

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3774525号

(P3774525)

(45) 発行日 平成18年5月17日(2006.5.17)

(24) 登録日 平成18年2月24日(2006.2.24)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 J	49/04	(2006.01)	HO 1 J 49/04
HO 1 J	49/26	(2006.01)	HO 1 J 49/26
HO 1 J	49/44	(2006.01)	HO 1 J 49/44

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平9-172	(73) 特許権者	000231464 株式会社アルバック 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地
(22) 出願日	平成9年1月6日(1997.1.6)	(74) 代理人	100064388 弁理士 浜野 孝雄
(65) 公開番号	特開平10-199474	(74) 代理人	100067965 弁理士 森田 哲二
(43) 公開日	平成10年7月31日(1998.7.31)	(74) 代理人	100088236 弁理士 平井 輝一
審査請求日	平成15年6月23日(2003.6.23)	(72) 発明者	林 俊雄 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地 日本 真空技術株式会社内
		(72) 発明者	水谷 直樹 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地 日本 真空技術株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ中の負イオン測定法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

反応性ガスを主体とする気体を真空中に導入し、低圧で交番電力、高周波電力、マイクロ波電力等によりプラズマを形成して導入気体をプラズマ分解し、発生した原子、分子、ラジカル、イオンを利用して、プラズマに接する基板電極に装着した基板を処理する方法において、上記基板電極の開口を介してオリフィスを備えた負の荷電粒子引出電極をプラズマ端まで挿入し、プラズマと上記基板電極または壁面との間に形成されるシースを、上記オリフィスにプラズマ電位よりも高い電位を印加することにより微小な領域において破壊して負の荷電粒子を引き出し、引き出した負の荷電粒子の流れ方向に対して垂直方向にS極とN極とが離間して対向配置された一体の磁気回路により垂直磁場を掛けて負の荷電粒子の内電子を排除し、負イオンのみを通過させて質量分析することを特徴とするプラズマ中の負イオンの質量分析法。

【請求項2】

上記オリフィスに印加される電位がプラズマ電位より20～100V高く設定される請求項1に記載のプラズマ中の負イオンの質量分析法。

【請求項3】

上記オリフィスを通して引き出した負の荷電粒子の流れ方向に対して垂直方向に掛けられる上記垂直磁場が $5.0 \times 10^{-3} \sim 2.0 \times 10^{-2}$ テスラである請求項1に記載のプラズマ中の負イオンの質量分析法。

【請求項4】

10

20

プラズマを発生させるプラズマ発生室と、プラズマ発生室中のプラズマに接する位置に配置され、プラズマ中のイオンを通す開口を備えた基板電極と、上記基板電極の開口を通って入ってきたイオンの質量を分析する質量分析器とを有し、イオンの質量を分析するようにした装置において、プラズマと壁面または上記基板電極の間に形成されるシースを微小な領域において破壊して負の荷電粒子を引き出すためのプラズマ電位よりも高い電位を印加されると共に上記基板電極の開口を介してプラズマ端まで挿入されたオリフィスを備えた負の荷電粒子引出電極と、引き出した負の荷電粒子の流れ方向に対して垂直方向に、S極とN極とが離間して対向配置された一体の磁気回路により垂直磁場を形成して負の荷電粒子の内電子を排除する垂直磁場発生手段とを設けたことを特徴とするプラズマ中の負イオンの質量分析装置。

10

【請求項5】

上記オリフィスに印加される電位がプラズマ電位より20～100V高く設定される請求項4に記載のプラズマ中の負イオンの質量分析装置。

【請求項6】

上記オリフィスを通して引き出した負の荷電粒子の流れ方向に対して垂直方向に掛けられる上記垂直磁場が $5.0 \times 10^{-3} \sim 2.0 \times 10^{-2}$ テスラである請求項4に記載のプラズマ中の負イオンの質量分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はプラズマを利用して、半導体上或いは電子部品、その他の基板上の物質をエッチングするエッチング装置や、基板上に他の物質を成膜するプラズマCVD装置のプラズマ中の負イオンの質量をモニターする負イオン質量分析法及び装置に関するものである。

