

(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
2011年11月10日(10.11.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/138860 A1

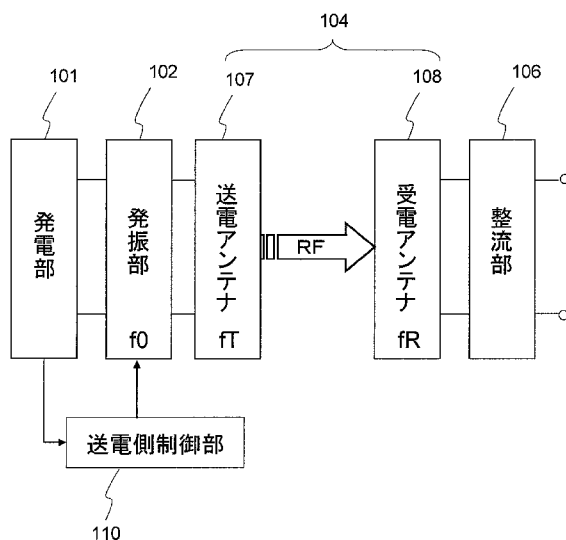
- (51) 国際特許分類:
H02J 17/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/002491
- (22) 国際出願日: 2011年4月27日(27.04.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
61/330,426 2010年5月3日(03.05.2010) US
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山本 浩司 (YAMAMOTO, Hiroshi). 菅野 浩 (KANNO, Hiroshi).
- (74) 代理人: 奥田 誠司 (OKUDA, Seiji); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目8番16号 大
- (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: POWER GENERATING APPARATUS, POWER GENERATING SYSTEM, AND WIRELESS POWER TRANSMITTING APPARATUS

(54) 発明の名称: 発電装置、発電システム、および無線電力伝送装置

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a power generating apparatus which is provided with: a power generating unit (101), which outputs direct-current energy; an oscillating unit (102), which converts the direct-current energy into RF energy at a frequency (f_0); a power transmitting antenna (107), which transmits the RF energy; a power receiving antenna (108), which receives at least a part of the RF energy transmitted from the power transmitting antenna (107); and a power transmission side control unit (110), which matches the input impedance of the power generating unit (101) with the output impedance of the oscillating unit (102) by changing the input impedance of the oscillating unit (102) corresponding to changes of the output impedance of the power generating unit (101). The power transmitting antenna (107) is a serial resonance circuit, and the power receiving antenna (108) is a parallel resonance circuit. The resonance frequency (f_T) of the power transmitting antenna (107) and the resonance frequency (f_R) of the power receiving antenna (108) are set equal to the frequency (f_0) of the RF energy.

(57) 要約:

[続葉有]

- 101 POWER GENERATING UNIT
- 102 OSCILLATING UNIT
- 107 POWER TRANSMITTING ANTENNA
- 108 POWER RECEIVING ANTENNA
- 106 RECTIFYING UNIT
- 110 POWER TRANSMISSION SIDE CONTROL UNIT

WO 2011/138860 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

発電装置は、直流エネルギーを出力する発電部 101 と、直流エネルギーを周波数 f_0 の RF エネルギーに変換する発振部 102 と、RF エネルギーを送出する送電アンテナ 107 と、送電アンテナ 107 によって送出された RF エネルギーの少なくとも一部を受け取る受電アンテナ 108 と、発電部 101 の出力インピーダンスの変動に応じて発振部 102 の入力インピーダンスを変化させることによって発電部 101 の入力インピーダンスを発振部 102 の出力インピーダンスに整合させる送電側制御部 110 とを備えている。送電アンテナ 107 は、直列共振回路であり、受電アンテナ 108 は、並列共振回路である。送電アンテナ 107 の共振周波数 f_T および受電アンテナ 108 の共振周波数 f_R は、いずれも、RF エネルギーの周波数 f_0 に等しく設定されている。

明 細 書

発明の名称：発電装置、発電システム、および無線電力伝送装置 技術分野

[0001] 本発明は、空間を介してエネルギー供給を行う発電装置、発電システム、および無線電力伝送装置に関する。

背景技術

[0002] 天然資源の枯渇や地球温暖化対策の観点から、二酸化炭素を排出しない太陽光発電に対する関心がますます高まりつつある。近年、多数の太陽光発電素子（太陽電池：以下、簡単に「セル」と称する場合がある）を大面積のエリアに敷設し、大電力を発生させる工場も現実になりつつある。家庭用の太陽光発電装置も、これまでは、建物の屋根などへ敷設することが主であったが、建物の壁面に配置することも検討されるようになってきた。

[0003] 一般の太陽光発電システムでは、多数のセルを金属枠内に配列し、セル間を相互接続した「太陽電池モジュール」が使用される。太陽電池モジュール（以下、簡単に「モジュール」と称する場合がある）の前面にはガラス板が設けられ、各セルは大気からシールされた状態で動作する。このような太陽電池モジュールを敷設することにより、太陽光発電システムを構築することができる。

[0004] このような太陽光発電システムを導入する上で、セルおよびモジュールの製造コストが高いということが障壁になっている。また、セルやモジュールを敷設してシステムを構成するコストが高いということも導入障壁として無視できない。敷設作業が高所になるほど、危険かつ高コストとなるため、太陽光発電システムの更なる普及に対して深刻な課題となっている。また、新築ではない建物に太陽光発電システムを導入する場合は、屋外に敷設した太陽光発電部と建物内部の電子機器とを接続するための配線工事を施すことが困難であり、このことも、普及に対する大きな課題となっている。

[0005] 後述するように、個々のセルの出力電圧が低いため、従来の太陽光発電シ

ステムでは、電子機器の動作に必要な電圧を得るためには、多数の太陽電池セルを接続する必要があり、多数の接続箇所における信頼性の低下がシステム全体の長期信頼性を低下させる大きな要因ともなっている。また、長期動作中に劣化したモジュールや接続配線を交換する場合も、高所での作業を要するため、維持コストが高いという問題もある。

[0006] 従来の太陽光発電装置の一例として、屋外から壁材を介して屋内へ無線でエネルギーを供給する電力システムが提案されている（例えば、特許文献1参照）。この電力供給システムでは、壁を介したRF（高周波）エネルギーの伝送を電磁誘導方式によって実現している。

[0007] 一方、固体高分子形などの燃料電池を利用した発電システムも普及が広がりにつつある。このような発電システムにおいても、個々のセルの出力電圧は比較的低く、高電圧を得るためには多数のセルを直列接続する必要がある。このため、太陽光発電デバイスと同様、多数の接続箇所における信頼性の低下がシステム全体の長期信頼性を低下させる要因となる。

[0008] 特許文献2は、2つの共振器の間で空間を介してエネルギーを伝送する新しい無線エネルギー伝送装置を開示している。この無線エネルギー伝送装置では、共振器の周辺の空間に生じる共振周波数の振動エネルギーのしみ出し（エバネッセント・テール）を介して2つの共振器を結合することにより、振動エネルギーを無線（非接触）で伝送する。共振器として磁界分布を利用するエネルギー伝送方式のことを以下、磁気共振方式と呼ぶ。

[0009] 磁気共振方式による無線電力伝送は、従来の電磁誘導方式と比較して、伝送距離の飛躍的な拡大を可能とする。すなわち、共振器間の結合 k が各共振器の減衰定数 Γ_1 、 Γ_2 の積の $1/2$ 乗と比較して大きい場合、良好なエネルギー伝送が可能であるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開2006-136045号公報（第5の実施形態、図16）

特許文献2：米国特許出願公開第2008/0278264号明細書（図6、

図 1 1)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 特許文献 1 に記載されている電力伝送システムでは、個々のセルから出力される電圧が低いという太陽光発電デバイスに固有の課題を解決することができない。太陽光発電分野において、現在、エネルギー変換効率が高いということから広く使用されている結晶シリコン系の 1 個の太陽電池（セル）の出力電圧 V_c は 0.5 V 程度であり、極めて低い。例えば、太陽光発電部からの直流出力を交流に変換する場合、一般の変換回路（パワーコンディショナ）の動作効率は、300 V d c 程度の入力電圧に対して最大化される。このため、高効率での変換を実行するには、数百個ものセルを直列に接続することにより、太陽光発電部の出力電圧を 300 V 程度に高めることが必要になる。また、家庭内配電である单相 3 線（100 V あるいは 200 V）の系統に連系する場合、太陽光発電部の出力電圧をパワーコンディショナによって 200 倍以上に昇圧する必要がある。しかしながら、昇圧時における電力効率の低下を考慮すると、やはり多数のセルを直列に接続して太陽光発電部の出力電圧をできるだけ高めることが求められる。

[0012] なお、太陽光発電システム内で直流から交流への変換を行わない場合でも、同様の問題が生じ得る。昨今注目を集めている直流給電システムなどで使用が検討されている電圧は、48 V d c、あるいは 300 ~ 400 V d c 程度である。このため、直流給電システムでも、やはり数十から数百個のセルを直列に接続する必要がある。

[0013] 直列に接続されるセルやモジュールの個数が増大するほど、敷設領域の一部が日陰になった場合（パーシャルシェイディング）や、敷設されるセルやモジュールの一部で特性が劣化した場合に、システム全体の性能低下を招き易くなる。このような問題を回避するため、モジュール内にバイパスダイオードを導入することが一般的に行われる。しかし、モジュール内にバイパスダイオードを導入することは、発熱やコスト増などの問題を招くため、好ま

しくない。一方、昇圧機能を有する一般的なDC/DCコンバータを用いて昇圧を行う場合、直列に接続されたセルの個数を大幅に低減できるほどの高い昇圧比を高効率に実現することは困難である。

[0014] 一方、磁気共振方式による無線電力伝送を行う場合、受電アンテナの出力端子が負荷へと接続された状態において、発振器から出力されるRFエネルギーの出カインピーダンス Z_{oc} と、送電アンテナの入カインピーダンス Z_{in} とを、ほぼ等しくすることが好ましい。また、発振器を送電アンテナへ接続した状態において、受電アンテナの出カインピーダンス Z_{out} と、受電アンテナに接続される負荷の抵抗値 R とをほぼ等しくすることが好ましい。これらの条件は、回路ブロック間でのRFエネルギーの多重反射を抑制し、総合発電効率を高めるために有効な条件である。

[0015] しかしながら、太陽電池セルにおいては、照射する太陽光の強度やセルの温度などの環境条件によって出カインピーダンスが変化することがある。このため、固定の負荷を太陽電池によって駆動するとき、照射する太陽光の強度やセルの温度変化によってセルの出カインピーダンスと伝送路のインピーダンスとの間に不整合が生じる。その結果、電力の伝達効率が低下するという課題がある。

[0016] また、燃料電池による発電システムにおいても、発電部の環境条件によって出カインピーダンスが変動するという課題がある。例えば、注入する水素ガスの圧力やセルの温度の変動によって発電部の出カインピーダンスが変動することがある。このような環境変動のもとでは安定したエネルギー出力を維持することが困難である。

[0017] 本発明は、上記の課題を解決するものである。本発明は、発電部からの低い出力電圧を飛躍的に昇圧するとともに、太陽光照射状態や温度等の環境変動に対しても安定したエネルギー出力を維持できる発電装置、および発電システムを提供する。また、本発明によれば、無線で電力が伝送されるため、敷設作業や一部のセルやモジュールの取り替え作業を簡便にすることができる。

[0018] 本発明は、太陽光発電システムのみならず、固体高分子形などの燃料電池発電装置にも応用することができる。本発明によれば、発電スタックにおけるセル毎に低い出力電圧を飛躍的に昇圧できるとともに、入力する水素ガスの圧力や環境温度の変動に対して安定したエネルギー出力を維持することができる。また、一部のセルが故障した場合にセルの取り替え作業を簡便にすることができる。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明の発電装置は、直流エネルギーを出力する発電部と、前記直流エネルギーを周波数 f_0 の RF エネルギーに変換する発振部と、前記 RF エネルギーを送出する送電アンテナと、前記送電アンテナによって送出された前記 RF エネルギーの少なくとも一部を受け取る受電アンテナと、前記受電アンテナが受け取った前記 RF エネルギーを直流エネルギーに変換する整流部と、前記発電部の出力インピーダンスの変動に応じて前記発振部の入力インピーダンスを変化させることによって前記発振部の入力インピーダンスを前記発電部の出力インピーダンスに整合させる送電側制御部と、を備えている。前記送電アンテナは、直列共振回路であり、前記受電アンテナは、並列共振回路であり、前記送電アンテナの共振周波数 f_T および前記受電アンテナの共振周波数 f_R は、いずれも前記 RF エネルギーの周波数 f_0 に等しく設定されている。

[0020] 好ましい実施形態において、発電装置は、前記発電部の出力電流および出力電圧を計測する計測部を備え、前記計測部によって計測された前記出力電流および前記出力電圧から前記発電部の出力インピーダンスの値を検出する。

[0021] 好ましい実施形態において、発電装置は、前記発振部と前記送電アンテナとの間に設けられ、前記送電アンテナの入力インピーダンスを前記発振部の出力インピーダンスに整合させる発振部インピーダンス整合部を備え、前記送電側制御部は、前記発電部の出力インピーダンスの変動に応じて、前記発振部インピーダンス整合部の入力インピーダンスを変化させることにより、前記発振部インピーダンス整合部の入力インピーダンスを前記発振部の出力

インピーダンスに整合させる。

- [0022] 好ましい実施形態において、前記送電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの変動に応じて、前記送電アンテナの入カインピーダンスを変化させることにより、前記送電アンテナの入カインピーダンスを前記発振部インピーダンス整合部の出カインピーダンスに整合させる。
- [0023] 好ましい実施形態において、前記発振部は、入カインピーダンスの範囲が予め設定された複数の発振器を有し、前記送電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記複数の発振器のうちの1つを選択し、選択した前記発振器に電流が流れるようにすることによって前記発振部の入カインピーダンスを変化させる。
- [0024] 好ましい実施形態において、前記発振部インピーダンス整合部は、入カインピーダンスの範囲が予め設定された複数の整合回路を有し、前記送電側制御部は、前記発振部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記複数の整合回路のうちの1つを選択し、選択した前記整合回路に電流が流れるようにすることによって前記発振部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを変化させる。
- [0025] 好ましい実施形態において、前記発振部インピーダンス整合部は、複数の容量素子と複数のインダクタとを有し、前記送電側制御部は、前記発振部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記複数の容量素子および前記複数のインダクタのうちのいずれかを含む組み合わせを選択し、選択した組み合わせに含まれる前記容量素子および前記インダクタに電流が流れるようにすることによって前記発振部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを変化させる。
- [0026] 好ましい実施形態において、前記送電アンテナは、直列接続された複数のインダクタと、前記複数のインダクタに直列に接続された複数の容量素子とを有し、前記送電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記複数のインダクタのうちの少なくとも1つおよび前記複数の容量素子のうちの少なくとも1つを選択し、選択した少なくとも1つのインダク

タおよび選択した少なくとも1つの容量素子に電流が流れるようにすることにより、前記送電アンテナの入カインピーダンスを変化させる。

[0027] 好ましい実施形態において、前記送電アンテナは、互いに異なるインダクタンスをもつ並列配置された複数の第1インダクタと、前記複数の第1インダクタに近接して配置された第2インダクタとを有し、前記送電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記複数の第1インダクタのうちの1つを選択し、選択した前記第1インダクタに電流が流れるようにすることにより、前記送電アンテナの入カインピーダンスを変化させる。

[0028] 好ましい実施形態において、前記送電アンテナは、インダクタと、前記インダクタに直列に接続された複数の容量素子と、金属体または磁性体を含む可動部とを有し、前記送電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記インダクタと前記可動部との距離を変化させ、前記発電部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記複数の容量素子のうちの少なくとも1つを選択し、選択した少なくとも1つの容量素子に電流が流れるようにすることによって前記送電アンテナの入カインピーダンスを変化させる。

[0029] 好ましい実施形態において、前記送電アンテナは、互いに異なる入カインピーダンスを持つ複数の共振器を有し、前記送電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記複数の共振器の1つを選択し、選択した共振器に電流が流れるようにすることによって前記送電アンテナの入カインピーダンスを変化させる。

[0030] 好ましい実施形態において、発電装置は、前記受電アンテナと前記整流部との間に設けられ、前記整流部の入カインピーダンスを前記受電アンテナの出カインピーダンスに整合させる整流部インピーダンス整合部と、前記発電部の出カインピーダンスの変動に応じて、前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを変化させることにより、前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを前記受電アンテナの出カインピーダンスに整

合させる受電側制御部とを備える。

- [0031] 好ましい実施形態において、前記受電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの変動に応じて、前記整流部の入カインピーダンスを変化させることによって前記整流部の入カインピーダンスを前記整流部インピーダンス整合部の出カインピーダンスに整合させる。
- [0032] 好ましい実施形態において、前記受電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの変動に応じて、前記受電アンテナの出カインピーダンスを変化させることによって前記受電アンテナの出カインピーダンスを前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスに整合させる。
- [0033] 好ましい実施形態において、前記発電部の環境変数を計測する環境条件センシング部を備え、前記受電側制御部は、前記環境条件センシング部によって計測された前記環境変数の変動に応じて、前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを変化させることによって前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを前記受電アンテナの出カインピーダンスに整合させる。
- [0034] 好ましい実施形態において、前記受電側制御部は、前記環境条件センシング部によって計測された前記環境変数の変動に応じて、前記整流部の入カインピーダンスを変化させることによって前記整流部の入カインピーダンスを前記整流部インピーダンス整合部の出カインピーダンスに整合させる。
- [0035] 好ましい実施形態において、前記受電側制御部は、前記環境条件センシング部によって計測された前記環境変数の変動に応じて、前記受電アンテナの出カインピーダンスを変化させることにより、前記受電アンテナの出カインピーダンスを前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスに整合させる。
- [0036] 好ましい実施形態において、前記整流部インピーダンス整合部は、入カインピーダンスの範囲が予め設定された複数の整合回路を有し、前記受電側制御部は、前記複数の整合回路のうちの1つの整合回路を選択し、選択した前記整合回路に電流が流れるようにすることによって前記整流部インピーダン

ス整合部の入力インピーダンスを変化させる。

- [0037] 好ましい実施形態において、前記整流部インピーダンス整合部は、複数の容量素子と複数のインダクタとを有し、前記受電側制御部は、前記複数の容量素子および前記複数のインダクタのうちのいずれかを含む組み合わせを選択し、選択した組み合わせに含まれる前記容量素子および前記インダクタに電流が流れるようにすることによって前記整流部インピーダンス整合部の入力インピーダンスを変化させる。
- [0038] 好ましい実施形態において、前記整流部は、入力インピーダンスの範囲が予め設定された複数の整流器を有し、前記受電側制御部は、前記複数の整流器のうちの1つの整流器を選択し、選択した前記整流器に電流が流れるようにすることによって前記整流部の入力インピーダンスを変化させる。
- [0039] 好ましい実施形態において、前記受電アンテナは、直列接続された複数のインダクタと、前記複数のインダクタに並列に接続された複数の容量素子とを有し、前記受電側制御部は、前記複数のインダクタのうちの少なくとも1つおよび前記複数の容量素子のうちの少なくとも1つを選択し、選択した少なくとも1つのインダクタおよび選択した少なくとも1つの容量素子に電流が流れるようにすることにより、前記受電アンテナの出力インピーダンスを変化させる。
- [0040] 好ましい実施形態において、前記受電アンテナは、互いに異なるインダクタンスを持つ並列配置された複数の第1インダクタと、前記複数の第1インダクタに近接して配置された第2インダクタとを有し、前記受電側制御部は、前記複数の第1インダクタのうちの1つを選択し、選択した前記第1インダクタに電流が流れるようにすることにより、前記受電アンテナの出力インピーダンスを変化させる。
- [0041] 好ましい実施形態において、前記受電アンテナは、インダクタと、前記インダクタに並列に接続された複数の容量素子と、金属体または磁性体を含む可動部とを有し、前記受電側制御部は、前記インダクタと前記可動部との距離を変化させ、前記複数の容量素子のうちの少なくとも1つを選択し、選択

した少なくとも1つの容量素子に電流が流れるようにすることによって前記受電アンテナの出カインピーダンスを変化させる。

[0042] 好ましい実施形態において、前記受電アンテナは、互いに異なる入カインピーダンスを持つ複数の共振器を有し、前記受電側制御部は、前記複数の共振器の1つを選択し、選択した共振器に電流が流れるようにすることによって前記受電アンテナの出カインピーダンスを変化させる。

[0043] 好ましい実施形態において、前記環境変数は、前記発電部における太陽光の放射照度を示す変数を含んでいる。

[0044] 好ましい実施形態において、前記環境変数は、前記発電部における温度を示す変数を含んでいる。

[0045] 好ましい実施形態において、前記環境条件センシング部によって計測された前記環境変数は、無線によって前記受電側制御部へ送信される。

[0046] 好ましい実施形態において、前記発電部は、太陽光発電部である。

[0047] 好ましい実施形態において、前記太陽光発電部は、結晶系シリコンを用いた太陽光発電部である。

[0048] 好ましい実施形態において、前記太陽光発電部および前記送電アンテナは建物の外側に設置され、前記受電アンテナは前記建物の内部に設置されている。

[0049] 好ましい実施形態において、前記太陽光発電部、前記送電アンテナ、および前記受電アンテナは建物の外に設置され、前記送電アンテナの少なくとも一部と前記受電アンテナの少なくとも一部とが対向するように配置されている。

[0050] 好ましい実施形態において、前記発電部の昇圧比を V_{oc} 、前記送電アンテナにおけるインダクタンスを L_1 、前記受電アンテナにおけるインダクタンスを L_2 、前記送電アンテナと前記受電アンテナとの結合係数を k とするとき、 $(L_2/L_1) \geq 4(k/V_{oc})^2$ を満足する。

[0051] 好ましい実施形態において、前記整流部の出力電圧は200~300Vの範囲内にある。

[0052] 本発明の発電システムは、複数の発電装置を備える発電システムであって、前記複数の発電装置に含まれる少なくとも2つの発電装置の出力側端子が並列に接続されており、前記少なくとも2つの発電装置は、本発明の上記いずれかの発電装置である、発電システム。

[0053] 本発明の無線電力伝送装置は、直流エネルギーを周波数 f_0 のRFエネルギーに変換する発振部と、前記RFエネルギーを送出する送電アンテナと、前記送電アンテナによって送出された前記RFエネルギーの少なくとも一部を受け取る受電アンテナと、前記受電アンテナが受け取った前記RFエネルギーを直流エネルギーに変換する整流部と、前記発電部の出力インピーダンスの変動に応じて前記発振部の入力インピーダンスを変化させることによって前記発振部の入力インピーダンスを前記発電部の出力インピーダンスに整合させる送電側制御部と、を備え、前記送電アンテナは、直列共振回路であり、前記受電アンテナは、並列共振回路であり、前記送電アンテナの共振周波数 f_T および前記受電アンテナの共振周波数 f_R は、いずれも前記RFエネルギーの周波数 f_0 に等しく設定されている。

