

(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
2024年4月4日(04.04.2024)



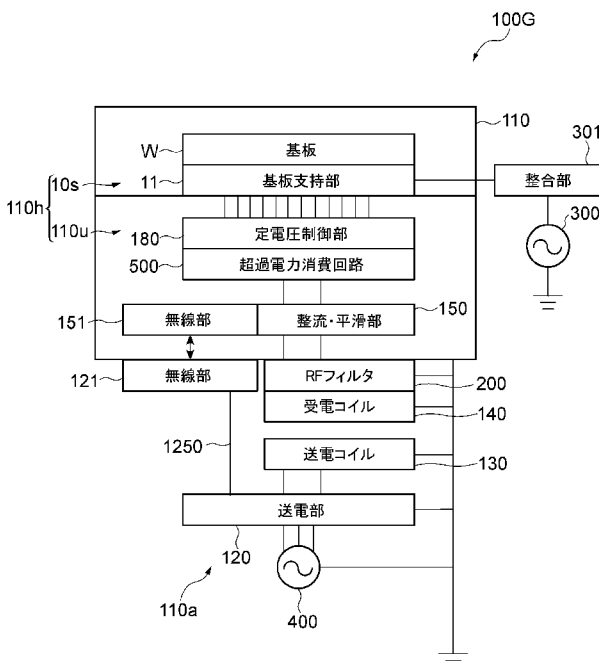
(10) 国際公開番号
WO 2024/070848 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 50/10 (2016.01) H05H 1/46 (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/034100
(22) 国際出願日: 2023年9月20日(20.09.2023)
(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:
63/377,957 2022年9月30日(30.09.2022) US
(71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 永島 望 (NAGASHIMA Nozomu); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP). 吉越 大祐 (YOSHIKOSHI Daisuke); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP). 山形 邦彦 (YAMAGATA Kunihiko); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP). 照内 怜 (TERUUCHI Satoru); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP). 鋤柄 友隆 (SUKIGARA Tomotaka); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置



11 Substrate support unit
120 Power transmission unit
121, 151 Wireless unit
130 Power transmission coil
140 Power reception coil
150 Rectifying/smoothing unit
180 Constant voltage control unit
200 RF filter
301 Matching unit
500 Excess power consumption circuit
W Substrate

(57) Abstract: The disclosed plasma processing device includes at least one power consumption member in a plasma processing chamber. The at least one power consumption member is electrically connected to a power reception coil. The power reception coil is electromagnetically inductively coupled with a power transmission coil. The power transmission coil receives power from a power transmission unit. A control unit determines a required power level corresponding to an input impedance as calculated from an input voltage and an input current from the power transmission unit to the

テクノヒルズ 1 番 東京エレクトロン宮
城株式会社内 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二
丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A
(明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

power transmission coil, or corresponding to a parameter value including a load resistance value of the at least one power consumption member, and controls the power transmission unit to cause the same to output an output power with the required power level.

(57) 要約: 開示されるプラズマ処理装置は、プラズマ処理チャンバ内に少なくとも一つの電力消費部材を含む。少なくとも一つの電力消費部材は、受電コイルと電氣的に接続されている。受電コイルは、送電コイルと電磁誘導結合されている。送電コイルは、送電部からの電力を受ける。制御部が、制御部は、送電部から送電コイルへの入力電圧及び入力電流から求められる入力インピーダンス又は少なくとも一つの電力消費部材が有する負荷抵抗値を含むパラメータ値に応じた必要電力レベルを決定し、送電部を制御して必要電力レベルを有する出力電力を出力させる。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本開示の例示的实施形態は、プラズマ処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] プラズマ処理装置が、プラズマ処理において用いられる。プラズマ処理装置は、チャンバ及びチャンバ内に配置される基板支持台（載置台）を備えている。基板支持台は、基台（下部電極）及び基板を保持する静電チャックを有している。静電チャックの内部には基板の温度を調整するための温度調整素子（例えば、ヒータ）が設けられている。また、温度調整素子と温度調整素子用電源との間には、チャンバ内の高周波電極及び／又はその他の電気的部材から給電ライン及び／又は信号線等の線路上に入ってくる高周波ノイズを減衰させるか阻止するフィルタが設けられている。このようなプラズマ処理装置の一種は、下記の特許文献1に記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-173027号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示の例示的实施形態は、プラズマ処理装置における電力消費部材の負荷抵抗値に応じて蓄電部を介することなく電磁誘導結合により電力を供給する技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 一つの例示的实施形態においてプラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、プラズマ処理チャンバ、基板支持部、電極又はアンテナ、高周波電源、少なくとも一つの電力消費部材、受電コイル、送電コイル、送電部、及び制御部を備える。基板支持部は、プラズマ処理チャンバ内に配置され

ている。電極又はアンテナは、プラズマ処理チャンバ内のプラズマ処理空間に対して外側に配置されている。プラズマ処理チャンバ内の空間は、電極又はアンテナと基板支持部との間に位置する。高周波電源は、高周波電力を発生するように構成されており、基板支持部、電極又はアンテナに電氣的に接続されている。少なくとも一つの電力消費部材は、プラズマ処理チャンバ内又は基板支持部内に配置される。受電コイルは、少なくとも一つの電力消費部材と電氣的に接続される。送電コイルは、受電コイルと電磁誘導結合される。送電部は、送電コイルに電力を供給するよう送電コイルに電氣的に接続される。送電部は、送電コイルへの入力電圧を検出するように構成された電圧検出器及び送電コイルへの入力電流を検出するように構成された電流検出器を含む。制御部は、入力電圧及び入力電流から求められる入力インピーダンス又は少なくとも一つの電力消費部材が有する負荷抵抗値を含むパラメータ値に応じた必要電力レベルを決定し、送電部を制御して必要電力レベルを有する出力電力を出力させるように構成されている。

発明の効果

[0006] 一つの例示的实施形態によれば、プラズマ処理装置における電力消費部材の負荷抵抗値に応じて蓄電部を介することなく電磁誘導結合により電力を供給する技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。

[図2]容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[図3]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図4]別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図5]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図6]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図7]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図8]一つの例示的实施形態に係る送電部を示す図である。

[図9]一つの例示的实施形態に係る送電コイル部及び受電コイル部を示す図である。

[図10]一つの例示的实施形態に係る送電コイル部及び受電コイル部を示す図である。

[図11]一つの例示的实施形態に係る送電コイル部及び受電コイル部を示す図である。

[図12]一つの例示的实施形態に係る受電コイル部のインピーダンス特性を示すグラフである。

[図13]一つの例示的实施形態に係るRFフィルタを示す図である。

[図14]一つの例示的实施形態に係る整流・平滑部を示す図である。

[図15]一つの例示的实施形態に係るRFフィルタを示す図である。

[図16]一つの例示的实施形態に係る送電部の通信部及び整流・平滑部の通信部を示す図である。

[図17]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図18]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図19]別の例示的实施形態に係る送電部の通信部及び整流・平滑部の通信部を示す図である。

[図20]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図21]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図22]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図23]図23の(a)及び図23の(b)の各々は、一つの例示的实施形態に係る蓄電部を示す図である。

[図24]一つの例示的实施形態に係る電圧制御コンバータを示す図である。

[図25]一つの例示的实施形態に係る定電圧制御部を示す図である。

[図26]別の例示的实施形態に係る定電圧制御部を示す図である。

[図27]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図28]送電コイル部及び受電コイル部の一例の等価回路を示す図である。

[図29]少なくとも一つのテーブルの例を示す図である。

[図30]少なくとも一つのテーブルの例を示す図である。

[図31]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図32]負荷抵抗値、入力インピーダンス、伝送電力、及びスイッチング素子の状態の一例のタイミングチャートである。

[図33]一つの例示的实施形態に係る給電方法の流れ図である。

[図34]一つの例示的实施形態に係る給電方法の流れ図である。

[図35]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図36]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図37]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図38]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図39]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置における送電コイル部及び受電コイル部を示す図である。

[図40]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置における送電コイル部及び受電コイル部を示す図である。

[図41]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図42]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図43]更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置におけるイミタンス変換器を示す図である。

[図44]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る送電部を示す図である。

[図45]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る送電部の伝送電圧のデューティの調整を説明する図である。

[図46]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る送電部及びAC／DCコンバータを示す図である。

[図47]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る受電コイル部を示す図である。

[図48]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る受電コイルと送電コイルの構成を示す図である。

[図49]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る受電コイルと送電コイルの構成を示す図である。

[図50]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る受電コイル部及び整流・平滑部の構成を示す図である。

[図51]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る受電コイル部及び整流・平滑部の構成を示す図である。

[図52]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図53]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図54]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図55]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図56]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図57]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図58]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図59]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図60]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図61]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図62]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図63]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図64]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

[図65]種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照して種々の例示的实施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

[0009] 図1は、プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。一実施形態において、プラズマ処理システムは、プラズマ処理装置1及び制御部

2を含む。プラズマ処理システムは、基板処理システムの一例であり、プラズマ処理装置1は、基板処理装置の一例である。プラズマ処理装置1は、プラズマ処理チャンバ10、基板支持部11及びプラズマ生成部12を含む。プラズマ処理チャンバ10は、プラズマ処理空間を有する。また、プラズマ処理チャンバ10は、少なくとも1つの処理ガスをプラズマ処理空間に供給するための少なくとも1つのガス供給口と、プラズマ処理空間からガスを排出するための少なくとも1つのガス排出口とを有する。ガス供給口は、後述するガス供給部20に接続され、ガス排出口は、後述する排気システム40に接続される。基板支持部11は、プラズマ処理空間内に配置され、基板を支持するための基板支持面を有する。

[0010] プラズマ生成部12は、プラズマ処理空間内に供給された少なくとも1つの処理ガスからプラズマを生成するように構成される。プラズマ処理空間において形成されるプラズマは、容量結合プラズマ（CCP：Capacitively Coupled Plasma）、誘導結合プラズマ（ICP：Inductively Coupled Plasma）、ECRプラズマ（Electron-Cyclotron-Resonance Plasma）、ヘリコン波励起プラズマ（HWP：Helicon Wave Plasma）、又は、表面波プラズマ（SWP：Surface Wave Plasma）等であってもよい。また、AC（Alternating Current）プラズマ生成部及びDC（Direct Current）プラズマ生成部を含む、種々のタイプのプラズマ生成部が用いられてもよい。一実施形態において、ACプラズマ生成部で用いられるAC信号（AC電力）は、100kHz～10GHzの範囲内の周波数を有する。従って、AC信号は、RF（Radio Frequency）信号及びマイクロ波信号を含む。一実施形態において、RF信号は、100kHz～150MHzの範囲内の周波数を有する。

[0011] 制御部2は、本開示において述べられる種々の工程をプラズマ処理装置1に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部2は、ここで

述べられる種々の工程を実行するようにプラズマ処理装置 1 の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部 2 の一部又は全てがプラズマ処理装置 1 に含まれてもよい。制御部 2 は、処理部 2 a 1、記憶部 2 a 2 及び通信インターフェース 2 a 3 を含んでもよい。制御部 2 は、例えばコンピュータ 2 a により実現される。処理部 2 a 1 は、記憶部 2 a 2 からプログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行することにより種々の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部 2 a 2 に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部 2 a 2 に格納され、処理部 2 a 1 によって記憶部 2 a 2 から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ 2 a に読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェース 2 a 3 に接続されている通信回線であってもよい。処理部 2 a 1 は、CPU (Central Processing Unit) であってもよい。記憶部 2 a 2 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive)、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェース 2 a 3 は、LAN (Local Area Network) 等の通信回線を介してプラズマ処理装置 1 との間で通信してもよい。

[0012] 以下に、プラズマ処理装置 1 の一例としての容量結合型のプラズマ処理装置の構成例について説明する。図 2 は、容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[0013] 容量結合型のプラズマ処理装置 1 は、プラズマ処理チャンバ 1 0、ガス供給部 2 0、電源 3 0 及び排気システム 4 0 を含む。また、プラズマ処理装置 1 は、基板支持部 1 1 及びガス導入部を含む。ガス導入部は、少なくとも 1 つの処理ガスをプラズマ処理チャンバ 1 0 内に導入するように構成される。ガス導入部は、シャワーヘッド 1 3 を含む。基板支持部 1 1 は、プラズマ処理チャンバ 1 0 内に配置される。シャワーヘッド 1 3 は、基板支持部 1 1 の

上方に配置される。一実施形態において、シャワーヘッド13は、プラズマ処理チャンバ10の天部（ceiling）の少なくとも一部を構成する。プラズマ処理チャンバ10は、シャワーヘッド13、プラズマ処理チャンバ10の側壁10a及び基板支持部11により規定されたプラズマ処理空間10sを有する。プラズマ処理チャンバ10は接地される。シャワーヘッド13及び基板支持部11は、プラズマ処理チャンバ10の筐体とは電氣的に絶縁される。

[0014] 基板支持部11は、本体部111及びリングアセンブリ112を含む。本体部111は、基板Wを支持するための中央領域111aと、リングアセンブリ112を支持するための環状領域111bとを有する。ウェハは基板Wの一例である。本体部111の環状領域111bは、平面視で本体部111の中央領域111aを囲んでいる。基板Wは、本体部111の中央領域111a上に配置され、リングアセンブリ112は、本体部111の中央領域111a上の基板Wを囲むように本体部111の環状領域111b上に配置される。従って、中央領域111aは、基板Wを支持するための基板支持面とも呼ばれ、環状領域111bは、リングアセンブリ112を支持するためのリング支持面とも呼ばれる。

[0015] 一実施形態において、本体部111は、基台1110及び静電チャック1111を含む。基台1110は、導電性部材を含む。基台1110の導電性部材は下部電極として機能し得る。静電チャック1111は、基台1110の上に配置される。静電チャック1111は、セラミック部材1111aとセラミック部材1111a内に配置される静電電極（吸着電極、チャック電極、又はクランプ電極ともいう）1111bとを含む。セラミック部材1111aは、中央領域111aを有する。一実施形態において、セラミック部材1111aは、環状領域111bも有する。なお、環状静電チャックや環状絶縁部材のような、静電チャック1111を囲む他の部材が環状領域111bを有してもよい。この場合、リングアセンブリ112は、環状静電チャック又は環状絶縁部材の上に配置されてもよく、静電チャック1111と環

状絶縁部材の両方の上に配置されてもよい。また、後述するRF電源31及び／又はDC電源32に結合される少なくとも1つのRF／DC電極がセラミック部材1111a内に配置されてもよい。この場合、少なくとも1つのRF／DC電極が下部電極として機能する。後述するバイアスRF信号及び／又はDC信号が少なくとも1つのRF／DC電極に供給される場合、RF／DC電極はバイアス電極とも呼ばれる。なお、基台1110の導電性部材と少なくとも1つのRF／DC電極とが複数の下部電極として機能してもよい。また、静電電極1111bが下部電極として機能してもよい。従って、基板支持部11は、少なくとも1つの下部電極を含む。

[0016] リングアセンブリ112は、1又は複数の環状部材を含む。一実施形態において、1又は複数の環状部材は、1又は複数のエッジリングと少なくとも1つのカバーリングとを含む。エッジリングは、導電性材料又は絶縁材料で形成され、カバーリングは、絶縁材料で形成される。

[0017] また、基板支持部11は、静電チャック1111、リングアセンブリ112及び基板のうち少なくとも1つをターゲット温度に調節するように構成される温調モジュールを含んでもよい。温調モジュールは、ヒータ、伝熱媒体、流路1110a、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路1110aには、ブラインやガスのような伝熱流体が流れる。一実施形態において、流路1110aが基台1110内に形成され、1又は複数のヒータが静電チャック1111のセラミック部材1111a内に配置される。また、基板支持部11は、基板Wの裏面と中央領域111aとの間の間隙に伝熱ガスを供給するように構成された伝熱ガス供給部を含んでもよい。

[0018] シャワーヘッド13は、ガス供給部20からの少なくとも1つの処理ガスをプラズマ処理空間10s内に導入するように構成される。シャワーヘッド13は、少なくとも1つのガス供給口13a、少なくとも1つのガス拡散室13b、及び複数のガス導入口13cを有する。ガス供給口13aに供給された処理ガスは、ガス拡散室13bを通過して複数のガス導入口13cからプラズマ処理空間10s内に導入される。また、シャワーヘッド13は、少

なくとも1つの上部電極を含む。なお、ガス導入部は、シャワーヘッド13に加えて、側壁10aに形成された1又は複数の開口部に取り付けられる1又は複数のサイドガス注入部（SGI: Side Gas Injector）を含んでもよい。

[0019] ガス供給部20は、少なくとも1つのガスソース21及び少なくとも1つの流量制御器22を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部20は、少なくとも1つの処理ガスを、それぞれに対応のガスソース21からそれぞれに対応の流量制御器22を介してシャワーヘッド13に供給するように構成される。各流量制御器22は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器を含んでもよい。さらに、ガス供給部20は、少なくとも1つの処理ガスの流量を変調又はパルス化する少なくとも1つの流量変調デバイスを含んでもよい。

[0020] 電源30は、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ処理チャンバ10に結合されるRF電源31を含む。RF電源31は、少なくとも1つのRF信号（RF電力）を少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に供給するように構成される。これにより、プラズマ処理空間10sに供給された少なくとも1つの処理ガスからプラズマが形成される。従って、RF電源31は、プラズマ生成部12の少なくとも一部として機能し得る。また、バイアスRF信号を少なくとも1つの下部電極に供給することにより、基板Wにバイアス電位が発生し、形成されたプラズマ中のイオン成分を基板Wに引き込むことができる。

[0021] 一実施形態において、RF電源31は、第1のRF生成部31a及び第2のRF生成部31bを含む。第1のRF生成部31aは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に結合され、プラズマ生成用のソースRF信号（ソースRF電力）を生成するように構成される。一実施形態において、ソースRF信号は、10MHz～150MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第1のRF生成部31aは、異なる周波数を有する複数のソー

スRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のソースRF信号は、少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に供給される。

[0022] 第2のRF生成部31bは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも1つの下部電極に結合され、バイアスRF信号（バイアスRF電力）を生成するように構成される。バイアスRF信号の周波数は、ソースRF信号の周波数と同じであっても異なってもよい。一実施形態において、バイアスRF信号は、ソースRF信号の周波数よりも低い周波数を有する。一実施形態において、バイアスRF信号は、100kHz～60MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第2のRF生成部31bは、異なる周波数を有する複数のバイアスRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のバイアスRF信号は、少なくとも1つの下部電極に供給される。また、種々の実施形態において、ソースRF信号及びバイアスRF信号のうち少なくとも1つがパルス化されてもよい。

[0023] また、電源30は、プラズマ処理チャンバ10に結合されるDC電源32を含んでもよい。DC電源32は、第1のDC生成部32a及び第2のDC生成部32bを含む。一実施形態において、第1のDC生成部32aは、少なくとも1つの下部電極に接続され、第1のDC信号を生成するように構成される。生成された第1のDC信号は、少なくとも1つの下部電極に印加される。一実施形態において、第2のDC生成部32bは、少なくとも1つの上部電極に接続され、第2のDC信号を生成するように構成される。生成された第2のDC信号は、少なくとも1つの上部電極に印加される。

[0024] 種々の実施形態において、第1及び第2のDC信号がパルス化されてもよい。この場合、電圧パルスのシーケンスが少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に印加される。電圧パルスは、矩形、台形、三角形又はこれらの組み合わせのパルス波形を有してもよい。一実施形態において、DC信号から電圧パルスのシーケンスを生成するための波形生成部が第1のDC生成部32aと少なくとも1つの下部電極との間に接続される。

。従って、第1のDC生成部32a及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。第2のDC生成部32b及び波形生成部が電圧パルス生成部を構成する場合、電圧パルス生成部は、少なくとも1つの上部電極に接続される。電圧パルスは、正の極性を有してもよく、負の極性を有してもよい。また、電圧パルスのシーケンスは、1周期内に1又は複数の正極性電圧パルスと1又は複数の負極性電圧パルスとを含んでもよい。なお、第1及び第2のDC生成部32a、32bは、RF電源31に加えて設けられてもよく、第1のDC生成部32aが第2のRF生成部31bに代えて設けられてもよい。

[0025] 排気システム40は、例えばプラズマ処理チャンバ10の底部に設けられたガス排出口10eに接続され得る。排気システム40は、圧力調整弁及び真空ポンプを含んでもよい。圧力調整弁によって、プラズマ処理空間10s内の圧力が調整される。真空ポンプは、ターボ分子ポンプ、ドライポンプ又はこれらの組み合わせを含んでもよい。

[0026] なお、容量結合型のプラズマ処理装置1においては、上部電極は、当該上部電極と基板支持部11との間にプラズマ処理空間が位置するように配置される。第1のRF生成部31aのような高周波電源は、上部電極又は基板支持部11内の下部電極に電氣的に接続される。プラズマ処理装置1が誘導結合型のプラズマ処理装置である場合には、アンテナが、当該アンテナと基板支持部11との間にプラズマ処理空間が位置するように配置される。第1のRF生成部31aのような高周波電源は、アンテナに電氣的に接続される。プラズマ処理装置1がマイクロ波のような表面波によりプラズマを生成するプラズマ処理装置である場合には、アンテナが、当該アンテナと基板支持部11との間にプラズマ処理空間が位置するように配置される。第1のRF生成部31aのような高周波電源は、導波路を介してアンテナに電氣的に接続される。

[0027] 以下、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置について説明する。以下に説明する各プラズマ処理装置は、チャンバ10内の少なくとも一つの電力消費部材に無線給電（電磁誘導結合）により電力を供給するように構成

されており、プラズマ処理装置１と同じ構成を有し得る。

[0028] 図３は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図３に示すプラズマ処理装置１００Ａは、少なくとも一つの高周波電源３００、受電コイル部１４０、蓄電部１６０、及び少なくとも一つの電力消費部材２４０（図２５及び図２６参照）を含んでいる。プラズマ処理装置１００Ａは、送電部１２０、送電コイル部１３０、整流・平滑部１５０、定電圧制御部１８０（一例の電圧制御部）、グランドフレーム１１０、整合部３０１を更に含んでもよい。

[0029] 少なくとも一つの高周波電源３００は、第１のＲＦ生成部３１ａ及び／又は第２のＲＦ生成部３１ｂを含む。少なくとも一つの高周波電源３００は、整合部３０１を介して基板支持部１１に電氣的に接続されている。整合部３０１は、少なくとも一つのインピーダンス整合回路を含んでいる。

[0030] グランドフレーム１１０は、チャンバ１０を含んでおり、電氣的に接地されている。グランドフレーム１１０は、その内部の空間１１０ｈ（ＲＦ－Ｈｏｔ空間）と外側の空間１１０ａ（大気空間）とを電氣的に分離している。グランドフレーム１１０は、空間１１０ｈ内に配置された基板支持部１１を囲んでいる。プラズマ処理装置１００Ａでは、整流・平滑部１５０、蓄電部１６０、及び定電圧制御部１８０は、空間１１０ｈ内に配置されている。また、プラズマ処理装置１００Ａでは、送電部１２０、送電コイル部１３０、及び受電コイル部１４０は、空間１１０ａに配置されている。なお、空間１１０ｈは、減圧空間（真空空間）と非減圧空間（非真空空間）を含む。減圧空間は、チャンバ１０内の空間であり、非減圧空間は、チャンバ１０外の空間である。基板支持部１１及び基板Ｗは、減圧空間内に配置される。整流・平滑部１５０、蓄電部１６０、及び定電圧制御部１８０は、非減圧空間内に配置される。

[0031] 空間１１０ａに配置されているデバイス、即ち、送電部１２０、送電コイル部１３０、及び受電コイル部１４０等は、アルミニウムのような金属から形成された金属筐体によって覆われており、当該金属筐体は接地されている

。これにより、第１のＲＦ信号（ソースＲＦ信号）及び／又は第２のＲＦ信号（バイアスＲＦ信号）のような高周波電力に起因する高周波ノイズの漏洩が抑制される。かかる金属筐体と各給電ラインは、それらの間に絶縁距離を有している。なお、以下の説明において、第１のＲＦ信号及び／又は第２のＲＦ信号のような高周波電力であって送電部１２０に向けて伝搬する高周波電力を、高周波ノイズ、コモンモードノイズ、又は伝導性ノイズということがある。

[0032] 送電部１２０は、交流電源４００（例えば、商用交流電源）と送電コイル部１３０との間で電氣的に接続されている。送電部１２０は、交流電源４００からの交流電力の周波数を受けて、当該交流電力の周波数を伝送周波数に変換することにより、伝送周波数を有する交流電力、即ち伝送交流電力を生成する。

[0033] 送電コイル部１３０は、後述する送電コイル１３１（図９参照）を含んでいる。送電コイル１３１は、送電部１２０に電氣的に接続されている。送電コイル１３１は、送電部１２０からの伝送交流電力を受けて、当該伝送交流電力を受電コイル１４１に無線伝送する。

[0034] 受電コイル部１４０は、後述する受電コイル１４１（図９参照）を含んでいる。受電コイル１４１は、送電コイル１３１と電磁誘導結合されている。電磁誘導結合は、磁界結合及び電界結合を含む。また、磁界結合は、磁界共鳴（磁界共振ともいう）を含む。受電コイル１４１と送電コイル１３１との間の距離は、コモンモードノイズ（伝導性ノイズ）を抑制するように設定されている。また、受電コイル１４１と送電コイル１３１との間の距離は、給電可能な距離に設定されている。受電コイル１４１と送電コイル１３１との間の距離は、受電コイル１４１と送電コイル１３１との間での高周波電力（即ち、高周波ノイズ）の減衰量が閾値以下となり、且つ、送電コイル１３１からの電力を受電コイル１４１において受電可能なように設定される。減衰量の閾値は、送電部１２０の破損又は誤動作を十分に防止できる値に設定される。減衰量の閾値は、例えば、－２０ｄＢである。受電コイル部１４０に

よって受電された伝送交流電力は、整流・平滑部 150 に出力される。

[0035] 整流・平滑部 150 は、受電コイル部 140 と蓄電部 160 との間で電氣的に接続されている。整流・平滑部 150 は、受電コイル部 140 からの伝送交流電力に対する全波整流及び平滑化により、直流電力を生成する。整流・平滑部 150 によって生成された直流電力は、蓄電部 160 において蓄電される。蓄電部 160 は、整流・平滑部 150 と定電圧制御部 180 との間で電氣的に接続されている。なお、整流・平滑部 150 は、受電コイル部 140 からの伝送交流電力に対する半波整流及び平滑化により、直流電力を生成してもよい。

[0036] 整流・平滑部 150 と送電部 120 は、信号ライン 1250 により互いに電氣的に接続されている。整流・平滑部 150 は、信号ライン 1250 を介して指示信号を送電部 120 に送信する。指示信号は、伝送交流電力の供給又は伝送交流電力の供給の停止を送電部 120 に指示するための信号である。指示信号は、ステータス信号、異常検知信号、並びに、送電コイル部 130 及び受電コイル部 140 の冷却制御信号を含み得る。ステータス信号は、整流・平滑部 150 の電圧検出器 155 v (図 14 参照) 及び電流検出器 155 i (図 14 参照) が検出する電圧、電流、電力の大きさ及び／又は位相等の値である。異常検知信号は、整流・平滑部 150 の故障及び／又は温度異常の発生を送電部 120 に伝達するための信号である。冷却制御信号は、送電コイル部 130 及び受電コイル部 140 に設けられた冷却機構を制御する。冷却制御信号は、例えば、空冷の場合は、ファンの回転数を制御する。また、液冷の場合は、冷媒の流速及び／又は温度等を制御する。

[0037] 定電圧制御部 180 は、蓄電部 160 において蓄電される電力を用いて、少なくとも電力消費部材 240 に電圧を印加する。定電圧制御部 180 は、少なくとも電力消費部材 240 に対する電圧印加とその停止を制御し得る。

[0038] プラズマ処理装置 100A において、受電コイル 141 は、第 1 の RF 信号及び／又は第 2 の RF 信号のような高周波電力に起因する高周波ノイズに対するフィルタとして機能する。したがって、プラズマ処理装置の外部の電

源への高周波ノイズの伝搬が抑制される。

[0039] 図4を参照する。図4は、別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。以下、図4に示すプラズマ処理装置100Bについて、プラズマ処理装置100Aに対するその相違点の観点から説明する。

[0040] プラズマ処理装置100Bは、電圧制御コンバータ170を更に含んでいる。電圧制御コンバータ170は、DC-DCコンバータであり、蓄電部160と定電圧制御部180との間で接続されている。電圧制御コンバータ170は、蓄電部160に電圧変動が生じた場合においても、一定の出力電圧を定電圧制御部180に入力するように構成され得る。なお、蓄電部160における電圧変動は、例えば、蓄電部160を電気二重層で構成した場合に蓄電電力に応じた電圧低下等として生じ得る。

[0041] 図5を参照する。図5は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。以下、図5に示すプラズマ処理装置100Cについて、プラズマ処理装置100Bに対するその相違点の観点から説明する。

[0042] プラズマ処理装置100Cは、RFフィルタ190を更に備えている。RFフィルタ190は、整流・平滑部150と送電部120との間で接続されている。RFフィルタ190は、信号ライン1250の一部を構成する。RFフィルタ190は、信号ライン1250を介した高周波電力（高周波ノイズ）の伝搬を抑制する特性を有する。即ち、RFフィルタ190は、高周波ノイズ（伝導性ノイズ）に対して高いインピーダンスを有するが、比較的低い周波数の指示信号を通過させる特性を有するローパスフィルタを含む。

[0043] プラズマ処理装置100Cでは、蓄電部160、電圧制御コンバータ170、及び定電圧制御部180が、互いに一体化されている。即ち、蓄電部160、電圧制御コンバータ170、及び定電圧制御部180は共に、単一の金属筐体内に配置されているか、単一の回路基板上に形成されている。これにより、蓄電部160と電圧制御コンバータ170とを互いに接続する一対の給電ライン（プラスライン及びマイナスライン）の各々の長さが短くなる

。また、蓄電部１６０と電圧制御コンバータ１７０とを互いに接続する一対の給電ラインの長さを互いに等しくすることが可能である。また、電圧制御コンバータ１７０と定電圧制御部１８０とを互いに接続する一対の給電ライン（プラスライン及びマイナスライン）の各々の長さが短くなる。また、電圧制御コンバータ１７０と定電圧制御部１８０とを互いに接続する一対の給電ラインの長さを互いに等しくすることが可能である。したがって、ノーマルモードノイズ（プラスラインとマイナスラインの線間の電位差）に起因するデバイスの誤動作及び破損が抑制される。なお、チャンバ１０内に当該筐体の周囲に電磁界を遮蔽する別の金属体が設けられている場合は、単一の筐体は、金属製でなくてもよい。

[0044] 図６を参照する。図６は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。以下、図６に示すプラズマ処理装置１００Ｄについて、プラズマ処理装置１００Ｃに対する相違点の観点から説明する。

[0045] プラズマ処理装置１００Ｄは、ＲＦフィルタ１９０を含んでいない。プラズマ処理装置１００Ｄにおいて、整流・平滑部１５０は、無線部である通信部１５１を含む。通信部１５１は、非減圧空間内に配置されている。また、送電部１２０は、無線部である通信部１２１を含む。通信部１２１は、空間１１０ａに配置されている。上述の指示信号は、整流・平滑部１５０と送電部１２０との間で通信部１５１及び通信部１２１を用いて伝送される。通信部１２１及び通信部１５１の詳細については、後述する。

[0046] 図７を参照する。図７は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。以下、図７に示すプラズマ処理装置１００Ｅについて、プラズマ処理装置１００Ｄに対するその相違点の観点から説明する。

[0047] プラズマ処理装置１００Ｅは、ＲＦフィルタ２００を更に含んでいる。ＲＦフィルタ２００は、受電コイル部１４０と整流・平滑部１５０との間で接続されている。ＲＦフィルタ２００は、受電コイル部１４０から送電コイル１３１及び送電部１２０へ伝搬する高周波ノイズを低減させるか遮断する特

性を有する。RFフィルタ200の詳細については、後述する。

[0048] 以下、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置における無線給電のための各部の構成について詳細に説明する。

[0049] [送電部の構成]

[0050] 図8は、一つの例示的实施形態に係る送電部を示す図である。送電部120は、上述したように、交流電源400からの交流電力の周波数を受けて、当該交流電力の周波数を伝送周波数に変換することにより、伝送周波数を有する伝送交流電力を生成する。

[0051] 一実施形態において、送電部120は、制御部122、整流・平滑部123、及びインバータ124を含む。制御部122は、CPUのようなプロセッサ又はFPGA(Field-Programmable Gate Array)のようなプログラム可能なロジックデバイスから構成されている。

[0052] 整流・平滑部123は、整流回路と平滑回路を含む。整流回路は、例えばダイオードブリッジを含む。平滑回路は、例えば線間コンデンサを含む。整流・平滑部123は、交流電源400からの交流電力に対する全波整流及び平滑化により、直流電力を生成する。なお、整流・平滑部123は、交流電源400からの交流電力に対する半波整流及び平滑化により、直流電力を生成してもよい。

[0053] インバータ124は、整流・平滑部123によって出力される直流電力から伝送周波数を有する伝送交流電力を生成する。インバータ124は、例えば、フルブリッジインバータであり、複数のトライアック又は複数のスイッチング素子(例えばFET)を含む。インバータ124は、制御部122による複数のトライアック又は複数のスイッチング素子のON/OFF制御により、伝送交流電力を生成する。インバータ124から出力された伝送交流電力は、送電コイル部130に出力される。

[0054] 送電部120は、電圧検出器125v、電流検出器125i、電圧検出器126v、及び電流検出器126iを更に含んでもよい。電圧検出器1

25 v は、整流・平滑部 123 とインバータ 124 とを互いに接続する一対の給電ラインの間の電圧値を検出する。電流検出器 125 i は、整流・平滑部 123 とインバータ 124 との間での電流値を検出する。電圧検出器 126 v は、インバータ 124 と送電コイル部 130 を互いに接続する一対の給電ラインの間の電圧値を検出する。電流検出器 126 i は、インバータ 124 と送電コイル部 130 との間での電流値を検出する。電圧検出器 125 v によって検出された電圧値、電流検出器 125 i によって検出された電流値、電圧検出器 126 v によって検出された電圧値、及び電流検出器 126 i によって検出された電流値は、制御部 122 に通知される。

[0055] 送電部 120 は、上述した通信部 121 を含んでいる。通信部 121 は、ドライバ 121 d、送信器 121 t x、及び受信器 121 r x を含む。送信器 121 t x は、無線信号の送信器であるか、光信号の送信器である。受信器 121 r x は、無線信号の受信器であるか、光信号の受信器である。通信部 121 は、ドライバ 121 d により送信器 121 t x を駆動して制御部 122 からの信号を無線信号又は光信号として送信器 121 t x から出力させる。送信器 121 t x から出力された信号は、後述する通信部 151（図 14 参照）において受信される。また、通信部 121 は、通信部 151 から上述の指示信号のような信号を受信器 121 r x により受信して、受信した信号をドライバ 121 d を介して制御部 122 に入力する。制御部 122 は、通信部 151 から通信部 121 を介して受信した指示信号、電圧検出器 125 v によって検出された電圧値、電流検出器 125 i によって検出された電流値、電圧検出器 126 v によって検出された電圧値、及び電流検出器 126 i によって検出された電流値に応じてインバータ 124 を制御することにより、伝送交流電力の出力及びその停止を切り替える。

[0056] [送電コイル部及び受電コイル部]

[0057] 図 9～図 11 を参照する。図 9～図 11 の各々は、一つの例示的实施形態に係る送電コイル部及び受電コイル部を示す図である。図 9 に示すように、送電コイル部 130 は、送電コイル 131 に加えて、共振コンデンサ 132

a及び共振コンデンサ132bを含んでもよい。共振コンデンサ132aは、送電部120と送電コイル部130とを互いに接続する一对の給電ラインのうち一方と送電コイル131の一端との間で接続されている。共振コンデンサ132bは、当該一对の給電ラインのうち他方と送電コイル131の他端との間で接続されている。送電コイル131、共振コンデンサ132a、及び共振コンデンサ132bは、伝送周波数に対して共振回路を構成する。即ち、送電コイル131、共振コンデンサ132a、及び共振コンデンサ132bは、伝送周波数に略一致する共振周波数を有する。なお、送電コイル部130は、共振コンデンサ132aと共振コンデンサ132bの何れか一方を含んでいなくてもよい。

[0058] 図10及び図11に示すように、送電コイル部130は、金属筐体130gを更に含んでもよい。金属筐体130gは、開口端を有しており、接地されている。送電コイル131は、金属筐体130g内に絶縁距離を確保して配置されている。送電コイル部130は、ヒートシンク134、フェライト材135、及び熱伝導シート136を更に含んでもよい。ヒートシンク134は、金属筐体130g内に配置されており、金属筐体130gによって支持されている。フェライト材135は、ヒートシンク134上に配置されている。熱伝導シート136は、フェライト材135上に配置されている。送電コイル131は、熱伝導シート136上に配置されており、金属筐体130gの開口端を介して受電コイル141と対面している。図11に示すように、金属筐体130g内には、共振コンデンサ132a及び共振コンデンサ132bが更に収容されていてもよい。

[0059] 図9に示すように、受電コイル部140は、受電コイル141を含む。受電コイル141は、送電コイル131と電磁誘導結合される。受電コイル部140は、受電コイル141に加えて、共振コンデンサ142a及び共振コンデンサ142bを含んでもよい。共振コンデンサ142aは、受電コイル部140から延びる一对の給電ラインのうち一方と受電コイル141の一端との間で接続されている。共振コンデンサ142bは、当該一对の給電

