

논문 2008-45SD-1-2

출력 전류 불균일 현상을 개선한 PMOLED 데이터 구동 회로

(The PMOLED data driver circuit improving the output current deviation problem)

김 정 학*, 김 석 윤*

(Junghak Kim and Seokyoon Kim)

요 약

본 논문에서는 PMOLED(passive matrix organic light emitting diodes) 데이터 구동회로의 전류 편차를 보상하는 새로운 구조의 회로를 제안한다. 일반적인 PMOLED 데이터 구동 회로의 경우 MOS(metal oxide semiconductor) 공정 변화에 의해서 발생하는 데이터 구동 회로 출력단의 전류 편차는 보상 할 수 없으나, 제안된 데이터 구동회로는 출력단의 전류 편차를 보상하여 균일한 값의 전류를 OLED 패널(panel)에 인가 할 수 있다. 제안하는 회로는 종래의 데이터 출력 회로에 스위칭 트랜지스터를 추가하여 데이터 출력 전류용 회로를 공통 연결선에 연결함으로써 공정 변화에 의한 출력 전류의 편차를 최소화 할 수 있다. 제안한 회로는 128(RGB)x128의 해상도를 지원하는 PMOLED 패널을 기준으로 설계 하였고, 구동 회로 개발에 이용된 공정은 0.35um이다. 실험 결과 제안한 데이터 구동회로의 출력 전류는 1%대의 오차를 갖는 반면, 종래의 데이터 구동회로의 경우 출력 전류는 9% 대로 심한 변화를 나타내었다. 본 논문에서 제안한 PMOLED 데이터 구동회로를 이용할 경우 고화질의 OLED 디스플레이 구현이 가능하여 고 품위의 디스플레이 특성을 요구하는 휴대용 디스플레이 기기에 적용 할 수 있다.

Abstract

This paper proposes a newly structured circuit that can compensate current deviation of a data driver circuit for OLED. A conventional data driver circuit for OLED cannot compensate the current deviation at the data driver circuit output terminal generated by MOS process change, but the proposed data driver circuit can authorize uniform value of current to an OLED panel by calibrating the current deviation at the output terminal. The proposed circuit can minimize current deviation of the output current via process change by connecting the circuit for data output current with a common interconnect line through addition of a switching transistor to the existing data output circuit. The circuit proposed in this paper has been designed based on an OLED panel supporting 128x128 resolution, and the process used for driver circuit development is 0.35um. As a result of the experiment in this study, the output current of the data driver circuit proposed here has 1% range of error, while 9% range of severe changes was demonstrated in the case of the previous data driver circuit. When using the data driver circuit for OLED proposed in this paper, high definition OLED display can be actualized and the circuit can be applied to mobile display devices requiring high quality display features.

Keywords : OLED, PMOLED, IC, Driver circuit, Data driver

I. 서 론

정보통신 기술이 고도로 발전하고 멀티미디어(multimedia)를 중요시하는 현상이 더욱 가속화 되면서

문자와 음성, 그리고 영상 정보를 시간과 장소에 제한 없이 주고받는데 필요한 디스플레이(display)의 중요성이 급격하게 증가 하고 있다. 이러한 추세 때문에 소형 디스플레이에 대한 관심이 고조되고 있으며 디스플레이의 신속한 정보 전달의 필요성을 만족시키기 위하여 고성능 고효율의 소자 특성과 빠른 응답속도 등을 요구하고 있다. 이에 고 휘도, 저 전압 구동, 자기발광, 경량 박형, 광 시야각, 그리고 빠른 응답속도의 장점을 갖는 OLED(organic light emitting diodes) 디스플레이 장치

* 정회원, 숭실대학교 컴퓨터학과
(Soongsil university, Graduate school of computer science)

※ 본 연구는 숭실대학교 교내 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

접수일자: 2007년10월11일, 수정완료일: 2008년1월10일

는 차세대 평판 디스플레이 장치의 하나로 최근 연구가 활발히 진행되고 있다.

