

유연 전자소자용 금속 전극 제조를 위한 Ag Nanowire 용액의 Brush 코팅 및 플라즈마 공정을 이용한 어닐링

김경보*

인하공업전문대학 재료공학과 교수

Effects of Brush Coating of Ag Nanowire Solution and Annealing using Plasma Process for Flexible Electronic Devices

Kyoung-Bo Kim*

Professor, Department of Materials Science and Engineering, Inha Technical College

요약 최근에 유연 전자소자에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서 유연 전자소자용 금속기반의 투명 전도막으로 Ag 나노와이어로 그 가능성을 평가하였다. 이를 위해 신개념의 브러시 코팅법과 상압플라즈마 기반의 아르곤 플라즈마 증발법으로 Ag 나노 물질을 글라스에 형성시켰다. 먼저 브러시로 Ag 용액을 글라스에 코팅하고, 남아있는 용매는 상압플라즈마로 제거한다. 이 용매 증발 과정에서 상압플라즈마와 용매의 반응에 의해 소리가 발생하기 때문에 용매의 남아있는 정도를 확인할 수 있다. 막의 코팅 횟수에 따른 반사도, 투과도, 흡수도와 같은 광특성 및 전기적인 결과들을 관찰하기 위하여 최대 5번 코팅하여 그 결과들을 분석하였다. 광에 의한 Ag 나노와이어와의 상호작용을 조사할 목적으로 빛의 파장을 200nm 부터 800nm까지 변화시키면서 반사도 및 투과도를 측정하였으며, 반사도와 투과도 모두 5번 코팅한 샘플에서 가장 큰 변화를 나타내었다. 특히 흡수도의 경우 반사도나 투과도의 데이터와는 다르게 코팅에 따라 Ag 나노와이어의 빛에 대한 흡수도 증가 추이를 명확하게 확인할 수 있었다. 전기적인 특성은 4번 이상 코팅했을 때부터 큰 변화가 있었으며, 특히 5번 진행시 $k\Omega/cm^2$ 보다 낮아진 저항값을 보였다. 이러한 광 및 전기적인 결과들을 기반으로, 향후 전자소자에 적용하여 투명 전도막으로의 가능성을 검증할 계획이다.

키워드 : TO, Ag 나노와이어, 브러시코팅, 상압플라즈마, 반사도와 투과도, 표면저항

Abstract Recently, various studies on flexible electronic devices have been performed. In this study, the potential of Ag nanowires was evaluated as a material to replace the ITO transparent conductive film. Ag nanomaterials were formed on the glass by a novel brush coating method and an argon plasma evaporation method based on atmospheric pressure plasma. First, the Ag solution is coated on the glass with a brush, and the remaining solvent is removed with atmospheric plasma. During this process of solvent evaporation, a sound is generated by the reaction between the atmospheric plasma and the solvent. Therefore, the remaining amount of the solvent can be confirmed. In order to observe optical properties and electrical results such as reflectance, transmittance, and absorbance according to the number of coatings of the film, the results were analyzed by coating up to 5 times. For the purpose of investigating the interaction of light with Ag nanowires, reflectance and transmittance were measured while changing the wavelength of light from 200 nm to 800 nm. In the case of absorbance, the trend of increasing light absorption of the Ag nanowires according to the coating was clearly confirmed. The electrical properties showed a great change from the time of coating more than 4 times, and in particular, the resistance value was lower than $k\Omega/cm^2$ when the coating was applied 5 times. Based on these optical and electrical results, we plan to verify the possibility of a transparent conductive film by applying it to electronic devices in the future.

Key Words : ITO, Ag nanowire, Brush coating, Atmospheric pressure plasma, Reflectance and transmittance, Surface resistance

This work was supported by INHA TECHNICAL COLLEGE Research Grant in 2022.

