상기 내부 요크의 외주면을 감싸도록 설치되는 중공 형상의 래디얼 마그넷;  
 상기 래디얼 마그넷의 외주면을 감싸도록 설치되는 원통 형상의 질량체와, 상기 질량체의 둘레를 따라 설치되는 코일부를 구비하는 운동체; 및  
 상기 내부 공간의 일측으로부터 상기 운동체를 탄성 지지하는 탄성 부재를 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,  
 상기 래디얼 마그넷의 내주면은 상기 내부 요크를 마주보고, 상기 래디얼 마그넷의 외주면은 상기 코일부를 마주보고,  
 상기 래디얼 마그넷의 내주면 및 외주면의 극성은 서로 반대인 광대역 액추에이터.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,  
 상기 운동체의 진동 방향을 따라 측정한 상기 래디얼 마그넷의 길이는, 상기 래디얼 마그넷의 외경 및 내경 사이의 거리보다 긴 광대역 액추에이터.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,  
 상기 요크 부재는,  
 상기 내부 공간의 내주면의 둘레를 따라 형성되는 외부 요크; 및  
 상기 내부 공간의 하측에 설치되는 하부 요크를 더 포함하고,  
 상기 코일부는 상기 내부 요크, 외부 요크 및 하부 요크 사이의 수용 공간에 배치되는 광대역 액추에이터.
- [청구항 5] 제 2 항에 있어서,  
 상기 래디얼 마그넷의 상면을 덮도록 설치되는 폴 피스를 더 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 6] 제 5 항에 있어서,  
 상하 방향을 기준으로, 상기 코일부의 중심점의 위치는 상기 래디얼 마그넷의 중심점의 위치보다 상측에 위치하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 7] 제 5 항에 있어서,  
 상하 방향을 기준으로, 상기 코일부의 상단은 상기 폴 피스의 상단보다 낮게 위치하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,  
 상기 탄성 부재는,

상기 하우징의 내부 공간 및 상기 질량체 사이를 상하 방향에 수직한 평면 방향을 따라 연결하는 평판 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 광대역 액추에이터.

- [청구항 9] 제 8 항에 있어서,  
상기 하우징은,  
상기 요크 부재의 둘레를 감싸는 하측 하우징; 및  
하측으로 상기 하측 하우징 및 요크 부재에 연결되고, 상측의 내주면에 함몰 형성된 단차부를 구비하는 가이드 하우징을 포함하고,  
상기 탄성 부재의 가장자리는 상기 가이드 하우징의 단차부에 설치되는 광대역 액추에이터.
- [청구항 10] 제 9 항에 있어서,  
상기 하우징은,  
상기 단차부에 설치되며, 상기 단차부에 설치된 탄성 부재의 가장자리를 상측으로부터 가압하여 고정하는 중공 형상의 상측 하우징을 더 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 11] 제 1 항에 있어서,  
상기 질량체는,  
하측으로 상기 래디얼 마그넷 및 내부 요크를 수용할 수 있는 홈을 구비하는 통 형상의 삽입 부재; 및  
상기 삽입 부재의 중심에서 상측으로 돌출하는 돌출 부재를 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 12] 제 11 항에 있어서,  
상기 돌출 부재는 상기 하우징의 상측으로 노출되어 있는 것을 특징으로 하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 13] 제 11 항에 있어서,  
상기 탄성 부재는,  
상기 하우징의 내부 공간 및 상기 돌출 부재 사이를 상하 방향에 수직한 평면 방향을 따라 연결하는 평판 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 14] 제 2 항에 있어서,  
상기 코일부에 교류 전류를 인가하는 제어부를 더 포함하고,  
상기 제어부가 100 Hz 내지 1 KHz 사이의 주파수 대역의 정현파를 상기 코일부에 인가할 경우, 상기 운동체는 0.2 G 이상의 진동력을 형성하는 것을 특징으로 하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 15] 제 2 항에 있어서,  
상기 코일부에 교류 전류를 인가하는 제어부를 더 포함하고,  
상기 제어부가 1 Hz 내지 20 Hz 사이의 주파수 대역의 방형파형의 교류 전류를 상기 코일부에 인가할 경우, 50 ms 단위 간격 내에서 상기

