

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-247106

(P2004-247106A)

(43) 公開日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(51) Int. Cl.⁷

H05B 33/26

H05B 33/14

F I

H05B 33/26

H05B 33/14

Z

A

テーマコード (参考)

3K007

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-34261 (P2003-34261)

(22) 出願日 平成15年2月12日 (2003.2.12)

(71) 出願人 000005234

富士電機ホールディングス株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(74) 代理人 100077481

弁理士 谷 義一

(74) 代理人 100088915

弁理士 阿部 和夫

(72) 発明者 倉田 昇

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

Fターム(参考) 3K007 AB03 CC01 DB03 FA01

(54) 【発明の名称】 有機EL素子および有機EL素子の製造方法

(57) 【要約】

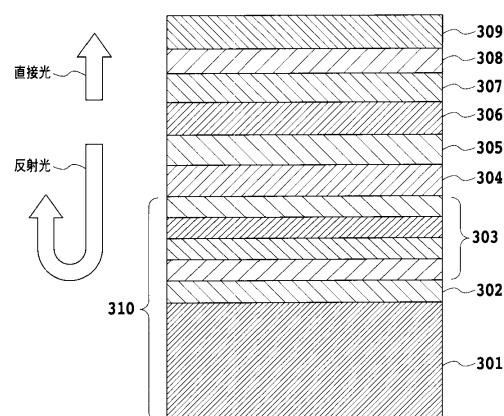
【課題】高い平坦性と高い光反射率とを有する下部電極を備えたトップエミッション型の有機EL素子およびその製造方法を提供すること。

【解決手段】透明基板301上に屈折率 n_r のアモルファス金属反射層302を設けて平坦性を担保する一方、この反射層上に屈折率が異なる複数の透明電極層を積層させた多層透明電極303を設けることとした。この多層透明電極303を、少なくとも屈折率 n_1 の第1の透明電極層と屈折率 n_2 の第2の透明電極層とを順次積層して構成することとし、これらの屈折率を $n_r > n_2 > n_1$ の関係の有するよう設定するとともに、第1の透明電極層の厚み d_1 と第2の透明電極層の厚み d_2 を下式を満足するように設定した。

$$n_1 d_1 = m \lambda / 2 \quad (m = 1, 2, 3 \dots)$$

$$n_2 d_2 = n \lambda / 4 \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に設けられた反射層と、当該反射層上に設けられた第 1 の透明電極と、当該第 1 の透明電極に対向して配置された第 2 の透明電極と、前記第 1 および第 2 の透明電極の間に設けられた発光波長 λ の有機 EL 発光層とを備え、
前記第 1 の透明電極は、屈折率が異なる複数の透明電極層を積層させたものであることを特徴とする有機 EL 素子。

【請求項 2】

前記第 1 の透明電極は、屈折率 n_r の前記反射層上に、少なくとも屈折率 n_1 の第 1 の透明電極層と屈折率 n_2 の第 2 の透明電極層とが順次積層されて構成されており、
これらの屈折率が $n_r > n_2 > n_1$ の関係を有するように設定されているとともに、前記第 1 の透明電極層の厚み d_1 および前記第 2 の透明電極層の厚み d_2 が下式を満足するように設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の有機 EL 素子。

10

$$n_1 d_1 = m \lambda / 2 \quad (m = 1, 2, 3 \dots)$$

$$n_2 d_2 = n \lambda / 4 \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

【請求項 3】

前記複数の透明電極層の各々は、IZO 膜であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の有機 EL 素子。

【請求項 4】

前記反射層はアモルファス金属からなることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の有機 EL 素子。

20

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の有機 EL 素子の製造方法であって、
前記第 1 の透明電極を、スパッタリング法またはイオンプレーティング法により成膜し、
当該成膜時の DC パワーまたは成膜雰囲気中の酸素濃度をパラメータとして前記複数の透明電極層の各々の屈折率が制御されることを特徴とする有機 EL 素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、有機 EL 素子およびその製造方法に関し、より詳細には、高い平坦性と高い光反射率とを有する下部電極を備えたトップエミッション型の有機 EL 素子およびその製造方法に関する。