OLED는 1963년에 Pope, Kallmann, Magnate 등에 의하여 안트라센(anthracene)의 단결정에서 최초로 발견되었지만, 제한된 크기, 단결정 성장의 문제점, 높은 구동 전압 때문에 더 이상 발전을 이루지 못했다^[1]. 그러나 1987년 미국 Eastman Kodak사의 C. W. Tang 박사에 의해 진공 증착을 사용하여 발광 효율과 안정성을 향상시킬 수 있는 초박형 2층 적층형 유기 발광 소자가 발표된 이후^[2], 1997년에 단색 OLED가 상품화 되었고 현재는 풀 컬러(full color) OLED가 상용화 되고 있다^[3]. 최근 들어 고품질 휴대용 디스플레이 장치의 수요가 증가함에 따라 OLED 디스플레이도 품질을 높이기 위하여 균일한 밝기의 고화질 디스플레이 개발의 중요성이 증대되고 있다^[4].

본 논문에서는 OLED를 이용한 고화질 디스플레이 개발을 위한 방법을 제안한다. OLED는 전류 제어용 소자로 전류를 제어하기 위한 데이터 구동 회로는 수 백개의 출력 채널로 구성되어 있고, 동일 계조 표현시의 출력 전류는 균일해야 하며, 각 계조 표현시의 출력전류는 동일한 차이를 갖는 전류를 공급 할 수 있어야 한다. 그러나, 웨이퍼(wafer) 제조 공정상의 소자 특성 변화로 인한 문턱전압의 변화(threshold voltage variation)에 의해 옅색이 발생하게 되고, 이 결과 균일한 밝기의 디스플레이(uniform brightness displays)를 개발하는데 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 앞서 설명한 문제점을 해결하기 위하여 출력 전류 불균일 문제를 개선한 PMOLED(Passive Matrix Organic Light Emitting Diodes) 데이터 구동 회로(data driver)를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 후술하는 제 II장에서는 PMOLED의 기본적인 동작원리와 본 논문에서 제안하는 데이터 구동 회로에 대하여 설명하고, 제 III장에서는 제안하는 데이터 구동 회로의 실험 결과를 이용하여 제안한 방법의 타당성을 입증한다. 마지막으로 제 IV장에서는 결론을 도출한다.

II. 본 론

2.1. PMOLED 구동 방식

PMOLED는 순방향 전류에 비례하여 휘도를 표현하기 때문에 캐소드(cathode) 전극과 애노드(anode) 전극을 수직 형태로 배치하고, 교차 부분에 유기물 다이오

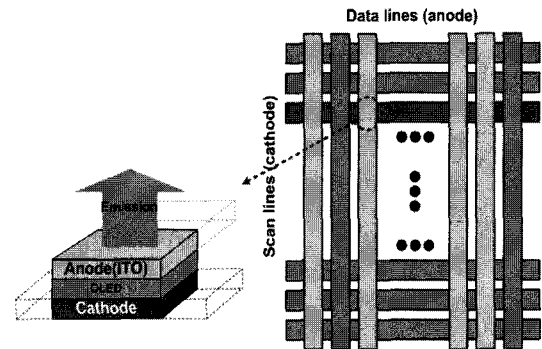


그림 1. PMOLED의 구조
Fig. 1. Structure of PMOLED.

드를 증착하여 선 주사 방식을 이용하는 방법으로 2차원 이미지를 구현한다[그림1]. 일반적으로 유기물 다이오드의 애노드(anode)에 데이터에 해당하는 전압이나 전류를 인가하고 선택된 열의 캐소드(cathode)를 낮은 전압으로 유지시킨다. 이때 선택되지 않은 나머지 열을 높은 전압으로 유지함으로써 선택된 열중에 데이터가 존재하는 다이오드만이 순방향으로 바이어스(bias)가 인가되어 유기물질이 발광하게 된다.

