



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월31일  
(11) 등록번호 10-1268237  
(24) 등록일자 2013년05월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H05B 33/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0088907

(22) 출원일자 2007년09월03일

심사청구일자 2012년04월24일

(65) 공개번호 10-2008-0021564

(43) 공개일자 2008년03월07일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00239626 2006년09월04일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

US20040008053 A1

(73) 특허권자

산요 세미컨덕터 컴퍼니 리미티드

일본 군마켄 오라궁 오이즈미마찌 사카따 1-1-1

산요덴키가부시키키가이사

일본 오사카후 모리구치시 게이한 혼도오리 2초메 5반 5고

(72) 발명자

오가와 다카시

일본 기후켄 안파찌궁 안파찌쵸 미나미 이마가부쵸 556-1-202

(74) 대리인

이중희, 박충범, 장수길

전체 청구항 수 : 총 12 항

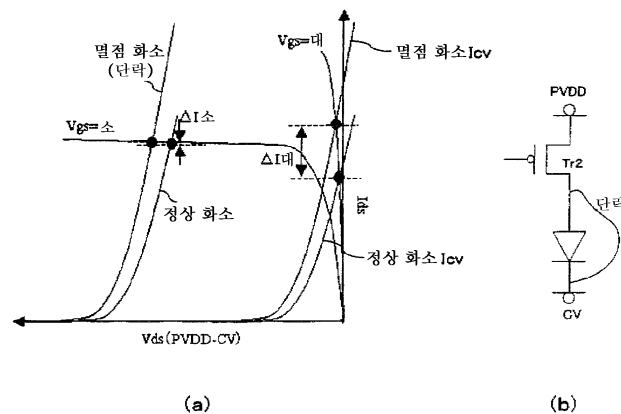
심사관 : 엄인권

(54) 발명의 명칭 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법 및 결함검사 장치 및 이들을 이용한 일렉트로루미네센스 표시장치의 제조 방법

(57) 요약

EL 표시 장치의 표시 결함을 그 원인에 따라서 양호한 정밀도로 검출한다. EL 소자에 공급하는 구동 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터 Tr2를 그 선형 영역에서 동작시켜서, EL 소자를 발광 레벨로 한 때의 발광 휘도 또는 캐소드 전류에 기초함으로써, EL 소자의 단락에 기인한 멸점 결함을 검출한다. 소자 구동 트랜지스터 Tr2를 그 포화 영역에서 동작시켜서 EL 소자를 발광 레벨로 한 때의 캐소드 전류로부터 소자 구동 트랜지스터 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 결함을 검출할 수 있고, 발광 휘도로부터 이상 표시 화소를 검출하는 경우, 이상 표시 화소 중 멸점 검사 시에 멸점 결함으로 판정되어 있지 않은 화소를 구하고, 이 화소를 소자 구동 트랜지스터 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 결함을 검출한다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법으로서,

상기 표시 장치는, 각 화소에, 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하고,

각 화소에, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 또한, 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 포화 영역에서 동작시켜, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 발광 상태를 관찰하여, 발광 휘도가 기준 휘도 미만인 화소를 이상 표시 결함 화소로서 검출하고,

각 화소에, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 또한, 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 선형 영역에서 동작시켜, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 발광 상태를 관찰하여, 비발광 화소를, 상기 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 멸점 결함 화소로서 검출하고,

상기 이상 표시 결함 화소로서 검출된 화소 중, 상기 멸점 결함 화소로서 검출되지 않는 화소를, 상기 소자 구동 트랜지스터에 기인한 암점 결함 화소로서 검출하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법.

### 청구항 2

일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법으로서,

상기 표시 장치는, 각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하고,

각 화소에 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 또한, 각 화소의 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 선형 영역에서 동작시켜, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하고,

상기 캐소드 전류의 값이 소정치보다 큰 경우에, 해당 화소를, 상기 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 멸점 결함 화소로 판정하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

각 화소의 상기 일렉트로루미네센스 소자에 대하여, 역바이어스 전압을 인가하고 나서, 상기 멸점 결함 화소의 검출을 실행하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법.

### 청구항 4

일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법으로서,

상기 표시 장치는, 각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하고,

각 화소에 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 또한, 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 포화 영역에서 동작시켜, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하고,

상기 캐소드 전류의 값이, 소정치보다 작은 경우에, 해당 화소를 상기 소자 구동 트랜지스터에 기인한 암점 결함 화소로서 검출하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법.

### 청구항 5

일렉트로루미네센스 표시 장치의 제조 방법에 있어서,

제1항 또는 제2항의 결함 검사 방법에 의해 검출된 상기 멸점 결함 화소에 대해서는, 그 화소의 상기 일렉트로루미네센스 소자의 양극과 음극의 단락 영역에 선택적으로 레이저 광을 조사하여 그 단락 영역의 전류 경로를

절단하는 레이저 수정을 실행하는 것을 특징으로 하는 것을 일렉트로루미네센스 표시 장치의 제조 방법.

#### 청구항 6

일렉트로루미네센스 표시 장치의 제조 방법에 있어서,

제1항 또는 제2항의 결함 검사 방법에 의해 검출된 상기 암점 결함 화소에 대해서는, 그 화소의 상기 소자 구동형 트랜지스터에 소정의 바이어스를 인가한 상태에서 자외선 광을 조사하여, 상기 소자 구동형 트랜지스터의 전류 공급 특성의 어긋남을 수정하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 제조 방법.

#### 청구항 7

각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치로서,

결함 검사 시에 각 화소에 공급하는 전원을 발생하는 전원 발생부와,

검사용의 타이밍 신호 및 검사용 온 표시 신호를 발생하는 검사용 신호 발생부와,

상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하는 전류 검출부와,

결함 판정부

를 구비하고,

상기 전원 및 상기 타이밍 신호에 의해, 각 화소의 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 선형 영역에서 동작시키고, 또한, 그 화소에 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고,

상기 전류 검출부는, 상기 검사용 온 표시 신호에 따라서 동작하는 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하고,

상기 결함 판정부는, 상기 캐소드 전류를 기준치와 비교하여, 상기 기준치보다 큰 경우에, 해당 화소를, 상기 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 멀점 결함 화소로 판정하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치.

#### 청구항 8

각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치로서,

결함 검사 시에 각 화소에 공급하는 전원을 발생하는 전원 발생부와,

검사용의 타이밍 신호 및 검사용 온 표시 신호를 발생하는 검사용 구동 신호 발생부와,

상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하는 전류 검출부와,

결함 판정부

를 구비하고,

상기 전원 및 상기 타이밍 신호에 의해, 각 화소의 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 포화 영역에서 동작시키고, 또한, 그 화소에 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고,

상기 전류 검출부는, 상기 검사용 온 표시 신호에 따라서 동작하는 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하고,

결함 판정부는, 상기 캐소드 전류를 기준치와 비교하여, 상기 기준치보다 작은 경우에, 해당 화소를, 상기 소자 구동 트랜지스터에 기인한 암점 결함 화소로 판정하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치.

**청구항 9**

각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치로서,

결함 검사 시에 각 화소에 공급하는 복수의 전원을 발생하는 전원 발생부와,

결함 검사 모드에 따라서, 상기 소자 구동 트랜지스터의 포화 영역에서의 동작과 선형 영역에서의 동작을 절환 제어하기 위하여, 화소에 공급하는 전원을 절환하는 전원 절환부와,

검사용의 타이밍 신호 및 검사용 온 표시 신호를 발생하는 검사용 신호 발생부와,

상기 일렉트로루미네센스 소자의 발광 상태를 검출하는 발광 검출부와,

결함 판정부

를 구비하고,

이상 표시 검사 모드에서,

상기 전원 절환부에 의해 선택한 암점 검사용의 전원 및 상기 타이밍 신호에 의해, 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 포화 영역에서 동작시키고, 또한, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 대응하는 화소에 공급하고,

상기 발광 검출부는, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 발광 휘도를 검출하고,

상기 결함 판정부는, 상기 검출된 발광 휘도를 기준 휘도와 비교하여, 그 발광 휘도가 상기 기준 휘도 미만인 화소를 이상 표시 결함 화소로 판정하고,

멸점 검사 모드에서,

상기 전원 절환부에 의해 선택한 멸점 검사용의 전원 및 상기 타이밍 신호에 의해, 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 선형 영역에서 동작시키고, 또한, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 멸점 검사용 온 표시 신호를 대응하는 화소에 공급하고,

상기 발광 검출부는, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 발광 휘도를 검출하고,

상기 결함 판정부는, 상기 검출된 발광 휘도를 기준 휘도와 비교하여, 그 발광 휘도가 상기 기준 휘도 미만인 화소를, 상기 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 멸점 결함 화소로 판정하고,

암점 검사 모드에서, 상기 결함 판정부는, 상기 이상 표시 결함 화소로서 검출된 화소 중, 상기 멸점 결함 화소로서 검출되지 않는 화소를, 상기 소자 구동 트랜지스터에 기인한 암점 결함 화소로 판정하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치.

**청구항 10**

각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치로서,

결함 검사 시에 각 화소에 공급하는 전원을 발생하는 전원 발생부와,

검사용의 타이밍 신호 및 검사용 온 표시 신호를 발생하는 검사용 신호 발생부와,

상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하는 전류 검출부와,

결함 판정부

를 구비하고,

상기 전원 및 상기 타이밍 신호에 의해, 각 화소의 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 선형 영역에서 동작시키고, 또한, 그 화소에, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 비발광 레벨로 하는 검사용 오프 표시 신호 및 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고,

상기 전류 검출부는, 상기 검사용 오프 표시 신호에 따른 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류와, 상기 검사용 온 표시 신호에 따른 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류의 온 오프 전류차를 검출하고,

상기 결함 판정부는, 상기 온 오프 전류차를 기준치와 비교하여, 그 온 오프 전류차가 상기 기준치보다 큰 경우에, 해당 화소를, 상기 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 멀점 결함 화소로 판정하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치.

#### 청구항 11

각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치로서,

결함 검사 시에 각 화소에 공급하는 전원을 발생하는 전원 발생부와,

검사용의 타이밍 신호 및 검사용 온 표시 신호를 발생하는 검사용 신호 발생부와,

상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하는 전류 검출부와,

결함 판정부

를 구비하고,

상기 전원 및 상기 타이밍 신호에 의해, 각 화소의 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 포화 영역에서 동작시키고, 또한, 그 화소에, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 비발광 레벨로 하는 검사용 오프 표시 신호 및 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고,

상기 전류 검출부는, 상기 검사용 오프 표시 신호에 따른 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류와, 상기 검사용 온 표시 신호에 따른 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류의 온 오프 전류차를 검출하고,

상기 결함 판정부는, 상기 온 오프 전류차를 기준치와 비교하여, 그 온 오프 전류차가 상기 기준치보다 작은 경우에, 해당 화소를, 상기 소자 구동 트랜지스터에 기인한 암점 결함 화소로 판정하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치.

#### 청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서,

상기 검사용 구동 신호 발생부는, 상기 소자 구동 트랜지스터 및 대응하는 상기 일렉트로루미네센스 소자를, 화소마다, 또한 1 화소가 복수회 연속하여 동작하는 타이밍 신호를 작성하는 것을 특징으로 하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치.

### 명세서

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술 분야

[0001] 일렉트로루미네센스 소자를 각 화소에 갖는 표시 장치의 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 결함, 또는, 일렉트로루미네센스 소자를 구동하는 트랜지스터에 기인한 결함의 검사에 관한 것이다.

##### 배경 기술

[0002] 자발광 소자인 일렉트로루미네센스 소자(이하 EL 소자라고 함)를 각 화소의 표시 소자에 채용한 EL 표시 장치는, 차세대의 평면 표시 장치로서 기대되며, 연구 개발이 행해지고 있다.

[0003] 이와 같은 EL 표시 장치는, 글래스나 플라스틱 등의 기판 상에 EL 소자 및 이 EL 소자를 화소마다 구동하기 위한 박막 트랜지스터(TFT) 등을 형성한 EL 패널을 작성한 후, 몇 번의 검사를 거쳐서 제품으로서 출하되게 된다. 현재 EL 표시 장치에서, 수율의 향상이 매우 중요하여, EL 소자나 TFT 등의 제조 공정의 개량이나 재료의 개량 등과 함께, 검사 공정에서의 효율화를 도모하는 것이 요구된다.

[0004] [특허 문헌1] 일본 특허 공개 2005-149768호

[0005] [특허 문헌2] 일본 특허 공개 2005-149769호

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- [0006] 현재의 EL 표시 장치에 대하여 행해지고 있는 검사에서는, 예를 들면, RGB 각각에 관한 래스터 화상이나, 모노스코프 패턴을 표시시켜서 표시 결함 등의 불량 항목을 검사한다. 불량 항목으로서는, 표시 불균일, 멸점, 휘점 등이 포함된다.
- [0007] 휘점에 대해서는, 해당 화소 회로의 단락 등에 기인하여 발생하는 경우가 많은데, 이 경우, 화소 회로를 레이저 조사 등으로 절연화하여 멸점화시키는 등의 방법이 채용된다.
- [0008] 한편, 표시 불균일(DIM)이나, 멸점에 대해서는, 다양한 원인이 존재한다는 것이 해명되고 있다. 외관상, 마찬가지로 표시 결함이라라도, 그 발생 원인이 서로 다른 경우에는, 그 원인을 특정하고, 원인에 따른 수정을 하는 것이 필요하다. 그러나, 발생 원인에 따른 효율적인 검사 방법은 확립되기에 이르러 있지 않다.
- [0009] 본 발명은, 정확하고 또한 효율적으로 EL 표시 장치의 결함 검사를 행하는 것을 목적으로 한다.

