

# 금속 나노입자 잉크젯 프린팅 기법을 이용한 전자소자 및 금속 3차원 마이크로 구조체 구현

## 3D metal microstructure fabrication by inkjet printing of metal nanoparticle ink

\*한승용<sup>1</sup>, 노윤수<sup>1</sup>, 이진환<sup>1</sup>, 이하범<sup>1</sup>, Monorotkul Wanit<sup>1</sup>, 여준엽<sup>1</sup>, 강현욱<sup>1</sup>, 홍석준<sup>1</sup>, 성형진<sup>1</sup>, #고승환<sup>1</sup>

\*S. Han<sup>1</sup>, Y.S. Rho<sup>1</sup>, J.H. Lee<sup>1</sup>, M. Wanit<sup>1</sup>, J. Yeo<sup>1</sup>, H. W. Kang<sup>1</sup>, S. Hong<sup>1</sup>, H. J. Sung<sup>1</sup>, #S. H. Ko(maxko@kaist.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>카이스트 기계항공공학부

Key words : 3D micro metal, nanoparticles, inkjet printing

### 1. 서론

잉크젯 프린팅법은 다양한 기능성 물질을 직접 패터닝할 수 있는 기술로 현재 많이 이용되고 있는 진공증착, 광식각 공정 기반의 마이크로 공정을 대체할 수 있는 차세대 기술로서 최근 많은 각광을 받고 있다. 대부분의 잉크젯 프린팅 기법은 종이나 플라스틱과 같은 유연한 기판위에 이차원적인 패턴을 만드는 연구가 주를 이루고 있지만 3차원적인 형상도 폴리머등을 위주로 활발히 연구되고 있다. 하지만 잉크젯 프린팅은 기본적으로 프린팅하려는 물질이 잉크젯을 할만한 충분히 작은 점도의 액체상태가 되어야 하기 때문에 녹는점이 굉장히 높은 금속에 대해서는 많은 연구가 되어 있지 않으며 특히 3차원 형상을 만드는 연구는 극소수에 불과하다. Harferl[1]와 Fang[2]은 용융상태의 금속 액적으로 마이크로 기둥을 만드는 연구를 수행하였으며 Yamaguchi[3]는 처음으로 용융된 금속 액적을 이용하여 3차원 금속구조체를 잉크젯 프린팅 공정을 통해 구현하였다. 하지만 용융금속을 이용하여 잉크젯 프린팅공정은 보통금속에 비해 낮은 용융점을 가지고 있는 solder 용 금속에 한정되어 있거나 시스템이 굉장히 복잡해 지는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구는 용융금속을 이용하지 않고 금속 나노입자를 이용해 만든 나노잉크를

잉크젯 프린팅하여 낮은 온도에서 3차원 형상을 형성하고 150°C 이하의 낮은 온도에서 소결하여 3차원 금속 형상을 만드는 연구를 수행하였다. [4]

### 2. 실험

본 연구에서는 SAM(self assembled monolayer)에 의해 보호되고 있는 금나노입자를 유기용매에 분산한 나노입자 잉크를 캐드시스템과 연동되는 압전잉크젯 방식으로 프린팅하여 3차원 형상을 구성하였다. 잉크젯 방식에서 제일 중요한 파라미터로 나노잉크의 점도, 표면장력, 나노입자의 농도등을 잉크젯 프린팅중의 온도와 나노입자의 양으로 조절을 하여 최적의 조건을 찾으려고 연구를 수행하였다.

### 3. 결과 및 토의

그림 1은 본 공정을 통해 구현한 다양한 3차원 형상으로 (1) micro pillar array, (2) micro helix, (3) micro zigzag 를 보여주고 있다.

본 공정에서 중요한 변수로 잉크젯팅 빈도와 기판가열 온도가 중요한 변수로 작용하고 있으며 기판가열은 표면장력과 점도를 조절하는 역할을 하고 있다. 그림 2는 각각의 조건에 따라 기판온도가 너무 낮으면 첫번째 나노입자 잉크가 충분히 건조되지 않은 상태에서 다음 나노입자 잉크가 적층되게되어서 3차원 형상이 만들어지지 않게 되고 기판온도가 너무 높게 되면 잉크젯 젓팅 조건이 불안정하게되어 3차원 형상의

직진성이 떨어지게 된다 그리고 역시 비슷한 현상으로 잉크젯팅 빈도가 너무 빠르게되면 역시 이전 나노입자가 충분히 건조되지 않아서 다음 나노입자 잉크가 첫번째 것을 붕괴시키게 된다. 그래서 적당한 잉크젯 빈도와 기관가열 온도를 유지하는 것이 중요함을 찾아내었다.

