



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0096173
(43) 공개일자 2017년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/20 (2006.01) G02F 1/1335 (2006.01)
B82Y 20/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G02B 5/20 (2013.01)
G02F 1/133603 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7019965
(22) 출원일자(국제) 2015년12월18일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년07월18일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/066607
(87) 국제공개번호 WO 2016/106119
국제공개일자 2016년06월30일
(30) 우선권주장
62/095,425 2014년12월22일 미국(US)

(71) 출원인
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
펠레라이트 마크 제이
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
배노이트 질 제이
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
(74) 대리인
양영준, 조윤성, 김영

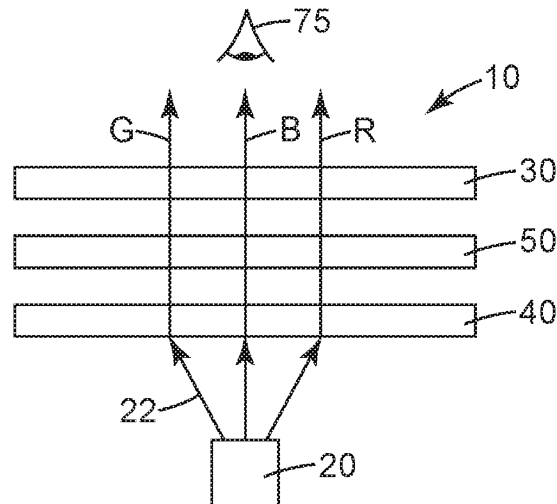
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 하향변환 필름 요소

(57) 요약

하향변환(downconversion) 필름 요소는 양자점 및 인광체를 포함하는데, (a) 양자점은 50 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 660 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고, 인광체는 80 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖거나, 또는 (b) 양자점은 40 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고, 인광체는 80 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 645 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B82Y 20/00 (2013.01)

G02F 2001/133614 (2013.01)

G02F 2202/36 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

양자점 및 인광체(phosphor)를 포함하는 하향변환(downconversion) 필름 요소로서,

(a) 양자점은 50 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 660 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고, 인광체는 80 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖거나; 또는

(b) 양자점은 40 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고, 인광체는 80 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 645 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는 하향변환 필름 요소.

청구항 2

제1항에 있어서, 필름은, 50 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 660 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하는 양자점, 및 80 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는 인광체를 포함하는 하향변환 필름 요소.

청구항 3

제2항에 있어서, 인광체는 유로퓸-도핑된 오르토실리케이트, 유로퓸-도핑된 스트론튬 티오갈레이트, 유로퓸- 및 망간-도핑된 바륨 마그네슘 알루미늄 산화물, 희토류-도핑된 니트리도실리케이트 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하향변환 필름 요소.

청구항 4

제1항에 있어서, 필름은, 40 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하는 양자점, 및 80 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 645 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는 인광체를 포함하는 하향변환 필름 요소.

청구항 5

제4항에 있어서, 인광체는 Mn(+4) 도핑된 인광체, 유로퓸-도핑된 황화칼슘, 유로퓸(+3)-도핑된 인광체 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하향변환 필름 요소.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 필름은 200 ppm 미만의 카드뮴을 포함하는 하향변환 필름 요소.

청구항 7

제6항에 있어서, 필름은 100 ppm 미만의 카드뮴을 포함하는 하향변환 필름 요소.

청구항 8

제7항에 있어서, 필름은 75 ppm 미만의 카드뮴을 포함하는 하향변환 필름 요소.

청구항 9

(a) 25 nm 미만의 FWHM 및 440 내지 460 nm 범위의 파장을 갖는 청색 광을 방출하는 청색 광원;

(b) 적색, 청색 및 녹색 필터의 세트를 포함하는 액정 디스플레이(LCD) 패널; 및

(c) 광학적으로 청색 광원과 LCD 패널 사이에 있는 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 하향변환 필름 요소를 포함하는 광학 구조물.

청구항 10

제9항에 있어서, LCD 패널은 35% 내지 45% NTSC 범위의 고유 색 재현율(native color gamut)을 갖고, 광학 구조물은 적어도 50% NTSC의 색 재현율을 달성하는 광학 구조물.

청구항 11

제9항에 있어서, LCD 패널은 45% 내지 55% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 광학 구조물은 적어도 60% NTSC의 색 재현율을 달성하는 광학 구조물.

청구항 12

제9항에 있어서, LCD 패널은 55% 내지 65% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 광학 구조물은 적어도 70% NTSC의 색 재현율을 달성하는 광학 구조물.

청구항 13

제9항에 있어서, LCD 패널은 65% 내지 75% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 광학 구조물은 적어도 80% NTSC의 색 재현율을 달성하는 광학 구조물.

청구항 14

제9항에 있어서, LCD 패널은 75% 내지 85% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 광학 구조물은 적어도 90% NTSC의 색 재현율을 달성하는 광학 구조물.

청구항 15

제9항에 있어서, LCD 패널은 85% 내지 95% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 광학 구조물은 적어도 100% NTSC의 색 재현율을 달성하는 광학 구조물.

청구항 16

제9항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 광학적으로 하향변환 필름 요소와 LCD 패널 사이에 있는 광 재순환 요소를 추가로 포함하는 광학 구조물.

청구항 17

- (a) 25 nm 미만의 FWHM 및 440 내지 460 nm 범위의 파장을 갖는 청색 광을 방출하는 청색 광원;
- (b) 청색 광원에 광학적으로 결합되도록 구성된 광학 구성요소; 및
- (c) 광학 구성요소에 인접하게 배치된 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 하향변환 필름 요소를 포함하는 조명기구.

청구항 18

제17항에 있어서, 광학 구성요소는 도광체인 조명기구.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 하향변환(downconversion) 필름 요소 및 하향변환 필름 요소를 포함하는 광학 구조물 및 조명기구에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 액정 디스플레이(Liquid crystal display, LCD)는 별개의 백라이트 유닛(backlight unit) 및 스크린 상에 색상 이미지(color image)를 디스플레이하는 픽셀(pixel)을 위한 적색, 녹색 및 청색 필터를 이용하는 디스플레이이다. 적색, 녹색 및 청색 필터는 백라이트 유닛으로부터 방출된 백색 광을 각각 적색, 녹색 및 청색 광으로 분리시킨다. 적색, 녹색 및 청색 필터는 각각 좁은 파장 대역의 광만을 투과시키고 가시 스펙트럼의 나머지를 흡

수하여, 상당한 광학 손실을 야기한다. 따라서, 충분한 휘도를 갖는 이미지를 생성하기 위해 고휘도 백라이트 유닛이 필요하다. LCD 디바이스에 의해 디스플레이될 수 있는 색상의 범위는 색 재현율(color gamut)이라고 불리고, LCD 패널의 컬러 필터와 백라이트 유닛의 조합된 스펙트럼에 의해 결정된다. 더 두껍고 더 많이 흡수하는 컬러 필터는 더 많이 포화된 원색(primary) 및 더 넓은 범위의 색 재현율(%NTSC로서 측정됨)뿐만 아니라 더 낮은 휘도를 야기한다.

[0003] 패널의 고유 색 재현율(native color gamut)은 백색 LED를 포함하는 백라이트 유닛과 조합하여 달성될 수 있는 색 재현율 면적으로 지칭될 수 있다. 전형적인 백색 LED는 황색 YAG 인광체(phosphor)와 조합된 청색 LED 다이(die)로 이루어진다. 고유 색 재현율은 전형적으로 일부 핸드헬드 디바이스의 경우 40%NTSC로부터 특수 모니터의 경우 100%NTSC 초과까지의 범위이다.

[0004] 개선된 색 재현율 또는 증가된 효율을 갖는 LCD 패널 구조물이 요구된다. 따라서, 형광 요소로서의 녹색 및 적색 양자점의 조합을 사용한 하향변환 필름 구조물을 포함하는 LCD 패널 구조물이, LCD 패널 구조물에서의 %NTSC를 상당히 개선시킬 수 있기 때문에 최근에 큰 관심을 불러 일으켰다. 그러나, 양자점은 수분 및 산소에 의한 열화에 매우 민감하다. 또한, LCD용의 대부분의 양자점 필름 구조물은, 소비자 제품에서 사용이 규제되는, 카드뮴에 기초한 녹색 및 적색 양자점을 이용한다.

발명의 내용

[0005] 진술한 것을 고려하여, 본 발명자들은 본 기술 분야에서 고 색 재현율 디스플레이에 사용하기 위한 감소된 양자점 함량을 갖는 하향변환 필름에 대한 필요성이 있음을 인식한다.

