

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 1 区分

【発行日】平成 19 年 9 月 27 日 (2007.9.27)

【公開番号】特開 2002-100473 (P2002-100473A)

【公開日】平成 14 年 4 月 5 日 (2002.4.5)

【出願番号】特願 2001-217393 (P2001-217393)

【国際特許分類】

**H 0 5 B 33/10 (2006.01)**

**H 0 1 L 33/00 (2006.01)**

**H 0 1 L 51/50 (2006.01)**

【F I】

H 0 5 B 33/10

H 0 1 L 33/00 A

H 0 5 B 33/14 A

【手続補正書】

【提出日】平成 19 年 8 月 15 日 (2007.8.15)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】有機発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に配置され有機発光材料を含む発光領域と、を含む有機発光素子において、前記有機発光素子がアニールされた状態にあることを特徴とする有機発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光電子素子に関し、より詳細には有機発光素子に関する。本発明はさらに有機発光素子のアニール方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

二層有機素子からの効率的なエレクトロルミネセンスが報告された。そのとき以来、有機発光素子 (O L E D) は面積の広いディスプレイを製造する可能性のため、非常に注目されている。

【0003】

Sheats et al., による論説で説明されるように、有機発光素子の基本的な構造は、二つの電極及びこれらの電極の間の有機材料からなる。電子が低仕事関数の陰極から有機材料に注入され、正孔は高仕事関数の陽極から有機材料に注入される。正孔及び電子が有機材料で結合してルミネセント励起状態を形成する。

【0004】

有機発光素子 (O L E D) は種々の用途に対して将来性のある技術を呈する。これらの素子は、多様な発光色、高いエネルギー変換効率、比較的低い動作電圧を含む重要な利点を提供する。有機発光素子は、一般的に 10 ボルト未満の動作電圧で 100 c d / c m<sup>2</sup> のレベルの輝度の光を生成することができる。

## 【 0 0 0 5 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

公知の従来技術による有機発光素子によって上記の利点をもたらすことができるが、量子効率を低下させずに素子の動作電圧をさらに低下させる必要性が依然としてある。有機発光素子の量子効率は、素子へと運ばれる電荷当たりの放出フォトンの数として定義することができる。量子効率の低下を伴わない動作電圧の低下は、有機発光素子を含む素子のエネルギー変換効率の上昇及び電力消費の低下に直接的に結びつく。エネルギー変換効率が高いと、熱の生成という形態の電力の損失が低く、したがって素子の過熱が少なくなる。

## 【 0 0 0 6 】

## 【 課題を解決するための手段 】

本発明は上記の必要性及び他の必要性のうちの少なくとも幾つかを満たすことができる有機発光素子を提供する。本発明の有機発光素子の例示的な実施形態では、動作電圧が低下している。さらに、本発明の有機発光素子の例示的な実施形態では、エネルギー変換効率が上昇している。

## 【 0 0 0 7 】

本発明の有機発光素子は、アニールした製造後の有機発光素子からなる。本発明のアニールした有機発光素子は、陽極、陰極、及び陽極と陰極との間の発光領域からなる。発光領域は有機発光材料からなる。

## 【 0 0 0 8 】

また、本発明の有機発光素子の実施形態は、発光領域に隣接する正孔輸送領域及び／又は電子輸送領域も含むことができる。

## 【 0 0 0 9 】

本発明のアニールした有機発光素子は、アニールされる前と比べて性能上の特性が改良されている。特に、アニールした有機発光素子では動作電圧は低下しているが、量子効率は低下していない。そのため、アニールした有機発光素子はエネルギー変換効率が上昇している。

## 【 0 0 1 0 】

本発明のアニールした有機発光素子の例示的な実施形態では、所与の駆動電流で高い輝度レベルの光を放出することができる。

## 【 0 0 1 1 】

また、本発明は有機発光素子のアニール方法も提供する。この方法の例示的な実施形態は、有機発光素子の性能上の特性を向上させるのに有効な温度及び時間で素子を加熱することを含む。

## 【 0 0 1 2 】

本発明の有機発光素子のアニール方法の例示的な実施形態では、アニール前の同じ特性と比べて、有機発光素子の動作電圧を低下させ、エネルギー変換効率を向上させることができる。

## 【 0 0 1 3 】

本発明の有機発光素子のアニール方法の幾つかの例示的な実施形態では、アニールによって所与の駆動電流での輝度が向上した有機発光素子を得ることができる。

## 【 0 0 1 4 】

本発明は、各々が異なる特性を有し得る複数の有機発光素子を、異なる素子の特性がより均一になるように、即ち均質になるようにアニールする方法をさらに提供する。より一貫したデバイスの性能を提供するために、より均質な特性を有するアニールした素子を同じデバイス又は任意で異なるデバイスに使用することができる。

## 【 0 0 1 5 】

## 【 発明の実施の形態 】

本発明の好適な実施形態について、以下に図面を参照して詳細に説明する。

## 【 0 0 1 6 】

本発明は、性能が向上した有機発光素子（O L E D）を提供する。また、本発明は、有機発光素子の性能上の特性を向上させるために有機発光素子をアニールする方法も提供する。

【 0 0 1 7 】

本発明のアニールした有機発光素子の例示的な実施形態では、動作電圧が低下し、エネルギー変換効率が上昇している。

【 0 0 1 8 】

本発明の発光素子の例示的な実施形態は、陽極、陰極及び陽極と陰極との間の発光領域からなる。発光領域は、広範囲にわたる異なる有機発光材料からなっている。

【 0 0 1 9 】

本発明の有機発光素子は、製造後の有機発光素子をアニールすることによって形成される。アニールの結果、アニール前の素子の特性及び性能上の特性に比べて、素子の特性及び性能上の特性を著しく向上させることができる。

【 0 0 2 0 】

本発明の有機発光素子のアニール方法の他の例示的な実施形態では、各素子の特性及び性能上の特性に比べてより均一な特性及び性能上の特性を有するアニールした有機発光素子を形成することができる。

【 0 0 2 1 】

図 1 は、本発明の有機発光素子（O L E D）1 0 の例示的な実施形態を示している。有機発光素子 1 0 は、基板 1 2、基板 1 2 上に位置する陽極 1 4、陽極 1 4 上に位置する発光領域 1 6 及び発光領域 1 6 上に位置する陰極 1 8 からなる。動作中、電界を印加することによって正の電荷（正孔）及び負の電荷（電子）がそれぞれ陽極 1 4 及び陰極 1 8 から発光領域 1 6 へ注入されて再結合し、これによって発光領域 1 6 で発光が起きる。

