

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5123785号
(P5123785)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月2日 (2012. 11. 2)

(51) Int. Cl.		F 1	
C 2 3 C	14/08	(2006. 01)	C 2 3 C 14/08 C
G 0 2 B	1/11	(2006. 01)	G 0 2 B 1/10 A

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-209208 (P2008-209208)	(73) 特許権者	000231464
(22) 出願日	平成20年8月15日 (2008. 8. 15)		株式会社アルバック
(65) 公開番号	特開2010-43334 (P2010-43334A)		神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地
(43) 公開日	平成22年2月25日 (2010. 2. 25)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成23年4月5日 (2011. 4. 5)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100126664
			弁理士 鈴木 慎吾
		(72) 発明者	高橋 明久
			千葉県山武市横田523 株式会社アルバ
			ック 千葉超材料研究所内
		(72) 発明者	石橋 暁
			千葉県山武市横田523 株式会社アルバ
			ック 千葉超材料研究所内
		審査官	廣野 知子
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射防止膜の成膜方法及び反射防止膜

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の酸化亜鉛系薄膜上に第2の酸化亜鉛系薄膜を積層してなる反射防止膜の成膜方法であって、

酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含む第1の反応性ガス中にて第1の酸化亜鉛系ターゲットを用いたスパッタリングにより、第1の酸化亜鉛系薄膜を成膜する第1の成膜工程と、

前記第1の酸化亜鉛系薄膜上に、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含みかつ前記第1の反応性ガスと異なる組成の第2の反応性ガス中にて第2の酸化亜鉛系ターゲットを用いたスパッタリングにより、第2の酸化亜鉛系薄膜を成膜する第2の成膜工程と、

を有することを特徴とする反射防止膜の成膜方法。

【請求項 2】

前記第2の反応性ガスは、前記第1の反応性ガスと水素ガスの含有率が異なることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜の成膜方法。

【請求項 3】

前記第2の反応性ガスは、前記第1の反応性ガスと酸素ガスの含有率が異なることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜の成膜方法。

【請求項 4】

前記第2の酸化亜鉛系ターゲットは、前記第1の酸化亜鉛系ターゲットと同一であるこ

10

20

とを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項記載の反射防止膜の成膜方法。

【請求項 5】

前記第 2 の成膜工程は、前記第 1 の成膜工程と同一の真空槽内にて、前記第 1 の反応性ガスを前記第 2 の反応性ガスに置換して行うことを特徴とする請求項 1 記載の反射防止膜の成膜方法。

【請求項 6】

前記第 1 の酸化亜鉛系ターゲット及び前記第 2 の酸化亜鉛系ターゲットは、アルミニウム添加酸化亜鉛ターゲットまたはガリウム添加酸化亜鉛ターゲットであることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項記載の反射防止膜の成膜方法。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項記載の反射防止膜の成膜方法により得られた反射防止膜であって、

第 1 の酸化亜鉛系薄膜と、この第 1 の酸化亜鉛系薄膜上に積層され該第 1 の酸化亜鉛系薄膜と屈折率が異なる第 2 の酸化亜鉛系薄膜とを備えてなることを特徴とする反射防止膜。

【請求項 8】

前記第 1 の酸化亜鉛系薄膜及び前記第 2 の酸化亜鉛系薄膜のうち少なくとも一方は、比抵抗が $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下であることを特徴とする請求項 7 記載の反射防止膜。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射防止膜の成膜方法及び反射防止膜に関し、更に詳しくは、フラットパネルディスプレイ (FPD: Flat Panel Display) の表示面、タッチパネル等の操作面、太陽電池の受光面等に用いて好適な反射防止膜の成膜方法及び反射防止膜に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、フラットパネルディスプレイ (FPD)、タッチパネル、太陽電池等においては、反射防止用に様々な反射防止膜が用いられている。

従来より用いられている反射防止膜としては、透明基板上に高屈折率層や低屈折率層を順次積層した多層構造の反射防止膜が提案されている。

このような反射防止膜では、高屈折率層には、例えば、 TiO_2 (屈折率: 2.3 ~ 2.55) や ZrO_2 (屈折率: 2.05) 等が、また、低屈折率層としては、例えば、 SiO_2 (屈折率: 1.45 ~ 1.46) 等が用いられている (特許文献 1、2)。

【0003】

このような反射防止膜では、高屈折率層や低屈折率層の膜厚や材質を変えることにより、所望の反射防止性能を得ることができる。

このような反射防止膜は、透明基板上に、 SiO_2 等の低屈折率材料のターゲットを用いたスパッタリングにより低屈折率層を成膜し、次いで、この低屈折率層上に、 TiO_2 や ZrO_2 等の高屈折率材料のターゲットを用いたスパッタリングにより高屈折率層を成膜することにより得ることができる。

【特許文献 1】特開平 7-130307 号公報

【特許文献 2】特開平 8-75902 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、従来の多層構造の反射防止膜をスパッタリングで成膜するためには、各層毎に異なるターゲットを用意して成膜を行う必要がある。すなわち、 TiO_2 ターゲットと SiO_2 ターゲットを順番にスパッタして成膜を行うか、もしくは酸素ガス等の反応性ガスを導入しながら Ti ターゲットと Si ターゲットを順番にスパッタして成膜を行う必要

10

20

30

40

50

がある。

特に、 SiO_2 ターゲットをスパッタする場合、DC電源やAC電源を使用してスパッタすることができないために、RF電源を使用する必要があるが、RF電源はコストが高く、装置構成が複雑になるという問題点があった。

【0005】

一方、TiターゲットとSiターゲットを酸素ガス等の反応性ガスを導入しながらスパッタして成膜する場合、DC電源もしくはAC電源を使用することが可能であるが、多量の酸素ガスを導入する必要があるために、金属酸化物からなる透明導電膜と同じ雰囲気では成膜することができないという問題点があった。

【0006】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、酸化亜鉛系の透明導電膜を用いた反射防止膜の成膜方法において、酸化亜鉛系ターゲットを使用し、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含む反応性ガス中の各々のガスの比を変化させてスパッタすることにより、屈折率の異なる複数の屈折率層を積層し、所望の反射防止性能を得ることが可能な酸化亜鉛系の反射防止膜の成膜方法及び反射防止膜を提供することを目的とする。

また、屈折率の異なる複数の屈折率層を積層した反射防止膜を、1つの装置にて成膜することができ、さらには、同じ酸化亜鉛系のターゲットを使用し、導入するガスの酸素／水素の比を変化させてスパッタすることにより、屈折率の異なる複数の屈折率層を積層した反射防止膜を成膜する成膜装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者等は、酸化亜鉛系の透明導電膜を用いた反射防止膜の成膜方法について鋭意検討を行った結果、酸化亜鉛系材料からなるターゲットを用いて、スパッタ法により屈折率の異なる複数の屈折率層を積層してなる酸化亜鉛系の反射防止膜を成膜する際に、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含む反応性ガス中のそれぞれのガスの比率を変えてスパッタを行うこととすれば、第1の酸化亜鉛系薄膜上に屈折率の異なる第2の酸化亜鉛系薄膜を積層した所望の反射性能を有する反射防止膜を効率的に成膜することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0008】

