

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4372178号  
(P4372178)

(45) 発行日 平成21年11月25日(2009.11.25)

(24) 登録日 平成21年9月11日(2009.9.11)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 3 1 M  
 GO 3 F 1/16 (2006.01) GO 3 F 1/16 A

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2007-119331 (P2007-119331)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成19年4月27日 (2007.4.27)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2008-277541 (P2008-277541A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成20年11月13日 (2008.11.13)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成21年3月18日 (2009.3.18)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光反射型マスクと光反射型マスクの作製方法及び半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面側に反射型のマスクパターンが形成され、裏面側に静電チャックのための導電性膜が形成された基板に対し、表面側の平坦度を測定する工程と、

前記測定された平坦度に基づき、該平坦度が所望の値となるように、前記導電性膜を選択的に除去して開口を形成し、前記裏面内で前記導電性膜の開口率を変化させる工程と、を含むことを特徴とする光反射型マスクの作製方法。

【請求項2】

表面側に反射型のマスクパターンが形成され、裏面側に静電チャックのための導電性膜が形成された基板を、露光装置のマスクステージに静電チャックにより保持した状態で、基板表面側の平坦度を測定する工程と、

前記測定された平坦度に基づき、該平坦度が所望の値となるように、前記導電性膜を選択的に除去して開口を形成し、前記裏面内で前記導電性膜の開口率を変化させる工程と、を含むことを特徴とする光反射型マスクの作製方法。

【請求項3】

前記導電性膜はクロム又は窒化クロムであり、前記導電性膜を選択的に除去する際に、塩素若しくは弗素を含むガスを利用したプラズマプロセスを用いる、前記導電性膜を溶解する溶液を用いる、エネルギー線を用いる、又はSPM探針を用いることを特徴とする請求項1又は2記載の光反射型マスクの作製方法。

【請求項4】

基板と、前記基板の表面側に形成され、光反射層と光吸収層を有して光反射パターンが形成されたマスクパターン層と、前記基板の裏面側に形成された静電チャック用の導電性膜とを具備し、

前記導電性膜は、選択的に除去されて開口が形成され、前記基板のフリーの状態、又は前記基板を露光装置のマスクステージに静電チャックにより保持した状態における基板表面側の平坦度が所望の値となるように、前記裏面内で開口率を変化させてなることを特徴とする光反射型マスク。

【請求項 5】

請求項 4 記載の光反射型マスクを用いて、半導体基板上に L S I パターンを形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、EUV（極端紫外線）光を使用したリソグラフィなどに用いられる光反射型マスクと光反射型マスクの作製方法に関する。さらに、光反射型マスクを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

波長が 13 . 5 nm 近傍の EUV 光を用いたリソグラフィにおいては、基板上に光反射パターンを形成した光反射型マスクが使用される。この光反射型マスクに要求される平坦度は、EUV 露光を行う際には数十 nm 程度と云われ、非常に高い平坦度を必要とする。

【0003】

光反射型マスクは一般的に、ガラス基板の表面側に光反射層と光吸収層を積層し、基板の裏面側に導電性膜を形成したブランクから作製される。このブランクの状態では平坦度が基準値を満たしていたとしても、基板表面の加工（光吸収層のパターニング）を行うことで、特に基板面内でパターンが疎である領域と密である領域との間で応力バランスが崩れ、平坦度が悪化することが想定される。光反射型マスクの平坦度劣化は、EUV 露光時の EUV 光が斜入射という性質上、露光時のパターンずれにつながり、大きな問題となる。

【0004】

また、光反射型マスクは、EUV 露光を行う際、光反射パターン面を下向きにして静電チャックで裏面を吸着した状態で用いられるが、前述したパターン粗密による歪みに加え、基板自重による歪みも加わるため、露光時の平坦度管理が重要となる。

