

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4389025号
(P4389025)

(45) 発行日 平成21年12月24日(2009.12.24)

(24) 登録日 平成21年10月16日(2009.10.16)

(51) Int. Cl. F I
 GO 1 M 9/04 (2006.01) GO 1 M 9/04
 GO 1 N 21/27 (2006.01) GO 1 N 21/27 Z

請求項の数 3 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-223718 (P2004-223718) (22) 出願日 平成16年7月30日 (2004.7.30) (65) 公開番号 特開2006-46916 (P2006-46916A) (43) 公開日 平成18年2月16日 (2006.2.16) 審査請求日 平成19年3月28日 (2007.3.28)</p>	<p>(73) 特許権者 304021831 国立大学法人 千葉大学 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 (72) 発明者 前野 一夫 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 千 葉大学工学部都市環境システム学科内 (72) 発明者 豊田 和弘 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 千 葉大学工学部都市環境システム学科内 審査官 尾崎 淳史</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 衝撃波発生装置及びそれを用いた分光システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

衝撃波を発生させる衝撃波発生部と、衝撃波を伝播させる管と、該管を挟んで対称に配置される一対の観測窓と、を有する衝撃波発生装置であって、

前記管には、内壁側に突起部分を有する穴が形成されており、

前記観測窓のそれぞれは、管の中心に近い側から、前記穴の突起部分に嵌め合わされるカップリングホール付窓板、抑え蓋及び治具により前記管に固定される外筒、該外筒を挟んで前記カップリングホール付窓板と対向するよう配置される光学窓、を有し、

前記管と前記カップリングホール付窓板とは前記管内において平坦な面を形成しており、かつ、前記カップリングホールの直径は5 mm以下である衝撃波発生装置。

10

【請求項2】

衝撃波を発生させる衝撃波発生部と、衝撃波を伝播させる管と、該管を挟んで対称に配置される一対の観測窓と、前記観測窓の一方から前記管内にレーザー光を導入しもう一方の観測窓からレーザー光を取り出して分析を行う光学系と、を有する分光システムであって、

前記管には、内壁側に突起部分を有する穴が形成されており、

前記観測窓のそれぞれは、管の中心に近い側から、前記穴の突起部分に嵌め合わされるカップリングホール付窓板、抑え蓋及び治具により前記管に固定される外筒、該外筒を挟んで前記カップリングホール付窓板と対向するよう配置される光学窓、を有し、

前記管と前記カップリングホール付窓板とは前記管内において平坦な面を形成しており

20

、かつ、

前記カップリングホールの直径は5 mm以下であり、

前記光学系は、レーザー光を発振させるレーザー発振器、該レーザー発振器と前記レーザー光を前記管内に導入する方の前記観測窓との間に配置される集光レンズ、前記レーザー光を取り出す方の観測窓から出てくるレーザー光を平行光にするコリメートレンズ、前記レーザー光を受光する受光部、を有することを特徴とする分光システム。

【請求項3】

前記レーザーのエネルギーを E (W)、前記集光レンズから前記レーザー光の焦点までの距離を D (cm)、前記光学窓の前記焦点に近い側の面と前記焦点との距離を d (cm)、絞る前の前記レーザー光の半径を R (cm)、前記光学窓の破壊閾値を S (W/cm²) とすると、 $D^2 \cdot E / (d^2 \cdot R^2 \cdot \quad) < S$ を満たすことを特徴とする請求項2記載の分光システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は衝撃波発生装置、及びそれを用いた分光システムに関する。

【背景技術】

【0002】

衝撃波発生装置とは、宇宙機が地球の大気圏に再突入する際に発生する程度の衝撃波を任意に発生させることができる装置である。衝撃波発生装置は、高圧の管と低圧の管とを金属膜を隔てて接続し、高圧の管の圧力を更に高圧にして金属膜を破膜し、低圧の管に衝撃波を伝播させる、というものである。なおこの衝撃波の観測は、低圧の管に観測窓を取り付けて行われている。

