

(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2013-539598

(P2013-539598A)

(43) 公表日 平成25年10月24日 (2013. 10. 24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 33/50 (2010.01)	H O 1 L 33/00 4 1 O	2 H 1 9 1
G O 2 F 1/13357 (2006.01)	G O 2 F 1/13357	5 F 1 4 2

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2013-524214 (P2013-524214)
 (86) (22) 出願日 平成23年8月10日 (2011. 8. 10)
 (85) 翻訳文提出日 平成25年4月5日 (2013. 4. 5)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/047284
 (87) 国際公開番号 W02012/021643
 (87) 国際公開日 平成24年2月16日 (2012. 2. 16)
 (31) 優先権主張番号 61/372, 811
 (32) 優先日 平成22年8月11日 (2010. 8. 11)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 508241026
 キューデイー・ビジョン・インコーポレー
 テッド
 アメリカ合衆国、マサチューセッツ・02
 421、レキシントン、ハートウエル・ア
 ベニュー・29
 (74) 代理人 110001173
 特許業務法人川口国際特許事務所
 (72) 発明者 サダシバン、シユリダール
 アメリカ合衆国、マサチューセッツ・02
 143、サマービル、アルピオン・ストリ
 ート・35

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 量子ドット系照明

(57) 【要約】

照明用途用の量子ドット (QD) 構造に関するシステムおよび方法が説明される。特に、量子ドットおよび量子ドット含有インク (異なる波長の量子ドットの混合物を含む。) は、所望の光学特性のために合成され、LED源と一体化されて、三色白色光源を生成する。LED源は、量子ドット含有インクで満たされた小さな毛細管または光学系内に適切に設置された量子ドット含有フィルムを使用することを含む様々な方法で量子ドットと一体化されていてもよい。これらのシステムは、より高い色域、より低い消費電力およびコスト低減を特徴とする向上されたディスプレイをもたらすことができる。

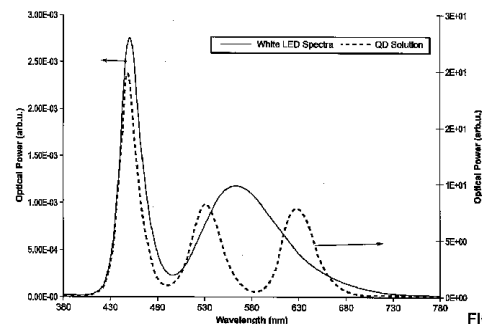


FIG. 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

三色白色光を発生する方法であって、

青色光を放出することが可能な光源からの光を、ホスト材料ならびに、緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含む光学材料であり、前記光学材料内の前記第 2 の量子ドットに対する前記第 1 の量子ドットの重量パーセント比は約 9 : 1 から約 2 : 1 の範囲にある光学材料と接触させること、

前記光源からの光、前記第 1 の量子ドットからの光および前記第 2 の量子ドットからの光の組み合わせから三色白色光を発生すること、

を含む方法。

10

【請求項 2】

青色光は約 450 nm から約 460 nm の範囲のピーク中心波長を有し、ならびに光学材料は、約 520 nm から約 540 nm の範囲のピーク中心波長を有する緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび約 615 nm から約 630 の範囲のピーク中心波長を有する赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

ホスト材料内の第 1 の量子ドットおよび第 2 の量子ドットの全濃度は、約 0.5 から約 10 重量パーセントの範囲にある、請求項 1 または 2 に記載の方法。

20

【請求項 4】

光学材料内の第 2 の量子ドットの重量パーセントに対する第 1 の量子ドットの重量パーセントの比は、約 6 対 1 から約 2 対 1 の範囲にある、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 5】

比は約 5 対 1 から約 3 対 1 の範囲にある、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

光学材料はさらに散乱体を含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 7】

光学材料は約 0.1 から約 1 重量パーセントの範囲の量の散乱体を含む、請求項 3 に記載の方法。

30

【請求項 8】

光学材料はさらにガラスビーズを含む、請求項 1、2 または 6 に記載の方法。

【請求項 9】

光学材料は約 5 から約 30 重量パーセントの範囲の量のガラスビーズを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

光学材料はさらにチキソトロピー剤を含む、請求項 1、2、6 または 8 に記載の方法。

【請求項 11】

チキソトロピー剤はヒュームド金属酸化物を含む、請求項 10 に記載の方法。

40

【請求項 12】

光学材料は約 2 から約 10 重量パーセントの範囲の量のチキソトロピー剤を含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

発生した三色光における緑色光に対する青色光の強度の比は約 0.75 から 4 の範囲にあり、ならびに発生した三色光における赤色光に対する緑色光の強度の比は約 0.75 から 2.0 の範囲にある、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 14】

三色光の赤色成分および緑色成分の各々は約 25 nm から約 50 nm の範囲に半値全幅を持つピーク発光を有する、請求項 1、2 または 13 に記載の方法。

【請求項 15】

50

三色白色光を発生するための装置であって、

ホスト材料ならびに緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含む光学材料と共に青色光を放出することが可能な光源を含み、前記光学材料内の前記第 2 の量子ドットに対する前記第 1 の量子ドットの重量パーセント比は約 9 : 1 から約 2 : 1 の範囲にある、装置。

【請求項 16】

青色光は約 450 nm から約 460 nm の範囲のピーク中心波長を有し、ならびに光学材料は、約 520 nm から約 540 nm の範囲のピーク中心波長を有する緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび約 615 nm から約 630 の範囲のピーク中心波長を有する赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含む、請求項 15 に記載の装置。

10

【請求項 17】

光学材料内の第 1 の量子ドットおよび第 2 の量子ドットの全濃度は、約 0.5 から約 10 の重量パーセントの範囲にある、請求項 15 または 16 に記載の装置。

【請求項 18】

光学材料内の第 2 の量子ドットの重量パーセントに対する第 1 の量子ドットの重量パーセントの比は約 6 対 1 から約 2 対 1 の範囲にある、請求項 15 または 16 に記載の装置。

【請求項 19】

比は約 5 対 1 から約 3 対 1 の範囲にある、請求項 18 に記載の装置。

20

【請求項 20】

光学材料はさらに散乱体を含む、請求項 15 または 16 に記載の装置。

【請求項 21】

光学材料はさらに約 0.1 から約 1 重量パーセントの範囲の量の散乱体を含む、請求項 20 に記載の装置。

【請求項 22】

光学材料はさらにガラスビーズを含む、請求項 15、16 または 20 に記載の装置。

【請求項 23】

光学材料はさらに約 5 から約 30 重量パーセントの範囲の量のガラスビーズを含む、請求項 22 に記載の装置。

30

【請求項 24】

光学材料はさらにチキソトロピー剤を含む、請求項 15、16、20 または 22 に記載の装置。

【請求項 25】

チキソトロピー剤はヒュームド金属酸化物を含む、請求項 24 に記載の装置。

【請求項 26】

光学材料はさらに約 2 から約 10 重量パーセントの範囲の量のチキソトロピー剤を含む、請求項 24 に記載の装置。

【請求項 27】

装置から発生した三色光内の緑色光に対する青色光の強度の比は約 0.75 から 4 の範囲にあり、ならびに装置から発生した三色光内の赤色光に対する緑色光の強度の比は約 0.75 から 2.0 の範囲にある、請求項 15 または 16 に記載の装置。

40

【請求項 28】

三色光の赤色光成分および緑色光成分の各々は約 25 nm から約 50 nm の範囲に半値全幅を持つピーク発光を有する、請求項 15、16 または 27 に記載の装置。

【請求項 29】

第 1 の量子ドットおよび第 2 の量子ドットはホスト材料の全体にわたって均一に分散されている、請求項 15 または 16 に記載の装置。

【請求項 30】

バックライトユニット装置であって、

50

ホスト材料ならびに緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含む光学材料であり、前記光学材料内の前記第 2 の量子ドットに対する前記第 1 の量子ドットの重量パーセント比は約 9 : 1 から約 2 : 1 の範囲にある光学材料を照射することが可能なように位置した、青色光を放出することが可能な光源を含み、

前記光学材料は、さらに透明光導体の表面に隣接して位置しており、前記第 1 の量子ドットから放出された緑色光、前記第 2 の量子ドットから放出された赤色光および前記光源から放出された青色光の一部の組み合わせから三色光が発生されることが可能である、バックライトユニット装置。

【請求項 3 1】

光学材料は光導体のエッジ面に隣接して位置する、請求項 3 0 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 3 2】

光学材料は透明毛細管に含まれている、請求項 3 1 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 3 3】

光導体のエッジから離れる方向に光学材料から放出された光が、前記光導体のエッジに向けて反射されるように、光反射材料が部分的に毛細管を囲んでいる、請求項 3 2 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 3 4】

光導体のエッジから離れる方向に光学材料から放出された光が、前記光導体のエッジに向けて反射されるように、光反射材料は前記光導体の上面の一部と接触し、前記光学材料の一部を囲み、ならびに前記光導体の底面の一部と接触する、請求項 3 3 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 3 5】

光源から放出された光が光学材料に入ることが可能なように、光反射材料は前記光源に隣接する開口を含む、請求項 3 3 または 3 4 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 3 6】

光導体のエッジから離れる方向に光学材料から放出された光が、前記光導体のエッジに向けて反射されるように、光反射材料は前記光導体の上面の一部と接触し、光源および前記光学材料の一部を囲み、ならびに前記光導体の底面の一部と接触する、請求項 3 3 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 3 7】

光反射材料は、第 1 の量子ドットおよび第 2 の量子ドットからの光を反射する一方、光源からの光が通過することを可能にするショートバンドパスフィルタを含む、請求項 3 3 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 3 8】

光反射材料は、第 1 の量子ドットおよび第 2 の量子ドットからの光を反射する一方、光源からの光が通過することを可能にするショートバンドパスフィルタを含む、請求項 3 4 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 3 9】

光学材料は光導体の表面に隣接して位置する、請求項 3 0 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 4 0】

光学材料はフィルムに含まれている、請求項 3 9 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 4 1】

1 つまたは複数の任意の反射シート、拡散プレート、拡散シート、構造化シート、および / または二重輝度向上フィルムをさらに含む、請求項 3 0 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 4 2】

光学材料は光源と光導体の隣接面との間に位置する、請求項 30 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 43】

光源から放出された光は光学材料内に直接入る、請求項 42 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 44】

液晶ディスプレイユニットであって、

ホスト材料、緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含む光学材料であり、前記光学材料内の前記第 2 の量子ドットに対する前記第 1 の量子ドットの重量パーセント比は約 9 : 1 から約 2 : 1 の範囲にある光学材料を照射することが可能なように位置した、青色光を放出することが可能な光源を含み、

10

前記光学材料は、さらに透明光導体の表面に隣接して位置しており、前記第 1 の量子ドットから放出された緑色光、前記第 2 の量子ドットから放出された赤色光、および前記光源から放出された青色光の一部の組み合わせから三色光が発生されることが可能である、バックライトユニット装置、および

前記バックライトユニット装置から放出された三色光と光学的に関連して位置する液晶ディスプレイパネル

を含む、液晶ディスプレイユニット。

【請求項 45】

20

請求項 30 に記載のバックライトユニット装置および前記バックライトユニット装置から放出された三色光と光学的に関連して位置する液晶ディスプレイパネルを含む、液晶ディスプレイユニット。

【請求項 46】

量子ドットを含む液体混合物を移動させる方法であって、

容器を、量子ドットを含む前記液体混合物の供給物と接触させること、および量子ドットを含む前記液体混合物が前記容器に送り込まれるように量子ドットを含む前記液体混合物の表面上のガス圧力を増大させること、

を含む方法。

【請求項 47】

30

容器は毛細管である、請求項 46 の方法。

【請求項 48】

量子ドットを含む前記液体混合物の供給物は閉じ込められた環境で存在する、請求項 47 の方法。

【請求項 49】

閉じ込められた環境に外部源からガスを押し込むことによって、前記閉じ込められた環境でガス圧力が増大される、請求項 48 の方法。

【請求項 50】

毛細管は量子ドットを含む液体混合物で実質的に満たされ、取り外されならびに密閉される、請求項 47 の方法。

40

【請求項 51】

ショートバンドパスフィルタは、約 420 nm から約 480 nm の範囲の波長を有する青色光を選択的に透過することが可能であり、ならびに約 481 nm から約 680 nm の範囲の波長を有する光を選択的に反射することが可能である、請求項 37 または 38 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 52】

光反射材料は毛細管を部分的に囲む、請求項 33 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 53】

光導体に最も近い毛細管の表面は光反射材料を含まない、請求項 52 に記載のバックライトユニット装置。

50

【請求項 5 4】

約 4 2 0 n m から約 4 8 0 n m の範囲のショートバンドパスフィルタの透過率は少なくとも 9 0 % である、請求項 5 1 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 5 5】

約 4 8 1 n m から約 6 8 0 n m の範囲のショートバンドパスフィルタの透過率は 5 % 以下である、請求項 5 1 または 5 4 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 5 6】

毛細管は円形断面を有する、請求項 3 3 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 5 7】

毛細管は四角形断面を有する、請求項 3 3 に記載のバックライトユニット装置。

10

【請求項 5 8】

毛細管は正方形断面を有する、請求項 5 7 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 5 9】

毛細管は長方形断面を有する、請求項 5 7 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 6 0】

毛細管は台形断面を有する、請求項 5 7 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 6 1】

光源に最も近い毛細管の表面上に光反射材料が被覆されている、請求項 5 7 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 6 2】

20

毛細管の上面および下面上に光反射材料がさらに被覆されている、請求項 6 1 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 6 3】

毛細管の端部は、毛細管の端部からの光の放出を防ぐための材料で被覆されている、請求項 3 3 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 6 4】

三色白色光を発生するために青色光を放出することが可能な光源と共に使用するための光学材料であって、

前記光学材料は、ホスト材料ならびに緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含み、前記光学材料内の前記第 2 の量子ドットに対する前記第 1 の量子ドットの重量パーセント比は約 9 : 1 から約 2 : 1 の範囲にある、光学材料。

30

【請求項 6 5】

青色光は約 4 5 0 n m から約 4 6 0 n m の範囲のピーク中心波長を有し、ならびに光学材料は、約 5 2 0 n m から約 5 4 0 n m の範囲のピーク中心波長を有する緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび約 6 1 5 n m から約 6 3 0 の範囲のピーク中心波長を有する赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含む、請求項 6 4 に記載の光学材料。

【請求項 6 6】

請求項 6 4 または 6 5 に記載の光学材料を含む毛細管を含み、前記毛細管は光反射材料によって部分的に囲まれている、レンズ。

40

【請求項 6 7】

光反射材料は、第 1 の量子ドットおよび第 2 の量子ドットからの光を反射しながら、光源からの光が通過することを可能にするショートバンドパスフィルタを含む、請求項 6 6 に記載のレンズ。

【請求項 6 8】

ショートバンドパスフィルタは、約 4 2 0 n m から約 4 8 0 n m の範囲の波長を有する青色光を選択的に透過することが可能であり、ならびに約 4 8 1 n m から約 6 8 0 n m の範囲の波長を有する光を選択的に反射することが可能である、請求項 6 7 に記載のレンズ。