[0006] 본 발명자들은, 하향변환 필름 내의 녹색 또는 적색 양자점이 일부 경우에, 녹색 또는 적색 인광체로 대체될 수 있음을 발견하였다. 적색 및 녹색 양자점을 포함하는 필름 내에서 녹색 또는 적색 양자점을 녹색 또는 적색 인광체로 대체하는 것은, 때때로 (적색 및 녹색 양자점을 포함하는 필름과 비교하여) 접근가능한 %NTSC를 제한할 수 있지만, 이러한 "하이브리드" 하향변환 필름은 여전히 황색 인광체를 구동하는 청색 LED의 현재 표준에 비하여 색 재현율의 상당한 개선을 제공한다. 일부 실시 형태에서, 예를 들어, 좁은 FWHM을 갖는 적색 인광체가 녹색 양자점과 함께 사용될 때, %NTSC는 모두-양자점(all quantum dot) 시스템에 비하여 실제로 개선된다.

[0007] 더욱이, 다른 이점이 실현될 수 있다. 많은 인광체 화학물질이, 예를 들어, 수분 및 산소에 대해 우수한 성능 안정성을 갖는다. 또한, 녹색 양자점 또는 적색 양자점 중 적어도 하나를 녹색 인광체 또는 적색 인광체로 대체하는 것은, 하향변환 필름의 카드뮴 함량을 상당히 감소시킬 수 있다. 일부 경우에, 예를 들어, 녹색 양자점이 녹색 인광체로 대체될 때, 카드뮴 함량은 최대 75% 만큼 감소될 수 있거나, 또는 적색 양자점이 적색 인광체로 대체될 때, 카드뮴 함량은 최대 25% 만큼 감소될 수 있다.

[0008] 일 태양에서, 본 발명은 양자점 및 인광체를 포함하는 하향변환 필름 요소를 제공하는데, 여기서 (a) 양자점은 50 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 660 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고, 인광체는 80 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖거나, 또는 (b) 양자점은 40 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고, 인광체는 80 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 645 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는다.

[0009] 다른 태양에서, 본 발명은 하향변환 필름 요소를 포함하는 광학 구조물 및 조명기구를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 발명은 본 발명의 다양한 실시 형태의 하기 상세한 설명을 첨부 도면과 관련하여 고려하면 더 완전히 이해될 수 있다:

도 1은 예시적인 광학 구조물의 개략 측면도이다.

도 2a 및 도 2b는 실시예 1의 필름에 대한 휘도 및 색점(color point) 데이터를 나타내는 그래프이다.

도 3은 실시예 3의 시스템에 대한 시스템 효율 대 색 재현율을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하의 상세한 설명에서, 본 명세서의 일부를 형성하고 예시로서 몇몇 특정 실시 형태가 도시된 첨부 도면을 참조한다. 다른 실시 형태가 고려되고 이는 본 발명의 범주 또는 사상으로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있다

는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 하기의 상세한 설명은 제한적 의미로 취해지지 않아야 한다.

- [0012] 본 명세서에서 사용된 과학 용어 및 기술 용어 모두는 달리 명시되지 않는 한 본 기술 분야에서 통상적으로 사용되는 의미를 갖는다. 본 명세서에 제공된 정의는 본 명세서에 빈번하게 사용되는 소정 용어의 이해를 용이하게 하기 위한 것이며 본 발명의 범주를 제한하고자 하는 것은 아니다.
- [0013] 달리 지시되지 않는 한, 본 명세서 및 청구범위에 사용되는 특징부 크기, 양 및 물리적 특성을 표현하는 모든 수치는 모든 경우에 용어 "약"에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 지시되지 않는 한, 진술한 명세서 및 첨부된 청구범위에 기술된 수치 파라미터는 본 명세서에 개시된 교시를 이용하는 당업자가 얻고자 하는 원하는 특성에 따라 달라질 수 있는 근사치이다.
- [0014] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 바와 같이, 단수 형태("a", "an" 및 "the")는, 그 내용이 명백하게 달리 지시하지 않는 한, 복수의 지시 대상을 갖는 실시 형태들을 포괄한다. 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 바와 같이, 용어 "또는"은 일반적으로, 그 내용이 명백히 달리 지시하지 않는 한, 그의 의미에 있어서 "및/또는"을 포함하는 것으로 사용된다.
- [0015] "하부", "상부", "바로 아래에", "아래에", "보다 위에", 및 "상부에"를 포함하지만 이에 한정되지 않는 공간적으로 관련된 용어는 본 명세서에 사용되는 경우, 구성요소(들)의 서로에 대한 공간적 관계를 기술하기 위한 용이한 설명을 위해 사용된다. 그러한 공간적으로 관련된 용어는 도면에 도시되고 본 명세서에 기술된 특정 배향에 더하여, 사용 또는 작동 시의 디바이스의 상이한 배향들을 포괄한다. 예를 들어, 도면에 도시된 대상이 반전되거나 뒤집히면, 다른 요소 아래에 또는 밑에 있는 것으로 이전에 기술된 부분이 그들 다른 요소 위에 있을 것이다.
- [0016] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 예를 들어 요소, 구성요소 또는 층이 다른 요소, 구성요소 또는 층과 "일치하는 계면"을 형성하거나, "그 상에" 있거나, "그에 연결"되거나, "그와 결합"되거나, "그와 접촉"하는 것으로 기술될 때, 그것은 예를 들어 그 특정 요소, 구성요소 또는 층 상에 직접 있거나, 그에 직접 연결되거나, 그와 직접 결합되거나, 그와 직접 접촉할 수 있거나, 개재하는 요소, 구성요소 또는 층이 그 특정 요소, 구성요소 또는 층 상에 있거나, 그에 연결되거나, 그와 결합되거나, 그와 접촉할 수 있다. 예를 들어, 요소, 구성요소 또는 층이 다른 요소 "상에 직접" 있거나 "그에 직접 연결"되거나, "그와 직접 결합"되거나, "그와 직접 접촉"하는 것으로 지칭될 때, 예를 들어 개재하는 요소, 구성요소 또는 층은 없다.
- [0017] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, "갖다", "갖는", "구비하다", "구비하는", "포함하다", "포함하는" 등은 그들의 개방적 의미로 사용되고, 일반적으로 "포함하지만 이로 한정되지 않는다"는 것을 의미한다. 용어 "~으로 구성된" 및 "본질적으로 ~으로 구성된"은 용어 "~을 포함하는" 등에 포함된다는 것이 이해될 것이다.
- [0018] 용어 "광 재순환 요소"는 입사 광의 일부분을 재순환 또는 반사시키고 입사 광의 일부분을 투과시키는 광학 요소를 지칭한다. 예시적인 광 재순환 요소는 반사 편광기, 미세-구조화된 필름, 금속 층, 다층 광학 필름 및 이들의 조합을 포함한다.
- [0019] 용어 "%NTSC"는 색 재현율의 정량화를 지칭한다. NTSC는 미국 텔레비전 체계 위원회(National Television System Committee)의 약어이다. 1953년에 NTSC는 하기 CIE 색 좌표를 갖는 컬러 텔레비전 표준 색채계를 정의하였다:
- | | | |
|--------------------|-------|-------|
| 적색 원색 | 0.67 | 0.33 |
| 녹색 원색 | 0.21 | 0.71 |
| 청색 원색 | 0.14 | 0.08 |
| 백색 점 (CIE 표준의 광 C) | 0.310 | 0.316 |
- [0020]
- [0021] 디바이스 또는 프로세스의 (색) 재현율은, 재생될 수 있는 CIE 색 공간의 부분이다. LCD 디스플레이의 색 재현율을 정량화하기 위해, 그의 3원색(즉, 적색, 녹색, 청색 필터 온)에 의해 정의되는 삼각형의 면적은 표준 NTSC 삼각형의 면적에 대해 정규화되고 %NTSC로서 기록된다.
- [0022] 어구 "고유 색 재현율"은, 백색 LED를 포함하는 백라이트 유닛과 조합하여 달성될 수 있는 색 재현율 면적을 지칭한다.
- [0023] 용어 "FWHM"은 반치전폭(Full Width at Half Maximum)의 약어이다. 명칭이 나타내는 바와 같이, 그것은 함수가 그의 최대 값의 절반에 도달하며 그의 최대 값에 대해 대략 대칭인 곡선 상의 점들 사이의 거리에 의해 주어

진다.

