

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4256300号
(P4256300)

(45) 発行日 平成21年4月22日 (2009. 4. 22)

(24) 登録日 平成21年2月6日 (2009. 2. 6)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 23/225 (2006. 01)

GO 1 N 23/225

GO 1 N 23/203 (2006. 01)

GO 1 N 23/203

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-159089 (P2004-159089)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成16年5月28日 (2004. 5. 28)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2005-337959 (P2005-337959A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成17年12月8日 (2005. 12. 8)	(74) 代理人	100075812
審査請求日	平成18年10月5日 (2006. 10. 5)		弁理士 吉武 賢次
		(74) 代理人	100088889
			弁理士 橘谷 英俊
		(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100096921
			弁理士 吉元 弘
		(74) 代理人	100103263
			弁理士 川崎 康
		(74) 代理人	100108785
			弁理士 箱崎 幸雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板検査方法および基板検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子ビームを生成して試料である基板に一次電子ビームとして照射する工程と、
前記一次電子ビームの照射を受けて前記基板から放出される二次電子、反射電子および後方散乱電子の少なくともいずれかを導いて二次電子ビームとして拡大投影し、結像させる工程と、

結像した前記二次電子ビームを検出して前記基板の状態を表わす信号を出力する工程と、

前記二次電子ビームの焦点面内の位置であって前記二次電子ビームの焦点と異なる位置を通過するように前記一次電子ビームを偏向する工程と、

を備える基板検査方法。

【請求項 2】

電子ビームを生成して試料である基板に一次電子ビームとして照射する電子ビーム照射手段と、

前記一次電子ビームの照射を受けて前記基板から放出される二次電子、反射電子および後方散乱電子の少なくともいずれかを検出して前記基板の状態を表わす信号を出力する検出手段と、

前記二次電子、前記反射電子および前記後方散乱電子の少なくともいずれかを導いて二次電子ビームとして拡大投影し、前記検出手段の検出面に結像させる写像投影手段と、

前記二次電子ビームの焦点面内の位置であって前記二次電子ビームの焦点と異なる位置

10

20

を通過するように前記一次電子ビームを偏向する偏向手段と、
を備える基板検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板検査方法および基板検査装置に関し、例えば電子ビームを用いた半導体パターン等の検査を対象とする。

【背景技術】

【0002】

近年、電子ビームを利用して半導体パターンの欠陥を検査する手法が提案されている。例えば特許文献1には、矩形状の電子ビームを電子照射手段にて形成して一次電子ビームとして試料に照射し、その試料表面の形状／材質／電位の変化に応じて発生した二次電子、反射電子および後方散乱電子である二次電子ビームを写像投影光学手段にて電子検出部に拡大投影し、試料表面画像を得る手法が記載されている。さらに、この手法に加え、例えば特許文献2には、一次電子ビームを電子ビーム偏向手段であるウィーンフィルタにて偏向させ、試料表面に対してほぼ垂直に入射させ、なおかつ二次電子ビームを同一のウィーンフィルタ内を直進させて写像投影手段に導入する方法が提案されている。

【0003】

特許文献2に開示の装置では、一次電子ビームを試料に対して垂直に入射するために、ウィーンフィルタを用いてケーラー（Koehler）照明系を形成している。即ち、ウィーンフィルタに入射してきた一次電子ビームに対し、ウィーンフィルタとカソードレンズとの間で一次電子ビームの焦点と2次ビームの焦点とが一致するようにウィーンフィルタが一次電子ビームを偏向する。さらに、ウィーンフィルタでの偏向収差の影響を最小限にするため、二次電子ビームをウィーンフィルタ中心面上で一旦結像させている。

