

# 유기 발광 다이오드 소자의 성능·수명 평가를 위한 순환 계측 시스템

박일후<sup>\*†</sup>·나인엽<sup>\*\*</sup>·주현필<sup>\*</sup>·김규태<sup>\*</sup>

<sup>\*†</sup> 고려대학교 공과대학 전기전자공학과, <sup>\*\*</sup> 고려대학교 마이크로/나노시스템

## Cyclic Measurement System for Evaluating Organic Light Emitting Diode Devices

Il-Hoo Park<sup>\*†</sup>, In-Yeob Na<sup>\*\*</sup>, Hyeonpil Joo<sup>\*</sup> and Gyu-Tae Kim<sup>\*</sup>

<sup>\*†</sup> School of Electrical Engineering, Korea University

<sup>\*\*</sup> Department of Micro/Nano Systems, Korea University

### ABSTRACT

Cyclic measurement system using relay circuit for organic light emitting diode (OLED) was demonstrated. The OLED characterization such as current-voltage, impedance, and capacitance-voltage is performed in sequence, repetitively and automatically under full control of the personnel computer (PC) without changing the connection of cables. Owing to in situ degradation by cyclic measurement, the time dependence of the data can give good information on the reliability factor of the OLED devices. Therefore, both performance and reliability of the OLEDs can be evaluated, with no manual operation during the entire process.

**Key Words** : Cyclic Measurement, GP-IB, Automated Evaluation, OLED

## 1. 서 론

유기발광다이오드 (Organic Light Emitting Diode, OLED) 소자는 높은 발광효율과 색재현율로 인해 기존의 액정디스플레이(Liquid Crystal Display, LCD)를 대체하는 기술로 활용되고 있다[1].

그러나 발광물질과 전하 전송 물질로 사용되는 유기물의 재료 특성으로 인해 상대적으로 낮은 수명과 안정성을 지닌다는 문제가 있어 유기 재료에 대한 연구와 개발이 이루어져 왔다[2][3].

소자의 성능과 수명을 평가하기 위해 일반적으로 광전자 계측기와 외부 스트레스를 인가할 수 있는 전문 열화 장비가 사용된다. 전문 열화 장비는 일반적으로 크고 무거우며, 비싸다. 또한, 반복적 측정과 강제 열화 과정으

로 인해 측정하는 사람의 많은 시간과 노력이 소모된다 [4][5][6].

이러한 어려움을 고려할 때, 소자의 성능과 수명 요소를 한꺼번에 추출하고, 측정하는 사람이 큰 노력을 들이지 않고 소자를 평가할 수 있는 기술이 요구된다.

유기발광다이오드(OLED)의 임피던스(Impedance)를 측정할 때 측정 과정에서 이미 소자 열화가 발생한다는 것을 경험적으로 인지하고, 서로 다른 계측 행위의 순환적 반복을 통한 소자 성능-수명 동시 평가 방법을 고안하였다.

반복 계측 행위는 릴레이 회로(Relay Circuit)와 컴퓨터 시스템을 통해 자동으로 제어하여 계측자가 일일이 측정에 관여하지 않고 데이터를 확보할 수 있도록 했다.

본 연구에서는 순환 계측 시스템을 활용하여 유기발광다이오드를 반복 계측하고, 서로 다른 계측기가 측정된 데이터를 각각 시간에 따라 나열하여 소자의 전기적 특성 및 열화를 관찰하였다.

<sup>†</sup>E-mail: ihpark0710@korea.ac.kr

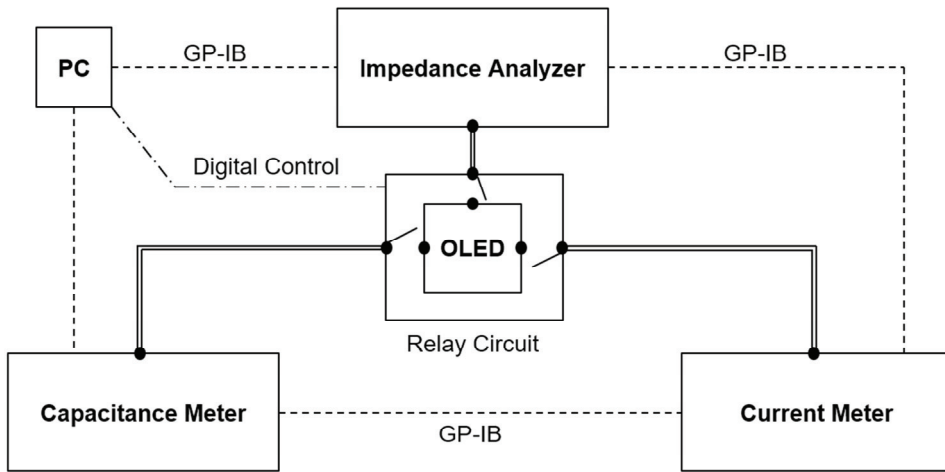


Fig. 1. Block diagram of cyclic measurement of OLED with relay switching circuit.

