

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.
G09G 3/30 (2006.01)
G09G 3/32 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0033746
(43) 공개일자 2006년04월19일

(21) 출원번호 10-2005-7025433
(22) 출원일자 2005년12월30일
 번역문 제출일자 2005년12월30일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2004/002118 (87) 국제공개번호 WO 2005/004097
 국제출원일자 2004년06월23일 국제공개일자 2005년01월13일

(30) 우선권주장 0315455.6 2003년07월02일 영국(GB)

(71) 출원인 코닌클리케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.
 네델란드왕국, 아인드호펜, 그로네보르스베그 1

(72) 발명자 피시, 데이비드, 에이.
 영국, 설레이 알에이치1 5에이치에이, 레드힐, 크로스 오크 라인, 필립스
 인텔렉추얼 프로퍼티 앤 스탠다즈 내

(74) 대리인 문경진

심사청구 : 없음

(54) 전자발광 디스플레이 디바이스

요약

능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스에는 전자발광 디스플레이 소자(20)의 조명을 제어하는 구동 트랜지스터 (22)를 어드레스 지정하기 위해 사용될 전압을 저장하기 위해, 각 픽셀(10)에는 저장 커패시터(24)가 제공되고, 광 트랜지스터와 같은 게이트 제어된 방전 감광성 수단(36)이 디스플레이 소자의 광 출력에 따라 전하 저장 커패시터를 방전하기 위해 제공된다. 게이트 제어된 감광성 수단의 동작은, 입력이 저장 커패시터의 한 쪽에 결합되는 인버터(50)의 출력에 의해 제어된다. 저장 커패시터가 미리 결정된 방전 전압에 도달하게 되면, 게이트 제어된 방전 감광성 수단(36)이 인버터의 스위칭에 의해 턴 온되고, 이로 인해 커패시터를 신속하게 방전하게 되고 디스플레이 소자를 턴 오프시킨다. 이러한 식으로 인버터를 사용함으로써, 광 출력을 끝내기 위해 빠르고, 확실하며 양호하게 제어된 스위칭 작용을 보장하게 된다.

대표도

도 7

명세서

기술분야

본 발명은 전자발광 디스플레이 디바이스, 특히 광을 방출하는 전자발광 디스플레이 소자와 박막 트랜지스터를 포함하는 픽셀의 어레이를 가지는 능동 매트릭스 디스플레이 디바이스에 관한 것이다. 좀더 구체적으로, 본 발명은 픽셀이 디스플레이 소자에 의해 방출된 광에 반응하고 디스플레이 소자의 에너지 공급을 제어하는데 사용되는 광 감지 소자를 포함하는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스에 관한 것이다.

배경기술

전자발광, 광 방출 디스플레이 소자를 이용하는 매트릭스 디스플레이 디바이스는 잘 알려져 있다. 디스플레이 소자는 보통 폴리머 물질(PLED)을 포함하는 유기 박막 전자발광 소자, (OLED), 또는 발광 다이오드(LED)를 포함한다. 이들 물질은 통상 한 쌍의 전극 사이에 끼워져 있는 반 도전성의 복합(conjugated) 폴리머의 하나 또는 그 이상의 층을 포함하고, 이들 전극 중 하나는 투명하며, 나머지 하나는 정공이나 전자를 폴리머 층에 주입하기에 적합한 물질로 이루어진다.

그러한 디스플레이 디바이스에서의 디스플레이 소자는 전류 구동되고 종래의 아날로그 구동 방식은 제어 가능한 전류를 디스플레이 소자에 공급하는 것을 수반한다. 통상 픽셀 구성의 일부로서 전류원 트랜지스터가 제공되는데, 이 경우 전자발광(EL) 디스플레이 소자를 통과하는 전류를 결정하는 전류원 트랜지스터에 게이트 전압이 공급된다. 저장 커패시터는 어드레스 지정 단계 이후 게이트 전압을 가진다. 그러한 픽셀 회로의 일 예는 EP-A-0717446에 설명되고 있다.

그러므로 각 픽셀은 EL 디스플레이 소자와 연관된 구동기 회로를 포함한다. 구동기 회로는 행 도체 상의 행 어드레스 펄스에 의해 턴 온되는 어드레스 트랜지스터를 가진다. 어드레스 트랜지스터가 턴 온되면, 열 도체 상의 데이터 전압이 픽셀의 나머지를 통과할 수 있게 된다. 특히 어드레스 트랜지스터는 열 도체 전압을 전류원에 공급하고, 이러한 전류원은 구동 트랜지스터와 구동 트랜지스터의 게이트에 연결된 저장 커패시터를 포함한다. 열, 데이터 전압이 구동 트랜지스터의 게이트에 제공되고, 게이트는 행 어드레스 펄스가 종료된 후에도 저장 커패시터에 의해 이러한 전압으로 유지된다. 이 회로의 구동 트랜지스터는, 저장 커패시터가 고정된 게이트-소스 전압을 유지하도록 p-채널 TFT(박막 트랜지스터)로 구현된다. 이는 트랜지스터를 통과하는 고정된 소스-드레인 전류를 초래하고, 따라서 픽셀의 원하는 전류원 동작을 제공하게 된다.

전술한 기본 픽셀 회로에서, 주어진 구동 전류에 관한 픽셀의 광 출력 레벨의 감소를 초래하는 LED 물질의 시차 노화(differential ageing) 또는 성능저하는 디스플레이에 대한 이미지 품질의 변화를 일으킬 수 있다. 또한, 디스플레이의 불균일성의 문제가 구동 트랜지스터 특성, 특히 임계 전압 레벨의 가변성으로 인해 일어날 수 있다.

LED 물질의 노화와 트랜지스터 특성의 변동을 보상할 수 있는 개선된 전압 어드레스 지정된 픽셀 회로가 제안되었다. 이들은 디스플레이 소자의 광 출력에 반응하고 광 출력에 반응하여 저장 커패시터 상에 저장된 전하를 누출하도록 작용하여 픽셀의 초기 어드레스 지정 다음에 오는 구동 기간 동안에 디스플레이 소자의 통합된 광 출력을 제어하는 광 감지 소자를 포함한다. 이러한 타입의 픽셀 구성의 예가 WO 01/20591호와 EP 1096466호에 상세히 설명되어 있다. 일 실시예에서, 픽셀에서의 광 다이오드는 저장 커패시터 상에 저장된 게이트 전압을 방전하고, EL 디스플레이 소자는 구동 트랜지스터 상의 게이트 전압이 임계 전압에 도달할 때, 즉 저장 커패시터는 방전을 중지하는 시각에 방출을 멈춘다. 전하가 광 다이오드로부터 누출되는 속도는 디스플레이 소자 출력의 함수로, 광 다이오드는 감광성 피드백 디바이스의 역할을 하게 된다.

