

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5498004号
(P5498004)

(45) 発行日 平成26年5月21日 (2014. 5. 21)

(24) 登録日 平成26年3月14日 (2014. 3. 14)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 S 17/58 (2006. 01)

G O 1 S 17/58

G O 1 P 3/36 (2006. 01)

G O 1 P 3/36

E

請求項の数 9 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2008-251936 (P2008-251936)
 (22) 出願日 平成20年9月29日 (2008. 9. 29)
 (65) 公開番号 特開2009-85954 (P2009-85954A)
 (43) 公開日 平成21年4月23日 (2009. 4. 23)
 審査請求日 平成23年9月6日 (2011. 9. 6)
 (31) 優先権主張番号 07019122. 6
 (32) 優先日 平成19年9月28日 (2007. 9. 28)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 595137491
 ゲブリューダー レプフェ アクチエンゲ
 ゼルシャフト
 スイス、8 6 2 3 ウェツィコン、カス
 テルシュトラーセ 1 0
 (74) 代理人 100090251
 弁理士 森田 憲一
 (74) 代理人 100139594
 弁理士 山口 健次郎
 (72) 発明者 エンリコ マラカルネ
 スイス国、CH-8 6 3 0 リューティ、
 タールガルテンシュトラーセ 7
 (72) 発明者 ロレンツォ オッキ
 スイス国、CH-8 3 3 0 プフェーフイ
 コン、オーバーマッテシュトラーセ 3 6
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 糸速度依存パラメータ測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

糸 (3) に光ビーム (2) を投射し、そして、散乱によって少なくとも第 1 光波 (4) を拡散し；

検出器 (6) において第 1 光波 (4) を第 2 光波 (5) と重畳させ、第 1 及び第 2 光波 (4 、 5) の周波数間のドップラー偏移を測定し；

透明体 (1 8) の面 (1 9) に沿って糸 (3) を導入し、光ビーム (2) の光を透明体 (1 8) から射出させ、糸 (3) から散乱させることによって、第 1 光波 (4) を発生させる；

糸 (3) の速度依存パラメータ測定方法であって、

透明体 (1 8) の面 (1 9) において光ビームの一部を散乱させることによって第 2 光波 (5) を発生させることを特徴とする、前記方法。

【請求項 2】

糸 (3) に衝突する際の光ビーム (2) が、短い断面軸及び長い断面軸 (2 7 、 2 6) を有する細長い断面軸を含み、長い断面軸 (2 6) が糸 (3) と実質的に直交する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

長軸 (2 6) が少なくとも 3 mm の長さ及び/又は短軸 (2 7) が最大限 1 mm の長さを有する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

10

20

第1光波(4)を再び透明体(18)に入射させた後、第2光波(5)と重畳させる、請求項1~3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

透明体(18)の系(3)と対向する面を粗面化し、この面における散乱によって第2光波(5)を発生させ、そして透明体(18)の系(3)と対向する面(19)の粗度を系(3)の長手方向に沿って連続的に又は段階的に変化させ、透明体(18)と光源と検出器(6)の相対位置を変化させることによって検出器(6)からの信号が対比的に位置決めできるようにする、請求項1~4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】

光ビーム(2)をマルチモード半導体レーザーで発生させる、請求項1~5のいずれか1項に記載の方法。

10

【請求項7】

両光波(4、5)の一方を導入して位相変調器(30)を通過させることによって速度の符号を検知する、請求項1~6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項8】

系の速度、系の長さ及び/又は系の欠陥部分の長さ又は位置を測定することを目的とする、請求項1~7のいずれか1項に記載の方法の使用。

【請求項9】

速度の符号を考慮しながら系の速度を積分することによって、系の長さもしくは系の欠陥部分の長さ又は位置を測定することを目的とする、請求項8に記載の使用。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、独立請求項に上位概念として記載した系速度依存パラメータ測定方法及びその使用に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば巻き取られた長さのような系速度依存パラメータを非衝突的に測定する方法として、系走路に沿って互いに距離を隔てた2つの位置で同じパラメータを測定する相関方法が提案されている。得られた信号を互いに相関させることによって、2つの信号のタイムラグを求め、両位置間の既知の距離に基づいて系の速度をも測定できるというものである。しかし、相関測定方法は特に高い系速度を測定する場合に多大のコストを必要とする。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の課題はこれに代わる測定方法を提供することにある。

