(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
2018年5月11日(11.05.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/084007 A1

(51) 国際特許分類:
H03B 15/00 (2006.01) *H01L 43/08* (2006.01)
G11B 5/39 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/038106

(22) 国際出願日： 2017年10月23日(23.10.2017)

(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 2016-216854 2016年11月7日(07.11.2016) JP

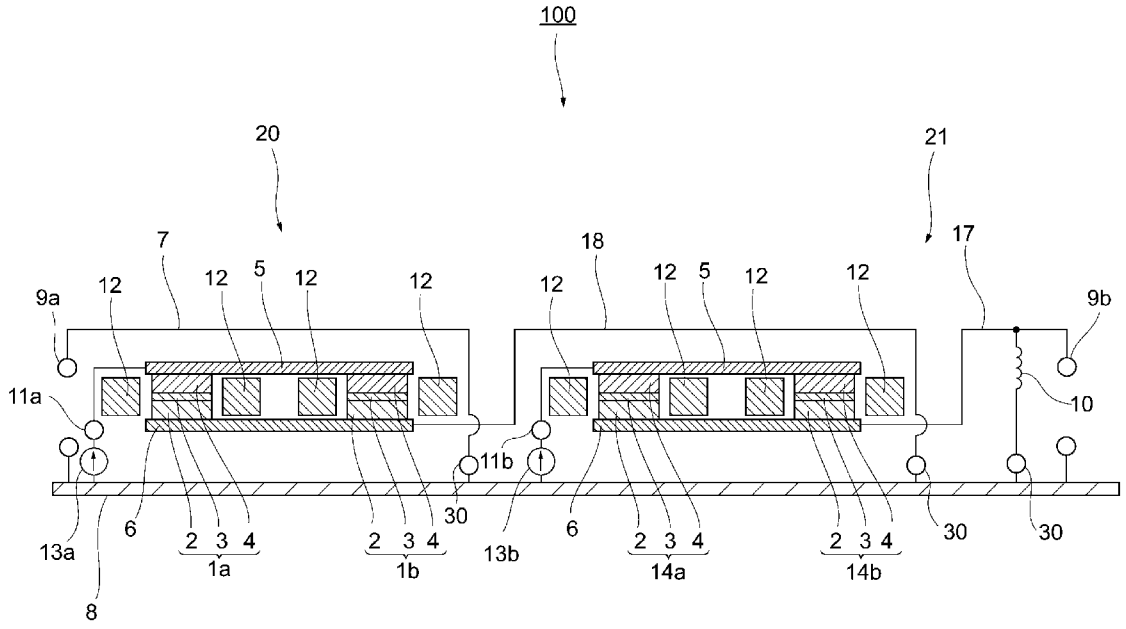
(71) 出願人：ＴＤＫ株式会社(**TDK CORPORATION**) [JP/JP]；〒1080023 東京都港区芝浦三丁目９番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：山根 健量 (**YAMANE Takekazu**)；〒1080023 東京都港区芝浦三丁目９番１号 ＴＤＫ株式会社内 Tokyo (JP). 柴田 哲也(**SHIBATA Tetsuya**)；〒1080023 東京都港区芝浦三丁目９番１号 ＴＤＫ株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 健司(**SUZUKI Tsuyoshi**)；〒1080023 東京都港区芝浦三丁目９番１号 ＴＤＫ株式会社内 Tokyo (JP). 占部 順一郎(**URABE Junichiro**)；〒1080023 東京都港区芝浦三丁目９番１号 ＴＤＫ株式会社内 Tokyo (JP). 志村 淳(**SHIMURA Atsushi**)；〒1080023 東京都港区芝浦三丁目９番１号 ＴＤＫ株式会社内 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,

(54) **Title:** MAGNETORESISTIVE EFFECT DEVICE

(54) 発明の名称： 磁気抵抗効果デバイス



(57) **Abstract:** A magnetoresistive effect device 100 is characterized in having: an MR unit 20 having an input port 9a, an input-side signal line 7, magnetoresistive effect elements 1a, 1b, and a magnetic field generation signal line 18; and an output unit 21 having magnetoresistive effect elements 14a, 14b, an output-side signal line 17, and an output port 9b; the magnetoresistive effect device 100 further having a DC application terminal 11; the output port 9b and the magnetoresistive effect elements 14a, 14b of the output unit 21 being connected via the output-side signal line 17; the input-side signal

WO 2018/084007 A1

［続葉有］

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, 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)）

line 7 being disposed so that a high-frequency magnetic field generated from the input-side signal line 7 is applied to the magnetoresistive effect elements 1a, 1b of the MR unit 20; the magnetoresistive effect elements 1a, 1b and the magnetic field generation signal line 18 being connected in the MR unit 20; and the magnetic field generation signal line 18 being disposed so that a high-frequency magnetic field generated from the magnetic field generation signal line 18 is applied to the magnetoresistive effect elements 14a, 14b of the output unit 21.

(57) 要約：磁気抵抗効果デバイス１００は、入力ポート９ａと、入力側信号線路７と、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよび磁場発生用信号線路１８を有するＭＲユニット２０と、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、出力側信号線路１７および出力ポート９ｂを有する出力ユニット２１とを有し、さらに、直流印加端子１１を有し、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂが出力側信号線路１７を介して接続され、入力側信号線路７は、入力側信号線路７から発生する高周波磁場がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加されるように配置され、ＭＲユニット２０において、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと磁場発生用信号線路１８とが接続され、磁場発生用信号線路１８は、磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに印加されるように配置されていることを特徴とする。

明　細　書

発明の名称 ： 磁気抵抗効果デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、磁気抵抗効果素子を利用した磁気抵抗効果デバイスに関するものである。

背景技術

[0002] 近年、携帯電話等の移動通信端末の高機能化に伴い、無線通信の高速化が進められている。通信速度は使用する周波数の帯域幅に比例するため、通信に必要な周波数バンドは増加し、それに伴って、移動通信端末に必要な高周波フィルタの搭載数も増加している。また、近年新しい高周波用部品に応用できる可能性のある分野として研究されているのがスピントロニクスであり、その中で注目されている現象の一つが、磁気抵抗効果素子による強磁性共鳴現象である（非特許文献１参照）。磁気抵抗効果素子の強磁性膜に交流磁場を印加することで、強磁性膜の磁化に強磁性共鳴を起こすことが出来、強磁性共鳴周波数の近傍にある周波数で強磁性膜の磁化が大きく振動する。強磁性膜の強磁性共鳴周波数は、一般的に数～数十ＧＨｚの高周波帯域である。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：Ｊｏｕｒｎａｌ　Ｏｆ　Ａｐｐｌｉｅｄ　Ｐｈｙｓｉｃｓ　９９、０８Ｎ５０３、１７　Ｎｏｖｅｍｂｅｒ　２００６

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 磁気抵抗効果素子は、強磁性共鳴現象を利用して高周波デバイスに応用することが考えられるが、高周波フィルタ等の高周波デバイスに応用するための具体的な構成は従来示されていない。本発明は、磁気抵抗効果素子を利用した高周波フィルタ等の高周波デバイスを実現できる磁気抵抗効果デバイス

を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 上記目的を達成するための本発明に係る磁気抵抗効果デバイスは、高周波信号が入力される入力ポートと、前記入力ポートに接続され前記入力ポートに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れる入力側信号線路と、磁気抵抗効果素子および磁場発生用信号線路を有するＭＲユニットと、磁気抵抗効果素子、出力側信号線路および出力ポートを有する出力ユニットとを有し、さらに、前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子に直流電流又は直流電圧を印加可能なように直流印加端子を有し、前記磁気抵抗効果素子は、第１強磁性層、第２強磁性層およびこれらの間に配置されたスペーサ層を有し、前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ポートが前記出力側信号線路を介して接続され、前記入力側信号線路は、前記入力側信号線路から発生する高周波磁場が前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置され、前記ＭＲユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子から出力される高周波電流が前記磁場発生用信号線路に流れるように、前記磁気抵抗効果素子と前記磁場発生用信号線路とが接続され、前記磁場発生用信号線路は、前記磁場発生用信号線路から発生する高周波磁場が前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置されていることを特徴とする。

[0006] また、本発明に係る磁気抵抗効果デバイスは、高周波信号が入力される入力ポートと、前記入力ポートに接続され前記入力ポートに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れる入力側信号線路と、磁気抵抗効果素子および磁場発生用信号線路を有するＮ個（Ｎは２以上の自然数）のＭＲユニットと、磁気抵抗効果素子、出力側信号線路および出力ポートを有する出力ユニットとを有し、さらに、前記Ｎ個のＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子に直流電流を印加可能なように直流印加端子を有し、前記磁気抵抗効果素子は、第１強磁性層、第２強磁性層およびこれらの間に配置されたスペーサ層を有し、前記出力ユニットの前

記磁気抵抗効果素子と前記出力ポートが前記出力側信号線路を介して接続され、前記入力側信号線路は、前記入力側信号線路から発生する高周波磁場が１番目の前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置され、各々の前記ＭＲユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子から出力される高周波電流が前記磁場発生用信号線路に流れるように、前記磁気抵抗効果素子と前記磁場発生用信号線路とが接続され、Ｍ番目（Ｍは、１≦Ｍ≦Ｎ－１を満たす自然数）の前記ＭＲユニットの前記磁場発生用信号線路は、Ｍ番目の前記ＭＲユニットの前記磁場発生用信号線路から発生する高周波磁場がＭ＋１番目の前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置され、Ｎ番目の前記ＭＲユニットの前記磁場発生用信号線路は、Ｎ番目の前記ＭＲユニットの前記磁場発生用信号線路から発生する高周波磁場が前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置されていることを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、磁気抵抗効果素子を利用した高周波フィルタ等の高周波デバイスを実現できる磁気抵抗効果デバイスを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第１の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図2]第１の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスのＭＲユニット（出力ユニット）の一部の構造を示した模式図である。

[図3]第１の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスに入力される高周波信号の周波数とＭＲユニットの磁気抵抗効果素子から出力される出力電圧の振幅との関係を示したグラフである。

[図4]第１の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスに入力される高周波信号の周波数と出力電圧の振幅との関係を示したグラフである。

[図5]第２の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図6]第３の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図7]第４の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図8]第５の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図9]第６の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図10]第７の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図11]第８の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図12]第９の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図13]第１０の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図14]第１１の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図15]第１２の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図16]第１３の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図17]第１４の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図18]第１５の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図19]第１６の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図20]第８の実施形態の変形例に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図21]第８の実施形態の変形例に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図22]第８の実施形態の変形例に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図23]第１６の実施形態の変形例に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図24]第１６の実施形態の変形例に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図25]第１６の実施形態の変形例に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

[図26]第１の実施形態の変形例に係る磁気抵抗効果デバイスの構成を示した断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0009] 本発明を実施するための好適な形態につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。以下の実施形態に記載した内容により本発明が限定されるものではない。また、以下に記載した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、均等の範囲のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。また、本発明の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

[0010] （第１の実施形態）

図１は、本発明の第１の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス１００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス１００は、交流信号である高周波信号が入力される入力ポート９ａと、入力ポート９ａに接続され入力ポート９ａに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れる入力側信号線路７と、ＭＲ（Ｍａｇｎｅｔｏ　Ｒｅｓｉｓｔｉｖｅ　ｅｆｆｅｃｔ）ユニット２０と、出力ユニット２１とを有している。入力ポート９ａに入力される高

周波信号は、例えば、１００ＭＨｚ以上の周波数を有する信号である。ＭＲユニット２０は、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよび磁場発生用信号線路１８を有しており、磁気抵抗効果素子１ａと磁気抵抗効果素子１ｂ同士は、上部電極５と下部電極６との間に並列接続されている。出力ユニット２１は、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、出力側信号線路１７および出力ポート９ｂを有しており、磁気抵抗効果素子１４ａと磁気抵抗効果素子１４ｂ同士は、上部電極５と下部電極６との間に並列接続されている。さらに、磁気抵抗効果デバイス１００は、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流を印加可能なように、直流電流入力端子としてＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａと出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂとを有している。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａは、直流印加端子の一例であり、特にＭＲユニット側直流印加端子の一例である。出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂは、直流印加端子の一例であり、特に出力ユニット側直流印加端子の一例である。なお、本明細書において直流電流とは、時間によって方向が変化しない電流であり、時間によって大きさが変化する電流を含む。また、本明細書において直流電圧とは、時間によって方向が変化しない電圧であり、時間によって大きさが変化する電圧を含む。

[0011] 磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂはそれぞれ、第１強磁性層２、第２強磁性層４およびこれらの間に配置されたスペーサ層３を有している。以下、第１強磁性層を磁化固定層とし、第２強磁性層を磁化自由層として説明するが、第１強磁性層及び第２強磁性層はいずれとして機能してもよい。磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの構成は互いに同じである。また、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂが出力側信号線路１７を介して接続されている。入力ポート９ａに高周波信号が入力されると、入力側信号線路７には入力ポート９ａに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れ、入力された高周波電流に対応した高周波磁場が入力側信号線路７から発生するが、入力側信

号線路７は、入力側信号線路７から発生する高周波磁場がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの磁化自由層４に印加されるように配置されている。また、ＭＲユニット２０において、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８に流れるように、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと磁場発生用信号線路１８とが接続されている。磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８を流れると、その高周波電流に対応した高周波磁場が磁場発生用信号線路１８から発生するが、磁場発生用信号線路１８は、磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの磁化自由層４に印加されるように配置されている。

[0012] また、ＭＲユニット２０において、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂにＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａが接続され、出力ユニット２１において、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂが接続されている。

[0013] 図１に示す例では、入力側信号線路７は入力ポート９ａに接続され、さらに基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。磁場発生用信号線路１８はＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続され、さらに基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。グラウンド８は磁気抵抗効果デバイス１００の外部のものとすることができる。

[0014] ＭＲユニット２０において、磁気抵抗効果素子１ａと磁気抵抗効果素子１ｂの磁化自由層４は同一の上部電極５に接続されており、磁気抵抗効果素子１ａと磁気抵抗効果素子１ｂの磁化固定層２は同一の下部電極６に接続されている。磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）と磁場発生用信号線路１８は、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介してＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａに接続されている。

[0015] また、出力ユニット２１において、磁気抵抗効果素子１４ａと磁気抵抗効果素子１４ｂの磁化自由層４は同一の上部電極５に接続されており、磁気抵抗効果素子１４ａと磁気抵抗効果素子１４ｂの磁化固定層２は同一の下部電極６に接続されている。磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化固定層２側）と出力側信号線路１７は、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介して出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂに接続されている。上部電極５および下部電極６は各々、Ｔａ、Ｃｕ、Ａｕ、ＡｕＣｕ、Ｒｕ、またはこれらの材料のいずれか２つ以上の膜で構成されることが好ましい。

[0016] ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々に独立して個別の磁場（静磁場）を印加することが出来るよう、磁場印加機構１２が、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々の近傍に個別に配設されている。ＭＲユニット２０において、各々の磁場印加機構１２から磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々に個別に静磁場が印加された状態で、入力側信号線路７から発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの磁化自由層４に印加される。出力ユニット２１においても同様に、各々の磁場印加機構１２から磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々に個別に静磁場が印加された状態で、磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの磁化自由層４に印加される。各々の磁場印加機構１２は、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々の磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を設定可能な周波数設定機構となっている。例えば、磁場印加機構１２は、電圧または電流のいずれかにより、印加磁場強度を可変制御できる電磁石型あるいはストリップライン型で構成される。また、磁場印加機構１２は、電磁石型あるいはストリップライン型と一定の磁場のみを印加する永久磁石との組み合わせにより構成されていてもよい。また、磁場印加機構１２は、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂに印加する磁場を変化させて磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を変化可能となっている。

[0017] 図２は磁気抵抗効果デバイス１００のＭＲユニット２０（出力ユニット２１）の一部の構造を示した模式図である。磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（１４ａ、１４ｂ）は、磁化固定層２、スペーサ層３、磁化自由層４がこの順に積層されて構成されており、上部電極５と下部電極６に挟まれる構造となっている。上部電極５と入力側信号線路７（磁場発生用信号線路１８）との間には絶縁体１６が存在し、入力側信号線路７（磁場発生用信号線路１８）と上部電極５は電気的に隔離されている。高周波電流が入力側信号線路７（磁場発生用信号線路１８）に流れた時、入力側信号線路７（磁場発生用信号線路１８）から磁化自由層４に高周波磁場が印加される。

[0018] グラウンド８は、基準電位として機能する。入力側信号線路７、磁場発生用信号線路１８、出力側信号線路１７およびグラウンド８の形状は、マイクロストリップライン（ＭＳＬ）型やコプレーナウェーブガイド（ＣＰＷ）型に規定することが好ましい。マイクロストリップライン形状やコプレーナウェーブガイド形状を設計する際、入力側信号線路７、磁場発生用信号線路１８および出力側信号線路１７の特性インピーダンスと回路系のインピーダンスが等しくなるように、入力側信号線路７、磁場発生用信号線路１８および出力側信号線路１７の信号線幅やグラウンド間距離を設計することにより、入力側信号線路７、磁場発生用信号線路１８および出力側信号線路１７を伝送損失の少ない伝送線路とすることが可能となる。入力側信号線路７、磁場発生用信号線路１８および出力側信号線路１７のそれぞれは、Ａｕ、Ｃｕ、ＡｕＣｕ、ＡｇまたはＡｌ等の電気伝導率の高い材料で構成されることが望ましい。

[0019] インダクタ１０は、出力ポート９ｂに対して並列に、出力側信号線路１７に接続されている。図１に示す例では、インダクタ１０の一端が出力側信号線路１７に接続され、インダクタの他端が基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。インダクタ１０は、インダクタ成分により電流の高周波成分をカットすると同時に電流の不変成分を通す機能を有する。インダクタ１０は、チップインダクタまたはパターン線路によるインダク

タのどちらでもよい。また、インダクタ成分を有する抵抗素子でもよい。インダクタ１０のインダクタンス値は１０ｎＨ以上であることが好ましい。インダクタ１０は、高周波信号は通さずに直流信号を選択的にグラウンド８に流すことが出来る。このことにより、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから入力された直流電流は、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、出力側信号線路１７、インダクタ１０、出力ユニット側直流電流入力端子１１およびグラウンド８を含んで形成される閉回路を流れる。この閉回路により、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに効率的に直流電流を印加することができる。

[0020] ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａは、ＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続されている。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａにＭＲユニット側直流電流源１３ａが接続されることで、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに直流電流を印加することが可能になる。出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂは、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ，１４ｂに接続されている。出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂに出力ユニット側直流電流源１３ｂが接続されることで、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ，１４ｂに直流電流を印加することが可能になる。

[0021] ＭＲユニット側直流電流源１３ａは、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａとグラウンド８に接続される。ＭＲユニット側直流電流源１３ａは、ＭＲユニット２０において、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａ、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、磁場発生用信号線路１８およびグラウンド８を含む閉回路に、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａから直流電流を印加する。出力ユニット側直流電流源１３ｂは、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂとグラウンド８に接続される。出力ユニット側直流電流源１３ｂは、出力ユニット２１において、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、出力側信号線路１７、インダクタ１０およびグラウンド８を含む閉回路に、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから直

流電流を印加する。直流電流源は、例えば、可変抵抗と直流電圧源との組み合わせの回路により構成され、直流電流の電流値を変化可能に構成されている。直流電流源は、一定の直流電流を発生可能な、固定抵抗と直流電圧源との組み合わせの回路により構成されてもよい。磁気抵抗効果デバイス１００は、各基準電位端子３０がグラウンド８に接続されて用いられる。

[0022] 磁化固定層２は、強磁性体材料で構成されており、その磁化方向が実質的に一方向に固定されている。磁化固定層２は、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、ＮｉとＦｅの合金、ＦｅとＣｏの合金、またはＦｅとＣｏとＢの合金などの高スピン分極率材料から構成されることが好ましい。これにより、高い磁気抵抗変化率を得ることができる。また、磁化固定層２は、ホイスラー合金で構成されても良い。また、磁化固定層２の膜厚は、１～１０ｎｍとすることが好ましい。また、磁化固定層２の磁化を固定するために磁化固定層２に接するように反強磁性層を付加してもよい。または、結晶構造、形状などに起因する磁気異方性を利用して磁化固定層２の磁化を固定してもよい。反強磁性層には、ＦｅＯ、ＣｏＯ、ＮｉＯ、ＣｕＦｅＳ２、ＩｒＭｎ、ＦｅＭｎ、ＰｔＭｎ、ＣｒまたはＭｎなどを用いることが出来る。

[0023] スペーサ層３は、磁化固定層２と磁化自由層４の間に配置され、磁化固定層２の磁化１６と磁化自由層４の磁化が相互作用して磁気抵抗効果が得られる。スペーサ層３としては、導電体、絶縁体もしくは半導体によって構成される層、または、絶縁体中に導体によって構成される通電点を含む層で構成される。

[0024] スペーサ層３として非磁性導電材料を適用する場合、材料としてはＣｕ、Ａｇ、ＡｕまたはＲｕなどが挙げられ、磁気抵抗効果素子には巨大磁気抵抗（ＧＭＲ）効果が発現する。ＧＭＲ効果を利用する場合、スペーサ層３の膜厚は、０．５～３．０ｎｍ程度とすることが好ましい。

[0025] スペーサ層３として非磁性絶縁材料を適用する場合、材料としてはAl_2O_3またはＭｇＯなどが挙げられ、磁気抵抗効果素子にはトンネル磁気抵抗（ＴＭＲ）効果が発現する。磁化固定層２と磁化自由層４との間にコヒーレント

トンネル効果が発現するように、スペーサ層３の膜厚を調整することで高い磁気抵抗変化率が得られる。ＴＭＲ効果を利用する場合、スペーサ層３の膜厚は、０．５～３．０ｎｍ程度とすることが好ましい。

[0026] スペーサ層３として非磁性半導体材料を適用する場合、材料としてはＺｎＯ、In_2O_3、SnO_2、ＩＴＯ、GaO_xまたはGa_2O_xなどが挙げられ、スペーサ層３の膜厚は１．０～４．０ｎｍ程度とすることが好ましい。

[0027] スペーサ層３として非磁性絶縁体中の導体によって構成される通電点を含む層を適用する場合、Al_2O_3またはＭｇＯによって構成される非磁性絶縁体中に、ＣｏＦｅ、ＣｏＦｅＢ、ＣｏＦｅＳｉ、ＣｏＭｎＧｅ、ＣｏＭｎＳｉ、ＣｏＭｎＡｌ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ａｕ、Ｃｕ、ＡｌまたはＭｇなどの導体によって構成される通電点を含む構造とすることが好ましい。この場合、スペーサ層３の膜厚は、０．５～２．０ｎｍ程度とすることが好ましい。

[0028] 磁化自由層４は、その磁化の方向が変化可能であり、強磁性体材料で構成されている。磁化自由層４の磁化の方向は、例えば、外部印加磁場またはスピン偏極電子によって変化可能である。磁化自由層４は、膜面内方向に磁化容易軸を有する材料の場合、材料としてはＣｏＦｅ、ＣｏＦｅＢ、ＣｏＦｅＳｉ、ＣｏＭｎＧｅ、ＣｏＭｎＳｉまたはＣｏＭｎＡｌなどが挙げられ、厚さは１～１０ｎｍ程度とすることが好ましい。磁化自由層４は、膜面法線方向に磁化容易軸を有する材料の場合、材料としてはＣｏ、ＣｏＣｒ系合金、Ｃｏ多層膜、ＣｏＣｒＰｔ系合金、ＦｅＰｔ系合金、希土類を含むＳｍＣｏ系合金またはＴｂＦｅＣｏ合金などが挙げられる。また、磁化自由層４は、ホイスラー合金で構成されても良い。また、磁化自由層４とスペーサ層３との間に、高スピン分極率材料を挿入しても良い。これによって、高い磁気抵抗変化率を得ることが可能となる。高スピン分極率材料としては、ＣｏＦｅ合金またはＣｏＦｅＢ合金などが挙げられる。ＣｏＦｅ合金またはＣｏＦｅＢ合金いずれの膜厚も０．２～１．０ｎｍ程度とすることが好ましい。

[0029] また、ＭＲユニット２０と出力ユニット２１において、上部電極５と各磁気抵抗効果素子との間、および下部電極６と各磁気抵抗効果素子との間にキ

ャップ層、シード層またはバッファー層を配設しても良い。キャップ層、シード層またはバッファー層としては、Ｒｕ、Ｔａ、Ｃｕ、Ｃｒまたはこれらの積層膜などが挙げられ、これらの層の膜厚は２～１０ｎｍ程度とすることが好ましい。

[0030] 尚、ＭＲユニット２０と出力ユニット２１において、各磁気抵抗効果素子の大きさは、平面視形状が長方形（正方形を含む）の場合、その長辺を１００ｎｍ程度、または１００ｎｍ以下にすることが望ましい。各磁気抵抗効果素子の平面視形状が長方形（正方形を含む）ではない場合は、各磁気抵抗効果素子の平面視形状に最小の面積で外接する長方形の長辺を、各磁気抵抗効果素子の長辺と定義する。長辺が１００ｎｍ程度と小さい場合、磁化自由層４の磁区の単磁区化が可能となり、高効率な強磁性共鳴現象の実現が可能となる。ここで、「平面視形状」とは、各磁気抵抗効果素子を構成する各層の積層方向に垂直な平面で見た形状のことである。

[0031] ここで、強磁性共鳴現象について説明する。

[0032] 高周波磁場が磁化自由層４に印加された場合、印加された高周波磁場のうち、周波数が磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍であるものに対しては、磁化自由層４の磁化は大きく振動する。この現象を強磁性共鳴現象と呼ぶ。強磁性共鳴周波数は、磁化自由層４における有効磁場によって変化する。磁化自由層４における有効磁場H_{eff}は、磁化自由層４に印加される外部磁場H_E、磁化自由層４における異方性磁場H_k、磁化自由層４における反磁場H_D、磁化自由層４における交換結合磁場H_{EX}を用いて、

$$H_{eff}=H_E+H_k+H_D+H_{EX}$$

で表される。各磁場印加機構１２は、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々に磁場を印加し、各磁化自由層４に外部磁場H_Eを印加することにより、各磁化自由層４における有効磁場H_{eff}を設定可能な有効磁場設定機構である。有効磁場設定機構である各磁場印加機構１２は、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々に印加する磁場を変化させることで、各磁化自由層４における有効磁場を変化させて磁気抵抗効果素子１ａ、１

ｂ、１４ａ、１４ｂの各々の磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を変化させることが出来る。このように、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々に印加される磁場を変化させると、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々の磁化自由層４の強磁性共鳴周波数は変化する。一般的な場合、磁気抵抗効果素子（磁化自由層４）に印加される静磁場が強くなるに従って、強磁性共鳴周波数は高くなる。

