

금속 나노입자 함량에 따른 유기나노복합체의 광학 및 전기전도성 특성변화

김영훈, 박성규, 한정인
전자부품연구원 디스플레이연구센터

Effect of Silver Nano-particle Concentration on the Optical and Electrical Characteristics of Organic-based Nano-composite Electrodes

Y. H. Kim, S K. Park, J. I. Han
Information Display Research Center, Korea Electronics Technology Institute

Abstract - 본 연구에서는 금속 나노입자 함량에 따른 유기나노복합체에서의 광학 및 전기전도도 특성변화를 분석하였다. 유기나노복합체 전극은 전기전도성을 가지고 있는 PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate)) 나노 입자를 기반으로 하며 이 복합체에 미량의 Ag nano-particle을 첨가하여 전기전도도 특성을 향상시키는 연구를 진행하였다. Ag nano-particle은 전체 중량 대비 0.1 - 0.4%의 범위에서 첨가하였으며 실험결과 0.1%의 첨가 비율에서 약 5% 정도의 전기전도도 특성 향상이 확인되었다. 또한 광투과도 변화를 분석해본 결과 0.4%까지의 Ag nano-particle 첨가 비율에서는 광투과도의 비율이 크게 감소되지 않는 것으로 파악되었다.

1. 서 론

전자기기에 사용되고 있는 전극을 크게 두 분류로 나누면 전기적 신호를 전달할 수 있는 배선용 저저항 금속 전극과 광학적으로 투명한 특성을 가진 화소 및 공통전극용 산화물 전극으로 나눌 수 있다. 일반적으로 불투명한 배선용 전극은 알루미늄, 몰리브덴, 구리 등 비저항이 낮은 금속 물질이 주로 사용되고 있으며 광학적 기능보다는 RC delay에 의한 신호 지연을 최소화할 수 있는 물질을 선택하는 것이 바람직하다.

그리고 광학적으로 투명하면서 높은 전기전도도를 가진 투명전극으로는 산화물 계열인 ITO(Indium-tin-oxide), IZO(Indium-zinc-oxide), SnO₂ 등이 산업계에서 널리 사용되고 있다. 이와 더불어 Ag, Au 등의 금속막을 아주 얇게 제작하여 투명전극으로 사용하는 방법도 있으나 금속막의 경우 산화물 투명전극에 비해 전기전도도는 높으나 가시광 영역에서의 투과도가 매우 떨어진다는 단점이 있어 널리 사용되지 못하고 있다.

일반적으로 ITO, IZO 등의 산화물 투명전극은 스퍼터링(Sputtering), 전자빔 증착(E-beam evaporation) 등의 방법을 이용하여 진공 상태에서 박막을 형성하게 되는데, 대면적 기판에 전극을 형성할 경우 진공 장치의 규모가 커져 투자비용이 증가하게 되고 박막의 두께, 전기전도도 등 균일도 확보가 어렵다는 단점이 있다. 또한, 플렉서블 기판 등에 적용하기가 쉽지 않은 기술이다.

따라서 최근에는 높은 전기전도도 특성을 갖는 유기복합체 전극에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1-4]. 유기복합체 전극의 경우에 용액 공정이 가능하기 때문에 기존의 진공 증착 및 포토리소그래피를 사용하지 않고 잉크젯 프린팅 등의 인쇄 기술을 이용하여 패터닝을 할 수 있다는 장점이 있다. 또한 낮은 온도에서 공정이 진행되기 때문에 플라스틱 기판에도 충분히 적용이 가능한 기술이다.

