(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
2020年10月22日(22.10.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/213489 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 5/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/015766

(22) 国際出願日： 2020年4月8日(08.04.2020)

(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 2019-077261 2019年4月15日(15.04.2019) JP

(71) 出願人:学校法人慶應義塾(KEIO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1088345 東京都港区三田二丁目１５番４５号 Tokyo (JP).

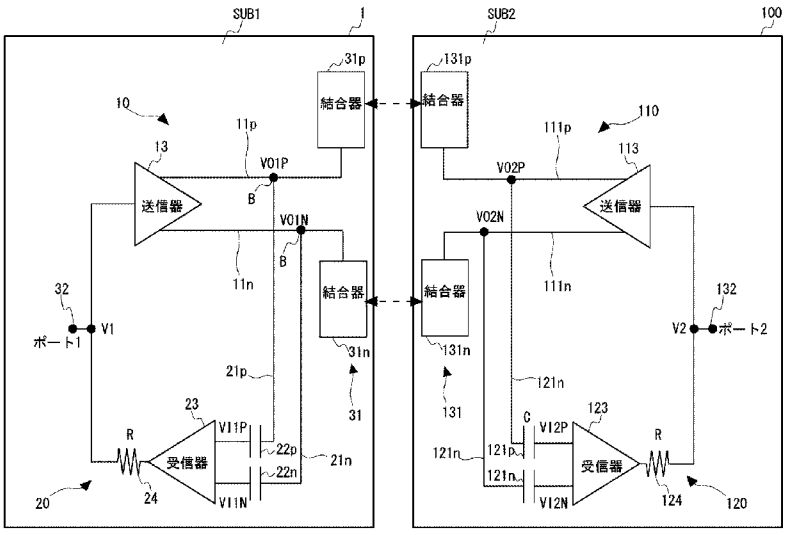
(72) 発明者: 黒田 忠広 (KURODA Tadahiro); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目３番１号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 家入 健(IEIRI Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目３３番８ アサヒビルヂング５階 響国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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,

(54) **Title:** COMMUNICATION CIRCUIT AND COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称： 通信回路、及び通信方法



13, 113 Transmitter
23, 123 Receiver
31n, 31p, 131n, 131p Coupler
32, 132 Port

(57) **Abstract:** Provided are a communication circuit and a communication method capable of performing half-duplex communication without using a timing signal. A communication circuit (1) according to the present embodiment comprises: a coupler (31); a first port (32); a transmission path (10) for transmitting transmission data from the first port to the coupler (31); a reception path (20) for transmitting reception data from the coupler (31) to the first port (32); a transmitter (13) disposed on the transmission path (10); a receiver (23) disposed on the reception path (20); and a transmission coupler

WO 2020/213489 A1

[続葉有]

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

(29) which has a passive element disposed in the transmission path (10) from the coupler (31) to the transmitter (13) or in the reception path (20) from the coupler (31) to the receiver (23), and transmits transmission data or reception data by electromagnetic field coupling.

(57) 要約:タイミング信号を用いずとも、半二重通信を行なうことができる通信回路、及び通信方法を提供する。本実施形態に係る通信回路(1)は、結合器(31)と、第1ポート(32)と、第1ポートから結合器(31)に送信データを伝送する送信経路(10)と、結合器(31)から前記第1ポート(32)に受信データを伝送する受信経路(20)と、送信経路(10)に配置された送信器(13)と、受信経路(20)に配置された受信器(23)と、結合器(31)から送信器(13)までの間の送信経路(10)、又は結合器(31)からの受信器(23)までの受信経路(20)に配置された受動素子を有する伝送用結合器(29)であって、送信データ又は受信データを電磁界結合により伝送する伝送用結合器(29)と、を備えている。

明　細　書

発明の名称 ： 通信回路、及び通信方法

技術分野

[0001] 本発明は電磁界結合を用いた通信回路、及び通信方法に関し、特に詳しくは、送受信を切り替えるタイミング信号を用いずに、半二重通信を行なうことができる通信回路、及び通信方法に関する。

背景技術

[0002] 半二重通信とは、２つのモジュールの間で時分割に双方向に通信することである。具体的には、半二重通信とは、一方のモジュールが送信で他方のモジュールが受信となるように時間で切り替える方式である。コンピュータと周辺機器を接続するＵＳＢ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｓｅｒｉａｌ　Ｂｕｓ）やコンピュータとディスプレイを接続するＨＤＭＩ（登録商標）（Ｈｉｇｈ　Ｄｅｆｉｎｉｔｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｍｅｄｉａ　Ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）では、半二重通信が用いられている。例えば、２つの機器間で、相互認証を行ったり、暗号化されたデータやスクランブルのかかった映像データを復元する鍵をやり取りしている。

[0003] ＵＳＢやＨＤＭＩで機器を接続する際にコネクタが用いられる。一般的な圧着接続のコネクタでは、信号が反射して高速通信できない、機器を小型化できないなどの課題がある。こうしたコネクタの課題を解決するために、本出願の発明者は、デジタルデータを無線通信する非接触コネクタを提案している（例えば特許文献１、２参照）。

[0004] 特許文献１のモジュール間通信装置では、プリント回路基板（Ｐｒｉｎｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ　Ｂｏａｒｄ；ＰＣＢ）に伝送線路が形成されている。積層方向から見て、２つプリント回路基板の伝送線路が投影的に重なるように配置されている。このようにすることで、２つの伝送線路の間に容量結合及び／又は誘導結合を形成することができる。容量結合及び／又は誘導結合による結合器（以下、電磁界結合器とする）を介して、信号が送受信される

。受信器は、ヒステリシス比較器を用いて、結合器を介して伝送された受信信号を、元の信号に復元する（段落０１９１）。

[0005] 特許文献２では、結合器を差動構成とするために、結合器に一対の入出力接続線が接続された構成が開示されている（図２）。

[0006] また、特許文献３では双方向性バス・バッファが開示されている。特許文献３の双方向性バス・バッファでは、両ポートにデジタル信号が入力されている。そして、タイミングを制御する制御信号が用いられている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第５２１３０８７号公報

特許文献2：特開２０１４－３３４３２号公報

特許文献3：特公平４－３７４４７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 電磁界結合器を介して受信されたデジタル信号は、ＤＣ成分が失われて、小振幅のパルス信号となる。小振幅のパルス信号をデジタル信号に復元する受信回路は、デジタル信号を送信する送信回路と接続して同時に用いることはできない。なぜなら、デジタル信号の振幅が受信信号に比べて大きいために、送信回路が出力しているデジタル信号を出力しているときに、小振幅のパルス信号を受信しても、受信回路がそれを検出できないからである。

[0009] 半二重通信において用いられる送受信を切り替えるタイミング信号を用いれば、受信時において、送信回路の出力をHigh-Z（ハイインピーダンス）にすることができるため、受信回路が受信信号を検出することができる。しかし、そのようなタイミング信号を、伝送線路の途中のコネクタにおいて抽出することは、一般に困難である。したがって、本実施形態は、送受信を切り替えるタイミング信号を得ずとも（すなわち非同期に）半二重通信を可能にすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本実施の形態に係る通信回路は、通信相手の結合器と電磁界結合する第１の通信用結合器と、前記第１の通信用結合器から送信される送信データが入力されるとともに、前記第１の通信用結合器が受信した受信データを出力する第１ポートと、前記第１ポートから前記第１の通信用結合器に前記送信データを伝送する送信経路と、前記第１の通信用結合器から前記第１ポートに前記受信データを伝送する受信経路と、前記送信経路に配置され、前記第１ポートからの前記送信データを前記第１の通信用結合器に出力する送信器と、前記受信経路に配置され、前記第１の通信用結合器を介して受信した前記受信データを復元する受信器と、前記第１の通信用結合器から前記送信器までの間の前記送信経路、又は前記第１の通信用結合器からの前記受信器までの前記受信経路に配置された受動素子を有する伝送用結合器であって、前記送信データ又は前記受信データを電磁界結合により伝送する前記伝送用結合器と、を備えている。

[0011] 上記の通信回路において、前記受動素子がキャパシタを有していてもよい。

[0012] 上記の通信回路において、前記受動素子がトランスを有していてもよい。

[0013] 上記の通信回路において、前記受動素子が、基板上に形成された第１伝送線路と前記基板上に形成され、前記第１伝送線路と電磁界結合した第２伝送線路と、を有していていてもよい、

[0014] 上記の通信回路において、前記第１伝送線路が、前記受信器又は前記送信器を前記第１の通信用結合器に接続していていてもよい。

[0015] 上記の通信回路において、前記第１ポートに接続された第２の通信用結合器をさらに備え、前記第２の通信用結合器で受信したデータが、前記送信データとして、前記送信経路を介して、前記第１の通信用結合器に伝送され、前記第１の通信用結合器で受信したデータが、前記受信データとして、前記受信経路を介して、前記第２の通信用結合器に伝送されていてもよい。

[0016] 本実施の形態にかかる通信方法は、通信相手の結合器と電磁界結合する第

１の通信用結合器と、前記第１の通信用結合器から送信される送信データが入力されるとともに、前記第１の通信用結合器が受信した受信データを出力する第１ポートと、前記第１ポートから前記第１の通信用結合器に前記送信データを伝送する送信経路と、前記第１の通信用結合器から前記第１ポートに前記受信データを伝送する受信経路と、前記送信経路に配置され、前記第１ポートからの前記送信データを前記第１の通信用結合器に出力する送信器と、前記受信経路に配置され、前記第１の通信用結合器を介して受信した前記受信データを復元する受信器と、を備えた通信回路による通信方法であって、前記第１ポートに入力された前記送信データを前記送信器が送信信号として出力するステップと、前記送信器から出力された送信信号を伝送用結合器の電磁界結合を介して、前記受信器に入力するステップとを備えている。

発明の効果

[0017] 本実施の形態にかかる通信回路、及び通信方法によれば、送受信を切り替えるタイミング信号を用いずとも、半二重通信を行なうことができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]実施の形態１にかかる通信回路の構成を示すブロック図である。

[図2]送信器の構成の例を示す回路図である。

[図3]受信器の構成の例を示す回路図である。

[図4]実施の形態１の通信回路１の動作を示す波形図である。

[図5]図４の一部を拡大する図である。

[図6]図４の一部を拡大する図である。

[図7]実施の形態２にかかる通信回路の構成を示すブロック図である。

[図8]実施の形態２の通信回路１の動作を示す波形図である。

[図9]図８の一部を拡大する図である。

[図10]図８の一部を拡大する図である。

[図11]実施の形態３にかかる通信回路の構成を示すブロック図である。

[図12]実施の形態４にかかる通信回路の構成を示すブロック図である。

[図13]伝送線路結合器のレイアウト構成を示す図である。

[図14]実施の形態５にかかる通信回路の構成を示すブロック図である。

[図15]伝送線路結合器のレイアウト構成を示す図である。

[図16]実施の形態５の通信回路１の動作を示す波形図である。

[図17]図１６の一部を拡大する図である。

[図18]図１６の一部を拡大する図である。

[図19]実施の形態６にかかる通信回路の構成を示すブロック図である。

[図20]実施の形態７にかかる通信回路の構成を示すブロック図である。

[図21]通信回路の構成例を示すブロック図である。

[図22]通信回路の構成例を示すブロック図である。

[図23]通信回路の構成例を示すブロック図である。

[図24]通信回路の構成例を示すブロック図である。

[図25]通信回路の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0019] 実施の形態１.

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図１は、本実施の形態１にかかる通信回路及び通信装置の構成を示すブロック図である。図１に示すように、通信回路１は、第１基板ＳＵＢ１と、送信経路１０と、受信経路２０と、結合器３１ｐ、３１ｎと、第１ポート３２と、を備えている。送信経路１０と受信経路２０とは、結合器３１と第１ポート（図ではポート１と記載）３２との間に並列に接続されている。

[0020] 送信経路１０は、送信器１３、及び送信伝送路１１ｐ、１１ｎを備えている。受信経路２０は、受信伝送路２１ｐ、２１ｎ、キャパシタ２２、受信器２３、及び抵抗２４を備えている。

[0021] なお、第１ポート３２から送信器１３までの間の構成、及び受信器２３から第１ポート３２までの間の構成が、シングルエンド（片差動）信号を伝送するシングルエンド構成となっている。また、送信器１３から結合器３１までの間、結合器３１から受信器２３までの間の構成が、差動信号を伝送する差動構成となっている。したがって、第１基板ＳＵＢ１には、２つの結合器

３１ｐ、３１ｎが設けられている。また、結合器３１ｐ、３１ｎから送信器１３までの送信経路１０には、２本の送信伝送路１１ｐ、１１ｎが設けられ、受信器２３から結合器３１ｐ、３１ｎまでの受信経路２０には、２本の受信伝送路２１ｐ、２１ｎが設けられている。

[0022] 差動信号を伝送する２つの構成要素（差動対）を識別する場合、ｐ、又はｎの添え字を付して説明する。差動信号を伝送する２つの構成要素を特に区別しない場合は、ｐ、及びｎの添え字を付さずに説明する。例えば、２本の送信伝送路１１ｐ、１１ｎを識別する場合、送信伝送路１１ｐ、１１ｎとし、識別しない場合、送信伝送路１１とする。同様に、２本の受信伝送路２１ｐ、２１ｎを識別する場合、受信伝送路２１ｐ、２１ｎとし、識別しない場合、受信伝送路２１とする。また、キャパシタ２２ｐ、２２ｎ等の他の構成要素についても同様に記載する。

[0023] なお、結合器３１が、差動信号ではなく、シングルエンド信号を伝送する構成であってもよい。シングルエンド伝送の場合、基準電圧に対する信号レベルの高低で０又は１のデジタルデータが表現される。この場合、通信回路１には、１つの結合器３１が設けられていればよい。また、第１ポート３２から送信器１３までの間、及び受信器２３から第１ポート３２までの間は、シングルエンド伝送の構成となっているが、差動伝送の構成となっていてもよい。

[0024] 通信回路１は、通信相手となる通信回路１００との間で、半二重通信を行なう。通信回路１及び通信回路１００は、無線通信によりデータを送受信する通信装置となる。具体的には、通信回路１の結合器３１は、通信用結合器であり、通信回路１００の結合器１３１と非接触で結合している。より詳細には、結合器３１ｐが結合器１３１ｐと電磁界結合し、結合器３１ｎが結合器１３１ｎと電磁界結合する。

[0025] 結合器３１、及び結合器１３１は、例えば、特許文献１、２に示した電磁界結合器である。結合器３１、及び結合器１３１は、例えば、電界および磁界で分布定数系として結合するように互い平行に配置された伝送線路とする

ことができる。あるいは、結合器３１、及び結合器１３１は、集中定数系として磁界結合（誘導結合）するように、重複配置されたコイル（誘導結合器）とすることができる。あるいは、結合器３１、及び結合器１３１は、集中定数系として電界結合（容量結合）するように、互い平行に配置された電極とすることができる。電磁界結合とは、電界及び磁界の少なくとも一方を用いた結合であればよい。なお、結合器３１ｐと結合器３１ｎとの間に、終端抵抗（図１５参照）が接続されていてもよい。

[0026] 通信回路１００は、第２基板ＳＵＢ２と、送信経路１１０と、受信経路１２０と、結合器１３１と、第２ポート（図１ではポート２と記載）１３２と、を備えている。なお、通信回路１００の構成は、通信回路１と同様の構成となっている。例えば、送信経路１１０の送信器１１３、及び送信伝送路１１１は、送信経路１０の送信器１３、及び送信伝送路１１にそれぞれ対応する。同様に、受信経路１２０の受信伝送路１２１、キャパシタ１２２、受信器１２３、及び抵抗１３４は、受信経路２０の受信伝送路２１、キャパシタ２２、受信器２３、及び抵抗２４にそれぞれ対応する。以下の説明では、通信回路１００の説明については適宜省略し、通信回路１の構成を中心に説明を行う。

[0027] 送信経路１０において、第１ポート３２と結合器３１との間には、送信伝送路１１及び送信器１３が設けられている。例えば、送信伝送路１１は、第１基板ＳＵＢ１に形成された配線であり、送信器１３と結合器３１とを接続する。つまり、送信器１３から送信された送信データは、送信伝送路１１を介して、結合器３１に伝送される。

[0028] 受信経路２０には、受信伝送路２１と、キャパシタ２２と、受信器２３と、抵抗２４とが設けられている。具体的には、受信伝送路２１は、第１基板ＳＵＢ１に形成された配線であり、送信器１３と結合器３１との間に設けられている。分岐ノードＢから結合器３１までの間で、送信伝送路１１と受信伝送路２１とは共通になっている。

[0029] 受信器２３の出力側には、抵抗２４が設けられている。なお、受信器２３

と第１ポート３２との間に抵抗２４が設けられているが、この抵抗２４は無くてもよい。つまり、抵抗２４の抵抗値は０Ωであってもよい。

[0030] 受信器２３の入力側には、キャパシタ２２が設けられている。具体的には、結合器３１から受信器２３までの受信経路２０には、キャパシタ２２が配置されている。受信伝送路２１ｐの途中にはキャパシタ２２ｐが設けられ、受信伝送路２１ｎの途中には、キャパシタ２２ｎが設けられている。キャパシタ２２は、分岐ノードＢから受信器２３までの間に配置されている。受信伝送路２１は途中で分断されており、その分断箇所にキャパシタ２２が形成される。キャパシタ２２の一方の電極に結合器３１が接続され、他方の電極に受信器２３の入力端子が接続されている。このように、受信器２３の入力と結合器３１との間にキャパシタ２２が介在している。キャパシタ２２は、電界結合（容量結合）を用いて信号を伝送することができる。

[0031] 送信経路１０は、送信データを第１ポート３２から結合器３１に伝送する。そして、結合器３１と結合器１３１との間の電磁界結合を利用して、通信回路１が送信データを通信回路１００に送信する。また、結合器３１と結合器１３１との間の電磁界結合を利用して、通信回路１が送信データを通信回路１００から受信する。受信経路２０は、受信データを結合器３１から受信器２３に伝送する。受信器２３は受信データを復元する。したがって、受信器２３によって復元された受信データが第１ポート３２に入力される。

[0032] 送信器１３の回路構成の一例を図２に示す。送信器１３は、例えば、信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を所定値にするリドライバである。図２では、ＩＮが送信器１３の入力端子となっており、ＯＵＴＰ、ＯＵＴＮが差動出力端子となっている。

[0033] 受信器２３の回路構成の一例を図３に示す。受信器２３は、例えば、ヒステリシス比較器を有している。図３では、ＩＮＰ、ＩＮＮが受信器２３の差動入力端子となっており、ＯＵＴが受信器２３の出力端子となっている。受信器２３、及び送信器１３には、汎用の半導体チップを用いることができる。例えば、市販されている汎用チップを受信器２３、送信器１３として第１

基板ＳＵＢ１に実装することができる。

[0034] 次に、通信回路１の回路動作について、図４～図６を用いて説明する。図４～図６は、回路シミュレーションによって得られた信号波形を示す図である。図５は、図４の３９８ｎｓ～４０５ｎｓを拡大して示し、図６は図４の５００ｓ～５０７ｎｓを拡大して示している。ここでは、１００ｎｓ～５００ｎｓの間で、通信回路１が信号を通信回路１００に送信し、５００ｎｓ～９００ｎｓの間で、通信回路１が通信回路１００からの信号を受信している。

