

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-37165

(P2013-37165A)

(43) 公開日 平成25年2月21日(2013.2.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02F 1/13357 (2006.01)</b>	G02F 1/13357	2H191
<b>F21S 2/00 (2006.01)</b>	F21S 2/00 430	3K244
F21Y 101/02 (2006.01)	F21Y 101:02	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2011-172745 (P2011-172745)  
 (22) 出願日 平成23年8月8日 (2011.8.8)

(71) 出願人 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 110001357  
 特許業務法人つばさ国際特許事務所  
 (72) 発明者 戸田 淳  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内  
 (72) 発明者 平山 照峰  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内  
 Fターム(参考) 2H191 FA22X FA22Z FA71Z FA83X FA86Z  
 FB02 FB23 FC13 FD04 LA31  
 3K244 AA01 BA11 BA48 CA03 DA02  
 EA02 EA12

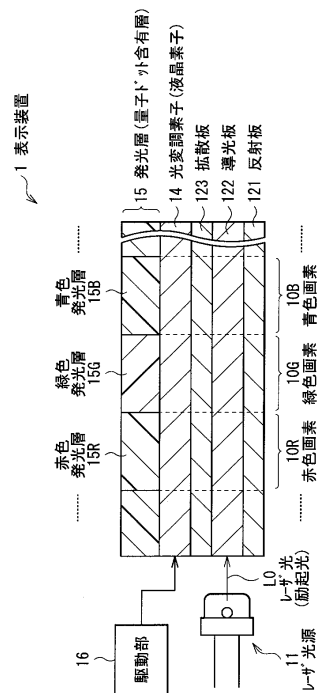
(54) 【発明の名称】 表示装置およびその製造方法、ならびに電子機器

(57) 【要約】

【課題】 光の利用効率を向上し易くすることが可能な表示装置等を提供する。

【解決手段】 表示装置は、画素単位で励起光を出射する光源部と、量子ドットを含んで構成され、画素単位で発光光を出射する発光層とを備えている。量子ドットは、励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成する。簡易な構成で励起光から発光光への波長変換がなされる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

画素単位で励起光を出射する光源部と、  
量子ドットを含んで構成され、前記画素単位で発光光を出射する発光層と  
を備え、  
前記量子ドットは、前記励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成する  
表示装置。

## 【請求項 2】

前記量子ドットでは、  
励起過程において、前記励起光のエネルギーを得ることにより、価電子帯に位置する電子が、伝導帯のうちの主量子数  $n = 2$  の量子準位に励起され、  
緩和過程において、前記  $n = 2$  の量子準位に励起された電子が、 $n = 1$  の量子準位に緩和され、  
再結合過程において、前記  $n = 1$  の量子準位と前記価電子帯の量子準位とのエネルギー差に対応する波長を有する、前記長波長側の発光光が出射される  
請求項 1 に記載の表示装置。

10

## 【請求項 3】

前記  $n = 2$  の量子準位と前記価電子帯の量子準位とのエネルギー差が、前記励起光のエネルギーと略等しい  
請求項 2 に記載の表示装置。

20

## 【請求項 4】

前記光源部は、  
前記励起光としてのレーザ光を発するレーザ光源と、  
前記レーザ光を前記画素単位で変調する光変調素子と  
を有する請求項 1 に記載の表示装置。

## 【請求項 5】

前記光変調素子が液晶素子であり、  
前記液晶素子は、  
互いに対向する一对の基板と、  
前記一对の基板間に封入された液晶層と、  
前記一对の基板のうちの前記レーザ光原側の基板の上に配設された入射側偏光板と、  
前記一对の基板のうちの前記発光層側の基板の上に配設された出射側偏光板と  
を有する請求項 4 に記載の表示装置。

30

## 【請求項 6】

前記レーザ光における偏光方向と、前記入射側偏光板における偏光軸とが、互いに略一致している  
請求項 5 に記載の表示装置。

## 【請求項 7】

前記レーザ光原が半導体レーザである  
請求項 4 に記載の表示装置。

40

## 【請求項 8】

前記発光層が、前記画素単位で色分けされた複数色の発光層からなり、  
前記複数色の発光層では、前記量子ドットが前記励起光に基づいて互いに異なる波長の発光光を生成する  
請求項 1 に記載の表示装置。

## 【請求項 9】

表示装置を備え、  
前記表示装置は、  
画素単位で励起光を出射する光源部と、

50

量子ドットを含んで構成され、前記画素単位で発光光を出射する発光層とを有し、前記量子ドットは、前記励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成する電子機器。

【請求項 10】

画素単位で励起光を出射する光源部を形成する工程と、前記画素単位で発光光を出射する発光層を、量子ドットを用いて形成する工程とを含み、前記量子ドットでは、前記励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成するようにする表示装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、量子ドットを含む発光層を備えた表示装置およびその製造方法、ならびにそのような表示装置を備えた電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

表示装置としては一般に、液晶表示装置や有機 E L (Electro Luminescence) 表示装置、PDP (Plasma Display Panel) 表示装置などが知られている。一方で、最近では、量子ドットを含む発光層を備えた表示装置も提案されている (例えば、特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 156899 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記特許文献 1 における量子ドットを用いた表示装置では、励起光を発する光源としてレーザ光源を用いている。このような手法を利用した表示装置では、光の利用効率の向上が求められることから、光の利用効率を向上し易くすることが可能な表示装置の提案が望まれる。

【0005】

本開示はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、光の利用効率を向上し易くすることが可能な表示装置およびその製造方法ならびに電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の表示装置は、画素単位で励起光を出射する光源部と、量子ドットを含んで構成され、画素単位で発光光を出射する発光層とを備えている。量子ドットは、励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成する。

【0007】

本開示の表示装置の製造方法は、画素単位で励起光を出射する光源部を形成する工程と、画素単位で発光光を出射する発光層を量子ドットを用いて形成する工程とを含み、この量子ドットでは、励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成するようにしたものである。

【0008】

本開示の電子機器は、上記本開示の表示装置を備えたものである。

【0009】

本開示の表示装置およびその製造方法ならびに電子機器では、光源部から画素単位で励起光が出射され、この励起光に基づいて、量子ドットを含む発光層から画素単位で発光光が出射される。この際、量子ドットでは、励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光が生成される。これにより、簡易な構成で励起光から発光光への波長変換がなされる。

【発明の効果】

【0010】

本開示の表示装置およびその製造方法ならびに電子機器によれば、発光層に含まれる量子ドットにおいて、励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成するようにしたので、簡易な構成で励起光から発光光への波長変換を行うことができ、光の利用効率を向上し易くすることが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本開示の一実施の形態に係る表示装置の構成例を表す模式断面図である。

