

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5687339号  
(P5687339)

(45) 発行日 平成27年3月18日 (2015. 3. 18)

(24) 登録日 平成27年1月30日 (2015.1.30)

(51) Int. Cl. F I  
**HO 5 B 33/10 (2006.01)** HO 5 B 33/10  
**HO 1 L 51/50 (2006.01)** HO 5 B 33/14 A

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2013-519231 (P2013-519231)	(73) 特許権者	000005821 パナソニック株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(86) (22) 出願日	平成23年6月8日 (2011.6.8)	(74) 代理人	100109210 弁理士 新居 広守
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/003240	(72) 発明者	平岡 知己 日本国大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(87) 国際公開番号	W02012/168973	(72) 発明者	瀬川 泰生 日本国大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(87) 国際公開日	平成24年12月13日 (2012.12.13)	審査官	横川 美穂
審査請求日	平成25年12月6日 (2013.12.6)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機EL素子及び有機EL素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

有機EL素子の欠陥部を有する発光領域に第1の照射条件でレーザー光を照射する第1次レーザー照射工程と、

前記第1次レーザー照射工程におけるレーザー光の照射によって前記発光領域に生じた照射痕の状態を観察する状態観察工程と、

前記第1の照射条件と前記観察された照射痕の状態とに基づいて、前記欠陥部に起因する不良を解消するための第2の照射条件を決定する照射条件決定工程と、

前記照射条件決定工程で決定された前記第2の照射条件で前記発光領域にレーザー光を照射する第2次レーザー照射工程と、を含み、

前記欠陥部は、前記有機EL素子の陽極及び陰極間の短絡箇所であり、

前記第2次レーザー照射工程では、前記レーザー光を前記発光領域の前記短絡箇所を包囲する閉じた線状に照射することにより、前記発光領域の当該閉じた線状に位置する部分の抵抗値を、前記レーザー光の照射前の抵抗値よりも高くし、

前記第1次レーザー照射工程では、前記閉じた線で囲まれる予定の領域内に前記レーザー光を照射する、

有機EL素子の製造方法。

【請求項2】

前記第1次レーザー照射工程での前記レーザー光の照射と、前記第2次レーザー照射工程での前記レーザー光の照射とは、同一のレーザー発振器を用い、前記第1次レーザー照

射工程での前記レーザー光の照射と、前記第2次レーザー照射工程での前記レーザー光の照射との間、レーザー発振を停止することなく行なわれる、

請求項1に記載の有機EL素子の製造方法。

【請求項3】

前記照射条件決定工程では、前記第2の照射条件として、レーザー光の焦点深さ、パルス幅、波長、パワーのうちの少なくとも1つを決定する、

請求項1に記載の有機EL素子の製造方法。

【請求項4】

陽極、有機発光層、及び陰極をこの順に積層してなる発光領域と、  
前記発光領域に存在する前記陽極及び前記陰極間の短絡箇所と、  
前記発光領域に形成された第1のレーザー照射痕と、  
前記短絡箇所を包囲する閉じた線状に形成された第2のレーザー照射痕と、  
を有し、  
前記第1のレーザー照射痕は、前記第2のレーザー照射痕で包囲された領域内に形成されている、  
有機EL素子。

10

【請求項5】

前記第1のレーザー照射痕と前記第2のレーザー照射痕とは連続して形成されている、  
請求項4に記載の有機EL素子。

【請求項6】

前記発光領域の前記第2のレーザー照射痕が形成された部分の抵抗値は、前記発光領域の前記第1のレーザー照射痕及び前記第2のレーザー照射痕の何れもが形成されていない部分の抵抗値よりも高い、  
請求項4または5に記載の有機EL素子。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機EL素子及び有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、アノード（陽極）とカソード（陰極）との間に有機層が介在されてなる有機エレクトロルミネッセンス（以下、有機ELと称する）素子において、製造工程で導電性の異物が付着または混入、若しくはパターンニングの不良などのために望ましくない短絡が生じ、有機EL素子が不良となる場合がある。

30

【0003】

この場合に、短絡箇所又はその周辺部に定められるターゲット領域をレーザー照射にて高抵抗化することで、短絡に起因する不良をリペアする方式が知られている（例えば、特許文献1～3参照）。

【0004】

特許文献1には、レーザー照射の工程途中において、レーザー照射によって除去された電極形成用膜の深さを計測し、計測された深さと、予め把握しておいた電極形成用膜の修正前の厚さとの関係から、その時点での修正の進行度合を把握し、該計測後のレーザーの照射を調整する技術が開示されている。

40

【0005】

特許文献2には、陰極及び陽極間に存在するとともにこれら陰極及び陽極の短絡に寄与する異物のサイズを測定し、異物のサイズに基づいてその異物に照射するレーザーの波長及び照射回数を設定し、設定されたレーザーを異物に照射して、異物の少なくとも一部を除去する方法が開示されている。

【0006】

特許文献3には、第1の紫外線レーザーの照射による蛍光検査により、有機EL素子の

50

潜在的な不良箇所を検出し、検出された不良箇所に第2のリペア用の紫外線レーザーを照射して、不良箇所を除去する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-281328号公報

【特許文献2】特開2006-221982号公報

【特許文献3】特開2009-277528号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

レーザー照射によって短絡に起因する不良をリペアする場合、ターゲット領域以外の領域への損傷をできる限り低減し、かつターゲット領域を確実にかつ効率よく高抵抗化することが重要である。そのために、レーザーの照射条件が適応的かつ迅速に制御される必要がある。さらには、そのような制御が簡便になされることが望ましい。

【0009】

しかしながら、このような要求に照らして、先行技術によって提供される方法にはさらに改善の余地があるものと考えられる。

【0010】

特許文献1の方法では、レーザー照射によって除去された電極形成用膜（照射痕）の深さを、例えば、触針方式による表面粗さ測定器、レーザー測定方式による変位計、及びレーザー照射によって飛散する物質を検出するイオン検出器などを用いて計測すると記載されているように、レーザー照射痕の深さの計測に、複雑な計測装置が必要となる。

【0011】

特許文献2の方法では、異物のサイズに適したレーザーの波長及び照射回数を特定するために、異なるサイズの異物に実際にレーザーを照射して滅点の画素を良点化させる調査を事前に行う必要があるため、異なるロットや品種への適応性や簡便性に乏しい。

【0012】

特許文献3の方法では、検査用の紫外線レーザーによる有機EL素子の発光機能の劣化を最小限に抑えかつ検査時間を短縮するために、蛍光検査の範囲を適切に削減することを主眼としたものであり、リペア用の紫外線レーザーの照射条件をいかに制御するかについては示されていない。

