(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0077791
(43) 공개일자 2012년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/56 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0139876
(22) 출원일자 2010년12월31일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
박성희
경기도 의정부시 신촌로40번길 22-12 (가능동)
김규태
경기도 광명시 가림로 150-11, 104동 106호 (철산동, 도덕파크타운)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인천문

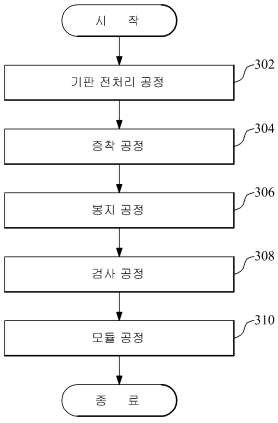
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **유기발광다이오드 패널 검사 방법**

(57) 요 약

본 발명은 유기발광다이오드 패널의 품질을 검사하는 방법에 관한 것으로서, 증착공정을 마친 유기발광다이오드 패널에 대한 봉지 공정 수행 전 또는 그 이후에, 노이즈 측정 방법을 이용한 유기발광다이오드 패널에 대한 검사공정을 수행하여, 유기발광다이오드 패널의 품질을 검사할 수 있는, 유기발광다이오드 패널 검사 방법을 제공하는 것을 기술적 과제로 한다. 이를 위해, 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법은, 유기발광다이오드 패널의 노이즈 특성과 수명과의 상관관계에 대한 정보를 포함하는 룩업테이블을 저장하는 단계; 및 증착 공정이 수행된 유기발광다이오드 패널에 대하여 노이즈를 측정하며, 그 결과를 상기 룩업테이블과 비교하여, 상기 유기발광다이오드 패널의 불량 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자
장도영
서울특별시 강남구 대치동 미도아파트 107동 407호
강필수
서울특별시 구로구 고척로37길 7 (고척동)

특허청구의 범위

청구항 1

유기발광다이오드 패널의 노이즈 특성과 수명과의 상관관계에 대한 정보를 포함하는 룩업테이블을 저장하는 단계; 및

증착 공정이 수행된 유기발광다이오드 패널에 대하여 노이즈를 측정하며, 그 결과를 상기 룩업테이블과 비교하여, 상기 유기발광다이오드 패널의 불량 여부를 판단하는 단계를 포함하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 측정을 위해 상기 유기발광다이오드 패널에 정전압 또는 정전류를 인가하여 시간에 따른 그 변화 비율을 측정하는 것을 특징으로 하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 측정은, 상기 유기발광다이오드 패널에 대한 시간에 관한 변화율을 주파수에 관한 변화율로 변환하는 것을 특징으로 하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 룩업테이블은,

양질로 판단된 유기발광다이오드 패널에 형성된 유기발광다이오드 층의 두께 변화, 도핑량의 변화, 표면 처리 시 가스 유량 변화, 표면 처리 시간 변화, 표면 처리에 인가된 전력 변화 중 적어도 어느 하나에 대한 노이즈와 주파수와의 관계를 이용하여 설정되는 것을 특징으로 하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 측정은,

상기 증착 공정에 의해 상기 유기발광다이오드 패널에 캐소드(Cathode) 증착이 이루어진 후에 이루어지는 것을 특징으로 하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 측정 과정 전에, 상기 유기발광다이오드 패널에 일정 시간 전류를 인가하여 상기 유기발광다이오드 패널을 에이징(Aging) 시키는 단계를 더 포함하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 유기발광다이오드 패널을 에이징(Aging)시 인가되는 전류는, AC 또는 DC일 수 있으며, 0.1mA/cm^2 이상의 전류가 10초 이상 인가되는 것을 특징으로 하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 측정에 이용되는 정전압은 -50V 내지 50V 인 것을 특징으로 하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 측정에 이용되는 정전류는 -10A 내지 10A 인 것을 특징으로 하는 유기발광다이오드 패널 검사 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유기발광다이오드 패널의 품질을 검사하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 음극선관(Cathode Ray Tube)의 단점인 무게와 부피를 줄일 수 있는 각종 평판 표시장치들(Flat Panel Display, FPD)이 개발되고 있다. 이러한 평판 표시장치는 액정 표시장치(Liquid Crystal Display : LCD), 전계 방출 표시장치(Field Emission Display : FED), 플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel : PDP) 및 전계발광소자(Electroluminescence Device) 등이 있다.

[0003] 이중, 전계발광소자는 발광층의 재료에 따라 무기발광다이오드 표시장치와 유기발광다이오드 표시장치로 대별되며 특히, 유기발광다이오드 표시장치는 스스로 발광하는 자발광소자를 이용함으로써 응답속도가 빠르고 발광효율, 휘도 및 시야각이 큰 장점이 있다.

[0004] 도 1은 일반적인 유기발광다이오드 표시장치의 발광원리를 설명하는 다이어그램이다.

[0005] 유기발광다이오드 표시장치는 도 1에 도시된 바와 같은 유기발광다이오드(OLED)를 가진다. 유기발광다이오드는 애노드전극, 캐소드전극 및 양 전극들 사이에 형성된 유기 화합물층(HIL, HTL, EML, ETL, EIL)을 구비한다.

[0006] 즉, 유기발광다이오드 표시장치는 상기한 바와 같은 유기발광다이오드가 포함된 복수의 서브 픽셀들을 매트릭스 형태로 배열하고, 스캔펄스를 통해 능동소자인 TFT를 선택적으로 턴-온시켜 서브 픽셀들을 선택한 후, 선택된 서브 픽셀들의 밝기를 디지털 비디오 데이터의 계조에 따라 제어한다.

[0007] 한편, 상기한 바와 같은 유기발광다이오드로 구성된 OLED 패널은 제작 과정 중 전극 표면의 변화, 박막들의 두께 및 도핑량 변화에 따라 소자의 특성이 다르게 나타나게 되며 이는 Current density-Voltage-Light(이하, 간단히 'JVL'이라 함) 특성 변화로 반영된다. 따라서, 종래에는 유기발광다이오드 표시장치의 양산과정 중, JVL 특성 변화를 이용하여 OLED 패널에 대한 소자평가공정을 수행하였다.

[0008] 그러나, JVL의 특성 변화가 매우 작을 경우에는, JVL 특성 변화를 이용하여 OLED 패널의 정상동작 여부를 평가하는 것이 어려우며, 특히, 사용되는 유기물이 불순물을 함유하고 있거나, 증기압이 매우 낮은 불순물에 의해 진공 챔버가 오염되어 있을 경우는, JVL의 큰 변화 없이도 수명의 급격한 감소가 발생한다. 따라서, 양산공정이 진행되고 있는 OLED 패널의 품질관리항목으로 JVL 측정과 더불어 수명 측정이 병행되어야 한다.

[0009] 그러나, 현재 사용되는 수명 측정법은 측정시간이 상당히 오래 걸리기 때문에(보통 수시간에서 수백 시간이 소요됨), 큰 업무부담이 되며, 양산 공정 중 빠른 대응(Feedback)이 불가능하여 큰 문제가 되고 있다.

