

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 12 月 30 日(30.12.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/198472 A1

- (51) 国際特許分類:
G01P 3/36 (2006.01) *G01S 17/58* (2006.01)
G01P 5/00 (2006.01) *H01S 5/0687* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/067160
- (22) 国際出願日: 2014 年 6 月 27 日(27.06.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: パイオニア株式会社(PIONEER CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 充(SATO, MITSURU); 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 江上 達夫, 外(EGAMI, Tatsuo et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目 1 6 番 1 0 号 オークビル京橋 3 階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

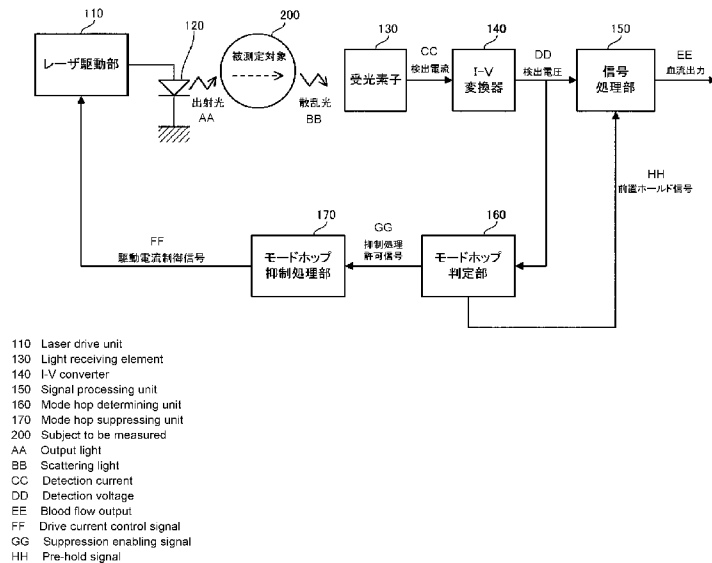
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: MEASUREMENT DEVICE AND MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 測定装置及び測定方法

【図1】



(57) Abstract: This measurement device is provided with: an irradiation means (120) that radiates laser light to a subject to be measured (200); a light receiving means (130) that receives laser light scattered by means of the subject to be measured; a detection means (160) that detects mode hop of the irradiation means; and a suppressing means (170) that suppresses the mode hop on the basis of an output from the detection means. The measurement device suppresses the mode hop when the mode hop is generated in the irradiation means. Consequently, influence of the mode hop is suppressed, and suitable measurement can be performed.

(57) 要約:

[続葉有]



測定装置は、被測定対象（２００）にレーザ光を照射する照射手段（１２０）と、被測定対象によって散乱されたレーザ光を受光する受光手段（１３０）と、照射手段のモードホップを検出する検出手段（１６０）と、検出手段の出力に基づいてモードホップを抑制する抑制手段（１７０）とを備える。この測定装置によれば、照射手段においてモードホップの発生が発生すると、モードホップを抑制する処理が実行される。よって、モードホップの影響を抑制し、好適な測定を実現することが可能である。

明 細 書

発明の名称：測定装置及び測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、被測定対象において散乱された光を利用して、例えば被測定対象の移動に関する情報等を測定する測定装置及び測定方法の技術分野に関する。

背景技術

[0002] この種の測定装置に用いられる半導体レーザは、レーザの温度の上昇に起因してバンドギャップが変化するため、温度の上昇に伴い発振波長は長波長へと徐々に変化する。そして、温度の上昇が続くと、あるタイミングで、次の長波長側の最大利得を有する波長に発振波長が突然飛び移る。この現象はモードホップと呼ばれ、例えば光ドップラを利用した測定装置における測定誤差の原因となることが知られている。

[0003] 特許文献1では、上述したモードホップの発生を抑制するために、ペルチェ素子を用いてレーザ光源の温度を制御するという技術が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2001-120509号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述した特許文献1に記載されている技術では、吸熱手段であるペルチェ素子を常時動作させている。しかしながら、ペルチェ素子は消費電力が大きいため、省電力の観点からすれば常時動作させることは好ましくない。また、消費電力が大きいと電池駆動が難しくなるため、コストの増大や装置の大型化が避けられないという技術的問題点もある。

[0006] 本発明が解決しようとする課題には上記のようなものが一例として挙げられる。本発明は、モードホップの発生を好適に抑制することが可能な測定装

置及び測定方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するための第1の測定装置は、被測定対象にレーザ光を照射する照射手段と、前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光手段と、前記照射手段のモードホップを検出する検出手段と、前記検出手段の出力に基づいて前記モードホップを抑制する抑制手段とを備える。

[0008] 上記課題を解決するための第2の測定装置は、被測定対象にレーザ光を照射する照射手段と、前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光手段と、前記受光手段の出力信号と所定の閾値とを比較する比較手段と、前記比較手段の出力に基づいて前記照射手段によるレーザ光の照射を制御する制御手段とを備える。

[0009] 上記課題を解決するための第1の測定方法は、被測定対象にレーザ光を照射する照射工程と、前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光工程と、前記照射工程におけるモードホップを検出する検出工程と、前記検出工程における出力に基づいて前記モードホップを抑制する抑制工程とを備える。

[0010] 上記課題を解決するための第2の測定方法は、被測定対象にレーザ光を照射する照射工程と、前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光工程と、前記受光工程における出力信号と所定の閾値とを比較する比較工程と、前記比較工程における出力に基づいて前記照射工程におけるレーザ光の照射を制御する制御工程とを備える。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施例に係る測定装置の全体構成を示すブロック図である。

[図2]受光素子及びI-V変換器の具体的な構成を示す回路図である。

[図3]モードホップ判定部の具体的な構成を示すブロック図である。

[図4]第1変形例に係るモードホップ判定部の具体的な構成を示すブロック図である。

[図5]第2変形例に係るモードホップ判定部の具体的な構成を示すブロック図である。

[図6]第2変形例に係るモードホップ判定部における判定方法を示す概念図である。

[図7]モードホップ発生時の検出電圧を示す波形図である。

[図8]駆動電流にAC成分を重畳した後の検出電圧を示す波形図である。

[図9]第2実施例に係る測定装置の全体構成を示すブロック図である。

[図10]第3実施例に係る測定装置の全体構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] < 1 >

本実施形態に係る第1の測定装置は、被測定対象にレーザ光を照射する照射手段と、前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光手段と、前記照射手段のモードホップを検出する検出手段と、前記検出手段の出力に基づいて前記モードホップを抑制する抑制手段とを備える。

[0013] 本実施形態に係る第1の測定装置によれば、その動作時には、被測定対象に対して、照射手段からレーザ光が照射される。照射手段は、例えば半導体レーザ素子等を含んで構成されており、その使用時には、被測定対象に効率的に光を照射できる位置に配置される。なお、被測定対象は、例えば生体の血液等の流体である。ただし、被測定対象は特に限定されるものではなく、移動するものであれば流体以外（例えば、個体）であっても構わない。

[0014] 照射手段から照射されたレーザ光は被測定対象において散乱（具体的には、反射及び透過）された後、受光手段で受光される。受光手段は、例えばフォトダイオード等を含んで構成され、受光した光に応じた出力信号を出力する。出力信号は、例えば被測定対象の移動速度を算出するのに利用される。具体的には、例えば受光手段の出力信号に含まれるレーザ光のドップラシフトに起因するビート信号に基づいて、被測定対象の移動速度を算出することができる。

[0015] 上述したようにレーザ光を照射及び受光する際には、検出手段において、

照射手段のモードホップが検出される。言い換えれば、検出手段は、照射手段においてモードホップが発生しているか否かを監視している。なお、モードホップの具体的な検出方法については特に限定されるものではないが、例えば出力信号の強度を利用して検出することができる。

[0016] ここで本実施形態では特に、抑制手段により、照射手段のモードホップが抑制される。なお、抑制手段は、常時モードホップを抑制するための処理を実行するのではなく、検出手段の出力に基づいてモードホップを抑制する。より具体的には、抑制手段は、検出手段においてモードホップが検出された場合にモードホップを抑制するための処理を実行する。よって、極めて効率的にモードホップを抑制することが可能である。

[0017] ちなみに、モードホップを抑制する方法は特に限定されるものではなく、モードホップが発生している状態又はモードホップが発生する可能性が高い状態を脱する、或いは発生しているモードホップの頻度を低減するための各種処理を適宜実行すればよい。

[0018] 以上説明したように、本実施形態に係る測定装置によれば、モードホップを抑制して、好適に測定を行うことが可能である。

[0019] <2>

本実施形態に係る第1の測定装置の一態様では、前記検出手段は、前記受光手段の出力信号の強度が所定の閾値を超えた場合に、前記モードホップを検出する。

[0020] この態様によれば、出力信号と所定閾値とを比較すればよいため、容易且つ的確にモードホップを検出できる。なお、「所定の閾値」は、モードホップが発生している状態の出力信号の強度と、モードホップが発生していない状態の出力信号の強度とを判別するための値であり、例えば事前のシミュレーション等によって決定することができる。