*Corresponding Author : Kyoung-Bo Kim(kbkim@inhac.ac.kr)

Received December 19, 2022

Accepted March 20, 2023

Revised January 14, 2023

Published March 28, 2023

1. 서론

최근 유연 전자소자에 대한 개발 및 연구가 진행되고 있고, 반도체 물질로는 산화물 기반의 소재가 있다. 대표적으로는 GIZO(Gallium Indium Zinc Oxide)라는 물질이며, 이것은 밴드갭이 3eV보다 크기 때문에 가시광 영역에서 투명한 재료로 알려져 있고, 산화물의 특성상 n형 반도체이므로 외부 전계에 의해 내부 전자가 움직여 전류가 흐르기 때문에 전자소자에의 적용을 위해서는 움직임의 척도로 평가되는 이동도(Mobility)가 중요하다[1]. 이러한 활성층은 광센서 등의 센서용 유연 전자소자에 많이 적용되며, 또한 최근에는 디스플레이의 활성층으로 적용되어 소자에 필요로 하는 전류를 공급하는 구동회로로 사용이 되고 있다. 폴리실리콘으로 제작된 소자보다 속도는 느리지만, 비정질 실리콘보다는 빠르기 때문에 대형 디스플레이에 적합하며, 집중적으로 연구하는 그룹은 LG 디스플레이 및 경희대학교 장진 교수팀이 있다. Fig. 1(a)는 산화물로 구성된 박막트랜지스터의 단면도이며, 이를 기반으로 구성된 pixel의 회로도(Fig. 1(b))이다. 이러한 회로를 기반으로 제작된 AMOLED 디스플레이를 Fig. 1(c)와 1(d)에 소개하고 있다. 현존하는 최고의 기술로 구현된 롤러블 디스플레이(Fig. 1(c))는 기판 소재로 폴리이미드라는 유기물상에 산화물 기반의 박막트랜지스터 및 OLED 소자로 구현된다[2-4]. 또한, 투명 디스플레이(Fig. 1(d))는 가시광 영역(400nm ~ 900nm 파장)에서 투과도가 높은 소재들로 만들어진 제품이다. 특히 앞에서 언급한 GIZO 물질은 이 파장범위에서 투명도가 높기 때문에 투명 디스플레이의 구동회로를 제작하기 위한 반도체 소재로 사용된다. 박막트랜지스터에는 외부에서 전압을 공급해주는 입력부를 Fig. 1(a)처럼 게이트로는 몰리브덴(Mo: Molybdenum), 소오스와 드레인으로는 알루미늄(Al: Aluminum), 타이타늄(Ti: Titanium) 등 금속 물질을 증착하여 사용한다. 이러한 금속들은 전도도를 높이기 위하여 1000Å 이상의 두께로 형성하기 때문에 투명하게 증착하기는 불가능하다.

다양한 전도성을 지니는 나노 소재에 대한 연구가 이루어졌고, 투명하며 전도성을 가진 것으로 알려진 물질로는 ITO(Indium Tin Oxide), IZO, CNT(Carbon Nanotube)와 Ag nanowire가 대표적이다. ITO는 투명 전극으로 현재 터치패널이나 디스플레이 기술에 적용되고 있는 물질이지만, 구성 원자인 Indium이 희귀 금속이

기 때문에 이를 대체할 수 있는 새로운 물질이 필요하다 [5-7]. 또한, 본 연구진은 AZO, IZO와 CNT에 대한 다양한 전기적, 물리적, 화학적인 특성 분석을 진행하였고, 현재 전자소자에 적용하기 위한 실험이 이루어지고 있다 [8,9]. 또한, 다른 접근 방향으로 Ag nanowire에 대해서도 다양한 결과들을 도출하기 위한 요구가 필요하다고 판단되어 논문에서 Ag nanowire의 실험과 결과들에 논의하고자 한다.

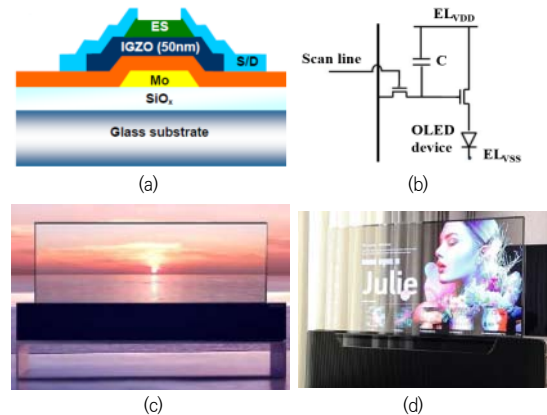


Fig. 1. (a) Cross-sectional view of a thin film transistor made of oxide, and (b) circuit diagram of a pixel composed of oxide thin film transistor. Images of (c) LG Display's rollable TV and (d) transparent display

