

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年3月31日(31.03.2016)



(10) 国際公開番号

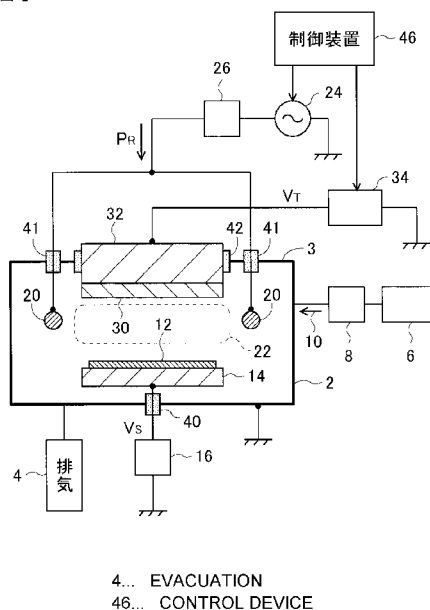
WO 2016/047184 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 14/34 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
H01L 21/363 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/061238
- (22) 国際出願日: 2015年4月10日(10.04.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-196266 2014年9月26日(26.09.2014) JP
- (71) 出願人: 日新電機株式会社(NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4-7番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 瀬戸口 佳孝(SETOGUCHI, Yoshitaka); 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4-7番地 日新電機株式会社内 Kyoto (JP). 岸田 茂明(KISHIDA, Shigeaki); 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4-7番地 日新電機株式会社内 Kyoto (JP). 安東 靖典(ANDO, Yasunori); 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4-7番地 日新電機株式会社内 Kyoto (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: DEPOSITION METHOD AND SPUTTERING DEVICE

(54) 発明の名称: 成膜方法およびスパッタリング装置

[図2]



4... EVACUATION
46... CONTROL DEVICE

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to prevent deposition of an uneven film at the start or end of film deposition without having to install a movement mechanism for a target. This sputtering device generates inductively coupled plasma (22) by supplying high-frequency power (P_R) to an antenna (20) provided in a vacuum vessel (2) into which a gas (10) is introduced, and uses the plasma (22) and a target bias voltage (V_T) to sputter a target (30) and deposit a film on a substrate (12). At the start of film deposition, the target bias voltage (V_T) is applied to the target (30) to initiate sputtering after the high-frequency power (P_R) has been supplied to the antenna (20) and the plasma (22) has been generated, and at the end of film deposition, the target bias voltage (V_T) applied to the target (30) is stopped to stop sputtering, after which the high-frequency power (P_R) supplied to the antenna (20) is stopped to quench the plasma (22).

(57) 要約: ターゲットの移動機構を設けることなく、成膜の開始時および終了時に不均質な膜が形成されることを抑制する。このスパッタリング装置は、ガス10が導入される真空容器2内に設けられたアンテナ20に高周波電力 P_R を供給して誘導結合型のプラズマ22を発生させ、当該プラズマ22とターゲットバイアス電圧 V_T とを用いて、ターゲット30をスパッタさせて基板12上に成膜を行うものである。成膜の開始時は、アンテナ20に高周波電力 P_R を供給してプラズマ22を発生させた後に、ターゲット30にターゲットバイアス電圧 V_T を印加してスパッタリングを開始し、成膜の終了時は、ターゲット30に印加していたターゲットバイアス電圧 V_T を止めてスパッタリングを停止した後に、アンテナ20に

供給していた高周波電力 P_R を止めてプラズマ22を消滅させる。

明 細 書

発明の名称：成膜方法およびスパッタリング装置

技術分野

[0001] この発明は、スパッタリングによって基板上に成膜（換言すれば膜形成。以下同様）を行う成膜方法およびスパッタリング装置に関し、より具体的には、アンテナに高周波電力を供給して誘導結合型のプラズマ（略称ICP）を発生させてターゲットをスパッタさせる成膜方法およびスパッタリング装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば高精度ディスプレイ用の薄膜トランジスタ（TFET）の材料として、例えばIGZO（In-Ga-Zn-O／インジウム－ガリウム－亜鉛－酸素）、ITZO（In-Sn-Zn-O／インジウム－スズ－亜鉛－酸素）等の酸化物半導体が注目されている。

このようなTFET用酸化物半導体の薄膜は、多くの場合、電場と磁場が直交するマグネトロン放電を利用すると共に陰極から出た電子がターゲットの近傍を連続した軌跡に沿って運動できるようにしたマグネトロンスパッタリング法によって形成されているが、従来の一般的なマグネトロンスパッタリング法による成膜方法には、成膜の開始時および終了時に不均質な膜（例えば膜組成のばらついた膜。以下同様）が形成されるという課題がある。

[0003] これは、従来の一般的なマグネトロンスパッタリング法では、図1を参照して、ターゲットに印加する高周波または直流のターゲット電力によってプラズマを発生させると共に、そのターゲット電力を使ってターゲットをスパッタさせて基板への成膜を行っていて、プラズマ発生とスパッタリングとが一体の関係にあるので、プラズマ点灯時およびプラズマ消灯時のプラズマが不安定な時期にも成膜が行われ、これが膜質（例えば膜組成）を乱す原因になっているからである。

[0004] このような課題を解決することのできる成膜方法として、例えば非特許文

献 1 および特許文献 1 には、ターゲットを含むカソード（これを特許文献 1 ではターゲット装置と呼んでいる）を移動式にして、ターゲットと基板とが相対向しない位置でプラズマ点灯およびプラズマ消灯を可能にして、プラズマ点灯時およびプラズマ消灯時の不安定な成膜を抑制するように改良した成膜方法およびスパッタリング装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2 0 1 3 - 6 4 1 7 1 号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：第 6 1 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集（2 0 1 4 春 青山学院大学） 1 8 p - E 1 0 - 1 6 「大型スパッタカソードを用いた I G Z O 膜質均一性と T F T 信頼性」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記非特許文献 1 および特許文献 1 に記載の技術では、移動式のカソードには、成膜材料となるターゲットの他に、ターゲットにスパッタリング用の高圧（例えば - 1 k V 程度）のターゲットバイアス電圧を印加するための電力供給部、電気絶縁機構、ターゲット等の高温部を冷却するための水冷機構等を設ける必要があるため、ターゲットを含むカソードを真空保持した真空容器内で移動させるためには装置構成が複雑になる。その結果、トラブル発生要因が増えると共に、装置のコストが高くなるという課題がある。

[0008] そこでこの発明は、ターゲットの移動機構を設けることなく、成膜の開始時および終了時に不均質な膜が形成されることを抑制することのできる方法および装置を提供することを主たる目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] この発明に係る成膜方法は、スパッタリング用のガスが導入される真空容器内に設けられたアンテナに高周波電力を供給して誘導結合型のプラズマを