[0021] <3>

上述した所定の閾値を利用してモードホップを検出する態様では、前記検出手段は、過去の前記出力信号の強度に応じて前記所定の閾値を変更しても

よい。

[0022] この場合、所定の閾値が、過去の出力信号（言い換えれば、モードホップが発生していない正常な出力信号）の強度に応じて変更されるため、より正確にモードホップを検出することができる。

[0023] なお、所定の閾値は、例えば過去の出力信号の強度が比較的大きい場合には大きく変更され、過去の出力信号の強度が比較的小さい場合には小さく変更されればよい。

[0024] <4>

本実施形態に係る測定装置の他の態様では、前記抑制手段は、前記照射手段の駆動電流を変化させることで、前記モードホップを抑制する。

[0025] この態様によれば、照射手段の駆動電流をモードホップが抑制されるようなものへと変化させて、確実にモードホップを抑制することができる。なお、照射手段の駆動電流にAC成分を乗せて、単発のモードホップを、測定結果に影響が出難い程度の長い周期で発生させるようにしてもよい。

[0026] <5>

本実施形態に係る測定装置の他の態様では、前記抑制手段は、前記照射手段の温度を変化させることで、前記モードホップを抑制する。

[0027] この態様によれば、例えばペルチェ素子等により照射手段の温度を変化させて、確実にモードホップを抑制することができる。

[0028] <6>

本実施形態に係る測定装置の他の態様では、前記抑制手段は、前記照射手段と前記被測定対象との間に設けられた液晶窓の屈折率を変化させることで、前記モードホップを抑制する。

[0029] この態様によれば、液晶窓の屈折率を変化させることで、被測定対象からの戻り光が照射手段に入射するのを抑制できる。従って、戻り光の入射に起因するモードホップの発生を確実に抑制することができる。

[0030] <7>

本実施形態に係る測定装置の他の態様では、前記抑制手段は、前記モード

ホップが所定時間以上継続して検出されている場合に、前記モードホップを抑制する。

[0031] この態様によれば、モードホップが所定時間以上継続して検出されていない場合には、モードホップは抑制されない。よって、抑制せずともよいモードホップに対してまで抑制処理が実行されてしまうことを防止できる。なお、本態様に係る「所定時間」は、モードホップが継続して発生することで、測定結果に影響を及ぼしてしまうような時間として設定すればよい。

[0032] < 8 >

本実施形態に係る測定装置の他の態様では、前記抑制手段は、所定期間内の前記モードホップの発生回数が所定回数以上である場合に、前記モードホップを抑制する。

[0033] この態様によれば、モードホップが所定期間内に所定回数以上発生していない場合には、モードホップは抑制されない。よって、抑制せずともよいモードホップに対してまで抑制処理が実行されてしまうことを防止できる。なお、本態様に係る「所定期間」及び「所定回数」は、測定結果に影響を及ぼしてしまうようなモードホップの発生頻度に対応する値として設定すればよい。

[0034] < 9 >

本実施形態に係る測定装置の他の態様では、前記受光手段の出力信号を処理して出力する出力手段と、前記モードホップが検出された場合に、前記モードホップが検出される前の出力を維持するように前記出力手段を制御する出力維持手段とを備える。

[0035] この態様によれば、モードホップが検出されると、出力手段において、モードホップが検出される前の出力が維持される。このため、モードホップに起因して出力手段の出力が適切でない値になってしまうような場合であっても、適切な値を出力し続けることができる。なお、出力手段の出力維持は、例えば抑制手段による抑制処理により、モードホップが検出されなくなった時点で解除されればよい。

[0036] < 1 0 >

本実施形態に係る測定装置の他の態様では、前記受光手段は、複数の受光素子を含んでいる。

[0037] この態様によれば、複数の受光素子により高感度を実現できるが、モードホップにより複数の受光素子の各々に入射する光の強度の変化により、やはり測定結果に影響が及ぼされる可能性がある。このため本態様でも、モードホップを抑制することで、測定結果への影響を排除する効果が得られ、実践上非常に有利である。

[0038] < 1 1 >

本実施形態に係る第2の測定装置は、被測定対象にレーザ光を照射する照射手段と、前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光手段と、前記受光手段の出力信号と所定の閾値とを比較する比較手段と、前記比較手段の出力に基づいて前記照射手段によるレーザ光の照射を制御する制御手段とを備える。

[0039] 本実施形態の第2の測定装置によれば、その動作時には、比較手段において受光手段の出力信号と所定の閾値とが比較される。なお、ここでの「所定の閾値」は、測定結果に影響を与え得る現象（典型的にはモードホップ）が発生している状態の出力信号と、発生していない状態の出力信号とを判別するための値であり、例えば事前のシミュレーション等によって決定することができる。

[0040] ここで、上述した照射手段によるレーザ光の照射時には、制御手段により照射が制御される。具体的には、制御手段は、比較手段の出力に基づいて照射手段によるレーザ光の照射を制御する。なお、ここでの「レーザ光の照射を制御する」とは、レーザ光を照射する照射手段の動作を直接制御すること（例えば、駆動電流の制御等）を含むほか、レーザ光の照射状態が変化するような間接的な制御（例えば、照射手段の温度制御や、レーザ光を導く光学部材の制御等）も含む広い概念である。このような制御を行うことによって、レーザ光を適切な状態で照射することが可能となる。

[0041] 以上説明したように、本実施形態に係る第2の測定装置によれば、例えばモードホップのように照射手段に測定結果に影響を与え得る現象が発生している場合であっても、その発生を好適に抑制して測定を行うことが可能である。

[0042] なお、本実施形態に係る第2の測定装置においても、上述した本実施形態に係る第1の測定装置における各種態様と同様の各種態様を採ることが可能である。

[0043] <12>

本実施形態に係る第1の測定方法は、被測定対象にレーザ光を照射する照射工程と、前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光工程と、前記照射工程におけるモードホップを検出する検出工程と、前記検出工程における出力に基づいて前記モードホップを抑制する抑制工程とを備える。

[0044] 本実施形態の第1の測定方法によれば、上述した本実施形態に係る第1の測定装置と同様に、モードホップを抑制して、好適に測定を行うことが可能である。

[0045] なお、本実施形態に係る第1の測定方法においても、上述した本実施形態に係る第1の測定装置における各種態様と同様の各種態様を採ることが可能である。

[0046] <13>

本実施形態に係る第2の測定方法は、被測定対象にレーザ光を照射する照射工程と、前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光工程と、前記受光工程における出力信号と所定の閾値とを比較する比較工程と、前記比較工程における出力に基づいて前記照射工程におけるレーザ光の照射を制御する制御工程とを備える。

[0047] 本実施形態の第2の測定方法によれば、上述した本実施形態に係る第2の測定装置と同様に、照射者手段に測定結果に影響を与え得る現象が発生している場合であっても、その発生を好適に抑制して測定を行うことが可能であ

る。

[0048] なお、本実施形態に係る第2の測定方法においても、上述した本実施形態に係る第2の測定装置における各種態様と同様の各種態様を採ることが可能である。

[0049] 本実施形態に係る測定装置及び測定方法の作用及び他の利得については、以下に示す実施例において、より詳細に説明する。

実施例

[0050] 以下では、図面を参照して測定装置及び測定方法の実施例について詳細に説明する。なお、以下では、本発明に係る測定装置が、血流を測定する血流測定装置として構成される場合を例にとり説明する。

[0051] <第1実施例>

第1実施例に係る測定装置について、図1から図8を参照して説明する。

[0052] <全体構成>

先ず、第1実施例に係る測定装置の全体構成について、図1を参照して説明する。ここに図1は、第1実施例に係る測定装置の全体構成を示すブロック図である。

[0053] 図1において、本実施例に係る測定装置は、レーザ駆動部110と、半導体レーザ120と、受光素子130と、I-V変換部140と、信号処理部150と、モードホップ判定部160と、モードホップ抑制処理部170とを備えて構成されている。

[0054] レーザ駆動部110は、半導体レーザ120を駆動するための電流を発生する。

[0055] 半導体レーザ120は、「照射手段」の一具体例であり、レーザ駆動部110において発生された駆動電流に応じたレーザ光を、被測定対象200（例えば、生体の皮膚等）に対して照射する。

[0056] 受光素子130は、「受光手段」の一具体例であり、半導体レーザ120から照射されたレーザ光のうち、血液200で散乱された散乱光を受光する。受光素子130は、受光した散乱光の強度に応じて検出電流を出力する。

[0057] I-V変換器140は、受光素子130から出力された検出電流を電圧に変換して、検出電圧を出力する。

[0058] 信号処理部150は、例えば増幅器、A/D変換器、演算部等を備えて構成されている。信号処理部150は、検出電圧に対して各種信号処理を施して被測定対象200である血流に関する情報（例えば、血流速度や血流量等）を出力する。

[0059] モードホップ判定部160は、「検出手段」の一具体例であり。入力される検出電圧に基づき、半導体レーザ120においてモードホップが発生しているか否かを判定する。また、モードホップ判定部160は、モードホップが発生していると判定した場合に、モードホップ抑制処理部170における処理の実行を許可する信号を出力すると共に、信号処理部150に前値ホールド信号（即ち、直前の出力を維持する指令）を出力する。モードホップ判定部160の具体的な構成については、後に詳述する。

