(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6480507号
(P6480507)

(45)発行日　平成31年3月13日(2019.3.13)　(24)登録日　平成31年2月15日(2019.2.15)

(51)Int.Cl.		F I		
H05B 33/02	(2006.01)	H05B	33/02	
H01L 51/50	(2006.01)	H05B	33/14	A
H05B 33/14	(2006.01)	H05B	33/14	Z
H05B 33/12	(2006.01)	H05B	33/12	C
H01L 27/32	(2006.01)	H01L	27/32	

請求項の数 4　(全 33 頁)

(21)出願番号　特願2017-113164(P2017-113164)
(22)出願日　平成29年6月8日(2017.6.8)
(62)分割の表示　特願2015-240238(P2015-240238)の分割
原出願日　平成23年9月12日(2011.9.12)
(65)公開番号　特開2017-152409(P2017-152409A)
(43)公開日　平成29年8月31日(2017.8.31)
審査請求日　平成29年6月9日(2017.6.9)
(31)優先権主張番号　特願2010-205790(P2010-205790)
(32)優先日　平成22年9月14日(2010.9.14)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷３９８番地
(72)発明者　瀬尾　哲史
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　池田　寿雄
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　川田　琢也
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官　小川　亮

最終頁に続く

(54)【発明の名称】固体発光素子

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
構造体と、
前記構造体に接して配置された材料層と、
前記材料層に接した配置された発光体と、を有し、
前記構造体は、第１の層と、第２の層と、前記第１の層と前記第２の層との間の第３の層と、を有し、
前記第１の層は、前記材料層に接して配置され、
前記第１の層は、マイクロレンズアレイであり、
前記第２の層は、半球レンズでなり、
前記第３の層は、ガラスでなり、
前記第１の層の屈折率及び前記第２の層の屈折率は、前記第３の層の屈折率よりも大きく、
前記材料層の屈折率は、前記第１の層の屈折率及び前記第２の層の屈折率よりも大きいことを特徴とする固体発光素子。
【請求項２】
構造体と、
前記構造体に接して配置された材料層と、
前記材料層に接した配置された発光体と、を有し、
前記構造体は、第１の層と、第２の層と、前記第１の層と前記第２の層との間の第３の

層と、を有し、
前記第１の層は、前記材料層に接して配置され、
前記第１の層は、マイクロレンズアレイであり、
前記第２の層は、半球レンズでなり、
前記第３の層は、ガラスでなり、
前記第１の層の屈折率及び前記第２の層の屈折率は、前記第３の層の屈折率よりも大きく、
前記材料層の屈折率は、前記第１の層の屈折率及び前記第２の層の屈折率よりも大きく、
前記第１の層の屈折率は、前記第２の層の屈折率と同じであることを特徴とする固体発光素子。
【請求項３】
構造体と、
前記構造体に接して配置された材料層と、
前記材料層に接した配置された発光体と、を有し、
前記構造体は、第１の層と、第２の層と、前記第１の層と前記第２の層との間の第３の層と、を有し、
前記第１の層は、前記材料層に接して配置され、
前記第１の層は、マイクロレンズアレイであり、
前記第２の層は、半球レンズでなり、
前記第３の層は、ガラスでなり、
前記第１の層の屈折率及び前記第２の層の屈折率は、前記第３の層の屈折率よりも大きく、
前記材料層の屈折率は、前記第１の層の屈折率及び前記第２の層の屈折率よりも大きく、
前記発光体は、
第１の電極と、
第２の電極と、
前記第１の電極と前記第２の電極との間に配置された、第１の発光層及び第２の発光層と、
前記第１の発光層と前記第２の発光層との間の電子リレー層と、
前記第１の電極と前記第１の発光層との間に配置された、酸化モリブデンを含む第１の有機化合物層と、
前記電子リレー層と前記第２の発光層との間に配置された、酸化モリブデンを含む第２の有機化合物層と、を有することを特徴とする固体発光素子。
【請求項４】
請求項３において、
前記電子リレー層は、銅フタロシアニンを含むことを特徴とする固体発光素子。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
固体発光素子、該発光素子を用いた発光装置、及び該発光装置を備える照明装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
固体発光素子は、屈折率が大気より高い領域で発光するため、光を大気中に取り出すときに該屈折率が高い領域と大気との境界面で全反射が生じる条件があり、固体発光素子の光取り出し効率は１００％より小さいという問題がある。
【０００３】
この問題を解決するために、固体発光素子の屈折率の高い領域の表面に凹凸構造を有する

高屈折率の構造体を設けて、大気側に発光を取り出す構成の発光素子などが報告されている。

【０００４】

例えば、非特許文献１では、発光素子の光取り出し効率を向上させる手段として、高屈折率ガラス基板と高屈折率レンズとを組み合わせた構成や、高屈折率ガラス基板と大気との界面に凹凸構造を設けた構成を採用している。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【０００５】

【非特許文献１】「Ｗｈｉｔｅ ｏｒｇａｎｉｃ ｌｉｇｈｔ－ｅｍｉｔｔｉｎｇ ｄｉｏｄｅｓ ｗｉｔｈ ｆｌｕｏｒｅｓｃｅｎｔ ｔｕｂｅ ｅｆｆｉｃｉｅｎｃｙ」，Ｎａｔｕｒｅ，１４ Ｍａｙ ２００９，Ｖｏｌ．４５９，ｐ．２３４－２３９

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかし、可視光を透過し、高屈折率である材料（ガラス、樹脂など）は、種類が少なく高価であるため、非特許文献１に示される構成は、コストが高いという問題がある。

【０００７】

したがって、本発明の一態様は、安価で、光取り出し効率の高い固体発光素子を提供することを目的の一とする。また、該固体発光素子を用いた発光装置、または該発光装置を用いた照明装置を提供することを目的の一とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記課題を解決するために、本発明者らは高屈折率の材料の使用量に着眼した。発光体に接して屈折率が１．６以上の材料層を薄く設け、屈折率が１．０より高く該材料層の屈折率より低い支持体を該材料層と接して設け、材料層と支持体の界面、及び支持体と大気の界面は、それぞれ凹凸構造を有する構成とすれば良い。

【０００９】

このような構成とすることで、高屈折率の媒体から低屈折率の媒体に臨界角を超えて入射する光が全反射し、光の取り出し効率が低下する現象を抑制し、かつ安価な固体発光素子を提供することができる。

【００１０】

したがって、本発明の一態様は、可視光に対する透光性を有し、表裏に、それぞれ独立に、凹凸構造を有する構造体と、構造体の一方の面上に設けられた高屈折率材料層と、高屈折率材料層上に設けられた屈折率が１．６以上の発光領域を含む発光体と、を有し、高屈折率材料層は、構造体に接する面より他方の面が平坦であり、高屈折率材料層の屈折率は、１．６以上であり、構造体の屈折率は、１．０より高く、高屈折率材料層の屈折率より低い固体発光素子である。

【００１１】

また、本発明の一態様は、可視光に対する透光性を有し、表裏に、それぞれ独立に、凹凸構造を有する構造体と、構造体の一方の面上に設けられた高屈折率材料層と、高屈折率材料層上に設けられた第１の電極と、第１の電極上に設けられた発光物質を含む層と、発光物質を含む層上に設けられた第２の電極と、を有し、高屈折率材料層は、構造体に接する面より他方の面が平坦であり、高屈折率材料層の屈折率、第１の電極の屈折率、及び発光物質を含む層の屈折率は、それぞれ１．６以上であり、構造体の屈折率は、１．０より高く、高屈折率材料層の屈折率より低い固体発光素子である。

【００１２】

上記構成の固体発光素子は、高屈折率材料層と第１の電極の接する面が平坦であるため、例えば、該固体発光素子が有機ＥＬ素子である場合にも、第１の電極を平坦に形成でき、第１の電極の凹凸に起因する有機ＥＬのリーク電流が抑制でき、高い信頼性が得られるた

め好ましい。
【００１３】
また、上記固体発光素子において、高屈折率材料層と第１の電極との間に、屈折率が１．６以上の窒化膜を有することが好ましい。
【００１４】
上記構成の固体発光素子は、高屈折率材料層と第１の電極との間に屈折率が１．６以上の窒化膜を有するため、光の取り出し効率を低下することなく、発光体への不純物の拡散を防ぐことができる。例えば、該固体発光素子が有機ＥＬ素子である場合にも、構造体や高屈折率材料層に含まれる水分がＥＬ層に浸入することを防ぐことが可能であり好ましい。
【００１５】
また、上記固体発光素子において、構造体の屈折率が１．３以上であり、高屈折率材料層の屈折率よりも低いことが好ましい。
【００１６】
また、上記固体発光素子において、高屈折率材料層の屈折率が、１．７以上であることが好ましい。
【００１７】
上記固体発光素子において、構造体は、複数の層からなっていても良い。構造体が複数の層からなる場合、それらの層の屈折率の差は、０．１５以下であると、屈折率の差による光の反射を１％以下に抑制することができ、好ましい。さらに、屈折率の差は０．１０以下であるとより好ましい。
【００１８】
例えば、構造体は、高屈折率材料層と接する第１の層と、第１の層と一方の面で接する第２の層からなり、第１の層の屈折率と第２の層の屈折率の差は、０．１５以下であり、第１の層は、高屈折率材料層と接する面に凹凸構造を有し、第２の層は、他方の面に凹凸構造を有する構成とすることができる。
【００１９】
また、構造体は、高屈折率材料層と接する第１の層と、第１の層と接する第２の層と、第２の層と接する第３の層からなり、第１の層の屈折率、第２の層の屈折率、及び第３の層の屈折率の差は、０．１５以下であり、第１の層は、高屈折率材料層と接する面に凹凸構造を有し、第３の層は、第２の層と接する面とは逆側の面に凹凸構造を有する構成とすることができる。
【００２０】
本発明の一態様は、上記固体発光素子を備える発光装置である。また、本発明の一態様は、該発光装置を備える照明装置である。
【発明の効果】
【００２１】
本発明の一態様は、安価で、光取り出し効率の高い固体発光素子を提供することができる。また、該固体発光素子を用いた発光装置、または該発光装置を用いた照明装置を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００２２】
【図１】本発明の一態様の固体発光素子の一例を示す図。
【図２】実施の形態に係る構造体の一例を示す図。
【図３】実施の形態に係る有機ＥＬ素子の一例を示す図。
【図４】実施の形態に係る照明装置の一例を示す図。
【図５】実施例に係る有機ＥＬ素子の一例を示す図。
【図６】実施例に係る固体発光素子の一例を示す図。
【発明を実施するための形態】
【００２３】
実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定さ

れず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。

【００２４】

（実施の形態１）

本実施の形態では、本発明の一態様の固体発光素子について図１及び図２を用いて説明する。

【００２５】

図１（Ａ）の固体発光素子は、構造体１０１、高屈折率材料層２０１、及び発光体３０１からなる。

【００２６】

構造体１０１は、可視光に対する透光性（以後、単に透光性と記す）を有し、表裏に、それぞれ独立に、凹凸構造を有する。凹凸構造は、ストライプ状であっても効果を奏するが、マトリクス状の凹凸構造が好ましい。また、構造体１０１の屈折率は１．０より高く高屈折率材料層２０１の屈折率より低い。特に、構造体１０１の屈折率は、１．３以上であり、高屈折率材料層２０１の屈折率よりも低いことが好ましい。

【００２７】

図２（Ａ）～（Ｆ）に、本発明の一態様の固体発光素子が備える構造体１０１の一例を示す。

【００２８】

図２（Ａ）～（Ｆ）に示す構造体１０１は、表裏に、それぞれ独立に、凹凸構造のパターンを有する。構造体１０１が有する凹凸構造のパターンは、特に限定されず、例えば、半球状（図２（Ａ）～（Ｄ）、（Ｆ））や、円錐、角錐（三角錐、四角錐等）などの頂点を有する形状とすることができる（図２（Ｅ））。

【００２９】

凹凸構造は、高屈折率材料層２０１と接する側の凹凸の大きさ、高さについては、０．１～１００μｍ程度とすることが好ましい。逆側の凹凸の大きさ、高さについては、０．１～１０００μｍ程度とすることが好ましい。高屈折率材料層２０１と接する側の凹凸構造の大きさは、高屈折率材料層２０１に用いる材料の使用量に影響を与えるため、凹凸の大きさ、高さの許容範囲が狭い。一方、逆側の面の凹凸構造は、１０００μｍを超えた大きさ、高さの構造を採用しても問題ない。また、どちらの面の凹凸も、特に、１μｍ以上であると、光の干渉による影響を抑制することができるため、好ましい。

【００３０】

パターンは、隣り合う部分において隙間が生じないように設けられていることが好ましい。例えば、パターンは最密充填で配置されることが好ましい。例えば、好ましい底面形状として、正六角形が挙げられる。

【００３１】

構造体１０１は、図２（Ａ）に示すように、一種類の材料で構成されていても良いし、図２（Ｂ）～（Ｆ）にそれぞれ示すように、複数の材料の積層で構成されていても良い。複数の層で構成する場合、構造体１０１の屈折率は層によって異なっていても良い。