[0033] また、磁気抵抗効果素子に印加される直流電流の電流密度を変化させると、磁化自由層４の強磁性共鳴周波数は変化する。一般的な場合、磁気抵抗効果素子に印加される直流電流の電流密度が大きくなるに従って、磁化自由層４の強磁性共鳴周波数は低くなる。したがって、各磁場印加機構１２から磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々（各磁化自由層４）に印加される磁場（静磁場）を変化させるか、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａから磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加される直流電流、または、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに印加される直流電流を変化させることにより、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を可変制御することができる。各磁気抵抗効果素子に印加される直流電流の電流密度は、各磁気抵抗効果素子の発振閾値電流密度よりも小さいことが好ましい。磁気抵抗効果素子の発振閾値電流密度とは、この値以上の電流密度の直流電流の印加により、磁気抵抗効果素子の磁化自由層の磁化が一定周波数及び一定の振幅で歳差運動を開始し、磁気抵抗効果素子が発振する（磁気抵抗効果素子の出力（抵抗値）が一定周波数及び一定の振幅で変動する）閾値の電流密度のことである。

[0034] 入力ポート９ａに高周波信号が入力されると、入力側信号線路７には入力ポート９ａに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れ、入力された高周波電流に対応した高周波磁場が入力側信号線路７から発生する。この入力側信号線路７から発生する高周波磁場がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４に印加され、各磁化自由層４の磁化は入力側信号線路７から発生する高周波磁場に対応して振動する。磁気抵抗効果

により、この各磁化自由層４の磁化の振動に対応して、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々の抵抗値が振動する。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａより直流電流が印加されると、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの振動する各抵抗値と磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々を流れる直流電流との積である電圧として、入力された高周波信号に対応する高周波信号が磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから磁場発生用信号線路１８に出力される。

[0035] 入力側信号線路７から発生する高周波磁場の周波数は入力ポート９ａより入力された高周波信号の周波数に対応する。入力側信号線路７から発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４に印加されると、各磁化自由層４の強磁性共鳴効果により、入力された高周波信号のうち、周波数が各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍であるものに対しては、各磁化自由層４の磁化は大きく振動して磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々の抵抗値が大きく振動するため、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々から磁場発生用信号線路１８に出力される。

[0036] ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８を流れると、その高周波電流に対応した高周波磁場が磁場発生用信号線路１８から発生する。この磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４に印加され、各磁化自由層４の磁化は磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場に対応して振動する。磁気抵抗効果により、この各磁化自由層４の磁化の振動に対応して、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々の抵抗値が振動する。出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂより直流電流が印加されると、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの振動する各抵抗値と磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々を流れる直流電流との積である電圧として、ＭＲユニット２

０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力された高周波信号に対応する高周波信号が、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂから出力側信号線路１７を通って出力ポート９ｂに出力される。

[0037] 磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場の周波数は、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力された高周波信号の周波数に対応する。磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４に印加されると、各磁化自由層４の強磁性共鳴効果により、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力された高周波信号のうち、周波数が各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍であるものに対しては、各磁化自由層４の磁化は大きく振動して磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々の抵抗値が大きく振動するため、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々から出力ポート９ｂに出力される。つまり、磁気抵抗効果デバイス１００は、ＭＲユニット２０と出力ユニット２１の２段階にわたって、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数（通過帯域の周波数）の高周波信号を選択的に通過させることができるため、周波数選択性の高い高周波フィルタとなる。

[0038] また、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加される直流電流（ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａから印加される直流電流）と磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに印加される直流電流（出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから印加される直流電流）を変化させることにより、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を可変制御することができるため、磁気抵抗効果デバイス１００は、通過帯域を変化可能な周波数可変フィルタとして機能することも可能となる。

[0039] さらに、磁気抵抗効果デバイス１００は、磁場印加機構１２が、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々の磁化自由層４における有効磁場を変化させて磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々の磁化

自由層４の強磁性共鳴周波数を変化可能であるので、通過帯域を変化可能な周波数可変フィルタとして機能することも可能となる。

[0040] さらに、通過帯域が変化する際、通過帯域の任意の周波数１点に注目すると、通過信号の位相が変化する。つまり、磁気抵抗効果デバイス１００は通過帯域（動作帯域）の周波数の信号の位相を変化可能なフェイズシフタとして機能することも出来る。

[0041] また、出力ポート９ｂから入力ポート９ａに高周波信号を入力しても、入力ポート９ａから高周波信号は出力されないため、磁気抵抗効果デバイス１００はアイソレータとしても機能することが出来る。さらに、出力ポート９ｂから出力される高周波信号の強度が入力ポート９ａに入力される高周波信号の強度よりも大きい場合、磁気抵抗効果デバイス１００は増幅器としても機能する。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａから入力される直流電流および出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから入力される直流電流の少なくとも一方を一定以上に大きくすることによって、出力ポート９ｂから出力される高周波信号の強度を入力ポート９ａに入力される高周波信号の強度よりも大きくすることができる。

[0042] ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａと出力ユニットの磁気抵抗効果素子１４ａの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数が等しく、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ｂと出力ユニットの磁気抵抗効果素子１４ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数が等しくなるように、かつ、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａと出力ユニットの磁気抵抗効果素子１４ａの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ｂと出力ユニットの磁気抵抗効果素子１４ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数よりも小さくなるように、各々の磁気抵抗効果素子に各磁場供給機構１２から静磁場が印加されているとする。図３に、この場合に、磁気抵抗効果デバイス１００に入力される高周波信号の周波数と、ＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂからの出力電圧の振幅との関係を示したグラフを示す。図３の縦軸は出力電圧の振幅、横軸は周波数を表している。例

えば図３に示すように、磁気抵抗効果素子１ａの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数をｆ１、磁気抵抗効果素子１ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数をｆ２とすると、ｆ１＜ｆ２となる。図３に示されるように、ＭＲユニット２０において、磁気抵抗効果素子１ａの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数ｆ１の近傍の周波数（図３に示す通過帯域１００ａ）の一部と、磁気抵抗効果素子１ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数ｆ２の近傍の周波数（図３に示す通過帯域１００ｂ）の一部が重なるように各々の磁場印加機構１２が磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々に印加する磁場強度を調整すると、図３に示されるように、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂが磁場発生用信号線路１８に大きな強度で出力することができる高周波信号の周波数帯域（図３に示す通過帯域１００）を広域化することが出来る。

[0043] 図４に、同様の場合に、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力された高周波信号の周波数と出力ポート９ｂからの出力電圧の振幅との関係を示したグラフを示す。図４の縦軸は出力電圧の振幅、横軸は周波数を表している。例えば図４に示すように、出力ユニット２１において、磁気抵抗効果素子１４ａの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数をｆ１、磁気抵抗効果素子１４ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数をｆ２とすると、ｆ１＜ｆ２となる。図４に示されるように、出力ユニット２１において、磁気抵抗効果素子１４ａの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数ｆ１の近傍の周波数（図４に示す通過帯域１００ａ’）の一部と、磁気抵抗効果素子１４ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数ｆ２の近傍の周波数（図４に示す通過帯域１００ｂ’）の一部が重なるように各々の磁場印加機構１２が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々に印加する磁場強度を調整すると、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂが出力ポート９ｂに大きな強度で出力することができる高周波信号の周波数帯域（図４に示す通過帯域１００’）を広域化することが出来る。ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂにより、周波数に対して選択的に高周波磁場が磁場発生用信号線路１８から出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに印加されるため、ＭＲユニット２０と出力

ユニット２１で２段階にわたり、周波数に対し選択的に高周波信号が磁気抵抗効果デバイス１００通過する。そのため、図４に示されるように、出力ポート９ｂから出力される通過帯域（図４に示す通過帯域１００’）の出力電圧と遮断帯域の出力電圧の差は、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される通過帯域（図３に示す通過帯域１００）の出力電圧と遮断帯域の出力電圧の差よりも大きくなる。

[0044] なお、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々に印加される直流外部磁場H_E（磁化自由層４における有効磁場H_{eff}）が大きくなるに従って、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々の振動する抵抗値の振幅が小さくなるので、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々に印加される直流外部磁場H_E（磁化自由層４における有効磁場H_{eff}）を大きくするのに伴い、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂの各々に印加される直流電流の電流密度を大きくすることが好ましい。

[0045] また、高周波フィルタとしての遮断特性と通過特性のレンジを大きくするためには、磁化自由層４が膜面法線方向に磁化容易軸を有し、磁化固定層２が膜面方向に磁化容易軸を有する構成とすることが好ましい。

[0046] 第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００では、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流を印加可能なように、直流印加端子としての直流電流入力端子（ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａと出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ）を有する例で説明したが、各々の直流印加端子から各々の磁気抵抗効果素子に直流電圧が印加されるようにしてもよい。この場合、直流電流源にかえて直流電圧源を直流印加端子に接続する。つまり、直流印加端子は、各磁気抵抗効果素子に直流電流または直流電圧を印加可能であればよい。直流電圧源は、一定の直流電圧を発生可能な直流電圧源でもよく、発生する直流電圧値の大きさが変化可能な直流電圧源でもよい。以降に説明する第２～第１６実施形態についても同様である。

[0047] このように、磁気抵抗効果デバイス１００は、高周波信号が入力される入力

ポート９ａと、入力ポート９ａに接続され入力ポート９ａに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れる入力側信号線路７と、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよび磁場発生用信号線路１８を有するＭＲユニット２０と、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、出力側信号線路１７および出力ポート９ｂを有する出力ユニット２１とを有し、さらに、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流又は直流電圧を印加可能なように直流印加端子（ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａと出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ）を有し、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂは、それぞれ磁化固定層２（第１強磁性層）、磁化自由層４（第２強磁性層）およびこれらの間に配置されたスペーサ層３を有し、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂが出力側信号線路１７を介して接続され、入力側信号線路１８は、入力側信号線路１８から発生する高周波磁場がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの磁化自由層４に印加されるように配置され、ＭＲユニット２０において、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８に流れるように、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと磁場発生用信号線路１８とが接続され、磁場発生用信号線路１８は、磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの磁化自由層４に印加されるように配置されている。

[0048] したがって、磁気抵抗効果デバイス１００によれば、入力ポート９ａに高周波信号が入力されると、入力側信号線路７に高周波電流が流れる。そのため、入力された高周波信号に対応した入力側信号線路７から発生する高周波磁場がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４に印加され、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４の磁化は、入力側信号線路７から発生する高周波磁場に対応して振動する。磁気抵抗効果により、この各磁化自由層４の磁化の振動に対応して、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々の抵抗値が振動する。ＭＲ

ユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々にＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａから直流電流が印加されると、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの振動する各々の抵抗値と磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々を流れる直流電流との積である電圧として、入力された高周波信号に対応する高周波信号がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから磁場発生用信号線路１８に出力される。（磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々にＭＲユニット側直流印加端子から直流電圧が印加される場合は、入力された高周波信号に対応する高周波信号が、大きさが振動する電流としてＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから磁場発生用信号線路１８に出力される。）同様に、出力ユニット２１においても、磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場に対応して、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の磁化が振動し、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから直流電流が印加されると、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの振動する各々の抵抗値と磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々を流れる直流電流との積である電圧として、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから磁場発生用信号線路１８に出力された高周波信号に対応する高周波信号が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂから出力ポート９ｂに出力される。（出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々に出力ユニット側直流印加端子から直流電圧が印加される場合は、入力された高周波信号に対応する高周波信号が、大きさが振動する電流として出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂから出力ポート９ｂに出力される。）

[0049] 入力側信号線路７から発生する高周波磁場がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４に印加された場合、入力側信号線路７から発生する高周波磁場のうち、周波数がＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍であるものに対しては、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４

の磁化は、強磁性共鳴現象により大きく振動する。同様に、磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４に印加された場合も、磁場発生用信号線路１８から発生する高周波磁場のうち、周波数が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍にあるものに対しては、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の磁化は、強磁性共鳴現象により大きく振動する。この強磁性共鳴現象により、ＭＲユニット２０においては、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから磁場発生用信号線路１８に出力される。同様に、出力ユニット２１においても、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂから出力ポート９ｂに出力される。

[0050] したがって、磁気抵抗効果デバイス１００は、ＭＲユニット２０と出力ユニット２１との２段階にわたって、周波数に対して選択的に高周波信号が通過するため、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４と出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数が重複する部分では、より高周波信号の周波数の選択性を高めることが出来、特性の良い高周波フィルタとして機能する。

[0051] また、磁気抵抗効果デバイス１００は、アイソレータとしても機能することが出来る。また、ＭＲユニット側直流印加端子および出力ユニット側直流印加端子から印加される直流電流又は直流電圧を変化させることにより、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を可変制御することができるため、磁気抵抗効果デバイス１００は、周波数可変のフィルタまたはアイソレータ等として機能することも可能となる。さらには、磁気抵抗効果デバイス１００は、信号の位相を変化可能なフェイズシフタ、信号の増幅が可能な増幅器として機

能することも可能である。

[0052] また、磁気抵抗効果デバイス１００は、直流印加端子としてＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａ（ＭＲユニット側直流印加端子）と出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ（出力ユニット側直流印加端子）とを有し、ＭＲユニット２０において、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂにＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａ（ＭＲユニット側直流印加端子）が接続され、出力ユニット２１において、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ（出力ユニット側直流印加端子）が接続されているので、ＭＲユニット２０における磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１における磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂにそれぞれ個別に最適な直流電流又は直流電圧を印加することが出来る。

[0053] 以上説明した第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００に対しては、様々な構成要素を追加することができる。例えば、出力ポート９ｂに接続された高周波回路に直流信号が流れるのを防ぐために、インダクタ１０の出力側信号線路１７への接続部と出力ポート９ｂとの間の出力側信号線路１７に直流信号をカットするためのキャパシタを直列に接続してもよい。

[0054] （第２の実施形態）

図５は、本発明の第２の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス２００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス２００において、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス２００は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００に対し、キャパシタ１９およびインダクタ１５をさらに有し、ＭＲユニット２０において、磁場発生用信号線路１８に対してキャパシタ１９が直列に接続され、キャパシタ１９と並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に磁場発生用信号線路１８に対して並列にインダクタ１５が接続されている。

[0055] 図５に示す例では、インダクタ１５の一端が、キャパシタ１９と並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間の磁場発生用信号線路１８に接続され、インダクタ１５の他端が基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。インダクタ１５は、第１の実施形態で説明したインダクタ１０と同様のものを用いることができる。磁気抵抗効果デバイス２００では、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａ、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、インダクタ１５およびグラウンド８を含む閉回路に、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａから直流電流が印加される。また、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９を介して磁場発生用信号線路１８を流れる。磁気抵抗効果デバイス２００のその他の構成は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と同じである。

[0056] 磁気抵抗効果デバイス２００では、磁場発生用信号線路１８に対してキャパシタ１９が直列に接続されているため、キャパシタ１９により磁場発生用信号線路１８への直流電流の流入を防ぐことが出来る。さらに、インダクタ１５がＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａから入力された直流電流の経路になるとともに、インダクタ１５側への高周波信号の流入を抑制するため、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号を磁場発生用信号線路１８に効率的に流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８から効率的に発生させることが出来る。

[0057]（第３の実施形態）

図６は、本発明の第３の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス３００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス３００において、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス３００は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００に対し、キャパシタ１９をさらに有し、磁場発生用信号線路１８に

対してキャパシタ１９が直列に接続されている。また、磁気抵抗効果デバイス３００は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００のＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａ及び出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂにかえて、直流電流入力端子１１を有している。直流電流入力端子１１は直流印加端子の一例である。直流電流入力端子１１は、キャパシタ１９とＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間と、出力ポート９ｂと出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとの間との両方に接続されており、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流を印加可能になっている。

[0058] 図６に示す例では、直流電流入力端子１１は、キャパシタ１９と並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間の磁場発生用信号線路１８と、出力側信号線路１７との両方に接続されている。また、図６に示すように、ＭＲユニット２０において、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）と磁場発生用信号線路１８は、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端は（磁化自由層４側）は、上部電極５および基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。また、出力ユニット２１において、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化固定層２側）と出力側信号線路１７は、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５および基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。インダクタ１０の一端は直流電流入力端子１１に接続され、インダクタ１０の他端は直流電流源１３の一端に接続され、直流電流源１３はインダクタ１０を介して直流電流入力端子１１に接続されている。直流電流源１３の他端はグラウンド８に接続される。磁気抵抗効果デバイス３００では、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、磁場発生用信号線路１８、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加されるとともに、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、出力側信

号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。また、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９を介して磁場発生用信号線路１８を流れる。磁気抵抗効果デバイス３００のその他の構成は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と同じである。

[0059] 磁気抵抗効果デバイス３００では、磁場発生用信号線路１８に対してキャパシタ１９が直列に接続されており、直流電流入力端子１１（直流印加端子）が、キャパシタ１９とＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間と、出力ポート９ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとの間との両方に接続されているので、キャパシタ１９により、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流の磁場発生用信号線路１８への流入を防ぐことが出来るため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流又は直流電圧を出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂだけでなくＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加することができる。さらに、ＭＲユニット２０と出力ユニット２１で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0060]（第４の実施形態）

図７は、本発明の第４の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス４００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス４００において、第３の実施形態の磁気抵抗効果デバイス３００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第３の実施形態の磁気抵抗効果デバイス３００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス４００は、第３の実施形態の磁気抵抗効果デバイス３００に対し、インダクタ１５をさらに有し、ＭＲユニット２０において、キャパシタ１９と並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間にインダクタ１５の一端が接続され、インダクタ１５の他端は直流電流入力端子

１１に接続されている。図７に示す例では、キャパシタ１９と並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間の磁場発生用信号線路１８にインダクタ１５の一端が接続されている。インダクタ１５は、第１の実施形態で説明したインダクタ１０と同様のものを用いることができる。磁気抵抗効果デバイス４００では、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、インダクタ１５、磁場発生用信号線路１８、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加されるとともに、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。磁気抵抗効果デバイス４００のその他の構成は、第３の実施形態の磁気抵抗効果デバイス３００と同じである。

[0061] 磁気抵抗効果デバイス４００では、ＭＲユニット２０において、キャパシタ１９と磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間にインダクタ１５の一端が接続され、インダクタ１５の他端が直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続されているので、インダクタ１５により、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号が直流電流入力端子１１（直流印加端子）側に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８に効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８から効率的に発生させることが出来る。

[0062] （第５の実施形態）

図８は、本発明の第５の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス５００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス５００において、第３の実施形態の磁気抵抗効果デバイス３００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第３の実施形態の磁気抵抗効果デバイス３００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス５００は、第３の実施形態の磁気抵抗効果デバイス３００に対し、インダクタ１５をさらに有し、出力ユニット２１において、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂとの間

にインダクタ１５の一端が接続され、インダクタ１５の他端は直流電流入力端子１１に接続されている。図８に示す例では、出力ポート９ｂに対して並列に、出力側信号線路１７にインダクタ１５の一端が接続されている。インダクタ１５は、第１の実施形態で説明したインダクタ１０と同様のものを用いることができる。磁気抵抗効果デバイス５００では、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、磁場発生用信号線路１８、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加されるとともに、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、インダクタ１５、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。磁気抵抗効果デバイス５００のその他の構成は、第３の実施形態の磁気抵抗効果デバイス３００と同じである。

[0063] 磁気抵抗効果デバイス５００では、出力ユニット２１において、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂとの間にインダクタ１５の一端が接続され、インダクタ１５の他端は直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続されているので、インダクタ１５により、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ側や出力ポート９ｂ側（出力側信号線路１７）に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８に効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８から効率的に発生させることが出来る。

[0064] （第６の実施形態）

図９は、本発明の第６の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス６００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス６００において、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス６００は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイ

ス１００に対し、キャパシタ１９をさらに有し、磁場発生用信号線路１８に対してキャパシタ１９が直列に接続されている。また、磁気抵抗効果デバイス６００は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００のＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａ及び出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂにかえて、直流電流入力端子１１を有しており、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流を印加可能になっている。キャパシタ１９とＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が接続され、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端が出力ポート９ｂに接続され、ＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと直流電流入力端子１１とが直列に接続されている。

[0065] 図９に示す例では、キャパシタ１９と並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間の磁場発生用信号線路１８に、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化自由層４側）が上部電極５を介して接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化固定層２側）が下部電極６と出力側信号線路１７を介して出力ポート９ｂに接続されている。また、図９に示すように、ＭＲユニット２０において、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）と磁場発生用信号線路１８は、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端は（磁化自由層４側）は、上部電極５および基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。また、インダクタ１０の一端は出力側信号線路１７に接続され、インダクタ１０の他端は直流電流入力端子１１に接続されている。直流電流源１３は、直流電流入力端子１１とグラウンド８に接続される。磁気抵抗効果デバイス５００では、直流電流入力端子１１、インダクタ１０、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、磁場発生用信号線路１８、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回

路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。また、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９を介して磁場発生用信号線路１８を流れる。磁気抵抗効果デバイス６００のその他の構成は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と同じである。

[0066] 磁気抵抗効果デバイス６００では、磁場発生用信号線路１８に対してキャパシタ１９が直列に接続されており、キャパシタ１９とＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が接続され、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端が出力ポート９ｂに接続され、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと直流電流入力端子１１（直流印加端子）とが直列に接続されている。したがって、キャパシタ１９により、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流の磁場発生用信号線路１８への流入を防ぐことが出来るため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流又は直流電圧を出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂだけでなくＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加することができる。さらに、ＭＲユニット２０と出力ユニット２１で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0067] （第７の実施形態）

図１０は、本発明の第７の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス７００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス７００において、第６の実施形態の磁気抵抗効果デバイス６００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第６の実施形態の磁気抵抗効果デバイス６００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス７００は、第６の実施形態の磁気抵抗効果デバイス６００に対し、シャント用キャパシタ２３およびインダクタ１５をさらに有している。出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ

、１４ｂの一端がシャント用キャパシタ２３に接続され、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端が出力ポート９ｂに接続され、ＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとキャパシタ１９との間にインダクタ１５の一端が接続され、インダクタ１５の他端が出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとシャント用キャパシタ２３との間に接続されている。

[0068] 図１０に示す例では、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化自由層４側）が上部電極５を介してシャント用キャパシタ２３の一端に接続され、シャント用キャパシタ２３の他端は基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっており、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化固定層２側）は、下部電極６と出力側信号線路１７を介して出力ポート９ｂに接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとキャパシタ１９との間の磁場発生用信号線路１８にインダクタ１５の一端が接続されている。インダクタ１５は、第１の実施形態で説明したインダクタ１０と同様のものを用いることができる。磁気抵抗効果デバイス７００では、直流電流入力端子１１、インダクタ１０、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、インダクタ１５、磁場発生用信号線路１８、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。磁気抵抗効果デバイス７００のその他の構成は、第６の実施形態の磁気抵抗効果デバイス６００と同じである。

[0069] 磁気抵抗効果デバイス７００では、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端がシャント用キャパシタ２３に接続され、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端が出力ポート９ｂに接続され、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとキャパシタ１９との間にインダクタ１５の一端が接続され、インダクタ１５の他端が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとシャント用キャパシタ２３との間に接続されている。したがって、インダクタ１５により、ＭＲユニット２０

の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号が直流電流入力端子側１１（直流印加端子）に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８に効率的に高周波信号を流すことが出来る。また、シャント用キャパシタ２３により、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流又は直流電圧をＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加しつつ、出力ユニット２１における、高周波信号の閉回路形成が可能になる。

[0070]（第８の実施形態）

図１１は、本発明の第８の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス８００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス８００において、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス８００は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００のＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａ及び出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂにかえて、直流電流入力端子１１を有しており、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流を印加可能になっている。磁気抵抗効果デバイス８００では、ＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端が磁場発生用信号線路１８に接続され、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が出力ポート９ｂに接続され、ＭＲユニット２０の並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端と出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端との両方に、直流電流入力端子１１が接続されている。

[0071] 図１１に示す例では、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）は、下部電極６を介して磁場発生用信号線路１８に接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介して直流電流入力端子１１に接続されている。また、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化固定層２側）は

、下部電極６および出力側信号線路１７を介して出力ポート９ｂに接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介して直流電流入力端子１１に接続されている。磁気抵抗効果デバイス８００では、直流電流入力端子１１、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、磁場発生用信号線路１８およびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加されるとともに、直流電流入力端子１１、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、インダクタ１０およびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。磁気抵抗効果デバイス８００のその他の構成は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と同じである。

[0072] 磁気抵抗効果デバイス８００では、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端が磁場発生用信号線路１８に接続され、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が出力ポート９ｂに接続され、ＭＲユニット２０の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端と出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端との両方に、直流電流入力端子１１（直流印加端子）が接続されている。したがって、ＭＲユニット２０と出力ユニット２１で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0073] （第９の実施形態）

図１２は、本発明の第９の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス９００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス９００において、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス９００は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００のＭＲユニット２０にかえて、本発明におけるＮ個（Ｎは２以上の自然数）のＭＲユニットに相当する２個のＭＲユニットとして、１番目の

ＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂを有している（「Ｎ＝２」の例）。１番目のＭＲユニット２０ａは、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよび磁場発生用信号線路１８ａを有しており、磁気抵抗効果素子１ａと磁気抵抗効果素子１ｂ同士は、上部電極５と下部電極６との間に並列接続されている。２番目のＭＲユニット２０ｂは、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂおよび磁場発生用信号線路１８ｂを有しており、磁気抵抗効果素子２４ａと磁気抵抗効果素子２４ｂ同士は、上部電極５と下部電極６との間に並列接続されている。さらに、磁気抵抗効果デバイス９００は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００のＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａにかえて、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよび２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに直流電流を印加可能なように、直流電流入力端子としてＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃおよびＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄを有している。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃおよびＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄは、直流印加端子の一例であり、特にＭＲユニット側直流印加端子の一例である。

[0074] 磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂの構成は、第１の実施形態で説明した磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと同じである。入力ポート９ａに高周波信号が入力されると、入力側信号線路７には入力ポート９ａに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れ、入力された高周波電流に対応した高周波磁場が入力側信号線路７から発生するが、入力側信号線路７は、入力側信号線路７から発生する高周波磁場が１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの磁化自由層４に印加されるように配置されている。また、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８ａに流れるように、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと磁場発生用信号線路１８ａとが接続されている。磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８ａを流れると

、その高周波電流に対応した高周波磁場が磁場発生用信号線路１８ａから発生するが、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁場発生用信号線路１８ａは、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場が２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの磁化自由層４に印加可能なように配置されている。ここで、Ｍは、１≦Ｍ≦Ｎ－１を満たす自然数である。さらに、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８ｂに流れるように、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと磁場発生用信号線路１８ｂとが接続されている。磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８ｂを流れると、その高周波電流に対応した高周波磁場が磁場発生用信号線路１８ｂから発生するが、２番目（Ｎ番目）のＭＲユニット２０ｂの磁場発生用信号線路１８ｂは、２番目（Ｎ番目）のＭＲユニット２０ｂの磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの磁化自由層４に印加されるように配置されている。

[0075] また、１番目のＭＲユニット２０ａがＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃを有し、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂにＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃが接続され、２番目のＭＲユニット２０ｂがＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄを有し、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂにＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄが接続されている。つまり、磁気抵抗効果デバイス９００では、ＭＲユニット２０ａ、２０ｂの各々がＭＲユニット側直流電流入力端子を有し、ＭＲユニット２０ａ、２０ｂの各々において、磁気抵抗効果素子にＭＲユニット側直流電流入力端子が接続されている。

