

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4701376号
(P4701376)

(45) 発行日 平成23年6月15日(2011.6.15)

(24) 登録日 平成23年3月18日(2011.3.18)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 21/20 (2006.01) HO 1 L 21/20
 HO 1 L 21/336 (2006.01) HO 1 L 29/78 6 2 7 G
 HO 1 L 29/786 (2006.01)

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-242351 (P2004-242351)
 (22) 出願日 平成16年8月23日(2004.8.23)
 (65) 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)
 審査請求日 平成18年10月31日(2006.10.31)

(73) 特許権者 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255
 (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255 国
 立大学法人 埼玉大学内
 審査官 萩原 周治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜結晶化方法

(57) 【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、前記細管の先端から距離を置いた非結晶薄膜に前記マイクロプラズマジェットを大気中で照射し、該非結晶薄膜の同一位置への照射時間を1秒より短い時間に設定して前記非結晶薄膜を溶融するとともに、

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して前記マイクロプラズマジェットを生成することを特徴とする薄膜結晶化方法。

【請求項2】

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、前記細管の先端から距離を置いた非結晶薄膜に前記マイクロプラズマジェットを大気中で照射し、該非結晶薄膜の同一位置への照射時間を1秒より短い時間に設定して前記非結晶薄膜を溶融するとともに、

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し、前記細管の先端から1~3mmの距離に置いた非結晶薄膜に前記マイクロプラズマジェットを照射することを特徴とする薄膜結晶化方法。

10

20

【請求項 3】

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 または 2 に記載の薄膜結晶化方法。

【請求項 4】

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 または 2 に記載の薄膜結晶化方法。

【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。

10

【背景技術】

【0002】

近年、多結晶シリコン薄膜は、薄膜トランジスタ (TFT) のチャン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】

20

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 × 0.4 mm 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、同一箇所にも 10 ~ 20 回のレーザ光の照射を受けることになる。

30

【0004】

レーザが照射されたアモルファスシリコン膜 51 は、溶融 (シリコンの溶融温度は 1200) した後、冷却速度の速い溶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 ~ 2 μ の多結晶シリコン膜を得ることができる。

40

【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することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

50

【0006】

そこで、本発明では、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、前記細管の先端から距離を置いた非結晶薄膜にこのマイクロプラズマジェットを大気中で照射し、該非結晶薄膜の同一位置への照射時間を1秒より短い時間に設定して非結晶薄膜を溶融するとともに、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してマイクロプラズマジェットを生成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溶融することができる。

10

【0008】

また、本発明の薄膜結晶化方法では、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、細管の先端から距離を置いた非結晶薄膜にマイクロプラズマジェットを大気中で照射し、該非結晶薄膜の同一位置への照射時間を1秒より短い時間に設定して非結晶薄膜を溶融するとともに、細管を金属で形成し、細管に高周波電力を印加し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し、細管の先端から1～3mmの距離に置いた非結晶薄膜にマイクロプラズマジェットを照射するようにしている。

20

【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非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非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非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、非結晶薄膜全体の結晶化を短時間で行うことができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明の薄膜結晶化方法では、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。

30

【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。

40

【0016】

石英パイプ34は、100mmの全長を有し、内径2mmの円筒形状の先端が細く成形

50

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、144MHzの高周波電力(100W)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。

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、1cm³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。

【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熔融し、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。

【0018】

図2は、2次元的な走査で5 \times 5cm²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515cm⁻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5.2cm⁻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。

【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熔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。

【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。

10

20

30

40

50

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解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】

10

20

30

40

50

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。

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。

10

【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。

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、TFT 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。

20

【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

【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】従来レーザーアニール装置の構成を示す図

【符号の説明】

30

【0031】

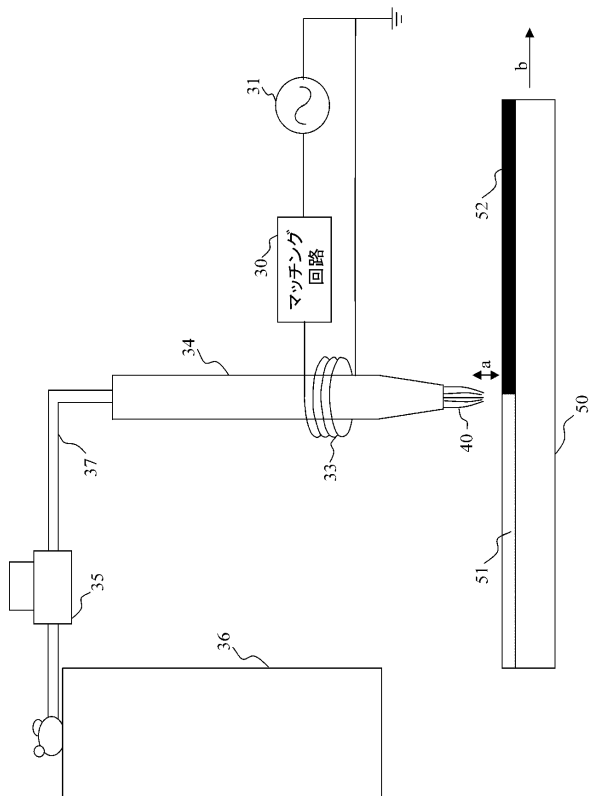
- 20 レーザ発振器
- 21 レーザ光
- 22 a 長軸ホモジナイザー
- 22 b 短軸ホモジナイザー
- 23 集光レンズ
- 24 ラインビーム
- 27 反射ミラー
- 28 反射ミラー
- 30 マッチング回路
- 31 高周波電源
- 33 コイル
- 34 石英パイプ
- 35 流量調節器
- 36 ガス供給源
- 37 ガス導入管
- 40 マイクロプラズマジェット
- 50 基板 50
- 51 アモルファスシリコン
- 52 多結晶シリコン

