

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-39288

(P2015-39288A)

(43) 公開日 平成27年2月26日(2015.2.26)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
<b>H02J 17/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H02J 17/00	A	4K029
<b>C23C 14/40</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 14/40		
<b>H05H 1/46</b>	<b>(2006.01)</b>	H05H 1/46	R	

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2014-190490 (P2014-190490)	(71) 出願人	000232287 日本電業工作株式会社 東京都千代田区九段南4丁目7番15号
(22) 出願日	平成26年9月18日 (2014.9.18)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(62) 分割の表示	特願2011-538462 (P2011-538462) の分割	(72) 発明者	古川 実 東京都千代田区九段南4丁目7番15号 日本電業工作株式会社内
原出願日	平成22年10月27日 (2010.10.27)	(72) 発明者	白土 正 東京都千代田区九段南4丁目7番15号 日本電業工作株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2009-249467 (P2009-249467)	Fターム(参考)	4K029 CA05 DC35
(32) 優先日	平成21年10月29日 (2009.10.29)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

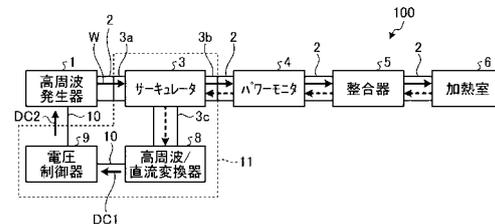
(54) 【発明の名称】 電力回生装置

(57) 【要約】

【課題】高周波電力を回生し、効率よく利用できる電力回生装置を提供すること。

【解決手段】高周波源から高周波負荷に高周波を伝送する伝送路上に配設され、前記高周波負荷が前記高周波を反射して発生した反射高周波を取り出す取出部と、前記取出部が取り出した反射高周波を分岐して出力する分岐部と、前記取出部が取り出し、前記分岐部が分岐して出力した反射高周波を直流電力に変換する高周波/直流変換部と、を備え、前記高周波/直流変換部は、前記分岐部が分岐して出力した前記反射高周波を伝送する反射高周波伝送路と、前記反射高周波伝送路内に突出するように設けられ、前記反射高周波を受信し、該受信した反射高周波に対応する交流電力を出力するロッド状のアンテナプロープと、前記アンテナプロープごとに設けられ、前記アンテナプロープが出力した交流電力を整流する複数の整流部と、を備える電力回生装置。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

高周波源から高周波負荷に高周波を伝送する伝送路上に配設され、前記高周波負荷が前記高周波を反射して発生した反射高周波を取り出す取出部と、

前記取出部が取り出した反射高周波を直流電力に変換する高周波 / 直流変換部と、  
を備え、

前記高周波 / 直流変換部は、

前記取出部が取り出した前記反射高周波を伝送する反射高周波伝送路と、

前記反射高周波伝送路内に突出するように設けられ、前記反射高周波を受信し、該受信した反射高周波に対応する交流電力を出力する複数のアンテナプローブと、

前記アンテナプローブごとに設けられ、前記アンテナプローブが出力した交流電力を整流する複数の整流部と、

を備えることを特徴とする電力回生装置。

10

## 【請求項 2】

高周波源から高周波負荷に高周波を伝送する伝送路上に配設され、前記高周波負荷が前記高周波を反射して発生した反射高周波を取り出す取出部と、

前記取出部が取り出した反射高周波を分岐して出力する分岐部と、

前記取出部が取り出し、前記分岐部が分岐して出力した反射高周波を直流電力に変換する高周波 / 直流変換部と、

を備え、

20

前記高周波 / 直流変換部は、

前記分岐部が分岐して出力した前記反射高周波を伝送する反射高周波伝送路と、

前記反射高周波伝送路内に突出するように設けられ、前記反射高周波を受信し、該受信した反射高周波に対応する交流電力を出力する複数のアンテナプローブと、

前記アンテナプローブごとに設けられ、前記アンテナプローブが出力した交流電力を整流する複数の整流部と、

を備えることを特徴とする電力回生装置。

## 【請求項 3】

前記各アンテナプローブはロッド状であり、前記各アンテナプローブの長さは、前記各アンテナプローブの位置における前記反射高周波伝送路内での前記反射高周波の電界強度分布に応じて設定されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電力回生装置。

30

## 【請求項 4】

前記反射高周波の前記反射高周波伝送路内での波長を  $g$  とすると、前記反射高周波伝送路の長手方向における前記複数のアンテナプローブの配置間隔が、 $g / 4$  に設定されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の電力回生装置。

## 【請求項 5】

前記各整流部は、前記アンテナプローブが出力した交流電力の入力を受け付け、前記反射高周波の周波数以外の周波数成分を除去して出力する入力フィルタと、前記入力フィルタが出力した交流電力を整流し、直流電力として出力する整流器と、前記整流器が出力した直流電流に含まれる高周波成分を除去して出力する出力フィルタとを備え、前記入力フィルタおよび前記出力フィルタはバンドパスフィルタまたはローパスフィルタであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の電力回生装置。

40

## 【請求項 6】

前記分岐部は、入力ポートから入力された前記反射高周波を 2 つ以上の出力ポートに 2 分岐する多分岐導波管であり、

前記多分岐導波管の 2 つ以上の出力ポートにそれぞれ接続された 2 つ以上の前記高周波 / 直流変換部を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の電力回生装置。

## 【請求項 7】

前記入力ポートの中心軸から前記 2 つ以上の出力ポートまでの長さが所定の長さだけ異

50

なることを特徴とする請求項 6 に記載の電力回生装置。

【請求項 8】

前記反射高周波の前記分岐部内での波長を  $g'$  とすると、前記所定の長さは、 $g' / 4$  または  $g' / 6$  であることを特徴とする請求項 7 に記載の電力回生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高周波の電力を回生する電力回生装置および電力回生方法、高周波電力を蓄電する電力蓄電システムおよび電力蓄電方法、ならびに高周波装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

図 23 は高周波装置の一例である高周波加熱装置の構成を示すブロック図である。この高周波加熱装置 500 は、マイクロ波を発生する高周波源として高周波発生器 1 と、高周波負荷としての加熱室 6 とを備えている。なお、高周波発生器 1 は、たとえばマイクロ波発振器であるマグネトロン、電源装置、および制御回路等から構成されている。また、高周波発生器 1 と加熱室 6 とは高周波を伝送する伝送路である導波管 2 によって接続しており、この導波管 2 上には、サーキュレータ 3、パワーモニタ 4、整合器 5 が順次配設されている。

【0003】

この高周波加熱装置 500 の動作について説明する。まず、高周波発生器 1 は、水の吸収帯に対応する  $2.4 \sim 2.5 \text{ GHz}$  のマイクロ波  $W$  を発生し、マイクロ波  $W$  は導波管 2 を伝送し、順次サーキュレータ 3、パワーモニタ 4、整合器 5 を通過し、加熱室 6 に到達する。ここで、パワーモニタ 4 は通過するマイクロ波  $W$  の強度をモニタし、その強度を表示する。また、整合器 5 は導波管 2 と加熱室 6 とのインピーダンスを整合するために用いられている。

【0004】

図 24 は、図 23 に示す加熱室 6 における被加熱物 O の加熱について説明する図である。この加熱室 6 は、水分を含んだ被加熱物 O を載置するターンテーブル 6a と、マイクロ波  $W$  をランダムに反射させるスターラファン 6b と、オープン加熱用の電熱ヒータ 6c とを備えている。そして、この加熱室 6 においては、整合器 5 と接続した導波管 2 から導入されたマイクロ波  $W$  が、加熱室 6 の内壁 6d による反射と、スターラファン 6b によるランダムな反射を受けながら、回転するターンテーブル 6a 上の被加熱物 O に吸収され、被加熱物 O を加熱する。また、この加熱室 6 においては、電熱ヒータ 6c によって被加熱物 O に熱  $H$  を与えてオープン加熱することもできる。

【0005】

加熱室 6 内において被加熱物 O の加熱に使用されなかったマイクロ波  $W$  は、マイクロ波  $W$  と同一周波数の反射マイクロ波  $RW$  として導波管 2 から出力する。そして、図 23 に示すように、導波管 2 を戻っていき、整合器 5、パワーモニタ 4 を順次通過し、サーキュレータ 3 に到達する。

【0006】

ここで、サーキュレータ 3 は、第 1 ポート 3a と、第 2 ポート 3b と、第 3 ポート 3c とを有しており、第 1 ポート 3a から入力されたマイクロ波  $W$  を第 2 ポート 3b に出力し、第 2 ポート 3b から入力した反射マイクロ波  $RW$  を第 3 ポート 3c から出力する機能を有する。このように、サーキュレータ 3 は、反射マイクロ波  $RW$  が高周波発生器 1 に戻るのを防止して、高周波発生器 1 の損傷や動作不安定等を防止する機能を有している。

【0007】

サーキュレータ 3 の第 3 ポート 3c には、ダミーロード 7 と呼ばれる負荷が接続されている。このダミーロード 7 は、第 3 ポート 3c から出力した反射マイクロ波  $RW$  を吸収体により吸収して反射マイクロ波  $RW$  の電力を熱に変換し、電力を熱として廃棄するように構成されている。なお、反射マイクロ波  $RW$  の電力が大きい場合には、発熱量も大きくな

10

20

30

40

50

るため、ダミーロードに冷却ファンなどの冷却手段が設けられる（非特許文献1参照）。このようなダミーロードを接続したサーキュレータは、高周波加熱装置に限らず、素粒子加速器や、無線通信装置等の高周波装置に幅広く使用されている（非特許文献2、3参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】マイクロ波デバイス紹介 アイソレータ、[online]、マイクロ電子株式会社、[平成21年10月9日検索]、インターネット<URL:http://www.microdenshi.co.jp/isolator.html>

10

【非特許文献2】甲斐 規郎 著、「加速器用UHF帯ウォーターロード」、島田理化技報No.17(2006)、島田理化工業株式会社、2006年3月15日発行、pp.30~35

【非特許文献3】製品カタログ サーキュレータ/アイソレータ 基地局用 フェライト基板タイプ、[online]、TDK株式会社、[平成21年10月9日検索]、インターネット<URL:http://www.tdk.co.jp/tjfx01/j773\_cu.pdf>

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、従来のダミーロードを用いた高周波装置では、高周波負荷から反射して戻ってきた反射高周波の電力を、ダミーロードによって熱に変換し、単に放熱させて廃棄していたので、エネルギーの利用効率が低かった。特に、反射高周波の電力が大きく、ダミーロードに冷却ファンや冷却水などの冷却手段を設ける場合には、冷却手段を動作させるための電力が必要となるため、さらにエネルギー効率が低くなっていた。

