

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-60130
(P2006-60130A)

(43) 公開日 平成18年3月2日(2006.3.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20	5 F 0 5 2
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 G	5 F 1 1 0
HO 1 L 21/336 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2004-242351 (P2004-242351)	(71) 出願人	504190548 国立大学法人埼玉大学 埼玉県さいたま市桜区下大久保2 5 5
(22) 出願日	平成16年8月23日 (2004.8.23)	(74) 代理人	100100918 弁理士 大橋 公治
		(74) 代理人	100108729 弁理士 林 紘樹
		(72) 発明者	白井 肇 埼玉県さいたま市桜区下大久保2 5 5 国 立大学法人 埼玉大学内
		Fターム(参考)	5F052 AA11 DA02 JA01 JA09 5F110 AA16 AA30 DD02 GG02 GG13 GG24 GG42 GG43 PP01 PP36

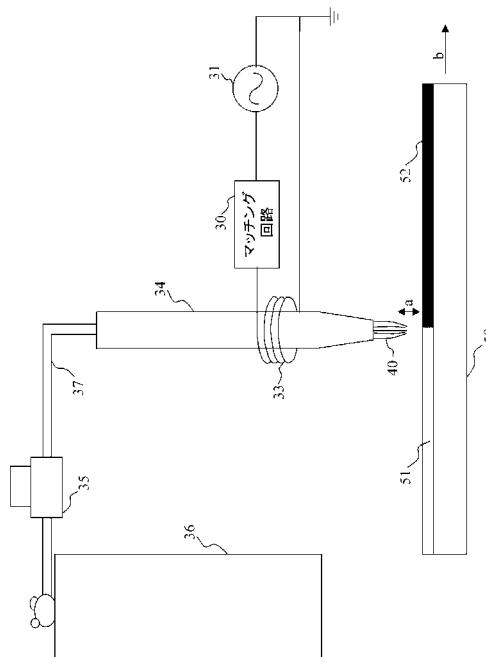
(54) 【発明の名称】 薄膜結晶化方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】アモルファス薄膜を簡単な構成で短時間に結晶化できる薄膜結晶化装置を提供する。

【解決手段】非結晶薄膜を溶融した後に再結晶化する薄膜結晶化装置に、絶縁体から成る細管34と、細管の一端にプラズマ生成ガスを導入するプラズマ生成ガス供給手段36と、細管34の周囲を囲むコイル33と、コイル33に高周波電力を供給する高周波電源31と、細管34の他端と非結晶薄膜51との対向位置、及び、細管34の他端と非結晶薄膜51との距離aを変える移動手段とを設け、細管34の他端に生成するマイクロプラズマジェット40を、大気中に配置された非結晶薄膜51に照射する。簡単な構成でありながら、非結晶薄膜を短時間で溶融することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

非結晶薄膜を溶融した後に再結晶化する薄膜結晶化方法において、
細管に導入したプラズマ生成ガスを前記細管の先端から大気中に噴出させて前記細管の先端にマイクロプラズマジェットを生成し、前記マイクロプラズマジェットを大気中で非結晶薄膜に照射して前記非結晶薄膜を溶融することを特徴とする薄膜結晶化方法。

【請求項 2】

前記細管を絶縁体で形成し、前記細管の周囲に設けたコイルに高周波電力を供給して前記細管内部に誘導電場を生成し、前記細管に導入したプラズマ生成ガスをプラズマ化することを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜結晶化方法。

10

【請求項 3】

前記細管を金属で形成し、前記細管に高周波電力を印加して前記細管の先端から噴出する前記プラズマ生成ガスをプラズマ化することを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜結晶化方法。

【請求項 4】

前記マイクロプラズマジェットの前記非結晶薄膜に対する照射位置を順次移動させることを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜結晶化方法。

【請求項 5】

複数の前記細管の先端に生成した複数の前記マイクロプラズマジェットを前記非結晶薄膜に同時に照射することを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜結晶化方法。