ラインのうち他方と受電コイル１４１の他端との間で接続されている。受電コイル１４１、共振コンデンサ１４２ a、及び共振コンデンサ１４２ bは、伝送周波数に対して共振回路を構成する。即ち、受電コイル１４１、共振コンデンサ１４２ a、及び共振コンデンサ１４２ bは、伝送周波数に略一致する共振周波数を有する。なお、受電コイル部１４０は、共振コンデンサ１４２ aと共振コンデンサ１４２ bの何れか一方を含んでいなくてもよい。

[0060] 図１０及び図１１に示すように、受電コイル部１４０は、金属筐体１４０ gを更に含んでいてもよい。金属筐体１４０ gは、開口端を有しており、接地されている。受電コイル１４１は、金属筐体１４０ g内に絶縁距離を確保して配置されている。受電コイル部１４０は、スペーサ１４３、ヒートシンク１４４、フェライト材１４５、及び熱伝導シート１４６を更に含んでいてもよい。スペーサ１４３は、金属筐体１４０ g内に配置されており、金属筐体１４０ gによって支持されている。スペーサ１４３については、後述する。ヒートシンク１４４は、スペーサ１４３上に配置されている。フェライト材１４５は、ヒートシンク１４４上に配置されている。熱伝導シート１４６は、フェライト材１４５上に配置されている。受電コイル１４１は、熱伝導シート１４６上に配置されており、金属筐体１４０ gの開口端を介して送電コイル１３１と対面している。図１１に示すように、金属筐体１４０ g内には、共振コンデンサ１４２ a及び共振コンデンサ１４２ bが更に収容されていてもよい。

[0061] スペーサ１４３は、誘電体から形成されており、受電コイル１４１と金属筐体１４０ g（グランド）との間に設けられている。スペーサ１４３は、受電コイル１４１とグランドとの間に空間浮遊容量を与えている。

[0062] [受電コイル部のインピーダンス特性]

[0063] 図１２を参照する。図１２は、一つの例示的实施形態に係る受電コイル部のインピーダンス特性を示すグラフである。図１２は、スペーサ１４３の厚さに応じた受電コイル部１４０のインピーダンス特性を示している。スペーサ１４３の厚さは、ヒートシンク１４４と金属筐体１４０ gとの間の距離に

対応する。図12に示すように、受電コイル部140は、スペーサ143の厚さに応じて周波数 f_H 及び周波数 f_L の各々のインピーダンスを調整することができる。したがって、受電コイル部140によれば、第1のRF信号及び第2のRF信号のようなプラズマ処理装置において使用される二つの高周波電力の周波数の各々において高いインピーダンスを提供することが可能である。また、受電コイル部140において高いインピーダンスを得ることができるので、高周波電力の損失を抑制して、高い処理レート（例えばエッチングレート）を得ることができる。

[0064] [RFフィルタ200]

[0065] 図13を参照する。図13は、一つの例示的实施形態に係るRFフィルタを示す図である。図13に示すように、RFフィルタ200は、受電コイル部140と整流・平滑部150との間で接続されている。RFフィルタ200は、インダクタ201a、インダクタ201b、終端コンデンサ202a、及び終端コンデンサ202bを含む。インダクタ201aの一端は、共振コンデンサ142aに接続されており、インダクタ201aの他端は、整流・平滑部150に接続されている。インダクタ201bの一端は、共振コンデンサ142bに接続されており、インダクタ201bの他端は、整流・平滑部150に接続されている。終端コンデンサ202aは、インダクタ201aの一端とグラウンドとの間で接続されている。終端コンデンサ202bは、インダクタ201bの一端とグラウンドとの間で接続されている。インダクタ201a及び終端コンデンサ202aは、ローパスフィルタを形成する。また、インダクタ201b及び終端コンデンサ202bは、ローパスフィルタを形成する。RFフィルタ200によれば、第1のRF信号及び第2のRF信号のようなプラズマ処理装置において使用される二つの高周波電力の周波数の各々において高インピーダンスが得られる。したがって、高周波電力の損失が抑制されて、高い処理レート（例えばエッチングレート）を得ることができる。

[0066] [整流・平滑部]

- [0067] 図14を参照する。図14は、一つの例示的实施形態に係る整流・平滑部を示す図である。一実施形態において、整流・平滑部150は、制御部152、整流回路153、及び平滑回路154を含む。整流回路153は、受電コイル部140と平滑回路154との間で接続されている。平滑回路154は、整流回路153と蓄電部160との間で接続されている。制御部152は、CPUのようなプロセッサ又はFPGA (Field-Programmable Gate Array) のようなプログラム可能なロジックデバイスから構成されている。なお、制御部152は、制御部122と同一であってもよく、異なってもよい。
- [0068] 整流回路153は、受電コイル部140からの交流電力に対する全波整流により生成した電力を出力する。整流回路153は、例えばダイオードブリッジである。なお、整流回路153は、受電コイル部140からの交流電力に対する半波整流により生成した電力を出力してもよい。
- [0069] 平滑回路154は、整流回路153からの電力に対する平滑化により直流電力を生成する。平滑回路154は、インダクタ1541a、コンデンサ1542a、及びコンデンサ1542bを含んでいてもよい。インダクタ1541aの一端は、平滑回路154の一对の入力のうち一方に接続されている。インダクタ1541aの他端は、整流・平滑部150の正出力 (V_{OUT+}) に接続されている。整流・平滑部150の正出力は、後述する一对の給電ラインのうちプラスライン160p (図23の(a) 及び図23の(b) を参照) を介して蓄電部160の一つ以上のコンデンサの各々の一端に接続されている。
- [0070] コンデンサ1542aの一端は、平滑回路154の一对の入力のうち一方及びインダクタ1541aの一端に接続されている。コンデンサ1542aの他端は、平滑回路154の一对の出力のうち他方及び整流・平滑部150の負出力 (V_{OUT-}) に接続されている。整流・平滑部150の負出力は、後述する一对の給電ラインのうちマイナスライン160m (図23の(a) 及び図23の(b) を参照) を介して蓄電部160の一つ以上のコンデンサの

各々の他端に接続されている。コンデンサ 1542b の一端は、インダクタ 1541a の他端に接続されている。コンデンサ 1542b の他端は、平滑回路 154 の一対の出力のうち他方及び整流・平滑部 150 の負出力 (V_{OUT-}) に接続されている。

[0071] 整流・平滑部 150 は、電圧検出器 155v 及び電流検出器 155i を更に含んでもよい。電圧検出器 155v は、整流・平滑部 150 の正出力と負出力との間の電圧値を検出する。電流検出器 155i は、整流・平滑部 150 と蓄電部 160 との間での電流値を検出する。電圧検出器 155v によって検出された電圧値及び電流検出器 155i によって検出された電流値は、制御部 152 に通知される。制御部 152 は、蓄電部 160 において蓄えられている電力に応じて、上述の指示信号を生成する。例えば、制御部 152 は、蓄電部 160 において蓄えられている電力が第 1 の閾値以下である場合には、送電部 120 に給電、即ち伝送交流電力の出力を指示するための指示信号を生成する。第 1 の閾値は、例えば、電力消費部材 240 といった負荷での消費電力である。また、余裕度を考慮して電力消費部材 240 といった負荷での消費電力に一定の値（例えば、1 以上、3 以下の範囲内の値）を乗算した値でもよい。一方、制御部 152 は、蓄電部 160 において蓄えられている電力が第 2 の閾値よりも大きい場合には、送電部 120 に対して給電の停止、即ち伝送交流電力の出力の停止を指示するための指示信号を生成する。第 2 の閾値は、蓄電部 160 の限界蓄電電力を超えない値である。第 2 の閾値は、例えば、蓄電部 160 の限界蓄電電力に一定の値（例えば 1 以下の値）を乗算した値である。

[0072] 整流・平滑部 150 は、上述した通信部 151 を含んでいる。通信部 151 は、ドライバ 151d、送信器 151tx、及び受信器 151rx を含む。送信器 151tx は、無線信号の送信器であるか、光信号の送信器である。受信器 151rx は、無線信号の受信器であるか、光信号の受信器である。通信部 151 は、ドライバ 151d により送信器 151tx を駆動して指示信号のような制御部 122 からの信号を送信器 151tx から無線信号又

は光信号として出力させる。送信器 151 t x から出力された信号は、送電部 120 の通信部 121 において受信される。また、通信部 151 は、通信部 121 からの信号を受信器 151 r x により受信して、受信した信号をドライバ 151 d を介して制御部 152 に入力する。

[0073] [RFフィルタ 190]

[0074] 図 15 を参照する。図 15 は、一つの例示的实施形態に係る RF フィルタ 190 を示す図である。図 15 に示すように、信号ライン 1250 は、送電部 120 の信号出力 (Tx) と整流・平滑部 150 の信号入力 (Rx) とを電氣的に接続する第 1 の信号ライン、及び送電部 120 の信号入力 (Rx) と整流・平滑部 150 の信号出力 (Tx) とを電氣的に接続する第 2 の信号ラインを含んでいてもよい。信号ライン 1250 は、送電部 120 の第 1 の基準電圧端子 (VCC) と整流・平滑部 150 の第 1 の基準電圧端子 (VCC) とを接続する信号ライン、及び送電部 120 の第 2 の基準電圧端子 (GND) と整流・平滑部 150 の第 2 の基準電圧端子 (GND) とを接続する信号ラインを含んでいてもよい。信号ライン 1250 は、グラウンド電位のシールドで覆われたシールドケーブルであってもよい。この場合には、信号ライン 1250 を構成する複数の信号ラインは、一つずつ個別にシールドで覆われてもよく、まとめてシールドで覆われてもよい。RF フィルタ 190 は、信号ライン 1250 を構成する複数の信号ラインの各々にローパスフィルタを提供する。ローパスフィルタは、インダクタ及びコンデンサを含む LC フィルタであってもよい。ローパスフィルタのインダクタは、対応する信号ラインの一部を構成する。コンデンサは、送電部 120 に接続されたインダクタの一端とグラウンドとの間で接続されている。RF フィルタ 190 によれば、整流・平滑部 150 と送電部 120 との間の信号ライン 1250 を介した高周波電力 (高周波ノイズ) の伝搬を抑制することが可能となる。

[0075] [送電部の通信部及び整流・平滑部の通信部]

[0076] 図 16 ~ 図 18 を参照する。図 16 は、一つの例示的实施形態に係る送電部の通信部及び整流・平滑部の通信部を示す図である。図 17 及び図 18 の

各々は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図6、図7、図16、図17、及び図18に示すように、通信部121及び通信部151は、互いの間で無線通信を介して上述の指示信号のような信号の伝送を行うように構成されていてもよい。無線通信を介した通信は、光通信により行われてもよい。通信部121及び通信部151がそれらの間で無線通信を介して信号の伝送を行う場合には、通信部121及び通信部151は、それらの間に遮蔽物が介在しなければ、如何なる位置に配置されていてもよい。これらの図に示す例によれば、RFフィルタ190が不要となる。なお、図16～図18に示す例を含む種々の例示的实施形態において、信号ライン1250は、グランド電位のシールドで覆われたシールドケーブルであってもよい。この場合には、信号ライン1250を構成する複数の信号ラインは、一つずつ個別にシールドで覆われてもよく、まとめてシールドで覆われてもよい。

[0077] 図19～図22を参照する。図19は、別の例示的实施形態に係る送電部の通信部及び整流・平滑部の通信部を示す図である。図20～図22の各々は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図19～図22に示すように、通信部121及び通信部151は、互いの間で光ファイバ1260を介して、即ち、光ファイバ通信により、上述の指示信号のような信号（光信号）の伝送を行うように構成されていてもよい。通信部121及び通信部151がそれらの間で光ファイバ1260を介して信号の伝送を行う場合には、通信部121及び通信部151は、光ファイバ1260の曲げ半径が許容される範囲内にあれば、如何なる位置に配置されていてもよい。これらの図に示す例においても、RFフィルタ190が不要となる。

[0078] [蓄電部]

[0079] 図23の（a）及び図23の（b）を参照する。図23の（a）及び図23の（b）の各々は、一つの例示的实施形態に係る蓄電部を示す図である。図23の（a）に示すように、蓄電部160は、コンデンサ161を含んで

いる。コンデンサ 161 は、一对の給電ライン、即ち、プラスライン 160 p とマイナスライン 160 m との間で接続されている。プラスライン 160 p は、整流・平滑部 150 の正出力 (V_{OUT+}) から負荷に向けて延びている。マイナスライン 160 m は、整流・平滑部 150 の負出力 (V_{OUT-}) から負荷に向けて延びている。コンデンサ 161 は、有極性のコンデンサであってもよい。コンデンサ 161 は、電気二重層又はリチウムイオンバッテリーであってもよい。

[0080] 図 23 の (b) に示すように、蓄電部 160 は、複数のコンデンサ 161 を含んでもよい。複数のコンデンサ 161 は、プラスライン 160 p とマイナスライン 160 m との間で直列接続されている。複数のコンデンサ 161 は、互いに同一の静電容量を有してもよいし、互いに異なる静電容量を有してもよい。複数のコンデンサ 161 の各々は、有極性のコンデンサであってもよい。複数のコンデンサ 161 の各々は、電気二重層又はリチウムイオンバッテリーであってもよい。蓄電部 160 は、それに対する入力電圧とノーマルモードノイズによる線間電位差との合計値が許容入力電圧よりも低くなる条件で用いられる必要がある。蓄電部 160 が、複数のコンデンサ 161 の直列接続を含む場合には、蓄電部 160 の許容入力電圧が高くなる。したがって、図 23 の (b) に示す例によれば、蓄電部 160 のノイズ耐性が向上される。

[0081] [電圧制御コンバータ]

[0082] 図 24 を参照する。図 24 は、一つの例示的实施形態に係る電圧制御コンバータを示す図である。電圧制御コンバータ 170 は、DC-DC コンバータである。電圧制御コンバータ 170 は、蓄電部 160 と定電圧制御部 180 との間で接続されている。電圧制御コンバータ 170 の正入力 (V_{IN+}) には、プラスライン 160 p が接続されている。電圧制御コンバータ 170 の負入力 (V_{IN-}) には、マイナスライン 160 m が接続されている。電圧制御コンバータ 170 の正出力 (V_{OUT+}) は、定電圧制御部 180 の正入力 (V_{IN+}) に接続されている。電圧制御コンバータ 170 の負出力 (V_{OUT-}) は、

定電圧制御部 180 の負入力 (V_{IN-}) に接続されている。

[0083] 電圧制御コンバータ 170 は、制御部 172、ローパスフィルタ 173、トランス 174、及びコンデンサ 175 を含んでもよい。ローパスフィルタ 173 は、インダクタ 1731a、コンデンサ 1732a、及びコンデンサ 1732b を含んでもよい。インダクタ 1731a の一端は、電圧制御コンバータ 170 の正入力 (V_{IN+}) に接続されている。インダクタ 1731a の他端は、トランス 174 の一次側コイルの一端に接続されている。コンデンサ 1732a の一端は、インダクタ 1731a の一端及び電圧制御コンバータ 170 の正入力 (V_{IN+}) に接続されている。コンデンサ 1732a の他端は、電圧制御コンバータ 170 の負入力 (V_{IN-}) に接続されている。コンデンサ 1732b の一端は、インダクタ 1731a の他端に接続されている。コンデンサ 1732b の他端は、電圧制御コンバータ 170 の負入力 (V_{IN-}) に接続されている。

[0084] トランス 174 は、一次側コイル 1741、二次側コイル 1742、及びスイッチ 1743 を含んでいる。一次側コイル 1741 の他端は、スイッチ 1743 を介して電圧制御コンバータ 170 の負入力 (V_{IN-}) に接続されている。二次側コイル 1742 の一端は、コンデンサ 175 の一端及び電圧制御コンバータ 170 の正出力 (V_{OUT+}) に接続されている。二次側コイル 1742 の他端は、コンデンサ 175 の他端及び電圧制御コンバータ 170 の負出力 (V_{OUT-}) に接続されている。

[0085] スイッチ 1743 には、ドライバ 1744 が接続されている。ドライバ 1744 は、スイッチ 1743 を開閉する。スイッチ 1743 が閉じているとき、即ち、一次側コイル 1741 の他端と負入力 (V_{IN-}) が導通状態にあるときには、一次側コイル 1741 の他端が電圧制御コンバータ 170 の負入力 (V_{IN-}) に接続されて、電圧制御コンバータ 170 からの直流電力が定電圧制御部 180 に与えられる。一方、スイッチ 1743 が開いているとき、即ち、一次側コイル 1741 の他端と負入力 (V_{IN-}) が非導通状態にあるときには、一次側コイル 1741 の他端と電圧制御コンバータ 170 の負入力

(V_{IN-})との接続が切断されて、電圧制御コンバータ170から定電圧制御部180への直流電力の供給が遮断される。

[0086] 電圧制御コンバータ170は、電圧検出器176v及び電流検出器176iを更に含んでもよい。電圧検出器176vは、二次側コイル1742の両端間の電圧値又は電圧制御コンバータ170の正出力と負出力との間での電圧値を検出する。電流検出器176iは、二次側コイル1742の他端と電圧制御コンバータ170の負出力との間での電流値を測定する。電圧検出器176vによって検出された電圧値及び電流検出器176iによって検出された電流値は、制御部172に通知される。なお、制御部172は、制御部122及び制御部152の少なくとも何れか一つと同一であってもよく、異なってもよい。

[0087] 制御部172は、電圧検出器176vによって検出された電圧値が閾値以上である場合に、ドライバ1744を制御して、電圧制御コンバータ170から定電圧制御部180への直流電力の供給を遮断する。電圧制御コンバータ170の正出力と負出力との間の電圧値は、電圧制御コンバータ170の出力電圧値とノーマルモードノイズによる線間電位差の加算値である。この実施形態では、ノーマルモードノイズによる線間電位差に起因する過電圧による電圧制御コンバータ170の負荷の破損を抑制することができる。

[0088] [定電圧制御部]

[0089] 図25及び図26を参照する。図25及び図26は、幾つかの例示的实施形態に係る定電圧制御部を示す図である。定電圧制御部180は、蓄電部160と少なくとも一つの電力消費部材240との間で接続されており、少なくとも一つの電力消費部材240への電圧印加（直流電圧の印加）及びその停止を制御するように構成されている。

[0090] 定電圧制御部180は、制御部182及び少なくとも一つのスイッチ183を含んでいる。定電圧制御部180の正入力(V_{IN+})は、スイッチ183を介して電力消費部材240に接続されている。定電圧制御部180の負入力(V_{IN-})は、電力消費部材240に接続されている。スイッチ183は、

制御部 182 によって制御される。スイッチ 183 が閉じられているときには、定電圧制御部 180 からの直流電圧が電力消費部材 240 に印加される。スイッチ 183 が開かれているときには、定電圧制御部 180 から電力消費部材 240 への直流電圧の印加が停止される。なお、制御部 182 は、制御部 122、制御部 152 及び制御部 172 の少なくとも何れか一つと同一であってもよく、異なってもよい。

[0091] 図 25 及び図 26 に示す実施形態において、プラズマ処理装置は、複数の電力消費部材 240 を含んでいる。定電圧制御部 180 は、制御部 182 及び複数のスイッチ 183 を含んでいる。定電圧制御部 180 の正入力 (V_{IN+}) は、複数のスイッチ 183 を介して複数の電力消費部材 240 に接続されている。定電圧制御部 180 の負入力 (V_{IN-}) は、複数の電力消費部材 240 に接続されている。

[0092] 図 25 及び図 26 に示す実施形態において、複数の電力消費部材 240 は複数のヒータ（抵抗加熱素子）を含んでもよい。複数のヒータは、基板支持部 11 内に設けられていてもよい。図 25 に示す実施形態では、複数の抵抗体 260 が複数のヒータそれぞれの近傍に配置されている。複数の抵抗体 260 の各々は、温度によって変化する抵抗値を有する。複数の抵抗体 260 の各々は、例えばサーミスタである。複数の抵抗体 260 の各々は、基準抵抗（図示せず）と直列接続されている。定電圧制御部 180 は、複数の測定部 184 を含んでいる。複数の測定部 184 の各々は、複数の抵抗体 260 のうち対応する抵抗体と基準抵抗の直列接続に基準電圧を印加して、当該抵抗体の両端間の電圧値を検出する。複数の測定部 184 の各々は、検出した電圧値を制御部 182 に通知する。制御部 182 は、通知された電圧値から複数のヒータのうち対応するヒータが配置されている領域の温度を特定し、当該領域の温度を目標温度に近づけるように、対応するヒータへの直流電圧の印加を制御する。なお、複数の抵抗体 260 の代わりに光ファイバ温度計を配置してもよい。この場合は、複数の抵抗体 260 と複数の測定部 184 との間の配線が不要になるため、電力消費部材 240 への高周波の伝導

性ノイズの影響を無くすることができる。

[0093] 図26に示す実施形態において、定電圧制御部180は、電圧検出器185v及び複数の電流検出器185iを含む。電圧検出器185vは、複数のヒータの各々に印加されている電圧値を検出する。複数の電流検出器185iは、複数のヒータのうち対応するヒータに供給される電流の値、即ち電流値を測定する。複数の測定部184は、複数のヒータのうち対応するヒータの抵抗値を、複数の電流検出器185iのうち対応する電流検出器によって検出された電流値と電圧検出器185vによって検出された電圧値から特定する。制御部182は、複数のヒータそれぞれの検出された抵抗値から、複数のヒータそれぞれが配置されている複数の領域それぞれの温度を特定する。制御部182は、複数の領域それぞれの温度を目標温度に近づけるように、複数のヒータそれぞれへの直流電圧の印加を制御する。

[0094] [蓄電部を利用しない給電]

[0095] 図27を参照する。図27は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。以下、図27に示すプラズマ処理装置100Gについて、図7に示すプラズマ処理装置100Eに対する相違点の観点から説明する。

[0096] プラズマ処理装置100Gは、蓄電部160を備えていない。プラズマ処理装置100Gでは、整流・平滑部150は、蓄電部160及び電圧制御コンバータ170を介することなく、定電圧制御部180に接続されている。即ち、プラズマ処理装置100Eでは、整流・平滑部150によって生成された電力が、蓄電部160及び電圧制御コンバータ170を介することなく、定電圧制御部180から少なくとも一つの電力消費部材240に供給される。

[0097] 定電圧制御部180は、上述したように、複数の電力消費部材240の各々への電圧の印加及びその停止を制御する。したがって、プラズマ処理装置1では、整流・平滑部150から定電圧制御部180を介して電力を受ける負荷が変動する。即ち、負荷抵抗値 R_L が変動する。負荷抵抗値 R_L に応じた

電力を負荷に供給するために、送電部 120 の制御部 122 は、送電部 120 の入力インピーダンス Z_{in} を検出する。これにより、制御部 122 は、負荷変動を検出して、入力インピーダンス Z_{in} 又は負荷抵抗値 R_L に応じた必要電力レベルを決定し、送電部 120 からの出力電力を調整する。

[0098] ここで、図 28 を参照する。図 28 は、送電部 120 から伝送される電力の伝送周波数における共振時であり、かつ入力電圧 V_{in} と入力電流 I_{in} の位相差がゼロ（力率 100%）である状態における送電コイル部及び受電コイル部の一例の等価回路を示す図である。送電コイル部及び受電コイルの等価回路は、一例では、図 28 に示すように、自己インダクタンス L_1 を有する送電コイル 131、負荷抵抗値 R_1 を有する送電コイル 131 の負荷抵抗、静電容量 C_1 を有する送電コイル部 130 の共振コンデンサ、相互インダクタンス L_m を有する送電コイル 131 と受電コイル 141 との間の三つのインダクタ、自己インダクタンス L_2 を有する受電コイル 141、負荷抵抗値 R_2 を有する受電コイル 141 の負荷抵抗、及び静電容量 C_2 を有する受電コイル部 140 の共振コンデンサを含む。図 28 の等価回路において、 Z_{in} は、送電部 120 の入力インピーダンスであり、 V_{in} は送電部 120 から送電コイル部 130 への入力電圧であり、 I_{in} は、送電部 120 から送電コイル部 130 への入力電流である。図 28 の等価回路によれば、入力インピーダンス Z_{in} は、下記の式（1）により定義される。

$$Z_{in} = V_{in} / I_{in} = R_1 + (2\pi f L_m)^2 / (R_2 + R_L) \quad \dots (1)$$

式（1）において、 f は、送電部 120 から伝送される電力の伝送周波数である。

[0099] 制御部 122 は、電圧検出器 126v によって測定される電圧から入力電圧 V_{in} の実効値を求め、電流検出器 126i によって測定される電流から入力電流 I_{in} の実効値を求める。制御部 122 は、入力電圧 V_{in} 及び入力電流 I_{in} に基づき式（1）により入力インピーダンス Z_{in} を求めることができる。制御部 122 は、式（1）に基づき入力インピーダンス Z_{in} から負荷抵抗値 R_L を更に求めてもよい。

[0100] 制御部 122 は、少なくとも一つのテーブルを用いて入力インピーダンス Z_{in} 又は負荷抵抗値 R_L であるパラメータ値に応じた必要電力レベルを算出する。制御部 122 は、送電部 120 からの出力電力の必要電力レベルを特定するパラメータとして、送電部 120 の出力電圧 V_{out} の波高値 V_P 、出力電圧 V_{out} のデューティ比 $Duty$ 、及び出力電流 I_{out} の振幅 I_A を特定してもよい。なお、少なくとも一つのテーブルは、制御部 122 に接続されたメモリデバイスのような記憶装置 122m (図 31 参照) に格納されている。記憶装置 122m は、送電部 120 の一部であり得る。

[0101] 図 29 及び図 30 の各々は、上述の少なくとも一つのテーブルの例を示す図である。制御部 122 は、送電コイル 131 と受電コイル 141 との間の距離 (ギャップ長) が固定されている場合には、記憶装置 122m に格納されている単一のテーブルを利用し得る。テーブルは、図 29 に示すように、入力インピーダンス Z_{in} に対応づけて、波高値 V_P 、デューティ比 $Duty$ 、及び振幅 I_A を格納している。制御部 122 は、入力インピーダンス Z_{in} をキーとして用いて図 29 に示すテーブル参照することにより、入力インピーダンス Z_{in} に応じた必要電力レベル、即ち波高値 V_P 、デューティ比 $Duty$ 、及び振幅 I_A を特定し得る。制御部 122 は、出力電圧 V_{out} の波高値 V_P 及びデューティ比 $Duty$ を有し、且つ、出力電流 I_{out} の振幅 I_A を有する出力電力を出力するよう、送電部 120 の各部を制御する。

[0102] 或いは、伝送周波数 f 、相互インダクタンス L_m 、負荷抵抗値 R_1 、及び負荷抵抗値 R_2 が記憶装置 122m に格納されている場合には、制御部 122 は、伝送周波数 f 、相互インダクタンス L_m 、負荷抵抗値 R_1 、負荷抵抗値 R_2 、及び入力インピーダンス Z_{in} に基づき、式 (1) により、負荷抵抗値 R_L を求めてもよい。なお、記憶装置 122m には、伝送周波数 f に代えて、 $2\pi f$ が格納されていてもよい。また、記憶装置 122m には、相互インダクタンス L_m に代えて、送電コイル 131 の自己インダクタンス L_1 、受電コイル 141 の自己インダクタンス L_2 、及び送電コイル 131 と受電コイル 141 との間の結合係数 k が格納されていてもよく、制御部 122 は、自己インダ

クタンス L_1 、自己インダクタンス L_2 、及び結合係数 k から相互インダクタンス L_m を算出してもよい。或いは、記憶装置122mには、伝送周波数 f 及び相互インダクタンス L_m に代えて、 $2\pi f L_m$ 又は $(2\pi f L_m)^2$ が格納されていてもよい。

[0103] また、テーブルは、図30に示すように、負荷抵抗値 R_L に対応づけて、波高値 V_P 、デューティ比 $Duty$ 、及び振幅 I_A を格納している。制御部122は、負荷抵抗値 R_L をキーとして用いて図30に示すテーブル参照することにより、負荷抵抗値 R_L に応じた必要電力レベル、即ち波高値 V_P 、デューティ比 $Duty$ 、及び振幅 I_A を特定し得る。制御部122は、出力電圧 V_{out} の波高値 V_P 及びデューティ比 $Duty$ を有し、且つ、出力電流 I_{out} の振幅 I_A を有する出力電力を出力するよう、送電部120の各部を制御する。

[0104] なお、送電コイル131と受電コイル141との間の距離（ギャップ長）が、後述するように可変である場合には、記憶装置122mには、図29又は図30のようなテーブルと同様の複数のテーブルが格納される。複数のテーブルはそれぞれ、送電コイル131と受電コイル141との間の設定可能な複数の距離ごとに準備されている。制御部122は、現在の送電コイル131と受電コイル141との間の距離に応じて利用するテーブルを選択し得る。

[0105] 以上説明したように、プラズマ処理装置100Gによれば、電力消費部材240の負荷抵抗値 R_L に応じて蓄電部を介することなく電磁誘導結合により電力を供給することが可能である。即ち、プラズマ処理装置100Gによれば、電力消費部材240の負荷抵抗値 R_L の変動（以下、「負荷変動」ということがある）に応じた電力を、蓄電部を介することなく電磁誘導結合により供給することが可能である。

[0106] なお、制御部122は、入力インピーダンス Z_{in} を求めることにより負荷抵抗値 R_L の変動を特定することができるので、定電圧制御部180から通信部151及び通信部121を経由することによる電力変更指示を行わなくてもよい。但し、定電圧制御部180によって負荷変動がもたらされるので、

負荷変動が生じる前に定電圧制御部 180 から通信部 151 及び通信部 121 を経由して、制御部 122 に、電力変更指示が事前に通知されてもよい。また、この負荷変動は、受電コイル部 140 から出力される伝送周波数 f を有する出力電力に同期したタイミングで定電圧制御部 180 によって行われてもよい。具体的には、受電コイル部 140 からの伝送周波数 f を有する出力電力に同期する同期信号が整流・平滑部 150 にて生成され、この同期信号を用い当該出力電力に同期したタイミングで定電圧制御部 180 が負荷変動を生じさせてもよい。なお、負荷変動は、送電コイル 131 と受電コイル 141 との間の距離の変更と同時に行われないように設定されていてもよい。

[0107] 以下、図 27 と共に図 31 を参照する。図 31 は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図 27 及び図 31 に示すように、プラズマ処理装置 100G は、超過電力消費回路 500 を備えていてもよい。超過電力消費回路 500 は、線間コンデンサ 501、超過電力消費負荷 502、及びスイッチング素子 503 を含んでいてもよい。

[0108] 線間コンデンサ 501 は、整流・平滑部 150 と定電圧制御部 180 とを互いに接続する一对の給電ライン、即ちプラスラインとマイナスラインとの間でスイッチング素子 503 を介して接続可能である。具体的に、線間コンデンサ 501 の一端は、スイッチング素子 503 に接続されており、線間コンデンサ 501 の他端は、マイナスラインに接続されている。

[0109] 超過電力消費負荷 502 は、線間コンデンサ 501 に蓄えられた電力を消費するための負荷である。超過電力消費負荷 502 は、電力を熱に変換することにより、電力を消費し得る。超過電力消費負荷 502 には、その冷却のためのファンのような冷却機構が設けられていてもよい。超過電力消費負荷 502 は、スイッチング素子 503 を介して選択的に線間コンデンサ 501 に接続可能である。超過電力消費負荷 502 の一端は、スイッチング素子 503 に接続されており、超過電力消費負荷 502 の他端は、マイナスラインに接続されている。

- [0110] スイッチング素子503は、その状態がONであるときに、線間コンデンサ501と超過電力消費負荷502との間の接続を切断し、線間コンデンサ501の一端をプラスラインに接続する。スイッチング素子503は、その状態がOFFであるときに、線間コンデンサ501の一端とプラスラインとの間の接続を切断し、線間コンデンサ501の一端を超過電力消費負荷502の一端に接続する。スイッチング素子503としては、その高速応答性の観点から、半導体スイッチング素子が用いられてもよい。
- [0111] スイッチング素子503の状態は、例えば定電圧制御部180の制御部182によって制御され得る。以下、スイッチング素子503に対する制御について、図32を参照しつつ説明する。図32は、負荷抵抗値、入力インピーダンス、伝送電力、及びスイッチング素子の状態の一例のタイミングチャートである。
- [0112] 定電圧制御部180の制御部182は、負荷変動を生じさせるとき、特に負荷抵抗値 R_L を低下させるときに、スイッチング素子503の状態をONに設定する。制御部182は、送電部120から伝送される電力のレベルが負荷抵抗値 R_L に応じた電力レベルに変更された時点以降に、スイッチング素子503の状態をOFFに設定する。
- [0113] 図32の例では、時点 t_1 において、負荷抵抗値 R_L が負荷抵抗値 R_{LA} から負荷抵抗値 R_{LB} に変化して、スイッチング素子503の状態がOFFからONに変更されている。図32の例では、時点 t_2 よりも前に送電部120の制御部122において得られる入力インピーダンス Z_{in} は負荷抵抗値 R_{LA} に対応する Z_{inA} である。したがって、時点 t_2 よりも前の伝送電力は、 P_{inA} である。
- [0114] 図32の例では、時点 t_2 において送電部120の制御部122において得られる入力インピーダンス Z_{in} は負荷抵抗値 R_{LB} に対応する Z_{inB} となる。そして、図32の例では、入力インピーダンス Z_{inB} が検出されると、後の時点 t_3 において、伝送電力が P_{inA} から P_{inB} に変化して、スイッチング素子503の状態がOFFに設定される。

- [0115] かかる超過電力消費回路 500 によれば、負荷変動が生じた後に電力のレベルを変更するまでの間に、電力が一時的に線間コンデンサ 501 に蓄えられる。したがって、定電圧制御部 180 及び電力消費部材 240 への大電流の流入が抑制され、定電圧制御部 180 及び電力消費部材 240 の破損が抑制され得る。また、超過電力消費回路 500 によれば、線間コンデンサ 501 に蓄えられた電力は、超過電力消費負荷 502 において消費される。
- [0116] 以下、図 33 及び図 34 を参照して、一つの例示的实施形態に係る給電方法について説明する。図 33 及び図 34 は、一つの例示的实施形態に係る給電方法の流れ図である。図 33 及び図 34 に示す給電方法（以下、「方法 MT」という）は、プラズマ処理装置 100G 及び後述する種々の例示的实施形態のプラズマ処理装置に適用され得る。
- [0117] 図 33 に示す方法 MT の工程 STa では、プラズマ処理装置の電源が ON に設定される。続く工程 STb では、待機電力レベル、即ち電圧 V_{si} （実効値）及び電流 I_{si} （実効値）を有する待機電力が送電部 120 から伝送される。そして、工程 STc において、制御部 122 によって入力電圧 V_{in} （実効値）及び入力電流 I_{in} （実効値）が求められる。そして、工程 STd において、入力電圧 V_{in} が電圧 V_{si} に等しく、且つ、入力電流 I_{in} が電流 I_{si} に等しいとの条件が満たされるか否かが判定される。工程 STd において条件が満たされない場合には、工程 STb からの処理が繰り返される。また、工程 STd において条件が満たされる場合には、待機電力状態が継続する。これにより整流・平滑部 150 の通信部 151 が起動されて、通信部 151 と送電部 120 の通信部 121 との間で通信が可能になる。また、定電圧制御部 180 の制御部 182 が起動され、ヒータ等の状態監視及び異常検出が可能になる。
- [0118] 図 34 に示すように、待機電力状態の継続中の工程 STe において負荷が変動すると、続く工程 STf において、制御部 122 によって入力電圧 V_{in} （実効値）及び入力電流 I_{in} （実効値）が求められる。続く工程 STg においては、入力電圧 V_{in} が電圧 V_{si} に等しく、且つ、入力電流 I_{in} が電流 I_{si}

に等しいとの条件が満たされるか否かが判定される。工程 S T g において条件が満たす場合には、工程 S T f が繰り返される。

[0119] 一方、工程 S T g において条件が満たされない場合には、続く工程 S T h において、入力インピーダンス Z_{in} 又は負荷抵抗値 R_L が制御部 122 によって特定される。続く工程 S T i では、入力インピーダンス Z_{in} 又は負荷抵抗値 R_L に対応する必要電力レベルが制御部 122 によって決定される。続く工程 S T j では、必要電力レベルを有する電力が送電部 120 から伝送される。必要電力レベルを有する電力は、電圧 V_{sc} (実効値) 及び電流 I_{sc} (実効値) を有する。

[0120] 続く工程 S T k では、制御部 122 によって入力電圧 V_{in} (実効値) 及び入力電流 I_{in} (実効値) が求められる。そして、工程 S T m において、入力電圧 V_{in} が電圧 V_{sc} に等しく、且つ、入力電流 I_{in} が電流 I_{sc} に等しいとの条件が満たされるか否かが判定される。工程 S T m において、条件が満たされない場合には、工程 S T k が繰り返される。また、工程 S T m において条件が満たされる場合には、送電部 120 からの電力の伝送が、その停止が指示されるまで、継続される。

[0121] 以下、プラズマ処理装置 100G の種々の変形実施形態について説明する。図 35 ~ 図 38 及び図 41 の各々は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図 39 及び図 40 は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置における送電コイル部及び受電コイル部を示す図である。以下、図 39 ~ 図 41 に示す例示的实施形態について、プラズマ処理装置 100G に対する相違点の観点から説明する。