20

【0002】

【従来の技術】

例えばエッチング装置においては、ハロゲン系のガスを真空室内に導入し、交番電力或いは高周波電力を印加してプラズマを形成し、発生したイオン及びラジカルを利用して基板をエッチングする。この場合、プラズマ電位は基板及び壁面に対し常に正の電位を持っており、従って、プラズマ中で発生した正イオンは基板及び壁面に対してこの正の電位を持って基板及び壁面に対して飛行する。しかし、プラズマ中で発生した負のイオンはプラズマと基板及び壁面の間にできたシース電位により阻止され、基板及び壁面には到達することができない。このため、正イオン測定は容易であるが負イオン測定は困難である。

30

【0003】

添付図面の図4及び図5には従来技術によるプラズマ中のイオンエネルギー及び質量の測定法が示され、図4は、Coburn等によって報告された、接地電位となっている壁面に入射する正イオンの質量及びエネルギー分布を測定するのに使用された装置を示す(J. Appl. Phys., 43(1972)4965参照)。

この例では、質量分析器の取り付けられている電極が接地電極になっているので、プラズマ中の正イオンはプラズマ電位と接地電位の差のエネルギーで質量分析器に入射する。

一方、図5は高周波電力が印加されている基板電極に取り付けられたエネルギー分析器付き質量分析計の例である。これらの場合にも、プラズマ電位と基板電極電位の差のエネルギーを持って基板電極に入射する正イオンを分析している。

40

このように正イオンは容易に基板電極に入射するので測定は容易であるが、プラズマ中の負イオンの測定は難しく殆ど報告されていない。プラズマ電位が正の電位を持っていてシースが負電荷に対して阻止電位として働くため、正イオンの測定と同じ方法では測定できない。また、多量の電子が存在することも測定を困難にしている。しかし、アフターグロー領域での負イオンの測定例は多数報告されている(例えば:L.J. Overzet, J.H. Beberman及びJ.T. Verdeyen, J. App. Phys., 66(1989) 1622, 及びA.A. Howling, J.L. Dorier 及びCh. Hollenstein, App. Phys. Lett., 62(1993)1341 参照)。これは、アフターグロー領域ではシースが殆ど形成されていないことと電子付着により電子密度が減少し負イオ

50

ン密度が増加するからと思われる。

図4のCoburn等によって報告された測定法では、質量分析器の取り付けられている電極が接地電極になっているので、プラズマ中の正イオンはプラズマ電位と接地電位の差のエネルギーで質量分析器に入射する。この方法によりプラズマCVDや陽極結合のプラズマエッチング等のように接地電位基板に入射する正イオンのエネルギー及び質量が分かり、プラズマCVD等の成膜機構解明やプラズマエッチング等のラジカルによるエッチング機構解明には大いに有益な情報が得られている。

図5に示すものは、反応性イオンエッチングに用いられているプラズマの正イオンの測定を目的として、高周波電力が印加されている浮遊電極に取り付けられた例である。

反応性イオンエッチングでは浮遊電位基板電極に交番電場或いは高周波電場を印加し、負の自己バイアスを発生させ、プラズマ電位と基板電位とに大きな電位差を発生させて、大きな正イオンのエネルギーを得て、基板をエッチングしている。この時、基板電極は自己バイアスされた直流成分と印加されている高周波電場の交流成分で合成された電位になっている。図5の例では、イオン分析器及び質量分析器の電位は浮遊電位である基板電極の直流成分に等しくなるが、正確に基板電極の電位とは等しくならない。

【0004】

図6には先に特願平8-77159において提案した浮遊電極基板に入射するイオンエネルギー分析器及び質量分析器の構造を示す。図6において1はプラズマ発生室で、このプラズマ発生室1内にはプラズマ発生用電極2が配置され、このプラズマ発生用電極2はマッチングボックス3を介して高周波電源4に接続されている。プラズマ発生室1内のプラズマ発生用電極2に対向して基板電極5が絶縁碍子6を介してプラズマ発生室1に取り付けられている。基板電極5は、プラズマ発生室1内に発生するプラズマに接する位置にイオン引き込み用の開口5aを備えており、そしてコンデンサ7及びマッチングボックス8を介してバイアス用高周波電源9に接続されている。