이러한 장치를 가지고, 디스플레이 소자의 효율과 노화 보상과 무관한 디스플레이 소자로부터의 광 출력이 이에 따라 제공된다. 이러한 기술은 시간 기간을 통해 불균일성을 덜 겪는 고품질의 디스플레이를 달성하는 데 있어 효율적인 것으로 나타났다. 하지만 양호한 결과를 위해서는 비결정 실리콘 pin 광 다이오드와 같은 고효율의 광 다이오드가 바람직하게 사용되고, 이는 통상의 경우처럼, 구동 트랜지스터로서 다결정 실리콘 TFT가 사용되는 제작의 복잡화를 야기한다. 또한, 픽셀로부터 양호한 프레임 시간 평균 밝기를 달성하기 위해서는, 높은 피크 밝기 레벨이 요구되는데 이는 EL 소자가 가장 효율적인 동작점으로부터 떨어져서 사용되어 LED 물질이 좀더 빠르게 노화될 가능성이 있다는 것을 의미한다.

전술한 WO 01/20591호와 EP-A-1096466호에는 더 낮은 효율의 광 트랜지스터를 공통 프로세스를 사용하는 구동 TFT와 함께 쉽게 제조될 수 있는 광 감지 소자로서 더 낮은 효율의 광-트랜지스터를 사용하는 픽셀 회로의 실시예가 설명된다. 이들 픽셀 회로에서는 광 트랜지스터를 비추는 광이 저장 커패시터의 점진적인 방전을 초래하고 그로 인해 구동 트랜지스터를 통과하는 전류가 줄어들게 되며, 전류가 미리 결정된 낮은 레벨로 떨어지게 되면 광 트랜지스터가 커패시터를 빠르게 방전하기 위해 턴 온된다. 이러한 턴 온은 광 트랜지스터의 게이트를 EL 소자의 애노드에 연결함으로써 달성된다. 하지만, 이렇게 함으로써 생기는 문제점은, EL 소자의 애노드 전압에서의 상당한 움직임이 요구되고 이는 달성하기가 어려울 수 있다. 또한, 이러한 픽셀 회로에서는 EL 소자 애노드에 대한 연결은, LED 노화의 효과, 즉 애노드 전압에서의 증가가 픽셀 회로에 다시 결합되고, 구동 트랜지스터와 광 트랜지스터의 파라미터들의 변동으로 인해 불균일성을 지닌 픽셀 회로가 존재할 수 있음을 의미한다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은, 픽셀 회로에서 광학 피드백을 사용하는 종류의 개선된 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스를 제공하는 것이다.

본 발명의 일 양태에 따르면, 디스플레이 픽셀의 어레이를 포함하는 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스가 제공되는데, 각 픽셀은

전자발광 디스플레이 소자;

상기 디스플레이 소자를 통과하는 전류를 구동하기 위한 구동 트랜지스터;

상기 구동 트랜지스터를 어드레스 지정하기 위해 사용될 전압을 저장하기 위한 저장 커패시터;

상기 디스플레이 소자의 광 출력에 따라 상기 저장 커패시터를 방전하기 위해 상기 저장 커패시터에 결합된 게이트 제어된 감광성 수단; 및

상기 게이트 제어된 감광성 수단의 게이트에 출력이 결합되고 상기 저장 커패시터의 한 쪽에 입력이 결합되며, 미리 결정된 레벨에 도달하는 상기 저장 커패시터의 한쪽에서의 전압에 따라 상기 저장 커패시터를 방전하기 위해 상기 게이트 제어된 감광성 수단을 신속하게 턴 온시키도록 동작 가능한 인버터를 포함한다.

그러므로 이 디바이스에서는 게이트 제어된 감광성 수단의 게이트는 더 이상 EL 소자의 애노드에 연결되지 않는다. 대신 게이트의 전압이 저장 커패시터 전압에 따라 인버터에 의해 제어된다. 이는 디스플레이 디바이스의 성능과 제조된 디스플레이의 품질에 있어서 상당한 개선을 가져온다. 특히, 불균일성 문제를 초래하는 픽셀 구동 트랜지스터의 임계 레벨에서의 변동 영향이 회피된다. 또한, EL 소자의 수명에 따라 증가하는, 알려진 픽셀 회로의 동작의 EL 소자의 임계 전압에 대한 의존성이 회피된다. 본 발명의 디바이스의 픽셀 회로는 게이트 제어된 감광성 수단이 턴 온될 때 EL 소자로부터의 광 출력이 빠르게 끝나는 "스냅-오프(snap-off)"를 제공하는 데 있어 알려진 픽셀 회로와 유사한 방식으로 동작한다. 하지만 본 발명의 픽셀에 의해 달성된 이러한 "스냅-오프" 작용은 알려진 픽셀 회로에서와 같은 광 트랜지스터를 단순히 사용하여 얻어지는 것에 비해 개선된 것이고 상당히 더 확실하고 빠른 스위칭 작용이 달성된다.

게이트 제어된 감광성 수단은 광 트랜지스터, 바람직하게는 TFT 구조이거나 측면 게이트 제어된 광 다이오드 디바이스일 수 있다. 이러한 수단은 표준 TFT와 병렬로 연결된 NIP 또는 PIN 광 다이오드와 같은 소자의 조합을 대안적으로 포함할 수 있다.

바람직하게 종래의 픽셀 회로에서와 같이, 구동 트랜지스터는 전원 라인과 디스플레이 소자 사이에 연결된다. 게이트 제어된 감광성 수단은 이후 전원 라인과 구동 트랜지스터의 게이트 사이의 저장 커패시터와 병렬로 연결될 수 있다.

또한, 종래의 디바이스에서처럼, 각 픽셀은 예를 들어 아날로그 전압 데이터 신호를 운반하는 입력 신호 라인과, 저장 커패시터의 한쪽과 구동 트랜지스터의 게이트 사이의 노드에 결합된 픽셀 입력 사이에 연결된 어드레스 트랜지스터를 포함할 수 있다.

전원 라인은 편의상 한 전압 공급은 인버터용이고, 나머지 전압 공급은 기준 전위 소스, 예를 들어 접지 라인에 의해 제공되는 것으로 이용될 수 있다.

인버터는 CMOS 타입 인버터인 것이 바람직한데, 이는 그러한 인버터만이 스위칭할 때 전류를 사용하기 때문이다. 그러나 양 도전 타입(p와 n)의 TFT를 사용하는 인버터는, 저장 커패시터의 한쪽과 감광성 수단의 게이트 사이에 단순히 연결된다면, 다른 인버터의 TFT 특성의 변동으로 인해, 일부 불균일성을 도입할 수 있다.