【0013】

本発明は、上記課題に鑑み、有機EL素子の短絡に起因する不良をリペアするためのレーザーの照射条件を適応的かつ迅速、簡便に制御できる有機EL素子の製造方法、及びそのような製造方法で製造された有機EL素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために、本発明の一態様にかかる有機EL素子の製造方法は、有機EL素子の欠陥部を有する発光領域に第1の照射条件でレーザー光を照射する第1次レーザー照射工程と、前記第1次レーザー照射工程におけるレーザー光の照射によって前記発光領域に生じた照射痕の状態を観察する状態観察工程と、前記第1の照射条件と前記観察された照射痕の状態とに基づいて、前記欠陥部に起因する不良を解消するための第2の照射条件を決定する照射条件決定工程と、前記照射条件決定工程で決定された前記第2の照射条件で前記発光領域にレーザー光を照射する第2次レーザー照射工程と、を含み、前記欠陥部は、前記有機EL素子の陽極及び陰極間の短絡箇所であり、前記第2次レーザー照射工程では、前記レーザー光を前記発光領域の前記短絡箇所を包囲する閉じた線状に照射することにより、前記発光領域の当該閉じた線状に位置する部分の抵抗値を、前記レーザー光の照射前の抵抗値よりも高くし、前記第1次レーザー照射工程では、前記閉じた線に囲まれる予定の領域内に前記レーザー光を照射する。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0015】

本発明にかかる有機EL素子の製造方法によれば、欠陥画素の発光領域内において、リペア時のレーザー照射（第2次レーザー照射）の条件を決定するための予備照射（第1次レーザー照射）を行なうので、例えば予備照射を発光領域外で行う場合のようにレーザー照射対象物の性状が相違する懸念がなく、リペア時のレーザー照射の条件を正確に決定することができるので、リペアをより確実かつ安定的に行うことができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0016】

【図1】図1は、本発明の実施の形態に係る有機EL素子の断面概略図である。

10

【図2】図2は、高抵抗化された陰極の状態を表す有機EL素子の上面図である。

【図3】図3は、本発明に係る有機EL素子の製造方法を説明するフローチャートである。

【図4】図4は、本発明の第1の工程で準備される有機EL素子の断面概略図である。

【図5】図5は、本発明の実施の形態に係るステップS20を説明するための動作フローチャートである。

【図6】図6は、本発明の実施の形態に係るステップS30を説明するための動作フローチャートである。

【図7】図7は、本発明の実施の形態に係るレーザーリペアを実施するためのシステム構成図である。

20

【図8】図8は、レーザー照射による照射痕の状態を表す有機EL素子の上面図である。

【図9】図9は、回復点灯確認時における画素の発光状態を表す図である。

【図10】図10は、本発明の有機EL素子を備えたテレビシステムの外観図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0017】

本発明の一態様に係る有機EL素子の製造方法は、有機EL素子の欠陥部を有する発光領域に第1の照射条件でレーザー光を照射する第1次レーザー照射工程と、前記第1次レーザー照射工程におけるレーザー光の照射によって前記発光領域に生じた照射痕の状態を観察する状態観察工程と、前記第1の照射条件と前記観察された照射痕の状態とに基づいて、前記欠陥部に起因する不良を解消するための第2の照射条件を決定する照射条件決定工程と、前記照射条件決定工程で決定された前記第2の照射条件で前記発光領域にレーザー光を照射する第2次レーザー照射工程と、を含む。

30

## 【0018】

ここで、前記照射条件決定工程では、前記第2の照射条件として、レーザー光の焦点深さ、パルス幅、周波数、パワー密度のうちの少なくとも1つを決定してもよい。

## 【0019】

このような製造方法によれば、欠陥画素の発光領域内において、リペア時のレーザー照射（第2次レーザー照射）の条件を決定するための予備照射（第1次レーザー照射）を行なうので、例えば予備照射を発光領域外で行う場合のように、レーザー照射対象物の性状が相違する懸念がなく、リペア時のレーザー照射の条件を正確に決定することができるので、リペアをより確実かつ安定的に行うことができる。

40

## 【0020】

また、前記欠陥部は、前記有機EL素子の陽極及び陰極間の短絡箇所であってもよい。

## 【0021】

また、前記第2次レーザー照射工程では、前記レーザー光を前記発光領域の前記短絡箇所を包囲する閉じた線状に照射することにより、前記発光領域の当該閉じた線状に位置する部分の抵抗値を、前記レーザー光の照射前の抵抗値よりも高くしてもよい。

## 【0022】

このような製造方法によれば、前記欠陥部が、前記有機EL素子の陽極及び陰極間の短絡箇所である場合に、リペア時のレーザー照射によって形成される照射痕によって、当該

50

短絡箇所が発光領域から電氣的に分離されることによって、発光領域の発光機能を回復することができる。

【0023】

また、前記第1次レーザー照射工程では、前記閉じた線で囲まれる予定の領域内に前記レーザー光を照射してもよい。

【0024】

このような製造方法によれば、予備照射を、リペア時のレーザー照射によって非発光部となる予定の領域内において行うので、予備照射時のレーザー照射痕によって発光領域の面積が減少してしまうことがない。

【0025】

また、前記第1次レーザー照射工程での前記レーザー光の照射と、前記第2次レーザー照射工程での前記レーザー光の照射とは、同一のレーザー発振器を用いて連続して行なわれるとしてもよい。

【0026】

このような製造方法によれば、第1次レーザー照射工程と第2次レーザー照射工程との間にレーザーをON、OFFする必要がないので、レーザーの安定性を維持して、より安定的なリペアを行うことができる。

【0027】

本発明の一態様に係る有機EL素子は、陽極、有機発光層、及び陰極をこの順に積層してなる発光領域と、前記発光領域に存在する前記陽極及び前記陰極間の短絡箇所と、前記発光領域に形成された第1のレーザー照射痕と、前記短絡箇所を包囲する閉じた線状に形成された第2のレーザー照射痕と、を有する。

【0028】

このような構成によれば、欠陥画素の発光領域内において、リペア時のレーザー照射(第2のレーザー照射痕)の条件を、予備照射(第1のレーザー照射痕)を行なって決定するので、例えば予備照射を発光領域外で行う場合のように、レーザー照射対象物の性状が相違する懸念がなく、リペア時のレーザー照射の条件を正確に決定することができるので、リペアがより確実かつ安定的に行われた有機EL素子を得ることができる。

【0029】

また、前記第1のレーザー照射痕は、前記第2のレーザー照射痕で包囲された領域内に形成されていてもよい。

【0030】

このような構成によれば、予備照射を、リペア時のレーザー照射によって非発光部となる予定の領域内において行うので、予備照射時のレーザー照射痕によって発光領域の面積が減少してしまうことがない。