【0005】

一方、光反射型マスクの平坦度を向上させる方法として、ガラス基板の表面平坦度を測定し、平坦度測定結果に応じて基板表面を研磨する方法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。しかし、基板自体を平坦に加工しても、パターンを形成した際や露光装置にセットした際の平坦度劣化は避けることができない。

【0006】

このように従来、EUV 露光などに用いられる光反射型マスクにおいては、反射パターン形成の際や静電チャック時に表面平坦度が劣化し、これが露光精度を低下させる要因となっていた。

【特許文献 1】特開 2004 - 310067 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、光反射パターン形成による表面平坦度の劣化や静電チャック時の表面平坦度劣化を抑制することができ、EUV 露光などの露光精度の向上に寄与し得る光反射型マスク及びその作製方法、更にはこのマスクを用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

## 【0009】

即ち、本発明の一態様に係わる光反射型マスクの作製方法は、表面側に反射型のマスクパターンが形成され、裏面側に静電チャックのための導電性膜が形成された基板に対し、表面側の平坦度を測定する工程と、前記測定された平坦度に基づき、該平坦度が所望の値となるように、前記導電性膜を選択的に除去して開口を形成し、前記裏面内で前記導電性膜の開口率を変化させる工程と、を含むことを特徴とする。

## 【0010】

また、本発明の別の一態様に係わる光反射型マスクの作製方法は、表面側に反射型のマスクパターンが形成され、裏面側に静電チャックのための導電性膜が形成された基板を、露光装置のマスクステージに静電チャックにより保持した状態で、基板表面側の平坦度を測定する工程と、前記測定された平坦度に基づき、該平坦度が所望の値となるように、前記導電性膜を選択的に除去して開口を形成し、前記裏面内で前記導電性膜の開口率を変化させる工程と、を含むことを特徴とする。

## 【0011】

また、本発明の別の一態様に係わる光反射型マスクは、基板と、前記基板の表面側に形成され、光反射層と光吸収層を有して光反射パターンが形成されたマスクパターン層と、前記基板の裏面側に形成された静電チャック用の導電性膜とを具備し、前記導電性膜は、  
20  
選択的に除去されて開口が形成され、前記基板のフリーの状態、又は前記基板を露光装置のマスクステージに静電チャックにより保持した状態における基板表面側の平坦度が所望の値となるように、前記裏面内で開口率を変化させてなることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明によれば、基板表面側の平坦度を測定し、測定された平坦度に基づいて基板裏面側の導電性膜の開口率を変えることにより、光反射パターン形成による表面平坦度の劣化や静電チャック時の表面平坦度劣化を抑制することができ、EUV露光などの露光精度の向上に寄与することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0013】

以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

## 【0014】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係わる光反射型マスクの製造手順を示すフローチャートである。

## 【0015】

まず、EUV露光に使用するマスクブランクを作製する(ステップS1)。具体的には、図2(a)に示すように、熱膨張係数が極めて小さいガラス基板101の表面上に、Mo(モリブデン)/Si(シリコン)を40層程度スパッタリングにより成膜して多層  
40  
反射膜102を形成する。このとき、多層反射膜102の表面を保護するために、多層反射膜102の最上層がSi層(キャップ層)103になるようにする。

## 【0016】

続いて、Siキャップ層103上に、バッファ層104となるCr(クロム)を成膜する。その後、EUV光に対する吸収層105としてTa<sub>2</sub>N(窒化タンタル)層と、波長250nm近傍の検査光に対する吸収層(反射防止膜)106としてTa<sub>2</sub>O(酸化タンタル)層を成膜する。また、基板101の裏面には、EUV露光時に静電チャックを行えるように導電性膜107としてCrを成膜する。ここで、導電性膜107はCrに限るものではなく、静電チャックのために導電性であれば良いが、表面側の加工部分の最下層であるバッファ層104と同じ材料であるのが望ましい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 7 】