40

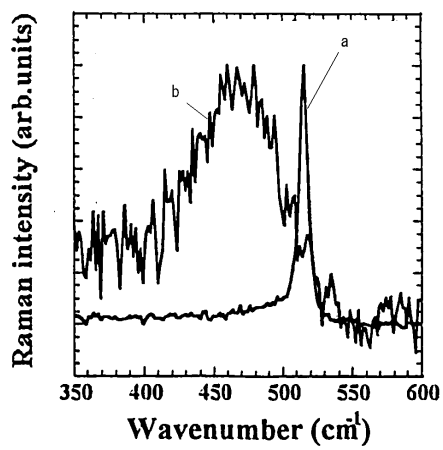
50

- 6 0 金属パイプ
- 6 1 保持具
- 6 2 支柱
- 6 3 基台
- 7 0 マイクロプラズマアレイ
- 7 1 収納容器
- 7 2 銅板

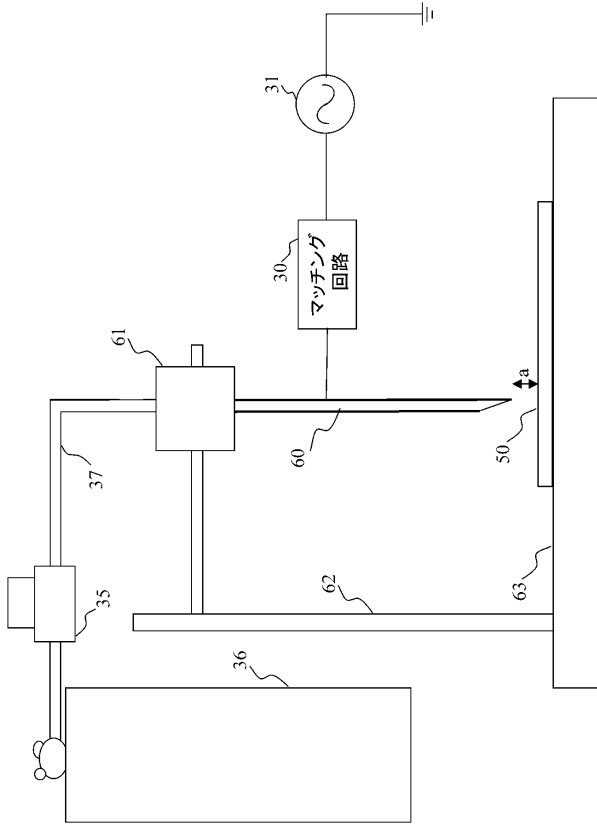
【図1】



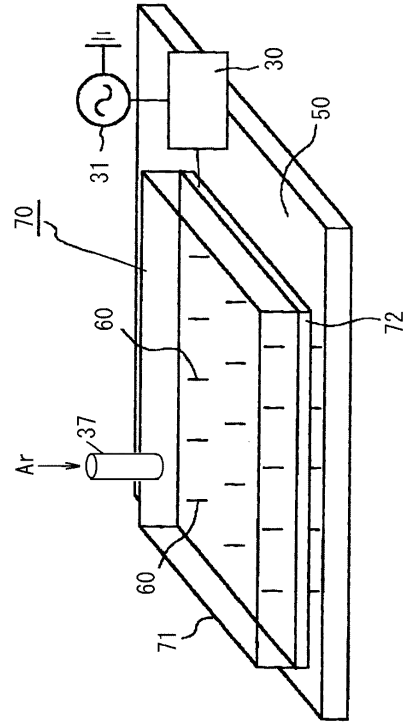
【図2】



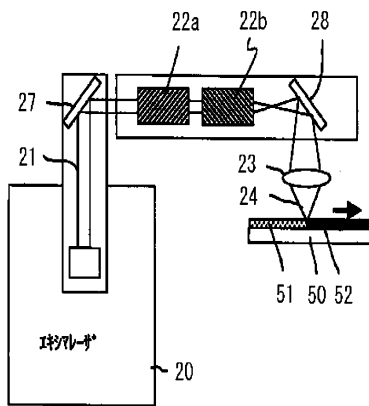
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 4 5 1 4 8 (J P , A)
特表平 0 2 - 5 0 4 0 4 6 (J P , A)
特開昭 6 2 - 2 9 0 1 2 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 6 0 5 9 7 (J P , A)
特開平 0 5 - 2 2 6 2 6 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 2 0
H 0 1 L 2 1 / 2 6 - 2 1 / 2 6 8
H 0 1 L 2 1 / 3 2 2 - 2 1 / 3 2 6
H 0 1 L 2 1 / 3 3 6
H 0 1 L 2 9 / 7 8 6