【0031】

また、前記第1のレーザー照射痕と前記第2のレーザー照射痕とは連続して形成されていてもよい。

【0032】

このような構成によれば、第1次レーザー照射工程と第2次レーザー照射工程との間にレーザーをON、OFFする必要がないので、レーザーの安定性を維持して、より安定的なリペアが行われた有機EL素子を得ることができる。

【0033】

また、前記発光領域の前記第2のレーザー照射痕が形成された部分の抵抗値は、前記発光領域の前記第1のレーザー照射痕及び前記第2のレーザー照射痕の何れもが形成されていない部分の抵抗値よりも高いことが好ましい。

【0034】

このような構成によれば、前記短絡箇所が、前記第2のレーザー照射痕によって発光領域から電氣的に分離されることによって、発光領域の発光機能が回復された有機EL素子を得ることができる。

10

20

30

40

50

## 【0035】

以下、本発明の実施の形態にかかる有機EL素子の製造方法及びそのような製造方法によって製造された有機EL素子について、図面を参照しながら説明する。なお、以下では、全ての図を通じて同一または対応する要素には同じ符号を付して、その重複する説明を省略する。

## 【0036】

(実施の形態1)

<素子構造>

図1は、本発明の実施の形態1に係る有機EL素子1の断面概略図である。図1に示した有機EL素子1は、陽極、陰極、および当該両極で挟まれた発光層を含む有機層を有する有機機能デバイスである。

10

## 【0037】

図1に示すように、有機EL素子1は、透明ガラス9の上に、平坦化膜10と、陽極11と、正孔注入層12と、発光層13と、隔壁14と、電子注入層15と、陰極16と、薄膜封止層17と、封止用樹脂層19と、透明ガラス18とを備える。

## 【0038】

陽極11及び陰極16は、それぞれ、本発明における下部電極層及び上部電極層に相当する。また、正孔注入層12、発光層13及び電子注入層15は、本発明における有機層に相当する。

## 【0039】

透明ガラス9及び18は、発光パネルの発光表面を保護する基板であり、例えば、厚みが0.5mmである透明の無アルカリガラスである。

20

## 【0040】

平坦化膜10は、一例として、絶縁性の有機材料からなり、例えば駆動用の薄膜トランジスタ(TFT)などを含む基板上に形成されている。

## 【0041】

陽極11は、正孔が供給される、つまり、外部回路から電流が流れ込むアノードであり、例えば、Al、あるいは銀合金APCなどからなる反射電極が平坦化膜10上に積層された構造となっている。反射電極の厚みは、一例として10~40nmである。なお、陽極11は、例えばITO(Indium Tin Oxide)と銀合金APCなどからなる2層構造であってもよい。このように、陽極11を、APCなどの高反射率の金属で形成されることにより、照射レーザー光が高反射率の金属で反射されるので、より高効率にフォーカスしたい層にレーザー光を集光することが可能となる。

30

## 【0042】

正孔注入層12は、正孔注入性の材料を主成分とする層である。正孔注入性の材料とは、陽極11側から注入された正孔を安定的に、または正孔の生成を補助して発光層13へ注入する機能を有する材料であり、例えば、PEDOT(ポリエチレンジオキシチオフェン)、アニリンなどの化合物が使用される。

## 【0043】

発光層13は、陽極11および陰極16間に電圧が印加されることにより発光する層であり、例えば、下層としてa-NPD(Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl]benzidine)、上層としてAlq3(tris-(8-hydroxyquinoline)aluminum)が積層された構造となっている。

40

## 【0044】

電子注入層15は、電子注入性の材料を主成分とする層である。電子注入性の材料とは、陰極16から注入された電子を安定的に、または電子の生成を補助して発光層13へ注入する機能を有する材料であり、例えば、ポリフェニレンピレン(PPV)が使用される。

## 【0045】

陰極16は、電子が供給される、つまり、外部回路へ電流が流れ出すカソードであり、

50

例えば、透明金属酸化物であるITOにより積層された構造となっている。Mg、Ag等の材料により透明電極として形成することもできる。また、電極の厚みは、一例として10～40nmである。

【0046】

隔壁14は、発光層13を独立して発光駆動可能な発光領域2ごとに分離するための壁であり、例えば、感光性の樹脂からなる。

【0047】

薄膜封止層17は、例えば、窒化珪素からなり、上記した発光層13や陰極16を水蒸気や酸素から遮断する機能を有する。発光層13そのものや陰極16が、水蒸気や酸素にさらされることにより劣化(酸化)してしまふことを防止するためである。

【0048】

封止用樹脂層19は、アクリルまたはエポキシ系の樹脂であり、上記の基板上に形成された平坦化膜10から薄膜封止層17までの一体形成された層と、透明ガラス18とを接合する機能を有する。

【0049】

上述した陽極11、発光層13及び陰極16の積層構造体は有機EL素子1の基本構成であり、このような構成により、陽極11と陰極16との間に適当な電圧が印加されると、陽極11側から正孔、陰極16側から電子がそれぞれ発光層13に注入される。これらの注入された正孔および電子が発光層13で再結合して生じるエネルギーにより、発光層13の発光材料が励起され発光する。

【0050】

なお、正孔注入層12および電子注入層15の材料は、本発明では限定されるものではなく、周知の有機材料または無機材料が用いられる。

【0051】

また、有機EL素子1の構成として、正孔注入層12と発光層13との間に正孔輸送層があってもよいし、電子注入層15と発光層13との間に電子輸送層があってもよい。また、正孔注入層12の代わりに正孔輸送層が配置されてもよいし、電子注入層15の代わりに電子輸送層が配置されてもよい。正孔輸送層とは、正孔輸送性の材料を主成分とする層である。ここで、正孔輸送性の材料とは、電子ドナー性を持ち陽イオン(正孔)になりやすい性質と、生じた正孔を分子間の電荷移動反応により伝達する性質を併せ持ち、陽極11から発光層13までの電荷輸送に対して適性を有する材料のことである。また、電子輸送層は、電子輸送性の材料を主成分とする層である。ここで、電子輸送性の材料とは、電子アクセプター性を有し陰イオンになりやすい性質と、発生した電子を分子間の電荷移動反応により伝達する性質を併せ持ち、陰極16から発光層13までの電荷輸送に対して適性を有する材料のことである。

【0052】

また、有機EL素子1は、さらに、隔壁14で分離された各発光領域を覆うように、透明ガラス18の下面に、赤、緑および青の色調整を行うカラーフィルタ(調光層)を備える構成であってもよい。

