

백색광 소결 기술 개발과 응용 White intense pulsed light sintering technique and its application

*#김학성

*#H.S. Kim (kima@hanyang.ac.kr)
한양대학교 기계공학과 교수

Key words : Intense pulsed light, Printed electronics, Sintering

1. 서론

오늘날 인쇄 전자 기술 (Printed electronic technique)은 RFID (Radio frequency identification), 태양전지, 인쇄기판 (PCB) 등 전자 제품과 곁혀지는 전자 제품을 제작하기 위한 필수적인 기술로 발전하고 있다 [1]. 인쇄 전자 기술은 물질을 인쇄하는 방식에 따라 플렉소그래피 (Flexography), 잉크젯 프린팅 (Inkjet printing), 그라뷰어링 (Gravuring) 등으로 나뉘어 진다 (Fig. 1). 이러한 인쇄 전자 기술은 기존 약 7 단계의 까다로운 포토리소그래피 (Photo-lithography) 공정에서 인쇄/소결의 2단계 공정으로 단축이 가능하여 가격 경쟁력 및 유연성이 큰 기술이다.



Fig.1 Printing method for printed electronics: (a) Gravuring; (b) Inkjet printing.

그러므로 현재 관련 산업계로부터 큰 관심을 받으며 그 시장이 팽창하고 있다. 인쇄 전자 기술에서 핵심적인 요소는 복잡한 전자 회로 패턴을 만들기 위한 전도 라인 혹은 능동 소자를 위한 반도체 필름을 구현하는 것이다. 이를 실현하기 위하여 금속 입자가 함유된 나노 잉크가 개발되어 사용되고 있다. 사용되는 입자의 종류로는 전도 패턴 제작을 위하여 금, 은, 구리 등이 사용되고 있으며 응용 분야에 따라서 실리콘, CIGS 합금, 타이타니아 (TiO₂) 입자, ZnO,

IGZO 등과 같은 반도체형 물질들도 사용되고 있다. 현재까지 대표적인 나노 입자 소결 공정으로는 열소결법 (Thermal sintering), 레이저 소결법 (Laser sintering)이 있다. 그러나 열소결법의 경우 200 °C 이상의 높은 소결 온도를 인가하여야 하므로 사용할 수 있는 기판의 종류가 제한되어 왔다. 한편 레이저를 이용한 소결법의 경우 부분적인 상온 소결이 가능하나 레이저의 스팟 (Spot)이 매우 작으므로 대면적로의 적용이 어렵고 복잡한 패턴을 구현하기 위해서는 정밀 3차원 이동 장치 등이 필요하므로 실제 적용이 어려운 실정이었다. 특히 화학적으로 산화가 쉬운 구리의 경우에는 질소나 아르곤 같은 불활성 가스 분위기 혹은 수소와 같은 환원성 가스 분위기에서 소결을 하여야 하므로 소결 장비와 공정이 매우 복잡하였다. 이러한 소결 공정에서의 문제점들은 인쇄 전자 기술의 응용에 큰 난관이 되어왔으며 인쇄 전자 기술의 궁극적인 목표라 할 수 있는 곁혀지는 전자제품 (Flexible electronics), RFID, 웨어러블 전자 제품 (Wearable electronics), 곁혀지는 태양전지 등을 구현하기 위해서 필수적으로 해결하여야 하는 당면 과제가 되었다. 현재까지 이를 위한 상온, 대기 조건의 대면적 나노입자 잉크 소결 방법에 관한 연구는 아직까지 보고 되어지지 않았으며 반드시 선점 및 해결하여야 하는 과제로 부각되고 있는 실정이다.

2. 백색광 소결 기술

본 연구에서는 이와 같은 기존의 문제점을 해결하기 위하여 순간적으로 강한 백색광을 조사하여 재료를 소결시키는 기술인 백색광 소결법을 개발하였다. Fig. 2에 백색광 소결 장치의 개략도를 도시하였다. 백색광은 Fig. 2(b)와 같이 200 nm에서 2 um의 파장을 포함하는 백색광을 제논 램프 (Xenon lamp)를 통하여 밀리세컨드 (msec) 단위의 매우 짧은 시간에

조사하는 장치이다. 장치를 통하여 백색광이 조사된 나노 입자 잉크 혹은 이온 잉크 등은 순간적으로 국부 온도가 상승하게 되어 매우 짧은 시간에 소결 혹은 합성의 다양한 상변화를 가질수 있게 되며 이는 다양한 재료들의 상온 대기 조건의 소결 혹은 합성을 가능케 해준다.

