

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0008310

(43) 공개일자 2025년01월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02N 2/18 (2006.01) B06B 1/02 (2006.01)

B06B 1/04 (2006.01) H02J 50/00 (2021.01)

H10N 30/30 (2023.01)

(52) CPC특허분류

H02N 2/183 (2013.01)

B06B 1/0269 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0088438

(22) 출원일자 2023년07월07일

심사청구일자 2023년07월07일

(71) 출원인

국립부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)

(72) 발명자

황건태

부산광역시 연제구 연제로 21, 104동 1403호(연산동, 연제힐스테이트)

(74) 대리인

김정수

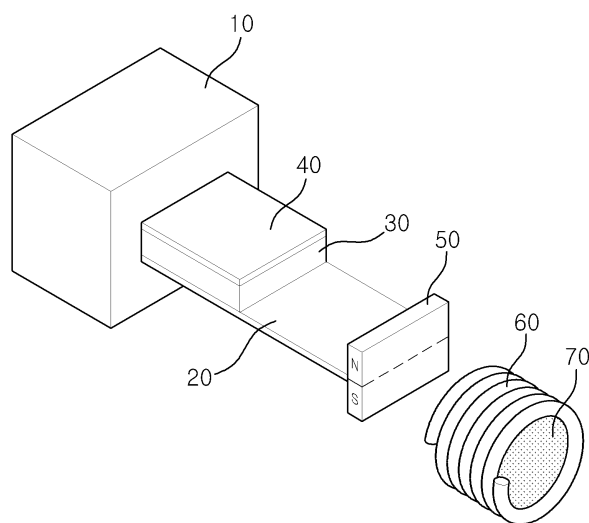
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 하이브리드 자기-기계-전기 발전기

(57) 요약

하이브리드 자기-기계-전기 발전기가 개시된다. 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는, 클램프, 클램프에 일단이 결합되어 고정되는 캔틸레버, 캔틸레버의 일면에 결합되어 설치되는 압전소자, 캔틸레버의 타단에 결합되는 자석, 캔틸레버의 타단으로부터 미리 설정된 근접거리에 배치되는 솔레노이드 코일 및 솔레노이드 코일의 내부에 채워지는 자기장 집속체를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B06B 1/04 (2013.01)
H02J 50/005 (2023.08)
H02N 2/186 (2013.01)
H10N 30/306 (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711185116
과제번호	2022R1A2C4001497
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	다기능 IoT 센서 구동용 100mW(RMS)급 자기-기계-융합전기변환에너지 발전 시스템
개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	부경대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

하이브리드 자기-기계-전기 발전기에 있어서,
클램프;
상기 클램프에 일단이 결합되어 고정되는 캔틸레버;
상기 캔틸레버의 일면에 결합되어 설치되는 압전소자;
상기 캔틸레버의 타단에 결합되는 자석;
상기 캔틸레버의 타단으로부터 미리 설정된 근접거리에 배치되는 솔레노이드 코일; 및
상기 솔레노이드 코일의 내부에 채워지는 자기장 집속체를 포함하는 하이브리드 자기-기계-전기 발전기.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 자기장 집속체는 페라이트(ferrite) 또는 상대 투자율이 1300인 SS400 스테인레스 스틸 재질로 제작되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 자기-기계-전기 발전기.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는,
전력을 전송 중인 전력선 상에 설치되고, 전력선 주위에 발생하는 자기장에 의하여 상기 캔틸레버의 타단에 결합된 상기 자석이 반응하여 진동하고, 상기 진동에 따라 상기 자석에 근접하여 배치된 상기 솔레노이드 코일에 자기선속밀도의 변화를 유발하여, 발전이 수행되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 자기-기계-전기 발전기.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 자기장 집속체는 상기 솔레노이드 코일에 가해지는 자기선속밀도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 하이브리드 자기-기계-전기 발전기.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는,
상기 캔틸레버의 타단에 결합되며, 복수의 자석이 수납되는 복수의 수납부를 구비한 자석 케이스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 자기-기계-전기 발전기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 자석 케이스에 수납되는 자석의 개수의 조절을 통해 상기 캔틸레버의 타단에 걸리는 하중이 조절되어 기계적 진동의 주파수가 가변되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 자기-기계-전기 발전기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 하이브리드 자기-기계-전기 발전기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전력을 전송하는 전력선은 집, 공장, 도로, 지하시설 등과 같이 어디에나 있다. 이러한 전력선에는 암페어의 법칙에 따라 전류 흐름으로 인하여 필연적으로 60Hz 교류 형태의 수에서 수십 0e의 미세자기장이 발생한다.