すなわち、本発明の反射防止膜の成膜方法は、第1の酸化亜鉛系薄膜上に第2の酸化亜鉛系薄膜を積層してなる反射防止膜の成膜方法であって、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含む第1の反応性ガス中にて第1の酸化亜鉛系ターゲットを用いたスパッタリングにより、第1の酸化亜鉛系薄膜を成膜する第1の成膜工程と、前記第1の酸化亜鉛系薄膜上に、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含みかつ前記第1の反応性ガスと異なる組成の第2の反応性ガス中にて第2の酸化亜鉛系ターゲットを用いたスパッタリングにより、第2の酸化亜鉛系薄膜を成膜する第2の成膜工程と、を有することを特徴とする。

【0009】

この製造方法では、第1の成膜工程により、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含む第1の反応性ガス中にて第1の酸化亜鉛系ターゲットを用いたスパッタリングにより、第1の酸化亜鉛系薄膜を成膜し、第2の成膜工程により、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含みかつ前記第1の反応性ガスと異なる組成の第2の反応性ガス中にて第2の酸化亜鉛系ターゲットを用いたスパッタリングにより、第2の酸化亜鉛系薄膜を成膜する。

これにより、酸化亜鉛系ターゲットを使用して、屈折率の異なる複数の屈折率層を積層することが可能になり、その結果、所望の反射防止性能を有する反射防止膜を効率的に成膜することが可能になる。

【0010】

本発明の反射防止膜の成膜方法では、前記第2の反応性ガスは、前記第1の反応性ガス

10

20

30

40

50

と水素ガスの含有率が異なることが好ましい。

前記第2の反応性ガスは、前記第1の反応性ガスと酸素ガスの含有率が異なることが好ましい。

前記第2の酸化亜鉛系ターゲットは、前記第1の酸化亜鉛系ターゲットと同一であることが好ましい。

前記第2の成膜工程は、前記第1の成膜工程と同一の真空槽内にて、前記第1の反応性ガスを前記第2の反応性ガスに置換して行うことが好ましい。

前記第1の酸化亜鉛系ターゲット及び前記第2の酸化亜鉛系ターゲットは、アルミニウム添加酸化亜鉛ターゲットまたはガリウム添加酸化亜鉛ターゲットであることが好ましい。

10

【0011】

本発明の反射防止膜は、本発明の反射防止膜の成膜方法により得られた反射防止膜であって、第1の酸化亜鉛系薄膜と、この第1の酸化亜鉛系薄膜上に積層され該第1の酸化亜鉛系薄膜と屈折率が異なる第2の酸化亜鉛系薄膜とを備えてなることを特徴とする。

【0012】

この反射防止膜では、第1の酸化亜鉛系薄膜と、この第1の酸化亜鉛系薄膜上に積層され該第1の酸化亜鉛系薄膜と屈折率が異なる第2の酸化亜鉛系薄膜とを備えたことにより、屈折率の異なる複数の屈折率層を積層してなる、所望の反射防止性能を有する酸化亜鉛系の反射防止膜を提供することが可能になる。

【0013】

本発明の反射防止膜では、前記第1の酸化亜鉛系薄膜及び前記第2の酸化亜鉛系薄膜のうち少なくとも一方は、比抵抗が $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下であることが好ましい。

20

【発明の効果】

【0019】

本発明の反射防止膜の成膜方法によれば、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含む第1の反応性ガス中にて第1の酸化亜鉛系ターゲットを用いたスパッタリングにより、第1の酸化亜鉛系薄膜を成膜する第1の成膜工程と、前記第1の酸化亜鉛系薄膜上に、酸素ガス、水素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種を含みかつ前記第1の反応性ガスと異なる組成の第2の反応性ガス中にて第2の酸化亜鉛系ターゲットを用いたスパッタリングにより、第2の酸化亜鉛系薄膜を成膜する第2の成膜工程と、を有するので、酸化亜鉛系ターゲットを使用して、屈折率の異なる複数の屈折率層を容易に積層することができ、その結果、所望の反射防止性能を有する反射防止膜を効率的に成膜することができる。

30

【0020】

本発明の反射防止膜によれば、第1の酸化亜鉛系薄膜と、この第1の酸化亜鉛系薄膜上に積層され該第1の酸化亜鉛系薄膜と屈折率が異なる第2の酸化亜鉛系薄膜とを備えたので、屈折率の異なる複数の屈折率層を積層してなる、所望の反射防止性能を有する酸化亜鉛系の反射防止膜を提供することができる。

【0021】

本発明の成膜装置によれば、真空容器と、この真空容器内にターゲットを保持するターゲット保持手段と、前記ターゲットにスパッタ電圧を印加する電源とを備え、前記真空容器は、水素ガス導入手段、酸素ガス導入手段、水蒸気導入手段のうち2つ以上を備えているので、酸化亜鉛系材料からなるターゲットを用いて、スパッタ法により基板上に屈折率の異なる複数の屈折率層を積層する際の雰囲気、還元性ガスと酸化性ガスとの比が調和した反応性ガス雰囲気とすることができる。したがって、所望の反射防止性能を有する反射防止膜を、酸化亜鉛系材料からなるターゲットを用いて1つの装置により成膜することができる。

40

【0022】

また、酸化亜鉛系材料からなる一種類のターゲットを使用し、導入するガスの組成を変更するのみで、屈折率の異なる複数の屈折率層を積層してなる反射防止膜を、容易に成膜

50

することができる。さらに、DC電源もしくはAC電源を使用することができ、かつ、従来の成膜速度以上にて成膜することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明の反射防止膜の成膜方法及び反射防止膜並びに成膜装置を実施するための最良の形態について説明する。

なお、この形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

【0024】

「第1の実施形態」

図1は、本発明の第1の実施形態の反射防止膜を示す断面図であり、この反射防止膜1は、透明基板2の表面2aに成膜された積層構造の膜であり、透明基板2の表面2a側から外方に向かって屈折率が順次小さくなるように、屈折率の異なる複数の酸化亜鉛系薄膜、例えば高屈折率の透明膜11及び低屈折率の透明膜12が積層されている。

【0025】

これらの酸化亜鉛系薄膜としては、例えば、酸化アルミニウム(Al_2O_3)を添加したアルミニウム添加酸化亜鉛(AZO)、酸化ガリウム(Ga_2O_3)を添加したガリウム添加酸化亜鉛(GZO)等を主成分とする酸化亜鉛系材料が好適に用いられる。

【0026】

例えば、アルミニウム添加酸化亜鉛(AZO)を用いた積層構造の場合、屈折率が例えば1.91等の高屈折率の透明膜11は、アルミニウム添加酸化亜鉛(AZO)をターゲットとして、アルゴン(Ar)ガス雰囲気または酸素を含むアルゴン($Ar + O_2$)ガス雰囲気下にて成膜することにより得られる。