【0004】

しかしながら、特許文献2に開示の装置においては、ウィーンフィルタと試料との間で、一次電子ビームと二次電子ビームが重複する領域が存在する。この重複領域内では、電子密度が高いために電子の相互作用、所謂空間電荷効果が大きく作用し、二次電子ビームの収差増大を引き起こすという問題があった。特に、二次電子ビームの焦点位置は二次電子ビームの電流密度が最も高く、なおかつ一次電子ビームの電流密度が最も高い一次電子ビームの焦点位置も同じ位置に存在するので、上記重複領域内で二次電子ビームの空間電荷効果がもっとも大きく作用してしまう。

【特許文献1】特開平7-249393号公報

【特許文献2】特開平11-132975号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、一次電子ビームと二次電子ビームとの重複領域で二次電子ビームの空間電荷効果による収差増大を抑制することにより高感度での検査を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0007】

即ち、本発明によれば、

電子ビームを生成して試料である基板に一次電子ビームとして照射する工程と、

前記一次電子ビームの照射を受けて前記基板から放出される二次電子、反射電子および後方散乱電子の少なくともいずれかを導いて二次電子ビームとして拡大投影し、結像させる工程と、

結像した前記二次電子ビームを検出して前記基板の状態を表わす信号を出力する工程と、

、

10

20

30

40

50

前記二次電子ビームの焦点面内の位置であって前記二次電子ビームの焦点と異なる位置を通過するように前記一次電子ビームを偏向する工程と、

を備える基板検査方法が提供される。

【0009】

また、本発明によれば、

電子ビームを生成して試料である基板に一次電子ビームとして照射する電子ビーム照射手段と、

前記一次電子ビームの照射を受けて前記基板から放出される二次電子、反射電子および後方散乱電子の少なくともいずれかを検出して前記基板の状態を表わす信号を出力する検出手段と、

前記二次電子、前記反射電子および前記後方散乱電子の少なくともいずれかを導いて二次電子ビームとして拡大投影し、前記検出手段の検出面に結像させる写像投影手段と、

前記二次電子ビームの焦点面内の位置であって前記二次電子ビームの焦点と異なる位置を通過するように前記一次電子ビームを偏向する偏向手段と、

を備える基板検査装置が提供される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、一次電子ビームと二次電子ビームとの重複領域で二次電子ビームの空間電荷効果による収差増大を抑制できるので、より高感度での検査を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0013】

(1) 第1の実施の形態

図1は、本発明の第1の実施の形態による基板検査装置の概略構成を示すブロック図である。後に詳述するように、本実施形態の特徴は、複数段四極子レンズ15とウィーンフィルタ41との間に偏向器68を設置し、この偏向器68により一次電子ビームBpの軌道を制御して一次電子ビームBpおよび二次電子ビームBsの重複領域を縮小する点にある。

【0014】

図1に示す基板検査装置1は、一次光学系10と、二次光学系20と、電子検出部30と、ウィーンフィルタ(Wien filter)41と、ステージ43と、各種制御部16, 17, 51~56, 70と、画像信号処理部58と、ホストコンピュータ60と、表示部62と、を備える。

【0015】

一次光学系10は、電子銃部11と複数段の四極子レンズ15を含む。電子銃部11は、例えば電子ビーム照射手段に対応し、長軸100~700 μ m、短軸15 μ mの矩形の電子放出面を有するLaB₆線状陰極112、ウェーネルト電極114、電子ビームの引き出しを行う陽極116および光軸調整用の偏向器118を有する。LaB₆線状陰極112、ウェーネルト電極114、陽極116および偏向器118は制御部16に接続され、この制御部16からの信号により一次電子ビームBpの加速電圧、出射電流、光軸Apが制御される。四極子レンズ15は、四極子レンズ制御部17に接続される。線状陰極112より放出した一次電子ビームBpは、四極子レンズ制御部17からの信号により制御される四極子レンズ15によって収束され、ウィーンフィルタ41に対して斜めから入射する。一次電子ビームBpはウィーンフィルタ41によって試料Sに対して垂直な方向に偏向され、その後、二次光学系20内のカソードレンズ21によってレンズ作用を受け、試料Sに対して垂直に照射される。