【0053】

なお、本発明において、正孔注入層12、発光層13及び電子注入層15を合わせて有機層30と称する。また、正孔輸送層、電子輸送層を有する場合には、これらの層も有機層30に含まれる。有機層30の厚さは、一例として、100nm～200nmである。

【0054】

また、隔壁14で分離され独立して発光制御可能な1つの発光領域2に配置された平坦化膜10、陽極11、有機層30、陰極16、薄膜封止層17、封止用樹脂層19及び透明ガラス18が1つの有機EL素子1を構成している。

【0055】

複数の有機EL素子1をマトリクス状に配列すると共に、当該複数の有機EL素子1の各々を発光駆動するための駆動回路を設けて、有機ELパネル(画像表示パネル)を構成

10

20

30

40

50

することができる。本明細書では、そのような有機ELパネルにおける1つの有機EL素子1及び対応する駆動回路を含む部分を画素と称する。

【0056】

さらに、図1に示した有機EL素子1は、製造工程において、陽極11と陰極16との間に導電性の異物20が混入し、異物20を介して陽極11と陰極16とが短絡している。異物20による短絡箇所は、発光領域2の欠陥部の一例である。

【0057】

そして、異物20による陽極11と陰極16との間の短絡に起因する不良を解消（リペア）すべく、異物20の周辺に位置する陰極の一部がレーザー光の照射による照射痕16aが形成されている。レーザー光の照射によるリペアの詳細については、後ほど説明する。

10

【0058】

図2は、有機EL素子1の上面図であり、異物20による短絡箇所を有する発光領域2において、レーザー光の照射にて形成される照射痕16aの平面位置の典型例を表している。ここで、図2に示されるAA'断面が、図1に対応している。

【0059】

レーザー光は、陰極16の異物20による短絡箇所を包囲する閉じた線上をトレースしながら照射される。例えば、陰極16の異物20から10 $\mu$ m程度離れた周囲に定められる20 $\mu$ m $\times$ 20 $\mu$ mの正方形の輪郭線上にレーザー光が照射されてもよい。その結果、陰極16に、図2に示すような状態の照射痕16aが形成される。照射痕16aの抵抗値は、レーザー光の照射を受けていない陰極16の本来の抵抗値よりも高くなっている。

20

【0060】

以下の説明では、レーザー光の照射により、照射対象箇所の抵抗値を、レーザー光の照射前に比べて高めることを高抵抗化するという。

【0061】

<製造方法>

次に、有機EL素子1の製造方法について説明する。この製造方法には、有機EL素子1の欠陥部に起因する不良を解消する工程が含まれる。

【0062】

図3は、本発明に係る有機EL素子1の製造方法を説明するフローチャートである。

30

【0063】

まず、有機ELパネルを準備する（S10）。有機ELパネルは、有機EL素子1と有機EL素子1を駆動する駆動回路とが形成された画素がマトリクス状に配置されたものである。本工程は、マトリクス状に配置された複数の画素が有する有機EL素子1を積層形成する工程を含む。

【0064】

次に、ステップS10で準備された有機ELパネルにおいて、画素ごとの発光領域を検査し、各発光領域において陽極11と陰極16とが短絡している短絡箇所を欠陥部として検出する（S20）。

【0065】

最後に、ステップS20で検出された欠陥部に起因する不良をレーザー照射によりリペアする（S30）。ステップS30における工程は、本発明の特徴的な工程である。

40

【0066】

以下、上述した各々の工程について、詳細に説明する。

【0067】

まず、有機ELパネルを準備する工程（S10）について説明する。

【0068】

図4は、本発明の第1の工程で準備された有機ELパネルの部分断面概略図である。図4には、異物20により陽極11及び陰極16が短絡された有機EL素子1Aの断面構造が表されている。

50

## 【0069】

まず、TFTを含む基板上に、絶縁性の有機材料からなる平坦化膜10を形成し、その後、平坦化膜10上に陽極11を形成する。陽極11は、例えば、スパッタリング法により、平坦化膜10上にAlが30nm成膜され、その後、フォトリソグラフィ及びウエットエッチングによるパターンニング工程を経て形成される。

## 【0070】

次に、陽極11上に、例えば、PEDOTをキシレンよりなる溶剤に溶かし、このPEDOT溶液をスピコートすることにより、正孔注入層12を形成する。

## 【0071】

次に、正孔注入層12の上に、例えば、真空蒸着法によりa-NPD、Alq3を積層し、発光層13を形成する。

10

## 【0072】

次に、発光層13の上に、例えば、ポリフェニレンビニレン(PPV)を、キシレンまたはクロロホルムよりなる溶剤に溶かしてスピコートすることにより、電子注入層15を形成する。

## 【0073】

続いて、電子注入層15が形成された基板を大気曝露させることなく、陰極16を形成する。具体的には、電子注入層15の上に、スパッタリング法によりITO(Indium Tin Oxide)が35nm積層されることにより、陰極16が形成される。このとき、陰極16は、アモルファス状態になっている。

20

## 【0074】

上記製造工程により、発光素子としての機能をもつ有機EL素子が形成される。なお、陽極11の形成工程と正孔注入層12の形成工程との間に、表面感光性樹脂からなる隔壁14が所定位置に形成される。

## 【0075】

次に、陰極16の上に、例えば、プラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)法により窒化珪素を500nm積層し、薄膜封止層17を形成する。薄膜封止層17は、陰極16の表面に接して形成されるので、特に、保護膜としての必要条件を厳しくすることが好ましく、上記した窒化珪素に代表されるような非酸素系無機材料が好ましい。また、例えば、酸化珪素( $Si_xO_y$ )や酸窒化珪素( $Si_xO_yN_z$ )のような酸素系無機材料や、これらの無機材料が複数層形成された構成であってもよい。また、形成方法は、プラズマCVD法に限らず、アルゴンプラズマを用いたスパッタリング法など、その他の方法であってもよい。

30

## 【0076】

次に、薄膜封止層17の表面に、封止用樹脂層19を塗布する。その後、塗布された封止用樹脂層19上に、透明ガラス18を配置する。ここで、透明ガラス18の主面に、予めカラーフィルタ(調光層)が形成されてもよい。この場合には、カラーフィルタが形成された面を下方にして、塗布された封止用樹脂層19上に透明ガラス18を配置する。なお、薄膜封止層17、封止用樹脂層19及び透明ガラス18は、保護層として機能する。