- 운동체가 형성하는 누적 충격량이 3 mNs 이상으로 형성되어 두드림에 해당하는 햅틱 효과를 형성하는 것을 특징으로 하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 16] 내부 공간을 갖는 하우징;  
상기 내부 공간의 내주면의 둘레를 따라 형성되는 외부 요크와, 상기 내부 공간의 하측으로부터 상측으로 돌출된 내부 요크를 구비하는 요크 부재;  
상기 내부 요크의 외주면을 감싸도록 설치되는 래디얼 마그넷;  
상기 래디얼 마그넷 및 상기 외부 요크 사이에 형성된 이격 공간에서 상기 내부 요크의 돌출 방향을 따라서 움직임 가능한 질량체와, 상기 질량체에 설치되는 코일부를 구비하는 운동체; 및  
상기 내부 공간의 일측으로부터 상기 운동체를 탄성 지지하는 탄성 부재를 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 17] 제 16 항에 있어서,  
상기 요크 부재는, 상기 외부 요크의 하측 및 상기 내부 요크의 하측을 연결하는 하부 요크를 더 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 18] 내부 공간을 갖는 하우징;  
상기 내부 공간의 내주면의 둘레를 따라 형성되는 외부 요크와, 상기 내부 공간의 하측으로부터 상측으로 돌출된 내부 요크를 구비하는 요크 부재;  
상기 내부 요크의 외주면을 감싸도록 설치되는 래디얼 마그넷;  
상기 래디얼 마그넷 및 상기 외부 요크 사이에 형성된 이격 공간에서 상기 내부 요크의 돌출 방향을 따라서 움직임 가능한 질량체와, 상기 질량체에 설치되는 코일부를 구비하는 운동체; 및  
상기 래디얼 마그넷의 상면을 덮도록 설치되는 폴 피스를 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 19] 내부 공간을 갖는 하측 하우징;  
상기 하측 하우징에 삽입되고, 외주면의 상측의 외주면에 함몰 형성되는 제 1 단차가 형성된 요크 부재;  
상기 요크 부재에 연결되는 래디얼 마그넷;  
상기 하측 하우징 및 상기 단차에 의해 형성되는 장착 홈에 결합되는 하단부를 구비하는 가이드 하우징;  
상기 가이드 하우징의 상측의 내주면에 함몰 형성되는 제 2 단차에 안착되는 탄성 부재; 및  
상기 탄성 부재에 연결되고, 상기 래디얼 마그넷과 상호 작용하는 코일부를 구비하는 운동체를 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 20] 제 19 항에 있어서,  
상기 제 2 단차에 상기 탄성 부재가 안착된 상태에서, 상기 제 2 단차에 삽입되어, 상기 탄성 부재를 고정시키기 위한 상측 하우징을 더 포함하는 광대역 액추에이터.
- [청구항 21] 제 20 항에 있어서,

