

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7191033号

(P7191033)

(45)発行日 令和4年12月16日(2022.12.16)

(24)登録日 令和4年12月8日(2022.12.8)

(51)国際特許分類

F I

F 2 1 S 2/00 (2016.01)

F 2 1 S 2/00 4 8 1

H 0 1 L 33/50 (2010.01)

H 0 1 L 33/50 Z N M

F 2 1 V 9/38 (2018.01)

F 2 1 S 2/00 4 8 2

F 2 1 V 9/20 (2018.01)

F 2 1 V 9/38

F 2 1 V 9/00 (2018.01)

F 2 1 V 9/20

請求項の数 22 (全18頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2019-551987(P2019-551987)

(86)(22)出願日 平成30年3月27日(2018.3.27)

(65)公表番号 特表2020-516015(P2020-516015  
A)

(43)公表日 令和2年5月28日(2020.5.28)

(86)国際出願番号 PCT/US2018/024540

(87)国際公開番号 WO2018/183308

(87)国際公開日 平成30年10月4日(2018.10.4)

審査請求日 令和3年2月16日(2021.2.16)

(31)優先権主張番号 62/477,716

(32)優先日 平成29年3月28日(2017.3.28)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 15/935,507

(32)優先日 平成30年3月26日(2018.3.26)

最終頁に続く

(73)特許権者 505082822

ナノシス・インク・

アメリカ合衆国 9 5 0 3 5 カリフォルニ

ア州 ミルピタス、エス・ヒルビュー・

ドライブ 2 3 3

2 3 3 S . Hillview Driv

e Milpitas , CA 9 5 0 3 5

U . S . A

(74)代理人 100079108

弁理士 稲葉 良幸

(74)代理人 100109346

弁理士 大貫 敏史

(74)代理人 100117189

弁理士 江口 昭彦

(74)代理人 100134120

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 量子ドットを使用してマイクロLED装置の光出力を増大させる方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

照明装置であって、

複数のマイクロLEDを有する基材と、

複数の量子ドットを有する膜と、

複数の層を有するビームスプリッタであって、前記複数の層は、前記複数のマイクロLEDの上面及び側面に連続した層として配設され、前記複数の層は、前記ビームスプリッタが前記複数のマイクロLEDからの光を透過し、前記複数の量子ドットからの光を反射するように構成されている、ビームスプリッタと、

を有する装置。

## 【請求項2】

前記複数のマイクロLEDのそれぞれは、青色波長範囲内においてのみ、光を放出するように構成されている請求項1に記載の照明装置。

## 【請求項3】

前記基材は、曲がりやすい基材である請求項1及び2のいずれか1項に記載の照明装置。

## 【請求項4】

前記複数の層は、前記ビームスプリッタが、400nm～480nmの波長を有する光の少なくとも90%を透過し、且つ、500nm～800nmの波長を有する光の少なくとも90%を反射するように、構成されている請求項1から3のいずれか1項に記載の照明装置。

## 【請求項 5】

前記複数の層は、二酸化チタニウム、五酸化タンタル、又は二酸化ケイ素を有する請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

## 【請求項 6】

前記複数のマイクロ LED は、アレイ状に構成され、前記複数のマイクロ LED のうち少なくとも 1 つのマイクロ LED は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~  $10\ \mu\text{m}$  の寸法を有する請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

## 【請求項 7】

前記複数の量子ドットは、緑色波長範囲内の光を放出するように構成された量子ドットと、赤色波長範囲内の光を放出するように構成された量子ドットと、を含む請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

10

## 【請求項 8】

前記ビームスプリッタは、複数の層を含む複合ラミネート構造を有する請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

## 【請求項 9】

前記ビームスプリッタは、 $1\ \mu\text{m}$  ~  $50\ \mu\text{m}$  の厚さを有する請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

## 【請求項 10】

前記複数の層は、押出し加工されたポリマーから形成される請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

20

## 【請求項 11】

前記膜は、第 1 層と、第 2 層と、前記第 1 層と前記第 2 層の間において配設された接着材料と、を含み、前記接着材料は、前記複数の量子ドットを有する請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

## 【請求項 12】

照明装置を製造する方法であって、  
基材上において複数のマイクロ LED を形成することと、  
前記複数のマイクロ LED の上面及び側面に連続した層としてビームスプリッタを配設することと、  
前記ビームスプリッタにおいて複数の量子ドットを有する膜を配設することと、を有し、  
前記ビームスプリッタは、複数の積層された層を有し、前記複数の積層された層は、前記ビームスプリッタが前記複数のマイクロ LED からの光を透過し、前記複数の量子ドットからの光を反射するように構成されている、  
方法。

30

## 【請求項 13】

前記複数のマイクロ LED のそれぞれは、青色波長範囲内においてのみ、光を放出するように構成されている請求項 12 に記載の方法。

## 【請求項 14】

前記ビームスプリッタを配設することは、前記複数の層を含む複合ラミネート構造を配設することを有する請求項 12 又は 13 に記載の方法。

40

## 【請求項 15】

前記ビームスプリッタを配設することは、押出し加工されたポリマーから形成された複数の積層された膜層を配設することを有する請求項 12 又は 13 に記載の方法。

## 【請求項 16】

前記ビームスプリッタを配設することは、化学蒸着 (CVD) を使用して材料の層を堆積させることを有する請求項 12 又は 13 に記載の方法。

## 【請求項 17】

前記ビームスプリッタを配設することは、原子層堆積 (ALD) を使用して材料の層を堆積させることを有する請求項 12 又は 13 に記載の方法。

## 【請求項 18】

50

前記材料は、二酸化チタニウム、五酸化タンタル、又は二酸化ケイ素を含む請求項 1 6 又は 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記膜を配設することは、第 1 層と、第 2 層と、前記第 1 層と前記第 2 層との間の接着材料と、を配設することを有し、前記接着材料は、前記量子ドットを有する請求項 1 2 から 1 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記複数の層は、前記ビームスプリッタが、400 nm ~ 480 nm の波長を有する光の少なくとも 90 % を透過し、且つ、500 nm ~ 800 nm の波長を有する光の少なくとも 90 % を反射するように、配設されている請求項 1 2 から 1 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 2 1】

前記形成することは、前記複数のマイクロ LED をアレイとして形成することを有する請求項 1 2 から 2 0 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記膜を配設することは、緑色波長範囲内の光を放出するように構成された量子ドットと、赤色波長範囲内の光を放出するように構成された量子ドットと、を有する膜を配設することを有する請求項 1 2 から 2 1 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

背景

分野

[0001] 本出願は、コア - シェル構造を有する高度な発光性を有する量子ドット (QD : Quantum Dot) を含む表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

背景

[0002] 量子ドットは、相対的に少ない電子回路の使用に起因した低減された費用により、鮮やかな色を生成するべく、表示装置において使用することができる。通常、画面上において様々な色を生成するには、赤色、緑色、及び青色光源のすべてを使用しなければならず、或いは、全色域を生成するべく、様々なカラーフィルタリング法と共に、白色光源が使用されている。いずれの方法も、多大な電子回路を必要としており、且つ、特に、相対的に大きなディスプレイの場合に、費用を所要する。

30

【0003】

[0003] 量子ドット (QD) は、狭いライン幅を有する単一のスペクトルピークにおいて光を放出することにより、高度な飽和色を生成する固有の能力を有する。QD のサイズに基づいて、放出波長をチューニングすることができる。この放出波長をチューニングする能力により、ディスプレイの効率及び色性能の両方を極大化するべく、ディスプレイエンジニアは、光のスペクトルをカスタムエンジニアリングすることができる。