[0122] 図 35 に示すプラズマ処理装置 100Ga では、受電コイル部 140 及び送電コイル部 130 は、固定機構により互いに固定される。固定機構は、絶縁性部材 340i を含んでいてもよい。一例においては、絶縁性部材 340i が、送電コイル部 130 の金属筐体 130g の側壁及び受電コイル部 140 の金属筐体 140g の側壁にねじのような締結部材を用いて固定される。ねじは、例えば、絶縁性の樹脂ねじ等であってもよい。これにより、送電コ

イル１３１及び受電コイル１４１の相対的な位置関係が、固定される。プラズマ処理装置１００Ｇaによれば、固定機構により、送電コイル１３１と受電コイル１４１との間の相対的な位置合わせの精度が向上される。その結果、給電効率が改善される。

[0123] 図３６に示すプラズマ処理装置１００Ｇbでは、送電コイル部１３０及び受電コイル部１４０が一体化されている。具体的には、単一の金属筐体３４０gの中に、送電コイル１３１及び受電コイル１４１が収容される。一実施形態では、金属筐体３４０g内に、送電コイル部１３０の共振コンデンサ及び受電コイル部１４０の共振コンデンサが更に収容されていてもよい。プラズマ処理装置１００Ｇbによれば、金属筐体３４０gにより、高周波ノイズの外部への漏れが抑制される。

[0124] 図３７に示すプラズマ処理装置１００Ｇcは、送電コイル１３１と受電コイル１４１との間の距離（ギャップ長）が可変である点でプラズマ処理装置１００Ｇbと異なっている。具体的に、プラズマ処理装置１００Ｇcは、駆動系３４０d及びセンサ３４０mを更に備えている。

[0125] 駆動系３４０dは、送電コイル１３１及び受電コイル１４１のうち少なくとも一方を移動させて、送電コイル１３１と受電コイル１４１との間の距離（ギャップ長）を変更するように構成されている。一実施形態において、駆動系３４０dは、送電コイル１３１を移動させてもよい。

[0126] 駆動系３４０dは、少なくとも一つのアクチュエータを含んでいる。少なくとも一つのアクチュエータは、油圧式又はエア圧式のシリンダ、モータ、又は圧電素子等から構成されている。駆動系３４０dは、複数のアクチュエータを含んでいてもよい。駆動系３４０dは、送電コイル１３１と受電コイル１４１の平行度をセンサ３４０mにより検出して、センサ３４０mの検出結果に応じて送電コイル１３１と受電コイル１４１を互いに平行に保つように、少なくとも一つのアクチュエータが制御されてもよい。

[0127] プラズマ処理装置１００Ｇcによれば、送電コイル１３１と受電コイル１４１との間の距離を変更することができるので、送電コイル１３１と受電コ

イル 141 との間の電力の伝送効率を向上させることができる。

[0128] 図 38 を参照する。上述したように、空間 110h は、チャンバ 10 内の空間（プラズマ処理空間 10s）と非減圧空間である空間 110u を含む。図 38 に示すプラズマ処理装置 100Gd では、受電コイル 141 は、整流・平滑部 150 及び蓄電部 160 と共に、空間 110u 内に配置されている。一方、送電コイル 131 は、上述の空間 110a に配置されている。

[0129] プラズマ処理装置 100Gd では、送電コイル 131 と受電コイル 141 との間の空間による浮遊容量により、高周波電力の周波数に対して高インピーダンスの回路が提供される。したがって、高周波電力の漏れが低減され、高周波電力の利用効率が高められる。故に、プラズマ処理装置 100Gd のプロセスがエッチングであれば、高いエッチングレートが得られる。

[0130] 一実施形態において、受電コイル 141 は、空間 110u 内で、グランドフレーム 110 から絶縁距離以上離れて配置されていてもよい。プラズマ処理装置 100Gd では、受電コイル 141 の電位は、空間 110h 又は空間 110u 内での高周波電力の電位に近似した電位であり、送電コイル 131 と受電コイル 141 と間のコイル間距離に応じて、コモンノードノイズ、即ち伝導性ノイズの影響が低減される。したがって、図 38 に示すように、受電コイル 141 と整流・平滑部 150 は、RF フィルタ 200 のようなフィルタを介することなく直結されてもよい。

[0131] 一実施形態において、空間 110u 内の受電コイル部 140 は、絶縁性材料から形成された筐体 140c（絶縁性筐体）を有していてもよい。受電コイル 141 は、筐体 140c の中に収容されている。筐体 140c は、送電コイル 131 に対して受電コイル 141 の背面側で延在し、且つ、受電コイル 141 の外周を囲んでいる。

[0132] 一実施形態において、プラズマ処理装置 100Gd は、冷却機構 340f を更に備えていてもよい。冷却機構 340f は、ファン又はブロアであってもよい。冷却機構 340f は、送電コイル部 130 を冷却するように構成されている。冷却機構 340f は、受電コイル部 140 を更に冷却するように

構成されていてもよい。

[0133] また、プラズマ処理装置 100Gd では、送電コイル部 130 と送電部 120 とは、RF フィルタ 200 を介して電氣的に接続されていてもよい。この場合には、送電部 120 への伝導性ノイズの伝搬が更に抑制される。

[0134] 図 39 に示すように、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、送電コイル部 130 は、直列接続された二つ以上の送電コイル 131 を含んでいてもよい。また、受電コイル部 140 は、直列接続された二つ以上の受電コイル 141 を含んでいてもよい。二つ以上の送電コイル 131 は、二つ以上の受電コイル 141 と電磁的に結合される。

[0135] 図 40 に示すように、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、送電コイル部 130 は、二つの送電コイル 131 を含んでいてもよい。また、受電コイル部 140 は、二つの受電コイル 141 を含んでいてもよい。二つの送電コイル 131 のうち第 1 の送電コイルは、二つの受電コイル 141 のうち第 1 の受電コイルと電磁的に結合される。二つの送電コイル 131 のうち第 2 の送電コイルは、二つの受電コイル 141 のうち第 2 の受電コイルと電磁的に結合される。

[0136] 第 1 の送電コイルの一端は、二つの共振コンデンサ 132a のうち一方及びノード 130Na を介して送電部 120 に接続されている。第 1 の送電コイルの他端は、二つの共振コンデンサ 132b のうち一方及びノード 130Nb を介して送電部 120 に接続されている。第 2 の送電コイルの一端は、二つの共振コンデンサ 132a のうち他方及びノード 130Na を介して送電部 120 に接続されている。第 2 の送電コイルの他端は、二つの共振コンデンサ 132b のうち他方及びノード 130Nb を介して送電部 120 に接続されている。

[0137] 第 1 の受電コイルの一端は、二つの共振コンデンサ 142a のうち一方及びノード 140Na を介して整流・平滑部 150 に接続されている。第 1 の受電コイルの他端は、二つの共振コンデンサ 142b のうち一方及びノード 140Nb を介して整流・平滑部 150 に接続されている。第 2 の受電コイ

ルの一端は、二つの共振コンデンサ 1 4 2 a のうち他方及びノード 1 4 0 N a を介して整流・平滑部 1 5 0 に接続されている。第 2 の受電コイルの他端は、二つの共振コンデンサ 1 4 2 b のうち他方及びノード 1 4 0 N b を介して整流・平滑部 1 5 0 に接続されている。

[0138] なお、単一の共振コンデンサ 1 3 2 a が、ノード 1 3 0 N a と送電部 1 2 0 との間で接続されていてもよい。また、単一の共振コンデンサ 1 3 2 b が、ノード 1 3 0 N b と送電部 1 2 0 との間で接続されていてもよい。この場合には、第 1 の送電コイルの一端は、ノード 1 3 0 N a 及び単一の共振コンデンサ 1 3 2 a を介して送電部 1 2 0 に接続され、第 1 の送電コイルの他端は、ノード 1 3 0 N b 及び単一の共振コンデンサ 1 3 2 b を介して送電部 1 2 0 に接続される。また、第 2 の送電コイルの一端は、ノード 1 3 0 N a 及び単一の共振コンデンサ 1 3 2 a を介して送電部 1 2 0 に接続され、第 2 の送電コイルの他端は、ノード 1 3 0 N b 及び単一の共振コンデンサ 1 3 2 b を介して送電部 1 2 0 に接続される。

[0139] また、単一の共振コンデンサ 1 4 2 a が、ノード 1 4 0 N a と整流・平滑部 1 5 0 との間で接続されていてもよい。また、単一の共振コンデンサ 1 4 2 b が、ノード 1 4 0 N b と整流・平滑部 1 5 0 との間で接続されていてもよい。この場合には、第 1 の受電コイルの一端は、ノード 1 4 0 N a 及び単一の共振コンデンサ 1 4 2 a を介して整流・平滑部 1 5 0 に接続され、第 1 の受電コイルの他端は、ノード 1 4 0 N b 及び単一の共振コンデンサ 1 4 2 b を介して整流・平滑部 1 5 0 に接続される。また、第 2 の受電コイルの一端は、ノード 1 4 0 N a 及び単一の共振コンデンサ 1 4 2 a を介して整流・平滑部 1 5 0 に接続され、第 2 の受電コイルの他端は、ノード 1 4 0 N b 及び単一の共振コンデンサ 1 4 2 b を介して整流・平滑部 1 5 0 に接続される。

[0140] 図 4 1 に示すプラズマ処理装置 1 0 0 G e は、整流・平滑部 1 5 0 が空間 1 1 0 a に配置されている点でプラズマ処理装置 1 0 0 G c と異なっている。整流・平滑部 1 5 0 は、受電コイル部 1 4 0 と R F フィルタ 2 0 0 との間

で接続されていてもよい。なお、RFフィルタ200は省略されてもよい。この場合には、整流・平滑部150は、RFフィルタ200を介することなく、定電圧制御部180に接続される。

[0141] [イミタンス変換器を備えるプラズマ処理装置]

[0142] 図42及び図43を参照する。図42は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図43は、更に別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置におけるイミタンス変換器を示す図である。蓄電部160を備えない種々の例示的实施形態のプラズマ処理装置は、イミタンス変換器520を更に含んでもよい。イミタンス変換器520は、送電部120と送電コイル部130との間で接続されたイミタンス変換回路を含む。以下、図42に示すプラズマ処理装置100Gfについて、プラズマ処理装置100Gbに対する相違点の観点から説明する。

[0143] 図42及び図43に示すように、プラズマ処理装置100Gfは、イミタンス変換器520を更に含んでいる。イミタンス変換器520のイミタンス変換回路は、インダクタ521、コンデンサ522、及びインダクタ523を含んでいる。

[0144] 送電部120と送電コイル部130とを互いに接続するイミタンス変換回路の一对の給電ラインは、それらの間での伝導ノイズの位相差及び電位差を抑制するために、同一の部品を含み、同一のライン長を有し得る。このため、当該一对の給電ラインはそれぞれ、インダクタ521、インダクタ523を含む。即ち、インダクタ521は、送電部120と送電コイル131の一端との間で接続されている。インダクタ523は、送電部120と送電コイル131の他端との間で接続されている。インダクタ521と送電コイル131の一端との間には、共振コンデンサ132aが接続されていてもよい。また、インダクタ523と送電コイル131の他端との間には、共振コンデンサ132bが接続されていてもよい。インダクタ521及びインダクタ523の各々は、給電効率の低下を抑制するために、リッツ線を用いた巻線により構成されるコイルであってもよい。インダクタ521及びインダクタ5

23の各々は、伝送電圧と伝導性ノイズの和に対する耐電圧を有し、且つ、伝送電流以上の許容電流を有するように選択され得る。なお、インダクタ523は省略されてもよい。この場合には、送電コイル131の他端（又は共振コンデンサ132b）は、送電部120にインダクタ523を介することなく接続される。

[0145] コンデンサ522は、インダクタ521と送電コイル131の一端（又は共振コンデンサ132a）とを互いに接続する給電ライン上のノードとインダクタ523と送電コイル131の他端（又は共振コンデンサ132b）とを互いに接続する給電ライン上のノードとの間で接続されている。コンデンサ522は、一つ以上のコンデンサから構成されていてもよい。コンデンサ522は、送電コイル部130と共に共振回路を構成するように選択された容量を有し得る。コンデンサ522を構成する一つ以上のコンデンサの各々は、極性を有していないフィルムコンデンサ又はセラミックコンデンサ（例えば積層セラミックコンデンサ）であってもよい。また、コンデンサ522を構成する一つ以上のコンデンサの各々は、伝送電圧と伝導性ノイズの和に対する耐電圧を有し、且つ、伝送電流以上の許容電流を有するように選択され得る。

[0146] イミタンス変換器520は送電部120と共に定電流源を提供するので、定電流が送電コイル131に供給されて、負荷には、定電圧が供給される。したがって、イミタンス変換器520によれば、蓄電部160を含まない構成においても、広い範囲の負荷変動に対応しつつ、負荷に対する定電圧制御を行うことが可能である。

[0147] 以下、図44を参照する。図44は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る送電部を示す図である。図44に示すように、送電部120の整流・平滑部123は、ダイオードブリッジである整流回路及び平滑コンデンサ123cを含む平滑回路を有する。また、電流検出器126iは、カレントトランス126ct及び伝送電流監視部126dを含んでいてもよい。伝送電流監視部126dは、カレントトランス126c

t から出力される電流を監視することにより、伝送電流をモニタするように構成されている。

[0148] 一実施形態において、上述の平滑コンデンサ 123c は、伝送電圧のリプルを低減して、伝送電力のリプルを低減するために、大きな容量を有していてもよい。例えば、平滑コンデンサ 123c は、0.1mF 以上、0.5mF 以上、又は 1mF 以上の容量を有していてもよい。

[0149] 以下、図 44 と共に図 45 を参照する。図 45 は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る送電部の伝送電圧のデューティの調整を説明する図である。図 45 には、送電部 120 から送電され得る伝送電圧の波形が、実線、破線、及び一点鎖線で示されている。図 45 において、周期 P_{TF} は、伝送周波数の逆数である時間長を有する伝送電圧の周期であり、Duty は、伝送電圧のデューティを示している。

[0150] 一実施形態において、送電部 120 の制御部 122 は、整流・平滑部 123 の出力電圧がリプルを含んでいても、送電部 120 から出力される伝送電力のリプルを低減するように、インバータ 124 を制御して伝送電圧のデューティを調整してもよい。具体的には、制御部 122 は、電圧検出器 125v によって検出された電圧に応じてリプルの山では伝送電圧のデューティ（図 45 の破線を参照）を、リプルの中間値の場合の伝送電圧のデューティ（図 45 の実線を参照）よりも小さい値に設定する。また、制御部 122 は、電圧検出器 125v によって検出された電圧に応じてリプルの谷では伝送電圧のデューティ（図 45 の一点鎖線を参照）を、リプルの中間値の場合の伝送電圧のデューティよりも大きい値に設定する。

[0151] 以下、図 46 を参照する。図 46 は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る送電部及び AC/DC コンバータを示す図である。図 46 に示す実施形態において、送電部 120 は、整流・平滑部 123 を含んでいないが、上述の平滑回路を構成する平滑コンデンサ 123c を含んでいる。即ち、送電部 120 は、上述の整流回路（例えば、ダイオードブリッジ）を含んでいない。また、図 46 に示す実施形態では、AC/D

Cコンバータ540が、交流電源400と送電部120との間で接続されている。AC／DCコンバータ540は、PFC（Power Factor Correction：力率改善）回路を搭載した電源等であってもよい。PFC回路は、給電効率の低下を抑制し得る。AC／DCコンバータ540によれば、AC／DCコンバータ540からの出力電圧及び出力電力のリプルが低減されるので、送電部120から出力される伝送電圧のリプルが低減され、伝送電力のリプルが低減される。また、送電部120が平滑回路を含んでいないので、送電部120の小型化が可能である。

[0152] 図47は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る受電コイル部140を示す図である。図47に示す例では、受電コイル部140は、受電コイル141a及び141bを含んでいる。受電コイル141aの一端及び受電コイル141bの一端は、共振コンデンサ142aを介して整流・平滑部150に接続されている。受電コイル141aの他端及び受電コイル141bの他端は、共振コンデンサ142bを介して整流・平滑部150に接続されている。図47に示す例のように、受電コイル部140では、二つ以上の受電コイルが並列接続されていてもよい。これにより、受電コイル部140における受電コイルの許容電流が増加される。

[0153] 図48及び図49は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る受電コイルと送電コイルの構成を示す図である。図48及び図49において、受電コイル及び送電コイルの各々の線材を示す矩形内に示される一桁目の数値は、コイルにおけるターンの番号を示している。また、当該矩形内に示される小数点一桁目の数値は、「0」の位置から「5」の位置に向けてコイルの線材が巻かれていることを示している。図48及び図49の各々に示す構成の例は、図47に示す例のように二つの受電コイルが並列接続される受電コイル部140において採用される。

[0154] 図48に示すように、受電コイル141a及び受電コイル141bは、受電コイル141a及び受電コイル141bのうち一方が受電コイル141a及び受電コイル141bのうち他方と送電コイル131との間に位置するよ

うに、配置されていてもよい。受電コイル141a及び受電コイル141bは、互いに同じ線材から構成されていてもよく、異なる線材から構成されていてもよい。なお、図48に示す例では、整流・平滑部150は、受電コイル141a及び受電コイル141bの各々の最も内側に配置された1番目のターンと最も外側に配置された最終ターン（例えば3番目のターン）とに接続されている。また、イミタンス変換器520は、送電コイル131の各々の最も内側に配置された1番目のターンと最も外側に配置された最終ターン（例えば3番目のターン）とに接続されている。

[0155] 図49に示すように、受電コイル141a及び受電コイル141bの各々の複数のターンは、多段状に（例えば2段に）配置されていてもよい。また、受電コイル141aの複数の段と受電コイル141bの複数の段は、それらの複数の段が配置されている方向において、交互に配置されていてもよい。図49に示す例においても、受電コイル141a及び受電コイル141bは、互いに同じ線材から構成されていてもよく、異なる線材から構成されていてもよい。また、送電コイル131の複数のターンも、多段状に（例えば2段に）配置されていてもよい。なお、図49に示す例では、整流・平滑部150は、受電コイル141a及び受電コイル141bの各々の最も内側に配置された1番目のターン及び最終ターン（例えば6番目のターン）に接続されている。また、イミタンス変換器520は、送電コイル131の各々の最も内側に配置された1番目のターンと最終ターン（6番目のターン）とに接続されている。この場合には、受電コイル141a、受電コイル141b、及び送電コイル131の各々からの引き出し線を伝搬する伝導性ノイズの位相差及び電位差が低減される。

[0156] 以下、図50及び図51を参照する。図50及び図51の各々は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る受電コイル部及び整流・平滑部の構成を示す図である。図50の実施形態では、受電コイル部140は、単一の受電コイル141を含む。図51の実施形態では、受電コイル部140は、並列接続された複数の受電コイル、例えば並列接続さ

れた受電コイル 1 4 1 a 及び受電コイル 1 4 1 b を含む。

[0157] 図 5 0 及び図 5 1 の各々の実施形態では、整流・平滑部 1 5 0 は、整流回路 1 5 3 と同様の整流回路 1 5 3 a 及び整流回路 1 5 3 b を含み、平滑回路 1 5 4 と同様の平滑回路 1 5 4 a 及び平滑回路 1 5 4 b を含んでいる。整流回路 1 5 3 a は、平滑回路 1 5 4 a に接続されており、整流回路 1 5 3 b は、平滑回路 1 5 4 b に接続されている。図 5 0 及び図 5 1 の各々の実施形態の整流・平滑部 1 5 0 では、整流回路 1 5 3 a 及び平滑回路 1 5 4 a に対して、整流回路 1 5 3 b 及び平滑回路 1 5 4 b が並列化されている。

[0158] 図 5 0 の実施形態では、受電コイル 1 4 1 の一端は、共振コンデンサ 1 4 2 a を介して整流回路 1 5 3 a 及び整流回路 1 5 3 b に接続されている。受電コイル 1 4 1 の他端は、共振コンデンサ 1 4 2 b を介して整流回路 1 5 3 a 及び整流回路 1 5 3 b に接続されている。図 5 1 の実施形態では、受電コイル 1 4 1 a の一端及び受電コイル 1 4 1 b の一端は、共振コンデンサ 1 4 2 a を介して整流回路 1 5 3 a 及び整流回路 1 5 3 b に接続されている。受電コイル 1 4 1 a の他端及び受電コイル 1 4 1 b の他端は、共振コンデンサ 1 4 2 b を介して整流回路 1 5 3 a 及び整流回路 1 5 3 b に接続されている。

[0159] 図 5 0 及び図 5 1 の各々の実施形態において、平滑回路 1 5 4 a 及び平滑回路 1 5 4 b の各々は、インダクタ 1 5 4 1 a、インダクタ 1 5 4 1 b、コンデンサ 1 5 4 2 a、及びコンデンサ 1 5 4 2 b を含んでいる。インダクタ 1 5 4 1 a は、平滑回路（1 5 4 a 又は 1 5 4 b）の一对の入力のうち一方と当該平滑回路の一对の出力のうち一方との間で接続されている。インダクタ 1 5 4 1 b は、平滑回路（1 5 4 a 又は 1 5 4 b）の一对の入力のうち他方と当該平滑回路の一对の出力のうち他方との間で接続されている。平滑回路 1 5 4 a 及び平滑回路 1 5 4 b の各々の一对の給電ラインのそれぞれにインダクタを設けることにより、当該一对の給電ラインの間での伝導ノイズの位相差及び電位差が抑制される。なお、図 1 4 に示した平滑回路 1 5 4 も、平滑回路 1 5 4 a 及び平滑回路 1 5 4 b と同様に、インダクタ 1 5 4 1 b を

更に含んでいてもよい。

[0160] 図50及び図51の各々の実施形態において、コンデンサ1542aの一端は、平滑回路(154a又は154b)の一对の入力のうち一方とインダクタ1541aの一端に接続している。コンデンサ1542aの他端は、平滑回路(154a又は154b)の一对の入力のうち他方とインダクタ1541bの一端に接続している。コンデンサ1542bの一端は、平滑回路(154a又は154b)の一对の出力のうち一方とインダクタ1541aの他端に接続している。コンデンサ1542bの他端は、平滑回路(154a又は154b)の一对の出力のうち他方とインダクタ1541bの他端に接続している。

[0161] 図50及び図51の各々の実施形態によれば、整流回路及び並列回路を含むユニットの並列化により、許容電流が増加される。なお、インダクタ1541aのインダクタンスとインダクタ1541bのインダクタンスは互いに等しくてもよく、異なってもよい。また、平滑回路154aのコンデンサ1542aの静電容量、平滑回路154aのコンデンサ1542bの静電容量、平滑回路154bのコンデンサ1542aの静電容量、及び平滑回路154bのコンデンサ1542bの静電容量は、互いに等しくてもよく、異なってもよい。また、平滑回路154a及び平滑回路154bの各々は、インダクタ1541bを有していなくてもよい。或いは、平滑回路154aはインダクタ1541bを有していなくてもよく、平滑回路154bはインダクタ1541aを有していなくてもよい。

[0162] [給電に関連する一体化構成]

[0163] 以下、図52～図56を参照する。図52～図56の各々は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。図52～図56の各々の構成は、イミタンス変換器520及びAC/DCコンバータ540を備えるプラズマ処理装置において採用される。

[0164] 図52に示す実施形態において、送電コイル部130及び受電コイル部1

40は、単一の金属筐体340gの中に配置されることで一体化されている。また、送電コイル部130、受電コイル部140、及びRFフィルタ200も、空間110aにおいて一体化されている。送電コイル部130、受電コイル部140、及びRFフィルタ200は、例えば、単一の金属筐体341gの中に配置されている。

[0165] 図53に示す実施形態は、送電コイル部130の共振コンデンサ132a及び共振コンデンサ132bが、イミタンス変換器520と一体化されている点で、図52に示す実施形態と異なっている。共振コンデンサ132a及び共振コンデンサ132bは、イミタンス変換器520のイミタンス変換回路と共に単一の筐体内に配置されていてもよい。図53の実施形態によれば、送電コイル部130、受電コイル部140、及びRFフィルタ200を一体化することにより構成されたユニットの小型化が可能となる。

[0166] 図54に示す実施形態は、イミタンス変換器520と送電部120が一体化されている点で、図52に示す実施形態と異なっている。イミタンス変換器520と送電部120は、単一の筐体520g内に配置されていてもよい。この実施形態では、送電部120のインバータとイミタンス変換器520との間の配線を短くすることができる。したがって、給電効率が改善され得る。

[0167] 図55に示す実施形態は、送電コイル部130の共振コンデンサ132a及び共振コンデンサ132b、イミタンス変換器520、並びに送電部120が一体化されている点で、図52に示す実施形態と異なっている。送電コイル部130の共振コンデンサ132a及び共振コンデンサ132b、イミタンス変換器520、並びに送電部120は、単一の筐体520g内に配置されていてもよい。この実施形態では、送電コイル部130、受電コイル部140、及びRFフィルタ200を一体化することにより構成されたユニットの小型化が可能となる。また、この実施形態では、送電部120のインバータとイミタンス変換器520との間の配線を短くすることができる。したがって、給電効率が改善され得る。

[0168] 図56に示す実施形態は、送電コイル部130の共振コンデンサ132a及び共振コンデンサ132b、イミタンス変換器520、送電部120、並びにAC/DCコンバータ540が一体化されている点で、図52に示す実施形態と異なっている。送電コイル部130の共振コンデンサ132a及び共振コンデンサ132b、イミタンス変換器520、送電部120、並びにAC/DCコンバータ540は、単一の筐体520g内に配置されていてもよい。この実施形態では、送電コイル部130、受電コイル部140、及びRFフィルタ200を一体化することにより構成されたユニットの小型化が可能となる。また、この実施形態では、送電部120のインバータとイミタンス変換器520との間の配線を短くすることができる。したがって、給電効率が改善され得る。また、交流電源400とAC/DCコンバータ540との間のレイアウトの自由度が高くなる。

[0169] 以下、図57～図61を参照する。図57～図61の各々は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。図57～図61の各々の構成は、イミタンス変換器520及びAC/DCコンバータ540を備えるプラズマ処理装置において採用される。図57～図61の各々の構成は、図52～図56の各々の構成と異なり、RFフィルタ200を備えていない。また、図57～図61の各々の構成では、整流・平滑部150は、空間110aに配置されている。

[0170] 図57に示す実施形態において、送電コイル部130及び受電コイル部140は、単一の金属筐体340gの中に配置されることで一体化されている。また、送電コイル部130、受電コイル部140、及び整流・平滑部150も、空間110aにおいて一体化されている。送電コイル部130、受電コイル部140、及び整流・平滑部150は、例えば、単一の金属筐体341gの中に配置されている。

[0171] 図58に示す実施形態は、送電コイル部130の共振コンデンサ132a及び共振コンデンサ132bが、イミタンス変換器520と一体化されている点で、図57に示す実施形態と異なっている。共振コンデンサ132a及

び共振コンデンサ 132 b は、イミタンス変換器 520 のイミタンス変換回路と共に単一の筐体内に配置されていてもよい。図 58 の実施形態によれば、送電コイル部 130、受電コイル部 140、及び整流・平滑部 150 を一体化することにより構成されたユニットの小型化が可能となる。

[0172] 図 59 に示す実施形態は、イミタンス変換器 520 と送電部 120 が一体化されている点で、図 57 に示す実施形態と異なっている。イミタンス変換器 520 と送電部 120 は、単一の筐体 520 g 内に配置されていてもよい。この実施形態では、送電部 120 のインバータとイミタンス変換器 520 との間の配線を短くすることができる。したがって、給電効率が改善され得る。

[0173] 図 60 に示す実施形態は、送電コイル部 130 の共振コンデンサ 132 a 及び共振コンデンサ 132 b、イミタンス変換器 520、並びに送電部 120 が一体化されている点で、図 57 に示す実施形態と異なっている。送電コイル部 130 の共振コンデンサ 132 a 及び共振コンデンサ 132 b、イミタンス変換器 520、並びに送電部 120 は、単一の筐体 520 g 内に配置されていてもよい。この実施形態では、送電コイル部 130、受電コイル部 140、及び整流・平滑部 150 を一体化することにより構成されたユニットの小型化が可能となる。また、この実施形態では、送電部 120 のインバータとイミタンス変換器 520 との間の配線を短くすることができる。したがって、給電効率が改善され得る。

[0174] 図 61 に示す実施形態は、送電コイル部 130 の共振コンデンサ 132 a 及び共振コンデンサ 132 b、イミタンス変換器 520、送電部 120、並びに AC/DC コンバータ 540 が一体化されている点で、図 57 に示す実施形態と異なっている。送電コイル部 130 の共振コンデンサ 132 a 及び共振コンデンサ 132 b、イミタンス変換器 520、送電部 120、並びに AC/DC コンバータ 540 は、単一の筐体 520 g 内に配置されていてもよい。この実施形態では、送電コイル部 130、受電コイル部 140、及び整流・平滑部 150 を一体化することにより構成されたユニットの小型化が

可能となる。また、この実施形態では、AC／DCコンバータ540とイミタンス変換器520との間の配線を短くすることができる。したがって、給電効率が改善され得る。また、交流電源400とAC／DCコンバータ540との間のレイアウトの自由度が高くなる。

[0175] 以下、図62～図65を参照する。図62～図65の各々は、種々の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において採用され得る給電に関連する一体化構成を示す図である。図62～図65の各々の構成は、イミタンス変換器520及びAC／DCコンバータ540を備えるプラズマ処理装置において採用される。

[0176] 図62に示す実施形態において、受電コイル部140及びRFフィルタ200は、空間110aにおいて一体化されている。受電コイル部140及びRFフィルタ200は、例えば、単一の金属筐体140gbの中に配置されている。

[0177] 図63に示す実施形態は、送電コイル部130とイミタンス変換器520が一体化されている点で、図62の実施形態と異なる。送電コイル部130とイミタンス変換器520は、単一の筐体520g（例えば金属筐体）又は金属筐体130g内に配置されていてもよい。この実施形態によれば、イミタンス変換器520と送電コイル131との間の配線を短くすることが可能である。したがって、給電効率が改善され得る。

[0178] 図64に示す実施形態は、送電コイル部130、イミタンス変換器520、及び送電部120が一体化されている点で、図62の実施形態と異なる。送電コイル部130、イミタンス変換器520、及び送電部120は、単一の筐体520g（例えば金属筐体）又は金属筐体130g内に配置されていてもよい。この実施形態によれば、送電部120のインバータと送電コイル131との間の配線を短くすることが可能である。したがって、給電効率が改善され得る。

[0179] 図65に示す実施形態は、送電コイル部130、イミタンス変換器520、送電部120、及びAC／DCコンバータ540が一体化されている点で

、図62の実施形態と異なる。送電コイル部130、イミタンス変換器520、送電部120、及びAC／DCコンバータ540は、単一の筐体520g（例えば金属筐体）又は金属筐体130g内に配置されていてもよい。この実施形態によれば、AC／DCコンバータ540と送電コイル131との間の配線を短くすることが可能である。したがって、給電効率が改善され得る。また、交流電源400とAC／DCコンバータ540との間のレイアウトの自由度が高くなる。

[0180] 以上、種々の例示的实施形態について説明してきたが、上述した例示的实施形態に限定されることなく、様々な追加、省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる実施形態における要素を組み合わせることで他の実施形態を形成することが可能である。

[0181] 例えば、交流電源400は、3相交流電源であってもよく、単相の交流電源であってもよい。

[0182] ここで、本開示に含まれる種々の例示的实施形態を、以下の[E1]～[E17]に記載する。

[0183] [E1]

プラズマ処理チャンバと、

前記プラズマ処理チャンバ内に配置された基板支持部と、

前記プラズマ処理チャンバ内のプラズマ処理空間に対して外側に配置された電極又はアンテナであり、該電極又は該アンテナと前記基板支持部との間に前記プラズマ処理チャンバ内の空間が位置するように配置された、該電極又は該アンテナと、

高周波電力を発生するように構成されており、前記基板支持部、前記電極、又は前記アンテナに電氣的に接続された高周波電源と、

前記プラズマ処理チャンバ内又は前記基板支持部内に配置される少なくとも一つの電力消費部材と、

前記少なくとも一つの電力消費部材と電氣的に接続される受電コイルと、

前記受電コイルと電磁誘導結合される送電コイルと、

前記送電コイルに電力を供給するよう前記送電コイルに電氣的に接続される送電部と、

制御部と、
を備え、

前記送電部は、前記送電コイルへの入力電圧を検出するように構成された電圧検出器及び前記送電コイルへの入力電流を検出するように構成された電流検出器を含み、

前記制御部は、前記入力電圧及び前記入力電流から求められる入力インピーダンス又は前記少なくとも一つの電力消費部材が有する負荷抵抗値を含むパラメータ値に応じた必要電力レベルを決定し、前記送電部を制御して該必要電力レベルを有する出力電力を出力させるように構成されている、
プラズマ処理装置。

[0184] [E 2]

前記送電部は、伝送周波数を有する出力電流を出力し、且つ、波高値及びデューティ比を有する出力電圧を該伝送周波数の逆数の時間間隔で周期的に出力することにより、電力を出力するように構成されており、

該プラズマ処理装置は、

前記受電コイルと前記少なくとも一つの電力消費部材との間で接続された整流回路及び平滑回路を有する整流・平滑部と、

前記少なくとも一つの電力消費部材の負荷抵抗値を変化させるように構成されており、前記整流・平滑部と前記少なくとも一つの電力消費部材との間で接続された定電圧制御部と、

を更に備える E 1 に記載のプラズマ処理装置。

[0185] [E 3]

前記制御部は、前記パラメータ値に対応づけて、該パラメータ値に応じた前記出力電圧の波高値及びデューティ比並びに前記出力電流の振幅を格納したテーブルを有し、前記送電部に前記パラメータ値に応じた前記出力電圧の波高値及びデューティ比並びに前記出力電流の振幅値を有する前記出力電力

を出力させるように構成されている、E 2 に記載のプラズマ処理装置。

[0186] [E 4]

線間コンデンサと、

超過電力消費負荷と、

前記線間コンデンサを、選択的に、前記整流・平滑部と前記定電圧制御部とを互いに接続する一対の給電ラインの間で接続させるか又は前記超過電力消費負荷に選択的に接続させるように構成されたスイッチング素子と、
を更に備える、E 2 又は E 3 に記載のプラズマ処理装置。

[0187] [E 5]

前記定電圧制御部は、前記少なくとも一つの電力消費部材の負荷抵抗値を変化させ、且つ、前記スイッチング素子を制御するように構成された制御部を含む、E 4 に記載のプラズマ処理装置。

[0188] [E 6]

前記定電圧制御部の前記制御部は、

前記少なくとも一つの電力消費部材の負荷抵抗値が低くなるように変化するとき、前記スイッチング素子を制御して前記一対の給電ラインに前記線間コンデンサを接続し、

次いで、前記線間コンデンサに蓄電された電力を前記超過電力消費負荷に放電するために、前記スイッチング素子を制御して前記線間コンデンサを前記超過電力消費負荷に接続する、

ように構成されている、E 5 に記載のプラズマ処理装置。

[0189] [E 7]

前記送電部と前記送電コイルとの間に接続されたイミタンス変換回路を含むイミタンス変換器を更に備える、E 2 ～ E 6 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0190] [E 8]

前記イミタンス変換回路は、

前記送電部と前記送電コイルとの間で接続されたインダクタと、

前記送電部と前記送電コイルとを互いに接続する一対の給電のラインの
間で接続されたコンデンサと、

を含む E 7 に記載のプラズマ処理装置。

[0191] [E 9]

前記送電部は、

整流回路、前記送電コイルと該整流回路との間で接続された平滑コンデ
ンサを含む整流・平滑部と、

前記送電コイルと該送電部の前記整流・平滑部との間で接続されたイン
バータと、

前記送電部の前記整流・平滑部から出力される電圧の波形を監視するよ
うに構成された電圧監視部と、

制御部と、

を含み、

前記制御部は、前記出力電力のリプルを抑制するよう、前記電圧監視部
によって監視された前記波形に応じて前記インバータから出力される前記出力
電圧の前記デューティ比を調整するように構成されている、

E 8 に記載のプラズマ処理装置。

[0192] [E 10]

AC/DCコンバータを更に備え、

前記送電部は、

平滑コンデンサを含み、前記 AC/DCコンバータに接続された平滑部
と、

前記送電コイルと該送電部の前記平滑部との間で接続されたインバータ
と、

前記送電部の前記平滑部から出力される電圧の波形を監視するように構
成された電圧監視部と、

制御部と、

を含み、

前記制御部は、前記出力電力のリプルを抑制するよう、前記電圧監視部によって監視された前記波形に応じて前記インバータから出力される前記出力電圧の前記デューティ比を調整するように構成されている、
E 8 に記載のプラズマ処理装置。

[0193] [E 1 1]

前記送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを更に備え、

前記共振コンデンサは、前記イミタンス変換器内に設けられている、
請求項 E 7 ～ E 1 0 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0194] [E 1 2]

前記イミタンス変換器及び前記送電部は、単一の筐体内に収容されている、
E 7 ～ E 1 0 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0195] [E 1 3]

前記送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを更に備え、

前記共振コンデンサ、前記イミタンス変換器、及び前記送電部は、単一の筐体内に収容されている、

E 7 ～ E 1 0 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0196] [E 1 4]

前記送電コイル及び該送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを含む送電コイル部を備え、

前記送電コイル部及び前記イミタンス変換器は、単一の筐体内に収容されている、

E 7 ～ E 1 0 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0197] [E 1 5]

前記送電コイル及び該送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを含む送電コイル部を備え、

前記送電コイル部、前記イミタンス変換器、及び前記送電部は、単一の筐

体内に收容されている、

E 7 ～ E 1 0 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0198] [E 1 6]

