

(43) 国際公開日
2007年4月5日 (05.04.2007)

PCT

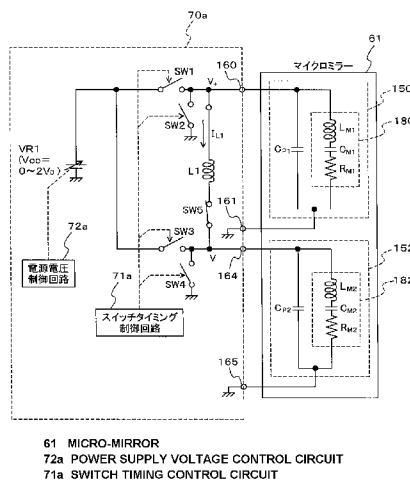
(10) 国際公開番号
WO 2007/037293 A1

- (51) 国際特許分類:
H02N 2/00 (2006.01) G02B 26/10 (2006.01)
B06B 1/06 (2006.01) G02B 27/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/319212
- (22) 国際出願日: 2006年9月27日 (27.09.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-284806 2005年9月29日 (29.09.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ブラザー工業株式会社 (BROTHER KOGYO KABUSHIKI)
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山田祥治 (YAMADA, Shoji) [JP/JP]; 〒4670841 愛知県名古屋市長区瑞穂区苗代町15番1号 ブラザー工業株式会社内 Aichi (JP); 高山治久 (TAKAYAMA, Haruhisa) [JP/JP]; 〒4670841 愛知県名古屋市長区瑞穂区苗代町15番1号 ブラザー工業株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 松尾憲一郎 (MATSUO KENICHIRO); 〒8100042 福岡県福岡市中央区赤坂1丁目10番17号 しんくみ赤坂ビル7階 Fukuoka (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

[続葉有]

(54) Title: ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER DEVICE DRIVING CIRCUIT AND RETINA SCAN DISPLAY APPARATUS HAVING THE SAME

(54) 発明の名称: 電気機械変換素子の駆動回路及びそれを備えた網膜走査表示装置



61 MICRO-MIRROR
72a POWER SUPPLY VOLTAGE CONTROL CIRCUIT
71a SWITCH TIMING CONTROL CIRCUIT

(57) Abstract: A driving circuit capable of suppressing the power consumption required for driving a capacitive electromechanical transducer device. In order to drive a capacitive electromechanical transducer device (61), which comprises two electromechanical transducer parts, that is, a first capacitive electromechanical transducer part (150) and a second capacitive electromechanical transducer part (151) and operates on two-phase sinusoidal wave signals having mutually opposite phases, a resonant circuit is configured by providing an inductor (L1) that resonates with the first and second electromechanical transducer parts (150, 151), and further it is arranged that the resonance frequency of the resonant circuit be approximately the same as the operation frequency of the electromechanical transducer device (61). Then, the resonant circuit configured as described above is used to drive the first and second electromechanical transducer parts (150, 151).

(57) 要約: 容量性の電気機械変換素子を駆動するための消費電力を抑えることができる駆動回路を提供すること。容量性の第1電気機械変換部150及び第2電気機械変換部151の2つの電気機械変換部から構成されると共に、互いに逆相となる2相の正弦波状信号によって動作する容量性の電気機械変換素子61を駆動するために、この第1電気機械変換部150や第2電気機械変換部151と共振するインダクタL1を設

[続葉有]



DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

電気機械変換素子の駆動回路及びそれを備えた網膜走査表示装置 技術分野

[0001] 本発明は、容量性の電気機械変換素子を駆動する駆動回路及びそれを備えた画像表示装置に関し、特に複数のピエゾ圧電素子等から構成される容量性の電気機械変換素子を用いた光走査用ミラーを動作させる駆動回路及びそれを備えた網膜走査表示装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、光束を瞳孔に入射し、その入射した光束により網膜上に画像を投影することにより、観察者にその瞳孔前方において虚像を視認させる画像表示装置、いわゆる網膜走査表示装置が提案されている。

[0003] この種の網膜走査表示装置には、光束を水平方向或いは垂直方向に走査するために、光束走査手段が用いられる。たとえば、特許文献1には、光走査手段として容量性の電気機械変換素子で構成された光スキャナが記載されている。

[0004] 図17に、容量性の電気機械変換素子で構成された機械的共振系の光スキャナ200の例を示す。この光スキャナ200は、光束方向を走査するために、光束を反射させ光束の出射方向を変化させる反射ミラー220を配した振動体224を共振により揺動させるものである。

[0005] 図17に示すように、振動体224は固定枠216に支持されており、この振動体224と固定枠216とに固着された2つのピエゾ素子250、252を有している。そして、このピエゾ素子250、252がそれぞれ駆動源として機能し、揺動軸線Lrのまわりに振り振動を生じさせて、反射ミラー220を揺動させる。

[0006] ここで、図18に、光スキャナ200の等価回路及びこの光スキャナ200の駆動回路270を示す。

[0007] 光スキャナ200のピエゾ素子250は、図18に示すように、 L_{M100} と C_{M100} と R_{M100} とが直列に接続された共振回路280と C_{P100} とが並列に接続された回路として表現することができ、また、同様に、ピエゾ素子252は、 L_{M101} と C_{M101} と R_{M101} とが直列に接続された共

振回路282とC_{P101}とが並列に接続された回路として表現することができる。

[0008] そして、駆動回路270は、ピエゾ素子250に対して、正相の正弦波状信号 $V_+ (=V_o\{1 + \cos(2\pi ft)\})$ をトランジスタTr100を介して入力する一方、ピエゾ素子252に対して、逆相の正弦波状信号 $V_- (=V_o\{1 - \cos(2\pi ft)\})$ をトランジスタTr101を介して入力する。

[0009] このように、駆動回路270は、ピエゾ素子250、252に対して、互いに逆相となる2相の正弦波状信号を入力することによって、振動体224において揺動軸線Lrのまわりに振り振動を生じさせて、反射ミラー220を揺動させるものである。

特許文献1:特開2005-181477号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0010] ところが、従来の駆動方法では、線形アンプ(たとえば、Tr100、Tr101)によって上述の正弦波状信号を容量性負荷となるピエゾ素子へ出力しているために、容量性負荷での充放電による無効電流が発生していた。そして、このような無効電力により消費電力が大きくなっていた。

[0011] 網膜走査表示装置などの画像表示装置においては、携帯性向上や小型化が要求されており、可及的に消費電力を抑える必要がある。したがって、容量性の電気機械変換素子を駆動する駆動回路における無効電力も無視することはできない。

[0012] そこで、本発明は、容量性の電気機械変換素子を駆動するための消費電力を抑えることができる駆動回路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

[0013] 上記目的を達成するために、本発明の一つの観点によれば、互いに逆相となる2相の正弦波状信号によって動作する容量性の電気機械変換素子を駆動する駆動回路において、電気機械変換素子の動作周波数と略同一の共振周波数を有する共振回路を電気機械変換素子と共に構成するインダクタを設けている。

[0014] かかる構成によれば、容量性負荷への充放電に伴う無効電力によって生じる電力消費を回避することができ、しかも、線形アンプが不要となることからデジタル回路と直流電源のみで駆動回路を構成することができる。

- [0015] また、電気機械変換素子は、少なくとも容量性の第1電気機械変換部及び第2電気機械変換部の2つの電気機械変換部からなり、インダクタは、第1電気機械変換部の駆動端子と第2電気機械変換部の駆動端子とを接続するよう設けるようにしてもよい。
- [0016] かかる構成によれば、複数のインダクタを用いずとも、一つのインダクタによって、第1電気機械変換部及び第2電気機械変換部との間で共振回路を構成することができる。
- [0017] また、電気機械変換素子は、少なくとも容量性の第1電気機械変換部及び第2電気機械変換部の2つの電気機械変換部からなり、インダクタは少なくとも第1のインダクタ及び第2のインダクタからなり、第1のインダクタは第1電気機械変換部との間で共振回路を構成し、第2のインダクタは第2電気機械変換部との間で共振回路を構成するようにしてもよい。
- [0018] かかる構成によれば、第1電気機械変換部と第2電気機械変換部の容量成分が異なる場合であっても、第1のインダクタと第2のインダクタとをそれぞれ適切なインダクタンスとすることによって、第1の共振回路と第2の共振回路とでその共振周波数を同一のものとすることができる。
- [0019] また、第1電気機械変換部及び／又は第2電気機械変換部に対してそれぞれ並列又は直列に補正用キャパシタを設けるようにしてもよい。
- [0020] かかる構成によれば、電気機械変換素子の動作周波数と略同一の共振周波数としつつ、インダクタ選択の自由度を増大できる。
- [0021] また、共振回路を構成する電気機械変換部の駆動端子電圧レベルが略極大値又は略極小値となるタイミング、またはインダクタを流れる電流が略ゼロとなるタイミングで、駆動端子電圧が所定電圧となるように充電制御及び／又は放電制御を行う制御回路を設けるようにしてもよい。
- [0022] かかる構成によれば、駆動回路が供給する充電電流や放電電流を可及的に減らすことができ、その結果、消費電流を低減することが可能となる。
- [0023] また、制御回路は、電圧源と、スイッチと、タイミング制御部とを備え、スイッチは、共振回路と電圧源との間及び／又は共振回路とグランドとの間に配置され、タイミング制御部は、共振回路を構成する電気機械変換部の駆動端子電圧レベルが略極大

値又は略極小値となるタイミング、またはインダクタを流れる電流が略ゼロとなるタイミングで、スイッチを制御するようにしてもよい。

[0024] かかる構成によれば、駆動回路が供給する充電電流や放電電流を可及的に減らすことができ、その結果、消費電流を低減することが可能となる。

[0025] また、制御回路は、電流源と、タイミング制御部とを備え、電流源は、共振回路に接続され、タイミング制御部は、共振回路を構成する電気機械変換部の駆動端子電圧レベルが略極大値又は略極小値となるタイミング、またはインダクタを流れる電流が略ゼロとなるタイミングで、電流源を動作させるようにしてもよい。

[0026] かかる構成によれば、充電制御又は放電制御を行うときに、電流源を設けてこの電流源を制御するだけでよく、複雑な構成をとる必要がない。

[0027] また、制御回路は、前記電気機械変換素子を起動する際、電圧源の出力電圧レベルを徐々に上昇させて一定値にするようにしてもよい。

[0028] かかる構成によれば、電気機械変換素子に過電流が流れることを抑制することができ、過電流による電気機械変換素子の故障を防止することができると共に、過電流によるノイズの発生を防止することができる。

[0029] また、インダクタに流れる電流を検出する電流検出部を設け、電流検出部によって、インダクタに流れる電流が略ゼロとなるタイミングを検出するようにしてもよい。

[0030] かかる構成によれば、駆動回路において、インダクタを流れる電流がゼロとなるタイミングを検出することが可能となる。

[0031] また、電気機械変換素子の変位を検出する変位検出部を設け、変位検出部によって、共振回路を構成する電気機械変換部の駆動端子電圧レベルが略極大値又は略極小値となるタイミングを検出するようにしてもよい。

[0032] かかる構成によれば、電気機械変換素子を駆動端子電圧検出部として用いることができ、別途駆動端子電圧検出部を設ける必要がない。

[0033] また、電気機械変換素子は、第1電気機械変換部及び第2電気機械変換部によって所定周波数で共振する機械的共振系を有するようにしてもよい。

[0034] かかる構成によれば、機械的共振系の電気機械変換素子を低消費電力で駆動させることができ、線形アンプが不要となることからデジタル回路と直流電源のみで駆

動回路を構成することができる。

[0035] また、電気機械変換素子を、光束を走査するための走査用ミラーとすることができる。

[0036] このようにすることにより、走査ミラーを有する電気機械変換素子を低消費電力で駆動させることができ、線形アンプが不要となることからデジタル回路と直流電源のみで駆動回路を構成することができる。

[0037] また、上記構成を網膜走査表示装置に適用することができる。

[0038] このようにすることにより、網膜走査表示装置を低消費電力で駆動させることができ、線形アンプが不要となることからデジタル回路と直流電源のみで駆動回路を構成することができる。

[0039] また、電気機械変換素子における動作異常を検出する異常検出部と、異常検出部により異常が検出されたとき、表示動作を停止する制御部とを備えるようにしてもよい。

[0040] かかる構成によれば、たとえば、駆動端子電圧が異常な電圧となった場合や駆動端子電圧が異常な周波数となった場合には、表示動作を停止するので安全性を高めた網膜走査表示装置を提供することができる。

[0041] また、上記電気機械変換素子を主走査及び／又は副走査の走査用ミラーとして使用するようにしてもよい。

[0042] このようにすれば、主走査用ミラーや副走査用ミラーを有する網膜走査表示装置を消費電力で駆動させることができ、線形アンプが不要となることからデジタル回路と直流電源のみで駆動回路を構成することができる。

発明の効果

[0043] 本発明によれば、容量性の電気機械変換素子への充放電に伴う無効電力によって生じる電力消費を回避することができ、しかも、線形アンプが不要となることからデジタル回路と直流電源のみで駆動回路を構成することができる。