20

衝撃波発生装置に関する発明としては、例えば下記特許文献1に記載の技術がある。

【特許文献1】特開平5 - 322691号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

金属膜を破膜して衝撃波を発生させる衝撃波発生装置の場合、破膜の際に金属が蒸発した後観測窓に付着する場合がある。この場合、この金属は観測用のレーザー光を吸収し、観測窓を高温状態にして破損させてしまうおそれがある。また、たとえ金属の付着がない場合であってもS/N比を上げるためにレーザー光の強度を高くした場合、この観測窓によりレーザー光の一部が吸収され、観測窓の破損閾値を越え、破損してしまうおそれがある。なお上記特許文献1に記載の発明は、高圧管におけるシリンダとピストンに有用ではあるが、上記の課題については未検討でありそれだけでは解決できない。

30

【0004】

よって本発明は、観測窓を破損することなくS/N比の高い衝撃波の測定を行うことができる衝撃波発生装置、及びそれを用いた分光システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために、本発明は具体的に以下の手段を採用する。
まず、第一の手段として、衝撃波を発生させる衝撃波発生部と、衝撃波を伝播させる管と、この管を挟んで対称に配置される一対の観測窓と、を有する衝撃波発生装置であって、観測窓のそれぞれは、管の中心に近い側からカップリングホール付窓板、外筒、外筒を挟んでカップリングホール付窓板と対向するよう配置される光学窓、を有することを特徴とする。このように配置することで、光学窓を管の中心となるレーザーの焦点から遠ざけることができ、外部からレーザーを導入して分光測定を行う場合であっても、レーザー光のエネルギー密度を下げることができ、光学窓の破損閾値よりも下げることが可能となるのである。

40

【0006】

50

またこの場合において、カップリングホールの直径は5 mm以下であることが望ましい。これ以上大きくなってしまうと、管の内部を伝播する衝撃波が反射を受けるなど、衝撃波の形状に影響を与えることとなり、正確な測定ができなくなってしまう虞があるからである。

【0007】

また、この場合において、管とカップリングホール付窓板とは管内において平坦な面を形成していることが望ましい。管の内部に凹凸が発生してしまうと、カップリングホールの径を大きくした場合と同様、衝撃波の形状に影響を及ぼし、正確な分光測定ができなくなってしまう虞があるからである。なおここで平坦な面とは、段差がない場合を指し、許容範囲としては段差があったとしても1 mm以内に抑える必要がある。

10

【0008】

また、第二の手段として、衝撃波を発生させる衝撃波発生部と、衝撃波を伝播させる管と、この管を挟んで対称に配置される一对の観測窓と、この観測窓の一方から前記管内にレーザー光を導入しもう一方の観測窓からレーザー光を取り出して分析を行う光学系と、を有する分光システムであって、観測窓のそれぞれは、管の中心に近い側からカップリングホール付窓板、外筒、該外筒を挟んでカップリングホール付窓板と対向するよう配置される光学窓、を有し、光学系は、レーザー光を発振させるレーザー発振器、該レーザー発振器と前記レーザー光を前記管内に導入する方の観測窓との間に配置される集光レンズ、前記レーザー光を取り出す方の観測窓から出てくるレーザー光を平行光にするコリメートレンズ、前記レーザー光を受光する受光部、を有することを特徴とする。この構成とすることで、光学窓を管の中心となるレーザーの焦点から遠ざけることができ、外部からレーザーを導入して分光測定を行う場合に、レーザー光のエネルギー密度を下げることで、光学窓の破損閾値よりも下げることが可能となるのである。

20

【0009】

またこの場合において、カップリングホールの直径は5 mm以下であることも望ましい。これ以上大きくなってしまうと、管の内部を伝播する衝撃波が反射を受けるなど、衝撃波の形状に影響を与えることとなり、正確な測定ができなくなってしまう虞があるからである。

【0010】

またこの場合において、管とカップリングホール付窓板とは管内において平坦な面を形成していることが望ましい。管の内部に凹凸が発生してしまうと、カップリングホールの径を大きくした場合と同様、衝撃波の形状に影響を及ぼし、正確な分光測定ができなくなってしまう虞があるからである。なおここで平坦な面とは、段差がない場合を指し、許容範囲としては段差があったとしても1 mm以内に抑える必要がある。