30

【0002】

【従来の技術】

C. W. Tang により 2 層積層構成の有機 EL 素子が発表（非特許文献 1 参照）されて以来、有機 EL 素子の高効率化は実用上の重要な課題とされてきた。有機 EL 素子の発光層から射出された光は、有機 EL 素子の外部へと直接向かう光（直接光）と一度素子の裏面に反射した後に外部へと向かう光（反射光）とに大別され、素子効率を向上させるためには、反射光を効率的に素子外部へと取り出すことが重要である。

【0003】

40

現在の有機 EL 素子の構造は、基板側から光を取り出す「ボトムエミッション型」（図 1）と、上部電極側から光を取り出す「トップエミッション型」（図 2）とに分類される。

【0004】

図 1 は従来のボトムエミッション型の有機 EL 素子のバックライト部の構成例を説明するための図で、この有機 EL 素子は、透明基板 101 上に、第 1 の透明電極 102 と、正孔注入層 103 と、正孔輸送層 104 と、発光層 105 と、電子輸送層 106 と、電子注入層 107 と、第 2 の透明電極 108 とが順次積層され、第 2 の透明電極 108 の上には Al 陰極 109 が設けられた構成を有しており、第 1 および第 2 の透明電極（102、108）は IZO（Indium-Zinc-Oxide）で形成されている。ここで、陰極として用いられる Al は光の反射率が高く、発光層 105 から射出された光を透明基板 1

50

01側へ反射するのに適した金属である。なお、カラーディスプレイ用には、透明基板101と第1の透明電極102との間に、図示しない、カラーフィルタ、色変換層(CCM)、パッシベーション層、平滑化層などを積層させて用いる。

【0005】

図2は従来のトップエミッション型の有機EL素子のバックライト部の構成例を説明するための図で、この有機EL素子は、透明基板201上に、反射膜202と、第1の透明電極203と、正孔注入層204と、正孔輸送層205と、発光層206と、電子輸送層207と、電子注入層208と、第2の透明電極209とが順次積層された構成を有しており、透明基板201と反射膜202と第1の透明電極203とからなる積層体が下部電極210を形成している。なお、この素子においても第1および第2の透明電極(203、209)はIZOで形成されている。また、カラーディスプレイ用には、第2の透明電極209の上に、図示しない、平滑化層、パッシベーション層、色変換層(CCM)、カラーフィルタ、などを積層させて用いる。

10

【0006】

近年の有機ELディスプレイにおいては、アクティブマトリクス型素子の開発が盛んに行われている。アクティブマトリクス駆動ではTFT基板の上に有機EL素子を設けてパネル化するが、TFTや有機EL素子の特性のバラツキが大きいためこのバラツキを補正するための様々な駆動回路が必要とされ、パネル駆動のための回路が複雑化する。その結果、1画素を駆動するために必要なTFT数が増加するために下部電極の透明領域に対応して配置されるTFTの面積も増大し、光取出しのための面積が減少する結果となる。近年のこのような傾向を勘案すると、素子の高効率化のためにはボトムエミッション構造よりもトップエミッション構造のほうが有利である。

20

【0007】

トップエミッション構造では、上部電極構造に関する考案は多数見られるが、下部電極構造に関する考案は極めて少ない(例えば、特許文献1参照)。下部電極に要求される特性は、高い正孔注入効率、平坦性および高い光反射率である。通常のトップエミッション型有機EL素子の下部電極には、Alなどの金属膜上にITO(Indium-Tin-Oxide)を成膜したものやPtなどの電極に直接有機膜を成膜したものなどが用いられる。

