

(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
2010年2月4日(04.02.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/013293 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 14/58 (2006.01) C23C 16/513 (2006.01)
C04B 41/80 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/002068
- (22) 国際出願日: 2008年7月31日(31.07.2008)
- (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): 国立大学法人広島大学(HIROSHIMA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒7398511 広島県東広島市鏡山一丁目3番2号 Hiroshima (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 東清一郎(HIGASHI, Seichiro) [JP/JP]; 〒7398530 広島県東広島市鏡山一丁目3番1号国立大学法人広島大学大学院先端物質科学研究科内 Hiroshima (JP). 宮崎誠一(MIYAZAKI, Seichi) [JP/JP]; 〒7398530 広島県東広島市鏡山一丁目3番1号国立大学法人広島大学大学院先端物質科学研究科内 Hiroshima (JP). 加久博隆(KAKU, Hirotaka) [JP/JP]; 〒7398530 広島県東広島市鏡山一丁目3

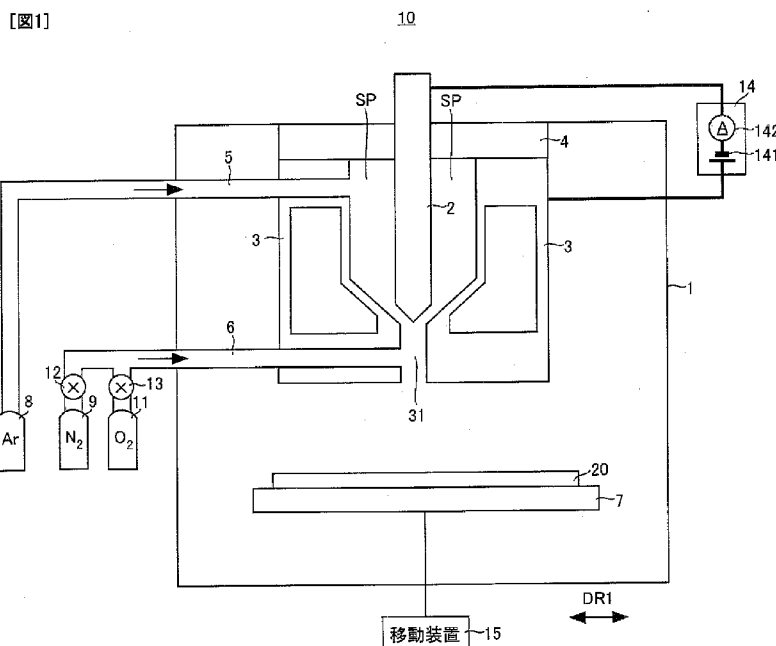
番1号国立大学法人広島大学大学院先端物質科学研究科内 Hiroshima (JP).

- (74) 代理人: 松山隆夫(MATSUYAMA, Takao); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目4番16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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, 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, MT, NL, NO,

[続葉有]

(54) Title: PLASMA DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING CRYSTAL

(54) 発明の名称: プラズマ装置および結晶製造方法



15 MOVING DEVICE

(57) Abstract: A gas cylinder (8) supplies Ar gas into a space (SP) between a cathode (2) and an anode (3). Gas cylinders (9, 11) supply N₂ gas and O₂ gas to a gas hole (31), respectively. A direct current power supply (15) applies a direct current voltage of 13-14 V between the cathode (2) and the anode (3) so that a direct current of 150A flows. As a result, the cathode (2) emits a thermal plasma jet from its tip end so as to apply the thermal plasma jet onto a sample (20).

(57) 要約: ガスボンベ(8)は、Arガスを陰極(2)と陽極(3)との間の空間SPに供給し、ガスボンベ(9)、(11)は、それぞれ、N₂ガスおよびO₂ガスを孔(31)へ供給する。直流電源(15)は、150Aの直流電流が流れるように13~14Vの直流電圧を陰極(2)と陽極(3)との間に印加する。その結果、陰極(2)は、熱プラズマジェットを先端部から出射し、熱プラズマジェットを試料(20)に照射する。

WO 2010/013293 A1



PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, 添付公開書類:

CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

プラズマ装置および結晶製造方法

技術分野

[0001] この発明は、プラズマ装置および結晶製造方法に関し、特に、直流アーク放電を用いたプラズマ装置および結晶製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、アーク放電を用いたプラズマジェット成膜装置が知られている（特開2004-300486）。

[0003] このプラズマジェット成膜装置は、プラズマトーチと、真空チャンバと、基板保持台と、粉体供給部とを備える。基板保持台は、真空チャンバ内において、プラズマトーチに対向して配置され、基板を保持する。粉体供給部は、カーボン保護膜の原料となるカーボン粒子をプラズマトーチに供給する。

[0004] プラズマジェット成膜装置においては、プラズマトーチにアーク放電を生じさせ、形成されたプラズマ中にキャリアガスと共にカーボン粒子を供給する。そして、プラズマジェット成膜装置においては、カーボン粒子をカーボンイオンに変換してプラズマジェットとして基板に放射し、カーボン保護膜を基板上に堆積させる。

発明の開示

[0005] しかし、従来のプラズマジェット成膜装置は、基板上に堆積させるカーボン保護膜の原料をプラズマ中でイオン化してカーボン保護膜を基板上に形成するものであるため、基板上に形成された薄膜を用いて結晶を作製することは困難である。

[0006] そこで、基板上に形成された非晶質薄膜を用いて結晶を製造可能なプラズマ装置を提供することが望まれる。

[0007] また、基板上に形成された非晶質薄膜を用いて結晶を製造可能な結晶製造方法を提供することが望まれる。

[0008] プラズマ装置は、陰極と、陽極と、試料ホルダーと、直流電源とを備える

。陽極は、陰極の周囲に配置される。試料ホルダーは、陰極の先端部に対向して配置された試料を保持する。直流電源は、陰極と陽極との間に直流電圧を印加し、陰極の先端部から熱プラズマジェットを試料に照射させる。