## 【0077】

最後に、透明ガラス18を上面側から下方に加圧しつつ熱またはエネルギー線を付加して封止用樹脂層19を硬化し、透明ガラス18と薄膜封止層17とを接着する。

40

## 【0078】

このような形成方法により、図4に示す有機EL素子1Aが形成される。

## 【0079】

なお、陽極11、正孔注入層12、発光層13、電子注入層15及び陰極16の形成工程は、本発明により限定されるものではない。

## 【0080】

また、有機EL素子1Aの発光領域2には欠陥部、つまり、前述した製造工程において混入した異物20による陽極11と陰極16との間の短絡箇所があり、有機EL素子1A

50

には短絡に起因する不良が生じている。

【 0 0 8 1 】

次に、有機 E L 素子の欠陥部を特定する工程 ( S 2 0 ) について説明する。

【 0 0 8 2 】

図 4 において、異物 2 0 は、例えば、陽極 1 1 の材料である A l が、陽極 1 1 の形成後、陽極 1 1 上に付着し、続けて、正孔注入層 1 2、発光層 1 3、電子注入層 1 5、陰極 1 6 が積層されたために生じたものである。異物 2 0 の大きさは、一例として直径が 2 0 0 n m、高さが 5 0 0 n m 程度である。異物 2 0 による陽極 1 1 と陰極 1 6 との短絡箇所があると、本来は発光を駆動するための電流が当該短絡箇所に流れてしまうので、この発光領域 2 は十分に又は全く発光することができない。このように正常な発光機能を喪失した発光領域 2 に対応する画素を、以下では、滅点画素という。

10

【 0 0 8 3 】

図 5 は、本発明の実施の形態に係るステップ S 2 0 を説明するための動作フローチャートである。

【 0 0 8 4 】

まず、ステップ S 1 0 で形成した有機 E L パネルの点灯検査を行う ( S 2 1 )。具体的には、有機 E L パネルが備える駆動回路により、または、外部接続されたソースメータにより、有機 E L パネルの有する全画素へ、順バイアス電圧を一斉に印加させる。このとき、同時に、全画素を、C C D カメラなどで撮像する。

【 0 0 8 5 】

20

そして、上記順バイアス電圧印加期間における撮像画像から各画素の発光輝度を算出し、当該発光輝度が所定の閾値以下である画素を、滅点画素として検出する ( S 2 2 )。

【 0 0 8 6 】

次に、検出された滅点画素を拡大観測する ( S 2 3 )。具体的には、例えば、カメラ顕微鏡を用いて滅点画素を観測する。

【 0 0 8 7 】

このとき、拡大観測された滅点画素の領域において、異物 2 0 を特定する ( S 2 4 )。

【 0 0 8 8 】

次に、ステップ S 2 2 で検出された滅点画素に、逆バイアス電圧を印加してリーク発光する発光点を特定する ( S 2 5 )。正常画素では、上記逆バイアス電圧により有機 E L 素子に電流は流れないが、短絡箇所を有する発光領域では、リーク電流によるリーク発光が短絡箇所を観測される。このリーク発光状態を撮像して得られた画像により、発光領域中のリーク発光点を特定する。

30

【 0 0 8 9 】

具体的には、有機 E L パネルが備える駆動回路により、または、外部接続されたソースメータにより、検査対象の画素に所定の逆バイアス電圧を印加させる。そして、上記逆バイアス電圧が印加されている期間に閾値強度以上のリーク発光をした発光点を特定する。なお、逆バイアス電圧印加によるリーク発光は微弱であるため、C C D カメラ等による撮像は、完全遮光環境にて実行されることが好ましい。そして、各撮像点の発光強度を所定の閾値と比較することで、リーク発光の有無を判断する。このようにしてリーク発光点を特定する。

40

【 0 0 9 0 】

なお、C C D カメラは、冷却型 C C D カメラが好ましい。これにより、微弱な有機 E L 素子のリーク発光の撮像においても、所定の S / N 比を確保することができる。よって、検査時におけるノイズを排除し、リーク発光点の検出精度が向上する。

【 0 0 9 1 】

次に、ステップ S 2 4 で拡大観測された順バイアス電圧印加における滅点画素の画像と、ステップ S 2 5 で観測された逆バイアス電圧印加におけるリーク発光点の画像とを合成することにより、当該滅点画素における短絡箇所の位置を確定させる ( S 2 6 )。

【 0 0 9 2 】

50

なお、上述のステップS 2 6における短絡箇所の位置の確定プロセスでは、ステップS 2 4で特定された異物の位置と、ステップS 2 5で特定されたリーク発光点の位置とが一致することで短絡箇所の位置を確定させてもよく、異物の位置またはリーク発光点の位置のみを用いて短絡箇所を確定させてもよい。

【 0 0 9 3 】

また、短絡箇所を有する発光領域の検出は、上述した方法に限らず、例えば、有機EL素子の陽極1 1および陰極1 6の間に流れる電流値を測定し、電流値の大きさに基づいて検出してもよい。この場合、順バイアス電圧を印加すると正常画素と同等の電流値が得られ、逆バイアス電圧を印加するとリーク発光が観測される画素を、滅点画素と判断してもよい。

10

【 0 0 9 4 】

次に、本発明の要部である、有機EL素子の欠陥部に起因する不良をレーザー照射によりリペアする工程(S 3 0)について説明する。

【 0 0 9 5 】

本工程では、まず、短絡箇所の位置が特定された発光領域に、第1の照射条件でレーザー光を照射し、その照射の結果、前記発光領域に生じた照射痕の出来映えを観察する。この照射痕は、前記第1の照射条件の妥当性を検証するためのものであり、発光不良の解消に直接的には寄与しない箇所に形成される。

【 0 0 9 6 】

そして、前記第1の照射条件と前記観察された照射痕の出来映えとに基づいて第2の照射条件を決定し、決定された第2の照射条件で前記発光領域にレーザー光を照射し、前記欠陥部に起因する不良を解消する。

20

【 0 0 9 7 】

図6は、本発明の実施の形態に係るステップS 3 0を説明するための動作フローチャートである。また、図7は、本発明の実施の形態に係るレーザーリペアを実施するためのシステム構成図である。図7に記載されたシステムは、レーザー発振器1 0 1と、CCDカメラ1 0 3と、照明1 0 4と、ステージ1 0 5とを備える。また、製造仕掛品である、有機EL素子を有する有機ELパネルが、ステージ1 0 5の上に固定配置されている。

【 0 0 9 8 】

レーザー発振器1 0 1は、例えば、波長が7 5 0 n m ~ 1 6 0 0 n m、出力エネルギーが1 ~ 3 0  $\mu$  J、パルス幅が数フェムト秒から数ピコ秒オーダーである超短パルスレーザーを発振することが可能である。かかる超短パルスレーザーには、例えばフェムト秒レーザーが含まれ、好適なパルス幅の範囲は、1 0 0 f s ~ 2 0 p sである。超短パルスレーザーの照射により、特に、アモルファス(非晶質)状態の陽極または陰極の構成材料を容易に高抵抗化することができる。さらに、他のレーザーでは加工が容易ではない透明導電性材料について、高抵抗化することができる。