[0010] 즉, OLED의 음극과 양극 사이의 전체 유기막 두께는 일반적으로 1000 ~ 2000Å로 매우 얇고 발광에 참여하는 Dopant도 200~400Å 두께의 발광층에 약 1~10wt% 정도만이 도핑되어 있으므로 증착 공정 중에 발생할 수 있는 불순물의 함침은 실제 소자의 수명에 크게 영향을 미칠 수 있다. 이러한 현상은 보통 JVL특성으로는 나타나지가 않으며 제작된 시편의 수명을 측정해야 하는데, 이러한 수명의 측정은 초기 밝기에 따라 보통 수시간에서 수백 시간이 소요된다는 문제점을 가지고 있다.

[0011] 또한, 증착 공정 중의 박막 두께의 변화는 사용하는 진동자의 주파수(Frequency) 변화에 따라 미세하게 변화될 수 있으며, 플라즈마를 이용하는 ITO의 표면 처리 조건도 조금씩 변화가 일어나게 되는데 이러한 변화는

소자의 JVL특성에 변화를 가져올 수도 있다. 따라서, 이러한 물리적인 변화량들을 양산 공정 중에 실시간으로 측정하는 일은 매우 어려운 일이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 증착공정을 마친 유기발광다이오드 패널에 대한 봉지 공정 수행 전 또는 그 이후에, 노이즈 측정 방법을 이용한 유기발광다이오드 패널에 대한 검사공정을 수행하여, 유기발광다이오드 패널의 품질을 검사할 수 있는, 유기발광다이오드 패널 검사 방법을 제공하는 것을 기술적 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법은, 유기발광다이오드 패널의 노이즈 특성과 수명과의 상관관계에 대한 정보를 포함하는 룩업테이블을 저장하는 단계; 및 증착 공정이 수행된 유기발광다이오드 패널에 대하여 노이즈를 측정하며, 그 결과를 상기 룩업테이블과 비교하여, 상기 유기발광다이오드 패널의 불량 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0014] 상술한 해결 수단에 따라 본 발명은 다음과 같은 효과를 제공한다.

[0015] 즉, 본 발명은 증착공정을 마친 유기발광다이오드 패널에 대한 봉지 공정 수행 전 또는 그 후에, 노이즈 측정 방법을 이용한 유기발광다이오드 패널에 대한 검사공정을 수행하여, 유기발광다이오드 패널의 품질을 검사함으로써, OLED 패널의 품질을 실시간 모니터링 할 수 있으며, 이로 인해, 양산 공정 및 양산품 관리를 신속하게 처리하여 안정된 OLED 패널을 공급할 수 있다는 효과를 제공한다.

[0016] 또한, 본 발명은 OLED 패널의 품질저하(degradation) 원인을 분석하는 용도로 활용될 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 일반적인 유기발광다이오드 표시장치의 발광원리를 설명하는 다이어그램.

도 2는 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법이 적용되는 유기발광다이오드 패널의 제조 라인의 일실시예 구성도.

도 3은 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법이 적용되는 유기발광다이오드 패널의 제조 방법의 일실시예 흐름도.

도 4는 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법이 적용되는 유기발광다이오드 패널을 나타낸 일예시도.

도 5는 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법에 적용되는 N-F 특성 변화 분석을 위한 일실시예 회로도.

도 6 내지 도 10은 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법에 의해 유기발광다이오드 패널의 각 색상별로 수명 특성을 검사한 결과를 나타낸 예시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 대해 상세히 설명한다.

[0019] 도 2는 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법이 적용되는 유기발광다이오드 패널의 제조 라인의 일실시예 구성도이다. 또한, 도 3은 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법이 적용되는 유기발광다이오드 패널의 제조 방법의 일실시예 흐름도이다. 또한, 도 4는 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법이 적용되는 유기발광다이오드 패널을 나타낸 일예시도이다. 또한, 도 5는 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법에 적용되는 N-F 특성 변화 분석을 위한 일실시예 회로도이다.

[0020] 유기발광다이오드(ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE)(이하, 간단히 'OLED'라 함)는 전하가 이동함에 있어 주파수(Frequency)에 따라 특정한 노이즈 레벨(Noise Level) 즉, 노이즈 파워 스펙트럼 밀도(Noise Power Spectral

Density) 분포를 보이며, 이는 OLED 내부의 여러 원인에 따라 민감하게 변하므로, 본 발명은 이러한 노이즈와 주파수의 상관관계를 이용하여, 유기발광다이오드 패널을 검사하는 방법(이하, 간단히 '노이즈 측정 방법'이라 함)에 관한 것이다. 한편, 이하에서는 설명의 편의상 OLED 패널이 검사 대상으로 설명되나, 구체적으로는 OLED 소자 하나를 말하며, 보다 구체적으로는 도 4에 도시된 테스트 OLED(200)가 검사 대상이 된다. 즉, 노이즈 측정 방법은 샘플로 추출된 OLED에 대하여 수행되는 것으로서, 그러한 샘플이 복수 개가 있다면, 결국 OLED 패널 전체에 대하여 노이즈 측정 방법이 이루어졌다고 볼 수 있는 것이다.

[0021] OLED는 두 개의 전극 사이에 유기발광재료를 삽입하고 각 전극에 전압을 인가하면, 양극과 음극에서 주입된 정공(Hole)과 전자(Electron)가 전하 수송층을 지나 발광층에서 여기자(exciton)를 형성하고, 이후 재결합 과정을 통해 스스로 빛을 내는 자발광 소자이다. 이때, 발광층에 사용되는 유기물질에 따라 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue)의 빛을 내어 컬러필터(Color Filter) 없이도 풀컬러(Full Color) 구현을 가능하게 한다.

[0022] 이러한 OLED는, 200nm 이내의 얇은 유기 박막으로 형성되고, 사용되는 전극의 구성에 따라 단일 방향 또는 양방향의 초박형 디스플레이 구현이 가능하다.

[0023] 또한, 응답속도가 LCD에 비해 1000배 이상 빠르며, 넓은 시야각과 잔상이 남지 않는다는 특징을 가지고 있어 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0024] 특히, 인광 재료의 개발과 전하 이동도가 높은 물질들의 개발을 통하여 소비전력이 급격히 낮아지고 있어, OLED를 이용한 유기발광다이오드 표시장치는 액정표시장치(LCD)를 대체할 차세대 디스플레이로서 많은 관심의 대상이 되고 있으며, 실제 모바일(Mobile)용 소형 디스플레이에서는 이미 많은 LCD를 대체하고 있는 중이다.

[0025] 이하에서는, 도 2 내지 5를 참조하여 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법이 상세히 설명된다.

[0026] 유기발광다이오드 패널을 양산하기 위한 제조 라인의 양산 장비들은, 도 2에 도시된 바와 같이, 크게 기판전처리 Unit, 복수개의 증착(Evaporation) Unit 및 봉지(Encapsulation) Unit으로 구성되며, 각 유닛 사이에는 버퍼 챔버(Buffer chamber)를 두어 다음 공정을 위한 기판이 대기하도록 구성되어 있다.