50

【請求項 69】

毛細管の長さ方向の 1 つの表面は光反射材料を含まない、請求項 66 に記載のレンズ。

【請求項 70】

約 420 nm から約 480 nm の範囲のショートバンドパスフィルタの透過率は、少なくとも 90 % である、請求項 68 に記載のレンズ。

【請求項 71】

約 481 nm から約 680 nm の範囲のショートバンドパスフィルタの透過率は、5 % 以下である、請求項 68 または 70 に記載のレンズ。

【請求項 72】

毛細管は円形断面を有する、請求項 66 に記載のレンズ。

10

【請求項 73】

毛細管は四角形断面を有する、請求項 66 に記載のレンズ。

【請求項 74】

毛細管は正方形断面を有する、請求項 66 に記載のレンズ。

【請求項 75】

毛細管は長方形断面を有する、請求項 66 に記載のレンズ。

【請求項 76】

毛細管は台形断面を有する、請求項 66 に記載のレンズ。

【請求項 77】

光反射材料が、光反射材料を含まない表面の反対側の毛細管の長さ方向の表面の一部上に被覆されている、請求項 69 に記載のレンズ。

20

【請求項 78】

光反射材料は毛細管の上表面および底面上にさらに被覆されている、請求項 77 に記載のレンズ。

【請求項 79】

毛細管の端部は、毛細管の端部からの光の放出を防ぐための材料で被覆されている、請求項 66 に記載のレンズ。

【請求項 80】

光反射材料を含まない表面の反対側の毛細管の長さ方向の表面は、1 つまたは複数の所定の領域の所定の配列が、前記光源から放出された光が前記光学材料に入ることが可能なように、各所定の領域で光源の配置のために被覆されていない状態で、光反射材料で被覆されている、請求項 77 に記載のレンズ。

30

【請求項 81】

青色光は約 450 nm から約 460 nm の範囲のピーク中心波長を有し、ならびに光学材料は、約 520 nm から約 540 nm の範囲のピーク中心波長を有する緑色光を放出することが可能な第 1 の量子ドットおよび約 615 nm から約 630 の範囲のピーク中心波長を有する赤色光を放出することが可能な第 2 の量子ドットを含む、請求項 30 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 82】

請求項 64 または 65 に記載の光学材料を含む、レンズ。

40

【請求項 83】

さらに光導体を含み、光学材料は前記光導体の表面に隣接して配置されている、請求項 82 に記載のレンズ。

【請求項 84】

さらに光導体を含み、光学材料は前記光導体のエッジ面に隣接して配置されている、請求項 82 に記載のレンズ。

【請求項 85】

透明毛細管内の光学材料は光導体のエッジ面に光学的に結合されている、請求項 32 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 86】

50

光導体は光源と光学材料との間に位置する、請求項 30 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 87】

光源は光学材料に光学的に結合されている、請求項 30 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 88】

光学材料は少なくとも 70 % の E Q E を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 89】

光学材料は少なくとも 70 % の E Q E を有する、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 90】

光学材料は少なくとも 70 % の E Q E を有する、請求項 30 に記載のバックライトユニット装置。

【請求項 91】

光学材料は少なくとも 70 % の E Q E を有する、請求項 44 に記載の液晶ディスプレイユニット。

【請求項 92】

光学材料は少なくとも 70 % の E Q E を有する、請求項 64 に記載の光学材料。

【請求項 93】

光学材料は少なくとも 70 % の E Q E を有する、請求項 66 または 82 に記載のレンズ。

【請求項 94】

毛細管は各端部で密閉されている、請求項 66 または 82 に記載のレンズ。

【請求項 95】

毛細管は密封されている、請求項 66 または 82 に記載のレンズ。

【請求項 96】

毛細管は擬似密封されている、請求項 66 または 82 に記載のレンズ。

【請求項 97】

毛細管の少なくとも一端部はフレイム密閉されている、請求項 66 または 82 に記載のレンズ。

【請求項 98】

毛細管の少なくとも一端部はガラスで密閉されている、請求項 66 または 82 に記載のレンズ。

【請求項 99】

毛細管の少なくとも一端部は接着剤で密閉されている、請求項 66 または 82 に記載のレンズ。

【請求項 100】

本願に示され記載される、方法、機械、製造および組成物の新規で有用な自明でない改良。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、量子ドット（半導体ナノ結晶を含むが、これに限定されない。）を使用する光の発生、ならびに照明用途および光学表示システム用の構造での量子ドットの使用に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶ディスプレイ（LCD）は、今日の市場における主要なフラットパネルディスプレイ技術である。従来の LCD システムは、一般にバックライトユニットと呼ばれる光源（例えば、蛍光灯、発光ダイオード（LED）など）の前の光学部品のネットワークを含む。従来のバックライトユニットは、光がディスプレイパネルに最終的に入る光導体に結合

10

20

30

40

50

された光源を含む。従来のシステムで採用されるLEDバックライトは、LED源上にLED源からわずかに離れた距離に設置された1セットの光学フィルムを含む。とりわけ、LED源と、関連する光学フィルムとの間の適切な距離の選択は、ディスプレイパネルに入る光が適切に最適化されることを確実にする。

【0003】

LCDの質は、多くの場合、色域図によって測定される。色域は、ディスプレイによって表される色の全スペースを称する。一般に、色域は、International Commission on Illumination (CIE) 1931XY色図などの図によって示される。この図では、利用可能な色の全範囲は、x軸上の色度およびy軸上の明るさまたは輝度によって表される。二次元のCIEプロット上のすべての可視色の全範囲は、図の中心において舌形状の領域によって概して表される。

10

【0004】

ディスプレイ装置の色域を増大させることは、色質を高め、より高い知覚された輝度ももたらす。この効果は、ヘルムホルツ-コールラウシュ(H-K)効果として知られており、「この輝度を明所視の範囲内で一定に保つ間の、色刺激の純度を増大させることによって生成された知覚された色の輝度の変化」として定義される(CIE Publication No. 17.4, International Lighting Vocabulary, Central Bureau of CIE, Vienna, 1988, sec. 845-02-34, p. 50参照)。この効果は、周囲光の状態による(つまり、効果は、より低い周囲光の状態で向上され、より高い周囲光の状態で減少される)。

20

【0005】

2つの異なるLED光源が、LCDで利用された:(1)赤色、緑色および青色(RGB)LEDの組み合わせ、および(2)白色LED。白色LEDの使用と比較して、RGB LEDの使用は、より良好な色域を可能にするだけでなく、実行における著しい複雑さを加える。白色LEDバックライトの複雑さが減少され、従って、コストが減少されることで、これらの構造により市販のLCDディスプレイの選択が実現することとなった。従って、幾つかの従来のディスプレイは、70%色域のみ(1953年のNTSC標準に対して)を有する。さらに、従来のLED源には、消費電力を増大させる光学スタックにおいて多数のカラーフィルタを必要とするものもある。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】CIE Publication No. 17.4, International Lighting Vocabulary, Central Bureau of CIE, Vienna, 1988, sec. 845-02-34, p. 50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、本発明の1つの目的は、実行の容易さをさらに維持しながら、色域を増大および/または消費電力を低下させるなどによってディスプレイシステムの性能を増大させ、従ってより低コストをもたらすことである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

下記は、開示の幾つかの態様の基本的な理解をもたらすために単純化された概要を示す。この概要は開示の広範囲な要約ではない。これは、開示の重要または重大な要素を識別するまたは開示の範囲を説明することを意図しない。以下の概要は、以下に提供されるより詳細な説明に対する前置きとして単純化された形態での開示の幾つかの概念を単に提供する。

【0009】

50

本開示の実施形態は、光を発生するための量子ドット（例えば、半導体ナノ結晶を含む。）を含む光学材料を対象とする。1つの態様によれば、青色光波長を放出するLEDによって励起される、緑色光波長を放出する量子ドットおよび赤色光波長を放出する量子ドットなどの本発明のある量子ドットの組み合わせは、三色白色光の発生をもたらす。ある態様によれば、三色白色光などの量子ドットによって発生された光は、液晶ディスプレイ（LCD）ユニットまたは他の光学ディスプレイユニットと組み合わせて使用される。本発明の1つの実行は、例えば、LCDユニットと共にさらに使用されることが可能なバックライトユニットとして用いるための量子ドット、LED青色光源および光導体の組み合わせである。

【0010】

10

従って、本開示の実施形態は、ある所望の放射出力を達成するために使用される量子ドットの混合または組み合わせまたは比を対象とする。このような量子ドットは、適切な励起にさらされた場合に、ある波長の赤色および緑色光を放出することが可能である。さらなる実施形態は、様々な発光用途で使用される量子ドットを含む様々な配合物を対象とする（量子ドットを含む配合物は、「量子ドット配合物」または「光学材料」と本明細書で呼ばれてもよい。）。例えば、量子ドット配合物は、量子ドットインクとして一般に公知の流動性流体の形態をとることが可能である。流動性流体として使用されれば、毛細管などの適切な容器内に流動性流体を入れるための方法が本明細書で提供され、これは、例えば、光導体と組み合わせて使用される。

【0011】

20

量子ドット配合物は、物理的構造または他の形態に含まれることも可能である。量子ドット配合物は、例えば、フィルムなどの所望の物理的構造に重合されることが可能なモノマーを含むことが可能である。従って、量子ドットフィルムを作製する方法が本明細書で提供される。

【0012】

本開示の実施形態は、光導体に、および光導体を介して、発生された光の効率的な進行のための光導体への量子ドット含有装置の様々な結合を含む様々なバックライトユニットの設計をさらに対象とする。ある態様によれば、量子ドットの照明および励起、ならびに光導体において光導体を介しての結果として得られる放射の効率的な結合または進行のための方法および装置が提供される。LED内に位置する量子ドットおよびLEDに対する成分を含むバックライトユニットのための実施形態がさらに提供される。本発明のこのようなLEDは、色域を増大させ、より高い認識された輝度を発生するために量子ドットを利用する。

30

【0013】

本出願の最後に説明される各請求項は、参照により内容全体がこの概要の欄に組み込まれる。

【0014】

本明細書で説明される上記および他の態様および実施形態は、すべて本発明の実施形態を構成する。

【0015】

40

本発明の任意の特有の態様および/または実施形態について、本明細書で説明される特徴のいずれかが、組み合わせの適合性を確実にするのに適する変形と共に、本明細書で説明される本発明の実施形態の他の態様および/または実施形態の他の特徴のいずれかの1つまたは複数と組み合わせられることが可能であることは、本発明が関係する当業者には理解されるであろう。このような組み合わせは、この開示によって検討される本発明の一部であると考えられる。

【0016】

上述の一般的な説明および以下の詳細な説明はどちらも例示および説明のためであり、請求されるような本発明を限定するものではないことが理解されるべきである。他の実施形態は、本明細書で開示される発明の明細書および実施を検討することにより当業者

50

に明らかになる。

【 0 0 1 7 】

本開示の上述のおよび他の特徴および利点は、添付図面と関連して得られる実例となる実施形態の以下の詳細な説明からより完全に理解される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1 A】開示の種々の態様による毛細管を量子ドット含有インクで満たす方法の実施例を示す。

【図 1 B】開示の種々の態様による毛細管を量子ドット含有インクで満たす方法の実施例を示す。

【図 2】量子ドット含有バックライトユニット (B L U) および白色 L E D B L U の実施形態のスペクトルを示す。

【図 3】開示の種々の態様による毛細管の実施例を示す。

【図 4】開示の種々の態様による毛細管の実施例を示す。

【図 5】開示の種々の態様による毛細管の実施例を示す。

【図 6】開示の種々の態様による、量子ドットを含むフィルムに L E D 源を一体化することによって作成される量子ドット含有バックライトの実施例を示す。

【図 7 A】開示の種々の態様による、L E D と光導体との間に量子ドットを含む薄い毛細管レンズの挿入を示す。

【図 7 B】開示の種々の態様による、光学フィルムスタックへの量子ドットを含むフィルムの挿入を示す。

【図 8】開示の種々の態様による、L E D からの光が毛細管内に進行し、毛細管からの光を光導体内に進行することを可能にするために、毛細管のまわりでの反射材料またはフィルムの使用を示す。

【図 9】開示の種々の態様による、L E D 光を通過するが光導体内に量子ドット発生光を反射するために毛細管の 3 つの側に設置されたショートバンドパスフィルタの使用を示す。

【図 1 0】開示の種々の態様による、量子ドット含有 B L U スタック (青色光を放出する L E D によって励起される赤色量子ドットおよび緑色量子ドットを含む。) の輝度プロフィールが、従来の白色 B L U スタックの輝度プロフィールと一致することを示す。

【図 1 1】開示の種々の態様による、赤色量子ドットおよび緑色量子ドットを含む量子ドットレンズが、高エネルギー青色 L E D 光 (約 $25 \text{ mW} / \text{cm}^2$) および 80 ° までの温度を受ける場合に、時間の関数として量子ドット含有レンズ B L U の量子効率の変化を示す。

【図 1 2】異なるピーク中心波長 (630 nm、620 nm および 615 nm) に放出を有する赤色発光量子ドットを含む、本明細書で説明されるバックライトユニットの実施例に由来の三色白色光のスペクトルプロフィールを表す。

【図 1 3】開示の種々の態様による、エッジレンズを備えた光学フィルムスタックを示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

本開示の実施形態は、励起光と組み合わせて量子ドットを使用して三色白色光を生成することを対象とする。三色白色光は、液晶ディスプレイ用バックライトユニットなどの様々な照明用途で利用される。

【 0 0 2 0 】

量子ドットは、量子閉じ込めから生じる光学特性を有することが可能であるナノメートルサイズの粒子である。量子ドットは、励起放射線を受けた場合に光を放出することが可能である。

【 0 0 2 1 】

量子ドットの特有の組成、構造および / またはサイズは、特有の励起源での励起の際に

10

20

30

40

50

量子ドットから放出される光の所望の波長を達成するために選択されることが可能である。基本的には、量子ドットは、これらのサイズを変更することによって可視スペクトルにわたって光を放出するために調整されてもよい。C. B. Murray, C. R. Kagan, and M. G. Bawendi, Annual Review of Material Sci., 2000, 30: 545 から 610 が参照され、参照によりこの開示内容全体が本明細書に組み込まれる。

【0022】

量子ドットは約 1 から約 1000 ナノメートル (nm) の範囲の平均粒子サイズを有することが可能であり、好ましくは約 1 から約 100 nm の範囲である。ある実施形態において、量子ドットは約 1 から約 20 nm (例えば、約 5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、または 20 nm など) の範囲の平均粒子サイズを有する。ある実施形態において、量子ドットは約 1 から約 10 nm の範囲の平均粒子サイズを有する。量子ドットは約 150 オングストローム () 未満の平均直径を有することが可能である。ある実施形態において、約 12 から約 150 の範囲に平均直径を有する量子ドットは、特に望ましくすることが可能である。しかし、量子ドットの組成、構造および所望の発光波長に応じて、平均直径はこれらの範囲外であってもよい。

10

【0023】

好ましくは、量子ドットは半導体ナノ結晶を含む。ある実施形態において、半導体ナノ結晶は、約 1 から約 20 nm の範囲、好ましくは、約 1 から約 10 nm の範囲の平均粒子サイズを有する。しかし、量子ドットの組成、構造および所望の発光波長に応じて、平均直径はこれらの範囲外であってもよい。

20

【0024】

量子ドットは 1 つまたは複数の半導体材料を含むことが可能である。

【0025】

量子ドット (例えば、半導体ナノ結晶を含む。) に含まれることが可能な半導体材料の例としては、第 I V 族元素、第 I I - V I 族化合物、第 I I - V 族化合物、第 I I I - V I 族化合物、第 I I I - V 族化合物、第 I V - V I 族化合物、第 I - I I I - V I 族化合物、第 I I - I V - V I 族化合物、第 I I - I V - V 族化合物、三元および四元混合物または合金を含む、上記のいずれかを含む合金および / または上記のいずれかを含む混合物が挙げられるが、これらに限定されない。限定しない例のリストとしては、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdO、CdS、CdSe、CdTe、MgS、MgSe、GaAs、GaN、GaP、GaSe、GaSb、HgO、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InN、InP、InSb、AlAs、AlN、AlP、AlSb、TiN、TiP、TiAs、TiSb、PbO、PbS、PbSe、PbTe、Ge、Si、三元および四元混合物または合金を含む、上記のいずれかを含む合金および / または上記のいずれかを含む混合物が挙げられる。

