

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4651547号
(P4651547)

(45) 発行日 平成23年3月16日(2011.3.16)

(24) 登録日 平成22年12月24日(2010.12.24)

(51) Int.Cl.

C23C 14/34 (2006.01)

F 1

C 2 3 C 14/34

B

請求項の数 20 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2006-19302 (P2006-19302)
 (22) 出願日 平成18年1月27日 (2006.1.27)
 (65) 公開番号 特開2007-146272 (P2007-146272A)
 (43) 公開日 平成19年6月14日 (2007.6.14)
 審査請求日 平成20年12月22日 (2008.12.22)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-20704 (P2005-20704)
 (32) 優先日 平成17年1月28日 (2005.1.28)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-166486 (P2005-166486)
 (32) 優先日 平成17年6月7日 (2005.6.7)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-310746 (P2005-310746)
 (32) 優先日 平成17年10月26日 (2005.10.26)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100091524
 弁理士 和田 充夫
 (74) 代理人 100132241
 弁理士 岡部 博史
 (72) 発明者 山下 英毅
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 PVD法による成膜方法及びPVD法に用いる成膜用ターゲット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理容器内において、粉体材料により形成された内周面を有する深さ1mm以上の凹部を備えるターゲットに電力を印加して、上記処理容器内にプラズマを発生させ、

上記プラズマにより上記ターゲットからスパッタ粒子を発生させるとともに、上記スパッタ粒子により上記基材を成膜処理するPVD法による成膜方法。

【請求項2】

上記ターゲットにおける上記凹部の内側面と上記ターゲットの表面との成す角が90度以上180度未満に形成されている請求項1に記載のPVD法による成膜方法。

【請求項3】

上記粉体材料は、熱伝導率を、安定時間をt、比熱をCp、嵩密度を、上記凹部の深さをLとすると、

フーリエ数 $((\cdot t) / (Cp \cdot \cdot L^2))$ が、数1を満たす請求項1に記載のPVD法による成膜方法。

【数1】

$$3.5 \times e^{+03} \leq \lambda \cdot t / (Cp \cdot \rho \cdot L^2) \leq 2.0 \times e^{+04}$$

【請求項4】

10

20

上記粉体材料は、粒径をD、嵩密度を ρ 、比表面積をSとすると、数2を満たす請求項1に記載のPVD法による成膜方法。

【数2】

$$0.1 \leq D \cdot \rho \cdot S \leq 10$$

【請求項5】

上記ターゲットにおける上記凹部の幅が20mm以下である請求項1に記載のPVD法による成膜方法。

【請求項6】

上記ターゲットの中心に対して、一又は複数の上記凹部が点対称に配置されている請求項1に記載のPVD法による成膜方法。

10

【請求項7】

上記粉体材料の粒径が1μm以下である請求項1に記載のPVD法による成膜方法。

【請求項8】

表面に形成された凹部の内周面が、粉体ターゲットにより構成され且つ上記凹部の深さが1mm以上であるPVD法に用いる成膜用ターゲット。

【請求項9】

上記凹部の内側面と上記粉体ターゲットの表面との成す角が90度以上180度未満となるように上記凹部が形成されている請求項8に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

20

【請求項10】

上記角が120度となるように上記凹部が形成されている請求項8に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

【請求項11】

上記ターゲットにおける上記凹部の幅が20mm以下である請求項8に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

【請求項12】

上記粉体材料の粒径が1μm以下である請求項8に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

30

【請求項13】

上記粉体ターゲットが配置される凹形状又は貫通孔形状を有する粉体配置部が形成された焼結体ターゲットを備え、

上記粉体ターゲットにより上記凹部が形成されるように、上記粉体配置部内に上記粉体ターゲットが配置される請求項8に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

【請求項14】

上記焼結体ターゲットの組成は、上記粉体ターゲットの組成と同一である請求項13に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

【請求項15】

上記粉体ターゲットは、相異なる2種類以上の上記粉体材料が混合して構成されている請求項8に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

40

【請求項16】

上記粉体材料は、典型金属元素、遷移金属元素、又は、それらの酸化物、フッ化物、窒化物、硫化物、水酸化物、あるいは炭酸化物である請求項8に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

【請求項17】

上記粉体材料の粒径が1μm以下である請求項8に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲット。

【請求項18】

上記粉体材料は、熱伝導率を κ 、安定時間を t 、比熱を C_p 、嵩密度を ρ 、上記凹部の深

50

さをLとすると、

フーリエ数 $((\cdot t) / (Cp \cdot \cdot L^2))$ が、数 3 を満たす請求項 8 に記載の P V D 法に用いる成膜用ターゲット。

【数 3】

$$3.5 \times e^{+03} \leq \lambda \cdot t / (Cp \cdot \rho \cdot L^2) \leq 2.0 \times e^{+04}$$

【請求項 19】

上記粉体材料は、粒径をD、嵩密度を ρ 、比表面積をSとすると、数 4 を満たす請求項 8 に記載の P V D 法に用いる成膜用ターゲット。 10

【数 4】

$$0.1 \leq D \cdot \rho \cdot S \leq 10$$

【請求項 20】

成膜用ターゲットの中心に対して、一又は複数の上記凹部が点対称に配置されている請求項 8 に記載の P V D 法に用いる成膜用ターゲット。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物理気相成長法による成膜処理を含んだ様々なデバイス製造に利用される成膜に関し、特に粉体材料により構成されるターゲットを用いた P V D 法による成膜（物理気相成長法による成膜処理 : physical vapor deposition processing）方法及び P V D 法に用いる成膜用ターゲットに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体などの電子デバイスは、急速に細密化が進んでおり、高精度の加工処理が求められている。このような微細加工技術のうち、特に薄膜形成工程では、スパッタリング法を用いた成膜方法が一般的となっている。スパッタリング法とは、真空雰囲気で気体放電を引き起こすことによりプラズマを発生させ、このプラズマの陽イオンをスパッタリング電極と呼ばれる負極に設置されたターゲット（あるいはスパッタリングターゲット）に衝突させ、その衝突によりスパッタされた粒子が被処理基板に付着して薄膜形成させる方法である。 30

【0003】

このようなスパッタリング法は、組成の制御や装置の操作性が比較的容易であることから成膜工程で広く利用されている。成膜工程におけるターゲットは、板状のものを用いられることが多いが、ターゲットの表面が均一に消耗していくことが少なく、ターゲット材料の利用効率が低下してしまうという課題がある。その課題を解決するために、近年では、図 10、図 11 に示すような粉末状または顆粒状ターゲットを用いる技術が浸透しつつある（例えば、特許文献 1 又は特許文献 2 参照）。 40

【0004】

図 10 に示すスパッタリング装置 500 では、処理容器 508 内に配置されたターゲット載置用皿 501 内に顆粒状のターゲット材料 502 を載置させて、マッチングボックス 511 を通して高周波電源 510 より電力を印加することで、処理容器 508 内にプラズマを発生させ、スパッタリングによる成膜処理を行うというものである。

【0005】

また、図 11 に示すスパッタリング装置 600 では、振動発生装置 609 によりターゲット載置皿 601 に振動を付与することで、スパッタ処理後に不均一に消耗した顆粒状のターゲット 602 の平坦化を図るというものである。 50