【 0 0 2 2 】

発光領域 1 6 は有機発光材料からなる。適切な有機発光材料を、例えば、金属オキシノイド化合物、スチルベン化合物、アントラシン化合物、オキサジアゾール金属キレート化合物、ポリフルオレン類、ポリフェニレンビニレン類、これらの誘導体及び混合物から選択することができる。他の適切な有機発光材料を以下に説明する。

【 0 0 2 3 】

さらに発光領域 1 6 は、一つ以上の正孔輸送材料及び電子輸送材料からなる。

【 0 0 2 4 】

さらに、以下に説明するように、有機発光素子 1 0 の実施形態は、陽極 1 4 と発光領域 1 6 との間の正孔輸送領域及び陰極 1 8 と発光領域 1 6 との間の電子輸送領域のうちの少なくとも一つを含むことができる。このような正孔輸送領域及び／又は電子輸送領域は、適切な正孔輸送材料として、例えば、ポリフェニレンビニレン類、ポリチオフエン類、第 3 芳香族アミン類、インドロカルバゾール化合物等の物質、並びに適切な電子輸送材料として、例えば、金属オキシノイド類、トリアジン類、オキサジアゾール金属キレート、スチルベン類、ポリフルオレン類等の物質からなることができる。

【 0 0 2 5 】

本発明の有機発光素子 1 0 0 の他の例示的な実施形態を図 2 に示す。有機発光素子 1 0 0 は、基板 1 1 2、基板 1 1 2 上に位置する陽極 1 1 4、陽極 1 1 4 上に位置する発光領域 1 1 6、発光領域 1 1 6 上に位置する陰極 1 1 8 からなる。この実施形態では、有機発光素子 1 0 0 は、陽極 1 1 4 上に位置し正孔輸送材料（H T M）からなる正孔輸送領域 1 2 0 及び正孔輸送領域 1 2 0 上に位置し陰極 1 1 8 に隣接する、電子輸送材料（E T M）からなる電子輸送領域 1 2 2 を含む。正孔輸送領域 1 2 0 及び電子輸送領域 1 2 2 のうちの少なくとも一方が、これら二つの領域の組成に応じて光を放出する。正孔輸送領域 1 2 0 及び電子輸送領域 1 2 2 を形成するのに適した材料を、例えば、上記に説明した材料から選択することができる。

【 0 0 2 6 】

本発明の有機発光素子 2 0 0 の他の例示的な実施形態を図 3 に示す。有機発光素子 2 0

0 は、基板 2 1 2、基板 2 1 2 上に位置する陽極 2 1 4、陽極 2 1 4 上に位置する発光領域 2 1 6、及び発光領域 2 1 6 上に位置する陰極 2 1 8 からなる。

【0027】

有機発光素子 2 0 0 では、発光領域 2 1 6 は、陽極 2 1 4 上に位置し正孔輸送材料からなる正孔輸送領域 2 2 0、陰極 2 1 8 に隣接し電子輸送材料からなる電子輸送領域 2 2 2 及び正孔輸送領域 2 2 0 上に位置し正孔輸送材料と電子輸送材料との混合物からなる混合領域 2 2 4 からなる。

【0028】

有機発光素子 2 0 0 では、一般的に混合領域 2 2 4 が発光領域の発光部分である。したがって、このような実施形態では、正孔輸送材料及び電子輸送材料のうちの一方がエミッタとなる。他の実施形態では、混合領域 2 2 4 は発光ドーブ材料をさらに含む。このような実施形態では、混合領域を形成する正孔輸送材料と電子輸送材料のうちの少なくとも一方がエミッタであってもよい。

【0029】

しかし、有機発光素子 2 0 0 の他の例示的な実施形態では、正孔輸送領域 2 2 0 及び電子輸送領域 2 2 のうち少なくとも一方によって発光が任意にもたらされ得ることが考えられる。さらに、有機発光素子 2 0 0 のまた他の実施形態では、正孔輸送領域 2 2 0、混合領域 2 2 4 及び電子輸送領域 2 2 2 のうちの二つ以上によって発光がもたらされ得る。正孔輸送領域 2 2 0、電子輸送領域 2 2 2 及び混合領域 2 2 4 を形成するのに適した材料を、例えば、上記に説明した材料から選択することができる。混合領域 2 2 4 が一つ以上の発光ドーブ材料からなる実施形態では、適切な発光ドーブ材料を、例えば、蛍光染料又はリン光材料から選択することができる。

【0030】

本発明の有機発光素子 2 0 0 の幾つかの例示的な実施形態では、正孔輸送領域 2 2 0 又は電子輸送領域 2 2 2 の一つだけが混合領域 2 2 4 に隣接して形成される。陽極 2 1 4 と混合領域 2 2 4 との間に正孔輸送領域 2 2 0 を含むが、混合領域 2 2 4 と陰極 2 1 8 との間に電子輸送領域 2 2 2 を含まない有機発光素子 2 0 0 の実施形態では、混合領域 2 2 4 は陰極 2 1 8 に接触する。このような実施形態では、正孔輸送領域 2 2 0 及び混合領域 2 2 4 のうち少なくとも一方がエミッタとなる。

【0031】

混合領域 2 2 4 と陰極 2 1 8 との間に電子輸送領域 2 2 2 を含むが陽極 2 1 4 と混合領域 2 2 4 との間に正孔輸送領域 2 2 0 を含まない有機発光素子 2 0 0 の他の実施形態では、混合領域 2 2 4 は陽極 2 1 4 に接触する。このような実施形態では、電子輸送領域 2 2 2 と混合領域 2 2 4 のうち少なくとも一方がエミッタとなる。

【0032】

本発明の有機発光素子の幾つかの例示的な実施形態では、混合領域 2 2 4、正孔輸送領域 2 2 0 及び電子輸送領域 2 2 2 のうち少なくとも一つが複数の層からなる。有機発光素子 1 0 及び 1 0 0 に対しても多層構造体を形成することもできる。

【0033】

本発明によると、混合領域 2 2 4 の正孔輸送材料と正孔輸送領域 2 2 0 の正孔輸送材料は同じでもよいし、任意で異なる材料でもよい。同様に、混合領域 2 2 4 の電子輸送材料と電子輸送領域 2 2 2 の電子輸送材料は同じ材料でもよいし、任意で異なる材料でもよい。

【0034】

本発明の有機発光素子の他の例示的な実施形態は、基板、基板上に位置する陽極、陽極上に位置する発光領域、及び発光領域上に位置する陰極からなる。このような実施形態では、発光領域は、陽極上に位置し正孔輸送材料からなる正孔輸送領域、正孔輸送領域上に位置し有機発光材料からなる発光部分、発光部分上且つ陰極に隣接して位置し電子輸送材料からなる電子輸送領域からなる。したがって、本発明の有機発光素子のこのような実施形態の構造は、混合領域 2 2 4 が発光部分に代わったことを除いて、図 3 に示す有機発光