発明の効果

[0054] 本発明の発電装置によれば、空間を介した非接触の無線エネルギー伝送を行うことができるため、例えば屋外に設置された発電部で発生させたエネルギーを建物内の電子機器に伝送することが可能になる。このため、発電装置の敷設コストを低減し、発電部の一部が劣化したときの交換作業を簡便化することが可能になる。

[0055] さらに、本発明によれば、発電デバイスの動作環境状態に応じて発電デバイスの出力インピーダンスと伝送路のインピーダンスとを整合させることができる。そのため、例えば太陽光の放射照度や温度等の変動による発電デバイス要素ごとの特性変動に起因する特性劣化が少なく、高効率で安定した発電装置を実現できる。また、本発明の発電装置を複数並列することにより、高効率で安定した発電システムを構築することができる。さらに、本発明の無線電力伝送装置によれば、入力された直流エネルギーを高効率かつ安定的に

伝送することができる。

図面の簡単な説明

- [0056] [図1]本発明による発電装置の構成を示す図である。
- [図2]本発明による発電装置の無線伝送部の等価回路を示す図である。
- [図3]本発明による発電装置の使用例を示す模式図である。
- [図4]本発明による他の発電装置の構成を示す図である。
- [図5]本発明による発電装置の第1の実施形態を示す図である。
- [図6]本発明による発電装置の第1の実施形態における送電アンテナおよび受電アンテナの構成を示す図である。
- [図7]本発明による発電装置の第1の実施形態における送電側制御部によるインピーダンス整合の概略を示す図である。
- [図8]本発明による発電装置の第1の実施形態における送電側のインピーダンス整合の処理の流れを示すフロー図である。
- [図9]本発明による発電装置の第1の実施形態における送電側制御部および発振部の構成を示す図である。
- [図10]本発明による発電装置の第1の実施形態における送電側制御部および発振部インピーダンス整合部の構成を示す図である。
- [図11]本発明による発電装置の第1の実施形態における送電側制御部および発振部インピーダンス整合部の他の構成を示す図である。
- [図12]本発明による発電装置の第1の実施形態における送電側制御部および送電アンテナの構成を示す図である。
- [図13] (a) は、本発明による発電装置の第1の実施形態における送電アンテナの第1の構成例を示す図であり、(b) は、本発明による発電装置の第1の実施形態における送電アンテナの第2の構成例を示す図であり、(c) は、本発明による発電装置の第1の実施形態における送電アンテナの第3の構成例を示す図であり、(d) は、本発明による発電装置の第1の実施形態における送電アンテナの第4の構成例を示す図である。
- [図14]本発明による発電装置の第1の実施形態における受電側制御部による

インピーダンス整合の概略を示す図である。

[図15]太陽光の放射照度ごとの発電部の出力電圧に対する出力インピーダンスの変動を示すグラフである。

[図16]本発明による発電装置の第1の実施形態における受電側のインピーダンス整合の処理の流れを示すフロー図である。

[図17]本発明による発電装置の第1の実施形態における受電側制御部および受電アンテナの構成を示す図である。

[図18] (a) は、本発明による発電装置の第1の実施形態における受電アンテナの第1の構成例を示す図であり、(b) は、本発明による発電装置の第1の実施形態における受電アンテナの第2の構成例を示す図であり、(c) は、本発明による発電装置の第1の実施形態における受電アンテナの第3の構成例を示す図であり、(d) は、本発明による発電装置の第1の実施形態における受電アンテナの第4の構成例を示す図である。

[図19]本発明による発電装置の第1の実施形態における受電側制御部および整流部インピーダンス整合部の構成を示す図である。

[図20]本発明による発電装置の第1の実施形態における受電側制御部および整流部インピーダンス整合部の他の構成を示す図である。

[図21]本発明による発電装置の第1の実施形態における受電側制御部および整流部の構成を示す図である。

[図22]本発明による発電システムの実施形態を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0057] 本発明による発電装置、発電システム、および無線電力伝送装置の好ましい実施形態を説明する前に、まず、図1から図4を参照しながら、本発明の基本構成を簡単に説明する。

[0058] 図1は、本発明による発電装置の基本構成を示している。この例の発電装置は、直流エネルギーを出力する発電部101と、発振周波数 f_0 の高周波(RF)エネルギーを出力する発振部102と、共振周波数 f_T の送電アンテナ107と、共振周波数 f_R の受電アンテナ108と、RFエネルギーを直流エ

エネルギーに変換する整流部106とを備えている。発電装置は、さらに、発振部102の入カインピーダンスを発電部101の出カインピーダンスに整合させる送電側制御部110を備えている。共振周波数 f_T および共振周波数 f_R は、いずれも、周波数 f_0 に等しく設定されている。周波数 f_0 は、例えば50Hz~300GHz、より好ましくは100kHz~10GHz、さらに好ましくは500kHz~20MHzに設定される。

[0059] 発振部102は、発電部101から出力された直流エネルギー（電力）を受け取り、この直流エネルギーを周波数 f_0 のRFエネルギーに変換する（DC-RF変換）。発振部102から出力されたRFエネルギーは、発振部102に接続された送電アンテナ107に入力される。共振周波数が等しくなるように設計された送電アンテナ107および受電アンテナ108は、互いの共振器が形成する共振磁界によって結合される。これによって受電アンテナ108は、送電アンテナ107によって送出されたRFエネルギーの少なくとも一部を効率良く受け取ることができる。受電アンテナ108は、送電アンテナ107に接触しておらず、送電アンテナ107から例えば数cm~数m程度は離間している。受電アンテナ108が受けたRFエネルギーは、整流部106に入力され、直流エネルギーに変換される。

[0060] 本発明における送電側制御部110は、発電部101の出カインピーダンスの変動に応じて発振部102の入カインピーダンスを動的に変化させる。これによって、発電部102の入カインピーダンスと発電部101の出カインピーダンスとが整合した状態を保つことが可能になる。そのため、本発明による発電装置は、発電部101の環境条件などの変動に起因して発電部101の出力電流電圧特性が変動する場合において、従来の発電装置と比較して総合発電効率を向上させることができる。

[0061] 本発明の発電装置における「アンテナ」は、電磁波の送信または受信を行うための通常のアンテナではなく、共振器の電磁界の近接成分（エバネッセント・テール）を利用した結合を利用して2つの物体間でエネルギー伝送を行うための要素である。共振電磁界を利用した無線電力伝送によれば、電磁波

を遠方に伝播させるときに生じるエネルギー損失が生じないため、極めて高い効率で電力を伝送することが可能になる。このような共振電磁界（近接場）の結合を利用したエネルギー伝送では、ファラデーの電磁誘導の法則を利用した公知の非接触電力伝送に比べて損失が少ないだけでなく、例えば数メートルも離れた2つの共振器（アンテナ）間で高効率にエネルギーを伝送することが可能になる。

[0062] このような原理に基づく無線電力伝送を行うには、2つの共振アンテナ間で結合を生じさせる必要がある。上述のように、本発明における共振周波数 f_T および共振周波数 f_R は、いずれも、発振部 102 の周波数 f_0 に等しく設定されるが、 f_T および/または f_R は、周波数 f_0 と完全に一致する必要はない。共振器間の結合に基づき高効率なエネルギー伝送を実現するためには、 $f_T = f_R$ が理想的であるが、 f_T と f_R との差異が十分に小さければよい。本明細書において、「周波数 f_T が周波数 f_R に等しい」とは、以下の式1が満足される場合であると定義する。

$$(式1) \quad |f_T - f_R| \leq f_T / Q_T + f_R / Q_R$$

ここで、 Q_T は送電アンテナの共振器としてのQ値、 Q_R は受電アンテナ 108 の共振器としてのQ値である。一般に、共振周波数を X 、共振器のQ値を Q_x とした場合、この共振器の共振が生じる帯域は X / Q_x に相当する。上記の式1の関係が設立すれば、2つの共振器間で磁気共振によるエネルギー伝送が実現する。

[0063] 次に、図2を参照する。図2は、送電アンテナ 107 および受電アンテナ 108 の等価回路の一例を示す図である。図示される例では、送電アンテナ 107 は、第1インダクタ 107a および第1容量素子 107b が直列に接続された直列共振回路である。受電アンテナ 108 は、第2インダクタ 108a および第2容量素子 108b が並列に接続された並列共振回路である。送電アンテナ 107 の直列共振回路は寄生抵抗成分 R_1 を有し、受電アンテナ 108 の並列共振回路は寄生抵抗成分 R_2 を有している。なお、本発明の送電アンテナ 107 および受電アンテナ 108 は、図示される回路構成に限

られない。本発明において、送電アンテナ 107 は直列共振回路であり、受電アンテナ 108 は並列共振回路であればよい。

[0064] 本発明の好ましい実施形態では、発振部 102 の昇圧比を V_{oc} 、第 1 インダクタ 107a のインダクタンスを L_1 、第 2 インダクタ 108a のインダクタンスを L_2 、送電アンテナ 107 と受電アンテナ 108 との間の結合係数を k とするとき、以下の関係が満足するように L_1 、 L_2 、 k 、 V_{oc} の値が決定される。

$$(L_2 / L_1) \geq 4 (k / V_{oc})^2$$

[0065] 上記の関係を満足するとき、入力される直流エネルギーの電圧を無線電力伝送に際して 2 倍以上に高めること（昇圧比：2 以上）が可能になる。このような昇圧が実現する理由については、後に詳しく説明する。このように、本発明の発電装置によれば、パラメータ L_1 、 L_2 、 k 、 V_{oc} を好適に設定することにより、低電圧のエネルギー（電力）を伝送時に効率的に昇圧することができる。

[0066] 本発明の発電装置によれば、発電部 101 の出力電圧が低い場合でも、昇圧効果により、高電圧の電力を出力することが可能である。したがって、例えば太陽電池（セル）から構成された発電部（太陽光発電部）が生成する低電圧のエネルギー（電力）を伝送時に効率的に昇圧することができる。このため、直列に接続されるべきセルの個数を大幅に低減することが可能になる。その結果、敷設費用や維持費用を低減できる、普及に適した新しい太陽光発電システムを提供することが可能になる。

[0067] 図 3 は、本発明による発電装置の使用例を示す模式図である。図示されている発電装置は、建物 200 の外部（屋外）に設置された太陽光発電部 101 と、建物 200 の内部に存在する電子機器に電力を伝送するための無線伝送部 104 とを備えている。無線伝送部 104 は、建物 200 の壁 121 を介して対向する送電アンテナ 107 と受電アンテナ 108 とを有している。送電アンテナ 107 は、屋外の太陽光発電部 101 に接続されており、受電アンテナ 108 は屋内の電子機器に接続されている。なお、太陽光発電部 1

01は、屋根に設置される必要は無く、建物200の壁121上に設置されてもよいし、他の建物に設置されていても良い。また、送電アンテナ107と受電アンテナ108とはともに屋外に設置されていてもよい。その場合でも、送電アンテナ107の少なくとも一部と前記受電アンテナ108の少なくとも一部とが対向するように配置されていればよい。

[0068] なお、本発明における発電部を構成する発電デバイスは太陽電池に限定されず、他の発電デバイスであってもよい。例えば、発電部は燃料電池を有していてもよい。燃料電池は、比較的低い電圧のDCエネルギーを出力し、高電圧システムと連結して用いられるため、本発明の昇圧効果は有用である。

[0069] 図4は、前述のインピーダンス整合の効果をもさらに高めることができる発電装置の構成の一例を示す図である。この発電装置は、図1に示す発電装置の構成要素に加え、さらに発振部インピーダンス整合部103と、整流部インピーダンス整合部105と、受電側制御部112とを備えている。

[0070] 発振部インピーダンス整合部103は、発振部102と送電アンテナ107との間に配置され、発振部102の出力インピーダンスと送電アンテナ107の入力インピーダンスとを整合させる。送電側制御部110は、発電部101の出力インピーダンスの変動に応じて、発振部102だけでなく、発振部インピーダンス整合部103、および送電アンテナ107の入出力インピーダンスを変化させる。これにより、送電側の各回路ブロック間のインピーダンスを整合させることができる。

[0071] 整流部インピーダンス整合部105は、受電アンテナ108と整流部106との間に配置され、受電アンテナ108の出力インピーダンスと整流部106の入力インピーダンスとを整合させる。受電側制御部112は、発電部101の出力インピーダンスの変動または発電部の環境条件の変動に応じて、受電アンテナ108、整流部インピーダンス整合部105、および整流部106の入出力インピーダンスを変化させる。これにより、受電側の各回路ブロック間のインピーダンスを整合させることができる。

[0072] このように、図4に示される構成によれば、発電部101の環境条件の変

動、または発電部101の出カインピーダンスの変動に応じて、回路ブロック間のインピーダンスを整合させることができる。このため、回路ブロック間の多重反射を抑えることができ、発電装置の総合発電効率をさらに高めることができる。

[0073] 本発明において、複数の発電装置を並列に接続することにより、さらに安定した特性を有する発電システムを構築することができる。また、前述の図1に示す発電装置の構成要素のうち、発電部101を除いた構成要素を備える無線電力伝送装置を構成することができる。すなわち、本発明の無線電力伝送装置は、発振部102と、送電アンテナ107と、受電アンテナ108と、整流部106と、送電側制御部110とを備える。このような無線電力伝送装置によれば、上記の原理により、外部から供給された直流エネルギーを無線で効率的に外部の負荷に伝送することができる。

[0074] 以下、図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態を説明する。

[0075] (実施形態1)

まず、図5～図21を参照しながら、本発明による発電装置の第1の実施形態を説明する。図5～図21において、図1～4に示す構成要素に対応する構成要素には同じ参照符号を付している。

[0076] 図5は、本実施形態の発電装置の概略構成図である。本実施形態の発電装置は、図示されるように、発電部101と、発振部102と、発振部インピーダンス整合部103と、無線伝送部104と、整流部インピーダンス整合部105と、整流部106とを備えており、これらは直列に接続されている。また、整流部106の後段には負荷113が接続されている。発電装置は、さらに、発電部101の出力電流および出力電圧を計測する出力電流電圧計測部109と、送電側の各回路ブロックにおけるインピーダンスを整合させる送電側制御部110と、発電部101の環境変数を計測する環境条件センシング部111と、受電側の各回路ブロックにおけるインピーダンスを整合させる受電側制御部112とを備えている。本実施形態の発電装置では、送電側制御部110は、出力電流電圧計測部109からの出力に基づいて送

電側の各回路ブロックにおけるインピーダンスを整合させる。受電側制御部 112 は、環境条件センシング部 111 からの出力に基づいて受電側の各回路ブロックにおけるインピーダンスを整合させる。送電側制御部 110 および受電側制御部 112 は、例えば CPU 等によって構成される。

[0077] 本実施形態における発電部 101 は、直列に接続された複数の太陽電池（セル）を有している。太陽電池としては、発電効率向上の観点から、結晶シリコン系の太陽光発電素子を用いることが好ましい。しかし、本発明に使用可能な太陽電池は、ガリウム砒素、CIS 系などの化合物半導体材料を用いた各種の太陽光発電素子であってもよいし、有機材料を用いた各種の太陽光発電素子であってもよい。また、使用する半導体の結晶構造は、単結晶、多結晶、アモルファスのいずれであってもよい。各種半導体材料を積層したタンデム型の太陽光発電素子を利用してもよい。

[0078] 発振部 102 には、D 級、E 級、F 級などの、高効率且つ低歪な特性を実現できる増幅器を用いることができるし、ドハーティ増幅器を用いてもよい。歪成分を含む出力信号を発生するスイッチング素子の後段に、低域通過フィルタまたは帯域通過フィルタを配置することにより、高効率な正弦波を生成してもよい。

[0079] 無線伝送部 104 は、送電アンテナ 107 と受電アンテナ 108 とを有している。伝送効率の観点から、送電アンテナ 107 および受電アンテナ 108 は、対向するように配置されることが好ましい。ただし、アンテナ 107、108 の配置は、対向配置に限定されず、両者が直交しないように配置されていればよい。

[0080] 整流部 106 には、様々な方式で整流を行う回路が利用可能であり、例えば両波整流やブリッジ整流回路を利用できる。また、倍電圧整流回路を用いれば、整流部 106 に入力される RF 電圧の 2 倍に昇圧した直流電圧を出力させることが可能となる。他にも、3 倍以上の昇圧比を実現できる高倍圧整流回路方式を用いることができる。このような昇圧機能をもつ整流回路を整流部 106 として用いると、無線伝送部 104 での昇圧効果に加えて、更な

る昇圧効果を実現することが可能になる。

- [0081] 発電部 101 によって生成された直流エネルギーは、発振部 102 で RF エネルギーに高い効率で変換される。この RF エネルギーは、無線伝送部 104 により、空間（壁）を介して非接触に伝送され、整流部 106 によって直流エネルギーに変換され、負荷 113 に供給される。
- [0082] 負荷 113 は、例えば、一般の電気機器や蓄電池である。負荷 113 は、直流を交流へ変換するためのインバータ機能回路、昇降圧機能回路、または双方の複合機能を持つパワーコンディショナ回路であってもよい。
- [0083] 出力電流電圧計測部 109 は、発電部 101 から出力される電流および電圧を測定する測定器を備え、測定結果を送電側制御部 110 に送信する。送電側制御部 110 は、出力電流電圧計測部 109 からの測定結果を受け、発電部 101 の出力インピーダンスを算出する。送電側制御部 110 は、算出した発電部 101 の出力インピーダンスの変動に応じて、発振部 102、発振部インピーダンス整合部 103、および送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを変化させる。これにより、送電側の各部におけるインピーダンスを整合させることができる。
- [0084] 発電環境条件センシング部 111 は、発電部 101 の近傍に設置され、発電部における発電環境条件（以下、「環境変数」と呼ぶ。）を計測するセンサである。本実施形態における環境変数は、例えば、発電部 101 の表面に照射されている太陽光の放射照度、または発電部 101 の温度である。環境条件センシング部 111 は、計測した環境変数を受電側制御部 112 に有線または無線で送信する。受電側制御部 112 は、環境条件センシング部 111 から送信された環境変数の変動に応じて、受電アンテナ 108、整流部インピーダンス整合部 105、および整流部 106 のインピーダンスを変化させる。これにより、受電側の回路ブロック間のインピーダンスを整合させる。
- [0085] 以下、図 6 を参照しながら、無線伝送部 104 の構成および動作を説明する。

- [0086] 本実施形態における送電アンテナ107は、第1インダクタ107aおよび第1容量素子107bを含む直列共振回路である。また、受電アンテナ108は、第2インダクタ108aおよび第2容量素子108bを含む並列共振回路である。送電アンテナ107の共振周波数 f_T および受電アンテナ108の共振周波数 f_R は、それぞれ、発振部102によって生成されるRFエネルギーの周波数 f_0 にほぼ等しくなるよう設定されている。また、本実施形態における受電アンテナ108の出力インピーダンス Z_{out} は、発振部102の入力直流インピーダンス Z_{idc} よりも高い値に設定されている。
- [0087] 前述した原理により、本実施形態では、送電アンテナ107と受電アンテナ108との距離を例えば数cm~数mの距離に設定することができ、両者の間に壁121が存在しても、高い効率でエネルギーを伝送できる。また、本実施形態では、このような無線による非接触接続を実現できるだけでなく、送電アンテナ107に流入するRFエネルギーの入力電圧に対して、受電アンテナ108の側で昇圧されたRFエネルギーとして取り出すことが可能となる。
- [0088] 本実施形態において、送電アンテナ107と受電アンテナ108との間は、壁121(図3)が存在していてもよいし、障害物を介することなく送電アンテナ107と受電アンテナ108とが対向していてもよい。また、送電アンテナ107と受電アンテナ108とを隔てるものが屋根であってもかまわない。
- [0089] なお、送電アンテナ107および受電アンテナ108の両方が屋内に配置されていてもよいし、屋外に配置されていてもよい。このような場合でも、2つのアンテナ間で無線電力伝送を行う際に昇圧を行うことができる。送電アンテナ107および受電アンテナ108の両方が屋内に設置されている場合、屋外の太陽光発電部101と送電アンテナ107との接続は、例えば建物200の壁121に設けた開口部を介した有線によって実現され得る。また、送電アンテナ107および受電アンテナ108の両方が屋外に設置されている場合、屋内の電子機器と受電アンテナ108との接続も、例えば建物

200の壁121に設けた開口部を介した有線によって実現され得る。屋内外の有線接続を省略するためには、図3に示す例のように、送電アンテナ107を屋外に設置し、受電アンテナ108を屋内に設置することが好ましい。

[0090] 本実施形態における無線電力伝送の効率、送電アンテナ107と受電アンテナ108との間隔（アンテナ間隔）や、送電アンテナ107と受電アンテナ108を構成する回路素子の損失の大きさに依存する。なお、「アンテナ間隔」とは、実質的に2つのインダクタ107a、108aの間隔である。アンテナ間隔は、アンテナの配置エリアの大きさを基準に評価することができる。

[0091] 好ましい実施形態において、第1インダクタ107aおよび第2インダクタ108aは、いずれも、平面状に広がり、両者は互いに平行に対向するように配置される。ここで、アンテナの配置エリアの大きさとは、サイズが相対的に小さなアンテナの配置エリアの大きさを意味し、アンテナを構成するインダクタの外形が円形の場合はインダクタの直径、正方形の場合はインダクタの一辺の長さ、長方形の場合はインダクタの短辺の長さとする。本実施形態によれば、アンテナ間隔が、アンテナの配置エリアの大きさの1.5倍程度であっても、90%以上の無線伝送効率でエネルギーを伝送することが可能である。

[0092] 次に、本発明の発電装置によって得られる昇圧効果を説明する。

[0093] ここでは、送電側の送電アンテナ107と受電側の受電アンテナ108とが結合係数 k で結合しているものとする。結合係数 k は、同一周波数 f_0 で共振する2つの共振器（アンテナ107、108）を近接させた際に分離する2つの共振周波数 f_L 、 f_H を計測することにより、以下の式から導かれる。

$$(式2) \quad k = (f_H^2 - f_L^2) / (f_H^2 + f_L^2)$$

[0094] なお、発振部102の周波数 f_0 は、共振周波数 f_L 、 f_H の近傍に設定することが好ましい。より詳しくは、共振周波数 f_L 、 f_H における結合共

