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

特許第3832542号

(P3832542)

(45)発行日　平成18年10月11日(2006.10.11)　(24)登録日　平成18年7月28日(2006.7.28)

(51)Int.Cl.		F I		
H01S 3/16	(2006.01)	H01S	3/16	
H01S 3/08	(2006.01)	H01S	3/08	
H01L 51/50	(2006.01)	H05B	33/14	A

請求項の数 10　(全 24 頁)

(21)出願番号　特願平11-92237
(22)出願日　平成11年3月31日(1999.3.31)
(65)公開番号　特開2000-286497(P2000-286497A)
(43)公開日　平成12年10月13日(2000.10.13)
審査請求日　平成15年6月13日(2003.6.13)

(73)特許権者　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100090387
弁理士　布施　行夫
(74)代理人　100090398
弁理士　大渕　美千栄
(72)発明者　小山　智子
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　金子　丈夫
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

審査官　里村　利光

最終頁に続く

(54)【発明の名称】発光装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

互いに直交する第１、第２および第３の方向に周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、

前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、

有機発光層と、

を含み、

前記光学部材は、格子状に配列された柱状の第１の層を有し、該第１の層は少なくとも２種の媒質層によって周期構造が形成され、かつ、該第１の層の間に第２の層が形成された、発光装置。

【請求項２】

請求項１において、

前記光学部材を構成する前記第１の層は、基板に対して垂直に形成された、発光装置。

【請求項３】

請求項１において、

前記光学部材を構成する前記第１の層は、基板に対して平行に形成された、発光装置。

【請求項４】

請求項１～３のいずれかにおいて、

前記欠陥部は、前記第１の層に形成された、発光装置。

【請求項５】
互いに直交する第１、第２および第３の方向に周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、
前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、
有機発光層と、
を含み、
前記光学部材は、前記第１、第２および第３の方向のそれぞれに、第１の媒質層と第２の媒質層とが交互に配列された周期構造を有し、
さらに、前記第１および第２の方向に有機発光層を含む層が形成され、該層は、有機発光層からなる第３の媒質層と、第４の媒質層とによって前記第１および第２の方向のそれぞれに周期構造が形成された、発光装置。
【請求項６】
互いに直交する第１、第２および第３の方向に周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、
前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、
有機発光層と、
を含み、
前記光学部材は、前記第１、第２および第３の方向に、それぞれ、少なくとも２種の媒質層によって周期構造が形成され、
前記第１の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第１の層と、前記第２の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第２の層とが、前記第３の方向に周期的に配列された、発光装置。
【請求項７】
互いに直交する第１、第２および第３の方向に周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、
前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、
有機発光層と、
を含み、
前記光学部材は、
前記第１の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第１の層と、
前記第２の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第２の層と、
前記第１の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第３の層と、
前記第２の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第４の層とが、前記第３の方向に周期的に配列され、
前記第１および第３の層では、該第１の層の最も近い２つの第１の媒質層の中央に対応した位置に、該第３の層の第１の媒質層が配置され、
前記第２および第４の層では、該第２の層の最も近い２つの第１の媒質層の中央に対応した位置に、該第４の層の第１の媒質層が配置される、発光装置。
【請求項８】
同心球状で周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、
前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー順位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、
有機発光層と、

を含む、発光装置。
【請求項９】
請求項８において、
前記欠陥部は、前記屈折率分布の同心球状構造の中心に設けられ、該欠陥部は有機発光層からなる、発光装置。
【請求項１０】
請求項８または９において、
前記光学部材は、屈折率の異なる第１の媒質層と第２の媒質層から構成され、該第１および第２の媒質層が前記有機発光層を中
心に同心球状に交互に配置された、発光装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、電流励起などによって発光可能な有機発光層を用い、３次元のフォトニックバンドギャップ構造を有する発光装置に関する。
【０００２】
【背景技術および発明が解決しようとする課題】
近年、フォトニック結晶を利用した半導体発光素子が検討されている（例えば、特開平９－２３２６６９号公報参照）。この種の半導体発光素子では、結晶内部に光を強く閉じ込める共振器を作成でき、きわめて高い効率でコヒーレント光が得られることが期待されている。
【０００３】
しかし、半導体を用いた場合、単位媒質層（周期構造の一単位）が結晶であるため、単位媒質層の界面が不規則な状態になったり、あるいは、不純物の影響を受けるために、均一な周期構造を得にくく、そのため、優れたフォトニック結晶としての特性を持った良好な性能の発光素子が得られにくい。また、半導体を用いた場合、屈折率の異なる組合せの材料の選択に限界がある。
【０００４】
本発明の目的は、３次元のフォトニックバンドギャップを利用し、きわめて高い効率でスペクトル幅が狭い光が得られ、かつ有機発光材料を用いて製造できる発光装置を提供することにある。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
本発明に係る発光装置は、３次元の周期的な屈折率分布を有し、フォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、
前記光学部材の一部に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、
有機発光層と、を含む。
【０００６】
この発光装置は、電流励起あるいは光励起によって発光可能な有機発光層を有する。たとえば、電流励起を利用する場合には、一対の電極層、すなわち陰極と陽極とからそれぞれ電子とホールとが有機発光層内に注入され、この電子とホールとを有機発光層で再結合させて、分子が励起状態から基底状態に戻るときに光が発生する。このとき、前記光学部材のフォトニックバンドギャップに相当する波長帯域の光は、光学部材内を伝搬できず、前記欠陥に起因するエネルギー準位に相当する波長帯域の光のみが光学部材内を伝搬できる。したがって、前記欠陥に起因するエネルギー準位の幅を規定することにより、３次元で自然放出が制約された発光スペクトル幅の非常に狭い光を高効率で得ることができる。
【０００７】
本発明において、光学部材は、３次元の周期的な屈折率分布を有し、フォトニックバンドギャップを構成しうるものであればよく、たとえば回折格子状の構造、多層膜構造、柱状

構造、あるいはこれらの構造の組合せから構成することができる。
【０００８】
前記有機発光層と前記光学部材の前記欠陥部とは、以下の態様をとりうる。
（１）前記有機発光層は、前記欠陥部に形成され、欠陥としても機能する。
（２）前記有機発光層は、前記欠陥部の一部および前記光学部材の１種の媒質層としても機能する。
【０００９】
より具体的に、本発明に係る発光装置は、以下の構成をとりうる。
【００１０】
（Ａ）発光装置は、第１の方向および該第１の方向と直交する第２の方向に周期的な屈折率分布を有し、２次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる第１の光学部材と、
前記第１の方向および第２の方向と直交する第３の方向に周期的な屈折率分布を有し、１次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる第２の光学部材と、前記第１および第２の光学部材の少なくとも一方に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、
有機発光層と、
を含む。
【００１１】
この発光装置は、第１の方向（Ｘ方向）および第２の方向（Ｙ方向）での２次元の光の伝搬を規制する第１の光学部材と、第３の方向（Ｚ方向）での１次元の光の伝搬を規制する第２の光学部材との組合せによって、３次元での自然放出が制約された発光スペクトル幅の非常に狭い光を高効率で得ることができる。
【００１２】
（Ｂ）発光装置は、互いに直交する第１、第２および第３の方向に周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、
前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、
有機発光層と、
を含み、
前記光学部材は、格子状に配列された柱状の第１の層を有し、該第１の層は少なくとも２種の媒質層によって周期構造が形成され、かつ、該第１の層の間に第２の層が形成されている。
【００１３】
この発光装置は、格子状に配列された柱状の第１の層と、該第１の層の間に形成された第２の層とを有する光学部材によって、３次元での自然放出が制約された発光スペクトル幅の非常に狭い光を高効率で得ることができる。
【００１４】
この発光装置では、前記格子は、例えば、正方格子状、三角格子状、あるいは蜂の巣格子状などの格子形態をとることができる。
【００１５】
（Ｃ）発光装置は、互いに直交する第１、第２および第３の方向に周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、
前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、
有機発光層と、
を含み、
前記光学部材は、前記第１、第２および第３の方向に、それぞれ、少なくとも２種の媒質層によって周期構造が形成されている。
【００１６】
この発光装置は、前記第１、第２および第３の方向に、それぞれ、少なくとも２種の媒質

層によって周期構造が形成された光学部材によって、３次元での自然放出が制約された発光スペクトル幅の非常に狭い光を高効率で得ることができる。

【００１７】

（Ｄ）発光装置は、互いに直交する第１、第２および第３の方向に周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、

前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、

有機発光層と、

を含み、

前記光学部材は、

前記第１の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第１の層と、

前記第２の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第２の層と、

前記第１の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第３の層と、

前記第２の方向に、柱状の第１の媒質層と柱状の第２の媒質層とが交互に配列された第４の層とが、前記第３の方向に周期的に配列され、

前記第１および第３の層では、該第１の層の最も近い２つの第１の媒質層の中央に対応した位置に、該第３の層の第１の媒質層が配置され、

前記第２および第４の層では、該第２の層の最も近い２つの第１の媒質層の中央に対応した位置に、該第４の層の第１の媒質層が配置されている。

【００１８】

この発光装置は、ダイヤモンド構造を有する光学部材によって、後述する特定の方向において光の伝搬が規制され、３次元での自然放出が制約された発光スペクトル幅の非常に狭い光を高効率で得ることができる。