【0006】

また、図12に示すように、ガス導入用の小孔が設けられたターゲット載置台701に、複数の小孔702aを設けた板状ターゲット702を載置してスパッタリングを行う反応性スパッタリング装置があり（例えば、特許文献3参照）、図13A及び図13Bに示すように、ターゲット板802に設けられた複数の孔部に組成の異なる成分からなる埋め込み物803を埋め込んだ複合ターゲットが用いられるようなものもある（例えば、特許文献4参照）。

【0007】

【特許文献1】特開平09-176845号公報

10

【特許文献2】特開平10-036962号公報

【特許文献3】特開平05-065642号公報

【特許文献4】特開平02-085360号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特許文献1又は特許文献2に記載された粉末状または顆粒状のターゲットを略平面にする方法を用いても、ターゲット材料が粉末状または顆粒状であるため、完全に平坦化させて凹凸の発生状況を制御することは困難である。成膜処理時において、ターゲットに発生する赤熱部は、ターゲット表面の凹凸の発生状況に依存する。そのため、凹凸の発生状況を制御できないと、赤熱部の発生箇所も制御できず、不均一な箇所で発生する。このような赤熱部は、ターゲット表面においてエネルギーの高い箇所であり、また、スパッタリングによる成膜処理の大きく影響する箇所でもあるため、ターゲットにおいて、赤熱部の発生箇所が不均一であれば、成膜レートを制御することができず、成膜レートが不安定となる。

20

【0009】

また、特許文献3又は特許文献4に記載されたターゲットでも、赤熱部の発生箇所は制御できず、不均一な箇所で発生してしまう。

【0010】

従って、本発明の目的は、上記問題を解決することであって、粉末状ターゲットを含んで構成されるターゲットにおいて、成膜処理時のスパッタ領域を確実に制御することで、成膜レートの面内均一性を向上させ、安定した成膜が可能となるPVD法による成膜方法、及びPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、上記目的を達成するため、以下のように構成している。

【0012】

本発明の第1態様によれば、処理容器内において、粉体材料により形成された内周面を有する深さ1mm以上の凹部を備えるターゲットに電力を印加して、上記処理容器内にプラズマを発生させ、

上記プラズマにより上記ターゲットからスパッタ粒子を発生させるとともに、上記スパッタ粒子により上記基材を成膜処理するPVD法による成膜方法を提供する。

40

【0013】

本発明の第2態様によれば、上記ターゲットにおける上記凹部の内側面と上記ターゲットの表面との成す角が90度以上180度未満に形成されている第1態様に記載のPVD法による成膜方法を提供する。

【0014】

本発明の第3態様によれば、上記粉体材料は、熱伝導率を λ 、安定時間を t 、比熱を C_p 、嵩密度を ρ 、上記凹部の深さを L とすると、

フーリエ数 $(\lambda \cdot t) / (C_p \cdot \rho \cdot L^2)$ が、数1を満たす第1態様に記載のPVD法による成膜方法を提供する。

50

【数1】

$$3.5 \times e^{+03} \leq \lambda \cdot t / (Cp \cdot \rho \cdot L^2) \leq 2.0 \times e^{+04}$$

【0015】

本発明の第4態様によれば、上記粉体材料は、粒径をD、嵩密度をρ、比表面積をSとすると、数2を満たす第1態様に記載のPVD法による成膜方法を提供する。

【数2】

$$0.1 \leq D \cdot \rho \cdot S \leq 10$$

10

【0016】

本発明の第5態様によれば、上記ターゲットにおける上記凹部の幅が20mm以下である第1態様に記載のPVD法による成膜方法を提供する。

【0017】

本発明の第6態様によれば、上記ターゲットの中心に対して、一又は複数の上記凹部が点対称に配置されている第1態様に記載のPVD法による成膜方法を提供する。

【0018】

本発明の第7態様によれば、上記粉体材料の粒径が1μm以下である第1態様に記載のPVD法による成膜方法を提供する。

20

【0019】

本発明の第8態様によれば、表面に形成された凹部の内周面が、粉体ターゲットにより構成され且つ上記凹部の深さが1mm以上であるPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【0020】

本発明の第9態様によれば、上記凹部の内側面と上記粉体ターゲットの表面との成す角が90度以上180度未満となるように上記凹部が形成されている第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【0021】

本発明の第10態様によれば、上記角が120度となるように上記凹部が形成されている第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

30

【0022】

本発明の第11態様によれば、上記ターゲットにおける上記凹部の幅が20mm以下である第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【0023】

本発明の第12態様によれば、上記粉体材料の粒径が1μm以下である第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【0024】

本発明の第13態様によれば、上記粉体ターゲットが配置される凹形状又は貫通孔形状を有する粉体配置部が形成された焼結体ターゲットを備え、

40

上記粉体ターゲットにより上記凹部が形成されるように、上記粉体配置部内に上記粉体ターゲットが配置される第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【0025】

本発明の第14態様によれば、上記焼結体ターゲットの組成は、上記粉体ターゲットの組成と同一である第13態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【0026】

本発明の第15態様によれば、上記粉体ターゲットは、相異なる2種類以上の上記粉体材料が混合して構成されている第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

50

【0027】

本発明の第16態様によれば、上記粉体材料は、典型金属元素、遷移金属元素、又は、それらの酸化物、フッ化物、窒化物、硫化物、水酸化物、あるいは炭酸化物である第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【0028】

本発明の第17態様によれば、上記粉体材料の粒径が1μm以下である第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【0029】

本発明の第18態様によれば、上記粉体材料は、熱伝導率を λ 、安定時間を t 、比熱を C_p 、嵩密度を ρ 、上記凹部の深さを L とすると、 $\lambda \cdot t / (C_p \cdot \rho \cdot L^2)$ が、数3を満たす第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【数3】

$$3.5 \times e^{+03} \leq \lambda \cdot t / (C_p \cdot \rho \cdot L^2) \leq 2.0 \times e^{+04}$$

【0030】

本発明の第19態様によれば、上記粉体材料は、粒径を D 、嵩密度を ρ 、比表面積を S とすると、数4を満たす第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【数4】

$$0.1 \leq D \cdot \rho \cdot S \leq 10$$

【0031】

本発明の第20態様によれば、成膜用ターゲットの中心に対して、一又は複数の上記凹部が点対称に配置されている第8態様に記載のPVD法に用いる成膜用ターゲットを提供する。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、成膜レートおよびターゲットの面内均一性の向上を図ることが可能となり、成膜の量産安定性を確保することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

本発明の記述において、添付図面において同じ部品については同じ参照符号を付している。

【0034】

以下、図面を参照して本発明における実施形態を詳細に説明する。

【0035】

(第1実施形態)

本発明の第1の実施形態にかかる物理気相成長法の一例であるスパッタリング法による成膜装置の一例である成膜装置(スパッタリング装置)20の構成を示す模式構成図を図1に示す。

【0036】

図1に示すように、成膜装置20は、スパッタリングによる成膜処理が行われる減圧空間、例えば真空雰囲気をその内部に形成する処理容器の一例である真空チャンバー1と、後述するターゲット(あるいはスパッタリングターゲット)における焼結体ターゲットの近傍に配置されたアースシールド2と、真空チャンバー1内においてターゲットが載置されるターゲット支持部の一例であるターゲット載置用皿3と、真空チャンバー1内において成膜処理が施される基材(被処理物)11を保持する部材の一例である基材保持部12