PMOLED 구동방식은 전압구동방식을 이용하는 LCD(Liquid Crystal Display)와 달리 전류구동방식을 이용한다. 전압구동방식은 OLED패널의 기생 커패시턴스(capacitance)를 짧은 시간 안에 충전과 방전을 수행할 수 있으므로 고속구동이 가능하다는 장점이 있는 반면 OLED의 휘도가 전압과 선형 관계가 성립되지 않으므로 전압구동방식을 이용할 경우 감마(γ)값 보정이 반드시 필요하게 된다. 전류구동방식은 OLED 패널의 화소마다 인가전압에 따른 전류 특성이 다르더라도 데이터 구동회로에서 화소에 인가되는 전류를 제어하므로 균일한 고화질 디스플레이 특성을 얻을 수 있고, 화소에 흐르는 전류량과 휘도가 선형적으로 비례하는 관계를 갖고 있으므로 감마보정이 필요 없어 대부분의 OLED 패널은 전류구동 방식을 이용한다. 더불어 OLED의 계조 표현은 인가되는 전류의 크기를 이용하는 PAM(pulse amplitude method)방식과 전류인가 시간을 조절하여 밝기를 제어하는 PWM(pulse width method)방식을 이용하여 표현 한다. 본 논문에서 제안하는 데이터 구동 회로는 전류를 유기물 다이오드에 인가하여 원하는 계조(gray)를 표현 할 수 있도록 하기 위해서 PWM 방식을 적용하였다.

그림 2는 PMOLED의 패널을 모델링(modeling)한 것으로 구동방식을 설명하기 위해 이용되는 유기물 다이오드와 다이오드에 기생하는 커패시턴스 성분, 캐소드

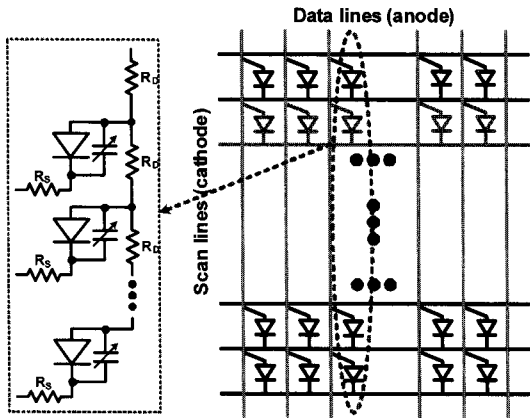


그림 2. PMOLED 패널 모델링
Fig. 2. Modeling of PMOLED panel.

라인과 애노드 라인에 존재하는 저항 성분을 나타낸 것이다.

본 논문에서 제안하는 PMOLED 패널의 구동 방법은 그림 2를 이용하여 다음과 같이 3단계로 나누어 설명할 수 있다.

- 1단계: 정확한 계조(gray)를 구현하기 위하여 OLED 패널의 다이오드(diode)에 기생하는 기생 커패시턴스(parasitic capacitance) 성분에 전하를 충전시킨다.
- 2단계: 유기 다이오드를 발광시키기 위하여 애노드 전극에 전압을 인가하고, 계조 구현에 필요한 전류를 다이오드에 인가한다.
- 3단계: 다음 프레임(frame)의 정확한 계조 표현을 위하여 다이오드에 인가된 전하를 방전시킨다.

위와 같이 일련의 과정을 거쳐 다이오드의 동작은 이루어진다. 즉, 충전(precharge), 발광(emitting), 방전(discharge)의 3단계 구성으로 유기 발광 다이오드를 발광시킬 수 있다.

2.2 종래의 데이터 드라이버 출력 회로

PMOLED의 구동은 앞서 설명한 3단계의 과정을 거쳐 이루어지며, 각각의 과정은 구동 IC(integrated circuit)의 데이터 드라이버 출력 회로를 이용하여 동작한다. 데이터 드라이버 출력 회로는 그림 3을 통해 개략적으로 나타내었다. 그림 3의 데이터 드라이버 출력 회로에서 트랜지스터(transistor) M1은 유기다이오드의 계조를 표현하기 위한 데이터 전류를 제어하는 역할을 수행한다. 본 논문에 제안하는 데이터 드라이버 출력회