素子 200 の構造に類似している。正孔輸送領域、発光部分及び電子輸送領域を形成するのに適した材料を、例えば、上記の材料から選択することができる。

【0035】

本発明の他の例示的な実施形態では、有機発光素子は、陽極ではなく陰極が基板に接触する素子構造からなることができる。このような有機発光素子 300 の例示的な実施形態を図 4 に示す。有機発光素子 300 は、基板 312、基板 312 上に位置する陰極 318、陰極 318 上に位置する発光領域 316 及び発光領域 316 上に位置する陽極 314 からなる。動作中、電界を印加することによって正電荷（正孔）及び負電荷（電子）がそれぞれ陽極 314 及び陰極 318 から発光領域 316 へ注入されて再結合し、発光領域 316 で発光する。

【0036】

発光領域 316 は、例えば、上述した図 2 における有機発光素子 100 の発光領域 116 又は有機発光素子 200 の発光領域 216 と同じ構造であってもよい。

【0037】

広範囲の波長の光を放出するように、有機発光素子の実施形態を製造することができる。発光材料、正孔輸送材料及び電子輸送材料の適切な組み合わせ及び混合物を選択することによって、約 400 nm ~ 約 700 nm の波長の光を有機発光素子から放出することができる。したがって、本発明の有機発光素子は、適切な材料を選択することによって広範囲にわたる異なる色の光を放出することができる。発光の色が多様であるために、赤、緑又は青のような幾つかの特定の色の光が所望される種々の用途で本発明の有機発光素子を使用することができる。

【0038】

種々の発光材料、正孔輸送材料及び電子輸送材料が当業界で公知であり、また、所望の色の発光を達成するための材料の組み合わせの選択も公知である。さらに、所望の色の発光を提供するためのこのような材料の選択は、当業者によって通常の実験で容易に実施できる。

【0039】

有機発光素子の実施形態を交流（AC）及び／又は直流（DC）駆動条件下で動作させることができる。以下に、より詳細に述べるように、動作寿命を長くするために幾つかの実施形態では AC 駆動条件が好ましい。

【0040】

本発明の有機発光素子の従来技術とは異なる部分をより詳細に説明する。

【0041】

基板 12、112、212 及び 312 は任意の適切な材料からなってもよい。例えば、基板 12、112、212 及び 312 は、ポリマー成分、ガラス、石英などからなり得る。適切なポリマー成分として、マイラー（登録商標：MYLAR）のようなポリエステル類、ポリカーボネート類、ポリアクリレート類、ポリメタクリレート類、ポリスルホン類などが挙げられるが、これらに限定しない。これらの種々の材料の混合物を使用することもできる。例えば、その材料が他の層を有効に支持でき、素子の機能的な性能に干渉しないならば、他の基板の材料を選択することもできる。本実施形態では、基板 12、112、212 及び 312 は光透過材料から形成されるのが好ましい。

【0042】

基板 12、112、212 及び 312 の厚さは、有機発光素子の構造的な要求及びその意図する使用によって制限される以外、特に制限されない。基板は、一般的に例えば約 25  $\mu\text{m}$  ~ 少なくとも約 1000  $\mu\text{m}$  の厚さである。

【0043】

基板 12、112、212 及び発光領域 316 上に形成された陽極 14、114、214 及び 314 は、それぞれ任意の適切な公知の材料又はこれから開発される材料から構成することができる。例えば、酸化インジウム錫（ITO）、酸化錫、金及びプラチナのような正電荷注入電極を使用することができる。陽極に適した他の材料として、例えば、少

なくとも約 4 eV、好ましくは約 4 eV ~ 約 6 eV の仕事関数の導電性炭素、 - 共役ポリマー、例えば、ポリアニリン、ポリピロールなどが挙げられるが、これらに限定しない。

#### 【0044】

陽極 14、114、214 及び 314 は任意の適切な構造をとることができる。薄い導電層を光透過性基板、例えば、透明又は実質的に透明なガラス板又はプラスチックフィルム上に被覆することができる。また、本発明の有機発光素子の実施形態においては、ガラス板の上に被覆され、酸化錫又は酸化インジウム錫 (ITO) から形成された光透過性陽極として構成することもできる。例えば、約 200 nm 未満、好ましくは約 75 nm ~ 約 150 nm の厚さの非常に薄い光透明金属陽極を使用することができる。これらの薄い陽極は、金、パラジウムなどのような金属からなることができる。さらに、導電性炭素又は上述の共役ポリマーからなる、例えば、50 nm ~ 約 175 nm の厚さの透明又は半透明の薄い層を陽極として使用することもできる。陽極 14、114、214 及び 314 (以下により詳細に示すように、陰極 18、118、218 及び 318) の他の適切な形態でも使用できる。

#### 【0045】

陽極 14、114、214 及び 314 の厚さは約 1 nm ~ 約 500 nm で、好ましい厚さの範囲は陽極の材料の光学定数に依る。陽極の厚さの一つの好ましい範囲は、約 30 nm ~ 約 300 nm である。もちろん、この範囲外の厚さも使用できる。

#### 【0046】

発光領域 16、116、216、316 は、有機発光材料を含む任意の適切な公知の又はこれから開発される一つ以上の材料からなることができる。発光領域 16、116、216、316 で利用できる適切な有機発光材料として、ポリフェニレンビニレン類、例えば、ポリ (p - フェニレンビニレン) (PPV)、ポリ (2 - メトキシ - 5 - (2 - エチルヘキシルオキシ) 1, 4 - フェニレンビニレン) (MEHPPV)、ポリ (2, 5 - ジアルコキシフェニレンビニレン) (PDMeOPV) 等の材料が挙げられる。

#### 【0047】

発光領域 16、116、216、316 で利用できる他の適切な有機発光材料として、ポリフェニレン類、例えば、ポリ (p - フェニレン) (PPP)、ラダー - ポリ - パラ - フェニレン (LPPP) 及びポリ (テトラヒドロピレン) (PTHPP) 等が挙げられる。

#### 【0048】

発光領域 16、116、216、316 で利用できるさらに他の適切な例示的な有機発光材料として、ポリフルオレン類、例えばポリ (9, 9 - ジ - n - オクチルフルオレン - 2, 7 - ジイル)、ポリ (2, 8 - (6, 7, 12, 12 - テトラアルキルインデノフルオレン)、また、例えば、ベルニウスら (Bernius et. al.) による "Proceedings of SPIE Conference on Organic Light Emitting Materials and Devices III", Denver, Colorado, July 1999, Vol. 3797, p.129 に記載されたフルオレン - アミンコポリマー類のようなフルオレン類を含有するポリマー類も挙げられる。