【問題を解決するための手段】

【0004】

この課題は請求項1に記載の方法によって解決される。即ち、請求項に記載されているように、第1光ビームを系に投射し、散乱によって少なくとも第1光波を発生させる。第1光波の周波数もしくは波長は系の走行に伴ってドップラー偏移する。次いで、第1光波が第2光波と重畳するが、第2光波の周波数はドップラー偏移しないか、するとしても第1光波とは異なる態様でドップラー偏移し、うなり(Schwebung)もしくは周期的に変化する干渉が起こり、その周波数は系の速度に直接依存し、測定可能である。

40

【0005】

この測定方法はレーザー・ドップラー・アネモメトリ(LDA)又はレーザー・ドップラー・ヴェロシメトリ(LDV)と呼称される分野から公知である。

【0006】

第1の好ましい実施形態として、系において光ビームを第1及び第2光波(及び原理的

50

にはさらに他の光波)に分割する。即ち、必ずしもビーム・スプリッタを別設する必要はない。この場合、系の走行に伴って第1及び第2光波がそれぞれ異なる態様でドップラー偏移し、その結果、検出器において所要の周波数信号が得られることになる。

【0007】

他の好ましい実施形態として、系において散乱しなかった光から第2光波を得る。

【0008】

好ましい実施形態として、系に衝突する際の光ビームが、系とほぼ直交する長軸を有する細長い断面形状を呈するように構成する。このように構成すれば、系が測定領域から大きくはみ出る恐れを軽減する一方、系の長手方向に沿った光照射野が比較的狭くなることで著しく異なる方向から光波が検出器に入射する恐れを避けることができる。その結果、測定信号周波数の鋭さを高めることになる。

10

【0009】

本発明の方法は多様な目的に利用することができる。例えば、巻き取られる系の長さ及び/又は系の欠陥部分の長さ又は位置の測定に利用することができる。

【0010】

尚、この方法では、速度を具体的に計算する必要も出力する必要もない。速度を具体的に計算しなくても、検出器によって検出された信号を直接処理、例えば、検出器が受信した信号の周期をカウントし、これを走行長さに亘って積分処理することができる。但し、この場合にも、請求項に記載されている「速度依存パラメータ」が測定される。

【0011】

20

「散乱させる」又は「散乱」という概念は拡散性又は非拡散性屈折又は拡散性又は非拡散性反射などあらゆるタイプの光片偏向を含む。

【0012】

本発明の方法の他の好ましい実施形態を従属請求項に記述するとともに、添付の図面を参照して以下に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

図1に示すLDA-センサーの実施形態は光ビーム2を発生する好ましくは半導体-レーザーから成るコヒーレント光源1を有する。光ビーム2は速度 v で走行する系3に衝突し、ここで部分的に散乱する。「第1光波」4と呼称する散乱光の部分は角度 θ で散乱して対応の方向に配置された検出器6に達する。光ビーム2の光の他の部分は系3の近傍を変化することなく通過し、「第2光波」5となる。第2光波は偏向ミラー7に達し、ここから、第2光波5もまた検出器6に入射する。

30

【0014】

系3の走行に伴って発生するドップラー偏移のため、第1光波4の周波数は光ビーム2の周波数と同じではなく、両光波4、5の重畳域においてうなりとなり、これを周波数 f の交流信号(もしくは交流電圧信号)として検出器6において測定することができる。周波数 f の値は速度 v に直接依存する。周波数 f の値は角度 θ に、より厳密には、系3の速度ベクトルの方向に散乱する際に光子に現れるパルス変化の大きさに依存する。これに対応する式は当業者に公知であり、装置の形状御呼び光源の光の波長が既知であれば、周波数 f から速度 v を直接算定することができる。この対応の式は1つの例として図5に示す実施形態とともに後述する。