[0009] プラズマ装置は、第1および第2の供給間をさらに備えてもよい。第1の供給管は、陰極と陽極との間に不活性ガスを供給する。第2の供給管は、陰極の先端部から出射された熱プラズマジェットの周囲から酸素源および／または窒素源となるガスを供給する。

[0010] 陰極は、タングステン、ハフニウムおよびジルコニウムのいずれかからなってもよい。第1の供給管は、アルゴンガスを陰極と陽極との間に供給する。第2の供給管は、熱プラズマジェットの周囲から窒素ガスおよび／または酸素ガスを供給する。

[0011] プラズマ装置は、移動装置をさらに備えてもよい。移動装置は、試料を試料の平面方向へ所望の速度で移動させる。

[0012] 試料は、基板と、基板上に形成された非晶質シリコンとからなってもよい。第1の供給管は、アルゴンガスを陰極と陽極との間に供給する。第2の供給管は、熱プラズマジェットの周囲から窒素ガスおよび／または酸素ガスを供給する。

[0013] また、結晶製造方法は、陰極および陽極に対向して配置された試料ホルダー上に試料を配置する第1のステップと、陰極と陽極との間に不活性ガスを供給する第2のステップと、陰極の先端部よりも試料ホルダー側において、陰極の先端部から出射される熱プラズマジェットの周囲から酸素源および／または窒素源となるガスを供給する第3のステップと、陰極と陽極との間に直流電圧を印加し、陰極の先端部から熱プラズマジェットを試料に照射する第4のステップとを備える。

[0014] 酸素源および／または窒素源となるガスは、第3のステップにおいて、不活性ガスと異なる位置から供給されてもよい。

[0015] 陰極は、タングステン、ハフニウムおよびジルコニウムのいずれかからなってもよい。第2のステップにおいて、アルゴンガスが不活性ガスとして供

給される。第3のステップにおいて、酸素ガスおよび／または窒素ガスが酸素源および／または窒素源となるガスとして供給される。

[0016] 結晶製造方法は、試料を試料の平面方向へ所望の速度で移動させる第5のステップをさらに備えてもよい。

[0017] 陰極と陽極との間に直流電圧を供給して熱プラズマジェットを発生し、その発生した熱プラズマジェットを非晶質材料に照射して結晶材料を製造する。

[0018] したがって、基板上に形成された非晶質薄膜を用いて結晶を製造できる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1] この発明の実施の形態によるプラズマ装置の構成を示す概略図である。

[図2] 図1に示すプラズマ装置において結晶を製造する例を説明するための図である。

[図3] この発明による結晶製造方法を説明するためのフローチャートである。

[図4] 図1に示すプラズマ装置を用いたTFTの作製方法を説明するための第1の工程図である。

[図5] 図1に示すプラズマ装置を用いたTFTの作製方法を説明するための第2の工程図である。

[図6] 図1に示すプラズマ装置を用いたTFTの作製方法を説明するための第3の工程図である。

[図7] 図1に示すプラズマ装置を用いたTFTの作製方法を説明するための第4の工程図である。

発明を実施するための最良の形態

[0020] 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。

[0021] 図1は、この発明の実施の形態によるプラズマ装置の構成を示す概略図である。図1を参照して、この発明の実施の形態によるプラズマ装置10は、反応容器1と、陰極2と、陽極3と、絶縁部材4と、配管5、6と、試料ホルダー7と、ガスボンベ8、9、11と、バルブ12、13と、直流電源1

4 と、移動装置 15 とを備える。

[0022] 反応容器 1 は、中空の円柱形状からなる。陰極 2 は、3%の LaO_2 を含むタングステン (W) からなる。そして、陰極 2 は、直径 5 mm の略円柱形状を有し、一方端が尖っている。また、陰極 2 は、他方端が絶縁部材 4 および反応容器 1 を貫通し、反応容器 1 の外部に配置されるとともに、絶縁部材 4 に固定される。

[0023] 陽極 3 は、陰極 2 との間に空間 SP を形成するように陰極 2 の周囲に配置され、絶縁部材 4 に固定される。そして、陽極 3 は、試料ホルダー 7 側に熱プラズマジェットが通過するための孔 31 を有する。

[0024] 絶縁部材 4 は、反応容器 1 の天井に固定される。配管 5 は、一方端が空間 SP に接するように陽極 3 を貫通し、他方端がガスボンベ 8 に連結される。この場合、配管 5 は、絶縁部材 4 から 1 ~ 2 cm の位置で陽極 3 を貫通する。

[0025] 配管 6 は、一方端が孔 31 に接するように陽極 3 を貫通し、他方端がバルブ 12, 13 をそれぞれ介してガスボンベ 9, 11 に連結される。この場合、配管 6 は、配管 5 から 4 ~ 5 cm の位置で陽極 3 を貫通する。

[0026] 試料ホルダー 7 は、陰極 2 および陽極 3 に対向して配置される。ガスボンベ 8 は、配管 5 の他方端に連結され、アルゴン (Ar) ガスを保持する。ガスボンベ 9 は、配管 6 の他方端に連結され、窒素 (N_2) ガスを保持する。ガスボンベ 11 は、配管 6 の他方端に連結され、酸素 (O_2) ガスを保持する。

[0027] バルブ 12 は、配管 6 の他方端側において、ガスボンベ 9 に近接して配管 6 中に配置される。バルブ 13 は、配管 6 の他方端側において、ガスボンベ 11 に近接して配管 6 中に配置される。

[0028] 試料ホルダー 7 は、試料 20 を保持する。ガスボンベ 8 は、 Ar ガスを配管 5 を介して空間 SP に供給する。ガスボンベ 9 は、 N_2 ガスをバルブ 12 および配管 6 を介して孔 31 の部分へ供給する。ガスボンベ 11 は、 O_2 ガスをバルブ 13 および配管 6 を介して孔 31 の部分へ供給する。

