

박막 트랜지스터 제작을 위한 ZnO 나노잉크 합성 Synthesis of ZnO nano-ink for fabrication of thin film transistor

*#김종웅, 이성원, 곽민기, 김영석, 홍성제

**J. W. Kim(wyjd@keti.re.kr), S. W. Lee, Y. S. Kim, M. G. Kwak, S. J. Hong
전자부품연구원 디스플레이부품소재연구센터

Key words : Nanoparticle, Zinc oxide, Nano-ink, Thin film transistor, Synthesis

1. 서론

포토리소그래피 기술을 이용한 도체, 반도체 및 절연체 물질의 패터닝 기술은 그 기술적 완성도가 대단히 높아져 현재 50 nm 이하의 극미세 선폭의 구현도 가능하게 되었다 [1]. 이를 이용하여 최근 산업계에서는 반도체 회로의 집적도를 극대화하여 고용량 메모리 반도체를 개발하거나 로직 반도체의 다기능화 및 성능의 향상을 도모하고 있다. 이와 같이 현재 산업계에서 금속 등의 패터닝을 형성하기 위해서는 대개 포토리소그래피 기술을 활용하고 있는데, 이 기술은 상기 언급한 바와 같이 현 시점에서 다양한 장점을 가지지만, 이미 도포된 물질을 깎아내는 에칭 공정을 동반하므로 필연적으로 환경에 유해한 여러 물질들을 배출하게 된다는 단점을 가진다. 최근 전세계적인 산업의 녹색화 바람에 힘입어 친환경 물질 및 공정의 개발이 하나의 트렌드가 되고 있는데, 본 연구에서 도입한 프린팅 공정은 이러한 공정의 친환경화 바람에 가장 잘 부합하는 기술의 하나라고 할 수 있다.

프린팅 공정은 도포하고자 하는 물질을 나노입자의 형태로 다량 함유하는 잉크 또는 페이스트를 원하는 형상 그대로 기판에 도포하게 되므로 별도의 에칭 공정을 요구하지 않아 환경에 유해한 물질을 배출하지 않게 되므로 친환경적이라는 장점을 가진다. 이 중 잉크젯 프린팅은 현재 사무용으로 널리 사용중인 잉크젯 프린팅 기술을 회로 형성을 위해 그대로 적용한 것으로, 컴퓨터 등의 디지털 기기에서 설계한 도면을 별다른 추가공정 없이 그대로 기판에 형성할 수 있으므로 대단히 편리하다는 장점이 있다. 스크린 프린팅 및 그라비아 프린팅도 나노 잉크 또는 페이스트를 별도의 장치를 통해 원하는 형상으로 인쇄하게 되는 대표적인 인쇄 방법으로, 이와 같은 나노잉크 프린팅 기술의

개발을 위해서는 기본적으로 3가지의 요소기술이 필요하다. 첫째로 대상 물질을 함유한 나노잉크 제조를 위한 소재 개발 기술, 두 번째로 나노잉크를 원하는 위치에, 원하는 형상으로 도포 하기 위한 프린팅 공정 기술, 그리고 마지막으로 이들이 기존 공정으로 제조된 모듈 수준의 특성을 나타내는지를 평가하기 위한 특성 평가 기술이 그것들이다. 본 연구에서는 이들 중 나노잉크 개발에 집중하여 연구수행결과를 발표하고자 하며, 특별히 저온 공정으로 제조된 ZnO 나노분말을 잉크화하여 인쇄 공정에 적용 후 테스트한 결과를 중심으로 보고하고자 한다.

2. 실험방법 및 결과

우선 ZnO 나노입자를 제조하기 위한 precursor를 만들기 위하여 Zn가 포함된 콜로이드 형태의 약품을 선정하여 유기 용매에 상온에서 용해하여 유기 용액을 제조하였다. 이러한 유기물로는 아세테이트(acetate), 아세틸아세토네이트(acetylacetonate) 또는 옥살레이트(oxalate) 중 선택할 수 있는데, 본 연구에서는 아세테이트를 선정하여 제조하였다. 이를 메탄올 또는 아세톤에 용해시키고, 적절한 첨가제를 추가한 후 건조공정을 거쳐 ZnO precursor를 완성하였다. 이러한 precursor를 열처리하여 ZnO 나노분말을 제조하였으며, 열처리에 필요한 온도를 선정하기 위하여 TGA (Thermo-Gravimetric Analysis) 및 DTA (Differential Thermal Analysis) 분석을 실시하였다. 열분석 조건은 25°C에서 700°C 구간을 분당 5°C의 승온 속도로 설정 하였다.