基板電極5内にはエネルギー分析器10が配置され、このエネルギー分析器10は検出しようとするイオンエネルギーレベルより低いエネルギーのイオンをカットするメッシュ電極10aと外筒電極10bと内筒電極10cとを備えており、これらの各電極はイオンエネルギー制御電源11に接続されている。

また12は四重極型の質量分析器で、各電極は質量分析用制御電源13に接続されている。14はイオン検出器であり、質量分析器12と共に、真空容器15内に挿置されている。真空容器15は基板電極5の開放端に絶縁碍子16を介して結合されている。なお図6において17はフォトカプラー、18は光ファイバー、19は測定用回路、20は掃引電源であり、図示したように接続されている。

この構造においてはイオンエネルギー分析器10、イオンエネルギー制御電源11、質量分析器12、質量分析用制御電源13等の分析器及び制御電源を全て基板電極5に接続し、接地電位に対し浮遊電位としている。従って、基板電極5の小孔を通してエネルギー分析器10に入り込むイオンは、基板電極5とエネルギー分析器10が同電位になっているため、何の摂動を受けることもなくエネルギー分析される。

【0005】

エネルギー分析器が基板電極の直流成分のみに等しくなる図5の例の場合には、基板電極とエネルギー分析器間に高周波成分の摂動が働く。高周波電場を飛翔するイオンのエネルギースペクトルは高周波電場の摂動を受ける時間によって加速されかたが異なり、高速側と低速側に偏る、いわゆるbimodal形になる。基板電極とエネルギー分析器間に高周波電位が印加されていると、イオンに摂動が掛かりスペクトル形状に影響を与えられ、直流電位、高周波電位とも同電位にすることでこの問題は解決され、正確なイオンのスペクトルが得られる。

一方、アフターグロー中における負イオン分析ではプラズマと分析部間にシースが形成されないため、負イオンを少しだけ引き込むための電位を印加すれば測定は可能である。しかし、ここで測定の対象としているシースが形成されているプラズマ中の負イオンの測定は、大きなシース電位があるので負イオンを引き込むことは容易ではなく、大変難しい。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

【 発明が解決しようとする課題 】

従来のプラズマ中のイオン種分析法は基板或いは壁面に入射する正イオンのみを対象としていた。プラズマ中で生成された正イオンはプラズマ電位と基板電位或いは通常接地電位になっている壁面電位との差で飛翔し、基板或いは壁面に入射する。プラズマ中で生成される正の電荷を持った粒子は正イオンのみであるから、測定器には正イオンのみが入射する。

一方、プラズマ中で生成される負の電荷を持った粒子には電子と負イオンがある。プラズマは基板や壁面より高い正の電位を持っているので、プラズマ中にある負の電荷を持つ粒子はプラズマ中に閉じこめられている。電子は比較的大きなエネルギー分布を持ち、高いエネルギーを持つ電子は、シースが最小になる瞬間に基板或いは壁面に到達することができる。しかし、負イオンのエネルギーは小さいので、シースを乗り越えて基板或いは壁面に到達することができない。

従って、プラズマ中の負イオンを測定するためには、阻止電位となっているシース電位を破って負イオンを引き出さなければならない。また、シースを破って負の電荷を持った粒子を引き出したとしても、負の電荷を持つ多量の電子を除かないと負イオンを測定することはできない。