[0029] 直流電源 14 は、直流電圧源 141 と、電流計 142 とを含む。そして、

直流電源 14 は、所望の電流が流れるように、陰極 2 と陽極 3 との間に直流電圧を印加する。

[0030] 移動装置 15 は、試料ホルダー 7 を一定速度で方向 DR 1 へ移動させる。

[0031] 図 2 は、図 1 に示すプラズマ装置 10 において結晶を製造する例を説明するための図である。図 2 を参照して、基板 21 上に結晶シリコン (c-Si) を作製する場合、大気圧下で基板 / アモルファスシリコン (a-Si) からなる試料 20 が試料ホルダー 7 上に配置される。そして、a-Si は、たとえば、プラズマ CVD (Chemical Vapour Deposition) によって作製され、その膜厚は、50 nm である。

[0032] ガスボンベ 8 は、9.8 リットル / 分の流量で Ar ガスを空間 SP へ供給し、ガスボンベ 9 は、2 リットル / 分の流量で N₂ ガスを孔 31 の部分へ供給し、ガスボンベ 11 は、2 リットル / 分の流量で O₂ ガスを孔 31 の部分へ供給する。

[0033] また、直流電源 14 は、直流電流が 150 A になるように、陰極 2 と陽極 3 との間に 13 ~ 14 V の直流電圧を印加する。

[0034] そうすると、陰極 2 は、熱プラズマジェット 40 を出射し、その出射した熱プラズマジェット 40 を孔 31 を介して試料 20 に照射する。

[0035] また、移動装置 15 は、1 m / s の速度で矢印 32 の方向へ試料ホルダー 7 を移動させる。

[0036] その結果、熱プラズマジェット 40 が照射された部分は、2 ~ 3 msec で 1200 °C まで昇温され、c-Si₂₂ と、シリコン酸素窒素膜 (SiO_xN_(4/3-2x/3) 膜, 0 < x < 2) 23 とになる。この場合、c-Si₂₂ は、40 nm の膜厚を有し、SiO_xN_(4/3-2x/3) 膜 23 は、28 nm の膜厚を有する。

[0037] このように、熱プラズマジェット 40 を 50 nm の膜厚を有する a-Si に照射することによって、40 nm の膜厚を有する c-Si₂₂ と、28 nm の膜厚を有する SiO_xN_(4/3-2x/3) 膜 23 とが作製される。この SiO_xN_(4/3-2x/3) 膜 23 は、10 nm の膜厚を有する a-Si から作製された

と考えられるので、熱プラズマジェット40を照射することによって、膜厚が2.8倍である $\text{SiO}_x\text{N}_{(4/3-2x/3)}$ 膜23を作製することができる。

[0038] また、陰極2を構成するWは、Arガスと O_2 ガスとが存在すると、溶ける。しかし、プラズマ装置10においては、配管5,6によってArガスと O_2 ガスとを異なる位置から供給している。したがって、プラズマ装置10においては、陰極2が溶けるのを防止できる。

[0039] 図3は、この発明による結晶製造方法を説明するためのフローチャートである。図3を参照して、一連の動作が開始されると、試料20が試料ホルダー7上に配置される（ステップS1）。

[0040] そして、ガスボンベ8は、陰極2と陽極3との間の空間SPに配管5を介してArガスを供給する（ステップS2）。また、ガスボンベ9は、陽極3の孔31の部分に N_2 ガスを配管6を介して供給し、ガスボンベ11は、陽極3の孔31の部分に O_2 ガスを配管6を介して供給する（ステップS3）。

[0041] その後、直流電源14は、陰極2と陽極3との間に直流電圧を印加する（ステップS4）。これによって、直流アーク放電が孔31の部分で発生し、陰極2は、その先端部から熱プラズマジェット40を試料20に照射する。

[0042] そして、移動装置15は、試料20の全面に熱プラズマジェット40が照射されるように、試料20を試料20の平面方向へ所望の速度で移動させる（ステップS5）。

[0043] これによって、試料20の全面にc-Si22と、 $\text{SiO}_x\text{N}_{(4/3-2x/3)}$ 膜23とが作製され、一連の動作が終了する。

[0044] このように、プラズマ装置10においては、熱プラズマジェット40を試料20に照射することによって、a-Siからc-Si22と $\text{SiO}_x\text{N}_{(4/3-2x/3)}$ 膜23とを作製する。

[0045] したがって、この発明によれば、基板21上に形成された薄膜（a-Si膜）を用いて基板21上に結晶を製造できる。

[0046] 次に、図1に示すプラズマ装置10を用いたTFT（Thin Film Transistor）の作製について説明する。

- [0047] 図4から図7は、それぞれ、図1に示すプラズマ装置10を用いたTF Tの作製方法を説明するための第1～第4の工程図である。
- [0048] 図4を参照して、TF Tを作製する動作が開始されると、ガラス基板50上にSiO₂膜51がプラズマCVDによって作製される(図4の工程(a)参照)。この場合、シラン(SiH₄)ガスおよび酸素(O₂)ガスが原料ガスとして用いられる。
- [0049] その後、SiO₂膜51の全面にレジストを塗布し、その塗布したレジストをフォトリソグラフィを用いてパターンニングしてレジストパターン52をSiO₂膜51の表面に形成する(図4の工程(b)参照)。
- [0050] 引き続いて、レジストパターン52をマスクとして用いてSiO₂膜51の一部を所定の深さまでエッチングし、凹部53を形成する(図4の工程(c)参照)。そして、アルミニウム54を凹部53に蒸着し(図4の工程(d)参照)、レジストパターン52を除去する。これによって、ゲート電極60が形成される(図4の工程(e)参照)。
- [0051] 図5を参照して、工程(e)の後、ゲート電極60を覆うようにSiO₂膜をプラズマCVDにより堆積する。これによって、ゲート電極60を囲むようにSiO₂膜55が形成される(図5の工程(f)参照)。
- [0052] そして、プラズマCVDによって50nmの膜厚を有するp⁺型a-Si膜56がSiO₂膜55の全面に形成される(図5の工程(g)参照)。この場合、ジボラン(B₂H₆)ガスおよびSiH₄ガスが原料ガスとして用いられる。
- [0053] その後、試料をプラズマ装置10の試料ホルダー7上に設置し、図3に示すフローチャートに従って、移動装置15によって試料を矢印57の方向へ移動させながら熱プラズマジェット40をp⁺型a-Si膜56に照射し(図5の工程(h)参照)、p⁺型a-Si膜56からp⁺型c-Si 58とSiO_xN_(4/3-2x/3)膜59とを作製する(図5の工程(i)参照)。
- [0054] 図6を参照して、工程(i)の後、SiO_xN_(4/3-2x/3)膜59をフッ酸(HF)によって除去する(図6の工程(j)参照)。

