

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3932458号
(P3932458)

(45) 発行日 平成19年6月20日(2007.6.20)

(24) 登録日 平成19年3月30日(2007.3.30)

(51) Int.C1.

F 1

C30B 23/08	(2006.01)	C 30 B 23/08	P
C23C 14/08	(2006.01)	C 23 C 14/08	C
C23C 14/35	(2006.01)	C 23 C 14/35	Z
C23C 14/54	(2006.01)	C 23 C 14/54	D
C30B 29/16	(2006.01)	C 30 B 29/16	

請求項の数 6 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-269087 (P2004-269087)
(22) 出願日	平成16年9月16日 (2004.9.16)
(65) 公開番号	特開2006-83010 (P2006-83010A)
(43) 公開日	平成18年3月30日 (2006.3.30)
審査請求日	平成18年4月11日 (2006.4.11)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	503027931 学校法人同志社 京都府京都市上京区今出川通烏丸東入玄武 町601
(74) 代理人	100095670 弁理士 小林 良平 渡辺 好章
(72) 発明者	京都府京田辺市多々羅都谷1-3 同志社 大学内
(72) 発明者	柳谷 隆彦 京都府京田辺市多々羅都谷1-3 同志社 大学内

審査官 新居田 知生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】薄膜製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

六方晶系の結晶構造を有する材料から成り、c軸が基板に平行な一方向に配向した薄膜を製造する方法において、

プラズマ中に形成された薄膜原料の一軸方向の流れであって、該軸に直交する方向に密度勾配を有する原料流をスパッタリング法により形成し、基板を、高密度側において原料流の上流側、低密度側において下流側となるように、該原料流中に傾斜して配置することを特徴とする薄膜製造方法。

【請求項2】

プラズマ中に形成された、酸化亜鉛から成る薄膜原料の一軸方向の流れであって、該軸に直交する方向に密度勾配を有する原料流をスパッタリング法により形成し、基板を、高密度側において原料流の上流側、低密度側において下流側となるように、該原料流中に傾斜して配置することを特徴とする薄膜製造方法。

【請求項3】

加熱手段及び/又は冷却手段により前記基板に温度勾配を付与することを特徴とする請求項1又は2に記載の薄膜製造方法。

【請求項4】

前記原料流をマグネットロンスパッタリング装置により形成することを特徴とする請求項1~3のいずれかに記載の薄膜製造方法。

【請求項5】

10

20

前記基板が金属基板又は表面に金属を蒸着した基板から成ることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の薄膜製造方法。

【請求項6】

前記基板が単結晶基板であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の薄膜製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、所定の方向に配向した単結晶又は多結晶薄膜の製造方法に関する。本発明は特に、酸化亜鉛(ZnO)薄膜の製造に適したものである。

10

【背景技術】

【0002】

超音波計測において計測器の性能を向上させるために、分解能の高いトランスデューサが求められている。トランスデューサとは、音響的な表面波やバルク波を励振又は検出する素子であり、計測用トランスデューサは主に材料定数の測定や、媒質中の欠陥・傷等の探査及び応力の測定等に用いられる。一般にトランスデューサには、音波により歪みが与えられることに伴い分極が変化する現象である圧電効果を有する圧電体が用いられる。測定系の空間分解能は音速に反比例し、動作周波数に比例するため、上記の計測を高い分解能で行うには、(i)縦波に比べて音速が遅い横波を用い、(ii)高周波領域で励振及び検出を行う必要がある。従って、計測分野においては高周波横波用トランスデューサが求められている。