### 과제 해결수단

- [0010] 본 발명은, 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법에서, 상기 표시 장치는, 각 화소에, 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하고, 각 화소에, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 또한, 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 포화 영역에서 동작시켜, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 발광 상태를 관찰하여, 발광 휘도가 기준 휘도 미만인 화소를 이상 표시 결함 화소로서 검출하고, 각 화소에, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 또한, 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 선형 영역에서 동작시켜, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 발광 상태를 관찰하여, 비발광 화소를, 상기 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 멸점 결함 화소로서 검출하고, 상기 이상 표시 결함 화소로서 검출된 화소 중, 상기 멸점 결함 화소로서 검출되지 않는 화소를, 상기 소자 구동 트랜지스터에 기인한 암점 결함 화소로서 검출한다.
- [0011] 본 발명의 다른 양태는, 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법에서, 상기 표시 장치는, 각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하고, 각 화소에 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 또한, 각 화소의 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 선형 영역에서 동작시켜서, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하고, 그 캐소드 전류의 값이 소정치보다 큰 경우에, 해당 화소를, 상기 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 멸점 결함 화소라고 판정한다.
- [0012] 또한, 본 발명에서, 상기 결함 검사 방법에서, 각 화소의 상기 일렉트로루미네센스 소자에 대하여, 역바이어스 전압을 인가하고 나서, 상기 멸점 결함 화소의 검출을 실행함으로써, 멸점을 현재화(顯在化)시키고 나서, 이 멸점 결함 검사를 실행하는 것이 가능해진다.
- [0013] 본 발명의 다른 양태는, 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 방법에서, 상기 표시 장치는, 각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하고, 각 화소에 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 또한, 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 포화 영역에서 동작시켜, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하고, 그 캐소드 전류의 값이, 소정치보다 작은 경우에, 해당 화소를 상기 소자 구동 트랜지스터에 기인한 암점 결함 화소로서 검출하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 본 발명의 다른 양태는, 각 화소에, 다이오드 구조의 일렉트로루미네센스 소자와, 그 일렉트로루미네센스 소자에 접속되고, 그 일렉트로루미네센스 소자에 흐르는 전류를 제어하기 위한 소자 구동 트랜지스터를 구비하는 일렉트로루미네센스 표시 장치의 결함 검사 장치에서, 결함 검사 시에 각 화소에 공급하는 전원을 발생하는 전원



발생부와, 검사용의 타이밍 신호 및 검사용 온 표시 신호를 발생하는 검사용 신호 발생부와, 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류를 검출하는 전류 검출부와, 결함 판정부를 구비한다.

[0015] 여기서, 본 발명의 양태에 있어서, 상기 전원 및 상기 타이밍 신호에 의해, 각 화소의 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 선형 영역에서 동작시키고, 또한, 그 화소에, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 비발광 레벨로 하는 검사용 오프 표시 신호 및 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 상기 전류 검출부는, 상기 검사용 오프 표시 신호에 따른 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류와, 상기 검사용 온 표시 신호에 따른 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류의 온 오프 전류차를 검출하고, 결함 판정부는, 상기 온 오프 전류차를 기준치와 비교하여, 그 온 오프 전류차가 상기 기준치보다 큰 경우에, 해당 화소를, 상기 일렉트로루미네센스 소자에 기인한 멸점 결함 화소로 판정할 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 다른 양태에서는, 상기과 같은 검사 장치에서, 상기 전원 및 상기 타이밍 신호에 의해, 각 화소의 상기 소자 구동 트랜지스터를 그 트랜지스터의 포화 영역에서 동작시키고, 또한, 그 화소에, 상기 일렉트로루미네센스 소자를 비발광 레벨로 하는 검사용 오프 표시 신호와, 발광 레벨로 하는 검사용 온 표시 신호를 공급하고, 상기 전류 검출부는, 상기 검사용 오프 표시 신호에 따른 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류와, 상기 검사용 온 표시 신호에 따른 상기 일렉트로루미네센스 소자의 캐소드 전류의 온 오프 전류차를 검출하고, 결함 판정부는, 상기 온 오프 전류차를 기준치와 비교하여, 그 온 오프 전류차가 상기 기준치보다 작은 경우에, 해당 화소를, 상기 소자 구동 트랜지스터에 기인한 암점 결함 화소로 판정할 수 있다.

## 효 과

[0017] 본 발명자의 연구에 의해, 각 화소에 형성되어 EL 소자를 구동하는 소자 구동 트랜지스터를 선형 영역에서 동작시켜서 EL 소자를 발광시킨 경우, EL 소자에 단락이 발생하고 있으면, 비발광 화소, 즉 멸점이 관찰됨과 함께, 단락이 발생하고 있지 않은 정상적인 경우와 비교하여, 이 EL 소자에 흐르는 전류치가 커진다는 것이 판명되었다. 또한, 소자 구동 트랜지스터를 포화 영역에서 동작시켜서 EL 소자를 발광시킨 경우, 상기 EL 소자의 단락 및 TFT의 특성 변동이 발생하고 있으면, 그 화소는 이상 표시(정상 시보다도 발광 휘도가 낮거나 또는 비발광)로 된다. 이 때의 EL 소자에 흐르는 전류치는, 정상적인 경우와 비교하여 작아진다는 것도 판명되었다.

[0018] 따라서, 본 발명과 같이, 소자 구동 트랜지스터를 선형 영역에서 동작시켜 EL 소자를 관찰 또는 EL 소자의 캐소드 전류치를 측정함으로써, EL 소자의 단락에 의한 멸점 결함을 양호한 정밀도로 검출할 수 있다.

[0019] 또한, 소자 구동 트랜지스터를 포화 영역에서 동작시켜 EL 소자를 관찰함으로써, 이 소자 구동 트랜지스터의 특성 변동에 기인한 이상 표시와, EL 소자의 단락에 의한 이상 표시를 검출할 수 있다. 이 때문에, 상기과 같이 트랜지스터를 선형 영역에서 동작시켰을 때에 관찰된 멸점 결함 화소를 이 이상 표시 결함 화소라고 판정한 화소로부터 제외함으로써, 간단히 소자 구동 트랜지스터의 특성 변동에 기인한 이상 표시 화소를 암점 결함 화소로서 특정할 수 있다. 또한, EL 소자의 캐소드 전류치를 측정하면, EL 소자의 단락에 의해 이상 표시가 발생하고 있는 경우에는, 정상 시에서의 캐소드 전류치와의 차는 작지만, 소자 구동 트랜지스터의 특성 변동에 의해 EL 소자에서의 발광 휘도가 저하하는 경우, 정상적인 경우보다 그 캐소드 전류치가 작아진다. 따라서, 캐소드 전류치를 측정함으로써, 신속하고 또한 객관적으로, 소자 구동 트랜지스터의 특성 변동에 기인한 암점 결함 화소를 검출할 수 있다.

[0020] 또한, 검사 결과에 의해 즉시 결함의 발생 원인을 특정할 수 있기 때문에, 원인에 따른 적절한 수정 공정에 표시 장치를 보내어, 수정 효율을 높이는 것이 가능해진다.

[0021] 또한, 소자 구동 트랜지스터를 선형 영역 또는 포화 영역에서 동작시키면서, EL 소자에 대하여 검사용의 오프 표시 신호와 온 표시 신호를 공급하고, 각 신호 인가 시에서의 캐소드 전류치를 측정함으로써, 오프 표시 신호에 따른 캐소드 전류치를 기준으로 하여 온 표시 신호에 따른 캐소드 전류치를 검출할 수 있어, 결함 검출 장치를 이용한 자동 판정을 고속으로 실행하는 것이 용이해진다.

[0022] 검사는 화소마다 실행하는데, 소자 구동 트랜지스터 및 EL 소자를 화소마다 또한 복수회 연속하여 동작시키도록 함으로써, 제어 신호 등에 노이즈 등이 중첩한 결과의 오판정의 영향을 저감하는 것이 용이해진다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 도면을 이용하여 본 발명의 최량의 실시 형태(이하 실시 형태라고 함)에 대하여 설명한다.

[0024] [검사 원리]

- [0025] 본 실시 형태에서, 표시 장치는, 구체적으로는 액티브 매트릭스형의 유기 EL 표시 장치이며, 복수의 화소를 구비하는 표시부가 EL 패널(100)에 형성되어 있다. 도 1은, 이 실시 형태에 따른 액티브 매트릭스형 표시 장치의 등가 회로 구성을 도시하는 도면이고, 도 2 및 도 3은, 본 실시 형태에서 채용하는 EL 표시 장치의 각 화소의 결합 검사 원리를 도시하고 있다. EL 패널(100)의 표시부에는, 매트릭스 형상으로 복수의 화소가 배치되고, 매트릭스의 수평 주사 방향(행 방향)으로는, 순차적으로 선택 신호가 출력되는 선택 라인 GL이 형성되어 있고, 수직 주사 방향(열 방향)으로는, 데이터 신호가 출력되는 데이터 라인 DL과, 피구동 소자인 유기 EL 소자(이하, 간단히 EL 소자라고 함)에, 구동 전원 PVDD를 공급하기 위한 전원 라인 VL이 형성되어 있다.
- [0026] 각 화소는, 대략 이들 라인에 의해 구획되는 영역에 형성되어 있으며, 각 화소는, 피구동 소자로서 유기 EL 소자를 구비하고, 또한, n 채널의 TFT로 구성된 선택 트랜지스터 Tr1(이하, 선택 Tr1), 축적 용량 Cs, p 채널의 TFT로 구성된 소자 구동 트랜지스터 Tr2(이하, 소자 구동 Tr2)가 형성되어 있다.
- [0027] 선택 Tr1은, 그 드레인이 수직 주사 방향으로 배열되는 각 화소에 데이터 전압(Vsig)을 공급하는 데이터 라인 DL에 접속되고, 게이트가 1 수평 주사 라인 상에 배열되는 화소를 선택하기 위한 게이트 라인 GL에 접속되고, 그 소스는 소자 구동 Tr2의 게이트에 접속되어 있다.
- [0028] 또한, 소자 구동 Tr2의 소스는 전원 라인 VL에 접속되고, 드레인은 EL 소자의 애노드에 접속되어 있다. EL 소자의 캐소드는 각 화소 공통으로 형성되고, 캐소드 전원 CV에 접속되어 있다.
- [0029] EL 소자는, 다이오드 구조로 하부 전극과 상부 전극의 사이에 발광 소자층을 구비한다. 발광 소자층은, 예를 들면 적어도 유기 발광 재료를 포함하는 발광층을 구비하고, 발광 소자층에 이용하는 재료 특성 등에 따라, 단층 구조나, 2층, 3층 혹은 4층 이상의 다층 구조를 채용할 수 있다. 본 실시 형태에서는, 하부 전극이 화소마다 개별 형상으로 패터닝되어 상기 애노드로서 기능하고, 소자 구동 Tr2에 접속되어 있다. 또한, 상부 전극이 복수의 화소에 공통으로 캐소드로서 기능한다.
- [0030] 화소마다 상기와 같은 회로 구성을 구비하는 액티브 매트릭스형 EL 표시 장치에서, EL 소자의 애노드와 캐소드 사이의 단락(쇼트)이 발생한 경우와, 소자 구동 Tr2의 특성이 저하한 경우의 어느 화소도, EL 소자는 비발광으로 되거나, 그 발광 휘도가 정상인 화소보다도 낮아져, 멸점, 또는 암점(DIM)이라고 불리는 표시 결함으로 된다.
- [0031] EL 소자의 발광 소자층은, 매우 얇고, 또한, 그 막 두께의 변동 등을 발생시킴으로써, 애노드와 캐소드에 단락이 생기는 결함이 발생하는 경우가 있다. 단락이 발생하면, 소자 구동 Tr2의 게이트에 발광(온) 표시 신호를 인가하고, EL 소자에 전류를 공급하더라도, 발광 소자층에는 정공 및 전자가 주입되지 않아, EL 소자가 발광하지 않고, 멸점 결함으로 된다.
- [0032] 도 2는, 이와 같은 EL 소자 단락이 발생한 화소의 회로 구성 및 그 경우의 소자 구동 Tr2 및 EL 소자의 IV 특성에 대하여 도시하고 있다. EL 소자에 단락이 발생한 경우, 회로적으로는, 도 2의 (b)에 도시한 바와 같이, 소자 구동 Tr2의 드레인측이 캐소드 전원 CV에 접속되는 것과 등가로 된다. 이 때문에, EL 소자에 흐르는 전류를 캐소드 전류 Icv로 평가한 경우, 그 전류 Icv의 PVDD-CV 전압에 대한 특성은, 도 2의 (a)에 도시한 바와 같이, 단락이 발생한 EL 소자의 전류 특성은, 정상적인 EL 소자의 전류 특성보다도 기울기가 커진다.
- [0033] 여기서, 소자 구동 Tr2에의 인가 전압이  $V_{gs}-V_{th}<V_{ds}$ 를 충족하고, 게이트 소스 간 전압이 작고, 드레인·소스 간(PVDD·CV) 전압이 큰 경우(본 실시 형태에서는 통상 표시 모드와 마찬가지로의 조건), 소자 구동 Tr2는 포화 영역에서 동작한다. 이 때 단락 발생 화소의 EL 소자는 비발광(멸점)으로 된다. 또한, 단락 발생 화소와 정상 화소의 EL 소자의 전류 특성의 기울기는 크게 상이하지만, 소자 구동 Tr2의 소스 드레인 간 전류  $I_{ds}$  특성의 기울기가 작은 영역에 상당하기 때문에, EL 소자에 흐르는 전류 Icv의 차  $\Delta I$ 는 작다.
- [0034] 한편, 소자 구동 Tr2에의 인가 전압이,  $V_{gs}-V_{th}>V_{ds}$ 를 만족하고, 게이트 소스 간 전압이 크고, 드레인·소스 간(PVDD·CV) 전압이 작은 경우, 이 소자 구동 Tr2는 선형 영역에서 동작한다. 이 선형 영역에서는 단락 발생 화소(멸점 화소)와 정상 화소에서, EL 소자의 전류 특성의 기울기는 포화 영역의 경우와 마찬가지로 상이하다. 또한, 이 선형 영역에서는 소자 구동 Tr2의  $I_{ds}$  특성의 기울기가 급준하고, 멸점 화소의 EL 소자의 캐소드 전류 Icv와, 정상 화소의 EL 소자의 캐소드 전류 Icv와의 차  $\Delta I$ 는, 매우 커진다. 또한, 이 선형 영역에서의 동작에서, 단락 발생 화소의 EL 소자는, 단락 상태 그대로이기 때문에 비발광(멸점)으로 되어, 정상 화소의 발광 휘도와는 크게 상이하다. 따라서, EL 소자의 단락에 의한 결함은, 발광 휘도에 관해서는, 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시키더라도 포화 영역에서 동작시키더라도 검출할 수 있어, EL 소자에 흐르는 전류에 대해서는, 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시켜 측정함으로써, 높은 정밀도로 검출할 수 있다.



