

인쇄전자 공정을 위한 전도성 나노 잉크 Conductive nano Ink for Printed Electronics

*#김동표

*#D. P. Kim (dpkim@npk.co.kr)

주식회사 엔피케이

Key words : Printed Electronics, Conductive Ink, Nano Silver

1. 서론

전도성 잉크는 전자 회로를 기존의 에칭 방식이 아닌 인쇄 방식을 사용하는 인쇄 전자 분야에서 사용되는 중요한 원재료 중의 하나로 현재 활발한 개발 및 적용이 진행되고 있다. 이러한 전도성 잉크를 사용함으로써 에칭 방식의 노광, 에칭 등의 공정을 간략화하여 제조 공정 비용을 절감할 수 있고, 또한 에칭 공정에서 발생하는 유해 물질을 줄일 수 있어 친환경적 공정을 적용할 수 있다.

전도성 잉크의 첫째 요구 조건은 전기 전도성으로 물질 개선을 위해서는 매우 작은, 가능하면 나노 단위의 입자를 사용하는 것이 좋다. 이러한 나노 단위의 입자를 얻기 위해서는 크게 세 가지 방법이 쓰이고 있는데, 처음으로 적용된 방법은 전도성 금속 입자를 물리적으로 잘게 갈아 수지 등과 혼합하는 페이스트 제조 방법이다. 일반적으로 물리적 분쇄 방식으로는 양산 기준 수 백 nm 정도의 입자 크기 이하의 입자를 얻기가 힘들다. 좀더 작은 100nm 이하의 입자를 얻기 위해서는 화학적 방식과 기화 응축 방식이 쓰인다. 기화 응축 방식은 금속을 열, 레이저, 유도 전류 등 적당한 방식으로 기화 시킨 후 분산제 등이 포함된 환경에서 냉각시켜 원하는 크기의 나노 입자를 얻는 방식으로, 금속 기화에 필요한 에너지가 크고 산화 방지 등을 위해서는 사용 장비의 정밀도가 높아야 하므로 생산 원가가 높아지는 단점이 있다. 화학적인 방식은 금속염을 용매에 녹인 후 분산제를 투입하고 환원제로 환원시켜 원하는 크기의 나노 입자를 얻는 방식으로 일반적으로 현탁액 또는 에멀전 형태의 용액으로 결과물이 얻어진다.

위에서 말한 전도성 잉크를 인쇄 전자 분야에 적용하기 위해서는 인쇄 공정을 거쳐야 하는데, 여러 가지 인쇄 방법 중에서 현재 활발히 연구 개발되고 있는 분야는 대표적으로 잉크젯 인쇄 방식, 그라비아 인쇄 방식, 스크린 인쇄 방식의 세 가지이다. 잉크젯 인쇄 방식은 20µm 정도의 정밀한 선폭을 구현할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 인쇄 후 두께가 수 백 nm 수준으로 매우 얇아 저항 값이 매우 높게 되는 문제점이 있다. 그라비아 인쇄 방식 역시 20 µm 정도의 정밀한 선폭을 구현할 수 있는 장점을 가지고 있으며 잉크젯 방식에 비해 두꺼운 인쇄 두께를 구현할 수 있는 장점과 고속 인쇄가 가능하다는 장점이 있으나, 인쇄 설비가 고가이고 대량 생산에는 적합하나 소량 생산에서는 인쇄 준비에 필요한 손실이 큰 문제점이 있다. 스크린 인쇄 방식은 양산 구현 선폭이 100 µm 정도로 인쇄 정밀도가 떨어지는 단점이 있으나, 인쇄 두께가 가장 두껍고 설비가 비교적 저렴하여 소량 생산에 적합한 장점이 있다.

본 연구에서는 화학적인 방법으로 합성된 전도성 나노 잉크의 물리적, 유변학적 특성을 살펴보고, 일반적으로 사용하고 있는 페이스트 잉크도 함께 스크린 인쇄를 하여 잉크에 따른 인쇄물의 물리적, 전기적 특성을 비교하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서 사용된 전도성 나노 잉크는 (주)NPK 에서 PET 필름 인쇄용을 개발 시판 중인 Nano-CoIn E-001 을 사용하였으며, 비교 실험을 위하여 RFID 용으로 개발되어 시판되고 있는 DuPont 사의 은 페이스트 5029 를 사용하였다.

그림 1 은 사용된 전도성 나노 잉크의 투과 전자 현미경 (TEM) 사진으로 1 차 입자 크기가 20~50nm 임을 확인할 수 있다.

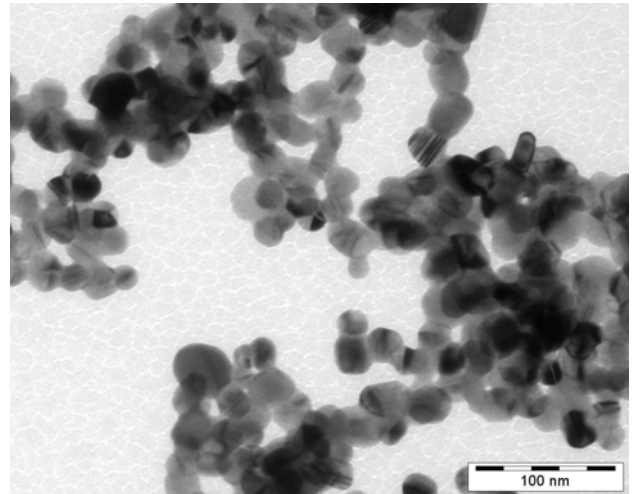


Figure 1. TEM image of conductive nano ink.