- [0024] 본 발명은, 다른 태양 중에서도 특히, 녹색 인광체와 적색 양자점을 포함하는 하향변환 필름 요소 및 청색 LED를 포함하는 백라이트 유닛과 조합되는 적어도 10% 만큼 더 낮은 고유 색 재현율의 LCD 패널을 사용하여 타깃 색 재현율 면적(% NTSC로서 측정됨)을 산출하여, 훨씬 개선된 시스템 휘도를 야기하는 LCD 디스플레이의 설계에 관한 것이다. 좁은 청색, 녹색 및 적색 방출 피크를 갖는 백색 스펙트럼을 생성하기 위해 백라이트에서 청색 LED 및 녹색 인광체와 적색 양자점을 사용하는 것은, 백색 LED를 이용하는 전통적인 디바이스보다, 색 재현율과 휘도 사이의 더 양호한 트레이드오프(trade-off)를 산출할 수 있다. 사실상, 본 발명의 백라이트를 사용할 때, 고유 색 재현율이 적어도 10% 더 낮은 LCD 패널을 사용하여 타깃 색 재현율이 달성되어, 더 높은 휘도 출력 및/또는 더 낮은 전력 소비를 야기할 수 있다. 본 발명은 그렇게 제한되지 않지만, 본 발명의 다양한 태양에 대한 이해는 이하에 제공된 예들의 논의를 통해 얻어질 것이다.
- [0025] 도 1은 예시적인 광학 구조물(10)의 개략적인 단면도이다. 광학 구조물(10)은, 청색 광(22)을 방출하는 청색 광원(20), 및 적색, 청색 및 녹색 필터의 세트를 갖고 타깃 색 재현율보다 적어도 10%만큼 더 작은 고유 색 재현율을 갖는 액정 디스플레이 패널(30)을 포함한다. 구조물(10)은 또한 복수의 양자점 및 인광체를 포함하는 하이브리드 하향변환 요소(40)를 포함하는데, 이는 광학적으로 청색 광원(20)과 액정 디스플레이 패널(30) 사이에 있다.
- [0026] 하향변환 요소(40)는, (a) 50 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 660 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하는 양자점, 및 80 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는 인광체, 또는 (b) 40 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하는 양자점, 및 80 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 645 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는 인광체를 갖는다.
- [0027] 관찰자(75)가 광학 구조물(10)의 관찰 또는 디스플레이 측에 대면하고, 광학 구조물(10)로부터 방출되는 녹색 광(G), 적색 광(R) 및 청색 광(B)을 식별할 수 있다. 선택적인 광 재순환 요소(50)가 광학적으로 하이브리드 하향변환 필름 요소(40)와 액정 디스플레이 패널(30) 사이에 있을 수 있다.
- [0028] 하나 이상의 실시 형태에서, 청색 광원(20) 및 하향변환 필름 요소(40)는, 예를 들어 양자점/인광체 하이브리드 백라이트를 형성하는 백라이트와 같은 단일 요소로 통합될 수 있다. 하나의 실시 형태에서, 하이브리드 하향변환 필름 요소(40)는 백라이트의 확산기 필름으로 통합될 수 있거나 또는 백라이트의 확산기 필름을 대체할 수 있다. 따라서, 양자점/인광체 하이브리드 백라이트는 임의의 디스플레이 또는 LCD 디스플레이에 대한 "드롭 인(drop-in)" 백라이트 해법일 수 있다.
- [0029] 청색 광(22)을 방출하는 청색 광원(20)은 임의의 유용한 청색 광원일 수 있다. 하나 이상의 실시 형태에서, 청색 광원(20)은, 예를 들어 발광 다이오드와 같은 고체 상태 요소이다. 하나 이상의 실시 형태에서, 청색 광원(20)은 25 nm 미만 또는 20 nm 미만의 FWHM 및 440 내지 460 nm 범위의 파장에서의 청색 광(22)을 방출한다.
- [0030] 하이브리드 하향변환 필름 요소는 복수의 (적색 또는 녹색) 양자점 또는 양자점 재료 및 (적색 또는 녹색) 인광체를 포함하는 수지 또는 중합체 재료의 층 또는 필름을 지칭한다. 많은 실시 형태에서, 이러한 재료는 2개의 배리어 필름들 사이에 개재된다. 적합한 배리어 필름은, 예를 들어 플라스틱, 유리 또는 유전체 재료를 포함한다.
- [0031] 하이브리드 하향변환 필름 요소는 양자점 재료의 하나 이상의 집단(population) 및 인광체의 하나 이상의 집단을 포함할 수 있다. 예시적인 양자점 또는 양자점 재료는 청색 LED로부터의 청색 1차 광의, 양자점에 의해 방출되는 2차 광으로의 하향변환 시에 적색 광 또는 녹색 광을 방출한다. 예시적인 인광체는 청색 LED로부터의 청색 1차 광의, 인광체에 의해 방출되는 2차 광으로의 하향변환 시에 녹색 또는 적색 광을 방출한다. 일부 실시 형태에서, 청색 LED로부터의 청색 1차 광의, 양자점에 의해 방출되는 2차 광으로의 하향변환 시에 녹색 광을 방출하는 양자점 또는 양자점 재료는 선택적으로 녹색 방출 인광체와 함께 포함될 수 있다. 유사하게, 일부 실시 형태에서, 청색 LED로부터의 청색 1차 광의, 양자점에 의해 방출되는 2차 광으로의 하향변환 시에 적색 광을 방출하는 양자점 또는 양자점 재료는 선택적으로 적색 방출 인광체와 함께 포함될 수 있다. 적색, 녹색, 및 청색 광의 각자의 부분은 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소를 포함하는 디스플레이 디바이스에 의해 방출되는 백색 광을 위해 원하는 백색 점을 달성하도록 제어될 수 있다.
- [0032] 본 명세서에 기술된 통합된 양자점 구조물에 사용하기 위한 예시적인 양자점은 CdSe 또는 ZnS를 포함한다. 본 명세서에 기술된 통합된 양자점 구조물에 사용하기에 적합한 양자점은 CdSe/ZnS, InP/ZnS, PbSe/PbS,

CdSe/CdS, CdTe/CdS 또는 CdTe/ZnS를 포함하는 코어/셸 발광 나노결정을 포함한다. 예시적인 실시 형태에서, 발광 나노결정은 외부 리간드 코팅을 포함하고 중합체 매트릭스 중에 분산된다. 양자점 및 양자점 재료는 미국 캘리포니아주 밀피타스 소재의 나노시스 인크.(Nanosys Inc.)로부터 구매가능하다. 많은 실시 형태에서, 양자점 필름 요소의 굴절률은 1.4 내지 1.6, 또는 1.45 내지 1.55의 범위이다. 본 발명에 사용하기에 적합한 예시적인 녹색 인광체는, 이엠디 케미칼즈(EMD Chemicals) SSL-LD-130702210(525 nm 주변에서 방출하고, 70 nm의 FWHM 및 90%의 양자 수율을 갖는 녹색 인광체), 머크(Merck) SGA 524 100(524 nm 주변에서 방출하고, 66 nm의 FWHM 및 90%의 양자 수율을 갖는 녹색 인광체), 미츠이(Mitsui) G535(535 nm 주변에서 방출하고, 47 nm의 FWHM 및 85%의 양자 수율을 갖는 녹색 인광체), 및 미츠이 G532(530 nm 주변에서 방출하고, 50 nm의 FWHM 및 85%의 양자 수율을 갖는 녹색 인광체)를 포함한다.

[0033] 다른 적합한 녹색 인광체는 하기 비제한적인 예를 포함한다: (i) 다양한 यू로퓼-도핑된 오르토실리케이트, 예컨대 미국 특허 제3,505,240호(배리(Barry))에 기재된 방법에 따라 제조될 수 있는 $\text{SrBaSiO}_4:\text{Eu}^{+2}$, 및 $\text{Sr}_x\text{Ba}_y\text{Ca}_z\text{SiO}_{4-x-y-z}:\text{Eu}^{+2}$, B (여기서 B는 미국 특허 제6,982,045호(멘카라(Menkara) 등)에 기재된 바와 같이 Ce, Mn, Ti, Pb, 및 Sn으로부터 선택됨). 이러한 부류로부터의 구매가능한 재료는 미국 매사추세츠주 월섬 소재의 이엠디 케미칼즈(EMD Chemicals)로부터 입수가 가능한 이지포어(isiphor)TM 보세(BOSE) SGA 524 100, 및 미국 조지아주 케니소 소재의 포스포테크 코퍼레이션(PhosphorTech Corporation)으로부터 입수가 가능한 BUVG02를 포함한다; (ii) यू로퓼-도핑된 스트론튬 티오갈레이트, $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{+2}$, 예컨대 미국 플로리다주 세인트 피터즈버그 소재의 로라드 케미칼 코퍼레이션(Lorad Chemical Corporation)으로부터 구매가능한 것 (<http://loradchemical.com/news/strontium-thiogallate-phosphor.html>); (iii) यू로퓼- 및 망간-도핑된 바륨 마그네슘 알루미늄 산화물, $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}$, Mn, 예컨대 영국 하트퍼드셔 스티브니지 소재의 포스포 테크놀로지 리미티드(Phosphor Technology Ltd.)로부터 구매가능한 KEMK63M/F-U1; 및 문헌[R.-J. Xie et al, *Materials* 2010, 3, 3777-93]에 기재된 방법에 따라 제조될 수 있는 희토류-도핑된 니트리도실리케이트. 구매가능한 적합한 질화물 녹색 인광체의 일례는 미국 조지아주 케니소 소재의 포스포테크 코퍼레이션으로부터의 HTG540이다.