- [0035] 다음으로, EL 소자는 정상이지만, 소자 구동 Tr2의 특성이 변동되어 정상 트랜지스터보다도 특성이 열화한 경우에 대하여 설명한다. 도 3은, 이와 같은 소자 구동 Tr2의 특성 변동(전류 공급 특성의 변동. 예를 들면, 동작 임계치  $V_{th}$ 의 저하)이 생긴 경우의 화소의 등가 회로 및 소자 구동 Tr2 및 EL 소자의 IV 특성을 도시하고 있다. 소자 구동 Tr2에 동작 임계치  $V_{th}$ 의 저하가 생긴 경우, 회로적으로는, 도 3의 (b)에 도시한 바와 같이, 소자 구동 Tr2의 드레인측에 정상보다도 큰 저항이 접속된 것으로 간주할 수 있다. 따라서, EL 소자가 흘리는 전류(본 실시 형태에서는, 캐소드 전류  $I_{cv}$ ) 특성은, 정상 화소와 다르겠지만, 실제로 EL 소자에 흐르는 전류는 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 따라서 변화되게 된다.
- [0036] 우선, 소자 구동 Tr2에의 인가 전압이  $V_{gs}-V_{th}<V_{ds}$ 를 충족시키는 경우, 상기와 마찬가지로, 소자 구동 Tr2는 포화 영역에서 동작한다. 도 3의 (a)에 도시한 바와 같이, 이 때 소자 구동 Tr2의 특성이, 정상보다도 저하한 화소에서는, 그 트랜지스터의 드레인 소스 간 전류  $I_{ds}$ 가, 정상인 트랜지스터보다도 작아지고, EL 소자에의 공급 전류량, 즉, EL 소자가 흘리는 전류는, 정상 화소보다도 작아진다( $\Delta I$  대). 또한, 그 결과, 소자 구동 Tr2에 특성 변동이 발생한 화소는, 정상 화소보다도 발광 휘도는 낮아져서, 암점으로서 인식된다. 또한, 소자 구동 Tr2의 특성열화가 현저한 경우에는, EL 소자는 거의 비발광의 상태로 된다.
- [0037] 한편, 소자 구동 Tr2에의 인가 전압이,  $V_{gs}-V_{th}>V_{ds}$ 를 충족하는 경우, 이 소자 구동 Tr2는 선형 영역에서 동작하고, 이 선형 영역에서는, 특성이 저하한 소자 구동 Tr2와 정상인 소자 구동 Tr2에서,  $I_{ds}-V_{ds}$  특성의 차가 작기 때문에, EL 소자에의 공급 전류량의 차( $\Delta I$ )도 작다. 이 때문에, EL 소자는, 소자 구동 Tr2의 특성 변동의 유무에 상관없이, 대략 마찬가지로의 발광 휘도를 나타내어, 선형 영역에서는 특성 변동에 기인한 암점을 검출하는 것이 어렵다. 그러나, 상기와 같이, 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시킴으로써, 이 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 결함에 대해서는, 전류치 및 EL 발광 휘도의 어느 관점으로부터도 검출할 수 있다.
- [0038] 또한, 이상의 화소 회로에서는, 소자 구동 트랜지스터로서, p 채널의 TFT를 채용했지만, n 채널의 TFT를 이용해도 된다. 또한, 이상의 화소 회로에서는, 1 화소에 대하여, 트랜지스터로서, 선택 트랜지스터와 구동 트랜지스터의 2개의 트랜지스터를 구비하는 구성을 채용한 예를 설명했지만, 트랜지스터가 2개인 타입 및 상기 회로 구성에 한정되지는 않는다.
- [0039] 어느 경우에도, 채용하는 화소 회로에서 EL 소자에 전류를 공급하는 소자 구동 트랜지스터를 선형 영역에서 동작시켜 EL 소자를 관찰 또는 EL 소자의 캐소드 전류치를 측정함으로써, EL 소자의 단락에 의한 멸점 결함을 양호한 정밀도로 검출할 수 있다.
- [0040] 또한, 어느 경우도, 소자 구동 트랜지스터를 포화 영역에서 동작시켜 EL 소자의 발광 휘도나 캐소드 전류 등을 검출함으로써, 소자 구동 트랜지스터의 특성 변동에 기인한 암점 결함을 검출할 수 있다.
- [0041] [결합 검사]
- [0042] 다음으로, 상기 원리에 기초하는 결합 검사에 대하여, EL 소자의 특성으로서, 그 발광 상태를 이용한 검사 및 캐소드 전류를 이용한 검사에 대하여 각각 설명한다.
- [0043] (발광 상태 검사)
- [0044] 도 4는 발광 상태(발광 휘도)의 관찰(휘도 검출)로부터, 멸점·암점 결함을 검출하기 위한 검출 장치의 구성의 일례를 도시하고 있다.
- [0045] 검사 장치(200)는, 장치 내의 각 부를 제어하는 제어부(210), 소자 구동 Tr2의 포화 영역 검사 모드, 선형 영역 검사 모드의 각각에서 필요한 전원을 발생하는 전원 회로(220), 상기 검사 모드에 따라서 EL 패널에 공급하는 전원을 절환하는 전원 절환부(222), 검사 시에 이용하는 검사용 신호를 발생하는 검사용 신호 발생 회로(230)를 구비한다. 또한, 검사 장치(200)는, CCD 카메라 등이 채용 가능하고 EL 패널의 각 화소의 발광 상태를 관찰하는 발광 검출부(250), 발광 검출부(250)로부터의 검출 결과를 이용하여 결함을 검출하는 검출부(240)를 구비한다.
- [0046] 이와 같은 검사 장치(200)를 채용한 경우에, 표시 휘도가 정상치 이하인 이상 표시 화소의 검출 및 EL 소자의 단락에 기인한 멸점 화소의 검출을 실행하고, 또한, 이상 표시 화소와 멸점 화소의 비교로부터, 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 일치·불일치를 판단함으로써, 암점 화소, 멸점 화소를 판정할 수 있다.
- [0047] 이하, 도 5를 참조하여 검출 방법의 일례에 대하여 구체적으로 설명한다. 도 5의 예에서는, 먼저 소자 구동 Tr2의 특성 변동(전류 공급 특성 변동. 예를 들면, 동작 임계치의 변동)에 기인한 이상 표시 화소의 검출을 행한다. 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인한 결함은, 이 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시켜서 EL 소자를

발광 상태로 하는 제어에 의해 검출한다.

- [0048] 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시키는 조건으로서는 전술한 바와 같이  $V_{gs}-V_{th}<V_{ds}$ 로 하면 되지만, 소자 구동 Tr2로서 p 채널형 TFT를 채용하는 경우, 일례로서, 전원 회로(220)는, 8.5V의 구동 전원 PVDD, -3.0V의 캐소드 전원 CV를 발생하여 EL 패널(100)이 대응하는 단자(100T)에 공급하고, 검사용 신호 발생 회로(230)는, 표시 신호 Vsig로서, 0V의 검사용 온 표시 신호를 작성한다. 또한, 검사용 신호 발생 회로(230)는, 각 화소를 구동하기 위하여 필요한 타이밍 신호를 작성하고, 이들 검사용 온 표시 신호 및 타이밍 신호는, 단자(100T)로부터 EL 패널(100)에 공급한다.
- [0049] 또한, 이 소자 구동 Tr2의 포화 영역에서의 동작은, 본 실시 형태에서는 통상 표시 동작과 동일 조건으로 할 수 있기 때문에, 구동 전원 PVDD, 캐소드 전원 CV는, 검사 장치의 전원 회로(220)로부터가 아니라, EL 패널(100)의 통상 시의 구동용 각종 전원 회로로부터 공급하는 것도 가능하다.
- [0050] 이상과 같은 조건에서, 전원 회로(220)가 EL 패널(100)에 소정의 구동 전원 PVDD, 캐소드 전원 CV를 공급하고, 또한, 검사용 신호 발생 회로(230)가, 순차적으로 각 화소를 선택하여(선택 Tr1을 온하여), 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시키고(포화 동작 모드), 또한 EL 소자를 발광시키기 위한 검사용 온 표시 신호를 공급한다(S1).
- [0051] 발광 검출부(250)는, 상기와 같이 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시켜서 EL 소자를 발광시켰을 때의 그 발광 상태(발광 휘도)를 촬영한다(S2). 휘도 정보는, 결함 검출부(240)에 공급되고, 결함 검출부(240)는, 각 화소의 발광 휘도가, 소정 기준치보다 낮은지의 여부를 판단한다(S3). 이 기준치는, 정상 화소에서의 발광 휘도의 허용 최소 임계치이며, 요구 정밀도에 따른 계조 이상의 휘도 어긋남에 따른 값으로 설정할 수 있다(예를 들면 1 계조~30 계조 상당 분의 어긋남).
- [0052] 발광 휘도의 판단 결과, 검사 대상의 화소의 발광 휘도가 기준치 미만인 경우(아니오)에는, 그 화소는 정상 화소라고 판정한다(S4). 반대로 검사 대상의 화소의 발광 휘도가 기준치 미만인 경우(예), 이 화소는, 정상 화소보다도 휘도가 낮은 이상 표시(암점) 화소로서 판단한다(S5). 또한, 이상 표시 화소로서 판단된 화소는, 검사 장치(200)에서, 데이터 기억부(도시하지 않음)에 기억해 둔다.
- [0053] 각 화소에 대하여, 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시켜 이상 표시 검사를 실행한 후, 검사 장치는, 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시키는 모드로 이행한다. 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시키는 조건은, 전술한 바와 같이,  $V_{gs}-V_{th}>V_{ds}$ 를 만족하는 것이 필요하며, 소자 구동 Tr2로서 p 채널형 TFT를 채용하는 경우, 일례로서, EL 패널(100)에, 8.0V의 구동 전원 PVDD, 3V의 캐소드 전원 CV를 공급하고, 각 화소에 공급하는 검사용 온 표시 신호는, 0V의 신호를 채용한다. 이와 같은 조건에서, 전원 회로(220)가 EL 패널(100)에 소정의 구동 전원 PVDD, 캐소드 전원 CV를 공급하고, 또한, 검사용 신호 발생 회로(230)가, 순차적으로 각 화소를 선택하여, 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시키고, 또한 이 소자 구동 Tr2를 통하여 EL 소자를 발광시키기 위한 검사용 온 표시 신호를 공급한다(S6).
- [0054] 발광 검출부(250)는, 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시켜서 EL 소자를 발광시켰을 때의 그 발광 상태(발광 휘도)를 촬영한다(S7). 휘도 정보는, 결함 검출부(240)에 공급되고, 결함 검출부(240)는, 각 화소의 발광 휘도가 기준치보다 낮은지 여부를 판단한다(S8). 이 기준치는, 소위 비발광인지 여부를 판정하는 기준치이며, 상기 포화 모드에서의 측정 시와 마찬가지로, 정상 화소에서의 발광 휘도의 허용 최소 임계치로 하여도 된다.
- [0055] 발광 휘도의 판단 결과, 검사 대상의 화소의 발광 휘도가 기준치 미만인 경우(아니오)에는, 그 화소는 정상 화소라고 판정한다(S9). 반대로 검사 대상의 화소의 발광 휘도가 기준치 미만인 경우(예), 이 화소는, 비발광의 멸점 결함 화소라고 판단한다(S10).
- [0056] 다음으로, 결함 검출부(240)는, 포화 영역 모드에서 이상 표시 화소라고 검출되고, 또한 선형 영역 모드에서 멸점 결함 화소라고 검출된 화소가, 일치하는지의 여부를 판단한다(S11). EL 소자의 단락에 기인하는 멸점 결함은, 전술한 바와 같이, 소자 구동 Tr2를 선형 영역 및 포화 영역 중의 어디에서 구동해도 발광하지 않고 멸점으로서 검출된다. 한편, 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 의한 암점 결함은, 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 구동한 경우에는 관찰되지 않고, 포화 영역에서 구동한 경우에만 관찰된다. 따라서, 포화 영역 모드에서 이상 표시 화소라고 검출되고, 또한 선형 영역 모드에서 멸점 결함 화소라고 검출된 화소가, 일치하지 않는 경우(아니오), 그 화소를 암점 결함이라고 판정한다(S12). 또한, 일치하는 경우(예)에는, 멸점 결함이라고 판정한다(S13).
- [0057] 이상과 같은 방법에 의해, 발광 상태로부터 암점 결함, 멸점 결함을 각각 구별하여 판정할 수 있다. 또한, 결함의 발생 수, 발생 위치, 요구 품질에 따라서 수정이 가능하다고 판단된 경우에는, 암점 결함이라고 판정된 화

소에 대해서는, UV 리페어가 실행되고(S14), 반대로 멸점 결함이라고 판정된 화소에 대해서는, 레이저 리페어가 실행된다(S15).