#### 【0049】

発光領域 16、116、216、316 で利用できる有機発光材料の好ましいクラスとして、金属オキシノイド化合物が挙げられるがこれに限定しない。例えば、一つの好ましい例として、トリス (8 - ヒドロキシキノリネート) アルミニウム (Alq3) が挙げられ、別の好ましい例として、ビス (8 - ヒドロキシキノラート) - (4 - フェニルフェノラート) アルミニウム (BALq) が挙げられる。このクラスの材料の他の例として、トリス (8 - ヒドロキシキノリネート) ガリウム、ビス (8 - ヒドロキシキノリネート) マグネシウム、ビス (8 - ヒドロキシキノリネート) 亜鉛、トリス (5 - メチル - 8 - ヒドロキシキノリネート) アルミニウム、トリス (7 - プロピル - 8 - キノリノラート) アルミニウム、ビス [ベンゾ {f} - 8 - キノリネート] 亜鉛、ビス (10 - ヒドロキシベンゾ [h] キノリネート) ベリリウムなどが挙げられ、さらに、金属チオオキシノイド化合物、例えば、ビス (8 - キノリンチオラート) 亜鉛、ビス (8 - キノリンチオラート) カド

ミウム、トリス(8-キノリンチオラート)ガリウム、トリス(8-キノリンチオラート)インジウム、ビス(5-メチルキノリンチオラート)亜鉛、トリス(5-メチルキノリンチオラート)ガリウム、トリス(5-メチルキノリンチオラート)インジウム、ビス(5-メチルキノリンチオラート)カドミウム、ビス(3-メチルキノリンチオラート)カドミウム、ビス(5-メチルキノリンチオラート)亜鉛、ビス[ベンゾ{f}-8-キノリンチオラート]亜鉛、ビス[3-メチルベンゾ{f}-8-キノリンチオラート]亜鉛、ビス[3,7-ジメチルベンゾ{f}-8-キノリンチオラート]亜鉛などの金属チオキシノイド化合物が挙げられる。好ましい材料は、ビス(8-キノリンチオラート)亜鉛、ビス(8-キノリンチオラート)カドミウム、トリス(8-キノリンチオラート)ガリウム、トリス(8-キノリンチオラート)インジウム及びビス[ベンゾ{f}-8-キノリンチオラート]亜鉛である。

#### 【0050】

発光領域16、116、216、316で利用できる他の好ましいクラスの有機発光材料は、スチルベン誘導体を含む。好ましいスチルベン誘導体は、4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ビフェニルである。

#### 【0051】

発光領域16、116、216、316を形成するのに適した他のクラスの有機発光材料は、オキサジアゾール金属キレート類である。これらの材料として、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾラート]ベリリウム、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(1-ナフチル)-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(1-ナフチル)-1,3,4-オキサジアゾラート]ベリリウム、ビス[5-ビフェニル-2-(2-ヒドロキシフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[5-ビフェニル-2-(2-ヒドロキシフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]ベリリウム、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾラート]リチウム、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-p-トリル-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-p-トリル-1,3,4-オキサジアゾラート]ベリリウム、ビス[5-(p-t-ブチルフェニル)-2-(2-ヒドロキシフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[5-(p-t-ブチルフェニル)-2-(2-ヒドロキシフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]ベリリウム、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(3-フルオロフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(4-フルオロフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(4-フルオロフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]ベリリウム、ビス[5-(4-クロロフェニル)-2-(2-ヒドロキシフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(4-メトキシフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシ-4-メチルフェニル)-5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシナフチル)-5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-p-ピリジル-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-p-ピリジル-1,3,4-オキサジアゾラート]ベリリウム、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(2-チオフェニル)-1,3,4-オキサジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-フェニル-1,3,4-チアジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-フェニル-1,3,4-チアジアゾラート]ベリリウム、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(1-ナフチル)-1,3,4-チアジアゾラート]亜鉛、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-(1-ナフチル)-1,3,4-チアジアゾラート]ベリリウムなどが挙げられる。

## 【 0 0 5 2 】

発光領域 1 6、1 1 6、2 1 6、3 1 6 で利用できる他のクラスの適切な有機発光材料は、トリアジン類である。

## 【 0 0 5 3 】

発光領域 1 6、1 1 6、2 1 6、3 1 6 で利用できる他のクラスの適切な有機発光材料は、アントラシン類である。

## 【 0 0 5 4 】

発光領域 1 6、1 1 6、2 1 6、3 1 6 で利用できる有機発光材料の他の好ましい例として、蛍光材料、例えばクマリン、ジシアノメチレンピラン、ポリメチン、オキサベンズアントラン、キサンテン、ピリリウム、カルボスチル、ペリレンなどが挙げられる。他の特に好ましいクラスの蛍光材料は、キナクリドン染料である。キナクリドン染料の例として、キナクリドン、2 - メチルキナクリドン、2 , 9 - ジメチルキナクリドン、2 - クロロキナクリドン、2 - フルオロキナクリドン、1 , 2 - ベンゾキナクリドン、N , N ' - ジメチルキナクリドン、N , N ' - ジメチル - 2 - メチルキナクリドン、N , N ' - ジメチル - 2 , 9 - ジメチルキナクリドン、N , N ' - ジメチル - 2 - クロロキナクリドン、N , N ' - ジメチル - 2 - フルオロキナクリドン、N , N ' - ジメチル - 1 , 2 - ベンゾキナクリドン、などが挙げられる。他の好ましいクラスの蛍光材料は、縮合環蛍光染料である。縮合環蛍光染料の例として、全体を参照として本明細書中に援用する米国特許第3, 172,862号に示したようなペリレン、ルブレン、アントラセン、コロネン、フェナントレセン、ピレンなどが挙げられる。また、蛍光材料として、ブタジエン類、例えば、1 , 4 - ジフェニルブタジエン及びテトラフェニルブタジエン、スチルベンなどが挙げられる。他の例示的な蛍光材料を使用することもできる。

## 【 0 0 5 5 】

発光領域 1 6、1 1 6、2 1 6、3 1 6 で利用できる他の好ましいクラスの有機発光材料は蛍光染料である。例えば、4 - (ジシアノメチレン) - 2 - I - プロピル - 6 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチルユロリジル - 9 - エニル) - 4 H - ピラン ( D C J T B ) が挙げられる。

