

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4921913号
(P4921913)

(45) 発行日 平成24年4月25日 (2012. 4. 25)

(24) 登録日 平成24年2月10日 (2012. 2. 10)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/304 (2006. 01)

H O 1 L 21/304 6 4 8 G

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/304 6 4 3 A

H O 1 L 21/30 5 6 9 F

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2006-271072 (P2006-271072)
 (22) 出願日 平成18年10月2日 (2006. 10. 2)
 (65) 公開番号 特開2008-91637 (P2008-91637A)
 (43) 公開日 平成20年4月17日 (2008. 4. 17)
 審査請求日 平成21年8月25日 (2009. 8. 25)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (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
 (74) 代理人 100084618
 弁理士 村松 貞男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板洗浄方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理基板の上方のノズルから洗浄液を吐出し、前記基板を回転させながら前記基板を洗浄する基板洗浄方法であり、前記ノズルから前記洗浄液を前記基板に吐出しながら、前記ノズルを前記基板の中心から前記基板の外側へ走査し、前記洗浄液を前記基板の外側に散逸させる基板洗浄方法において、

前記基板上に滞留している洗浄液が存在する状態で、前記ノズルから吐出された前記洗浄液が前記基板表面に接触した際、前記ノズルから吐出された前記洗浄液が、前記基板上に滞留している前記洗浄液に衝突しないように、前記洗浄液の流量、前記基板の回転数、前記ノズルの走査速度と走査開始位置を制御することを特徴とする基板洗浄方法。

10

【請求項 2】

前記ノズルの走査速度は、前記ノズルから吐出した前記洗浄液が前記基板上で跳水現象を起こしている領域の半径と前記基板の単位時間あたりの回転数との積と比例関係を持つことを特徴とする請求項 1 に記載の基板洗浄方法。

【請求項 3】

前記ノズルの走査開始位置は、前記ノズルから吐出した前記洗浄液が前記基板上で跳水現象を起こしている領域の半径と比例の関係で表された位置とすることを特徴とする請求項 1 に記載の基板洗浄方法。

【請求項 4】

前記洗浄液の流量は、前記ノズルから吐出した前記洗浄液が前記基板上で跳水現象を起

20

こしている領域の半径により決まることを特徴とする請求項 1 に記載の基板洗浄方法。

【請求項 5】

他のノズルから洗浄液を前記基板の裏面に吐出することを特徴とする請求項 1 に記載の基板洗浄方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板洗浄方法に関し、特に半導体装置の製造工程のリソグラフィ工程において、液浸型露光装置による露光前もしくは露光後の基板の洗浄方法に関するものである。

【背景技術】

10

【0002】

半導体リソグラフィ技術における液浸露光装置を用いた微細パターンの露光によって、被処理基板の表面と裏面が液浸液で濡れる場合がある。基板表面が濡れている場合、基板表面上の水滴を取り除く工程が無いと、水滴は基板表面で乾燥し、水滴の乾燥痕跡（水滴痕：Water mark）が基板表面上に残る。

【0003】

図 9 の（a）（b）は、従来例に係る半導体装置の製造工程の断面図である。リソグラフィ工程において、基板表面上には、図 9 の（a）のように被加工基板 9 1 に近い順に反射防止膜 9 2、レジスト 9 3、及び液浸保護膜 9 4 を塗布する場合と、図 9 の（b）のように被加工基板 9 1 に近い順に転写膜 9 5、SOG（Spin On Glass）膜 9 6、レジスト 9 3、及び液浸保護膜 9 4 を塗布する場合とがある。

20

【0004】

しかし図 9 の（a）（b）において、液浸保護膜 9 4 上の残留水滴 9 7 が乾燥する際に、水滴 9 7 は液浸保護膜 9 4 を透過してレジスト 9 3 に達する。レジスト 9 3 に達した水滴は、レジスト 9 3 中の酸発生剤、Quencher の膜中の分布を乱し、露光後のベーク（Post Exposure Bake：PEB）工程、液浸保護膜剥離工程、現像工程を経てパターンを形成すると、パターン寸法が所望の寸法から外れる場合や、断面形状が底形状になる場合や、水滴痕の範囲で全くパターンを形成しない場合などが生じる。これにより、半導体装置製造上の歩留まりを大きく劣化させる。