40

【0015】

第2光ビーム2の光量のうち比較的少ない分だけが散乱し、その一部だけが、狭い角度で受光する検出器6に入射するから、第1光波4の強さは第2光波5の強さよりも原則として弱い。従って、補助的な手段を講じなければ、検出器6の信号のコントラストは不良であり、肝心の交流部分が著しく不足する。検出器6が飽和状態でない限り、これは大した問題ではない。但し、コントラスト増強のためには、第1光波4と重畳させる前に第2光波5を減衰させることが好ましい。厳密には-原則として両光波ともに系3と検出器6との間で散乱損失及び、例えば、介在する光学素子への吸収によって減衰させられるから

50

- 第2光波を重畳させる前に第1光波よりも著しく減衰させることが好ましい。第2光波の補足的な減衰量は少なくとも90%でなければならない。

【0016】

第2光波5の減衰は、例えば、ミラー7を一部透明なミラーとし、光量の少なくとも90%を透過させ、10%又はそれ以下を反射させることによって達成される。

【0017】

図1に示す実施形態では、重畳の際に2つの光波4、7は互いに平行ではないから、検出器6において干渉線パターンが発生する。周波数 f の鮮明な信号を得るには、干渉線と直交する方向に最大限干渉線の幅に相当する幅を有するか、さもなければ、干渉線と直交する方向に一連のセンサーを有して、個々のセンサーの信号を個別に評価できるように検出器自体を構成しなければならない。

10

【0018】

図2は重畳させる前に第1及び第2光波4、5を互いに平行させることによってより広い受光面を有する検出器の使用を可能にする実施態様を示す。そのため、第2光波5をミラー7によって、第1光波も入射するビーム・コンバイナ9に投射する。ビーム・コンバイナ9において、2つの光波4、5が重畳され、平行に検出器6へ投射される。

【0019】

ビーム・コンバイナ9としては、例えば、反射率よりも透過率が大い、例えば、透過率が90%、反射率が10%の部分透明ミラーを使用することができる。この場合、このミラーは第2光波5を透過させて殆ど減衰させない一方、第2光波5を顕著に減衰させることによって、上記コントラストの向上を達成することができる。

20

【0020】

ビーム・コンバイナ9を、その第2面がミラー7を形成するプリズムの第1面によって形成することもできる。さらには、ビーム・コンバイナ9を回折格子、特に、ブラッグ格子によって形成することもできる。

【0021】

図3にはさらに他の実施態様を示す。ここでは第1及び第2光波が、例えば、レンズの形態を呈する結像光学系10へ導入され、光ビーム2によって照明された系の領域を検出器6上に結像する。この構成の利点として、検出器6には系3の同一レベル点から発する両光波からの光子が入射することにある。その結果、レーザー・ビームを空間的に干渉させる必要が軽減される。

30

【0022】

図示のように、系3と検出器6の間に2つの開口12、13を有するマスク11を介在させることによって、系3の照明されている領域から2つの方向に進む光波だけが捕捉されることになる。即ち、角度 θ で散乱する第1光波を開口12を通して捕捉する一方、散乱しない第2光波を開口13を通して捕捉する。マスクが存在しない図6の実施形態の場合、検出器6はそれぞれ周波数の異なる複数の信号から成る混合信号を受信する。

【0023】

基本的には、第2光波が非散乱光である必要はない。即ち、第1光波とは異なる形でドップラー偏移したのであれば、散乱光であってもよい。

40

【0024】

これに対応する実施形態を図4に示す。- の角度で第2光波を散乱させるようにマスク11の第2開口13が構成されている点を除けば、図3の実施形態と同様である。

【0025】

図1及び2の実施形態も、ミラー7の位置を適当に変えることによって両光波4、5が散乱光から成るように変更することができる。

【0026】

以上に上げた実施形態では光ビーム2と系3が直交する。しかし、これは必須条件ではない。即ち、図5は光ビーム2と系3が角度 $< 90^\circ$ で交差する実施形態を示す。

【0027】

50

このような実施形態では検出器 6 における光の周波数 f_E を下記式で算出することができる：

《式》

$$f_E = \left[1 + \frac{v}{c} \cdot \sin\left(\frac{\phi}{2} - \alpha\right) \cdot \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \right]^2 \cdot f_S,$$