【0016】

試料Sはステージ43の上面に設置され、ステージ電圧制御部51により試料Sに負電

10

20

30

40

50

圧が印加できるようになっている。この機構は、一次電子ビーム B_p による試料 S への入射ダメージを低減し、一次電子ビーム B_p の照射によって、試料 S 表面の形状／材質／電位の変化に応じて発生した二次電子、反射電子および後方散乱電子で構成される二次電子ビーム B_s のエネルギー向上を目的としたものである。

【0017】

ウィーンフィルタ 41 の具体的構成を図 2 に示し、その作動原理を図 3 および図 4 を参照しながら簡単に説明する。図 2 に示すように、ウィーンフィルタ 41 の場合は、2 次光学系の光軸 A_s に垂直な平面 C_{Sw} 内で電界 E と磁界 B を直交させた構造になっており、入射した電子に対して、ウィーン条件 $qE = vB$ (q は電子電荷、 v は直進電子の速度) を満たす電子のみ直進させる働きをする。図 3 に示すように、この検査装置 1 では、一次電子ビーム B_p に対しては磁界による力 F_B と電界による力 F_E が同一方向に作用し、一次電子ビーム B_p は試料 S に対して垂直に入射するように偏向される。また、二次電子ビーム B_s に対しては、図 4 に示すように、 F_B と F_E が逆方向に作用し、なおかつウィーン条件 $F_B = F_E$ が成立しているため、二次電子ビーム B_s は偏向されずに直進して 2 次光学系に入射する。

10

【0018】

図 1 に戻り、二次光学系 20 は、例えば写像投影手段に対応し、回転対称静電レンズであるカソードレンズ 21、第二レンズ 22、第三レンズ 23 と、第二レンズと第三レンズ間に設置された開き角絞り 24 と視野絞り 26 とを含む。カソードレンズ 21、第二レンズ 22、第三レンズ 23 は、二次光学系レンズ制御部 52、54、55 にそれぞれ接続され、これらの制御部から与えられる制御信号により、二次電子ビーム B_s を拡大投影し、二次電子ビーム像を MCP (Micro Channel Plate) 検出器 31 の検出面に結像させる。

20

【0019】

電子検出部 30 は、例えば検出手段に対応し、MCP 検出器 31 と、蛍光板 32 と、ライトガイド 33 と、CCD (Charged Coupled Device) 等の撮像素子 34 とを含む。MCP 検出器 31 に入射した二次電子ビーム B_s は MCP により増幅されて蛍光板 32 に照射する。蛍光板 32 で発生した蛍光像はライトガイド 33 を介して撮像素子 34 で検出される。撮像素子 34 から出力された信号は、画像信号処理部 58 で処理されて画像データとしてホストコンピュータ 60 に転送される。

【0020】

30

ホストコンピュータ 60 は、各種制御部 16、17、51～56、70 に接続され、これらの制御部を介して装置全体を制御する。ホストコンピュータ 60 はまた画像信号処理部 58 および表示部 62 にも接続され、画像信号処理部 58 から画像データの供給を受け、図示しない画像メモリに保存し、二次電子ビーム像を表示部 62 に表示させる他、検査目的に応じた画像処理による欠陥検出処理等を実行する。

【0021】

本装置では、一次電子ビーム B_p を試料 S に対して垂直に入射するために、ケーラー照明系を形成している。従来、ケーラー照明系を形成するため、一次電子ビーム焦点 F_{Pp} と二次電子ビーム焦点 F_{Ps} を一致させる対処法が用いられていた。これは、ウィーンフィルタ 41 とカソードレンズ 21 の間において一次電子ビーム焦点 F_{Pp} と二次電子ビーム焦点 F_{Ps} とが一致するようにウィーンフィルタ 41 によって一次電子ビーム B_p を偏向させることにより実現できる。