[0027] 우선, 유기발광다이오드 패널을 제작하기 위해서는 기판전처리 유닛을 통해 기판전처리 공정이 수행된다(302).

[0028] 즉, 투명기판 위에 양극 물질을 입힌다. 양극 물질로는 흔히 ITO(indium tin oxide)가 널리 사용되고 있다. 일반적으로 양극물질의 표면 개질을 위해 UV-오존세정이나 O_2 , N_2 , Ar 가스 Plasma treatment가 실시된다. 이는 용매처리로 제거되지 않은 ITO 표면층의 유기물을 분해하여 세정하는 역할을 할 뿐만 아니라 일함수를 크게 하여 ITO로부터 유기층으로 정공 주입 장벽을 낮추어 주는 역할을 한다.

[0029] 상기와 같이 준비된 기판은 증착유닛에 투입되어 증착공정이 수행된다(304). 즉, 전처리공정을 마친 기판 위에 정공주입층(HIL : Hole Injection Layer)을 증착한다.

[0030] 정공주입층으로는 주로 구리프탈로시아닌(copperphthalocyanine (CuPc))이 10nm ~ 30nm 정도 증착된다.

[0031] 이후 정공수송층(HTL : Hole Transport Layer)을 증착한다. 정공수송층으로는 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-펜틸아미노]바이페닐(4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-henthylamino]-biphenyl, NPB)이 30nm 내지 100nm 정도 증착된다.

[0032] 그 위에 발광층(EML : Emission Layer)이 형성된다. 이때, 불순물(Dopant)로 사용되는 유기물에 따라 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue)을 띠게 된다. Alq_3(8-droxyquinolatealuminum)에 MQD(N-Methylquinacridone) 1 내지 3wt% 도핑한 것은 녹색 발광층의 한 예이다.

[0033] 그 다음, 전자수송층(ETL : Electron Transport Layer) 및 전자주입층(EI L : Electron Injection Layer)이 연속적으로 증착된다.

[0034] 그 다음, Al과 같은 금속(metal)을 증착하여 음극(Cathode)을 만든다.

[0035] 다음으로, 봉지유닛에서 봉지(Encapsulation) 공정을 거쳐 유기발광다이오드 표시장치의 OLED 패널이 완성된다(306). 이때, 완성된 OLED 패널은 도 4에 도시된 바와 같이, 영상이 표시되는 표시영역(140)과 영상이 표시되지 않는 비표시영역(130)으로 구분된다.

[0036] 즉, OLED 패널은 복수의 유기발광다이오드(100)가 형성되어 있는 하부기판(110)이 상부기판(120)과 함께 봉지

처리되어 형성되는 것으로서, 표시영역(140)은 이러한 유기발광다이오드가 형성되어 있는 영역을 말한다.

[0037] 한편, 비표시영역(130)은 데이터 드라이버 IC 또는 게이트 드라이버 IC들과 OLED 패널이 전기적으로 연결될 수 있도록 복수의 패드(미도시)들이 형성되어 있다.

[0038] 또한, 비표시영역(130)에는 표시영역에 형성되어 있는 OLED와 동일한 공정을 통해 형성된 테스트용 OLED(200)가 적어도 두 개 이상 형성되어 있다. 이러한 테스트용 OLED는 표시영역에 형성되어 있는 OLED의 특성을 검사하기 위한 테스트용으로 형성된 것으로서, 표시영역에 형성된 OLED와 동일한 공정을 통해 형성된 것이다. 한편, 이러한 테스트용 OLED는 본 발명에 따른 검사 공정 이외에도, OLED 패널의 특성 검사를 위한 다양한 검사 공정에서 이용될 수 있다.

[0039] 즉, 상기한 바와 같은 공정들(302 내지 306)을 통해 제작된 OLED 패널은 검사유닛을 통해 검사공정이 수행된다. 이러한 검사공정은 상기한 바와 같은 노이즈 측정 방법을 통해 이루어진다.

[0040] 그러나, 노이즈 측정 방법(검사공정)은, 반드시 봉지(encapsulation) 공정(306)을 마치기 전에 수행되어야 하는 것은 아니며, 봉지 공정 이후에도 수행될 수 있다. 즉, 노이즈 측정 방법은, 봉지(encapsulation) 공정(306)을 마치기 전 또는 이후에, OLED 패널에 대하여 간단하게 노이즈(N-F)를 측정함으로써, 실시간으로 제작되고 있는 적층된 소자 구조의 이상 유무를 모니터링할 수 있다.

[0041] 따라서, 노이즈 측정 방법(검사공정)은 OLED 패널 제작 후, 봉지 과정 이전 또는 이후, 스크라이빙 & 브레이킹(Scribing & Breaking) 공정 이전 또는 이후에 수행될 수 있다.

[0042] 한편, 이하에서 설명될 검사공정에서 검사될 수 있는 OLED 패널의 이상은 다음과 같은 것들이 있을 수 있다. 즉, OLED 패널의 이상 발생은 주로 기판에서 오는 경우와 증착 공정 중에 발생하는 경우로 나눌 수 있다.

[0043] 우선, 기판에서 오는 경우는 증착 전 ITO의 표면에 이 물질이 있거나 ITO의 표면 거칠기가 클 경우, 이러한 이물질이 누설 전류 소스(Leakage current source)로 작용하여 소자의 효율 및 수명에 영향을 미치게 되고, ITO 표면 처리 조건의 변화 또한 ITO의 일함수(Work function)의 변화를 일으킴으로 OLED 패널의 특성에 영향을 미친다.

[0044] 반면, 증착 공정 중에 발생할 수 있는 문제는, 주로 불순물의 함침으로 유기물 자체에 불순물이 처음부터 포함되어 있는 경우, 유기물의 연속 증착 과정 중 소스(Source) 내부의 유기물 잔량이 감소함에 따라 일정 속도를 맞추기 위하여 소스(Source) 온도를 높일 경우, 유기물 분해에 의해 발생하는 경우, 그리고 증착 챔버 내부의 오염에 의한 경우가 있을 수 있다.

[0045] OLED의 음극과 양극 사이의 전체 유기막 두께는 일반적으로 1000~2000Å로 매우 얇고 발광에 참여하는 불순물(Dopant)도 200~400Å 두께의 발광층에 약 1~10wt% 정도만이 도핑되어 있으므로 발광층 주위에 이러한 불순물의 존재는 비록 그 양이 매우 작다 할지라도 발광 안정성에 큰 영향을 미치게 된다.

[0046] 불순물 이외에도 소자특성에 영향을 미치는 인자로는, 각 유기막층의 두께 변화가 있으나 보통 소자 제작 이전에 각 유기막 층에서 각각 단일 유기막을 증착하여 두께를 측정한 후 미리 보정하고, 증착 과정 중에 진동자를 통하여 계속적으로 두께를 모니터링함으로 큰 문제가 되지는 않는다.