20

【請求項 6】

非結晶薄膜を溶融した後に再結晶化する薄膜結晶化装置において、
絶縁体から成る細管と、
前記細管の一端にプラズマ生成ガスを導入するプラズマ生成ガス供給手段と、
前記細管の周囲を囲むコイルと、
前記コイルに高周波電力を供給する高周波電源と、
前記細管の他端と前記非結晶薄膜との対向位置、及び、前記細管の他端と前記非結晶薄膜との距離を変える移動手段と
を備え、前記細管の他端に生成するマイクロプラズマジェットを、大気中に配置された前記非結晶薄膜に照射することを特徴とする薄膜結晶化装置。

30

【請求項 7】

非結晶薄膜を溶融した後に再結晶化する薄膜結晶化装置において、
金属から成る細管と、
前記細管の一端にプラズマ生成ガスを導入するプラズマ生成ガス供給手段と、
前記細管に高周波電力を供給する高周波電源と、
前記細管の他端と前記非結晶薄膜との対向位置を変える移動手段と
を備え、前記細管の他端に生成するマイクロプラズマジェットを、大気中に配置された前記非結晶薄膜に照射することを特徴とする薄膜結晶化装置。

【請求項 8】

前記細管を複数備えるとともに、複数の前記細管の相対的な位置を規定する位置決め手段を備え、前記複数の細管の他端に生成する各マイクロプラズマジェットを、大気中に配置された前記非結晶薄膜に照射することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の薄膜結晶化装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、シリコン (Si) 等のアモルファス薄膜を結晶化する方法と、その方法を実施する装置に関し、特に、簡単な装置で短時間に多結晶化することを可能にしたものである。

【背景技術】

50

【0002】

近年、多結晶シリコン薄膜は、薄膜トランジスタ（TFT）のチャネル層や太陽電池用基板等に利用されている。

この多結晶シリコン薄膜は、下記特許文献1に記載されているように、ガラス基板やSiO₂膜上にシリコンのアモルファス薄膜を形成し、これにレーザを照射して結晶化する方法（レーザアニール）で主に生成される。

【0003】

図5は、下記特許文献1に記載されたレーザアニール装置を示している。この装置は、高エネルギーのエキシマレーザを出力するレーザ発振器20と、レーザ光21の方向を変える反射ミラー27と、レーザ光を方形のラインビームに整形するための長軸ホモジナイザー22a及び短軸ホモジナイザー22bと、レーザ光の方向を変える反射ミラー28と、基板50上のアモルファスシリコン51にラインビーム24を集光する集光レンズ23とを備えている。

アモルファスシリコン膜51が形成された基板50は、レーザアニール装置の真空室内に設置され、このアモルファスシリコン膜51に長軸（紙面に垂直な方向）×短軸（紙面に平行な方向）が約200×0.4mmの方形のラインビーム24が照射される。また、アモルファスシリコン膜51の全面を結晶化するために、ラインビーム24の1ショット当たり、ラインビーム短軸幅の5～10%の送りピッチで基板50を短軸方向（矢印方向）に移動している。そのため、基板50は、同一箇所10～20回のレーザ光の照射を受けることになる。

【0004】

レーザが照射されたアモルファスシリコン膜51は、熔融（シリコンの熔融温度は1200）した後、冷却速度の速い熔融領域の縁部分から固化が始まり、固化した部分が成長核となって結晶が生成する。そして、基板50の同一箇所が複数回レーザ照射されることで結晶が成長し、結晶化度の高い多結晶シリコン膜52が生成する。

こうしたレーザアニールにより、結晶粒1～2μmの多結晶シリコン膜を得ることができる。

【特許文献1】特開2003-282433号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、レーザを用いる装置は、大掛かりで高価であり、製品の製造コストが高くなるという問題点がある。

本発明は、こうした従来の問題点を解決するものであり、アモルファス薄膜を簡単な装置により短時間で結晶化することができる薄膜結晶化方法を提供し、また、それを実施する装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

そこで、本発明では、非結晶薄膜を熔融した後、再結晶化する薄膜結晶化方法において、細管に導入したプラズマ生成ガスを細管の先端から大気中に噴出させて細管の先端にマイクロプラズマジェットを生成し、このマイクロプラズマジェットを大気中で非結晶薄膜に照射して非結晶薄膜を熔融するようにしている。