前記送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを更に備え、

前記共振コンデンサ、前記AC／DCコンバータ、前記イミタンス変換器、及び前記送電部は、単一の筐体内に收容されている、

E 1 0 に記載のプラズマ処理装置。

[0199] [E 1 7]

前記送電コイル及び該送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを含む送電コイル部を備え、

前記送電コイル部、前記AC／DCコンバータ、前記イミタンス変換器、及び前記送電部は、単一の筐体内に收容されている、

E 1 0 に記載のプラズマ処理装置。

[0200] 以上の説明から、本開示の種々の実施形態は、説明の目的で本明細書で説明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の実施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特許請求の範囲によって示される。

符号の説明

[0201] 1…プラズマ処理装置、10…チャンバ、11…基板支持部、110…グランドフレーム、120…送電部、130…送電コイル部、131…送電コイル、140…受電コイル部、141…受電コイル、150…整流・平滑部、180…定電圧制御部、240…電力消費部材、300…高周波電源。

請求の範囲

[請求項1]

プラズマ処理チャンバと、
前記プラズマ処理チャンバ内に配置された基板支持部と、
前記プラズマ処理チャンバ内のプラズマ処理空間に対して外側に配置された電極又はアンテナであり、該電極又は該アンテナと前記基板支持部との間に前記プラズマ処理チャンバ内の空間が位置するように配置された、該電極又は該アンテナと、
高周波電力を発生するように構成されており、前記基板支持部、前記電極、又は前記アンテナに電氣的に接続された高周波電源と、
前記プラズマ処理チャンバ内又は前記基板支持部内に配置される少なくとも一つの電力消費部材と、
前記少なくとも一つの電力消費部材と電氣的に接続される受電コイルと、
前記受電コイルと電磁誘導結合される送電コイルと、
前記送電コイルに電力を供給するよう前記送電コイルに電氣的に接続される送電部と、
制御部と、
を備え、
前記送電部は、前記送電コイルへの入力電圧を検出するように構成された電圧検出器及び前記送電コイルへの入力電流を検出するように構成された電流検出器を含み、
前記制御部は、前記入力電圧及び前記入力電流から求められる入力インピーダンス又は前記少なくとも一つの電力消費部材が有する負荷抵抗値を含むパラメータ値に応じた必要電力レベルを決定し、前記送電部を制御して該必要電力レベルを有する出力電力を出力させるように構成されている、
プラズマ処理装置。

[請求項2]

前記送電部は、伝送周波数を有する出力電流を出力し、且つ、波高

値及びデューティ比を有する出力電圧を該伝送周波数の逆数の時間間隔で周期的に出力することにより、電力を出力するように構成されており、

該プラズマ処理装置は、

前記受電コイルと前記少なくとも一つの電力消費部材との間で接続された整流回路及び平滑回路を有する整流・平滑部と、

前記少なくとも一つの電力消費部材の負荷抵抗値を変化させるように構成されており、前記整流・平滑部と前記少なくとも一つの電力消費部材との間で接続された定電圧制御部と、

を更に備える請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3]

前記制御部は、前記パラメータ値に対応づけて、該パラメータ値に応じた前記出力電圧の波高値及びデューティ比並びに前記出力電流の振幅を格納したテーブルを有し、前記送電部に前記パラメータ値に応じた前記出力電圧の波高値及びデューティ比並びに前記出力電流の振幅値を有する前記出力電力を出力させるように構成されている、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4]

線間コンデンサと、

超過電力消費負荷と、

前記線間コンデンサを、選択的に、前記整流・平滑部と前記定電圧制御部とを互いに接続する一対の給電ラインの間で接続させるか又は前記超過電力消費負荷に選択的に接続させるように構成されたスイッチング素子と、

を更に備える、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5]

前記定電圧制御部は、前記少なくとも一つの電力消費部材の負荷抵抗値を変化させ、且つ、前記スイッチング素子を制御するように構成された制御部を含む、請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6]

前記定電圧制御部の前記制御部は、

前記少なくとも一つの電力消費部材の負荷抵抗値が低くなるよう

に変化するときに、前記スイッチング素子を制御して前記一对の給電ラインに前記線間コンデンサを接続し、

次いで、前記線間コンデンサに蓄電された電力を前記超過電力消費負荷に放電するために、前記スイッチング素子を制御して前記線間コンデンサを前記超過電力消費負荷に接続する、

ように構成されている、請求項5に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記送電部と前記送電コイルとの間に接続されたイミタンス変換回路を含むイミタンス変換器を更に備える、請求項2～6の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記イミタンス変換回路は、
前記送電部と前記送電コイルとの間で接続されたインダクタと、
前記送電部と前記送電コイルとを互いに接続する一对の給電のラインの間で接続されたコンデンサと、
を含む請求項7に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記送電部は、
整流回路、前記送電コイルと該整流回路との間で接続された平滑コンデンサを含む整流・平滑部と、
前記送電コイルと該送電部の前記整流・平滑部との間で接続されたインバータと、
前記送電部の前記整流・平滑部から出力される電圧の波形を監視するように構成された電圧監視部と、
制御部と、
を含み、
前記制御部は、前記出力電力のリプルを抑制するよう、前記電圧監視部によって監視された前記波形に応じて前記インバータから出力される前記出力電圧の前記デューティ比を調整するように構成されている、
請求項8に記載のプラズマ処理装置。

- [請求項10] A C / D C コンバータを更に備え、
前記送電部は、
 平滑コンデンサを含み、前記 A C / D C コンバータに接続された平滑部と、
 前記送電コイルと該送電部の前記平滑部との間で接続されたインバータと、
 前記送電部の前記平滑部から出力される電圧の波形を監視するように構成された電圧監視部と、
 制御部と、
 を含み、
 前記制御部は、前記出力電力のリプルを抑制するよう、前記電圧監視部によって監視された前記波形に応じて前記インバータから出力される前記出力電圧の前記デューティ比を調整するように構成されている、
請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項11] 前記送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを更に備え、
 前記共振コンデンサは、前記イミタンス変換器内に設けられている、
請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項12] 前記イミタンス変換器及び前記送電部は、単一の筐体内に收容されている、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項13] 前記送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを更に備え、
 前記共振コンデンサ、前記イミタンス変換器、及び前記送電部は、単一の筐体内に收容されている、
請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項14] 前記送電コイル及び該送電コイルと前記イミタンス変換回路との間

で接続された共振コンデンサを含む送電コイル部を備え、

前記送電コイル部及び前記イミタンス変換器は、単一の筐体内に収容されている、

請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項15]

前記送電コイル及び該送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを含む送電コイル部を備え、

前記送電コイル部、前記イミタンス変換器、及び前記送電部は、単一の筐体内に収容されている、

請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項16]

前記送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを更に備え、

前記共振コンデンサ、前記 AC / DC コンバータ、前記イミタンス変換器、及び前記送電部は、単一の筐体内に収容されている、

請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

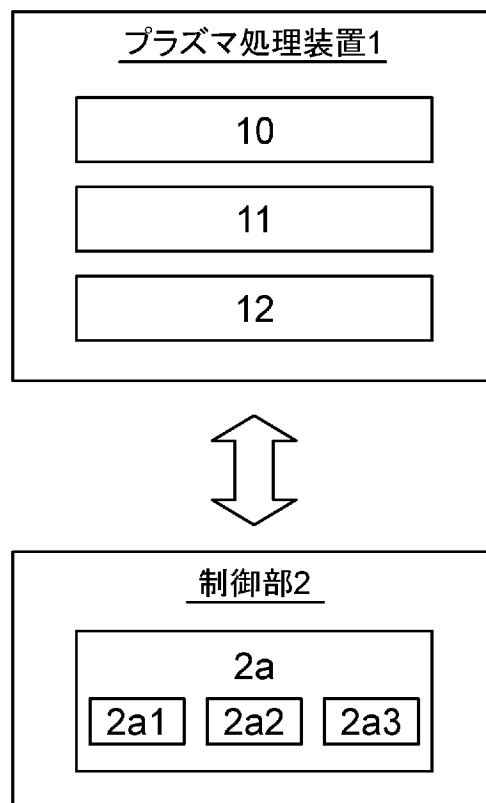
[請求項17]

前記送電コイル及び該送電コイルと前記イミタンス変換回路との間で接続された共振コンデンサを含む送電コイル部を備え、

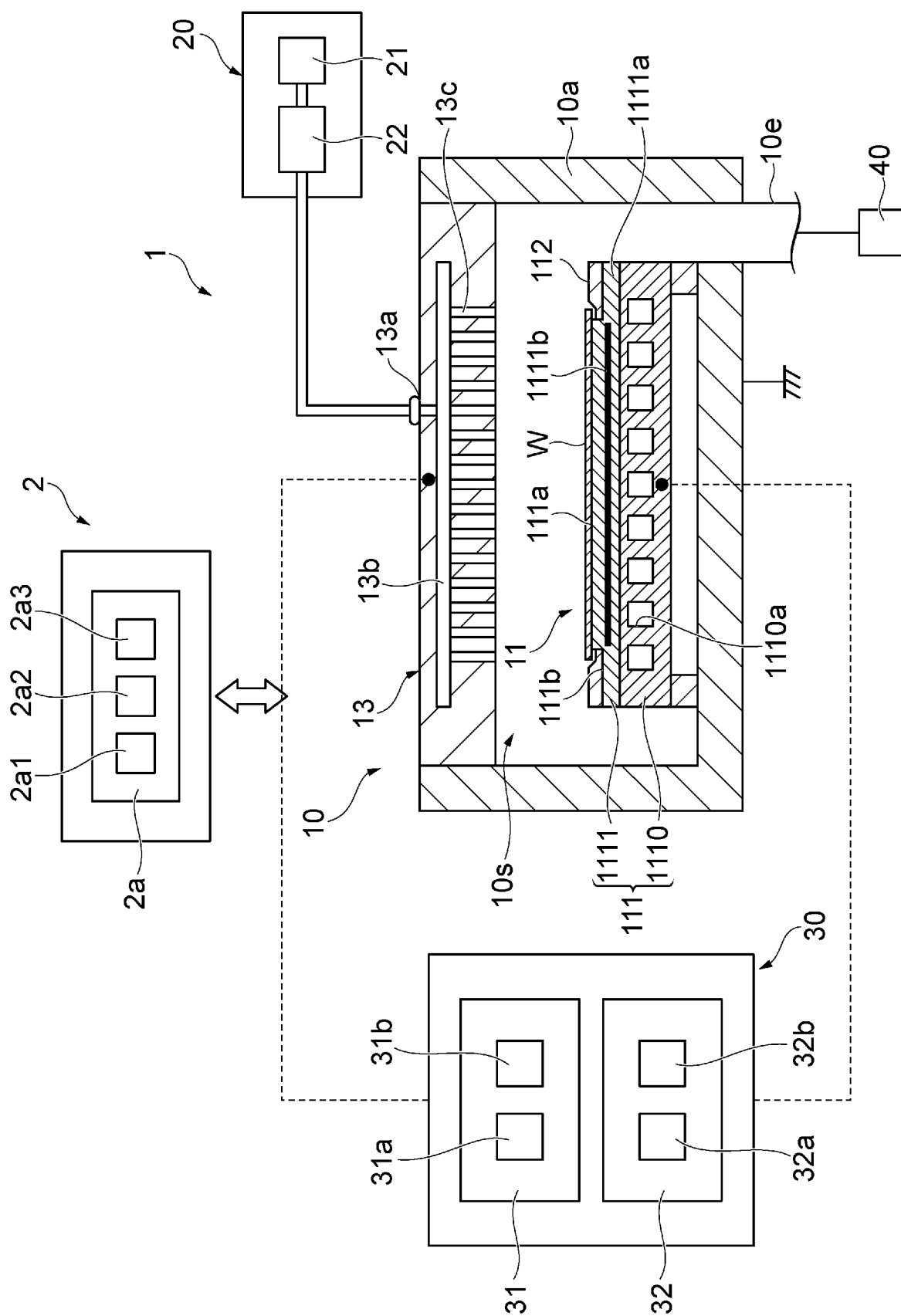
前記送電コイル部、前記 AC / DC コンバータ、前記イミタンス変換器、及び前記送電部は、単一の筐体内に収容されている、

請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

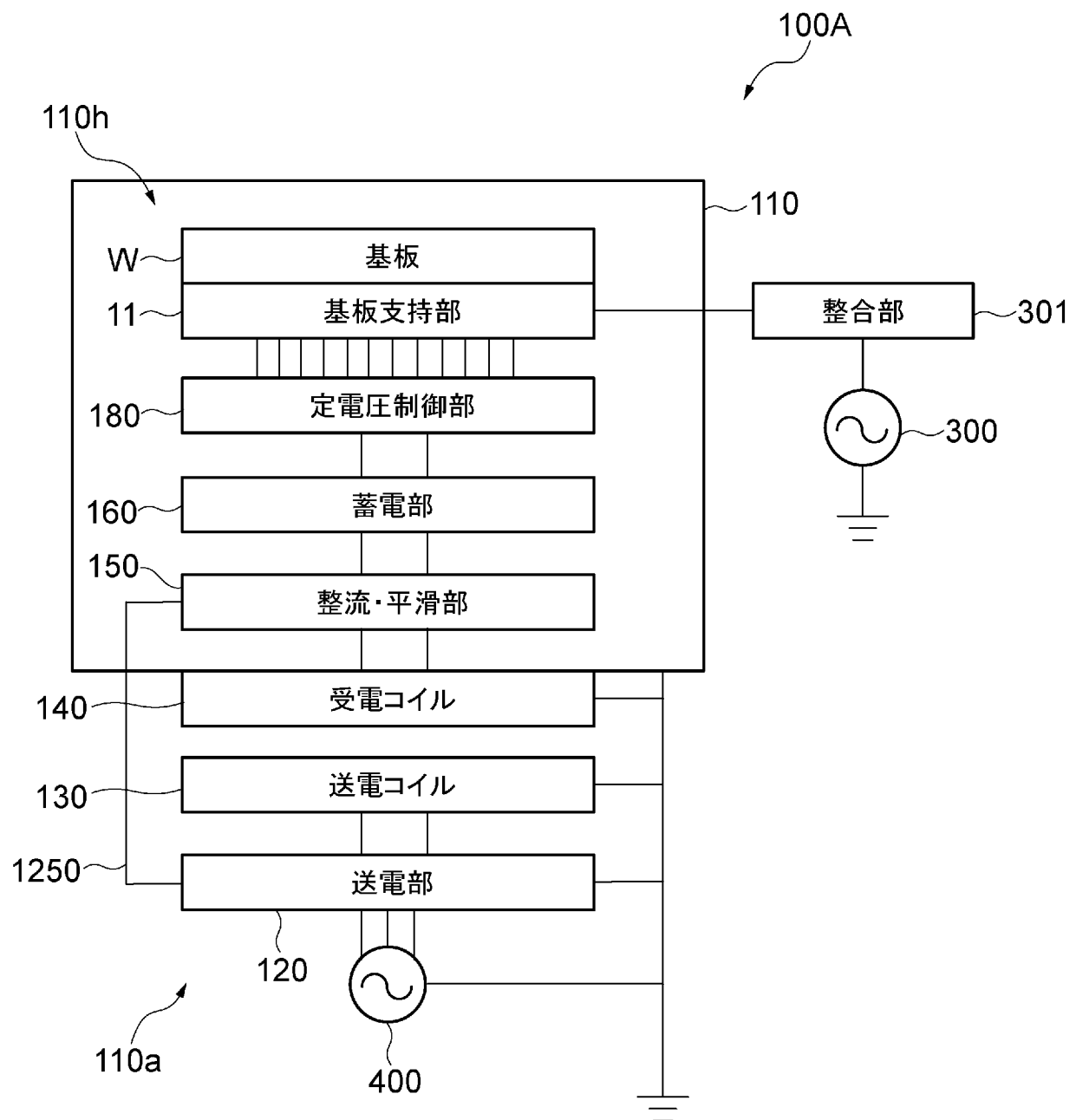
[図1]



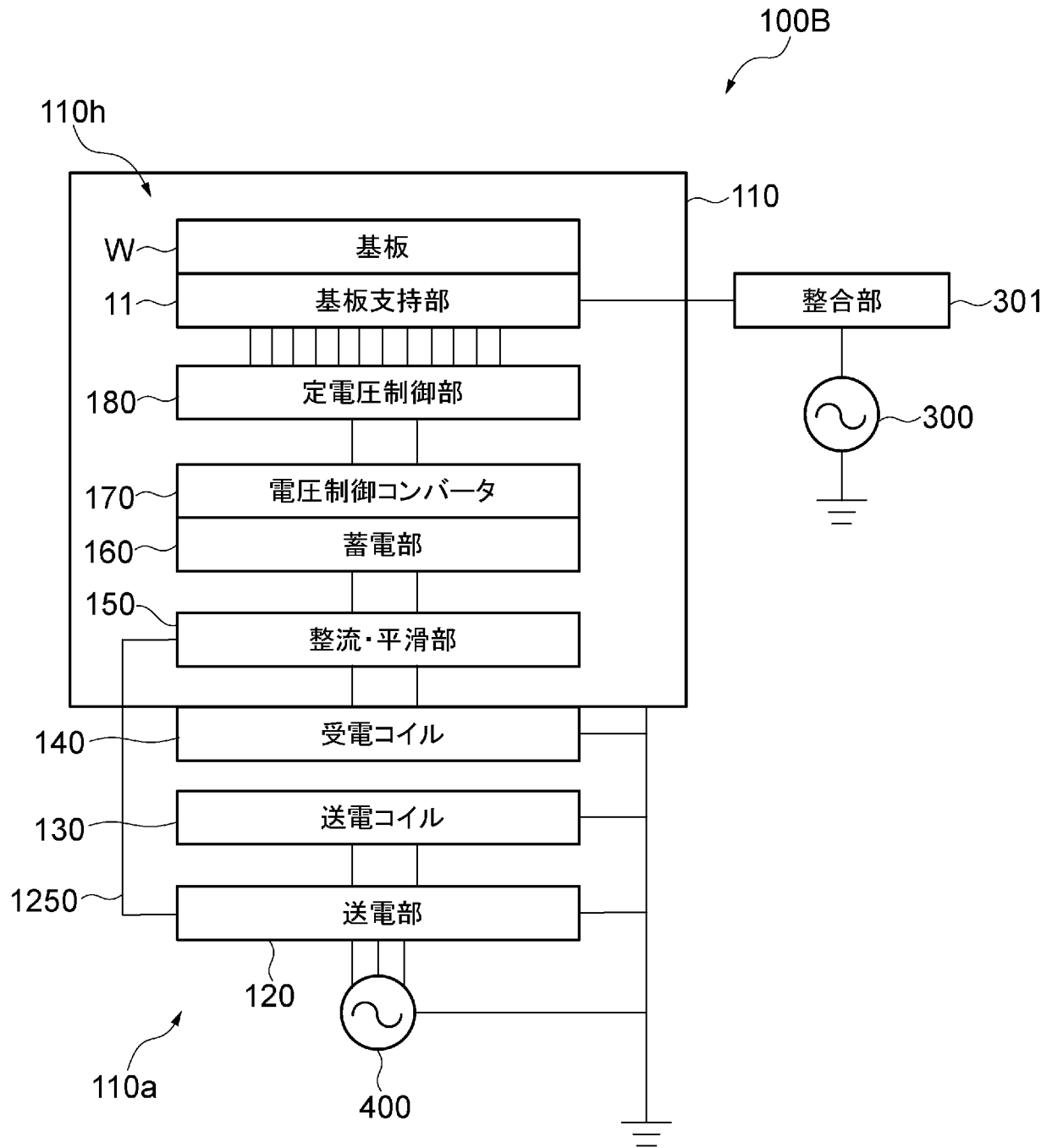
[図2]



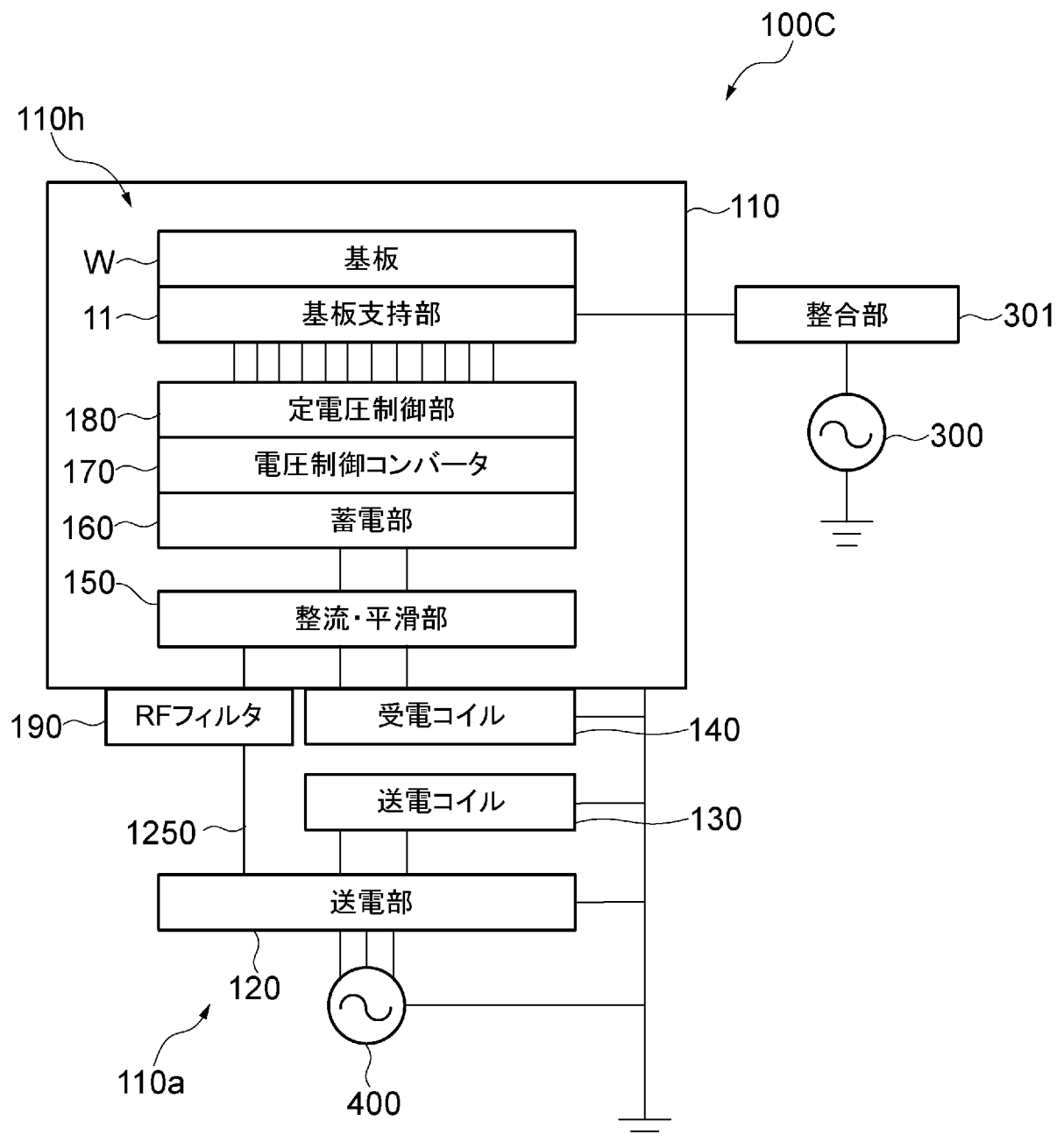
[図3]



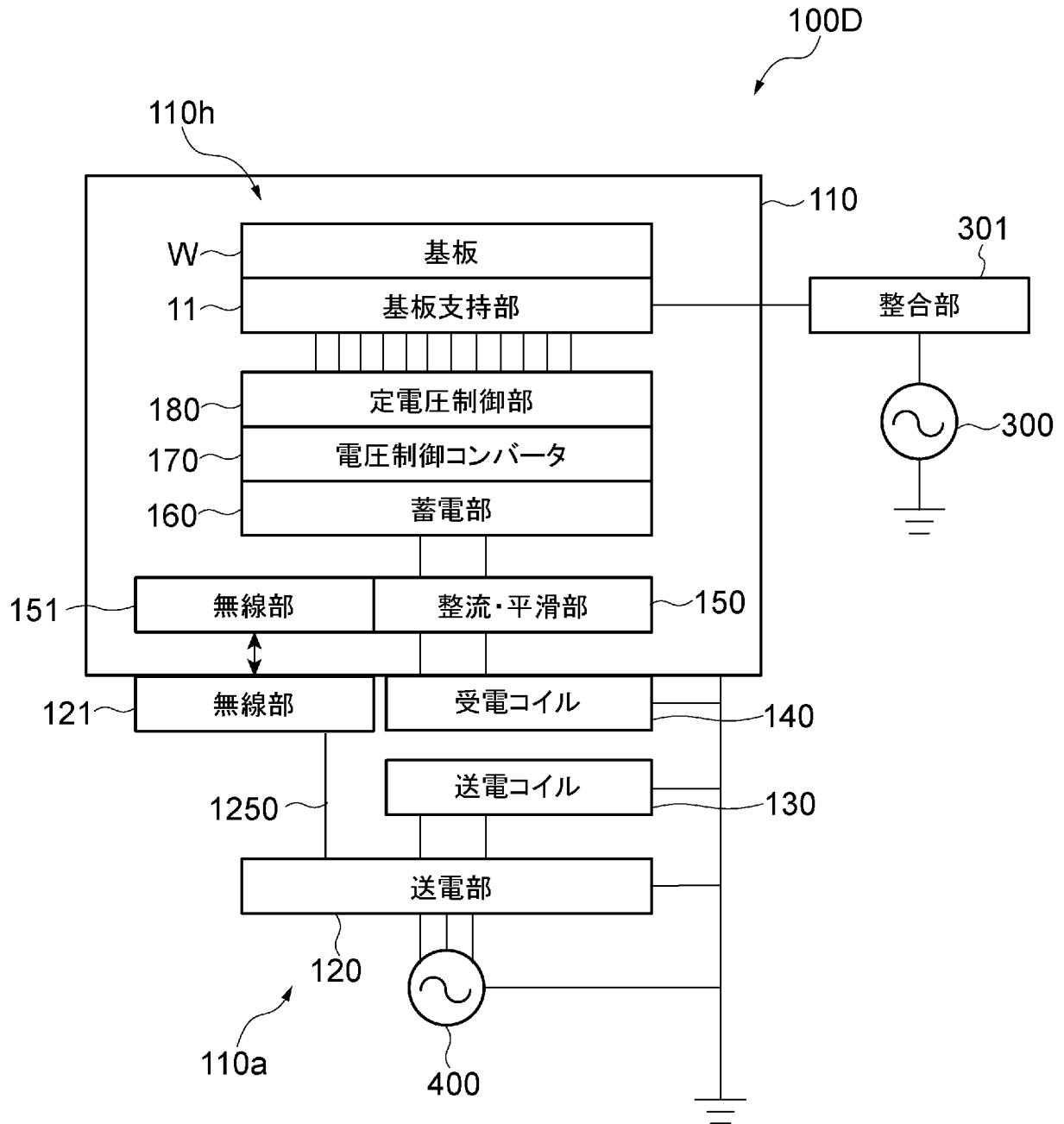
[図4]



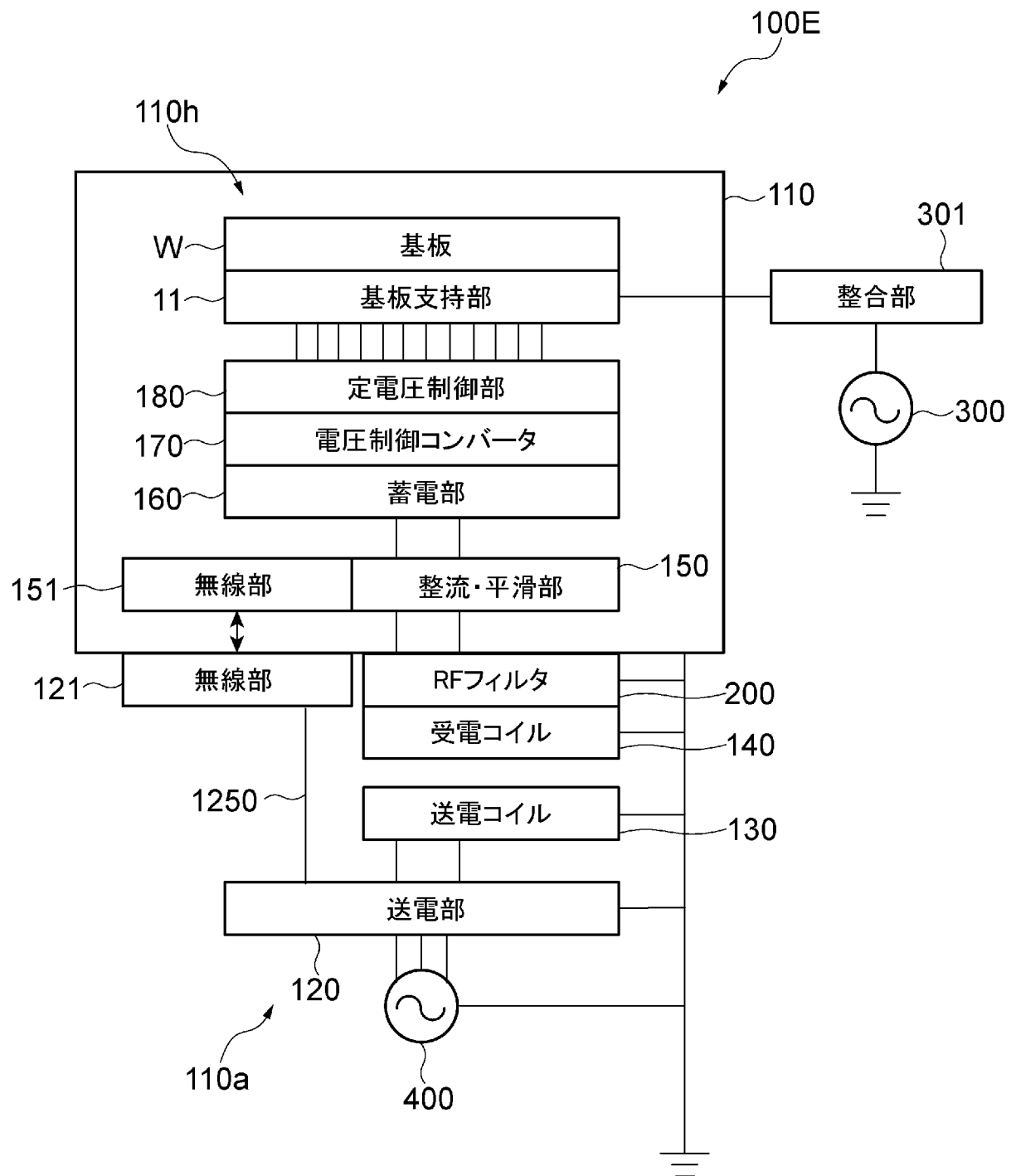
[図5]



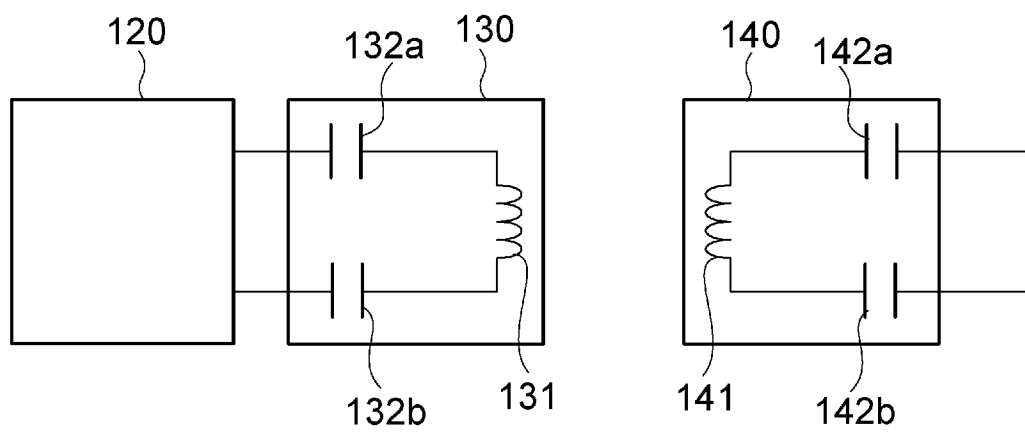
[図6]



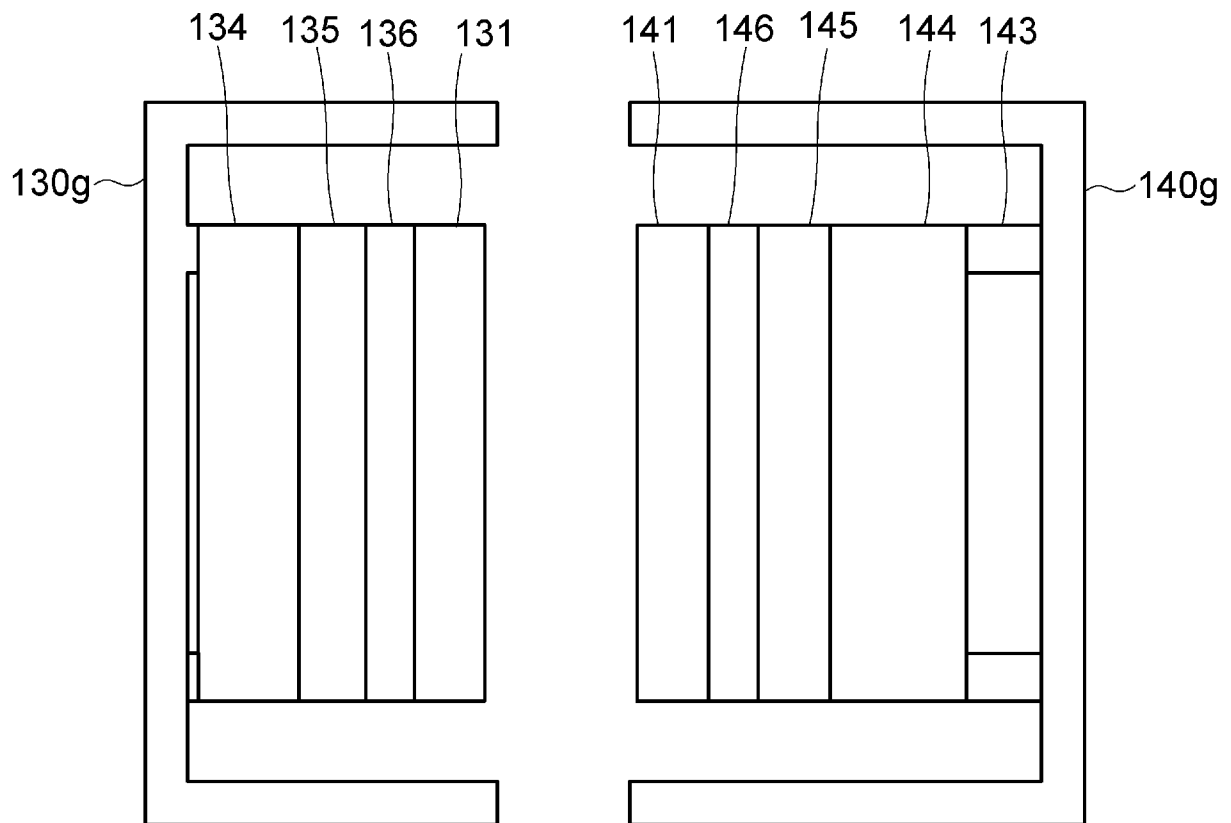
[図7]