[0058] 또한, 도 5에서는, 소자 구동 Tr2의 포화 영역 검사 모드를 실행하고 나서, 선형 영역 검사 모드를 실행하고 있지만, 모드의 순번은, 어느 쪽이라도 되며, 선형 영역 검사 모드를 먼저 실행하여, 멸점 결함으로서 검출된 화소를 기억해 두고, 이상 표시 화소로서 검출된 화소와의 일치·불일치를 판단하여 암점 결과를 판정하여도 된다.

[0059] 여기서, 멸점 결함은, 그 발생이 불안정한 경우가 많다는 것이 본 발명자들의 연구에 의해 명백해졌다. 이 때문에, 복수 단계를 거치는 검사 공정에서, 후발적으로 멸점이 발생하거나 또는 후발적으로 멸점이 소멸하는 등의 가능성이 있어서, 검사 효율이나 수정 효율을 저하시키는 원인으로 된다. 따라서, 도 5에서는 스텝 S0으로서 나타낸 바와 같이, 멸점 결함의 현재화 처리(멸점 스크리닝)를, 적어도 멸점 결함의 검사 개시전(S6보다 전)이면 되며, S1 전이어도 됨)에 실행하는 것이 바람직하다.

[0060] 이하에, 멸점 결함의 현재화 원리에 대하여, 도 6, 도 7을 참조하여 설명한다. 도 6의 상태 A는, 정상적인 EL 소자의 발광 상태를 나타내고, 상태 B는 EL 소자의 애노드·캐소드 사이에 역바이어스 전압을 인가한 때의 상태를 나타내고 있다. 상태 A에서는, 애노드로서 도전성 투명 금속 산화물인 IZO(Indium Zinc Oxide)를 이용하고, 캐소드로서 Al을 이용한 구성으로, 이 애노드·캐소드 사이에, 순방향 바이어스 전압을 인가한 때의 상태이다. 유기층(발광 소자층)에는 애노드로부터 정공, 캐소드로부터 전자가 주입되어, 회로적으로는 다이오드 애노드로부터 캐소드에 전류가 흘러서, 도 7의 (a)에 도시한 바와 같은 다이오드 특성에 따라서, 전류에 따른 휘도로 발광 소자층 중의 발광 재료가 발광한다.

[0061] 이와 같은 EL 소자의 애노드·캐소드 사이에 역방향의 바이어스 전압을 인가하더라도, 정상적인 EL 소자는, 그 발광 소자층이 원리적으로 절연성(정류성)으로서, 도 7의 (a)에 도시한 바와 같이, 역방향 내성이 높아 전류는 흐르지 않는다. 일례로서 애노드·캐소드 간 전압이 -30V 정도의 역바이어스까지, 이 EL 소자는 브레이크다운하지 않아, 전류는 흐르지 않는다.

[0062] 한편, 도 6의 상태 C에 도시한 바와 같이, 발광 소자층의 성막 시 등에 이물이 애노드와 캐소드의 사이에 도입되어 있는 경우, 박막으로서 형성되는 발광 소자층이 이 이물을 완전히 피복할 수 없는 경우가 있어, 피복이 불완전한 영역에서 애노드와 캐소드가 단락되는 등의 경우가 있다. 그런데, 이와 같은 단락은 반드시 정상적으로 발생하는 것은 아니고, 또한, 단락의 정도가 작으면, 동일한 EL 소자 내에서 단락되고 있지 않은 영역에서는 발광이 일어나고, 검사 타이밍에 따라 발광하거나 하지 않거나 하여 거동이 일정하지 않다. 도 7의 (b)에 도시한 바와 같이, 단락되지 않으면 이 EL 소자는 정상 화소와 마찬가지로 발광하지만, 단락되는 비발광으로 된다. 순방향 바이어스 전압을 인가하는 경우에는, 이 단락은 일어나거나 일어나지 않거나를 반복하게 되고, 예를 들면 1차 검사에서는 멸점으로 판정되었지만, 나중의 2차 검사에서는 미검출로 되거나, 그 반대로, 제품 출하 후에 멸점으로 되거나 할 가능성이 있다. 이에 대하여, 이물 등 혼입 부분은 정상 시와 같은 발광 소자층에 의한 높은 내압성이 얻어지지 않기 때문에, 도 6의 상태 D에 나타낸 바와 같이, 불안정한 EL 소자에 대하여 소정치 이상의 높은 역바이어스 전압을 인가하면, 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이, 정상적인 EL 소자와 비교하여 보다 작은 역바이어스 전압으로 브레이크다운이 발생한다고 생각된다(마이크로그래이션적 효과). 또한, 애노드·캐소드 간 이 일단 브레이크다운하면, 이 EL 소자에 대하여, 순방향 바이어스를 인가하더라도, 정상적으로 단락 모드로 되어, 항상, 비발광의 결함(멸점 결함)으로 된다.

[0063] 따라서 EL 소자의 단락에 기인한 멸점 결함을 검사하기 전에, 이와 같은 역바이어스 전압의 인가에 의한 멸점의 현재화(스크리닝)를 실행함으로써, 멸점의 가능성이 있는 화소를 확실하게 나타내게 할 수 있다.

[0064] EL 소자에의 역바이어스 전압의 인가는, 도 8에 도시한 바와 같이, 예를 들면, 구동 전원 PVDD를 통상 표시 전압(8.0V)으로부터 -5V로 절환하여, 캐소드 전원 CV를 통상 표시 전압(-3.5V)으로부터 13.0V로 변경하고, 소자 구동 Tr2의 게이트에 접속된 축적 용량 Cs 전위를 고정하고 임의의 표시 신호(Vsig)를 선택 Tr1을 통하여 소자 구동 Tr2의 게이트에 인가하는 것에 의해 실행할 수 있다.

[0065] 구동 전원 PVDD 및 캐소드 전원 CV의 멸점 스크리닝용 전원으로서의 절환은, 도 9에 도시한 바와 같이, 스크리닝 장치에, 스크리닝용 전원을 외부 전원에 의해 선택적으로 공급할 수 있도록 스위치를 형성하고, EL 패널(100)에 표시용으로 공급되는 내부 전원 대신에 상기 외부 전원을 공급 가능한 구성으로 함으로써 실행할 수 있다. 또한, 이 스크리닝 장치는, 도 4에 도시한 바와 같은 검사 장치에 내장하여도 된다. 이 경우, 전원 회로(220)가 상기한 바와 같은 검사용 전원뿐만 아니라 스크리닝용 전원을 발생하고, 또한 검사용 신호 발생 회로(230)가 스

크리닝용 신호를 작성하고, 이들을 선택적으로 EL 패널(100)에 공급하여도 된다. 또한, 스크리닝 시에, 화소의 선택·구동 타이밍에 대해서는, 통상 표시와 마찬가지로 제어하면 되고, 또한 역바이어스 전압의 인가 시간은, 매우 단시간에 효과가 얻어지며, 일례로서 10sec 정도이면 된다.

[0066] 다음으로, 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 결함의 리페어에 대하여 설명한다. 본원 발명자들의 연구에 의해, 소자 구동 Tr2의 특성 변동을 발생시키는 그 동작 임계치  $V_{th}$ 에 대하여, 이 소자 구동 Tr2에 소정 조건으로 UV광을 조사함으로써 수정할 수 있다는 것이 판명되었다.

[0067] 구체적으로는, 소자 구동 Tr2의 게이트에 원하는 전압을 인가하고, 또한 소자 구동 Tr2의 소스 전압, 드레인 전압을 동일한 바이어스 전압  $V_{bias}$ 로 한다. 또한, 구동 전원 PVDD를  $V_{bias}$ 로 하고, 캐소드 전원 CV를 동일한  $V_{bias}$ 로 함으로써, 소자 구동 Tr2의 소스 및 드레인에, 동일한 바이어스 전압  $V_{bias}$ 를 인가할 수 있다. 이 때 소자 구동 Tr2의 게이트에는, 소자 구동 Tr2의 게이트·채널간에 필요한 전압을 인가하기 위한 임의의 전압(EL 오프 표시 신호)을 인가하면 되고, 일례로서, p 채널 TFT로 구성되는 소자 구동 Tr2를 오프시키는 원하는 오프 표시 전압( $V_{sig}=V_{black}$ )을 인가하고 있다. 물론, 오프 표시 전압에 한정되지는 않으며, 온 표시 신호( $V_{sig}=V_{white}$ )를 인가하여도 된다.

[0068] 그리고, 이 바이어스 전압  $V_{bias}$ 를 소자 구동 Tr2의 동작 임계치  $V_{th}$ 의 목적으로 하는 시프트량에 따라서 설정하고, 소자 구동 Tr2의 다결정 실리콘 등으로 구성되는 능동층(채널 영역)에 UV광을 조사함으로써, 동작 임계치  $V_{th}$ 를 수정할 수 있다.

[0069] 또한, 소자 구동 Tr2의 동작 임계치 시프트에 필요하게 되는 UV광의 파장은, 대략 295nm 이하이며, 이와 같은 파장의 UV광을 소자 구동 Tr2의 채널 영역에 조사할 수 있도록, EL 패널(100)의 패널 재료를 선택하고(해당하는 파장에 대하여 투과성이 있는 패널 재료를 채용함), 또한, 상기 패널 재료 등을 투과하여 채널 영역에 도달하기 위하여 필요한 원하는 파위로 설정한다.

[0070] 도 10은, 상기 소자 구동 Tr2의 소스 드레인 간에 인가하는 바이어스 전압  $V_{bias}$ 와, 각 바이어스 조건에서의 리페어 후의 EL 소자의 발광 상태의 일례를 도시하고, 도 11은, 상기 바이어스 전압  $V_{bias}$ 와, 동작 임계치  $V_{th}$ 의 관계의 일례를 도시한다.

[0071] 도 10에서, 화소의 회로 구성은, 도 1에 도시한 바와 같은 등가 회로를 채용하고, 소자 구동 Tr2의 게이트에는, 예를 들면 8.0V를 인가하고, 특성이 동일한 소자 구동 Tr2에 대하여, 각각, 바이어스 전압  $V_{bias}$ 를 -1V, -2V, -3V, -4V, -5V, -6V, -7V, -8V를 인가했다. 그리고, 동일 조건으로 UV광을 조사한 경우, 도 10에 도시한 바와 같이, 인가하는 바이어스 전압  $V_{bias}$ 에 의해 EL 소자의 발광 휘도에 차이가 발생하고 있다. 보다 구체적으로는, 바이어스 전압  $V_{bias}$ 의 절대치가 커짐에 따라서 발광 휘도가 커져 있고, 소자 구동 Tr2의 특성 임계치  $V_{th}$ 의 절대치가, 작아지는 방향으로 시프트하여, 그 결과, 대응하는 EL 소자에 의해 많은 전류가 공급되어 발광 휘도가 상승하고 있음을 이해할 수 있다.

[0072] 도 11에 도시한 바와 같이, 소자 구동 Tr2의 특성 임계치  $V_{th}$ 의 절대치는, 실제로 인가하는 바이어스 전압  $V_{bias}$ 의 절대치가 커짐에 따라서 작아지고 있다(도 11의 종축 상방향이  $V_{th}$ 의 0V 방향).

[0073] 이와 같이, 소자 구동 Tr2의 게이트와, 소스 드레인 간에, 원하는 대전압  $V_g-V_{bias}$ 를 인가하면서 UV광을 조사함으로써, 소자 구동 Tr2의 특성 임계치  $V_{th}$ 를 조정할 수 있다. 따라서, EL 소자에 요구되는 발광 휘도로 되도록 바이어스 전압  $V_{bias}$ 를 설정하면, 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 결함을 수정할 수 있다. 또한, 고정밀도로 암점 결함을 수정하기 위해서는, 예를 들면, 상기 도 5에 도시하는 발광 휘도와 기준치의 비교 스텝(S3)에서, 기준치와의 차를 화소마다 기억해 놓고, UV 리페어 스텝(S14)에서, 기준치의 차에 따른 바이어스 전압  $V_{bias}$ 를 인가하여 수정함으로써 대응할 수 있다.

[0074] 다음으로, 멸점 결함 화소에 대하여 실행하는 레이저 리페어(S14)에 대하여 설명한다. 이 레이저 리페어는, 멸점 결함 화소의 EL 소자의 단락 발생 영역에, 원하는 파장 또한 파워의 레이저 광을 선택적으로 조사하고, 그 단락 영역을 태워 잘라버림(전류 공급 경로를 절단하여 절연화함)으로써, 애노드와 캐소드의 단락 상태를 해소하는 방법이다. 리페어용의 레이저 광으로서, 일례로서 355nm~1064nm 정도의 파장에서, 원하는 파워의 레이저 광을 채용할 수 있다.

