

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4136185号
(P4136185)

(45) 発行日 平成20年8月20日(2008.8.20)

(24) 登録日 平成20年6月13日(2008.6.13)

(51) Int.Cl.	F 1		
H05B 33/12	(2006.01)	H05B 33/12	B
H05B 33/10	(2006.01)	H05B 33/10	
H01L 51/50	(2006.01)	H05B 33/14	A
G09F 9/30	(2006.01)	G09F 9/30	365Z
H01L 27/32	(2006.01)		

請求項の数 20 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平11-131501
(22) 出願日	平成11年5月12日(1999.5.12)
(65) 公開番号	特開2000-323277(P2000-323277A)
(43) 公開日	平成12年11月24日(2000.11.24)
審査請求日	平成16年5月25日(2004.5.25)

(73) 特許権者	000005016 パイオニア株式会社 東京都目黒区目黒1丁目4番1号
(74) 代理人	100079119 弁理士 藤村 元彦
(72) 発明者	福田 善教 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

審査官 本田 博幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

各々が透明基板上に順に積層された、透明電極と、少なくとも発光層を含む複数の有機化合物材料層と、金属電極と、からなり、前記発光層が異なる有機化合物材料からなりかつ異なる発光色を呈する有機エレクトロルミネッセンス素子の複数からなる有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイであって、発光層を除く前記有機化合物材料層の同一機能を有する何れかの機能層は前記異なる発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚を有し、前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との界面までの光学距離は、前記異なる発光色に対応してそれぞれ異なる発光スペクトル主成分波長の1/4の偶数倍と略等しいことを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

10

【請求項2】

前記発光層の発光界面から前記有機化合物材料層と前記金属電極との界面までの光学距離は、前記異なる発光色に対応してそれぞれ異なる発光スペクトル主成分波長の1/4の奇数倍と略等しいことを特徴とする請求項1記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

【請求項3】

前記透明電極は前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて一定膜厚を有することを特徴とする請求項1又は2記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

【請求項4】

20

前記機能層は前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなることを特徴とする請求項3記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

【請求項5】

前記機能層は、前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を有し、前記共通層と同一の有機化合物材料からなり發光色の一部に対応してそれぞれ異なる膜厚で前記共通層に積層される補足層を有することを特徴とする請求項3又は4記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

【請求項6】

前記機能層は、前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を有し、前記共通層と異なる有機化合物材料からなり發光色に対応してそれぞれ異なる膜厚で前記共通層に積層される補足層を有することを特徴とする請求項3又は4記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

10

【請求項7】

前記機能層は陽極側に積層された正孔輸送層であることを特徴とする請求項5又は6記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

【請求項8】

前記正孔輸送層及び前記陽極の間に正孔注入層が積層されたことを特徴とする請求項7記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

20

【請求項9】

前記機能層は陰極側に積層された電子輸送層であることを特徴とする請求項5～8のいずれか1記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

【請求項10】

前記電子輸送層及び前記陰極の間に電子注入層が積層されたことを特徴とする請求項9記載の有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ。

【請求項11】

各々が、透明基板上に順に積層された、透明電極と、少なくとも発光層を含む複数の有機化合物材料層と、金属電極と、からなり、前記発光層が異なる有機化合物材料からなりかつ異なる発光色を呈する有機エレクトロルミネッセンス素子、の複数からなる有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法であって、前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を積層する共通層積層工程と、前記共通層積層工程の前又は後において、発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚で前記共通層に接する補足層を積層する補足層積層工程と、を含み、発光層を除く前記有機化合物材料層の同一機能を有する何れかの機能層が前記異なる発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚を有するように、前記有機エレクトロルミネッセンス素子を形成し、前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との界面までの光学距離は、前記異なる発光色に対応してそれぞれ異なる発光スペクトル主成分波長の1/4の偶数倍と略等しいことを特徴とする製造方法。

30

【請求項12】

前記発光層の発光界面から前記有機化合物材料層と前記金属電極との界面までの光学距離は、前記異なる発光色に対応してそれぞれ異なる発光スペクトル主成分波長の1/4の奇数倍と略等しいことを特徴とする請求項11記載の製造方法。

40

【請求項13】

前記透明電極を前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて一定膜厚で成膜することを特徴とする請求項11又は12記載の製造方法。

【請求項14】

前記共通層と同一の有機化合物材料からなり發光色の一部に対応してそれぞれ異なる膜厚で前記補足層を成膜することを特徴とする請求項13記載の製造方法。

50

【請求項 15】

前記補足層を前記共通層と異なる有機化合物材料から成膜することを特徴とする請求項13記載の製造方法。

【請求項 16】

前記有機化合物材料層を陽極側に正孔輸送層として積層することを特徴とする請求項11～15のいずれか1記載の製造方法。

【請求項 17】

前記正孔輸送層及び前記陽極の間に正孔注入層を積層することを特徴とする請求項16記載の製造方法。

【請求項 18】

前記有機化合物材料層を陰極側に電子輸送層として積層することを特徴とする請求項11～17のいずれか1記載の製造方法。

10

【請求項 19】

前記電子輸送層及び前記陰極の間に電子注入層を積層することを特徴とする請求項18記載の製造方法。

【請求項 20】

前記有機化合物材料層及び金属電極は、マスクを用いた蒸着により積層されることを特徴とする請求項11～19のいずれか1記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、電流の注入によって発光するエレクトロルミネッセンスを呈する有機化合物を利用し、かかる有機エレクトロルミネッセンス材料からなる発光層を備えた有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、有機EL素子ともいう）の複数からなる有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイ（以下、有機EL多色ディスプレイともいう）及びその製造方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

