

# 투명전자잉크 Ag(20%)의 소성조건에 따른 특성 연구

강민기, 문대규

순천향대학교 공과대학 디스플레이 신소재공학과

## Study on the characteristics of transparent electronic Ag (20%) ink by sintering conditions

Min-ki Kang, Dae-gyu Moon

Soonchunhyang Univ.

**Abstract :** We have investigated low temperature sintering characteristics of organic Ag complex. Organic Ag complex was coated on the glass substrate by spin coating method. The coated Ag complex was sintered in an air atmosphere. The sintering temperature was varied from 30 to 80°C and sintering time was varied from 1 to 228 hour. The sheet resistance was abruptly changed at 80°C-6h, 65°C-24h, 30°C-228 hour and the thickness of the coated film was significantly decreased. The sheet resistance of Ag films were about 0.53  $\Omega/\square$  at the 80°C - 12hour.

**Key Words :** Ag(20%) ink, Organic Ag complex, Sintering

### 1. 서론

투명전자잉크를 사용하면 낮은 제조비용으로 가격경쟁력을 가질 뿐만 아니라 높은 안정성과 유연한 도막두께의 조절이 가능하여 전자제품의 슬림화를 가져오며, 저온에서도 소성이 가능하여 열에 약한 소재인 PET 및 종이 등에도 사용가능하기 때문에 저온용 적용기재의 확대를 통한 새로운 전자재료가 나올 가능성은 무궁무진하다.

특히 금속 은을 이용한 전자잉크는 TFT-LCD, PDP, PCB 등의 배선 형성 공정을 단순화 시킬 수 있어 각광받고 있다. 금속 은을 이용한 전자 잉크는 나노 입자로 금속 은을 제조하는 방식 및 질산은을 용매에 녹여 사용하는 방식, 리간드에 금속을 붙이는 방식이 제안되어 왔다. [1] 금속 은을 리간드에 붙여 유기 은 착화합물을 형성하는 방식은 용매에 녹여 스핀 코팅 등에 의해 쉽게 코팅막을 형성할 수 있고, 잉크젯 프린팅에 의해 배선 패턴의 직접 제작이 가능하며, 리간드가 쉽게 은에서 분해되기 때문에 낮은 온도에서 금속 은 박막을 형성할 수 있는 장점이 있다.

이에 본 연구에서는 투명전자잉크 Ag(20%)를 이용하여 스핀 코팅에 의해 투명전자잉크 박막을 형성하고, 이를 소결함에 의해 금속 은을 형성하였으며, 금속 은의 소결 온도, 소결 시간에 따른 두께 변화 및 저항 변화를 조사하였으며, 미세 구조를 관찰하였다.

### 2. 실험

투명전자잉크 Ag(20%)를 이용하여 실험을 진행하였다. 기판은 Bare glass 사용했고, 세정액을 이용하여 세정한 후 Spin coating 법을 이용하여 500rpm - 5sec (도포), 1500rpm - 5sec (코팅) 2단계로 진행하여 균일한 박막을 얻을 수 있도록 하였다. 코팅된 박막을 Hot plate를 이용하여 소결 온도 30,65,80°C 구간에서 소결 시간을 달리하여 상압에서

소결하였다. 소결된 박막은  $\alpha$ -step을 이용하여 두께를 측정하였으며, 4-point probe를 이용하여 면저항을 측정하였다. 소결막의 미세구조를 관찰하기 위하여 SEM 및 X-ray 회절기 이용하였다.

### 3. 결과 및 검토

그림 1은 스핀 코팅한 투명전자잉크 박막을 상압에서 소결한 후 소결 시간에 따른 박막의 두께 변화를 나타낸 것이다. 1h 일 때 약 6500 Å 이었으며, 소결 시간이 증가함에 따라 80°C에서 6h 이후로 약 4000 Å, 65°C-24h 이후로 약 3500 Å, 50°C-228h 이후로 약 3500 Å 으로 소결 시간의 증가에 따라 약 3500 Å~4000 Å 으로 두께가 급격히 감소하였다. 이상의 소결 시간에서는 두께 변화가 크지 않았다. 이는 투명전자잉크가 소결 온도에 따라 적정시간 이상에서 분해되며 리간드인 유기물의 증발되어 현상으로 판단된다.

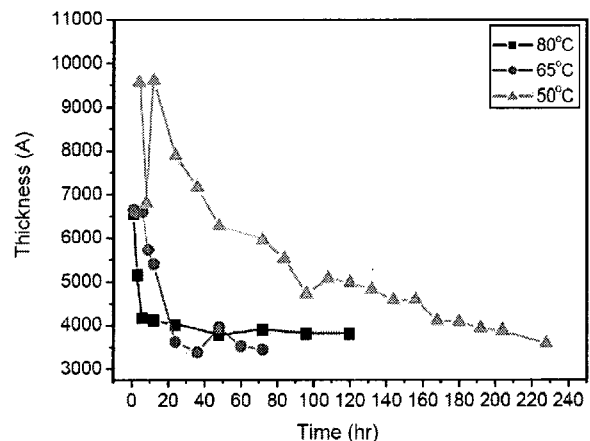


그림 1. 소결 시간에 따른 투명전자잉크 박막의 두께변화

그림 2는 소결된 박막의 미세구조를 나타낸 것이다.

