

(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
2011 年 10 月 6 日(06.10.2011)

(10) 国際公開番号
WO 2011/121778 A1

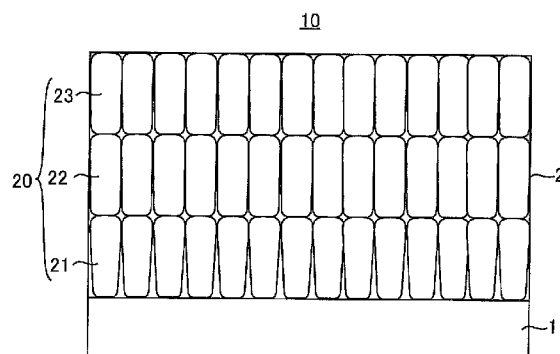
- (51) 国際特許分類:
C23C 16/24 (2006.01) C23C 16/509 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/055946
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 31 日(31.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日新電機株式会社 (NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町 4 7 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長町 学 (NAGAMACHI Satoru) [JP/JP]; 〒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). 加藤 健治 (KATO Kenji) [JP/JP]; 〒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). 稲実 宏 (INAMI Hiroshi) [JP/JP]; 〒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). 林 司 (HAYASHI Tsukasa) [JP/JP]; 〒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).
- (74) 代理人: 上羽 秀敏, 外(UEBA Hidetoshi et al.); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜 1 丁目 4 番 1 6 号 アクア堂島西館 インテリクス国際特許事務所 Osaka (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: THIN FILM POLYCRYSTALLINE SILICON AND PROCESS FOR PRODUCTION THEREOF, AND PLASMA DEVICE FOR PRODUCTION OF THIN FILM POLYCRYSTALLINE SILICON

(54) 発明の名称: 薄膜多結晶シリコン、その製造方法および薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a thin film polycrystalline silicon (10) comprising a substrate (1) and a polycrystalline silicon (2). The polycrystalline silicon (2) is formed on the substrate (1) in contact with the substrate (1). The polycrystalline silicon (2) has such a structure that multiple columnar crystals (20) are aligned in the in-plane direction of the substrate (1). Each of the columnar crystals (20) is composed of three silicon crystal grains (21 to 23). The silicon crystal grains (21 to 23) are aligned in the normal direction of the substrate (1). The silicon crystal grains (21) are formed on the substrate (1) in contact with the substrate (1). The silicon crystal grain (22) is formed on the silicon crystal grain (21). The silicon crystal grain (23) is formed on the silicon crystal grain (22).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2011/121778 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

薄膜多結晶シリコン(10)は、基板(1)と、多結晶シリコン(2)とを備える。多結晶シリコン(2)は、基板(1)に接して基板(1)上に形成される。そして、多結晶シリコン(2)は、複数の柱状結晶(20)が基板(1)の面内方向に配列された構造からなる。柱状結晶(20)は、3個のシリコン結晶粒(21~23)からなる。シリコン結晶粒(21~23)は、基板(1)の法線方向に配列される。シリコン結晶粒(21)は、基板(1)に接して基板(1)上に形成される。シリコン結晶粒(22)は、シリコン結晶粒(21)上に形成される。シリコン結晶粒(23)は、シリコン結晶粒(22)上に形成される。

明 細 書

発明の名称：

薄膜多結晶シリコン、その製造方法および薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置

技術分野

[0001] この発明は、薄膜多結晶シリコン、その製造方法および薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、基板上に形成された多結晶シリコン薄膜が知られている（特許文献1）。この多結晶シリコン薄膜は、基板／微結晶シリコン／多結晶シリコンの構造からなる。そして、多結晶シリコンは、基板の法線方向に繋がった柱状構造の結晶粒からなる。

特許文献1：特開2009-155112号公報

発明の開示

[0003] しかし、従来の多結晶シリコン薄膜においては、微結晶シリコンが基板と多結晶シリコンとの間に存在するため、多結晶シリコンの基板側の領域を用いてデバイスを作製することが困難であるという問題がある。

[0004] そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、表面側および基板側のいずれにおいてもデバイスを作製可能な薄膜多結晶シリコンを提供することである。

[0005] また、この発明の別の目的は、表面側および基板側のいずれにおいてもデバイスを作製可能な薄膜多結晶シリコンの製造方法を提供することである。

[0006] 更に、この発明の別の目的は、表面側および基板側のいずれにおいてもデバイスを作製可能な薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置を提供することである。

[0007] この発明の実施の形態によれば、薄膜多結晶シリコンは、下地層と、 n （ n は正の整数）個のシリコン結晶粒とを備える。下地層は、絶縁物、金属お

よび半導体のいずれかからなる。n個のシリコン結晶粒は、下地層上に形成され、下地層の法線方向に配置される。そして、n個のシリコン結晶粒のうち、下地層に最も近いシリコン結晶粒は、下地層に接している。n個のシリコン結晶粒の各々において、法線方向における長さは、下地層の面内方向における長さよりも長い。

- [0008] 好ましくは、n個のシリコン結晶粒の各々は、略柱状形状からなる。
- [0009] 好ましくは、n個のシリコン結晶粒は、1個のシリコン結晶粒からなる。1個のシリコン結晶粒は、法線方向において、略逆円錐形の形状からなる。
- [0010] 好ましくは、n個のシリコン結晶粒は、2個以上のシリコン結晶粒からなる。2個以上のシリコン結晶粒は、下地層から離れるに従って面方位が（2 2 0）面から（1 1 1）面に変化している。
- [0011] この発明の実施の形態によれば、製造方法は、反応容器内に配置された略U字形の導体からなる電極に高周波電力を供給してプラズマを発生するプラズマ装置を用いて絶縁物、金属および半導体のいずれかからなる下地層上に薄膜多結晶シリコンを製造する製造方法であって、シリコン原子を含む材料ガスを反応容器内に供給する第1の工程と、X線回折分析における（2 2 0）面のピーク強度に対する（1 1 1）面のピーク強度の比である強度比を所望の強度比に設定する圧力に反応容器内の圧力を調整する第2の工程と、電極に高周波電力を供給する第3の工程とを備える。
- [0012] 好ましくは、薄膜多結晶シリコンは、下地層の法線方向に配置されたn（nは正の整数）個のシリコン結晶粒からなる。シリコン結晶粒の形状が法線方向において略円柱形から略逆円錐形に変化するときの反応容器内の圧力を臨界圧力としたとき、第2の工程において、反応容器内の圧力は、臨界圧力よりも低い圧力範囲において強度比を所望の強度比に設定する圧力に調整される。
- [0013] 好ましくは、第2の工程は、臨界圧力よりも低い圧力範囲において強度比を第1の所望の強度比に設定する第1の圧力に反応容器内の圧力を調整する第1のサブ工程と、臨界圧力よりも低い圧力範囲において強度比を第2の所

望の強度比に設定し、かつ、第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力に反応容器内の圧力を調整する第 2 のサブ工程とを含む。

[0014] 好ましくは、薄膜多結晶シリコンは、下地層の法線方向に配置された n (n は正の整数) 個のシリコン結晶粒からなり、シリコン結晶粒の形状が法線方向において略円柱形から略逆円錐形に変化するときの反応容器内の圧力を臨界圧力としたとき、第 2 の工程において、反応容器内の圧力は、臨界圧力よりも高い圧力範囲において強度比を所望の強度比に設定する圧力に調整される。

[0015] さらに、この発明の実施の形態によれば、プラズマ装置は、絶縁物、金属および半導体のいずれかからなる下地層上に薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置であって、反応容器と、第 1 および第 2 の電極と、圧力調整器と、高周波電源とを備える。第 1 の電極は、反応容器内に配置され、第 1 の長さを有する略 U 字形の導体からなる。第 2 の電極は、反応容器内に配置され、第 1 の長さよりも短い第 2 の長さを有する略 U 字形の導体からなる。圧力調整器は、X 線回折分析における (2 2 0) 面のピーク強度に対する (1 1 1) 面のピーク強度の比である強度比を所望の強度比に設定する圧力に反応容器内の圧力を調整する。高周波電源は、第 1 および第 2 の電極に高周波電力を供給する。そして、第 1 の電極は、薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマが発生する領域以外の領域に設置される。

[0016] 好ましくは、薄膜多結晶シリコンは、下地層の法線方向に配置された n (n は正の整数) 個のシリコン結晶粒からなり、シリコン結晶粒の形状が法線方向において略円柱形から略逆円錐形に変化するときの反応容器内の圧力を臨界圧力としたとき、圧力調整器は、臨界圧力よりも低い圧力範囲において強度比を所望の強度比に設定する圧力に反応容器内の圧力を調整する。

[0017] 好ましくは、圧力調整器は、薄膜多結晶シリコンの製造開始から第 1 の期間の間、臨界圧力よりも低い圧力範囲において強度比を第 1 の所望の強度比に設定する第 1 の圧力に反応容器内の圧力を調整し、第 1 の期間の終了後、臨界圧力よりも低い圧力範囲において強度比を第 2 の所望の強度比に設定し

、かつ第1の圧力よりも低い第2の圧力に反応容器内の圧力を調整する。

[0018] 好ましくは、薄膜多結晶シリコンは、下地層の法線方向に配置された n (n は正の整数)個のシリコン結晶粒からなり、シリコン結晶粒の形状が法線方向において略円柱形から略逆円錐形に変化するときの反応容器内の圧力を臨界圧力としたとき、圧力調整器は、臨界圧力よりも高い圧力範囲において強度比を所望の強度比に設定する圧力に反応容器内の圧力を調整する。

[0019] 好ましくは、プラズマ装置は、第1および第2の平板部材をさらに備える。第1の平板部材は、反応容器の外部で第2の電極の一方端に接続される。第2の平板部材は、第1の平板部材に対向して配置されるとともに、第2の電極の他方端に接続され、かつ、第1の平板部材の一方端と同じ側の一方端が接地される。

[0020] この発明の実施の形態による薄膜多結晶シリコンは、 n 個のシリコン結晶粒を備える。 n 個のシリコン結晶粒は、下地層上に形成され、下地層の法線方向に配置される。そして、 n 個のシリコン結晶粒のうち、下地層に最も近いシリコン結晶粒は、下地層に接している。