## 2. 본 론

측정을 통해 소자의 열화를 관찰하기 위해서는 많은 횟수의 측정이 필요하다. 따라서 개인용 컴퓨터(PC)를 이용해 자동으로 GP-IB (IEEE-488) 신호를 각각의 계측기로 보내도록 하였다.

또한 릴레이 회로를 구성하여 계측기와 유기발광다이오드 소자의 배선을 제어하도록 했다.

### 2.1 계측기 제어

Fig 1과 같이 컴퓨터는 각 계측기와 릴레이 회로에 연결되었다. 컴퓨터의 USB 포트와 GP-IB 사이를 연결해주는 GPIB-USB 허브를 연결하여 USB로 GP-IB 제어가 가능하게 한다. 구동 프로그램은 스프레드시트와 VBA (Visual Basic Application) 기반으로 제작되어 각각의 측정 데이터를 스프레드시트에 순차적으로 기록한다.

### 2.2 릴레이 회로

Fig 2와 같이 릴레이 단자를 각 계측기의 V+ 와 유기발광다이오드의 양극 사이에 연결한다. 각 계측기의 V- 는 공통으로 유기발광다이오드의 음극에 연결한다. GP-IB를 통해 입력된 신호에 의해 릴레이는 각 계측기의 연결을 제어한다.

### 2.3 계측 방법

유기발광다이오드의 전류-전압(I-V) 특성을 측정하기 위해 컴퓨터 프로그램은 릴레이에 신호를 보내 소스미터(Keithley 2400)의 V+ 단자를 유기발광다이오드의 양극 과

연결한 후, 0V-3V까지 전압을 인가하며 전류를 측정한다. 전류-전압 측정 결과를 자동으로 스프레드시트에 저장시킨다. 1회의 측정이 끝나면, 정전용량-전압(C-V) 측정을 위해 자동제어 프로그램이 소스미터의 연결을 차단하고 커패시턴스미터(HP 4284a)의 V+를 유기발광다이오드의 양극에 연결한다.

커패시턴스미터에 0V-3V의 바이어스(bias) 인가를 명령하면서, 정전용량(Capacitance)을 읽어 스프레드시트에 저장한다. 정전용량-전압 측정이 끝나면, 임피던스 측정을 위해 커패시턴스미터와 연결을 차단하고 임피던스 분석기(Novocontroller Alpha-a)의 V+ 단자를 유기발광다이오드의 양극에 연결한다.

주파수를 20 Hz ~ 1 MHz 까지 변화시키며 임피던스 절대값(|Z|)과 위상차( $\theta$ )를 측정하고 그 값을 스프레드시트에 저장시킨다. 측정이 끝나면, 모든 장치를 재시작시키고 상기의 과정을 반복한다. 제어 프로그램은 측정하고자 하는 사람이 원하는 횟수만큼 반복해서 각각의 측정을 순환적으로 반복한다.

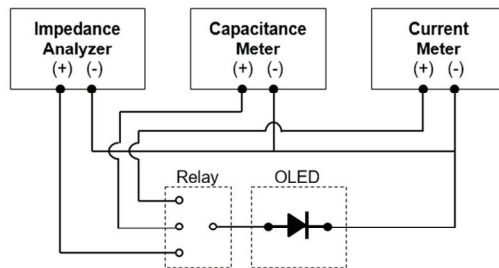


Fig. 2. Block diagram of relay circuit of the system.

### 3. 결과 및 토의

전류-전압, 정전용량-전압, 임피던스 측정을 100회 반복하여 측정하면서, 각각의 결과를 3차원 그래프로 나타내고 분석하였다. 또한 특정 바이어스에서 시간에 따라 변화하는 파라미터를 2차원 그래프로 나타내었다.

#### 3.1 전류-전압 측정

Fig 3과 같이, 0V~3V의 직류 바이어스를 인가하면서 100회 측정된 전류-전압 데이터를 3차원 그래프로 나타내었다. 가로 축은 바이어스를 나타내며, 세로 축은 측정 순서(1~100회), 높이는 전류의 양을 나타낸다. 1회 측정 시 구동 전류는  $2.28 \times 10^{-5}$  A ( $V_d = 3$ V) 였으나, 100회 측정 후 구동 전류는  $2.16 \times 10^{-5}$  A로, 측정을 반복함에 따라 구동 전류의 양이 약 5.3% 감소되었다(inset).

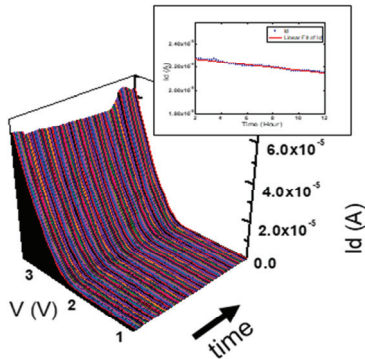


Fig. 3. Current-Voltage characteristic during 100 measurement cycles. I-t plot versus time (inset).