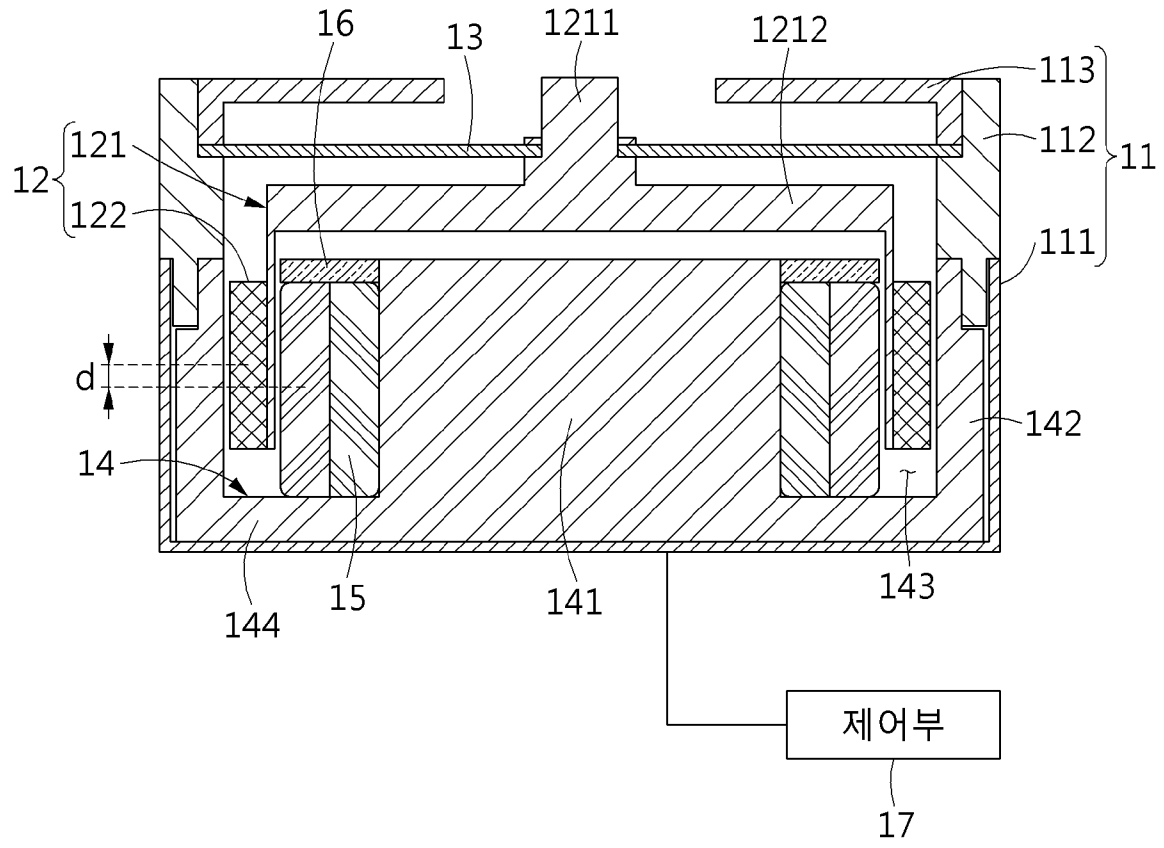
상기 상측 하우스징은 상측으로 개방되어 있고,  
상기 운동체는,  
상기 상측 하우스징의 개방된 상측으로 노출되는 돌출 부재를 더 포함하는  
광대역 액추에이터.

