

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, ST, 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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: モニタ装置は、空隙を介して互いに向かい合う一対のミラー部と、当該空隙を介して互いに向かい合う一対の駆動電極と、を有し、一対の駆動電極間に蓄えられる電荷に応じて一対のミラー部間の距離が変化するファブリペロー干渉フィルタと共に用いられる。モニタ装置は、一対のミラー部の共振周波数よりも高い周波数を有する交流電流を一対の駆動電極間に印加する電流印加部と、交流電流の印加中に一対の駆動電極間に発生する電圧の時間推移を検出する電圧検出部と、電圧検出部により検出された電圧の直流成分の評価に基づいて、電流印加部が一対の駆動電極間に印加する交流電流を制御する制御部と、電圧検出部により検出された電圧の交流成分に基づいて一対のミラー部間の距離をモニタするモニタ部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

モニタ装置、光学フィルタシステム、モニタ方法、電流発生装置

技術分野

[0001] 本開示の一側面は、モニタ装置、光学フィルタシステム、モニタ方法及び電流発生装置に関する。

背景技術

[0002] 空隙を介して互いに向かい合う一対のミラー部と、空隙を介して互いに向かい合う一対の駆動電極と、を有し、駆動電極間の電位差に応じてミラー部間の距離が変化するファブリペロー干渉フィルタが知られている（例えば特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-004886号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述したようなファブリペロー干渉フィルタにおいて一対のミラー部間の距離をモニタする方法として、次の方法が考えられる。高い周波数を有する交流電流を駆動電極間に印加し、当該交流電流の印加中に駆動電極間に発生する交流電圧を検出する。この交流電圧に基づいて駆動電極間の静電容量を算出することができ、当該静電容量に基づいてミラー部間の距離を算出することができる。しかし、ファブリペロー干渉フィルタでは駆動電極間に電流のリークが発生する場合があります、かかる場合にはミラー部間の距離を精度良くモニタすることができないおそれがある。

[0005] 本開示の一側面は、ファブリペロー干渉フィルタのミラー部間の距離を精度良くモニタすることができるモニタ装置、光学フィルタシステム及びモニタ方法、並びにそのようなモニタ装置に好適に用いられ得る電流発生装置を

提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一側面に係るモニタ装置は、空隙を介して互いに向かい合う一対のミラー部と、空隙を介して互いに向かい合う一対の駆動電極と、を有し、一対の駆動電極間に蓄えられる電荷に応じて一対のミラー部間の距離が変化するファブリペロー干渉フィルタと共に用いられるモニタ装置であって、一対のミラー部の共振周波数よりも高い周波数を有する交流電流を一対の駆動電極間に印加する電流印加部と、交流電流の印加中に一対の駆動電極間に発生する電圧の時間推移を検出する電圧検出部と、電圧検出部により検出された電圧の直流成分の評価に基づいて、電流印加部が一対の駆動電極間に印加する交流電流を制御する制御部と、電圧検出部により検出された電圧の交流成分に基づいて一対のミラー部間の距離をモニタするモニタ部と、を備える。

[0007] このモニタ装置では、交流電流の印加中に一対の駆動電極間に発生する電圧の時間推移が検出され、駆動電極間に印加する交流電流が、当該電圧の直流成分の評価に基づいて制御される。そして、検出された当該電圧の交流成分に基づいてミラー部間の距離がモニタされる。ミラー部間の距離、及び駆動電極間の電流のリーク量の双方は、検出された電圧の交流成分及び直流成分から取得され得る。したがって、このモニタ装置によれば、ファブリペロー干渉フィルタのミラー部間の距離を精度良くモニタすることができる。

[0008] 制御部は、電圧検出部により検出される電圧の直流成分の時間変化に基づいて、電流印加部が一対の駆動電極間に印加する交流電流を制御してもよい。この場合、駆動電極間に印加する交流電流をより好適に調整することができ、ミラー部間の距離をより精度良くモニタすることができる。

[0009] 制御部は、電圧検出部により検出される電圧の直流成分の大きさが一定に保たれるように、電流印加部が一対の駆動電極間に印加する交流電流を制御してもよい。この場合、駆動電極間に印加する交流電流をより一層好適に調整することができ、ミラー部間の距離をより一層精度良くモニタすることが

できる。

[0010] 電流印加部は、互いに異なる向きの電流を一对の駆動電極間に印加する一对の電流源を有し、一对の電流源を交互に駆動させることにより交流電流を生成していてもよい。この場合、駆動電極間に交流電流を印加するための電流印加部をより好適に構成することができる。

[0011] 制御部は、電圧検出部により検出された電圧の直流成分の評価に基づいて、一对の電流源の少なくとも一方が発生させるパルス状電流のデューティ比を変化させてもよい。この場合、駆動電極間に印加する交流電流をより一層好適に調整することができ、ミラ一部間の距離をより一層精度良くモニタすることができる。

[0012] 制御部は、電圧検出部により検出された電圧の直流成分の評価に基づいて、一对の電流源の少なくとも一方が発生させる電流の大きさを変化させてもよい。この場合、駆動電極間に印加する交流電流をより一層好適に調整することができ、ミラ一部間の距離をより一層精度良くモニタすることができる。

[0013] 電流印加部は、一对の電流源の一方と同一の向きの電流を一对のミラ一部間に印加する調整用電流源を更に有し、制御部は、電圧検出部により検出された電圧の直流成分の評価に基づいて、調整用電流源が発生させる電流を制御してもよい。この場合、駆動電極間に印加する交流電流をより一層好適に調整することができ、ミラ一部間の距離をより一層精度良くモニタすることができる。

[0014] 一对の電流源の各々は、フォトダイオードと、フォトダイオードに入射する光を出力する光源と、を含んでいてもよい。この場合、駆動電極間に交流電流を印加するための電流印加部をより一層好適に構成することができる。

[0015] 電流印加部は、反転入力端子が出力端子に接続されたオペアンプを更に有し、一对の電流源は、オペアンプの非反転入力端子及び出力端子に対して並列に接続されていてもよい。この場合、駆動電極間に交流電流を印加するための電流印加部をより一層好適に構成することができる。

- [0016] 制御部は、電圧検出部により検出された直流成分及び交流成分に基づいて、電流印加部が一对の駆動電極間に印加する交流電流を制御してもよい。この場合、駆動電極間に印加する交流電流をより一層好適に調整することができる、ミラー部間の距離をより一層精度良くモニタすることができる。
- [0017] 本開示の一側面に係る光学フィルタシステムは、上記モニタ装置と、モニタ装置により一对のミラー部間の距離がモニタされるファブリペロー干渉フィルタと、を備える。この光学フィルタシステムでは、上述した理由により、ファブリペロー干渉フィルタのミラー部間の距離を精度良くモニタすることができる。
- [0018] 本開示の一側面に係るモニタ方法は、空隙を介して互いに向かい合う一对のミラー部と、空隙を介して互いに向かい合う一对の駆動電極と、を有し、一对の駆動電極間に蓄えられる電荷に応じて一对のミラー部間の距離が変化するファブリペロー干渉フィルタについて、一对のミラー部間の距離をモニタするモニタ方法であって、一对のミラー部の共振周波数よりも高い周波数を有する交流電流を一对の駆動電極間に印加しているときに一对の駆動電極間に発生する電圧の時間推移を検出する電圧検出ステップと、電圧検出ステップにおいて検出された電圧の直流成分の評価に基づいて、電圧検出ステップにおいて一对の駆動電極間に印加する交流電流を制御する制御ステップと、電圧検出ステップにおいて検出された電圧の交流成分に基づいて一对のミラー部間の距離をモニタするモニタステップと、を備える。
- [0019] このモニタ方法では、交流電流の印加中に一对の駆動電極間に発生する電圧の時間推移が検出され、駆動電極間に印加する交流電流が、当該電圧の直流成分の評価に基づいて制御される。そして、検出された当該電圧の交流成分に基づいてミラー部間の距離がモニタされる。ミラー部間の距離、及びミラー部間の電流のリーク量の双方は、検出された電圧の交流成分及び直流成分から取得され得る。したがって、このモニタ方法によれば、ファブリペロー干渉フィルタのミラー部間の距離を精度良くモニタすることができる。
- [0020] 本開示の一側面に係る電流発生装置は、反転入力端子が出力端子に接続さ

れたオペアンプと、オペアンプの非反転入力端子及び出力端子に対して互いに反対の向きで並列に接続された一対のフォトダイオードと、一対のフォトダイオードに入射する光をそれぞれ出力する一対の光源と、を備える。この電流発生装置では、反転入力端子が出力端子に接続されたオペアンプの非反転入力端子及び出力端子に対して、一対のフォトダイオードが互いに反対の向きで並列に接続されている。これにより、一対のフォトダイオードがゼロバイアス状態とされている。この電流発生装置では、例えば、一対の光源を交互に駆動させて一対のフォトダイオードを交互に駆動させることにより、交流電流を生成することができる。また、一対の光源の一方を駆動させて一対のフォトダイオードの一方を駆動させることにより、直流電流を生成することもできる。この電流発生装置によれば、細かな電流制御が可能となる。この電流発生装置は、上述したようなモニタ装置において電流印加部として好適に用いられ得る。

発明の効果

[0021] 本開示の一側面によれば、ファブリペロー干渉フィルタのミラー部間の距離を精度良くモニタすることができるモニタ装置、光学フィルタシステム及びモニタ方法、並びにそのようなモニタ装置に好適に用いられ得る電流発生装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]実施形態に係る光学フィルタシステムの構成図である。

[図2]ファブリペロー干渉フィルタの断面図である。

[図3] (a) は、第1ミラー部と第2ミラー部との間に蓄えられた電荷と、第1ミラー部と第2ミラー部との間の距離との関係を例示するグラフであり、(b) は、第1ミラー部と第2ミラー部との間に蓄えられた電荷と、第1ミラー部と第2ミラー部との間の電圧との関係を例示するグラフである。