[0003] 다양한 에너지 하베스팅 기술 중 미세자기장을 활용한 발전기술은 다양한 전자기기 및 구조물에 설치된 전류가 흐르는 전선에서 발생하는 미세자기장을 전기에너지로 변환하여 IoT(사물인터넷) 기기에 전원을 공급하는 것을 목표로 한다. 이는, 우리 주변에 흔히 존재하는 전력공급요 전선 주변에서 발생하는 버려지는 자기장을 전기에너지로 변환하는 자가발전의 개념이다. 이를 통해, IoT 기기의 배터리를 지속적으로 충전하여 교체시간을 극한으로 증대하거나, 배터리를 대체하여 전원을 공급함으로써, 자가전원형 IoT 기기의 구현이 가능하다.

[0004] 도 1은 자기-기계-전기 변환의 개념을 나타낸 도면이다.

[0005] 지난 몇 년 동안 미세자기장을 이용한 발전에 관한 연구가 다수 수행되어 왔다. 이 연구들은 도 1에 도시된 바와 같이, 미세자기장을 기계적인 진동에너지로 변환하고, 이를 다시 전기에너지로 변환하는 자기-기계-전기 변환 개념에 기반을 둔 발전소자에 관한 것이다.

[0006] 이러한 자기-기계-전기 변환을 이용한 발전소자는 에너지 출력 향상이 지속적으로 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허공보 제10-1729992호(2017.04.19)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 코일 내부에 설치되는 고투자율의 자기장 집속체를 통해 자기 선속 밀도를 높여 발전량이 증가되고, 캔틸레버 끝에 부착되는 자석의 개수의 조절이 가능하여 다양한 주파수에 적용할 수 있는 하이브리드 자기-기계-전기 발전기를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 하이브리드 자기-기계-전기 발전기가 개시된다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는, 클램프, 상기 클램프에 일단이 결합되어 고정되는 캔틸레버, 상기 캔틸레버의 일면에 결합되어 설치되는 압전소자, 상기 캔틸레버의 타단에 결합되는 자석, 상기 캔틸레버의 타단으로부터 미리 설정된 근접거리에 배치되는 솔레노이드 코일 및 상기 솔레노이드 코일의 내부에 채워지는 자기장 집속체를 포함한다.

[0011] 상기 자기장 집속체는 페라이트(ferrite) 또는 상대 투자율이 1300인 SS400 스테인레스 스틸 재질로 제작된다.

[0012] 상기 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는, 전력을 전송 중인 전력선 상에 설치되고, 전력선 주위에 발생하는 자기장에 의하여 상기 캔틸레버의 타단에 결합된 상기 자석이 반응하여 진동하고, 상기 진동에 따라 상기 자석

에 근접하여 배치된 상기 솔레노이드 코일에 자기선속밀도의 변화를 유발하여, 발전이 수행된다.

[0013] 상기 자기장 집속체는 상기 솔레노이드 코일에 가해지는 자기선속밀도를 증가시킨다.

[0014] 상기 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는, 상기 캔틸레버의 타단에 결합되며, 복수의 자석이 수납되는 복수의 수납부를 구비한 자석 케이스를 더 포함한다.

[0015] 상기 자석 케이스에 수납되는 자석의 개수의 조절을 통해 상기 캔틸레버의 타단에 걸리는 하중이 조절되어 기계적 진동의 주파수가 가변된다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는, 코일 내부에 설치되는 고투자율의 자기장 집속체를 통해 자기 선속 밀도를 높여 발전량이 증가되고, 캔틸레버 끝에 부착되는 자석의 개수의 조절이 가능하여 다양한 주파수에 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 자기-기계-전기 변환의 개념을 나타낸 도면.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기의 구성을 개략적으로 예시하여 나타낸 도면.