[0021] 従って、下地層の法線方向に配置された n 個のシリコン結晶粒の表面側および下地層側のいずれにおいてもデバイスを作製できる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1] この発明の実施の形態による薄膜多結晶シリコンの断面図である。

[図2] この発明の実施の形態による他の薄膜多結晶シリコンの断面図である。

[図3] 図1および図2に示す薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置の構成を示す断面図である。

[図4] 図3に示すアンテナおよび平板部材の斜視図である。

[図5] X線回折分析のピーク強度と反応時の圧力との関係を示す図である。

[図6] X線回折分析のピーク強度と高周波電力との関係を示す図である。

[図7] X線回折分析の(220)面のピーク強度に対する(111)面のピーク強度の比と反応時の圧力との関係を示す図である。

[図8] 膜の応力と反応時の圧力との関係を示す図である。

[図9] 薄膜多結晶シリコンの断面TEM像である。

[図10] 薄膜多結晶シリコンの断面TEM像である。

[図11] 薄膜多結晶シリコンの断面TEM像である。

[図12] 図1および図2に示す薄膜多結晶シリコンの製造方法を示す工程図である。

[図13] 図1および図2に示す薄膜多結晶シリコンを製造する他のプラズマ装置の構成を示す断面図である。

[図14] 図13に示すアンテナおよび平板部材の斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

[0023] 本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

[0024] 図1は、この発明の実施の形態による薄膜多結晶シリコンの断面図である。図1を参照して、この発明の実施の形態による薄膜多結晶シリコン10は、基板1と、多結晶シリコン2とを備える。

[0025] 基板1は、金属、絶縁物および半導体のいずれかからなる。基板1を構成する金属としては、例えば、ステンレスである。基板1を構成する絶縁物としては、例えば、ガラスおよび石英等である。基板1を構成する半導体としては、例えば、シリコン(Si)およびゲルマニウム(Ge)である。

[0026] 多結晶シリコン2は、基板1に接して基板1上に形成される。そして、多結晶シリコン2は、複数の柱状結晶20が基板1の面内方向に配列された構造からなる。柱状結晶20は、例えば、3個のシリコン結晶粒21~23からなる。

[0027] シリコン結晶粒21~23は、基板1の法線方向に配列される。そして、シリコン結晶粒21~23の各々は、基板1の法線方向における長さd1が基板1の面内方向における長さd2よりも長い。即ち、シリコン結晶粒21~23の各々は、基板1の法線方向へ結晶成長した柱状形状からなる。長さd1は、例えば、30~300nmであり、長さd2は、例えば、5~30nmである。

- [0028] シリコン結晶粒 2 1 は、基板 1 に接して基板 1 上に形成される。シリコン結晶粒 2 2 は、シリコン結晶粒 2 1 上に形成される。シリコン結晶粒 2 3 は、シリコン結晶粒 2 2 上に形成される。
- [0029] 図 1 においては、柱状結晶 2 0 は、3 個のシリコン結晶粒 2 1 ~ 2 3 からなる。しかし、一般的には、柱状結晶 2 0 は、多結晶シリコン 2 の膜厚によって決定される個数のシリコン結晶粒からなる。即ち、柱状結晶 2 0 は、多結晶シリコン 2 の膜厚が厚くなれば、より多くの個数のシリコン結晶粒からなり、多結晶シリコン 2 の膜厚が薄くなれば、より少ない個数のシリコン結晶粒からなる。
- [0030] そして、柱状結晶 2 0 が 2 個以上のシリコン結晶粒 2 1 ~ 2 3 からなる場合、その 2 個以上のシリコン結晶粒は、基板 1 (=下地層) から離れるに従って面方位が (2 2 0) 面から (1 1 1) 面に変化している。
- [0031] なお、図 1 においては、柱状結晶 2 0 が 3 個のシリコン結晶粒 2 1 ~ 2 3 から形成されていることが明確に図示されているが、実際には、柱状結晶 2 0 は、目視では 1 つのシリコン結晶粒から形成されているように見える。そして、TEM (Transmission Electron Microscope) による分析の結果、柱状結晶 2 0 は、基板 1 の法線方向に配列された複数のシリコン結晶粒 2 1 ~ 2 3 からなることが解る。
- [0032] 図 2 は、この発明の実施の形態による他の薄膜多結晶シリコンの断面図である。この発明の実施の形態による薄膜多結晶シリコンは、図 2 に示す薄膜多結晶シリコン 1 0 A であってもよい。
- [0033] 図 2 を参照して、薄膜多結晶シリコン 1 0 A は、図 1 に示す薄膜多結晶シリコン 1 0 の多結晶シリコン 2 を多結晶シリコン 3 に代えたものであり、その他は、薄膜多結晶シリコン 1 0 と同じである。
- [0034] 多結晶シリコン 3 は、基板 1 に接して基板 1 上に形成される。そして、多結晶シリコン 3 は、シリコン結晶粒 3 1 ~ 3 5 からなる。シリコン結晶粒 3 1 ~ 3 5 の各々は、基板 1 に接して基板 1 上に形成される。そして、シリコン結晶粒 3 1 ~ 3 5 の各々は、基板 1 の法線方向に繋がっている。

- [0035] シリコン結晶粒 31～35は、概略的には、基板1の法線方向における長さが基板1の面内方向における長さよりも長い。
- [0036] より詳細には、シリコン結晶粒 31, 33, 35は、基板1の法線方向において、基板1に近づくに従って基板1の面内方向における長さが長くなる。また、シリコン結晶粒 32, 34は、基板1の法線方向において、基板1から遠ざかるに従って基板1の面内方向における長さが長くなる。この発明の実施の形態においては、シリコン結晶粒 32, 34の形状を「逆円錐形」と言う。
- [0037] このように、薄膜多結晶シリコン 10, 10Aは、基板1に接して形成された多結晶シリコン 2, 3と、絶縁物、金属および半導体のいずれかからなる基板1とを備えるので、多結晶シリコン 2, 3の表面側および基板1側のいずれにおいてもデバイスを作製できる。
- [0038] そして、薄膜多結晶シリコン 10は、例えば、発光素子に適しており、薄膜多結晶シリコン 10Aは、例えば、太陽電池およびTFT (Thin Film Transistor) 等に適している。
- [0039] 薄膜多結晶シリコン 10においては、シリコン結晶粒 21～23が基板1の法線方向へ成長しているので、基板1の法線方向からキャリアをシリコン結晶粒 21～23に注入し易いからである。
- [0040] また、薄膜多結晶シリコン 10Aにおいては、シリコン結晶粒 31～35は、基板1の法線方向に繋がっているので、基板1の法線方向にキャリアを走行させ易いからである。
- [0041] 図3は、図1および図2に示す薄膜多結晶シリコン 10, 10Aを製造するプラズマ装置の構成を示す断面図である。図3を参照して、この発明の実施の形態によるプラズマ装置 100は、アンテナ 101～105と、反応容器 100と、基板ホルダー 120と、導入端子 121, 123, 125, 127, 129と、ヒーター 130と、ガス供給装置 140と、排気装置 150と、整合器 160と、高周波電源 170とを備える。
- [0042] 反応容器 110は、略直方体の外形を有し、内部が中空になっている。そ

して、反応容器 110 は、本体部 111 と、蓋 112 と、オーリング 113 とを含む。本体部 111 および蓋 112 の各々は、ステンレスからなり、接地電位 GND に接続されている。本体部 111 は、ガス供給口 114 および排気口 115 を有する。蓋 112 は、オーリング 113 に接して配置される。オーリング 113 は、本体部 111 の周囲に設けられた溝に挿入されており、本体部 111 および蓋 112 に接する。これによって、オーリング 113 は、反応容器 110 の内部を気密に保持する。

[0043] アンテナ 101 ~ 105 の各々は、たとえば、銅 (Cu) からなる。アンテナ 101 ~ 105 は、反応容器 110 の内部に配置される。アンテナ 101 ~ 104 は、反応容器 110 の蓋 112 に沿って所定の間隔で配列される。そして、アンテナ 101 ~ 104 は、その一方端側がそれぞれ導入端子 121, 123, 125, 127 を通って平板部材 131 に接続される。また、アンテナ 101 ~ 104 は、その他方端側が別の導入端子 (図示せず) を通って接地電位 GND に接続される。アンテナ 105 は、その一方端側が導入端子 129 を通って平板部材 131 に接続される。また、アンテナ 105 は、その他方端側が別の導入端子 (図示せず) を通って接地電位 GND に接続される。

[0044] アンテナ 101 ~ 104 の各々は、例えば、30 ~ 40 cm の長さを有し、アンテナ 105 は、例えば、50 ~ 60 cm の長さを有する。即ち、アンテナ 101 ~ 104 の各々は、アンテナ 105 よりも短い。

[0045] また、アンテナ 101 ~ 104 は、薄膜多結晶シリコン 10, 10 A を製造するプラズマが発生するプラズマ領域 180 に対向して設置される。一方、アンテナ 105 は、プラズマ領域 180 以外の領域に設置される。

[0046] 導入端子 121, 123, 125, 127, 129 は、反応容器 110 の蓋 112 に固定される。平板部材 131 は、たとえば、Cu からなる。そして、平板部材 131 は、反応容器 110 の外側において、反応容器 110 の蓋 112 に略平行に配置される。

[0047] 平板部材 131 は、1 つの面がアンテナ 101 ~ 105 の一方端に接続さ

れる。そして、平板部材 131 は、蓋 112 に平行な方向 DR1 における一方端が整合器 160 に接続される。

[0048] 基板ホルダー 120 は、反応容器 110 の本体部 111 の底面 111A に固定される。ヒーター 130 は、基板ホルダー 120 の内部に配置される。

[0049] ガス供給装置 140 は、反応容器 110 のガス導入口 114 に連結される。排気装置 150 は、反応容器 110 の排気口 115 に連結される。整合器 160 は、アンテナ 101 ~ 105 の配列方向における平板部材 131 の一方端と高周波電源 170 との間に接続される。高周波電源 170 は、整合器 160 と接地電位 GND との間に接続される。