【図2】図1に示したレーザ光源の詳細構成例を表す模式斜視図である。

【図3】図1に示した光変調素子の詳細構成例を表す模式断面図である。

【図4】レーザ光源、導光板および入射側偏光板の配置構成例を表す模式斜視図である。

【図5】レーザ光の偏光方向と入射側偏光板の偏光軸との関係の一例を表す模式平面図である。

【図6】量子ドットの材料およびサイズと吸収スペクトルとの関係の一例を表す特性図である。

20

【図7】図1に示した表示装置の基本動作について説明するための模式断面図である。

【図8】量子ドットにおける作用について説明するための模式図である。

【図9】量子ドットにおける作用について説明するための特性図である。

【図10】実施例および比較例に係る励起光および発光光の波長特性を表す特性図である。

【図11】実施の形態に係る表示装置の適用例1における(A)表側から見た外観、(B)裏側から見た外観を表す斜視図である。

【図12】(A)は適用例2の表側から見た外観を表す斜視図であり、(B)は裏側から見た外観を表す斜視図である。

30

【図13】適用例3の外観を表す斜視図である。

【図14】適用例4の外観を表す斜視図である。

【図15】(A)は適用例5の開いた状態の正面図、(B)はその側面図、(C)は閉じた状態の正面図、(D)は左側面図、(E)は右側面図、(F)は上面図、(G)は下面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

40

1. 実施の形態(半導体レーザ, 液晶素子, 量子ドットを含む複数色発光層を用いた例)
2. 適用例(表示装置の電子機器への適用例)
3. 変形例

【0013】

<実施の形態>

[表示装置1の構成]

図1は、本開示の一実施の形態に係る表示装置(表示装置1)の断面構成を模式的に表したものである。この表示装置1は、レーザ光源11と、光学部材としての反射板121、導光板122および拡散板123と、光変調素子(液晶素子)14と、発光層(量子ドット含有層)15と、駆動部16とを備えている。これらのうち、反射板121、導光板

50

1 2 2、拡散板 1 2 3、光変調素子 1 4 および発光層 1 5 は、背面（裏面）側から観察面（表示面，前面）側に向かって、この順に積層されている。なお、レーザ光源 1 1、反射板 1 2 1、導光板 1 2 2、拡散板 1 2 3 および光変調素子 1 4 が、本開示における「光源部（画素単位で励起光を出射する光源部）」の一具体例に対応している。

【0014】

（レーザ光源 1 1）

レーザ光源 1 1 は、ここでは導光板 1 2 2 の側面側に配設されており、後述する発光層 1 5 へ向けて励起光としてのレーザ光 L 0 を発する光源である。このレーザ光源 1 1 としては、各種のレーザ光源を用いることが可能であるが、例えば半導体レーザを用いるのが好適である。

10

【0015】

図 2 は、半導体レーザからなるレーザ光源 1 1 の詳細構成例を模式的に斜視図で表わしたものである。この半導体レーザでは、図中に示した Z 軸方向に沿って、電極 1 1 1 n、n 型基板 1 1 0 n、n 型クラッド層 1 1 2 n、活性層 1 1 3、p 型クラッド層 1 1 2 p、絶縁層 1 1 4 および p 型コンタクト層 1 1 5 p、ならびに電極 1 1 1 p が、この順に積層されている。つまり、この半導体レーザは、いわゆるダブルヘテロ（DH：Double Hetero）構造を有している。

【0016】

電極 1 1 1 n は、キャリアとしての電子を注入するための電極であり、例えば AuGe 合金等の金属材料からなる。電極 1 1 1 p は、キャリアとしての正孔（ホール）を注入するための電極であり、例えば Ti / Pt / Au 等の金属材料からなる。

20

【0017】

n 型基板 1 1 0 n は、例えば n 型のガリウム砒素（n - GaAs）等の半導体材料からなる基板である。

【0018】

p 型コンタクト層 1 1 5 p は、例えば p 型のガリウム砒素（p - GaAs）等の半導体材料からなるコンタクト層である。絶縁層 1 1 4 は、電流狭窄層として機能するものであり、例えば酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）等の絶縁材料からなる。

【0019】

n 型クラッド層 1 1 2 n は、光やキャリア（電子）の閉じ込め作用を有する層であり、例えば n 型のアルミニウム・ガリウム砒素（n - AlGaAs）等の半導体材料からなる。p 型クラッド層 1 1 2 p は、光やキャリア（ホール）の閉じ込め作用を有する層であり、例えば p 型のアルミニウム・ガリウム砒素（p - AlGaAs）等の半導体材料からなる。なお、これらの他にも、InGa<sub>N</sub>系や CdZnMgS<sub>Se</sub> 系の半導体材料を用いたものが挙げられる。

30

【0020】

活性層 1 1 3 は、レーザ光 L 0 が出射される層であり、例えばガリウム砒素（GaAs）、InGa<sub>N</sub>、CdSe 等の半導体材料からなる。

【0021】

このような構成の半導体レーザでは、DH 構造の面内方向に沿って強く偏光（TE 偏光）したレーザ光 L 0（ここでは、偏光方向 P 1 が X 軸方向）が、活性層 1 1 3 から出射される。また、このレーザ光 L 0 は、Z 軸方向に長軸方向を有すると共に X 軸方向に短軸方向を有するファーフールドパターン（FFP：Far Field Pattern）となっている。

40

【0022】

（光学部材）

導光板 1 2 2 は、レーザ光源 1 1 から入射したレーザ光 L 0 を光変調素子 1 4（発光層 1 5）側へと導くための光学部材である。

【0023】

反射板 1 2 1 は、導光板 1 2 2 から背面側（光変調素子 1 4 とは反対側）へ出射されようとするレーザ光 L 0 を反射させ、光変調素子 1 4 側へと戻すための光学部材である。

50

## 【 0 0 2 4 】

拡散板 1 2 3 は、導光板 1 2 2 から光変調素子 1 4 側へ出射されたレーザ光 L 0 を拡散させ、輝度の面内ばらつきを低減させるための光学部材である。

## 【 0 0 2 5 】

( 光変調素子 1 4 )

光変調素子 1 4 は、拡散板 1 2 3 から入射したレーザ光 L 0 を画素 (ここでは、赤色画素 1 0 R , 緑色画素 1 0 G , 青色画素 1 0 B ) 単位で変調する機能を有する素子であり、ここでは一例として、液晶素子を用いて構成されている。

## 【 0 0 2 6 】

図 3 は、液晶素子からなる光変調素子 1 4 の詳細構成例を模式的に断面図で表わしたものである。この液晶素子では、光入射側 ( 拡散板 1 2 3 側 ) から光出射側 ( 発光層 1 5 側 ) に向かって、図中に示した Z 軸方向に沿って、入射側偏光板 1 4 1 A 、基板 1 4 0 A 、画素電極 1 4 2 A 、液晶層 1 4 3 、共通電極 1 4 2 B 、基板 1 4 0 B および出射側偏光板 1 4 1 B が、この順に積層されている。