30

【0011】

この場合において、レーザーのエネルギーを E (W)、光レンズからレーザー光の焦点までの距離を D (cm)、光学窓の前期焦点に近い側の面と焦点との距離を d (cm)、絞る前のレーザー光の半径を R (cm)、光学窓の破壊閾値を S とすると、 $D^2 \cdot E / (d^2 \cdot R^2 \cdot \quad) < S$ を満たすことが望ましい。この式を満たすことで、エネルギー密度を光学窓の破壊閾値以下とし、光学窓の破壊を防ぎ安定的に分光システムを作動させることができる。

40

【発明の効果】

【0012】

以上により、観測窓を破損することなく S/N 比の高い衝撃波の測定を行うことができる衝撃波発生装置、及びそれを用いたパルスレーザー分光システムを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明を実施するための形態について図面を用いて説明する。

図1は本実施形態における衝撃波発生装置を示す図である。本衝撃波発生装置1は、高

50

圧管 2、圧縮管 3、中圧管 4、低圧管 5、低圧タンク 6 が順次接続された構造となっている。高圧管 2 の内部空間と圧縮管 3 の内部空間は高速バルブ 7 により隔てられており、圧縮管 3 の内部空間と中圧管 4 の内部空間は鉄膜 8 により隔てられており、中圧管 4 の内部空間と低圧管 5 の内部空間はアルミ膜 9 により夫々隔てられている。また圧縮管 3 の内部にはピストン 10 が配置され、管の内部を摺動可能に配置されている。各管内の圧力は窒素ガスが導入されており、高圧管 2 から低圧タンク 6 に向かうに従い低くなっており、衝撃波を発生させる前の値としては、高圧管 2 の圧力は約 4 MPa、圧縮管 3 の圧力は約 160 kPa、中圧管 4 の圧力は約 13 kPa、低圧管 5 および低圧タンク 6 の圧力は約 50 Pa となっている。

【0014】

高圧管 2 内には、シリンダ 11 が配置されており、シリンダ 11 の内部空間 12 とその外の空間 13 とは高速バルブ 7 によって空間が隔てられている。つまり衝撃波を発生させる前は、シリンダ 11 の内部空間 12、その外の空間 13、圧縮管 3 の空間は高速バルブ 7 によって隔てられている。なお高速バルブ 7 はシリンダ 11 内部を摺動可能に配置されており、またシリンダ 11 の内部空間 12 とその外の空間 13 は同じ圧力になっている。また、図 1 では図示していないが、シリンダ 11 の内部空間は弁を介して大気圧とつながっている。

【0015】

次に衝撃波発生装置 1 の衝撃波を発生させる際の動作について説明する。

まず、高圧管 2 内におけるシリンダ 11 の内部空間 12 につながっている弁（図示せず）を開き、大気圧とつなげる。すると、シリンダ 11 の内部空間 12 の圧力は急激に下がり、高速バルブ 7 はシリンダ 11 の内部に引き込まれる。すると高圧管 2 と圧縮管 3 の内部の空間がつながる。すると高圧管 2 の高圧ガスが圧縮管 3 に移動し、圧縮管 3 内のピストン 10 を急速に押し始める。すると圧縮管 3 内のピストン 10 と鉄膜 8 との間の体積が急激に圧縮され始め、高圧の状態となる。そしてその圧力が鉄膜 8 の破損閾値を超えると、鉄膜が破膜し、第一の衝撃波を発生させる。そしてこの第一の衝撃波は中圧管 4 の内部を伝播することとなる。

【0016】

そして、第一の衝撃波は中圧管 4 の内部を伝播し、中圧管 4 と低圧管 5 の間に配置されるアルミ膜 9 に到達するが第一の衝撃波がアルミ膜に当たると第一の衝撃波はアルミ膜により反射するとともにアルミ膜 9 を破膜させる。この結果、第二の衝撃波が生じ、低圧管 5 の内部を伝播することになる。そして、この第二の衝撃波（以下、単に言及する場合を除き「衝撃波」というときは第二の衝撃波をいうものとする。）を観測することで、様々なデータを得ることができるのである。なお本実施例における衝撃波発生部は、高圧管 2、圧縮管 3、中圧管 4、高速バルブ 7、シリンダ 11、ピストン 10、鉄膜 8、アルミ膜 9 等の第二の衝撃波を発生させるまでの構成要素を指す。ただし、他の構成要件によっても衝撃波を発生させることができるのであれば上記構成要件に限られない。