EUV露光に使用するマスクブランクスに対する平坦度スペックは50nm程度であるが、このスペックを満たしていたとしても、マスクブランクス内にはストレスが発生している。露光時の各層間の界面に着目すると、Crの線膨張率は常温(20℃)近傍の温度域において4.9(1/K)、Siでは2.6(1/K)、Moでは4(1/K)であり、熱膨張率が極めて小さいガラス基板では0.05(1/K)である。従って、成膜時の基板温度と露光時の基板温度との差により、「バッファ層Cr/キャップ層Si」界面及び「ガラス基板/裏面Cr」界面を含む全ての界面でストレスが生じている。

## 【 0 0 1 8 】

次に、マスクブランクスから所望のパターンを持つ反射型マスクを製造する(ステップS2)。具体的には、図2(b)に示すように、前記手順にて作製したマスクブランクの表面にレジストを塗布し、電子ビームを用いて所望のパターンを描画する。PEB工程、現像工程を行い、レジストパターン108を形成する。そして、レジストパターン108をマスクに用い、プラズマプロセスにより吸収層106, 105を選択的にエッチングする。次いで、図2(c)に示すように、欠陥検査工程、及び修正工程を経た後、再度プラズマプロセスによりバッファ層104を選択的にエッチングする。

## 【 0 0 1 9 】

この段階でマスクの形状加工は終了であるが、ここでマスク基板には当然のことながら、Siキャップ層103上にバッファ層104がエッチングにより除去された箇所と、残された箇所が存在する。バッファ層104が除去された箇所については、前述した界面ストレスがなくなっているため、Siキャップ層103は界面方向のストレスフリーな状態であるが、バッファ層104が残っている箇所では界面ストレスが残り、マスク基板面内にストレスのばらつきが生じている。このばらつきが、マスク基板面内での平坦度劣化の原因となる。

## 【 0 0 2 0 】

マスク表面の加工が終了した段階で、光学干渉を利用した平坦度測定装置などを用い、マスク基板の表面平坦度測定を行う(ステップS3)。ここで特に注目すべきは、パターン面内の開口率が比較的広い領域と、比較的狭い領域との高さの差である。マスクブランクス時では平坦度スペックを満たしていても、描画したパターンの粗密差(開口率の大小)によって前述した界面ストレスのバランスが崩れ、平坦度劣化の原因になっていると考えられる。

## 【 0 0 2 1 】

図3(a)に示すように、例えば開口率が広い領域が凸形状になっているという結果が平坦度測定により得られた場合、このマスクを用いてEUVリソグラフィを行った際のパターン位置のずれ量が計算できる。ずれ量がデバイス作製におけるスペックを満たしているか否かを判定し(ステップS4)、満たしていない場合、図3(b)に示すように、裏面のCr膜(導電性膜107)を加工して平坦度調整を行う(ステップS5)。裏面Cr膜の加工方法としては、裏面にレジストを塗布し、電子線又はレーザー光を用いたパターン描画を行い、PEB工程、現像工程を経た後にプラズマエッチングを行う。

## 【 0 0 2 2 】

ここで、裏面Cr膜を加工する際、どのようなパターンで加工するかは、以下の効果を考慮して行う必要がある。

## 【 0 0 2 3 】

- ・裏面Cr膜とガラス基板との界面の応力バランスによる平坦度変動
- ・基板が静電チャックされた際の、基板自重による撓み
- ・基板が静電チャックされた際の、基板裏面導電性膜が不均一であることに伴う静電気の不均一性による平坦度変動

これらの効果を考慮して、前記平坦度測定結果から、裏面Cr膜の加工後に静電チャックを行った際の平坦度が、最適となる加工形状を決定する。

## 【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

50

例として前述したように、開口率が比較的広い領域において凸形状になっていた場合、図3(b)に示すように、凸形状となっている箇所の裏側のCr膜を加工することで、裏面Cr/ガラス基板間界面の応力バランスを調整して、静電チャック時に高い平坦度を得ることができる。