그러므로 바람직한 일 실시예에서는 각 픽셀이 인버터의 입력과 저장 커패시터의 한쪽 사이에 연결된 추가 커패시터를 포함하고, 이 커패시터에는 인버터의 스위칭 포인트 전압에 의존하는 조정 전압이 저장된다. 이러한 식으로, 게이트 제어된 감광성 수단의 작용은, 게이트 제어된 감광성 수단의 동작이 저장 커패시터의 한쪽에 존재하는, 일정한 미리 결정된 전압

레벨에 따라 신뢰할 수 있게 제어되도록, 인버터의 스위칭 포인트 전압에서 일어날 수 있는 변동과는 무관하게 될 수 있다. 각 픽셀은 인버터가 그것의 스위칭 포인트 전압을 유지하도록, 어드레스 지정 단계 동안에 동작 가능한 인버터의 입력과 출력 사이에 연결된 스위칭 트랜지스터를 더 포함하는 것이 바람직하다.

픽셀이 종래의 디바이스에서처럼 각각의 행 어드레스 라인을 거쳐 공급된 선택(게이트 제어) 신호에 의해 어드레스 지정 단계에서 선택되는 한 행에 있는 픽셀들로 일렬로 배치되는 경우, 픽셀의 한 행의 인버터에 관한 기준 전위 소스는 이웃하는 픽셀 행과 연관된 행 어드레스 라인에 의해 편리하게 제공될 수 있다. 종래의 구동 방식에서는, 픽셀의 한 행에 관한 선택 어드레스 신호는, 통상 어레이에서의 픽셀의 행 개수로 나누어지는 프레임 기간에 대응하는 상대적으로 짧은 행 어드레스 기간 동안에 연관된 행 어드레스 도체에 인가되고, 나머지 프레임 기간 동안에는 행 어드레스 도체가 일반적으로 통상 접지와 같은 낮게 고정된 전위를 가지게 된다.

본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 전자발광 디스플레이 소자의 어레이를 구동하고, 상기 디스플레이 소자를 구동하기 위한 구동 회로의 어레이를 포함하는 능동 매트릭스 회로가 제공되는데, 각 구동 회로는

디스플레이 소자에 관한 구동 전류를 제공하는 구동 트랜지스터;

구동 트랜지스터를 어드레스 지정하기 위해 사용될 전압을 저장하기 위한 저장 커패시터;

게이트 제어된 감광성 수단에 입사하는 광에 따라 저장 커패시터를 방전하기 위해 저장 커패시터에 결합된 게이트 제어된 감광성 수단; 및

게이트 제어된 감광성 수단의 게이트에 출력이 결합되고 저장 커패시터의 한 쪽에 입력이 결합되며, 게이트 제어된 감광성 수단에 입사하는 광에 반응하여 특정 방전 레벨을 얻는 저장 커패시터의 한쪽에서의 전압에 따라 저장 커패시터를 방전하기 위해 게이트 제어된 감광성 수단을 턴 온시키도록 배열되는 인버터를 포함한다.

이제 본 발명에 따른 능동 매트릭스 전자발광(EL) 디스플레이 디바이스의 실시예를 첨부 도면을 참조하여 예를 통해 설명한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 능동 매트릭스 EL 디스플레이 디바이스의 일 실시예의 단순화된 개략도.

도 2와 도 3은 알려진 픽셀 형태의 등가 회로를 개략적으로 도시하는 도면.

도 4는 도 2와 도 3의 픽셀 동작을 그래프로 도시하는 도면.

도 5는 도 1의 디바이스에서의 전형적인 픽셀의 등가 회로를 개략적으로 도시하는 도면.

도 6은 도 5의 픽셀 동작의 가능한 변형을 도시하는 그래프.

도 7은 본 발명에 따른 픽셀 회로의 또 다른 실시예를 도시하는 도면.

도 8은 도 7의 픽셀 회로의 동작시 존재하는 다양한 파형을 도시하는 도면.

도 9는 도 7의 픽셀 회로의 실제 실시예를 도시하는 도면.

실시예

도면에서 동일하거나 유사한 부분을 표시하기 위해 동일한 참조 번호가 사용된다.

도 1을 참조하면, 능동 매트릭스 EL 디스플레이 디바이스는 블록(10)으로 표시된 규칙적으로 놓인 픽셀의 행과 열 매트릭스 어레이를 가지는 패널을 포함하고, 각 픽셀은 EL 디스플레이 소자(20)와 디스플레이 소자를 통과하는 전류를 제어하는 연관된 구동 회로를 포함한다. 픽셀은 행(선택) 및 열(데이터) 어드레스 도체 또는 라인(12, 14)의 교차하는 세트 사이의

교차점에 위치한다. 간단하게 하기 위해 소수의 픽셀만이 도시되어 있다. 픽셀(10)은 각각의 도체 세트의 끝에 연결된 행, 스캐닝 구동기 회로(16)와 열, 데이터 구동기 회로(18)를 포함하는 주변 구동 회로에 의해 어드레스 도체의 세트를 거쳐 어드레스 지정된다.

픽셀의 각 행은, 어드레스 기간의 다음에 오는 프레임 기간에 개별 디스플레이 출력을 결정하는 각각의 데이터 신호로 행의 픽셀을 프로그래밍하도록 관련 행 도체(12)에 회로(16)에 의해 인가되는 선택 펄스 신호에 의해 한 프레임 기간에서 번갈아가며 어드레스 지정되고, 회로(18)에 의해 열 도체(14)에 데이터 신호가 병렬로 공급된다. 각 행이 어드레스 지정될 때, 데이터 신호는 적절하게 동기 되어 회로(18)에 의해 데이터 신호가 공급된다.

각 픽셀의 EL 디스플레이 소자(20)는, 본 명세서에서는 다이오드 소자(LED)라고 표현되고, 유기 전자발광 광 방출 물질의 하나 또는 그 이상의 활성층이 그 사이에 끼워져 있는 한 쌍의 전극을 포함하는 유기 발광 다이오드를 포함한다. 이러한 특별한 실시예에서는 물질이 폴리머 LED 물질을 포함하지만, 저 분자 중량의 물질과 같은, 다른 유기 전자발광 물질이 사용될 수 있다. 어레이의 디스플레이 소자는 절연 기관의 표면 상에서, 연관된 능동 매트릭스 회로와 함께 운반된다. 이러한 기관은 유리와 같은 투명한 물질이고, 디스플레이 소자(20)의 캐소드나 애노드는 ITO와 같은 투명한 도전성 물질로 형성되어, 전자발광 층에 의해 생성된 광은 이들 전극을 투과한다. EL 물질에 관해 사용될 수 있는 적합한 유기 복합 폴리머 물질의 전형적인 예는 WO 96/36959호에 설명된다. 다른 저 분자 중량의 유기 물질의 전형적인 예는 EP-A-0717446호에 설명된다.