発生させ、当該プラズマと、ターゲットに印加されるターゲットバイアス電圧とを用いて、ターゲットをスパッタさせて基板上に成膜を行うスパッタリング装置において、成膜の開始時は、前記アンテナに前記高周波電力を供給して前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットに前記ターゲットバイアス電圧を印加してスパッタリングを開始し、成膜の終了時は、前記ターゲットに印加していた前記ターゲットバイアス電圧を止めてスパッタリングを停止した後に、前記アンテナに供給していた前記高周波電力を止めて前記プラズマを消滅させる、ことを特徴としている。

[0010] 成膜の開始時は、前記アンテナに前記高周波電力を供給して前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットに印加する前記ターゲットバイアス電圧をゼロから所定値まで徐々に大きくし、成膜の終了時は、前記ターゲットに印加していた前記ターゲットバイアス電圧を徐々に小さくして止めた後に、前記アンテナに供給していた前記高周波電力を止めて前記プラズマを消滅させるようにしても良い。

[0011] また、成膜の開始時は、前記アンテナに供給する前記高周波電力を徐々に大きくして最小電力で前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットに前記ターゲットバイアス電圧を印加し、その後更に、前記アンテナに供給する前記高周波電力を所定値まで徐々に大きくするようにしても良い。

[0012] この発明に係るスパッタリング装置は、スパッタリング用のガスが導入される真空容器内に設けられたアンテナに高周波電源から高周波電力を供給して誘導結合型のプラズマを発生させ、当該プラズマと、ターゲットバイアス電源からターゲットに印加されるターゲットバイアス電圧とを用いて、ターゲットをスパッタさせて基板上に成膜を行うスパッタリング装置であって、前記高周波電源および前記ターゲットバイアス電源を制御して、（a）成膜の開始時に、前記高周波電源から前記アンテナに前記高周波電力を供給させて前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットバイアス電源から前記ターゲットに前記ターゲットバイアス電圧を印加させてスパッタリングを開始させる機能と、（b）成膜の終了時に、前記ターゲットバイアス電源から前

記ターゲットに印加していた前記ターゲットバイアス電圧を止めてスパッタリングを停止させた後に、前記アンテナに供給していた前記高周波電力を止めて前記プラズマを消滅させる機能とを有している制御装置を備えていることを特徴としている。

発明の効果

[0013] 成膜の開始時は、アンテナに高周波電力を供給してプラズマを発生させた後に、ターゲットにターゲットバイアス電圧を印加してスパッタリングを開始するので、プラズマ点灯時のプラズマが不安定な時期の成膜を避けることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]従来の一般的なマグネトロンスパッタリング法による成膜方法の一例を示すタイムチャートである。

[図2]この発明に係る成膜方法を実施するスパッタリング装置の一例を示す概略断面図である。

[図3]図2に示す装置のアンテナ周りを下から見上げて示す概略平面図である。

[図4]この発明に係る成膜方法の一例を示すフローチャートである。

[図5]この発明に係る成膜方法の一例を示すタイムチャートである。

[図6]この発明に係る成膜方法を実施するスパッタリング装置のより具体的な例を示す概略断面図である。

[図7]この発明に係る成膜方法の他の例を示すタイムチャートである。

[図8]この発明に係る成膜方法の更に他の例を示すタイムチャートである。

発明を実施するための形態

[0015] この発明に係る成膜方法を実施するスパッタリング装置の一例を図2に示し、図2に示す装置のアンテナ周りを下から見上げた図を図3に示す。図2では、各アンテナ20への高周波電力 P_R の給電部は概念的に示しており、当該給電部については図3を参照して後述する。

[0016] このスパッタリング装置は、真空排気装置4によって真空排気される真空

容器 2 を備えており、この真空容器 2 は電氣的に接地されている。

[0017] 真空容器 2 内には、スパッタリング用のガス 10 が導入される。この例では、ガス源 6 から流量調節器 8 を経由して導入される。ガス 10 は、例えば、アルゴンガスである。反応性スパッタリングを行う場合は、ガス 10 は、アルゴンガスと活性ガス（例えば酸素ガス、窒素ガス等）との混合ガスでも良い。

[0018] 真空容器 2 内に、薄膜を形成する基板 12 を保持する基板ホルダ 14 が設けられている。この例のように、基板ホルダ 14 に基板バイアス電源 16 から基板バイアス電圧 V_s を印加するようにしても良い。基板バイアス電圧 V_s は、負の直流電圧でも良いし、負のパルス電圧、交流電圧等でも良い。40 は、真空シール機能を有する絶縁部である。

[0019] 基板 12 は、例えば、ガラス基板、半導体基板等であるが、これに限られるものではない。

[0020] 真空容器 2 内であって基板 12 に対向する位置にターゲット 30 が配置されている。ターゲット 30 は、例えば、平面形状が四角形をしている（図 3 参照）。ターゲット 30 は、真空容器 2 の上面部 3 に設けられたターゲットホルダ（バックングプレート）32 に保持されている。ターゲットホルダ 32 は、冷却水を流す通水路（図示省略）を内部に有しており、それによってターゲット 30 を水冷する構造になっている。ターゲットホルダ 32 と真空容器 2 との間には、真空シール機能を有する絶縁部 42 が設けられている。

[0021] ターゲット 30 の材質は、基板 12 上に形成する膜に応じたものにすれば良い。一例を示せば、基板 12 上に酸化物半導体薄膜を形成する場合は、ターゲット 30 は例えば、 IGZO （ $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ ／インジウム－ガリウム－亜鉛－酸素）、 ITZO （ $\text{In} - \text{Sn} - \text{Zn} - \text{O}$ ／インジウム－スズ－亜鉛－酸素）等の酸化物半導体であるが、ターゲット 30 の材質はこれに限られるものではない。

[0022] ターゲット 30 には、それにターゲットバイアス電圧 V_T を印加するターゲットバイアス電源 34 が、この例ではターゲットホルダ 32 を介して接続さ

れている。ターゲットバイアス電圧 V_T は、後述するプラズマ22中のイオン（この出願では正イオンを意味する）をターゲット30に引き込んでスパッタさせる電圧であり、例えば、（a）負の直流電圧、（b）正負交互のパルス電圧、（c）交流電圧である。交流電圧は、例えば、13.56MHzのようなMHzオーダーの高周波電圧でも良いし、高周波電源24の出力（例えば13.56MHz）よりも低い周波数（例えば10kHz～100kHz程度）の低周波電圧でも良い。低周波電圧にすると、高周波電源24を用いたプラズマ生成動作との干渉を避けることが容易になる。

[0023] ターゲットバイアス電源34から出力するターゲットバイアス電圧 V_T をどのようなものにするかは、例えば、ターゲット30の材質等に応じて決めれば良い。例えば、ターゲット30が導電性の場合は、上記（a）に示した負の直流電圧でも良いし、（b）、（c）に示した電圧でも良い。ターゲット30が絶縁物の場合は、上記（b）に示した正負交互のパルス電圧、または、上記（c）に示した交流電圧にすれば良い。そのようにすると、絶縁物の表面が流入イオンの正電荷で覆われてスパッタが停止するのを防止することができる。