[0076] 出力ユニット２１の構成は、第１の実施形態で説明した出力ユニットと同じであり、出力ユニット２１が出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂを有

し、出力ユニット２１において、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂが接続されている。

[0077] 図１２に示す例では、入力側信号線路７は入力ポート７に接続され、さらに基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。磁場発生用信号線路１８ａは１番目のＭＲユニット２０ａの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続され、さらに基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。また、磁場発生用信号線路１８ｂは２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに接続され、さらに基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。

[0078] １番目のＭＲユニット２０ａにおいて、磁気抵抗効果素子１ａと磁気抵抗効果素子１ｂの磁化自由層４は同一の上部電極５に接続されており、磁気抵抗効果素子１ａと磁気抵抗効果素子１ｂの磁化固定層２は同一の下部電極６に接続されている。磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）と磁場発生用信号線路１８ａは、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介してＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃに接続されている。

[0079] 同様に、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、磁気抵抗効果素子２４ａと磁気抵抗効果素子２４ｂの磁化自由層４は同一の上部電極５に接続されており、磁気抵抗効果素子２４ａと磁気抵抗効果素子２４ｂの磁化固定層２は同一の下部電極６に接続されている。磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端（磁化固定層２側）と磁場発生用信号線路１８ｂは、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介してＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄに接続されている。

[0080] １番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々に独立して個別の静磁場を印加する

ことが出来るよう、磁場印加機構１２が、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂの各々の近傍に個別に配設されている。１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、各々の磁場印加機構１２から磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々に個別に静磁場が印加された状態で、入力側信号線路７から発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの磁化自由層４に印加される。２番目のＭＲユニット２０ｂにおいても同様に、各々の磁場印加機構１２から磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各々に個別に静磁場が印加された状態で、磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの磁化自由層４に印加される。出力ユニット２１においても同様に、各々の磁場印加機構１２から磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々に個別に静磁場が印加された状態で、磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの磁化自由層４に印加される。各々の磁場印加機構１２は、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂの各々の磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を設定可能となっている。

[0081] ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃは、１番目のＭＲユニット２０ａの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続されている。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃにＭＲユニット側直流電流源１３ｃが接続されることで、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに直流電流を印加することが可能になる。

[0082] 同様に、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄは、２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに接続されている。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄにＭＲユニット側直流電流源１３ｄが接続されることで、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに直流電流を印加することが可能になる。

[0083] ＭＲユニット側直流電流源１３ｃは、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃとグラウンド８に接続される。ＭＲユニット側直流電流源１３ｃは、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、磁場

発生用信号線路１８ａおよびグラウンド８を含む閉回路に、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃから直流電流を印加する。

[0084] ＭＲユニット側直流電流源１３ｄは、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄとグラウンド８に接続される。ＭＲユニット側直流電流源１３ｄは、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ、磁場発生用信号線路１８ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄから直流電流を印加する。

[0085] 磁気抵抗効果デバイス９００のその他の構成は、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００と同じである。

[0086] 入力ポート９ａに高周波信号が入力されると、入力側信号線路７には入力ポート９ａに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れ、入力された高周波電流に対応した高周波磁場が入力側信号線路７から発生する。この入力側信号線路７から発生する高周波磁場が１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４に印加され、各磁化自由層４の磁化は入力側信号線路７から発生する高周波磁場に対応して振動する。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃより直流電流が印加されると、第１の実施形態で説明したＭＲユニット２０の場合と同様にして、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々から磁場発生用信号線路１８ａに出力される。

[0087] １番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８ａを流れると、その高周波電流に対応した高周波磁場が磁場発生用信号線路１８ａから発生する。この磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場が２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各磁化自由層４に印加され、各磁化自由層４の磁化は磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場に対応して振動する。磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場の周波数は、

１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力された高周波信号の周波数に対応する。磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各磁化自由層４に印加されると、各磁化自由層４の強磁性共鳴効果により、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力された高周波信号のうち、周波数が磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍であるものに対しては、各磁化自由層４の磁化は大きく振動して磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各々の抵抗値が大きく振動する。このため、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃより直流電流が印加されると、第１の実施形態で説明したＭＲユニット２０の場合と同様にして、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各々から磁場発生用信号線路１８ｂに出力される。

[0088] ２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８ｂを流れると、その高周波電流に対応した高周波磁場が磁場発生用信号線路１８ｂから発生する。この磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４に印加され、各磁化自由層４の磁化は磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場に対応して振動する。磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場の周波数は、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力された高周波信号の周波数に対応する。磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４に印加されると、各磁化自由層４の強磁性共鳴効果により、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力された高周波信号のうち、周波数が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍であるものに対しては、各磁化自由層４の磁化は大きく振動して磁気抵

抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々の抵抗値が大きく振動する。このため、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂより直流電流が印加されると、第１の実施形態で説明した出力ユニット２１の場合と同様にして、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々から出力ポート９ｂに出力される。

[0089] つまり、磁気抵抗効果デバイス９００は、第１のＭＲユニット２０ａ、第２のＭＲユニット２０ｂおよび出力ユニット２１の３段階にわたって、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数（通過帯域の周波数）の高周波信号を選択的に通過させることが出来るため、周波数選択性の高い高周波フィルタとなる。

[0090] また、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加される直流電流（ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃから印加される直流電流）、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに印加される直流電流（ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄから印加される直流電流）および磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに印加される直流電流（出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから印加される直流電流）を変化させることにより、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を可変制御することができるため、磁気抵抗効果デバイス９００は、通過帯域を変化可能な周波数可変フィルタとして機能することも可能となる。

[0091] さらに、磁気抵抗効果デバイス９００は、磁場印加機構１２が、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂの各々の磁化自由層４における有効磁場を変化させて磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を変化可能であるので、通過帯域を変化可能な周波数可変フィルタとして機能することも可能となる。

[0092] さらに、通過帯域が変化する際、通過帯域の任意の周波数１点に注目する

と、通過信号の位相が変化する。つまり、磁気抵抗効果デバイス９００は通過帯域（動作帯域）の周波数の信号の位相を変化可能なフェイズシフタとして機能することも出来る。

[0093] また、出力ポート９ｂから入力ポート９ａに高周波信号を入力しても、入力ポート９ａから高周波信号は出力されないため、磁気抵抗効果デバイス９００はアイソレータとしても機能することが出来る。さらに、出力ポート９ｂから出力される高周波信号の強度が入力ポート９ａに入力される高周波信号の強度よりも大きい場合、磁気抵抗効果デバイス９００は増幅器としても機能する。ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃから入力される直流電流、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄから入力される直流電流および出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから入力される直流電流の少なくともいずれか１つを一定以上に大きくすることによって、出力ポート９ｂから出力される高周波信号の強度を入力ポート９ａに入力される高周波信号の強度よりも大きくすることができる。

[0094] このように、磁気抵抗効果デバイス９００は、高周波信号が入力される入力ポート９ａと、入力ポート９ａに接続され入力ポート９ａに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れる入力側信号線路７と、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよび磁場発生用信号線路を有するＮ個（Ｎ＝２）のＭＲユニット（磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよび磁場発生用信号線路１８ａを有する１番目のＭＲユニット２０ａと、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂおよび磁場発生用信号線路１８ｂを有する２番目のＭＲユニット２０ｂ）と、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、出力側信号線路１７および出力ポート９ｂを有する出力ユニット２１とを有し、さらに、２個（Ｎ個）のＭＲユニットの磁気抵抗効果素子（１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）と出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流又は直流電圧を印加可能なように直流印加端子（ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄおよび出力ユニット側直流電流

入力端子１１ｂ）を有し、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂは、それぞれ磁化固定層２（第１強磁性層）、磁化自由層４（第２強磁性層）およびこれらの間に配置されたスペーサ層３を有し、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂが出力側信号線路１７を介して接続され、入力側信号線路７は、入力側信号線路７から発生する高周波磁場が１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの磁化自由層４に印加されるように配置され、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８ａに流れるように、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと磁場発生用信号線路１８ａとが接続され、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波電流が磁場発生用信号線路１８ｂに流れるように、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと磁場発生用信号線路１８ｂとが接続され、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁場発生用信号線路１８ａは、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場が２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの磁化自由層４に印加されるように配置され、２番目（Ｎ番目）のＭＲユニット２０ｂの磁場発生用信号線路１８ｂは、２番目（Ｎ番目）のＭＲユニット２０ｂの磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの磁化自由層４に印加されるように配置されている。

[0095] したがって、磁気抵抗効果デバイス９００によれば、入力ポート９ａに高周波信号が入力されると、入力側信号線路７に高周波電流が流れる。そのため、入力された高周波信号に対応した入力側信号線路７から発生する高周波磁場が１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４に印加され、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４の磁化は、入力側信号線路７から発生する高周波磁場に対応して振動する。磁気抵抗効果により、この各磁化自由層４の磁化の振

動に対応して、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々の抵抗値が振動する。１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々にＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃから直流電流が印加されると、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの振動する各々の抵抗値と磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々を流れる直流電流との積である電圧として、入力された高周波信号に対応する高周波信号が１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから磁場発生用信号線路１８ａに出力される。（１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各々にＭＲユニット側直流印加端子から直流電圧が印加される場合は、入力された高周波信号に対応する高周波信号が、大きさが振動する電流として１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから磁場発生用信号線路１８ａに出力される。）また、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場が２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニットの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの磁化自由層４に印加され、２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニットの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの磁化自由層４の磁化は、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場に対応して振動する。磁気抵抗効果により、この磁化自由層４の磁化の振動に対応して、２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの抵抗値が振動する。２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂにＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄから直流電流が印加されると、２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの振動する各々の抵抗値と磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各々を流れる直流電流との積である電圧として、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから磁場発生用信号線路１８ａに出力された高周波信号に対応する高周波信号が２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁場発生用信

号線路１８ｂに出力される。（２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各々にＭＲユニット側直流印加端子から直流電圧が印加される場合は、入力された高周波信号に対応する高周波信号が、大きさが振動する電流として２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから磁場発生用信号線路１８ｂに出力される。）同様に、出力ユニット２１においても、２番目（Ｎ番目）の磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場に対応して、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の磁化が振動し、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂから直流電流が印加されると、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの振動する各々の抵抗値と磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々を流れる直流電流との積である電圧として、２番目（Ｎ番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから磁場発生用信号線路１８ｂに出力された高周波信号に対応する高周波信号が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂから出力ポート９ｂに出力される。（出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各々に出力ユニット側直流印加端子から直流電圧が印加される場合は、入力された高周波信号に対応する高周波信号が、大きさが振動する電流として出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂから出力ポート９ｂに出力される。）

[0096] 入力側信号線路７から発生する高周波磁場が１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４に印加された場合、入力側信号線路７から発生する高周波磁場のうち、周波数が１番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍であるものに対しては、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの各磁化自由層４の磁化は、強磁性共鳴現象により大きく振動する。同様に、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場が２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット

２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各磁化自由層４に印加された場合、１番目（Ｍ番目）のＭＲユニット２０ａの磁場発生用信号線路１８ａから発生する高周波磁場のうち、周波数が２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍にあるものに対しては、２番目（Ｍ＋１番目）のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの各磁化自由層４の磁化は、強磁性共鳴現象により大きく振動する。同様に、２番目（Ｎ番目）のＭＲユニット２０ｂの磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４に印加された場合も、２番目（Ｎ番目）のＭＲユニット２０ｂの磁場発生用信号線路１８ｂから発生する高周波磁場のうち、周波数が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍にあるものに対しては、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの各磁化自由層４の磁化は、強磁性共鳴現象により大きく振動する。これらの強磁性共鳴現象により、Ｎ個の各ＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂ）においては、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子（磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂまたは磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）から磁場発生用信号線路（磁場発生用信号線路１８ａまたは磁場発生用信号線路１８ｂ）に出力される。同様に、出力ユニット２１においても、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数の高周波信号は、他の周波数の高周波信号に比べて大きな強度で磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂから出力ポート９ｂに出力される。

[0097] したがって、磁気抵抗効果デバイス９００は、２個（Ｎ個）のＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａと２番目のＭＲユニット２０ｂ）と出力ユニット２１との３段階（Ｎ＋１段階）にわたって、周波数に対して選択的に高周波信号が通過するため、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４

ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂにおける、それぞれの磁化自由層４の強磁性共鳴周波数の近傍の周波数が重複する部分では、より高周波信号の周波数の選択性を高めることが出来、特性の良い高周波フィルタとして機能する。

[0098] また、磁気抵抗効果デバイス９００は、アイソレータとしても機能することが出来る。また、ＭＲユニット側直流印加端子、ＭＲユニット側直流印加端子および出力ユニット側直流印加端子から印加される直流電流又は直流電圧を変化させることにより、各磁化自由層４の強磁性共鳴周波数を可変制御することができるため、磁気抵抗効果デバイス９００は、周波数可変のフィルタまたはアイソレータ等として機能することも可能となる。さらには、磁気抵抗効果デバイス９００は、信号の位相を変化可能なフェイズシフタ、信号の増幅が可能な増幅器として機能することも可能である。

[0099] また、磁気抵抗効果デバイス９００は、直流印加端子として、１番目のＭＲユニットがＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃを有し、２番目のＭＲユニットがＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄを有し、（つまり、ＭＲユニットの各々がＭＲユニット側直流印加端子を有し、）出力ユニット２１が出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ（出力ユニット側直流印加端子）を有し、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂにＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃが接続され、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂにＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄが接続され、（つまり、ＭＲユニットの各々において、磁気抵抗効果素子にＭＲユニット側直流印加端子が接続され、）出力ユニット２１において、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ（出力ユニット側直流印加端子）が接続されているので、１番目のＭＲユニット２０ａにおける磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと、２番目のＭＲユニット２０ｂにおける磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと、出力ユニット２１における磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂにそれぞれ個別に最適な直流電流又は直流電圧を印加することが出来る。

[0100] 以上説明した第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００に対しては、様々な構成要素を追加することができる。例えば、出力ポート９ｂに接続された高周波回路に直流信号が流れるのを防ぐために、インダクタ１０の出力側信号線路１７への接続部と出力ポート９ｂとの間の出力側信号線路１７に直流信号をカットするためのキャパシタを直列に接続してもよい。

[0101] （第１０の実施形態）

図１３は、本発明の第１０の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス１０００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス１０００において、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス１０００は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００に対し、キャパシタ１９ａ、１９ｂおよびインダクタ１５ａ、１５ｂをさらに有し、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、磁場発生用信号線路１８ａに対してキャパシタ１９ａが直列に接続され、キャパシタ１９ａと並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に磁場発生用信号線路１８ａに対して並列にインダクタ１５ａが接続されている。また、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、磁場発生用信号線路１８ｂに対してキャパシタ１９ｂが直列に接続され、キャパシタ１９ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間に磁場発生用信号線路１８ｂに対して並列にインダクタ１５ｂが接続されている。

[0102] 図１３に示す例では、インダクタ１５ａの一端が、キャパシタ１９ａと並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ａに接続され、インダクタ１５ａの他端が基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。また、インダクタ１５ｂの一端が、キャパシタ１９ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ｂに接続され、インダクタ１５ｂの他端が基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。インダクタ１５ａ、１

５ｂは、第１の実施形態で説明したインダクタ１０と同様のものを用いることができる。

[0103] 磁気抵抗効果デバイス１０００では、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、インダクタ１５ａおよびグラウンド８を含む閉回路に、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃから直流電流が印加される。また、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９ａを介して磁場発生用信号線路１８ａを流れる。また、磁気抵抗効果デバイス１０００では、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ、インダクタ１５ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄから直流電流が印加される。また、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９ｂを介して磁場発生用信号線路１８ｂを流れる。磁気抵抗効果デバイス１０００のその他の構成は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と同じである。

[0104] 磁気抵抗効果デバイス１０００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａ）において、磁場発生用信号線路１８ａに対してキャパシタ１９ａが直列に接続されているため、キャパシタ１９ａにより磁場発生用信号線路１８ａへの直流電流の流入を防ぐことが出来る。さらに、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、キャパシタ１９ａと磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に磁場発生用信号線路１８ａに対して並列にインダクタ１５ａが接続されているので、インダクタ１５ａがＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃから入力された直流電流の経路になるとともに、インダクタ１５ａ側への高周波信号の流入を抑制するため、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号を磁場発生用信号線路１８ａに効率的に流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ａから効率的に発生させることが出来る。同様に、磁気抵抗効果デバイス１０００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）において、磁場発生

用信号線路１８ｂに対してキャパシタ１９ｂが直列に接続されているため、キャパシタ１９ｂにより磁場発生用信号線路１８ｂへの直流電流の流入を防ぐことが出来る。さらに、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、キャパシタ１９ｂと磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間に磁場発生用信号線路１８ｂに対して並列にインダクタ１５ｂが接続されているので、インダクタ１５ｂがＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｄから入力された直流電流の経路になるとともに、インダクタ１５ｂ側への高周波信号の流入を抑制するため、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波信号を磁場発生用信号線路１８ｂに効率的に流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ｂから効率的に発生させることが出来る。

[0105] なお、上記で説明した第１０実施形態では、１番目のＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂの両方において、磁場発生用信号線路に対してキャパシタが直列に接続され、キャパシタと磁気抵抗効果素子との間に磁場発生用信号線路に対して並列にインダクタが接続されている例で説明したが、Ｎ個のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニットにおいて、磁場発生用信号線路に対してキャパシタが直列に接続され、キャパシタと磁気抵抗効果素子との間に磁場発生用信号線路に対して並列にインダクタが接続されていれば、その少なくとも１つのＭＲユニットにおいて、磁場発生用信号線路への直流電流の流入を防ぐことが出来、また、高周波磁場を磁場発生用信号線路から効率的に発生させることが出来る。

[0106] （第１１の実施形態）

図１４は、本発明の第１１の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス１１００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス１１００において、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス１１００は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００に対し、キャパシタ１９ａ、１９ｂをさらに有し、１番

目のＭＲユニット２０ａにおいて、磁場発生用信号線路１８ａに対してキャパシタ１９ａが直列に接続されており、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、磁場発生用信号線路１８ｂに対してキャパシタ１９ｂが直列に接続されている。また、磁気抵抗効果デバイス１１００は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００のＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ、１１ｄ及び出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂにかえて、直流電流入力端子１１を有している。直流電流入力端子１１は直流印加端子の一例である。直流電流入力端子１１は、キャパシタ１９ａと１番目のＭＲユニット２０ａの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間、キャパシタ１９ｂと２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間および、出力ポート９ｂと出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとの間に接続されており、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂおよび出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流を印加可能になっている。

[0107] 図１４に示す例では、直流電流入力端子１１は、キャパシタ１９ａと並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ａと、キャパシタ１９ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ｂと、出力側信号線路１７とに接続されている。また、図１４に示すように、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）と磁場発生用信号線路１８ａは、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５および基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっており、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）と磁場発生用信号線路１８ｂは、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端（磁化自由層４側）は上部電極５および基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。また、出力ユニット２１において、

磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化固定層２側）と出力側信号線路１７は、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５および基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。インダクタ１０の一端は直流電流入力端子１１に接続され、インダクタ１０の他端は直流電流源１３の一端に接続され、直流電流源１３はインダクタ１０を介して直流電流入力端子１１に接続されている。直流電流源１３の他端はグラウンド８に接続される。磁気抵抗効果デバイス１１００では、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、磁場発生用信号線路１８ａ、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加され、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、磁場発生用信号線路１８ｂ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加され、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。また、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９ａを介して磁場発生用信号線路１８ａを流れ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９ｂを介して磁場発生用信号線路１８ｂに流れる。磁気抵抗効果デバイス１１００のその他の構成は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と同じである。

[0108] 磁気抵抗効果デバイス１１００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａ）において、磁場発生用信号線路１８ａに対してキャパシタ１９ａが直列に接続され、直流電流入力端子１１（直流印加端子）が、キャパシタ１９ａと１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間と、出力ポート９ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとの間との両方に接続されているので、キャパシタ１９ａにより、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流の磁場発生用信号線路１８ａへの流入

を防ぐことが出来るため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流又は直流電圧を出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂだけでなく、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加することができる。さらに、１番目のＭＲユニット２０ａと出力ユニット２１で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。同様に、磁気抵抗効果デバイス１１００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）において、磁場発生用信号線路１８ｂに対してキャパシタ１９ｂが直列に接続され、直流電流入力端子１１（直流印加端子）が、キャパシタ１９ｂと２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間と、出力ポート９ｂと出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとの間との両方に接続されているので、キャパシタ１９ｂにより、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流の磁場発生用信号線路１８ｂへの流入を防ぐことが出来るため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流又は直流電圧を出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂだけでなく、２番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに印加することができる。さらに、２番目ＭＲユニット２０ｂと出力ユニット２１で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0109] また、磁気抵抗効果デバイス１１００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも２つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂ）において、磁場発生用信号線路１８ａに対してキャパシタ１９ａが直列に接続され、磁場発生用信号線路１８ｂに対してキャパシタ１９ｂが直列に接続され、直流電流入力端子１１（直流印加力端子）が、キャパシタ１９ａと１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間と、キャパシタ１９ｂと２番目のＭＲユニット２０

ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間とに接続されているので、少なくとも２つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂ）で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0110]（第１２の実施形態）

図１５は、本発明の第１２の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス１２００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス１２００において、第１１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１１００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第１１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１１００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス１２００は、第１１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１１００に対し、インダクタ１５ａ、１５ｂをさらに有し、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、キャパシタ１９ａと並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間にインダクタ１５ａの一端が接続され、インダクタ１５ａの他端は直流電流入力端子１１に接続されており、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、キャパシタ１９ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間にインダクタ１５ｂの一端が接続され、インダクタ１５ｂの他端は直流電流入力端子１１に接続されている。図１５に示す例では、キャパシタ１９ａと並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ａにインダクタ１５ａの一端が接続されており、キャパシタ１９ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ｂにインダクタ１５ｂの一端が接続されている。インダクタ１５ａ、１５ｂは、第１の実施形態で説明したインダクタ１０と同様のものを用いることができる。磁気抵抗効果デバイス１２００では、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、インダクタ１５ａ、磁場発生用信号線路１８ａ、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加され、イン

ダクタ１０、直流電流入力端子１１、インダクタ１５ｂ、磁場発生用信号線路１８ｂ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加され、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。磁気抵抗効果デバイス１２００のその他の構成は、第１１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１１００と同じである。

[0111] 磁気抵抗効果デバイス１２００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つの前記ＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａ）において、キャパシタ１９ａと磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間にインダクタ１５ａの一端が接続され、インダクタ１５ａの他端が直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続されているので、インダクタ１５ａにより、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号が直流電流入力端子１１（直流印加端子）側に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８ａに効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ａから効率的に発生させることが出来る。同様に、磁気抵抗効果デバイス１２００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つの前記ＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）において、キャパシタ１９ｂと磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間にインダクタ１５ｂの一端が接続され、インダクタ１５ｂの他端が直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続されているので、インダクタ１５ｂにより、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波信号が直流電流入力端子１１（直流印加端子）側に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８ｂに効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ｂから効率的に発生させることが出来る。

[0112] また、磁気抵抗効果デバイス１２００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも２つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂ）において、キャパシタ１９ａ（キャパシ

タ１９ｂ）と磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）との間にインダクタ１５ａ（インダクタ１５ｂ）の一端が接続され、インダクタ１５ａ（インダクタ１５ｂ）の他端が直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続されているので、インダクタ１５ａ（インダクタ１５ｂ）により、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）から出力される高周波信号が直流電流入力端子１１（直流印加端子）側に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８ａ（磁場発生用信号線路１８ｂ）に効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ａ（磁場発生用信号線路１８ｂ）から効率的に発生させることが出来る。

[0113]（第１３の実施形態）

図１６は、本発明の第１３の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス１３００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス１３００において、第１１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１１００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第１１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１１００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス１３００は、第１１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１１００に対し、インダクタ１５をさらに有し、出力ユニット２１において、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂとの間にインダクタ１５の一端が接続され、インダクタ１５の他端は直流電流入力端子１１に接続されている。図１６に示す例では、出力ポート９ｂに対して並列に、出力側信号線路１７にインダクタ１５の一端が接続されている。インダクタ１５は、第１の実施形態で説明したインダクタ１０と同様のものを用いることができる。磁気抵抗効果デバイス１３００では、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、磁場発生用信号線路１８ａ、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加され、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、磁場発生用信号線路１８ｂ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂお

よびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加され、インダクタ１０、直流電流入力端子１１、インダクタ１５、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。磁気抵抗効果デバイス１３００のその他の構成は、第１１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１１００と同じである。

[0114] 磁気抵抗効果デバイス１３００では、出力ユニット２１において、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂとの間にインダクタ１５の一端が接続され、インダクタ１５の他端は直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続されているので、インダクタ１５により、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａ）において磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号が、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ側や出力ポート９ｂ側（出力側信号線路１７）に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８ａに効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ａから効率的に発生させることが出来る。同様に、インダクタ１５により、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）において磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波信号が、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ側や出力ポート９ｂ側（出力側信号線路１７）に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８ｂに効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ｂから効率的に発生させることが出来る。

[0115] （第１４の実施形態）

図１７は、本発明の第１４の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス１４００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス１４００において、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明

は省略する。磁気抵抗効果デバイス１４００は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００に対し、キャパシタ１９ａ、１９ｂをさらに有し、磁場発生用信号線路１８ａに対してキャパシタ１９ａが直列に接続されており、磁場発生用信号線路１８ｂに対してキャパシタ１９ｂが直列に接続されている。また、磁気抵抗効果デバイス１４００は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００のＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ、１１ｄ及び出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂにかえて、直流電流入力端子１１を有しており、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂおよび出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流を印加可能になっている。キャパシタ１９ａと１番目のＭＲユニット２０ａの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に、２番目のＭＲユニットの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端が接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端が磁場発生用信号線路１８ｂに接続されている。また、キャパシタ１９ｂと２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間に、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端が出力ポート９ｂに接続されている。このようにして、１番目のＭＲユニット２０ａの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと、２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと、直流電流入力端子１１とが直列に接続されている。

[0116] 図１７に示す例では、キャパシタ１９ａと並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ａに、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端（磁化自由層４側）が上部電極５を介して接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端（磁化固定層２側）が下部電極６を介して磁場発生用信号線路１８ｂに接続されてい

る。また、キャパシタ１９ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ｂに、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化自由層４側）が上部電極５を介して接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化固定層２側）が下部電極６と出力側信号線路１７を介して出力ポート９ｂに接続されている。また、図１７に示すように、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）と磁場発生用信号線路１８ａは、下部電極６を介して接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５および基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっている。また、インダクタ１０の一端は出力側信号線路１７に接続され、インダクタ１０の他端は直流電流入力端子１１に接続されている。直流電流源１３は、直流電流入力端子１１とグラウンド８に接続される。磁気抵抗効果デバイス１４００では、直流電流入力端子１１、インダクタ１０、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、磁場発生用信号線路１８ｂ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ、磁場発生用信号線路１８ａ、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。また、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９ａを介して磁場発生用信号線路１８ａを流れ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波電流は、キャパシタ１９ｂを介して磁場発生用信号線路１８ｂを流れる。磁気抵抗効果デバイス１４００のその他の構成は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と同じである。