[0035] 図４～図６において、波形Ｖ１は第１ポート３２の電位を示す（図１参照）。波形ＶＯ１は、送信器１３の出力側のノードの電位を示す（図１のＶＯ１Ｐ、ＶＯ１Ｎ参照）。ＶＩ１は受信器２３の入力側のノードの電位を示す（図１のＶＩ１Ｐ、ＶＩ１Ｎ参照）。波形ＶＯ１は送信器１３から結合器３１の信号波形を示し、波形ＶＩ１はキャパシタ２２から受信器２３までの信号波形を示している。また、差動構成のため、波形ＶＯ１Ｐは結合器３１ｐ側の電位を示し、波形ＶＯ１Ｎは結合器３１ｎ側の電位を示す。同様に、波形ＶＩ１Ｐはキャパシタ２２ｐ側の電位を示し、波形ＶＩ１Ｎはキャパシタ２２ｎ側の電位を示す。図４～図６では、ＶＯ１Ｐ、ＶＯ１Ｎをまとめて ＶＯ１とし、ＶＩ１Ｐ、ＶＩ１ＮをまとめてＶＩ１として示している。そして、ＶＯ１Ｐ、ＶＩ１Ｐを実線で示し、ＶＯ１Ｎ、ＶＩ１Ｎを破線で示している。

[0036] 波形Ｖ２、ＶＩ２、ＶＯ２は、第２基板ＳＵＢ２側の電位を示し、それぞれＶ１、ＶＩ１、ＶＯ１に対応している。つまり、波形Ｖ２は、第２ポート１３２の電位を示す。波形ＶＩ２は、受信器１２３の入力側の電位を示し、ＶＯ２は、送信器１１３の出力側の電位を示す。波形ＶＩ２は、差動構成の波形ＶＩ２Ｐ、ＶＩ２Ｎを示し、波形ＶＯ２は差動構成の波形ＶＩ２Ｐ、ＶＩ２Ｎを示している。

[0037] まず、第１ポート３２から第２ポート１３２に信号転送される場合を説明する。例えば、第１ポート３２に入力されるデジタル信号（Ｖ１）が０から

１に変化する場合を考える（図４，図５で時刻４００ｎｓ）。第１ポート３２に０が入力しているとき、後述するように、受信器２３は０を出力している。したがって、次に第１ポート３２に１が入力されるためには、受信器２３の駆動力が第１ポート３２を駆動する回路の駆動力に比べて十分に弱くなければならない。受信器２３の駆動力を調整できない市販のチップを用いる場合などには、受信器２３の駆動力を弱めるために抵抗２４を挿入することがある。

[0038] 抵抗２４の抵抗値Ｒの範囲には制約がある。Ｒが小さすぎると、第１ポート３２にデジタル信号を入力し難くなる。すなわち、受信器２３は０を出力し、第１ポート３２を駆動する回路（第１ポート３２の上流側に接続される不図示の駆動回路）が１を出力する場合、第１ポート３２を駆動する回路から抵抗２４を介して受信器２３の出力に電流が流れ込む。抵抗値Ｒが十分に大きいと第１ポート３２の電位はhighに十分に近づくが、抵抗値Ｒが小さすぎると第１ポート３２の電位は著しく低下してしまう。一方、抵抗値Ｒが大きいほど受信器２３の出力の駆動時間が長くなり高速に信号転送できなくなる。第１ポート３２を駆動する回路の出力抵抗が伝送線路の特性インピーダンスに整合した５０Ωの場合、抵抗値Ｒは典型的にはその１０倍の５００Ωである。図４～図６のシミュレーションでは、抵抗値Ｒが小さい場合の影響が見えるように、抵抗値Ｒを１０Ωとしている。また、キャパシタ２２の容量値を１０ｐＦとし、伝送レートを２０Ｍｂｐｓとしている。

[0039] 第１ポート３２に入力されるデジタル信号が０から１に変化すると（図５中のＤ）、送信器１３の出力が０から１に変化する（図５中のＥ）。この変化が結合器３１を介して結合器１３１に伝搬する。これと同時に、この変化がキャパシタ２２を介して受信器２３に入力する（図５中のＦ）。

[0040] 結合器１３１には正の極性を持つ小振幅の受信パルスが生じる（図５のＧ）。この受信パルスは、キャパシタ１２２を介して受信器１２３に入力される（図５のＨ）。よって、受信器１２３のヒステリシス比較器が、受信パルスをデジタル信号の１に復元する（図５のＩ）。このようにして、第１ポー

ト３２に入力したデジタル信号が第２ポート１３２に転送される。

[0041] これと同時に、第１ポート３２側では、送信器１３の出力の変化がキャパシタ２２を介して受信器２３に入力される。これにより、受信器２３の出力が１に転じる。その結果、前述した、第１ポート３２を駆動する回路と受信器２３の出力の衝突は解消される（図５のＪ）。第１ポート３２には既に１が入力されているので、受信器２３が１を出力しても送信器１３が再び１を送信することはない（図５のＫ）。つまり、たとえると、自分が話した言葉を少し遅れて自分で聞くことになるが、２度以上同じ言葉を繰り返して話すことはない。

[0042] 一方、第２ポート１３２側では、受信器１２３が受信したデジタル信号の１が送信器１１３に入力される。このデジタル信号が入力されるまで０を出力していた送信器１１３が１を出力する。この変化が電磁界結合を介して第１ポート３２側に正の極性の受信パルスを生じる。しかしながら、第１ポート３２側の受信器２３はすでに先ほど１の受信を完了しているので、このことにより受信器２３が再び１を受信することはない。つまり、たとえると、第１ポート３２が送信した信号が第２ポート１３２から山彦のように戻ってくるが、第１ポート３２の受信器２３も第２ポート１３２の受信器１２３もすでに1を受信し終えている。したがって、次には、負の極性の小振幅パルス信号を受信できるように、受信器２３，１２３が入力しきい値を変化させているので、正の極性の入力信号に対しては出力を変化させない。その結果、山彦が２回以上繰り返されることはない。

[0043] ここでキャパシタ２２の容量値Ｃの大きさの範囲には制約がある。容量値Ｃが小さいほど、受信器２３に入力される受信パルスの振幅が小さくなる。容量値Ｃが小さすぎると受信器２３が信号を受信することができなくなる。一方、容量値Ｃが大きいほど、転送後に受信器の入力電位が元の電位に戻る時間が（次の逆極性の信号を受信できる準備が整う時間が）長くなる。このために、通信回路１が高速にデータを受信できなくなる。

[0044] 所望の通信速度が２０Ｍｂｐｓで、送信器１３の出力インピーダンスが伝

送線路結合器の特性インピーダンスと整合した５０Ωの場合、５０Ωと容量値Ｃを掛けた時定数がサイクル時間(５０ｐｓ)の５０％程度であるためには、容量値Ｃが８０ｐＦ程度になる。回路シミュレーションによると、容量値Ｃは１ｐＦから６０ｐＦの範囲で２０Ｍｂｐｓの双方向通信が可能になる。また、容量値Ｃが１ｐＦの場合、最大で４８０Ｍｂｐｓの双方向通信が可能になる。

[0045] 第１ポート３２に入力されるデジタル信号が１から０に変化する場合の回路動作は以上と同様の動作となる。第１ポート３２に入力したデジタル信号は、結合器３１を介して第２ポート１３２側に転送される。このデジタル信号は、キャパシタ２２の電界結合を介して第１ポート３２と第２ポート１３２で同時に受信される。第１ポート３２では第１ポート３２自身が送信したデジタル信号を再度受信することになる。第２ポート１３２は第１ポート３２から受信したデジタル信号を第１ポート３２に送信することになる。よって、受信器２３の最初の送信から少し遅れて第２ポート１３２から第１ポート３２に山彦のように同じ信号が戻ってくる。しかしながら、第１ポート３２と第２ポート１３２の受信器２３、１２３はすでにその信号を受信している。このため、受信器２３、１２３は、次に反対の信号を聞く準備を済ませている。つまり、ヒステリシス比較器で閾値が変化しているので、同じ信号がそれ以上反響（往復）することはない。

[0046] 次に、第２ポート１３２から第１ポート３２に信号を送信する場合について説明する。図１の回路は、結合器３１、１３１を挟んで第１ポート３２側と第２ポート１３２側で対称な構成となっている。したがって、信号転送の方向が反対になった場合も、送信側と受信側の回路動作は先ほどの説明と同一になる。つまり、第２ポート１３２が信号を送信すると、第１ポート３２が受信する。図６のＶ２、ＶＩ２，ＶＯ２が、それぞれ図５のＶ１、ＶＩ１，Ｖｏ１と同様の信号波形となる。図６のＶ１、ＶＩ１，ＶＯ１が、それぞれ図５のＶ２、ＶＩ２，ＶＯ２と同様の信号波形となる。よって、詳細な説明を省略する。

[0047] 送信器１３から出力された送信信号をキャパシタ２２の電界結合を介して、受信器２３に入力される。送信器１３と受信器２３とは正帰還する。つまり、送信器１３の入力と受信器２３の出力は、同じ極性の信号であり、送信器１３の出力と受信器２３の入力が同じ極性に収束する。また、送信器１１３と受信器１２３とは正帰還する。つまり、送信器１１３の入力と受信器１２３の出力は、同じ極性の信号であり、送信器１１３の出力と受信器１２３の入力が同じ極性に収束する。

[0048] 本実施の形態の構成によれば、半二重通信を簡素な構成で実現することができる。送受信を切り替えるタイミング信号を得ずとも（すなわち非同期に）半二重通信を実現することができる。送信器１３、及び受信器２３はそれぞれ市販のチップを用いることができる。市販のチップと、受動素子としてのキャパシタ２２を組み合わせることで通信回路１を実現できる。よって、開発コストを抑制することができる。これにより、実用性の高い通信回路１を実現することができる。

[0049] 実施の形態２.

図７を用いて、本実施の形態にかかる通信回路１について説明する。図７は、通信回路１の構成を示すブロック図である。なお、実施の形態では、キャパシタの位置が異なっている。キャパシタの位置以外の構成については、実施の形態１と同様であるため、説明を省略する。

[0050] 本実施の形態では、送信器１３から結合器３１までの間の送信経路１０にキャパシタ１２が配置されている。キャパシタ１２は送信器１３の出力側から分岐ノードＢまでの間に配置されている。よって、送信伝送路１１の途中にキャパシタ１２が介在している。このような構成においても、実施の形態１と同様の効果を得ることができる。

[0051] 次に、本実施の形態にかかる通信回路１の回路動作について、図８～図１０を用いて説明する。図８～図１０は、回路シミュレーションによって得られた信号波形を示す図である。図９は、図８の３９８ｎｓ～４０５ｎｓを拡大して示し、図１０は図８の５００ｓ～５０７ｎｓを拡大して示している。

ここでは、１００ｎｓ～５００ｎｓの間で、通信回路１が信号を通信回路１００に送信し、５００ｎｓ～９００ｎｓの間で、通信回路１が通信回路１００からの信号を受信している。

[0052] 本実施の形態では、キャパシタ１２が受信器２３の入力ではなく送信器１３の出力に接続されている。実施形態１では、送信器１３から結合器３１、１３１とキャパシタ１２２とキャパシタ２２を介して、他方の受信器１２３にデジタル信号が入力されている。実施形態２では、送信器１３からキャパシタ１２と結合器３１，１３１とキャパシタ１２２を介して、他方の受信器１２３にデジタル信号が入力される。したがって、実施の形態２の通信回路１の回路動作は実施の形態１の通信回路１と実質的に同一となる。よって、図８～図１０の信号波形は、図４～図６と同様になる。

[0053] ただし、実施形態１では、受信器２３の入力信号のコモンモードを受信可能な電位に設定する回路が受信器２３側に必要になる。例えば、図３のＶｂが電位を設定する回路となる。これに対して、実施形態２では、受信器２３の入力信号のコモンモードは結合器３１の終端電位になるので、結合器３１の終端電位を受信器２３が受信可能な電位に設定しなければならない（実際には図１５に示す終端抵抗３１Ｒ＝１００Ω）の中点を終端電位に接続する。）。

[0054] 実施の形態１と同様に、送信器１３と受信器２３とは正帰還する。本実施の形態の構成によれば、半二重通信を簡素な構成で実現することができる。送受信を切り替えるタイミング信号を得ずとも（すなわち非同期に）半二重通信を実現することができる。市販のチップ（例えば、送信器１３又は受信器２３）と、受動素子としてのキャパシタ１２を組み合わせることで通信回路１を実現できる。よって、開発コストを抑制することができる。これにより、実用性の高い通信回路１を実現することができる。

[0055] 実施の形態３．

図１１を用いて実施の形態３の通信回路１について説明する。図１１は、通信回路１の構成を示すブロック図である。実施形態１のキャパシタ２２が

トランス２５に置き換わっている。トランス２５以外の構成は、実施の形態１と同様であるため、詳細な説明を省略する。なお、図１１では、通信回路１００の構成は通信回路１と同様であるため、通信回路１００側の結合器１３１以外の構成を省略している。

[0056] トランス２５は、１次インダクタンス２５Ｌ１と２次インダクタンス２５Ｌ２を備えている。１次インダクタンス２５Ｌ１と２次インダクタンス２５Ｌ２はそれぞれコイルであり、互いに平行に配置されている。トランス２５の２つのインダクタンス２５Ｌ１、２５Ｌ２は、非接触で、磁界結合（誘導結合）している。トランス２５は磁界結合を用いて信号の変化を転送できるので、実施形態１と同様の回路動作をする。

[0057] 実施の形態１と同様に、送信器１３と受信器２３とは正帰還する。本実施の形態の構成によれば、半二重通信を簡素な構成で実現することができる。送受信を切り替えるタイミング信号を得ずとも（すなわち非同期に）半二重通信を実現することができる。市販のチッ（例えば、送信器１３又は受信器２３）と、受動素子としてのトランス２５を組み合わせることで通信回路１を実現できる。よって、開発コストを抑制することができる。これにより、実用性の高い通信回路１を実現することができる。

[0058] なお、図１１では、トランス２５が受信器２３の入力側に配置されているが、実施の形態２のキャパシタ１２と同様に、トランス２５が受信器２３の出力側に配置されていてもよい、この構成によっても、同様の効果を得ることができる。トランス２５は、受信伝送路２１ではなく、送信伝送路１１に配置してもよい。つまり、図７のキャパシタ１２の代わりにトランス２５を配置してもよい。

[0059] 実施の形態４．

図１２を用いて実施の形態４の通信回路１について説明する。図１２は、実施形態４の通信回路１の構成を示すブロック図である。図１２では、実施の形態１のキャパシタ２２が伝送線路結合器２６と伝送線路結合器２７に置き換わっている。なお、伝送線路結合器２６、２７以外の構成は、実施の形

態１と同様であるため、説明を省略する。図１２では、通信回路１００の構成は通信回路１と同様であるため、通信回路１００側の結合器１３１以外の構成を省略している。

[0060] 伝送線路結合器２６、２７は、第１基板ＳＵＢ１上に形成された伝送線路（配線パターン）により構成されている。伝送線路結合器２６、２７の詳細な構成を図１３に示す。図１３は、第１基板ＳＵＢ１上の伝送線路結合器２６、２７のレイアウトを示す図である。伝送線路結合器２６の差動対を伝送線路結合器２６ｐ、２６ｎとする。伝送線路結合器２７の差動対を伝送線路結合器２７ｐ、２７ｎとする。

[0061] 伝送線路結合器２６ｐは、第１伝送線路２６１ｐを有し、伝送線路結合器２６ｎは、第１伝送線路２６１ｎを有している。第１伝送線路２６１ｐと第１伝送線路２６１ｎをまとめて、第１伝送線路２６１とも称する。伝送線路結合器２７ｐは、第２伝送線路２７１ｐを有し、伝送線路結合器２７ｎは、第２伝送線路２７１ｎを有している。第２伝送線路２７１ｐと第２伝送線路２７１ｎをまとめて、第２伝送線路２７１とも称する。

[0062] 第１伝送線路２６１ｐ、第１伝送線路２６１ｎ、第２伝送線路２７１ｐ、第２伝送線路２７１ｎは同一の第１基板ＳＵＢ１上に形成された伝送線路（配線パターン）である。伝送線路結合器２６、２７は、特許文献１の図３３，又は特許文献２の図２等に示す構成の結合器を用いることができる。

[0063] 第１伝送線路２６１ｐ、第１伝送線路２６１ｎは、差動の伝送線路対であり、結合器３１に接続されている。第１伝送線路２６１ｐの一端は結合器３１ｐに接続され、第１伝送線路２６１ｎの一端は結合器３１ｎに接続されている。さらに、第１伝送線路２６１ｐの他端は抵抗２６Ｒに接続され、第１伝送線路２６１ｎの他端は抵抗２６Ｒに接続されている。第１伝送線路２６１ｐと第１伝送線路２６１ｎとが抵抗２６Ｒを介して接続されている。抵抗２６Ｒは、第１伝送線路２６１ｐと第１伝送線路２６１ｎとを終端する終端抵抗となる。

[0064] 第２伝送線路２７１ｐ、第２伝送線路２７１ｎは、差動の伝送線路対であ

り、受信器２３の入力側に接続されている。第２伝送線路２７１ｐの一端は、受信器２３の正極の入力端子に接続され、第２伝送線路２７１ｎの一端は、受信器２３の負極の入力端子に接続される。さらに、第２伝送線路２７１ｎの他端は抵抗２７Ｒに接続され、第２伝送線路２７１ｎの他端は抵抗２７Ｒに接続されている。第２伝送線路２７１ｐと第２伝送線路２７１ｎとが抵抗２７Ｒを介して接続されている。抵抗２７Ｒは、第２伝送線路２７１ｐと第２伝送線路２７１ｎとを終端する終端抵抗となる。

[0065] 第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとは、電磁界結合している。第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとは、正極の差動信号を電磁界結合により伝送する。例えば、第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとは、絶縁体を介して対向して配置されている。具体的には、第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐと互いに平行に形成され、近接配置された２つの伝送線路（配線パターン）である。第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとは、異なる配線層で形成されていてもよく、同じ配線層で形成されていてもよい。

[0066] 第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとが異なる配線層で形成されている場合、第１基板ＳＵＢ１の厚さ方向と直交する平面視において、第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとは、絶縁層を介して重複するように配置される。第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとが同じ配線層で形成されている場合、平面視において第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとは、近接して平行に配置される。

[0067] 第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎとは、第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐと同様に電磁界結合している。第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎとは、負極の差動信号を電磁界結合により伝送する。第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎとは、第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐと同様に、絶縁体を介して対向して配置されている。第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎと互いに平行に形成され、近接配置された２つの伝送線路（配線パターン）である。第１伝送線

路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎとは、異なる配線層で形成されていてもよく、同じ配線層で形成されていてもよい。

[0068] 第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎとが異なる配線層で形成されている場合、第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎとは、平面視におい絶縁層を介して重複するように配置される。第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎが同じ配線層で形成されている場合、平面視において、第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎとは、近接して平行に配置される。

[0069] 伝送線路結合器２６、２７は電磁界結合を用いて信号の変化を転送できるので、実施形態１と同様の回路動作をする。本実施の形態の構成によれば、半二重通信を簡素な構成で実現することができる。送受信を切り替えるタイミング信号を得ずとも（すなわち非同期に）半二重通信を実現することができる。市販のチップ（例えば、送信器１３又は受信器２３）や受動素子としての伝送線路（第１伝送線路２６１ｐ、２６１ｎ、第２伝送線路２７１ｐ、２７１ｎ）を組み合わせることで通信回路１を実現できる。よって、開発コストを抑制することができる。これにより、実用性の高い通信回路１を実現することができる。

[0070] 実施の形態５.