#### 3.2 정전용량-전압 측정

Fig 4와 같이, 0V~3V의 직류 바이어스를 인가하면서 100회 측정된 정전용량 데이터를 3차원 그래프로 나타내었다. 높이는 정전용량의 크기를 나타낸다. 반복 측정을 하면서 정전용량의 크기는  $1.75 \times 10^{-9}$  F에서  $1.74 \times 10^{-9}$  F로 약 1% 감소하였다(inset). 반복 측정을 통해 열화에 의한 정전용량의 감소뿐만 아니라 정전용량이 급격하게 변화하는 시기에 소자 내부적으로 어떤 변화가 일어났음을 유추할 수 있다.

#### 3.3 임피던스 측정

Fig 5와 같이, 주파수 (frequency) 를 변화시키며 임피던스를 100회 측정된 값을 3차원 그래프로 나타내었다. 가로축은 임피던스의 실수 값, 세로축은 임피던스의 허수 값을 나타낸다. 측정 횟수가 늘어남에 따라, 임피던스의

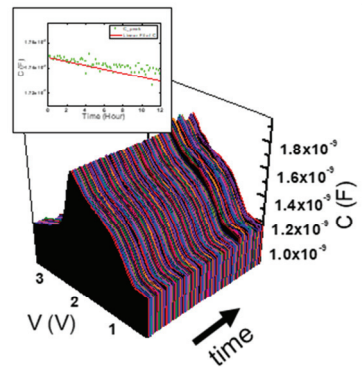


Fig. 4. Capacitance-Voltage characteristic during 100 measurement cycles. C-t plot versus time at peak (inset).

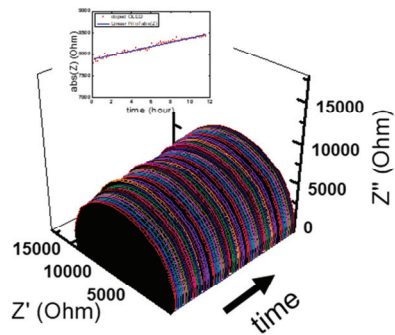


Fig. 5. Impedance characteristic during 100 measurement cycles. |Z|-t plot versus time (inset).

절대 크기가 증가함을 확인할 수 있다(inset).

### 4. 결론

전류-전압 특성, 정전용량-전압 특성, 임피던스 특성 분석기와 릴레이 회로를 연결하여 자동으로 유기발광다이오드를 반복 측정하는 시스템을 소개하였다. 유기발광다이오드를 100회 자동으로 측정하면서, 소자의 전기적 특성 및 열화 특성을 동시에 확인할 수 있었다. 순환 계측 시스템은 비싼 열화장치와 반복적인 계측행위의 수고 없이 성능 및 열화 파라미터를 추출할 수 있다는 점에서 유용하다.

### 감사의 글

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF-2017M3A7B 4049119, Samsung Display Co. Ltd.

## 참고문헌

1. Hung, L., Chen, C., "Recent progress of molecular organic electroluminescent materials and devices," *Materials Science & Engineering R:Reports*, Vol. 39, pp. 143-222, 2002.
2. Qian, L., Zheng, Y., Xue, J., and Holloway, P., "Stable and efficient quantum-dot light-emitting diodes based on solution-processed multilayer structures," *Nature Photonics*, Vol. 5, pp. 543-548, 2011.
3. Jang, J. G., Ahn, J. M., Shin, S. B., Chang, H. J., Gong, S. C., Shin, H. K., Gong, M. S., Lee, C. W., "Fabrication and Characterization of Blue OLED using TMP-BiP Host and DJNBD-1 Dopant," *J. of The Korean Society of Semiconductor & Display Technology*, Vol. 6, pp. 19-23, 2007.
4. Kondakov, D., Sandifer J., Tang, C., and Young, R., "Nonradiative recombination centers and electrical aging of organic light-emitting diodes: Direct connection between accumulation of trapped charge and luminance loss," *J. of Applied Physics*. Vol. 93, pp. 1108-1119, 2003,.
5. Raffo, A., Di G., Traverso, P., Santarelli, A., and Vannini, G., "An Automated Measurement System for the Characterization of Electron Device Degradation Under Nonlinear Dynamic Regime," *IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement*, Vol. 58, pp. 2663-2670, 2009.
6. Kim, S. H., Lee, Y. J., Byun, K. N., Jung, S. Y., Lee, B. S., Yoo, H. S., "Characterization of High Efficient Red Phosphorescent OLEDs Fabricated on Flexible Substrates," *J. of The Korean Society of Semiconductor & Display Technology*, Vol. 4, pp. 15-19, 2005.

---

접수일: 2018년 3월 8일, 심사일: 2018년 3월 21일,  
 게재확정일: 2018년 3월 22일