

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5974834号
(P5974834)

(45) 発行日 平成28年8月23日(2016.8.23)

(24) 登録日 平成28年7月29日(2016.7.29)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 J 50/20 (2016.01) H O 2 J 50/20

請求項の数 5 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2012-242761 (P2012-242761)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成24年11月2日(2012.11.2)	(74) 代理人	100082175 弁理士 高田 守
(65) 公開番号	特開2014-93853 (P2014-93853A)	(74) 代理人	100106150 弁理士 高橋 英樹
(43) 公開日	平成26年5月19日(2014.5.19)	(74) 代理人	100148057 弁理士 久野 淑己
審査請求日	平成27年9月9日(2015.9.9)	(72) 発明者	今井 翔平 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
		(72) 発明者	津留 正臣 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レクテナ回路及び電力受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高周波電力の入力を受ける入力端子と、1つ以上の出力端子と、アイソレーション端子と、を備え、前記入力端子からの高周波電力を前記1つ以上の出力端子に出力するように前記入力端子、前記1つ以上の出力端子および前記アイソレーション端子を電氣的に接続する電力分配器と、

前記1つ以上の出力端子および前記アイソレーション端子にそれぞれ電氣的に接続された、複数の整流素子と、

前記整流素子で整流された直流電力を取り出す出力回路部と、
を備え、

前記1つ以上の出力端子側からの反射波が、前記電力分配器を經由して前記アイソレーション端子に入力されて前記整流素子で直流電力に変換され、

前記電力分配器が、

第1端子と、前記入力端子からの高周波電力を分配する2つの第1分配端子とを備えた第1分配回路と、

前記2つの第1分配端子の一方と電氣的に接続する第1接続端子と、2つの第2分配端子と、第1アイソレーション端子と、を有し、前記第1接続端子からの高周波電力を前記2つの第2分配端子に分配するように前記第1接続端子、前記2つの第2分配端子および前記第1アイソレーション端子を電氣的に接続しかつ前記2つの第2分配端子側からの反射波が前記第1アイソレーション端子に入力される90度ハイブリッド回路またはラット

レース回路を備えた第2分配回路と、

前記2つの第1分配端子の他方と電氣的に接続する第2接続端子と、2つの第3分配端子と、第2アイソレーション端子と、を有し、前記第2接続端子からの高周波電力を前記2つの第3分配端子に分配するように前記第2接続端子、前記2つの第3分配端子および前記第2アイソレーション端子を電氣的に接続しかつ前記2つの第3分配端子側からの反射波が前記第2アイソレーション端子に入力される90度ハイブリッド回路またはラットレース回路を備えた第3分配回路と、

を含み、

前記第1端子が、前記入力端子であり、

前記1つ以上の出力端子は、前記2つの第2分配端子および前記2つの第3分配端子と電氣的に接続しており、

10

前記アイソレーション端子は、前記第1アイソレーション端子および前記第2アイソレーション端子を含み、

前記第1および第2アイソレーション端子と前記整流素子との間に介在し、第2端子および第3端子を有し、前記第2端子が前記第1アイソレーション端子と接続し、前記第3端子が前記第2アイソレーション端子と接続し、前記第2端子からの高周波電力と前記第3端子からの高周波電力を合成して前記整流素子に出力する結合器を、

さらに含むことを特徴とするレクテナ回路。

【請求項2】

前記複数の整流素子は、前記アイソレーション端子に電氣的に接続されたアイソレーション側整流素子を含み、

20

前記アイソレーション端子に電氣的に接続され、前記アイソレーション側整流素子で整流された直流電力を取り出すアイソレーション出力回路部を、更に備えることを特徴とする請求項1に記載のレクテナ回路。

【請求項3】

前記複数の整流素子は、

前記1つ以上の出力端子にそれぞれ電氣的に接続する1つ以上の第1整流ダイオード素子と、

前記アイソレーション端子に電氣的に接続する第2整流ダイオード素子と、

を含み、

30

前記第1整流ダイオード素子よりも前記第2整流ダイオード素子は立ち上がり電圧が低い、または、前記第1整流ダイオード素子よりも前記第2整流ダイオード素子は接合容量の小さいものであることを特徴とする請求項1又は2に記載のレクテナ回路。

【請求項4】

前記1つ以上の出力端子と前記整流素子との間に介在する第1整合回路と、

前記アイソレーション端子と前記整流素子との間に介在する第2整合回路と、

を備え、

前記第1整合回路と前記第2整合回路は、高周波特性が異なることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のレクテナ回路。

【請求項5】

40

アンテナと、

前記アンテナが受信した高周波電力の入力を受ける、請求項1乃至4のいずれか1項に記載のレクテナ回路と、

前記レクテナ回路の直流電力を集電する集電回路と、

を備えることを特徴とする電力受信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レクテナ回路及び電力受信装置に関し、特に無線電力伝送技術における電力受信に用いるレクテナ回路及び電力受信装置に関する。

50

【背景技術】

【0002】

近年、無線の利便性を活かした無線電力伝送技術の応用が期待されている。応用例は、数MHzの電波で磁気共鳴現象（または磁界結合）を利用したものから、数GHzの電波で宇宙から地球へ電力を送電するものまでである。無線電力伝送の電力受信側（受電側）には、レクテナ回路（「RF-DC変換回路」とも称される）が使われる。レクテナ回路とは、コイルやアンテナで受電した交流電力を直流電力に変換する回路である。無線電力伝送全体の効率を上げるためには、レクテナ回路における高周波電力を直流電力に変換する効率を高くする必要がある。

【0003】

従来、整流ダイオードを一つ用いたレクテナ回路や、ウィルキンソン分配回路を用いて電力を等分配しダイオードを2n個用いたレクテナ回路が知られている。電力を分配する機能を備えたレクテナ回路に関し、従来、例えば、下記の特許文献1（特許第3385472号公報）には、ウィルキンソン分配回路を用いる技術が知られている。

なお、レクテナ回路に関する文献ではないが、特許文献2乃至6にはそれぞれ高周波回路における位相器、減衰回路、増幅器等において90度ハイブリッド回路やラットレース回路を用いる各種公知の回路構成が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第3385472号公報

【特許文献2】特開昭62-243401号公報

【特許文献3】特開平9-74325号公報

【特許文献4】特開平10-51209号公報

【特許文献5】特開2006-254114号公報

【特許文献6】特開平8-279707号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

整流ダイオードを一つ用いるにすぎないレクテナ回路や、特許文献1にかかるウィルキンソン分配回路で電力を分配した回路では、整流ダイオードで反射した電力が有効活用されていなかった。この反射電力分が有効活用されないことで、高い変換効率を得ることができないという問題があった。

【0006】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、電力変換効率を高めることのできるように改善されたレクテナ回路及び電力受信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】

【0007】

本発明にかかるレクテナ回路は、

高周波電力の入力を受ける入力端子と、1つ以上の出力端子と、アイソレーション端子と、を備え、前記入力端子からの高周波電力を前記1つ以上の出力端子に出力するように前記入力端子、前記1つ以上の出力端子および前記アイソレーション端子を電氣的に接続する電力分配器と、

前記1つ以上の出力端子および前記アイソレーション端子にそれぞれ電氣的に接続された、複数の整流素子と、

前記整流素子で整流された直流電力を取り出す出力回路部と、を備え、

前記1つ以上の出力端子側からの反射波が、前記電力分配器を経由して前記アイソレーション端子に入力されて前記整流素子で直流電力に変換され、

10

20

30

40

50

前記電力分配器が、
第 1 端子と、前記入力端子からの高周波電力を分配する 2 つの第 1 分配端子とを備えた
第 1 分配回路と、

前記 2 つの第 1 分配端子の一方と電氣的に接続する第 1 接続端子と、 2 つの第 2 分配端
子と、第 1 アイソレーション端子と、を有し、前記第 1 接続端子からの高周波電力を前記
2 つの第 2 分配端子に分配するように前記第 1 接続端子、前記 2 つの第 2 分配端子および
前記第 1 アイソレーション端子を電氣的に接続しかつ前記 2 つの第 2 分配端子側からの反
射波が前記第 1 アイソレーション端子に入力される 90 度ハイブリッド回路またはラット
レース回路を備えた第 2 分配回路と、

前記 2 つの第 1 分配端子の他方と電氣的に接続する第 2 接続端子と、 2 つの第 3 分配端
子と、第 2 アイソレーション端子と、を有し、前記第 2 接続端子からの高周波電力を前記
2 つの第 3 分配端子に分配するように前記第 2 接続端子、前記 2 つの第 3 分配端子および
前記第 2 アイソレーション端子を電氣的に接続しかつ前記 2 つの第 3 分配端子側からの反
射波が前記第 2 アイソレーション端子に入力される 90 度ハイブリッド回路またはラット
レース回路を備えた第 3 分配回路と、
を含み、

前記第 1 端子が、前記入力端子であり、
前記 1 つ以上の出力端子は、前記 2 つの第 2 分配端子および前記 2 つの第 3 分配端子と
電氣的に接続しており、