図１４を用いて実施の形態５の通信回路１について説明する。図１４は、実施形態５の通信回路１の構成を示すブロック図である。実施の形態５では、実施の形態４と同様に、同一の第１基板ＳＵＢ１上に形成された伝送線路結合器２６ｐ、２６ｎ、２７ｐ、２７ｎが用いられている。実施の形態４では、送信伝送路１１に分岐ノードＢが設けられているのに対して、実施の形態５では、伝送線路結合器で信号を分岐している。つまり、第１基板ＳＵＢ１上に分岐ノードＢがないため、信号反射を少なくすることができる。

[0071] また、実施形態１と通信動作は同様であるが、キャパシタ２２ではなく伝送線路結合器２６、２７で信号を分岐しているので、受信器２３の入力コモンモード電位が信号受信後にすばやく元の電位に戻ることができる。従って

、本実施の形態の構成により、高速にデータを転送できる。

[0072] なお、通信回路１００の構成は通信回路１と同様である。例えば、伝送線路結合器１２６ｐ、１２６ｎ、１２７ｐ、１２７ｎがそれぞれ伝送線路結合器２６ｐ、２６ｎ、２７ｐ、２７ｎに対応している。したがって、通信回路１００の説明を省略する。

[0073] 図１５は、第１基板ＳＵＢ１上の伝送線路結合器２６、２７のレイアウトを示す図である。第１伝送線路２６１ｐの一端は、送信器１３の出力に接続され、他端は結合器３１ｐに接続されている。つまり、送信器１３と結合器３１ｐは、第１伝送線路２６１ｐを介して接続されている。第１伝送線路２６１ｎの一端は、送信器１３の出力に接続され、他端は結合器３１ｎに接続されている。結合器３１ｐと結合器３１ｎは終端抵抗３１Ｒにより終端されている。つまり、送信器１３と結合器３１ｎは、第１伝送線路２６１ｎを介して接続されている。

[0074] 第２伝送線路２７１ｐ、２７１ｎは、実施の形態４と同様に受信器２３の入力に接続されている。第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐは、電磁界結合している。第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐは異なる配線層で形成され、絶縁膜を介して重複している。なお、第１伝送線路２６１ｐと第２伝送線路２７１ｐとは、同じ配線層で形成されていてもよい。

[0075] 第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎは、電磁界結合している。第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎは異なる配線層で形成され、絶縁膜を介して重複している。なお、第１伝送線路２６１ｎと第２伝送線路２７１ｎとは、同じ配線層で形成されていてもよい。

[0076] よって、結合器３１が受信した受信信号は、伝送線路結合器２６と伝送線路結合器２７の電磁界結合により、受信器２３に入力される。また、送信器１３からの送信信号は、伝送線路結合器２６を介して、結合器３１に入力される。

[0077] 送信信号は、結合器３１及び結合器１３１の電磁界結合によって、通信回路１００に送信される。通信回路１００の受信器１２３が送信信号を復元す

る。これにより、通信回路１００の第２ポート１３２が送信信号を受信する。

[0078] 第２ポート１３２が受信した送信信号は、第２基板ＳＵＢ２上の、送信器１１３、伝送線路結合器１２６を介して、結合器１３１に送信される。送信信号は、結合器１３１及び結合器３１の電磁界結合によって、通信回路１に送信される。通信回路１に戻ってきた送信信号は、伝送線路結合器２６と伝送線路結合器２７の電磁界結合によって、受信器２３に入力される。つまり、通信回路１から通信回路１００に送信された送信信号が、通信回路１００から通信回路１に戻ってくる。

[0079] 伝送線路結合器２６と伝送線路結合器２７の結合係数をｋ、伝送線路結合器１２６と伝送線路結合器１２７の結合係数をｋ、結合器３１と結合器１３１の結合係数をｋ０とする。受信器１２３に入力される信号は送信器１３が出力する信号の（１－ｋ）＊ｋ０＊ｋ倍に減衰する。したがって、ｋ＝０．５とすると、受信信号を最大にすることができる。

[0080] 図１６～図１８は、回路シミュレーションによって得られた信号波形を示す図である。図１７は、図１６の３９８ｎｓ～４０５ｎｓを拡大して示し、図１８は図１６の５００ｓ～５０７ｎｓを拡大して示している。ここでは、１００ｎｓ～５００ｎｓの間で、通信回路１が信号を通信回路１００に送信し、５００ｎｓ以降に、通信回路１が通信回路１００からの信号を受信している。なお、図１６～図１８では、ＶＴＬ１、ＶＴＬ２の信号波形が追加されている。ＶＴＬ１は、結合器３１と伝送線路結合器２６との間のノードの電位を示し、ＶＴＬ２は、結合器１３１と伝送線路結合器１２６との間のノードの電位を示している。信号波形ＶＴＬ１、ＶＴＬ２において、正極側の差動信号の波形ＶＴＬ１Ｐ、ＶＴＬ２Ｐを実線で示し、負極側の差動信号の波形ＶＴＬ１Ｎ、ＶＴＬ２Ｎを破線で示している

[0081] 実施の形態５の構成においても、実施の形態１と同様の回路動作を行うことができる。したがって、実施の形態１と同様の信号波形となる。本実施の形態の構成によれば、半二重通信を簡素な構成で実現することができる。送

受信を切り替えるタイミング信号を得ずとも（すなわち非同期に）半二重通信を実現することができる。また、送信経路１０、及び受信経路２０に分岐ノードＢがないため、信号反射を抑制することができる。

[0082] 実施の形態６．

図１９を用いて実施の形態６の通信回路１について説明する。図１９は、本実施形態の通信回路１の構成を示すブロック図である。実施の形態６では、実施の形態５の受信器２３と送信器１３の配置を入れ替えている。

[0083] つまり、伝送線路結合器２６ｐが結合器３１ｐと受信器２３との間に配置された伝送線路を有している。伝送線路結合器２６ｎが結合器３１ｎと受信器２３との間に配置された伝送線路を有している。伝送線路結合器２７ｐ、２７ｎが送信器１３の出力側に接続されている。この構成においても実施の形態５の通信回路１と同様の動作を行うことができる。半二重通信を簡素な構成で実現することができる。送受信を切り替えるタイミング信号を得ずとも（すなわち非同期に）半二重通信を実現することができる。また、送信経路１０、及び受信経路２０に分岐ノードＢがないため、信号反射を抑制することができる。

[0084] 実施の形態７．

本実施の形態に係る通信回路１について、図２０を用いて説明する。図２０は本実施形態の通信回路１の構成を示すブロック図である。本実施の形態では、通信回路１は、信号を中継する中継器となっている。

[0085] 通信回路１は、通信回路３００からの信号を中継して、通信回路１００に送信する。また、通信回路１は、通信回路１００からの信号を中継して、通信回路３００に送信する。このように、通信回路１は、双方向の中継器となっている。

[0086] 通信回路１００、及び通信回路３００は、実施の形態１で示した通信回路１００と同様の構成となっているため、説明を省略する。あるいは、通信回路１００，通信回路３００は、本実施の形態にかかる通信回路１と同様の構成を有する中継器となっていてもよい。この場合、信号を２回以上中継する

ことができる。

[0087] 本実施の形態では、実施の形態１の通信回路１に対して、キャパシタ１２、受信器１８、及び送信器２８が追加されている。さらに、結合器３５ｐ、３５ｎ（以下、まとめて結合器３５とも称する）が追加されている。また、実施の形態１の通信回路１に対して、抵抗２４が省略されている。実施の形態１と同様の構成については適宜説明を省略する。

[0088] 結合器３５は、結合器３１と同様の電磁界結合器である。結合器３５は、通信相手の通信回路３００の結合器３３１と電磁界結合している。結合器３５から結合器３１までの送信経路１０には、キャパシタ１２、受信器１８，送信器１３がこの順で直列に接続されている。従って、受信器１８と結合器３５との間には、送信器１３が配置されている。送信器１３は、受信器１８が復元した信号を結合器３１に出力する。受信器１８と結合器３１との間には、キャパシタ１２が配置されている。キャパシタ１２と結合器３５との間には、第１ポート３２が設けられている。つまり、結合器３５は、第１ポート３２と接続されている。

[0089] 結合器３１から結合器３５までの受信経路２０には、キャパシタ２２、受信器２３，送信器２８がこの順で直列に接続されている。従って、受信器２３と結合器３５との間には、キャパシタ２２が配置されている。受信器２３と結合器３１との間には、送信器２８が配置されている。送信器２８は、受信器２３が復元した信号を結合器３５に出力する。

[0090] なお、実施の形態１～７は適宜組み合わせることが可能である。例えば、中継器となる実施の形態７の通信回路１において、キャパシタ２２、１２の代わりに、トランス２５を用いてもよく、伝送線路結合器２６、伝送線路結合器２７を用いてもよい。

[0091] 以上まとめると、本実施の形態にかかる通信回路１は、通信相手の結合器と電磁界結合する第１の通信用結合器と、前記第１の通信用結合器から送信される送信データが入力されるとともに、第１の通信用結合器が受信した受信データを出力する第１ポートと、前記第１ポートから前記第１の通信用結

合器に前記送信データを伝送する送信経路と、前記第１の通信用結合器から前記第１ポートに前記受信データを伝送する受信経路と、前記送信経路に配置され、前記第１ポートからの前記送信データを前記第１の通信用結合器に出力する送信器と、前記受信経路に配置され、前記第１の通信用結合器を介して受信した前記受信データを復元する受信器と、を備えている。

[0092] 通信回路１による通信方法は、前記第１ポートに入力された前記送信データを前記送信器が送信信号として出力するステップと、前記送信器から出力された送信信号を伝送用結合器の電磁界結合を介して、前記受信器に入力するステップとを備えている。

[0093] また、通信回路１は、前記第１の結合器から前記送信器までの間の前記送信経路、又は前記第１の結合器からの前記受信器までの前記受信経路に配置された伝送用結合器であって、前記送信データ又は前記受信データを電磁界結合により伝送する前記伝送用結合器、を備えている。

[0094] 伝送用結合器の配置例を図２１～図２５に示す。なお、図２１～図２５において、結合器３１が第１の通信用結合器となっている。図２１では、伝送用結合器２９が結合器３１と受信器２３との間の受信経路２０に配置されている。図２２では、伝送用結合器１９が結合器３１と送信器１３との間の送信経路１０に配置されている。図２１は、実施の形態１，又は３に対応し、図２２は、実施の形態２に対応するため、詳細な説明を省略する。

[0095] 伝送用結合器１９、２９は、実施の形態１、２、７のキャパシタ２２、又は実施の形態３のトランス２５等の受動素子を有している。あるいは、伝送用結合器１９、２９は、実施の形態４～６のように、第１伝送線路２６１及び第２伝送線路２７１のような受動素子を有している。

[0096] 図２３，図２４では、伝送用結合器１９、２９が分岐を構成する配置例を示している。伝送用結合器２９が実施の形態５，６の伝送線路結合器２６、２７に対応している。図２３は、実施の形態６に対応し、図２４は、実施の形態５に対応する。図２３、図２４の基本的な構成は実施の形態５、６と同様であるため説明を省略する。

[0097] 図２４では、伝送用結合器１９が、図１５に示したように伝送線路結合器２６、及び伝送線路結合器２７を有している。そして、第１伝送線路２６１は、送信器１３を結合器３１に接続する。第２伝送線路２７１は、受信器２３に接続されている。

[0098] 図２３では、伝送用結合器２９が、伝送線路結合器２６、及び伝送線路結合器２７を有している。ここでは、図１５と異なり、第１伝送線路２６１は、受信器２３を結合器３１に接続する。第２伝送線路２７１は、送信器１３に接続されている。

[0099] 図２５は、実施の形態７に示したように、通信回路１が中継器となっている。つまり、通信回路１００と通信回路３００との間のデータ通信を通信回路１が中継している。受信器１２３と結合器１３１との間の受信経路１２０には、伝送用結合器１２９が配置されている。受信器３２３と結合器３３１との間の受信経路３２０には、伝送用結合器３２９が配置されている。なお、伝送用結合器１２９は実施の形態２のように、結合器１３１と送信器１１３との間の送信経路１１０に配置されていてもよい。同様に、伝送用結合器３２９は実施の形態２のように、結合器３３１と送信器３１３との間の送信経路３１０に配置されていてもよい。

[0100] 第３ポート３３２からの送信データが、中継基板となる通信回路１を介して、第２ポート１３２に送信される。図２５の基本的な構成は上記と同様であるため説明を省略する。図２５に示す伝送用結合器２９、１２９，３２９は、実施の形態１、２、７のキャパシタ２２、又は実施の形態３のトランス２５等の受動素子を有している。あるいは、伝送用結合器２９、１２９，３２９は、実施の形態４～６のように、第１伝送線路２６１と第２伝送線路２７１のような受動素子を有している。

[0101] 図２１～図２５の構成によれば、タイミング信号を用いずとも、半二重通信を行なうことができる。なお、図２１～図２５において抵抗２４、１２４，３２４の抵抗値は０Ωでもよい。つまり、抵抗２４、１２４，３２４は省略可能である。

[0102] なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。

[0103] この出願は、２０１９年４月１５日に出願された日本出願特願２０１９－７７２６１を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0104] １　通信回路

１０　送信経路

１１　送信伝送路

１２　キャパシタ

１３　送信器

２０　受信経路

２１　受信伝送路

２２　キャパシタ

２３　受信器

２４　抵抗

２５　トランス

２６ｐ、２６ｎ、２７ｐ、２７ｎ　伝送線路結合器

２６Ｒ、２７Ｒ　抵抗

２６１ｐ、２６１ｎ　第１伝送線路

２７１ｐ、２７１ｎ　第２伝送線路

２９　伝送用結合器

３１　結合器

３２　第１ポート

１００　通信回路

１３１　結合器

１３２　第２ポート

請求の範囲

[請求項1] 通信相手の結合器と電磁界結合する第１の通信用結合器と、

前記第１の通信用結合器から送信される送信データが入力されるとともに、前記第１の通信用結合器が受信した受信データを出力する第１ポートと、

前記第１ポートから前記第１の通信用結合器に前記送信データを伝送する送信経路と、

前記第１の通信用結合器から前記第１ポートに前記受信データを伝送する受信経路と、

前記送信経路に配置され、前記第１ポートからの前記送信データを前記第１の通信用結合器に出力する送信器と、

前記受信経路に配置され、前記第１の通信用結合器を介して受信した前記受信データを復元する受信器と、

前記第１の通信用結合器から前記送信器までの間の前記送信経路、又は前記第１の通信用結合器からの前記受信器までの前記受信経路に配置された受動素子を有する伝送用結合器であって、前記送信データ又は前記受信データを電磁界結合により伝送する前記伝送用結合器と、を備えた通信回路。

[請求項2] 前記受動素子がキャパシタを有している請求項１に記載の通信回路。

[請求項3] 前記受動素子がトランスを有している請求項１に記載の通信回路。

[請求項4] 前記受動素子が、

基板上に形成された第１伝送線路と、

前記基板上に形成され、前記第１伝送線路と電磁界結合した第２伝送線路と、を有している請求項１に記載の通信回路。

[請求項5] 前記第１伝送線路が、前記受信器又は前記送信器を前記第１の通信用結合器に接続している請求項４に記載の通信回路。

[請求項6] 前記第１ポートに接続された第２の通信用結合器をさらに備え、

前記第２の通信用結合器で受信したデータが、前記送信データとして、前記送信経路を介して、前記第１の通信用結合器に伝送され、

前記第１の通信用結合器で受信したデータが、前記受信データとして、前記受信経路を介して、前記第２の通信用結合器に伝送される請求項１～５のいずれか１項に記載の通信回路。

[請求項7] 通信相手の結合器と電磁界結合する第１の通信用結合器と、

前記第１の通信用結合器から送信される送信データが入力されるとともに、前記第１の通信用結合器が受信した受信データを出力する第１ポートと、

前記第１ポートから前記第１の通信用結合器に前記送信データを伝送する送信経路と、

前記第１の通信用結合器から前記第１ポートに前記受信データを伝送する受信経路と、

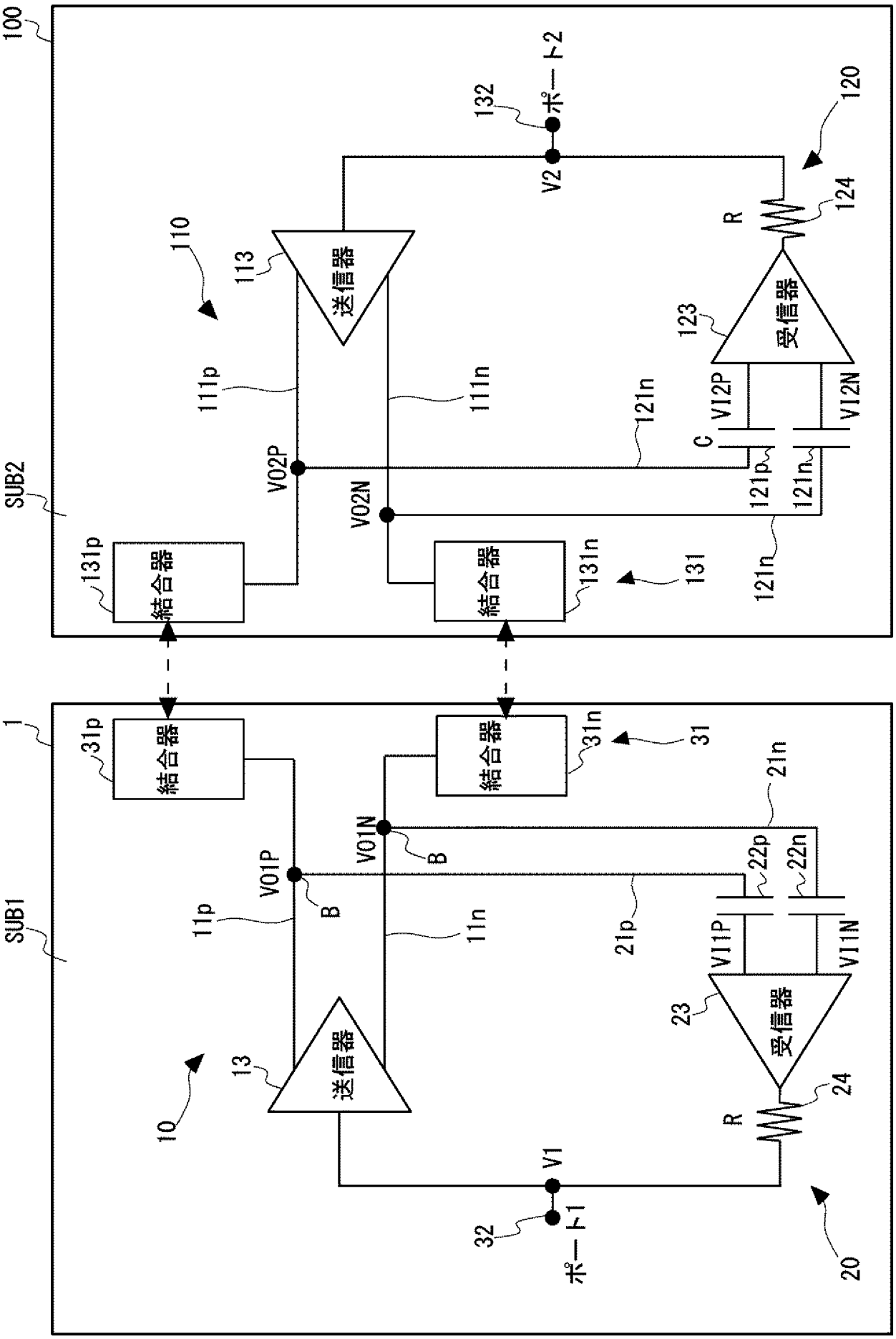
前記送信経路に配置され、前記第１ポートからの前記送信データを前記第１の通信用結合器に出力する送信器と、