30

【0026】

ある実施形態において、量子ドットは、1 つまたは複数の半導体材料を含むコアと、1 つまたは複数の半導体材料を含むシェルと、を含むことが可能であり、シェルは、コアの外側表面の少なくとも一部上に、好ましくは全体上に配置されている。コアおよびシェルを含む量子ドットは、「コア / シェル」構造とも呼ばれる。

40

【0027】

例えば、量子ドットは、式 M X を有するコアを含むことが可能であり、ここで、M は、カドミウム、亜鉛、マグネシウム、水銀、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウム、またはこれらの混合物であり、X は、酸素、硫黄、セレン、テルル、窒素、リン、ヒ素、アンチモン、またはこれらの混合物である。量子ドットコアとしての使用に適した材料の例としては、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdO、CdS、CdSe、CdTe、MgS、MgSe、GaAs、GaN、GaP、GaSe、GaSb、HgO、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InN、InP、InSb、AlAs、AlN、AlP、AlSb、TiN、TiP、TiAs、TiSb、PbO、PbS、PbSe、

50

PbTe、Ge、Si、三元および四元混合物または合金を含む、上記のいずれかを含む合金および/または上記のいずれかを含む混合物が挙げられるが、これらに限定されない。

【0028】

シェルは、コアの組成と同じまたは異なる組成を有する半導体材料とすることが可能である。シェルは、コアの表面上に1つまたは複数の半導体材料を含む保護膜を含むことが可能である。シェルに含まれることが可能な半導体材料の例としては、第IV族元素、第II-V族化合物、第III-V族化合物、第II-III-V族化合物、第I-III-V族化合物、第II-IV-V族化合物、第III-IV-V族化合物、三元および四元混合物または合金を含む、上記のいずれかを含む合金および/または上記のいずれかを含む混合物が挙げられるが、これらに限定されない。例としては、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdO、CdS、CdSe、CdTe、MgS、MgSe、GaAs、GaN、GaP、GaSe、GaSb、HgO、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InN、InP、InSb、AlAs、AlN、AlP、AlSb、TiN、TiP、TiAs、TlSb、PbO、PbS、PbSe、PbTe、Ge、Si、上記のいずれかを含む合金および/または上記のいずれかを含む混合物が挙げられるが、これらに限定されない。例えば、ZnS、ZnSeまたはCdS保護膜は、CdSeまたはCdTe半導体ナノ結晶上に成長されることが可能である。

10

【0029】

コア/シェル量子ドットにおいて、シェルまたは保護膜は1つまたは複数の層を含んでもよい。保護膜は、コアの組成と同じまたは異なる少なくとも1つの半導体材料を含むことが可能である。好ましくは、保護膜は約1から約10の単分子層の厚みを有する。保護膜は、また、10の単分子層より大きい厚みを有することが可能である。ある実施形態において、1つより多い保護膜がコア上に含まれることが可能である。

20

【0030】

ある実施形態において、周囲の「シェル」材料は、コア材料のバンドギャップより大きなバンドギャップを有することが可能である。ある他の実施形態において、周囲のシェル材料は、コア材料のバンドギャップ未満のバンドギャップを有することが可能である。

【0031】

ある実施形態において、シェルは、「コア」基板に近い原子間隔を有するように選択されることが可能である。ある他の実施形態において、シェルおよびコア材料は同じ結晶構造を有することが可能である。

30

【0032】

量子ドット（例えば、半導体ナノ結晶）（コア）シェル材料の例としては、赤色（例えば、(CdSe)CdZnS（コア）シェル）、緑色（例えば、(CdZnSe)CdZnS（コア）シェルなど）および青色（例えば、(CdS)CdZnS（コア）シェル）が挙げられるが、限定されない。

【0033】

量子ドットは、球形、棒、ディスク、他の形状および様々な形状の粒子の混合物を含めて様々な形状を有することが可能であるが、これらに限定されない。

40

【0034】

量子ドット（例えば、半導体ナノ結晶が挙げられるが、これに限定されない。）を製造する方法の1つの例は、コロイド成長工程である。コロイド成長は、熱い配位性溶媒にMドナーおよびXドナーを注入することによって生じる。単分散量子ドットを調製する好ましい方法の1つの例としては、熱い配位性溶媒に注入されたジメチルカドミウムなどの有機金属反応剤の熱分解を含む。これは離散的な核形成を可能にし、巨視的な量の量子ドットの制御された成長をもたらす。注入は、量子ドットを形成するように制御された方法で成長されることが可能な核を生成する。反応混合物は、量子ドットを成長し、アニールするために徐々に加熱されることが可能である。サンプル内の量子ドットの平均サイズおよ

50

びサイズ分布の両方は、成長温度に依存する。安定成長を維持するための成長温度は、平均結晶サイズの増大に伴って上昇する。結果として生じる量子ドットは、量子ドットの集合のメンバである。離散的な核形成および制御された成長の結果、得られることが可能な量子ドットの集合は、直径の狭い単分散分布を有する。直径の単分散分布はサイズと呼ばれることも可能である。好ましくは、粒子の単分散集合は、集合中の粒子の少なくとも約60%が指定された粒子サイズ範囲内にある粒子の集合を含む。単分散粒子の集合は、好ましくは、直径が15% rms (二乗平均平方根) 未満を外れることが好ましく、10% rms 未満であることがより好ましく、5% 未満であることが最も好ましい。

【0035】

オーバーコーティング工程の一例は、例えば、米国特許第6,322,901号明細書に記載されている。オーバーコーティング中に反応混合物の温度を調整し、コアの吸収スペクトルを監視することによって、高い放出量子効率および狭いサイズ分布を有するオーバーコートされた材料が得られることが可能である。

【0036】

量子ドット (例えば、半導体ナノ結晶を含む。) の狭いサイズ分布は、狭いスペクトル幅での光放出の可能性を可能にする。単分散半導体ナノ結晶は、Murrayら (J. Am. Chem. Soc., 115: 8706 (1993)); Christopher Murrayの論文および「II-VI量子ドットの合成および特性評価、ならびに3D量子ドット超格子へのこれらの組み立て」、Massachusetts Institute of Technology, September, 1995に詳細に記載されている。上記は、参照によりこれらの開示内容全体が本明細書に組み込まれる。

【0037】

制御された成長および核形成に続く配位性溶媒内の量子ドットのアニールの方法は、均一な表面誘導体化および規則的なコア構造をもたらすことも可能である。サイズ分布が鋭くなるとともに、温度は安定成長を維持するために上昇されることが可能である。より多くのMドナーまたはXドナーを加えることによって、成長期間が短くされることが可能である。Mドナーは無機化合物、有機金属化合物、または元素金属とすることが可能である。例えば、Mドナーは、カドミウム、亜鉛、マグネシウム、水銀、アルミニウム、ガリウム、インジウム、またはタリウムを含むことが可能であり、Xドナーは、Mドナーと反応することが可能な化合物を含み、一般式MXを有する材料を形成することが可能である。Xドナーは、ホスフィンカルコゲナイド、ビス(シリル)カルコゲニド、二酸素、アンモニウム塩、またはトリス(シリル)ブニクタイドなどのカルコゲニドドナーまたはブニクタイドドナーを含むことが可能である。適切なXドナーとしては、例えば、二酸素、ビス(トリメチルシリル)セレナイド((TMS)₂Se)、(トリ-n-オクチルホスフィン)セレナイド(TOPSe)または(トリ-n-ブチルホスフィン)セレナイド(TBPSe)などのトリアルキルホスフィンセレナイド、(トリ-n-オクチルホスフィン)テルライド(TOPTe)またはヘキサプロピル燐トリアミドテルライド(HPPTe)などのトリアルキルホスフィンテルライド、ビス(トリメチルシリル)テルライド((TMS)₂Te)、ビス(トリメチルシリル)スルフィド((TMS)₂S)、(トリ-n-オクチルホスフィン)スルフィド(TOPs)などのトリアルキルホスフィンスルフィド、ハロゲン化アンモニウム(例えば、NH₄Cl)、トリス(トリメチルシリル)ホスフィド((TMS)₃P)、トリス(トリメチルシリル)アルセナイド((TMS)₃As)、またはトリス(トリメチルシリル)アンチモナイド((TMS)₃Sb)などのアンモニウム塩が挙げられるが、これらに限定されない。ある実施形態において、MドナーおよびXドナーは、同じ分子内の部分とすることが可能である。

【0038】

配位性溶媒は、量子ドットの成長の制御に役立つことが可能である。配位性溶媒は、ドナー孤立電子対、例えば、成長する量子ドット(例えば、半導体ナノ結晶を含む。)の表面に配位するために利用可能な孤立電子対を有する化合物である。溶媒配位は、成長する量子ドットを安定させることが可能である。配位性溶媒の例としては、アルキルホスフィ

10

20

30

40

50

ン、アルキルホスフィンオキシド、アルキルホスホン酸、またはアルキルホスフィン酸が挙げられるが、ピリジン、フランおよびアミンなどの他の配位性溶媒が、また、量子ドット（例えば、半導体ナノ結晶）の製造に適している可能性がある。適切な配位性溶媒のさらなる例としては、ピリジン、トリ - n - オクチルホスフィン（TOP）、トリ - n - オクチルホスフィンオキシド（TOPO）およびトリスヒドロキシプロピルホスフィン（tHPP）、トリブチルホスフィン、トリ（ドデシル）ホスフィン、ジブチル - ホスファイト、トリブチルホスファイト、トリオクタデシルホスファイト、トリラウリルホスファイト、トリス（トリデシル）ホスファイト、トリイソデシルホスファイト、ビス（2 - エチルヘキシル）フォスフェイト、トリス（トリデシル）フォスフェイト、ヘキサデシルアミン、オレイルアミン、オクタデシルアミン、ビス（2 - エチルヘキシル）アミン、オクチルアミン、ジオクチルアミン、トリオクチルアミン、ドデシルアミン / ラウリルアミン、ジドデシルアミントリドデシルアミン、ヘキサデシルアミン、ジオクタデシルアミン、トリオクタデシルアミン、フェニルホスホン酸、ヘキシルホスホン酸、テトラデシルホスホン酸、オクチルホスホン酸、オクタデシルホスホン酸、プロピレンジホスホン酸、フェニルホスホン酸、アミノヘキシルホスホン酸、ジオクチルエーテル、ジフェニルエーテル、ミリスチン酸メチル、オクタン酸オクチルおよびオクタン酸ヘキシルが挙げられる。ある実施形態において、工業銘柄TOPOが使用されることが可能である。

10

【0039】

ある実施形態において、量子ドットは、代わりに、非配位性溶媒を使用して調製されることが可能である。

20

【0040】

反応の成長段階中のサイズ分布は、粒子の吸収または輝線の幅を監視することによって評価されることが可能である。粒子の吸収スペクトルの変化に応じた反応温度の変更は、成長中に鋭い粒径分布の維持を可能にする。反応物質は、より大きな結晶を成長するために結晶成長中に核形成溶液に添加されることが可能である。例えば、特有の半導体ナノ結晶平均直径で成長を停止し、半導体材料の適切な組成を選択することによって、CdSeおよびCdTeについて、半導体ナノ結晶の発光スペクトルは、300nmから5ミクロンまたは400nmから800nmの波長範囲にわたって連続的に調整されることが可能である。

30

【0041】

量子ドット（例えば、半導体ナノ結晶を含む。）の粒径分布は、さらに、メタノール / ブタノールなどの量子ドット用の貧溶媒でサイズ選択的析出によって精製されることが可能である。例えば、量子ドットは、ヘキサンにブタノールを10%溶解した溶液に分散されることが可能である。乳白光を持続するまで、メタノールはこの攪拌溶液に滴下されることが可能である。遠心分離による浮遊物と塊との分離は、サンプル内に最大の微結晶が混入された析出を生成する。光吸収スペクトルのさらなる鮮鋭化がないことが留意されるまで、この手順が繰り返されることが可能である。サイズ選択的析出は、ピリジン / ヘキサンおよびクロロホルム / メタノールを含めて、様々な溶媒 / 非溶媒ペアで実行されることが可能である。サイズが選択された量子ドット（例えば、半導体ナノ結晶）集合は、好ましくは、平均径から15% rms以下の偏差、より好ましくは10% rms以下の偏差、最も好ましくは5% rms以下の偏差を有する。

40

【0042】

半導体ナノ結晶および他のタイプの量子ドットは、好ましくはこれに付着されたりリガンドを有する。

【0043】

リガンドは、成長工程中の反応混合物内に含まれ得る配位性溶媒に由来させることが可能である。

【0044】

リガンドは反応混合物に添加されることが可能である。

【0045】

50

リガンドは、量子ドットを合成するための反応混合物に含まれた試薬または前駆体由来することが可能である。

【0046】

ある実施形態において、量子ドットは、外側表面に付着された1つより多いタイプのリガンドを含むことが可能である。

【0047】

成長工程または別の方法に由来するリガンドを含む量子ドット表面は、過剰の競合リガンド基（例えば、配位基が挙げられるが、限定されない。）に繰り返しさらすことによって変更されて、重層を形成することが可能である。例えば、覆われた量子ドットの分散は、ピリジンなどの配位性有機化合物で処理されて、ピリジン、メタノールおよび芳香族化合物内で容易に分散するが、脂肪族溶媒内ではもはや分散しない微結晶を生成することが可能である。このような表面の交換工程は、ナノ粒子の外側表面に配位または結合することが可能な任意の化合物で実行されることが可能であり、例えば、ホスフィン、チオール、アミンおよびフォスフェイトが挙げられるが、これらに限定されない。

10

【0048】

例えば、量子ドットは、表面への親和性を示し、懸濁液または分散媒に親和性を有する部分で終端とする短連鎖ポリマーにさらされることが可能である。このような親和性は、懸濁液の安定性を向上し、量子ドットの凝集を妨げる。さらなるリガンドの例としては、アルキルホスフィン、アルキルホスフィンオキシド、アルキルホスホン酸またはアルキルホスフィン酸、ピリジン、フランおよびアミンが挙げられる。より具体的な例としては、ピリジン、トリ-*n*-オクチルホスフィン(TOP)、トリ-*n*-オクチルホスフィンオキシド(TOPO)およびトリス-ヒドロキシプロピルホスフィン(tHPP)が挙げられるが、これらに限定されない。工業銘柄TOPOが使用されることが可能である。

20

【0049】

例えば、参照によりこの開示内容全体が本明細書に組み込まれるJ. March, Advanced Organic Chemistryで説明されるように、適切な配位リガンドが商業的に購入されることが可能であり、または通常の合成有機技術によって調製されることが可能である。