10

## 【 0 0 2 7 】

基板 1 4 0 A , 1 4 0 B ( 互いに対向する一対の基板 ) はそれぞれ、光透過性を有する基板であり、例えばガラス基板等を用いて構成されている。これらのうち、基板 1 4 0 A には、薄膜トランジスタ ( T F T : Thin Film Transistor ) 等の素子や配線 ( いずれも図示せず ) が形成されている。

## 【 0 0 2 8 】

入射側偏光板 1 4 1 A および出射側偏光板 1 4 1 B はそれぞれ、入射光のうちの特定の偏光成分を選択的に透過させると共に他の偏光成分を吸収する機能を有する光学素子である。これらの入射側偏光板 1 4 1 A および出射側 1 4 1 B は、互いの透過軸 ( 偏光軸 ) 同士が直交するように配置される ( クロスニコル配置 ) か、あるいは、互いの透過軸 ( 偏光軸 ) 同士が平行となるように配置される ( パラレルニコル配置 ) 。例えば、図 3 に示した例では、入射側偏光板 1 4 1 A の偏光軸 P 2 1 が X 軸方向に沿って配置されていると共に、出射側偏光板 1 4 1 B の偏光軸 P 2 2 が Y 軸方向に沿って配置されており、クロスニコル配置となっている。

20

## 【 0 0 2 9 】

画素電極 1 4 2 A は、画素 ( 赤色画素 1 0 R , 緑色画素 1 0 G , 青色画素 1 0 B ) ごとに個別に形成された電極である。一方、共通電極 1 4 2 B は、各画素に共通となるように基板 1 4 0 B 上に一様に形成された電極である。

30

## 【 0 0 3 0 】

液晶層 1 4 3 は、基板 1 4 0 A , 1 4 0 B 間 ( 画素電極 1 4 2 A , 共通電極 1 4 2 B 間 ) に挿設 ( 封入 ) されており、各種の液晶材料を用いて構成することが可能である。

## 【 0 0 3 1 】

ここで本実施の形態では、例えば図 4 に示したように、入射側偏光板 1 4 1 A および導光板 1 2 2 等が、Y 軸方向を長軸方向とすると共に X 軸方向を短軸方向とする矩形状となっている。また、この矩形状の導光板 1 2 2 の側面側にそれぞれ、複数のレーザ光源 1 1 が並んで配置されている。そして、以下詳述するように、各レーザ光源 1 1 から出射されるレーザ光 L 0 における偏光方向と、入射側偏光板 1 4 1 A における偏光軸 ( 透過軸 ) とが、互いに略一致 ( 望ましくは一致 ) するように配置されている。

40

## 【 0 0 3 2 】

具体的には、図 5 ( A ) に示した例では、短軸方向である X 軸方向に沿って配置された複数のレーザ光源 1 1 x から出射されるレーザ光 L 0 における偏光方向 P 3 2 x がそれぞれ、X 軸方向となっている。また、長軸方向である Y 軸方向に沿って配置された複数のレーザ光源 1 1 y から出射されるレーザ光 L 0 における偏光方向 P 3 2 y がそれぞれ、Z 軸方向となっている。そして、入射側偏光板 1 4 1 A における偏光軸 ( 透過軸 ) P 3 1 の方向が、X 軸方向 ( および Z 軸方向 ) となっている。

## 【 0 0 3 3 】

50

一方、図5(B)に示した例では、短軸方向であるX軸方向に沿って配置された複数のレーザ光源11xから出射されるレーザ光L0における偏光方向P32xがそれぞれ、Z軸方向となっている。また、長軸方向であるY軸方向に沿って配置された複数のレーザ光源11yから出射されるレーザ光L0における偏光方向P32yがそれぞれ、Y軸方向となっている。そして、入射側偏光板141Aにおける偏光軸(透過軸)P31の方向が、Y軸方向(およびZ軸方向)となっている。

#### 【0034】

(駆動部16)

駆動部16は、光変調素子14の動作(光変調動作)を制御する(光変調素子14を駆動する)ものである。具体的には、光変調素子14が例えば前述した構成の液晶素子からなる場合には、画素単位の映像信号に基づいて各画素電極142Aと共通電極142Bとの間に電圧を印加することにより、各画素での光変調動作を制御する。これにより、液晶素子からなる光変調素子14において、画素(赤色画素10R、緑色画素10G、青色画素10B)単位で光変調動作がなされるようになっている。

10

#### 【0035】

(発光層15)

発光層15は、例えばポリスチレン等の樹脂材料などに量子ドットを含んで構成されており、光変調素子14から出射されたレーザ光(励起光)L0に基づいて、画素(赤色画素10R、緑色画素10G、青色画素10B)単位で各色の発光光(表示光)を出射する層である。この発光層15は、ここでは、赤色画素10Rに配設された赤色発光層15Rと、緑色画素10Gに配設された緑色発光層15Gと、青色画素10Bに配設された青色発光層15Bとからなる。換言すると、発光層15が、赤色画素10R、緑色画素10G、青色画素10B単位で色分けされた複数色の発光層(赤色発光層15R、緑色発光層15G、青色発光層15B)からなる。そして、これらの複数色の発光層における量子ドットでは、励起光L0に基づいて互いに異なる波長(色)の発光光(赤色発光光、緑色発光光、青色発光光)を生成するようになっている。

20

#### 【0036】

このような量子ドットの材料としては、例えば、CdSe、CdS、ZnS:Mn、InN、InP、CuCl、CuBr、Siなどが挙げられ、それらの量子ドットの粒径(一辺方向のサイズ)は、例えば2~20nm程度である。また、上記の量子ドットの材料のうち、赤色発光材料としては例えばInP等が挙げられ、緑色発光材料としては例えばCdSe等が挙げられ、青色発光材料としては例えばCdS等が挙げられる。

30

#### 【0037】

このような発光層15では、例えば図6(A)~(C)に示したように、量子ドットにおけるサイズ(粒径)Rや材料の組成を変化させることで、発光波長(光子エネルギーに対応)も変化するようになっている。これにより、赤色発光層15R、緑色発光層15Gおよび青色発光層15Bにおいて、異なる波長(色)の発光光(赤色発光光、緑色発光光、青色発光光)を得ることが可能となっている。

#### 【0038】

ここで、本実施の形態では、発光層15(赤色発光層15R、緑色発光層15Gおよび青色発光層15B)に含まれる量子ドットが、励起光(レーザ光)L0に基づいてその励起光L0よりも長波長側の発光光を生成するようになっている。換言すると、量子ドットにおいて、相対的に短波長側の励起光L0から、相対的に長波長側の発光光への波長変換を行う。これにより、詳細は後述するが、簡易な構成で励起光L0から発光光への波長変換がなされるようになっている。

40

#### 【0039】

[表示装置1の製造方法]

この表示装置1は、例えば次のようにして製造することができる。すなわち、まず、画素単位で励起光(レーザ光)L0を出射する光源部を、レーザ光源11、反射板121、導光板122、拡散板123および光変調素子14を用いて形成する。具体的には、例え