【００３２】

構造体１０１の屈折率が層によって異なる場合、全ての層の屈折率の差が０．１５以下であると、屈折率の差による光の反射を１％以下に抑制することができ、好ましい。より好ましくは、０．１０以下であり、構造体１０１を形成する層の屈折率の差が小さいほど、屈折率の差による光の反射を抑制することができる。

【００３３】

構造体が、屈折率の異なる複数の層からなる場合、隣り合う２層において、高屈折率材料層２０１側の層の屈折率が、光を取り出す側の層の屈折率よりも高い場合は、２層の界面

に凹凸構造を設けることが好ましい。
【００３４】
また、構造体１０１に含まれる隣り合う２層において、高屈折率材料層２０１側の層の屈折率が、光を取り出す側の層の屈折率以下の場合、上記凹凸構造を設ける工程が不要となり便宜である。
【００３５】
構造体１０１を形成する層のうち、高屈折率材料層２０１に接する層の屈折率が、最も小さいことが好ましい。これは、構造体１０１を形成する層同士の界面において、全反射を抑制することができ、光取り出し効率が向上するためである。
【００３６】
図２（Ａ）に示す構造体１０１は、第１の層１１１のみからなる。第１の層１１１は、屈折率が、１．０より高く、高屈折率材料層２０１の屈折率より低い材料を用いて形成すれば良い。
【００３７】
第１の層１１１に用いることができる材料としては、例えば、屈折率が１．０より高く１．６より低いガラスや樹脂などが挙げられる。樹脂としては、ポリエステル樹脂、ポリアクリルニトリル樹脂、ポリイミド樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリエーテルスルホン樹脂、ポリアミド樹脂、シクロオレフィン樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリアミドイミド樹脂、またはポリ塩化ビニル樹脂などを用いることができる。特に、屈折率が１．４以上１．６未満の材料を用いることが好ましい。
【００３８】
上述の材料に、凹凸構造を作製するための方法としては、例えば、エッチング法、砥粒加工法（サンドブラスト法）、マイクロブラスト加工法、液滴吐出法や、印刷法（スクリーン印刷やオフセット印刷などパターンが形成される方法）、スピンコート法などの塗布法、ディッピング法、ディスペンサ法、インプリント法、ナノインプリント法等を適宜用いることができる。
【００３９】
図２（Ｂ）～（Ｅ）に示す構造体１０１は、第１の層１１１と、第２の層１１２からなる。第１の層１１１は、高屈折率材料層２０１と接する面にパターンを有する。第２の層１１２は、第１の層１１１と接する面とは逆側の面にパターンを有する。
【００４０】
図２（Ｃ）～（Ｅ）に示す構造体１０１において、第１の層１１１は前述の材料・方法を用いて形成することができる。また、第２の層１１２は、第１の層１１１に用いることができる材料・方法を用いることができるほか、半球レンズ、マイクロレンズアレイや、凹凸構造が施されたフィルム、光拡散フィルム等を用いることもできる。例えば、第１の層１１１に上記レンズやフィルムを、第１の層１１１又は該レンズもしくはフィルムと同程度の屈折率を有する接着剤等を用いて接着することで第２の層１１２を形成することができる。
【００４１】
図２（Ｂ）に示す構造体１０１において、第１の層１１１は、図２（Ｃ）～（Ｅ）の第２の層１１２と同様の材料・方法を用いて形成することができ、第２の層１１２は、図２（Ｃ）～（Ｅ）の第１の層１１１と同様の材料・方法を用いて形成することができる。
【００４２】
図２（Ｂ）～（Ｅ）に示す構造体１０１のように、構造体が２層からなる場合は、第１の層１１１の屈折率と、第２の層１１２の屈折率の差は０．１５以下であることが好ましい。構造体１０１を形成する層の屈折率の差が小さいほど、屈折率の差による光の反射を抑制することができる。また、第１の層１１１の屈折率が、第２の層１１２の屈折率よりも低いと、第１の層１１１と第２の層１１２の界面における全反射等による光のロスを抑制することができ、光取り出し効率が向上するため好ましい。
【００４３】

図２（Ｆ）に示す構造体１０１は、第１の層１１１、第２の層１１２、及び第３の層１１３からなる。第１の層１１１は、高屈折率材料層２０１と接する面に凹凸構造を有する。第２の層１１２は、第３の層１１３と接する面とは逆側の面に凹凸構造を有する。第１の層１１１及び第２の層１１２は、それぞれ図２（Ｃ）～（Ｅ）と同様の材料・方法を用いて形成することができる。

【００４４】

図２（Ｆ）に示す構造体１０１において、少なくとも第３の層１１３が、支持体としての機能を備えていれば良い。したがって、第１の層１１１及び第２の層１１２は、薄く形成されていれば良く、必要な光学特性を有する材料を適宜選択して形成することができる。第１の層１１１及び第２の層１１２の膜厚は、それぞれ数十μｍ程度で形成すれば良く、必要によってはそれ以上の厚さで形成しても良い。

【００４５】

第３の層１１３は凹凸加工が不要であるため、前述のガラスや樹脂の中でも、加工性の良さなどにこだわらず、安価な材料や入手が容易な材料を適宜用いることができる。例えば、樹脂は、軽くて割れにくいだけでなく、再利用が容易であるため好ましい。

【００４６】

図２（Ｆ）に示す構造体１０１のように、構造体が３層からなる場合、３層の屈折率の差は、０．１５以下であることが好ましい。３層の屈折率の差が小さいほど、屈折率の差による光の反射を抑制することができる。

【００４７】

また、第１の層１１１の屈折率が最も低く、第２の層１１２の屈折率は、第１の層１１１の屈折率以上であり、第３の層１１３の屈折率は、第２の層１１２の屈折率以上であることが好ましい。第１の層１１１と第２の層１１２の界面、及び第２の層１１２と第３の層１１３の界面においても、全反射等による光のロスを抑制することができ、光取り出し効率が向上するためである。

【００４８】

なお、構造体１０１において、高屈折率材料層２０１と接する面のパターンは、高屈折率材料層２０１を設ける前に形成するが、逆側（光を取り出す側）の面のパターンは、形成時期に限定は無く、高屈折率材料層２０１を設ける前に形成しても、構造体１０１上に高屈折率材料層２０１や、発光層等を設けた後に形成しても良い。高屈折率材料層２０１や発光体等を形成する工程中や搬送中に、パターンが壊れることを防ぐことができるため、固体発光素子を構成する層を形成した後（または、発光体等を封止した後）に、光を取り出す側の面にパターンを形成することが好ましい。

【００４９】

高屈折率材料層２０１は、高屈折率ガラスや、液体、樹脂からなる。高屈折率材料層２０１は、透光性を有する。高屈折率材料層２０１の屈折率は、１．６以上、好ましくは１．７以上２．１以下とする。高屈折率の樹脂としては、臭素が含まれる樹脂、硫黄が含まれる樹脂などが挙げられ、例えば、含硫黄ポリイミド樹脂、エピスルフィド樹脂、チオウレタン樹脂、又は臭素化芳香族樹脂などを用いることができる。また、ＰＥＴ（ポリエチレンテレフタラート）、ＴＡＣ（トリアセチルセルロース）なども用いることができる。高屈折率の液体としては、硫黄及びヨウ化メチレンを含む接触液（屈折液）などを用いることができる。成膜方法としては、材料にあった種々の方法を適用すれば良い。例えば、前述の樹脂を、スピンコート法を用いて成膜し、熱または光によって硬化させることで形成することができる。接着強度や加工のしやすさなどを考慮し適宜選択することができる。

【００５０】

一般に、高屈折率の樹脂は高価であるが、本発明の一態様の固体発光素子において、高屈折率材料層２０１は、数十μｍ程度といった薄い膜厚で形成すれば良い。したがって、低コストで光取り出し効率の高い固体発光素子を作製することができる。

【００５１】

発光体３０１は、ＬＥＤ（Ｌｉｇｈｔ　Ｅｍｉｔｔｉｎｇ　Ｄｉｏｄｅ）、有機ＥＬ（エ

レクトロルミネッセンス、Ｅｌｅｃｔｒｏｌｕｍｉｎｅｓｃｅｎｃｅ）素子、無機ＥＬ素子など、屈折率が１．６以上の材料を用いることができる。発光体３０１に有機ＥＬを用いた固体発光素子を図１（Ｂ）に示す。

【００５２】

図１（Ｂ）の固体発光素子は、構造体１０１、高屈折率材料層２０１、第１の電極１０３、発光物質を含むＥＬ層１０２、第２の電極１０８からなる。

【００５３】

図１（Ｂ）において、高屈折率材料層２０１は、構造体１０１と接する面よりも、第１の電極１０３と接する面のほうが平坦である。したがって、ＥＬ層１０２のリーク電流を抑制することができる。

【００５４】

以上のように、本実施の形態の固体発光素子は、支持体と発光体との間に、１．６以上の屈折率の高屈折率材料層を薄く設けている。さらに、支持体と大気との界面、及び支持体と高屈折率の層との界面には、それぞれ凹凸構造を設けている。

【００５５】

このような構成とすることで、高価な高屈折率材料の使用量を減らし、安価で高い光取り出し効率の固体発光素子を実現することができる。

【００５６】

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【００５７】

（実施の形態２）

本実施の形態では、本発明の一態様の固体発光素子の一例を説明する。本実施の形態では、有機ＥＬ素子を例にして、図３を用いて説明する。

【００５８】

図３（Ａ）に示す発光素子は、構造体１０１上の高屈折率材料層２０１と、高屈折率材料層２０１上の窒化膜２０２と、窒化膜２０２上の第１の電極１０３と、第１の電極１０３上のＥＬ層１０２と、ＥＬ層１０２上の第２の電極１０８とを有する。

【００５９】

ＥＬ層１０２は、少なくとも発光性の有機化合物を含む発光層が含まれていれば良い。そのほか、電子輸送性の高い物質を含む層、正孔輸送性の高い物質を含む層、電子注入性の高い物質を含む層、正孔注入性の高い物質を含む層、バイポーラ性の物質（電子輸送性及び正孔輸送性が高い物質）を含む層等を適宜組み合わせた積層構造を構成することができる。図３（Ａ）において、ＥＬ層１０２は、第１の電極１０３側から、正孔注入層７０１、正孔輸送層７０２、発光層７０３、電子輸送層７０４、及び電子注入層７０５の順で積層されている。また、本実施の形態において、ＥＬ層１０２の屈折率は、１．７以上である。

【００６０】

窒化膜２０２は、構造体１０１や高屈折率材料層２０１に含まれる水分から、後に作製する一対の電極層（第１の電極１０３、第２の電極１０８）やＥＬ層１０２を保護する効果を有するため、設けることが好ましい。窒化膜２０２は透光性を有する。

【００６１】

図３（Ａ）に示す発光素子の作製方法について説明する。

【００６２】

まず、構造体１０１を用意する。構造体１０１としては、実施の形態１で説明した構成を適用することができる。本実施の形態では、ここで、屈折率１．５のガラス基板の一方の面に、屈折率１．３６のフッ素樹脂膜を形成し、インプリント法を用いて、凹凸構造を形成する。フッ素樹脂は、数十μｍ程度の厚みで成膜すれば良い。他方の面は、一対の電極層やＥＬ層１０２を作製した後に、凹凸構造を形成することとし、詳細は後述する。

【００６３】

構造体１０１は、光を取り出す側に、凹凸構造が施されているため、従来では、構造体１０１内を導波していた基板モード光を外部に取り出すことができる。よって、光取り出し効率を向上させることができる。

【００６４】

次に、構造体１０１上に高屈折率材料層２０１を形成する。高屈折率材料層２０１は、実施の形態１で説明した材料で形成することができる。

【００６５】

構造体１０１に凹凸構造が施されているため、従来ではＥＬ層内を導波していた薄膜モード光を外部に取り出すことができる。よって、光取り出し効率を向上させることができる。

【００６６】

高屈折率材料層２０１は、構造体１０１と接する面より、他方の面（ここでは、窒化膜２０２と接する面）が平坦である。したがって、後に形成するＥＬ層１０２のリーク電流を抑制し、高い信頼性を得ることができる。

【００６７】

次に、高屈折率材料層２０１上に、屈折率が１．６以上の窒化膜２０２を形成する。窒化膜２０２としては、例えば、窒化ケイ素膜、窒化酸化ケイ素膜、窒化アルミニウム膜などを用いることができる。窒化膜２０２を設けることで、光の取り出し効率を低下することなく、発光素子への不純物の拡散を防ぐことができる。例えば、構造体１０１や高屈折率材料層２０１からＥＬ層１０２に水分が侵入することを防ぐことができ、発光素子の寿命の低下を抑制することができる。

【００６８】

次に、窒化膜２０２上に、第１の電極１０３を形成する。第１の電極１０３は、ＥＬ層１０２から見て、光の取り出し方向に設けられるため、透光性を有する材料を用いて形成する。

【００６９】

透光性を有する材料としては、酸化インジウム、インジウム錫酸化物（ＩＴＯともいう）、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などを用いることができる。