[0034] 본 발명에 사용하기에 적합한 적색 인광체는 하기 비제한적인 예를 포함한다: (i) Mn(+4) 도핑된 인광체, 예컨대 문헌[A. G. Paulusz, *J. Electrochem. Soc. Sol. St. Sci. Technol.* 1973, 120, 942-7]에 기재된 방법에 따라 제조될 수 있는 $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}^{+4}$; 문헌[L. Thorington, *J. Opt. Sci. Amer.* 1950, 40, 579-83]에 기재된 방법에 따라 제조될 수 있는 $3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{+4}$; 및 문헌[S. Okamoto and H. Yamamoto, *J. Electrochem. Soc.* 2010, 157, J59-63]에 기재된 방법에 따라 제조될 수 있는 $2.7\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot 0.8\text{SrF}_2 \cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{+4}$; (ii) यू로퓼-도핑된 황화칼슘, $\text{CaS}:\text{Eu}^{+2}$, 예컨대 영국 하트퍼드셔 스티브니지 소재의 포스포 테크놀로지 리미티드로부터 타입(Type) FL63/S-D1로서 구매가능한 것; 및 (iii) यू로퓼(+3)-도핑된 인광체, 예컨대 영국 하트퍼드셔 스티브니지 소재의 포스포 테크놀로지 리미티드로부터 UKL63/F-U1로서 구매가능한 $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{S}:\text{Eu}^{+3}$; 문헌[H. Li et al, *ACS Appl. Mater. Interf.* 2014, 6, 3163-9]에 기재된 방법에 따라 제조될 수 있는 $\text{Sr}_{1.7}\text{Zn}_{0.3}\text{CeO}_4:\text{Eu}^{+3}$; 문헌[Zhu, H. et al. Highly efficient non-rare-earth red emitting phosphor for warm white light-emitting diodes. *Nat. Commun.* 5:4312 doi: 10.1038/ncomms5312 (2014)]에 기재된 방법에 따라 제조될 수 있는 K_2TiF_6 , K_2SiF_6 , NaGdF_4 및 NaYF_4 와 같은 Mn^{4+} -활성화 플루오라이드 미세결정; 및 미국 특허 출원 공개 US 2006/0169998호(라드코프(Radkov) 등)에 기재된 $\text{K}_2[\text{SiF}_6]:\text{Mn}^{4+}$, $\text{K}_2[\text{TiF}_6]:\text{Mn}^{4+}$, $\text{K}_3[\text{ZrF}_7]:\text{Mn}^{4+}$, $\text{Ba}_{0.65}\text{Zr}_{0.35}\text{F}_{2.70}:\text{Mn}^{4+}$, $\text{Ba}[\text{TiF}_6]:\text{Mn}^{4+}$, $\text{K}_2[\text{SnF}_6]:\text{Mn}^{4+}$, $\text{Na}_2[\text{TiF}_6]:\text{Mn}^{4+}$ 및 $\text{Na}_2[\text{ZrF}_6]:\text{Mn}^{4+}$ 와 같은 Mn^{4+} 에 의해 활성화된 복합 플루오라이드 인광체.

[0035] 양자점 재료를 형성하는 특정 피크 방출 및 FWHM을 갖는 특정 적색 또는 녹색 방출 양자점 집단 및 특정 피크 방출 및 FWHM을 갖는 특정 녹색 또는 적색 인광체의 선택이 액정 디스플레이 패널의 색 재현율을 개선시킬 수 있다는 것이 발견되었다. 하나 이상의 실시 형태에서, (a) 양자점 재료를 형성하는 특정 피크 방출 및 FWHM을 갖는 특정적으로 선택된 적색 방출 양자점 집단 및 특정 피크 방출 및 FWHM 및 내부 형광 양자 수율을 갖는 특정적으로 선택된 녹색 방출 인광체, 또는 (b) 양자점 재료를 형성하는 특정 피크 방출 및 FWHM을 갖는 특정적으로 선택된 녹색 방출 양자점 집단 및 특정 피크 방출 및 FWHM 및 내부 형광 양자 수율을 갖는 특정적으로 선택된 적색 방출 인광체를 갖는 광학 구조물은 타겟 색 재현율을 특정할 수 있고, 타겟 색 재현율보다 적어도 10% 또는 적어도 15% 또는 적어도 20% 만큼 더 작은 고유 색 재현율을 갖는 LCD 패널이 이용될 수 있다.

- [0036] 하나 이상의 실시 형태에서, 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소는, 50 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 660 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하는 양자점, 및 80 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는 하나 이상의 녹색 인광체를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 녹색 인광체는 70 nm, 60 nm 또는 50 nm 미만의 FWHM을 갖고, 80%, 85%, 90% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는다.
- [0037] 하나 이상의 실시 형태에서, 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소는, 40 nm 미만의 FWHM 및 515 내지 555 nm 범위의 피크 녹색 파장을 방출하는 양자점, 및 80 nm 미만의 FWHM 및 615 내지 645 nm 범위의 피크 적색 파장을 방출하고 75% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는 하나 이상의 적색 인광체를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 적색 인광체는 70 nm, 60 nm, 50 nm, 40 nm, 30 nm, 20 nm 또는 10 nm 미만의 FWHM을 갖고, 80%, 85%, 90% 이상의 내부 형광 양자 수율을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 적색 인광체는 매우 좁은 FWHM 때문에 적색 양자점보다 더 양호한 성능을 제공한다.
- [0038] 하나 이상의 실시 형태에서, LCD 패널은 35% 내지 45% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 그때 본 발명의 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소를 포함하는 광학 구조물은 적어도 50% NTSC의 색 재현율을 달성한다.
- [0039] 하나 이상의 실시 형태에서, LCD 패널은 45% 내지 55% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 그때 본 발명의 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소를 포함하는 광학 구조물은 적어도 60% NTSC의 색 재현율을 달성한다.
- [0040] 하나 이상의 실시 형태에서, LCD 패널은 55% 내지 65% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 그때 본 발명의 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소를 포함하는 광학 구조물은 적어도 70% NTSC의 색 재현율을 달성한다.
- [0041] 하나 이상의 실시 형태에서, LCD 패널은 65% 내지 75% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 그때 본 발명의 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소를 포함하는 광학 구조물은 적어도 80% NTSC의 색 재현율을 달성한다.
- [0042] 하나 이상의 실시 형태에서, LCD 패널은 75% 내지 85% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 그때 본 발명의 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소를 포함하는 광학 구조물은 적어도 90% NTSC의 색 재현율을 달성한다.
- [0043] 하나 이상의 실시 형태에서, LCD 패널은 85% 내지 95% NTSC 범위의 고유 색 재현율을 갖고, 그때 본 발명의 하이브리드 양자점/인광체 필름 요소를 포함하는 광학 구조물은 적어도 100% NTSC의 색 재현율을 달성한다.
- [0044] 예시적인 광 재순환 요소는 반사 편광기, 미세-구조화된 필름, 금속 층, 다층 광학 필름 및 이들의 조합을 포함한다. 미세-구조화된 필름은 휘도 향상 필름을 포함한다. 다층 광학 필름은 광의 하나의 편광을 선택적으로 반사시킬 수 있거나(예컨대, 본 명세서에 기술된 반사 편광기), 또는 편광에 대해 비선택적일 수 있다. 많은 예에서, 광 재순환 요소는 입사 광의 적어도 50%, 또는 입사 광의 적어도 40% 또는 입사 광의 적어도 30%를 반사 또는 재순환시킨다. 일부 실시 형태에서, 광 재순환 요소는 금속 층을 포함한다.
- [0045] 반사 편광기는 임의의 유용한 반사 편광기 요소일 수 있다. 반사 편광기는 단일 편광 상태를 갖는 광을 투과시키고 나머지 광을 반사시킨다. 예시적인 반사 편광기는 복굴절성 반사 편광기, 섬유 편광기 및 시준 다층 편광기를 포함한다. 복굴절성 반사 편광기는 제1 재료의 제1 층이 제2 재료의 제2 층 상에 (예를 들어, 공압출에 의해) 배치된 다층 광학 필름을 포함한다. 제1 및 제2 재료 중 하나 또는 둘 모두는 복굴절성일 수 있다. 층의 총 개수는 수십, 수백, 수천 개 또는 그 이상일 수 있다. 일부 예시적인 실시 형태에서, 인접한 제1 및 제2 층은 광학 반복 유닛으로 지칭될 수 있다. 본 발명의 예시적인 실시 형태에 사용하기에 적합한 반사 편광기는, 예컨대 미국 특허 제5,882,774호, 제6,498,683호, 및 제5,808,794호에 기재되어 있으며, 이들은 본 명세서에 참고로 포함된다. 이 반사 편광기에 대해 임의의 적합한 유형의 반사 편광기, 예컨대 다층 광학 필름(MOF) 반사 편광기, 확산 반사 편광 필름(DRPF), 예컨대 연속/분산 상(continuous/disperse phase) 편광기, 와이어 그리드 반사 편광기, 또는 콜레스테릭 반사 편광기가 사용될 수 있다.
- [0046] 휘도 향상 필름은 일반적으로 조명 디바이스의 축상 휘도(on-axis luminance)(본 명세서에서 "휘도"(brightness)라고 함)를 향상시킨다. 휘도 향상 필름은 광 투과성 미세구조화 필름일 수 있다. 미세구조화 토포그래피(topography)는 필름이 반사 및 굴절을 통해 광을 방향전환시키는 데 사용될 수 있도록 하는 필름 표면 상의 복수의 프리즘일 수 있다. 프리즘의 높이는 약 1 내지 약 75 마이크로미터의 범위일 수 있다. 랩톱 컴퓨터, 시계 등에서 발견되는 것과 같은 광학 구조물 또는 디스플레이에 사용될 때, 이러한 미세구조화 광학 필름은 디스플레이로부터 빠져나오는 광을 광학 디스플레이를 관통하는 법선축으로부터 원하는 각도로 배치된 한 쌍의 평면 내로 제한함으로써 광학 구조물 또는 디스플레이의 휘도를 증가시킬 수 있다. 그 결과, 허용가능한 범위 밖으로 디스플레이에서 나가는 광은 디스플레이 내부로 다시 반사되며, 여기서 이 광의 일부분은 "재순

환"되어, 광이 디스플레이로부터 빠져나올 수 있게 하는 각도로 미세구조화 필름으로 다시 되돌아갈 수 있다. 이러한 재순환은 원하는 휘도 수준을 갖는 디스플레이를 제공하는 데 필요한 전력 소비량을 감소시킬 수 있기 때문에 유용하다.