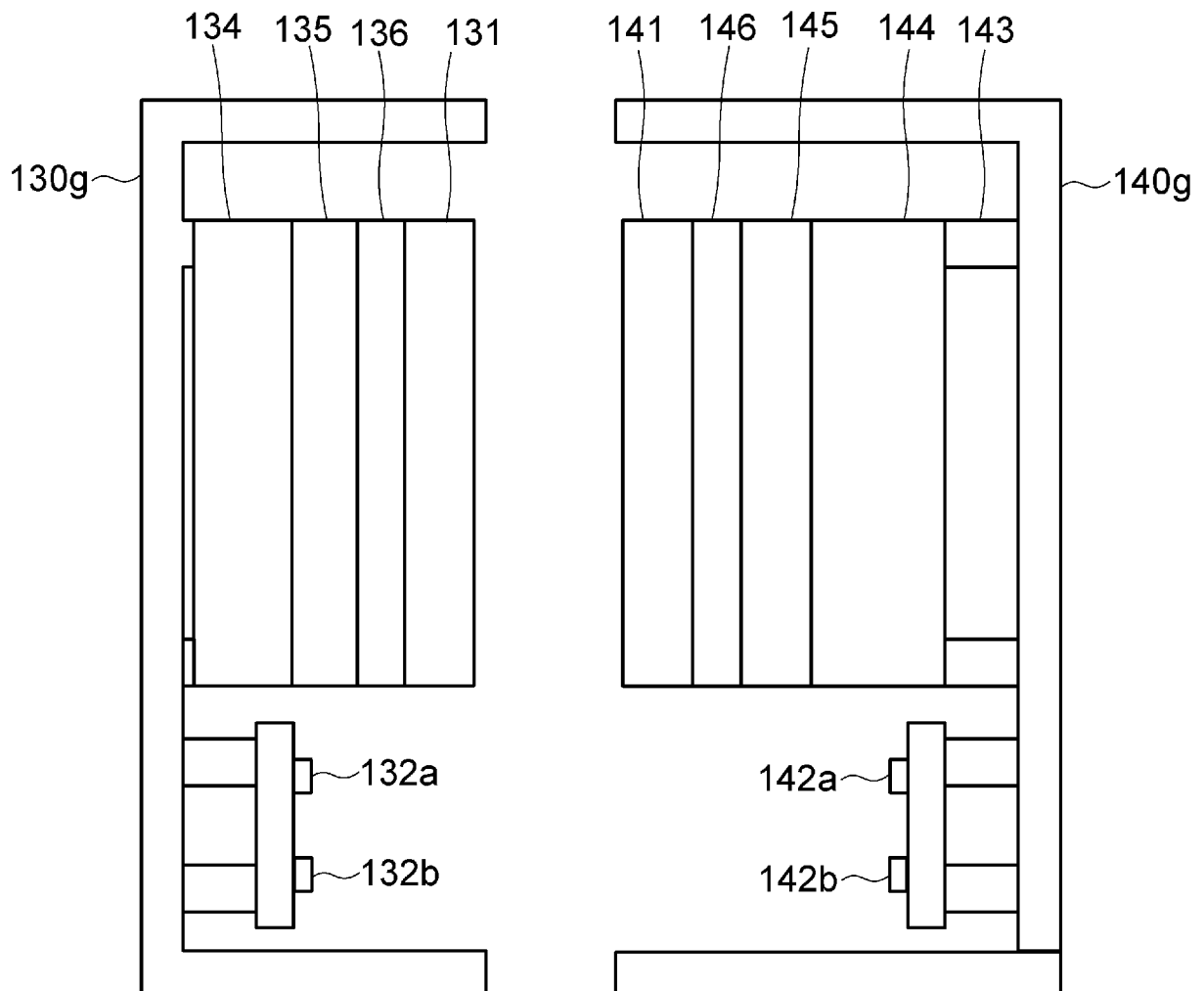
[図9]



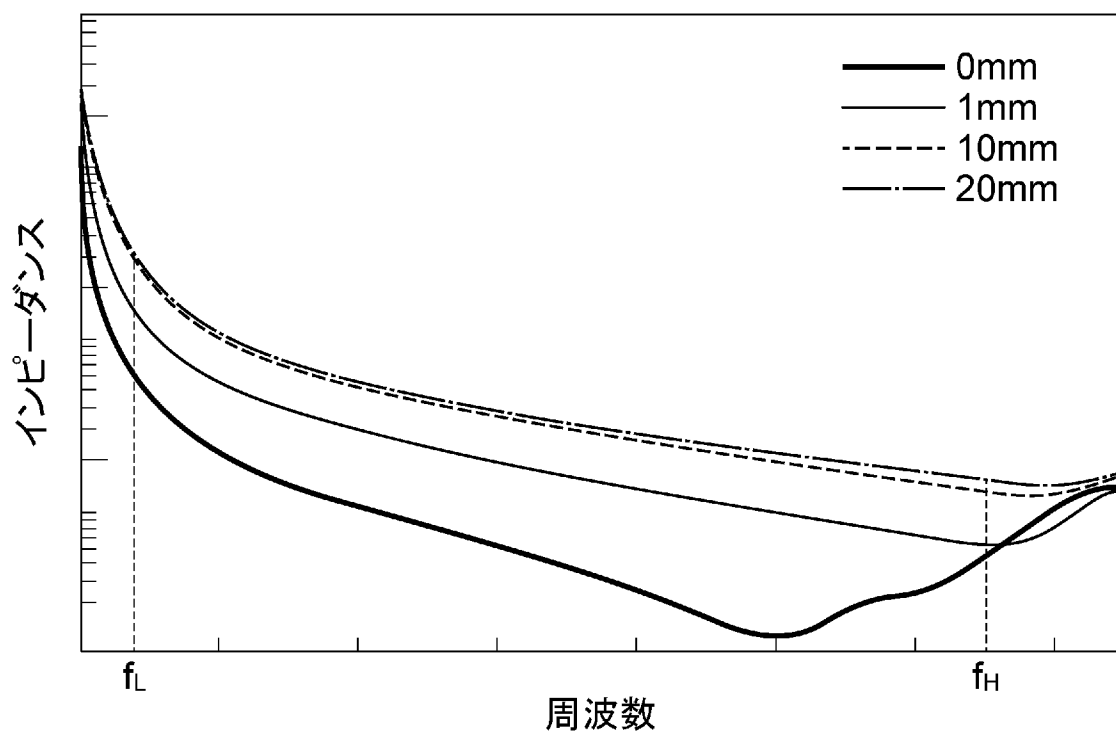
[図10]



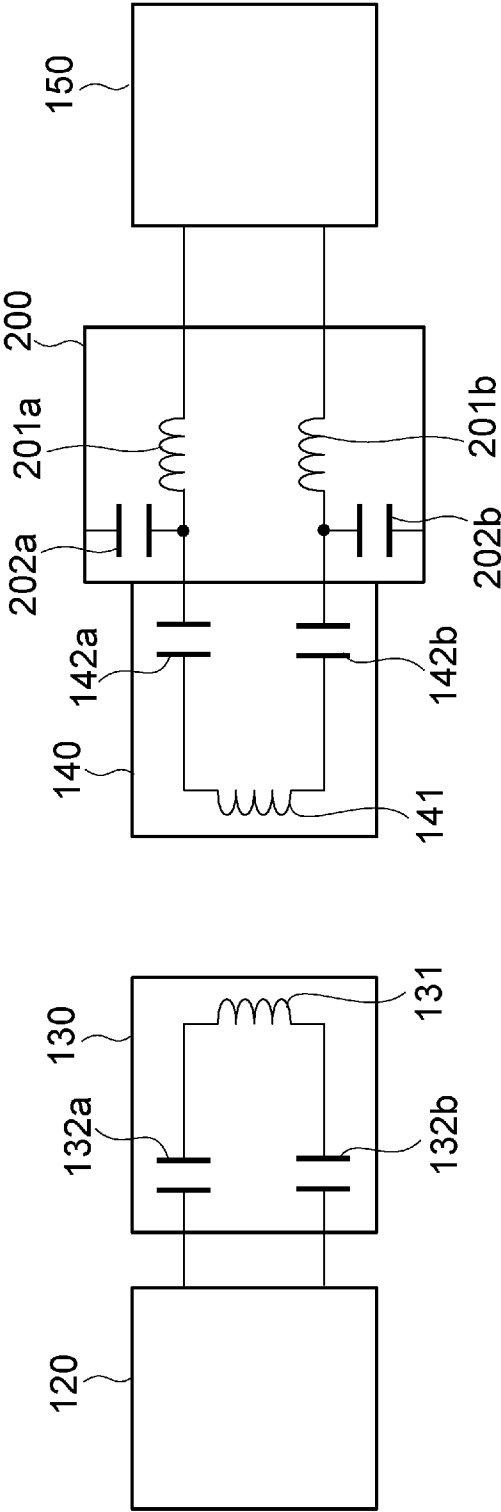
[図11]



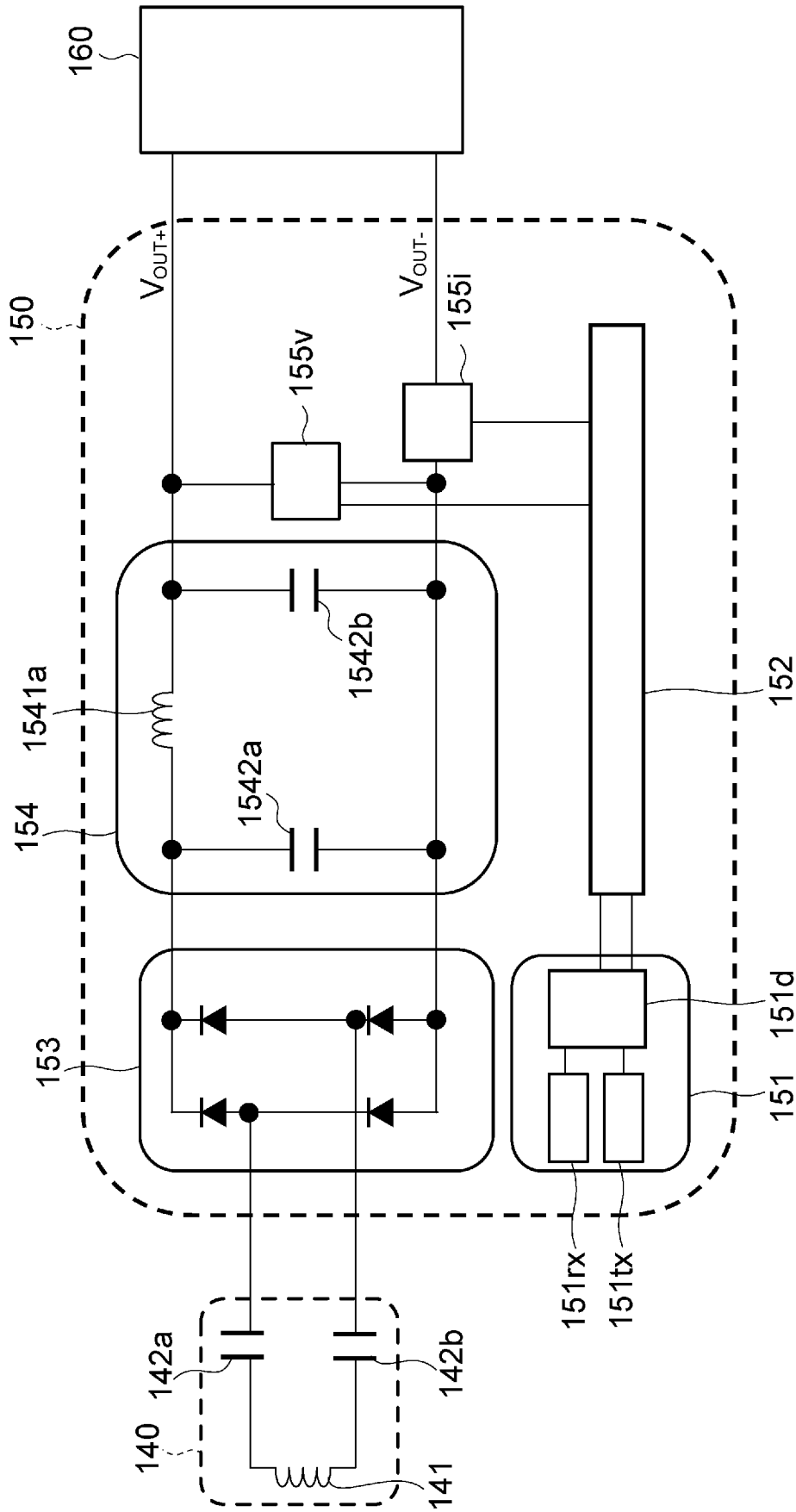
[図12]



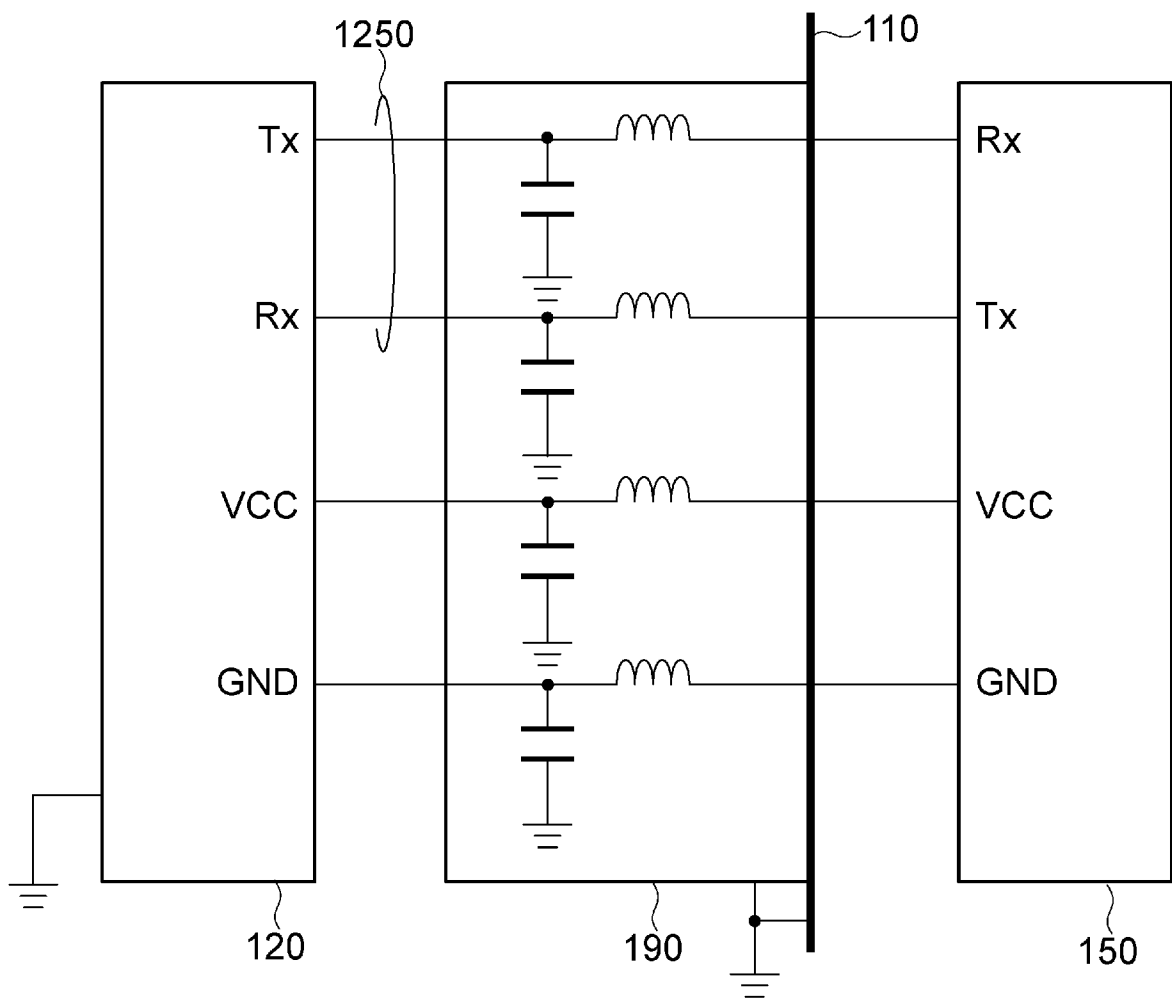
[図13]



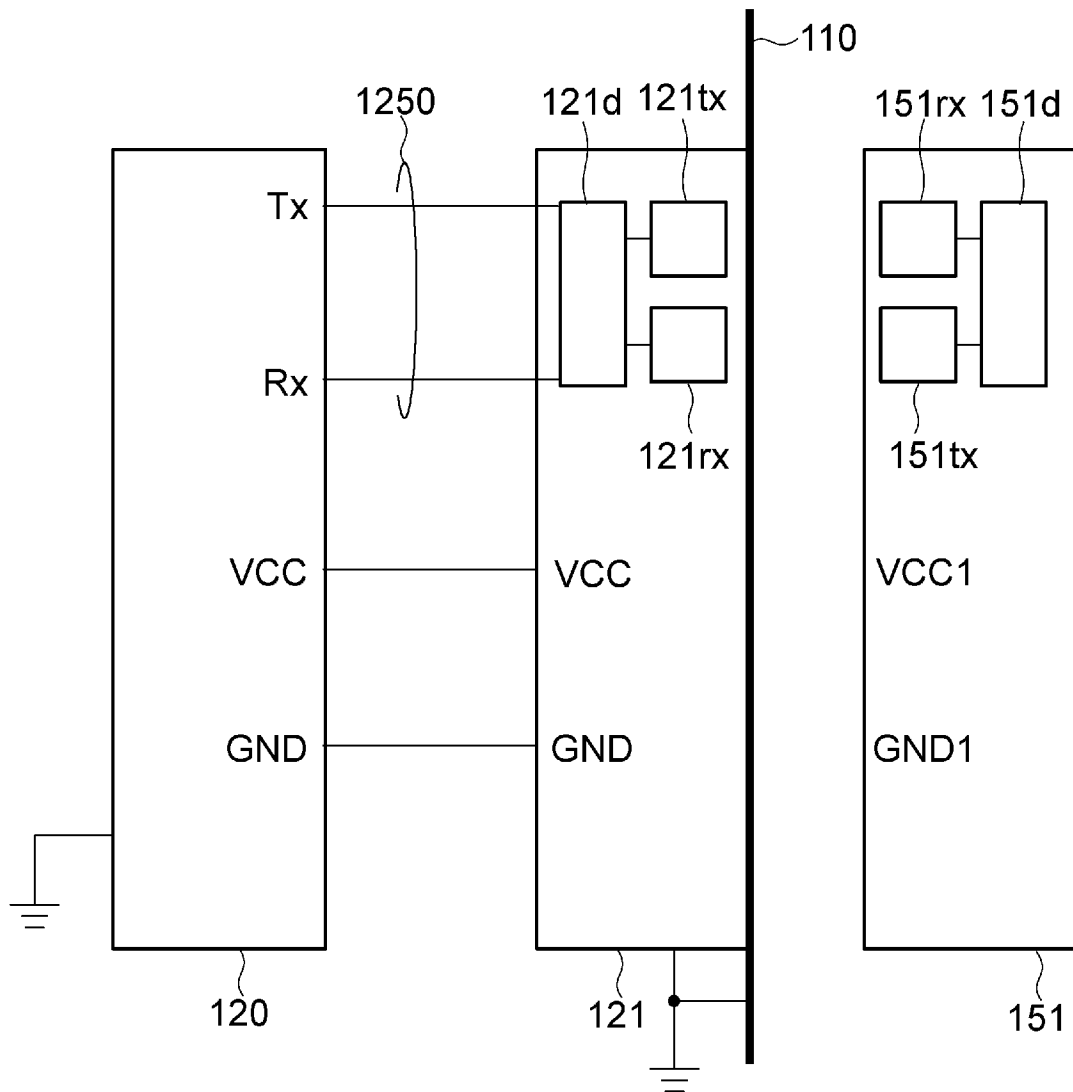
[図14]



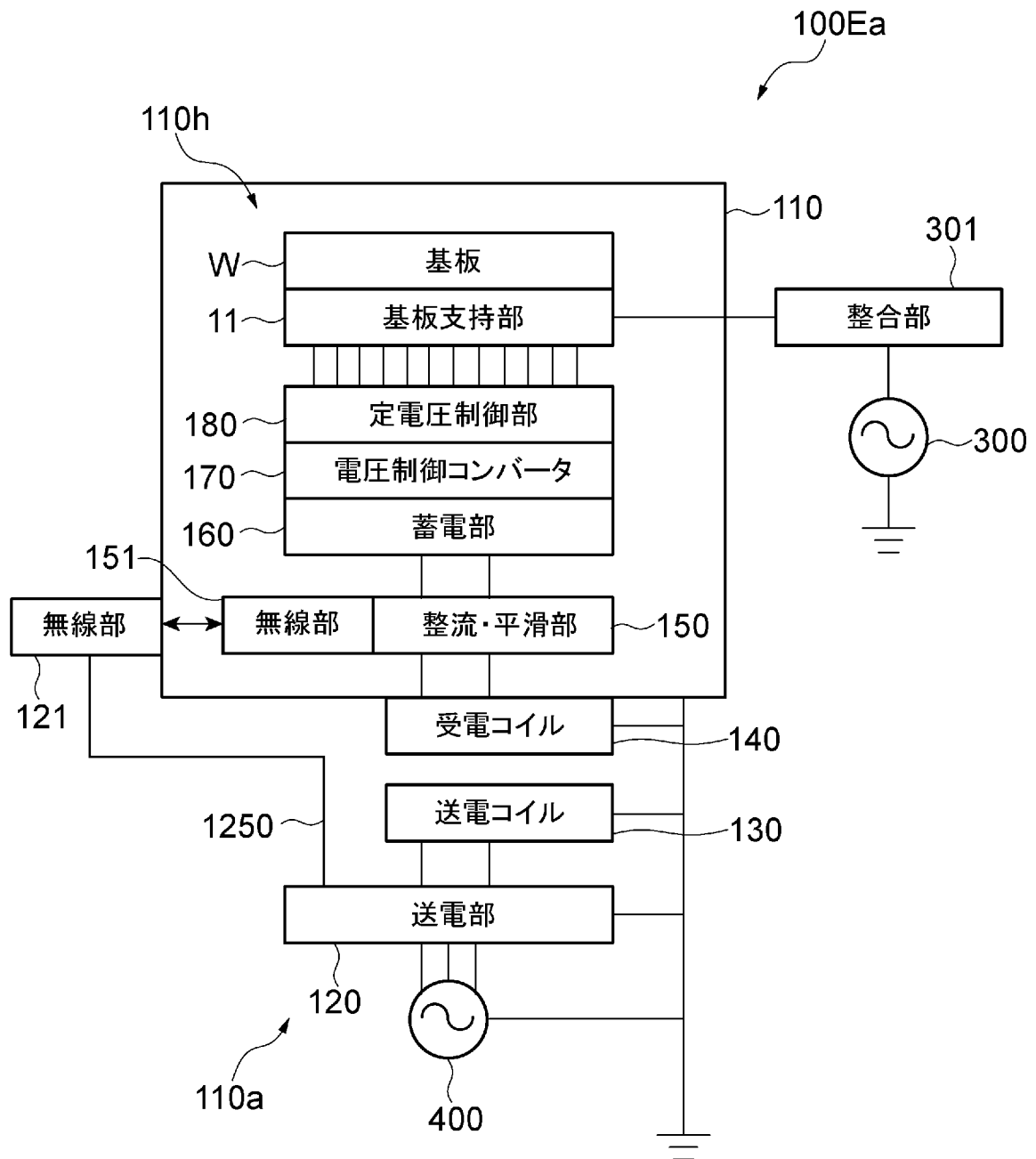
[図15]



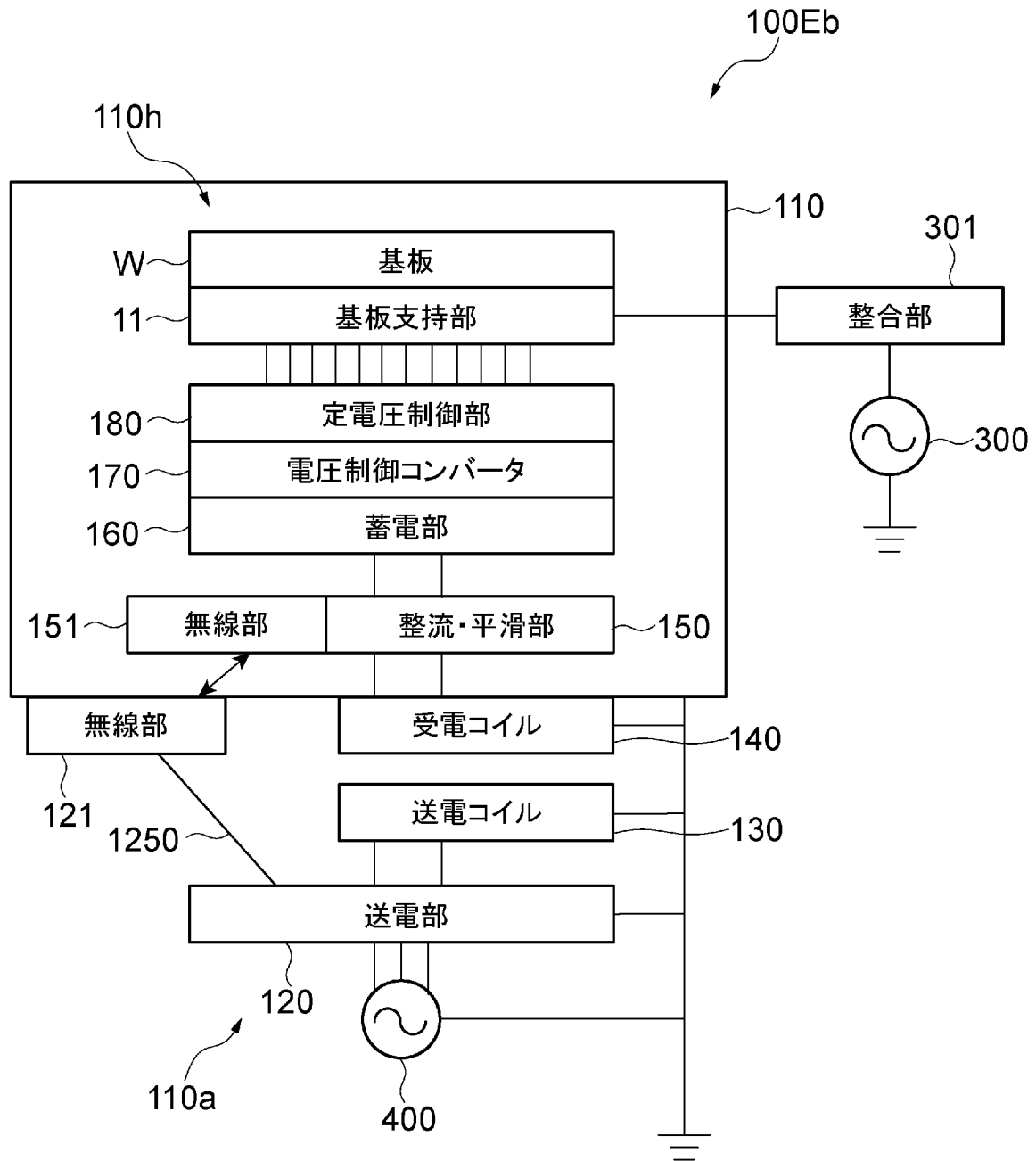
[図16]



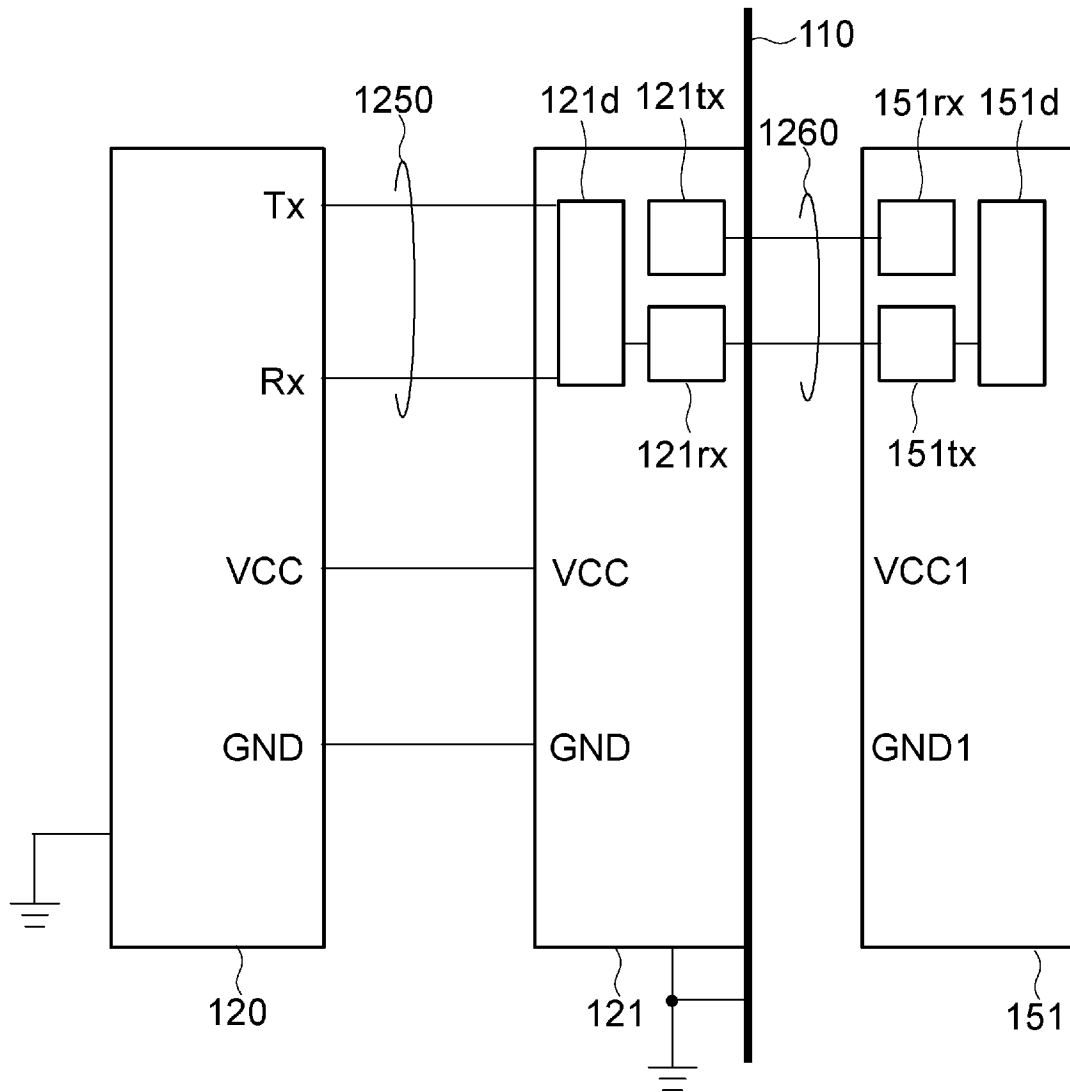
[図17]



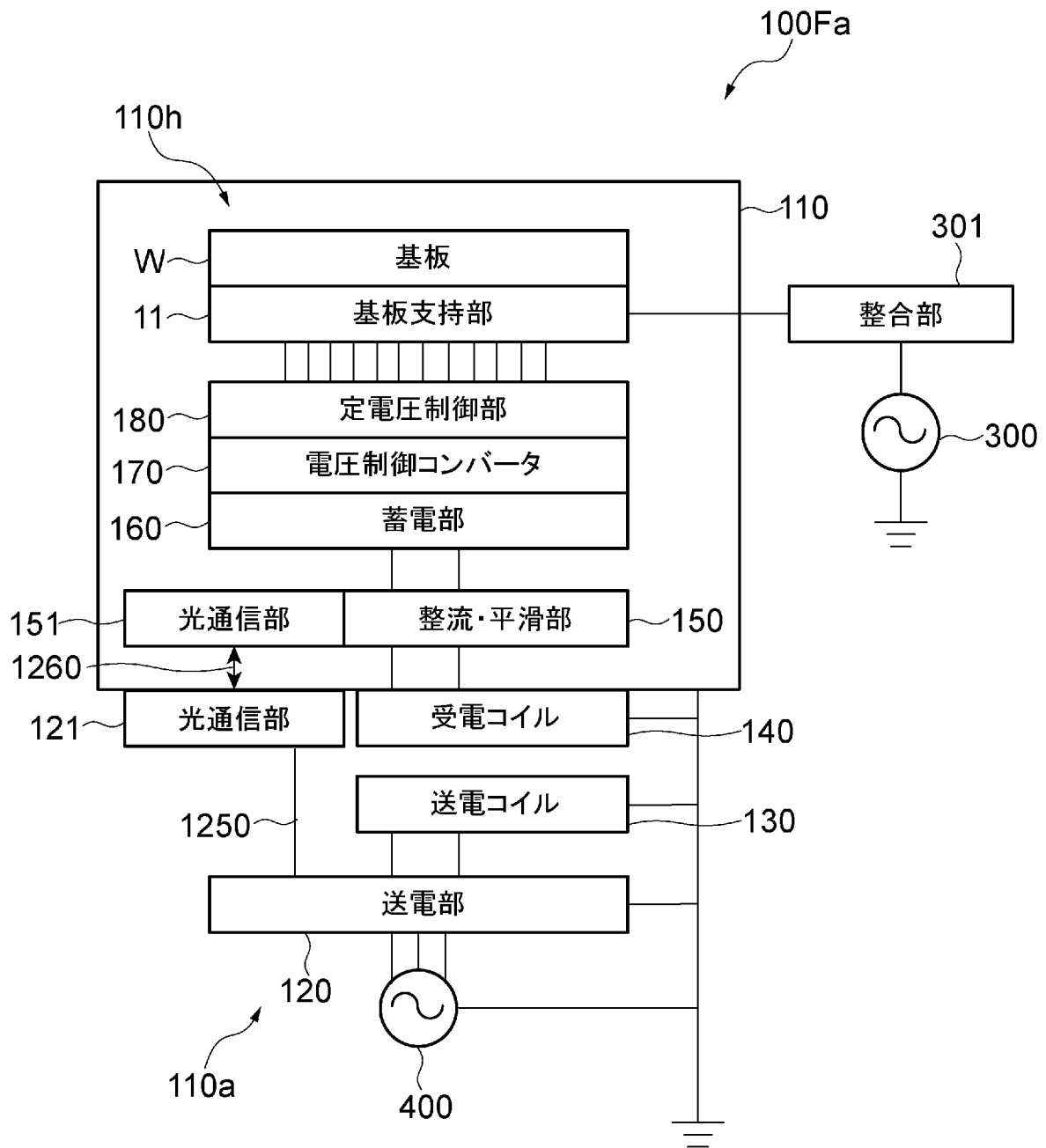
[図18]



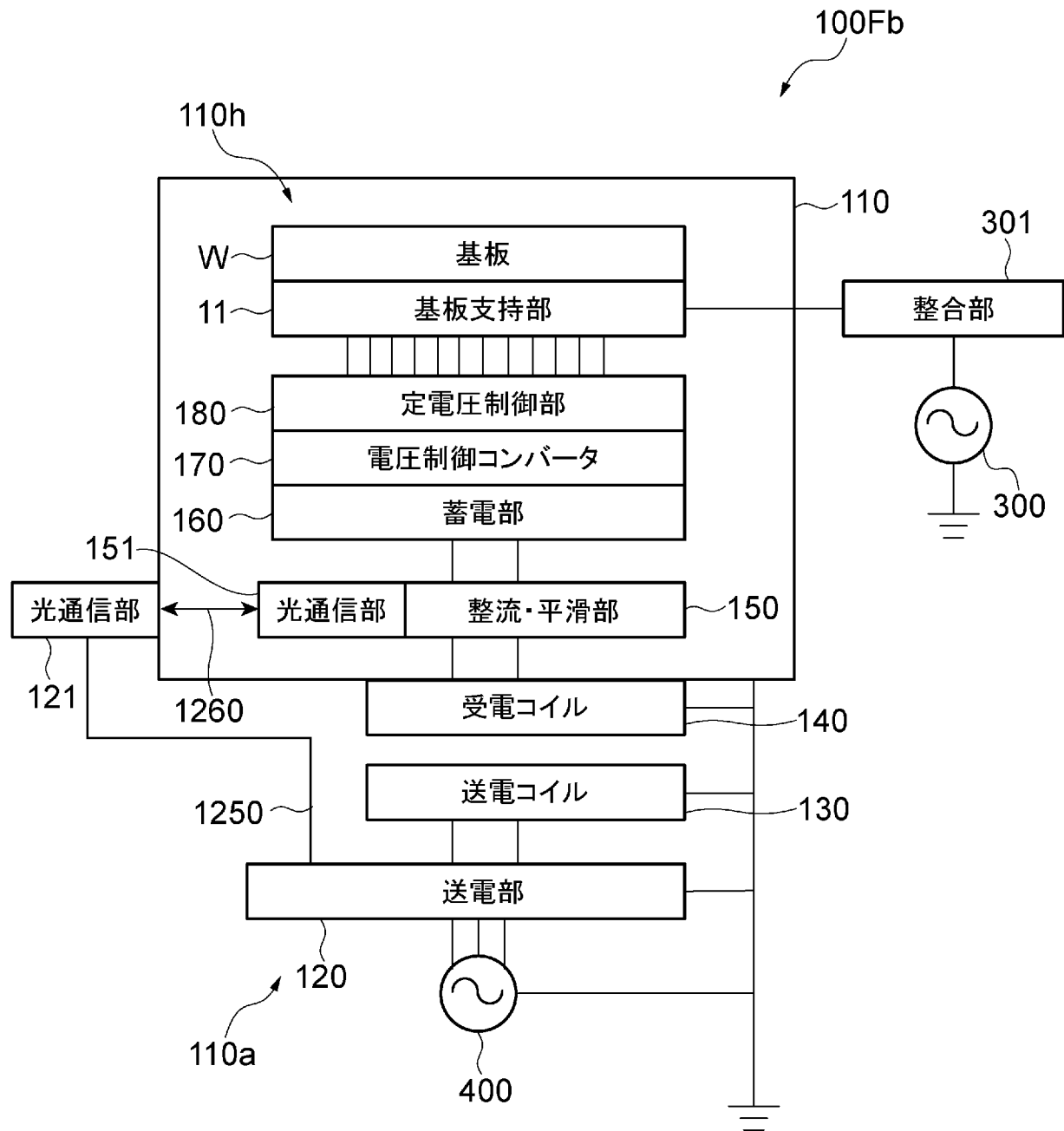
[図19]