【００７０】

また、第１の電極１０３として、金、白金、ニッケル、タングステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、パラジウム、又はチタン等の金属材料を用いることができる。または、それら金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン）等を用いてもよい。なお、金属材料（又はその窒化物）を用いる場合、透光性を有する程度に薄くすればよい。

【００７１】

次に、第１の電極１０３上に、ＥＬ層１０２を形成する。図３（Ａ）において、ＥＬ層１０２は、正孔注入層７０１、正孔輸送層７０２、発光層７０３、電子輸送層７０４、電子注入層７０５を有する。

【００７２】

正孔注入層７０１は、正孔注入性の高い物質を含む層である。正孔注入性の高い物質としては、例えば、モリブデン酸化物、チタン酸化物、バナジウム酸化物、レニウム酸化物、ルテニウム酸化物、クロム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物、タンタル酸化物、銀酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等の金属酸化物を用いることができる。また、フタロシアニン（略称：H_2Pc）、銅（ＩＩ）フタロシアニン（略称：ＣｕＰｃ）等のフタロシアニン系の化合物を用いることができる。

【００７３】

また、低分子の有機化合物である４，４’，４’’－トリス（Ｎ，Ｎ－ジフェニルアミノ）トリフェニルアミン（略称：ＴＤＡＴＡ）、４，４’，４’’－トリス［Ｎ－（３－メチルフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］トリフェニルアミン（略称：ＭＴＤＡＴＡ）、４，４’－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニ

ル（略称：ＤＰＡＢ）、４，４’－ビス（Ｎ－｛４－［Ｎ’－（３－メチルフェニル）－Ｎ’－フェニルアミノ］フェニル｝－Ｎ－フェニルアミノ）ビフェニル（略称：ＤＮＴＰＤ）、１，３，５－トリス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ベンゼン（略称：ＤＰＡ３Ｂ）、３－［Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＡ１）、３，６－ビス［Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＡ２）、３－［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）アミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＮ１）等の芳香族アミン化合物等を用いることができる。

【００７４】

さらに、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）を用いることもできる。例えば、ポリ（Ｎ－ビニルカルバゾール）（略称：ＰＶＫ）、ポリ（４－ビニルトリフェニルアミン）（略称：ＰＶＴＰＡ）、ポリ［Ｎ－（４－｛Ｎ’－［４－（４－ジフェニルアミノ）フェニル］フェニル－Ｎ’－フェニルアミノ｝フェニル）メタクリルアミド］（略称：ＰＴＰＤＭＡ）、ポリ［Ｎ，Ｎ’－ビス（４－ブチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ビス（フェニル）ベンジジン］（略称：Ｐｏｌｙ－ＴＰＤ）などの高分子化合物が挙げられる。また、ポリ（３，４－エチレンジオキシチオフェン）／ポリ（スチレンスルホン酸）（ＰＥＤＯＴ／ＰＳＳ）、ポリアニリン／ポリ（スチレンスルホン酸）（ＰＡｎｉ／ＰＳＳ）等の酸を添加した高分子化合物を用いることができる。

【００７５】

特に、正孔注入層７０１として、正孔輸送性の高い有機化合物にアクセプター性物質を含有させた複合材料を用いることが好ましい。正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させた複合材料を用いることにより、第１の電極１０３からの正孔注入性を良好にし、発光素子の駆動電圧を低減することができる。これらの複合材料は、正孔輸送性の高い物質とアクセプター物質とを共蒸着することにより形成することができる。該複合材料を用いて正孔注入層７０１を形成することにより、第１の電極１０３からＥＬ層１０２への正孔注入が容易となる。

【００７６】

複合材料に用いる有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる有機化合物としては、正孔輸送性の高い有機化合物であることが好ましい。具体的には、10^{-6} ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。以下では、複合材料に用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

【００７７】

複合材料に用いることのできる有機化合物としては、例えば、ＴＤＡＴＡ、ＭＴＤＡＴＡ、ＤＰＡＢ、ＤＮＴＰＤ、ＤＰＡ３Ｂ、ＰＣｚＰＣＡ１、ＰＣｚＰＣＡ２、ＰＣｚＰＣＮ１、４，４’－ビス［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＮＰＢ又はα－ＮＰＤ）、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（略称：ＴＰＤ）、４－フェニル－４’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＰＡＦＬＰ）等の芳香族アミン化合物や、４，４’－ジ（Ｎ－カルバゾリル）ビフェニル（略称：ＣＢＰ）、１，３，５－トリス［４－（Ｎ－カルバゾリル）フェニル］ベンゼン（略称：ＴＣＰＢ）、９－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣｚＰＡ）、９－フェニル－３－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＰＣｚＰＡ）、１，４－ビス［４－（Ｎ－カルバゾリル）フェニル］－２，３，５，６－テトラフェニルベンゼン等のカルバゾール誘導体を用いることができる。

【００７８】

また、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス（４－フェニルフェニル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＢＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、９，１０－ジフェニルアントラセン（略称：ＤＰＡｎｔｈ）、２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン（略称：ｔ－ＢｕＡｎｔｈ）、９，１０－ビス（４－メチル－１－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＭＮＡ）、９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］－２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン、９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン等の芳香族炭化水素化合物を用いることができる。

【００７９】

さらに、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン、９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ジフェニル－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス（２－フェニルフェニル）－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス［（２，３，４，５，６－ペンタフェニル）フェニル］－９，９’－ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、２，５，８，１１－テトラ（ｔｅｒｔ－ブチル）ペリレン、ペンタセン、コロネン、４，４’－ビス（２，２－ジフェニルビニル）ビフェニル（略称：ＤＰＶＢｉ）、９，１０－ビス［４－（２，２－ジフェニルビニル）フェニル］アントラセン（略称：ＤＰＶＰＡ）等の芳香族炭化水素化合物を用いることができる。

【００８０】

また、電子受容体としては、７，７，８，８－テトラシアノ－２，３，５，６－テトラフルオロキノジメタン（略称：$Ｆ_4$－ＴＣＮＱ）、クロラニル等の有機化合物や、遷移金属酸化物を挙げることができる。また、元素周期表における第４族乃至第８族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

【００８１】

なお、上述したＰＶＫ、ＰＶＴＰＡ、ＰＴＰＤＭＡ、Ｐｏｌｙ－ＴＰＤ等の高分子化合物と、上述した電子受容体を用いて複合材料を形成し、正孔注入層７０１に用いてもよい。

【００８２】

正孔輸送層７０２は、正孔輸送性の高い物質を含む層である。正孔輸送性の高い物質としては、例えば、ＮＰＢ、ＴＰＤ、ＢＰＡＦＬＰ、４，４’－ビス［Ｎ－（９，９－ジメチルフルオレン－２－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＤＦＬＤＰＢｉ）、４，４’－ビス［Ｎ－（スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＢＳＰＢ）等の芳香族アミン化合物を用いることができる。ここに述べた物質は、主に１０^{-6}ｃｍ^2／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

【００８３】

また、正孔輸送層７０２には、ＣＢＰ、ＣｚＰＡ、ＰＣｚＰＡのようなカルバゾール誘導体や、ｔ－ＢｕＤＮＡ、ＤＮＡ、ＤＰＡｎｔｈのようなアントラセン誘導体を用いても良い。

【００８４】

また、正孔輸送層７０２には、ＰＶＫ、ＰＶＴＰＡ、ＰＴＰＤＭＡ、Ｐｏｌｙ－ＴＰＤなどの高分子化合物を用いることもできる。

【００８５】

発光層７０３は、発光性の有機化合物を含む層である。発光性の有機化合物としては、例えば、蛍光を発光する蛍光性化合物や燐光を発光する燐光性化合物を用いることができる。

【００８６】

発光層７０３に用いることができる蛍光性化合物としては、例えば、青色系の発光材料として、Ｎ，Ｎ’－ビス［４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］－Ｎ，Ｎ’－ジフェニルスチルベン－４，４’－ジアミン（略称：ＹＧＡ２Ｓ）、４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）－４’－（１０－フェニル－９－アントリル）トリフェニルアミン（略称：ＹＧＡＰＡ）、４－（１０－フェニル－９－アントリル）－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡＰＡ）などが挙げられる。また、緑色系の発光材料として、Ｎ－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）－Ｎ，９－ジフェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＰＡ）、Ｎ－［９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）－２－アントリル］－Ｎ，９－ジフェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＢＰｈＡ）、Ｎ－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン（略称：２ＤＰＡＰＡ）、Ｎ－［９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）－２－アントリル］－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン（略称：２ＤＰＡＢＰｈＡ）、Ｎ－［９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）］－Ｎ－［４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］－Ｎ－フェニルアントラセン－２－アミン（略称：２ＹＧＡＢＰｈＡ）、Ｎ，Ｎ，９－トリフェニルアントラセン－９－アミン（略称：ＤＰｈＡＰｈＡ）などが挙げられる。また、黄色系の発光材料として、ルブレン、５，１２－ビス（１，１’－ビフェニル－４－イル）－６，１１－ジフェニルテトラセン（略称：ＢＰＴ）などが挙げられる。また、赤色系の発光材料として、Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－テトラキス（４－メチルフェニル）テトラセン－５，１１－ジアミン（略称：ｐ－ｍＰｈＴＤ）、７，１４－ジフェニル－Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－テトラキス（４－メチルフェニル）アセナフト［１，２－ａ］フルオランテン－３，１０－ジアミン（略称：ｐ－ｍＰｈＡＦＤ）などが挙げられる。

【００８７】

また、発光層７０３に用いることができる燐光性化合物としては、例えば、青色系の発光材料として、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，$C^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）テトラキス（１－ピラゾリル）ボラート（略称：ＦＩｒ６）、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，$C^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）ピコリナート（略称：ＦＩｒｐｉｃ）、ビス｛２－［３’，５’－ビス（トリフルオロメチル）フェニル］ピリジナト－Ｎ，$C^{2'}$｝イリジウム（ＩＩＩ）ピコリナート（略称：Ｉｒ（CF_3ｐｐｙ）$_2$（ｐｉｃ））、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，$C^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：ＦＩｒ（ａｃａｃ））などが挙げられる。また、緑色系の発光材料として、トリス（２－フェニルピリジナト－Ｎ，$C^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｐｐｙ）$_3$）、ビス（２－フェニルピリジナト－Ｎ，$C^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｐｙ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（１，２－ジフェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｂｉ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｚｑ）$_2$（ａｃａｃ））、トリス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｂｚｑ）$_3$）などが挙げられる。また、黄色系の発光材料として、ビス（２，４－ジフェニル－１，３－オキサゾラト－Ｎ，$C^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｄｐｏ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス［２－（４’－パーフルオロフェニルフェニル）ピリジナト］イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐ－ＰＦ－ｐｈ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（２－フェニルベンゾチアゾラト－Ｎ，$C^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｔ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス［２，３－ビス（４－フルオロフェニ

ル）－５－メチルピラジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｆｄｐｐｒ－Ｍｅ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス｛２－（４－メトキシフェニル）－３，５－ジメチルピラジナト｝イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｍｍｏｐｐｒ）$_2$（ａｃａｃ））などが挙げられる。また、橙色系の発光材料として、トリス（２－フェニルキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｐｑ）$_3$）、ビス（２－フェニルキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｑ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（３，５－ジメチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｒ－Ｍｅ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（５－イソプロピル－３－メチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｒ－ｉＰｒ）$_2$（ａｃａｃ））などが挙げられる。また、赤色系の発光材料として、ビス［２－（２’－ベンゾ［４，５－α］チエニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{3'}$］イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｔｐ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（１－フェニルイソキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｉｑ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス［２，３－ビス（４－フルオロフェニル）キノキサリナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｆｄｐｑ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ａｃａｃ））、（ジピバロイルメタナト）ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ｄｐｍ））、２，３，７，８，１２，１３，１７，１８－オクタエチル－２１Ｈ，２３Ｈ－ポルフィリン白金（ＩＩ）（略称：ＰｔＯＥＰ）等の有機金属錯体が挙げられる。また、トリス（アセチルアセトナト）（モノフェナントロリン）テルビウム（ＩＩＩ）（略称：Ｔｂ（ａｃａｃ）$_3$（Ｐｈｅｎ））、トリス（１，３－ジフェニル－１，３－プロパンジオナト）（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：Ｅｕ（ＤＢＭ）$_3$（Ｐｈｅｎ））、トリス［１－（２－テノイル）－３，３，３－トリフルオロアセトナト］（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：Ｅｕ（ＴＴＡ）$_3$（Ｐｈｅｎ））等の希土類金属錯体は、希土類金属イオンからの発光（異なる多重度間の電子遷移）であるため、燐光性化合物として用いることができる。

【００８８】

なお、発光層７０３としては、上述した発光性の有機化合物（ゲスト材料）を他の物質（ホスト材料）に分散させた構成としてもよい。ホスト材料としては、各種のものを用いることができ、発光性の物質よりも最低空軌道準位（ＬＵＭＯ準位）が高く、最高被占有軌道準位（ＨＯＭＯ準位）が低い物質を用いることが好ましい。