この方法では、大掛かりな装置が不要である。また、高温のプラズマを用いているため、極めて短時間で非結晶薄膜を熔融することができる。

【0007】

また、本発明の薄膜結晶化方法では、細管を絶縁体で形成し、細管の周囲に設けたコイルに高周波電力を供給して細管内部に誘導電場を生成し、細管に導入したプラズマ生成ガスをプラズマ化する。

【0008】

また、本発明の薄膜結晶化方法では、細管を金属で形成し、細管に高周波電力を印加し

10

20

30

40

50

て細管の先端から噴出するプラズマ生成ガスをプラズマ化する。

【0009】

また、本発明の薄膜結晶化方法では、マイクロプラズマジェットの新結晶薄膜に対する照射位置を順次移動させる。

マイクロプラズマジェットを新結晶薄膜上で相対的に1次元または2次的に走査することにより、線形状または面状の結晶化を実現することができる。

【0010】

また、本発明の薄膜結晶化方法では、複数の細管の先端に生成した複数のマイクロプラズマジェットを新結晶薄膜に同時に照射するようにしている。

この方法では、新結晶薄膜全体の結晶化を短時間で行うことができる。

10

【0011】

また、本発明では、新結晶薄膜を溶融した後に再結晶化する薄膜結晶化装置に、絶縁体から成る細管と、細管の一端にプラズマ生成ガスを導入するプラズマ生成ガス供給手段と、細管の周囲を囲むコイルと、コイルに高周波電力を供給する高周波電源と、細管の他端と新結晶薄膜との対向位置、及び、細管の他端と新結晶薄膜との距離を変える移動手段とを設け、細管の他端に生成するマイクロプラズマジェットを、大気中に配置された新結晶薄膜に照射するように構成している。

そのため、簡単な構成でありながら、新結晶薄膜を短時間で溶融することができる。また、細管の他端と新結晶薄膜との距離や、プラズマ生成ガスの導入流量、高周波電力等を制御して、新結晶薄膜に作用するプラズマの温度、エネルギーを調整することができる。

20

【0012】

また、本発明では、薄膜結晶化装置に、金属から成る細管と、細管の一端にプラズマ生成ガスを導入するプラズマ生成ガス供給手段と、細管に高周波電力を供給する高周波電源と、細管の他端と新結晶薄膜との対向位置を変える移動手段とを設け、細管の他端に生成するマイクロプラズマジェットを、大気中に配置された新結晶薄膜に照射するように構成している。

そのため、簡単な構成でありながら、新結晶薄膜を短時間で溶融することができる。また、プラズマ生成ガスの導入流量や高周波電力等を制御して、新結晶薄膜に作用するプラズマの温度、エネルギーを調整することができる。

30

【0013】

また、本発明の薄膜結晶化装置では、細管を複数設けると共に、複数の細管の相対的な位置を規定する位置決め手段を設け、複数の細管の他端に生成する各マイクロプラズマジェットを、大気中に配置された新結晶薄膜に照射するようにしている。

この装置では、新結晶薄膜の広い面積を短時間で結晶化することができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明の薄膜結晶化方法及び装置では、レーザアニールに比べて、極めて簡単な構成の装置で、アモルファス薄膜を溶融し、再結晶化することができ、また、大気中において短時間でアモルファス薄膜の溶融・再結晶化が可能である。そのため、多結晶薄膜を低コストで製造することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

(第1の実施形態)

本発明の薄膜結晶化方法では、大気中で、アモルファスシリコン膜に、微小径のプラズマ噴出炎(マイクロプラズマジェット)を照射して多結晶シリコンを生成する。

図1は、この方法を実施する第1の実施形態の装置を模式的に示している。この装置は、マイクロプラズマジェット40を生成する石英パイプ34と、石英パイプ34内に高周波電磁界を発生するコイル33と、コイル33に電磁波を供給する高周波電源31と、高周波電源31及びコイル33間の整合を図るマッチング回路30と、ガス導入管37を通じて石英パイプ34にアルゴン、ヘリウム、酸素、窒素等のプラズマ生成ガスを供給する