50

ば図2に示したDH構造からなる半導体レーザを、例えばフォトリソグラフィ技術を用いて形成することにより、レーザ光源11を製造する。また、前述した構成の反射板121、導光板122および拡散板123を、この順で互いに貼り合わせることに、光源部内の光学部材を形成する。そして、この光学部材(導光板122)の側面側にレーザ光源11を配置すると共に、拡散板123上に光変調素子14を貼り合わせることに、上記した光源部が製造される。

#### 【0040】

ここで、光変調素子14が、例えば図3に示した構成の液晶素子からなる場合には、この光変調素子14は、例えば以下のようにして形成する。すなわち、まず、ガラス基板等を用いて、TFT基板としての基板140Aと、基板140Bとをそれぞれ形成する。そののち、基板140Aの一方の面上に画素電極142Aを、他方の面上に入射側偏光板141Aをそれぞれ形成すると共に、基板140Bの一方の面上に共通電極142Bを、他方の面上に出射側偏光板141Bをそれぞれ形成する。そして、これらの基板140A、140Bを、画素電極142Aおよび共通電極142Bが互いに向かい合うようにして配置し、基板140A、140B間に液晶を注入することにより、液晶層143を形成する。これにより、図3に示した液晶素子からなる光変調素子14が形成される。

10

#### 【0041】

次いで、光変調素子14上に発光層15を、量子ドットを用いて形成する。具体的には、前述した量子ドットの材料およびサイズ(粒径)を制御しつつ、この量子ドットを前述した樹脂材料等に混ぜて、画素(赤色画素10R、緑色画素10G、青色画素10B)ごとに塗り分けて塗布する。この際、前述したように量子ドットでは、励起光L0に基づいてその励起光L0よりも長波長側の発光光が生成されるように形成する。これにより、光変調素子14上に発光層15(赤色発光層15R、緑色発光層15Gおよび青色発光層15B)が形成される。以上により、図1に示した表示装置1が完成する。

20

#### 【0042】

[表示装置1の作用・効果]

(1.基本動作)

この表示装置1では、例えば図7に示したように、光源部(レーザ光源11、反射板121、導光板122、拡散板123および光変調素子14)から、画素(赤色画素10R、緑色画素10G、青色画素10B)単位で励起光としてのレーザ光L0が出射される。そして、この励起光L0に基づいて、量子ドットを含む発光層15から、画素単位で表示光としての発光光L1(赤色発光光L1r、緑色発光光L1g、青色発光光L1b)が出射される。

30

#### 【0043】

具体的には、レーザ光源11から出射されたレーザ光(励起光)L0は、導光板122、反射板121および拡散板123を介して、光変調素子14へ入射する。この光変調素子14では、画素単位でレーザ光L0が変調されたのち、発光部15側へレーザ光L0が出射される。これにより、発光層15側へ出射される励起光L0の輝度が、画素単位で制御される。例えば、図7に示した例では、赤色画素10Rおよび緑色画素10Gではそれぞれ、光変調素子14から変調された励起光L0が赤色発光層15Rおよび緑色発光層15Gへと出射され、赤色発光光L1rおよび緑色発光光L1gが出射されている。一方、青色画素10Bでは、光変調素子14から変調された励起光L0が青色発光層15Bへと出射されず、その結果、青色発光光L1bが出射されないようになっている。以上のようにして、表示装置1において映像表示がなされる。

40

#### 【0044】

このような、レーザ光(励起光)L0と量子ドットを含む発光層15とを用いた表示装置1では、従来一般的な液晶表示装置と比べ、例えば以下の利点を有している。すなわち、まず、導光板122への励起光L0の入射時においてレーザ光L0の指向性に起因してカップリング効率が高いことや、カラーフィルタが不要であること等から、光学的なロスが少なく、表示輝度が向上すると共に低消費電力化も図られる。また、自発光型の表示

50

装置であることから、視野角特性が向上する（視野角依存性が低減する）。更に、レーザー光 L0 の短パルス駆動が可能であることや、量子ドットの蛍光寿命が短いこと等から、 $ns \sim \mu s$  オーダーでの高速動作が可能となる。加えて、このような高速動作が可能であることから動画特性に優れ、例えば時間分割方式の 3D（3次元）ディスプレイに適用した場合であっても、優れた動画特性を示すことが可能となる。また、レーザー光源 L0 を励起光として用いていることから、発光光 L1（赤色発光光 L1r, 緑色発光光 L1g, 青色発光光 L1b）におけるスペクトルのピーク半値幅が狭くなり、その結果、広色域表示を行うことが可能となる（色再現性が広い表示装置を得ることが可能となる）。

#### 【0045】

（2. 特徴的部分の作用）

ここで本実施の形態では、上記のような表示動作の際に、発光層 15 に含まれる量子ドットにおいて、励起光 L0 に基づいてその励起光 L0 よりも長波長側の発光光 L1 が生成される。具体的には、赤色発光層 15R に含まれる量子ドットでは、相対的に短波長側の励起光 L0 に基づいて、相対的に長波長側の赤色発光光 L1r が生成される（励起光 L0 から赤色発光光 L1r への波長変換が行われる）。また、緑色発光層 15G に含まれる量子ドットでは、相対的に短波長側の励起光 L0 に基づいて、相対的に長波長側の緑色発光光 L1g が生成される（励起光 L0 から緑色発光光 L1g への波長変換が行われる）。更に、青色発光層 15B に含まれる量子ドットでは、相対的に短波長側の励起光 L0 に基づいて、相対的に長波長側の青色発光光 L1b が生成される（励起光 L0 から青色発光光 L1b への波長変換が行われる）。

#### 【0046】

これにより本実施の形態では、例えば、逆に長波長側の励起光から短波長側の発光光への波長変換を行う場合（例えば、SHG（Second Harmonic Generation；第2高調波発生）を用いて波長変換を行う場合）等と比べ、簡易な構成で励起光 L0 から発光光 L1 への波長変換がなされる。

#### 【0047】

ここで、このような量子ドットにおける発光光 L1 の生成動作（励起光 L0 から発光光 L1 への波長変換動作）の詳細を説明する前に、量子ドットに関する電子エネルギーの遷移の原理について説明する。

#### 【0048】

まず、量子ドットのような極めて小さな範囲に閉じ込められた一次元の領域での自由電子の運動については、ポテンシャルエネルギー  $U = 0$  であることから、シュレディンガー方程式は、以下の（1）式のようになる。

$$E \cdot \nabla^2 = -h^2 / (8m) \cdot \nabla^2 \dots \dots (1)$$

ここで、この方程式を満たす波動関数および電子エネルギーはそれぞれ、以下の（2）式および（3）式のようにして表わされる。

$$\text{波動関数： } \psi = A \cdot \sin(n \cdot x / L) \quad (n : 1 \text{ 以上の整数}) \quad \dots \dots (2)$$

$$\text{電子エネルギー： } E_n = (n \cdot h)^2 / (8mL^2) \quad (n : 1 \text{ 以上の整数}) \quad \dots \dots (3)$$