【００８９】

ホスト材料としては、具体的には、トリス（８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：Ａｌｑ）、トリス（４－メチル－８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：Ａｌｍｑ$_3$）、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］キノリナト）ベリリウム（ＩＩ）（略称：ＢｅＢｑ$_2$）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）（４－フェニルフェノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：ＢＡｌｑ）、ビス（８－キノリノラト）亜鉛（ＩＩ）（略称：Ｚｎｑ）、ビス［２－（２－ベンゾオキサゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＰＢＯ）、ビス［２－（２－ベンゾチアゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＢＴＺ）などの金属錯体、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）、３－（４－ビフェニリル）－４－フェニル－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、２，２’，２’’－（１，３，５－ベンゼントリイル）トリス（１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール）（略称：ＴＰＢＩ）、バソフェナントロリン（略称：ＢＰｈｅｎ）、バソキュプロイン（略称：ＢＣＰ）などの複素環化合物や、９－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣｚＰＡ）、３，６－ジフェニル－

９－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＤＰＣｚＰＡ）、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、９，９’－ビアントリル（略称：ＢＡＮＴ）、９，９’－（スチルベン－３，３’－ジイル）ジフェナントレン（略称：ＤＰＮＳ）、９，９’－（スチルベン－４，４’－ジイル）ジフェナントレン（略称：ＤＰＮＳ２）、３，３’，３’’－（ベンゼン－１，３，５－トリイル）トリピレン（略称：ＴＰＢ３）、９，１０－ジフェニルアントラセン（略称：ＤＰＡｎｔｈ）、６，１２－ジメトキシ－５，１１－ジフェニルクリセンなどの縮合芳香族化合物、Ｎ，Ｎ－ジフェニル－９－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：ＣｚＡ１ＰＡ）、４－（１０－フェニル－９－アントリル）トリフェニルアミン（略称：ＤＰｈＰＡ）、Ｎ，９－ジフェニル－Ｎ－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：ＰＣＡＰＡ）、Ｎ，９－ジフェニル－Ｎ－｛４－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］フェニル｝－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：ＰＣＡＰＢＡ）、Ｎ－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）－Ｎ，９－ジフェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＰＡ）、ＮＰＢ（またはα－ＮＰＤ）、ＴＰＤ、ＤＦＬＤＰＢｉ、ＢＳＰＢなどの芳香族アミン化合物などを用いることができる。

【００９０】

また、ホスト材料は複数種用いることができる。例えば、結晶化を抑制するためにルブレン等の結晶化を抑制する物質をさらに添加してもよい。また、ゲスト材料へのエネルギー移動をより効率良く行うためにＮＰＢ、あるいはＡｌｑ等をさらに添加してもよい。

【００９１】

ゲスト材料をホスト材料に分散させた構成とすることにより、発光層７０３の結晶化を抑制することができる。また、ゲスト材料の濃度が高いことによる濃度消光を抑制することができる。

【００９２】

また、発光層７０３として高分子化合物を用いることができる。具体的には、青色系の発光材料として、ポリ（９，９－ジオクチルフルオレン－２，７－ジイル）（略称：ＰＦＯ）、ポリ［（９，９－ジオクチルフルオレン－２，７－ジイル）－ｃｏ－（２，５－ジメトキシベンゼン－１，４－ジイル）］（略称：ＰＦ－ＤＭＯＰ）、ポリ｛（９，９－ジオクチルフルオレン－２，７－ジイル）－ｃｏ－［Ｎ，Ｎ’－ジ－（ｐ－ブチルフェニル）－１，４－ジアミノベンゼン］｝（略称：ＴＡＢ－ＰＦＨ）などが挙げられる。また、緑色系の発光材料として、ポリ（ｐ－フェニレンビニレン）（略称：ＰＰＶ）、ポリ［（９，９－ジヘキシルフルオレン－２，７－ジイル）－ａｌｔ－ｃｏ－（ベンゾ［２，１，３］チアジアゾール－４，７－ジイル）］（略称：ＰＦＢＴ）、ポリ［（９，９－ジオクチル－２，７－ジビニレンフルオレニレン）－ａｌｔ－ｃｏ－（２－メトキシ－５－（２－エチルヘキシロキシ）－１，４－フェニレン）］などが挙げられる。また、橙色～赤色系の発光材料として、ポリ［２－メトキシ－５－（２’－エチルヘキソキシ）－１，４－フェニレンビニレン］（略称：ＭＥＨ－ＰＰＶ）、ポリ（３－ブチルチオフェン－２，５－ジイル）（略称：Ｒ４－ＰＡＴ）、ポリ｛［９，９－ジヘキシル－２，７－ビス（１－シアノビニレン）フルオレニレン］－ａｌｔ－ｃｏ－［２，５－ビス（Ｎ，Ｎ’－ジフェニルアミノ）－１，４－フェニレン］｝、ポリ｛［２－メトキシ－５－（２－エチルヘキシロキシ）－１，４－ビス（１－シアノビニレンフェニレン）］－ａｌｔ－ｃｏ－［２，５－ビス（Ｎ，Ｎ’－ジフェニルアミノ）－１，４－フェニレン］｝（略称：ＣＮ－ＰＰＶ－ＤＰＤ）などが挙げられる。

【００９３】

また、複数の発光層を設け、それぞれの発光層の発光色を異なるものにすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、２つの発光層を有する発

光素子において、第１の発光層の発光色と第２の発光層の発光色を補色の関係になるようにすることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも可能である。なお、補色とは、混合すると無彩色になる色同士の関係をいう。つまり、補色の関係にある色を発光する物質から得られた光を混合すると、白色発光を得ることができる。また、３つ以上の発光層を有する発光素子の場合でも同様である。

【００９４】

電子輸送層７０４は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送性の高い物質としては、例えば、トリス（８－キノリノラト）アルミニウム（略称：Ａｌｑ）、トリス（４－メチル－８－キノリノラト）アルミニウム（略称：$Ａｌｍｑ_{3}$）、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］キノリナト）ベリリウム（略称：$ＢｅＢｑ_{2}$）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）（４－フェニルフェノラト）アルミニウム（略称：ＢＡｌｑ）など、キノリン骨格又はベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等が挙げられる。また、この他ビス［２－（２－ヒドロキシフェニル）ベンゾオキサゾラト］亜鉛（略称：$Ｚｎ（ＢＯＸ）_{2}$）、ビス［２－（２－ヒドロキシフェニル）ベンゾチアゾラト］亜鉛（略称：$Ｚｎ（ＢＴＺ）_{2}$）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）や、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）、３－（４－ビフェニリル）－４－フェニル－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、バソフェナントロリン（略称：ＢＰｈｅｎ）、バソキュプロイン（略称：ＢＣＰ）なども用いることができる。ここに述べた物質は、主に$１０^{－６}ｃｍ^{２}／Ｖｓ$以上の電子移動度を有する物質である。また、電子輸送層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

【００９５】

電子注入層７０５は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層７０５には、リチウム、セシウム、カルシウム、フッ化リチウム、フッ化セシウム、フッ化カルシウム、リチウム酸化物等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、又はそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウムのような希土類金属化合物を用いることができる。また、上述した電子輸送層７０４を構成する物質を用いることもできる。

【００９６】

なお、上述した正孔注入層７０１、正孔輸送層７０２、発光層７０３、電子輸送層７０４、電子注入層７０５は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。

【００９７】

ＥＬ層は、図３（Ｂ）に示すように、第１の電極１０３と第２の電極１０８との間に複数積層されていても良い。この場合、積層された第１のＥＬ層８００と第２のＥＬ層８０１との間には、電荷発生層８０３を設けることが好ましい。電荷発生層８０３は上述の複合材料で形成することができる。また、電荷発生層８０３は複合材料からなる層と他の材料からなる層との積層構造でもよい。この場合、他の材料からなる層としては、電子供与性物質と電子輸送性の高い物質とを含む層や、透明導電膜からなる層などを用いることができる。このような構成を有する発光素子は、エネルギーの移動や消光などの問題が起こり難く、材料の選択の幅が広がることで高い発光効率と長い寿命とを併せ持つ発光素子とすることが容易である。また、一方のＥＬ層で燐光発光、他方で蛍光発光を得ることも容易である。この構造は上述のＥＬ層の構造と組み合わせて用いることができる。

【００９８】

また、それぞれのＥＬ層の発光色を異なるものにすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、２つのＥＬ層を有する発光素子において、第１のＥＬ層の発光色と第２のＥＬ層の発光色を補色の関係になるようにすることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも可能である。また、３つ以上のＥＬ層を

有する発光素子の場合でも同様である。

【００９９】

ＥＬ層１０２は、図３（Ｃ）に示すように、第１の電極１０３と第２の電極１０８との間に、正孔注入層７０１、正孔輸送層７０２、発光層７０３、電子輸送層７０４、電子注入バッファー層７０６、電子リレー層７０７、及び第２の電極１０８と接する複合材料層７０８を有していても良い。

【０１００】

第２の電極１０８と接する複合材料層７０８を設けることで、特にスパッタリング法を用いて第２の電極１０８を形成する際に、ＥＬ層１０２が受けるダメージを低減することができるため、好ましい。複合材料層７０８は、前述の、正孔輸送性の高い有機化合物にアクセプター性物質を含有させた複合材料を用いることができる。

【０１０１】

さらに、電子注入バッファー層７０６を設けることで、複合材料層７０８と電子輸送層７０４との間の注入障壁を緩和することができるため、複合材料層７０８で生じた電子を電子輸送層７０４に容易に注入することができる。

【０１０２】

電子注入バッファー層７０６には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））等の電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

【０１０３】

また、電子注入バッファー層７０６が、電子輸送性の高い物質とドナー性物質を含んで形成される場合には、電子輸送性の高い物質に対して質量比で、０．００１以上０．１以下の比率でドナー性物質を添加することが好ましい。なお、ドナー性物質としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））の他、テトラチアナフタセン（略称：ＴＴＮ）、ニッケロセン、デカメチルニッケロセン等の有機化合物を用いることもできる。なお、電子輸送性の高い物質としては、先に説明した電子輸送層７０４の材料と同様の材料を用いて形成することができる。

【０１０４】

さらに、電子注入バッファー層７０６と複合材料層７０８との間に、電子リレー層７０７を形成することが好ましい。電子リレー層７０７は、必ずしも設ける必要は無いが、電子輸送性の高い電子リレー層７０７を設けることで、電子注入バッファー層７０６へ電子を速やかに送ることが可能となる。

【０１０５】

複合材料層７０８と電子注入バッファー層７０６との間に電子リレー層７０７が挟まれた構造は、複合材料層７０８に含まれるアクセプター性物質と、電子注入バッファー層７０６に含まれるドナー性物質とが相互作用を受けにくく、互いの機能を阻害しにくい構造である。したがって、駆動電圧の上昇を抑制することができる。

【０１０６】

電子リレー層７０７は、電子輸送性の高い物質を含み、該電子輸送性の高い物質のＬＵＭＯ準位は、複合材料層７０８に含まれるアクセプター性物質のＬＵＭＯ準位と、電子輸送層７０４に含まれる電子輸送性の高い物質のＬＵＭＯ準位との間となるように形成する。また、電子リレー層７０７がドナー性物質を含む場合には、当該ドナー性物質のドナー準位も複合材料層７０８に含まれるアクセプター性物質のＬＵＭＯ準位と、電子輸送層７０４に含まれる電子輸送性の高い物質のＬＵＭＯ準位との間となるようにする。具体的なエネルギー準位の数値としては、電子リレー層７０７に含まれる電子輸送性の高い物質のＬ

ＵＭＯ準位は－５．０ｅＶ以上、好ましくは－５．０ｅＶ以上－３．０ｅＶ以下とするとよい。

【０１０７】

電子リレー層７０７に含まれる電子輸送性の高い物質としてはフタロシアニン系の材料又は金属－酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体を用いることが好ましい。

【０１０８】

電子リレー層７０７に含まれるフタロシアニン系材料としては、ＣｕＰｃ、ＳｎＰｃ（Ｐｈｔｈａｌｏｃｙａｎｉｎｅ ｔｉｎ（ＩＩ） ｃｏｍｐｌｅｘ）、ＺｎＰｃ（Ｐｈｔｈａｌｏｃｙａｎｉｎｅ ｚｉｎｃ ｃｏｍｐｌｅｘ）、ＣｏＰｃ（Ｃｏｂａｌｔ（ＩＩ） ｐｈｔｈａｌｏｃｙａｎｉｎｅ，β－ｆｏｒｍ）、ＦｅＰｃ（Ｐｈｔｈａｌｏｃｙａｎｉｎｅ Ｉｒｏｎ）及びＰｈＯ－ＶＯＰｃ（Ｖａｎａｄｙｌ ２，９，１６，２３－ｔｅｔｒａｐｈｅｎｏｘｙ－２９Ｈ，３１Ｈ－ｐｈｔｈａｌｏｃｙａｎｉｎｅ）のいずれかを用いることが好ましい。