50

ガス供給源 36 と、プラズマ生成ガスの流量を制御する流量調節器 35 とを備えており、また、アモルファスシリコン膜 51 が形成された基板 50 とマイクロプラズマジェット 40 との相対位置（矢印 a 方向及び矢印 b 方向）を変えるための移動手段（不図示）を備えている。

【0016】

石英パイプ 34 は、100 mm の全長を有し、内径 2 mm の円筒形状の先端が細く成形され、マイクロプラズマジェット 40 を噴出する噴出口の口径は、100 μ に設定されている。また、高周波電源 31 は、144 MHz の高周波電力（100 W）を出力し、マッチング回路 30 は、コイル 33 から高周波電源 31 に戻る反射波が最小となるように調整している。

10

高周波電源 31 から供給された高周波電流がコイル 33 に流れると、コイル 33 は、石英パイプ 34 内に誘導電場を発生する。そのため、プラズマ生成ガスとして例えばアルゴン（Ar）ガスを使用する場合は、ガス供給源 36 から供給され、流量調節器 35 で所定圧力に調整されて石英パイプ 34 内に流入するアルゴンガスのアルゴン原子は、誘導電場で電離して高温（6000 ~ 7000）のプラズマとなり、アルゴンガスの流入圧力に押されて石英パイプ 34 先端の噴出口から大気中に噴き出る。噴き出したプラズマは、大気存在により、拡散することなく、1 cm³ 当り 10¹⁷ 個の電子密度を有するマイクロプラズマジェット 40 を生成する。このマイクロプラズマジェット 40 のエネルギーは、アルゴンガスの流量を調節する流量調節器 35 や、高周波電源 31 の供給電力を制御して変えることができる。

20

【0017】

蒸着やスパッタリング等の方法でガラス等の基板 50 上に、TF T への利用に適した膜厚（0.3 μ 前後）のアモルファスシリコン膜 51 を形成し、この基板 50 と石英パイプ 34 との相対距離を、マイクロプラズマジェット 40 の先端がアモルファスシリコン膜 51 に達するように調整して、マイクロプラズマジェット 40 をアモルファスシリコン膜 51 に照射すると、照射位置のアモルファスシリコン膜 51 は、数ミリ秒以下の短時間の照射で溶融し、局所的に結晶化する。

また、アモルファスシリコン膜 51 の同一箇所に対するマイクロプラズマジェット 40 の延べ照射時間が数ミリ秒程度となる速さで、基板 50 を石英パイプ 34 に対して矢印 b の方向に相対的に移動（走査）して行くと、マイクロプラズマジェット 40 が照射された軌跡上に結晶化したシリコン 52 が生成する。また、この走査を 2 次元的に実施すれば、平面状の多結晶シリコン膜を得ることができる。

30

【0018】

図 2 は、2 次元的な走査で 5 × 5 cm² の面積の多結晶シリコン薄膜を形成し、その幾つかの点でラマン散乱スペクトルを測定した結果を示している。図 2 の横軸はラマンシフトを表す波数値（cm⁻¹）、縦軸はラマン散乱光の強度（任意単位）を示し、また、線 b はマイクロプラズマジェット照射前のアモルファスシリコン膜 51 の測定結果、線 a はマイクロプラズマジェット照射後の膜 52 の測定結果をそれぞれ示している。マイクロプラズマジェット照射後のシリコン膜は、結晶シリコンのラマンシフトを表す 515 cm⁻¹ の波数値においてラマン散乱光強度のピークを有し、その半値幅（約 5.2 cm⁻¹）は単結晶シリコンの半値幅にほぼ等しいため、シリコン薄膜の結晶化していることが分かる。生成された結晶粒の大きさは 1 ~ 2 μ であり、レーザアニールの場合と同程度である。

