

나노스케일 3차원 프린팅 시스템

Nanoscale 3D Printing System

*.#안성훈¹, 이건우¹, 이선영², 김충수¹, 이길용¹, 최정오¹, 윤해성¹, 이현택¹, 박재일¹

*.#S. H. Ahn(ahnsh@snu.ac.kr)¹, K. Lee¹, C. S. Y. Lee², C. S. Kim¹, G. Y. Lee¹, J. O. Choi¹, H. S. Yoon¹, H. T. Lee¹, J. I. Park¹

¹서울대학교 기계항공공학부, ²한양대학교 재료공학과

Key words : 3D printing, focused ion beam, nano particle deposition system

1. 서론

마이크로/나노스케일로 제작된 구조, 센서, 로봇 등은 의료, 마이크로전자 또는 군사 기술에서 다양하게 사용될 수 있는 기술로서 각광받고 있다 [1]. 현재 마이크로/나노전자기계시스템을 위한 제조기술은 다양한 제조공정기술이 순차적으로 이루어지는 반도체 공정에 의존하는 것이 대부분이다. 그 밖에 이를 극복하기 위하여 다양한 공정을 통합한 다양한 하이브리드 공정이 연구 [2] 되고 있으나 현재까지의 기술은 나노스케일의 3차원 구조의 제작에 있어 정밀도 및 형상 복잡도의 한계, 의도하지 않은 화학적인 부작용, 열손상 및 재료의 한계를 가지며 대량으로 생산되지 않을 시에는 너무 많은 공정을 거쳐야 한다는 한계점이 있다. 또한 위에서 언급된 몇 가지 단점들을 충분히 해결하지 못하고 있다. 따라서 일부에서는 나노스케일의 3차원 구조의 제작을 위한 미래기술로서 궤속조형 공정 및 프린팅 공정에 대한 최근 가장 각광받으며 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 위에서 언급된 기술적인 제한요소를 극복하기 위하여 나노입자적층시스템 (Nano Particle Deposition System, NPDS) [3] 과 집속이온빔 (Focused Ion Beam, FIB) 을 통합한 새로운 나노스케일 3차원 프린팅 시스템을 위한 공정을 개발하였다 [7].

2. 나노스케일 3차원 프린팅 시스템

나노스케일 3차원 프린팅 시스템을 위하여 NPDS와 FIB가 통합되었다. NPDS는 저진공 (>25 Torr) 및

상온상태에서 마이크로 및 나노사이즈의 크기를 갖는 입자를 분사함으로써 이의 에너지를 이용하여 금속 및 세라믹의 다양한 고체 박막을 적층할 수 있는 공정이다. 본 NPDS는 하나의 공정에서 금속 및 세라믹을 같이 사용할 수 있고 수 나노미터에서 수십 마이크로미터 사이즈의 입자를 사용할 수 있을 뿐 아니라 초음속 노즐을 이용하여 입자의 속도를 제어할 수 있다. 이 밖에도 NPDS는 다음과 같은 장점을 갖는다 [3]: (1) 상온 공정, (2) 금속 및 세라믹을 포함한 다양한 재료 적층 가능, (3) 높은 적층 효율, (4) 후처리 필요 없음, (5) 건조 공정 (결속제 및 용액 필요 없음).

FIB의 경우 미소 영역에서의 재료의 제거, 증착, 영상, 임플란테이션의 기본적인 4가지 기능을 가지며 재료의 제거 시에는 다음과 같은 장점을 갖는다: (1) 마스크 없이 가공할 수 있는 직접 가공 (direct writing), (2) 초정밀 가공, (3) 상온 공정, (4) 모든 고체 재료 제거 가능, (5) 후처리 필요없음.

