

# 폭500mm의 양산형 나노섬유 생산을 위한 멀티 노즐 구조의 전기방사장치 개발

전국홍\*, 김재준\*, 김제남\*, 조종현\*, 이준호\*, 손병우\* 정우석\*  
\*(사)캠텍종합기술원  
ghjeon@camtic.or.kr

## Development of multi-nozzle electrospinning machine for mass production of nanofibers with width of 500mm

Guk-Hong Jeon\*, Jae-Jun Kim\*, Jae-Nam Kim\*, Jae-Nam Kim\*, Jong-Hyun Cho\*, Jun-Ho Lee\*, Byung-Woo Son\*, Woo-Seok Jung\*  
\*New Technology Convergence Team, CAMTIC Advanced Mechatronics Technology Institute, Jeonju 54852, South Korea

### 요약

본 논문은 나노섬유의 대량 생산을 위한 멀티 노즐 구조의 전기방사장치를 제안한다. 제안된 전기방사장치는 21개의 노즐을 포함하는 8개의 방사 파이프와, 최대 폭500mm의 나노섬유 포집 범위(Collector)를 가진다. 노즐과 나노섬유 포집 범위간 방사거리는 100mm ~ 250mm로 조절된다. 개발된 멀티 노즐 구조의 전기방사장치는 주사전계현미경(SEM) 측정을 통하여 제작된 나노섬유 검증을 진행하였다.

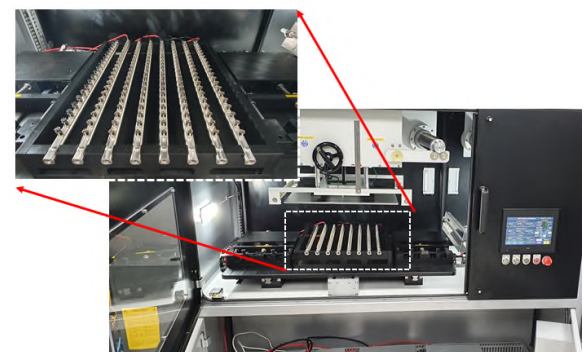
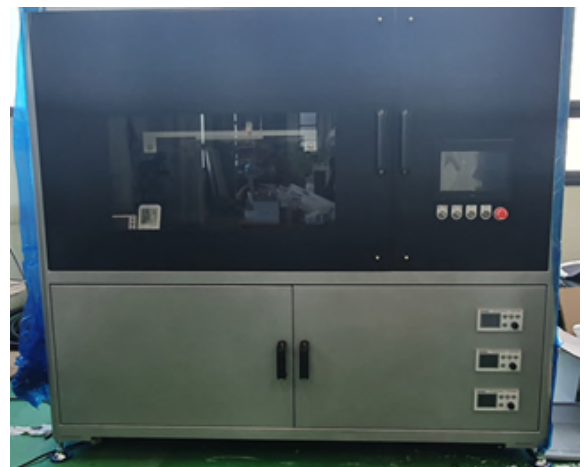
### 1. 서론

최근 중국발 초 미세먼지와 코로나바이러스감염증(COVID-19) 등 전염병 확산 방지를 위한 개인위생관리용 마스크가 대두됨에 따라 최근 필터용 나노섬유에 대한 중요성이 부각되고 있다. 나노섬유는 대표적으로 부직포를 활용한 필터, 스캐폴드(Scaffold), 약물전달(drug delivery), 상처드레싱 및 바이오센서 등 많은 분야에서 적용이 되고 있으며[1-4], 나노섬유를 제작하는 대표적인 방법은 전기방사방식이며, 이를 통해 연구개발이 진행되고 있지만, 기존 방식의 단일 노즐을 통하여 제조되는 전기방사장치의 낮은 생산속도는 섬유를 대량으로 생산하기에는 많은 제약이 따라 산업적으로 생산하기에는 많은 연구가 필요하다.[1-2]

### 2. 멀티 노즐 구조의 전기방사장치 개발

본 논문에서 제안하는 멀티 노즐 구조의 전기방사장치는 기존의 단일 노즐 전기방사장치의 낮은 생산성을 보완하고자 21개의 노즐을 포함하는 8개의 방사 파이프를 이용하여 수십에서 수백 나노 크기를 가지는 나노 섬유를 대량 생산이 가능한 멀티노즐 구조의 전기방사장치를 개발하였다. 그림 1은 제작된 멀티노즐 구조의 전기방사장치 3D 렌더링 모습이며 그림 2는 실제 제작된 멀티 노즐 구조의 전기방사장치 모습이