2. 선행연구

2019년 일본에서 반도체 및 디스플레이 관련 3가지 주요 수출 품목으로 우리나라에 규제를 했던 소재는 PR(Photo resist), 고순도불화가스, Polyimide이다. PR은 사진공정(Photolithography) 공정에서 필요하며, 고순도불화수소는 산화막과 같은 물질을 식각하기 위한 것이며, Polyimide는 최근 삼성에서 양산하여 판매중인 폴더블 AMOLED 디스플레이를 적용한 갤럭시 폴드나 플립을 제작하기 위한 기판에 적용된다. 이러한 국제적인 상황에서 반도체를 비롯하여 다양한 분야에서 소재, 장비, 부품에 대한 국산화는 정부와 기업에서 중요한 화두로 떠올랐다. 이를 통해, 최근 PR과 불화가스 등은 국산화를 성공시켰다는 보도가 나오고 있다.

서론에서 언급한 ITO에서 Indium은 중국에서 대부분을 수입하고 있다. 근래에 중국 역시 자원을 무기화한다

는 뉴스가 보도되고 있는 상황이다. 따라서, 이 소재 역시 우리나라가 지속적으로 디스플레이 기술의 우위를 유지하기 위해서는 국산화를 반드시 해야 하는 소재라 할 수 있다. 이 소재는 밴드갭(Bandgap)이 3eV 이상이며, 가시광 영역에서 투명한 전극으로 알려져 있으며, 전도도와 함께 투명한 특성을 필요로 하는 LCD(Liquid Crystal Display)나 OLED(Organic Light Emitting Diode) 디스플레이의 pixel 전극으로 주로 활용되고 있다[10,11]. 이 물질은 E-beam, sputter 등의 진공을 기반으로 한 반도체 공정 기술을 이용하여 증착이 가능하다.

연구진은 Tin을 Zinc로 대체한 IZO에 대해서도 많은 결과들이 있지만, Indium이 주요 성분이므로 ITO와 같은 문제가 있다. 다른 소재로 CNT가 있으며, 광 및 전기적 결과들을 보유하고 있지만, ITO와 비교했을 때 전기 전도도 측면에서 낮은 특성을 나타냈다. 제안된 Ag nanowire는 Ag 소재의 높은 전기전도도를 가질 수 있기 때문에 다양한 코팅법 및 광, 전기적인 특성에 대한 연구가 필요하다.

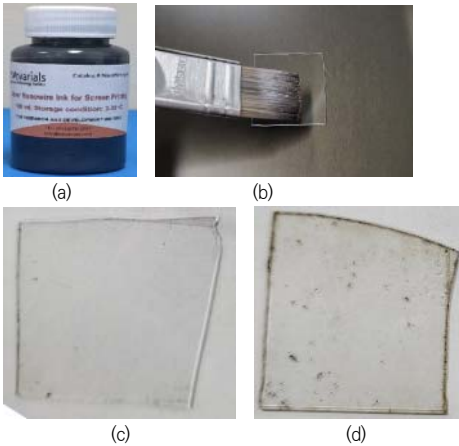


Fig. 2. (a) Ag nanowire solution used in the experiment (Reference : 4 science) and (b) image of coating Ag nanowire solution on glass using a brush. Photographs of the glass surface when the Ag nanowire solution was coated (c) once and (d) 5 times with the method (b)

3. 연구방법 및 결과

3.1 Ag nanowire 및 상압 플라즈마를 이용한 코팅 기술

Fig. 2(a)와 같이 Ag 나노와이어는 용액을 기반으로 제

작되어 있기 때문에 이를 코팅하기 위해서는 디스플레이 제작에 사용되고, 코팅을 위해 사용된 브러시의 폭이 약 2cm로 코팅막의 균일도를 조사하기 위하여 3cm × 3cm 크기의 고내열성 글라스를 준비하였다. 하지만, 이 글라스 표면은 이물질 및 소수성 표면을 나타내므로 이러한 이물질을 제거하고, 친수성으로 변화시키기 위하여 상압 플라즈마 장비를 이용하여 표면을 산소플라즈마로 처리한다. 이때 공정조건은 아르곤과 산소를 공급한 상압 분위기에서 전력 100W, 플라즈마헤드와 샘플과의 간격은 0.5cm로 유지하면서 기판을 10회 왕복하도록 하며 약 60초간 조사한다. 이러한 공정을 통해 표면을 친수성으로 변화시킬 수 있으며, 접촉각 측정기로 측정했을 때 플라즈마 처리 전에는 약 40도 이상의 접촉각(Fig. 3(a))을 나타낸 반면 처리 후에는 측정을 위해 표면에 떨어뜨린 물방이 퍼져서 접촉각을 측정할 수 없을 정도로 매우 작은 값(Fig. 3(b))을 가졌다.