[0060] モードホップ抑制処理部170は、「抑制手段」の一具体例であり、モードホップ判定部160における判定結果に応じて、モードホップを抑制するための抑制処理を実行する。抑制処理については、後に詳述する。

[0061] <動作説明>

以下では、上述した測定装置の動作について、引き続き図1を参照して詳細に説明する。

[0062] 図1において、本実施例に係る測定装置の動作時には、先ずレーザ駆動部110が、半導体レーザ120の閾値電流以上の規定の動作電流を発生し、半導体レーザ120に供給する。これにより、半導体レーザ120はレーザ発振する。

[0063] 半導体レーザ120は被測定対象200に対してレーザ光を出射すべく、クリップ等（図示せず）により被測定対象200に固定される。被測定対象200が生体の皮膚である場合、照射されたレーザ光は、固定物体である皮膚組織により散乱された散乱光、及び移動物体である毛細血管中の赤血球で散乱された散乱光となり、その両者が受光素子130によって受光される。

[0064] ここで、皮膚組織により散乱された散乱光は参照光であり、赤血球で散乱された散乱光は赤血球の移動速度に対応して光ドップラーシフトを生じた散乱光である。これら2つの散乱光は、レーザ光の可干渉性により干渉を起こす。受光素子130は、この干渉の結果である光ビート信号の強度に対応して、検出電流を生じる。

[0065] 受光素子130は、半導体レーザ120と同様に、被測定対象200からの散乱光を受光すべくクリップ等（図示せず）により被測定対象200に固定されている。受光素子130が検出した光ビート信号に対応した検出電流は、I-V変換器140にて、電流電圧変換され、検出電圧として出力される。

[0066] 以下では、受光素子130及びI-V変換器140の具体的な構成及び動作について、図2を参照して説明する。ここに図2は、受光素子及びI-V変換器の具体的な構成を示す回路図である。

[0067] 図2において、本実施例に係る受光素子130は、2つの受光素子130a及び130bを含んで構成されている。受光素子130a及び130bは、例えばPIN型半導体によるフォトディテクタとして構成されている。受光素子130a及び130bは、カソード同士が接続され、互いに逆向きに直列接続されている。このように構成すれば、DC成分を抑圧し、信号成分であるAC成分を効率よく検出できる。

[0068] 具体的には、受光素子130a及び130bの各々から出力される電流のうち入力光に含まれる定常光成分に相当する電流成分（以下「DC（direct current）成分」と適宜称する）を低減或いは除去して、入力光に含まれる信号光成分に相当する電流成分（以下「AC（alternate current）成分」と適宜称する）を主として含む電流を検出電流として出力することができる。即ち、受光素子130aの出力電流のDC成分と、受光素子130bの出力する電流のDC成分とを相殺させることができ、入力光に含まれる信号光成分に相当するAC成分を主として含む検出電流を出力することができる。

[0069] 例えば、受光素子130aの検出電流を I_{d1} 、受光素子130bの検出

電流を I_{d2} とすると、両者は極性が逆に直列接続されているため、検出電流は以下の数式（１）のようになる。

[0070]
$$I_{dt} = I_{d2} - I_{d1} \cdots (1)$$

また、受光素子 130a が受光した散乱光と、受光素子 130b が受光した散乱光とは、両者の経路が互いに異なっているため、光の波長を基準長さとする、およそ無相関の信号となる。そのため、減算により、信号成分である光ビート信号の強度は、 $\sqrt{2}$ 倍となる。

[0071] 一方、DC 電流は減算により相殺されるので、トランスインピーダンスアンプである Amp 1 と Amp 2 の検出感度を高く設定しても飽和を防止できる。具体的には、帰還抵抗 R_{f1} と R_{f2} の抵抗値を高く設定することが可能となり、電流電圧変換感度が向上する。この結果、高い検出 S/N (Signal-to-Noise ratio) が得られる。

[0072] Amp 1 と Amp 2 の非反転入力端子は、接地されている。Amp 1 と Amp 2 の帰還抵抗 R_{f1} と R_{f2} の負帰還作用により、非反転端子と反転端子はイマジナリショート状態であり、およそ同一電位となる。そのため、受光素子 130a のアノードと受光素子 130b のアノードとは同一電位となり、P 受光素子 130a と受光素子 130b とは所謂発電モードで動作している。この発電モードにより、暗電流が抑圧され、暗電流ゆらぎによるノイズ増加が抑圧できる。

[0073] Amp 1 の検出電圧 V_{d1} 及び Amp 2 の検出電圧 V_{d2} は、以下の数式（２）、（３）のようになる。

[0074]
$$V_{d1} = R_{f1} \cdot I_{dt} \cdots (2)$$

$$V_{d2} = R_{f2} \cdot (-I_{dt}) \cdots (3)$$

Amp 3 は、Amp 1 と Amp 2 の検出電圧を差動増幅し、 V_{out} として出力する。この差動増幅により、電源ノイズやハム等の同相ノイズは除去される。

[0075] ここで、 $R_{a1} = R_{a2} = R_a$ 、 $R_{b1} = R_{b2} = R_b$ となるように抵抗値を設定すると、 V_{out} は、以下の数式（４）のようになる。

[0076]
$$V_{out} = (R_b / R_a) (V_{d1} - V_{d2}) \cdots (4)$$

上記数式(2)、(3)及び(4)から、 $R_{f1} = R_{f2} = R_f$ となるように抵抗値を設定すると、 V_{out} は、以下の数式(5)のようになる。

[0077]
$$V_{out} = 2 R_f (R_b / R_a) I_{dt} \cdots (5)$$

上記数式(5)から、信号成分である光ビート信号の強度に対応した、検出電圧 V_{out} が得られることが分かる。

[0078] 図1に戻り、I-V変換器140から出力された検出電圧は、信号処理部150に入力され、各種信号処理が施される。例えば、検出電圧は、増幅器により増幅されると共に、A/D変換器により量子化され、デジタルデータとされる。そして、データにはFFT（高速フーリエ変換）等の周波数解析処理が実行され、その結果として血流に関する情報が出力される。

[0079] 他方で、I-V変換器140から出力された検出電圧は、モードホップ判定部160にも入力される。以下では、モードホップ判定部160の具体的な構成及び動作について、図3を参照して詳細に説明する。ここに図3は、モードホップ判定部の具体的な構成を示すブロック図である。

[0080] 図3に示すように、モードホップ判定部160は、比較器161と、制御部162とを備えて構成されている。

[0081] 比較器161は、検出電圧と、制御部162から入力される所定の上側閾値及び下側閾値とを比較して、比較結果を制御部162に出力する。上側閾値及び下側閾値は夫々、例えばモードホップが発生していない場合の検出電力の上限値及び下限値に相当する値として設定されている。

[0082] 制御部162は、検出電圧が上側閾値よりも大きいと判定された場合、又は検出電圧が下側閾値よりも小さいと判定された場合にモードホップが発生していると判定する。制御部162は、モードホップが発生していると判定した場合、モードホップ抑制処理部170に抑制処理許可信号を出力する。これにより、モードホップ抑制処理部170では、モードホップを抑制するための抑制処理が実行されることになる。

[0083] また制御部162は、モードホップが発生していると判定した場合、信号

処理部 150 に対して、前値ホールド信号を出力する。このため、モードホップに起因して信号処理部 150 の出力が適切でない値になってしまうような場合であっても、適切な値（即ち、モードホップが発生する前の値）を出力し続けることができる。

[0084] なお、上述したモードホップ判定部 160 の構成は、あくまで一例であり、モードホップの発生を判定可能である限り、様々な態様を採ることができる。

[0085] 以下では、モードホップ判定部 160 の変形例について、図 4 から図 6 を参照して説明する。ここに図 4 は、第 1 変形例に係るモードホップ判定部の具体的な構成を示すブロック図である。また図 5 は、第 2 変形例に係るモードホップ判定部の具体的な構成を示すブロック図であり、図 6 は、第 2 変形例に係るモードホップ判定部における判定方法を示す概念図である。

[0086] 図 4 に示すように、第 1 変形例に係るモードホップ判定部 160 b は、比較器 161 及び制御部 162 に加えて、A/D 変換器 163 と、メモリ 164 と、閾値算出部 165 とを備えて構成されている。

[0087] モードホップ判定部 160 b に入力された検出電圧は、先ず A/D 変換器 163 でデジタル変換され、比較器 161 及びメモリ 164 に対して夫々出力される。

[0088] メモリ 164 は、予め設定された期間の検出電圧を記憶可能に構成されており、記憶した検出電圧の値を閾値算出部 165 に出力する。

[0089] 閾値出力部 165 は、メモリ 164 に記憶されていた直前の検出電圧の値（即ち、モードホップが発生していない状態の値）に基づいて、上側閾値及び下側閾値を算出する。このように、過去の検出電圧の値に基づいて閾値を変更すれば、より適切にモードホップの発生を判定することができる。

[0090] 図 5 に示すように、第 2 変形例に係るモードホップ判定部 160 c は、比較器 161 及び制御部 162 に加えて、エンベロープ検波器 166 と、LPF 部 167 とを備えて構成されている。