また、屈折率が例えば1.64等の低屈折率の透明膜12は、上記のアルミニウム添加酸化亜鉛(AZO)をターゲットとして、水素(H_2)ガス雰囲気または水蒸気(H_2O)雰囲気下にて成膜することにより得られる。

【0027】

これらの酸化亜鉛系薄膜のうち少なくとも一方、例えば高屈折率の透明膜11及び低屈折率の透明膜12のうち少なくとも一方の比抵抗は、 $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot cm$ 以下であることが好ましい。

このように、透明膜11、12のうちの少なくとも一方の比抵抗を $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot cm$ 以下とすることにより、この透明膜に透明導電膜としての機能を付与することができる。

【0028】

図2は、本実施形態の反射防止膜の変形例を示す断面図であり、低屈折率の透明膜12の比抵抗が高い場合に、この透明膜12上に透明導電膜3を成膜した例である。

このような構成とすることにより、反射防止膜1に透明導電膜の機能を付与することができる。

【0029】

図3は、本実施形態の反射防止膜の成膜に用いられるスパッタ装置(成膜装置)を示す概略構成図、図4は同スパッタ装置の成膜室の主要部を示す断面図である。

このスパッタ装置21は、インターバック式のスパッタ装置であり、例えば、ガラス基板(図示せず)等の基板を搬入/搬出する仕込み/取り出し室22と、上記の基板上に酸化亜鉛系の反射防止膜を成膜する成膜室(真空容器)23とを備えている。

仕込み/取り出し室22には、この室内を粗真空引きするロータリーポンプ等の粗引き排気手段24が設けられ、この室内には、基板を保持・搬送するための基板トレイ25が移動可能に配置されている。

【0030】

一方、成膜室23の一方の側面23aには、基板26を加熱するヒーター31が縦型に設けられ、他方の側面23bには、酸化亜鉛系材料のターゲット27を保持し所望のスパ

10

20

30

40

50

ッタ電圧を印加するカソード（ターゲット保持手段）３２が縦型に設けられ、さらに、この室内を高真空引きするターボ分子ポンプ等の高真空排気手段３３、ターゲット２７にスパッタ電圧を印加する電源３４、この室内にガスを導入するガス導入手段３５が設けられている。

【００３１】

カソード３２は、板状の金属プレートからなるもので、ターゲット２７をロウ材等でボンディング（固定）により固定するためのものである。

電源３４は、ターゲット２７にスパッタ電圧を印加するためのもので、直流（ＤＣ）電源（図示略）を備えている。

ガス導入手段３５は、Ａｒ等のスパッタガスを導入するスパッタガス導入手段３５ａと、水素ガスを導入する水素ガス導入手段３５ｂと、酸素ガスを導入する酸素ガス導入手段３５ｃと、水蒸気を導入する水蒸気導入手段３５ｄとを備えている。

10

【００３２】

なお、このガス導入手段３５では、水素ガス導入手段３５ｂ～水蒸気導入手段３５ｄについては、必要に応じて選択使用すればよく、例えば、水素ガス導入手段３５ｂと酸素ガス導入手段３５ｃ、水素ガス導入手段３５ｂと水蒸気導入手段３５ｄ、のように２つの手段により構成してもよい。

【００３３】

次に、上記のスパッタ装置２１を用いて透明基板２上に酸化亜鉛系の反射防止膜１及び透明導電膜３を順次成膜する方法について説明する。

20

ここでは、透明基板２として無アルカリガラス基板を用い、反射防止膜１として、アルミニウム添加酸化亜鉛（ＡＺＯ）、ガリウム添加酸化亜鉛（ＧＺＯ）等の酸化亜鉛系材料からなる２層構造のものをを用いた場合について説明する。

【００３４】

「反射防止膜の成膜」

（ａ）高屈折率透明膜の成膜

高屈折率の透明膜１１を成膜するために、酸化亜鉛系のターゲット２７をカソード３２にロウ材等でボンディングして固定する。ここで、ターゲット材としては、酸化亜鉛系材料、例えば、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）を０．１～１０質量％添加したアルミニウム添加酸化亜鉛（ＡＺＯ）、酸化ガリウム（ Ga_2O_3 ）を０．１～１０質量％添加したガリウム添加酸化亜鉛（ＧＺＯ）等が挙げられる。

30

【００３５】

次いで、基板２６を仕込み／取り出し室２２の基板トレイ２５に収納した状態で、仕込み／取り出し室２２及び成膜室２３を粗引き排気手段２４で粗真空引きし、仕込み／取り出し室２２及び成膜室２３が所定の真空度、例えば０．２７Ｐａ（ 2.0×10^{-3} Torr）となった後に、基板２６を仕込み／取り出し室２２から成膜室２３に搬入し、この基板２６を、設定がオフになった状態のヒーター３１の前に配置し、この基板２６をターゲット２７に対向させ、この基板２６をヒーター３１により加熱して、１００℃～６００℃の温度範囲内とする。

【００３６】

40

次いで、成膜室２３を高真空排気手段３３で高真空引きし、成膜室２３が所定の高真空度、例えば 2.7×10^{-4} Ｐａ（ 2.0×10^{-6} Torr）となった後に、成膜室２３に、スパッタガス導入手段３５ａによりＡｒガスを導入するか、あるいは、スパッタガス導入手段３５ａ及び酸素ガス導入手段３５ｃによりＡｒガス及び O_2 ガスを導入することにより、この成膜室２３内をＡｒガス雰囲気または O_2 ガスを含むＡｒガス（Ａｒ＋ O_2 ）雰囲気とする。

【００３７】

次いで、電源３４によりターゲット２７にスパッタ電圧を印加する。

このスパッタ電圧は３４０Ｖ以下であることが好ましい。放電電圧を下げることで、結晶格子の整った酸化亜鉛系の透明膜を成膜することが可能になる。

50

このスパッタ電圧は、直流電圧に高周波電圧を重ねてもよい。直流電圧に高周波電圧を重ねることで、放電電圧をさらに下げることができる。

スパッタ電圧印加により、基板 26 上にプラズマが発生し、このプラズマにより励起された Ar 等のスパッタガスのイオンがターゲット 27 に衝突し、このターゲット 27 からアルミニウム添加酸化亜鉛 (AZO)、ガリウム添加酸化亜鉛 (GZO) 等の酸化亜鉛系材料を構成する原子を飛び出させ、基板 26 上に酸化亜鉛系材料からなる透明膜を成膜する。

【0038】

この成膜の過程では、成膜室 23 内の雰囲気は Ar ガス雰囲気または O₂ ガスを含み Ar ガス (Ar + O₂) 雰囲気となるので、この雰囲気下にてスパッタを行えば、得られた透明膜は、酸化亜鉛結晶中の酸素空孔の数が制御されて、所望の高屈折率、例えば 2.0 前後、及び所望の比抵抗 (導電率) を有する高屈折率の透明膜 11 となる。