（A：定常波の振幅の定数、L：量子ドットの大きさ（サイズ）、n：主量子数、x：電子の位置（ $0 < x < L$ ）、h：プランク定数、m：電子の有効質量）

#### 【0049】

ここで、上記したように、n は主量子数であり、0 ではない（1 以上の）整数であることからこのような電子のエネルギーは、以下の性質を持つ。

（A）電子エネルギーは閉じ込められた領域の大きさで決まり、大きさの 2 乗に反比例する

（B）電子エネルギーは連続的な変化せず、主量子数に従って離散的に変化する

#### 【0050】

量子ドットに閉じ込められた電子エネルギーの変化（遷移）では、上記（A）により、決まったサイズの量子ドットを作製することができれば、量子ドットの中の電子エネルギーの大きさが決まる。また、上記（B）により、量子ドットの電子エネルギーが離散的に

10

20

30

40

50

変化することから、光の吸収エネルギーも離散的になる。

【0051】

これを前提として、本実施の形態の発光層15内の量子ドットでは、具体的には例えば図8(A)~(C)の過程を経ることにより、発光光L1の生成動作(励起光L0から発光光L1への波長変換動作)がなされる。

【0052】

すなわち、まず、図8(A)に示した励起過程では、励起光L0のエネルギーを得ることにより、価電子帯に位置する電子eが、伝導帯のうちの主量子数 $n=2$ の量子準位(ここでは一例として、 $n=3$ の量子順位)に励起される。なお、このとき、元の価電子帯の量子順位には、ホール(正孔)hが位置することになる。次いで、図8(B)に示した緩和過程では、励起過程において $n=2$ の量子準位(ここでは $n=3$ の量子順位)に励起された電子eが、基底状態である $n=1$ の量子準位に緩和される。そして、図8(C)に示した再結合過程では、 $n=1$ の量子準位と価電子帯の量子準位とのエネルギー差に対応する波長(励起光L0よりも長波長側の波長)を有する発光光L1(L1r, L1g, L1b)が出射される。

10

【0053】

このとき、励起過程における $n=2$ の量子準位と価電子帯の量子準位とのエネルギー差が、励起光L0のエネルギーと略等しく(例えば、 $\pm 10\text{nm}$ の波長範囲内)なっている(望ましくは、等しくなっている)ことが好ましい。これにより、量子ドットを含む発光層15において、特に励起光L0の吸収率が高くなり、薄膜でも高い発光輝度が得られるからである。このことから、励起光L0としては、本実施の形態のように、波長範囲が非常に狭いレーザ光を用いるのが望ましいと言える。

20

【0054】

ここで、図9(A)~(C)に示した実施例では、青色発光層15B内の量子ドットとして、粒径(サイズ) $R=6.0\text{nm}$ のCdS(図9(A))を用い、緑色発光層15G内の量子ドットとして、粒径 $R=4.3\text{nm}$ のCdSe(図9(B))を用い、赤色発光層15R内の量子ドットとして、粒径 $R=4.8\text{nm}$ のInP(図9(C))を用いている。なお、ここでは量子ドットの粒径 $R$ にばらつきがない場合を想定しているため、各量子ドットにおける吸収スペクトルが線スペクトルとなっている。この実施例では、主量子数 $n=2$ において、図9(A)~(C)のいずれにおいても、波長 $\lambda=420\text{nm}$ (青紫色の波長領域)となっている。一方、主量子数 $n=1$ において、図9(A)では波長 $\lambda=461\text{nm}$ (青色光の波長領域)、図9(B)では波長 $\lambda=571\text{nm}$ (緑色光の波長領域)、図9(C)では波長 $\lambda=641\text{nm}$ (赤色光の波長領域)となっている。これらのことから、この実施例では、波長 $\lambda=420\text{nm}$ の励起光L0に基づいて、赤色発光層15R内の量子ドットにおいて、波長 $\lambda=641\text{nm}$ の赤色発光光L1rが生成される。また、波長 $\lambda=420\text{nm}$ の励起光L0に基づいて、緑色発光層15G内の量子ドットにおいて、波長 $\lambda=571\text{nm}$ の緑色発光光L1gが生成される。更に、波長 $\lambda=420\text{nm}$ の励起光L0に基づいて、青色発光層15B内の量子ドットにおいて、波長 $\lambda=461\text{nm}$ の青色発光光L1bが生成される。すなわち、単一波長の励起光L0に基づいて、発光層15において画素ごとに、赤色発光光L1r, 緑色発光光L1g, 青色発光光L1bがそれぞれ効率良く生成されることを意味している。

30

40

【0055】

その結果、この実施例では例えば図10(A)に示したように、赤色発光光L1r, 緑色発光光L1g, 青色発光光L1bのスペクトルがそれぞれ、発光強度(輝度)が高くかつ半値幅が狭いものとなる。具体的には、図10(B)に示した比較例(青色光を用いて黄色(Ye)蛍光体を励起させることを利用して白色光を得る白色LED(Light Emitting Diode)と、カラーフィルタとを用いた液晶表示装置の例)と比べ、約2.5倍の積分強度を得ることが可能となっている。このようにして発光スペクトルの半値幅が狭くなることで、鮮やかな色表現が可能になると共に、R, G, Bの三原色で表現できる色域が広がり、結果として色再現性が良くなる。

50

## 【 0 0 5 6 】

なお、これに対して図 1 0 ( B ) に示した比較例では、上記した構成の白色 L E D において、例えば元々の青色光のうちの約 1 5 % 程度がロス ( 損失 ) する一方、残りの約 8 5 % の青色光が黄色蛍光体に吸収され、この黄色蛍光体の量子効率 = 7 0 % で黄色光が生成されるものとする。すると、このときの白色 L E D の分光スペクトルと、各色のカラーフィルタを透過して得られる R , G , B の各色光の分光スペクトルは、上記実施例と比べ、輝度が非常に低く、かつ半値幅が非常に広いものとなっている。また、このとき白色 L E D における青色 L E D の分光の積分強度に比べ、各分光スペクトルでは顕著な光学ロスが発生していることが分かる。

## 【 0 0 5 7 】

以上のように本実施の形態では、発光層 1 5 ( 赤色発光層 1 5 R 、緑色発光層 1 5 G および青色発光層 1 5 B ) に含まれる各量子ドットにおいて、励起光 L 0 に基づいてその励起光 L 0 よりも長波長側の発光光 L 1 ( L 1 r , L 1 g , L 1 b ) を生成する。これにより、簡易な構成で励起光 L 0 から発光光 L 1 への波長変換を行うことができ、光の利用効率を向上し易くすることが可能となる。