20

【0010】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、高周波電力を回生し、効率よく利用できる電力回生装置および電力回生方法、高周波電力を蓄電し、効率よく利用できる電力蓄電システムおよび電力蓄電方法、ならびに高周波電力を効率よく利用できる高周波装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0011】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る電力回生装置は、高周波源から高周波負荷に高周波を伝送する伝送路上に配設され、前記高周波負荷が前記高周波を反射して発生した反射高周波を取り出す取出部と、前記取出部が取り出した反射高周波を直流電力に変換する高周波/直流変換部と、を備えることを特徴とする。

【0012】

また、本発明に係る電力回生装置は、上記の発明において、前記取出部が取り出した反射高周波を分岐して出力する分岐部をさらに備えることを特徴とする。

【0013】

また、本発明に係る電力回生装置は、上記の発明において、前記高周波/直流変換部は、前記反射高周波を受信し、該受信した反射高周波に対応する交流電力を出力するアンテナ部と、前記アンテナ部が出力した交流電力を整流する整流部とを備えることを特徴とする。

40

【0014】

また、本発明に係る電力回生装置は、上記の発明において、前記高周波/直流変換部は、複数の前記アンテナ部と、前記反射高周波を伝送する反射高周波伝送路とを備え、複数の前記アンテナ部は、前記反射高周波伝送路内を伝送する前記反射高周波を前記各アンテナ部で受信するように分散配置していることを特徴とする。

【0015】

また、本発明に係る電力回生装置は、上記の発明において、前記反射高周波伝送路はラ

50

ジアル導波管を備えることを特徴とする。

【0016】

また、本発明に係る電力回生装置は、上記の発明において、前記高周波／直流変換部は、前記反射高周波を直流電力に変換する真空管を備えることを特徴とする。

【0017】

また、本発明に係る電力回生装置は、上記の発明において、前記取出部は、前記高周波源が発生した高周波が入力される第1ポートと、前記入力された高周波を前記高周波負荷へ出力するとともに前記反射高周波が入力される第2ポートと、前記入力された反射高周波を取り出す第3ポートとを有するサーキュレータを備えることを特徴とする。

【0018】

また、本発明に係る電力回生装置は、上記の発明において、前記高周波／直流変換部が出力する直流電力を所定電圧に制御して出力する電圧制御部をさらに備えることを特徴とする。

【0019】

また、本発明に係る電力蓄電システムは、上記の発明のいずれか一つの電力回生装置と、前記電力回生装置が出力する直流電力を蓄電する蓄電装置と、を備えることを特徴とする。

【0020】

また、本発明に係る高周波装置は、高周波源と、高周波負荷と、前記高周波源から前記高周波負荷に高周波を伝送する伝送路と、前記伝送路上に配設された上記の発明のいずれか一つの電力回生装置または上記の発明の電力蓄電システムと、を備えることを特徴とする。

【0021】

また、本発明に係る高周波装置は、上記の発明において、前記高周波負荷は高周波加熱を行なう加熱室であることを特徴とする。

【0022】

また、本発明に係る高周波装置は、上記の発明において、前記高周波負荷は高周波信号波を送受信するアンテナであることを特徴とする。

【0023】

また、本発明に係る電力回生方法は、高周波源から高周波負荷に高周波を伝送する伝送路上において、前記高周波負荷が前記高周波を反射して発生した反射高周波を取り出す取出工程と、前記取り出した反射高周波を直流電力に変換する高周波／直流変換工程と、を含むことを特徴とする。

【0024】

また、本発明に係る電力回生方法は、上記の発明において、前記取り出した反射高周波を分岐する分岐工程を含み、前記高周波／直流変換工程は、前記分岐した各反射高周波を直流電力に変換することを特徴とする。

【0025】

また、本発明に係る電力回生方法は、上記の発明において、前記高周波／直流変換工程は、前記反射高周波を受信し、該受信した反射高周波に対応する交流電力を出力する受信工程と、前記出力した交流電力を整流する整流工程とを含むことを特徴とする。

【0026】

また、本発明に係る電力回生方法は、上記の発明において、前記受信工程は、前記取り出した反射高周波を反射高周波伝送路に伝送させながら、該反射高周波伝送路上に分散配置した複数のアンテナで受信を行なうことを特徴とする。

【0027】

また、本発明に係る電力回生方法は、上記の発明において、前記受信工程は、ラジアル導波管を備える前記反射高周波伝送路を用いることを特徴とする。

【0028】

また、本発明に係る電力回生方法は、上記の発明において、前記高周波／直流変換工程

10

20

30

40

50

において出力した直流電力を所定電圧に制御して出力する電圧制御工程をさらに含むことを特徴とする。

【0029】

また、本発明に係る電力蓄電方法は、上記の発明のいずれか一つの電力回生方法により回生した直流電力を蓄電することを特徴とする。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、従来は熱として廃棄していた高周波電力を回生できるので、高周波電力を効率よく利用できる電力回生装置および電力回生方法、高周波電力を蓄電し、効率よく利用できる電力蓄電システムおよび電力蓄電方法、ならびに高周波電力を効率よく利用できる高周波装置を実現できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】図1は、実施の形態1に係る高周波加熱装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、図1に示す電力回生装置の要部の模式図である。

【図3】図3は、図2に示す高周波/直流変換器および電圧制御器の模式的な平面図である。

【図4】図4は、図3に示す高周波/直流変換器のA-A線断面図である。

【図5】図5は、図3に示す高周波/直流変換器の一部断面側面図である。

【図6】図6は、整流部の構成を示すブロック図である。

【図7】図7は、電圧制御器の回路構成の一例を示す図である。

【図8】図8は、実施の形態2に係る電力回生装置を示す模式図である。

【図9】図9は、実施の形態3に係る電力回生装置を示す模式図である。

【図10】図10は、実施の形態4に係る高周波/直流変換器を示す模式的な一部透視斜視図である。

【図11】図11は、図10に示す高周波/直流変換器の断面図である。

【図12】図12は、図10に示すラジアル導波管部におけるレクテナ素子の配置を説明する図である。

【図13】図13は、実施の形態5に係る電力回生装置の構成を示すブロック図である。

【図14】図14は、実施の形態6に係る高周波加熱装置の構成を示すブロック図である。

【図15】図15は、実施の形態7に係る電子レンジの扉を開けた状態の外観を示す模式図である。

【図16】図16は、図15に示す電子レンジの内部構成を模式的に示す透視図である。

【図17】図17は、高周波/直流変換回路の構成の一例を示すブロック図である。

【図18】図18は、マイクロストリップ線路によって構成した図17に示す高周波/直流変換回路の一例を示す図である。

【図19】図19は、図17に示す高周波/直流変換回路の変形例を示すブロック図である。

【図20】図20は、マイクロストリップ線路によって構成した図19に示す高周波/直流変換回路の一例を示す図である。

【図21】図21は、実施の形態8に係る無線通信装置の要部構成を示すブロック図である。

【図22】図22は、マイクロストリップ線路によって構成した図21に示す無線通信装置の要部の一例を示す図である。

【図23】図23は、高周波装置の一例である高周波加熱装置の構成を示すブロック図である。

【図24】図24は、図23に示す加熱室における被加熱物の加熱について説明する図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

## 【0032】

以下に、図面を参照して本発明に係る電力回生装置および電力回生方法、電力蓄電システムおよび電力蓄電方法、ならびに高周波装置の実施の形態を詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。また、各図面において、同一または対応する要素には適宜同一の符号を付している。さらに、図面は模式的なものであり、各層の厚みと幅との関係、各層の比率などは、現実のものとは異なる場合があることに留意する必要がある。図面の相互間においても、互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれている場合がある。

## 【0033】

(実施の形態1)

はじめに、本発明の実施の形態1に係る高周波装置である高周波加熱装置について説明する。図1は、本実施の形態1に係る高周波加熱装置の構成を示すブロック図である。この高周波加熱装置100は、図21に示す高周波加熱装置500と同様に、高周波発生器1と、加熱室6とを備えている。また、高周波発生器1と加熱室6とは高周波を伝送する伝送路である導波管2によって接続しており、この導波管2上には、サーキュレータ3、パワーモニタ4、整合器5が順次配設されている。

10

## 【0034】

さらに、この高周波加熱装置100は、サーキュレータ3の第3ポート3cに接続した高周波/直流変換器8と、高周波/直流変換器8に接続した電圧制御器9とを備えている。そして、サーキュレータ3、高周波/直流変換器8、および電圧制御器9は、電力回生装置11を構成している。また、高周波/直流変換器8と電圧制御器9、および電圧制御器9と高周波発生器1は、それぞれ送電線10によって接続している。

20

## 【0035】

つぎに、この高周波加熱装置100、および電力回生装置11の動作について説明する。まず、高周波発生器1は周波数が2.4~2.5GHzのマイクロ波Wを発生し、マイクロ波Wは導波管2を伝送し、順次サーキュレータ3、パワーモニタ4、整合器5を通過し、加熱室6に到達する。なお、サーキュレータ3は、第1ポート3aから入力されたマイクロ波Wを第2ポート3bに出力する。

## 【0036】

この加熱室6は、高周波加熱装置500の場合と同様に機能する。すなわち、図24に示すように、整合器5と接続した導波管2から導入されたマイクロ波Wは、加熱室6の内壁6dによる反射と、スターラファン6bによるランダムな反射を受けながら、回転するターンテーブル6aに載置された、水分を含んだ被加熱物Oに吸収され、被加熱物Oを加熱する。また、適宜、電熱ヒータ6cによって被加熱物Oに熱Hを与えてオープン加熱することもできる。

30

## 【0037】

加熱室6内において被加熱物Oの加熱に使用されなかったマイクロ波Wは、マイクロ波Wと同一周波数の反射マイクロ波RWとして導波管2から出力し、整合器5、パワーモニタ4を順次通過し、サーキュレータ3に到達する。

## 【0038】

サーキュレータ3は、第2ポート3bから入力した反射マイクロ波RWを第3ポート3cから出力する。すなわち、サーキュレータ3は、高周波発生器1と加熱室6とを接続する導波管2から反射マイクロ波RWを取り出す取出部として機能する。

40

## 【0039】

高周波/直流変換器8は、サーキュレータ3が取り出した反射マイクロ波RWを直流電力DC1に変換して出力する。この直流電力DC1は、送電線10を介して電圧制御器9に入力される。