[0050] 図 4 は、図 3 に示すアンテナ 101 ~ 105 および平板部材 131 の斜視図である。図 4 を参照して、プラズマ装置 100 は、導入端子 122, 124, 1216, 128, 132 をさらに備える。

[0051] 導入端子 122, 124, 126, 128, 132 は、導入端子 121, 123, 125, 127, 129 と同じように反応容器 110 の蓋 112 に固定される。

[0052] 平板部材 131 は、たとえば、1 cm の幅、1 cm の厚みおよび 1 m の長さを有する。

[0053] アンテナ 101 ~ 105 の各々は、略 U 字形状を有する。そして、アンテナ 101 ~ 105 は、略 U 字形に曲げられたアンテナ 101 ~ 105 をそれぞれ含む 5 個の平面が略平行になるように配置される。

[0054] アンテナ 101 ~ 105 のうち、直線部分 1A, 2A, 3A, 4A, 5A は、それぞれ、導入端子 121, 123, 125, 127, 129 を通って平板部材 131 に接続される。また、アンテナ 101 ~ 105 のうち、直線部分 1B, 2B, 3B, 4B, 5B は、それぞれ、導入端子 122, 124, 126, 128, 132 を通って接地電位 GND に接続される。

[0055] そして、導入端子 121 ~ 129, 132 は、反応容器 110 の蓋 112 に固定されるので、アンテナ 101 ~ 105 は、それぞれ、1 対の導入端子 121, 122、1 対の導入端子 123, 124、1 対の導入端子 125,

126、1対の導入端子127、128および1対の導入端子129、132によって反応容器110の蓋112に固定される。

[0056] 図3および図4を参照して、アンテナ101～105は、整合器160および平板部材131を介して高周波電源170から高周波電力が供給されると、平板部材131から接地電位GNDへ向かう方向に高周波電流を流し、誘導結合により反応容器110内にプラズマを発生する。

[0057] より具体的には、高周波電力が高周波電源170から供給されると、まず、アンテナ105がプラズマを発生させ、その後、アンテナ101～104がプラズマを発生する。

[0058] アンテナ105は、アンテナ101～104よりも長いので、アンテナ101～104よりもプラズマを発生させ易い。従って、アンテナ105は、プラズマを発生させるときのトリガーの役割を果たす。

[0059] その結果、反応容器110内の圧力が5～10Pa程度の圧力であっても、プラズマを安定して発生させることができる。

[0060] 基板ホルダー120は、基板1を保持する。導入端子121～129、132は、アンテナ101～105を反応容器110の蓋112に固定するとともに、アンテナ101～105と蓋112との隙間をシールドする。

[0061] ヒーター130は、基板ホルダー120上に設置された基板1を所定の温度に加熱する。

[0062] ガス供給装置140は、シラン(SiH_4)ガスおよびジシラン(Si_2H_6)等の半導体薄膜を形成するための材料ガス、水素(H_2)ガスおよび窒素(N_2)ガス等の希釈ガス、およびアルゴン(Ar)ガス等のエッチングガスをガス供給口114を介して反応容器110内に供給する。

[0063] 排気装置150は、たとえば、ターボ分子ポンプおよびロータリーポンプからなり、排気口115を介して反応容器110内を真空に引くとともに、反応容器110内の圧力を所望の圧力に調整する。

[0064] 整合器160は、高周波電源170から供給された高周波電力を反射を抑制して平板部材131へ供給する。

- [0065] 高周波電源 170 は、たとえば、13.56 MHz の高周波電力を整合器 160 へ供給する。
- [0066] 高周波電源 170 が高周波電力を整合器 160 を介して平板部材 131 へ供給すると、高周波電流は、平板部材 131 と整合器 160 との接続点 131A から矢印 ARW1 の方向へ流れ、アンテナ 101 ~ 105 の直線部分 1A, 2A, 3A, 4A, 5A へ流れ込む。
- [0067] そして、高周波電流は、アンテナ 101 を矢印 ARW2 の方向へ流れ、接地電位 GND へ流れる。また、高周波電流は、アンテナ 102 を矢印 ARW3 の方向へ流れ、接地電位 GND へ流れる。さらに、高周波電流は、アンテナ 103 を矢印 ARW4 の方向へ流れ、接地電位 GND へ流れる。さらに、高周波電流は、アンテナ 104 を矢印 ARW5 の方向へ流れ、接地電位 GND へ流れる。さらに、高周波電流は、アンテナ 105 を矢印 ARW6 の方向へ流れ、接地電位 GND へ流れる。
- [0068] このように、この発明においては、プラズマを発生させるときのトリガーとして機能するアンテナ 105 を備えることを特徴とする。
- [0069] これによって、反応容器 110 内の圧力が 5 ~ 10 Pa 程度の圧力であっても、プラズマを安定して発生させることができる。
- [0070] プラズマ装置 100 は、SiH₄ ガスを用いて薄膜多結晶シリコン 10, 10A を製造する。
- [0071] 図 5 は、X 線回折分析のピーク強度と反応時の圧力との関係を示す図である。図 5 において、縦軸は、X 線回折分析のピーク強度を表し、横軸は、反応時の圧力を表す。
- [0072] また、黒四角は、基板 1 として #1737/Ti/W を用いたときの (111) 面のピーク強度を示し、黒三角は、基板 1 として石英/Ti/W を用いた時の (111) 面のピーク強度を示す。
- [0073] さらに、白四角は、基板 1 として #1737/Ti/W を用いたときの (220) 面のピーク強度を示し、白三角は、基板 1 として石英/Ti/W を用いた時の (220) 面のピーク強度を示す。

- [0074] さらに、反応条件は、高周波電力が1.7 kWであり、 SiH_4 ガスの流量が2.5 sccmであり、 H_2 ガスの流量が30 sccmであり、基板温度が420℃であり、反応圧力が0.8 Pa, 1.3 Pa, 1.8 Pa, 2.4 Paである。そして、成膜した多結晶シリコンの膜厚は、2 μm である。
- [0075] 図5を参照して、(111)面のピーク強度は、反応圧力に対してほぼ一定である。そして、この傾向は、基板1の種類に無関係である。
- [0076] 一方、(220)面のピーク強度は、反応圧力が高くなるに従って大きくなる。そして、この傾向も、基板1の種類に無関係である。
- [0077] 図6は、X線回折分析のピーク強度と高周波電力との関係を示す図である。図6において、縦軸は、X線回折分析のピーク強度を表し、横軸は、高周波電力を表す。
- [0078] また、黒三角、黒四角および黒丸は、基板1として#1737/Ti/Wを用いたときの(111)面のピーク強度を示す。
- [0079] さらに、白三角、白四角および白丸は、基板1として#1737/Ti/Wを用いたときの(220)面のピーク強度を示す。
- [0080] さらに、反応条件は、高周波電力が1.7 kW, 2.0 kW, 2.2 kWであり、 SiH_4 ガスの流量が2.5 sccmであり、 H_2 ガスの流量が30 sccmであり、基板温度が420℃であり、反応圧力が1.8 Paである。そして、成膜した多結晶シリコンの膜厚は、2 μm である。
- [0081] 図6を参照して、(111)面のピーク強度は、高周波電力が大きくなるに従って僅かに減少する。一方、(220)面のピーク強度は、高周波電力が大きくなっても殆ど変化しない。
- [0082] 従って、図5および図6に示す結果から、(111)面のピーク強度は、反応圧力および高周波電力によって殆ど変化せず、(220)面のピーク強度は、反応圧力によって大きく変化することが解った。
- [0083] 図7は、X線回折分析の(220)面のピーク強度に対する(111)面のピーク強度の比と反応時の圧力との関係を示す図である。
- [0084] 図7において、縦軸は、(220)面のピーク強度に対する(111)面

のピーク強度の比を表し、横軸は、反応時の圧力を表す。

[0085] また、黒菱形は、基板 1 として # 1 7 3 7 / T i / W を用いたときの (2 2 0) 面のピーク強度に対する (1 1 1) 面のピーク強度の比を示し、黒四角は、基板 1 として石英 / T i / W を用いた時の (2 2 0) 面のピーク強度に対する (1 1 1) 面のピーク強度の比を示す。

[0086] さらに、反応条件は、高周波電力が 1 . 7 k W であり、S i H ₄ ガスの流量が 2 . 5 s c c m であり、H ₂ ガスの流量が 3 0 s c c m であり、基板温度が 4 2 0 ° C であり、反応圧力が 0 . 8 P a , 1 . 3 P a , 1 . 8 P a , 2 . 4 P a である。そして、成膜した多結晶シリコンの膜厚は、2 μ m である。

[0087] 図 7 を参照して、(2 2 0) 面のピーク強度に対する (1 1 1) 面のピーク強度の比は、反応圧力が高くなるに従って小さくなり、反応圧力が低くなるに従って大きくなる。そして、(2 2 0) 面のピーク強度に対する (1 1 1) 面のピーク強度の比は、反応圧力の変化に対してほぼ直線的に変化する。

[0088] そして、反応圧力が 1 . 8 P a よりも低い領域では、薄膜多結晶シリコン 1 0 が製造され、反応圧力が 1 . 8 P a よりも高い領域では、薄膜多結晶シリコン 1 0 A が製造される。従って、1 . 8 P a の反応圧力は、シリコン結晶粒が柱状形から逆円錐形に変化する臨界圧力である。

[0089] このように、図 7 に示す (2 2 0) 面のピーク強度に対する (1 1 1) 面のピーク強度の比と反応圧力との関係に基づいて決定した反応圧力を用いて薄膜多結晶シリコンを製造すると、図 1 に示す薄膜多結晶シリコン 1 0 および図 2 に示す薄膜多結晶シリコン 1 0 A を製造できることが解った。

[0090] 従って、プラズマ装置 1 0 0 を用いて薄膜多結晶シリコンを製造する場合、図 7 に示す (2 2 0) 面のピーク強度に対する (1 1 1) 面のピーク強度の比と反応圧力との関係に基づいて成膜時における反応容器 1 1 0 内の圧力を決定する。