前記アイソレーション端子は、前記第 1 アイソレーション端子および前記第 2 アイソレ
ーション端子を含み、

前記第 1 および第 2 アイソレーション端子と前記整流素子との間に介在し、第 2 端子お
よび第 3 端子を有し、前記第 2 端子が前記第 1 アイソレーション端子と接続し、前記第 3
端子が前記第 2 アイソレーション端子と接続し、前記第 2 端子からの高周波電力と前記第
3 端子からの高周波電力を合成して前記整流素子に出力する結合器を、

さらに含むことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

本発明にかかる電力受信装置は、
 アンテナまたはコイルと、
 前記アンテナまたは前記コイルが受信した高周波電力の入力を受ける、本発明にかかる
 レクテナ回路と、
 前記レクテナ回路の直流電力を集電する集電回路と、
 を備えることを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、電力変換効率を高めることのできるレクテナ回路及び電力受信装置が
 提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】本発明の各実施の形態において共通する電力受信装置 2 の構成を模式的に示すブ
 ロック図である。

【 図 2 】本発明の各実施の形態において共通するレクテナ 1 0 の構成を模式的に示すブロ
 ック図である。

【 図 3 】本発明の各実施の形態において共通するレクテナ回路 R E C 1 の構成を概念的に
 示す図である。

【 図 4 】本発明の実施の形態 1 にかかるレクテナ回路 R E C 1 0 の構成を示す等価回路図
 である。

【 図 5 】直流電力と交流電力に対するコンデンサおよびコイル（インダクタ）の動作を表
 すように整理された表である。

【 図 6 】本発明の実施の形態 1 にかかるレクテナ回路 R E C 1 0 における回路動作（電力

10

20

30

40

50

変換)を時系列的に説明するためのフローチャートである。

【図7】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10の変形例を説明するための図である。

【図9】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10の変形例を説明するための図である。

【図10】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10の変形例を説明するための図である。

【図11】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10の変形例を説明するための図である。

10

【図12】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10の変形例を説明するための図である。

【図13】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路の変形例としてのレクテナ回路REC11を示す図である。

【図14】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路の変形例としてのレクテナ回路REC12を示す図である。

【図15】本発明の実施の形態2にかかるレクテナ回路REC20の等価回路図である。

【図16】実施の形態2にかかるレクテナ回路REC20の変換効率特性例を13.65MHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。

20

【図17】本発明の実施の形態3にかかるレクテナ回路REC30の等価回路図である。

【図18】本発明の実施の形態3にかかるレクテナ回路REC30における回路動作(電力変換)を時系列的に説明するためのフローチャートである。

【図19】本発明の実施の形態4にかかるレクテナ回路REC40を示す等価回路図である。

【図20】本発明の実施の形態4にかかるレクテナ回路REC40の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。

【図21】本発明の実施の形態5にかかるレクテナ回路REC50の等価回路図である。

【図22】レクテナ回路REC50の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。

30

【図23】本発明の実施の形態6にかかるレクテナ回路REC60の構成を示す等価回路図である。

【図24】本発明の実施の形態6にかかるレクテナ回路REC60の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。

【図25】本発明の実施の形態7にかかるレクテナ回路REC70を示す等価回路図である。

【図26】本発明の実施の形態7にかかるレクテナ回路REC70の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。

【図27】本発明の実施の形態8にかかるレクテナ回路REC80を示す等価回路図である。

40

【図28】本発明の実施の形態8にかかるレクテナ回路REC80の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。

【図29】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路RCE10の変形例を示す図である。

【図30】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路RCE10の変形例を示す図である。

【図31】本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路RCE10の変形例を示す図である。

【図32】従来回路として示すレクテナ回路CREC1を示す回路図である。

【図33】従来回路にかかるレクテナ回路CREC1の変換効率特性例を、周波数5.8

50

G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。

【図 3 4】従来回路として示すレクテナ回路 C R E C 2 を示す回路図である。

【図 3 5】従来回路にかかるレクテナ回路 C R E C 2 の変換効率特性例を、周波数 5 . 8 G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。

【図 3 6】従来回路として示すレクテナ回路 C R E C 3 を示す回路図である。

【図 3 7】従来回路にかかるレクテナ回路 C R E C 3 の変換効率特性例を、周波数 5 . 8 G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

各実施形態における共通の構成。

図 1 は、本発明の各実施の形態において共通する電力受信装置 2 の構成を模式的に示すブロック図である。電力受信装置 2 は、複数のレクテナ 1 0 を備えている。複数のレクテナ 1 0 は、集電回路 1 2 に並列に接続されている。レクテナ 1 0 は、無線電力伝送技術において、無線で電力を受信する役割を果たす構成である。集電回路 1 2 は、さらに D C - A C 変換部 1 4 と接続している。

【 0 0 1 2 】

図 2 は、本発明の各実施の形態において共通するレクテナ 1 0 の構成を模式的に示すブロック図である。レクテナ 1 0 は、アンテナ 2 0、レクテナ回路 R E C 1 をその構成要素としている。アンテナ 2 0 で受信された高周波電力が、レクテナ回路 R E C 1 において直流電力に変換されるものである。

【 0 0 1 3 】

図 3 は、本発明の各実施の形態において共通するレクテナ回路 R E C 1 の構成を概念的に示す図である。レクテナ回路 R E C 1 は、電力分配器 3 2 を有している。電力分配器 3 2 は、1 つの入力端子 # 0 を備えている。入力端子 # 0 は、配線 2 2 を介してアンテナ 2 0 と電氣的に接続している。電力分配器 3 2 は、n 個の出力端子 # 1 ~ # N (主分配端子 # 1 ~ # N) を備えている。N は正の整数である。以下、これらの複数の出力端子をまとめて「出力端子群」とも称する。

【 0 0 1 4 】

電力分配器 3 2 は、M - N 個のアイソレーション端子 # N + 1 ~ # M を有している。M は、N よりも大きい正の整数である。以下、これらの複数のアイソレーション端子をまとめて「アイソレーション端子群」とも称す。また、以下の各符号において、N、N + 1、M 等の文字を付記している場合、これはそれぞれ上記の出力端子やアイソレーション端子に付した文字と同様の意味であり、正の整数を意味している。

【 0 0 1 5 】

レクテナ回路 R E C 1 は、M 個の整流器 (整流ダイオード D 1 ~ D M) が、電力分配器の出力端子群およびアイソレーション端子群にそれぞれ接続された構造を有している。すなわち、出力端子 # 1 ~ # N には、それぞれ、整合回路 M C 1 ~ M C N を介して、整流ダイオード D 1 ~ D N が接続されている。出力端子 # 1 ~ # N に至った高周波電力は、この整流ダイオード D 1 ~ D N でそれぞれ直流電力に変換される。

【 0 0 1 6 】

アイソレーション端子 # N + 1 ~ # M にも、それぞれ、整合回路 M C N + 1 ~ M C M を介して、整流ダイオード D N + 1 ~ D M が接続されている。アイソレーション端子 # N + 1 ~ # M に至った高周波電力を、この整流ダイオード D N + 1 ~ D M でそれぞれ直流電力に変換することができる。

【 0 0 1 7 】

電力分配器 3 2 は、入力端子からの高周波電力を 1 つ以上の出力端子にそれぞれ分配するように、入力端子、1 つ以上の出力端子およびアイソレーション端子とを電氣的に接続しているものである。また、電力分配器 3 2 においては、1 つ以上の出力端子側からの反射波が、アイソレーション端子に入力される。実施の形態にかかるレクテナ回路によれば、この反射波である高周波電力を、整流ダイオード D N + 1 ~ D M でそれぞれ直流電力に

10

20

30

40

50

変換することができる。従って、本実施の形態によれば、電力変換効率を高めることのできるレクテナ回路 R E C 1 および電力受信装置 2 が提供される。

【 0 0 1 8 】

レクテナ回路 R E C 1 は、出力回路部 3 3 を備えている。出力回路部 3 3 は、入力端子と電氣的に接続し、整流素子で整流された直流電力を選択的に取り出すものである。これはすなわち、アンテナ 2 0 から電力分配器 3 2 へと入力される高周波電力は通過させ、その逆に、電力分配器 3 2 からアンテナ 2 0 側へ向かう直流電力を選択的に取り出して直流負荷 (R 0) へと供給するフィルタ回路である。

【 0 0 1 9 】

以下に説明する各実施の形態では、上記のレクテナ回路 R E C 1 の具体的構成において相違点がある。

なお、上記の概念図の説明では、出力端子の数が正の整数 N 個設けられることができる説明をしている。このように、任意の数だけ出力端子数を増加させることができる実施の形態としては、後述する実施の形態 4、5 および 6 を参照されたい。

【 0 0 2 0 】

実施の形態 1 .