## 【0040】

電圧制御器9は、入力された直流電力DC1を所定の電圧に制御して、直流電力DC2として出力する。この直流電力DC2は、送電線10を介して高周波発生器1に入力され

50

、高周波発生器 1 内においてマイクロ波 W の発生等のための電力の一部として使用される。

【 0 0 4 1 】

すなわち、この電力回生装置 1 1 は、サーキュレータ 3 が取り出した反射マイクロ波 R W を直流電力 D C 1 として回生し、さらに直流電力 D C 1 をもとに所定の電圧に制御された直流電力 D C 2 を出力し、高周波発生器 1 を動作させる電力として再利用できるように構成されている。したがって、高周波加熱装置 1 0 0 は、電力回生装置 1 1 によって、従来熱として単に廃棄していた反射マイクロ波 R W の電力を有効に利用し、効率の良いエネルギー利用を実現している。その結果、この高周波加熱装置 1 0 0 は、電力使用量を削減できるので、装置の運用コストを削減でき、かつ省エネルギー、およびエコロジーの観点から好ましいものとなる。

10

【 0 0 4 2 】

つぎに、電力回生装置 1 1 の詳細構成について説明する。図 2 は、図 1 に示す電力回生装置 1 1 の模式図である。図 2 に示すように、サーキュレータ 3 は、断面がたとえば矩形の導波管からなり、マイクロ波 W が入力される第 1 ポート 3 a と、第 1 ポート 3 a から入力されたマイクロ波 W を出力するとともに反射マイクロ波 R W が入力される第 2 ポート 3 b と、第 2 ポート 3 b から入力された反射マイクロ波 R W を取り出す第 3 ポート 3 c とを有している。そして、高周波 / 直流変換器 8 は第 3 ポート 3 c に接続している。また、電圧制御器 9 は高周波 / 直流変換器 8 の一端に設けられており、高周波 / 直流変換器 8 および高周波発生器 1 と送電線 1 0 を介して接続している。

20

【 0 0 4 3 】

図 3 は、図 2 に示す高周波 / 直流変換器 8 および電圧制御器 9 の模式的な平面図である。図 4 は、図 3 に示す高周波 / 直流変換器 8 の A - A 線断面図である。図 5 は、図 3 に示す高周波 / 直流変換器 8 の一部断面側面図である。

【 0 0 4 4 】

図 3 ~ 図 5 に示すように、高周波 / 直流変換器 8 は、導波管 8 1 と、アンテナ部としてのロッド状のアンテナプロープ 8 2 a と整流部 8 2 b とを備える複数のレクテナ (rectenna; rectifying antenna) 素子 8 2 と、整流部 8 2 b を収容する筐体 8 3 とを備えている。なお、各整流部 8 2 b は送電線 1 0 に接続している。

【 0 0 4 5 】

導波管 8 1 は、その長手方向に垂直である A - A 線断面が矩形状の導波管であり、開口部 8 1 a において第 3 ポート 3 c と接続しており、第 3 ポート 3 c から取り出された反射マイクロ波 R W を伝送する反射高周波伝送路として機能する。また、導波管 8 1 の断面の両長辺側には格子状に配列した多数の孔 8 1 b が形成されている。レクテナ素子 8 2 は、この導波管 8 1 の孔 8 1 b の位置に対応して格子状に分散配置している。そして、アンテナプロープ 8 2 a は孔 8 1 b に挿通されて導波管 8 1 の内部に突出している。

30

【 0 0 4 6 】

この導波管 8 1 に開口部 8 1 a から入力した反射マイクロ波 R W は、導波管 8 1 の断面形状に応じた電界分布を形成しながら図 5 に示すように導波管 8 1 の長手方向に伝送する。一方、アンテナプロープ 8 2 a は、伝送する反射マイクロ波 R W を受信し、その受信した電力に対応する交流電力を出力する。

40

【 0 0 4 7 】

ここで、上述したように、レクテナ素子 8 2 は、導波管 8 1 の両長辺側に分散配置している。各レクテナ素子 8 2 の各アンテナプロープ 8 2 a は、その配置された位置において、導波管 8 1 を長手方向に伝送する反射マイクロ波 R W を徐々に受信する。その結果、反射マイクロ波 R W の電力を効率的に取得できる。さらに、レクテナ素子 8 2 の 1 個あたりの許容受信電力を小さくできるので、安価なレクテナ素子 8 2 を使用して、許容受信電力が大きい電力高周波 / 直流変換器 8 を低コストで構成できる。

【 0 0 4 8 】

また、各アンテナプロープ 8 2 a の長さは、導波管 8 1 内での反射マイクロ波 R W の電

50

界強度分布に応じて設定されている。すなわち、電界強度が高い位置のアンテナプロープ 8 2 a は短く、電界強度が低い位置のアンテナプロープ 8 2 a は長く設定されている。

【 0 0 4 9 】

具体的には、図 4 に示す導波管 8 1 の断面において、反射マイクロ波 R W の電界強度は導波管 8 1 の断面中央部において最も高く、周辺部に向かって低くなるように分布している。これに応じて、アンテナプロープ 8 2 a は、断面中央部において短く、周辺部に向かうにつれて長く設定されている。また、図 5 に示す反射マイクロ波 R W の伝送方向においては、電界強度は開口部 8 1 a 側において最も高く、導波管 8 1 内を伝送するにつれて、主に伝送損失やアンテナプロープ 8 2 a によって徐々に受信されることによる損失のために、電界強度が低くなっていく。これに応じて、アンテナプロープ 8 2 a は、開口部 8 1 a 側において短く、反射マイクロ波 R W の伝送方向に向かうにつれて長く設定されている。

10

【 0 0 5 0 】

このように、導波管 8 1 内の電界強度の分布に応じてアンテナプロープ 8 2 a の長さを設定することによって、各アンテナプロープ 8 2 a が受信する反射マイクロ波 R W の電力、およびそれに対応して発生する交流電力を均等にすることができる。その結果、各アンテナプロープ 8 2 a に接続する各整流部 8 2 b には、均等な交流電力が付与されるので、特定の整流部 8 2 b に大きな負荷が掛かることが防止される。

【 0 0 5 1 】

なお、本実施の形態 1 では、断面が矩形の導波管 8 1 を用いているが、たとえば断面が円形の円筒導波管を用いてもよい。円筒導波管を用いる場合は、反射マイクロ波 R W の電界強度は、円筒導波管の円周方向に等方的な分布となるから、円筒導波管の同一円周上に配置するアンテナプロープの長さを同一に設定すれば、これらによって受信する反射マイクロ波 R W の電力は均等になる。

20

【 0 0 5 2 】

ところで、反射マイクロ波 R W の一部が各アンテナプロープ 8 2 a により反射され、この反射波がサーキュレータ 3 に戻って高周波発生器 1 へ入力すると、高周波発生器 1 の不安定動作を引き起こす等のおそれがある。これに対して、本実施の形態 1 においては、反射マイクロ波 R W の導波管 8 1 での波長を  $g$  とすると、導波管 8 1 の長手方向における各アンテナプロープ 8 2 a の配置間隔が、図 3 に示すように  $g / 4$  に設定されているため、上記のおそれが防止される。すなわち、図 3 に示すように、反射マイクロ波 R W のうち長手方向において隣接する 2 つのアンテナプロープ 8 2 a により反射される成分を反射マイクロ波 R W 1、R W 2 とすると、この反射マイクロ波 R W 1、R W 2 の間の経路差は、 $2 \times g / 4 = g / 2$  となり、位相差は  $(2 / g) \times (g / 2) =$  となる。したがって、この反射マイクロ波 R W 1、R W 2 の反射波が重ね合わせられると互いに打ち消しあうようになる。その結果、この反射マイクロ波 R W 1、R W 2 の反射波がサーキュレータ 3 に戻ることが防止され、高周波発生器 1 の不安定動作等が防止される。

30

【 0 0 5 3 】

なお、アンテナプロープ 8 2 a の長さや配置の設定は、本実施の形態 1 のものに限られない。たとえば反射マイクロ波 R W の電界強度の高い位置において、アンテナプロープ 8 2 a を長く設定したり、高い配置密度でアンテナプロープ 8 2 a を配置したりして、電界強度の高い位置において一層多くの高周波電力を受信するようにしてもよい。

40

【 0 0 5 4 】

つぎに、レクテナ素子 8 2 の整流部 8 2 b について説明する。この整流部 8 2 b は、アンテナプロープ 8 2 a が出力した交流電力を直流電力に変換する機能を有する。図 6 は、整流部 8 2 b の構成を示すブロック図である。図 6 に示すように、この整流部 8 2 b は、入力フィルタ 8 2 b a と、整流器 8 2 b b と、出力フィルタ 8 2 b c とが順次接続して構成されている。

【 0 0 5 5 】

つぎに整流部 8 2 b の動作について説明する。まず、入力フィルタ 8 2 b a は、アンテ

50

ナプローブ 8 2 a が出力した交流電力 A C 1 の入力を受け付け、交流電力 A C 1 に含まれる反射マイクロ波 R W の周波数以外の周波数成分を除去し、交流電力 A C 2 として出力する。

【 0 0 5 6 】

整流器 8 2 b b は、入力フィルタ 8 2 b a が出力した交流電力 A C 2 を整流し、直流電力 D C 3 として出力する。この直流電力 D C 3 には、整流器 8 2 b b が交流電力 A C 2 を整流した際に発生する、反射マイクロ波 R W の周波数の高調波成分も含まれている。

【 0 0 5 7 】

出力フィルタ 8 2 b c は、整流器 8 2 b b が出力した直流電力 D C 3 に含まれる高調波成分を除去し、直流電力 D C 1 として出力する。このように、サーキュレータ 3 が取り出した反射マイクロ波 R W は、直流電力 D C 1 として回生される。

10

【 0 0 5 8 】

なお、整流器 8 2 b b において発生する高調波成分は、入力フィルタ 8 2 b a 側にも出力するが、入力フィルタ 8 2 b a によって遮断される。したがって、この高調波がアンテナプローブ 8 2 a から送信され、高周波発生器 1 に到達して不安定動作等を引き起こすということが防止される。

【 0 0 5 9 】

また、入力フィルタ 8 2 b a および出力フィルタ 8 2 b c は、反射マイクロ波 R W の周波数を透過し、高調波を遮断するバンドパスフィルタやローパスフィルタにより実現でき、たとえば R L C 回路等によって構成することができる。また、整流器 8 2 b b は、たとえばダイオードによって構成することができる。

20

【 0 0 6 0 】

つぎに、電圧制御器 9 について説明する。この電圧制御器 9 は、高周波 / 直流変換器 8 が出力した直流電力 D C 1 の電圧を制御して、所定の電圧の直流電力 D C 2 として出力する機能を有する。

【 0 0 6 1 】

図 7 は、電圧制御器 9 の回路構成の一例を示す図である。図 7 に示す電圧制御器 9 は、コイル 9 1 と、ダイオード 9 2 と、コンデンサ 9 3 と、電界効果トランジスタ ( F E T ) 9 4 と、制御部 9 5 と、ドライバ 9 6 とを備える昇圧型の D C - D C コンバータの構成を有している。制御部 9 5 は、たとえば基準電圧が入力された誤差増幅器を用いて構成され、ドライバ 9 6 はたとえば P W M 回路を用いて構成される。