【0050】

光を放出することが可能な量子ドットからの放出は、量子ドットのサイズ、量子ドットの組成、または両方を変えることによって、スペクトルの紫外線、可視または赤外線領域の完全な波長範囲を介して調整されることが可能な狭いガウス放出帯とすることが可能である。例えば、CdSeを含む半導体ナノ結晶は、可視領域で調整されることが可能である；InAsを含む半導体ナノ結晶は、赤外線領域で調整されることが可能である。光を放出することが可能な量子ドットの集合の狭いサイズ分布は、狭いスペクトル領域での光の放出をもたらすことが可能である。集合は、単分散とすることが可能であり、好ましくはこのような量子ドットの直径の15% rms（二乗平均平方根）の偏差未満、より好ましくは10%未満、最も好ましくは5%未満を示す。約75 nm以下、好ましくは約60 nm以下、より好ましくは約40 nm以下、最も好ましくは約30 nm以下の、可視で放出するような量子ドットについての半値全幅(FWHM)の狭い範囲でのスペクトル放出が観察されることが可能である。赤外線放出量子ドットは、150 nm以下、または100 nm以下の半値全幅を有することが可能である。放出のエネルギーを用いて表されるように、放出は、0.05 eV以下、または0.03 eV以下の半値全幅を有することが可能である。発光量子ドットの直径の分散度が減少するとともに、放出の幅は減少する。

30

40

【0051】

量子ドットは、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、または90%より大きい放出量子効率を有することが可能である。

【0052】

量子ドットの狭い半値全幅は、飽和色発光をもたらすことが可能である。単一材料系の全可視スペクトルにわたる広く調整可能な飽和色発光は、いずれかの種類の有機発色団に

50

不適合である（例えば、Dabbousi et al, J. Phys. Chem. 101, 9463 (1997) 参照、参照によりこの開示内容全体が組み込まれる。）。量子ドットの単分散集合は、波長の狭い範囲に及ぶ光を放出する。

【0053】

本開示による有用な量子ドットは、赤色光に特有の波長を放出するものを含む。ある好ましい実施形態において、赤色光を放出することが可能な量子ドットは、約615 nmから約630 nmの範囲にピーク中心波長および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の波長を有する光を放出する。例えば、量子ドットは、約630 nm、約625 nm、約620 nm、約615 nmのピーク中心波長を有する赤色光を放出することが可能である。

10

【0054】

本発明による有用な量子ドットは、さらに、緑色光に特有の波長を放出するものを含む。ある好ましい実施形態において、緑色光を放出することが可能な量子ドットは、約520 nmから約540 nmの範囲にピーク中心波長および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の波長を有する光を放出する。例えば、量子ドットは、約520 nm、約525 nm、約535 nm、約540 nmのピーク中心波長を有する緑色光を放出することが可能である。

【0055】

本発明のさらなる態様によれば、量子ドットは、半値全幅（FWHM）で約25 nmから約60 nmの間の範囲に狭い発光プロファイルを示す。本開示の量子ドットの狭い発光プロファイルは、量子ドットの調整および量子ドットの混合を可能にして飽和色を放出し、これによって、従来のLED照明ディスプレイを超える色域および出力効率を増大させる。1つの態様によれば、例えば、約523 nmの主波長を放出するように設計され、例えば、約37 nmの半値全幅を有する発光プロファイルを有する緑色量子ドットが、組み合わせられる、混合される、または例えば約617 nmの主波長を放出するように設計され、例えば、約32 nmの半値全幅を有する発光プロファイルを有する赤色量子ドットと組み合わせて使用される。このような組み合わせは、青色光によって励起されて、三色白色光を生成することが可能である。

20

【0056】

本発明による量子ドットは、所望の有用性に依存する様々な配合物に含まれることが可能である。1つの態様によれば、量子ドットは、含まれる流動性配合物または液体に、例えば、光にさらされる透明容器内に含まれている。このような配合物は、様々な量の1つまたは複数の種類の量子ドットおよび1つまたは複数のホスト材料を含むことが可能である。このような配合物は、さらに、1つまたは複数の散乱体を含むことが可能である。他の任意の添加物または含有物も配合物に含まれることが可能である。ある実施形態において、配合物は、さらに1つまたは複数の光開始剤を含むことが可能である。当業者は、量子ドットについての特有の意図した用途に応じてさらなる含有物が含まれることが可能であることを本開示から容易に認識する。

30

【0057】

開示の範囲内の光学材料または配合物は、ホスト材料を含んでいてもよく、約50重量パーセントから約99.5重量パーセントの量で、および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の重量パーセントの量で存在していてもよい。ある実施形態において、ホスト材料は、約80から約99.5の重量パーセントの量で存在していてもよい。具体的に有用なホスト材料の例としては、ポリマー、モノマー、樹脂、バインダー、ガラス、金属酸化物および他の非ポリマー材料が挙げられるが、これらに限定されない。好ましいホスト材料としては、光の予め選択された波長に対して少なくとも部分的に透明で、好ましくは完全に透明なポリマーおよび非ポリマー材料が挙げられる。ある実施形態において、予め選択された波長は、電磁スペクトルの可視（例えば、400から700 nm）領域に光の波長を含むことが可能である。好ましいホスト材料としては、架橋ポリマーおよびソルベントキャストポリマーが挙げられる。他の好ましいホスト材料の例としては、ガラスまた

40

50

は透明樹脂が挙げられるが、これらに限定されない。特に、非硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、または光硬化性樹脂などの樹脂は、処理可能性の観点から適切に使用される。オリゴマーまたはポリマーのいずれかの形態でのこのような樹脂の具体的な例としては、メラミン樹脂、フェノール樹脂、アルキル樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、マレイン酸樹脂、ポリアミド樹脂、ポリメチルメタクリレート、ポリアクリレート、ポリカーボネート、ポリビニルアルコール、ポリビニルピロリドン、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロース、これらの樹脂を形成するモノマーを含む共重合体などが挙げられるが、これらに限定されない。他の適切なホスト材料は、関連技術における当業者によって識別されることが可能である。

【0058】

ホスト材料は、また、シリコン材料を含むことが可能である。シリコン材料を含む適切なホスト材料は、関連技術における当業者によって識別されることが可能である。

【0059】

この開示によって検討される本発明のある実施形態および態様において、ホスト材料は光硬化性樹脂を含む。光硬化性樹脂は、ある実施形態において、例えば、組成がパターン化される実施形態において好ましいホスト材料とすることが可能である。光硬化性樹脂としては、反応性ビニル基を含むアクリル酸またはメタクリル酸系樹脂などの光重合可能樹脂、ポリビニルシナメート、ベンゾフェノンなどの光増感剤を一般的に含む光架橋性樹脂が使用されてもよい。光増感剤が使用されない場合には、熱硬化性樹脂が使用されてもよい。これらの樹脂は、個々にまたは2つ以上の組み合わせで使用されてもよい。

【0060】

この開示によって検討される本発明のある実施形態および態様において、ホスト材料はソルベントキャスト樹脂を含むことが可能である。ポリウレタン樹脂、マレイン酸樹脂、ポリアミド樹脂、ポリメチルメタクリレート、ポリアクリレート、ポリカーボネート、ポリビニルアルコール、ポリビニルピロリドン、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロース、これらの樹脂などを形成するモノマーを含む共重合体などのポリマーが、当業者に公知の溶媒に溶解されることが可能である。溶媒の蒸発に際して、樹脂は半導体ナノ粒子用の固体ホスト材料を形成する。

【0061】

ある実施形態において、RadcureおよびSartomerから市販のアクリレートモノマーおよび/またはアクリレートオリゴマーが好ましいものとすることが可能である。

【0062】

量子ドットは、カプセル化されることが可能である。有用である可能性があるカプセル化材料、関連方法および他の情報の限定しない例が、2009年3月4日に出願され、発明の名称が「Particles Including Nanoparticles, Uses Thereof, And Methods」のLintonの国際出願PCT US 2009/01372および2009年9月9日に出願され、発明の名称が「Particles Including Nanoparticles, Uses Thereof, And Methods」のNickらの米国特許出願第61/240932号明細書に記載されており、この各々は、参照によりこの開示内容全体が本明細書に組み込まれる。

【0063】

開示の範囲内の光学材料に含まれた量子ドットの全量は、好ましくは約0.1重量パーセントから約10重量パーセントの範囲内および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の重量パーセントであることが好ましい。光学材料に含まれた量子ドットの量は、量子ドットが含まれている（例えば、フィルム、レンズ（例えば、毛細管）、カプセル化されたフィルムなど）用途および形態に応じて、このような範囲内で変化することが可能であり、特有の最終用途に基づいて選択されることが可能である。例えば、光学材料がより長い経路長を有するより厚い毛細管（例えば、大きなスクリーンテレビ用途用のBLUでな

10

20

30

40

50

ど)で使用される場合には、量子ドットの濃度は0.5%に近くすることが可能である。光学材料がより短い経路長を有するより薄い毛細管で(例えば、モバイルまたは携帯用途のBLUにおいてなど)使用される場合には、量子ドットの濃度は5%に近くすることが可能である。

【0064】

光学材料で使用される量子ドットの比は、使用される量子ドットの発光ピークによって決定される。例えば、約520nmから約540nmの範囲のピーク中心波長および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の波長を有する緑色光を放出することが可能な量子ドット、および約615nmから約630nmの範囲のピーク中心波長および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の波長を有する赤色光を放出することが可能な量子ドットが、光学材料で使用される場合には、赤色発光量子ドットの重量パーセントに対する緑色発光量子ドットの重量パーセントの比は約9:1から約2:1の範囲および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の比とすることが可能である。

10

【0065】

光学材料内の赤色発光量子ドットの重量パーセントに対する緑色発光量子ドットの重量パーセントの上記比は、代わりにモル比として示されることが可能である。例えば、緑色対赤色量子ドットの範囲の上記重量パーセント比は、約24.75:1から約5.5から1の範囲の緑色対赤色量子ドットモル比および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の比に相当することが可能である。

20

【0066】

青色発光固体無機半導体発光装置(約450nmから約460nmの範囲にピーク中心波長および重なりがあるかどうかを問わず中間の任意の波長を有する青色光を有する。)を含む、本明細書で説明されるQD含有BLUによって放出された白色三色光における青色対緑色対赤色光出力強度の比、および重量パーセント比の上記範囲内の緑色発光量子ドットおよび赤色発光量子ドットの混合物を含む光学材料は、この範囲内で変化することが可能である。例えば、これについての青色対緑色光出力強度の比は、約0.75から約4の範囲とすることが可能であり、これについての緑色対赤色光出力強度の比は、約0.75から約2.0の範囲とすることが可能である。ある実施形態において、例えば、青色対緑色光出力強度の比は、約1.4から約2.5の範囲とすることが可能であり、緑色対赤色光出力強度の比は、約0.9から約1.3の範囲とすることが可能である。

30

【0067】

開示の範囲内の散乱体は、例えば、約0.01重量パーセントから約1重量パーセントの量で存在していてもよい。このような範囲外の散乱体の量も有用である可能性がある。本明細書で説明される本発明の実施形態および態様で使用されることが可能な光散乱体(本明細書では散乱体または光散乱粒子とも呼ばれる。)の例としては、限定なく、金属または金属酸化物粒子、気泡およびガラスおよび高分子ビーズ(中実または中空)が挙げられる。他の光散乱体は、当業者によって容易に識別されることが可能である。ある実施形態において、散乱体は球形を有する。散乱粒子の好ましい例としては、 TiO_2 、 SiO_2 、 $BaTiO_3$ 、 $BaSO_4$ および ZnO が挙げられるが、これらに限定されない。ホスト材料と反応せず、ホスト材料内の励起光の吸収経路長を増大させることが可能な他の材料の粒子が使用されることが可能である。ある実施形態において、光散乱体は、より高い屈折率(例えば、 TiO_2 、 $BaSO_4$ など)または低い屈折率(ガス気泡)を有していてもよい。

40

【0068】

散乱体のサイズおよびサイズ分布の選択は、当業者によって容易に決定可能である。サイズおよびサイズ分布は、散乱粒子、および光散乱体が分散されるホスト材料の屈折率の不一致、およびレーリー散乱理論による散乱される予め選択された波長に基づくことが可能である。散乱粒子の表面は、ホスト材料内の分散性および安定性を向上するためにさらに処理されてもよい。1つの実施形態において、散乱粒子は、約0.01から約1重量%の範囲の濃度で、0.2μmの粒子サイズの TiO_2 (DuPontのR902+)を含

50

む。

【 0 0 6 9 】

配合物内の散乱体の量は、インクが全内部反射による損失を制限するエッジを有する透明容器に含まれる用途で役立つ。散乱体の量は、配合物で使用される量子ドットの量に対して変更されてもよい。例えば、散乱の量が増大される場合には、量子ドットの量は減少されてもよい。

【 0 0 7 0 】

ある実施形態において、量子ドットおよびホスト材料を含む配合物は、量子ドットおよび液状媒体を含むインクから形成されることが可能であり、ここで、液状媒体は、架橋されることが可能な1つまたは複数の官能基を含む組成物を含む。官能基単位体は、例えば、UV処理、熱処理、または関連技術における当業者によって容易に確認可能な他の架橋技術によって架橋されることが可能である。ある実施形態において、架橋されることが可能な1つまたは複数の官能基を含む組成物は、液状媒体自体とすることが可能である。ある実施形態において、これは共溶媒とすることが可能である。ある実施形態において、これは液状媒体との混合物の成分とすることが可能である。

10

【 0 0 7 1 】

インクを作製する好ましい方法の特有の1つの例は以下のとおりである。有機溶媒内によく分散された所望の放出特性を有する量子ドットを含む溶液は、所望の濃度を有する量子ドット含有残留物が得られるまで、窒素/真空下で溶媒を最初に取り除くことによってワックスの濃度に濃縮される。所望の樹脂モノマーは、次いで量子ドット比に対する所望のモノマーが達成されるまで窒素条件下で添加される。この混合物は、次いで量子ドットがよく分散されるまで、無酸素条件下でボルテックス混合される。樹脂の最終成分が、次いで量子ドット分散液に添加され、次いで微細分散を確実にするために超音波混合される。

20

【 0 0 7 2 】

このような完成したインクから調製された光学材料を含むフィルムは、被覆される表面上に種々様々な方法によってインクを被覆し、次いで完全硬化のための数秒間、極度の照明下でUV硬化されることが可能である。フィルムを調製する方法の例としては、公知である様々なフィルムキャストリング、スピンキャストリングおよびコーティング技術が挙げられるが、これらに限定されない。利用されることが可能な幾つかのコーティング技術の例としては、スクリーン印刷、グラビア、スロット、カーテンおよびビードコーティングが挙げられるが、これらに限定されない。

30

【 0 0 7 3 】

本明細書で教示される光学材料を含むフィルムを作製するために使用されることが可能な材料の組成および特性評価の一例が、下の表1に述べられる(1つまたは複数のホスト材料および他の含有物と混合された量子ドットの相対量を含む。)。

【 0 0 7 4 】

【表 1】

表 1

成分	含有物	%	合計%	コメント
ホスト材料	RD12	17.49%	87.89%	Radcureの アクリレー トモノマー
	DR-150	70.39%		Radcureの アクリレー トオリゴマー
量子ドット	緑色	0.72%	0.85%	
	赤色	0.13%		
チタニア	チタニア	0.11%	0.11%	DupontのTi Pure R902 Plus
コーティング剤	Tego	1.06%	11.04%	消泡剤
	Cab-o-Sil (商標) EH-5	9.98%		増粘剤
		合計	100%	

10

20

【0075】

118cPの粘度を有する特有の量子ドットインク配合物の一例が、下記表2に示されている。この配合物は、毛細管などの透明容器を満たすために使用されてもよい。

30

【0076】

【表 2】

表 2

成分	含有物	%	%	説明
バインダー	RD 12	5.87%	92.46%	Radcureのアクリレートモノマー
	SR-423	24.99%		Sartomerのアクリレートモノマー
	CN-131	37.60%		Sartomerのアクリレートオリゴマー
	DR-150	24.01%		Radcureのアクリレートオリゴマー
量子ドット	緑色	0.91%	1.09%	
	赤色	0.18%		
チタニア		0.28%	0.28%	DupontのTi Pure R902 Plus
光開始剤	KT046	6.18%	6.18%	LambertiのEscacure KT046
	合計	100.00%	100.00%	