[0047] 휘도 향상 필름은 대칭적인 팁(tip)과 홈(groove)의 규칙적 반복 패턴을 갖는 미세구조-보유 물품을 포함한다. 홈 패턴의 다른 예는, 팁과 홈이 대칭적이지 않으며 팁과 홈 사이의 거리, 배향 또는 크기가 균일하지 않은 패턴을 포함한다. 휘도 향상 필름의 예가, 본 명세서에 참고로 포함된, 루(Lu) 등의 미국 특허 제5,175,030호 및 루의 미국 특허 제5,183,597호에 기재되어 있다.

[0048] 본 발명의 하이브리드 하향변환 필름 요소는 또한 다른 응용에서 유용하다. 예를 들어, 하이브리드 하향변환 필름 요소는, 예를 들어 LED 조명의 연색(color rendering) 및/또는 색상 조절을 위한 조명 조립체 및 조명기구와 같은 조명 응용에서 사용할 수 있다.

[0049] 조명기구는 전형적으로 도광체 또는 확산기와 같은 광학 구성요소 및 광원을 포함한다. 광학 구성요소는 전형적으로 광원으로부터의 광을 조명기구 밖으로 지향시키도록 동작한다. 본 발명의 하이브리드 하향변환 필름 요소는 광원으로서 청색 LED를 이용하는 조명기구에서 사용될 수 있다. 이 하향변환 필름은 청색 LED 광원에 광학적으로 결합되도록 구성되는 광학 구성요소의 적어도 일부분 상에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광학 구성요소는 도광체, 확산기 또는 반투과기(transflector)이다. 일부 실시 형태에서, 조명기구는 후방 반사기를 포함할 수 있다. 후방 반사기는 경면 반사기일 수 있거나 또는 그것은 반경면 반사기일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 조명기구는 PCT 공개 WO 2015/126778호(휘틀리(Wheatley) 등)에 기재된 바와 같은 반투과기를 포함할 수 있다.

[0050] 개시된 양자점/인광체 광학 구조물의 이점들 중 일부가 하기의 실시예에 의해 추가로 예시된다. 이러한 실시예에서 언급된 특정 재료, 양 및 치수뿐만 아니라 다른 조건 및 상세사항은 본 발명을 부당하게 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0051] 실시예

[0052] 본 발명의 목적 및 이점은 하기의 실시예에 의해 추가로 예시되지만, 이들 실시예에 언급된 특정 재료 및 그 양뿐만 아니라 다른 조건 및 상세사항은 본 발명을 부당하게 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0053] 실시예 1

[0054] 이 실시예에 사용된 재료는 하기를 포함하였다:

[0055] 녹색 인광체 SSL-LD-130702210을 미국 매사추세츠주 월섬 소재의 이엠디 케미칼즈로부터 입수하였고, 입수한 그대로 사용하였다. UV-경화된 아크릴 수지 중에 분산된 이러한 인광체에 대한 분광 데이터(미국 뉴저지주 브리지워터 소재의 하마마츠 코포레이션(Hamamatsu Corp.)으로부터 입수가능한 하마마츠 퀀타우루스(Hamamatsu Quantaurs)-QY 형광 분광계를 사용하여 측정됨)는 하기와 같았다: 피크 방출 파장은 525 nm(440 nm에서 여기(excitation))였고, 방출 피크 반치전폭(FWHM)은 70 nm였고, 내부 양자 수율은 90%였다.

[0056] 적색 양자점 농축물 1964-01을 나노시스(미국 캘리포니아주 밀피타스 소재)로부터 입수하였고, 입수한 그대로 사용하였다. 이러한 CdSe계 재료는 대략 620 nm의 피크 방출 파장(440 nm의 여기), 대략 44 nm의 FWHM, 및 대략 90%의 내부 양자 수율에 의해 특징지어졌다.

[0057] 에폰(Epon) 828 에폭시 수지, tert-부틸아미노에틸 메타크릴레이트(TBAEMA), SR348 (에톡실화(2) 비스페놀 A 다이메타크릴레이트), SR340(2-페녹시에틸 메타크릴레이트) 및 다로큐어(Darocure) 4265 광개시제를 입수한 그대로 사용하였다. (에폰 828은 미국 오하이오주 콜럼버스 소재의 모멘티브(Momentive)로부터 입수되었다. SR348 및 SR340은 미국 펜실베이니아주 엑스턴 소재의 사토머(Sartomer)로부터 입수되었다. 다로큐어 4265는 미국 미시간주 와이안도트 소재의 바스프 코포레이션(BASF Corp.)으로부터 입수되었다.)

[0058] 무광택 배리어-코팅된 PET 필름, 2 밀(51 마이크로미터) 두께, FTB3-M-1215를 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)(미국 미네소타주 세인트 폴 소재)로부터 입수하였다.

[0059] (60 중량%의 에폰 828 및 40 중량%의 TBAEMA를 함유하는) 545 g의 프리믹스, 296.6 g의 SR348, 149.4 g의 SR340, 및 9.9 g의 다로큐어 4265를 혼합함으로써 UV-경화성 수지 제형을 제조하였다. 성분들을 나사마개 호박색 자르(screwtop amber jar) 내에서 조합하고, 균일하게 혼합될 때까지 롤러 상에서 회전시켰다. 768.7 g의 이러한 수지에 10.0 g의 적색 양자점 농축물 1964-01 및 221.3 g의 SSL-LD-130702210 녹색 인광체를 첨가하였

다. 이러한 혼합물을 교반하여 인광체를 분산시키고, 혼합물을 무수 질소 분위기 하에서 글로브박스 내의 1 리터 시린지로 옮겨서 양자점을 물 및 산소에 대한 노출에 의한 열화로부터 보호하였다.

[0060] 상기 혼합물을, 10 ft/min(3 m/min)의 라인 속도로 질소(27 ppm의 산소) 하에서 퍼지 박스 내에 봉입된 4 인치(10.2 cm) 폭의 다이 코터를 사용하여 탠덤 코팅 라인 상에서 무광택 배리어-코팅된 PET 필름의 2개의 층들 사이에 코팅하였다. 6 내지 9 밀(0.15 mm 내지 0.23 mm) 범위의 필름 두께를 생성하도록 수지 유량을 조정하였다. 395 nm에서 방출하는 청색 LED 패널을 사용하여 코팅을 경화시켰다. 다른 라인 조건은 하기와 같았다: 1/4 면 슬롯 후방 공급 다이(face slot rear fed die)를 갖는 슬롯 압출 다이, 20 밀(0.51 mm) shim, 7 밀(0.18 mm) 라미네이션 겹, 7 밀(0.18 mm) 코팅 겹, 및 UV LED 램프 전력 12 암페어. 상이한 두께의 총 6개의 코팅 샘플을 얻었다. (미국 메릴랜드주 콜럼비아 소재의 비와이케이-가드너(BYK-Gardner)로부터의 헤이즈가드 플러스(Hazegard Plus) 탁도 측정기를 사용하여) 샘플의 투과율, 탁도, 및 투명도를 측정하였고, 85 °C에서 3일 동안 오픈 내에서 에이징 전후에 휘도 및 x-y 색점을 (본 명세서에 참고로 포함된 WO 2014/123836호(베누아(Benoit) 등)의 예에 기재된 바와 같은 방법 및 장비를 사용하여) 측정하였다. 데이터가 표 1 및 도 2a 및 도 2b에 나타나 있다. 440 nm에서의 여기를 사용한 형광 양자 수율은 모든 샘플에 대해 78 내지 79%의 값을 제공하였다. t-필(t-peel) 측정에서의 박리 강도를 측정하려는 시도는 배리어 필름의 인열로 이어져서, 기재에 대한 수지 접착력이 우수하였음을 나타냈다.