[図4] (a) ～ (f) は、実施形態のモニタ方法を説明するためのグラフである。

[図5] (a) ～ (f) は、実施形態のモニタ方法を説明するためのグラフであ

る。

[図6] (a) ~ (f) は、第1変形例のモニタ方法を説明するためのグラフである。

[図7] 第2変形例に係る光学フィルタシステムの構成図である。

[図8] (a) ~ (e) は、第2変形例のモニタ方法を説明するためのグラフである。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本開示の一実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

なお、以下の説明において、同一又は相当要素には同一符号を用い、重複する説明を省略する。

[0024] 図1に示されるように、光学フィルタシステム100は、ファブリペロー干渉フィルタ1と、ファブリペロー干渉フィルタ1を制御するコントローラ(モニタ装置)50と、を備えている。

[ファブリペロー干渉フィルタの構成]

[0025] 図2に示されるように、ファブリペロー干渉フィルタ1は、基板11を備えている。基板11は、第1表面11aと、第1表面11aとは反対側の第2表面11bと、を有している。第1表面11a上には、反射防止層21、第1積層体22、中間層23及び第2積層体24が、この順序で積層されている。第1積層体22と第2積層体24との間には、枠状の中間層23によって空隙(エアギャップ)Sが画定されている。

[0026] 第1表面11aに垂直な方向から見た場合(平面視)における各部の形状及び位置関係は、例えば次のとおりである。基板11の外縁は矩形状である。基板11の外縁及び第2積層体24の外縁は、互いに一致している。反射防止層21の外縁、第1積層体22の外縁及び中間層23の外縁は、互いに一致している。基板11は、中間層23の外縁よりも空隙Sの中心に対して外側に位置する外縁部11cを有している。外縁部11cは、枠状であり、第1表面11aに垂直な方向から見た場合に中間層23を囲んでいる。空隙Sは円形状である。

- [0027] ファブリペロー干渉フィルタ 1 は、その中央部に画定された光透過領域 1 a において、所定の波長を有する光を透過させる。光透過領域 1 a は、例えば円柱状の領域である。基板 1 1 は、例えば、シリコン、石英又はガラス等からなる。基板 1 1 がシリコンからなる場合、反射防止層 2 1 及び中間層 2 3 は、例えば、二酸化ケイ素からなる。
- [0028] 第 1 積層体 2 2 のうち光透過領域 1 a に対応する部分（平面視において空隙 S と重なる部分）は、第 1 ミラー部 3 1 として機能する。第 1 ミラー部 3 1 は、固定ミラーである。第 1 ミラー部 3 1 は、反射防止層 2 1 を介して第 1 表面 1 1 a 上に配置されている。第 1 積層体 2 2 は、複数のポリシリコン層 2 5 と複数の窒化シリコン層 2 6 とが一層ずつ交互に積層されることにより構成されている。ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、ポリシリコン層 2 5 a、窒化シリコン層 2 6 a、ポリシリコン層 2 5 b、窒化シリコン層 2 6 b 及びポリシリコン層 2 5 c が、この順序で反射防止層 2 1 上に積層されている。第 1 ミラー部 3 1 を構成するポリシリコン層 2 5 及び窒化シリコン層 2 6 の各々の光学厚さは、中心透過波長の $1/4$ の整数倍であることが好ましい。
- [0029] 第 2 積層体 2 4 のうち光透過領域 1 a に対応する部分（平面視において空隙 S と重なる部分）は、第 2 ミラー部 3 2 として機能する。第 2 ミラー部 3 2 は、可動ミラーである。第 2 ミラー部 3 2 は、第 1 ミラー部 3 1 に対して基板 1 1 とは反対側において空隙 S を介して第 1 ミラー部 3 1 と向かい合っている。第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 とが互いに向かい合う方向は、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向に平行である。第 2 積層体 2 4 は、反射防止層 2 1、第 1 積層体 2 2 及び中間層 2 3 を介して第 1 表面 1 1 a 上に配置されている。第 2 積層体 2 4 は、複数のポリシリコン層 2 7 と複数の窒化シリコン層 2 8 とが一層ずつ交互に積層されることにより構成されている。ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、ポリシリコン層 2 7 a、窒化シリコン層 2 8 a、ポリシリコン層 2 7 b、窒化シリコン層 2 8 b 及びポリシリコン層 2 7 c が、この順序で中間層 2 3 上に積層されている。第 2 ミラー部 3 2 を構

成するポリシリコン層 2 7 及び窒化シリコン層 2 8 の各々の光学厚さは、中心透過波長の $1/4$ の整数倍であることが好ましい。

[0030] 第 2 積層体 2 4 において空隙 S に対応する部分（平面視において空隙 S と重なる部分）には、複数の貫通孔 2 4 b が形成されている。これらの貫通孔は、第 2 積層体 2 4 の中間層 2 3 とは反対側の表面 2 4 a から空隙 S に至っている。これらの貫通孔は、第 2 ミラ一部 3 2 の機能に実質的に影響を与えない程度に形成されている。これらの貫通孔は、エッチングにより中間層 2 3 の一部を除去して空隙 S を形成するために用いられてもよい。

[0031] 第 2 積層体 2 4 は、第 2 ミラ一部 3 2 に加えて、被覆部 3 3 と、周縁部 3 4 と、を更に有している。第 2 ミラ一部 3 2、被覆部 3 3 及び周縁部 3 4 は、互いに同じ積層構造の一部を有し且つ互いに連続するように、一体的に形成されている。被覆部 3 3 は、平面視において第 2 ミラ一部 3 2 を囲んでいる。被覆部 3 3 は、中間層 2 3 の基板 1 1 とは反対側の表面 2 3 a 及び側面 2 3 b、並びに第 1 積層体 2 2 の側面 2 2 a 及び反射防止層 2 1 の側面 2 1 a を被覆しており、第 1 表面 1 1 a に至っている。

[0032] 周縁部 3 4 は、平面視において被覆部 3 3 を囲んでいる。周縁部 3 4 は、外縁部 1 1 c における第 1 表面 1 1 a 上に位置している。周縁部 3 4 の外縁は、平面視において基板 1 1 の外縁と一致している。周縁部 3 4 は、外縁部 1 1 c の外縁に沿って薄化されている。この例では、周縁部 3 4 は、第 2 積層体 2 4 を構成するポリシリコン層 2 7 及び窒化シリコン層 2 8 の一部が除去されていることにより薄化されている。周縁部 3 4 は、被覆部 3 3 に連続する非薄化部 3 4 a と、非薄化部 3 4 a を囲む薄化部 3 4 b と、を有している。薄化部 3 4 b においては、第 1 表面 1 1 a 上に直接に設けられたポリシリコン層 2 7 a 以外のポリシリコン層 2 7 及び窒化シリコン層 2 8 が除去されている。

[0033] 第 1 ミラ一部 3 1 には、平面視において光透過領域 1 a を囲むように形成された第 1 駆動電極 1 2 と、平面視において光透過領域 1 a と重なるように形成された補償電極 1 3 と、が設けられている。すなわち、この例では、第

第1駆動電極12及び補償電極13は、第1ミラー部31を構成している（第1ミラー部31、第1駆動電極12及び補償電極13は、互いに一体的に形成されている）。補償電極13の大きさは、光透過領域1aの全体を含む大きさであるが、光透過領域1aの大きさと略同一であってもよい。第1駆動電極12及び補償電極13は、不純物をドーピングしてポリシリコン層25cを低抵抗化することにより形成されている。第2ミラー部32には、空隙Sを介して第1駆動電極12及び補償電極13と向かい合う第2駆動電極14が形成されている。すなわち、この例では、第2駆動電極14は、第2ミラー部32を構成している（第2ミラー部32及び第2駆動電極14は、互いに一体的に形成されている）。第2駆動電極14は、不純物をドーピングしてポリシリコン層27aを低抵抗化することにより形成されている。

[0034] ファブリペロー干渉フィルタ1は、一对の端子15及び一对の端子16を更に備えている。一对の端子15は、光透過領域1aを挟んで互に向かい合うように設けられている。各端子15は、第2積層体24の表面24aから第1積層体22に至る貫通孔内に配置されている。各端子15は、配線12aを介して第1駆動電極12と電氣的に接続されている。端子15は、例えば、アルミニウム又はその合金等の金属膜によって形成されている。

[0035] 一对の端子16は、光透過領域1aを挟んで互に向かい合うように設けられている。各端子16は、第2積層体24の表面24aから第1積層体22に至る貫通孔内に配置されている。各端子16は、配線13aを介して補償電極13と電氣的に接続されていると共に、配線14aを介して第2駆動電極14と電氣的に接続されている。端子16は、例えば、アルミニウム又はその合金等の金属膜によって形成されている。一对の端子15が互に向かい合う方向は、一对の端子16が互に向かい合う方向と直交している。

[0036] 第1積層体22の表面22bには、トレンチ17、18が設けられている。トレンチ17は、配線13aにおける端子16との接続部分を囲むように環状に延在している。トレンチ17は、第1駆動電極12と配線13aとを電氣的に絶縁している。トレンチ18は、第1駆動電極12の内縁に沿って

環状に延在している。トレンチ 18 は、第 1 駆動電極 12 と第 1 駆動電極 12 の内側の領域（補償電極 13）とを電氣的に絶縁している。各トレンチ 17, 18 内の領域は、絶縁材料であってもよいし、空隙であってもよい。第 2 積層体 24 の表面 24 a には、トレンチ 19 が設けられている。トレンチ 19 は、端子 15 を囲むように環状に延在している。トレンチ 19 は、端子 15 と第 2 駆動電極 14 とを電氣的に絶縁している。トレンチ 17, 18 内の領域は、絶縁材料であってもよいし、空隙であってもよい。

[0037] 基板 11 の第 2 表面 11 b 上には、反射防止層 41、第 3 積層体 42、中間層 43 及び第 4 積層体 44 が、この順序で積層されている。反射防止層 41 及び中間層 43 は、それぞれ、反射防止層 21 及び中間層 23 と同様の構成を有している。第 3 積層体 42 及び第 4 積層体 44 は、それぞれ、基板 11 を基準として第 1 積層体 22 及び第 2 積層体 24 と対称の積層構造を有している。反射防止層 41、第 3 積層体 42、中間層 43 及び第 4 積層体 44 は、基板 11 の反りを抑制する機能を有している。