上記式において、 v は糸の速度、 c は光速、 f_S は光源 1 の光の周波数を表わす。 ϕ は光ビーム 2 と糸 3 との間の角度、 α は散乱角度を表わす。検出器 6 によって測定される交流信号は、位相変調が行なわれない場合なら周波数 $|f_S - f_E|$ を有する。

【0028】

好ましい実施形態としては、光ビーム 2 と糸 3 の長手方向との間の角度 ϕ を小さく、例えば、最大 30° 、好ましくは最大 10° に設定する。このように設定することの利点として、糸 3 と光ビーム 2 との間に比較的長い相互作用路程が存在するから、より多くの光を散乱させることができる。この場合、第 1 光波 4 と糸 3 との間の角度 α を比較的小さく、例えば、最大 30° 、好ましくは最大 10° に設定することによって、検出器 6 によって受光されるすべての第 1 光波の周波数ドップラー偏移の幅を極力小さくすることができる。角度 α が大きければ光ビーム 2 と糸 3 との間の相互作用路程が長いから、異なる方向から多数の第 1 光波が受光されることになり、周波数偏移の幅が広がる結果となる。

【0029】

図 5 のコンセプトを具体化した実施例を図 6 及び 7 に示す。図はそれぞれが糸 3 を側方から導入するための切り欠き 16 を有する 2 つのガイド素子 14、15 を示している。図示のように、光ビーム 2 が第 1 ガイド素子 14 の反射性内面 17 に投射されて反射し、小さい角度 ϕ で糸 3 と交差する。(散乱した) 第 1 光波 4 は、この実施例の場合、検出器 6 へ直接投射されるのに対して、(この実施例の場合、散乱しない) 第 2 光波 5 は第 2 ガイド素子 15 の反射性内面 17 に入射し、反射して同じく検出器 6 へ投射される。

【0030】

第 1 及び第 2 光波が共に、又は第 1 光波だけが第 2 ガイド素子 15 に入射するように構成することも可能である。

【0031】

図 6 の実施例では、第 1 及び第 2 ガイド素子 14、15 の内面 17 が反射性に形成されていて、到来する光ビームもしくは到来する光波を正しい方向へ投射する。但し、光源 1 及び/又は検出器 6 をそれぞれのガイド素子 14 もしくは 15 に、又はその後方に配置し、ガイド素子の少なくとも一部を透明に構成することも可能であり - この場合、光ビームは第 1 ガイド素子 14 から直接射出することができ、一方又は双方の光波が第 2 ガイド素子 15 に入射して検出器 6 に達することができる。

【0032】

さらに他の実施形態を図 8 に示す。ここではガイド素子 14、15 に通された糸 3 が透明体 18 の面 19 に沿って導入される。透明体 18 の反対側には光源 1 と検出器 6 が共通の支持体 21 上に配置されている。光源 1 から発射された光ビーム 2 は面 19 とは反対側の面 20 から透明体 18 に入射する。次いで、光ビーム 2 の光の少なくとも一部が面 19 と通過して糸 3 に衝突し、ここで散乱して第 1 光波 4 を形成する。第 1 光波は再び透明体 18 を通過して検出器 6 に達し、ここで第 2 光波 5 と重畳させられる。

【0033】

第 2 光波 5 を透明体の面 19、20 での散乱によって発生させることができる。図 8 の実施例では、糸 3 と対向する面 19 の領域 22 を粗面化し、光ビーム 2 の光の一部を殆ど拡散の状態に散乱させることによって第 2 光波 5 を発生させる。即ち、この拡散的に散乱した光が検出器 6 に達して第 2 光波 5 を形成する。

【0034】

領域 22 は均一に粗面化するのではなく、連続的に又は段階的に糸 3 の長手方向に沿って変化させることが好ましく、こうすることによって、第 2 光波 5 の強さは支持体 21 と透明体 18 との相対位置に応じて変化することになる。矢印 23 で示すように支持体 21

10

20

30

40

50

を透明体 18 に対して意図の長手方向に変位させることによって、検出器 6 における信号のコントラストが最適化されるように第 2 光波 5 の明るさを調整することができる。