40

【0077】

下記表3は、毛細管などの容器を満たす場合の代替となる、より良好な流動性をもたらす約2cPのはるかに低い粘度を有する配合物を示す。

50

【 0 0 7 8 】

【 表 3 】

表 3

成分	含有物	%	%	説明
バインダー	SR-423	36.14%	92.045%	Sartomerのアクリレートモノマー
	CN-131	55.90%		Sartomerのアクリレートオリゴマー
量子ドット	緑色	0.90%	1.08%	

10

	赤色	0.18%		
チタニア	Ti Pure +	0.28%	0.28%	DupontのTi Pure R902 Plus
光開始剤	KTO46	6.59%	6.59%	LambertiのEscacure KT046
	合計	100.00%	100.00%	

【 0 0 7 9 】

下記表 4 は代替の配合物を示す。

【 0 0 8 0 】

【 表 4 】

20

表4

成分	含有物	%	合計%	コメント
ホスト材料	Ebercryn 150	84.57%	84.57%	Cytec. のビスフェノールA-エトキシ化ジアクリレート
量子ドット	緑色	1.8%	0.85%	
	赤色	0.4%		
チタニア	チタニア	0.25%	0.11%	DupontのTi Pure R902 Plus
コーティング剤	Irgacure 2022	3%	11.04%	光開始剤
	Cab-o-Sil (商標) EH-5	9.98%		粘度計
		合計	100%	

30

40

【 0 0 8 1 】

本明細書の他の部分で検討されるように、ガラスビーズ、チキソトロピー剤などの他の

50

成分が、粘度および収縮を制御するために光学材料にさらに含まれることが可能である。

【0082】

約15から約25ミクロンの範囲の平均直径を有するガラスビーズが、好ましいものとすることが可能である。配合物中のガラスビーズの量は、約10%から約40%で変化することが可能である。一般的に、30%が使用される。しかし、他のサイズおよびこれらの好ましい範囲外のガラスビーズの量が、特定の用途に基づいて使用されることが可能である。

【0083】

チキソトロピー剤の例としては、ヒュームド金属酸化物（例えば、表面処理可能または未処理のヒュームドシリカ（Cabot社から入手可能なCab-O-Sil（商標）ヒュームドシリカ製品など）、ヒュームド金属酸化物ゲル（例えば、シリカゲル）が挙げられるが、これらに限定されない。光学材料は、約2から約10重量パーセントの範囲の量のチキソトロピー剤を含むことが可能である。範囲外の他の量も有用または望ましいと決定されてもよい。

【0084】

量子ドットインクは、当業者に公知の任意の従来の方法を使用して容器を満たすまたは別の方法で占有するために使用されることが可能である。本開示の1つの特有の態様によれば、圧力差が、ある容器から別の容器に量子ドットインクの量を移動させるために使用されることが可能である。例えば、図1Aを参照して、量子ドットインクの量は、セプタムで覆われたガラスピンまたは溜まり容器に含まれることが可能である。より大きなゲージ針が、次いでセプタムを介してガラスピンに導入される。毛細管は、次いで針を介してガラスピンに、ガラスピンの底で量子インクに導入される。針は次いで取り除かれ、セプタムは毛細管を取り囲む。注射器に付着された加圧針が、次いでセプタムを介して導入される。空気が、次いでガラスピン内の圧力を増大させる注射器を使用してガラスピンに導入され、毛細管に順に量子ドットインクを押し込む。その後、満たされた毛細管は、量子インク供給部およびガラスピンから取り除かれ、各端部で密閉される。取り除きに続いて、密封された毛細管に含まれたインクは硬化される。または、インクは密閉に先立って硬化されることが可能である。

【0085】

ある実施形態において、例えば、上記説明された方法による量子インクで満たされた毛細管は、ガラスピンから取り除かれ、窒素雰囲気中でUV硬化される。

【0086】

ある実施形態において、例えば、インクは、水銀UVBバルブを備えたDymax500EC UV Curing Flood Systemで硬化されることが可能である。このような場合には、ランプ強度（ランプ筐体から約7インチ離れて33mW/cm²で測定された。）は、各側でランプ筐体から7インチ離れて維持される間に、毛細管が10から15秒間硬化される状態で特に有効とすることが可能である。硬化後に、毛細管のエッジが密閉されることが可能である。

【0087】

ある実施形態において、密閉は、毛細管の一方または両端または両エッジを密閉するために、光学接着剤を使用することを含むことが可能である。例えば、一滴の光学接着剤が、毛細管の各エッジに設置され、硬化されることが可能である。光学接着剤の一例としては、Norland Optics から入手可能なNOA-68Tが挙げられるが、これに限定されない。例えば、このような一滴の接着剤が、毛細管の各エッジに設置され、硬化されることが可能である（例えば、Rolence Enterprise Model Q-Lux-UV lampで20秒間）。

【0088】

ある実施形態において、密閉は、毛細管の1つまたは両端または両エッジを密閉するためにガラスを使用することを含むことが可能である。これは、ガラスが流れ、次いで密閉が終了するまで、一時的に硬化された量子ドットインクで満たされた毛細管を酸素/Ma

10

20

30

40

50

p p ガス炎との短時間の接触をもたらすことによって行われることが可能である。酸素水素炎が、他の混合ガス炎と同様に使用されてもよい。熱も、直火の必要がなくなるレーザーによって供給されてもよい。ある実施形態において、未硬化の量子ドットインクで満たされた毛細管の両端が密閉されることが可能であり、インクが次いで密閉された毛細管内で光硬化されることを可能にする。

【0089】

ある実施形態において、毛細管は密封されており、つまり、ガスおよび水分を通さない。

【0090】

ある実施形態において、毛細管は擬似密封されており、つまり、ガスおよび水分を部分的に通さない。

【0091】

他の関連技術は、毛細管の端またはエッジを密閉するために使用されることが可能である。

【0092】

他の実施形態において、毛細管は、毛細管にインクを引くために真空を適用することによって満たされることが可能である。真空の適用によって毛細管を満たすための設定の一例が、図1Bに示されている。毛細管は、一端で密閉され（例えば、限定されないが、燃料/酸素炎で）、気密容器内で開口端を下にして設置される。多数の毛細管が、同じ容器に同時に装填されることが可能である。この容器に、毛細管の開口端を浸すのに十分な量子ドットインクが添加され、容器が密閉される。真空が適用され、系の圧力が、例えば1から1000ミリトールの範囲のどこかで低下される。容器は、次いで毛細管を満たす窒素で再加圧される。空気も容器を再加圧するために使用されてもよい。ガス（0から60 p s i）のわずかな過度の圧力が、この方法によって毛細管を満たすことを急がせる。毛細管は、次いで溜まり容器から取り除かれ、さらなる使用の前に過剰インクを一掃する。

【0093】

本明細書で教示される本発明のある態様および実施形態において、硬化された量子ドットインク含有インクを含むレンズは、光学材料の光輝性効率を増大させるのに十分な期間、光束にさらされる。

【0094】

ある実施形態において、光学材料は、光学材料の光輝性効率を増大させるのに十分な期間、光および熱にさらされる。

【0095】

好ましいある実施形態において、光または光および熱にさらすことは、光輝性効率が実質的に一定の値に達するまでである期間継続される。

【0096】

1つの実施形態において、例えば、レンズが量子ドット含有インクで満たされ、硬化され、密閉された後（硬化および密閉ステップが行われる順序にかかわらず）、レンズは、約25から80 の範囲の温度で、インクの光輝性効率を増大させるのに十分な期間、約365 nmから約470 nmの範囲の波長を有する25から35 mW / c m²の光束にさらされる。1つの実施形態において、例えば、光は、約450 nmの波長を有し、光束は30 mW / c m²であり、温度は80 であり、露光時間は3時間である。

【0097】

毛細管の一例が、対応する寸法で図3に示される。

【0098】

本開示による量子ドットも、例えば、構造の製造中に含有物として含まれることなどによって様々な構造に含まれることが可能である。このような構造は、照明装置で使用される様々なフィルムを含む。他の構造および装置は、分散または埋め込まれた量子ドットを含む光学的透明成分、バリア材料間にはさまれ、密閉された量子ドットを含むフィルム、バリア材料によって完全にカプセル化された量子ドットを含むフィルムを含む。

【 0 0 9 9 】

ある好ましい実施形態において、バリア材料は、少なくとも、レンズに、およびレンズから入る光の所定の波長を有する光に対して光学的に透明である。ある実施形態において、バリア材料は、レンズに、およびレンズから入る光の少なくとも所定の波長に対して少なくとも90%光学的透明である。ある実施形態において、バリア材料は、レンズに、およびレンズから入る光の少なくとも所定の波長に対して少なくとも95%光学的透明である。ある実施形態において、バリア材料は、レンズに、およびレンズから入る光の少なくとも所定の波長に対して少なくとも99%光学的透明である。

【 0 1 0 0 】

ある好ましい実施形態において、バリア材料は、レンズの光学特性を実質的に変更するように黄色にならないまたは変色しない。

10

【 0 1 0 1 】

ある好ましい実施形態において、バリア材料は、部分的にまたは完全にレンズの有益な寿命の間に薄い層に裂けない。

【 0 1 0 2 】

ある好ましい実施形態において、バリア材料の特性は、光学材料の外部量子効率に最小の影響を及ぼす。

【 0 1 0 3 】

ある好ましい実施形態において、バリア材料は、光学材料および光学材料の外部量子効率に悪影響でない条件で形成されることが可能である。

20

【 0 1 0 4 】

バリア材料は、好ましくは、酸素を実質的に通さない材料である。ある実施形態において、バリア層は、酸素および水を実質的に通さない。光学材料におけるバリア材料の含有は、光学材料が環境影響から別途保護されない実施形態においては望ましい可能性がある。

【 0 1 0 5 】

適切なバリアフィルムまたはコーティングの例としては、限定なく、硬質金属酸化物コーティング、薄いガラス層およびV i t e x S y s t e m s 社から入手可能なB a r i x コーティング材が挙げられる。他のバリアフィルムまたはコーティングが、当業者によって容易に確認されることが可能である。

30

【 0 1 0 6 】

本明細書で説明される本開示および本発明に関して有用である可能性があるさらなる情報が、2009年5月6日に出願されたCoe - Sullivanらの発明の名称「Optical Components, Systems Including An Optical Component, And Devices」の国際出願PCT/US2009/002796; 2009年5月6日に出願されたCoe - Sullivanらの発明の名称「Solid State Lighting Devices Including Quantum Confined Semiconductor Nanoparticles, An Optical Component For A Solid State Light Device, And Methods」の国際出願PCT/US2009/002789; 2010年4月28日に出願されたModiらの発明の名称「Optical Materials, Optical Components, And Methods」の国際出願第PCT/US2010/32859; 2010年4月28日に出願されたModiらの発明の名称「Optical Materials, Optical Components, Devices, And Methods」の国際出願PCT/US2010/32799; 2008年6月25日に出願されたLintonらの発明の名称「Compositions And Methods Including Depositing Nanomaterial」の国際出願PCT/US2008/007901; 2008年9月12日に出願されたCoe - Sullivanらの発明の名称「Compositions, Optical Compo

40

50

nent, System Including An Optical Component, Devices, And Other Products」の米国特許出願第12/283609; 2008年9月12日に出願されたBreenらの発明の名称「Functionalized Nanoparticles And Method」の国際出願PCT/US2008/10651; 2009年7月28日に出願されたBreenらの発明の名称「Nanoparticle Including Multi-Functional Ligand And Method」の国際出願PCT/US2009/004345; 2009年8月14日に出願されたLintonらの発明の名称「Lighting Devices, An Optical Component For A Lighting Device, And Methods」の米国特許出願第61/234179号明細書; 2009年10月19日に出願されたLintonらの発明の名称「An Optical Component, Products Including Same, and Methods For Making Same」の米国特許出願第61/252743号明細書; 2009年12月30日に出願されたLintonらの発明の名称「An Optical Component, Products Including Same, And Methods For Making Same」の米国特許出願第61/291072号明細書; および2007年11月21日に
10
出願されたCloughらの発明の名称「Nanocrystals Including A Group IIa Element And A Group Va Element, Method, Composition, Device And Other Products」の国際出願PCT/US2007/024320に
20
含まれており、上記の各々は、参照によりこの開示内容全体が本明細書に組み込まれる。

【0107】

以下の実施例は、本開示の代表であるとして述べられる。これらの実施例は、これらおよび他の等価な実施形態が本開示、図および添付の請求の範囲を考慮して明らかになるとともに、開示の範囲を限定するとして解釈されることはない。

【実施例】

【0108】

[実施例 1]

青色LED、および赤色量子ドットおよび緑色量子ドットの混合物を使用する三色白色光源 30

三色白色光源が、以下に説明されるようにフィルムを使用して作成され、523nmのピーク中心波長および37nmの半値全幅を有する緑色量子ドット、617nmのピーク中心波長および32nmの半値全幅を有する赤色量子ドット、および約450nmのピーク発光を有し、直接発光構造内に配置された青色LEDを含む。LEDからの青色光は、緑色量子ドットおよび赤色量子ドットの混合物を励起するために使用された。対照の白色LED源のスペクトルと共に量子ドット混合物の発光スペクトルが、図2に示されている(対照の白色LED源は、Sharp Microelectronicsのメーカー部品No. GM5BW97333A(説明: LED White 115000K 20MA 3.2V PLCC4)である。)。 40

【0109】

赤色量子ドットおよび緑色量子ドットは、下記手順に従って一般的に調製された。

【0110】

緑色光を放出することが可能な半導体ナノ結晶の調製:

ZnSeコアの合成: ジエチル亜鉛7.0mmolをトリ-n-オクチルホスフィン50mLに溶解し、1MのTBP-Se10mLと混合した。オレイルアミン0.374molを250mLの三口フラスコに投入し、90℃で1時間乾燥、脱気した。脱気後に、フラスコを窒素下で310℃に加熱した。一旦温度が310℃に達したら、Zn溶液を注入し、溶液の一定分量を取ってナノ結晶の成長を周期的に監視しながら、反応混合物を270℃で15から30分間加熱した。一旦ナノ結晶の第1の吸収ピークが350nmに 50

達したら、フラスコ温度を 160 に落とすことによって反応を停止し、CdZnSeコアの調製のためのさらなる精製なしでZnSeコア材料を使用した。

【0111】

CdZnSeコアの合成：ジメチルカドミウム22.4 mmolを、トリ-n-オクチルホスフィン80 mLに溶解し、1 MのTBP-Seの24 mLと混合した。1 Lのガラス反応器内に、トリオクチルホスフィンオキシド0.776 molおよびオクタデシルホスホン酸42 mmolを投入し、120 で1時間乾燥、脱気した。脱気後に、酸化物/酸を、窒素下で160 に加熱し、全ZnSeコア反応混合物（上記参照）を1 Lの反応器内に160 でカニューレ移動し、直ちに注射器ポンプを介して20分間にわたってCd/Se溶液を添加した。次いで、溶液の一定分量を取ってナノ結晶の成長を周期的に監視しながら、反応混合物を16から20時間、150 で加熱した。一旦CdZnSeコアの発光ピークが480 nmに達したら、混合物を室温に冷却することによって反応を停止した。メタノールおよびn-ブタノールの2：1混合物を添加することによって、窒素雰囲気グローブボックスの内部の成長溶液からCdZnSeコアを析出した。分離したコアを次いでヘキサンに溶解し、コア/シェル材料を作製するために使用した。