[実施の形態 1 にかかる装置、回路の構成]

図 4 は、本発明の実施の形態 1 にかかるレクテナ回路 R E C 1 0 の構成を示す等価回路図である。レクテナ回路 R E C 1 0 では、電力分配器 3 2 として、90 度ハイブリッド回路 H B D 1 0 を用いている。

【 0 0 2 1 】

90 度ハイブリッド回路 H B D 1 0 は、図 4 に示すように 1 / 4 波長伝送線路を用いて矩形に構成されたいわゆるブランチャイン回路である。90 度ハイブリッド回路 H B D 1 0 の端子 # 0 は高周波電力を入力端子で、端子 # 1 , # 2 が出力端子、端子 # 3 がアイソレーション端子である。入力端子 # 0 と出力端子 # 1 の間の伝送線路と、出力端子 # 2 とアイソレーション端子 # 3 との間の伝送線路は、それぞれ、相対的に太くなっており、非対称性を有し、特性インピーダンスが調節されている。90 度ハイブリッド回路の構成、動作は、既に公知技術であるため、ここではこれ以上の説明は省略する。

【 0 0 2 2 】

レクテナ回路 R E C 1 0 では、出力回路部 3 3 として、コンデンサ C 0 およびコイル L 0 とを用いた回路を設けている。コンデンサ C 0 は、アンテナ 2 0 (配線 2 2) と入力端子 # 0 との間に直列に挿入されている。コイル L 0 の一方の端子は、コンデンサ C 0 の端子と入力端子 # 0 との間に接続されており、コイル L 0 の他方の端子は、抵抗 R 0 に接続している。実施の形態 1 では、高周波に直接影響を及ぼさずに直流電力を取り出すために、大容量コンデンサ C 0 とコイル L 0 とを用いている。

【 0 0 2 3 】

図 5 は、直流電力と交流電力に対するコンデンサおよびコイル (インダクタ) の動作を表すように整理された表である。一般に、コイルのインピーダンスは $Z_L = j 2 \pi f L$ であり、コンデンサのインピーダンスは $Z_C = 1 / j 2 \pi f C$ で表されることが知られている。f は周波数である。コイル L 0 は直流電力 ($f = 0$) に対しては短絡となり、交流電力 ($f =$) では開放となる。一方、コンデンサ C 0 は直流電力 ($f = 0$) に対しては開放となり、交流電力 ($f =$) では短絡となる。その結果、コンデンサ C 0 は直流電流を防ぐが、交流電流は通過させる性質を持ち、その一方で、コイル L 0 は直流電流を通過させるが、交流電流は防ぐという性質を持つ。これらの性質により、アンテナ 2 0 から電力分配器 3 2 へと入力される高周波電力は通過させ、その逆に、電力分配器 3 2 からアンテナ 2 0 側へ向かう直流電力を選択的に取り出して直流負荷 (R 0) へと供給することができる。

【 0 0 2 4 】

取り出した直流電力を消費する負荷を等価的に抵抗 R 0 で示した。抵抗 R 0 は、集電回路 1 2 に相当している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

[実施の形態 1 にかかる装置、回路の動作]

図 6 は、本発明の実施の形態 1 にかかるレクテナ回路 R E C 1 0 における回路動作（電力変換）を時系列的に説明するためのフローチャートである。

まず、アンテナ 2 0 を介して入力端子 # 0 に高周波電力が入力される（ステップ S 1 0 0 ）。

【 0 0 2 6 】

次に、入力端子 # 0 から入力された高周波電力は一度出力端子 # 1 , # 2 から出力され、出力端子 # 1 , # 2 から出力された高周波電力は、非線形素子である整流ダイオード D 1 , D 2 に入力される（ステップ S 1 0 2 ）。

10

【 0 0 2 7 】

整流ダイオード D 1 , D 2 において、一部の高周波電力が直流電力に変換される（ステップ S 1 0 4 ）。

【 0 0 2 8 】

整流ダイオード D 1 , D 2 において変換された直流電力については、90度ハイブリッド回路 H B D 1 0 を介して直流電力が直流負荷 R 0 で消費されることとなる（ステップ S 1 1 2 ）。

【 0 0 2 9 】

ステップ S 1 0 4 で直流電力に変換されず、整流ダイオード D 1 , D 2 で反射された高周波電力は、次に、90度ハイブリッド回路 H B D 1 0 により合成される（ステップ S 1 0 6 ）。

20

【 0 0 3 0 】

反射、合成された高周波電力は、アイソレーション端子 # 3 に集約され、整流ダイオード D 3 に入力される（ステップ S 1 0 8 ）。

【 0 0 3 1 】

整流ダイオード D 3 に入力された高周波電力は、整流ダイオード D 3 で再び直流電力に変換される機会を与えられ、直流電力に変換される（ステップ S 1 1 0 ）。

【 0 0 3 2 】

整流ダイオード D 3 で再変換された直流電力については、90度ハイブリッド回路 H B D 1 0 を介して直流電力が直流負荷 R 0 で消費されることとなる（ステップ S 1 1 2 ）。

30

【 0 0 3 3 】

[実施の形態 1 における効果]

(従来回路との比較)

図 3 2 は、従来回路として示すレクテナ回路 C R E C 1 を示す回路図である。図 3 3 は、従来回路にかかるレクテナ回路 C R E C 1 の変換効率特性例を、周波数 5 . 8 G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。図 3 3 (a) は、負荷抵抗特性、図 3 3 (b) は、入力電力特性である。

【 0 0 3 4 】

レクテナ回路 C R E C 1 は、図に模式的に示されているように伝送線路を用いて構成されたウィルキンソン分配器 W D 1 0 0 を備えている。ウィルキンソン分配器 W D 1 0 0 の 2 つの出力端子の間を繋ぐ 1 0 0 の抵抗 R 1 0 1 を有している。アイソレーション端子を有さないことを除き、出力回路部としてのコンデンサ C 1 0 0 、コイル L 1 0 0 、直流負荷 R 1 0 0 、および整合回路 M C 1 0 0 、 M C 2 0 0 、整流ダイオード D 1 、 D 2 を有する点は、実施の形態 1 にかかるレクテナ回路 R E C 1 0 と類似している。

40

【 0 0 3 5 】

この従来回路にかかるレクテナ回路 C R E C 1 では、非線形素子によって反射された高周波電力は捨てられてきた。この点、本実施の形態によれば、アイソレーション端子 # 3 における高周波電力の収集、変換により、反射された高周波電力を利用することができ、効率を改善できる。

【 0 0 3 6 】

50

図7は、本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。図7(a)は、負荷抵抗特性、図7(b)は、入力電力特性である。直流負荷の変動や、入射電力の変動に対して、変換効率が従来回路CREC1(図33)より数パーセント高いことが分かる。

【0037】

なお、整流ダイオードを一つ用いたレクテナ回路や、ウィルキンソン分配回路で電力を等分配した従来回路では、本実施の形態のようにアイソレーション端子による再度の整流作用が無いため、反射した電力はアンテナから再放射されてしまう。このアンテナからの再放射が、受電システム近傍に悪影響を及ぼす可能性があった。この点、本実施の形態によれば、反射電力が抑制される為、受電システム近傍に悪影響を及ぼしにくくなるという効果もある。

【0038】

[実施の形態1における変形例]

(整合回路の構成)

図8乃至12は、本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10の変形例を説明するための図であり、レクテナ回路REC10における整合回路MCのバリエーションを示す図である。整合回路MCの構成は一般的にローパス型といわれるものであればよく、様々な構成を適用可能である。図8は、定数分布型の整合回路MCとしての伝送線路を用いた構成を示すものである。マイクロストリップライン等の特性インピーダンス Z_0 、線路長 l の伝送線路によって整合を行う整合回路MCである。

【0039】

図9は、定数分布型(テーパ型)の整合回路MCの変形例であり、マイクロストリップライン等の特性インピーダンス Z_0 を段階的に変化させた伝送線路によって整合を行う構成である。

【0040】

図10は、定数分布型(オープンスタブ付き)の整合回路MCの変形例であり、マイクロストリップライン等の特性インピーダンス Z_{01} 、線路長 l_1 の伝送線路の主線路に対して、特性インピーダンス Z_{02} 、線路長 l_2 の伝送線路のオープンスタブを設けた構成である。

【0041】

図11は、集中定数型の整合回路MCの変形例であり、インダクタンス、キャパシタンスを組み合わせるインピーダンス変換を行う構成である。

【0042】

図12は、集中定数・分布定数組み合わせ型の整合回路MCの変形例であり、インダクタンス、キャパシタンス等の集中定数素子と、伝送線路を組み合わせるインピーダンス変換を行う構成である。

【0043】

(整合回路、整流ダイオードの組み合わせ)

整流ダイオードD1, D2, およびD3で、素子構造および半導体材料の少なくとも一方が異なるものとしてもよい。この場合、下記の(1)および(2)の少なくとも一方が成立するように、素子構造および半導体材料の少なくとも一方についてダイオードを異ならしめる。

(1) D1, D2に比べて、D3を立ち上がり電圧の低いものとする。

(2) D1, D2に比べて、D3を接合容量の小さいものとする。

図13は、本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路の変形例としてのレクテナ回路REC11を示す図である。本変形例では、整流ダイオードD1, D2, およびD3で、半導体材料を互いに異なるものとしている。具体的には、整流ダイオードD1, D2はGaNダイオードであり、整流ダイオードD3はSiダイオードを使用している。これにより、整流ダイオードD1, D2からの反射電力が小さい場合でも、変換効率の向上が可能