40

【0004】

[0004] QD のサイズに依存したプロパティを使用することにより、QD 膜を生成している。QD 膜は、表示装置において、カラーダウコンバージョン層として使用することができる。放射性のディスプレイにおいてカラーダウコンバージョン層を使用し、光が色フィルタを通過する前に、白色又は青色光をより赤みを帯びた光、緑色を帯びた光、或いは、これらの両方、にダウコンバージョンすることにより、システム効率を改善することができる。このカラーダウコンバージョン層の使用により、フィルタリングに起因した光エネルギーの損失を低減することができる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

## 【 0 0 0 5 】

[0005] Q D は、その広い吸収スペクトル及び狭い放出スペクトルに起因して、コンバージョン材料として使用することができる。但し、Q D は、光を等方方式で（即ち、すべての方向において）放出しており、且つ、従って、放出された光の多くが、観察対象の表示装置の前面に向かって導かれてはいない。この結果、装置の光出力及びその全体効率が制限されている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 6 】

## 概要

[0006] 従って、表示装置の品質を向上させるニーズが存在している。本明細書において開示されているのは、表示装置の上述の制限と、特に、マイクロ L E D 技術に基づいた表示装置において量子ドットを使用した際に生じうる制限と、を克服するべく使用されうる実施形態である。

10

## 【 0 0 0 7 】

[0007] 一実施形態によれば、照明装置は、複数のマイクロ L E D を有する基材と、ビームスプリッタと、複数の量子ドットを有する膜と、を含む。ビームスプリッタは、複数の層を含み、且つ、基材と膜の間に配設されている。

## 【 0 0 0 8 】

[0008] 一実施形態によれば、複数のマイクロ L E D のそれぞれは、青色波長範囲内においてのみ、光を放出している。

20

## 【 0 0 0 9 】

[0009] 一実施形態によれば、基材は、曲がりやすい基材である。

## 【 0 0 1 0 】

[0010] 一実施形態によれば、膜は、第 1 層と、第 2 層と、第 1 層と第 2 層の間において配設された接着材料と、を含み、接着材料は、量子ドットを有する。

## 【 0 0 1 1 】

[0011] 一実施形態によれば、複数の層は、ビームスプリッタが、 $400\text{ nm} \sim 480\text{ nm}$  の波長を有する光の少なくとも 90 % を透過し、且つ、 $500\text{ nm} \sim 800\text{ nm}$  の波長を有する光の少なくとも 90 % を反射するように、構成されている。

## 【 0 0 1 2 】

[0012] 一実施形態によれば、ビームスプリッタの複数の層は、二酸化チタニウム、五酸化タンタル、又は二酸化ケイ素を含む。

30

## 【 0 0 1 3 】

[0013] 一実施形態によれば、ビームスプリッタは、 $1\text{ }\mu\text{m} \sim 50\text{ }\mu\text{m}$  の厚さを有する。

## 【 0 0 1 4 】

[0014] 一実施形態によれば、基材は、 $750\text{ cm}^2$  未満の表面積を有するダイである。

## 【 0 0 1 5 】

[0015] 一実施形態によれば、複数の量子ドットは、緑色波長範囲内の光を放出する量子ドットと、赤色波長範囲内の光を放出する量子ドットと、を含む。

## 【 0 0 1 6 】

[0016] 一実施形態によれば、ビームスプリッタは、複数の層を含む複合ラミネート構造を含む。

40

## 【 0 0 1 7 】

[0017] 一実施形態によれば、照明装置を製造する方法は、基材上において複数のマイクロ L E D を形成することと、複数のマイクロ L E D の上方においてビームスプリッタを配設することと、を含む。ビームスプリッタは、複数の積層された層を含む。方法は、ビームスプリッタの上方において複数の量子ドットを含む膜を配設することを更に含む。

## 【 0 0 1 8 】

[0018] 一実施形態によれば、ビームスプリッタを配設することは、化学蒸着（C V D : Chemical Vapor Deposition）を使用して材料の層を堆積させることを含む。

50

## 【 0 0 1 9 】

[0019] 一実施形態によれば、ビームスプリッタを配設することは、原子層堆積 ( A L D : Atomic Layer Deposition ) を使用して材料の層を堆積させることを含む。

## 【 0 0 2 0 】

[0020] 一実施形態によれば、C V D 又は A L D によって堆積される材料は、二酸化チタニウム、五酸化タンタル、又は二酸化ケイ素を含む。

## 【 0 0 2 1 】

[0021] 一実施形態によれば、形成することは、複数のマイクロ L E D をアレイとして形成することを含む。

## 【 0 0 2 2 】

[0022] 以下、添付図面を参照し、本発明の更なる特徴及び利点のみならず、本発明の様々な実施形態の構造及び動作について詳細に説明する。本発明は、本明細書において記述されている特定の実施形態に限定されるものではないことに留意されたい。このような実施形態は、例示を目的として本明細書において提示されているに過ぎない。更なる実施形態については、本明細書に含まれている教示内容に基づいて、当業者に明らかとなろう。

## 【 0 0 2 3 】

図面 / 図の簡単な説明

[0023] 本明細書において包含されると共に本明細書の一部を形成している添付図面は、本実施形態を示しており、且つ、説明と共に、本実施形態の原理を説明するべく、且つ、当業者が本実施形態を実施及び使用することを可能にするべく、更に機能する。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 [0024] 量子ドット ( Q D ) の層を使用した例示用の照明装置を示す。

【 図 2 】 [0025] 一実施形態による、Q D の層及びビームスプリッタを使用した例示用の照明装置を示す。

【 図 3 】 [0026] 一実施形態による、Q D の層及びビームスプリッタを使用した別の例示用の照明装置を示す。

【 図 4 】 [0027] 一実施形態による、ビームスプリッタの層構造を示す。

【 図 5 】 [0028] 一実施形態による、照明装置を製造するフローチャートを示す。

【 図 6 】 [0029] 一実施形態による、Q D の例示用の構造を示す。

【 図 7 】 [0030] 一実施形態による、例示用の Q D 膜を示す。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 5 】

[0031] 本発明の特徴及び利点については、全体を通じて同一の参照符号が対応する要素を識別している図面との関連において参照された際に、以下に記述されている詳細な説明から、更に明らかとなろう。図面においては、同一の参照符号は、一般に、同一の、機能的に類似した、及び / 又は、構造的に類似した、要素を示している。要素が最初に出現している図面は、対応する参照符号における最も左側の 1 つ又は複数の桁によって示されている。そうではない旨が示されていない限り、本開示の全体を通じて提供されている図面は、縮尺が正確な図面であるものと解釈してはならない。

## 【 0 0 2 6 】

発明の詳細な説明

[0032] 特定の構成及び配列が記述されている場合があるが、これは、例示を目的として実行されているに過ぎないことを理解されたい。当業者は、本発明の精神及び範囲を逸脱することなしに、その他の構成及び配列が使用されうることが認識するであろう。又、当業者には、本発明が、本明細書において具体的に言及されているものを超えて、様々なその他の用途においても使用されうることが明らかとなろう。

## 【 0 0 2 7 】

[0033] 「一実施形態 ( one embodiment )」、「一実施形態 ( an embodiment )」、「例示用の一実施形態 ( an example embodiment )」などに対する本明細書における