도 3 내지 도 9는 도 2의 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기를 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0019] 이하, 본 발명의 다양한 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상술하겠다.

[0020] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기의 구성을 개략적으로 예시하여 나타낸 도면이고, 도 3 내지 도 9는 도 2의 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기를 설명하기 위한 도면이다. 이하, 도 2를 중심으로, 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기에 대하여 설명하되, 도 3 내지 도 9를 참조하기로 한다.

[0021] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는, 클램프(10), 캔틸레버(20), 압전소자(30), 전극(40), 자석(50), 솔레노이드 코일(60) 및 자기장 집속체(70)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0022] 클램프(10)는 캔틸레버(20)의 일단이 결합되어 캔틸레버(200)를 고정하여 지지하는 역할을 수행한다.

[0023] 캔틸레버(20)는 일단이 클램프(10)에 결합되어 고정된다.

[0024] 캔틸레버(20)의 일면에는 압전소자(30)가 결합되어 설치된다. 그리고, 압전소자(30)의 일면에는 압전소자(40)의 전극(40)이 형성된다.

[0025] 캔틸레버(20)의 타단에는 자석(50)이 결합된다. 자석(50)이 결합된 캔틸레버(20)의 타단으로부터 미리 설정된 근접거리에는 솔레노이드 코일(60)이 배치된다.

[0026] 솔레노이드 코일(60)의 내부에는 자기장 집속체(70)로 채워진다.

[0027] 이와 같은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는, 전력을 전송 중인 전력선 상에 설치되고, 전력선 주위에 발생하는 자기장에 의하여 캔틸레버(20)의 타단에 결합된 자석(50)이 반응하여 진동하고, 이에 따라 자석(50)에 근접하여 배치된 솔레노이드 코일(60)에 자기선속밀도의 변화를 유발하여 발전이 수행할 수 있다.

[0028] 이때, 솔레노이드 코일(60)의 내부에 채워진 자기장 집속체(70)에 의하여 솔레노이드 코일(60)에 가해지는 자기

선속밀도가 증가함으로써, 발전량이 증가할 수 있다.