図面の簡単な説明

[0044] [図1]本発明の実施形態に係る網膜走査表示装置1の全体構成を示す図である。

[図2]図1の水平走査用光スキャナの斜視図である。

[図3]第1実施形態における水平走査用光スキャナと水平走査駆動回路との接続を示す図である。

[図4]第1実施形態における水平走査用光スキャナ及び水平走査駆動回路及の構成を示す図である。

[図5]図4の水平走査駆動回路におけるスイッチの制御の説明図である。

[図6]図4の水平走査駆動回路におけるスイッチの制御の説明図である。

[図7]直列接続する補正用コンデンサの説明図である。

[図8]並列接続する補正用コンデンサの説明図である。

[図9]第1実施形態における水平走査用光スキャナと別の水平走査駆動回路との接続を示す図である。

[図10]第1実施形態における水平走査用光スキャナ及び別の水平走査駆動回路の構成を示す図である。

[図11]第2実施形態における水平走査用光スキャナ及び水平走査駆動回路の構成を示す図である。

[図12]図11の水平走査駆動回路におけるスイッチの制御の説明図である。

[図13]図11の水平走査駆動回路におけるスイッチの制御の説明図である。

[図14]第3実施形態における水平走査用光スキャナ及び水平走査駆動回路の構成を示す図である。

[図15]図14の水平走査駆動回路におけるスイッチの制御の説明図である。

[図16]図14の水平走査駆動回路におけるスイッチの制御の説明図である。

[図17]従来の水平走査用光スキャナ及び水平走査駆動回路の接続を示す図である。
。

[図18]従来の水平走査用光スキャナ及び水平走査駆動回路の構成を示す図である。
。

符号の説明

- [0045] 1 網膜走査表示装置
 61 水平走査用光スキャナ
 70a, 70b, 70c 水平走査駆動回路

71a, 71b スイッチタイミング制御回路

72a, 72b 電源電圧制御回路

73 制御部

74 第1の電圧検出部

75 第2の電圧検出部

76 電流検出部

77 変位信号検出部

82 垂直走査駆動回路

150 第1の圧電素子

151 第3の圧電素子

152 第2の圧電素子

153 第4の圧電素子

161 駆動端子

164 駆動端子

発明を実施するための最良の形態

[0046] (第1実施形態)

以下、本実施形態における容量性の電気機械変換素子で構成された機械的共振系の光スキャナを駆動する駆動回路を有する網膜走査表示装置について、図面を参照して具体的に説明する。

[0047] [1 網膜走査表示装置1の構成について]

まず、網膜走査表示装置1全体の構成及び動作について説明する。図1に、本発明の実施形態における網膜走査表示装置1の全体構成を示す。この網膜走査表示装置1は、その利用者である観察者の瞳孔12に光束を入射させ、網膜14上に画像を投影することによって、観察者の眼10の瞳孔12の前方において虚像を視認させるための装置である。この装置は、網膜走査型ディスプレイともいわれる。

[0048] 網膜走査表示装置1は、外部から供給される映像信号Sに応じて強度変調された光束を生成する光束生成部20を備え、さらに、その光束生成部20と観察者の眼10

との間には、光束生成部20で生成され、光ファイバ50から出射される光束を平行光化するコリメート光学系51と、このコリメート光学系51で平行光化された光束を画像表示のために水平方向に走査する水平走査部60と、水平走査部60で水平方向に走査された光束を垂直方向に走査する垂直走査部80と、水平走査部60と垂直走査部80との間に設けられたリレー光学系62と、このように水平方向と垂直方向に走査された光束(以下、「走査光束」とする。)を瞳孔12へ出射するためのリレー光学系90を備えている。

[0049] 図1に示すように、光束生成部20には、外部から供給される映像信号Sが入力され、それに基づいて画像を合成するための要素となる各信号等を発生する信号処理回路21が設けられ、この信号処理回路21において、青(B)、赤(R)、緑(G)の各映像信号が生成され、出力される。また、信号処理回路21は、水平走査部60で使用される水平同期信号と垂直走査部80で使用される垂直同期信号とをそれぞれ出力する。

[0050] さらに、光束生成部20は、信号処理回路21から出力される3つの映像信号(B, R, G)をそれぞれ光束にする光源部30と、これらの3つの光束を1つの光束に結合して任意の光束を生成するための光合成部40を備えている。

[0051] 光源部30は、青色の光束を発生させるBレーザ34及びBレーザ34を駆動するBレーザドライバ31と、赤色の光束を発生させるRレーザ35及びRレーザ35を駆動するRレーザドライバ32と、緑色の光束を発生させるGレーザ36及びGレーザ36を駆動するGレーザドライバ33とを備えている。なお、各レーザ34, 35, 36は、例えば、半導体レーザや高調波発生機構付き固体レーザとして構成することが可能である。

[0052] 光合成部40は、光源部30から入射する光束を平行光にコリメートするように設けられたコリメート光学系41, 42, 43と、このコリメートされた光束を合成するためのダイクロイックミラー44, 45, 46と、合成された光束を光ファイバ50に導く結合光学系47とを備えている。

[0053] 各レーザ34, 35, 36から出射した光束は、コリメート光学系41, 42, 43によってそれぞれ平行光化された後に、ダイクロイックミラー44, 45, 46に入射される。その後、これらのダイクロイックミラー44, 45, 46により、各光束が波長に関して選択的に反射

・透過される。

- [0054] 具体的には、Bレーザ34から出射した青色の光束は、コリメート光学系41によって平行光化された後に、ダイクロイックミラー44に入射される。Rレーザ35から出射した赤色の光束は、コリメート光学系42を経てダイクロイックミラー45に入射される。Gレーザ36から出射した緑色の光束は、コリメート光学系43を経てダイクロイックミラー46に入射される。
- [0055] それら3つのダイクロイックミラー44, 45, 46にそれぞれ入射した3原色の光束は、波長選択的に反射または透過して結合光学系47に達し、集光されて、光ファイバ50へ出力される。
- [0056] 水平走査部60及び垂直走査部80は、光ファイバ50から出射された光束を画像として投影可能な状態にするために、水平方向と垂直方向に走査して走査光束とするものである。この水平走査部60と水平走査するための構成部分を有する信号処理回路21とは水平光走査装置として機能し、この垂直走査部80と垂直走査するための構成部分を有する信号処理回路21とは垂直光走査装置として機能する。
- [0057] 水平走査部60は、走査用ミラーとして光束を水平方向に走査するための水平走査用光スキャナ61と、この水平走査用光スキャナ61を駆動させる水平走査駆動回路70aとを有しており、垂直走査部80は、走査用ミラーとして光束を垂直方向に走査するための垂直走査用光スキャナ81と、この垂直走査用光スキャナ81を駆動させる垂直走査駆動回路82とを有している。なお、水平走査駆動回路70aは信号処理回路21から出力される水平同期信号に基づいて、垂直走査駆動回路82は信号処理回路21から出力される垂直同期信号に基づいて、それぞれ駆動する。水平走査用光スキャナ61と垂直走査用光スキャナ81とは、後述で詳解するように電気機械変換素子から構成されている。
- [0058] また、水平走査部60と垂直走査部80との間での光束を中継するリレー光学系62を備えており、水平走査用光スキャナ61によって水平方向に走査された光は、リレー光学系62を通して、垂直走査用光スキャナ81によって垂直方向に走査されて、走査光束として、リレー光学系90へ出射される。
- [0059] リレー光学系90は、レンズ組91, 94を有している。垂直走査部80から出射された

走査光束は、レンズ組91によって、それぞれの光束がその光束の中心線を相互に平行にされ、かつそれぞれ収束光束に変換される。そして、レンズ組94によってほぼ平行な光束となると共に、これらの光束の中心線が観察者瞳孔に収束するように変換される。

[0060] [2 水平走査用光スキャナ61の構成について]

次に、上述のように光束を水平方向に走査するための光スキャナの構成について、以下、具体的に説明する。図2は水平走査用光スキャナ61の斜視図である。なお、垂直走査用光スキャナ81も同様の構成であるため、ここでは説明を省略する。

[0061] 水平走査用光スキャナ61は容量性かつ機械的共振系の電気機械変換素子から構成されており、網膜14の上の光スポットを水平方向に走査するために、光束を反射させ光束の出射方向を変化させる反射ミラー120を配した振動体124が水平走査駆動回路70aによって揺動される。本実施形態においては振動体124を共振させている。このように振動体124を共振させることによって反射ミラー120を揺動させることができる。

[0062] 図2に示すように、水平走査用光スキャナ61は、貫通孔114を有し、平面視で略長方形をなしている。また、本体部110の外側には固定枠部116を備え、一方、その内側には反射ミラー120を有する振動体124を備えている。なお、この水平走査用光スキャナ61は、シリコン等、弾性を有する材料を用いて生成されており、後述の圧電素子部150～153及び電極等は、薄膜形成法によって形成されている。

[0063] 振動体124は、複数の構成要素が一体的に形成されており、これらの構成要素として、反射ミラー120と、その反射ミラー120の一側に連結される板状の弾性部材142、弾性部材144及び弾性部材146から構成される第1の梁部140と、同じく反射ミラー120の他側に連結される板状の弾性部材143、弾性部材145及び弾性部材147から構成される第2の梁部141とがある。

[0064] ここで、反射ミラー120、第1の梁部140及び第2の梁部141を有する振動体124は、網膜走査表示装置1に固定される固定枠部116に対して可動する可動部材となっている。

[0065] 反射ミラー120は、図2に示すように、略長方形を成しており、本体部110の略中央

部に配置されている。この反射ミラー120は、図2において横方向に延びる揺動軸線Lrのまわりに揺動することにより、反射ミラー120に入射した光の反射方向を変化させる。

[0066] 反射ミラー120の一側には、上述のように弾性部材142から2本の弾性部材144及び弾性部材146が弾性部材142の幅より広い分岐間隔で互いに並列に分岐するように形成され、また2本の弾性部材144と弾性部材146とは揺動軸線Lrを中心として対称に形成される。同様に、反射ミラー120の他側には、弾性部材143から2本の弾性部材145及び弾性部材147が弾性部材143の幅より広い分岐間隔で互いに並列的に分岐するように形成され、2本の弾性部材145と弾性部材147は揺動軸線Lrを中心として対称に形成される。そして、第1の梁部140と第2の梁部141とは、反射ミラー120を挟んで対称となる位置に配置される。

[0067] また、第1の梁部140に属する弾性部材144と弾性部材146にはその片面にそれぞれ第1の圧電素子150と第2の圧電素子152がそれぞれ固着されている。この第1の圧電素子150と第2の圧電素子152は、それぞれその一端が固定端として固定枠部116に固着され、他端が固定枠部116に固着されない自由端となっている。なお、第1の圧電素子150は第1の電気機械変換部に対応し、第2の圧電素子152は第2の電気機械変換部に対応する。

[0068] この第1の圧電素子150、第2の圧電素子152は、それぞれ同一の構造をしており、その固着面と直角な方向において上部電極と下部電極とによって挟まれている。

[0069] また、第1の圧電素子150の上部電極と下部電極は、それぞれ固定枠部116に設置された駆動端子160と駆動端子161に接続され、第2の圧電素子152の上部電極と下部電極は、それぞれ固定枠部116に設置された駆動端子164と駆動端子165に接続されている。

[0070] また、第1の梁部140と同様に、第2の梁部141に属する弾性部材145と弾性部材147には、その片面にそれぞれ第3の圧電素子151と第4の圧電素子153がそれぞれ固着されている。そして、第3の圧電素子151の上部電極と下部電極は、それぞれ固定枠部116に設置された駆動端子162と駆動端子163に接続され、第4の圧電素子153の上部電極と下部電極は、それぞれ固定枠部116に設置された駆動端子16

6と駆動端子167に接続されている。

- [0071] なお、本実施形態においては、第1及び第2の電気機械変換部を第1及び第2の圧電素子150、152として説明するが、容量性の電気機械変換可能なものであればよく、これに限られるものではない。
- [0072] このように構成された水平走査用光スキャナ61において、第1の圧電素子150の上部電極と下部電極との間に電圧が印加されると、その印加方向のみならず、印加方向と直交する向きにも伸縮が発生する。このように第1の圧電素子150に伸縮が発生するとともに、その底面は弾性体144に固定されているため、第1の圧電素子150と弾性体144は上向き又は下向きに屈曲する。また、第2の圧電素子152と弾性体146も同様に、上部電極と下部電極との間に電圧が印加されると、弾性変形して上向き又は下向きに屈曲する。このように上向きに屈曲するか、下向きに屈曲するかは、電極間に印加する電圧の正負によって制御される。
- [0073] この弾性部材144、146の弾性変形による屈曲は、弾性部材142の揺動軸線Lrを中心軸とした弾性変形による回動をもたらす。この弾性部材142の回動により、反射ミラー120が揺動軸線Lrのまわりで回動する。
- [0074] したがって、第1の圧電素子150の上部電極と下部電極との間と、第2の圧電素子152の上部電極と下部電極との間とに互いに逆位相の交流電圧を印加することにより、それぞれの自由端が互いに逆向き変位するように弾性変形して屈曲し、交流電圧の周波数で上下の曲げ振動を繰り返す。この曲げ振動は、第1の梁部140を介して、揺動軸線Lrを中心軸とした回転運動に変換され、反射ミラー120は、揺動軸線Lrのまわりで回転する。
- [0075] また、第2の梁部141は、上述のように反射ミラー120の他側に位置して、揺動軸線Lrを中心として第1の梁部140と対称に形成されており、上述のように第1の梁部140によって発生した回転振動が反射ミラー120を介して伝わる。その結果、第2の梁部141と同様の変位が発生する。すなわち、揺動軸線Lrを中心軸として、弾性部材143は、弾性部材142と略同様に弾性変形して回転振動し、弾性部材145は、弾性部材146と略同様に弾性変形して曲げ振動し、弾性部材147は、弾性部材144と略同様に弾性変形して曲げ振動する。