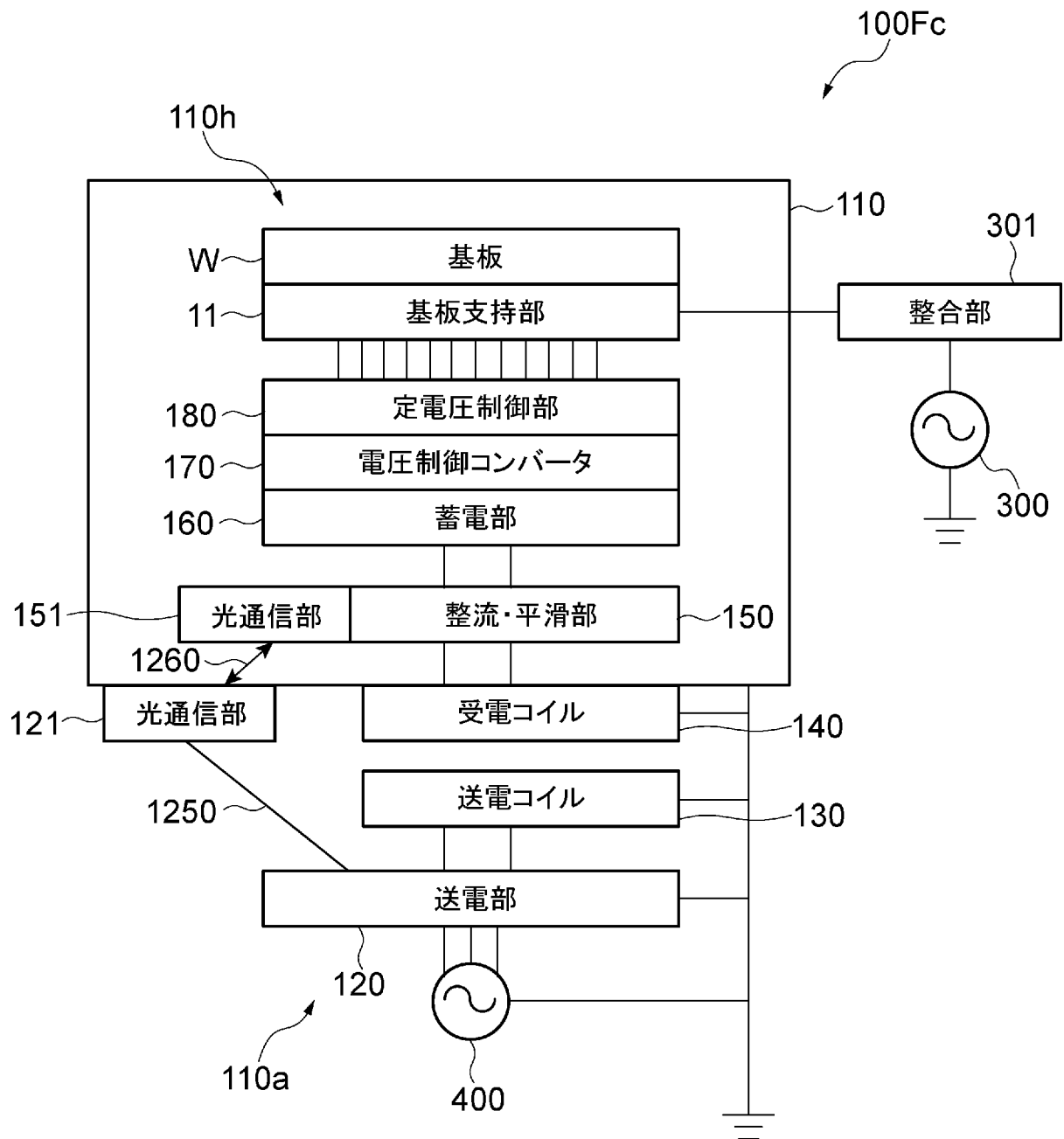
[図20]



[図21]

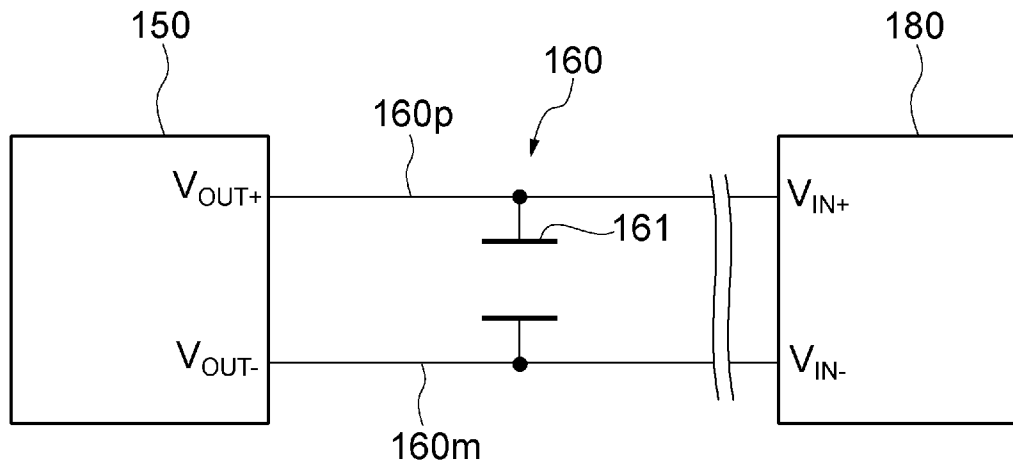


[図22]

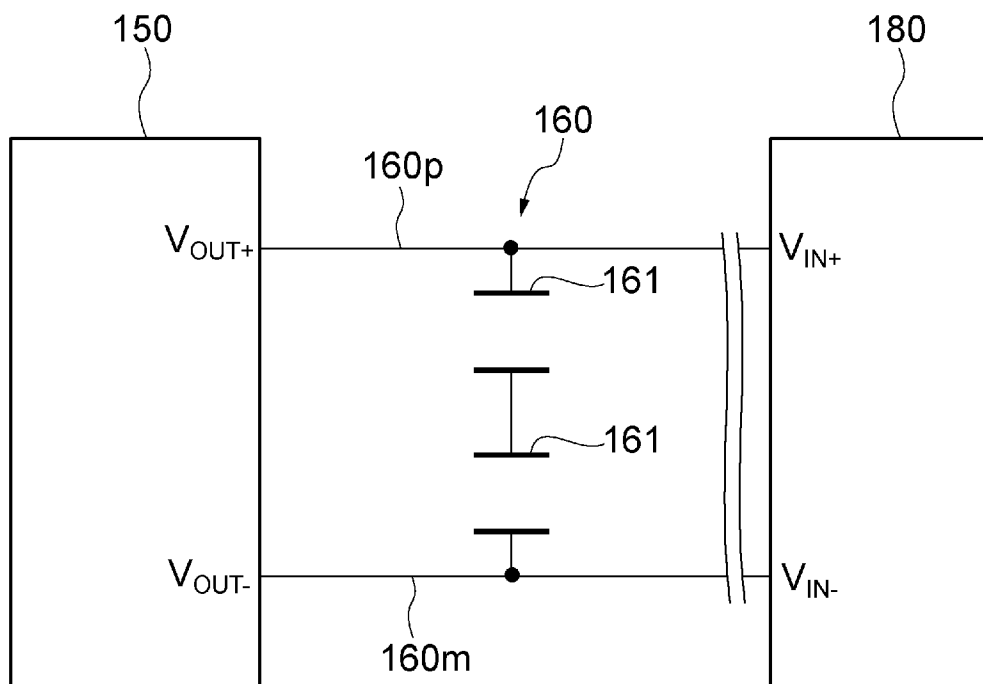


[図23]

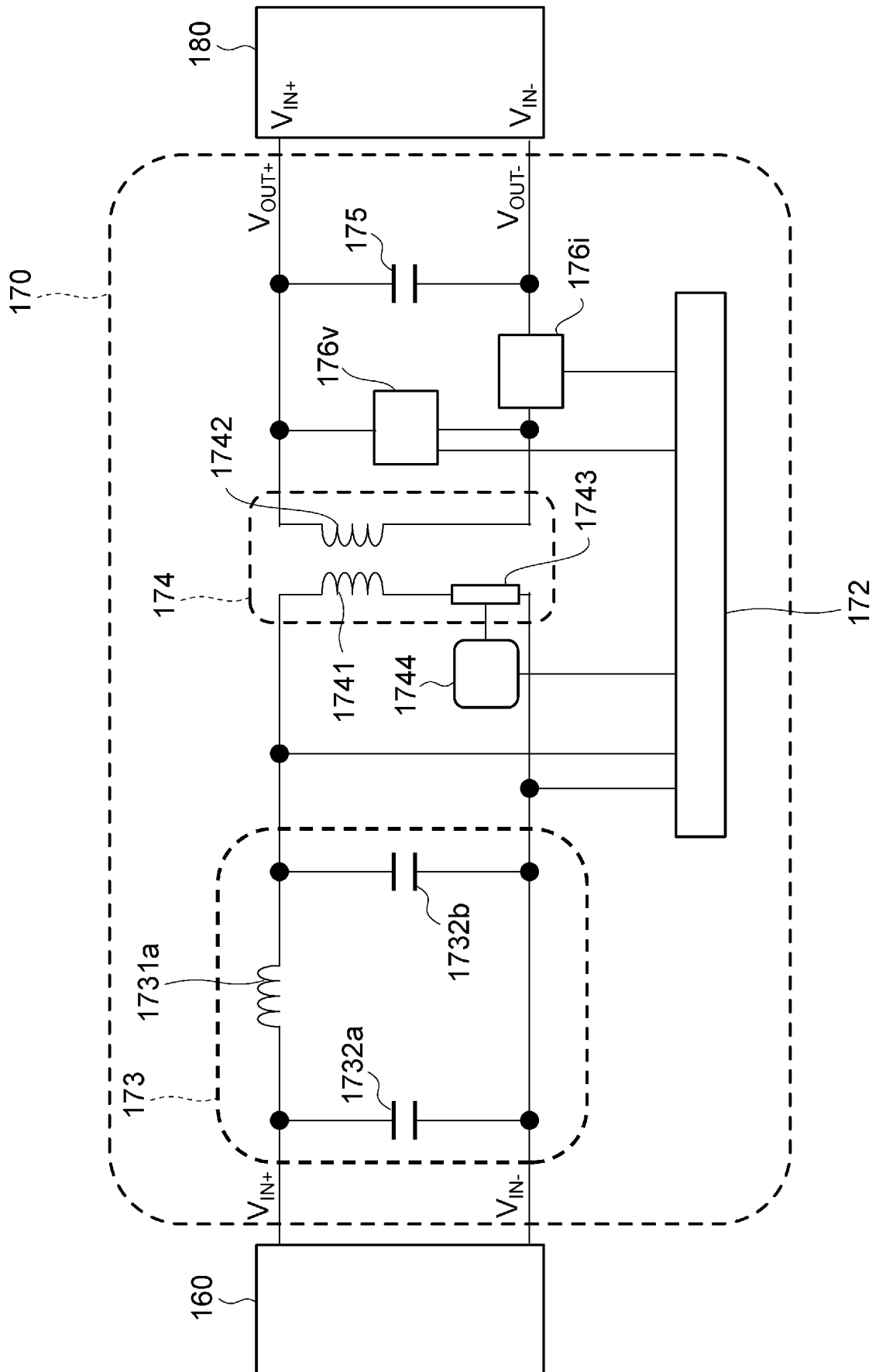
(a)



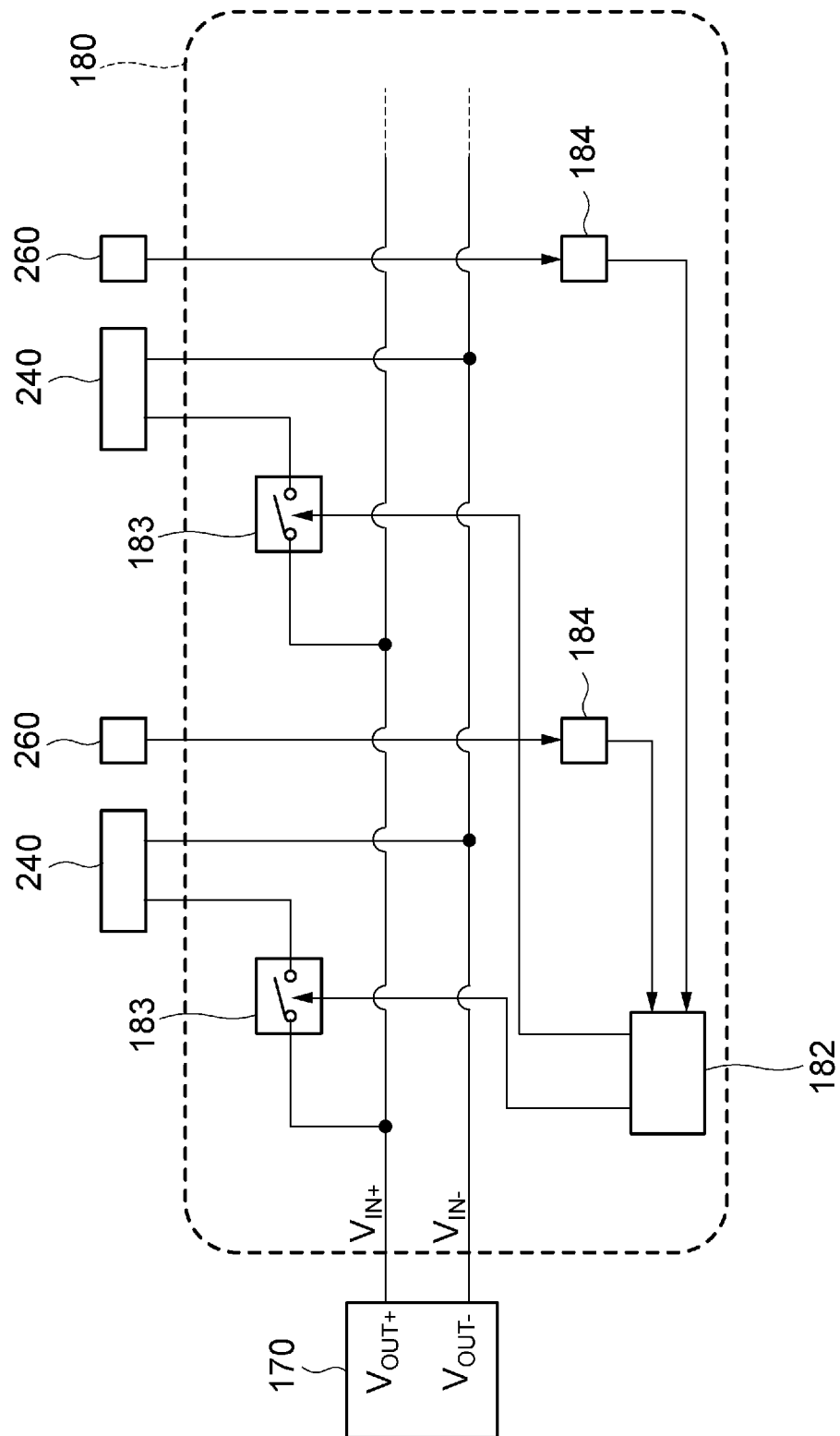
(b)

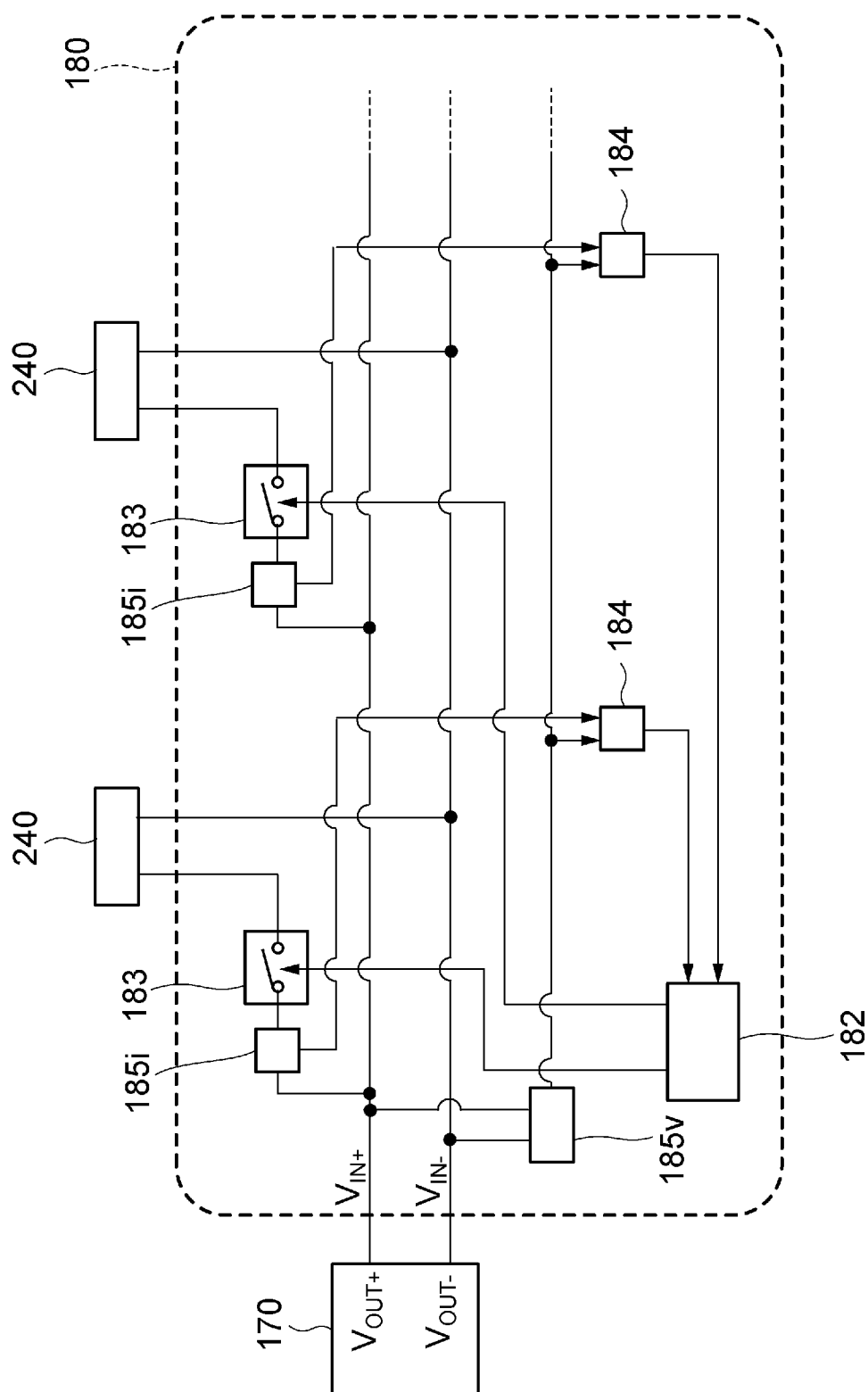


[図24]

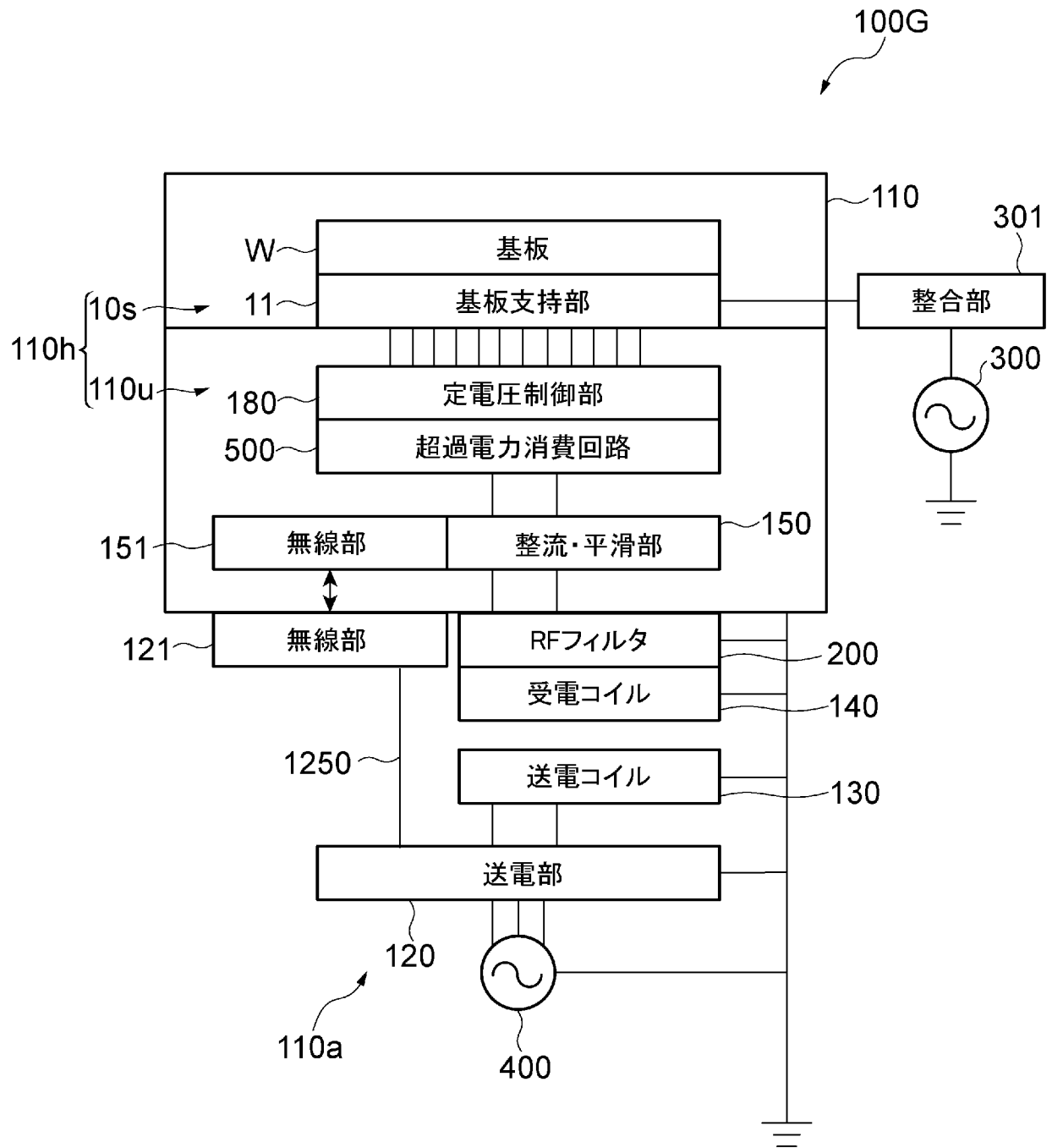


[図25]

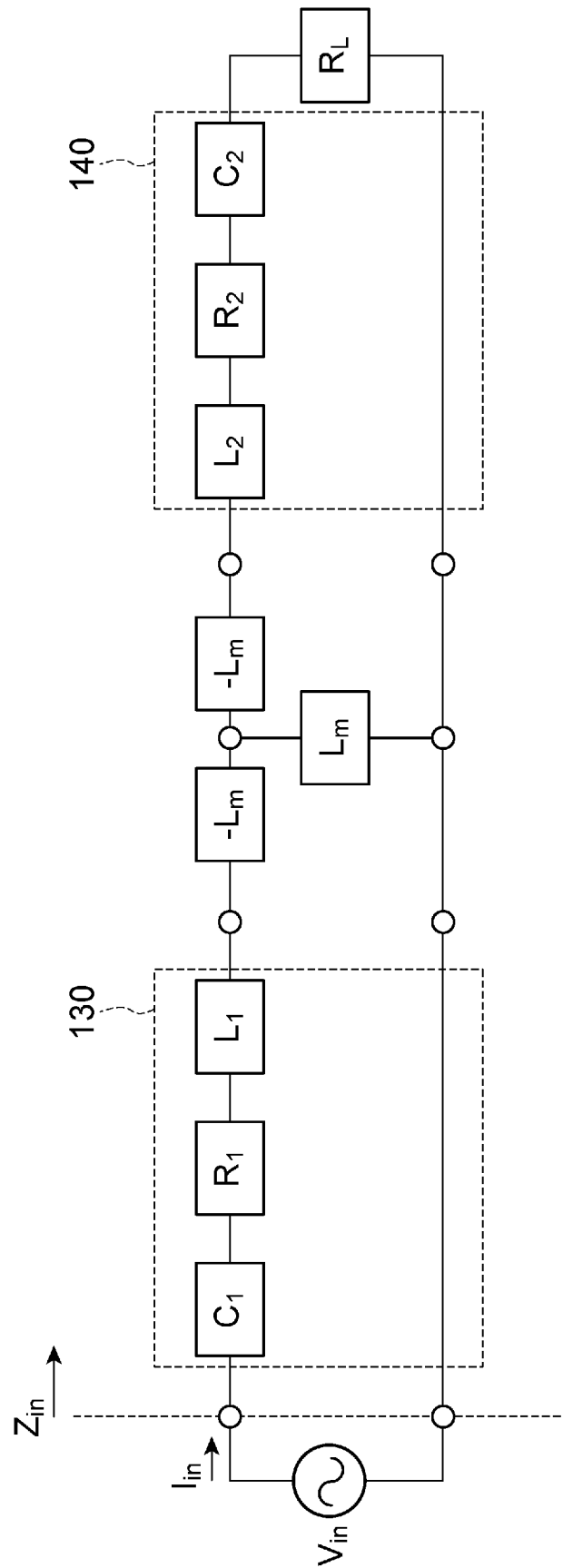




[図27]



[図28]



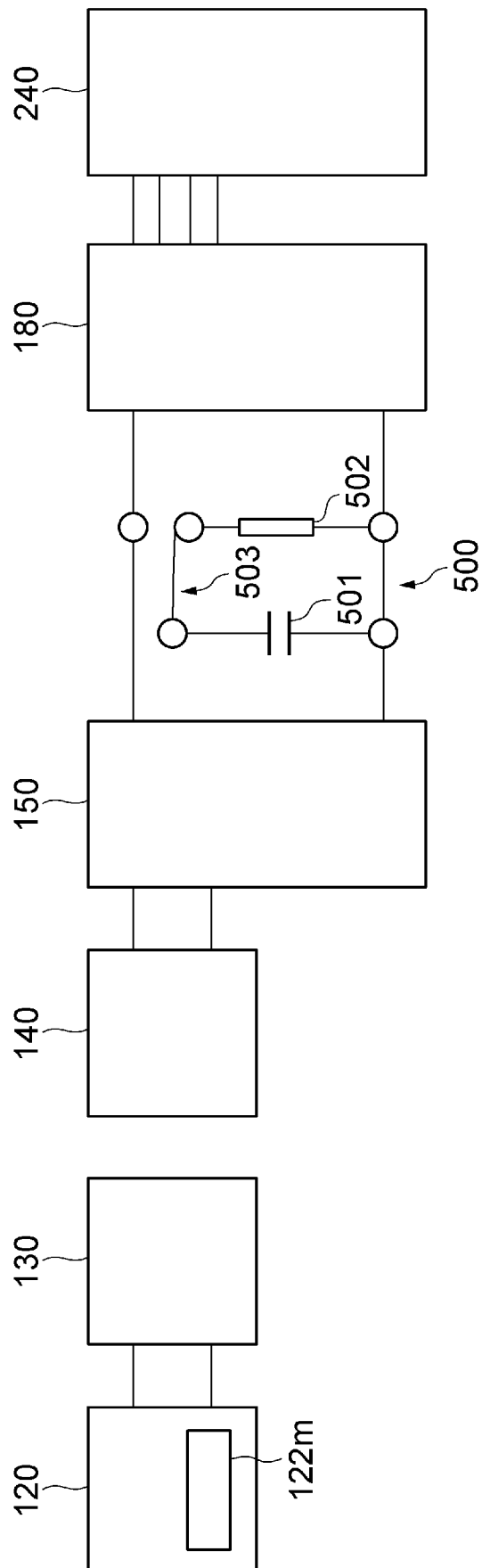
[図29]

Z_{in}	V_P	Duty	I_A
...	...	...	...
⋮	⋮	⋮	⋮
...	...	...	...

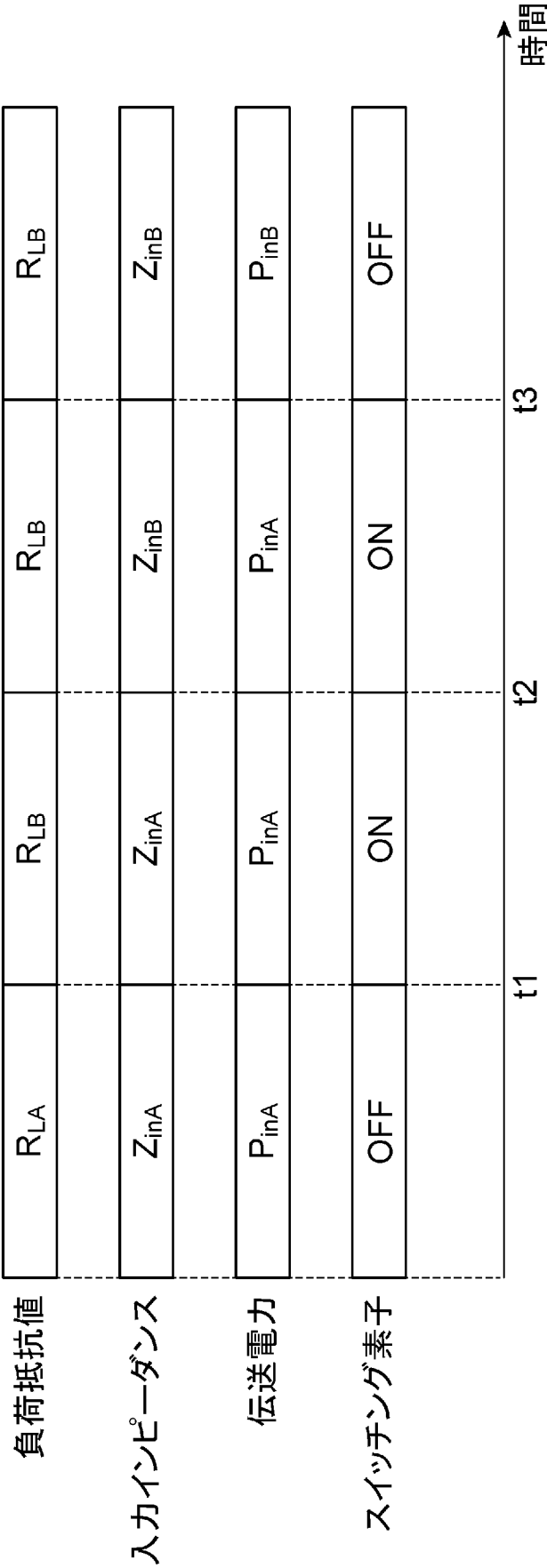
[図30]

R_L	V_P	Duty	I_A
...	...	...	...
⋮	⋮	⋮	⋮
...	...	...	...

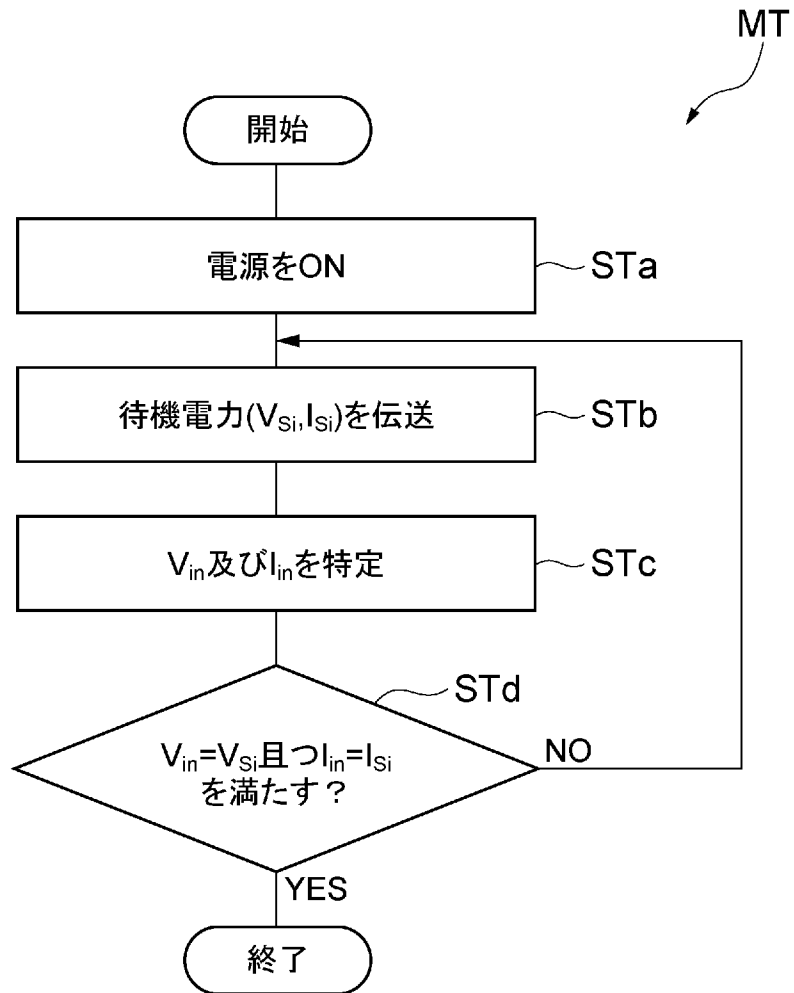
[図31]



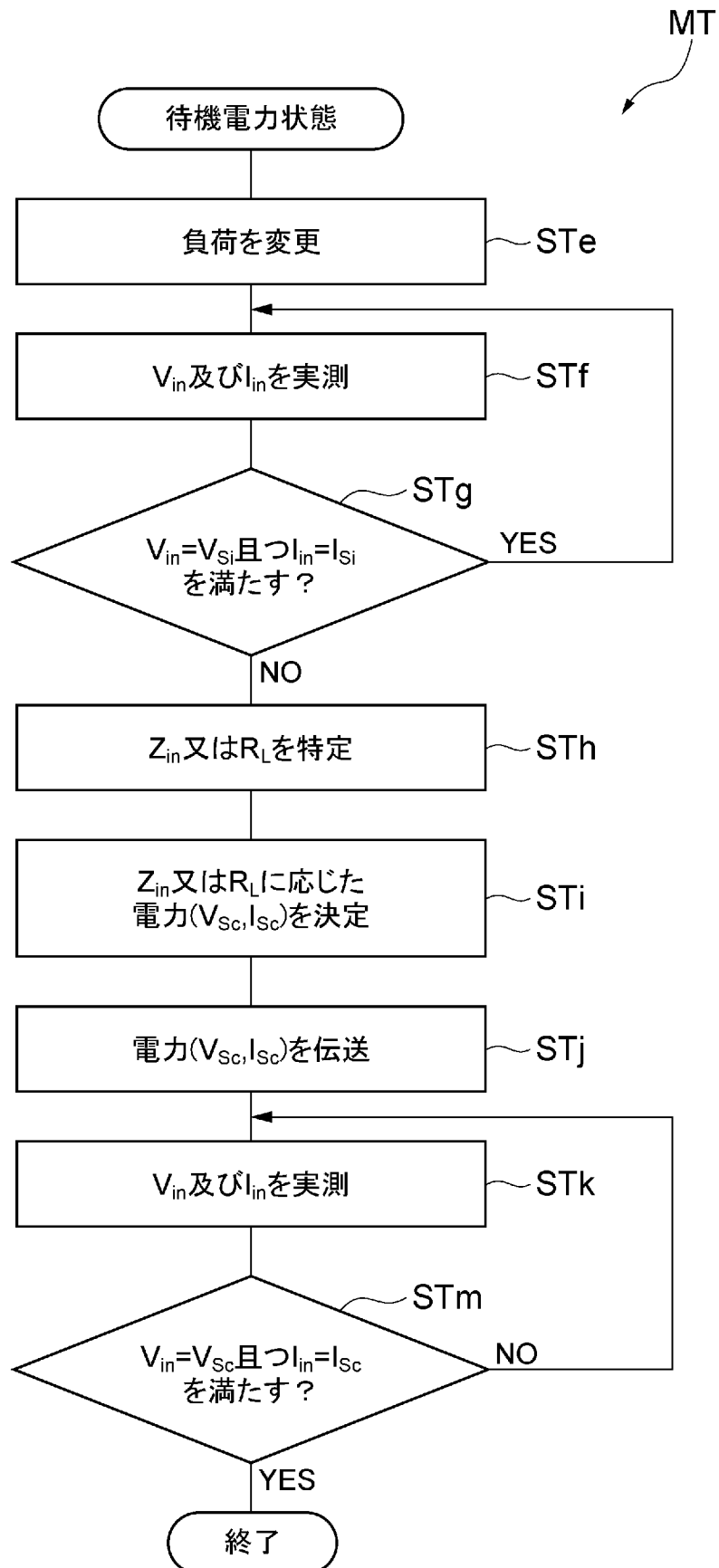
[図32]