본 연구에서는 전도성 유기물인 PEDOT:PSS를 기반으로 Ag nano-particle을 미량 첨가하여 광학적으로 큰 손실 없이 전기전도도 특성을 향상시키는 연구를 진행하였으며, Ag nano-particle의 함량비 0.4%에서 전기전도도가 약 9% 정도 향상되는 것을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

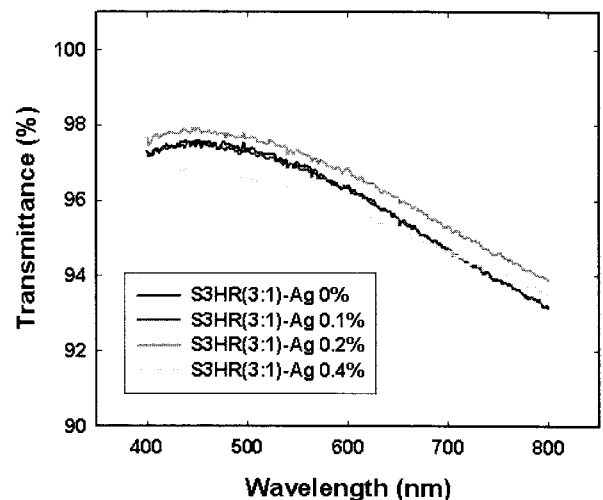
Ag nano-particle 첨가에 따른 유기나노복합체 전극의 광학 특성 및 전기전도도 특성변화 분석을 위하여 평균 10 nm의 직경을 가진 Ag nano-particle을 각각 0, 0.1, 0.2 및 0.4%로 PEDOT:PSS solution (PEDOT:PSS 1.3wt%)에 첨가하였다. 기판은 유리 기판을 사용하였으며 전극의 코팅성 향상을 위해 SC1 cleaning 후 oxygen plasma 처리를 하여 hydrophilic한 표면 상태를 만들었다. 제작된 유기나노복합체 용액을 1000 rpm으로 스핀 코팅하여 유리 기판에 박막을 형성하였다. 이후

90°C에서 30분간 hot plate에서 열처리하여 박막에 잔류하고 있던 용매를 제거하였다.

전기전도도의 특성 평가는 four-point probe를 사용하였으며, 박막의 광투과도는 UV-vis spectrophotometer를 이용하여 400 - 800 nm 파장대 영역에서 측정하였다.

2.2 Ag nano-particle 함량에 따른 광투과도 변화

그림 1에서는 첨가된 Ag nano-particle 함량에 따른 유기나노복합체 전극의 광학 특성을 보여주고 있다. 파장대역은 가시광 영역인 400 - 800 nm 대역에서 측정하였다. 그래프에서 알 수 있듯이 Ag nano-particle의 첨가에 따른 광투과도의 변화는 매우 작았다. 표 1에서 보여주는 것처럼 550 nm의 파장에서 Ag를 넣지 않은 경우에 약 97.0%의 광투과도를 보여주었다. 또한 Ag nano-particle을 0.4% 첨가할 경우 광투과도는 약 96.3%로 0.7% 정도의 감소만 보여주었다. 따라서 PEDOT:PSS 기반의 유기나노복합체에서 미량의 Ag nano-particle 첨가에 따른 광투과도의 저하는 크게 없는 것으로 나타났다.



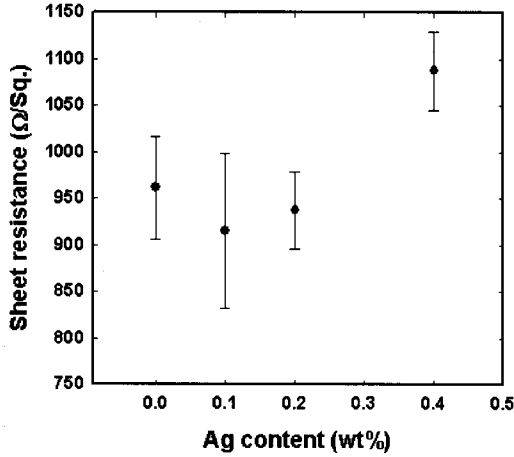
<그림 1> Ag nano-particle 함량에 따른 유기나노복합체 전극의 광투과도 특성 변화 (400 - 800 nm)

<표 1> Ag nano-particle 함량에 따른 유기나노복합체 전극의 광투과도 특성 변화 (@550 nm)