10

20

30

40

50

参照は、その記述されている実施形態が、特定の特徵、構造、又は特性を含みうるが、すべての実施形態が、必ずしも、その特定の特徵、構造、又は特性を含みうるものではないことを通知していることに留意されたい。更には、このようなフレーズは、必ずしも、同一の実施形態を参照しているものでもない。更には、特定の特徵、構造、又は特性が、一実施形態との関連において記述されている際には、明示的に記述されているかどうかとは無関係に、そのような特徵、構造、又は特性をその他の実施形態との関連において実現することは、当業者の知識に含まれることになる。

【0028】

[0034] 材料の量、比率、材料の物理的なプロパティ、及び/又は使用法を通知する、本説明におけるすべての数値は、そうではない旨が明示的に示されている場合を除いて、  
「約 (about)」という単語によって修飾されているものとして理解することを要する。

10

【0029】

[0035] 本明細書において使用されている「約」という用語は、所与の量の値が、その値の $\pm 10\%$ だけ、或いは、任意選択により、その値の $\pm 5\%$ だけ、或いは、いくつかの実施形態においては、そのような記述されている値の $\pm 1\%$ だけ、変化することを通知している。例えば、「約  $100\text{ nm}$ 」は、両端を含む、 $90\text{ nm} \sim 110\text{ nm}$ というサイズの範囲を包含している。

【0030】

[0036] 本明細書において使用されている「ナノ構造」という用語は、約  $500\text{ nm}$  未満の寸法を有する少なくとも1つの領域又は特性寸法を有する構造を意味している。いくつかの実施形態においては、ナノ構造は、約  $200\text{ nm}$  未満、約  $100\text{ nm}$  未満、約  $50\text{ nm}$  未満、約  $20\text{ nm}$  未満、又は約  $10\text{ nm}$  未満、の寸法を有する。通常、領域又は特性寸法は、構造の最小軸に沿ったものとなる。このような構造の例は、ナノワイヤ、ナノロッド、ナノチューブ、分岐型のナノ構造、ナノテトラポッド、トライポッド、パイポッド、ナノクリスタル、ナノドット、QD、ナノ粒子、及びこれらに類似したものを含む。ナノ構造は、例えば、実質的に結晶質であってもよく、実質的に単結晶質であってもよく、多結晶質であってもよく、非晶質であってもよく、又はこれらの組合せであってもよい。いくつかの実施形態においては、ナノ構造の3つの次元のそれぞれは、約  $500\text{ nm}$  未満、約  $200\text{ nm}$  未満、約  $100\text{ nm}$  未満、約  $50\text{ nm}$  未満、約  $20\text{ nm}$  未満、又は約  $10\text{ nm}$  未満、の寸法を有する。

20

30

【0031】

[0037] 本明細書において使用されている「QD」又は「ナノクリスタル」という用語は、実質的に単結晶質であるナノ構造を意味している。ナノクリスタルは、約  $500\text{ nm}$  未満から、下方に、約  $1\text{ nm}$  未満のレベルまでの寸法を有する、少なくとも1つの領域又は特性寸法を有する。「ナノクリスタル」、「QD」、「ナノドット」、及び「ドット」という用語は、当業者には、同様の構造を表すものとして容易に理解され、且つ、本明細書においては、相互交換可能に使用されている。又、本発明は、多結晶質又は非晶質のナノクリスタルの使用をも包含している。

【0032】

[0038] ナノ構造を参照して使用された際の「ヘテロ構造」という用語は、少なくとも2つの異なる及び/又は弁別可能な材料タイプによって特徴付けられたナノ構造を意味している。通常、ナノ構造の1つの領域が、第1材料タイプを有する一方で、ナノ構造の第2領域が、第2材料タイプを有する。特定の実施形態においては、ナノ構造は、第1材料のコアと、第2（又は、第3などの）材料の少なくとも1つのシェルと、を有しており、この場合に、異なる材料タイプは、例えば、ナノワイヤの長軸、分岐型のナノワイヤのアームの長軸、或いは、ナノクリスタルの中心、を中心として半径方向に分散されている。シェルは、必須ではないが、シェルと見なされる隣接する材料、或いは、ヘテロ構造と見なされるナノ構造、を完全にカバーすることが可能であり、例えば、第2材料の小さなアイランドによってカバーされた1つの材料のコアによって特徴付けられたナノクリスタルは、ヘテロ構造である。その他の実施形態においては、異なる材料タイプは、例えば、ナ

40

50

ノワイヤの主（長）軸に沿って、或いは、分岐型のノワイヤのアームの長軸に沿って、などのように、ナノ構造内の異なる場所において分散されている。ヘテロ構造内の異なる領域は、完全に異なる材料を有することが可能であり、或いは、異なる領域は、異なるドーパント又は同一のドーパントの異なる濃度を有するベース材料（例えば、シリコン）を有することができる。

【 0 0 3 3 】

[0039] 本明細書において使用されているナノ構造の「直径（diameter）」という用語は、ナノ構造の第1軸に対して垂直である断面の直径を意味しており、この場合に、第1軸は、第2及び第3軸との関係において最大の長さの差を有する（第2及び第3軸は、その長さが互いに最もほぼ等しい2つの軸である）。第1軸は、必ずしも、ナノ構造の最長軸ではなく、例えば、円板形状のナノ構造の場合には、断面が、円板の短い長手方向軸に対して垂直である実質的に円形の断面となろう。断面が円形ではない場合には、直径は、その断面の長軸及び短軸の平均である。ノワイヤなどの、細長い又は高アスペクト比のナノ構造の場合には、直径は、ノワイヤの最長軸に対して垂直である断面に跨って計測される。球状のナノ構造の場合には、直径は、球体の中心を通じて一側部から他側部まで計測される。

【 0 0 3 4 】

[0040] ナノ構造との関係において使用された際の「結晶質」又は「実質的に結晶質」という用語は、ナノ構造が、通常、構造の1つ又は複数の次元に跨って長距離秩序（long-range ordering）を有する、という事実を意味している。単一の結晶の秩序は、結晶の境界を超えては延在することができないことから、当業者は、「長距離秩序」という用語が、特定のナノ構造の絶対サイズに依存することになることを理解するであろう。このケースにおいては、「長距離秩序」は、ナノ構造の寸法の少なくとも過半に跨る大規模な秩序を意味することになる。いくつかの例においては、ナノ構造は、酸化物又はその他の被覆を有することが可能であり、或いは、1つのコアと、少なくとも1つのシェルと、から構成することができる。このような例においては、酸化物、1つ又は複数のシェル、或いは、その他の被覆は、必須ではないが、このような秩序を有しうる（例えば、それは、非晶質であってもよく、多結晶質であってもよく、或いは、その他のものであってもよい）ことを理解されたい。このような例においては、「結晶質」、「実質的に結晶質」、「実質的に単結晶質」、又は「単結晶質」という用語は、（被覆層又はシェルを除外した）ナノ構造の中心コアを意味している。又、本明細書において使用されている「結晶質」又は「実質的に結晶質」という用語は、構造が大規模な長距離秩序（例えば、ナノ構造又はそのコアの少なくとも1つの軸の長さの少なくとも約80%にわたるレベル）を有している限り、様々な欠陥、積層障害、原子置換、及びこれらに類似したものを有する構造をも包含することが意図されている。これに加えて、コアとナノ構造の外側の間の、或いは、コアと隣接するシェルの間の、或いは、シェルと第2の隣接するシェルの間の、インターフェイスは、非結晶質領域を含むことができると共に、場合によっては、非晶質であってもよい、ことを理解されたい。これは、ナノ構造が、本明細書において定義されている結晶質又は実質的に結晶質となることを妨げるものではない。