10

【0112】

CdZnSe/CdZnSコア/シェルナノ結晶の合成：トリオクチルホスフィンオキシド0.72 molおよび3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジルホスホン酸70 mmolを、1 Lのガラス反応器に投入した。混合物を、次いで120 に約1時間加熱することによって反応器内で乾燥、脱気した。反応器を次いで75 に冷却し、分離したCdZnSeコア（2.74 mmolのCd含有量）を含むヘキサン溶液を反応混合物に添加した。減圧下でヘキサンを取り除いた。ジメチルカドミウム、ジエチル亜鉛およびヘキサメチルジシラチアンを、Cd、ZnおよびS前駆体としてそれぞれ使用した。Sが、結合されたCdおよびZnに対して等モルである一方、CdおよびZnを3：10の比で混合した。Cd/Zn（ジメチルカルシウムおよびジエチル亜鉛の7.2/16.9 mmol）およびS（ヘキサメチルジシラチアンの24.2 mmol）サンプルを、各々、窒素雰囲気グローブボックスの内部のトリオクチルホスフィン40 mLに溶解した。一旦前駆体溶液を調製したら、反応器を窒素下で150 に加熱した。前駆体溶液を、注射器ポンプを使用して150 で2時間滴下した。シェルの成長後に、ナノ結晶を窒素雰囲気グローブボックスに移動し、メタノールおよびイソプロピルアルコールの3：1混合物を添加することによって成長溶液から析出した。分離したコア/シェルナノ結晶を次いでヘキサンに溶解し、量子ドット複合材料を作製するために使用した。材料仕様は以下のとおりだった：放出 = 523 nm；半値全幅 = 37 nm；QY = トルエン中で73%。

20

30

【0113】

3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジルホスホン酸を用いる、赤色光を放出することが可能な半導体ナノ結晶の調製

CdSeコアの合成：酢酸カドミウム26.23 mmolを、250 mLの三口フラスコ丸底フラスコ内で100 でトリ-n-オクチルホスフィン235.4 mmolに溶解し、次いで1時間乾燥、脱気した。トリオクチルホスフィンオキシド465.5 mmolおよびオクタデシルホスホン酸59.8 mmolを0.5 Lのガラス反応器に添加し、140 で1時間乾燥、脱気した。脱気後に、Cd溶液を酸化物/酸を含む反応器に添加し、混合物を窒素下で270 に加熱した。一旦温度が270 に達したら、トリ-n-ブチルホスフィン243 mmolをフラスコに注入した。混合物の温度を次いで295 に上昇し、そこで、1.5 MのTBP-Se60 mLを次いで急速に注入した。反応混合物の温度を270 で2分間で下げ、次いで、加熱マントルを反応フラスコから取り除き、装置を2つのエアガンによって冷却した。ナノ結晶の第1の吸収ピークは560 nmであった。メタノールおよびイソプロピルアルコールの3：1混合物を添加することによって窒素雰囲気グローブボックスの内部の成長溶液からCdSeコアを析出した。分離したコアを次いでヘキサンに溶解し、コア/シェル材料を作製するために使用した

40

50

。

【 0 1 1 4 】

CdSe/CdZnSコア/シェルナノ結晶の合成：トリオクチルホスフィンオキシド 517.3 mmolおよび3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジルホスホン酸48.3 mmolを、0.5Lのガラス反応器に投入した。混合物を次いで120で約1時間加熱することによって反応器内で乾燥、脱気した。反応器を次いで70に冷却し、分離されたCdSeコア(1.98mmolのCd含有量)を含むヘキサン溶液を反応混合物に添加した。ヘキサンを減圧下で取り除いた。ジメチルカドミウム、ジエチル亜鉛およびヘキサメチルジシラチアンを、Cd、ZnおよびS前駆体としてそれぞれ使用した。Sが、CdおよびZnに対して2倍を超える一方、CdおよびZnを等モルの比で混合した。Cd/Zn(ジメチルカルシウムおよびジエチル亜鉛の6.82mmol)およびS(ヘキサメチルジシラチアンの27.3mmol)サンプルを、各々窒素雰囲気グローブボックスの内部のトリオクチルホスフィン80mLに溶解した。一旦前駆体溶液を調製したなら、反応フラスコを窒素下で155に加熱した。前駆体溶液を、注射器ポンプを使用して155で2時間滴下した。シェルの成長後に、ナノ結晶を、窒素雰囲気グローブボックスに移動し、メタノールおよびイソプロピルアルコールの3:1混合物を添加することによって成長溶液から析出した。分離したコア/シェルナノ結晶を、次いでトルエンに溶解し、量子ドット複合材料を作製するために使用した。材料仕様は、以下のとおりだった：Abs=600nm；放出=617nm；半値全幅=32nm；QY=トルエン中で78%。

10

20

【 0 1 1 5 】

フィルムを調製する際に使用される配合物は、以下の成分を指定された量で含んでいた：

【 0 1 1 6 】

【表5】

RD12(モノマー)	%	18.1%
DR150(オリゴマー)	%	72.5%
チタニア	%	0.1%
Tego	%	0.9%
ドット	%	0.6%
Carb-o-sil	%	7.8%
合計	%	100.0%
G:R比		3.5:1

30

40

【 0 1 1 7 】

フィルム調製の説明およびフィルム特性は、以下のとおりである：

【 0 1 1 8 】

【表 6】

厚み	ミクロン	71
コーティング工程		手動選別の3回の通過 (137メッシュ)
硬化条件		Ns、Hバルブ下で通過に つき10秒
積層条件		N2、Hバルブ下で20秒 NOA-65硬化
処理		450nm青色光、 光束25~30mW/cm ² 、 55~60℃、一晚

10

20

【0119】

硬化されたフィルムは、ケアリーによって測定して、535nm（半値全幅37）および629nm（半値全幅38）でピーク発光を有していた。

【0120】

フィルムを、C P F i l m s 社からのC F - 1 0 0 バリアフィルム上に覆った。

【0121】

L C D 設計者に興味深い製品設計パラメータは、色域および出力効率である。ピーク光三原色（R G B）透過波長に関連して量子ドット放出を合わせるとは、最大の有用な色域をできるだけ達成するのに重要である。

30

【0122】

緑色対赤色量子ドットの重量パーセントの比を、混合物を生成するために使用される赤色量子ドットおよび緑色量子ドットのピーク発光波長の選択によって主として操作する。ピーク発光波長の選択を、次いで製品設計パラメータによって操作する。

【0123】

カラーフィルタ透過窓で量子ドット放出を相互に最適化することによって、色域をさらに増大することが可能である。

【0124】

より低い波長赤色量子ドット、例えば、選択された630nmの赤色量子ドットの代わりに620nmおよび/または615nmでピーク中心発光を有する赤色量子ドットを選択することによって、このディスプレイの出力効率を増大することが可能である。出力効率の増大は、色域の低下をもたらす可能性がある。

40

【0125】

ある態様によれば、赤色量子ドットのピーク中心波長を変更する場合には、緑色対赤色量子ドットの比を、スクリーンの前方で同じ色ポイントを達成するために変更してもよい。本発明の様々な実施形態で使用される好ましい緑色対赤色量子ドットの重量パーセント比の例としては、約3.5:1から約5.5:1の範囲の比が挙げられるが、これらに限定されない。

【0126】

[実施例 2]

50

青色ＬＥＤ、および赤色量子ドットおよび緑色量子ドットの混合物を使用するバックライトユニット

開示のある実施形態に従って、光導体内におよび光導体を介しての透過用の三色白色光を発生するために量子ドットを利用するバックライトユニットを提供する。バックライトユニットは、白色ＬＥＤと比較してより高い色域およびより良好な出力効率をもたらす。量子ドットは、光導体の表面に類似する寸法を有して、これに隣接するフィルムに存在していてもよく、あるいはこれらは、光導体のエッジに類似する寸法を有して、これに隣接する毛細管または他の容器に存在していてもよい。本明細書で説明されるように量子ドットによって発生した光は、光導体のエッジまたは光導体の表面を介して透過されることが可能である。図６に示される量子ドットフィルムを利用する１つの実施形態によれば、量子ドットバックライトユニットスタックが表され、ＬＥＤ源（導光反射シートを備えた青色ＬＥＤ源として本明細書に示されている。）からの光は、バックライトの底に位置する。好ましくは、光源は、量子ドットフィルム（示されるように）から一定間隔で配置されている。拡散プレートは、量子ドットフィルムに隣接して設置される。１つまたは複数の拡散シートが、拡散プレートに隣接して設置されることが可能である。フィルムの１つまたは複数の他の機能シート（例えば、光偏光フィルム、反射偏光子、または二重輝度向上フィルム、および／または構造化フィルム（例えば、プリズム特性を含むことが可能である。）は、また、スタックに含まれることが可能である。

10

【０１２７】

ＬＥＤからの青色光が、量子ドット含有フィルムを直接通過し、ここで、緑色および赤色光の所定量が、残留する青色光と混合されて三色白色光を生成する。限定されないが、例えば、拡散プレート、１つまたは複数の拡散シート、および場合により他の機能シートまたはフィルムを含む光学フィルムスタックが、量子ドット含有フィルム上に設置される。この構成は、直接発光構造と呼ばれてもよい（図が、３つの拡散シートを含む光学フィルムスタックの例を示す一方、他の数の拡散シートおよび／または様々な数およびタイプの機能シートまたはフィルムを含む他の光学フィルムスタック構造を、当業者によって使用されることが可能である。）。

20

【０１２８】

青色ＬＥＤからの光は、量子ドットフィルムを励起することができ、励起の際に、次いで、拡散プレートを介して透過される可能性がある白色光を放出する。拡散プレートを介して透過された光は、ほとんどランバート白色源として抜け出る。この一様に分布された光は、光が法線に向けてさらに平行にされる可能性がある１つまたは複数の拡散シートを介して伝わることもできる。最後に、平行にされた光は、ディスプレイパネルに入る前にスタックの外側層上で反射偏光子（またはＤＢＥＦ）を介して伝わることもできる。

30

【０１２９】

図２は、量子ドットフィルム／青色ＬＥＤの組み合わせ（一般的に、実施例１で説明されるように）および対照の白色ＬＥＤ（実施例１で説明されるように）のスペクトルを比較する。図２に示されるように、狭周波数帯量子ドットエミッタの使用は、従来のＬＣＤディスプレイで使用されるカラーフィルタを使用することで起きてしまう電力損失を最小限とする可能性がある。量子ドットＢＬＵを備えた色マップ上の所定の色ポイントに到着するために、使用された量子ドットのピーク中心波長を検討することに加えて、異なる色の量子ドットの比および濃度を、本発明の態様に応じて変更することが可能である。

40

【０１３０】

さらなる態様によれば、ディスプレイシステムで採用される光学フィルムスタックおよびカラーフィルタを、量子ドットバックライトユニットに関連して使用された場合に所定の色ポイントを達成することが望まれるように変更することが可能である。例えば、ＬＥＤバックライトに量子フィルムを一体化する場合には、従来の直接発光バックライトの存在する輝度プロファイルおよび色変化の様子が検討される。所望の性能については、量子ドットバックライトの色ポイントは、スクリーン（つまり、ＬＣＤパネルを通過する白色光の色は一致しなければならない。）の前方で、従来のＬＥＤ白色バックライトである対

50

照の白色ポイントに一致することが可能である。基準点として、典型的なテレビパネルにおける白色光源のスクリーン [C I E X Y] 座標の典型的な正面は、0.28、0.28である。

【0131】

光学フィルムの厚みは、約0.1から約500ミクロンとすることが可能である。しかし、この範囲外の厚みは、バックライトユニット装置および/またはこれが使用される用途の特有の設計および使用に基づいて使用されることが可能である。例えば、光学フィルムの厚みは、用途に応じて、約50ミクロンから500ミクロンの間で変化することが可能である。光学フィルムは、特有のディスプレイの寸法または検討される他の用途と一致するために切断されることが可能である。

10

【0132】

[実施例 3]

青色LED、および赤色量子ドットおよび緑色量子ドットの混合物を使用して、三色白色光を生成する一般的方法

細長い青色LEDがバックライト内に設けられている。青色LEDの好ましいピーク中心波長は、 450 ± 5 nmである。LEDからの青色光が緑色チャンネルに漏れるため、460 nmを越える青色波長を増大させると色域が低減する。

【0133】

適切な比で混合される緑色量子ドットおよび赤色量子ドットの混合物は、レンズまたはフィルムを介して設けられている。レンズの場合には、レンズは、LEDと光導体フィルムまたはプレートとの間に挿入される。フィルムの場合には、これは、光学フィルムスタックの一部として挿入される。エッジレンズの場合の光学フィルムスタックの説明が、図13に示されている。

20

【0134】

緑色対赤色量子ドットの比が、スクリーン色ポイントの所望の正面を達成するために選択される。ある実施形態において、緑色対赤色量子ドットの重量パーセントの比は、例えば、約3.5 : 1から5.5 : 1に変化することが可能である。図12は、バックライト由来の三色白色光のスペクトラルプロファイルを示す。光の白色度を説明するCIE x、y座標は、範囲 0.27 ± 0.01 、 0.235 ± 0.005 に収まる。バックライトからの白色光は、カラーフィルタを有するパネルを通過する。パネル(「スクリーンの正面」と呼ばれる。)から出てくる結果として得られる白色光は、CIE x、y範囲 0.28 ± 0.01 、 0.28 ± 0.005 に収まる。量子ドット含有レンズに含まれた緑色対赤色量子ドットの重量パーセントの比は、パネル由来の白色光が、CIE x、y値(0.31、0.33)で光を出すD65と一致するように調整されることが可能である。スクリーン色ポイントの正面は、本明細書で別記されるように任意の所望する値に調整されることが可能である。

30

【0135】

[実施例 4]

薄い毛細管レンズまたはフィルムを使用するバックライトユニット

図7aは、本発明の実施形態による量子ドットレンズバックライトユニットを表す。図7aで示されるように、量子ドットを含む薄い毛細管レンズは、光導体フィルムのエッジ面に隣接して位置する。1つまたは複数の青色LEDからの光は、赤色光を放出することが可能な量子ドットと、緑色光を放出することが可能な量子ドットとの混合物を含む毛細管レンズに入る。青色光の一部は、赤色光および緑色光として毛細管レンズから放出され、一部は青色光として放出される。放出された赤色、緑色および青色光のこのような組み合わせは、三色白色光を生成する。光導体フィルムは、視聴者に向けて、結果生じる三色白色光の方向を変える。拡散フィルムおよび/またはプリズムフィルムは、さらに視聴者に向けて光を平行にする。反射フィルム(図示せず)は、場合により拡散フィルムの反対側の光導体フィルムの表面に適用されて、光導体フィルムの底からの光の損失を回避することが可能である。図7aで示される設計は、小さなバックライトユニットで使用するため

40

50

に好ましくすることが可能である。

【0136】

光導体は、光源からの光および量子ドットによって放出された光に対して光学的に透明であることが望ましい。光導体を含む、本明細書で説明される本発明のある実施形態および態様において、光導体は、剛体材料、例えば、ガラス、ポリカーボネート、厚いアクリル樹脂、石英、サファイア、または光導体特性を備えた他の公知の剛体材料を含むことが可能である。

【0137】

光導体を含む、本明細書で説明される本発明のある実施形態および態様において、光導体は、代わりに、可撓性材料、例えば、プラスチックまたはシリコンなどのポリマー材料を含むことが可能である。様々な特有の例としては、薄いアクリル、エポキシ、PEN、PET、PEが挙げられるが、これらに限定されない。

