(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0039254
(43) 공개일자 2024년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06V 40/13 (2022.01) *G06V 40/12* (2022.01)
(52) CPC특허분류
G06V 40/1318 (2022.01)
G06V 40/1359 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2022-0117579
(22) 출원일자 2022년09월19일
심사청구일자 2022년09월19일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이승우
서울특별시 송파구 마천로7길 4, 8동 104호(오금동, 대림아파트)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 15 항

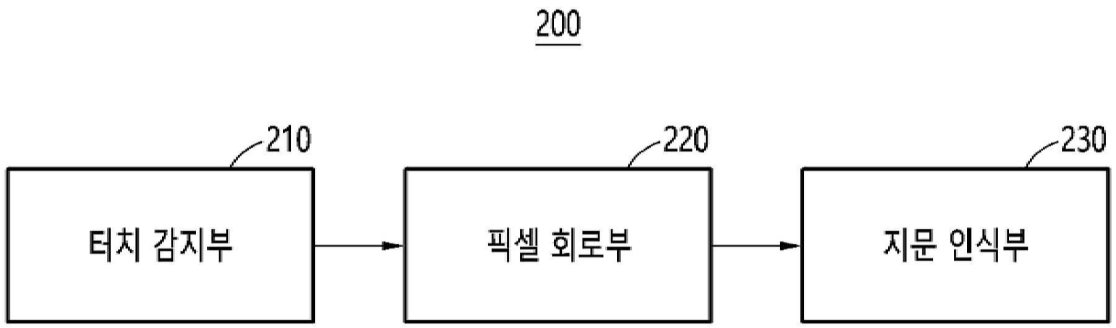
(54) 발명의 명칭 **지문을 인식하는 디스플레이 장치 및 그 동작 방법**

(57) 요 약

본 발명은 지문을 인식하는 디스플레이 장치 및 그 동작 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 디스플레이의 픽셀 회로를 구성하는 복수의 LED(Light Emitting Diode) 중 발광 LED와 감지 LED로 구동하여 추가적인 센서 없이 지문을 인식하는 기술에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치는 지문 인식

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



을 위해 사용자의 손가락이 디스플레이 상에 접촉되는 접촉 영역을 감지하는 터치 감지부, 복수의 LED(Light Emitting Diode)를 포함하고, 상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하며, 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 픽셀 회로부 및 상기 축적된 광전류에 기반하여 상기 접촉 영역에서 마루(ridge) 및 골(valley)을 구분하여 상기 사용자의 지문을 인식하는 지문 인식부를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G06V 40/1365 (2022.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

지문 인식을 위해 사용자의 손가락이 디스플레이 상에 접촉되는 접촉 영역을 감지하는 터치 감지부;

복수의 LED(Light Emitting Diode)를 포함하고, 상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하며, 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 픽셀 회로부; 및

상기 축적된 광전류에 기반하여 상기 접촉 영역에서 마루(ridge) 및 골(valley)을 구분하여 상기 사용자의 지문을 인식하는 지문 인식부를 포함하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 픽셀 회로부는 상기 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 상기 녹색 및 청색 LED 중 적어도 하나의 LED를 상기 발광 LED로 구동하고, 상기 적색 LED를 상기 감지 LED로 구동하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 픽셀 회로부는 상기 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 적어도 하나의 LED를 상기 발광 LED로 구동하고, 상기 적색 LED를 상기 감지 LED로 구동하는 경우에 상기 녹색 및 청색 LED 중 어느 하나의 LED를 발광 LED로 구동하는 경우에 대비하여 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 증가시켜서 축적하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 픽셀 회로부는 상기 복수의 LED 각각이 동일한 간격으로 구분되게 배열되고, 상기 간격과 관련하여 임계각이 결정되고, 상기 발광된 빛이 상기 감지 LED로 감지되는 입사각이 상기 결정된 임계각과 동일해지는 간격 이내로 상기 복수의 LED 중 상기 발광 LED와 상기 감지 LED로 선택적으로 구동하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 픽셀 회로부는 상기 디스플레이 상에서 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 복수의 LED를 상기 발광 LED 및 상기 감지 LED로 구동하고, 상기 감지된 접촉 영역 이외의 나머지 영역에 대하여 입력되는 데이터에 기반하여 표시 LED로 구동하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 픽셀 회로부는 상기 디스플레이 상에서 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 복수의 LED를 세로 라인, 가로 라인 및 상기 세로 라인과 상기 가로 라인 사이의 대각선 라인 중 어느 하나의 라인으로 발광 LED를 결정하고, 상기 어느 하나의 라인에 대응하는 라인으로 감지 LED를 결정하여 상기 발광 LED와 상기 감지 LED를 선택적으로 구동하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 픽셀 회로부는 상기 감지 LED의 광전 효과에 따른 역전류로 인하여 상기 마루 및 상기 골에 대하여 상기 감지된 반사광의 크기에 따라 서로 다른 크기의 광전류를 축적하되, 상기 마루에 대하여 상기 골에 대비하여 더 큰 광전류를 축적하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 지문 인식부는 상기 축적된 광전류에 기반하여 제1 반사광의 강도와 제2 반사광의 강도를 결정하고, 상기 제1 반사광의 강도와 상기 제2 반사광의 강도 중에서 더 큰 반사광의 강도에 해당하는 광전류를 축적한 감지 LED 상의 영역을 상기 마루로 구분하고, 나머지 감지 LED 상의 영역을 상기 골로 구분하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치.

청구항 9

터치 감지부에서, 지문 인식을 위해 사용자의 손가락이 디스플레이 상에 접촉되는 접촉 영역을 감지하는 단계;

복수의 LED(Light Emitting Diode)를 포함하는 픽셀 회로부에서, 상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계;

상기 픽셀 회로부에서, 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 단계; 및

지문 인식부에서, 상기 축적된 광전류에 기반하여 상기 접촉 영역에서 마루(ridge) 및 골(valley)을 구분하여 상기 사용자의 지문을 인식하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계는,

상기 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 상기 녹색 및 청색 LED 중 적어도 하나의 LED를 상기 발광 LED로 구동하고, 상기 적색 LED를 상기 감지 LED로 구동하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 단계는,

상기 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 적어도 하나의 LED를 상기 발광 LED로 구동하고,

상기 적색 LED를 상기 감지 LED로 구동하는 경우에 상기 녹색 및 청색 LED 중 어느 하나의 LED를 감지 LED로 구동하는 경우에 대비하여 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 증가시켜서 축적하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계는,

상기 복수의 LED 각각이 동일한 간격으로 구분되게 배열되고, 상기 간격과 관련하여 임계각이 결정되고, 상기 발광된 빛이 상기 감지 LED로 감지되는 입사각이 상기 결정된 임계각과 동일해지는 간격 이내로 상기 복수의 LED 중 상기 발광 LED와 상기 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계는,

상기 픽셀 회로부는 상기 디스플레이 상에서 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 복수의 LED를 상기 발광 LED 및 상기 감지 LED로 구동하고, 상기 감지된 접촉 영역 이외의 나머지 영역에 대하여 입력되는 데이터에 기반하여 표시 LED로 구동하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 단계는,

상기 감지 LED의 광전 효과에 따른 역전류로 인하여 상기 마루 및 상기 골에 대하여 상기 감지된 반사광의 크기에 따라 서로 다른 크기의 광전류를 축적하되, 상기 마루에 대하여 상기 골에 대비하여 더 큰 광전류를 축적하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 축적된 광전류에 기반하여 상기 접촉 영역에서 마루(ridge) 및 골(valley)을 구분하여 상기 사용자의 지문을 인식하는 단계는,

상기 축적된 광전류에 기반하여 제1 반사광의 강도와 제2 반사광의 강도를 결정하고, 상기 제1 반사광의 강도와 상기 제2 반사광의 강도 중에서 더 큰 반사광의 강도에 해당하는 광전류를 축적한 감지 LED 상의 영역을 상기 마루로 구분하고, 나머지 감지 LED 상의 영역을 상기 골로 구분하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 지문을 인식하는 디스플레이 장치 및 그 동작 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 디스플레이의 픽셀 회로를 구성하는 복수의 LED(Light Emitting Diode) 중 발광 LED와 감지 LED로 구동하여 추가적인 센서 없이 지문을 인식하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 모바일 기기의 발달로 개인정보의 중요성은 더욱 커지고 있다. 이에 따라 얼굴과 지문을 인식하는 보안 시스템이 개발됐다.

[0003] 얼굴 인식은 얼굴이 특정 거리 내에 있고 모자, 안경, 마스크를 벗었을 때만 작동하기 때문에 불편하다.

[0004] 이에 비해 지문인식은 사용이 간편하고 보안성이 뛰어나 모바일 기기의 중요한 기능이다.

[0005] 지문은 높이가 다른 두 가지 유형의 구조인 마루와 골로 구성되고, 키 차이를 감지하는 센서를 사용하여 지문을 식별할 수 있다.

[0006] 처음에 센서는 버튼 형태로 디스플레이 화면에 독립적으로 위치했고, 최근에는 화면 크기를 최대화하기 위해 디스플레이 베젤을 줄여 기기의 측면이나 후면으로 재배치되었다.

[0007] 그러나 사용자는 디스플레이 화면에서 지문 인식을 선호하고, 화면 크기를 늘리고 보다 쾌적한 사용자 경험을 얻으려면 지문 기능을 디스플레이에 통합해야 한다.

[0008] 그러나, 지문에 의해 반사된 빛이 센서에 들어가는 경로에 있는 구성 요소는 투명해야 하며 그렇지 않으면 모아레 효과를 포함하여 디스플레이 이미지 품질이 저하될 수 있다.

[0009] 화질 저하에도 불구하고 센서는 센서가 있는 위치의 지문만 인식하지만 사람마다 선호하는 위치가 다른데, 전체 디스플레이 화면을 커버하도록 인식 영역을 확장해야 하므로 생산 비용이 증가할 수 있다.

[0010] 지문 감지를 디스플레이에 통합하려는 특정한 노력이 있었고, 정전용량 방식은 지문의 골(valley)이나 마루(ridge)로부터의 거리에 따라 저장된 전하를 결정하는 방식이 널리 사용된다.

[0011] 이전 연구(Kim-Lee et al.)는 투명 정전용량형 화면 지문 센서에 대해 연구했고, 디스플레이에 지문 센서로 투명한 ITO 전극을 제작하고, 센서의 반복적인 패턴과 디스플레이가 겹치면서 생기는 모아레 패턴을 최소화하려고 했다.

[0012] 또한, 광학 방식은 일반적으로 손가락의 마루와 골을 구별하는 추가 광학 센서를 사용한다.

[0013] 이전 연구(Kamada et al.)는 빛의 강도에 민감한 지문 이미징을 위해 유기 포토다이오드를 유기 발광 다이오드(organic light emitting diode, OLED)에 통합했다.

[0014] 포토다이오드는 OLED 옆에 위치하며 지문에 의해 반사된 빛을 감지하여 지문 이미징이 가능하다.

[0015] 유사하게, 이전 연구(Peng et al.)는 디스플레이에 이식하여 지문을 인식하는 소형 광각 렌즈의 광학 설계를 제안했다.

[0016] 앞서 언급한 기술은 지문 인식이 통합된 디스플레이에 활용될 수 있으나, 이러한 기술은 추가 센서가 필요하거나 전체 화면이 아닌 제한된 영역에서만 작동한다.

[0017] 마이크로 LED는 자체 발광 소자로 사용되는 초소형 LED이고, 번인 및 수명과 같은 기존 OLED 문제를 해결할 수 있으며, 휘도 및 소비전력이 우수하여 OLED에 이은 차세대 디스플레이가 될 것으로 보고 있어서, 발광소자 외에도 마이크로 LED의 다기능성이 연구되고 있다.

[0018] 예를 들어, 마이크로 LED는 I-V 속성 또는 광 에너지 수확기에 기반한 온도 센서로 작동할 수 있다.

[0019] 마이크로 LED는 순방향 바이어스 시 빛을 발광하지만 역방향 바이어스 시 매우 낮은 역전류가 발광 없이 흐른다.

[0020] 역방향 전류는 입사광에 의존하기 때문에 다이오드는 빛의 세기를 측정할 수 있다.

[0021] 예를 들어, 이전 연구(Li et al.)는 일광 감지 LED 시스템을 연구했고, LED는 조도 레벨을 감지하고 이 레벨에 따라 발광 강도를 제어한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0022] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1923320호, "디스플레이에서의 지문 인식이 가능한 사용자 단말기 및 지문

인식 방법"

(특허문헌 0002) 미국등록특허 제9454259호, "MULTI-LEVEL COMMAND SENSING APPARATUS"

(특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2020-0139941호, "광학적 지문 인식을 위한 디스플레이 패널의 광원 설정 방법 및 이를 이용한 광학적 지문 인식 방법"

(특허문헌 0004) 한국공개특허 제10-2020-0002169호, "지문센서 일체형 화소 구동회로 및 이를 이용한 디스플레이 패널"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0023] 본 발명은 픽셀 회로를 구성하는 복수의 LED(Light Emitting Diode) 중 발광 LED와 감지 LED로 구동하여 추가적인 센서 없이 지문을 인식하는 마이크로 LED 디스플레이 장치 및 그 동작 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0024] 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치에서 손가락이 접촉되는 접촉 영역에 해당하는 복수의 LED 중 일부 LED는 광 검출기로 이용하고 나머지는 발광원으로 이용하여 역 바이어스되는 감지 LED의 광전류를 이용하여 반사광의 세기를 결정하고, 반사광의 세기에 기반하여 지문의 마루(ridge)와 골(valley)을 구분하는 것을 목적으로 한다.

[0025] 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치의 픽셀 회로에서 손가락이 접촉되는 접촉 영역에 따라 동일한 LED를 사용하여 발광하면서 데이터를 표현하거나 지문을 인식함에 따라 지문 인식을 위한 하드웨어 추가에 따른 원가를 절감하는 것을 목적으로 한다.

[0026] 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치 상 임의의 영역에서도 지문 인식이 가능해서 사용자의 편의성을 향상하고, 마이크로 LED에 기반하여 고해상도의 지문 이미지도 획득하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0027] 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치는 지문 인식을 위해 사용자의 손가락이 디스플레이 상에 접촉되는 접촉 영역을 감지하는 터치 감지부, 복수의 LED(Light Emitting Diode)를 포함하고, 상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하며, 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 픽셀 회로부 및 상기 축적된 광전류에 기반하여 상기 접촉 영역에서 마루(ridge) 및 골(valley)을 구분하여 상기 사용자의 지문을 인식하는 지문 인식부를 포함할 수 있다.