【００１９】

（Ｅ）発光装置は、ダイヤモンド構造の第１の媒質層を有し、該第１の媒質層の間に第２の媒質層が配置され、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、

前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー準位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、

有機発光層と、

を含む。

【００２０】

この発光装置は、ダイヤモンド構造に配列された第１の媒質層を有する光学部材によって、後述する特定の方向において光の伝搬が規制され、３次元での自然放出が制約された発光スペクトル幅の非常に狭い光を高効率で得ることができる。

【００２１】

（Ｆ）発光装置は、同心球状で周期的な屈折率分布を有し、３次元のフォトニックバンドギャップを構成しうる光学部材と、

前記光学部材に形成され、欠陥に起因するエネルギー順位が所定の発光スペクトル内に存在するように設定された欠陥部と、

有機発光層と、

を含む。

【００２２】

この発光装置は、同心球状で周期的な屈折率分布を有する光学部材によって、３次元方向の全てにおいて光の伝搬が規制され、発光スペクトル幅の非常に狭い光をさらに高効率で得ることができる。

【００２３】

これらの発光装置は、前記有機発光層が電流励起によって発光可能な材料からなり、該有

機発光層に電界を印加するための一対の電極層を含むことができる。
【００２４】
これらの態様の発光装置は、さらに、ホール輸送層および電子輸送層の少なくとも一方を有することが望ましい。
【００２５】
本発明によれば、有機発光層を有することにより、半導体によってフォトニックバンドギャップを構成する場合より以下の点で有利である。つまり、該有機発光層を含む発光装置では、半導体を用いた場合のように発光層の界面の不規則な状態や不純物の影響を受けやすい難点を有さず、優れたフォトニックバンドギャップによる特性が得られる。さらに、有機層により媒質層を形成する場合には、製造が容易であり、かつ、良好な屈折率の周期構造を得やすく、より優れたフォトニックバンドギャップによる特性が得られる。
【００２６】
次に、本発明に係る発光装置の各部分に用いることができる材料の一部を例示する。これらの材料は、公知の材料の一部を示したにすぎず、例示したもの以外の材料を選択できることはもちろんである。
【００２７】
（有機発光層）
有機発光層の材料は、所定の波長の光を得るために公知の化合物から選択される。
【００２８】
このような有機化合物としては、例えば、特開平１０－１５３９６７号公報に開示された、アロマティックジアミン誘導体（ＴＰＤ）、オキシジアゾール誘導体（ＰＢＤ）、オキシジアゾールダイマー（ＯＸＤ－８）、ジスチルアリーレン誘導体（ＤＳＡ）、ベリリウム－ベンゾキノリノール錯体（Ｂｅｂｑ）、トリフェニルアミン誘導体（ＭＴＤＡＴＡ）、ルブレン、キナクリドン、トリアゾール誘導体、ポリフェニレン、ポリアルキルフルオレン、ポリアルキルチオフェン、アゾメチン亜鉛錯体、ポリフィリン亜鉛錯体、ベンゾオキサゾール亜鉛錯体、フェナントロリンユウロピウム錯体などが使用できる。
【００２９】
より具体的には、有機発光層の材料としては、特開昭６３－７０２５７号公報、同６３－１７５８６０号公報、特開平２－１３５３６１号公報、同２－１３５３５９号公報、同３－１５２１８４号公報、さらに、同８－２４８２７６号公報および同１０－１５３９６７号公報に記載されているものなど、公知のものが使用できる。これらの化合物は単独で用いてもよく、２種類以上を混合して用いてもよい。
【００３０】
（光学部材）
光学部材の媒質層としては、公知の無機材料および有機材料を用いることができる。
【００３１】
代表的な無機材料としては、例えば特開平５－２７３４２７号公報に開示されているような、TiO_2、TiO_2－SiO_2混合物、ＺｎＯ、Nb_2O_5、Si_3N_4、Ta_2O_5、HfO_2またはZrO_2などを例示することができる。
【００３２】
また、代表的な有機材料としては、各種の熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、および光硬化性樹脂など、公知の樹脂を用いることができる。これらの樹脂は、層の形成方法などを考慮して適宜選択される。例えば、熱および光の少なくとも一方のエネルギーによって硬化することができる樹脂を用いることで、汎用の露光装置やベイク炉、ホットプレートなどが利用できる。
【００３３】
このような物質としては、例えば、本願出願人による特願平１０－２７９４３９号に開示された紫外線硬化型樹脂がある。紫外線硬化型樹脂としては、アクリル系樹脂が好適である。様々な市販の樹脂や感光剤を利用することで、透明性に優れ、また、短期間の処理で硬化可能な紫外線硬化型のアクリル系樹脂を得ることができる。

【００３４】
紫外線硬化型のアクリル系樹脂の基本構成の具体例としては、プレポリマー、オリゴマー、またはモノマーがあげられる。
【００３５】
プレポリマーまたはオリゴマーとしては、例えば、エポキシアクリレート類、ウレタンアクリレート類、ポリエステルアクリレート類、ポリエーテルアクリレート類、スピロアセタール系アクリレート類等のアクリレート類、エポキシメタクリレート類、ウレタンメタクリレート類、ポリエステルメタクリレート類、ポリエーテルメタクリレート類等のメタクリレート類等が利用できる。
【００３６】
モノマーとしては、例えば、２－エチルヘキシルアクリレート、２－エチルヘキシルメタクリレート、２－ヒドロキシエチルアクリレート、２－ヒドロキシエチルメタクリレート、Ｎ－ビニル－２－ピロリドン、カルビトールアクリレート、テトラヒドロフルフリルアクリレート、イソボルニルアクリレート、ジシクロペンテニルアクリレート、１，３－ブタンジオールアクリレート等の単官能性モノマー、１，６－ヘキサンジオールジアクリレート、１，６－ヘキサンジオールジメタクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート、ネオペンチルグリコールジメタクリレート、エチレングリコールジアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ペンタエリスリトールジアクリレート等の二官能性モノマー、トリメチロールプロパントリアクリレート、トリメチロールプロパントリメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサアクリレート等の多官能性モノマーが利用できる。
【００３７】
有機材料としては、他に、ビニル樹脂、ポリカーボネイト樹脂、ポリアミド樹脂、ポリエチレンテレフタレート樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリエステル樹脂などを例示できる。
【００３８】
以上、光学部材の媒質を構成する無機材料あるいは有機材料を例示したが、媒質層としては、有機発光層が媒質層として機能する場合には、この層を構成する材料も採用し得る。
【００３９】
（ホール輸送層）
必要に応じて設けられるホール輸送層の材料としては、公知の光伝導材料のホール注入材料として用いられているもの、あるいは有機発光装置のホール注入層に使用されている公知のものの中から選択して用いることができる。ホール輸送層の材料は、ホールの注入あるいは電子の障壁性のいずれかの機能を有するものであり、有機物あるいは無機物のいずれでもよい。その具体例としては、例えば、特開平８－２４８２７６号公報に開示されているものを例示することができる。
【００４０】
（電子輸送層）
必要に応じて設けられる電子輸送層の材料としては、陰極より注入された電子を有機発光層に伝達する機能を有していればよく、その材料は公知の物質から選択することができる。その具体例としては、例えば、特開平８－２４８２７６号公報に開示されたものを例示することができる。
【００４１】
（電極層）
必要に応じて設けられる陰極としては、仕事関数の小さい（例えば４ｅＶ以下）電子注入性金属、合金電気伝導性化合物およびこれらの混合物を用いることができる。このような電極物質としては、例えば特開平８－２４８２７６号公報に開示されたものを用いることができる。
【００４２】
必要に応じて設けられる陽極としては、仕事関数の大きい（例えば４ｅＶ以上）金属、合

金、電気伝導性化合物またはこれらの混合物を用いることができる。陽極として光学的に透明な材料を用いる場合には、ＣｕＩ，ＩＴＯ，SnO_2，ＺｎＯなどの導電性透明材料を用いることができ、透明性を必要としない場合には金などの金属を用いることができる。

【００４３】

本発明において、光学部材はフォトニックバンドギャップを構成するように、媒質層の材料（その屈折率など）、媒質層の形状、格子や柱状部分のピッチ、格子や柱状部分の数、格子や柱状部分のアスペクト比などが調整される。

【００４４】

本発明において、光学部材の形成方法は特に限定されるものではなく、公知の方法を用いることができる。その代表例を以下に例示する。

【００４５】

▲１▼リソグラフィーによる方法

ポジまたはネガレジストを紫外線やＸ線などで露光および現像して、レジスト層をパターニングすることにより、光学部材を作成する。ポリメチルメタクリレートあるいはノボラック系樹脂などのレジストを用いたパターニングの技術としては、例えば特開平６－２２４１１５号公報、同７－２０６３７号公報などがある。