10

【0138】

光導体を含む、本明細書で説明される本発明のある実施形態および態様において、光導体は平面である。光導体も、導光板または光導体フィルムと本明細書で呼ばれてもよい。

【0139】

光導体を含む、本明細書で説明される本発明のある実施形態および態様において、少なくとも、光が放出される光導体の表面のきめは、これを通して透過された光のパターン、角度、または他の特徴を向上する、またはパターンを変更するために選択される。例えば、ある実施形態において、表面は平坦であってもよい；ある実施形態において、表面は平坦でなくてもよい（例えば、表面が粗くされる、または表面が1つまたは複数の隆起および/または低下した特徴を含む。）；ある実施形態において、表面は平坦な領域および平坦でない領域を含んでいてもよい。

20

【0140】

ある実施形態において、例えば、光導体またはレンズ（または光学部品）は、さらに、この表面にわたる取り出し部材または構造を含む。

【0141】

本明細書で説明される本発明のある実施形態および態様において、光導体および/またはレンズ（または光学部品）の幾何学的形状および寸法は、特有の最終用途に基づいて選択されることが可能である。ある実施形態において、光導体の厚みは、実質的に均一とすることが可能である。ある実施形態において、光導体の厚みは、不均一とすることが可能である（例えば、先細）。

30

【0142】

本開示の範囲内のレンズは、一般的に量子ドットである透明容器である。適切な容器の1つの例は、概ね正方形断面の毛細管である。しかし、他の形状が、四角形（例えば、長方形断面、正方形断面、台形断面など）、円形断面、楕円形断面、長方形断面などの本開示の範囲内に含まれる。レンズの目的は、量子ドットから放出された光が、光導体を通して、および光導体内に入ることを可能にすることである。この実行で、レンズの厚みは調整されて、光導体フィルムの厚みと一致して、量子ドットレンズおよびLEDからの光の最大結合を確実にしてもよい。この実行の1つの例では、青色LED源は、赤色量子ドットおよび緑色量子ドットで満たされた毛細管を励起させるために選択された。

40

【0143】

正方形および長方形断面の毛細管が好ましい。さらに、長方形断面を備えた毛細管は、正方形断面より好ましい。長方形断面は、これが、毛細管が隣接して位置し並べられることが可能な光導体板の厚みと一致するのに十分広い薄い毛細管を作製することが可能であるという点でより好ましい。モバイル装置で使用されるバックライトでは、これらのサイズのために、光源（例えば、無機半導体LED）および導光板との間に余地は概してほとんどない。このような場合、薄い毛細管（50から100ミクロンの厚み - 内側寸法）が使用されることが可能である。レンズの高さ（外側寸法）は、導光板の厚みと一致するように設計されている。寸法は、概して0.75mm未満であり、0.6から0.3mmの

50

範囲にある。肉厚は、活性領域が色変換を生成するのに十分であることを確実にするために概して約50ミクロンである。図4および5は、モバイル用途（小さなバックライト）およびより大きなバックライトで使用される典型的な毛細管を示す。

【0144】

この対応する寸法を備え、小さなバックライトユニットでの使用に適切な毛細管の例が、図4に示されている。

【0145】

この対応する寸法を備え、より大きなバックライトユニットでの使用に適切な毛細管の例が、図5に示されている。

【0146】

1つの実施形態によれば、モバイルBLUが、約450nmのピーク透過を有する7つの青色LEDで照射される。量子ドット含有レンズBLUは、青色LEDと光導体フィルムとの間に薄いレンズ筐体赤色および緑色量子ドットを挿入することによって実行された。赤色量子ドットおよび緑色量子ドットの混合物の励起に際して、白色光が生成され、光導体に送られる。

【0147】

量子ドットは、等方エミッタである；これらはあらゆる方向に光を放出する。これは、毛細管内の量子ドットからの光が、導光板に向けて、および導光板以外の方向にも放出されることを意味する。任意の反射体または反射体材料は、毛細管のまわりに包まれる、または別の方法で、光を再利用し、光導体に向けて光を集中させるために3つの側に適用されることが可能である。このような筋書きでは、LEDに面する毛細管の側に、適切な開口が、LEDを出て、レンズに入るために、青色光用の光反射材料または反射体内に設けられている。図8に示される概略図は、この構成の例をもたらす。

【0148】

図8に示されるように、光導体に毛細管レンズおよび/または青色LEDを光学的に結合するために、毛細管は、光導体のエッジ面に隣接して位置し、次いで、反射材料またはフィルム（例えば、アルミニウム処理されたマイラー、ESR、白色フィルム）で包まれる、または被覆される。好ましくは、毛細管と光導体のエッジとの間にエアギャップがある。または、光学接着剤は、光導体のエッジに毛細管を結合するために使用されることが可能である。例えば、フィルムは、量子ドットで満たされた毛細管のまわりを完全に包み、光導体に接続してもよい。場合により、例えば、フィルムは、LEDおよび量子ドットで満たされた毛細管の両方のまわりを包んでいてもよい。このような実施形態は、光導体への毛細管の配列、結合および保持に役立つことが可能である。フィルムが毛細管のみのまわりを包む例において、穴が、毛細管内に励起光を通過させるために励起LEDに沿って並べられた反射フィルム内に設けられていてもよい。

【0149】

または、図9を参照して、LED光を通過するが量子ドット発生光を光導体内に反射するために、ショートバンドパスフィルタが、毛細管の3つの側に設置されてもよい。ショートバンドパスフィルタ材料は、Barr Precision Optics And Thin Film Coatingから入手可能である。適切なショートバンドパスフィルタ材料が、関連技術における当業者によって容易に識別されることが可能である。ショートバンドパスフィルタ材料で毛細管を被覆する方法としては、蒸発コーティング、および当業者によって容易に確認されることが可能な他の技術が挙げられる。好ましいバンドパスフィルタは、LED由来の青色光のほとんど完全な透過を可能にするべきである。LEDからの光は、120度の円錐に入る。バンドパスフィルタは、この円錐内に入る光を透過することが可能であるべきである。バンドパスフィルタは、量子ドットによって放出された緑色および赤色光を反射することが可能であるべきである。この光は、レンズ内で再利用され、光導体に結合される。

【0150】

レンズからの光の光導体への結合を最大限にする光学結合層も、輝度を最大限にするた

10

20

30

40

50

めに設けられてもよい。

【0151】

開示のある実施形態によれば、図6に示されるように、フィルムの表面で代わりに設置されることとは対照的に、光導体とフィルムのエッジに位置した青色LEDを備えた拡散器との間に、図7bに示されるように、量子ドットを含むフィルムが、光学フィルムスタック（本明細書でQDフィルムBLUとも呼ばれる。）に挿入されてもよい。図7aおよび7bの両方では、量子ドットは、LEDチップから離れて設置されてもよい。また、両方の場合では、量子ドットの濃度は、スクリーンの前方で（つまり、パネルの後に）所望の色ポイントを満足させるために調整されてもよい。同様のサイズの従来の白色LEDバックライトは、QD BLUの性能を従来のシステムと比較するための制御システムとして使用されてもよい。

10

【0152】

この実施形態によれば、量子ドットBLUは、光導体の1つの表面に沿って、青色LEDマトリックス（例えば、約450nmのピーク透過を有する5つの青色LED）および量子ドットフィルムによって実行される。フィルム内の赤色量子ドットおよび緑色量子ドットの混合物の励起に際して、白色光が生成され、光導体に送られる。

【0153】

実施例1で上記されるような量子ドットフィルムおよび青色LEDを含む直接発光バックライトの輝度の均一性は、そこで説明された対照の白色LEDに相当する。

【0154】

しかし、重要なことには、量子ドットBLUは、従来の白色LEDバックライトを使用するディスプレイと比較してより大きな色域を有することが可能である。開示のこの態様によれば、量子ドットBLUは、周囲光の状態によって輝度の調整を可能にすることによってさらなる省力をもたらす。

20

【0155】

図7aおよび7bで示された実施形態によれば、量子ドットフィルムおよび量子ドット毛細管レンズの実行が、従来のRGB LEDに関連した固有の実行の複雑さなしで、LCDディスプレイにおける色域を増大させる2つの異なる方法をもたらす。量子ドットフィルムBLUは、エッジ発光バックライトシステムでの実行に最も適切であってもよく、一方、量子ドットレンズBLUが、エッジ発光および直接発光システムの両方で使用されてもよい。大面積LCDについて、量子ドットレンズ実行は、所望の色ポイントを達成するために必要とされる量子ドットの量を考えると、より経済的である可能性がある。

30

【0156】

図11は、量子ドットレンズが高エネルギー青色LED光（約25mW/cm²）および80℃までの温度にさらされる時間の関数としての量子ドットレンズの量子効率の変化を示す。量子ドットレンズは、レンズのLEDへの接近により、量子ドットフィルムに比較して、より高い光束および温度を受ける。図11に示されるように、量子効率の変化は、各温度条件について1000時間を超えて観察されない。

【0157】

量子ドットレンズBLUでは、光導体フィルムへの光の結合は、量子ドットが等方エミッタである、つまり、これらがあらゆる方向に様に光を放出するので、ある状況下ではこれほど効率的ではない可能性がある。本開示の態様は、上記効率的な結合機構によって光導体フィルムに向けて光導体フィルム以外の方向に放出された光を導くことを含む。光導体への量子ドット光源の向上された結合は、従来の白色BLU輝度に対して量子ドットBLUの輝度を増大させる。

40

【0158】

本明細書で使用されるように、「外部量子効率」（本明細書で「EQE」また「光輝性効率」とも呼ばれる。）は、MelloroらのAdvanced Materials 9（3）：230（1997）によって開発された方法を使用して、NISTの追跡可能な検定された光源を使用して、12インチ積分球で測定され、参照により本明細書に組み込

50

まれる。

【 0 1 5 9 】

本明細書で使用されるように、単数形「a」、「an」および「the」は、文脈上明らかに他の意味に解さないなら、複数を含む。従って、例えば、1種の発光材料についての言及は、このような材料1種以上についての言及を含む。

【 0 1 6 0 】

出願人は、本開示における引用文献すべての全内容を具体的に援用する。さらに、ある量、濃度、または他の値もしくはパラメータが、ある範囲、好ましい範囲、または好ましい上位値と好ましい下位値の一覧として与えられている場合、これは、範囲が別々に開示されているかどうかにかかわらず、任意の範囲上限または好ましい値と任意の範囲下限または好ましい値との任意の組から形成されるすべての範囲を具体的に開示していると理解すべきである。ある範囲の数値が本明細書に列挙されている場合、特に明記しない限り、この範囲はこの終点、ならびにこの範囲内のすべての整数および分数を含むものとする。本発明の範囲は、ある範囲を定義する際に列挙される特定値に限定されるものではない。

【 0 1 6 1 】

本発明の他の実施形態は、本明細書を考慮に入れ、また本明細書に開示される本発明を実施することにより、当業者には明らかとなるであろう。本明細書および実施例は例示的と見なされるにすぎず、本発明の真の範囲および精神は、以下の特許請求の範囲およびこの等価物によって示されるものである。

【 0 1 6 2 】

主題は、構造的特徴および/または方法の行為に特有の専門用語で説明されているが、添付の特許請求の範囲で定義された主題が、上記特定の特徴または行為に必ずしも限定されないことが理解される。より正確に言えば、上記特定の特徴および行為は、特許請求の範囲を実行する例の形態として開示される。

【 図 1 A 】

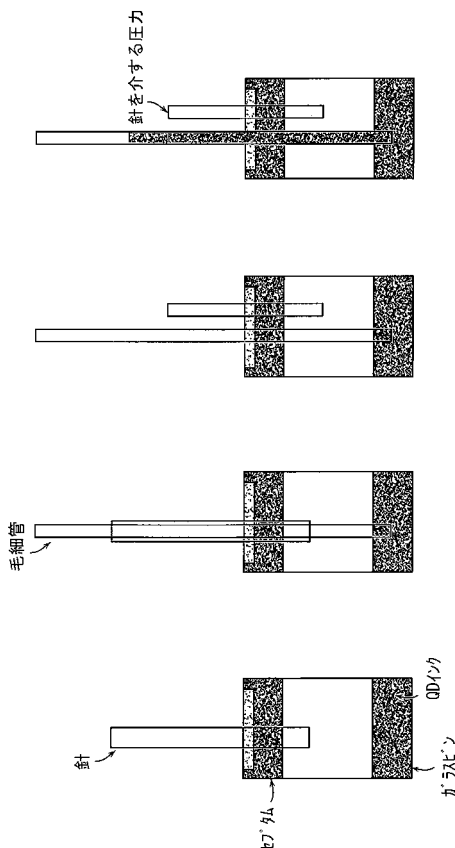


FIG. 1A

【 図 1 B 】

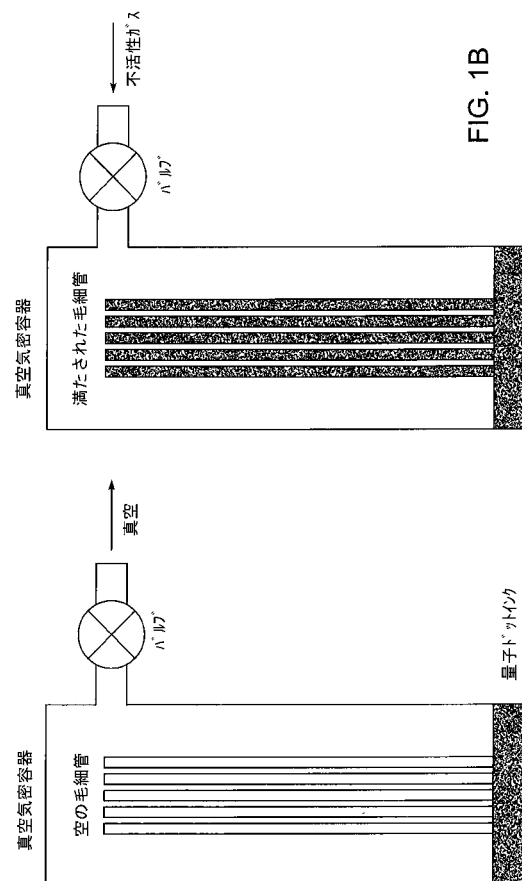
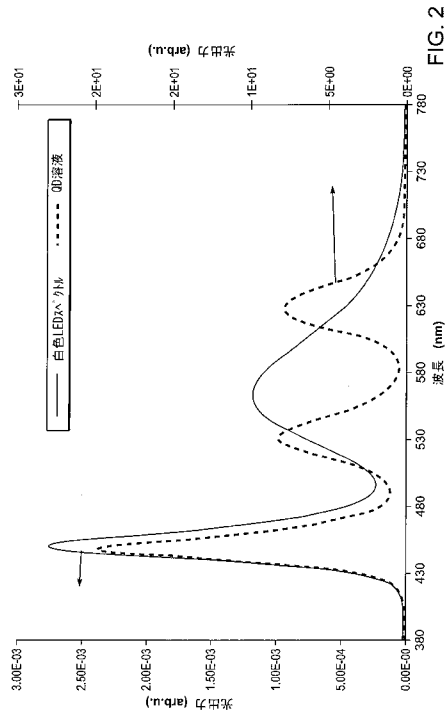
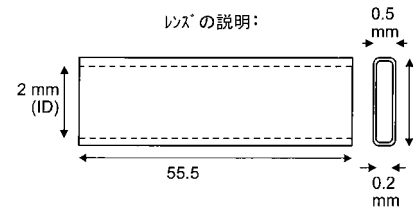


