플라즈마처리를 이용한 은나노와이어 투명전극의 전기적 특성 향상에 관한 연구

Improvement Electrical Property of AgNWs by Plasma Treatment

안원민[a*], 정성훈[a], 김도근[a]
[a*]한국기계연구원 부설 재료연구소(E-mail: mn900228@kims.re.kr, dogeunkim@kims.re.kr)

초 록: Organic light emitting diode (OLED) 나 organic photovoltaic device (OPV)와 같은 유기소자에 전극으로 쓰이고 있는 indium tin oxide (ITO)는 유연한 디바이스에 적용하기에는 유연성이 떨어진다는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해서 ITO를 대체할 수 있는 CNT, Graphene, AgNWs, 전도성 고분자 등의 투명전극에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 CNT, Grapene, 전도성 고분자는 여전히 전기적 특성이 좋지 못하기 때문에 차세대 투명전극으로 사용되기는 어려움이 있다. 반면에 AgNWs는 용액공정으로 제조 단가가 비교적 저렴하며, 높은 전기전도도 특성과 우수한 유연성을 가지는 투명전극이기 때문에 많은 주목을 받고 있다. 그러나 NW-NW간의 접촉저항이 높아 전도성이 저하된다는 문제점과 Environmental stability가 좋지 못하다는 단점이 여전히 존재한다. 본 연구에서는 AgNW 전극 위에 플라즈마처리를 진행하여 AgNW의 전도성과 Stability를 향상시키고자하였다. 플렉서블한 PET기판위에 AgNW 전극을 Spray Coating하여 균일하게 전극을 형성하였고, 플라즈마 처리를 통해서 기판의 변형없이 AgNW의 저항을 45%이상 향상시켰으며, Stability 또한 아무것도 처리하지 않은 AgNW에 대비하여 2배 이상 향상된 것을 확인하였다.

1. 서론

기존의 투명전극인 ITO는 높은 투과도와 낮은 면저항을 가지지만 유연 전자에 적용하기에는 유연성이 떨어지는 문제가 있어, 이를 대체할 CNT, Graphene, AgNW, 전도성 고분자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 CNT, Graphene, 전도성 고분자는 투명전극으로 사용되기에 여전히 전도도 특성이 좋지 못하기 때문에 전도성, 투과도과 우수하고 플렉서블하며 용액공정이 가능하여 제조하기가 쉬운 AgNW 투명전극이 주목 받고 있다. 하지만 이러한 AgNW 전극은 나노크기의 와이어들이 무작위로 연결되어 있으며 용액을 제조할 때 분산에 용이하게 하기 위해서 PVP(Poly Vinyl Pyrrolidone)로 둘러 쌓여있는 형태를 하고 있다. AgNW를 둘러싸고 있는 PVP 때문에 NW-NW간의 접촉저항이 높아 전도성을 저하시키는 문제점이 있으며, 또한 PVP는 흡습성이 강하여 수분을 흡착하기 때문에 stability가 좋지 않다는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 AgNW의 후처리 공정이 중요하며 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 플라즈마처리를 통하여 열처리의 단점인 폴리머 기판의 변형문제를 해결하고 접촉저항을 저하시켜 전도성을 향상시키며 AgNW 표면의 산소작용기를 제어하여 Stability 또한 향상시키고자하였다.