## 요약서

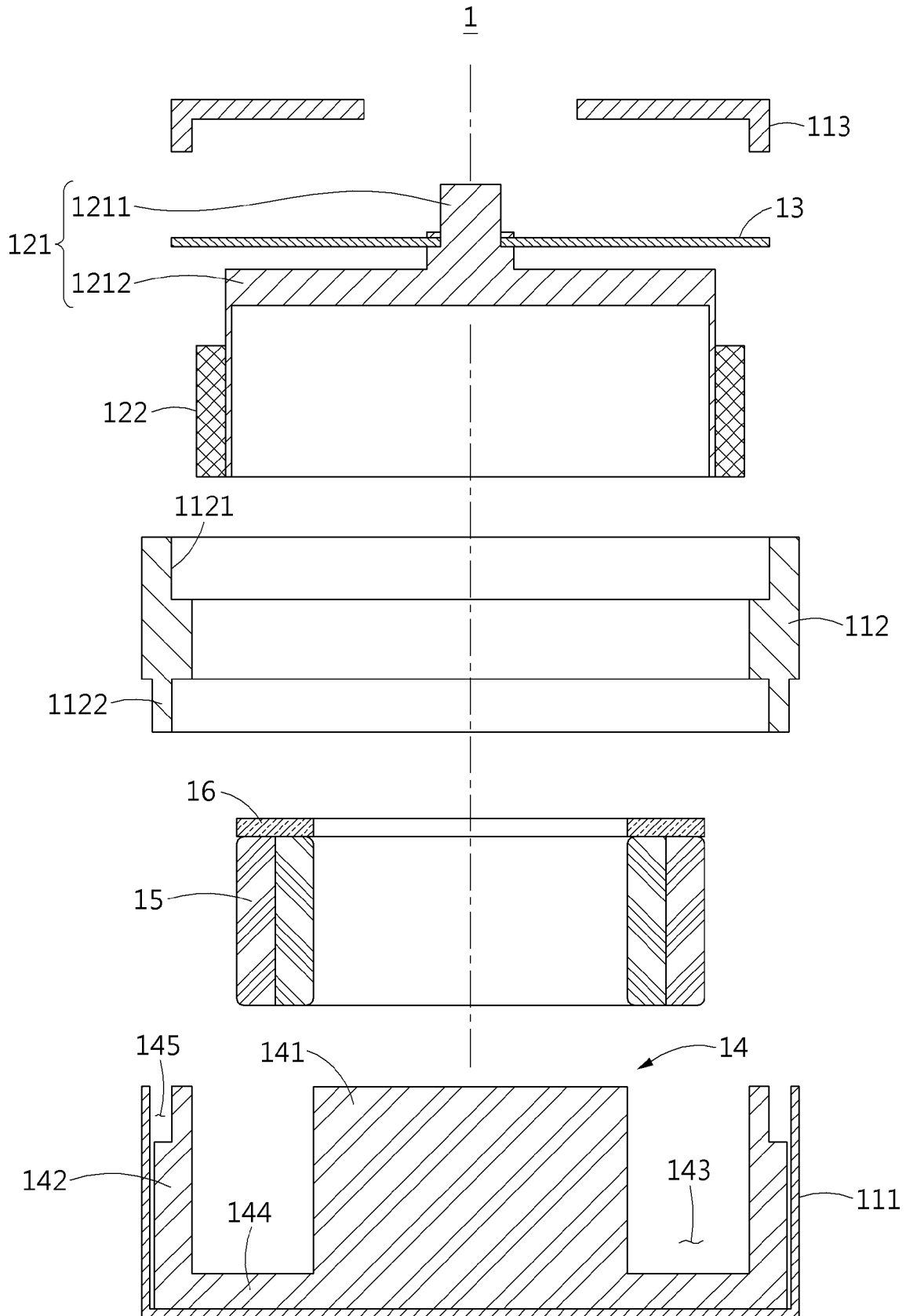
일 실시 예에 따른 광대역 액추에이터는, 내부 공간을 갖는 원통 형상의 하우징; 상기 내부 공간에 설치되고, 상기 내부 공간의 하측의 중심으로부터 상측으로 돌출된 원기둥 형상의 내부 요크를 구비하는 요크 부재; 상기 내부 요크의 외주면을 감싸도록 설치되는 중공 형상의 래디얼 마그넷; 상기 래디얼 마그넷의 외주면을 감싸도록 설치되는 원통 형상의 질량체와, 상기 질량체의 둘레를 따라 설치되는 코일부를 구비하는 운동체; 및 상기 내부 공간의 일측으로부터 상기 운동체를 탄성 지지하는 탄성 부재를 포함할 수 있다.



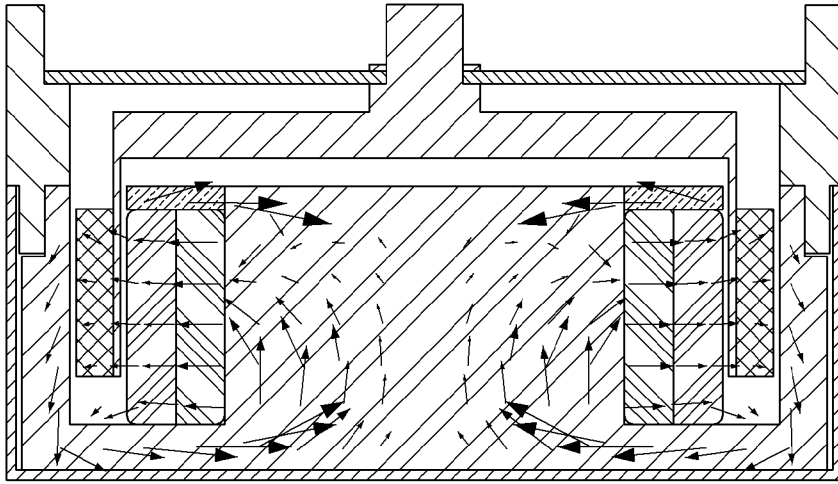
[도1]