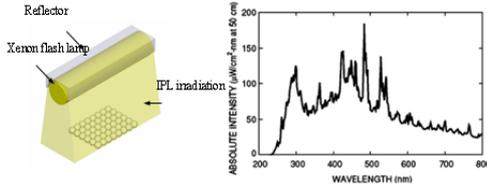


Fig. 2 White intense pulsed light: (a) Schematics; (b) spectrum of white intense pulsed light

3. 백색광 소결 기술의 응용처

본 논문에서는 개발된 백색광 소결법을 이용한 인쇄 전자용 전도성 잉크, 반도체 잉크 등의 패턴 소결에 관한 다양한 연구 내용을 소개한다. 또한 백색광 소결 기술을 응용한 태양전지, 연료전지, 배터리용 고성능 에너지 변환 및 저장 재료 합성 기술에 대하여 소개한다. Fig. 3은 산화 구리막/구리 나노입자 잉크를 백색광 소결한 결과이다. 환원성 폴리머가 코팅된 구리 입자를 백색광 소결한 결과 순수한 구리로 환원 및 소결되었음을 확인할 수 있었다 [2]. Fig. 4는 연료전지에 사용되는 카본나노튜브/백금계 합금 나노 입자 복합체를 백색광 조사를 이용하여 생성한 결과이다. 제작된 나노 촉매재료는 기존의 탄소 담지체에 비하여 우수한 전기 화학적 특성을 갖는 결과를 얻었다.

4. 결론

본 연구에서는 백색광 소결 기술을 개발하였고 이를 응용한 다양한 응용처를 소개하였다. 향후 백색광 소결 기술은 상온, 대기 상태의 초고속 소결 및 재료합성 기술로 널리 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 한국과학재단 기본 연구 (2010-0007120)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

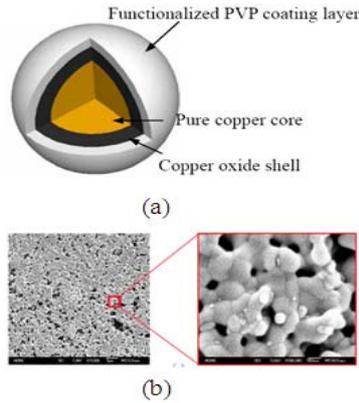


Fig. 3 IPL sintering result of copper oxide shell/copper nanoparticles: (a) reductive polymer coated Cu nanoparticle; (b) IPL sinter

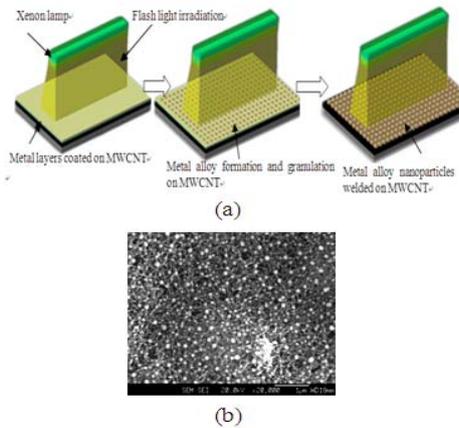


Fig. 4 CNT/Pt alloy nanoparticle catalyst fabrication via IPL technology: (a) schematic; (b) SEM image of fabricated nanocatalyst

참고문헌

1. Berggren, M., Nilsson, D., Robinson, N.D., Nature materials 6 3-5, 2007.
2. Ryu, J.E., Kim, H.S., Hahn, H.T., "Reactive sintering of copper nanoparticles using intense pulsed light for printed electronics," Journal of electronic materials, 40, 42-50, 2011.
3. Song, YW, Park SH, Han, WS, Hong JM, Kim HS, "Single step high speed nanogranulation of metal alloy around CNT by Flash light irradiation," Materials letters, (In Press).