振器対のQ値を、それぞれ、 Q_L 、 Q_H とすると、以下の式3を満たすように f_0 を設定することが好ましい。

$$(式3) \quad f_L - f_L / Q_L \leq f_0 \leq f_H + f_H / Q_H$$

[0095] また、インダクタンス L_1 の第1インダクタ107aとインダクタンス L_2 の第2インダクタ108aとの間に生じる相互インダクタンス M と結合係数 k の間には、以下の関係が成立する。

$$(式4) \quad M = k \times (L_1 \times L_2)^{0.5}$$

[0096] 受電アンテナ108の並列型共振回路において、第2インダクタ108aを流れる高周波電流を I_{L2} 、第2容量素子108bを流れる高周波電流を I_{C2} とすると、図6に示す向きに流れる出力高周波電流 I_2 は、以下の式によって表される。

$$(式5) \quad I_2 = -I_{L2} - I_{C2}$$

[0097] また、第1インダクタ107aを流れる高周波電流を I_{L1} とすると、第2インダクタ108aを流れる高周波電流 I_{L2} 、第2容量素子108bを流れる高周波電流 I_{C2} 、第2インダクタ108aのインダクタンス L_2 、第2インダクタ108aの寄生抵抗 R_2 、第1インダクタ107aのインダクタンス L_1 、第2容量素子108bのキャパシタンス C_2 を用いて、以下の式が導かれる。

$$(式6) \quad (R_2 + j\omega L_2) \times I_{L2} + j\omega M \times I_{L1} = I_{C2} / (j\omega C_2)$$

ここで、 $\omega = 2\pi f_0$ である。受電アンテナ108では共振条件が成立しているため、以下の(式7)が成立している。

$$(式7) \quad \omega L_2 = 1 / (\omega C_2)$$

[0098] 上記の(式5)～(式7)から、以下の式が成立する。

$$(式8) \quad R_2 \times I_{L2} + j\omega M \times I_{L1} = j\omega L_2 \times I_2$$

[0099] (式8)を変形して以下の式を得る。

$$(式9) \quad I_2 = k \times (L_1 / L_2)^{0.5} \times I_{L1} - j(R_2 / \omega L_2) \times I_{L2}$$

[0100] 一方、送電アンテナ 107 の共振器の低損失性を評価する指標 Q 値は、（式 10）の式によって表される。

$$(式 10) \quad Q^2 = \omega L^2 / R^2$$

[0101] ここで、共振器の Q 値が非常に高い場合、（式 6）の右辺第 2 項を無視する近似が成り立つ。よって、最終的に、以下の（式 11）により、受電アンテナ 108 で生じる高周波電流（出力電流） I_2 の大きさが導出される。

$$(式 11) \quad I_2 = k \times (L_1 / L_2)^{0.5} \times I_{L1}$$

ここで、高周波電流 I_2 は、送電側の共振器（送電アンテナ 107）に入力される高周波電流 I_1 （＝第 1 インダクタ 107a を流れる高周波電流 I_{L1} ）、共振器（アンテナ）間の結合係数 k 、第 1 および第 2 インダクタンス L_1 、 L_2 に依存する。

[0102] 上記の（式 11）から、本実施形態の発電装置の昇流比 I_r は、次の（式 12）によって表される。

$$(式 12) \quad I_r = |I_2 / I_1| / V_{oc} = k / V_{oc} \times (L_1 / L_2)^{0.5}$$

[0103] また、昇圧比 V_r およびインピーダンス変換比 Z_r は、それぞれ、（式 13）および（式 14）によって表される。

$$(式 13) \quad V_r = (V_{oc} / k) \times (L_2 / L_1)^{0.5}$$

$$(式 14) \quad Z_r = (V_{oc} / k)^2 \times (L_2 / L_1)$$

[0104] （式 13）からわかるように、 $(L_2 / L_1) > (k / V_{oc})^2$ の条件が成立するとき、昇圧比 V_r は 1 よりも大きくなる。このことから、結合係数 k が小さくなると、昇圧比 V_r が上昇することがわかる。従来の電磁誘導によるエネルギー伝送では、結合係数 k を低下させることは、伝送効率の大幅な低下につながる。しかし、本発明の磁気共振方式では、結合係数 k を低下させても伝送効率の大幅な低下には至らない。特に、送電アンテナ 107 および受電アンテナ 108 の各々を構成する共振器の Q 値を高い値に設定すれば、昇圧比 V_r を増大させながら、伝送効率の低下を抑制することが可能である。

- [0105] 太陽光発電システムにおけるパーシャルシェーディングの影響を回避するためには、多数の太陽光発電部を直列に接続する構成よりも、複数の太陽光発電部を並列に接続する構成を採用することが好ましい。2つの太陽光発電部を直列に接続する場合と同等の電圧特性を、2つの太陽光発電部を並列に接続することによって得るためには、各太陽光発電部の出力電圧を2倍に昇圧する必要がある。
- [0106] (式12)から、昇圧比 V_r が2に等しくなるのは、 $(L_2/L_1) \geq 4 \times (k/V_{oc})^2$ の関係が満足されるときである。本発明では、 $(L_2/L_1) \geq 4 \times (k/V_{oc})^2$ の関係が満足されるため、2以上の昇圧比 V_r が実現できる。
- [0107] $(L_2/L_1) \geq 100 \times (k/V_{oc})^2$ の関係が成立すると、10倍以上の昇圧比 V_r を実現することができる。 $(L_2/L_1) \geq 10000 \times (k/V_{oc})^2$ の関係が成立すると、100倍以上の昇圧比 V_r を実現することができる。
- [0108] 本実施形態の発電部では、このように高い昇圧比 V_r を実現するように、 k 、 V_{oc} 、 L_2 、 L_1 の大きさを設定することは容易である。
- [0109] さらに、本実施形態の発電装置では、発電部101の出力インピーダンスや環境変数の変動に応じて各回路ブロックのインピーダンスが整合されるため、回路ブロック間でのRFエネルギーの多重反射を抑制し、総合発電効率を改善することができる。
- [0110] 以下、本実施形態におけるインピーダンス整合についてさらに詳しく説明する。
- [0111] 図7は、本実施形態における送電側制御部110の構成および他の構成要素との関連を示す図である。送電側制御部110は、出力先における入力インピーダンスを変化させるスイッチング制御部110aと、発電部の出力インピーダンスの変動に応じて出力先の入力インピーダンスを変化させるために参照するデータが記録されたインピーダンス対応テーブル110bとを備えている。ここで、出力先とは、発振部102、発振部インピーダンス整合

部 103、および送電アンテナ 107 を指す。インピーダンス対応テーブル 110b は、例えば不図示のメモリに格納されている。本実施形態における発振部 102、発振部インピーダンス整合部 103、および送電アンテナ 107 は、インピーダンス制御のための複数のスイッチを有している。各機能部における複数のスイッチの ON、OFF の組み合わせを変えることにより、各機能部におけるインピーダンスを変化させることができる。インピーダンス対応テーブル 110b は、発電部 101 の出力インピーダンスの範囲と、出力先における各スイッチの ON、OFF の組み合わせとの対応付けが記録されており、予め設計時に設定されている。インピーダンス対応テーブル 110b は、例えば以下の表 1 に示されるようなテーブルである。表 1 では、発振部におけるスイッチ Q1 ~ Q3 に関する列のみが記載されているが、実際のテーブルには、他の機能部のスイッチに関する列も含まれる。

[0112] [表1]

発電部の出力 インピーダンス	発振部 Q1	発振部 Q2	発振部 Q3
$Z \leq Z1$	ON	OFF	OFF
$Z1 < Z \leq Z2$	OFF	ON	OFF
$Z2 < Z$	OFF	ON	ON

[0113] 図 8 は、本実施形態におけるインピーダンス整合の処理の流れを示すフロー図である。まず、送電側制御部 110 は、出力電流電圧計測部 109 によって計測された電流 (I) および電圧 (V) から、発電部 101 の出力インピーダンス ($Z = V / I$) を測定する。測定された Z の値に基づいて、インピーダンス対応テーブル 110b から、出力先ごとの対応するスイッチの組み合わせを決定する。決定した組み合わせに対応するインピーダンスが、現時点で設定されているインピーダンスと異なる場合、上記スイッチの組み合わせに従って出力先のスイッチの ON、OFF が切り替えられる。決定した組み合わせに対応するインピーダンスが、現時点で設定されているインピーダンスと同じである場合、スイッチの切り替えは行われない。

- [0114] 図8に示される送電側制御部110における処理の開始タイミングは、一定時間ごとであってもよいし、発電部101の出カインピーダンスの値の変動が予め定めた値以上になったときに行うものとしてもよい。このような制御により、発電部101の後段の発振部102、発振部インピーダンス制御部103、および送電アンテナ107の入カインピーダンスを、発電部101の出カインピーダンスに整合させることができる。このように、環境条件によって変動する発電部101の出カインピーダンスに各機能部の入カインピーダンスを整合させることによって発電部101から常に最大の出力電力を取り出すことができる。
- [0115] なお、本明細書において、2つのインピーダンスが「整合する」とは、インピーダンスが厳密に一致する場合に限られず、2つのインピーダンスの差異が、大きい方のインピーダンスの25%以下である場合を含むものと定義する。
- [0116] 以下、各機能部におけるインピーダンス整合を、より具体的に説明する。
- [0117] 図9は、発振部102におけるインピーダンス整合の具体例を示す図である。本実施形態における発振部102は、複数の発振器1~3を備えている。各発振器は、異なる入カインピーダンスの範囲で効率がピークになるように設計されている。各発振器に対応してスイッチQ1、Q2、Q3が設けられている。Q1からQ3のうちのいずれかのスイッチをONにし、残りのスイッチをOFFにすることによってONに対応する1つの発振器にのみ電流が流れるように制御することができる。なお、発振器の数は3個である必要はなく、何個であってもよい。送電側制御部110におけるスイッチング制御部110aは、発電部101の出カインピーダンスの変動に応じて、対応するスイッチのみをONにすることによって発電部101の出カインピーダンスに整合する発振器が選択される。その結果、発電効率を向上させることができる。
- [0118] 発振部102におけるインピーダンス整合の一例として、入カインピーダンス Z が、発振器1では $Z \leq 10 \Omega$ 、発振器2では $10 \Omega < Z \leq 25 \Omega$ 、発

振器 3 では $25 \Omega < Z$ のときに効率がピークになるように設計されている場合を考える。この場合、インピーダンス対応テーブルは、表 1 において、 $Z_1 = 10 \Omega$ 、 $Z_2 = 25 \Omega$ としたものになる。例えば、出力電流電圧計測部 109 の出力から得られる発電部 101 の出力インピーダンスが 8Ω である場合、送電側制御部 110 のスイッチング制御部 110a は、スイッチ Q1 を ON にし、その他のスイッチを OFF にするように発振部 102 の各スイッチの切り替えを行う。これにより、発振部 102 は、発電部の出力インピーダンスが変動しても効率を維持することができる。

[0119] 図 10 は、発振部インピーダンス整合部 103 におけるインピーダンス整合の具体例を示す図である。発振部インピーダンス整合部 103 は、発振部 102 の出力インピーダンスに後段の送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを整合させるための複数の整合回路 1~4 を備えている。各整合回路に対応してスイッチ Q1~Q4 が設けられている。Q1 から Q4 のうちのいずれかのスイッチを ON にし、残りのスイッチを OFF にすることによって ON に対応する 1 つの整合回路にのみ電流が流れるように制御することができる。なお、整合回路の数は 4 個である必要はなく、何個であってもよい。送電側制御部 110 は、前述の発振部 102 におけるスイッチング制御と同様、発電部 101 の出力インピーダンスに対応する整合回路に選択的に電流が流れるように各スイッチの ON、OFF を切り替える。これにより、発振部 102 の出力インピーダンスに発振部インピーダンス整合部 103 の入力インピーダンスを整合させることができる。その結果、発振部 102 の出力インピーダンスに送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを整合させることが可能となる。以上のようなインピーダンス整合により、送電アンテナ 107 における RF エネルギーの多重反射を低減することができ、伝送効率を維持することが可能となる。

[0120] 図 11 は、発振部インピーダンス整合部 103 におけるインピーダンス整合の他の具体例を示す図である。図示される構成では、整合回路の内部インダクタンスや容量を切り替えることによって図 10 に示す構成と同様の制御

が可能となる。以下の表 2 は、この構成におけるインピーダンス対応テーブルの一例を示している。インピーダンス対応テーブルには、発電部 101 の出力インピーダンスの値に応じて、対応するスイッチの ON、OFF の組み合わせが記録されている。インピーダンス対応テーブルに従って回路内のスイッチを切り替えることによって複数の整合回路の中から 1 つの整合回路を選択する場合と同様の制御が可能となる。この構成によっても、発振部 102 の出力インピーダンスに後段の送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを整合させることができる。

[0121] [表2]

発電部の出力 インピーダンス	Q20	Q21	Q22	Q23	形成される整合回路
Z0	ON	OFF	OFF	OFF	なし
Z1	OFF	ON	OFF	OFF	L21+C21
Z2	OFF	ON	ON	OFF	L21+L22+C21
Z3	OFF	ON	OFF	ON	L21+C21+C22
Z4	OFF	ON	ON	ON	L21+L22+C21+C22

[0122] 次に、図 12 および図 13 を参照しながら、送電アンテナ 107 におけるインピーダンス整合の具体例を説明する。

[0123] 図 12 は、送電アンテナ 107 におけるインピーダンス整合を示す構成図である。図示されるように、送電アンテナ 107 は、送電アンテナインピーダンス可変部 117 に接続されている。送電アンテナインピーダンス可変部 117 は、複数のインピーダンス可変方式の中から少なくとも 1 つの可変方式を選択する。スイッチング制御部 110a は、発電部 101 の出力インピーダンスの変動に応じて、インピーダンス対応テーブル 110b に従って、送電アンテナ 107 における複数のスイッチを制御する。これによって送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを発振部インピーダンス整合部 103 の出力インピーダンスに整合させることができる。

[0124] 図 13 (a) ~ (d) は、送電アンテナインピーダンス可変部 117 によって選択され得る、送電アンテナ 107 における可変方式の例を示す図であ

る。

[0125] 図13(a)は、送電アンテナ107におけるインピーダンス可変方式の第1の例を示している。この例では、送電アンテナ107は、直列接続された複数のインダクタと、それらに直列に接続された複数の容量素子とを有している。この回路には複数のスイッチが設けられており、送電側制御部110は、発電部101の出カインピーダンスの値に基づいて、これらのスイッチを切り替える。すなわち、送電側制御部110は、これらのインダクタのうちの少なくとも1つおよびこれらの容量素子のうちの少なくとも1つに選択的に電流が流れるように制御する。これにより、送電側制御部110は、発電部101の出カインピーダンスの変動に応じて送電アンテナ107の入カインピーダンスを変化させる。

[0126] 図13(b)は、送電アンテナ107におけるインピーダンス可変方式の第2の例を示している。送電アンテナ107は、互いに異なるインダクタンスをもつ並列配置された複数のインダクタ107aaと、これらのインダクタに近接して配置されたインダクタ107abとを有している。これは、複数のインダクタ107aaのうちの1つからインダクタ107abに電磁誘導の原理によって電力を伝送する受動回路を有する構成である。この方式では、電流が流れるインダクタ107aaを切り替えることによってインダクタ107aaと107abとで形成されるインダクタンス成分と、インダクタ107aaと107abとの間の容量成分とが変化し、インピーダンスを変化させることができる。送電側制御部110は、発電部101の出カインピーダンスの値に基づいて、複数のインダクタ107aaのうちの1つを選択し、選択したインダクタ107aaに電流が流れるようにスイッチを切り替える。これにより、送電側制御部110は、送電アンテナの入カインピーダンスを変化させる。

[0127] 図13(c)は、送電アンテナ107におけるインピーダンス可変方式の第3の例を示している。この例では、送電アンテナ107は、インダクタと、インダクタに直列に接続された複数の容量素子と、金属体または磁性体を

有する可動部 115 とを有している。このような構成により、金属体を近づけることによって容量成分を変化させ、磁性体を近づけることによってインダクタンス成分を変化させることができる。これにより、送電アンテナ 107 の入出力インピーダンスを変化させることができる。また、複数の容量素子に接続されたスイッチを開閉することによっても送電アンテナ 107 の入出力インピーダンスを変化させることができる。送電側制御部 110 は、発電部 101 の出力インピーダンスの値に基づいて、インダクタと可動部との距離を変化させるとともに、複数の容量素子のうちの少なくとも 1 つに電流が流れるようにスイッチの開閉制御を行う。これによって発電部 101 の出力インピーダンスの変動に応じて送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを変化させることができる。

[0128] 図 13 (d) は、送電アンテナ 107 におけるインピーダンス可変方式の第 4 の例を示している。この例では、送電アンテナ 107 は、異なる入力インピーダンスを持つ複数の共振器を有する。これらの共振器は並列に配置され、発電部 101 の出力インピーダンスの変動に応じて使用する共振器が切り替えられる。送電側制御部 110 は、発電部 101 の出力インピーダンスの値に基づいて、複数の共振器から 1 つを選択し、選択した共振器に電流が流れるようにすることによって送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを変化させる。この際、使用しない共振器に電力が伝送されることを防ぐため、使用しない共振器は接地されない。

[0129] 送電アンテナインピーダンス可変部は、例えば上記の 4 つの方式のうち、少なくとも 1 つの方式を用いて送電アンテナ 107 のインピーダンスを変化させる。これにより、発振部インピーダンス整合部 103 の出力インピーダンスに送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを整合させることができる。なお、送電アンテナ 107 におけるインピーダンス整合の方式は、上記の 4 つの方式に限られない。発電部 101 の出力インピーダンスの変動に応じて送電アンテナ 107 の入力インピーダンスを変化させることができればどのような方式であってもよい。

- [0130] 次に受電側のインピーダンス整合について説明する。
- [0131] 図 1 4 は、本実施形態における受電側制御部 1 1 2 の構成および他の構成要素との関連を示す図である。受電側制御部 1 1 2 は、出力先における入力インピーダンスを変化させるスイッチング制御部 1 1 2 a と、発電部の出力インピーダンスの変動に応じて出力先の入力インピーダンスを変化させるために参照するデータが記録されたインピーダンス対応テーブル 1 1 2 b とを備えている。ここで、出力先とは、受電アンテナ 1 0 8、整流部インピーダンス整合部 1 0 5、および整流部 1 0 6 を指す。インピーダンス対応テーブル 1 1 2 b は、例えば不図示のメモリに格納されている。本実施形態における受電アンテナ 1 0 8、整流部インピーダンス整合部 1 0 5、および整流部 1 0 6 は、インピーダンス制御のための複数のスイッチを有している。これらの機能部における複数のスイッチの ON、OFF の組み合わせを変えることにより、各機能部におけるインピーダンスを変化させることができる。インピーダンス対応テーブル 1 1 2 b は、発電部 1 0 1 の出力インピーダンスの範囲と、出力先における各スイッチの ON、OFF の組み合わせとの対応付けが記録されており、予め設計時に設定されている。インピーダンス対応テーブル 1 1 2 b は、上記の表 1 と同様のテーブルであり、受電アンテナ 1 0 8、整流部インピーダンス整合部 1 0 5、および整流部 1 0 6 スイッチに関する列を含んでいる。なお、インピーダンス対応テーブル 1 1 2 b は、送電側制御部 1 1 0 におけるインピーダンス対応テーブル 1 1 0 b と共通のテーブルであってもよい。
- [0132] 本実施形態の発電装置は、さらに、受電アンテナ 1 0 8 の出力電力および整流部インピーダンス整合部 1 0 5 の出力電力を計測し、スイッチング制御部 1 1 2 a に入力する出力電力計測部 1 2 0 を備えている。スイッチング制御部 1 1 2 a は、入力された出力電力に基づいて後述するスイッチング制御を行う。
- [0133] 受電側制御部 1 1 2 は、環境条件センシング部 1 1 1 で計測される発電部 1 0 1 における環境変数の変動に応じて、受電アンテナ 1 0 8、整流部イン

ピーダンス整合部 105、および整流部 106 のインピーダンスを変化させる。本実施形態では、環境変数は太陽光の放射照度を表すものとする。なお、環境変数は、発電部 101 の温度など、発電部 101 の出力インピーダンスの変動をもたらす他のパラメータまたはそれらの組み合わせであってもよい。

[0134] 図 15 は、ある太陽光発電デバイスにおける放射照度ごとのセルの出力電圧に対する出力インピーダンスの変化を示すグラフである。図中において、横軸は、発電部 101 の出力電圧を表し、縦軸は、発電部 101 の出力インピーダンスを表している。黒塗りあるいは太線で示した点は、各放射照度において出力電力が最大になる点である。図示される例では、電圧が一定の場合、放射照度が高くなるほど出力インピーダンスは低下する。このように発電部 101 の受光面における放射照度の変動すると、発電部 101 の出力インピーダンスは変動する。

[0135] 本実施形態では、放射照度ごとに発電部 101 の出力電力が最大となる出力インピーダンスおよび出力電圧が予め計測され、特性情報として受電側制御部 112 に記録されている。受電側制御部 112 は、記録された特性情報および環境条件センシング部 111 からの入力値に基づき、現時刻での放射照度における発電部 101 の出力電力が最大となる出力インピーダンスおよび出力電圧を求める。次に、求めた出力インピーダンスの値およびインピーダンス対応テーブル 112b に基づいて、各部のスイッチを切り替えることにより、各部のインピーダンスを切り替える。

[0136] 図 16 は、本実施形態におけるインピーダンス整合の処理の流れを示すフロー図である。まず、受電側制御部 112 は、環境条件センシング部 111 によって計測された発電部 101 の環境変数（放射照度）から、発電部 101 の出力インピーダンス ($Z = V / I$) を推定する (S20)。推定された Z の値に基づいて、インピーダンス対応テーブル 112b から、出力先ごとの対応するスイッチの組み合わせを示す情報を読み出す (S22)。読み出した情報に基づいて各機能部のスイッチを切り替える (S24)。スイッチ

の切り替えによって出力電力計測部 120 の出力が切り替える前と比較して大きくならなかった場合、切り替える前のスイッチの組み合わせに戻して処理を終了する (S34)。スイッチの切り替えによって出力電力計測部 120 の出力が切り替える前と比較して大きくなった場合、より小さいインピーダンスになるようにスイッチを切り替える (S40)。スイッチの切り替えによって出力電力計測部 120 の出力が切り替える前と比較して小さくなった場合、切り替える前のスイッチの組み合わせに戻して処理を終了する (S34)。スイッチの切り替えによって出力電力計測部 120 の出力が切り替える前と比較して小さくならなかった場合、再度、より小さいインピーダンスになるようにスイッチを切り替え (S40)、以後、収束するまで同様の処理を繰り返す。