[0076] ここで、第2の梁部141の弾性部材145には、第3の圧電素子151が固着されており、弾性部材145に上述のような曲げ振動が発生すると、その曲げ振動が第3の圧電素子151に伸縮を引き起こして電圧に変換され、第2の弾性部材のねじれ量に応じた電圧信号が出力端子162、163から出力される。また、同様に、第2の梁部141の弾性部材147には、第4の圧電素子153が固着されており、弾性部材147に上述のような曲げ振動が発生すると、その曲げ振動が第4の圧電素子153により電圧に変換され、第2の弾性部材のねじれ量に応じた電圧信号が出力端子166、167から出力される。

[0077] [3 水平走査駆動回路70aの構成について]

次に、光スキャナを駆動する水平走査駆動回路70aについて、以下、具体的に説明する。図3は水平走査用光スキャナ61と水平走査駆動回路70aとの接続を示す図、図4は水平走査駆動回路70aの構成を示す図である。

[0078] 図3に示すように、水平走査用光スキャナ61には、水平走査駆動回路70aが接続されている。そして、水平走査駆動回路70aは、第1の圧電素子150に接続された駆動端子160の電圧レベルと第2の圧電素子152に接続された駆動端子164の電圧レベルとがそれぞれ正弦波状電圧となるように動作する。また、第1の圧電素子150に接続された駆動端子161と第2の圧電素子152に接続された駆動端子165は、水平走査駆動回路70aによってグランドに接続(接地)される。

[0079] 水平走査駆動回路70aは、図4に示すように、第1の圧電素子150に接続された駆動端子160と第2の圧電素子152に接続された駆動端子164との間に、スイッチSW5とインダクタとしてのコイルL1とを直列に接続しており、スイッチSW5を短絡状態とすることによって駆動端子160と駆動端子164との間がコイルL1を介して接続される。

[0080] ここで、第1の圧電素子150の等価回路は、図4に示すように、LCR共振回路180とコンデンサ C_{P1} との並列回路と表現することができ、また第2の圧電素子152の等価回路は、図4に示すようにLCR共振回路182とコンデンサ C_{P2} との並列回路と表現することができる。本実施形態においては、LCR共振回路180、182のアドミタンスは、コンデンサ C_{P1} 、 C_{P2} のアドミタンスと比べて無視できる程度に小さく、第1の圧電素

子150はコンデンサ C_{P1} からの容量性負荷(以下、「第1の容量性負荷」とする。)と、第2の圧電素子152は C_{P2} からの容量性負荷(以下、「第2の容量性負荷」とする。)とみなすことができるものとする。なお、コンデンサ C_{P1} とコンデンサ C_{P2} は同一容量値 C_P 、コンデンサ C_{M1} とコンデンサ C_{M2} は同一容量値 C_M 、コイル L_{M1} とコイル L_{M2} は同一インダクタ値 L_M である。

[0081] そして、第1の容量性負荷と第2の容量性負荷とコイル $L1$ とにより共振回路を構成する。その共振周波数が水平走査用光スキャナ61の動作周波数とほぼ同一になるようにコイル $L1$ の定数が決定される。上述のように水平走査用光スキャナ61は機械的共振系を含む電気機械変換素子であり、その共振ポイントがこの水平走査用光スキャナ61の動作周波数となる。

[0082] ここで、水平走査用光スキャナ61の動作周波数 $f1$ は、

$$f1 = (2\pi)^{-1} (L_M \times C_M)^{-0.5} \quad \dots (1)$$

となる。

[0083] また、共振回路の共振周波数 $f2$ は、

$$f2 = 1/Tr = (2\pi)^{-1} (L1 \times C_{P1} \times C_{P2} / (C_{P1} + C_{P2}))^{-0.5} \quad \dots (2)$$

となる。

[0084] したがって、 $f1 \simeq f2$ となるように、コイル $L1$ の定数を設定する。

[0085] また、第1の圧電素子150の駆動端子160は、スイッチ $SW1$ の一端とスイッチ $SW2$ の一端とに接続される。また、スイッチ $SW1$ の他端は可変電圧源 $VR1$ に接続され、スイッチ $SW2$ の他端はグランドに接続される。そして、スイッチ $SW1$ が短絡状態となるときには駆動端子160が可変電圧源 $VR1$ に接続され、スイッチ $SW2$ が短絡状態となるときには駆動端子160がグランドに接続される。

[0086] 同様に、第2の圧電素子152の駆動端子164は、スイッチ $SW3$ の一端とスイッチ $SW4$ の一端とに接続される。また、スイッチ $SW3$ の他端は可変電圧源 $VR1$ に接続され、スイッチ $SW4$ の他端はグランドに接続される。そして、スイッチ $SW3$ が短絡状態となるときには駆動端子164が可変電圧源 $VR1$ に接続され、スイッチ $SW4$ が短絡状態となるときには駆動端子164がグランドに接続される。

[0087] スイッチ $SW1 \sim SW5$ は、スイッチタイミング制御回路71aによって動作し、スイッチ

の短絡及び開放が制御される。なお、スイッチSW1～SW5は、MOS－FETなどから構成される。また、可変電圧源VR1と、スイッチSW1～SW5と、スイッチタイミング制御回路71aにより制御回路が構成される。

[0088] また、電源電圧制御回路72aは、可変電圧源VR1を制御してその出力電圧のレベルを変更する制御を行う。すなわち、この電源電圧制御回路72aによって可変電圧源VR1の出力レベルが0V～2V_o(V)まで変わる。

[0089] 以上のように構成された水平走査駆動回路70aの動作について、図5及び図6を用いて具体的に説明する。図5及び図6は水平走査駆動回路70aにおける出力信号波形及びスイッチタイミング制御回路71aによるSW1～SW5の制御タイミングを説明するための図である。

[0090] 図5に示すように、まず、スイッチタイミング制御回路71aによって、そのスイッチSW5は短絡状態に、スイッチSW1及びSW4は所定期間短絡状態にされる(図5中の $t=0$)。これにより、駆動端子160は可変電圧源VR1に接続され、コンデンサC_{p1}へ電荷がチャージ(充電)される。また、駆動端子164はグランドに接続され、コンデンサC_{p2}の電荷がディスチャージ(放電)される。その結果、コンデンサC_{p1}の電圧は2V_o(V)となり、コンデンサC_{p2}の電圧は0(V)となる。なお、ここでは、可変電圧源VR1の出力電圧V_{cc}は2V_o(V)になるように制御されている。すなわち、可変電圧源VR1は定電圧源として動作する。

[0091] その後、コンデンサC_{p1}にチャージされた電荷は、コイルL1を通過してコンデンサC_{p2}を充電する($0 < t < T1$)。これにより、駆動端子160及び駆動端子164の電圧レベルが、正弦波状電圧として変移し始める。

[0092] ここで、この共振回路のQ値に対応する電力消費(コンデンサやコイルが持つ抵抗損失に起因する)により、図5に示すように、駆動端子160及び駆動端子164の電圧として変移する正弦波状電圧の振幅レベルが減衰し、駆動端子160の電圧レベルは0(V)に達せず、また駆動端子164の電圧レベルは2V_o(V)に達しない。

[0093] そこで、スイッチタイミング制御回路71aは、スイッチSW1及びSW4を所定期間短絡状態としたときから駆動端子160の電圧として変移する正弦波状電圧の電圧レベルが極小値(あるいは駆動端子164の電圧として変移する正弦波状電圧の電圧レベ

ルが極大値)となると、すなわち、第1及び第2の共振回路の半周期($T_r(\text{Trace average-length})/2$)後に、スイッチSW2及びSW3を制御してこれらを所定期間短絡状態とする($t=T1$)。なお、正弦波状電圧の電圧レベルの極大値は、略極大値であればよく、正弦波状電圧の電圧レベルの極小値は、略極小値であればよい。

[0094] このようにスイッチSW2及びSW3を所定時間短絡することにより、駆動端子160の電圧レベルを極小値から0(V)に、駆動端子164の電圧レベルを極大値から $2V_o(V)$ にすることができ、わずかな電荷のチャージ及びディスチャージにより、駆動端子160及び駆動端子164の電圧として変移する正弦波状電圧の減衰を補正することができる。

[0095] 以下同様に、スイッチタイミング制御回路71aは、第1及び第2の半周期($T_r/2$)毎に、スイッチSW1及びSW4と、スイッチSW2及びSW3とを交互に所定期間短絡させ($t=T2, T3, T4$)、駆動端子160及び駆動端子164の電圧として変移する正弦波状電圧の減衰を補正する。

[0096] なお、本実施形態においては、説明を容易にするために、共振回路の半周期($T_r/2$)毎に、スイッチSW1及びSW4と、スイッチSW2及びSW3とを交互に所定期間短絡させるようにしたが、共振回路のQ値が大きいために正弦波状電圧の減衰が小さいときには、共振回路の10周期毎や20周期毎などのように正弦波状電圧の減衰に合わせてこれらのスイッチSW1～SW4の制御を行うようにしてもよい。

[0097] この水平走査駆動回路70aにおいて、損失の主要因はインダクタ損失であり、 $C_p L$ 1共振回路のQ値をQ1とすると、水平走査駆動回路70aの消費電力P2は、次のように表すことができる。

$$[0098] \quad P2 = \{2 \times (2\pi f2 \times C_p \times V_o^2)\} / Q1 \quad \cdots (3)$$

ここで、共振周波数 $f2=30\text{kHz}$ 、 $C_p=1\text{nF}$ 、 $V_o=15\text{V}$ 、 $Q1=50$ とすると、消費電力 $P2=1.70\text{mW}$ となる。

[0099] 一方、従来の図18の構成における消費電力P1は、次のように表すことができる。なお、 C_{p100} 及び C_{p101} の容量値を C_p とする。

$$[0100] \quad P1 = 8 \times f1 \times C_p \times V_o^2 \quad \cdots (4)$$

ここで、動作周波数 $f1=30\text{kHz}$ 、 $C_p=1\text{nF}$ 、 $V_o=15\text{V}$ とすると、消費電力 $P2=5$

4mWとなる。

- [0101] このように、本実施形態によれば、容量性負荷への充放電に伴う電力消費を低減できる。しかも、線形アンプが不要となることからデジタル回路と直流電圧源のみで水平走査駆動回路70aを構成することができる。
- [0102] また、水平走査駆動回路70aは、水平走査用光スキャナ61を起動する際、図6に示すように、可変電圧源VR1の出力電圧 V_{cc} の電圧レベルを徐々に上昇させて一定値 $2V_o(V)$ にすることもできる。これにより第1の圧電素子150及び第2の圧電素子152に対して流す電流を抑制することができる。すなわち、コンデンサ C_{P1} 、 C_{P2} への充放電を徐々に行うことができ、その結果、ノイズの発生等を抑制することができる。しかも、水平走査用光スキャナ61において過電流による故障を防止することができる。
- [0103] また、水平走査駆動回路70aにおいて、図7に示すようにコンデンサ C_{P1} に対して直列に補正用コンデンサ C_{11} を、コンデンサ C_{P2} に対して直列に補正用コンデンサ C_{12} をそれぞれ設けることにより、 C_{P1} と C_{P2} の値が異なる場合において両者の差を補正でき、また、共振周波数を変えることなく、損失が最少となるインダクタ値を選択することができる。
- [0104] また、水平走査駆動回路70aにおいて、図8に示すようにコンデンサ C_{P1} に対して並列に補正用コンデンサ C_{13} を、コンデンサ C_{P2} に対して並列に補正用コンデンサ C_{14} をそれぞれ設けることによっても、上記と同様の効果を得ることができる。
- [0105] ここで、水平走査駆動回路70aは、共振回路の半周期($T_r/2$)毎に、スイッチSW1及びSW4と、スイッチSW2及びSW3とを交互に所定期間短絡するようにしているが、このスイッチを制御するタイミングは、スイッチタイミング制御回路71aに予め設定されており、このように設定されたタイミングでスイッチSW1～SW4が制御される。
- [0106] ところで、このスイッチSW1～SW4の制御は、水平走査用光スキャナ61の変位状態に基づいたタイミングで行うようにすることもでき、以下、このように水平走査用光スキャナ61の変位状態に基づいたタイミングでスイッチSW1～SW5の制御を行う構成について説明する。
- [0107] まず、図9及び図10に示すように、水平走査駆動回路70aに、水平走査用光スキャ

ナ61の変位状態を検出するための変位信号検出回路77を設ける。そして、この変位信号検出回路77による検出結果に基づいて、駆動端子160及び駆動端子164における正弦波状電圧の電圧レベルが略極大値又は略極小値となるタイミングをスイッチタイミング制御回路71aが判定し、その判定に基づいて、スイッチSW1～SW4を制御する。

[0108] ここで、水平走査用光スキャナ61は、上述のように第1の梁部140の変位と同様の変位が第2の梁部141に発生する構成となっており、この変位が第3の圧電素子151及び第4の圧電素子153により電圧に変換される。なお、この第3の圧電素子151及び第4の圧電素子153が図10中の変位検出電圧源に対応する。

[0109] また、変位信号検出回路77は、反射ミラー120に生じた変位を第3の圧電素子151及び第4の圧電素子153から出力される信号(以下、「出力信号」とする。)によって検出する回路であり、この信号から反射ミラー120の動作周波数(変位周波数)と振幅(変位範囲)を検出する。ここで、反射ミラー120の揺動周波数は、出力信号における正弦状電圧の周波数から検出し、反射ミラー120の振幅は、出力信号における正弦波状電圧の振幅レベルから検出する。このように、変位信号検出回路77は、反射ミラー変位検出手段としての機能を有している。