20

【0003】

また、携帯電話等の移動体通信機器の小型化に伴い、それらに用いられる信号処理デバイスの小型化が求められている。そのデバイスのひとつに、SAW(Surface Acoustic Wave: 弹性表面波)デバイスがある。SAWデバイスにおいては従来、圧電体膜上を伝播する、縦波と横波の合成波であるレイリー波を利用していた。レイリー波は圧電体膜の端面で反射する場合に減衰するため、従来は反射器を設けてこの減衰を防ぐ必要があった。それに対して近年、圧電体膜に平行に振動する横波成分のみから成る表面SH波を利用したSAWデバイス(表面SH波デバイス)が用いられるようになった。表面SH波は圧電体膜端面で全反射するため、この表面SH波デバイスは従来のように反射器を設ける必要はなく、従来よりも小型化することができる。

30

【0004】

上記のトランスデューサや表面SH波デバイスは、数百MHz～数GHzの高周波領域で動作する。これらのデバイス中の圧電体において、周波数 (sec^{-1}) 、音速 $v(\text{m/s})$ 、圧電体の厚さ $d(\text{m})$ の間には $=v/(2d)$ の関係がある。圧電体を伝播する横波の音速を $3000\text{m/s} \sim 8000\text{m/s}$ とすると、このような高周波領域でこれらのデバイスが動作するためには、厚さ d を数 $\mu\text{m} \sim$ 数十 μm にする必要がある。このような厚さまで薄膜化が可能な圧電材料には、ZnO、Pb(Zr,Ti)O₃(略称:PZT)、ポリフッ化ビニリデン・トリフルオロエチレン(P(VDF-TrFE))等がある。

【0005】

40

横波を励振するには、圧電体がすべりモードで振動しなければならず、そのためには分極軸を電界方向に垂直に揃える必要がある。そのため、PZTやP(VDF-TrFE)の薄膜では、面内方向に強電界(50MV/m以上)を印加して分極処理を行わなければならないが、そのような処理を数mm以上の領域に亘って行なうことは困難である。一方、ZnO薄膜では分極処理を行わなくとも、その結晶配向を揃えることにより横波を励振することができる。例えば、c軸が薄膜の面内の一方向に配向すれば、その薄膜を電極で挟んでc軸と電界方向を垂直にすることにより、横波が励振される。従って、上記のトランスデューサや表面SH波デバイスに用いる圧電膜には、c軸が面内の一方向に配向したZnO薄膜(以下、「c軸面内配向ZnO薄膜」と呼ぶ)を用いることが望ましい。

【0006】

50

表面を(01-12)面としたサファイア単結晶基板上にZnO薄膜をエピタキシャル成長させれば、c軸を面内の一方向に配向させることができる。しかし、このZnO薄膜を用いて横波用トランスデューサを作製する際には、横波を伝播させる媒質の表面に形成された電極に、接着剤層を介してZnO薄膜を接着しなければならない。この接着剤層の存在により、ZnO薄膜の振動を、媒質を伝播する横波に変換する効率が低下していた。また、サファイア単結晶基板は高価でありコスト面で不利である。更に、基板の種類が制約されるため、デバイスへの応用のうえでその特性が制約されてしまう。

【0007】

そこで、電極上に直接、c軸面内配向ZnO薄膜を形成することが検討されている。特許文献1には、アルミニウム電極層上に、アルミニウム又はアルミニウム酸化物をドープしたZnO薄膜を形成することにより、そのc軸が面内に配向することが記載されている。しかし、この方法ではZnO薄膜にアルミニウム又はアルミニウム酸化物が不純物として含まれてしまう。また、特許文献2には、サファイア(01-12)単結晶基板上に、まず電極となる低抵抗のZnO薄膜をエピタキシャル成長させ、その上に圧電体となる高抵抗のZnO薄膜を成長させることが記載されている。しかし、この方法では、電極(低抵抗ZnO薄膜)の電気抵抗率が金属のそれよりも高いため、デバイスへの応用が難しい。

【0008】

それに対して、本願発明者は、温度勾配を形成した基板上に薄膜の原料を堆積させることにより、c軸面内配向ZnO薄膜が得られることを見いだした(特許文献3)。この方法によれば、不純物をドープすることなく、金属基板(電極)上に直接、c軸面内配向ZnO薄膜を形成することができる。そのため、この方法により得られるc軸面内配向ZnO薄膜は、トランスデューサや表面SH波デバイス等のデバイスに好適に用いることができる。