【0017】

衝撃波の測定は、先ほど述べたように観測窓にレーザーを入射することによって求めるが、本実施例にかかる衝撃波発生装置では観測窓の構造に特徴を有している。

【0018】

図 2 は、図 1 における低圧管 5 の観測窓周辺の拡大図である。本実施形態の衝撃波発生装置は、低圧管 5 に副室 14 を有する観測窓 15 が低圧管 5 を挟んで対向して備え付けられていることを特徴の一つとする。

【0019】

観測窓 15 は、図 2 で示されるように、低圧管 5 に設けられた穴に嵌合してなるカップリングホール付窓板 16 と、このカップリングホール窓付板 16 に外筒 17 を介して対向するよう配置される光学窓 18 と、を少なくとも有して構成されている。

【0020】

カップリングホール付窓板 16 は、直径が約 3 cm、厚さ約 5 mm 円板状で、中心に 2

10

20

30

40

50

mmのカップリングホール19があげられている。またカップリングホール付窓板16の低圧管5への嵌合は、低圧管5の内壁側に突起部分20を形成するとともに、カップリングホール付窓板16の一方の面をこの突起部分20に合う切り欠きを設けて嵌め合わせるによって行われる。なおカップリングホール付窓板16はステンレスで構成されている。なお、本実施形態では、レーザーの径にあわせてカップリングホールの大きさを調整しやすくする観点、メンテナンスの容易性から、カップリングホール付窓板16を低圧管5とは別の部材として構成しているが、低圧管5の内壁にカップリングホールを空けただけの構成、即ちカップリングホール付窓板を低圧管5の一部とすることも構成上可能ではある。

【0021】

外筒17は、光学窓18を衝撃波の測定点となる低圧管5の中心部(レーザーの焦点21)から離し、かつカップリングホール付窓板16に対向して光学窓18を配置するものであり、低圧管5の穴に挿入され、カップリングホール付窓板16に押し当てられて配置されている。また、この筒を十分固定するために、外筒抑え蓋22と治具23によって低圧管5に固定されている。なおこの材質はステンレスで構成されており、高さは約9.5cm、内径は1.5cmとした。

【0022】

光学窓18は、カップリングホール付窓板16に対向し、かつ、外筒17に固定して配置されており、更に光学窓抑え蓋24を用いて固定されている。なお光学窓抑え蓋24は、外筒17と適合するねじ溝が形成されてねじ止め可能となっている。また、光学窓抑え蓋24と光学窓18、光学窓18と外筒17との間には、固定する際に光学窓18を傷つけないようにするためゴムからなるOリング25、26が配置されている。なお、光学窓18と外筒17との間、外筒17の側面と低圧管5に設けられた穴の側面との間、には、低圧管5内部の圧力と副室14内部の圧力とを同じにする即ち副室14を外側から密封するためのOリング26、27が配置されている。なお光学窓18は石英ガラスで構成されているが、測定光の波長領域で透明であればよく、他の材料、例えばBK7で構成することも可能である。

【0023】

そして更に、この光学窓18の外側には外部からレーザー光を導入するための光学系が配置され、例えば集光レンズ28によって低圧管5の内部にレーザーの焦点21が形成され、衝撃波を測定することとなる。

【0024】

本実施形態にかかる衝撃波発生装置は、以上の構成を採用することにより、レーザーの焦点21から光学窓18を遠ざけることで、光学窓18を透過するレーザー光のエネルギー密度を低くし、光学窓18破損の虞を極めて低くできる。より具体的に説明すると、レーザー光の進行方向に垂直な断面におけるレーザー光の断面積は焦点からの距離の二乗に比例して大きくなる。そしてその面積に比例してレーザー光のエネルギー密度は小さくなる。従って、外筒17を設けて光学窓18を焦点から離すことでレーザー光のエネルギー密度を破損閾値よりも小さくすることができるようになるのである。そしてそれと同時にレーザー光が透過するに十分な大きさ程度のカップリングホールを設けておくことで、副室を設けたとしても衝撃波伝播にほとんど影響を与えることなく光学窓の破損防止と測定の正確性との両立を図ることができる。なお、カップリングホール付窓板16にはカップリングホール18が形成されているためレーザー光によって加熱されることはなく、衝撃波が発生する際にアルミ膜がカップリングホール付窓板16に付着したとしても、その付着したアルミを加熱して破壊に至ることはない。