[0091] 図 8 は、膜の応力と反応時の圧力との関係を示す図である。図 8 において、縦軸は、膜の応力を表し、横軸は、反応時の圧力を表す。

- [0092] また、反応条件は、高周波電力が1.7 kWであり、 SiH_4 ガスの流量が2.5 sccmであり、 H_2 ガスの流量が30 sccmであり、基板温度が420℃であり、反応圧力が0.8 Pa, 1.3 Pa, 1.8 Pa, 2.4 Paである。そして、成膜した多結晶シリコンの膜厚は、2 μm である。
- [0093] 図8を参照して、膜の応力は、圧縮応力であり、圧縮応力は、反応圧力が高くなるに従って小さくなり、反応圧力が低くなるに従って大きくなる。
- [0094] 従って、薄膜多結晶シリコン10は、薄膜多結晶シリコン10Aよりも圧縮応力が大きい。
- [0095] 図9から図11は、薄膜多結晶シリコンの断面TEM像である。図9に示す薄膜多結晶シリコンは、高周波電力が1.7 kWであり、 SiH_4 ガスの流量が2.5 sccmであり、 H_2 ガスの流量が30 sccmであり、基板温度が420℃であり、反応圧力が1.8 Paの反応条件で作製された。そして、膜厚は、2 μm である。
- [0096] また、図10に示す薄膜多結晶シリコンは、高周波電力が1.7 kWであり、 SiH_4 ガスの流量が2.5 sccmであり、 H_2 ガスの流量が30 sccmであり、基板温度が420℃であり、反応圧力が1.3 Paの反応条件で作製された。そして、膜厚は、1.6 μm である。
- [0097] さらに、図11に示す薄膜多結晶シリコンは、高周波電力が1.7 kWであり、 SiH_4 ガスの流量が2.5 sccmであり、 H_2 ガスの流量が30 sccmであり、基板温度が420℃であり、反応圧力が1.3 Pa/1.0 Paの反応条件で作製された。即ち、図11に示す薄膜多結晶シリコンは、反応圧力を1.3 Paから1.0 Paに切り換えて作製された。この場合、1.3 Paの反応圧力で1.6 μm の薄膜多結晶シリコンを形成した時点で反応圧力を1.3 Paから1.0 Paに切り換えた。そして、全体の膜厚は、2 μm である。
- [0098] 図9から図11を参照して、多結晶シリコンは、成膜の初期から形成され、基板に接していることが解る。
- [0099] また、図10および図11に示す断面TEM像から解るように、反応圧力

が1.8 Paよりも低い領域においては、柱状形状の多結晶シリコンが形成されている。おして、多結晶シリコンの表面は、平坦である。

[0100] 一方、図9に示す断面TEM像から解るように、反応圧力が1.8 Paである場合、多結晶シリコンの表面は、凹凸であり、逆円錐形のシリコン結晶粒が形成されている。

[0101] 従って、プラズマ装置100を用いて製造された薄膜多結晶シリコンは、反応圧力によって膜構造、面方位および応力が変化することが解った。

[0102] 図12は、図1および図2に示す薄膜多結晶シリコン10、10Aの製造方法を示す工程図である。

[0103] 図12を参照して、薄膜多結晶シリコンの製造が開始されると、ガス供給装置140は、シリコン原子を含む材料を反応容器110内に供給する（ステップS1）。

[0104] そして、排気装置150は、図7に示す関係に基づいて、X線回折分析における（220）面のピーク強度に対する（111）面のピーク強度の比である強度比を所望の強度比に設定する圧力に反応容器110内の圧力を調整する（ステップS2）。

[0105] そうすると、高周波電源170は、整合器160を介して高周波電力をアンテナ101～105に供給する（ステップS3）。これによって、アンテナ105がトリガーとなって、プラズマが反応容器110内で発生し、薄膜多結晶シリコン10または薄膜多結晶シリコン10Aが製造され、一連の動作が終了する。

[0106] なお、ステップS2において、反応圧力は、1個の圧力に固定されるのではなく、変えられてもよい。この場合、ステップS2は、排気装置150が臨界圧力（＝1.8 Pa）よりも低い圧力範囲において強度比を第1の所望の強度比に設定する第1の圧力に反応容器110内の圧力を調整する第1のサブ工程と、排気装置150が臨界圧力よりも低い圧力範囲において強度比を第2の所望の強度比に設定し、かつ、第1の圧力よりも低い第2の圧力に反応容器110内の圧力を調整する第2のサブ工程とを含む。

- [0107] そして、排気装置 150 は、薄膜多結晶シリコン 10 の製造開始から第 1 の期間の間、臨界圧力（＝ 1.8 Pa）よりも低い圧力範囲において強度比を第 1 の所望の強度比に設定する第 1 の圧力に反応容器 110 内の圧力を調整し、第 1 の期間の終了後、臨界圧力（＝ 1.8 Pa）よりも低い圧力範囲において強度比を第 2 の所望の強度比に設定し、かつ第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力に反応容器 110 内の圧力を調整する。
- [0108] また、ステップ S2 において、反応圧力は、臨界圧力（＝ 1.8 Pa）よりも高い圧力範囲において強度比を所望の強度比に設定する圧力に調整される。この場合、排気装置 150 は、臨界圧力（＝ 1.8 Pa）よりも高い圧力範囲において強度比を所望の強度比に設定する圧力に反応容器 110 内の圧力を調整する。
- [0109] このように、図 7 に示す関係から決定された反応圧力を用いて成膜することによって、成膜の初期から多結晶シリコンを製造できる。また、（220）面のピーク強度に対する（111）面のピーク強度の比は、反応圧力によって大きく異なるので、各種の強度比を持った薄膜多結晶シリコンを製造できる。
- [0110] 図 13 は、図 1 および図 2 に示す薄膜多結晶シリコンを製造する他のプラズマ装置の構成を示す断面図である。
- [0111] 図 1 および図 2 に示す薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置は、図 13 に示すプラズマ装置 100A であってもよい。
- [0112] 図 13 を参照して、プラズマ装置 100A は、図 3 に示すプラズマ装置 100 に平板部材 133 を追加したものであり、その他は、プラズマ装置 100 と同じである。
- [0113] 平板部材 133 は、反応容器 10 の外側において、平板部材 131 に対向し、かつ、反応容器 110 の蓋 112 に略平行に配置される。この場合、蓋 112 に垂直な方向における平板部材 131 と平板部材 133 との間隔は、たとえば、3 cm である。
- [0114] また、平板部材 133 は、1 つの面がアンテナ 101～105 の他方端に

接続される。そして、平板部材 133 は、平板部材 131 と整合器 160 との接続点（＝平板部材 131 の一方端）と同じ側の一方端が接地電位 GND に接続される。

- [0115] 図 14 は、図 13 に示すアンテナ 101～105 および平板部材 131, 133 の斜視図である。
- [0116] 平板部材 133 は、たとえば、5 cm の幅、1 cm の厚みおよび 1 m の長さを有する。即ち、平板部材 133 は、平板部材 131 と同じサイズを有する。
- [0117] プラズマ装置 100A においては、アンテナ 101～105 のうち、直線部分 1B, 2B, 3B, 4B, 5B は、それぞれ、導入端子 122, 124, 126, 128, 132 を通って平板部材 133 に接続される。
- [0118] 図 13 および図 14 を参照して、アンテナ 101～105 は、整合器 160 および平板部材 131 を介して高周波電源 170 から高周波電力が供給されると、平板部材 131 から平板部材 133 へ向かう方向に高周波電流を流し、誘導結合により反応容器 110 内にプラズマを発生する。
- [0119] この場合、高周波電源 170 が高周波電力を整合器 160 を介して平板部材 131 へ供給すると、高周波電流は、平板部材 131 と整合器 160 との接続点 131A から矢印 ARW1 の方向へ流れ、アンテナ 101～105 の直線部分 1A, 2A, 3A, 4A, 5A へ流れ込む。
- [0120] そして、高周波電流は、アンテナ 101 を矢印 ARW2 の方向へ流れ、平板部材 133 へ流れ込む。また、高周波電流は、アンテナ 102 を矢印 ARW3 の方向へ流れ、平板部材 133 へ流れ込む。さらに、高周波電流は、アンテナ 103 を矢印 ARW4 の方向へ流れ、平板部材 133 へ流れ込む。さらに、高周波電流は、アンテナ 104 を矢印 ARW5 の方向へ流れ、平板部材 133 へ流れ込む。さらに、高周波電流は、アンテナ 105 を矢印 ARW6 の方向へ流れ、平板部材 133 へ流れ込む。
- [0121] その後、アンテナ 101～105 から平板部材 133 へ流れ込んだ高周波電流は、平板部材 133 を矢印 ARW7 の方向へ流れ、接続点 133A から

接地電位GNDへ流れる。

- [0122] そうすると、高周波電流は、平板部材131を平板部材133と反対方向へ流れる（矢印ARW1, ARW7参照）。そして、平板部材131のインダクタンス L_{131} は、平板部材133を流れる高周波電流による平板部材131, 133間の相互インダクタンスによって平板部材131の自己インダクタンス L_{131_self} よりも小さくなる。
- [0123] その結果、平板部材131のインピーダンスは、平板部材133が無い場合に比べて小さくなり、平板部材131は、平板部材133が無い場合よりも多くの高周波電流をアンテナ101～105に供給できる。
- [0124] したがって、アンテナ101～105によって発生する誘導結合プラズマを平板部材133が無い場合よりも高密度にできる。
- [0125] このように、プラズマ装置100Aにおいては、平板部材131を流れる高周波電流の方向を平板部材133を流れる高周波電流の方向と反対に設定することによって、アンテナ101～105に高周波電流を供給する平板部材131のインピーダンスを小さくし、より多くの高周波電流をアンテナ101～105に供給することを特徴とする。
- [0126] これによって、反応容器110内で発生する誘導結合プラズマの密度を高くできる。
- [0127] プラズマ装置100Aにおいては、蓋112を平板部材133として使用してもよい。この場合、アンテナ101～105の他方端は、蓋112に接続され、導入端子122, 124, 126, 128, 132は、不要である。
- [0128] なお、プラズマ装置100Aにおいても、薄膜多結晶シリコン10または薄膜多結晶シリコン10Aが図12に示す工程図に従って製造される。
- [0129] 上記においては、薄膜多結晶シリコン10, 10Aは、基板1に接して基板1上に形成されると説明したが、この発明の実施の形態においては、これに限らず、薄膜多結晶シリコン10, 10Aは、基板1上に形成されたSiO₂膜およびSi₃N₄膜等の絶縁物に接して絶縁物上に形成されていてもよく