[0028] 상기 픽셀 회로부는 상기 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 상기 녹색 및 청색 LED 중 적어도 하나의 LED를 상기 발광 LED로 구동하고, 상기 적색 LED를 상기 감지 LED로 구동할 수 있다.

[0029] 상기 픽셀 회로부는 상기 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 적어도 하나의 LED를 상기 발광 LED로 구동하고, 상기 적색 LED를 상기 감지 LED로 구동하는 경우에 상기 녹색 및 청색 LED 중 어느 하나의 LED를 발광 LED로 구동하는 경우에 대비하여 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 증가시켜서 축적할 수 있다.

[0030] 상기 픽셀 회로부는 상기 복수의 LED 각각이 동일한 간격으로 구분되게 배열되고, 상기 간격과 관련하여 임계각이 결정되고, 상기 발광된 빛이 상기 감지 LED로 감지되는 입사각이 상기 결정된 임계각과 동일해 지는 간격 이내로 상기 복수의 LED 중 상기 발광 LED와 상기 감지 LED로 선택적으로 구동할 수 있다.

[0031] 상기 픽셀 회로부는 상기 디스플레이 상에서 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 복수의 LED를 상기 발광 LED 및 상기 감지 LED로 구동하고, 상기 감지된 접촉 영역 이외의 나머지 영역에 대하여 입력되는 데이터에 기반하여 이미지를 나타내는 표시 LED로 구동할 수 있다.

[0032] 상기 픽셀 회로부는 상기 디스플레이 상에서 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 복수의 LED를 세로 라인, 가로 라인 및 상기 세로 라인과 상기 가로 라인 사이의 대각선 라인 중 어느 하나의 라인으로 발광 LED를 결정하고, 상기 어느 하나의 라인에 대응하는 라인으로 감지 LED를 결정하여 상기 발광 LED와 상기 감지 LED를 선택적

으로 구동할 수 있다.

[0033] 상기 픽셀 회로부는 상기 감지 LED의 광전 효과에 따른 역전류로 인하여 상기 마루 및 상기 골에 대하여 상기 감지된 반사광의 크기에 따라 서로 다른 크기의 광전류를 축적하되, 상기 마루에 대하여 상기 골에 대비하여 더 큰 광전류를 축적할 수 있다.

[0034] 상기 지문 인식부는 상기 축적된 광전류에 기반하여 제1 반사광의 강도와 제2 반사광의 강도를 결정하고, 상기 제1 반사광의 강도와 상기 제2 반사광의 강도 중에서 더 큰 반사광의 강도에 해당하는 광전류를 축적한 감지 LED 상의 영역을 상기 마루로 구분하고, 나머지 감지 LED 상의 영역을 상기 골로 구분할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일실시예에 따르면 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법은 터치 감지부에서, 지문 인식을 위해 사용자의 손가락이 디스플레이 상에 접촉되는 접촉 영역을 감지하는 단계, 복수의 LED(Light Emitting Diode)를 포함하는 픽셀 회로부에서, 상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계, 상기 픽셀 회로부에서, 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 단계 및 지문 인식부에서, 상기 축적된 광전류에 기반하여 상기 접촉 영역에서 마루(ridge) 및 골(valley)을 구분하여 상기 사용자의 지문을 인식하는 단계를 포함할 수 있다.

[0036] 상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계는, 상기 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 상기 녹색 및 청색 LED 중 적어도 하나의 LED를 상기 발광 LED로 구동하고, 상기 적색 LED를 상기 감지 LED로 구동하는 단계를 포함할 수 있다.

[0037] 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 단계는, 상기 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 적어도 하나의 LED를 상기 발광 LED로 구동하고, 상기 적색 LED를 상기 감지 LED로 구동하는 경우에 상기 녹색 및 청색 LED 중 어느 하나의 LED를 감지 LED로 구동하는 경우에 대비하여 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 증가시켜서 축적하는 단계를 포함할 수 있다.

[0038] 상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계는, 상기 복수의 LED 각각이 동일한 간격으로 구분되게 배열되고, 상기 간격과 관련하여 임계각이 결정되고, 상기 발광된 빛이 상기 감지 LED로 감지되는 입사각이 상기 결정된 임계각과 동일해 지는 간격 이내로 상기 복수의 LED 중 상기 발광 LED와 상기 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계를 포함할 수 있다.

[0039] 상기 감지된 접촉 영역에 따라 상기 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하는 단계는, 상기 픽셀 회로부는 상기 디스플레이 상에서 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 복수의 LED를 상기 발광 LED 및 상기 감지 LED로 구동하고, 상기 감지된 접촉 영역 이외의 나머지 영역에 대하여 입력되는 데이터에 기반하여 표시 LED로 구동하는 단계를 포함할 수 있다.

[0040] 상기 감지된 접촉 영역에 대하여 상기 발광 LED가 빛을 발광하고, 상기 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 상기 감지 LED의 커패시터에 상기 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적하는 단계는, 상기 감지 LED의 광전 효과에 따른 역전류로 인하여 상기 마루 및 상기 골에 대하여 상기 감지된 반사광의 크기에 따라 서로 다른 크기의 광전류를 축적하되, 상기 마루에 대하여 상기 골에 대비하여 더 큰 광전류를 축적하는 단계를 포함할 수 있다.

[0041] 상기 축적된 광전류에 기반하여 상기 접촉 영역에서 마루(ridge) 및 골(valley)을 구분하여 상기 사용자의 지문을 인식하는 단계는 상기 축적된 광전류에 기반하여 제1 반사광의 강도와 제2 반사광의 강도를 결정하고, 상기 제1 반사광의 강도와 상기 제2 반사광의 강도 중에서 더 큰 반사광의 강도에 해당하는 광전류를 축적한 감지 LED 상의 영역을 상기 마루로 구분하고, 나머지 감지 LED 상의 영역을 상기 골로 구분하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0042] 본 발명은 픽셀 회로를 구성하는 복수의 LED(Light Emitting Diode) 중 발광 LED와 감지 LED로 구동하여 추가적인 센서 없이 지문을 인식하는 마이크로 LED 디스플레이 장치 및 그 동작 방법을 제공할 수 있다.

[0043] 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치에서 손가락이 접촉되는 접촉 영역에 해당하는 복수의 LED 중 일부 LED

는 광 검출기로 이용하고 나머지는 발광원으로 이용하여 역 바이어스되는 감지 LED의 광전류를 측정하여 반사광의 세기를 결정하고, 반사광의 세기에 기반하여 지문의 마루(ridge)과 골(valley)을 구분할 수 있다.

[0044] 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치의 픽셀 회로에서 손가락이 접촉되는 접촉 영역에 따라 동일한 LED를 사용하여 발광하면서 데이터를 표현하거나 지문을 인식함에 따라 지문 인식을 위한 하드웨어 추가에 따른 원가를 절감할 수 있다.

[0045] 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치 상의 어느 영역에서도 지문 인식을 수행함에 따라 사용자의 편의성을 향상하고, 마이크로 LED에 기반하여 고해상도의 지문 이미지도 획득할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0046] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치를 설명하는 도면이다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 픽셀 회로부를 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부를 구성하는 적색 LED의 순방향 전류 특성을 설명하는 도면이다.

도 5 및 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부를 구성하는 발광 LED의 순방향 전류에 따른 감지 LED의 광전류를 설명하는 도면이다.

도 7a 및 도 7b는 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부를 구성하는 복수의 LED의 복사 조도(irradiance)를 설명하는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부의 어레이 회로 및 실험 조건을 설명하는 도면이다.

도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부의 어레이 회로에서 감지 LED의 위치에 따른 감지 특성을 설명하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 실험 조건에 따른 감지 LED의 감지 특성을 설명하는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 지문 인식 결과를 설명하는 도면이다.

도 12 내지 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치가 지문의 마루와 골에 따라 측정하는 반사율을 설명하는 도면이다.

도 15a 및 도 15b는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 특성을 설명하는 도면이다.

도 16은 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0047] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.

[0048] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0049] 하기에서 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0050] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0051] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

[0052] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.

[0053] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.

[0054] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할

수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.

[0055] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.

[0056] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.

[0057] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.

[0058] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.

[0059] 또한, '또는' 이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.

[0060] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다' 라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0061] 이하 사용되는 '..부', '..기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0063] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치를 설명하는 도면이다.

[0064] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치가 사용자의 지문에서 마루와 골을 감지 하기 위한 구동 구조를 예시한다.

[0065] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치(100)는 사용자의 손가락에 의한 접촉 영역(120)이 감지될 경우에 이미지 데이터와 같은 데이터를 제공하기 위한 디스플레이 영역(110)에서 픽셀 회로부(111)를 구성하는 복수의 LED는 표시 LED로 동작한다.

[0066] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치(100)는 사용자의 손가락에 의한 접촉 영역(120)에서 픽셀 회로부(121)를 구성하는 복수의 LED가 발광 LED(122)와 감지 LED(123)로 구분 동작하여 지문(124)의 마루와 골을 인식한다.

[0067] 다시 말해, 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치(100)의 디스플레이 영역은 사용자가 손가락을 이용하여 디스플레이 화면을 터치하면 화면이 접촉 영역(120)과 미 접촉 영역인 디스플레이 영역(110)으로 구분된다.

[0068] 디스플레이 영역(110)은 화면을 터치하는 손가락과 상관없이 일반 이미지를 표시한다.

[0069] 예를 들어, 복수의 LED는 적색 LED, 녹색 LED 및 청색 LED로 구성되어 RGB LED로 지칭될 수 있다.

[0070] 따라서, 디스플레이 영역(110)의 RGB LED는 기존의 마이크로 LED 디스플레이의 동작인 컬러 영상 데이터에 따라 발광한다.

[0071] 접촉 영역(120)에서는 지문으로 손가락이 닿은 부분의 마루와 골을 구분하여 인식하기 위해서, 손가락이 닿는 부분에는 광원을 감지하기 위해서 발광 LED(122)와 감지 LED(123)를 구분하여 동작한다.

[0072] 픽셀 회로부(121)는 녹색 LED는 광원으로 빛을 발광하고 적색 LED는 유리와 지문의 계면에서 반사광을 감지한다.

[0073] 적색 LED는 LED의 광전 효과로 인해 유리-공기 계면(지문 계곡)에서 반사된 빛이 감지 LED의 역전류 특성을 변경한다.

[0074] 지문을 인식하는 디스플레이 장치(100)는 유리와 지문의 마루 사이의 계면과 유리와 골 사이의 계면에서 달라지

는 반사광의 세기를 감지하여 지문의 마루와 골을 식별할 수 있다.

[0075] 감지 LED(123)의 역전류는 빛의 강도에 영향을 받고, 광전류는 LED 양극의 전위를 변화시키며, 감지 LED(123)의 커패시터(C_{LED})에 저장된다.

[0076] 이에 따라, 지문을 인식하는 디스플레이 장치(100)는 커패시터(C_{LED})에 축적된 광전류를 통해 반사 정도를 감지하여 별도의 센서나 광원 없이 고해상도로 지문을 인식 및 감지할 수 있다.

[0077] 따라서, 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치의 픽셀 회로에서 손가락이 접촉되는 접촉 영역에 따라 동일한 LED를 사용하여 발광하면서 데이터를 표현하거나 지문을 인식함에 따라 지문 인식을 위한 하드웨어 추가에 따른 원가를 절감할 수 있다.

[0078] 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치 상 임의의 영역에서도 지문 인식을 수행할 수 있어 사용자의 편의성을 향상하고, 마이크로 LED에 기반하여 고해상도의 지문 이미지도 획득할 수 있다.

[0079] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 구성 요소를 예시한다.

[0080] 도 2를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치(200)는 터치 감지부(210), 픽셀 회로부(220) 및 지문 인식부(230)를 포함한다.

[0081] 본 발명의 일실시예에 따르면 터치 감지부(210)는 지문 인식을 위해 사용자의 손가락이 디스플레이 상에 접촉되는 접촉 영역을 감지할 수 있다.

[0082] 일례로, 터치 감지부(210)는 터치 모듈에 기반하여 사용자의 손가락의 디스플레이 터치를 감지하는 터치 모듈의 터치 위치 정보를 생성하고, 생성된 터치 위치 정보를 이용하여 접촉 영역을 감지할 수 있다.

[0083] 본 발명의 일실시예에 따르면 픽셀 회로부(220)는 복수의 LED(Light Emitting Diode)를 포함한다.

[0084] 일례로, 픽셀 회로부(220)는 감지된 접촉 영역에 따라 복수의 LED를 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동하며, 감지된 접촉 영역에 대하여 발광 LED가 빛을 발광하고, 감지 LED가 상기 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 감지 LED의 커패시터에 반사광에 따른 광전류를 축적할 수 있다.

[0085] 본 발명의 일실시예에 따르면 픽셀 회로부(220)는 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 녹색 및 청색 LED 중 적어도 하나의 LED를 발광 LED로 구동하고, 적색 LED를 감지 LED로 구동할 수 있다.

[0086] 일례로, 픽셀 회로부(220)는 복수의 LED에 포함되는 적색, 녹색 및 청색 LED 중에서 적어도 하나의 LED를 발광 LED로 구동하고, 적색 LED를 감지 LED로 구동하는 경우에 녹색 및 청색 LED 중 어느 하나의 LED를 발광 LED로 구동하는 경우에 대비하여 감지 LED의 커패시터에 감지된 반사광에 따른 광전류를 증가시켜서 축적할 수 있다.

[0087] 즉, 픽셀 회로부(220)는 적색, 녹색 및 청색 LED중에서 녹색 LED를 발광 LED로 구동하고, 적색 LED를 감지 LED로 구동하는 경우에 반사광에 따른 광전류의 축적량을 증가시켜서 지문 인식률을 향상시킬 수 있다.

[0088] 다시 말해, 픽셀 회로부(220)는 마루와 골에 대한 반사광의 강도에 따른 광전류의 축적량의 차이를 증가시키기 위해서 녹색 LED 또는 청색 LED를 발광 LED로 구동하고, 적색 LED를 감지 LED로 구동할 수 있다.

[0089] 일례로, 픽셀 회로부(220)는 복수의 LED 각각이 동일한 간격으로 구분되게 배열되고, 간격과 관련하여 임계각이 결정되고, 발광된 빛이 감지 LED로 감지되는 입사각이 결정된 임계각과 동일해지는 간격 이내로 복수의 LED 중 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동할 수 있다.

[0090] 예를 들어, 픽셀 회로부(220)는 발광 LED 이후 하나 내지 네 개의 감지 LED를 구동하여 마루와 골에 대한 반사광의 강도에 따른 광전류를 감지 LED의 커패시터에 축적할 수 있다.

[0091] 본 발명의 일실시예에 따르면 픽셀 회로부(220)는 디스플레이 상에서 감지된 접촉 영역에 대하여 복수의 LED를 발광 LED 및 감지 LED로 구동하고, 감지된 접촉 영역 이외의 나머지 영역에 대하여 입력되는 데이터에 기반하여 표시 LED로 구동할 수 있다.