- [0055] そして、 p^+ 型 $c-Si$ 58の全面にレジストを塗布し、その塗布したレジストをフォトリソグラフィを用いてパターンニングしてレジストパターン61を p^+ 型 $c-Si$ 58の表面に形成する（図6の工程（k）参照）。
- [0056] その後、レジストパターン61をマスクとして p^+ 型 $c-Si$ 58をエッチングし、レジストパターン61を除去する。その結果、 p 型領域からなるソース70およびドレイン80が SiO_2 膜55上に形成される（図6の工程（l）参照）。
- [0057] 引き続いて、プラズマCVDによって $a-Si$ 膜62を試料の全面に形成する（図6の工程（m）参照）。
- [0058] 図7を参照して、工程（m）の後、 $a-Si$ 膜62の全面にレジストを塗布し、その塗布したレジストをフォトリソグラフィを用いてパターンニングしてレジストパターン63を $a-Si$ 膜62の表面に形成する（図7の工程（n）参照）。
- [0059] その後、レジストパターン63をマスクとして $a-Si$ 膜62をエッチングし、レジストパターン63を除去する。これによって、 $a-Si$ 膜64がゲート電極60上に形成される（図7の工程（o）参照）。
- [0060] そうすると、試料をプラズマ装置10の試料ホルダー7上に設置し、図3に示すフローチャートに従って、熱プラズマジェット40を $a-Si$ 膜64に照射し（図7の工程（p）参照）、 $a-Si$ 膜64から $c-Si$ と $SiO_xN_{(4/3-2x/3)}$ 膜とを作製する。そして、その作製した $SiO_xN_{(4/3-2x/3)}$ 膜をHFでエッチングし、 $c-Si$ からなるチャネル層90をソース70とドレイン80との間に形成し、ガラス基板50上にTFTを作製する（図7の工程（q）参照）。
- [0061] 上述した方法によって作製したTFTの特性を測定した結果、 $60\text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ の移動度が得られた。
- [0062] したがって、プラズマ装置10を用いて熱プラズマジェット40を $a-Si$ 膜に照射し、 $c-Si$ を作製することによって、品質の良い $c-Si$ が得られることが実証された。

- [0063] なお、上記においては、 p 型半導体からなるソース７０およびドレイン８０を有するＴＦＴの作製方法について説明したが、 n 型半導体からなるソース７０およびドレイン８０を有するＴＦＴを作製することも可能である。この場合、図６の工程（ j ）において、ホスフィン（ PH_3 ）ガスおよび SiH_4 ガスを原料ガスとして用いてプラズマＣＶＤによって n^+ 型 $a-Si$ 膜が SiO_2 膜５５上に形成される。
- [0064] また、プラスチックフィルム基板を用いてＴＦＴを作製してもよい。
- [0065] さらに、上記においては、陰極２は、タングステンからなると説明したが、これに限らず、陰極２は、ハフニウムまたはジルコニウムからなってもよい。特に、酸化性雰囲気中では、陰極２をハフニウムから構成するのが望ましい。
- [0066] さらに、上記においては、 O_2 ガスおよび N_2 ガスの両方を孔３１に供給すると説明したが、これに限らず、 O_2 ガスおよび N_2 ガスのいずれか一方を孔３１に供給してもよい。 O_2 ガスのみを孔３１に供給した場合、 $c-Si$ の上に SiO_y （ $0 < y \leq 2$ ）が形成され、 N_2 ガスのみを孔３１に供給した場合、 $c-Si$ の上に SiN_z （ $0 < z \leq 1.3$ ）が形成される。また、 O_2 ガスのみを孔３１に供給する場合、バルブ１２が閉じられ、 N_2 ガスのみを孔３１に供給する場合、バルブ１３が閉じられる。
- [0067] さらに、上記においては、 Ar ガスを陰極２と陽極３との間の空間ＳＰに供給すると説明したが、これに限らず、ヘリウム（ He ）ガスを陰極２と陽極３との間の空間ＳＰに供給してもよく、一般的には、不活性ガスを陰極２と陽極３との間の空間ＳＰに供給すればよい。
- [0068] さらに、上記においては、熱プラズマジェットを照射して $a-Si$ 膜から $c-Si$ を製造すると説明したが、熱プラズマジェットを照射して $a-Ge$ 膜から $c-Ge$ を製造してもよく、一般的には、熱プラズマジェットを照射して非晶質材料から結晶材料を製造してもよい。
- [0069] さらに、上記においては、プラズマ装置１０を用いたＴＦＴの作製について説明したが、これに限らず、プラズマ装置１０を用いて太陽電池を作製す

ることも可能である。

[0070] 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

[0071] この発明は、基板上に形成された薄膜を用いて結晶を製造可能なプラズマ装置に適用される。また、この発明は、基板上に形成された薄膜を用いて結晶を製造可能な結晶製造方法に適用される。