10

【0039】

なお、この透明膜 11 の屈折率をシフトさせたい場合、成膜の際の雰囲気を、Ar ガス雰囲気または O₂ ガスを含み Ar ガス (Ar + O₂) 雰囲気から、Ar ガスまたは O₂ ガスを含み Ar ガスに、H₂ ガスおよび／または H₂O ガス (水蒸気) を加えた雰囲気とすればよい。

これは、成膜室 23 に、水素ガス導入手段 35b による H₂ ガスの導入、水蒸気導入手段 35d による H₂O ガス (水蒸気) の導入、のいずれか一方、あるいは双方を行うことにより、実現することができる。

20

【0040】

(b) 低屈折率透明膜の成膜

成膜室 23 内に酸化亜鉛系のターゲット 27 を残したままの状態、この成膜室 23 に、水素ガス導入手段 35b による H₂ ガスの導入、水蒸気導入手段 35d による H₂O ガス (水蒸気) の導入、のいずれか一方、あるいは双方を行うことにより、この成膜室 23 内を H₂ ガスおよび／または H₂O ガス (水蒸気) 雰囲気とする。

【0041】

この低屈折率透明膜を成膜する際、高屈折率透明膜と同一の酸化亜鉛系のターゲット 27 を用い、成膜時の雰囲気を H₂ ガスおよび／または H₂O ガス (水蒸気) を含む雰囲気とする。これにより、透明膜の屈折率が低屈折率側にシフトした低屈折率透明膜が成膜される。

30

ここでは、水素ガス導入手段 35b や水蒸気導入手段 35d を用いて、成膜室 23 に H₂ ガスおよび／または H₂O ガス (水蒸気) を導入する。

なお、この成膜室 23 内には、Ar ガスまたは O₂ ガスを含み Ar ガス (Ar + O₂) も含まれているので、H₂ ガス、H₂O ガス (水蒸気)、Ar + O₂ ガス各々の分圧を制御することで、得られる透明膜の屈折率や比抵抗 (導電率) を制御することができる。

【0042】

例えば、水素ガスの分圧 (P_{H₂}) と酸素ガスの分圧 (P_{O₂}) との比 R (P_{H₂} / P_{O₂}) が、

$$R = P_{H_2} / P_{O_2} \geq 5 \quad \dots\dots (1)$$

40

を満たす場合、成膜室 23 内の雰囲気は、水素ガス濃度が酸素ガス濃度の 5 倍以上の反応性ガス雰囲気となり、この反応性ガス雰囲気が R = P_{H₂} / P_{O₂} ≥ 5 を満たすことで、屈折率が 1.6 前後の透明膜 12 が得られる。

【0043】

また、水素ガスの分圧 (P_{H₂}) と水蒸気 (ガス) の分圧 (P_{H₂O}) との比 R (P_{H₂} / P_{H₂O}) が、

$$R = P_{H_2} / P_{H_2O} \geq 5 \quad \dots\dots (2)$$

を満たす場合、成膜室 23 内の雰囲気は、水素ガス濃度が水蒸気濃度の 5 倍以上の反応性ガス雰囲気となり、この反応性ガス雰囲気が R = P_{H₂} / P_{H₂O} ≥ 5 を満たすことで、屈折率が 1.6 前後の透明膜 12 が得られる。

50

【0044】

このように、成膜室23内を H_2 ガスおよび／または H_2O ガス（水蒸気）雰囲気とすることで、得られた透明膜12の比抵抗（導電率）も変化する。したがって、導電性を必要とする透明膜12の場合には、 H_2 ガス雰囲気にて成膜する必要があるが、導電性を必要としない透明膜12の場合、 H_2 ガス雰囲気、 H_2O ガス（水蒸気）雰囲気のいずれであってもよい。

このように、 H_2 ガスおよび H_2O ガス（ $H_2 + H_2O$ ）雰囲気下で成膜された低屈折率の透明膜12は、比抵抗が低いので透明導電膜を兼ねることができる。この場合、透明導電膜3は不要になる。

【0045】

10

一方、 H_2O ガス雰囲気下で成膜された低屈折率の透明膜12は、比抵抗が高いため、透明導電膜3が必要となる。

次に、高比抵抗かつ低屈折率の透明膜12上に透明導電膜3を成膜する方法について説明する。

【0046】

「透明導電膜の成膜」

透明導電膜3を成膜するために、上記の酸化亜鉛系のターゲット27を用い、上記の反射防止膜と同様にして、基板26の温度を $100^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ の温度範囲内とし、スパッタガス導入手段15aによりAr等のスパッタガスを導入するとともに、水素ガス導入手段15b～水蒸気導入手段15dのうちいずれか2つまたは3つを用いて、水素ガス、酸素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種のガスを導入する。

20

【0047】

ここで、水素ガスと酸素ガスを選択した場合、水素ガスの分圧（ P_{H_2} ）と酸素ガスの分圧（ P_{O_2} ）との比 $R = P_{H_2} / P_{O_2}$ が、

$$R = P_{H_2} / P_{O_2} \geq 5 \quad \dots\dots (3)$$

を満たす場合、成膜室23内の雰囲気は、水素ガス濃度が酸素ガス濃度の5倍以上の反応性ガス雰囲気となり、この反応性ガス雰囲気が $R = P_{H_2} / P_{O_2} \geq 5$ を満たすことで、比抵抗 $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の透明導電膜が得られる。

【0048】

また、水素ガスと水蒸気（ガス）を選択した場合、水素ガスの分圧（ P_{H_2} ）と水蒸気（ガス）の分圧（ P_{H_2O} ）との比 $R = P_{H_2} / P_{H_2O}$ が、

$$R = P_{H_2} / P_{H_2O} \geq 5 \quad \dots\dots (4)$$

を満たす場合、成膜室23内の雰囲気は、水素ガス濃度が水蒸気濃度の5倍以上の反応性ガス雰囲気となり、この反応性ガス雰囲気が $R = P_{H_2} / P_{H_2O} \geq 5$ を満たすことで、比抵抗 $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の透明導電膜が得られる。

30

【0049】

次いで、電源34によりターゲット27に340V以下のスパッタ電圧、好ましくは直流電圧に高周波電圧を重ねたスパッタ電圧を印加する。

これにより、基板26上にプラズマが発生し、このプラズマにより励起されたAr等のスパッタガスのイオンがターゲット27に衝突し、このターゲット27からアルミニウム添加酸化亜鉛（AZO）、ガリウム添加酸化亜鉛（GZO）等の酸化亜鉛系材料を構成する原子を飛び出させ、透明膜12上に酸化亜鉛系材料からなる透明導電膜3を成膜する。

40

【0050】

この成膜の過程では、成膜室23内の雰囲気が、水素ガス、酸素ガス、水蒸気の群から選択される2種または3種からなる反応性ガス雰囲気となり、よって、この反応性ガス雰囲気下にてスパッタを行えば、得られた透明導電膜3は、酸化亜鉛結晶中の酸素空孔の数が制御されて、所望の導電率を有する膜となり、その比抵抗も低下し所望の比抵抗の値となる。