2. 본론

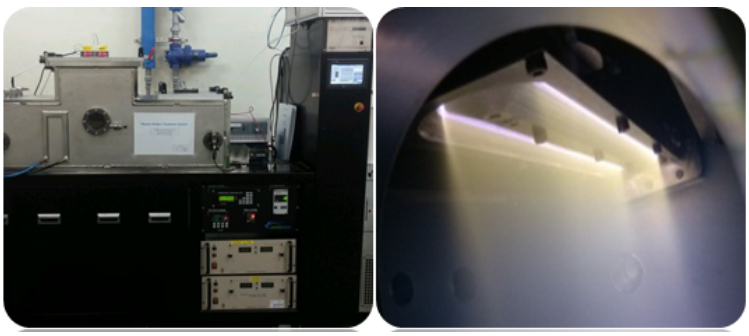

Figure 1. Plasma Treatment 장비 및 Linear Ion Source 사진

Figure 1 은 AgNWs 투명전극의 표면처리에 사용된 장비사진 및 선형이온소스의 이미지이다. 플라즈마처리를 하기위해 사용된 선형이온소스는 에너지조절이 용이하며 대면적의 기판을 표면처리를 할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 PET 기판위에 AgNWs를 코팅하여 표면처리 함으로써 기판의 변형 없이 AgNWs의 저항을 저하시켜 전도성을 향상시킬 수 있었다.

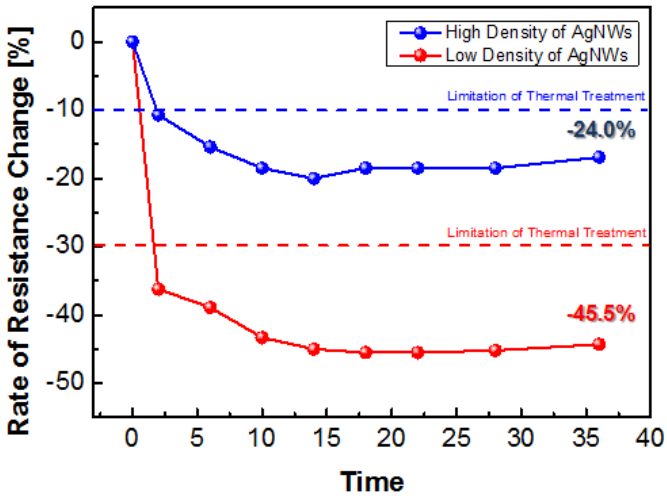

Figure 2. AgNW 플라즈마처리 횟수에 따른 저항 변화율

Figure 2는 AgNW 투명전극의 플라즈마처리 횟수에 따른 저항 변화율을 나타낸 것이다. PET가 변형되지 않은 온도인 100℃에서 90min 열처리를 진행한 열처리 최적화결과보다 High Density 의 AgNWs는 2배이상, Low Density 의 AgNWs 는 1.5배 이상 저항 감소율이 향상되었다. 이렇게 플라즈마처리를 함으로써 AgNWs의 전도성이 향상되었음을 확인할 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 투명전극을 형성하기 위하여 PET기판 위에 AgNWs를 Spray coating 하여 AgNWs 투명전극을 형성하였다. 후처리 공정으로 PET 기판의 변형이 발생하는 열처리공정 대신에 플라즈마처리를 진행하여 PET기판의 변형이 발생하지 않았으며, AgNWs를 둘러싸고 있는 PVP를 제거하여 나노와이어간의 접촉저항을 감소시킴으로써 AgNW의 전도성을 향상시켰다. 열처리에 비하여 플라즈마처리를 통해서 High Density의 AgNWs(~100Ω)는 2배 이상 저항 감소율이 증가하였고, Low Density 의 AgNWs(~10Ω)는 1.5배 이상 저항 감소율이 증가하여 이를 통해서 AgNWs의 전도성이 향상되었음을 확인하였다. 또한 온도 85℃, 습도 85%에서 Stability 측정을 하여 아무것도 처리하지 않은 AgNWs 전극과 비교하여 stability가 2배 이상 향상되었으며, 이를 통해 플라즈마처리를 통해서 AgNWs를 둘러싸고 있는 흡습성의 PVP가 제거되어 Stability를 향상시켰음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Sahin Coskun, Elif Selen Ates, Nanotechnology 24 (2013) 125202
2. Erik C. Garnett, Wenshan Cai, Juby J.Cha, Nature Materials 11 (2012)