30

【0008】

【特許文献1】

特開2001-43980号公報

【0009】

【非特許文献1】

C. W. Tang and S. A. Van Slyke, Appl. Phys. Lett., 51, 913 (1987).

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、単体の金属を用いて下部電極を形成する場合には、金属の凝集や結晶化などによって表面の凹凸が大きくなり平坦性が低下する。このような平坦性の低下を回避するためにアモルファス金属を用いて下部電極を形成することも考えられるが、この場合には平坦性が担保される反面、光反射率が低下して素子の光取出効率が低下してしまう。

40

【0011】

本発明は、この問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、高い平坦性と高い光反射率とを有する下部電極を備えたトップエミッション型の有機EL素子およびその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は、この問題を解決するために、請求項1に記載の発明は、有機EL素子であって、基板上に設けられた反射層と、当該反射層上に設けられた第1の透明電極と、当該第1

50

の透明電極に対向して配置された第2の透明電極と、前記第1および第2の透明電極の間に設けられた発光波長 λ の有機EL発光層とを備え、前記第1の透明電極は、屈折率が異なる複数の透明電極層を積層させたものであることを特徴とする。

【0013】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の有機EL素子において、前記第1の透明電極は、屈折率 n_r の前記反射層上に、少なくとも屈折率 n_1 の第1の透明電極層と屈折率 n_2 の第2の透明電極層とが順次積層されて構成されており、これらの屈折率が $n_r > n_2 > n_1$ の関係を有するように設定されているとともに、前記第1の透明電極層の厚み d_1 および前記第2の透明電極層の厚み d_2 が下式を満足するように設定されていることを特徴とする。

10

$$n_1 d_1 = m \lambda / 2 \quad (m = 1, 2, 3 \dots)$$

$$n_2 d_2 = n \lambda / 4 \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

【0014】

また、請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の有機EL素子において、前記複数の透明電極層の各々は、IZO膜であることを特徴とする。

【0015】

また、請求項4に記載の発明は、請求項1乃至3の何れかに記載の有機EL素子において、前記反射層はアモルファス金属からなることを特徴とする。

【0016】

さらに、請求項5に記載の発明は、請求項1乃至4の何れかに記載の有機EL素子の製造方法であって、前記第1の透明電極を、スパッタリング法またはイオンプレーティング法により成膜し、当該成膜時のDCパワーまたは成膜雰囲気酸素濃度をパラメータとして前記複数の透明電極層の各々の屈折率が制御されることを特徴とする。

20

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0018】

図3は本発明のトップエミッション型の有機EL素子のバックライト部の構成例を説明するための図で、この有機EL素子は、透明基板301上に、例えばアモルファス金属の金属反射膜302と、多層透明電極303と、正孔注入層304と、正孔輸送層305と、有機ELの発光層306と、電子輸送層307と、電子注入層308と、上部の透明電極309とが順次積層された構成を有しており、透明基板301とアモルファス金属反射膜302と多層透明電極303とからなる積層体が下部電極310を構成している。なお、多層透明電極および透明電極(303、309)の材料に特に制限はないが、この図に示した素子ではIZOで形成されている。また、カラーディスプレイ用には、上部の透明電極309の上に、平滑化層、パッシベーション層、色変換層(CCM)、カラーフィルタ、などを積層させた、不図示の色変換基板を備える構成とされる。

30

【0019】

この有機EL素子においては、透明基板301の上にアモルファスの金属反射膜302を設けて平坦性を担保し、その上に屈折率の異なる透明電極層を複数積層させた多層透明電極303を形成し、この多層透明電極303内での光の干渉現象を利用して発光層306からの光の反射率を向上させて光外部取出効率を向上させている。

40

【0020】

図4は、本発明の基礎となる、屈折率の異なる層を積層させた積層体からの光の反射率を説明するための図で、この図では単純化のために積層体が屈折率の異なる2つの層から構成されている場合について示している。屈折率 n_2 の第2層402の上に、膜厚が d_1 で屈折率 n_1 の第1層401が積層され、この第1層401に屈折率 n_0 ($=1$)の外部から光が入射した場合の光の反射率について考察すると、外部からの光が第1層401に垂直に入射した場合の反射率 R は次式で与えられる。

