

**셀룰로오스 종이를 기판으로 하는 플렉시블 OLED소자**

**민상홍**, 강민기, 김일영, 김현수, 김창교  
 순천향대 전자정보공학과

**A study on flexible OLED employing cellulose paper as a substrate**

Sang-Hong Min, Min-Ki Kang, Il-Young Kim, Hyun-Su Kim, Chang Kyo Kim  
 Department of Electronics Information, Soonchunhyang University

**Abstract** - 플렉시블 OLED 소자에서 주요한 역할을 하는 기판은 디스플레이의 성능, 신뢰성과 가격을 결정한다. 플렉시블 OLED소자의 기판으로는 PET, PC, PES, PEN과 같은 고분자 계열의 기판이 많이 사용되고 있지만 거칠기 등의 문제가 있는 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 셀룰로오스 종이를 사용하는 투명 플렉시블 OLED 소자를 개발하였다. 본 논문에서는 개발한 셀룰로오스 종이의 표면 거칠기는 3.1Å이었으며, 투과도는 97.6%로서 PET기판 보다 우수한 특성을 보여주었다. 셀룰로오스 종이를 기판위에 양극으로 Ni을 이용하는 녹색 발광 플렉시블 OLED소자를 구현하였다.

**<표 1> 플렉시블 OLED 구조**

소 자	소 자 구조
소 자 1	Ni(5nm)/NPB(80nm)/Alq3(60nm)/LiF(1nm)/Al(100nm)
소 자 2	Ni(7nm)/NPB(80nm)/Alq3(60nm)/LiF(1nm)/Al(100nm)
소 자 3	Ni(9nm)/NPB(80nm)/Alq3(60nm)/LiF(1nm)/Al(100nm)

**1. 서 론**

여러 가지 플렉시블 디스플레이 중 OLED가 유기물 박막을 기본으로 하기 때문에 상용화의 가능성이 가장 높은 것으로 알려져 있다. 플렉시블 OLED 소자를 구성하는 모든 박막은 고분자 계열의 플렉시블 기판 상에 성막 되기 때문에 모든 박막이 유연성을 가지고 있어야 하며 저온에서 성막되고 휘어지거나 구부러도 깨지거나 그 특성의 변화가 없어야 한다[1,2]. 본 연구에서 개발한 셀룰로오스 종이는 석유 기반이 아닌 고분자 계열이기 때문에 저가격이고 열적, 광학적 특성이 우수하다. 또한, 셀벽의 속이 비어 있기 때문에 기판의 유연성과 기계적 강도가 높다[3]. 본 논문에서는 셀룰로오스 종이를 기판으로 사용하여 Ni/NBP/Alq3/LiF/Al 구조로 소자를 제작하여 셀룰로오스 종이 OLED 기판으로 사용될 수 있는 가능성을 조사하였다.

**2. 실 험**

**2.1 종이제작**

플렉시블 기판으로 사용한 고분자 물질은 셀룰로오스 아세테이트이며 아세톤에 셀룰로오스 아세테이트를 녹인 뒤 충분히 용해될 수 있도록 Stripper & Hot plate에서 교반하였다. 제작할 플렉시블 OLED 소자의 크기는 25x25mm<sup>2</sup>로 글래스 위에 도포하여 종이 제작 시 미립자로 인해 소자 특성이 저하되는 것을 방지하기 위해 DI Water, Acetone, Methanol, Ethanol, IPA 순으로 세정한 후 불활성 기체인 질소를 통하여 수분을 제거하여 유리를 준비하였다. 셀룰로오스 용액을 스핀코팅 방법으로 셀룰로오스 종이를 제작하였다.