である。

すなわち、このようにするのは、ダイオードの立ち上がり電圧に加え、インピーダンスを異ならしめるのである。レクテナ回路における、入力電力に対する効率の感度を作用する要素の一つとして、ダイオードの立ち上がり電圧がある。立ち上がり電圧は左下図に示した。GaNダイオードの立ち上がり電圧は大きく、Siダイオードの立ち上がり電圧は小さいのが一般的である。立ち上がり電圧の低いダイオードを使用したレクテナ回路は、入力電力が小さい場合でも、高効率に動作する性質があるのである。

また、素子構造を異ならしめる例としては、接合面積を相違させてもよい。接合面積を小さくすると、ダイオード等価回路の接合容量が小さくなると考えられる。接合容量が小さくなると、省電力時の整合が容易になり変換効率が上昇する。

10

【0044】

図14は、本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路の変形例としてのレクテナ回路REC12を示す図である。整合回路MC1および整合回路MC2と、整合回路MC3とで異なるものを使用している。つまり、整合回路MC1および整合回路MC2は、上記の図8乃至12に記載した整合回路の具体的構成のうちの1つであり、整合回路MC3は図8乃至12に記載した整合回路の具体的構成のうちの1つで、MC1およびMC2とは異なる定数とした回路である。これにより、整流ダイオードD1、D2からの反射電力が小さい場合でも変換効率の向上が可能である。

【0045】

(出力回路部の変形例)

実施の形態1では、出力回路部33が、入力端子#0と接続している。しかしながら、本発明はこれに限られるものではない。図29乃至31は、本発明の実施の形態1にかかるレクテナ回路RCE10の変形例を示す図である。図29に示すレクテナ回路REC10aのように出力端子#1と接続する出力回路部33aとしてもよく、図30に示すレクテナ回路REC10bのように出力端子#2と接続する出力回路部33bとしてもよく、図31に示すレクテナ回路REC10cのようにアイソレーション端子#3と接続する出力回路部33cとしてもよい。

20

【0046】

実施の形態2

[実施の形態2にかかる装置、回路の構成]

図15は、本発明の実施の形態2にかかるレクテナ回路REC20の等価回路図である。反射した高周波電力を収集する為の端子を有する電力分配器に、集中定数素子を応用した90度ハイブリッド回路を用いている。実施の形態2にかかる90度ハイブリッド回路は、コイルL21、L22、L23、およびL24を矩形環状に接続して、それらの各コイルの接続点に、それぞれコンデンサC21、C22、C23、C24の一方の端子を接続したものである。コンデンサC21、C22、C23、C24の他方の端子は、いずれも接地されている。この点を除き、実施の形態1にかかるレクテナ回路RCE10と同様の構成を有するものであるから、これ以上の詳細な説明は省略する。

30

【0047】

[実施の形態2にかかる装置、回路の動作]

無線電力伝送に使われる周波数は、低周波数も存在し例えば13.65MHzという周波数もある。実施の形態1にかかる定数分布回路で構成する場合には、回路面積の一边を、電磁波の波長の四分の1波長($\lambda/4$)程度にする必要がある。上記の13.65MHzという周波数に対応するためには、回路面積の一边をその波長に応じた長さにする必要があることから、回路面積がおおよそ数m四方となってしまう。

40

【0048】

しかし、集中定数素子を用いた場合であれば、回路面積が波長に拘束されず、数cm四方程度で実現可能となる。このように、定数分布回路では回路面積が波長に拘束されるが、集中定数回路だと波長による拘束が無くなるため、実施の形態2にかかる集中定数回路を用いたレクテナ回路REC20によれば、小型化が達成できる。

50

【 0 0 4 9 】

[実施の形態 2 における効果]

図 3 6 は、従来回路として示すレクテナ回路 C R E C 3 を示す回路図である。図 3 7 は、従来回路にかかるレクテナ回路 C R E C 3 の変換効率特性例を、周波数 5 . 8 G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。図 3 7 (a) は、負荷抵抗特性、図 3 7 (b) は、入力電力特性である。

【 0 0 5 0 】

レクテナ回路 C R E C 3 は、回路図として図 3 6 に示されているように集中定数素子 (コンデンサ C 3 0 1、C 3 0 2、C 3 0 3、コイル L 3 0 1、L 3 0 2) を用いて構成されたウィルキンソン分配器を備えている。ウィルキンソン分配器の 2 つの出力端子の間を繋ぐ 1 0 0 の抵抗 R 3 0 1 が設けられている。アイソレーション端子を有さないことを除き、出力回路部としてのコンデンサ、コイル、直流負荷、および整合回路 M C 1 0 0、M C 2 0 0、整流ダイオード D 1、D 2 を有する点は、実施の形態 2 にかかるレクテナ回路 R E C 2 0 と類似している。

10

【 0 0 5 1 】

図 1 6 は、実施の形態 2 にかかるレクテナ回路 R E C 2 0 の変換効率特性例を 1 3 . 6 5 M H z においてシミュレーションした結果を示す図である。図 1 6 (a) は、負荷抵抗特性、図 1 6 (b) は、入力電力特性である。直流負荷の変動や、入射電力の変動に対して、変換効率が従来回路 C R E C 3 (図 3 7) より数パーセント高いことが分かる。

【 0 0 5 2 】

実施の形態 3 .

[実施の形態 3 にかかる装置、回路の構成]

図 1 7 は、本発明の実施の形態 3 にかかるレクテナ回路 R E C 3 0 の等価回路図である。レクテナ回路 R E C 3 0 では、電力分配器 3 2 として、9 0 度ハイブリッド回路 H B D 1 0 を用いている点等、実施の形態 1 と共通の構成を備えている。実施の形態 1 と共通の構成については同一の符号を付して説明を省略する。

20

【 0 0 5 3 】

レクテナ回路 R E C 3 0 には、アイソレーション出力回路部 1 3 3 が設けられている。アイソレーション出力回路部 1 3 3 は、実施の形態 1 における電力分配器 3 2 と同様に、コイル L 3 0、コンデンサ C 3 0 を備えており、これらは直流負荷 R 3 0 に接続している。コンデンサ C 3 0 は、9 0 度ハイブリッド回路 H B D 1 0 のアイソレーション端子 # 3 と、整合回路 M C 3 との間に、直列に挿入されている。コイル L 3 0 の一方の端子は、コンデンサ C 3 0 の端子とアイソレーション端子 # 3 との間に接続されており、コイル L 3 0 の他方の端子は、抵抗 R 3 0 に接続している。

30

【 0 0 5 4 】

これにより、出力回路部 3 3 と同様の動作原理により、アイソレーション出力回路部 1 3 3 はアイソレーション端子 # 3 側の整流ダイオード D 3 で整流された直流電力を選択的に取り出すことができる。

【 0 0 5 5 】

[実施の形態 3 にかかる装置、回路の動作]

図 1 8 は、本発明の実施の形態 3 にかかるレクテナ回路 R E C 3 0 における回路動作 (電力変換) を時系列的に説明するためのフローチャートである。

40

【 0 0 5 6 】

まず、アンテナ 2 0 を介して入力端子 # 0 に高周波電力が入力される (ステップ S 3 0 0) 。

【 0 0 5 7 】

次に、入力端子 # 0 から入力された高周波電力は一度出力端子 # 1、# 2 から出力され、出力端子 # 1、# 2 から出力された高周波電力は、非線形素子である整流ダイオード D 1、D 2 に入力される (ステップ S 3 0 2) 。

【 0 0 5 8 】

50

整流ダイオードD1、D2において、一部の高周波電力が直流電力に変換される（ステップS304）。ダイオードの整流作用によるものである。

【0059】

整流ダイオードD1、D2において変換された直流電力については、図17における「直流電力P1」として、90度ハイブリッド回路HBD10を介して直流電力が直流負荷R0で消費されることとなる（ステップS312）。

【0060】

ステップS304で直流電力に変換されず、整流ダイオードD1、D2で反射された高周波電力は、次に、90度ハイブリッド回路HBD10により合成される（ステップS306）。

【0061】

反射、合成された高周波電力は、アイソレーション端子#3に集約され、整流ダイオードD3に入力される（ステップS308）。

【0062】

整流ダイオードD3に入力された高周波電力は、整流ダイオードD3で再び直流電力に変換される機会を与えられ、直流電力に変換される（ステップS310）。

【0063】

整流ダイオードD3で再変換された直流電力については、図17における「直流電力P2」として、アイソレーション出力回路部133を介して直流負荷R30にて消費されることとなる（ステップS314）。

【0064】

[実施の形態3における効果]

実施の形態3にかかるレクテナ回路REC30によれば、実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10との比較において、直流電圧を二系統得られるという利点がある。これにより、二つの異なる電圧が得られるという利点がある。また、整流ダイオードD1またはD2が故障した場合と、整流ダイオードD3が故障した場合との二つのケースにおいて、2系統あるうちのどちらか一方の電力系統は正常動作することができるという利点がある。