【0021】

50

【数 1】

$$R=1-\frac{4\cdot n_1^2\cdot n_2}{n_1^2(1+n_2)^2+(1-n_1^2)(n_2^2-n_1^2)\cdot\sin^2\delta} \quad (1)$$

【0022】

ここで、 δ は第 1 層 401 の表面で反射する光線 (A) と第 1 層 401 と第 2 層 402 の界面で反射する光線 (B) の光路差で、 λ を光の波長とすると $\delta = 2\pi n_1 d_1 / \lambda$ である。

【0023】

屈折率の間に $n_2 > n_1 > n_0$ の関係がある場合には、反射率 R が最大となるのは、上式 (1) の $n_1^2(1+n_2)^2 + (1-n_1^2)(n_2^2-n_1^2)\sin^2\delta$ 部が最大となるときであり、 $(1-n_1^2) < 0$ および $(n_2^2-n_1^2) > 0$ であるから、 $\sin^2\delta = 0$ のときに該当する。

【0024】

この条件は、具体的には、

$$n_1 d_1 = m\lambda / 2 \quad (m = 1, 2, 3 \dots) \quad (2)$$

の場合に相当し、このときの反射率 R は、

【0025】

【数 2】

$$R=1-\frac{4\cdot n_1^2\cdot n_2}{n_1^2(1+n_2)^2}=\left(\frac{1-n_2}{1+n_2}\right)^2 \quad (3)$$

【0026】

与えられ、第 1 層 401 の光学的性質 (屈折率) には依存しない。すなわち、例えば第 2 層 402 を金属膜としその上に設けられる第 1 層 401 を IZO や ITO の透明電極とすると、これらの層の屈折率の間には $n_2 > n_1$ の関係があるために、第 1 層 401 の上面から垂直に光が入射した場合の積層体の反射率 R は第 2 層 402 である金属膜の屈折率のみによって決まることとなり、反射率 R は第 1 層 401 の屈折率に依存しない。

【0027】

一方、屈折率の間に、 $n_1 > n_2 > n_0$ の関係がある場合には、反射率 R が最大となるのは、 $(1-n_1^2) < 0$ および $(n_2^2-n_1^2) < 0$ であるから、 $\sin^2\delta = 0$ のときに該当する。

【0028】

この条件は、具体的には、

$$n_1 d_1 = m\lambda / 4 \quad (m = 1, 2, 3 \dots) \quad (4)$$

の場合に相当し、このときの反射率 R は

【0029】

【数 3】

$$R=1-\frac{4n_1^2n_2}{n_1^4+2n_1^2n_2+n_2^2}=\left(\frac{n_1^2-n_2}{n_1^2+n_2}\right)^2 \quad (5)$$

【0030】

与えられ、反射率 R は第 1 層 401 と第 2 層 402 の双方の屈折率の関数となり、 $n_1^2 > n_0 n_2$ となるように屈折率を選択した場合の反射率 R は第 2 層 402 のみの場合の反射率 R に比べて高くすることが可能となる。

【0031】

例えば、屈折率 n_r の反射膜上に屈折率 n_a の透明電極層 A と屈折率 n_b の透明電極層 B

10

20

30

40

50

を順次積層し、これらの屈折率の関係を $n_r > n_b > n_a$ とするとともに、透明電極層 A の厚み d_a と透明電極層 B の厚み d_b を反射光の強め合いの条件（式（2）および式（4））を満足するように設定した場合を想定すると、上述した反射率の屈折率関係依存性にもとづいて、特定の波長 λ の光の反射強度を大きくすることが可能である。このことは、モノクロパネルやエリアカラーパネル或いは色変換（CCM）方式のトップエミッション素子に特に有効である。また、特定波長の光に限定せず広い波長範囲での反射率を上げるためには、個々の透明電極層の厚みを調整して多層化し、多層透明電極内部で有効に干渉可能な波長を増やせばよい。本発明の有機 EL 素子では、このような原理に基づいて下部電極の反射率 R を高めるべく、屈折率の異なる透明電極層を複数積層させて多層透明電極を形成している。