### 다.

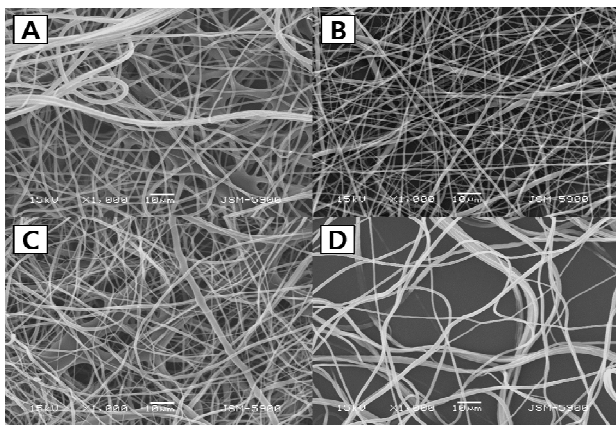


[그림 1] 멀티 노즐 구조의 전기방사장치 실제 제작 모습

제작된 멀티 노즐 구조의 전기방사장치는 크게 방사부, 공급 및 회수부, 전원공급부로 구성 되어 있다. 방사부는 노즐 파이프, 절연소재로 구성된 거치대 및 실린지 펌프로 구성되고, 공급 및 회수부는 이형지(또는 필름) 설치 및 방사 샘플 회수가 가능한 구조로 설계되어있다. 전원공급부는 7kV~60kV의 출력전압 형성이 가능하다. 또한 전체적인 장비 구동 및 제어를 위해 PLC를 이용한 제어기가 포함되어있다.

### 3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안하는 멀티 노즐 구조의 전기방사장치 검증을 위해 3개의 노즐파이프를 이용하여 상향식으로 나노섬유 샘플을 제작하였다, 이때 섬유 제작 조건은 방사거리 120mm, 150mm, 180mm, 210mm를 기준으로 섬유를 제작하였으며, 이때 고분자 농도는 15wt%, 방사전압 25kV 이다. 그림 3은 제작된 나노섬유를 SEM 이미지를 통하여 확인된 모습이다.



[그림 2] 멀티 노즐 구조의 전기방사장치에서 거리의 따라 제작된 나노섬유 샘플 SEM 이미지 모습(A) 120mm (B) 150mm (C) 180mm (D) 210mm 방사거리에 따른 섬유 SEM 이미지

그림 2 B는 방사거리 150mm을 기준으로 제작된 섬유 모습으로 섬유의 응집이나 비드 형성이 없이 가장 이상적인 형태학적 특징을 보여주는 것으로 판단되며, A는 방사거리 120mm에서 제작된 섬유는 용매가 충분히 기화되지 못하여 섬유간 응집이 확인되었으며, 180mm와 210mm의 경우 섬유가 방사되는 동안 섬유에 솔벤트를 충분히 기화시킬 수 있는 방사시간을 제공하지만 섬유 최대 방사거리를 초과하여 섬유가 콜렉터에 수득되지 못하여 부정적 결과를 유도할 수 있다. 따라서 추후 대량의 양질의 나노섬유를 얻기 위해서는 최적의 방사조건을 잡기위한 추가적인 검증이 필요할 것으로 판단된다.

### 4. 결론

본 논문에서는 기존의 단일 노즐 구조의 전기방사장치의 낮은 생산성을 보완하기 위해 멀티 노즐 구조의 전기방사장치를 제안하였으며, 이를 검증하기 위해 SEM이미지를 통하여 제작된 나노섬유의 모습을 관찰하였다. 이를 통해 멀티 노즐을 이용하여 나노섬유 대량생산의 가능성을 확인하였으며 추후 필터, 약물전달, 생명공학 등 여러 분야에서도 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

### 5. 감사의 글

본 연구는 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 전북테크노파크의 지원(과제번호: REDE 2018 JB 001)을 받아 수행하였으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] P. P. Tsai, H. Schreuder-Gibson, and P. Gibson, "Different electrostatic methods for making electret filters", *J. Electrostat.*, Vol.54, pp. 333, 2002
- [2] Z. M. Huang, Y.Z. Zhang, M. Kotaki, S. Ramakrishna, "A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites", *Composites Sci. Techn.*, Vol. 63, pp. 2223-2253, 2003
- [3] D. Li, J. T. McCann, and Y. Xia, "Use of electrospinning to directly fabricate hollow nanofibers with functionalized inner and outer surfaces", *Small*, Vol. 1, No. 1, pp. 83-86, 2005.
- [4] D. M. Lavin, R. M. Stefani, L. D. Zhang, S. Furtado, R. A. Hopkins, and E. Mathiowitz, "Multifunctional polymeric microfibers with prolonged drug delivery and structural support capabilities," *Acta Biomaterialia*, vol. 8, pp. 1891-1900, 2012