40

【0022】

しかしながら、ウィーンフィルタ 41 と試料 S との間には、一次電子ビーム B_p の軌道と二次電子ビーム B_s の軌道とが重複する領域が存在する (図 5 参照)。この領域内では、電子密度が高いために電子の相互作用、いわゆる空間電荷効果が大きく作用してしまい、二次電子ビーム B_s の収差増大を引き起こすという問題があった。特に、一次電子ビーム焦点位置 F_{Pp} および二次電子ビームの焦点位置 F_{Ps} のいずれにおいても、各ビームの電流密度が最も高いために、一次電子ビーム焦点 F_{Pp} と二次電子ビーム焦点 F_{Ps} とを一致させると、空間電荷効果が相乗的に作用して二次電子ビーム B_s の収差が顕著に増

50

大してしまう。二次電子ビーム B s の収差を低減させるためには、二次電子ビーム焦点位置 F P s での空間電荷効果を低減することが最も効果的である。

【0023】

本実施形態の基板検査装置 1 は、複数段四極子レンズ 1 5 とウィーンフィルタ 4 1 間に配設された偏向器 6 8 により一次電子ビーム B p の偏向を制御することにより、一次電子ビーム B p のケーラー照明を大きく損なうことなく、二次電子ビーム B s の空間電荷効果による収差増大を抑制する。偏向器 6 8 は偏向制御部 7 0 に接続され、さらに偏向制御部 7 0 はホストコンピュータ 6 0 に接続される。ホストコンピュータ 6 0 は、二次電子ビームの焦点位置 F P s での空間電荷効果を低減して二次電子ビーム像の分解能が向上するように一次電子ビーム B p を偏向させるための制御信号を生成して偏向制御部 7 0 へ送信する。偏向制御部 7 0 はホストコンピュータ 6 0 からの制御信号を受け、これに応じた偏向電圧を偏向器 6 8 の各電極へ印加し、これにより偏向器 6 8 は偏向電界を形成して一次電子ビーム B p を偏向させる。ただし、一次電子ビーム B p を偏向させ過ぎると、試料 S 上の照明領域中心が二次光学系光軸 A s に対して大きくずれてしまい、最も低い収差が期待される、二次光学系光軸 A s と試料 S の表面との交点およびその近傍に一次電子ビーム B p が十分に照射しなくなる。この結果、二次光学系光軸 A s と試料 S の表面との交点およびその近傍から十分な量の二次電子／反射電子／後方散乱電子が放出されず、撮像素子 3 4 からの出力信号における S / N が低下して検査画像が劣化してしまう。ホストコンピュータ 6 0 は、これらの弊害が検査上で問題にならない範囲内で、一次電子ビーム B p に対する偏向制御の最適化を行う。

【0024】

そこで、図 5 の電子ビーム軌道図に示すように、一次電子ビーム B p の焦点面 F S 1 と二次電子ビーム B s の焦点面 F S 2 とが一致し、上記重複領域内にて二次電子ビーム電流密度が最も高い二次電子ビーム焦点位置 F P s と、一次電子ビーム B p および二次電子ビーム B s の重複領域内で一次電子ビーム B p 電流密度が最も高い一次電子ビーム焦点位置 F P p とが一致しない状態になるように一次電子ビーム B p を偏向制御する。これにより、一次電子ビーム B p のケーラー照明を大きく損なうことなく、二次電子ビーム B s の空間電荷効果による収差増大を効果的に抑制することが可能になる。なお、本実施形態では一次電子ビーム B p の軌道を制御することにより一次電子ビーム B p および二次電子ビーム B s の重複領域を縮小したが、これに限ることなく、二次電子ビーム B s の軌道を制御することによっても上記重複領域を縮小することは可能である。