- [0029] 또한, 캔틸레버(20)의 일면에 결합된 압전소자(30)는 자석(50)의 진동에 의한 캔틸레버(20)의 굽힘과 퍼짐의 반복에 따른 압력으로 발전을 수행할 수 있다.
- [0030] 도 3은 자기장 집속체(70)가 채워진 솔레노이드 코일(60)에 발생하는 자기선속을 개념적으로 나타낸 것이다. 외부 교류 자기장 하에서 캔틸레버(20)의 타단에 결합된 자석(50)의 시계방향 및 반시계 방향의 진동에 의하여, 솔레노이드 코일(60)로 유입되는 자기선속의 양이 변화하여 전자기 유도 효과에 의하여 솔레노이드 코일(60)에 전류가 발생한다.
- [0031] 예를 들어, 자기장 집속체(70)는 페라이트(ferrite) 재질 또는 상대 투자율이 1300인 SS400 스테인레스 스틸 재질로 제작된 원통형 고투자율의 자기장 집속체일 수 있다.
- [0032] 도 4는 솔레노이드 코일(50) 내부에 자기장 집속체(70)가 있는 경우와 없는 경우의 정규화된 자기선속밀도를 비교하기 위하여, 전자기 유도 부분에 대한 유한 요소 분석(FEA)의 결과를 나타낸다. 도 4에 도시된 바와 같이, 시뮬레이션 결과, 자기장 집속체(70)가 장착된 경우는 자기장 집속체(70)가 장착되지 않은 경우와 비교하여, 솔레노이드 코일(50)뿐만 아니라 솔레노이드 코일(50)의 코어 영역에서도 정규화된 자속 밀도 값이 더 높게 나타난다.
- [0033] 도 5는 솔레노이드 코일(50) 내부에 자기장 집속체(70)가 있는 경우와 없는 경우의 유한 요소 분석에 의하여 추정된 정규화된 출력 전력을 나타낸다. 솔레노이드 코일(50)의 전도도는 $5.8 \times 107 \text{ S/m}$, 상대 투자율은 0.999994, 자석은 이론해석에서 잔류자속밀도가 0.35 T, 반동 투자율은 1.05였다. 자기선속밀도 B는 솔레노이드 코일(50)의 내부 코어 재료의 투자율에 정비례하므로, 자기장 집속체(70)는 공기에 비하여 솔레노이드 코일(50)의 내부에서 더 높은 자속 변화율($d\Phi/dt$)을 생성할 수 있다.
- [0034] 도 6 내지 도 8은 캔틸레버(20)의 2차 공진 굽힘 모드(주파수 113Hz)를 가지는 솔레노이드 코일(50)에서 자기장 집속체(70)의 영향을 확인하기 위한 전자기 유도 부분에서의 하베스팅 실험 결과를 나타낸다. 솔레노이드 코일(50)을 형성하기 위하여, 직경 200 μm 의 에나멜 코팅된 구리 와이어를 24mm(직경) x 17mm(길이) 크기의 원통형 플라스틱 프레임 주위에 ~2200회 감았다. 솔레노이드 코일(50)의 코어 영역에 삽입된 자기장 집속체(70)는 직경이 22mm이고, 두께가 6mm, 12mm, 18mm로 다양하다.
- [0035] 자기장 집속체(70)의 두께가 두꺼워짐에 따라 전자기 유도 부분의 출력 전압, 전류 및 전력 값이 점차 증가하여, 18mm 샘플이 최상의 출력 성능을 나타냈다. 80e의 외부 교류 자기장에서, 두께가 18mm인 자기장 집속체(70)가 있는 전자기 유도 부분의 개방 회로 V_{rms} 및 최대 단락 전류 값은 각각 7V 및 23.0mA이다. 반면에, 자기장 집속체(70)가 없는 샘플은 각각 5.3V 및 20.6mA를 생성한다.
- [0036] 자기장 집속체(70)의 유무에 따른 전자기 유도 부분의 RMS 출력 전력을 특성화하기 위하여, 80e의 교류 자기장에서, 50 Ω ~10k Ω 범위의 다양한 외부 부하 저항으로 V_{rms} 신호를 측정했습니다. 출력 전압 값은 낮은 저항 범위에서 증가하고, 높은 저항 상태에서는 거의 포화 상태이다. $P_{\text{rms}} = V_{\text{rms}}^2 / R$ (단, R은 외부 부하 저항)의 방정식으로 RMS 출력 전력을 계산하면, 하이브리드 자기-기계-전기 발전기의 전자기 유도 부분에 장착된 자기장 집속체(70)의 최대 P_{rms} 는 최적부하저항 300 Ω 에서 27.5mW였다. 이는 자기장 집속체(70)가 없는 경우보다 ~1.7배 높다 (최대 P_{rms} 가 300 Ω 에서 16.3mW). 이 결과는, 솔레노이드 코일(50) 내부에 장착된 자기장 집속체(70)가 자기-기계-전기의 작동 중 전자기 유도 에너지의 전력 향상에 현저하게 기여함을 나타낸다.
- [0037] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기의 캔틸레버(20)와 자석(50)의 결합 구조를 나타낸다.
- [0038] 도 9를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 하이브리드 자기-기계-전기 발전기는, 캔틸레버(20)의 타단에 바로 자석(50)이 결합된 구조가 아니라, 복수의 자석(50)이 수납되는 복수의 수납부를 구비한 자석 케이스(80)가 캔틸레버(20)의 타단에 결합된 구조를 가질 수 있다.
- [0039] 그래서, 자석 케이스(80)에 수납되는 자석(50)의 개수가 조절되어 캔틸레버(20)의 끝단에 걸리는 하중이 조절될 수 있다. 이를 통해, 기계적 진동의 주파수가 조절될 수 있어 60Hz의 주파수 뿐만 아니라 다양한 주파수로 가변하여 동작될 수 있다.
- [0040] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라

