

3D 프린팅 기술을 이용한 마찰전기 기반 자체 구동 풍속 센서

소병찬^{*,1} · 김준호^{**,2} · 박완기^{***,3} · 소홍윤^{**,†}

^{*}한양대학교 디지털의료융합학과, ^{**}한양대학교 기계공학부, ^{***}한국전자통신연구원, [†]한양대학교 나노과학기술연구소

¹thqudcks1@naver.com, ²neverjjanz@naver.com, ³wkpark@etri.re.kr, [†]hyso@hanyang.ac.kr

Triboelectric-based self-powered wind velocity sensor using a 3D printing technology

Byeongchan So ^{*,1}, Junho Kim ^{**,2}, Wanki Park ^{***,3}, Hongyun So ^{**,†}

^{*}Department of Medical and Digital Engineering, Hanyang University

^{**}Department of Mechanical Engineering, Hanyang University

^{***}Electronics and Telecommunications Research Institute

[†]Institute of Nano Science and Technology, Hanyang University

요약

기후변화 문제가 심해짐에 따라 대체 에너지를 활용한 온실가스 절감 방법이 중요한 요소로 부상하고 있다. 이에 따른 노력으로, 센서 분야에서는 에너지 절약을 위해 압전, 마찰 등의 자가구동형 전사소자를 활용한 센서가 많이 연구되고 있다. 본 논문은 three-dimensional (3D) 프린팅 기술을 활용하여 Triboelectric Nanogenerator (TENG) 기반 풍속 센서의 제작방법을 제안하였다. 본 디바이스는 공기 유동에 의한 마찰전기를 유도함으로써 외부 전원 없이 자체적인 센서 구동이 가능하다.

I. 서론

최근 온실가스에 의한 기후변화 문제가 대두됨에 따라 탄소 중립을 실현하기 위한 다양한 기술들이 연구되고 있다. 그 중에서도 마찰전기를 이용한 Triboelectric Nanogenerator (TENG)는 저렴하고 넓은 확장성과 출력력이 높은 장점을 가져 다양한 자가발전형 센서에 적용되고 있다.[1]본 연구에서는 필라멘트 적층 방식 three-dimensional (3D) 프린팅 기술을 활용한 간단한 공정 과정을 통해 TENG 기반 자체 구동 풍속 센서를 제작하는 방법을 제시했다.

II. 본론

2.1 자체 구동 풍속 센서의 제작 방법

자체 구동 풍속 센서의 제작 방법은 4 단계로 이루어져 있다. 먼저 필라멘트 적층 방식 (FDM) 3D 프린터를 이용하여 Polylactic acid (PLA) Frame 들을 출력한다. 그다음 원통형 내부와 중앙 기둥에 Al tape 를 이용하여 전극을 깔아 준다. 중앙 기둥 전방에 PTFE 필름 다발을 붙이고 마지막으로 Frame 들을 조립하여 마무리한다. Fig 1 은 완성된 자체 구동 풍속 센서의 부속품을 보여준다.



Figure 1. 3D 프린터로 제작된 자체 구동 풍속 센서의 부속품

2.2 자체 구동 풍속 센서의 설계 및 작동 메커니즘

자체 구동 풍속 센서는 PLA 로 구성된 원통형 Frame 의 내부와 중앙 기둥에 부착된 Al 전극과 중앙 기둥 전면에 고정된 Polytetrafluoroethylene (PTFE) 필름으로 구성된다. 마찰 전기를 효과적으로 생산하기 위해 대전열 차이가 큰 PTFE-Al 패어를 선택했다. 또한, 자체 구동 풍속 센서의 Frame 을 구성한 PLA 는 PTFE 와 대전열 차이가 커 PTFE 가 더 많이 대전되도록 도와준다.

Fig 2 는 자체 구동 풍속 센서의 동작 메커니즘의 개략도다. 자체 구동 풍속 센서 내부에 공기의 흐름이 생기면 유연한 PTFE 필름 다발이 Al 전극 사이에서 플러터링으로 인해 진동하게 된다. 이때 PTFE 와 Al 이 접촉과 분리가 반복되면서 정전기 유도 효과로 인해 교류 전류를 생성하게 된다. 따라서, 자체 구동 풍속 센서에 들어오는 풍속에 따라 생산되는 전류의 전압의 변화를 이용하여 풍속을 측정할 수 있다.