【0025】

(2) 第 2 の実施の形態

図 6 は、本発明の第 2 の実施の形態による基板検査装置の概略構成を示すブロック図であり、また、図 7 は本実施形態の基板検査方法を説明する電子ビーム軌道図である。本実施形態の基板検査装置 3 の特徴は、ウィーンフィルタ 4 1 とカソードレンズ 2 1 の間に配設され電源 7 4、8 4 にそれぞれ接続された回転対称円孔電極 7 2、8 2 をさらに備え、これらの電極 7 2、8 2 により加速電界を形成することにより、一次電子ビーム B p および二次電子ビーム B s の重複領域内で二次電子ビーム B s を加速させる点にある。

【0026】

図 8 は、電極 7 2 の斜視図を示し、図 9 (a) は、電極 7 2 の平面図を示し、さらに、図 9 (b) は図 9 (a) の A-A 線に沿った側面図を示す。図 8 および図 9 に代表的に示すように、電極 7 2、8 2 には、二次電子ビーム B s の通過を許容するための円孔が中央に設けられている。

【0027】

図 6 に戻り、電極電圧印加電源 7 4、8 4 はホストコンピュータ 6 0 にさらに接続される。ホストコンピュータ 6 0 は、二次電子ビーム B s を加速させる加速電界を形成するための制御信号を生成してこれらの電源 7 4、8 4 に供給する。電極電圧印加電源 7 4、8 4 は、ホストコンピュータ 6 0 からの制御信号に応じた電圧を電極 7 2、8 2 へ印加し、電極 7 2、8 2 間で二次電子ビーム B s を加速させる。二次電子ビーム B s 用の加速電界

を形成するためには、例えば電極 7 2 に正の電圧を、電極 8 2 に電極 7 2 への印加電圧以下の正の電圧もしくは負の電圧または 0 の電圧を印加すればよい。

【0028】

二次電子ビーム B s の焦点位置は電流密度が最も高いので、二次電子ビーム B s が加速される領域内に二次電子ビーム B s の焦点位置が含まれると、一次電子ビーム B p のケーラー照明系を損なうことなく、二次電子ビーム B s の空間電荷効果による収差増大を効果的に抑制することが可能になる。本実施形態では、図 7 の電子ビーム軌道図に示すように、一次電子ビーム焦点面 F S 1 と二次電子ビーム焦点面 F S 2 とが一致し、一次電子ビーム B p および二次電子ビーム B s の重複領域内で一次電子ビーム B p の電流密度が最も高い一次電子ビーム焦点位置 F P p と、上記重複領域内で二次電子ビーム B s の電流密度が最も高い二次電子ビーム焦点位置 F P s とが一致し、かつ、二次電子ビーム焦点面 F S 2 が電極 7 2 と電極 8 2 との間に存在するようにこれらの電極 7 2, 8 2 が配設される。

10

【0029】

(3) 半導体装置の製造方法

上述した基板検査方法を半導体装置の製造工程で用いることにより、高感度で半導体装置を検査できるので、短い T A T (Turn Around Time) で、かつ、高い歩留まりで半導体装置を製造することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態による基板検査装置の概略構成を示すブロック図である。

20

【図 2】図 1 に示す基板検査装置が備えるウィーンフィルタの具体的構成を示す斜視図である。

【図 3】図 2 に示すウィーンフィルタの作動原理の説明図である。

【図 4】図 2 に示すウィーンフィルタの作動原理の説明図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施の形態による基板検査方法を説明する電子ビーム軌道図である。

【図 6】本発明の第 2 の実施の形態による基板検査装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 7】本発明の第 2 の実施の形態による基板検査方法を説明する電子ビーム軌道図である。