## 【 0 0 5 8 】

また、レーザ光源 1 1 から出射されるレーザ光 L 0 における偏光方向と、入射側偏光板 1 4 1 A における偏光軸 ( 透過軸 ) とが、互いに略一致するようにしたので、入射側偏光板 1 4 1 A における光透過率を高くし、光学ロスを低減することができる。その結果、その後励起光 L 0 が入射する発光層 1 5 内の量子ドットにおいて、効率良く発光光 L 1 を生成することができ、表示装置 1 における高輝度化および低消費電力化を図ることが可能となる。

## 【 0 0 5 9 】

< 適用例 >

次に、図 1 1 ~ 図 1 5 を参照して、上記実施の形態に係る表示装置の適用例について説明する。上記実施の形態に係る表示装置は、テレビジョン装置、デジタルカメラ、ノート型パーソナルコンピュータ、携帯電話等の携帯端末装置あるいはビデオカメラなどのあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。言い換えると、この表示装置は、外部から入力された映像信号あるいは内部で生成した映像信号を、画像あるいは映像として表示するあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。

## 【 0 0 6 0 】

( 適用例 1 )

図 1 1 は、上記表示装置が適用されるテレビジョン装置の外観を表したものである。このテレビジョン装置は、例えば、フロントパネル 5 1 1 およびフィルターガラス 5 1 2 を含む映像表示画面部 5 1 0 を有しており、この映像表示画面部 5 1 0 が上記表示装置により構成されている。

## 【 0 0 6 1 】

( 適用例 2 )

図 1 2 は、上記表示装置が適用されるデジタルカメラの外観を表したものである。このデジタルカメラは、例えば、フラッシュ用の発光部 5 2 1 、表示部 5 2 2 、メニュースイッチ 5 2 3 およびシャッターボタン 5 2 4 を有しており、その表示部 5 2 2 が上記表示装置により構成されている。

## 【 0 0 6 2 】

( 適用例 3 )

図 1 3 は、上記表示装置が適用されるノート型パーソナルコンピュータの外観を表したものである。このノート型パーソナルコンピュータは、例えば、本体 5 3 1 、文字等の入力操作のためのキーボード 5 3 2 および画像を表示する表示部 5 3 3 を有しており、その表示部 5 3 3 が上記表示装置により構成されている。

## 【 0 0 6 3 】

( 適用例 4 )

10

20

30

40

50

図14は、上記表示装置が適用されるビデオカメラの外観を表したものである。このビデオカメラは、例えば、本体部541、この本体部541の前方側面に設けられた被写体撮影用のレンズ542、撮影時のスタート/ストップスイッチ543および表示部544を有している。そして、その表示部544が上記表示装置により構成されている。

【0064】

(適用例5)

図15は、上記表示装置が適用される携帯電話機の外観を表したものである。この携帯電話機は、例えば、上側筐体710と下側筐体720とを連結部(ヒンジ部)730で連結したものであり、ディスプレイ740、サブディスプレイ750、ピクチャーライト760およびカメラ770を有している。そのディスプレイ740またはサブディスプレイ750が、上記表示装置により構成されている。

10

【0065】

<変形例>

以上、実施の形態および適用例を挙げて本開示の技術を説明したが、本技術はこれらの実施の形態等に限定されず、種々の変形が可能である。

【0066】

例えば、上記実施の形態等では、発光層が、画素単位で色分けされた複数色の発光層からなり、これら複数色の発光層において、量子ドットが励起光に基づいて互いに異なる波長の発光光を生成する場合について説明したが、これには限られない。すなわち、本技術は、発光層が単一色の発光層からなる場合にも適用することが可能である。

20

【0067】

また、上記実施の形態等では、画素単位で励起光を発する光源部が、レーザ光源(半導体レーザ等)と光変調素子(液晶素子等)とを用いて構成されている場合について説明したが、光源部の構成はこれには限られず、他の構成であってもよい。

【0068】

すなわち、例えば、レーザ光源としては半導体レーザには限られず、他のレーザ光源を用いるようにしてもよい。具体的には、例えば、 $Ar^+$ ガスレーザ(発振波長=457nm)を用いてもよい。また、半導体レーザやガスレーザから射出されたレーザ光を、SHGを用いて波長変換することで短波長化し、励起光として用いるようにしてもよい。この場合、例えば、AlGaAs系の半導体レーザ(発振波長=840nm)を用い、SHGとしてLiNbO<sub>3</sub>材料を用いることで、420nmの波長からなる励起光を得ることができる。

30

【0069】

また、励起光を発する光源であれば、レーザ光源でなくてもよい。ただし、半値幅が狭く指向性が強い励起光を発するレーザ光源を用いたほうが、量子ドットにおいて吸収波長が狭い波長範囲で強く吸収されると共に、導光板へのカップリング効率も高くなることから、望ましいと言える。

【0070】

更に、液晶素子からなる光変調素子の構成は、上記実施の形態で挙げたものには限られず、他の構成であってもよい。例えば、入射側偏光板141Aについては必ずしも存在しなくてもよく、出射側偏光板141Bだけを用いるようにしてもよい。これは、例えばレーザ光を励起光として用いた場合には、レーザ光における強い偏光性に起因して、入射側偏光板を無くしても光学的なロスをおよそ程度低く抑えることが可能であるためである。なお、光変調素子としても、液晶素子以外の他の光変調素子であってもよい。

40

【0071】

なお、本技術は以下のような構成を取ることも可能である。

(1)

画素単位で励起光を出射する光源部と、  
量子ドットを含んで構成され、前記画素単位で発光光を出射する発光層と  
を備え、

50

前記量子ドットは、前記励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成する表示装置。

(2)

前記量子ドットでは、

励起過程において、前記励起光のエネルギーを得ることにより、価電子帯に位置する電子が、伝導帯のうちの主量子数  $n = 2$  の量子準位に励起され、

緩和過程において、前記  $n = 2$  の量子準位に励起された電子が、 $n = 1$  の量子準位に緩和され、

再結合過程において、前記  $n = 1$  の量子準位と前記価電子帯の量子準位とのエネルギー差に対応する波長を有する、前記長波長側の発光光が出射される

10

上記(1)に記載の表示装置。

(3)

前記  $n = 2$  の量子準位と前記価電子帯の量子準位とのエネルギー差が、前記励起光のエネルギーと略等しい

上記(2)に記載の表示装置。

(4)

前記光源部は、

前記励起光としてのレーザ光を発するレーザ光源と、

前記レーザ光を前記画素単位で変調する光変調素子と

を有する上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の表示装置。

20

(5)

前記光変調素子が液晶素子であり、

前記液晶素子は、

互いに対向する一对の基板と、

前記一对の基板間に封入された液晶層と、

前記一对の基板のうちの前記レーザ光原側の基板上に配設された入射側偏光板と、

前記一对の基板のうちの前記発光層側の基板上に配設された出射側偏光板と

を有する上記(4)に記載の表示装置。

(6)