【0065】

実施の形態4

[実施の形態4にかかる装置、回路の構成および動作]

図19は、本発明の実施の形態4にかかるレクテナ回路REC40を示す等価回路図である。レクテナ回路REC40は、電力分配器32として、3つの90度ハイブリッド回路HBD31、HBD32、HBD33を接続したものをを用いている点が、実施の形態1にかかるレクテナ回路REC10と異なっている。

【0066】

図19に示すように、90度ハイブリッド回路HBD31は、アンテナ20と接続して高周波電力を受ける入力端子#0を備えている。入力端子#0には、実施の形態1と同様に出力回路部33としてのコンデンサC0、コイルL40および直流負荷R0が接続している。

【0067】

図19に示すように、90度ハイブリッド回路HBD31は、2つの出力端子のうち一方の出力端子が90度ハイブリッド回路HBD32の4端子のうちの一つに接続している。また、図19に示すように、90度ハイブリッド回路HBD31は、2つの出力端子のうち他方の出力端子が90度ハイブリッド回路HBD33の4端子のうちの一つに接続している。

【0068】

これにより、入力端子#0から高周波電力が入力されると、その高周波電力が分配されて、分配された電力が90度ハイブリッド回路HBD32およびHBD33にそれぞれ入力されることになる。一方、90度ハイブリッド回路HBD31はアイソレーション端子

10

20

30

40

50

7を備えており、ここには整合回路MC 7および整流ダイオードD 7が直列に接続している。

【0069】

90度ハイブリッド回路HBD 32、HBD 33は、それぞれ個別に、実施の形態1にかかる90度ハイブリッド回路HBD 10と同様の動作をする。その結果、さらに電力が分配され、合計で4つの出力端子# 1、# 2、# 3、# 4が設けられている。出力端子# 1、# 2、# 3、# 4には、それぞれ整合回路MC 1、MC 2、MC 3、MC 4が電氣的に直列接続され、さらに整流ダイオードD 1、D 2、D 3、D 4が電氣的に直列接続されている。これにより高周波電力を直流電力に整流することができる。

【0070】

レクテナ回路REC 40では、90度ハイブリッド回路HBD 32の端子# 5および90度ハイブリッド回路HBD 33の端子# 6が、それぞれ、アイソレーション端子として機能する。これは既に公知のとおり、90度ハイブリッド回路の対称性により、入力端子、出力端子およびアイソレーション端子の関係性が決まるものだからである。90度ハイブリッド回路HBD 32のアイソレーション端子# 5および90度ハイブリッド回路HBD 33のアイソレーション端子# 6において、実施の形態1にかかるアイソレーション端子# 3と同様の反射波収集、変換機能が実現されている。

【0071】

以上説明したように、レクテナ回路REC 40は、アイソレーション端子# 5、# 6、および# 7を備えている。これらのアイソレーション端子において、実施の形態1にかかるアイソレーション端子# 3と同様に、反射した高周波電力の収集、変換を行うことができる。

【0072】

実施の形態4にかかるレクテナ回路REC 40では、反射した高周波電力を分配する電力分配器を、「90度ハイブリッド回路を2段用いることにより複数段階の電力分配を行う構成」としている。これにより、実施の形態1にかかるレクテナ回路REC 10に比べて、整流ダイオード一つ当たりが担う電力を小さくすることができる。これにより、大電力動作が可能となる。

【0073】

(従来回路との比較)

図34は、従来回路として示すレクテナ回路CREC 2を示す回路図である。図35は、従来回路にかかるレクテナ回路CREC 2の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。図35(a)は、負荷抵抗特性、図35(b)は、入力電力特性である。

【0074】

レクテナ回路CREC 2は、3つのウィルキンソン分配器WD 100、WD 102、WD 104を用いて、2段階の電力分配を行っている。3つのウィルキンソン分配器WD 100、WD 102、WD 104は、図に模式的に示されているように伝送線路を用いて構成されたウィルキンソン分配器である。

【0075】

ウィルキンソン分配器WD 100、WD 102、WD 104は、各々の2つの出力端子の間を繋ぐ100Ωの抵抗を有している。アイソレーション端子を有さないことを除き、出力回路部としてのコンデンサC 100、コイルL 100、直流負荷R 100、および整合回路MC 100、MC 200、整流ダイオードD 1、D 2を有する点は、実施の形態4にかかるレクテナ回路REC 40と類似している。

【0076】

この従来回路にかかるレクテナ回路CREC 2では、非線形素子によって反射された高周波電力は捨てられてきた。この点、本実施の形態によれば、アイソレーション端子# 5、# 6、および# 7における高周波電力の収集、変換により、反射された高周波電力を利用することができ、効率を改善できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

図 2 0 は、本発明の実施の形態 4 にかかるレクテナ回路 R E C 4 0 の変換効率特性例を、周波数 5 . 8 G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。図 2 0 (a) は、負荷抵抗特性、図 2 0 (b) は、入力電力特性である。直流負荷の変動や、入射電力の変動に対して、変換効率が従来回路 C R E C 2 (図 3 5) より数パーセント高いことが分かる。

【 0 0 7 8 】

[実施の形態 4 における変形例]

なお、実施の形態 4 では、3つの90度ハイブリッド回路 H B D 3 1、H B D 3 2、H B D 3 3 を用いて、2段階に電力分配を行った。しかしながら本発明はこれに限られるものではなく、3段階以上に電力分配を行っても良い。つまり、90度ハイブリッド回路 H B D 3 2、H B D 3 3 をそれぞれ90度ハイブリッド回路 H B D 3 1 に見立てて、90度ハイブリッド回路 H B D 3 2、H B D 3 3 のそれぞれの出力端子に一つずつ90度ハイブリッド回路を接続しても良い。こうすると、3段目の90度ハイブリッド回路として、4つの90度ハイブリッド回路を接続させることとなり出力端子数は8つになる。

【 0 0 7 9 】

なお、レクテナ回路 R E C 4 0 のように電力分配回路の構成を対称の構成にしなくともよい。つまり90度ハイブリッド回路 H B D 3 2 は設けるものの90度ハイブリッド回路 H B D 3 3 は設けなくともよい。90度ハイブリッド回路 H B D 3 3 を接続している端子を実施の形態 1 にかかるレクテナ回路 R E C 1 0 と同様に出力端子として用いても良い。つまり、90度ハイブリッド回路 H B D 3 3 に変えて、整合回路および整流ダイオードを接続してもよい。この場合、出力端子数は3つとなり、奇数個とすることができる。

【 0 0 8 0 】

実施の形態 5 .

[実施の形態 5 にかかる装置、回路の構成]

図 2 1 は、本発明の実施の形態 5 にかかるレクテナ回路 R E C 5 0 の等価回路図である。レクテナ回路 R E C 5 0 では、電力分配器 3 2 として、ウィルキンソン分配器 W D 1、90度ハイブリッド回路 H B D 5 1、H B D 5 2 を用いている。レクテナ回路 R E C 5 0 は、実施の形態 4 にかかるレクテナ回路 R E C 4 0 の90度ハイブリッド回路 H B D 3 1 に代えて、1段目の電力分配回路としてウィルキンソン分配器 W D 1 を用いている。この点を除き、実施の形態 4 と共通の構成については同一の符号を付して説明を省略する。実施の形態 5 にかかるレクテナ回路 R E C 5 0 によれば、回路構成の小型化が容易であるという利点がある。

【 0 0 8 1 】

レクテナ回路 R E C 5 0 においては、アイソレーション端子 # 5、# 6 において、実施の形態 4 にかかるレクテナ回路 R E C 4 0 の場合と同様に、反射した高周波電力の収集、変換を行うことができる。

【 0 0 8 2 】

図 2 2 は、レクテナ回路 R E C 5 0 の変換効率特性例を、周波数 5 . 8 G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。図 2 2 (a) は、負荷抵抗特性、図 2 2 (b) は、入力電力特性である。負荷抵抗の変動や、入射電力の変動に対して、変換効率が従来回路より数パーセント高いことが分かる。

【 0 0 8 3 】

[実施の形態 5 における変形例]

なお、実施の形態 5 では、2段階に電力分配を行った。しかしながら本発明はこれに限られるものではなく、3段階以上に電力分配を行うように変形しても良い。つまり、90度ハイブリッド回路 H B D 5 1、H B D 5 2 のそれぞれの出力端子にさらに一つずつ90度ハイブリッド回路を接続しても良い。こうすると、3段目の90度ハイブリッド回路として、4つの90度ハイブリッド回路を接続させることとなり出力端子数は8つになる。

【 0 0 8 4 】

10

20

30

40

50

実施の形態 6 .