30

【 0 0 6 2 】

つぎに、この電圧制御器 9 の動作について説明する。高周波発生器 1 に出力される直流電力 D C 2 の電圧値が制御部 9 5 に入力されると、制御部 9 5 は入力された電圧値と基準電圧とを比較してその差に応じた制御信号をドライバ 9 6 に出力する。ドライバ 9 6 は、制御信号に応じて P W M 制御により F E T 9 4 のスイッチングを行い、直流電力 D C 2 を所望の基準電圧値に制御する。

【 0 0 6 3 】

ここで、高周波 / 直流変換器 8 から出力する直流電力 D C 1 の電圧は、アンテナプローブ 8 2 a が受信する反射マイクロ波 R W の電力強度に依存して変化するが、かかる電圧制御器 9 によって、高周波発生器 1 に対して電圧が安定した直流電力 D C 2 を供給することができる。

40

【 0 0 6 4 】

なお、図 7 に示す電圧制御器 9 は、昇圧型の D C - D C コンバータの構成を有しているが、降圧型または昇降圧型の D C - D C コンバータの構成を適宜採用してもよい。また、F E T 9 4 に換えてバイポーラ型のトランジスタ等の他のスイッチング素子を用いてもよい。

【 0 0 6 5 】

以上説明したように、本実施の形態 1 に係る高周波加熱装置 1 0 0 は、電力回生装置 1 1 によって、従来熱として単に廃棄していた反射マイクロ波 R W の電力を有効に利用し、

50

効率の良いエネルギー利用を実現できるものとなる。

【0066】

なお、この高周波加熱装置100におけるマイクロ波の電力の回収効率 totalは、以下の式(1)により計算できる。

$$\text{total} = (1 - \text{heat}) \times (1 - \text{Lc}) \times \text{rfdc} \times \text{dcdc} \cdots (1)$$

【0067】

ここで、heatは、加熱室6に供給されるマイクロ波Wの電力のうち、被加熱物Oの加熱に使用される割合である。なお、加熱に使用されなかったマイクロ波Wは全て反射マイクロ波RWになるとする。また、Lcは、加熱室6から導波管81までにおける反射マイクロ波RWの導波損失である。また、rfdcは、レクテナ素子82における反射マイクロ波RWから直流電力DC1への変換効率である。また、dcdcは、電圧制御器9の変換効率である。

10

【0068】

たとえば、式(1)において、heatを50%、Lcを10%、rfdcを80%、dcdcを98%とすると、totalは約35%となり、高い電力回生効率を実現される。

【0069】

(実施の形態2)

つぎに、実施の形態1に係る高周波加熱装置100において用いることができる電力回生装置の他の実施の形態について説明する。図8は、実施の形態2に係る電力回生装置を示す模式図である。図8に示すように、この電力回生装置12は、サーキュレータ3と、分岐部としてのT分岐導波管13と、2つの高周波/直流変換器8と、各高周波/直流変換器8に接続した電圧制御器9および送電線10とを備えている。このT分岐導波管13は、第1ポート13aと、第2ポート13bと、第3ポート13cとを備えている。第1ポート13aがサーキュレータ3の第3ポート3cに接続しており、第2ポート13b、第3ポート13cにはそれぞれ高周波/直流変換器8、電圧制御器9、および送電線10が接続している。

20

【0070】

つぎにこの電力回生装置12の動作について説明する。まず、T分岐導波管13は、サーキュレータ3が第3ポート3cに取り出した反射マイクロ波RWを2分岐して、第2ポート13b、第3ポート13cのそれぞれに反射マイクロ波RW3、RW4として出力する。つぎに、第2ポート13b、第3ポート13cのそれぞれに接続した各高周波/直流変換器8が、出力された反射マイクロ波RW3、RW4をそれぞれ直流電力に変換し、各送電線10を介して各電圧制御器9に出力する。つぎに、各電圧制御器9は、入力された直流電力を所定の電圧に制御し、各送電線10を介して高周波発生器1に出力する。

30

【0071】

この電力回生装置12は、各高周波/直流変換器8に入力される反射マイクロ波RW3、RW4の電力が、サーキュレータ3から取り出された反射マイクロ波RWの電力の1/2となるので、個々の高周波/直流変換器8に入力できるマイクロ波の電力の許容値の2倍の電力の反射マイクロ波RWを入力できる。したがって、この電力回生装置12は、実施の形態1の電力回生装置11と同様の高周波/直流変換器8を使用しながらも、電力回生装置11よりもマイクロ波の入力電力のダイナミックレンジが2倍広いものとなる。

40

【0072】

(実施の形態3)

図9は、実施の形態3に係る電力回生装置を示す模式図である。図9に示すように、この電力回生装置14は、実施の形態2の電力回生装置12において、T分岐導波管13をT分岐導波管15に置き換えた構成を有する。このT分岐導波管15は、サーキュレータ3の第3ポート3cと接続する第1ポート15aと、2つの高周波/直流変換器8のそれぞれに接続する第2ポート15b、第3ポート15cとを備えている。

【0073】

このT分岐導波管15は、第1ポート15aの中心軸Xから第2ポート15bまでの長

50

さが  $L$  であり、中心軸  $X$  から第 3 ポート 15 c までの長さが  $L + D$  であり、第 3 ポート 15 c が  $D$  だけオフセットを有する非対称な T 形状を有している。また、T 分岐導波管 15 内での反射マイクロ波  $RW$  の波長を  $g$  とすると、 $D$  は  $g / 4$  に設定されている。

【0074】

つぎに電力回生装置 14 の動作について説明する。まず、T 分岐導波管 15 は、サーキュレータ 3 が第 3 ポート 3 c に取り出した反射マイクロ波  $RW$  を 2 分岐して、第 2 ポート 15 b、第 3 ポート 15 c のそれぞれに反射マイクロ波  $RW 5$ 、 $RW 6$  として出力する。つぎに、第 2 ポート 15 b、第 3 ポート 15 c のそれぞれに接続した各高周波 / 直流変換器 8 が、出力された反射マイクロ波  $RW 5$ 、 $RW 6$  をそれぞれ直流電力に変換し、各送電線 10 を介して各電圧制御器 9 に出力する。つぎに、各電圧制御器 9 は、入力された直流電力を所定の電圧に制御し、各送電線 10 を介して高周波発生器 1 に出力する。

10

【0075】

ここで、反射マイクロ波  $RW 5$ 、 $RW 6$  のそれぞれの一部が、各高周波 / 直流変換器 8 の内部で反射されて反射マイクロ波  $RW 7$ 、 $RW 8$  として戻る場合がある。しかしながら、上述したように  $D$  が  $g / 4$  に設定されているため、反射マイクロ波  $RW 6$ 、 $RW 8$  が反射マイクロ波  $RW 5$ 、 $RW 7$  のそれぞれよりも  $D$  だけ長く伝送することを考慮すると、反射マイクロ波  $RW 7$ 、 $RW 8$  は、その経路差が  $2D = g / 2$  となり、位相差が  $(2 / g) \times (g / 2) =$  となる。したがって、反射マイクロ波  $RW 7$ 、 $RW 8$  は合波すると互いに打ち消しあう。その結果、反射マイクロ波  $RW 7$ 、 $RW 8$  が T 分岐導波管 15 の第 1 ポート 15 a から出力されることが防止される。

20

【0076】

なお、T 分岐導波管 15 のオフセット  $D$  は  $g / 4$  に限られない。たとえば、上述したように、高周波 / 直流変換器 8 内のレクテナ素子 8 2 の整流部 8 2 b において整流を行なう際に、反射マイクロ波の周波数の高調波成分が発生する。通常この高調波成分は整流部 8 2 b の入力フィルタ 8 2 b a によって遮断される。しかしながら、入力フィルタ 8 2 b a がない場合や、高い強度の高調波成分が発生した場合などは、この高調波成分（特に 2 倍波成分）が漏洩し、アンテナプロープ 8 2 a から 2 倍波のマイクロ波（以下 2 倍波とする）として出力する場合がある。これに対して、T 分岐導波管 15 のオフセット  $D$  を  $g / 6$  に設定すると、2 つの高周波 / 直流変換器 8 から出力した 2 倍波は、T 分岐導波管 15 内で合波したときに互いに打ち消しあい、T 分岐導波管 15 の第 1 ポート 15 a から出力されることが防止される。

30

【0077】

すなわち、第 2 ポート 15 b 側から出力する 2 倍波に対する、第 3 ポート 15 c 側から出力する 2 倍波の経路差は、2 倍波のもととなる 2 分岐した反射マイクロ波が各高周波 / 直流変換器 8 に入力するまでに発生する経路差である  $g / 6$  と、各 2 倍波が各高周波 / 直流変換器 8 から出力されて合波するまでに発生する経路差である  $2 \times (g / 6) = g / 3$  との和であり、すなわち  $g / 6 + g / 3 = g / 2$  となる。なお、2 倍波は周波数がもとの反射マイクロ波の 2 倍であるので、同じオフセット  $D$  に対して 2 倍の経路差が発生している。したがって、2 つの 2 倍波の位相差は  $(2 / g) \times (g / 2) =$  となるので、合波すると互いに打ち消しあうこととなる。

40

【0078】

なお、上記実施の形態では、分岐部として T 分岐導波管を用いて反射マイクロ波を 2 分岐しているが、T 分岐導波管を複数組み合わせたり、3 分岐以上の多分岐導波管を用いたりして、反射マイクロ波をさらに多数に分岐してもよい。

【0079】

（実施の形態 4）

つぎに、実施の形態 1 または実施の形態 2、3 に係る電力回生装置において用いることができる高周波 / 直流変換器の別の実施の形態について説明する。図 10 は、実施の形態 4 に係る高周波 / 直流変換器を示す模式的な一部透視斜視図である。図 10 に示すように、この高周波 / 直流変換器 16 は、ラジアル導波路を含む導波管 16 1 と、アンテナプロ

50

ープ82aと整流部82bとを備える複数のレクテナ素子82と、整流部82bを収容する円盤状の筐体163aおよびドーナツ状の筐体163bとを備えている。なお、各整流部82bは送電線10に接続している。

【0080】

図11は、図10に示す高周波/直流変換器16の、導波管161の中心軸を含む面における断面図である。図10、11に示すように、この導波管161は、サーキュレータ3またはT分岐導波管13、15に接続し、サーキュレータ3またはT分岐導波管13、15の断面積と同程度の断面積の開口部161aaを有する円管導波管部161aと、円管導波管部161aに接続し、円管導波管部161aよりも内径が大きい中空円盤状のラジアル導波管部161bと、円管導波管部161aおよびラジアル導波管部161bの中心軸に沿って設けられた内部導体161cとを備える。また、ラジアル導波管部161bの主表面の両面には多数の孔161baが形成されている。レクテナ素子82は、このラジアル導波管部161bの孔161baの位置に対応して分散配置している。そして、アンテナプロープ82aは孔161baに挿通されてラジアル導波管部161bの内部に突出している。

