

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-501530

(P2017-501530A)

(43) 公表日 平成29年1月12日 (2017.1.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 2 1 S 2/00 (2016.01)	F 2 1 S 2/00 4 3 1	2 H 3 9 1
F 2 1 V 9/16 (2006.01)	F 2 1 S 2/00 4 4 1	3 K 2 4 4
G O 2 F 1/13357 (2006.01)	F 2 1 V 9/16 1 0 0	4 H 0 0 1
C O 9 K 11/08 (2006.01)	G O 2 F 1/13357	5 F 1 4 2
C O 9 K 11/88 (2006.01)	C O 9 K 11/08 D	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-521939 (P2016-521939)
 (86) (22) 出願日 平成26年10月16日 (2014.10.16)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年5月23日 (2016.5.23)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/060840
 (87) 国際公開番号 W02015/057930
 (87) 国際公開日 平成27年4月23日 (2015.4.23)
 (31) 優先権主張番号 61/892,027
 (32) 優先日 平成25年10月17日 (2013.10.17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 505082822
 ナノシス・インク.
 アメリカ合衆国95035カリフォルニア
 州 ミルピタス、エス・ヒルビュー・ドラ
 イブ233
 233 S. Hillview Driv
 e Milpitas, CA 95035
 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

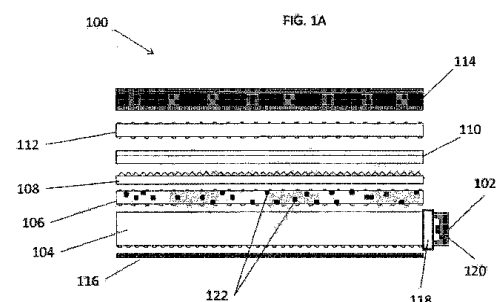
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード (LED) デバイス

(57) 【要約】

本明細書では、発光ダイオード (LED)、好適には青色光LEDを備え、光パワー出力の増加を実証するディスプレイ・システムが開示される。実施形態において、前記ディスプレイ・システムは、発光ナノ結晶を含む蛍光体を備える組成物を含む。

【選択図】 図1A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

a) 1つ以上の青色発光ダイオード (LED) と、
b) 前記青色 LED に光学的に結合された導光板と、
c) ディスプレイと、
d) 複数の蛍光体を備える組成物であって、前記導光板と前記ディスプレイとの間に配向された組成物と、
を備え、
前記導光板が前記青色 LED に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、光パワー出力の増加を示す、
ディスプレイ・システム。

10

【請求項 2】

前記導光板は、テープ又は接着剤を用いて前記青色 LED に光学的に結合される、請求項 1 に記載のディスプレイ・システム。

【請求項 3】

前記導光板は、前記 LED から突出したカプセル剤を介して前記青色 LED に光学的に結合される、請求項 1 に記載のディスプレイ・システム。

【請求項 4】

前記蛍光体は、YAG 蛍光体、ケイ酸塩蛍光体、ガーネット蛍光体、アルミン酸塩蛍光体、窒化物蛍光体、NYAG 蛍光体、SiAlON 蛍光体、及び CASN 蛍光体である、
請求項 1 に記載のディスプレイ・システム。

20

【請求項 5】

前記蛍光体は発光ナノ結晶である、請求項 1 に記載のディスプレイ・システム。

【請求項 6】

前記発光ナノ結晶は CdSe 又は ZnS を含む、請求項 5 に記載のディスプレイ・システム。

【請求項 7】

前記発光ナノ結晶は、CdSe/ZnS、InP/ZnS、InP/ZnSe、PbSe/PbS、CdSe/CdS、CdTe/CdS、又は CdTe/ZnS を含む、請求項 5 に記載のディスプレイ・システム。

30

【請求項 8】

前記組成物はフィルムである、請求項 1 に記載のディスプレイ・システム。

【請求項 9】

前記ディスプレイは液晶モジュールである、請求項 1 に記載のディスプレイ・システム。

【請求項 10】

前記システムは 1 つ以上の拡散器、1 つ以上の輝度向上フィルム (BEF)、及び反射体を更に備える、請求項 1 に記載のディスプレイ・システム。

【請求項 11】

前記ディスプレイ・システムは、前記導光板が前記青色 LED に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも 10 % の光パワー出力の増加を示す、請求項 1 に記載のディスプレイ・システム。

40

【請求項 12】

a) 1つ以上の青色発光ダイオード (LED) と、
b) 前記青色 LED に光学的に結合された導光板と、
c) ディスプレイと、
d) 複数の蛍光体を備えるフィルムであって、前記組成物は前記導光板と前記ディスプレイとの間に配向されるフィルムと、
を備え、
前記導光板が前記青色 LED に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比

50

べて、少なくとも10%の光パワー出力の増加を示す、ディスプレイ・システム。

【請求項13】

前記導光板は、テープ又は接着剤を用いて前記青色LEDに光学的に結合される、請求項12に記載のディスプレイ・システム。

【請求項14】

前記導光板は、前記LEDから突出したカプセル剤を介して前記青色LEDに光学的に結合される、請求項12に記載のディスプレイ・システム。

【請求項15】

前記蛍光体は、YAG蛍光体、ケイ酸塩蛍光体、ガーネット蛍光体、アルミン酸塩蛍光体、窒化物蛍光体、NYAG蛍光体、SiAlON蛍光体、及びCASN蛍光体である、請求項12に記載のディスプレイ・システム。

10

【請求項16】

前記蛍光体は発光ナノ結晶である、請求項12に記載のディスプレイ・システム。

【請求項17】

前記発光ナノ結晶はCdSe又はZnSを含む、請求項16に記載のディスプレイ・システム。

【請求項18】

前記発光ナノ結晶は、CdSe/ZnS、InP/ZnS、InP/ZnSe、PbSe/PbS、CdSe/CdS、CdTe/CdS、又はCdTe/ZnSを含む、請求項16に記載のディスプレイ・システム。

20

【請求項19】

前記フィルムはポリマー・フィルムである、請求項12に記載のディスプレイ・システム。

【請求項20】

前記ディスプレイは液晶モジュールである、請求項12に記載のディスプレイ・システム。

【請求項21】

前記システムは1つ以上の拡散器、1つ以上の輝度向上フィルム(BEF)、及び反射体を更に備える、請求項12に記載のディスプレイ・システム。

30

【請求項22】

a) 1つ以上の青色発光ダイオード(LED)と、
b) 前記青色LEDに光学的に結合された導光板と、
c) 複数の蛍光体を備えるポリマー・フィルムであって、前記導光板の上方に配向されるポリマー・フィルムと、
d) 前記ポリマー・フィルムの上方に配向された1つ以上の輝度向上フィルム(BEF)と、
e) 前記BEFの上方に配向された頂部拡散器と、
f) 前記頂部拡散器の上方に配向された液晶モジュールと、
を備え、

40

前記導光板が前記青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも10%の光パワー出力の増加を示す、ディスプレイ・システム。

【請求項23】

前記導光板は、テープ又は接着剤を用いて前記青色LEDに光学的に結合される、請求項22に記載のディスプレイ・システム。

【請求項24】

前記導光板は、前記LEDから突出したカプセル剤を介して前記青色LEDに光学的に結合される、請求項22に記載のディスプレイ・システム。

【請求項25】

50

前記蛍光体は、YAG蛍光体、ケイ酸塩蛍光体、ガーネット蛍光体、アルミン酸塩蛍光体、窒化物蛍光体、NYAG蛍光体、SiAlON蛍光体、及びCASN蛍光体である、請求項22に記載のディスプレイ・システム。

【請求項26】

前記蛍光体は発光ナノ結晶である、請求項22に記載のディスプレイ・システム。

【請求項27】

前記発光ナノ結晶はCdSe又はZnSを含む、請求項26に記載のディスプレイ・システム。

【請求項28】

前記発光ナノ結晶は、CdSe/ZnS、InP/ZnS、InP/ZnSe、PbSe/PbS、CdSe/CdS、CdTe/CdS、又はCdTe/ZnSを含む、請求項26に記載のディスプレイ・システム。

【請求項29】

前記システムは、前記導光板の下方に配向された反射体を更に備える、請求項22に記載のディスプレイ・システム。

【請求項30】

ディスプレイ・システム内の青色LEDの光パワー出力を増加させる方法であって、前記青色LEDを前記ディスプレイ・システムの導光板に光学的に結合することを含む、方法。

【請求項31】

前記光結合は、テープ又は接着剤を用いて前記青色LEDを前記導光板に結合することを含む、請求項30に記載の方法。

【請求項32】

前記導光板は前記LEDから突出したカプセル剤を介して前記青色LEDに光学的に結合される、請求項30に記載の方法。

【請求項33】

前記方法は、前記導光に光学的に結合されている前記青色LEDを備えていないディスプレイ・システムに比べて、前記青色LEDの光パワー出力を少なくとも10%増加させる、請求項30に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本発明は、光パワー出力の増加を示す発光ダイオード(LED)、好適には青色LEDを備えるディスプレイ・システムに関する。実施形態において、ディスプレイ・システムは、発光ナノ結晶を含む蛍光体を備える組成物を含む。

【背景技術】

【0002】

[0002] 液晶ディスプレイ(LCD)バックライトにおいて、白色LEDは典型的に光源として利用される。一構成において、LEDはディスプレイのエッジ又は周縁の付近に配置構成される。このようなエッジライト型バックライトのケースにおいて、LEDから発せられる光はディスプレイ全体にわたって均一に白色光を分散させる導光板に入る。白色LEDパッケージ設計は、導光板内への高い抽出効率及びカップリング効率を可能にするように最適化されている。

【0003】

[0003] LCDバックライトは、しばしばYAG蛍光体などの蛍光体を利用する。従来これらの蛍光体はLEDパッケージ自体の内部に位置していた。発光ナノ結晶はよく、もはやLEDパッケージ内部に蛍光体が存在しないリモート蛍光体構成で使用される新しい代替クラスの蛍光体を表す。例えば発光ナノ結晶は、導光板の上に配置される軟質フィルム/シートに埋め込むことができる(例えば、その各々の開示の全体が参照により本明細書に組み込まれる、公開米国特許出願第2010/0110728号及び第2012/01

10

20

30

40

50

1 3 6 7 2 号を参照のこと)。他の例において発光ナノ結晶は例えば毛細管などの容器内にカプセル化され、これが L E D と導光板との間に配置される(例えば、公開米国特許出願第 2 0 1 0 / 0 1 1 0 7 2 8 号を参照のこと)。