【0009】

また、この方法によれば、金属基板に限らず、ガラス基板、セラミック基板等の様々な基板上にc軸面内配向ZnO薄膜を作製することができる。更に、この方法はc軸面内配向ZnO薄膜に限らず、所定の結晶軸が所定の方向に配向した薄膜を製造する際に適用することができる。

【0010】

この特許文献3では、基板上に薄膜の原料(ZnO)を堆積させるために、マグネットロンスパッタリング装置を用いている。マグネットロンスパッタリング装置を用いた薄膜製造装置の一例を図1に示す。成膜室11の下部にマグネットロン回路12及び陰極13を、上部に陽極14を設ける。基板10は陽極14の直下にある基板台15に、陰極13及び陽極14に対して略平行に配置される。基板台15に設けたヒータ16及び水冷装置17により、基板10にはそれに平行な方向に温度勾配が形成される。また、マグネットロン回路12、陰極13及び陽極14の中心(図中の一点鎖線)からずれた位置に基板10を設置することにより、成膜室11内に自然に形成される温度勾配が基板10に更に温度勾配を与える。薄膜の原料であるターゲット18は陰極13の上面に載置する。マグネットロン回路12は陰極13の下部に設置する。また、成膜室11にアルゴン(Ar)ガス及び酸素(O₂)ガスのガス源19を接続する。

【0011】

この装置の動作を説明する。成膜室11内にArガス及びO₂ガスを導入し、陰極13に高周波電力を供給する。これにより成膜室11内に磁界及び電界が形成され、Arガス及びO₂ガスがその電界により電離して電子を放出する。この電子はターゲット18近傍の電界及び磁界によりトロイダル曲線を描きながら運動し、これによりターゲット18の近傍にプラズマが発生してターゲット18がスパッタされる。スパッタされた原料はプラズマ中ににおいて陽極14に向かう一軸方向の流れ(原料流)を形成する。この原料流が基板10の表面に達してスパッタされた原料が該表面に堆積する。この時、前記温度勾配により、ZnOのc軸が基板に平行な方向に配向する。

【0012】

【特許文献1】特公昭50-23918号公報(第1ページ左欄36行目～第2ページ左欄2行目)

10

20

30

40

50

【特許文献 2】特開平8-228398号公報 ([0017]~[0025])

【特許文献 3】特許第3561745号公報 ([0020]~[0031], 図3)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上記デバイスを大量生産するためには、製造されるc軸面内配向ZnO薄膜の面積は大きい方が望ましい。もちろん、他の薄膜についても同様である。この点で、上記従来の製造方法に改良の余地が残されている。本発明が解決しようとする課題は、従来よりも面積の大きいc軸面内配向ZnO薄膜、及びその他の所定の結晶軸が所定の方向に配向した薄膜を製造することができる方法を提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために成された本発明に係る薄膜製造方法は、六方晶系の結晶構造を有する材料から成り、c軸が基板に平行な一方向に配向した薄膜を製造する方法において、

プラズマ中に形成された薄膜原料の一軸方向の流れであって、該軸に直交する方向に密度勾配を有する原料流をスパッタリング法により形成し、基板を、高密度側において原料流の上流側、低密度側において下流側となるように、該原料流中に傾斜して配置することを特徴とする。

【0015】

20

本発明に係る薄膜製造方法は酸化亜鉛薄膜の製造に好適に用いることができる。即ち、本発明に係る酸化亜鉛の薄膜製造方法は、プラズマ中に形成された、酸化亜鉛から成る薄膜原料の一軸方向の流れであって、該軸に直交する方向に密度勾配を有する原料流をスパッタリング法により形成し、基板を、高密度側において原料流の上流側、低密度側において下流側となるように、該原料流中に傾斜して配置することを特徴とする。