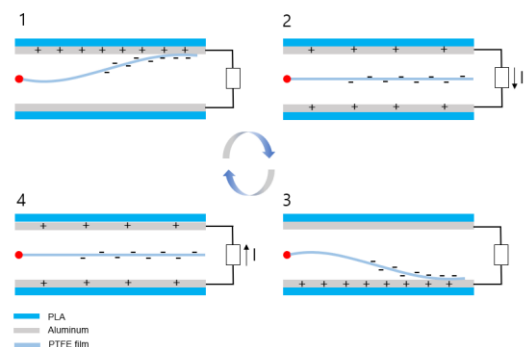


Figure 2. 마찰전기의 전기 생산 메커니즘

2.3 풍속에 따른 전압 변화량 측정

Fig 3 은 오실로스코프를 이용하여 풍속에 따른 유도된 전압을 측정한 그래프이다. 실험 조건으로는 4, 6, 8, 10 m/s 의 풍속에서 20 초간 전압을 측정했다. 생산된 전기는 교류 전압으로 풍속에 따라 전압이 증가하는 경향성을

보였다. 추가적으로 정량적인 비교를 위해 Root Mean Square (RMS)를 이용했다. 실제 RMS 식은 다음과 같다.

$$\text{true } V_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int v^2 dt}$$

여기에서 T 는 전체 측정 시간, v 는 전압의 식, t 는 시간을 의미한다. 하지만 오실로스코프를 이용하여 측정된 전압 값은 비정형화된 값으로 수식을 알 수 없어 $\text{true } V_{\text{RMS}}$ 를 적용하기에 어려움이 있다. 따라서 아래와 같은 Sampling method를 통해 V_{RMS} 를 도출하였다.[2]

$$V_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=0}^N v_t^2}$$

N 은 전체 샘플의 개수, v_i 는 i 번째 전압 값을 의미한다. V_{RMS} 를 계산하기 위해 오실로스코프를 이용하여 40Hz 주기로 20 초간 측정된 값을 이용했다. 결과는 4, 6, 8, 10 m/s에서 각각 $V_{\text{RMS}}=0.113, 0.348, 1.662, 2.794$ V로 계산됐다. 풍속이 증가함에 따라 전압이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

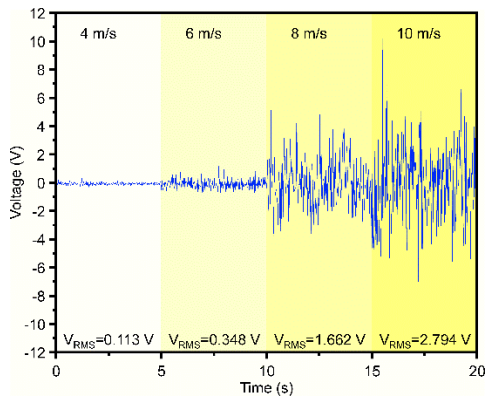


Figure 3. 풍속에 따른 출력 전압

III. 결론

본 연구에서는 FDM 방식 3D 프린터를 이용한 TENG 기반 자체 구동 풍속 센서를 제작하고 성능을 평가했다. 제작된 자체 구동 풍속 센서는 PLA Frame을 기반으로 PTFE 필름과 Al tape 간의 접촉과 분리의 반복을 통해 전기를 생성하여 외부 전력 없이 구동이 가능함을 확인하였다. 또한, 풍속에 따라 V_{RMS} 값이 달라져 센서로써 활용이 가능함을 확인하였다. 결과적으로 이러한 자체 구동 풍속 센서는 향후에 자가발전형 IoT 센서 시스템, 스마트 윈도우, 강풍 경보기 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20202000000010)

참 고 문 헌

[1] Zewei R., Yafei D., Jinhui N., Fan W., Liang X., Shiquan L., Xiangyu C.*, Zhong L. W., 2019, "Environmental Energy Harvesting Adapting to Different Weather Conditions and Self-Powered Vapor Sensor Based on Humidity-Responsive

Triboelectric Nanogenerators", ACS Appl. Mater. Interfaces, 11, 6143-6153.

[2] Mihaela Albu, G. T. Heydt, 2003, "On the use of RMS values in power quality assessment" IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 18.