【0035】

図示の実施例では光ビーム 2 を線で示してある。しかし、その直径は糸 3 が側方へ移動しても測定域からはみ出さないように、過度に細く設定してはならない。反面、糸の長手方向への測定ビームの広がりを極力小さくすることにより、できる限り正確に角度で散乱した光波だけを検出器 6 において用意に評価できるようにすべきである。

【0036】

このことを図 9 及び 10 に図解した。図示のように、糸 3 に衝突する際の光波 2 は長軸 26 が糸 3 とほぼ直交する細長い断面形状 25 を有する。長軸 26 は糸が典型的な横揺れの際に測定域からはみ出さないように少なくとも 3 mm の長さを有することが好ましい。短軸 27 の長さは最大 1 mm であることが好ましい。

10

【0037】

細長い断面形状を有する光ビーム 2 は、例えば、円筒状の偏向光学系によって、又はプリズムにおける屈折によって発生させることができる。これに対応の方法は当業者のよく知るところである。光源自体が、例えば、いわゆる「エッジ・エミッティング」半導体レーザーのように細長い断面形状を有する光ビームを供給することも可能である。

【0038】

図 9 及び 10 に図解した方法は図示したすべての装置実施形態に適用できる。この方法は、糸に達する前に光ビームをビーム・スプリッタに通して 2 条の部分光ビームに分割し、例えば、これら 2 条の部分光ビームを糸に衝突する際に再び交差させるように構成された装置にも適用できる。

20

【0039】

コンパクトで、しかも比較的低価格であることから、光源としては特に半導体レーザーが好適である。基本的には、いわゆる「モノモード」- レーザーも「マルチモード」- レーザーも好適である。マルチモード - レーザーの利点として、比較的高い光量を供給できる。「マルチモード」- レーザーのモードの周波数間隔が糸で散乱する光波における最大ドップラー偏移よりも大きい限り、以上に述べた測定装置の実施形態に何らの変更も加えることなく測定を行なうことができる。

【0040】

30

既に述べたように、第 2 光波が糸において散乱しなかった光によって形成される実施態様では、高い信号コントラストを得るため、第 2 光波を補足的に減衰させる必要がある。他方、上述したように、一部透明なミラーと共に適当なフィルタを利用して第 2 光波を発生させる実施態様の場合には、図 3 に例示したように線形偏光フィルタをも利用することが好ましい。この場合、両光波 4、5 がこのフィルタ 29 を通過し、第 2 光波の光を（全部ではないが）殆どブロックすることによって減衰させるようにフィルタを方向設定する。第 1 光波の光は散乱の結果として部分的に、又は完全に偏光解消されているか、又は少なくとも偏光回転しているから、第 1 光波に対する偏光フィルタの影響は比較的小さい。従って、第 2 光波の光は偏光フィルタ 29 において第 1 光波 4 の光よりもはるかに顕著に減衰し、コントラストが向上する。偏光フィルタ 29 を回転させることによってコントラストを最適化することができる。

40

【0041】

光源からの光が偏光しているか、又は第 2 の偏光フィルタで偏光させれば、装置の実施態様すべてにこのような偏光フィルタを採用することができる。

【0042】

図 3 及び図 4 の実施例では、マスク及び結像光学系を使用した。マスク及び光学素子の使用は他の実施例においても有意義であり、図 3 及び図 4 の実施例に限定されるものではない。

【0043】

装置を周囲光に反応しないようにするためには、図 1 に例示するように、すべての実施

50

態様における検出器 6 に色フィルタ 3 1 を設ければよい。この場合のフィルタは殆ど光源 1 の光の波長だけを透過させる帯域通過フィルタである。

【 0 0 4 4 】

図示の装置は補足の手段なしで糸移動の符号を見極めることはできない。しかし、例えば、洗糸のさいには糸を区分に分けて巻き戻すことがあるから、符号を見極めることは、例えば、長手方向積分には重要である。積分に際して速度の符号を考慮すれば、糸を巻き戻す場合でも、糸の欠陥部分の長さ及び位置を正確に検出することができる。