【0025】

なお、本実施例において、低圧管5の厚さ及び内径はそれぞれ4cmとし、低圧管5の内壁面から光学窓までの距離は約10cmとし、集光レンズと焦点との距離は約12cmとした。なおレーザー光は80mJの出力、10nsecのパルス幅を有するパルスレーザー光で、絞る前のレーザー光の直径は3mmとした。すると、低圧管5の内壁面にお

10

20

30

40

50

るレーザーの断面の直径は0.5mm、光学窓18におけるレーザーの断面の直径は2.5mmとなり、それぞれの位置におけるレーザー光のエネルギー密度は約4076MW/cm²、約163MW/cm²となる。石英ガラスの破損閾値は約1GW/cm²であるため、従来どおり低压管5の内壁面に石英ガラスを配置した場合は破損閾値を超えてしまうが、外筒17を設けたことでレーザー光が観測窓15に当たる際のエネルギー密度を破損閾値より十分小さくすることができる。つまり、レーザーのエネルギーをE(W)、光学窓に当たる際のレーザー光の半径をr(cm)、光学窓の破損閾値をS(W/cm²)とすると、 $E / (r^2 \cdot \dots) < S$ を満たすよう設定することで効果を達成できる。また別の観点から、集光レンズから焦点までの距離をD(cm)、光学窓の焦点に近い側の面と焦点との距離をd(cm)、絞る前のレーザー光の半径をR(cm)とすると $D^2 \cdot E / (d^2 \cdot R^2 \cdot \dots) < S$ を満たすことで効果を達成できるようになる。