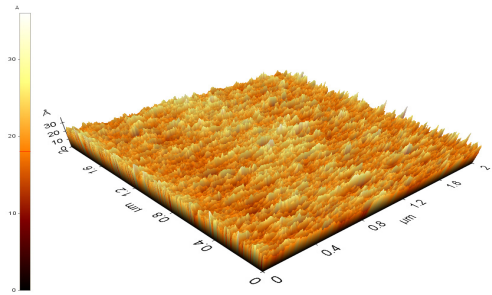
**2.2 플렉시블 OLED 소자 제작**

글래스에 붙어있는 셀룰로오스종이를 분리한 뒤 Methanol, Ethanol, IPA 순서로 세정후 불활성 기체인 질소를 통해 수분을 제거하였다. 분리된 셀룰로오스 종이는 E-beam Evaporator를 사용하여 0.1Å/s의 증착 속도로 투명한 얇은 박막을 형성하였다. Ni 양극으로 생성한 뒤 유기물 증착에 앞서 O<sub>2</sub> 플라즈마를 통하여 표면 처리를 하였으며 조건은 6.0×10<sup>-3</sup> torr에서 RF power 50W, O<sub>2</sub> flow rate 25sccm으로 5분동안 처리하였다. 정공수송층 (HTL : Hole Transfer Layer)으로 N,N'-bis(naphthalene-1-yl)-N,N'- bis(phenyl)-benzidine(NPB), 발광층 (EML : Emitting layer), 전자수송층(ETL: Electron Transfer Layer)으로 tris(8-hydroxy-quinoline)aluminum(Alq3), 전자주입층(EIL : Electron Injection Layer)로는 LiF, 음극으로는 Aluminum을 사용하여 제작하였다[4,5]. 금속과 유기물은 5×10<sup>-6</sup> torr의 진공도에서 Ni(0.1Å/s), NPB(1Å/s), Alq3(1Å/s), LiF(0.2Å/s), Al(1.5Å/s)의 증착속도로 각각 증착하였다. 표1은 플렉시블 OLED 소자의 구조이다.

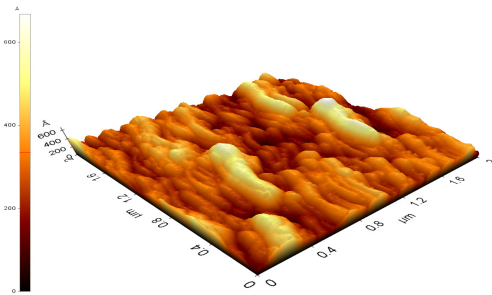
**3. 결과 및 고찰**

**3.1 셀룰로오스 종이 기판의 표면 형상**

플렉시블 기판으로 사용하기 위해서는 기판의 표면 거칠기가 중요하다. 본 논문에서 제작된 셀룰로오스 종이 기판과 PET film에 대하여 표면 거칠기를 분석해 보았으며 그림 1, 그림 2에 각각 나타내었다. 제작된 셀룰로오스 종이의 표면거칠기는 3.1Å이었으며 SKC에서 구입한 PET film의 표면거칠기는 11.5Å 이었다. 본 논문에서 개발한 셀룰로오스 종이의 거칠기가 PET film보다 우수한 표면 특성을 보여 주었다.



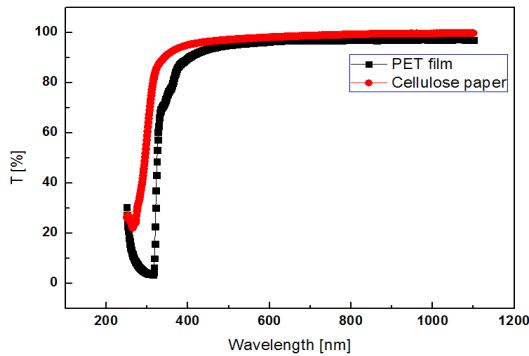
**<그림1> Cellulose paper**



**<그림2> PET film**

### 3.2 셀룰로오스 종이 기판의 광학적 특성

제작된 셀룰로오스 종이와 PET film의 광학적 특성을 UV-Vis Spectrometer를 이용하여 190 ~ 190nm의 파장영역에서의 광 투과율을 분석해 보았다. 그림 3은 셀룰로오스 종이와 PET film의 가시광 투과율 (550nm 기준)은 각각 97.6%와 94.5%의 가시광 투과율을 보인다. 셀룰로오스 종이 PET film 보다 우수한 가시광 투과율을 보여 주었다.

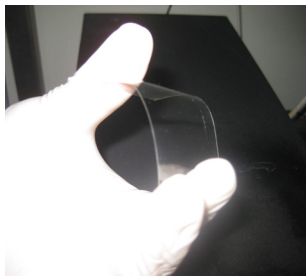


<그림 3> 플렉시블 디바이스의 투과율

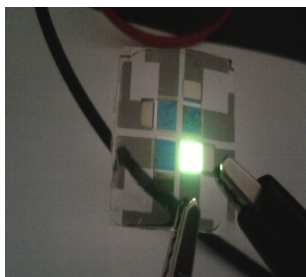
### 3.2 셀룰로오스 종이 기판의 광학적 특성

그림 4(a)는 제작된 셀룰로오스종이의 플렉시블 상태와 투명 상태를 보여주고 있다. 그림 4(b)는 양극으로 사용하는 Ni의 두께가 9nm일 때 411.3 cd/m<sup>2</sup>의 휘도로 발광하는 것을 보여주고 있다. 셀룰로오스 종이 기판 위에 진공증착법으로 형성한 플렉시블 OLED 소자의 특성을 그림5에 나타내었다.