【0004】

[0004] 導光板内への青色 L E D 光抽出効率及びカップリング効率は、ディスプレイ全体の効率において重要な役割を果たしている。青色光抽出効率は、現行の青色 L E D 設計では不十分である。これはカプセル化ポリマー／エア・インターフェースからの反射の結果である可能性が高い。大量の青色光がこのインターフェースから L E D の青色ダイ方向に逆反射し、次にこれが青色光を吸収する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

[0005] 本明細書では、この青色 L E D ベースのディスプレイ・デバイスに伴う欠陥を克服し、それによってこうしたデバイスの光パワー出力が増加する実施形態が開示される。

【課題を解決するための手段】

【0006】

[0006] 実施形態において、本出願は、好適には 1 つ以上の青色発光ダイオード (L E D)、青色 L E D に光学的に結合された導光板、ディスプレイ、及び複数の蛍光体を備える組成物を備える、ディスプレイ・システムを提供し、組成物は導光板とディスプレイとの間に配向される。好適にはディスプレイ・システムは、導光板が青色 L E D に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて光パワー出力の増加を示す。

【0007】

[0007] 実施形態において、導光板はテープ又は接着剤を用いて青色 L E D に光学的に結合される。実施形態において、導光板は L E D から突出したカプセル剤を介して青色 L E D に光学的に結合される。

【0008】

[0008] 好適には、蛍光体は Y A G 蛍光体、ケイ酸塩蛍光体、ガーネット蛍光体、アルミン酸塩蛍光体、窒化物蛍光体、N Y A G 蛍光体、S i A l O N 蛍光体、及び C A S N 蛍光体である。他の実施形態において、蛍光体は例えば C d S e / Z n S、I n P / Z n S、I n P / Z n S e、P b S e / P b S、C d S e / C d S、C d T e / C d S 又は C d T e / Z n S を備える発光ナノ結晶を含む、例えば C d S e 又は Z n S を含む発光ナノ結晶などの発光ナノ結晶である。

【0009】

[0009] 例示の実施形態において組成物はフィルムである。

【0010】

[0010] 好適にはディスプレイは液晶モジュールである。

【0011】

[0011] 追加の実施形態において、システムは 1 つ以上の拡散器、1 つ以上の輝度向上フィルム (B E F)、及び反射体を更に備える。

【0012】

[0012] 実施形態において、ディスプレイ・システムは導光板が青色 L E D に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも 1 0 % の光パワー出力の増加を示す。

【0013】

[0013] 好適には 1 つ以上の青色発光ダイオード (L E D)、青色 L E D に光学的に結合された導光板、ディスプレイ、及び複数の蛍光体を備えるフィルムを備えるディスプレイ・システムも提供し、組成物は導光板とディスプレイとの間に配向される。好適にはディスプレイ・システムは、導光板が青色 L E D に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも 1 0 % の光パワー出力の増加を示す。

【0014】

10

20

30

40

50

[00014] 本明細書では、発光ナノ結晶を含む好適な蛍光体としての光結合のための例示の方法を説明する。

【0015】

[00015] 好適には1つ以上の青色発光ダイオード（LED）、青色LEDに光学的に結合された導光板、複数の蛍光体を備えるポリマー・フィルムであって、導光板の上方に配向されたポリマー・フィルム、ポリマー・フィルムの上方に配向された1つ以上の輝度向上フィルム（BEF）、BEFの上方に配向された頂部拡散器、及び、頂部拡散器の上方に配向された液晶モジュールを備える、ディスプレイ・システムも提供する。好適には、ディスプレイ・システムは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも10%の光パワー出力の増加を示す。

10

【0016】

[00016] 本明細書では、発光ナノ結晶を含む好適な蛍光体としての光結合のための例示の方法を説明する。

【0017】

[00017] 青色LEDをディスプレイ・システムの導光板に光学的に結合することを含む、ディスプレイ・システム内の青色LEDの光パワー出力を増加させる方法も提供される。

【0018】

[00018] 方法の実施形態において、光結合は、テープ又は接着剤を用いて青色LEDを導光板に結合することを含む。方法の実施形態において、導光板はLEDから突出したカプセル剤を介して青色LEDに光学的に結合される。

20

【0019】

[00019] 好適には、方法は、導光板に光学的に結合されている青色LEDを備えていないディスプレイ・システムに比べて、青色LEDの光パワー出力を少なくとも10%増加させる。

【0020】

[00020] 実施形態の他の実施形態、特徴、及び利点、並びに様々な実施形態の構造及び動作を、添付の図面を参照しながら以下で詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1A】 [00021] 本明細書で説明する例示のディスプレイ・システムを示す。

30

【図1B】 [00022] 本明細書で説明する追加の例示のディスプレイ・システムを示す。

【図2A】 [00023] 青色LEDにおける光パワー出力の損失の原因及びLEDと導光板との間の光結合の効果を示す概略図である。

【図2B】 [00023] 青色LEDにおける光パワー出力の損失の原因及びLEDと導光板との間の光結合の効果を示す概略図である。

【図2C】 [00023] 青色LEDにおける光パワー出力の損失の原因及びLEDと導光板との間の光結合の効果を示す概略図である。

【図3A】 [00024] 青色及び白色のLEDに関するスペクトル・パワー密度の理論計算を示す図である。

40

【図3B】 [00024] 青色及び白色のLEDに関する積分スペクトル・パワー密度の理論計算を示す図である。

【図4A】 [00025] 異なるLED／光結合構成におけるバックライトのイメージを示す図である。

【図4B】 [00025] 異なるLED／光結合構成におけるバックライトのイメージを示す図である。

【図4C】 [00025] 異なるLED／光結合構成におけるバックライトのイメージを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

50

[00026] 本明細書で図示及び説明する特定の実装は例であり、いかなる場合にも出願の範囲を制限することは意図されないことを理解されたい。

【0023】

[00027] 本明細書で言及される公開された特許、特許出願、ウェブサイト、会社名、及び科学文献は、各々が参照により組み込まれるように具体的且つ個別に示された場合と同程度まで、それらの全体が参照により本明細書に組み込まれる。本明細書で引用される任意の参照と本明細書の特定の教示との間のいずれの矛盾も、後者を優先して解決されるものとする。同様に、単語又は言い回しの当分野で理解される定義と、本明細書で具体的に教示される単語又は言い回しとの間のいずれの矛盾も、後者を優先して解決されるものとする。

10

【0024】

[00028] 本明細書で使用される場合、単数形「a」、「an」、及び「the」は、内容が明確に規定していない限り、それらが言及している用語の複数形をも具体的に包含するものである。「約」という用語は、本明細書では、ほぼ、その辺りで、大体、又はおよそを意味するために使用される。任意の数値を言い表す場合、「約」は、示された値の $\pm 10\%$ の値を意味する（例えば「約100nm」は、90nmから110nmまでの両端の値を含む範囲のサイズを包含する）。

【0025】

[00029] 本明細書で使用される技術用語及び科学用語は、特に定義されていない限り本出願が関連する当業者によって一般的に理解される意味を有する。本明細書では、当業者に既知の様々な方法及び材料について言及している。

20

【0026】

発光ナノ結晶蛍光体

[00030] 本明細書では発光ナノ結晶を含むナノ結晶を備える様々な組成物を説明する。吸収特性、発光特性、及び屈折率特性を含む、発光ナノ結晶の様々な特性は、様々な適用例に対して調整及び調節することができる。本明細書で使用される場合、「ナノ結晶」という用語は実質的に単結晶のナノ構造を示す。ナノ結晶は約500nm未満であり、約1nm未満までの大きさの寸法を備える少なくとも1つの領域又は特徴的な寸法を有する。「ナノ結晶」、「ナノドット」、「ドット」、「量子ドット」、及び「QD」という用語は、当業者であれば同様の構造を表すものと容易に理解され、本明細書では互換的に使用される。本発明は、多結晶又は非晶質ナノ結晶の使用も包含する。本明細書で使用される場合、「ナノ結晶」という用語は「発光ナノ結晶」も包含する。本明細書で使用される場合、「発光ナノ結晶」という用語は、外部エネルギー源（好適には光）によって励起された時に発光するナノ結晶を意味する。

30

【0027】

[00031] ナノ結晶の材料特性はほぼ同質であり得るか、又はある実施形態では異質であり得る。ナノ結晶の光学特性は、それらの粒子サイズ、化学又は表面組成によって決定可能である。約1nmから約15nmの間の範囲で発光ナノ結晶サイズを調整する機能によって、光学スペクトル全体における光子放出カバレッジは演色に多大な多様性を与えることができる。粒子カプセル化は、化学及びUVの劣化エージェントに対する頑強性を与える。

40

【0028】

[00032] 本明細書で説明する実施形態で使用するための発光ナノ結晶を含むナノ結晶は、当業者に既知の任意の方法を使用して製造可能である。好適な方法及び例示のナノ結晶は、米国特許第7,374,807号、2004年3月10日出願の米国特許出願第10/796,832号、米国特許第6,949,206号、及び2004年6月8日出願の米国仮特許出願第60/578,236号に開示されており、その各々の開示の全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0029】

[00033] 本明細書で説明する実施形態で使用するための発光ナノ結晶は、無機材料、及

50

びより好適には無機導電材料又は半導電材料を含む、任意の好適な材料から製造可能である。好適な半導体材料は、米国特許出願第10/796,832号に開示されたものを含み、II~VI族、III~V族、IV~VI族、及びIV族の半導体を含む任意の種類の半導体を含む。好適な半導体材料は、Si、Ge、Sn、Se、Te、B、C（ダイヤモンドを含む）、P、BN、BP、BAs、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InN、InP、InAs、InSb、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、HgS、HgSe、HgTe、BeS、BeSe、BeTe、MgS、MgSe、GeS、GeSe、GeTe、SnS、SnSe、SnTe、PbO、PbS、PbSe、PbTe、CuF、CuCl、CuBr、CuI、Si₃N₄、Ge₃N₄、Al₂O₃、(Al、Ga、In)₂(S、Se、Te)₃、Al₂CO及びこうした半導体のうちの2つ以上の適切な組み合わせを含むが、限定されない。

【0030】

[00034] ある実施形態において、ナノ結晶はp型ドーパント又はn型ドーパントからなるグループからのドーパントを備えることができる。本明細書において有用なナノ結晶は、II~VI又はIII~Vの半導体を備えることもできる。II~VI又はIII~Vの半導体ナノ結晶の例は、周期表のZn、Cd、及びHgなどのII族からの元素と、S、Se、Te、及びPoなどのVI族からの任意の元素との任意の組み合わせ、並びに、周期表のB、Al、Ga、In、及びTlなどのIII族からの元素と、N、P、As、Sb、及びBiなどのV族からの任意の元素との任意の組み合わせを含む。