一般に、有機化合物材料を用いた有機EL素子は、ダイオード特性を有する電流注入型の素子であり、電流量に対応した輝度で発光する素子である。かかる素子の複数をマトリクス状に配列してディスプレイパネルが開発されつつある。表示面としてのガラス基板2上に、インジウム錫酸化物いわゆるITOの透明膜を成膜後、エッチングによってパターンングして形成し透明電極の陽極3とした基板を用いる。ディスプレイパネルを構成する各有機EL素子1は、図1に示すように、透明電極3上に、蒸着法などをを利用して、発光層を含む複数の有機化合物材料層4、金属電極からなる陰極5を、順次、積層した構造を有している。また、有機化合物材料層4として、発光層を挟んで、機能層として、陽極3側に正孔輸送機能層（正孔注入層、正孔輸送層）、陰極5側に電子輸送機能層（電子注入層、電子輸送層）が適宜設けられる。

30

【0003】

発光層から得られる光の所望の波長がピーク波長となるように、ITO陽極及び複数の有機化合物材料層の厚みを設定した有機EL素子が、例えば、特許第2846571号に開示されている。

40

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

従来技術における、発光層から得られる光の所望の波長がピーク波長となるようにITO陽極及び複数の有機化合物材料層の厚みを設定した有機EL素子を、多色発光ディスプレイ（フルカラー、マルチカラー）に適用すると、発光色の異なる画素すなわち有機EL素子に応じてITO陽極の厚みをそれぞれ変化させる必要がある。

【0005】

ITO陽極は透明基板全面に均一に成膜された後にエッチングで所望の厚み及びパターン

50

に形成されるので、同一ディスプレイパネルでITO陽極の厚みを部分的に変える成膜は困難となる。また、ITO陽極の厚みを部分的に変えるように再度ITOを部分的に成膜工程が必要となり、煩雑になる。

本発明の目的は、上記問題点に鑑みて、製造が簡単で、光の外部取り出し効率の良い有機EL多色ディスプレイとその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイは、各々が透明基板上に順に積層された、透明電極と、少なくとも発光層を含む複数の有機化合物材料層と、金属電極と、からなり、発光層が異なる有機化合物材料からなりかつ異なる発光色を呈する有機エレクトロルミネッセンス素子の複数からなる有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイであって、発光層を除く前記有機化合物材料層の同一機能を有する何れかの機能層は発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚を有することを特徴とする。10

【0007】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記透明電極は前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて一定膜厚を有することを特徴とする。

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記機能層は前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなることを特徴とする。20

【0008】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記機能層は、前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を有し、前記共通層と同一の有機化合物材料からなり発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚で前記共通層に積層される補足層を有することを特徴とする。

【0009】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記機能層は、前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を有し、前記共通層と異なる有機化合物材料からなり発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚で前記共通層に積層される補足層を有することを特徴とする。30

【0010】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記機能層は陽極側に積層された正孔輸送層であることを特徴とする。

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記正孔輸送層及び前記陽極の間に正孔注入層が積層されたことを特徴とする。

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記機能層は陰極側に積層された電子輸送層であることを特徴とする。

【0011】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記電子輸送層及び前記陰極の間に電子注入層が積層されたことを特徴とする。

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、波長λの光を主成分として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極及び前記透明基板の界面までの光学距離が前記波長λの1/4の偶数倍と略等しくなるような膜厚で、前記発光層から前記透明電極に接するまでの前記有機化合物材料層は成膜されていることを特徴とする。

【0012】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイにおいては、前記発光層の発光界面から前記金属電極との界面までの光学距離が前記波長λの1/4の奇数倍と略等40

10

20

30

40

50

しくなるような膜厚で、前記発光層から前記金属電極に接するの前記有機化合物材料層は成膜されていることを特徴とする。

また、本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法は、各々が、透明基板上に順に積層された、透明電極と、少なくとも発光層を含む複数の有機化合物材料層と、金属電極と、からなり、前記発光層が異なる有機化合物材料からなりかつ異なる発光色を呈する有機エレクトロルミネッセンス素子、の複数からなる有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法であって、

前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を積層する共通層積層工程と、

前記共通層積層工程の前又は後において、発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚で前記共通層に接する補足層を積層する補足層積層工程と、を含み、発光層を除く前記有機化合物材料層の同一機能を有する何れかの機能層が発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚を有するように、前記有機エレクトロルミネッセンス素子を形成することを特徴とする。 10

【0013】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記透明電極を前記有機エレクトロルミネッセンス素子のすべてについて一定膜厚で成膜することを特徴とする。

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記補足層を前記共通層と同一の有機化合物材料から成膜することを特徴とする。 20

【0014】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記補足層を前記共通層と異なる有機化合物材料から成膜することを特徴とする。

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記有機化合物材料層を陽極側に正孔輸送層として積層することを特徴とする。 20

【0015】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記正孔輸送層及び前記陽極の間に正孔注入層を積層することを特徴とする。

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記有機化合物材料層を陰極側に電子輸送層として積層することを特徴とする。 30

【0016】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記電子輸送層及び前記陰極の間に電子注入層を積層することを特徴とする。

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、波長の光を主成分として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極及び前記透明基板の界面までの光学距離が前記波長の1/4の偶数倍と略等しくなるような膜厚で、前記発光層から前記透明電極までの前記有機化合物材料層を成膜することを特徴とする。 30

【0017】

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記発光層の発光界面から前記金属電極との界面までの光学距離が前記波長の1/4の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、前記発光層から前記金属電極までの前記有機化合物材料層を成膜することを特徴とする。 40

本発明による有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの製造方法において、前記有機化合物材料層及び金属電極は、マスクを用いた蒸着により積層されることを特徴とする。

【0018】

本発明によれば、有機化合物材料層の成膜を共通層と補足層との2つ以上の成膜工程として、有機化合物材料層の補足層膜厚を調整することにより、光の取り出し発光効率の向上を達成できる有機EL素子を得ることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