そこで本発明の目的は、上記のように従来困難であったプラズマ中の負イオンの測定を可能にする方法及び装置を提供することを目的としている。

【 0 0 0 7 】

【 課題を解決するための手段 】

上記の目的を達成するために、本発明の第1の発明によれば、反応性ガスを主体とする気体を真空中に導入し、低圧で交番電力、高周波電力、マイクロ波電力等によりプラズマを形成して導入気体をプラズマ分解し、発生した原子、分子、ラジカル、イオンを利用して、プラズマに接する基板電極に装着した基板を処理する装置において、基板電極の開口を介してオリフィスを備えた負の荷電粒子引出電極をプラズマ端まで挿入し、プラズマと基板電極または壁面との間に形成されるシースを、オリフィスにプラズマ電位よりも高い電位を印加することにより微小な領域において破壊して負の荷電粒子を引き出し、引き出した負の荷電粒子の流れ方向に対して垂直方向にS極とN極とが離間して対向配置された一体の磁気回路により垂直磁場を掛けて負の荷電粒子の内電子を排除し、負イオンのみを通過させて質量分析することを特徴とするプラズマ中の負イオンの質量分析法が提供される。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の第2の発明によれば、プラズマを発生させるプラズマ発生室と、プラズマ発生室中のプラズマに接する位置に配置され、プラズマ中のイオンを通す開口を備えた基板電極と、基板電極の開口を通して入ってきたイオンの質量を分析する質量分析器とを有し、イオンの質量を分析するようにした装置において、プラズマと壁面または基板電極の間に形成されるシースを微小な領域において破壊して負の荷電粒子を引き出すためのプラズマ電位よりも高い電位を印加されると共に基板電極の開口を介してプラズマ端まで挿入されたオリフィスを備えた負の荷電粒子引出電極と、引き出した負の荷電粒子の流れ方向に対して垂直方向に、S極とN極とが離間して対向配置された一体の磁気回路により垂直磁場を形成して負の荷電粒子の内電子を排除する垂直磁場発生手段とを設けたことを特徴としている。

【 0 0 0 9 】

各発明において好ましくは、オリフィスに印加される電位はプラズマ電位より20～100V高くされる。

またオリフィスを通して引き出した負の荷電粒子の流入方向に対して垂直方向に掛けられる弱い垂直磁場は、好ましくは $5.0 \times 10^{-3} \sim 2.0 \times 10^{-2}$ テスラである。

【 0 0 1 0 】

【 作用 】

このように構成した本発明の各発明においては、負に帯電した粒子を引き込むための微小なオリフィスを持つ負の荷電粒子引出電極をプラズマ端まで挿入することで実施できるので、プラズマを乱すことがなく、また、閉じた磁気回路により弱い垂直磁場を重畳して電子のみを除くようにしているので、イオンの軌道を大きく曲げることもなく負イオンのみを分析器に導くことができ、それにより、負イオンの質量分析が可能となる。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面の図1～図3に示す実施例に基づき本発明の実施の形態について説明する。

【実施例】

図1には本発明の一実施例によるプラズマ中の負イオンの測定装置を示す。図1において、21はプラズマ発生室で、このプラズマ発生室21内にはプラズマ発生用電極22が配置され、このプラズマ発生用電極22はマッチングボックス23を介して高周波電源24に接続されている。プラズマ発生室21内のプラズマ発生用電極22に対向して基板電極25が絶縁碍子26を介してプラズマ発生室21に取り付けられている。基板電極25は、プラズマ発生室21内に発生するプラズマに接する位置にイオン引き込み用の開口25aを備えており、そしてコンデンサ27及びマッチングボックス28を介してバイアス用高周波電源29に接続されている。基板電極25内には質量分析部30が配置され、この質量分析部30は、基板電極25に隣接して設けられたイオン引込電極31と電子除去用マグネット32とイオンエネルギー制御電極33と質量分析器34とイオン検出器35とを備え、質量分析部30に印加される電圧は全て高周波印加電極を基準としている。

【0012】

イオンエネルギー制御電極33はイオンエネルギー制御電源36に接続され、質量分析器34の各電極は質量分析用制御電源37に接続され、プラズマ電位よりも5～20eV高くなるようにしている。イオン引込電極31には電源38によりプラズマ電位よりも50～200eV高い電位を印加するようにされている。質量分析器34及びイオン検出器35は真空容器39内に挿置されている。真空容器39は基板電極25の開放端に絶縁碍子40を介して結合されている。また図1において41はフォトカプラー、42は光ファイバー、43は測定用回路であり、図示したように接続されている。

【0013】

次に図2及び図3を参照して負イオン測定の原理について説明する。

図2に本発明による装置の電位配分を概略的に示す。V1は電源38によりシース端付近まで挿入したイオン引込電極31のオリフィスに印加する電位でシース電位よりも50～200V高くなるような電圧であり、V2はイオン引込電極31のオリフィスに入り込んだ負イオンの方向を揃えるためにV1よりもさらに50～200V高い電圧である。この2枚のイオン引込電極31で引き込まれた負電荷を持つ粒子は電子除去用マグネット32を通して質量分析器34に導かれる。質量分析器34にはイオンのエネルギーが10～50eVになるようにシース電位よりも10～50V高い電圧が質量分析用制御電源37により印加される。