양극으로 사용한 Ni의 두께가 증가할수록 전류밀도와 휘도가 증가함을 확인할 수 있었지만 양극의 두께가 증가함에 따라 투과도가 저하되었고 발광하는 빛의 색깔도 녹색에서 파란색으로 변화하였다. 제작된 플렉시블 OLED 소자는 각각 양극의 두께가 5nm, 7nm, 9nm일 때 15V 전압을 인가하였을 때의 휘도는 13, 117.6, 411.3 cd/m<sup>2</sup>이었고 전류 밀도는 1.75, 14.5, 48.81 mA/cm<sup>2</sup>이었다. Ni의 두께가 두꺼워질수록 휘도와 전류밀도가 급격하게 증가하는 이유는 충분히 정공을 공급하기 때문인 것으로 보여진다.

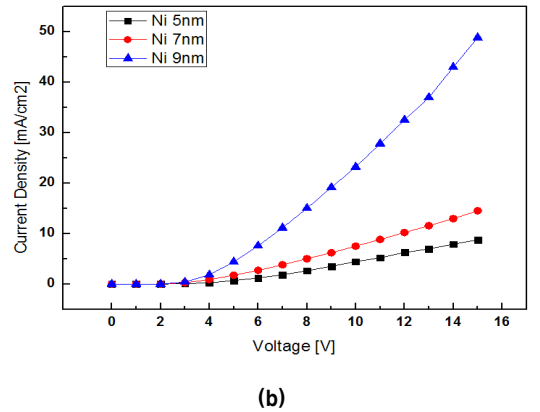
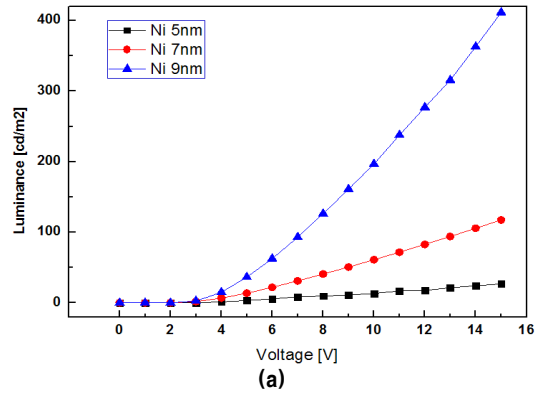


(a) 셀룰로오스 종이의 유연성을 보여주는 사진



(b) 제작된 OLED 소자의 발광 사진

<그림 4> 셀룰로오스 종이 기판 사진



<그림 5> (a)전압-휘도, (b)전압-전류밀도

### 3. 결 론

본 논문에서는 셀룰로오스 종이를 제작하여 OLED 소자를 제작하였다. 셀룰로오스 종이를 기판으로 하는 플렉시블 OLED 소자의 구현이 가능한지를 실험하였으며 Ni를 양극으로 사용하여 Alq3를 발광층으로 하는 녹색발광 소자를 제작하고 특성을 측정하면서 실현가능성을 확인할 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Gregory P. Crawford, Flexible Flat panel Displays, 1st ed., John Wiley & Sons, London, 2005.
- [2] J. Kim, Y.B. Seo, "Electro-active paper Actuators", Smart Materials & Structures, 11, pp. 355-360, 2002.
- [3] 서정만, 양철호, "전기방사법을 사용한 셀룰로오스 나노섬유 생성에 관한 연구", 대한기계학회 재료 및 파괴 부문 춘계학술대회 pp.261~264, 2010.
- [4] Do-Yeol Yoon, Tae-Yong Kim, Dae-Gyu Moon "Flexible top emission organic light-emitting devices using sputter-deposited Ni films on copy paper substrates", Current Applied Physics 10 pp. 135-138, 2010.
- [5] 마그네트론 스퍼터링을 이용한 ITO/Ni/ITO 적층구조 투광성 전도박막의 특성 연구, 석사학위논문, 울산대학교, 2009.