[0137] 図 16 に示される受電側制御部 112 における処理の開始タイミングは、一定時間ごとであってもよいし、推定される発電部 101 の出力インピーダンスの値の変動が予め定めた値以上になったときに行うものとしてもよい。また、送電側制御部 110 による処理の開始タイミングと同時でもよいし、異なってもよい。受電側制御部 112 は、以上の処理フローに従ってインピーダンスの切り替えを行うことによって受電側の各回路ブロックのインピーダンスの整合を保つ。

[0138] 以下、各機能部におけるインピーダンス整合を、より具体的に説明する。図 17 は、受電アンテナ 108 におけるインピーダンス整合を示す構成図である。図示されるように、受電アンテナ 108 は、受電アンテナインピーダンス可変部 119 に接続されている。受電アンテナインピーダンス可変部 119 は、複数のインピーダンス可変方式の中から少なくとも 1 つの可変方式を選択する。スイッチング制御部 112 a は、環境変数の変動に応じて、インピーダンス対応テーブル 112 b に従って、受電アンテナ 108 における複数のスイッチを制御する。これによって受電アンテナ 108 を送電アンテナ 107 に整合させるとともに、受電アンテナ 108 の出力インピーダンスを整流部インピーダンス整合部 105 の入力インピーダンスに整合させるこ

とができる。

[0139] 図18(a)～(d)は、受電アンテナインピーダンス可変部119によって選択され得る、受電アンテナ108における可変方式の例を示す図である。

[0140] 図18(a)は、受電アンテナ108におけるインピーダンス可変方式の第1の例を示している。この例では、受電アンテナ108は、直列接続された複数のインダクタと、それらに並列に接続された複数の容量素子とを有している。この回路には複数のスイッチが設けられており、受電側制御部112は、環境変数の値に基づいて、これらのスイッチを切り替える。すなわち、受電側制御部112は、これらのインダクタのうちの少なくとも1つおよびこれらの容量素子のうちの少なくとも1つに選択的に電流が流れるように制御する。これにより、受電側制御部112は、発電部101の環境変数の変動に応じて受電アンテナ108のインピーダンスを変化させる。

[0141] 図18(b)は、受電アンテナ108におけるインピーダンス可変方式の第2の例を示している。受電アンテナ108は、互いに異なるインダクタンスをもつ並列配置された複数のインダクタ108aaと、これらのインダクタに近接して配置されたインダクタ108abとを有している。これは、複数のインダクタ108aaのうちの1つからインダクタ108abに電磁誘導の原理によって電力を伝送する受動回路を有する構成である。この方式では、電流が流れるインダクタ108aaを切り替えることによってインダクタ108aaと108abとで形成されるインダクタンス成分と、インダクタ108aaと108abとの間の容量成分とが変化し、インピーダンスを変化させることができる。受電側制御部112は、環境変数の値に基づいて、複数のインダクタ108aaのうちの1つを選択し、選択したインダクタ108aaに電流が流れるようにスイッチを切り替える。これにより、受電側制御部112は、受電アンテナのインピーダンスを変化させる。

[0142] 図18(c)は、受電アンテナ108におけるインピーダンス可変方式の第3の例を示している。この例では、受電アンテナ108は、インダクタと

、インダクタに直列に接続された複数の容量素子と、金属体または磁性体を有する可動部 115 とを有している。このような構成により、金属体を近づけることによって容量成分を変化させ、磁性体を近づけることによってインダクタンス成分を変化させることができる。これにより、受電アンテナ 108 のインピーダンスを変化させることができる。また、複数の容量素子に接続されたスイッチを開閉することによっても受電アンテナ 108 のインピーダンスを変化させることができる。受電側制御部 112 は、環境変数の値に基づいて、インダクタと可動部との距離を変化させるとともに、複数の容量素子のうちの少なくとも 1 つに電流が流れるようにスイッチの開閉制御を行う。これによって環境変数の変動に応じて受電アンテナ 108 のインピーダンスを変化させることができる。

[0143] 図 18 (d) は、受電アンテナ 108 におけるインピーダンス可変方式の第 4 の例を示している。この例では、受電アンテナ 108 は、異なる入力インピーダンスを持つ複数の共振器を有する。これらの共振器は並列に接続され、環境変数の変動に応じて使用する共振器が切り替えられる。受電側制御部 112 は、環境変数の値に基づいて、複数の共振器から 1 つを選択し、選択した共振器に電流が流れるようにすることによって受電アンテナ 108 のインピーダンスを変化させる。この際、使用しない共振器に電力が伝送されることを防ぐため、使用しない共振器は接地されない。

[0144] 受電アンテナインピーダンス可変部 119 は、例えば上記の 4 つの方式のうち、少なくとも 1 つの方式を用いて受電アンテナ 108 のインピーダンスを変化させる。これにより、整流部インピーダンス整合部 105 の入力インピーダンスに受電アンテナ 108 の出力インピーダンスを整合させることができる。なお、受電アンテナ 108 におけるインピーダンス整合の方式は、上記の 4 つの方式に限られない。環境変数の変動に応じて受電アンテナ 108 の入出力インピーダンスを変化させることができればどのような方式であってもよい。

[0145] 図 19 は、整流部インピーダンス整合部 105 におけるインピーダンス整

合の具体例を示す図である。整流部インピーダンス整合部105は、受電アンテナ108の出カインピーダンスに後段の整流部106の入カインピーダンスを整合させるための複数の整合回路1~4を備えている。各整合回路に対応してスイッチQ1~Q4が設けられている。Q1からQ4のうちのいずれかのスイッチをONにし、残りのスイッチをOFFにすることによってONに対応する1つの整合回路にのみ電流が流れるように制御することができる。なお、整合回路の数は4個である必要はなく、何個であってもよい。受電側制御部112は、前述の受電アンテナ108におけるスイッチング制御と同様、推定される発電部101の出カインピーダンスに対応する整合回路に選択的に電流が流れるように各スイッチのON、OFFを切り替える。これにより、受電アンテナ108の出カインピーダンスに整流部インピーダンス整合部105の入カインピーダンスを整合させることができる。その結果、受電アンテナ108の出カインピーダンスに後段の整流部106の入カインピーダンスを整合させることが可能となる。以上のようなインピーダンス整合により、受電側の回路ブロックにおけるRFエネルギーの多重反射を低減することができ、伝送効率を維持することが可能となる。

[0146] 図20は、整流部インピーダンス整合部105におけるインピーダンス整合の他の具体例を示す図である。図示される構成では、整合回路の内部インダクタンスや容量を切り替えることによって図19に示す構成と同様の制御が可能となる。以下の表3は、この構成におけるインピーダンス対応テーブル112bの一例を示している。インピーダンス対応テーブル112bには、推定される発電部101の出カインピーダンスの値に応じて、対応するスイッチのON、OFFの組み合わせが記録されている。インピーダンス対応テーブル112bに従って回路内のスイッチを切り替えることによって複数の整合回路の中から1つの整合回路を選択する場合と同様の制御が可能となる。この構成によっても、受電アンテナ108の出カインピーダンスに後段の整流部106の入カインピーダンスを整合させることができる。

[0147]

[表3]

発電部の出力 インピーダンス	Q40	Q41	Q42	Q43	形成される整合回路
Z0	ON	OFF	OFF	OFF	なし
Z1	OFF	ON	OFF	OFF	L41+C41
Z2	OFF	ON	ON	OFF	L41+L42+C41
Z3	OFF	ON	OFF	ON	L41+C41+C42
Z4	OFF	ON	ON	ON	L41+L42+C41+C42

[0148] 図21は、整流部106におけるインピーダンス整合の具体例を示す図である。本実施形態における整流部106は、複数の整流器1~3を備えている。各整流器は、異なる入力インピーダンスの範囲で効率がピークになるように設計されている。各整流器に対応してスイッチQ1、Q2、Q3が設けられている。Q1からQ3のうちのいずれかのスイッチをONにし、残りのスイッチをOFFにすることによってONに対応する1つの整流器にのみ電流が流れるように制御することができる。なお、整流器の数は3個である必要はなく、何個であってもよい。受電側制御部112におけるスイッチング制御部112aは、環境変数の変動に応じて、対応するスイッチのみをONにすることによって推定される発電部101の出力インピーダンスに整合する整流器が選択される。その結果、発電効率を向上させることができる。

[0149] 整流部106におけるインピーダンス整合の一例として、発電部101の出力インピーダンス Z が $Z \leq 100 \Omega$ のときは整流器1を、 $100 \Omega < Z \leq 250 \Omega$ のときは整流器2を、 $250 \Omega < Z$ のときは整流器3を用いた場合に最も効率がよくなるように設計されている場合を考える。この場合、インピーダンス対応テーブルには、「 $Z \leq 100 \Omega$ でスイッチQ1=ON、スイッチQ2・スイッチQ3=OFF」、「 $100 \Omega < Z \leq 250 \Omega$ でスイッチQ1=OFF、スイッチQ2=ON、スイッチQ3=OFF」、「 $Z > 250 \Omega$ でスイッチQ1・スイッチQ2=OFF、スイッチQ3=ON」と記録されている。例えば、環境条件センシング部111からの出力に基づいて求められる発振部101の出力インピーダンスの算出結果が 80Ω である場合

、受電側制御部 112 のスイッチング制御部 112 a は、スイッチ Q1 を ON にし、その他のスイッチを OFF にするように整流部 106 の各スイッチの切り替えを行う。これにより、整流部 106 は、発電部の出力インピーダンスが変動しても効率を維持することができる。

[0150] なお、受電側制御部 112 が、環境条件センシング部 111 からの出力に基づいて発電部 101 の出力インピーダンスを推定することによって各機能部のインピーダンスを整合させることは必須ではない。受電側制御部 112 は、送電側制御部 110 と同様、出力電流電圧計測部 109 からの出力に基づいて発電部 101 の出力インピーダンスを求めることによって各機能部のインピーダンス整合制御を行ってもよい。その場合、環境条件センシング部 111 は不要であり、出力電流電圧計測部 109 からの出力が有線または無線で受電側制御部 112 に送信され得る。あるいは、送電側制御部 110 が発振部 102、発振部インピーダンス整合部 103、および送電アンテナ 107 のいずれかにおいてどのようなインピーダンス制御を行ったかを示す情報を受電側制御部 112 に送信してもよい。例えば、送電側制御部 110 が送電アンテナ 107 でどのような切り替えを行ったかを示す情報を受電側制御部 112 に送信することにより、受電側制御部 112 は発電部 101 の出力インピーダンスを推定することができる。

[0151] また、送電側制御部 110 は、出力電流電圧計測部 109 からの出力に基づいて発電部 101 の出力インピーダンスを求めるのではなく、環境条件センシング部 111 からの出力に基づいて発電部 101 の出力インピーダンスを推定してもよい。

[0152] 本発明において、送電側制御部 110 は、必ずしも発振部 102、発振部インピーダンス整合部 103、および送電アンテナ 107 のすべてに対してインピーダンス整合制御を行う必要はない。少なくとも発振部 102 を含む一部の機能部に対してインピーダンス整合を行うことにより、発電効率を向上させることができる。同様に、受電側制御部 112 は、必ずしも整流部 106、整流部インピーダンス整合部 105、および受電アンテナ 108 のす

べてに対してインピーダンス整合制御を行う必要はない。整流部106、整流部インピーダンス整合部105、および受電アンテナ108のうちの少なくとも1つの機能部に対してインピーダンス整合を行うことにより、本発明の効果が得られる。

[0153] 以上の説明において、発振部102、発振部インピーダンス整合部103、送電アンテナ107、受電アンテナ108、整流部インピーダンス整合部105、および整流部106は、複数のスイッチを有している。しかし、各機能部は、必ずしもスイッチを有している必要はない。送電側制御部110または受電側制御部112は、各機能部のインピーダンスを発電部の出力インピーダンスの変動に応じて変化させることができれば、上記の方式に限られない。例えば、個々の機能部の間に上記の切り替えに相当する動作を行う他の回路が設けられ、その回路を制御することによって回路ブロック間のインピーダンスを整合させてもよい。

[0154] 以上のように、本実施形態によれば、非接触エネルギー伝送において、動作環境状態に応じて各回路ブロックにおけるインピーダンスを整合させることにより、常に発電部101から最大電力を取り出すことができる。また、発電部101の出力電圧が低い場合であっても、系統へ出力する際に必要な電圧にまで昇圧することができる。このため、敷設コストが低減し、劣化時のモジュールの取替え作業が簡便になるとともに、余分な昇圧デバイスが不要な発電システムが実現できる。

[0155] 本実施形態の発電装置によれば、整流部106の出力電圧を、例えば、200Vdc~300Vdcの範囲にまで高めることができる。さらに、一般の変換回路（パワーコンディショナ）や直流給電システムなどで要求される300~400Vdc程度にまで高めることや、それ以上の昇圧も可能である。

[0156] 以下、本実施形態の発電装置の効果を従来技術と比較しながら説明する。

[0157] 特許文献2に開示されている装置では、2つの磁気共振器の間でエネルギーが伝送されるが、その装置は、2つの共振器で同一の共振方式を採用してい

るため、伝送に際して昇圧効果が発現しない。本発明の発電装置によって得られる出力電圧の上昇効果は、送電アンテナの側に直列磁気共振構造を採用するとともに、受電アンテナ108の側に並列磁気共振構造を採用し、これらの異なる共振構造の間でエネルギーの伝送が行われたときに生じる新規な効果である。

[0158] なお、直列共振回路や並列共振回路は、RFタグに代表される従来の無線通信システムでも使用され得る。しかし、無線通信システムの高周波ブロックの特性試験に用いる測定器の測定端子の終端インピーダンスや高周波ケーブルの特性インピーダンスは、基本的に50Ωに設定されている。よって、無線通信システムのアンテナとの接続点では、送信機器内でも受信機器内でも、インピーダンスを50Ωにあわせて回路ブロック間を接続するのが一般的である。

[0159] 一方、本発明における無線伝送部での入出力インピーダンス変換比 Z_r は、100を超えたり、条件によっては20000を超えていたり、と極めて高い値を示すように設定される。このような高い入出力インピーダンス変換比 Z_r は、従来の通信システムでは考慮の対象外である。

[0160] また、本発明では、2つの共振器(アンテナ)間の距離を大きく設定し、結合係数 k を低く設定するほど、より高い昇圧比 V_r を得ることができるが、このことは、公知の通信システムに用いられてきた無線伝送部の構造および機能からは容易に想到し得ない効果である。

[0161] なお、電源回路などに利用されるトランスでは、2つのインダクタが近接しており、一種の無線電力伝送装置として機能している。しかし、これらのインダクタ間では、磁気共振型の結合は生じていない。なお、トランスでは、第1インダクタの巻数 N_1 に対する第2インダクタの巻数 N_2 の比率を大きくすることにより、昇圧効果を実現することも可能である。しかし、トランス昇圧回路によって例えば10以上の昇圧比を実現しようとする、巻数 N_2 を巻数 N_1 の10倍以上に増加させる必要がある。巻数 N_2 の大幅な増加は、第2インダクタにおける寄生抵抗成分 R_2 を比例的に上昇させるため

、伝送効率の低下を招いてしまう。本発明では、巻数 N_1 と巻数 N_2 とが同じ値に設定されていても、高い Z_r を得ることができる。

[0162] (実施形態2)

次に、図22を参照しながら、本発明による発電システムの実施形態を説明する。図22は、本実施形態における発電システムのブロック図である。図22において、前述の実施形態における発電装置の構成要素と同一の構成要素には、同一の参照符号を付しており、その詳細な説明は省略する。

[0163] 図22の発電システムは、並列的に接続された複数の発電装置131a、131b・・・131nを含んでいる。本実施形態における発電装置131a～131nは、いずれも、実施形態1の発電装置であるが、本発明の効果をj得るには、並列に接続された少なくとも2つの発電装置が本発明の発電装置であればよい。

[0164] 各発電装置131a～131nは、直列に接続された発電部101、発振部102、発振部インピーダンス整合部103、送電アンテナ107、受電アンテナ108、整流部インピーダンス整合部105、および整流部106を備えている。なお、各発電装置131a～131nは、送電側制御部110、受電側制御部112、環境条件センシング部111、および出力電流電圧計測部109も備えているが、図22ではこれらの要素は省略されている。

[0165] 発電部101によって生成された直流エネルギーは、発振部102でRFエネルギーに高い効率で変換される。このRFエネルギーは、送電側の送電アンテナ107と受電側の受電アンテナ108との間で非接触に転送された後、整流部106によって直流エネルギーに変換される。各発電装置131a～131nから出力された直流エネルギー(電力)は、並列接続によって加算された後、負荷113に供給される。

[0166] 本実施形態によれば、発電装置131a～131nの各々から得られる出力電圧が、個々の発電部によって得られる出力電圧よりも飛躍的に増大している。よって、発電装置131a～131nを並列に接続しても、負荷11

3が要求する電圧値により近い値を実現することが可能である。

[0167] 発電装置131a～131nが並列に接続されているため、発電装置131a～131nの一部の特性が劣化した場合や、発電装置131a～131nに対する太陽光の照射条件などの環境条件に差異が生じた場合でも、従来の発電システムよりも安定した特性を得ることが可能となる。

[0168] 負荷113は、例えば、一般の電気機器や蓄電池である。負荷113は、直流を交流へ変換するためのインバータ機能回路、昇降圧機能回路、または両機能の複合機能を持つパワーコンディショナ回路であってもよい。例えば負荷113のインピーダンスと整合させるため、本実施形態における発電システムの一部で発電装置が直列に接続されていてもよい。

産業上の利用可能性

[0169] 本発明にかかる発電装置は、高い昇圧機能と敷設コストの削減を可能とするため、ビルの壁や高所に敷設される太陽光発電システムや、燃料電池発電システムにおいて有用である。

符号の説明

- [0170] 101 発電部
102 発振器
103 発振部インピーダンス整合部
104 無線伝送部
105 整流部インピーダンス整合部
106 整流部
107 送電アンテナ（送電側の共振器）
107a 第1インダクタ
107b 第1キャパシタ
108 受電アンテナ（受電側の共振器）
108a 第2インダクタ
108b 第2キャパシタ
109 出力電流電圧計測部

- 1 1 0 送電側制御部
 - 1 1 0 a 送電側スイッチング制御部
 - 1 1 0 b 送電側インピーダンス対応テーブル
- 1 1 1 環境条件センシング部
- 1 1 2 受電側制御部
 - 1 1 2 a 受電側スイッチング制御部
 - 1 1 2 b 受電側インピーダンス対応テーブル
- 1 1 3 負荷
- 1 1 5 可動部
- 1 1 7 送電アンテナインピーダンス可変部
- 1 1 9 受電アンテナインピーダンス可変部
- 1 2 0 出力電力計測部
- 1 2 1 壁
- 1 3 1 a、1 3 1 b・・・1 3 1 n 発電装置

請求の範囲

[請求項1]

直流エネルギーを出力する発電部と、
前記直流エネルギーを周波数 f_0 の RF エネルギーに変換する発振部と、
、
前記 RF エネルギーを送出する送電アンテナと、
前記送電アンテナによって送出された前記 RF エネルギーの少なくとも一部を受け取る受電アンテナと、
前記受電アンテナが受け取った前記 RF エネルギーを直流エネルギーに変換する整流部と、
前記発電部の出力インピーダンスの変動に応じて前記発振部の入力インピーダンスを変化させることによって前記発振部の入力インピーダンスを前記発電部の出力インピーダンスに整合させる送電側制御部と、
を備え、
前記送電アンテナは、直列共振回路であり、
前記受電アンテナは、並列共振回路であり、
前記送電アンテナの共振周波数 f_T および前記受電アンテナの共振周波数 f_R は、いずれも前記 RF エネルギーの周波数 f_0 に等しく設定されている、発電装置。

[請求項2]

前記発電部の出力電流および出力電圧を計測する計測部を備え、
前記計測部によって計測された前記出力電流および前記出力電圧から前記発電部の出力インピーダンスの値を検出する、請求項1に記載の発電装置。

[請求項3]

前記発振部と前記送電アンテナとの間に設けられ、前記送電アンテナの入力インピーダンスを前記発振部の出力インピーダンスに整合させる発振部インピーダンス整合部を備え、
前記送電側制御部は、前記発電部の出力インピーダンスの変動に応じて、前記発振部インピーダンス整合部の入力インピーダンスを変化

させることにより、前記発振部インピーダンス整合部の入力インピーダンスを前記発振部の出力インピーダンスに整合させる、請求項1または2に記載の発電装置。

[請求項4] 前記送電側制御部は、前記発電部の出力インピーダンスの変動に応じて、前記送電アンテナの入力インピーダンスを変化させることにより、前記送電アンテナの入力インピーダンスを前記発振部インピーダンス整合部の出力インピーダンスに整合させる、請求項3に記載の発電装置。

[請求項5] 前記発振部は、入力インピーダンスの範囲が予め設定された複数の発振器を有し、

前記送電側制御部は、前記発電部の出力インピーダンスの値に基づいて、前記複数の発振器のうちの1つを選択し、選択した前記発振器に電流が流れるようにすることによって前記発振部の入力インピーダンスを変化させる、請求項1から4のいずれかに記載の発電装置。

[請求項6] 前記発振部インピーダンス整合部は、入力インピーダンスの範囲が予め設定された複数の整合回路を有し、

前記送電側制御部は、前記発振部の出力インピーダンスの値に基づいて、前記複数の整合回路のうちの1つを選択し、選択した前記整合回路に電流が流れるようにすることによって前記発振部インピーダンス整合部の入力インピーダンスを変化させる、請求項3に記載の発電装置。

[請求項7] 前記発振部インピーダンス整合部は、複数の容量素子と複数のインダクタとを有し、

前記送電側制御部は、前記発振部の出力インピーダンスの値に基づいて、前記複数の容量素子および前記複数のインダクタのうちのいずれかを含む組み合わせを選択し、選択した組み合わせに含まれる前記容量素子および前記インダクタに電流が流れるようにすることによって前記発振部インピーダンス整合部の入力インピーダンスを変化させ

る、請求項 3 に記載の発電装置。

[請求項 8]

前記送電アンテナは、直列接続された複数のインダクタと、前記複数のインダクタに直列に接続された複数の容量素子とを有し、

前記送電側制御部は、前記発電部の出力インピーダンスの値に基づいて、前記複数のインダクタのうちの少なくとも 1 つおよび前記複数の容量素子のうちの少なくとも 1 つを選択し、選択した少なくとも 1 つのインダクタおよび選択した少なくとも 1 つの容量素子に電流が流れるようにすることにより、前記送電アンテナの入力インピーダンスを変化させる、請求項 4 に記載の発電装置。