請求の範囲

- [1] 陰極と、
前記陰極の周囲に配置された陽極と、
前記陰極の先端部に対向して配置された試料を保持する試料ホルダーと、
前記陰極と前記陽極との間に直流電圧を印加し、前記陰極の先端部から熱
プラズマジェットを前記試料に照射させる直流電源とを備えるプラズマ装置
。
- [2] 前記陰極と前記陽極との間に不活性ガスを供給する第1の供給管と、
前記陰極の先端部から出射された前記熱プラズマジェットの周囲から酸素
源および／または窒素源となるガスを供給する第2の供給管とをさらに備え
る、請求の範囲第1項に記載のプラズマ装置。
- [3] 前記陰極は、タングステン、ハフニウムおよびジルコニウムのいずれかか
らなり、
前記第1の供給管は、アルゴンガスを前記陰極と前記陽極との間に供給し
、
前記第2の供給管は、前記熱プラズマジェットの周囲から窒素ガスおよび
／または酸素ガスを供給する、請求の範囲第2項に記載のプラズマ装置。
- [4] 前記試料を前記試料の平面方向へ所望の速度で移動させる移動装置をさら
に備える、請求の範囲第1項に記載のプラズマ装置。
- [5] 前記試料は、基板と、前記基板上に形成された非晶質シリコンとからなり
、
前記第1の供給管は、アルゴンガスを前記陰極と前記陽極との間に供給し
、
前記第2の供給管は、前記熱プラズマジェットの周囲から窒素ガスおよび
／または酸素ガスを供給する、請求の範囲第4項に記載のプラズマ装置。
- [6] 陰極および陽極に対向して配置された試料ホルダー上に試料を配置する第
1のステップと、
前記陰極と前記陽極との間に不活性ガスを供給する第2のステップと、

前記陰極の先端部よりも前記試料ホルダー側において、前記陰極の先端部から出射される熱プラズマジェットの周囲から酸素源および／または窒素源となるガスを供給する第3のステップと、

前記陰極と前記陽極との間に直流電圧を印加し、前記陰極の先端部から前記熱プラズマジェットを前記試料に照射する第4のステップとを備える結晶製造方法。

[7] 前記酸素源および／または窒素源となるガスは、前記第3のステップにおいて、前記不活性ガスと異なる位置から供給される、請求の範囲第6項に記載の結晶製造方法。

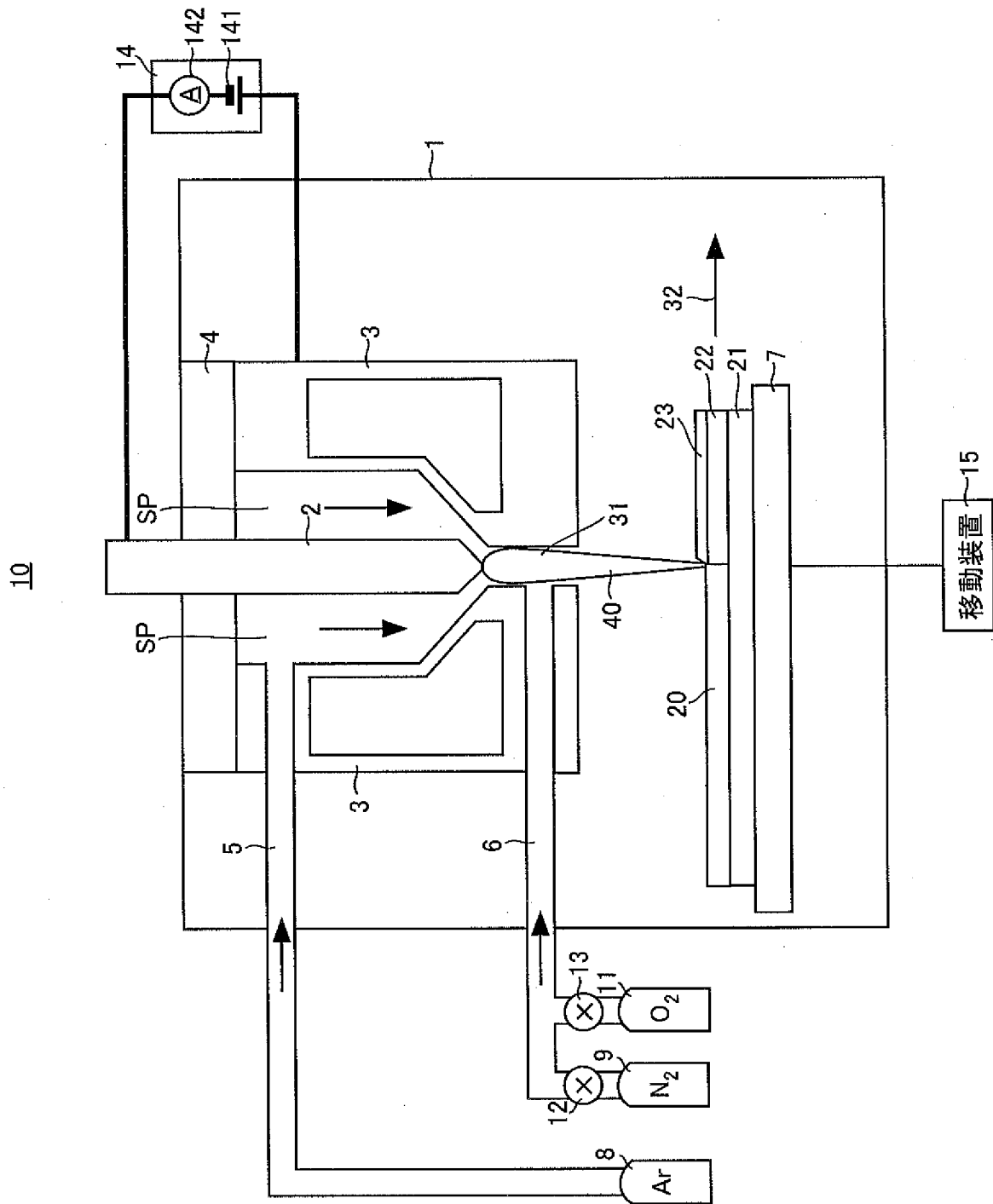
[8] 前記陰極は、タングステン、ハフニウムおよびジルコニウムのいずれからなり、