[0061] 표 1은 실시예 1에서 제조된 하이브리드 녹색 인광체/적색 양자점 필름에 대한 데이터를 나타낸다. 대조군 샘플에 대해 열거된 데이터는 녹색 인광체 대신에 녹색 양자점을 사용하는 것을 제외하고는, 다른 필름에서와 마찬가지로 제조된 유사한 필름에 대한 것이다. 녹색 양자점을 농축물, 나노시스(미국 캘리포니아주 밀피타스 소재)로부터의 G1964-01로서 입수하였고, 입수한 그대로 사용하였다. 도 2a 및 도 2b는 85 °C에서 3일 에이징 시에 하이브리드 녹색 인광체/적색 양자점 필름에 대한 휘도 및 색점 데이터의 변화를 나타낸다.

[0062] [표 1]

코팅 ID	최종 두께 (밀)	휘도, 색점 데이터								
		투과율, 탁도, 투명도			초기			85°C에서 3일		
		%T	탁도	투명도	휘도 (cd/m ²)	x	y	휘도 (cd/m ²)	x	y
1	7.62	85.2	76.1	23.7	830.06	0.2637	0.2505	845.54	0.2497	0.253
2	6.80	86.3	71.4	24.5	808.25	0.2444	0.2254	830.55	0.2354	0.2321
3	6.16	87.8	64.6	25.3	779.89	0.2292	0.2031	783.25	0.2177	0.2008
4	8.91	79.7	88.3	21.3	858.81	0.3106	0.306	870.61	0.2804	0.2955
5	8.86	79.2	88.9	20.9	862.45	0.3086	0.3044	872.06	0.2837	0.3004
6	9.02	79.6	88	21.4	868.17	0.3075	0.3045	868.13	0.2951	0.3134
대조군	8.39	81.3	101	4.2	800.43	0.235	0.2077	816.31	0.24	0.2092

[0063]

[0064] 표 1 및 도 2a에서 알 수 있는 바와 같이, 하이브리드 인광체/양자점 시스템의 휘도는 대략 동일한 색점(2, 3)에서의 샘플을 고려할 때 모두-양자점 대조군과 유사하였다. 샘플 1 내지 샘플 6과 대조군 사이의 탁도 및 투명도의 차이는 상이한 수지 시스템의 사용에 기인할 가능성이 높을 수 있는데, 이는 대조군이 열-경화된 에폭시 수지 시스템을 이용하였기 때문이다. 또한, 열 에이징 시에, 색점은 청색을 향해 이동하는 것처럼 보여서, 인광체 및 양자점의 차별적인 에이징을 시사한다.

[0065] 표 1로부터의 여러 필름에 대한 원소 카드뮴 함량의 측정은 유도 결합 플라즈마 - 원자 방출 분광법(Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy, ICP-AES)을 사용하여 결정되었다. 원소 분석에 사용된 기구는 퍼킨 엘머 옵티마(Perkin Elmer Optima) 4300DV ICP 광학 방출 분광광도계였다. 필름 내의 카드뮴 함량은 70 내지 73 ppm의 범위였는데, 이는 대부분의 양자점 필름 내의 함량보다 훨씬 더 작다. 그것은 또한 100 ppm의 유해물질 제한 지침(Restriction of Hazardous Substances, RoHS) 표준보다 더 작다.

[0066] 마지막으로, 하이브리드 필름 및 대조군 필름은 실온에서의 장기간 에이징 시에 에지 결함의 형성에 대해 상이한 거동을 나타냈다. 필름의 보호되지 않은 에지에서의 산소 및 물 침입은, 녹색 및 적색 형광물질 둘 모두에서의 형광 활성의 손실로 인해, 모두-양자점 필름에 대한 필름 에지 주변의 대역에서의 방출의 완전한 손실을 생성한 반면, 하이브리드 시스템은 녹색 형광물질의 안정성 및 적색의 손실로 인해 방출 색상의 변이를 나타냈다.

[0067] 실시예 2

[0068] 양자점 디스플레이는 하기와 같이 모델링되었다. (미국 매사추세츠주 나티크 소재의 매스웍스(MathWorks)로부터 입수가 가능한) 매트랩(MATLAB) 소프트웨어 패키지 및 본 명세서에 참고로 포함된 WO 2014/123724호(베누아 등)의 예에 기재된 방법을 사용하여, 디스플레이 시스템의 컴퓨터 모델을 작성하였다. 시스템의 주요 광원은 청색 LED였다. 청색 LED는 적색-방출 양자점 및 녹색-방출 양자점으로 이루어진 하향변환 필름, 또는 녹색 인광체 및 적색 양자점을 포함하는 하이브리드 구조물을 조명하였다. LED 및 형광물질(양자점 또는 인광체)은 이들의 고유 반치전폭(FWHM)에 의해 특징지어졌다. 청색 LED의 경우, FWHM은 445 nm에서 18 nm였다. 녹색 양자점 및 적색 양자점의 경우, FWHM 값은 각각 535 nm 및 625 nm에서 34 nm 및 39 nm였다.

[0069] 이러한 작업에서 이용되는 구매가능한 녹색 인광체는 하기와 같았다: (미국 매사추세츠주 월섬 소재의 이엠디 케미칼즈로부터 입수가 가능한) 이지포어™ SGA 524 100 및 이지포어™ LGA 553 100; (미국 뉴욕주 후식 폴즈 소재의 오크-미즈이 테크놀로지스(Oak-Mitsui Technologies)로부터 입수가 가능한) G532A 및 G535A. 또한, 광대역 황색 인광체, (이엠디 케미칼즈로부터 입수가 가능한) 이지포어™ YGA 577 200이 비교예로서 포함되었다.

[0070] 녹색 인광체 SGA 524 100, G532A, 및 G535A, 및 황색 인광체 YGA 577 200에 대해, 440 또는 450 nm의 여기 파장에서 동작하는 쿼타우러스-QY 형광 분광광도계를 사용하여, PET 필름 상의 굴절률 1.515를 갖는 UV-경화성 아크릴 수지 중의 20 중량% 인광체의 코팅 상에서 스펙트럼 파라미터들(형광 양자 수율 QY, 방출 대역 FWHM, 및 방출 대역 피크 파장 λ_{max})을 측정하였다. LGA 553 100 녹색 인광체의 경우, 이엠디 케미칼즈 제품 정보 시트로부터 FWHM 및 λ_{max} 값을 취하였고, 양자 수율은 90%라고 가정되었다. 녹색 및 황색 인광체에 대한 스펙트럼 파라미터가 하기 표 2에 요약되어 있다.

[0071] [표 2]

인광체	λ_{max} (nm)	FWHM (nm)	QY (%)
SGA 524 100	525	69	91
G532A	530	50	86
G535A	535	48	85
LGA 553 100	520	102	90
YGA 577 200	536	115	89

[0072]

[0073] LED 및 형광물질의 방출 파장은 디스플레이된 색 재현율을 최대화하도록 설계되는 최적화에서 사용되었다. 구체적으로, 청색 LED 및 양자점의 피크 파장은 성능을 최대화하기 위해 최적화되는(변수) 반면, 인광체 재료의 피크 파장은 구매가능한 재료로부터 선택되었다(고정됨). 그러한 프로세스는 적절한 표준 색 공간(96% NTSC 색 재현율을 갖는 DCI-P3 색 공간: $x_b=0.150$, $y_b=0.060$, $x_g=0.265$, $y_g=0.690$, $x_r=0.680$, $y_r=0.320$; 또는 95.5% NTSC 색 재현율을 갖는 어도비(Adobe) RGB 색 공간: $x_b=0.150$, $y_b=0.060$, $x_g=0.210$, $y_g=0.710$, $x_r=0.640$, $y_r=0.330$)에 매우 근사하거나 그를 증강시키도록 제약되었다.

[0074] 이어서, 적색 및 녹색 형광물질의 상대적 비율이 타깃 백색 점(D65 백색 점: $x_w=0.313$, $y_w=0.329$)을 산출하기 위해 조절되었다. 이 모델은 또한 양자점 필름 위에 위치한 2개의 BEF 필름(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능한 3M 브라이트니스 인헨스먼트 필름즈(Brightness Enhancement Films) TBEF2-GT 및 TBEF2-GMv5)을 포함하였다. 하나의 BEF 필름은 수평 축을 따라 이어지는 프리즘을 가졌고, 두 번째 것은 수직 축을 따라 수직으로 이어지는 프리즘을 가졌다. BEF 필름은 24 마이크로미터 피치를 갖는 이등변 프리즘 필름으로서 모델링되었다. 또한, 적층물 내에 (쓰리엠 컴퍼니로부터 또한 입수가 가능한) 3M APFv3 반사 편광기가 포함되어 있었다. 이어서, 교차된 BEF 필름들 및 반사 편광기 위에, 이 모델은 51%, 54%, 61%, 67%, 71%, 74%, 또는 90% NTSC의 측정된 고유 색 재현율을 갖는 표준 LCD 패널을 포함하였다. 160 μm 의 두께를 갖는 확산 저회도 반사기가 디스플레이의 비방출 측 상의 후방 반사기로서 사용되었다. 백색 LED 디스플레이가 유사한 방식으로 모델링되었다. 조정된 유일한 변수는, 양자점 디스플레이의 백색 점에 가능한 한 가깝게 매칭되게 하기 위한 LED 다이로부터의 청색 광 대 YAG 인광체로부터의 황색 광의 비였다. 전기-광학 효율은 청색 LED의 경우 46% 그리고 백색 LED의 경우 40%라고 가정되었다. 이들 수치는 다이 내로 다시 광 산란하는 것으로 인한 손실을 포함한다.