[0024] ターゲットバイアス電源34は、ターゲットバイアス電圧 V_T として、上記（a）～（c）の電圧の内の一種類の電圧を出力するものでも良いし、複数種類の電圧を切り換えて出力することができるものでも良い。

[0025] 図2および図3を参照して、真空容器2内であってターゲット30の表面近傍に、アンテナ20が配置されている。より具体的には、この例では、2本のアンテナ20が、ターゲット30を両側から挟むように、四角形のターゲット30の相対向する辺に沿ってそれぞれ配置されている。ターゲット30の平面形状が長方形の場合は、各アンテナ20は、ターゲット30の長辺に沿うように配置するのが好ましい。各アンテナ20は、この例では両端部以外がまっすぐな（即ち直線状の）形状をした棒状の導体であり、その両端部が上方に曲げられていて真空容器2の上面部3を貫通し、一部分が上面部3上に突き出ている。当該貫通部には、真空シール機能を有する絶縁部41

がそれぞれ設けられている。

[0026] 各アンテナ 20 に、この例では、高周波電源 24 から整合回路 26 を介して高周波電力 P_R が並列に供給される。より具体的には、各アンテナ 20 の一端部に上記整合回路 26 が接続され、各アンテナ 20 の他端部は接地されている。高周波電源 24 の一端も接地されている。但し、各アンテナ 20 用に高周波電源 24 および整合回路 26 をそれぞれ設けても良い。高周波電源 24 から出力する高周波電力 P_R の周波数は、例えば、一般的な 13.56 MHz であるが、これに限られるものではない。

[0027] なお、この例のように 2 本のアンテナ 20 を上記のように配置すると、ターゲット 30 の表面をより一様にスパッタリングして当該表面をより一様にご利用することができるのでより好ましいけれども、1 本のアンテナ 20 をターゲット 30 の片側の辺に沿って配置しても良い。

[0028] 各アンテナ 20 は、中が詰まった中実構造でも良いし、内部に冷却水路を設けて、例えば各アンテナ 20 を管状または筒状にして、各アンテナ 20 内に冷却水を流して各アンテナ 20 を冷却する水冷構造にしても良い。

[0029] このスパッタリング装置は、更に、高周波電源 24 およびターゲットバイアス電源 34 を制御する制御装置 46 を備えている。この制御装置 46 については後で説明する。

[0030] 上記スパッタリング装置における成膜方法の一例を、更に図 4 のフローチャートおよび図 5 のタイムチャートをも参照しながら説明する。

[0031] まず、成膜の準備をする（ステップ 100）。具体的には、薄膜を形成しようとする基板 12 を真空容器 2 内の基板ホルダ 14 上に配置し、真空容器 2 内を真空排気装置 4 で真空排気すると共に真空容器 2 内にスパッタリング用のガス 10 を導入して、真空容器 2 内を所定の圧力に維持する。この圧力は、プラズマ 22 を発生させやすく、かつ基板 12 上に特性の優れた膜を形成することができる範囲にすれば良い。例えば、0.1 Pa ~ 10 Pa 程度、より具体的には 1 Pa ~ 3 Pa 程度にすれば良い。基板 12 には、より具体的には基板ホルダ 14 には、必要に応じて基板バイアス電源 16 から前記

基板バイアス電圧 V_s を印加しておけば良い。

[0032] 成膜の開始時は、各アンテナ20に高周波電源24から高周波電力 P_R を供給して（ステップ101）、真空容器2内において誘導結合型のプラズマ22を発生させる（ステップ102）。即ち、各アンテナ20に高周波電力 P_R を供給することによって、各アンテナ20に高周波電流が流れ、それによって各アンテナ20の周囲に高周波磁界が発生し、それによって高周波電流と逆方向の誘導電界が発生する。この誘導電界によって、真空容器2内において、電子が加速されてアンテナ20の近傍のガス10を電離させてアンテナ20の近傍にプラズマ22が発生する。この手法は、誘導結合型のプラズマ生成であるため、高密度のプラズマ22を発生させることができる。しかも、この段階では、ターゲット30には、プラズマ22中のイオンを引き込むターゲットバイアス電圧 V_T が印加されていないので、高密度のプラズマ22であるにもかかわらず、ターゲット30をスパッタリングすることはない。即ち、基板12への成膜は行われない。

[0033] その後、例えばプラズマ発生から所定時間 t_1 （図5参照）の経過後、ターゲット30にターゲットバイアス電源34からターゲットバイアス電圧 V_T を印加して（ステップ103）、プラズマ22中のイオンによってターゲット30をスパッタさせて基板12上に成膜を開始する（ステップ104）。更にその成膜を所望時間続行する（ステップ105）。これによって基板12上に形成される薄膜の膜厚が増大する。

[0034] 上記所定時間 t_1 は、プラズマ点灯時にプラズマ22が安定するまで待つ時間であり、あまり短くすると未だプラズマ22が安定していないおそれがあり、あまり長くするとスループットが低下するので、例えば、1秒～60秒程度の範囲内が好ましく、5秒～30秒程度の範囲内がより好ましい。

[0035] 成膜の終了時は、まずターゲット30に印加していたターゲットバイアス電圧 V_T を止めてスパッタリングを停止して（ステップ106）、基板12への成膜を終了する（ステップ107）。その後、例えばスパッタリング停止から所定時間 t_2 （図5参照）の経過後、アンテナ20に供給していた高周波

電力 P_R を止めて（ステップ108）、プラズマ22を消滅させる（ステップ109）。以上によって、基板12に対する成膜処理は完了する。

[0036] 上記所定時間 t_2 は、ターゲット30に印加していたターゲットバイアス電圧 V_T を停止した時にその影響が完全になくなるのを待つ時間であり、あまり短くするとターゲットバイアス電圧 V_T の影響が残っているおそれがあり、あまり長くするとスループットが低下するので、例えば、1秒～10秒程度の範囲内が好ましく、その内でも2秒～5秒程度の範囲内がより好ましい。

[0037] 上記成膜方法によれば、成膜の開始時は、アンテナ20に高周波電力 P_R を供給してプラズマ22を発生させた後に、ターゲット30にターゲットバイアス電圧 V_T を印加してスパッタリングを開始するので、プラズマ点灯時のプラズマ22が不安定な時期の成膜を避けることができる。従って、成膜の開始時に基板12上に不均質な膜（例えば、膜組成のばらついた膜。以下同様）が形成されることを抑制することができる。かつ成膜の終了時は、ターゲット30に印加していたターゲットバイアス電圧 V_T を止めてスパッタリングを停止した後に、アンテナ20に供給していた高周波電力 P_R を止めてプラズマ22を消滅させるので、プラズマ消灯時のプラズマ22が不安定な時期の成膜を避けることができる。従って、成膜の終了時に基板12上に不均質な膜が形成されることを抑制することができる。その結果、従来の一般的なマグネトロンスパッタリング法が有している前述した課題を解決することができる。