【 0 0 3 5 】

[0041] ナノ構造との関係において使用された際の「単結晶質」という用語は、ナノ構造が、実質的に結晶質であり、且つ、実質的に単一結晶を有する、ことを通知している。1つのコアと、1つ又は複数のシェルと、を有するナノ構造のヘテロ構造との関係において使用された際に、「単結晶質」は、コアが実質的に結晶質であり、且つ、実質的に単一結晶を有することを通知している。

【 0 0 3 6 】

[0042] 本明細書において使用されている「リガンド」という用語は、例えば、ナノ構造の表面との間における、共有的な、イオンの、ファンデルワールス的な、又はその他の分子的な相互作用を通じた、ナノ構造の1つ又は複数の面との間において（弱く又は強く）相互作用する能力を有する分子を意味している。

## 【 0 0 3 7 】

[0043] 本明細書において使用されている「量子収量」(又は、 $QY$ )という用語は、例えば、ナノ構造又はナノ構造の集合体によって吸収された光子に対する放出された光子の比率を意味している。当技術分野において既知のように、量子収量は、通常、既知の量子収量値を有する明確に特徴付けされた標準サンプルを使用した比較法により、判定される。

## 【 0 0 3 8 】

[0044] 本明細書において使用されている「プライマリ放出ピーク波長」という用語は、放出スペクトルが最高強度を有する波長を意味している。

## 【 0 0 3 9 】

## 量子ドット照明装置

[0045] 図1は、例示用の照明装置100を示している。照明装置100は、基材102上の複数の光源104と、光源104の上方において配設された量子ドット(QD)膜106と、を含む。QD膜106及びQD膜106内のQDの詳細については、後から提供されるが、これは、本明細書において記述されている実施形態の焦点ではない。光源104は、QD膜106内の量子ドットからの放出光よりも小さな波長(即ち、大きなエネルギー)において光を放出する発光ダイオード(LED:Light Emitting Diode)であってよい。例えば、光源104は、青色波長範囲内の光(即ち、約440nm~約470nmの1つ又は複数の波長)を放出しうる一方で、QD膜106内のQDは、青色光を吸収し、且つ、緑色波長範囲内の光(即ち、約520nm~約550nmの1つ又は複数の波長)を放出する第1の複数のQDと、青色光を吸収し、且つ、赤色波長範囲内の光(即ち、約620nm~約650nmの1つ又は複数の波長)を放出する第2の複数のQDと、を含む。

## 【 0 0 4 0 】

[0046] QDによって実行された光コンバージョンの結果として、放出光108は、QD膜106によって吸収されなかった光源104からの青色波長範囲内の光と、QD膜106内のQDから放出された緑色及び赤色の両方の波長範囲内の光と、を含む。従って、3つの原色が生成され、且つ、これらを下流においてフィルタリングし、且つ、組み合わせることにより、任意の色を生成することができる。フィルタリングコンポーネントは、わかりやすさを目的として図示されてはならず、且つ、本実施形態との関連において重要ではない。

## 【 0 0 4 1 】

[0047] 図1の照明構成は、望ましくない散乱及び吸収に起因して光学損失を有している。QD膜106内のQDの等方性の放出は、放出光のほぼ半分が基材102に向かって戻るように導かれ、そこで、これらの放出は、基材102及び光源104により、吸収又は散乱されることを意味している。この結果、使用可能な放出光の損失に起因して、照明装置の全体的な効率が低減される。

## 【 0 0 4 2 】

[0048] 図2は、一実施形態による、照明装置200を示している。照明装置200は、QD膜106と光源204のアレイの間に、ビームスプリッティング要素202を含む。光源204は、青色波長範囲内においてのみ光を放出するように、設計することができる。ビームスプリッティング要素202は、その他の波長を反射しつつ、特定の波長が通過すること許容するような方式で選択された複数の積層材料を含むダイクロイックビームスプリッタであってよい。この図示の実施形態においては、ビームスプリッティング要素202は、積層材料層を含む、複合ラミネート構造などの、着脱自在の要素である。別の例においては、ビームスプリッティング要素202は、アクリルポリマーなどの、押出し加工されたポリマー層から形成された複数の積層された薄膜を有する。積層された薄膜の合計厚さは、100 $\mu$ m未満であり、これにより、ビームスプリッティング要素202が高度な柔軟性を有することを許容することができる。

## 【 0 0 4 3 】



【0049】 ビームスプリッティング要素 202 は、赤色及び緑色波長範囲内の光を反射しつつ、青色波長範囲内の光が通過することを許容するように、設計することができる。例えば、ビームスプリッティング要素 202 の透過スペクトルは、約 490 nm 未満の波長の 95% ~ 100% の透過と、約 500 nm 超の波長の 3% 未満の透過と、を含む。約 500 nm 超の波長の場合には、光のほぼすべてが反射される。これらの光学プロパティが付与された場合に、光源 204 から生成された青色波長範囲内の光は、低損失により、ビームスプリッティング要素 202 を通過することになる一方で、QD 膜 106 内の QD から放出された赤色及び緑色波長範囲内の光は、照明装置 200 の前端部に向かって（例えば、照明装置 200 がディスプレイである例においては、ユーザーに向かって）戻るように反射されることになる。その結果、放出光 206 は、図 1 からの放出光 108 との比較において、格段に大きな光出力を有する。ビームスプリッティング要素 202 の存在に起因して、照明装置 100 との比較において、照明装置 200 の全体的な効率を 80% 超だけ増大させることができる。

10

#### 【0044】

【0050】 図 3 は、一実施形態による別の照明装置 300 を示している。照明装置 300 は、QD 膜 106 と、光源 204 と、を含み、薄膜ビームスプリッタ 302 が、基材 102 及び光源 204 の上方において堆積されている。薄膜ビームスプリッタ 302 は、その他の波長を反射しつつ、特定の波長が通過することを許容するように設計された複数の積層された薄膜を表しうる。薄膜ビームスプリッタ 302 は、ビームスプリッティング要素 202 に類似した光学プロパティを含むことができる。薄膜ビームスプリッタ 302 の合計厚さは、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 50  $\mu\text{m}$  であってよい。薄膜ビームスプリッタ 302 を使用した結果として、放出光 304 は、図 1 からの放出光 108 との比較において、格段に大きな光出力を有している。

20

#### 【0045】

【0051】 薄膜ビームスプリッタ 302 は、様々な方法を使用することにより、基材 102 及び光源 204 の上方において堆積させることができる。一例においては、薄膜ビームスプリッタ 302 は、原子層堆積 (ALD) を使用することにより、堆積されている。その他の例においては、薄膜ビームスプリッタ 302 は、化学蒸着 (CVD) を使用することにより、堆積されている。CVD プロセスは、プラズマによって強化されてもよく (PECVD)、或いは、通常の CVD プロセスよりも低圧で実行することもできる (LPCVD)。更に別の例においては、薄膜ビームスプリッタ 302 は、スパッタリングを使用して堆積されている。薄膜ビームスプリッタ 302 を構成する層の積層体を生成するためにそれぞれの材料層を順番に堆積させるべく、例示用の技法のうちの任意のものを使用することができる。