1

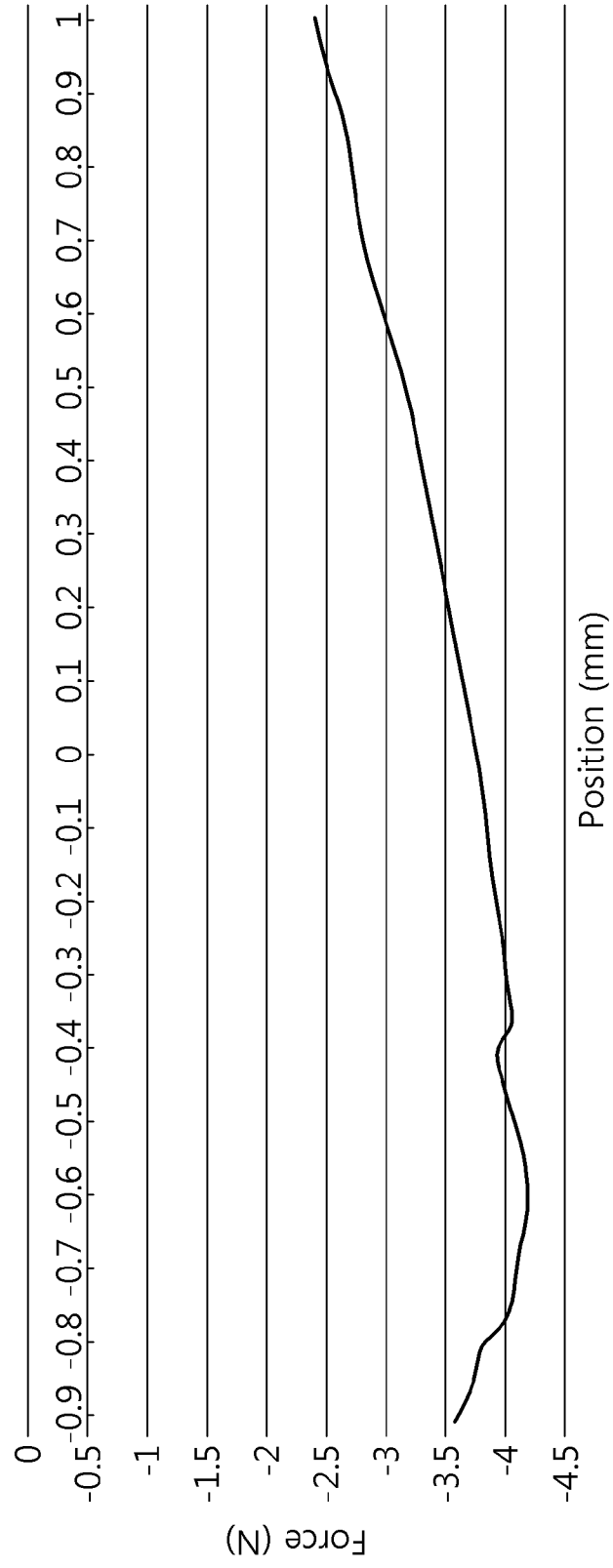
[도2]



[도3]