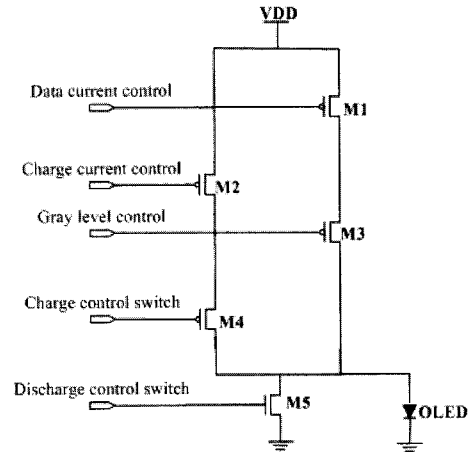


그림 3. 종래의 데이터 드라이버 출력 회로
Fig. 3. Conventional Data driver output circuit

로는 262K 컬러(color)를 표현할 수 있기 때문에 하나의 데이터 출력회로는 64 계조를 표현할 수 있다. 트랜지스터 M2는 유기 다이오드 패널에 기생하는 커패시턴스 성분을 충전하기 위한 패널 충전용 전류의 크기를 조절한다. 트랜지스터 M3는 트랜지스터 M1에 의해 생성된 전류 값을 패널의 유기 다이오드에 보내고 차단하는 스위치(switch) 역할을 한다. 트랜지스터 M4는 트랜지스터 M2에 의해 생성된 충전 전류를 패널에 보내고 차단하는 스위치 역할을 한다. 트랜지스터 M5는 OLED 패널의 정확한 계조 구현을 위한 것으로 트랜지스터 M3와 트랜지스터 M4에 의해 패널의 유기 다이오드에 인가된 구동 전류와 충전전류를 방전시키는 역할을 수행한다.

그러나 앞서 설명한 일반적인 데이터 출력회로는 아래와 같은 이유로 출력전류 불균일 현상이 나타난다. 즉, 데이터 출력 회로에 이용되는 트랜지스터의 특성을 모두 동일하게 설계하고, 모든 데이터 구동 회로의 출력 단에서 패널로 인가되는 전류량을 정량적으로 공급되도록 설계하더라도, 제조 공정상의 문제로 인하여 제조된 웨이퍼(wafer)의 트랜지스터 특성은 동일하지 않고, 소정의 편차를 갖게 된다. 이러한 문제는 트랜지스터 특성에 의한 전류량의 변화와 관련되어 패널의 데이터 라인 간 출력 전류 불균일 현상을 일으키고, 결과적으로 패널의 휘도 불균일 현상이라는 문제점을 야기시킨다. 즉, OLED 패널의 유기 다이오드에 기생하는 커패시턴스 전류 충전 구간에서의 충전 전류 편차로 인하여 과 충전(over precharge) 또는 부족 충전(under precharge) 현상이 발생한다. 이로 인하여 OLED패널 구동 전류는 충전회로의 전류편차와 함께 계조 표현에

이용되는 데이터 구동 회로의 전류편차가 부가 되어 데이터 라인 간 휘도 불 균일 현상이 더욱 악화된다.

2.3 개선된 데이터 드라이버 출력 회로

2.2절에서 설명 하였듯이 종래의 데이터 드라이버 출력 회로는 출력 회로부가 각각 독립적으로 동작하기 때문에 트랜지스터 제조단계에서의 공정 편차로 인하여 발생한 문제였다. 이 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서 제안하는 방법은 전하공유(charge share)를 이용하는 방법으로 전류 편차를 최소화 하였다. 즉, 충전 전류 회로 최종 단계 스위칭 트랜지스터 M5를 추가하여 출력 전류 보상용 공통 연결선을 그림 4와 같이 설계 하였다. 즉, 레드(red), 그린(green), 블루(blue)의 각 픽

셀에 기생하는 커패시턴스를 충전하기 위한 충전 전류 출력 회로에 공통 연결선(RGB common interconnect line)을 추가하여 충전 전류용 스위칭 트랜지스터가 동작 할 때 마다 충전 제어 스위치(charge control switch)가 동작하여 출력 회로 내의 트랜지스터에 의한 문턱전압 편차로 인한 각 데이터 라인 간 충전 출력 전류의 편차를 상호 보상하고, 공통 연결선으로 인하여 상호 보상된 정 전류를 OLED 패널에 인가함으로써 패널의 유기 다이오드에 기생하는 커패시턴스 성분을 일정한 전류로 충전 할 수 있도록 하였다.