[0091] モードホップ判定部 160 c に入力された検出電圧は、先ずエンベロープ

検波器 166 に入力され、その後 L P F 部 167 を介して、比較器 161 に入力される。

[0092] 図 6 において、モードホップ判定部 160c に対して、例えば図中の左側の波形のようにモードホップが高い頻度で発生しているような検出電圧が入力されたとする。この場合、エンベロープ検波器 166 の出力は比較的高い値をとり続けることになり、L P F 部 167 の出力は一次的に上側閾値を超えている。よって、図中の左側の波形で示す例では、L P F 部 167 の出力が上側閾値を超えた期間が、モードホップが発生している期間であると判定されている。

[0093] 一方、図中の右側の波形のようにモードホップが低い頻度で発生しているような検出電圧が入力されたとする。この場合、エンベロープ検波器 166 の出力は、モードホップ間で十分に小さくなり、L P F 部 167 の出力は上側閾値を超えない。よって、図中の右側の波形で示す例では、モードホップが発生している期間はないと判定されている。

[0094] ここで、モードホップが高い頻度で発生している場合は、測定結果に悪影響を及ぼす可能性が高いと考えられるが、モードホップが低い頻度で発生している場合は、測定結果に及ぼす影響も小さく、問題とならない可能性もある。これに対し、上述したエンベロープ検波器 166 を用いたモードホップ判定部 160c によれば、モードホップが不都合を生じる程度に高い頻度で発生している場合にのみ、モードホップが発生していると判定される。よって、発生を抑制するまでもないモードホップに対してまで抑制処理が実行されてしまうことを回避できる。

[0095] 次に、モードホップ抑制処理部 170 によるモードホップ抑制処理について、図 7 及び図 8 を参照して説明する。ここに図 7 は、モードホップ発生時の検出電圧を示す波形図である。また図 8 は、駆動電流に A C 成分を重畳した後の検出電圧を示す波形図である。

[0096] 図 7 に示すように、モードホップが高い頻度で発生し、検出電圧に集中的にノイズが発生しているとする。このような場合、モードホップ抑制処理部

170には、モードホップ判定部160から抑制処理許可信号が入力される。そして、抑制処理許可信号を受けたモードホップ抑制処理部170は、レーザ駆動部110に対して、駆動電流制御信号を出力する。即ち、レーザ光を出力させるための駆動電流を制御して、モードホップの発生を抑制する。具体的には、モードホップ抑制処理部170は、駆動電流に所定周期のAC成分を重畳する（例えば、100mVの信号を10Hzで重畳する）ように制御する。

[0097] 図8に示すように、駆動電流にAC成分が重畳されると、検出電圧におけるノイズも比較的長い安定した周期で発生するようになる。即ち、集中的に発生していたモードホップが、重畳したAC成分に応じた長い周期で発生するようになる。モードホップは、集中的に発生することで測定に悪影響を及ぼす可能性が高まるが、図に示した例のように、安定した状態で発生している場合には、測定への影響も少ない。従って、駆動電流にAC成分を重畳することにより、モードホップの影響を抑制した好適な測定が実現できる。

[0098] 以上説明したように、第1実施例に係る測定装置によれば、半導体レーザ120のモードホップの発生を抑制して、より正確な血流測定を実施することが可能である。また本実施例に係る測定装置では特に、モードホップが発生した場合にのみ抑制処理が実行されるため、極めて効率的にモードホップを抑制できる。

[0099] <第2実施例>

次に、第2実施例に係る測定装置について、図9を参照して説明する。ここに図9は、第2実施例に係る測定装置の全体構成を示すブロック図である。

[0100] なお、第2実施例は、上述した第1実施例と比べて一部の構成及び動作が異なるのみで、多くの部分は第1実施例と同様である。このため、以下では第1実施例と異なる部分について詳細に説明し、重複する部分については適宜説明を省略するものとする。

[0101] 図9において、第2実施例に係る測定装置では、レーザ駆動部110に温

度を制御するためのペルチェ素子 300 が設けられている。そして、第 2 実施例に係るモードホップ抑制処理部 170b は、そのペルチェ素子 300 を制御することで、モードホップの発生を抑制する。

[0102] 具体的には、モードホップ抑制処理部 170b は、モードホップ判定部 160 から抑制処理許可信号が入力されると（即ち、モードホップが発生していると判定されると）、ペルチェ素子制御信号を出力して、ペルチェ素子 300 によるレーザ駆動部 110 の吸熱を実施する。このようにすれば、レーザ駆動部 110 の温度が低下し、温度上昇に起因して発生していたモードホップが抑制される。

[0103] 以上説明したように、第 2 実施例に係る測定装置によれば、第 1 実施例と同様に、半導体レーザ 120 のモードホップの発生を抑制して、より正確な血流測定を実施することが可能である。

[0104] <第 3 実施例>

次に、第 3 実施例に係る測定装置について、図 10 を参照して説明する。ここに図 10 は、第 3 実施例に係る測定装置の全体構成を示すブロック図である。

[0105] なお、第 3 実施例は、上述した第 1 及び第 2 実施例と比べて一部の構成及び動作が異なるのみで、多くの部分は第 1 及び第 2 実施例と同様である。このため、以下では第 1 及び第 2 実施例と異なる部分について詳細に説明し、重複する部分については適宜説明を省略するものとする。

[0106] 図 10 において、第 3 実施例に係る測定装置では、半導体レーザ 120 と被測定対象 200 との間に液晶 400 が設けられている。そして、第 3 実施例に係るモードホップ抑制処理部 170c は、その液晶 400 を制御することで、モードホップの発生を抑制する。

[0107] 具体的には、モードホップ抑制処理部 170c は、モードホップ判定部 160 から抑制処理許可信号が入力されると（即ち、モードホップが発生していると判定されると）、液晶制御信号を出力して、液晶 400 の屈折率を変化させ、被測定対象 200 からの戻り光が、半導体レーザ 120 に入射しな

いような環境を実現する。このようにすれば、半導体レーザ 120 に戻り光が入射することに起因して発生していたモードホップが抑制される。

[0108] 以上説明したように、第 3 実施例に係る測定装置によれば、第 1 及び第 2 実施例と同様に、半導体レーザ 120 のモードホップの発生を抑制して、より正確な血流測定を実施することが可能である。

[0109] 本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う測定装置及び測定方法もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

符号の説明

- [0110]
- 110 レーザ駆動部
 - 120 半導体レーザ
 - 130 受光素子
 - 140 I-V 変換部
 - 150 信号処理部
 - 160 モードホップ判定部
 - 161 比較器
 - 162 制御部
 - 163 A/D 変換器
 - 164 メモリ
 - 165 閾値算出部
 - 166 エンベロープ検波器
 - 167 LPF 部
 - 170 モードホップ抑制処理部
 - 200 被測定対象
 - 300 ペルチェ素子
 - 400 液晶