【0016】

本願において「原料流」とは、プラズマ中に形成された薄膜原料の一軸方向の流れを指す。

【発明の実施の形態及び効果】

【0017】

30

本発明の薄膜製造方法においては、プラズマ中においてプラズマ状態又は電気的に中性のままの薄膜原料の一軸方向の流れ(原料流)を形成するとともに、そのプラズマ中においてその軸に垂直な方向に原料が密度勾配を有するようにする。このような原料流はスパッタリング装置、例えば上記マグネットロンスパッタリング装置により形成することができる。すなわち、これらの装置で原料流を形成すると、多くの場合、その原料流に密度分布が存在する。この密度分布によって生じる温度勾配を利用することにより、本発明に係る方法を実施することができる。

【0018】

基板は、この原料流に対して傾斜するようにプラズマ中に配置する。その際、基板の傾斜方向は、高密度側において原料流の上流側となり、低密度側において原料流の下流側となるように配置する。

40

【0019】

基板をこのように配置することにより、基板には自然に、高密度側(上流側)において温度が高く、低密度側(下流側)において温度が低くなるような温度勾配が形成される。これにより、前記の通り、所定の結晶軸がこの温度勾配の方向に配向した薄膜が基板上に形成(堆積)される

【0020】

本発明においては、基板をこのように傾斜して配置することにより、原料流に対して垂直に配置する場合よりも結晶軸がより配向しやすくなる。それにより、基板上に形成される薄膜中において、所定の結晶軸が所定の方向に齊合配向する面積が大きくなる。そして

50

、このように齊合配向する面積の大きい薄膜が得られることにより、薄膜の生産効率が向上する。

【0021】

ここで、「齊合配向」とは、結晶軸の配向方向のばらつきが所定の基準以下であることを指す。この基準の一つに、得られた薄膜のX線回折測定において、入射光と反射光の成す角度2 θ を固定して入射光と薄膜の成す角度 ϕ を変化させたときに得られるプロファイルの幅がある。この幅が小さい方が結晶軸の配向方向のばらつきが小さく、その値が基準値以下である場合に、結晶軸は齊合配向しているとする。

【0022】

本発明の方法により所定の結晶軸が所定の方向に齊合配向する面積が大きくなる理由は現在のところ特定されていないが、以下の可能性が考えられる。それは、基板を原料流に10 対して傾斜して配置することにより、基板の表面への原料流の入射角度が小さくなり、それにより結晶軸の配向方向が基板表面における原料流の方向に沿うようになることである。

【0023】

通常のマグнетロンスパッタリング装置等を用いて原料流を形成すると、前記の通り、多くの場合、原料流は中心部において高密度となり、周辺に行くにつれて低密度となる。一方、原料流の流れの方向は、陽極中心では陽極に垂直な方向に入射する成分が大きく、陽極中心から離れた周辺部に行くに従い陽極に平行な方向の成分が大きくなる。この成分が齊合配向に寄与していると考えられる。本発明に係る方法によって基板を原料流の中に傾斜して配置する場合、中心部に置くより周辺部に置いた方が原料流の入射角度が小さくなる。すなわち、基板表面全体に亘って原料流の基板に対して平行な方向の成分を大きくすることができる。

【0024】

本発明の方法においては上記のように基板に自然に温度勾配が形成されるが、別途加熱手段及び/又は冷却手段を設ける（例えば、基板の一部をヒータ等で加熱したり冷却水等により冷却したりする）ことにより、更に大きな温度勾配を付与するようにしてもよい。