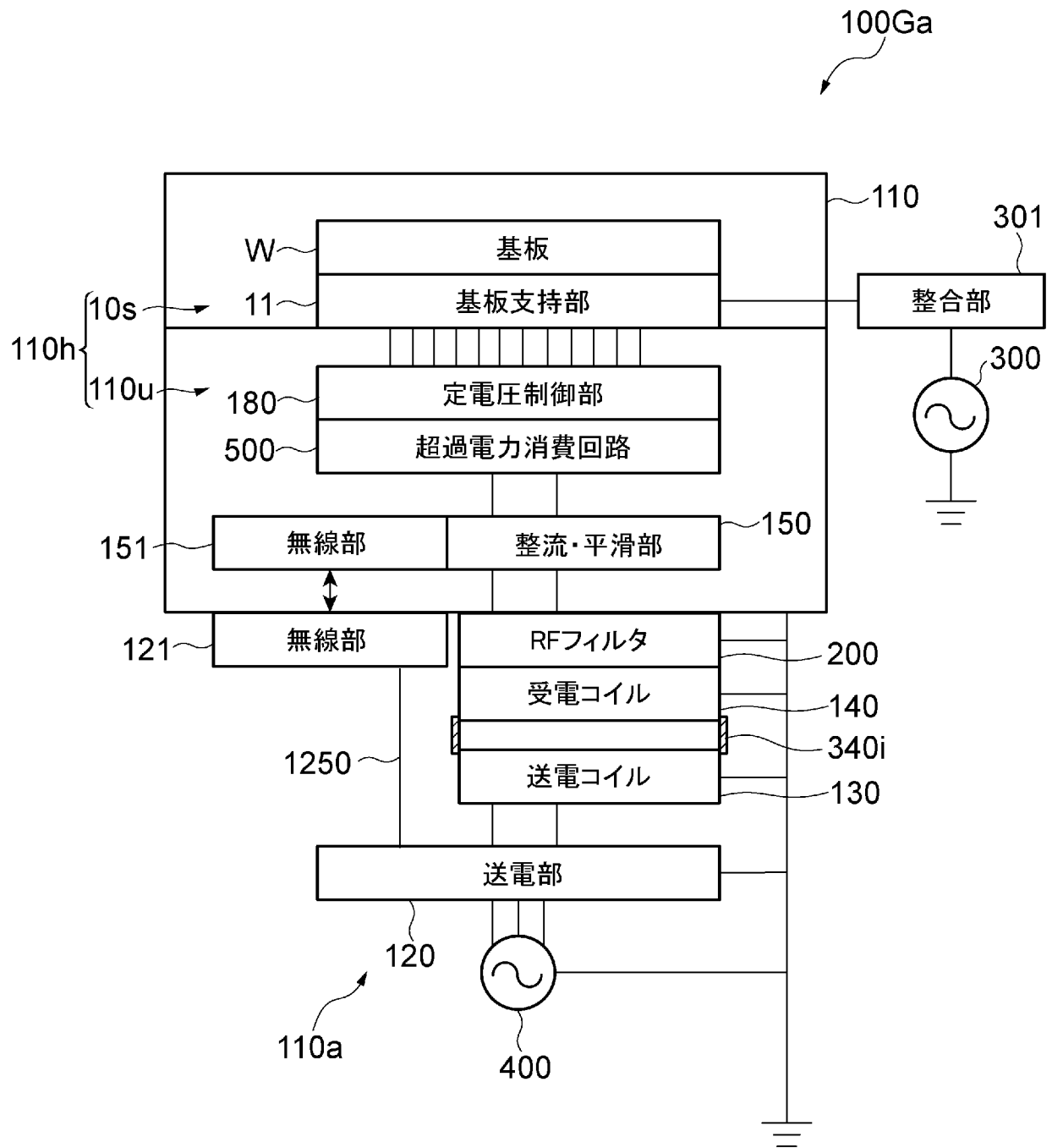
[図33]



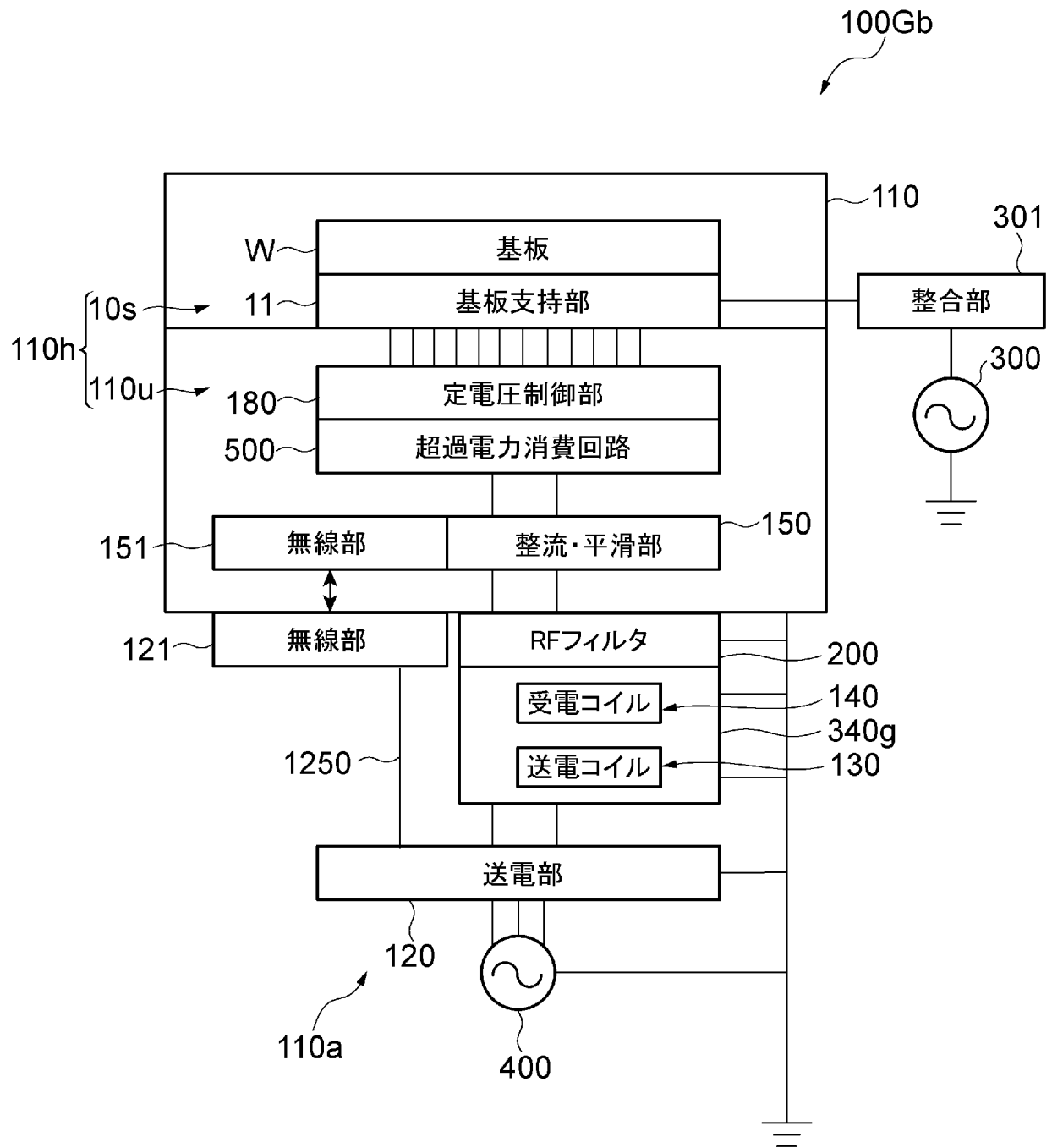
[図34]



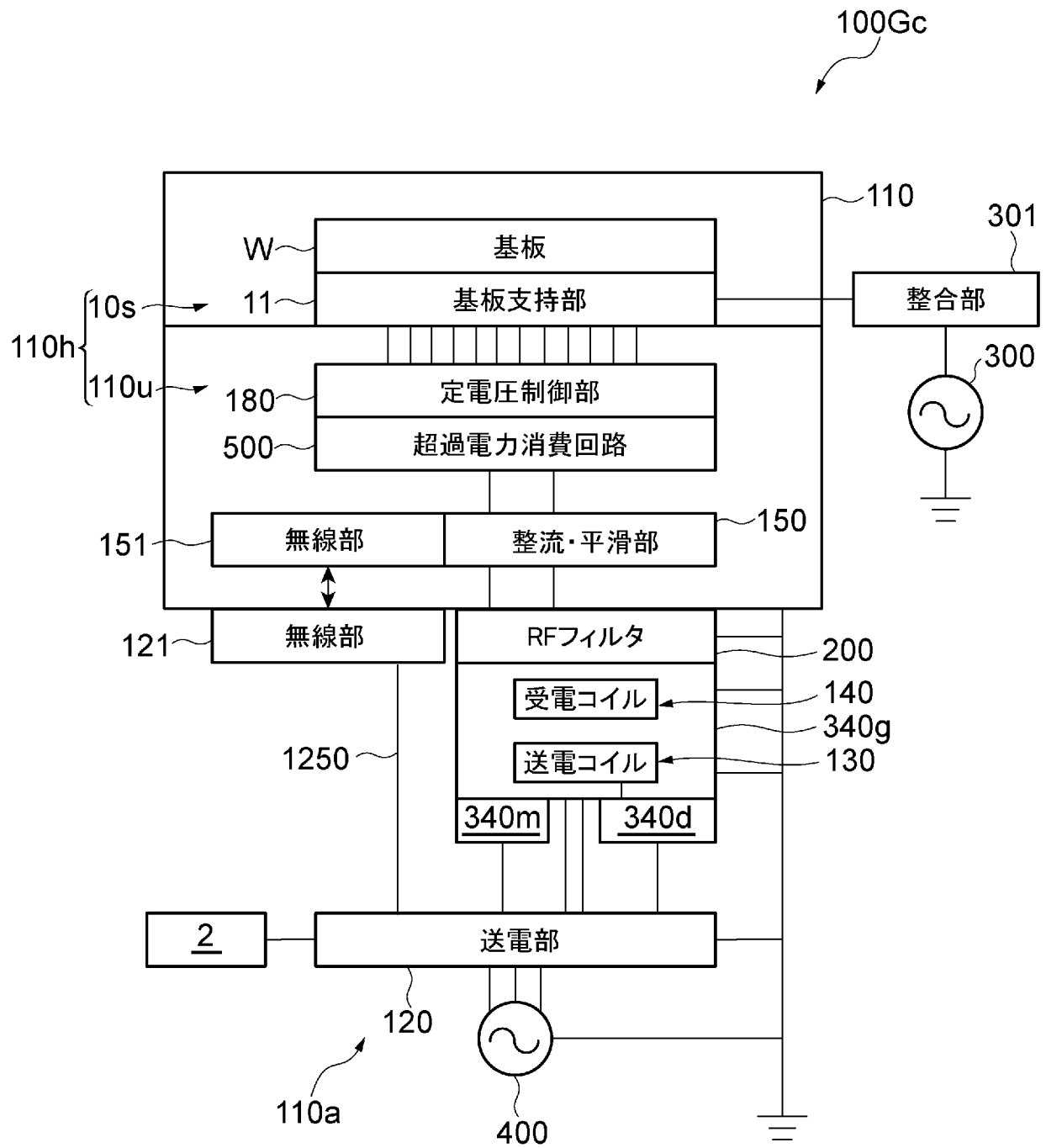
[図35]



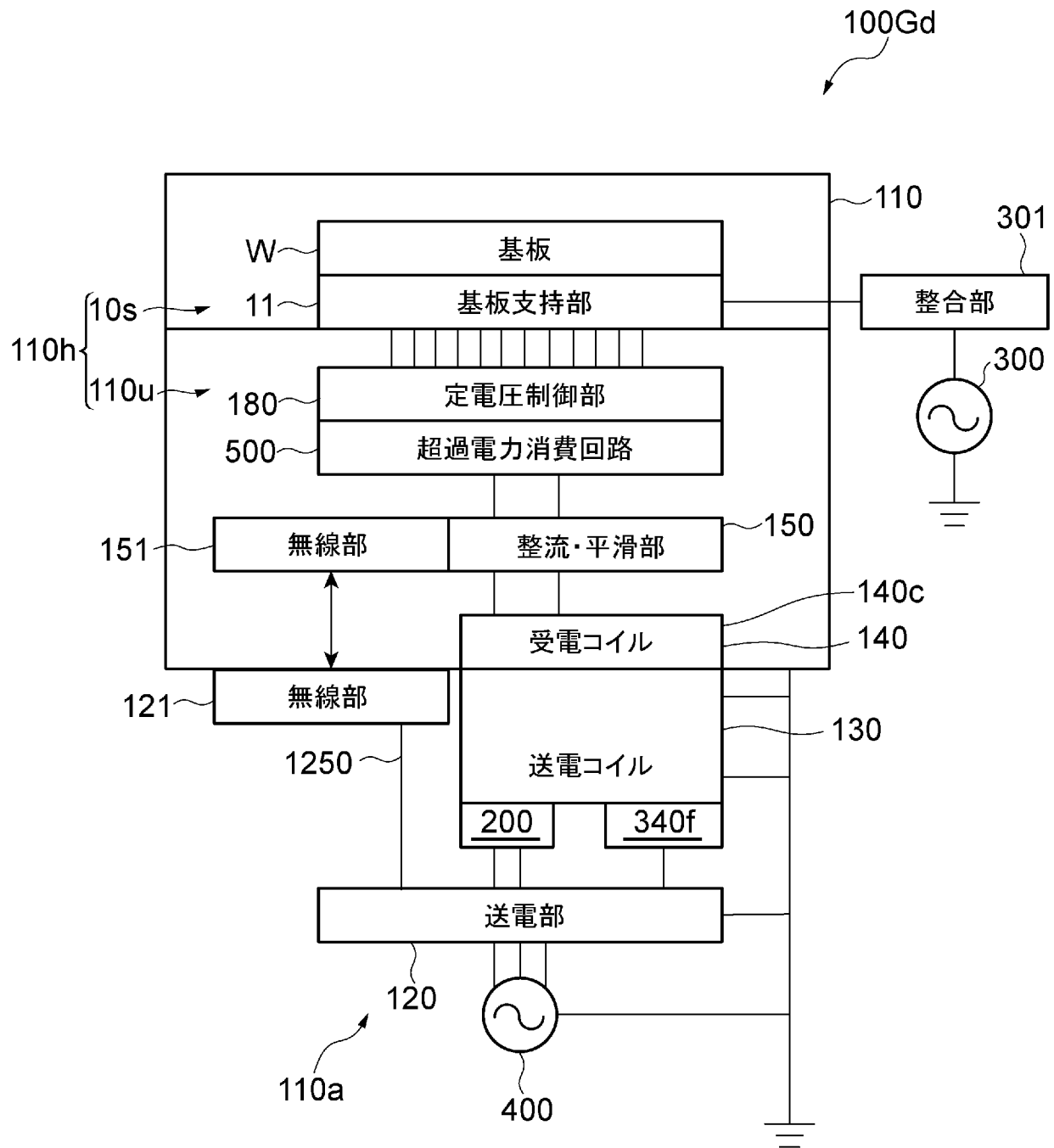
[図36]



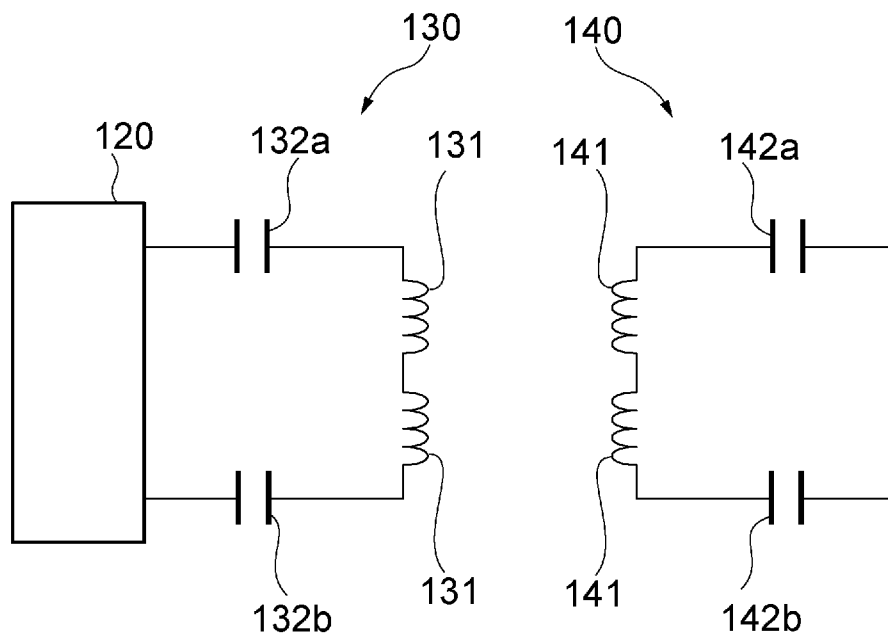
[図37]



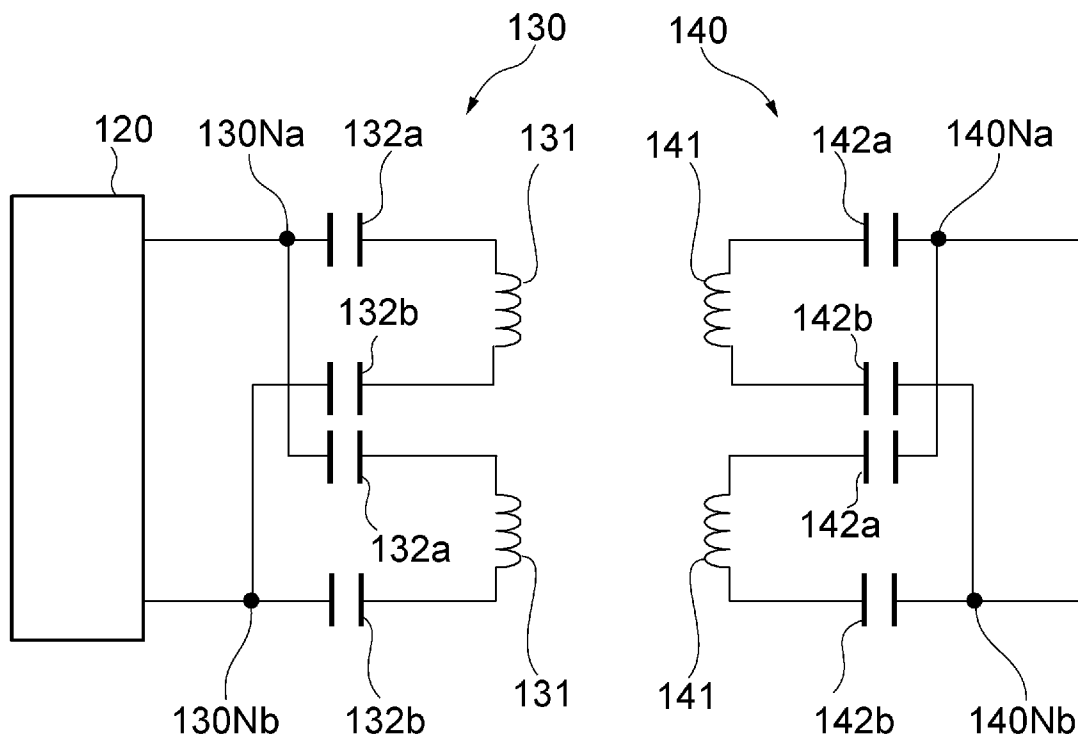
[図38]



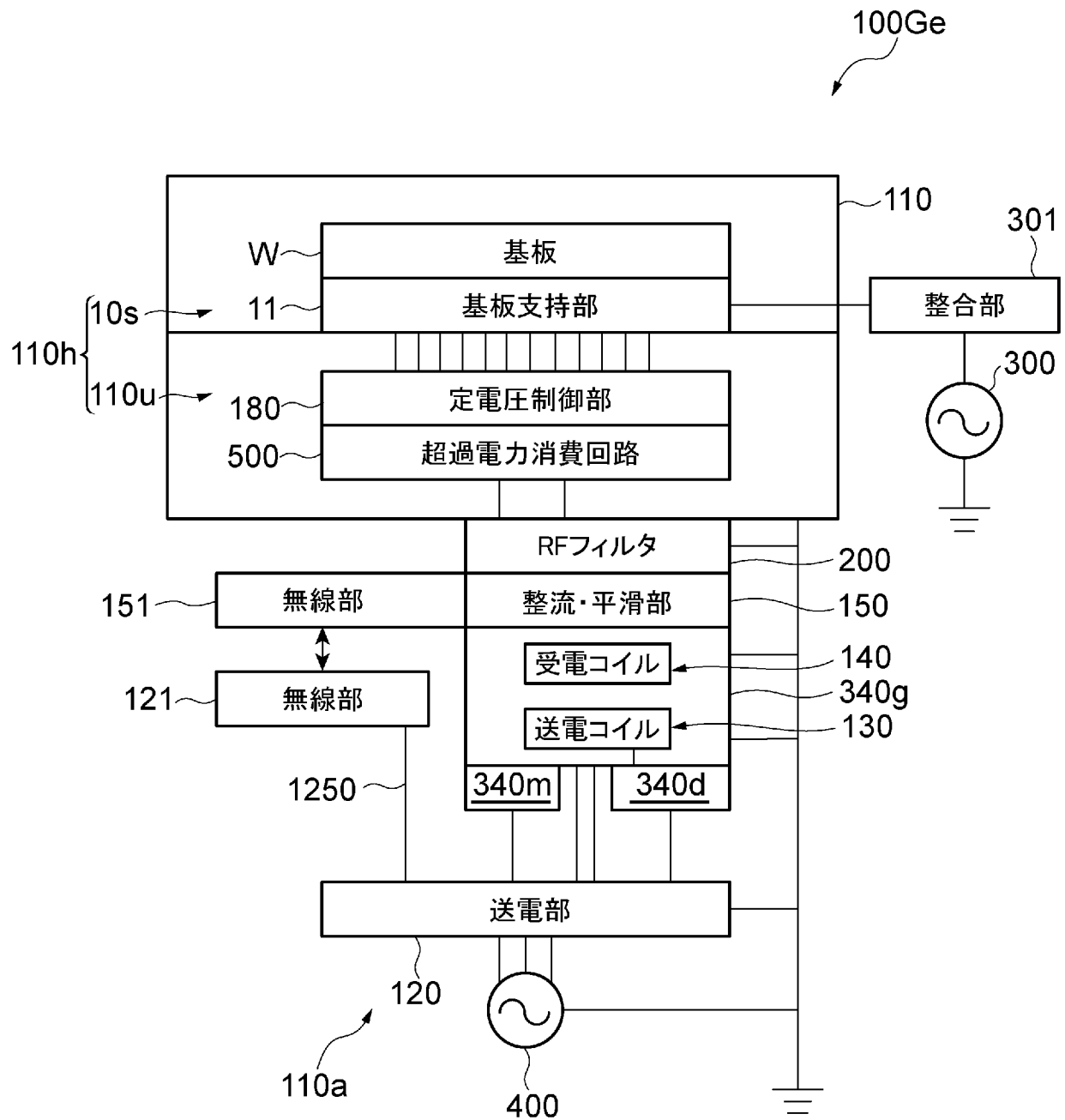
[図39]



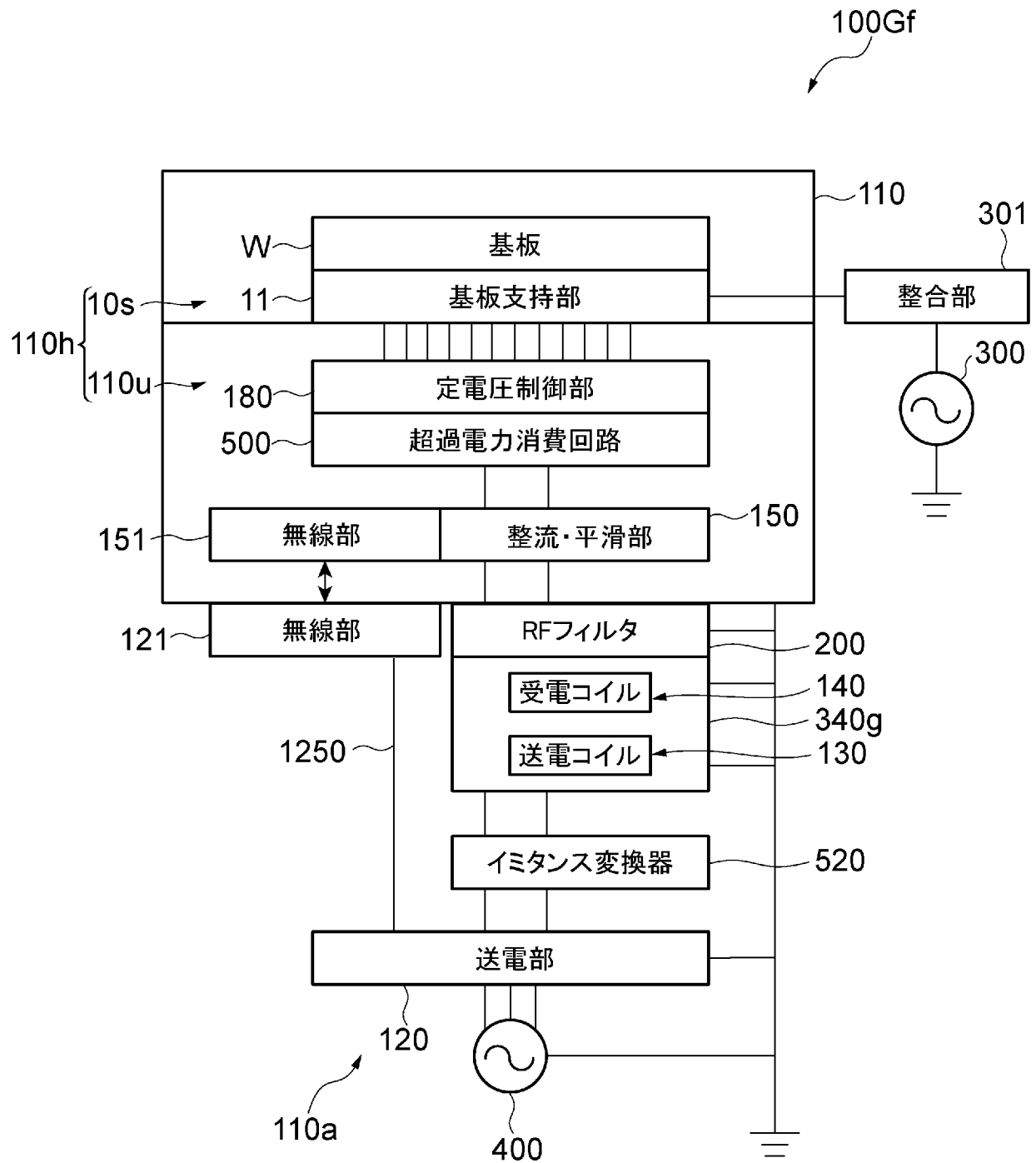
[図40]



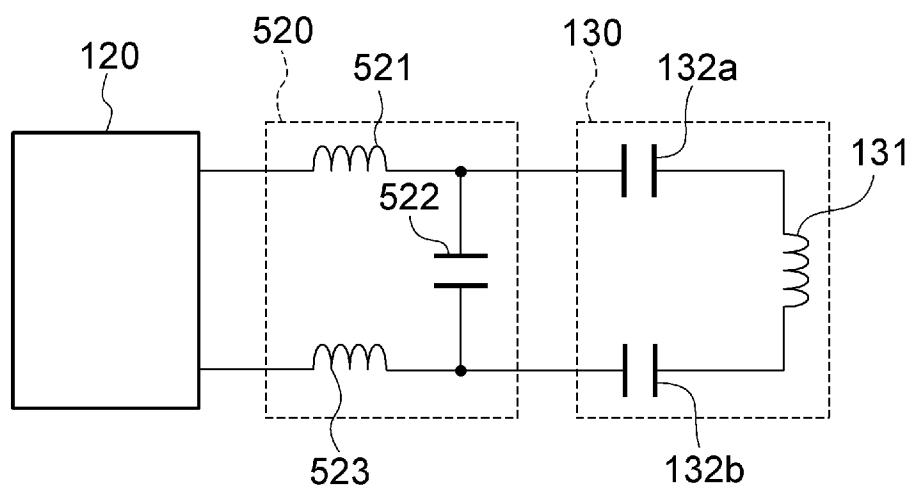
[図41]



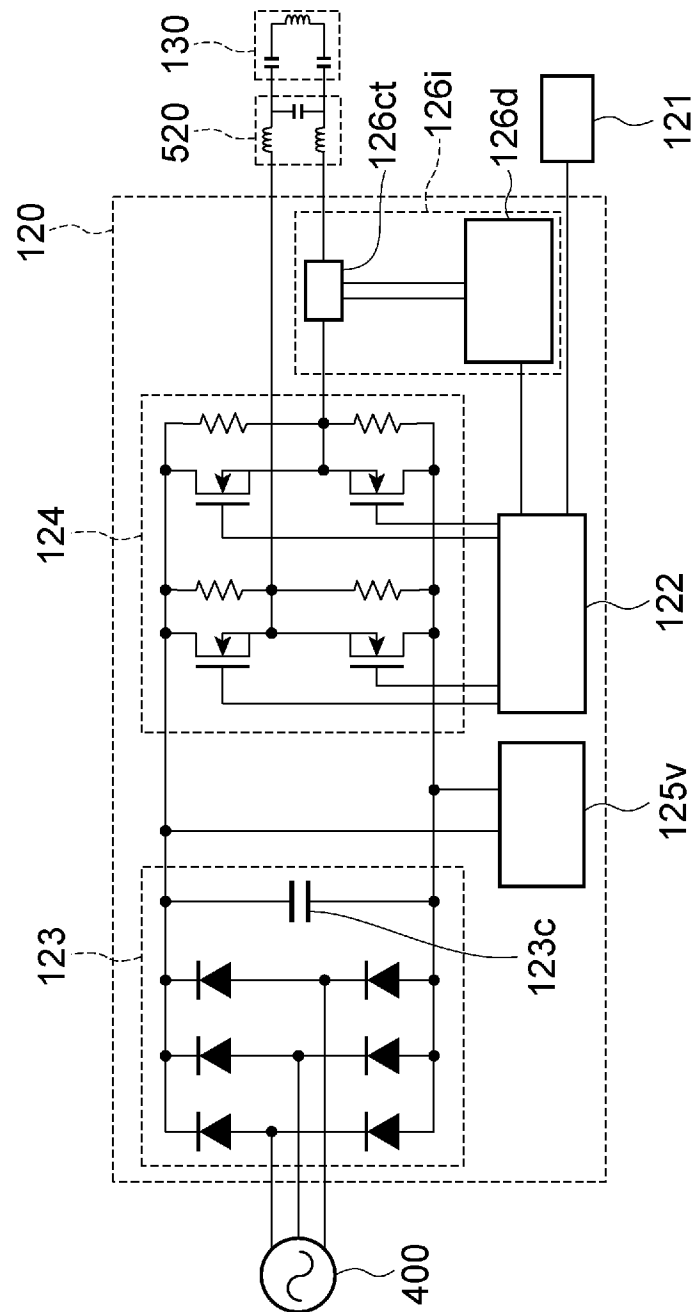
[図42]



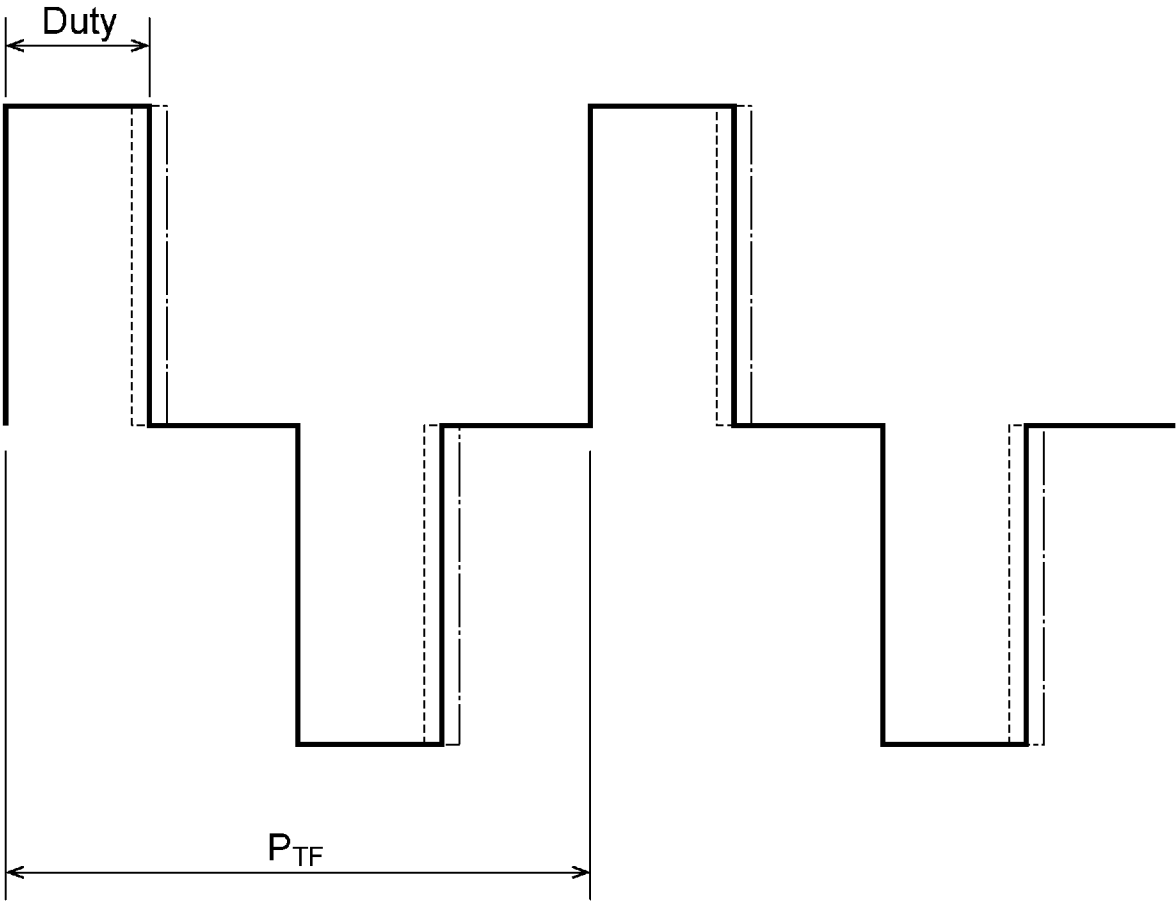
[図43]



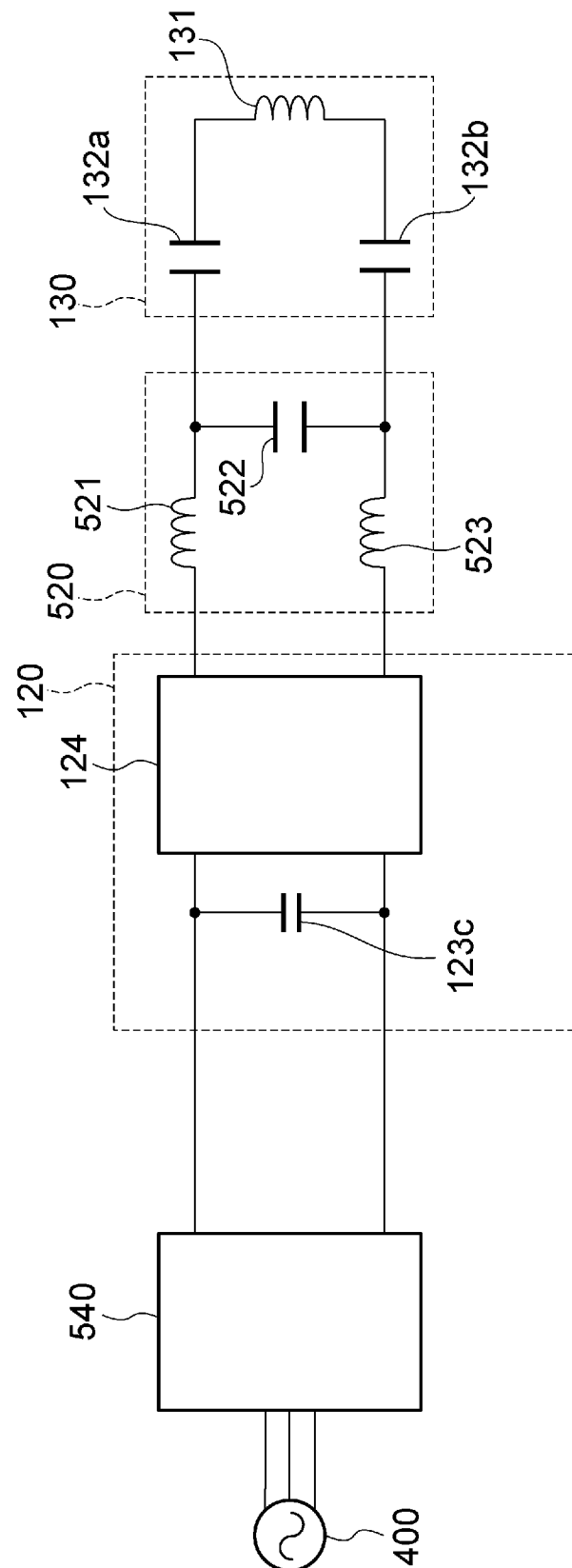
[図44]