[0117] 磁気抵抗効果デバイス１４００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの１つのＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）において、磁場発生用信号線路１８ｂに対してキャパシタ１９ｂが直列に接続され、キャパシタ１９ｂと磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間に出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が接続され、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端が出力ポート９ｂに接続され、２番目の

ＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと直流電流入力端子１１（直流印加端子）とが直列に接続されている。したがって、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、キャパシタ１９ｂにより、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流の磁場発生用信号線路１８ｂへの流入を防ぐことが出来るため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流又は直流電圧を出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂだけでなく、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに印加することができる。さらに、２番目のＭＲユニット２０ｂと出力ユニット２１で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0118] また、磁気抵抗効果デバイス１４００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの２つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂ）において、磁場発生用信号線路１８ａに対して直列にキャパシタ１９ａが接続され、磁場発生用信号線路１８ｂに対して直列にキャパシタ１９ｂが接続され、２つのＭＲユニットの一方のＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａ）のキャパシタ１９ａと磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に他方のＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）の磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端が接続され、他方のＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）において磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端が磁場発生用信号線路１８ｂに接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと直流電流入力端子１１（直流印加端子）とが直列に接続されている。したがって、１番目のＭＲユニット２０ａにおいて、キャパシタ１９ａにより、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流の磁場発生用信号線路１８ａへの流入を防ぐことが出来、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて、キャパシタ１９ｂにより、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流の磁場発生用信号

線路１８ｂへの流入を防ぐことが出来るため、直流電流入力端子１１から入力された直流電流又は直流電圧を、直列に接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに印加することができる。さらに、２つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂ）で直流電流入力端子（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0119] （第１５の実施形態）

図１８は、本発明の第１５の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス１５００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス１５００において、第１４の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１４００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第１４の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１４００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス１５００は、第１４の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１４００に対し、シャント用キャパシタ２３ａ、２３ｂおよびインダクタ１５ａ、１５ｂをさらに有している。２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端がシャント用キャパシタ２３ａに接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端が磁場発生用信号線路１８ｂに接続され、１番目のＭＲユニット２０ａの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとキャパシタ１９ａとの間にインダクタ１５ａの一端が接続され、インダクタ１５ａの他端が２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとシャント用キャパシタ２３ａとの間に接続されている。また、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端がシャント用キャパシタ２３ｂに接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端が出力ポート９ｂに接続され、２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとキャパシタ１９ｂとの間にインダクタ１５ｂの一端が接続され、インダクタ１５ｂの他端が

出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとシャント用キャパシタ２３ｂとの間に接続されている。

[0120] 図１８に示す例では、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端（磁化自由層４側）が上部電極５を介してシャント用キャパシタ２３ａの一端に接続され、シャント用キャパシタ２３ａの他端は基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっており、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端（磁化固定層２側）は、下部電極６を介して磁場発生用信号線路１８ｂに接続されている。また、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化自由層４側）が上部電極５を介してシャント用キャパシタ２３ｂの一端に接続され、シャント用キャパシタ２３ｂの他端は基準電位端子３０を介してグラウンド８に接続可能になっており、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化固定層２側）は、下部電極６と出力側信号線路１７を介して出力ポート９ｂに接続されている。また、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとキャパシタ１９ａとの間の磁場発生用信号線路１８ａにインダクタ１５ａの一端が接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとキャパシタ１９ｂとの間の磁場発生用信号線路１８ｂにインダクタ１５ｂの一端が接続されている。インダクタ１５ａ、１５ｂは、第１の実施形態で説明したインダクタ１０と同様のものを用いることができる。磁気抵抗効果デバイス１５００では、直流電流入力端子１１、インダクタ１０、出力側信号線路１７、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、インダクタ１５ｂ、磁場発生用信号線路１８ｂ、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ、インダクタ１５ａ、磁場発生用信号線路１８ａ、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。磁気抵抗効果デバイス１５００のその他の構成は、第１４の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１４００と同じである。

[0121] 磁気抵抗効果デバイス１５００では、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端がシャント用キャパシタ２３ｂに接続され、出力ユニ

ット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端が出力ポート９ｂに接続され、１つのＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）の磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとキャパシタ１９ｂとの間にインダクタ１５ｂの一端が接続され、インダクタ１５ｂの他端が出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとシャント用キャパシタ２３ｂとの間に接続されている。したがって、インダクタ１５ｂにより、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂから出力される高周波信号が直流電流入力端子１１（直流印加端子）側に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８ｂに効率的に高周波信号を流すことが出来る。また、シャント用キャパシタ２３ｂにより、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流又は直流電圧を２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂに印加しつつ、出力ユニット２１における、高周波信号の閉回路形成が可能になる。

[0122] また、磁気抵抗効果デバイス１５００では、２番目のＭＲユニット２０ｂ（他方のＭＲユニット）の磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端がシャント用キャパシタ２３ａに接続され、２番目のＭＲユニット２０ｂにおいて磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端が磁場発生用信号線路１８ｂに接続され、１番目のＭＲユニット２０ａ（一方のＭＲユニット）の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとキャパシタ１９ａの間にインダクタ１５ａの一端が接続され、インダクタ１５ａの他端が２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとシャント用キャパシタ２３ａとの間に接続されている。したがって、インダクタ１５ａにより、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号が直流電流入力端子１１（直流印加端子）側に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８ａに効率的に高周波信号を流すことが出来る。また、シャント用キャパシタ２３ａにより、直流電流入力端子１１（直流印加端子）から入力された直流電流又は直流電圧を１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに印加しつつ、２番目のＭＲユニット２０ｂにおける、高周波信号の閉回路形

成が可能になる。

[0123] （第１６の実施形態）

図１９は、本発明の第１６の実施形態に係る磁気抵抗効果デバイス１６００の断面模式図である。磁気抵抗効果デバイス１６００において、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と異なる点について主に説明し、共通する事項は適宜説明を省略する。第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と共通している要素は同じ符号を用いており、共通している要素の説明は省略する。磁気抵抗効果デバイス１６００は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００のＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ、１１ｄ及び出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂにかえて、直流電流入力端子１１を有しており、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂおよび出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに直流電流を印加可能になっている。磁気抵抗効果デバイス１６００では、１番目のＭＲユニット２０ａの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端が磁場発生用信号線路１８ａに接続され、２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端が磁場発生用信号線路１８ｂに接続され、出力ユニット２１の並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が出力ポート９ｂに接続され、１番目のＭＲユニット２０ａの並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端と、２番目のＭＲユニット２０ｂの並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端と、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端とに、直流電流入力端子１１が接続されている。

[0124] 図１９に示す例では、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端（磁化固定層２側）は、下部電極６を介して磁場発生用信号線路１８ａに接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介して直流電流入力端子１１に接続されている。また、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端（磁化固定層２側）

は、下部電極６を介して磁場発生用信号線路１８ｂに接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介して直流電力入力端子１１に接続されている。また、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端（磁化固定層２側）は、下部電極６および出力側信号線路１７を介して出力ポート９ｂに接続され、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端（磁化自由層４側）は、上部電極５を介して直流電流入力端子１１に接続されている。磁気抵抗効果デバイス１６００では、直流電流入力端子１１、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、磁場発生用信号線路１８ａおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加され、直流電流入力端子１１、磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ、磁場発生用信号線路１８ｂおよびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加され、直流電流入力端子１１、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、インダクタ１０およびグラウンド８を含む閉回路に、直流電流入力端子１１から直流電流が印加される。磁気抵抗効果デバイス１６００のその他の構成は、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００と同じである。

[0125] 磁気抵抗効果デバイス１６００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａ）の磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端が磁場発生用信号線路１８ａに接続され、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が出力ポート９ｂに接続され、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの他端と出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端との両方に、直流電流入力端子１１（直流印加端子）が接続されている。したがって、１番目のＭＲユニット２０ａと出力ユニット２１で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。同様に、磁気抵抗効果デバイス１６００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも１つのＭＲユニット（２番目のＭＲユニット２０ｂ）の磁気抵抗効果素子２

４ａ、２４ｂの一端が磁場発生用信号線路１８ｂに接続され、出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの一端が出力ポート９ｂに接続され、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端と出力ユニット２１の磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂの他端との両方に、直流電流入力端子１１（直流印加端子）が接続されている。したがって、２番目のＭＲユニット２０ｂと出力ユニット２１で直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0126] また、磁気抵抗効果デバイス１６００では、Ｎ個（Ｎ＝２）のＭＲユニットのうちの少なくとも２つの前記ＭＲユニット（１番目のＭＲユニット２０ａおよび２番目のＭＲユニット２０ｂ）において、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの一端が磁場発生用信号線路１８ａに接続され、２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの一端が磁場発生用信号線路１８ｂに接続され、１番目のＭＲユニット２０ａの磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと２番目のＭＲユニット２０ｂの磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂの他端とに、直流電流入力端子１１（直流印加端子）が接続されている。したがって、１番目のＭＲユニット２０ａと２番目のＭＲユニット２０ｂで直流電流入力端子１１（直流印加端子）を共有できるため、直流電流入力端子１１（直流印加端子）に接続される直流電源の数を減らすことが出来る。

[0127] 以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、上記で説明した実施形態以外にも変更することが可能である。例えば、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００では、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａが、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続された上部電極５とグラウンド８との間に接続されている例で説明したが、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａは、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続された下部電極６とグラウンド８との間に接続されていてもよい。例えば、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａが磁場発生用信号線路１８に直列に接続され、ＭＲユニット側直流電流源

１３ａがＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａとグラウンド８に接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続された上部電極５がグラウンド８に接続可能に構成されるようにしてもよい。同様に、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂが、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに接続された下部電極６とグラウンド８との間に接続され、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに接続された上部電極５がグラウンド８に接続可能に構成されるようにしてもよい。

[0128] また、第２の実施形態の磁気抵抗効果デバイス２００では、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａが、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続された上部電極５とグラウンド８との間に接続されている例で説明したが、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａは、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂに接続された下部電極６とグラウンド８との間に接続されていてもよい。例えば、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａが、インダクタ１５とグラウンド８の間に接続され、ＭＲユニット側直流電流源１３ａがＭＲ直流電流入力端子１１ａとグラウンド８に接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂの上部電極５がグラウンド８に接続可能に構成されるようにしてもよい。同様に、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂが、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに接続された下部電極６とグラウンド８との間に接続され、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに接続された上部電極５がグラウンド８に接続可能に構成されるようにしてもよい。

[0129] また、第６、第７の実施形態の磁気抵抗効果デバイス６００、７００では、直流電流入力端子１１がインダクタ１０とグラウンド８との間に接続されている例で説明したが、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと直流電流入力端子１１とが直列に接続されていれば、直流電流入力端子１１は、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとグラウンド８との間に接続されていてもよいし、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとの間に接続されていてもよいし、並列接続された磁気抵抗効

果素子１４ａ、１４ｂとインダクタ１０との間に接続されていてもよい。これらの場合、インダクタ１０の他端はグラウンド８に接続可能に構成される。

[0130] また、第８の実施形態の磁気抵抗効果デバイス８００に対して、図２０に示す磁気抵抗効果デバイス１７００のように、磁場発生用信号線路１８に対して直列にキャパシタ１９を接続し、キャパシタ１９と磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間とグラウンド８（インダクタ１０）とを接続するようにしてもよい。このようにすることで、キャパシタ１９により、直流電流入力端子１１から入力された直流電流の磁場発生用信号線路１８への流入を防ぐことが出来る。さらに、磁気抵抗効果デバイス１７００に対して、図２１に示す磁気抵抗効果デバイス１８００のように、インダクタ１５の一端がキャパシタ１９と磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に接続され、インダクタ１５の他端がグラウンド８（インダクタ１０）に接続されるようにしてもよい。このようにすることで、インダクタ１５により、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号を磁場発生用信号線路１８に効率的に流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８から効率的に発生させることが出来る。また、磁気抵抗効果デバイス１７００に対して、図２２に示す磁気抵抗効果デバイス１９００のように、インダクタ１５の一端が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂとの間に接続され、インダクタ１５の他端がキャパシタ１９と磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に接続されるようにしてもよい。このようにすることで、インダクタ１５により、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂから出力される高周波信号が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ側や出力ポート９ｂ側に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８に効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８から効率的に発生させることが出来る。

[0131] また、第９の実施形態の磁気抵抗効果デバイス９００では、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ（１１ｄ）が、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）に接続された上部電極５とグラウンド８と

の間に接続されている例で説明したが、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ（１１ｄ）は、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）に接続された下部電極６とグラウンド８との間に接続されていてもよい。例えば、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ（１１ｄ）が磁場発生用信号線路１８ａ（１８ｂ）に直列に接続され、ＭＲユニット側直流電流源１３ｃ（１３ｄ）がＭＲ直流電流入力端子１１ｃ（１１ｄ）とグラウンド８に接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）に接続された上部電極５がグラウンド８に接続可能に構成されるようにしてもよい。同様に、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂが、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに接続された下部電極６とグラウンド８との間に接続され、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに接続された上部電極５がグラウンド８に接続可能に構成されるようにしてもよい。

[0132] また、第１０の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１０００では、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ（１１ｄ）は、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）に接続された上部電極５とグラウンド８との間に接続されている例で説明したが、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ａは、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）に接続されたに接続された下部電極６とグラウンド８との間に接続されていてもよい。例えば、ＭＲユニット側直流電流入力端子１１ｃ（１１ｄ）が、インダクタ１５ａ（１５ｂ）とグラウンド８の間に接続され、ＭＲユニット側直流電流源１３ａ（１３ｂ）がＭＲ直流電流入力端子１１ｃ（１１ｄ）とグラウンド８に接続され、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）の上部電極５がグラウンド８に接続可能に構成されるようにしてもよい。同様に、出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂが、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに接続された下部電極６とグラウンド８との間に接続され、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに接続された上部電極５がグラウンド８に接続可能に構成されるようにしてもよい。

[0133] また、第１４、第１５の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１４００、１５０

０では、直流電流入力端子１１がインダクタ１０とグラウンド８との間に接続されている例で説明したが、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと直流電流入力端子１１とが直列に接続されていれば、直流電流入力端子１１は、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとグラウンド８との間に接続されていてもよいし、並列接続された磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間に接続されていてもよいし、並列接続された磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂと並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとの間に接続されていてもよいし、並列接続された磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂとインダクタ１０との間に接続されていてもよい。これらの場合、インダクタ１０の他端はグラウンド８に接続可能に構成される。

[0134] また、第１６の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１６００に対して、図２３に示す磁気抵抗効果デバイス２０００のように、磁場発生用信号線路１８ａ、１８ｂのそれぞれに対して直列にキャパシタ１９ａ、１９ｂを接続し、キャパシタ１９ａと磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間またはキャパシタ１９ｂと磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間と、グラウンド８（インダクタ１０）とを接続するようにしてもよい。このようにすることで、キャパシタ１９ａ（１９ｂ）により、直流電流入力端子１１から入力された直流電流の磁場発生用信号線路１８ａ（１８ｂ）への流入を防ぐことが出来る。さらに、磁気抵抗効果デバイス２０００に対して、図２４に示す磁気抵抗効果デバイス２１００のように、インダクタ１５ａの一端がキャパシタ１９ａと磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間に接続され、インダクタ１５ａの他端がグラウンド８（インダクタ１０）に接続されるようにし、インダクタ１５ｂの一端がキャパシタ１９ｂと磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間に接続され、インダクタ１５ｂの他端がグラウンド８（インダクタ１０）に接続されるようにしてもよい。このようにすることで、インダクタ１５ａ（１５ｂ）により、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）

から出力される高周波信号を磁場発生用信号線路１８ａ（１８ｂ）に効率的に流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ａ（１８ｂ）から効率的に発生させることが出来る。また、磁気抵抗効果デバイス２０００に対して、図２５に示す磁気抵抗効果デバイス２２００のように、インダクタ１５の一端が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂと出力ポート９ｂとの間に接続され、インダクタ１５の他端が、キャパシタ１９ａと磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂとの間またはキャパシタ１９ｂと磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂとの間に接続されるようにしてもよい。このようにすることで、インダクタ１５により、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ（磁気抵抗効果素子２４ａ、２４ｂ）から出力される高周波信号が磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ側や出力ポート９ｂ側に流出するのを抑制し、磁場発生用信号線路１８ａ（１８ｂ）に効率的に高周波信号を流すことが出来、高周波磁場を磁場発生用信号線路１８ａ（１８ｂ）から効率的に発生させることが出来る。

[0135] また、第１～１６の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００～２２００では、ＭＲユニット２０（または１番目のＭＲユニット２０ａと２番目のＭＲユニット２０ｂ）と出力ユニット２１の各々において、２つの磁気抵抗効果素子が並列に接続されており、各磁気抵抗効果素子に個別に磁場を印加するための２つの磁場印加機構１２が備えられているが、３つ以上の磁気抵抗効果素子が並列に接続されており、各磁気抵抗効果素子に個別に磁場を印加するための３つ以上の磁場印加機構１２が備えられていてもよい。この場合、通過帯域の幅をさらに広げることが可能となる。また、ＭＲユニット２０（または１番目のＭＲユニット２０ａと２番目のＭＲユニット２０ｂ）と出力ユニット２１の各々において、複数の磁気抵抗効果素子が直列に接続されるようにしても良い。また、ＭＲユニット２０（または１番目のＭＲユニット２０ａと２番目のＭＲユニット２０ｂ）と出力ユニット２１の各々において、並列に接続された２つの磁気抵抗効果素子にかえて磁気抵抗効果素子を１つとしても良い。また、１つの磁場印加機構１２が、複数の磁気抵抗効果素子に共通の磁場を印加するようにしてもよい。この場合、複数の磁気抵抗効

果素子の構成（例えば、膜構成や形状など）を互いに異ならせることで、複数の磁気抵抗効果素子の磁化自由層の強磁性共鳴周波数を異ならせることができる。

[0136] また、第１～第１６の実施形態のインダクタ１０、１５（または１５ａ、１５ｂ）にかえて、抵抗素子を用いても良い。この場合、この抵抗素子は、抵抗成分により電流の高周波成分をカットする機能を有する。この抵抗素子は、チップ抵抗またはパターン線路による抵抗のどちらでもよい。

[0137] 第１～第１６の実施形態の出力ユニット２１おけるインダクタ１０にかえて抵抗素子を用いる場合は、抵抗素子の出力側信号線路１７への接続部と出力ポート９ｂとの間の出力側信号線路１７に直流信号をカットするためのコンデンサを直列に接続することが、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、出力側信号線路１７、抵抗素子、直流電流入力端子１１およびグラウンド８を含んで形成される閉回路に、直流電流入力端子１１（または出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ）から印加された直流電流を効率的に流すことができる点で好ましい。

[0138] また、第１～第１６の実施形態の出力ユニット２１おいて、直流電流入力端子１１（または出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ）に接続される直流電流源１３（または出力ユニット側直流電流源１３ｂ）が、電流の高周波成分をカットすると同時に電流の不変成分を通す機能を有していれば、インダクタ１０は無くても良い。この場合でも、直流電流入力端子１１（または出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ）から入力された直流電流は、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂ、出力側信号線路１７、直流電流入力端子１１（または出力ユニット側直流電流入力端子１１ｂ）およびグラウンド８を含んで形成される閉回路を流れる。この閉回路により、磁気抵抗効果素子１４ａ、１４ｂに効率的に直流電流を印加することが出来る。

[0139] また、第１～第１６の実施形態では、磁気抵抗効果デバイス１００（２００、３００、４００、５００、６００、７００、８００、９００、１０００、１１００、１２００、１３００、１４００、１５００、１６００、１７０

０、１８００、１９００、２０００、２１００、２２００）が周波数設定機構（有効磁場設定機構）として磁場印加機構１２を有する例で説明しているが、周波数設定機構（有効磁場設定機構）は、以下に示すような他の例でも良い。例えば、磁気抵抗効果素子に電場を印加し、その電場を変化させることにより、磁化自由層における異方性磁場H_kを変化させて磁化自由層における有効磁場を変化させ、磁気抵抗効果素子の磁化自由層の強磁性共鳴周波数を変化させることができる。この場合、磁気抵抗効果素子に電場を印加する機構が、周波数設定機構（有効磁場設定機構）となる。また、磁化自由層の近傍に圧電体を設け、その圧電体に電場を印加して圧電体を変形させ、磁化自由層を歪ませることにより、磁化自由層における異方性磁場H_kを変化させて磁化自由層における有効磁場を変化させ、磁気抵抗効果素子の磁化自由層の強磁性共鳴周波数を変化させることができる。この場合、圧電体に電場を印加する機構および圧電体が、周波数設定機構（有効磁場設定機構）となる。また、電気磁気効果を有する反強磁性体またはフェリ磁性体である制御膜を磁化自由層に磁気的に結合するように設け、制御膜に磁場および電場を印加し、制御膜に印加する磁場および電場の少なくとも一方を変化させることにより、磁化自由層における交換結合磁場H_{EX}を変化させて磁化自由層における有効磁場を変化させ、磁気抵抗効果素子の磁化自由層の強磁性共鳴周波数を変化させることができる。この場合、制御膜に磁場を印加する機構、制御膜に電場を印加する機構および制御膜が、周波数設定機構（有効磁場設定機構）となる。

[0140] また、周波数設定機構が無くても（磁場印加機構１２からの磁場が印加されなくても）、各磁気抵抗効果素子の磁化自由層の強磁性共鳴周波数が所望の周波数である場合には、周波数設定機構（磁場印加機構１２）は無くてもよい。

[0141] また、第１～第１６の実施形態では、磁気抵抗効果デバイス１００（２００、３００、４００、５００、６００、７００、８００、９００、１０００、１１００、１２００、１３００、１４００、１５００、１６００、１７０

０、１８００、１９００、２０００、２１００、２２００）が、入力側信号線路７に接続された抵抗素子、インダクタおよびキャパシタの少なくとも１つを有していても良く、これらによりインピーダンスの調整を行うことにより、第１のポート９ａにおけるインピーダンスマッチングを行うことが出来る。

[0142] また、第１～第１６の実施形態では、磁気抵抗効果デバイス１００（２００、３００、４００、５００、６００、７００、８００、９００、１０００、１１００、１２００、１３００、１４００、１５００、１６００、１７００、１８００、１９００、２０００、２１００、２２００）として、入力ポート９ａにシングルエンド信号の高周波信号が入力される形態の例で説明したが、入力ポート９ａに差動信号の高周波信号が入力される形態としても良い。この場合でも、磁気抵抗効果デバイス１００（２００、３００、４００、５００、６００、７００、８００、９００、１０００、１１００、１２００、１３００、１４００、１５００、１６００、１７００、１８００、１９００、２０００、２１００、２２００）が、入力側信号線路７に接続された抵抗素子、インダクタおよびキャパシタの少なくとも１つを有していても良く、これらによりインピーダンスの調整を行うことにより、第１のポート９ａにおけるインピーダンスマッチングを行うことが出来る。図２６に、第１の実施形態の磁気抵抗効果デバイス１００を変形して、入力ポート９ａに差動信号の高周波信号が入力される形態とした磁気抵抗効果デバイス２３００の断面模式図を示す。磁気抵抗効果デバイス２３００では、入力側信号線路７は、グラウンド８には接続されずに、差動信号の高周波信号が入力される入力ポート９ａに接続され、入力側信号線路７には抵抗素子３１が接続されている。磁気抵抗効果デバイス２３００では、入力ポート９ａに差動信号の高周波信号が入力され、出力ポート９ｂからシングルエンド信号の高周波信号が出力されるため、磁気抵抗効果デバイス２３００はバランとして機能することができる。同様に、磁気抵抗効果デバイス２００、３００、４００、５００、６００、７００、８００、９００、１０００、１１００、１２００

、１３００、１４００、１５００、１６００、１７００、１８００、１９００、２０００、２１００、２２００を、入力ポート９ａに差動信号の高周波信号が入力される形態に変形したものも、バランとして機能することが出来る。

[0143] また、上記第１～第１６実施形態では、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂの例として、第１強磁性層を磁化固定層とし、第２強磁性層を磁化自由層とした例で説明したが、磁気抵抗効果素子１ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂにかえて、第１強磁性層および第２強磁性層を磁化自由層とした磁気抵抗効果素子とすることもできる。そのような磁気抵抗効果素子の一例として、２つの磁化自由層同士がスペーサ層を介して磁気的に結合した磁気抵抗効果素子を挙げることができる。より具体的には、２つの磁化自由層の磁化の方向が互いに反平行になるように、２つの磁化自由層同士がスペーサ層を介して磁気的に結合した例が挙げられる。

符号の説明

[0144] １ａ、１ｂ、１４ａ、１４ｂ、２４ａ、２４ｂ　磁気抵抗効果素子

２　磁化固定層

３　スペーサ層

４　磁化自由層

５　上部電極

６　下部電極

７　入力側信号線路

８　グラウンド

９ａ　入力ポート

９ｂ　出力ポート

１０、１５、１５ａ、１５ｂ　インダクタ

１１　直流電流入力端子

１１ａ、１１ｃ、１１ｄ　ＭＲユニット側直流電流入力端子

１１ｂ　出力ユニット側直流電流入力端子

１２　磁場印加機構

１３　直流電流源

１３ａ、１３ｃ、１３ｄ　ＭＲユニット側直流電流源

１３ｂ　出力ユニット側直流電流源

１６　絶縁体

１７　出力側信号線路

１８、１８ａ、１８ｂ　磁場発生用信号線路

１９、１９ａ、１９ｂ　キャパシタ

２０、２０ａ、２０ｂ　ＭＲユニット

２１　出力ユニット

２３、２３ａ、２３ｂ　シャント用キャパシタ

３０　基準電位端子

１００、２００、３００、４００、５００、６００、７００、８００、９００、１０００、１１００、１２００、１３００、１４００、１５００、１６００、１７００、１８００、１９００、２０００、２１００、２２００　磁気抵抗効果デバイス

請求の範囲

[請求項1] 高周波信号が入力される入力ポートと、

前記入力ポートに接続され前記入力ポートに入力された高周波信号に対応した高周波電流が流れる入力側信号線路と、

磁気抵抗効果素子および磁場発生用信号線路を有するＭＲユニットと、

磁気抵抗効果素子、出力側信号線路および出力ポートを有する出力ユニットとを有し、

さらに、前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子に直流電流又は直流電圧を印加可能なように直流印加端子を有し、

前記磁気抵抗効果素子は、第１強磁性層、第２強磁性層およびこれらの間に配置されたスペーサ層を有し、

前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ポートが前記出力側信号線路を介して接続され、

前記入力側信号線路は、前記入力側信号線路から発生する高周波磁場が前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置され、

前記ＭＲユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子から出力される高周波電流が前記磁場発生用信号線路に流れるように、前記磁気抵抗効果素子と前記磁場発生用信号線路とが接続され、

前記磁場発生用信号線路は、前記磁場発生用信号線路から発生する高周波磁場が前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置されていることを特徴とする磁気抵抗効果デバイス。