10

20

30

40

50

本発明による有機EL素子及びその製造方法の実施例を図面を参照しつつ説明する。

第1の実施例では、有機化合物材料層として正孔輸送層が発光色によらず共通の有機化合物材料で形成した有機EL多色ディスプレイを説明する。

【0020】

図2は有機EL多色ディスプレイの概略部分拡大断面図を示す。この有機EL多色ディスプレイは複数の有機EL素子からなり、各々の有機EL素子は、ガラスなどの透明基板2上に順に積層された、ITOなどからなる陽極の透明電極3と、それぞれ有機化合物材料からなる正孔輸送層共通層42a及び正孔輸送層補足層42G、42Rからなる正孔輸送層と、有機化合物材料からなる発光層43B、43G又は43Rと、陰極の金属電極5と、からなる。また、金属電極5の上にはSiN₄等からなる封止膜(図示せず)が形成されており、各有機EL素子は外気から遮断されている。10

【0021】

独立して別個に積層された発光層43B、43G、43Rはそれぞれ電流印加時に異なる発光色の青、緑、赤を呈する異なる有機化合物材料からなっている。このように有機EL多色ディスプレイは、青、緑及び赤の発光色の有機EL素子の組を1つの画素として、例えば、これら複数画素のマトリクス配列にて構成されている。

【0022】

正孔輸送層共通層42aは、隣接する有機EL素子のすべてについて同一材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層である。正孔輸送層補足層42G及び42Rは正孔輸送層共通層42aと同一の有機化合物材料から形成されている。正孔輸送層補足層42G及び42Rは緑及び赤の発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚で共通層42a上に独立して別個に積層されている。発光層43Bの青発光色に対応して正孔輸送層共通層42aの膜厚は最も薄く設定されている。20

【0023】

補足層及び共通層の組み合わせにより、それぞれの正孔輸送層はそれぞれ発光色(波長)に対応してそれぞれ異なる膜厚を有するようになる。すなわち、有機EL素子において、発光層を除く有機化合物材料層の同一機能を有する何れかの機能層は発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚を有する。従って、正孔輸送層共通層42a並びに正孔輸送層補足層42G及び42Rの膜厚の設定によって各発光色の取り出しに最適な発光層の位置が決定できるので、有機EL素子のすべてについて透明電極3はその膜厚を変化させる必要はなく一定膜厚で形成することができる。30

【0024】

さらに、上記実施例では正孔輸送層補足層42G及び42Rは正孔輸送層共通層42aと同一の有機化合物材料から形成されているが、第2の実施例において、正孔輸送層補足層42G及び42Rはそれぞれ正孔輸送層共通層42aと異なる材料で形成してもよい。すなわち、3色の発光の発光層43B、43G、43R別に異なる正孔輸送有機化合物材料を用いて形成してもよい。

【0025】

また、第3の実施例として、図3に示すように、正孔輸送層共通層42a及びITO陽極3の間にわたって正孔注入層41が積層され、それ以外は上記実施例と同様な有機EL多色ディスプレイとしてもよい。40

また、第4の実施例として、図4に示すように、正孔注入層41を共通層として透明電極3上にわたって積層して、その上に膜厚の異なる同一の有機化合物材料の正孔輸送層補足層42B、42G及び42Rが積層され、それ以外は上記実施例と同様な有機EL多色ディスプレイとしてもよい。またさらに、正孔注入層41の共通層上に膜厚の異なる異なる材料の正孔輸送層補足層42B、42G及び42Rが積層され、それ以外は上記実施例と同様な有機EL多色ディスプレイとしてもよい。

【0026】

また、第5の実施例として、図5に示すように、発光層43B、43G、43Rと金属陰極5との間にそれぞれ電子輸送層44B、44G、44Rが積層され、それ以外は上記実50

施例と同様な3層構造の有機EL素子を含む有機EL多色ディスプレイとしてもよい。第5の実施例の変形例において、電子輸送層44B、44G、44Rと金属陰極5との間に電子注入層が積層され、それ以外は上記実施例と同様な有機EL多色ディスプレイとすることもできる。

【0027】

また、上記実施例では、ITOなどからなる透明電極3を陽極とし、金属電極5を陰極として用いているが、第6の実施例においては、図6に示すように、ITOなどからなる透明電極3を陰極としつつ金属電極5を陽極として、これら電極間に、機能層を積層する構成とすることができる。すなわち、透明基板2上の透明電極3上に有機化合物材料からなる電子輸送層共通層44aを積層し、それぞれの所定位置に、有機化合物材料からなる電子輸送層補足層44G、44Rからなる電子輸送層と、有機化合物材料からなる発光層43B、43G、43Rと、発光層材料に応じた正孔輸送層42B、42G、42Rと、を順に積層された有機EL多色ディスプレイとしてもよい。10

【0028】

また、第7の実施例として、図7に示すように、電子輸送層共通層44a及びITO陰極3の間にそれぞれ電子注入層45が積層され、それ以外は上記第6の実施例と同様な有機EL多色ディスプレイとしてもよい。第7の実施例の変形例において、電子注入層45を同一材料から形成してもよく、さらに独立に形成するだけでなく共通層として形成してもよい。なお、上記第6及び7の実施例において、それぞれ発光層43B、43G、43Rと金属陽極5と間に正孔輸送層を積層しているが、正孔輸送層を省いた2層構造の有機EL素子を含む有機EL多色ディスプレイとすることができる。20

【0029】

さらにまた、図2の上記第1の実施例では、有機化合物材料の2層構造の素子を示しているが、第8の実施例においては、図20に示すように、図2の有機化合物材料の2層構造の上に、すなわち、有機化合物材料からなる発光層43B、43Gの上に、それぞれ電子輸送層補足層44B、44Gをを積層し、さらに、有機化合物材料からなる電子輸送層共通層44aを積層した3層構造の有機EL多色ディスプレイとしてもよい。