[請求項 9]

前記送電アンテナは、互いに異なるインダクタンスをもつ並列配置された複数の第 1 インダクタと、

前記複数の第 1 インダクタに近接して配置された第 2 インダクタとを有し、

前記送電側制御部は、前記発電部の出力インピーダンスの値に基づいて、前記複数の第 1 インダクタのうちの 1 つを選択し、選択した前記第 1 インダクタに電流が流れるようにすることにより、前記送電アンテナの入力インピーダンスを変化させる、請求項 4 に記載の発電装置。

[請求項 10]

前記送電アンテナは、インダクタと、前記インダクタに直列に接続された複数の容量素子と、金属体または磁性体を含む可動部とを有し、

前記送電側制御部は、前記発電部の出力インピーダンスの値に基づいて、前記インダクタと前記可動部との距離を変化させ、前記発電部の出力インピーダンスの値に基づいて、前記複数の容量素子のうちの少なくとも 1 つを選択し、選択した少なくとも 1 つの容量素子に電流が流れるようにすることによって前記送電アンテナの入力インピーダンスを変化させる、請求項 4 に記載の発電装置。

[請求項 11]

前記送電アンテナは、互いに異なる入力インピーダンスを持つ複数

の共振器を有し、

前記送電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの値に基づいて、前記複数の共振器の1つを選択し、選択した共振器に電流が流れるようにすることによって前記送電アンテナの入カインピーダンスを変化させる、請求項4に記載の発電装置。

[請求項12]

前記受電アンテナと前記整流部との間に設けられ、前記整流部の入カインピーダンスを前記受電アンテナの出カインピーダンスに整合させる整流部インピーダンス整合部と、

前記発電部の出カインピーダンスの変動に応じて、前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを変化させることにより、前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを前記受電アンテナの出カインピーダンスに整合させる受電側制御部と、
を備える、請求項1から11のいずれかに記載の発電装置。

[請求項13]

前記受電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの変動に応じて、前記整流部の入カインピーダンスを変化させることによって前記整流部の入カインピーダンスを前記整流部インピーダンス整合部の出カインピーダンスに整合させる、請求項12に記載の発電装置。

[請求項14]

前記受電側制御部は、前記発電部の出カインピーダンスの変動に応じて、前記受電アンテナの出カインピーダンスを変化させることによって前記受電アンテナの出カインピーダンスを前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスに整合させる、請求項12または13に記載の発電装置。

[請求項15]

前記発電部の環境変数を計測する環境条件センシング部を備え、
前記受電側制御部は、前記環境条件センシング部によって計測された前記環境変数の変動に応じて、前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを変化させることによって前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを前記受電アンテナの出カインピーダンスに整合させる、請求項12から14のいずれかに記載の発電装

置。

[請求項16] 前記受電側制御部は、前記環境条件センシング部によって計測された前記環境変数の変動に応じて、前記整流部の入カインピーダンスを変化させることによって前記整流部の入カインピーダンスを前記整流部インピーダンス整合部の出カインピーダンスに整合させる、請求項15に記載の発電装置。

[請求項17] 前記受電側制御部は、前記環境条件センシング部によって計測された前記環境変数の変動に応じて、前記受電アンテナの出カインピーダンスを変化させることにより、前記受電アンテナの出カインピーダンスを前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスに整合させる、請求項15または16に記載の発電装置。

[請求項18] 前記整流部インピーダンス整合部は、入カインピーダンスの範囲が予め設定された複数の整合回路を有し、

前記受電側制御部は、前記複数の整合回路のうちの1つの整合回路を選択し、選択した前記整合回路に電流が流れるようにすることによって前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを変化させる、請求項12から17のいずれかに記載の発電装置。

[請求項19] 前記整流部インピーダンス整合部は、複数の容量素子と複数のインダクタとを有し、

前記受電側制御部は、前記複数の容量素子および前記複数のインダクタのうちのいずれかを含む組み合わせを選択し、選択した組み合わせに含まれる前記容量素子および前記インダクタに電流が流れるようにすることによって前記整流部インピーダンス整合部の入カインピーダンスを変化させる、請求項12から17のいずれかに記載の発電装置。

[請求項20] 前記整流部は、入カインピーダンスの範囲が予め設定された複数の整流器を有し、

前記受電側制御部は、前記複数の整流器のうちの1つの整流器を選

択し、選択した前記整流部に電流が流れるようにすることによって前記整流部の入力インピーダンスを変化させる、請求項 12 から 19 のいずれかに記載の発電装置。

[請求項21]

前記受電アンテナは、直列接続された複数のインダクタと、前記複数のインダクタに並列に接続された複数の容量素子とを有し、

前記受電側制御部は、前記複数のインダクタのうちの少なくとも 1 つおよび前記複数の容量素子のうちの少なくとも 1 つを選択し、選択した少なくとも 1 つのインダクタおよび選択した少なくとも 1 つの容量素子に電流が流れるようにすることにより、前記受電アンテナの出力インピーダンスを変化させる、請求項 12 から 20 のいずれかに記載の発電装置。

[請求項22]

前記受電アンテナは、互いに異なるインダクタンスを持つ並列配置された複数の第 1 インダクタと、

前記複数の第 1 インダクタに近接して配置された第 2 インダクタとを有し、

前記受電側制御部は、前記複数の第 1 インダクタのうちの 1 つを選択し、選択した前記第 1 インダクタに電流が流れるようにすることにより、前記受電アンテナの出力インピーダンスを変化させる、請求項 12 から 20 のいずれかに記載の発電装置。

[請求項23]

前記受電アンテナは、インダクタと、前記インダクタに並列に接続された複数の容量素子と、金属体または磁性体を含む可動部とを有し、

前記受電側制御部は、前記インダクタと前記可動部との距離を変化させ、前記複数の容量素子のうちの少なくとも 1 つを選択し、選択した少なくとも 1 つの容量素子に電流が流れるようにすることによって前記受電アンテナの出力インピーダンスを変化させる、請求項 12 から 20 のいずれかに記載の発電装置。

[請求項24]

前記受電アンテナは、互いに異なる入力インピーダンスを持つ複数

の共振器を有し、

前記受電側制御部は、前記複数の共振器の1つを選択し、選択した共振器に電流が流れるようにすることによって前記受電アンテナの出力インピーダンスを変化させる、請求項請求項12から20のいずれかに記載の発電装置。

[請求項25] 前記環境変数は、前記発電部における太陽光の放射照度を示す変数を含んでいる、請求項15から17のいずれかに記載の発電装置。

[請求項26] 前記環境変数は、前記発電部における温度を示す変数を含んでいる、請求項15から17のいずれかに記載の発電装置。

[請求項27] 前記環境条件センシング部によって計測された前記環境変数は、無線によって前記受電側制御部へ送信される、請求項15から17のいずれかに記載の発電装置。

[請求項28] 前記発電部は、太陽光発電部である、請求項1から27のいずれかに記載の発電装置。

[請求項29] 前記太陽光発電部は、結晶系シリコンを用いた太陽光発電部である、請求項28に記載の発電装置。

[請求項30] 前記太陽光発電部および前記送電アンテナは建物の外側に設置され、前記受電アンテナは前記建物の内部に設置されている、請求項28または29に記載の発電装置。

[請求項31] 前記太陽光発電部、前記送電アンテナ、および前記受電アンテナは建物の外に設置され、

前記送電アンテナの少なくとも一部と前記受電アンテナの少なくとも一部とが対向するように配置されている、請求項28または29のいずれかに記載の発電装置。

[請求項32] 前記発電部の昇圧比を V_{oc} 、前記送電アンテナにおけるインダクタンスを L_1 、前記受電アンテナにおけるインダクタンスを L_2 、前記送電アンテナと前記受電アンテナとの結合係数を k とするとき、

$(L_2 / L_1) \geq 4 (k / V_{oc})^2$ を満足する、請求項1から3

1のいずれかに記載の発電装置。

[請求項33] 前記整流部の出力電圧が200～300Vの範囲内にある、請求項32に記載の発電装置。

[請求項34] 複数の発電装置を備える発電システムであって、
前記複数の発電装置に含まれる少なくとも2つの発電装置の出力側端子が並列に接続されており、

前記少なくとも2つの発電装置は、それぞれ、請求項1から33のいずれかに記載の発電装置である、発電システム。

[請求項35] 直流エネルギーを周波数 f_0 のRFエネルギーに変換する発振部と、
前記RFエネルギーを送出する送電アンテナと、
前記送電アンテナによって送出された前記RFエネルギーの少なくとも一部を受け取る受電アンテナと、

前記受電アンテナが受け取った前記RFエネルギーを直流エネルギーに変換する整流部と、

前記発電部の出力インピーダンスの変動に応じて前記発振部の入力インピーダンスを変化させることによって前記発振部の入力インピーダンスを前記発電部の出力インピーダンスに整合させる送電側制御部と、

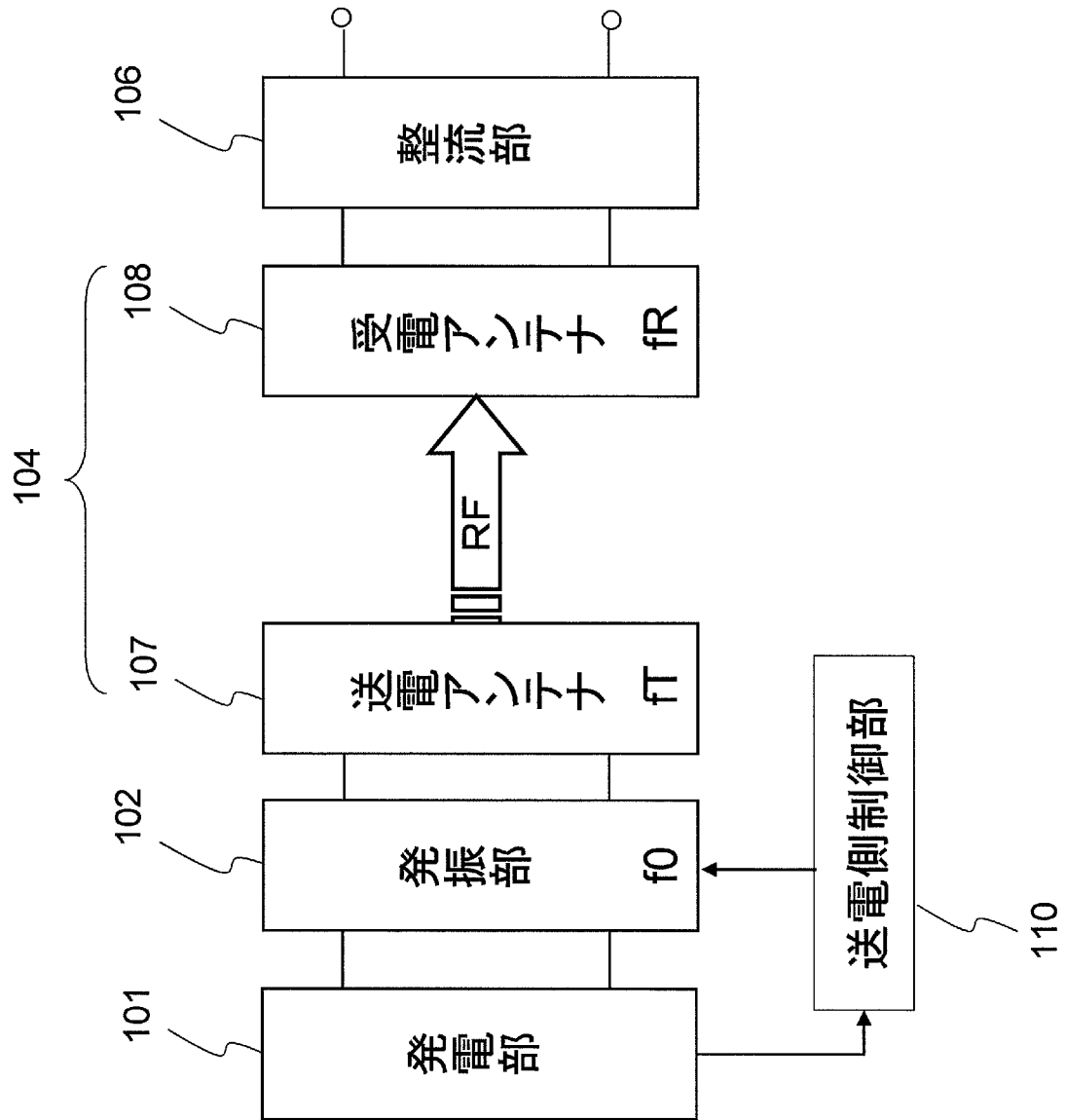
を備え、

前記送電アンテナは、直列共振回路であり、

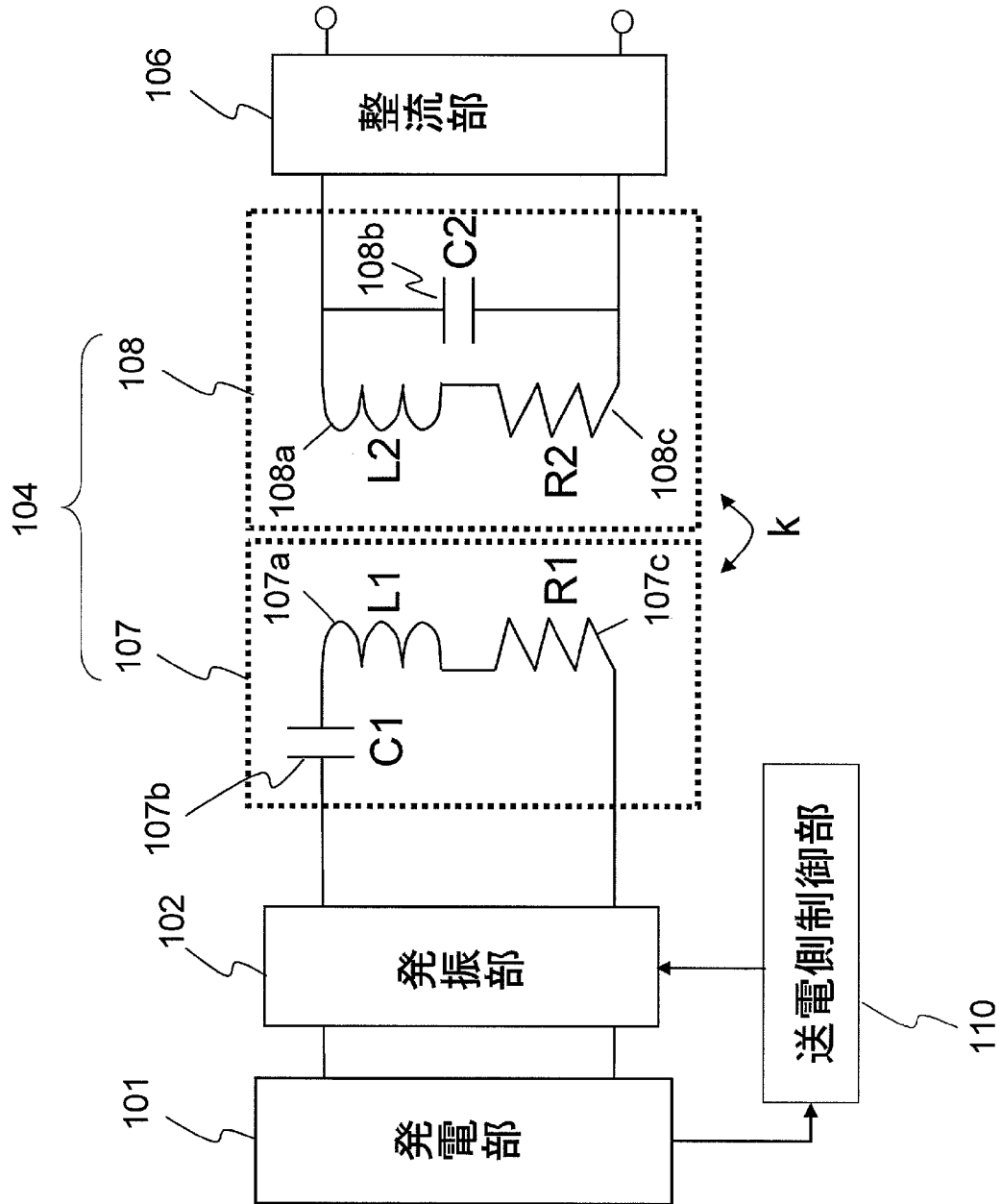
前記受電アンテナは、並列共振回路であり、

前記送電アンテナの共振周波数 f_T および前記受電アンテナの共振周波数 f_R は、いずれも前記RFエネルギーの周波数 f_0 に等しく設定されている、無線電力伝送装置。

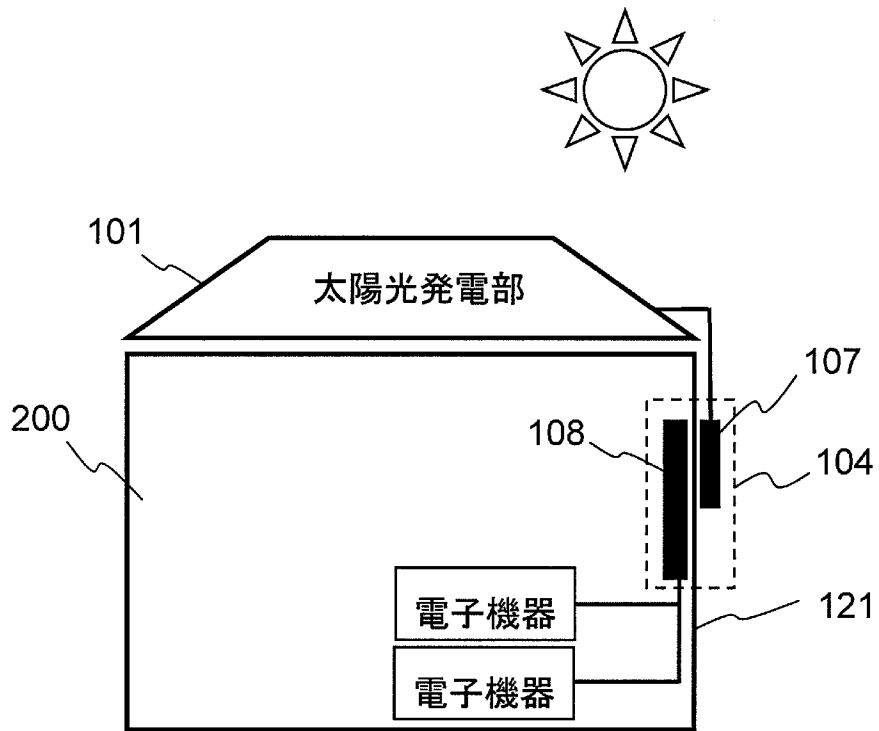
[図1]



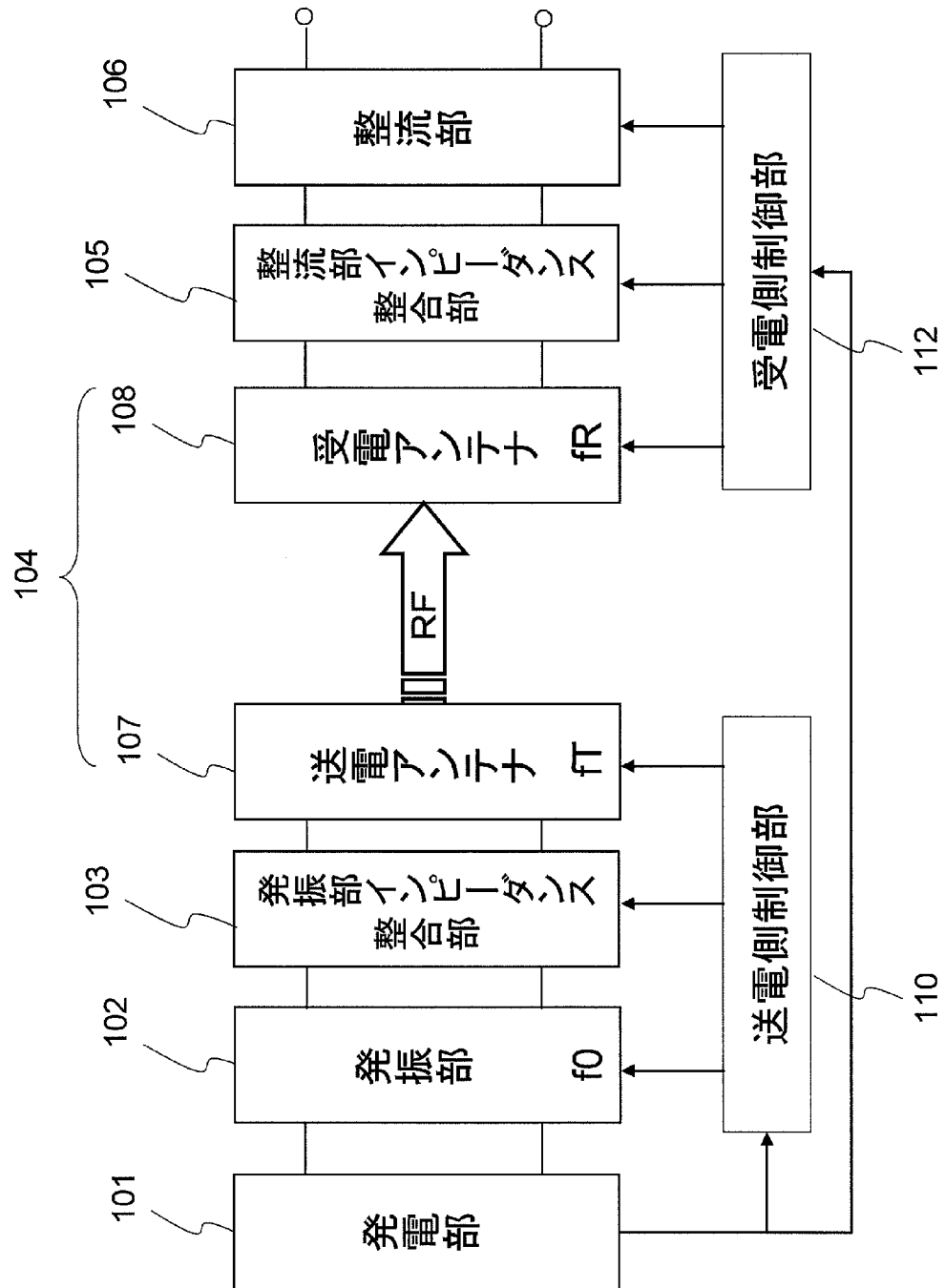
[図2]