그림 5는 제안하는 데이터 출력회로를 이용한 레드 색상의 출력 회로의 예를 나타낸 것으로, 128개의 R common interconnect line을 유기 다이오드에 기생하는 커패시턴스 성분의 충전을 위한 데이터 출력회로에 서로 연결함으로써 128개의 충전 전류 용량을 모두 동일하게 설정을 할 수 있다. 그림 5에서 레드 데이터 출력 회로를 0에서 127로 한정지은 것은 128(RGB)x128의 해상도를 지원하는 PMOLED 패널 구동 전용 데이터 출력 회로이기 때문이다.

III. 실험

본 절에서는 제안한 방법의 타당성을 검증하기 위하여 출력 전류 불 균일을 개선한 데이터 출력 회로를 적용하여 262K 컬러를 지원하고 128(RGB)x128 해상도를 구동 할 수 있는 PMOLED 구동 전용 IC를 설계하고 제작하였다. 그림 6은 제안한 방법의 검증을 위해 설계

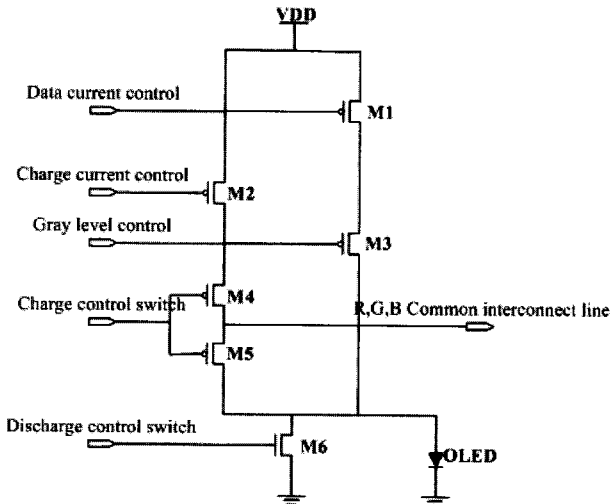


그림 4. 제안한 데이터 드라이버 출력 회로
Fig. 4. Propositional data driver output circuit.