【0025】

本発明の薄膜製造方法は、c軸面内配向ZnO薄膜の製造に好適に用いることができる。この場合、製造方法としては薄膜原料にZnOを用いるだけであり、その他の工程は上記の通りとすることができる。これにより、c軸が面内に配向したZnO薄膜を得ることができる。こうして得られるc軸面内配向ZnO薄膜は、トランスデューサや弾性表面波デバイス等に好適に用いることができる。そして、上記のように大面積の齊合配向薄膜が得られるため、c軸面内配向ZnO薄膜及びそれを用いたデバイスの生産効率が向上する。

【0026】

本発明では、セラミックス基板、ガラス基板やその他の非晶質基板、銅基板・アルミニウム基板等の金属基板等、様々な基板を用いることができる。更に、セラミックス基板やガラス板等の表面に金属膜を蒸着した金属膜蒸着基板等の複合基板も用いることができる。その中でも特に、金属基板又は金属膜蒸着基板上に形成したc軸面内配向ZnO薄膜は、これらの基板を電極とするトランスデューサや弾性表面波デバイス等に好適に用いることができる。また、サファイア等の単結晶基板上にc軸面内配向ZnO薄膜を形成することにより、結晶性が高い良質の単結晶薄膜を得ることができる。

【実施例】

【0027】

本発明の一実施例であるZnO薄膜の製造方法について図2を用いて説明する。図2は本発明のZnO薄膜の製造方法を実施するための薄膜製造装置の断面図である。この装置は、上記従来の薄膜製造装置（図1）と同様に、マグネットロンスパッタリングによりプラズマを生成し、薄膜の原料であるターゲットをスパッタして基板上に堆積させるものである。成膜室21、マグネットロン回路22、陰極23、陽極24、ターゲット28及びガス源29は図1のものと同様である。ZnO薄膜の製造においては、ターゲット28にZnOの焼結体50

を用いる。

【0028】

本実施例の薄膜製造装置においては、基板台25の表面はマグネトロン回路22、陰極23及び陽極24の中心を結ぶ線(図中的一点鎖線)から外れた位置に、この線に対して傾斜して固定される。基板20はこの基板台25の表面に設置されるため、基板20もこの中心線に対して傾斜して配置される。この傾斜は、基板20の中心線に近い側の端部20aにおいて、中心線から遠い側の端部20bよりも、陰極23との距離が近くなるようにされる。

【0029】

本実施例の薄膜製造装置では、基板に温度勾配を与えるためのヒータや水冷装置等は設けていない。

【0030】

この薄膜製造装置を用いてZnO薄膜を製造する方法を説明する。成膜室21内にArガス及びO₂ガスを導入し、陰極23に高周波電力を供給する。これによりターゲット28の近傍にプラズマが発生してターゲット28がスパッタされる点は上記従来の薄膜製造装置(図1)と同様である。スパッタされたZnOは、陰極23-陽極24間の電圧により、酸素プラズマと共に陽極24側に向かう一軸方向の流れ(原料流)を形成する。この原料流は、陽極24の中心から離れるほど密度が小さくなり、該中心からある距離以上離れると存在しない。即ち、原料流は上記中心線を中心軸とする柱状の領域30にのみ存在する。ターゲット28から陽極24側に十分に離れた位置において、原料流の密度は中心軸において最も高く、中心線から離れるに従って低くなる。

【0031】

原料流は基板20の表面に達し、ZnOが該表面に堆積する。この時、基板20が上記中心線から外れた位置に固定されていることにより、基板20には端部20aよりも端部20bの方が温度が低くなる温度勾配が形成される。これにより、ZnOのc軸が基板に平行となる方向に配向する。

【0032】

また、図3(a)に示すように、本実施例における基板31aへの原料流32の入射角度aは、図1の装置における基板31bへの原料流32の入射角度b(図3(b))よりも小さくなる。これにより、図1の装置を用いた場合よりも本実施例の方が、基板上に形成されるZnO薄膜のうちc軸が齊合して配向する面積が大きくなる。