[実施の形態 6 にかかる装置、回路の構成および動作]

図 2 3 は、本発明の実施の形態 6 にかかるレクテナ回路 R E C 6 0 の構成を示す等価回路図である。レクテナ回路 R E C 6 0 は、ウィルキンソン結合器 W D 6 2、整合回路 M C 5、および整流ダイオード D 5 を備えている点を除き、実施の形態 5 にかかるレクテナ回路 R E C 5 0 と同様の構成を備えている。

【 0 0 8 5 】

一般に、ウィルキンソン結合器は 2 つの結合用入力端子および 1 つの出力端子を備えており、2 つの結合用入力端子には結合すべき高周波電力がそれぞれ入力され、これが結合（合成）されたものが出力端子に出力されるものである。ウィルキンソン結合器 W D 6 2 10 では、その 2 つの結合用入力端子の一方を、90 度ハイブリッド回路 H B D 5 1 のアイソレーション端子（実施の形態 5 におけるアイソレーション端子 # 5）と電気的に接続している。また、ウィルキンソン結合器 W D 6 2 では、その 2 つの結合用入力端子の他方を、90 度ハイブリッド回路 H B D 5 2 のアイソレーション端子（実施の形態 5 におけるアイソレーション端子 # 6）と電気的に接続している。こうすることで、ウィルキンソン結合器 W D 6 2 は、2 つの結合用入力端子からの高周波電力を合成してアイソレーション端子 # 5 に出力する。

【 0 0 8 6 】

実施の形態 6 にかかるレクテナ回路 R E C 6 0 によれば、実施の形態 5 にかかるレクテナ回路 R E C 5 0 のように複数のアイソレーション端子で個別に整流ダイオードによる整流を実施する構成と比べて、アイソレーション端子 # 5 に電気的に接続された整流ダイオード D 5 への入力電力を大きくすることができる。これにより、変換効率を向上させることができる。 20

【 0 0 8 7 】

[実施の形態 6 における効果]

図 2 4 は、本発明の実施の形態 6 にかかるレクテナ回路 R E C 6 0 の変換効率特性例を、周波数 5 . 8 G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。図 2 4 (a) は、負荷抵抗特性、図 2 4 (b) は、入力電力特性である。負荷抵抗の変動や、入射電力の変動に対して、変換効率が従来回路 C R E C 2 (図 3 5) より数パーセント高いことが分かる。 30

【 0 0 8 8 】

実施の形態 7 .

[実施の形態 7 にかかる装置、回路の構成および動作]

図 2 5 は、本発明の実施の形態 7 にかかるレクテナ回路 R E C 7 0 を示す等価回路図である。実施の形態 1 にかかるレクテナ回路 R E C 1 0 は電力分配器 3 2 としての 90 度ハイブリッド回路 H B D 1 0 を備えていたが、実施の形態 7 にかかるレクテナ回路 R E C 7 0 は電力分配器 3 2 としてのラットレース回路 R R を備えている。

【 0 0 8 9 】

ラットレース回路は、4 つの端子を備え、端子が互いに伝送線路等で結ばれている点で、90 度ハイブリッド回路（ブランチライン回路）と類似の回路構成を備えている。しかしながら、これらの大きな違いは、ラットレース回路は伝送線路長が $3/4$ の区間を備えている点である。ラットレース回路 R R では、入力端子 # 0 と出力端子 # 2 とを結ぶ相対的に長い伝送線路が、 $3/4$ の区間である。それ以外の区間は、 $1/4$ の区間である。ラットレース回路 R R は、アイソレーション端子 # 3 を備えている。ラットレース回路自体は既に公知であり、入力端子、出力端子およびアイソレーション端子がいずれの端子になるかは、いずれの端子に高周波電力を入力するかに応じて位相の関係上決まるものであるから、これ以上の詳細な説明は省略する。 40

【 0 0 9 0 】

ラットレース回路 R R においても、アイソレーション端子 # 3 に、出力端子 # 1、# 2 側からの反射波が合成されることとなり、整流ダイオード D 3 においてこの反射した高周 50

波電力を直流電力に整流（変換）することができる。

【0091】

なお、ラットレース分配器では、90度ハイブリッド回路に比べて、定数分布回路部の特性インピーダンスを高くできる。これにより、使用する回路基板を薄くでき、材料費の削減可能となる。

【0092】

図26は、本発明の実施の形態7にかかるレクテナ回路REC70の変換効率特性例を、周波数5.8GHzにおいてシミュレーションした結果を示す図である。図26(a)は、負荷抵抗特性、図26(b)は、入力電力特性である。負荷抵抗の変動や、入射電力の変動に対して、変換効率が従来回路CREC1(図33)より数パーセント高いことが分かる。

10

【0093】

実施の形態8.

[実施の形態8にかかる装置、回路の構成および動作]

図27は、本発明の実施の形態8にかかるレクテナ回路REC80を示す等価回路図である。レクテナ回路REC80は、電力分配器32として、ウィルキンソン分配器WD80およびサーキュレータCLTを含む構成である。入力端子#0は、サーキュレータCLTを介して、ウィルキンソン分配器WD80に電氣的に接続している。ウィルキンソン分配器WD80は、サーキュレータCLTからの高周波電力の入力を受けて、その電力を、出力端子#1、#2に分配する。分配された高周波電力は、整合回路MC1、MC2をそれぞれ介して、整流ダイオードD1、D2に到達し、ここで整流される。

20

【0094】

本発明の実施の形態8にかかるレクテナ回路REC80は、出力回路部233として、実施の形態1における出力回路部33と同様の構成(コンデンサC0、コイルL0)に加えて、コンデンサC80およびコイルL80を備えている。コンデンサC80は、一方の端子がサーキュレータCLTと電氣的に接続し、他方の端子が整合回路MC3と電氣的に接続している。コイルL80の一方の端子は、コンデンサC80と整合回路MC3の間に接続している。コイルL80の他方の端子は、コンデンサC0とウィルキンソン分配器WD80との間に接続されている。

【0095】

30

図5を用いて前述したように、コイルL0は直流電力($f=0$)に対しては短絡となるとともに交流電力($f=$)では開放となり、その一方で、コンデンサC0は直流電力($f=0$)に対しては開放となるとともに交流電力($f=$)では短絡となる。その結果、コンデンサC0は直流電流を防ぐが、交流電流は通過させる性質を持ち、その一方で、コイルL0は直流電流を通過させるが、交流電流は防ぐという性質を持つ。

【0096】

これらの性質により、アンテナ20からサーキュレータCLTを介してアイソレーション端子#3側(整合回路MC3、整流ダイオードD3)へと高周波電力は通過させられる。その一方で、整流ダイオードD3での整流により得られた直流電力は、コイルL80を介して、直流負荷R0側へと伝達される。これにより、整流ダイオードD3における直流電力を選択的に取り出すことが可能となっている。

40

【0097】

サーキュレータは、入射波と反射波を分離することができるコンポーネントである。レクテナ回路REC80では、このサーキュレータの機能を用いて、反射波を選択的に整流ダイオードD3に入射させるものである。サーキュレータCLTは、アンテナ20からの入射波を選択的にウィルキンソン分配器WD80に供給する。

【0098】

さらに、サーキュレータCLTは、ウィルキンソン分配器WD80からの反射波を、選択的にアイソレーション端子#3へと供給する。すなわち、サーキュレータCLTに入力された反射波は、サーキュレータの有する機能によって、選択的にアイソレーション端子

50

3 へと出力される。サーキュレータの # 3 から出力された高周波の電力は D 3 に入力され直流電力に変換される。これによって実施の形態 1 と同様の効果が期待できる。

【 0 0 9 9 】

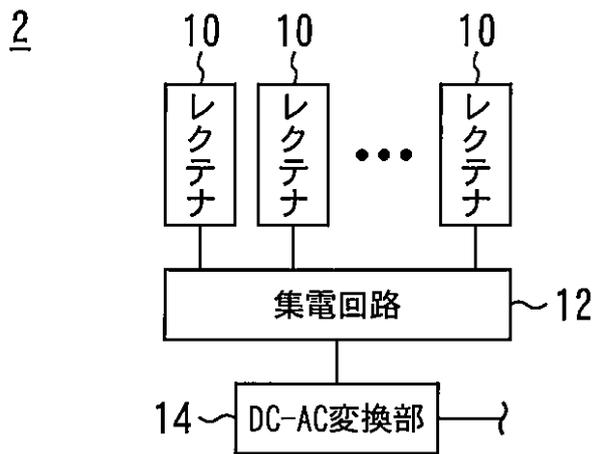
図 2 8 は、本発明の実施の形態 8 にかかるレクテナ回路 R E C 8 0 の変換効率特性例を、周波数 5 . 8 G H z においてシミュレーションした結果を示す図である。図 2 8 (a) は、負荷抵抗特性、図 2 8 (b) は、入力電力特性である。負荷抵抗の変動や、入射電力の変動に対して、変換効率が従来回路 C R E C 1 (図 3 3) より数パーセント高いことが分かる。