[0038] しかもこの成膜方法によれば、上記作用効果を、ターゲットの移動機構を設けることなく奏することができる。即ち、非特許文献1に記載のようなターゲットを含むカソードの移動機構や、特許文献1に記載のようなターゲットの移動機構を設ける必要がない。従って、ターゲットの移動機構を設ける場合に比べて、装置構成を簡素化することができるので、トラブル発生の要因を減らすことができると共に、装置のコストを低減することができる。

[0039] 更にこの成膜方法では、誘導結合型のプラズマ生成によって、高密度のプラズマ22をターゲット30の表面近傍に広い範囲で生成することができる

ので、マグネトロンスパッタリング法に比べて、ターゲット30の表面を広い範囲で一様に使用することができる。マグネトロンスパッタリング法の場合は、ターゲット表面は、電場と磁場が直交する特定領域のみがドーナツ状に削られるのに対して、この成膜方法の場合はそのような制限はない。従って、ターゲット30の利用効率を高めることができる。

[0040] 上記スパッタリング装置は、高周波電源24およびターゲットバイアス電源34を制御して、上記成膜方法を実施する機能を有している制御装置46を備えている。より具体的には、制御装置46はこの例では、(a)成膜の開始時に、高周波電源24からアンテナ20に高周波電力 P_R を供給させてプラズマ22を発生させた後に、ターゲットバイアス電源34からターゲット30にターゲットバイアス電圧 V_T を印加させてスパッタリングを開始させる機能と、(b)成膜の終了時に、ターゲットバイアス電源34からターゲット30に印加していたターゲットバイアス電圧 V_T を止めてスパッタリングを停止させた後に、アンテナ20に供給していた高周波電力 P_R を止めてプラズマ22を消滅させる機能とを有している。

[0041] 従って上記スパッタリング装置は、上記成膜方法が奏する上記作用効果と同様の作用効果を奏することができる。

[0042] この発明に係る成膜方法を実施するスパッタリング装置のより具体的な例を図6に示す。以下においては、前述した例との相違点を主に説明する。

[0043] このスパッタリング装置は、図2等にしたスパッタリング装置の真空容器2（その内部を以下では成膜室50と呼ぶ）に、ゲートバルブ52を介在させて、ロードロック室54を接続した構造をしている。

[0044] ガラス基板12上に酸化物半導体薄膜を形成する場合を例にして説明すると、基板12を大気中から扉64を通してロードロック室54内の基板ホルダ58上に配置した後、真空排気装置56によってロードロック室54内を所定の真空度（例えば 5×10^{-5} Pa以下）に排気する。このとき、成膜室50内も真空排気装置4によって同程度に真空排気しておく。その後、ゲートバルブ52を開いて、基板搬送装置60によって、基板12をロードロック

室54から成膜室50に矢印Aで示すように搬送して基板ホルダ14上に配置する。基板搬送装置60がロードロック室54の壁面を貫通する部分には、例えばベローズ等の真空シール部62が設けられている。

[0045] ゲートバルブ52を閉じた後、成膜室50内を真空排気装置4によって所定の真空度（例えば 5×10^{-5} Pa以下）に排気した後、流量調節器8で流量調節したガス10を導入して、成膜室50内を所定の圧力（例えば前述したように1 Pa～3 Pa程度）に維持する。導入するガス10は、例えばアルゴンガスであるが、アルゴンと酸素の混合ガス等でも良い。

[0046] その後は、成膜室50において、例えば図4中のステップ101～ステップ109等を参照して先に説明したような方法で成膜を行う。ターゲット30の材質は、例えば前述したIGZO（In—Ga—Zn—O）である。これによって、ガラス基板12上にIGZO膜を形成することができる。

[0047] 成膜終了後、プラズマ22を消滅させ（図4中のステップ109参照）、ガス10の供給を止めた後に、成膜室50内を真空排気装置4で上記所定の真空度（例えば 5×10^{-5} Pa以下）に排気する。このとき、ロードロック室54内も真空排気装置56によって同程度に真空排気しておく。その後、ゲートバルブ52を開いて、基板搬送装置60によって、成膜済みの基板12を成膜室50からロードロック室54に矢印Aで示すように搬送して基板ホルダ58上に配置する。そして、ゲートバルブ52を閉じた後にロードロック室54内を大気圧状態に戻した後（即ちリークまたはベントの後）、扉64を通して基板12を大気中に取り出す。以上によって、一連の成膜処理は完了する。

[0048] ところで、ターゲット30の平面形状は、前述した四角形（正方形または長方形）以外でも良い。例えば円形等でも良い。

[0049] アンテナ20の形状は、前述した両端部以外が直線状のものに限られるものではなく、それ以外の形状でも良い。例えば、アンテナ20の形状は、全体が直線状でも良いし、U字状、コ字状、コイル状等でも良い。また、ターゲット30の平面形状に応じた形状でも良い。例えば、ターゲット30の平

面形状が円形の場合は、アンテナ 20 の平面形状を円形にしても良い。

- [0050] また、アンテナ 20 は、特開 2013-206652 号公報に記載されている、次のような構造のアンテナでも良い。即ちアンテナ 20 は、内部導体、その外側を少なくとも真空容器内に位置する全長に亘って覆う外部導体および内部導体と外部導体との間に設けられていて両導体間を電気絶縁する誘電体を有する同軸構造をしており、かつ内部導体および外部導体の少なくとも一方の内部に冷却水を流して当該アンテナを冷却する水冷構造をしていても良い。このアンテナの内部導体の一端部に整合回路を介して高周波電源が接続され、当該内部導体の他端部は接地されている。外部導体は非磁性体から成り、かつ当該外部導体はその片端部のみで接地されている。
- [0051] 次に、成膜方法およびスパッタリング装置の他の例について、前述した例との相違点を主に説明する。
- [0052] 例えば図 7 に示す例のように、成膜の開始時は、アンテナ 20 に高周波電力 P_R を供給してプラズマ 22 を発生させた後に、ターゲット 30 に印加するターゲットバイアス電圧 V_T をゼロから所定値まで徐々に大きくし、成膜の終了時は、ターゲット 30 に印加していたターゲットバイアス電圧 V_T を徐々に小さくして止めた後に、アンテナ 20 に供給していた高周波電力 P_R を止めてプラズマ 22 を消滅させる、という成膜方法を採用しても良い。ターゲットバイアス電圧 V_T を徐々に上げ下げするパターンは、図 7 に示すような直線状に代えて、曲線状にしても良い。
- [0053] 成膜の開始時および終了時にターゲットバイアス電圧 V_T を急峻に入り切りすると、ターゲット 30 に印加されるターゲットバイアス電圧 V_T が過渡現象によって乱れて、その間に成膜される膜質が乱れることが考えられるけれども、この成膜方法のようにターゲットバイアス電圧 V_T を、成膜開始時は徐々に大きくし、成膜終了時は徐々に小さくすることによって、過渡現象によるターゲットバイアス電圧 V_T の乱れを抑制することができるので、上記のようなターゲットバイアス電圧 V_T の乱れによる膜質の乱れを抑制することができる。従って、成膜の開始時および終了時に不均質な膜が形成されるのを抑制