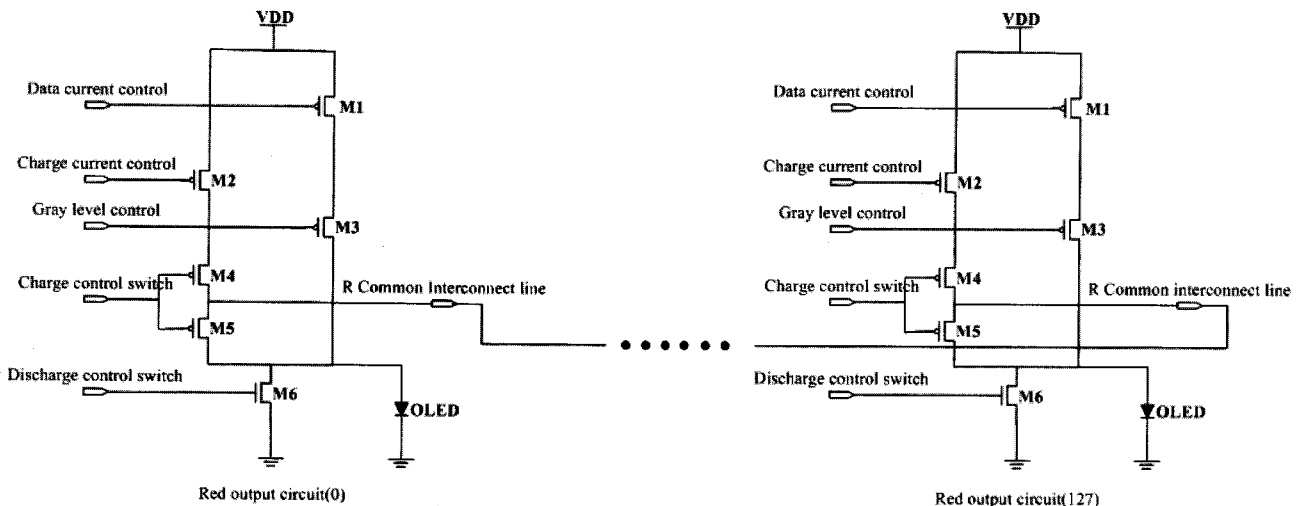


그림 5. 제안한 레드 데이터 드라이버 출력 회로
Fig. 5. Propositional red data driver output circuit.



그림 6. PMOLED 구동 IC layout
Fig. 6. Layout of PMOLED driver IC.

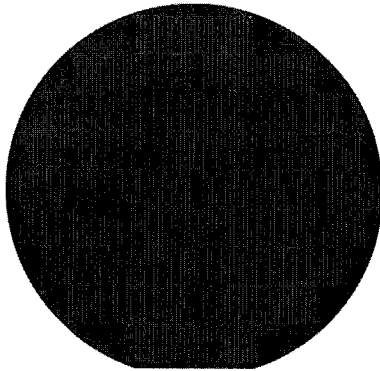


그림 7. PMOLED 구동 IC 웨이퍼
Fig. 7. PMOLED driver ic wafer.



그림 8. PMOLED 구동 IC 프로브 카드
Fig. 8. PMOLED driver IC Probe card.

한 PMOLED 구동 IC의 레이아웃(layout)이다.

본 논문에서 제안한 데이터 출력 회로의 정확한 평가를 위하여 제안된 방법을 적용한 OLED 구동 IC의 설계를 마친 후 설계된 DB(database)를 이용하여 0.35um 공정으로 그림 7과 같은 8인치 웨이퍼(wafer)를 제작하였다.

정확한 평가를 위하여 하나의 웨이퍼에 본 논문에서 제안한 데이터 출력 회로와 기존의 데이터 출력 회로를 모두 적용하고, 웨이퍼의 전체 면적에서 절반을 나누어 각각의 공간에 두 가지 데이터 출력 회로를 할당 한 후 공정을 진행 하였다. 공정이 완료된 웨이퍼의 평가를 위하여 웨이퍼 위에 범프(bump)를 형성하고, 범프가 형성된 PMOLED 구동 IC의 PT(probe test)를 진행하기 위하여 그림 8과 같은 프로브 카드(probe card)를 제작하였다. 프로브 카드는 하나의 구동 IC와 접촉되어 구동 IC의 출

력 전류와 기능(function)을 측정하게 된다.

본 실험에서 평가에 이용한 장비는 디스플레이 구동 IC 평가를 위해 많이 이용되는 요코가와(yokogawa)사의 TS670모델이다. TS670 장비는 디스플레이 구동 IC를 평가하기 위한 장비로 디스플레이 구동 IC의 출력 핀의 전류를 정확하게 측정 할 수 있는 특징을 갖고 있다. 본 논문에서 제안하는 OLED 구동 IC의 데이터 출력 회로의 전류 출력 특성은 TS670 장비를 이용함으로써 출력 전류의 정확한 측정과 더불어 신속한 측정을 할 수 있었다.