[0047] 그러나, 진동자에 유기물이 증착됨에 따라 주파수가 변화함으로 발생하는 미세한 두께 변화가 발생할 수는 있다. 반면, 대면적 패널의 경우는 기판의 중심부와 에지(Edge)의 OLED 소자 특성이 조금씩 다르게 나타나는 데 이는 유기막의 두께 유니포머티(Uniformity)에서 오는 경우가 대부분으로, 소스(Source) 부위를 잘 설계하여 전체적으로 유니폼(uniform)한 박막을 얻도록 하고 있다.

[0048] 주로 두께 보정을 하는 데 있어서는 AFM(Atomic Force Microscopy), α-step, 엘립소미트리(ellipsometry) 등이 사용되며 SEM(Scanning Electron Microscope)을 사용하기도 한다.

[0049] 한편, 본 발명은 상기한 바와 같은 검사공정(308) 중에 노이즈(N-F) 측정 방법을 이용하여 OLED 패널의 품질을 검사하고 있다는 특징을 가지고 있다.

[0050] 즉, 노이즈(N-F) 측정 방법은, OLED 패널이 표면 및 계면의 디펙트 사이트(Defect sites), Non-uniformity, Velocity Fluctuation 등에 대단히 민감하기 때문에 도입된 것으로서, 소자의 내부 메커니즘을 연구할 수 있는 매우 민감한 방법(Sensitive method) 이다.

[0051] 본 발명에 적용되는 노이즈(N-F) 측정 방법은, 측정용 소자(테스트 OLED(200))에 정전류(또는 정전압)를 인가하여, 시간에 따른 전류의 변화량을 측정한다. 이후, 측정을 통해 얻어진 시간에 관한 함수(전류의

변화량)는, 푸리에 변환(Fourier transform)을 통해 주파수에 관한 함수로 표현된다. 이때 Noise Level, 즉, The noise power spectral density는 아래의 [수학식 1]과 같이 표현되며 각 부분의 의미는 다음과 같다.

수학식 1

[0052] $$Sv(f) = S_{v,1/f} + S_{v,e}$$

[0053] [수학식 1]에서 1/f Gaussian noise는 소자의 bulk 특성을 나타낸다. 이는 전하의 mobility와 관련이 있으며 Degradation이 진행됨에 따라 물질 내부적으로 증가하는 결함 등으로 인해 Scattering이 발생하고, 이는 전하 흐름에 보다 많은 fluctuation을 유도하여 소자 수명에 영향을 미치게 된다.

[0054] 또한, Excessive frequency noise는 소자 내부 전하 개수(Carrier numbers)의 변화와 관련되어 진다. 이는 계면의 붕괴(deterioration), 트랩의 Generation & Furnish, 표면 및 계면의 결함(Defects) 등으로부터 기인한다. 이 노이즈는 소자에 스트레스를 가함에 따라 더 빠르게 증가한다.

[0055] 이와 같은 노이즈는 일반적으로 그 형태 및 특성에 따라 화이트 노이즈(White noise), 핑크 노이즈(Pink noise), 레드 노이즈(Red noise)(Brownian noise), 서멀 노이즈(Thermal noise), 샷노이즈(Shot noise) 등으로 구별한다.

[0056] 즉, 노이즈 측정 방법은, OLED에 전하가 이동함에 있어 내부의 미세한 변화에도 N-F(Noise Power Spectral Density-Frequency) 특성 변화가 나타남을 이용하여 N-F를 OLED 패널의 특성 평가 수단으로 사용하고 있는 것이다.

[0057] 상기한 바와 같은 노이즈 측정 방법을 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 즉, 노이즈 측정 방법을 이용하여 OLED 패널의 품질을 검사하기 위해서는, 우선, 품질 검사에 이용될 N-F 특성에 대한 룩업테이블을 생성하여 확보하고 있어야 한다.

[0058] 따라서, 봉지 공정의 전 또는 후에, 증착 챔버의 진공도와 유기물의 상태가 모두 안정화된 상태에서 효율 및 수명에 있어 제품에 요구되어지는 소자 구조를 확보한다. 즉, 룩업테이블 생성을 위해 테스트될 양질의 OLED가 형성된 OLED 패널을 확보한다.

[0059] 상기에서 확보된 OLED 패널(또는 OLED)에 대한, 플라즈마(Plasma) 표면 처리시 가스 유량, 처리 시간, 인가 전력에 따른 N-F 특성 변화 경향성에 대한 라이브러리(Library)를 확보한다.

[0060] 또한, 상기에서 확보된 OLED 패널에 있어서, 각각 층의 두께를 조금씩 변화시켜 각 층들의 두께 변화에 따른 N-F 특성 변화 경향성에 대한 라이브러리를 확보한다.

[0061] 또한, 상기에서 확보된 OLED 패널에 있어서, 발광층의 도핑량 변화에 따른 N-F 특성 변화 경향성에 대한 라이브러리를 확보한다.

[0062] 또한, 상기 과정들을 통하여 허용되는 N-F 값에 대한 기준을 확정한다.

[0063] 즉, 본 발명은 N-F 특성을 통해, 양산 과정 중의 OLED 패널의 품질을 검사하기 위한 것으로서, 양산 과정 중의 OLED 패널과 비교될 수 있는 이상적인 상태의 OLED 패널을 확보한 후, 그에 대한 다양한 조건에서의 기준값들을 룩업테이블로 저장한다.

[0064] 이후, 실제의 양산 과정에서, 상기한 바와 같은 공정(302 내지 306)들을 거친 OLED 패널에 대하여 이루어진 노이즈 측정 결과를, 상기에서 저장되어 있는 룩업테이블과 비교함으로써, 양산 과정 중의 OLED 패널에 대하여 품질 검사를 모니터링할 수 있다. 이때, 노이즈 측정 방법은 매우 짧은 시간 안에 이루어질 수 있기 때문에, 전체 OLED 패널 제조 공정의 택타임(Tack time)에 영향을 주지 않는다.

[0065] 즉, 상기한 바와 같은 노이즈 측정 방법은, 검사 유닛으로 양산 과정 중의 OLED 패널이 입고되면, 입고된 OLED 패널에 대하여 N-F 측정이 이루어지며, 검사 유닛은 측정된 N-F 결과와 룩업테이블에 저장되어 있는 데이터들을 비교하여, 측정된 값들이 기 설정된 기준값을 넘었을 경우에는 이를 불량으로 판단할 수 있다. 불량으로 판단된 OLED 패널이 발생되면, 관리자 또는 검사 유닛은 OLED 패널의 제조 공정을 중지하고 그에 따른

조치를 수행함으로써, OLED 패널의 불량 발생을 실시간 또는 미연에 방지할 수 있다.

[0066] 한편, OLED 패널의 N-F 특성은 박막의 두께뿐만 아니라 사용되는 물질이 변화하게 되어도 크게 변하므로, 노이즈 측정 방법이 새로운 OLED 패널에 적용되기 위해서는, 상기한 바와 같은 룩업테이블 생성을 위한 과정들이 반복적으로 수행되어 해당 OLED 패널에 적합한 룩업테이블이 생성되어 있어야 한다.