[0038] 第 3 積層体 42、中間層 43 及び第 4 積層体 44 には、平面視において光透過領域 1 a と重なるように開口 40 a が設けられている。開口 40 a は、光透過領域 1 a の大きさと略同一の径を有している。開口 40 a は、光出射側に開口している。開口 40 a の底面は、反射防止層 41 に至っている。

[0039] 第 4 積層体 44 の光出射側の表面には、遮光層 45 が形成されている。遮光層 45 は、例えばアルミニウム又はその合金等の金属膜からなる。遮光層 45 の表面及び開口 40 a の内面には、保護層 46 が形成されている。保護層 46 は、第 3 積層体 42、中間層 43、第 4 積層体 44 及び遮光層 45 の外縁を被覆すると共に、外縁部 11 c 上の反射防止層 41 を被覆している。保護層 46 は、例えば酸化アルミニウムからなる。

[コントローラの構成]

[0040] 図 1 に示されるように、コントローラ 50 は、電流印加部（電流発生装置）60 と、電圧検出部 70 と、制御部（モニタ部）80 と、を備えている。図 1 では、ファブリペロー干渉フィルタ 1 が等価回路として示されている。

等価回路としてのファブリペロー干渉フィルタ 1 は、可変キャパシタ 2 と、可変キャパシタ 2 に並列に接続された固定キャパシタ 3、ダイオード 4 及び並列抵抗 5 と、可変キャパシタ 2 に直列に接続された直列抵抗 6 とにより表され得る。可変キャパシタ 2 は、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に蓄えられた静電容量に相当する。固定キャパシタ 3 は、ファブリペロー干渉フィルタ 1 の寄生容量に相当する。

[0041] 電流印加部 6 0 は、一对の電流源 6 1 A 及び 6 1 B と、オペアンプ 6 5 と、を有している。電流源 6 1 A は、フォトダイオード 6 2 A と光源 6 3 A とを有しており、電流源 6 1 B は、フォトダイオード 6 2 B と光源 6 3 B とを有している。フォトダイオード 6 2 A、6 2 B は、互いに反対の向きで並列に接続されている。すなわち、フォトダイオード 6 2 A のアノードとフォトダイオード 6 2 B のカソードが接続され、フォトダイオード 6 2 A のカソードとフォトダイオード 6 2 B のアノードが接続されている。光源 6 3 A はフォトダイオード 6 2 A に入射する光を出力し、光源 6 3 B はフォトダイオード 6 2 B に入射する光を出力する。フォトダイオード 6 2 A、6 2 B は、低容量に構成されている。

[0042] フォトダイオード 6 2 A、6 2 B は、後述するように、ゼロバイアス状態とされている。フォトダイオード 6 2 A、6 2 B は、それぞれ、光源 6 3 A、6 3 B からの光が入射した場合にアノードからカソードに向かう電流を発生させる。フォトダイオード 6 2 A が発生させる電流の向きは、フォトダイオード 6 2 B が発生させる電流の向きと反対である。

[0043] オペアンプ 6 5 は、反転入力端子 6 5 a、非反転入力端子 6 5 b 及び出力端子 6 5 c を有している。反転入力端子 6 5 a が出力端子 6 5 c に接続されており、非反転入力端子 6 5 b 及び出力端子 6 5 c に対して一对の電流源 6 1 A、6 1 B が並列に接続されている。これにより、閉回路が構成されており、非反転入力端子 6 5 b 側の電圧 V_1 と出力端子 6 5 c 側の電圧 V_2 とが互いに等しく保たれ、一对の電流源 6 1 A、6 1 B がゼロバイアス状態とされている。オペアンプ 6 5 のフォワードゲインは例えば 1 であり、オペアン

プ65は、高い入力抵抗、高い駆動電圧範囲（例えば±70V程度）及び高いスルーレート（例えば20V/μs程度）を有している。

[0044] 電流印加部60は、ファブリペロー干渉フィルタ1に接続されており、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間に印加する電流を発生させる電流発生装置として機能する。より具体的には、電流印加部60は、非反転入力端子65bとファブリペロー干渉フィルタ1とが同電位となるように、ファブリペロー干渉フィルタ1に接続されている。電流印加部60においては、光源63A、63Bの一方を駆動させてフォトダイオード62A、62Bの一方を駆動させることにより、ファブリペロー干渉フィルタ1に直流電流を印加することができる。また、光源63A、63Bを交互に駆動させてフォトダイオード62A、62Bを交互に駆動させることにより、ファブリペロー干渉フィルタ1に交流電流を印加することもできる。電流印加部により発生させられた電流は全て、ファブリペロー干渉フィルタ1に流れ込む。

[0045] 電圧検出部70は、例えば高速な電圧計である。電圧検出部70は、出力端子65cと同電位となるように電流印加部60に接続されており、電圧V2を検出する。制御部80は、例えば、プロセッサ（CPU）、記録媒体であるRAM及びROMを含むコンピュータにより構成されている。制御部80は、電流印加部60の動作を制御する。より具体的には、制御部80は、光源63A、63Bの動作を制御し、ひいてはフォトダイオード62A、62Bの動作を制御する。制御部80は、後述するように、電圧検出部70の検出結果に基づいて、特に、電圧検出部70により検出される電圧の交流成分及び直流成分の時間推移に基づいて、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間の距離をモニタするモニタ部としても機能する。

[ファブリペロー干渉フィルタの駆動方法]

[0046] ファブリペロー干渉フィルタ1の駆動時には、電流印加部60は、端子15、16を介して第1駆動電極12と第2駆動電極14との間（すなわち、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間）に直流電流（駆動電流）を印加する。例えば、光源63Aが駆動されてフォトダイオード62Aが駆動す

ることにより、第１駆動電極１２と第２駆動電極１４との間に結果の直流電流が印加される。これにより、第１駆動電極１２と第２駆動電極１４との間に電荷が蓄えられ、当該電荷に応じた静電気力が第１駆動電極１２と第２駆動電極１４との間に発生する。当該静電気力により、第２ミラー部３２が、基板１１に固定された第１ミラー部３１側に引き付けられ、第１ミラー部３１及び第２ミラー部３２に作用するバネ力に抗しつつ、第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間の距離（以下、「ミラー間距離」とも記す）が調整される。このように、ファブリペロー干渉フィルタ１では、第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間（すなわち、第１駆動電極１２と第２駆動電極１４との間）に蓄えられる電荷量に応じてミラー間距離が変化する。第１ミラー部３１及び第２ミラー部３２は、移動可能であり、バネ力が付加されている。

[0047] ファブリペロー干渉フィルタ１を透過する光の波長は、光透過領域１ａにおけるミラー間距離に依存する。したがって、第１駆動電極１２と第２駆動電極１４との間に印加する駆動電流を調整することで、透過する光の波長を適宜選択することができる。補償電極１３は、第２駆動電極１４と同電位である。したがって、補償電極１３は、光透過領域１ａにおいて第１ミラー部３１及び第２ミラー部３２を平坦に保つように機能する。

[0048] ファブリペロー干渉フィルタ１では、例えば、第１駆動電極１２と第２駆動電極１４との間に印加する駆動電流を変化させながら（すなわち、ミラー間距離を変化させながら）、ファブリペロー干渉フィルタ１の光透過領域１ａを透過した光を光検出器によって検出することで、分光スペクトルを得ることができる。

[0049] 制御部８０は、例えば、第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に蓄えられた電荷に基づいて、第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に印加する駆動電流を制御する。制御部８０は、例えば、電荷量を目標量として駆動電流を制御する。当該目標量は、ミラー間距離の目標値に応じて設定される。これにより、ミラー間距離が所望の距離に調整される。換言すれば、

ミラー部距離は、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間に蓄えられた電荷に応じて設定される。

[0050] 図3(a)は、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間（すなわち、第1駆動電極12と第2駆動電極14との間）に蓄えられた電荷と、ミラー間距離との関係を例示するグラフであり、図3(b)は、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間に蓄えられた電荷と、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間（すなわち、第1駆動電極12と第2駆動電極14との間）の電圧との関係を例示するグラフである。図3(b)の領域I, IIは、ファブリペロー干渉フィルタ1の動作領域を表している。蓄えられた電荷量は、可変キャパシタ2に関して電圧の最大値を有する。本実施形態におけるファブリペロー干渉フィルタ1の駆動方法では、電荷に基づく制御が用いられているため、ミラー間距離を広範囲で変化させることができる。

[0051] すなわち、例えば、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間に印加される印加電圧によりミラー間距離を調整する場合、印加電圧を変化させることができる範囲は、図3(b)に示されるグラフにおける最大値 V_{max} よりも左側の領域のみとなる。そのため、ミラー間距離を狭い範囲でしか変化させることができない。また、印加電圧が最大値 V_{max} よりも僅かに大きくなった場合でも、引き込み現象が生じるおそれもある。この場合、可変キャパシタ2は図3(b)の高い電圧まで追従することができない。したがって、引き込み現象によって第2ミラー部32が第1ミラー部31に向かって引き込まれていく間、印加される制御電圧及び可変キャパシタの電圧は平衡状態にならず、可変キャパシタの電圧の範囲は図3(b)に示されるように最大値 V_{max} により制限されるため、固定キャパシタは留まることなく電荷により更に充電される。引き込み現象の間、可変キャパシタは充電され、第1ミラー部31及び第2ミラー部32が、機械的なバネでは補償できない、増加する引力を互いに及ぼし合い、第1ミラー部31及び第2ミラー部32同士が機械的に強固に接触することで、ファブリペロー干渉フィルタ1に損傷が引き起こされるおそれがある。これに対し、本実施形態におけるファ