30

【 0 0 9 9 】

本実施の形態においては、陰極1 6にレーザー焦点を合わせて、陰極1 6の一部を高抵抗化させている。このとき、陰極1 6の一部を高抵抗化させることが可能な出力エネルギーの範囲は、照射するレーザーの波長に依存する。過大な出力エネルギーを有するレーザーを陰極1 6に照射すると、レーザーが陰極1 6の下方に設けられた有機層3 0にまで到達し、有機層3 0が損傷を受けることとなる。また、過小な出力エネルギーを有するレーザーを陰極1 6に照射すると、陰極1 6は高抵抗化されない。また、パルス幅が2 0 p s e c以上のパルス幅のレーザーを照射すると、有機層3 0は損傷を受けることとなる。これらを総合して、上記レーザー波長の範囲で、かつ上記パルス幅範囲のパルス幅のレーザーを有機EL素子に照射することにより、容易に陰極1 6の一部を高抵抗化することができる。

40

【 0 1 0 0 】

CCDカメラ1 0 3は、ステージ1 0 5上の有機ELパネルを撮影する。

【 0 1 0 1 】

50

照明104は、有機ELパネルの撮影に必要な補助光を発光する。

【0102】

ステージ105は、有機ELパネルを載置して、高さ方向Z、ならびに平面方向X及びYに可動であり、有機EL素子のレーザー照射箇所を位置決めする。

【0103】

以下、図6のフローチャートに従って、リペア工程(S30)を詳細に説明する。

【0104】

まず、有機EL素子のレーザー照射箇所(被照射部)の高さを設定する(S31)。具体的には、ステージ105のZ位置を、レーザー光の焦点が、例えば有機EL素子1Aの陰極16に合う位置に設定する。

【0105】

次に、設定されたZ位置において、後にリペアのために照射する予定のレーザー光のパルス幅、波長、及びパワーと同等のパルス幅、波長、及びパワーのレーザー光を有機ELパネルに照射する(S32)。

【0106】

上述したステップS32は、有機EL素子1Aの欠陥部を有する発光領域に、第1の照射条件でレーザー光を照射する第1次レーザー照射工程に相当する。ここで、ステップS32でレーザー光を照射した際の、ステージ105のZ位置(つまりレーザー光の焦点深さ)、及びレーザー光のパルス幅、波長、パワーが、第1の照射条件の一例である。

【0107】

次に、レーザー光の照射にて発光領域に形成された照射痕の状態を観察する(S33)。例えば、CCDカメラ105にて、有機EL素子1の薄膜封止層17、透明ガラス18、及び封止用樹脂層19を通して照射痕を撮影した画像から、照射痕の状態を自動認識してもよい。薄膜封止層17、透明ガラス18、及び封止用樹脂層19は、全て可視光を透過するので、照射痕の撮影は可視光にて行うことができる。

【0108】

上述したステップS33は、前記第1次レーザー照射工程におけるレーザー光の照射によって前記発光領域に生じた照射痕の出来映えを観察する出来映え観察工程に相当する。

【0109】

観察された照射痕の状態が良好であれば(S34でY)、その時点で設定されている第1の照射条件を、リペアのためのレーザー照射で用いる第2の照射条件として決定する(S35)。ここで、照射痕の状態が良好であるか否かは、例えば、照射痕の直径が所望の大きさ以上であるか否か、照射痕の色調の濃淡の程度が所定値以上であるかにより判定してもよい。照射痕の色調の濃淡の程度は、撮像装置によって画像取り込みし、数値化することにより判定することもできる。所望の大きさまたは色調の照射痕が得られた場合は、ステージ105のZ位置が適切であり、有機EL素子の被照射部にレーザー光がよく集光されていると考えられるからである。

【0110】

他方、所望の大きさの照射痕が得られなかった場合(S34でN)、ステップS31に戻って、ステージ105のZ位置を設定し直し、設定し直した照射条件にて、第1次レーザー照射(S32)と照射痕の状態観察(S33)とを再度行う。このような処理を繰り返すことによって、ステージ105の最適なZ位置が見出される。

【0111】

なお、ステップS31～S34は、レーザー光の出射を止めずに繰り返すこともできる。この場合、ステージ105のZ位置を初期のZ位置から連続的に変化させると共に(S31)、平面位置を変更しながらレーザー光を照射し続ける(S32)。そうすると、幅が徐々に変化する線状の照射痕が得られるので、この照射痕を逐次観察し(S33)、所望の線幅に達したときに照射痕の状態が良好であると判断する(S34でY)。そして、その時点で設定されている第1の照射条件を、リペアのためのレーザー照射で用いる第2の照射条件として決定する(S35)。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 2 】

上述したステップ S 3 5 は、前記第 1 の照射条件と前記観察された照射痕の出来映えとに基づいて第 2 の照射条件を決定する照射条件決定工程に相当する。

## 【 0 1 1 3 】

なお、ステップ S 3 4 で照射痕の状態が良好であると判断する基準として、前述した照射痕の直径や線幅、および照射痕の色調の濃淡の程度に限らず、照射痕の輪郭の滑らかさを考慮してもよい。また、2 回目以降のステップ S 3 1 で照射痕の出来映えに応じて設定し直す照射条件は、ステージ 1 0 5 の Z 位置（つまり、レーザー光の焦点深さ）に限らず、レーザー光のパルス幅、波長、パワーのうちのいずれか 1 つ以上であってもよい。

## 【 0 1 1 4 】

例えば、レーザー光の出力エネルギーが大きすぎると照射痕の輪郭が荒れる（滑らかにならない）ことが経験上分かっているので、照射痕の輪郭に荒れが認められた場合、レーザー光のパワーを下げ、第 1 次レーザー照射と照射痕の状態観察とを再度行うとよい。

## 【 0 1 1 5 】

次に、レーザー光の照射ラインの設定を行う（S 3 6）。具体的には、図 2 で説明したように、陰極 1 6 の異物 2 0 による短絡箇所を包囲する閉じた線上（例えば、陰極 1 6 の異物から 1 0 μ m 程度離れた周囲に定められる 2 0 μ m × 2 0 μ m の正方形の輪郭線上）にレーザー光にてトレースされる平面方向の照射ラインを設定する。

## 【 0 1 1 6 】

次に、ステップ S 3 5 で決定したステージ 1 0 5 の高さにおいて、ステップ S 3 6 で設定した照射ラインをトレースするように、レーザー光を照射する（S 3 7）。

## 【 0 1 1 7 】

上述したステップ S 3 7 は、前記照射条件決定工程で決定された前記第 2 の照射条件で、前記発光領域にレーザー光を照射し、前記欠陥部に起因する不良を解消する第 2 次レーザー照射工程に相当する。