する効果を高めることができる。

[0054] 上記成膜方法に対応するスパッタリング装置について説明すると、スパッタリング装置を構成している前述した制御装置46は、(a)成膜の開始時に、高周波電源24からアンテナ20に高周波電力 P_R を供給してプラズマ22を発生させた後に、ターゲットバイアス電源34からターゲット30に印加するターゲットバイアス電圧 V_T をゼロから所定値まで徐々に大きくする機能と、(b)成膜の終了時に、ターゲットバイアス電源34からターゲット30に印加していたターゲットバイアス電圧 V_T を徐々に小さくして止めた後に、高周波電源24からアンテナ20に供給していた高周波電力 P_R を止めてプラズマ22を消滅させる機能とを更に有していても良い。

[0055] このような制御装置46を備えているスパッタリング装置は、上記成膜方法が奏する上記作用効果と同様の作用効果を奏することができる。

[0056] また、例えば図8に示す例のように、成膜の開始時は、アンテナ20に供給する高周波電力 P_R を徐々に大きくして最小電力でプラズマ22を発生させた後に(図8中のa部参照)、ターゲット30にターゲットバイアス電圧 V_T を印加し、その後更に、アンテナ20に供給する高周波電力 P_R を所定値まで徐々に大きくする(図8中のb部参照)、という成膜方法を採用しても良い。高周波電力 P_R を徐々に大きくするパターンは、図8に示すような直線状に代えて、曲線状にしても良い。図8中のa部とb部との間に、高周波電力 P_R の値を一定に保つ時間 t_3 を設けても良いし、それを設けずにa部とb部とを続けても良い。

[0057] ターゲットバイアス電圧 V_T を止めてスパッタリングを停止した後の高周波電力 P_R は、図8に示す例のように一気に止めても良いし、徐々に小さくした後止めても良い。

[0058] アンテナ20に所定値の高周波電力 P_R をいきなり供給してプラズマ22を点灯させようとする、過渡的にプラズマ22が乱れかつそれが長く続きやすいけれども、この成膜方法のようにアンテナ20に供給する高周波電力 P_R を徐々に大きくして最小電力でプラズマ22を発生させることによって、プ

ラズマ 22 の過渡的な乱れを小さくすることができる。そしてその状態でターゲット 30 にターゲットバイアス電圧 V_T を印加した後に、アンテナ 20 に供給する高周波電力 P_R を所定値まで大きくすることによって、ターゲットバイアス電圧 V_T の印加前後のプラズマ 22 の乱れを抑制することができるので、成膜開始時の膜質の乱れを抑制することができる。従って、成膜の開始時に不均質な膜が形成されるのを抑制する効果を高めることができる。

[0059] 上記成膜方法に対応するスパッタリング装置について説明すると、スパッタリング装置を構成している前述した制御装置 46 は、成膜の開始時に、高周波電源 24 からアンテナ 20 に供給する高周波電力 P_R を徐々に大きくして最小電力でプラズマ 22 を発生させた後に、ターゲットバイアス電源 34 からターゲット 30 にターゲットバイアス電圧 V_T を印加させ、その後更に、高周波電源 24 からアンテナ 20 に供給する高周波電力 P_R を所定値まで徐々に大きくする機能を更に有していても良い。

[0060] このような制御装置 46 を備えているスパッタリング装置は、上記成膜方法が奏する上記作用効果と同様の作用効果を奏することができる。

符号の説明

- [0061] 2 真空容器
- 10 ガス
 - 12 基板
 - 20 アンテナ
 - 22 プラズマ
 - 24 高周波電源
 - 30 ターゲット
 - 34 ターゲットバイアス電源
 - 46 制御装置
 - P_R 高周波電力
 - V_T ターゲットバイアス電圧

請求の範囲

- [請求項1] スパッタリング用のガスが導入される真空容器内に設けられたアンテナに高周波電力を供給して誘導結合型のプラズマを発生させ、当該プラズマと、ターゲットに印加されるターゲットバイアス電圧とを用いて、ターゲットをスパッタさせて基板上に成膜を行うスパッタリング装置において、
- 成膜の開始時は、前記アンテナに前記高周波電力を供給して前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットに前記ターゲットバイアス電圧を印加してスパッタリングを開始し、
- 成膜の終了時は、前記ターゲットに印加していた前記ターゲットバイアス電圧を止めてスパッタリングを停止した後に、前記アンテナに供給していた前記高周波電力を止めて前記プラズマを消滅させる、ことを特徴とする成膜方法。
- [請求項2] 成膜の開始時は、前記アンテナに前記高周波電力を供給して前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットに印加する前記ターゲットバイアス電圧をゼロから所定値まで徐々に大きくし、
- 成膜の終了時は、前記ターゲットに印加していた前記ターゲットバイアス電圧を徐々に小さくして止めた後に、前記アンテナに供給していた前記高周波電力を止めて前記プラズマを消滅させる請求項1記載の成膜方法。
- [請求項3] 成膜の開始時は、前記アンテナに供給する前記高周波電力を徐々に大きくして最小電力で前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットに前記ターゲットバイアス電圧を印加し、その後更に、前記アンテナに供給する前記高周波電力を所定値まで徐々に大きくする請求項1記載の成膜方法。
- [請求項4] スパッタリング用のガスが導入される真空容器内に設けられたアンテナに高周波電源から高周波電力を供給して誘導結合型のプラズマを発生させ、当該プラズマと、ターゲットバイアス電源からターゲット

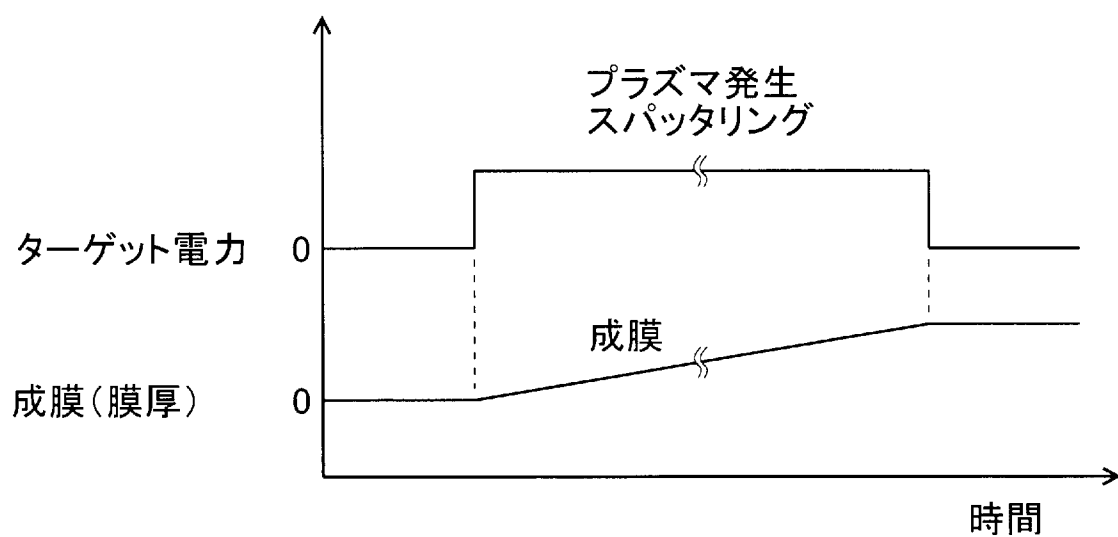
に印加されるターゲットバイアス電圧とを用いて、ターゲットをスパッタさせて基板上に成膜を行うスパッタリング装置であって、

