

を形成して、太陽電池などの光電変換素子の電極や液晶等の表示装置またはタッチパネルの電極として利用するものが知られている。特にタッチパネルや液晶で使用される場合、可視領域での高透過率や最適な抵抗値を確保することが必要となってくる。さらに液晶パネルの製造に於いては $100 / \text{以下}$ 、好ましくは $50 / \text{以下}$ の低抵抗値を有する透明導電膜が望まれている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、低抵抗値の透明導電膜を作製しようとする場合、導電膜の膜厚をより厚くする必要があり、導電膜の膜厚が厚くなればなるほど、透過率は下がり、高透過率を得ることが難しくなってしまう。

10

【0004】

本発明では上記従来技術の問題点に鑑み、低抵抗値の透明導電膜でありながら、高透過率を得ることができる導電性を有する多層反射防止膜付透明基板を提供することを技術課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

(1) 透明基板上に透明誘電体の薄膜と透明導電体の薄膜とを積層する導電性を有する多層反射防止膜付透明基板において、前記透明基板側から順に、前記透明基板の屈折率より低い屈折率である透明誘電体の第1薄膜層と、該第1薄膜層の屈折率より高い屈折率である透明誘電体の第2薄膜層と、最外層に透明導電体の第3薄膜層との3層を有し、該第3薄膜層の光学膜厚は表面抵抗値が略 $50 / \text{以下}$ となる膜厚にて決定され、第2薄膜層の光学膜厚は前記第3薄膜層の光学膜厚との和が略 $/ 2$ (ただし、 $= 550\text{nm}$) となるように決定され、前記透明基板上に各々積層してなることを特徴とする導電性を有する。

20

(2) (1) の多層反射防止膜付透明基板において、前記第1薄膜層の光学膜厚は略 $/ 4$ (ただし、 $= 550\text{nm}$) となることを特徴とする。

【発明の実施の形態】

以下に図面を参照しながら説明する。図1は本発明の実施形態である導電性を有する多層反射防止膜の積層構成を示す概念図である。

30

1は透明の基板である。使用する基板の屈折率は $1.48 \sim 1.70$ 程度のものを使用する。具体的に、基板材料としてはガラス、プラスチック(ポリカーボネイト、ポリエチレンテレフタレート等)が用いられ、光学的に透明であれば特に限定されない。

【0006】

2は基板1上に積層され、基板1の屈折率よりも低い屈折率をもつ透明誘電体の第1薄膜層である。第1薄膜層2に使用される透明誘電体は、使用する基板1に応じて適宜選択されるが、屈折率 $1.35 \sim 1.60$ 程度の範囲のものが使用される。具体的には、第1薄膜層2の主成分には SiO_2 (屈折率 1.46) や MgF_2 が挙げられる。また、第1薄膜層2の光学的膜厚(以後、単に膜厚と記す)は略 $/ 4$ の膜厚となるように形成される。

【0007】

また、基板1と多層膜との間の密着力を上げるために基板1と第1薄膜層2との間にアンダーコート層を設けてもよい。このアンダーコート層は基板1の表面を保護するとともに、基板1と多層膜との間の密着力を上げることが可能なハードコートがよく利用される。また、アンダーコート層の膜厚は光学的な障害が起こらない程度の膜厚であることが好ましい。

40

【0008】

3は第1薄膜層2上に積層され、第1薄膜層2の屈折率よりも高い屈折率をもつ透明誘電体の第2薄膜層である。第2薄膜層3に使用される透明誘電体は、屈折率 $1.50 \sim 2.50$ 程度の範囲のものが使用される。具体的には、第2薄膜層3の主成分には ZrO_2 (屈折率 1.9) や、 TiO_2 (屈折率 2.2)、 Al_2O_3 (屈折率 1.6) 等が挙げられ

50

る。第2薄膜層3の膜厚は第2薄膜層3上に載せられる導電性を有する薄膜層の膜厚との合計の膜厚が略 $\sqrt{2}$ となるように決定される。

【0009】

4は第2薄膜層3上に積層され、最外層となる導電性を有する第3薄膜層である。第3薄膜層4の主成分にはITOやSnO₂等が挙げられる。第3薄膜層4の膜厚により表面抵抗値が決定されるため、表面抵抗値を低抵抗値に設定する場合には膜厚を厚く、高抵抗値にする場合には膜厚を薄くすればよい。

【0010】

本実施の形態では、液晶ディスプレイ用に使用するために表面抵抗値が10 Ω / \square ~ 100 Ω / \square 、好ましくは50 Ω / \square 以下の間にて決定される。従って、この表面抵抗値と対応する第3薄膜層4の膜厚は80 nm ~ 200 nmの範囲で形成される。