【００４６】

また、ポリイミドをフォトリソブラフィーによりパターニングする技術としては、例えば特開平７－１８１６８９号公報および同１－２２１７４１号公報などがある。さらに、レーザアブレーションを利用して、ガラス基板上にポリメチルメタクリレートあるいは酸化チタンの光学部材を形成する技術として、例えば特開平１０－５９７４３号公報がある。

【００４７】

▲２▼光照射による屈折率分布の形成による方法

光導波路の光導波部に屈折率変化を生じさせる波長の光を照射して、光導波部に屈折率の異なる部分を周期的に形成することにより光学部材を形成する。このような方法としては、特に、ポリマーあるいはポリマー前駆体の層を形成し、光照射などにより部分的に重合を行い、屈折率の異なる領域を周期的に形成させて光学部材とすることが好ましい。この種の技術として、例えば、特開平９－３１１２３８号公報、同９－１７８９０１号公報、同８－１５５０６号公報、同５－２９７２０２号公報、同５－３２５２３号公報、同５－３９４８０号公報、同９－２１１７２８号公報、同１０－２６７０２号公報、同１０－８３００号公報、および同２－５１１０１号公報などがある。

【００４８】

▲３▼スタンピングによる方法

熱可塑性樹脂を用いたホットスタンピング（特開平６－２０１９０７号公報）、紫外線硬化型樹脂を用いたスタンピング（特願平１０－２７９４３９号）、電子線硬化型樹脂を用いたスタンピング（特開平７－２３５０７５号公報）などのスタンピングによって光学部材を形成する。

【００４９】

▲４▼エッチングによる方法

リソグラフィーおよびエッチング技術を用いて、薄膜を選択的に除去してパターニングし、光学部材を形成する。

【００５０】

以上、光学部材の形成方法について述べたが、要するに、光学部材は互いに異なる屈折率を有する少なくとも２領域の周期構造を有すればよく、例えば、屈折率の異なる２種の材料により２領域を形成する方法、一種の材料を部分的に変性させるなどして、屈折率の異なる２領域を形成する方法、などにより形成することができる。

【００５１】

また、発光装置の各層は、公知の方法で形成することができる。たとえば、有機発光層は、その材質によって好適な成膜方法が選択され、具体的には、蒸着法、スピンコート法、

ＬＢ法、インクジェット法などを例示できる。

【００５２】

【発明の実施の形態】

（第１の実施の形態）

図１は、本実施の形態に係る発光装置１０００を模式的に示す、断面を有する斜視図である。発光装置１０００は、基板１０、陽極２０、有機発光層４０、陰極３０、第１の光学部材１００および回折格子状の第２の光学部材２００を有する。

【００５３】

第１の光学部材１００は、その形状（寸法）や媒質の組合せに基づいて、第１の方向（Ｘ方向）および第２の方向（Ｙ方向）に周期的な屈折率分布を有し、所定の波長帯域に対して２次元のフォトニックバンドギャップを構成する。第２の光学部材２００は、その形状（寸法）や媒質の組合せに基づいて、Ｘ方向およびＹ方向と直交する第３の方向（Ｚ方向）に周期的な屈折率分布を有し、所定の波長帯域に対して１次元のフォトニックバンドギャップを構成する。そして、第１の光学部材１００は、第２の光学部材２００の周期方向（異なる媒質層が周期的に繰り返される方向）の中間に形成され、第１の光学部材１００の上側および下側にそれぞれ第２の光学部材が連続する状態で形成されている。

【００５４】

第１の光学部材１００は、屈折率の異なる第１の媒質層１１０と第２の媒質層１２０とが、Ｘ方向およびＹ方向にそれぞれ交互に配列されている。第２の光学部材２００は、屈折率の異なる第１の媒質層２１０と第２の媒質層２２０とが交互に配列されている。

【００５５】

第１の媒質層１１０と第２の媒質層１２０、および第１の媒質層２１０と第２の媒質層２２０とは、それぞれ周期的な分布によってフォトニックバンドギャップを形成しうる物質であればよく、その材質は特に限定されない。たとえば、第１の光学部材１００においては、一方の媒質層として空気などの気体であってもよい。このように、気体の層でいわゆるエアギャップ構造の光学部材を形成する場合には、発光装置に用いる一般的な材料の選択範囲で、光学部材を構成する２媒質層の屈折率差を大きくすることができる。

【００５６】

第１の光学部材１００の下面には陽極２０が形成され、第１の光学部材１００の上面には陰極３０が形成されている。これらの陽極２０および陰極３０は、出射光に対して光学的に透明である。陰極２０と陰極３０の位置は逆でもよい。このことは、他の実施の形態でも同様である。

【００５７】

第１の光学部材１００は、欠陥部３００を有し、この欠陥部３００は有機発光層４０によって構成されている。つまり、本実施の形態では、第１の光学部材１００の欠陥部３００は、発光層４０としても機能している。第１の光学部材１００のＸ方向においては、欠陥部３００は、その欠陥に起因するエネルギー準位が、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に存在するように形成される。これに対し、第１の光学部材１００のＹ方向および第２の光学部材２００のＺ方向のフォトニックバンドギャップは、少なくとも有機発光層４０の電流励起による発光スペクトルの波長帯域を含み、有機発光層４０で発生した光がＹ方向およびＺ方向を伝搬しないように設定される。

【００５８】

つまり、Ｙ方向についてみると、有機発光層４０は欠陥部として機能しないように構成される。また、Ｚ方向についてみると、第１の光学部材１００、陽極２０および陰極３０から構成される積層部４００は、第２の光学部材２００の欠陥部として機能しないように、第２の光学部材２００の少なくとも１ペアの格子を構成する。

【００５９】

本実施の形態では、例えばＸ方向において、第１の光学部材１００を構成する、欠陥部３００より一方の側の光学部材１００ａと他方の側の光学部材１００ｂとの光の閉じ込め状態に差を設けることにより、出射光の方向を規定できる。たとえば、図１に示すように、

Ｘ方向において、欠陥部３００の左側より光を出射させたい場合には、一方の光学部材１００ａの光の閉じ込め状態を他方の光学部材１００ｂの光の閉じ込め状態より弱くすればよい。また、Ｙ方向においては、Ｙ方向での光の閉じ込め状態が、Ｘ方向の光の閉じ込め状態より強く設定されることで、光の閉じ込めがなされる。そして、Ｚ方向においては、第２の光学部材２００を構成する、積層部４００の上下の光学部材２００ａおよび２００ｂによって光の閉じ込めがなされる。

【００６０】

光学部材の光の閉じ込めの強弱は、光学部材のペア数、光学部材を構成する媒質層の屈折率差などを考慮することによって、好ましくは光学部材のペア数によってコントロールできる。また、両者の光学部材１００ａおよび１００ｂの光の閉じ込めを同程度にすれば、第１の光学部材１００のＸ方向の両サイドから同じ程度の強弱で光を出射させることもできる。

【００６１】

本実施の形態の発光装置１０００は、Ｘ方向およびＹ方向のフォトニックバンドギャップを有する第１の光学部材１００およびＺ方向のフォトニックバンドギャップを有する第２の光学部材２００によって、光を閉じ込めるので、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向の３次元での光伝搬が制御される。そして、その他の方向には漏れモードの光の伝搬が許容される。これらの漏れモードの光の伝搬を抑制するために、必要に応じて、光の閉じ込めを目的として、図示しないクラッド層や誘電体多層ミラーを設けることもできる。このことは、他の実施の形態でも同様である。

【００６２】

次に、この発光装置１０００の動作および作用について説明する。

【００６３】

陽極２０と陰極３０とに所定の電圧が印加されることにより、陰極３０から電子が、陽極２０からホールが、それぞれ有機発光層４０内に注入される。有機発光層４０内では、この電子とホールとが再結合されることにより励起子が生成される。

【００６４】

そして、第１の光学部材１００のＸ方向では、欠陥部３００（有機発光層４０）の欠陥に起因するエネルギー準位の光が伝搬し、第１の光学部材１００のＹ方向およびＺ方向にフォトニックバンドギャップを有する第２の光学部材２００ではＹ方向およびＺ方向で、欠陥準位がないため光の伝搬がない。すなわち、第１の光学部材１００のフォトニックバンドギャップに相当する波長帯域の光は、第１の光学部材１００内を伝搬できないが、有機発光層４０で発生した励起子は、欠陥に起因するエネルギー準位で基底状態に戻り、このエネルギー準位に相当する波長帯域の光のみが発生する。したがって、前記欠陥に起因するエネルギー準位によって規定された波長の光は、伝搬が許容されたＸ方向で光の閉じ込めの弱い方向に優先的に出射される。この光は、発光スペクトル幅が非常に狭く高い効率を有する。

【００６５】

なお、本実施の形態では、Ｘ方向での光の出射について述べたが、これに限定されず、例えば、Ｙ方向あるいはＺ方向で発光層４０に欠陥部を形成することで、Ｙ方向あるいはＺ方向での光の出射を行うこともできる。