【0033】

なお、図3(a)では基板31aと中心線34は交差しないが、図3(c)に示すように基板31cが中心線34を含む位置に配置される場合においても、中心線34から外れるにつれて原料流32の上流側から離れている基板31c中の領域35は、本発明の基板配置の条件を満たす。

【0034】

放電圧力が高いと平均自由行程が短くなり、反応性の高い粒子が十分に基板に到達できない。そのため、例えば基板-ターゲット間の距離を60mmとした場合、成膜室21内に導入するガスの圧力は 6×10^{-3} Torr以下とすることが望ましい。

【0035】

陽極と基板の成す角度 α を30°とした場合(本実施例)、及び、 α を0°(基板を陽極に平行に配置)した場合(比較例)のそれぞれについて、試料を作製し、その評価を行った。試料作製には上記図2の装置を用いた。その装置のマグネトロン回路22の半径は35mm、陰極23及び陽極24の半径は51mm、ターゲット28-陽極24間の距離は60mmである。用いた基板は、パイレックス(登録商標)ガラス基板上にアルミニウムを蒸着した金属膜蒸着基板である。この基板の大きさは長さ50mm、幅25mm、厚さ1mmであり、長さ方向の一方の端部20aは上記中心線上であって陽極24から25mmだけ陰極23側の位置に配置した。このように基板を配置してマグネトロンスパッタリングを行うことにより、基板の長さ方向に温度勾配が形成された。成膜室21内に導入したArガスとO₂ガスの混合比

10

20

30

40

50

は圧力比で1:3、混合ガスの圧力は 7×10^{-4} Torrである。陰極23に供給した電力は60Wであり、スパッタリングは20時間行った。

【0036】

本実施例及び比較例の薄膜について2 / 走査X線回折測定を行ったところ、いずれの薄膜も $2 = 56^\circ$ 付近に鋭いピークを持つチャートが得られた。図4に本実施例の2 / 走査X線回折測定のチャートを示す。この図には、基板の上記中心線側の端部（上流側端部）からの距離が異なる複数の点における測定結果を示した。なお、 $2 = 38^\circ$ 付近に見られるピークは基板のアルミニウム電極膜によるものである。この2 / 走査X線回折測定の結果は、本実施例及び比較例の薄膜共に、基板に平行な方向にZnOの(11-20)面が形成されていること、即ちc軸が面内配向していることを示す。なお、2 / 走査X線回折測定においては、図5(a)に示すように、薄膜41表面へのX線の入射光42と該入射光の入射点-X線検出器43を結ぶ線44の成す角度 2 、及び、該入射光42と薄膜41表面との成す角度 2 を共に走査する。

【0037】

次に、本実施例及び比較例の薄膜について 走査X線回折測定を行った。走査X線回折測定は、図5(b)に示すように、2を固定してのみを走査するものである。配向試料中の結晶軸のばらつきが大きいほど、チャートに現れるピークの幅が広くなる。本実施例では2を、上記2 / 走査X線回折測定により得られた(11-20)ピークの2値に固定して走査X線回折測定を行い、得られたピークについて半値全幅を求めた。その値を図6に示す。横軸は基板の上流側端部からの距離を表す。図6から、本実施例においては、上流側端部からの距離が5~35mmの範囲に亘って、半値全幅が 5.5° 以下に抑えられている。半値全幅が 5.5° 以下であれば、トランスデューサ等のデバイスに用いるのに十分にc軸が配向しているといえる。そして、この範囲は、比較例において半値全幅が 5.5° 以下である範囲（上流側端部からの距離が15~30mm）よりも大きい。従って、本実施例の方法により、比較例の場合よりも面積の大きい、トランスデューサ等のデバイスに用いることのできるc軸面内配向ZnO薄膜を得ることができるといえる。