## 【 0 0 5 6 】

発光領域 1 6、1 1 6、2 1 6、3 1 6 で利用できる他の好ましいクラスの有機発光材料は、ランタニド金属キレート錯体、例えば、キドラ (Kido et. al.) による "White Light Emitting Organic Electroluminescent Device Using Lanthanide Complexes" Jpn.J.Appl.Phys., Vol. 35, pp. L394-L396 (1996) に記載されたような、トリス (アセチルアセトナート) (フェナントロリン) テルビウム、トリス (アセチルアセトナート) (フェナントロリン) ユーロピウム、トリス (テノイルトリスフルオロアセトナート) (フェナントロリン) ユーロピウムである。

## 【 0 0 5 7 】

発光領域 1 6、1 1 6、2 1 6、3 1 6 で利用できる他の好ましいクラスの有機発光材料は、リン光材料、例えば、バルドラ (Baldo et. al.) による "Highly Efficient Organic Phosphorescent Emission from Organic Electroluminescent Devices", Letters to Nature, Vol. 395, pp. 151-154 (1998) に記載された化合物のような、強力なスピン軌道結合を誘導する重金属原子を含有する有機金属化合物である。好ましい例として、2 , 3 , 7 , 8 , 1 2 , 1 3 , 1 7 , 1 8 - オクタエチル - 2 1 H 2 3 H - フォルピンプラチナ ( I I ) ( P t O E P ) 及び f a c トリス (2 - フェニルピリジン) イリジウム ( I r ( p p y ) 3 ) が挙げられる。

## 【 0 0 5 8 】

発光領域 1 6、3 1 6、正孔輸送領域 1 2 0、2 2 0 及び混合領域 2 2 4 を形成するのに利用できる正孔輸送材料並びに発光領域 1 6、3 1 6、電子輸送領域 1 2 2、2 2 2 及び混合領域 2 2 4 を形成するのに利用できる電子輸送材料は、任意の適切な公知の材料又はこれから開発される材料であつてもよい。

## 【 0 0 5 9 】

発光領域 1 6、3 1 6、正孔輸送領域 1 2 0、2 2 0 及び混合領域 2 2 4 で利用できる例示的な正孔輸送材料として、ポリピロール、ポリアニリン、ポリ(フェニレンビニレン)、ポリチオフェン、ポリアリールアミン、これらの誘導体、公知の半導体有機材料、ポルフィリン誘導体、例えば、1, 1 0, 1 5, 2 0 - テトラフェニル - 2 1 H, 2 3 H - ポルフィリン銅(I I)、銅フタロシアニン、銅テトラメチルフタロシアニン、亜鉛フタロシアニン、酸化チタンフタロシアニン、マグネシウムフタロシアニンなどが挙げられる。

#### 【0 0 6 0】

発光領域 1 6、3 1 6、正孔輸送領域 1 2 0、2 2 0 及び混合領域 2 2 4 で利用できる好ましいクラスの正孔輸送材料は、芳香族第 3 アミン類である。芳香族第 3 アミン類の適切な例として、例えば、ビス(4 - ジメチルアミノ - 2 - メチルフェニル)フェニルメタン、N, N, N - トリ(p - トリル)アミン、1, 1 - ビス(4 - ジ - p - トリルアミノフェニル)シクロヘキサン、1, 1 - ビス(4 - ジ - p - トリルアミノフェニル) - 4 - フェニルシクロヘキサン、N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス(3 - メチルフェニル) - 1, 1' - ビフェニル - 4, 4' - ジアミン、N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス(3 - メチルフェニル) - 1, 1' - ビフェニル - 4, 4' - ジアミン、N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス(4 - メトキシフェニル) - 1, 1' - ビフェニル - 4, 4' - ジアミン、N, N, N', N' - テトラ - p - トリル - 1, 1' - ビフェニル - 4, 4' - ジアミン、N, N' - ジ - 1 - ナフチル - N, N' - ジフェニル - 1, 1' - ビフェニル - 4 - 4' - ジアミン、これらの混合物などが挙げられる。

#### 【0 0 6 1】

発光領域 1 6、3 1 6、正孔輸送領域 1 2 0、2 2 0 及び混合領域 2 2 4 で利用できる他のクラスの芳香族第 3 アミン類は、多核性芳香族アミン類である。このような多核性芳香族アミン類として、例えば、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - m - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] アニリン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - m - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] - m - トルイジン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - m - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] - p - トルイジン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - p - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] アニリン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - p - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] - m - トルイジン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - p - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] - p - トルイジン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - p - クロロフェニルアミノ) - 4 - ビフェニル] - m - トルイジン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - m - クロロフェニルアミノ) - 4 - ビフェニル] - m - トルイジン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - m - クロロフェニルアミノ) - 4 - ビフェニル] - p - トルイジン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - m - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] - p - クロロアニリン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - p - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] - m - クロロアニリン、N, N - ビス - [4' - (N - フェニル - N - m - トリルアミノ) - 4 - ビフェニル] - 1 - アミノナフタレン、これらの混合物などが挙げられる。

#### 【0 0 6 2】

発光領域 1 6、3 1 6、正孔輸送領域 1 2 0、2 2 0 及び混合領域 2 2 4 で利用できる他のクラスの正孔輸送材料は、4, 4' - ビス(9 - カルバゾリル) - 1, 1' - ビフェニル化合物、例えば、4, 4' - ビス(9 - カルバゾリル) - 1, 1' - ビフェニル、4, 4' - ビス(3 - メチル - 9 - カルバゾリル) - 1, 1' - ビフェニルなどを含む。

#### 【0 0 6 3】

発光領域 1 6、3 1 6、正孔輸送領域 1 2 0、2 2 0 及び混合領域 2 2 4 で利用できる好ましいクラスの正孔輸送材料は、インドロカラバゾール類である。

#### 【0 0 6 4】

発光領域 1 6、3 1 6、正孔輸送領域 1 2 0、2 2 0 及び混合領域 2 2 4 で利用できる正孔輸送材料の他の好ましいクラスは、N, N, N', N' - テトラアリールベンジジン

からなり、アリールはフェニル、m - トリル、p - トリル、m - メトキシフェニル、p - メトキシフェニル、1 - ナフチル、2 - ナフチルなどから選択されてよい。N, N, N', N' - テトラアリールベンジジンの例として、N, N' - ジ - 1 - ナフチル - N, N' - ジフェニル - 1, 1' - ビフェニル - 4, 4' - ジアミンがより好ましく、さらに、N, N' - ビス(3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - 1, 1' - ビフェニル - 4 - 4' - ジアミン、N, N' - ビス(3 - メトキシフェニル) - N, N' - ジフェニル - 1, 1' - ビフェニル - 4, 4' - ジアミンなどが挙げられる。

