

명세서

발명의 명칭: 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 방법

기술분야

- [1] 본 출원은 2019년 12월 17일자 한국 특허 출원 제10-2019-0168478호에 기초한 우선권의 이익을 주장하며, 해당 한국 특허 출원의 문헌에 개시된 모든 내용은 본 명세서의 일부로서 포함된다.
- [2] 본 발명은 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 마찰전기 발전 소자의 성능을 평가할 수 있는 다수의 분석 방법을 이용하여 발전 소자 간 성능을 객관적이고도 동등하게 평가할 수 있는, 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [3] 마찰전기 발전 소자(triboelectric power generating device)란, 통상 서로 다른 마찰전기 극성을 가진 두 물질이 접촉하게 되어 전하 이동이 일어나는 마찰전기 효과를 이용하는 것으로서, 최근 들어, 사람의 신체적 움직임이나 기계적 진동과 같은 다양한 에너지를 통하여 고효율로서 전기를 생산시킬 수 있는 방안이 점차 증가하고 있는 추세이다. 이와 같이, 마찰전기 발전 소자의 성능이 향상되어감에 따라, 이들 발전 소자의 성능을 비교 평가할 수 있는 프로토콜 또한 몇몇 알려져 있으며, 이러한 프로토콜을 통한 소자 간 성능 비교가 원활히 이루어지기만 한다면 상기의 프로토콜은 당업계에서 매우 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단하고 있다.
- [4] 하지만, 기존의 프로토콜은 마찰전기 발전 소자들을 평가하는 방법이 상이하거나 표준화되지 못하여, 소자 간 성능 평가가 객관적이고도 동등한 조건에서 구현될 수 없어, 마찰전기 발전 소자 간 성능의 비교 대조가 어려운 문제점이 있다. 따라서, 마찰전기 발전 소자의 성능 평가 방법을 표준화하여, 소자들 간의 성능을 객관적이고도 동등한 조건 하에서 평가할 수 있는 신규한 분석 프로토콜의 개발이 요구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 따라서, 본 발명의 목적은, 마찰전기 발전 소자의 성능을 평가할 수 있는 다수의 분석 방법을 이용하여 발전 소자 간 성능을 객관적이고도 동등하게 평가할 수 있는, 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [6] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 하기의 a) 내지 d) 프로토콜 중 어느 하나 이상의 프로토콜을 통하여 마찰전기 발전 소자의 전기신호를 분석하는 단계를 포함하는 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 방법을 제공한다.
- [7] a) 마찰전기 발전 소자가 휘어지도록 중심부에 일정 주기로 힘을 가하여

- 발생하는 전기신호를 분석하는 프로토콜
- [8] b) 마찰전기 발전 소자가 휘어지도록 최소 어느 한 쪽 끝단에 힘을 가하여 발생하는 전기신호를 분석하는 프로토콜
- [9] c) 마찰전기 발전 소자의 형태를 변환시키지 않는 한도 내에서 상기 소자를 일정 주기로 두들기거나 소자에 진동을 일으켜 발생하는 전기신호를 분석하는 프로토콜 및
- [10] d) 마찰전기 발전 소자로부터 일정 거리 이격된 유도체를 흔들어 발생하는 전기신호를 분석하는 프로토콜.

발명의 효과

- [11] 본 발명에 따른 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 방법은, 마찰전기 발전 소자의 성능을 평가할 수 있는 다수의 분석 방법을 이용하여 발전 소자 간 성능을 객관적이고도 동등하게 평가할 수 있는 장점을 가지고 있다.