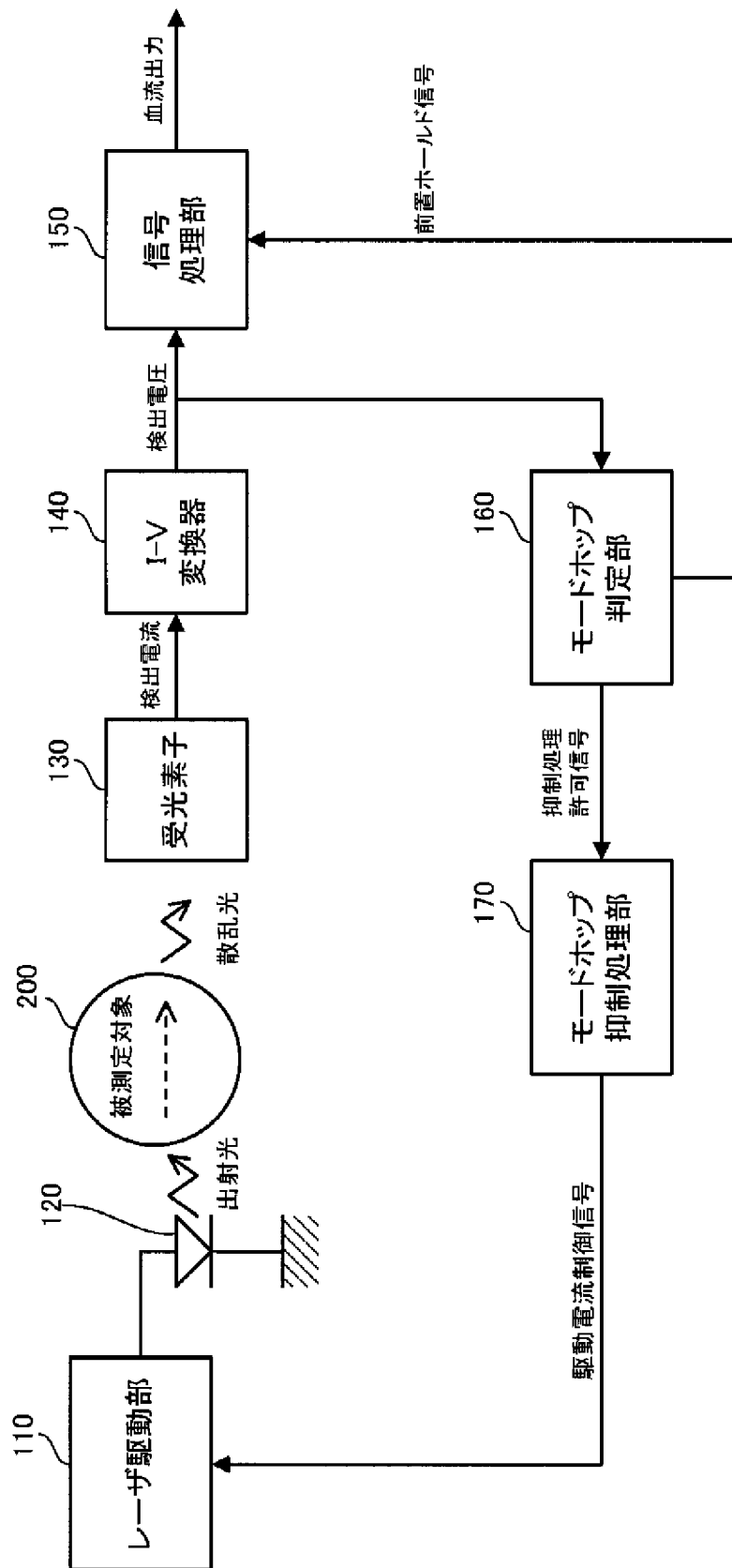
請求の範囲

- [請求項1] 被測定対象にレーザ光を照射する照射手段と、
前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光手段と、
前記照射手段のモードホップを検出する検出手段と、
前記検出手段の出力に基づいて前記モードホップを抑制する抑制手段と
を備えることを特徴とする測定装置。
- [請求項2] 前記検出手段は、前記受光手段の出力信号の強度が所定の閾値を超えた場合に、前記モードホップを検出することを特徴とする請求項1に記載の測定装置。
- [請求項3] 前記検出手段は、過去の前記出力信号の強度に応じて前記所定の閾値を変更することを特徴とする請求項2に記載の測定装置。
- [請求項4] 前記抑制手段は、前記照射手段の駆動電流を変化させることで、前記モードホップを抑制することを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の測定装置。
- [請求項5] 前記抑制手段は、前記照射手段の温度を変化させることで、前記モードホップを抑制することを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の測定装置。
- [請求項6] 前記抑制手段は、前記照射手段と前記被測定対象との間に設けられた液晶窓の屈折率を変化させることで、前記モードホップを抑制することを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載の測定装置。
- [請求項7] 前記抑制手段は、前記モードホップが所定時間以上継続して検出されている場合に、前記モードホップを抑制することを特徴とする請求項1から6のいずれか一項に記載の測定装置。
- [請求項8] 前記抑制手段は、所定期間内の前記モードホップの発生回数が所定回数以上である場合に、前記モードホップを抑制することを特徴とする請求項1から7のいずれか一項に記載の測定装置。

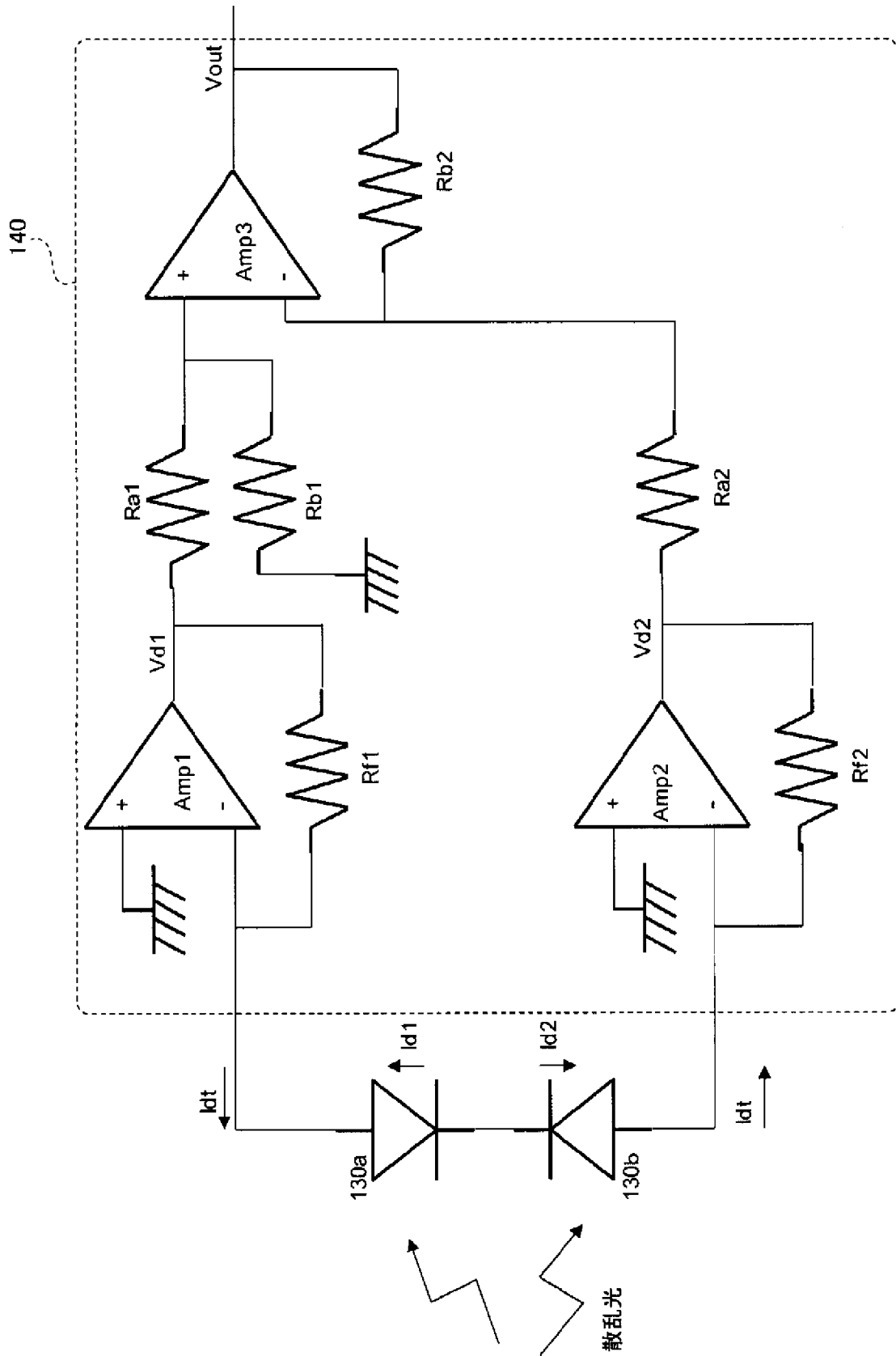
- [請求項9] 前記受光手段の出力信号を処理して出力する出力手段と、
 前記モードホップが検出された場合に、前記モードホップが検出される前の出力を維持するように前記出力手段を制御する出力維持手段と
 と
 を備えることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載の測定装置。
- [請求項10] 前記受光手段は、複数の受光素子を含んでいることを特徴とする請求項1から9のいずれか一項に記載の測定装置。
- [請求項11] 被測定対象にレーザ光を照射する照射手段と、
 前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光手段と、
 と
 前記受光手段の出力信号と所定の閾値とを比較する比較手段と、
 前記比較手段の出力に基づいて前記照射手段によるレーザ光の照射を制御する制御手段と
 と
 を備えることを特徴とする測定装置。
- [請求項12] 被測定対象にレーザ光を照射する照射工程と、
 前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光工程と、
 と
 前記照射工程におけるモードホップを検出する検出工程と、
 前記検出工程における出力に基づいて前記モードホップを抑制する抑制工程と
 と
 を備えることを特徴とする測定方法。
- [請求項13] 被測定対象にレーザ光を照射する照射工程と、
 前記被測定対象によって散乱された前記レーザ光を受光する受光工程と、
 と
 前記受光工程における出力信号と所定の閾値とを比較する比較工程と、
 と
 前記比較工程における出力に基づいて前記照射工程におけるレーザ