30

#### 【0046】

【0052】 薄膜ビームスプリッタ 302 及びビームスプリッティング要素 202 は、いずれも、大画面のテレビ及びモニタなどの大きな表示装置に使用するには、実際的でない場合がある。これは、主には、このような要素の製造に伴う大きな費用と、大きなエリアにわたる薄膜ビームスプリッタ 302 の堆積に伴う制限と、に起因している。従って、照明装置 200 及び照明装置 300 は、いくつかの例を挙げれば、腕時計、セル電話機、PDA、リモコン、携帯型ゲームシステム、及び玩具において見出されるものなどの、相対的に小さな電子画面において利用することができる。一実施形態においては、基材 102 の表面積 (即ち、ダイサイズ) は、約 750  $\text{cm}^2$  未満、約 500  $\text{cm}^2$  未満、或いは、約 100  $\text{cm}^2$  未満、であってよい。一実施形態においては、基材 102 は、いくつかの例を挙げれば、ポリエステル (PET)、ポリイミド (PI)、ポリエチレンナフタレート (PEN)、又はポリエーテルイミド (PEI) などの、ポリマー材料から製造された曲がりやすい基材である。

40

#### 【0047】

【0053】 薄膜ビームスプリッタ 302 及びビームスプリッティング要素 202 の光学プロパティは、いずれも、温度に対する高度な依存性を有しうる。従って、光源 204 から

50

生成される熱は、薄膜ビームスプリッタ 302 及びビームスプリッティング要素 202 が意図されたように稼働する能力に対して悪影響を及ぼしうる。通常の LED は、光源 204 として使用するには、過大な熱を生成する。一実施形態によれば、光源 204 は、複数のマイクロ LED を含む。マイクロ LED は、通常の LED 又は有機発光ダイオード (OLED: Organic Light Emitting Diode) とは異なっている。マイクロ LED は、それぞれの個々のマイクロ LED が約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $10\ \mu\text{m}$  の範囲内の最大サイズを有する状態において、アレイのフォーマットにおいて製造されている。又、マイクロ LED は、主には、窒化ガリウム (GaN) 又は窒化インジウムガリウム (InGaN) から製造されている。その小さなサイズ及び設計に起因して、マイクロ LED が放出する熱は、格段に少なく、且つ、従って、その光学プロパティに悪影響を及ぼすことなしに、薄膜ビームスプリッタ 302 又はビームスプリッティング要素 202 と共に効果的に使用することができる。マイクロ LED の例示用の製造の詳細については、米国特許第 9,019,595 号において見出すことができ、この特許文献の開示内容は、引用により、本明細書に包含される。

10

#### 【0048】

[0054] 薄膜ビームスプリッタ 302 の使用に伴う 1 つの利点は、その製造プロセスが、マイクロ LED の製造プロセスと統合されうる、という点にある。例えば、マイクロ LED 及び薄膜ビームスプリッタ 302 を構成する薄膜層を類似のプロセスツールを使用して製造することにより、製造全体を相対的に廉価な且つ簡単なものにすることができる。

#### 【0049】

20

[0055] 図 4 は、一実施形態による例示用のビームスプリッタ 400 を示している。ビームスプリッタ 400 は、薄膜ビームスプリッタ 302 又はビームスプリッティング要素 202 を表しうる。ビームスプリッタ 400 は、層 402 - 1 として識別されている最下層及び層 402 - n として識別されている最上層を有する複数の層を含む。層 402 - 1 ~ 402 - n のうちのそれぞれのものの厚さ及び屈折率は、ビームスプリッタ 400 の光学プロパティを提供するように、選択されている。一実施形態によれば、ビームスプリッタ 400 は、大きな且つ小さな屈折率の交互に変化する材料の層を含む。一実施形態によれば、ビームスプリッタ 302 は、50 ~ 500 個の層を含んでおり、それぞれの層は、約 50 nm ~ 約 100 nm の範囲の厚さを有する。それぞれの層 402 - 1 ~ 402 - n に使用される例示用の材料は、二酸化チタニウム ( $\text{TiO}_2$ )、五酸化タンタル ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )、及び二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) を含む。

30

#### 【0050】

[0056] 一実施形態によれば、層 402 - 1 ~ 402 - n のうちのそれぞれのものの屈折率及び厚さは、ビームスプリッタ 400 が、約 500 nm 超の波長を有する光 (例えば、赤色及び緑色波長範囲内の光) を反射しつつ、約 490 nm 未満の波長を有する光 (例えば、青色波長範囲内の光) を透過するようにするべく、選択されている。

#### 【0051】

[0057] 図 5 は、照明装置の例示用の製造方法 500 を示している。方法 500 は、電子装置を製造する相対的に大きなプロセスの一部として実行することができる。方法 500 は、すべてを網羅することを意図したものではなく、且つ、本発明の範囲又は精神を逸脱することなしに、その他のステップを実行することができる。更には、方法 500 の様々なステップは、図示ものとは異なる順序において実行することもできる。

40

#### 【0052】

[0058] ステップ 502 において、マイクロ LED が基材上において形成されている。基材は、半導体基材であってよい。基材は、曲がりやすいものであってよい。マイクロ LED は、それぞれのマイクロ LED ピクセルが約  $1\ \mu\text{m}$  ~  $10\ \mu\text{m}$  の最大寸法を有する状態において、アレイとして形成することができる。

#### 【0053】

[0059] ステップ 504 において、ビームスプリッタがマイクロ LED の上方において配設されている。ビームスプリッタは、複数の膜層を有する、ラミネート複合体又は押出

50

し加工されたポリマー材料などの、別個の要素であってもよく、或いは、ビームスプリッタは、マイクロLEDの上方における、順番に堆積された層の積層体であってもよい。層は、ALD、CVD、及びスパッタリングなどの、様々な技法を使用することにより、堆積することができる。

#### 【0054】

[0060] ステップ506において、量子ドットの層がビームスプリッタの上方において配設されている。量子ドットの層は、更に詳細に後述する量子ドット強化膜(QDEF: Quantum Dot Enhancement Film)として提供することができる。量子ドットの層は、別個の要素として提供されてもよく、或いは、ビームスプリッタの上方の堆積された層であってもよい。例えば、QDは、アミノシリコン液中において懸濁させることもできると共に、ビームスプリッタの上方においてスピンコーティング又は成形することもできる。QDを懸濁させるべく使用されうる更なる材料については、更に詳しく後述する。

10

#### 【0055】

QD構造の例示用の実施形態

[0061] 以下において提供されているのは、単一のQDの例示用の構造の説明である。このようなQDは、QD膜106内において使用することができる。

#### 【0056】

[0062] 図6は、一実施形態による、バリア層によって被覆されたQD600の断面構造を示している。バリア層によって被覆されたQD600は、QD601と、バリア層606と、を含む。QD601は、コア602と、シェル604と、を含む。コア602は、相対的に大きなエネルギーを吸収した際に光を放出する半導体材料を含む。コア602用の半導体材料の例は、リン化インジウム(InP)、セレン化カドミウム(CdSe)、硫化亜鉛(ZnS)、硫化鉛(PbS)、ヒ化インジウム(InAs)、リン化インジウムガリウム(InGaP)、セレン化カドミウム亜鉛(CdZnSe)、セレン化亜鉛(ZnSe)、及びテルル化カドミウム(CdTe)を含む。直接バンドギャップを有する任意のその他のII-VIの、III-Vの、三元の、又は四元の、半導体構造も、同様に使用することができる。又、一実施形態においては、コア602は、いくつかの例を提供すれば、金属や合金などの1つ又は複数のドーパントを含むこともできる。金属ドーパントの例は、限定を伴うことなしに、亜鉛(Zn)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)、白金(Pt)、クロム(Cr)、タングステン(W)、パラジウム(Pd)、又はこれらの組合せを含みうる。コア602内における1つ又は複数のドーパントの存在は、ドーピングされていないQDとの比較において、QD601の構造的且つ光学的な安定性及び量子収量(QY)を改善することができる。