본 방법을 통해 금속 3 차원 형상을 금속을 용융시키는 정도의 높은 온도까지 가공온도를 높이지 않고도 나노입자잉크를 프린팅하여 구현하였으며 낮은 공정온도 때문에 플라스틱과 같은 유연기관에도 이용될 가능성을 가지고 있다.

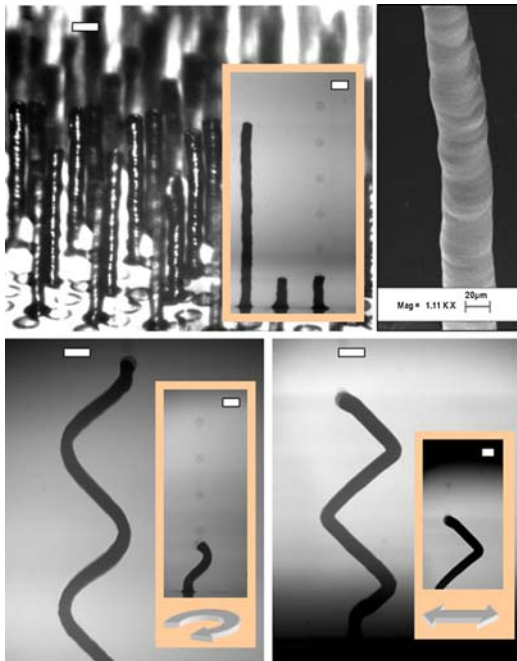


Fig. 1 Various 3D microstructures of metal NPs fabricated by modified NP inkjet printing: (a) micro pillar arrays, (c) micro helix, (d) micro zigzag and (b) SEM picture of micro pillar. Inset bars are 100  $\mu\text{m}$ .

### 후기

본 연구는 산업기술연구회 협동연구사업(B5511 79-10-01-00), 한국지식경제부 산업원천기술 개발사업 (10032145), 한국연구재단 일반 연구자지원사업 신진연구(2010-0003973)의 연구비 지원으로 수행 되었습니다.

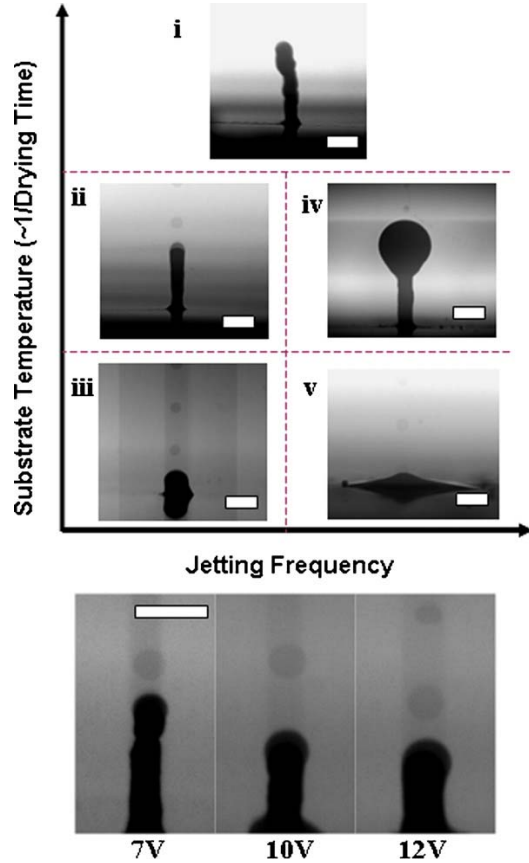


Fig. 2 Important parameters for successful NP 3D inkjet printing (toluene NP ink). (a) Five regimes for the optimum inkjet printing condition. (b) Jetting voltage signal amplitude effects on 3D printing. Inset bars are 100  $\mu\text{m}$ .

### 참고문헌

1. Haferl, S., and Poulikakos, D., *J. Appl. Phys.*, **92** 1675–89, 2002.
2. Fang, M., Chandra, S., and Park, C. B., *J. Heat Transfer*, **131** 112101, 2009.
3. Yamaguchi, K., Sakai, K., Yamanaka, T., and Hirayama, T., *Precis. Eng.*, **24** 2–8, 2000.
4. Ko, S.H., Chung, J., Hotz, N., Nam, K.H., Grigoropoulos, C.P., *J. Micromech. Microengr.*, **20**, 125010, 2010.