【0014】

電子除去用マグネット32としては閉じた磁気回路が用いられ、その作用は図3に示す。すなわち負の荷電粒子が50eVで閉じた磁気回路で構成される5mm幅の垂直磁場(図面の表面がN極、裏面がS極：中心磁場強度は 1.0×10^{-2} テスラ)を通るときの軌道の計算結果の例が示されている。質量の小さな電子は磁場によって曲げられ垂直磁場を通過できないが、質量の重い負イオンは垂直磁場に大きく曲げられることもなく通過することができる。閉じた磁気回路を用いるのはこの垂直磁場の厚みを大きくしないためである。単に磁石を2個上下に配置したのでは開いた磁気回路が形成され、磁力線が空間に広がり、磁石の前後でも大きな磁場を形成する。広い空間に磁場が存在する場合、重い負イオンであってもその軌道は大きく曲げられ、質量分析器34に導くことが困難になる。

【0015】

実際の測定では、厚み3mmの2個の磁石を純鉄のドーナツ状円盤に取り付けて磁気回

10

20

30

40

50

路を形成した。中心の磁場は 1.5×10^{-2} テスラである。

質量分析器 34 を通過するイオンのエネルギーは 10 eV 前後が望ましいが、この例ではイオンの発散をできるだけ小さくするため 20 eV とした。

【0016】

ところで、図示実施例では負イオン測定用質量分析器を高周波印加電極に取り付けた例について記載してきたが、接地電位となっている壁面（或いは対向電極）に取り付けて測定するときも全く同じに実施することができる。ただその場合には、基板電位とプラズマ電位の差（基板シース電位）が接地電位となっている壁面の電位とプラズマ電位の差（壁面シース電位）よりも大きくする必要があるのである。従って、本発明は、当然エッチングプラズマのみならず CVD プラズマでも負イオンを測定できる。

10

【0017】

【発明の効果】

以上説明してきたように、本発明によれば、高周波電力印加基板へ入射する負イオン種の分析ができるので、プラズマを形成して導入気体をプラズマ分解し、発生した原子、分子、ラジカル、イオンを利用して基板を処理するプロセスにおいて例えばエッチングプラズマ中の負イオンの種類及び量を知ることができ、エッチングプラズマについてより詳細な情報を得ることが可能となり得る。特に、半導体や電子部品加工に用いられている反応性イオンエッチングプロセスをより深く理解することができ、本発明はプロセス開発に大きく役立つ有用なものである。