[0075] 이와 같이, 본 실시 형태에 따르면, 간단히 발광 휘도가 낮은 결함으로서가 아니라, 그 결함의 종류가 암점 결함인지 멸점 결함인지를 정확하게 검출할 수 있고, 즉시, 암점 및 멸점의 수정에 적합한 수정 공정으로 진행할 수 있어, 검사 및 수정을 효율적으로 실행하는 것이 가능해진다.



- [0076] (캐소드 전류 검사)
- [0077] 다음으로, EL 소자의 캐소드 전류  $I_{cv}$ 로부터 암점 결함, 멸점 결함을 검사하는 장치 및 검사 방법에 대하여 설명한다. 도 12는, 캐소드 전류를 측정하여 암점·멸점 결함을 검출하는 검사 장치의 개략 구성을 도시하고 있다.
- [0078] 도 12에 도시하는 검사 장치는, 상기 발광 휘도로부터 결함 검사를 실행하는 장치에서 채용되고 있는 발광 검출부(250)가 아니라, 캐소드 전류  $I_{cv}$ 를 검출하는 캐소드 전류 검출부(350)를 구비하는 점이 크게 상이하다. 제어부(310), 전원 회로(320), 전원 절환부(322), 검사용 신호 발생 회로(330)는, 전술한 발광 휘도를 이용한 결함 검사 장치와 마찬가지로, 검사에 필요한 전원, 검사용의 타이밍 신호나 표시 신호 등을 발생하여 EL 패널(100)에 공급한다. 결함 검출부(340)는, 캐소드 전류 검출부(350)가 검출한 캐소드 전류  $I_{cv}$ 에 기초하여 멸점 결함과, 암점 결함을 검출한다.
- [0079] 이 예에서는, EL 소자에 흐르는 전류(여기서는 캐소드 전류  $I_{cv}$ )를 측정하므로, 멸점 결함에 대해서는, 도 2에 도시한 바와 같이, 소자 구동  $Tr_2$ 를 선형 영역에서 동작시켰을 때의 EL 소자의 캐소드 전류를 측정함으로써 판별한다. 암점 결함에 대해서는, 도 3에 도시한 바와 같이, 소자 구동  $Tr_2$ 를 포화 영역에서 동작시켰을 때의 EL 소자의 캐소드 전류를 측정함으로써 판별한다.
- [0080] 도 13은, EL 소자의 단락에 기인한 멸점 결함의 검사 수순을 도시하고 있다. 멸점 결함의 검사에 앞서, 우선, 불안정한 EL 소자의 단락을 현재화시키는 것이 바람직하며, 전술한 바와 같이, EL 소자의 캐소드·애노드 간에 역바이어스 전압을 인가하여 멸점 스크리닝을 실행한다(S20).
- [0081] 다음으로, 소자 구동  $Tr_2$ 를 선형 영역에서 동작시켜, 선택  $Tr_1$ 을 온시키고, 또한 검사용 온 표시 신호를 대응하는 화소의 선택  $Tr_1$ 을 통하여 소자 구동  $Tr_2$ 의 게이트에 인가한다(S21).
- [0082] 또한, 소자 구동  $Tr_2$ 를 선형 영역에서 동작시키는 조건은, 전술한 바와 같이,  $V_{gs}-V_{th}>V_{ds}$ 를 만족하도록 설정한다. 소자 구동  $Tr_2$ 로서 p 채널형 TFT를 채용하는 경우의 전압은, 발광 휘도 검출의 경우와 마찬가지로, 일례로서, 구동 전원 PVDD를 8.0V, 캐소드 전원 CV를 3V로 하고, 각 화소에 공급하는 검사용 온 표시 신호는, 0V의 신호를 채용한다.
- [0083] 캐소드 전류 검출부(350)는, 예를 들면, EL 패널(100)의 외부 접속 단자(100T) 중의 캐소드 단자에 접속되어 있고, 이 캐소드 단자에 얻어지는 캐소드 전류  $I_{cv}$ 를 검출한다. 여기에서, EL 소자의 캐소드는, 전술한 바와 같이 복수의 화소에 공통으로 형성되어 있기 때문에, 화소를 순차적으로 선택하고, 그 선택 기간에 대응하는 기간에 캐소드 단자에 얻어지는 캐소드 전류  $I_{cv}$ 를 그 화소에 관한 캐소드 전류  $I_{cv}$ 로 한다. 또한, 캐소드 전류  $I_{cv}$ 는, 그 전류치에 따른 전압으로서 검출할 수 있다.
- [0084] 다음으로, 결함 검출부(340)는, 캐소드 전류 검출부(350)에서 얻어진 각 화소의 캐소드 전류  $I_{cv}$ 가 멸점 기준치보다도 큰지 여부를 판단한다(S23). EL 소자에 단락이 발생한 경우에는, 전술한 바와 같이 EL 소자의 IV 특성의 기울기가 커지게 되기 때문에, 소자 구동  $Tr_2$ 를 선형 영역에서 동작시켰을 때의 캐소드 전류  $I_{cv}$ 는 정상 EL 소자의 캐소드 전류  $I_{cv}$ 보다도 커진다. 따라서, 멸점 기준치로서, 정상 EL 소자의 캐소드 전류치에 따른 값을 설정하고, 검출한 캐소드 전류  $I_{cv}$ 가 그 멸점 기준치 이하인 경우에는(아니오), 정상 화소라고 판단한다(S24). 또한, 검출한 캐소드 전류  $I_{cv}$ 가 멸점 기준치를 초과하는 경우에는, 그 화소를 멸점 결함 화소라고 판정한다(S25).
- [0085] 멸점 결함이 검출된 패널(100)은, 멸점을 수정하기 위한 레이저 리페어 공정으로 진행하고 여기에서 수정을 받는다(S26).
- [0086] 도 14는, 소자 구동  $Tr_2$ 의 특성 변동에 기인한 암점 결함의 검출 수순을 도시하고 있다. 소자 구동  $Tr_2$ 의 특성 변동에 기인한 암점 결함에 대해서는, 전술한 바와 같이 소자 구동  $Tr_2$ 를 포화 영역에서 동작시켜, 선택  $Tr_1$ 을 온시키고, 또한 검사용 온 표시 신호를 대응하는 화소의 선택  $Tr_1$ 을 통하여 소자 구동  $Tr_2$ 의 게이트에 인가한다(S30).
- [0087] 소자 구동  $Tr_2$ 를 포화 영역에서 동작시키는 조건은, 전술한대로,  $V_{gs}-V_{th}<V_{ds}$ 를 만족하도록 설정한다. 소자 구동  $Tr_2$ 로서 p 채널형 TFT를 채용하는 경우의 전압은, 발광 휘도 검출의 경우와 마찬가지로, 일례로서, 구동 전원 PVDD를 8.0V, 캐소드 전원 CV를 -3V로 하고, 각 화소에 공급하는 검사용 온 표시 신호로서는, 0V의 신호를 채용한다.
- [0088] 캐소드 전류 검출부(350)는, 소자 구동  $Tr_2$ 를 포화 영역에서 동작시켜서, EL 소자를 발광시켰을 때의 캐소드 전

류 I<sub>cv</sub>를 검출한다(S31). 또한, 결함 검출부(340)는, 검출된 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>가 암점 기준치보다 작은지 여부를 판단한다(S32). 소자 구동 Tr2의 동작 임계치가 정상치보다도 저하한 화소의 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>는, 전술한 바와 같이, 소자 구동 Tr2의 포화 영역에서, 정상 화소에서의 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>보다도 작아진다. 따라서, 예를 들면, 정상 화소에 대하여 허용되는 계조 이상(일례로서 1 계조~30 계조 상당)의 어긋남을 발생시키는 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>를 기준치로 하여 비교함으로써, 정상 화소와 암점 결함 화소를 구별할 수 있다.

[0089] 비교의 결과, 검출한 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>가 기준치보다 작지 않는 경우(아니오)에는, 그 화소는 정상으로 판정하고(S33), 기준치보다 작은 경우(예), 그 화소를 암점 결함 화소라고 판정한다(S34). 이와 같이 하여, 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>의 검출 결과에 기초하여 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 결함 화소를 검출할 수 있다. 그리고, 이 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 대해서는, 전술한 바와 같이, UV 리페어 공정으로 진행하여, 소자 구동 Tr2의 특성 변동이 수정된다(S35).

[0090] 이상과 같이, 본 실시 형태에 따르면, 소자 구동 Tr2의 선형 영역과 포화 영역에서 각각 동작시키고, 그 때의 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>를 검출함으로써, EL 소자의 단락에 기인한 멸점 결함에 대해서도, 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 결함에 대해서도 구별하여 검출할 수 있다. 이와 같은 검사는, 어느 것이나 도 12에 도시한 바와 같은 장치 구성에 의해 실행할 수 있다.

[0091] 도 12의 장치를 멸점 검사 전용의 장치로 하는 경우, 전원 회로(320) 및 검사용 신호 발생 회로(330)가, 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시켜서 EL 소자를 발광시키기 위하여 필요한 전원, 구동 신호를 작성하고, 이것을 대응하는 화소에 인가하는 구성으로 하면 된다. 또한, 멸점 스크리닝 장치를 겸용하는 경우에는, 전원 회로(320)가, 도 8 및 도 9에 도시한 바와 같은 스크리닝용의 구동 전원 PVDD 및 캐소드 전원 CV를 발생하고, 이것을 절환부(322)에 의해, 선택적으로 각 화소에 인가함과 함께, 검사용 신호 발생 회로(330)가, 데이터 신호 V<sub>sig</sub>로서 임의의 스크리닝용 표시 신호를 발생하여 이것을 각 화소에 공급한다.

[0092] 도 12의 장치를 암점 검사 전용의 장치로 하는 경우에는, 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시켜서, EL 소자를 발광시키기 위하여 필요한 전원, 구동 신호를 작성하여, 이것을 대응하는 화소에 인가하는 구성으로 하면 된다.

[0093] 멸점 검사 전용, 암점 검사 전용의 장치에서는, 구동 전원 PVDD, 캐소드 전원 CV에 대하여, 각각 단일의 검사용 전원을 발생하면 되기 때문에, 도 12의 전원 회로(320)는 전용 전원을 발생하고, 전원 절환 회로(322)는 생략할 수 있다. 통상 표시 동작을 실행하여 육안에 의한 표시 검사용의 장치와, 멸점 검사 장치를 겸용하는 경우에는, 통상 표시에서 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 구동하므로, 멸점 검사 시에 전원을 절환하는 것이 필요하다.

[0094] 또한, 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>를 이용한 멸점 검사 장치 및 암점 검사용 장치는, 단일 장치로서 구성하는 것도 가능하며, 이 경우, 도 12에 도시하는 검사 장치의 각 부는, 제어부(310)의 제어에 의해, 검사 모드(멸점 검사 모드, 암점 검사 모드)에 따라서, 각각의 검사에 필요한 동작을 실행한다. 즉, 전원 회로(320), 전원 절환부(322), 검사용 신호 발생 회로(330)는, 각 모드에서 필요한 전원, 검사용 신호를 발생하고, 결함 검출부(340)는, 모드에 따른 기준치와 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>를 비교하여, 멸점 판정, 암점 판정을 행한다.

[0095] 도 15는, 복수의 모드나, 다른 검사를 실행하는 경우에, 도 12에 도시하는 검사 장치에 채용 가능한 전원 및 표시 신호의 절환 구성의 일례를 도시하고 있다. 절환 회로(322, 332)는, 도 12의 제어부(310)에 의해 절환 제어된다. 또한, 전원 회로(320)는 모드에 따른 복수 종류의 전원을 발생하고, 절환 회로(322)에 의해, 예를 들면 멸점 검사 모드의 경우에는, 각 전원 라인에는 단자(i)를 통하여 PVDD1, CV1을 공급한다. 마찬가지로 검사용 신호 발생 회로(330)가 모드에 따른 복수 종류의 검사용 표시 신호를 작성하고, 절환 회로(332)에 의해, 데이터 라인 DL에는 단자(i)를 통하여 V<sub>sig1</sub>이 공급된다. 다른 모드(예를 들면 암점 검사 모드)의 경우에는, 절환 회로(322, 332)가 대응하는 단자(ii)를 통하여, 각각 전원(PVDD2, CV2) 및 표시 신호(V<sub>sig2</sub>)를 공급한다.

[0096] (고속 검사 방법)

[0097] 도 16은, 캐소드 전류 I<sub>cv</sub>를 이용하여 고속으로 멸점 결함, 암점 결함을 검사하는 경우의 EL 패널(100)의 구동 파형을 도시하고 있다. 도 16에 도시하는 검사 방법에서는, 1 화소를 선택하는 기간 중(1 수평 클럭 신호의 2분의 1 주기)에, 해당하는 화소에 대하여, 검사용 표시 신호 V<sub>sig</sub>로서, 온 표시 신호(EL 발광)와 오프 표시 신호(EL 비발광)를 연속하여 인가한다. 또한, 이 검사용 표시 신호는, 도 12의 검사용 신호 발생 회로(330)가, 수평 스타트 신호 STH, 수평 클럭 신호 CKH 등을 이용함으로써 작성한다. 캐소드 전류 검출부(350)는, 온 표시 신호에 대응한 EL 소자의 캐소드 전류 I<sub>cv<sub>on</sub></sub> 및 오프 표시 신호에 대응한 EL 소자의 캐소드 전류 I<sub>cv<sub>off</sub></sub>를 각각



검출하고(필요에 따라서 전류 증폭함), 결합 검출부(340)는, 온과 오프의 캐소드 전류의 차분  $\Delta I_{cv}$ 를 구하여, 그 차분 데이터와, 예를 들면 정상 화소에서의 차분 데이터에 기초한 기준치를 비교함으로써, 멸점 결합 판정 및 암점 결합 판정을 각각 실행한다.