10

【0081】

図12は、図10に示すラジアル導波管部161bにおけるレクテナ素子82の配置を説明する図である。なお、図12は、図10においてラジアル導波管部161bの主表面を矢印Bの方向から見たものであり、符号Lはラジアル導波管部161bの中心軸を中心とした複数の同心円を示しており、符号Cはラジアル導波管部161bの径方向を示している。図12に示すように、ラジアル導波管部161bの表面上において、レクテナ素子82は複数の同心円L上に、径方向Cに沿って放射状に配置している。なお、レクテナ素子82は、ラジアル導波管部161bのもう一方の主表面上においても、同心円L上に、径方向Cに沿って配置している。

20

【0082】

また、各アンテナプロープ82aの長さについては、図11に示すように、電界強度が高いラジアル導波管部161bの中心軸側において短く、電界強度が低くなる径方向Cに向かうにつれて長く設定されている。また、同じ同心円L上に配置されているアンテナプロープ82aの長さは略同一である。

【0083】

つぎに、この高周波/直流変換器16の動作について説明する。円管導波管部161aの開口部161aaから入力した反射マイクロ波は、円管導波管部161aを伝送する間に内部導体161cを中心とした等方的な電界強度分布に変換される。反射マイクロ波がラジアル導波管部161bに到達すると、内部導体161cを中心として等方的な強度で広がり、径方向Cに伝送する。なお、内部導体161cは、底面に拡径部161caが形成されており、反射マイクロ波が円管導波管部161aからラジアル導波管部161bへ低損失でなめらかに広がるようにしている。

30

【0084】

上述したように、反射マイクロ波は、ラジアル導波管部161bにおいて等方的な強度で広がる。したがって、アンテナプロープ82aの長さが略同じレクテナ素子82を同心円上に配置するだけで、各レクテナ素子82が受信する反射マイクロ波の強度を均等にできる。また、アンテナプロープ82aの長さが径方向Cに向かうにつれて長くなっていることによって、各アンテナプロープ82aが受信する反射マイクロ波の強度を均等にすることができ、特定の整流部82bに大きな交流電力の負荷が掛かることが防止される。

40

【0085】

また、このラジアル導波管部161bは、反射マイクロ波を等方的な強度で分岐する分岐部としても機能する。このラジアル導波管部161bによれば、たとえば上述したT分岐導波管13、15のようにN分岐(Nは2以上の整数)するような分岐部と比較して、入力された反射マイクロ波の電力を円周方向のあらゆる方向に等方的に分散して、その電力密度をより低くすることができる。その結果、この高周波/直流変換器16は、マイク

50

口波の入力電力のダイナミックレンジがより広いものとなる。

【0086】

(実施の形態5)

上述した各実施の形態では、いずれもレクテナ素子を用いた電力回生装置を用いているが、本発明はこれに限られず、高周波を直流に変換できる他の装置を用いた電力回生装置でもよい。以下では、本発明の実施の形態5として、マイクロ波管を用いた電力回生装置の実施の形態について説明する。

【0087】

図13は、本実施の形態5に係る電力回生装置の構成を示すブロック図である。図13に示すように、この電力回生装置17は、図1に示す電力回生装置11において、高周波/直流変換器8をマイクロ波管装置18に置き換えた構成を有している。このマイクロ波管装置18は、サーキュレータ3が取り出した反射マイクロ波RWを直流電力に変換するマイクロ波管を用いたものであり、高周波発生器1とは逆の機能を有するものである。このようなマイクロ波管装置18は、マグネトロン、クライストロン、進行波管(TWT)等のマイクロ波を発生できる各種真空管を用いて実現される。

10

【0088】

この電力回生装置17は、マイクロ波管装置18を用いているので、簡単な構成で高電力の反射マイクロ波RWを直流電力に変換できる。

【0089】

(実施の形態6)

つぎに、本発明の実施の形態6に係る高周波加熱装置について説明する。本実施の形態6に係る高周波加熱装置は、実施の形態1に係る高周波加熱装置100とほぼ同様の構成を有するが、さらに蓄電装置を備えるものである。

20

【0090】

図14は、実施の形態6に係る高周波加熱装置の構成を示すブロック図である。図14に示すように、この高周波加熱装置200は、図1に示す高周波加熱装置100と同様に、高周波発生器1、加熱室6、導波管2、サーキュレータ3、パワーモニタ4、整合器5と、高周波/直流変換器8と、電圧制御器9とを備え、サーキュレータ3、高周波/直流変換器8、および電圧制御器9は電力回生装置11を構成している。高周波/直流変換器8と電圧制御器9とは送電線10によって接続している。

30

【0091】

この高周波加熱装置200は、蓄電装置19をさらに備えており、電圧制御器9と蓄電装置19とは送電線10によって接続しており、電力回生装置11と蓄電装置19とが電力蓄電システム20を構成している。そして、電力蓄電システム20の蓄電装置19と、高周波発生器1とは、それぞれ送電線10によって接続している。なお、蓄電装置19は、リチウムイオン電池等の二次電池、電気二重層コンデンサ等のキャパシタなどを用いて実現され、その種類に特に限定はない。

【0092】

この高周波加熱装置200においては、高周波加熱装置100の場合と同様に、電力回生装置11の高周波/直流変換器8が加熱室6から出力した反射マイクロ波RWを直流電力DC1に変換し、電圧制御器9が所望の電圧に制御された直流電力DC2を出力する。しかしながら、この高周波加熱装置200は、高周波加熱装置100の場合とは異なり、蓄電装置19が出力された直流電力DC2を蓄積し、その蓄電された電力から所定量の直流電力DC4を、送電線10を介して高周波発生器1に適宜出力するようにしている。

40

【0093】

電力蓄電システム20は、たとえば以下のように動作する。すなわち、高周波加熱装置200が通常動作する場合には電力蓄電システム20は直流電力DC2を蓄積し、たとえば高周波加熱装置200が高出力動作や長時間動作する場合のようにより多くの電力を必要とする場合、電力蓄電システム20はより多くの直流電力DC4を高周波発生器1に出力するように動作する。あるいは、電力蓄電システム20は、蓄積した電力をたとえば他

50

の装置に供給するように動作してもよい。このように、高周波加熱装置 200 は、電力蓄電システム 20 を備えることによって、従来熱として廃棄していた反射マイクロ波 RW の電力を有効かつ柔軟に活用することができる。なお、本実施の形態 6 では、蓄電装置 19 は高周波加熱装置 200 に備えられているが、外部に備えるようにしてもよい。

#### 【0094】

(実施の形態 7)

つぎに、本発明の実施の形態 7 に係る高周波加熱装置である家庭用または業務用の電子レンジについて説明する。図 15 は、実施の形態 7 に係る電子レンジの扉を開けた状態の外観を示す模式図である。図 15 に示すように、この電子レンジ 300 は、スタートボタン等の各種動作設定のための各種操作ボタンおよび動作メニューや動作時間等を表示する表示器を備えた表示操作部 31 と、扉 32 と、加熱室 33 とを備えている。また、加熱室 33 内の上面および側面には、加熱室 33 内にマイクロ波を放射するための開口部 34 が設けられている。なお、加熱室 33 内には適宜ターンテーブルを設けてもよい。

10

#### 【0095】

図 16 は、図 15 に示す電子レンジ 300 の内部構成を模式的に示す透視図である。図 16 に示すように、この電子レンジ 300 は、家庭用コンセント等から電力が供給される電源回路 35、表示操作部 31 に接続した主制御部 36、加熱室 33 の上部に配置した、高周波発生器 37、高周波発生器 37 から加熱室 33 にマイクロ波を伝送するための同軸線 38 と導波管アンテナ 39、およびこの同軸線 38 と導波管アンテナ 39 とが構成する伝送路上に配設されたサーキュレータ 40 を備えている。なお、導波管アンテナ 39 は、開口部 34 を介して加熱室 33 内に向けて開口している。また、電子レンジ 300 は、さらに加熱室 33 の上部に配置した、サーキュレータ 40 に同軸線 38 を介して接続した高周波/直流変換回路 41、および高周波/直流変換回路 41 に送電線 42 を介して接続した電圧制御回路 43 を備えている。また、電圧制御回路 43 は送電線 42 を介して電源回路 35 に接続している。

20

#### 【0096】

なお、この電子レンジ 300 は、加熱室 33 の側部にも、高周波発生器 37、不図示の導波管アンテナ、サーキュレータ 40、高周波/直流変換回路 41、電圧制御回路 43、およびこれらを適直接続する同軸線 38 および送電線 42 を備えている。不図示の導波管アンテナは、加熱室 33 内の側面の開口部 34 (図 15 参照) を介して加熱室 33 内に向けて開口している。また、さらに各高周波発生器 37 は、制御線 44 を介して主制御部 36 に接続し、送電線 42 を介して電源回路 35 に接続している。そして、各サーキュレータ 40、各高周波/直流変換回路 41、および各電圧制御回路 43 は、それぞれ電力回生装置 45 を構成している。

30

#### 【0097】

つぎに、この電子レンジ 300 の動作について説明する。まず、表示操作部 31 の各種設定ボタンとスタートボタンとの操作により、主制御部 36 は制御線 44 を介して高周波発生器 37 を操作し、マイクロ波 W を発生させる。なお、高周波発生器 37 には電源回路 35 から送電線 42 を介して直流電力が供給されている。同軸線 38、サーキュレータ 40、および導波管アンテナ 39 は、高周波発生器 37 が発生したマイクロ波 W を順次伝送し、導波管アンテナ 39 は開口部 34 を介して加熱室 33 内にマイクロ波 W を放射する。このマイクロ波 W は、加熱室 33 内に収容された被加熱物に吸収され、これによって被加熱物は加熱される。加熱室 33 内に放射されたマイクロ波 W のうち加熱に使用されなかったマイクロ波は、反射マイクロ波 RW として導波管アンテナ 39 に戻っていく。

40

#### 【0098】

その後は、上述した他の実施形態の場合と同様に、電力回生装置 45 によって反射マイクロ波 RW が直流電力に回生される。具体的には、サーキュレータ 40 は導波管アンテナ 39 から戻ってきた反射マイクロ波 RW を取り出し、同軸線 38 は取り出された反射マイクロ波 RW を高周波/直流変換回路 41 に伝送する。高周波/直流変換回路 41 は、反射マイクロ波 RW を直流電力に変換して送電線 42 を介して電圧制御回路 43 に出力する。