#### 【0025】

ここで、反射型マスクを用いてEUV露光を行う場合、図4に示すように、反射型マスク400は反射膜面を下向きにして、マスクステージ401の下面に静電チャックで裏面を吸着した状態で用いられる。このため、前述したパターン粗密による歪みに加え、基板自重による歪みも加わるため、露光時の平坦度管理が重要となる。反射型マスクの平坦度劣化は、EUV露光時のEUV光斜入射という性質上、図5に示すよう露光時のパターンずれにつながり、大きな問題となる。従って、本実施形態のように、反射型マスクをフリーの状態における平坦度測定ではなく、反射型マスクを露光装置のステージに静電チャックした状態における平坦度測定を行うことが重要となるのである。

#### 【0026】

図6に、裏面加工パターンを決定する工程におけるフローチャートを示す。測定された平坦度測定結果(S12)、マスク構成材料の種類、厚み、熱膨張係数等の材料定数(S11)を固定値とし、露光器の情報(S13)として、静電チャック状態(分割の状態も含む)、チャック時の電圧をパラメータとして与えて、一次パターンデザインを行う(S14)。該パターンを用いた場合について、基板平坦度シミュレーションを行い(S15)、得られた平坦度に問題があるならば再度露光器情報パラメータを与え、これを繰り返す。得られた平坦度に問題がなければパターンを確定する(S16)。

#### 【0027】

そして、このようにして作製された光反射型マスクを用い、EUV露光によりマスクパターンを半導体ウエハ等の試料上に転写したところ、マスクの基板表面が平坦であることから、露光時のパターンずれが無く、良好なパターンを形成することができた。

#### 【0028】

このように本実施形態によれば、表面側に反射型のマスクパターンが形成された基板101に対し、露光装置のマスクステージに静電チャックにより保持した状態で、表面側の平坦度を測定し、測定した平坦度に基づき、該平坦度が所望の値となるように、導電性膜107を選択的に除去して開口を形成し、導電性膜107の開口率をマスク面内で変化させる。これにより、反射パターン形成による表面平坦度の劣化や静電チャック時の表面平坦度劣化を抑制することができ、EUV露光などの露光精度の向上に寄与することが可能となる。即ち、光反射型マスク作製工程において、パターン形成面の加工を行った後にマスク基板の平坦度測定を行い、その測定結果から、平坦度が適切になるように裏面導電性膜を加工することで、平坦度の歪みを露光に適した数値に調整することができる。

#### 【0029】

(第2の実施形態)

図7は、本発明の第2の実施形態に係わる光反射型マスクの概略構成を示す断面図である。なお、図2と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。また、図中の701は分割静電チャックの電極を示している。

#### 【0030】

本実施形態は、第1の実施形態で説明した光反射型マスクと分割型静電チャック(特開2006-135062号公報)とを組み合わせたものである。

#### 【0031】

第1の実施形態と同様にして裏面Cr膜(導電成膜107)を加工することにより、裏面Cr膜が電氣的に絶縁されている孤立島を形成する。このような反射型マスクを分割型静電チャックにより吸着させる場合、裏面Cr膜が分離していることから裏面Cr膜の孤立島毎に吸着力を変えることができる。従って、凸形状箇所の裏面を、他の領域より強い静電気力が発生するよう、静電チャック電圧を制御することで、全体の平坦度を向上することも可能である。具体的には、図7において図中 $V_2 > V_1$ とすることで、裏面Cr膜

の開口率の高い領域における吸着力を他よりも高くし、表面凸形状部の低減を行うことができる。

【0032】

なお、分割型静電チャックを用いた場合は、裏面Cr膜を加工せずともある程度は平坦度を向上させることも可能だが、裏面Cr膜を加工することで、基板面内の任意の箇所に異なる力を加えることができるため、より効果的に平坦度制御が可能となる。