【０１０９】

電子リレー層７０７に含まれる金属－酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体としては、金属－酸素の二重結合を有する金属錯体を用いることが好ましい。金属－酸素の二重結合はアクセプター性（電子を受容しやすい性質）を有するため、電子の移動（授受）がより容易になる。また、金属－酸素の二重結合を有する金属錯体は安定であると考えられる。したがって、金属－酸素の二重結合を有する金属錯体を用いることにより発光素子を低電圧でより安定に駆動することが可能になる。

【０１１０】

金属－酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体としてはフタロシアニン系材料が好ましい。具体的には、ＶＯＰｃ（Ｖａｎａｄｙｌ ｐｈｔｈａｌｏｃｙａｎｉｎｅ）、ＳｎＯＰｃ（Ｐｈｔｈａｌｏｃｙａｎｉｎｅ ｔｉｎ（ＩＶ） ｏｘｉｄｅ ｃｏｍｐｌｅｘ）及びＴｉＯＰｃ（Ｐｈｔｈａｌｏｃｙａｎｉｎｅ ｔｉｔａｎｉｕｍ ｏｘｉｄｅ ｃｏｍｐｌｅｘ）のいずれかは、分子構造的に金属－酸素の二重結合が他の分子に対して作用しやすく、アクセプター性が高いため好ましい。

【０１１１】

なお、上述したフタロシアニン系材料としては、フェノキシ基を有するものが好ましい。具体的にはＰｈＯ－ＶＯＰｃのような、フェノキシ基を有するフタロシアニン誘導体が好ましい。フェノキシ基を有するフタロシアニン誘導体は、溶媒に可溶である。そのため、発光素子を形成する上で扱いやすいという利点を有する。また、溶媒に可溶であるため、成膜に用いる装置のメンテナンスが容易になるという利点を有する。

【０１１２】

電子リレー層７０７はさらにドナー性物質を含んでいても良い。ドナー性物質としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属及びこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウムなどの酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウムなどの炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、又は希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））の他、テトラチアナフタセン（略称：ＴＴＮ）、ニッケロセン、デカメチルニッケロセンなどの有機化合物を用いることができる。電子リレー層７０７にこれらドナー性物質を含ませることによって、電子の移動が容易となり、発光素子をより低電圧で駆動することが可能になる。

【０１１３】

電子リレー層７０７にドナー性物質を含ませる場合、電子輸送性の高い物質としては上記した材料の他、複合材料層７０８に含まれるアクセプター性物質のアクセプター準位より高いＬＵＭＯ準位を有する物質を用いることができる。具体的なエネルギー準位としては、－５．０ｅＶ以上、好ましくは－５．０ｅＶ以上－３．０ｅＶ以下の範囲にＬＵＭＯ準位を有する物質を用いることが好ましい。このような物質としては例えば、ペリレン誘導体や、含窒素縮合芳香族化合物などが挙げられる。なお、含窒素縮合芳香族化合物は、安定であるため、電子リレー層７０７を形成する為に用いる材料として、好ましい材料であ

る。
【０１１４】
ペリレン誘導体の具体例としては、３，４，９，１０－ペリレンテトラカルボン酸二無水物（略称：ＰＴＣＤＡ）、３，４，９，１０－ペリレンテトラカルボキシリックビスベンゾイミダゾール（略称：ＰＴＣＢＩ）、Ｎ，Ｎ’－ジオクチル－３，４，９，１０－ペリレンテトラカルボン酸ジイミド（略称：ＰＴＣＤＩ－Ｃ８Ｈ）、Ｎ，Ｎ’－ジヘキシル－３，４，９，１０－ペリレンテトラカルボン酸ジイミド（略称：Ｈｅｘ　ＰＴＣ）等が挙げられる。
【０１１５】
また、含窒素縮合芳香族化合物の具体例としては、ピラジノ［２，３－ｆ］［１，１０］フェナントロリン－２，３－ジカルボニトリル（略称：ＰＰＤＮ）、２，３，６，７，１０，１１－ヘキサシアノ－１，４，５，８，９，１２－ヘキサアザトリフェニレン（略称：ＨＡＴ（ＣＮ）$_6$）、２，３－ジフェニルピリド［２，３－ｂ］ピラジン（略称：２ＰＹＰＲ）、２，３－ビス（４－フルオロフェニル）ピリド［２，３－ｂ］ピラジン（略称：Ｆ２ＰＹＰＲ）等が挙げられる。
【０１１６】
その他にも、７，７，８，８－テトラシアノキノジメタン（略称：ＴＣＮＱ）、１，４，５，８－ナフタレンテトラカルボン酸二無水物（略称：ＮＴＣＤＡ）、パーフルオロペンタセン、銅ヘキサデカフルオロフタロシアニン（略称：Ｆ$_{16}$ＣｕＰｃ）、Ｎ，Ｎ’－ビス（２，２，３，３，４，４，５，５，６，６，７，７，８，８，８－ペンタデカフルオロオクチル）－１，４，５，８－ナフタレンテトラカルボン酸ジイミド（略称：ＮＴＣＤＩ－Ｃ８Ｆ）、３’，４’－ジブチル－５，５’’－ビス（ジシアノメチレン）－５，５’’－ジヒドロ－２，２’：５’，２’’－テルチオフェン）（略称：ＤＣＭＴ）、メタノフラーレン（例えば、［６，６］－フェニルＣ$_{61}$酪酸メチルエステル）等を用いることができる。
【０１１７】
なお、電子リレー層７０７にドナー性物質を含ませる場合、電子輸送性の高い物質とドナー性物質との共蒸着などの方法によって電子リレー層７０７を形成すれば良い。
【０１１８】
正孔注入層７０１、正孔輸送層７０２、発光層７０３、及び電子輸送層７０４は前述の材料を用いてそれぞれ形成すれば良い。
【０１１９】
そして、ＥＬ層１０２上に、第２の電極１０８を形成する。
【０１２０】
第２の電極１０８は、光の取り出し方向と反対側に設けられ、反射性を有する材料を用いて形成される。反射性を有する材料としては、アルミニウム、金、白金、銀、ニッケル、タングステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、又はパラジウム等の金属材料を用いることができる。そのほか、アルミニウムとチタンの合金、アルミニウムとニッケルの合金、アルミニウムとネオジムの合金などのアルミニウムを含む合金（アルミニウム合金）や銀と銅の合金などの銀を含む合金を用いることもできる。銀と銅の合金は、耐熱性が高いため好ましい。さらに、アルミニウム合金膜に接する金属膜、又は金属酸化物膜を積層することでアルミニウム合金膜の酸化を抑制することができる。該金属膜、金属酸化物膜の材料としては、チタン、酸化チタンなどが挙げられる。上述の材料は、地殻における存在量が多く安価であるため、発光素子の作製コストを低減することができ、好ましい。
【０１２１】
最後に、構造体１０１の光を取り出す側の面に、屈折率１．５のマイクロレンズアレイを用いて凹凸構造を形成する。
【０１２２】
以上により、本実施の形態の有機ＥＬ素子を作製することができる。

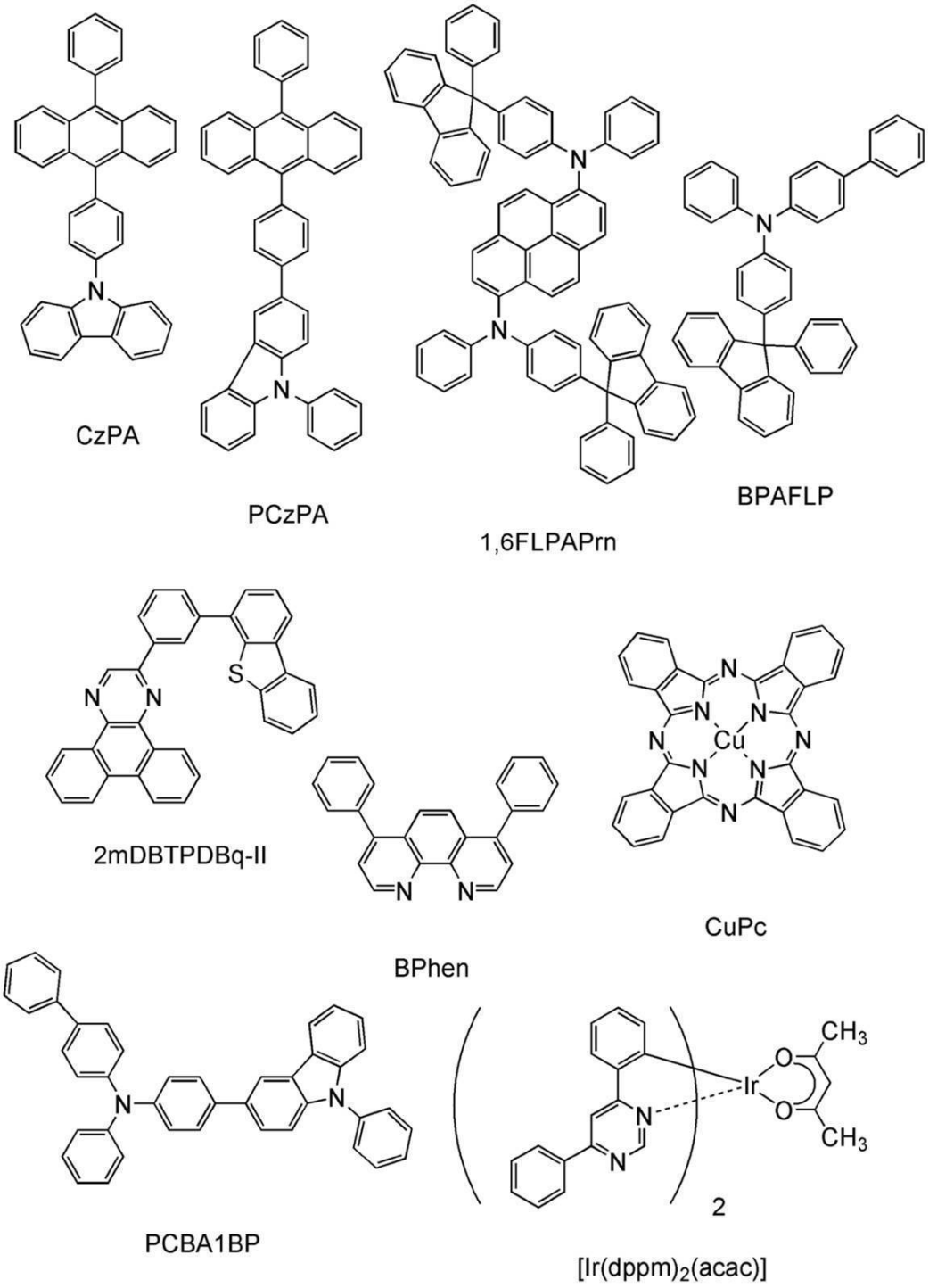
【０１２３】
本発明の一態様では、高屈折率材料の使用量を減らして、光取り出し効率の高い素子を得ることができる。
【０１２４】
（実施の形態３）
本実施の形態では、本発明の一態様の固体発光素子を備える発光装置を用いた、照明装置の一例について図４（Ａ）（Ｂ）を用いて説明する。
【０１２５】
図４（Ａ）は照明装置（卓上照明装置）であり、照明部７５０１、傘７５０２、可変アーム７５０３、支柱７５０４、台７５０５、電源スイッチ７５０６を含む。なお、照明装置は、本発明の一態様により形成される発光装置を照明部７５０１に用いることにより作製される。なお、照明装置には、図４（Ａ）に示す卓上照明装置の他、天井固定型の照明装置（天井固定型照明装置）または壁掛け型の照明装置（壁掛け型照明装置）なども含まれる。
【０１２６】
なお、本発明の一態様を適用して形成される発光装置を照明装置（卓上照明装置）の照明部７５０１に用いることで、電力効率が高く、面内で均一に発光し、光取り出し効率の高い照明装置（卓上照明装置）を提供することができる。
【０１２７】
図４（Ｂ）は、本発明の一態様を適用して形成される発光装置を、室内照明装置として用いた例である。本発明の一態様の発光装置は大面積化に有利であるため、天井固定型照明装置３００１に示すように大面積の照明装置として用いることができる。その他、壁掛け型照明装置３００２として用いることもできる。なお、本発明の一態様を適用して形成される発光装置を用いることで、電力効率が高く、面内で均一に発光し、光取り出し効率の高い照明装置を提供することができる。なお、図４（Ｂ）に示すように、室内照明装置を備えた部屋で、図４（Ａ）で説明した卓上照明装置３０００を併用してもよい。
【実施例１】
【０１２８】
本実施例では、本発明の一態様の固体発光素子の光取り出し効率を計算によって求めた。
【０１２９】
本実施例において、計算には、照明設計解析ソフトウェアであるＬｉｇｈｔ　Ｔｏｏｌｓ　７．１ＳＲ１（サイバネットシステム株式会社製）を用いた。
【０１３０】
以下に、本実施例で用いた固体発光素子の構造について、図５を用いて説明する。本実施例では、固体発光素子として、有機ＥＬ素子を用いた。
【０１３１】
（従来例１）
図５（Ａ）に示す従来例１の有機ＥＬ素子は、ガラス基板１０００上に、インジウムスズ酸化物（ＩＴＯ）からなる第１の電極１００３と、発光物質を含むＥＬ層１００２と、アルミニウムからなる第２の電極１００８とが順に積層された構成とした。
【０１３２】
計算に用いた各々の条件としては、屈折率は、ガラス基板が１．５、第１の電極が２．０、ＥＬ層が１．７８とした。また、第１の電極の透過率は９０％、ＥＬ層の発光領域は６０μｍ□、ＥＬ層の発光波長は５５０ｎｍ、第２の電極の反射率は９０％とした。
【０１３３】
（従来例２）
図５（Ｂ）に示す従来例２の有機ＥＬ素子は、従来例１の構成に加え、ガラス基板１０００の電極やＥＬ層１００２が形成されていない面側に、屈折率１．５の半球状のマイクロレンズ１００４を設けた構成とした。このとき、半球の直径は３０μｍとした。
【０１３４】