10

【0032】

このような多層透明電極を電気抵抗値や光透過率などの諸特性を損なうことなく成膜することは、スパッタリング法やイオンプレーティング法などの成膜方法において、成膜パワーを変化させて膜質を制御したり成膜雰囲気中の酸素濃度を変えて組成制御することによって可能である。

【0033】

図5はIZO電極膜の屈折率を説明するための図で、図5（a）は、スパッタ成膜時のDCパワーと得られたIZO透明電極膜の屈折率との関係例を説明するための図、図5（b）はIZO透明電極膜中の酸素濃度と屈折率との関係例を説明するための図である。これらの図から判るように、高いDCパワーで成膜すること、または、膜中の酸素濃度を高くすることで高い屈折率の膜が得られていることが分る。このような方法によれば、成膜チャンバ内でのターゲットを交換するなどの煩雑な工程を必要とすることなく、所望の光反射率を有する多層透明電極を得ることができる。

20

【0034】

（実施例1）

図6は、本発明のトップエミッション型の有機EL素子の備える下部電極の第1の構成例を説明するための図で、透明基板601上に設けられたアモルファス金属反射膜602の上に、第1の透明電極603と第2の透明電極604と第3の透明電極605の3層を積層した多層透明電極606が設けられている。ここで、第1の透明電極603と第3の透明電極605の屈折率は共に n_1 、第2の透明電極604の屈折率は n_2 であり、 $n_1 < n_2$ の関係となるように成膜されている。

30

【0035】

より具体的には、先ず、透明なガラス基板上に、DCスパッタリング法（ターゲット：Ni₃P、スパッタリングガス：Ar）により室温にてアモルファスNi₃Pの金属反射膜を100nm形成し、次に、第1の透明電極であるIZO膜をDCスパッタリング法（ターゲット：IZO（In₂O₃ - 10%ZnO）、スパッタリングガス：Ar）により成膜する。この第1の透明電極の成膜条件は図5に示した条件に基づいて設定され、波長480nmの光に対する屈折率が2.0となるようにDCパワーを50Wとし、式（2）の条件を満足する膜厚120nmで成膜する。これに続いて、第2の透明電極であるIZO膜を、屈折率が2.3となるようにDCパワーを200Wとして、式（4）の条件を満足する膜厚である52nmで成膜する。最後に、第3の透明電極であるIZO膜を、DCパワーを50Wとして、式（2）の条件を満足する膜厚である120nmで成膜する。

40

【0036】

（実施例2）

図7は、本発明のトップエミッション型の有機EL素子の備える下部電極の第2の構成例を説明するための図で、透明基板701上に設けられたアモルファス金属反射膜702の上に、第1～第5の透明電極703～707の5層を積層した多層透明電極708が設けられている。ここで、第1の透明電極703と第3の透明電極705と第5の透明電極の屈折率は何れも n_1 、第2の透明電極704と第4の透明電極の屈折率は共に n_2 であり、 $n_1 < n_2$ の関係となるように成膜されている。

50

【 0 0 3 7 】

この図に示した層の屈折率やスパッタリング条件などの成膜条件は図 6 に示したものとほぼ同様であり、多層透明電極 7 0 8 を構成する第 1 ~ 第 5 の透明電極の各厚みは、各々、1 2 0 n m、5 2 n m、6 0 n m、5 2 n m および 1 2 0 n m である。

【 0 0 3 8 】

(比較例)

実施例 1 および実施例 2 に示した構成の下部電極を備える本発明の有機 E L 素子の透過率を、従来の構成の有機 E L 素子の透過率と比較するために、ガラス基板上に 1 0 0 n m の N i ₃ P 金属反射膜を成膜した有機 E L 素子 (比較例 1) と、ガラス基板上に 1 0 0 n m の N i ₃ P 金属反射膜を成膜し、更に屈折率 2 . 0 の 1 2 0 n m の I Z O 透明電極を成膜した有機 E L 素子 (比較例 2) と、を作製した。なお、これらの素子は、下部電極以外は