10

20

30

40

50

とを備えている。また、ターゲット載置用皿3に載置されるターゲット13は、例えば円板状に形成され、かつその表面に溝状の貫通孔である溝部4aが形成された焼結体ターゲット4と、この溝部4aの内周面に配置されて、凹部7を形成する粉体材料により構成される粉体ターゲット5とにより構成されている。凹部7は、成膜処理を行う前に、凹部形成用の部材により、粉体ターゲット5をライン状（あるいは溝状）に加圧もしくは除去することで形成される。これにより、ライン状（あるいは溝状）の凹部7が形成される。粉体ターゲット5を部分的に加圧することで凹部7を形成する場合は、加圧により、凹部7付近の密度が他の位置の粉体ターゲット5の密度より大きくなっていると考えられる。このように形成された凹部7が、基材保持部12により保持された基材11に対向するように、ターゲット載置用皿3にターゲット13が載置されている。このような粉体ターゲット5は、例えば、相異なる2種類以上の粉体材料または顆粒状材料が混合されて形成されるターゲット材料である。さらに、成膜装置20は、真空チャンバー1内にプラズマを発生するためのガスを導入するガス導入装置8と、真空チャンバー1内のガスを排気して、真空雰囲気を形成するガス排気装置9と、ターゲット13上の空間にプラズマを発生させるように、ターゲット載置用皿3に電力を印加する電源装置10とを備えている。さらに、成膜装置20は、成膜処理の際に、電源装置10、ガス導入装置8、及びガス排気装置9を制御する制御装置21を備えている。既にターゲット13に凹部7を形成している状態で排気を行う場合は、凹部7の形状を崩さない程度にゆっくりと排気を行う必要がある。これは、急速に排気を行うと、凹部7を形成する粉体ターゲット5も排気による圧力変化の影響を受けてしまい、凹部7の形状が崩れてしまうことが考えられるためである。

【0037】

ここで、このようなターゲット13の構造について、図2に示すターゲット13の模式断面図を用いて説明する。なお、図2は、図1の成膜装置20において、ターゲット載置用皿3上に載置された状態のターゲット13の模式拡大断面図となっている。

【0038】

図2に示すように、ターゲット載置用皿3の上面には、焼結体ターゲット4が載置されており、焼結体ターゲット4に形成された溝状の貫通孔とターゲット載置用皿3の上面とにより溝部4aが構成されている。このように構成される焼結体ターゲット4の溝部4aの内周面全体を覆うように粉体ターゲット5が配置されており、この粉体ターゲット5により凹部7が形成されている。すなわち、粉体ターゲット5は、溝部4aを完全に埋めてしまふことなく、凹部7を形成するように配置されている。さらに、このように構成されるターゲット13は、ターゲット載置用皿3に載置された状態で、真空チャンバー1内のアースシールド2により囲まれた部分に配置されている。なお、本第1実施形態においては、このような溝部4aが、粉体配置部の一例となっている。ここで、粉体ターゲット5の配置位置は、アースシールド2の側面からターゲット表面方向に少なくとも20mm以上離れていることが望ましい。これは、アースシールド2の側面から20mm以内の位置に粉体ターゲット5が配置されると、赤熱反応が発生しにくいためである。

【0039】

このような焼結体ターゲット4を形成する材料としては、例えば、ITO(Indium Tin Oxide)が用いられ、また、粉体ターゲット5としては、例えば、酸化インジウムと酸化錫とをITOと同じ組成比にて混合した粉体材料が用いられている。特に、粉体ターゲット5を構成する粉体材料には、焼結体ターゲット4を形成する材料と同じ材料が用いられることが好ましい。これは、粉体ターゲット5を構成する粉体材料と焼結体ターゲット4を形成する材料とが異なっていると、粉体ターゲット5だけでなく焼結体ターゲット4も成膜用のターゲットとなってしまい、スパッタ粒子に目的の材料以外の材料が混入してしまうためである。

【0040】

ここで、直径が300mm、厚さが6mmの円板状のターゲット13において、図2に示す粉体ターゲット5により形成された凹部7における底部の厚さ、すなわち粉体ターゲット5の底からの厚さを2mmとする。このように凹部が形成された本第1実施形態のタ

ターゲット 13 を用いた場合（焼結体ターゲット + 粉体ターゲット、凹部有り）と、このような凹部を形成することなく、本発明の比較例（すなわち従来例）にかかるターゲットを用いた場合（従来ターゲット、凹部無し）において、基材に対する成膜処理を行った。成膜条件は、プラズマ源電力 1000 W、アルゴンガス流量 100 sccm、圧力 0.35 Pa、成膜時間 60 分、ターゲットと基材間の距離を 100 mm とし、基材として 160 mm 角ガラスに成膜を行った。なお、本第 1 実施形態においては、ターゲット載置用皿 3 の熱伝導率は 0.003 cal/cm·sec·°C、粉体ターゲット 5 の熱伝導率は 0.012 cal/cm·sec·°C である。

【0041】

また、本第 1 実施形態のように焼結体ターゲット 4 と粉体ターゲット 5 を用いた場合と、従来ターゲットを用いた場合において、それぞれの放電開始 10 分後のITO成膜レート (nm/min) とこの成膜レートの面内均一性 (±%) の比較を示す図を図 3 に示す。図 3 において、本第 1 実施形態のターゲット 13（焼結体 + 粉体ターゲット、凹部有り）を用いた場合と、比較例にかかる従来ターゲット（凹部無し）を用いた場合と比べると、成膜レートはともに 100 nm/min で明瞭な大差はないと言える。一方、基材の面内（全長 150 mm）の 9 ポイントで測定した面内均一性は、従来ターゲットを用いた場合、±13.1% であったのに対し、本第 1 実施形態のように焼結体ターゲットと粉体ターゲットを用いた場合では±3.2% と大幅に向上していることがわかる。

【0042】

また、それぞれのターゲットを用いて行われた成膜処理にて得られた膜の抵抗率 (ITO 抵抗率 (·cm)) 及びその面内均一性 (±%) の測定結果を図 4 に示す。図 4 に示すように、本第 1 実施形態のターゲット 13 を用いた場合に得られた膜の抵抗率は、平均で $9.5 \times 10^{-5} \cdot \text{cm}$ であったのに対し、従来ターゲットでは、 $7.7 \times 10^{-4} \cdot \text{cm}$ であった。基材面内（全長 150 mm）の 9 ポイントで測定した抵抗率の面内均一性は、従来ターゲットを用いた場合、±15.1% であったのに対し、本第 1 実施形態のターゲット 13 を用いた場合は、±4.2% に大幅に向上している。これより、本第 1 実施形態のように、焼結体ターゲット 4 と凹部 7 を形成する粉体ターゲット 5 とにより構成されるターゲット 13 を用いた場合に得られた膜の方が、電気特性で優れた ITO 膜であることがわかる。