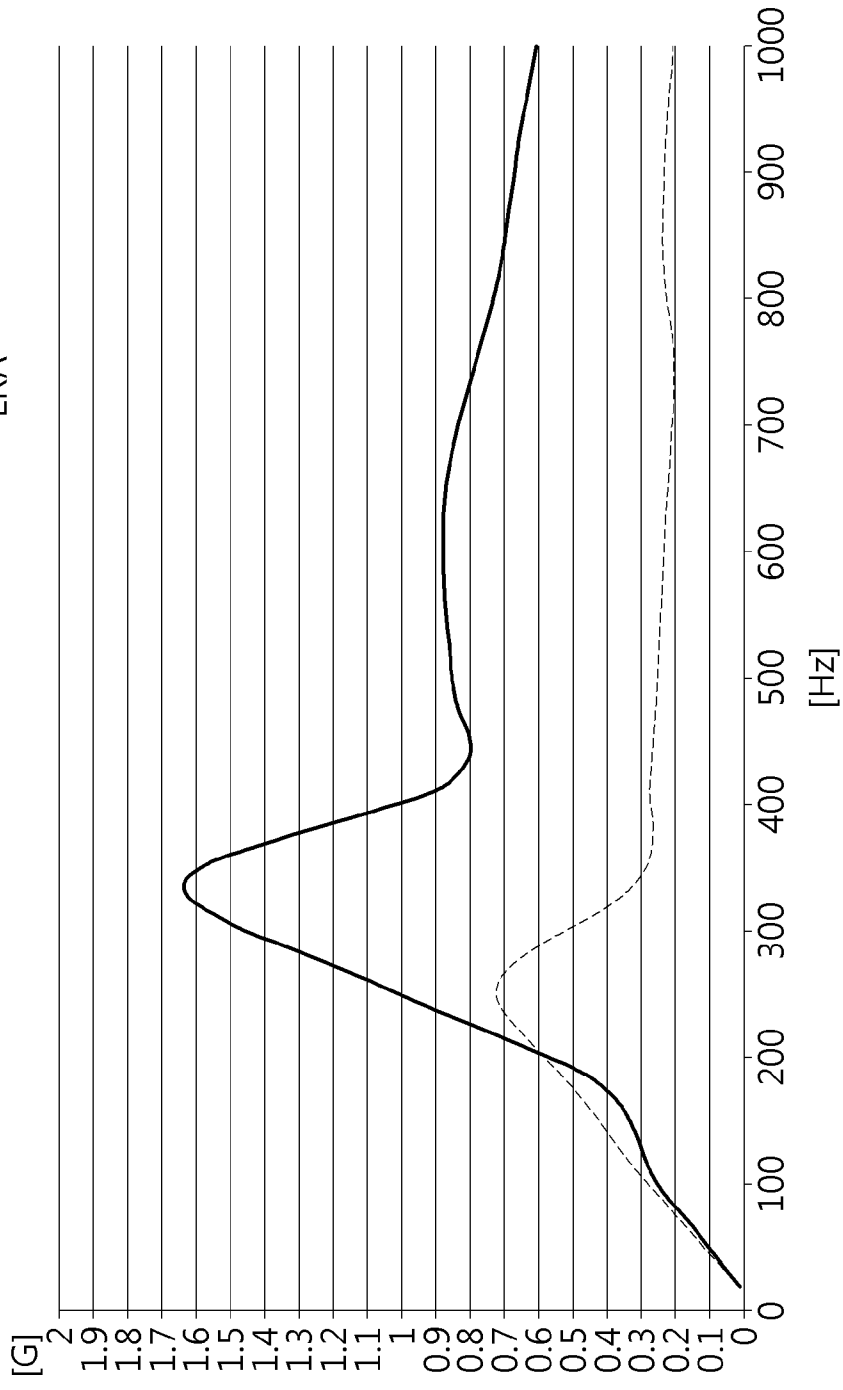
[도4]



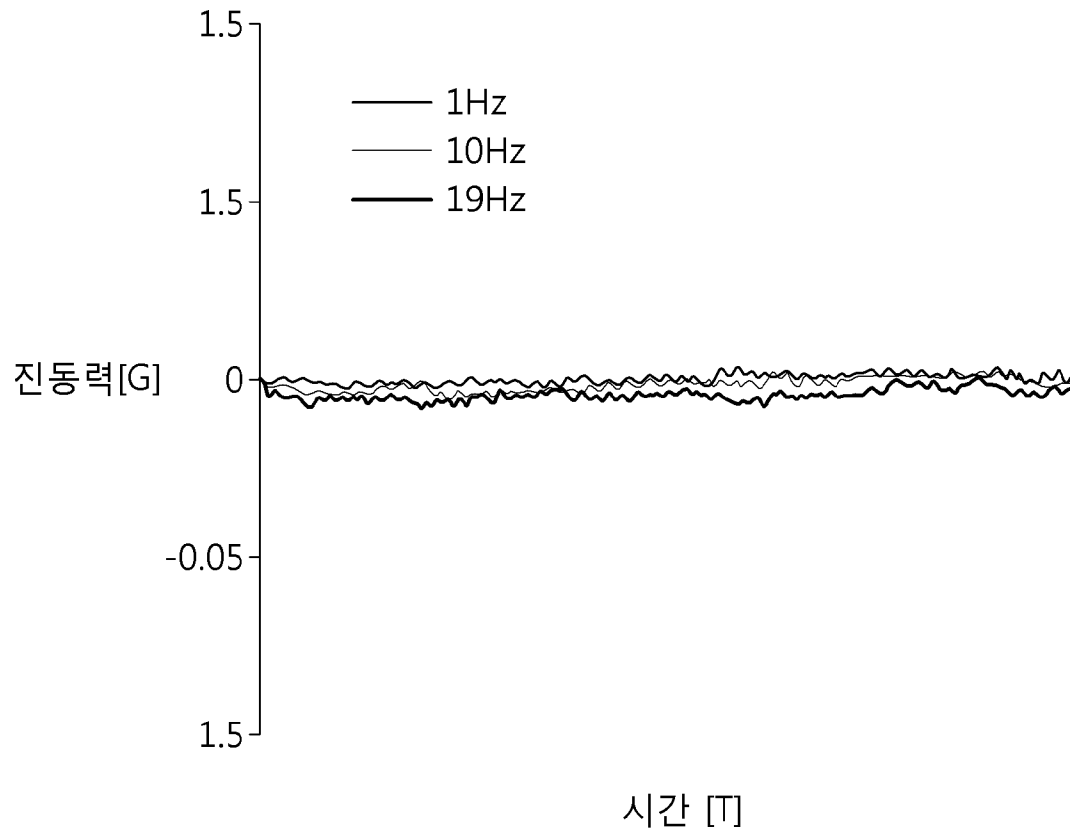
[도5]