도면의 간단한 설명

- [12] 도 1 내지 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 프로토콜 a) 내지 d)를 이용하여 측정된 마찰전기 발전 소자의 전기신호 그래프이다.
- [13] 도 6은 비교예에 따라 손을 이용하여 측정된 마찰전기 발전 소자의 전기신호 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [14] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [15] 본 발명에 따른 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 방법은, 하기의 a) 내지 d) 프로토콜 중 어느 하나 이상의 프로토콜을 통하여 마찰전기 발전 소자의 전기신호를 분석하는 단계를 포함한다.
- [16] a) 마찰전기 발전 소자가 휘어지도록 중심부에 일정 주기로 힘을 가하여 발생하는 전기신호를 분석하는 프로토콜
- [17] b) 마찰전기 발전 소자가 휘어지도록 최소 어느 한 쪽 끝단에 힘을 가하여 발생하는 전기신호를 분석하는 프로토콜
- [18] c) 마찰전기 발전 소자의 형태를 변환시키지 않는 한도 내에서 상기 소자를 일정 주기로 두들기거나 소자에 진동을 일으켜 발생하는 전기신호를 분석하는 프로토콜 및
- [19] d) 마찰전기 발전 소자로부터 일정 거리 이격된 유도체를 흔들어 발생하는 전기신호를 분석하는 프로토콜.
- [20] 전술한 바와 같이, 마찰전기 발전 소자의 성능을 평가할 수 있는 기존의 프로토콜이 몇몇 알려져 있으나, 이들은 마찰전기 발전 소자들을 평가하는 방법이 상이하거나 표준화되지 못하여, 소자 간 성능 평가가 객관적이고도 동등한 조건에서 구현될 수 없어, 마찰전기 발전 소자 간 성능의 비교 대조가 어려운 문제점이 있다. 이에 본 출원인은, 상기와 같이 마찰전기 발전 소자의 성능 평가 방법을 표준화하여, 소자들 간의 성능을 객관적이고도 동등한 조건

하에서 평가할 수 있는 신규한 분석 프로토콜을 개발해 낸 것이다.

- [21] 즉, 상기 4 가지(a 내지 d)의 전기신호 분석 프로토콜(Protocol)은, 소자 간 성능 평가를 동등하게(apple-to-apple) 유도할 수 있는 것으로서, 마찰전기 발전 소자에 직간접적인 물리적 영향을 주고, 이로 인하여 발생하는 전기 신호를 해석하는 방식에 기반한 것이다. 한편, 본 발명에 따른 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 방법에 적용될 수 있는 마찰전기 발전 소자로는, 서로 다른 마찰전기 극성을 가진 두 물질이 접촉하게 되어 전하 이동이 일어나는 마찰전기 효과를 이용하는 것이라면 특별한 제한이 없으며, 예를 들어, 외부로부터 가해지는 모든 물리적 운동 에너지를 전기 에너지로 전환 가능하며 풍력 발전, 조력 발전 및 파력 발전 등에 활용 가능한 발전 소자, 물리적인 움직임을 감지하거나 촉감(texture), 경도(hardness) 또는 가해지는 힘(force)을 감지하는 것도 가능하여 센서(sensor)로도 활용 가능한 발전 소자까지도 본 발명의 전기신호 분석 방법에 적용될 수 있다. 뿐만 아니라, 본 출원인에 의하여 2017.11.22자로 특허출원된 제10-2017-0156387호의 마찰전기 발전 소자 또한, 본 발명의 전기신호 분석 방법에 적용될 수 있음은 물론이다.
- [22] 이하, 상기 a) 내지 d) 프로토콜에 대하여 구체적으로 살펴보기로 한다.
- [23] 1. a) 프로토콜
- [24] 먼저, 상기 a)의 전기신호 분석 프로토콜은, 마찰전기 발전 소자의 중심부를 일정 힘과 주기로 두들기며 휘어지게 함으로써 발생하는 전기신호를 분석하는 방법이다. 즉, 전기신호를 발생시키기 위해서는, 상기와 같이 마찰전기 발전 소자에 물리적 영향을 주어야 하며(즉, 일정 힘으로 두들겨 소자를 휘어지게 하는 물리적 영향), 발생된 전기신호를 측정 및 분석하기 위해서는, 각 전극에 신호 분석 장비를 연결하여야 한다. 상기 신호 분석 장비는 전기 신호를 분석할 수 있는 기기라면 특별한 제한이 없으며, Keithley DMM 7510 등의 그래픽 샘플링 멀티미터를 예로 들 수 있다.
- [25] 또한, 외부 정전기를 차단함으로써 보다 정확한 전기신호를 측정하기 위하여, 즉 다시 말해, 패러데이 케이지 효과(Faraday Cage effect)를 유발하기 위하여, 상기 마찰전기 발전 소자는 전도성 물질로 이루어진 기재의 내부에 구비되거나, 전도체에 의하여 둘러 싸여질 수 있다. 여기서, 상기 기재의 형태로는 박스(box) 타입 및 그물망 타입 등을 예로 들 수 있고, 상기 소자를 둘러 싸는 전도체로는 알루미늄 호일과 같은(또는, 알루미늄 호일을 포함한) 판형의 전도성 금속 등일 수 있다.
- [26] 또한, 상기 전기신호 분석 시에는, 상기 마찰전기 발전 소자의 중심부에 일정 주기로 힘을 가하기 위한 한 쌍의 바(bar, 또는 봉)가, 상기 마찰전기 발전 소자의 상하부에 일정 간격 이격되거나 접합된 채로 구비될 수 있다. 즉, 상기 한 쌍의 바 중 어느 하나의 바는 상기 마찰전기 발전 소자의 상부 방향에, 다른 하나의 바는 상기 마찰전기 발전 소자의 하부 방향에 각각 일정 간격 떨어지거나 접합된 상태로 위치할 수 있으며, 이들은 소자의 중심부 상하 방향으로 놓이도록 하여야