[0092] 즉, 픽셀 회로부(220)는 지문 인식을 위해 활용되는 영역을 제외한 나머지 영역에 대하여 기존에 출력하던 이미지 데이터를 출력하도록 디스플레이의 영역을 분할하여 구동할 수 있다.

[0093] 일례로, 픽셀 회로부(220)는 디스플레이 상에서 감지된 접촉 영역에 대하여 복수의 LED를 세로 라인, 가로 라인 및 상기 세로 라인과 상기 가로 라인 사이의 대각선 라인 중 어느 하나의 라인으로 발광 LED를 결정하고, 어느

하나의 라인에 대응하는 라인으로 감지 LED를 결정하여 발광 LED와 감지 LED를 선택적으로 구동할 수 있다. 예를 들어, 대각선 라인은 가로와 세로 사이에서 임의의 각도를 이루는 라인일 수 있다.

[0094] 픽셀 회로부(220)는 감지 LED의 광전 효과에 따른 역전류로 인하여 마루 및 골에 대하여 감지된 반사광의 크기에 따라 서로 다른 크기의 광전류를 축적하되, 골에 대비하여 마루에서 더 큰 광전류를 축적할 수 있다.

[0095] 본 발명의 일실시예에 따르면 지문 인식부(230)는 감지 LED의 커패시터에 축적된 광전류에 기반하여 접촉 영역에서 마루(ridge) 및 골(valley)을 구분하여 사용자의 지문을 인식하는 지문 인식부를 포함할 수 있다.

[0096] 일례로, 지문 인식부(230)는 축적된 광전류에 기반하여 제1 반사광의 강도와 제2 반사광의 강도를 결정하고, 제1 반사광의 강도와 제2 반사광의 강도 중에서 더 큰 반사광의 강도에 해당하는 광전류를 축적한 감지 LED 상의 영역을 마루로 구분하고, 나머지 감지 LED 상의 영역을 골로 구분할 수 있다.

[0097] 예를 들어, 지문 인식부(230)는 발광 LED에서 발광된 빛이 반사되어 감지 LED에 축적된 광전류의 크기가 상대적으로 큰 경우에 반사광의 강도가 큰 것으로 인식하고, 해당 감지 LED 상의 영역을 지문 중 마루로 인식한다.

[0098] 또한, 지문 인식부(230)는 발광 LED에서 발광된 빛이 반사되어 감지 LED에 축적된 광전류의 크기가 상대적으로 작은 경우에 반사광의 강도가 작은 것으로 인식하고, 해당 감지 LED 상의 영역을 지문 중 골로 인식한다.

[0099] 지문 인식부(230)는 마루와 골을 구분하여 인식함에 따라 지문을 인식할 수 있다.

[0100] 따라서, 본 발명은 픽셀 회로를 구성하는 복수의 LED(Light Emitting Diode) 중 발광 LED와 감지 LED로 구동하여 추가적인 센서 없이 지문을 인식하는 마이크로 LED 디스플레이 장치 및 그 동작 방법을 제공할 수 있다.

[0102] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 픽셀 회로부를 설명하는 도면이다.

[0103] 도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 픽셀 회로부의 회로도를 예시한다.

[0104] 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 픽셀 회로부의 구동 타이밍 다이어그램을 예시한다.

[0105] 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 픽셀 회로부의 회로도의 현미경 이미지를 예시한다.

[0106] 도 3a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 픽셀 회로부의 회로도(300)는 발광 및 감지 서브픽셀 모두에 대한 픽셀 회로를 나타낸다.

[0107] 회로도(300)에서 p형 LTPS TFT는 높은 이동도와 안정성으로 인해 사용되었다.

[0108] 종래의 픽셀 회로는 발광 LED의 양극(anode)만 초기화하나, 회로도(300)의 회로는 전하 증폭기를 통해 내부 커패시터(C_{LED})의 양극 전압(V_{LED})을 추가로 감지한다.

[0109] 회로도(300)의 동작은 도 3b의 구동 타이밍 다이어그램(310)에 기반한다.

[0110] 도 3b을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 픽셀 회로부의 구동 타이밍 다이어그램(310)은 리셋 기간(311), 프로그래밍 기간(312), 발광(emission)/노출(exposure) 기간(313) 및 읽기 기간(314)을 포함한다.

[0111] 리셋 기간(311)에서 (n)행의 EM(n)과 S(n)의 발광 및 주사 제어 신호는 리셋 기간 동안 하이(High)이다.

[0112] 리셋 기간(311)은 구동 트랜지스터 M_2, M_3, M_4, M_6 및 M_7이 턴오프되도록 한다.

[0113] M_5는 이전 라인 S(n-1)의 스캔 제어 신호가 로우(LOW)가 되기 때문에 턴온되고, 이어서, V_{INIT}는 구동 트랜지스터(M_1)의 게이트 노드를 초기화한다.

[0114] 프로그래밍 기간(312) 동안 S(n)은 구동 트랜지스터 M_3, M_4 및 M_7을 턴온하기 위해 로우 레벨로 이동한다.

[0115] 이어서 M_1의 게이트 전압은 $V_{DATA} - |Vth|$ 가 저장 커패시터(C_{ST})에 저장된다.

[0116] 픽셀 회로가 표시(display)/발광(emission) 모드로 동작하는 경우 회색 레벨(gray level)에 해당하는 데이터 전압이 인가된다.

[0117] 픽셀이 감지 모드로 동작할 때 M_1을 끄는 전압이 인가되고, 감지 LED(V_{LED})는 M_7을 통해 감지 전압(V_{SENSE})를 사용하여 초기화된다.

[0118] 또한, 균일한 감지를 위해서는 감지 LED(V_{LED})를 초기화하는 것이 중요하다.

[0119] 발광/노출 기간(313)은 S(n)은 높은 레벨에 도달하여 구동 트랜지스터M_3, M_4 및 M_7을 턴오프하고, 구동 트랜지스터M_1에 의해 결정된 전류는 EM이 낮고 V_{DATA}가 회색 레벨(gray level)일 때 표시/발광 모드에서 LED를 통해 흐를 수 있다.

[0120] 그러나 V_{DATA}가 감지 데이터인 경우에는 M_1에 전류가 흐르지 않는다.

[0121] 따라서 V_{LED}는 LED에 입사되는 빛에 따라 역전류의 영향을 받는다.

[0122] 구동 타이밍 다이어그램(310)에서 (n-1), (n), (n+1) 픽셀은 감지 픽셀(pixel)로 동작하고, (n-2) 픽셀은 발광 픽셀로 동작한다. 예를 들어, 픽셀은 LED 또는 화소를 지칭할 수 있다.

[0123] (n-1)번째 픽셀은 가장 큰 광전류를 갖고, (n+1)번째 화소는 광전류가 없다.

[0124] 읽기 기간(314)은 C_{LED}에 충분한 전하가 축적된 후 모든 구동 신호는 기존 프로그래밍 기간(312)의 신호와 동일하다.

[0125] 그러나 읽기 기간(314) 동안 V_{SENSE}는 전하 증폭기에 연결되어 C_{LED}에 축적된 전하를 읽는다.

[0126] 따라서 기간(311) 내지 기간(313)에서 V_{SENSE}는 초기화 전압으로 유지된다.

[0127] 단, 다음 프레임의 리셋 구간에서는 감지 모드로 동작한다.

[0128] 읽기 기간(314) 동안 V_{LED}는 전하 증폭기의 양의 입력 전압과 같다.

[0129] 읽기 기간(314)에서 (n)번째 화소의 데이터 전압은 센싱 데이터임에 따라 V_{LED}(n)번째는 LED의 광전류에 의해 지속적으로 영향을 받을 수 있다.

[0130] 감지 LED의 역전류가 충분히 크면 노출 시간은 한 프레임 시간이다. 따라서 하나의 프레임에 대해 감지 및 판독을 수행할 수 있다.

[0131] 도 3c를 참고하면, 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 픽셀 회로부의 회로도의 현미경 이미지(320)는 하기 표 1의 파라미터에 기반하여 설계될 수 있다.

표 1

[0133]

설계 파라미터	값
M_1	50㎛/10㎛
M_2-M_7	6㎛/6㎛
C_{ST}	100fF
V_{DD}	5V
V_{SS}	0V
V_{DATA}	8V(감지용)1V-4V(디스플레이용)
V_{INIT}	-2V
V_{SENSE}	-5V(개시용)
S(n), S(n-1), EM(n)	-10V-10V

[0134] 광 전류를 축적할 시 감지 픽셀의 회로 조건은 블랙 레벨을 표현하는 픽셀을 표시하는 것과 동일할 수 있다.

[0135] 감지와 블랙 픽셀의 유일한 차이점은 V_{LED}의 값일 수 있다.

[0137] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부를 구성하는 적색 LED의 순방향 전류 특성을 설명하는 도면이다.

[0138] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부를 구성하는 적색 LED가 감지 LED로서 적합함을 확인하기 위한 근거이다.

[0139] 도 4를 참고하면, 그래프(400)는 표시/발광 모드에서 적색 LED를 사용했을 때 데이터 전압(V_{DATA})에 따른 순방향 전류 특성을 보여준다.

[0140] 구동 트랜지스터 M_1의 출력 특성을 측정하고, 적색 LED의 I-V 곡선을 이용하여 동작점을 계산한 결과를 나타낸다.

[0141] 그래프(400)는 데이터 전압(V_{DATA})이 증가할 수 록 적색 LED의 순방향 전류가 감소하는 특성을 보여준다.

[0143] 도 5 및 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부를 구성하는 발광 LED의 순방향 전류에 따른 감지 LED의 광전류를 설명하는 도면이다.

[0144] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 픽셀 회로부에서 발광 LED와 감지 LED의 종류에 따른 광전류의 변화를 예시한다.

[0145] 도 5를 참고하면, 그래프(500), 그래프(510) 및 그래프(520)는 발광 LED의 순방향 전류에 따른 감지 LED의 광전류를 예시한다.

[0146] 실험에 사용되는 적색, 녹색 및 청색 LED의 크기는 200㎛ × 100㎛로 사용한다.

[0147] 그래프(500)는 감지 LED가 적색 LED이고, 그래프(510)는 감지 LED가 녹색 LED이며, 그래프(520)는 감지 LED가 청색인 경우를 나타낸다.

[0148] 예를 들어, 그래프(500)에서 발광 LED가 청색 LED이고, 감지 LED가 적색 LED인 경우에 eB-sR로 나타내고, 발광 LED가 녹색 LED이고, 감지 LED가 적색 LED인 경우에 eG-sR로 나타내며, 발광 LED가 적색 LED이고, 감지 LED가 적색 LED인 경우에 eR-sR로 나타낸다.

[0149] 그래프(510)과 그래프(520)에도 동일한 조건으로 범례를 표시한다.

[0150] 그래프(500) 내지 그래프(520)에 따르면, 적색 감지 LED는 적색, 녹색 및 청색 빛에 반응하고, 녹색 감지 LED는 녹색 및 청색광 모두에 응답하며, 청색 LED는 청색 빛에만 반응한다.

[0151] 밴드갭 에너지로 인해 발광 LED의 에너지가 감지 LED의 에너지보다 낮았던 LED 조합에는 변화가 없었다.

[0152] eG-sR 케이스는 eB-sR 케이스보다 감도가 더 높았고, 도 5a의 그래프(500) 내지 그래프(520)는 하나의 발광 LED와 하나의 감지 LED가 있는 조합의 결과를 보여주는데, 여러 개의 발광 LED를 사용하면 더 큰 역전류를 얻을 수 있다.

[0153] 예를 들어 eG-sR 및 eB-sR은 60μA에서 각각 6.2nA 및 1.1nA의 역전류를 갖지만 녹색 및 청색 LED를 발광 LED로 함께 사용할 경우 7.3nA의 광전류가 나타낸다.

[0154] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따라 픽셀 회로부에서 발광 LED를 녹색 LED로 하고, 감지 LED를 적색 LED로 한 경우에 순방향 전류를 변경하면서 소스 팔로워를 통해 V_{LED}를 측정한 결과를 나타낸다.

[0155] 도 6을 참고하면, 그래프(600)는 녹색(또는 발광) LED를 통과하는 순방향 전류가 높을수록 적색(또는 감지) LED에 입사되는 빛의 강도가 높아지는 것을 나타낸다.

[0156] 그래프(600)와 같이 V_{LED}는 발광하는 LED에 100μA를 흘렸을 때 가장 짧은 시간 내에 포화 상태가 되었다.

[0157] 그래프(600)에 기반하여 시간에 따라 변하는 V_{LED}의 기울기가 입사광 강도에 의존하고, 이에 따라 기존 LED를 광 검출을 위한 감지 LED로 사용할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0158] V_{LED}는 리셋 기간 동안 -5V로 초기화되었고 80ms의 통합 시간 동안 증가함을 확인할 수 있다.

[0159] 그래프(600)를 기반으로 정전 용량은 다음의 수학식 1과 같이 정전 용량의 정의를 사용하여 계산할 수 있다.

[0161] [수학식 1]

[0162] $$\Delta Q = C \times \Delta V = \int I(t)\, dt$$

[0164] 수학식 1에서, I(t)는 광전류를 나타내고, t는 통합 시간을 나타내고, C는 등가 정전 용량을 나타내고, ΔV는 통합 시간 동안의 전압 변화를 나타낼 수 있다.

[0165] 제안하는 구동 구조에서 읽기 주기는 충분한 통합 시간 후에 설정된다.

[0166] 예를 들어, 감지를 위해 최소 2V의 V_{LED}가 필요한 경우 디스플레이가 60Hz이고, 40 및 20μA의 현재 조건과 같은 다른 경우에는 통합 시간을 한 프레임보다 길게 설정할 수 있다.

[0167] 순방향 전류에 따른 발광 LED의 분광 복사 휘도는 초점 렌즈가 있는 분광 복사계를 사용하여 측정되었다.

[0168] 측정된 스펙트럼을 적분하여 발광하는 LED의 방사조도 Le, Ω를 계산하고, 복사속 Φ_e은 radiance Le, Ω, 입체각 Ω, LED 면적의 곱에서 구할 수 있다.

[0169] LED가 램버시안(Lambertian) 분포를 갖는다고 가정할 때 입체각은 π일 수 있고, 면적은 200㎛ × 100㎛ 크기일 수 있다.

[0170] 조도는 소스로부터의 거리의 제곱에 반비례하기 때문에 복사속을 거리의 제곱으로 나누어 감지 LED에 조명되는 전력량을 계산할 수 있다.