【００６６】

そして、本実施の形態では、有機発光層を有しており、この発光装置１０００は、半導体を用いた場合のように、発光層の界面が不規則な状態になったり、あるいは、不純物の影響を受けやすい難点を有さないため、優れたフォトニックバンドギャップによる特性が得られる。これらのことは、以下に述べる他の実施の形態でも同様である。

【００６７】

また、光学部材を構成する媒質層を有機層により形成する場合には、製造が容易であり、かつ、良好な屈折率の周期構造を得やすく、より優れたフォトニックバンドギャップによる特性が得られる。

【００６８】
発光装置１０００の光学部材１００，２００の製造方法および各層を構成する材料などについては、前述した方法あるいは材料などを適宜用いることができる。また、ホール輸送層および電子輸送層を必要に応じて、有機発光層と電極との間に設けることができる。これらの製造方法、材料および構成については、以下に述べる他の実施の形態でも同様である。
【００６９】
（第２の実施の形態）
図２は、本実施の形態に係る発光装置２０００を模式的に示す断面図である。発光装置２０００は、第１の実施の形態に係る発光装置１０００と、基本的構造は似ているが、第１の光学部材１００の構成および出射光の方向において発光装置１０００と異なる。発光装置２０００は、基板１０、陽極２０、有機発光層４０、陰極３０、第１の光学部材１００および第２の光学部材２００を有する。
【００７０】
第１の光学部材１００は、第１の方向（Ｘ方向）および第２の方向（Ｙ方向）に周期的な屈折率分布を有し、所定の波長帯域に対して２次元のフォトニックバンドギャップを構成する。第２の光学部材２００は、Ｘ方向およびＹ方向と直交する第３の方向（Ｚ方向）に周期的な屈折率分布を有し、所定の波長帯域に対して１次元のフォトニックバンドギャップを構成する。そして、第１の光学部材１００は、第２の光学部材２００の周期方向の中間に形成され、第１の光学部材１００の上側および下側にそれぞれ第２の光学部材が連続する状態で形成されている。
【００７１】
第１の光学部材１００は、屈折率の異なる第１の媒質層１１０と第２の媒質層１２０とが、Ｘ方向およびＹ方向にそれぞれ交互に配列されている。そして、第２の媒質層１２０は、有機発光層４０によって形成されている。第２の光学部材２００は、屈折率の異なる第１の媒質層２１０と第２の媒質層２２０とが交互に配列されている。
【００７２】
第１の媒質層１１０と第２の媒質層１２０、および第１の媒質層２１０と第２の媒質層２２０とは、それぞれ周期的な分布によってフォトニックバンドギャップを形成しうる物質であればよく、その材質は特に限定されない。たとえば、第１の光学部材１００においては、第１の媒質層１１０は空気などの気体であってもよい。このように、気体の層でいわゆるエアギャップ構造の光学部材を形成する場合には、発光装置に用いる一般的な材料の選択範囲で、光学部材を構成する２媒質層の屈折率差を大きくすることができる。
【００７３】
第１の光学部材１００の下面には陽極２０が形成され、第１の光学部材１００の上面には陰極３０が形成されている。これらの陽極２０および陰極３０は、出射光に対して光学的に透明である。そして、第１の光学部材１００は、有機発光層４０（第２の媒質層１２０）を有し、発光層としても機能している。
【００７４】
第１の光学部材１００、陽極２０および陰極３０から構成される積層部４００は、第２の光学部材２００の欠陥部として機能している。そのため、Ｚ方向では、欠陥部（積層部４００）は、その欠陥に起因するエネルギー準位が、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に存在するように設定される。これに対し、第１の光学部材１００のフォトニックバンドギャップは、Ｘ方向およびＹ方向で、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に欠陥が存在しないように設定される。
【００７５】
本実施の形態では、第２の回折格子２００を構成する、欠陥部（積層部４００）より一方の側の光学部材２００ａと他方の側の光学部材２００ｂとの光の閉じ込め状態に差を設けることにより、出射光の方向を規定できる。たとえば、図２に示すように、欠陥部４００の下側より光を出射させたい場合には、一方の光学部材２００ａの光の閉じ込め状態を他

方の光学部材２００ｂの光の閉じ込め状態より弱くすればよい。光学部材の光の閉じ込めの強弱は、光学部材のペア数、光学部材を構成する媒質層の屈折率差などを考慮することによってコントロールできる。また、両者の光学部材２００ａおよび２００ｂの光の閉じ込めを同程度にすれば、第２の光学部材２００の両サイドから同様の強度で光を出射させることもできる。

【００７６】

本実施の形態の発光装置２０００は、第１の実施の形態と同様に、Ｘ方向およびＹ方向のフォトニックバンドギャップを有する第１の光学部材１００およびＺ方向のフォトニックバンドギャップを有する第２の光学部材２００によって、光を閉じ込めるので、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向の３次元での光伝搬が制御される。そして、その他の方向には漏れモードの光の伝搬が許容される。

【００７７】

次に、この発光装置２０００の動作および作用について説明する。

【００７８】

陽極２０と陰極３０とに所定の電圧が印加されることにより、陰極３０から電子が、陽極２０からホールが、それぞれ有機発光層４０内に注入される。有機発光層４０内では、この電子とホールとが再結合されることにより励起子が生成される。そして、第２の光学部材２００のＺ方向では、欠陥部（積層部４００）の欠陥に起因するエネルギー準位の光が伝搬し、第１の光学部材１００のＸ方向およびＹ方向では欠陥準位がないため光の伝搬がない。すなわち、第２の光学部材２００のフォトニックバンドギャップに相当する波長帯域の光は、第２の光学部材２００内を伝搬できないが、欠陥部（積層部４００）の有機発光層４０で発生した励起子は、欠陥に起因するエネルギー準位で基底状態に戻り、このエネルギー準位に相当する波長帯域の光のみが発生する。したがって、前記欠陥に起因するエネルギー準位によって規定された波長の光は、光の伝搬が許容されたＺ方向で、光の閉じ込めの弱い方向に優先的に出射される。この光は、発光スペクトル幅が非常に狭く高い効率を有する。

【００７９】

なお、本実施の形態では、Ｚ方向での光の出射について述べたが、これに限定されず、例えば、Ｘ方向あるいはＹ方向で発光層４０に欠陥部を形成することで、Ｘ方向あるいはＹ方向での光の出射を行うこともできる。

【００８０】

（第３の実施の形態）

図３は、本実施の形態に係る発光装置３０００を模式的に示す断面図である。発光装置３０００は、基板１０、陽極２０、有機発光層４０、陰極３０、および光学部材５００を有する。

【００８１】

光学部材５００は、基板１０上に所定の配列パターンで形成された柱状部からなる第１の層（柱状媒質層）２００と、この第１の層２００の相互間を埋める第２の層１１０とから構成されている。第１の層２００は、図４の平面図に示すように、正方格子状のパターンを有している。そして、第１の層２００は、互いに屈折率の異なる第１の媒質層２１０および第２の媒質層２２０を有している。そして、第２の層１１０は、第３の媒質層から構成されている。従って、この光学部材５００は、第１の方向（Ｘ方向）、第２の方向（Ｙ方向）および第３の方向（Ｚ方向）に周期的な屈折率分布を有し、これらの３方向において、所定の波長帯域に対してフォトニックバンドギャップを構成する。

【００８２】

第１の層２００を構成する、第１の媒質層２２０と第２の層１１０とは、周期的な分布によってフォトニックバンドギャップを形成しうる物質であればよく、その材質は特に限定されない。また、第２の層１１０は空気などの気体であってもよい。このように、気体の層でいわゆるエアギャップ構造の光学部材を形成する場合には、発光装置に用いる一般的な材料の選択範囲で、光学部材を構成する２媒質層の屈折率差を大きくすることができる

。さらに、第１の層２００を構成する媒質層２１０および媒質層２２０のいずれかは、第２の層１１０を構成する第３の媒質層と同じ材質であってもよい。

【００８３】

第１の層２００は、その一部に有機発光層４０を有する。そして、有機発光層４０の下面には陽極２０が形成され、有機発光層４０の上面には陰極３０が形成されている。これらの陽極２０および陰極３０は、出射光に対して光学的に透明である。

【００８４】

有機発光層４０、陽極２０および陰極３０から構成される積層部４００は、Ｚ方向の光の伝搬に対して欠陥部として機能している。そして、積層部４００は、有機発光層４０を有し、発光層としても機能している。欠陥部（積層部４００）は、その欠陥に起因するエネルギー準位が、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に存在するように形成される。

【００８５】

本実施の形態では、欠陥部（積層部４００）より一方の側の部分２００ａと他方の側の部分２００ｂとの光の閉じ込め状態に差を設けることにより、出射光の方向を規定できる。たとえば、図３に示すように、欠陥部４００の下側より光を出射させたい場合には、一方の部分２００ａの光の閉じ込め状態を他方の部分２００ｂの光の閉じ込め状態より弱くすればよい。