前記受信経路に配置され、前記第１の通信用結合器を介して受信した前記受信データを復元する受信器と、を備えた通信回路による通信方法であって、

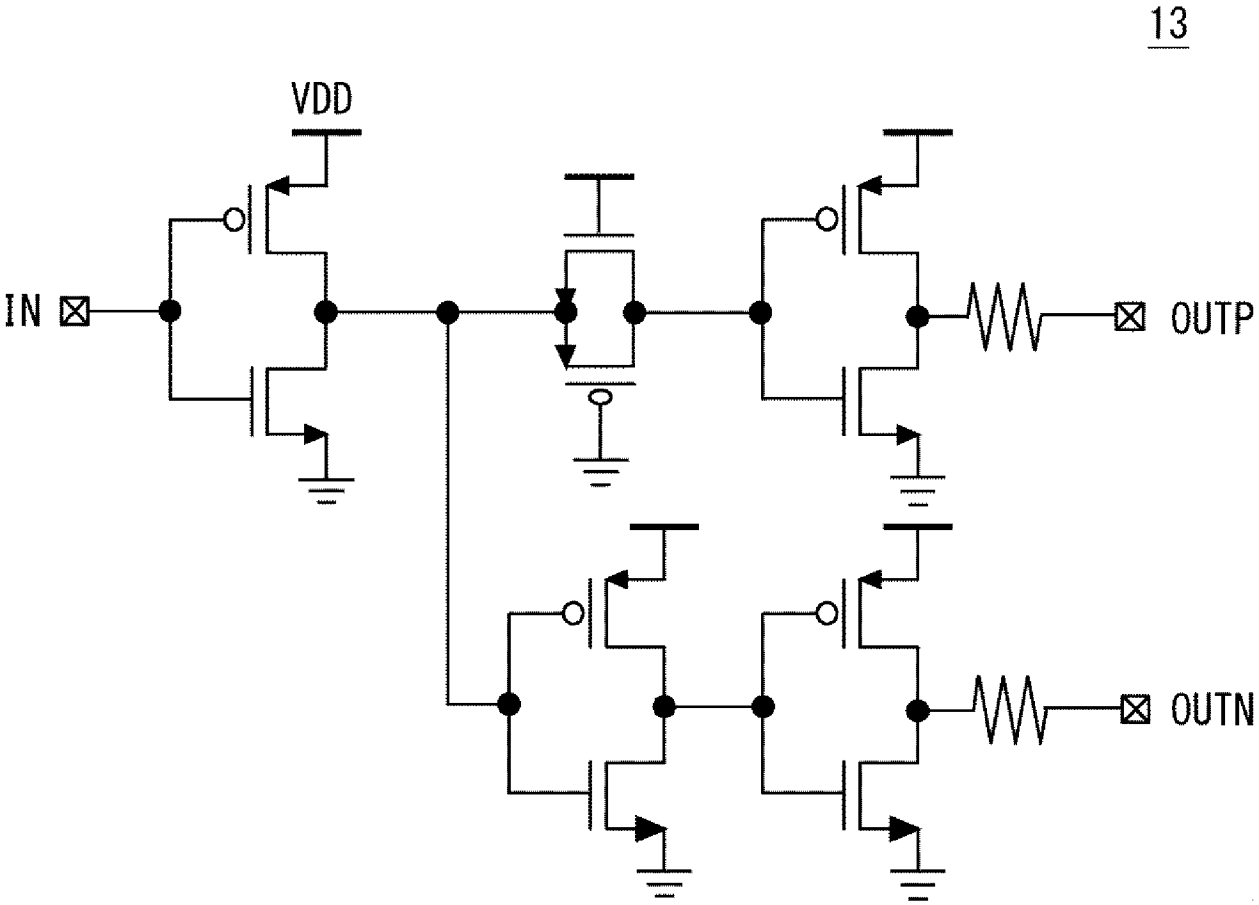
前記第１ポートに入力された前記送信データを前記送信器が送信信号として出力するステップと、

前記送信器から出力された送信信号を伝送用結合器の電磁界結合を介して、前記受信器に入力するステップと、を備えた通信方法。

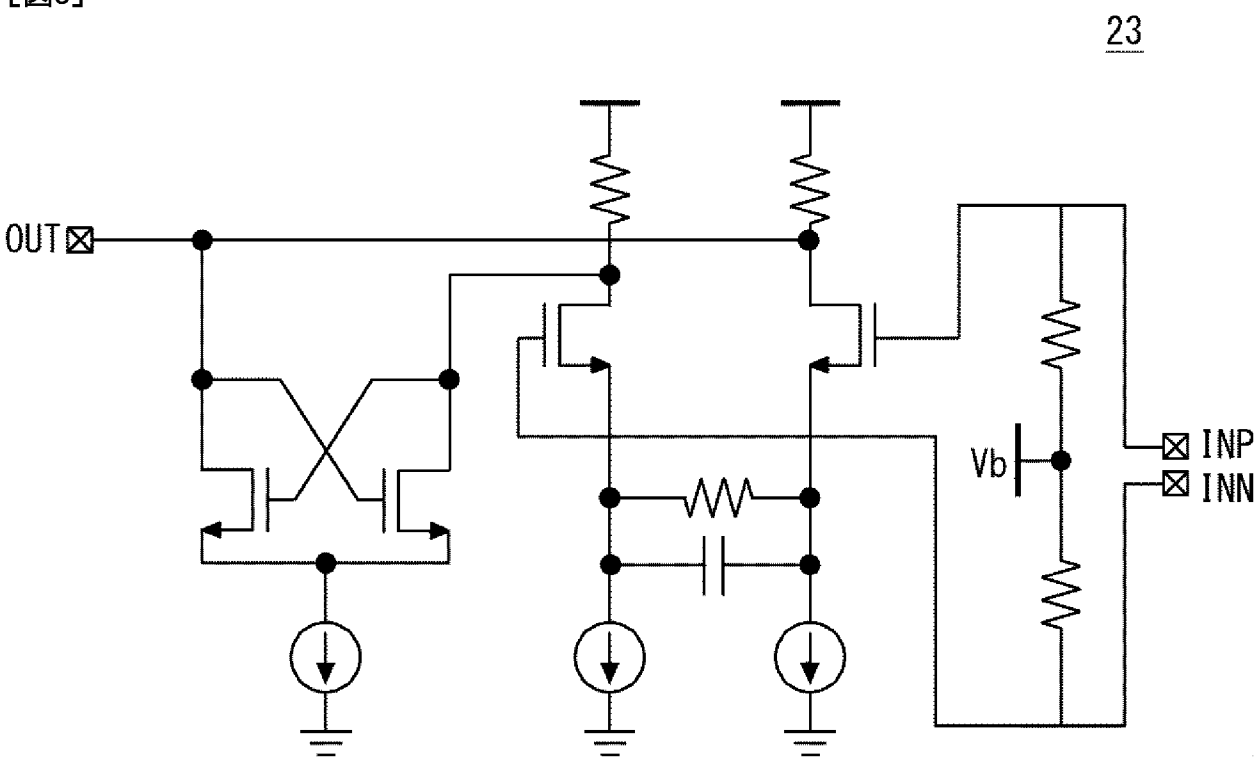
[図1]


100
SUB2
SUB1
1
110
120
131
31
10
20
113
送信器
123
受信器
124
R
132
ポート2
V2
111p
111n
121n
V12P
V12N
C
121p
121n
V02P
V02N
131p
結合器
131n
31p
31n
V01P
V01N
B
11p
11n
21p
21n
22p
22n
V11P
V11N
13
23
24
V1
32
ポート1

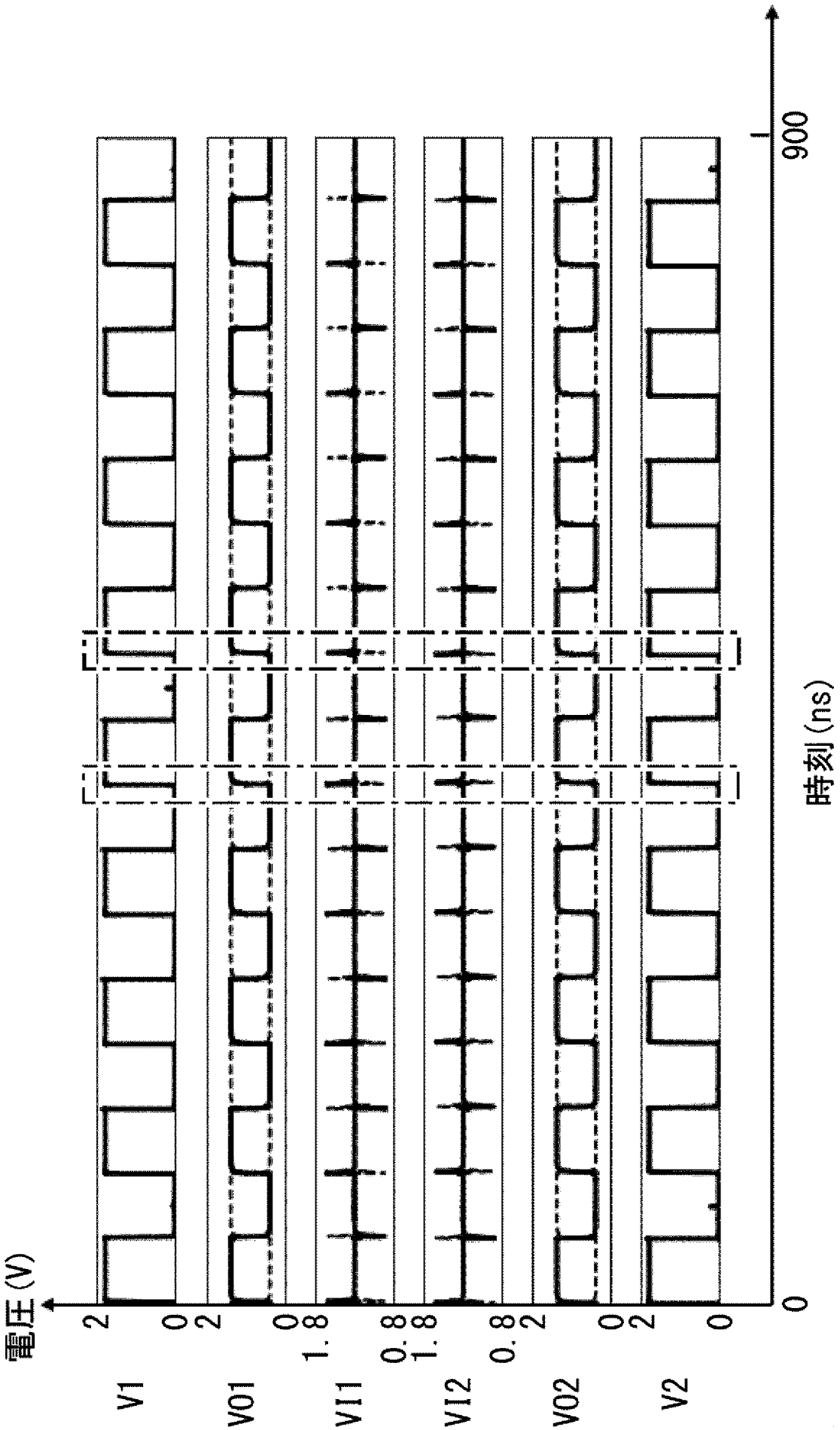
[図2]



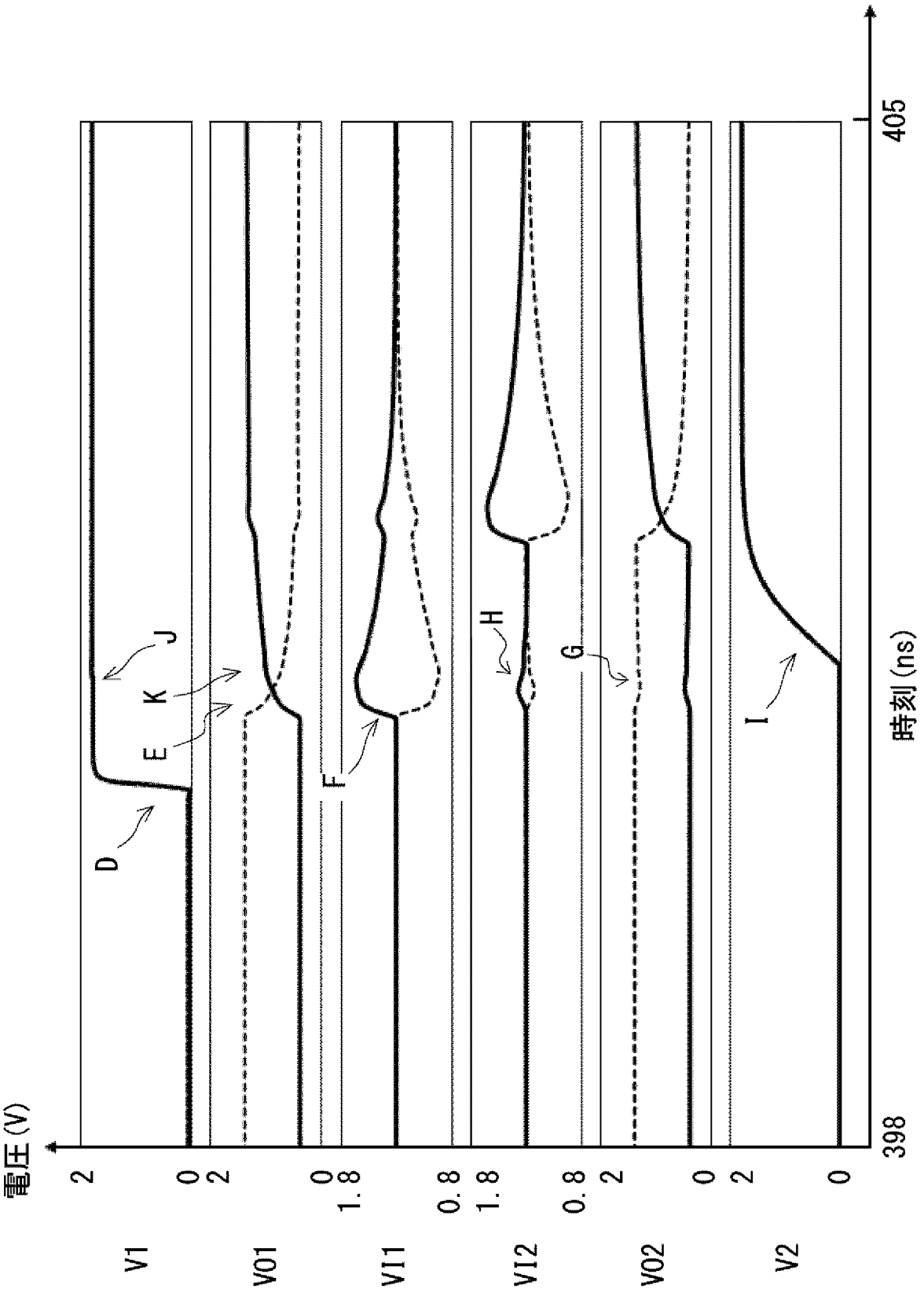
[図3]



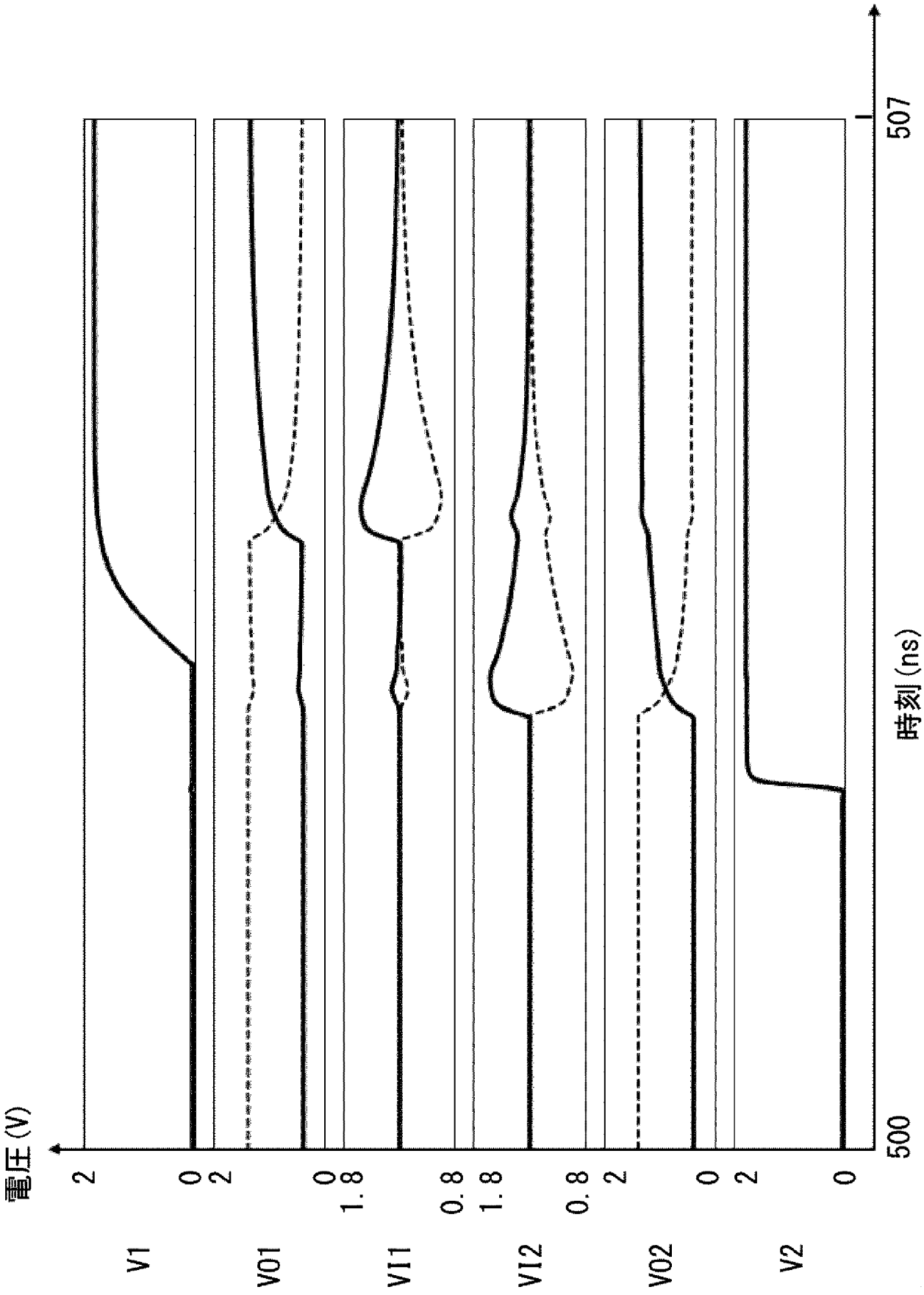
[図4]