40

【0019】

また、この装置では、アモルファスシリコン膜の膜厚が 3 μ 程度の場合でも、マイクロプラズマジェット 40 の同一位置での照射時間を増やしたり、基板 50 と石英パイプ 34 との相対距離を近づけたりすることにより、この厚さの膜全体を溶融して結晶化することができる。太陽電池では、光注入キャリアの輸送が膜厚方向であるため、多結晶シリコン膜の厚さとして 2 ~ 3 μ を必要とするが、マイクロプラズマジェットを用いて結晶化を図るこの装置では、TF T に適した 0.3 μ 前後から太陽電池への利用に適した 3 μ に至る広い膜厚範囲の多結晶化シリコン膜を短時間に生成することができる。

50

【0020】

また、マイクロプラズマジェット40を同一位置に1秒以上照射すると、照射位置のアモルファスシリコン膜51が蒸発し、ガラス基板50に孔が空く。そのため、この装置では、マイクロプラズマジェットの照射時間や照射位置を制御することにより、薄膜を備えた基板に貫通孔を設けたり、溝を形成したり、所定位置で切断したりする等、精密加工を施すこともできる。

従って、この装置一つで、アモルファスシリコン膜が形成された基板の微細加工や、所定の線形状または面領域のみの選択的な結晶化、あるいは膜全体の結晶化を行うことが可能である。

【0021】

このように、この薄膜結晶化装置は、レーザアニール装置に比較して構造が極めて簡単であり、大気中においてアモルファス膜を短時間で再結晶化することができ、多結晶薄膜を低コストで製造することができる。また、広い膜厚範囲の素材に対して再結晶化が可能であり、また、微細パターンに沿った再結晶化や、基板を含む全体の微細加工なども可能である。

【0022】

なお、ここでは、プラズマ生成に石英パイプを用いる場合について説明したが、石英以外の絶縁素材でパイプを形成しても良い。また、ここで示した石英パイプの形状や高周波電源の特性等を示す数値は、一例であって、それに限るものではない。

【0023】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態では、金属パイプを用いてプラズマ生成ガスのマイクロプラズマジェットを生成する薄膜結晶化装置について説明する。

この装置は、図3に示すように、注射針のように細い金属パイプ60と、金属パイプ60に電磁波を供給する高周波電源31と、高周波電源31及び金属パイプ60間の整合を図るマッチング回路30と、ガス導入管37を通じて金属パイプ60にプラズマ生成ガスを供給するガス供給源36と、プラズマ生成ガスの流量を制御する流量調節器35と、金属パイプ60を保持する保持具61と、保持具61を一定の高さで支える支柱62と、アモルファスシリコン膜が形成された基板50を載せる基台63とを備えており、また、基板50を基台63の面上で移動する移動手段(不図示)を備えている。

【0024】

この装置では、金属パイプ60の先端と基板50との距離aを1~3mmの間で固定する。

ガス供給源36から例えばアルゴン(Ar)ガスが供給される場合では、流量調節器35で所定圧力に調整されたアルゴンガスは、金属パイプ60に流入し、金属パイプ60の先端から大気中に噴き出す。高周波電圧を印加した金属パイプ60の先端には、減圧下で形成されるグロープラズマと酷似した大気圧グロー放電が形成され、金属パイプ60の先端のみにアルゴン原子のプラズマから成るマイクロプラズマジェットが生成する。

【0025】

このマイクロプラズマジェットを基板50上のアモルファスシリコン膜に照射して、シリコン膜を再結晶化する。この際の処理は、第1の実施形態と同様である。

ただ、この装置の場合、大気圧グロー放電を維持するためには、金属パイプ60の先端と基板50との距離aを一定に保つ必要があり、第1の実施形態の装置と違って、金属パイプ60の先端と基板50との相対距離を制御してアモルファスシリコン膜の溶融を調整する手法を採ることができない。

【0026】

(第3の実施形態)

本発明の第3の実施形態では、広い面積の再結晶化を同時に行うことができる薄膜結晶化装置について説明する。

この装置は、図4に示すように、複数のマイクロプラズマジェットを同時に生成する複

10

20

30

40

50

数の金属パイプ60を備えたマイクロプラズマアレイ70を有しており、このマイクロプラズマアレイ70は、複数の金属パイプ60が貫通する状態で植設された銅板72と、ガス導入管37から導入されるプラズマ生成ガスを銅板72と共働して閉じ込める収納容器71とを備えている。なお、高周波電源31からの電磁波は、銅板72を介して各金属パイプ60に供給される。