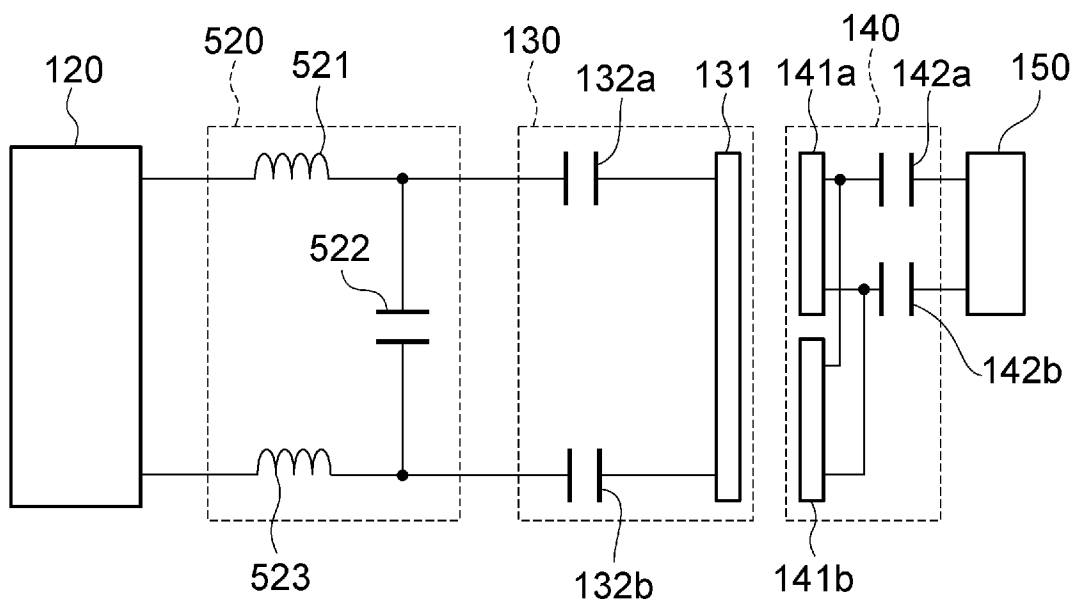
[図45]



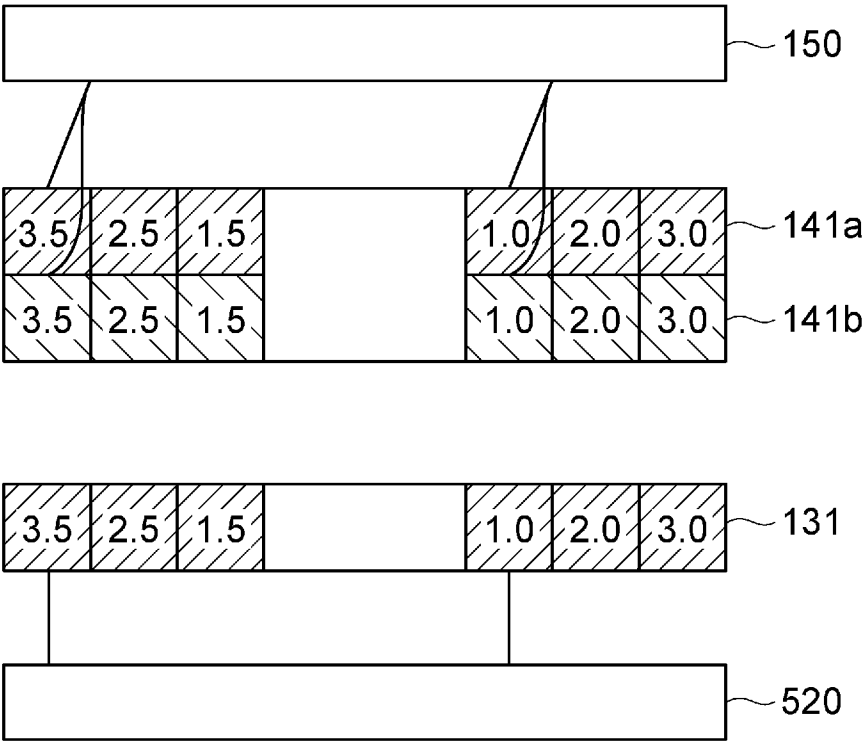
[図46]



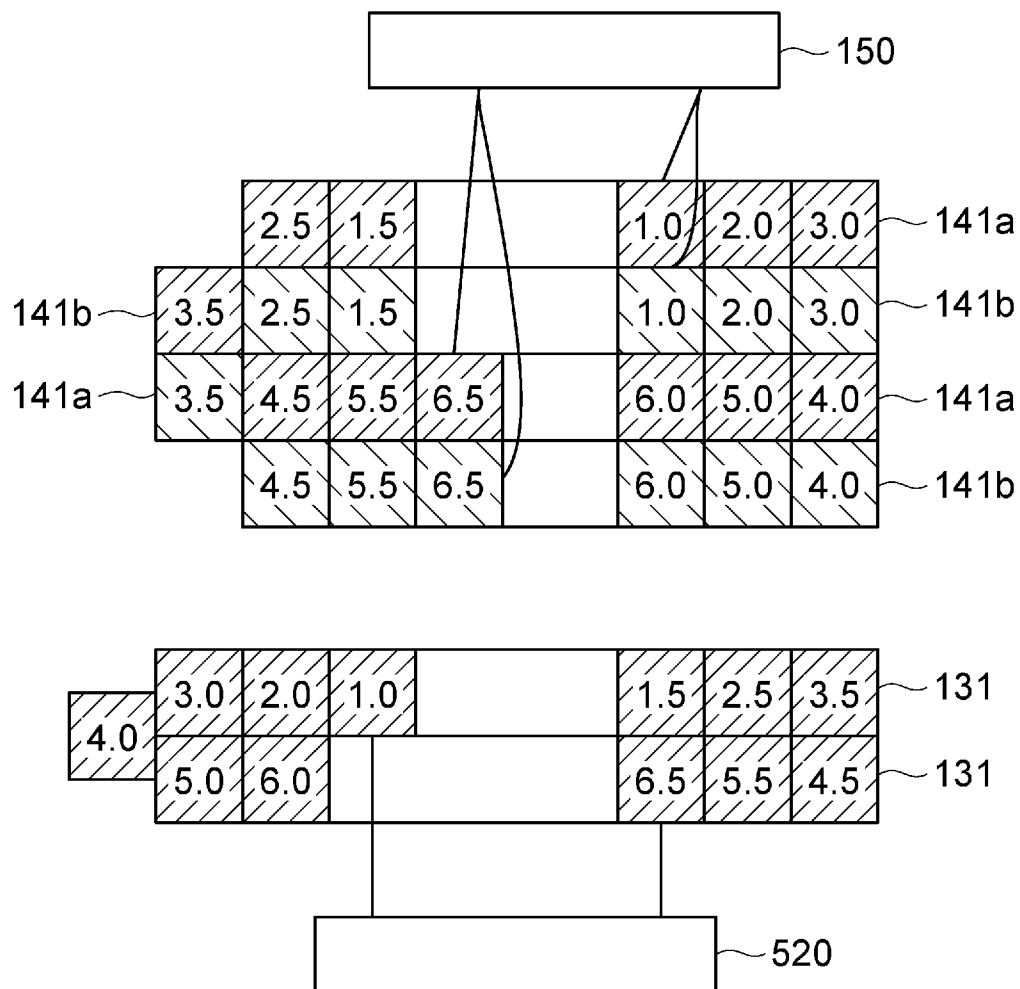
[図47]



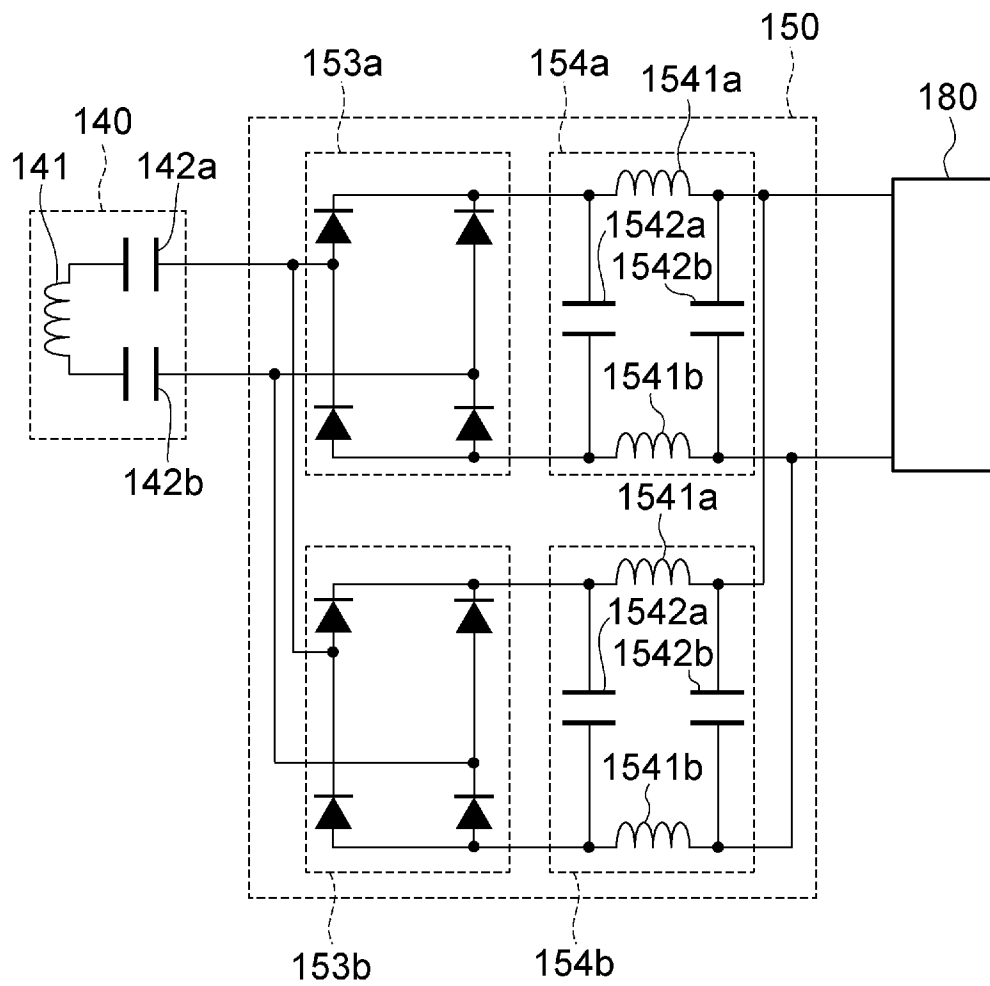
[図48]



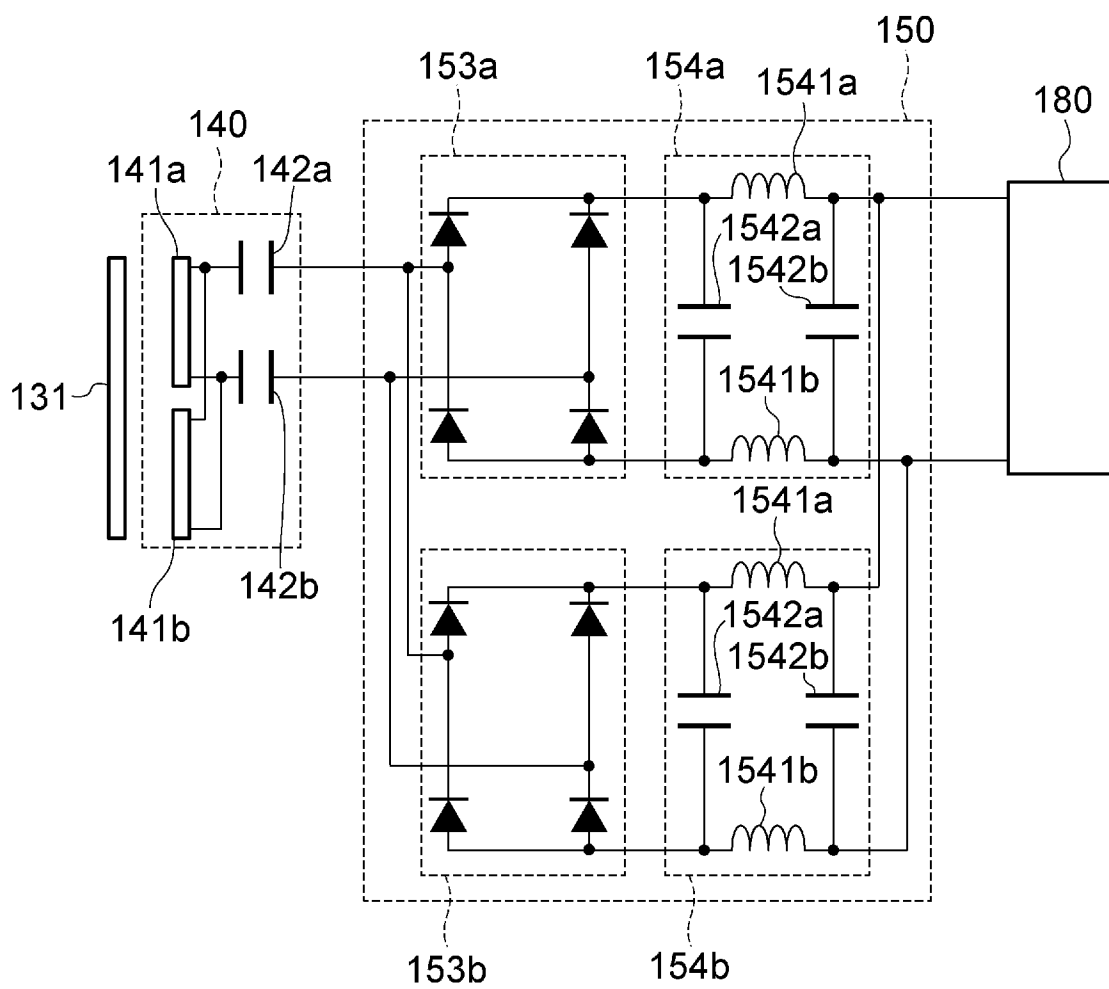
[図49]



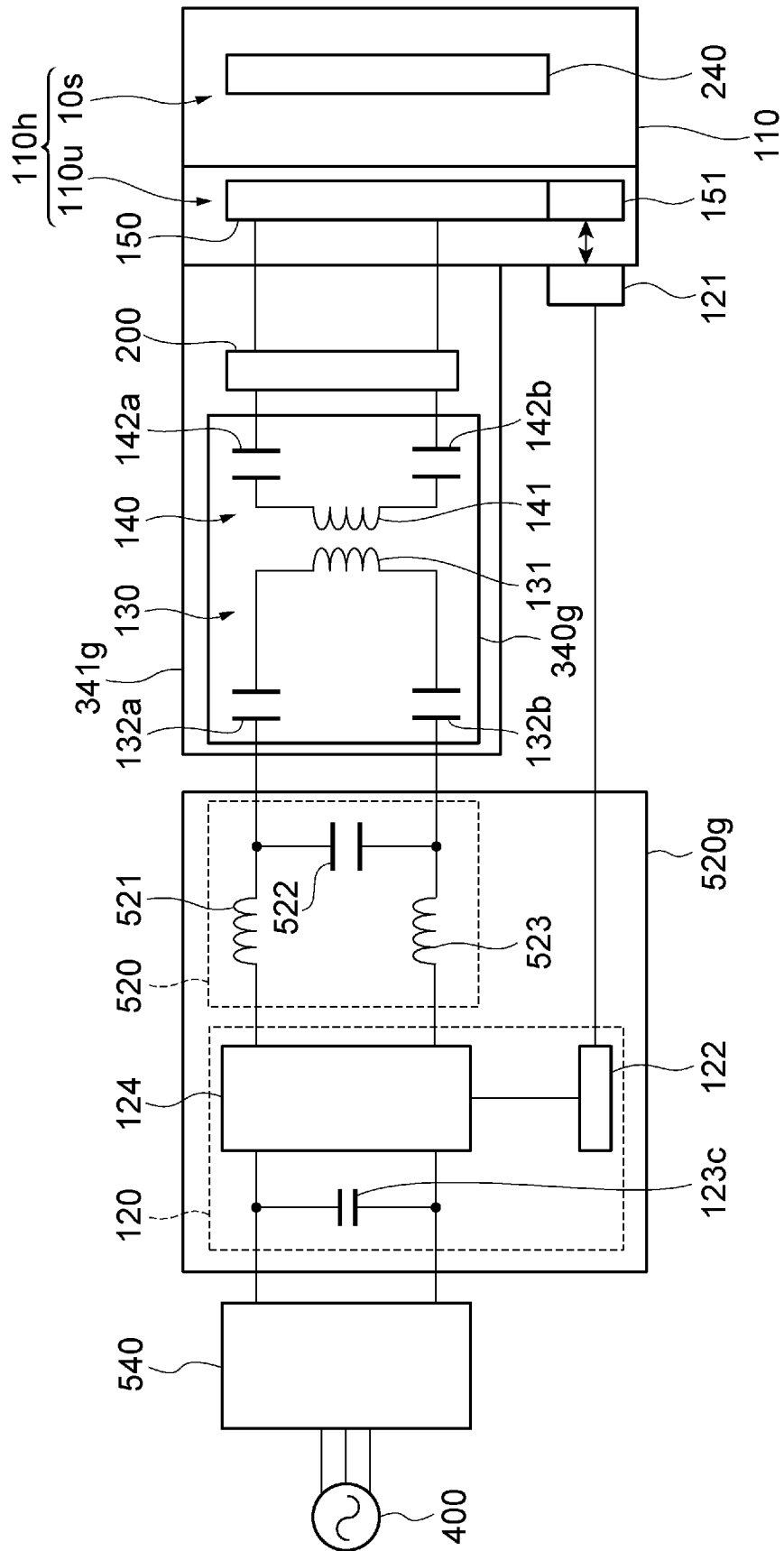
[図50]



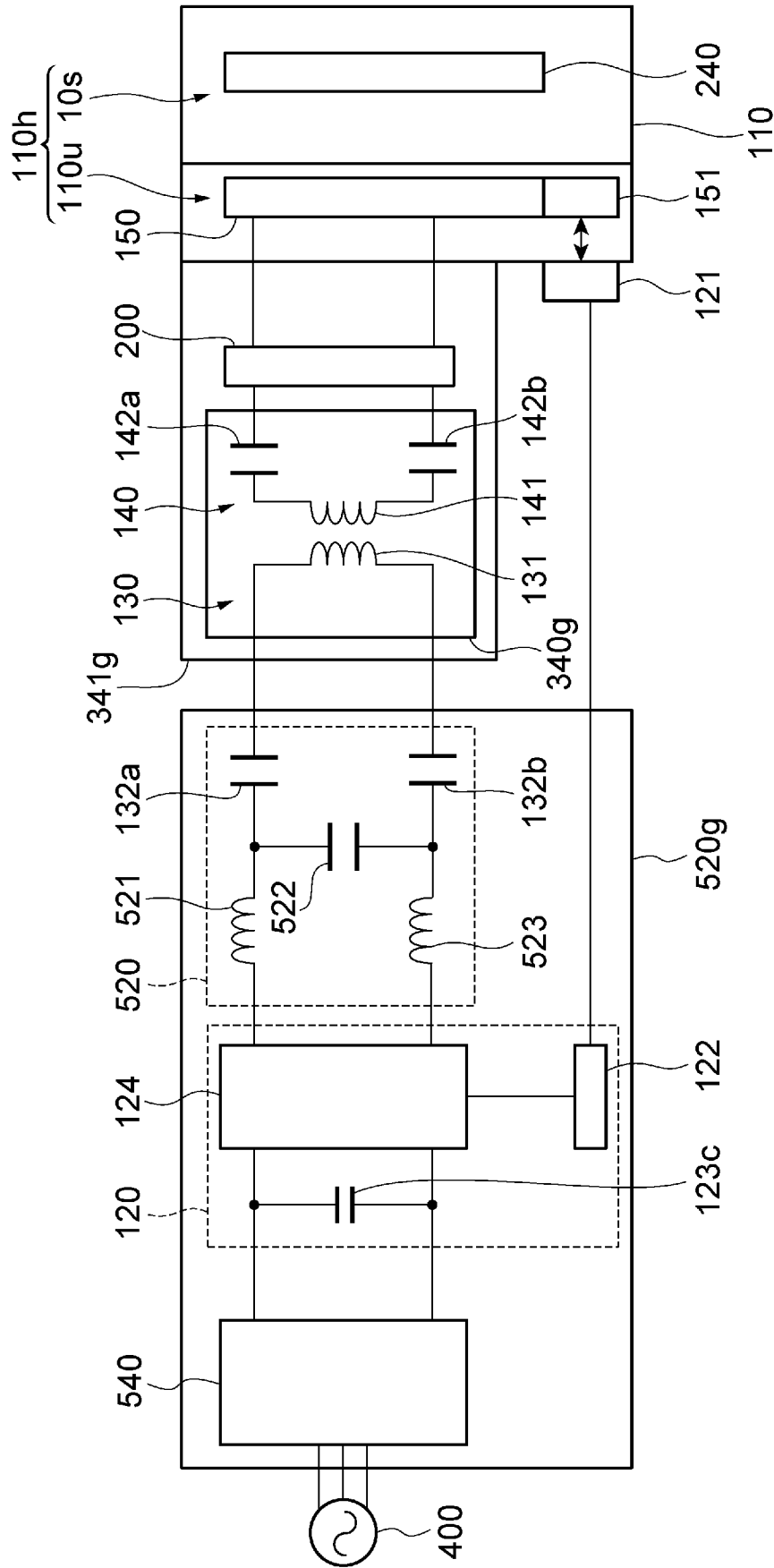
[図51]



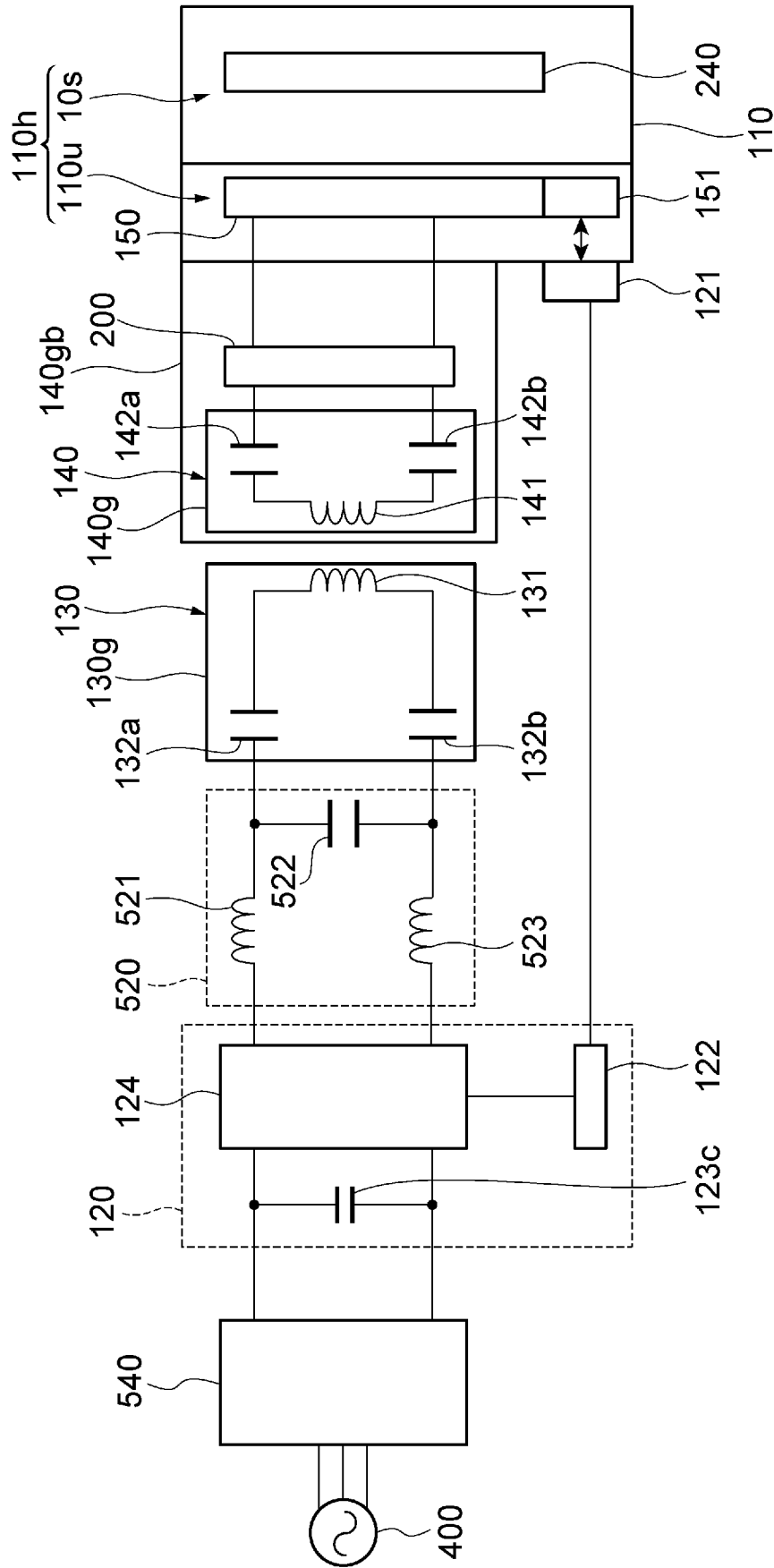
[図54]



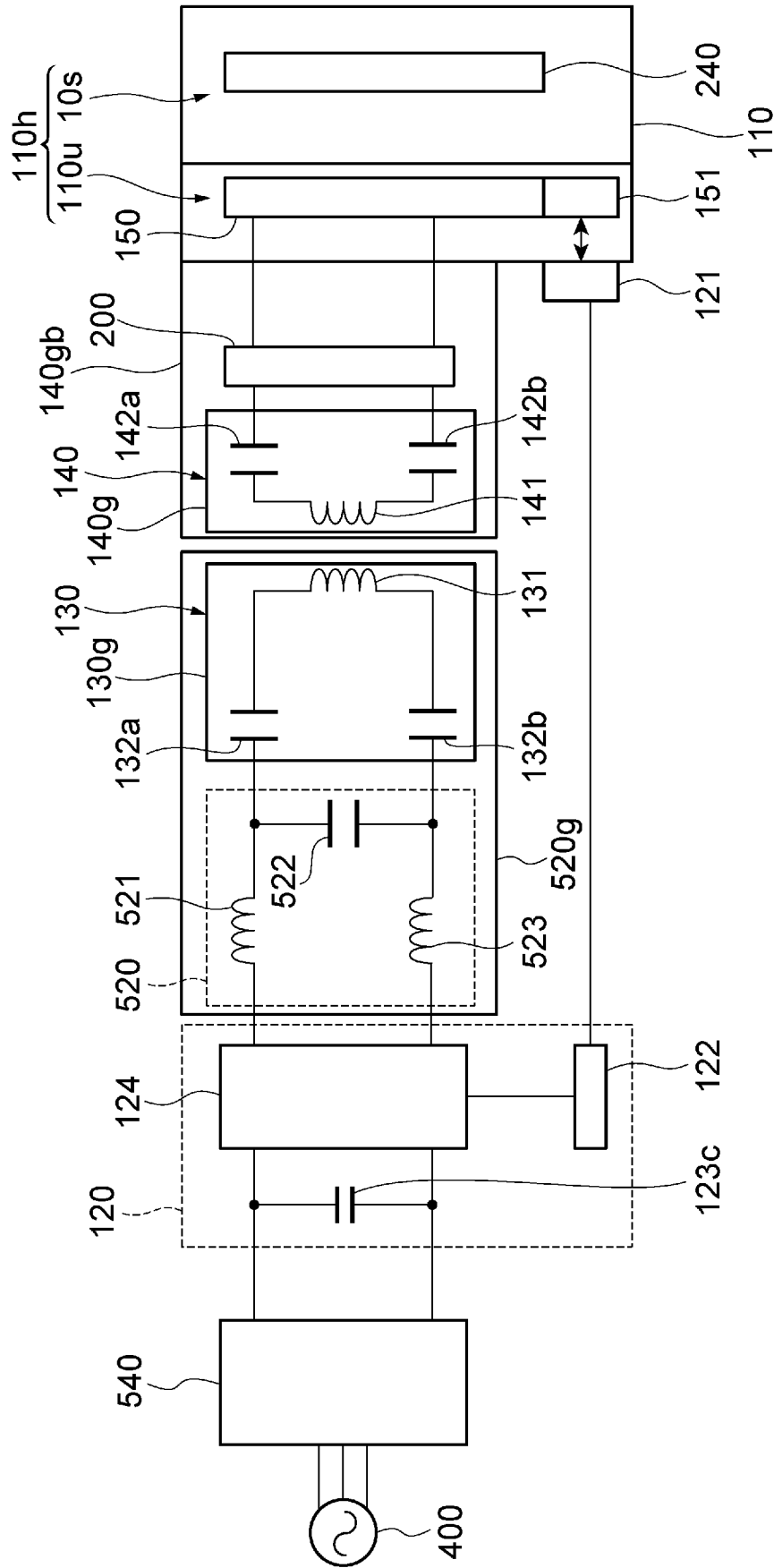
[図56]



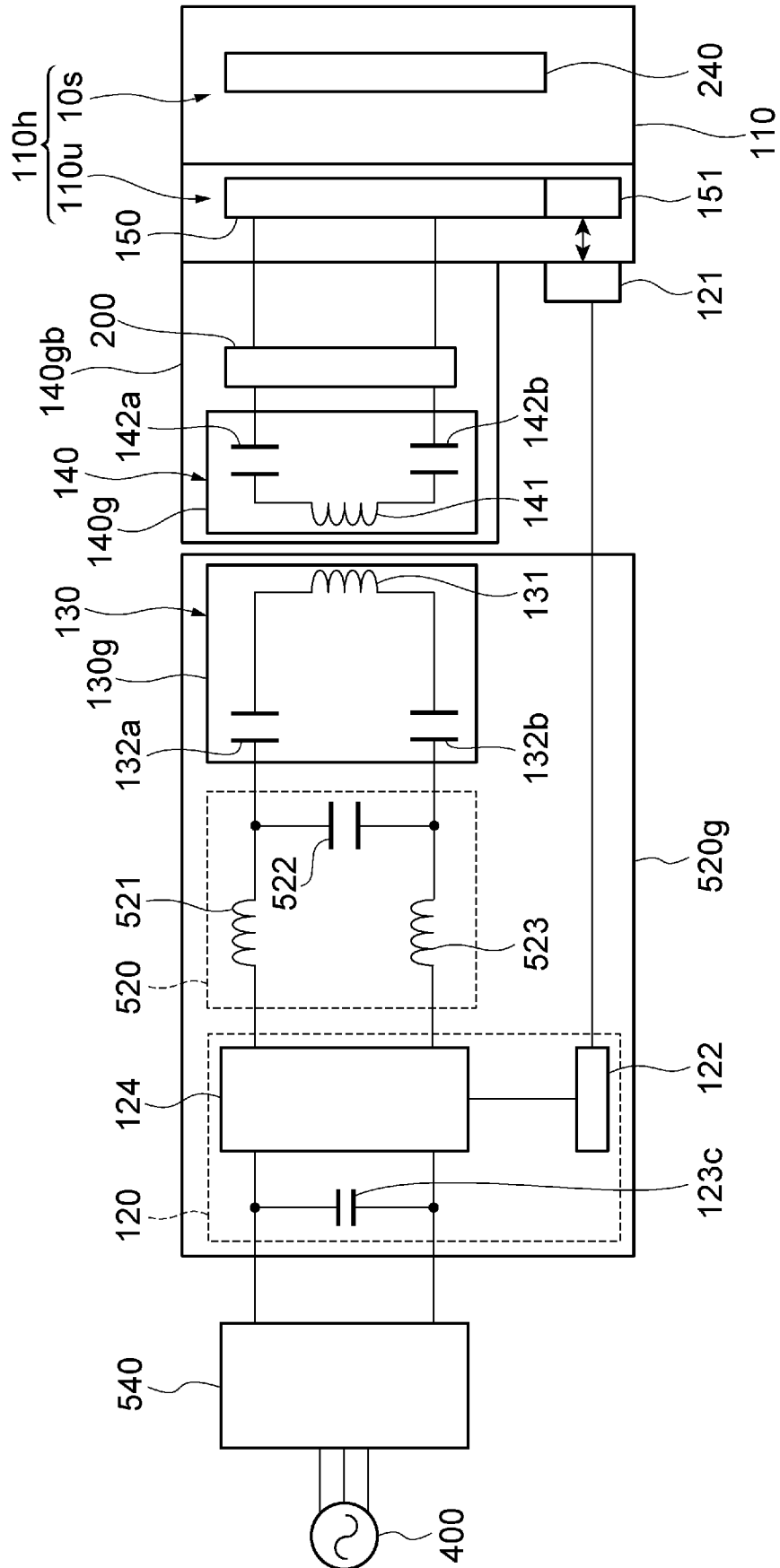
[図62]



[図63]



[図64]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/034100

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02J 50/10**(2016.01)i; **H05H 1/46**(2006.01)i

FI: H05H1/46 M; H02J50/10

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)

H05H1/46; H02J50/10; H01J37/32

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	JP 2017-93175 A (DAIHEN CORP) 25 May 2017 (2017-05-25) paragraphs [0041]-[0043], [0049]-[0051], fig. 1-2	1-2, 7-17
A		3-6
Y	JP 2016-15808 A (TOYOTA IND CORP) 28 January 2016 (2016-01-28) paragraphs [0024], [0034], fig. 1	7-17
Y	WO 2013/136753 A1 (PANASONIC CORPORATION) 19 September 2013 (2013-09-19) paragraphs [0071]-[0073], fig. 4-5	9-10, 16-17
A	JP 2021-64770 A (TOKYO ELECTRON LTD) 22 April 2021 (2021-04-22) entire text, all drawings	1-17
A	KR 10-2021-0154579 A (IUCF-HYU (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY)) 21 December 2021 (2021-12-21) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2007-537688 A (SPLASHPower LIMITED) 20 December 2007 (2007-12-20) paragraph [0103], fig. 4	4-6

☒ 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

14 November 2023

Date of mailing of the international search report

05 December 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/034100

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, Y	WO 2023/085314 A1 (TOKYO ELECTRON LTD) 19 May 2023 (2023-05-19) paragraphs [0028]-[0029], [0051]	1-2, 7-17
P, A		3-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/034100

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2017-93175	A	25 May 2017	(Family: none)	
JP	2016-15808	A	28 January 2016	(Family: none)	
WO	2013/136753	A1	19 September 2013	US 2014/0354073	A1
				paragraphs [0081]-[0082], fig. 4-5	
				EP 2827486	A1
JP	2021-64770	A	22 April 2021	US 2021/0118706	A1
				whole document	
				CN 112687607	A
				KR 10-2021-0045926	A
KR	10-2021-0154579	A	21 December 2021	(Family: none)	
JP	2007-537688	A	20 December 2007	US 2007/0228833	A1
				paragraph [0128], fig. 4	
				US 2009/0322158	A1
				US 2012/0068536	A1
				US 2014/0001877	A1
				US 2016/0241088	A1
				US 2018/0375389	A1
				GB 2414121	A
				WO 2005/109597	A1
				EP 1751834	A1
				EP 2148404	A2
				EP 2372863	A2
				EP 2375532	A2
				CN 1954472	A
				CN 101414765	A
				CN 101488676	A
				CN 101488677	A
				KR 10-2010-0054885	A
				KR 10-2012-0138829	A
				KR 10-2007-0017530	A
				JP 2011-30422	A
WO	2023/085314	A1	19 May 2023	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02J 50/10(2016.01)i; H05H 1/46(2006.01)i FI: H05H1/46 M; H02J50/10		
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）） H05H1/46; H02J50/10; H01J37/32		
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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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	JP 2017-93175 A（株式会社ダイヘン）25.05.2017（2017-05-25） [0041] - [0043], [0049] - [0051], 図1-2	1-2, 7-17
A		3-6
Y	JP 2016-15808 A（株式会社豊田自動織機）28.01.2016（2016-01-28） [0024], [0034], 図1	7-17
Y	WO 2013/136753 A1（パナソニック株式会社）19.09.2013（2013-09-19） [0071] - [0073], 図4-5	9-10, 16-17
A	JP 2021-64770 A（東京エレクトロン株式会社）22.04.2021（2021-04-22） 全文, 全図	1-17
A	KR 10-2021-0154579 A（IUCF-HYU（INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY））21.12.2021（2021-12-21） 全文, 全図	1-17
A	JP 2007-537688 A（スブラッシュパワー リミテッド）20.12.2007（2007-12-20） [0103], 図4	4-6
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願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 14.11.2023		国際調査報告の発送日 05.12.2023
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） 鳥居 祐樹 2G 4070 電話番号 03-3581-1101 内線 3226

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
P, Y	WO 2023/085314 A1 (東京エレクトロン株式会社) 19.05.2023 (2023 - 05 - 19) [0 0 2 8] - [0 0 2 9] , [0 0 5 1]	1-2, 7-17
P, A		3-6

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/JP2023/034100

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2017-93175	A	25.05.2017	(ファミリーなし)	
JP	2016-15808	A	28.01.2016	(ファミリーなし)	
WO	2013/136753	A1	19.09.2013	US 2014/0354073 A1	
				[0081]-[0082], Figures 4-5	
				EP 2827486 A1	
JP	2021-64770	A	22.04.2021	US 2021/0118706 A1	
				whole document	
				CN 112687607 A	
				KR 10-2021-0045926 A	
KR	10-2021-0154579	A	21.12.2021	(ファミリーなし)	
JP	2007-537688	A	20.12.2007	US 2007/0228833 A1	
				[0128], Figure4	
				US 2009/0322158 A1	
				US 2012/0068536 A1	
				US 2014/0001877 A1	
				US 2016/0241088 A1	
				US 2018/0375389 A1	
				GB 2414121 A	
				WO 2005/109597 A1	
				EP 1751834 A1	
				EP 2148404 A2	
				EP 2372863 A2	
				EP 2375532 A2	
				CN 1954472 A	
				CN 101414765 A	
				CN 101488676 A	
				CN 101488677 A	
				KR 10-2010-0054885 A	
				KR 10-2012-0138829 A	
				KR 10-2007-0017530 A	
				JP 2011-30422 A	
WO	2023/085314	A1	19.05.2023	(ファミリーなし)	