【００８６】

光学部材の光の閉じ込めの強弱は、光学部材のペア数、光学部材を構成する媒質層の屈折率差などを考慮することによってコントロールできる。また、両者の部分２００ａおよび２００ｂの光の閉じ込めを同程度にすれば、Ｚ方向の両サイドから同様の強度で光を出射させることもできる。

【００８７】

本実施の形態の発光装置３０００は、正方格子状に配列された第１の層（柱状媒質層）２００を有するので、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向の３次元での光伝搬が制御される。そして、その他の方向には漏れモードの光の伝搬が許容される。

【００８８】

次に、この発光装置３０００の動作および作用について説明する。

【００８９】

陽極２０と陰極３０とに所定の電圧が印加されることにより、陰極３０から電子が、陽極２０からホールが、それぞれ有機発光層４０内に注入される。有機発光層４０内では、この電子とホールとが再結合されることにより励起子が生成される。そして、Ｚ方向では、欠陥部（積層部４００）の欠陥に起因するエネルギー準位の光が伝搬する。これに対し、Ｘ方向およびＹ方向では、欠陥準位がないため、光の伝搬がない。

【００９０】

すなわち、第１の層（柱状媒質層）２００のフォトニックバンドギャップに相当する波長帯域の光は、第１の層２００内を伝搬できないが、欠陥部（積層部４００）の有機発光層４０で発生した励起子は、欠陥に起因するエネルギー準位で基底状態に戻り、このエネルギー準位に相当する波長帯域の光のみが発生する。したがって、前記欠陥に起因するエネルギー準位によって規定された波長の光は、光の伝搬が許容されたＺ方向で、光の閉じ込めの弱い方向に優先的に出射される。この光は、発光スペクトル幅が非常に狭く高い効率を有する。

【００９１】

本実施の形態では、第１の層２００を構成する媒質層２１０，２２０、有機発光層４０、陽極２０、および陰極３０などを基板１０上に所定の順序で堆積した後、基板１０に垂直方向に溝を形成し、この溝内に第２の層１１０を構成する第３の媒質層を埋め込むことにより、あるいはエアギャップの場合は、溝を利用して、比較的容易に発光装置を形成することができる。

【００９２】

本実施の形態では、柱状媒質層の配列として正方格子の例について述べたが、この他にも、前記柱状媒質層としては、三角格子状、蜂の巣格子状などの配列をとることもできる。

【００９３】

また、本実施の形態では、Ｚ方向での光の出射について述べたが、これに限定されず、例えば、Ｘ方向あるいはＹ方向で発光層４０に欠陥部を形成することで、Ｘ方向あるいはＹ方向での光の出射を行うこともできる。

【００９４】

さらに、本実施の形態では、柱状媒質層が基板に対して垂直に形成された例について述べたが、これに限定されず、柱状媒質層は基板の平行に形成されていてもよい。

【００９５】

（第４の実施の形態）

図５は、本実施の形態に係る発光装置４０００を模式的に示す断面図である。発光装置４０００は、基板１０、陽極２０、有機発光層４０、陰極３０、および光学部材５００を有する。

【００９６】

光学部材５００は、第１の方向（Ｘ方向）、第２の方向（Ｙ方向）および第３の方向（Ｚ方向）のそれぞれに、第１の媒質層１２０と第２の媒質層１３０とが交互に配列された周期構造を有する。つまり、どの面においても、第１の媒質層１２０と第２の媒質層１３０とがモザイク状に配列されている。従って、この光学部材５００は、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向に、それぞれ周期的な屈折率分布を有し、これらの３方向において、所定の波長帯域に対してフォトニックバンドギャップを構成する。

【００９７】

そして、Ｘ方向およびＹ方向に、有機発光層４０を含む層１００が形成されている。この層１００は、有機発光層４０からなる第３の媒質層１４０と第４の媒質層１１０とによって、Ｘ方向およびＹ方向のそれぞれに周期構造が形成されている。そして、有機発光層４０を含む層１００の下面には陽極２０が形成され、層１００の上面には陰極３０が形成されている。これらの陽極２０および陰極３０は、出射光に対して光学的に透明である。

【００９８】

有機発光層４０を含む層１００、陽極２０および陰極３０から構成される積層部４００は、Ｚ方向の光の伝搬に対して欠陥部として機能している。つまり、Ｚ方向において、欠陥部（積層部４００）は、その欠陥に起因するエネルギー準位が、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に存在するように形成される。また、Ｘ方向およびＹ方向においては、積層部４００は欠陥部として機能しないように構成されている。

【００９９】

本実施の形態では、欠陥部（積層部４００）より一方の側の部分２００ａと他方の側の部分２００ｂとの光の閉じ込め状態に差を設けることにより、出射光の方向を規定できる。たとえば、図５に示すように、欠陥部４００の下側より光を出射させたい場合には、一方の部分２００ａの光の閉じ込め状態を他方の部分２００ｂの光の閉じ込め状態より弱くすればよい。

【０１００】

光学部材の光の閉じ込めの強弱は、光学部材のペア数、光学部材を構成する媒質層の屈折率差などを考慮することによってコントロールできる。また、両者の部分２００ａおよび２００ｂの光の閉じ込めを同程度にすれば、Ｚ方向の両サイドから同様の強度で光を出射させることもできる。

【０１０１】

本実施の形態の発光装置４０００は、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向にそれぞれ周期的な屈折率分布を有し、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向の３次元での光伝搬が制御される。そして、その他の方向には漏れモードの光の伝搬が許容される。

【０１０２】

次に、この発光装置３０００の動作および作用について説明する。

【０１０３】
陽極２０と陰極３０とに所定の電圧が印加されることにより、陰極３０から電子が、陽極２０からホールが、それぞれ有機発光層４０内に注入される。有機発光層４０内では、この電子とホールとが再結合されることにより励起子が生成される。そして、Ｚ方向では、欠陥部（積層部４００）の欠陥に起因するエネルギー準位の光が伝搬し、Ｘ方向およびＹ方向では欠陥準位がないため光の伝搬がない。すなわち、Ｚ方向のフォトニックバンドギャップに相当する波長帯域の光は、Ｚ方向に伝搬できないが、欠陥部（積層部４００）の有機発光層４０で発生した励起子は、欠陥に起因するエネルギー準位で基底状態に戻り、このエネルギー準位に相当する波長帯域の光のみが発生する。したがって、前記欠陥に起因するエネルギー準位によって規定された波長の光は、光の伝搬が許容されたＺ方向で、光の閉じ込めの弱い方向に優先的に出射される。この光は、発光スペクトル幅が非常に狭く高い効率を有する。
【０１０４】
また、本実施の形態では、Ｚ方向での光の出射について述べたが、これに限定されず、例えば、Ｘ方向あるいはＹ方向で発光層４０に欠陥部を形成することで、Ｘ方向あるいはＹ方向での光の出射を行うこともできる。
【０１０５】
さらに、本実施の形態では、有機発光層４０はＸ－Ｙ方向の層１００で一方の媒質層を構成したが、これに限定されず、図１に示すように、一部に形成されて欠陥部として機能してもよい。
【０１０６】
（第５の実施の形態）
図６は、本実施の形態に係る発光装置５０００を模式的に示す断面図である。発光装置５０００は、前述した発光装置４０００と基本的な構成はよく似ているが、媒質層の積層構造が異なる。発光装置５０００は、基板１０、陽極２０、有機発光層４０、陰極３０、および光学部材５００を有する。
【０１０７】
光学部材５００は、第１の方向（Ｘ方向）、第２の方向（Ｙ方向）および第３の方向（Ｚ方向）のそれぞれに、異なる屈折率を有する複数の媒質層が配列された周期構造を有する。
【０１０８】
たとえば、図６に示す例においては、光学部材５００は、第１の層５０ａと第２の層５０ｂとが、Ｚ方向に交互に配列された周期構造を有する。第１の層５０ａは、Ｘ方向に、柱状の第１の媒質層１３０と柱状の第２の媒質層１４０とが交互に配列されている。第２の層５０ｂは、Ｙ方向に、柱状の第３の媒質層１５０と柱状の第４の媒質層１６０とが交互に配列されている。
【０１０９】
従って、この光学部材５００は、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向に、それぞれ周期的な屈折率分布を有し、これらの３方向において、所定の波長帯域に対してフォトニックバンドギャップを構成する。なお、第１および第２の媒質層１３０および１４０と、第３および第４の媒質層１５０および１６０とは、少なくとも一方は同一の材料から形成されていてもよいし、異なった材料で形成されていてもよい。
【０１１０】
この実施の形態の周期構造は、光学部材５００における部分２００ａ，２００ｂのそれぞれで、これらを構成する各層ごとにＸ方向またはＹ方向に周期的な屈折率分布が形成されている。
【０１１１】
発光装置５０００では、Ｘ方向およびＹ方向に、有機発光層４０を含む層１００が形成されている。この層１００は、有機発光層４０からなる第５の媒質層１２０と第６の媒質層１１０とによって、Ｘ方向およびＹ方向のそれぞれに周期構造が形成されている。そして