각 픽셀(10)의 구동 회로는, 픽셀의 각 열에 의해 공유되는 열 도체(14)를 거쳐 픽셀에 인가된 데이터 신호 전압에 기초하여 디스플레이 소자(20)를 통과하는 전류를 제어하는 역할을 하는, 저온의 폴리실리콘 TFT(박막 트랜지스터)를 포함하는 구동 트랜지스터를 포함한다. 열 도체(14)는 픽셀 구동 회로에서의 어드레스 TFT를 통해 전류 제어 구동 TFT의 게이트에 결합되고, 한 행의 픽셀의 어드레스 TFT에 관한 게이트는 모두 각각의 공통 행 어드레스 도체(12)에 결합된다.

비록 도 1에는 도시되지 않았지만, 픽셀(10)의 각 행은 또한 종래의 방식으로 미리 결정된 전압을 가지는 각각의 전원 라인과, 보통 모든 픽셀에 공통인 연속 전극으로 제공되는 기준 전위 라인을 공유한다. 디스플레이 소자(20)와 구동 TFT는 전원 라인과 공통 기준 전위 라인 사이에 직렬로 연결된다. 예를 들어, 기준 전위 라인은 접지 전위 상태에 있을 수 있고, 전원 라인은 예를 들어 12V 부근의 양의 전위에 있을 수 있다.

지금까지 설명한 디스플레이 디바이스의 특징은 일반적으로 알려진 디바이스의 특징과 유사하다.

도 2는 예를 들어 WO 01/20591호에 설명된 바와 같은 픽셀 회로의 알려진 형태를 도시한다. 도 2에서 모두 p-채널 디바이스를 포함하는 구동 TFT와 어드레스 TFT는 각각 22와 26으로 표시되고, 전원 라인과 기준 전위 라인은 각각 32와 30으로 표시된다. 어드레스 TFT(26)가 행 도체(12)에 인가된 선택 펄스 신호에 의해 각각의 행 어드레스 기간에서 턴 온되면, 열 도체(14) 상의 전압(데이터 신호)이 나머지 픽셀로 옮겨갈 수 있다. 특히, TFT(26)는 열 구동 전압을 전류원 회로(25)에 공급하고, 이러한 전류원 회로(25)는 구동 TFT(22)와, TFT(22)의 게이트와 전원 라인(32) 사이에 연결된 저장 커패시터(24)를 포함한다. 그러므로 심지어 행 어드레스 기간의 끝에서 어드레스 TFT(26)가 턴 오프된 후에도, 저장 커패시터(24)에 의해 저장된 제어 값을 구성하는 이러한 전압을 갖는 TFT(22)의 게이트에 열 전압이 제공된다. 여기서 구동 TFT(22)는 p-채널 TFT로 구현되고, 커패시터(24)는 게이트-소스 전압을 갖게 된다. 이는 TFT(22)를 통과하는 고정된 소스-드레인 전류를 초래하고, 따라서 픽셀의 원하는 전류원 동작을 제공한다. 디스플레이 소자(20)를 통과하는 전류는 구동 TFT(22)에 의해 조절되고, TFT(22)의 게이트 전압의 함수이며, 이러한 TFT(22)의 게이트 전압은 열 전압, 데이터, 신호에 의해 결정된 저장된 제어 값에 의존한다. 행 어드레스 기간의 끝에서는, 저장 커패시터(24)가 가지고 있는 전압은 다른 프레임 기간에서 다시 픽셀이 어드레스 지정되기 전의 이어지는 구동 기간 동안에 디스플레이 소자의 동작을 유지시킨다. 그러므로 TFT(22)의 게이트와 기준 전위 라인(32) 사이의 전압은, 디스플레이 소자(20)를 통과하는 전류를 결정하고, 번갈아가며 픽셀의 순간 광 출력 레벨을 제어한다.

도 2의 알려진 픽셀 회로는 방전 광 다이오드(34)를 더 포함하는데, 이러한 광 다이오드(34)는 역 바이어스되고 디스플레이 소자(20)에 의해 방출된 광에 반응하며 광 다이오드에서 생성된 광 전류를 거쳐, 디스플레이 소자(20)에 의해 방출된 광에 따라 저장 커패시터(24) 상에 저장된 전하를 감쇠시키는 작용을 한다. 광 다이오드는 커패시터(24)에 저장된 게이트 전압을 방전시키고, TFT(22) 상의 게이트 전압이 TFT의 임계 전압에 도달하게 되면, 디스플레이 소자(20)는 더 이상 광을 방출하지 않게 되면 저장 커패시터는 방전을 멈춘다. 전하가 광 다이오드(34)로부터 누출되는 속도는 광 다이오드(34)가 감광성 피드백 디바이스로서 기능 하도록, 디스플레이 소자의 광 출력 레벨의 함수이다.

광 다이오드 피드백 장치는 디스플레이 소자 노화의 성능저하 영향을 보상하기 위해 사용되고, 이로 인해 주어진 구동 전류에 관해 만들어진 광 출력 레벨 측면에서 이러한 피드백 장치의 작동 효율성은 줄어든다. 그러한 성능저하를 통해, 더 길

게 그리고 견실하게 구동된 디스플레이 소자는 밝기가 감소하게 되어 디스플레이 불균일성을 야기한다. 광 다이오드 장치는 이들 효과가 최대일 때의 프레임 기간에 대응하는 구동 기간에서의 디스플레이 소자로부터의 통합된 총 광 출력을 적절히 제어함으로써, 이들 효과를 없앤다. 어드레스 기간 다음에 오는 구동 기간 동안에 광을 생성하기 위해 디스플레이 소자에 에너지가 공급되는 시간의 길이는 인가된 데이터 신호의 레벨과 함께, 디스플레이 소자의 기존의 구동 전류 광 방출 레벨 특성에 따라 조절된다. 성능이 떨어지고 어두워진 디스플레이 소자는, 픽셀 구동 회로가 성능이 떨어지지 않은 더 밝은 디스플레이 소자에 관한 기간보다 긴 기간 동안 디스플레이 소자에 에너지를 공급하게 하여, 평균 밝기는 디바이스 동작 시각의 연장된 기간에 걸쳐 동일하게 유지될 수 있다.

구동 기간에서의 평균 광 출력은 광 다이오드(34)의 효율에 의존적이고, 이는 픽셀의 어레이에 걸쳐 크게 균일하며, LED 소자의 효율에는 무관하다. 하지만, 출력은 또한 구동 TFT(22)의 임계 전압에 의존적이고, 이는 픽셀마다 달라질 수 있으므로, 디스플레이 불균일성이 일어날 수 있다. 또한, 도 2의 픽셀 회로는, 알맞은 평균 밝기를 달성하기 위해, 통상 비결정 실리콘 pin 광 다이오드인 효율적인 광 다이오드와 상대적으로 높은 피크 밝기를 필요로 한다. 저장 커패시터(24)에 저장된 전하의 감쇠는 또한 회로가 대부분의 구동 기간 동안 비교적 낮은 밝기 레벨로 동작한다는 것을 의미한다. 그러므로 회로는 낮은 효율로 LED를 동작하고, 따라서 노화를 촉진할 수 있다.