前記第2のステップにおいて、アルゴンガスが前記不活性ガスとして供給され、

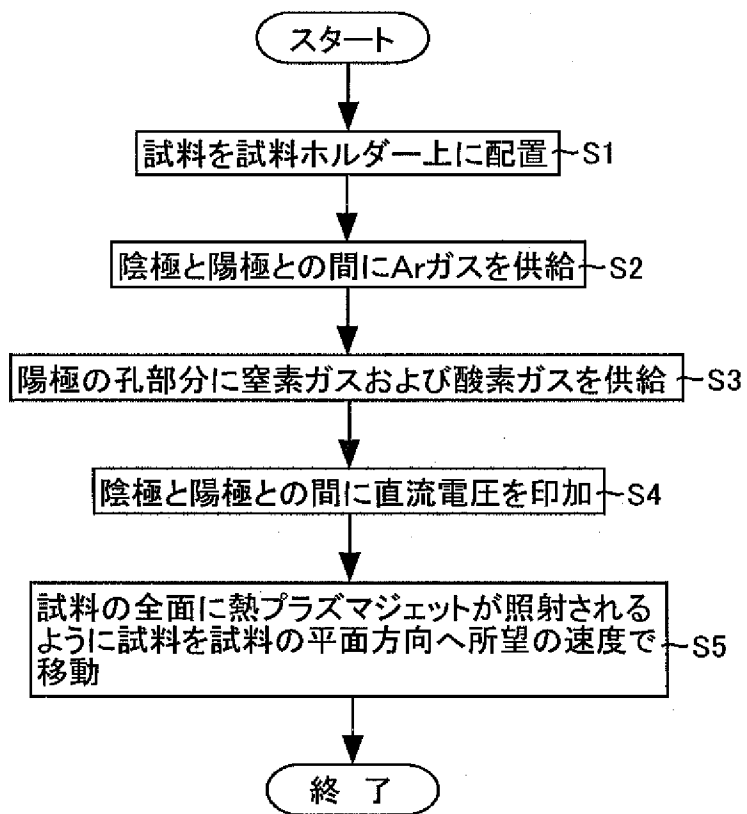
前記第3のステップにおいて、酸素ガスおよび／または窒素ガスが前記酸素源および／または前記窒素源となるガスとして供給される、請求の範囲第7項に記載の結晶製造方法。

[9] 前記試料を前記試料の平面方向へ所望の速度で移動させる第5のステップをさらに備える、請求の範囲第6項に記載の結晶製造方法。

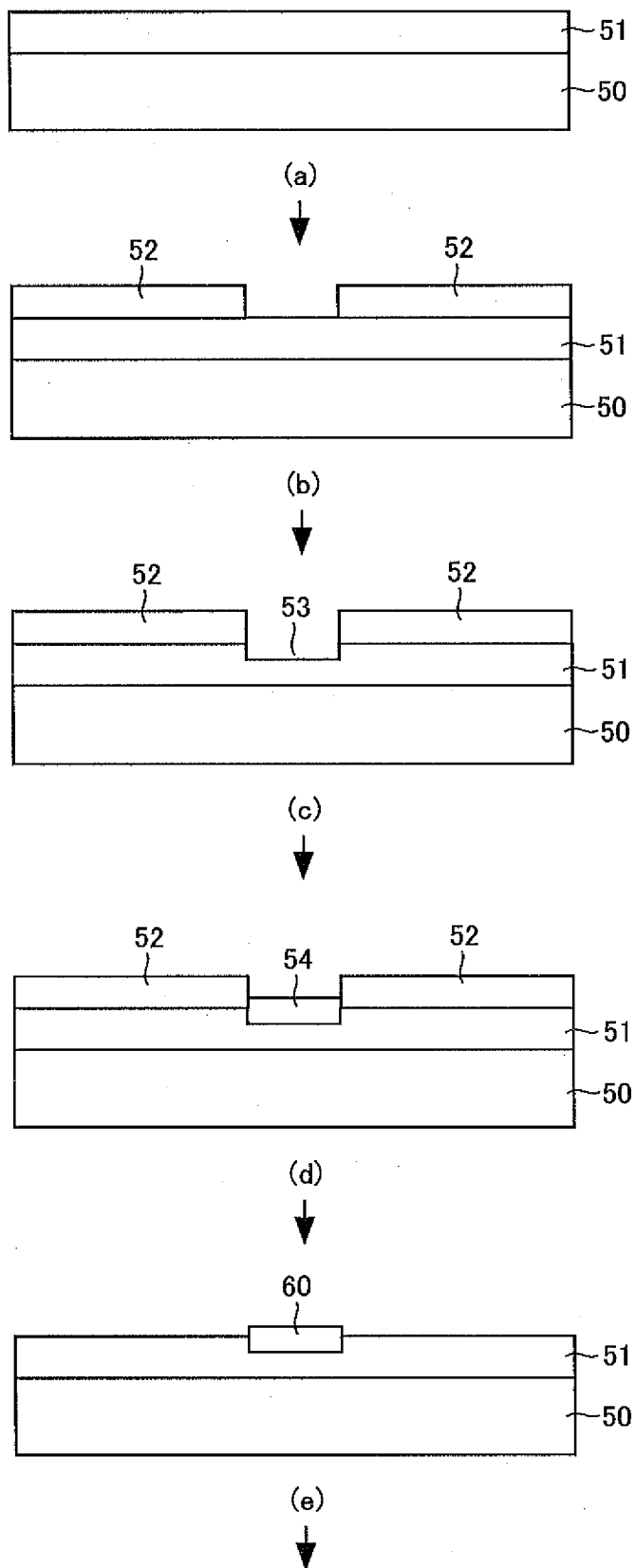
[図2]