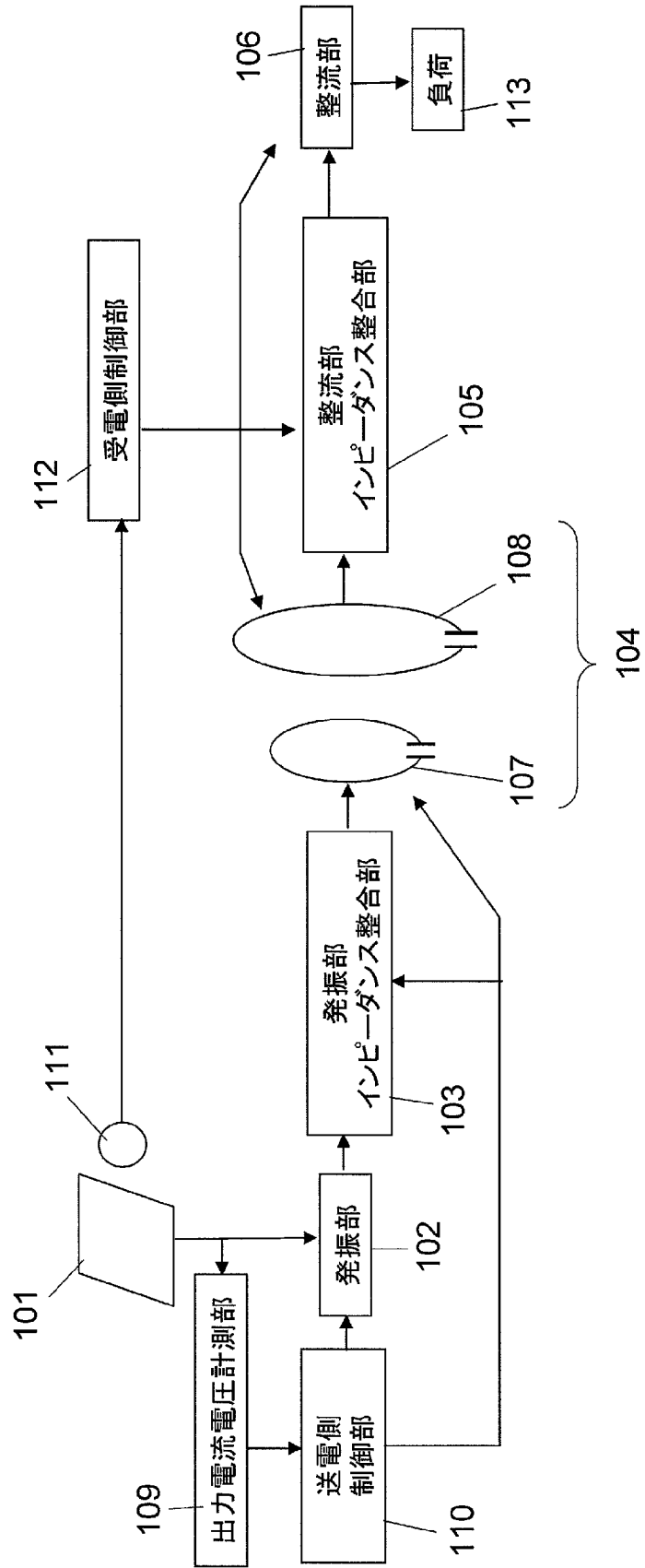
[図3]



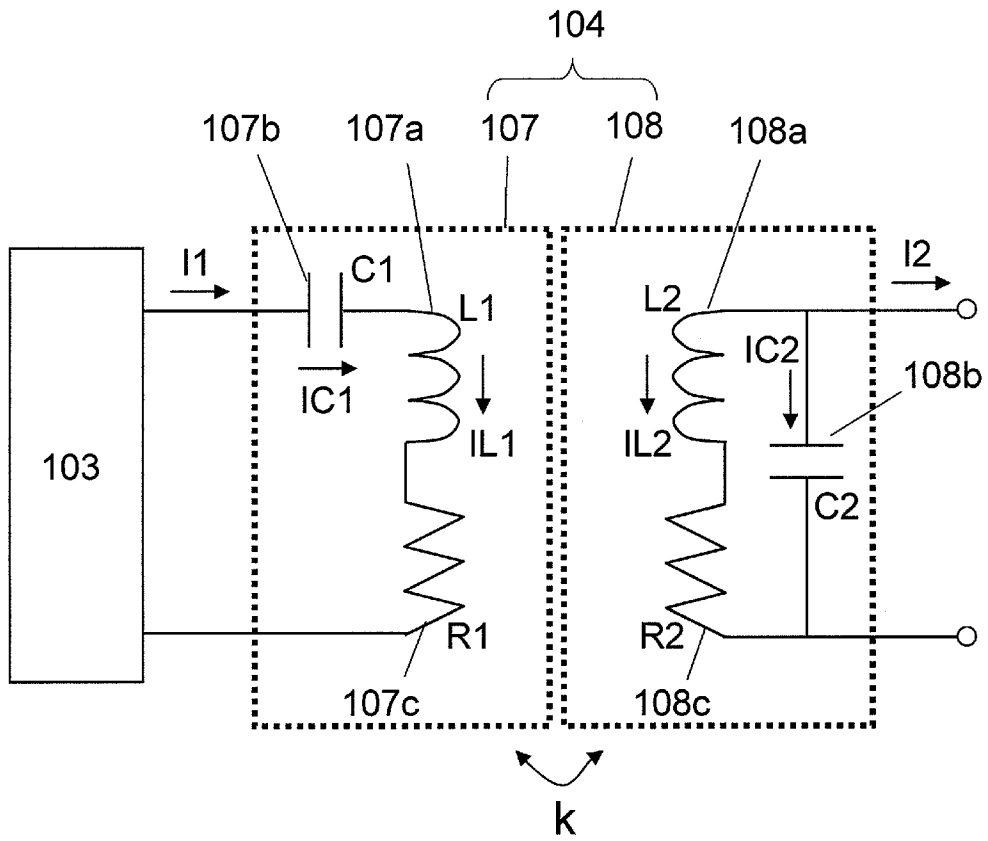
[図4]



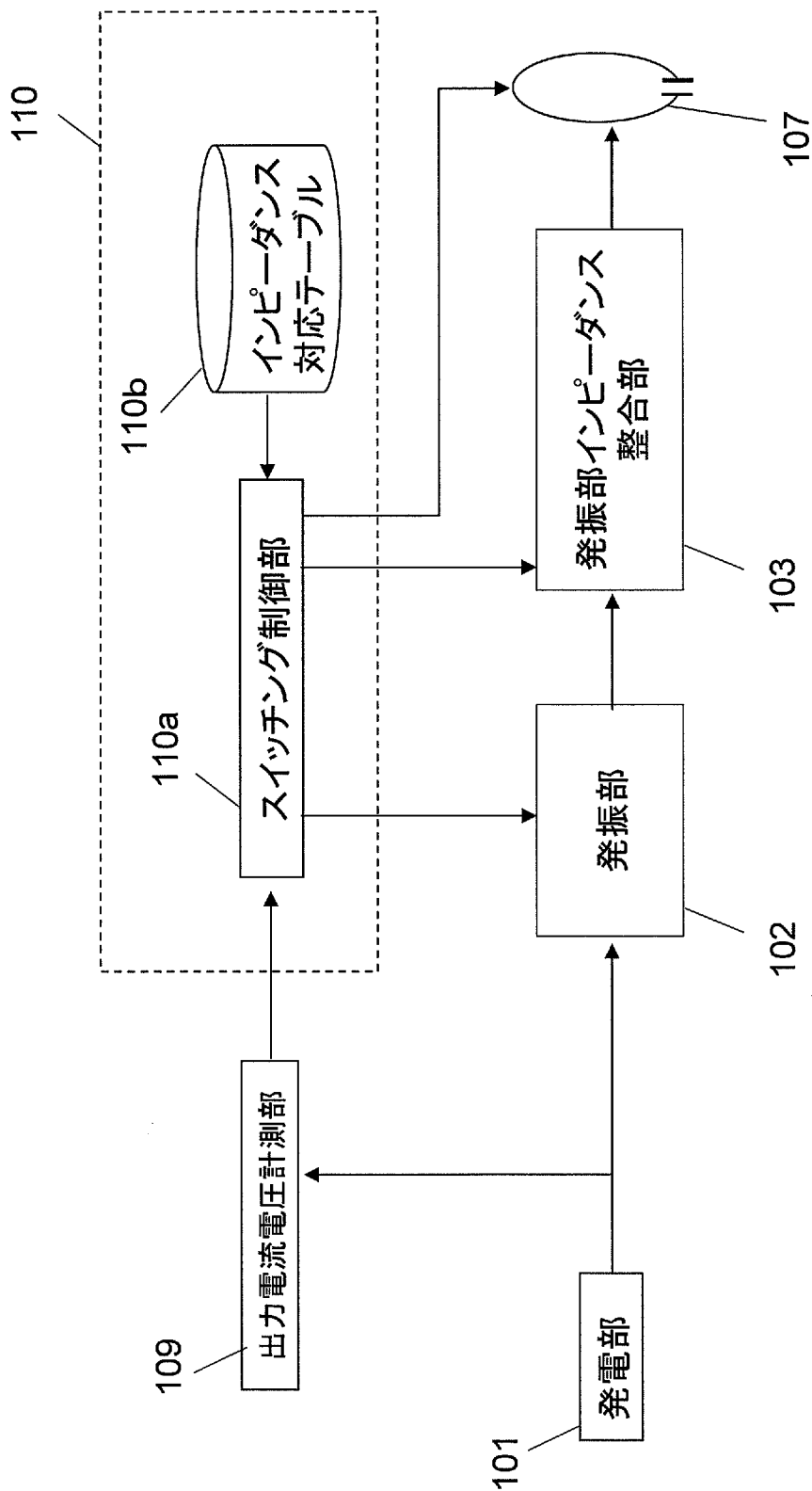
[図5]



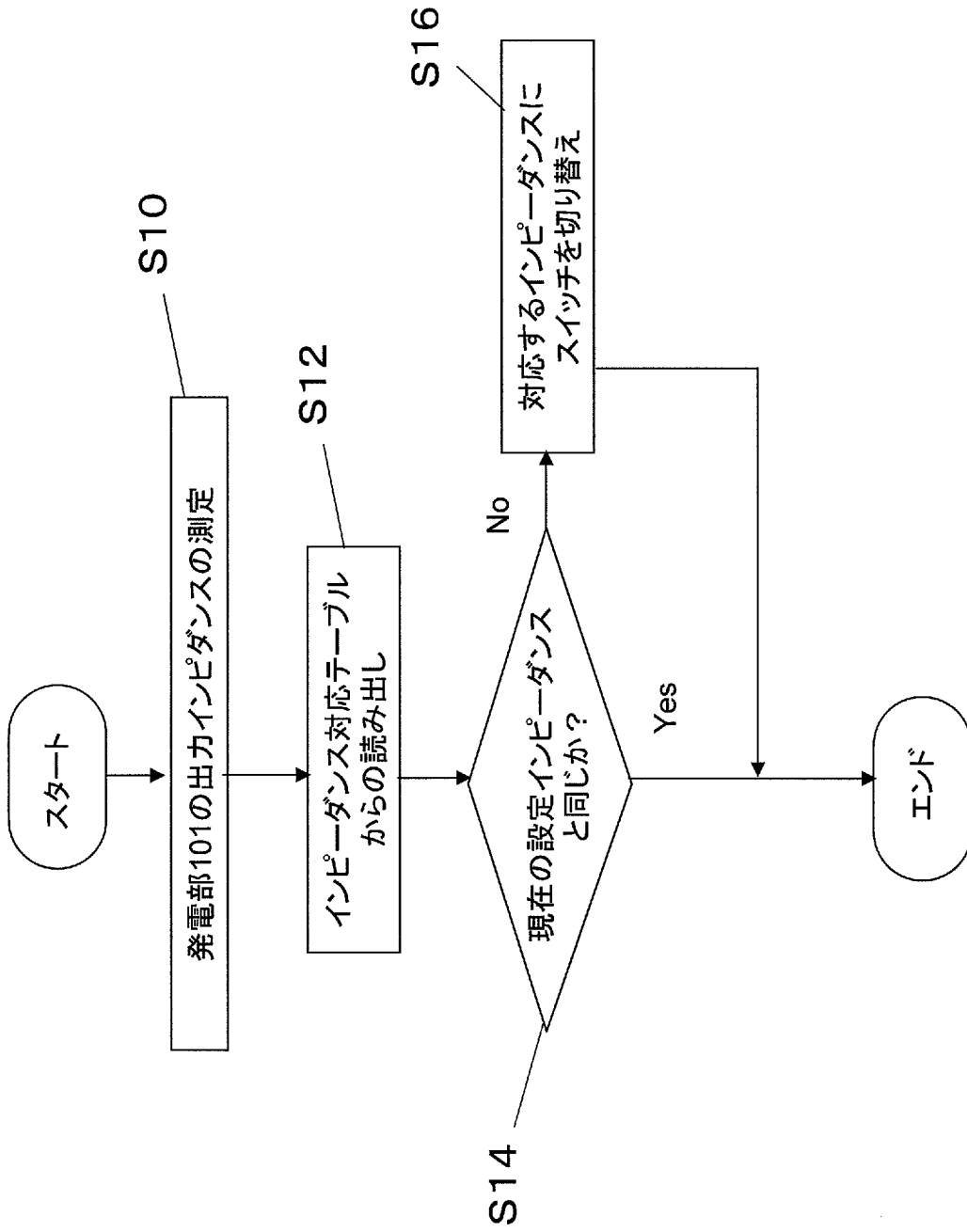
[図6]



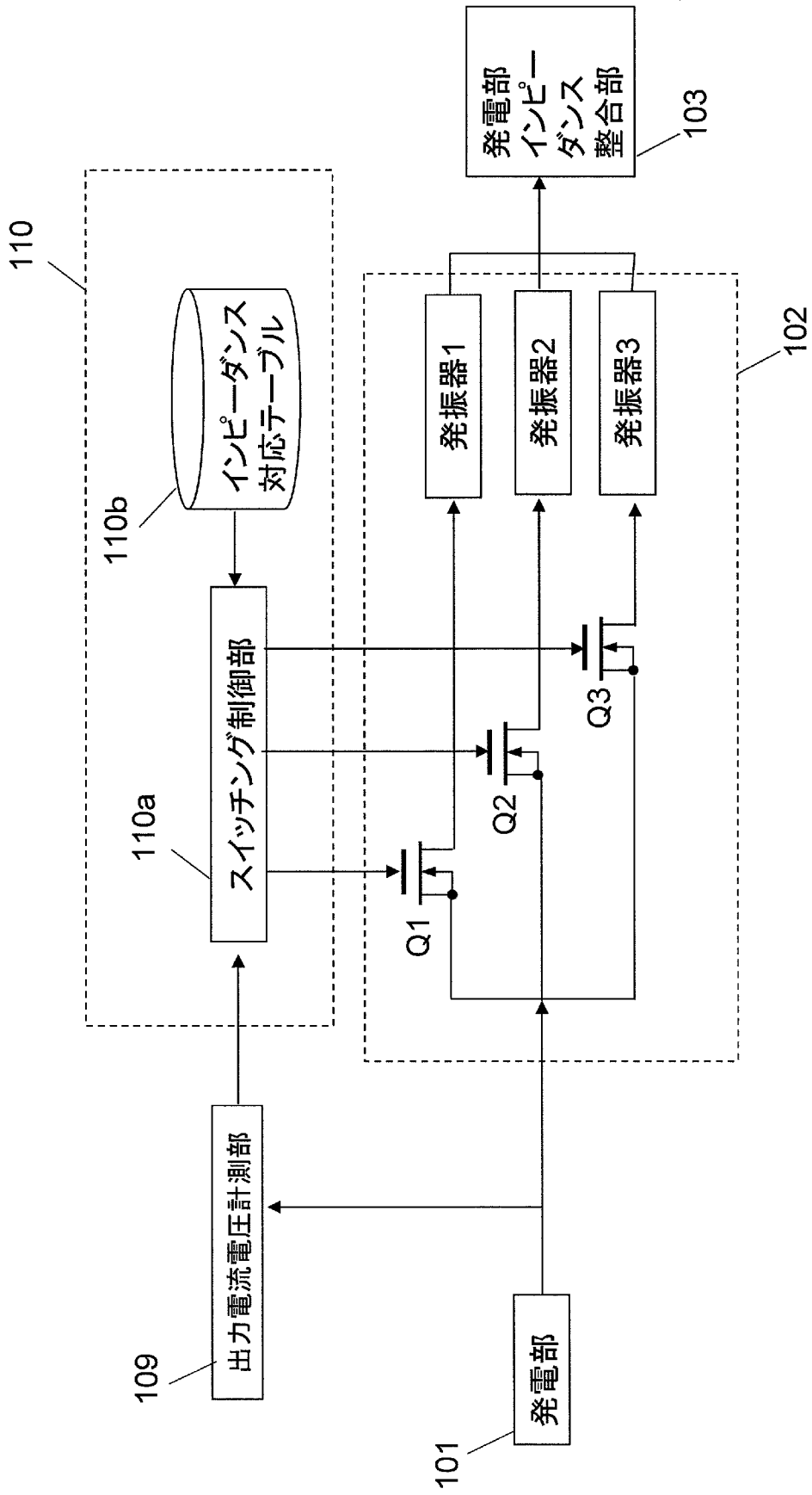
[図7]



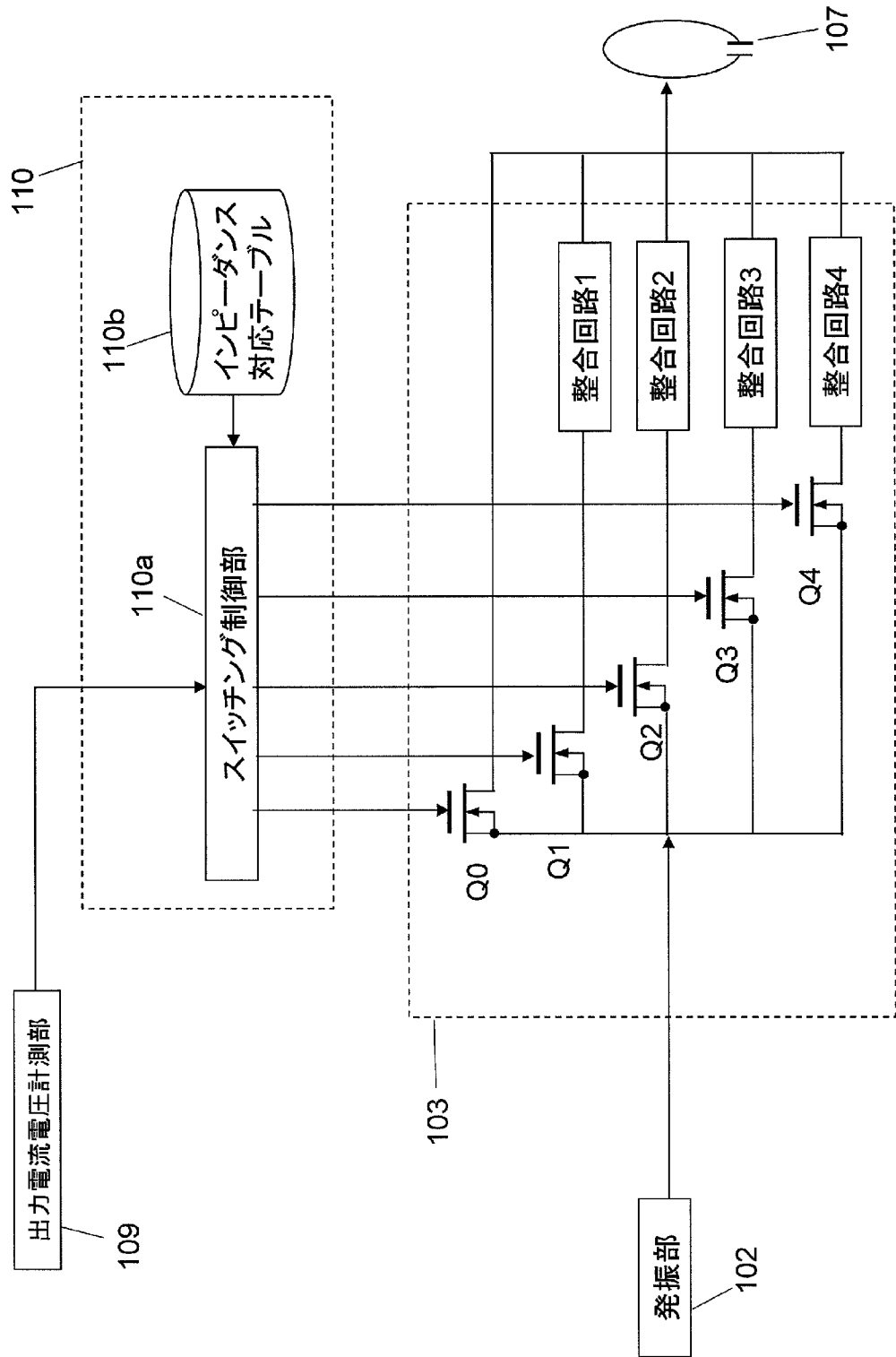
[図8]