（構成例１）
本発明の一態様の有機ＥＬ素子である構成例１（図５（Ｃ））は、従来例２の構成に加え、ガラス基板１００５と第１の電極１００３との間に、高屈折率材料層１００６を設けた。高屈折率材料層１００６の屈折率は１．８とした。また、ガラス基板１００５は、高屈折率材料層１００６と接する面に半球状の凹凸構造を有する構成とした。半球の直径は３０μｍとした。
【０１３５】
（構成例２）
本発明の一態様の有機ＥＬ素子である構成例２（図５（Ｄ））は、従来例２の構成に加え、ガラス基板１０００と第１の電極１００３との間に、ガラス基板１０００側から、低屈折率材料層１００７及び高屈折率材料層１００６を設けた。低屈折率材料層１００７の屈折率は１．３６とし、高屈折率材料層１００６の屈折率は１．８とした。また、低屈折率材料層１００７と高屈折率材料層１００６との界面は半球状の凹凸構造を有する構成とした。半球の直径は３０μｍとした。
【０１３６】
計算から得られたそれぞれの素子の光取り出し効率の値、及び従来例１の光取り出し効率を１としたときの従来例２、構成例１、構成例２の光取り出し効率の比の値を表１に示す。
【０１３７】
【表１】

	光取り出し効率(%)	従来例1との比
従来例1	16.8	1
従来例2	33.3	1.98
構成例1	44.9	2.67
構成例2	53.3	3.17

【０１３８】
表１に示す通り、従来例１・２に比べ、本発明の一態様を適用した構成例１・２は光取り出し効率が高い結果となった。
【０１３９】
また、構成例２の光取り出し効率が最も高い結果となった。構成例２は、高屈折率材料層１００６とガラス基板１０００の間に、ガラス基板１０００よりも低い屈折率の層である低屈折率材料層１００７を有する。これは、低屈折率材料層１００７とガラス基板１０００の界面での全反射等による光のロスを抑制することができ、光取り出し効率が向上したためである。
【０１４０】
以上の結果から、本発明の一態様を適用することで、光取り出し効率の高い固体発光素子を安価に実現できることが示唆された。
【実施例２】
【０１４１】
本実施例では、本発明の一態様の固体発光素子について、図６を用いて説明する。本実施例の固体発光素子は全て有機ＥＬ素子である。本実施例で用いた材料の化学式を以下に示す。
【０１４２】

【化１】



【０１４３】

本実施例では、発光素子１、発光素子２、及び比較発光素子３を作製した。

【０１４４】

本発明の一態様である発光素子１（図６（Ａ））及び発光素子２（図６（Ｂ））は、構造体１０１を有する。そして、構造体１０１上に、高屈折率材料層２０１が形成され、該高屈折率材料層２０１上に、発光体３０１が形成されている。

【０１４５】

図６（Ａ）に示す発光素子１の構造体１０１は、高屈折率材料層２０１側から第１の層１１１、第３の層１１３及び第２の層１１２ａを備える。第１の層１１１は、６μｍピッチのマイクロレンズアレイ（屈折率約１．５）からなり、第３の層１１３は、厚さ０．７ｍｍのガラス（屈折率約１．４８）からなり、第２の層１１２ａは、半球レンズ（屈折率約

１．５）からなる。なお、第３の層１１３及び第２の層１１２ａは、透光性を有する樹脂（屈折率約１．５）を介して接している。

【０１４６】

図６（Ｂ）に示す発光素子２の構造体１０１は、高屈折率材料層２０１側から第１の層１１１、第３の層１１３及び第２の層１１２ｂを備える。第１の層１１１は、６μｍピッチのマイクロレンズアレイ（屈折率約１．５）からなり、第３の層１１３は、厚さ０．７ｍｍのガラス（屈折率約１．４８）からなり、第２の層１１２ｂは、レンズ拡散板（屈折率約１．５）からなる。なお、第３の層１１３及び第２の層１１２ｂは、透光性を有する樹脂（屈折率約１．５）を介して接している。

【０１４７】

従来例である比較発光素子３は、第３の層１１３上に発光体３０１が形成されている（図６（Ｃ））。第３の層１１３は、厚さ０．７ｍｍのガラス（屈折率約１．４８）からなる。

【０１４８】

以下に、具体的な作製方法を示す。

【０１４９】

（発光素子１）

まず、屈折率約１．４８のガラス（コーニング製、ＥＡＧＬＥ　ＸＧ（登録商標））上に屈折率約１．５のマイクロレンズアレイを、金型を用いて作製した。マイクロレンズアレイの材料としては、エポキシメタクリレートを主成分とする「オプトクレーブ　ＨＳ２２６」（株式会社アーデル製）を用いて作製した。前述の通り、マイクロレンズアレイのピッチは６μｍとした。

【０１５０】

次に、マイクロレンズアレイ上に、バーコータで、高屈折率樹脂（膜厚約１０ｎｍ）を塗布した。そして、紫外線（波長：３６５ｎｍ）９０ｍＷ／ｃｍ^{2}以上で１分照射し、該高屈折率樹脂を硬化させることで、高屈折率材料層２０１を形成した。なお、高屈折率樹脂としては、屈折率約１．８のＵＶ硬化型機能性ハードコート剤「ＬＩＯＤＵＲＡＳ」ＴＹＴ８０－０１（東洋インキ株式会社製、Ｌｉｏｄｕｒａｓは登録商標）を用いた。

【０１５１】

そして、高屈折率材料層２０１上に発光体３０１を形成した。発光体３０１の具体的な作製方法は後述する。

【０１５２】

発光体３０１を形成した後、該ガラスにおける発光体３０１が形成されていない側の面であって、発光体３０１の発光領域と重なる位置に、屈折率約１．５の透光性を有する樹脂を介して屈折率約１．５の半球レンズを設けた。なお、半球レンズとしては、非球面コンデンサーレンズ３５×２６．２　ＦＬ（エドモンドオプティクスジャパン製）を用いた。また、透光性を有する樹脂としては、Ｅｌｅｃｔｒｏ－Ｌｉｔｅ社製、ＥＬＣ－２５００　Ｃｌｅａｒを用いた。

【０１５３】

（発光素子２）

まず、発光素子１と同様の方法・材料で、第１の層１１１、第３の層１１３、高屈折率材料層２０１及び発光体３０１を形成した。

【０１５４】

発光体３０１を形成した後、該ガラスにおける発光体３０１が形成されていない側の面であって、発光体３０１の発光領域と重なる位置に、屈折率約１．５の透光性を有する樹脂を介して屈折率約１．５のレンズ拡散板を設けた。レンズ拡散板としては、ＬＳＤ６０ＰＣ１０－Ｆ１２（株式会社　オプティカルソリューションズ製）を用いた。また、透光性を有する樹脂としては、Ｅｌｅｃｔｒｏ－Ｌｉｔｅ社製、ＥＬＣ－２５００　Ｃｌｅａｒを用いた。

【０１５５】

（比較発光素子３）
第３の層１１３上に発光体３０１を形成することで、比較発光素子３を作製した。第３の層１１３としては、屈折率約１．４８のガラス（コーニング製、ＥＡＧＬＥ　ＸＧ（登録商標））を用い、発光体３０１は、発光素子１と同様の方法で作製した。
【０１５６】
以下では、発光素子１、発光素子２及び比較発光素子３が備える発光体３０１の作製方法について、図６（Ｄ）を用いて説明する。
【０１５７】
＜発光体３０１の作製方法＞
酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ＩＴＳＯ）をスパッタリング法にて成膜し、陽極として機能する第１の電極１１０１を形成した。なお、その膜厚は１１０ｎｍとし、電極面積は２ｍｍ×２ｍｍとした。
【０１５８】
次に、第１の電極１１０１が形成された面が下方となるように、第１の電極１１０１が形成された基板１１００を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、10^{-4}Ｐａ程度まで減圧した後、第１の電極１１０１上に、９－フェニル－３－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＰＣｚＰＡ）と酸化モリブデン（ＶＩ）を共蒸着することで、第１の正孔注入層１１１１ａを形成した。その膜厚は５０ｎｍとし、ＰＣｚＰＡと酸化モリブデン（ＶＩ）の比率は、重量比で２：１（＝ＰＣｚＰＡ：酸化モリブデン）となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸着源から同時に蒸着を行う蒸着法である。
【０１５９】
次に、第１の正孔注入層１１１１ａ上に、ＰＣｚＰＡを３０ｎｍの膜厚となるように成膜し、第１の正孔輸送層１１１２ａを形成した。
【０１６０】
さらに、第１の正孔輸送層１１１２ａ上に、９－［４－（Ｎ－カルバゾリル）］フェニル－１０－フェニルアントラセン（略称：ＣｚＰＡ）とＮ，Ｎ’－ビス〔４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル〕－Ｎ，Ｎ’－ジフェニルピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ＦＬＰＡＰｒｎ）を共蒸着することで、第１の発光層１１１３ａを形成した。その膜厚は３０ｎｍとし、ＣｚＰＡと１，６ＦＬＰＡＰｒｎの比率は、重量比で１：０．０５（＝ＣｚＰＡ：１，６ＦＬＰＡＰｒｎ）となるように調節した。
【０１６１】
次に、第１の発光層１１１３ａ上に、ＣｚＰＡを膜厚５ｎｍ、バソフェナントロリン（略称：ＢＰｈｅｎ）を膜厚１５ｎｍとなるように成膜し、第１の電子輸送層１１１４ａを形成した。
【０１６２】
そして、第１の電子輸送層１１１４ａ上に、Ｌｉを０．１ｎｍの膜厚で蒸着し、第１の電子注入層１１１５ａを形成した。
【０１６３】
その後、第１の電子注入層１１１５ａ上に、銅フタロシアニン（略称：ＣｕＰｃ）を膜厚２ｎｍで蒸着し、電子リレー層１１１６を形成した。
【０１６４】
次に、電子リレー層１１１６上に、４－フェニル－４’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＰＡＦＬＰ）と酸化モリブデン（ＶＩ）を共蒸着することで、第２の正孔注入層１１１１ｂを形成した。その膜厚は６０ｎｍとし、ＢＰＡＦＬＰと酸化モリブデン（ＶＩ）の比率は、重量比で２：１（＝ＢＰＡＦＬＰ：酸化モリブデン）となるように調節した。なお、本実施例の第２の正孔注入層１１１１ｂは、先の実施の形態で説明した電荷発生層として機能する。
【０１６５】
次に、第２の正孔注入層１１１１ｂ上に、ＢＰＡＦＬＰを膜厚２０ｎｍとなるように成膜

し、第２の正孔輸送層１１１２ｂを形成した。

【０１６６】

そして、第２の正孔輸送層１１１２ｂ上に、２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ）と４－フェニル－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡ１ＢＰ）と（アセチルアセトナト）ビス（４，６－ジフェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）］）を共蒸着することで、第２の発光層１１１３ｂを形成した。その膜厚は、４０ｎｍとし、２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ、ＰＣＢＡ１ＢＰ、及びＩｒ（ｄｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）の比率は、重量比で１．６：０．４：０．１２（＝２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ：ＰＣＢＡ１ＢＰ：Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））となるように調節した。

【０１６７】

次に、第２の発光層１１１３ｂ上に、２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩを膜厚１５ｎｍ、ＢＰｈｅｎを膜厚１５ｎｍとなるように成膜し、第２の電子輸送層１１１４ｂを形成した。

【０１６８】

そして、第２の電子輸送層１１１４ｂ上に、フッ化リチウム（ＬｉＦ）を１ｎｍの膜厚で蒸着し、第２の電子注入層１１１５ｂを形成した。

【０１６９】

その後、第２の電子注入層１１１５ｂ上に、陰極として機能する第２の電極１１０３として、アルミニウムを２００ｎｍの膜厚となるように蒸着した。

【０１７０】

最後に、窒素雰囲気のグローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った。

【０１７１】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【０１７２】

以上によって作製した、発光体３０１である有機ＥＬ素子の素子構造を表２に示す。

【０１７３】

【表２】

第1の電極						
ITSO 110 nm						
第1の正孔注入層	第1の正孔輸送層	第1の発光層	第1の電子輸送層		第1の電子注入層	電子リレー層
PCzPA:MoOx (=2:1) 50 nm	PCzPA 30 nm	CzPA:1,6FLPAPrn (=1:0.05) 30 nm	CzPA 5 nm	BPhen 15 nm	Li 0.1 nm	CuPc 2 nm
第2の正孔注入層	第2の正孔輸送層	第2の発光層	第2の電子輸送層		第2の電子注入層	第2の電極
BPAFLP:MoOx (=2:1) 60 nm	BPAFLP 20 nm	2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:Ir(dppm)$_2$(acac) (=1.6:0.4:0.12) 40 nm	2mDBTPDBq-II 15 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200nm