한다.

- [27] 한편, 상기 바의 크기 및 소자로부터의 이격 간격에는 특별한 제한이 없으며, 예를 들어, 상기 바의 직경은 5 내지 20 mm일 수 있고, 이격의 경우 상기 각각의 바는 상기 소자로부터 0.5 내지 5 mm 이격되어 위치할 수 있는 등, 상기 바를 통하여 상기 마찰전기 발전 소자의 중심부에 힘을 가할 수만 있다면, 상기한 바와 같이 상기 바의 크기 및 소자로부터의 이격 간격에는 특별한 제한이 없다. 상기 바의 소재 또한 상기 소자의 중심부에 힘을 가하여 소자를 휘어지게끔 할 수 있는 것이라면 특별한 제한이 없으나, 고속(3 Hz 이상)으로 물리적인 충격을 가하면서도 소자를 파손하지 않아야 한다는 점을 고려하여, 실리콘 소재의 튜브 내에 탄소 막대(carbon rod)가 삽입된 복합체, 테플론 소재의 튜브 내에 플라스틱 막대(plastic rod, 예: ABS 막대), 세라믹(ceramic) 및 고분자가 혼합된 컴파운드(compound) 형태의 막대(plastic-ceramic composite rod)가 삽입된 복합체 또는 알루미늄 등의 금속 막대를 포함하는 단일체로 구성된 바(bar)로 적용하는 것이 바람직하다.
- [28] 이상과 같은 바(bar)는, 전기신호 분석 시 상기 마찰전기 발전 소자의 상하부에서 일정 주기로 상하 운동을 하며 소자의 중심부에 힘을 가함으로써 소자를 휘어지게끔 한다. 예를 들어, 상기 바는 1 내지 20 Hz의 주기로 1 내지 5 cm 상하 이동을 할 수 있으며, 상기 상하 이동 거리가 2 cm인 경우에는 상부 방향으로 1 cm, 하부 방향으로 1 cm 이동할 수 있다. 그밖에, 전기신호 분석 시에는, 한 세트를 먼저 측정한 후 수 내지 수십 초간의 휴지기를 거쳐 추가로 수 세트 측정함으로써 신뢰성을 확보할 수 있다.
- [29] 2. b) 프로토콜
- [30] 다음으로, 상기 b)의 전기신호 분석 프로토콜은, 마찰전기 발전 소자의 최소 어느 한 쪽 끝단을 잡은 후 소자의 중심부를 일정 곡면으로 구부려서 발생하는 전기신호를 분석하는 방법이다. 즉, 전기신호를 발생시키기 위해서는, 상기와 같이 마찰전기 발전 소자에 물리적 영향을 주어야 하며(즉, 일정 힘을 가하여 소자를 구부러지게 하는 물리적 영향), 발생된 전기신호를 측정 및 분석하기 위해서는, 각 전극의 한 쪽 끝단에 신호 분석 장비를 연결하여야 한다(신호 분석 장비에 관한 설명은 a) 프로토콜 항목에서 설명한 바를 준용하며, 이는 후술할 c) 프로토콜 및 d) 프로토콜에도 동일하게 적용될 수 있다). 또한, 외부 정전기를 차단함으로써 보다 정확한 전기신호를 측정하기 위하여, 패러데이 케이지 효과를 유발할 수 있는 전도성 물질을 이용할 수 있으며, 이 또한 상기 a) 프로토콜 항목에서 설명한 바를 준용한다.
- [31] 한편, 상기 전기신호 분석 시에는, 상기 마찰전기 발전 소자에 일정 주기로 힘을 가하기 위한 한 쌍의 바(bar, 또는 봉)가, 상기 마찰전기 발전 소자의 한 쪽 끝단 상하부에 일정 간격 이격되거나 접합된 채로 구비될 수 있다(전술한 바와 같이, 다른 한 쪽 끝단은 신호 분석 장비가 연결되어 고정된 상태가 된다). 즉, 상기 한 쌍의 바 중 어느 하나의 바는 상기 마찰전기 발전 소자의 상부 방향에, 다른

하나의 바는 상기 마찰전기 발전 소자의 하부 방향에 각각 일정 간격 떨어지거나 접합된 상태로 위치할 수 있다.