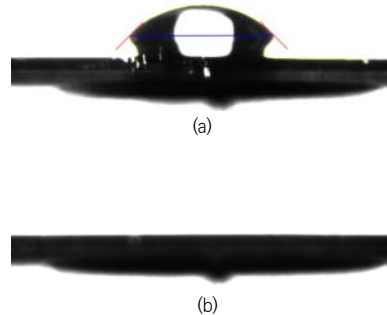
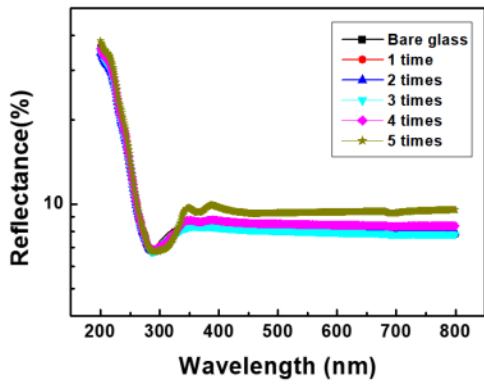
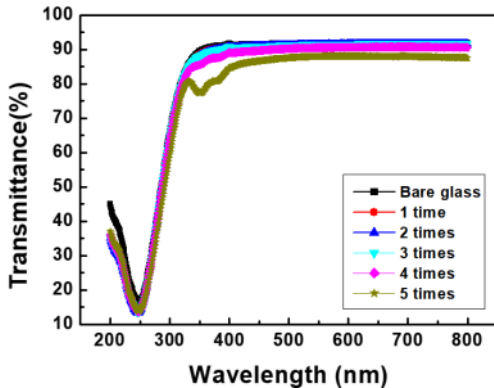


Fig. 3. Images for measuring the surface contact angle before (a) and (b) after treating the surface with oxygen plasma using atmospheric pressure plasma equipment

다음으로 brush에 Ag 용액을 묻혀 글라스 표면을 골고루 문지르며, 그 이미지를 Fig. 2(b)에 보였다. 글라스 전체에 균일하게 코팅이 되어야 하므로 가로방향으로 문지르고 추가적으로 세로방향으로 진행한다. 이후 상압 플라즈마 장비에 아르곤만 공급하여 아르곤 플라즈마 분위기에서 코팅된 글라스 표면을 처리하면, 용매는 높은 에너지를 가지는 플라즈마에 반응하여 증발하게 되며, 글라스 표면에는 Fig. 2(c)와 같이 Ag nanowire만 남는다. 일반적으로 열처리 방법으로 용매를 증발시키지만, 이전 연구에서 아르곤 기반의 상압플라즈마도 열처리를 대신할 수 있는 가능성을 확인하였다[8].



(a)



(b)

Fig. 4. (a) Reflectance and (b) Transmittance of light according to the number of coatings of silver nanowires

Ag 나노와이어의 크기가 매우 작기 때문에 이미지상으로는 확인하기 어렵지만, 유리 표면에 코팅 전후 색깔이 변화된 것을 통해 코팅되었다는 것을 알 수 있었다. 상압 플라즈마 공정 시 플라즈마와 용매가 반응하면서, 소리가 나며 용매가 줄어들수록 불균일해지며, 용매가 남아 있지 않으면 없어지는 것을 통해 완전히 제거된 것을 알 수 있다. 코팅 전에는 글라스 표면에 있는 먼지나 유기물들을 완전히 제거하기 위하여 산소 플라즈마를 사용하지만, 코팅 후에는 Ag와 산소가 반응하여 Ag 나노와이어가 산화될 수 있기 때문에 아르곤 플라즈마를 이용한다. 코팅 횟수에 따른 광 및 전기적인 특성을 관찰하기 위하여 최대 5번까지 Ag 형성 후 플라즈마 처리를 반복하여 5개의 샘플을 제작하였다. Fig. 2(d)는 5번 Ag 나노와이어를 코팅했을 때의 표면 이미지로 횟수를 증가함에 따라 표면의 색깔이 갈색 가까워짐을 알 수 있었으며, 표면 곳곳에 Ag nanowire들이 코팅되지 않고 뭉쳐있는 영역이 증가

함도 추가로 관찰하였다.