[0110] また、スイッチタイミング制御回路71aは、変位信号検出回路77によって検出された振幅などから正弦波状電圧の電圧レベルが駆動端子160や駆動端子164にて略極大値又は略極小値となるタイミングを判定し、このタイミングでスイッチSW1及びSW4と、スイッチSW2及びSW3とを交互に所定期間短絡するよう動作する。

[0111] このように、水平走査駆動回路70aは、駆動端子160及び駆動端子164における正弦波状電圧の電圧レベルに基づいてスイッチSW1～SW4を制御するようにしているため、適切なタイミングでスイッチSW1～SW4を制御することができる。しかも、水平走査用光スキャナ61に設けられた第3の圧電素子151及び第4の圧電素子153を用いて駆動端子160及び駆動端子164における正弦波状電圧の電圧レベルを検出するようにしているため、特別な回路を設ける必要がない。

[0112] また、スイッチタイミング制御回路71aは、変位信号検出回路77によって検出された振幅や動作周波数に基づいて、水平走査用光スキャナ61の動作異常を検出する

異常検出部として機能する。そして、スイッチタイミング制御回路71aから水平走査用光スキャナ61の動作異常が検出され、スイッチタイミング制御回路71aから信号処理回路21へ異常検出信号が出力されると、信号処理回路21は、表示動作を停止する制御部として機能する。この表示動作の停止は、光源部30からの光束の出力を停止する等によって行われる。また、水平走査用光スキャナ61の動作異常としては、水平走査用光スキャナ61の駆動端子電圧が異常な電圧となった場合や駆動端子電圧が異常な周波数となった場合などがある。

[0113] このように、水平走査用光スキャナ61の動作異常を検出して表示動作を停止するので安全性を高めた網膜走査表示装置を提供することができる。

[0114] (第2実施形態)

上記第1実施形態においては、第1の圧電素子150と第2の圧電素子152との間にコイルを設けて共振回路を構成することとしたが、本実施形態においては、圧電素子150、152ごとにそれぞれ共振回路を構成するものである。なお、本実施形態は、第1実施形態における水平走査駆動回路70aの構成を変更したものであり、その他の構成については第1実施形態と同様であるため説明を省略する。

[0115] 以下、本実施形態における水平走査駆動回路70bについて、図面を参照して具体的に説明する。図11は水平走査駆動回路70bの構成を示す図である。

[0116] 図11に示すように、水平走査駆動回路70bは、第1の圧電素子150に接続された駆動端子160とグラウンドの間に、第1のインダクタとしてのコイルL11と定電圧源V11(=V₀)とが直列に接続され、同様に、第2の圧電素子152に接続された駆動端子164とグラウンドの間に、第2のインダクタとしてのコイルL12と定電圧源V12(=V₀)とが直列に接続される。

[0117] ここで、本実施形態においては、第1実施形態と同様に、第1の圧電素子150はコンデンサC_{P1}からなる第1の容量性負荷と、第2の圧電素子152はC_{P2}からなる第2の容量性負荷とみなすことができるものとする。

[0118] そして、第1の容量性負荷とコイルL11とにより共振回路を構成し、第2の容量性負荷とコイルL12とにより共振回路を構成する。これらの共振回路は、その共振周波数が水平走査用光スキャナ61の動作周波数とほぼ同一になるようにコイルL11及びL

12の定数が決定される。上述のように水平走査用光スキャナ61は機械的共振系を含む電気機械変換素子であり、その共振ポイントがこの水平走査用光スキャナの動作周波数となる。

[0119] ここで、水平走査用光スキャナ61の動作周波数 f_1 は、第1実施形態で説明したように、 $f_1 = (2\pi)^{-1} (L_M \times C_M)^{-0.5}$ となる。

[0120] また、第1の共振回路の共振周波数 f_{11} と第2の共振回路の共振周波数 f_{12} は、

$$f_{11} = (2\pi)^{-1} (L_{11} \times C_{P1})^{-0.5} \quad \dots (5)$$

$$f_{12} = (2\pi)^{-1} (L_{12} \times C_{P2})^{-0.5} \quad \dots (6)$$

となる。

[0121] したがって、 $f_1 \doteq f_{11}$ 、 $f_1 \doteq f_{12}$ となるように、コイル L_{11} 及び L_{12} の定数を設定する。

[0122] また、第1の圧電素子150に接続された駆動端子160には、スイッチSW11の一端及びスイッチSW12の一端が接続される。スイッチSW11の他端は可変電圧源VR11に接続され、スイッチSW12の他端は可変電圧源VR12に接続される。そして、スイッチSW11が短絡状態となるときには駆動端子160が可変電圧源VR11に接続され、スイッチSW12が短絡状態となるときには駆動端子160が可変電圧源VR12に接続される。

[0123] 同様に、第2の圧電素子152に接続された駆動端子164には、スイッチSW13の一端及びスイッチSW14の一端が接続される。スイッチSW13の他端は可変電圧源VR11に接続され、スイッチSW14の他端は可変電圧源VR12に接続される。そして、スイッチSW13が短絡状態となるときには駆動端子164が可変電圧源VR11に接続され、スイッチSW14が短絡状態となるときには駆動端子164が可変電圧源VR12に接続される。ここで、可変電圧源VR11の出力は $V_o \sim 2V_o$ (V)の範囲で、可変電圧源VR12は $0 \sim V_o$ の範囲で可変であり、電源電圧制御回路72bによって制御される。ここでは、可変電圧源VR11は $2V_o$ (V)、可変電圧源VR12は V_o (V)であるとする。すなわち、可変電圧源VR11、VR12は定電圧源として動作する。

[0124] スイッチSW11～SW14は、スイッチタイミング制御回路71bによって動作し、その短絡及び開放が制御される。なお、スイッチSW11～SW14は、MOS-FETなどが

ら構成される。また、可変電圧源VR11及びVR12と、スイッチSW1～SW4と、スイッチタイミング制御回路71bにより制御回路が構成される。

- [0125] 以上のように構成された水平走査駆動回路70bの動作について、図12及び図13を用いて具体的に説明する。図12及び図13は水平走査駆動回路70bにおける出力信号波形及びスイッチタイミング制御回路71bによるSW1～SW4の制御タイミングを説明するための図である。
- [0126] 図12に示すように、まず、スイッチタイミング制御回路71bによって、スイッチSW11及びSW14は所定期間短絡状態にされる(図12中の $t=0$)。これにより、駆動端子160は可変電圧源VR11に接続され、コンデンサ C_{P1} へ電荷をチャージ(充電)すると共に、駆動端子164は可変電圧源VR13に接続され、コンデンサ C_{P2} から電荷をディスチャージ(放電)する。その結果、コンデンサ C_{P1} の電圧は $2V_o$ (V)となり、コンデンサ C_{P2} の電圧は0(V)となる。なお、可変電圧源VR11は $2V_o$ (V)に、可変電圧源VR12の電圧は0(V)になるようにそれぞれ制御されている。
- [0127] その後、コンデンサ C_{P1} にチャージされた電荷はコイルL12を通過してコンデンサ C_{P2} へチャージされる($0 < t < T1$)。これにより、駆動端子160及び駆動端子164の電圧レベルが、正弦波状電圧として変化し始める。
- [0128] ここで、この共振回路のQ値に対応する電力消費(コイルL11, L12の内部抵抗等による損失)によって、図12に示すように、駆動端子160及び駆動端子164の正弦波状電圧の振幅レベルが減衰し、駆動端子160の電圧レベルは0(V)に達せず、また駆動端子164の電圧レベルは $2V_o$ (V)に達しない。
- [0129] そこで、スイッチタイミング制御回路71bは、スイッチSW11及びSW14を所定期間短絡状態としたときから駆動端子160の正弦波状電圧の電圧レベルが極小値(あるいは駆動端子164の電圧として変移する正弦波状電圧の電圧レベルが極大値)となると、すなわち、第1及び第2の共振回路の半周期($T_r/2$)後に、スイッチSW12及びSW13を制御してこれらを所定期間短絡状態とする($t=T1$)。なお、正弦波状電圧の電圧レベルの極大値は、略極大値であればよく、正弦波状電圧の電圧レベルの極小値は、略極小値であればよい。
- [0130] このようにスイッチSW12及びSW13を所定時間短絡することにより、駆動端子160

の電圧レベルを極小値から0(V)に、駆動端子164の電圧レベルを極大値から $2V_o$ (V)にすることができ、わずかな電荷のチャージ及びディスチャージにより、駆動端子160及び駆動端子164の正弦波状電圧の減衰を補正することができる。

[0131] 以下同様に、スイッチタイミング制御回路71bは、共振回路の半周期($T_r/2$)毎に、スイッチSW11及びSW14と、スイッチSW12及びSW13とを交互に短絡させ($t = T_{12}, T_{13}, T_{14}$)、駆動端子160及び駆動端子164の正弦波状電圧の減衰を補正する。

[0132] なお、本実施形態においては、説明を容易にするために、第1及び第2の共振回路の半周期($T_r/2$)毎に、スイッチSW11及びSW14と、スイッチSW12及びSW13とを交互に短絡させるようにしたが、共振回路のQ値に対応する電力消費が小さいときには、共振回路の10周期毎や20周期毎などのように正弦波状電圧の減衰に合わせてこれらのスイッチの制御を行うようにしてもよい。

[0133] この水平走査駆動回路70bにおいて、損失の主要因はインダクタがもつ抵抗損失であり、第1及び第2の共振回路のQ値をそれぞれ Q_{11} , Q_{12} とすると、消費電力 P_2' は、次のように表すことができる。

$$[0134] \quad P_2' = (2\pi f_{11} \times C_{P1} \times V_o) / Q_{11} \\ + (2\pi f_{12} \times C_{P2} \times V_o) / Q_{12} \quad \dots (7)$$

ここで、 $f_{11}, f_{12} = 30\text{kHz}$ 、 $C_{P1}, C_{P2} = 1\text{nF}$ 、 $V_o = 15\text{V}$ 、 $Q_{11}, Q_{12} = 50$ とすると、消費電力 $P_2' = 1.70\text{mW}$ となる。

[0135] このように、本実施形態によれば、容量性負荷への充放電に伴う無効電力によって生じる電力消費を回避することができ、正味消費電力のみを供給すればよい。しかも、線形アンプが不要となることからデジタル回路と直流電圧源のみで水平走査駆動回路70bを構成することができる。

[0136] また、水平走査駆動回路70bは、水平走査用光スキャナ61を起動する際、図13に示すように、可変電圧源VR11の出力電圧レベルを V_o (V)から $2V_o$ (V)にかけて徐々に上昇させると共に可変電圧源VR12の出力電圧レベルを V_o (V)から0(V)へ徐々に下降させることもできる。これにより第1の圧電素子150及び第2の圧電素子152に対して流す電流を抑制することができる。すなわち、コンデンサ C_{P1}, C_{P2} への充放

電を徐々に行うことができ、その結果、ノイズの発生等を抑制することができる。しかも、水平走査用光スキャナ61において過電流による故障を防止することができる。

[0137] なお、第1実施形態と同様に、水平走査駆動回路70bにおいて、コンデンサ C_{P1} 、 C_{P2} に直列或いは並列に補正用コンデンサを設けることにより共振周波数の調整が可能となることはいうまでもない。

[0138] (第3実施形態)

上記第1実施形態及び第2実施形態においては、スイッチを制御して電圧源やグラウンドを第1及び第2の圧電素子へ接続することとしたが、本実施形態においては、定電流源を所定期間動作させるようにしたものである。なお、本実施形態は、第1実施形態における水平走査駆動回路70aの構成を変更したものであり、その他の構成については第1実施形態と同様であるため説明を省略する。

[0139] 以下、本実施形態における水平走査駆動回路70cについて、図面を参照して具体的に説明する。図14は水平走査駆動回路70cの構成を示す図である。

[0140] 水平走査駆動回路70cは、図14に示すように、第1の圧電素子150に接続された駆動端子160と第2の圧電素子152に接続された駆動端子164との間に、スイッチSW25とコイルL21とが直列に接続されており、このスイッチSW25を短絡状態とすることにより駆動端子161と駆動端子164との間がコイルL21を介して接続される。

[0141] ここで、本実施形態においては、第1実施形態と同様に、第1の圧電素子150はコンデンサ C_{P1} からなる第1の容量性負荷と、第2の圧電素子152は C_{P2} からなる第2の容量性負荷とみなすことができるものとする。

[0142] そして、第1の容量性負荷と第2の容量性負荷とコイルL21とにより共振回路を構成する。共振回路は、その共振周波数が水平走査用光スキャナ61の動作周波数とほぼ同一になるようにコイルL21の定数が決定される。上述のように水平走査用光スキャナ61は機械的共振系を含む電気機械変換素子であり、その共振ポイントがこの水平走査用光スキャナ61の動作周波数となる。

[0143] また、駆動端子160は第1の定電流源IR21に接続されており、この第1の定電流源IR21が動作状態にあるときには、第1の定電流源IR21から電流 I_o が出力又は入力される。同様に、駆動端子164は第2の定電流源IR22に接続されており、この第2の