、一般的には、金属、絶縁物および半導体のいずれかからなる下地層に接して下地層上に形成されていればよい。下地層が SiO_2 膜および Si_3N_4 膜からなる場合、薄膜多結晶シリコン10、10Aは、ボトムゲート型のTFTに適している。

[0130] また、表面をフッ酸で処理し、表面を水素原子で終端した単結晶シリコンからなる基板1をプラズマ装置100、100Aの基板ホルダー120上にセットし、基板1上に成膜しても、単結晶シリコンが基板1上にエピタキシャル成長することはなく、薄膜多結晶シリコン10、10Aが基板1上に製造される。

[0131] 従って、薄膜多結晶シリコン10、10Aは、単結晶シリコン上に形成される薄膜であり、従来の多結晶シリコンとは異なるものである。

[0132] また、プラズマ装置100、100Aは、単結晶シリコン上にも、多結晶シリコンを形成できる特徴を有する装置である。

[0133] なお、この発明の実施の形態においては、反応容器110内の圧力を調整する排気装置150は、「圧力調整器」を構成する。

[0134] また、この発明の実施の形態においては、アンテナ105は、「第1の電極」を構成し、アンテナ101～104は、「第2の電極」を構成する。

[0135] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

[0136] この発明は、薄膜多結晶シリコン、その製造方法および薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置に適用される。

請求の範囲

- [請求項1] 絶縁物、金属および半導体のいずれかからなる下地層と、
前記下地層上に形成され、前記下地層の法線方向に配置された n (n は正の整数) 個のシリコン結晶粒とを備え、
前記 n 個のシリコン結晶粒のうち、前記下地層に最も近いシリコン結晶粒は、前記下地層に接しており、
前記 n 個のシリコン結晶粒の各々において、前記法線方向における長さは、前記下地層の面内方向における長さよりも長い、薄膜多結晶シリコン。
- [請求項2] 前記 n 個のシリコン結晶粒の各々は、略柱状形状からなる、請求項1に記載の薄膜多結晶シリコン。
- [請求項3] 前記 n 個のシリコン結晶粒は、1 個のシリコン結晶粒からなり、
前記 1 個のシリコン結晶粒は、前記法線方向において、略逆円錐形の形状からなる、請求項1に記載の薄膜多結晶シリコン。
- [請求項4] 前記 n 個のシリコン結晶粒は、2 個以上のシリコン結晶粒からなり、
、
前記 2 個以上のシリコン結晶粒は、前記下地層から離れるに従って面方位が $(2\ 2\ 0)$ 面から $(1\ 1\ 1)$ 面に変化している、請求項1に記載の薄膜多結晶シリコン。
- [請求項5] 反応容器内に配置された略U字形の導体からなる電極に高周波電力を供給してプラズマを発生するプラズマ装置を用いて絶縁物、金属および半導体のいずれかからなる下地層上に薄膜多結晶シリコンを製造する製造方法であって、
シリコン原子を含む材料ガスを前記反応容器内に供給する第1の工程と、
X線回折分析における $(2\ 2\ 0)$ 面のピーク強度に対する $(1\ 1\ 1)$ 面のピーク強度の比である強度比を所望の強度比に設定する圧力に前記反応容器内の圧力を調整する第2の工程と、

前記電極に前記高周波電力を供給する第3の工程とを備える製造方法。

[請求項6] 前記薄膜多結晶シリコンは、前記下地層の法線方向に配置された n （ n は正の整数）個のシリコン結晶粒からなり、

前記シリコン結晶粒の形状が前記法線方向において略円柱形から略逆円錐形に変化するときの前記反応容器内の圧力を臨界圧力としたとき、

前記第2の工程において、前記反応容器内の圧力は、前記臨界圧力よりも低い圧力範囲において前記強度比を所望の強度比に設定する圧力に調整される、請求項5に記載の製造方法。

[請求項7] 前記第2の工程は、

前記臨界圧力よりも低い圧力範囲において前記強度比を第1の所望の強度比に設定する第1の圧力に前記反応容器内の圧力を調整する第1のサブ工程と、

前記臨界圧力よりも低い圧力範囲において前記強度比を第2の所望の強度比に設定し、かつ、前記第1の圧力よりも低い第2の圧力に前記反応容器内の圧力を調整する第2のサブ工程とを含む、請求項6に記載の製造方法。

[請求項8] 前記薄膜多結晶シリコンは、前記下地層の法線方向に配置された n （ n は正の整数）個のシリコン結晶粒からなり、

前記シリコン結晶粒の形状が前記法線方向において略円柱形から略逆円錐形に変化するときの前記反応容器内の圧力を臨界圧力としたとき、

前記第2の工程において、前記反応容器内の圧力は、前記臨界圧力よりも高い圧力範囲において前記強度比を所望の強度比に設定する圧力に調整される、請求項5に記載の製造方法。

[請求項9] 絶縁物、金属および半導体のいずれかからなる下地層上に薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマ装置であって、

反応容器と、

前記反応容器内に配置され、第 1 の長さを有する略 U 字形の導体からなる第 1 の電極と、

前記反応容器内に配置され、前記第 1 の長さよりも短い第 2 の長さを有する略 U 字形の導体からなる第 2 の電極と、

X 線回折分析における (2 2 0) 面のピーク強度に対する (1 1 1) 面のピーク強度の比である強度比を所望の強度比に設定する圧力に前記反応容器内の圧力を調整する圧力調整器と、

前記第 1 および第 2 の電極に高周波電力を供給する高周波電源とを備え、

前記第 1 の電極は、前記薄膜多結晶シリコンを製造するプラズマが発生する領域以外の領域に設置される、プラズマ装置。

[請求項 10] 前記薄膜多結晶シリコンは、前記下地層の法線方向に配置された n (n は正の整数) 個のシリコン結晶粒からなり、

前記シリコン結晶粒の形状が前記法線方向において略円柱形から略逆円錐形に変化するときの前記反応容器内の圧力を臨界圧力としたとき、

前記圧力調整器は、前記臨界圧力よりも低い圧力範囲において前記強度比を所望の強度比に設定する圧力に前記反応容器内の圧力を調整する、請求項 9 に記載のプラズマ装置。

[請求項 11] 前記圧力調整器は、前記薄膜多結晶シリコンの製造開始から第 1 の期間の間、前記臨界圧力よりも低い圧力範囲において前記強度比を第 1 の所望の強度比に設定する第 1 の圧力に前記反応容器内の圧力を調整し、前記第 1 の期間の終了後、前記臨界圧力よりも低い圧力範囲において前記強度比を第 2 の所望の強度比に設定し、かつ第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力に前記反応容器内の圧力を調整する、請求項 10 に記載のプラズマ装置。

[請求項 12] 前記薄膜多結晶シリコンは、前記下地層の法線方向に配置された n

(n は正の整数) 個のシリコン結晶粒からなり、

前記シリコン結晶粒の形状が前記法線方向において略円柱形から略逆円錐形に変化するときの前記反応容器内の圧力を臨界圧力としたとき、

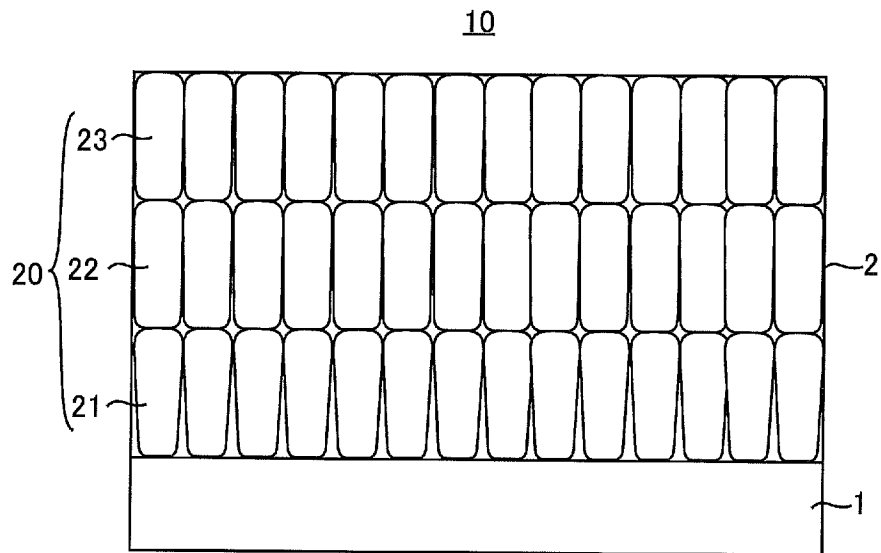
前記圧力調整器は、前記臨界圧力よりも高い圧力範囲において前記強度比を所望の強度比に設定する圧力に前記反応容器内の圧力を調整する、請求項 9 に記載のプラズマ装置。

[請求項 13]

