나노입자적층 시스템을 이용한 상온 다종재료 프린팅

Room temperature direct multi-material printing using Nano Particle Deposition System

*이길용 [1], #안성훈 [1,2], 김충수 [1], 최정오 [1], 윤해성 [1], 이현택 [1], 박재일 [1]

*Gil-Yong Lee[1], #Sung-Hoon Ahn (ahnsh@snu.ac.kr)[1,2] , Chung-Soo Kim[1], Jung-Oh Choi[1], Hae-Sung Yoon[1], Hyun-Taek Lee[1], Jae-Il Park[1]

[1] 서울대학교 기계항공공학부, [2] 서울대학교 정밀기계설계공동연구소

Key words : Nano particle deposition system, Room temperature, Multi-material printing

1. 서론

마이크로/나노 스케일 구조를 이용한 센서, 구동기, 로봇, 등은 의료, 마이크로 전자 및 군사 기술 등의 다양한 산업 분야에 유용하게 활용될 수 있다[1]. 이들 구조의 제작을 위해 다양한 재료를 기판 상에 원하는 형상으로 적층하는 기술이 필수적이다[2]. 하지만 대부분의 기존 공정은 고온 상에서 이루어지므로 고온에서도 용융되지 않는 기판에 대해서만 적층이 가능하며, 특히 많은 반도체 공정의 습식 공정들은 공정 특성상 적용 범위가 제한적인 단점이 있다[3].

나노입자적층시스템 (Nano particle deposition system, NPDS)은 상온, 건식 공정으로서 나노 혹은 마이크로 스케일의 금속과 세라믹 입자의 동시 적층이 가능한 공정이다[2,3]. 하지만 비교적 대면적의 기판 상에 전체적으로 재료를 적층하는 공정으로 원하는 패턴을 얻기 위해서는 추가 공정이나 마스크를 필요로 한다. 본 연구에서는 이러한 나노입자적층시스템을 이용하여 마이크로 스케일의 다종 재료를 기판 상에 직접 적층하여 정밀 패턴을 제작하고 마이크로/나노 스케일 디바이스의 제작과 3 차원 나노 스케일 프린팅 시스템에의 적용을 위한 기초 연구를 수행하였다.

2. 나노입자적층시스템

나노입자적층시스템은 나노 혹은 마이크로 크기의 세라믹과 금속 입자를 기판에 분사하여 충돌시킴으로써 적층이 가능하도록 하는 공정이다. 기존의 대면적 적층과 달리 마이크로/나노 스케일의 디바이스나 구조 제작이 가능한 3 차원 프린팅 시스템에 적용을 위해서는 마이크로 스케일의 금속 및 세라믹 패턴을 기판 상에 직접 원하는 위치에 원하는 형상으로 제작할 수 있어야 하고, 원하는 위치에 원하는 형상(크기, 두께 등)을 갖도록 적층이 이루어져야 하며, 적층물의 정밀도가 충분히 확보될 수 있는 시스템이어야 한다.

나노입자적층시스템은 크게 메인 챔버와 스테이지, 샘플 홀더, 적층 노즐 어셈블리, 분말 공급기 등으로 이루어져 있다. 또한 분말 공급기와 노즐로의 유량을 제어할 수 있는 유량 제어기, 챔버 내부를 진공 상태로 유지할 수 있도록 하는 진공 펌프와 밸브, 컴프레서로부터 유량 제어기로 공급되는 압력을 조절할 수 있는 압력 제어기 및 노즐 직전의 압력을 측정할 수 있는 압력 센서 등으로 구성되며, 아래의 Fig. 1 에 전체적인 구성을 보였다.