光の照射を制御する制御工程と
を備えることを特徴とする測定方法。

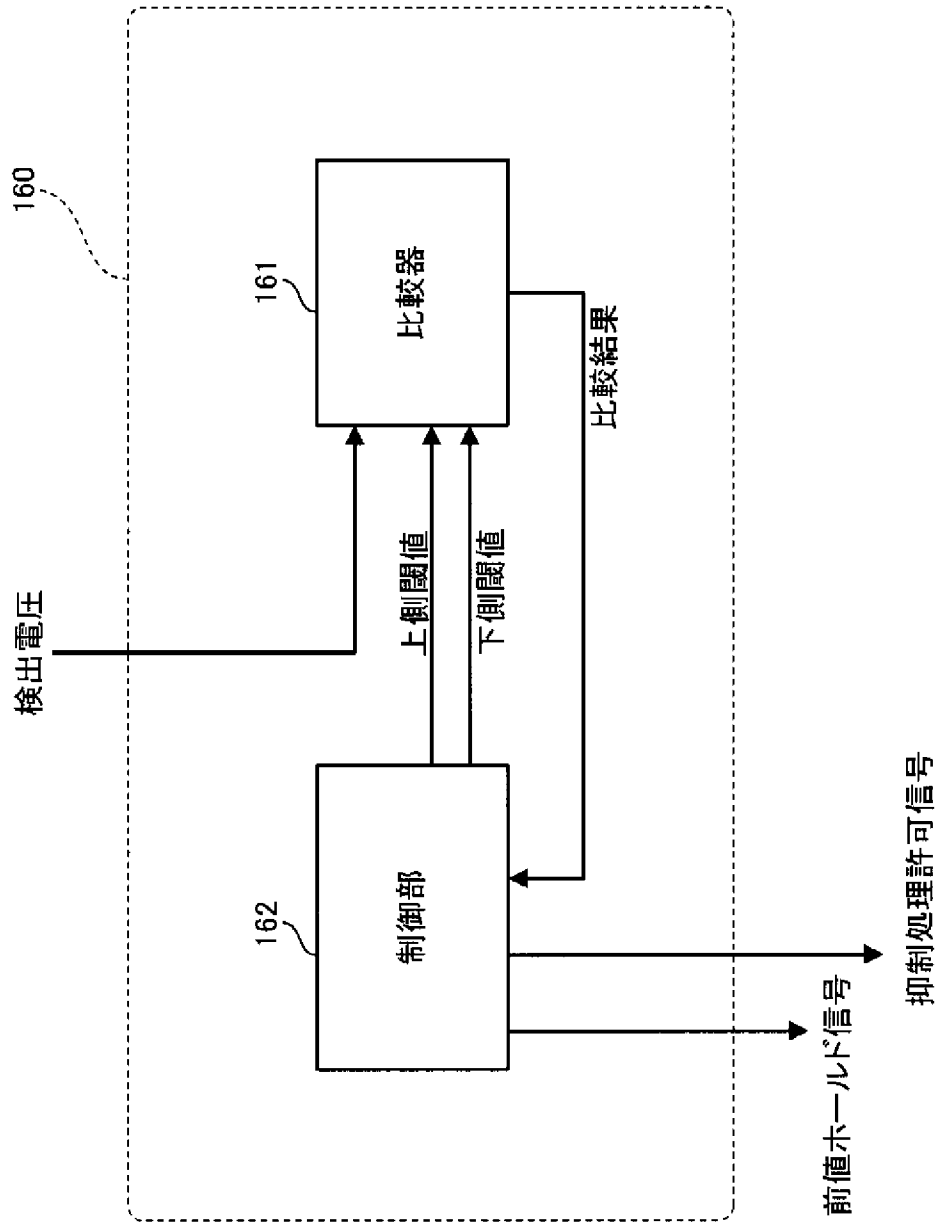
[図1]



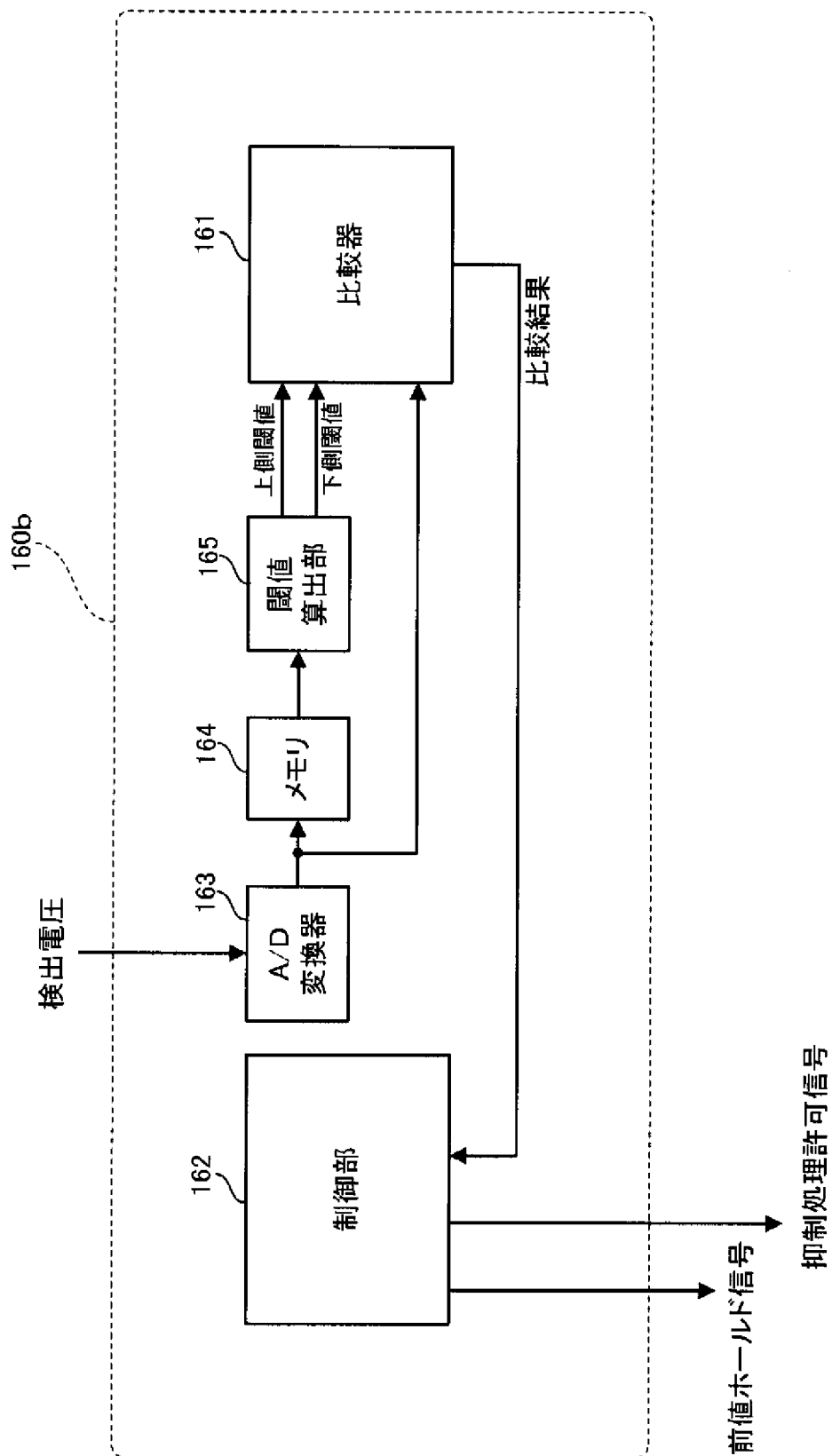
[図2]



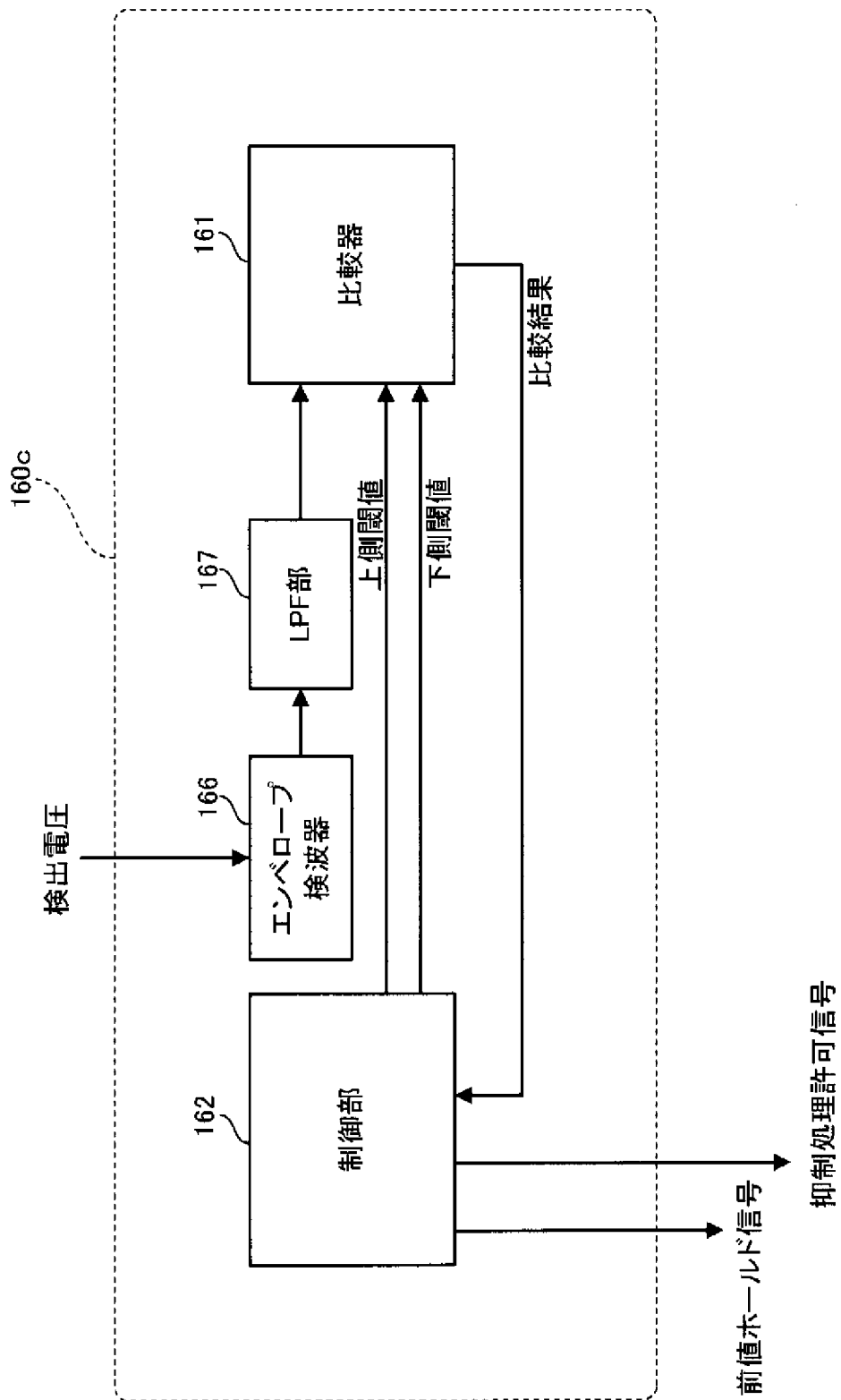
[図3]