10

【0011】

ここで、本明細書中では、後述するように、多層反射防止膜付透明基板の評価をY値を用いて行うことにした。

Y値とは、分光光度計によって測定された試料の分光反射率とXYZ表色系の等色関数y()の積を可視域波長で積分した値である。そして、刺激値Y(Y値)は、明るさを評価する際の指標とされている。したがって、視感反射率としてY値を用いた場合には、Y値が高いほど高反射であることを意味し、Y値が低いほど高透過であることを意味する。

【0012】

そして、本明細書中では、視感反射率としてY値を用いている。つまり、本明細書中のY値は、反射率を測定して算出したものである。したがって、本明細書では、Y値が低いほど低反射、言い換えると高透過であることを意味する。そして、現在、このY値を「0.1」単位で低減させるための研究開発が盛んに行われている。このため、当業者間では、Y値が「0.1」低くなれば非常に大きな成果が得られたと考えられているのが実情である。

20

【0013】

視感反射率としてのY値を低くするには、波長550 nmにおいて反射率を最小にすることが必要である。そして、最外層となる導電性を有する薄膜層(本実施の形態では第3薄膜層4)の膜厚を変化させれば、最小反射率がシフトすることが知られている。具体的には、導電性を有する薄膜層の膜厚を薄くすれば最小反射率は短波長側にシフトし、導電性を有する薄膜層の膜厚を厚くすれば最小反射率は長波長側にシフトする。

30

【0014】

しかしながら、第3薄膜層4の表面抵抗値は要求値に固定する必要があるため、第3薄膜層4の膜厚を変化させることができない。そこで、本願発明者は、試行錯誤を重ねた結果、第3薄膜層4の膜厚を変化させる代わりに、第2薄膜層3を第3薄膜層4と同等の屈折率をもつ膜とし、第2薄膜層3の膜厚を変化させれば、最小反射率がシフトすることを突き止めた。そのシュミレーション結果を、図5に示す。このシュミレーションでは、第2薄膜層3としてTiO₂膜を形成させ、第3薄膜層4としてITO膜を形成させて、ITO膜の膜厚を150 nm(表面抵抗30 Ω / \square)に固定して、第2薄膜層3の膜厚を変化させた。このとき第1薄膜層2(SiO₂)の膜厚は波長550 nmにて略 $\sqrt{4}$ となる膜厚(142.5 nm)としている。

40

【0015】

図5に示すように、TiO₂膜の膜厚を変化させると、最小反射率がシフトすることがわかる。より具体的には、TiO₂膜の膜厚を厚くするにしたがって、最小反射率が長波長側へとシフトすることがわかる。そして、TiO₂膜の膜厚を124 nm($\sqrt{4}$ の場合)にしたとき、すなわちTiO₂膜の膜厚とITO膜の膜厚との和が274 nmのときに波長550 nmで反射率が最小となることが判った。

【0016】

したがって、上記したように、第2薄膜層3の膜厚を、第2薄膜層3上に載せられる第3薄膜層4の膜厚との合計の膜厚が略 $\sqrt{2}$ となるようにしたことにより、波長550 nm

50

で反射率が最小となるので、Y 値を低くすることができ、高い透過率を得ることができる。

【0017】

また、上記したような各薄膜層 2 ~ 4 を透明基板 1 上に形成する方法としては、物理的方法では熱蒸着方法やスパッタ方法、イオンプレーティング方法等が挙げられる。また、化学的方法ではめっき方法や化学的気層成長方法等が挙げられる。これらの成膜方法は本発明の実施の形態としてすべて使用可能であるが、特に熱蒸着方法の一つである真空蒸着方法やスパッタ方法は、膜厚制御が正確にできるため、好適に用いられる。

【0018】

なお、本実施の形態は、単なる例示にすぎず本発明を何ら限定するものではない。従って、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲内での種々の変形、改良が可能である。

10

【0019】

以上のような構成を備える導電性を有する多層反射防止膜付透明基板について実施例を挙げ、より具体的に説明する。

【0020】

<実施例 1 >

ハードコート付きポリカーボネイト基板（屈折率 1.58）を用意し、基板表面の汚れをとるために超音波洗浄機で洗浄する。基材を乾燥させた後、真空蒸着装置に基材を投入し、排気を行なう。排気を始めてから基板への成膜完了後リークするまで、装置内のマイクロヒーター、ハロゲンヒーターは 130℃ で加熱を行なう。マイクロヒーター、ハロゲンヒーターは共に基板の加熱を行なう。また、装置内には予め、第 1 層から第 3 層までの成膜用の薬品を準備しておく。