【0043】

ここで、本第 1 実施形態のターゲット 13 を用いてスパッタリングが行われるメカニズムについて、主に粉体ターゲット 5 により形成された凹部 7 に注目しながら以下に説明する。当該説明にあたって、図 5 A、図 5 B、図 5 C、及び図 5 D に、ターゲット 13 における凹部 7 付近の部分拡大模式説明図を示す。

【0044】

成膜装置 20 にて基材 11 及びターゲット 13 が配置されて、真空チャンバー 1 内に所定のガスが供給されて真空雰囲気が形成された状態で、成膜処理が開始される。すると、まず、図 5 A に示すように、粉体ターゲット 5 の凹部 7 の縁部であるエッジ部 7a にプラズマ 14 が集中して当たり、このエッジ部 7a から赤熱が開始される。ここで、赤熱とは、ターゲット材料に対してエネルギーが付与され、当該エネルギーが蓄熱されることで、ターゲット材料が局所的に高エネルギー状態となり、赤色あるいはオレンジ色等に発光する現象である。

【0045】

続いて、図 5 B に示すように、エッジ部 7a から凹部 7 の斜面 7b に沿って凹部 7 の底部 7c にまで赤熱が拡大していく。粉体ターゲット 5 は、焼結体ターゲット 4 と同一の材料組成にて形成されているが、粉体状であるため、バルク状の焼結体ターゲット 4 と比較すると、その熱伝導性は低い。また、粉体ターゲット 5 は、このような焼結体ターゲット 4 と断熱性の優れたターゲット載置用皿 3 とにより囲まれて配置されているため、粉体ターゲット 5 の赤熱部 15 が、それらと粉体ターゲット 5 との境界で遮られ、凹部 7 付近へと集中することとなる。すなわち、凹部 7 のエッジ部 7a にプラズマ 14 が集中するこ

10

20

30

40

50

とにより、凹部 7 へのエネルギー付与が集中的に行われるが、これらのエネルギーは、焼結体ターゲット 4 に比べて蓄熱性の高い粉体ターゲット 5 に蓄熱されることとなり、その結果、赤熱部 15 が凹部 7 付近へと集中することとなる。一方、凹部 7 の周囲に配置される焼結体ターゲット 4 においては、粉体ターゲット 5 よりも熱伝導性が高いこともあり、付与されたエネルギーは比較的、蓄熱され難く、赤熱部が発生することはない。従って、時間の経過とともに、図 5 C に示すように、エッジ部 7 a へのプラズマの集中的付与により凹部 7 に生じた赤熱部 15 はその範囲を拡大し、やがて、図 5 D に示すように、凹部 7 付近により顕著に集中した赤熱部 15 が粉体ターゲット 5 において形成される。こうして形成された赤熱部 15 の表面からスパッタ粒子は加速されて、基材 11 へと向かう。このようにターゲット 13 を焼結体ターゲット 4 と凹部 7 を形成する粉体ターゲット 5 とにより構成することで、凹部 7 の部分のみに赤熱部 15 を発生させることができ、ターゲット 13 において、スパッタ粒子の発生源である赤熱部 15 の発生箇所を確実に制御することができる。その結果、スパッタ粒子の発生箇所を制御して、成膜レートを安定させることができるとなる。

【0046】

このような凹部 7 における赤熱部 15 の一連の発生のメカニズムを考慮すれば、成膜装置 20 に備えられている制御装置 21 は、まず凹部 7 のエッジ部 7 a を赤熱させ、その後、凹部 7 の表面に沿って赤熱箇所を拡大させ、そして凹部 7 全体に赤熱部 15 を形成するように、成膜処理を行うための各構成部、例えば電源装置 10 を制御する装置であるということができる。

【0047】

ここで、図 6 に示す凹部 7 の模式説明図を用いて、凹部 7 の断面形状について説明する。図 6 に示すように、例えば V 字状断面形状を有するように形成された凹部 7 について考える。凹部 7 に赤熱部 15 が形成されることにより、粉体ターゲット 5 がスパッタ粒子 16 として所定の角度 の範囲にて飛び出すこととなる。従って、図 6 の凹部 7 における図示左側の斜面 7 b より、角度 の範囲にて飛び出したスパッタ粒子 16 の一部は、対向する図示右側の斜面 7 b により遮られることになる。このように凹部 7 内にてスパッタ粒子 16 が遮られる割合が大きくなれば、ターゲット材料の利用効率が低下することとなり、好ましくない。従って、ターゲット材料の利用効率を向上させるという観点からは、凹部 7 のエッジ部 7 a のエッジ角度 は大きく設定される程良い。特に、エッジ角度 が 90 度よりも小さくなると、スパッタ粒子の 16 の遮断量が多くなりすぎるため、少なくとも 90 度以上に設定されることが好ましい。一方、エッジ角度 が 180 度に近づく程、エッジ部 7 a がエッジとして存在しないこととなり、プラズマ集中を生じさせることができなくなるため、このような観点からは、エッジ角度 は、プラズマ集中を生じさせることができる限度以下である必要がある。以上の観点から、例えばエッジ角度 は 120 度程度に設定されることが好ましい。なお、「エッジ角度 」とは、凹部 7 の内周側面である側面 7 b と、ターゲット 13 の表面との成す角のことである。また、このような凹部 7 は粉体ターゲット 5 により形成されるため、凹部 7 の側面 7 b は、例えば、図 5 A に示すように、その表面粗さの平均値で構成される平面 P 2 のことであり、ターゲット 13 の表面とは、同様にその表面粗さの平均値で構成される平面 P 1 のことである。従って、上記成す角とは、図 5 A において、平面 P 1 と平面 P 2 とが交わる角のことである。

【0048】

また、上述の本第 1 実施形態のターゲット 13 を用いて成膜処理を行った実験結果について、図 7 に示す。図 7 は、縦軸にスパッタ数、横軸にフーリエ数を採った両対数グラフである。なお、本第 1 実施形態の粉体ターゲットでは、熱伝導率を 、成膜処理が安定するまでの安定時間を t 、比熱を Cp 、粒径を D 、凹部の深さを L 、嵩密度を 、比表面積を S としている。ここで、比表面積は、例えばベット法などにより求められる値である。

【0049】

図 7 に示すように、フーリエ数が $3.5 e^{+0.3}$ より小さいものは蓄熱性が低下するた

10

20

30

40

50

め赤熱が発生せず、フーリエ数が 2.0×10^{-4} より大きいものは粉体材料に発粉が生じ放電が不安定になることがわかる。また、スパッタ数が 10 を超えるものは、赤熱部がランダムに発生してしまい、成膜レートの制御を行うことは困難である。

【0050】

以上の結果より、成膜レートを安定して制御するためには、以下の数 5、数 6 を満たさなければならないことが分かる。

【数 5】

$$3.5 \times 10^{-3} \leq \frac{\lambda \cdot t}{C_p \cdot \rho \cdot L^2} \leq 2.0 \times 10^{-4}$$

10

【数 6】

$$0.1 \leq D \cdot \rho \cdot S \leq 10$$

【0051】

以上のように、本第 1 実施形態においては、大きな効果が得られることが分かるが、このメカニズムについて、以下にさらに考察する。

【0052】

これは、本発明により得られた成膜レートと熱伝導性との関係から、熱伝導性との相似性を有するフーリエ数を制御することが、成膜レートを安定して制御することにつながるためだと考えられる。