[請求項2] 前記直流印加端子としてＭＲユニット側直流印加端子と出力ユニット側直流印加端子とを有し、

前記ＭＲユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子に前記ＭＲユニット側直流印加端子が接続され、

前記出力ユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子に前記出力ユニット側直流印加端子が接続されていることを特徴とする請求項１に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項3] キャパシタおよびインダクタをさらに有し、

前記ＭＲユニットにおいて、前記磁場発生用信号線路に対して前記キャパシタが直列に接続され、前記キャパシタと前記磁気抵抗効果素子との間に磁場発生用信号線路に対して並列に前記インダクタが接続されていることを特徴とする請求項２に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項4] キャパシタをさらに有し、

前記磁場発生用信号線路に対して直列に前記キャパシタが接続され、

前記キャパシタと前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子との間と、前記出力ポートと前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子との間との両方に、前記直流印加端子が接続されていることを特徴とする請求項１に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項5] インダクタをさらに有し、

前記ＭＲユニットにおいて、前記キャパシタと前記磁気抵抗効果素子との間に前記インダクタの一端が接続され、

前記インダクタの他端は前記直流印加端子に接続されていることを特徴とする請求項４に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項6] インダクタをさらに有し、

前記出力ユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子と前記出力ポートとの間に前記インダクタの一端が接続され、

前記インダクタの他端は前記直流印加端子に接続されていることを特徴とする請求項４に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項7] キャパシタをさらに有し、

前記磁場発生用信号線路に対して直列に前記キャパシタが接続され

、

前記キャパシタと前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子との間に前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が接続され、前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端が前記出力ポートに接続され、

前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記直流印加端子とが直列に接続されていることを特徴とする請求項１に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項8] シャント用キャパシタとインダクタをさらに有し、

前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が前記シャント用キャパシタに接続され、

前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端が前記出力ポートに接続され、

前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記キャパシタとの間に前記インダクタの一端が接続され、

前記インダクタの他端が前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記シャント用キャパシタとの間に接続されていることを特徴とする請求項７に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項9] 前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が前記磁場発生用信号線路に接続され、

前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が前記出力ポートに接続され、

前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端と前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端との両方に、前記直流印加端子が接続されていることを特徴とする請求項１に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項10] 高周波信号が入力される入力ポートと、

前記入力ポートに接続され前記入力ポートに入力された高周波信号

に対応した高周波電流が流れる入力側信号線路と、

磁気抵抗効果素子および磁場発生用信号線路を有するＮ個（Ｎは２以上の自然数）のＭＲユニットと、

磁気抵抗効果素子、出力側信号線路および出力ポートを有する出力ユニットとを有し、

さらに、前記Ｎ個のＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子に直流電流を印加可能なように直流印加端子を有し、

前記磁気抵抗効果素子は、第１強磁性層、第２強磁性層およびこれらの間に配置されたスペーサ層を有し、

前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ポートが前記出力側信号線路を介して接続され、

前記入力側信号線路は、前記入力側信号線路から発生する高周波磁場が１番目の前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置され、

各々の前記ＭＲユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子から出力される高周波電流が前記磁場発生用信号線路に流れるように、前記磁気抵抗効果素子と前記磁場発生用信号線路とが接続され、

Ｍ番目（Ｍは、１≦Ｍ≦Ｎ－１を満たす自然数）の前記ＭＲユニットの前記磁場発生用信号線路は、Ｍ番目の前記ＭＲユニットの前記磁場発生用信号線路から発生する高周波磁場がＭ＋１番目の前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置され、

Ｎ番目の前記ＭＲユニットの前記磁場発生用信号線路は、Ｎ番目の前記ＭＲユニットの前記磁場発生用信号線路から発生する高周波磁場が前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子に印加されるように配置されていることを特徴とする磁気抵抗効果デバイス。

[請求項11] 前記直流印加端子として、前記ＭＲユニットの各々がＭＲユニット側直流印加端子を有し、前記出力ユニットが出力ユニット側直流印加

端子を有し、

前記ＭＲユニットの各々において、前記磁気抵抗効果素子に前記ＭＲユニット側直流印加端子が接続され、

前記出力ユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子に前記出力ユニット側直流印加端子が接続されていることを特徴とする請求項１０に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項12] キャパシタおよびインダクタをさらに有し、

Ｎ個の前記ＭＲユニットのうちの少なくとも１つの前記ＭＲユニットにおいて、前記磁場発生用信号線路に対して前記キャパシタが直列に接続され、前記キャパシタと前記磁気抵抗効果素子との間に磁場発生用信号線路に対して並列に前記インダクタが接続されていることを特徴とする請求項１１に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項13] キャパシタをさらに有し、

Ｎ個の前記ＭＲユニットのうちの少なくとも１つの前記ＭＲユニットにおいて、前記磁場発生用信号線路に対して直列に前記キャパシタが接続され、

前記キャパシタと前記少なくとも１つのＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子との間と、前記出力ポートと前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子との間との両方に、前記直流印加端子が接続されていることを特徴とする請求項１０に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項14] インダクタをさらに有し、

前記少なくとも１つの前記ＭＲユニットにおいて、前記キャパシタと前記磁気抵抗効果素子との間に前記インダクタの一端が接続され、前記インダクタの他端は前記直流印加端子に接続されていることを特徴とする請求項１３に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項15] インダクタをさらに有し、

前記出力ユニットにおいて、前記磁気抵抗効果素子と前記出力ポートとの間に前記インダクタの一端が接続され、

前記インダクタの他端は前記直流印加端子に接続されていることを特徴とする請求項１３に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項16] Ｎ個の前記ＭＲユニットのうちの少なくとも２つの前記ＭＲユニットの各々は、　キャパシタをさらに有し、

前記少なくとも２つのＭＲユニットの各々において、前記磁場発生用信号線路に対して直列に前記キャパシタが接続され、前記キャパシタと前記磁気抵抗効果素子との間に前記直流印加端子が接続されていることを特徴とする請求項１０に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項17] 前記少なくとも２つのＭＲユニットの各々はインダクタをさらに有し、

前記少なくとも２つのＭＲユニットの各々において、前記キャパシタと前記磁気抵抗効果素子との間に前記インダクタの一端が接続され、前記インダクタの他端は前記直流印加端子に接続されていることを特徴とする請求項１６に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項18] キャパシタをさらに有し、

Ｎ個の前記ＭＲユニットのうちの１つの前記ＭＲユニットにおいて、前記磁場発生用信号線路に対して直列に前記キャパシタが接続され、前記キャパシタと前記磁気抵抗効果素子との間に前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が接続され、

前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端が前記出力ポートに接続され、

前記１つのＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記直流印加端子とが直列に接続されていることを特徴とする請求項１０に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項19] シャント用キャパシタとインダクタをさらに有し、

前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が前記シャント用キャパシタに接続され、

前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端が前記出力ポート

に接続され、

前記１つの前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記キャパシタとの間に前記インダクタの一端が接続され、

前記インダクタの他端が前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記シャント用キャパシタとの間に接続されていることを特徴とする請求項１８に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項20] Ｎ個の前記ＭＲユニットのうちの２つの前記ＭＲユニットの各々は、キャパシタをさらに有し、

前記２つのＭＲユニットの各々において、前記磁場発生用信号線路に対して直列に前記キャパシタが接続され、

前記２つのＭＲユニットの一方の前記ＭＲユニットの前記キャパシタと前記磁気抵抗効果素子との間に他方の前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が接続され、

前記他方の前記ＭＲユニットにおいて前記磁気抵抗効果素子の他端が前記磁場発生用信号線路に接続され、

前記２つのＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記直流印加端子とが直列に接続されていることを特徴とする請求項１０に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項21] シャント用キャパシタとインダクタをさらに有し、

前記他方の前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が前記シャント用キャパシタに接続され、

前記他方の前記ＭＲユニットにおいて前記磁気抵抗効果素子の他端が前記磁場印加用信号線路に接続され、

前記一方の前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記キャパシタとの間に前記インダクタの一端が接続され、

前記インダクタの他端が前記他方の前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子と前記シャント用キャパシタとの間に接続されていることを特徴とする請求項２０に記載の磁気抵抗効果デバイス。

[請求項22] Ｎ個の前記ＭＲユニットのうちの少なくとも１つの前記ＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が前記磁場発生用信号線路に接続され、

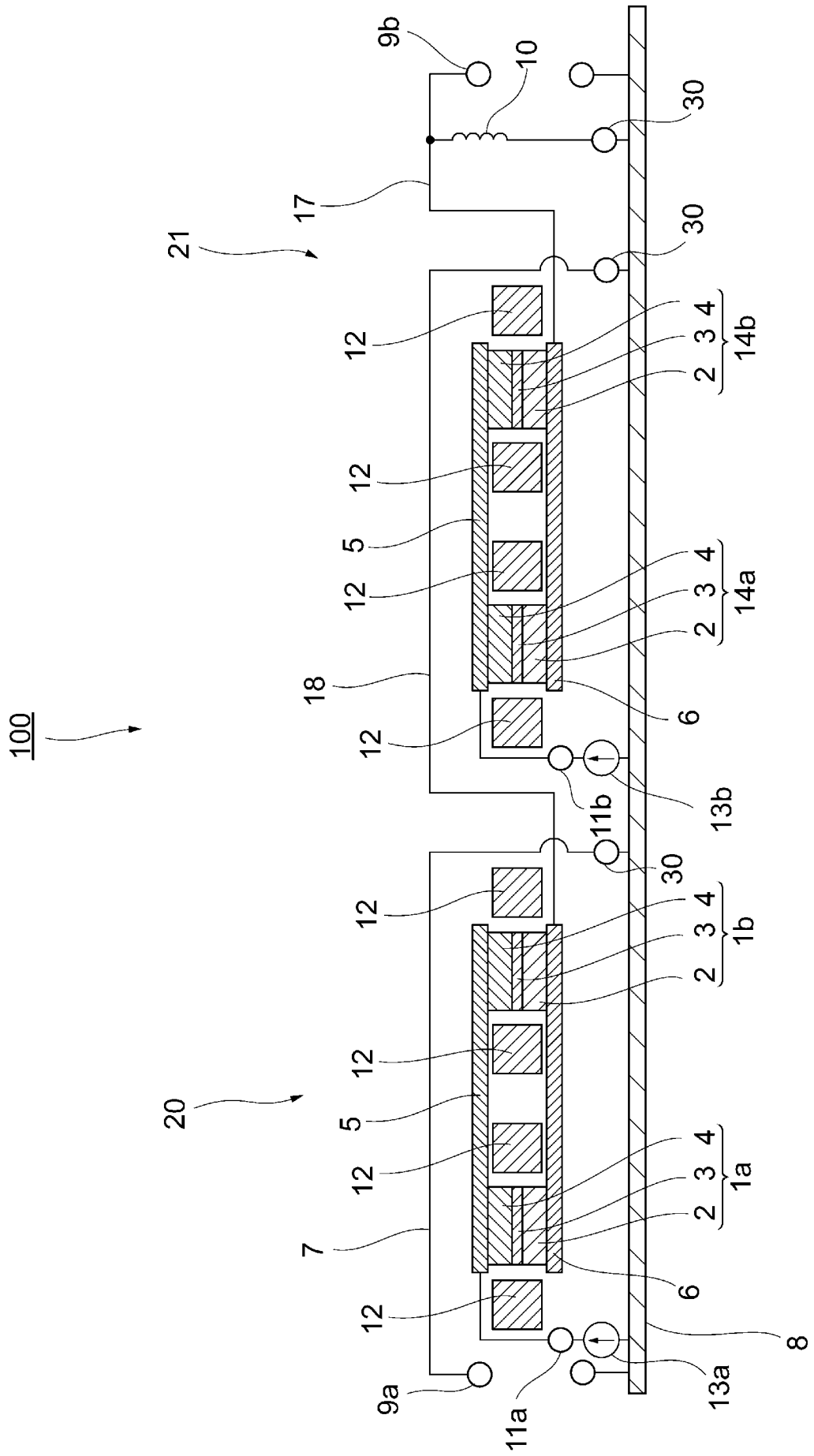
前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の一端が前記出力ポートに接続され、

前記少なくとも１つのＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端と前記出力ユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端との両方に、前記直流印加端子が接続されていることを特徴とする請求項１０に記載の磁気抵抗効果デバイス。

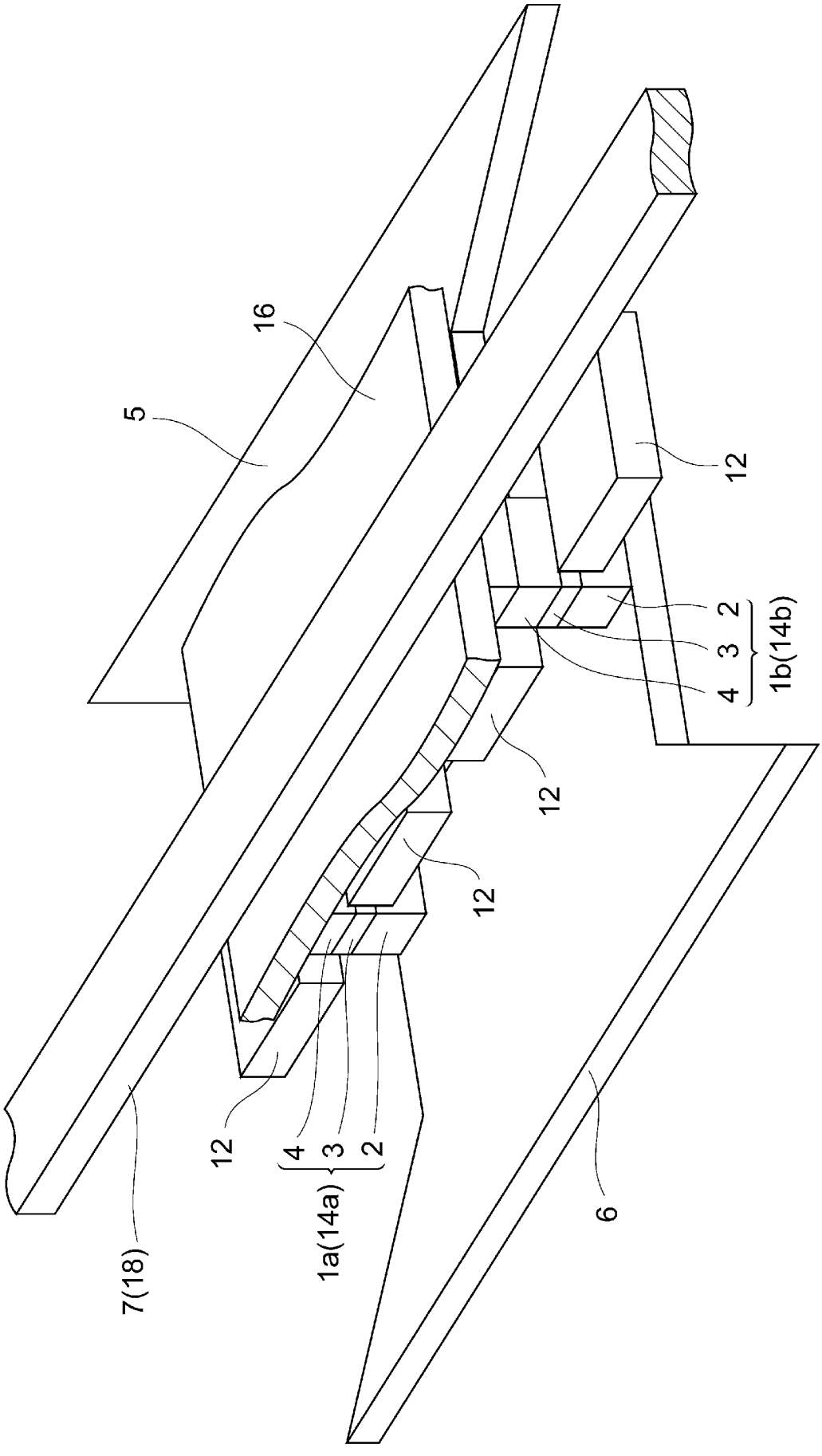
[請求項23] Ｎ個の前記ＭＲユニットのうちの少なくとも２つの前記ＭＲユニットの各々において、前記磁気抵抗効果素子の一端が前記磁場発生用信号線路に接続され、

前記少なくとも２つのＭＲユニットの前記磁気抵抗効果素子の他端に、前記直流印加端子が接続されていることを特徴とする請求項１０に記載の磁気抵抗効果デバイス。

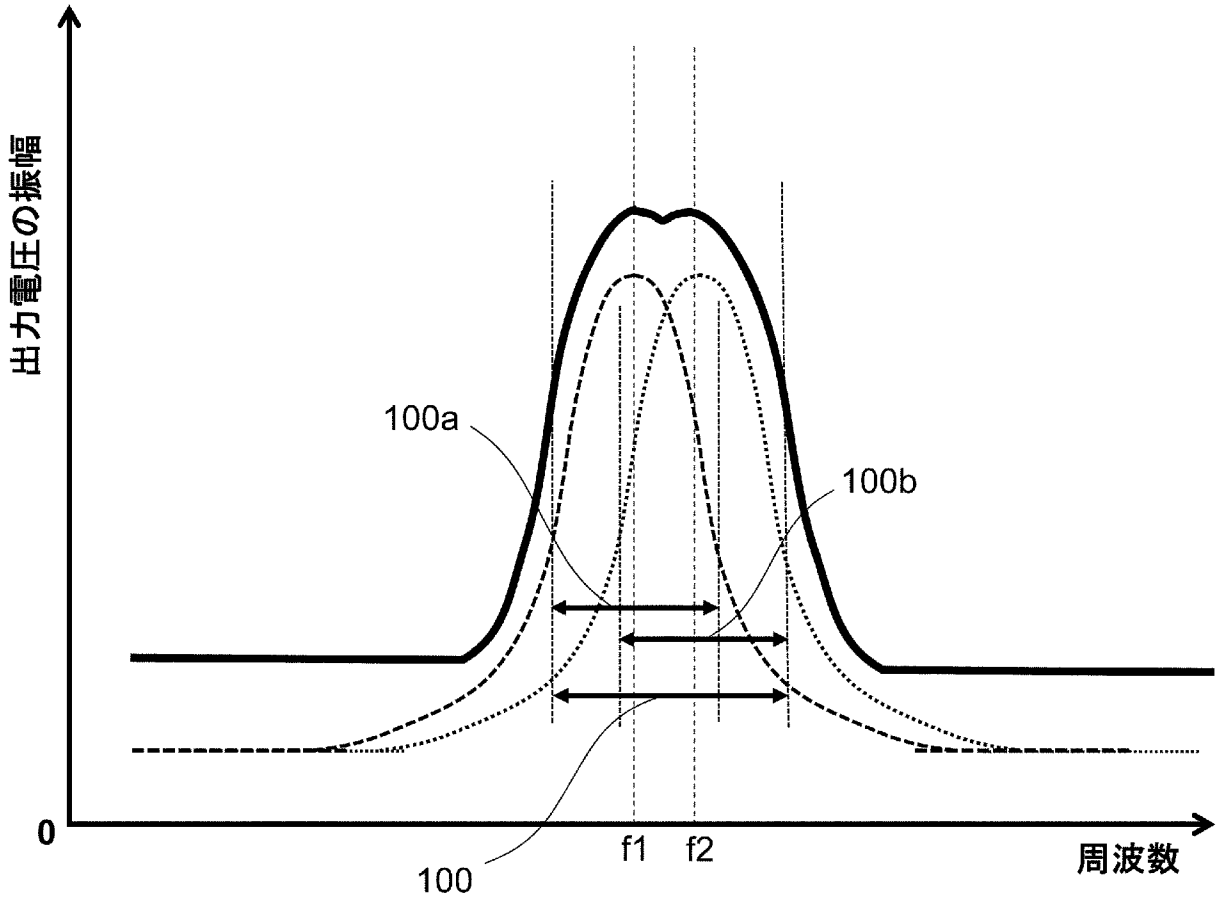
[図1]


100
20
21
1a
1b
2
3
4
5
6
7
8
9a
9b
10
11a
11b
12
13a
13b
14a
14b
17
18
30

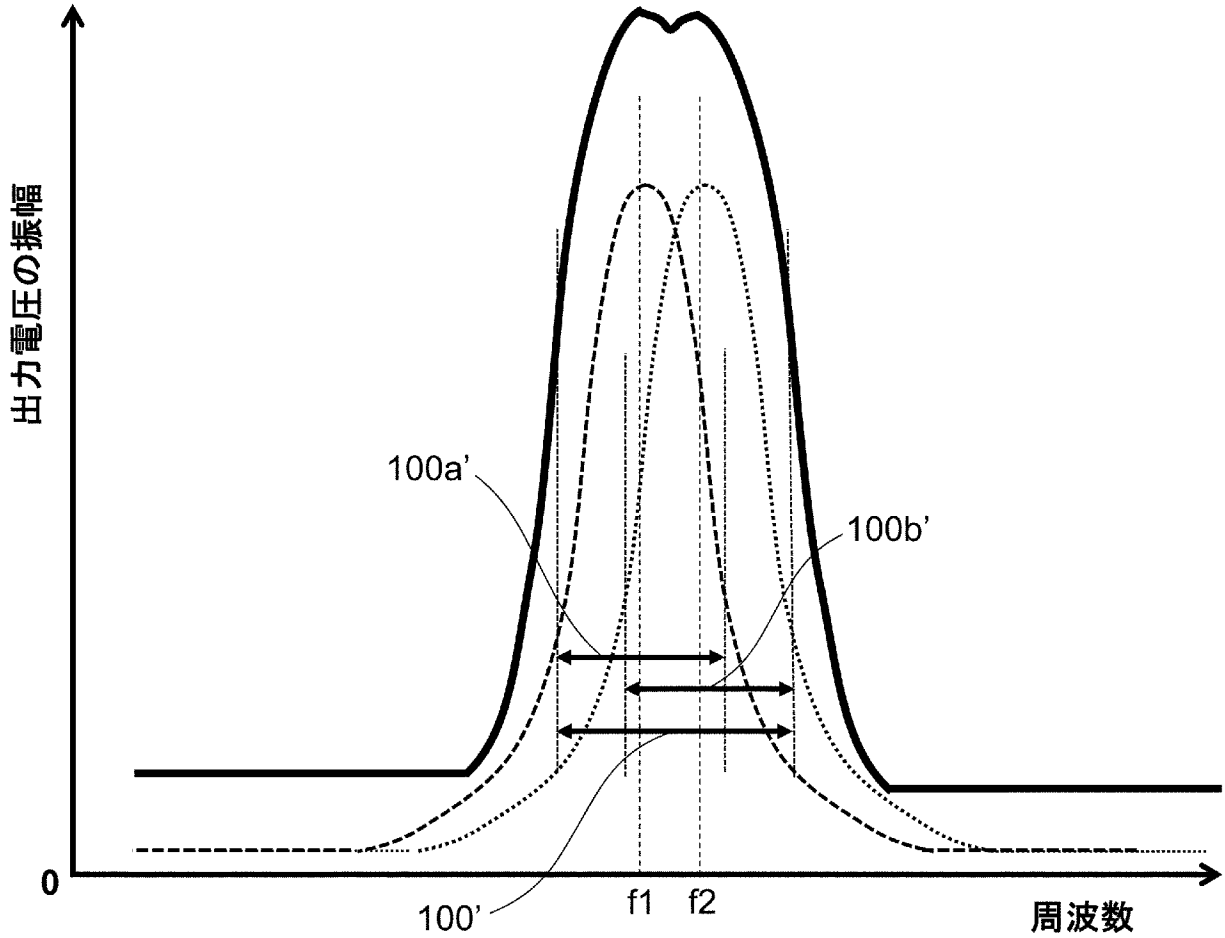
[図2]



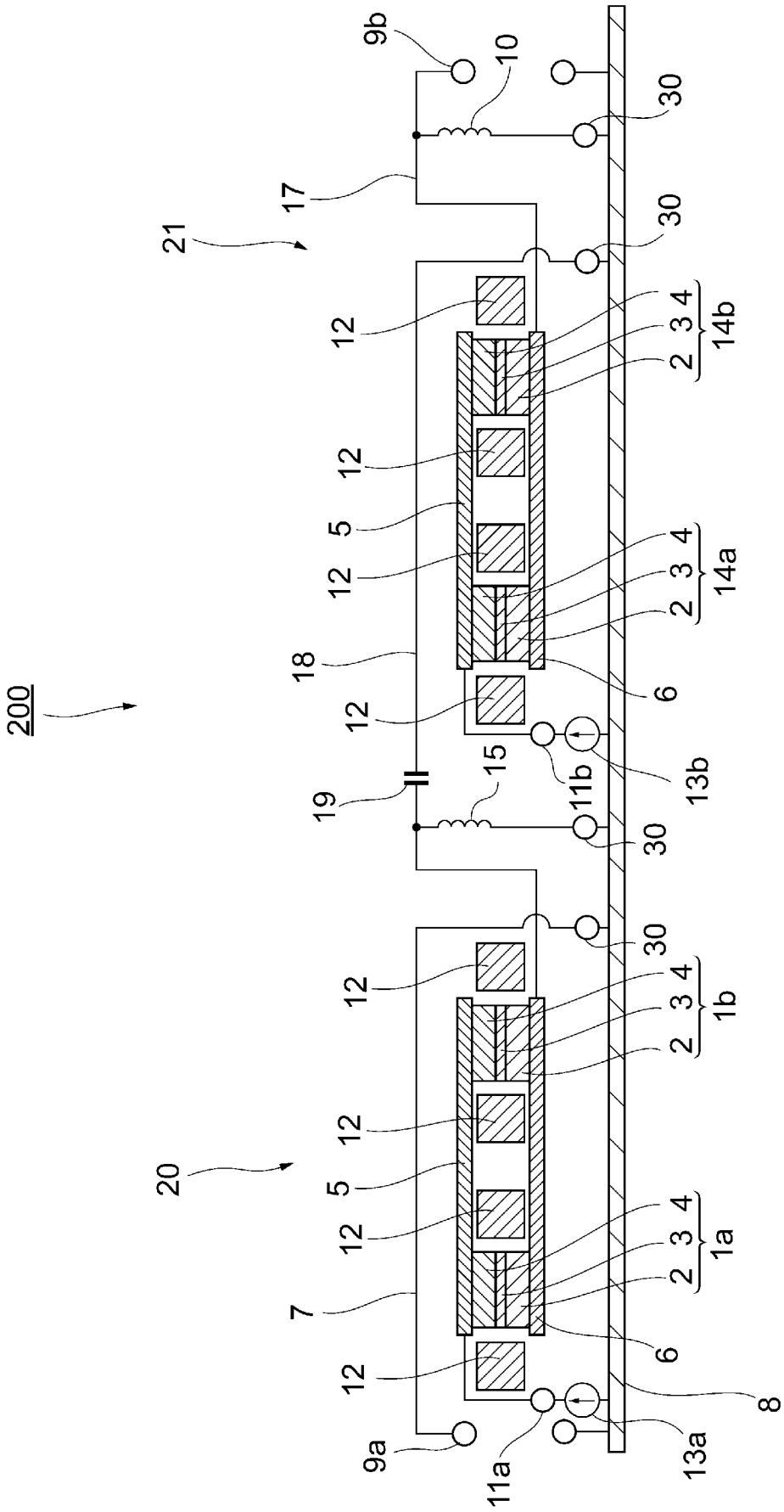
[図3]