[0172] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부를 구성하는 복수의 LED의 조도(irradiance)를 설명하는 도면이다.

[0173] 도 7a의 그래프(700)는 측정된 RGB LED의 조도를 보여주고, 각 선은 LED의 색상을 나타낸다.

[0174] 따라서, 그래프(700)에서 순방향 전류 20, 40, 60, 80 및 100㎂는 각각 0.24, 0.52, 0.86, 1.19 및 1.54W/m^2의 조도 값에 해당한다.

[0175] 그래프(700)의 조도를 상용 모바일 기기의 조도와 비교하기 위해서는 기기의 휘도를 조도로 환산해야 한다.

[0176] 400ppi의 상용 모바일 장치를 가정하면 주어진 픽셀 영역에 대해 휘도를 광속 Φ으로 변환할 수 있다.

[0177] 광속 Φv과 복사속 Φe은 다음의 수학식 2와 같은 관계가 있다.

[0179] [수학식 2]

[0180] $$\Phi_v = K_m \int \Phi_e V_\lambda d\lambda$$

[0182] 수학식 2에서, λ는 파장을 나타낼 수 있고, Km은 상수(555nm에서 683lm/W)를 나타낼 수 있으며, V_λ는 인간 시각 시스템의 분광 감도를 나타내는 광도 함수를 나타낼 수 있다.

[0183] 위에서 설명한 바와 같이 복사속은 분광복사조도를 이용하여 구할 수 있다.

[0184] 10μA에서 1mA로 LED로 흐를 때 변경되고, 이에 따라서 광속 Φv과 복사속 Φe은 선형 관계를 가지며, 실험에서 적색, 녹색 및 청색 LED의 기울기는 각각 214, 527, 95lm/W이다.

[0185] 따라서 복사항은 측광항을 기울기로 나누어 계산하고, 디스플레이 표면의 복사 플럭스는 주어진 휘도에서 계산할 수 있지만 프레넬 반사에 따르면 유리-공기 계면에서 빛의 4%만 반사된다.

[0186] 따라서 감지 픽셀의 조도는 복사 플럭스에 4% 반사율을 곱하고 유리 두께의 제곱으로 나누어 얻을 수 있다.

[0187] 계산을 통해 얻은 결과는 도 7b의 그래프(710)와 관련되고, 도 7b의 그래프(710)는 실제 모바일 디스플레이의 조도를 나타낼 수 있다.

[0188] 그래프(710)는 폴더블 폰에 채용된 400ppi, 유리 두께 30μm의 모바일 기기의 추정 조도를 보여준다.

[0189] 각 컬러 라인은 단색 상황의 추정 조도를 나타내고, 빛은 지문의 골(valley), 즉 유리-공기 계면에 반사된다.

[0190] 감지 영역의 발광 LED가 300cd/m^2의 빛을 발광하면 감지 LED에 대한 조도는 적색, 녹색 및 청색 빛에 대해 각각 0.39, 0.16 및 0.88W/m^2이다.

[0191] 그래프(500) 내지 그래프(520)에 따르면 발광 LED(eG-sR 40μA)에 40μA를 흘렸을 때의 eG-sR의 경우 역전류는 3.72nA, eB-sG 100μA의 경우 3.66nA였다.

[0192] 따라서, 16.7ms 동안 1.2V ΔV_{LED}와 0.82의 조도를 가지며 이는 280cd/m^2의 청색광을 발광하는 상용 장치에 해당한다.

[0193] 검출 영역에서 발광하는 빛이 400cd/m^2의 녹색광이라면 조도는 0.2W/m^2로 eG-sR 20μA의 경우에 해당한다. 따라서 16.7ms 동안 0.5V의 ΔV_{LED}가 발생한다.

[0194] 유사하게, 100cd/m^2 청색 발광광 및 150cd/m^2 적색 발광광도 16.7ms 동안 0.5V의 ΔV_{LED}를 가진다.

[0196] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부의 어레이 회로 및 실험 조건을 설명하는 도면이다.

[0197] 도 8을 참고하면, 어레이(800)는 1×9 LED 어레이 회로의 상면뷰를 예시하고, 어레이(810)는 1×9 LED 어레이 회로 상에 유리가 위치하는 경우의 측면뷰를 예시하며, 어레이(820)는 1×9 LED 어레이 회로 상에 유리 및 물/백색안료 혼합물이 위치하는 경우의 측면뷰를 예시하고, 어레이(830)는 1×9 LED 어레이 회로 상에 유리 및 공기가 위치하는 경우의 측면뷰를 예시한다.

[0198] 어레이(800) 내지 어레이(830)는 LED의 구성은 동일하나 어레이 상에 위치하는 물질의 차이가 존재한다.

[0199] 어레이(800) 내지 어레이(830)는 하나의 발광 LED와 복수의 감지 LED로 구성되고, LED 간의 간격(p)에 유리의 두께(d)를 가지고, 복수의 감지 LED 중 첫번째 감지 LED에서 반사광을 감지하는 각도(Θ)를 확인할 수 있다.

[0200] 어레이(800) 내지 어레이(830)는 기존 PCB(printed circuit board)에서 2mm 두께(d)의 유리로 덮인 1.5mm 피치(p)의 LED 어레이일 수 있다.

[0201] 발광 LED에서 유리-공기 계면으로의 빛의 입사각은 언급된 휴대폰의 입사각과 유사할 수 있다.

[0202] 유리-공기 또는 유리-물 계면에서 반사되지 않고 인접한 LED에 직접 입사되는 측면광을 차단하기 위해 LED 사이에 검은색 벽이 형성될 수 있다.

[0204] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 픽셀 회로부의 어레이 회로에서 감지 LED의 위치에 따른 감지 특성을 설명하는 도면이다.

[0205] 도 9a는 도 8에서 설명된 LED 어레이 중 어레이(830)를 차용하는데, 도 9a를 참고하면, LED 어레이(900)는 발광 LED 및 복수의 감지 LED로 구성되고, 유리판 위에 아무런 물질도 없어 공기가 위치한다.

[0206] LED 어레이(900)는 발광 LED를 첫번째 LED로 예시하나, 예시에 한정되지 않고, 복수의 감지 LED 중 어느 하나도 발광 LED로 변경될 수 있다.

[0207] 도 9b는 LED 어레이(900)를 이용하여 감지 LED의 위치에 따른 양극 전압 변화를 입사각(Θ_i)과 임계각(Θ_c)에 따라서 나타낸다.

[0208] 도 9b의 그래프(910)를 참고하면, 입사각(Θi)과 임계각(Θc)이 동일해지는 지점은 제3 감지 LED와 제4 감지 LED의 사이 지점이다.

[0209] 제5 감지 LED가 발광하는 LED의 빛에 반응하지 않음을 나타내는데, 이것은 반사광의 강도가 4p 떨어진 감지 LED에서 무시할 수 있음을 의미한다.

[0210] 따라서 하나의 발광 LED는 반경 3p 이내의 감지 LED에 영향을 미친다고 볼 수 있다.

[0211] 발광 LED 간의 광학적 혼선은 발광 LED를 7p 이상의 간격으로 배열하여 해결할 수 있다.

[0212] 내부 전반사(TIR)는 입사각(Θi)이 임계각(Θc)보다 크거나 같을 때 발생하는데, TIR에서 반사광의 강도는 입사광의 강도와 같다.

[0213] 그러나, 감지 LED에 수직으로 입사되는 반사광의 수직 성분은 코사인 함수(cos(Θi))에 의해 감소된다.

[0214] 제4 감지 LED는 임계각(Θc)보다 큰 입사각을 갖으나, 측정된 V_{LED}는 제3 감지 LED보다 작다.

[0215] 그래프(910)는 임계각보다 입사각이 큰 감지 LED에서 반사광의 세기가 무시할 수 있음을 보여준다.

[0216] 또한 전반사된 빛은 픽셀 어레이의 블랙 매트릭스에 의해 흡수될 수 있고, 이에 따라서 입사각이 임계각보다 큰 반사광은 감지 능력에 영향을 미치지 않는다.

[0218] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 실험 조건에 따른 감지 LED의 감지 특성을 설명하는 도면이다.

[0219] 도 10의 그래프(1000)는 LED 어레이에서 감지 LED의 역전류로 인해 측정된 양극 전압을 예시한다. 여기서, 양극 전압은 유리-공기 및 유리-물/백색안료 조건에서 측정된 양극 전압이다.

[0220] 지시선(1001)은 유리-물/백색안료 조건을 나타내고, 지시선(1002)은 유리-공기 조건을 나타낸다.

[0221] 지시선(1001)과 지시선(1002)을 대비하면 지시선(1001)이 양극 전압이 높은 것을 확인할 수 있고, 반사광의 강도, 양극 전압 및 광전류의 크기는 비례하는 것을 확인할 수 있다.

[0222] 그래프(1000)에서 녹색 발광 LED를 통해 100μA의 전류가 흘렀고, 반사광 강도를 비교하기 위해 커버 유리 위의 재료를 공기와 물/백색안료로 비교한다.

[0223] 반사율 R은 프레넬 방정식에 의해 하기 수학식 3과 같이 결정되기 때문에 마루와 골을 구별할 때 전압차가 발생한다.

[0225] [수학식 3]

$$R_S = \left(\frac{n_1 \cos\theta_i - n_2 \cos\theta_t}{n_1 \cos\theta_i + n_2 \cos\theta_t}\right)^2, R_P = \left(\frac{n_1 \cos\theta_t - n_2 \cos\theta_i}{n_1 \cos\theta_t + n_2 \cos\theta_i}\right)^2$$

[0226] $$R = (R_S + R_P)/2$$

[0228] 수학식 3에서 굴절률 n1 및 n2는 재료에 의해 결정되고, 입사각 Θi은 서브 픽셀 피치와 커버 유리의 두께에 의해 결정되며, 굴절각 Θt은 스넬(Snell)의 법칙에 의해 구할 수 있다.

[0229] 그래프(1000)에서 보는 바와 같이 유리-공기와 유리-물/백색안료의 경우 양극 전압은 각각 0.29V와 1.13V씩 변화하였다.

[0230] 프레넬 방정식에 따르면 유리-공기 계면에서의 전압 변화는 더 커야 하지만 그렇지 않다.

[0231] 감지 LED에 백색 안료에 의한 산란광이 입사했기 때문으로, LED를 발광하는 빛의 일부는 계면에서 반사되고 나머지 투과된 빛은 부분적으로 후방 산란될 수 있다.

[0232] 따라서 반사광은 다음 수학식 4와 같이 표현할 수 있다.

[0234] [수학식 4]

[0235]
$$I_{air} = I_0 R_{FA} + I_0(1 - R_{FA})R_{air}$$
$$I_{water} = I_0 R_{FW} + I_0(1 - R_{FW})R_{water/W}$$

[0237] 유리, 공기 및 물의 굴절률은 각각 1.5, 1.0 및 1.33이었고, 유리-공기(R_{FA}) 및 유리-물(R_{FW})의 프레넬 반사율은 각각 4% 및 0.36%일 수 있다.

[0238] LED 어레이가 암실에 배치되었기 때문에 공기(R_{air})의 반사율은 0이었고, 백색 안료로 인해 유리-물/백색안료는 15.4%의 반사율($R_{water/W}$)을 가질 수 있다.

[0239] 이에 따라 수학식 4에 기반하여 반사광 I_{air} 및 $I_{water/W}$의 강도를 계산할 수 있다.

[0240] 계산된 I_{air}/I_0 및 $I_{water/W}/I_0$는 0.040 및 0.154일 수 있다.

[0241] 유리-물/백색안료의 경우 전반사광의 강도는 유리-공기의 경우보다 3.85배 더 높음을 확인할 수 있다.

[0242] 유리-물/백색안료에 대해 측정된 ΔV_{LED}도 유리-공기의 경우보다 3.93(1.13/0.29)배 더 높은 것으로 확인할 수 있다.

[0243] 따라서 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치는 계면에서의 프레넬 반사와 유리 위의 재료의 후방 산란에 의해 영향을 받는 강도를 감지할 수 있다.

[0245] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 지문 인식 결과를 설명하는 도면이다.

[0246] 도 11의 그래프(1100)는 지문의 마루(ridge)와 골(valley)의 너비는 200㎛이고, 골의 깊이는 50㎛인 모의 지문을 이용한 지문 인식 결과를 예시한다.

[0247] 그래프(1100)를 참고하면, 지문에서 마루와 골의 ΔV_{LED}가 명확하게 차이나는 것을 확인할 수 있다.

[0248] 수학식 4는 하기 수학식 5와 같이 표현할 수 있다.

[0250] [수학식 5]

[0251]
$$I_{Ridge} = I_0 R_{FR} + I_0(1 - R_{FR})R_{finger_ridge}$$
$$I_{Valley} = I_0 R_{FV} + I_0(1 - R_{FV})R_{finger_valley}$$

[0253] 수학식 5에서, I_0, I_{Ridge} 및 I_{Valley}는 발광된 빛의 강도, 마루 및 골에서 반사된 빛을 각각 나타낼 수 있고, R_{FR}과 R_{FV} 각각은 마루와 골 경계면의 프레넬 방정식에 의해 결정된 반사율을 나타낼 수 있다.

[0254] 그래프(1100)에서 나타내듯이 R_{finger_ridge}와 R_{finger_valley}는 각각 마루와 골에서 측정된 가짜 손가락의 반사율이다.

[0255] 그래프(1100)에서 R_{FR}과 R_{FV}는 각각 0.014%와 4.00%이고, R_{finger_ridge} 및 R_{finger_valley}는 각각 9.8% 및 1.0%이며, 이에 따라 I_{Ridge}/I_0 및 I_{Valley}/I_0는 각각 0.098 및 0.050이다.

[0256] 그래프(1100)는 감지 LED를 통한 광전류에 따른 전압 변화를 보여주고, 광전류는 유리-가짜 지문 인터페이스에서 반사된 빛과 가짜 손가락에서 산란된 빛의 총 강도에 비례한다.

[0257] 그래프(1100)에서 볼 수 있듯이 마루의 ΔV_{LED}는 골의 약 2배가 되어 계산 결과와 매우 잘 일치함을 알 수 있다.

[0258] 산란된 빛은 모든 방향으로 가고, 가짜 손가락에서 나오는 빛은 역제곱 법칙을 따름에 따라 R_{finger_ridge} 및 R_{finger_valley}는 다음 수학식 6을 따른다.

[0260] [수학식 6]

[0261] $$R_{finger_ridge} : R_{finger_valley} = \frac{1}{d^2} : \frac{1}{(d+dv)^2}$$

[0263] 수학식 6에서, d와 dv는 커버 유리의 두께와 골의 깊이를 나타낼 수 있다.