【0030】

次に、有機EL多色ディスプレイの表示パネルの製造工程を説明する。

まず、図8に示すように、それぞれITOからなるBGR用の透明電極(陽極)3をガラス基板2上に平行に伸長させて形成する。透明電極3のすべてを、エッチングなどにより一定膜厚で成膜する。ITOからなるラインを示しているが、ITOの上にA1などの低い抵抗率の金属を更に積層してもよい。また、ITOの各導電部を備えている基板2の上に、発光する有機エレクトロルミネッセンス材料を含む発光層を積層させるために透明電極3を露出させる開口を有したポリイミド等の絶縁層を成膜してもよい。さらに、感光性ポリイミド等からなる陰極ラインのパターニング用の隔壁を透明電極ライン3に直交して平行に複数設けてもよい。30

【0031】

次に、図9に示すように、真空蒸着などにより正孔輸送層共通層42aを基板2上、透明電極3にわたって全面に成膜する。また、正孔輸送層共通層42aの積層前に、正孔注入層を透明電極3上に成膜する工程を付加して、正孔輸送層及び陽極の間に正孔注入層を配置してもよい。40

次に、図10に示すように、正孔輸送層共通層42a上の所定の透明電極3に対応する上に、所定の発光層成膜用マスクを用い、B、G及びRのうち青色発光有機EL媒体を所定膜厚に成膜して発光層43Bを形成する。

【0032】

次に、図11に示すように、正孔輸送層共通層42a上の次の透明電極3に対応する上へ発光層成膜用マスク開口を移動し、B、G及びRのうち緑色発光有機EL媒体に適した正孔輸送層補足層42Gを成膜し、さらにその上に、緑色発光有機EL媒体を所定膜厚に成膜して発光層43Gを形成する。50

同様に、図12に示すように、正孔輸送層共通層42a上の次の透明電極3に対応する上へ発光層成膜用マスク開口を移動し、B、G及びRのうち赤色発光有機EL媒体に適した正孔輸送層補足層42Rを成膜し、さらにその上に、赤色発光有機EL媒体を所定膜厚に成膜して発光層43Rを形成する。ここで、正孔輸送層補足層42G及び42Rをそれぞれ異なる有機化合物材料から成膜するようにしているが、これら補足層を正孔輸送層共通層と同一の有機化合物材料から成膜することもできる。

【0033】

次に、図13に示すように、成膜用マスクを取り除き、A1-L1等の低仕事関数の金属を、成膜された3種類の有機EL媒体の発光層43B、43G、43R上に蒸着、あるいはスパッタ等の手段を用いて陰極の金属電極5を成膜する。この金属膜の膜厚は支障のない限り厚く被着させてもよい。以上の工程を有することによって、実施例の有機EL多色ディスプレイの表示パネルの製造が可能となる。10

【0034】

図8～図13に示す実施例の工程では、両電極に挟まれる有機化合物材料層が正孔輸送層共通層及び補足層並びに発光層の順で積層された2層構造で説明しているが、正孔輸送層補足層を正孔輸送層共通層と同一の有機化合物材料から成膜する場合、正孔輸送層補足層及び共通層並びに発光層の順での2層構造として積層してもよい。すなわち、共通層を積層する共通層積層工程の前又は後において、発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚で共通層に接する補足層を積層すればよい。

【0035】

上記の2層構造の有機EL素子だけでなく、さらに電子輸送層を発光層上に積層した3層構造とすることもできる。この場合、図8～図13に示す実施例の製法における発光層の成膜工程(図12)と発光層上への陰極の金属電極を成膜する工程(図13)との間に発光層43B、43G、43R上に電子輸送層を成膜する工程を付加する。さらにまた、電子輸送層の積層後に、電子注入層を電子輸送層上に成膜する工程を付加して、電子輸送層及び陰極の間に電子注入層を配置してもよい。20

【0036】

このように、本発明の製造方法によれば、発光層を挟む陽極側の正孔輸送機能層(正孔注入層、正孔輸送層)と陰極側の電子輸送機能層(電子注入層、電子輸送層)との少なくとも1つの有機化合物材料層の成膜を共通層と補足層との2つ以上の成膜工程として、有機化合物材料層の補足層膜厚を調整することにより、光の取り出し発光効率の向上ができるが、共通層及び補足層の膜厚設定には、以下の(a)陰極側及び(b)陽極側の有機化合物材料層の膜厚設定が必要である。30

【0037】

(a) 陰極側の光学膜厚(発光層、電子輸送層)の設定

まず、ITO、正孔輸送層を一定膜厚と仮定した上で、陰極側の有機化合物材料層膜厚を調整し、所望の発光スペクトルが得られるように調整する。発光界面における陰極側からの反射光の量が最も多く干渉による減衰量を最小にするためである。発光層がゲスト／ホスト構造の場合は、ゲスト材(発光する部分)のドープ量も所望値に調整する。通常は、発光強度が最大となるように、陰極での一次反射光が発光界面(発光層内で発光強度のピークとなる位置)での発光光と同位相にする。40

【0038】

(b) 陽極側の光学膜厚(正孔輸送層)の設定

正孔輸送層の膜厚を調整すると取り出し光のスペクトルは変化する。そこで陰極側膜厚を設定値に固定した上で、取り出し光量が所望値となるように正孔輸送層の膜厚を設定する。このときのITO膜厚は一定値とする。マルチカラーの場合は、所望の波長がピークとなるように特性を決めればよいが、フルカラーの場合は3色の調和を考慮して、バランス良く設定する。

【0039】

正孔輸送層を厚くすると、電流輝度(I-L)特性は変わらないが電圧輝度(V-L)特性50

は劣化する。この性質を利用して、駆動条件を色々に同じにすることもできる。以上の光学膜厚設定(a)及び(b)はこの順に R G B 有機 E L 素子の各々で行う。