#### 【0065】

発光領域16、316、正孔輸送領域120、220及び混合領域224で利用できる好ましい正孔輸送材料は、ナフチル置換ベンジジン誘導体である。

#### 【0066】

発光領域16、316、電子輸送領域122、222及び混合領域224を形成するのに利用できる電子輸送材料の例を、金属オキシノイド化合物、オキサジアゾール金属キレート化合物、トリアジン化合物、スチルベン化合物から選択することができ、これらの例は上述されている。

#### 【0067】

発光領域16、316、電子輸送領域122、222及び混合領域224を形成するのに利用できる電子輸送材料の他の例は、ポリフルオレン類、例えば、ポリ(9,9 - ジ - n - オクチルフルオレン - 2,7 - ジイル)、ポリ(2,8 - (6,7,12,12 - テトラアルキルインデノフルオレン)及びフルオレンアミンコポリマーのようなフルオレンを含有するコポリマー類である。例えば、ベルニウスら(Bernius et. al.)による"Proceedings of SPIE Conference on Organic Light Emitting Materials and Devices III", Denver, Colorado, July 1999, Vol. 3797, p.129を参照のこと。

#### 【0068】

本発明によると、混合領域224は、約10重量%～約90重量%の正孔輸送材料と約90重量%～約10重量%の電子輸送材料からなることができる。混合領域224は、約25重量%～約75重量%の正孔輸送材料と約75重量%～約25重量%の電子輸送材料からなることが好ましい。他の好ましい範囲は、約40重量%～約60重量%の正孔輸送材料と約60重量%～約40重量%の電子輸送材料である。

#### 【0069】

本発明によると、実施形態では、混合領域は少なくとも一つの発光ドーブ材料からなることができる。このような実施形態では、混合領域224は約10重量%～約90重量%の正孔輸送材料、約90重量%～約10重量%の電子輸送材料及び約0.1重量%～約25重量%の発光ドーブ材料からなることができる。混合領域224は、約25重量%～約75重量%の正孔輸送材料、約75重量%～約25重量%の電子輸送材料及び約0.1重量%～約5重量%の発光ドーブ材料からなるのが好ましい。

#### 【0070】

上述した任意の適切な且つ例示的な正孔輸送材料と電子輸送材料との混合物を使用して、混合領域を形成することができる。

#### 【0071】

任意の適切な公知の方法又はこれから開発される方法によって、上記の材料のうち一つを薄い層に形成することによって、発光領域16、116、216、316を含む一つ以上の層を調製することができる。この目的に適した方法として、例えば、蒸着及びスピニング技術が挙げられる。

#### 【0072】

発光領域16、116、216、316は、約10nm～約1000nmの厚さを有し得る。この厚さは約50nm～約250nmであるのが好ましい。発光領域が一つ以上の隣接する層からなる実施形態では、各層の厚さは少なくとも約5nmである。

#### 【0073】

陰極18、118、218、318は、例えば、約4.0eV～約6.0eVの仕事関

数を有する高仕事関数成分、又は、例えば、約  $2.5 \text{ eV}$  ~ 約  $4.0 \text{ eV}$  の仕事関数の金属のような低仕事関数成分を含む任意の適切な金属からなることができる。陰極は、低仕事関数（約  $4 \text{ eV}$  未満）金属と、少なくとも一つの他の金属との組み合わせからなることができる。第2の即ち他の金属に対する低仕事関数金属の有効な割合は、約  $0.1$  重量% 未満 ~ 約  $99.9$  重量% である。低仕事関数金属の例として、アルカリ金属類、例えば、リチウム又はナトリウム、2A族即ちアルカリ土類金属、例えば、ベリリウム、マグネシウム、カルシウム又はバリウム、希土類金属及びアクチニド族金属を含むIII族の金属、例えば、スカンジウム、イットリウム、ランタン、セリウム、ユーロピウム、テルビウム又はアクチニウムが挙げられるが、これらに限定しない。リチウム、マグネシウム及びカルシウムが、好ましい低仕事関数金属である。

【0074】

米国特許第4,885,211号のMg-Ag合金の陰極は、一つの好ましい陰極の構造である。他の好ましい陰極の構造は米国特許第5,429,884号に記載されており、ここで陰極はアルミニウム及びインジウムのような他の高仕事関数金属とのリチウム合金から形成される。これらの特許全体を参照として本明細書中に援用する。

【0075】

陰極18、118、218、318の厚さは、例えば、約  $10 \text{ nm}$  ~ 約  $500 \text{ nm}$  の範囲であり得る。もちろん、この範囲外の厚さも使用できる。

【0076】

本発明の有機発光素子の処理方法の例示的な実施形態は、アニールする前の同じ素子の性能上の特性と比較してアニールした素子の性能上の特性を向上させるために、例示的な有機発光素子10、100、200又は300及び本発明によって形成された他の有機発光素子のうちの任意の一つをアニールすることからなる。

【0077】

本発明の有機発光素子の処理方法の例示的な実施形態は、例えば、例示的な有機発光素子10、100、200又は300のいずれかであり得る製造後の有機発光素子を提供することからなる。有機発光素子は、陽極、陰極及び陽極と陰極との間の発光領域からなる。発光領域は、上述の発光領域16、116、216、316の構造又は本発明によって形成した他の構造のうちのいずれか一つからなる。有機発光素子は、素子の性能上の特性を向上させるのに有効なアニール温度及び時間（アニール周期）でアニールされる。

【0078】

一般的に、有機発光素子は、アニール前に比べて動作電圧を下げエネルギー変換効率を上げるためにアニールされる。本発明の有機発光素子のアニール方法の例示的な実施形態では、製造後の有機発光素子をアニールすることによって、製造後の有機発光素子の動作電圧が少なくとも約  $10\%$  低下する。アニールによって、製造後の素子の動作電圧を少なくとも約  $20\%$  低下させるのが好ましく、少なくとも約  $30\%$  低下させるのがより好ましい。

【0079】

動作電圧を低下させることによって、本発明の有機発光素子の電力消費も低下する。アニールした有機発光素子の電力消費は、アニールしていない素子に比べて少なくとも約  $10\%$  低い。アニールによって、製造後の素子の電力消費が少なくとも約  $20\%$  低下するのが好ましく、少なくとも約  $30\%$  低下するのがより好ましい。

【0080】

有機発光素子のエネルギー変換効率は、素子への電力の入力に対する光出力の比として定義できる。本発明の有機発光素子のアニール方法の例示的な実施形態では、製造後の有機発光素子をアニールすることによって、製造後の有機発光素子のエネルギー変換効率が少なくとも約  $10\%$  上昇する。アニールによって製造後の素子のエネルギー変換効率が少なくとも約  $25\%$  上昇するのが好ましく、さらには、少なくとも約  $40\%$  上昇するのがより好ましい。