[0098] 또한, 도 16에 도시하는 검사 방법에서도, 전술한 바와 같이, 멸점 결합 검사 모드에서는, 소자 구동 Tr2가 선행 영역에서 동작하도록 구동 전원 PVDD 및 캐소드 전류 CV를 설정하고, 암점 결합 검사 모드에서는 소자 구동 Tr2가 포화 영역에서 동작하도록 구동 전원 PVDD 및 캐소드 전류 CV를 설정한다. 또한, 도 16에서, 수직 클럭 신호 CKV는 수직 방향의 화소 수에 따른 클럭 신호이고, 인에이블 신호 ENB는, 1 수평 주사 기간의 최초와 최후에서, 표시 신호 Vsig가 확정되지 않는 동안에 각 수평 주사 라인(게이트 라인 GL)에 선택 신호가 출력되는 것을 방지하기 위한 금지 신호이다.

[0099] 이와 같이, 오프 표시 신호일 때의 캐소드 전류  $I_{cv_{off}}$ 를 측정하고, 이  $I_{cv_{off}}$ 를 기준으로 하여 온 표시 신호 시의 캐소드 전류  $I_{cv_{on}}$ 의 절대치를 정확하게 판단할 필요나, 별도 기준으로 되는 오프 표시 신호 시의 캐소드 전류  $I_{cv_{off}}$ 를 측정할 필요가 없어, 고속의 자동 검사를 고정밀도로 실행하는 것이 가능해진다.

[0100] 또한, 도 16에 도시하는 검사 방법에서는, 매트릭스 배치된 화소의 열 방향, 즉 각 데이터 라인 DL에 표시 신호를 출력하는 기간을 결정하는 수평 스타트 신호 STH가, 2열 분의 선택 기간으로 설정되어 있다. 본 실시 형태에서, 통상 표시 시에는, 각 수평 주사 라인 상의 화소는, 대응하는 1H 기간만 선택되며, 이 때 대응하는 데이터 라인 DL에는, 1H 기간을 1 수평 주사 방향의 화소 수로 나눈 기간에 상당하는 기간씩, 표시 신호 Vsig가 출력된다. 이에 대하여, 결합 검사 시에는 검사용의 수평 스타트 신호 STH를 이용함으로써, 1 데이터 라인 DL에 대하여 2 화소 분의 표시 신호 출력 기간, 검사용 표시 신호 Vsig가 공급된다. 즉, 동일한 수평 주사 라인에 배열되는 화소는, 인접하는 2 화소가 동시에 검사 대상으로 된다. 또한, 이 화소의 동시 검사 대상 수는, 2에 한정되지는 않고, 예를 들면 3 화소씩을 검사 대상으로 해도 된다. 이와 같이 1 화소에 대하여 복수회 연속하여 검사 대상으로 함으로써, 타이밍 신호나 검사용 표시 신호 Vsig 등에 노이즈가 중첩하여 화소가 잘못 표시된 경우에도, 그러한 노이즈 중첩이 복수 기간 연속하여 발생할 확률이 작기 때문에, 노이즈에 의한 오검출을 저감하는 것이 가능해진다. 또한, 복수 화소를 연속하여 선택하는 방법은, 캐소드 전류를 이용한 검사 방법뿐만 아니라, 전술한 도 4 및 도 5를 이용하여 설명한 발광 회로를 이용한 검사 방법에서도 적용함으로써, 마찬가지로 노이즈의 영향을 저감하는 것이 가능해진다.

[0101] 여기에서, EL 패널(100)의 표시부의 각 화소를 구동하기 위한 구동 회로 중, 수평 방향 구동 회로는, 수평 주사 방향에서의 화소 수에 따른 단 수의 시프트 레지스터를 구비하고, 이 시프트 레지스터가, 수평 스타트 신호 STH를 수평 클럭 신호 CKH에 따라서 순차 전송하고, 또한, 레지스터의 각 단으로부터, 샘플링 회로에 대하여, 대응하는 데이터 라인 DL에 표시 신호 Vsig를 출력하는 기간(샘플링 기간)을 결정하는 샘플 홀드 신호가 출력된다. 그리고, 이 샘플 홀드 신호가 나타내는 샘플링 기간이, 상기 수평 스타트 신호 STH의 기간(여기서는 H 레벨 기간)에 대응한다. 이 때문에, EL 패널(100)의 수평 방향 구동 회로에 대하여, 결합 검사 시에는, 수평 스타트 신호 STH로서, 검사용 신호 발생 회로(330)가 작성한 도 16에 도시하는 바와 같은 검사용의 수평 스타트 신호 STH를 공급하고, 또한, 각 데이터 라인 DL에 샘플링 회로를 통하여 접속되는 비디오 신호 라인에 도 16에 도시하는 바와 같은 검사용 표시 신호 Vsig를 출력하면, 복수 화소마다 검사용 표시 신호 Vsig가 공급되어, 검사를 실행하는 것이 가능해진다.

[0102] 또한, 도 16의 구동 방법은, 데이터 라인 DL에 공급되는 표시 신호의 구동 파형의 절환 타이밍에 연동하여, 소자 구동 Tr2의 온 오프(EL 소자의 발광, 비발광) 타이밍이 설정되는 화소 회로를 구비하는 경우에 유효하며, 일례로서 도 1에 도시하는 바와 같은 화소 회로 구성에 대하여 적용할 수 있다. 또한, 각 화소의 유지 용량 Cs의 전위를 제어하기 위한 용량 라인 CL에, 원하는 교류 신호가 공급되는 화소 회로 구성이더라도, 검사 시에 용량 라인 CL의 전위를 고정하는 용량 전위 제어 스위치 등을 부가하고, 소자 구동 Tr2를, 데이터 라인 DL에 공급하는 표시 신호의 타이밍에 따라서 동작시킴으로써, 도 16과 같은 검사 방법을 채용할 수 있다.

[0103] [EL 표시 장치의 제조 방법]

[0104] 다음으로, 또한 도 17을 참조하여, EL 표시 장치의 결합 검사, 결합 수정을 포함하는 제조 수순의 일례를 설명한다. 패널 기관 상에 필요한 회로 소자, EL 소자 등을 형성하여 완성한 EL 표시 장치(EL 패널)에 대해서는, 우선 1차 검사가 실행된다(S40). 이 1차 검사는, 여러 갈래에 걸쳐서, 래스터 화상을 표시하고, 색 얼룩, 화소 회로의 단락 등에 의한 회점 결합, 멸점 결합, 암점 결합의 검사를, 예를 들면 육안이나, CCD 카메라 등을 이용한 관찰(회도 검출)에 의해 실시한다. 또한, 모노스코프 패턴을 표시시켜 표시 장치의 해상도 검사 등을 실행

한다. 또한, 멸점 결함, 암점 결함에 대해서는, 본 실시 형태에서 전술한 바와 같이, 소자 구동 Tr2를 선형 영역, 포화 영역에서 동작시켰을 때의, EL 소자의 특성(발광 휘도, 캐소드 전류)에 기초하여 검사하여, 멸점 및 암점 결함을 검출하는 것이 보다 바람직하다.

[0105] 1차 검사에서의 멸점 검사에서 멸점이 발생하였는지의 여부를 판단하고(S41), 그 결과, 발생 없음이면(아니오), 양품인 것으로 한다(S42). 또한, 도 17에서는, 이 양품은, 도시의 형편상, 다른 검사 항목에서도 양품으로 판정된 표시 장치를 의미하고 있고, 이 표시 장치는, 다음으로, 후술하는 안정화 에이징(S53) 공정으로 진행된다.

[0106] 멸점이 발생하고(예), 예를 들면 그 멸점 결함 수나, 멸점 발생 정도, 혹은 발생 위치 등의 정보로부터, 다음으로 멸점의 수정을 행할지의 여부를 판단한다(S43). 판단의 결과, 발생 수가 허용 규격치보다 많거나, 혹은 수정하였다고 하더라도 허용할 수 없는 위치라는 이유로 수정하지 않는다고 판단한 경우(아니오), 이 표시 장치는 불량품으로서 파기된다(S44).

[0107] 멸점 수정을 실행한다고 판단한 경우(예), 다음으로, 발생한 멸점을 수정하기 위한 전 공정으로서, EL 소자에 역바이어스 전압을 인가하는 것에 의한 멸점 스크리닝을 실행한다(S45). 이 멸점 스크리닝에 의해, 멸점을 현재화하고, 다음 멸점 결함 검사(2차 검사)시에서(S46), 확실히 멸점 결함(특히 그 발생 위치)을 검출하는 것이 가능해진다.

[0108] 멸점 결함 검사(S46)의 결과, 그 발생 위치가 특정된 멸점 결함에 대해서는, 다음에 레이저 리페어가 실행된다(S47). 이 레이저 리페어는, 이미 설명한 바와 같이, EL 소자의 단락에 기인한 멸점 결함을, 그 단락 영역에 레이저 광을 조사함으로써 절연화하여 수정하는 방법이다.

[0109] 여기서, 1차 검사에서 확인된 멸점 결함이 그 수정 공정에서 소멸될 확률은, 종래에는 예를 들면 50% 정도로 높았지만, 멸점 스크리닝을 실행함으로써, 스크리닝 후의 멸점 결함의 발생 수는, 예를 들면 500 시간의 신뢰성 시험의 후에 0으로 하는 것이 가능해지고 있다. 또한, 레이저 리페어에 앞서, 멸점 스크리닝을 행함으로써, 1차 검사에서 현재화되지 않고 있던 멸점에 대해서도 멸점 결함으로서 검출하여, 수정할 수 있다.

[0110] 다음으로, 상기 1차 검사에서 암점 결함이 검출되었는지의 여부를 판단하여(S48), 발생하고 있지 않은 경우(아니오), 양품이라고 판단하고(S49), 안정화 에이징 공정(S53)으로 이행한다. 암점 결함이 검출된 경우(예), 이 암점 결함이 수정 가능한 휘도 어긋남(계조 어긋남)에 들어가 있는지의 여부, 혹은 그 발생 위치, 발생 수에 따라서, 암점 결함의 수정을 실행할 것인지 여부를 판단한다(S50). 수정하지 않는다고 판단한 경우(아니오), 이 표시 장치는, 불량품으로서 파기한다(S51).

[0111] 암점 수정을 한다고 판단한 경우(예), 전술한 바와 같이 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시켜 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인하는 암점 결함을 검사하여, 결함 발생 위치를 분명히 하고, 결함에 대하여 UV광을 조사하여 리페어를 실행한다(S52). 이와 같은 UV광 리페어에 의해, 소자 구동 Tr2의 특성 변동에 기인한 암점 결함이 수정된다.

[0112] 이상과 같이 하여 1차 검사에서 양품으로 판단되고, 또는 멸점, 암점이 수정된 표시 장치에 대해서는, 다음으로, 안정화 에이징 처리가 실시된다(S53). 이 안정화 에이징은, 소정의 고온, 고습도 환경에 EL 표시 장치를 노출시키는 처리이다. 일반적으로, EL 소자의 특성이 열이나 물, 산소 등에 의해 열화하기 때문에, 원리적으로는 이와 같은 에이징 처리는 실행하지 않는 것이, 보다 고성능의 EL 표시 장치를 제품으로서 제공할 수 있다. 그러나, EL 소자의 초기 열화 속도가 크기 때문에, 특성이 다소 열화하였다고 하더라도, 그 특성을 안정화시키고 나서 제품으로서 제공하는 것이 적절하기 때문에 채용되고 있다.

[0113] 이 에이징 처리는, 상기과 같이 고온 고습도 환경에 EL 표시 장치를 노출시키기 때문에, 이 에이징 처리에 의해, 새롭게 멸점 결함이나 암점 결함 등이 생기는 경우가 있다. 따라서, 본 실시 형태에서는, 안정화 에이징 실행 후, 제차 전술한 바와 같은 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시킨 멸점 결함 검사(2차 검사)를 행하고(S54), 멸점 결함이 발생하고 있지 않은 경우에는(S55; 아니오), 이 표시 장치를 양품으로 하고(S56), 또한 필요한 조립 공정, 검사 공정 등으로 돌린다. 멸점 결함의 발생이 검출된 경우(S55; 예), 이 멸점을 보다 확실히 현재화시키기 위하여 멸점 스크리닝을 실행한다(S57).

[0114] 스크리닝 실행 후, 멸점 결함 위치를 특정하기 위하여 결함 검사를 실행하고, 위치가 특정된 멸점 결함에 대하여, 레이저 리페어가 실시된다(S58).

[0115] 또한, 에이징 실행 후, 암점 결함에 대해서도, 제차, 전술한 바와 같이 소자 구동 Tr2를 포화 영역에서 동작시켜 암점 결함 검사를 실행하고(S59), 암점이 검출되지 않은 경우(S60; 아니오), 양품으로 판정한다(S61).