【0005】

30

また、基板の裏面が濡れている場合は、基板の裏面、エッジ、ベベル部分の汚れが水滴を伝い、PEB 工程にてベーカーに汚染物質が付着し、処理される基板の枚数の増加によって蓄積された汚染物質が他の基板の表面に付着することによって欠陥が発生し、それによって歩留まりが低下する可能性がある。

【0006】

そこで、液浸露光を用いたリソグラフィ工程において歩留まりを向上させるために、液浸露光後に基板の表面と裏面を洗浄し、基板の表面と裏面の水滴と汚染物質を除去する必要がある。

【0007】

半導体装置の製造工程において基板を洗浄する技術として、半導体フロントエンドプロセスにおける洗浄装置があるが、洗浄装置の洗浄ユニットは大きく高価であることから、従来の露光装置もしくは塗布現像装置に搭載することは困難である。そこで、以下のような方法が考えられている。

40

【0008】

図 10 は、従来の塗布現像装置に搭載されている現像ユニットを上方から見た図である。図 10 に示すように、現像後のリンス方法を用いて基板 10 1 上にノズル 10 2 から洗浄液 10 3 を吐出し、毎秒 1000 ～ 2000 回転で基板をスピン回転させて洗浄液を基板外部へ飛散させる（10 4）ことによって乾燥する方法で基板を洗浄する。この場合、基板の表面と裏面に微小な水滴痕が数百～数千個残って基板上に欠陥として生じ、洗浄したのにもかかわらず、欠陥を減らすことはできなかった。

50

【 0 0 0 9 】

また、現像後のリンス工程にて、基板上の中心部分から外周方向に等速度で洗浄液を吐出しながら基板外に飛散させるスキャンリンス方法を、上記の基板の洗浄に適用した。上述した毎秒 1 0 0 0 回転以上で基板を回転させて洗浄液を飛散させる方法では、図 1 0 の場合と同様に、基板の表面と裏面に微小な水滴痕が数百～数千個残って基板上に欠陥として生じた。

【 0 0 1 0 】

このことから、図 1 1 に示すように、洗浄液が飛散しない毎秒 5 0 0 回転以下の回転数で洗浄したが、ノズル 1 0 2 から吐出された洗浄液 1 0 3 が回転する基板 1 0 1 に乗って基板上に滞留し、この滞留した洗浄液が新たに吐出された洗浄液と衝突 (1 0 5) することによって、洗浄液の流れが乱れて水滴痕が基板上に残る (1 0 6) 問題が生じた。

10

【 0 0 1 1 】

なお特許文献 1 には、基板洗浄の際、基板中央から外側に向けて走査して基板表面を洗浄する構成が開示されている。

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 3 5 5 4 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、安価かつ簡易に、被処理基板上の水滴を残さずに洗浄することができる基板洗浄方法を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明の一形態の基板洗浄方法は、被処理基板の上方のノズルから洗浄液を吐出し、前記基板を回転させながら前記基板を洗浄する基板洗浄方法であり、前記ノズルから前記洗浄液を前記基板に吐出しながら、前記ノズルを前記基板の中心から前記基板の外側へ走査し、前記洗浄液を前記基板の外側に散逸させる基板洗浄方法において、前記基板上に滞留している洗浄液が存在する状態で、前記ノズルから吐出された前記洗浄液が前記基板表面に接触した際、前記ノズルから吐出された前記洗浄液が、前記基板上に滞留している前記洗浄液に衝突しないように、前記洗浄液の流量、前記基板の回転数、前記ノズルの走査速度と走査開始位置を制御することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、安価かつ簡易に、被処理基板上の水滴を残さずに洗浄することができる基板洗浄方法を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 5 】