【0031】

[00035] 本明細書で説明する実施形態において有用な発光ナノ結晶を含むナノ結晶は、それらの表面に共役、連携、関連付け、又は付着されたリガンドを更に備えることもできる。好適なリガンドは、2000年2月4日出願の米国特許出願第12/79,813号、2008年3月19日出願の米国特許出願第12/076,530号、2009年10月30日出願の米国特許出願第12/609,736号、2005年12月9日出願の米国特許出願第11/299,299号、米国特許第7,645,397号、米国特許第7,374,807号、米国特許第6,949,206号、米国特許第7,572,393号、及び米国特許第7,267,875号に開示されたものを含む、当業者に知られた任意のグループを含み、その各々の開示は参照により本明細書に組み込まれている。こうしたリガンドの使用により、ポリマーを含む様々な溶媒及びマトリクスにナノ結晶を組み込む能力を強化させることができる。様々な溶媒及びマトリクス中でのナノ結晶の混和性（即ち、分離せずに混合される能力）が向上することによってポリマー組成物全体に分散させることが可能であり、結果としてナノ結晶が互いに凝集せず、従って光を散乱させないことになる。こうしたリガンドを、本明細書では「混和性強化」リガンドと呼ぶ。

【0032】

[00036] ある実施形態において、マトリクス材料中に分散又は組み込まれたナノ結晶を備える組成物が提供される。好適なマトリクス材料は、ポリマー材料、有機及び無機酸化物を含む、当業者に知られた任意の材料とすることができる。本明細書で説明する組成物は、層、カプセル剤、コーティング、シート、又はフィルムとすることができる。層、ポリマー層、マトリクス、シート、又はフィルムに言及している本明細書で説明する実施形態において、これらの用語は互換的に使用され、そのように説明される実施形態は任意の1つのタイプの組成物に限定されず、本明細書で説明するか又は当分野で既知の任意のマトリクス材料又は層を包含するものであることを理解されたい。

【0033】

[00037] （例えば米国特許第7,374,807号に開示されたような）ダウンコンバーティング・ナノ結晶は、特定の波長の光を吸収した後、第2の波長で発光するように調整された発光ナノ結晶の発光特性を利用し、それによってアクティブなソース（例えばLED）の性能及び効率を強化させる。

【0034】

[00038] 当業者に既知の任意の方法を使用してナノ結晶（発光ナノ結晶）を作成することが可能であるが、好適には、無機ナノ材料蛍光体の被制御成長のための液相コロイド法が使用される。開示全体が参照により本明細書に組み込まれる Alivisatos, A. P. 「Semiconductor clusters, nanocrystals, and quantum dots」Science 271:933 (1996); X. Peng, M. Schlamp, A. Kadavanich, A. P. Alivisatos 「Epitaxial growth of highly luminescent CdSe/CdS Core/Shell nanocrystals with photostability and electronic accessibility」J. Am. Chem. Soc. 30:7019-7029 (1997) 及び C. B. Murray, D. J. Norris, M. G. Bawendi 「Synthesis and characterization of nearly monodisperse CdE (E=sulfur, selenium, tellurium) semiconductor nanocrystallites」J. Am. Chem. Soc. 115:8706 (1993) を参照されたい。この製造処理技術は、クリーン・ルーム及び高価な製造機器を必要としない低コストの処理性を活用する。これらの方法において、高温で熱分解される金属前駆体は、有機界面活性剤分子の高温溶液内に急速に注入される。これらの前駆体は温度の上昇で分解し、ナノ結晶の核形成に反応する。この初期の核形成相の後、成長する結晶にモノマーを付加することによって成長段階が開始される。その結果、それらの表面をコーティングする有機界面活性剤分子を有する、溶液中の独立した結晶ナノ粒子となる。

10

20

【0035】

[00039] この手法を利用すると、何秒間かの初期の核形成イベントとして合成が発生し、続いて数分間の温度の上昇で結晶が成長する。温度、存在する界面活性剤の種類、前駆体材料、及び界面活性剤対モノマーの比率などのパラメータは、反応の性質及び進行を変化させるように修正することができる。温度は、核形成イベントの構造相、前駆体の分解速度、成長速度を制御する。有機界面活性剤分子は、溶解性及びナノ結晶の形状制御の両方を介在する。界面活性剤対モノマー、界面活性剤相互間、モノマー相互間、及びモノマーの個々の濃度の比率は、成長の速度論に大きく影響する。

30

【0036】

[00040] 好適な実施形態において CdSe は一例で、この材料の合成の相対的な成熟度により可視光のダウンコンバートに対するナノ結晶材料として使用される。一般的な界面化学の使用によりカドミウム非含有ナノ結晶を置換することも可能である。

【0037】

コア／シェル発光ナノ結晶

[00041] 半導体ナノ結晶において、光誘起発光はナノ結晶のバンド端状態から生じる。発光ナノ結晶からのバンド端発光は、表面電子状態から発生する放射及び非放射減衰チャネルと競合する。X. Peng 等の J. Am. Chem. Soc. 30:7019-7029 (1997)。結果として、懸垂ボンドなどの表面欠陥の存在が非放射再結合中心を提供し、発光効率の低下に寄与している。表面トラップ状態を不動態化及び除去するための効率的かつ永続的な方法は、ナノ結晶の表面上に無機シェル材料をエピタキシャルに成長させることである。X. Peng 等の J. Am. Chem. Soc. 30:7019-7029 (1997)。シェル材料は、電子レベルがコア材料に関して I 型であるように（例えば、コアに対して電子及びホールを定位させる潜在的なステップを提供するためのより大きなバンドギャップを用いて）選択することができる。結果として非放射再結合の可能性を低下させることができる。

40

【0038】

[00042] コアシェル構造は、シェル材料を含む金属前駆体をコア・ナノ結晶を含む反応混合物に付加することによって得られる。この場合、核形成イベントに続いて成長するの

50

ではなく、コアは核の役割を果たし、シェルはそれらの表面から成長する。コア表面にシェル材料モノマーを付加することを選択する為に、反応の温度は低く維持される一方で、シェル材料のナノ結晶の独立した核形成を防止する。反応混合物中の界面活性剤はシェル材料の被制御成長を指示し、溶解性を保証するために存在する。2つの材料間に低格子不整合が存在する場合、均一でエピタキシャルに成長したシェルが得られる。

【0039】

[00043] コアシェル発光ナノ結晶を調製するための例示的材料は、Si、Ge、Sn、Se、Te、B、C（ダイヤモンドを含む）、P、Co、Au、BN、BP、BAs、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InN、InP、InAs、InSb、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、HgS、HgSe、HgTe、BeS、BeSe、BeTe、MgS、MgSe、GeS、GeSe、GeTe、SnS、SnSe、SnTe、PbO、PbS、PbSe、PbTe、CuF、CuCl、CuBr、CuI、Si₃N₄、Ge₃N₄、Al₂O₃、(Al、Ga、In)₂(S、Se、Te)₃、AlCO及び2つ以上のこうした材料の適切な組み合わせを含むが、限定されない。本発明の実施で使用するための例示的コアシェル発光ナノ結晶は（コア／シェルとして表される）CdSe／ZnS、InP／ZnS、InP／ZnSe、PbSe／PbS、CdSe／CdS、CdTe／CdS、CdTe／ZnS並びにその他を含むが限定されない。

【0040】

[00044] 全体を通じて使用されるように、複数の蛍光体又は複数の発光ナノ結晶とは1つより多くの蛍光体又は発光ナノ結晶（即ち2、3、4、5、10、100、1000、1000000などのナノ結晶）を意味する。組成物は、好適には同じ組成物を有する蛍光体又は発光ナノ結晶を備えることになるが、他の実施形態では複数の蛍光体又は発光ナノ結晶は様々な異なる組成物とすることができる。例えば、発光ナノ結晶はすべて同じ波長で発光可能であるか、又は他の実施形態では組成物は異なる波長で発光する発光ナノ結晶を備えることができる。

【0041】

[00045] 本明細書で説明する実施形態で使用するための発光ナノ結晶のサイズは好適には約100nm未満であり、約2nm未満までとなる。好適な実施形態において、本発明の発光ナノ結晶は可視光を吸収する。本明細書で使用される場合、可視光は人の目に見える約380から約780ナノメートルまでの波長の電磁放射線である。可視光は赤、オレンジ、黄、緑、青、インディゴ、及び紫などのスペクトルの様々な色に分離可能である。本明細書で使用される場合、青色光は波長約435nmから約500nmの間の光を含み、緑色光は波長約520nmから565nmの間の光を含み、赤色光は波長約625nmから約740nmの間の光を含む。

【0042】

[00046] 実施形態において、発光ナノ結晶は、紫外、近赤外、及び／又は赤外スペクトルの光子を吸収するようなサイズ及び組成物を有する。本明細書で使用される場合、紫外スペクトルは波長約100nmから約400nmの間の光を含み、近赤外スペクトルは波長約750nmから約100μmの間の光を含み、赤外スペクトルは波長約750nmから約300μmの間の光を含む。

【0043】

[00047] 任意の好適な材料の発光ナノ結晶は本明細書で説明する様々な実施形態で使用可能であるが、ある実施形態では、ナノ結晶はZnS、InAs、又はCdSeナノ結晶とすることができるか、或いはナノ結晶は本発明の実施で使用するためのナノ結晶の集団を形成するために様々な組み合わせを含むことができる。前述のように、他の実施形態において、発光ナノ結晶はCdSe／ZnS、InP／ZnSe、CdSe／CdS、又はInP／ZnSなどのコア／シェル・ナノ結晶である。

【0044】

[00048] 実施形態において、発光ナノ結晶は青色光源によって励起された時に赤色光を発光できる発光ナノ結晶の少なくとも1つの集団と、緑色光を発光できる発光ナノ結晶の少なくとも1つの集団とを含む。発光ナノ結晶の波長及び濃度は、必要な光学性能を達成するように調整可能である。更に他の実施形態において、発光ナノ結晶蛍光体材料は望ましくない発光波長を有する光の波長を吸収し、望ましい発光波長を有する2次光を再発光する発光ナノ結晶の集団を含むことができる。このように本明細書で説明する発光ナノ結晶フィルムは、照明デバイスの発光を更に調整しカラー・フィルタリングの必要性を低減させるか又はなくすために、カラー・フィルタリング発光ナノ結晶の少なくとも1つの集団を含む。

【0045】

[00049] 好適な発光ナノ結晶、様々な溶解性強化リガンドの付加を含む発光ナノ結晶を調製する方法は、公開米国特許出願第2012/011,3672号に見られ、その開示の全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0046】