【 0 0 4 5 】

速度の符号は両光波のいずれか一方を（例えば、音響光学変調器で）周波数シフトさせることで得られる。このようにすることで、糸が静止していてもゼロよりも大きい周波数の干渉信号が検出器によって得られる。糸の移動に伴って周波数シフトが起こると、周波数が上下し、これによって速度の符号が明白になる。同様に、（例えば、ポッケルス電池、振動鏡などのような）位相変調器によってもこのような結果を得ることができる。符号は外部の供給源から、例えば、糸駆動制御装置から検出器 6 の評価回路に供給される。図 1 にはこのために第 2 光波 5 の光路にポッケルス電池を挿入する場合を示した。

【 0 0 4 6 】

これに代わる方法として、例えば、図 1 の実施形態におけるミラー 7 を圧電素子で前後移動させることによって光路長さを機械的に変化させることも可能である。

【 0 0 4 7 】

このような符号検知技術は糸に関するすべての LDA 方法に応用することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 8 】

【図 1】測定装置の第 1 実施形態を示す。

【図 2】測定装置の第 2 実施形態を示す。

【図 3】測定装置の第 3 実施形態を示す。

【図 4】測定装置の第 4 実施形態を示す。

【図 5】測定装置の第 5 実施形態を示す。

【図 6】測定装置の第 6 実施形態の斜視図である。

【図 7】図 6 に示した第 6 実施形態の側面図である。

【図 8】測定装置の第 7 実施形態の断面図である。

【図 9】楕円形断面を有する測定ビームの作用を示す斜視図である。

【図 10】図 9 に示した状況の側面図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 9 】

1・・・コヒーレント光源；2・・・光ビーム；3・・・糸；4・・・第 1 光波；

5・・・第 2 光波；6・・・検出器；7・・・転向ミラー；

9・・・ビーム・コンバイナ；10・・・結像光学系；11・・・マスク；

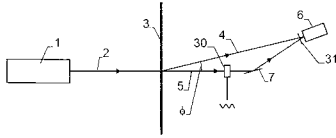
18・・・透明体；29・・・偏光フィルタ。

10

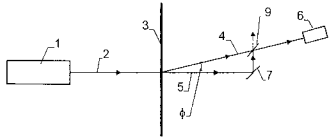
20

30

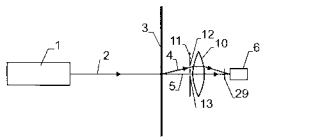
【図 1】



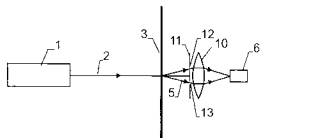
【図 2】



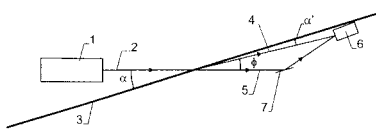
【図 3】



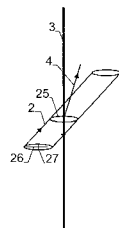
【図 4】



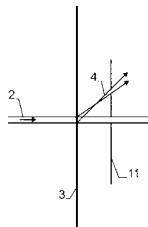
【図 5】



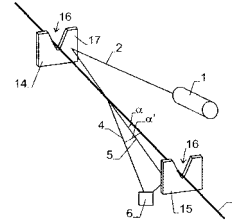
【図 9】



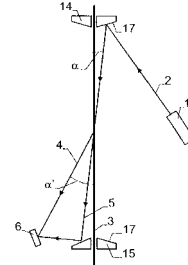
【図 10】



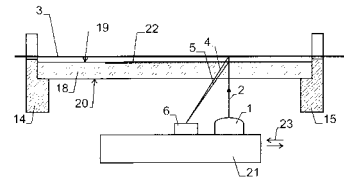
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 ダニエル ローア

スイス国, CH - 8620 ヴェツィコン, モルゲンレインシュトラッセ 12

(72)発明者 アドリアン シュラッター

スイス国, CH - 8046 チューリッヒ, ヴェーンターラーシュトラッセ 521

審査官 中村 説志

(56)参考文献 特表平01-503408(JP, A)

特開昭59-048668(JP, A)

特開昭58-197345(JP, A)

特開平08-248132(JP, A)

特開平07-092269(JP, A)

特開昭60-015561(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/48 - 7/51

G01S17/00 - 17/95

G01P 3/36