出力電圧の振幅
100a
100b
0
f1
f2
周波数
100

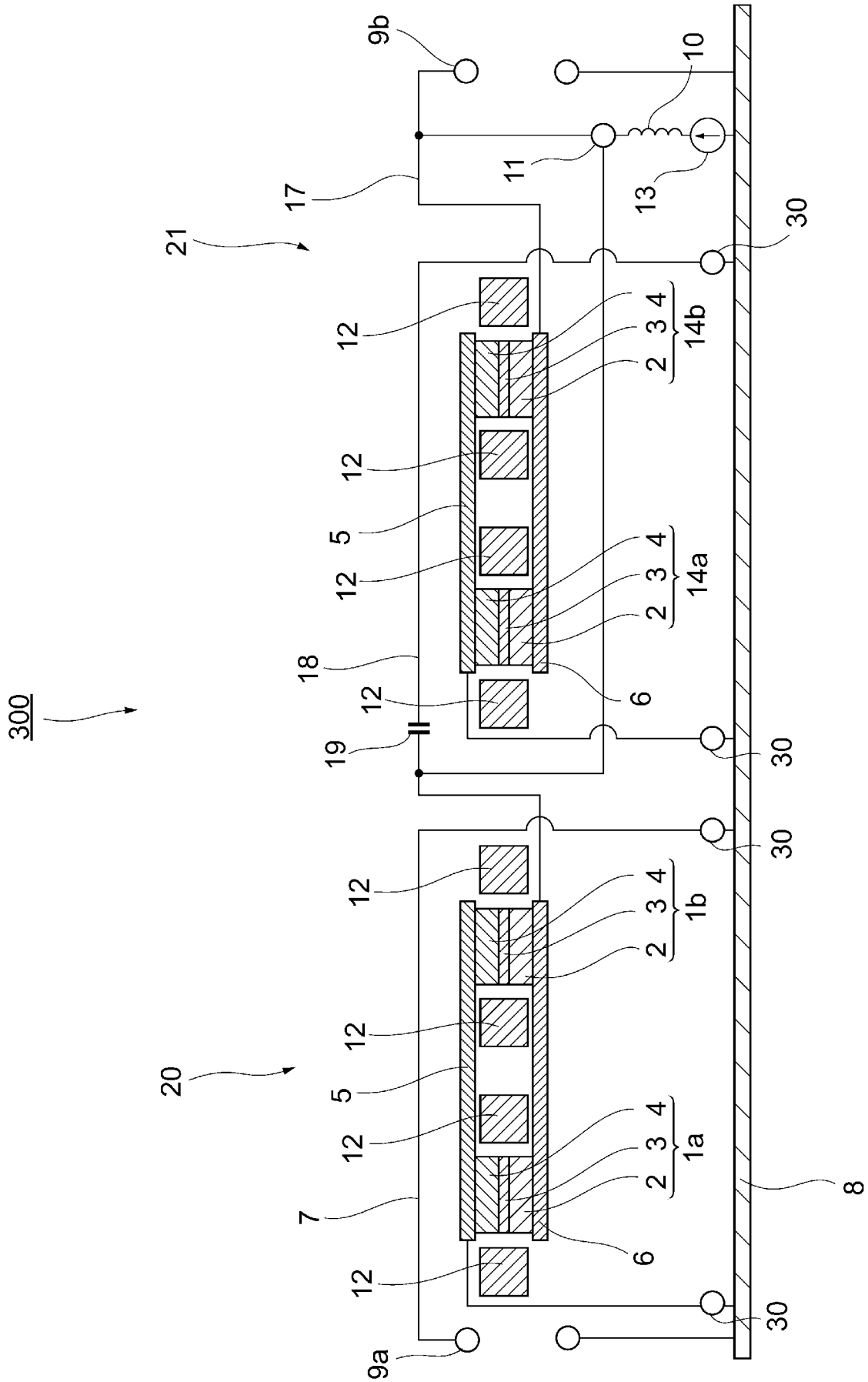
[図4]


出力電圧の振幅
100a'
100b'
0
f1
f2
周波数
100'

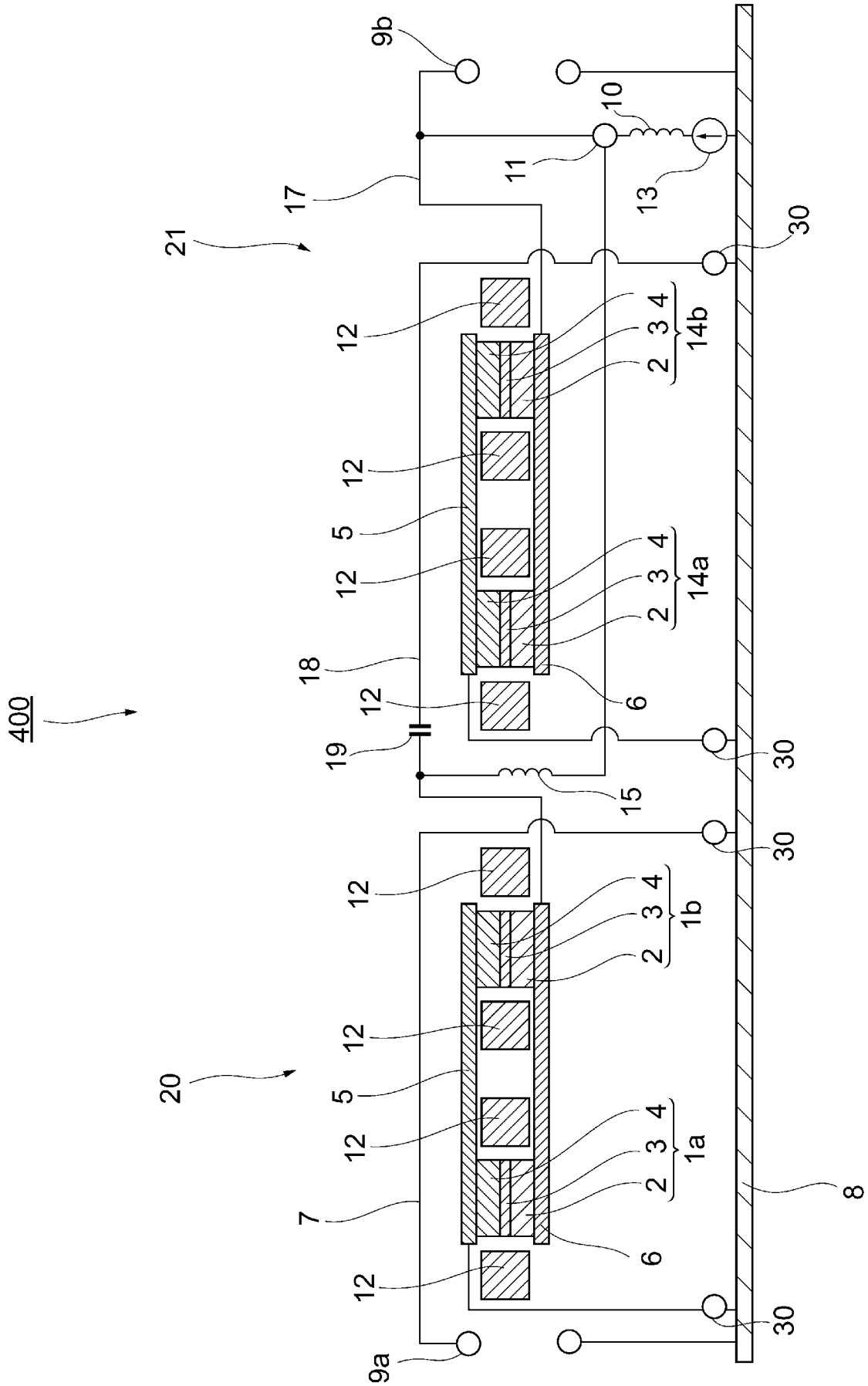
[図5]


200
20
21
9a
9b
10
11a
11b
12
13a
13b
14a
14b
15
17
18
19
30
1a
1b
2
3
4
5
6
7
8

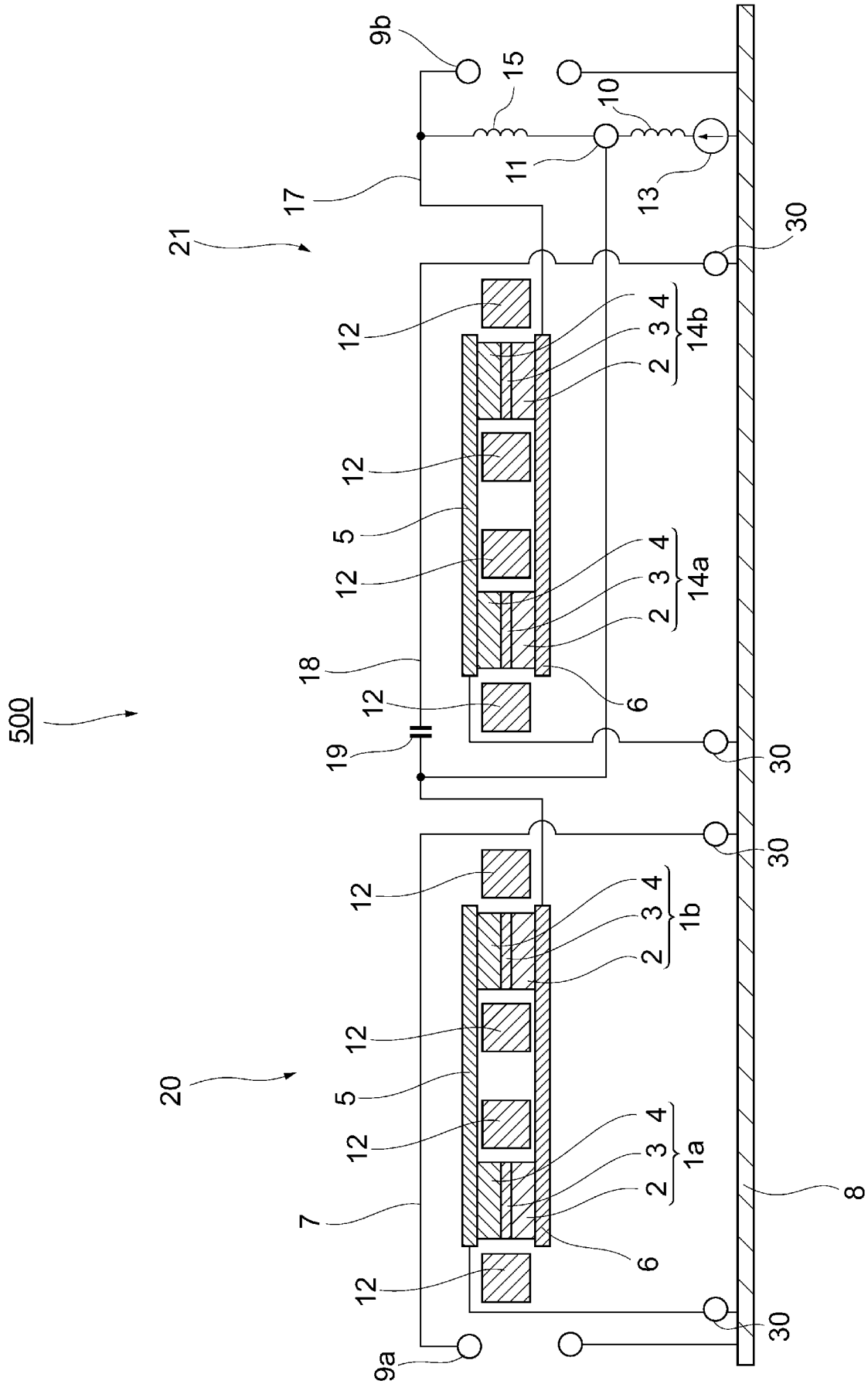
[図6]



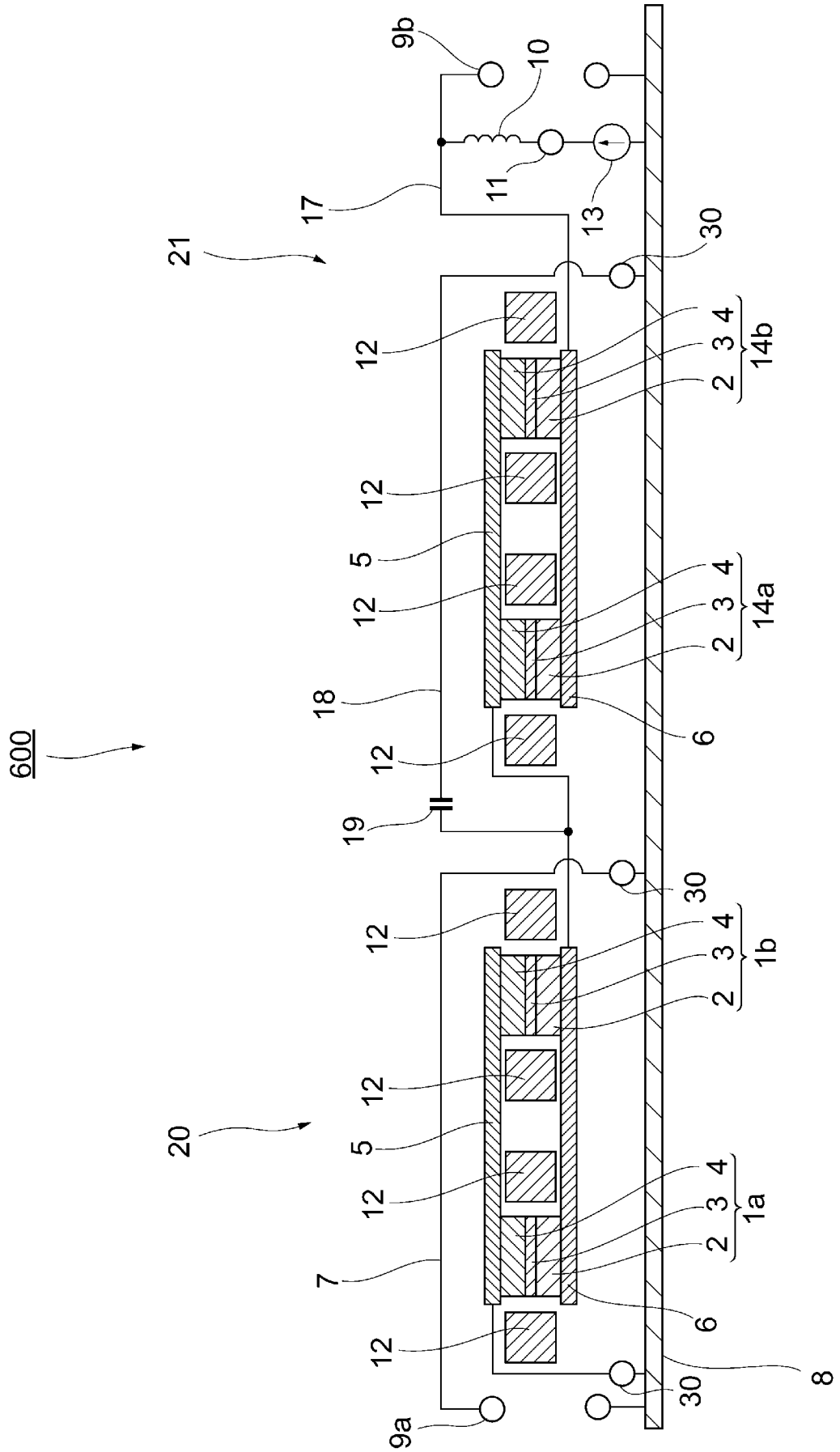
[図7]



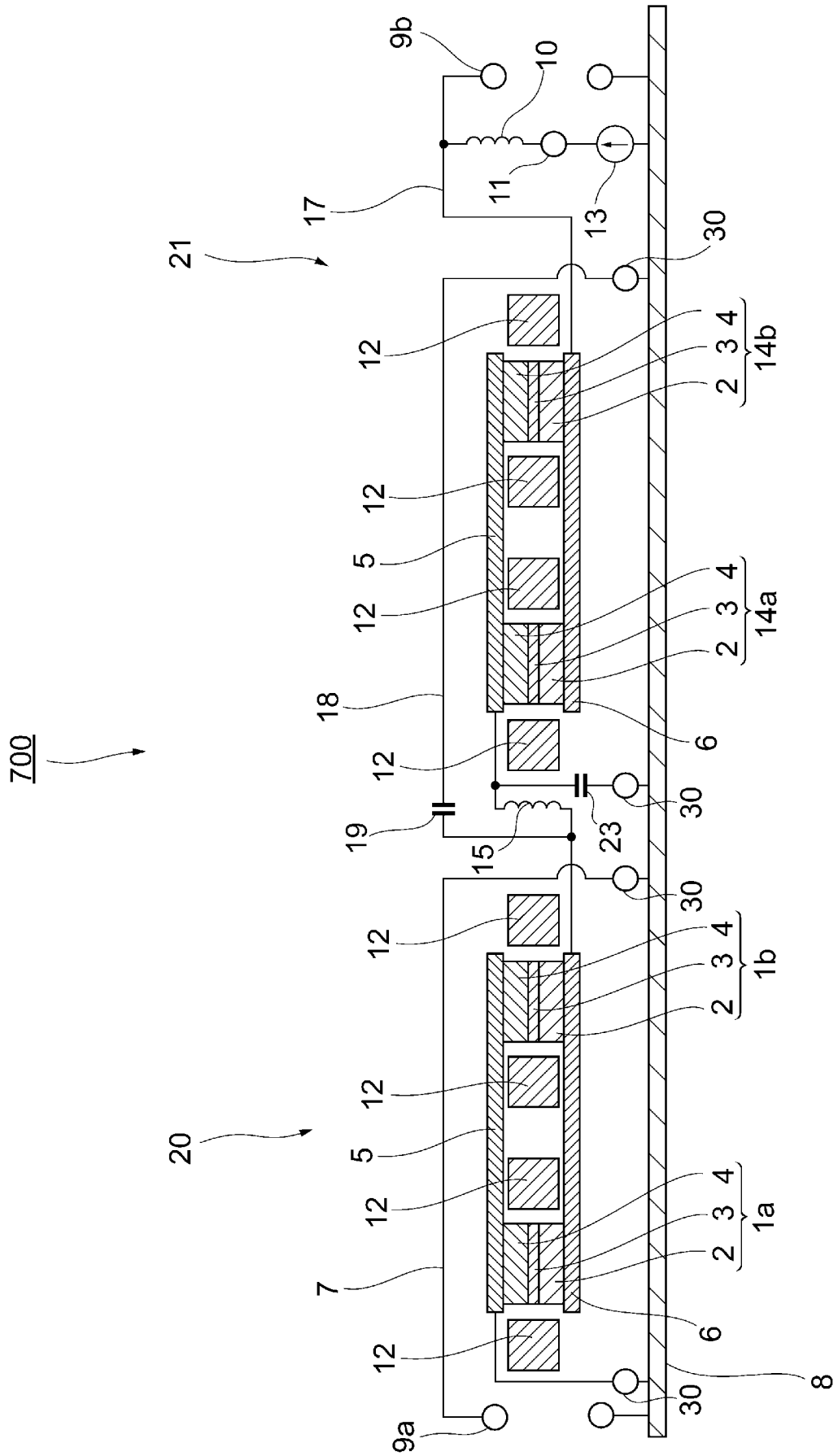
[図8]



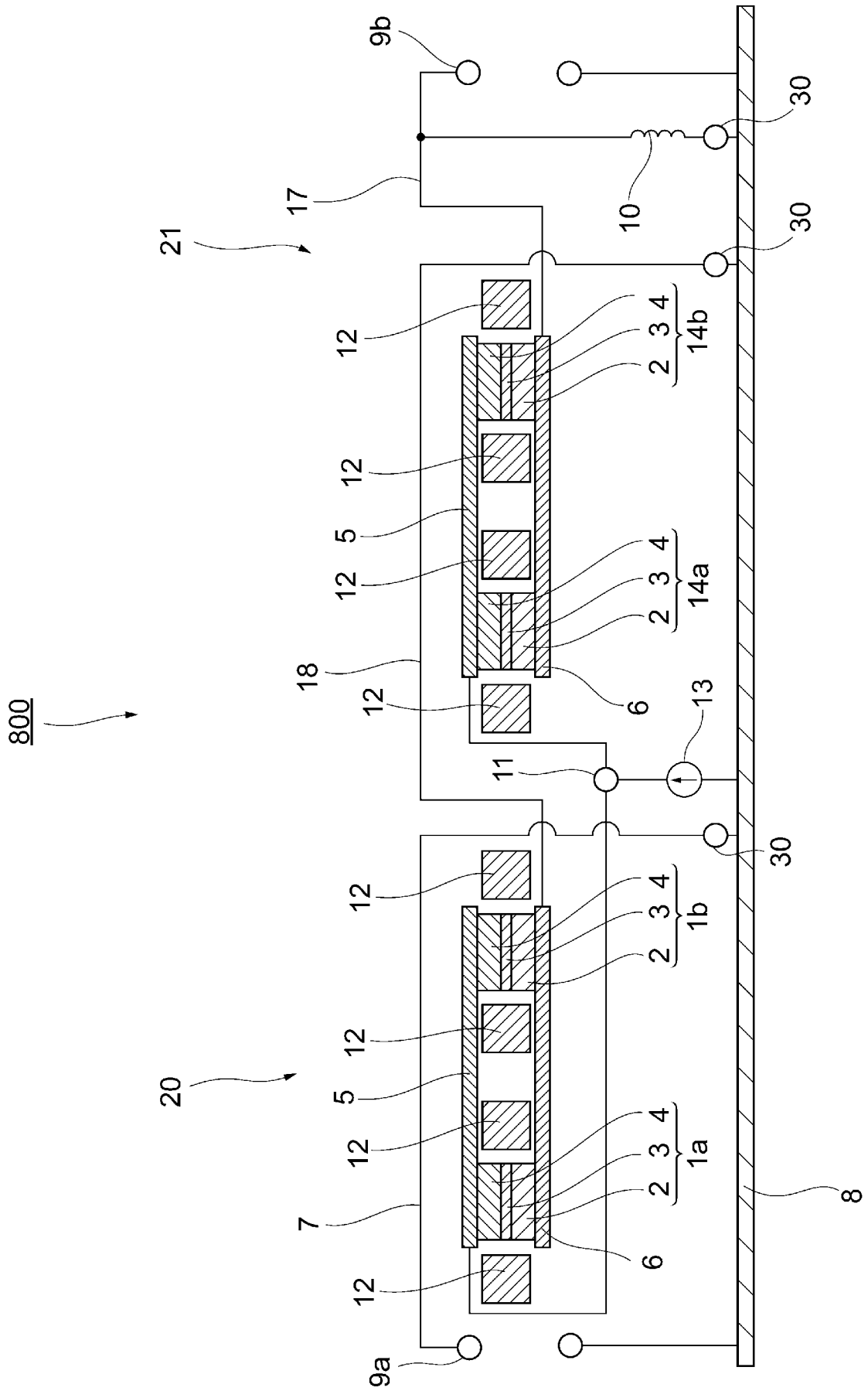
[図9]



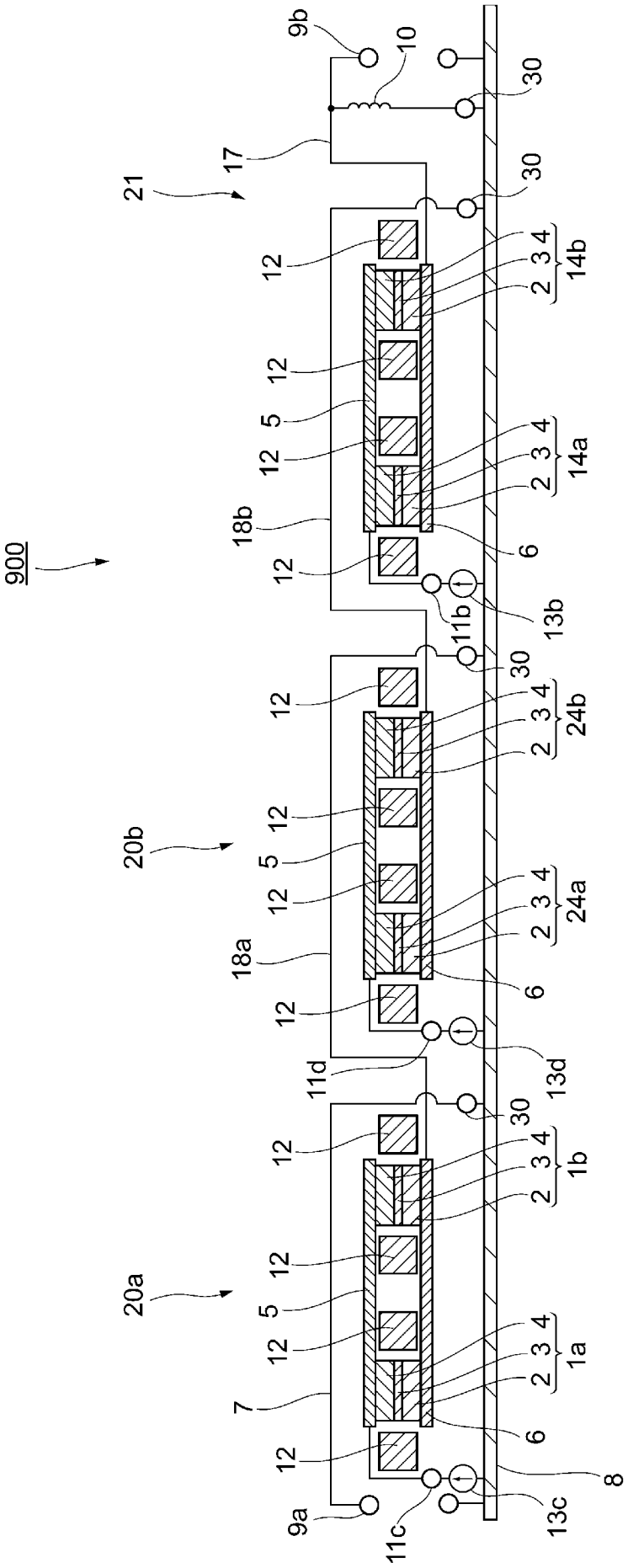
[図10]