## 【 0 1 1 8 】

図 8 ( a ) ~ ( d ) は、上述した工程を経て発光領域内の陰極 1 6 の一部に形成される照射痕の一例を示す図である。図 8 ( a ) ~ ( d ) において、照射痕 1 6 b が、ステップ S 3 2 におけるレーザー照射である第 1 次レーザー照射により形成され、照射痕 1 6 a が、ステップ S 3 7 におけるレーザー照射である第 2 次レーザー照射により形成されたものである。

## 【 0 1 1 9 】

図 8 ( a )、図 8 ( c ) は、第 1 次レーザー照射を、第 2 次レーザー照射の照射ラインで包囲される領域外で行った一例であり、また、図 8 ( b )、図 8 ( d ) は、第 1 次レーザー照射を、第 2 次レーザー照射の照射ラインで包囲される領域内で行った一例である。

## 【 0 1 2 0 】

何れの場合も、第 1 次レーザー照射と第 2 次レーザー照射とが、同一の発光領域内で、同一の性状の照射対象物に対して行われるので、第 1 次レーザー照射と第 2 次レーザー照射とで、照射対象物の性状が相違することによりレーザー光の好適な照射条件が相違するといった懸念がない。従って、第 1 次レーザー照射での照射痕の状態を観察することで、第 2 次レーザー照射に適用されるべき好適な照射条件を、十分に正確かつ信頼できる精度で決定できる。その結果、リペア工程をより確実かつ安定的に行うことができる。

## 【 0 1 2 1 】

特に、図 8 ( b )、図 8 ( d ) のように、第 1 次レーザー照射を、第 2 次レーザー照射の照射ラインで包囲される領域内で行えば、リペア後に発光機能が回復する領域を損傷することなく、上述の効果を得ることができる。

## 【 0 1 2 2 】

また、図 8 ( c )、図 8 ( d ) では、照射痕 1 6 b と照射痕 1 6 a とが連続して形成されており、このような照射痕 1 6 b、1 6 a は、第 1 次レーザー照射と第 2 次レーザー照射とを、例えば同一のレーザー発振器を用いて連続して行うことで形成される。この場合

10

20

30

40

50

、第1次レーザー照射と第2次レーザー照射との間に、レーザー発振を一度停止する必要がないので、レーザー出力の安定性を維持することができる。その結果、リペア工程をより確実かつ安定的に行うことができる。

【0123】

最後に、上述したレーザー照射により、滅点画素の発光機能が回復したかを、点灯確認する(S38)。

【0124】

図9は、回復点灯確認時における画素の発光状態を表す図である。ステップS37の第2次レーザー照射において、レーザー光による照射ラインのトレースが完了して照射痕が閉じた線状になるまでは、滅点画素は、順バイアス電圧を印加しても発光しない。

10

【0125】

その後、照射ラインのトレースが完了すると、順バイアス電圧の印加により、照射痕で囲まれた領域は発光しないが、その他の領域は発光することが確認される。これを有機EL発光パネル全体として確認した場合には、 $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ の正方形である領域が非発光であっても、当該非発光部分は視認されず、短絡による発光不良が解消される。

【0126】

なお、本発明は、上記した実施の形態及びその変形例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態及びその変形例における構成要素を組み合わせる構成も、本発明の範囲内に含まれる。

20

【0127】

例えば、上述した実施の形態では、下部電極を陽極、上部電極を陰極とする構成について示したが、下部電極を陰極、上部電極を陽極とする構成であってもよい。また、有機EL素子の構成である平坦化膜、陽極、正孔注入層、発光層、隔壁、電子注入層、陰極、薄膜封止層、封止用樹脂層及び透明ガラスは、上記した実施の形態に示した構成に限らず、材料や構成、形成方法を変更してもよい。例えば、正孔注入層と発光層との間に正孔輸送層があってもよいし、電子注入層と発光層との間に電子輸送層があってもよい。また、隔壁で分離された各発光領域を覆うように、透明ガラスの下面に、赤、緑および青の色調整を行うカラーフィルタを備える構成であってもよい。上述したフェムト秒レーザーは、カラーフィルタを透過することができるため、当該カラーフィルタを介して短絡を解消することができる。

30

【0128】

また、レーザーの照射位置は、上述した実施の形態に限定されず、異物や短絡箇所を含む所定の範囲に設定されてもよいし、異物や短絡箇所のみを設定されてもよい。また、異物や短絡箇所の周囲を囲むように設定されてもよい。また、レーザーの照射は、陰極に限らず陽極に対して行われてもよい。

【0129】

また、本発明は、例えば、図10に示すような、有機EL素子を備えた薄型フラットテレビシステムの製造に好適である。

【産業上の利用可能性】

40

【0130】

本発明にかかる有機EL素子及び有機EL素子の製造方法は、特に、大画面および高解像度が要望される薄型テレビおよびパーソナルコンピュータのディスプレイなどの技術分野に有用である。

【符号の説明】

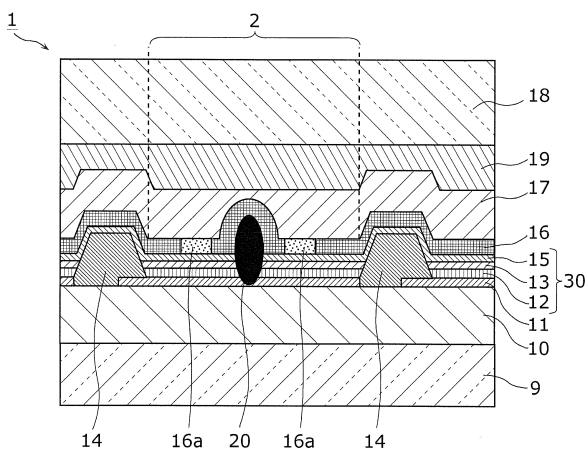
【0131】

- 1、1A 有機EL素子
- 2 発光領域
- 9 透明ガラス
- 10 平坦化膜

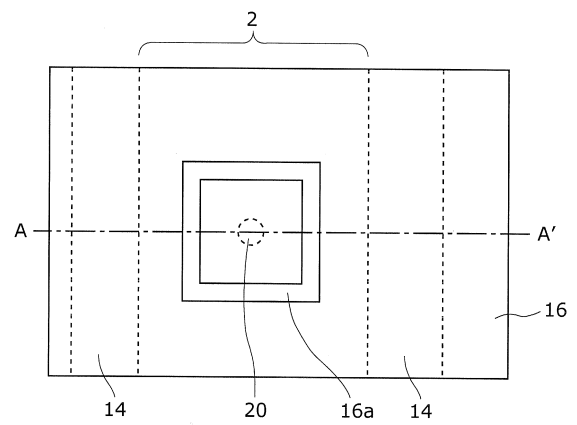
50

- 1 1 陽極
- 1 2 正孔注入層
- 1 3 発光層
- 1 4 隔壁
- 1 5 電子注入層
- 1 6 陰極
- 1 6 a、1 6 b 照射痕
- 1 7 薄膜封止層
- 1 8 透明ガラス
- 1 9 封止用樹脂層
- 2 0 異物
- 3 0 有機層
- 1 0 1 レーザー発振器
- 1 0 3 C C Dカメラ
- 1 0 4 照明
- 1 0 5 ステージ