、この層１００の下面には陽極２０が形成され、層１００の上面には陰極３０が形成されている。これらの陽極２０および陰極３０は、出射光に対して光学的に透明である。

【０１１２】

有機発光層４０を含む層１００、陽極２０および陰極３０から構成される積層部４００は、Ｚ方向の光の伝搬に対して欠陥部として機能している。つまり、Ｚ方向において、欠陥部（積層部４００）は、その欠陥に起因するエネルギー準位が、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に存在するように形成される。また、積層部４００は、Ｘ方向およびＹ方向では欠陥部として機能しないように設定される。

【０１１３】

本実施の形態では、欠陥部（積層部４００）より一方の側の部分２００ａと他方の側の部分２００ｂとの光の閉じ込め状態に差を設けることにより、出射光の方向を規定できる。たとえば、図６に示すように、欠陥部４００の下側より光を出射させたい場合には、一方の部分２００ａの光の閉じ込め状態を他方の部分２００ｂの光の閉じ込め状態より弱くすればよい。

【０１１４】

光学部材の光の閉じ込めの強弱は、光学部材のペア数、光学部材を構成する媒質層の屈折率差などを考慮することによってコントロールできる。また、両者の部分２００ａおよび２００ｂの光の閉じ込めを同程度にすれば、Ｚ方向の両サイドから同様の強度で光を出射させることもできる。

【０１１５】

本実施の形態の発光装置４０００は、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向にそれぞれ周期的な屈折率分布を有し、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向の３次元での光伝搬が制御される。そして、その他の方向には漏れモードの光の伝搬が許容される。

【０１１６】

次に、この発光装置５０００の動作および作用について説明する。

【０１１７】

陽極２０と陰極３０とに所定の電圧が印加されることにより、陰極３０から電子が、陽極２０からホールが、それぞれ有機発光層４０内に注入される。有機発光層４０内では、この電子とホールとが再結合されることにより励起子が生成される。そして、Ｚ方向では、欠陥部（積層部４００）の欠陥に起因するエネルギー準位の光が伝搬し、Ｘ方向およびＹ方向では欠陥準位がないため光の伝搬がない。すなわち、Ｚ方向のフォトニックバンドギャップに相当する波長帯域の光は、Ｚ方向に伝搬できないが、欠陥部（積層部４００）の有機発光層４０で発生した励起子は、欠陥に起因するエネルギー準位で基底状態に戻り、このエネルギー準位に相当する波長帯域の光のみが発生する。したがって、前記欠陥に起因するエネルギー準位によって規定された波長の光は、光の伝搬が許容されたＺ方向で、光の閉じ込めの弱い方向に優先的に出射される。この光は、発光スペクトル幅が非常に狭く高い効率を有する。

【０１１８】

また、本実施の形態では、Ｚ方向での光の出射について述べたが、これに限定されず、例えば、Ｘ方向あるいはＹ方向で発光層４０に欠陥部を形成することで、Ｘ方向あるいはＹ方向での光の出射を行うこともできる。

【０１１９】

さらに、本実施の形態では、有機発光層４０はＸ－Ｙ方向の層１００で一方の媒質層を構成したが、これに限定されず、図１に示すように、一部に形成されてそれ自体が欠陥部として機能してもよい。

【０１２０】

（第６の実施の形態）

図７は、本実施の形態に係る発光装置６０００を模式的に示す断面図である。発光装置６０００は、前述した発光装置５０００と基本的な構成はよく似ているが、媒質層の積層構造が異なる。発光装置６０００は、基板１０、陽極２０、有機発光層４０、陰極３０、お

よび光学部材５００を有する。

【０１２１】

光学部材５００は、第１の方向（Ｘ方向）、第２の方向（Ｙ方向）および第３の方向（Ｚ方向）のそれぞれに、異なる屈折率を有する複数の媒質層が配列された周期構造を有する。

【０１２２】

たとえば、図７に示す例においては、光学部材５００は、第１の層６０ａ～第４の層６０ｄがＺ方向に配列された周期構造を有する。第１の層６０ａは、Ｘ方向に、柱状の第１の媒質層１３０と柱状の第２の媒質層１４０とが交互に配列されている。第２の層６０ｂは、Ｙ方向に、柱状の第３の媒質層１５０と柱状の第４の媒質層１６０とが交互に配列されている。第３の層６０ｃは、Ｘ方向に、柱状の第１の媒質層１３０と柱状の第２の媒質層１４０とが交互に配列されている。第４の層６０ｄは、Ｙ方向に、柱状の第３の媒質層１５０と柱状の第４の媒質層１６０とが交互に配列されている。

【０１２３】

この実施の形態の周期構造は、第１の層６０ａにおいて最も近い２つの第２の媒質層１４０，１４０の中央に対応した位置に、第３の層６０ｃにおける第２の媒質層１４０が配置されている。また、第２の層６０ｂにおいて最も近い２つの第４の媒質層１６０，１６０の中央に対応した位置に、第４の層６０ｄにおける第４の媒質層１６０が配置されている。すなわち、媒質層の周期方向が同じ層において、１層毎に２種の媒質層の位置がシフトした状態で形成されている。なお、第１および第２の媒質層１３０および１４０と、第３および第４の媒質層１５０および１６０とは、少なくとも一方は同一の材料から形成されていてもよいし、異なった材料で形成されていてもよい。

【０１２４】

この光学部材５００は、図１５に示すダイヤモンド構造のブリルアンゾーンのΓ－Ｋ－Ｌ－Ｋ－Ｘ’により定義される複数の面方向に、それぞれ周期的な屈折率分布を有し、これらの方向において、所定の波長帯域に対してフォトニックバンドギャップを構成し、光の閉じ込めがなされる。

【０１２５】

発光装置６０００では、Ｘ－Ｙ方向に、有機発光層４０を含む層１００が形成されている。この層１００は、有機発光層４０からなる第５の媒質層１２０と第６の媒質層１１０とによって、Ｙ方向に周期構造が形成されている。そして、この層１００の下面には陽極２０が形成され、層１００の上面には陰極３０が形成されている。これらの陽極２０および陰極３０は、出射光に対して光学的に透明である。

【０１２６】

有機発光層４０を含む層１００、陽極２０および陰極３０から構成される積層部４００は、たとえば、Ｚ方向が上述のフォトニックバンドギャップ構造を構成する光の閉じ込め方向での一方向である場合に、光の伝搬に対して欠陥部として機能している。つまり、Ｚ方向において、欠陥部（積層部４００）は、その欠陥に起因するエネルギー準位が、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に存在するように形成される。また、他の光の閉じ込め方向では、積層部４００は欠陥部として機能しないように設定されている。

【０１２７】

本実施の形態では、欠陥部（積層部４００）より一方の側の部分２００ａと他方の側の部分２００ｂとの光の閉じ込め状態に差を設けることにより、出射光の方向を規定できる。たとえば、図７に示すように、欠陥部４００の下側より光を出射させたい場合には、一方の部分２００ａの光の閉じ込め状態を他方の部分２００ｂの光の閉じ込め状態より弱くすればよい。

【０１２８】

光学部材の光の閉じ込めの強弱は、光学部材のペア数、光学部材を構成する媒質層の屈折率差などを考慮することによってコントロールできる。また、両者の部分２００ａおよび２００ｂの光の閉じ込めを同程度にすれば、Ｚ方向の両サイドから同様の強度で光を出射

させることもできる。

【０１２９】

本実施の形態の発光装置６０００は、Ｘ方向、Ｙ方向およびＺ方向にそれぞれ周期的な屈折率分布を有し、上述した複数の方向で３次元の光伝搬が制御される。そして、その他の方向には漏れモードの光の伝搬が許容される。

【０１３０】

次に、この発光装置６０００の動作および作用について説明する。

【０１３１】

陽極２０と陰極３０とに所定の電圧が印加されることにより、陰極３０から電子が、陽極２０からホールが、それぞれ有機発光層４０内に注入される。有機発光層４０内では、この電子とホールとが再結合されることにより励起子が生成される。そして、上述したダイヤモンド構造のブリルアンゾーンによる面の方向であって、たとえばＺ方向では、欠陥部（積層部４００）の欠陥に起因するエネルギー準位の光が伝搬し、他の方向では光の伝搬がない。すなわち、Ｚ方向のフォトニックバンドギャップに相当する波長帯域の光は、光学部材５００内を伝搬できないが、欠陥部（積層部４００）の有機発光層４０で発生した励起子は、欠陥に起因するエネルギー準位で基底状態に戻り、このエネルギー準位に相当する波長帯域の光のみが発生する。したがって、前記欠陥に起因するエネルギー準位によって規定された波長の光は、光の伝搬が許容されたＺ方向で、光の閉じ込めの弱い方向に優先的に出射される。この光は、発光スペクトル幅が非常に狭く高い効率を有する。

【０１３２】

また、本実施の形態では、Ｚ方向での光の出射について述べたが、これに限定されず、他の光の閉じ込め方向で発光層４０に欠陥部を形成することで、これらの方向での光の出射を行うこともできる。