【0038】

図7に、本発明のZnO薄膜の製造方法を実施するための薄膜製造装置の他の例を示す。図2の装置と同様に、基板20はマグネットロン回路22、陰極23及び陽極24の中心を結ぶ線（図中の一点鎖線）から外れた位置に、この線に対して角度を持つように固定される。また、成膜室21、マグネットロン回路22、陰極23、陽極24、ターゲット28及びガス源29の構成も図2の装置と同様である。本実施例においては、基板台25の基板端部20a側にヒータ26を、基板端部20b側に水冷装置27を、それぞれ設ける。この薄膜製造装置の動作は、ヒータ26及び冷却装置27により基板20に温度勾配をつける点を除き、図2の装置と同様である。この構成により、原料流の密度分布により自然に形成される温度勾配に加えて、ヒータ26及び水冷装置27がその温度勾配を更に大きくする。この構成は、自然に形成される温度勾配だけでは十分にZnO薄膜のc軸が面内配向しない場合に特に有効である。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】従来の薄膜製造装置の断面図。

【図2】本発明に係る薄膜製造方法を実施するための薄膜製造装置の断面図。

【図3】(a)本実施例及び(b)比較例における基板の配置及び基板への原料流の入射角を示す図。

【図4】本実施例の2 / 走査X線回折測定のチャート。

【図5】(a)2 / 走査X線回折測定と(b) 走査X線回折測定を説明するための図。

【図6】本実施例及び比較例の 走査X線回折により得られるピークの半値全幅を示すグラフ。

【図7】本発明のZnO薄膜の製造方法を実施するための薄膜製造装置の他の例を示す断面図。

10

20

50

30

40

50

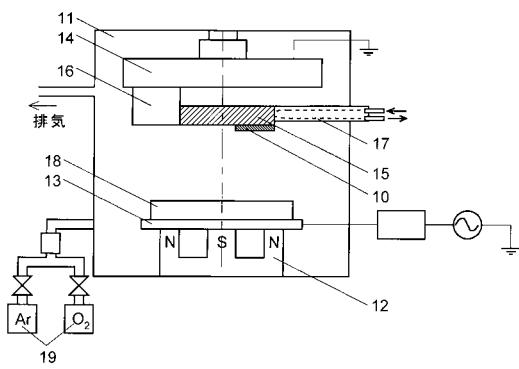
【符号の説明】

【0040】

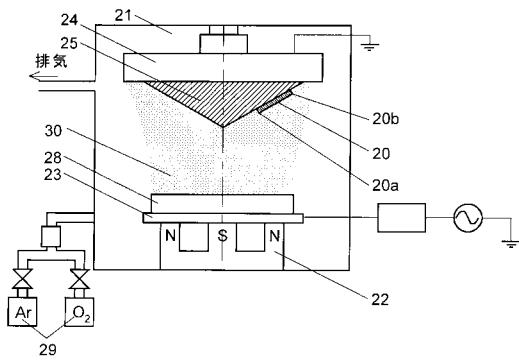
- 10、20、31a、31b、31c...基板
 11、21...成膜室
 12、22...マグネットロン回路
 13、23...陰極
 14、24...陽極
 15、25...基板台
 16、26...ヒータ
 17、27...水冷装置
 18、28...ターゲット
 19、29...ガス源
 32...原料流
 41...薄膜
 42...入射光
 43...X線検出器