제안한 방법의 타당성을 검증하기 위한 측정 결과는 그림 9와 그림 10을 이용하여 확인 할 수 있다. 그림 9는 종래의 데이터 출력 회로를 적용하여 개발한 OLED 구동 IC에서 출력되는 레드, 그린, 블루의 전류 값을 나타내고, 그림 10은 제안한 데이터 출력 회로를 적용한 OLED 구동 IC의 레드, 그린, 블루 각각의 유기 다이오드를 구동하기 위한 출력 전류 값을 나타낸다. 그림 9와 같이 충전 전류의 출력 값의 편차가 큰 이유는 앞서 설명한 것과 같이 웨이퍼 제작 단계에서 발생한 공정산포(process variation)에 의한 데이터 출력회로의 전류 편차로 인한 것이다. 이러한 공정 산포 문제로 인하여 OLED 패널의 휘도 불 균일 현상이 야기 되는 것이다. 그림 11은 종래의 데이터 출력 회로를 이용하여 개발한 PMOLED 구동 IC의 출력 전류 오차율을 그래프로 나타낸 것이고, 그림 12는 제안한 방법을 적용한 PMOLED 구동 IC의 출력 전류 오차율을 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 확인 가능 하듯이 종래의 방법을 적용한 구동 IC의 오차율은 9%대인 반면, 제안한 방법을 적용한 구동 IC의 오차율은 1% 대를 보임으로써 제안한 방법이 종래의 방법보다 우수함을 확인 할 수 있다.

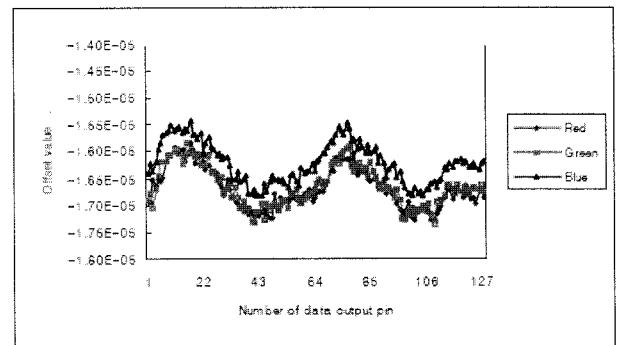


그림 9. 일반적인 회로를 이용한 구동 IC 출력 전류
Fig. 9. Output current of IC using conventional circuit.

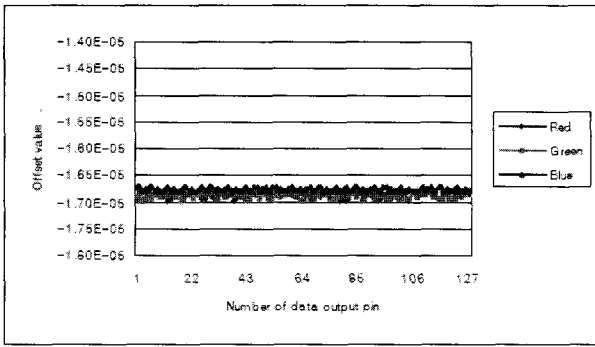


그림 10. 제안한 회로를 이용한 구동 IC 출력 전류
Fig. 10. Output current of IC using propositional circuit.

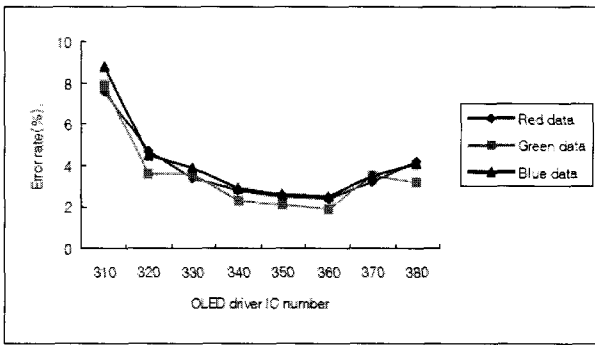


그림 11. 종래의 회로를 이용한 구동 IC의 오차율
Fig. 11. Error rate of IC's with conventional circuit.

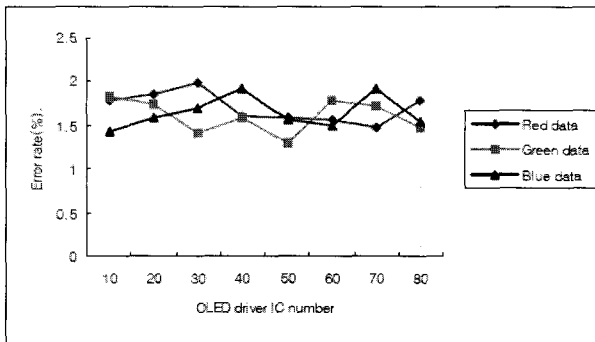


그림 12. 제안한 회로를 이용한 구동 IC의 오차율
Fig. 12. Error rate of IC's with propositional circuit.