3.2 Ag 나노와이어의 코팅 횟수에 따른 광 및 전기적인 특성

먼저 코팅된 샘플의 광에 의한 Ag 나노와이어와의 상호작용 현상들을 분석하기 위하여 빛의 파장을 200nm부터 800nm까지 변화시키면서 반사도 및 투과도를 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Y축은 선형적인 변화로는 코팅에 따른 미세한 반사도 차이를 확인하기 어려웠기 때문에 log 스케일로 변환하였다.

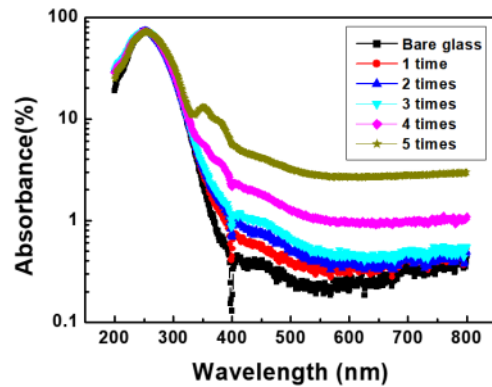


Fig. 5. Changes in light absorption according to the number of coatings of silver nanowires

350nm에서 300nm로 변화할 때 Fig. 4(a)의 반사도는 감소하는 경향을 보이지만, 300nm 이하에서는 급격하게 증가한다. 이러한 영역은 디스플레이와는 관련 없는 파장 영역이지만, 추후 나노 물질과 빛의 상호 작용을 위한 연구에서는 중요한 주제가 될 수 있을 것으로 판단된다. 350nm 이상의 가시광 영역에서 반사도는 파장에 따른 큰 변화를 나타내지 않았다. 코팅하지 않은 글라스와 비교했을 때 반사도의 큰 증가를 나타내지 않았기 때문에 매우 좋은 투명막이라고 할 수 있으며, 코팅 횟수가 4번, 5번으로 증가할 때 큰 변화를 나타내기 시작하였다. 특히 5번 진행시 증가도가 확연한 차이를 나타내며, 370nm 근처에서 특이한 추이가 관찰된다. 이러한 현상은 추가적인 실험과 연구를 통해 다른 문헌에서 발표할 계획이다. Fig. 4(b)의 투과도는 반사도와는 반대의 경향을 보인다. 2번의 코팅까지는 Ag 나노막이 코팅되지 않은 bare 글라스와 데이터로는 큰 차이가 없지만, 3번 코팅된 샘플에서는 가시광 영역에서 전체적인 감소가 나타나며, 5번 코

팅된 글라스는 반사도와 유사하게 확연한 변화가 관찰되었다. 가시광 영역에서 약 85% 정도의 투과도 값을 알 수 있다. 이러한 반사도와 투과도는 글라스나 글라스에 코팅된 물질에 의하여 반사되거나 투과된 빛의 양을 데이터로 표현하는 것으로 추가적으로 알아보아야 할 빛의 특성으로는 물질이 빛을 받아들여 일부는 밖으로 보내고(반사나 투과도에 기여), 나머지는 물질이 보유하는 흡수도가 있다. 예를 들어 400nm에서 글라스에 5번 코팅한 샘플의 반사도는 9.75%, 투과도는 84.68%로 두 값의 합은 94.43%로 100%가 되지 않는다. 즉, 5.57%는 Ag 코팅막이 흡수하는 빛의 양으로 광특성을 분석하기 위해서는 흡수도에 대한 데이터도 확인할 필요가 있으며, 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