【0051】

特に、成膜室23内の各ガスの濃度が、水素ガス濃度が酸素ガス濃度の5倍以上となっ

50

ている場合、水素ガスと酸素ガスとの比が調和した反応性ガス雰囲気となり、よって、この反応性ガス雰囲気下にてスパッタを行えば、得られた透明導電膜 3 は、酸化亜鉛結晶中の酸素空孔の数が高度に制御されて、所望の導電率を有する膜となり、その比抵抗も ITO 膜相当にまで低下し、所望の比抵抗の値となる。

また、得られた透明導電膜 3 は、金属光沢が生じる虞も無く、可視光線に対する透明性を維持することとなる。

このようにして、比抵抗が低くかつ可視光線に対する透明性が良好な酸化亜鉛系の透明導電膜 3 が形成された基板 26 が得られる。

【0052】

次に、本実施形態の酸化亜鉛系の透明導電膜及び反射防止膜の製造方法について、本発明者等が行った実験結果について説明する。

5 インチ×16 インチの大きさの Al_2O_3 を 2 質量% 添加したアルミニウム添加酸化亜鉛 (AZO) ターゲットを用い、このターゲットを直流 (DC) 電圧を印加する平行平板型のカソード 32 にロウ材で固定した。次いで、仕込み／取り出し室 22 に無アルカリガラス基板を入れて仕込み／取り出し室 22 内を粗引き排気手段 24 で粗真空引きし、次いで、この無アルカリガラス基板を高真空排気手段 33 で高真空引きした成膜室 23 に搬入し、AZO ターゲットに対向配置させた。

【0053】

次いで、ガス導入手段 35 により、Ar ガスを 5 mTorr の圧力になるよう導入した後、 H_2O ガスの分圧が 5×10^{-5} Torr、 O_2 ガスの分圧が 1×10^{-5} Torr、のいずれかになるように導入し、 H_2O ガスまたは O_2 ガスの雰囲気下で、カソード 32 に電源 34 により 1 kW の電力を印加することにより、カソード 32 に取り付けた AZO ターゲットをスパッタし、無アルカリガラス基板上に AZO 膜を堆積させた。

【0054】

図 5 は、無加熱成膜における H_2O ガス (水蒸気) の効果を示すグラフであり、図中、A は反応性ガスを導入しない場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、B は H_2O ガスの分圧が 5×10^{-5} Torr になるように導入した場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、C は O_2 ガスの分圧が 1×10^{-5} Torr になるように導入した場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、それぞれ示している。

【0055】

反応性ガスを導入しない場合、透明導電膜の膜厚は 207.9 nm、比抵抗は 1576 $\mu\Omega\text{cm}$ であった。

また、 H_2O ガスを導入した場合、透明導電膜の膜厚は 204.0 nm、比抵抗は 64464 $\mu\Omega\text{cm}$ であった。

また、 O_2 ガスを導入した場合、透明導電膜の膜厚は 208.5 nm、比抵抗は 2406 $\mu\Omega\text{cm}$ であった。

【0056】

図 5 によれば、 H_2O ガスを導入したことにより、透過率のピーク波長を膜厚を変えずに変更することができることが分かった。また、反応性ガスを導入しない A に比べ全体的に透過率も上昇していた。

また、 H_2O ガスを導入した場合、比抵抗が高く、抵抗劣化が大きくなるが、透過率が高いことから、反射防止膜等のような低抵抗が要求されない光学部材に適用可能であることが分かった。

さらに、 H_2O ガスの無導入と導入もしくは導入量を変化させた成膜条件を繰り返すことで、屈折率が変化した積層構造の光デバイスを 1 枚のターゲットで得られることが分かった。

【0057】

図 6 は、図 5 中の B と C のスペクトルから算出した屈折率を用いて光学設計を行った反射防止膜の反射率のシミュレーション結果を示すグラフである。

ここでは、図 5 中の C のスペクトルから求められた波長のピーク値 (λ) 796 nm と

10

20

30

40

50

、膜厚（ d ）208.5 nmの各値を、簡易的に式「 $2nd = m\lambda$ 」（式中、 d は膜厚、 λ は波長、 n 、 m は整数）に代入して $m = 1$ とした場合の高屈折率の透明膜の屈折率（ n ）を算出したところ、1.91であった。

一方、図5中のBのスペクトルから求められた波長のピーク値（ λ ）668 nmと、膜厚（ d ）204.0 nmの各値を、簡易的に式「 $2nd = m\lambda$ 」（式中、 d は膜厚、 λ は波長、 n 、 m は整数）に代入して $m = 1$ とした場合の低屈折率の透明膜の屈折率（ n ）を算出したところ、1.64であった。

【0058】

次いで、ガラス基板上に、屈折率（ n ）が1.91の高屈折率の透明膜を、膜厚（ d ）が64.0 nmになるように成膜し、この高屈折率の透明膜上に屈折率（ n ）が1.64の低屈折率の透明膜を、膜厚（ d ）が89.5 nmになるように成膜した。

10

この図6によれば、波長（ λ ）が550 nmの場合、反射防止膜の反射率が0.167%となることが分かり、積層構造の反射防止膜を1つのターゲットを用いて連続して成膜することができることが分かった。

【0059】

次いで、無アルカリガラス基板を250℃に加熱した以外は上記と同様にして無アルカリガラス基板上にAZO膜を堆積させた。

図7は、基板温度を250℃とした加熱成膜における H_2O ガス（水蒸気）の効果を示すグラフであり、図中、Aは反応性ガスを導入しない場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、Bは H_2O ガスの分圧が 5×10^{-5} Torrになるように導入した場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、Cは O_2 ガスの分圧が 1×10^{-5} Torrになるように導入した場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、それぞれ示している。なお、カソードとしては、直流（DC）電圧を印加する平行平板型のカソードを用いた。

20

【0060】

反応性ガスを導入しない場合、透明導電膜の膜厚は201.6 nm、比抵抗は $766 \mu\Omega\text{cm}$ であった。

また、 H_2O ガスを導入した場合、透明導電膜の膜厚は183.0 nm、比抵抗は $6625 \mu\Omega\text{cm}$ であった。

また、 O_2 ガスを導入した場合、透明導電膜の膜厚は197.3 nm、比抵抗は $2214 \mu\Omega\text{cm}$ であった。

30

【0061】

図7によれば、加熱成膜においても、無加熱成膜と同様の効果が得られることが分かった。

H_2O ガスを導入した場合、膜厚が若干薄くなっているが、膜厚の干渉によるピーク波長のシフト以上に、ピーク波長がシフトしていることから、基板温度を250℃に加熱した場合においても、無加熱と同様の効果が得られることが分かった。

【0062】

次いで、 H_2O ガスを H_2 ガスに替え、カソードとして直流（DC）電圧と高周波（RF）電圧を重畳可能な平行平板型のカソードを用い、電源34により1 kWのDC電力に350 Wの高周波（RF）電力を重畳させたスパッタ電力をカソード12に印加し、4 Aの定電流制御とした以外は上記と同様にして無アルカリガラス基板上にAZO膜を堆積させた。