10

【 0 0 3 9 】

これら 4 つの有機 E L 素子について、分光光度計により反射率測定を行った結果を纏めたのが図 8 であり、この反射率の波長依存性をもとに波長 4 8 0 n m の光に対する反射率を比較したものが表 1 である。

【 0 0 4 0 】

【 表 1 】

	透明電極	反射率(%)
	層数	480nm
実施例 1	3	55
実施例 2	5	62
比較例 1	0	52
比較例 2	1	53

20

【 0 0 4 1 】

実施例 1 および 2 の有機 E L 素子の反射率は何れも比較例 1 および 2 の反射率よりも高い値を示しており、特に、実施例 2 に示した 5 層からなる透明電極を備える本発明の有機 E L 素子の反射率は 6 2 % と極めて高く、透明電極を多層化したことにより反射率の向上が図られていることがわかる。

30

【 0 0 4 2 】

【 発明の効果 】

以上説明したように、本発明によれば、基板上にアモルファス金属反射層を設けて平坦性を担保する一方、この反射層上に屈折率が異なる複数の透明電極層を積層させた多層透明電極を設けることとしたので、高い平坦性と高い光反射率とを有する下部電極を備えたトップエミッション型の有機 E L 素子およびその製造方法を提供することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】従来のボトムエミッション型の有機 E L 素子の構成例を説明するための図である。

40

【 図 2 】従来のトップエミッション型の有機 E L 素子の構成例を説明するための図である。

【 図 3 】本発明のトップエミッション型の有機 E L 素子の構成例を説明するための図である。

【 図 4 】本発明の基礎となる積層体からの光の反射率を説明するための図である。

【 図 5 】I Z O 電極膜の屈折率を説明するための図で、(a) は、スパッタ成膜時の D C パワーと得られた I Z O 透明電極膜の屈折率との関係例を説明するための図、(b) は I Z O 透明電極膜中の酸素濃度と屈折率との関係例を説明するための図である。

【 図 6 】本発明のトップエミッション型の有機 E L 素子の備える下部電極の第 1 の構成例

50

を説明するための図である。

【図 7】本発明のトップエミッション型の有機 EL 素子の備える下部電極の第 2 の構成例を説明するための図である。

【図 8】分光光度計により反射率測定を行った結果を説明するための図である。

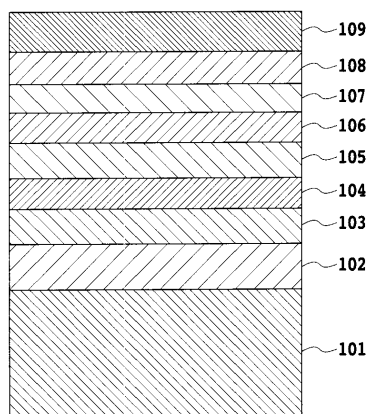
【符号の説明】

101、201、301 透明基板
 102、203 第 1 の透明電極
 103、204、304 正孔注入層
 104、205、305 正孔輸送層
 105、206、306 発光層
 106、207、307 電子輸送層
 107、208、308 電子注入層
 108、209 第 2 の透明電極
 109 A1 陰極
 202 反射膜
 210 下部電極
 302 金属反射膜
 303 多層透明電極
 309 透明電極
 310 下部電極