50

電圧制御回路 4 3 は、高周波 / 直流変換回路 4 1 を所望の電圧に制御した直流電力として送電線 4 2 を介して電源回路 3 5 に出力する。電源回路 3 5 は、電力回生装置 4 5 によって回生された直流電力を、マイクロ波 W 発生用の電力、あるいは表示操作部 3 1 等に使用する電力等として利用する。また、この電子レンジ 3 0 0 は、被加熱物をオープン加熱するための電熱ヒータを備えるようにしてもよいが、回生された直流電力を電熱ヒータ用の電力として使用してもよい。

【 0 0 9 9 】

このように、この電子レンジ 3 0 0 は、電力回生装置 4 5 を備えることによって、従来熱として単に廃棄していた反射マイクロ波 R W の電力を有効に利用し、効率の良いエネルギー利用を実現している。ゆえに、この電子レンジ 3 0 0 によって、家庭または店舗における電力使用量を削減でき、省エネルギー、エコロジーの観点、および電力使用料金の節約の観点から好ましいものとなる。

10

【 0 1 0 0 】

なお、高周波発生器 3 7 としては、たとえばマグネトロンを備えるものを用いることができるが、特に限定はされない。たとえば、高周波発生器 3 7 として、トランジスタ等の半導体素子を用いたマイクロ波発振器と固体増幅器から構成されるものを用いれば、小型軽量であり、駆動電圧が数十 V 程度と低電圧でよいので、マグネトロンの場合と比較して、数 k V の高電圧回路が不要であり、マイクロ波の周波数ずれもなく、寿命も半永久的であり、より好ましい。また、電圧制御回路 4 3 としては、図 7 に示す電圧制御器 9 と同様の構成のものを用いることができる。

20

【 0 1 0 1 】

また、高周波 / 直流変換回路 4 1 は、図 6 に示す整流部 8 2 b と同様の構成のものを用いることができるが、例えば以下の構成のものを用いることもできる。

【 0 1 0 2 】

図 1 7 は、高周波 / 直流変換回路の構成の一例を示すブロック図である。図 1 7 に示すように、この高周波 / 直流変換回路 4 1 は、反射マイクロ波 R W が入力される入力端 4 1 a と、入力された反射マイクロ波 R W の電力を分岐する分配器 4 1 b と、分配器 4 1 b に接続し、順次接続した入力フィルタ 4 1 c、整流器 4 1 d、および出力フィルタ 4 1 e からなる複数の整流部 4 1 f と、各整流部 4 1 f に接続し、各整流部 4 2 f が出力した直流電力を集約する直流バス 4 1 g と、直流バス 4 1 g に接続し、集約した直流電力を直流電力 D C 1 として出力する出力端 4 1 h とを備えている。なお、各整流部 4 1 f は、図 6 に示す整流部 8 2 b と同様の機能を有する。

30

【 0 1 0 3 】

この高周波 / 直流変換回路 4 1 においては、分配器 4 1 b が、入力された反射マイクロ波 R W の電力を分岐して各整流部 4 1 f に分配し、各整流部 4 1 f は分配された電力を直流電力に変換するので、許容入力電力が小さい安価な整流部 4 1 f を用いて、大きな電力の反射マイクロ波 R W を受信することができる。

【 0 1 0 4 】

また、図 1 8 は、マイクロストリップ線路によって構成した図 1 7 に示す高周波 / 直流変換回路 4 1 の一例を示す図である。なお、図 1 8 においては、分配器 4 1 b が 4 分配である場合を示している。図 1 8 に示すように、この高周波 / 直流変換回路 4 1 は、誘電体基板 S 上に、マイクロストリップ線路によって構成した入力端 4 1 a と、分配器 4 1 b と、複数の整流部 4 1 f と、直流バス 4 1 g と、出力端 4 1 h とを備えている。なお、整流部 4 1 f の整流器 4 1 d は、ダイオードであり、その一端はスルーホール 4 1 d a を通して誘電体基板 S の裏面導電体に接地している。このように、高周波 / 直流変換回路 4 1 は、マイクロストリップ線路を用いて簡易な構成で容易に作製することができる。

40

【 0 1 0 5 】

図 1 9 は、図 1 7 に示す高周波 / 直流変換回路の変形例を示すブロック図である。図 1 9 に示すように、この高周波 / 直流変換回路 4 1 A は、反射マイクロ波 R W が入力される入力端 4 1 a と、入力された反射マイクロ波 R W の電力を分岐する分配器 4 1 b と、分配

50

器 4 1 b に接続した複数の整流部 4 1 f と、入力端 4 1 a と分配器 4 1 b との間に接続した、インダクタ 4 1 i a とコンデンサ 4 1 i b とからなるローパスフィルタ 4 1 i と、ローパスフィルタ 4 1 i に接続した出力端 4 1 h とを備えている。なお、各整流部 4 1 f は、図 1 7 に示すように順次接続した入力フィルタ 4 1 c、整流器 4 1 d、および出力フィルタ 4 1 e からなる。

#### 【0106】

この高周波 / 直流変換回路 4 1 A では、分配器 4 1 b が、入力された反射マイクロ波 R W の電力を分岐して各整流部 4 1 f に分配し、各整流部 4 1 f は分配された電力を直流電力に変換し、さらに分配器 4 1 b が各整流部 4 1 f からの直流電力を集約して出力端 4 1 h から直流電力 D C 1 として出力する。なお、直流電力 D C 1 に含まれる交流成分はローパスフィルタ 4 1 i によって除去される。この高周波 / 直流変換回路 4 1 A では、直流バス 4 1 を使用せずに分配器 4 1 b によって直流電流を集約するので、部品スペースを節約でき、高周波 / 直流変換回路 4 1 A を小型にできる。

10

#### 【0107】

また、図 2 0 は、マイクロストリップ線路によって構成した図 1 9 に示す高周波 / 直流変換回路 4 1 A の一例を示す図である。なお、図 2 0 においては、分配器 4 1 b が 8 分配である場合を示している。図 2 0 に示すように、この高周波 / 直流変換回路 4 1 A は、誘電体基板 S 上に、マイクロストリップ線路によって構成した入力端 4 1 a と、分配器 4 1 b と、複数の整流部 4 1 f と、ラジアルスタブからなるローパスフィルタ 4 1 i と、出力端 4 1 h とを備えている。なお、マイクロストリップ線路にシャント接続された整流器 4 1 d の一端は、スルーホール 4 1 d a を通して誘電体基板 S の裏面導電体に接地している。このように、高周波 / 直流変換回路 4 1 A は、マイクロストリップ線路を用いて簡易な構成で容易に作製することができ、かつ小型化できる。なお、図 1 9、2 0 において、ローパスフィルタ 4 1 i に換えてバンドパスフィルタを用いてもよい。

20

#### 【0108】

なお、上述したように、本実施の形態 7 に係る電子レンジ 3 0 0 は、オープン加熱するための電熱ヒータを備えるようにしてもよく、高周波発生器 3 7 や高周波 / 直流変換回路 4 1 として半導体素子から構成される電子回路を用いてもよい。ここで、オープン加熱を行う場合は、加熱室 3 3 内の温度が 3 0 0 程度になる場合があるので、一般的な鉛フリー半田の融点である 2 2 0 や、一般的な半導体素子の接合温度である約 1 5 0 よりも高温となる。しかしながら、この電子レンジ 3 0 0 においては、高周波発生器 3 7 や高周波 / 直流変換回路 4 1 は加熱室 3 3 の外に配置されており、オープン加熱時においても高温とならないため、高周波発生器 3 7 や高周波 / 直流変換回路 4 1 の半田接続部の溶解や半導体素子の熱暴走等の事態に到ることはない。

30

#### 【0109】

また、本実施の形態 7 に係る電子レンジ 3 0 0 において、電力回生装置 4 5 にさらに蓄電装置を接続して電力蓄電システムを構成し、これによって蓄電した電力を電子レンジ 3 0 0 内部、あるいは外部の電気機器において利用できるようにしてもよい。

#### 【0110】

なお、上記実施の形態は、いずれも周波数がたとえば 2 . 4 ~ 2 . 5 G H z のマイクロ波を利用して、水分を含む被加熱物を加熱する高周波加熱装置に係るものであるが、高周波の周波数は被加熱物の吸収帯に合わせて適宜設定することができる。さらに、本発明は高周波加熱装置に限らず、高周波を利用する他の高周波装置、たとえば、素粒子加速器、半導体製造装置等に用いられるプラズマ発生装置、あるいは携帯電話等の無線通信装置などに対しても適用できる。各装置において利用される高周波の周波数については、その用途によって適宜選択され、たとえば半導体製造装置におけるスパッタリング用のプラズマ発生装置では、1 3 . 5 6 M H z の整数倍の周波数の高周波が利用され、携帯電話ではたとえば 8 0 0 M H z 帯 ~ 2 G H z 帯が利用される。以下では、本発明の他の実施の形態である無線通信装置について説明する。

40

#### 【0111】

50

(実施の形態 8)

図 2 1 は、本発明の実施の形態 8 に係る無線通信装置の要部構成を示すブロック図である。図 2 1 に示すように、この無線通信装置 4 0 0 は、信号処理部 5 0 と、信号処理部 5 0 に接続した電力増幅器 5 1 と、電力増幅器 5 1 に接続したサーキュレータ 5 2 と、サーキュレータ 5 2 に接続した分波回路 5 3 と、分波回路 5 3 に接続した高周波負荷であるアンテナ 5 4 と、サーキュレータ 5 2 に接続した高周波 / 直流変換器 5 5 と、高周波 / 直流変換器 5 5 に接続した電圧制御器 5 6 と、電圧制御器 5 6 に接続した蓄電装置 5 7 とを備える。なお、サーキュレータ 5 2、高周波 / 直流変換器 5 5、および電圧制御器 5 6 が電力回生装置 5 8 を構成し、電力回生装置 5 8 と蓄電装置 5 7 とが電力蓄電システム 5 9 を構成している。

10

【0112】

つぎに、この無線通信装置 4 0 0 の動作について説明する。まず、信号処理部 5 0 は、音声信号等を含む所定の搬送周波数の高周波信号波である送信波 T W を電力増幅器 5 1 に出力する。電力増幅器 5 1 は送信波 T W を増幅してサーキュレータ 5 2 に出力する。サーキュレータ 5 2 は、送信波 T W を分波回路 5 3 に出力する。分波回路 5 3 は、送信波 T W をアンテナ 5 4 に出力する。そして、アンテナ 5 4 は、送信波 T W を基地局等に送信する。また、アンテナ 5 4 は、基地局から送信された音声信号等を含む所定の搬送周波数の高周波信号波である受信波 R E C W を受信し、分波回路 5 3 に出力する。分波回路 5 3 は、受信波 R E C W を受信回路に出力する。すなわち、分波回路 5 3 は送信波 T W と受信波 R E C W とを分波する機能を有する。