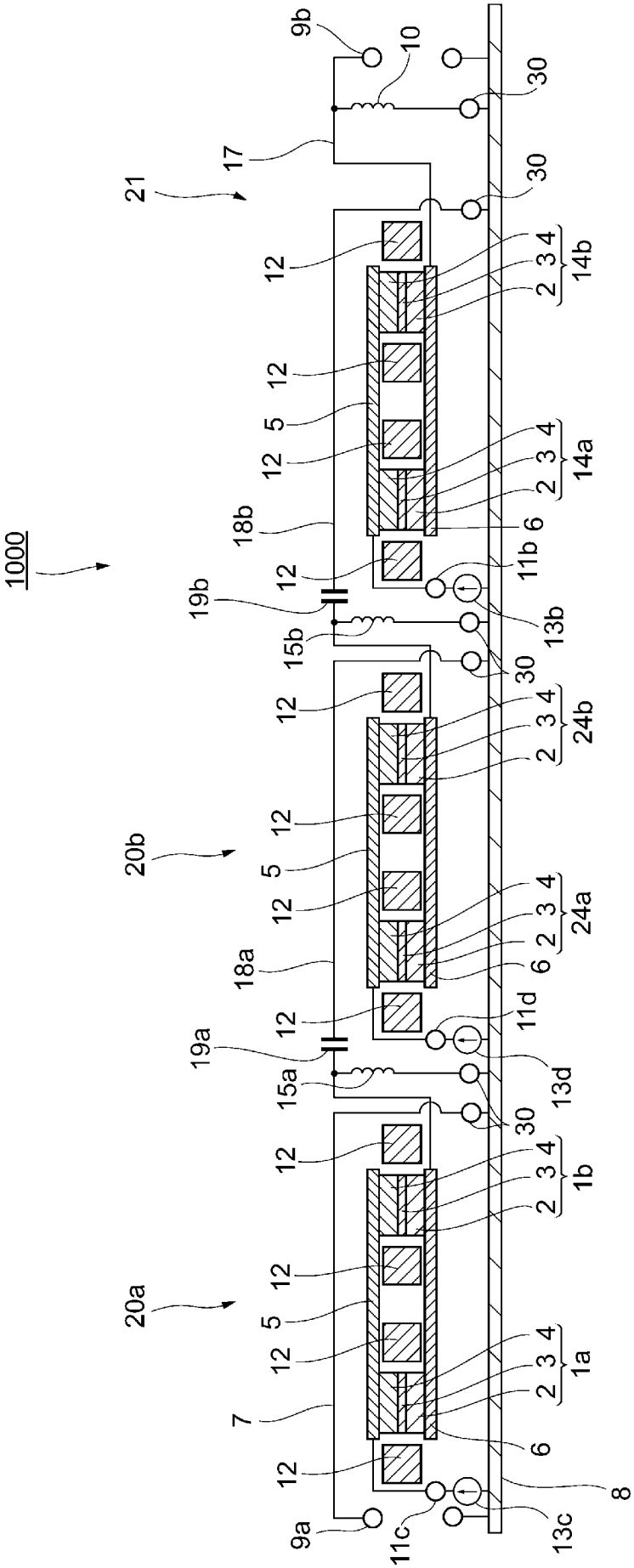
[図11]



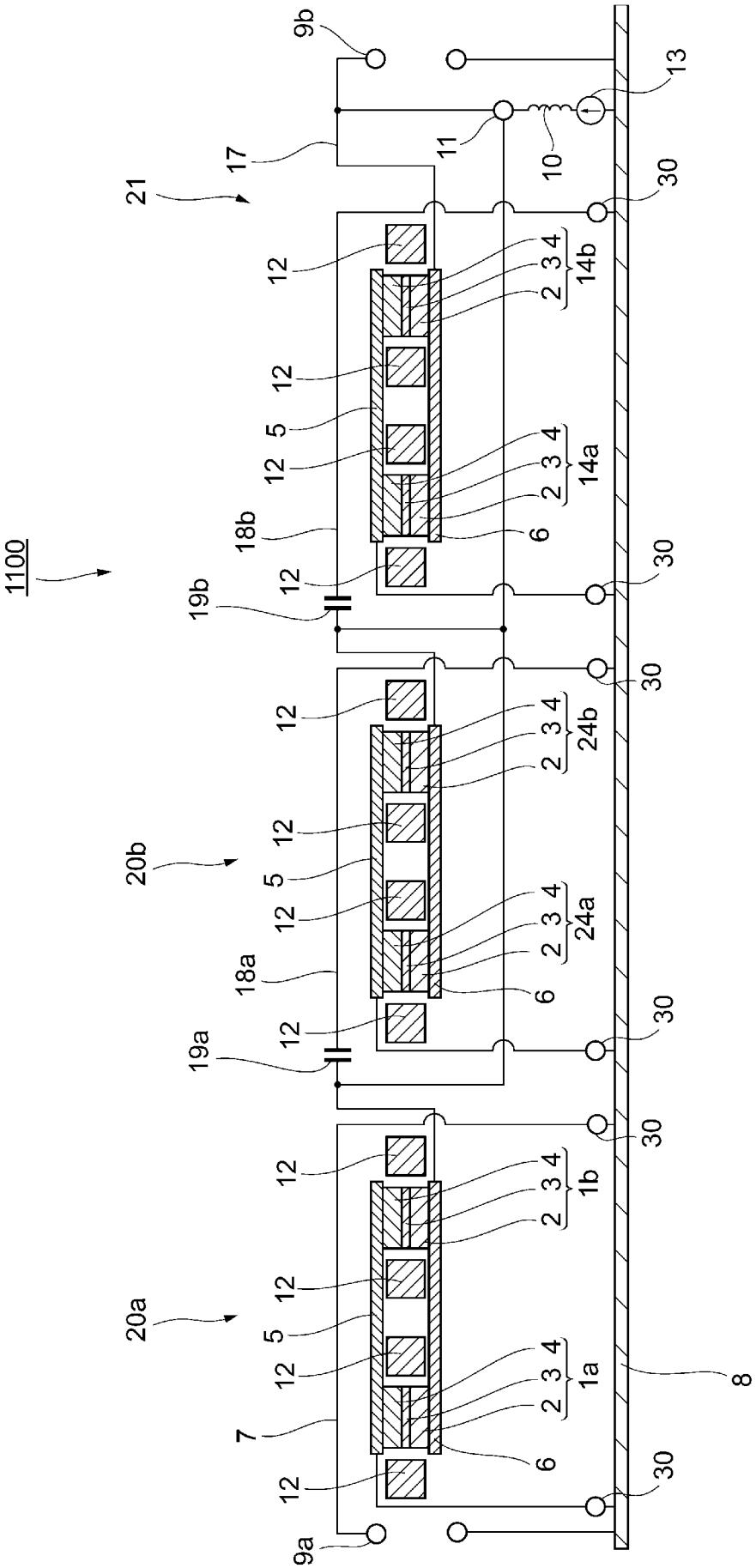
[図12]


900
21
20b
20a
17
18b
18a
7
8
9b
9a
10
11b
11c
11d
13b
13c
13d
30
12
5
6
1a
1b
14a
14b
24a
24b
2
3
4

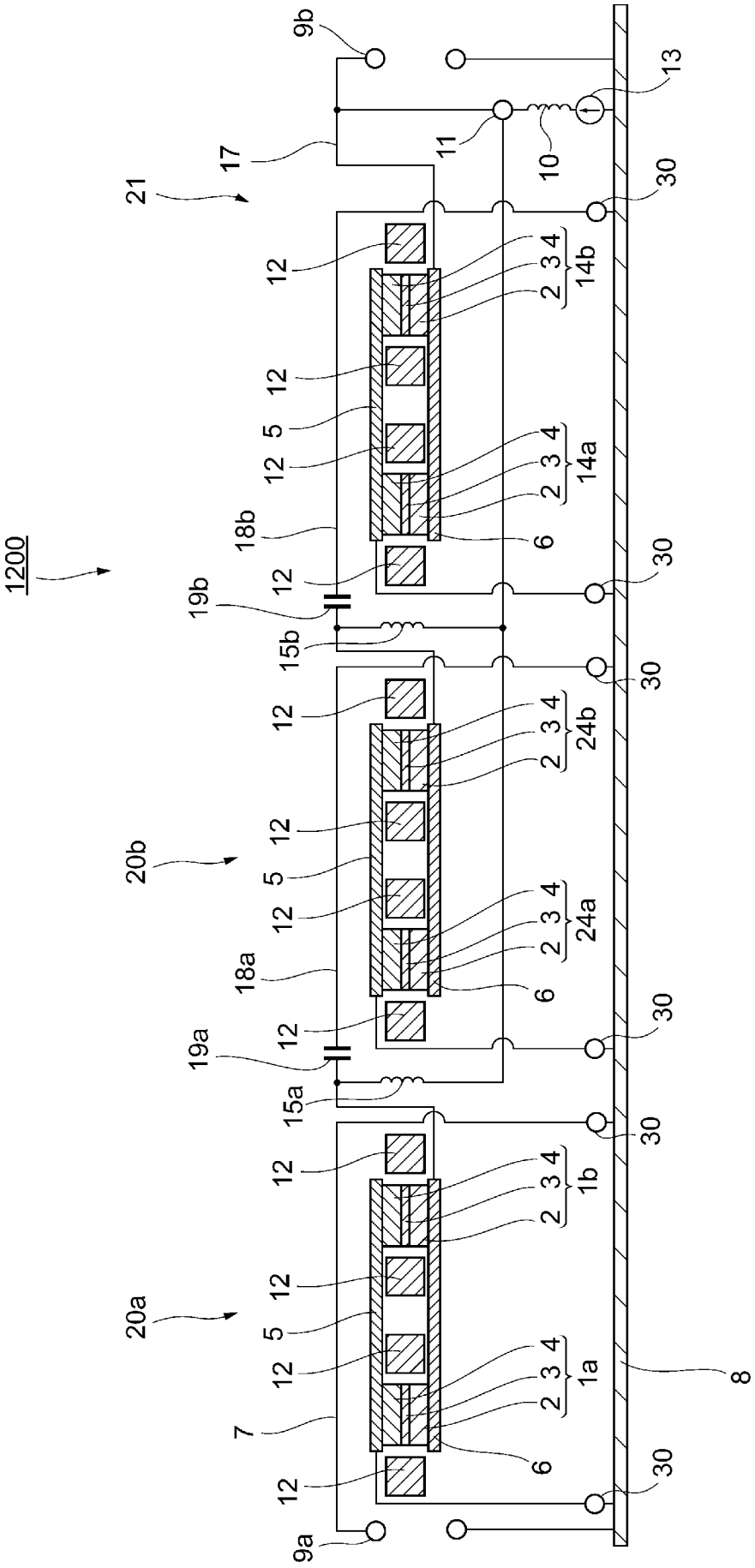
[図13]


1000
21
20b
20a
9b
10
30
17
12
2 3 4
14b
5
14a
18b
6
11b
19b
13b
15b
24b
18a
24a
11d
19a
13d
15a
1b
1a
7
8
9a
11c
13c

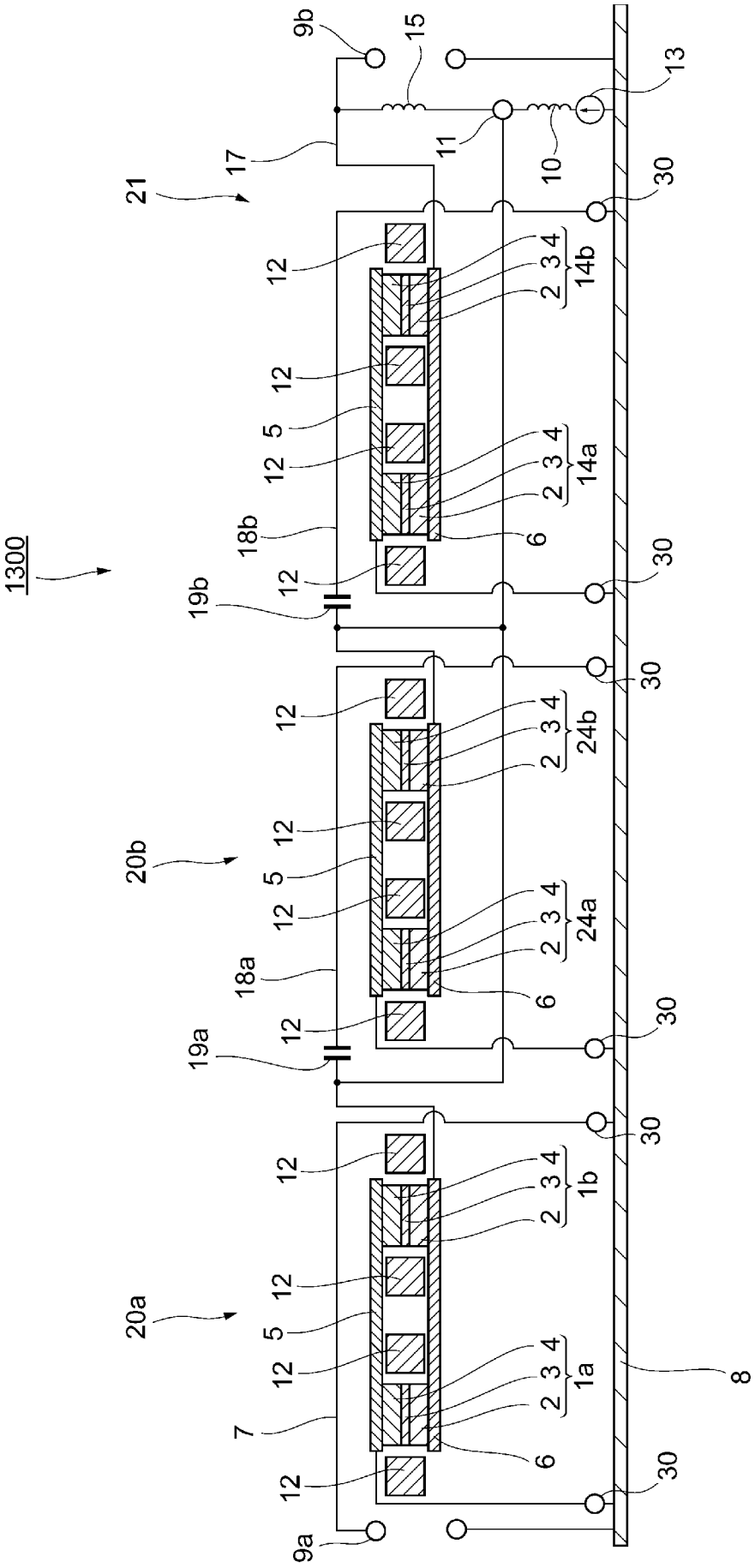
[図14]


1100
9b
9a
13
11
10
17
21
30
12
2 3 4
14b
14a
5
6
18b
19b
20b
24b
24a
18a
19a
20a
1b
1a
7
8

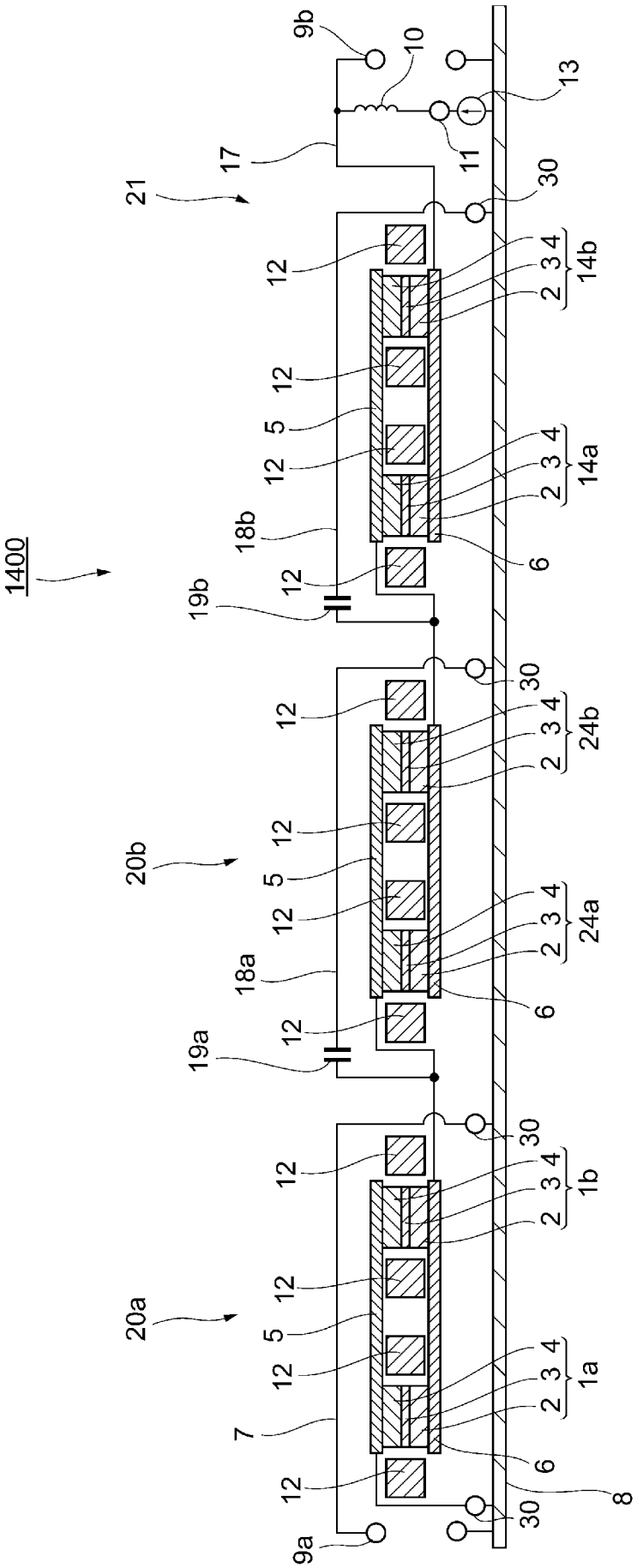
[図15]


1200
21
20b
20a
9b
9a
17
11
10
13
30
12
2 3 4
14b
14a
24b
24a
1b
1a
5
6
7
8
18b
18a
19b
19a
15b
15a

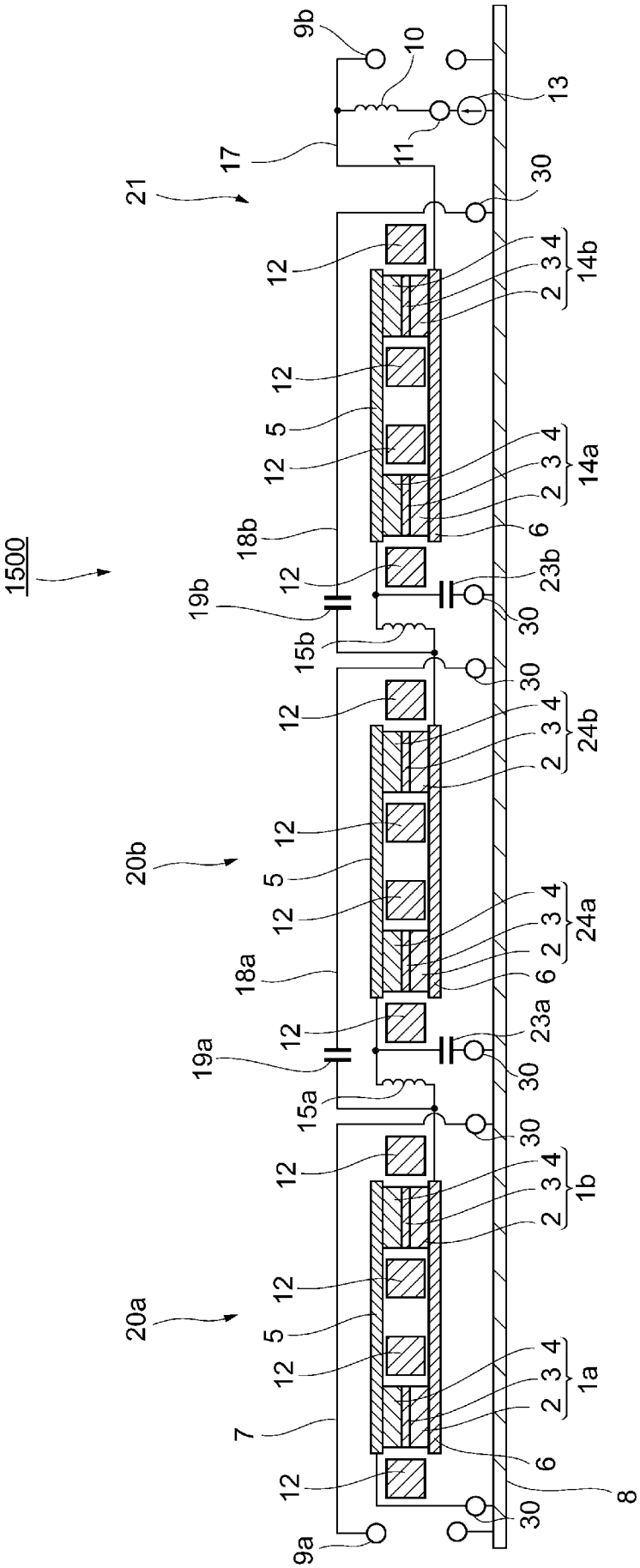
[図16]


1300
21
20b
20a
9b
9a
15
13
11
10
17
30
12
2 3 4
14b
14a
24b
24a
1b
1a
5
6
7
8
18b
18a
19b
19a

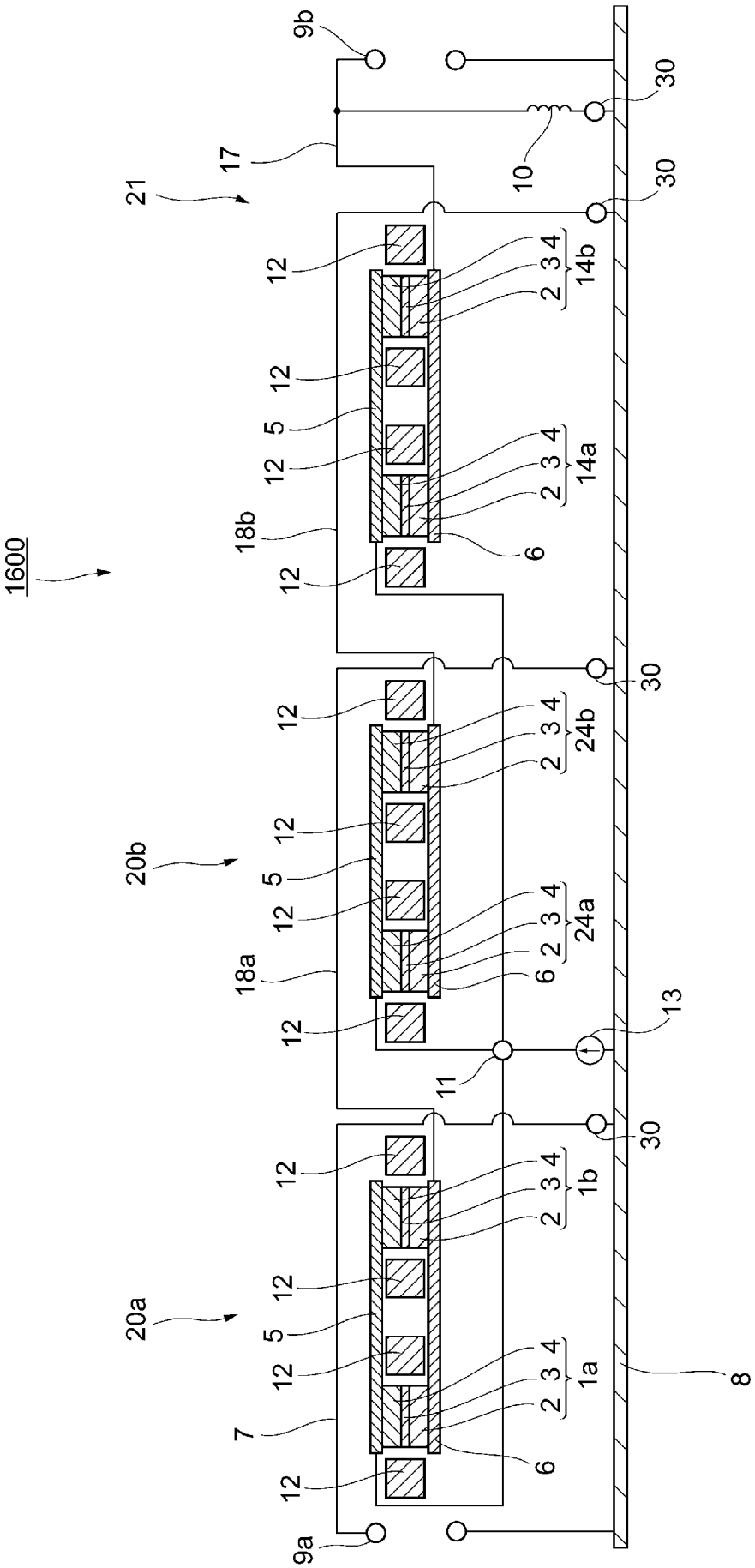
[図17]


1400
9b
10
13
11
17
21
30
12
2 3 4
14b
5
14a
18b
6
19b
24b
20b
18a
24a
19a
1b
20a
1a
7
8
9a

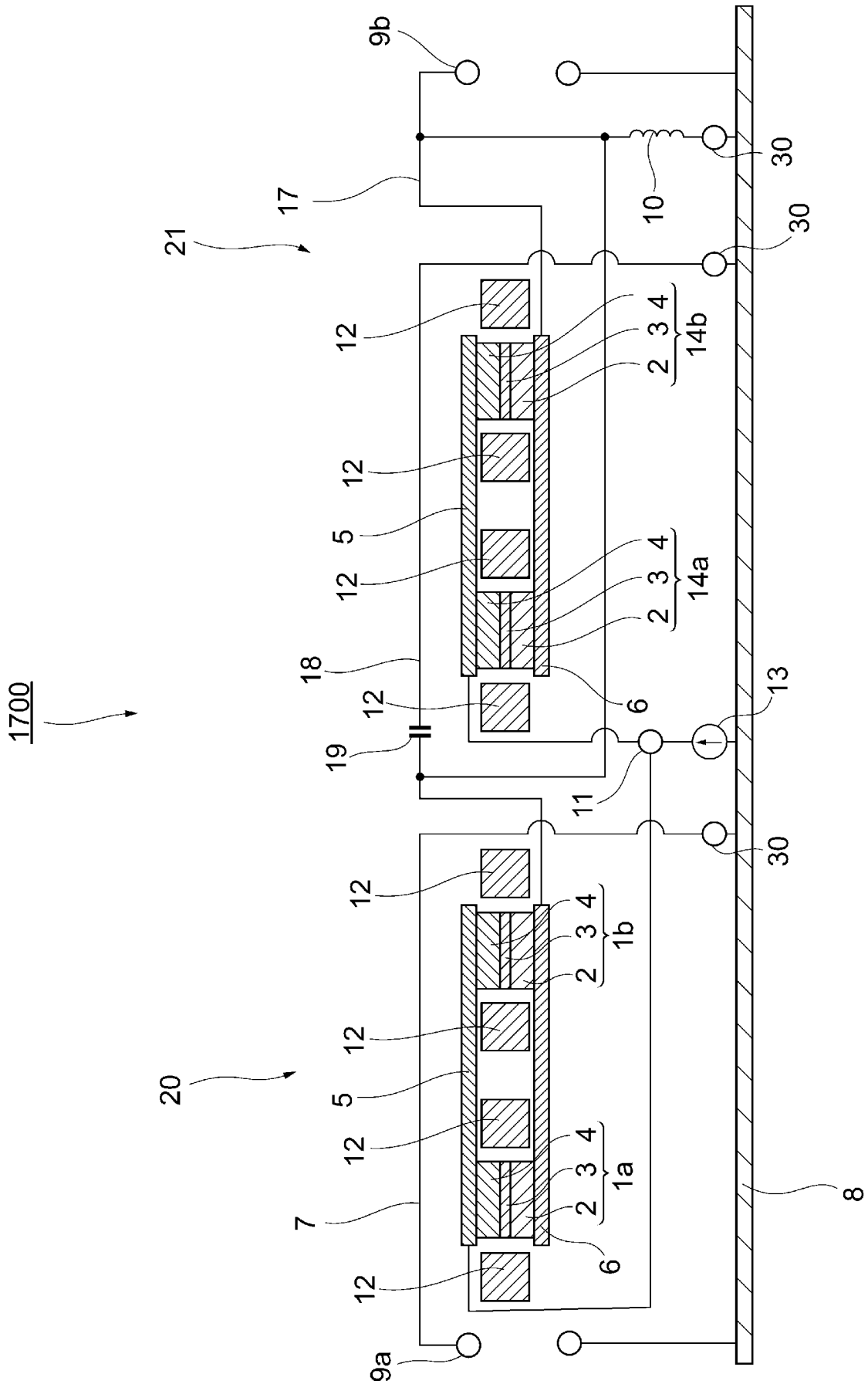
[図18]