【０１３３】

さらに、本実施の形態では、有機発光層４０は層１００で一方の媒質層を構成したが、これに限定されず、図１に示すように、一部に形成されてそれ自体が欠陥部として機能してもよい。

【０１３４】

（第７の実施の形態）

図８は、本実施の形態に係る発光装置７０００を模式的に示す断面図である。発光装置７０００は、基板１０、陽極２０、有機発光層４０、陰極３０、および光学部材７００を有する。

【０１３５】

光学部材７００は、いわゆるダイヤモンド構造を有し、このダイヤモンド構造の格子点に相当する部分に第１の媒質層１１０を有する。第１の媒質層１１０の相互間は、第２の媒質層１２０で構成されている。

【０１３６】

図９および図１０は、ダイヤモンド構造を示す斜視図および格子点を平面的に示す図である。図８は、図９の前面Ｆ１００からみた状態を示す図である。図８には、各格子点のレベルＬ１～Ｌ５に相当する符号（図１０参照）を付してある。ダイヤモンド構造は、これらの図に示すように、第１のレベル（Ｌ１）に５個の格子点１を、第２のレベル（１／４ピッチ）（Ｌ２）に２個の格子点２を、第３のレベル（２／４ピッチ）（Ｌ３）に４個の格子点３を、第４のレベル（３／４ピッチ）（Ｌ４）に２個の格子点４を、第５のレベル（４／４ピッチ）（Ｌ５）に５個の格子点５を有する。

【０１３７】

このダイヤモンド構造の光学部材７００は、図１５に示すダイヤモンド構造のブリルアンゾーンのΓ－Ｋ－Ｌ－Ｋ－Ｘ’およびΓ－Ｌ－Ｗ’－Ｋ’により定義される複数の面方向に、それぞれ周期的な屈折率分布を有し、これらの方向において、所定の波長帯域に対してフォトニックバンドギャップを構成し、光の閉じ込めがなされる。

【０１３８】

発光装置７０００では、たとえば第３のレベル（Ｌ３）の格子点のひとつが、有機発光層４０から形成されている。この有機発光層４０は、欠陥部３００としても機能している。そして、この有機発光層４０が形成された層（Ｌ３）の下面には陽極２０が形成され、層（Ｌ３）の上面には陰極３０が形成されている。これらの陽極２０および陰極３０は、出射光に対して光学的に透明である。

【０１３９】

本実施の形態では、欠陥部３００は、その欠陥に起因するエネルギー準位が、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に存在するように形成される。そして、欠陥部３００の位置および形状などを特定することにより、光の出射方向を規定することができる。つまり、１方向から光を出射させる場合には、光学部材７００のフォトニックバンドギャップは、上述したダイヤモンド構造のブリルアンゾーンの特定の方向のうち光を出射したい方向以外については、有機発光層４０の電流励起による発光スペクトル内に欠陥が存在しないように設定される。また、例えば、光学部材７００を構成する、欠陥部３００の位置および形状などによっては、複数の方向から光を出射させることもできる。

【０１４０】

本実施の形態では、図９および図１０に示すダイヤモンド構造の１単位を１次元、２次元または３次元の方向に複数配列することができる。

【０１４１】

次に、この発光装置７０００の動作および作用について説明する。

【０１４２】

陽極２０と陰極３０とに所定の電圧が印加されることにより、陰極３０から電子が、陽極２０からホールが、それぞれ有機発光層４０内に注入される。有機発光層４０内では、この電子とホールとが再結合されることにより励起子が生成される。そして、上述したダイヤモンド構造のブリルアンゾーンによる面の方向であって、たとえばＺ方向では、欠陥部（積層部４００）の欠陥に起因するエネルギー準位の光が伝搬し、他の方向では光の伝搬がない。すなわち、Ｚ方向のフォトニックバンドギャップに相当する波長帯域の光は、光学部材５００内を伝搬できないが、欠陥部（積層部４００）の有機発光層４０で発生した励起子は、欠陥に起因するエネルギー準位で基底状態に戻り、このエネルギー準位に相当する波長帯域の光のみが発生する。したがって、前記欠陥に起因するエネルギー準位によって規定された波長の光は、光の伝搬が許容されたＺ方向で、光の閉じ込めの弱い方向に優先的に出射される。この光は、発光スペクトル幅が非常に狭く高い効率を有する。

【０１４３】

また、本実施の形態では、Ｚ方向での光の出射について述べたが、これに限定されず、他の光の閉じ込め方向で発光層４０が欠陥となるように形成することで、これらの方向での光の出射を行うこともできる。

【０１４４】

（第８の実施の形態）

図１１は、本実施の形態に係る発光装置８０００を模式的に示す断面図である。この発光装置８０００は、欠陥部３００を構成する有機発光層４０を中心にして、その周りに第１の媒質層１１０と第２の媒質層１２０とが交互に同心球状に配置された光学部材８００を有する。図１２は、図１１においてＣ－Ｃ線に沿った断面図を示し、図１２は、図１１においてＤ－Ｄ線に沿った断面図を示し、図１４は、図１１においてＥ－Ｅ線に沿った断面図を示す。

【０１４５】

図１１に示す例では、欠陥部３００（有機発光層４０）を中心として、その周囲に第１の媒質層１１０から構成される、２つの同心球体Ｓ１００およびＳ２００（鎖線で示す）を有する。たとえば、光学部材８００が縦方向に９層の層（Ｌ１～Ｌ９）で構成された場合を想定すると、各層Ｌ１～Ｌ９での第１の媒質層１１０は、同心球体Ｓ１００およびＳ２００にできるだけ近似したパターンを有するように形成される。光の閉じ込めを考慮すると、第１の媒質層１１０によって形成される球状の層はできるだけ球体に近いほうがよい

ので、この発光装置８０００を形成する場合には、１０～１００層の堆積層を形成することが望ましい。

【０１４６】

また、第１の媒質層および第２の媒質層の屈折率差に応じて、特にこの屈折率差が小さいほど光の閉じ込めをより完全にするため、上述の堆積層の数を多くすることが好ましい。

【０１４７】

この構造の発光装置８０００では、３次元方向の全てにおいて光の伝搬が規制され、前述の実施の形態に比べてさらに光の閉じ込めが強い。この例の場合、欠陥部３００を構成する有機発光層４０は、平面形状が楕円形をなしているが、そのほかにも欠陥として機能すればその形状は特定されない。この構造の発光装置８０００においても、有機発光層や媒質層の配置および形状などによって欠陥部を規定することにより、少なくとも一方向から光を出射させることができる。

【０１４８】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、有機発光層を用い、３次元のフォトニックバンドギャップとしての特性を持った、発光スペクトル幅の非常に狭い高性能の発光装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施の形態に係る発光装置を模式的に示す斜視図である。

【図２】本発明の第２の実施の形態に係る発光装置を模式的に示す断面図である。

【図３】本発明の第３の実施の形態に係る発光装置を模式的に示す断面図である。

【図４】図３に示す発光装置を模式的に示す平面図である。

【図５】本発明の第４の実施の形態に係る発光装置を模式的に示す断面図である。

【図６】本発明の第５の実施の形態に係る発光装置を模式的に示す断面図である。

【図７】本発明の第６の実施の形態に係る発光装置を模式的に示す図である。

【図８】本発明の第７の実施の形態に係る発光装置を模式的に示す図である。

【図９】図８に示す発光装置のダイヤモンド構造を示す斜視図である。

【図１０】図８に示す発光装置のダイヤモンド構造を示す平面図である。

【図１１】本発明の第８の実施の形態に係る発光装置を模式的に示す図である。

【図１２】図１１のＣ－Ｃ線に沿った断面図である。

【図１３】図１１のＤ－Ｄ線に沿った断面図である。

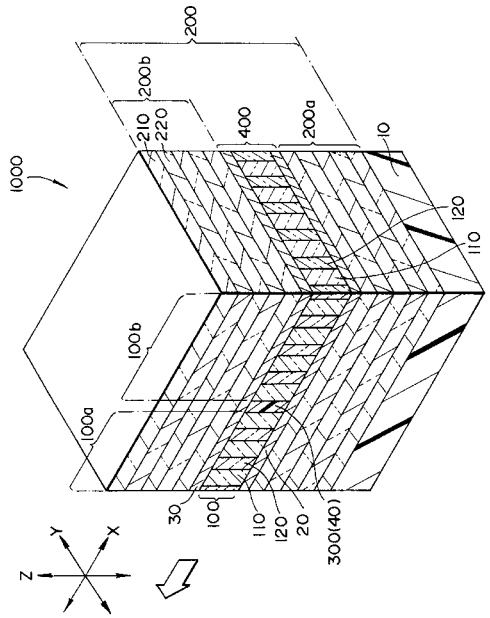
【図１４】図１１のＥ－Ｅ線に沿った断面図である。

【図１５】ダイヤモンド構造のブリルアンゾーンを示す図である。

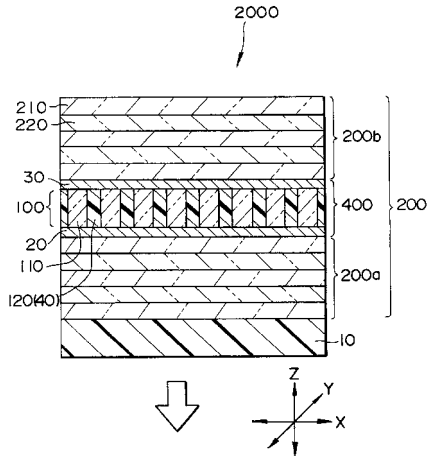
【符号の説明】

１０　基板
２０　陽極
３０　陰極
４０　有機発光層
１００，２００　光学部材
１１０，１２０，１３０，１４０，１５０，２１０，２２０　媒質層
３００，４００　欠陥部
５００，７００，８００　光学部材