- [32] 이상과 같은 바(bar)는, 전기신호 분석 시 상기 마찰전기 발전 소자의 상하부에서 일정 주기로 상하 운동을 하며, 이로 인하여, 소자의 한 쪽 끝단에 힘을 가함으로써 소자가 상하로 구부러지도록 유도한다(즉, 소자 한 쪽 끝단에만 힘을 주고, 다른 한 쪽 끝단은 고정됨에 따라, 소자가 상하로 구부러지게 된다). 예를 들어, 상기 바는 1 내지 20 hz의 주기로 1 내지 5 cm 상하 운동(또는, 상하 이동)을 할 수 있으며, 상기 상하 이동 거리가 4 cm인 경우에는 상하로 2 cm씩 소자와 함께 움직일 수 있다. 그밖에, 전기신호 분석 시에는, 한 세트를 먼저 측정 한 후 수 내지 수십 초간의 휴지기를 거쳐 추가로 수 세트 측정함으로써 신뢰성을 확보할 수 있다.

- [33] 그밖에, 상기 b) 프로토콜에 있어서, 상기 한 쌍의 바는 소자의 한 쪽 끝단이 아닌 양 쪽 끝단 각 상하부에 일정 간격 이격되거나 접합된 채로 구비될 수도 있다. 이 경우에는, 양 쪽 끝단이 서로 대칭되는 움직임을 통하여 소자가 구부러지게 되며(즉, 접힘 상태), 이와 같은 형태로부터 발생하는 전기신호를 분석하게 된다.

[34] 3. c) 프로토콜

- [35] 계속해서, 상기 c)의 전기신호 분석 프로토콜은, 마찰전기 발전 소자의 형태를 변환시키지 않고 압착한 상태에서 소자를 일정 힘과 주기로 두들기거나 진동을 일으켜 발생하는 전기신호를 분석하는 방법이다. 즉, 전기신호를 발생시키기 위해서는, 상기와 같이 마찰전기 발전 소자에 물리적 영향을 주어야 하며(즉, 일정 힘을 가하여 소자를 두들기거나 진동을 일으키는 물리적 영향), 발생된 전기신호를 측정 및 분석하기 위해서는, 각 전극에 신호 분석 장비를 연결하여야 한다. 또한, 외부 정전기를 차단함으로써 보다 정확한 전기신호를 측정하기 위하여, 패러데이 케이지 효과를 유발할 수 있는 전도성 물질을 이용할 수 있다.

- [36] 상기 프로토콜 c)는 마찰전기 발전 소자의 형태를 원형으로 유지한 상태에서 전기신호를 분석하여야 하기 때문에, 여기에서는, 소자의 상하부에 각각 고강도의 판을 위치시킨 후 압착시켜 소자의 형태를 고정시키는 과정이 선행되어야 한다. 이와 같은 과정이 이루어진 후에는, 소자의 상하부에 위치한 판 중 어느 하나 이상의 판을 일정 주기 및 힘으로 두들기거나, 표면을 긁는 등의 방법으로 진동을 유발함으로써 발생하는 전기신호를 분석하여야 한다. 상기 판의 재질로는 철, 스테인리스 스틸, 황동 및 알루미늄 합금 등 압착에 의해 소자를 고정시킬 수 있는 것들을 예시할 수 있고, 그 강도는 0.001 내지 100 kgf일 수 있다. 또한, 상기 압착하는 힘은 소자의 형태가 변환되지 않도록 고정시킬 수 있는 정도면 되며, 따라서, 상기 압착하는 힘에는 특별한 제한이 없다. 또한, 전기신호를 발생시키는데 필요한 힘이나 긁는 정도 또한, 상황에 따라 적절히 가변될 수 있는 등 제한되지 않는다. 그밖에, 전기신호 분석 시에는, 한 세트를 먼저 측정한 후 수 내지 수십 초간의 휴지기를 거쳐 추가로 수 세트

측정함으로써 신뢰성을 확보할 수 있다.