면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

부호의 설명

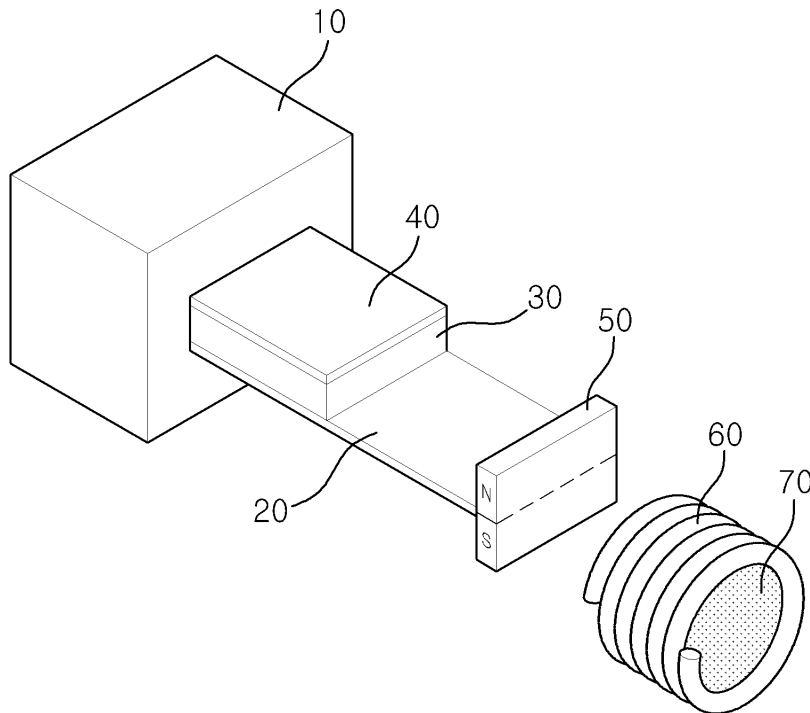
- 10: 클램프
- 20: 캔틸레버
- 30: 압전소자
- 40: 전극
- 50: 자석
- 60: 솔레노이드 코일
- 70: 자기장 집속체
- 80: 자석 케이스