【０１７４】

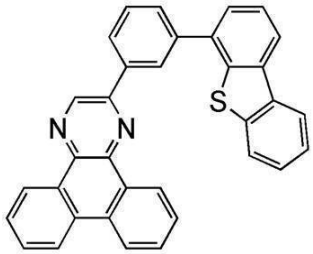
以上で得られた本実施例の発光素子１、発光素子２及び比較発光素子３の相対電力効率について表３に示す。表３における相対電力効率は、比較発光素子３の電力効率を１とした相対的な値として示す。

【０１７５】

【表３】

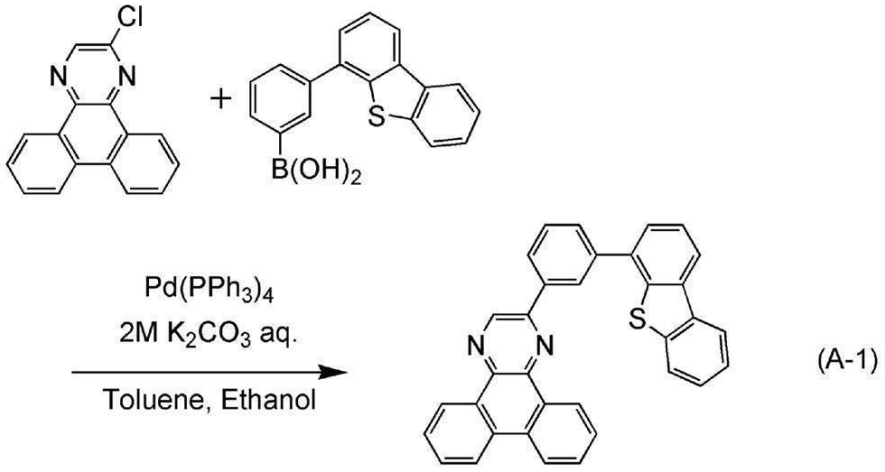
	相対電力効率
発光素子1	1.92
発光素子2	1.34
比較発光素子3	1

【０１７６】
表３からわかる通り、従来例である比較発光素子３に比べて、本発明の一態様を適用した発光素子１及び発光素子２は、それぞれ相対電力効率が１．９２、１．３４と高い値を示した。
【０１７７】
本実施例の結果から、本発明の一態様を適用することで、電力効率の高い固体発光素子を得られることが示された。
【０１７８】
（参考例１）
上記実施例で用いた２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ）の合成方法について説明する。
【０１７９】
【化２】



2mDBTPDBq-II

【０１８０】
２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩの合成スキームを（Ａ－１）に示す。
【０１８１】
【化３】



(A-1)

2mDBTPDBq-II

【０１８２】

２Ｌ三口フラスコに２－クロロジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン５．３ｇ（２０ｍｍｏｌ）、３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニルボロン酸６．１ｇ（２０ｍｍｏｌ）、テトラキス（トリフェニルホスフィン）パラジウム（０）４６０ｍｇ（０．４ｍｍｏｌ）、トルエン３００ｍＬ、エタノール２０ｍＬ、２Ｍの炭酸カリウム水溶液２０ｍＬを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。この混合物を窒素気流下、１００℃で７．５時間攪拌した。室温まで冷ました後、得られた混合物を濾過して白色の濾物を得た。得られた濾物を水、エタノールの順で洗浄した後、乾燥させた。得られた固体を約６００ｍＬの熱トルエンに溶かし、セライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：５３１－１６８５５）、フロリジール（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：５４０－００１３５）を通して吸引濾過し、無色透明の濾液を得た。得られた濾液を濃縮し、シリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。クロマトグラフィーは、熱トルエンを展開溶媒に用いて行った。ここで得られた固体にアセトンとエタノールを加えて超音波を照射した後、生じた懸濁物を濾取して乾燥させたところ、白色粉末を収量７．８５ｇ、収率８０％で得た。

【０１８３】

得られた白色粉末４．０ｇをトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力５．０Ｐａ、アルゴン流量５ｍＬ／ｍｉｎの条件で、白色粉末を３００℃で加熱して行った。昇華精製後、目的物の白色粉末を収量３．５ｇ、収率８８％で得た。

【０１８４】

核磁気共鳴法（ＮＭＲ）によって、この化合物が目的物である２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ）であることを確認した。

【０１８５】

得られた物質の^{1}Ｈ　ＮＭＲデータを以下に示す。

^{1}Ｈ　ＮＭＲ（ＣＤＣｌ$_{3}$，３００ＭＨｚ）：δ（ｐｐｍ）＝７．４５－７．５２（ｍ，２Ｈ），７．５９－７．６５（ｍ，２Ｈ），７．７１－７．９１（ｍ，７Ｈ），８．２０－８．２５（ｍ，２Ｈ），８．４１（ｄ，Ｊ＝７．８Ｈｚ，１Ｈ），８．６５（ｄ，Ｊ＝７．５Ｈｚ，２Ｈ），８．７７－８．７８（ｍ，１Ｈ），９．２３（ｄｄ，Ｊ＝７．２Ｈｚ，１．５Ｈｚ，１Ｈ），９．４２（ｄｄ，Ｊ＝７．８Ｈｚ，１．５Ｈｚ，１Ｈ），９．４８（ｓ，１Ｈ）。

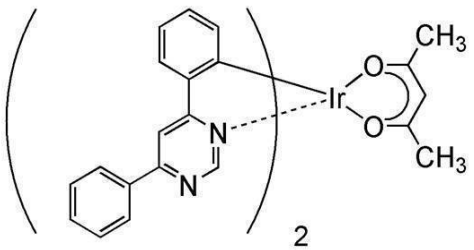
【０１８６】

（参考例２）

上記実施例で用いた（アセチルアセトナト）ビス（４，６－ジフェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_{2}$（ａｃａｃ）］）の合成方法について説明する。

【０１８７】

【化４】



[Ir(dppm)$_2$(acac)]

【０１８８】

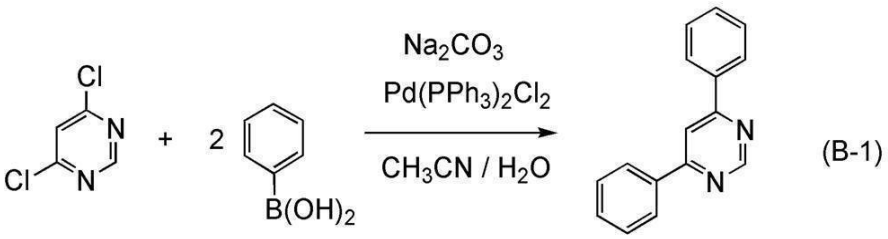
＜ステップ１；４，６－ジフェニルピリミジン（略称：Ｈｄｐｐｍ）の合成＞

まず、４，６－ジクロロピリミジン５．０２ｇ、フェニルボロン酸８．２９ｇ、炭酸ナトリウム７．１９ｇ、ビス（トリフェニルホスフィン）パラジウム（ＩＩ）ジクロリド（略

称：Ｐｄ（ＰＰｈ$_3$）$_2$Ｃｌ$_2$）０．２９ｇ、水２０ｍＬ、アセトニトリル２０ｍＬを、還流管を付けたナスフラスコに入れ、内部をアルゴン置換した。この反応容器にマイクロ波（２．４５ＧＨｚ　１００Ｗ）を６０分間照射することで加熱した。ここで更にフェニルボロン酸２．０８ｇ、炭酸ナトリウム１．７９ｇ、Ｐｄ（ＰＰｈ$_3$）$_2$Ｃｌ$_2$０．０７０ｇ、水５ｍＬ、アセトニトリル５ｍＬをフラスコに入れ、再度マイクロ波（２．４５ＧＨｚ　１００Ｗ）を６０分間照射することで加熱した。その後この溶液に水を加え、ジクロロメタンにて有機層を抽出した。得られた抽出液を水で洗浄し、硫酸マグネシウムにて乾燥させた。乾燥した後の溶液を濾過した。この溶液の溶媒を留去した後、得られた残渣を、ジクロロメタンを展開溶媒とするシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、ピリミジン誘導体Ｈｄｐｐｍを得た（黄白色粉末、収率３８％）。なお、マイクロ波の照射は、マイクロ波合成装置（ＣＥＭ社製　Ｄｉｓｃｏｖｅｒ）を用いた。以下にステップ１の合成スキーム（Ｂ－１）を示す。

【０１８９】

【化５】



Hdppm

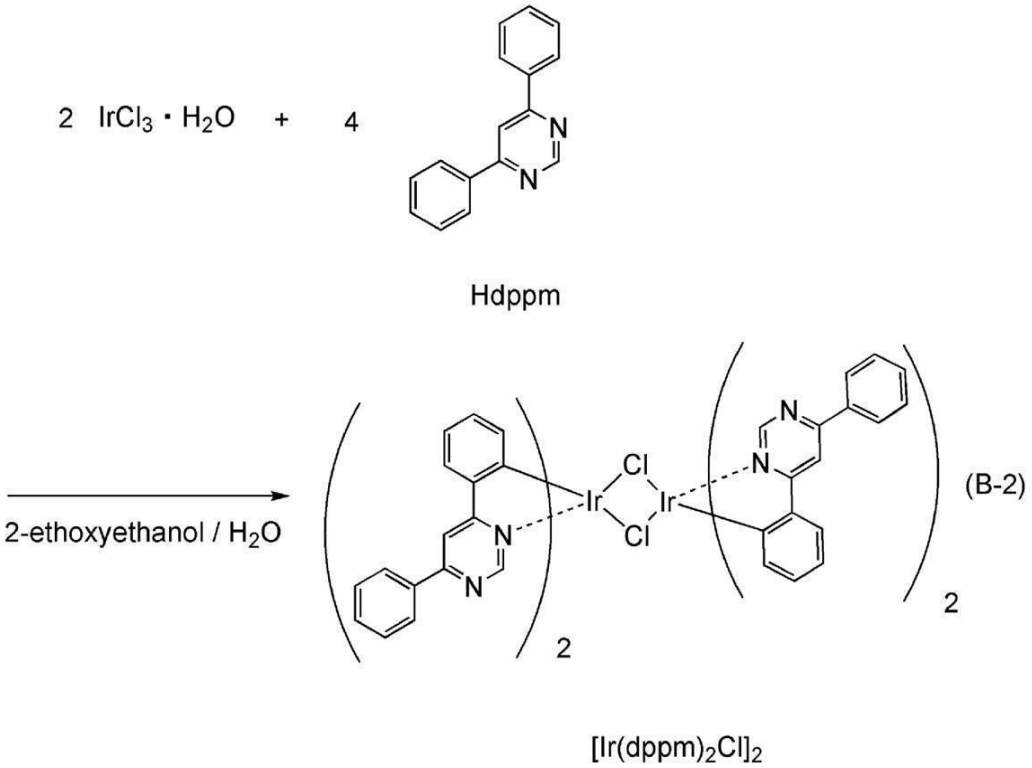
【０１９０】

＜ステップ２；ジ－μ－クロロ－ビス［ビス（４，６－ジフェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）］（略称：［Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$Ｃｌ］$_2$）の合成＞

次に、２－エトキシエタノール１５ｍＬ、水５ｍＬ、上記ステップ１で得たＨｄｐｐｍ１．１０ｇ、塩化イリジウム水和物（ＩｒＣｌ$_3$・Ｈ$_2$Ｏ）０．６９ｇを、還流管を付けたナスフラスコに入れ、ナスフラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波（２．４５ＧＨｚ　１００Ｗ）を１時間照射し、反応させた。溶媒を留去した後、得られた残渣をエタノールで濾過し、次いで洗浄し、複核錯体［Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$Ｃｌ］$_2$を得た（赤褐色粉末、収率８８％）。以下にステップ２の合成スキーム（Ｂ－２）を示す。