ディスプレイ・システム

[00050] 実施形態において、本明細書では任意数の適用例で好適に使用される様々なディスプレイ・システムが提供される。本明細書で使用される場合、「ディスプレイ・システム」は、ディスプレイ上でデータを可視表現できるようにする要素の配置構成を指す。好適なディスプレイは、情報をユーザに視覚的に表示するための様々なフラット、カーブ、又は他の形状のスクリーン、フィルム、シート、又は他の構造を含む。本明細書で説明するディスプレイ・システムは、例えば液晶ディスプレイ(LCD)、テレビジョン、コンピュータ、携帯電話、スマートフォン、携帯情報端末(PDA)、ゲーム・デバイス、電子読み取りデバイス、デジタル・カメラなどを包含するデバイスに含まれ得る。

【0047】

[00051] 例示のディスプレイ・システム100が図1Aに示される。実施形態において、ディスプレイ・システム100は1つ以上の青色発光ダイオード(LED)102を備える。LEDの様々な配向及び構成要素当業者に周知である。本明細書で説明する青色LEDは好適には440~470nmの範囲内で発光する。例えば青色LEDは450nmの波長で青色光を発光するGaN LEDなどのGaN LEDとすることができる。

【0048】

[00052] 図1Aに示されるように、ディスプレイ・システム100は導光板104も備える。好適には導光板104は、全体を通じて説明するディスプレイ・システム内の1つ以上の青色LEDに光学的に結合される。

【0049】

[00053] 本明細書で使用される場合「導光板」、「光導体」、又は「導光パネル」という用語は互換的に使用され、ある位置から別の位置へと電磁放射(光)を導くために好適な光学構成要素を指す。例示の導光板は、光ファイバ・ケーブル、プレート、フィルム、容器、又は他の構造などのポリマー又はガラスの固形体を含む。導光板のサイズは、LEDの最終適用例及び特徴に依存することになる。一般に、導光板の厚みはLEDの厚みに適合する。導光板の他の寸法は一般に、LEDの寸法を超えて延在するように設計され、好適には約数10ミリメートルから、数10から数100センチメートルである。図面に示された導光板はディスプレイ・システムなどで使用するのに好適な実施形態を表し、光ファイバ・ケーブルなどを含む他の光導体も利用可能である。

【0050】

[00054] 好適な導光板材料は、ポリカーボネート(PC)、ポリメチル・メタクリレート(PMMA)、メチルメタクリレート、スチレン、アクリル・ポリマー樹脂、ガラス、又は当業者に既知の任意の好適な導光板材料を含む。導光板に好適な製造方法は、射出成形、押し出し、又は当業者に既知の他の好適な実施形態を含む。例示の実施形態において、導光板は、発光ナノ結晶フィルムに入る1次光が均一なカラー及び輝度であるように導光板の頂面からの均一な一次発光を提供する。導光板は当分野で既知の任意の厚み又は形

状を含むことができる。例えば導光板の厚みは導光板表面全体にわたって均一とすることができる。代替として導光板はくさび様の形状を有することができる。

【0051】

[00055] 本明細書で使用される場合「光学的に結合される」とは、構成要素（例えば導光板及びLED）が大幅な干渉なしに構成要素間で光を渡すことができるように位置決めされることを意味する。光結合は、導光板及びLEDなどの構成要素が直接物理接触しているか、又は図1Aに示されるように、導光板104及びLED102が各々光学的に透明な要素118に接している実施形態を含む。光学的に透明な要素は、要素を光学的に結合するために導光板104とLED102との間に配置された、様々なグルー、シリコンなどのポリマー組成物を含むテープ又は接着剤を含むことができる。本明細書で説明する実施形態で使用可能な追加の光学的に透明な接着剤は、ポリ（ビニル・ブチラール）：ポリ（ビニル・アセテート）と、エポキシと、ウレタンと、ポリフェニルメチルシロキサン、ポリフェニルアルキルシロキサン、ポリジフェニルシロキサン、ポリジアルキルシロキサン、フッ素化シリコン並びにビニル及び水素化物置換シリコンを含むが限定されないシリコン及びシリコン誘導体と、メチルメタクリレート、ブチルメタクリレート、及びラウリルメタクリレートを含むが限定されないモノマーから形成されるアクリル・ポリマー及びコポリマーと、スチレン・ベース・ポリマーと、ジビニルベンゼンなどの二官能性モノマーと架橋されたポリマーと、を含むがこれらに限定されない様々なポリマーを含む。

10

【0052】

[00056] 他の実施形態において光結合は、例えば加熱された時にLEDが導光板に接触するように溶融又は変形し、その後導光板が冷却され、それによって2つの要素間の物理的接着又は接触の形成を容易にするポリマー導光板を利用することによって達成可能である。他の実施形態において光結合は、例えば導光板の屈折率と同様の屈折率を有する従属カプセル化ポリマーで満たされた突出ポリマー表面などの、LEDから突出したカプセル剤を有する青色LEDを用いて達成可能である。こうした実施形態では導光板が青色LEDに押し付けられた場合、突出したカプセル剤、即ちカプセル化ポリマーを介して導光板とLEDとの間に光結合が直接形成される。

20

【0053】

[00057] 光結合は構成要素間の物理的相互作用を必要としないが、好適には物理的相互作用が発生し、好適には接触を含み、2つの構成要素を接続する接着性組成物（例えばテープ又はポリマー）によって容易にされることに留意されたい。光が構成要素間を通過できる限り構成要素は光学的に結合されているとみなされる。

30

【0054】

[00058] 図1Aに示されるディスプレイ・システム100は、好適には例えば液晶モジュール114などのディスプレイも更に備える。本明細書で使用される場合、ディスプレイ・システムの「ディスプレイ」又は「ディスプレイ・パネル」は、ディスプレイ・システムのユーザ又は監視者によって見られる表示出力の一部である。

【0055】

[00059] ディスプレイ・システム100は、好適には複数の蛍光体122を備える組成物106も更に備え、組成物は導光板とディスプレイとの間で配向される。本明細書で説明するように、実施形態においてディスプレイ・システム100は、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、光パワー出力の増加を示す。

40

【0056】

[00060] 実施形態において、本明細書で説明するディスプレイ・システムは好適には、LEDベースのディスプレイ・システム内に従来見られる1つ以上の追加の要素を備える。こうした要素は図1Aに示されるように、拡散器112（頂部又は底部）、水平輝度向上フィルム（BEF）110、垂直BEF108、及び反射体116のうちの1つ以上を含むが限定されない。好適には、これらの要素の配向、それらの製造、及びディスプレイ・システムへの組み込みは当分野で周知である。

50

【0057】

[00061] 拡散器又は拡散器フィルムは本明細書で説明する散乱機構とは異なり、その補足である。拡散器112は、利得拡散器フィルムを含む当分野で既知の任意の拡散器フィルムを含むことが可能であり、1つ以上のBEF108、110、又はディスプレイ・システムの他の光学フィルムの上方又は下方に配設可能である。例示の実施形態において、蛍光体を備える組成物（好適には発光ナノ結晶を備えるフィルム）は、ディスプレイ・システム内の従来の底部拡散器フィルムの必要性をなくし、それによって照明デバイスの厚みを最小限にする。蛍光体を備える組成物は、それらに関連付けられた1つ以上の散乱又は拡散器機構を含むことも可能であり、それにより、組成物内の蛍光体の2次発光の上昇に加えて従来の拡散器の目的を果たすことができる。

10

【0058】

[00062] BEF及び輝度向上機構は、反射及び／又は屈折フィルム、反射偏光子フィルム、プリズム・フィルム、グループ・フィルム、グループ付きプリズム・フィルム、プリズム、ピッチ、グループ、或いは当分野で既知の任意の好適なBEF又は輝度向上機構を含むことができる。例えばBEFは、Vikuiti（商標）などの従来のBEF、3M（商標）から入手可能なBEFを含むことができる。

【0059】

[00063] 例示の実施形態において、ディスプレイ・システムは少なくとも1つのBEF、より好適には少なくとも2つのBEFを備える。好適には、ディスプレイ・システムは少なくとも3つのBEFを備えることができる。例示の実施形態において、少なくとも1つのBEFは、例えばそうでなければ底部偏光子フィルムによって吸収されることになる光を再循環させるための反射偏光子BEFを備える。輝度向上機構及びBEFは、反射体及び／又は屈折器、偏光子、反射偏光子、光抽出機構、光再循環機構、又は当分野で既知の輝度向上機構を含むことができる。BEF及び輝度向上機構は、従来のBEFを含むことができる。例えばBEFは、第1のピッチ角度を有するピッチ又はプリズムを有する第1の層、及び第2のピッチ角度を有するピッチ又はプリズムを有する少なくとも第2の層を含むことができる。

20

【0060】

[00064] 反射体116は、好適には導光板から発光される光の量を増加させるように位置決めされる。反射体は、反射鏡、反射体粒子のフィルム、反射金属フィルム、又は任意の好適な従来の反射体などの任意の好適な材料を備えることができる。実施形態において、反射体は好適には白色フィルムである。ある実施形態において反射体は、散乱、拡散器、又は輝度向上機構などの追加の機能又は機構を備えることができる。

30

【0061】

[00065] 更に他の実施形態において、図1Aに示されるように、ディスプレイ・システムは1つ以上の青色LED102、青色LED102に光学的に結合された導光板104、ディスプレイ（例えば液晶モジュール114）、及び複数の蛍光体（122）を含むフィルム（例えば106）を備え、導光板と液晶モジュールとの間に組成物が配向される。好適には、本明細書で説明するディスプレイ・システムは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて光パワー出力及び発光出力の増加を示す。

40

【0062】

[00066] 本明細書で使用される場合、提供される様々なディスプレイ・システムの要素を説明する時に、「間に配向される」とは、要素が積み重ね又は積層配向にある構成において、1つの要素、例えば蛍光体を含む組成物が、1つの要素の上方であるが別の要素の下方となるように、様々な要素が互いに位置決めされることを示すものと意図される。他の配向は本明細書で説明する実施形態において利用可能であり、当業者によって容易に決定可能であることを理解されたい。

【0063】

[00067] 光導体104を青色LED102に光学的に結合するための例示のテープ及び

50

接着剤を本明細書で説明する。追加の実施形態において、青色LEDはLEDから突出したカプセル剤を介して光導体に結合される。加えて、様々な発光ナノ結晶を含む例示の蛍光体を全体を通じて説明する。

【0064】

[00068] 本明細書で説明するように、好適な実施形態において、フィルム106は発光ナノ結晶を備えるポリマー・フィルムである。フィルム106を製造する際に使用するための例示のポリマー、及び発光ナノ結晶を備えるポリマー・フィルムを製造する方法を本明細書で説明する。