次に、各有機 E L 素子の所望の波長 を主成分とする光の取り出しのための光学膜厚び設定方法を説明する。

【 0 0 4 0 】

有機化合物材料層からなる有機 E L 素子において発光層中での発光強度の分布は、正孔輸送層などが存在する透明電極側の境界面においては強く、電子輸送層などが存在する金属電極側に向かうほど減少し、発光層の膜厚に関する指數関数分布であり、かかる透明電極側の界面が発光強度ピークを有する発光界面として知られている。

【 0 0 4 1 】

図 14 に示すように、ガラス基板 2 上に、ITO の透明電極 3 、発光層を含む複数の有機化合物材料層 4 、金属電極 5 を順次、積層した構造の有機 E L 素子 1 において、有機化合物材料層は、発光層の発光界面 10 を境にして透明電極側 4 d と金属電極側 4 D に分けられる。

有機 E L 素子 1 において、金属電極 5 及び有機化合物材料層 4 D の界面は全反射面とみなすことができる。よって、発光層の発光界面 10 から金属電極へ向かう光は金属電極 5 で全反射され、発光界面 10 を通過して、外部発光に寄与する。もちろん、透明電極 3 へ向かう光のほとんどは基板 2 を通過して、外部発光に寄与する。

【 0 0 4 2 】

一方、ガラス基板 2 と透明電極 3 の屈折率段差は他の隣接層の屈折率差よりも格段に大きいので、かかる透明電極側に最大屈折率段差の界面は反射面として作用も顕著である。有機化合物材料層 4 d 、 4 D では屈折率は略 1 . 8 程度で、ITO 透明電極 3 では屈折率は略 2 . 0 程度で、ガラス(ソーダライムガラス)基板 2 では屈折率は略 1 . 5 程度であるので、有機化合物材料層 4 d 及び透明電極 3 間の屈折率差は 0 . 2 で、ガラス基板 2 及び透明電極 3 間の屈折率差は 0 . 5 であり、透明電極側ではガラス基板 2 及び透明電極 3 の屈折率差が最大である。よって、発光層の発光界面 10 から透明電極 3 へ向かい発光界面 10 へ戻る光では、有機化合物材料層 4 d 及び透明電極 3 間などの小さな屈折率差を無視してガラス基板 2 及び透明電極 3 の最大屈折率段差を考慮する。なお、最大屈折率段差は、ガラス基板及び透明電極だけでなく、有機化合物材料層 4 d 内部にも高い屈折率材料を成膜して形成することもできる。

【 0 0 4 3 】

これにより、図 14 の有機 E L 素子 1 では、発光界面で発生した光放出ルートは、主に、(1) 発光界面から直接外部へ向かい放出、(2) 金属電極で外面反射して発光界面に戻って外部へ向かい放出、及び(3) ガラスで内面反射して発光界面に戻って外部へ向かい放出、がある。発光界面における光強度では(2)の方が(3)のルートより大であるが、発光界面に復帰する(2)及び(3)の光の干渉の不具合によって、最終の色度、発光効率は左右される。

【 0 0 4 4 】

まず、上記(b)順序の陽極側の光学膜厚の設定の場合、光取り出し側の上記(3)の有機化合物材料層の透明電極側 4 d の光放出ルートにおける干渉を考える。図 14 に示されるように、透明電極 3 と基板ガラス 2 との界面で内面反射して発光界面に戻る光の全体の屈折率 n 及び膜厚 d とすると、その光路長 2 n d は、有機化合物材料層の光路長と透明電極の光路長の合計で、

【 0 0 4 5 】

【 数 1 】

$$2 n d = 2 (n_{org} d_{org} + n_{ITO} d_{ITO})$$

(式中、 n_{org} は有機化合物材料層 4 d の屈折率を、 d_{org} は有機化合物材料層 4 d の膜厚を、 n_{ITO} は透明電極 3 の屈折率を、 d_{ITO} は透明電極 3 の膜厚をそれぞれ示す) と表される。よって、この往復する光の光路長 2 n d が発光して取り出すべき波長 と波数の積に等しい時に、戻る光と発光光との干渉が最大となる。よって、図 15 に示されるように、

10

20

30

40

50

発光界面から最大屈折率段差の界面までの光学距離は、

【0046】

【数2】

$$2(n_{org}d_{org} + n_{ITO}d_{ITO}) = j$$

$$(n_{org}d_{org} + n_{ITO}d_{ITO}) = 2j \quad (/ 4)$$

(式中、 $j = 1, 2, 3$ の整数)と表される。この光学距離近傍となるように有機化合物材料層4 d 及び透明電極3 の合計膜厚を設定すれば、干渉により発光効率が向上する。すなわち、干渉効果が最大となる有機化合物材料層4 d 即ち共通層と補足層の合計膜厚の設定のためには、有機化合物材料層の透明電極側の膜厚を、発光界面10 から最大屈折率段差の界面までの光学距離($n_{org}d_{org} + n_{ITO}d_{ITO}$)が波長の $1/4$ の偶数倍と略等しくなるように、成膜すればよい。

10

【0047】

さらに、上記(a)の陰極側の光学膜厚の設定の場合、上記(2)の有機化合物材料層の金属電極側4 D の光放出ルートにおける干渉を考える。図14に示されるように、金属電極5と金属電極側有機化合物材料層4 Dとの界面では外面反射であるので、光の反射前後で位相差が生じる。よって、発光界面に戻る光の全体の金属電極側有機化合物材料層4 D の屈折率n 及び膜厚D とするとその光路長 $2nD$ と表されるので、この往復する光の光路長 $2nD$ が図16に示されるように $/2, 3/2, 5/2$ の取り出すべき発光波長と等しい時に、戻る光と発光される光との干渉が最大となる。よって、干渉効果が最大となる有機化合物材料層4 D の膜厚(共通層と補足層の合計膜厚)すなわち発光界面10 から金属電極5 の界面までの光学距離は、