以下、実施の形態を図面を参照して説明する。

【 0 0 1 6 】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、第 1 の実施の形態の基板洗浄方法を示す図である。なお、本基板洗浄方法は、基板洗浄装置内の図示しない制御装置の制御により行われる。図 1 に示すように、半導体ウエハなどの被処理基板 1 1 を洗浄する工程において、被処理基板 1 1 上方のノズル 1 2 から洗浄液 1 3 を吐出し、基板 1 1 を回転させながら基板 1 1 を洗浄、乾燥する。

40

【 0 0 1 7 】

この工程で、図 2 に示すように、ノズル 1 2 から洗浄液 1 3 を基板 1 1 に吐出しながら、ノズル 1 2 を基板中心から基板の外側へ走査し、基板上の残留水滴 1 4 を吸着させながら洗浄液 1 3 を基板 1 1 外側に散逸させる。これによって、基板 1 1 上に水滴を残さずに基板 1 1 を洗浄、乾燥する。

【 0 0 1 8 】

ここで、ノズル 1 2 から吐出した洗浄液 1 3 が基板 1 1 の回転に則って基板 1 1 上を移

50

動しながら散逸する際に、回転する基板 11 上に滞留した洗浄液 13 がノズル 12 から吐出した洗浄液 13 と衝突しないように、洗浄液 13 の流量、基板 11 の回転数、ノズル 12 のスキャン（走査）速度とスキャン開始位置を制御する。これによって、基板 11 上に水滴を残さずに基板 11 を洗浄、乾燥する。

【0019】

まず、半導体装置の製造工程における微細パターンを形成するリソグラフィ工程にて、塗布現像装置で被加工基板に反射防止膜 ARC 29A（日産化学社製）を厚さ 77nm で塗布し、205℃で60秒間ベークし、基板を冷却した。その後、レジスト AR 2014J（JSR 社製）を厚さ 150nm で塗布し、115℃で60秒間ベークし、基板を冷却した後、保護膜 TCX 015（JSR 社製）を厚さ 90nm で塗布し、90℃で60秒間ベークした。この基板を、塗布現像装置とインターフェースユニットを介してインライン接続した ArF 液浸露光装置に搬送し、液浸露光を行った。

10

【0020】

液浸露光後、基板表面には直径 0.5mm の水滴が 5 個、直径 1mm の水滴が 1 個残存し、基板裏面には直径 2mm の水滴が基板の外周から 2mm の位置に 2 個、直径 1mm の水滴が基板の外周から 1mm の位置に 3 個残存した。この基板を、基板表面と裏面の水滴が乾燥して消失しないまでの 90 秒間のうちに、塗布現像装置中に設置された洗浄ユニットに搬送した。

【0021】

保護膜の静的接触角が 78 度、洗浄液が超純水であり、洗浄液の流量が 0.5 L/min と設定すると、ノズルから吐出した洗浄液が基板上で跳水現象を起こす。その跳水現象を起こしている領域の半径（跳水半径）が 8mm であるので、ノズルのスキャン開始位置 R_{s0} は、跳水半径 R_j と比例（ $R_{s0} \propto R_j$ ）の関係で表される中心から 5mm の位置とする。

20

【0022】

ノズルのスキャン速度 V_s は、跳水半径 R_j とウエハ（基板）の単位時間あたりの回転数 n_{rev} との積と比例の関係（ $V_s \propto R_j \times n_{rev}$ ）で表され、基板の回転数が 100rpm である時には、 $V_s = 8.3 \text{ mm/sec}$ で等速にてノズルのスキャンを行いながら基板表面の洗浄処理を行うとよい。この場合、洗浄液は図 3 で示されるような軌跡（31）を描いて基板の外側へ飛散させた。本工程にて、基板表面に水滴痕がない洗浄、乾燥が行われた。

30

【0023】

この場合の各パラメータは以下のように決定される。跳水半径 R_j （ $= R_j(Q)$ ）と流量 Q の関係は図 4 のようになり、跳水半径 R_j は、本実施の形態のように回転する基板の中心部に吐出しない場合、流量 Q にほとんど依存しない。また、図 5 に示すように、跳水半径 R_j は回転数 n_{rev} にほぼ関係なく決定され、図 6 に示すように、スキャン初期位置 R_{s0} と跳水半径 R_j は、 $R_{s0} \propto R_j$ （ ~ 1 ）の関係を持つ。