도 3은 광학 피드백을 사용하는 WO 01/20591호에 설명된 픽셀 회로의 또 다른 형태를 도시한다. 이 회로에서는 광 다이오드가 전원 라인(30)과 구동 TFT(22)의 게이트 노드 사이의 저장 커패시터(24)에 걸쳐 연결되는 더 낮은 효율의 광 트랜지스터(36)에 의해 대체되고, 이러한 구동 TFT(22)의 게이트는 구동 TFT(22)와 LED 소자(20)의 애노드 사이의 노드에 연결된다. 이러한 장치에서는, p-채널 디바이스를 포함하는, 광 트랜지스터(36)가 역 바이어스 상태로 사용되고, LED(20)로부터의 광 입력에 반응하여 생성된 광 전류는 저장 커패시터(24)를 점진적으로 방전하는 역할을 한다. LED 애노드 전압은 TFT(22)에 의해 통과된 전류가 감소함에 따라 이러한 동작 단계에서 떨어지고, 광 트랜지스터(36)의 임계 전압 레벨에 대응하는 일정한 애노드 전압 레벨에 도달하게 되면, 광 트랜지스터(36)가 턴 온되어 저장 커패시터(24)에 있는 나머지 전하를 방전시키고 구동 TFT(22)를 턴 오프시킨다. 광 트랜지스터, 애노드 전압의 움직임, 및 달성된 스냅-오프 작용의 이러한 사용은, 도 2의 픽셀 회로에서 발견된 가파른 전류/광 감쇠를 회피하는 것을 돕는다. 이러한 동작 방식은 더 낮은 효율의 감광성 소자가 사용될 수 있게 하고, 더 낮은 피크 밝기 레벨을 허용한다.

도 4는 시간(T)에 대한 밝기(L)의 차이를 그래프로 도시하고, 도 2에서의 픽셀 회로의 동작의 경우는 곡선 A로, 도 3의 픽셀 회로에서의 동작의 경우는 곡선 B로 나타나 있다.

비록 도 3의 픽셀 회로가 도 2의 회로에 비해 장점을 가지지만, 어떤 문제를 겪을 수 있다. LED 애노드 전압은 통상 기껏해야 수 볼트만 움직이고, 이러한 제한된 전압 변화는 광 트랜지스터(36)가 간신히 턴 온될 수 없고, 따라서 스위치로서의 역할 수행이 거의 어려움을 의미한다. 이는 달성된 시차 노화 보상이 절충될 수 있음을 의미한다. 또한, 애노드 전압은 LED 소자의 성능저하에 따라 증가하고 이러한 전압의 일부는 저장 커패시터로 다시 용량 성으로 저장된다. 따라서 LED 소자(20)의 애노드로의 연결은 LED 소자 노화 인자가 회로로 다시 연결된다는 것을 확실히 의미한다. 또한, 구동 TFT(22)와 픽셀마다 광 트랜지스터(36)의 특성 변동으로 인한 회로 불균일성이 존재할 수 있다. 후자의 2가지 문제점은 픽셀 회로의 전기적 거동의 분석을 통해 입증될 수 있다. 그러한 분석은, 광 트랜지스터(36)가 턴 온하는 시각에서 저장 커패시터(24)에 걸리는 전압이, 구동 TFT(22)의 임계 전압 레벨과 이동도, 및 불균일성 문제를 초래하는 광 트랜지스터(36)의 임계 전압에 어느 정도 의존적이고, 또한 노화에 따라 증가하기 때문에 시차 노화 소자를 도입하는 LED 소자의 임계 전압에 어느 정도 의존적임을 보여준다.

이들 문제점은 본 발명에 따라 광 트랜지스터의 동작을 제어하기 위한 인버터를 사용함으로써 극복된다. 이는 도 3의 회로에서처럼 광 트랜지스터만으로 달성될 수 있는 것보다 훨씬 더 개선된 스냅-오프 작용을 제공한다.

도 5는 본 발명에 따른 픽셀 회로의 일 실시예를 도시한다. 이 회로는 광 트랜지스터(36)의 게이트에 출력(51)이 결합되고, 전원 라인(32)으로부터 먼 저장 커패시터(24) 쪽에 있는 구동 TFT(22)의 게이트와 광 트랜지스터(36)의 한 단자 사이의 노드에 입력(52)이 결합되는 인버터(50)를 포함한다.

이러한 회로의 동작은, 라인(14)을 따라 인가된 데이터 신호에 의존하는 전압이 어드레스 TFT(26)를 통해 어드레스 기간에서 저장 커패시터(24)에 저장되고, 광 트랜지스터(36)가 어드레스 기간 다음에 오는 구동 기간에서 저장 커패시터(24)로부터 전하를 누출하는 역할을 하며 이것은 이러한 기간에서 LED 소자(20)로부터 방출된 광이, 광 트랜지스터(36)에 떨어지게 되는 것에 기인한다는 점에서, 도 3의 동작과 일반적으로 유사하다. 하지만, 광 트랜지스터(36)의 게이트는 LED 소자(20)의 애노드에 더 이상 연결되지 않고, 광 트랜지스터(36)에 의해 수행된 스냅-오프 작용은 인버터(50)에 의해 대신 제어된다. 저장 커패시터(24) 상의 전압, 즉 노드(54)에 걸리는 전압과 인버터 입력 전압에 대응하는 전압이 인버터의 스위칭 포인트 전압과 등가인 미리 결정된 방전 레벨에 도달하게 되면, 인버터 출력 전압은 접지로 신속하게 스위칭 되고, 이로 인

해 커패시터(24)를 완전히 방전하기 위해 팹 트랜지스터(36)를 강하게 턴 온시킨다. 그러므로 2개의 한정된 제어 가능한 전압 사이에서 인버터의 스위칭 작용이 일어나고 그러한 스위칭 작용이 매우 빠르기 때문에, 도 3의 회로에서의 스위칭 작용에 비해 좀더 확실한 스위칭 작용이 달성된다.

비록 다른 종류의 인버터 회로가 사용될 수 있지만, CMOS 타입의 인버터가 선호된다. 여기서, p 타입 트랜지스터와 n 타입 트랜지스터가 p 타입 TFT와 n 타입 TFT로서 제공된다.