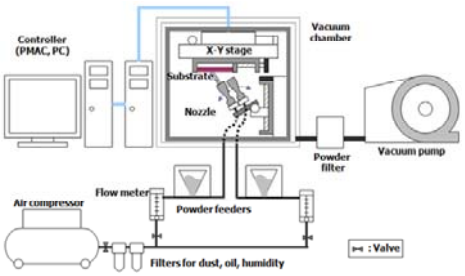

Fig. 1 Nano Particle Deposition System

다종 분말 재료의 적층을 위해 분말 공급기와 각각의 밸브, 유량 제어기 및 압력 센서 등은 2 개 이상으로 구성된다. 또한 다종의 분말 재료를 원하는 위치에 적층하기 위하여 각각의 밸브의 개폐는 릴레이를 통해 PC 로부터 제어되고 역시 PC 로부터 각각의 유량 제어기의 제어를 통해 적층 공정을 제어하도록 설계되었다. 각각의 압력 센서는 노즐 앞단의 압력 정보를 PC 로의 피드백을 통해 공정의 실시간 모니터링을 돕는다.

또한 샘플 홀더와 연결된 3 축 스테이지 역시 PC 와의 통신을 통해 노즐과 기판 간의 상대 위치를 제어할 수 있도록 구성된다. 그리고 챔버 내부의 노즐과 기판의 위치 확인과 레퍼런싱을 위하여 2 개의 고배율 CCD 카메라가 챔버 측면에 장착되어 있다.

한 대의 PC 에서 전체 공정의 제어와 모니터링이 모두 가능하도록 하드웨어와 소프트웨어가 구축되었으며, 공정 제어 및 모니터링 소프트웨어는 National Instrument 사의 LabView 를 이용하여 프로그래밍 되었다.

3. 패터닝 결과

나노입자적층시스템을 이용하여 금속 재료인 주석 (Sn) 입자와 세라믹 재료인 티타니아 (TiO_2) 입자의 다종 재료 마이크로 패턴 적층 실험을 수행하였으며, Fig. 2 에 주석과 티타니아의 마이크로 패턴 결과를 보였다.

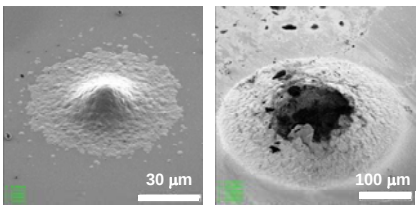

Fig. 2 Micro patterning of Sn and TiO_2 particle by using NPDS

또한 나노입자적층시스템을 이용하여 임의의 패턴의 적층이 가능하며 Fig. 3 과 같이 “3DPRINTING” 문자를 주석 입자를 이용하여 마이크로 패턴을 적층하여 결과를 보였다.

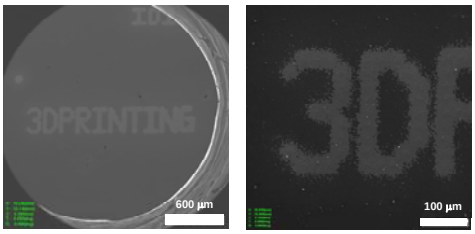

Fig. 3 Micro patterning of “3DPRINTING”

4. 결론

상온에서 금속과 세라믹 입자의 패턴 적층이 가능한 나노입자적층시스템을 이용하여 마스크, 후처리 등의 추가 공정 없이 마이크로 스케일의 다종 재료의 정밀 패턴을 제작할 수 있었다. 연구 결과는 향후 3 차원 나노 스케일 구조 및 디바이스의 제작을 위한 프린팅 기술로 활용될 예정이다.

후기

이 논문은 2011 년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 20110029862).

참고문헌

1. Patil, M., Mehta, D.S., Guvva, S., “Future impact of nanotechnology on medicine and dentistry”, Journal of Indian Society of Periodontlogy, **12**, 34-40, 2008.
2. Ahn, S. H., Choi, J. O., Kim, C. S., Lee, G. Y., Lee, H. T., Cho, K., Chun, D. M., Lee, C. S., "Laser-assisted nano prticle deposiion systemand its application for dye sensitized solar cell fabrication," CIRP Annals - Manufacturing Technology, **61**, 575-578, 2012.
3. Chun, D. M., Kim, M. H., Lee, J. C., Ahn, S. H., "A Nano-particle Deposition System for Ceramic and Metal Coating at Room Temperature and Low Vacuum Conditions," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, **9**, 51-53, 2008.