【 符号の説明 】

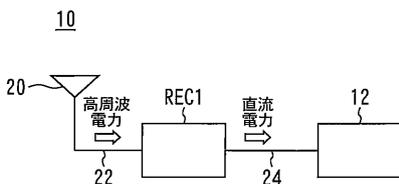
【 0 1 0 0 】

2 電力受信装置、10 レクテナ、12 集電回路、14 DC - AC 変換部、20 アンテナ、22、24 配線、32 電力分配器、33、33 a、33 b、33 c 出力回路部、133 アイソレーション出力回路部、233 出力回路部、D1 ~ DN 整流ダイオード、HBD10 90度ハイブリッド回路、HBD31、HBD32、HBD33、HBD51、HBD52 90度ハイブリッド回路、MC1 ~ MCN 整合回路、R E C 1、R E C 10、R E C 11、R E C 12、R E C 20、R E C 30、R E C 40、R E C 50、R E C 60、R E C 70、R E C 80 レクテナ回路、W D ウィルキンソン分配器、R R ラットレース回路、C L T サーキュレータ

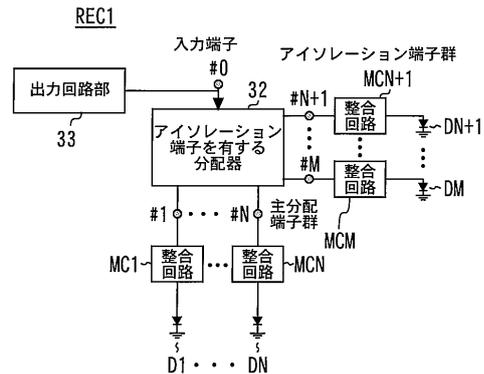
【 図 1 】



【 図 2 】

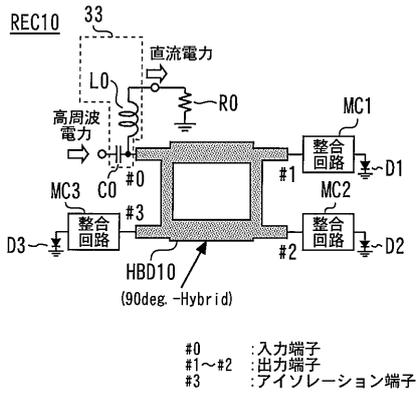


【 図 3 】



#0 : 入力端子
 #1~#N : 出力端子
 #N+1~#M : アイソレーション端子
 D1~DN : 主整流用ダイオード
 DN+1~DM : 反射波整流用ダイオード
 N, Mは正の整数
 N ≥ 1, M > N

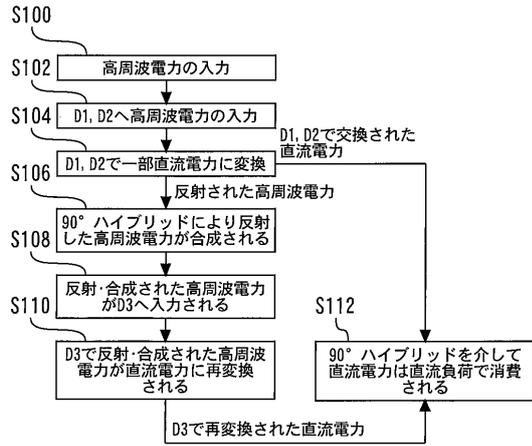
【図4】



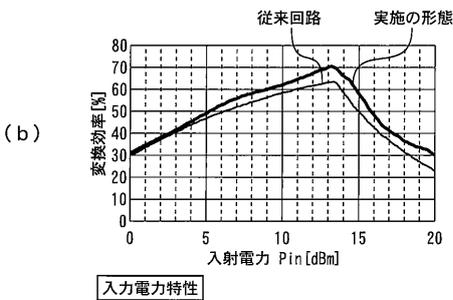
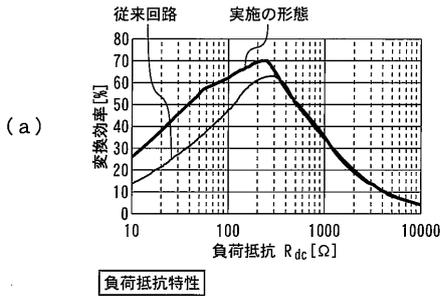
【図5】

	直流	交流
C	開放	短絡
L	短絡	開放

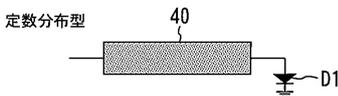
【図6】



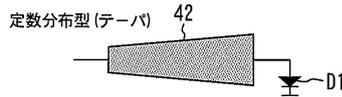
【図7】



【図8】



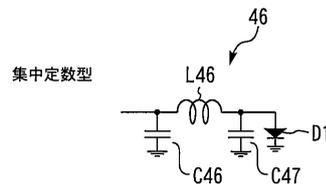
【図9】



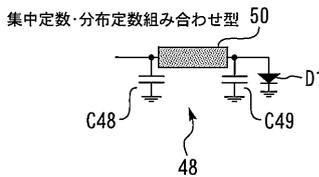
【図10】



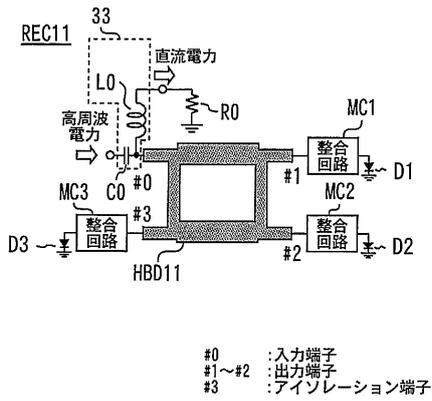
【図11】



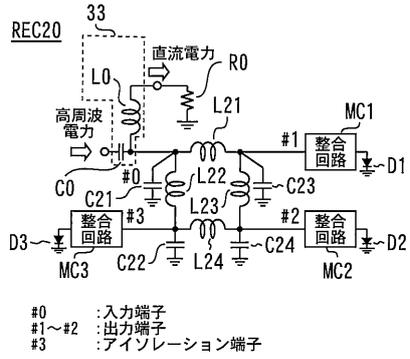
【図12】



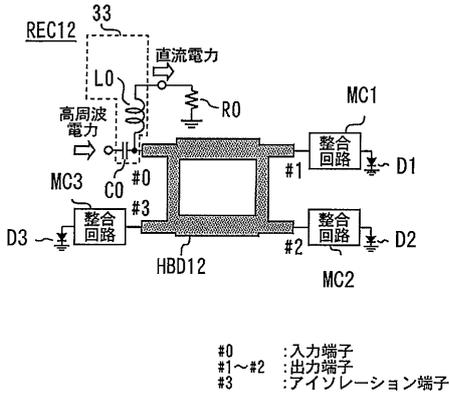
【図13】



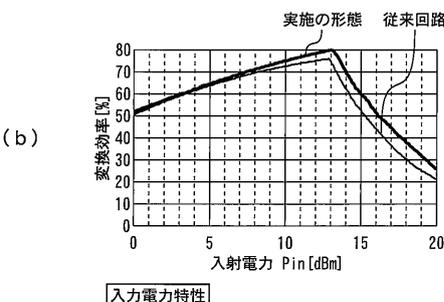
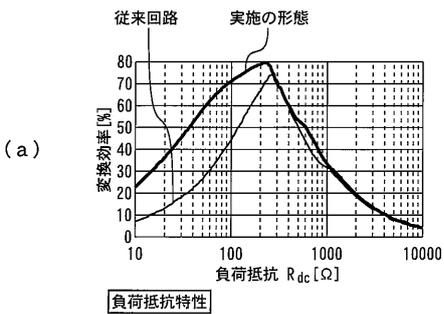
【図15】