【0065】

[00069] 本明細書で説明するディスプレイ・システムに含めることが可能な追加の要素を全体を通じて説明する。

10

【0066】

[00070] 図1Aに示されるディスプレイ・システム100の追加の実施形態において、1つ以上の青色LED102、青色LEDに光学的に結合された導光板104、複数の蛍光体(122)を備えるポリマー・フィルム(例えば106)であって、導光板104の上方に配向されたポリマー・フィルム、ポリマー・フィルムの上方に配向された垂直BEF108、垂直BEF108の上方に配向された水平BEF110、水平BEF110の上方に配向された頂部拡散器112及び頂部拡散器112の上方に配向された液晶モジュール114を備える、ディスプレイ・システムを本明細書で説明する。

【0067】

20

[00071] 好適には、本明細書で説明するディスプレイ・システムは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、光パワー出力の増加を示す。実施形態において、本明細書で説明するディスプレイ・システムは、20mAの駆動電流で少なくとも26mW/LED、より好適には少なくとも28mW/LED、又は少なくとも29mW/LEDの光パワー出力を示す。

【0068】

[00072] 光結合を製造するための例示の方法及び組成物は、発光ナノ結晶を含む例示の蛍光体として本明細書で説明する。

【0069】

[00073] 本明細書で説明するディスプレイ・システムは、システムの隣接要素間に1つ以上の媒介材料を備えることができる。システムは、LED及び導光板を含むシステム内の隣接要素のうちのいずれかの間、導光板と蛍光体を備える組成物との間、蛍光体を備える組成物内の任意の異なる層又は領域の間、蛍光体を備える組成物と1つ以上の障壁層との間、蛍光体を備える組成物と導光板との間、蛍光体を備える組成物と1つ以上のBEF、拡散器、反射体、又は他の機構との間、並びに、複数の障壁層の間、又はディスプレイ・システムの任意の他の要素の間に配設された1つ以上の媒介材料を含むことができる。1つ以上の媒介は、真空、空気、ガス、光材料、接着剤、光接着剤、ガラス、ポリマー、固体、液体、ゲル、硬化材料、光結合材料、率整合又は率非整合材料、率勾配材料、クラッド又はクラッド防止材料、スペーサ、エポキシ、シリカ・ゲル、シリコン、本明細書で説明する任意のマトリクス材料、輝度向上材料、散乱又は拡散器材料、反射又は反射防止材料、波長選択材料、波長選択反射防止材料、カラー・フィルタ、或いは当分野で既知の他の好適な媒介を含むが限定されない任意の好適な材料を含むことができる。好適な媒介材料は、光学的に透明な、黄変しない、粘着性の光接着剤を含む。好適な材料は、シリコン、シリコン・ゲル、シリカ・ゲル、エポキシ(例えばLoctite(商標)Epoxy E-30CL)、アクリレート(例えば3M(商標)Adhesive 2175)、及び本明細書で言及するマトリクス材料を含む。1つ以上の媒介材料は、硬化性のゲル又は液体としての塗布、堆積中又は堆積後の硬化、或いは堆積前の事前形成及び事前硬化が可能である。好適な硬化方法は、UV硬化、熱硬化、化学硬化、又は当分野で既知の他の好適な硬化方法を含む。好適には、照明デバイスの要素間での光損失を最小限にするために、率整合媒介材料を選択することができる。

30

40

50

【0070】

[00074] 追加の実施形態において、複数の蛍光体を備える容器が青色LEDに光学的に結合されたディスプレイ・システムが提供される。例えば図1Bのディスプレイ・システムに示されるように、青色LED162は182で、複数の蛍光体184、例えば本明細書で開示される複数の発光ナノ結晶を含む容器178に光学的に結合される。例示の実施形態において全体を通じて説明するように容器178は毛細管である。

【0071】

[00075] 図1Bに示されるように、導光板164は182で、グルー、機械的配列のみ、全体を通じて説明するような様々な接着剤など、及びそれらの組み合わせを介して、容器178に光学的に結合される。これは例えば、加熱された時に密閉された容器が導光板に接触するように溶融又は変形し、その後導光板が冷却され、それによって要素間（例えばLED、導光板、及び、蛍光体を備える容器の間）の物理的接着又は接触の形成を容易にするポリマー導光板を利用することによっても達成可能である。追加の実施形態において、青色LEDはLEDから突出したカプセル剤を介して光導体に結合される。

【0072】

[00076] 例示の実施形態において、図1Bに示されるディスプレイ・システム160は、導光板164の上方に配向された底部拡散器166、底部拡散器166の上方に配向された垂直BEF168、垂直BEF168の上方に配向された水平BEF170、水平BEF170の上方に配向された頂部拡散器172、及び頂部拡散器172の上方に配向された液晶モジュール174（即ちディスプレイ）を更に備えることができる。ディスプレイ・システムは、本明細書で説明する反射体176も更に備えることができる。

【0073】

蛍光体の組成物

[00077] 本明細書で使用される場合、「蛍光体」という用語は、合成蛍光物質又は燐光物質を指す。例示の蛍光体は、セリウム（II）ドープYAG蛍光体（YAG:Ce³⁺、又はY₃Al₅O₁₂:Ce³⁺）などの従来の材料、並びに本明細書で説明する発光ナノ結晶を含む。本明細書で説明するデバイス内で利用可能な追加の蛍光体は、ケイ酸塩蛍光体、ガーネット蛍光体、アルミン酸塩蛍光体、窒化物蛍光体、NYAG蛍光体、SiAlON蛍光体、及びCaAlSiN₃基（CASN）蛍光体、並びに当分野で既知の他の蛍光体を含むが限定されない。

【0074】

[00078] 全体を通じて説明するように、提供される実施形態で使用するための蛍光体を備える組成物は例えばフィルム又はシート（例えば図1Aの組成物106）を含む多数の形状を取ることができる。他の実施形態において、組成物は、蛍光体、好適には発光ナノ結晶を受け取るための様々な容器又はレセプタクルとすることができる。

【0075】

[00079] 好適には、蛍光体及び具体的には発光ナノ結晶は、量子ドット強化フィルム（QDEF）とも呼ばれるフィルム又はシートを作成するために、好適なポリマー材料内に分布されるか又は埋め込まれる。こうしたフィルムは、例えば公開米国特許出願第2010/011,0728号及び第2012/011,3672号に記載され、その各々の開示全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0076】

[00080] 発光ナノ結晶は、好適には1つ以上のリガンド・コーティングを用いてコーティングされる、1つ以上のフィルム又はシートに埋め込まれる、且つ／或いは、1つ以上の障壁層によって密封される。こうしたリガンド、フィルム、及び障壁は、発光ナノ結晶に光安定性を提供すること、並びに温度上昇、高輝度光、外部ガス、湿気、及び他の有害な環境条件を含む環境条件から発光ナノ結晶を保護することが可能である。これらの材料を用いて、フィルム母材における望ましい屈折率、フィルム母材における望ましい粘性又は発光ナノ結晶の分散／混和性、及び他の望ましい効果を含む、追加の効果を達成することが可能である。好適な実施形態において、熱硬化が発光ナノ結晶蛍光体材料にほとんど

影響を与えないように、大幅に低い熱膨張係数を有するためにリガンド及びフィルム材料が選択されることになる。

【0077】

[00081] 本明細書で有用な発光ナノ結晶は、好適にはそれらの表面に共役、協調、関連付け、又は取り付けられたリガンドを備える。好ましい実施形態において、発光ナノ結晶は、発光ナノ結晶を外部の湿気及び酸化から保護し、凝集を制御し、マトリクス材料内の発光ナノ結晶の分散を可能にするために、リガンドを備えるコーティング層を含む。好適なリガンド及びマトリクス材料、並びにこうした材料を提供するための方法を、本明細書で説明する。追加の好適なリガンド及びフィルム材料、並びにこうした材料を提供するための方法は、公開米国特許出願第2012/011,367号、2000年2月4日出願の米国特許出願第12/79,813号、2008年3月19日出願の米国特許出願第12/076,530号、2009年10月30日出願の米国特許出願第12/609,736号、2005年12月9日出願の米国特許出願第11/299,299号、米国特許第7,645,397号、米国特許第7,374,807号、米国特許第6,949,206号、米国特許第7,572,393号、及び米国特許第7,267,875号に開示されたものを含み、その各々の開示全体が参照により本明細書に組み込まれる、当業者に既知の任意のグループを含む。加えて好適なリガンド及びマトリクス材料は、当分野の任意の好適な材料を含む。

10

【0078】

[00082] ポリマー材料中での発光ナノ結晶の分布は、ナノ結晶を密封するため、並びに様々な組成物及びサイズの発光ナノ結晶を混合するためのメカニズムを提供するための、方法を提供する。全体を通じて使用される「分布された」という用語は、発光ナノ結晶の均一（即ちほぼ均質）並びに不均一（即ちほぼ不均質）な分布又は配置を含む。

20

【0079】

[00083] 発光ナノ結晶を備える組成物内で使用するのに好適な材料は、ポリマー並びに有機及び無機の酸化物を含む。好適なポリマーは、こうした目的に使用可能な当業者に既知の任意のポリマーを含む。好適な実施形態において、ポリマーはほぼ半透明又はほぼ透明となる。好適なマトリクス材料は、エポキシと、アクリレートと、ノルボルネンと、ポリエチレンと、ポリ（ビニル・ブチラル）：ポリ（ビニル・アセテート）と、ポリ尿素と、ポリウレタンと、アミノ・シリコン（AMS）、ポリフェニルメチルシロキサン、ポリフェニルアルキルシロキサン、ポリジフェニルシロキサン、ポリジアルキルシロキサン、シルセスキオキサン、フッ素化シリコン、並びにビニル及び水素化物置換シリコンを含むが限定されないシリコン及びシリコン誘導体と、メチルメタクリレート、ブチルメタクリレート、及びラウリルメタクリレートを含むが限定されないモノマーから形成されるアクリル・ポリマー及びコポリマーと、ポリスチレン、アミノ・ポリスチレン（APS）、及びポリ（アクリロニトリル・エチレン・スチレン）（AES）などのスチレン・ベース・ポリマーと、ジビニルベンゼンなどの二官能性モノマーと架橋されたポリマーと、架橋リガンド材料に好適な架橋剤と、エポキシを形成するためにリガンド・アミン（例えばAPS又はPEIリガンド・アミン）と化合するエポキシドなど、を含むが限定されない。

30

【0080】

[00084] 本明細書で説明する発光ナノ結晶は、例えばポリマー中の発光ナノ結晶を混合してフィルムをキャストすること、発光ナノ結晶とモノマーとを混合してそれらをまとめて重合すること、発光ナノ結晶をソルゲル中で混合すること、又は当業者に既知の任意の他の方法などの、任意の好適な方法を使用して、ポリマー（又は他の好適な材料、例えばワックス、オイル）マトリクスに埋め込むことができる。本明細書で使用される場合、「埋め込まれる」という用語は、発光ナノ結晶がポリマー内に封入されるか又は入れられることを示すために使用される。発光ナノ結晶は好適には組成物全体を通じて均一に分散されるが、他の実施形態では、適用例特有の均一分布機能に従って分散され得ることに留意されたい。