【0027】

ガス供給源からガス導入管37を通じて供給されるアルゴンガスは、収納容器71及び銅板72で囲まれた空間に流入し、銅板72により相互の相対位置が固定された複数の金属パイプ60の孔を通じて、基板50が存在する側の大気中に噴出する。また、各金属パイプ60には、銅板72を介して、高周波電源31の高周波電圧が印加されており、各金属パイプ60の先端にはアルゴン原子のプラズマから成るマイクロプラズマジェットが生成する。

10

この複数のマイクロプラズマジェットを同時に基板50上のアモルファスシリコン膜に照射して、シリコン膜の広い部分を同時に再結晶化することができ、また、マイクロプラズマアレイ70を基板50に対して相対的に走査して、アモルファスシリコン膜全面の結晶化を短時間で行うことができる。

【0028】

なお、ここでは、第2の実施形態の金属パイプを複数設ける場合について説明したが、マイクロプラズマアレイ70に第1の実施形態の石英パイプを複数設けて、それらの相対位置を固定するようにしても良い。

20

また、各実施形態では、シリコンの再結晶化について説明したが、本発明の装置及び方法は、シリコン以外の物質の再結晶化にも広く用いることができる。

【産業上の利用可能性】

【0029】

本発明の薄膜結晶化方法及び装置は、TFEや太陽電池に使用する多結晶シリコン薄膜を始めとして、電子デバイスや光学素子、装飾品等に用いる各種結晶化膜を製造するために利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の第1の実施形態における薄膜結晶化装置の構成を示す図

30

【図2】非結晶薄膜と本発明の第1の実施形態における薄膜結晶化方法で生成した結晶化薄膜とのラマンスペクトルを示す図

【図3】本発明の第2の実施形態における薄膜結晶化装置の構成を示す図

【図4】本発明の第3の実施形態における薄膜結晶化装置の構成を示す図

【図5】従来のレーザアニール装置の構成を示す図

【符号の説明】

【0031】

- 20 レーザ発振器
- 21 レーザ光
- 22 a 長軸ホモジナイザー
- 22 b 短軸ホモジナイザー
- 23 集光レンズ
- 24 ラインビーム
- 27 反射ミラー
- 28 反射ミラー
- 30 マッチング回路
- 31 高周波電源
- 33 コイル
- 34 石英パイプ
- 35 流量調節器