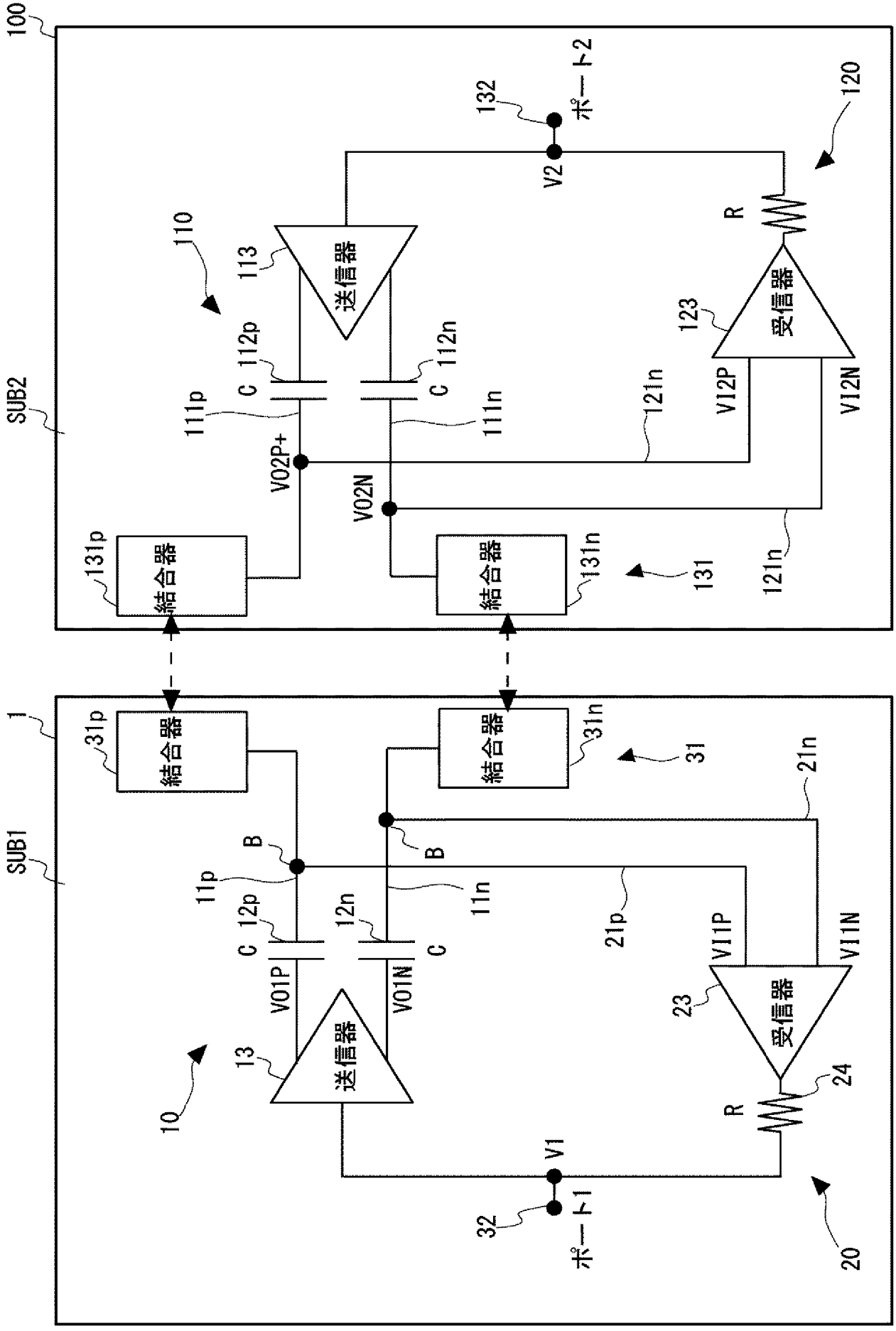
[図5]


電圧(V)
時刻(ns)
398
405
V1
V01
V11
V12
V02
V2
2
0
2
0
1.8
0.8
1.8
0.8
2
0
2
0
D
E
K
J
F
H
G
I

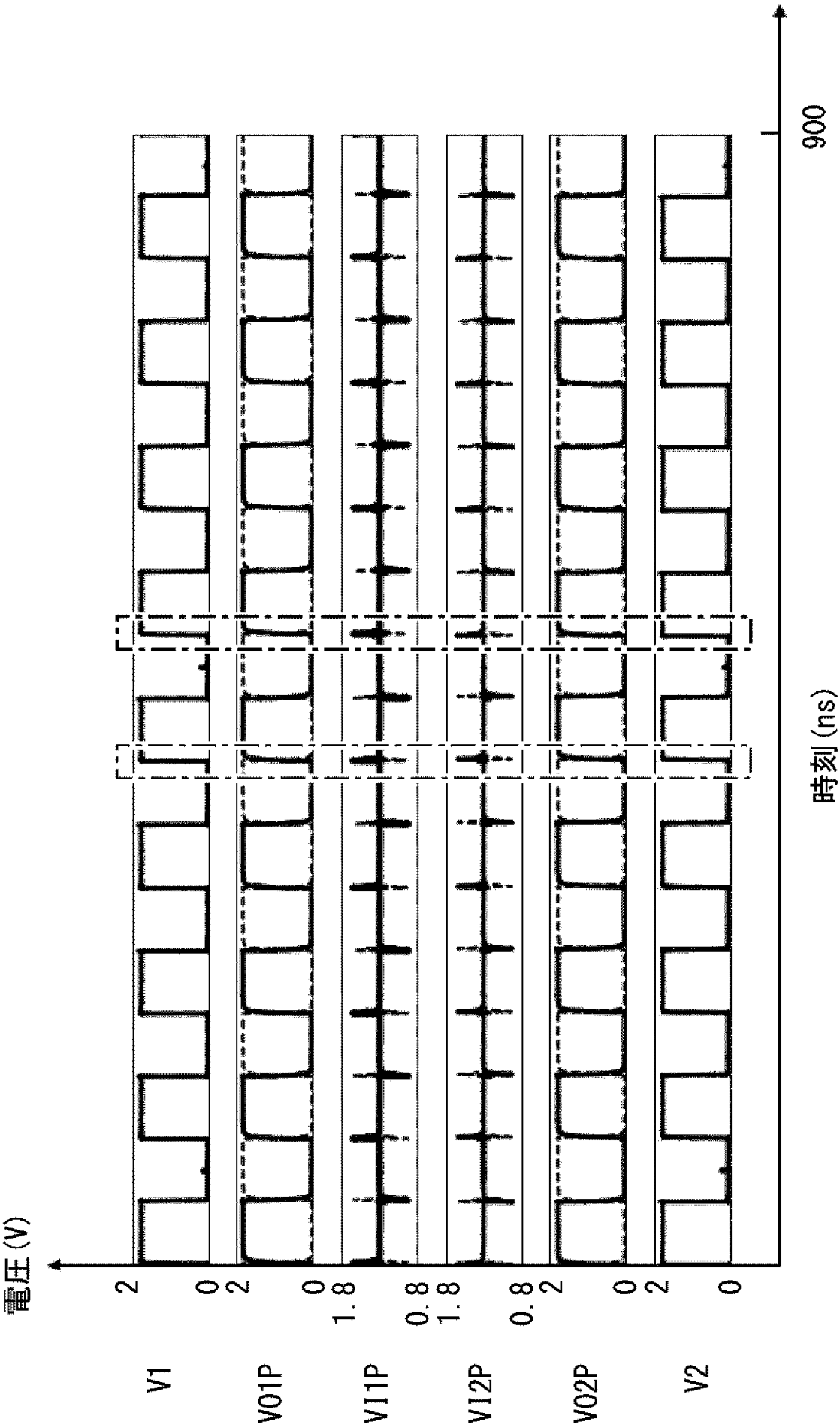
[図6]



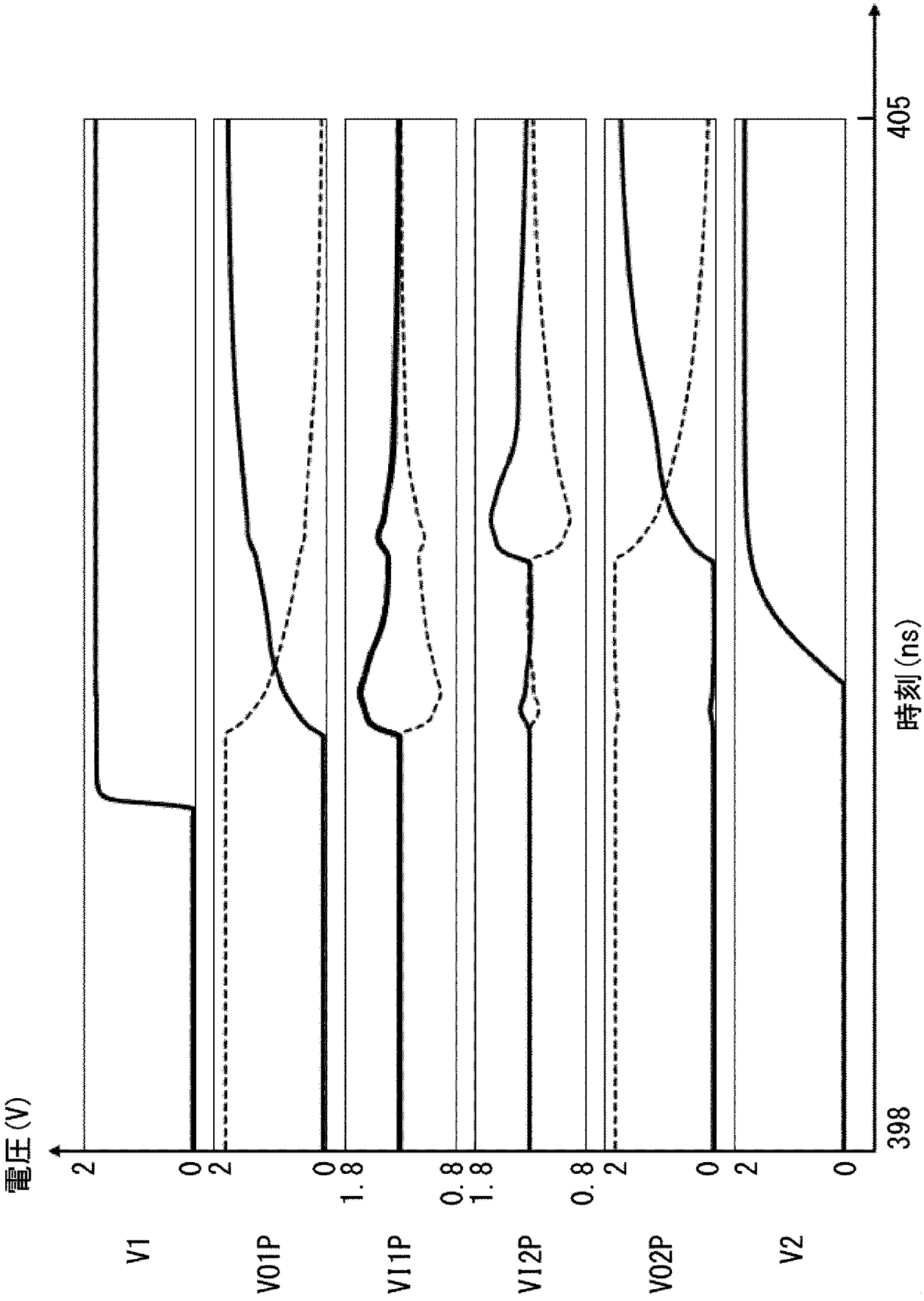
[図7]


100
SUB2
SUB1
1
110
120
131
31
10
20
送信器
受信器
結合器
ポート2
ポート1
V2
V1
V02P+
V02N
V01P
V01N
V12P
V12N
V11P
V11N
111p
111n
112p
112n
121n
121p
11p
11n
12p
12n
21n
21p
131p
131n
31p
31n
113
123
13
23
24
132
32
R
C
B

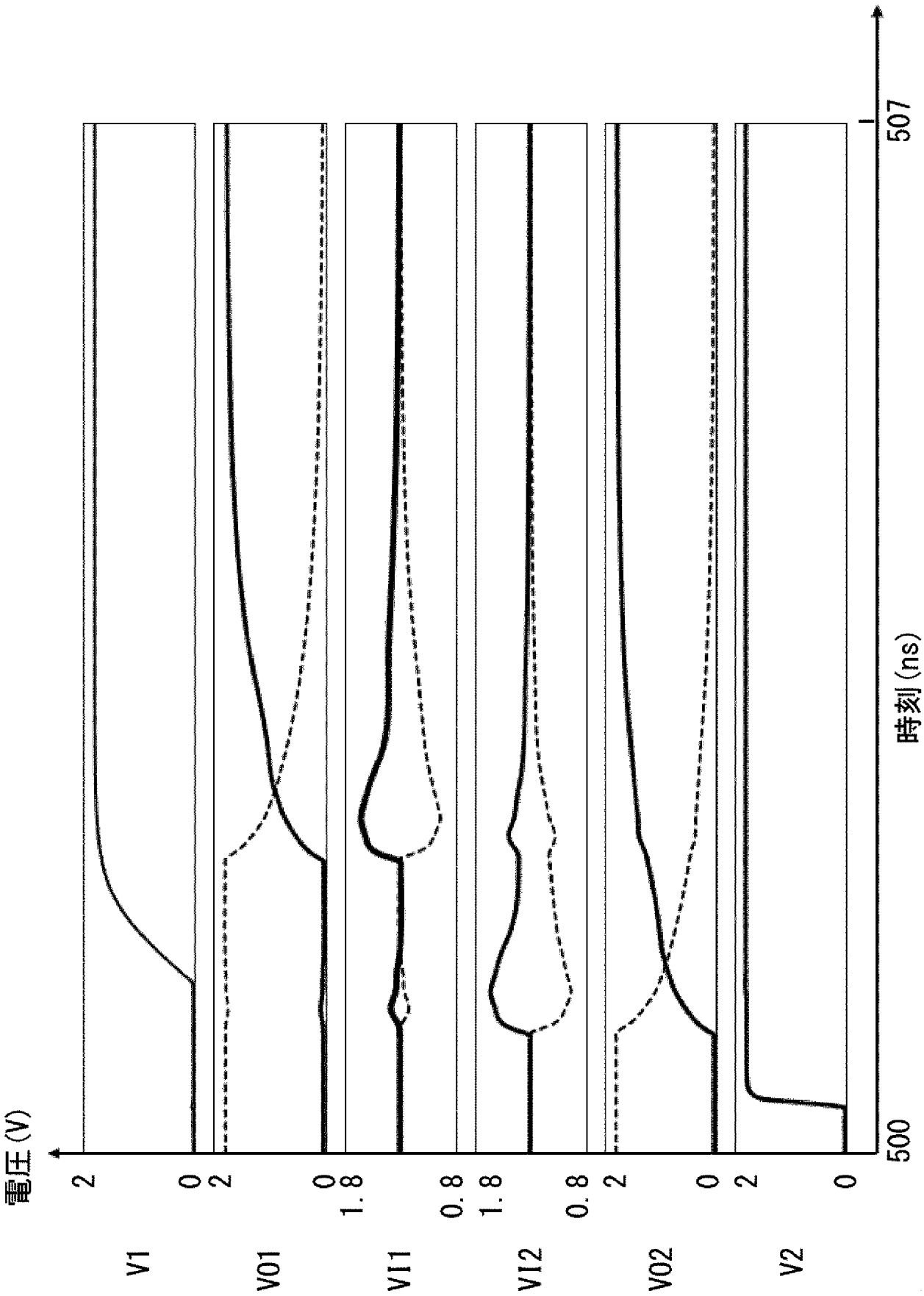
[図8]



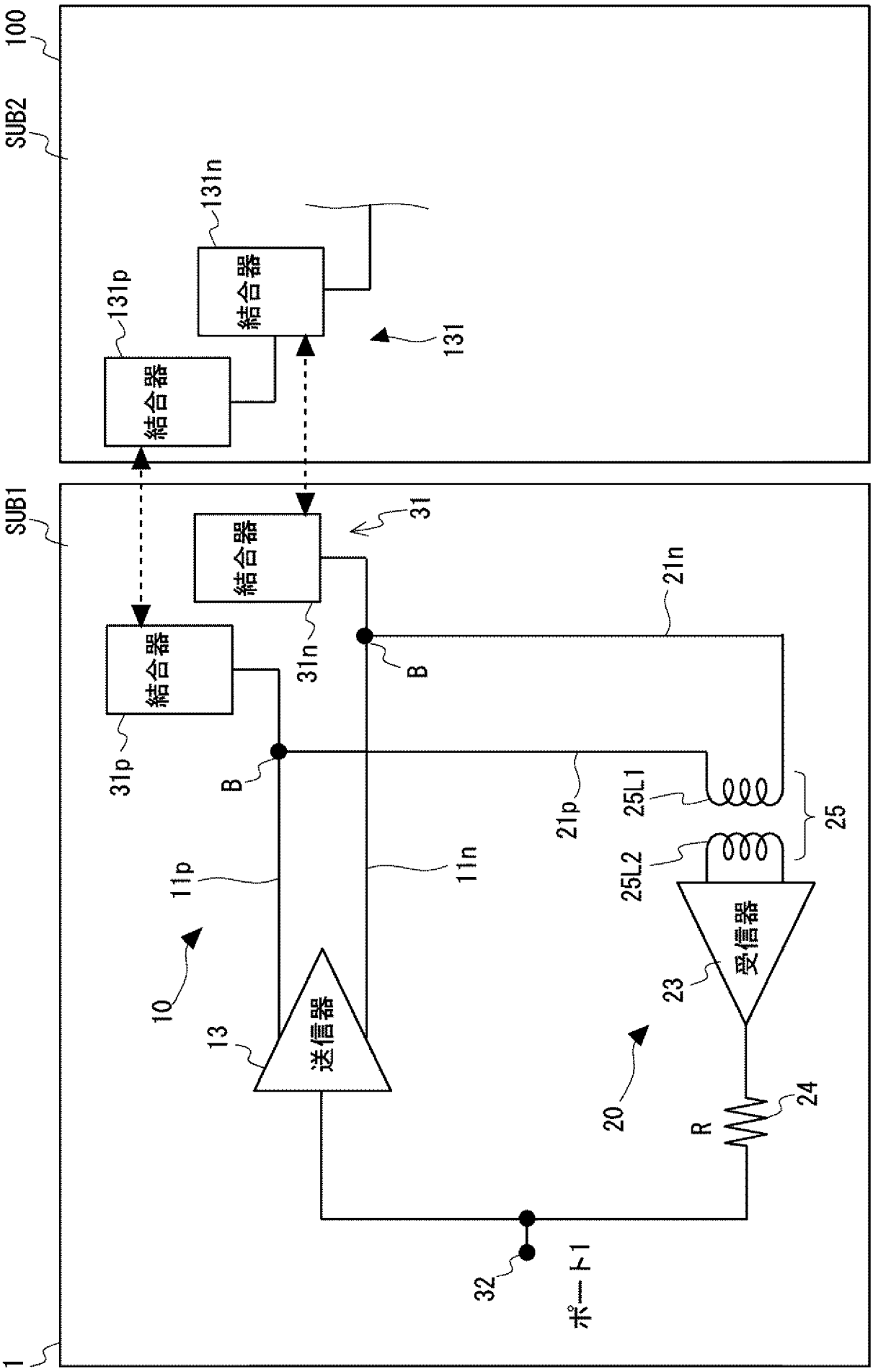
[図9]