20

【0048】

【数3】

$$2nD = [\underline{(2j - 1)} / 2]$$

$$nD = [\underline{(2j - 1)} / 4]$$

(式中、 $j = 1, 2, 3$ の整数)と表される。この光学距離近傍となるように有機化合物材料層4 D の膜厚D を設定すれば、干渉により発光効率が向上する。よって、有機化合物材料層の金属電極側の膜厚D は、発光層の発光界面10 から金属電極5との界面までの光学距離n D が波長の $1/4$ の奇数倍と略等しくなるように、成膜すればよい。

30

【0049】

有機EL素子を製造する場合には、第1の有機化合物材料層形成工程として、透光性の基板上に形成された透明電極上に、波長の光を主成分として発光させるべき発光層を除く有機化合物材料層のうちの1つ以上の層を、発光層の発光界面から最大屈折率段差の界面までの光学距離が波長の $1/4$ の偶数倍と略等しくなるような膜厚で、積層して、透明電極側の有機化合物材料層を形成する。続いて、第2の有機化合物材料層形成工程として、透明電極側の有機化合物材料層上に発光層及び残る有機化合物材料層を、発光層の発光界面から金属電極との界面までの光学距離が波長の $1/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、積層して、金属電極側の有機化合物材料層を形成し、その後、金属電極側の有機化合物材料層上に金属電極を形成する。

40

【0050】

このように、上記有機EL素子構造のため、有機化合物材料層の膜厚を徐々に厚くしていくと、光放出ルートの位相が一致する膜厚が順次出現し、特に、有機化合物材料層の透明電極側の膜厚に対する発光効率特性における極大値及び極小値を示すようになる。

たとえば、図17に示すように、基板2上に透明電極(陽極)3/正孔輸送層42/発光層43/金属電極(陰極)5の順に成膜して、それぞれの材料(膜厚)をITO(100 nm又は175 nm)/TPD(40~200 nm)/アルミオキシンキレートA1q₃(60 nm)/アルミニウムリチウム合金A1-Liとした有機EL素子を複数作製した。このように正孔輸送層の膜厚を異ならしめた素子各々について、有機EL素子の外部取出量子効率及びELスペクトルを測定した。

【0051】

50

図18に有機化合物材料層の一部である正孔輸送層膜厚と有機EL素子の外部取出量子効率との関係を示す。同じ膜厚(100nm又は175nm)の透明電極に対して、正孔輸送層膜厚を横軸にとり、縦軸に外部量子効率をプロットすると、図18のように効率が周期的に増減する。図18中には、それぞれ膜厚が100nm及び175nmの透明電極の2種についてそれぞれ破線及び実線の曲線をプロットしてある。両曲線の関係は、その増減の周期は同一だが、位相はおよそ半周期ずれている。これは、2種の透明電極の膜厚差(75nm)が、光学的にはELスペクトルのピーク波長(520nm)の半波長の奇数倍であることで、干渉の強弱が逆相になっているためである。また、両曲線の振幅の差は、透明電極と有機化合物材料層の屈折率段差が大きいとき、この界面からの反射の影響であると推察される。

10

【0052】

ELの輝度効率だけでなく、その発光スペクトルも変化している。図19に作製した有機EL素子の3種のELスペクトルを示す。実線は透明電極膜厚が175nmの有機EL素子のスペクトルを、一点鎖線は透明電極膜厚100nmの有機EL素子のスペクトルを表している。スペクトルの最大ピークが1.0になるように規格化してある。透明電極膜厚以外は、両者で全く同一であるが、透明電極膜厚100nmの有機EL素子のスペクトルは透明電極膜厚175nmのものに比べてブロードであり、透明電極膜厚に応じて色味が変化しているのがわかる。

【0053】

図19中に点線で示した曲線は、正孔輸送層膜厚を調整し、発光面とガラス/透明電極界面の光学的距離が実線の素子と同一になるようにしたものである。具体的には、透明電極膜厚の差75nmを、正孔輸送層を80nm厚くすることで補った。点線と実線はほぼ同一のスペクトルを示し、色味を変化させることなく素子を作製することができた。

20

【0054】

正孔輸送層膜厚を変化させて透明電極膜厚を補償すると、光学的な構成が同一とみなせるので、発光効率も同等とすることができます。ただし、透明電極/正孔輸送層界面の反射が影響する場合、最大効率のピーク値はITO透明電極膜厚で増減することがある。

以上の結果から分かるように、透明電極膜厚一定で正孔輸送層の光学膜厚をを最適にすることで、効率や色度を変えることなく基板及び発光界面間距離を変えることができる。

【0055】

30

また、同一基板上に多色発光部を作製する際は、発光色に応じて最適な基板及び発光界面間距離が異なるが、最適光学距離となるように各色の正孔輸送層膜厚を調整することで、同じ厚さの透明電極上に最適な電流効率と色度をもつ多色発光部が作製できる。

具体的に図21に示すようなSiN₄封止膜層で封止された2層及び3層構造の有機EL素子からなる透明ガラス基板パネルを作製した。

【0056】

まず、各有機EL素子の所望の波長を主成分とする光の取り出しのための光学膜厚び設定方法に基づいて上記(a)の陰極側の光学膜厚の設計を行った。ITO、正孔輸送層を一定膜厚と仮定した上で、陰極側の発光層及び電子輸送層の膜厚を調整し、所望の発光スペクトルが得られるように設計した。ここで発光層がゲスト/ホスト構造であるので、ゲスト材のドープ量も所望値に調整した。その仮定値及び結果を表1に示す。

40

【0057】

【表1】

	透明電極 [材料／膜厚(nm)]	正孔輸送層 [材料／膜厚(nm)]	発光層 [材料／膜厚(nm)]	電子輸送層 [材料／膜厚(nm)]
B	ITO/100	TPD/70	PC-7 **/30	Alq/20
G	ITO/100	TPD/70	Alq/60	
R	ITO/100	TPD/70	Alq : DCM*/40	Alq/30