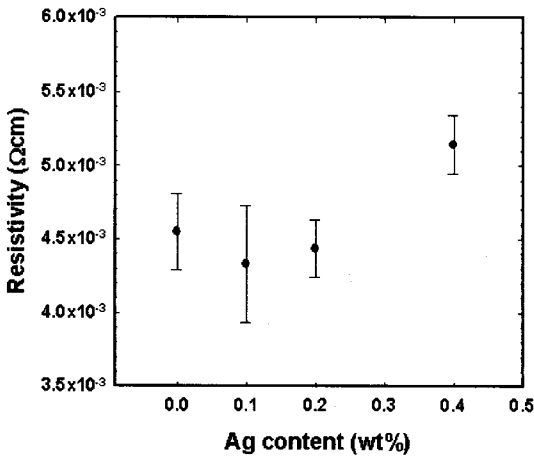
Sample Specification	Transmittance (@550nm)
PEDOT:PSS / Ag 0%	97.0%
PEDOT:PSS / Ag 0.1%	96.9%
PEDOT:PSS / Ag 0.2%	97.3%
PEDOT:PSS / Ag 0.4%	96.3%

2.3 Ag nano-particle 함량에 따른 전기전도도 특성 변화

그림 2 및 그림 3에서는 PEDOT:PSS 기반의 유기나노복합체에서 Ag nano-particle 함량에 따른 면저항(sheet resistance) 및 비저항(resistivity) 특성을 변화를 보여주고 있다. Ag nano-particle을 첨가하지 않을 경우 유기나노복합체 박막의 평균 면저항 및 비저항은 표 2에 알 수 있듯이 각각 962 Ω/\square 및 $4.55 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 이다. Ag nano-particle을 유기나노복합체에 총량 대비하여 0.1%로 첨가했을 경우 평균 면저항 및 비저항은 각각 915 Ω/\square 및 $4.33 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 로 약 5% 정도의 감소를 보여주었다. 하지만 Ag nano-particle을 0.4% 이상으로 첨가했을 경우에는 저항이 오히려 증가하여 평균 면저항 및 비저항이 각각 1088 Ω/\square 및 $5.15 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 로 Ag를 넣지 않았을 경우보다 더 특성이 저하됨을 확인하였다.



<그림 2> Ag nano-particle 함량에 따른 유기나노복합체 전극의 면저항(sheet resistance) 특성 변화



<그림 3> Ag nano-particle 함량에 따른 유기나노복합체 전극의 비저항(resistivity) 특성 변화

<표 2> Ag nano-particle 함량에 따른 유기나노복합체 전극의 면저항 및 비저항 변화

Sample Specification	Sheet resistance (Ω/\square)	Resistivity (Ωcm)
PEDOT:PSS / Ag 0%	962	4.55×10^{-3}
PEDOT:PSS / Ag 0.1%	915	4.33×10^{-3}
PEDOT:PSS / Ag 0.2%	937	4.43×10^{-3}
PEDOT:PSS / Ag 0.4%	1088	5.15×10^{-3}

3. Conclusions

본 연구에서는 금속 나노입자 함량에 따른 유기나노복합체에서의 광학 및 전기전도도 특성변화를 분석하였다. 유기나노복합체 전극은 전기전도성을 가지고 있는 PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene-sulfonate)) 나노 입자를 기반으로 하며 이 복합체에 미량의 Ag nano-particle을 첨가하여 전기전도도 특성을 향상시키는 연구를 진행하였다. 실험 결과 특정한 Ag nano-particle 첨가비율에서 전기전도도 특성이 증가됨을 확인하였으며 광투과도의 경우에는 큰 변화가 없었음을 확인하였다.

[References]

- [1] C. S. Lee et al., Synthetic Metals, 139, 457 (2003).
- [2] L. Groenendaal et al., Adv. Mater, 12, 481 (2000).
- [3] A. Dkhissi et al., Chem. Phys. Lett, 359, 466 (2002).
- [4] H. W. Heuer et al., Adv. Funct. Mater., 12, 89 (2002).