ブリペロー干渉フィルタ 1 の駆動方法によれば、電荷量に基づく制御が用いられているため、上述したような制約が無く、引き込み現象が回避され得ると共に、ミラー間距離を遙かに広範囲で変化させることができる。また、装置の動作信頼性を高めることができる。

[ミラー間距離のモニタ方法]

[0052] 続いて、ファブリペロー干渉フィルタ 1 において実施されるミラー間距離のモニタ方法について説明する。当該モニタ方法は、例えば、ミラー間距離が所定の距離に調整された状態で実施される。

[0053] 電流印加部 60 は、第 1 ミラー部 31 及び第 2 ミラー部 32 の共振周波数よりも高い周波数を有する交流電流を、端子 15, 16 を介して第 1 駆動電極 12 と第 2 駆動電極 14 との間（すなわち、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間）に印加する（電流印加ステップ）。例えば、光源 63A, 63B が交互に駆動されてフォトダイオード 62A, 62B が交互に駆動することにより、第 1 駆動電極 12 と第 2 駆動電極 14 との間に交流電流が印加される。

[0054] より具体的には、例えば、図 4（a）及び図 4（b）に示されるように、パルス状の電流を交互に発生させるようにフォトダイオード 62A, 62B（光源 63A, 63B）が制御される。当該電流のパルス幅は、例えば $1\ \mu\text{s}$ 程度である。これらのパルス状電流の足し合わせにより、図 4（c）に示されるように、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に交流電流が印加される。これにより、図 4（d）に示されるように、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に電圧が発生すると考えられる。電流の切替時に電圧値を測定することで、スロープ S1 及び S2 が次のとおり規定され得る。

$$S1 = \Delta V_a / (I1 * \Delta t1) \text{、及び、}$$

$$S2 = \Delta V_a / (I2 * \Delta t2) \text{。}$$

これらのスロープ S1 及び S2 は、ファブリペロー干渉フィルタ 1 の総容量に反比例する。

[0055] ここで、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミ

ラー部 3 2 との間に電流のリークが発生する場合がある。リーク電流が存在する場合、ファブリペロー干渉フィルタ 1 が図 3 (b) に示される領域 I において動作しているとする、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間の電圧の直流成分は、例えば、図 4 (e) に示される場合のように時間の経過に従って所定量ずつ徐々に減少する。そのため、リーク電流が存在しない場合、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間には、図 4 (d) に示されるような電圧が発生すると考えられるが、リーク電流が存在する場合、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間の電圧の直流成分は、図 4 (f) に示されるように徐々に減少する。リーク電流を無視できる場合とは、上述した等価回路における並列抵抗 5 を十分に大きいとみなすことができる場合に相当し、リーク電流を無視できない場合とは、当該並列抵抗 5 を十分に大きいとみなすことができない場合に相当する。なお、ファブリペロー干渉フィルタ 1 が図 3 (b) に示される領域 II において動作している場合、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間の電圧の直流成分は、時間の経過に従って所定量ずつ徐々に増加し得る。

[0056] 図 4 (f) に示される電圧 V_a は、電圧検出部 70 により検出される（電圧検出ステップ）。より具体的には、電圧 V_a は、交流電流の印加中に第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に発生する電圧であり、電圧検出部 70 は、電圧 V_a の直流成分 C_1 及び交流成分 C_2 を検出する。交流成分 C_2 は、電圧 V_a のうち周期的に変化する成分であり、直流成分 C_1 は、電圧 V_a のうち交流成分 C_2 を除いた成分（平均値）である。リーク電流を無視できない場合、交流成分 C_2 の波形は変化しない一方で、直流成分 C_1 の大きさが時間の経過に従って所定量ずつ（一定の傾きで）徐々に減少する。

[0057] 図 4 (f) に示される曲線は、抽出可能な更なる情報を含んでいる。電圧検出部 70 は、図 4 (f) に示されるサンプリング点の各々において、対応する電流値 I_1 及び I_2 と共に期間 Δt_1 及び Δt_2 を記録する。このとき、スロープ S_1 及び S_2 が次のとおり規定され得る。

$$S_1 = \Delta V_a / (I_1 * \Delta t_1) 、 及び、$$

$$S_2 = \Delta V_a / (I_2 * \Delta t_2)。$$

[0058] リーク電流が無視できるほどわずかな場合、これらのスロープ S_1 及び S_2 は、反対の符号で、同一の絶対値を有する。当該絶対値は、ファブリペロー干渉フィルタ1の総容量の逆数に関連し得る。リーク電流を無視できない場合、リーク電流はファブリペロー干渉フィルタ1の容量の充電を減少させる一方、放電を加速させるため、2つのスロープ S_1 及び S_2 の絶対値は互いに異なっている。スロープ S_1 及び S_2 の値の双方が測定されると、リーク電流は容易に算出され得る。したがって、ミラー間距離、及び第1ミラー部31と第2ミラー部32との間のリーク電流の双方は、電圧の交流成分及び直流成分の時間推移から取得され得る。リーク電流を補償するために第1ミラー部31と第2ミラー部32との間に印加される交流電流を調整すると共に交流電流の直流成分を用いることにより、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間の距離が精度良くモニタされ得る。

[0059] 制御部80は、電圧検出部70により検出された電圧の交流成分及び直流成分の時間推移に基づいて、電流印加部60が第1ミラー部31と第2ミラー部32との間に印加する交流電流を制御する（制御ステップ）。例えば、制御部80は、フォトダイオード62Aが発生させるパルス状電流のデューティ比を変化させる。この例では、制御部80は、図5（a）に示されるように、当該パルス状電流のパルス幅を増加させる。これにより、第1ミラー部31と第2ミラー部32との間には、図5（d）に示されるような電圧が発生する（図3（b）の領域1の例）。その結果、図5（f）に示されるように、リーク電流の影響がキャンセルされ、電圧 V_a の直流成分 C_1 の大きさが一定に保たれる。増加したパルス幅は、例えば、電圧検出部70により検出された電圧の交流成分及び直流成分の時間変化（傾き）の評価に基づいて（上述のとおり、スロープ S_1 及び S_2 により）、直流成分 C_1 の大きさが一定に保たれるように、決定される。すなわち、この例では、制御部80は、電圧検出部70により検出される直流成分 C_1 の大きさが一定に保たれるように、電圧検出部70により検出された電圧の交流成分及び直流成分の

時間推移に基づいて、電流印加部 60 が第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に印加する交流電流を制御する。

[0060] 制御部 80 は、電圧検出部 70 により検出された電圧の交流成分及び直流成分の時間推移に基づいてミラー間距離をモニタする（モニタステップ）。より具体的には、例えば、制御部 80 は、電圧の交流成分及び直流成分の時間推移に基づいて（交流成分及び直流成分はそれぞれスロープ S_1 及び S_2 の値に基づく）、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間の静電容量を算出する。当該静電容量の逆数及びリーク電流は、これらのスロープ S_1 及び S_2 、電流印加ステップにおいて第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に印加される交流電流、並びに、交流成分 C_2 及び交流電流の周波数に基づいて算出することができる。より具体的には、交流成分を $V(t)$ 、交流電流を $I(t)$ と表すと、角周波数 ω の関数としての複素インピーダンス $Z(\omega)$ が $Z(\omega) = V(\omega) / I(\omega)$ により得られ、静電容量 C が $C = (\omega \times |Z(\omega)|)^{-1}$ により得られる。また、一般的に、可変キャパシタ 2 の静電容量 C は $C = \varepsilon \times A / d$ (ε は誘電率、 A はキャパシタを形成する平板の表面積、 d は平板間の距離) で表されるように、 $1/d$ に比例する値である。この関係から、制御部 80 は、得られた静電容量に基づいてミラー間距離を算出する。ミラー間距離は、必要に応じて、寄生容量（固定キャパシタ 3）の影響を考慮して算出されてもよい。

[作用効果]

[0061] 以上説明したモニタ装置（コントローラ 50）では、交流電流の印加中に第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に発生する電圧 V_a の直流成分 C_1 及び交流成分 C_2 が経時的なサンプリングにより検出され、追加的にスロープ S_1 及び S_2 が算出され、総容量及びリーク電流が算出され、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に印加する交流電流が、それらの評価されたパラメータに基づいて、ミラー間距離及び直流成分 C_1 が一定になるように、制御される。そして、検出された交流成分 C_2 もまた一定に保たれ、ミラー間距離が精度良くモニタされ得る。直流成分 C_1 には第 1 ミラー部

３１と第２ミラー部３２との間における電流のリーク量（第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間の絶縁性）に関する情報が含まれるため、直流成分Ｃ１を利用して第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に印加する交流電流の直流成分を調整することで、ミラー間距離を精度良く制御及びモニタすることが可能となる。したがって、このモニタ装置によれば、ファブリペロー干渉フィルタ１のミラー間距離を精度良くモニタすることができる。

[0062] モニタ装置では、電圧検出部７０により検出される直流成分Ｃ１の時間変化に基づいて、電流印加部６０が第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に印加する交流電流が制御される。これにより、第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に印加する交流電流をより好適に調整することができ、ミラー間距離をより精度良くモニタすることができる。

[0063] モニタ装置では、電圧検出部７０により検出される直流成分Ｃ１の大きさが一定に保たれるように、電流印加部６０が第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に印加する交流電流が制御される。これにより、第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に印加する交流電流をより一層好適に調整することができ、ミラー間距離をより一層精度良くモニタすることができる。

[0064] モニタ装置では、電流印加部６０が、互いに異なる向きの電流を第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に印加する一対の電流源６１Ａ，６１Ｂを有し、一対の電流源６１Ａ，６１Ｂを交互に駆動させることにより交流電流を生成する。これにより、第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に交流電流を印加するための電流印加部６０をより好適に構成することができる。

[0065] モニタ装置では、電圧検出部７０により検出された直流成分Ｃ１に基づいて、電流源６１Ａが発生させるパルス状電流のデューティ比が変化させられる。これにより、第１ミラー部３１と第２ミラー部３２との間に印加する交流電流をより一層好適に調整することができ、ミラー間距離をより一層精度良くモニタすることができる。すなわち、デューティ比の制御は時間に基づくため、高精度な制御を実現することができる。