20

【0053】

なお、成膜レートという観点で考えると、それぞれ、粒径が小さく、嵩密度が小さく、比表面積が大きくなるほど、成膜レートは向上する。

【0054】

ターゲット材料に厚さ 6 mm のITOの焼結体ターゲットを用いて、それに溝深さ 5 mm の溝部を形成し、その部分に粉体ターゲットを配置し、表面を均一にした後、凹部の底部における粉体ターゲットの厚さが 2 mm となる凹部を形成する。このように形成することにより、放電開始と同時に凹部より赤熱が開始し、次第に粉体ターゲットの全面、すなわち凹部全体に赤熱が拡大する。しかし、その周囲の焼結体ターゲットは、赤熱せず、長時間放電しても成膜の面内均一性は良好である。これに対し、上記比較例の従来ターゲットのように、焼結体ターゲットを用いず、ターゲット全体を粉体材料にて形成した凹部を有さないターゲットでは、放電開始後 10 分経過した後は、ターゲットにおいて赤熱の拡大が急激に起こり、赤熱がターゲット全面に広がってしまい、赤熱部の発生領域を制御することができず、成膜の面内均一性が悪化するものと考えられる。

30

【0055】

本第 1 実施形態のターゲットにおいて、焼結体ターゲットを用いることで赤熱領域を制御できるメカニズムは以下のように説明することができる。

【0056】

粉体ターゲットは、焼結体ターゲットよりもその比熱が小さく、熱容量も小さいことから、特に粉体ターゲットの凹部のエッジ部の温度が上昇し、赤熱が発生する。その後、凹部において、凹部の表面を中心に赤熱部分が拡大する。ターゲット載置用皿に断熱性が良い材質を用いることにより、特に凹部の温度上昇が加速し、ターゲット材料が熱により活性化し、スパッタリング効果が加速される。その後、熱伝導が進み、赤熱部がさらに、凹部周辺へ拡大するが、その周囲に焼結体ターゲットを配置することで、凹部の周囲への赤熱の拡大を防止できる。これは、焼結体ターゲットの熱伝導度が粉体ターゲットよりも大きい為、熱拡散が促進されるためだと考えられる。よって、基材において所望の面内均一性を確保する部分に対応するターゲット領域のみに、粉体ターゲットにより形成された凹部を配置することで、従来ターゲットと比べて、成膜の面内均一性を向上させることができるものと考えられる。従って、本第 1 実施形態のターゲットを用いることで、成膜レ

40

50

トと成膜の面内均一性が向上し、連続成膜のレート安定性も大幅に向上させることが可能となる。

【0057】

また、本第1実施形態におけるターゲット13に形成される凹部7、あるいは焼結体ターゲット4に形成される溝部4aの平面的な配置としては、図8A、図8B、及び図8Cの模式平面図に示すように、様々な形態を採用することができる。具体的には、図8Aに示すターゲット23のように、一又は複数のドーナツ状の凹部27を形成した場合や、図8Cに示すターゲット43のように放射線状の凹部47を形成した場合は、ターゲットを載置した面の中心に対してそれぞれの凹部27、47が点対称であるため、基材11に向けて飛翔するスパッタ粒子も点対称になり、均等にスパッタして、精度よく成膜を進めることができる。また、図8Bに示すターゲット33により平面的に円形状あるいは正方形形状を有するような多数の凹部37がアレイ状に配置されるような場合であってもよい。その他、図示しないが、複数の直接状の凹部を並行にストライプ状に配置させるような場合であってもよい。なお、工具を用いてターゲットの加工を行なう場合、一度の動きで加工できる図8Aのドーナツ状の凹部は、図8Cの放射線状の凹部よりも加工しやすい。また、点対称に形成されていないターゲットは、例えば、ターゲット載置用皿3を回転させながら成膜処理を行うこと等により、成膜の面内均一性を確保できるようにすることも可能である。

【0058】

また、これら凹部7は、1本でもよく、2本以上であれば凹部間の距離が等しい方が、より均一に成膜することができる。

【0059】

また、本第1実施形態においては、ターゲットの厚さが他の領域と比べて薄い領域、すなわち凹部7の形成領域はターゲット全体の表面積と比べて50%以下とすればよい。これは、凹部7の形成領域が50%以上になると、凹部7の形成領域内でランダムに赤熱部が発生してしまい、赤熱部を制御するのが困難となるためである。

【0060】

また、形成する凹部が複数存在する場合は、それぞれの凹部を交差させるように配置しても良いが、このような場合にあっては、交差部とその他の部分とで成膜条件が異なることに留意する必要がある。

【0061】

また、ターゲット材料としては、典型金属元素または遷移金属元素、または、これらの金属元素の酸化物、フッ化物、窒化物、水酸化物、炭酸化物、あるいは硫化物を用いることができる。特に、上記金属元素の酸化物、フッ化物、窒化物、水酸化物、炭酸化物、又は硫化物がターゲット材料として用いられると、本第1実施形態の効果を有効に得ることができる。

【0062】

また、ターゲット13に形成される凹部7におけるターゲット材料の厚さ、すなわち凹部7の底部の厚さは、少なくとも0mmより大きくなければならない。つまり、凹部7の底部には、ターゲット載置用皿3の表面が露出することなく、必ずターゲット材料が存在している必要がある。これは、ターゲット材料の厚さが0mmになると、その部分で赤熱が発生しなくなるためである。また、凹部7におけるターゲット材料の厚さが5mmよりも大きくなると、ターゲット材料の粉末同士の熱拡散が盛んになるため断熱性、すなわち蓄熱性が低下し、粉体ターゲット5に赤熱部が発生しにくくなる。そのため、凹部7におけるターゲット材料の厚さは5mm以下であることが望ましい。

【0063】

また、ターゲット13に形成される凹部7の深さは、1mm以上であることが望ましい。これは、凹部7の深さが1mm未満となると、粉体ターゲット材料間での熱伝導が盛んになり、断熱性が低下し、赤熱が発生しにくくなるためであると考えられる。

【0064】

10

20

30

40

50

また、ターゲット 13 に凹部 7 を形成するのは、真空チャンバー 1 を排気する前後どちらでも良い。なお、排気する前に凹部 7 を形成する際は、排気を行うことによる凹部 7 への影響について考慮する必要がある。

【0065】

また、円板状のターゲットの半径が 150 mm であるとすると、円板状のターゲットの中心から粉体ターゲット 5 を形成した領域までの距離は 75 mm 程度が妥当であると思われる。これは、粉体ターゲット 5 の配置位置が互いに近すぎると、粉体ターゲット 5 から飛び出したスパッタ粒子が干渉してしまい、成膜レートが均一でなくなると考えられるためである。

【0066】

また、種々の条件によって値が変動するが、ターゲット 13 に加わる電力が 2 kW で円板状のターゲットの中心から粉体ターゲット 5 までの距離を 75 mm の条件を妥当とした場合は、ターゲット 13 に加わる電力が 50 kW になると円板状のターゲット中心から粉体ターゲット 5 までの距離は 375 mm 程度であることが望ましい。これは、スパッタ粒子の飛び出しがターゲットに加わる電力の大きさに依存すると考えられるためである。