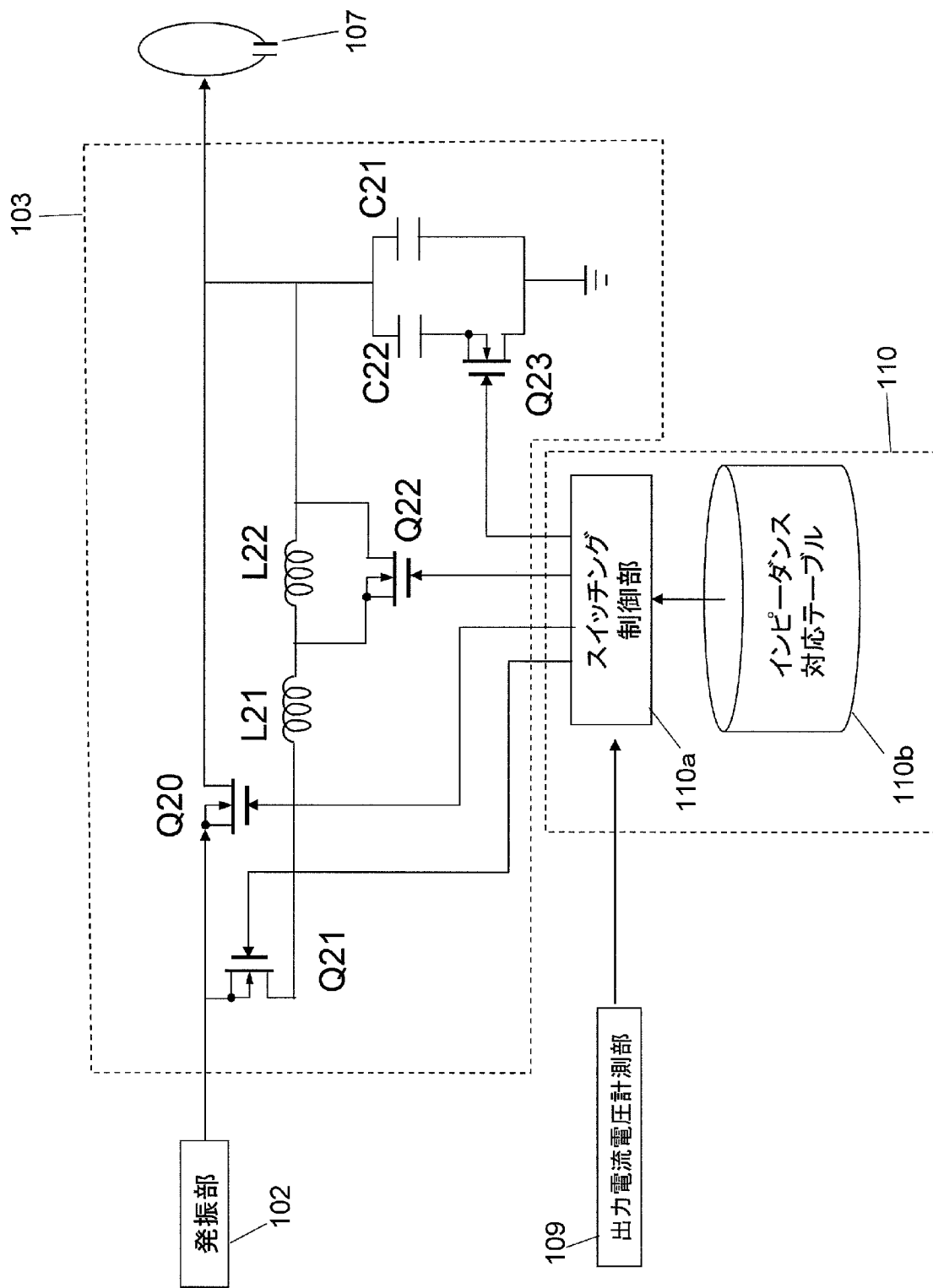
[図9]



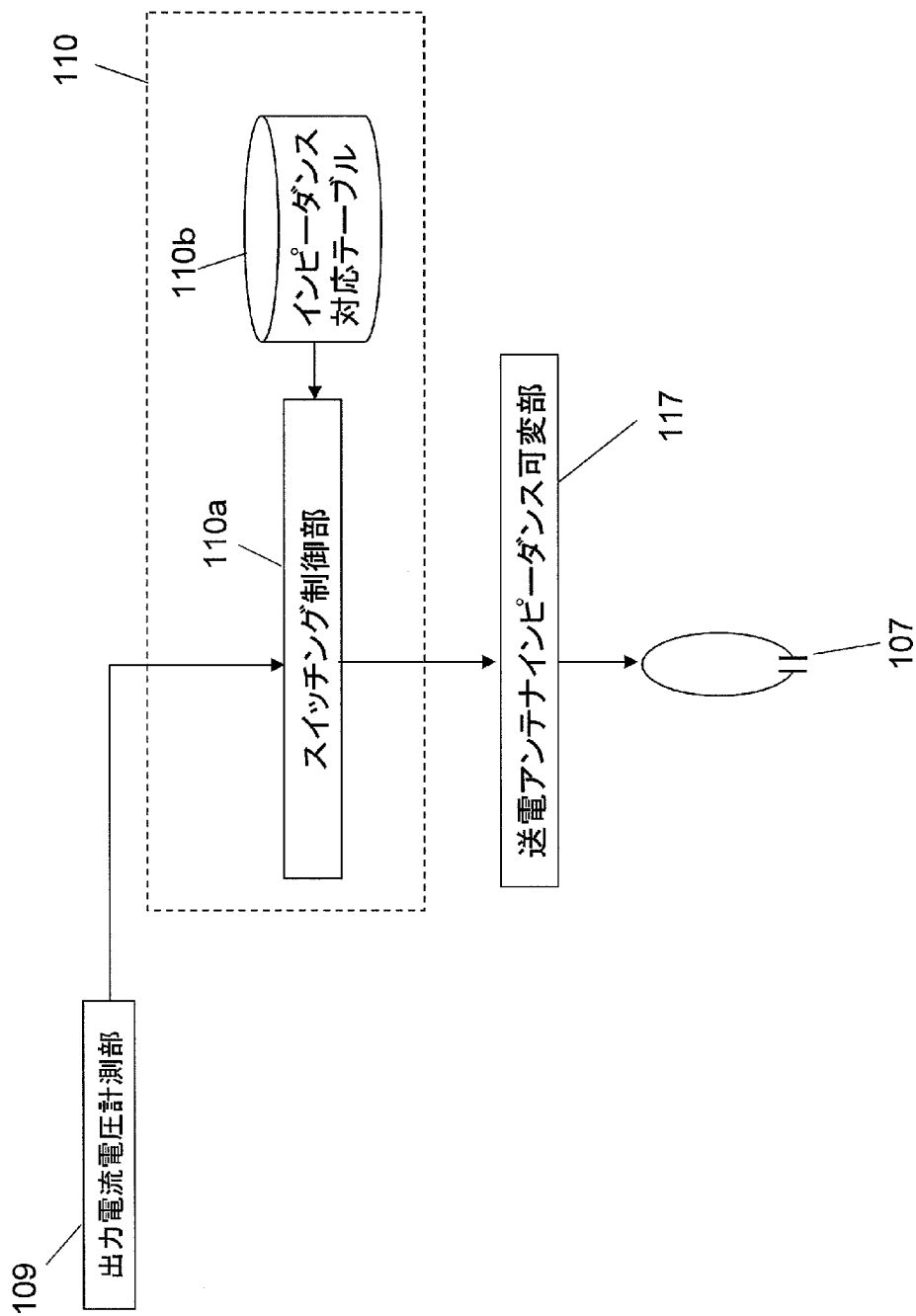
[図10]



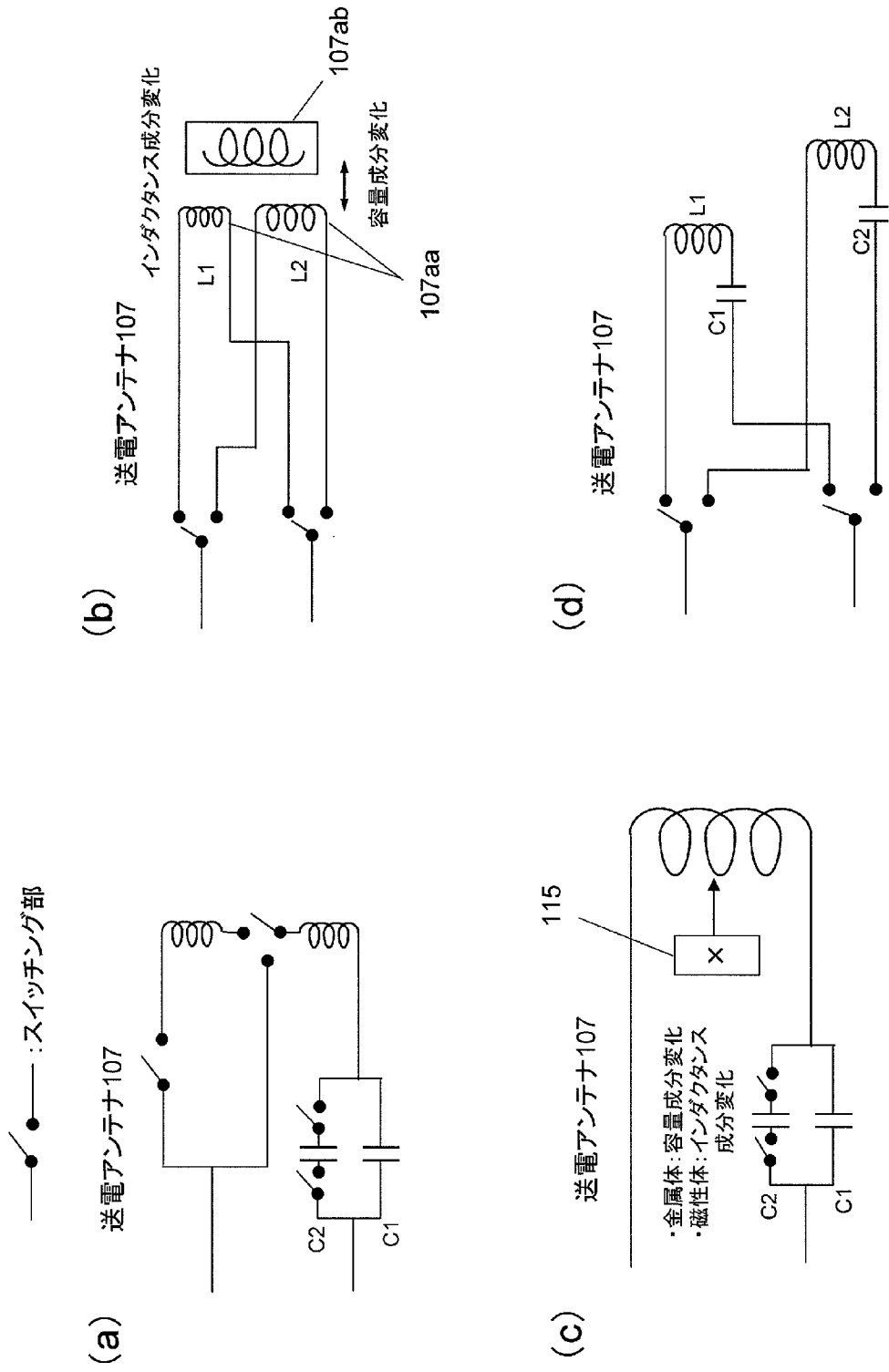
[図11]



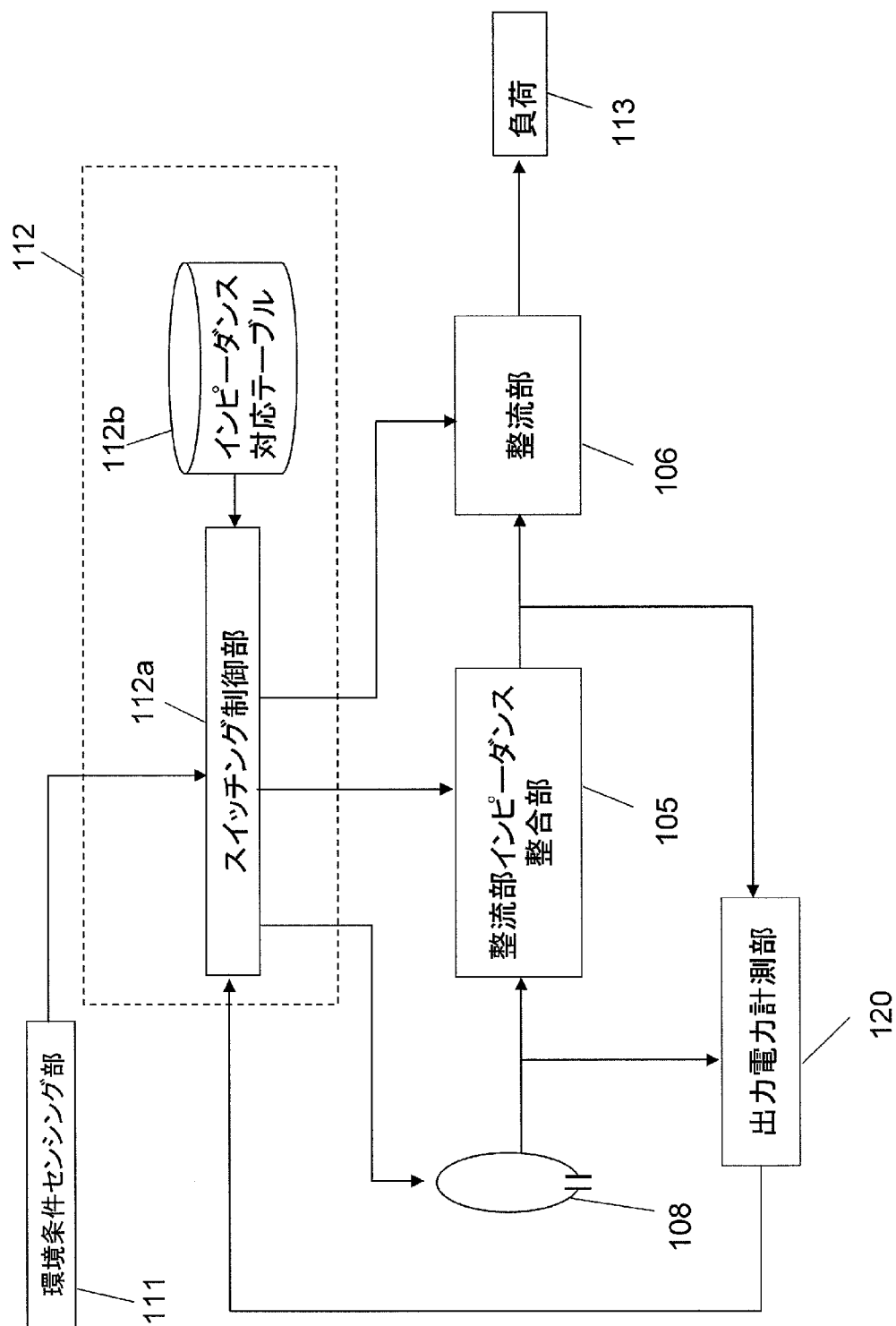
[図12]



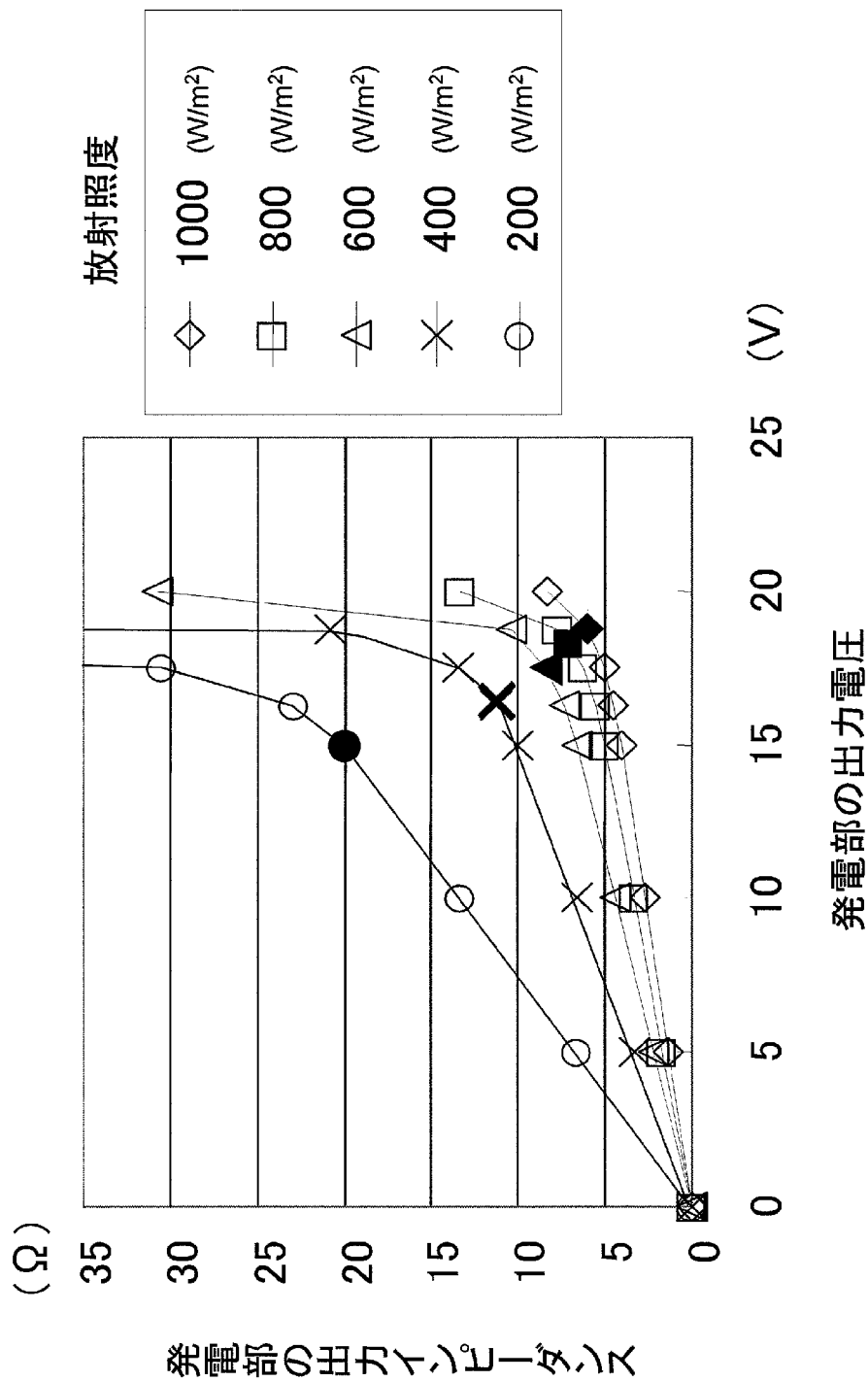
[図13]



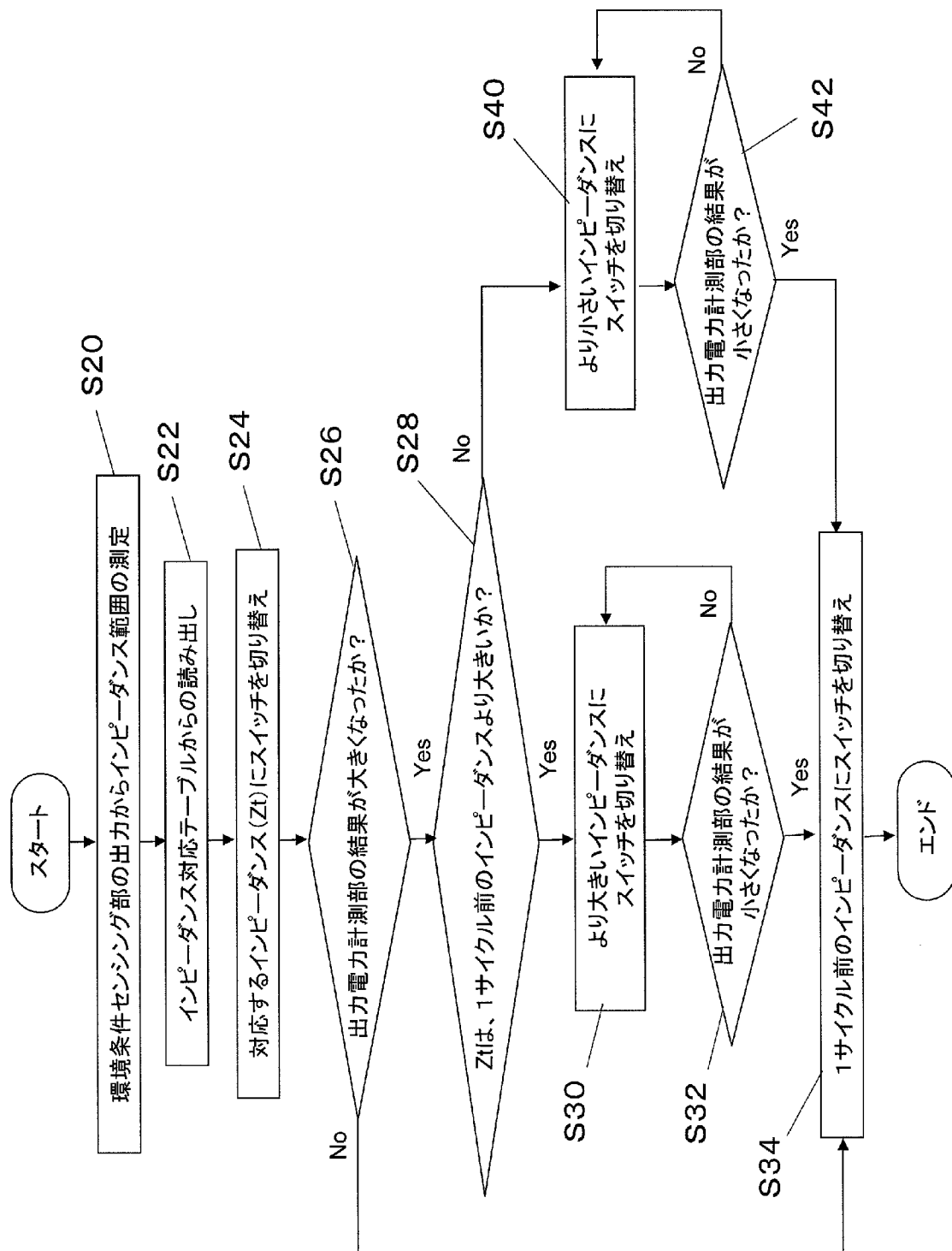
[図14]