[0067] 즉, 본 발명은 OLED 소자를 전하가 이동함에 있어 내부의 미세한 변화에도 N-F(Noise Power Spectral Density-Frequency) 특성 변화가 나타남을 이용하여 N-F 를 OLED 소자의 특성 평가 수단으로 사용하고자 하는 것으로서, 노이즈 측정 방법의 수행 전 점검 사항 및 노이즈 측정 절차는 다음과 같다.

[0068] 우선, 도 5에 도시된 바와 같이, DC Source를 DUT(Metal Shield 내 측정 소자, 즉, 테스트 OLED)에 연결하고, DUT를 전류-전압 증폭기에 연결하며, 전류-전압 증폭기(Current-Voltage Amplifier)를 신호 분석기(Signal Analyzer)에 연결한다.

[0069] 다음으로, DUT의 연결을 제거하고, 증폭기(Amplifier) 단을 포함한 회로 자체의 화이트 노이즈 레벨(White noise level)을 측정한다.

[0070] 다음으로, 민감도(Sensitivity)에 따른 화이트 노이즈 레벨(White noise level)을 측정하고, 소자의 노이즈(Noise)가 회로 자체의 노이즈(Noise) 보다 큰 값을 유지하도록 증폭률을 조절한다.

[0071] 다음으로, DUT에 저항을 연결하여 서멀 화이트 노이즈 레벨(Thermal white noise level)이 일반적인 기준 값에 맞는지 확인한다. 이때, 기준 값은 아래의 [수학식 2]와 같다.

수학식 2

[0072]
$$S_v = 4K_B TR$$
$$S_I = 4K_B T / R$$

[0073]
S_V = Power Spectral Density [V^2/Hz]
S_I = Power Spectral Density [A^2/Hz]
K_B = boltzmann constant [J/K]
T = resistor's absolute temperature [K]
R = resistance [Ω]

[0074] 다음으로, 소자의 N-F(Noise Power Spectral Density-Frequency)를 측정하고 분석한다.

[0075] 도 6 내지 도 10은 본 발명에 따른 유기발광다이오드 패널 검사 방법에 의해 유기발광다이오드 패널의 각 색상별로 수명 특성을 검사한 결과를 나타낸 예시도들이다.

[0076] 즉, 본 발명이 OLED 패널의 수명을 소자의 노이즈-주파수 특성을 이용하여 검사하고 있는바, OLED 패널의 수명과 소자의 노이즈-주파수 특성간의 상관관계를 알아보기 위한 시험결과가 도 6 내지 도 10에 도시되어 있다. 부연하여 설명하면, 도 6 내지 도 10에 도시된 각종 그래프 및 그 결과는 상기한 바와 같은 룩업테이블의 생성에 적용될 수 있다. 따라서, 도 6 내지 도 10에 대한 결과를 이용하여 룩업테이블이 형성된 후, 실제 양산 과정 중의 OLED 패널에 대하여 상기 룩업테이블과의 비교를 통해 품질의 불량 여부 등이 판단될 수 있다.

[0077] 한편, 상기한 바와 같이 노이즈 측정 방법은 OLED 패널에 대하여 이루어지는 것이나, 구체적으로는 하나의 OLED에 대하여 수행되는 것인바, 이하에서는 RGB 별로 노이즈 측정의 타당성을 검토해 보도록 한다.

[0078] 우선, 제1실시예로 OLED 중 Red 소자의 수명에 따른 N-F특성 변화를 조사하기 위하여 동일한 구조의 Device1, Device2를 제작한다. 이때, Device1은 불량에 속하는 OLED이며, Device2는 양질의 OLED로 가정한다.

[0079] 이하의 시험에서는, 먼저, 2mm X 2mm 크기의 ITO위에 O_2 plasma 처리 이후 전자주입층(HIL), 전자수송층

(HTL), 발광층(EML), 전자수송층(ETL), 전자주입층(EIL)을 차례대로 증착 한 뒤 Al을 Cathode로 사용하였다.

[0080] 이렇게 제작된 동일한 구조의 소자에 정전류 2mA를 인가하였다. 이때 Current-Voltage Amplifier의 민감도(Sensitivity)는 20 μA/V로 하였다.

[0081] 실험 결과 수명이 좋지 않은 소자(Device1)가 노이즈 레벨이 높은 결과를 보였으며, System noise는 대략 5.0E-21[A^2/Hz]로 전체 주파수 영역에서 비슷한 결과를 보였다. 이는 일반적인 System noise가 White noise의 결과를 보이는 것과 일치한다. 이때의 결과는 각각 도 6의 (a), (b) 및 도 9에 도시되어 있다.

[0082] 다음으로, 제 2 실시 예로 Green 소자의 수명에 따른 N-F특성 변화를 조사하기 위하여 동일한 구조의 Device 3, Device 4를 제작하였다. 소자의 제작 방법 및 제작 조건은 제 1 실시 예와 동일하였다.

[0083] 이렇게 제작된 동일한 구조의 소자에 정전류 2mA를 인가하였다. 이때 Current-Voltage Amplifier의 Sensitivity는 100μA/V로 하였다. 제 1 실시 예와 마찬가지로 수명이 좋지 않은 소자(Device 3)가 노이즈 레벨이 높은 결과를 보였으며, System noise는 대략 5.0E-21[A^2/Hz]로 전체 주파수 영역에서 비슷한 결과를 보였다. 이때의 결과는 각각 도 7의 (a), (b) 및 도 10에 도시되어 있다.

[0084] 마지막으로, 제 3 실시 예로 Blue 소자의 수명에 따른 N-F특성 변화를 조사하기 위하여 동일한 구조의 Device 5, Device 6를 제작하였다. 소자의 제작 방법 및 제작 조건은 1 실시 예와 동일하였다.

[0085] 이렇게 제작된 동일한 구조의 소자에 정전류 2mA를 인가하였다. 이때 Current-Voltage Amplifier의 Sensitivity는 20μA/V로 하였다. 제 1 실시 예와 마찬가지로 수명이 좋지 않은 소자(Device5)가 노이즈 레벨이 높은 결과를 보였으며, System noise는 대략 5.0E-21[A^2/Hz]로 전체 주파수 영역에서 비슷한 결과를 보였다. 이때의 결과는 각각 도 8의 (a), (b) 및 도 9에 도시되어 있다.

[0086] 한편, 상기 예제 들의 수명에 따른 N-F특성 변화를 조사하기 위해 노이즈 측정 시, 모두 정전류 2mA를 인가하였고, 실험 결과 Red, Green, Blue 모든 소자에서 수명이 좋지 않은 소자(Devce1,3,5)일 수록 노이즈 레벨이 높은 경향성을 보였다. 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 N-F 측정을 통해 확보된 룩업테이블을 이용하여, 양산 OLED 패널 제작 시, OLED 패널의 특성변화를 실시간으로 검출함으로써 그 이상유무를 모니터링 하는 것을 특징으로 하고 있다.