FIG. 1B

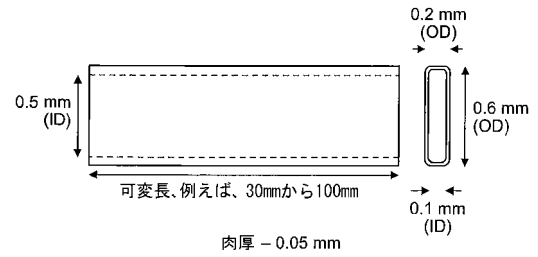
【図 2】



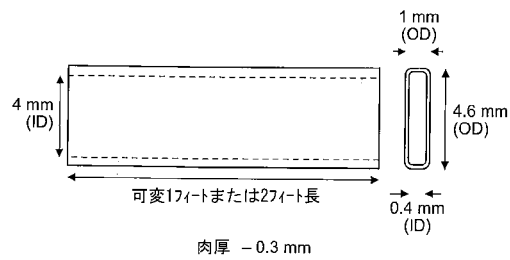
【図 3】



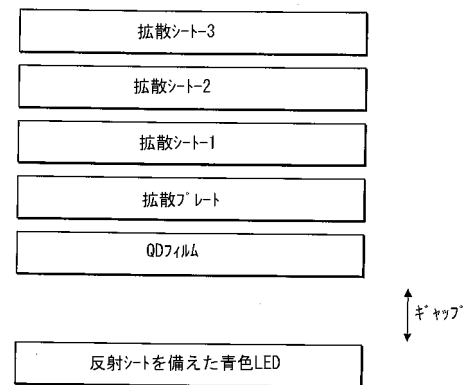
【図 4】



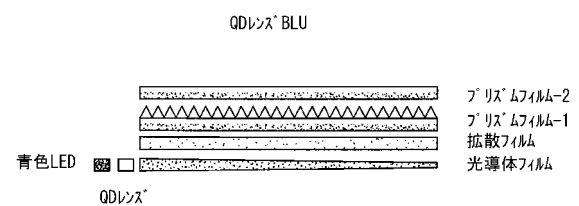
【図 5】



【図 6】



【図 7 A】



【図 7 B】

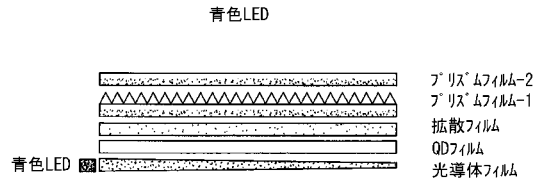


FIG. 7B

【図 8】

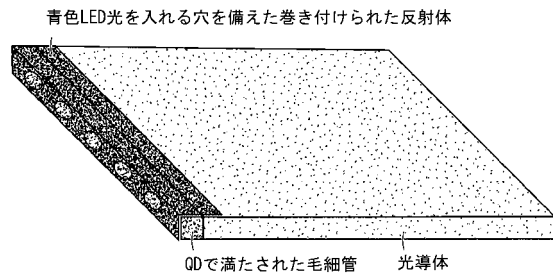


FIG. 8

【図 9】

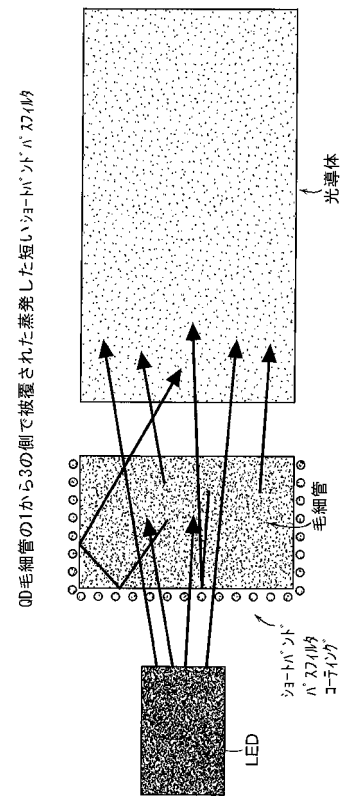


FIG. 9

【図 10】

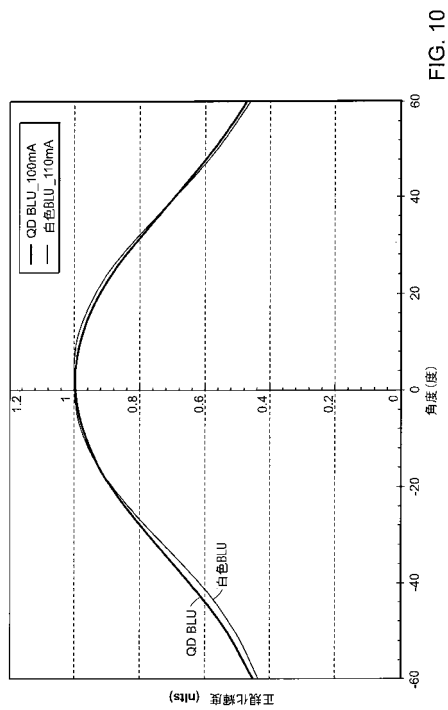


FIG. 10

【図 11】

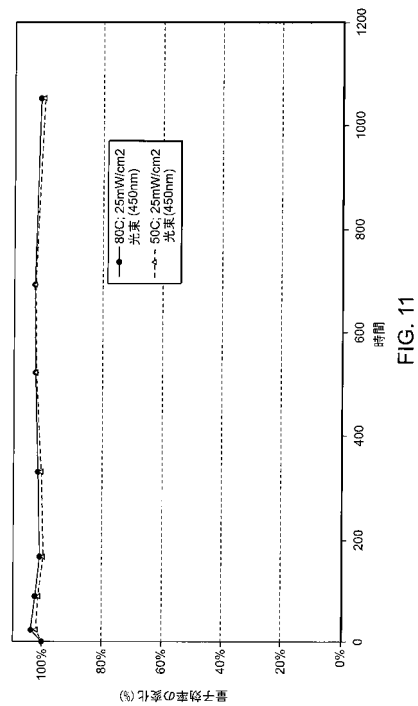
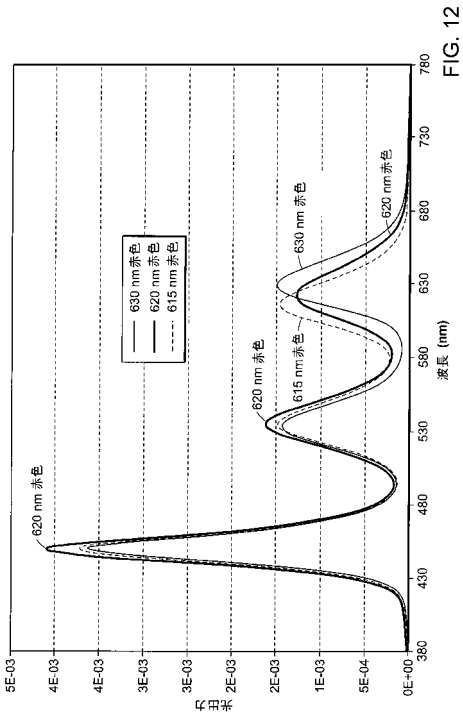


FIG. 11

【図 1 2】



【図 1 3】

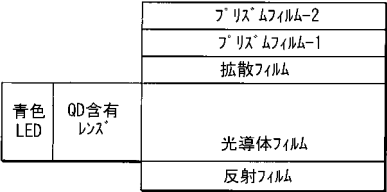


FIG. 13

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2011/047284																																	
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H01L 33/00 (2011.01) USPC - 257/98 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) - H01L 33/00, 29/06; H01J 1/62 (2012.01) USPC - 257/98, 13, 86; 438/26; 313/503; 252/301 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Orbit, Patbase, ProQuest, Google Patents																																			
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2010/0193806 A1 (BYUN) 05 August 2010 (05.08.2010) entire document</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>1-7, 13, 15-21, 27, 29-45, 51-54, 56-70, 72-92</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2006/0255713 A1 (KONDO et al) 16 November 2006 (16.11.2006) entire document</td> <td>1-7, 13, 15-21, 27, 29-45, 51-54, 56-70, 72-92</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2010/0155749 A1 (CHEN et al) 24 June 2010 (24.06.2010) entire document</td> <td>31-40, 51-54, 56-63, 66-70, 72-83, 83-86</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2006/0160162 A1 (FULWYLER et al) 20 July 2006 (20.07.2006) entire document</td> <td>46-50</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2010/0079061 A1 (TSAI et al) 01 April 2010 (01.04.2010) entire document</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 7,544,323 B1 (VON KROSIGK et al) 09 June 2009 (09.06.2009) entire document</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2004/0145289 A1 (OUDERKIRK et al) 29 July 2004 (29.07.2004) entire document</td> <td>37-38, 51, 54, 67-68, 70</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2008/0173886 A1 (CHEON et al) 24 July 2008 (24.07.2008) entire document</td> <td>1-7, 13, 15-21, 27, 29-54, 56-70, 72-92, 100</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2005/0111805 A1 (HERTZ et al) 26 May 2005 (26.05.2005) paragraphs [0027], [0036-0038], [0053]; figure 1</td> <td>1-7, 13, 15-21, 27, 29-54, 56-70, 72-92, 100</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2010/0193806 A1 (BYUN) 05 August 2010 (05.08.2010) entire document	100	Y		1-7, 13, 15-21, 27, 29-45, 51-54, 56-70, 72-92	Y	US 2006/0255713 A1 (KONDO et al) 16 November 2006 (16.11.2006) entire document	1-7, 13, 15-21, 27, 29-45, 51-54, 56-70, 72-92	Y	US 2010/0155749 A1 (CHEN et al) 24 June 2010 (24.06.2010) entire document	31-40, 51-54, 56-63, 66-70, 72-83, 83-86	Y	US 2006/0160162 A1 (FULWYLER et al) 20 July 2006 (20.07.2006) entire document	46-50	Y	US 2010/0079061 A1 (TSAI et al) 01 April 2010 (01.04.2010) entire document	29	Y	US 7,544,323 B1 (VON KROSIGK et al) 09 June 2009 (09.06.2009) entire document	49	Y	US 2004/0145289 A1 (OUDERKIRK et al) 29 July 2004 (29.07.2004) entire document	37-38, 51, 54, 67-68, 70	A	US 2008/0173886 A1 (CHEON et al) 24 July 2008 (24.07.2008) entire document	1-7, 13, 15-21, 27, 29-54, 56-70, 72-92, 100	A	US 2005/0111805 A1 (HERTZ et al) 26 May 2005 (26.05.2005) paragraphs [0027], [0036-0038], [0053]; figure 1	1-7, 13, 15-21, 27, 29-54, 56-70, 72-92, 100
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																																	
X	US 2010/0193806 A1 (BYUN) 05 August 2010 (05.08.2010) entire document	100																																	
Y		1-7, 13, 15-21, 27, 29-45, 51-54, 56-70, 72-92																																	
Y	US 2006/0255713 A1 (KONDO et al) 16 November 2006 (16.11.2006) entire document	1-7, 13, 15-21, 27, 29-45, 51-54, 56-70, 72-92																																	
Y	US 2010/0155749 A1 (CHEN et al) 24 June 2010 (24.06.2010) entire document	31-40, 51-54, 56-63, 66-70, 72-83, 83-86																																	
Y	US 2006/0160162 A1 (FULWYLER et al) 20 July 2006 (20.07.2006) entire document	46-50																																	
Y	US 2010/0079061 A1 (TSAI et al) 01 April 2010 (01.04.2010) entire document	29																																	
Y	US 7,544,323 B1 (VON KROSIGK et al) 09 June 2009 (09.06.2009) entire document	49																																	
Y	US 2004/0145289 A1 (OUDERKIRK et al) 29 July 2004 (29.07.2004) entire document	37-38, 51, 54, 67-68, 70																																	
A	US 2008/0173886 A1 (CHEON et al) 24 July 2008 (24.07.2008) entire document	1-7, 13, 15-21, 27, 29-54, 56-70, 72-92, 100																																	
A	US 2005/0111805 A1 (HERTZ et al) 26 May 2005 (26.05.2005) paragraphs [0027], [0036-0038], [0053]; figure 1	1-7, 13, 15-21, 27, 29-54, 56-70, 72-92, 100																																	
☐ 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 05 March 2012		Date of mailing of the international search report 09 MAR 2012																																	
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																																	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2011/047284

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☒ Claims Nos.: 8-12, 14, 22-26, 28, 55, 71, 93-99
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2011/047284

Continuation of Box III

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fees must be paid.

Group I, claims 1-7, 13, 15-21, 27, 29-45, 51-54, 56-70, 72-92, 100, drawn to a method, apparatus, backlight display, liquid crystal display and optical material comprising contacting light from a light source capable of emitting blue light with an optical material comprising a host material and first quantum dots capable of emitting green light and second quantum dots capable of emitting red light, wherein the weight percent ratio of the first quantum dots to the second quantum dots in the optical material is in a range from about 9:1 to about 2:1.

Group II, claims 46-50, drawn to a method of transferring a liquid mixture including quantum dots, the method comprising contacting a vessel with a supply of the liquid mixture including quantum dots and increasing gas pressure on the surface of the liquid mixture including quantum dots such that the liquid mixture including quantum dots is forced into the vessel.

The inventions listed as Groups I-II do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: the special technical feature of the Group I invention: contacting light from a light source capable of emitting blue light with an optical material comprising a host material and first quantum dots capable of emitting green light and second quantum dots capable of emitting red light, wherein the weight percent ratio of the first quantum dots to the second quantum dots in the optical material is in a range from about 9:1 to about 2:1 as claimed therein is not present in the invention of Group II. The special technical feature of the Group II invention: transferring a liquid mixture including quantum dots, the method comprising contacting a vessel with a supply of the liquid mixture including quantum dots and increasing gas pressure on the surface of the liquid mixture including quantum dots such that the liquid mixture including quantum dots is forced into the vessel as claimed therein is not present in the invention of Groups I.

Groups I and II lack unity of invention because even though the inventions of these groups require the technical feature of a material comprising quantum dots, this technical feature is not a special technical feature as it does not make a contribution over the prior art in view of US 2005/0111805 A1 (HERTZ et al) 26 May 2005 (26.05.2005) paragraphs [0027], [0036-0038], [0053]; figure 1.

Since none of the special technical features of the Group I or II inventions are found in more than one of the inventions, unity of invention is lacking.

Note: Claim 100 is an omnibus claim, which has been added to Group I. For the purpose of the international opinion, claim 100 will be interpreted as best understood.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM

(72)発明者 リントン, ジョン・アール
アメリカ合衆国、マサチューセッツ・01742、コンコード、ナット・メドウ・クロツシング・95

(72)発明者 ジルデア, デイビッド・アール
アメリカ合衆国、マサチューセッツ・02472、ウオータータウン、ウオツシユバーン・ストリート・51

(72)発明者 コー・サリバン, セス
アメリカ合衆国、カリフォルニア・90278、レドンド・ビーチ、ベルモント・レイン・1917、ユニット・ビー

(72)発明者 シヤー, スーチット
アメリカ合衆国、マサチューセッツ・02452、ウオルサム、ライオネル・アベニユー・79 - デイ

(72)発明者 ニツク, ロバート・ジエイ
アメリカ合衆国、マサチューセッツ・01463、ベツパーエル、シヤーリー・ストリート・137・エイ

Fターム(参考) 2H191 FA31Z FA42Z FA52Z FA56Z FA71Z FA85Z FA88Z FA96Z FB02 FB15
FB23 FD15 LA21 LA23 LA40
5F142 AA23 AA34 DA02 DA22 DA32 DA61 DA64 DA73 DB35 DB36
DB38 DB42 FA24 GA14 HA01