【0024】

また、スキャン速度 V_s は以下のように決定される。図 7 に示すように、基板の回転数 n_{rev} が高いとスキャン速度 V_s を高くする必要があり、回転数 n_{rev} が低いとスキャン速度 V_s を低くする必要がある。

40

【0025】

次に基板裏面の洗浄は、基板の外周から 30mm の位置に設置した裏面洗浄用のノズルから洗浄液を 0.5 L/min の流量で基板裏面に向かって吐出し、基板表面の洗浄と同時にいった。

【0026】

本洗浄によって基板裏面に存在した水滴はすべて除去され、裏面の汚染が無い状態にて基板を PEB 工程に搬送した。PEB 工程においては、115℃で60秒間ベークした後、基板を冷却し、現像工程に搬送した。現像工程においては、2.38 重量%のテトラメチルアンモニウムヒドロオキシド水溶液（TMAH）を現像液に用い、60秒間現像

50

を行った。以上の工程にて、55nmライン＆スペースのパターンを欠陥なく形成した。

【0027】

本第1の実施の形態では、半導体装置の製造工程におけるリソグラフィ工程の液浸露光後の基板の洗浄について説明したが、露光後の洗浄に限るものでも、リソグラフィ工程に限るものでもない。

【0028】

(第2の実施の形態)

第2の実施の形態においては、第1の実施の形態と同様の基板に対して同様の材料を積層塗布形成し、ArF液浸露光装置にて液浸露光を行った。

【0029】

液浸露光後、第1の実施の形態と同様に基板の表面と裏面に水滴が残留した。第1の実施の形態と同様の保護膜を塗布形成しているため、保護膜の静的接触角が78度、洗浄液が超純水であり、洗浄液の流量が0.25L/minの場合の跳水半径が6mmであるので、スキャン開始位置 R_{s0} は跳水半径 R_j と比例($R_{s0} \propto R_j$)の関係で表される位置である中心から4mmの位置とする。

【0030】

スキャン速度 V_s は、跳水半径 R_j とウエハ回転数 n_{rev} との積と比例の関係($V_s \propto R_j \times n_{rev}$)で表され、基板の回転数が100rpmである時には、 $V_s = 40 \text{ mm/sec}$ で等速にてノズルのスキャンを行いながら基板表面の洗浄処理を行うとよい。この場合、洗浄液は図8で示されるような軌跡(81)を描いて基板の外側へ飛散させた。本工程にて、基板表面に水滴痕がない洗浄、乾燥が行われた。

【0031】

次に基板裏面の洗浄は、第1の実施の形態と同様に基板の外周から30mmの位置に設置した裏面洗浄用のノズルから洗浄液を0.5L/minの流量で基板裏面に向かって吐出し、基板表面の洗浄と同時に行った。

【0032】

本洗浄によって基板裏面に存在した水滴はすべて除去され、裏面の汚染が無い状態にて基板をPEB工程に搬送し、第1の実施の形態と同様の工程を経て、55nmライン＆スペースのパターンを欠陥なく形成した。

【0033】

(第3の実施の形態)

第1の実施の形態においては、基板を液浸露光後に洗浄工程を行ったが、本第3の実施の形態においては液浸露光前にも洗浄工程を行う方法を説明する。

【0034】

第1の実施の形態と同様に、塗布現像装置で被加工基板に反射防止膜ARC29A(日産化学社製)を厚さ80nmで塗布し、205℃で60秒間バークし、基板を冷却した。その後、レジストAR2014J(JSR社製)を厚さ150nmで塗布し、115℃で60秒間バークし、基板を冷却した後、保護膜TCX026(JSR社製)を厚さ90nmで塗布し、90℃で60秒間バークした。この基板を洗浄ユニットに搬送した。