定電流源IR22が動作状態にあるときには、第2の定電流源IR22から電流 I_o が出力又は入力される。

- [0144] そして、定電流源IR21及びIR22は、制御回路としての制御部73によって動作状態又は非動作状態のいずれかの状態になるように制御される。また、制御部73はスイッチSW25の短絡状態又は開放状態を制御し、定電流源IR21、IR22が動作するときに、スイッチSW25を切断状態にして、不要な電流がコイルに流れることを防止する。
- [0145] また、水平走査駆動回路70cには、駆動端子160の電圧を検出する第1の電圧検出部74と、駆動端子164の電圧を検出する第2の電圧検出部75と、コイルL21に流れる電流を検出する電流検出部76とが設けられており、制御部73は、これらの検出部により検出した電圧或いは電流の情報を入力する。そして、制御部73は、入力した情報に応じてスイッチSW25や定電流源IR21及びIR22を制御する。なお、本実施形態においては、電流検出部76はホール素子などにより構成されるがこれに限られるものではない。
- [0146] 以上のように構成された水平走査駆動回路70cの動作について、図を用いて具体的に説明する。図15及び図16は水平走査駆動回路70cにおける出力信号波形及び制御部73による制御タイミングを説明するための図である。なお、図15においては、説明を容易にするため $t=0$ 時点で駆動端子160の電圧が $2V_o$ (V)に、駆動端子164の電圧が0(V)になっているものとして説明する。また、このときL21には電流が流れていない(スイッチSW25は切断状態であったものを $t=0$ で短絡する)ものとする。
- [0147] 図15に示すように、コンデンサ C_{PI} にチャージされた電荷は、コイルL21を通過して第2の容量性負荷を充電していく($0 < t < T_{21}$)。これにより、駆動端子160及び駆動端子164の電圧レベルが、正弦波状電圧として変化し始める。
- [0148] ここで、この共振回路のQ値に対応する電力消費(主に、コイルL21の抵抗損失)によって、図15に示すように、駆動端子160及び駆動端子164の正弦波状電圧の振幅レベルが減衰し、駆動端子160の電圧レベルは0(V)に達せず、また駆動端子164の電圧レベルは $2V_o$ (V)に達しない。

- [0149] そこで、制御部73は、電流検出部76から出力されるコイルL21に流れる電流の情報を入力し、コイルL21に流れる電流が0A或いは0A付近となったことを検出すると、スイッチSW25を開放状態とするとともに、定電流源IR21及びIR22を動作状態にする。なお、共振回路の半周期ごとにコイルL21に流れる電流が0A或いは0A付近となる。
- [0150] その後、制御部73は、駆動端子160の電圧レベルを0(V)に、駆動端子164の電圧レベルを $2V_o$ (V)になったか否かを第1の電圧検出部74と第2の電圧検出部75からの情報に基づいて判定する。その判定の結果、駆動端子160が0(V)に、駆動端子164が $2V_o$ (V)になったと判定すると、制御部73は、スイッチSW25を短絡状態にすると共に、定電流源IR21、IR22を非動作状態にする。このように所定時間定電流源IR21、IR22から電流を流し、わずかな電荷のチャージ及びディスチャージをすることで、減衰した正弦波状電圧を補正することができる。
- [0151] 以下同様に、制御部73は、共振回路の半周期($T_r/2$)毎に、定電流源IR21、IR22の出力電流 I_o の方向を交互に反転させ、駆動端子160及び駆動端子164の正弦波状電圧の減衰を補正する。
- [0152] なお、本実施形態においては、説明を容易にするために、第1及び第2の共振回路の半周期($T_r/2$)毎に、定電流源IR21、IR22を動作状態にしたが、共振回路のQ値に対応する電力消費(主に、コイルの抵抗損失)が小さいときには、共振回路の10周期毎や20周期毎などのように正弦波状電圧の減衰に合わせてこれら定電流源IR21、IR22の制御を行うようにしてもよい。
- [0153] このように、本実施形態によれば、容量性負荷への充放電に伴う無効電力によって発生する電力消費を回避することができ、しかも、線形アンプが不要となることからデジタル回路と定電流源のみで水平走査駆動回路70cを構成することができる。
- [0154] なお、水平走査駆動回路70cは、水平走査用光スキャナ61の駆動を開始するときにおいても、共振回路の半周期($T_r/2$)毎に、定電流源IR21、IR22を所定期間動作状態にする制御を行っており、したがって、図16に示すように、駆動端子160及び164の電圧として変移する正弦波状電圧の振幅レベルは徐々に大きくなっていく。なお、水平走査用光スキャナ61を早く定常動作状態に移行させるために、駆動開始時

には定電流源IR21, R22を動作状態とする期間を長くするように制御してもよい。

[0155] また、本実施形態においては、定電流源IR21, IR22を用いた構成について説明したが、電流源IR21, IR22を可変電流源とすることもできる。そして、電流源IR21, IR22の電流値を変えることにより、水平走査用光スキャナ61の状態に応じた電流を流すことができる。

[0156] また、水平走査用光スキャナ61の駆動を開始する際には、定電流源IR21, IR22を駆動させる時間を長くすることによって、水平走査用光スキャナ61の動作を安定させるまでの時間を短くするようにしてもよい。

以上、本発明の実施の形態のいくつかを図面に基づいて詳細に説明したが、これらは例示であり、発明の開示の欄に記載の態様を始めとして、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した他の形態で本発明を実施することが可能である。例えば、本発明を適用した駆動回路は、レーザプリンタ内で光束を走査する駆動回路にも応用できることはいうまでもない。

産業上の利用可能性

[0157] 本発明は、互いに逆相となる2相の正弦波状信号によって動作する容量性の電気機械変換素子を駆動する駆動回路に利用することができる。

請求の範囲

- [1] 互いに逆相となる2相の正弦波状信号によって動作する容量性の電気機械変換素子を駆動する駆動回路において、
前記電気機械変換素子の動作周波数と略同一の共振周波数を有する共振回路を前記電気機械変換素子と共に構成するインダクタを設けたことを特徴とする駆動回路。
- [2] 前記電気機械変換素子は、少なくとも容量性の第1電気機械変換部及び第2電気機械変換部の2つの電気機械変換部からなり、
前記インダクタは、前記第1電気機械変換部の駆動端子と前記第2電気機械変換部の駆動端子とを接続するよう設けられたことを特徴とする請求項1に記載の駆動回路。
- [3] 前記電気機械変換素子は、少なくとも容量性の第1電気機械変換部及び第2電気機械変換部の2つの電気機械変換部からなり、
前記インダクタは少なくとも第1のインダクタ及び第2のインダクタからなり、前記第1のインダクタは前記第1電気機械変換部との間で前記共振回路を構成し、前記第2のインダクタは前記第2電気機械変換部との間で前記共振回路を構成することを特徴とする請求項1に記載の駆動回路。
- [4] 前記第1電気機械変換部及び／又は前記第2電気機械変換部に対してそれぞれ並列又は直列に補正用キャパシタを設けたことを特徴とする請求項2に記載の駆動回路。
- [5] 前記共振回路を構成する前記電気機械変換部の駆動端子電圧レベルが略極大値又は略極小値となるタイミング、または前記インダクタを流れる電流が略ゼロとなるタイミングで、前記駆動端子電圧が所定電圧となるように充電制御及び／又は放電制御を行う制御回路を設けたことを特徴とする請求項2に記載の駆動回路。
- [6] 前記制御回路は、
電圧源と、スイッチと、タイミング制御部とを備え、
前記スイッチは、前記共振回路と前記電圧源との間及び／又は前記共振回路とグランドとの間に配置され、

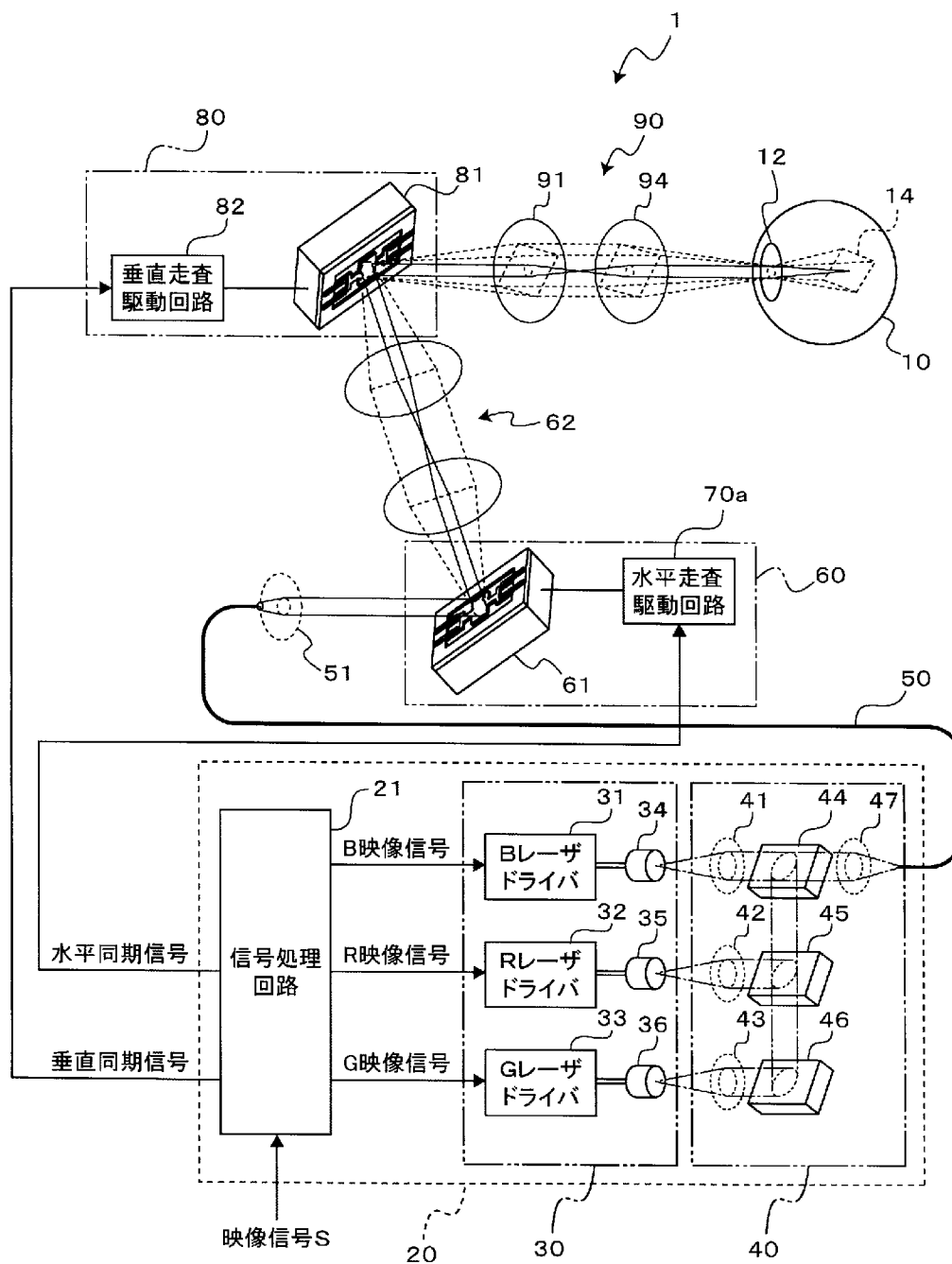
前記タイミング制御部は、前記共振回路を構成する前記電気機械変換部の駆動端子電圧レベルが略極大値又は略極小値となるタイミング、または前記インダクタを流れる電流が略ゼロとなるタイミングで、前記スイッチを制御することを特徴とする請求項5に記載の駆動回路。

- [7] 前記制御回路は、
電流源と、タイミング制御部とを備え、
前記電流源は、前記共振回路に接続され、
前記タイミング制御部は、前記共振回路を構成する前記電気機械変換部の駆動端子電圧レベルが略極大値又は略極小値となるタイミング、または前記インダクタを流れる電流が略ゼロとなるタイミングで、前記電流源を動作させることを特徴とする請求項5に記載の駆動回路。
- [8] 前記制御回路は、前記電気機械変換素子を起動する際、前記電圧源の出力電圧レベルを徐々に上昇させて一定値にすることを特徴とする請求項6に記載の駆動回路。
- [9] 前記インダクタに流れる電流を検出する電流検出部を設け、
前記電流検出部によって、前記インダクタに流れる電流が略ゼロとなるタイミングを検出することを特徴とする請求項5に記載の駆動回路。
- [10] 前記電気機械変換素子の変位を検出する変位検出部を設け、
前記変位検出部によって、前記共振回路を構成する電気機械変換部の駆動端子電圧レベルが略極大値又は略極小値となるタイミングを検出することを特徴とする請求項5に記載の駆動回路。
- [11] 前記電気機械変換素子は、前記第1電気機械変換部及び前記第2電気機械変換部によって前記所定周波数で共振する機械的共振系を有することを特徴とする請求項2に記載の駆動回路。
- [12] 前記電気機械変換素子は、光束を走査するための走査用ミラーであることを特徴とする請求項1に記載の駆動回路。
- [13] 請求項12に記載の駆動回路を有することを特徴とする網膜走査表示装置。
- [14] 前記電気機械変換素子における動作異常を検出する異常検出部と、