【０１９１】

【化６】



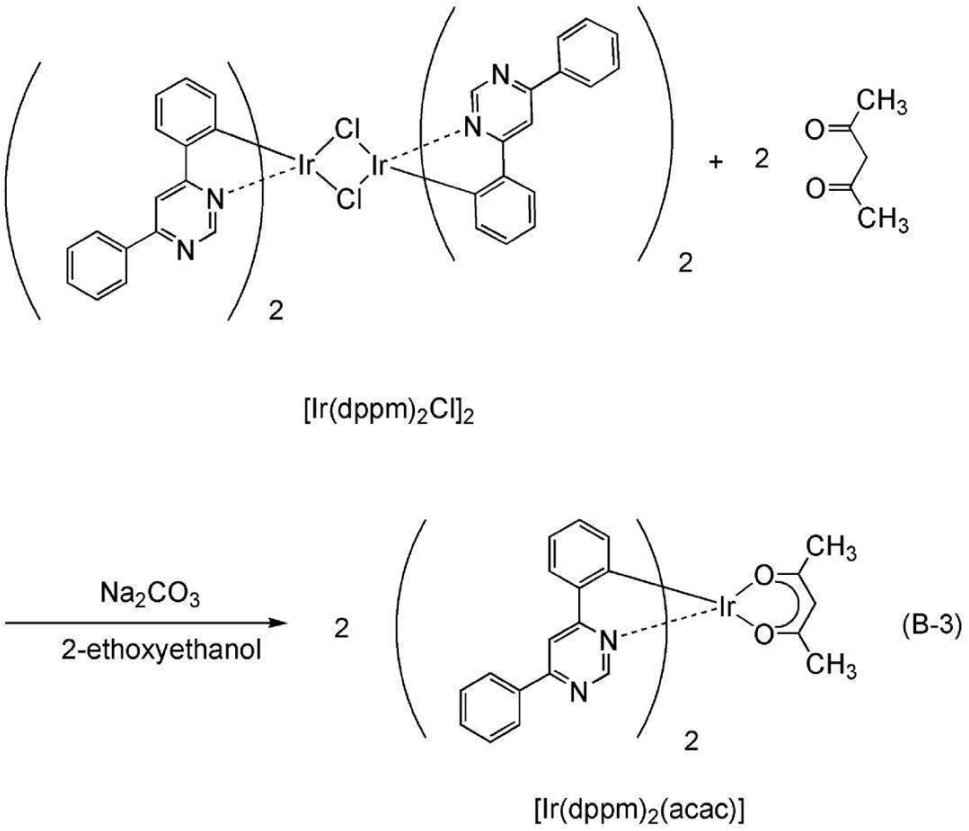
【０１９２】

＜ステップ３；（アセチルアセトナト）ビス（４，６－ジフェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）］）の合成＞

さらに、２－エトキシエタノール４０ｍＬ、上記ステップ２で得た［Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$Ｃｌ］$_2$１．４４ｇ、アセチルアセトン０．３０ｇ、炭酸ナトリウム１．０７ｇを、還流管を付けたナスフラスコに入れ、ナスフラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波（２．４５ＧＨｚ　１２０Ｗ）を６０分間照射し、反応させた。溶媒を留去し、得られた残渣をジクロロメタンに溶解して濾過し、不溶物を除去した。得られた濾液を水、次いで飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムにて乾燥させた。乾燥した後の溶液を濾過した。この溶液の溶媒を留去した後、得られた残渣を、ジクロロメタン：酢酸エチル＝５０：１（体積比）を展開溶媒とするシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。その後、ジクロロメタンとヘキサンの混合溶媒にて再結晶化することにより、目的物である橙色粉末を得た（収率３２％）。以下にステップ３の合成スキーム（Ｂ－３）を示す。

【０１９３】

【化７】



【０１９４】

上記ステップ３で得られた橙色粉末の核磁気共鳴分光法（^{1}Ｈ－ＮＭＲ）による分析結果を下記に示す。この結果から、本合成例において、［Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_{2}$（ａｃａｃ）］が得られたことがわかった。

【０１９５】

^{1}Ｈ　ＮＭＲ．δ（ＣＤＣｌ$_{3}$）：１．８３（ｓ，６Ｈ），５．２９（ｓ，１Ｈ），６．４８（ｄ，２Ｈ），６．８０（ｔ，２Ｈ），６．９０（ｔ，２Ｈ），７．５５－７．６３（ｍ，６Ｈ），７．７７（ｄ，２Ｈ），８．１７（ｓ，２Ｈ），８．２４（ｄ，４Ｈ），９．１７（ｓ，２Ｈ）．

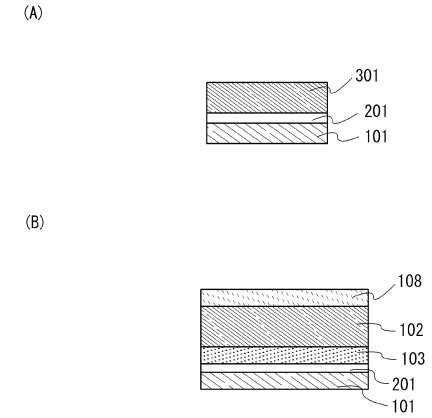
【符号の説明】

【０１９６】

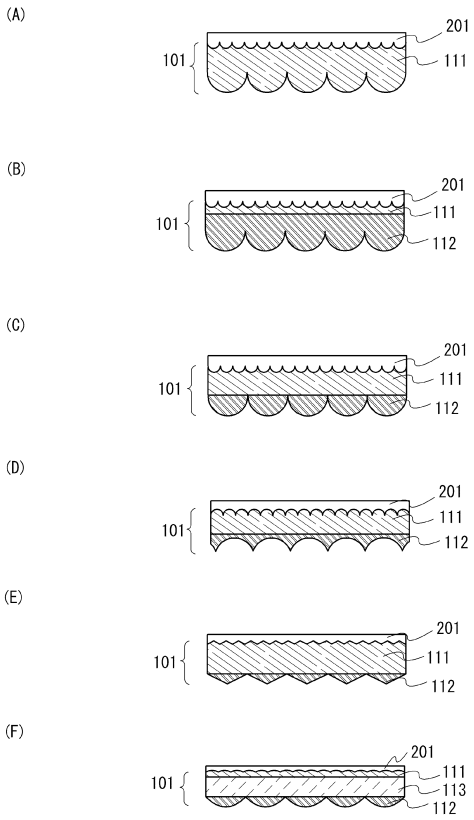
１０１　構造体
１０２　ＥＬ層
１０３　第１の電極
１０８　第２の電極
１１１　第１の層
１１２　第２の層
１１２ａ　第２の層
１１２ｂ　第２の層
１１３　第３の層
２０１　高屈折率材料層
２０２　窒化膜
３０１　発光体
７０１　正孔注入層
７０２　正孔輸送層
７０３　発光層
７０４　電子輸送層

７０５　電子注入層
７０６　電子注入バッファー層
７０７　電子リレー層
７０８　複合材料層
８００　第１のＥＬ層
８０１　第２のＥＬ層
８０３　電荷発生層
１０００　ガラス基板
１００２　ＥＬ層
１００３　第１の電極
１００４　マイクロレンズ
１００５　ガラス基板
１００６　高屈折率材料層
１００７　低屈折率材料層
１００８　第２の電極
１１０１　第１の電極
１１０３　第２の電極
１１１１ａ　第１の正孔注入層
１１１１ｂ　第２の正孔注入層
１１１２ａ　第１の正孔輸送層
１１１２ｂ　第２の正孔輸送層
１１１３ａ　第１の発光層
１１１３ｂ　第２の発光層
１１１４ａ　第１の電子輸送層
１１１４ｂ　第２の電子輸送層
１１１５ａ　第１の電子注入層
１１１５ｂ　第２の電子注入層
１１１６　電子リレー層
３０００　卓上照明装置
３００１　天井固定型照明装置
３００２　型照明装置
７５０１　照明部
７５０２　傘
７５０３　可変アーム
７５０４　支柱
７５０５　台
７５０６　電源スイッチ

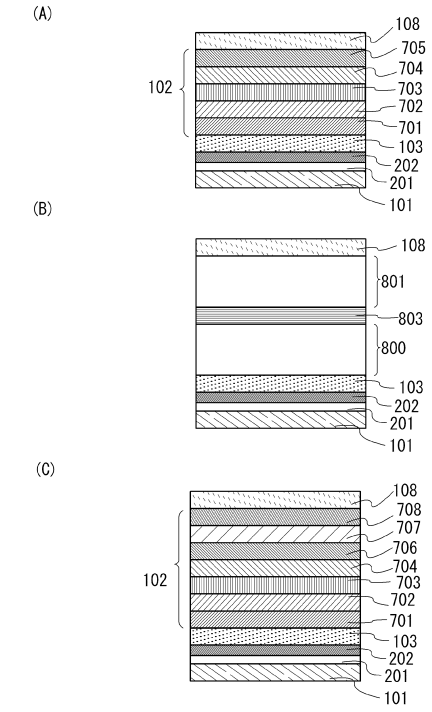
【図１】


(A)
301
201
101
(B)
108
102
103
201
101

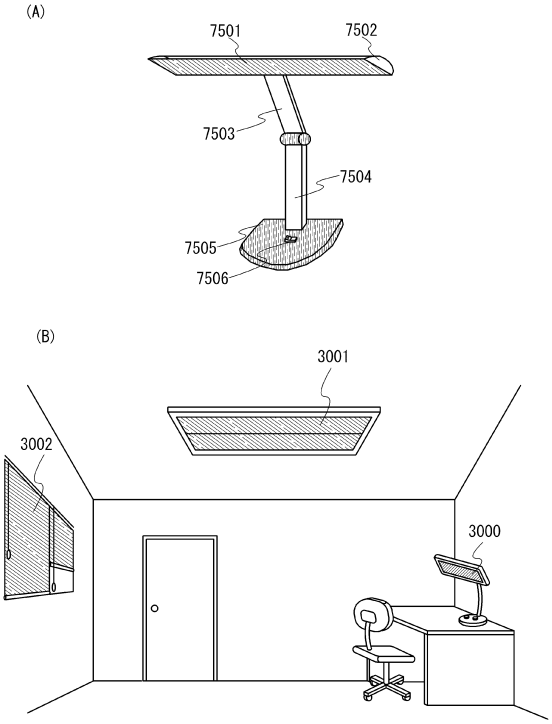
【図２】


(A)
201
101
111
(B)
201
101
111
112
(C)
201
101
111
112
(D)
201
101
111
112
(E)
201
101
111
112
(F)
201
101
111
113
112

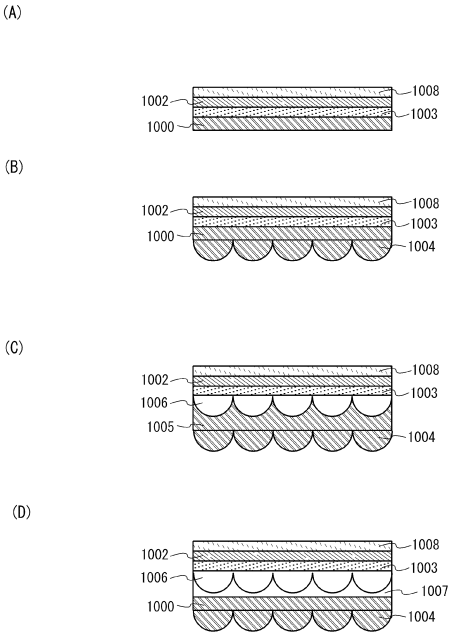
【図３】


(A)
108
705
704
703
702
701
102
103
202
201
101
(B)
108
801
803
800
103
202
201
101
(C)
108
708
707
706
704
703
702
701
102
103
202
201
101

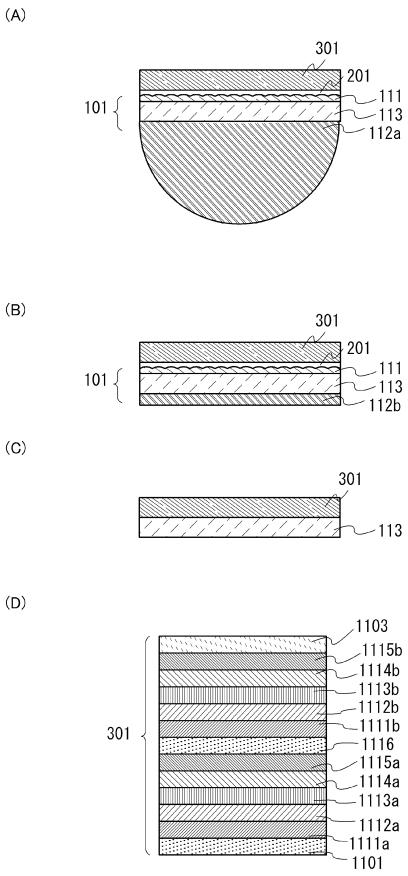
【図４】


(A)
7501
7502
7503
7504
7505
7506
(B)
3001
3002
3000

【図５】


(A)
1002
1000
1008
1003
(B)
1002
1000
1008
1003
1004
(C)
1002
1006
1005
1008
1003
1004
(D)
1002
1006
1000
1008
1003
1007
1004

【図６】


(A)
301
201
101
111
113
112a
(B)
301
201
101
111
113
112b
(C)
301
113
(D)
1103
1115b
1114b
1113b
1112b
1111b
301
1116
1115a
1114a
1113a
1112a
1111a
1101

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００６－１４７２０３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１５７４２４（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２４１１３０（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００４／０１８９１８５（ＵＳ，Ａ１）
特開２０１０－０４０４４８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－０５６０７７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０５Ｂ　３３／０２
Ｈ０１Ｌ　２７／３２
Ｈ０１Ｌ　５１／５０
Ｈ０５Ｂ　３３／１２
Ｈ０５Ｂ　３３／１４