하지만, 인버터를 그것의 스위칭 포인트에서 고려하는 것, 즉 인버터 입력 전압이 인버터 출력 전압과 같게 되면, 그러한 스위칭 포인트에서 인버터 내의 p 타입 TFT와 n 타입 TFT를 통과하는 전류가 같게 되고, 스위칭 포인트가 임계 전압과 인버터의 p 타입 TFT와 n 타입 TFT 모두의 이동도에 의존한다는 전기적인 특성의 분석을 통해 보여질 수 있다. 따라서, 도 5의 간단한 회로에서 불균일성 문제가 도 6에 그래프로 도시된 바와 같이 일어날 수 있게 되고, 도 6에는 가변 TFT 파라미터를 가진 3개의 인버터에 관한 인버터 입력과 출력 전압인 V_{in} 과 V_{out} 사이의 관계가 각각 그려져 있다. 보는 바와 같이, V_{in} 이 V_{out} 과 같다는 조건으로 결정된, 스위치 포인트 V_s 는 변할 수 있다.

양호하게 한정된 턴 온 전압을 얻기 위해, 도 6에 도시된 특성의 기울기는 매우 높아야 하는 것이 바람직하고, 이상적으로는 수직이다.

스위치 포인트에서의 전술한 변화를 정정하도록 수정되는, 본 발명에 따른 픽셀 회로의 제 2 실시예가 도 7에 도시되어 있다. 도 8은 픽셀 회로의 동작시 존재하는 다양한 어드레스 지정 파형의 상대적인 타이밍을 도시한다. 이러한 픽셀 회로는 인버터(50)의 입력(52)과 출력(51)에 걸쳐 연결된, 추가 p-채널 TFT와 노드(54)와 인버터 입력 사이에 연결된 커패시터(72)를 포함하는 스위치(70)를 더 포함한다는 점에서, 도 5의 픽셀 회로와 다르다.

TFT 스위치(70)의 동작은 그것의 연관된 어드레스 라인(74)에 인가된 파형에 의해 제어되고, 턴 온될 때 V_{in} 을 V_{out} 과 같게 함으로써 인버터(50)를 그것의 스위칭 포인트에 있게 하는 역할을 한다. 동시에, 게이트 제어 신호를 어드레스 도체(12)에 인가함으로써, 어드레스 지정 TFT(26)가 턴 온되고 데이터 도체(14)는 $V(T)$ 인 전압을 가지게 되며, 이때에는 팹 트랜지스터(36)가 턴 온 되어야 하는, 즉 $V(T)$ 인 전압이 스냅-오프 작용을 결정하는 것이 필요하게 된다. 이는 커패시터(72)가 $V_s - V(T)$ 와 같은 전압까지 충전되게 한다. 이후 스위치 TFT(70)는 턴 오프되어 이러한 전하는 커패시터(72)에 저장되고, 그 후 데이터 도체(14)는 필요한 데이터 신호 전압 레벨인 $V(O)$ 까지 이동되어 픽셀로부터의 필요로 하는 디스플레이 출력을 결정하게 된다. $V(O)$ 가 $V(T)$ 보다 작기 때문에, 실제 구현시의 전원 라인(32)의 전압에 대응하는, 인버터 출력(51)이 높게 되도록, 인버터(50)로의 입력(52)이 풀 다운(pull down)되고 이는 팹 트랜지스터(36)를 오프로 하며, 이는 도 8에서의 기간(A)에 의해 표시된 픽셀 동작의 어드레스 지정 단계에서 필요로 하는 바이다. 어드레스 지정 단계(A)의 끝에서, 어드레스 TFT(26)는 턴 오프되고 이후 구동 단계(B)에서는, 픽셀이 광 출력을 생성하는 LED 소자(20)와 저장 커패시터(24)를 방전하도록 허용되는 팹 트랜지스터(36)에서 만들어진 광 전류를 가진 전술한 실시예와 동일한 방식으로 거동한다. 인버터(50)의 특성이 이상적인 것이 가까워지면, 즉 도 6에 도시된 특성의 기울기가 인버터 회로의 주의 깊은 설계에 의해 달성될 수 있는, 수직이거나 거의 수직에 가깝게 되면, 전압 값 $V(T)$ 가 저장 커패시터(24)에 도달할 때까지 인버터(50)의 출력(51)은 높게 유지되고, 이렇게 도달했을 때 인버터 입력(52)은 $V_s - V(T) + V(T)$, 즉 V_s 와 같게 된다. 그러므로 인버터는 저장 커패시터(24) 상의 전압이 $V(T)$ 에 도달하게 되면 상태를 변경한다. 이러한 상태 변경은 인버터 출력(51)을 접지와 같은 낮은 전압으로 가져가고 이는 스냅-오프 작용을 초래하여 저장 커패시터(24)의 방전을 빠르게 완료하기 위해, 간신히 턴 온되고, 이는 LED 소자(20)를 턴 오프시키고 픽셀로부터의 광 출력이 끝나게 한다.

그러므로 이러한 픽셀 회로는, 만약 인버터(50)의 특성이 충분히 명확하다면, 전술한 바와 같은 가능한 불균일성 문제점을 극복한다는 것을 알게 될 것이다. 또 다른 적당한 크기를 가진 TFT의 게이트를 구동하는 데 있어, 인버터(50)가 단지 필요하기 때문에, 이는 쉽게 달성될 수 있다. 용량성 부하가 매우 작게 되어 오직 소량의 전류만이 필요하게 된다. 그러므로 통상 1ms 미만의 매우 빠른 상태 변화가 인버터에서의 상대적으로 작은 크기의 TFT를 사용하여 얻어질 수 있다.

도 9는 도 7의 픽셀 회로의 실제 구현예를 도시한다. 여기서, 인버터(50)는 팹 트랜지스터(36)를 오프로 유지하는데 사용되는 높은 출력 레벨을 제공하는 전원 라인(32)과, 팹 트랜지스터(36)를 턴 온시키는 낮은 출력 레벨을 제공하는 접지 라인(90) 사이에 직렬로 연결된, 반대 도전 타입, 즉 p 타입과 n 타입의 한 쌍의 TFT를 포함한다.

어드레스 라인(12, 74), 접지 라인(90), 및 전원 라인(32)이 동일한 행에서 모든 픽셀에 의해 공유된다는 것을 알게 될 것이다. 접지 라인(90)에 관한 분리된 전용 라인을 사용하기보다는, 픽셀의 인접하는 이전에 어드레스 지정된 행과 연관된 어드레스 도체(12)가 이러한 목적을 위해 대신 이용될 수 있다. 이러한 이유로, 어드레스 TFT(26)는 n-채널 디바이스를 포함한다.

전술한 실시예에서 광 트랜지스터는 감광성 피드백 소자로서 사용되었지만, 예를 들어 측면 게이트 제어된 PIN 디바이스와 같은 다른 게이트 제어된 감광성 디바이스가 사용될 수 있음이 예견된다. 예를 들어, TFT와 병렬로 연결된 PIN 또는 NIP 광 다이오드와 같은 소자의 조합 또한 사용될 수 있는데, 이러한 광 다이오드는 저장 커패시터를 방전하기 위해 디스플레이 소자로부터의 광 출력에 반응하고, TFT는 인버터의 출력에 반응한다.