[0264] 수학식 5는 하기 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

[0266] [수학식 7]

[0267] $$I_{Valley} = I_0 R_{FV} + I_0(1 - R_{FV})\left(\frac{d}{d+dv}\right)^2 R_{finger_ridge}$$

[0269] 감도(Sensitivity)는 하기 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

[0271] [수학식 8]

[0272] $$Sensitivity = \frac{I_{Ridge}}{I_{Valley}}$$

[0274] R_{finger_ridge}, d 및 dv는 각각 0.098, 2㎜ 및 3.75㎜로 설정될 수 있고, 이때 계산된 민감도는 1.91이었다.

[0275] 감도는 $\Delta V_{LED,ridge}$ / $\Delta V_{LED,valley}$로 대체될 수 있다. 여기서 $\Delta V_{LED,ridge}$ 및 $\Delta V_{LED,valley}$는 각각 마루(ridge) 및 골(Valley)에서 빛을 감지하는 감지 LED의 양극 전압 변화일 수 있다.

[0276] $\Delta V_{LED,ridge}$ / $\Delta V_{LED,valley}$ = 0.48 / 0.22는 2.18로 수학식 8으로 계산된 감도 1.91에 매우 가까운 것을 확인할 수 있다.

[0278] 도 12 내지 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치가 지문의 마루와 골에 따라 측정하는 반사율을 설명하는 도면이다.

[0279] 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치가 지문의 마루와 골에 따라 측정되는 반사율 실험 결과를 예시한다.

[0280] 도 12의 그래프(1200)를 참고하면, 마루(1201)에서는 반사율이 높게 측정되고, 골(1202)에서는 반사가 낮게 측정된다.

[0281] 도 13은 유리의 두께에 따라 손가락의 반사율에 따라 계산된 감도를 예시한다.

[0282] 도 13의 그래프(1300)를 참고하면, 손가락의 굴절률은 표피 조직에서 1.41에서 1.49 사이이다.

[0283] 유리와 마루(glass-ridge) 인터페이스의 반사율도 0.095%에서 0.001% 사이이고, 골 깊이 dv는 50㎛인데, 그래프(1300)에 도시된 것과 같이 유리의 두께(d)가 얇을수록 감도가 높아진다.

[0284] 즉, 두께(d)가 10㎛인 경우가 30㎛ 내지 300㎛인 경우에 비해 감도가 높은 것을 확인할 수 있다.

[0285] 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 RGB LED의 손가락 끝과 스펙트럼의 측정된 반사율을 예시한다.

[0286] 도 14의 그래프(1400)를 참고하면, 적색(630 nm), 녹색(524 nm) 및 청색(472 nm) LED 조명의 피크 파장에서 손가락 끝의 반사율은 각각 30.1%, 19.0% 및 17.8%이다.

[0287] RGB 발광 LED의 예상 감도는 각각 3.7, 2.9 및 2.7이었고, 이는 eR-sR이 최상의 솔루션일 수 있다.

[0288] 그러나 적색 LED는 녹색 및 청색 LED에 비해 발광 효율이 가장 낮고, 적색 감지 LED에서 감지 가능한 전압 변화를 얻으려면 적색 발광 LED를 통해 너무 높은 전류가 흘러야 한다.

[0289] 따라서, 발광 LED는 녹색 LED로 하고, 감지 LED는 적색 LED로 결정하는 것이 바람직할 수 있다.

[0290] 마이크로 스케일 환경에서는 다음 사항을 신중하게 고려할 필요성이 있다.

[0291] 먼저 커버 유리의 두께를 고려해야 하는데, 커버 유리는 훨씬 더 얇아지고 빛의 강도는 빛 경로의 제곱 길이에 반비례하고, 빛 경로의 길이는 유리의 두께에 비례한다.

[0292] 그러면 광 경로가 훨씬 짧아지기 때문에 감지 LED가 감지하는 데 필요한 최소 광도도 감소할 수 있다.

[0293] 발광하는 LED의 빛이 약하여 지문인식이 가능한데, 충분한 감도를 확보할 수 있는 발광 LED의 전류 레벨을 조사할 필요가 있다.

[0294] 둘째, 산란광이 얼마나 멀리 영향을 미치는지 고려해야 하는데, 하나의 발광 LED는 반경 3p 내의 감지 LED에 영향을 미칠 수 있다.

[0295] 그러나 손가락 내 산란광은 3p보다 더 멀리 영향을 줄 수 있는데, 실제 크기의 손가락을 마이크로 스케일 디스플레이 픽셀에 대면 손가락 내 산란 효과가 더 클 수 있다.

[0296] 셋째, 서브픽셀 배열도 고려해야 하는데, AMOLED 디스플레이에는 컬러 이미지를 구현하기 위한 여러 유형의 RGB 서브 픽셀 배열이 있다.

[0297] RGB 스트라이프 방식은 AMOLED 디스플레이 초기에 사용되었고, RGBG 서브픽셀 배열은 더 높은 ppi 디스플레이를 위해 개발되었다.

[0298] 현재 다이아몬드 픽셀 구조도 상용화되고 있고, 픽셀 피치는 픽셀 배열에 의해 결정되며 픽셀 피치는 빛의 입사각에 영향을 미치고, 입사각은 감도에 영향을 미치는 R_{FV} 및 R_{FR}에 영향을 준다.

[0299] 반사 없이 인접한 LED에 직접 입사하는 측면광도 감지의 식별 능력에 중요하고, 측벽 또는 두꺼운 PDL(픽셀 정의 레이어)은 측면 조명을 차단할 수 있다.

[0300] 그 중 측벽이 있는 구조를 이용하여 LED 칩을 빠르고 정확하게 이송하는 기술이 유망한 기술로 꼽히고 있다.

[0301] 또한, RGB 스트라이프 픽셀 배열에서 (m) 번째 열의 녹색 서브 픽셀이 발광 LED이고 (m+1) 번째 열의 적색 서브 픽셀이 감지 LED인 경우 청색 서브 -(m) 번째 열의 픽셀은 차광 요소로 작용할 수 있다.

[0303] 도 15a 및 도 15b는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 특성을 설명하는 도면이다.

[0304] 도 15a는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치가 지문 인식을 하는 경우에 미접촉 영역과 접촉 영역을 구분하는 동작을 예시한다.

[0305] 도 15a를 참고하면, 단계(1500)에서 지문을 인식하는 디스플레이 장치가 사용자의 손가락 접촉을 특정 접촉 영역에서 인식한다.

[0306] 단계(1501)에서 지문을 인식하는 디스플레이 장치가 인식한 접촉 영역에 대하여 발광 LED와 감지 LED를 구분하여 동작하고, 감지 LED는 발광하지 않는다.

[0307] 녹색 LED는 빛을 방출하여 감지 LED에 충분한 광전류를 발생시킨다.

[0308] 녹색 LED가 지문을 감지하기에 충분하지 않은 경우 왼쪽 아래 배열과 같이 청색 LED를 추가 발광 LED로 사용할 수 있다.

[0309] 또한, 청색 LED를 발광 LED로 사용하고 녹색 LED를 추가 발광 LED로 사용할 수 있다

[0310] 오른쪽 상단 배열에서 볼 수 있듯이 하나의 발광 LED는 여러 감지 LED의 광전류를 생성할 수 있다.

[0311] 오른쪽 아래 배열은 여러 발광 LED를 사용하여 이 문제를 해결할 수 있다.

[0312] 또한, 지문을 인식하는 디스플레이 장치는 감지/방출 픽셀의 다양한 픽셀 배열을 예시와 같이 하고, eG-sR 케이스는 왼쪽 상단 배열에 해당한다.

[0313] 단계(1502)에서 지문을 인식하는 디스플레이 장치는 인식된 접촉 영역에 대하여 지문 인식용 발광을 표시하는데, 해당 영역은 손가락에 의해 가려지는 영역이다.

[0314] 즉, 지문을 인식하는 디스플레이 장치는 지문인식 시 실제 영상을 보여주는데, 감지 영역의 이미지 데이터가 변경되었지만 손가락이 감지 영역을 가리고 있기 때문에 사용자가 인식하지 못한다.

[0315] 도 15b는 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치가 지문 인식을 하는 경우에 미접촉 영역과 접촉 영역을 구분하는 선택적으로 동작 시키기 위한 회로 및 스위치 구동 신호를 예시한다.

[0316] 도 15b를 참고하면, 회로도(1520)를 구동하기 위한 시간별 스위치 인가 신호(1510)를 예시한다.

[0317] 미 접촉 영역의 픽셀 데이터는 영향을 받지 않는데, 광전류에 의해 축적된 전하를 읽기 위해 도 3a와 같이 V_{SENSE} 노드를 다음 프레임에서 전하증폭기에 연결할 수 있다.

[0318] V_{SENSE} 노드 회로도(1520)와 같이 스위치 제어 신호(SW_1 및 SW_2)에 따라 양극 초기화 전압(V_{INIT2}) 또는 전하 증폭기에 연결될 수 있다.

[0319] 전하 증폭기(V_{OUT})의 출력 전압은 입력 전하와 피드백 커패시터(C_F)의 영향을 받을 수 있다.

[0320] 상술한 구동 특징에 기반하여 본 발명의 지문을 인식하는 디스플레이 장치는 정보를 표시하는 디스플레이 영역과 지문을 감지하기 위한 감지 영역이 상호 영향을 받지 않고 동작한다.

[0321] 감지 픽셀의 세로 라인과 가로 라인의 발광 픽셀은 영향을 받지 않기 때문에 다중 센싱 영역도 가능하다.

[0322] 지문 인식 중에는 손가락이 지문 인식 영역을 가리고, 이에 따라 주변광은 손가락이 닿는 부분에 거의 도달하지 않고 감지 능력에 영향을 미치지 않는다.

[0323] 감지 영역에 따라 스위치 제어 신호(SW_1 및 SW_2)를 조절하여 손가락의 위치와 개수에 상관없이 다중 지문을 인식할 수 있다.

[0325] 도 16은 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법을 설명하는 도면이다.

[0326] 도 16은 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법이 사용자가 손가락을 이용하여 디스플레이 화면을 터치하는 경우에 픽셀 회로를 구성하는 LED들을 이용하여 사용자의 지문을 인식하는 실시예를 예시한다.

[0327] 도 16을 참고하면, 단계(1601)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법은 손가락이 접촉되는 접촉 영역을 감지한다.

[0328] 즉, 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법은 지문 인식을 위해 사용자의 손가락이 디스플레이 상에 접촉되면 접촉 영역을 지문 인식 영역으로 감지한다.

[0329] 단계(1602)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법은 접촉 영역에 따라 발광 LED와 감지 LED를 선택적으로 구동한다.

[0330] 즉, 디스플레이 장치의 동작 방법은 복수의 LED를 포함하는 픽셀 회로에서 접촉 영역에 해당하는 복수의 LED 중 발광 LED와 감지 LED로 선택적으로 구동한다.

[0331] 예를 들어, 디스플레이 장치의 동작 방법은 복수의 LED 중 적어도 하나의 LED를 발광 LED로 구동하고, 나머지 LED를 감지 LED로 구동한다.

[0332] 예를 들어, 발광 LED는 녹색 및 청색 LED 중 적어도 하나의 LED이고, 감지 LED는 적색 LED일 수 있다.

[0333] 단계(1603)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법은 접촉 영역에 대해 발광 LED가 빛을 방출하고, 감지 LED가 반사광을 감지하여 광전류를 축적한다.

[0334] 즉, 디스플레이 장치의 동작 방법은 감지된 접촉 영역에 대하여 발광 LED가 빛을 발광하고, 감지 LED가 발광된 빛에 대한 반사광을 감지하며, 감지 LED의 커패시터에 감지된 반사광에 따른 광전류를 축적할 수 있다.

[0335] 예를 들어, 축적되는 광 전류의 크기는 반사광의 강도에 비례할 수 있다.

[0336] 단계(1604)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지문을 인식하는 디스플레이 장치의 동작 방법은 광전류에 기반하여 사용자의 지문을 인식한다.

[0337] 즉, 디스플레이 장치의 동작 방법은 축적된 광전류에 기반하여 접촉 영역에서 마루와 골을 구분하여 사용자의 지문을 인식할 수 있다.

[0338] 예를 들어, 디스플레이 장치의 동작 방법은 축적된 광전류에 기반하여 제1 반사광의 강도와 제2 반사광의 강도를 결정하고, 결정된 강도 중에서 높은 반사광의 강도를 마루로 결정하고, 낮은 반사광의 강도를 골로 결정하여 사용자의 지문을 인식한다.

[0339] 따라서, 본 발명은 마이크로 LED 디스플레이 장치에서 손가락이 접촉되는 접촉 영역에 해당하는 복수의 LED 중 일부 LED는 광 검출기로 이용하고 나머지는 발광원으로 이용하여 역 바이어스되는 감지 LED의 광전류를 측정하여 반사광의 세기를 결정하고, 반사광의 세기에 기반하여 지문의 마루(ridge)과 골(valley)을 구분할 수 있다.