* AlqにDCMを体積比0.8%でドープした。DCMは4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(p-dimethylaminostyryl)-4H-pyranである。

10

** PC-7はビス(2-メチル-8-キノリノラート)(パラ-フェニルフェノラート)アルミニウム(III)である。

【0058】

次に、各有機EL素子の所望の波長を主成分とする光の取り出しのための光学膜厚び設定方法に基づいて上記(b)の陽極側の正孔輸送層の光学膜厚の設計を行った。上記陰極側膜厚を設定値に固定した上で、取り出し光量が所望値となるように正孔輸送層の膜厚を設定した。その結果を表2に示す。

【0059】

【表2】

発光層	膜厚 (nm)	有機化合物材料	ピーク波長 (nm)	TPD共通層42a (nm)	TPD共通層 (nm)
43B	30	PC-7 **	480	40	-
43G	60	Alq	530	40	20(42G)
43R	40	Alq : DCM*	620	40	45(42R)

作製された有機エレクトロルミネッセンス多色ディスプレイの仕様を表3に示す。

【0060】

【表3】

	透明電極 (3) [材料／膜厚 (nm)]	正孔輸送層 共通層(42a) [材料／膜厚 (nm)]	正孔輸送層補 足層 [材料／膜厚 (nm)]	発光層 [材料／膜厚 (nm)]	電子輸送層 [材料／膜厚 (nm)]
B	ITO/100	TPD/40	...	PC-7 **/30 (43B)	Alq/20 (44B)
G	ITO/100	TPD/40	TPD/20(42G)	Alq/60 (43G, 44G)	
R	ITO/100	TPD/40	TPD/45(42R)	Alq : DCM*/40 (43R)	Alq/30 (44R)