게다가 비록 이들 실시예가 구동 TFT(22)로서 p-채널 타입의 TFT를 사용하지만, n-채널 타입의 TFT가 대신 사용될 수 있고, 따라서 그에 맞게 어드레스 단계에서 저장된 전하의 성질에 관련하여, 저장 커패시터의 방전에 대한 관계가 해석되어야 함이 예견된다.

본 개시물을 읽음으로써, 다른 수정에도 당업자들에게는 명백하게 될 것이다. 그러한 수정에는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스와 그것의 구성 부품의 분야에서 이미 알려진 다른 특징을 수반할 수 있고, 그러한 구성 부품은 본 명세서에 이미 설명된 특징 대신 또는 특징에 추가하여 사용될 수 있다.

산업상 이용 가능성

전술한 바와 같이, 본 발명은 전자발광 디스플레이 디바이스, 특히 광을 방출하는 전자발광 디스플레이 소자와 박막 트랜지스터를 포함하는 픽셀의 어레이를 가지는 능동 매트릭스 디스플레이 디바이스에 이용 가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

디스플레이 픽셀(10)의 어레이를 포함하는 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스로서, 각 픽셀은

전자발광 디스플레이 소자(20);

상기 디스플레이 소자를 통과하는 전류를 구동하기 위한 구동 트랜지스터(22);

상기 구동 트랜지스터를 어드레스 지정하기 위해 사용될 전압을 저장하기 위한 저장 커패시터(24);

상기 디스플레이 소자의 광 출력에 따라 상기 저장 커패시터를 방전하기 위해 상기 저장 커패시터(24)에 결합된 게이트 제어된 감광성 수단(36); 및

상기 게이트 제어된 감광성 수단(36)의 게이트에 출력(51)이 결합되고 상기 저장 커패시터(24)의 한 쪽에 입력(52)이 결합되며 미리 결정된 레벨에 도달하는 상기 저장 커패시터의 한쪽에서의 전압에 따라 상기 저장 커패시터를 방전하기 위해 상기 게이트 제어된 감광성 수단을 신속하게 턴 온시키도록 동작 가능한 인버터(50)를 포함하는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 구동 트랜지스터(22)는 전원 라인(32)과 상기 디스플레이 소자(20) 사이에 연결되는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 3.

제 2항에 있어서, 상기 게이트 제어된 감광성 수단(36)은 상기 전원 라인(32)과, 상기 구동 트랜지스터(22)의 게이트 사이의 저장 커패시터와 병렬로 연결되는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 4.

제 3항에 있어서, 상기 인버터(50)는 상기 제 1 전압 입력(32)과 상기 제 2 전압 입력(90) 사이에 직렬로 연결된 반대 도전 타입의 한 쌍의 트랜지스터를 포함하는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 5.

제 4항에 있어서, 상기 전원 라인(32)은 상기 인버터용의 제 1 전압 입력을 제공하는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 6.

제 4항 또는 제 5항에 있어서, 상기 각 픽셀은 상기 인버터의 입력(52)과 상기 저장 커패시터의 한쪽 사이에 연결된 추가 커패시터(72)를 포함하고, 상기 저장 커패시터에서 상기 인버터의 스위칭 포인트 전압에 따라 조정 전압이 저장되는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 7.

제 6항에 있어서, 상기 각 픽셀은 상기 인버터(50)의 스위칭 포인트 전압으로 상기 인버터를 유지하도록, 픽셀 어드레스 지정 단계 동안 동작 가능한 상기 인버터(50)의 입력(52)과 출력(51) 사이에 연결된 스위칭 트랜지스터(70)를 포함하는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 8.

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 각 픽셀은 입력 신호 라인(14)과, 상기 저장 커패시터(24)의 한쪽과 상기 구동 트랜지스터(22)의 게이트 사이의 노드(54)에 결합된 픽셀 입력 사이에 연결된 어드레스 트랜지스터(26)를 더 포함하는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 9.

제 8항에 있어서, 상기 픽셀(10)은 픽셀의 한 열에 의해 공유되는 각각의 입력 신호 라인(14)을 가지고 행과 열로 배열되고, 한 행의 상기 픽셀의 어드레스 트랜지스터(26)는 각각의 어드레스 도체(12)를 거쳐 연결되고 제어되는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 10.

제 9항에 있어서, 한 행에서의 상기 픽셀의 인버터(50)에 관한 전압 입력은 이웃하는 픽셀의 행과 연관된 어드레스 도체(90/12)에 의해 제공되는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 11.

제 1항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 게이트 제어된 감광성 수단은 광 트랜지스터를 포함하는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 12.

제 1항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 게이트 제어된 감광성 수단은 측면 게이트 제어된 광 다이오드 디바이스를 포함하는, 능동 매트릭스 전자발광 디스플레이 디바이스.

청구항 13.

전자발광 디스플레이 소자(20)의 어레이를 구동하고, 상기 디스플레이 소자를 구동하기 위한 구동 회로(10)의 어레이를 포함하는 능동 매트릭스 회로로서, 각 구동 회로는

구동 전류를 상기 디스플레이 소자에 제공하는 구동 트랜지스터(22);

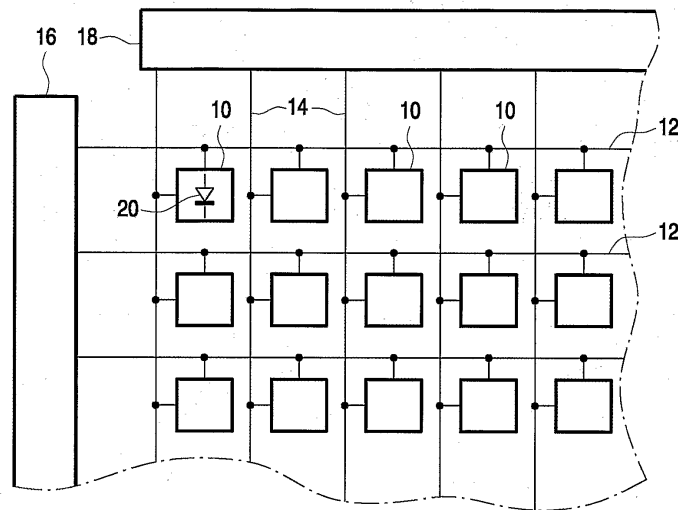
상기 구동 트랜지스터(22)를 어드레스 지정하기 위해 사용될 전압을 저장하기 위한 저장 커패시터(24);

상기 게이트 제어된 감광성 수단에 입사하는 광에 따라 상기 저장 커패시터를 방전하기 위해 상기 저장 커패시터(24)에 결합된 게이트 제어된 감광성 수단(36); 및

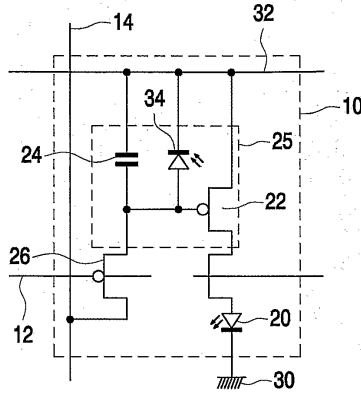
상기 게이트 제어된 감광성 수단(36)의 게이트에 출력(51)이 결합되고 상기 저장 커패시터(24)의 한 쪽에 입력(52)이 결합되며, 상기 게이트 제어된 감광성 수단에 입사하는 광에 반응하여 특정 방전 레벨을 얻는 저장 커패시터의 한쪽에서의 전압에 따라 상기 저장 커패시터를 방전하기 위해 상기 게이트 제어된 감광성 수단을 신속하게 턴 온시키도록 배열되는 인버터(50)를 포함하는, 능동 매트릭스 회로.