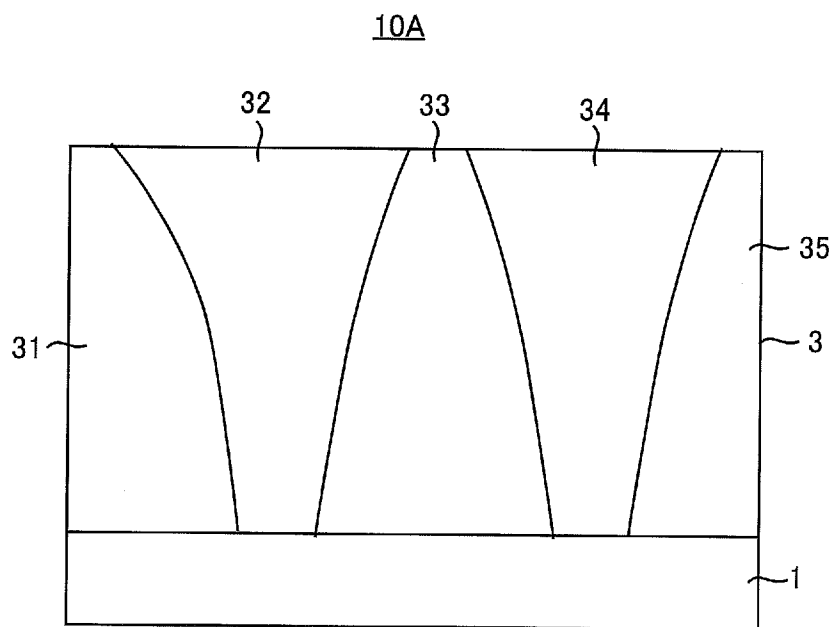
前記反応容器の外部で前記第 2 の電極の一方端に接続された第 1 の平板部材と、

前記第 1 の平板部材に対向して配置されるとともに、前記第 2 の電極の他方端に接続され、かつ、前記第 1 の平板部材の一方端と同じ側の一方端が接地された第 2 の平板部材とを更に備える、請求項 9 に記載のプラズマ装置。

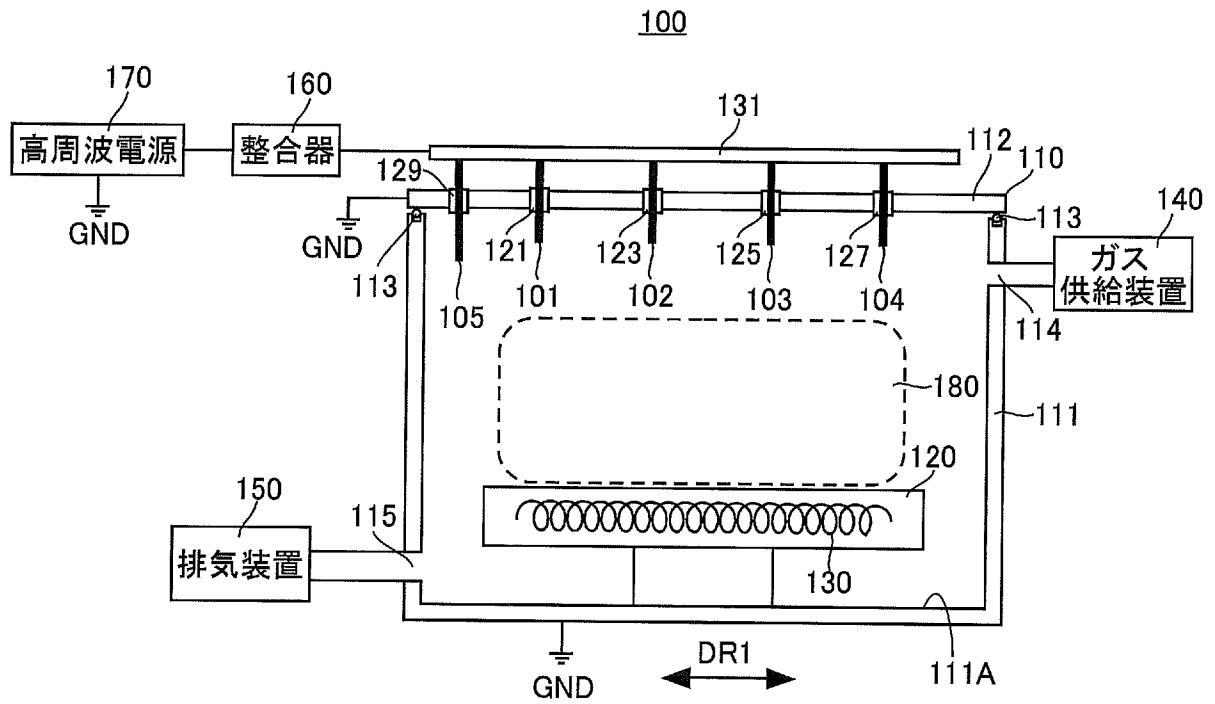
[図1]



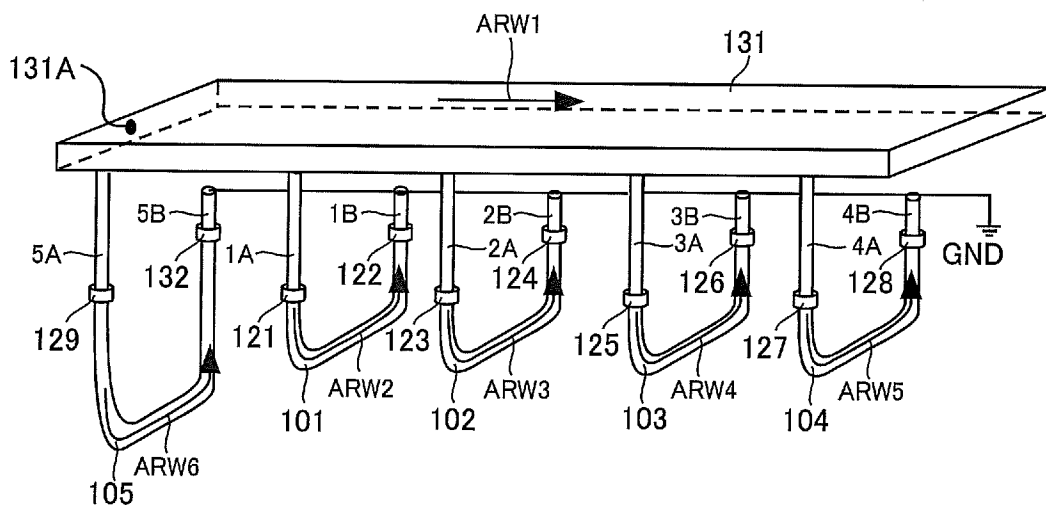
[図2]



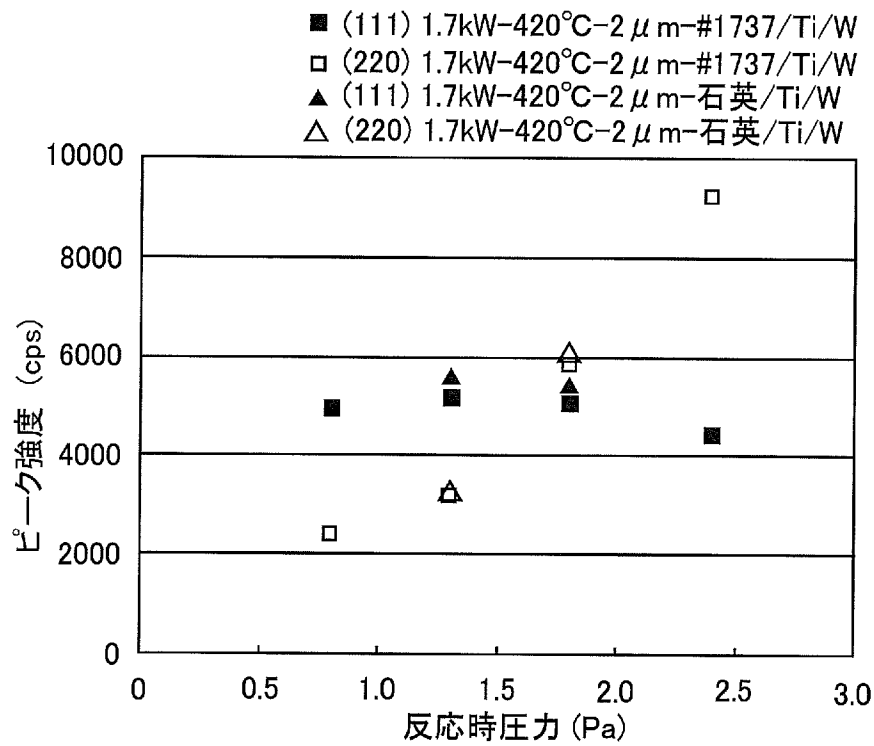
[図3]



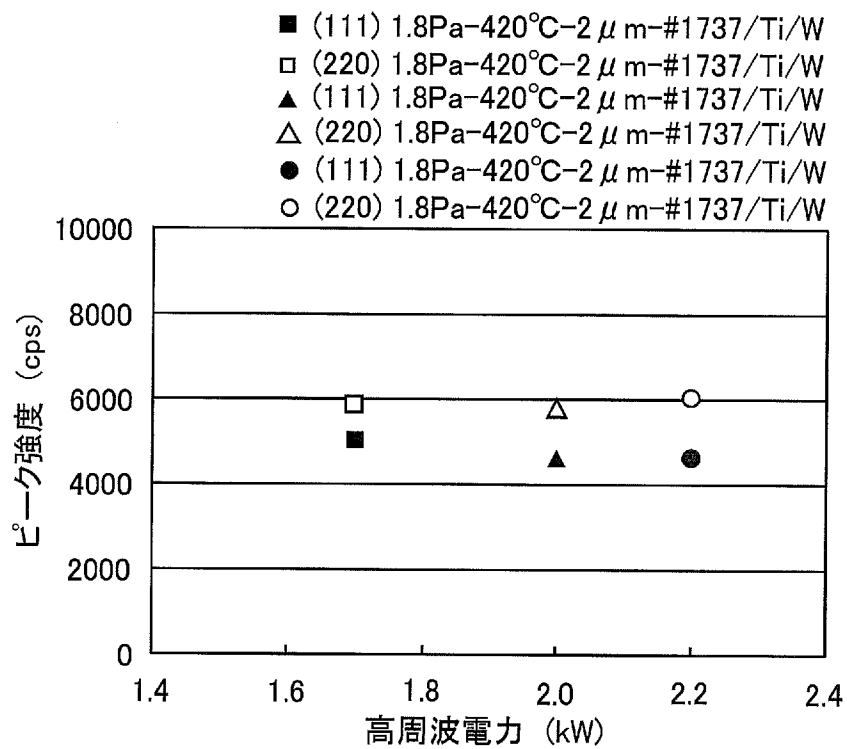
[図4]