[0075] 색 재현율은 (원색 CIE 좌표들 x_b , y_b , x_g , y_g , x_r , y_r 에 의해 정의되는) 디스플레이의 색 공간의 면적 대 1953 색상 NTSC 삼각형의 면적의 비로서 계산되었다. 각각의 청색, 녹색 및 적색 원색의 CIE 색 좌표는 백라이트 유닛 및 대응하는 컬러 필터의 조합된 스펙트럼을 사용하여 계산되었다.

[0076] 상기 논의된 모델링 접근법으로부터의 결과는, 하이브리드 시스템이, DCI-P3 및 어도비 RGB 둘 모두에 대해 타깃 재현율 색 공간의 90% 초과인 색 재현율 크기 및 90%에 가까운 커버리지를 갖는 구매가능한 74%NTSC 패널(애플 인크.(Apple Inc.)로부터 입수가 가능한 아이패드(iPad) 3 디바이스로부터 측정됨)과 조합될 때 디스플레이에서의 양호한 성능을 산출할 수 있다는 것을 증명하였다. 컬러 필터의 설계를 최적화함으로써 거의 100% 커버리지가 달성될 수 있다. 모두-Cd 모두-양자점 필름과 비교하면, 구매가능한 녹색 인광체를 사용할 때, 색 재현율 크기 및 커버리지가 DCI-P3 및 어도비 RGB 타깃에 대해 각각 약 5% 및 약 10% 감소했다. 이들 수치는 매우 유리하게는 모두-양자점 구조물에 비해 표준 YAG LED의 경우에 대한 대략 20 내지 25% 감소와 비교된다. 다른 한편으로, 비교 샘플 1에서의 더 넓은 방출 대역 녹색 인광체의 성능은 비교 샘플 3 기준보다 미미하게만 더 양호하다. 상기 논의된 모두-양자점 필름 및 하이브리드 인광체/양자점 필름에 대한 계산 결과가 기준 시스템(청색 LED + YAG)에 대한 비교 데이터와 함께 하기 표 3에 요약되어 있다.

[0077] [표 3]

실시예 번호	형광물질	색 공간	색 재현율		
			% NTSC	타깃에 대한 %	타깃의 % 커버리지
1	SGA524 + 적색 양자점	어도비 RGB	87.1	91.1	86.3
		DCI-P3	87.1	90.6	90.0
2	G532A + 적색 양자점	어도비 RGB	90.3	94.5	86.9
		DCI-P3	90.3	94.0	91.6
3	G535A + 적색 양자점	어도비 RGB	88.5	92.6	84.1
		DCI-P3	88.5	92.1	89.5
비교예 1	LGA553 + 적색 양자점	어도비 RGB	79.3	83.0	80.1
		DCI-P3	79.3	82.6	82.6
비교예 2	녹색 양자점 + 적색 양자점	어도비 RGB	98.6	103.2	95.6
		DCI-P3	92.1	95.9	93.1
비교예 3	황색 YGA577 만	어도비 RGB	73.3	76.7	76.2
		DCI-P3	73.3	76.3	76.2

[0078]

[0079] 실시예 3

[0080] 색 재현율은 시스템 효율을 희생시킨다. 이러한 트레이드오프는 LCD 기술에 내재되어 있지만 양자점과 같은 좁은 방출원의 사용을 통해 개선될 수 있다. 이것은 하기의 계산 예에서 증명되었다.

[0081] 시스템 효율은 하기와 같이 계산되었다.

[0082] 먼저, 디스플레이의 출력 스펙트럼을 (흡수 손실, 스토크스 손실(Stokes loss) 및 양자 효율 손실을 포함하는 백라이트 유닛에서의 재순환 이후에) 청색 LED 및 양자점 필름의 조합된 스펙트럼에 의해 결정하고, 컬러 필터의 스펙트럼에 의해 그리고 사람의 눈의 색 감광도를 나타내는 명소시 광도(photopic luminosity) 함수에 의해 변형시켰다(즉, 하나씩(point by point) 곱하였다). 이어서, 생성된 스펙트럼을 가시 파장의 범위(400 내지 750 nm)에 걸쳐 적분하여 조합된 출력 광속(루멘 단위)을 생성하였다. 다음으로, (하향변환 이전의) 청색 LED의 스펙트럼만을, 또한 가시 파장의 범위에 걸쳐 적분하여, 청색 LED 광학 전력(와트 단위)을 결정하였다. 조합된 광속 대 청색 LED 광학 전력의 비를 광학 효율(루멘/와트 단위)로서 계산하였다. 이어서, 이러한 비에 청색 LED의 전기 효율(46%라고 가정됨)을 곱하였다. 생성된 양은 플러그-와트(plugin-watt)당 루멘 단위로 효율의 척도를 제공하였다. 이러한 연구에서, 기준 백색 LED의 효율은 약 105 lm/W였고, 하향변환 재료의 내부 양자 효율(Internal Quantum Efficiency, IQE)은 (나노시스에 의해 특정되는 바와 같이) 양자점에 대해 90% 및 인광체에 대해 95%와 동일하였다(실제 IQE 값은 특정 피크 파장 및 제조업자에 따라 85% 내지 99% 범위임).

[0083] 하이브리드 시스템에서의 시스템 효율과 색 재현율 사이의 트레이드오프는 백색 LED (YAG) 시스템과 전체-Cd 모두-양자점 시스템 사이의 중간이었다. 보다 구체적으로는, 시스템 효율이 백색 LED BLU에 의해 약 0.16 lm/W / % NTSC로 떨어졌고, 전체-Cd 모두-양자점 시스템에 의해 단지 약 0.08 lm/W / % NTSC로 - 또는 50% 작게 - 떨어졌다. 하이브리드 시스템에 의하면, 시스템 효율은 약 0.12 lm/W / % NTSC로 - 또는 백색 LED보다 25% 작지만 전체-Cd 모두-양자점 시스템보다 50% 크게 - 떨어졌다. 결과적으로, 표준 백색 LED 시스템은 약 60% 미만의

색 재현을 타깃에 대해 바람직하였고, 하이브리드 해법은 약 60% 내지 약 85%의 색 재현을 타깃에 대해 바람직한 반면, 모두-양자점 시스템은 항상 높은 색 재현을 타깃에 대해 더 효율적이었다. 실제 교차점은 형광물질의 IQE에 좌우되었다. 도 3은 YAG, 모두-양자점(QDEF) 및 하이브리드(PhEF) 시스템들에 대해 색 재현율에 대하여 그려진 시스템 효율을 나타낸다.

[0084] 실시예 4

[0085] 양자점 디스플레이는 하기와 같이 모델링되었다. (미국 매사추세츠주 나티크 소재의 매스웍스로부터 입수가 가능한) 매트랩 소프트웨어 패키지 및 본 명세서에 참고로 포함된 WO 2014/123724호(베누아 등)의 예에 기재된 방법을 사용하여, 디스플레이 시스템의 컴퓨터 모델을 작성하였다. 시스템의 주요 광원은 청색 LED였다. 청색 LED는 적색-방출 양자점 및 녹색-방출 양자점으로 이루어진 하향변환 필름, 또는 녹색 양자점 및 적색 인광체를 포함하는 하이브리드 구조물을 조명하였다. LED 및 형광물질(양자점 또는 인광체)은 이들의 고유 반치전폭(FWHM)에 의해 특징지어졌다. 청색 LED의 경우, FWHM은 445 nm에서 18 nm였다.

[0086] LED 및 형광물질의 방출 파장은 디스플레이된 색 재현율을 최대화하도록 설계되는 최적화에서 사용되었다. 구체적으로, 청색 LED 및 양자점의 피크 파장은 성능을 최대화하기 위해 최적화되었다(변수). 인광체 재료의 피크 파장, 방출 FWHM, 및 방출 양자 효율(emission quantum efficiency, EQE, 440 nm의 여기 파장에서)은, 문헌 [A. G. Paulusz, *J. Electrochem. Soc. Sol. St. Sci. Technol.* 1973, 120, 942-7]에 기재된 방법에 따라 제조된 $K_2SiF_6:Mn(4+)$ 의 샘플에 대해 측정된 바와 같이, 각각 631 nm, 6.3 nm, 및 87%에 고정되었다. 최적화 프로세스는 적절한 표준 색 공간(96% NTSC 색 재현율을 갖는 DCI-P3 색 공간: $x_b=0.150$, $y_b=0.060$, $x_g=0.265$, $y_g=0.690$, $x_r=0.680$, $y_r=0.320$; 또는 95.5% NTSC 색 재현율을 갖는 어도비 RGB 색 공간: $x_b=0.150$, $y_b=0.060$, $x_g=0.210$, $y_g=0.710$, $x_r=0.640$, $y_r=0.330$)에 매우 근사하거나 그를 증강시키도록 제약되었다.

