# 변동 전기장을 이용한 나노섬유 패터닝 공정 개발

# Nanofiber pattern generation using variable electric field

*김정화, #정영훈, 오성종

*J. H. Kim, #Y. H. Jeong(yhjeong@kpu.ac.kr), S. J. Oh

한국산업기술대학교 기계공학과

Key words : Nano/microfibers, Electrospinning, Direct-Write, Electric field

## 1. 서론

최근 나노섬유는 의료, 화학, 전자, 에너지, 환경 등 다양한 분야에서 효과적인 재료의 하나로 각광받고 있다. 이러한 나노섬유는 다양한 방법으로 제작이 이뤄지고 있다. 특히, 전기방사기술은 나노섬유 제작에 있어서 공정 및 장치의 간편함과 자유로운 소재 선택 등과 같은 다양한 장점으로 인해 많은 분야에서 널리 사용되고 있다[1]. 그러나 기존의 전기방사기술은 주로 연속적인 나노섬유만을 방사하였으며, 대부분의 경우 연속적인 나노섬유의 방사 및 그 집적을 통해 매트 형상의 제작으로 제한되어 있다. 또한 최근 활발히 연구되고 있는 나노섬유 패턴 제작에 있어서도 연속적인 패턴만 제작이 가능하다[2].

본 연구에서는 나노섬유 패터닝 제작이 용이한 Dirct-write 전기방사기술(DWES)[3]에 변동 전기장을 적용하여 불연속적인 나노섬유 패턴의 제작이 가능함을 보였다. 전압의 크기가 연속적으로 변동되도록 전압공급기를 이용하여 시간에 따라 크기가 변동하는 전기장을 부가하였으며, LabVIEW 프로그램을 이용하여 손쉬운 동작이 이뤄질 수 있도록 구현하였다. 그 결과, 변동 전기장을 이용한 불연속적 나노섬유 패턴의 제작이 성공적으로 수행되었으며, 패턴의 제작은 물론 패턴형상의 제어가 가능함도 확인되었다.

## 2. 변동 전기장을 이용한 전기방사 구성

본 연구를 위한 실험에는 기존의 DWES 에 변동 전기장을 위한 추가적인 장치를 설치하여 수행되었다[3]. DWES 방식은 원활한 형상제어를 위하여 노즐전극 뿐만 아니라 원통형 외벽

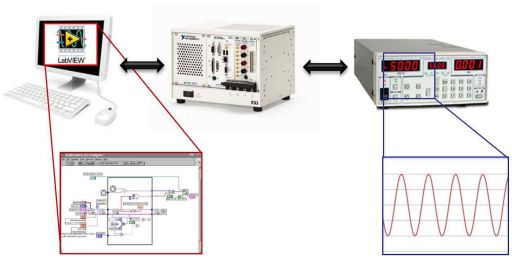


Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

전극과 바늘형상의 기저전극을 설치하여 나노섬유를 집적판의 한 점으로 포커싱(focusing) 시킬 수 있도록 하였으며,집적판은 2 축의 이송 스테이지를 설치하여 섬유가 쌓이는 지점을 이동시킴으로써 다양한 형상의 나노섬유 패턴을 제작할 수 있도록 하였다.

본 실험에서는 변동 전기장을 이용한 나노섬유 패터닝 전기방사를 진행하기 위해 기존의 DWES 장치에서 기존의 일정한 값 가진 전압공급기에 대신하여다양한 모양을 가지는 함수의 형태로 전압을 인가하였다. 변동 전기장을 부여하기 위한 전압공급기의 구성은 Fig.1 과 같다. 다양한 형태의 전압을 생성하기 위하여 National Instruments 의 LabVIEW 환경을 이용하였으며, 전원공급기와 National Instruments 의 PXI 모듈을 GPIB 통신방식을 이용하여 연결하여, 손쉬운 환경을 통해 다양한 형태의 전기장이 생성될 수 있도록 하였다. 다양한 형태의 전압 생성을 위해서 신호상승시간(rising time)과 하강시간(falling time) 등과 같은 전압공급기가 가진 동특성을 고려하였으며, LabVIEW 환경에서 전압 파형을 결정하고, 2000 배로 증폭된 실제 전압을 이용하여 변동 전기장이 생성되도록 하였다.