40

【0081】

50

[00085] 本明細書で説明する発光ナノ結晶を備える組成物の厚みは、スピン・コーティング及びスクリーン印刷などの当分野で既知の任意の方法によって制御可能である。本明細書で説明する発光ナノ結晶組成物は、任意の望ましいサイズ、形状、構成、及び厚みとすることができる。例えば組成物は、層の形、並びに、例えばディスク、球体、キューブ又はブロック、管状構成などの他の形状とすることができる。様々な組成物は必要又は望ましい任意の厚みとすることが可能であり、組成物はおよそ100nmの厚み（即ち1次元）であり、およそ1mm未満までの厚みである。他の実施形態では、ポリマー・フィルムはおよそ数10から数100ミクロンの厚みとすることができる。発光ナノ結晶は、望ましい機能に適切な任意の装填比で様々な組成物に埋め込むことができる。好適には、発光ナノ結晶は使用されるナノ結晶の適用、ポリマー、及びタイプに応じて容量で約0.001%から約75%の間の比で装填されることになる。適切な装填比は当業者であれば容易に決定することが可能であり、本明細書では特定の適用例に関して説明している。例示の実施形態において、発光ナノ結晶組成物内に装填されるナノ結晶の量は、100万分の1（ppm）レベルまで容量でおよそ10%である。

【0082】

蛍光体を備える容器

[00086] 他の実施形態において、蛍光体を備える組成物は複数の発光ナノ結晶を備える容器である。本明細書で使用される場合、「容器」とは発光ナノ結晶（しばしば、発光ナノ結晶の組成物、例えば発光ナノ結晶を備えるポリマー・マトリクス）が導入されるキャリア、レセプタクル、又は予め形成された物品である。容器の例は、管、成形又は形成された器、或いはレセプタクルなどのポリマー又はガラス構造体を含むが限定されない。例示の実施形態において、容器はポリマー又はガラスの物質を（円形、矩形、三角形、楕円形、又は他の望ましい断面の）管又は同様の構造などの望ましい形状内に押し出すことによって形成可能である。任意のポリマーを使用して、本明細書で説明する実施形態で使用するための容器を形成することができる。本発明の実施で使用するための容器の製造用の例示のポリマーは、アクリル、ポリ（メチルメタクリレート）（PMMA）、及び様々なシリコン誘導体を含むが限定されない。追加の材料を使用して、本発明の実施で使用するための容器を形成することも可能である。例えば容器は、金属、様々なガラス、セラミックなどから製造可能である。

【0083】

[00087] 実施形態において、ポリマー又はガラス管が容器として使用可能である。次いで、単に減圧を容器端に印加することによって発光ナノ結晶の溶液を容器に引き入れることができる。次いで容器は、容器を様々な密封位置又はシールで容器の長さ全体にわたって加熱及び「ピンチング」すること、或いは全体を通じて説明するような他の密封メカニズムを使用することによって密封可能である。このように、容器は様々な個別のセクションに分離可能である。これらのセクションをまとめて単一の密封容器として保持するか、又はセクションを個別に分離することが可能である。容器の密閉は、各個別シールが同じナノ結晶の溶液を分離するように実行可能である。他の実施形態においてシールは、容器の別々のセクション各々が異なるナノ結晶溶液（即ち異なるナノ結晶組成物、サイズ、又は濃度）を含むように作成可能である。

【0084】

[00088] 実施形態において、容器は好適にはプラスチック又はガラスの容器である。好適な実施形態において、密封容器はプラスチック又はガラス（例えばホウケイ酸塩）の毛細管である。本明細書で使用される場合、「毛細管」とは幅及び高さの両方の寸法よりも長い長さ寸法を有する細長い容器を指す。好適には毛細管は、円形、矩形、正方形、三角形、不規則、又は他の断面を有する管又は同様の構造体である。好適には、本明細書で説明するディスプレイ・デバイスで使用するための毛細管は、毛細管が光学的に結合されるLEDの形状及び配向に合致するように構成可能である。例示の実施形態において、毛細管は約100μmから約1mmの少なくとも1つの寸法を有する。プラスチックの毛細管が利用される実施形態において毛細管に追加の密閉を提供するように、SiO₂、AlO

₂、又はTiO₂並びに本明細書で説明するその他などのコーティングを追加することができる。

【0085】

[00089] 好適には、本明細書で説明する毛細管は約50μmから約10mm、約100μmから約1mm、又は約100μmから約500μmの厚みを有する。厚みとは、導光板の平面内の毛細管の寸法を指す。好適には、毛細管は約50μmから約10mm、約100μmから約1mm、又は約100μmから約500μmの高さ（導光板の平面内）を有する。好適には、毛細管は約1mmから約50mm、約1mmから約40mm、約1mmから約30mm、約1mmから約20mm、又は約1mmから約10mmの長さ（導光板の平面内）を有する。

10

【0086】

[00090] 本明細書で説明する容器内の発光ナノ結晶の濃度は、適用例、発光ナノ結晶のサイズ、発光ナノ結晶が分布されるポリマー・マトリクス組成物及び他の要因に依存し、当分野におけるルーチン方法を使用して最適化することができる。約0.01%から約50%、約0.1%から約50%、約1%から約50%、約1%から約40%、約1%から約30%、約1%から約20%、約1%から約10%、約1%から約5%又は約1%から約3%の濃度で存在する。

【0087】

光パワー出力の増加及び発光出力の増加を示すディスプレイ・システム

[00091] 本明細書、特に実施例で説明するように、本明細書で説明するディスプレイ・システムは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて光パワー出力の増加及び発光出力の増加を示す。本明細書で使用される場合「光パワー出力」は、定電流で駆動された場合、LED当たり、単位時間当たりのLEDによって発光される合計出力であると定義される。光パワー出力は、好適にはワット数/LED（好適にはmW/LED）として表される。当業者であれば、同じ駆動電流での比較計測が適切に行われる限り光パワー出力は様々な駆動電流でも計算可能であることを容易に理解されよう。

20

【0088】

[00092] 本明細書で使用される場合「発光出力」とは、ディスプレイ・システムによって発光される可視光の総量であると定義される。本明細書で説明する場合、発光出力はルーメン単位で測定される。

30

【0089】

[00093] 本明細書で使用される場合、本明細書で説明するディスプレイ・システムに言及する時の「光パワー出力の増加」とは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも3%より多くの光パワーをディスプレイ・システムが実証することを示すために使用される。より好適には、開示されるディスプレイ・システムは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも4%、少なくとも5%、少なくとも6%、少なくとも7%、少なくとも8%、少なくとも9%、少なくとも10%、少なくとも11%、少なくとも12%、少なくとも13%、少なくとも14%、少なくとも15%、少なくとも16%、少なくとも17%、少なくとも18%、少なくとも19%、又は少なくとも20%の、より多くの光パワーを提供する。他の実施形態において、開示されるディスプレイ・システムは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、示された値内の任意の値及び範囲を含む約3%から約20%、約5%から約20%、5%から約15%、約5%から約12%、約5%から約11%、約6%から約14%、約7%から約13%、約8%から約12%、約9%から約11%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、又は約15%の光パワー出力の増加を実証する。

40

【0090】

[00094] 本明細書で使用される場合、本明細書で説明するディスプレイ・システムに言

50

及する時の「発光出力の増加」とは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも3%より多くの発光出力をディスプレイ・システムが実証することを示すために使用される。より好適には、開示されるディスプレイ・システムは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも4%、少なくとも5%、少なくとも6%、少なくとも7%、少なくとも8%、少なくとも9%、少なくとも10%、少なくとも11%、少なくとも12%、少なくとも13%、少なくとも14%、少なくとも15%、少なくとも16%、少なくとも17%、少なくとも18%、少なくとも19%、又は少なくとも20%の、より多くの発光出力を提供する。他の実施形態において、開示されるディスプレイ・システムは、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、示された値内の任意の値及び範囲を含む約3%から約20%、約5%から約20%、5%から約15%、約5%から約12%、約5%から約11%、約6%から約14%、約7%から約13%、約8%から約12%、約9%から約11%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、又は約15%の発光出力の増加を実証する。

10

【0091】

[00095] 他の実施形態において、複数の蛍光体を備える容器が青色LEDに光学的に結合され導光板に光学的に結合された開示されるディスプレイ・システムは、複数の蛍光体を備える容器が青色LEDに光学的に結合されておらず、導光板に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも4%、少なくとも5%、少なくとも6%、少なくとも7%、少なくとも8%、少なくとも9%、少なくとも10%、少なくとも11%、少なくとも12%、少なくとも13%、少なくとも14%、少なくとも15%、少なくとも16%、少なくとも17%、少なくとも18%、少なくとも19%、又は少なくとも20%の、より多くの光パワーを提供する。他の実施形態において、開示されるディスプレイ・システムは、複数の蛍光体を備える容器が青色LEDに光学的に結合されておらず導光板に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、示された値内の任意の値及び範囲を含む約3%から約20%、約5%から約20%、5%から約15%、約5%から約12%、約5%から約11%、約6%から約14%、約7%から約13%、約8%から約12%、約9%から約11%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、又は約15%の光パワー出力の増加を実証する。

20

30

【0092】

[00096] 他の実施形態において、複数の蛍光体を備える容器が青色LEDに光学的に結合され導光板に光学的に結合された開示されるディスプレイ・システムは、複数の蛍光体を備える容器が青色LEDに光学的に結合されておらず、導光板に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、少なくとも4%、少なくとも5%、少なくとも6%、少なくとも7%、少なくとも8%、少なくとも9%、少なくとも10%、少なくとも11%、少なくとも12%、少なくとも13%、少なくとも14%、少なくとも15%、少なくとも16%、少なくとも17%、少なくとも18%、少なくとも19%、又は少なくとも20%の、より多くの発光出力を提供する。他の実施形態において、開示されるディスプレイ・システムは、複数の蛍光体を備える容器が青色LEDに光学的に結合されておらず導光板に光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、示された値内の任意の値及び範囲を含む約3%から約20%、約5%から約20%、5%から約15%、約5%から約12%、約5%から約11%、約6%から約14%、約7%から約13%、約8%から約12%、約9%から約11%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、又は約15%の発光出力の増加を実証する。

40

【0093】

光パワー出力及び発光出力を増加させる方法

[00097] 本明細書で説明するように、青色LEDからの青色光抽出効率を向上させるディスプレイ・システムが提供される。実施形態において、青色LEDは導光板に光学的に