20

【0021】

加熱を始めてから約 1 時間後、成膜を開始する。装置内に予め設置しておいた第 1 層蒸着用の薬品（SiO₂ ザラメ）を使用し、基板上に第 1 薄膜層として SiO₂ を主成分とする薄膜層を形成する。蒸着時間は約 5 分、膜厚は 142.5 nm（波長 550 nm にて略 / 4 となる膜厚）とした。

【0022】

次に第 2 薄膜層蒸着用の薬品（オプトロン社製 TiO₂ タブレット）を使用し、第 1 薄膜層上に第 2 薄膜層として TiO₂ を主成分とする薄膜層を形成する。蒸着時間は約 5 分、膜厚は 124.0 nm とした。

30

【0023】

次に第 3 薄膜層蒸着用の薬品（オプトロン社製 ITO タブレット）を使用し、第 3 薄膜層として ITO を主成分とする薄膜層を形成する。第 3 薄膜層の薄膜層を形成している間はプラズマ処理（RF 処理）を行なっておく。膜厚は表面抵抗値が 30 Ω / □ が得られる厚さである 150.0 nm とした。

【0024】

このようにして得られた導電性を有する多層反射防止膜を徐冷し、試料とした。この試料の可視光透過率を分光光度計により測定した。このときの視感度透過率は 91% であった。また、この膜構成、膜厚での透過率及び反射率のシュミレーション結果を図 2 に示す。シュミレーション結果では波長 550 nm において透過率 98.9%、反射率 1.0% となった。

40

【0025】

<比較例 1 >

実施例 1 で使用する基板（ポリカーボネイト 屈折率 1.58）の上に ITO（屈折率 2.0）の薄膜層を膜厚 150.0 nm にて形成した場合をシュミレーションした。このときのシュミレーション結果を図 3 に示す。シュミレーション結果では波長 550 nm において透過率 81.4%、反射率 18.5% となった。

【0026】

<比較例 2 >

50

実施例 1 で使用する基板（ポリカーボネイト 屈折率 1.58）の上に SiO_2 （屈折率 1.46）単層の反射防止膜（膜厚 138nm = 略 1/4）を形成させ、その上に ITO（屈折率 2.0）の薄膜層を膜厚 150.0nm にて形成した場合をシュミレーションした。このときのシュミレーション結果を図 4 に示す。シュミレーション結果では波長 550nm において透過率 75.7%、反射率 24.2% となった。

【0027】

<比較例 3>

本実施の形態の膜構成にて導電膜の膜厚を種々変化させたときの各膜厚と Y 値を表 1 に示す。

ここで実施例 1 の膜構成において基本的には第 1 薄膜層の膜厚は 1/4、第 2 薄膜層と第 3 薄膜層との合計の膜厚は 1/2 であるが、できるだけ低い Y 値が得られるように各膜厚とも若干量だけ修正してある。

【0028】

また、比較例 2 の膜構成（基板 + SiO_2 + ITO）にて導電膜の膜厚を種々変化させたときの SiO_2 の膜厚とそのときの Y 値を表 2 に示す。このとき SiO_2 の膜厚は Y 値ができるだけ低くなるような膜厚とした。また、実施例 1 と同じ基板上に高屈折率の薄膜層（ TiO_2 ）、低屈折率の薄膜層（ SiO_2 ）を順次形成し、最外層に導電膜を形成する膜構成にて導電膜の膜厚を種々変化させたときの各導電膜の膜厚と Y 値を表 3 に示す。このときの各膜厚は Y 値ができるだけ低くなるような膜厚とした。

【0029】

<結果>

表 1 に示す本実施の形態での膜構成による Y 値は、表 2 に示す膜構成にて得られる Y 値に対してすべて下回る値が得られた。また、表 3 に示す膜構成との比較においては、ITO の膜厚が 120nm 以上（表面抵抗値が略 50 Ω /sq 以下）のときに何れも下回る値が得られた。

【0030】

【表 1】

ITO膜厚	1層目(SiO2)	2層目(TiO2)	3層目(ITO)	Y値
50nm	139.5nm	229nm	50nm	4.1709
100nm	139.5nm	179nm	100nm	3.3784
110nm	141.5nm	168nm	110nm	3.2744
115nm	139.5nm	163nm	115nm	3.2342
120nm	142.5nm	157nm	120nm	3.2017
137.5nm	141.5nm	138nm	137.5nm	3.1526
150nm	142.5nm	124nm	150nm	3.1783