また、凹部 7 の幅は、20 mm 以下であることが望ましい。これは、凹部 7 の幅が 20 mm より大きくなると、凹部 7 内の断面形状が不安定となり、凹部 7 からのスパッタ粒子の飛び出し状態が不安定になるためであると考えられる。

【0067】

また、本第 1 実施形態では、真空プラズマ装置を用いて説明を行ったが、チャンバー内の圧力が 1013 hPa である大気圧プラズマにおいても、本第 1 実施形態のターゲットを用いることで同様の効果が得られると考えられる。

【0068】

また、本第 1 実施形態では、粉体ターゲット 5 に対して、200 で 3 時間加熱処理を行ったものを用いている。これは、粉体ターゲット 5 を構成する粉体材料は、水分等の不純物を吸着し易い状態にあるため、加熱処理を行うことで吸着された水分を除去し、形成された膜の純度を高めるためである。このような加熱処理は、例えば、100 以上でかつ 10 分以上行えばよい。なぜならば、100 未満であると水分揮発の効果を得ることが困難であり、10 分未満であると粉体ターゲット全体に対する効果を得ることが困難となるためである。

【0069】

また、本第 1 実施形態では、粉体ターゲット 5 の粒子径は 0.2 μm のものを用いているが、このようなものとしては、最大粒子径が 1 μm 以下であればよい。なぜならば、最大粒子径が 1 μm より大きい粉末を粉体ターゲット材料として用いた場合、粉末間での断熱性が悪く、熱容量が大きいため、赤熱が発生しにくくなるためである。

【0070】

また、本第 1 実施形態では、ターゲット載置用皿 3 に石英を用いたが、その他に、酸化アルミニウムや酸化ジルコニア、酸化シリコンのような、温度耐性に優れるセラミックス材料を用いてもよい。

【0071】

また、本第 1 実施形態では、成膜に用いるプロセスガスにアルゴンガスを用いたが、アルゴン、酸素、水素、窒素のうち少なくとも 1 つを用いればよい。

【0072】

また、本第 1 実施形態では、組成の制御や装置の操作容易性からスパッタリング法を選択したが、ターゲットが赤熱するものであれば、他の成膜方法を用いてもよい。例えば、蒸着法やレーザーを用いた成膜法などどんな成膜方法に用いることも可能であると考えられる。

【0073】

また、成膜処理が進むにつれて粉体ターゲットが減少していくため、粉体ターゲットの材料供給機構を真空チャンバー 1 内に更に設けることが望ましい。この材料供給機構とし

10

20

30

40

50

ては、例えば、成膜速度と成膜時間を積算することで、ターゲット総量からの減少量を計算し、計算した残量に応じて、ターゲット材料供給を行うユニットが考えられる。更に、この材料供給機構が、供給タンク及び供給ノズル、平坦化機構、溝形成ヘッドを備えていれば、材料を均して平坦化し、その後、溝を形成することも可能である。この溝形成ヘッドは、前述の凹部形成用の部材と同じく、粉体ターゲット5を部分的に加圧もしくは除去することにより凹部を形成するものである。

【0074】

また、ターゲット13と基材を相対的に回転させることで、凹部7をターゲット13の中心に点対称に形成していなくても、均一な成膜処理を行うことができる。

【0075】

また、ターゲット下方にマグネットを配置することが望ましい。これは、ターゲットの凹部もしくはその周辺に電子密度が最も高くなるようなエロージョンを形成させることで、成膜速度が向上するためである。

【0076】

(第2実施形態)

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の態様で実施できる。例えば、本発明の第2の実施形態にかかる成膜装置にて用いられる成膜用ターゲットの一例であるターゲット113の構造を示す模式断面図を図9に示す。

【0077】

図9に示すように、本第2実施形態のターゲット113は、成膜装置におけるターゲット載置用皿3に焼結体ターゲットが載置されることなく粉体ターゲット5のみが載置されている点において、上記第1実施形態のターゲット13と異なっている。また、図9に示すように、ターゲット載置用皿3に載置された状態において、粉体ターゲット5により凹部107が形成されている。

【0078】

このような凹部107は、例えば、ターゲット載置用皿3の全体に粉体ターゲット5を充填するように配置させた後、凹部の形状に応じたスタンパを用いて型押しすること、あるいは粉体ターゲットの表面を削り取ること等により形成することができる。

【0079】

このような粉体ターゲット5のみにより構成されたターゲット113においても、凹部107付近に赤熱部を発生させるように制御することができ、上記第1実施形態と同様な効果を得ることができる。ただし、焼結体ターゲットにより粉体ターゲットが配置される領域を囲むことで、赤熱部の発生領域をより限定するという観点、さらに、成膜処理の繰り返し実施のためにターゲットへの粉体材料の供給性という観点からは、焼結体ターゲットと粉体ターゲットにより構成される上記第1実施形態のターゲットが好ましいということができる。このような点から考えると、焼結体ターゲットの代わりにスパッタに影響を及ぼさない程度の断熱性を有する隔壁を設けても、同じ効果が得られると考えられる。

【0080】

図14は、粉体ターゲット5のみにより構成されたターゲット113の凹部7のターゲット材料として酸化カルシウムを均一に敷き詰め、上記実施の形態1と同一の成膜条件で成膜した場合(粉体ターゲット、凹部有り)と、本発明の比較例にかかるターゲットを用いた場合(従来ターゲット、凹部無し)とにおいて、基材に対する成膜処理を行った測定結果である。図14において、本第2実施形態のターゲット(粉体ターゲット、凹部有り)を用いた場合に得られたCaOレートは345.2nm/minであったのに対し、従来ターゲットでは、198.3nm/minであった。これより、本第2実施形態のように、アルカリ土類の酸化物の粉体ターゲットを用いた場合の方が、成膜レートに優れた成膜処理を行えることが分かる。

【0081】

なお、上記実施形態においては、ターゲットにおいて凹部全体が粉体ターゲットで構成されているような場合について説明したが、このような場合に代えて、凹部の底部におい

10

20

30

40

50

てのみ、焼結体ターゲットが露出するような構成も採用することができる。凹部の底部にターゲット材料以外が露出することは、赤熱部の制御という観点からは好ましくないが、焼結体ターゲットが底部のみから露出するような構成では、露出される表面積も比較的少なく、赤熱部の発生に大きな影響とはならないと考えられるからである。

【0082】

なお、上記実施形態において、ターゲットの大きさが大きく、凹部を1つ設けても赤熱部がランダムに発生してしまう場合は、凹部を複数設ける必要があると考えられる。

【0083】

なお、上記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

10

【0084】

本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して充分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形や修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

【産業上の利用可能性】

【0085】

本発明の成膜装置は、成膜レートおよびターゲットの面内均一性を向上させ、さらに成膜レートの量産安定性を確保する性能を有する。そのため、ディスプレイおよび電池や半導体といった様々なデバイス製造のための成膜処理に適用することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図1】本発明における第1実施形態の成膜装置の構成を示す模式構成図。