흡수도 데이터도 반사도처럼 변화를 자세히 분석하기 위해 Y축을 log 스케일로 그렸다. 반사도와 투과도에서는 글라스에서 2번 코팅한 샘플까지 값들의 변화는 매우 작았지만, 흡수도는 그 경향성을 정확히 조사할 수 있었다. 즉, 흡수도는 코팅 횟수가 늘어남에 따라 증가하였으며, 이는 Ag 나노와이어에서 흡수하는 빛의 양이 늘어나는 것을 의미한다. 또한, 300nm에서 파장이 증가하면, 흡수도는 감소하고, 400nm 근처에서 글라스는 흡수도가 급격하게 줄어들지만, 코팅이 늘어날수록 이런 현상을 상쇄시키는 것을 관찰할 수 있다. 뿐만 아니라, 5번 코팅한 박막에 대한 Fig. 4에서 320nm에서 400nm사이의 변화들은 Fig. 5에서의 Ag 나노와이어 물질에 의한 흡수도 차이에 기인한 것이다. 연구에서 사용되는 Ag 나노와이어는 투명전도막으로의 가능성을 확인하기 위한 것으로 빛과 관련된 반사도와 흡수도는 낮고, 투과도는 높을수록 우수한 소재라 할 수 있다.

다음으로 조사한 특성은 Fig. 6에서처럼 박막의 전기적 특성으로 4point probe를 이용한 표면저항이다.

코팅하지 않은 글라스에서 측정되는 데이터는 정확히는 무한대 저항이지만, 장비에서는 이 값이 약 $3M\Omega/cm^2$ 으로 측정되기 때문에 3번까지 코팅했을 때까지는 표면의 전도도가 없다고 할 수 있으며, 4번 코팅한 박막부터는 저항이 감소하는 즉, 전도도가 증가하였고, 5번 코팅했을 때는 급격하게 전도도가 향상되는 것으로 나타났다. 이러한 5번 코팅했을 때의 매우 급격한 변화는 광특성에서도 확인되었음을 알 수 있다.

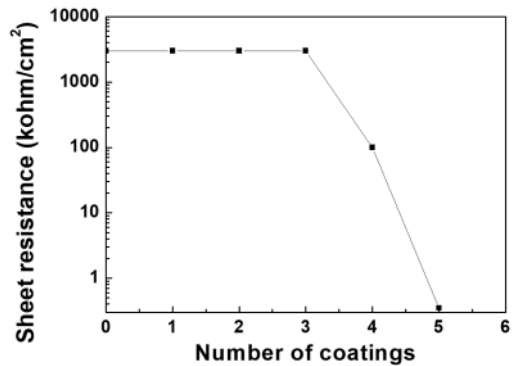


Fig. 6. Change in surface resistance according to the number of coatings of Ag nanowires

4. 결론

본 연구에서는 ITO 투명 전도막의 대체 가능한 물질로 Ag nanowire를 선택하여 신개념의 코팅법과 증발법으로 나노 물질을 글라스 표면에 형성시켰다. 구체적으로는 브러시에 Ag 용액을 묻혀 글라스 표면에 코팅한 후 상압 플라즈마 장비로 아르곤 플라즈마를 생성하여 용매를 증발시키면, Ag 나노와이어가 글라스 표면에 남는다. 용매 증발시 플라즈마와의 반응에 의해 반응하는 소리가 나지만, 용매가 줄어들수록 불균일해지며, 용매가 남아 있지 않으면 소리가 사라지는 것을 통해 완전히 제거된 것을 알 수 있었다. 막의 코팅 횟수에 따른 광 및 전기적인 특성을 관찰하기 위하여 최대 5번 코팅하였다. 횟수가 늘어남에 따라 표면의 색깔이 갈색 가까워짐을 알 수 있었으며, 표면 곳곳에 Ag nanowire들이 코팅되지 않고 뭉쳐있는 영역이 증가함도 추가로 관찰되었고, 이는 추후 양산할 때는 해결해야 할 이슈로 판단된다.

광에 의한 Ag 나노와이어와의 상호작용 현상들을 분석하기 위하여 빛의 파장을 200nm부터 800nm까지 변화시키면서 반사도 및 투과도를 분석하였으며, 5번 코팅한 샘플에서 가장 큰 변화를 나타내었다. 특히 흡수도의 경우 반사도나 투과도의 데이터와는 다르게 코팅에 따라 Ag 나노와이어의 빛에 대한 흡수도 증가 추이를 명확하게 확인할 수 있었다.

전기전도도는 4번 이상 코팅했을 때부터 큰 변화가 있었으며, 특히 5번 진행 시 $k\Omega/cm^2$ 보다 낮아진 저항값을 얻었다.