前記高周波電源および前記ターゲットバイアス電源を制御して、（a）成膜の開始時に、前記高周波電源から前記アンテナに前記高周波電力を供給させて前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットバイアス電源から前記ターゲットに前記ターゲットバイアス電圧を印加させてスパッタリングを開始させる機能と、（b）成膜の終了時に、前記ターゲットバイアス電源から前記ターゲットに印加していた前記ターゲットバイアス電圧を止めてスパッタリングを停止させた後に、前記アンテナに供給していた前記高周波電力を止めて前記プラズマを消滅させる機能とを有している制御装置を備えていることを特徴とするスパッタリング装置。

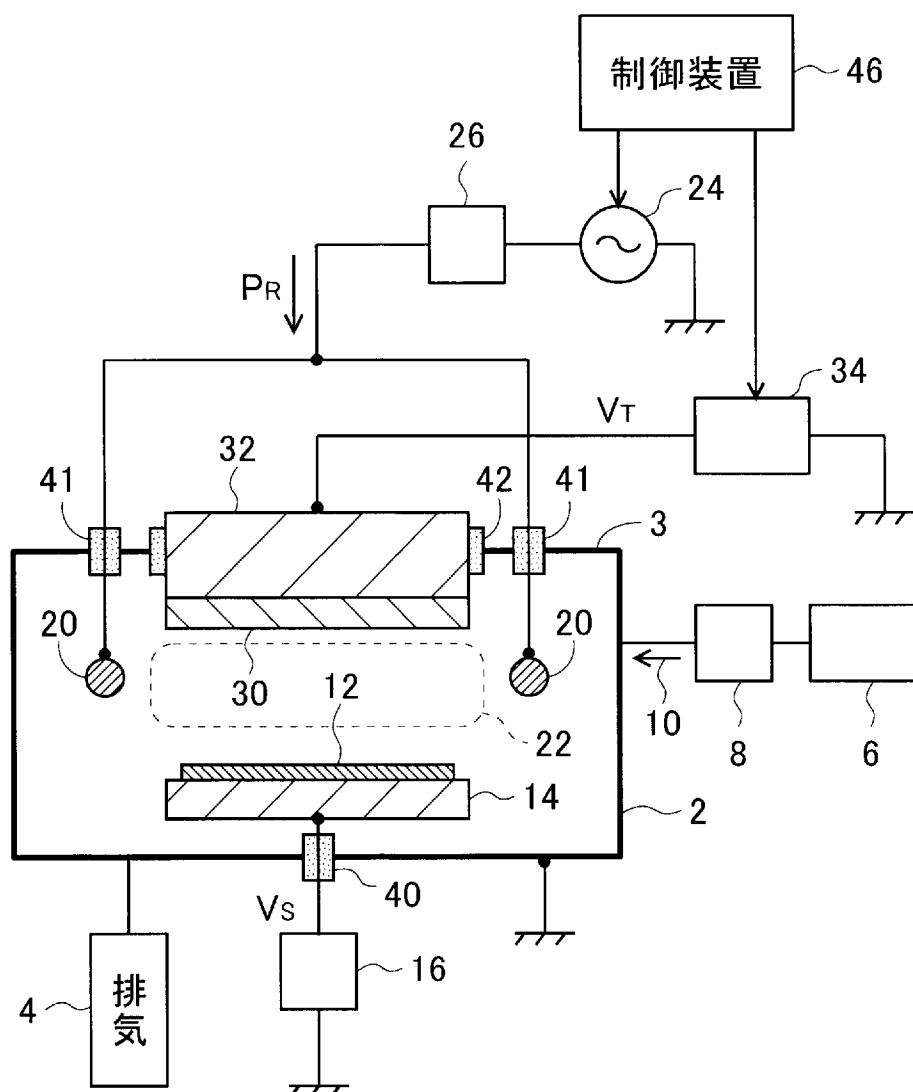
[請求項5] 前記制御装置は、（a）成膜の開始時に、前記高周波電源から前記アンテナに前記高周波電力を供給して前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットバイアス電源から前記ターゲットに印加する前記ターゲットバイアス電圧をゼロから所定値まで徐々に大きくする機能と、（b）成膜の終了時に、前記ターゲットバイアス電源から前記ターゲットに印加していた前記ターゲットバイアス電圧を徐々に小さくして止めた後に、前記高周波電源から前記アンテナに供給していた前記高周波電力を止めて前記プラズマを消滅させる機能とを更に有している請求項4記載のスパッタリング装置。

[請求項6] 前記制御装置は、成膜の開始時に、前記高周波電源から前記アンテナに供給する前記高周波電力を徐々に大きくして最小電力で前記プラズマを発生させた後に、前記ターゲットバイアス電源から前記ターゲットに前記ターゲットバイアス電圧を印加させ、その後更に、前記高周波電源から前記アンテナに供給する前記高周波電力を所定値まで徐々に大きくする機能を更に有している請求項4記載のスパッタリング装置。