前記レーザ光における偏光方向と、前記入射側偏光板における偏光軸とが、互いに略一致している

30

上記(5)に記載の表示装置。

(7)

前記レーザ光原が半導体レーザである

上記(4)ないし(6)のいずれかに記載の表示装置。

(8)

前記発光層が、前記画素単位で色分けされた複数色の発光層からなり、

前記複数色の発光層では、前記量子ドットが前記励起光に基づいて互いに異なる波長の発光光を生成する

40

上記(1)ないし(7)のいずれかに記載の表示装置。

(9)

表示装置を備え、

前記表示装置は、

画素単位で励起光を出射する光源部と、

量子ドットを含んで構成され、前記画素単位で発光光を出射する発光層と

を有し、

前記量子ドットは、前記励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成する

電子機器。

50

(10)

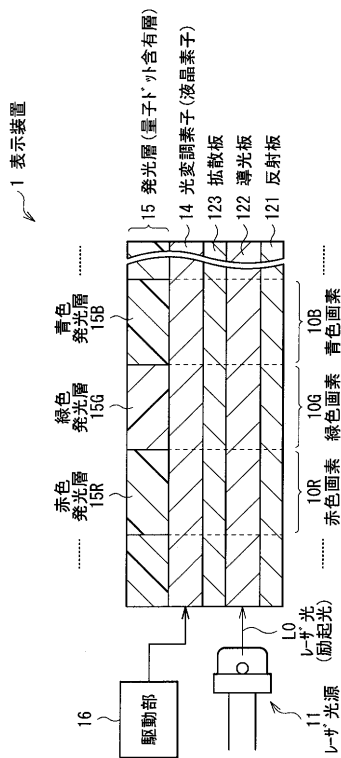
画素単位で励起光を出射する光源部を形成する工程と、  
 前記画素単位で発光光を出射する発光層を、量子ドットを用いて形成する工程と  
 を含み、  
 前記量子ドットでは、前記励起光に基づいてその励起光よりも長波長側の発光光を生成  
 するようにする  
 表示装置の製造方法。

【符号の説明】

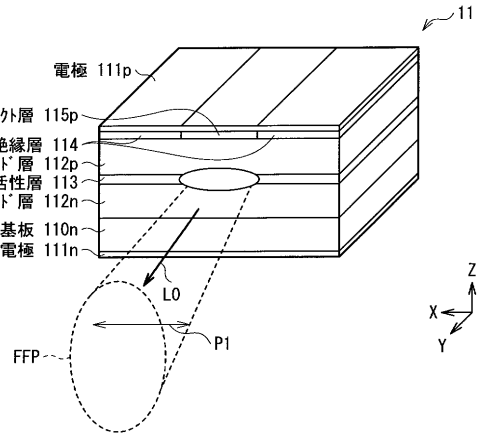
【0072】

1...表示装置、10R...赤色画素、10G...緑色画素、10B...青色画素、11...レー  
 ザ光原、121...反射板、122...導光板、123...拡散板、14...光変調素子(液晶素  
 子)、140A,140B...基板、141A...入射側偏光板、141B...出射側偏光板、  
 142A...画素電極、142B...共通電極、143...液晶層、15...発光層(量子ド  
 ット含有層)、15R...赤色発光層、15G...緑色発光層、15B...青色発光層、16...駆  
 動部、L0...レーザー光(励起光)、L1...発光光(表示光)、L1r...赤色発光光、L1g  
 ...緑色発光光、L1b...青色発光光。