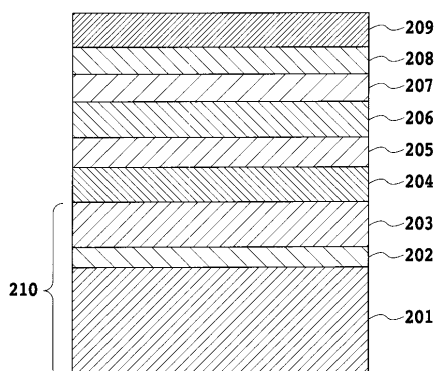
10

20

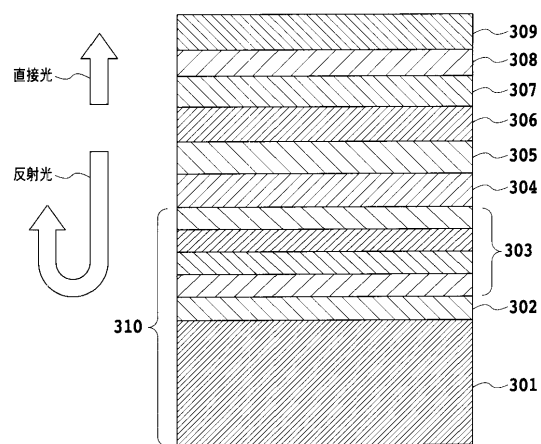
【図 1】



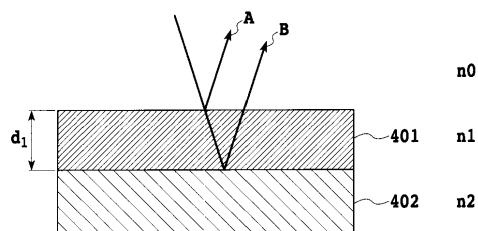
【図 2】



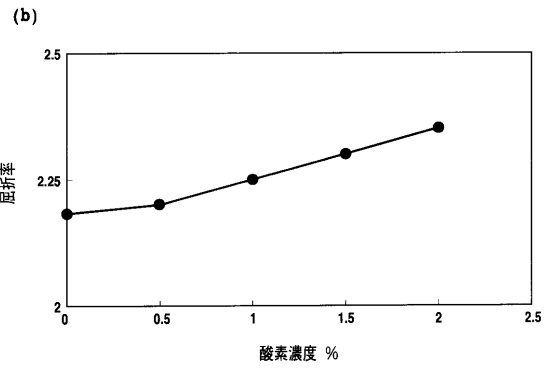
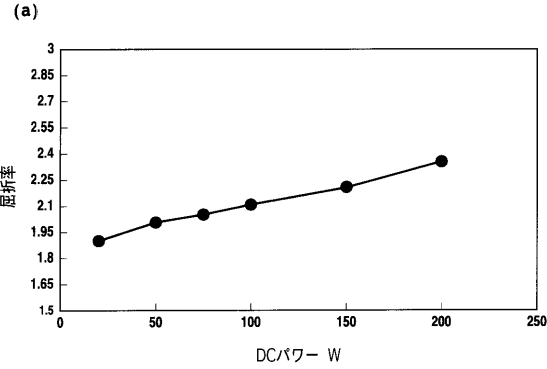
【図 3】



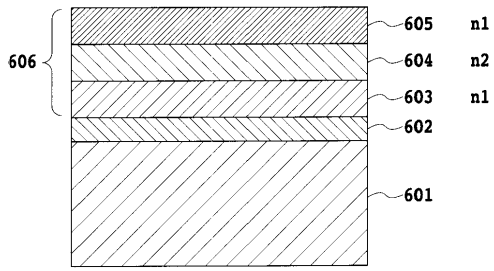
【図 4】



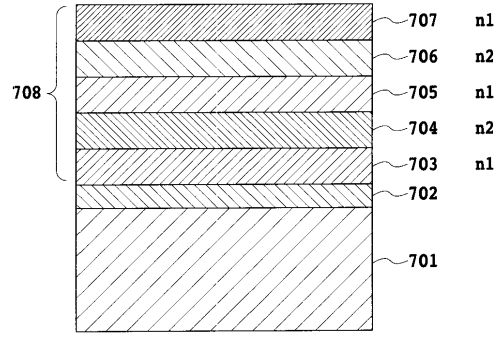
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