【0035】

第1の実施の形態と同様の保護膜を塗布形成しているため、保護膜の静的接触角が78度、洗浄液が超純水であり、洗浄液の流量が0.5L/minと設定すると、ノズルから吐出した洗浄液が基板上で跳水現象を起こす。その跳水現象を起こしている領域の半径(跳水半径)が8mmであるので、スキャン開始位置 R_{s0} は跳水半径 R_j と比例($R_{s0} \propto R_j$)の関係で表される位置である中心から5mmの位置とする。

【0036】

スキャン速度 V_s は、跳水半径 R_j とウエハ回転数 n_{rev} との積と比例の関係($V_s \propto R_j \times n_{rev}$)で表され、基板の回転数が150rpmである時には、 $V_s = 12.45 \text{ mm/sec}$ で等速にてノズルのスキャンを行いながら基板表面の洗浄処理を行うとよい。この場合、洗浄液は図3で示されるような軌跡(31)を描いて基板の外側へ飛散

10

20

30

40

50

させた。

【0037】

本洗浄を行うことによって、ベーカーからの汚染を防止することが可能となる。すなわち、ベーク工程によって保護膜をベークした際の昇華物がベーカーに付着したものが、保護膜上に飛散して基板表面に付着するが、このベーカーからの汚染を防止することができる。

【0038】

この基板を、塗布現像装置とインターフェースユニットを介してインライン接続したA r F液浸露光装置に搬送し、液浸露光を行い、第1の実施の形態と同様に液浸露光後の洗浄も行い、基板の表面と裏面に水滴痕がない洗浄、乾燥を行った。引き続き、P E B工程、保護膜剥離、現像工程を行い、55nmライン&スペースのパターンを欠陥なく形成した。

10

【0039】

本実施の形態では液浸保護膜がある場合について説明したが、保護膜がなく、液浸露光の際の最表面がレジストである場合でもよい。この場合、水洗によって除くことができる汚染は、ベーク工程の際のレジストの昇華物がベーカーに付着しレジスト上に飛散して基板表面に付着したものである。

【0040】

(第4の実施の形態)

第4の実施の形態は第1の実施の形態と同様の構成であるが、ノズルのスキャン速度 V_s がノズルの位置の基板の角速度 n_z と比例関係($V_s \propto n_z$)で表されるよう、ノズルを基板の外周に向かって加速しながら洗浄していく方法である。

20

【0041】

保護膜の静的接触角が78度、洗浄液が超純水であり、洗浄液の流量が0.5L/minと設定すると、ノズルから吐出した洗浄液の跳水半径が8mmであるので、スキャン開始位置 R_{s0} は跳水半径 R_j と比例($R_{s0} \propto R_j$)の関係で表される中心から5mmの位置とする。

【0042】

ノズルのスキャン速度 V_s は基板の外周から30mmの位置での角速度にて $V_s = 20 \text{ mm/sec}$ で開始し、ノズルのスキャン速度を加速しながら基板表面の洗浄処理を行うとよい。この場合、洗浄液は図3で示されるような軌跡(31)を描いて基板の外側へ飛散させた。

30

【0043】

なお、本発明は上記各実施の形態のみに限定されず、要旨を変更しない範囲で適宜変形して実施できる。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】第1の実施の形態に係る基板洗浄方法を示す図。