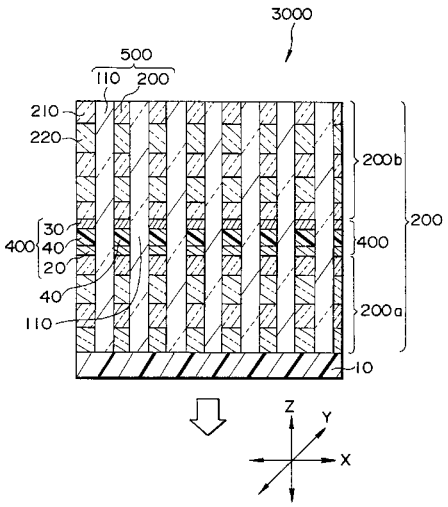
【図１】


200
200b
210
220
400
200a
10
1000
120
110
100b
100a
30
100
110
120
20
300(40)
Y
X
Z

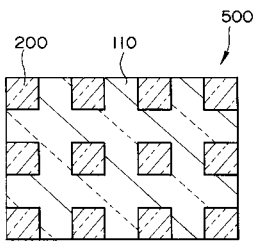
【図２】


2000
210
220
200b
30
100
400
200
20
110
200a
120(40)
10
Z
Y
X

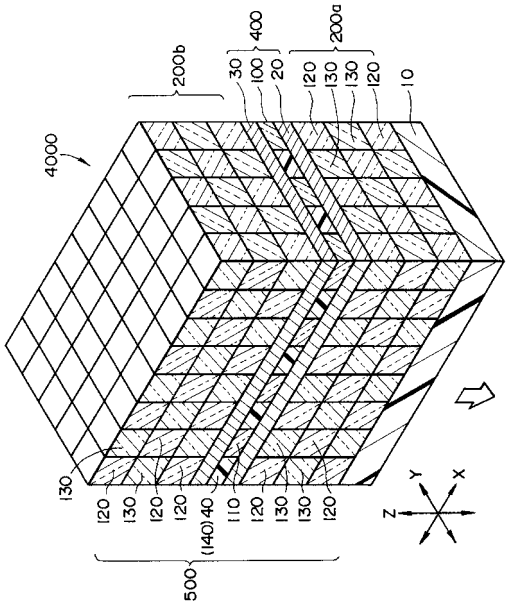
【図３】


3000
500
110
200
210
220
200b
400
30
40
20
200
40
110
200a
10
Z
Y
X

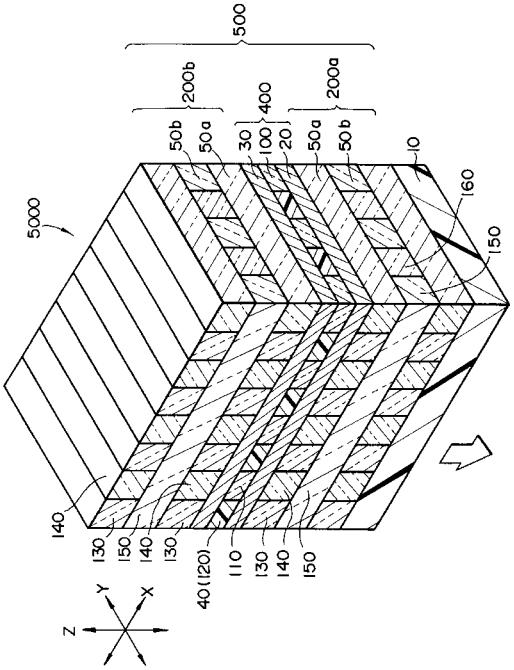
【図４】


500
200
110

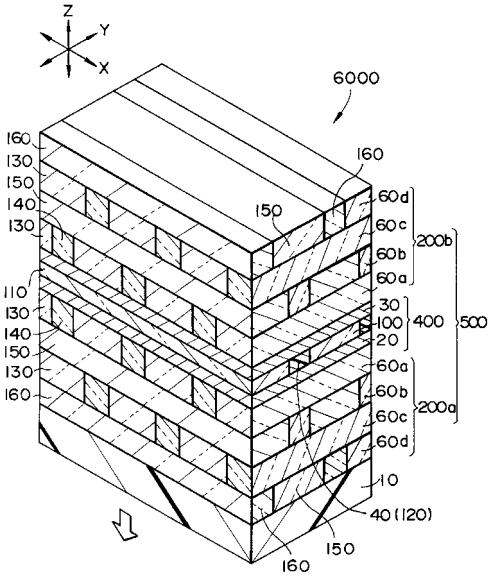
【図５】


400
200a
200b
30
100
20
120
130
130
120
10
4000
130
120
130
120
120
(140)40
110
120
130
130
120
500
Y
X
Z

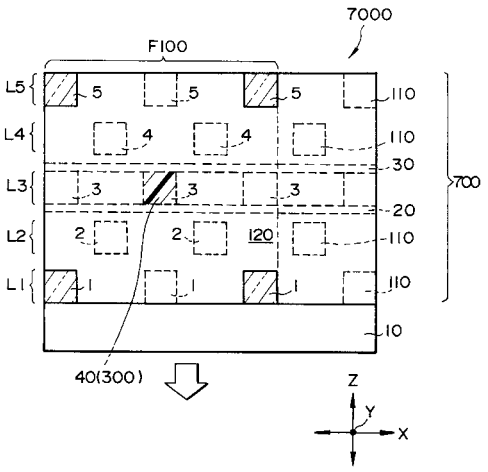
【図６】



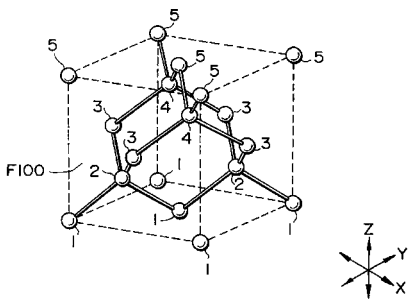
【図７】



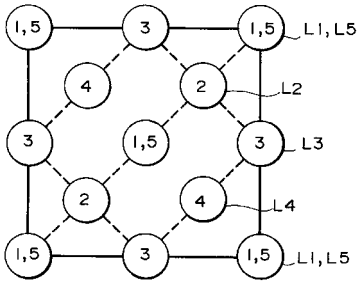
【図８】



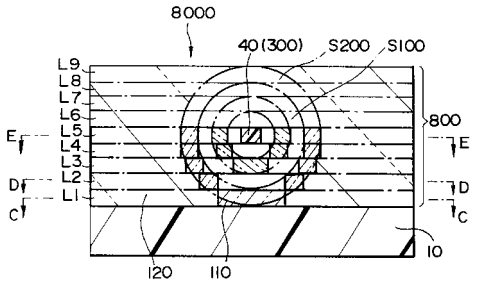
【図９】



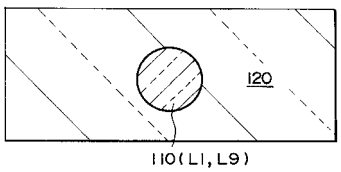
【図１０】



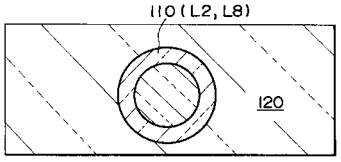
【図１１】



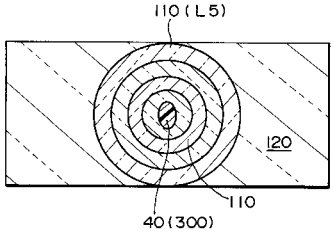
【図１２】



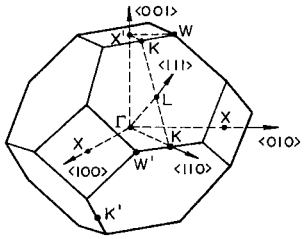
【図１３】


110(L2, L8)
120

【図１４】


110(L5)
120
110
40(300)

【図１５】


<001>
W
X'
K
<111>
L
Γ
X
<010>
X
<100>
W'
K
<110>
K'

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平１０－３２１９４１（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０９４８１９（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０８３００５（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－３３５７５８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L51/00-51/56、H01L27/32、C09K11/06
G02F1/00-1/125、H01L33/00、G02B6/12-6/14