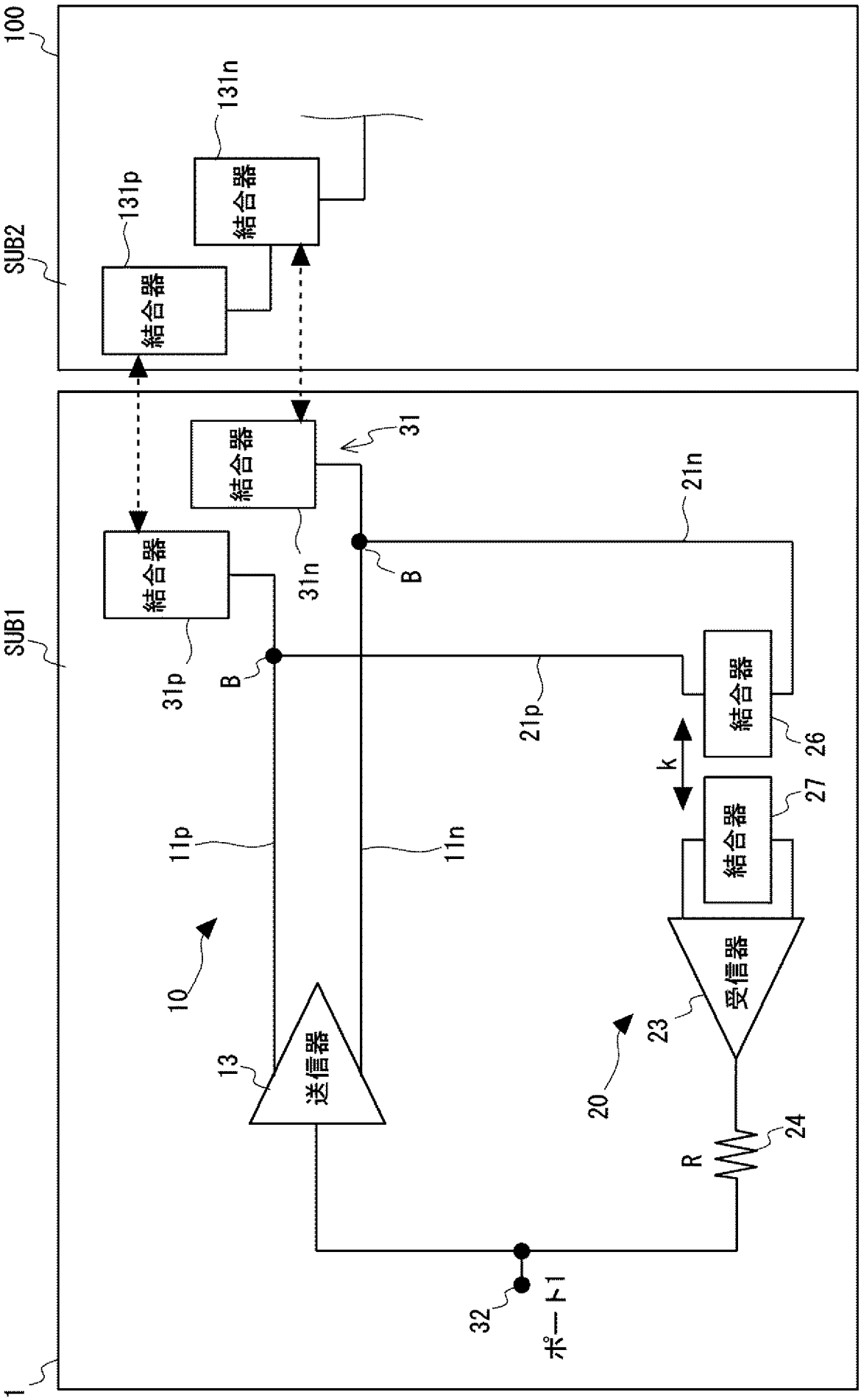
[図10]



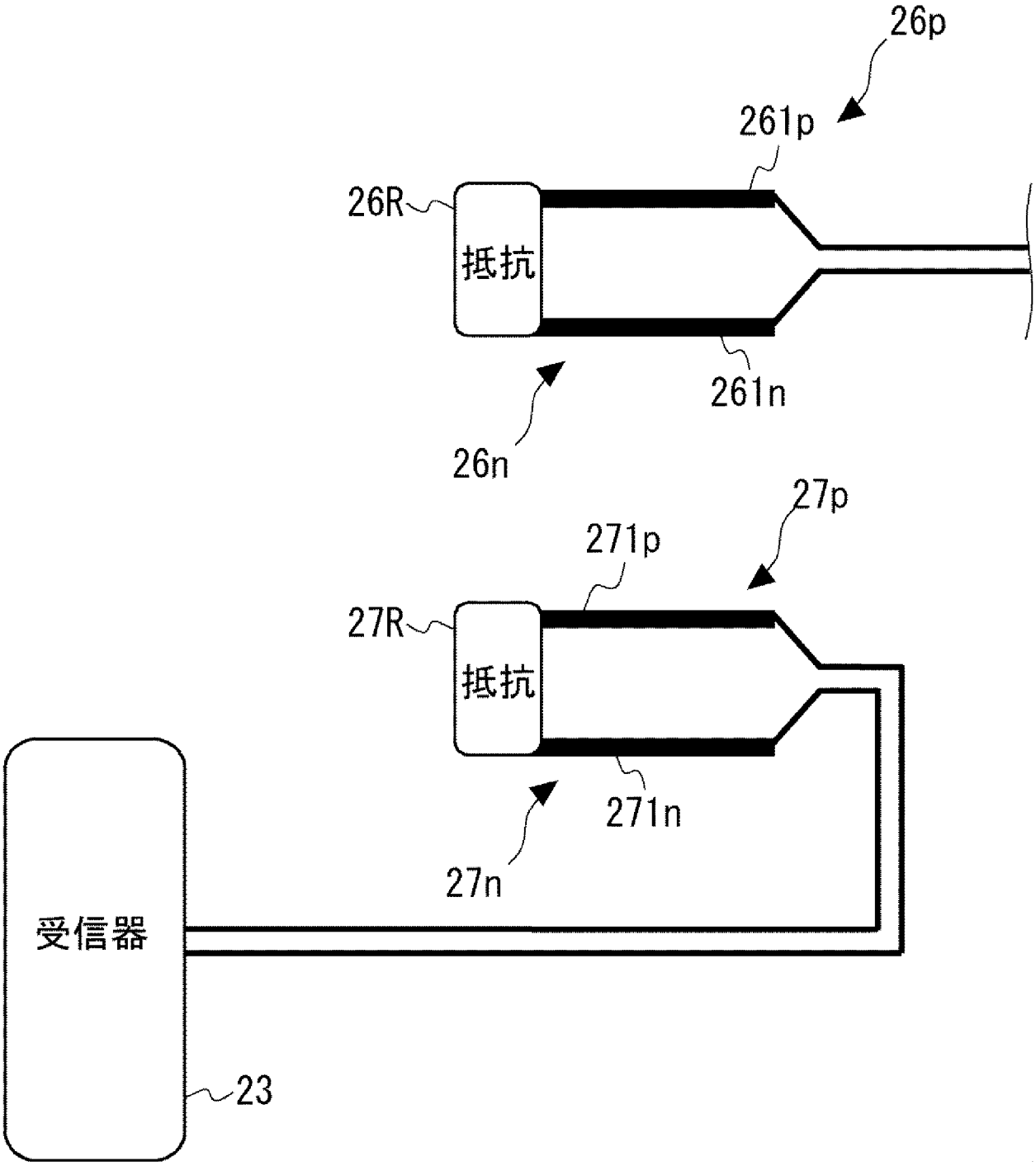
[図11]


100
SUB2
131n
131p
結合器
131
SUB1
31
結合器
31n
21n
B
結合器
31p
B
21p
25L1
25
11p
11n
25L2
受信器
10
13
送信器
23
20
R
24
32
ポート1
1

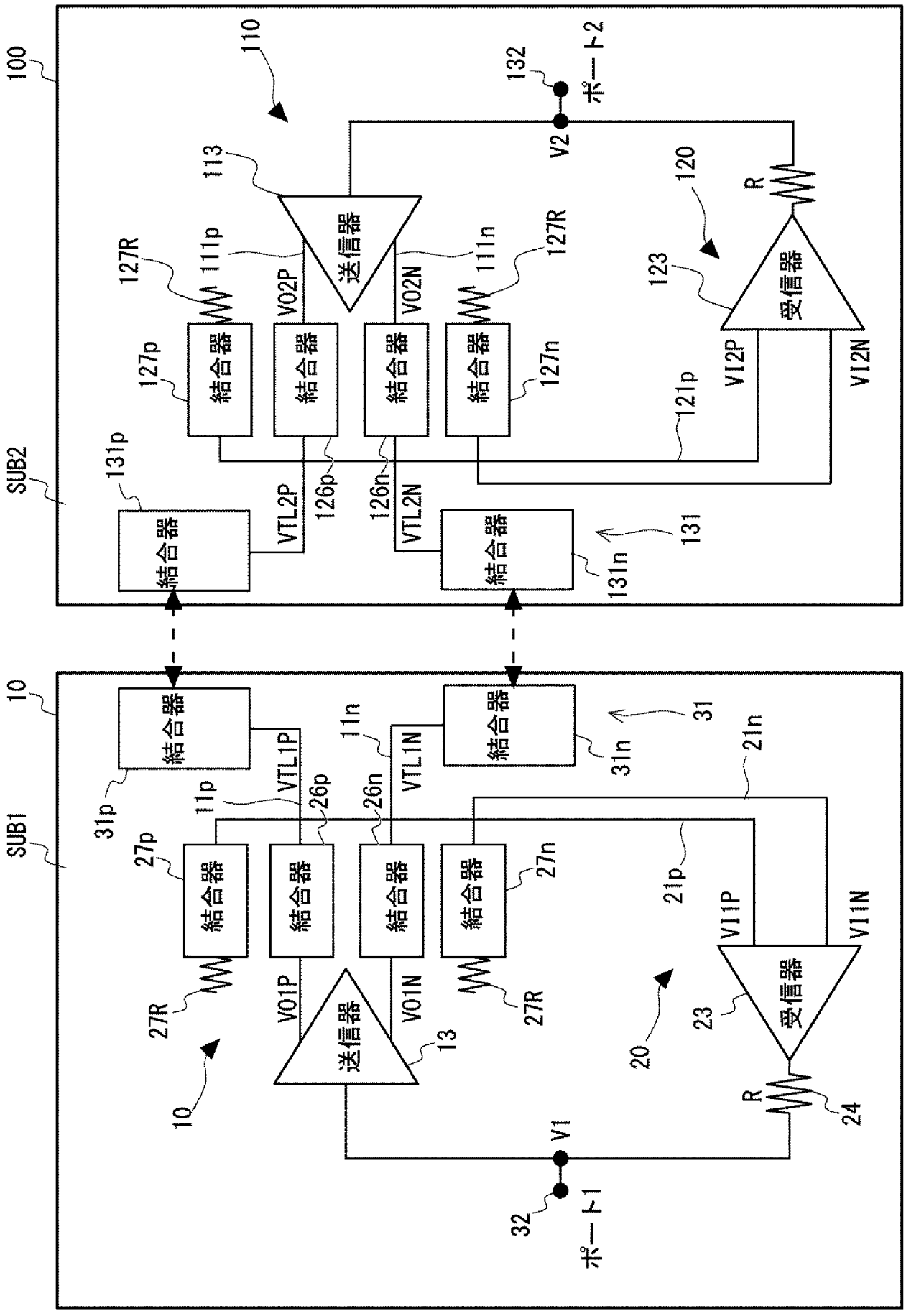
[図12]


100
SUB2
131n
131p
結合器
結合器
SUB1
結合器
31
31n
31p
B
B
21n
21p
結合器
26
k
結合器
27
11p
11n
10
送信器
13
受信器
23
20
R
24
32
ポート1
1

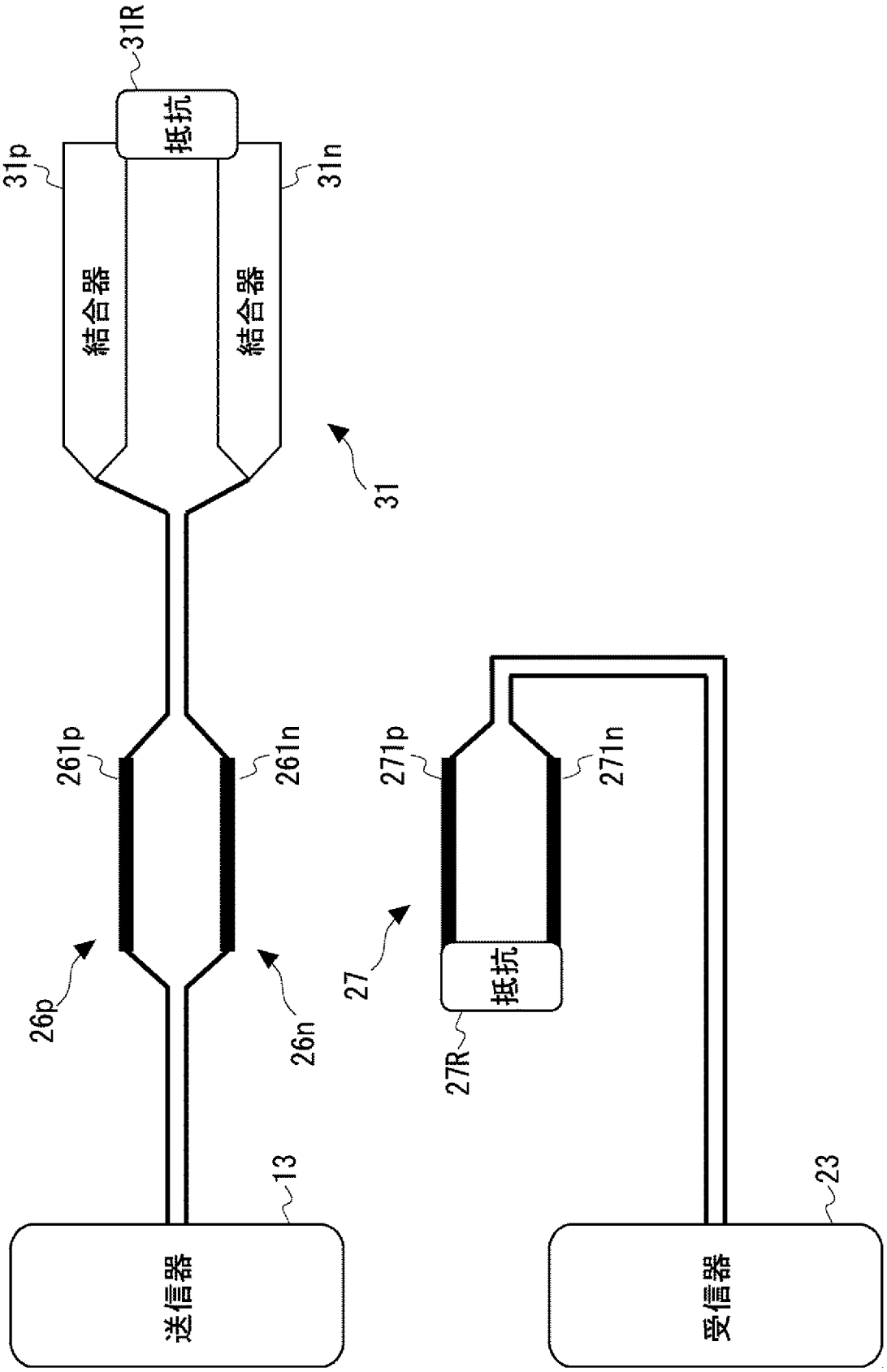
[図13]



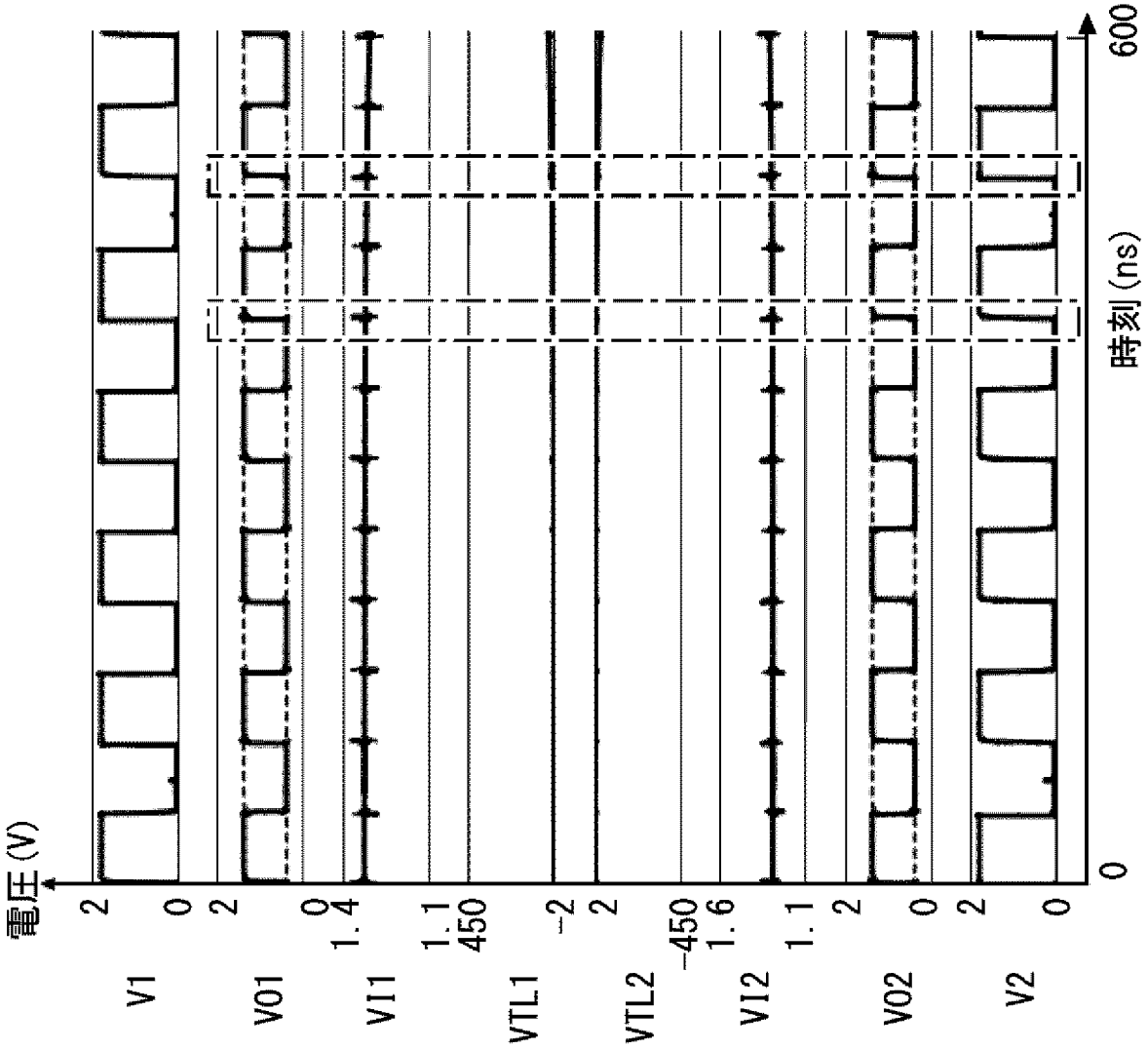
[図14]


100
SUB2
110
113
送信器
132
ポート2
V2
R
120
123
受信器
127R
111p
111n
127R
V02P
V02N
127p
結合器
127n
121p
V12P
V12N
131p
126p
126n
VTL2P
VTL2N
131n
131
10
SUB1
31p
31n
31
11p
11n
VTL1P
VTL1N
26p
26n
21n
21p
27p
27n
V11P
V11N
27R
V01P
V01N
13
10
20
23
24
V1
32
ポート1

