

PW-P009

### Analysis of reactive species in water activated by plasma and application to seed germination

**Ki-Hong Choi<sup>1,2</sup>, Han-Ju Lee<sup>1</sup>, Gyungsoon Park<sup>1,2</sup> and Eun-Ha Choi<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Electrical and Biological Physics <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center

The use of plasma has increased in bio-application field in recent years. Particularly, water treated by arc discharge or atmospheric pressure plasma has been actively utilized in bio-industry. In this study, we have developed a plasma activated water generating system. For this system, two kinds of plasma sources; dielectric barrier discharge (DBD) plasma and arc discharge plasma have been used. The discharge energy was calculated using the breakdown voltage and current, and the emission spectrum was measured to investigate the generated reactive species. We also analyzed the amount of reactive oxygen and nitrogen species in water using the chemical methods and nitric oxide sensor. Finally, the influence of plasma generated reactive species on the germination and growth of spinach (*Spinacia oleracea*) was investigated. Spinach is a green leafy vegetable that contains a large amount of various physiologically active organic compounds. However, it is characterized with a low seed germination rate.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIP), No. 2010-0027963, and by National Fusion Research Institute (NFRI).

**Keywords:** Reactive species, Arc discharge, Dielectric barrier discharge, Seed germination

PW-P010

### 그래핀 투명전극의 벤딩에 대한 복원력 연구

**박준균<sup>1</sup>, 김영훈<sup>1</sup>, 정영종<sup>1</sup>, 노용한<sup>2</sup>**

성균관대학교 <sup>1</sup>반도체 디스플레이공학과, <sup>2</sup>전기전자공학부

플렉서블 디스플레이에 사용되는 투명전극은 벤딩에 의한 인장(tensile) 및 압축(compressive) 스트레스 하에서도 전극의 특성이 지속적으로 유지되어야 한다. 기존 OLED소자의 투명전극으로 사용되던 인듐산화물(ITO, Indium Tin Oxide)은 인듐(Indium)의 희소성 문제뿐만 아니라 벤딩에 대한 복원력이 나쁜 것으로 알려져 플렉서블 디스플레이에는 적합하지 않은 것으로 알려져 있다. 벤딩에 강하고 복원력이 우수한 투명전극 재료가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 PEN (Polyethylene Naphthalate) 유연기판 상에 그래핀(Graphene)전극을 구현하여 벤딩에 대한 저항특성을 관찰하였고 일반적으로 많이 사용하는 Aluminum 전극과의 비교를 통해 광효율을 지속적으로 유지할 수 있는 플렉서블 OLED용 전극구현 가능성을 연구하였다. 일반적으로 Al금속은 인장 스트레스를 받음에 따라 저항이 증가하고 다시 복원되면 저항이 감소하는 특성을 갖고 있는데 인장 스트레스에 따라 저항과 늘어난 길이와의 관계는 다음과 같다.

$$R/R_0 = (L/L_0)^2 \text{ ----- (1)}$$

그러나 반복된 스트레스가 가해질 경우 Al 금속 전극은 복원력을 잃고 저항이 원래대로 돌아가지 않는 문제가 발생하는데 반해 그래핀은 벌집모양의 구조를 갖고 있어 벤딩에 대한 강도가 셀 뿐만 아니라 고탄력으로 인해 복원력이 우수하여 여러 사이클(cycle)의 벤딩 실험에 의해서도 복원력이 지속적으로 유지되었다. Al 금속 전극의 경우 벤딩 각도 또는 정도에 따라 복원력이 유지되는 구간이 있으나 반복적인 벤딩 사이클에 의해 복원력이 감소하여 인장 스트레스에 의한 저항 증가 후 스트레스 제거 시 저항 감소가 되지 않는데 24시간 동안 전기 저항 변화를 관찰하면 수시간 후에도 저항이 어느 수준까지만 복원되는 것을 확인할 수 있었으나 복원에 오랜 시간이 소요된다는 점에서 그래핀과 비교가 된다. SEM (Scanning electron microscopy) 분석을 통해 인장 스트레스 인가/제거를 반복함에 따라 Al 금속표면이 표면에 열화되는 것을 확인하였으나 그래핀에서는 나타나지 않았다.

본 연구에서는 높은 투과도와 우수한 전기적 특성을 가지는 그래핀 투명 전도성 전극이 다양한벤딩 조건에서도 뛰어난 복원 특성을 보이는 것을 밝혀내어 차세대 투명 전극 물질로 개발하고자 하였다.

**Keywords:** Bending, Transparent electrode, Graphene, Tensile stress, Stress release, recovery, SEM