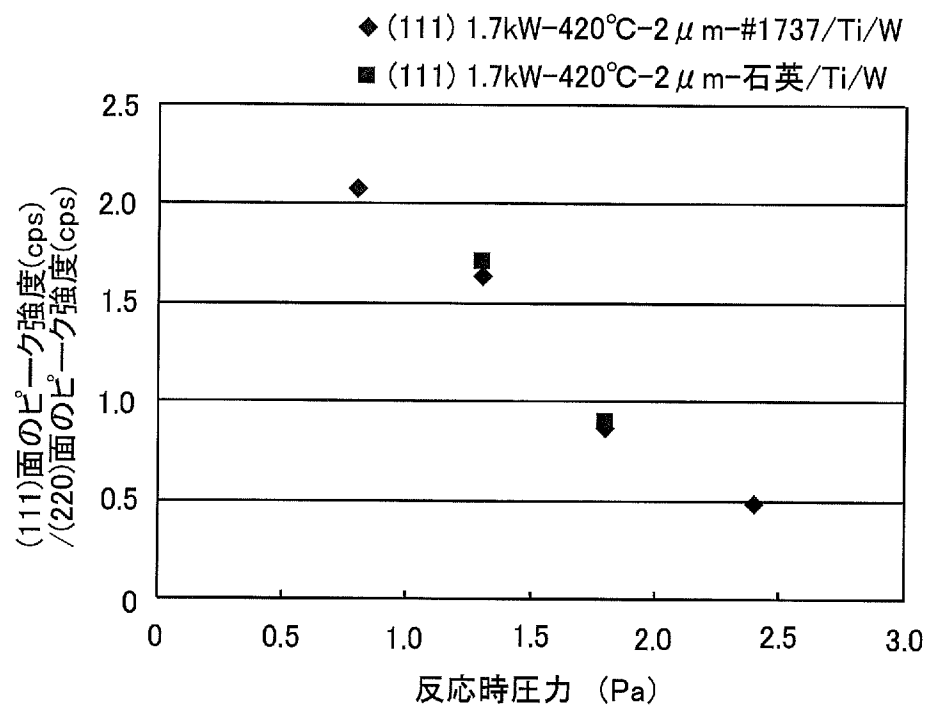
[図5]



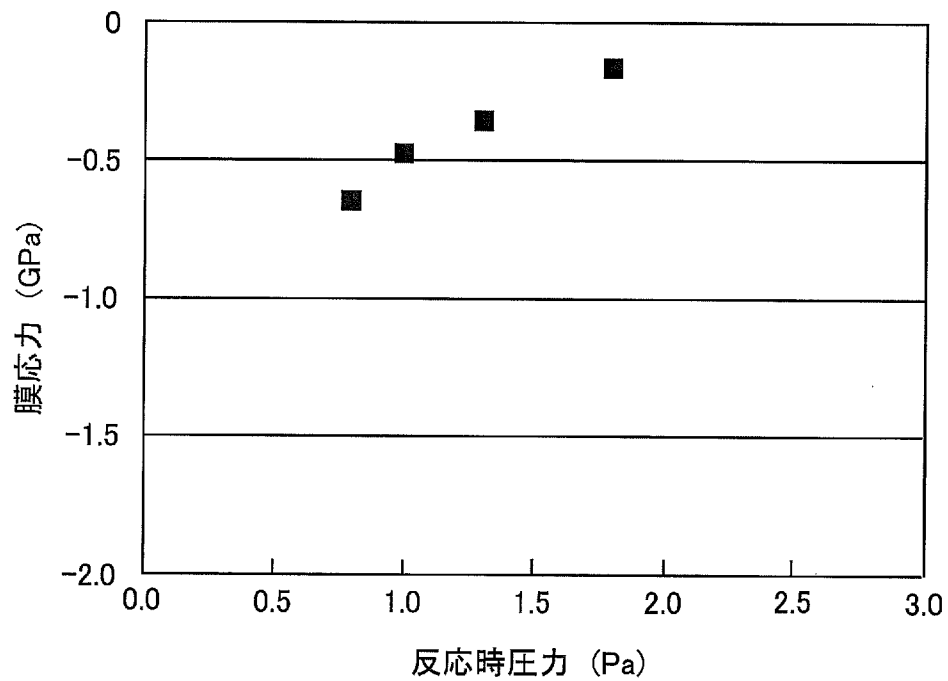
[図6]



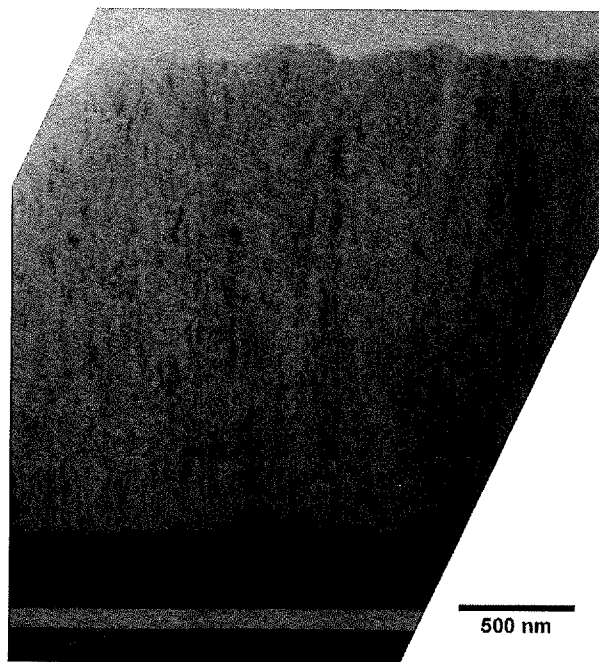
[図7]



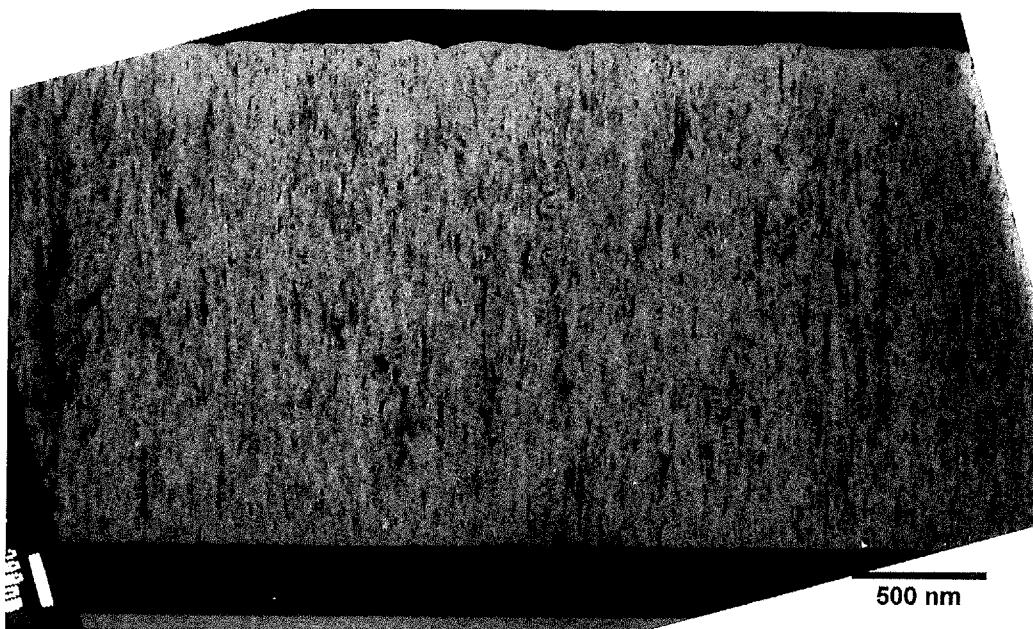
[図8]



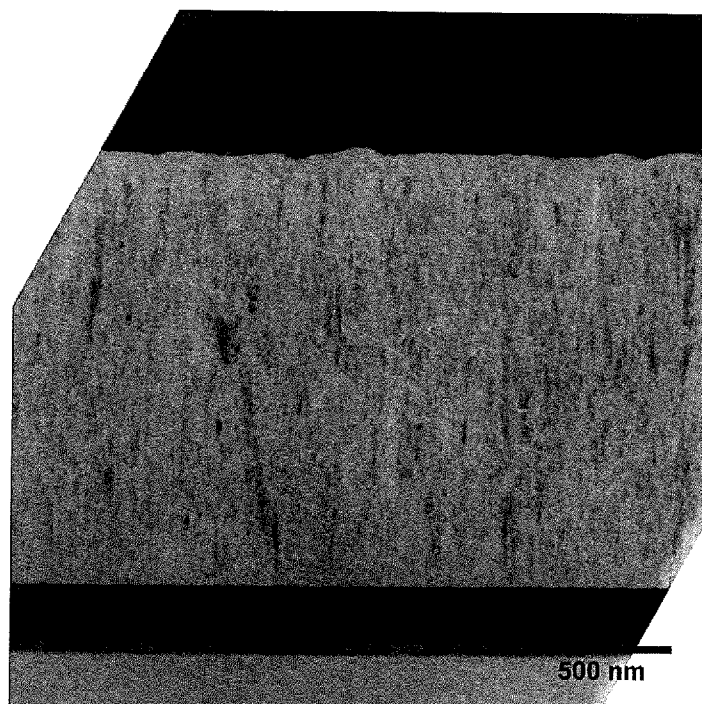
[図9]