50

結合される。こうした光結合はポリマー／エア・インターフェースを除去し、それによって好適には青色光の後方反射及びその後の青色ダイ（図1Aの120）による吸収を防止する。光パワー出力及び発光出力の向上を全体を通じて説明する。

【00094】

[00098] 青色光反射を低減又は消去することでLEDパッケージ側壁の青色フラックスの低下という更なる利益をもたらし、それによってLEDパッケージの寿命を延ばす。加えてLEDダイによる青色光吸収の低減でダイ温度を低下させ、これが更にその効率を上げLEDの寿命を延ばす。

【00095】

[00099] 更に他の実施形態において、ディスプレイ・システムにおける青色LEDの光パワー出力及び発光出力を増加させる方法が提供される。こうした方法は、好適には青色LEDをディスプレイ・システムの導光板に光学的に結合することを含む。テープ及び様々な接着剤を含む光結合で使用するための例示の方法及び組成物が本明細書で提供される。追加の実施形態において青色LEDは、LEDから突出したカプセル剤を介して光導体に結合される。

【00096】

[000100] 本明細書で説明するように、方法は、好適にはディスプレイ・システム内の青色LEDの光パワー出力を、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて少なくとも3%より多く増加させる。より好適には方法は、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、光パワーを少なくとも4%、少なくとも5%、少なくとも6%、少なくとも7%、少なくとも8%、少なくとも9%、少なくとも10%、少なくとも11%、少なくとも12%、少なくとも13%、少なくとも14%、少なくとも15%、少なくとも16%、少なくとも17%、少なくとも18%、少なくとも19%、又は少なくとも20%だけ増加させる。他の実施形態において、本明細書で説明する方法は、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、示された値内の任意の値及び範囲を含む約3%から約20%、約5%から約20%、5%から約15%、約5%から約12%、約5%から約11%、約6%から約14%、約7%から約13%、約8%から約12%、約9%から約11%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、又は約15%の光パワー出力の増加を提供する。

【00097】

[000101] 本明細書で説明するように、方法は、好適にはディスプレイ・システム内の青色LEDの発光出力を、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて少なくとも3%より多く増加させる。より好適には方法は、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、発光出力を少なくとも4%、少なくとも5%、少なくとも6%、少なくとも7%、少なくとも8%、少なくとも9%、少なくとも10%、少なくとも11%、少なくとも12%、少なくとも13%、少なくとも14%、少なくとも15%、少なくとも16%、少なくとも17%、少なくとも18%、少なくとも19%、又は少なくとも20%だけ増加させる。他の実施形態において、本明細書で説明する方法は、導光板が青色LEDに光学的に結合されていないディスプレイ・システムに比べて、示された値内の任意の値及び範囲を含む約3%から約20%、約5%から約20%、5%から約15%、約5%から約12%、約5%から約11%、約6%から約14%、約7%から約13%、約8%から約12%、約9%から約11%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、又は約15%の発光出力の増加を提供する。

【00098】

[000102] 当業者であれば、本明細書で説明する方法及び適用例に対する他の好適な修正及び適応が、実施形態のうちのいずれの範囲も逸脱することなく実行可能であることが容易に明らかとなろう。以下の実施例は単なる例示の目的で本明細書に含められており、限定的であるものとは意図されていない。

10

20

30

40

50

【0099】

実施例 1

導光板への光結合による青色LEDからの出力の増加

[000103] 一般に、液晶ディスプレイは白色LEDをバックライトにおける光源として利用する。ほとんどのバックライトはエッジライト型であり、白色LEDはバックライトのエッジに配置される。白色LEDはフレックス・ストリップ上に取り付けられ、導光板のごく近くに配置される。LEDから出た白色光はエッジから導光板に入り、全内部反射を介して導光板全体に誘導される。ディスプレイ全体にわたる光の均一な分散を可能にするように、導光板から光を抽出するために導光板の表面に抽出機構が成形される。より良いシステム効率及び／又はより高い色域をもたらす蛍光体が、しばしば導入される。

10

【0100】

[000104] 本明細書で説明するように、発光ナノ結晶（量子ドット）はポリマー・フィルム又はシート（量子ドット強化フィルム（QDEF））内に分布／埋め込まれ、導光板の頂部に配置される。白色LEDは青色LED（図1A）に置換される。（その開示全体が参照により本明細書に組み込まれる公開米国特許出願第2012／0113672号を参照のこと。）色域が、72%の全国テレビジョン方式委員会（NTSC）に合致している場合、例えば発光ナノ結晶と青色LEDとを合わせることで、カラー・フィルタに合致するQDEFのバックライトのより良いスペクトル分布の結果として、白色LEDに比べて15～20%高いパワー効率をもたらし、より高透過率のカラー・フィルタが使用できるようになる。

20

【0101】

[000105] 白色LEDから青色LEDに変換するため、YAG含浸カプセル化ポリマーを使用する代わりにLEDパッケージ内部でクリアなカプセル化ポリマーが利用される。しかしながら、このように行うことでLEDのアウトカップリング効率の低下という意図しない結果が生じる。図2A～図2Cに示されるように、白色LED（図2A）の場合多くの青色光がカプセル化ポリマー内のYAG蛍光体によって黄変する。黄色光子がLEDダイに向かって後方反射する場合、黄色光子はダイ材料のバンドギャップより下にあるため吸収されない。

【0102】

[000106] これに対して青色LEDのケースでは（図2B）、カプセル化ポリマー及びエア・インターフェースに反射する青色光子はダイ120に再入し、吸収され得る。結果として青色アウトカップリング効率は白色LEDのそれよりも低くなる。

30

【0103】

[000107] アウトカップリング効率損失を推定するために、名目上同じ効率の青色ダイを使用して白色LED及び青色LEDの合計光出力が決定された。理論計算（図3A～図3B）から、YAG量子効率が理論限界の100%である場合、アウトカップリング効率がいずれのケースでも同じであれば白色LEDの合計光パワーは青色LEDの85%に近いはずである。これは、黄色光子のエネルギー（550nmが2.25eVに相当）が青色光子（450nmが2.76eVに相当）よりも低いためである。青色から白色に変換するために大部分の青色光子（高エネルギー）を黄色光子（低エネルギー）へと下方シフトする必要があり、ここでエネルギー差は熱として消散する。実際には現行のYAG蛍光体材料は90%に近い量子効率を有する。白色LEDからの予想されるパワー出力は青色のその80%に近いはずである。

40

【0104】

[000108] 同じベンダからの白色LED及び青色LEDに対して同じランクのダイ及び同じパッケージを使用して行われた測定において、白色LEDのパワー出力が実際に青色のそれとほぼ同じであるという驚くべき結果が観察された（表1）。

【0105】

【表 1】

表 1

	積分光パワー出力 (mW)
20 mA で駆動される白色 LED	24.5
20 mA で駆動される青色 LED	25.3

表 1：同じランクのダイ、同じパッケージを使用し、同じ電流で駆動された同じベンダからの白色 LED 及び青色 LED からの合計光パワーの実験的測定

【0106】

[000109] 異なるベンダからの LED でも同様の結果が得られた。これは青色 LED パッケージからの光抽出効率が白色 LED パッケージのそれよりも大幅に悪いことを示している。この低い抽出効率は、恐らくカプセル化／エア・インターフェースからの青色光の反射及びダイからの青色光の吸収（図 2 B に示される）の結果である。これらの結果は青色 LED のアウトカップリングを向上させることで、パワー出力を 20 % 近く、例えば 29 ~ 30 mW / LED 又はそれ以上（20 mA の駆動電流で）まで増加させることが可能であるものと示唆している。

10

【0107】

[000110] 青色 LED からの光抽出効率及び導光板への結合効率を向上させるために、青色 LED は薄い光学的にクリアな接着剤（例えばシリコン）を使用して導光板に光学的に結合される。

【0108】

[000111] 図 2 C に示されるように、この光学的にクリアな接着剤は、LED カプセル化ポリマー及び導光板と率整合された場合、LED カプセル化／エア・インターフェース及びエア／導光板インターフェースの、2 つのインターフェースからの反射がなくなる。結果として青色ダイによって発せられる青色光は、反射損失及び吸収損失（即ち青色ダイからの）を被ることなく導光板に直接入る。

20

【0109】

[000112] 白色 LED 及び導光板の光学的な結合で、恐らく白色 LED のより高い光抽出効率によって輝度を低下させることがわかった。図 2 A を参照のこと。これは、表 2 で実証されるように結合及び分離状態での輝度についての結果に示されている。

【0110】

【表 2】

表 2

	分離	結合
白色点	(0.2891, 0.2769)	(0.2681, 0.2463)
輝度	5690 ニト	4790 ニト

30

【0111】

[000113] 結合ケースでは、輝度は実際により低く、白色点はより冷温である。これは、導光板に結合された時に青色光が第 1 のパスからパッケージの外へ脱出可能なためである。目的とする用途構成である分離ケースでは、青色光の一部はカプセル化／エア・インターフェースで反射されパッケージ内部に戻る。この反射によってより多くの青色光が LED カップ内の黄色蛍光体によって吸収され得、白色点をより暖温にする。

【0112】

[000114] しかしながら青色 LED の場合、以下の実験セットにより、光結合による合計 14 % の効率増加が実証された（表 3 を参照のこと）。発光ナノ結晶を備えるフィルムを利用しないディスプレイ・システムに白色 LED を使用した場合にはこれまで必要又は有益でなかった実施形態の、驚くべき予期せぬ結果を説明する。

40

【0113】

[000115] ケース 1 では、25 個の青色 LED を備えるフレックス・ストリップが積分球内に配置される。LED 当たり 20 mA で駆動した場合、673 mW の合計光学パワーが測定される。ケース 2 では、光結合を提供するために接着剤を使用することなく導光板（LGP）が（バックライトとして）LED ストリップに当接される。ケース 2 における積分光パワーは 645 mW であり、裸フレックスを用いるケース 1 に比べて 4 % の低減であ

50

る。この低減はおそらく、青色光の一部をLED方向に送り返すエア／LGPインターフェースからの反射、及び損失につながるフレックス・ストリップの結果である。ケース3では、LEDは光学的にクリアな接着剤を使用して導光板に光学的に結合される。合計積分青色光は737mWであり、これは裸フレックスを用いるケース1よりも9%高く、LGPがLEDから分離されているケース2よりも14%高い。ケース3では29.5mW／LEDの光パワー出力が達成される。

【0114】

【表3】

表3

	パワーフレックス／ LED (mW)	対フレックス比	対結合無しLGP比
LGP無しの フレックス	673／26.9	100%	
接着剤ベースの 光結合無しのLGP	645／25.8	96%	100%
結合有りのLGP	737／29.5	109%	114%