40

【0063】

図8は、基板温度を250℃とした加熱成膜において H_2 ガスと O_2 ガスを同時に導入した場合の効果を示すグラフであり、図中、Aは H_2 ガスの分圧が 15×10^{-5} Torr、 O_2 ガスの分圧が 1×10^{-5} Torrになるよう同時に導入した場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、Bは O_2 ガスの分圧が 1×10^{-5} Torrになるよう導入した場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、それぞれ示している。

【0064】

H_2 ガスと O_2 ガスを同時に導入した場合、透明導電膜の膜厚は211.1 nmであっ

50

た。

また、 O_2 ガスのみを導入した場合、透明導電膜の膜厚は 208.9 nm であった。

図 8 によれば、 H_2 ガスと O_2 ガスを同時に導入した場合、 O_2 ガスのみを導入した場合と比べて、膜厚の干渉によるピーク波長のシフト以上に、ピーク波長がシフトしていることが分かった。また、透過率も向上していることが分かった。

【0065】

図 9 は、基板温度を 250°C とした加熱成膜において H_2 ガスと O_2 ガスを同時に導入した場合の効果を示すグラフであり、 O_2 ガスの分圧を $1 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ (流量換算の分圧) に固定し、 H_2 ガスの分圧を $0 \sim 15 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ (流量換算の分圧) の間で変化させた場合の酸化亜鉛系透明導電膜の比抵抗を示している。なお、透明導電膜の膜厚は概ね 200 nm であった。

10

この図によれば、 H_2 ガスの圧力が 0 Torr から $2.0 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ までは比抵抗が急激に低下するが、 $2.0 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ を超えると比抵抗が安定してくることが分かった。

同一条件で反応性ガスを導入しない場合の透明導電膜の比抵抗は $422 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるから、 H_2 ガスと O_2 ガスを同時に導入した場合においても、比抵抗の劣化が小さいことが分かった。

【0066】

特に、ディスプレイ等に使用される透明導電膜では、可視光領域での透過率が高いことに加え、低抵抗であることが求められる。一般的なディスプレイの透明電極は $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下が求められる。図 9 において比抵抗が $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下となるのは、 H_2 ガスの圧力が $5.0 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ 以上の場合である。 O_2 ガスの圧力は $1 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ であるから、比抵抗を $1.0 \times 10^3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下とするために、 $R = P_{H_2} / P_{O_2} \geq 5$ とすることが好ましいことが分かる。

20

【0067】

図 10 は、無加熱成膜における H_2 ガスの効果を示すグラフであり、図中、A は H_2 ガスの分圧が $3 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ となるように導入した場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、B は O_2 ガスの分圧が $1.125 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ になるように導入した場合の酸化亜鉛系透明導電膜の透過率を、それぞれ示している。なお、カソードとしては、直流 (DC) 電圧を印加する対向型のカソードを用いた。

30

【0068】

H_2 ガスを導入した場合、透明導電膜の膜厚は 191.5 nm 、比抵抗は $913 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であった。

また、 O_2 ガスを導入した場合、透明導電膜の膜厚は 206.4 nm 、比抵抗は $3608 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であった。

図 10 によれば、 H_2 ガスを導入したことにより、透過率のピーク波長を膜厚を変えずに変更することができることが分かった。

また、透過率も O_2 ガスを導入した場合と比べて高いことが分かった。

以上により、 H_2 ガスを導入したプロセスは、 H_2 ガス導入量を最適化することにより、高透過率かつ低い比抵抗の酸化亜鉛系透明導電膜が得られることが分かった。

40

【0069】

本実施形態の反射防止膜の成膜方法によれば、水素ガス、酸素ガス、水蒸気の群から選択される 2 種または 3 種を含む反応性ガス雰囲気中にてスパッタを行うので、可視光線に対する透明性に優れた酸化亜鉛系の反射防止膜 1 及び比抵抗が低く、可視光線に対する透明性に優れた酸化亜鉛系の透明導電膜 3 を容易に成膜することができる。

【0070】

本実施形態の成膜装置によれば、ガス導入手段 35 を、Ar 等のスパッタガスを導入するスパッタガス導入手段 35a と、水素ガスを導入する水素ガス導入手段 35b と、酸素ガスを導入する酸素ガス導入手段 35c と、水蒸気を導入する水蒸気導入手段 35d とにより構成したので、これらスパッタガス導入手段 35a ～ 水蒸気導入手段 35d を制御す

50

ることにより、酸化亜鉛系の反射防止膜 1 や透明導電膜 3 を成膜する際の雰囲気、還元性ガスと酸化性ガスとの比が調和した反応性ガス雰囲気とすることができる。

したがって、従来の成膜装置の一部を改良するだけで、酸化亜鉛系の反射防止膜や透明導電膜を成膜することができる。

【0071】

なお、本実施形態の反射防止膜 1 では、透明基板 2 の表面 2 a に、高屈折率の透明膜 1 1、低屈折率の透明膜 1 2 を順次成膜した 2 層構造の反射防止膜としたが、反射防止膜 1 の積層構造は上記の 2 層構造に限定されることなく、要求される反射防止膜の反射防止性能を満たすように 3 層構造以上の多層構造としてもよい。例えば、高屈折率の透明膜 1 1 及び低屈折率の透明膜 1 2 を複数回、繰り返し成膜した多層構造としてもよい。

10

【0072】

「第 2 の実施形態」

図 1 1 は、本発明の第 2 の実施形態の反射防止膜の成膜に用いられるインターバック式のマグネトロンスパッタ装置（成膜装置）の成膜室の主要部を示す断面図である。

このマグネトロンスパッタ装置 4 1 が、上記のスパッタ装置 2 1 と異なる点は、成膜室 2 3 の一方の側面 2 3 b に酸化亜鉛系材料のターゲット 2 7 を保持し所望の磁界を発生するスパッタカソード機構（ターゲット保持手段）4 2 を縦型に設けた点である。

【0073】

スパッタカソード機構 4 2 は、ターゲット 2 7 をロウ材等でボンディング（固定）した背面プレート 4 3 と、背面プレート 4 3 の裏面に沿って配置された磁気回路（磁界発生手段）4 4 とを備えている。この磁気回路 4 4 は、ターゲット 2 7 の表面に水平磁界を発生させるもので、複数の磁気回路ユニット（図 1 1 では 2 つ）4 4 a、4 4 b がブラケット 4 5 により連結されて一体化され、磁気回路ユニット 4 4 a、4 4 b それぞれは、背面プレート 4 3 側の表面の極性が相互に異なる第 1 磁石 4 6 および第 2 磁石 4 7 とこれらを装着するヨーク 4 8 とを備えている。

20

【0074】

この磁気回路 4 4 では、背面プレート 4 3 側の極性が異なる第 1 磁石 4 6 および第 2 磁石 4 7 により、磁力線 4 9 で表される磁界が発生する。これにより、第 1 磁石 4 6 と第 2 磁石 4 7 との間におけるターゲット 2 7 の表面においては、垂直磁界が 0（水平磁界が最大）となる位置 5 0 が発生する。この位置 5 0 に高密度プラズマが生成することで、成膜速度を向上しうようになっている。