[0341] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 영역, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0342] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

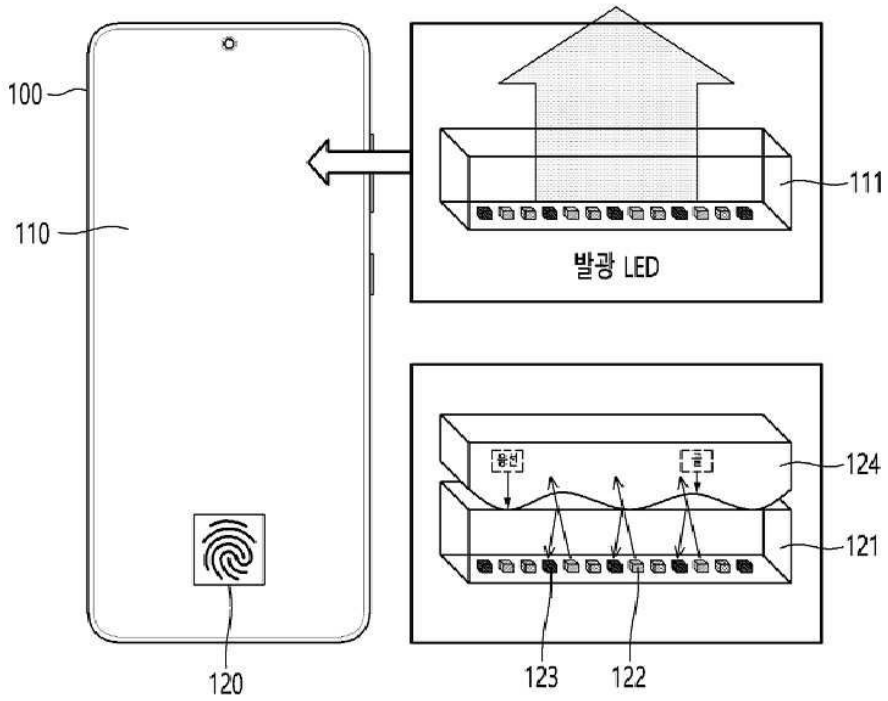
[0343] 200: 지문을 인식하는 디스플레이 장치

210: 터치 감지부 220: 픽셀 회로부

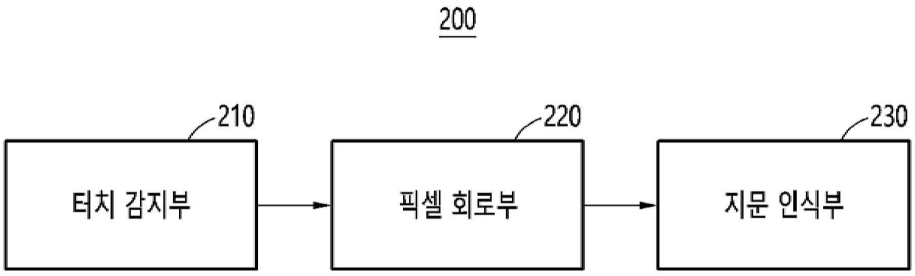
230: 지문 인식부

도면

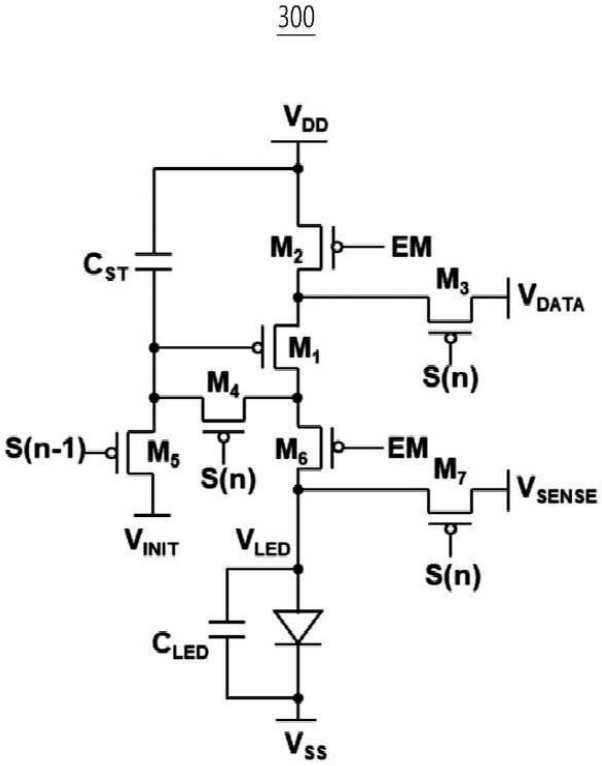
도면1


100
110
120
111
발광 LED
124
121
123
122

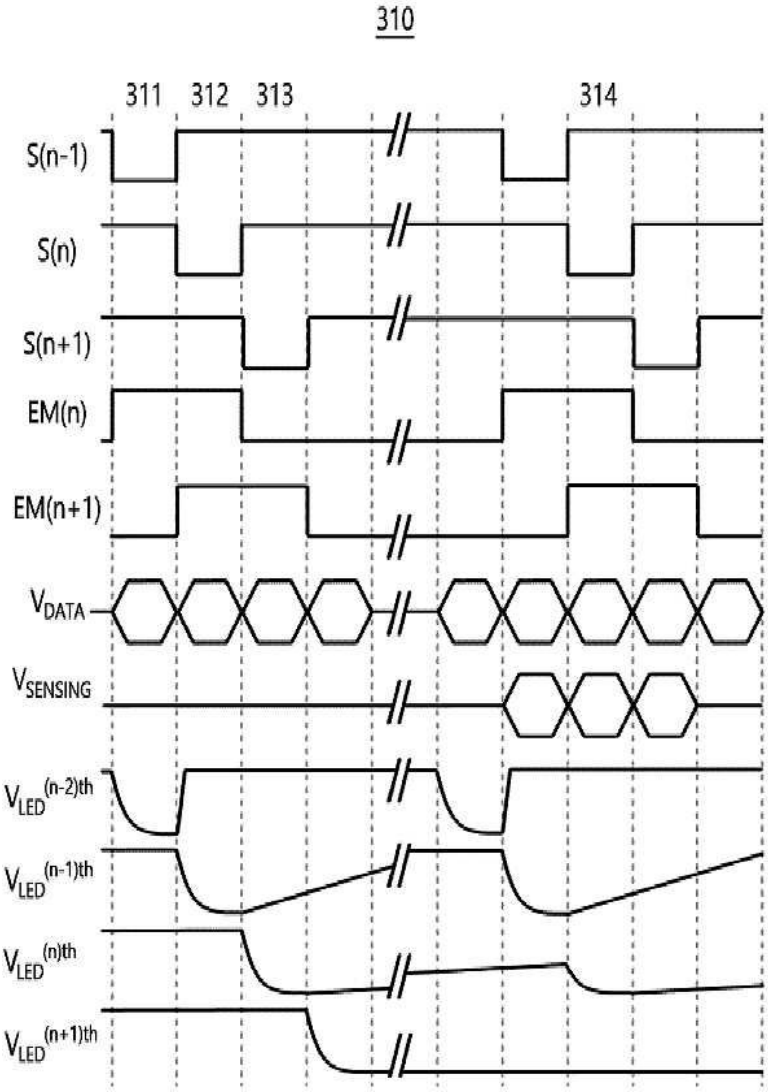
도면2


200
210
터치 감지부
220
픽셀 회로부
230
지문 인식부

도면3a

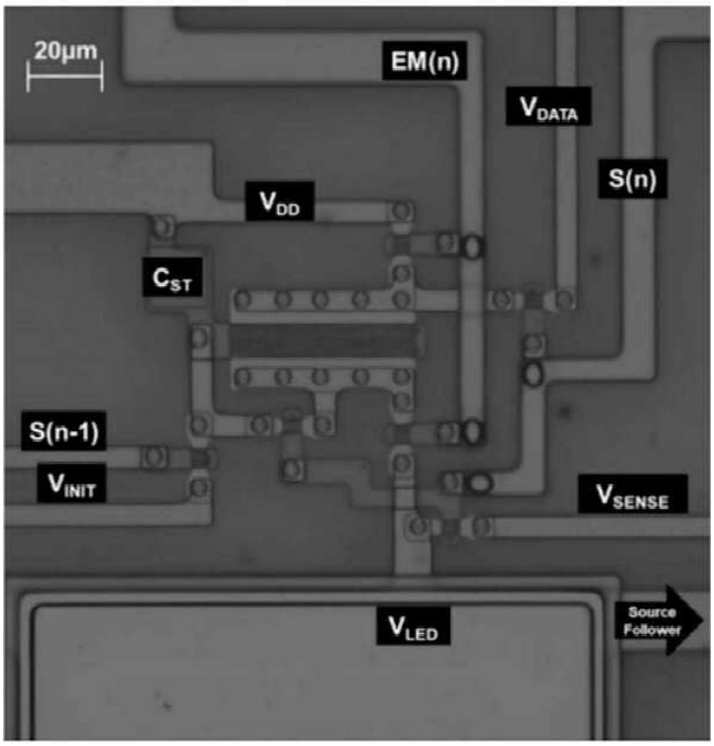

300
V_{DD}
C_{ST}
M_2
EM
M_3
V_{DATA}
M_1
S(n)
M_4
S(n-1)
M_5
S(n)
M_6
EM
M_7
V_{SENSE}
V_{INIT}
V_{LED}
S(n)
C_{LED}
V_{SS}

도면3b

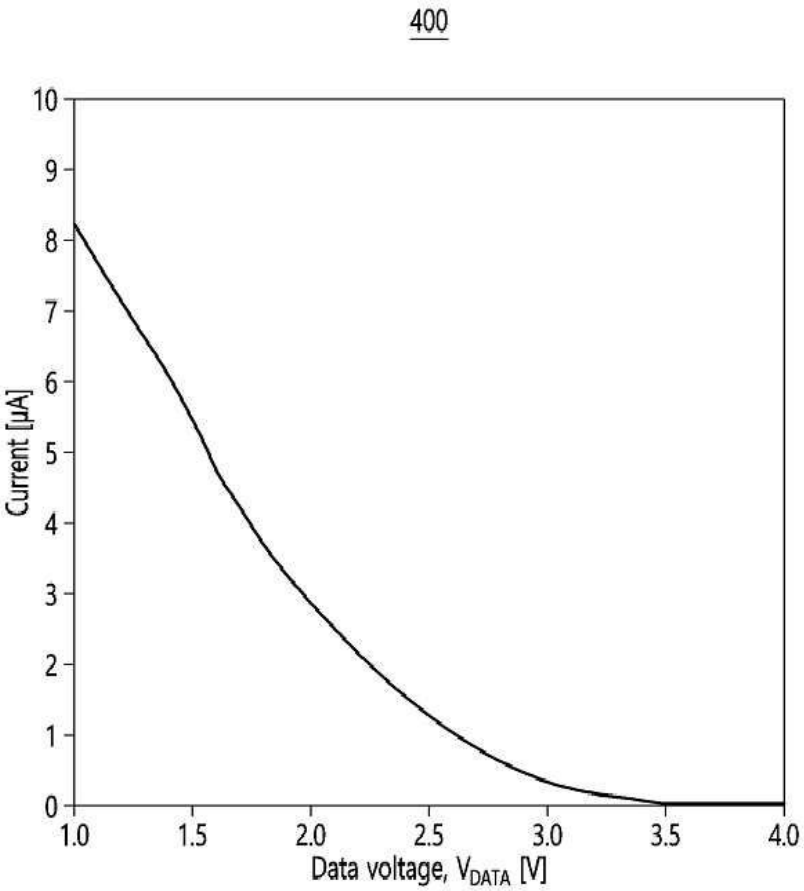

310
311
312
313
314
S(n-1)
S(n)
S(n+1)
EM(n)
EM(n+1)
V_{DATA}
$V_{SENSING}$
$V_{LED}^{(n-2)th}$
$V_{LED}^{(n-1)th}$
$V_{LED}^{(n)th}$
$V_{LED}^{(n+1)th}$

도면3c

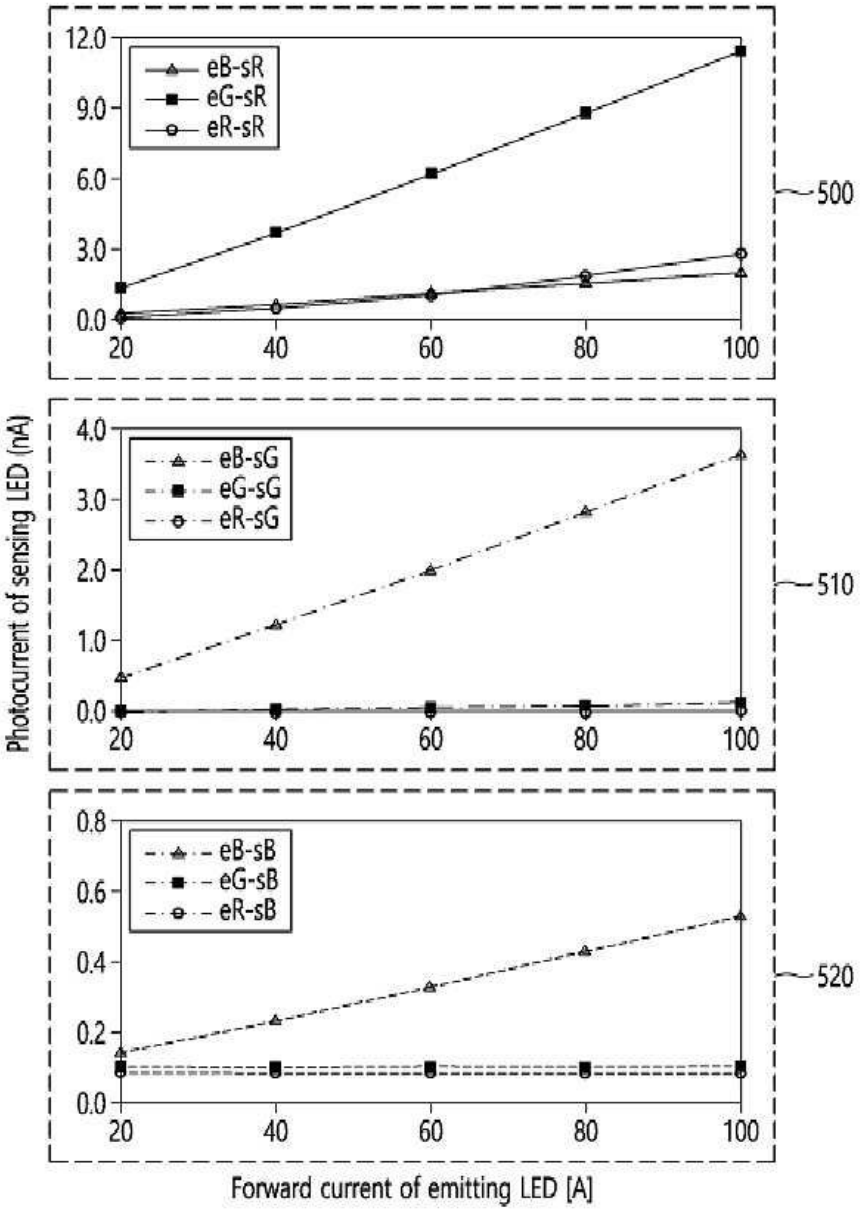
320


20μm
EM(n)
V_{DATA}
S(n)
V_{DD}
C_{ST}
S(n-1)
V_{INIT}
V_{SENSE}
V_{LED}
Source Follower