30

【図 8】図 6 に示す基板検査装置が備える円孔電極の斜視図である。

【図 9】図 6 に示す基板検査装置が備える円孔電極の平面図および側面図である。

【符号の説明】

【0031】

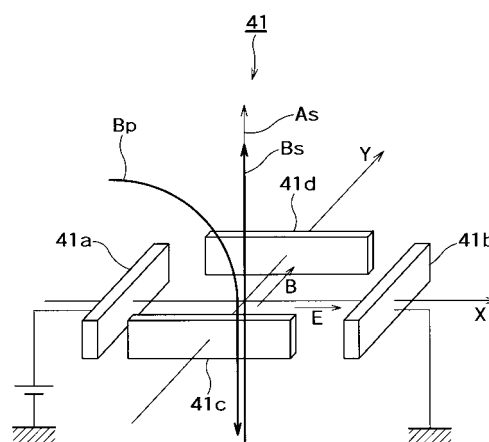
- 1, 3 基板検査装置
- 10 一次光学系
- 11 電子銃部
- 15 四極子レンズ
- 16, 51～56 制御部
- 17 四極子レンズ制御部
- 20 二次光学系
- 30 電子検出部
- 31 M C P 検出器
- 41 ウィーンフィルタ
- 43 ステージ
- 58 画像信号処理部
- 60 ホストコンピュータ
- 62 表示部
- 68 偏向器