또한 인쇄를 위하여 롤 형식의 필름을 연속 인쇄할 수 있는 스크린 인쇄기를 사용하였고, 필름은 PET 필름을 사용하여 RFID 용 안테나를 인쇄하여 특성을 비교하였다.

3. 결과 및 토론

그림 2 는 전도성 나노 잉크의 TGA (Thermogravimetric analyzer) 분석 결과로 은 함량이 약 70%인 것을 확인할 수 있다.

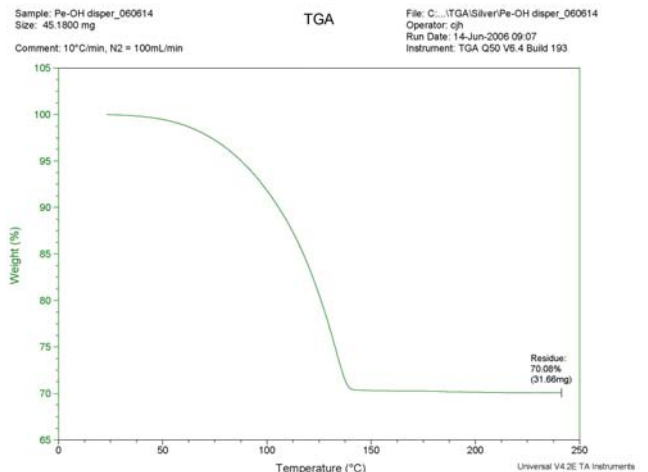


Figure 2. TGA (Thermogravimetric analyzer) result.

그림 3 은 점도 측정 결과로 일반적으로 고농도 현탁액

에서 나타나는 전단 박화 현상을 확인할 수 있다. 또한 이때의 Yield Stress 는 약 60Pa 이다.

크가 적합하다 할 수 있다.

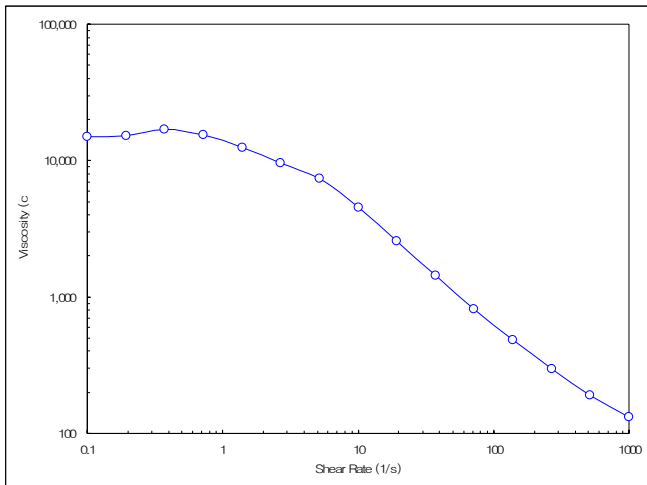


Figure 3. Viscosity curve for conductive nano ink.

이상의 결과에서 사용된 전도성 나노 잉크는 은 함량 70% 용액이 현탁액 형태로 존재하는 것을 확인할 수 있다.

그림 4 는 인쇄물을 주사 전자 현미경(SEM)으로 단면 촬영한 것으로 전도성 나노 잉크를 사용한 경우와 페이스트를 사용한 경우를 비교하였다. 나노 잉크를 사용한 경우에는 저온 소성이 일어나 거의 순순한 은이 한 몸을 이룬 것을 확인 할 수 있으며, 페이스트의 경우에는 은 입자들 사이에 큰 공극과 수지가 존재함을 확인 할 수 있다.

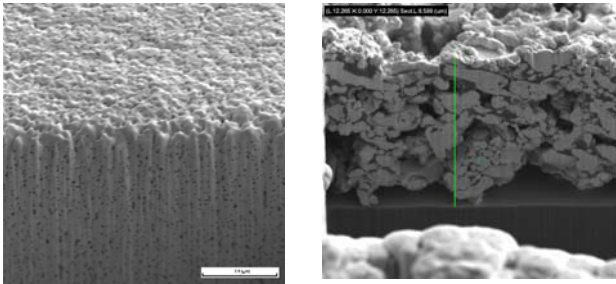


Figure 4. SEM image for (a) nano ink and (b) paste ink.

표 1 은 나노 잉크와 페이스트 잉크를 사용한 RFID 안테나 인쇄물의 전기적 특성을 비교한 것으로 나노 잉크를 사용한 경우 두께가 1/2 정도 얇음에도 저항이 낮은 것을 볼 수 있는데, 이는 그림 4 에서와 같이 저온 소성이 일어나 전기 전도도가 페이스트 잉크에 비해 매우 우수함에서 기인한 것으로 판단된다.

Table 1. Comparison of electronic properties

Ink Type	Nano Ink	Paste Ink
Resistance (Ohm)	5.25	12.21
Surface Resistance (Ohm/sq.)	21.9	65.2
Thickness (um)	1.5	5.7
Specific Resistance (uOhm cm)	3.3	37.1

4. 결론

본 연구를 통하여 전도성 잉크로 일반적으로 사용되는 있는 페이스트 잉크에 비하여 나노 잉크의 전기적 특성이 매우 우수함을 확인할 수 있었다. 이러한 특성의 개선은 나노 잉크 특유의 인쇄 후 소성 현상 발생에서 기인한 것으로 판단된다.

즉 응용 분야에 따라 높은 전기 전도도가 필요한 전자 회로를 구성하는 경우에는 페이스트 잉크 보다는 나노 잉