[0087] 이어서, 적색 및 녹색 형광물질의 상대적 비율이 타깃 백색 점(D65 백색 점: $x_w=0.313$, $y_w=0.329$)을 산출하기 위해 조절되었다. 이 모델은 또한 양자점 필름 위에 위치한 2개의 BEF 필름(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능한 3M 브라이트니스 인헨스먼트 필름즈 TBEF2-GT 및 TBEF2-GMv5)을 포함하였다. 하나의 BEF 필름은 수평 축을 따라 이어지는 프리즘을 가졌고, 두 번째 것은 수직 축을 따라 수직으로 이어지는 프리즘을 가졌다. BEF 필름은 24 마이크로미터 피치를 갖는 이등변 프리즘 필름으로서 모델링되었다. 또한, 적층물 내에 (쓰리엠 컴퍼니로부터 또한 입수가 가능한) 3M APFv3 반사 편광기가 포함되어 있었다. 이어서, 교차된 BEF 필름들 및 반사 편광기 위에, 이 모델은 51%, 54%, 61%, 67%, 71%, 74%, 또는 90% NTSC의 측정된 고유 색 재현율을 갖는 표준 LCD 패널을 포함하였다. 160 μm 의 두께를 갖는 확산 저회도 반사기가 디스플레이의 비방출 측 상의 후방 반사기로서 사용되었다. 전기-광학 효율은 청색 LED의 경우 46%라고 가정되었다. 이러한 수치는 다이 내로 다시 광 산란하는 것으로 인한 손실을 포함한다.

[0088] 색 재현율은 (원색 CIE 좌표들 x_b , y_b , x_g , y_g , x_r , y_r 에 의해 정의되는) 디스플레이의 색 공간의 면적 대 1953 색상 NTSC 삼각형의 면적의 비로서 계산되었다. 각각의 청색, 녹색 및 적색 원색의 CIE 색 좌표는 백라이트 유닛 및 대응하는 컬러 필터의 조합된 스펙트럼을 사용하여 계산되었다.

[0089] 이 모델은 어도비 RGB 색 공간 및 DCI-P3 색 공간 둘 모두에 대해 연습되었다. 어도비 RGB 모델은, 524 nm에서의 31.5 nm의 FWHM을 갖는 녹색 양자점, 및 627 nm에서의 35.0 nm의 FWHM을 갖는 적색 양자점 또는 631 nm에서의 6.3 nm의 FWHM을 갖는 적색 인광체를 사용하였다. DCI-P3 모델은, 534 nm에서의 32.3 nm의 FWHM을 갖는 녹색 양자점, 및 627 nm에서의 35 nm의 FWHM을 갖는 적색 양자점 또는 631 nm에서의 6.3 nm의 FWHM을 갖는 적색 인광체를 사용하였다. 모델 결과가 표 4에 요약되어 있다.

[0090] 상기 논의된 모델링 접근법으로부터의 결과는, 적색 인광체-녹색 양자점 하이브리드 시스템이, DCI-P3 및 어도비 RGB 둘 모두에 대해 타깃 재현율 색 공간의 90% 초과인 색 재현율 크기 및 90% 초과인 커버리지를 갖는 구매 가능한 74%NTSC 패널(아이패드 3 디바이스로부터 측정됨)과 조합될 때 디스플레이에서의 양호한 성능을 산출할 수 있다는 것을 증명하였다. 컬러 필터의 설계를 최적화함으로써 거의 100% 커버리지가 달성될 수 있다. 본 실시예의 적색 인광체에 의해 가능한 좁은 방출 피크 폭(작은 FWHM)은 적색 양자점을 사용하여 얻어지는 것들보다 약간 더 높은 %NTSC 값에서의 이점을 제공한다.

[0091] [표 4]

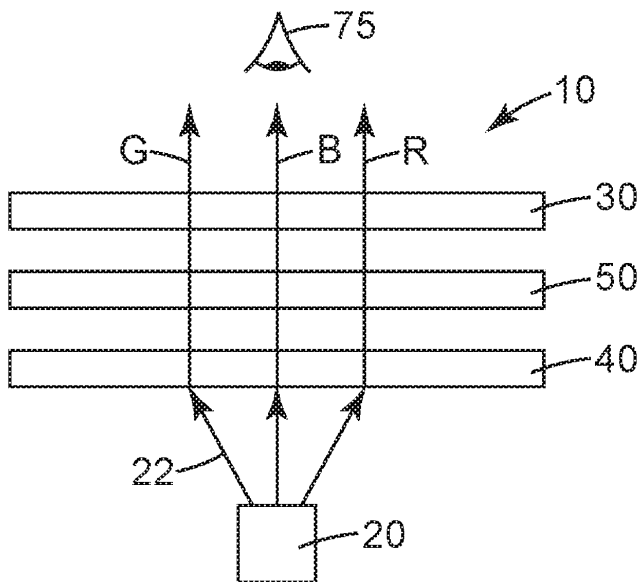
형광물질	색 공간	색 재현율		
		% NTSC	타겟에 대한 %	타겟의 % 커버리지
적색 양자점 + 녹색 양자점	어도비 RGB	103.3	108.1	98.0
	DCI-P3	97.0	101.0	93.2
적색 인광체 + 녹색 양자점	어도비 RGB	106.6	111.5	98.0
	DCI-P3	99.9	104.0	93.2

[0092]

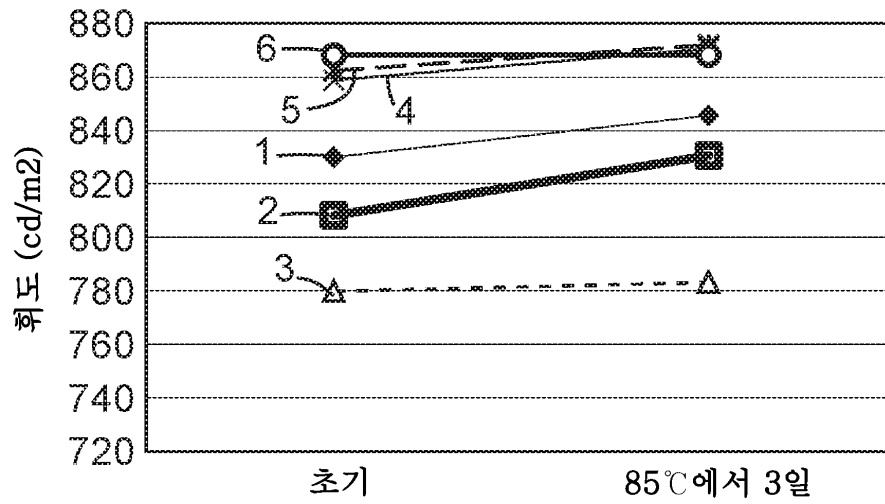
[0093] 본 명세서에 인용된 간행물의 개시내용들 전부는, 각각이 개별적으로 포함된 것처럼 그 전체가 참고로 포함된다. 본 발명에 대한 다양한 변형 및 변경은 본 발명의 범주 및 사상으로부터 벗어남이 없이 당업자에게 명백해질 것이다. 본 발명은 본 명세서에 기술된 예시적인 실시 형태 및 실시예에 의해 부당하게 제한되도록 의도되지 않으며, 이러한 실시예 및 실시 형태는 단지 예로서 제공되며 본 발명의 범주는 하기와 같이 본 명세서에 기술된 청구범위에 의해서만 제한되도록 의도됨을 이해해야 한다.

도면

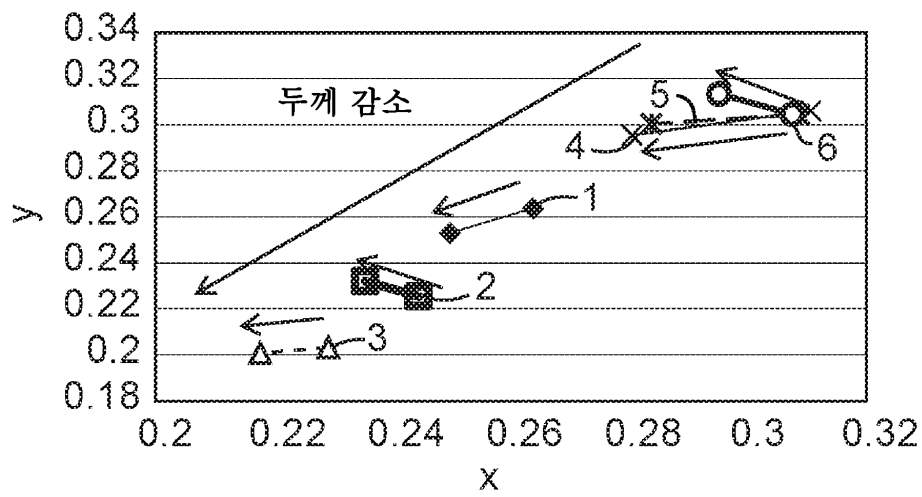
도면1



도면2a



도면2b



도면3