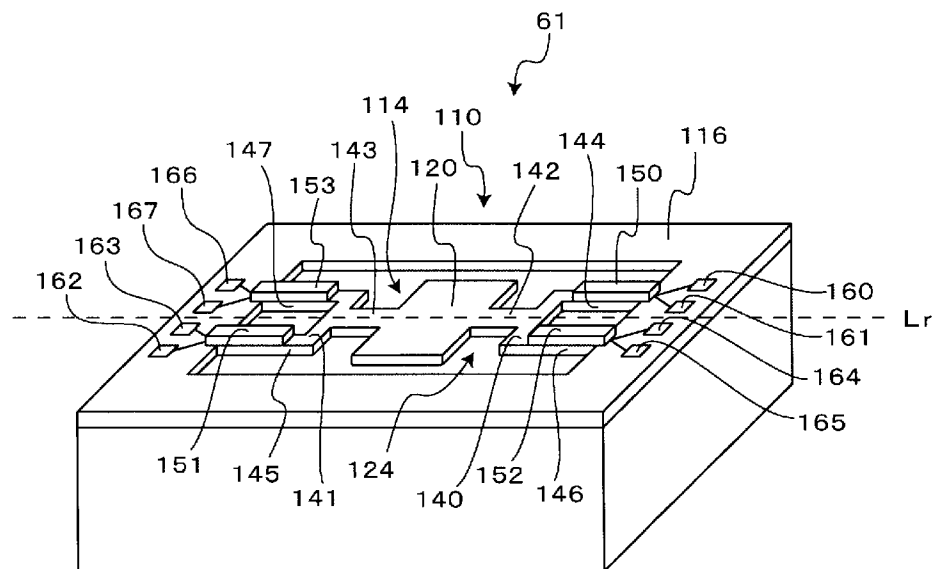
前記異常検出部により異常が検出されたとき、表示動作を停止する制御部と、を備えたことを特徴とする請求項13に記載の網膜走査表示装置。

- [15] 前記電気機械変換素子を主走査及び／又は副走査の走査用ミラーとして使用することを特徴とする請求項13に記載の網膜走査表示装置。

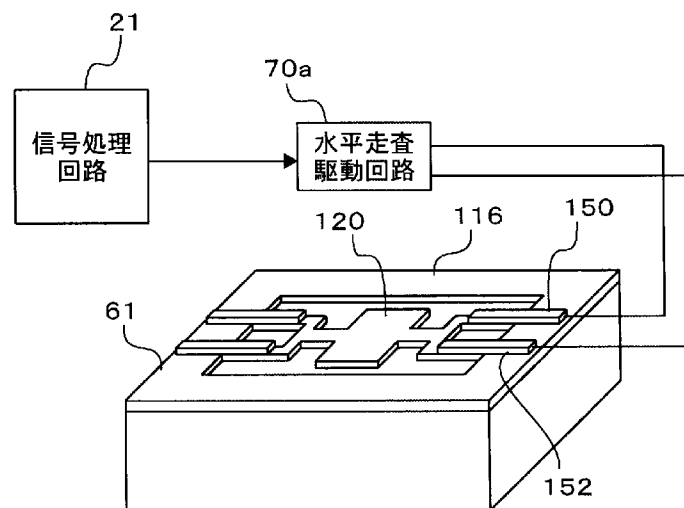
[図1]



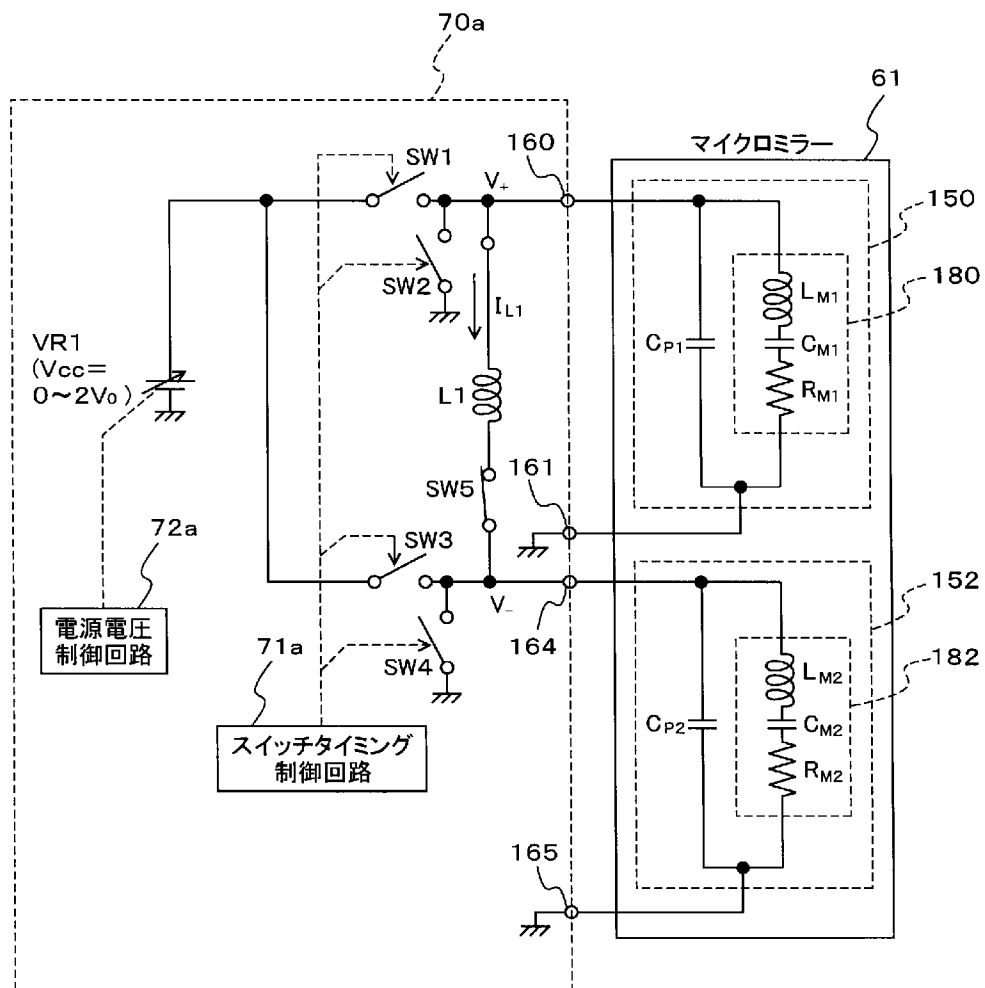
[図2]



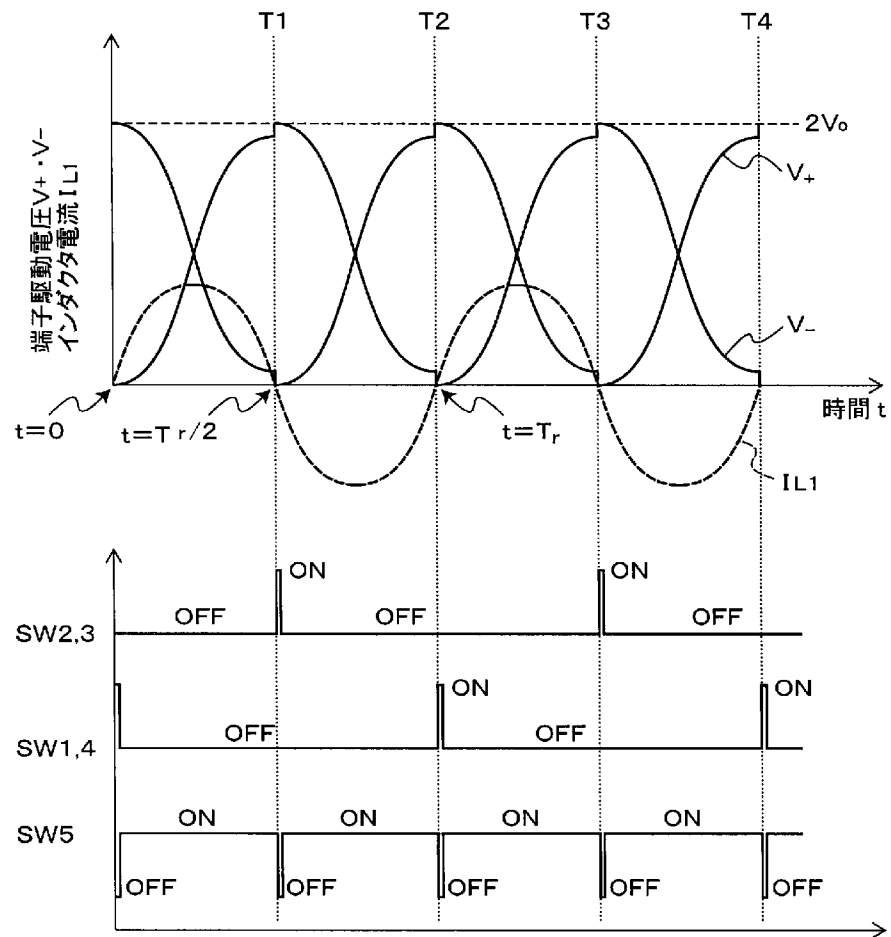
[図3]



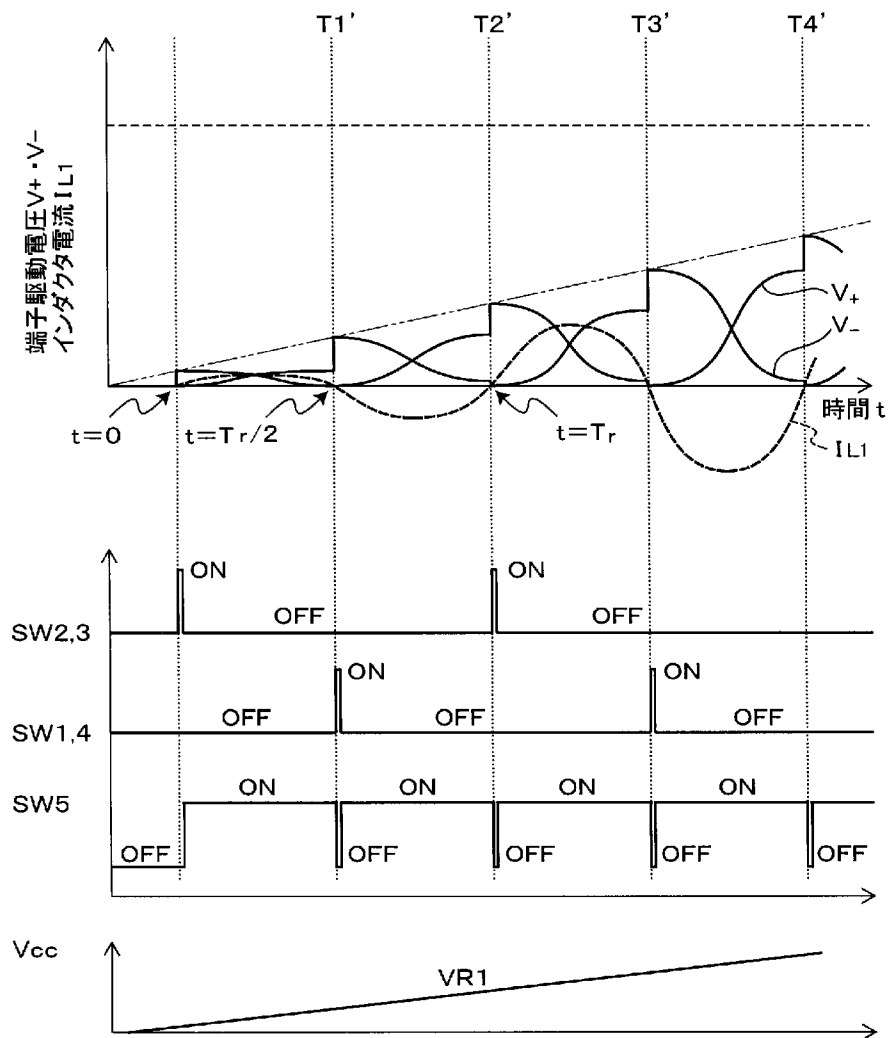
[図4]



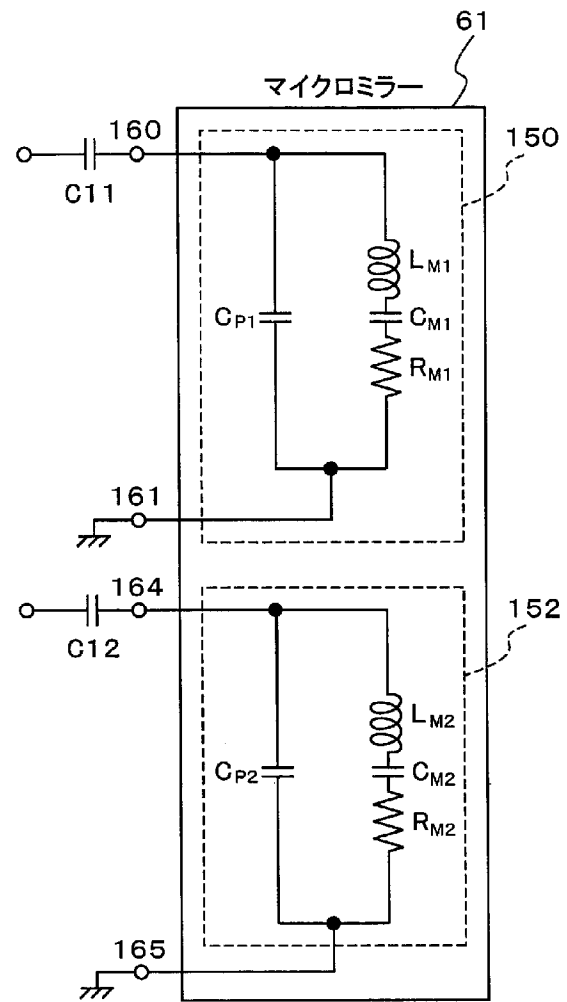
[図5]