도면

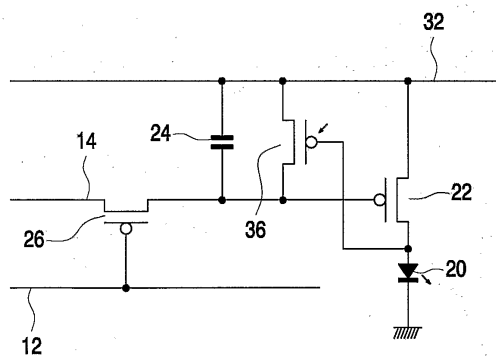
도면1



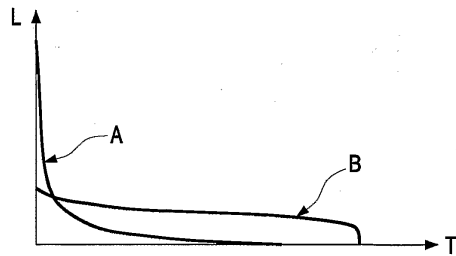
도면2



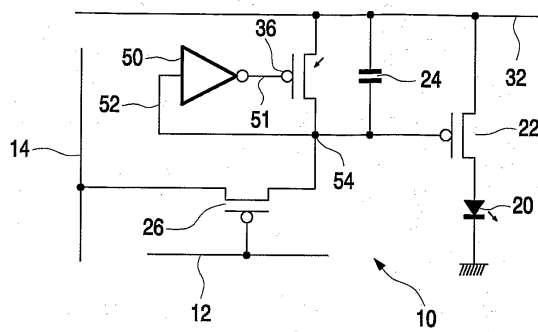
도면3



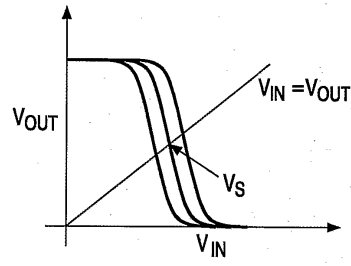
도면4



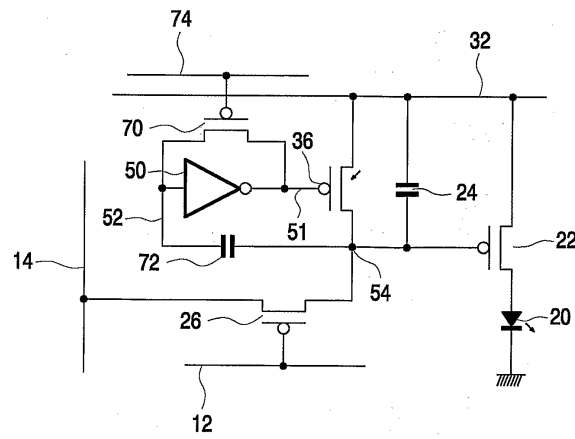
도면5



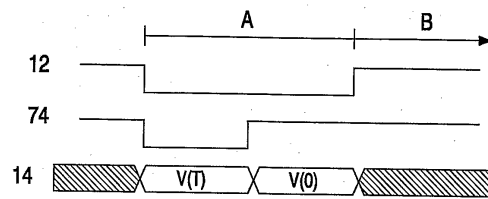
도면6



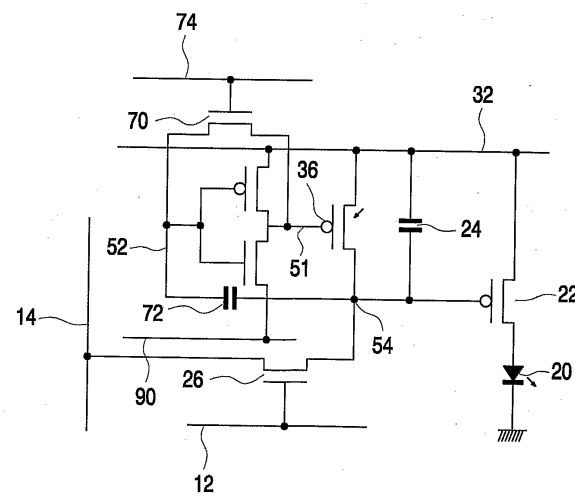
도면7



도면8



도면9



专利名称(译)	电致发光显示装置		
公开(公告)号	KR1020060033746A	公开(公告)日	2006-04-19
申请号	KR1020057025433	申请日	2004-06-23
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	科宁欣克利凯恩菲利普斯日元.V.		
当前申请(专利权)人(译)	科宁欣克利凯恩菲利普斯日元.V.		
[标]发明人	FISH DAVID A		
发明人	FISH, DAVID, A.		
IPC分类号	G09G3/30 G09G3/32		
CPC分类号	G09G2320/045 G09G2300/0852 G09G2300/0842 G09G2300/0861 G09G2320/043 G09G2300/0809 G09G3/3233 G09G2300/0819 G09G2300/088 G09G2360/148		
代理人(译)	MOON, KYOUNG金		
优先权	2003015455 2003-07-02 GB		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在有源矩阵电致发光显示装置中，为了指定控制电致发光显示装置 (20) 的灯的驱动晶体管 (22) 所使用的电压，存储地址，存储电容器 (24) 被提供在有源矩阵电致发光显示装置中。每个像素 (10)。为了根据显示装置的光功率对电荷存储电容器放电，提供了像光电晶体管那样在栅极方面控制的放电光敏装置 (36)。它通过与光敏装置的操作相连的反相器 (50) 的输出来控制，根据存储电容器的输入一侧的栅极来控制。如果它达到预定存储电容器的放电电压，它就成为放电光敏装置 (36)，在导通时通过导通开关来控制栅极。由此，电容器快速放电并且显示装置关闭。逆变器用作这种类型。以这种方式，为了完成光功率，它是快速的。确定了它并且保证了极好的受控切换动作。