위와 같은 특징을 갖는 NPDS와 FIB를 통합함으로써 나노스케일 3차원 프린팅 시스템을 위한 공정을 개발하였다. 개발된 공정을 통해 다양한 재료를 열적 화학적 손상 없이 짧은 시간 안에 가공할 수 있다. 그림 1과 2는 각각 NPDS 및 NPDS와 FIB를 통합한 나노스케일 3차원 프린팅 공정을 나타낸다. Fig. 2의 공정 개략도로부터 NPDS를 이용하여 금속 및 세라믹 재료의 얇은 박막을 적층할 수 있고 이 박막상에 FIB를 이용하여 나노스케일의 선폭을 갖는 형상의 프로파일링을 형성할 수 있다. Fig. 3은 3차원 구조를 제작하기 위한 하이브리드 프린팅 제

조공정의 흐름도이다. 3차원 구조설계를 바탕으로 하여 공정 플래너가 구조를 2차원으로 슬라이스 하여 레이어를 형성한다. 각 레이어는 실제 부품인 부분과 파트를 분리하기 위한 구조재 등으로 구성될 수 있으며 이는 서로 다른 프로파일과 다양한 재료로 구성될 수 있다.

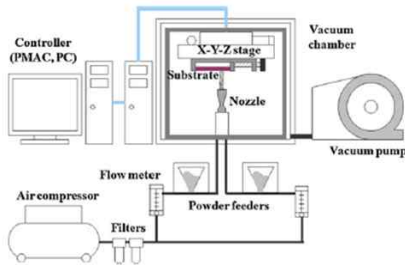


Fig. 1. NPDS의 개략도

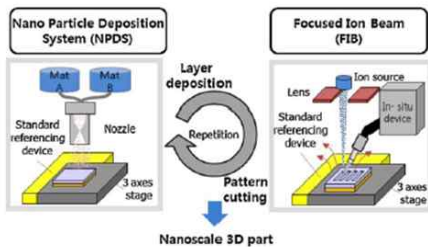


Fig. 2. NPDS와 FIB를 통합한 나노스케일 하이브리드 제조공정 개념도

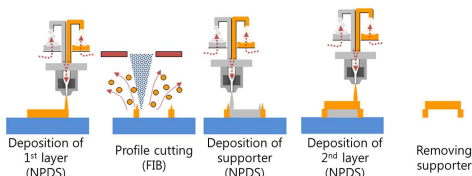


Fig. 3. 나노스케일 3차원 구조를 제작하기 위한 하이브리드 제조공정의 공정 흐름도

3. 결론

본 연구는 NPDS와 FIB를 이용하여 다종재료를 이용한 3차원 나노구조제작을 위한 새로운 나노스케일 3차원 프린팅 시스템을 개발하는 것이다. 여기서 NPDS는 금속 및 세라믹 나노입자를 박막형태로 증착하는 공정으로서 도입되었고 FIB의 경우 모든 고체재료를 나노스케일로 국부적인 영역을 제거하기 위하여 도입되었

다. 각 공정 및 각공정의 통합을 위하여 요구되는 박막 두께 및 step coverage에 대한 연구가 선행되었으며 이때 박막의 두께는 약 500nm 이하, step coverage의 경우 100-150nm 이하의 선폭을 갖는 나노스케일 패턴을 이용한 3차원 구조를 제작할 수 있음을 선보였다.

결론적으로 본 연구에서 제안된 하이브리드 공정을 이용하여 Sn/Al₂O₃/Sn 구조의 다종재료를 실리콘 기판 위에 적층 후 FIB를 이용하여 다양한 형상 및 기능을 가질 수 있는 구조를 나노스케일로 제작할 수 있음을 보였다. 또한 본 하이브리드 프린팅 공정이 궁극적으로 추구하는 멀티레이어의 3차원 구조를 제작시 어떤 바인더와 후처리 없이 상온에서 박막의 두께가 500nm 이하의 정밀도를 갖는 3차원 구조를 제작할 수 있음을 보였다.

후기

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

참고문헌

1. M. Patil, D.S. Mehta, S. Guvva, "Future impact of nanotechnology on medicine and dentistry", Journal of Indian Society of Periodontology, 12, 2, 34-40, 2008.
2. Y. Qin, A. Brockett, Y. Ma, A. Razali, J. Zhao, C. Harrison, W. Pan, X. Dai, D. Loziak, "Micro-manufacturing: research, technology outcomes and development issues", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 47, 9, 12, 821-837, 2010.
3. D.M. Chun, M.H. Kim, J.C. Lee, S.H. Ahn, "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, 1, 51-53, 2008.
4. S. Reyntjens, R. Puers, "A review of focused ion beam applications in microsystem technology", Journal of Micromechanics and Microengineering, 11, 287-300, 2010.