表3：20mAで駆動される25個の青色LEDを備えるフレックス・ストリップの積分球内で測定された光パワー出力

【0115】

[000116] 青色LED及び導光板が接着層によって接合された場合に良好な光結合を達成するために、それらの表面は以下のように作成された。第1に、少量のシリコンが各青色LEDパッケージのカプセル化ポリマーに付加された。この処理により、接着剤／LEDインターフェースでのエアギャップの可能性が低減した。現在製造されているLEDにおけるエアギャップの可能性は、それらが凹面を有するという事実によって増大する。エアギャップの可能性は、LEDカプセル化凸面を使用すると低減されることになり、こうした凸面が好ましい。第2に、最低限のエアギャップを伴う良好な光結合を可能にするために導光板のエッジはその元のレンズ状面から平面へと研磨された。接着剤ベースの光結合を提供するために、修正された青色LEDストリップと研磨された導光板との間に、光学的にクリアな接着剤の薄いストリップが印加された。この実験で使用された特定の接着剤は厚み50μmの3M光学クリア接着剤8146-xであった。

【0116】

[000117] 光学的結合と分離（即ち接着剤結合無し）との構成比較は、導光板のエッジから元のレンズ状面を除去することで、光混合距離が大幅に変化しないことが実証された。（図4A及び図4Bを参照のこと。）更にバックライトは、QDEFを含み、水平及び垂直のBEFが導光板の頂部に配置された、完全にアセンブルされたバックライト・アセンブリ内のLED付近にいかなる顕著な筋もなく均質に表れた。

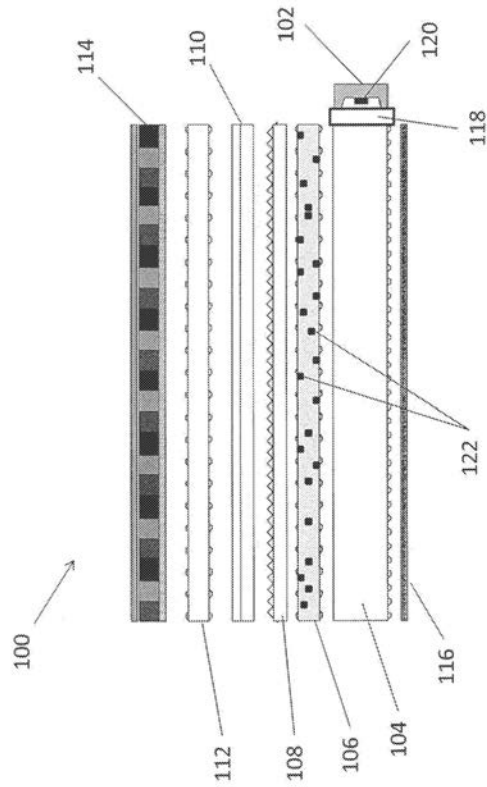
【0117】

[000118] 高効率QDEFと良好なアウトカップリングされた青色LEDとの利点を組み合わせることによって、次世代LCDバックライトは、同じ色域、例えばsRGBで現世代LCDと比較すると、30%を超えるエネルギーを節約することができる。例えばAdobe-RGB及びDCI-P3などの高色域ディスプレイの場合であっても、現在のsRGB LCDに比べてより高い効率のLCDが達成可能である。他の利点に加えて、こうした向上により、様々なモバイル・デバイスにおいてより小型のバッテリーが使用可能になる。

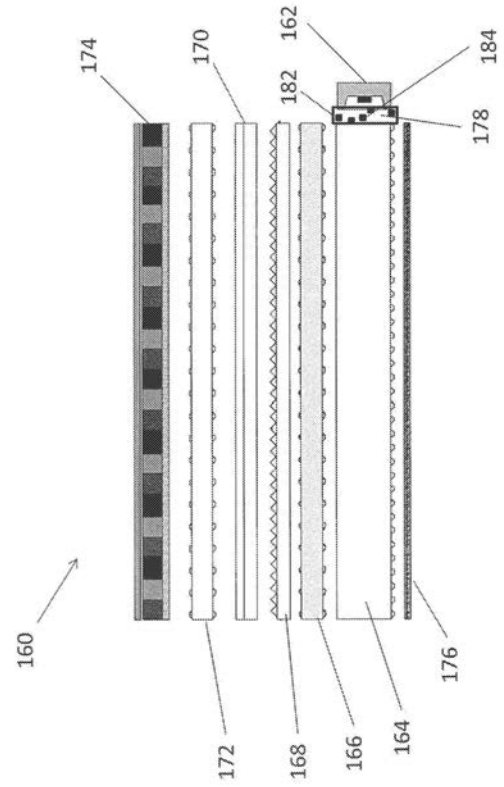
【0118】

[000119] 本明細書においてある実施形態を例示及び説明してきたが、特許請求の範囲は説明及び図示された部分の特定の形式又は配置構成に限定されるものでないことを理解されよう。本明細書では例示の実施形態が開示されており特有の用語が採用されているが、それらは一般的且つ記述的な意味でのみ使用されており限定的な目的ではない。上記の教示に鑑み実施形態の修正及び変形が可能である。したがって実施形態は具体的に説明された以外にも実施可能であることを理解されよう。

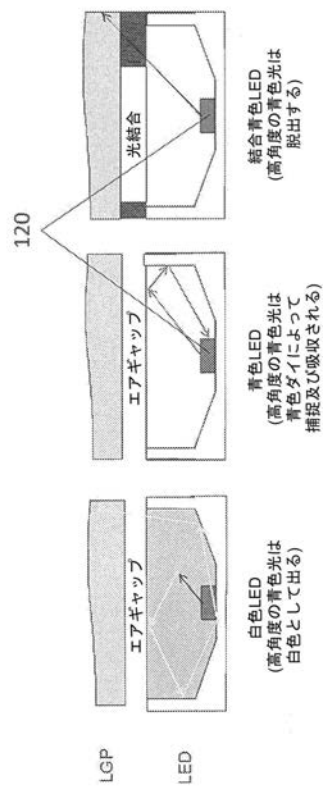
【図 1 A】



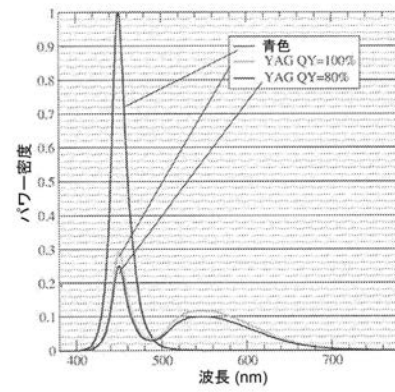
【図 1 B】



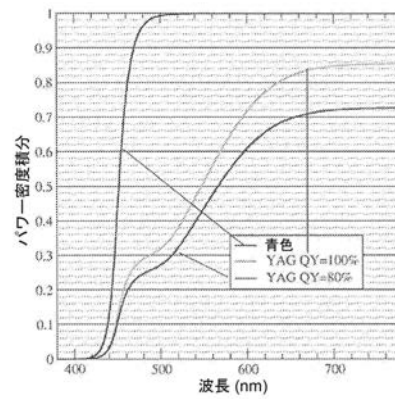
【図 2】



【図 3 A】



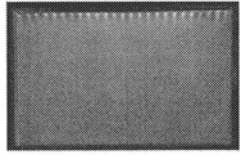
【図 3 B】



【図 4 A】



【図 4 B】



【図 4 C】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2014/060840

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - G02B 6/10 (2014.01) CPC - G02B 6/0073 (2014.11) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - G02B 6/00, 10 (2014.01) USPC - 362/606, 608, 611, 612, 627 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched CPC - G02B 6/00, 0001, 0003, 0011, 0013, 0023, 0033, 005, 0066, 0073, 10 (2014.11) (keyword delimited) Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase, Google Patents, Google Scholar Search terms used: display system, blue LEDs, light guide plate, phosphor film, directly coupled, encapsulant, optically coupled, luminescent nanocrystals		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/0255711 A1 (DEJIMA et al) 16 November 2006 (16.11.2006) entire document	1, 5, 8-10, 30
Y	US 2013/0114301 A1 (UM) 09 May 2013 (09.05.2013) entire document	2-4, 6, 7, 11-29, 31-33
Y	US 2011/0309398 A1 (ITO et al) 22 December 2011 (22.12.2011) entire document	2, 6, 7, 11-29, 31, 33
Y	US 2011/0309398 A1 (ITO et al) 22 December 2011 (22.12.2011) entire document	3, 14, 24, 32
Y	US 2007/0041186 A1 (TAN et al) 22 February 2007 (22.02.2007) entire document	4, 15, 25
A	WO 2012/124986 A2 (YEO et al) 20 September 2012 (20.09.2012) entire document	1-33
A	US 2012/0176766 A1 (NATSUMEDA) 12 July 2012 (12.07.2012) entire document	1-33
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 23 December 2014		Date of mailing of the international search report 02 FEB 2015
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 0 9 K 11/70 (2006.01)	C 0 9 K 11/88	
H 0 1 L 33/50 (2010.01)	C 0 9 K 11/70	
H 0 1 L 33/00 (2010.01)	H 0 1 L 33/50	
F 2 1 Y 115/10 (2016.01)	H 0 1 L 33/00	L
	F 2 1 Y 115:10	

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100134120

弁理士 内藤 和彦

(72)発明者 チェン, ジャン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 5 0 7 0, サラトガ, サラヒルズ ドライブ 2 0 9 9 9

(72)発明者 ダブロー, ロバート, エス.

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 0 7 0, サン カルロス, オレンジ アベニュー 7 6 6

(72)発明者 ゲンスラー, スティーブン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 5 1 4 8, サン ノゼ, パパニー ウェイ 3 2 8 9

(72)発明者 ハートラブ, ジェイソン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 0 2 4, ロス アルトス, アルフォード アベニュー 1 9 4 3

(72)発明者 リー,アーネスト

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 3 0 6, パロ アルト, ウィットセル アベニュー 3 5 3 0

(72)発明者 ウィルソン, ロバート, エドワード

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 3 0 3, パロ アルト, ルイス ロード 2 5 8 5

F ターム(参考) 2H391 AA15 AB34 AB40 AC13 AC26 AC53 AD02 AD27 CA03

3K244 AA01 AA02 BA03 BA07 BA08 BA31 BA48 CA03 DA01 DA13

EA02 EA03 EA12 ED25 FA06 GA02 GA04 GA08 KA03 KA07

KA16 LA06

4H001 CA04 XA15 XA16 XA30 XA34 XA48 XA49 XA52 XA82 XB22

XB31 XB41 XB51 XB61

5F142 AA05 BA32 DA02 DA15 DA43 DA44 DA45 DA73 DB36 DB38

DB42 EA32 FA24 FA28 GA14 HA01