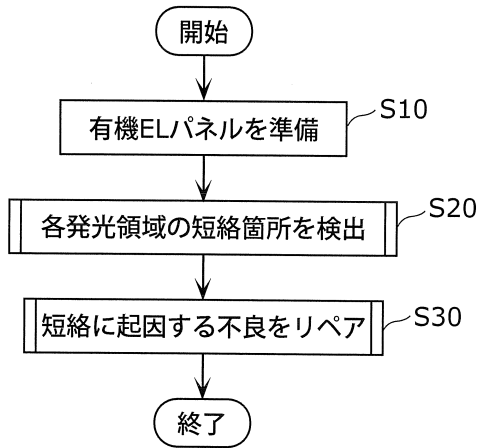
【図1】



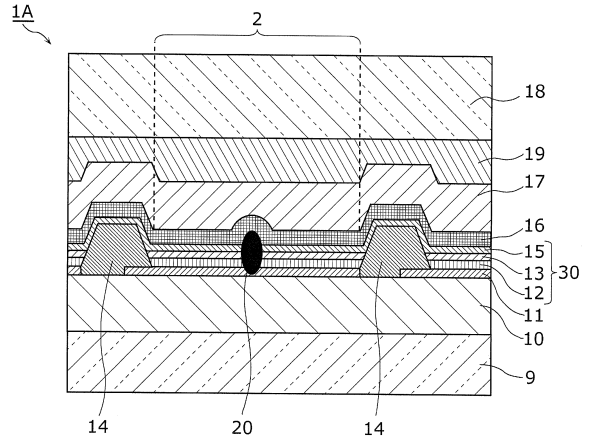
【図2】



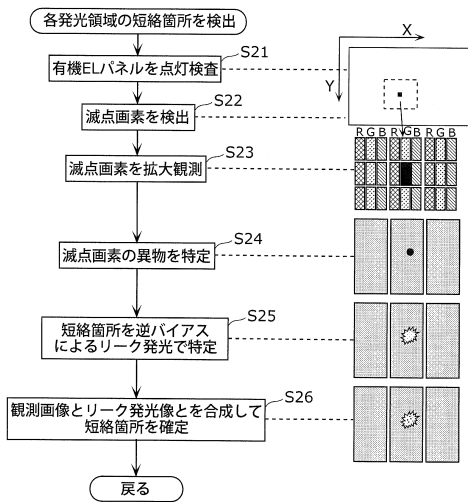
【図3】



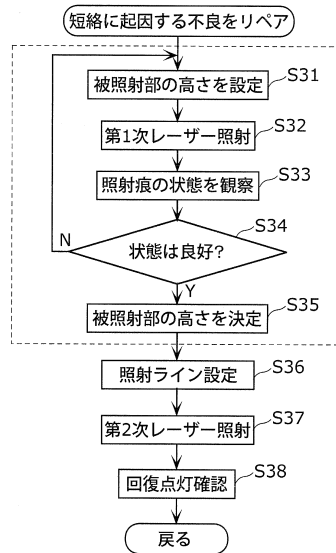
【図4】



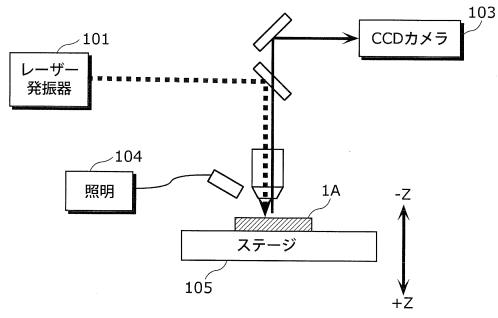
【図5】



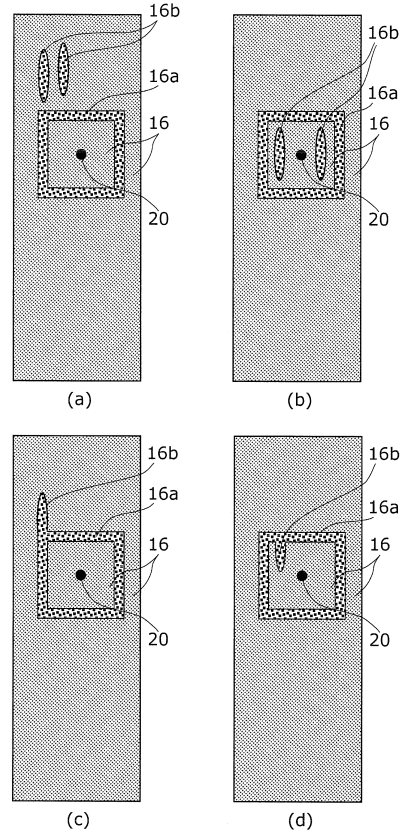
【図6】



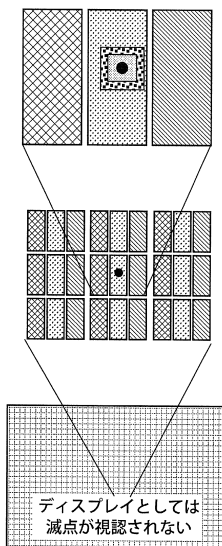
【図7】



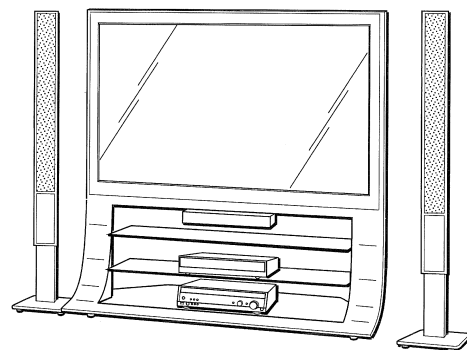
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-221982(JP,A)  
特表2006-502545(JP,A)  
特開2005-276600(JP,A)  
特開2009-140627(JP,A)  
特開2009-016195(JP,A)  
特開2011-077124(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 33/10  
H01L 51/50