[0066] モニタ装置では、電流源 6 1 A がフォトダイオード 6 2 A と光源 6 3 A とを含んでおり、電流源 6 1 B がフォトダイオード 6 2 B と光源 6 3 B とを含んでいる。これにより、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に交流電流を印加するための電流印加部 6 0 をより一層好適に構成することができる。すなわち、このように電流源 6 1 A, 6 1 B を構成することにより、細かな電流制御が可能となる。

[0067] モニタ装置では、電流印加部 6 0 が、反転入力端子 6 5 a が出力端子 6 5 c に接続されたオペアンプ 6 5 を有し、一対の電流源 6 1 A, 6 1 B が、オペアンプ 6 5 の非反転入力端子 6 5 b 及び出力端子 6 5 c に対して並列に接続されている。これにより、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に交流電流を印加するための電流印加部 6 0 をより一層好適に構成することができる。

[変形例]

[0068] 本開示は、上記実施形態に限られない。例えば、図 6 (a) ~ 図 6 (f) に示される第 1 変形例のような制御が採用されてもよい。第 1 変形例では、制御部 8 0 は、電圧検出部 7 0 により検出された電圧の交流成分及び直流成分の時間推移に基づいて、電流源 6 1 A が発生させるパルス状電流のデューティ比を変化させると共に、電流源 6 1 A が発生させる電流の大きさを変化させる。この例では、電流源 6 1 A が発生させる電流の大きさが、上記実施形態の場合と比べて大きい。このような第 1 変形例によっても、上記実施形態と同様に、印加される交流電流の直流成分に応じて経時的にミラー部の駆動電極を充電または放電することにより、ファブリペロー干渉フィルタ 1 のミラー間距離を精度良く制御することができる。また、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に印加する交流電流をより一層好適に調整ことができ、ミラー間距離をより一層精度良く制御することができる。例えば、上記実施形態では、電圧 V_a の振幅が 1 よりも小さくなるのに対して、第 1 変形例では、電圧 V_a の振幅を 1 となるように調整することができる。すなわち、第 1 変形例によれば、電圧 V_a の振幅を所望の値に調整することがで

きる。なお、電流源 61 A が発生させるパルス状電流のデューティ比は変化させられず、電流源 61 A が発生させる電流の大きさのみが変化させられてもよい。電流源 61 A, 61 B の少なくとも一方が発生させる電流の大きさが変化させられればよく、例えば、電流源 61 A, 61 B の双方が発生させる電流の大きさが変化させられてもよい。上記実施形態及び第 1 変形例においては、電流源 61 A, 61 B の少なくとも一方が発生させるパルス状電流のデューティ比が変化させられればよく、例えば、電流源 61 A, 61 B の双方が発生させるパルス状電流のデューティ比が変化させられてもよい。

[0069] 光学フィルタシステム 100 は、図 7 に示される第 2 変形例の光学フィルタシステム 100 A のように構成されてもよい。光学フィルタシステム 100 A の電流印加部 60 A は、電流源 61 A と同一の向きの電流を第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に印加する電流源 61 C (調整用電流源) を有している。第 2 変形例では、制御部 80 は、電圧検出部 70 により検出された電圧の交流成分及び直流成分の時間推移に基づいて、電流源 61 C が発生させる電流を制御する。例えば、制御部 80 は、図 8 (a) に示されるように、一定の電流 I0 を電流源 61 C に発生させる。電流源 61 A, 61 B は、図 4 (a) 及び図 4 (b) に示されるように、互いに等幅のパルス状電流を交互に発生させる。これらの電流の足し合わせにより、図 8 (b) に示されるように、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に交流電流が印加される。このような制御によっても、図 8 (e) に示されるように、リーク電流の影響をキャンセルすることができ、その結果、直流成分 C1 の大きさが一定に保たれる。したがって、第 2 変形例によっても、上記実施形態と同様に、ファブリペロー干渉フィルタ 1 のミラー間距離を精度良くモニタ及び制御することができる。また、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部 32 との間に印加する交流電流をより一層好適に調整することができ、ミラー間距離をより一層精度良く制御することができる。例えば、第 2 変形例によれば、電圧 V a の振幅を所望の値に調整することができる。

[0070] 上記実施形態では、電流印加部 60 が、第 1 ミラー部 31 と第 2 ミラー部

3 2 との間に直流電流を印加する直流電流印加部、及び、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に交流電流を印加する交流電流印加部の双方として機能したが、電流印加部 6 0 は、交流電流印加部のみとして用いられてもよい。この場合、光学フィルタシステム 1 0 0 は、第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に直流電流を印加するための構成を電流印加部 6 0 とは別に備えてもよい。上記実施形態では、制御部 8 0 が、電流印加部 6 0 が第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に印加する交流電流を制御する制御部、及び、電圧検出部 7 0 により検出された交流成分 C 2 に基づいてミラー間距離をモニタするモニタ部の双方として機能したが、光学フィルタシステム 1 0 0 は、モニタ部として機能する構成（例えばコンピュータ）を制御部 8 0 とは別に備えてもよい。上記実施形態において、第 1 駆動電極 1 2 は第 1 ミラー部 3 1 を構成していなくてもよい。第 1 駆動電極 1 2 は、第 1 積層体 2 2 の表面 2 2 b 上に配置された金属膜であってもよい。同様に、第 2 駆動電極 1 4 は第 2 ミラー部 3 2 を構成していなくてもよい。第 2 駆動電極 1 4 は、第 2 積層体 2 4 における表面 2 2 b と向かい合う表面上に配置された金属膜であってもよい。第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との間に印加される交流電流の直流成分は、非ゼロ（ゼロ以外）の値であってもよい。

符号の説明

[0071] 1 0 0…光学フィルタシステム、1…ファブリペロー干渉フィルタ、1 2…第 1 駆動電極、1 4…第 2 駆動電極、3 1…第 1 ミラー部、3 2…第 2 ミラー部、5 0…コントローラ、6 0…電流印加部（電流発生装置）、6 1 A, 6 1 B…電流源、6 1 C…調整用電流源、6 2 A, 6 2 B…フォトダイオード、6 3 A, 6 3 B…光源、6 5…オペアンプ、6 5 a…反転入力端子、6 5 b…非反転入力端子、6 5 c…出力端子、7 0…電圧検出部、8 0…制御部（モニタ部）、C 1…直流成分、C 2…交流成分、S…空隙。

請求の範囲

- [請求項1] 空隙を介して互いに向かい合う一対のミラー部と、前記空隙を介して互いに向かい合う一対の駆動電極と、を有し、前記一対の駆動電極間に蓄えられる電荷に応じて前記一対のミラー部間の距離が変化するファブリペロー干渉フィルタと共に用いられるモニタ装置であって、
- 前記一対のミラー部の共振周波数よりも高い周波数を有する交流電流を前記一対の駆動電極間に印加する電流印加部と、
- 前記交流電流の印加中に前記一対の駆動電極間に発生する電圧の時間推移を検出する電圧検出部と、
- 前記電圧検出部により検出された前記電圧の直流成分の評価に基づいて、前記電流印加部が前記一対の駆動電極間に印加する前記交流電流を制御する制御部と、
- 前記電圧検出部により検出された前記電圧の交流成分に基づいて前記一対のミラー部間の距離をモニタするモニタ部と、を備える、モニタ装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記電圧検出部により検出される前記電圧の前記直流成分の時間変化に基づいて、前記電流印加部が前記一対の駆動電極間に印加する前記交流電流を制御する、請求項1に記載のモニタ装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記電圧検出部により検出される前記電圧の前記直流成分の大きさが一定に保たれるように、前記電流印加部が前記一対の駆動電極間に印加する前記交流電流を制御する、請求項1又は2に記載のモニタ装置。
- [請求項4] 前記電流印加部は、互いに異なる向きの電流を前記一対の駆動電極間に印加する一対の電流源を有し、前記一対の電流源を交互に駆動させることにより前記交流電流を生成する、請求項1～3のいずれか一項に記載のモニタ装置。
- [請求項5] 前記制御部は、前記電圧検出部により検出された前記電圧の前記直

流成分の評価に基づいて、前記一对の電流源の少なくとも一方が発生させるパルス状電流のデューティ比を変化させる、請求項4に記載のモニタ装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記電圧検出部により検出された前記電圧の前記直流成分の評価に基づいて、前記一对の電流源の少なくとも一方が発生させる電流の大きさを変化させる、請求項4又は5に記載のモニタ装置。

[請求項7] 前記電流印加部は、前記一对の電流源の一方と同一の向きの電流を前記一对の駆動電極間に印加する調整用電流源を更に有し、

前記制御部は、前記電圧検出部により検出された前記電圧の前記直流成分の評価に基づいて、前記調整用電流源が発生させる電流を制御する、請求項4～6のいずれか一項に記載のモニタ装置。

[請求項8] 前記一对の電流源の各々は、フォトダイオードと、前記フォトダイオードに入射する光を出力する光源と、を含む、請求項4～7のいずれか一項に記載のモニタ装置。

[請求項9] 前記電流印加部は、反転入力端子が出力端子に接続されたオペアンプを更に有し、

前記一对の電流源は、前記オペアンプの非反転入力端子及び前記出力端子に対して並列に接続されている、請求項4～8のいずれか一項に記載のモニタ装置。

[請求項10] 前記制御部は、前記電圧検出部により検出された前記電圧の前記直流成分及び前記交流成分に基づいて、前記電流印加部が前記一对の駆動電極間に印加する前記交流電流を制御する、請求項1～9のいずれか一項に記載のモニタ装置。