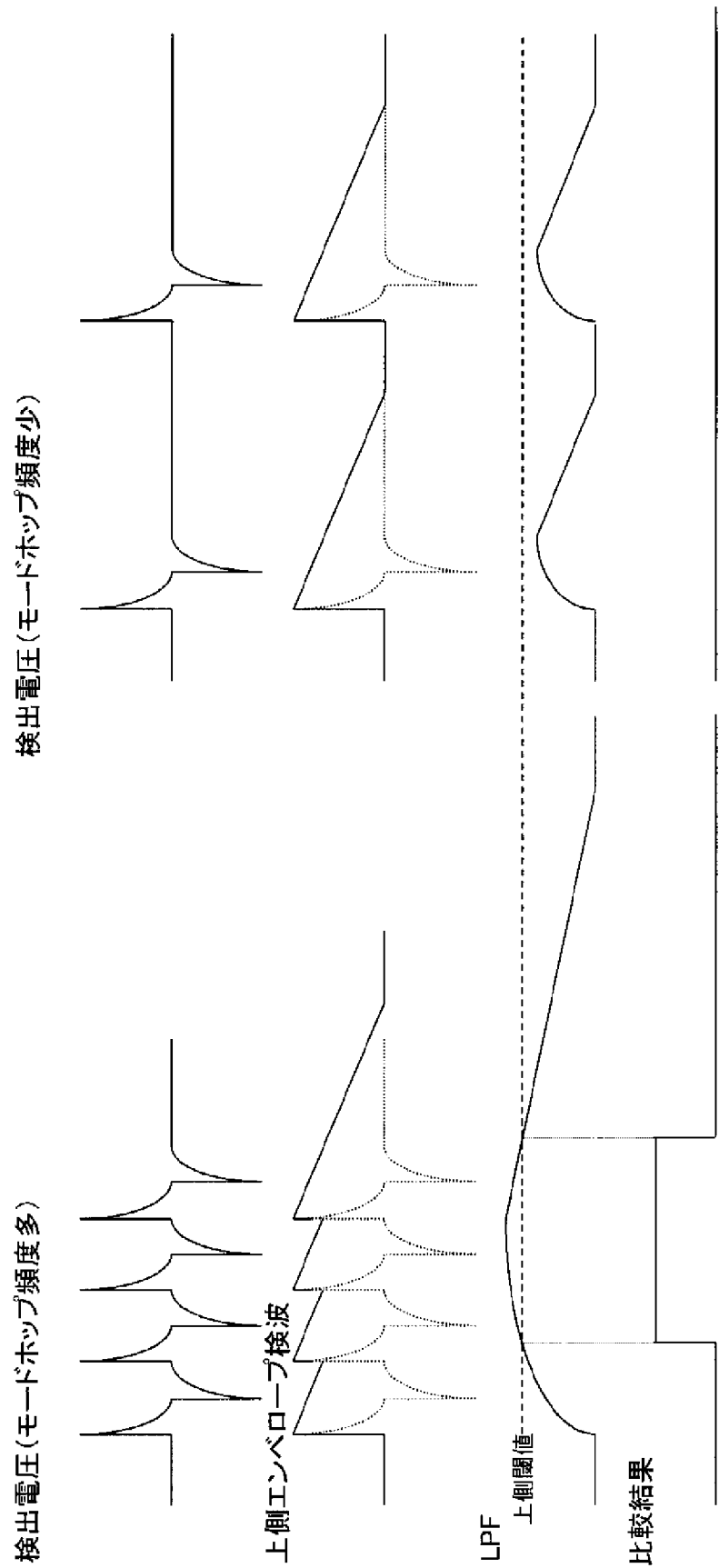
[図4]



[図5]

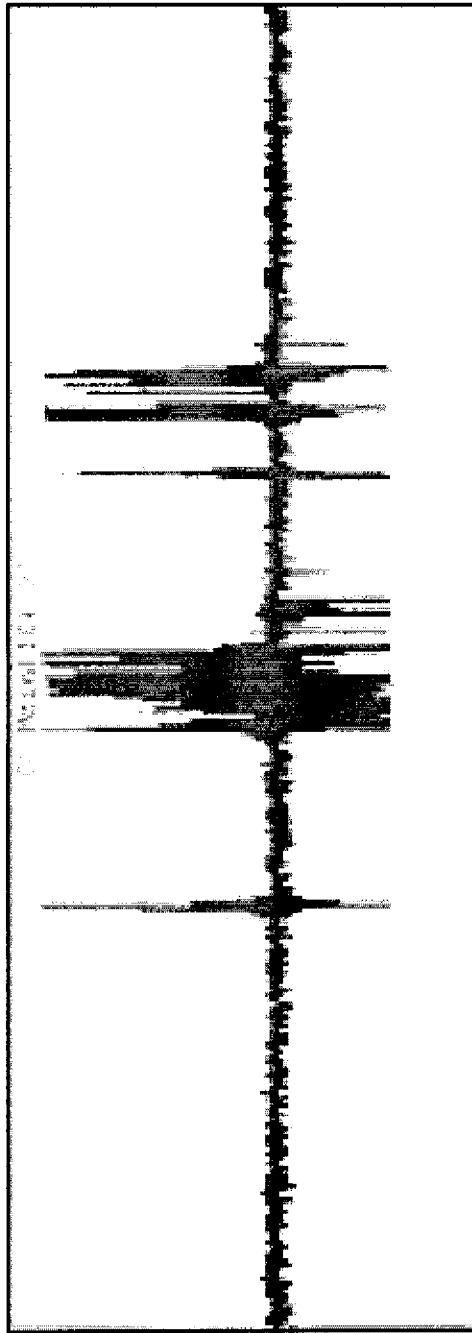


[図6]



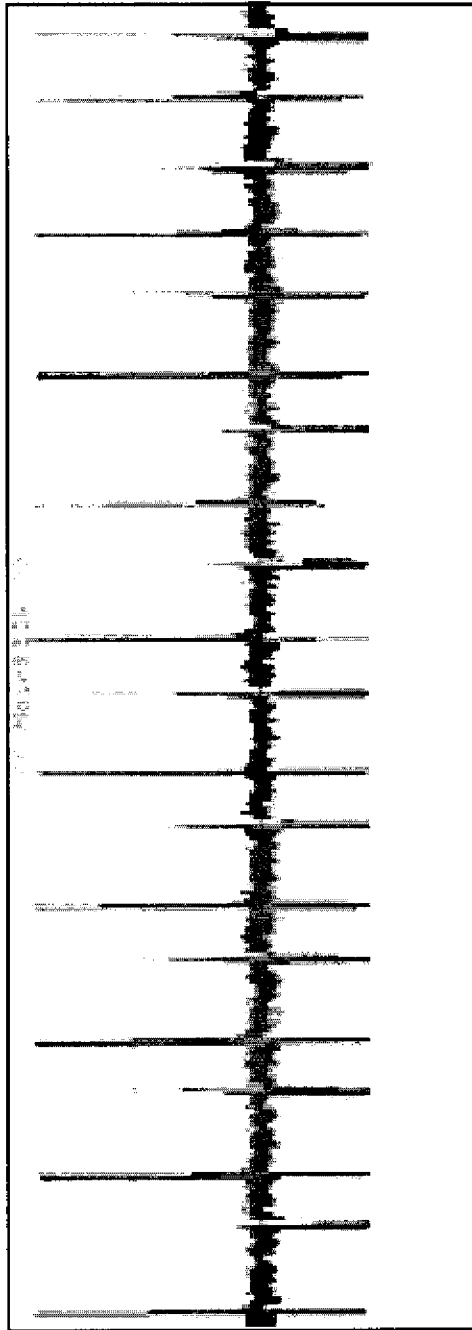
[図7]