10

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本実施形態にかかる衝撃波発生装置を示す図。

【図2】本実施形態にかかる衝撃波発生装置における観測窓周辺の拡大図。

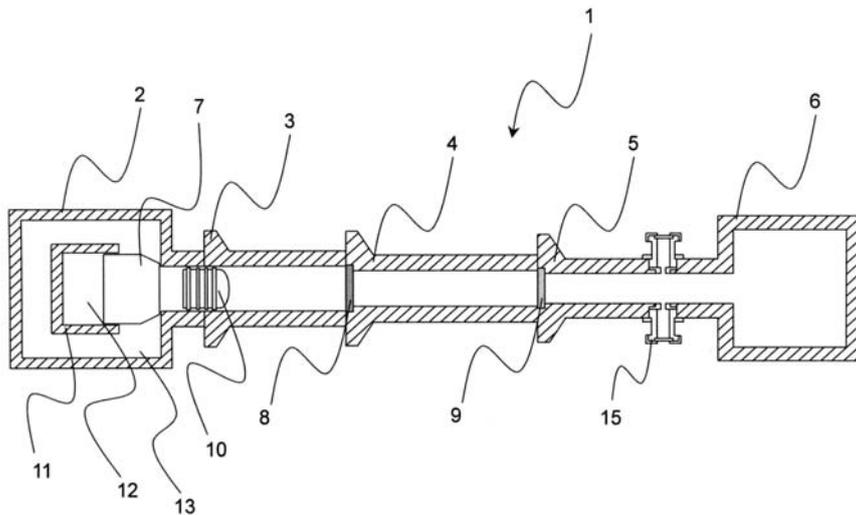
【符号の説明】

【0027】

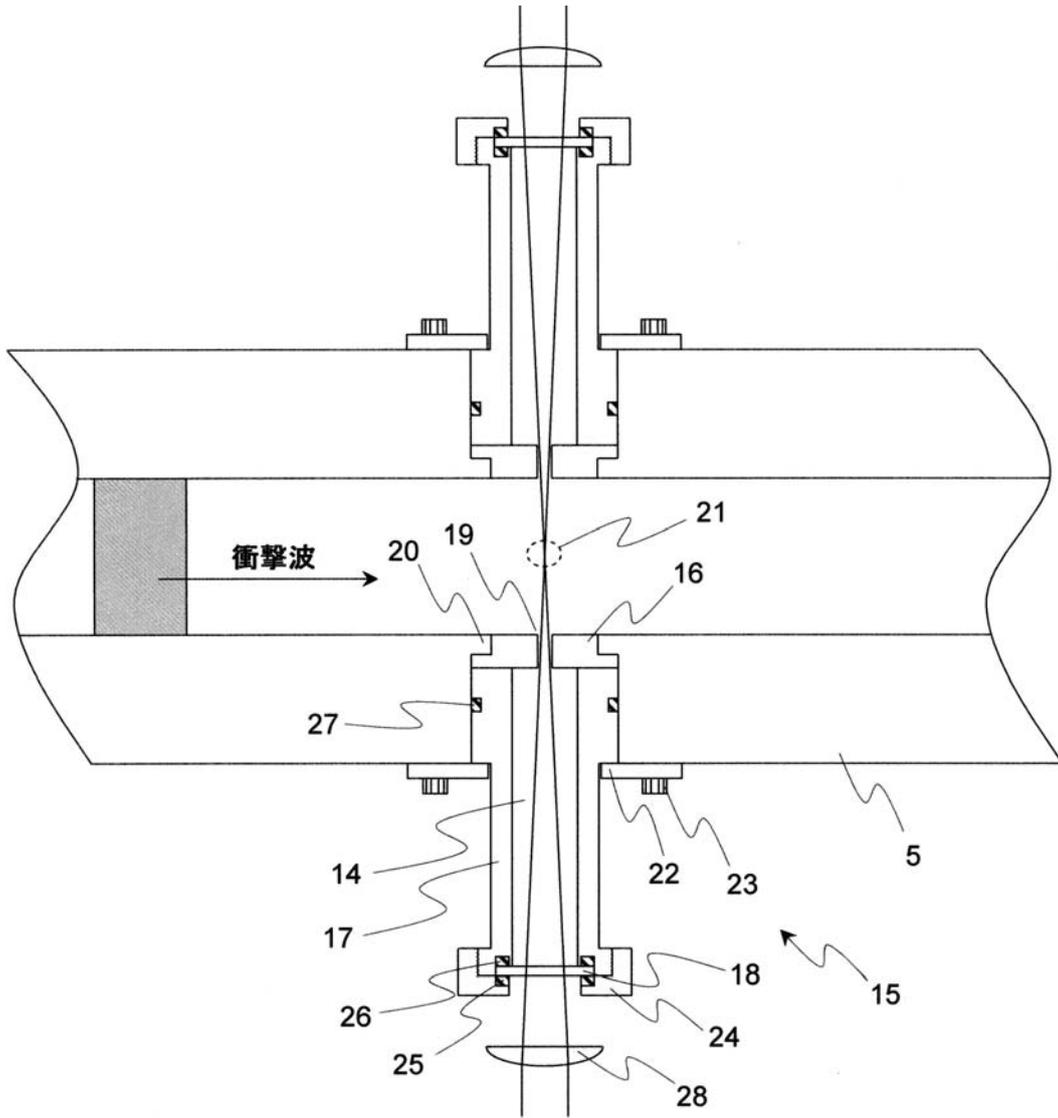
1...衝撃波発生装置、2...高压管、3...圧縮管、4...中圧管、5...低压管、6...低压タンク、7...高速バルブ、8...鉄膜、9...アルミ膜、10...ピストン、11...シリンダ、12...シリンダの内部空間、14...副室、15...観測窓、16...カップリングホール付窓板、17...外筒、18...光学窓、19...カップリングホール、20...突起部分、21...レーザーの焦点、22...外筒抑え蓋、23...治具、24...光学窓抑え蓋、25、26、27...Oリング、28...集光レンズ

20

【図1】



【図2】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-314672(JP,A)
特開平10-202388(JP,A)
特開平09-297198(JP,A)
特開平06-002115(JP,A)
特開平10-089229(JP,A)
特開平03-092742(JP,A)
特開平05-322691(JP,A)
特開2003-329580(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 9/04
G01N 21/27