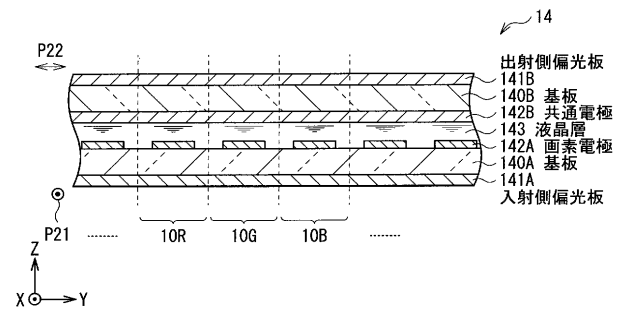
【図1】



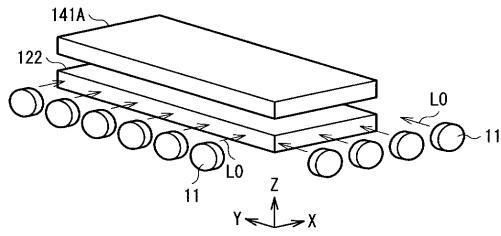
【図2】



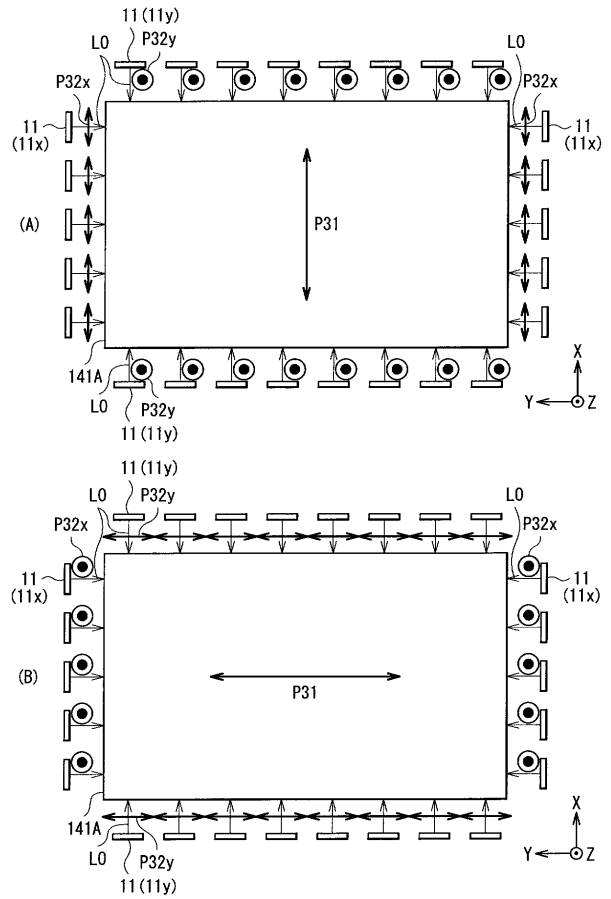
【図3】



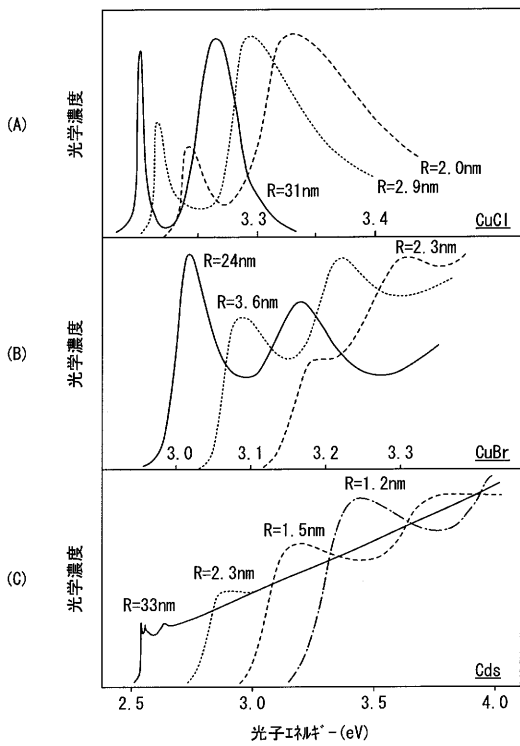
【 図 4 】



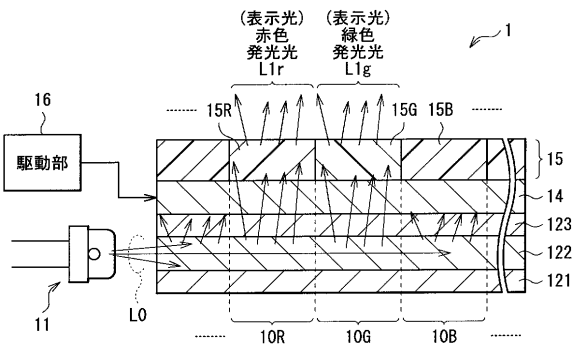
【 図 5 】



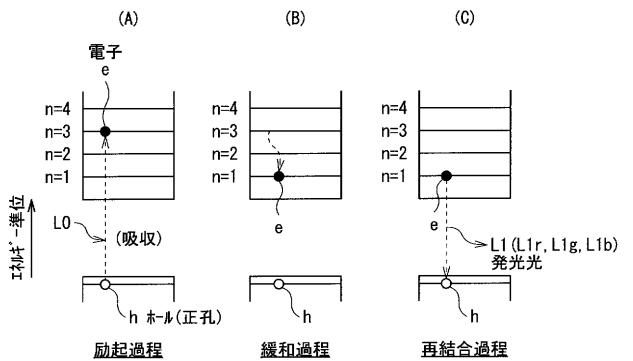
【 図 6 】



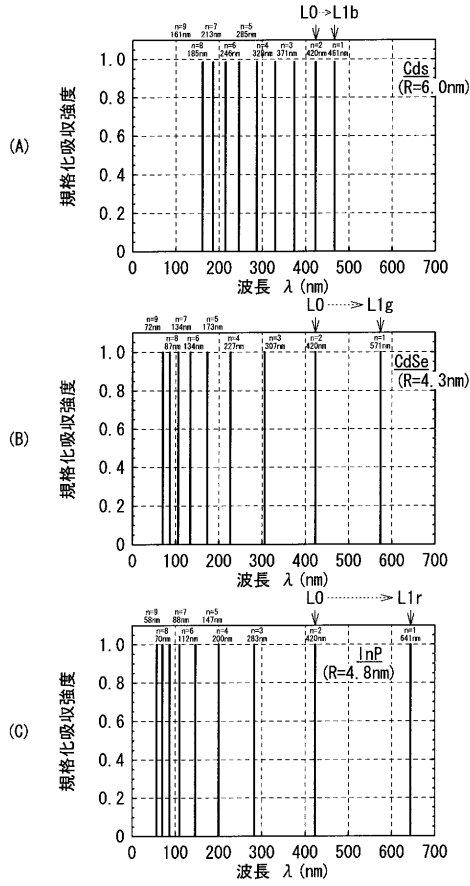
【 図 7 】



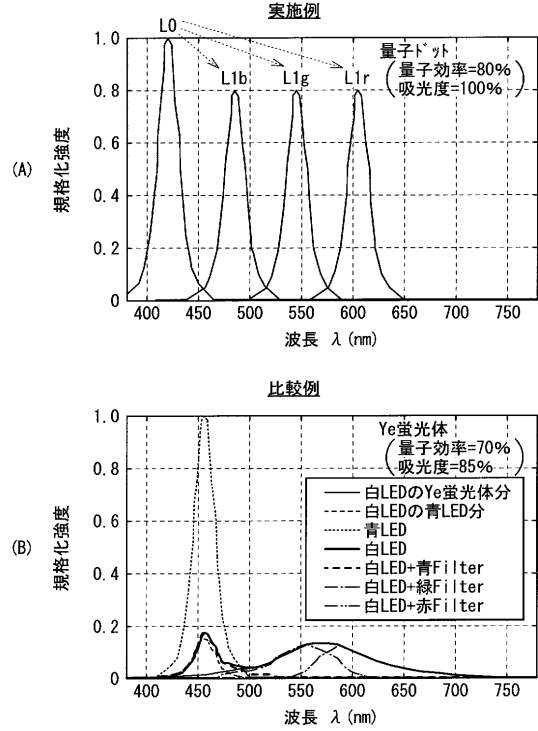
【 図 8 】



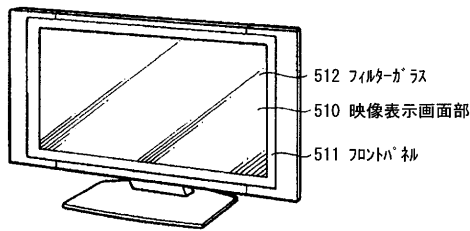
【図9】



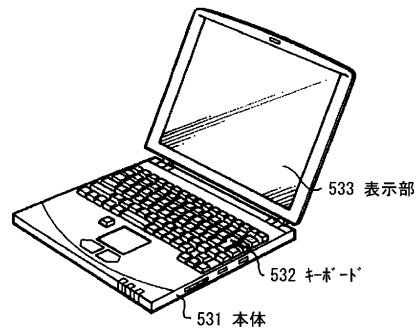
【図10】



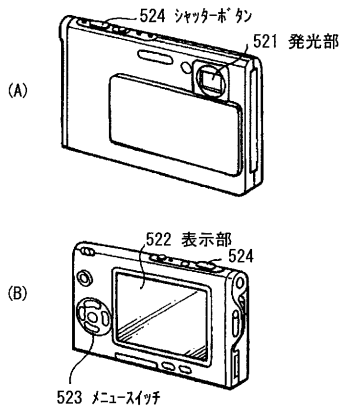
【図11】



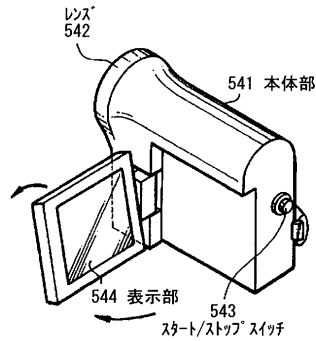
【図13】



【図12】



【図14】



【図 15】