【図2】図1の成膜装置に装備されるターゲットの構成を示す模式断面図。

【図3】上記第1実施形態のターゲットと比較例のターゲットとの間において、ITO成膜レートとその面内均一性についての比較結果のグラフを示す図。

【図4】上記第1実施形態のターゲットと比較例のターゲットとの間において、ITO抵抗率とその面内均一性についての比較結果のグラフを示す図。

【図5A】上記第1実施形態のターゲットを用いてスパッタリングが行われるメカニズムを説明するための凹部付近の模式説明図であって、凹部のエッジ部が赤熱された状態を示す図。

30

【図5B】凹部の斜面に赤熱が拡大された状態を示す模式説明図。

【図5C】凹部においてさらに赤熱が拡大された状態を示す模式説明図。

【図5D】凹部全体に赤熱部が形成された状態を示す模式説明図。

【図6】上記第1実施形態のターゲットの凹部の形状を説明する模式説明図。

【図7】上記第1実施形態のターゲットを用いた成膜処理において、スパッタ数とフーリエ数との関係を示す無次元数による粉体スパッタタイールド表を示す図。

【図8A】上記第1実施形態の変形例にかかるターゲットの模式平面図。

【図8B】上記第1実施形態の別の変形例にかかるターゲットの模式平面図。

【図8C】上記第1実施形態のさらに別の変形例にかかるターゲットの模式平面図。

40

【図9】本発明の第2実施形態にかかるターゲットの構成を示す模式断面図。

【図10】特許文献1に開示の従来のスパッタ装置を示す模式図。

【図11】特許文献2に開示の従来の光学薄膜の製造装置を示す模式図。

【図12】特許文献3に開示の従来の反応性スパッタ装置に用いられるターゲットを示す模式図。

【図13A】特許文献4に開示の従来の複合ターゲットを示す模式図。

【図13B】図13Aの従来のターゲットにおけるA-A線断面図。

【図14】上記第2実施形態のターゲットと比較例のターゲットとの間において、CaO成膜レートとその面内均一性についての比較結果のグラフを示す図。

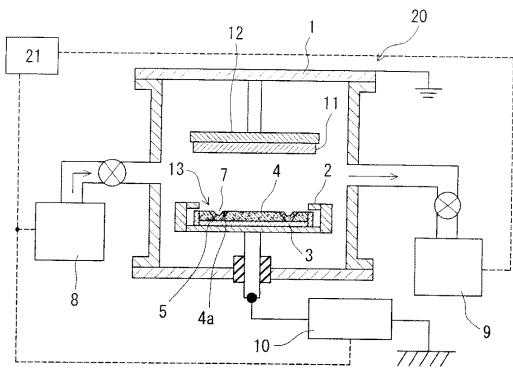
【符号の説明】

50

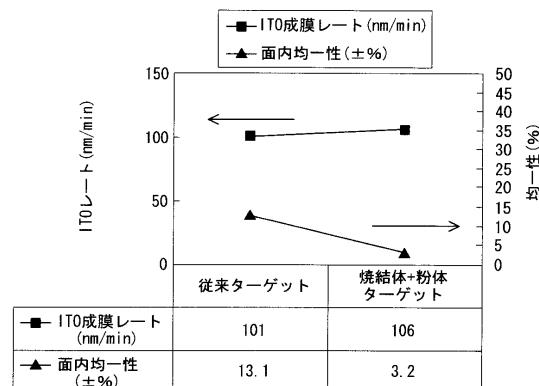
【 0 0 8 7 】

- 1 真空チャンバー
 2 アースシールド
 3 ターゲット載置用皿
 4 焼結体ターゲット
 4 a 溝部
 5 粉体ターゲット
 7 凹部
 7 a エッジ部
 7 b 斜面
 7 c 底部
 8 ガス導入装置
 9 ガス排気装置
 10 電源装置
 11 基材
 12 基材保持部
 13 ターゲット
 14 プラズマ
 15 赤熱部
 16 スパッタ粒子
 20 成膜装置
 21 制御装置
 エッジ角度 10
 エッジ角度 20