- [0116] 암점 결함이 검출된 경우(S60;예), 검출된 위치에서의 암점 결함에 대하여 UV광 리페어가 실행되고(S62), 리페어에 의해 결함이 수정된 표시 장치는 양품으로서 출하용의 제품으로 돌려진다(S63).
- [0117] 이상과 같이, 1차 검사에서 멸점 결함이 검출된 경우, 멸점 스크리닝을 실행하고 나서, 2차 검사로서 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시켜 EL 소자의 단락에 기인한 멸점 결함의 검사를 실행함으로써, 멸점 결함의 존재와 그 위치를 특정한 다음에, 확실히 레이저 리페어에 의해 수복할 수 있어, 불량품으로 되는 표시 장치 수를 삭감하고, 또한, 고효율의 결함 검사를 가능하게 하여 제조 코스트의 삭감에도 기여할 수 있다.
- [0118] 또한, 상기 1차 검사에서, 멸점 결함은, 각 화소의 상기 일렉트로루미네센스 소자를 발광 상태로 제어하고, 그 발광 휘도가 기준치 미만에 상당하는 화소를 그 멸점 결함으로서 검출한다. 이 발광 휘도가 기준치 미만에 상당하는 화소에 대해서는, 전술한 바와 같이, 래스터 화상을 표시시켜 측정된 각 화소의 발광 휘도의 측정으로부터 휘도가 불충분하다고 판단되는 화소 외에, 본 실시 형태에서 설명한 바와 같은 소자 구동 Tr2를 선형 영역에서 동작시켜서 EL 소자를 발광 상태로 한 때의 발광 휘도나, 캐소드 전류에 기초하여, 발광 휘도로 환산한 경우에 기준치 미만으로 되는 화소를 의미한다.
- [0119] 여기서, 도 17에 도시하는 제조 방법의 예에서는, 1차 검사나, 에이징 후의 멸점 결함 검사의 결과, 멸점 결함이 검출된 표시 장치에 대하여 멸점 스크리닝을 실행하고 있다. 그러나, 예를 들면 1차 검사 시 및 안정화 에이징 처리의 후에, 모든 표시 장치에 대하여, 멸점 스크리닝을 실행해도 된다. 전체 표시 장치에 대하여 스크리닝을 실행함으로써, 후발적인 멸점 결함의 발생의 가능성을 대폭 삭감할 수 있다. 단, 처리 수의 증대는 제조 시간, 즉 제조 코스트에 영향을 미치므로, 도 17에 도시한 바와 같이, 선행하는 멸점 결함 검사에서 멸점이 검출된 표시 장치에만 실행함으로써, 처리 시간의 삭감을 도모하는 것이 가능해진다. 또한, 후발적으로 멸점 결함이 발생할 확률로부터, 1차 검사나, 에이징 처리 후의 결함 검사에서 양품으로서 판단 가능한 발생 허용 한계에 가까운 수의 멸점 결함이 검출된 표시 장치에만 멸점 스크리닝을 실행하여도 된다. 발생 허용 한계에 가까운 수의 멸점 결함이 이미 검출되어 있는 경우에는, 후발적으로 이 표시 장치에 멸점 결함이 더 발생한 경우, 그 시점에서 불량품으로 되어, 지금까지의 검사, 수정 공정에 필요한 시간이나 코스트가 낭비로 되기 때문이다.
- [0120] 또한, 멸점 스크리닝은, 멸점 결함과 암점 결함의 양방이 소정 수 이상 검출된 경우에, 그 표시 장치에 대하여 실행하여도 된다.

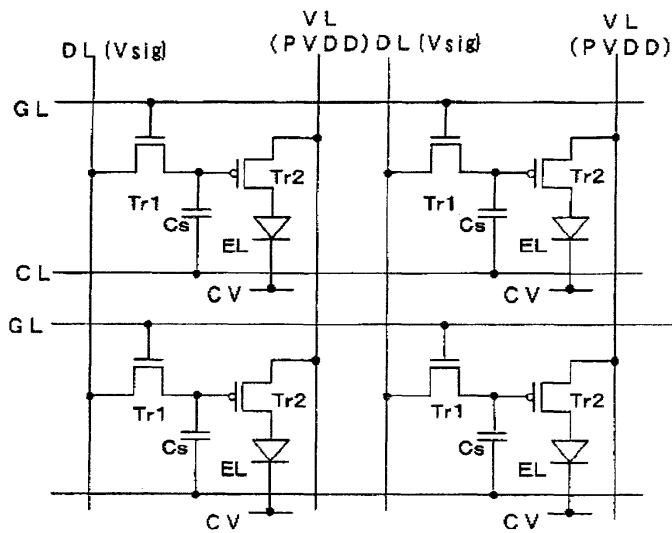
### 도면의 간단한 설명

- [0121] 도 1은 본 발명의 실시 형태에 따른 EL 표시 장치의 개략 회로 구성을 설명하는 등가 회로도.
- [0122] 도 2는 본 발명의 실시 형태에 따른 멸점 표시 결함 화소의 특성을 설명하는 도면.
- [0123] 도 3은 본 발명의 실시 형태에 따른 암점(DIM) 표시 결함 화소의 특성을 설명하는 도면.
- [0124] 도 4는 EL 소자의 발광 상태를 이용한 멸점·암점 표시 결함 검사 장치의 개략 구성을 도시하는 도면.
- [0125] 도 5는 도 4의 검사 장치를 이용한 발광 상태 검사 수순의 일례를 도시하는 도면.
- [0126] 도 6은 EL 소자의 단락의 원리 및 단락(멸점)의 현재화 원리를 도시하는 도면.
- [0127] 도 7은 단락의 발생의 유무에 따른 EL 소자의 IV 특성을 달리 설명하는 도면.
- [0128] 도 8은 멸점의 현재화를 위한 구동 방법을 도시하는 도면.
- [0129] 도 9는 멸점 현재화를 위한 장치 구성을 설명하는 도면.
- [0130] 도 10은 암점 결함 수정하기 위한 UV 리페어에서의 바이어스 조건과 발광 휘도의 관계의 일례를 설명하는 도면.
- [0131] 도 11은 암점 결함 수정하기 위한 UV 리페어에서의 바이어스 조건과 동작 임계치  $V_{th}$ 의 시프트량의 관계의 일례를 설명하는 도면.
- [0132] 도 12는 EL 소자의 캐소드 전류  $I_{cv}$ 를 이용한 멸점·암점 표시 결함 검사 장치의 개략 구성을 도시하는 도면.
- [0133] 도 13은 캐소드 전류를 이용한 멸점 표시 결함의 검사 수순의 일례를 도시하는 도면.

- [0134] 도 14는 캐소드 전류를 이용한 암점 표시 결함의 검사 수순의 일례를 도시하는 도면.
- [0135] 도 15는 캐소드 전류를 이용한 멸점 및 암점의 양방의 검사 기능을 구비하는 검사 장치의 전원 및 구동 신호 절환부의 구성을 도시하는 도면.
- [0136] 도 16은 캐소드 전류를 이용한 고속의 검사를 실행하기 위한 구동 파형을 도시하는 도면.
- [0137] 도 17은 본 발명의 실시 형태에 따른 EL 표시 장치의 결함 검사 및 수정 공정을 포함하는 전체적인 제조 수순의 일례를 도시하는 도면.
- [0138] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- [0139] 100: EL 패널
- [0140] 200, 300: 결함 검사 장치
- [0141] 210, 310: 제어부
- [0142] 220: 전원 회로
- [0143] 222, 322: 전원 절환부
- [0144] 230, 330: 검사용 신호 발생 회로
- [0145] 240, 340: 결함 검출부
- [0146] 250: 발광 검출부
- [0147] 350: 캐소드 전류 검출부