【0081】

本発明の有機発光素子の処理方法の実施形態では、製造後の有機発光素子のアニールを、発光領域を形成する材料の溶解温度よりも低いアニール温度で実施する。アニール温度は、発光領域を形成する材料のうち少なくとも一つのガラス転移温度よりも低温であることが好ましい。アニール温度は、有機発光素子を形成する全ての材料のうち最も低いガラス転移温度を有する材料のガラス転移温度よりも低温であることがより好ましい。一般的には、アニール温度は、発光領域の組成に応じて約 50 ～ 約 150 である。アニール温度は、約 60 ～ 約 100 が好ましい。

【0082】

アニールの結果、有機発光素子の実質的な構造上の変化が起こらないように、アニール温度を選択するのも好ましい。例えば、実質的な構造上の変化とは、有機発光素子の異なる層の間、例えば、混合領域と混合領域に隣接する領域との間の物質の相互拡散である。また、アニールした素子の動作電圧がアニール前の素子の動作電圧よりも事実上高くならないように、アニール温度を選択する。

【0083】

有機発光素子の性能上の特性の所望の改良を十分に達成するように、有機発光素子のアニール時間を選択する。一般にアニール温度が上昇すると、所望の結果を得るためにアニール時間は短縮される。実施形態では、アニール時間は約 0.1 時間～約 100 時間である。アニール時間は約 0.25 時間～約 25 時間であることが好ましい。

【0084】

また、本発明は、異なる有機発光素子の互いに対する性能上の特性の均質性を向上させるために、複数の有機発光素子を処理する方法の例示的な実施形態も提供する。例えば、異なる有機発光素子の性能上の特性を互いに近づける、即ち性能上の特性をより均一かつ均質にするのに有効な温度及び時間で、二つ以上の有機発光素子をアニール処理する。

【0085】

幾つかの実施形態では、異なる有機発光素子が同じアニール室で同時にアニールされる。しかし、他の例示的な実施形態では、異なる有機発光素子を同じアニール室で異なる時間アニールすることもできるし、異なるアニール室でアニールすることもできる。このような前者及び後者の実施形態では、より均一な結果を導くために、異なる有機発光素子に使用するアニール条件は一般に同じアニール室でも異なるアニール室でもほぼ等しい。

【0086】

有機発光素子は任意の適切なアニール雰囲気アニールされる。例えば、アニール雰囲気は、任意の適切なガス、例えば、窒素、アルゴン、ヘリウム、二酸化炭素もしくはこれらの混合物又は素子の性能に悪影響を及ぼさない任意の他の適切なガスを含み得る。他の適切なアニール環境は、湿度のない雰囲気、例えば、乾燥空気であり得る。アニール環境の他の例は、圧力が約  $10^{-2}$  ～ 約  $10^{-10}$  mmHg より低い、好ましくは約  $10^{-3}$  ～ 約  $10^{-6}$  mmHg より低い真空環境である。

【0087】

例えば、製造後の各有機発光素子の動作電圧に作用し、また製造後の各有機発光素子のエネルギー変換効率に作用して異なる有機発光素子の動作電圧及び/又はエネルギー変換効率が互いに近似する十数%未満だけ異なるように、二つ以上の有機発光素子をアニールすることができる。例えば、本実施形態では、異なる有機発光素子の動作電圧及び/又はエネルギー変換効率は、一般に約 15%未満だけ異なる。異なる有機発光素子の動作電圧及び/又はエネルギー変換効率は、一般に約 10%未満だけ異なるのが好ましい。

【0088】

加熱の速度（即ち、有機発光素子の温度が所望のアニール温度範囲まで上昇する速度）及び冷却の速度（即ち、アニール時間後に有機発光素子をアニール温度から所望のより低い温度、例えば周囲温度に冷却する速度）は、素子が割れたりショートしたりするような損傷を起こさないように十分に低いことが好ましい。有機発光素子の適切な加熱速度及び冷却速度は、例えば約 0.5 /分～約 20 /分であり、約 1 /分～約 5 /分が好ましい。

【 0 0 8 9 】

【 実施例 】

本発明の種々の態様をさらに示すために以下の実施例を提供するが、これらは本発明の範囲を限定しようとするものではない。

【 0 0 9 0 】

〔 実施例 1 〕

実施例 1 は、有機発光素子の動作電圧を低下させることによってエネルギー変換効率を上昇させるアニールの効果を証明する。図 3 に示した構造を使用した。混合領域 2 2 4 は染料ドーパ剤をさらに含んだ。ドーパ剤材料を含有する混合領域を含む有機発光素子は、本明細書中に組み込まれた米国出願番号第 09/606,670 号に記載されている。ナフチル置換ベンジジン ( N P B )、トリス ( 8 - ヒドロキシキノリン ) アルミニウム ( A L Q 3 ) 及びジメチルキナクリドン ( D M Q ) を、正孔輸送領域 2 2 0 及び混合領域 2 2 4 の正孔輸送材料、電子輸送領域 2 2 2 及び混合領域 2 2 4 の電子輸送材料、混合領域 2 2 4 の染料ドーパ剤にそれぞれ使用した。陽極 2 1 4 を酸化インジウム錫から形成し、陰極 2 1 8 を M g : A g から形成した。

【 0 0 9 1 】

図 5 は、アニールの前後に測定した有機発光素子の電流密度対電圧特性を示す。アニールでは、素子を約 9 0 の温度で約 2 0 時間のアニール時間加熱した。アニール後の素子の電流密度対電圧特性がより低電圧にシフトしたことは、ある電流密度を駆動させるために ( つまりある輝度を得るために ) に必要な動作電圧が低下したことを証明している。

【 0 0 9 2 】

図 5 に示すように、 ( ディスプレイに一般的な約 2 5 0 c d / m<sup>2</sup> の輝度を得るために ) アニールした有機発光素子を約 4 m A / c m<sup>2</sup> の電流密度で動作させた場合、アニールの結果生じる電圧の低下は約 4 0 % であった。素子をこの輝度で動作させると、この電圧の低下によってエネルギー変換効率が約 6 0 % 上昇した。

【 0 0 9 3 】

〔 実施例 2 〕

実施例 2 は、有機発光素子の動作電圧の低下、またエネルギー変換効率の上昇に関する製造後の有機発光素子のアニールの効果を証明する。実施例 2 では、有機発光素子は実施例 1 で使用したものと同一一般的な構造であったが、混合領域 2 2 4 の染料ドーパ剤として D M Q の代わりにナイルレッド染料を使用した。アニール条件は実施例 1 で使用したものと同一であった。実施例 1 に非常に類似した有機発光素子の特性の変化が実施例 2 で起こった。