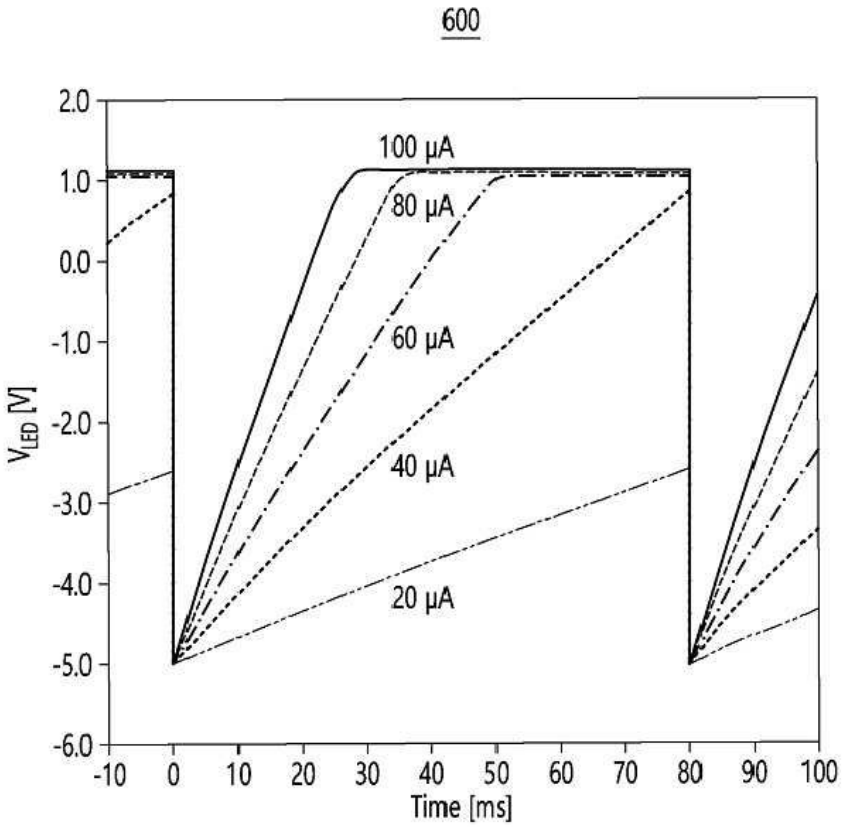
도면4


400
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
Current [μA]
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Data voltage, V_{DATA} [V]

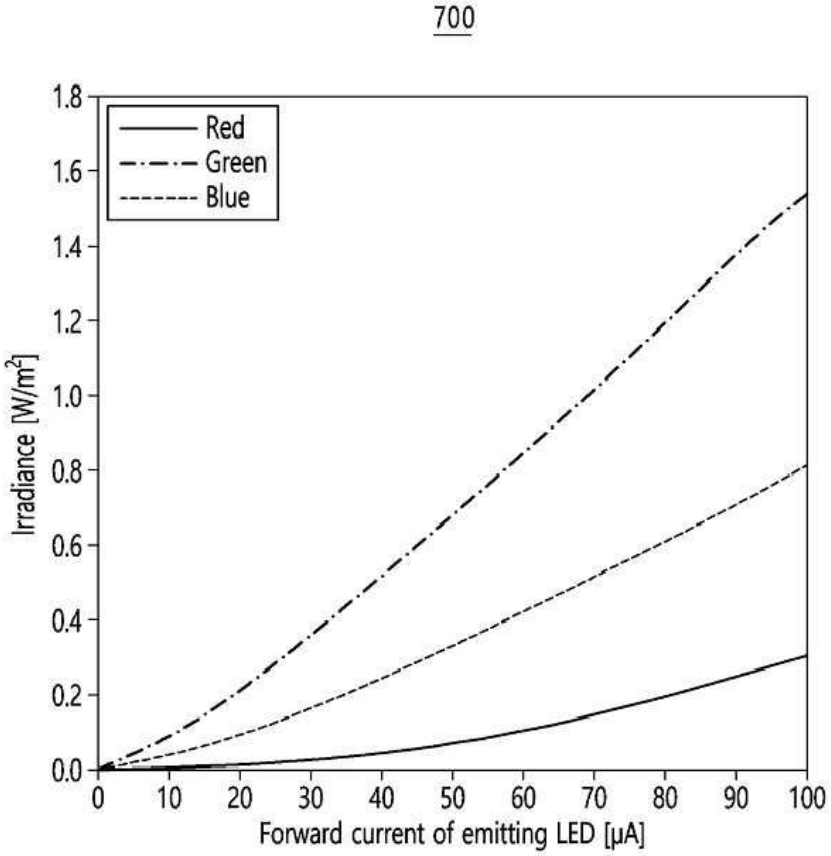
도면5


12.0
9.0
6.0
3.0
0.0
eB-sR
eG-sR
eR-sR
20
40
60
80
100
500
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
eB-sG
eG-sG
eR-sG
510
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
eB-sB
eG-sB
eR-sB
520
Photocurrent of sensing LED (nA)
Forward current of emitting LED [A]

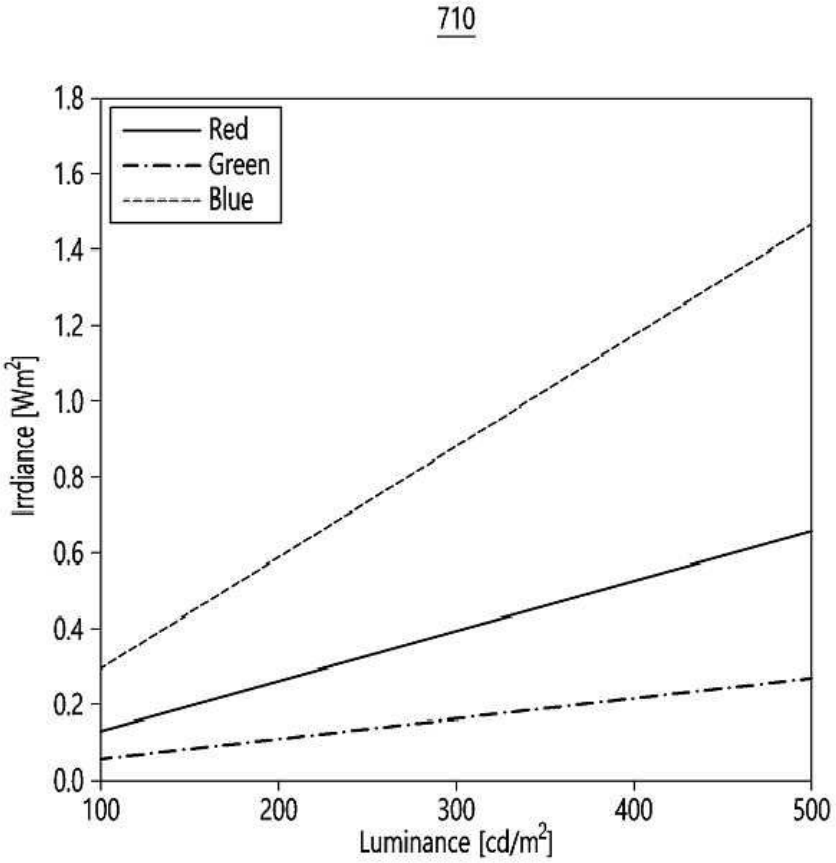
도면6


600
100 μA
80 μA
60 μA
40 μA
20 μA
V_{LED} [V]
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
-6.0
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Time [ms]

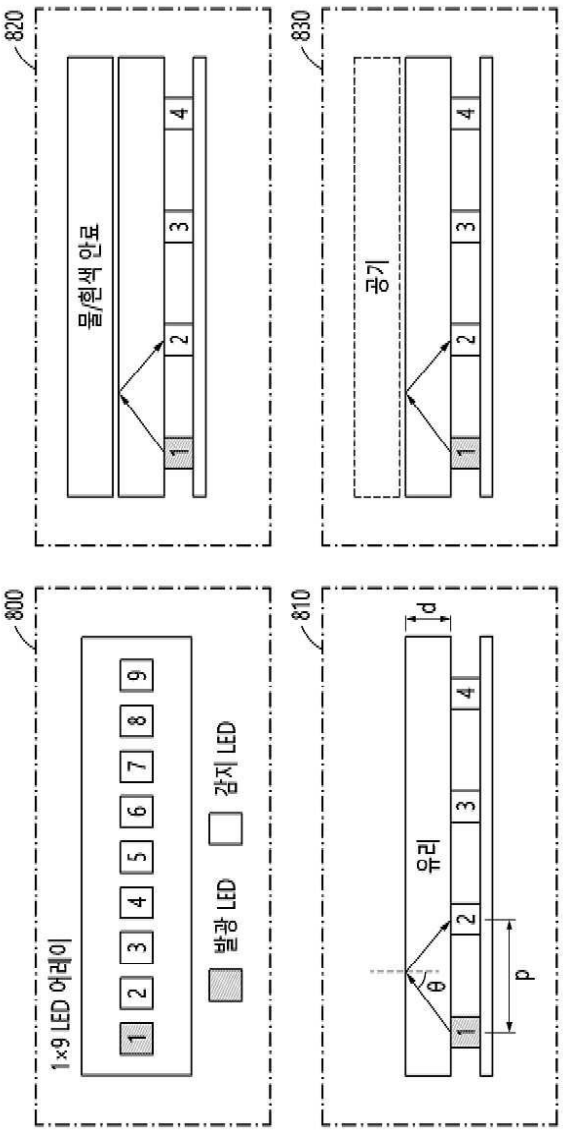
도면7a


700
Red
Green
Blue
Irradiance [W/m²]
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Forward current of emitting LED [μA]

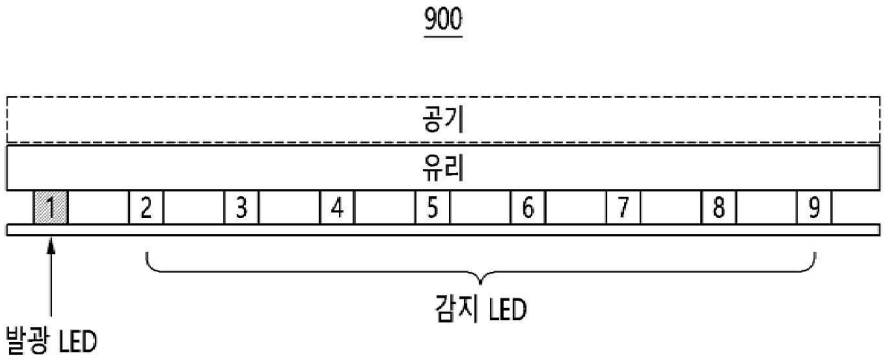
도면7b


710
Red
Green
Blue
Irrdiance [W/m²]
Luminance [cd/m²]
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
100
200
300
400
500