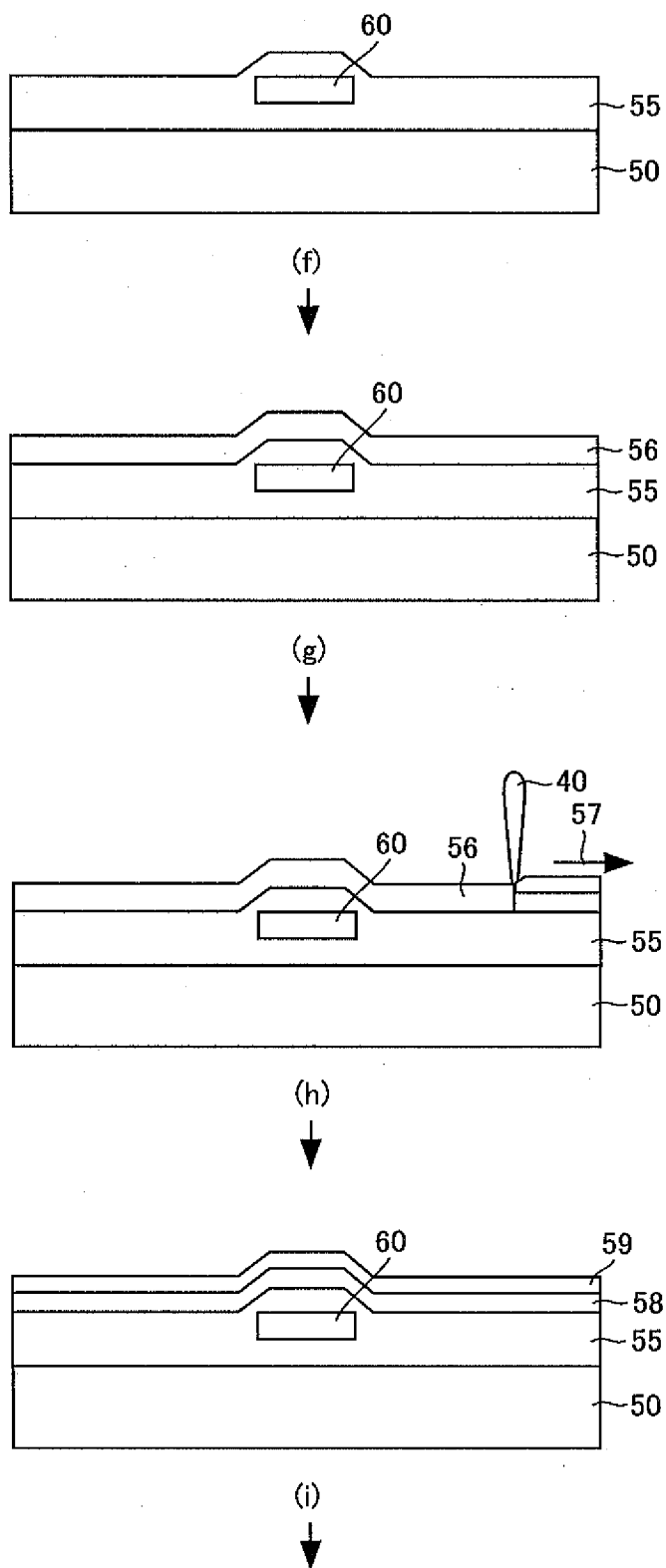
[図3]



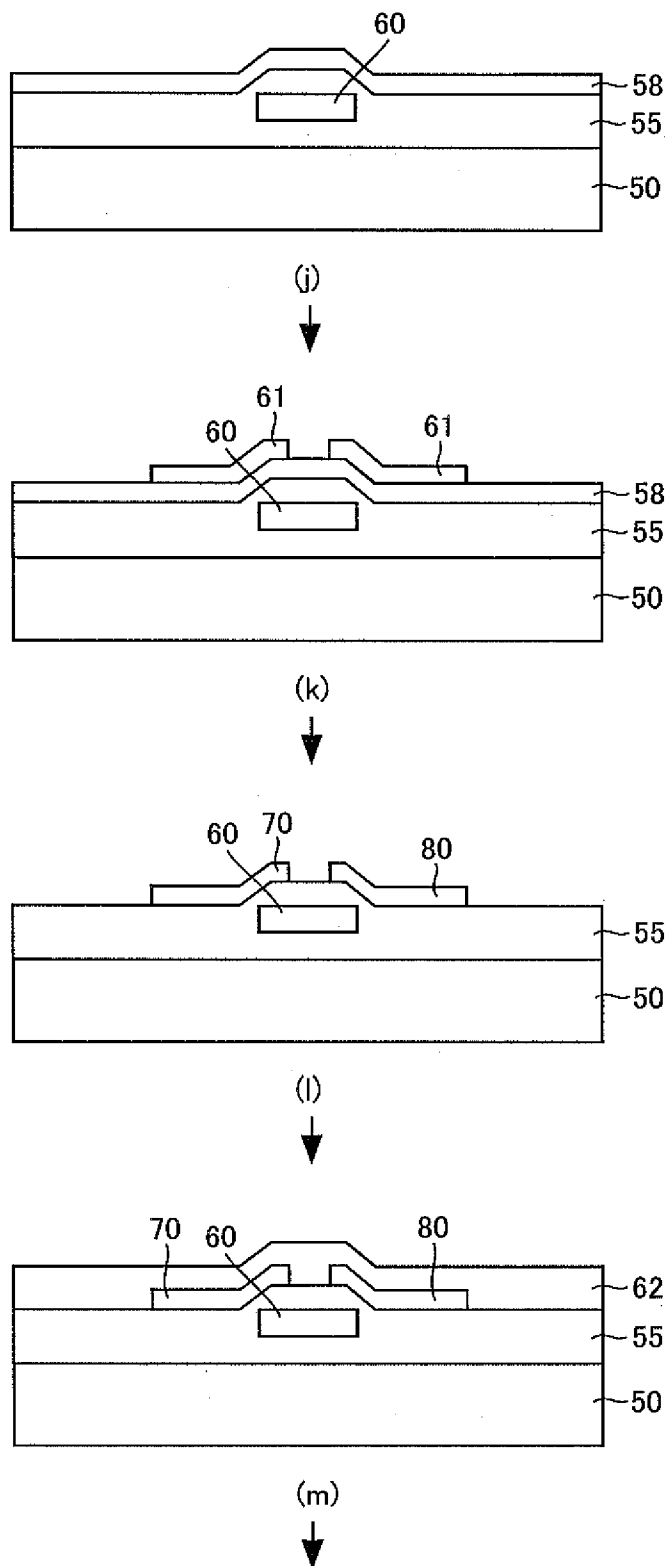
[図4]