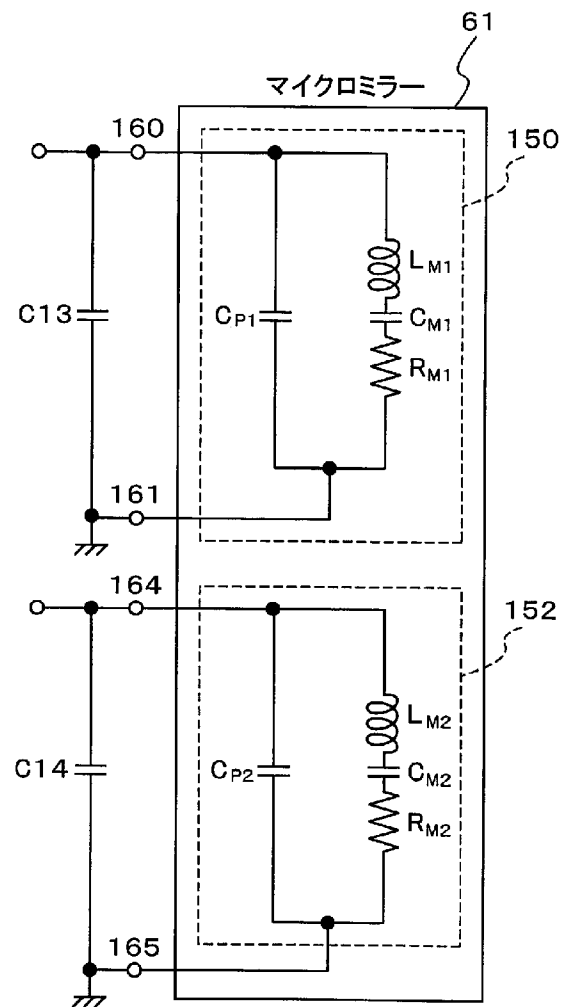
[図6]



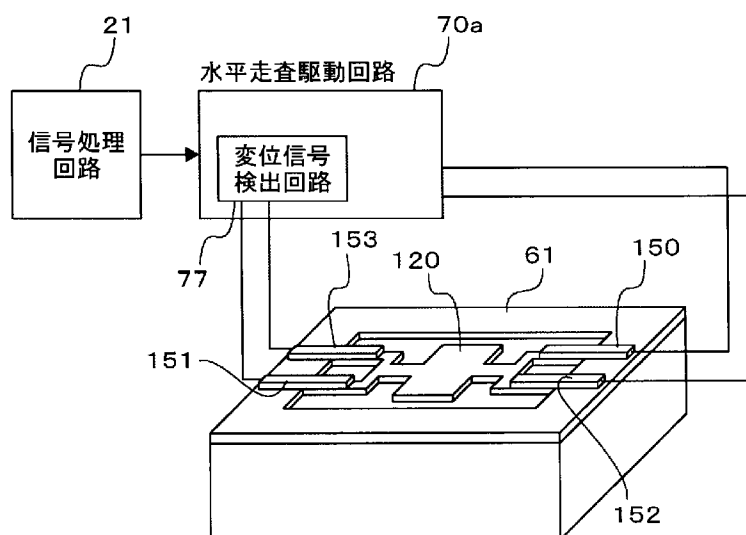
[図7]



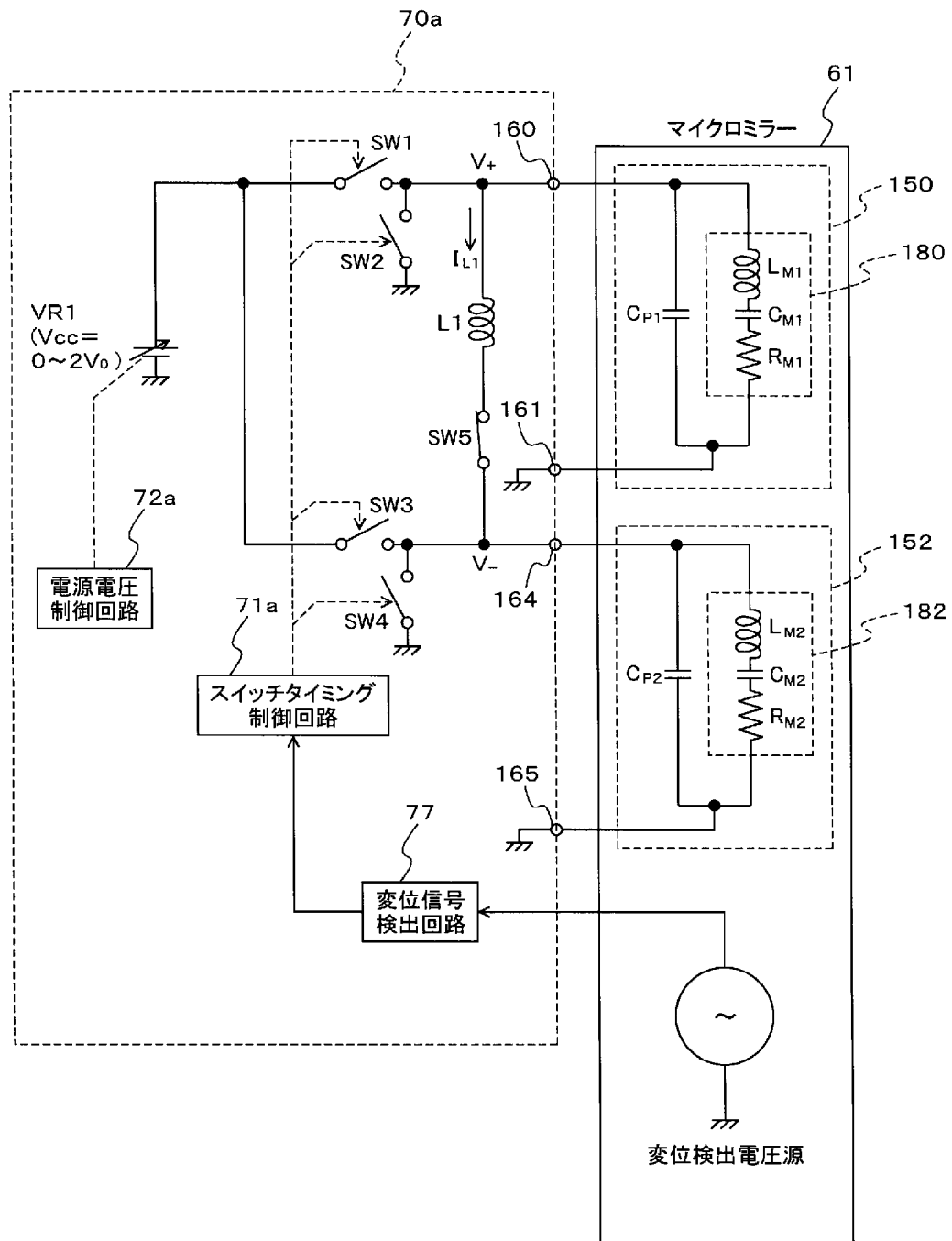
[図8]



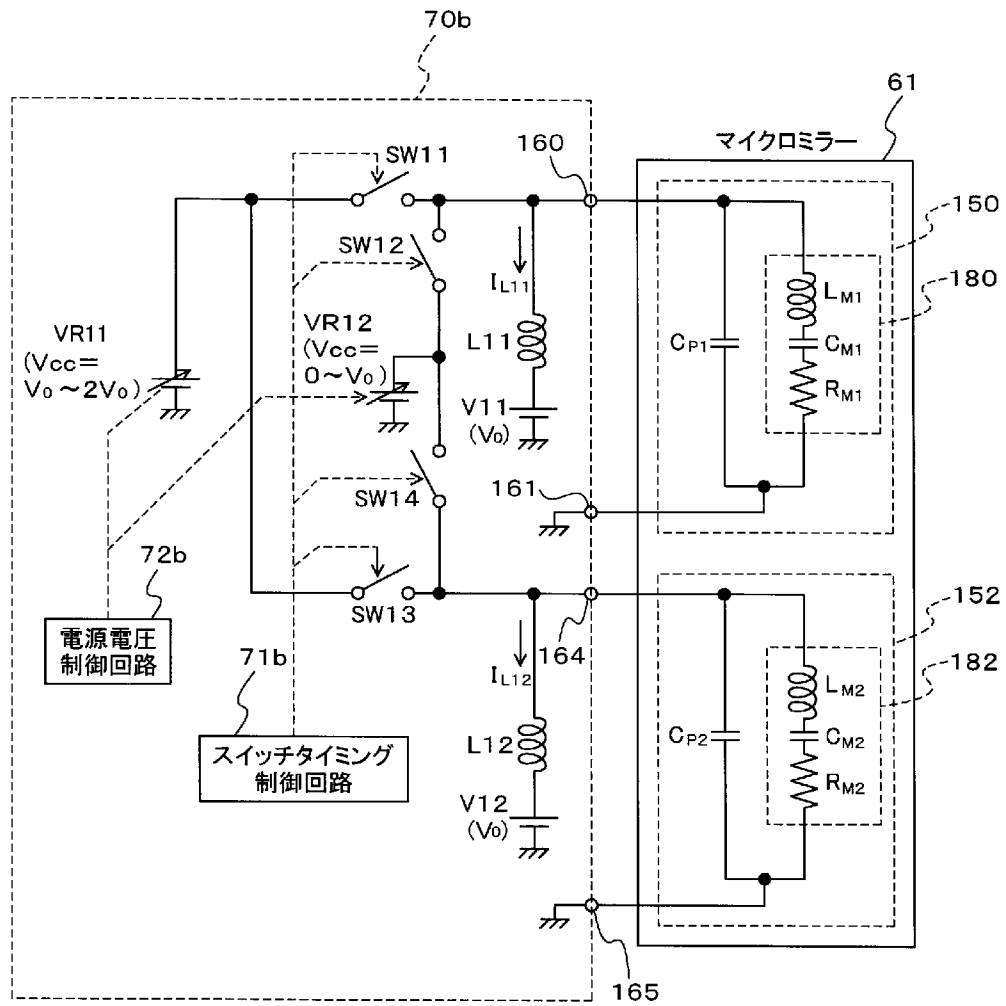
[図9]



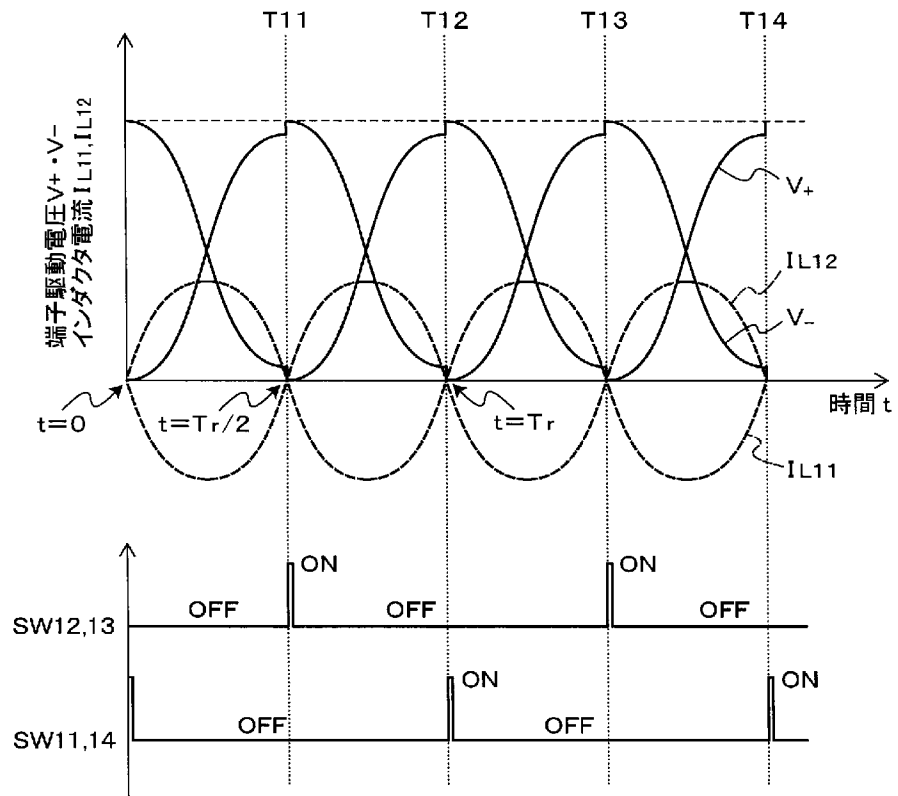
[図10]