[0087] 즉, 상기한 바와 같은 시험 결과를 통해, 수명이 좋지 않은 소자, 즉, 불량일 가능성이 많은 OLED 일 수록, 노이즈 레벨이 높게 나타나고 있는바, 본 발명은 이러한 상관관계를 이용하여 양산 과정 중에 있는 OLED 패널을 검사하여 해당 OLED 패널의 품질을 검사하는 방법을 이용하고 있다.

[0088] 따라서, 상기한 바와 같은 노이즈 측정 방법을 통한 검사를 수행한 후, 이상이 발생했다고 판단되는 경우에는 즉시 생산을 멈추며, 그에 따른 조치를 신속하게 수행할 수 있다.

[0089] 상기한 바와 같은 본 발명의 특징을 정리하면 다음과 같다.

[0090] 즉, 본 발명은 봉지(encapsulation) 공정을 마치기 전 또는 이 후에 OLED 패널에 대하여 간단하게 노이즈(N-F)를 측정함으로써, 실시간으로 제작되고 있는 적층된 소자 구조의 이상 유무를 모니터링 할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0091] 부연하여 설명하면, 본 발명은 OLED 패널의 생산에 있어 증착 중에 발생하는 OLED의 특성 변화를 노이즈(N-F, Noise Power Spectral Density - Frequency) 측정을 통해 모니터링 하는 것이다.

[0092] 상기에서 노이즈 측정은 정전압 또는 정전류를 인가하여 그 변화 비율을 측정할 수 있다.

[0093] 상기 과정을 위하여, 본 발명은 증착 챔버와 유기물의 조건이 모두 안정화된 상태에서 먼저 효율 및 수명에 있어 제품에 요구되어지는 소자 구조를 확보하고, OLED 소자에 있어 각 층들의 두께 변화, 도핑량의 변화, 표면처리 변화(Plasma 표면 처리시 가스 유량, 처리 시간, 인가 전력)에 따른 N-F변화에 대한 Library(룩업 테

이블)를 확보한 후 제품 요구 수준에 부합하는 N-F 범위를 설정해 놓는다.

[0094] 이후, 상기 양산 공정을 진행함에 있어, 상기에서 설정된 N-F값을 관리 항목으로 설정하여, 그 값과 실제로 측정된 노이즈 값을 비교하여 OLED 패널의 불량 여부를 판단함으로써, 양산 중의 OLED 패널의 제품을 관리할 수 있다.

[0095] 상기 룩업 테이블의 기준 값 확보를 위한 N-F 측정 조건은 정전압(-50V ~ 50V 구간) 또는 정전류(-10A ~10A 구간)의 값을 이용하며, 미소 전류의 증폭을 위한 민감도(Sensitivity)는 1pA/V 이상이 사용될 수 있다.

[0096] 한편, OLED 패널의 N-F 측정은 캐소드(Cathode) 증착 이후의 어느 공정에서도 이루어질 수 있다.

[0097] 이때, N-F 측정은 전체 패널을 모두 측정할 수도 있으며, 선택적으로 측정할 수도 있다.

[0098] 또한, OLED 패널의 특성 변화를 N-F를 측정하여 모니터링 함에 있어, OLED 패널에 일정 시간 전류를 인가하여 소자를 에이징(Aging) 시킨 후, 전류 인가 전 후의 N-F 변화를 통하여 소자 특성을 모니터링 할 수도 있다.

[0099] 상기에서 소자 에이징(Aging)을 위한 인가 전류는, AC와 DC가 모두 가능하며 0.1mA/cm^2이상의 전류가 인가될 수 있다.

[0100] 상기에서 소자 에이징(Aging)을 위한 전류 인가 시간은 10초 이상일 수 있다.

[0101] 상기에서 N-F 측정 조건은 정전압(-50V ~ 50V 구간) 또는 정전류(-10A ~10A 구간)의 값이 이용될 수 있으며, 미소 전류의 증폭을 위한 Sensitivity는 1pA/V 이상이 사용될 수 있다.

[0102] 상기와 같은 N-F 측정은 장비 유지보수(Maintenance) 후 장비 상태를 검증하는 방법으로 사용될 수도 있다. 즉, 양질의 품질로 판단된 OLED 패널에 대하여 유지보수가 끝난 장비로 노이즈를 측정하여, 그 결과가 양질로 나왔다면, 해당 장비의 성능이 정상적인 것으로 판단될 수 있으나, 그 결과가 양호하지 않은 것으로 나왔다면, 결국, 장비에 결함이 있는 것임으로, 이를 통해 장비의 성능이 테스트될 수도 있다.

[0103] 한편, 본 발명은 실제 패널에 주파수별로 인가하는 것은 아니며, 상기한 바와 같이, 정전류(또는 정전압)를 인가한 뒤, 측정을 통해 얻어진 시간에 관한 함수(전류의 변화량)가, 푸리에 변환(Fourier transform)을 통해 주파수에 관한 함수로 표현되는 것이다.