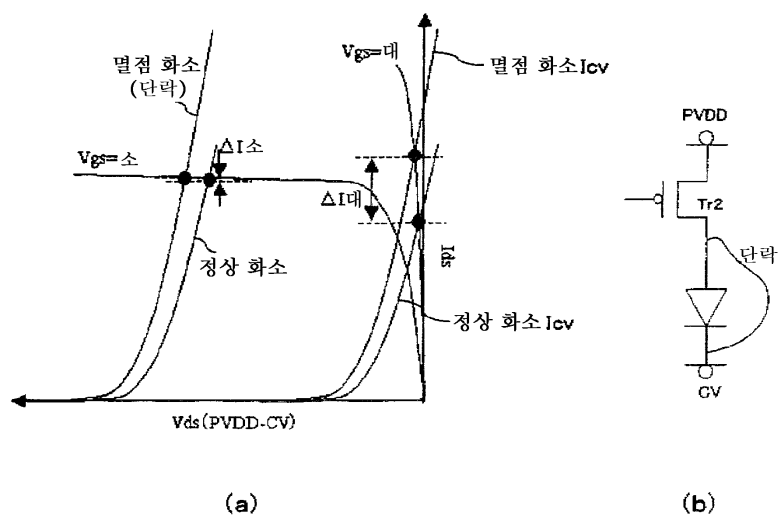
## 도면

### 도면1

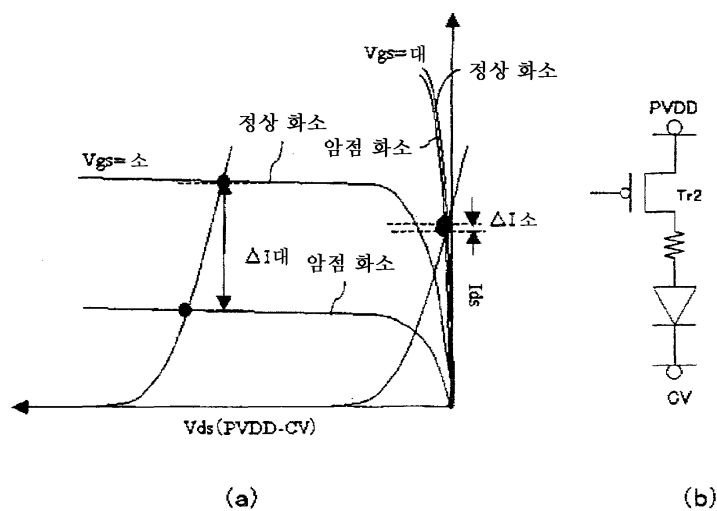


100

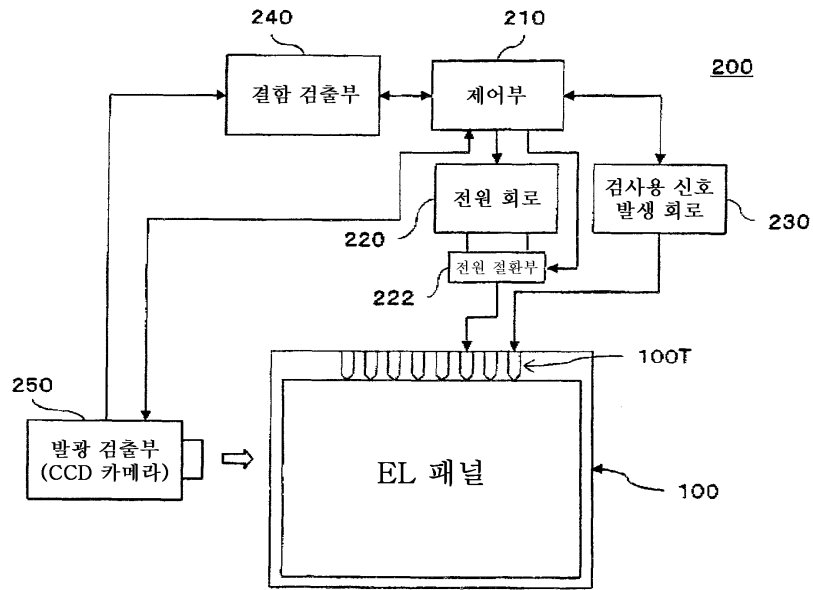
도면2



도면3

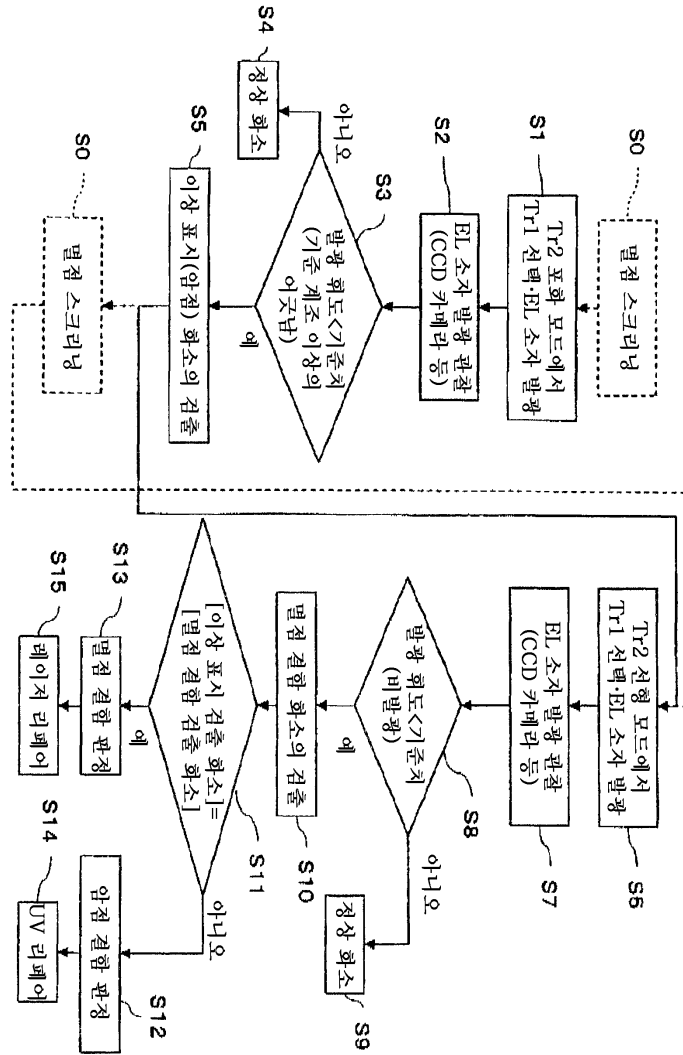


도면4

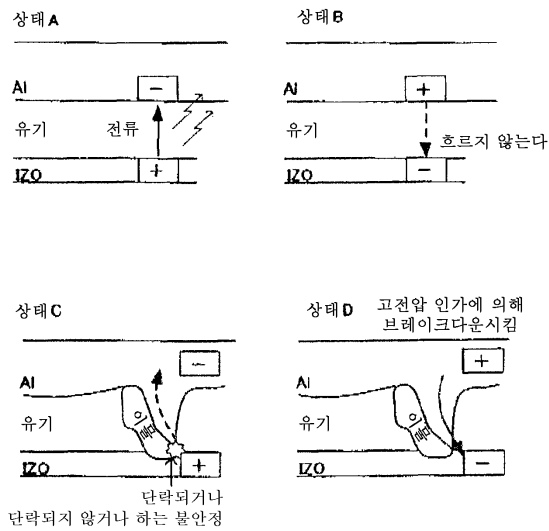




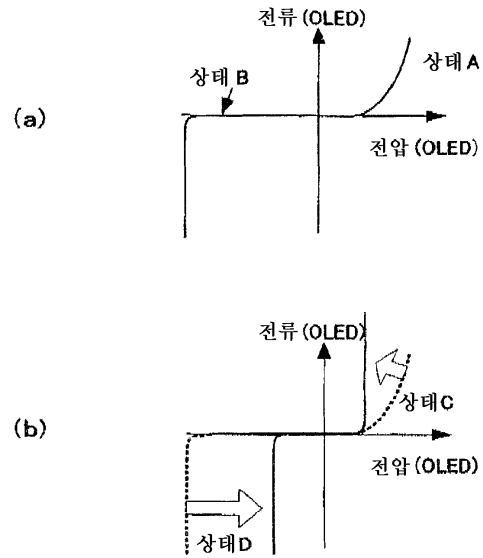
도면5



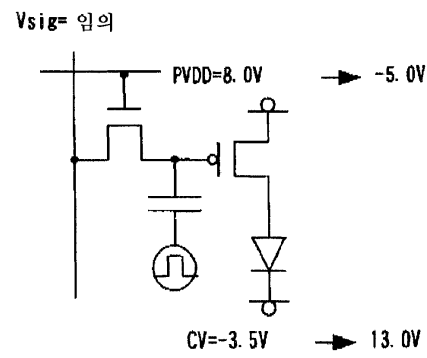
도면6



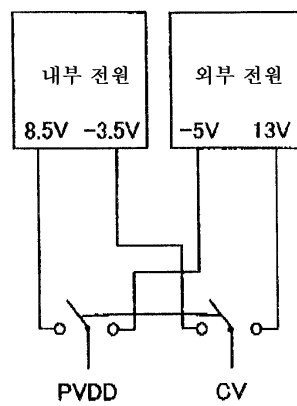
도면7



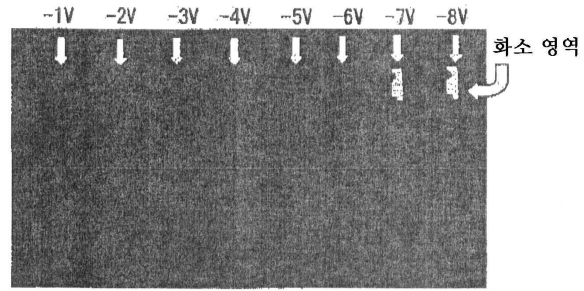
도면8



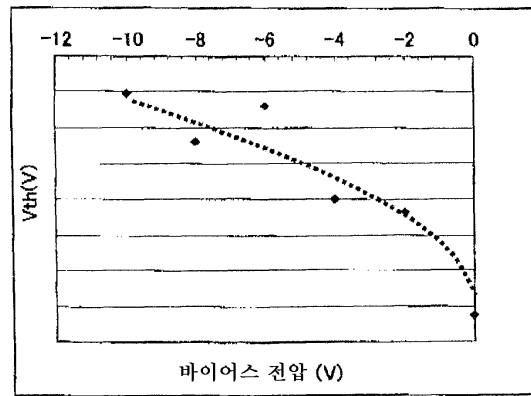
도면9



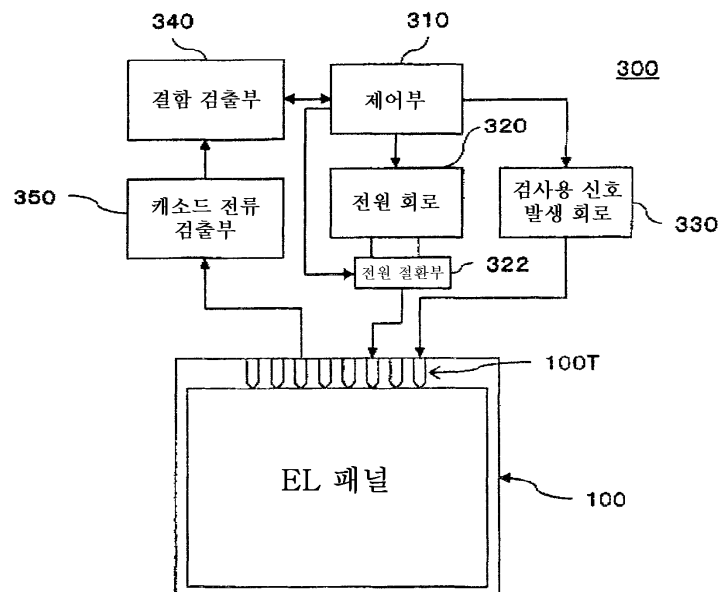
도면10



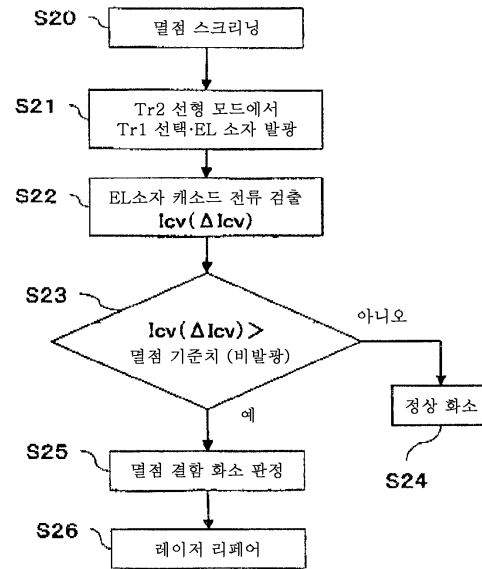
도면11



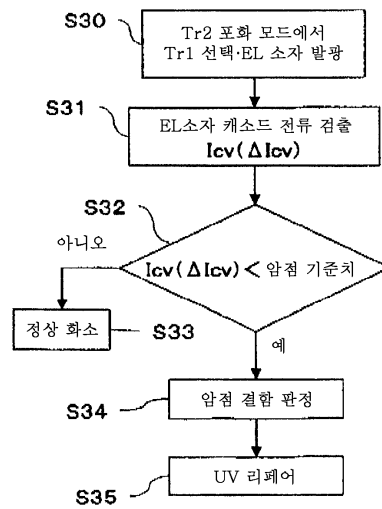
도면12



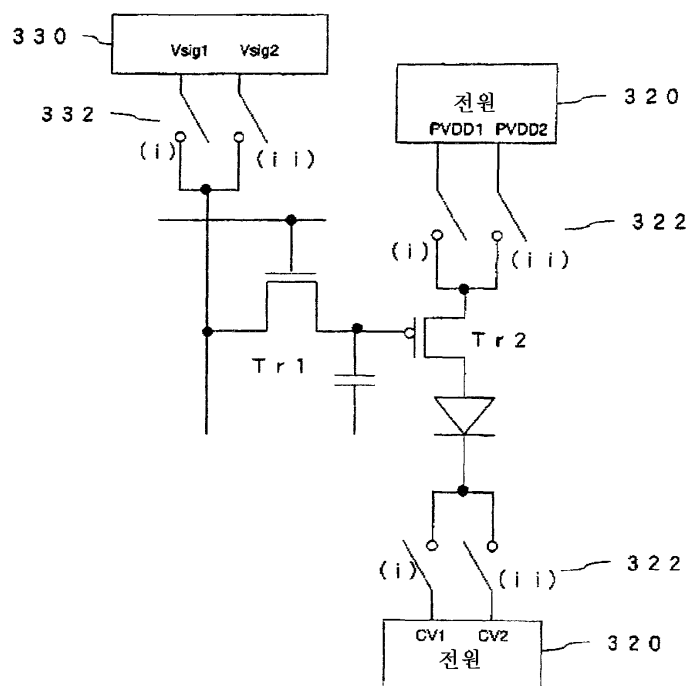
도면13



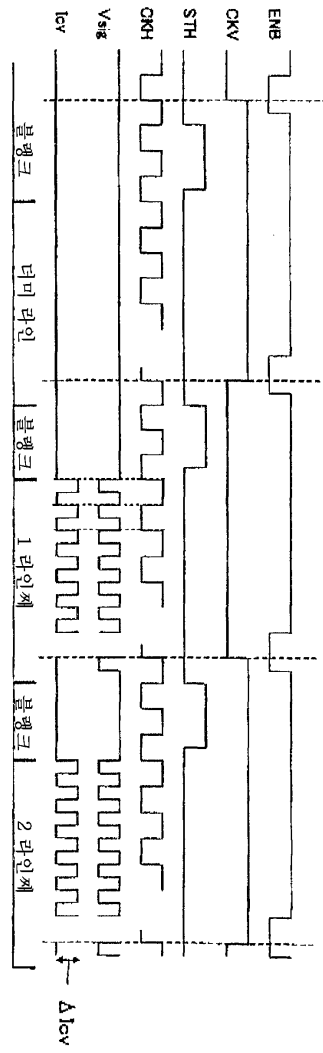
도면14



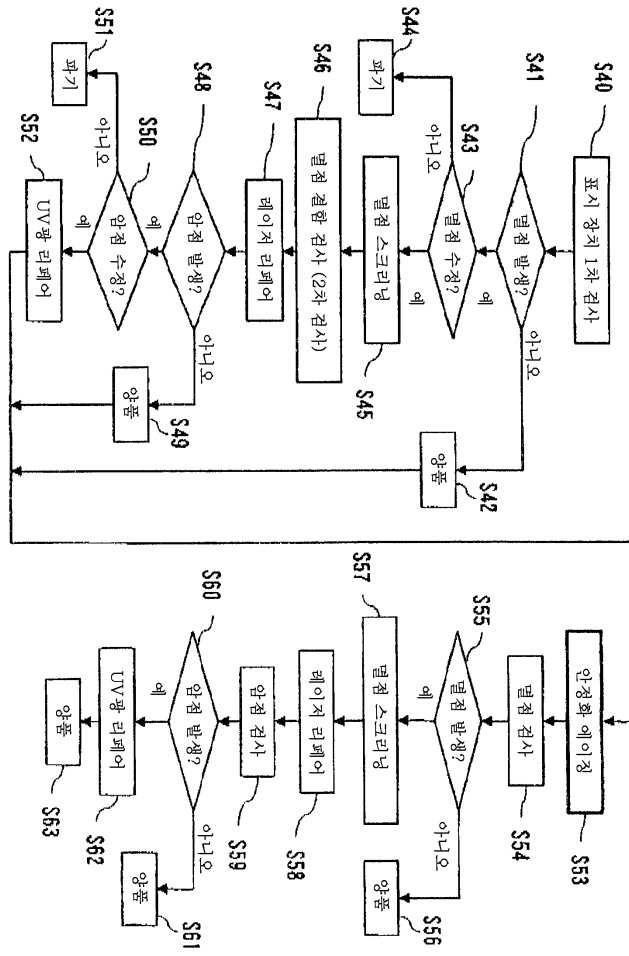
도면15



도면16







도면17

专利名称(译)	用于检测电致发光显示装置的缺陷的方法和设备以及使用该设备制造电致发光显示设备的方法		
公开(公告)号	<a href="#">KR101268237B1</a>	公开(公告)日	2013-05-31
申请号	KR1020070088907	申请日	2007-09-03
[标]申请(专利权)人(译)	三洋电机株式会社 山洋电气株式会社 三洋半导体株式会社		
申请(专利权)人(译)	三洋电机有限公司是分租 山阳半导体公司品牌		
当前申请(专利权)人(译)	三洋电机有限公司是分租 山阳半导体公司品牌		
[标]发明人	OGAWA TAKASHI 오가와다카시		
发明人	오가와다카시		
IPC分类号	H05B33/10		
CPC分类号	G09G3/006 G09G3/3225 G09G3/3233		
代理人(译)	Jangsugil Bakchungbeom Yijunghui		
优先权	2006239626 2006-09-04 JP		
其他公开文献	KR1020080021564A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

用途：用于电致发光显示装置的缺陷检查方法和缺陷检查装置，以及使用该缺陷检查装置制造电致发光显示装置的方法，通过测量电流提供给由于EL显示装置短路引起的死点缺陷元件的结构：电致发光显示装置的缺陷检查装置（200）包括发电单元，检查信号发生单元，电流检测单元和缺陷确定单元。发电单元在检查缺陷时产生供应给像素的电力。检查信号生成单元生成检查定时信号和对显示信号的检查。电流检测单元检测电致发光显示装置的阴极电流。通过功率和定时信号在晶体管的线性区域中致动每个像素的器件驱动晶体管。电流检测单元根据对显示信号的检查来检测电致发光显示装置的阴极电流。©KIPO 2008