[請求項11] 請求項1～10のいずれか一項に記載のモニタ装置と、

前記モニタ装置により前記一对のミラー部間の距離がモニタされる前記ファブリペロー干渉フィルタと、を備える、光学フィルタシステム。

[請求項12] 空隙を介して互いに向かい合う一対のミラー部と、前記空隙を介して互いに向かい合う一対の駆動電極と、を有し、前記一対の駆動電極間に蓄えられる電荷に応じて前記一対のミラー部間の距離が変化するファブリペロー干渉フィルタについて、前記一対のミラー部間の距離をモニタするモニタ方法であって、

前記一対のミラー部の共振周波数よりも高い周波数を有する交流電流を前記一対の駆動電極間に印加しているときに前記一対の駆動電極間に発生する電圧の時間推移を検出する電圧検出ステップと、

前記電圧検出ステップにおいて検出された前記電圧の直流成分の評価に基づいて、前記電圧検出ステップにおいて前記一対の駆動電極間に印加する前記交流電流を制御する制御ステップと、

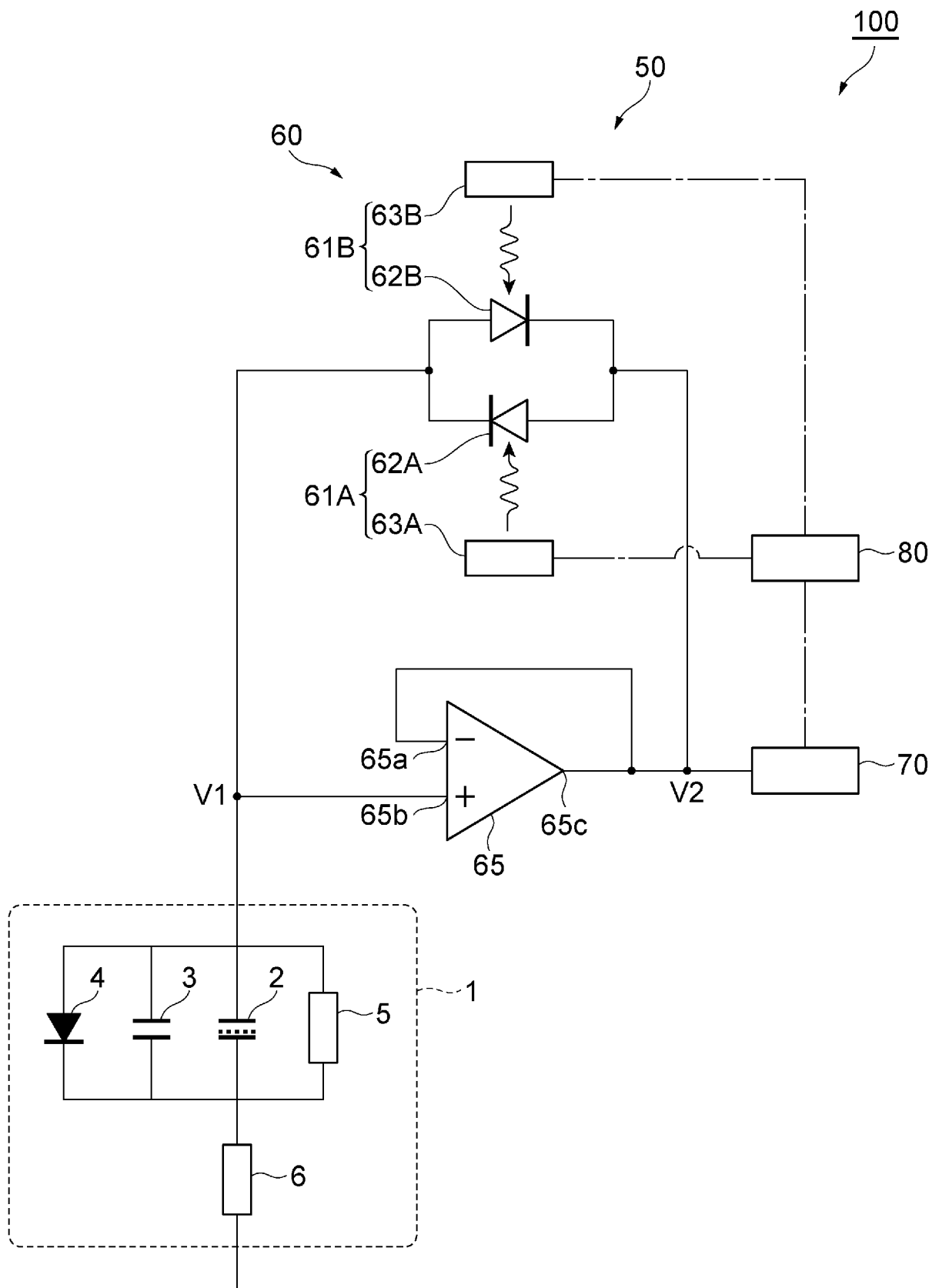
前記電圧検出ステップにおいて検出された前記電圧の交流成分に基づいて前記一対のミラー部間の距離をモニタするモニタステップと、を備える、モニタ方法。

[請求項13] 反転入力端子が出力端子に接続されたオペアンプと、

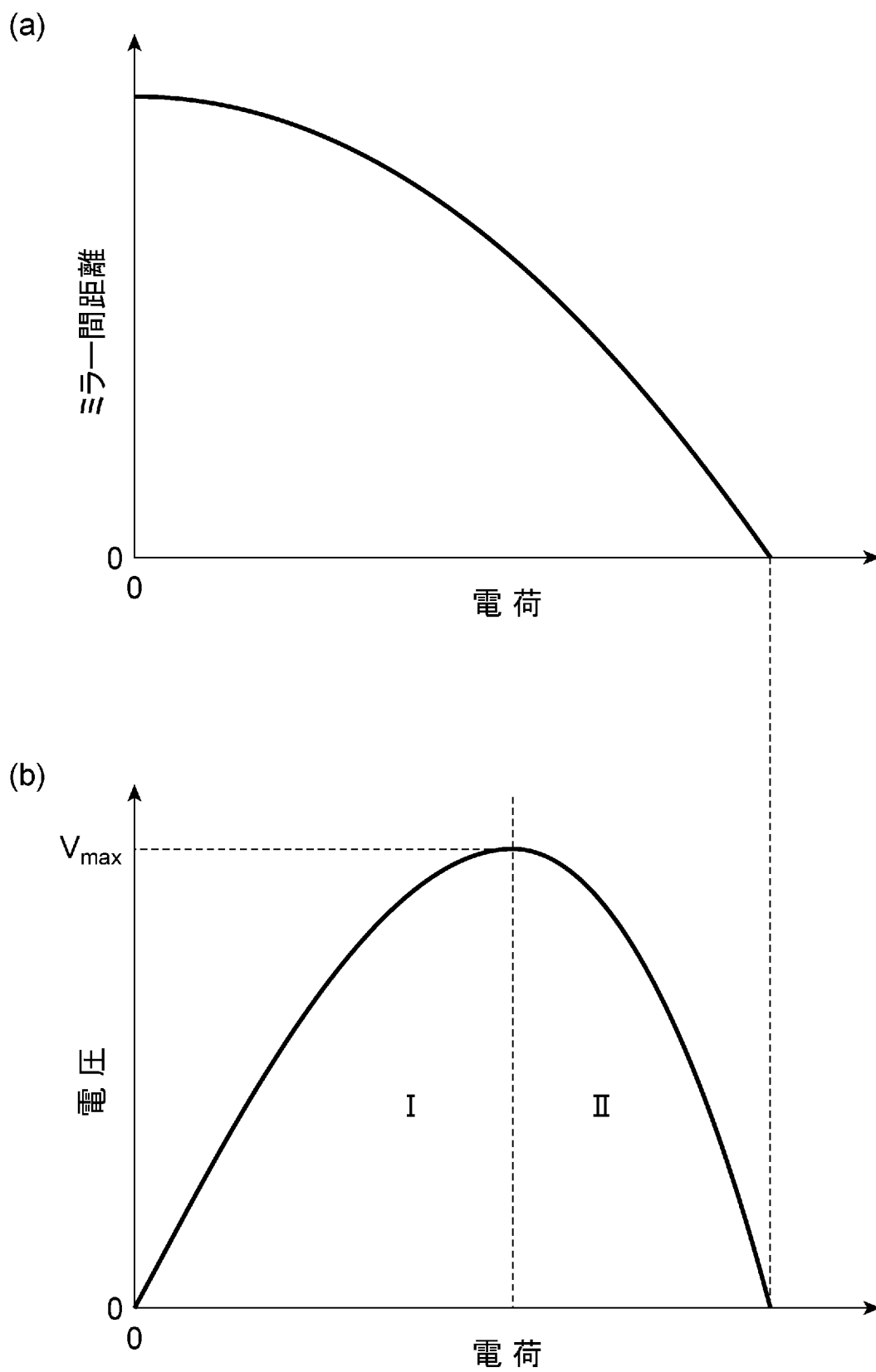
前記オペアンプの非反転入力端子及び前記出力端子に対して互いに反対の向きで並列に接続された一対のフォトダイオードと、