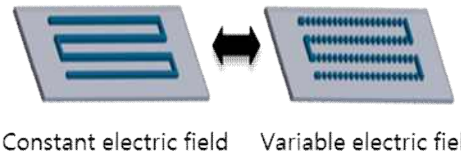


Fig. 2 Schematic diagrams of the continuous and discontinuous nanofiber patterns

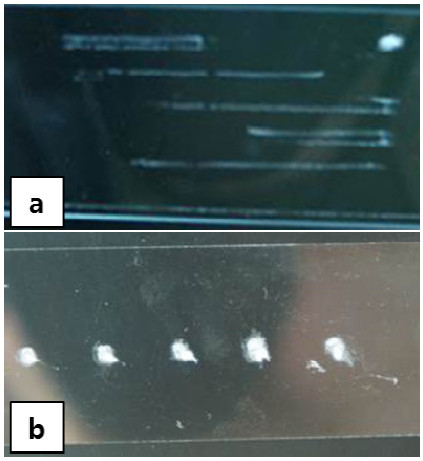


Fig. 3 Photograph images of discontinuous patterns nanofiber (a) and dot patterns nanofiber (b)

생성된 전기장은 DWES 전기방사장치에서 방사구동력으로 사용되며, 방사가 가능한 전기장이 생성되었을 때는 방사가 이뤄지며, 그렇지 않은 경우에는 방사가 이뤄지지 않게 된다. 따라서, 방사가 이뤄지는 것과 그렇지 않은 전압이 반복적으로 생성되는 파형을 만들면, 불연속적인 나노섬유의 패턴이 반복적으로 집적될 수 있다. 이에 대해 개념도는 Fig. 2 와 같다.

## 3. 실험결과

나노섬유 패터닝 제작에 사용한 고분자는 Polycaprolactone (PCL, 440744, Sigma Aldrich Co.)이며, 99.5 % 클로로포름 (Samchun Pure Chemical Co.) 에 8.8 wt% 농도를 사용하였다. 집적판과 노즐의 거리(Tip to Collector Distance, TCD)는 약 60 mm 이었으며, 습도는 50~55 %, 온도는 20~22℃로 유지 하였다. 인가되는 전압 폭은 최저 0 kV 에서 최고 20 kV 까지 사용되었다.

변동 전기장을 이용한 나노섬유 패터닝 제작 결과는 Fig. 3 과 같다. (a)는 일정시간 동안은 방사가 이뤄지는 전기장이 부가되고, 그 사이사이마다 방사조건보다 낮은 전기장이 부가되어 불연속적인 선 패턴이 제작될 수 있음을 보여준다. (b)는 전기방사가 가능한 전기장이 부가되었을 때에 맞춰 집적판이 정지되도록 동기화 하여 5 mm 의 간격으로 점 패턴이 생성되도록 하여 반복적인 점 패턴이 생성될 수 있음을 보여주고 있다. 이상의 결과로부터 이송 스테이지가 선형으로 진행됨에 따라 변동 전기장의 변화에 따라 다양한 패턴이 생성될 수 있음을확인하였다.

## 4. 결론

본 연구에서는, 기존의 DWES 를 이용하여 National Instruments 의 PXI 환경에서 LabVIEW 의 프로그램에 연동하여 변동 전기장을 전기방사장치에 부가하고 이를 이용하여 불연속적인 나노섬유 패터닝 제작을 수행하였다. 그 결과 변동 전기장을 이용한 불연속적인 나노섬유 패턴 공정이 가능함을 확인하였다. 변동 전기장을 이용한 나노섬유 패터닝은 기존의 DWES 공정에 비해 특정지점에서 나노섬유의 방사 및 집적이 가능하여 기존의 방식에 비해 높은 효율성 및 기능 부여 등이 가능하여 다양한이점을 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

.

## 후기

이 논문은 2012 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원(NRF-2012R1A1A1015738)을 받아 수행된 것임

## 참고문헌

1. Ramakrishna, S., An introduction to electrospinning and nanofibers. World Scientific Publishing Company, 2005.
2. Dzenis, Y., Spinning continuous fibers for nanotechnology. Science 2004, 304, (5679), 1917.
3. J. Lee, S. Y. Lee, J. Jang, Y. H. Jeong, D. W. Cho, Fabrication of patterned nanofibrous mats using Direct-write electrospinning. Langmuir 2012, 28, 18