1500
9b
10
13
11
17
21
30
12
2 3 4
14b
5
14a
6
18b
23b
19b
15b
24b
20b
18a
23a
19a
15a
1b
20a
1a
7
8
9a

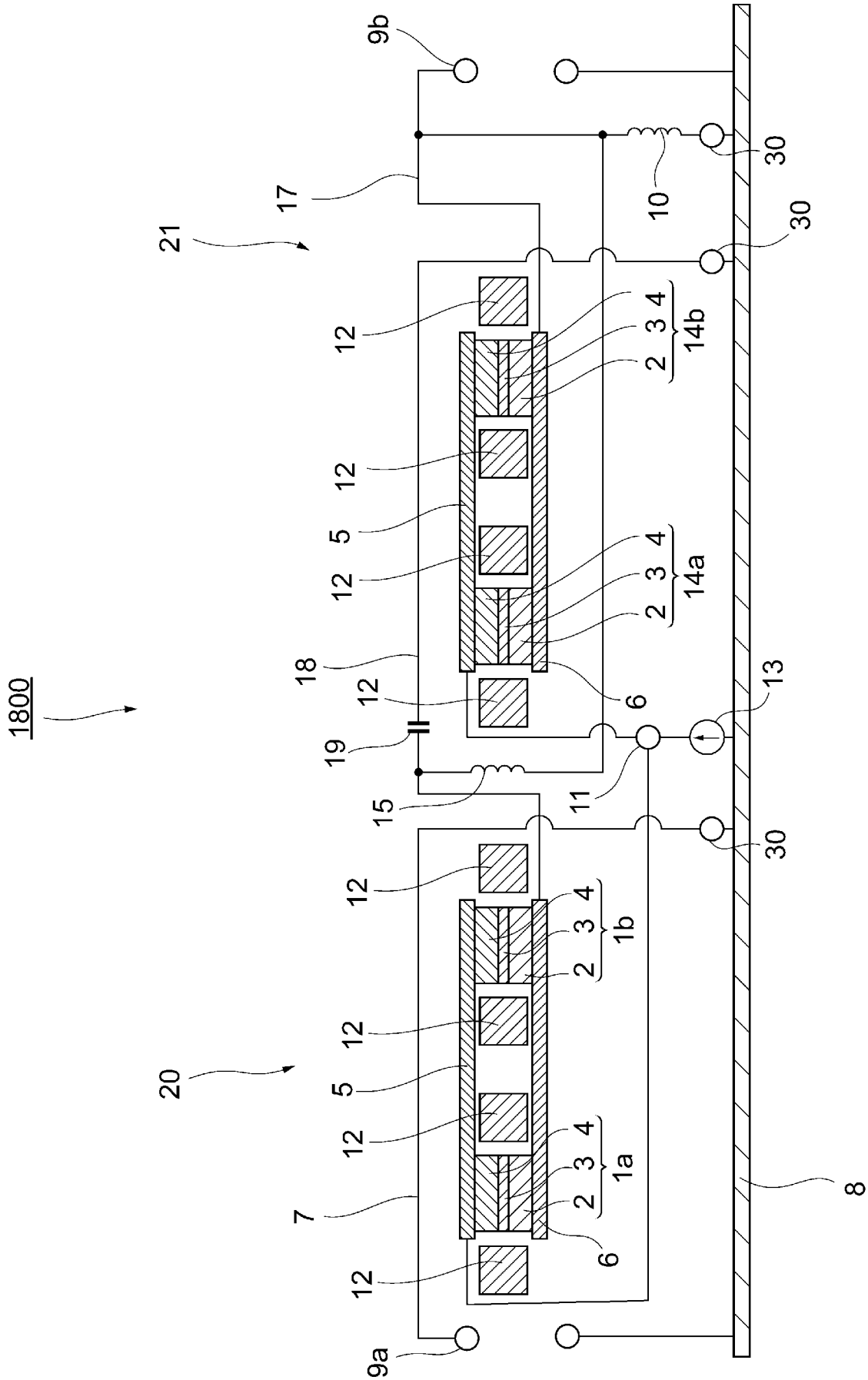
[図19]


1600
9b
9a
17
21
10
30
12
2 3 4
14b
14a
5
18b
6
20b
24b
24a
18a
13
11
20a
1b
1a
7
8

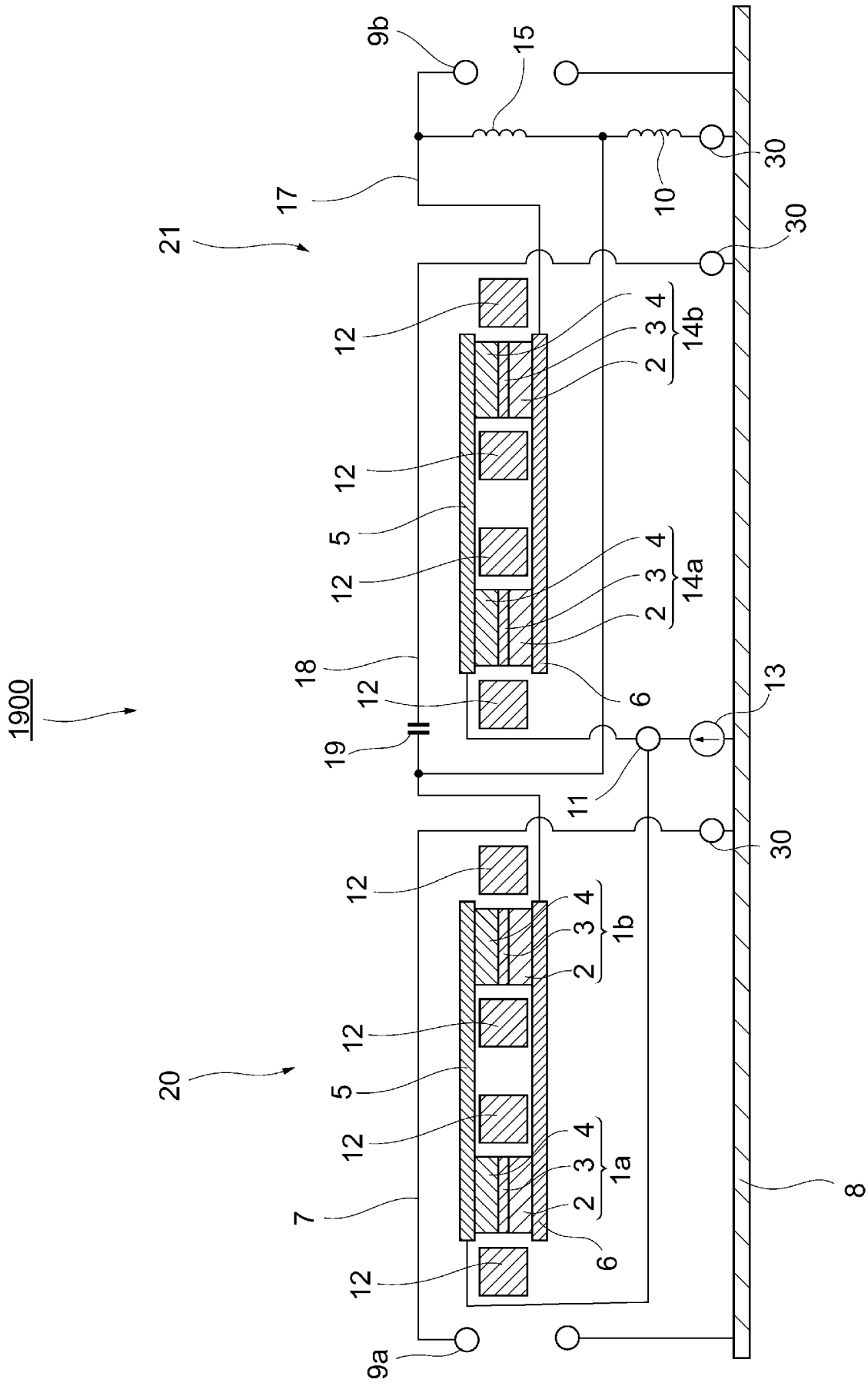
[図20]



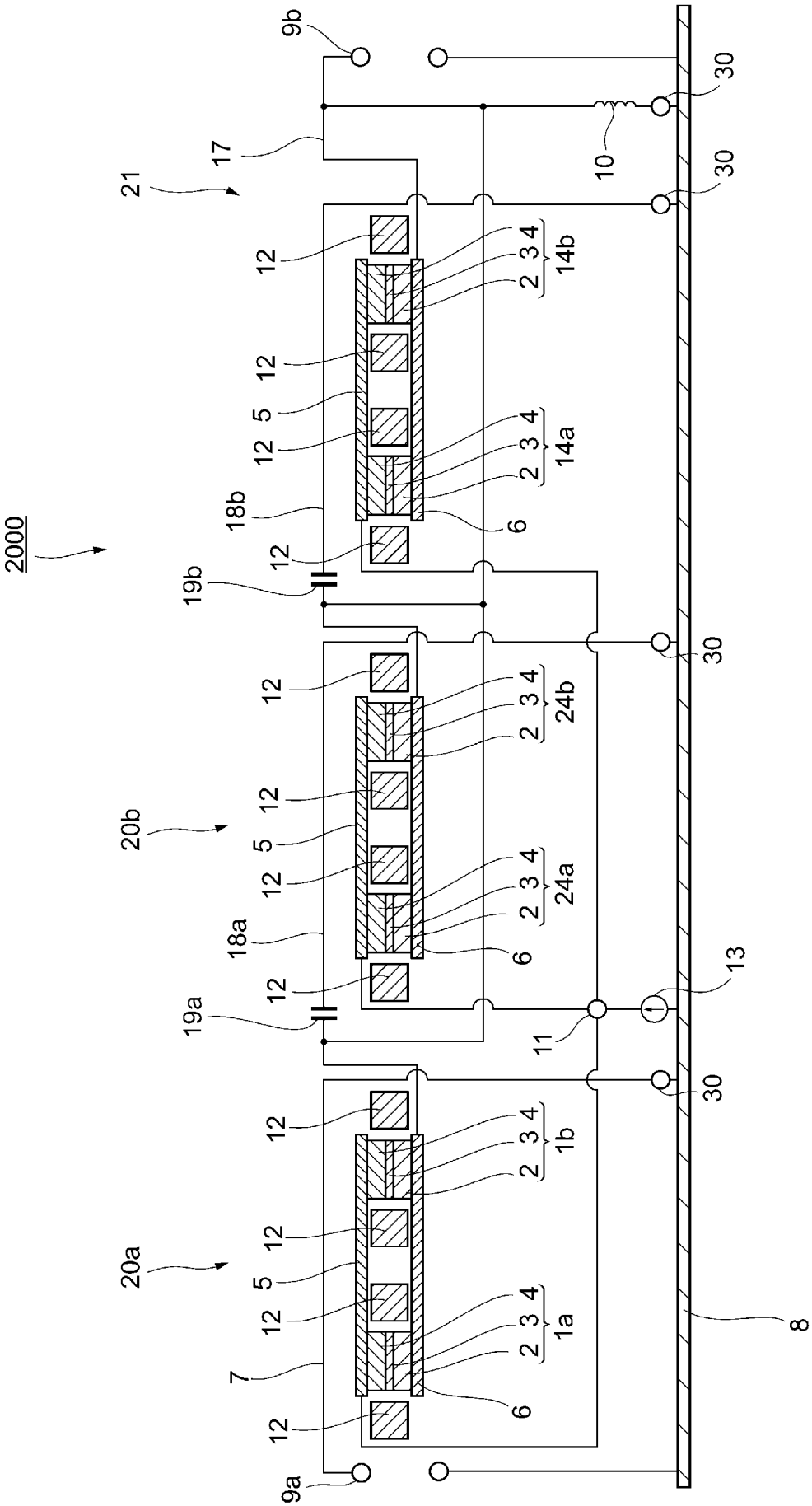
[図21]



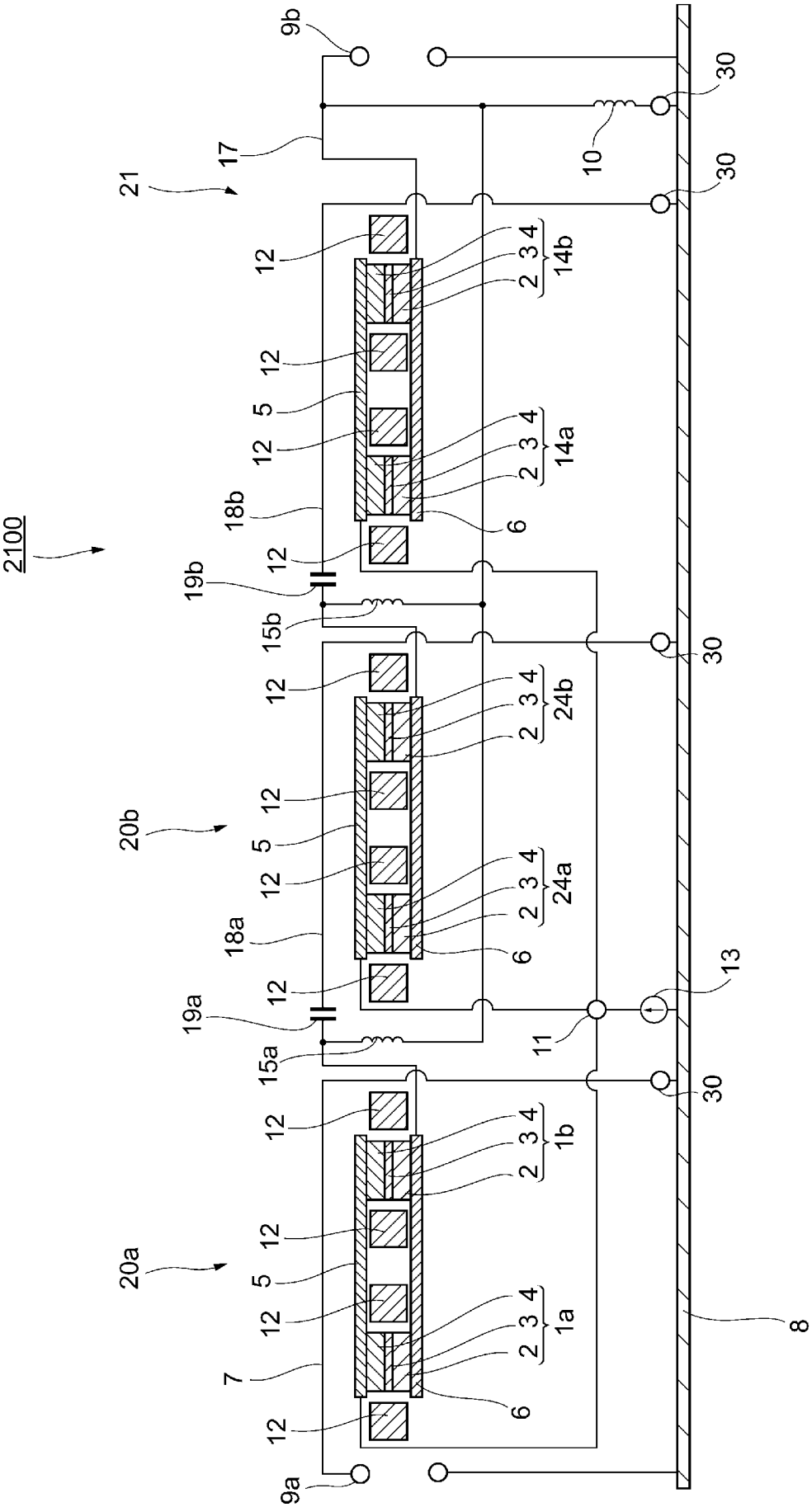
[図22]



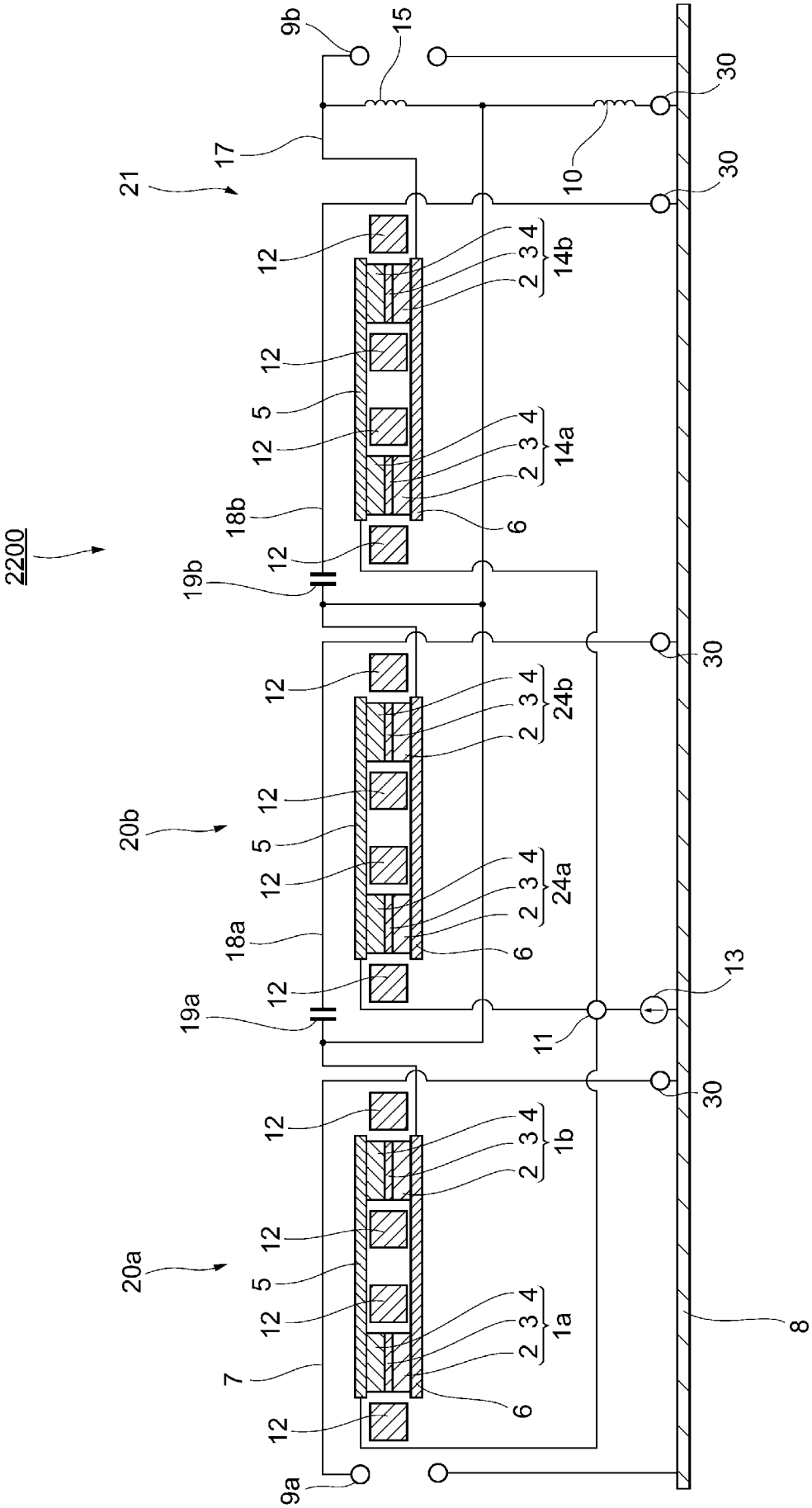
[図23]


2000
9b
9a
17
21
20b
20a
19b
19a
18b
18a
10
11
13
30
8
7
5
6
12
1a
1b
14a
14b
24a
24b
2
3
4

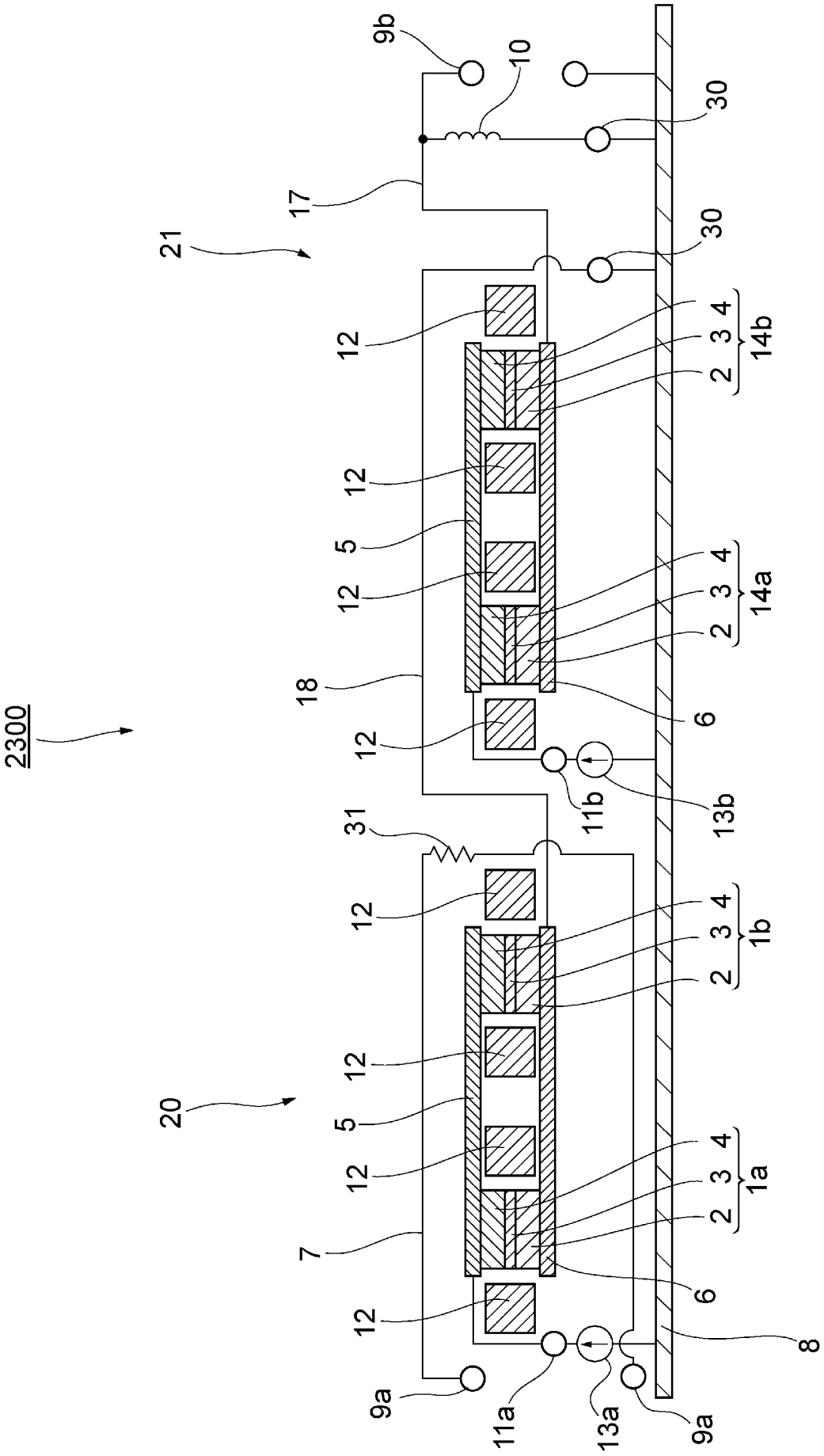
[図24]


2100
9b
9a
17
21
20b
20a
10
30
13
11
8
7
18b
18a
19b
19a
15b
15a
5
6
12
1a
1b
14a
14b
24a
24b
2 3 4

[図25]


2200
9b
15
30
17
21
10
12
2 3 4
14b
5
14a
18b
6
19b
24b
20b
24a
18a
19a
13
11
1b
20a
1a
7
8
9a

[図26]


2300
20
21
9b
10
30
17
30
12
2 3 4
14b
12
5
12
2 3 4
14a
18
6
12
11b
13b
31
12
2 3 4
1b
12
5
12
2 3 4
1a
7
6
12
8
9a
11a
13a
9a

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/038106

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H03B15/00(2006.01)i, G11B5/39(2006.01)i, H01L43/08(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. H03B15/00, G11B5/39, H01L43/08

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	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	1994-2017

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.
A	WO 2011/039843 A1 (TOSHIBA CORPORATION) 07 April 2011, paragraph [0024],fig. 1 & US 2012/0218667 A1, paragraph [0030], fig. 1	1-23
A	JP 2016-143701 A (TDK CORPORATION) 08 August 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-23
A	JP 2009-194070 A (TOSHIBA CORPORATION) 27 August 2009, entire text, all drawings & US 2009/0201614 A1, entire text, all drawings & KR 10-2009-0087825 A	1-23

☐ 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 20 December 2017	Date of mailing of the international search report 09 January 2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０３８１０６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H03B15/00(2006.01)i, G11B5/39(2006.01)i, H01L43/08(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H03B15/00, G11B5/39, H01L43/08

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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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
Ａ	WO 2011/039843 A1（株式会社東芝）2011.04.07, [0024],図１ & US 2012/0218667 A1,[0030],図１	１－２３
Ａ	JP 2016-143701 A（ＴＤＫ株式会社）2016.08.08, 全文, 全図（ファミリーなし）	１－２３
Ａ	JP 2009-194070 A（株式会社東芝）2009.08.27, 全文, 全図 & US 2009/0201614 A1,全文, 全図 & KR 10-2009-0087825 A	１－２３

☐　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	国際調査報告の発送日
２０．１２．２０１７	０９．０１．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｗ　４１８３
橋本　和志
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５７６