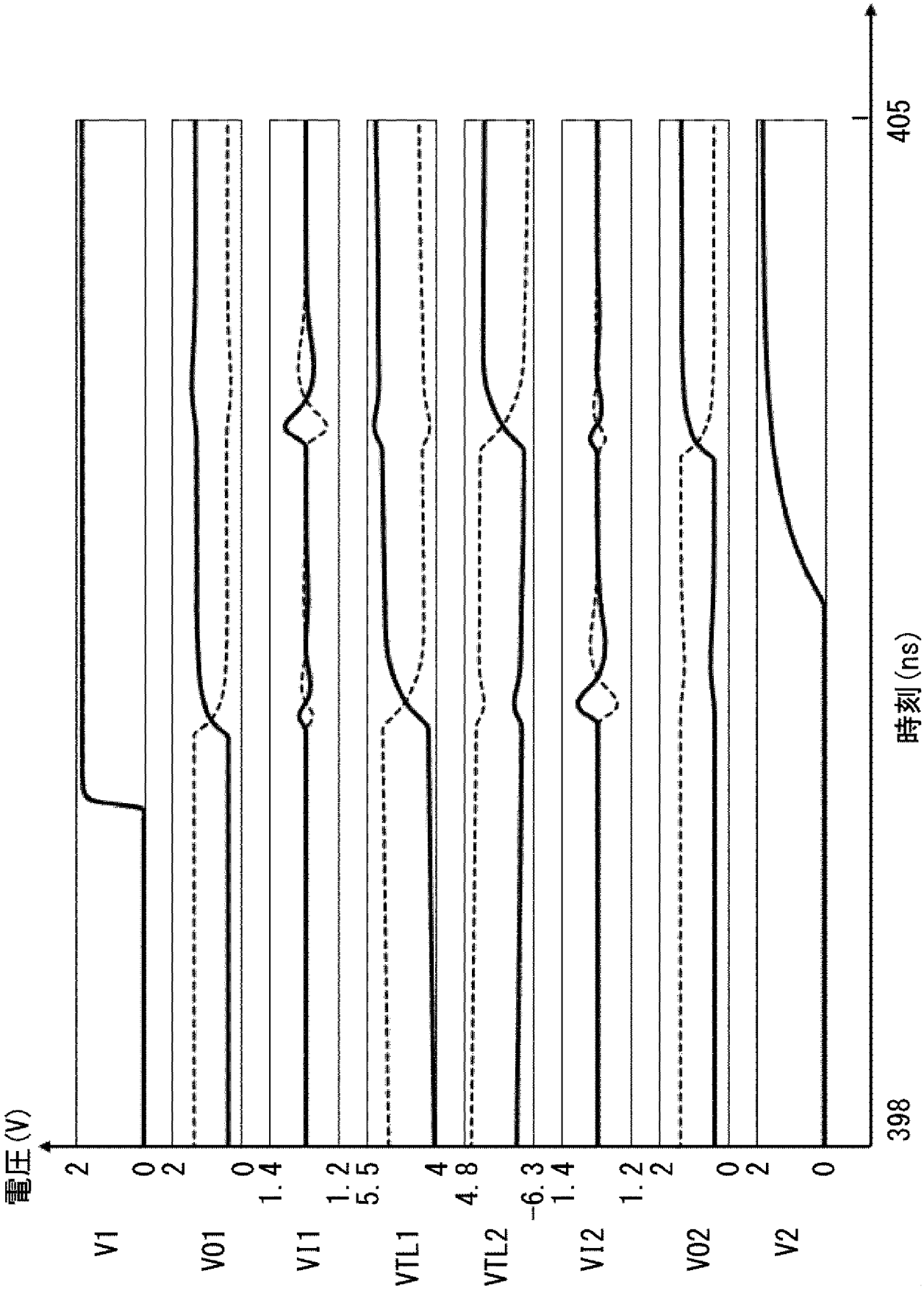
[図15]


31R
抵抗
31p
31n
結合器
結合器
31
261p
261n
271p
271n
26p
26n
27
抵抗
27R
13
23
送信器
受信器

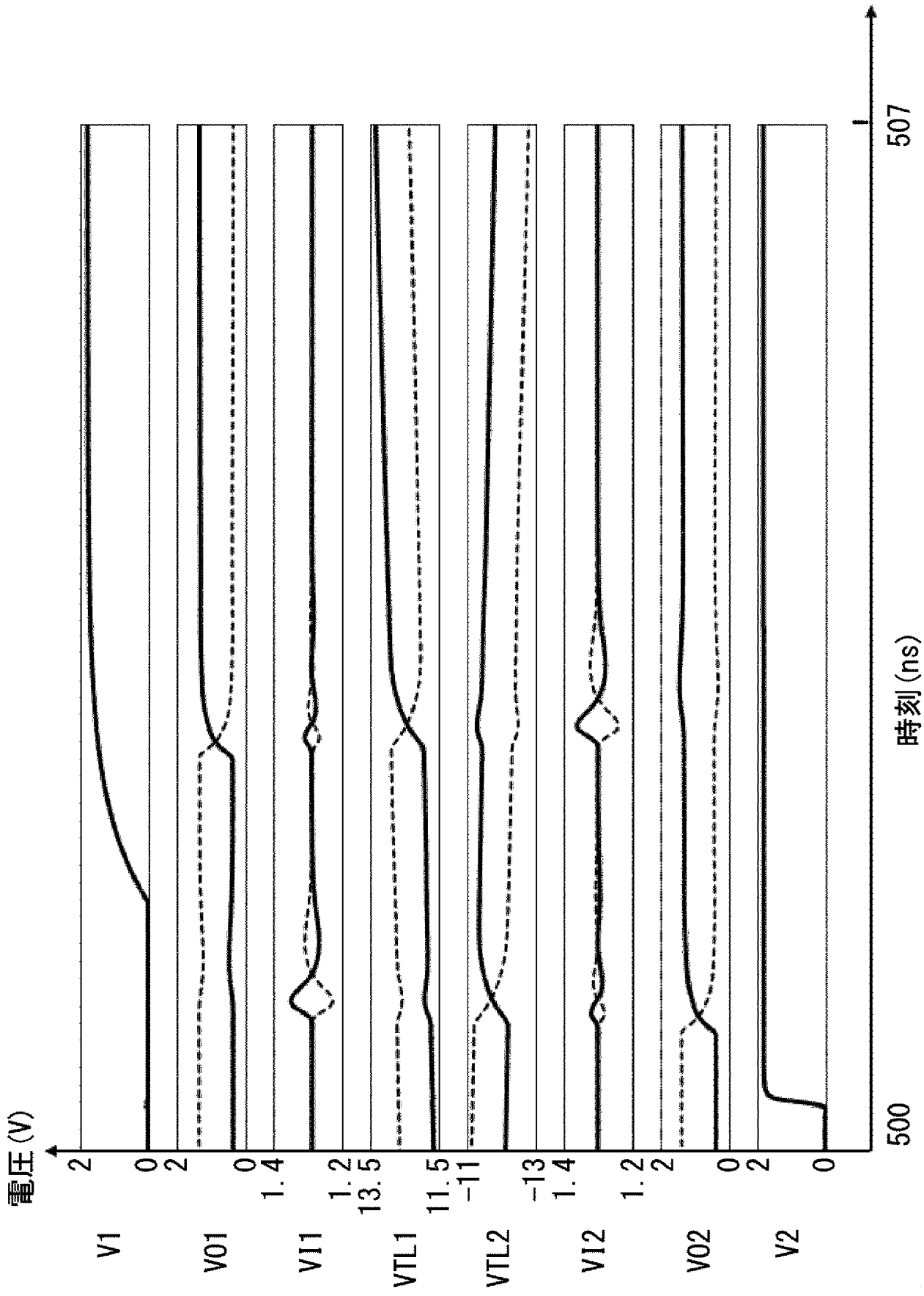
[図16]


電圧 (V)
時刻 (ns)
0
600
V1
2
0
VO1
2
0
V11
1.4
1.1
VTL1
450
−2
VTL2
2
−450
V12
1.6
1.1
VO2
2
0
V2
2
0

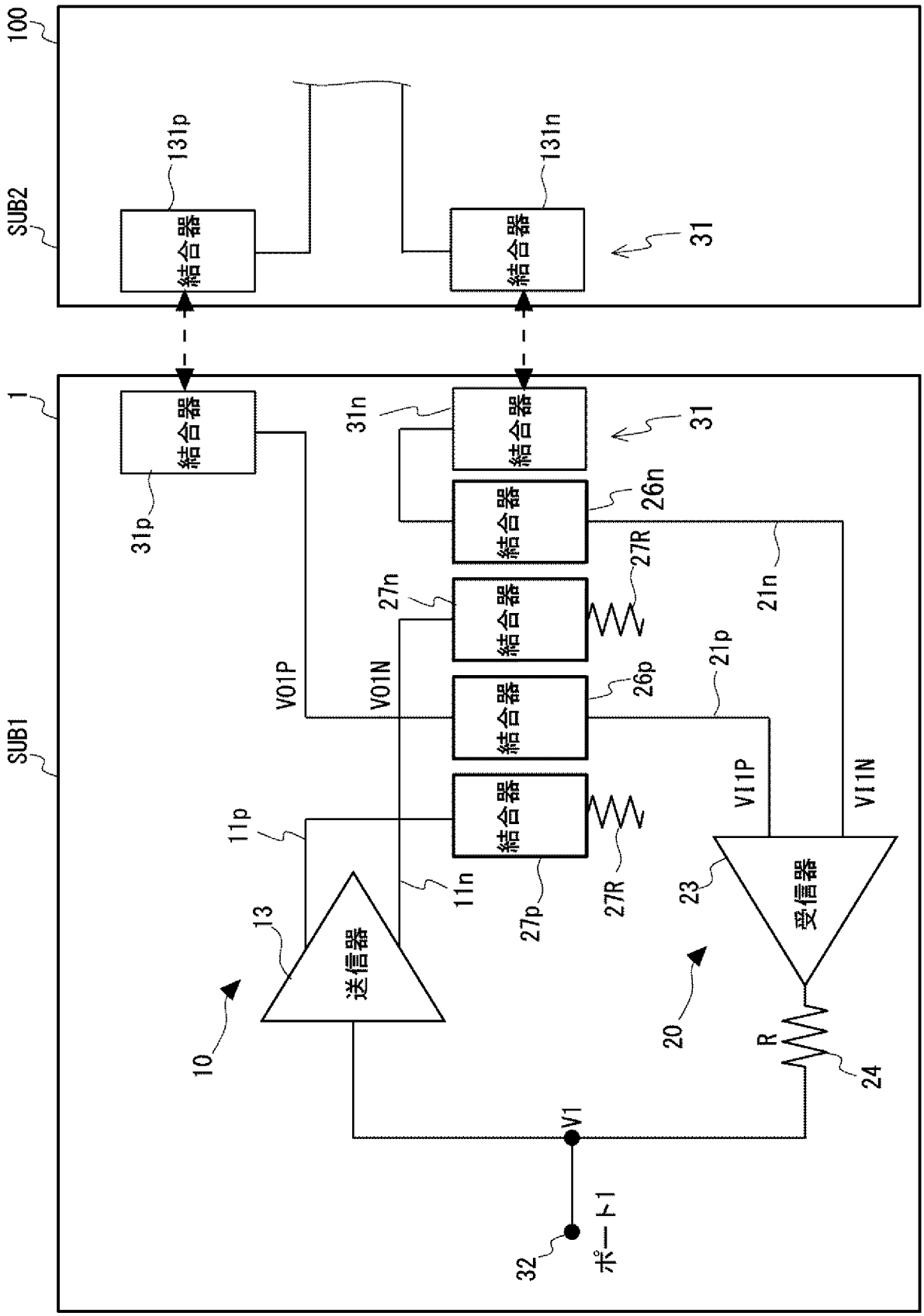
[図17]


電圧(V)
V1
2
0
VO1
2
0
VI1
1.4
1.2
VTL1
5.5
4
VTL2
4.8
−6.3
VI2
1.4
1.2
VO2
2
0
V2
2
0
398
405
時刻(ns)

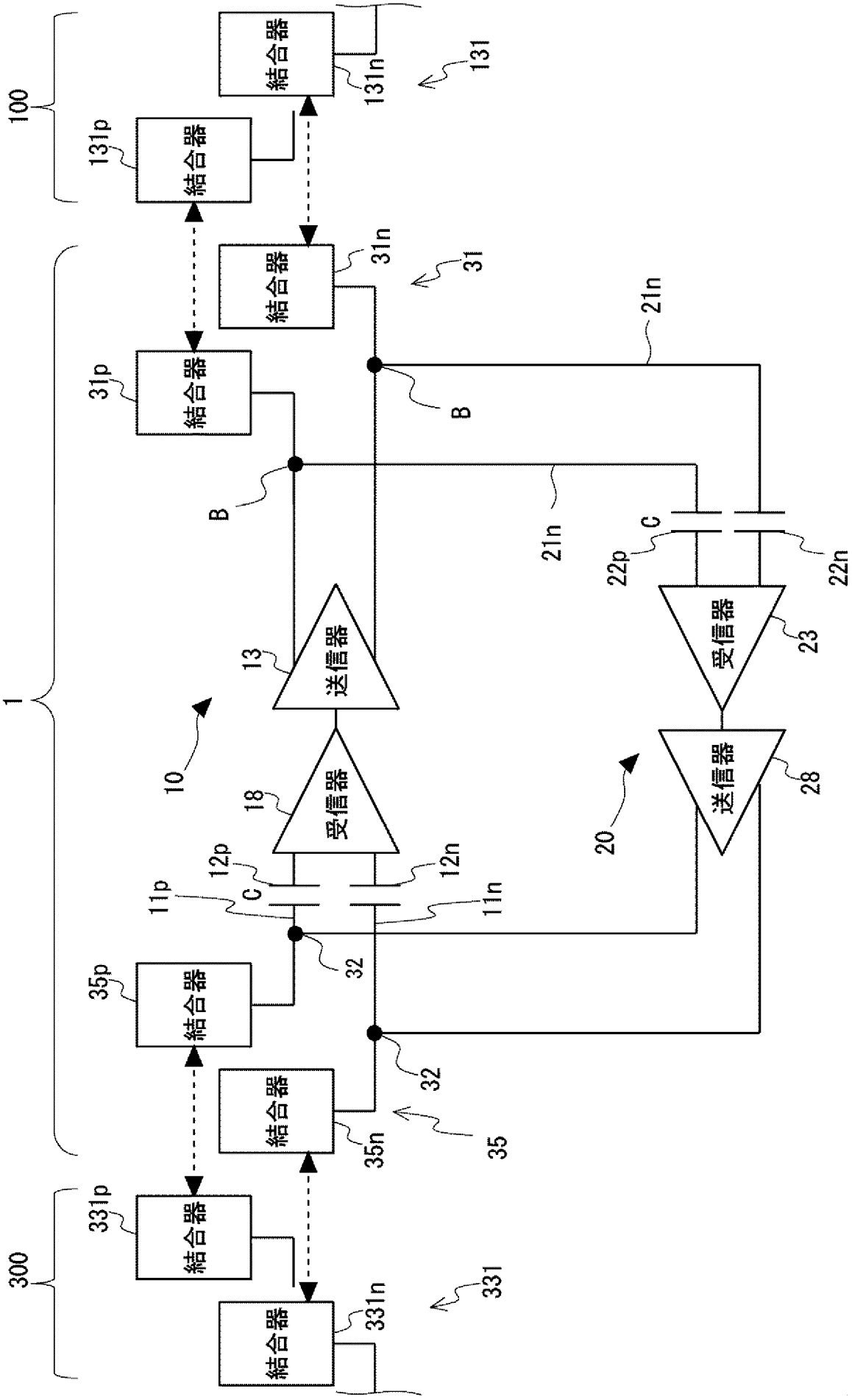
[図18]


電圧(V)
V1
2
0
VO1
2
0
VI1
1.4
1.2
VTL1
13.5
11.5
VTL2
−11
−13
VI2
1.4
1.2
VO2
2
0
V2
2
0
500
507
時刻(ns)

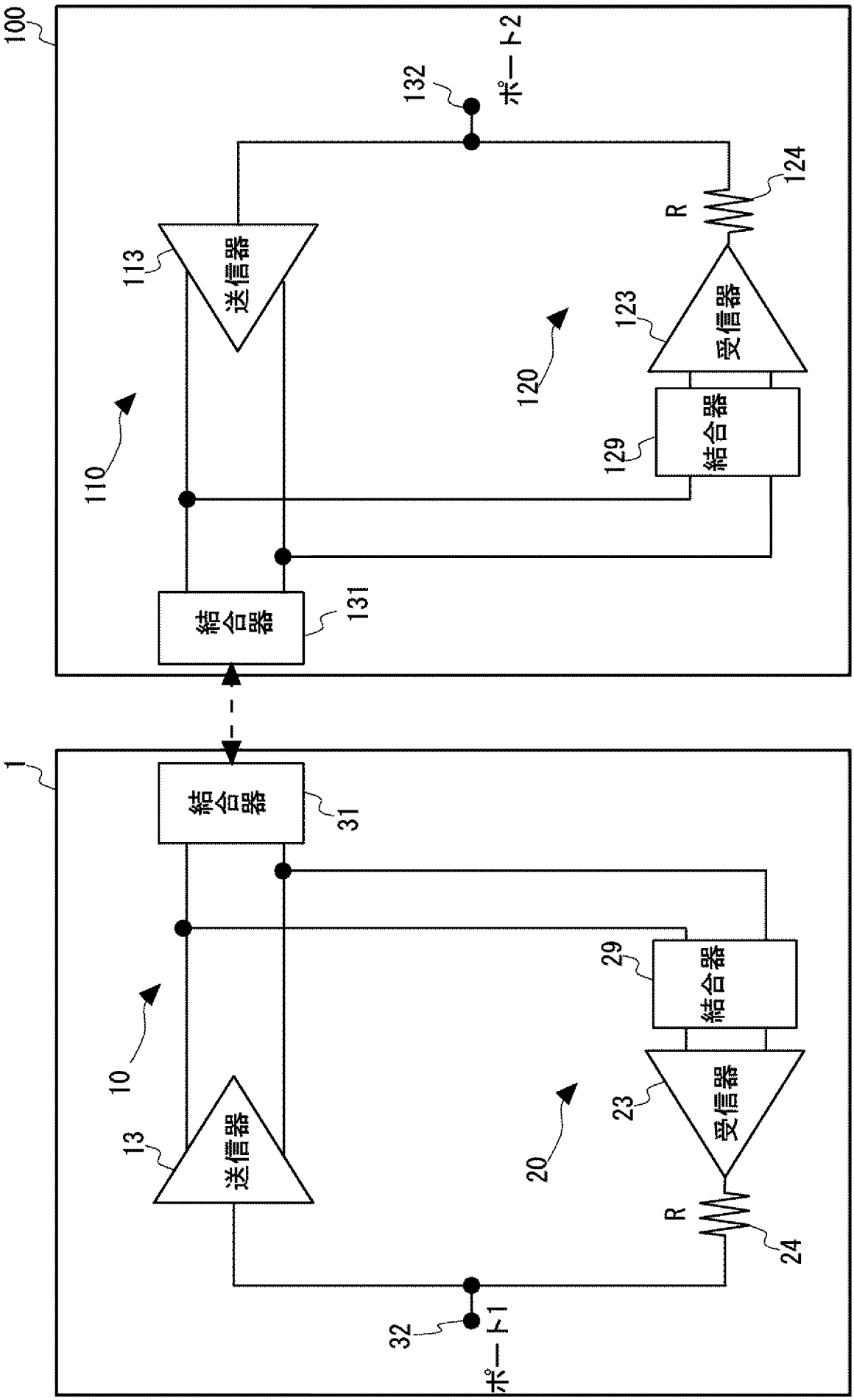
[図19]


100
SUB2
131p
131n
結合器
31
1
SUB1
31p
31n
26n
27R
27n
21n
V01P
V01N
26p
21p
11p
11n
27p
27R
13
送信器
10
VI1P
VI1N
23
受信器
20
R
24
V1
32
ポート1