【図2】第1の実施の形態に係る基板洗浄方法を示す図。

【図3】第1の実施の形態に係る洗浄液の軌跡を示す図。

40

【図4】第1の実施の形態に係る跳水半径と流量の関係を示す図。

【図5】第1の実施の形態に係る跳水半径と回転数の関係を示す図。

【図6】第1の実施の形態に係るスキャン初期位置と跳水半径の関係を示す図。

【図7】第1の実施の形態に係るスキャン速度と回転数の関係を示す図。

【図8】第1の実施の形態に係る洗浄液の軌跡を示す図。

【図9】従来例に係る半導体装置の製造工程の断面図。

【図10】従来例に係る塗布現像装置に搭載されている現像ユニットを上方から見た図。

【図11】従来例に係る塗布現像装置に搭載されている現像ユニットを上方から見た図。

【符号の説明】

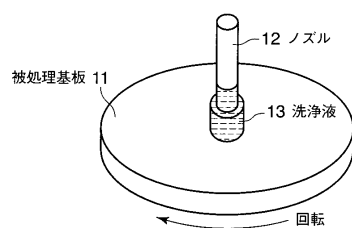
【0045】

50

1 1 ... 被処理基板 1 2 ... ノズル 1 3 ... 洗浄液 1 4 ... 残留水滴

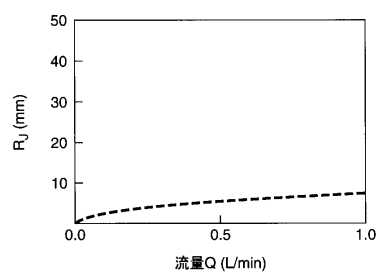
【図 1】

図 1



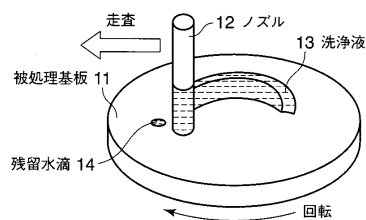
【図 4】

図 4



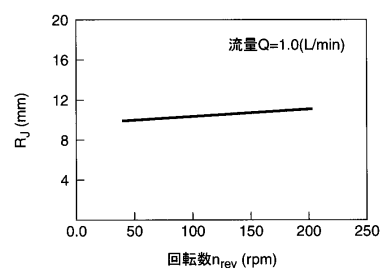
【図 2】

図 2



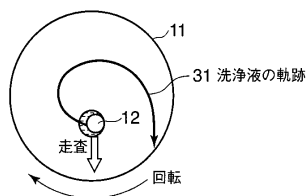
【図 5】

図 5



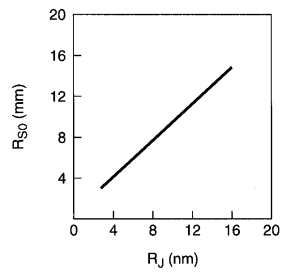
【図 3】

図 3



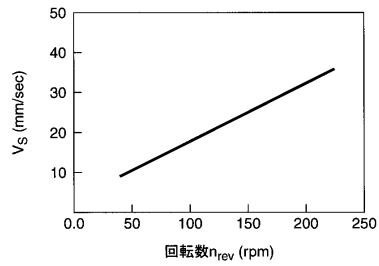
【図 6】

図 6



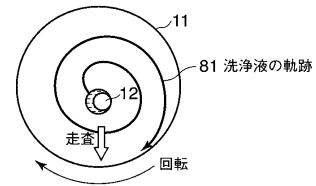
【図 7】

図 7



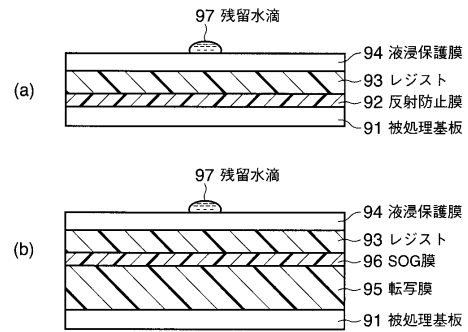
【図 8】

図 8



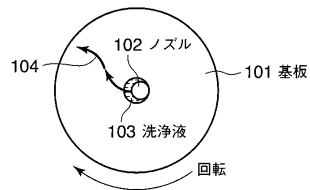
【図 9】

図 9



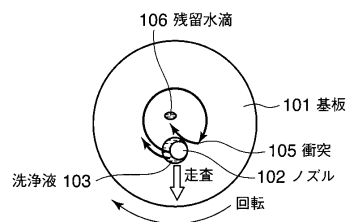
【図 10】

図 10



【図 11】

図 11



フロントページの続き

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 松永 健太郎

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 石川 貴志

(56)参考文献 特開2004-335542(JP,A)

特開2003-109893(JP,A)

特開2006-024715(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/304