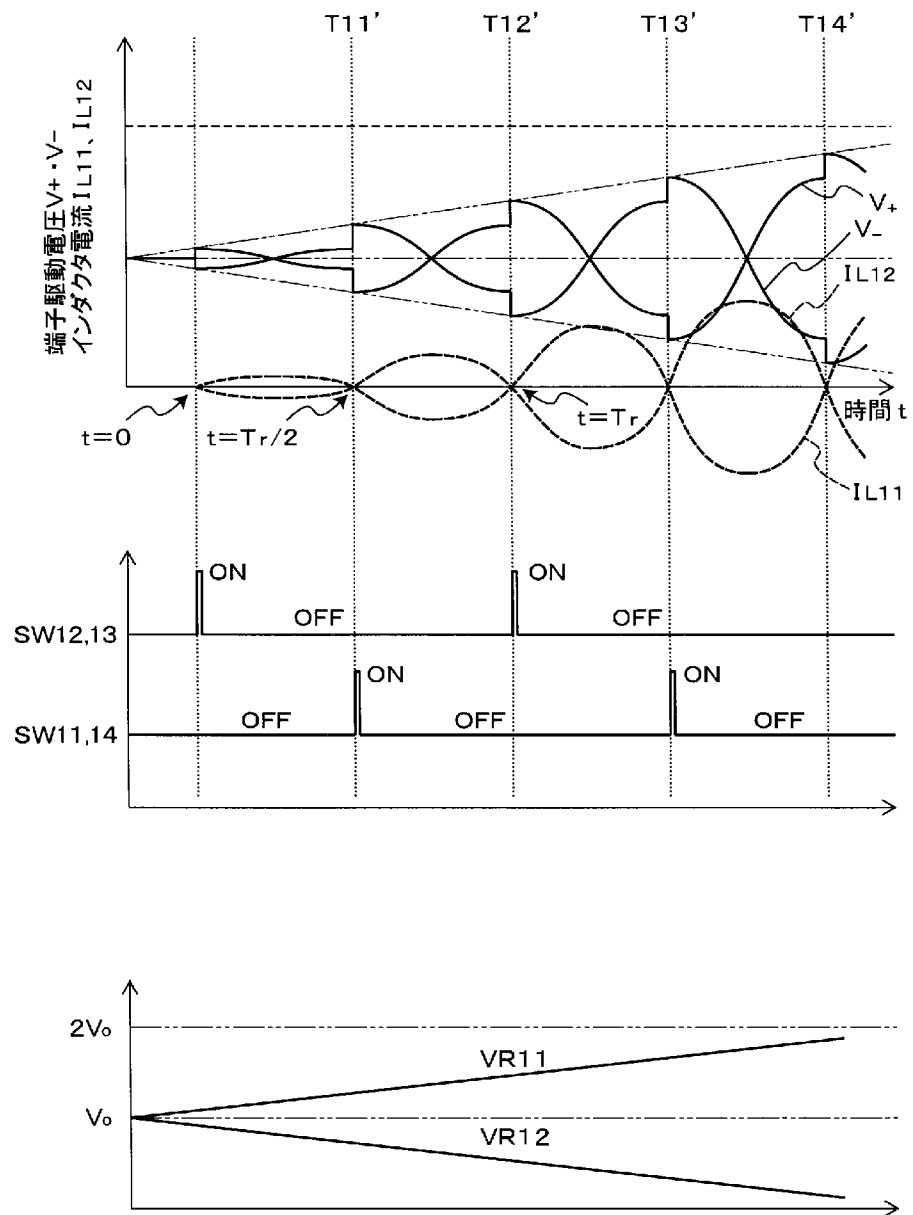
[図11]

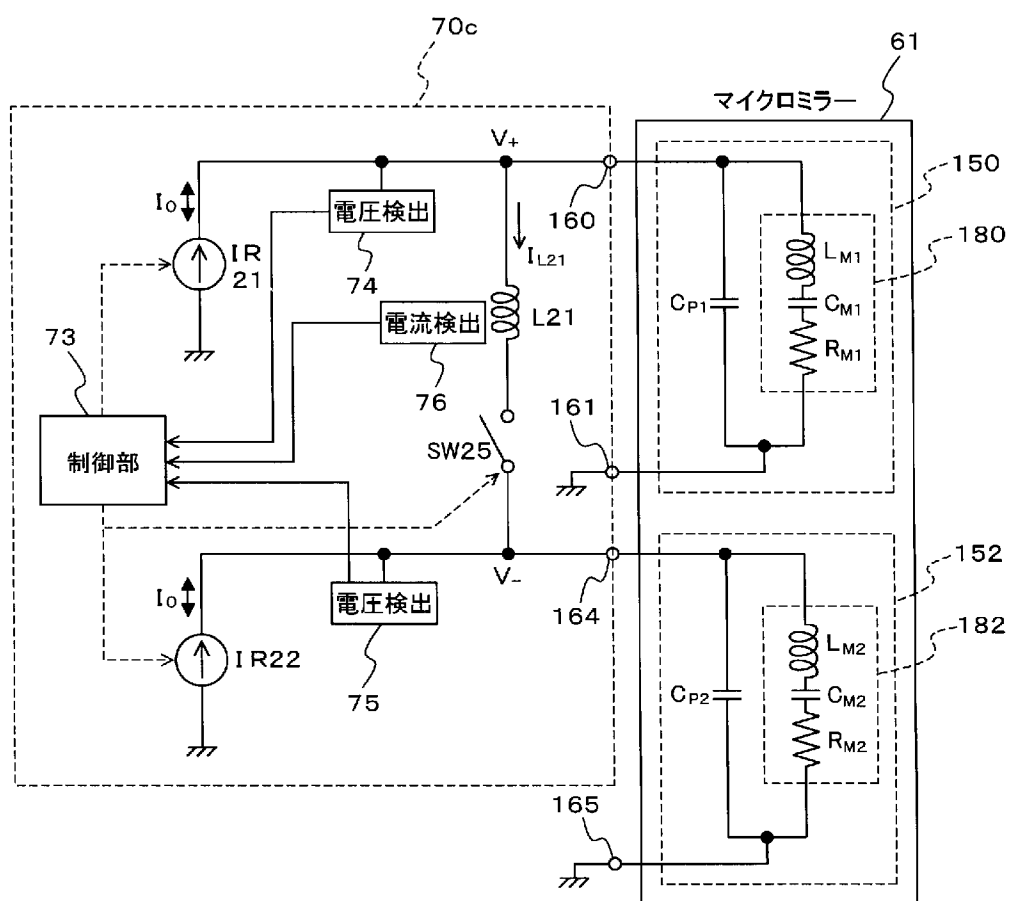


[図12]

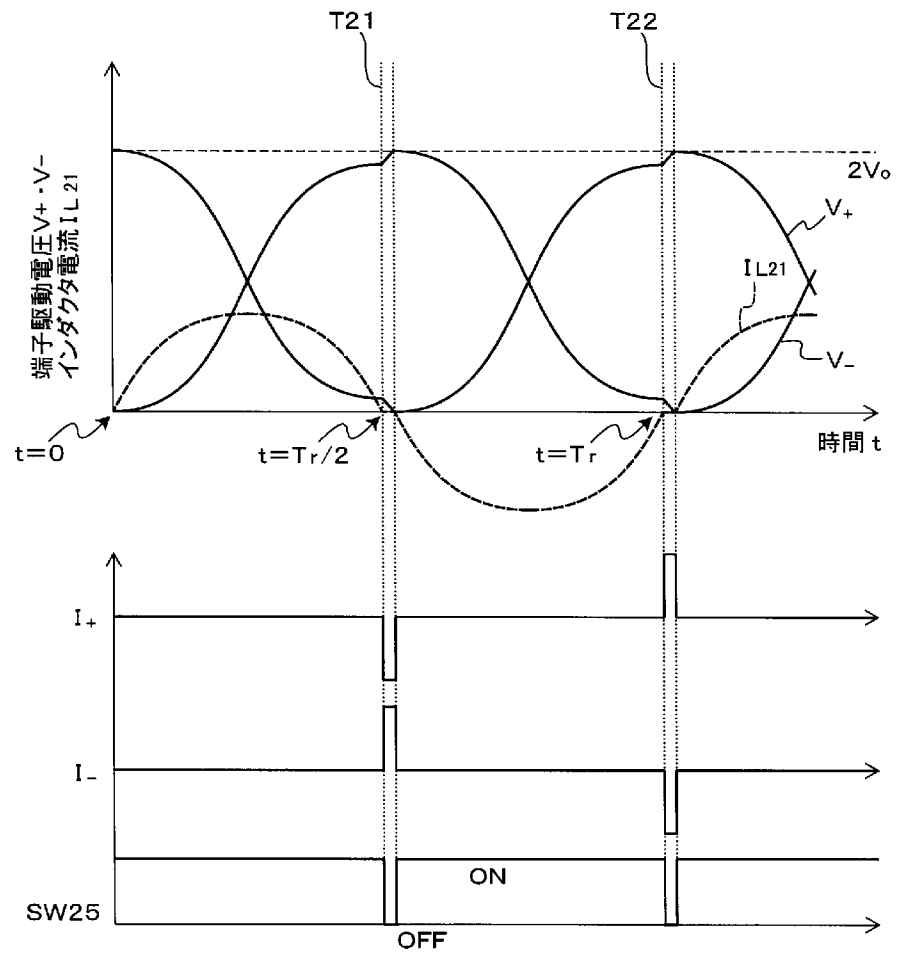


[図13]

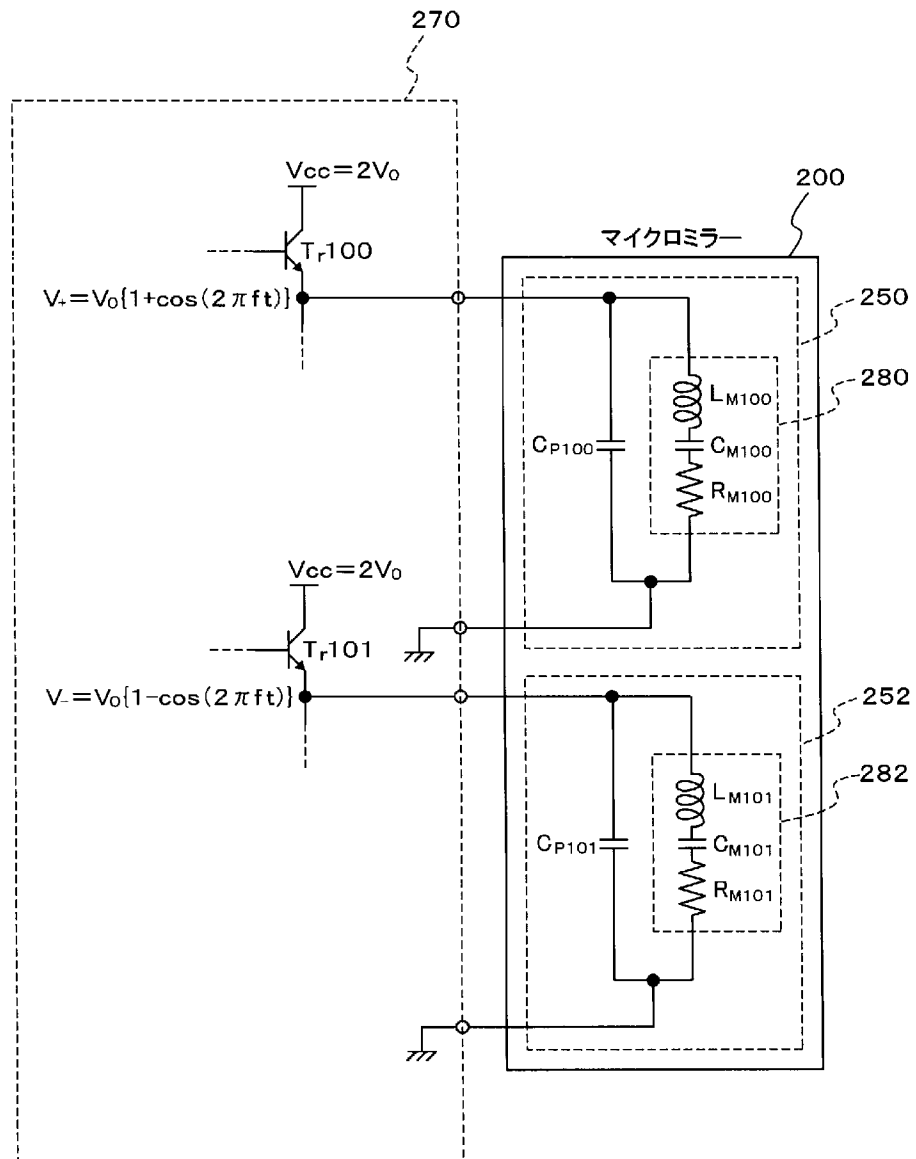




[図15]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/319212

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N2/00(2006.01)i, B06B1/06(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i, G02B27/02(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)

H02N2/00, B06B1/06, G02B26/10, G02B27/02

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2001-60116 A (NGK Insulators, Ltd.), 06 March, 2001 (06.03.01), Par. Nos. [0007] to [0013] & US 6528925 B1 & EP 1079447 A2 & EP 1079447 A3	1, 3, 12-15 2, 4-11
A	JP 2002-159190 A (Nippon Soken, Inc.), 31 May, 2002 (31.05.02), Par. No. [0028] & DE 10151421 A1	5-10
A	JP 4-285479 A (Brother Industries, Ltd.), 09 October, 1992 (09.10.92), Par. No. [0013] (Family: none)	5-10

☐ 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
13 December, 2006 (13.12.06)

Date of mailing of the international search report
19 December, 2006 (19.12.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

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. H02N2/00(2006.01)i, B06B1/06(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i, G02B27/02(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. H02N2/00, B06B1/06, G02B26/10, G02B27/02

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 1971-2006年
 日本国実用新案登録公報 1996-2006年
 日本国登録実用新案公報 1994-2006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）
 WPI

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 請求の範囲の番号
X A A A	J P 2 0 0 1 - 6 0 1 1 6 A (日本碍子株式会社), 06.03.2001, 段落【0007】-【0013】 & U S 6 5 2 8 9 2 5 B 1 & E P 1 0 7 9 4 4 7 A 2 & E P 1 0 7 9 4 4 7 A 3 J P 2 0 0 2 - 1 5 9 1 9 0 A (株式会社日本自動車部品総合 研究所), 31.05.2002, 段落【0028】 & D E 1 0 1 5 1 4 2 1 A 1 J P 4 - 2 8 5 4 7 9 A (ブラザー工業株式会社), 09.10.1992, 段落【0013】(ファミリーなし)	1, 3, 12-15 2, 4-11 5-10 5-10

☐ 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、一般的な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 13.12.2006	国際調査報告の発送日 19.12.2006
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） 3 V 9 0 6 4 牧 初 電話番号 03-3581-1101 内線 3358