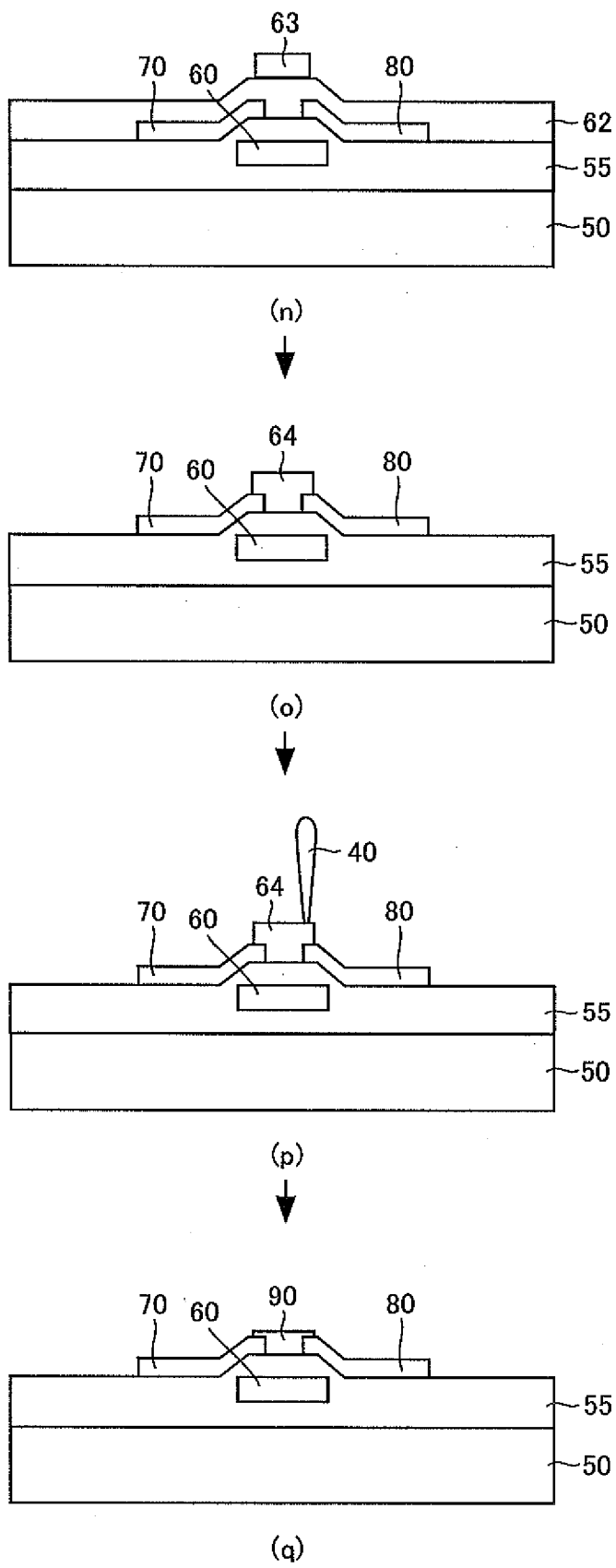
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/002068

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C14/58(2006.01)i, C04B41/80(2006.01)i, C23C16/513(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)

C23C14/58, C04B41/80, C23C16/513

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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	JP 2004-300486 A (Fujitsu Ltd.), 28 October, 2004 (28.10.04), Fig. 2 (Family: none)	1-3
A	JP 2006-190493 A (Tohoku Techno Arch Co., Ltd.), 20 July, 2006 (20.07.06), Fig. 9; Par. No. [0017] (Family: none)	1-3

☐ 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
06 October, 2008 (06.10.08)

Date of mailing of the international search report
14 October, 2008 (14.10.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/002068

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:

The search has revealed that the matter common to the inventions in claims 1-9 is not novel since it is disclosed in Japanese Patent Laid-open No. 300486/2004, 28 October, 2004 (28.10.04), [Fig. 2].

Since the common matter makes no contribution over the prior art, it is not a special technical feature in the meaning of the second sentence of PCT rule 13.2.

Since there is no special technical feature in the meaning of the second sentence of PCT rule 13.2 which is common to all the inventions in claims 1-9, any technical relation in the meaning of PCT rule 13 cannot be found among these different inventions. (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.: 1 - 3

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, 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/JP2008/002068

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

As a result, it is obvious that the inventions in claims 1-9 do not satisfy the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C23C14/58(2006.01)i, C04B41/80(2006.01)i, C23C16/513(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. C23C14/58, C04B41/80, C23C16/513

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 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 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 請求の範囲の番号
X	JP 2004-300486 A（富士通株式会社）2004. 10. 28, 【図 2】（ファミリーなし）	1 - 3
A	JP 2006-190493 A（株式会社東北テクノアーチ）2006. 07. 20, 【図 9】, 【0 0 1 7】（ファミリーなし）	1 - 3

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

0 6 . 1 0 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

1 4 . 1 0 . 2 0 0 8

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）

横島 重信

4 G

3 5 5 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6

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（PCT17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. ☐ 請求の範囲 _____ 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. ☐ 請求の範囲 _____ 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. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT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ろの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1－9に係る発明に共通の事項は、特開2004-300486号公報、2004.10.28、【図2】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。

結果として、上記共通の事項は、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴ではない。

それ故、請求の範囲1－9に係る発明の全てに共通であるPCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴はないので、それらの相違する発明の間にPCT規則13の意味における技術的な関連を見いだすことはできない。

よって、請求の範囲1－9に係る発明は発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。

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の範囲について作成した。
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の範囲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の範囲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の範囲について作成した。

請求の範囲1－3

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。