그림 1에 ZnO precursor 열분석 결과를 나타내었는데, 이를 통해 약 290°C 부근에서 precursor에 함유된 유기 화합물의 분해가 완료된 것을 알 수 있다. 따라서 유기 화합물 배출을 위하여 기존 전통

적인 공정에서 실시해온 600℃ 이상 온도에서의 열처리 공정은 더 이상 의미가 없을 것으로 판단할 수 있지만, 열처리 온도에 따라 최종 나노분말의 입도 등과 같은 물리적 특성과 전자소재로써의 전자적 특성은 달라질 수 있으므로 이에 대한 추가 연구가 필요하다. TG/DTA 분석 결과를 바탕으로 나노입자 제조를 위한 열처리 온도를 300℃ 이상에서 실시하였으며, 열처리 온도에 따른 나노입자의 입도 거동을 살펴보기 위하여 Brunauer, Emmett & Teller (BET) 표면적 분석기를 이용하여 나노입자의 비표면적을 측정하였다.

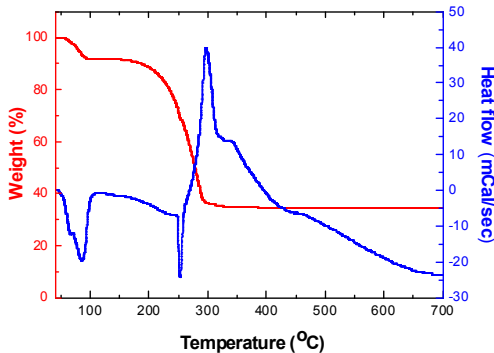


Fig. 1 TG/DTA analysis graph of ZnO precursor.

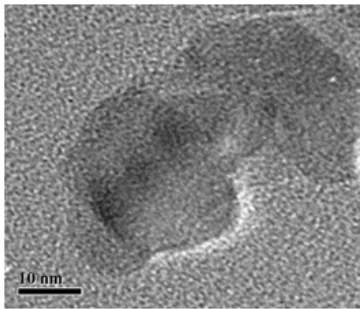


Fig. 2 TEM image of fabricated ZnO nanoparticle.

제조된 ZnO 나노분말은 적절한 분산과정을 거쳐 잉크화 공정을 거치게 되고, 이 때 사용될 프린팅 공정 및 제품의 사용 용도에 따라 잉크의 점도, 고형물 함유량 및 바인더의 유무 등을 결정하게 된다. 그림 2의 TEM (Transmission Electron Microscope) 사진에서도 알 수 있듯이 나노분말의 잉크화를 위해서는 우선 분산이 가장 중요한데, 본 연구에서는 에틸렌 글리콜 (ethylene glycol)과 에탄올을 적정 비율로 혼합하여 잉크 용매로 사용

하고, 적정 분산제를 첨가하여 분산을 실시하였다. 분산제 종류, 함량 및 분산 방법에 따라라도 분산 특성이 크게 달라지므로 본 연구에서는 사전 연구를 통하여 최적 조성 및 합성 조건을 미리 선정하여 반영하였다. 제조된 ZnO 잉크의 인쇄성 및 전자적 특성 평가 결과는 학회 발표장에서 보고할 예정이다.

3. 결론

나노잉크 개발을 통한 Printed Electronics 기술이 크게 주목을 받으면서 다양한 분야로 그 적용 가능성을 넓히고 있다. 이는 나노분말만 제조될 수 있으면 적용이 어려운 분야가 사실상 없기 때문인데, 이 때문에 나노분말 또는 나노잉크 등의 소재 기술이 더욱 각광을 받고 있다. 특별히 본 연구에서는 ZnO 나노분말을 제조하여 이를 Printed Electronics에 적용하기 위하여 나노잉크화, 즉 용액화 하였고, 이의 인쇄 특성 및 디스플레이/반도체 소자에 적용하기 위한 전자적 특성을 살펴보고자 하였다. 결론적으로 300℃ 이하에서의 ZnO 저온합성 공정을 성공적으로 개발 하였으며, 이의 전자적 성능을 평가하여 최종적으로 실제 소자 제조에의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

후기

본 논문은 2010년도 지식경제부 지원 전략기술 개발사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. R. A. Street, W. S. Wong, S. E. Ready, M. L. Chabinyc, A. C. Arias, S. Limb, A. Salleo, and R. Lujan, "Jet printing flexible displays," *Mater. Today*, **9**, 32-37, 2006.
2. T. Makela, S. Jussila, M. Vilkmann, H. Kosonen, and R. Korhonen, "Roll-to-roll method for producing polyaniline patterns on paper," *Synth. Met.*, **135-136**, 41-42, 2003.
3. T. Makela, T. Haatainen, P. Majander, and J. Ahopelto, "Continuous roll to roll nanoimprinting of inherently conducting polyaniline," *Microelectron. Eng.*, **84**, 877-879, 2007.