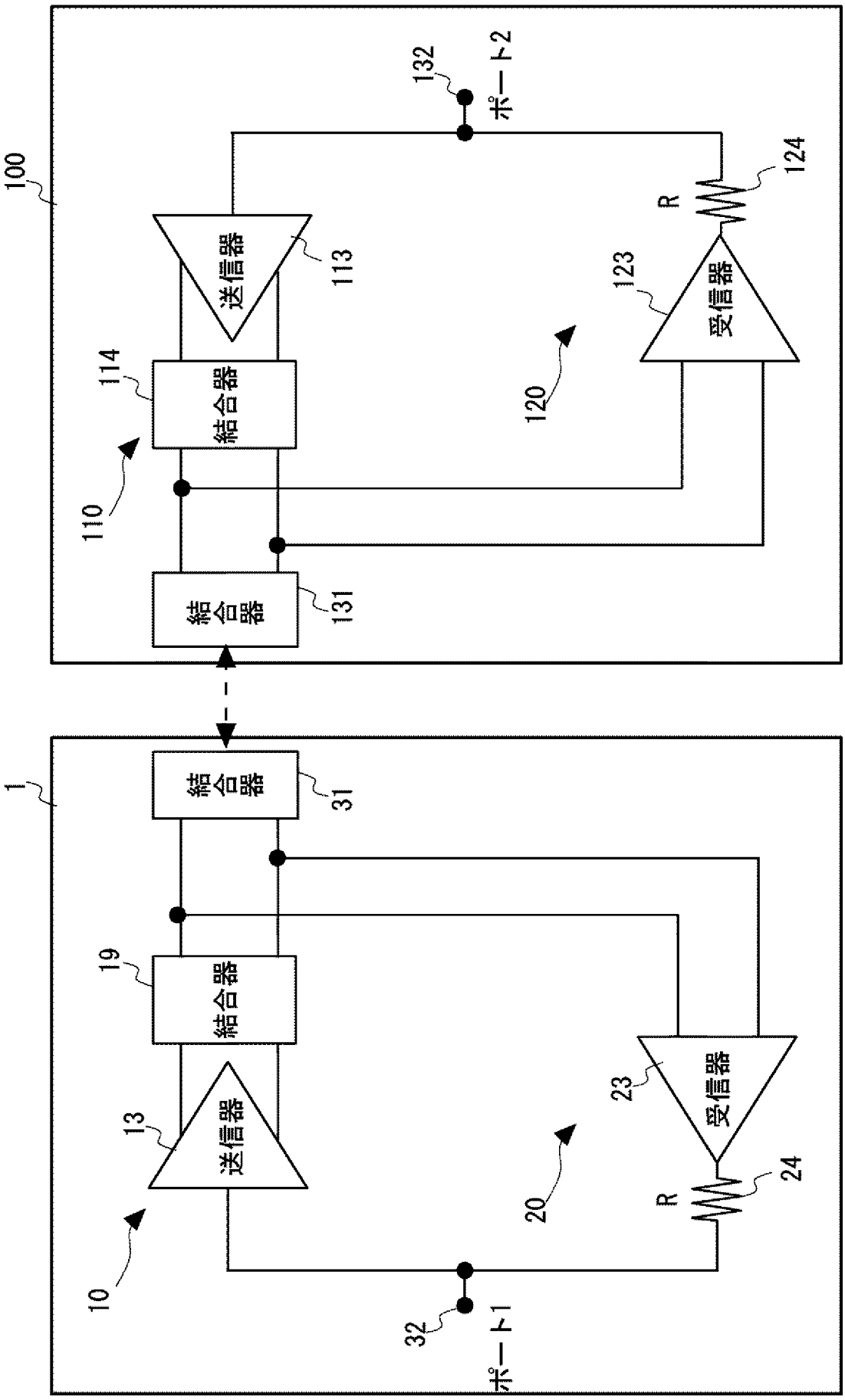
[図20]


100
131p
結合器
131n
131
31n
31
31p
B
21n
22p
C
22n
受信器
23
送信器
13
10
1
送信器
28
20
受信器
18
12p
12n
11p
C
11n
32
35p
35n
35
331p
331n
331
300

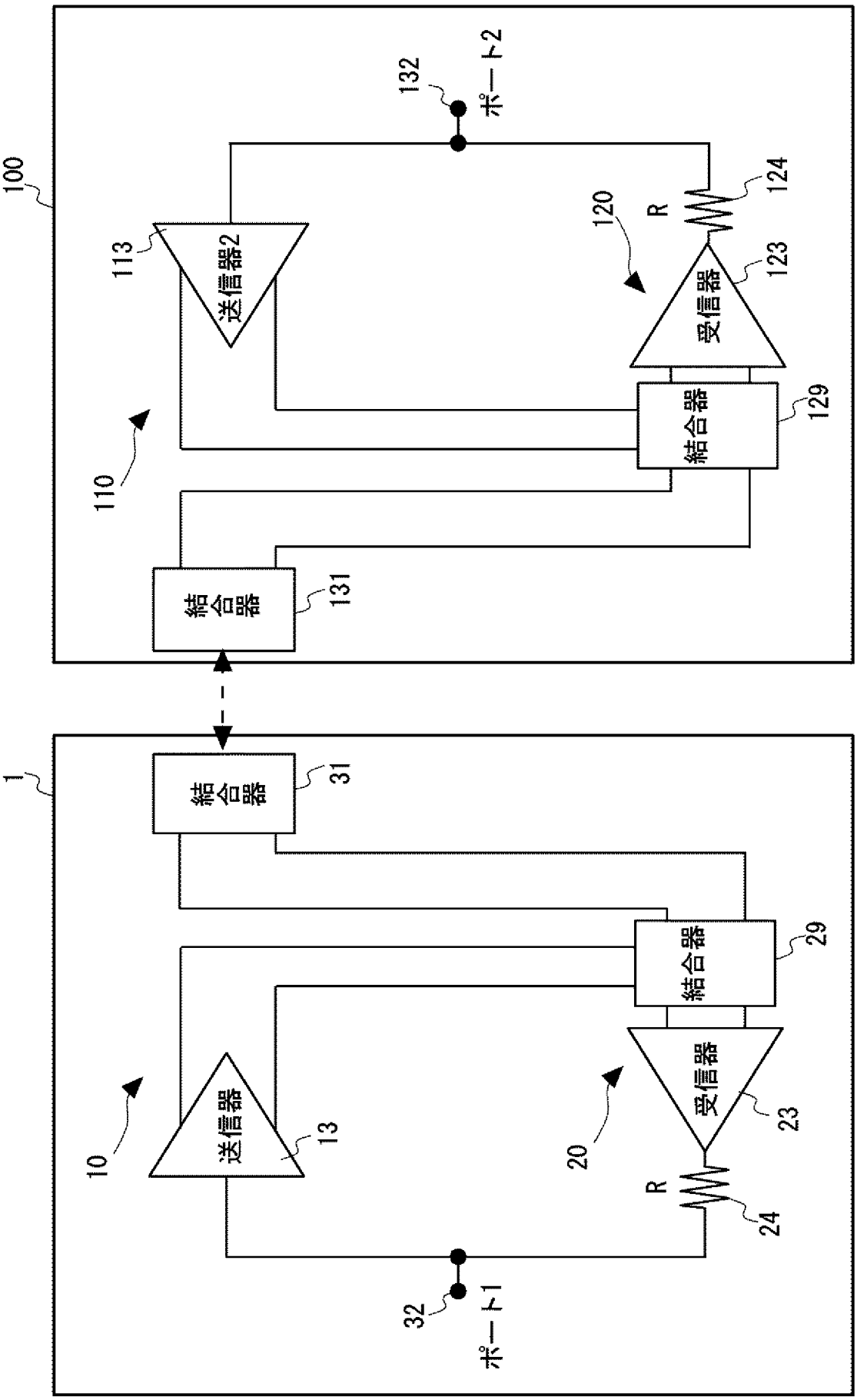
[図21]


100
132
ポート2
124
R
113
送信器
123
受信器
120
110
129
結合器
結合器
131
1
結合器
31
29
結合器
10
13
送信器
23
受信器
20
R
24
32
ポート1

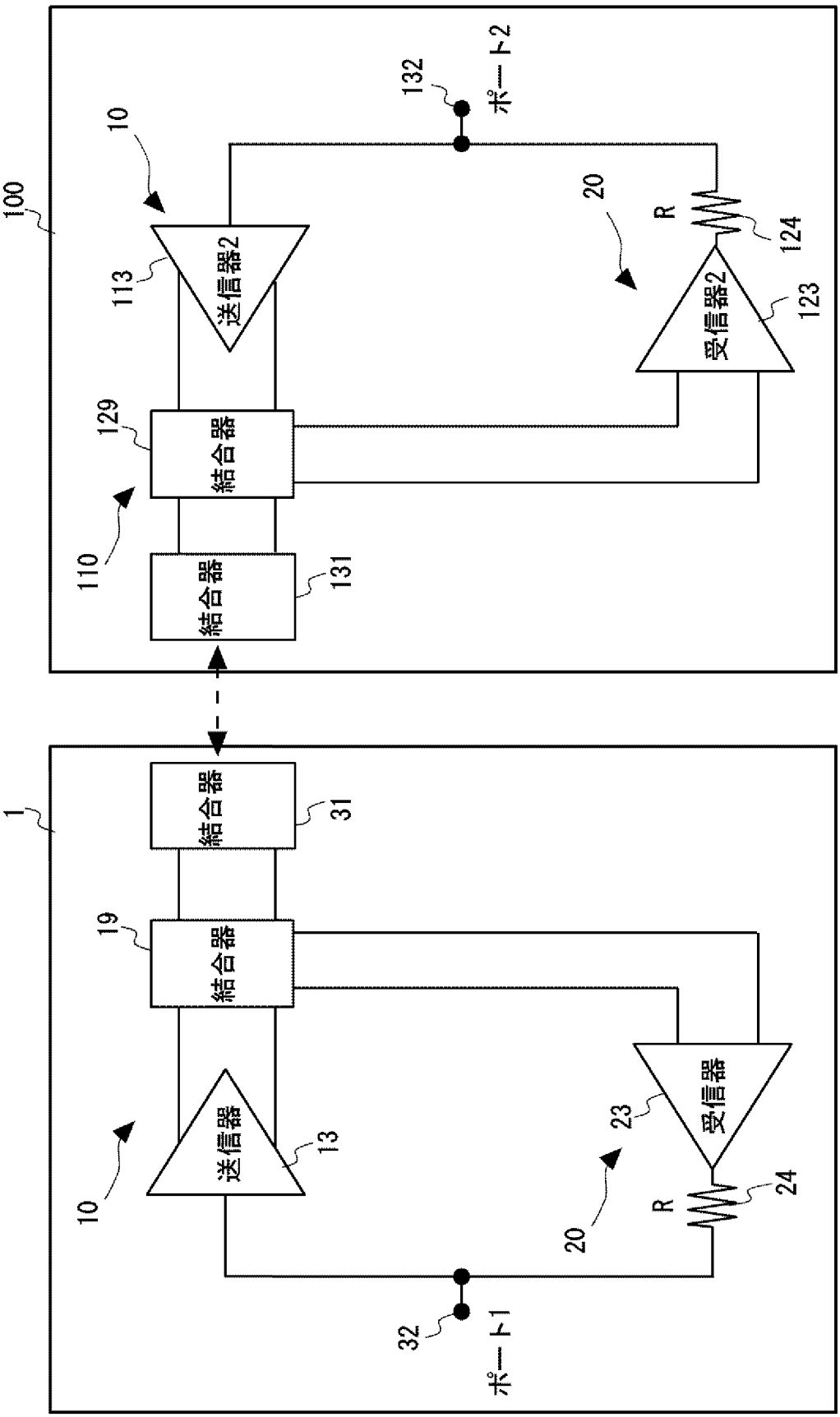
[図22]


100
132
ポート2
124
R
送信器
113
123
受信器
114
結合器
120
110
結合器
131
1
結合器
31
19
結合器
23
受信器
13
送信器
20
R
24
10
32
ポート1

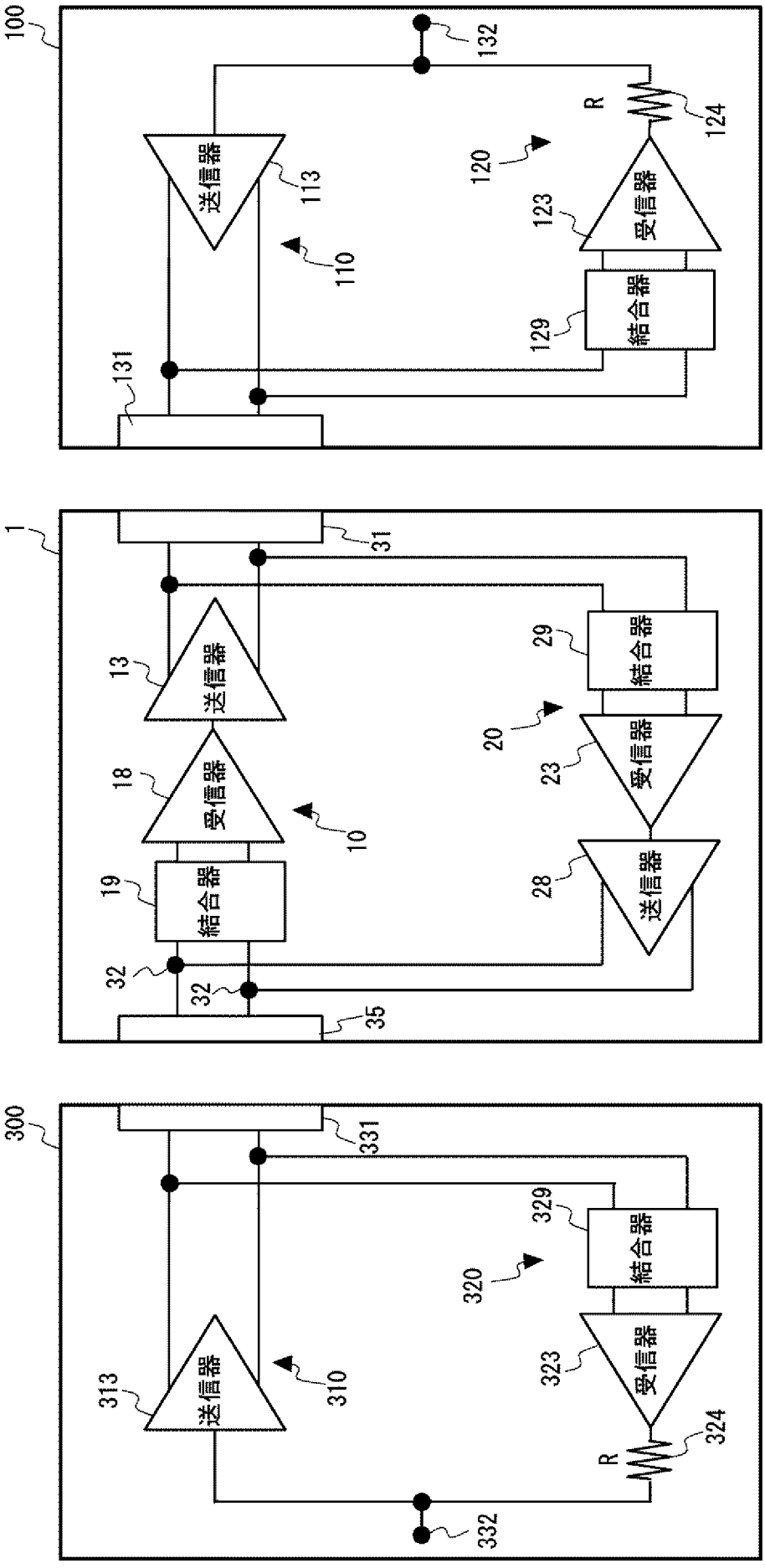
[図23]


100
132
ポート2
113
送信器2
120
R
124
受信器
123
結合器
129
110
結合器
131
1
結合器
31
結合器
29
受信器
23
10
送信器
13
20
R
24
32
ポート1

[図24]


100
10
113
送信器2
132
ポート2
20
R
124
受信器2
123
129
結合器
110
結合器
131
1
結合器
31
19
結合器
送信器
13
10
受信器
23
20
R
24
32
ポート1

[図25]


100
132
R
124
120
送信器
113
受信器
123
110
結合器
129
131
1
31
13
送信器
29
結合器
20
18
受信器
受信器
23
10
19
結合器
28
送信器
32
32
35
300
331
329
結合器
320
313
送信器
310
受信器
323
324
R
332

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/015766

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04B 5/02(2006.01)i
FI: H04B5/02

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)
H04B5/02

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2014/010388 A1 (KEIO GIJUKU) 20.02.2014 (2014-02-20) paragraphs [0066]-[0167], fig. 10, 29	1-7
Y	US 2012/0230387 A1 (2WIRE, INC.) 13.09.2012 (2012-09-13) paragraphs [0013]-[0030], fig. 2	1-7
Y	菅原俊彦 他, 磁界結合を利用した"ワイヤレス ICE"を開発, Interface, 01 April 2007, vol. 33, no. 4, pp. 116-125, pp. 116-125, non-official translation (SUGAHARA, Toshihiko et al., "Developed 'Wireless ICE' using magnetic coupling")	1-7
A	WO 2015/076153 A1 (KEIO GIJUKU) 28.05.2015 (2015-05-28) entire text, all drawings	1-7

☒ 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	Date of mailing of the international search report
23 June 2020 (23.06.2020)	30 June 2020 (30.06.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/015766

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/025690 A (KEIO GIJUKU) 26.02.2015 (2015-02-26) entire text, all drawings	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/015766

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2014/010388 A1	20 Feb. 2014	EP 2884672 A1 paragraphs [0021]-[0122], fig. 10, 29 CN 104471865 A KR 10-2015-0031265 A	
US 2012/0230387 A1	13 Sep. 2012	(Family: none)	
WO 2015/076153 A1	28 May 2015	US 2016/0156390 A1 entire text, all drawings KR 10-2016-0088851 A	
WO 2015/025690 A1	26 Feb. 2015	US 2016/0197393 A1 entire text, all drawings	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/015766

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04B 5/02(2006.01)i
FI: H04B5/02

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））

H04B5/02

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

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

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2014/010388 A1 (学校法人慶應義塾) 20.02.2014 (2014-02-20) 段落[0066]-[0167],図10,29	1-7
Y	US 2012/0230387 A1 (2WIRE, INC.) 13.09.2012 (2012-09-13) 段落[0013]-[0030],図2	1-7
Y	菅原俊彦　他，磁界結合を利用した“ワイヤレスＩＣＥ”を開発，Ｉｎｔｅｒｆａｃｅ，2007.04.01，第３３巻，第４号，第116-125頁 第116-125頁	1-7
A	WO 2015/076153 A1 (学校法人慶應義塾) 28.05.2015 (2015-05-28) 全文,全図	1-7
A	WO 2015/025690 A1 (学校法人慶應義塾) 26.02.2015 (2015-02-26) 全文,全図	1-7

☐ 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抵触するものではなく、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
23.06.2020	30.06.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
前田　典之 5K 9073
電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/015766

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2014/010388 A1	20.02.2014	EP 2884672 A1 段落[0021]-[0122],図10,29 CN 104471865 A KR 10-2015-0031265 A	
US 2012/0230387 A1	13.09.2012	（ファミリーなし）	
WO 2015/076153 A1	28.05.2015	US 2016/0156390 A1 全文,全図 KR 10-2016-0088851 A	
WO 2015/025690 A1	26.02.2015	US 2016/0197393 A1 全文,全図	