[37] 4. d) 프로토콜

[38] 마지막으로, 상기 d)의 전기신호 분석 프로토콜은, 마찰전기 발전 소자로부터 일정 거리 떨어져 위치한 유도체(Inducer)를 일정 주기로 흔들어 발생하는 전기신호를 분석하는 방법이다. 상기 프로토콜 d)는 전술한 프로토콜 a) 내지 c)와 달리, 마찰전기 발전 소자를 구부리거나 두들기거나 굽지 않는 비접촉식의 전기신호 분석법이며, 따라서, 소자의 움직임을 포착할 수 있도록 상기 프로토콜 d)에서는 패러데이 케이지 효과를 유발할 수 있는 전도성 물질을 사용하지 않는다. 그밖에, 발생된 전기신호를 측정 및 분석하기 위하여 각 전극에 연결되는 신호 분석 장비의 사용은 상기 프로토콜 a) 내지 c)와 동일하다.

[39] 보다 구체적으로, 상기 유도체는 소자로부터 수 마이크로미터 내지 수십 미터 떨어진 곳에 구비될 수 있고, 소자의 평면 면과 평행이 되는 평면상에서 다양한 방향 또는 형태로 일정 주기(예를 들어, 1 내지 20 Hz)로 흔들어 전기신호를 발생시킬 수 있다. 상기 유도체로는 사람의 손, 금속 봉, PE 등으로 이루어진 플라스틱 봉, 털 뭉치 및 천 등, 상기 마찰전기 발전 소자로부터 전기를 발생시킬 수 있는 부재라면 특별한 제한은 없다. 또한, 상기 유도체를 흔들는 방향 또는 방식으로, 소자의 평면 기준으로 수평되는 방향, 수직되는 방향, 대각되는 방향 및 원형 등을 예시할 수 있으나, 이 또한 상기 마찰전기 발전 소자로부터 전기를 발생시킬 수 있는 방향 또는 방식이라면 특별한 제한은 없다. 그밖에, 전기신호 분석 시에는, 한 세트를 먼저 측정한 후 수 내지 수십 초간의 휴지기를 거쳐 추가로 수 세트 측정함으로써 신뢰성을 확보할 수 있다.

[40]

발명의 실시를 위한 형태

[41] 이하, 구체적인 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명이 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[42] [실시예 1] 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 - 프로토콜 a

[43] 먼저, 마찰전기 발생층을 중심으로 그 상부면과 하부면에 각각 전극이 위치한 마찰전기 발전 소자를 준비한 후, 각 전극에 전기신호 분석 장비인 DMM 7510(Keithley사, 미국)을 연결하고, 이어서, 상기 소자를 알루미늄 호일(Aluminum Foil)로 둘러쌌다. 다음으로, 소자의 길이 방향 중심부를 기준으로 상부 방향과 하부 방향 각각에 1 mm의 간격으로, 바(bar, 직경 5 mm의 탄소 막대가 삽입된 직경 8 mm의 실리콘 소재 튜브) 하나씩을 구비시킨 후, 이를 1 ~ 12 hz의 주기로 1 cm씩 상하 이동시켜(총 2 cm의 거리를 이동) 소자의 중심부에 힘을 가함으로써 소자가 휘어지도록 하였다. 이때, 상기 바의 이동에 따른 힘 전달을 한 세트 먼저 진행하여 전기신호를 측정한 후, 신뢰성 향상을 위하여, 수 내지 수십 초간의 휴지기를 거쳐 추가로 수 세트 진행한 후

전기신호를 측정하였다.