40

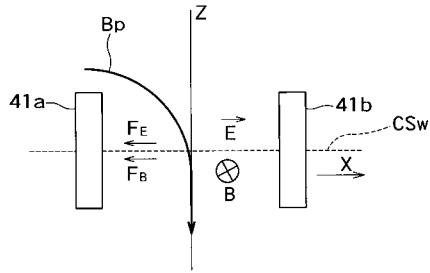
50

7 2, 8 2 回転対称円孔電極
7 4, 8 4 電源
1 1 2 L a B₆ 線状陰極
B p 一次電子ビーム
B s 二次電子ビーム

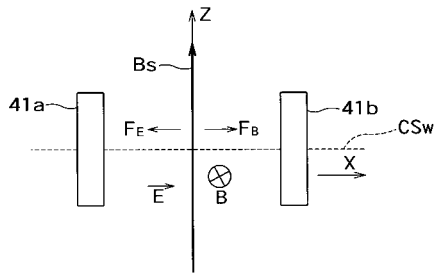
【図 2】



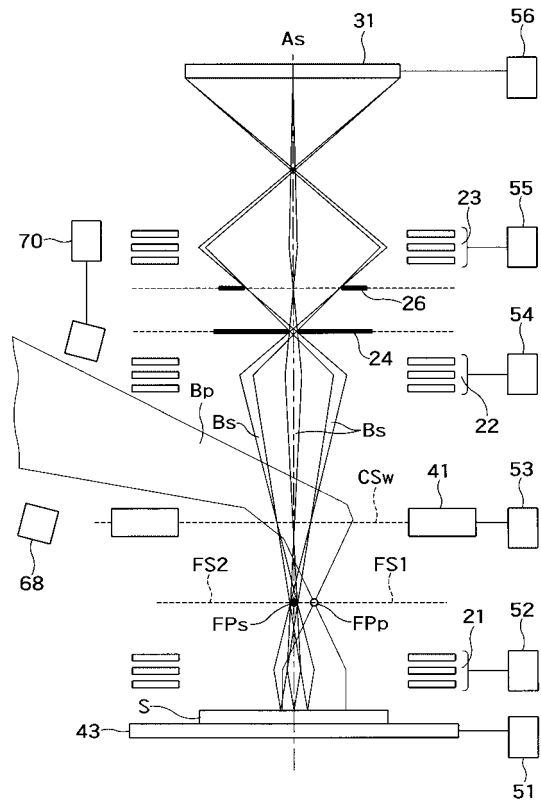
【図 3】



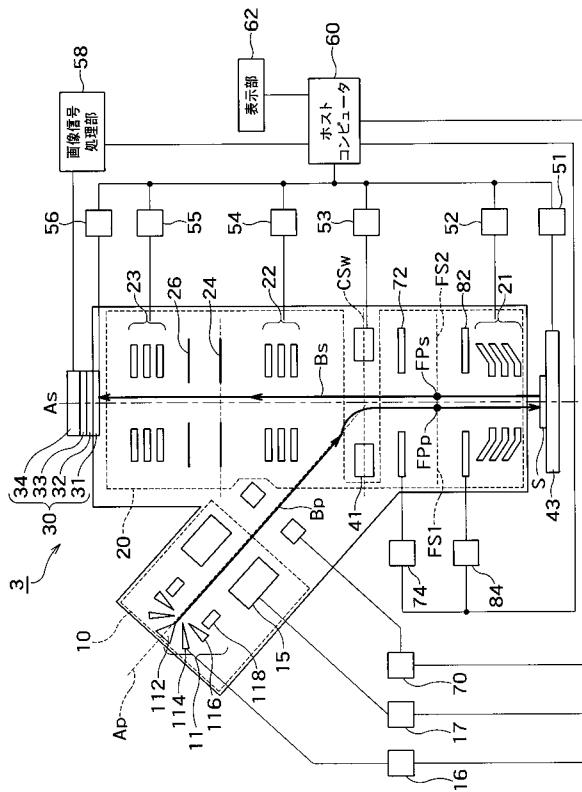
【図 4】



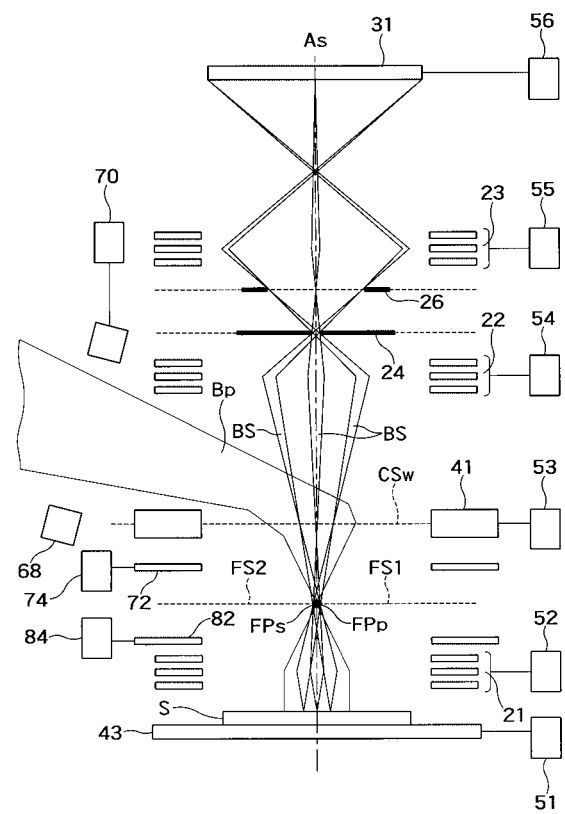
【図 5】



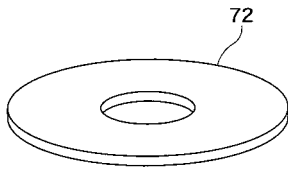
【図 6】



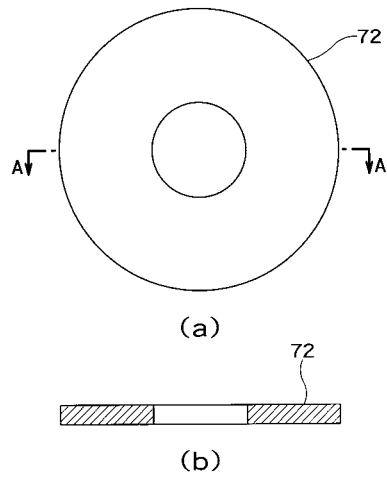
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 長 濱 一郎太
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 山 崎 裕一郎
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 大 西 篤 志
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内

審査官 ▲高▼場 正光

- (56)参考文献 特開平11-345585 (JP, A)
特表2003-323861 (JP, A)
国際公開第03/095997 (WO, A2)
米国特許出願公開第2002/0142496 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N23/00-23/227
H01J37/00-37/295