— 광대역 액추에이터

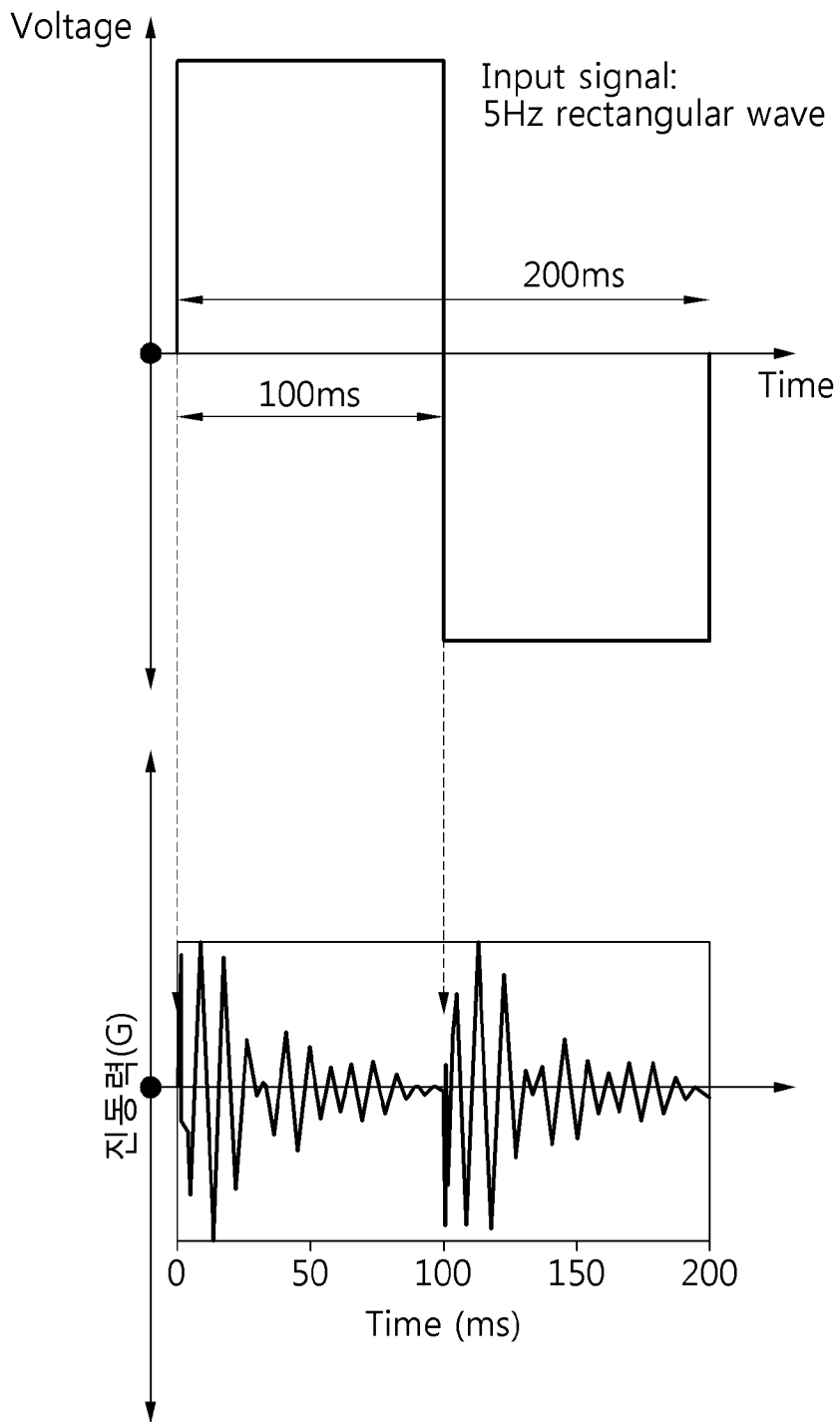
- - - LRA



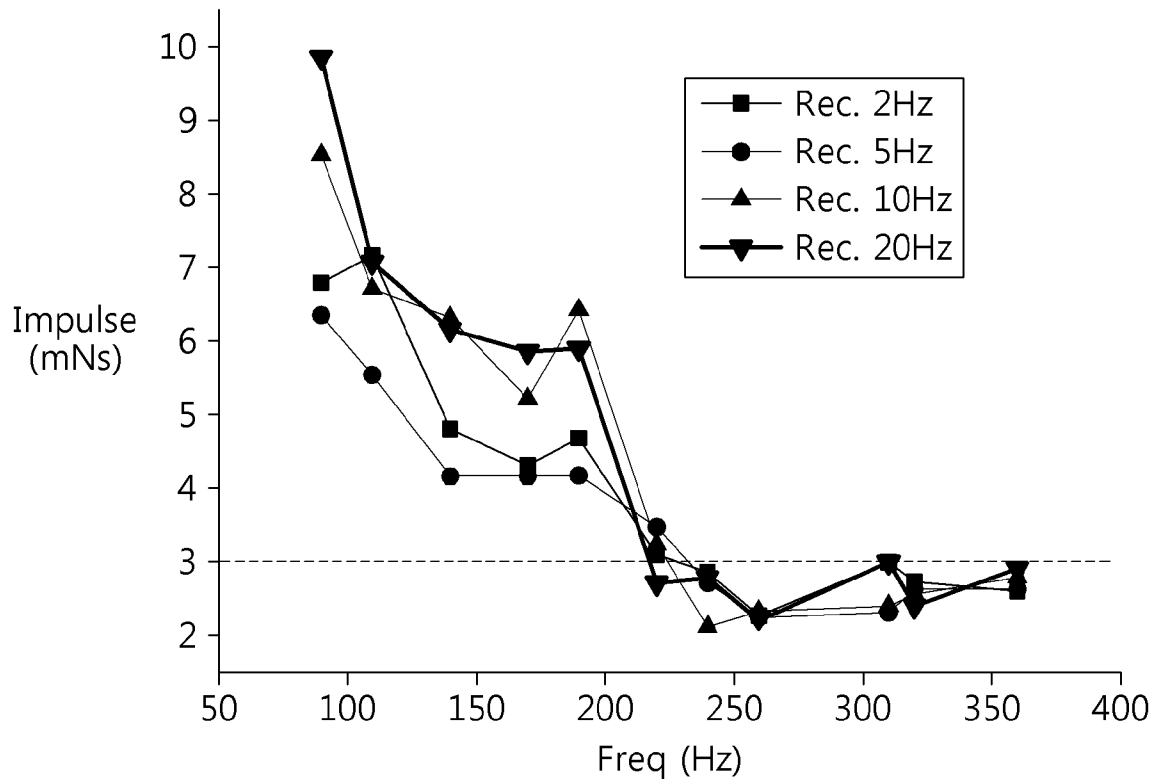
[도6]



[도7]



[도8]



[도9]

유형	그래프	특징
A	<p>진동력(G) Time (ms)</p>	두드림으로 느낌
B	<p>진동력(G) Time (ms)</p>	두드림으로 느낄 수 없음



[도10]

유형	그래프	특징
A (10Hz)	<p>진동력(G)</p> <p>Time (ms)</p>	두드림으로 느낌
B (15Hz)	<p>진동력(G)</p> <p>Time (ms)</p>	두드림으로 느낌
C (20Hz)	<p>진동력(G)</p> <p>Time (ms)</p>	일반진동으로 느낌