【0033】

このように本実施形態によれば、基板平坦度の測定結果に基づいて裏面Cr膜を加工することで、平坦度の歪みを補正することができ、先の第1の実施形態と同様の効果が得られる。これに加えて本実施形態では、分割型静電チャックを用いることにより、基板平坦度の更なる向上をはかることができる。例えば、反射パターン形成による基板平坦度の低下を裏面Crの加工のみでは補正しきれない場合、分割静電チャックにより部分的に吸着力を変えることにより裏面Cr膜の加工のみでは補正しきれない分を補正することもできる。

10

【0034】

(変形例)

なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。実施形態では、基板表面の平坦度の測定を、露光装置のマスクステージにマスク基板を静電チャックにより保持した状態で行ったが、静電チャックによる基板平坦度の低下が問題とならない場合、必ずしも静電チャックした状態ではなく、フリーの状態でも基板表面の平坦度の測定を行うようにしても良い。

20

【0035】

また、実施形態で裏面の導電性膜の加工にはプラズマプロセスを用いたが、この代わりに、収束イオンビームを用いて部分的に導電性膜を除去する手法、SPM(走査型プローブ顕微鏡)探針を用いて導電性膜を物理的に削り取る手法などを用いることができる。これらの手法の選択は、製造工程のスループットを考慮して、裏面加工のパターンが比較的広い領域に及ぶ場合はプラズマエッチングを、そうでない場合は収束イオンビームを、と状況に応じて使い分ければよい。

【0036】

また、反射型マスクの構成は、基板表面側に反射層、吸収層を順に積層し、吸収層をパターンニングしたものに限らず、これとは逆に、基板表面側に吸収層、反射層を順に積層し、反射層をパターンニングしたものであってもよい。さらに、反射層、吸収層、裏面導電性膜の材料や膜厚等は、仕様に応じて適宜変更可能である。

30

【0037】

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】第1の実施形態に係わる光反射型マスクの製造手順を示すフローチャートである。