20

【0113】

なお、送信波 T W の一部は、高周波負荷であるアンテナ 5 4 によって反射し、反射送信波 R E F W として分波回路 5 3 に入力するが、分波回路 5 3 はこの送信波 T W と同一周波数の反射送信波 R E F W をサーキュレータ 5 2 に出力する。

【0114】

ここで、従来の無線通信装置に用いられているサーキュレータは、たとえば非特許文献 3 に開示されるように、反射送信波を出力するポートに抵抗体を設けており、反射送信波の電力を抵抗体の発する熱として廃棄している。

【0115】

これに対して、この無線通信装置 4 0 0 では、サーキュレータ 5 2 は、反射送信波 R E F W を高周波 / 直流変換器 5 5 に出力するよう構成されている。さらに、高周波 / 直流変換器 5 5 は、反射送信波 R E F W を直流電力 D C 1 に変換して電圧制御器 5 6 に出力し、電圧制御器 5 6 は、直流電力 D C 1 を所定の電圧に制御して、直流電力 D C 2 として蓄電装置 5 7 に出力し、蓄電装置 5 7 は直流電力 D C 2 を蓄積し、その蓄電された電力から所定量の直流電力 D C 4 を、この無線通信装置 4 0 0 が備える主電源装置に適宜出力する。

30

【0116】

すなわち、この無線通信装置 4 0 0 は、この電力回生装置 5 8 と電力蓄電システム 5 9 とによって、従来熱として単に廃棄していた反射送信波 R E F W の電力を回生し、有効かつ柔軟に活用することができる。特に、無線通信装置 4 0 0 が充電式の場合は、充電が必要になるまでの装置の動作持続時間が長くなるので好ましい。

40

【0117】

また、図 2 2 は、マイクロストリップ線路によって構成した図 2 1 に示す無線通信装置の要部の一例を示す図である。なお、図 2 2 においては、誘電体基板の記載を省略している。図 2 2 に示すように、信号処理部 5 0、電力増幅器 5 1、サーキュレータ 5 2、分波回路 5 3、アンテナ 5 4、高周波 / 直流変換器 5 5 は、それぞれ適宜マイクロストリップ線路 6 0 によって接続しており、簡易な構造で作製できるものである。また、電力増幅器 5 1 に接続するマイクロストリップ線路 6 0 には、この無線通信装置 4 0 0 の主電源装置の電源回路に接続した分岐線路 6 0 a が設けられており、電力増幅器 5 1 にはこの分岐線路 6 0 a を介して増幅のための電力が供給されている。また、電力増幅器 5 1 とサーキュレータ 5 2 との間、およびサーキュレータ 5 2 と高周波 / 直流変換器 5 5 との間には、D

50

Cカット用のコンデンサ61、62が配設されており、不要なDC成分が高周波/直流変換器55および電力増幅器51に入力されることを防止している。また、高周波/直流変換器55は、図18に示す高周波/直流変換回路41と同様に、順次接続した入力フィルタ55a、ダイオードである整流器55b、出力フィルタ55c、および電圧制御器56に接続する出力部55dを備えており、整流器55bの一端はスルーホール55baを通して誘電体基板の裏面導電体に接地している。

【0118】

なお、上記実施の形態8に係る無線通信装置400では、主電源装置とは別に蓄電装置57を備えているが、蓄電装置57を備えずに、電力回生装置58が出力する直流電力DC2を、直接的に主電源装置に充電するようにしてもよい。

10

【0119】

また、上記実施の形態により本発明が限定されるものではない。上記各実施形態の各構成要素を適宜組み合わせる構成したものも本発明に含まれる。その他、上記実施の形態に基づいて当業者等によりなされる他の実施の形態、実施例及び運用技術等は全て本発明に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0120】

以上のように、本発明に係る電力回生装置および電力回生方法、電力蓄電システムおよび電力蓄電方法、ならびに高周波装置は、高周波電力を回生し、効率よく利用する用途に適している。

20

【符号の説明】

【0121】

- 1、37 高周波発生器
- 2 導波管
- 3、40、52 サーキュレータ
- 3a 第1ポート
- 3b 第2ポート
- 3c 第3ポート
- 4 パワーモニタ
- 5 整合器
- 6、33 加熱室
- 6b スターラファン
- 6a ターンテーブル
- 6c 電熱ヒータ
- 6d 内壁
- 7 ダミーロード
- 8、16、55 高周波/直流変換器
- 9、56 電圧制御器
- 10 送電線
- 11、12、14、17、45、58 電力回生装置
- 13、15 T分岐導波管
- 13a、15a 第1ポート
- 13b、15b 第2ポート
- 13c、15c 第3ポート
- 18 マイクロ波管装置
- 19、57 蓄電装置
- 20、59 電力蓄電システム
- 31 表示操作部
- 32 扉
- 34 開口部

30

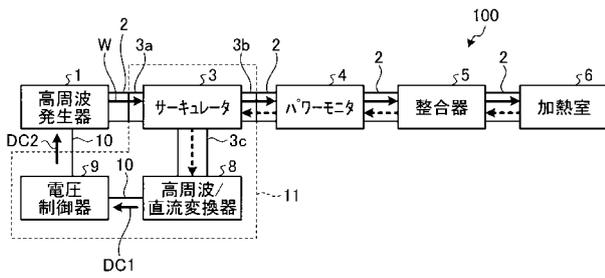
40

50

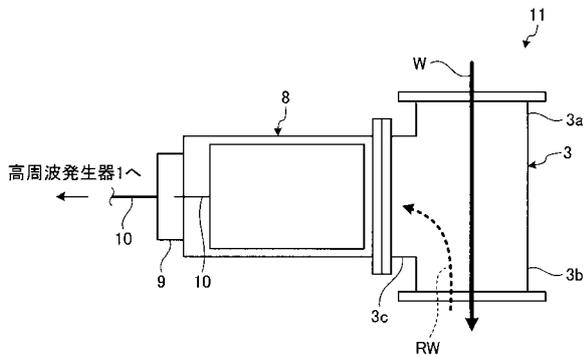
3 5	電源回路	
3 6	主制御部	
3 8	同軸線	
3 9	導波管アンテナ	
4 1、4 1 A	高周波 / 直流変換回路	
4 1 a	入力端	
4 1 b	分配器	
4 1 c、5 5 a、8 2 b a	入力フィルタ	
4 1 d、5 5 b、8 2 b b	整流器	
4 1 d a、5 5 b a	スルーホール	10
4 1 e、5 5 c、8 2 b c	出力フィルタ	
4 1 f、8 2 b	整流部	
4 1 g	直流バス	
4 1 h	出力端	
4 1 i	ローパスフィルタ	
4 1 i a	インダクタ	
4 1 i b	コンデンサ	
4 2	送電線	
4 3	電圧制御回路	
4 4	制御線	20
5 0	信号処理部	
5 1	電力増幅器	
5 3	分波回路	
5 4	アンテナ	
5 5 d	出力部	
5 7	蓄電装置	
6 0	マイクロストリップ線路	
6 0 a	分岐線路	
6 1、9 3	コンデンサ	
8 1	導波管	30
8 1 a	開口部	
8 1 b	孔	
8 2	レクテナ素子	
8 2 a	アンテナプロープ	
8 3、1 6 3 a、1 6 3 b	筐体	
9 1	コイル	
9 2	ダイオード	
9 5	制御部	
9 6	ドライバ	
1 0 0、2 0 0、5 0 0	高周波加熱装置	40
1 6 1	導波管	
1 6 1 a	円管導波管部	
1 6 1 a a	開口部	
1 6 1 b	ラジアル導波管部	
1 6 1 b a	孔	
1 6 1 c	内部導体	
1 6 1 c a	拡径部	
3 0 0	電子レンジ	
4 0 0	無線通信装置	
A C 1、A C 2	交流電力	50

- B 矢印
- C 径方向
- DC 1 ~ DC 4 直流電力
- H 熱
- L 同心円
- O 被加熱物
- REC W 受信波
- REF W 反射送信波
- R W、R W 1 ~ R W 8 反射マイクロ波
- S 誘電体基板
- T W 送信波
- W マイクロ波
- X 中心軸