【図面の簡単な説明】

【図1】有機EL素子を示す概略断面図である。

【図2】本発明による実施例の有機EL多色ディスプレイを示す概略部分断面図である。

【図3】本発明による他の実施例の有機EL多色ディスプレイを示す概略部分断面図である。

【図4】本発明による他の実施例の有機EL多色ディスプレイを示す概略部分断面図であ

20

30

40

50

る。

【図 5】本発明による他の実施例の有機EL多色ディスプレイを示す概略部分断面図である。

【図 6】本発明による他の実施例の有機EL多色ディスプレイを示す概略部分断面図である。

【図 7】本発明による他の実施例の有機EL多色ディスプレイを示す概略部分断面図である。

【図 8】本発明による実施例の有機EL多色ディスプレイ製造方法の工程における基板を示す概略部分断面図である。

【図 9】本発明による実施例の有機EL多色ディスプレイ製造方法の工程における基板を示す概略部分断面図である。 10

【図 10】本発明による実施例の有機EL多色ディスプレイ製造方法の工程における基板を示す概略部分断面図である。

【図 11】本発明による実施例の有機EL多色ディスプレイ製造方法の工程における基板を示す概略部分断面図である。

【図 12】本発明による実施例の有機EL多色ディスプレイ製造方法の工程における基板を示す概略部分断面図である。

【図 13】本発明による実施例の有機EL多色ディスプレイ製造方法の工程における基板を示す概略部分断面図である。

【図 14】本発明による有機EL素子を示す断面図である。 20

【図 15】本発明による有機EL素子の有機化合物材料層における内面反射を示す断面図である。

【図 16】本発明による有機EL素子の有機化合物材料層における外面反射を示す断面図である。

【図 17】試験のために作製した有機EL素子の断面図である。

【図 18】本発明による有機EL素子の正孔輸送層膜厚に関する外部取り出し量子効率の特性を示すグラフである。

【図 19】本発明による有機EL素子のスペクトルを示すグラフである。

【図 20】本発明による有機EL多色ディスプレイの他の実施例の概略部分断面図である。 30

【図 21】本発明による有機EL多色ディスプレイの作製例の概略部分断面図である。

【符号の説明】

1 有機EL素子

2 透明基板

3 透明電極

4 有機化合物材料層

5 金属電極

10 発光界面

41 正孔注入層

42 正孔輸送層

42a 正孔輸送層共通層

42B、42G、42R 正孔輸送層補足層

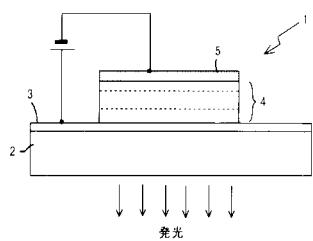
43、43B、43G、43R 発光層

44 電子輸送層

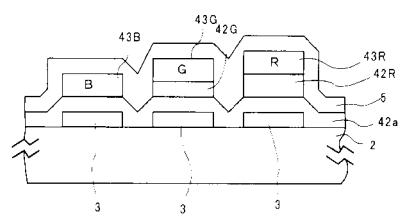
45 電子注入層

40

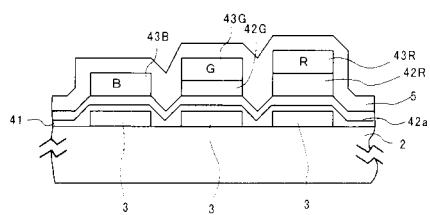
【図1】



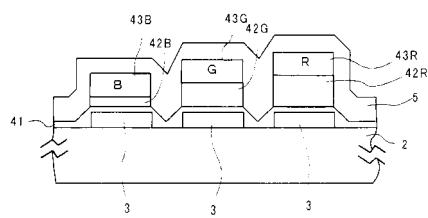
【図2】



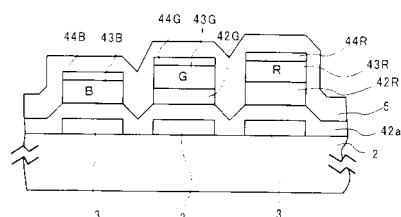
【図3】



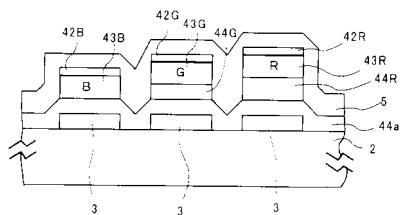
【図4】



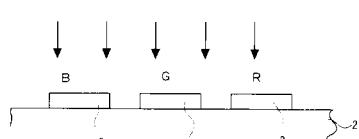
【図5】



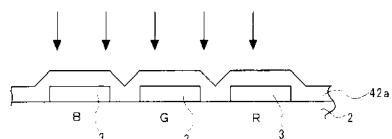
【図6】



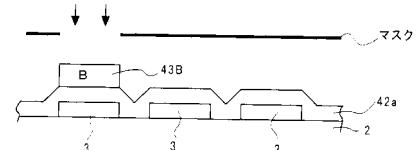
【図8】



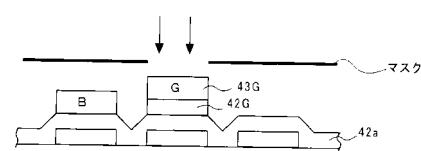
【図9】



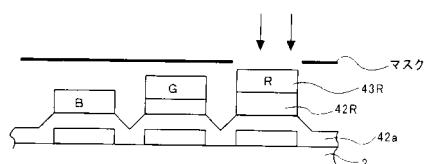
【図10】



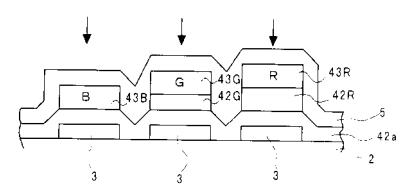
【図11】



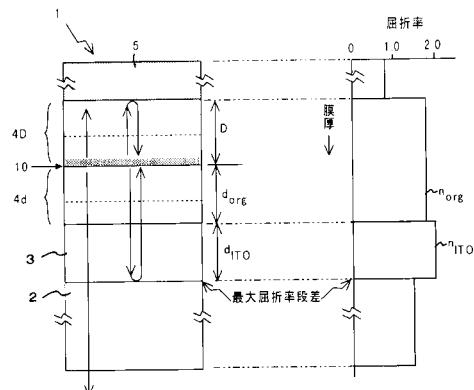
【図12】



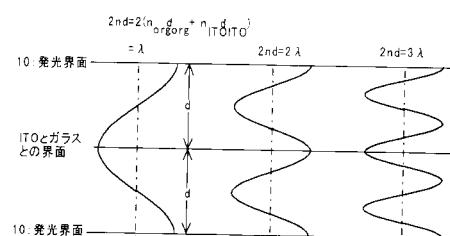
【図13】



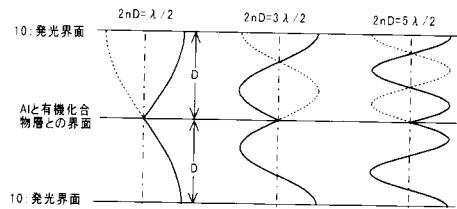
【図14】



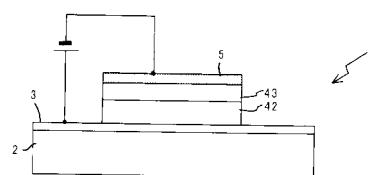
【図15】



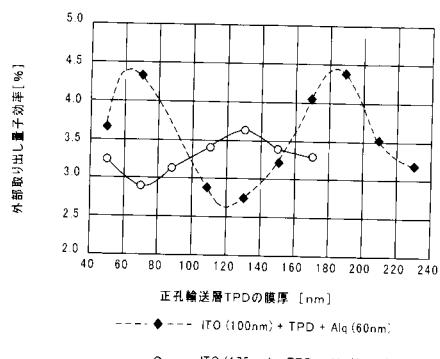
【図16】



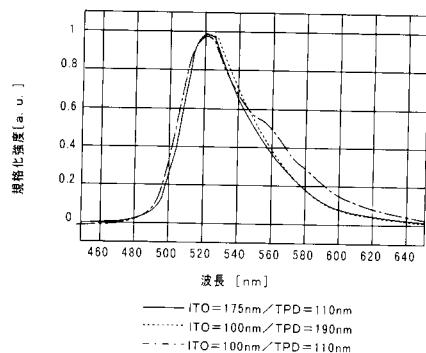
【図17】



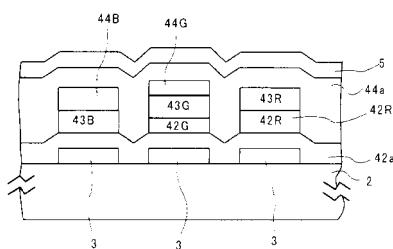
【図18】



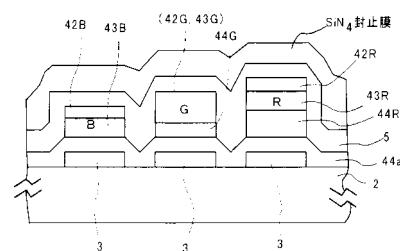
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平04-137485(JP,A)

特開平04-212284(JP,A)

特開平06-275381(JP,A)

特開平07-094278(JP,A)

特開平07-240277(JP,A)

特開平10-125469(JP,A)

N.Takada,T.Tsutsui,S.Saito,CONTROLLED SPONTANEOUS EMISSION IN ORGANIC ELECTROLUMINESCENTICS-Devices and Technologies,1993年,8,403-412

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 51/50

H05B 33/12

H05B 33/10