【 0 0 9 4 】

〔 実施例 3 〕

実施例 3 は、有機発光素子の動作電圧を低下させエレクトロルミネセンス量子効率を上昇させ、またエネルギー変換効率を上昇させるアニールの効果を証明する。実施例 3 では正孔輸送領域 2 2 0 の正孔輸送材料が実施例 1 で使用した N P B の代わりにインドロカルバゾール化合物のみからなることを除いて、実施例 3 の有機発光素子の構造は実施例 1 と同様であった。

【 0 0 9 5 】

1 0 0 で 2 4 時間アニールした後、約 5 m A / c m<sup>2</sup> の電流密度を駆動させるために ( 約 2 5 0 c d / m<sup>2</sup> の輝度を得るために ) 必要な駆動電圧は約 9 % 低下した。同時にこの電流密度で輝度は約 1 0 % 上昇した ( 即ち、量子効率が約 1 0 % 上昇した ) 。駆動電圧及びエレクトロルミネセンス効率両者の変化によって、素子の全体的なエネルギー変換効率がこの輝度レベルで約 2 0 % 上昇した。

【 0 0 9 6 】

〔 実施例 4 〕

実施例 4 は、有機発光素子の動作電圧を低下させることによってエネルギー変換効率を上昇させるアニールの効果を証明する。図 2 に示す構造を有する有機発光素子を試験した

。この素子では、インドロカルバゾール化合物及びトリス（８－ヒドロキシキノリン）アルミニウム（ALQ3）を、正孔輸送領域１２０の正孔輸送材料及び電子輸送領域１２２の電子輸送材料のそれぞれに使用した。陽極１１２を酸化インジウム錫から形成し、陰極１１８をMg：Agから形成した。

【００９７】

素子を約１００の温度で約２４時間アニールした。アニールの結果、約５mA/cm<sup>2</sup>の電流密度を駆動させるために（約２５０cd/m<sup>2</sup>の輝度を得るために）必要な駆動電圧は約１５％低下した。この動作電圧の低下は、この輝度レベルで有機発光素子のエネルギー変換効率が約１７％上昇したことに対応する。

【００９８】

#### 〔実施例５〕

実施例５は、素子の性能をさらに向上させるためにアニール条件を制御することの重要性を証明する。実施例１で使用したものと同一構造を有する有機発光素子を試験した。有機発光素子を約１００の温度で約１４０時間アニールした。アニールの結果、約４mA/cm<sup>2</sup>の電流密度を駆動させるために（約２５０cd/m<sup>2</sup>の輝度を得るために）必要な駆動電圧は約２０％上昇した。この上昇は、有機発光素子のエネルギー変換効率が約１７％低下したことに対応する。

【００９９】

この結果に基づくと、温度及び／又はアニール時間を適切に選択しないと、製造後の有機発光素子のアニール工程が素子の性能に悪影響を及ぼし得ることが明らかになった。

【０１００】

#### 〔実施例６〕

実施例６は、複数の異なる有機発光素子の素子性能を「均質化」するために熱アニールを使用することを証明する。各々が実施例１で上述した構造を有する三つの異なる素子A、B及びCを試験した。三つの素子の各々を、同じ製造工程のパラメータを使用して別の真空操業で製造した。製造後の状態の素子の評価は、三つの素子の特性にばらつきが見られた。特に、A、B及びCの素子のエネルギー変換効率はそれぞれ約３、３．４及び３．６ルーメン/ワットであった。素子の特性のばらつきは、平均値の３．３３ルーメン/ワットから約±９％であった。このばらつきのレベルは有機発光素子では一般的であり、製造工程の条件（例えば、真空レベル、汚染物質レベル、蒸着速度など）の避けることのできないわずかな差によるものである。素子をまとめて約１００で約２４時間アニールした後、平均エネルギー変換効率は約４．９ルーメン/ワットに上昇し、平均値からのばらつきは約±３％になった。したがって、実施例６では、素子を本発明の方法でアニールすることによって、異なる有機発光素子の性能上の特性をより均一にできることが分かった。

【０１０１】

本発明のアニールした有機発光素子の性能上の特性が上述のように向上したことによって、アニールした有機発光素子を使用する種々のデバイスの性能を向上させることができる。したがって、本発明のアニールした有機発光素子を、向上した性能上の特性から利益を得る種々の用途で使用する事ができる。

【０１０２】

例えば、アニールした有機発光素子のエネルギー変換効率が上昇することで一つ以上のアニールした有機発光素子を含むディスプレイの電力消費を減少させることができる。さらに、アニールした有機発光素子のエネルギー変換効率が低いことは、熱の形態の電力の損失が減少し、アニールした有機発光素子を含む素子の過熱が減少することにも関連する。また、本発明のアニールした有機発光素子によって、所与の駆動電流での輝度を上昇させることもできる。例えば、本発明の有機発光素子を種々のディスプレイで使用する事でディスプレイの性能を向上させることができる。

【０１０３】

さらに、複数の異なる有機発光素子の性能上の特性を、本発明の方法の実施形態によっ

て均質化することによって、重要な利益を得る。即ち、アニールの結果、互いにより一貫した特性を有する複数の有機発光素子を形成することができる。例えば、複数の素子が一定のエネルギー変換効率を有することができ、これによって素子の性能上の均一性が重要な用途で素子を使用することができる。より均一な性能を有する有機発光素子をディスプレイのようなデバイスで使うことができ、ディスプレイにより一貫した性能を提供することができる。さらに、本発明の有機発光素子を異なるデバイス例えば異なるディスプレイで使って異なるディスプレイ間により一貫した性能を達成することができる。

【 0 1 0 4 】

本発明の有機発光素子を種々の技術的な用途で使うことができる。例えば、上述のディスプレイのように発光素子を利用する種々の異なるタイプのデバイスで素子を使うことができる。例えば、ディスプレイは自動車のような車両にあってもよいし、コンピュータのモニター、テレビ並びに他の電子デバイス及びシステムにあってもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の有機発光素子の例示的な実施形態を例示する図である。

【図 2】本発明の有機発光素子の他の例示的な実施形態を例示する図である。

【図 3】本発明の有機発光素子のさらに他の例示的な実施形態を例示する図である。

【図 4】本発明の有機発光素子のさらに他の例示的な実施形態を例示する図である。

【図 5】有機発光素子のアニールの前後に測定した、有機発光素子の電流密度対電圧特性を示すグラフである。

【符号の説明】

1 0、1 0 0、2 0 0、3 0 0	有機発光素子
1 4、1 1 4、2 1 4、3 1 4	陽極
1 6、1 1 6、2 1 6、3 1 6	発光領域
1 8、1 1 8、2 1 8、3 1 8	陰極