【図面の簡単な説明】

20

【図1】 本発明の一実施例を示す概略構成図。

【図2】 図1の装置における負イオン分析のための電位の印加の仕方を示す図。

【図3】 電子除去用マグネットの作用を示す図。

【図4】 接地電位部に接続された従来のイオンエネルギー分析器及び質量分析器の一例を示す概略構成図。

【図5】 別の従来例を示す概略構成図。

【図6】 さらに別の従来例を示す概略構成図。

【符号の説明】

21： プラズマ室

22： プラズマ発生用高周波コイル

30

24： プラズマ発生用高周波電源

25： 基板電極

25a： 基板電極のイオン引き込み用開口

30： 質量分析部

31： イオン引込電極

32： 電子除去用マグネット

33： イオンエネルギー制御電極

34： 質量分析器

35： イオン検出器

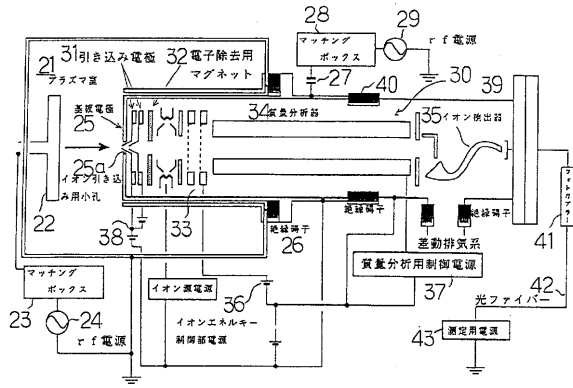
36： イオンエネルギー制御電源

40

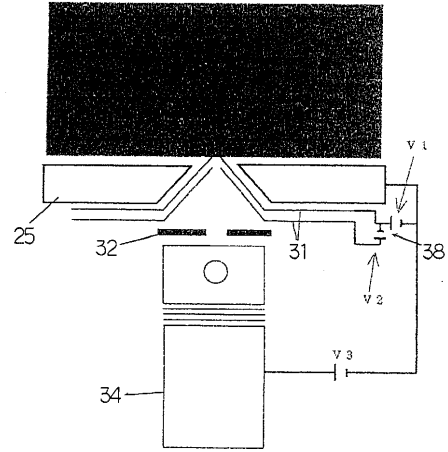
37： 質量分析用制御電源

38： 電源

【 図 1 】

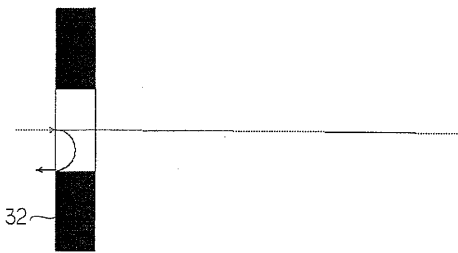


【 図 2 】



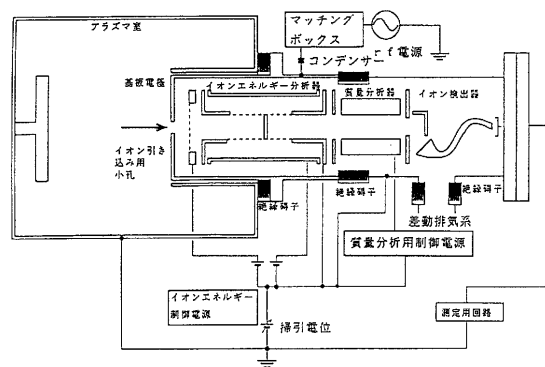
V1 = シース電位 + 50 ~ 200 (V)
 V2 = V1 + 50 ~ 200 (V)
 V3 = シース電位 + 10 ~ 50 (V)

【 図 3 】

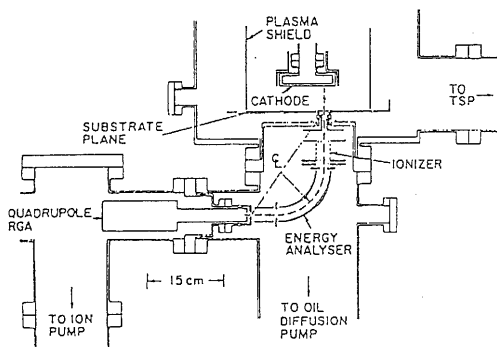


EE= 53eV RLE= 2.45670002238776mm IE= 50eV RLI= 569.422498018826mm
 B= .01T 有効磁場厚み D= 5mm イオンの偏向角 $\alpha(^{\circ}) = .503091353287332$
 総変位量 DF= .417105518020708mm 4.5cm先の変位量

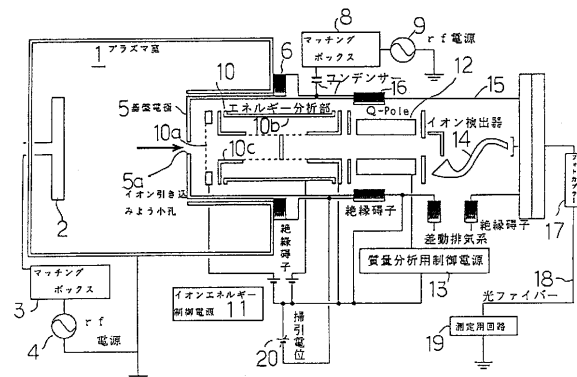
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 松岡 智也

- (56)参考文献 特開昭63-032835(JP,A)
特開平08-274071(JP,A)
特開平05-109675(JP,A)
特開平05-036496(JP,A)
特開平02-154143(JP,A)
特開平04-242048(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 49/00-49/44

H01J 37/08

H01J 27/20-27/26