소결 시간 1h 소결한 막은 결정성을 보이지 않고 크고 작은 입자의 불규칙적인 배열을 볼 수 있다. 시간을 12h 증가하면 Ag 입자가 형성되는 것을 볼 수 있으며, 입자간의 결합으로 void가 생긴 것을 볼 수 있다. 소결 시간이 증가하면 Ag 입자 크기는 증가하는 것을 알 수 있다.

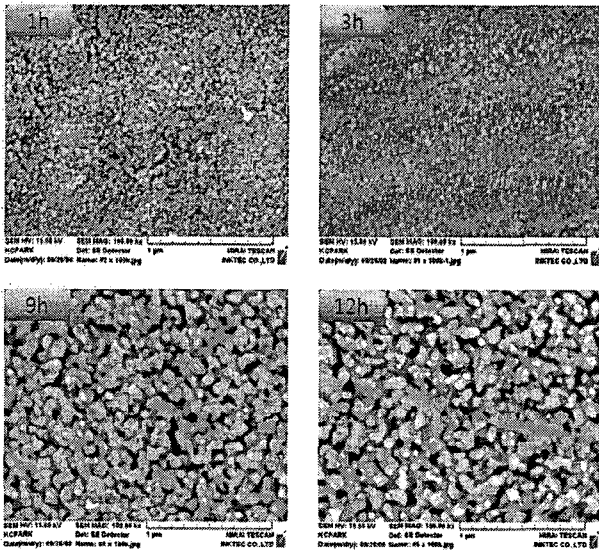


그림 2. 투명전자잉크의 소결 시간에 따른 미세구조.

그림 3은 80°C에서 소결한 박막의 소결 시간에 따른 X-ray 회절 스펙트럼을 나타낸 것이다. 80°C에서 3h 소결한 박막은 약한 Ag(111) peak가 관찰되며 소결시간을 증가시키면 따라 (111) peak의 intensity가 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 80°C에서 12h 시간 이상에서는 (111), (200), (220), (311) peak가 관찰되고 있다. 따라서 80°C, 12h 시간 이상에서는 투명전자잉크의 소결이 진행되어 금속 Ag가 형성되는 것을 알 수 있다.

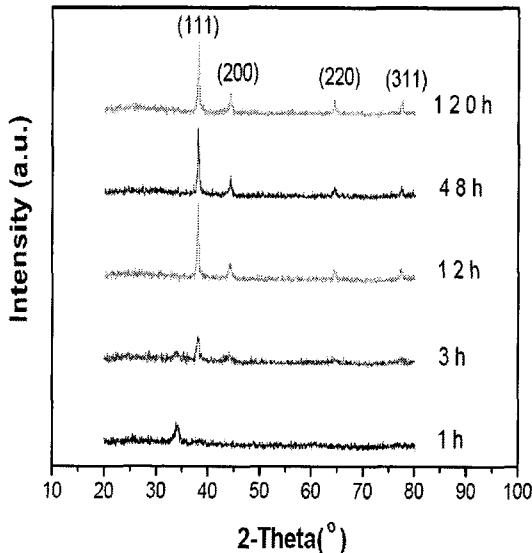


그림 3. 소결시간에 따른 X-ray 회절 스펙트럼.

투명전자잉크를 이용하여 코팅한 박막을 소결 시간을 변화시키며 소결한 후의 면저항 변화를 나타낸 것이다. 소결 온도 80 °C에서 소결 시간1~3h는 Ag 입자가 연속적으로 접촉하고 있지 않아 (소결이 진행되지 않아), 면저항이 약  $10^8 \Omega/\square$  정도로 아주 크나 9~12h 이상에서는 면저항이 급격히 감소한다. 12h에서의 면저항은  $0.53 \Omega/\square$  이고, 그림 1로부터 두께를 고려하여 이를 비저항으로 환산하면 약  $2\sim 3.0 \times 10^{-5} \Omega\text{cm}$ 로 낮은 비저항 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 소결 시간 12h 이상에서 비저항의 변화는 아주 작으며, 이는 그림 2의 미세구조로부터 알 수 있듯이, 12h 이상에서의 시간에서는 소결이 진행되어 Ag 입자와 입자가 서로 접촉하고 있기 때문이다.

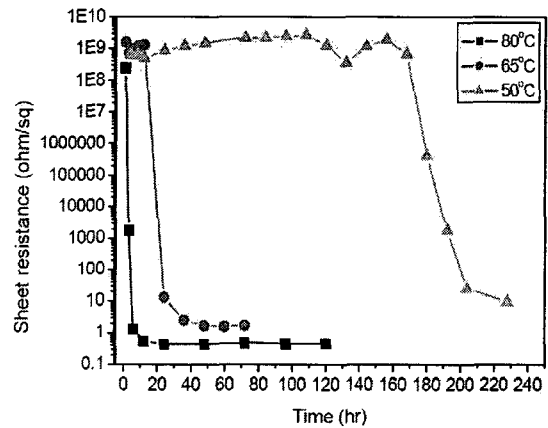


그림 4. 투명전자잉크의 소성온도에 따른 면저항 변화.

#### 4. 결론

본 연구에서는 스프인 코팅에 의해 형성한 투명전자잉크의 박막을 소결 시간 및 소결 온도를 변화시키며 소결한 후 소결막의 두께, 미세구조, 면저항 및 금속 Ag의 형성에 대하여 조사하였다. 투명전자잉크는 100°C 이하의 낮은 온도에서도 소결이 가능하며 비저항이 낮은 금속 Ag 박막이 형성된다.

#### 참고 문헌

[1] Z. Liu, Y. Su, K. Varahramyan, Thin Solid Films Vol. 478, p. 275, 2005.