도면

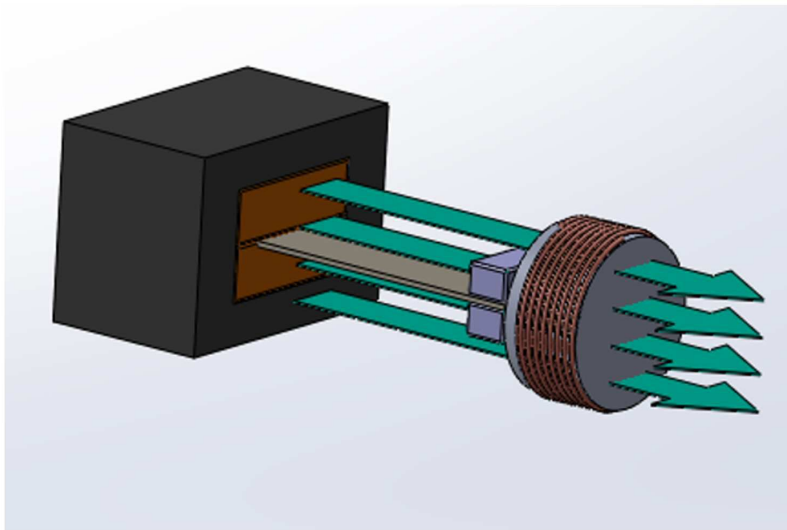
도면1



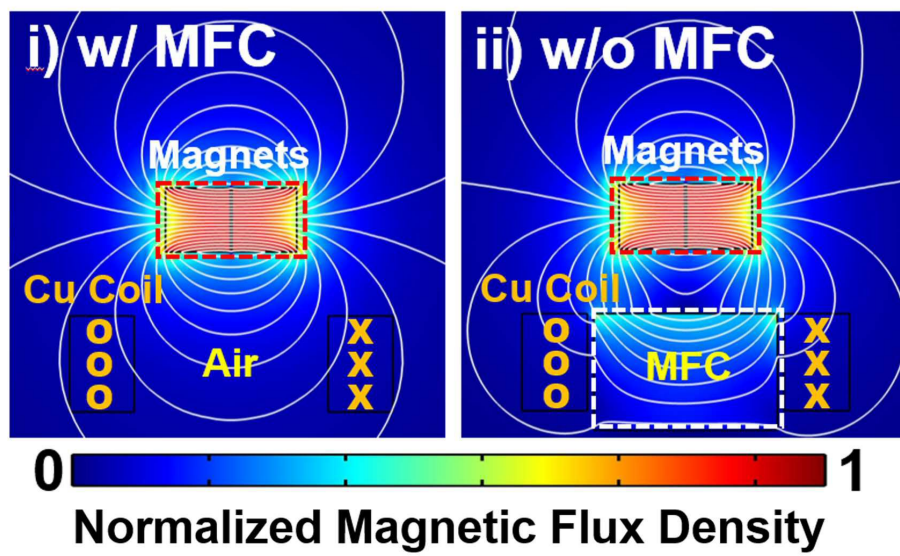
도면2



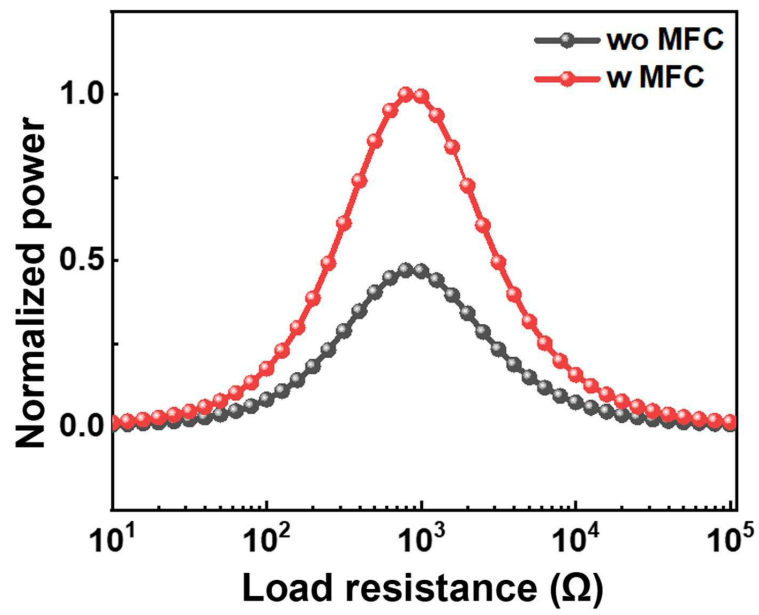
도면3