【図2】光反射型マスクの製造工程を示す断面図。

40

【図3】光反射型マスクにおいて、パターン面内の開口率により平坦度が劣化した状態、及び裏面導電性膜加工により基板平坦度を向上させた状態を示す断面図。

【図4】光反射型マスクを露光装置のマスクステージに静電チャックした状態を示す断面図。

【図5】光反射型マスクの平坦度が劣化している時に起こる転写パターンずれを示す模式図。

【図6】裏面加工を行う際のパターン決定手順を示すフローチャート。

【図7】第2の実施形態に係わる光反射型マスクの概略構成を示す断面図。

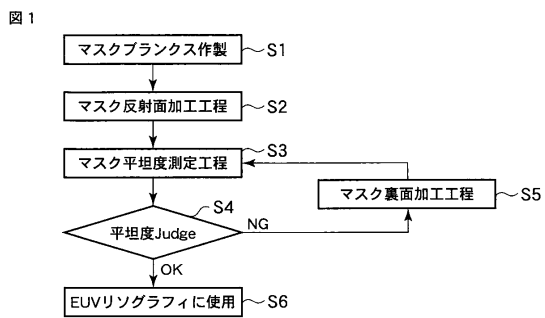
【符号の説明】

【0039】

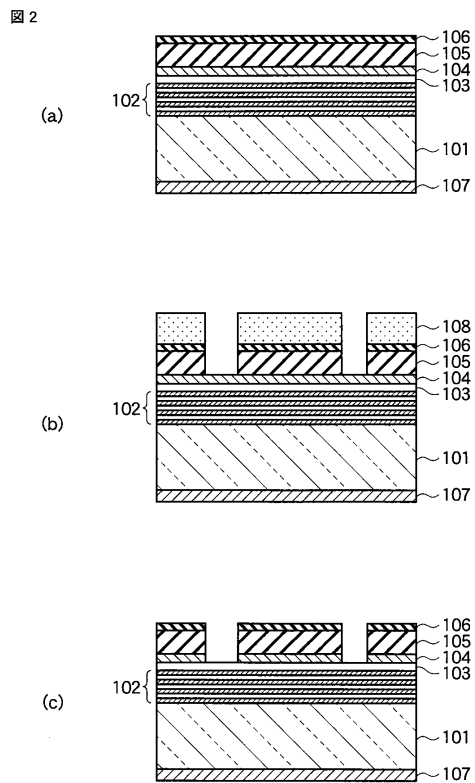
50

- 1 0 1 ... 低膨張率ガラス基板
- 1 0 2 ... 多層膜反射層
- 1 0 3 ... S i キャップ層
- 1 0 4 ... C r バッファー層
- 1 0 5 ... 吸収層
- 1 0 6 ... 反射防止膜
- 1 0 7 ... 裏面導電性膜
- 1 0 8 ... E B レジスト
- 4 0 1 ... マスクステージ
- 7 0 1 ... 分割型静電チャックの電極

【 図 1 】

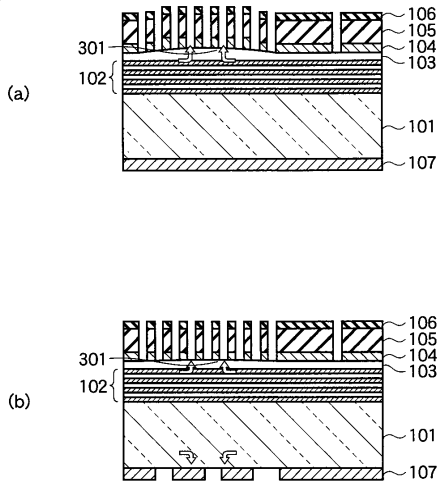


【 図 2 】



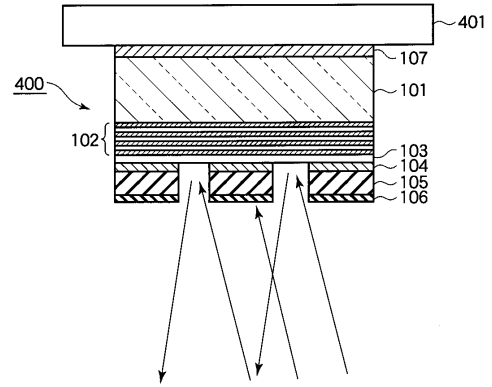
【図3】

図3



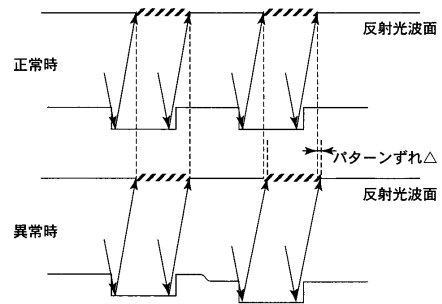
【図4】

図4



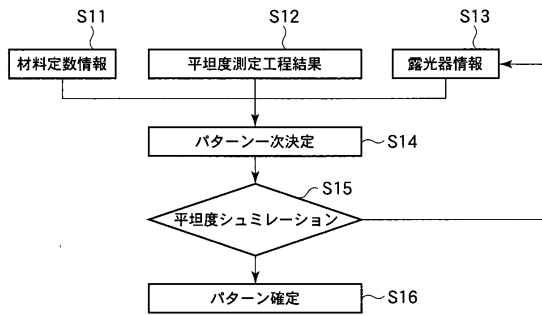
【図5】

図5



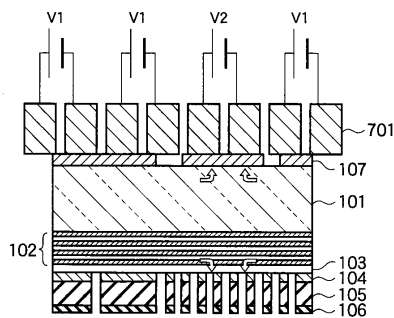
【図6】

図6



【図7】

図7





---

フロントページの続き

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 高居 康介

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特開2006-135062(JP,A)

特開2005-150527(JP,A)

特開2006-324268(JP,A)

特開平07-201706(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 1/08 - 1/16