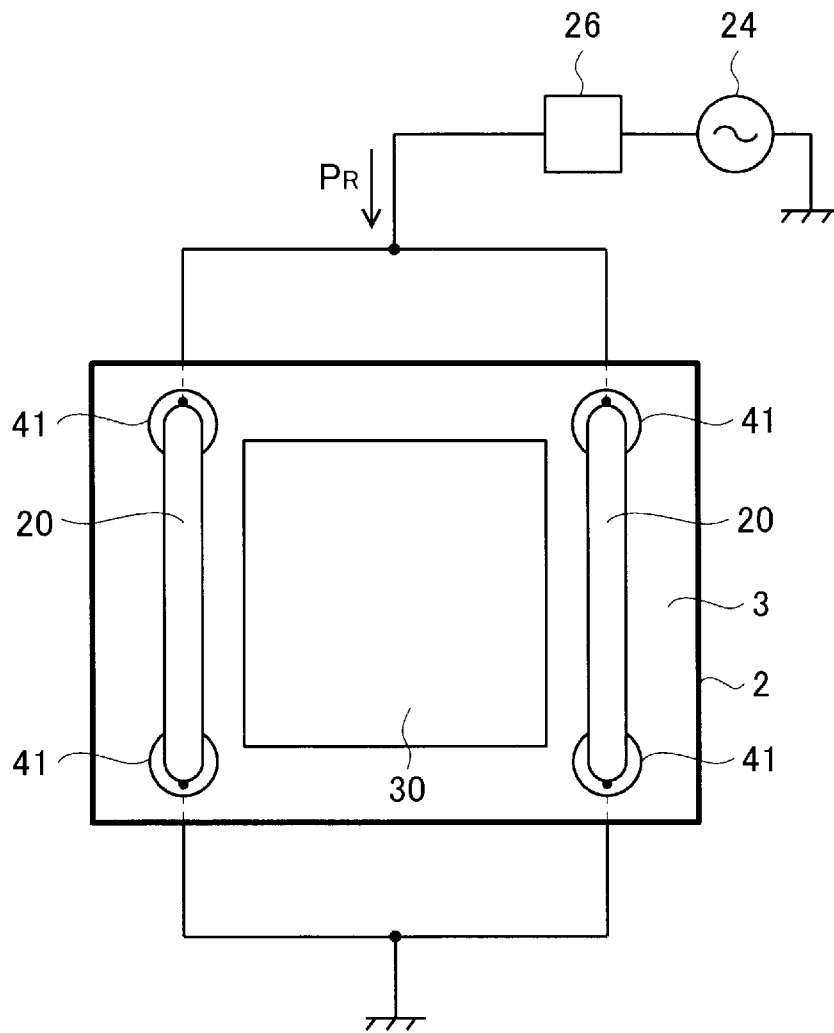
[図1]



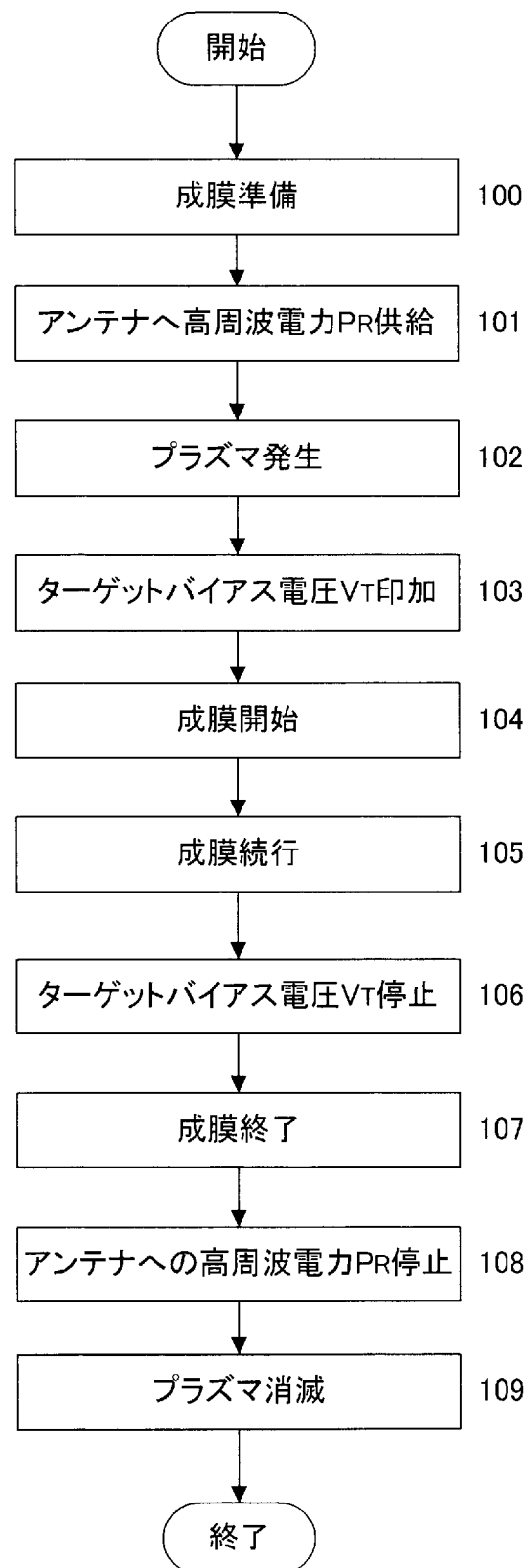
[図2]



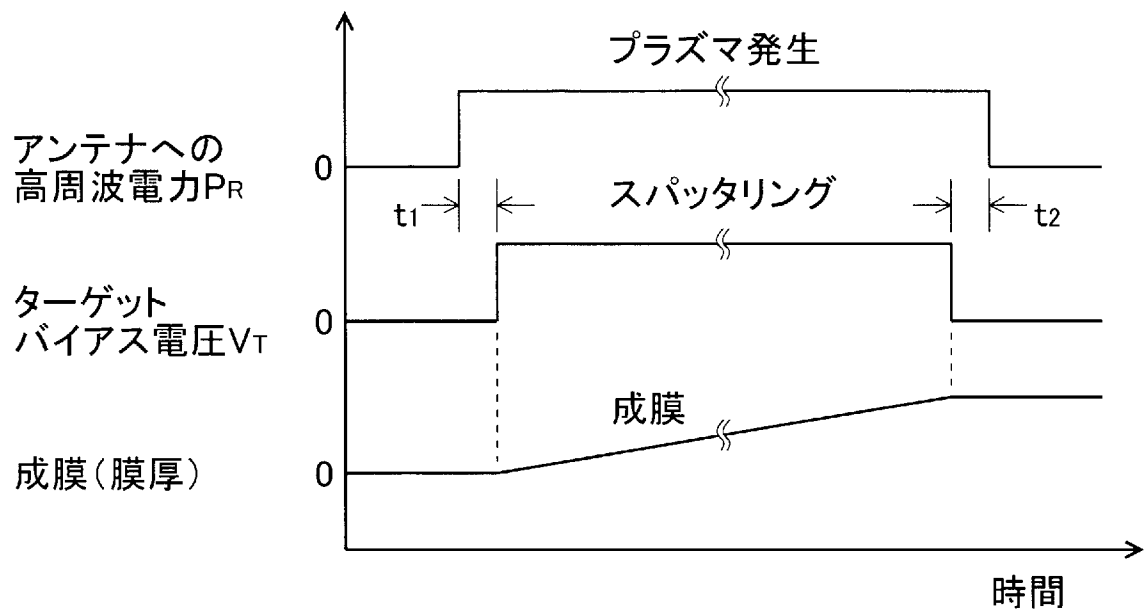
[図3]