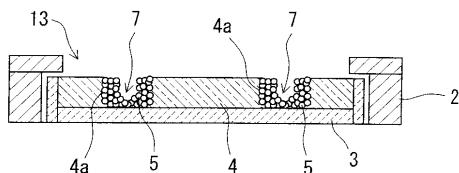
【図1】



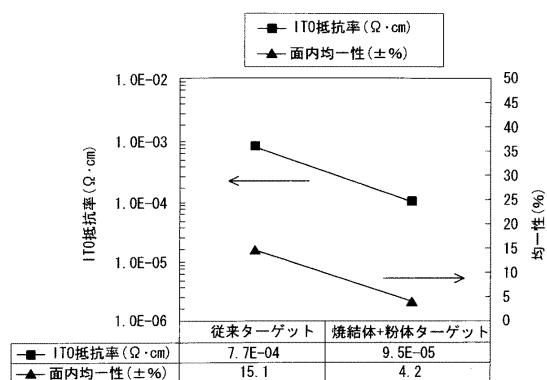
【図3】



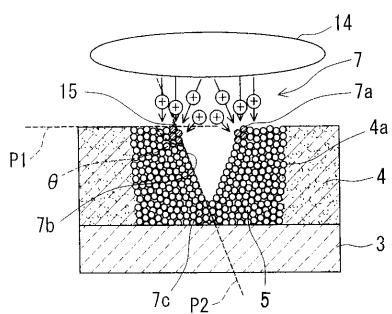
【図2】



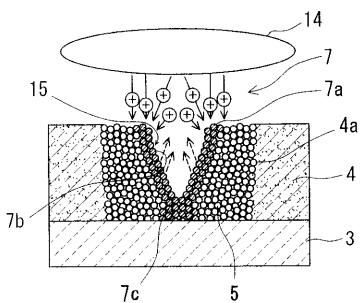
【図4】



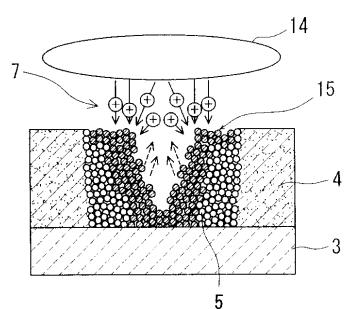
【図5 A】



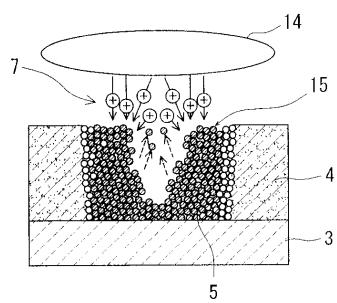
【図5 B】



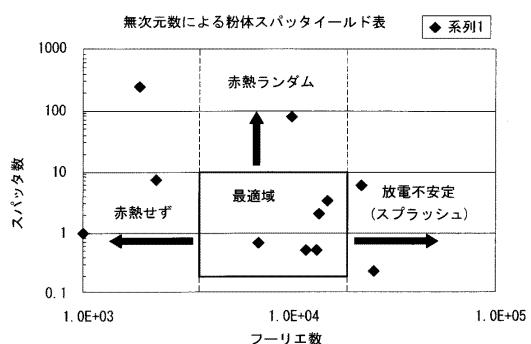
【図5 C】



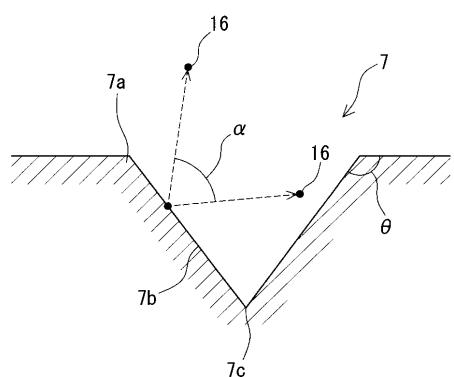
【図5 D】



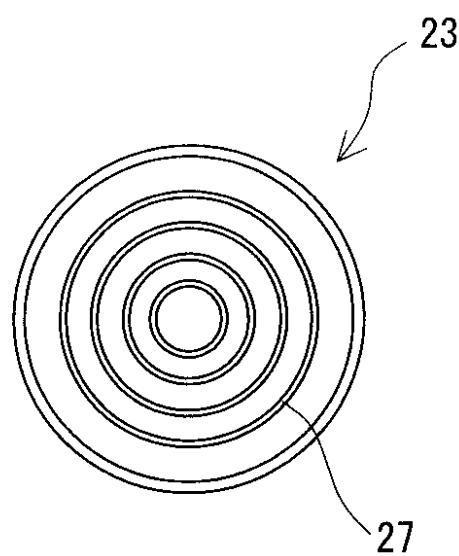
【図7】



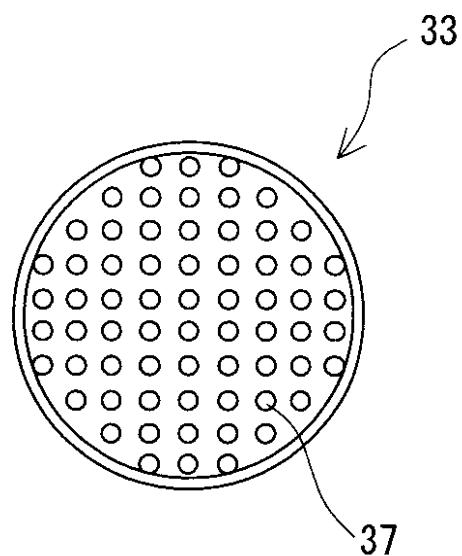
【図6】



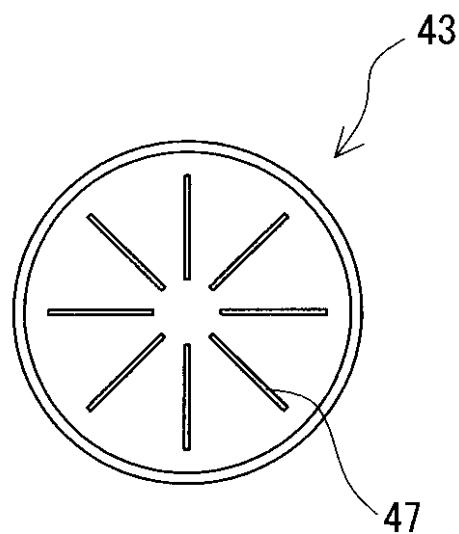
【図 8 A】



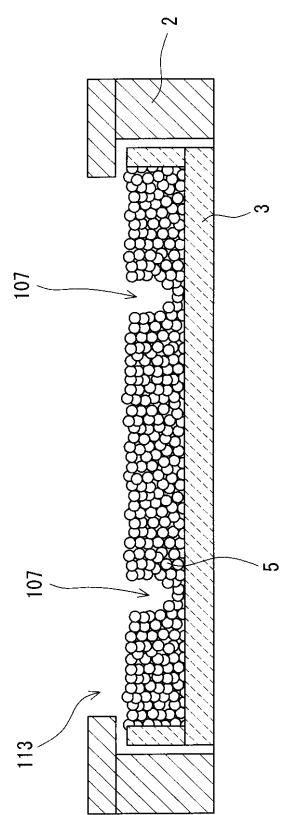
【図 8 B】



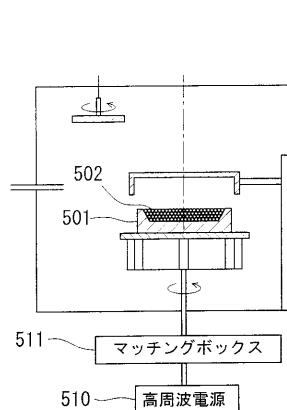
【図 8 C】



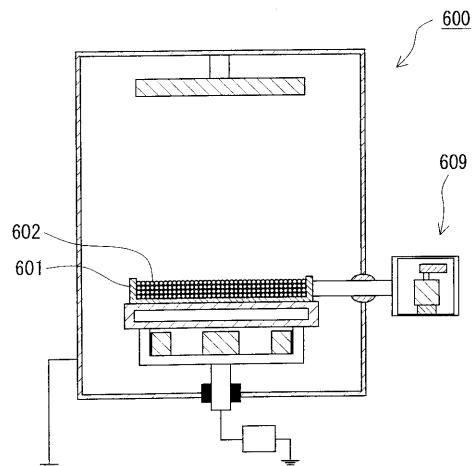
【図 9】



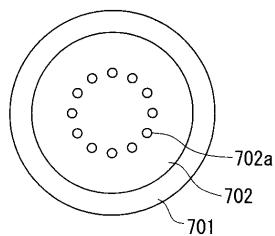
【図10】



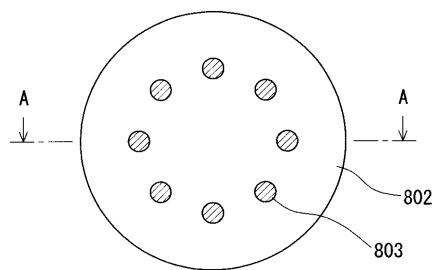
【図11】



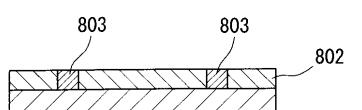
【図12】



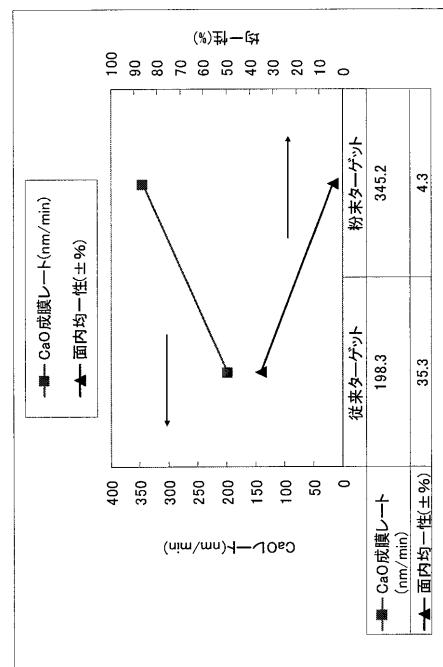
【図13A】



【図13B】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 大熊 崇文
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 早田 博
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 山西 斎
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 木村 忠司
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 中上 裕一
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

審査官 鮎沢 輝万

(56)参考文献 特開平05-010337 (JP, A)
特開平09-176845 (JP, A)
特開平09-176846 (JP, A)
特開2003-027225 (JP, A)
特開2005-126783 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00 - 14/58