- [44] [실시예 2] 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 - 프로토콜 b-1
- [45] 바(bar, 직경 5 mm의 탄소 막대가 삽입된 직경 8 mm의 실리콘 소재 튜브)를 소자의 중심부가 아닌 어느 한 쪽 끝단의 상부 방향과 하부 방향 각각에 1 mm의 간격으로 하나씩 구비시키고, 전기신호 분석 장비인 DMM 7510(Keithley사, 미국)을 각 전극의 동일 방향 한 쪽 끝단에 연결하여 고정시켰으며, 상기 바를 1 ~ 12 Hz의 주기로 2 cm씩 상하 이동시켜(총 4 cm의 거리를 이동) 소자의 한 쪽 끝단에만 힘을 가함으로써 소자가 상하로 구부러지도록 한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 소자의 전기신호를 측정하였다.
- [46] [실시예 3] 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 - 프로토콜 b-2
- [47] 바(bar)를 소자의 한 쪽 끝단이 아닌 양 쪽 끝단 각 상하부에 구비시켜, 소자의 양 쪽 끝단에 힘을 가함으로써 소자가 대칭되게 구부러지도록 한 것을 제외하고는, 상기 실시예 2와 동일하게 수행하여 소자의 전기신호를 측정하였다.
- [48] [실시예 4] 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 - 프로토콜 c
- [49] 바(bar) 대신 철 재질의 판을 적용한 예시로서, 이와 같은 판 2장을 소자의 상하부에 각각 위치시킨 후 2 kg의 무게로 압착하여 소자의 형태가 변하지 않도록 고정시켰고, 이어서, 하나의 판에 1 kg의 힘을 1 ~ 10 Hz의 주기로 두들겨 전기신호를 발생시킨 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 소자의 전기신호를 측정하였다.
- [50] [실시예 5] 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 - 프로토콜 d
- [51] 비접촉식의 전기신호 분석법으로서, 먼저 마찰전기 발전 소자의 각 전극에 전기신호 분석 장비인 DMM 7510(Keithley사, 미국)을 연결하고, 이어서, 소자로부터 10 cm 거리에 PE 플라스틱 봉(유도체)을 위치시킨 후, 이를 소자의 평면과 평행이 되는 평면상에서 좌우 방향으로 1~10 Hz로 흔들어 전기신호를 발생시켰으며, 이와 같은 유도체를 통하여 발생하는 전기신호를 한 세트 먼저 진행하여 전기신호를 측정한 후, 신뢰성 향상을 위하여, 수 내지 수십 초간의 휴지기를 거쳐 추가로 수 세트 진행한 후 전기신호를 측정하였다.
- [52] [비교예 1] 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석
- [53] 마찰전기 발생층을 중심으로 그 상부면과 하부면에 각각 전극이 위치한 마찰전기 발전 소자를 준비한 후, 손을 이용하여 일정 주기로 소자를 흔들어 발생된 전기신호를 측정하였다.
- [54] [실시예 1~5, 비교예 1] 마찰전기 발전 소자의 전기신호 분석 평가
- [55] 상기 실시예 1 내지 5 및 비교예 1 각각에서 측정된 전기신호를, 그래픽 샘플링 멀티미터인 DMM 7510(Keithley사, 미국)을 통하여 확인하였다(즉, 소자에 가해지는 자극에 따른 전압/전류의 변화 확인). 도 1 내지 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 프로토콜 a) 내지 d)를 이용하여 측정된 마찰전기 발전 소자의 전기신호 그래프이고, 도 6은 비교예에 따라 손을 이용하여 측정된 마찰전기

발전 소자의 전기신호 그래프로서, 구체적으로, 도 1은 상기 실시예 1(프로토콜 a)에서 측정된 소자의 전기신호 그래프이고, 도 2는 상기 실시예 2(프로토콜 b-1)에서 측정된 소자의 전기신호 그래프이고, 도 3은 상기 실시예 3(프로토콜 b-2)에서 측정된 소자의 전기신호 그래프이고, 도 4는 상기 실시예 4(프로토콜 c)에서 측정된 소자의 전기신호 그래프이며, 도 5는 상기 실시예 5(프로토콜 d)에서 측정된 소자의 전기신호 그래프를 각각 의미한다.

- [56] 상기와 같이 각 신호 분석 방법을 통하여 소자의 전기신호를 확인한 결과, 상기 실시예 1 내지 5의 프로토콜을 이용한 경우에는, 도 1 내지 5에 도시된 바와 같이, 소자에 가해지는 충격/변화에 따라 전기가 즉각적으로 발생하였고, 또한, 전압/전류의 변화량에 있어 큰 차이를 나타내지 않는 등 소자의 성능이 매우 유사하게 측정된 반면, 단순히 손으로 흔들어 측정한 상기 비교예 1의 경우에는, 소자에 가해지는 충격/변화에 따라 전기 신호의 시간 간격 및 강도가 불규칙하게 발생하여, 상기 실시예 1 내지 5의 프로토콜을 이용한 경우에 비하여 객관적이고도 동등하게 평가하는 데에 어려움이 있었다.