[0104] 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

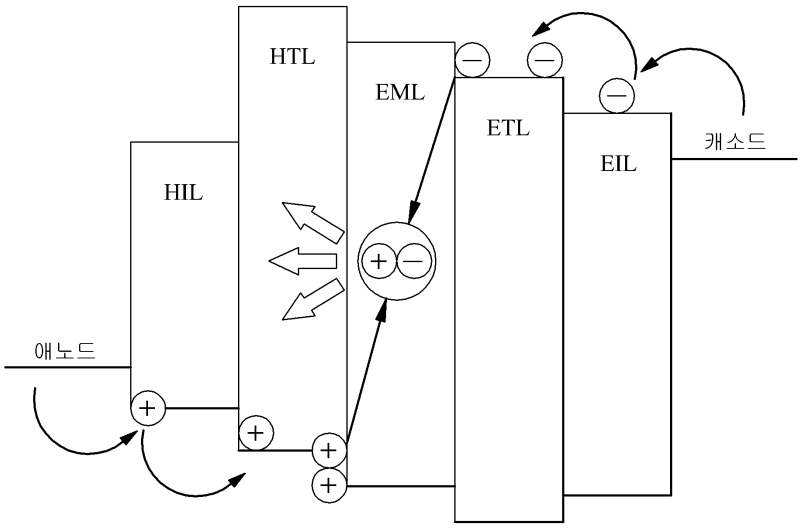
[0105] 100 : OLED　　110 : 하부기판

120 : 상부기판　　130 : 비표시영역

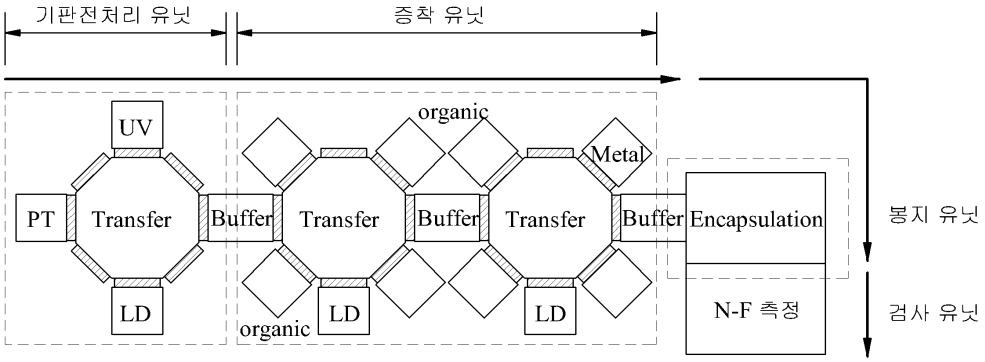
140 : 표시영역　　200 : 테스트 OLED

도면

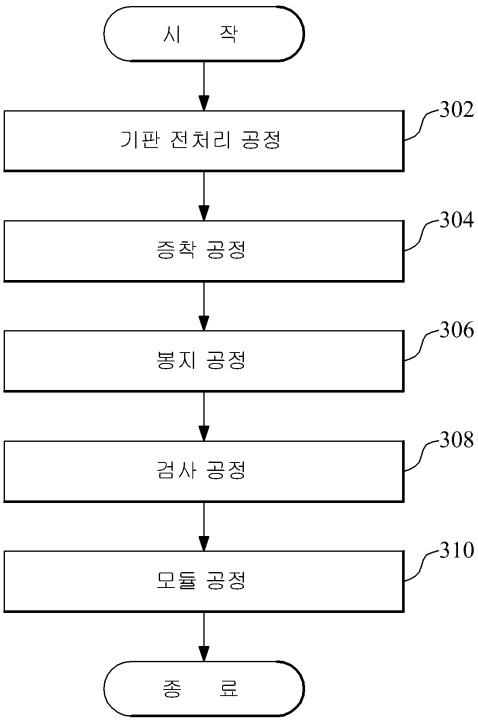
도면1


HTL
EML
ETL
EIL
HIL
캐소드
애노드

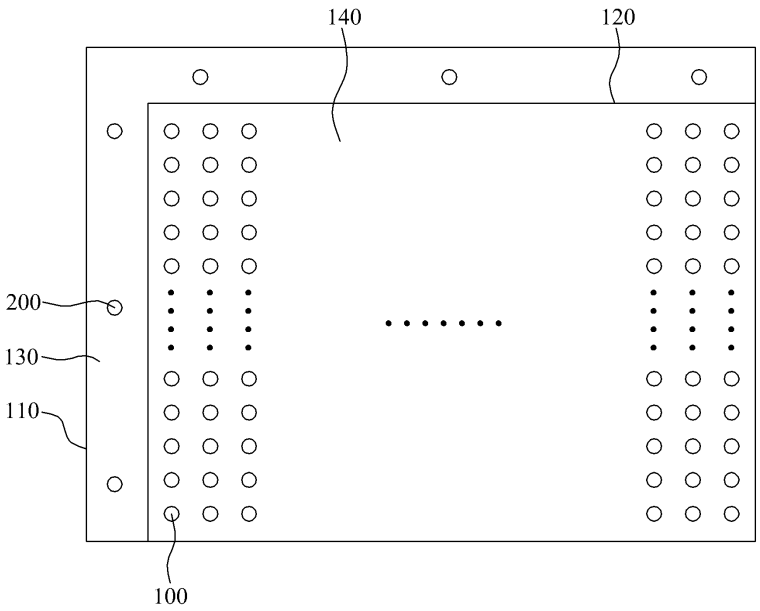
도면2


기판전처리 유닛
증착 유닛
UV
PT
Transfer
LD
Buffer
organic
Metal
Encapsulation
N-F 측정
봉지 유닛
검사 유닛

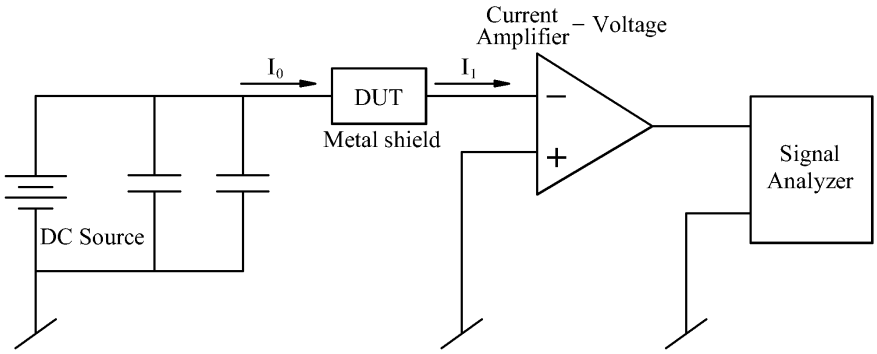
도면3


시 작
기판 전처리 공정
302
증착 공정
304
봉지 공정
306
검사 공정
308
모듈 공정
310
종 료

도면4

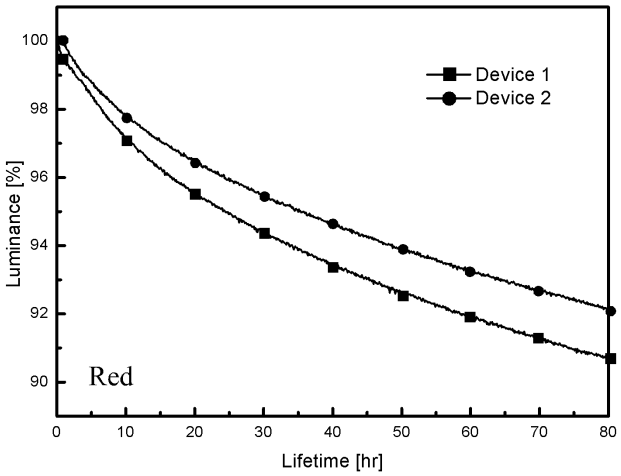

140
120
200
130
110
100

도면5

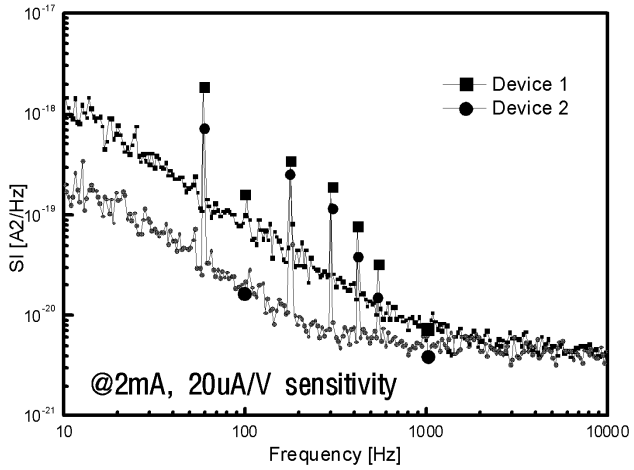

Current
Amplifier
– Voltage
I_0
DUT
I_1
Metal shield
Signal
Analyzer
DC Source

도면6

(a)