이러한 광 및 전기적인 결과들은 참고문헌 8의 CNT 코팅 값들과 비교하였을 때보다 뛰어난 특성들을 나타내

있음을 알 수 있었다. 결론적으로 ITO 대체 소재로는 CNT보다 Ag 나노와이어가 우수한 후보 물질이며, 향후 전자소자에 적용하여 가능성을 추가로 검증할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Jin, G. H., Cho, J. H., Lee, W. P., Mo, Y. G., Kim, H. D., Kim, S. S., Kim, M. J. & Song, J. H. (2011). Simple Fabrication of a Three-Dimensional CMOS Inverter Using p-Type Poly-Si and n-Type Amorphous Ga-In-Zn-O Thin-Film Transistors. *IEEE Electron Device Letters*, 32(9), 1236-1238. DOI : 10.1109/LED.2011.2161258
- [2] Takeuchi, K., Fujino, M., Matsumoto, Y. & Suga, T. (2018). Room temperature bonding and debonding of polyimide film and glass substrate based on surface activate bonding method. *Japanese Journal of Applied Physics*, 57(2S1), 02BB05. DOI : 10.7567/JJAP.57.02BB05
- [3] Gao, X., Lin, L., Liu, Y. & Huang, X. (2015). LTPS TFT Process on Polyimide Substrate for Flexible AMOLED. *Journal of Display Technology*, 11(8), 666-669. DOI : 10.1109/JDT.2015.2419656
- [4] Pecora, A., Maiolo, L., Cuscuna, M., Simeone, D., Minotti, A., Mariucci, L. & Fortunato, G. (2008). Low-temperature polysilicon thin film transistors on polyimide substrates for electronics on plastic. *Solid-State Electronics*, 52(3), 348-352. DOI : 10.1016/j.sse.2007.10.041
- [5] S. C. Dixon, D. O. Scanlon, C. J. Carmalt & I. P. Parkin (2016). n-Type doped transparent conducting binary oxides: an overview. *Journal of Materials Chemistry C*, 4, 6946-6961. DOI : 10.1039/C6TC01881E
- [6] Y. Fang, D. Commandeur, W. C. Lee & Q. Chen (2020). Transparent conductive oxides in photoanodes for solar water oxidation. *Nanoscale Advances*, 2, 626-632. DOI : 10.1039/C9NA00700H
- [7] M. Esro, S. Georgakopoulos, H. Lu, G. Vourlias, A. Krier, W. I. Milne, W. P. Gillin & G. Adamopoulos (2016). Solution processed SnO₂:Sb transparent conductive oxide as an alternative to indium tin oxide for applications in organic light emitting diodes. *Journal of Materials Chemistry C*, 4, 3563-3570. DOI : 10.1039/C5TC04117A
- [8] K. B. Kim, J. P. Lee & M. J. Kim (2022). Development of CNT Coating Process using Argon Atmospheric Plasma. *Journal of Industrial Convergence*, 20(10), 33-38. DOI : 10.22678/JIC.2022.20.10.033
- [9] K. B. Kim, J. P. Lee & M. J. Kim (2020). Optical and electrical properties of AZO thin films deposited on OHP films. *Journal of Convergence for Information Technology*, 10(9), 28-34. DOI : 10.22156/CS4SMB.2020.10.09.028
- [10] Kim, M. J. & Jin, G. H. (2009). ITO/AlN_dN/Al contact process for active matrix OLED displays. *Electronics Letters*, 45(8), 421-423. DOI : 10.1049/el.2009.0037
- [11] N. Ren, J. Zhu & S. Ban (2017). Electrical Properties of ITO/Ag/ITO Conducting Transparent Thin Films. *AIP ADVANCES*, 7(5), 055009-1-055009-7. DOI : 10.1063/1.4982919

김 경 보(Kim, Kyoung-Bo)

[정회원]



- 2000년 8월 : 포항공과대학교 신소재공학과(공학박사)
- 2000년 8월~2001년 5월: 포항공과대학교 신소재공학과(박사후연구원)
- 2001년 5월~2004년 8월 : 나이넥스(차장)

- 2004년 8월~2008년 12월 : 삼성디스플레이(책임연구원)
- 2009년 1월~2014년 11월 : 포스코(전문연구원)
- 2014년 11월~2016년 02월 : 한국생산기술연구원(전문위원)
- 2016년 3월~현재 : 인하공업전문대학 재료공학과 교수
- 관심분야 : Solar Cell, Display, Metal processing
- E-Mail : kbkim@inhatc.ac.kr