【0031】

【表 2】

ITO膜厚	1層目(SiO2)	2層目(ITO)	Y値
50nm	61.5nm	50nm	8.8032
100nm	23.0nm	100nm	19.2125
110nm	17.0nm	110nm	20.5349
115nm	14.0nm	115nm	21.0535
120nm	11.0nm	120nm	21.4745
137.5nm	0nm	137.5nm	22.1261
150nm	0nm	150nm	21.8528

【0032】

【表 3】

ITO膜厚	1層目(TiO2)	2層目(SiO2)	3層目(ITO)	Y値
50nm	91nm	84.5nm	50nm	0.9909
100nm	137nm	24.5nm	100nm	2.6461
110nm	138nm	17.5nm	110nm	3.0545
115nm	138nm	14.5nm	115nm	3.2254
120nm	139nm	10.5nm	120nm	3.3675
137.5nm	137nm	0.5nm	137.5nm	3.5921
150nm	124nm	0.5nm	150nm	3.6391

10

【0033】

【発明の効果】

以上のように本発明よれば、表面抵抗値が低抵抗値を必要とする透明導電膜の場合において、最表面層の導電性と必要な抵抗値を確保するとともに、高透過率を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の膜構成を示す模式図である。

【図2】実施例1における膜構成、膜厚での透過率及び反射率のシミュレーション結果を示した図である。

20

【図3】比較例1における膜構成、膜厚での透過率及び反射率のシミュレーション結果を示した図である。

【図4】比較例2における膜構成、膜厚での透過率及び反射率のシミュレーション結果を示した図である。

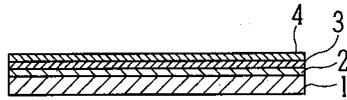
【図5】第2薄膜層の膜厚を変化させた時の最小反射率のシフトの様子を示した図である。

【符号の説明】

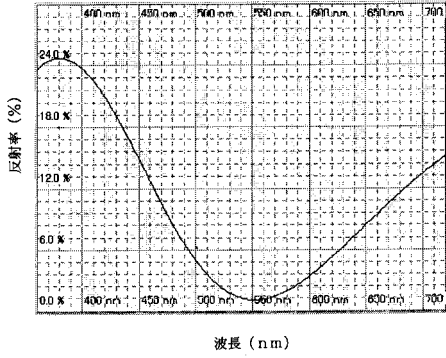
- 1 基板
- 2 第1薄膜層
- 3 第2薄膜層
- 4 第3薄膜層

30

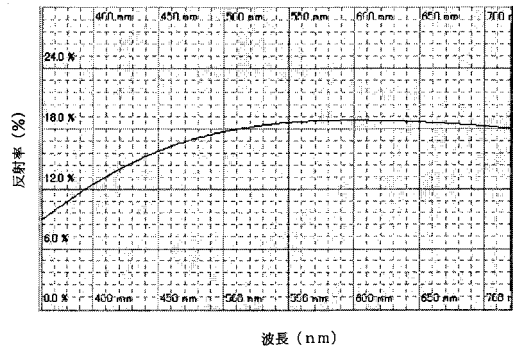
【図1】



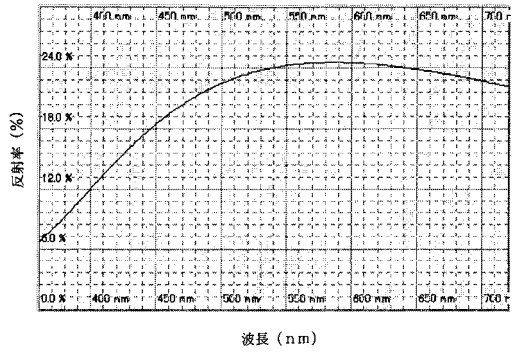
【図2】



【図3】

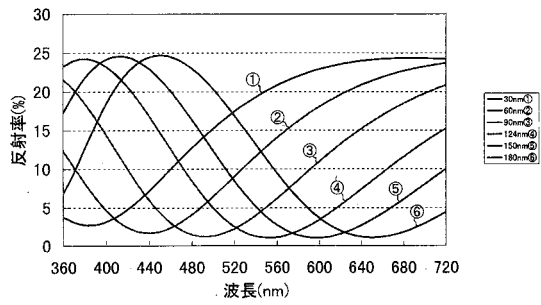


【図4】



【図5】

ITO150nm固定時のTiO2膜厚変動による分光反射率特性



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G02B 1/11