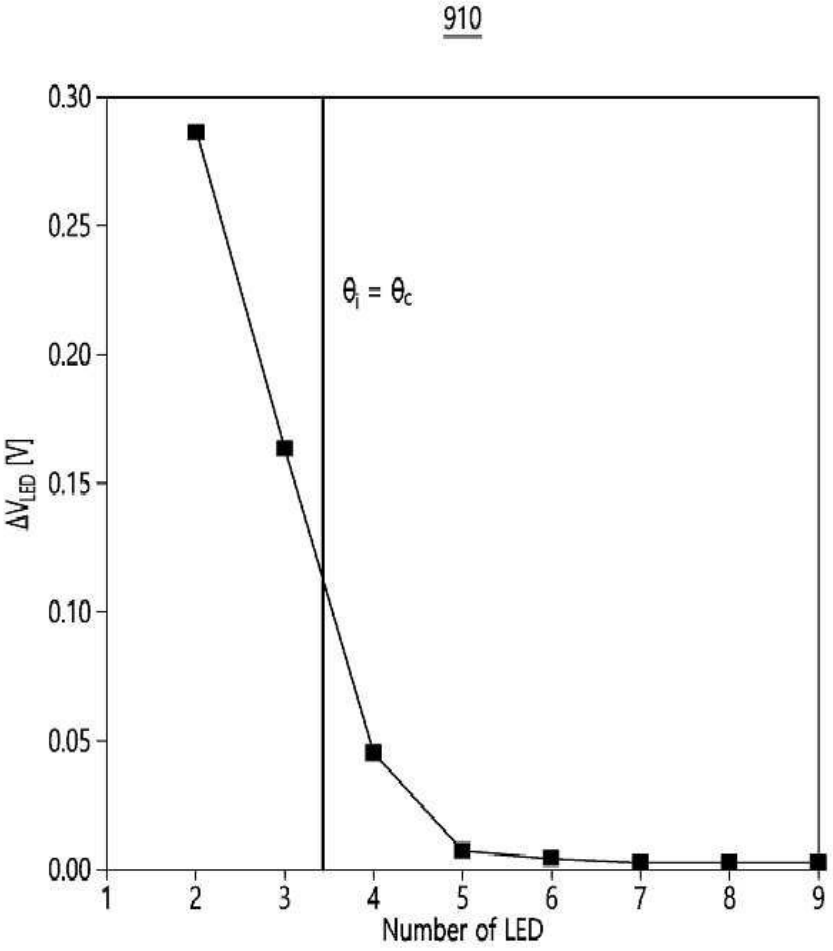
도면8


820
물/흰색 안료
830
공기
800
1×9 LED 어레이
발광 LED
감지 LED
810
유리
d
θ
p

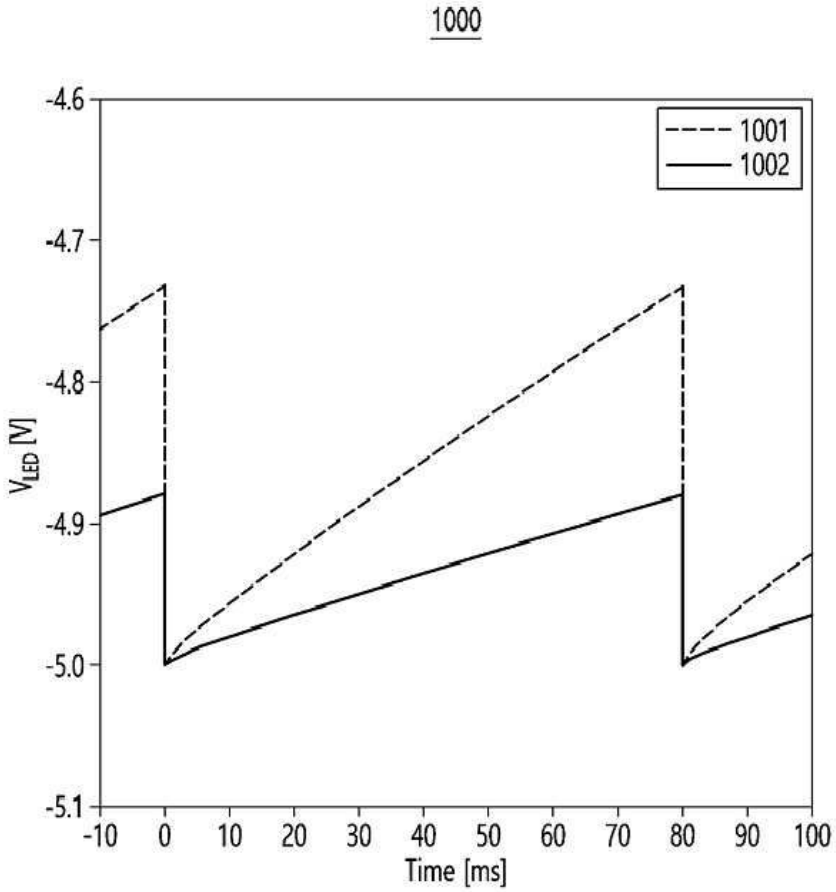
도면9a


900
공기
유리
1
2
3
4
5
6
7
8
9
발광 LED
감지 LED

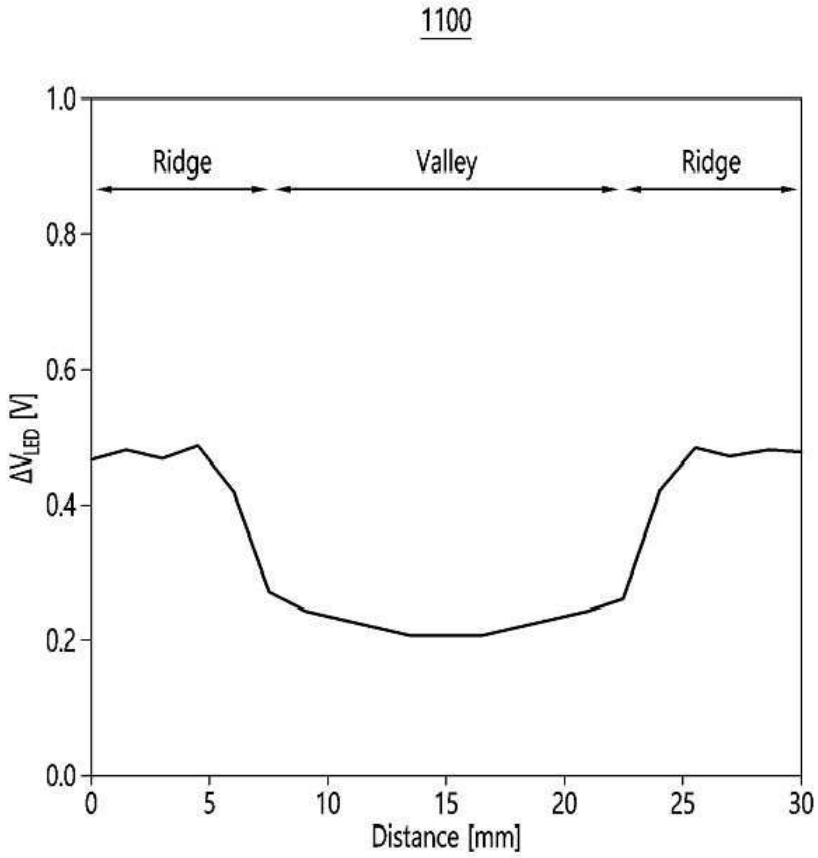
도면9b


910
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
ΔV_{LED} [V]
$\theta_i = \theta_c$
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Number of LED

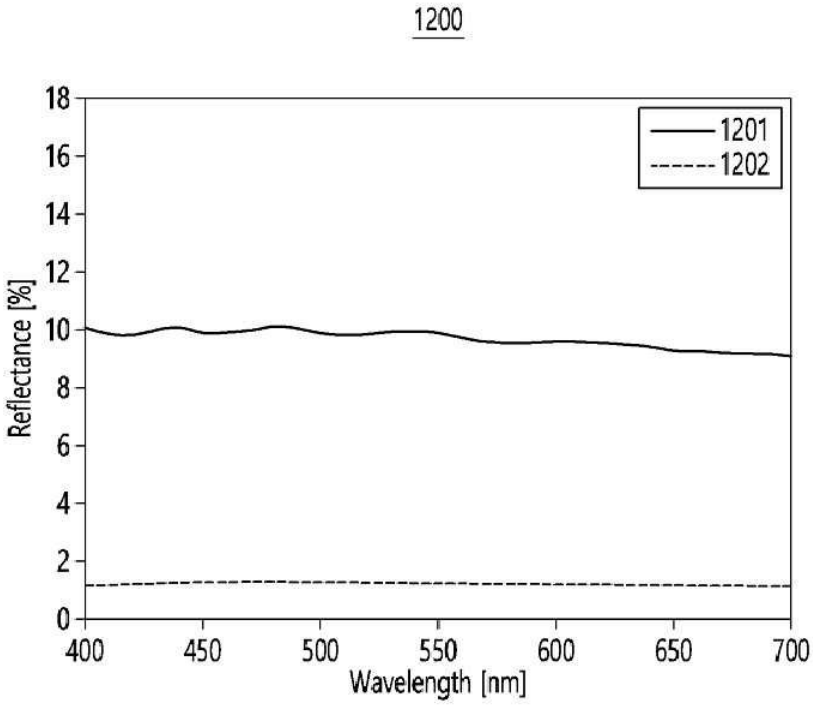
도면10


1000
1001
1002
-4.6
-4.7
-4.8
-4.9
-5.0
-5.1
V_{LED} [V]
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Time [ms]

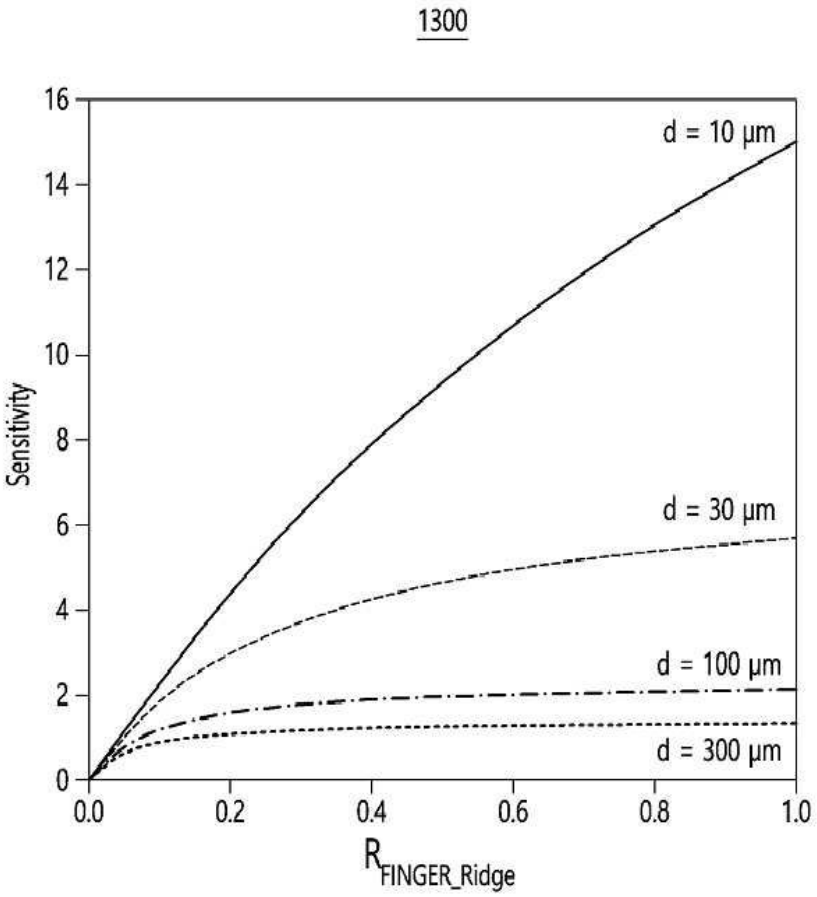
도면11


1100
Ridge
Valley
Ridge
ΔV_{LED} [V]
Distance [mm]

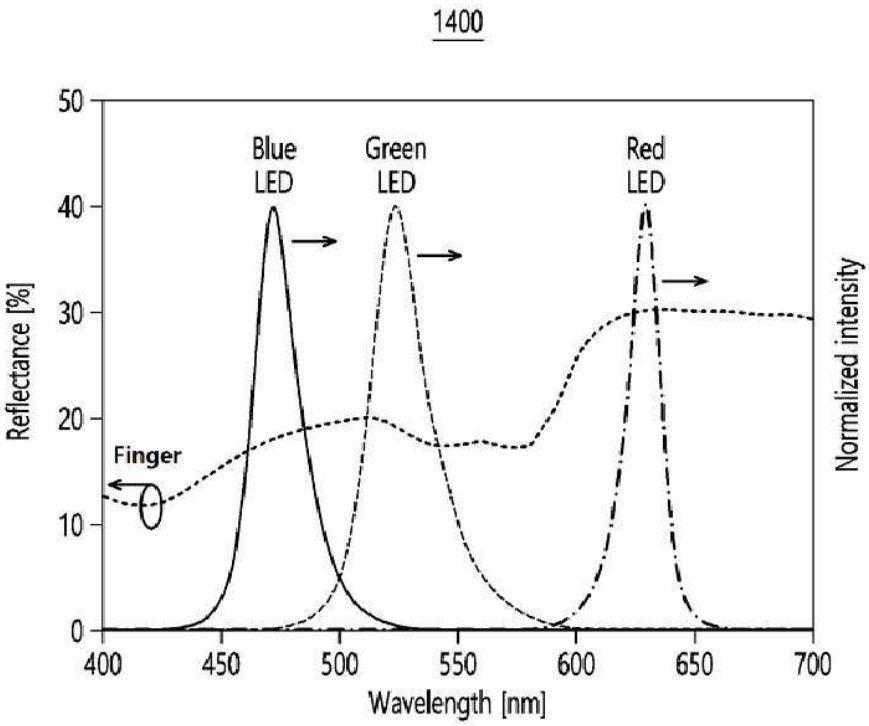
도면12


1200
1201
1202
Reflectance [%]
Wavelength [nm]

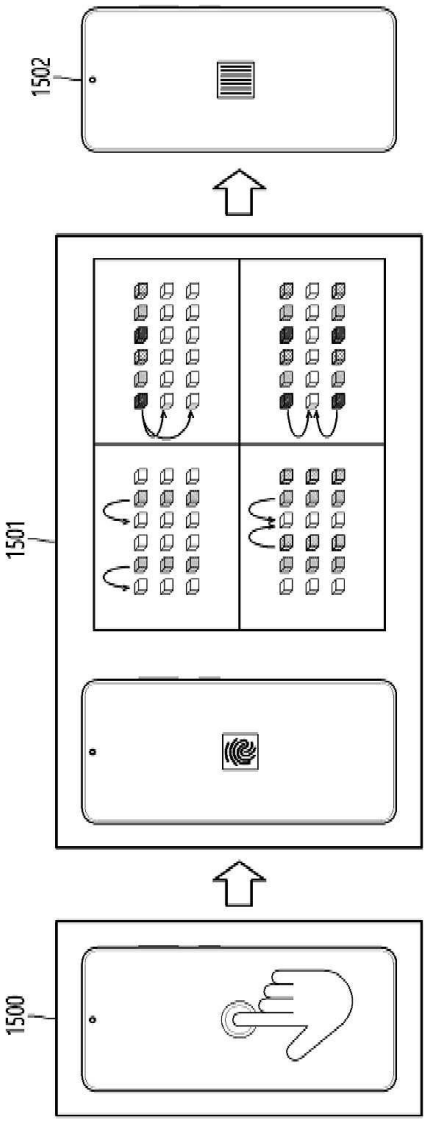
도면13


1300
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Sensitivity
d = 10 μm
d = 30 μm
d = 100 μm
d = 300 μm
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
R FINGER_Ridge

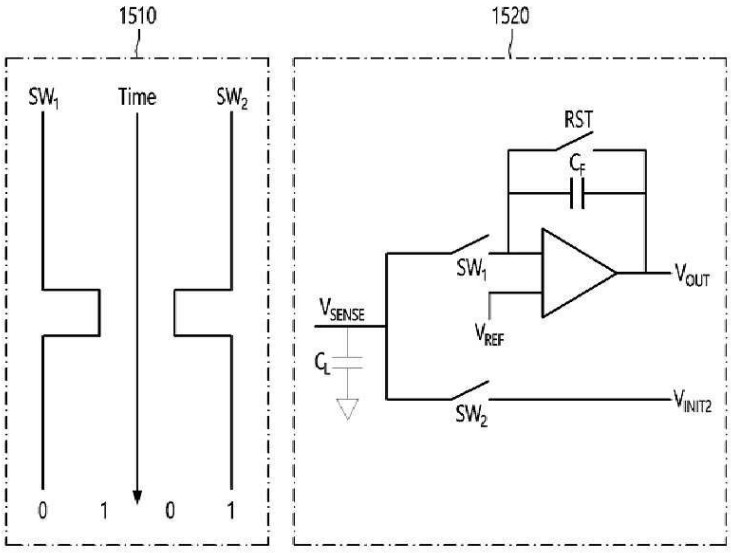
도면14


1400
50
40
30
20
10
0
Reflectance [%]
Blue LED
Green LED
Red LED
Finger
Normalized intensity
400
450
500
550
600
650
700
Wavelength [nm]

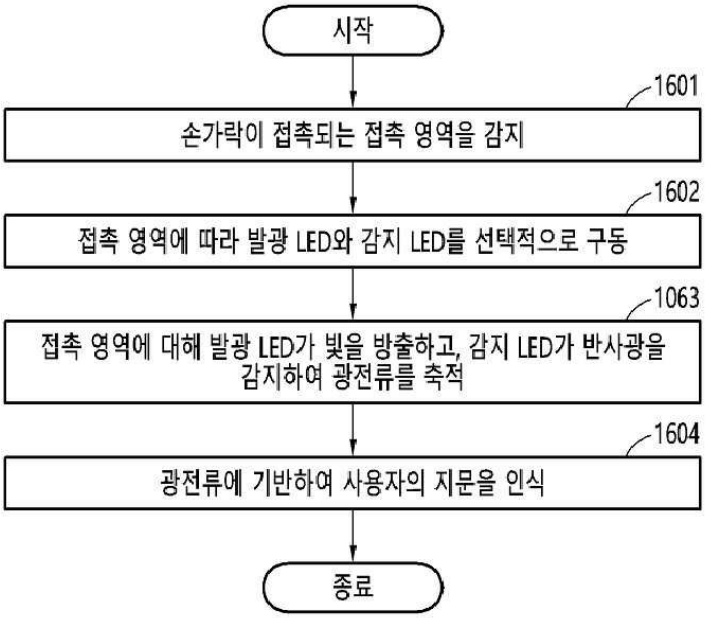
도면15a


1502
1501
1500

도면15b


1510
1520
SW1
Time
SW2
0
1
0
1
RST
CF
SW1
VOUT
VSENSE
VREF
CL
SW2
VINIT2

도면16


시작
1601
손가락이 접촉되는 접촉 영역을 감지
1602
접촉 영역에 따라 발광 LED와 감지 LED를 선택적으로 구동
1063
접촉 영역에 대해 발광 LED가 빛을 방출하고, 감지 LED가 반사광을 감지하여 광전류를 축적
1604
광전류에 기반하여 사용자의 지문을 인식
종료