前記一対のフォトダイオードに入射する光をそれぞれ出力する一対の光源と、を備える電流発生装置。

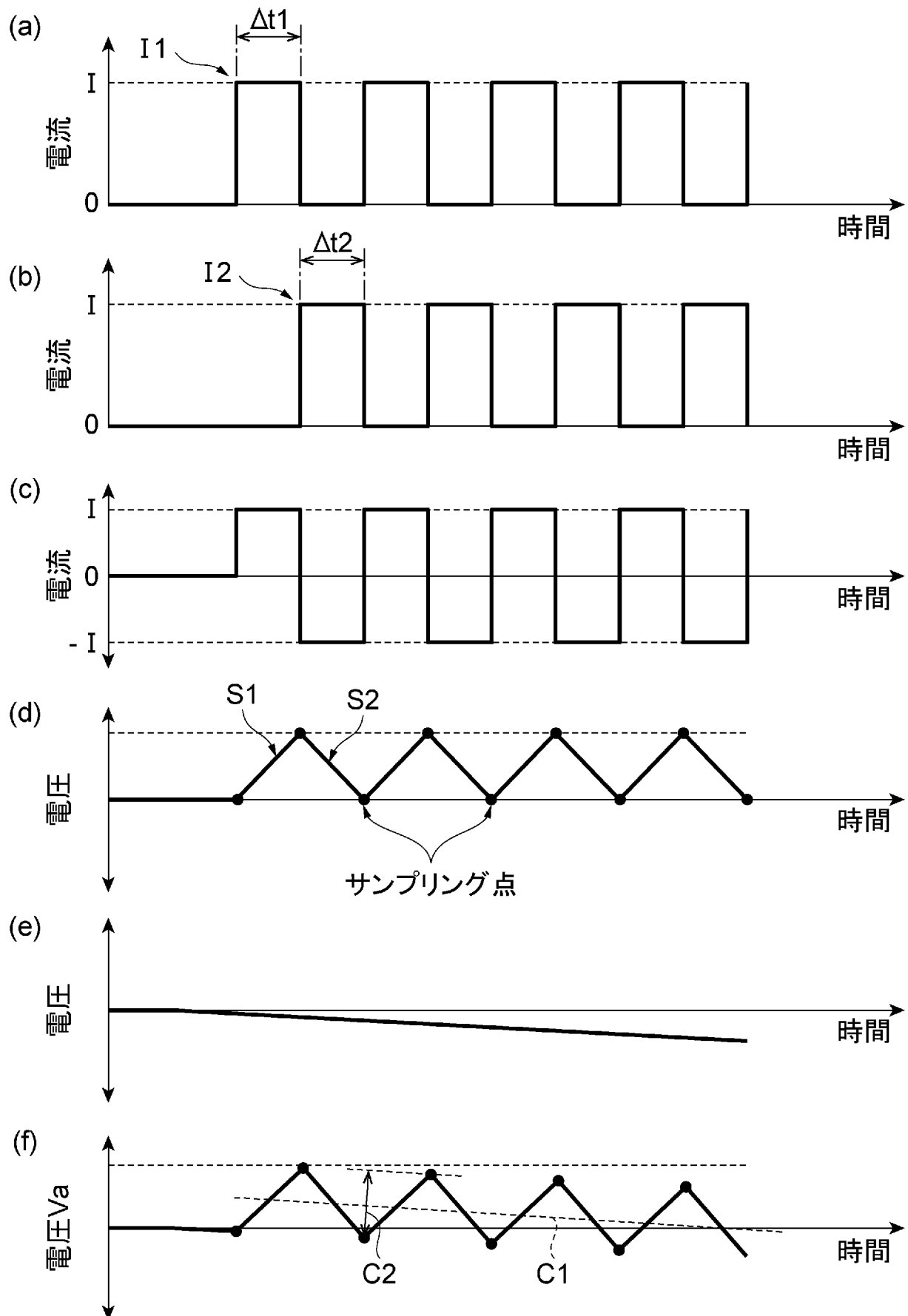
[図1]



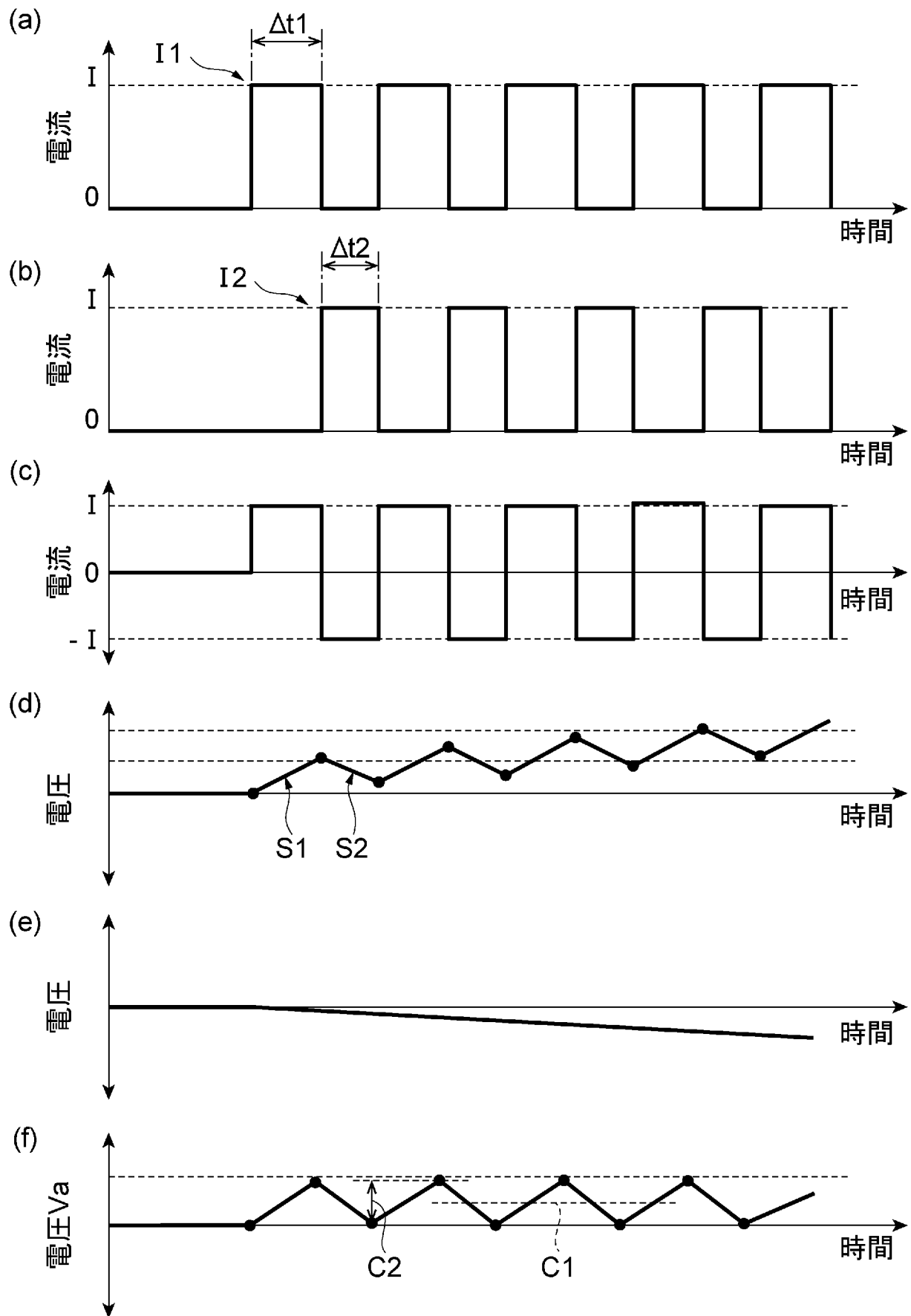
[図3]



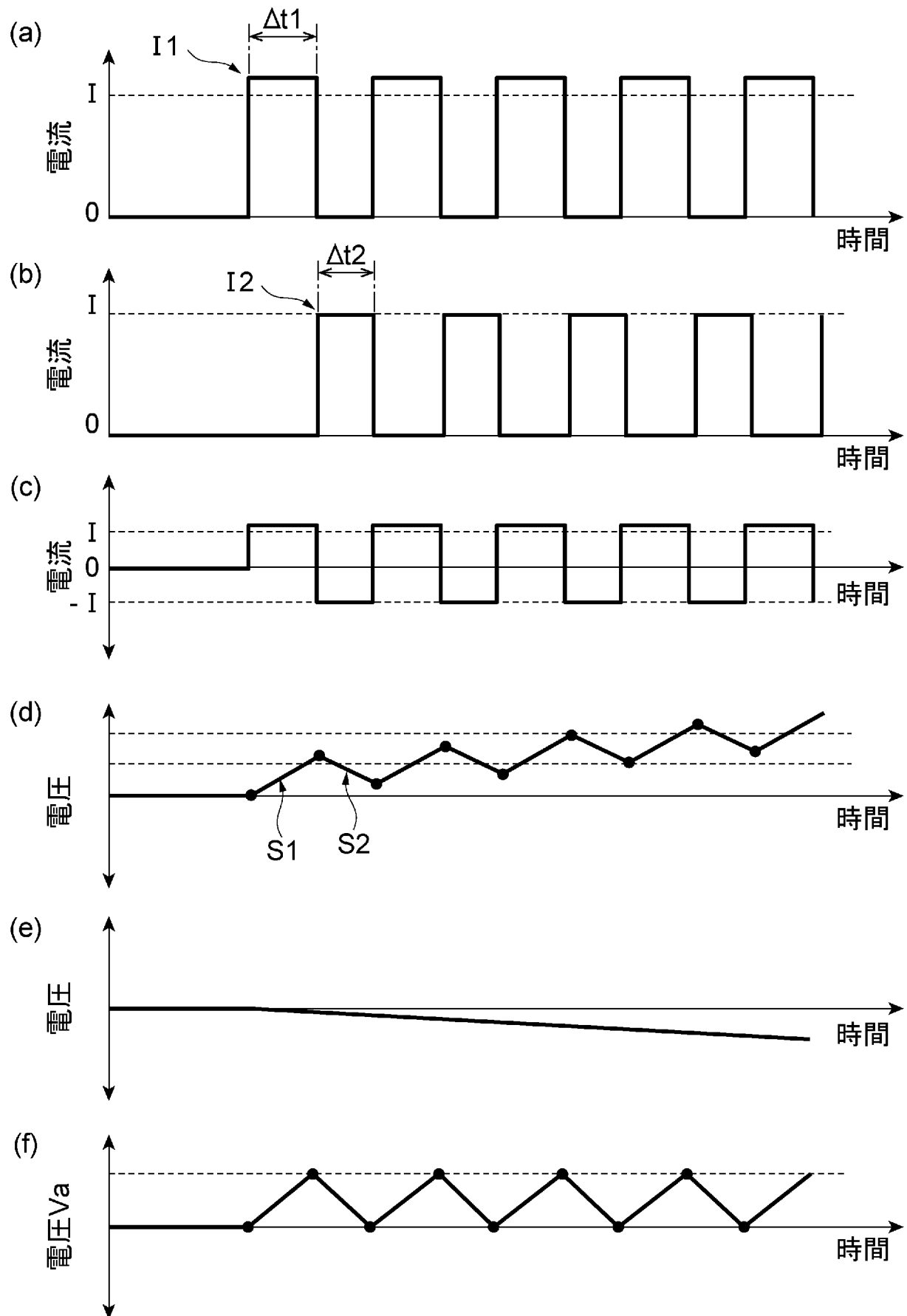
[図4]