30

このターゲット 2 7 の表面における水平磁界の強度の最大値は、600 ガウス以上であることが好ましい。水平磁界の強度の最大値を、600 ガウス以上とすることで放電電圧を下げることができる。

【0075】

本実施形態のマグネトロンスパッタ装置 4 1 においても、第 1 の実施形態のスパッタ装置 2 1 と同様の効果を奏することができる。

しかも、成膜室 2 3 の一方の側面 2 3 b に所望の磁界を発生するスパッタカソード機構 4 2 を縦型に設けたので、スパッタ電圧を 340 V 以下とし、ターゲット 2 7 表面における水平磁界強度の最大値を 600 ガウス以上とすることにより、結晶格子の整った酸化亜鉛系の反射防止膜や透明導電膜を成膜することができる。

40

この酸化亜鉛系の反射防止膜や透明導電膜は、成膜後に高温でアニール処理を行っても酸化され難く、透過率の低下や比抵抗の増加を抑制することができ、耐熱性に優れた酸化亜鉛系の反射防止膜や透明導電膜を得ることができる。

【0076】

「第 3 の実施形態」

図 1 2 は、本発明の第 3 の実施形態のカルーセル式のスパッタ装置（成膜装置）を示す概略構成図である。

このスパッタ装置 5 1 は、成膜室（真空容器）5 2 内に、この成膜室 5 2 の中心軸を中心として回転するとともに、その外周面に複数の基板 2 6 を着脱可能に支持する基板ホル

50

ダ53（図12では4個）を有する略円筒状の回転体54が設けられ、さらに、成膜室52の内側面に、酸化亜鉛系材料のターゲット27を保持し所望のスパッタ電圧を印加する複数のカソード32（図12では2個）が設けられ、回転体54をその軸を中心として回転させてカソード32に対向する位置に停止させた場合に、この回転体54の基板ホルダ53に支持された基板26が、カソード32に保持されるターゲット27と対向するようになっている。

【0077】

この成膜室52には、この室内を2つのスパッタ領域 S_1 、 S_2 に区画する仕切板55が設けられ、これら2つのスパッタ領域 S_1 、 S_2 各々には、粗引き排気手段24及び高真空排気手段33が設けられ、さらに、スパッタガス導入手段35aと水素ガス導入手段35bと酸素ガス導入手段35cと水蒸気を導入する水蒸気導入手段35dとを備えたガス導入手段35が設けられている。

【0078】

この成膜室52では、スパッタ領域 S_1 に、ガス導入手段35によりArガスの導入、 O_2 ガスを含むArガス（ $Ar + O_2$ ）の導入、のいずれか一方、あるいは双方を行うことにより、このスパッタ領域 S_1 内をArガスまたは O_2 ガスを含むArガス（ $Ar + O_2$ ）雰囲気とし、この雰囲気下にてスパッタリングを行うことにより、基板26上に所望の高屈折率を有する高屈折率の透明膜11を成膜する。

【0079】

次いで、回転体54をその軸を中心として回転させて、この高屈折率の透明膜11が成膜された基板26をスパッタ領域 S_2 に移動させ、このスパッタ領域 S_2 に、ガス導入手段35により H_2 ガスの導入、 H_2O ガス（水蒸気）の導入、のいずれか一方、あるいは双方を行うことにより、このスパッタ領域 S_2 内を H_2 ガスおよび／または H_2O ガス（水蒸気）雰囲気とし、この雰囲気下にてスパッタリングを行うことにより、高屈折率の透明膜11上に所望の低屈折率を有する低屈折率の透明膜12を成膜する。

以上により、上記のスパッタ装置51を用いて、第1の実施形態の酸化亜鉛系の反射防止膜1を成膜することができる。

【0080】

また、この成膜室52では、スパッタ領域 S_1 、 S_2 全体に、ガス導入手段35によりArガスの導入、 O_2 ガスを含むArガス（ $Ar + O_2$ ）の導入、のいずれか一方、あるいは双方を行い、この雰囲気下にて基板26を回転させてスパッタリングを行うことにより、基板26上に高屈折率の透明膜11を成膜し、次いで、スパッタ領域 S_1 、 S_2 全体に、ガス導入手段35により H_2 ガスの導入、 H_2O ガス（水蒸気）の導入、のいずれか一方、あるいは双方を行い、この変更された雰囲気下にて基板26を回転させてスパッタリングを行うことによっても、第1の実施形態の酸化亜鉛系の反射防止膜1を成膜することができる。

【0081】

本実施形態のスパッタ装置51を用いても第1の実施形態のスパッタ装置21と同様の効果を奏することができる。

しかも、成膜室52内に、この成膜室52の中心軸を中心として回転し複数の基板26を着脱可能に支持する基板ホルダ53を有する回転体54を設け、さらに、成膜室52の内側面に、酸化亜鉛系材料のターゲット27を保持する複数のカソード32を設けたので、基板26を回転体54に取り付け、この回転体54をその軸を中心として回転させることにより、異なる雰囲気下にて多層構造の膜を成膜することができる。したがって、多層膜を繰り返し成膜する場合に好適である。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明の第1の実施形態の反射防止膜を示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態の反射防止膜の変形例を示す断面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態のスパッタ装置を示す概略構成図である。

【図４】本発明の第１の実施形態のスパッタ装置の成膜室の主要部を示す断面図である。

【図５】無加熱成膜における H_2O ガス（水蒸気）の効果を示すグラフである。

【図６】反射防止膜の反射率のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図７】基板温度を $250^{\circ}C$ とした加熱成膜における H_2O ガス（水蒸気）の効果を示すグラフである。