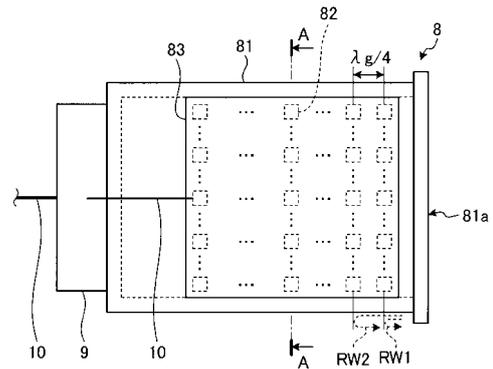
【 図 1 】



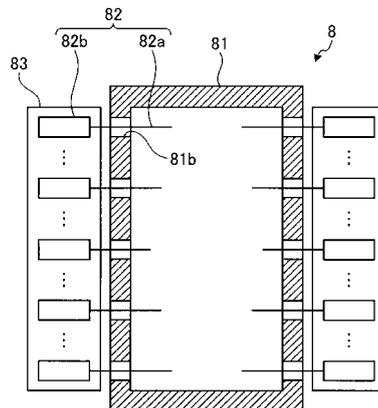
【 図 2 】



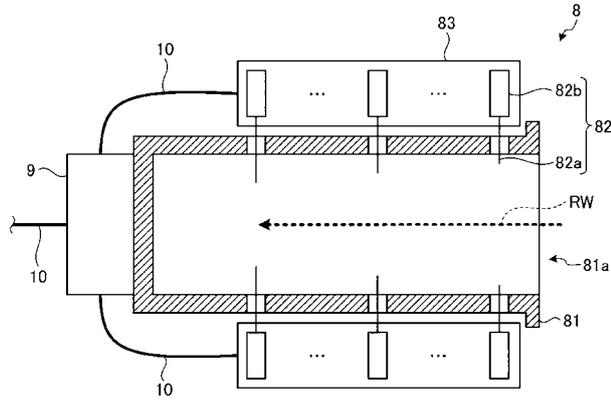
【 図 3 】



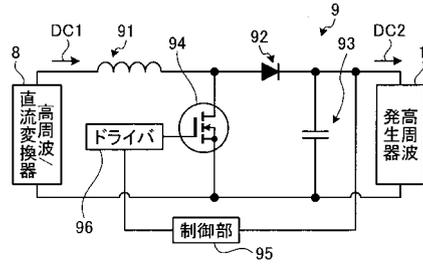
【 図 4 】



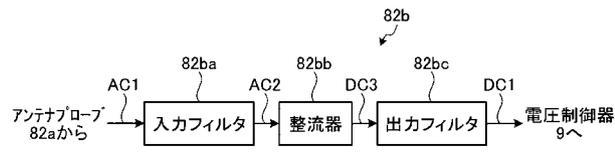
【図5】



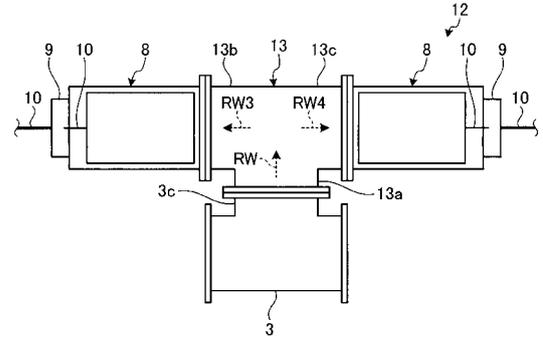
【図7】



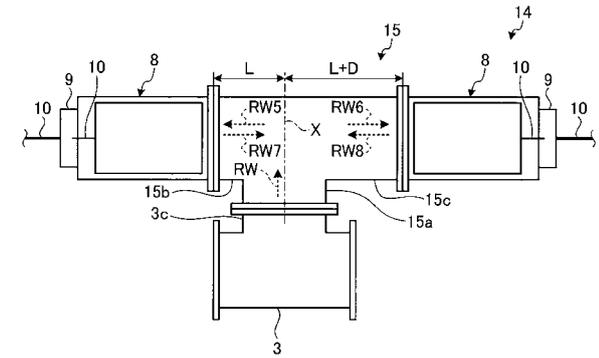
【図6】



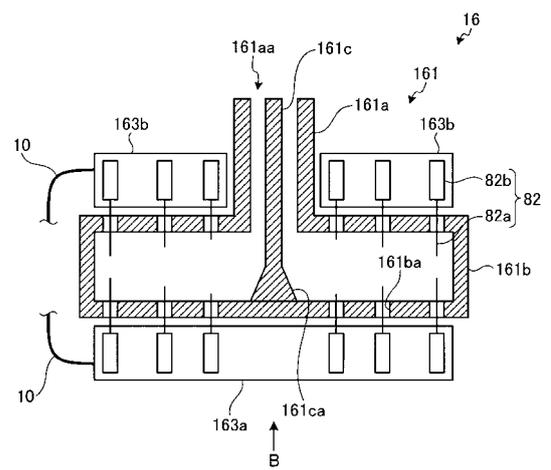
【図8】



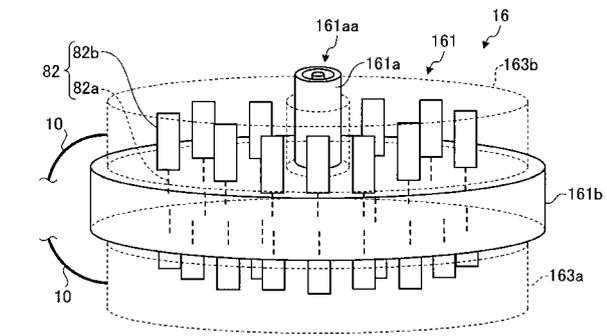
【図9】



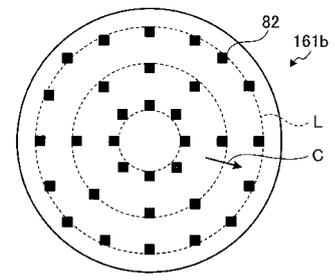
【図11】



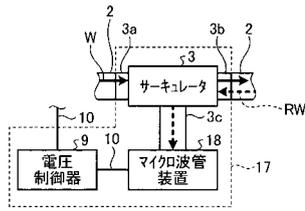
【図10】



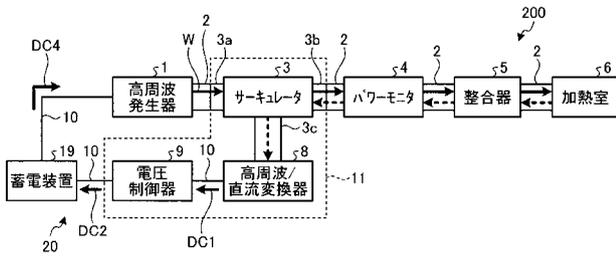
【図12】



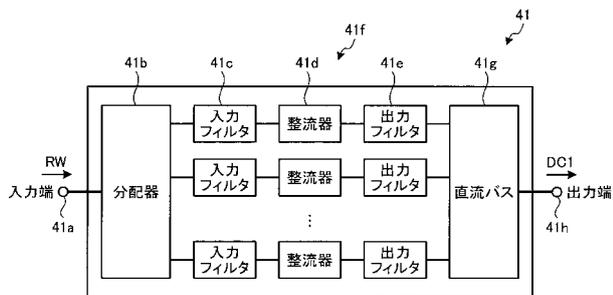
【図13】



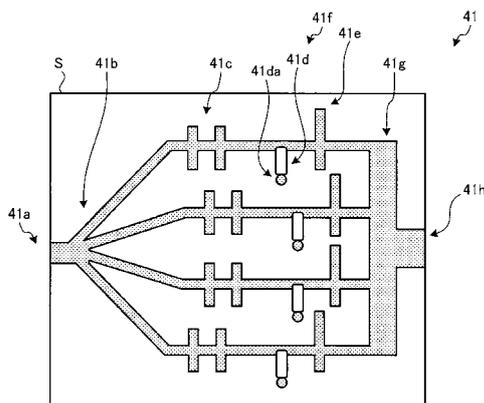
【図14】



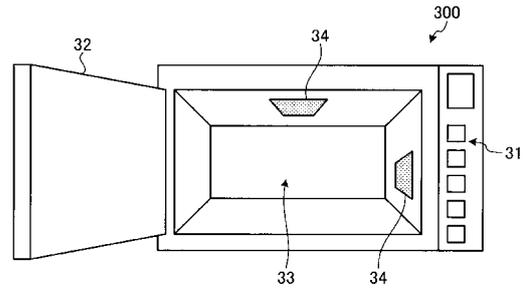
【図17】



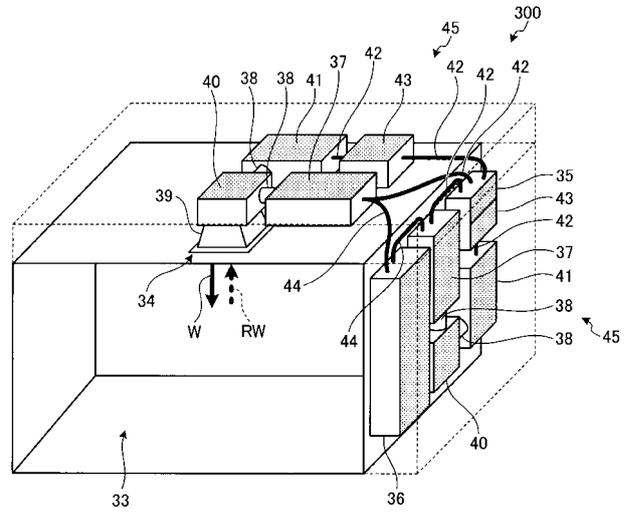
【図18】



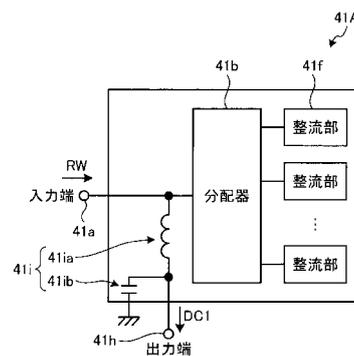
【図15】



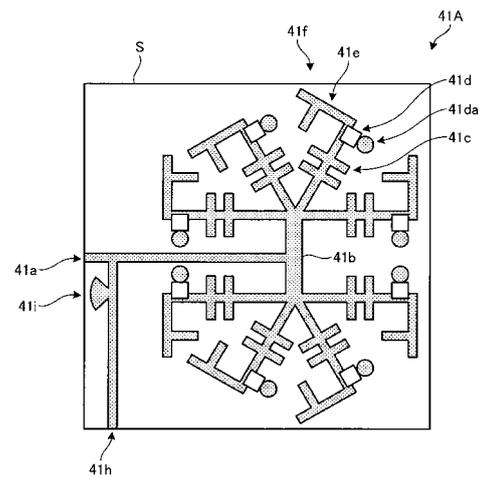
【図16】



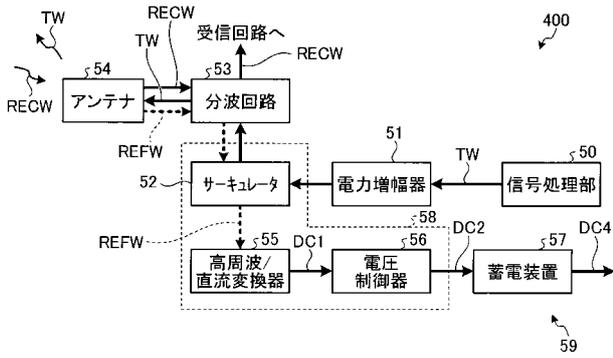
【図19】



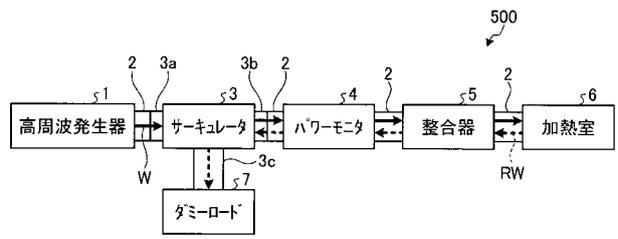
【図20】



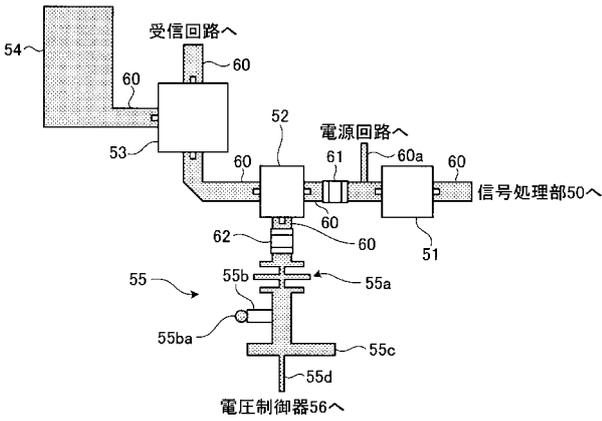
【図 2 1】



【図 2 3】



【図 2 2】



【図 2 4】