モードホップ発生時の検出電圧

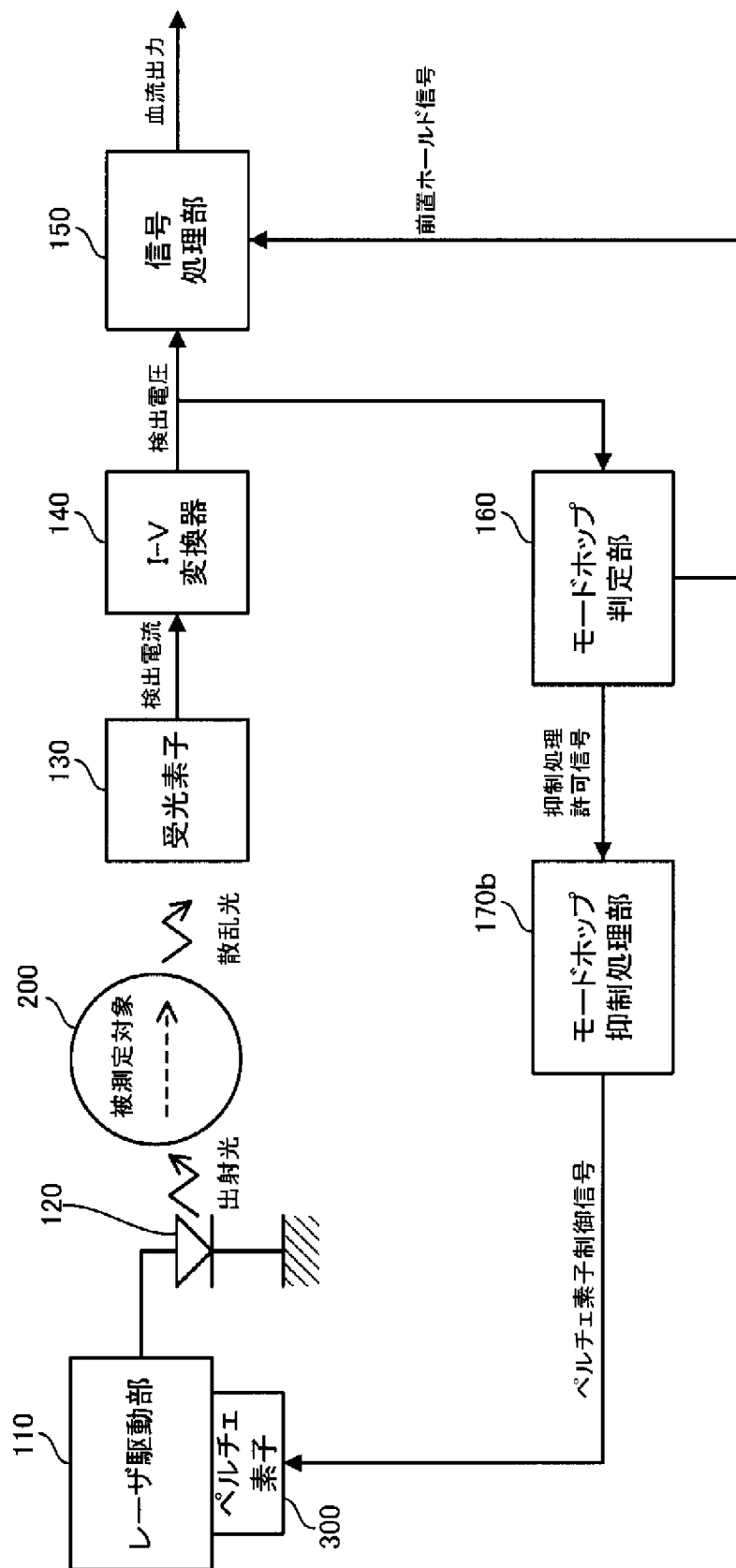


[図8]

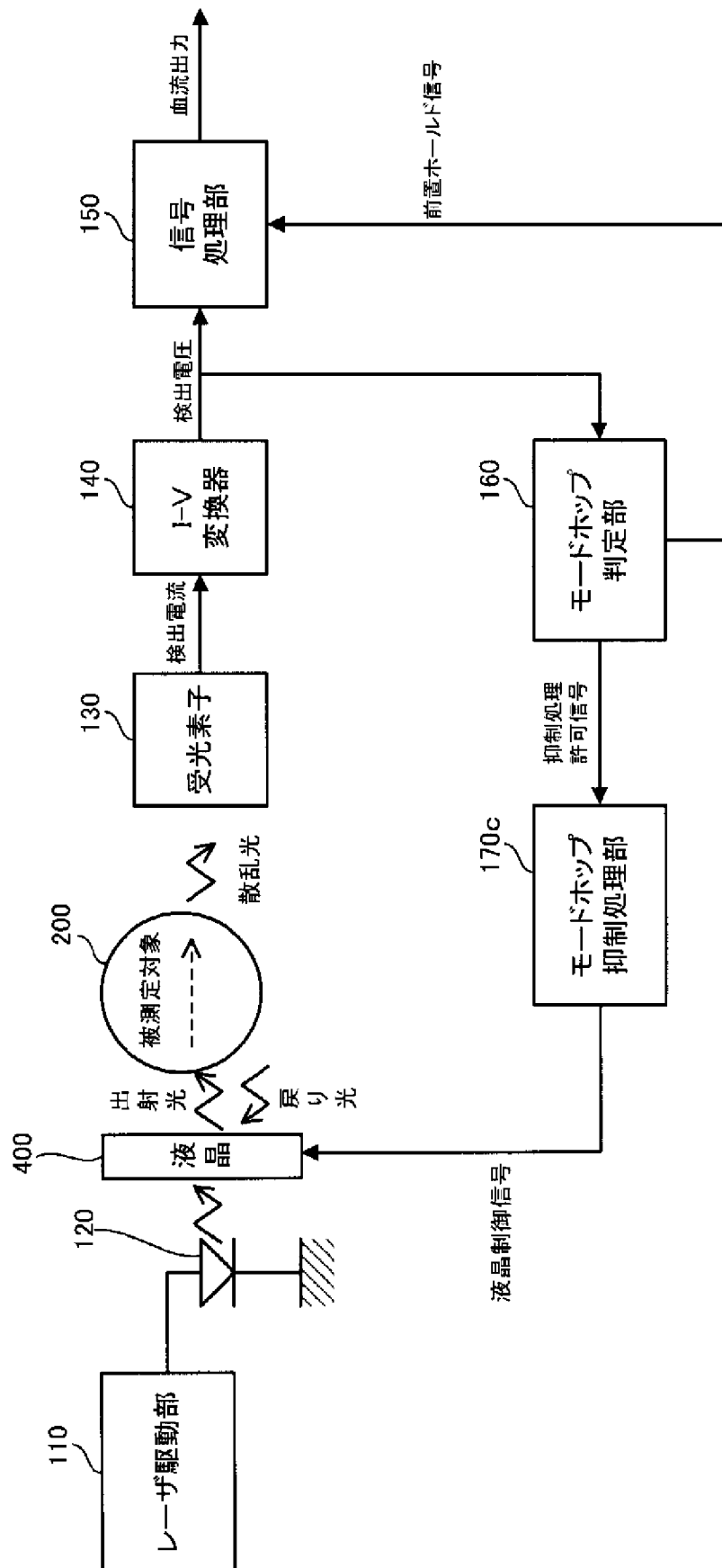
AC成分重畳後の検出電圧



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/067160

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P3/36(2006.01)i, G01P5/00(2006.01)i, G01S17/58(2006.01)i, H01S5/0687(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01P3/00-5/26, G01P13/00-13/04, G01S17/58, H01S5/0687

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2001-120509 A (Cyberfirm Inc.), 08 May 2001 (08.05.2001), paragraphs [0009], [0016] to [0017], [0028], [0037], [0044]; fig. 1 (Family: none)	1-5, 7-8, 10-13 6, 9
Y A	JP 2014-103336 A (Anritsu Corp.), 05 June 2014 (05.06.2014), paragraphs [0041] to [0045]; fig. 6 (Family: none)	1-5, 7-8, 10-13 6, 9
Y A	JP 2010-212490 A (Anritsu Corp.), 24 September 2010 (24.09.2010), paragraphs [0032] to [0034], [0062] to [0066]; fig. 1, 9 (Family: none)	1-5, 7-8, 10-13 6, 9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 September, 2014 (17.09.14)

Date of mailing of the international search report
30 September, 2014 (30.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/067160

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-147076 A (NEC Corp.), 02 July 2009 (02.07.2009), entire text; all drawings & WO 2009/075154 A1	6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01P3/36(2006.01)i, G01P5/00(2006.01)i, G01S17/58(2006.01)i, H01S5/0687(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01P3/00-5/26, G01P13/00-13/04, G01S17/58, H01S5/0687

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2001-120509 A（株式会社サイバーファーム）2001.05.08, [0009], [0016]-[0017], [0028], [0037], [0044], 図1 (ファミリーなし)	1-5, 7-8, 10-13 6, 9
Y A	JP 2014-103336 A（アンリツ株式会社）2014.06.05, [0041]-[0045], 図6（ファミリーなし）	1-5, 7-8, 10-13 6, 9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 7 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

岡田 卓弥

2 F

9 2 0 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A A	JP 2010-212490 A (アンリツ株式会社) 2010. 09. 24, [0032]-[0034], [0062]-[0066], 図 1, 9 (ファミリーなし) JP 2009-147076 A (日本電気株式会社) 2009. 07. 02, 全文, 全図 & WO 2009/075154 A1	1-5, 7-8, 10-13 6, 9 6