20

30

#### 【0057】

[0063] 一実施形態によれば、コア602は、直径において20nm未満のサイズを有することができる。別の実施形態においては、コア602は、直径において、約1nm~約5nmのサイズを有することができる。ナノメートルの範囲において、コア602のサイズと、結果的に、QD601のサイズと、を適合させる能力は、光スペクトルの全体における光放出カバレッジを可能にしている。一般に、相対的に大きなQDは、スペクトルの赤色端部に向かう光を放出する一方で、相対的に小さなQDは、スペクトルの青色端部に向かう光を放出する。この効果は、大きなQDが、小さなQDよりも、近接した状態で離隔したエネルギーレベルを有することに伴って、生じるものである。この結果、QDは、相対的に乏しいエネルギーを含む光子、即ち、スペクトルの赤色端部に相対的に近接したものの、を吸収することができる。

40

#### 【0058】

[0064] シェル604は、コア602を取り囲んでおり、且つ、コア602の外側表面上に配設されている。シェル604は、硫化カドミウム(CdS)、硫化亜鉛カドミウム(ZnCdS)、硫化セレン化亜鉛(ZnSeS)、セレン化亜鉛(ZnSe)、及び硫化亜鉛(ZnS)を含みうる。一実施形態においては、シェル604は、例えば、1つ又は複数の単分子層の厚さを有することができる。その他の実施形態においては、シェル6

50

04は、約1nm～約5nmの厚さを有することができる。シェル604は、コア602との間における格子不整合の低減を支援するべく、且つ、QD601のQYを改善するべく、利用することができる。又、シェル604は、QD601のQYを増大させるべく、コア602上の、ダングリングボンドなどの、表面トラップ状態のパッシベーション及び除去を支援することもできる。表面トラップ状態の存在は、非放射再結合の中心を提供する場合がある共に、QD601の放出効率の引き下げに寄与する場合がある。

#### 【0059】

[0065] 代替実施形態においては、QD601は、本発明の精神及び範囲を逸脱することなしに、シェル604上において配設された第2シェル、或いは、コア602を取り囲む3つ以上の数のシェル、を含みうる。一実施形態においては、第2シェルは、2つの単分子層の厚さのレベルであってもよく、且つ、通常は、必須ではないが、これも、半導体材料である。第2シェルは、コア602に対して保護を提供することができる。第2シェル材料は、硫化亜鉛(ZnS)又はセレン化亜鉛(ZnSe)であってもよいが、本発明の範囲又は精神を逸脱することなしに、その他の材料も、同様に使用することができる。

#### 【0060】

[0066] バリア層606は、QD601上において被覆を形成するように構成されている。一実施形態においては、バリア層606は、シェル604の外側表面上において配設されており、且つ、これとの実質的な接触状態にある。1つ又は複数のシェルを有するQD601の実施形態においては、バリア層606は、QD601の最外側シェル上に配設することができる。例示用の一実施形態においては、バリア層606は、QD601と、例えば、複数のQDを有する溶液、組成、及び/又は膜中の、1つ又は複数のQDの間におけるスペーサとして機能するように構成されており、この場合に、複数のQDは、QD601及び/又はバリア層によって被覆されたQD600に類似したものであってよい。このようなQD溶液、QD組成、及び/又はQD膜中において、バリア層606は、隣接するQDとの間におけるQD601の凝集の防止を支援することができる。隣接するQDとの間におけるQD601の凝集は、QD601のサイズの増大と、QD601を含む凝集したQD(図示されてはいない)の光放出プロパティにおける、結果としての低減又はクエンチングと、をもたらす。上述のように、QDの光学特性は、サイズに依存しており、且つ、従って、凝集に起因したQDサイズの増大は、クエンチング現象をもたらす。又、バリア層606は、QD601が、QD溶液、QD組成、及び/又はQD膜中のその他のQDからの光放出を再吸収することを防止することもできると共に、従って、これらのQD溶液、QD組成、及び/又はQD膜のQYを改善することもできる。更なる実施形態においては、バリア層606は、QD601の構造及び光学プロパティに悪影響を及ぼしうる、例えば、湿気、空気、及び/又は過酷な環境(例えば、QDのリソグラフ処理の際及び/又はQDに基づいた装置に使用される製造プロセスの際の高温及び化学物質)からのQD601に対する保護を提供している。

#### 【0061】

[0067] バリア層606は、非晶質であり、光学的に透明であり、及び/又は、電氣的に非活性である、1つ又は複数の材料を含む。適切なバリア層は、限定を伴うことなしに、無機酸化物及び/又は窒化物などの、無機材料を含む。バリア層606用の材料の例は、様々な実施形態によれば、Al、Ba、Ca、Mg、Ni、Si、Ti、又はZrの酸化物及び/又は窒化物を含む。バリア層606は、様々な実施形態において約8nm～約15nmの範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態においては、バリア層606の厚さは、例えば、溶液、組成、及び/又は膜中の2つの隣接するQD600の中心間距離が、共振エネルギー伝達及び/又は隣接するQD600の間の光放出の再吸収を低減又は実質的に除去するべく、且つ、その結果、隣接するQD600のQYを改善するべく、フォスター半径(当技術分野においては、フォスター距離とも呼称される)以上となるような、最小値を有することができる。いくつかの実施形態においては、バリア層606の厚さは、約8nm～約15nmという最小値を有することができる。

#### 【0062】

[0068] フォスター半径は、2つの隣接するQ Dの間における共振エネルギー伝達効率が約50%である、Q D 600などの、これら2つの隣接したQ Dの間の中心間距離を意味する。フォスター半径を上回る2つの隣接するQ Dの間の中心間距離を有することにより、共振エネルギー伝達効率を減少させることができると共に、隣接するQ Dの光放出プロパティ及びQ Yを改善することができる。共振エネルギー伝達のプロセスは、電子的に励起された状態にある1つのQ Dがその励起エネルギーを近傍の又は隣接したQ Dに伝達した際に、発生する。共振エネルギー伝達プロセスは、非放射量子機械プロセスである。従って、共振エネルギー伝達が1つのQ Dから発生した際には、その1つのQ Dの光放出プロパティがクエンチングされる場合があり、且つ、その1つのQ DのQ Yに対して悪影響が及ぶ場合がある。

10

#### 【0063】

[0069] 図6に示されているように、バリア層によって被覆されたQ D 600は、一実施形態によれば、これに加えて、又は任意選択により、複数のリガンド又は界面活性剤608を含むこともできる。一実施形態によれば、リガンド又は界面活性剤608は、バリア層606の外側表面上などの、バリア層によって被覆されたQ D 600の外側表面に吸収又は結合することができる。複数のリガンド又は界面活性剤608は、親水性の又は有極性のヘッド608aと、疎水性の又は無極性のテール608bと、を含むことができる。親水性の又は有極性のヘッド608aは、バリア層606に結合することができる。リガンド又は界面活性剤608の存在は、その形成の際に、Q D 600及び/又はQ D 601を、例えば、溶液、組成、及び/又は膜中のその他のQ Dから分離することを支援することができる。Q Dが、その形成の際に、凝集することが許容されている場合には、Q D 600及び/又はQ D 601などのQ Dの量子効率が低下する場合があり、且つ、これらのQ Dの光放出プロパティをクエンチングする場合がある。又、リガンド又は界面活性剤608は、無極性の溶剤中における混和性を提供するべく、或いは、その他の化合物が結合するための反応サイト（例えば、逆ミセル系）を提供するべく、疎水性などの、特定のプロパティをバリア層によって被覆されたQ D 600に付与するために、使用することもできる。