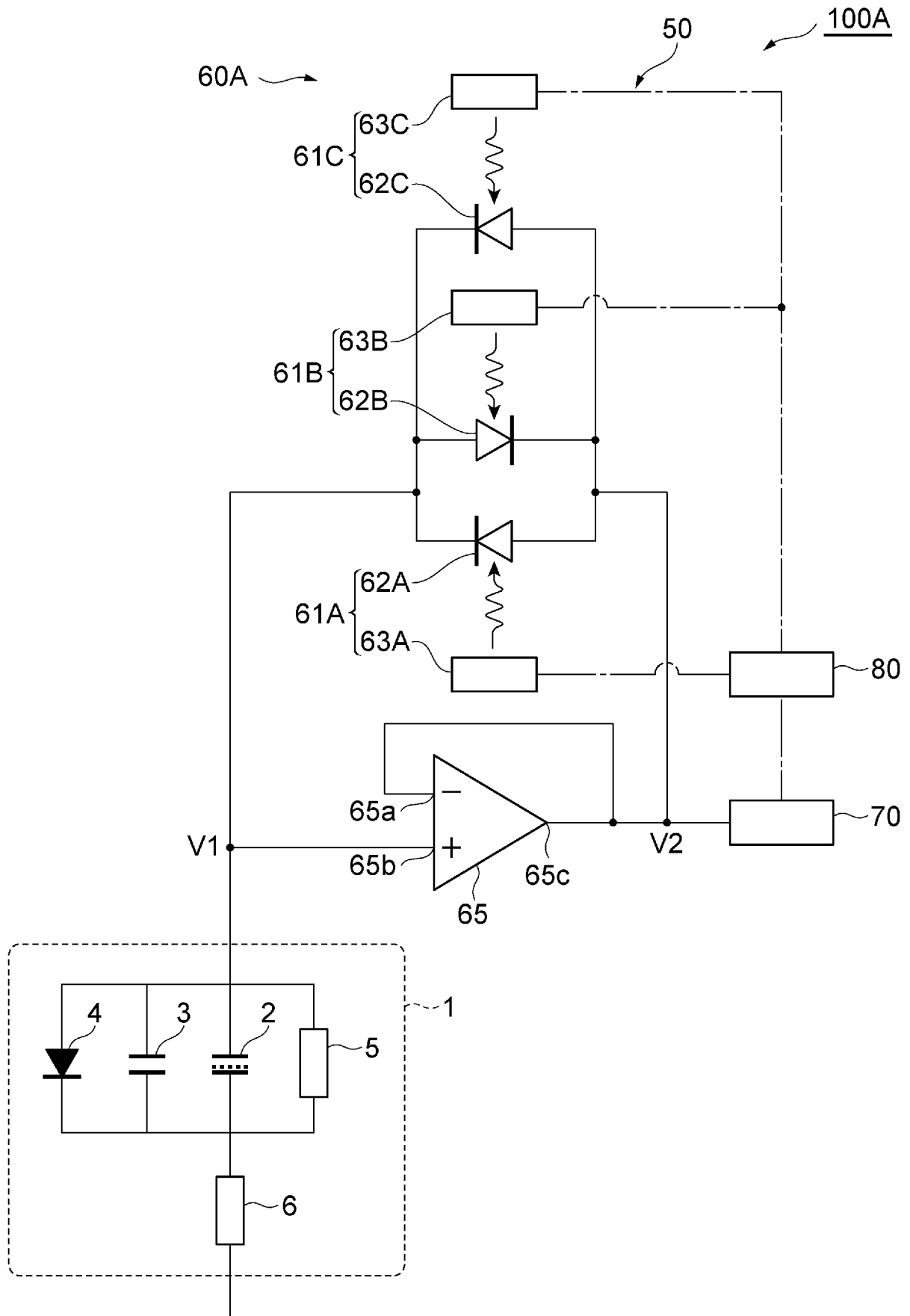
[図5]



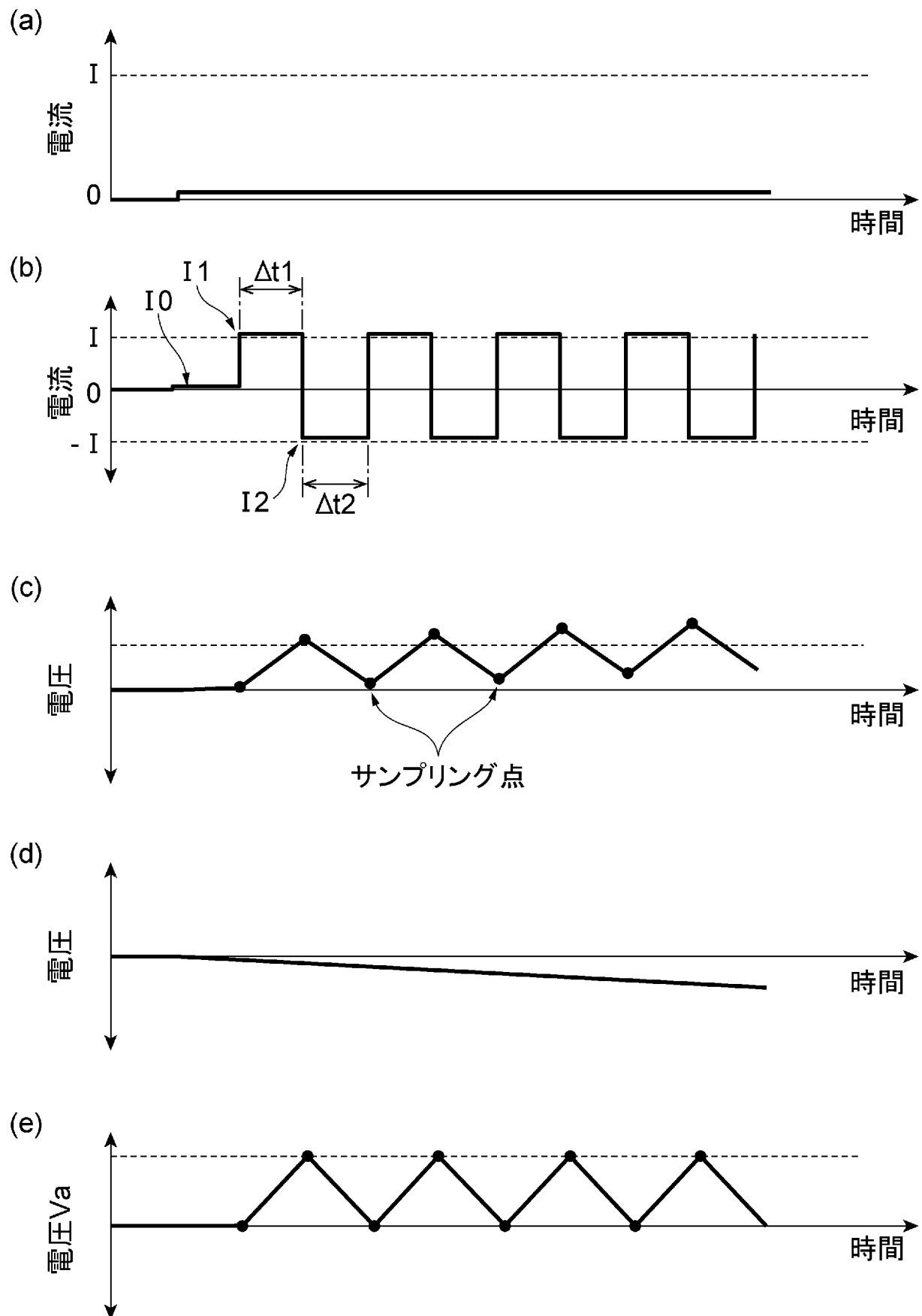
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/035402

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B26/00 (2006.01) i, G01J3/26 (2006.01) i, G02B5/28 (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)

Int. Cl. G02B26/00, G01J3/26, G02B5/28

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
X	US 2007/0153025 A1 (MITCHELL, Owen Robert) 05 July 2007, paragraphs [0037], [0038], fig. 3, 5 (Family: none)	13
A	JP 2013-238755 A (SEIKO EPSON CORP.) 28 November 2013, paragraph [0073], fig. 10 & US 2013/0308134 A1, paragraphs [0165]-[0168], fig. 10 & EP 2664947 A1 & CN 103424865 A	1-12
A	JP 2003-14641 A (YOKOGAWA ELECTRIC CORP.) 15 January 2003, paragraphs [0022]-[0025], fig. 1 (Family: none)	1-12

☐ 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
24.10.2019

Date of mailing of the international search report
05.11.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/00(2006.01)i, G01J3/26(2006.01)i, G02B5/28(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. G02B26/00, G01J3/26, G02B5/28

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X	US 2007/0153025 A1 (MITCHELL, Owen Robert) 2007.07.05, 段落 [0037]-[0038]及び図 3, 5 (ファミリーなし)	13
A	JP 2013-238755 A (セイコーエプソン株式会社) 2013.11.28, 段落 【0073】及び図 10 & US 2013/0308134 A1, 段落[0165]-[0168]及び図 10 & EP 2664947 A1 & CN 103424865 A	1-12
A	JP 2003-14641 A (横河電機株式会社) 2003.01.15, 段落【0022】- 【0025】及び図 1 (ファミリーなし)	1-12

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

24.10.2019

国際調査報告の発送日

05.11.2019

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）

後藤 昌夫

2 L

3 1 0 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3295