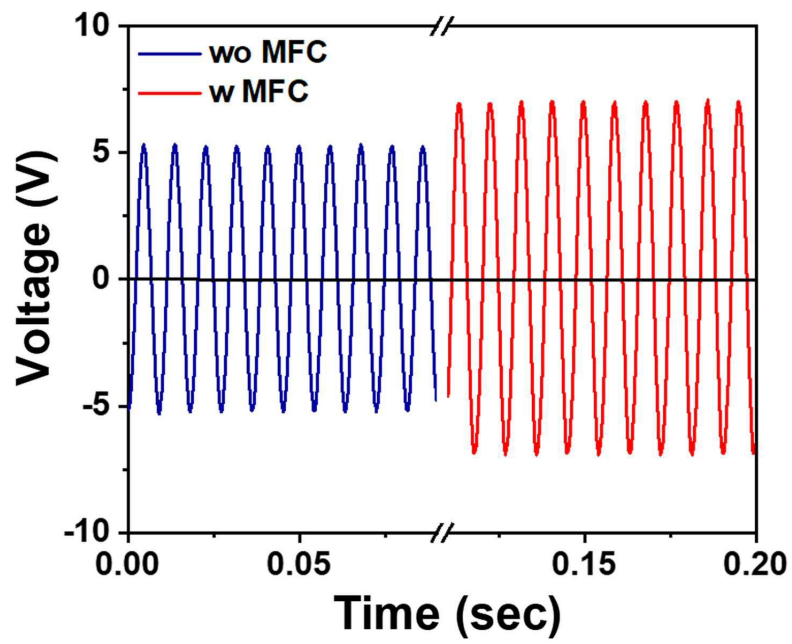
도면4



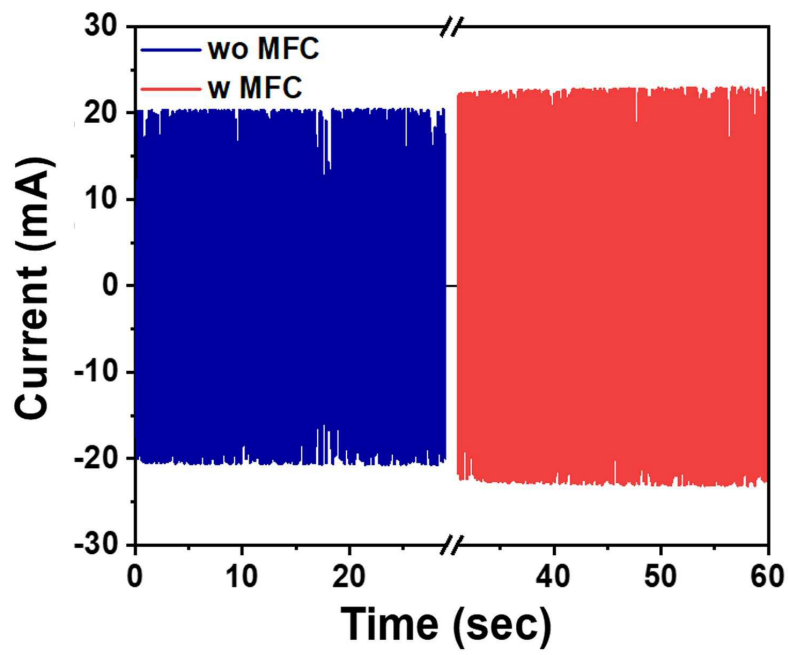
도면5



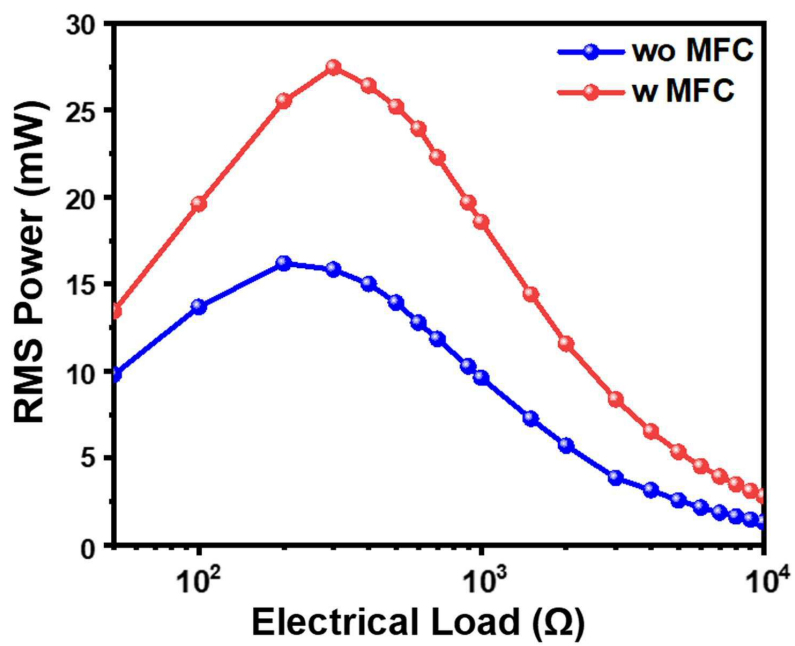
도면6



도면7



도면8



도면9