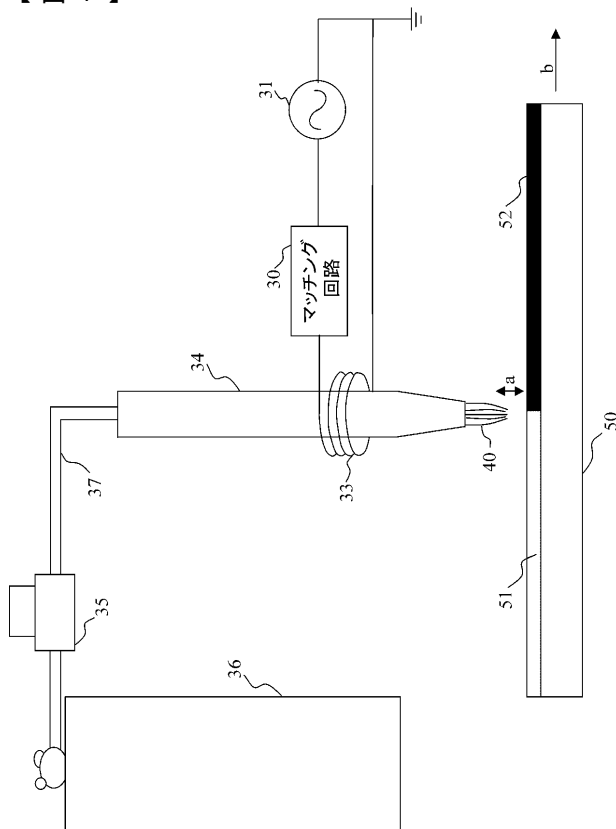
40

50

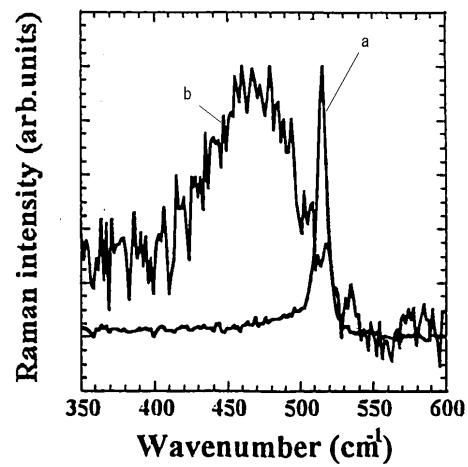
- 36 ガス供給源
- 37 ガス導入管
- 40 マイクロプラズマジェット
- 50 基板
- 51 アモルファスシリコン
- 52 多結晶シリコン
- 60 金属パイプ
- 61 保持具
- 62 支柱
- 63 基台
- 70 マイクロプラズマアレイ
- 71 収納容器
- 72 銅板

10

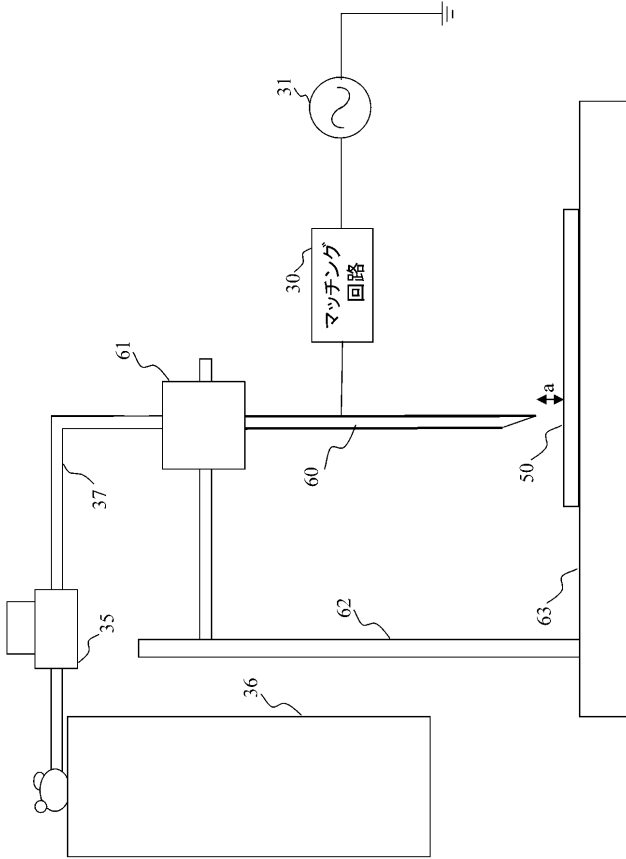
【図1】



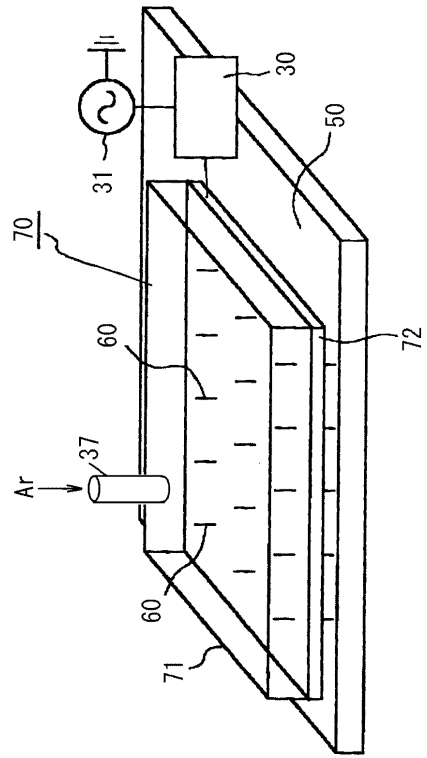
【図2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