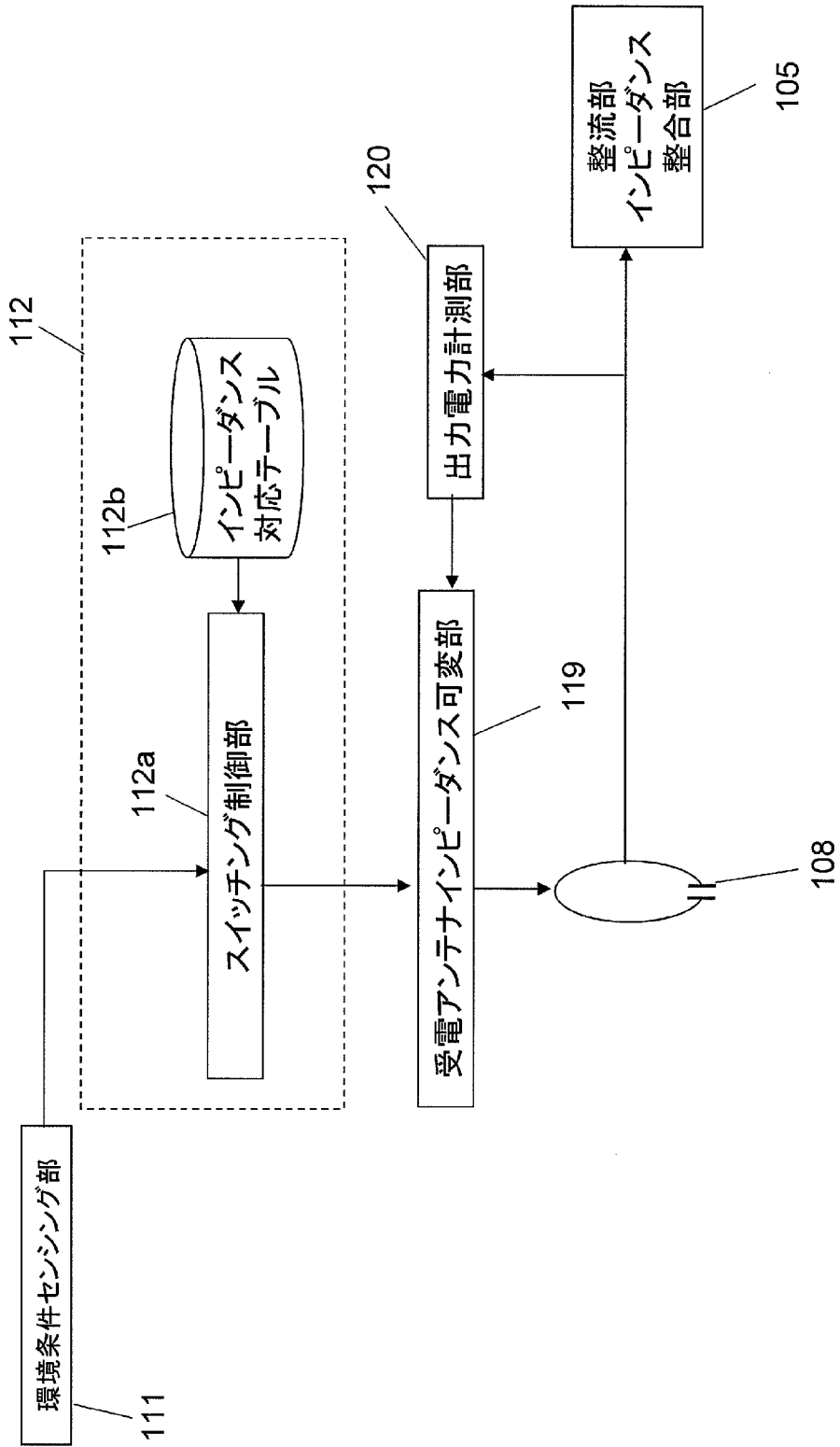
[図15]



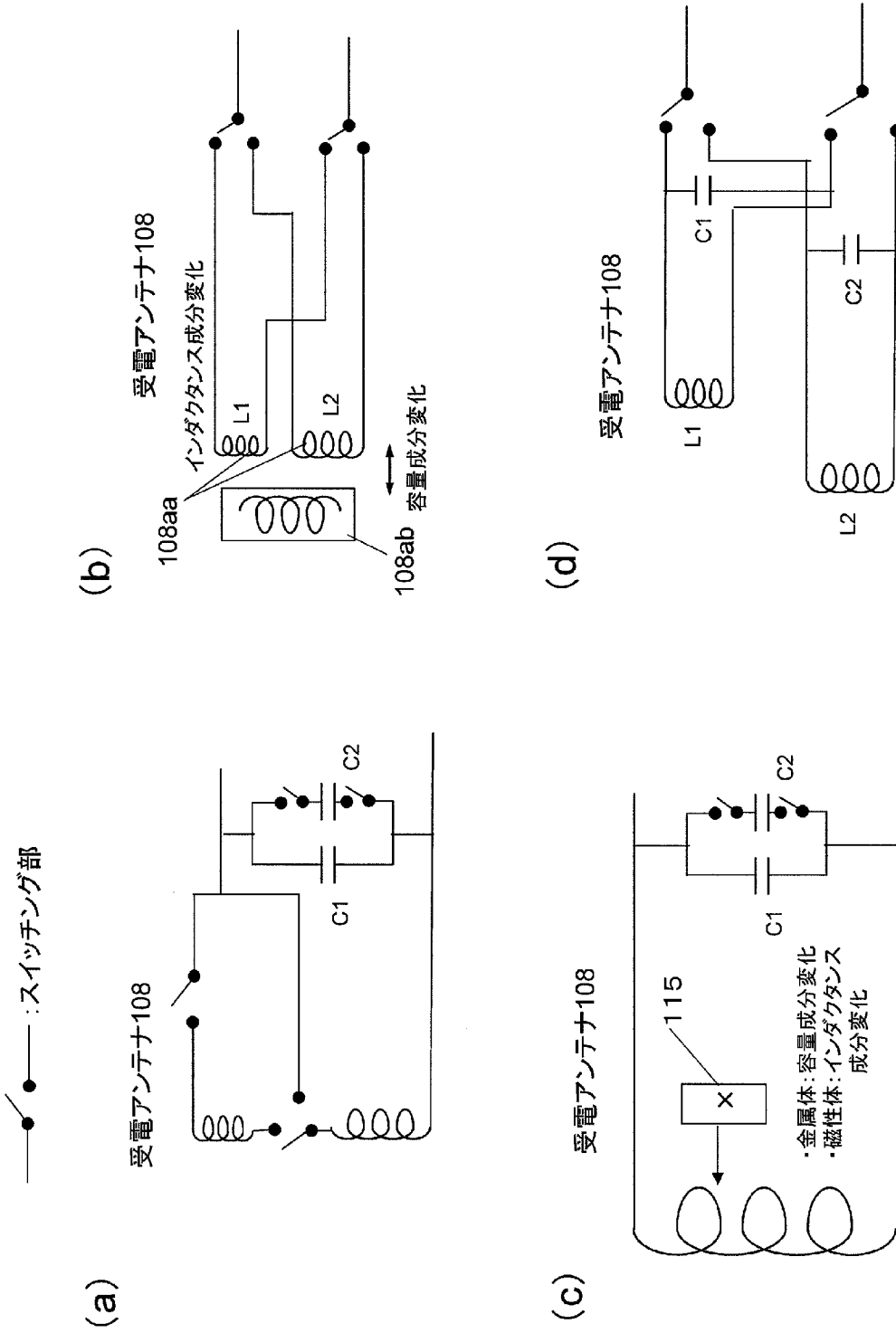
[図16]



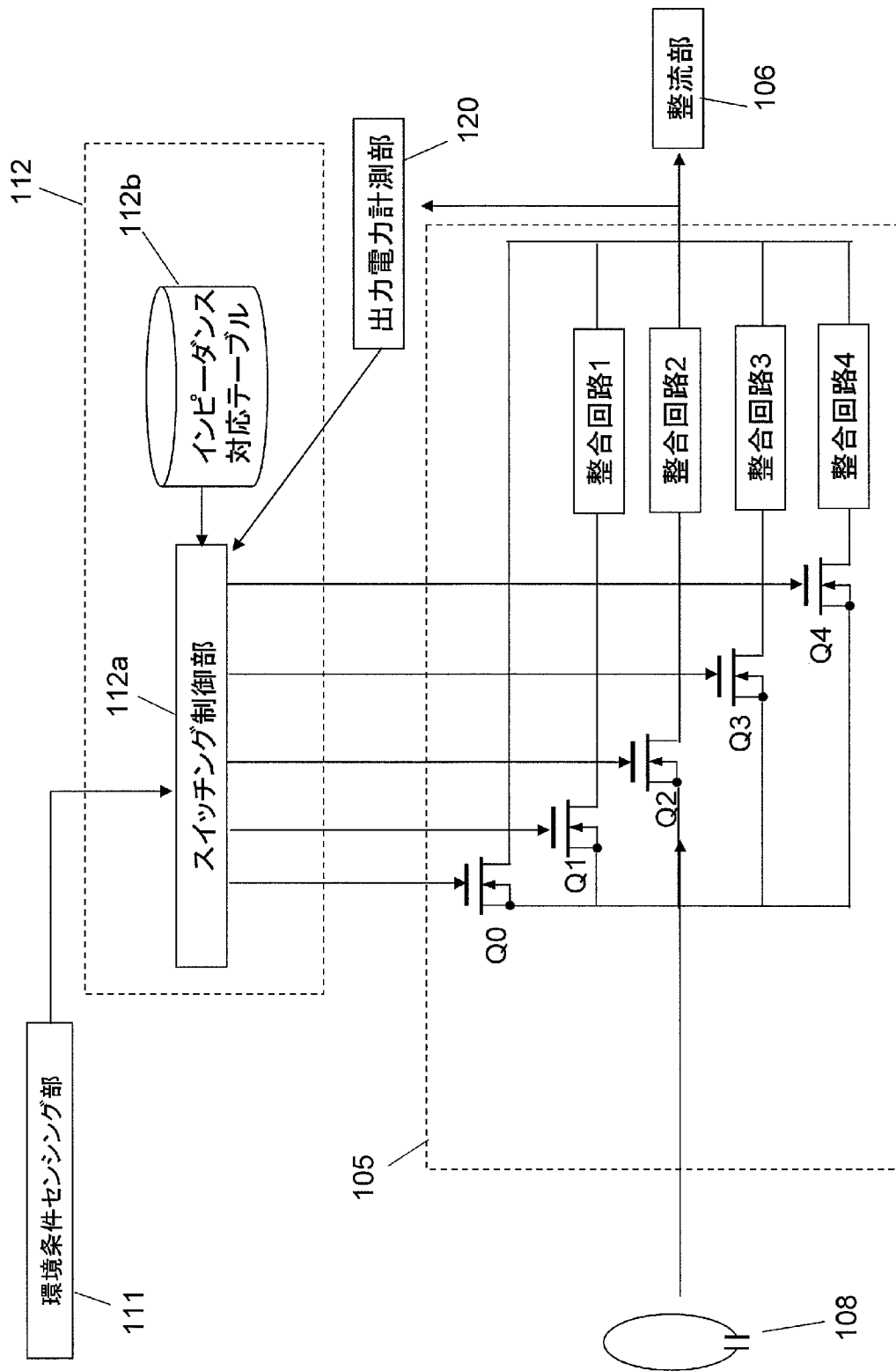
[図17]



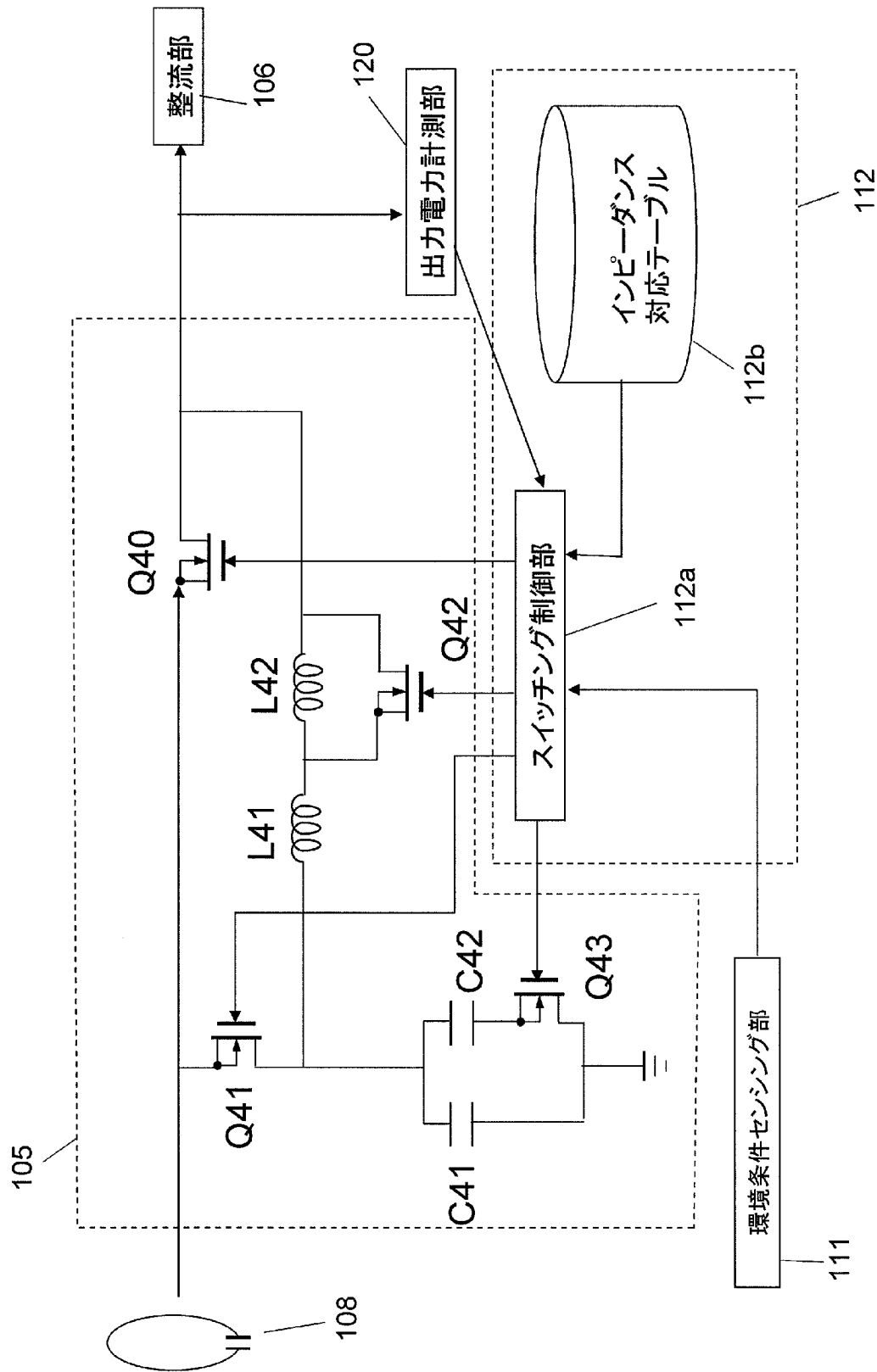
[図18]



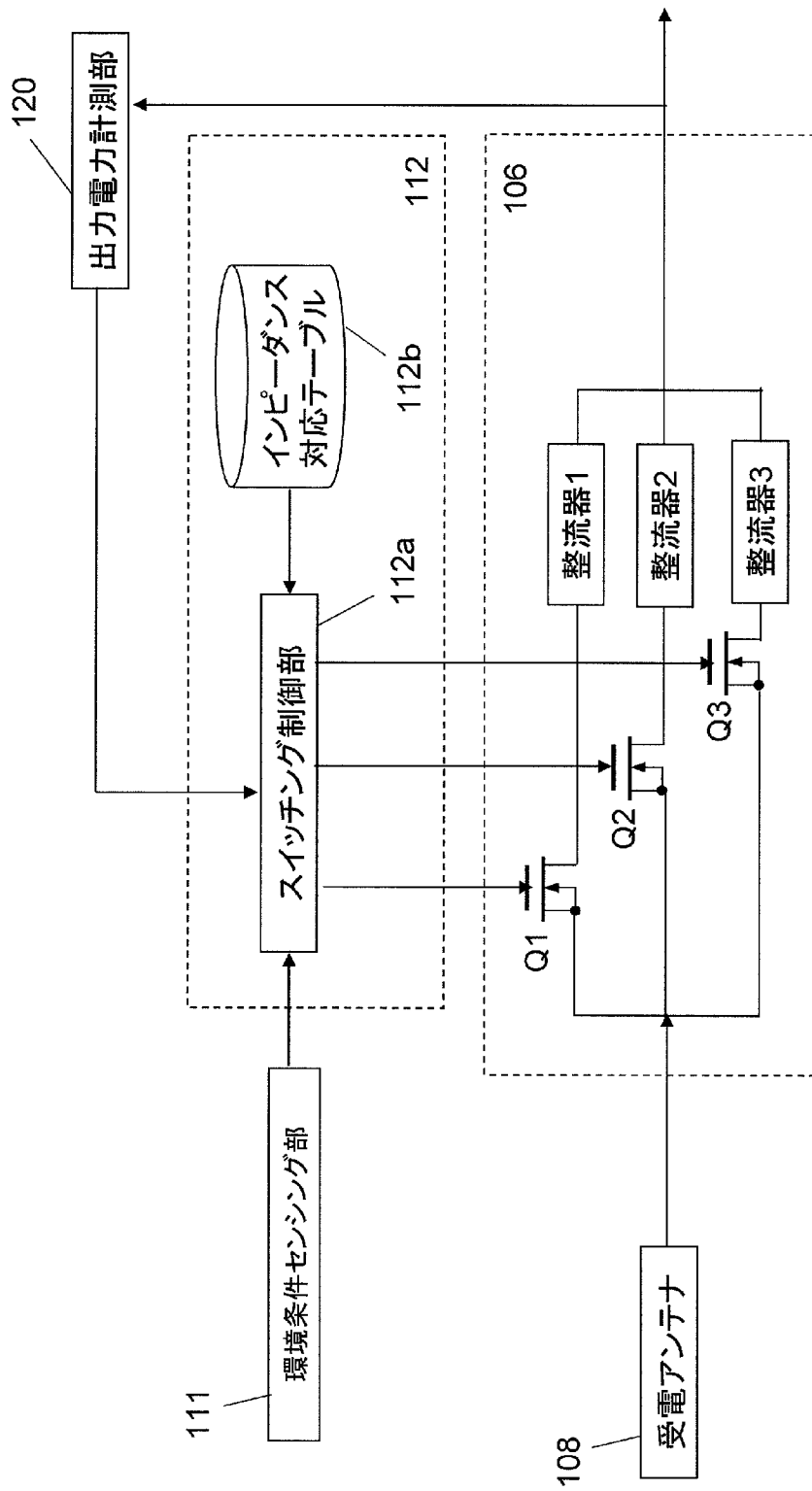
[図19]



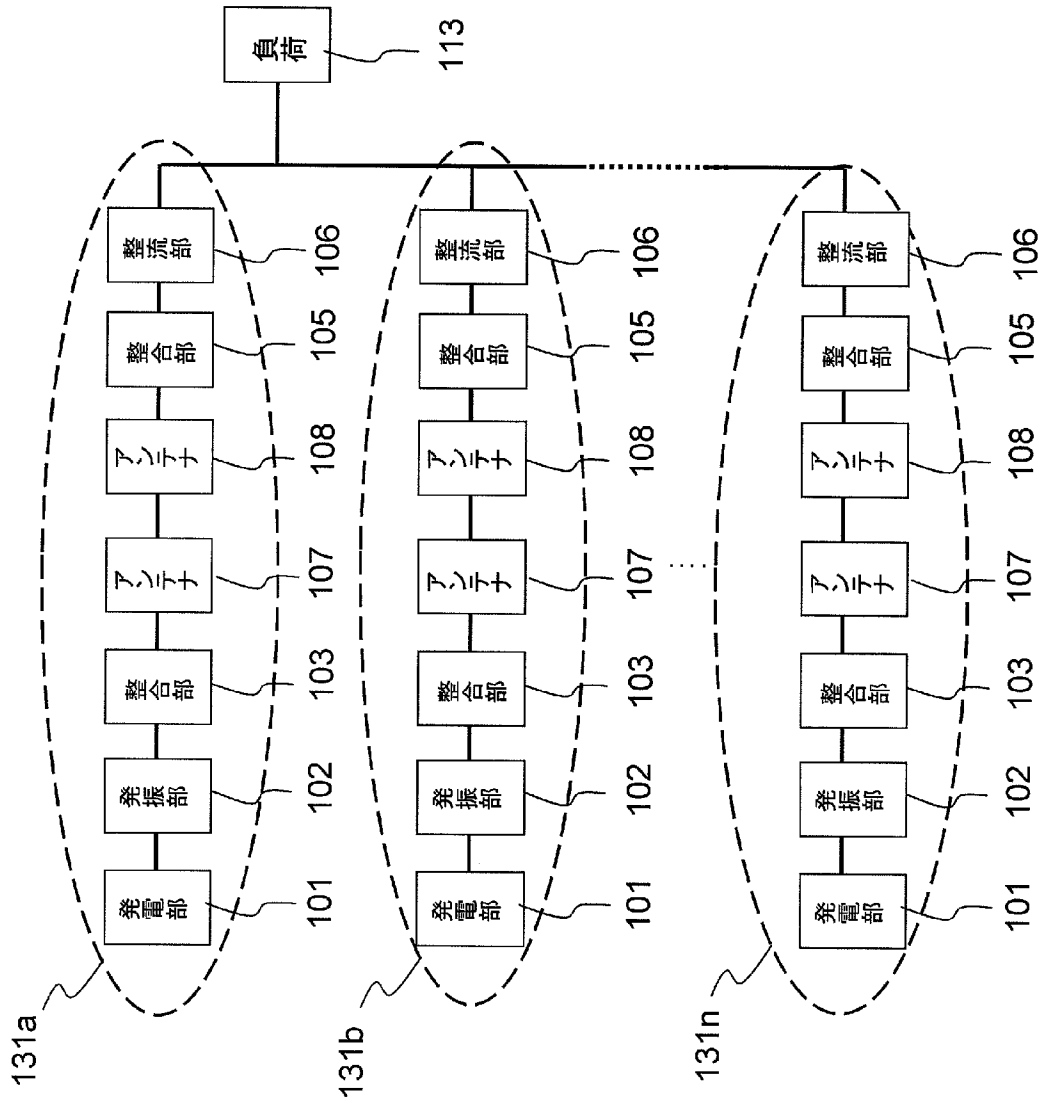
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/002491

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J17/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J17/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-295297 A (Seiko Epson Corp.), 04 December 2008 (04.12.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-35
A	JP 2010-63324 A (Hideo KIKUCHI), 18 March 2010 (18.03.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-35
A	JP 2006-320047 A (NTT Docomo Inc.), 24 November 2006 (24.11.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-35

 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
27 July, 2011 (27.07.11)Date of mailing of the international search report
09 August, 2011 (09.08.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02J17/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02J17/00

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	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-295297 A (セイコーエプソン株式会社) 2008.12.04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-35
A	JP 2010-63324 A (菊地 秀雄) 2010.03.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-35
A	JP 2006-320047 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2006.11.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-35

☐ 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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.07.2011

国際調査報告の発送日

09.08.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高野 誠治

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

5T

3567