10

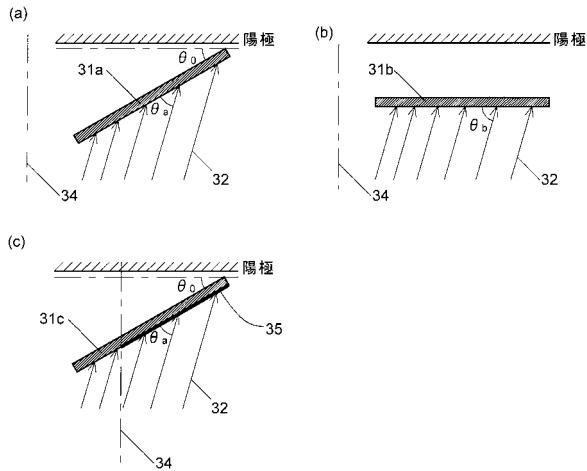
【図1】



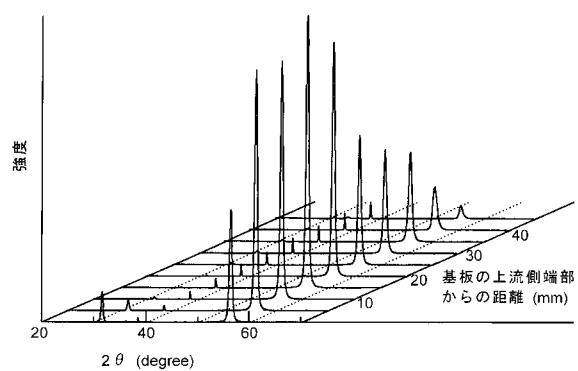
【図2】



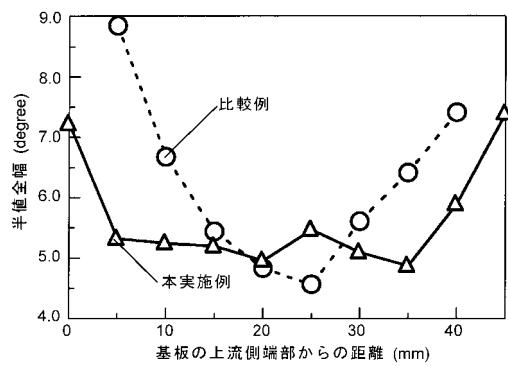
【図3】



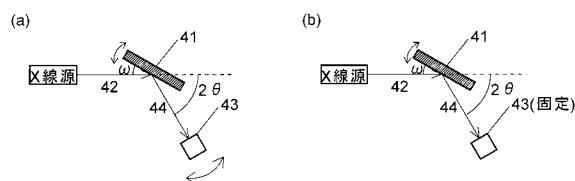
【図4】



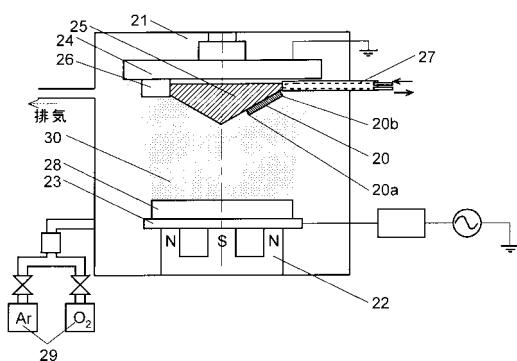
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
H 01 L 21/316 (2006.01)	H 01 L 21/316 Y
H 01 L 41/24 (2006.01)	H 01 L 41/22 A
H 01 L 41/18 (2006.01)	H 01 L 41/18 101Z

(56)参考文献 特許第3561745 (JP, B2)

T. Yanagitani et al. , Characterization of (11-20) Textured ZnO Films Fabricated by RF Magnetron Sputtering , Jpn. J. Appl. Phys. , 日本 , The Japan Society of Applied Physics , 2004年 5月28日 , vol. 43, No. 5B , pp. 3004-3007

N. Yokokawa et al. , Love-type surface-acoustic waves propagating in amorphous iron-iron films with multilayer structure , J. Appl. Phys. , 米国 , American Institute of Physics , 1992年 7月15日 , vol. 72, No. 2 , pp. 360-366

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

C 30 B 1 / 0 0 - 3 5 / 0 0
C 23 C 1 4 / 0 0 - 1 4 / 5 8
H 01 L 2 1 / 3 1 6
H 01 L 4 1 / 1 8
H 01 L 4 1 / 2 4
S c i e n c e C i t a t i o n I n d e x E x p a n d e d (W e b o f S c i e n c e)