【図８】基板温度を $250^{\circ}C$ とした加熱成膜において H_2 ガスと O_2 ガスを同時に導入した場合の効果を示すグラフである。

【図９】基板温度を $250^{\circ}C$ とした加熱成膜において H_2 ガスと O_2 ガスを同時に導入した場合の効果を示すグラフである。

【図１０】無加熱成膜における H_2 ガスの効果を示すグラフである。

10

【図１１】本発明の第２の実施形態のインターバック式のマグネトロンスパッタ装置の成膜室の主要部を示す断面図である。

【図１２】本発明の第３の実施形態のカルーセル式のスパッタ装置を示す概略構成図である。

【符号の説明】

【００８３】

１ 反射防止膜

２ 透明基板

２ａ 表面

３ 透明導電膜

20

１１ 高屈折率の透明膜

１２ 低屈折率の透明膜

２１ スパッタ装置

２２ 仕込み／取り出し室

２３ 成膜室

２４ 粗引き排気手段

２５ 基板トレイ

２６ 基板

２７ ターゲット

３１ ヒーター

30

３２ カソード

３３ 高真空排気手段

３４ 電源

３５ ガス導入手段

３５ａ スパッタガス導入手段

３５ｂ 水素ガス導入手段

３５ｃ 酸素ガス導入手段

３５ｄ 水蒸気導入手段

４１ マグネトロンスパッタ装置

４２ スパッタカソード機構

40

４３ 背面プレート

４４ 磁気回路

４４ａ、４４ｂ 磁気回路ユニット

４５ ブラケット

４６ 第１磁石

４７ 第２磁石

４８ ヨーク

４９ 磁力線

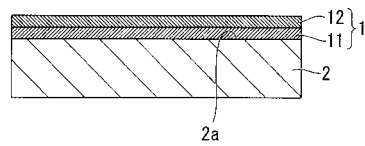
５０ 垂直磁界が０となる位置

５１ スパッタ装置

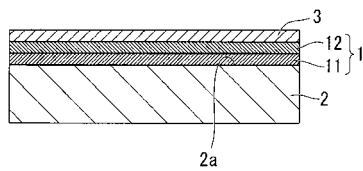
50

- 5 2 成膜室
 5 3 基板ホルダ
 5 4 回転体
 5 5 仕切板
 S₁、S₂ スパッタ領域

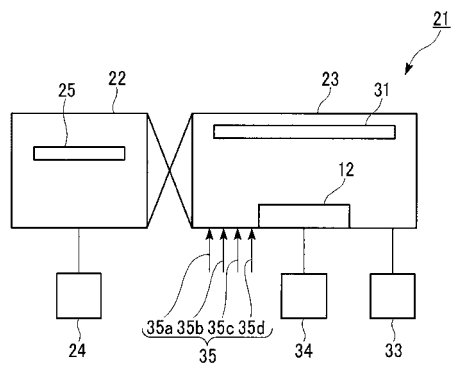
【図 1】



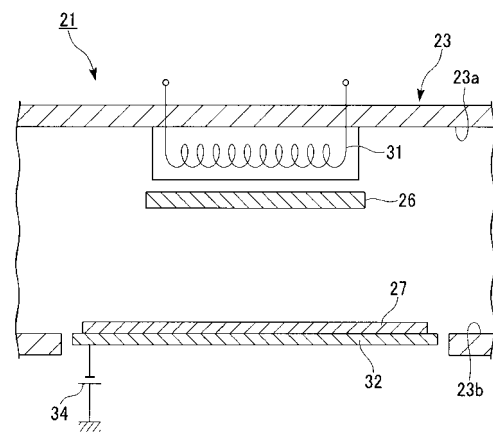
【図 2】



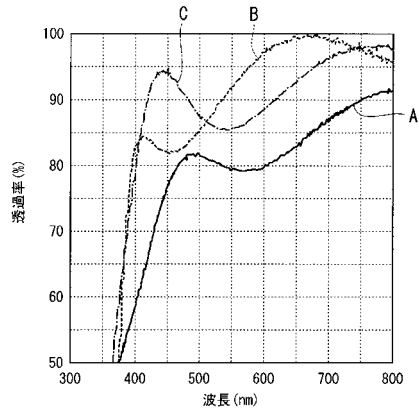
【図 3】



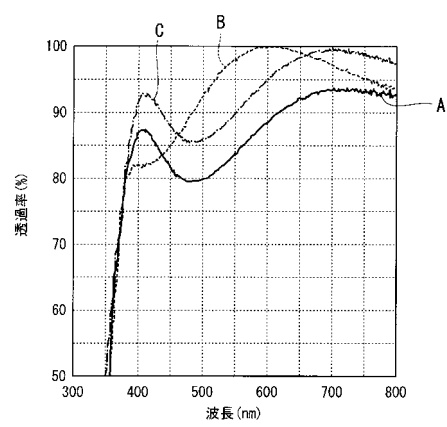
【図 4】



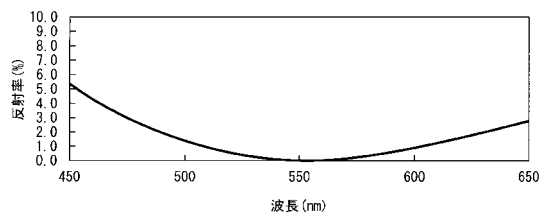
【図 5】



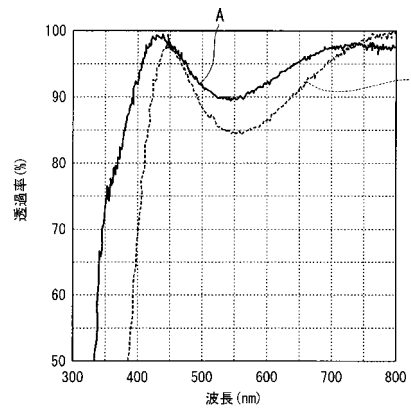
【図 7】



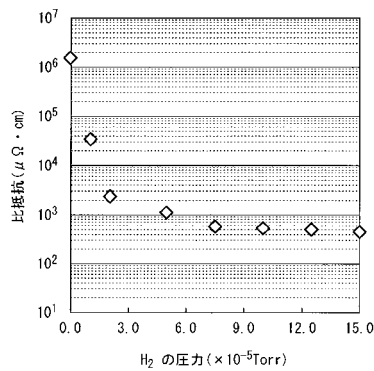
【図 6】



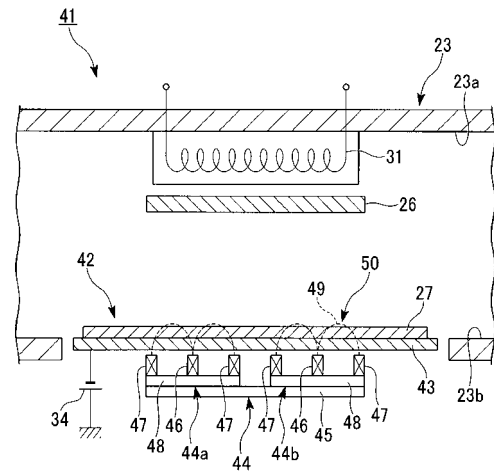
【図 8】



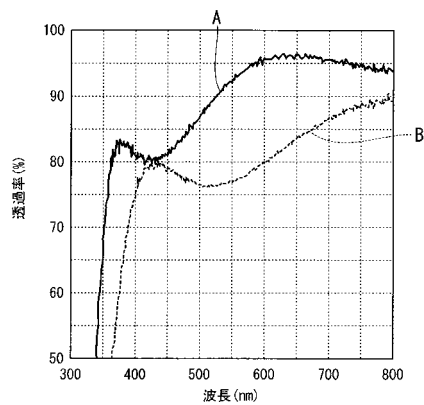
【図 9】



【図 11】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭60-111253 (JP, A)

特開2007-023304 (JP, A)

特開2009-176927 (JP, A)

特開平10-056192 (JP, A)

KANG,S.J. et al, Piezoelectric and optical properties of ZnO thin films deposited using various O₂/(Ar+O₂) gas ratios , Journal of Materials Science. Materials in Electronics, 2007年 6月, Vol.18, p.647-653

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00~14/58

JSTPlus (JDreamII)