20

#### 【0064】

[0070] リガンド608として使用されうる、様々なリガンドが存在している。いくつかの実施形態においては、リガンドは、ラウリン酸、カプロン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、及びオレイン酸から選択された脂肪酸である。いくつかの実施形態においては、リガンドは、有機ホスフィンであるか、或いは、トリオクチルホスフィン酸化物（T O P O）、トリオクチルホスフィン（T O P）、ジフェニルホスフィン（D P P）、トリフェニルホスフィン酸化物、及びトリブチルホスフィン酸化物から選択された、有機ホスフィン酸化物である。いくつかの実施形態においては、リガンドは、ドデシルアミン、オレイルアミン、ヘキサデシルアミン、及びオクタデシルアミンから選択されたアミンである。いくつかの実施形態においては、リガンドは、トリオクチルホスフィン（T O P）である。いくつかの実施形態においては、リガンドは、オレイルアミンである。いくつかの実施形態においては、リガンドは、ジフェニルホスフィンである。

30

#### 【0065】

[0071] 界面活性剤608として使用されうる、様々な界面活性剤が存在している。非イオン界面活性剤を界面活性剤608として使用することができる。非イオン界面活性剤のいくつかの例は、ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル（商品名IGEPAL CO-520）、IGEPAL CO-630、IGEPAL CA-630、及びArkopal N100を含む。

40

#### 【0066】

[0072] いくつかの実施形態においては、Q D 601及び/又は600は、赤色、オレンジ色、及び/又は黄色範囲内の光を放出するべく、合成することができる。いくつかの実施形態においては、Q D 601及び/又は600は、緑色及び/又は黄色範囲内の光を放出するべく、合成することができる。いくつかの実施形態においては、Q D 601及び/又は600は、青色、インディゴ、紫色、及び/又は紫外範囲内の光を放出するべく、

50

合成することができる。いくつかの実施形態においては、Q D 6 0 1 及び / 又は 6 0 0 は、約 6 0 5 n m ~ 約 6 5 0 n m の、約 5 1 0 n m ~ 約 5 5 0 n m の、或いは、約 3 0 0 n m ~ 約 4 8 0 n m の、プライマリ放出ピーク波長を有するように、合成することができる。  
【 0 0 6 7 】

[0073] Q D 6 0 1 及び / 又は 6 0 0 は、大きな Q Y を表すように、合成することができる。いくつかの実施形態においては、Q D 6 0 1 及び / 又は 6 0 0 は、8 0 % ~ 9 5 % の、或いは、8 5 % ~ 9 0 % の、Q Y を表すように、合成することができる。

【 0 0 6 8 】

[0074] 従って、様々な実施形態によれば、Q D 6 0 0 は、Q D 6 0 1 上のバリア層 6 0 6 の存在が、Q D 6 0 1 の光放出プロパティを実質的に変更又はクエンチングしないように、合成することができる。

【 0 0 6 9 】

[0075] Q D の Q Y は、以下の式に基づいて、基準として有機色素（例えば、5 4 0 n m の励起波長においては、赤色放出 Q D 6 0 1 及び / 又は 6 0 0 用の基準としてローダミン 6 4 0、4 4 0 n m の励起波長においては、緑色放出 Q D 6 0 1 及び / 又は 6 0 0 用の基準として蛍光色素、3 5 5 n m の励起波長においては、青色放出 Q D 6 0 1 及び / 又は 6 0 0 用の基準としてジフェニルアントラセン）を使用することにより、算出することができる。

【数 1】

$$\Phi_x = \Phi_{ST} \left( \frac{\text{Grad}_x}{\text{Grad}_{ST}} \right) \left( \frac{\eta_x^2}{\eta_{ST}^2} \right)$$

【 0 0 7 0 】

添え字 S T 及び X は、それぞれ、標準（基準色素）及びコア / シェル Q D 溶液（試験サンプル）を表記している。x は、コア / シェル Q D の量子収量であり、且つ、s t は、基準色素の量子収量である。G r a d = ( I / A ) であり、この場合に、I は、放出ピークの下方のエリアであり（波長スケール）、A は、励起波長における吸収率である。は、溶剤中の基準色素又はコア / シェル Q D の屈折率である。例えば、Williams et al. ( 1983) “ Relative fluorescence quantum yields using a computer controlled luminescence spectrometer ” Analyst 108:1067を参照されたい。Williams et al.において列挙されている参考文献は、緑色及び赤色放出 Q D 用のものである。

【 0 0 7 1 】

例示用の量子ドット強化膜

[0076] 図 7 は、量子ドット強化膜（Q D E F）7 0 0 の一例を示している。Q D E F 7 0 0 は、Q D 膜 1 0 6 の一例である。量子ドット強化膜 7 0 0 は、下部層 7 0 4 と、上部層 7 0 6 と、これらの間に挟持された量子ドット層 7 0 2 と、を含む。

【 0 0 7 2 】

[0077] 下部層 7 0 4 及び上部層 7 0 6 は、可視波長（例えば、4 0 0 ~ 7 0 0 n m）にとっては、実質的に透明である、様々な材料であってよい。例えば、下部層 7 0 4 及び上部層 7 0 6 は、ガラス又はポリエチレンテレフタレート（P E T）であってよい。又、下部層 7 0 4 及び上部層 7 0 6 は、酸化アルミニウムによって被覆されたポリエステルによるものであってもよい。低酸素透過率と、量子ドット層 7 0 2 内においてトラップされた量子ドットによって放出される波長における低吸収と、を有するその他のポリマーも、同様に使用することができる。下部層 7 0 4 及び上部層 7 0 6 が同一の材料から構成されることは、必須ではない。

【 0 0 7 3 】

[0078] 量子ドット層 7 0 2 は、接着材料中において複数の量子ドットを含む。一実施

形態によれば、量子ドット層 702 は、約 50 ~ 150 マイクロメートル (μm) の厚さを有し、且つ、光ダウンコンバージョン層として使用されている。量子ドット層 702 は、約 100 μm の厚さを有することができる。接着材料は、下部層 704 及び上部層 706 の両方に結合することにより、サンドイッチ様の構造を 1 つに保持している。

【0074】

[0079] 一実施形態においては、複数の量子ドットは、緑色及び赤色可視波長スペクトルのうちの少なくとも 1 つを放出するサイズを含む。量子ドットは、量子ドット層 702 内において、環境の影響から保護されており、且つ、クエンチングを回避するべく、相互に分離した状態において維持されている。量子ドットは、励起状態反応、エネルギー伝達、錯体形成、及び衝突クエンチングのようなクエンチングプロセスが発生しないように、十分な距離だけ、空間的に分離させることができる。

10

【0075】

[0080] 一例においては、量子ドットは、アミノシリコン液中において混合され、且つ、量子ドット層 702 を形成するべく被覆されるエポキシ樹脂内に乳状化されている。量子ドット層 702 内において使用されるその他の例示用の材料は、アクリレート、エポキシ、アクリル化エポキシ、エチレン - ビニルアセテート、チオール - エン、ポリウレタン、ポリエーテル、ポリオール、及びポリエステルを含む。量子ドット強化膜の製造及び動作に関する更なる詳細については、米国特許第 9, 199, 842 号において見出すことができ、この特許文献の開示内容は、引用により、本明細書に包含される。

【0076】

20

[0081] 「概要 (SUMMARY)」及び「要約書」の節ではなく、「発明を実施するための形態」の節は、請求項を解釈するべく、使用されることを意図していることを理解されたい。「概要」及び「要約書」の節は、本発明者によって想起される、1 つ又は複数の、但し、すべてではない、本発明の例示用の実施形態を記述している場合があり、従って、決して、本発明及び添付の請求項の限定を意図したものではない。