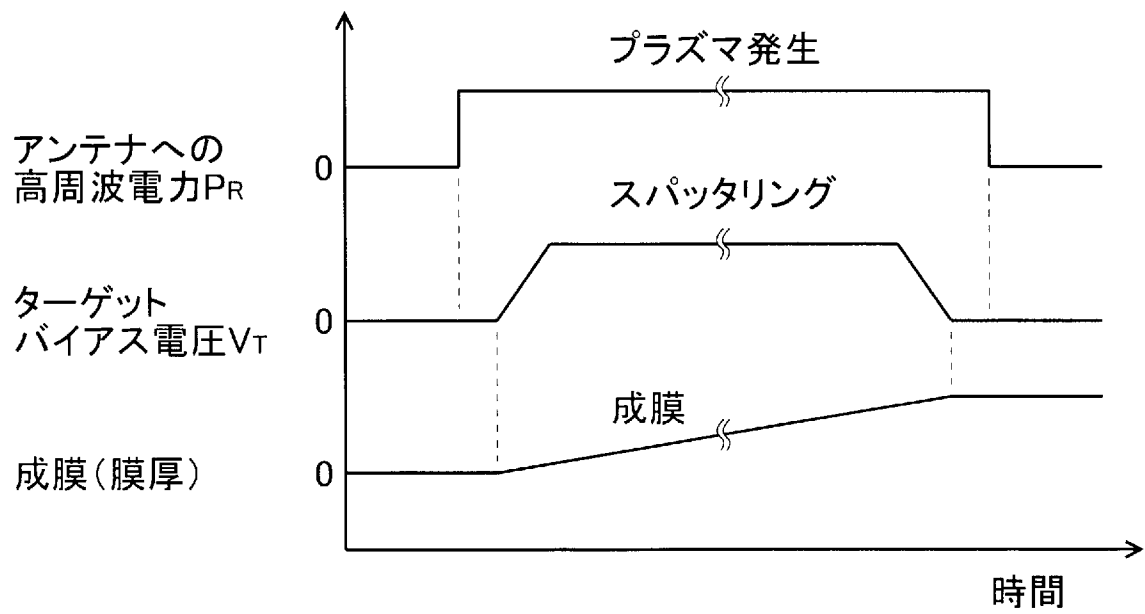
[図4]



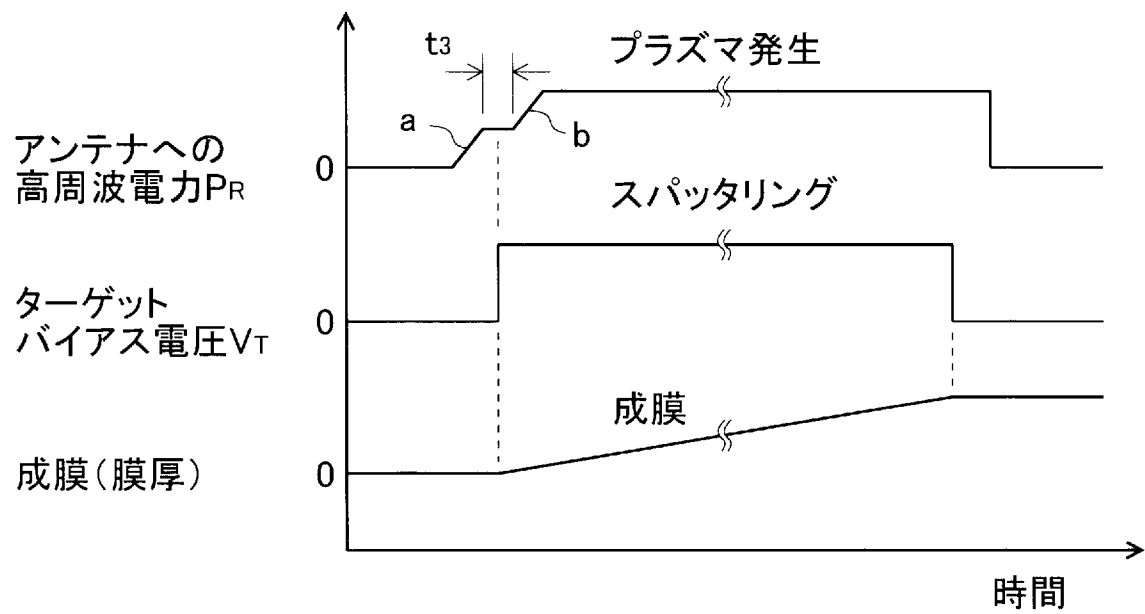
[図5]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/061238

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C14/34(2006.01)i, H01L21/363(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C14/34, H01L21/363, H05H1/46, H01J37/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2014-57034 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 27 March 2014 (27.03.2014), claim 1; paragraph [0047]; fig. 1, 5 (Family: none)	1, 4 2, 3, 5, 6
A	JP 2002-69635 A (Ulvac, Inc.), 08 March 2002 (08.03.2002), paragraphs [0028] to [0030]; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2014-31573 A (Samsung Display Co., Ltd.), 20 February 2014 (20.02.2014), paragraphs [0040] to [0045], [0057], [0058] & US 2014/0034483 A1 & EP 2695969 A1 & KR 10-2014-0019577 A & CN 103572242 A	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 June 2015 (15.06.15)

Date of mailing of the international search report
30 June 2015 (30.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/061238

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-163151 A (Seinan Industries, Co., Ltd.), 23 June 2005 (23.06.2005), claim 1; paragraph [0036]; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2013-206652 A (Nissin Electric Co., Ltd.), 07 October 2013 (07.10.2013), claims 1, 4; paragraphs [0065] to [0074]; fig. 6 (Family: none)	1-6
P, X P, A	JP 2014-189827 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 06 October 2014 (06.10.2014), paragraphs [0052] to [0056], [0064]; fig. 1, 5, 6, 7 & CN 104073773 A & KR 10-2014-0118695 A & TW 201437407 A	1, 4 2, 3, 5, 6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C23C14/34(2006.01)i, H01L21/363(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C23C14/34, H01L21/363, H05H1/46, H01J37/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/ JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2014-57034 A（大日本スクリーン製造株式会社）2014.03.27, 請求項1、[0047]、図1、図5（ファミリーなし）	1, 4 2, 3, 5, 6
A	JP 2002-69635 A（株式会社アルバック）2002.03.08, [0028]－[0030]、図1（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2014-31573 A（三星ディスプレイ株式会社）2014.02.20, [0040]－[0045]、[0057]、[0058] & US 2014/0034483 A1 & EP 2695969 A1 & KR 10-2014-0019577 A & CN 103572242 A	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 5 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

安齋 美佐子

4 G

5 3 7 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-163151 A (誠南工業株式会社) 2005. 06. 23, 請求項 1、 [0036]、図 1 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2013-206652 A (日新電機株式会社) 2013. 10. 07, 請求項 1、請求 項 4、[0065]－[0074]、図 6 (ファミリーなし)	1-6
P, X P, A	JP 2014-189827 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2014. 10. 06, [0052]－[0056]、[0064]、図 1、図 5、図 6、図 7 & CN 104073773 A & KR 10-2014-0118695 A & TW 201437407 A	1, 4 2, 3, 5, 6