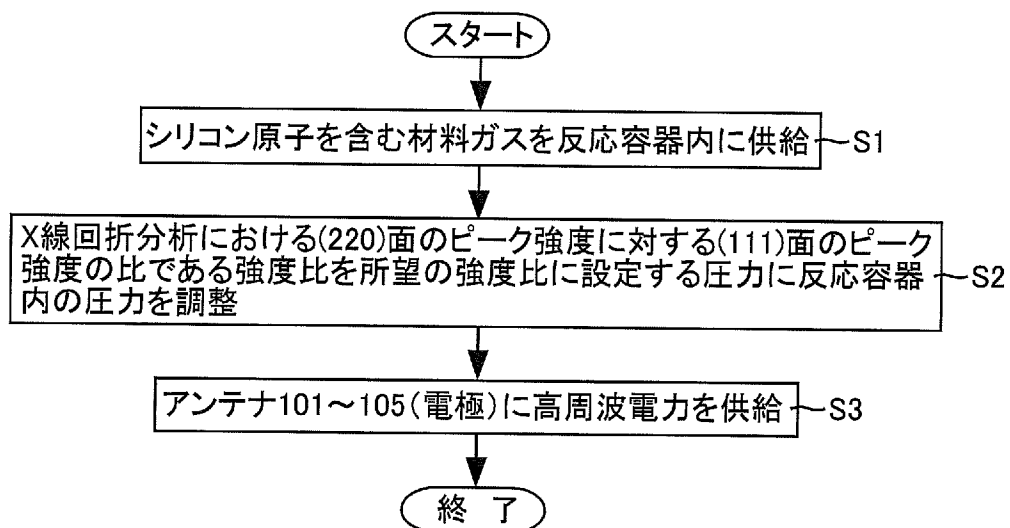
[図10]



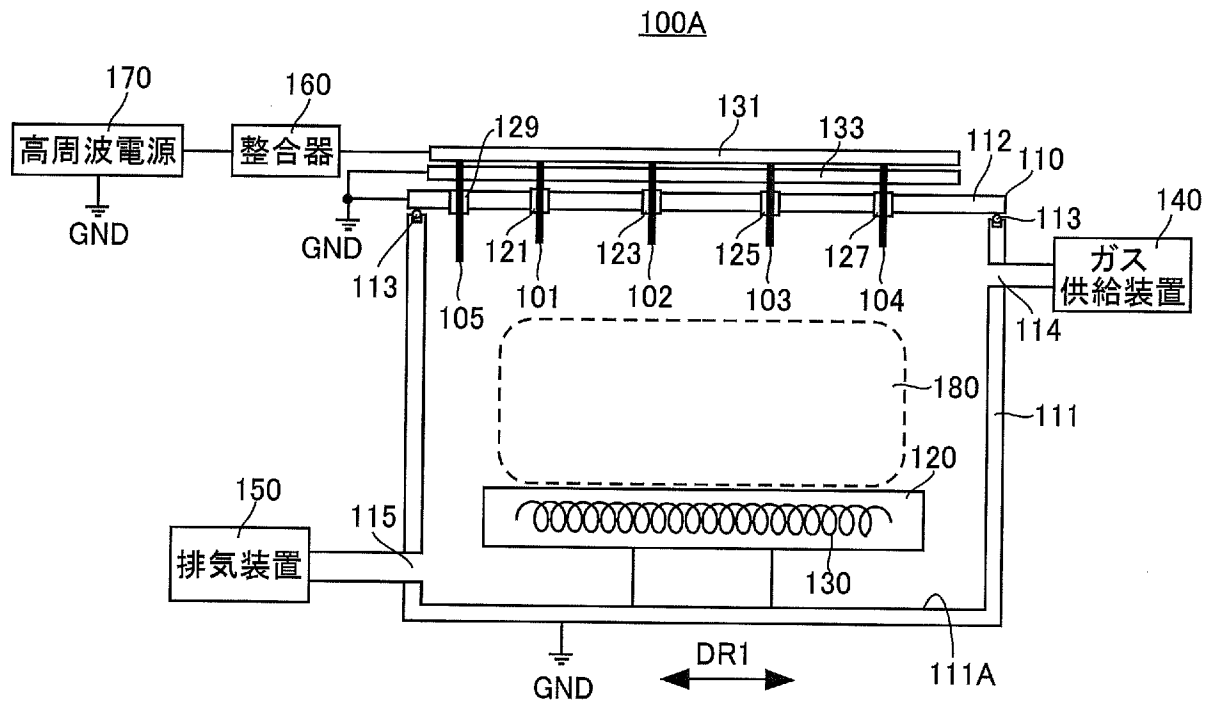
[図11]



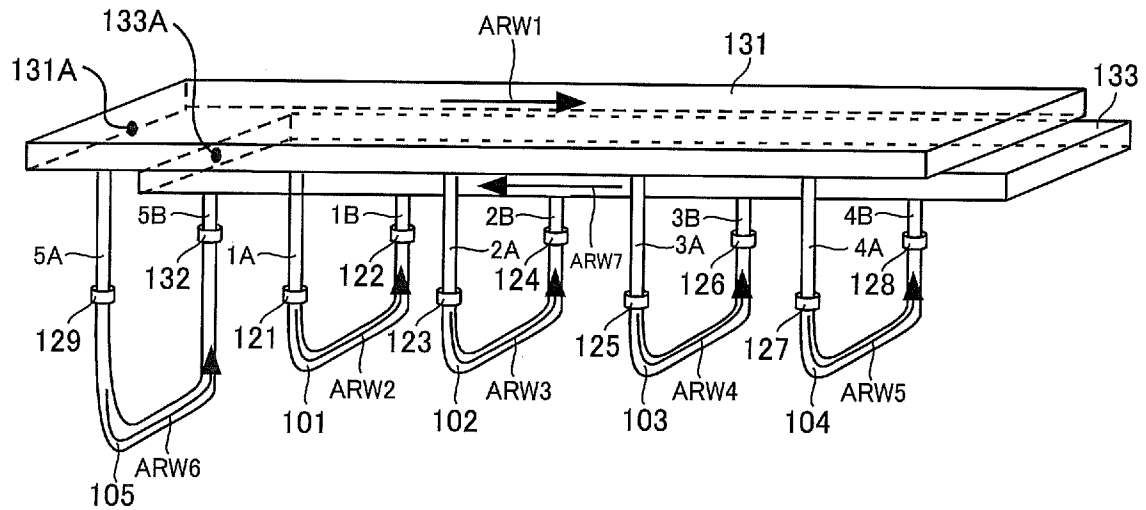
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055946

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C16/24(2006.01) i, C23C16/509(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)

C23C16/24, C23C16/509

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Y. HOTTA et al., High-speed μ c-Si films deposition and large-grain poly-Si films deposition by surface wave discharge, Thin Solid Films, 2007, Vol.515, p.4983-4987	1, 2
X	WO 2000/079556 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 28 December 2000 (28.12.2000), page 11, line 25 to page 12, line 3; fig. 1 (Family: none)	1, 2
X	WO 1996/039718 A1 (Asahi Kasei Microsystems Co., Ltd.), 12 December 1996 (12.12.1996), page 7, lines 22 to 23; fig. 4 to 6 & US 6069388 A	1, 2



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

04 June, 2010 (04.06.10)

Date of mailing of the international search report

22 June, 2010 (22.06.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055946

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005-294457 A (Tokyo Electron Ltd.), 20 October 2005 (20.10.2005), paragraph [0040]; fig. 6(b) & US 2005/0227459 A1	1, 3
A	JP 2007-123008 A (Nissin Electric Co., Ltd.), 17 May 2007 (17.05.2007), entire text & US 2007/0144440 A1	1-13
A	Q. CHENG et al., Temperature-dependent properties of nc-Si thin films synthesized in low-pressure, thermally nonequilibrium, high- density inductively coupled plasmas, Journal of Physical Chemistry C, 2009, Vol.113, p.14759- 14764	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055946

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

As a result of carrying out the search on assumption that claims 1 and 2 pertain to "firstly described invention (main invention)", the technical feature of the invention in claim 1 cannot be considered to be a "special technical feature" in the meaning of the second sentence of PCT Rule 13.2, since the afore-said technical feature is not novel as disclosed in Y. HOTTA et al., High-speed μ c-Si films deposition and large-grain poly-Si films deposition by surface wave discharge, Thin Solid Films, 2007, Vol.515, p.4983-4987.

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055946

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Therefore, it is not recognized that there is a technical relationship involving one or more same or corresponding special technical feature between the main invention and the invention in other claims.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. C23C16/24(2006.01)i, C23C16/509(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. C23C16/24, C23C16/509		
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 0 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 0 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 0 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）		
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	Y. HOTTA et al., High-speed μ c-Si films deposition and large-grain poly-Si films deposition by surface wave discharge, Thin Solid Films, 2007, Vol.515, p.4983-4987	1,2
X	WO 2000/079556 A1 (松下電器産業株式会社) 2000.12.28, 第11頁25行～第12頁3行、第1図（ファミリーなし）	1,2
X	WO 1996/039718 A1 (旭化成マイクロシステム株式会社) 1996.12.12, 第7頁22行～23行、第4図～第6図 & US 6069388 A	1,2
☒ 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 0 4 . 0 6 . 2 0 1 0	国際調査報告の発送日 2 2 . 0 6 . 2 0 1 0	
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 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 鮎沢 輝万 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6	4 G 3 5 5 1

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
X	JP 2005-294457 A (東京エレクトロン株式会社) 2005.10.20, 【0040】、【図6】(b) & US 2005/0227459 A1	1,3
A	JP 2007-123008 A (日新電機株式会社) 2007.05.17, 全文 & US 2007/0144440 A1	1-13
A	Q. CHENG et al., Temperature-dependent properties of nc-Si thin films synthesized in low-pressure, thermally nonequilibrium, high-density inductively coupled plasmas, Journal of Physical Chemistry C, 2009, Vol.113, p.14759-14764	1-13

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求項1及び2を「最初に記載されている発明(主発明)」として調査した結果、請求項1に係る発明の技術的特徴はY. HOTTA et al., High-speed μ c-Si films deposition and large-grain poly-Si films deposition by surface wave discharge, Thin Solid Films, 2007, Vol.515, p.4983-4987に開示されているから新規でないことが明らかとなったため、上記技術的特徴は、PCT規則13.2の第2文の意味において「特別な技術的特徴」と認められない。

したがって、これら主発明と、他の請求項に係る発明の間に一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係が存在すると認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。