본 논문에서 제안한 데이터출력 회로가 종래의 데이터 출력 회로보다 효율적으로 동작한다는 특성은 앞선 그래프를 통하여 확인 할 수 있었고, 시각적으로 제안한 데이터 출력 회로의 우수성을 확인하기 위하여 그림 13과 같이 회로를 구성하여 OLED 패널을 점등하였다. 패널 점등 평가를 하기 위하여 범프가 형성된 구동 IC를 TCP(tape carrier package) 타입으로 가공하여 패널에 접합한 이후에 구동 보드에 조립하여 구동하였다. 구동 확인 결과 문제가 되었던 데이터 라인 간 휘도 불균일 문제는 제거되었고, 그림 13에서 보는 것과 같이 고품질의 이미지 구현이 가능하였다.

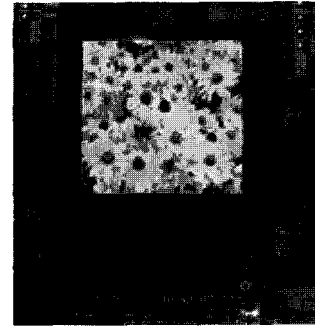


그림 13. PMOLED 구동 사진
Fig. 13. PMOLED driving photograph.

IV. 결 론

본 논문에서는 OLED 패널의 휘도 불 균일 문제를 개선하기 위한 데이터 출력회로를 제안하였다. 제안한 방법은 종래의 데이터 출력 회로에 충전 전류 제어용 스위칭 트랜지스터를 추가하여 하나의 공통 연결선에 모두 연결함으로써 충전 전류용 스위칭 트랜지스터의 문턱전압 편차로 인해 발생하는 OLED 패널의 충전 전류 편차를 상호 보상하여 데이터 출력단으로 균일한 충전 전류가 출력 되도록 회로를 개선하였다. 결과적으로 제안한 방법은 출력 전류 불균일성이 개선되었고, 개선된 데이터 출력 회로를 이용하여 OLED 패널을 점등할 경우 OLED 패널의 데이터 라인 간 휘도 불 균일 현상은 제거 되었다. 따라서, 본 논문에서 제안한 데이터 출력 회로를 이용하여 OLED 구동 IC를 개발 할 경우 OLED 패널에서 발생하는 휘도 불 균일 현상을 최소화하면서 고 품질의 영상을 구현 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Mike Hack, R. Hewitt, "Performance of High Efficiency AMOLED Displays", IDMC 2000, pp.435.
- [2] C. W. Tang, "An overview of organic electro luminescent materials and devices", SID 96 Digest, pp.181-184(1996).
- [3] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes," Appl. Phys. Lett., vol. 51, pp. 913 - 915, 1987.
- [4] R. Dawson, M. G. Kane, "Pursuit of Active Matrix Organic Light Emitting Diode Displays," SID Digest, pp.372-375, June 2001.

 저 자 소 개



김 정 학(정회원)

2000년 청운대학교 인공지능
컴퓨터학과 학사 졸업.
2002년 숭실대학교 컴퓨터학과
석사 졸업.
2004년 숭실대학교 컴퓨터학과
박사 수료.

2004년~2005년 오리온전기 OLED연구소 연구원.

2005년~현재 오리온오엘이디 평판연구소
연구원.

<주관심분야 : VLSI 회로해석 및 설계, OLED 회
로설계>



김 석 운(정회원)

1980년 서울대학교 공대
전기공학과 학사 졸업.
1990년 University of Texas at
Austin 전기, 컴퓨터학과
석사 졸업.

1993년 University of Texas at
Austin 전기, 컴퓨터학과
박사 졸업.

1982년~1987년 한국전자 통신연구소 연구원.

1993년~1995년 Motorola Inc. Senior Staff
Engineer

1995년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수.

<주관심분야 : 설계자동화, VLSI 회로해석 및 설
계>