【0077】

[0082] 以上、規定された機能及びその関係の実装を示す機能構築ブロックの支援により、本発明について説明した。これらの機能構築ブロックの境界は、本明細書においては、説明の利便を目的として、任意に定義されている。規定された機能及びその関係が適切に実行される限り、代替境界を定義することができる。

30

【0078】

[0083] 特定の実施形態に関する以上の説明は、その他の者が、当技術分野の技術に関する知識を適用することにより、本発明の一般的な概念から逸脱することなしに、過度な実験を伴うことなしに、様々な用途について、これらの特定の実施形態を容易に変更及び / 又は適合しうるように、本発明の一般的な特徴について十分に明かすことになる。従って、このような適合及び変更も、本明細書において提示されている教示内容及びガイダンスに基づいて、開示されている実施形態の均等物の意味及び範囲内に含まれることが意図されている。本明細書におけるフレーズ又は用語は、本明細書の用語又はフレーズが、教示内容及びガイダンスの観点において、当業者によって解釈されるように、限定ではなく、説明を目的としていることを理解されたい。

40

【0079】

[0084] 本発明の広さ及び範囲は、上述の例示用の実施形態のいずれによっても限定されるものではなく、添付の請求項及びその均等物によってのみ、定義されるものである。

【図面】

【図 1】

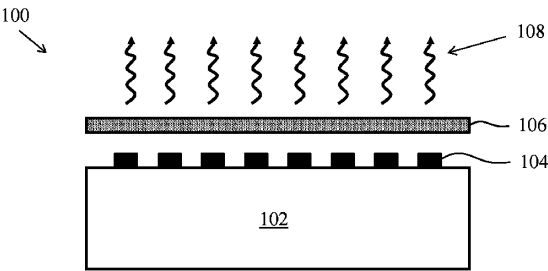


FIG. 1

【図 2】

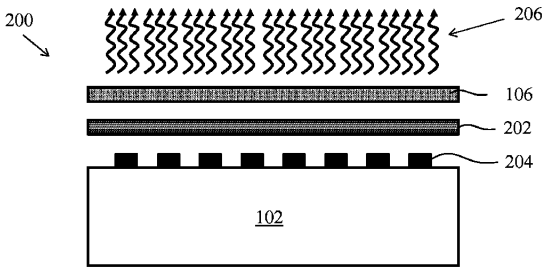


FIG. 2

【図 3】

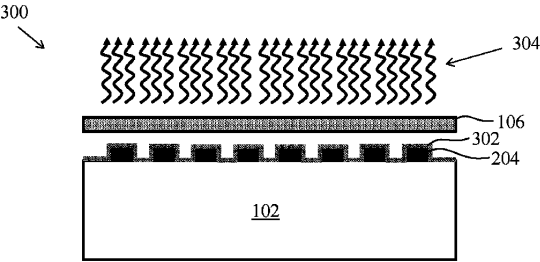


FIG. 3

【図 4】

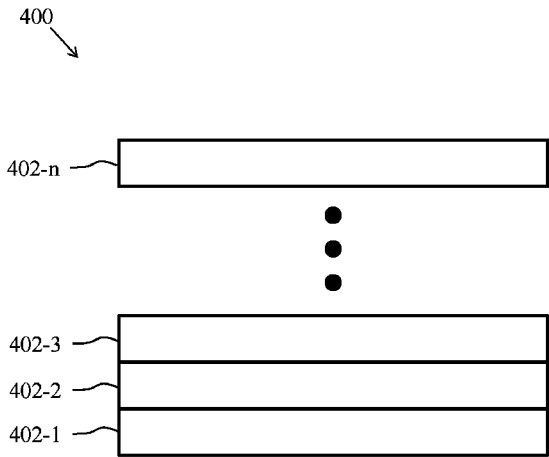


FIG. 4

10

20

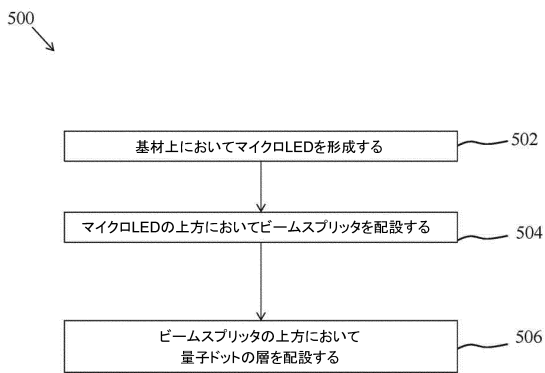
30

40

50



【 図 5 】



【 図 6 】

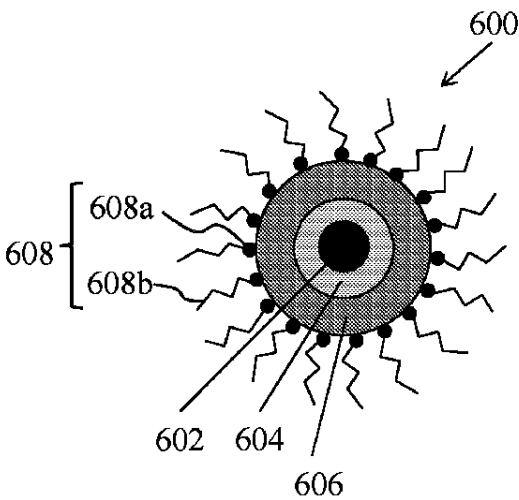


FIG. 6

【 図 7 】

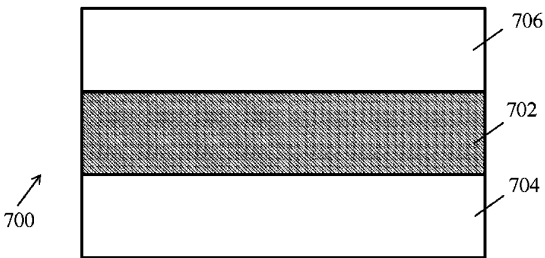


FIG. 7

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I		
<b>G 0 2 B</b> <b>5/20 (2006.01)</b>	F 2 1 V	9/00	1 0 0
<b>C 0 9 K</b> <b>11/00 (2006.01)</b>	F 2 1 S	2/00	2 5 0
F 2 1 Y 115/10 (2016.01)	G 0 2 B	5/20	
F 2 1 Y 105/10 (2016.01)	C 0 9 K	11/00	A
F 2 1 Y 107/70 (2016.01)	F 2 1 Y	115:10	
	F 2 1 Y	105:10	
	F 2 1 Y	107:70	

## (33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

弁理士 内藤 和彦

## (72)発明者 リー,アーネスト シー.

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 5 0 3 5 , ミルピタス, エス. ヒルビュー ドライブ 2 3  
3 , ナノシス・インク. 内

審査官 山崎 晶

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 6 / 1 8 6 1 5 8 ( W O , A 1 )  
米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 0 3 4 4 0 ( U S , A 1 )  
特開 2 0 0 9 - 1 0 5 3 7 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 9 - 1 4 0 8 2 2 ( J P , A )

## (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

F 2 1 S    2 / 0 0  
H 0 1 L    3 3 / 5 0  
F 2 1 V    9 / 3 8  
F 2 1 V    9 / 2 0  
F 2 1 V    9 / 0 0  
G 0 2 B    5 / 2 0  
C 0 9 K    1 1 / 0 0  
F 2 1 Y    1 1 5 / 1 0  
F 2 1 Y    1 0 5 / 1 0  
F 2 1 Y    1 0 7 / 7 0