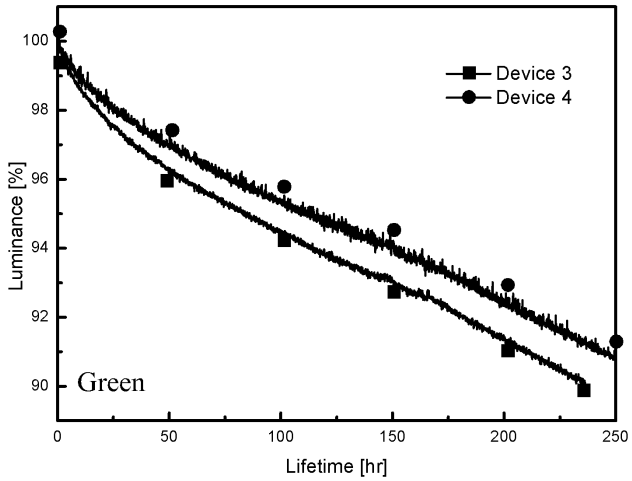

Device 1
Device 2
Luminance [%]
Lifetime [hr]
Red

(b)

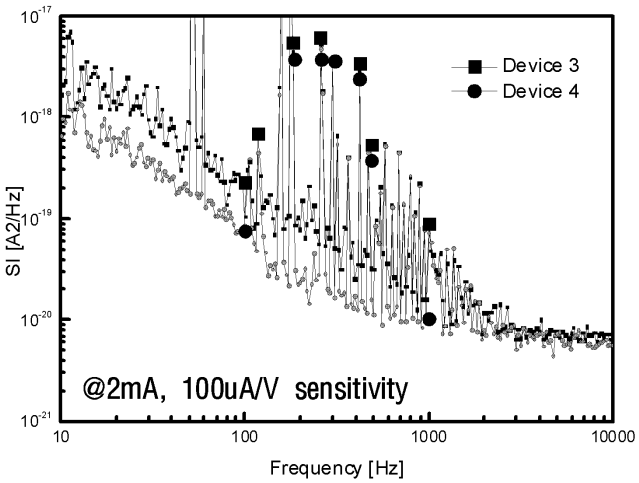

Device 1
Device 2
SI [A2/Hz]
Frequency [Hz]
@2mA, 20uA/V sensitivity

도면7

(a)

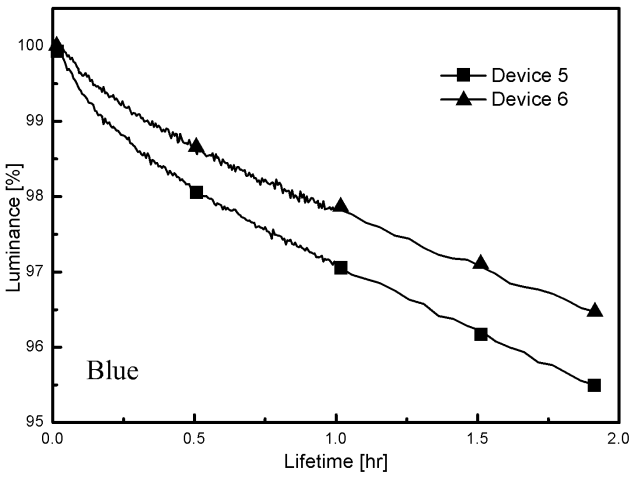

Device 3
Device 4
Luminance [%]
Lifetime [hr]
Green
100
98
96
94
92
90
0
50
100
150
200
250

(b)

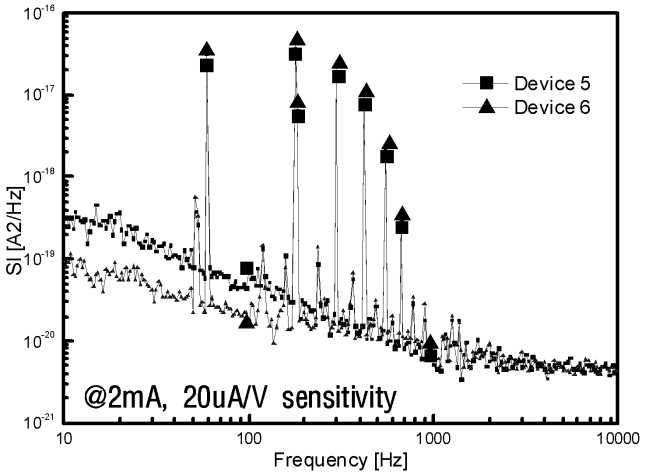

Device 3
Device 4
SI [A2/Hz]
Frequency [Hz]
@2mA, 100uA/V sensitivity
10-17
10-18
10-19
10-20
10-21
10
100
1000
10000

도면8

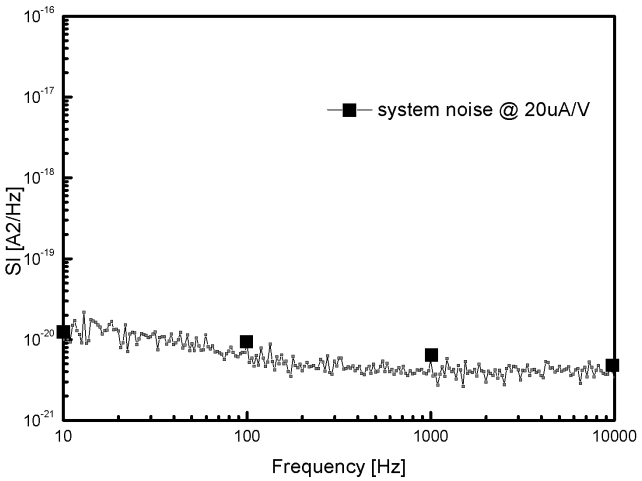
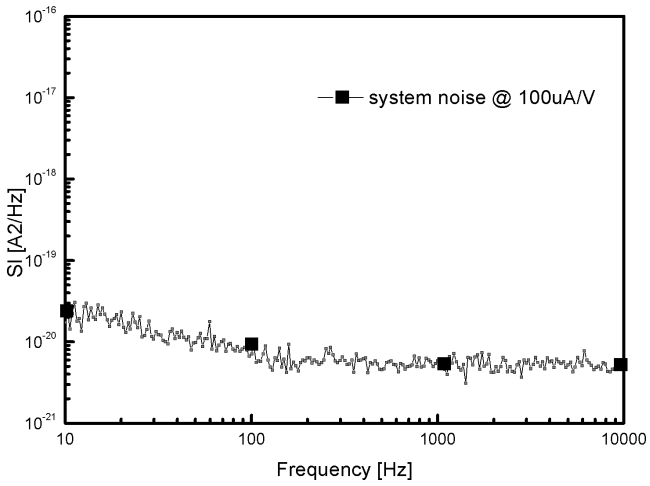
(a)


Device 5
Device 6
Luminance [%]
Lifetime [hr]
Blue
100
99
98
97
96
95
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0

(b)


Device 5
Device 6
SI [A2/Hz]
Frequency [Hz]
@2mA, 20uA/V sensitivity
10
100
1000
10000

도면9


system noise @ 20uA/V
SI [A2/Hz]
Frequency [Hz]
10
100
1000
10000

도면10