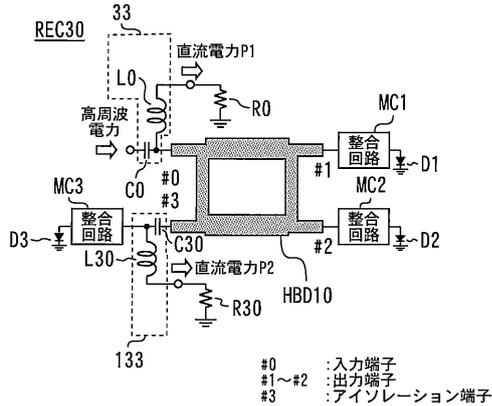
【図14】



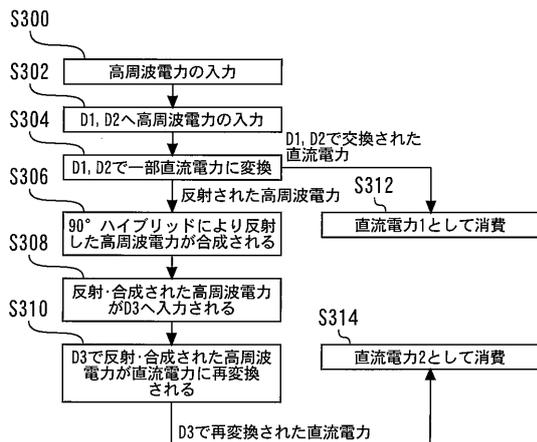
【図16】



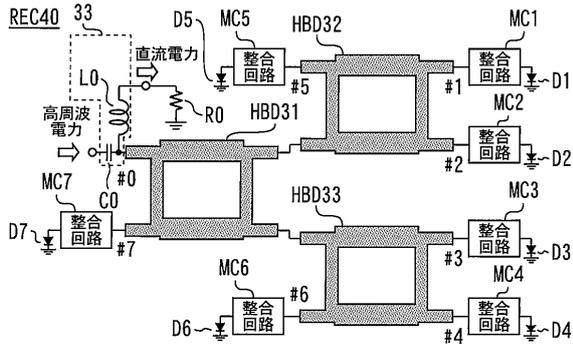
【図17】



【図18】

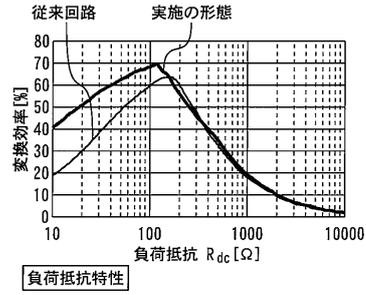


【図19】

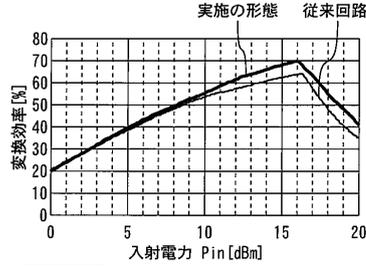


#0 : 入力端子
 #1~#4 : 出力端子
 #5~#7 : アイソレーション端子

【図20】

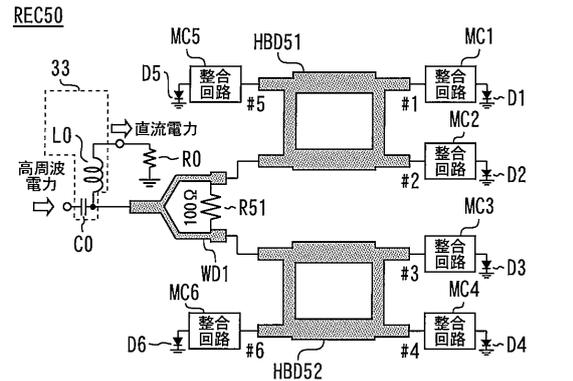


負荷抵抗特性



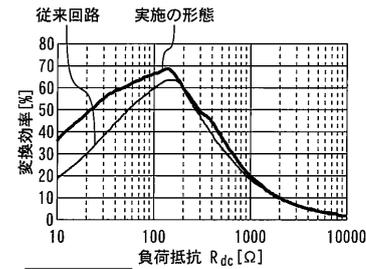
入力電力特性

【図21】

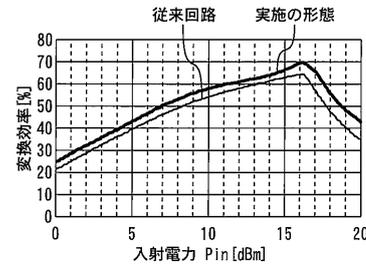


#0 : 入力端子
 #1~#4 : 出力端子
 #5~#6 : アイソレーション端子

【図22】

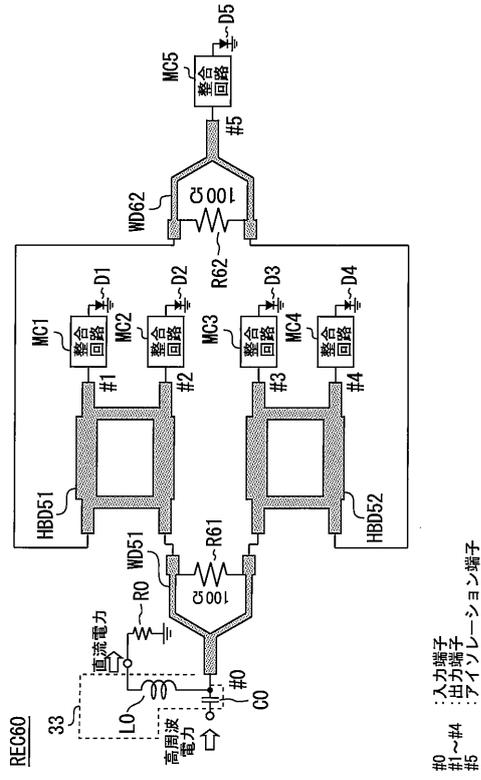


負荷抵抗特性

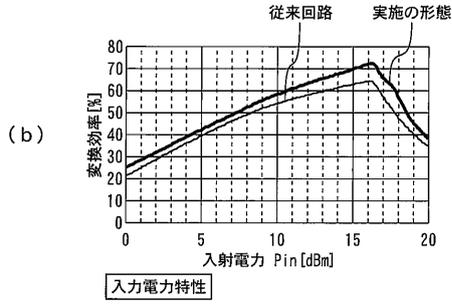
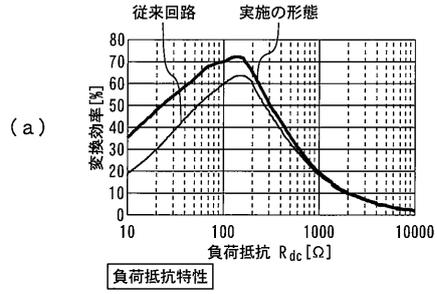


入力電力特性

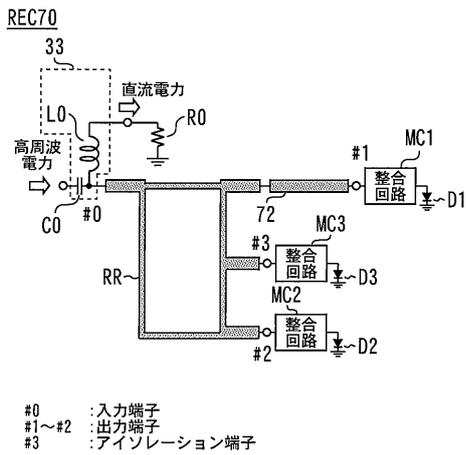
【図23】



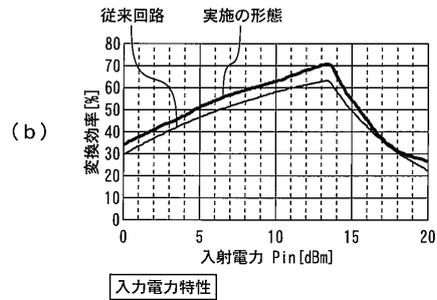
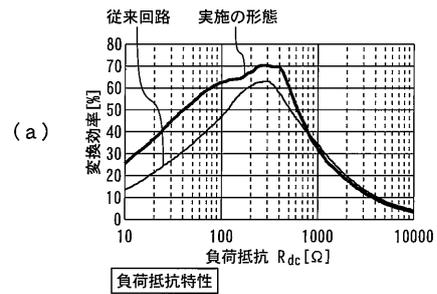
【図24】



【図25】

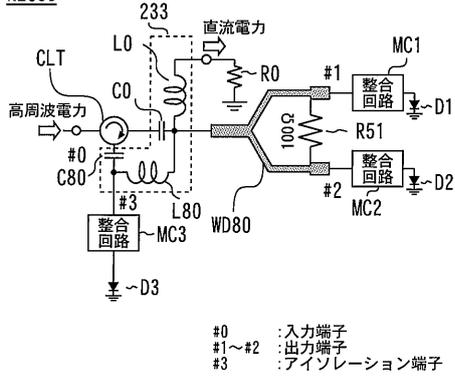


【図26】



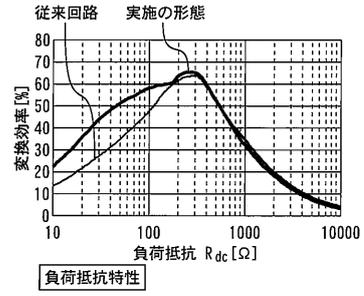
【図 27】

REC80

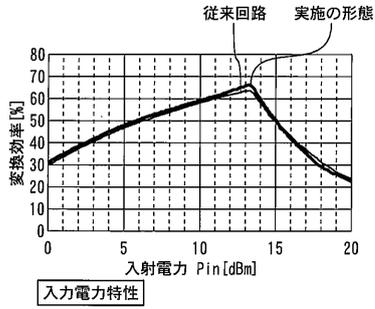


【図 28】

(a)

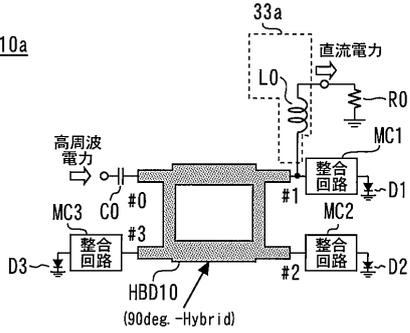


(b)



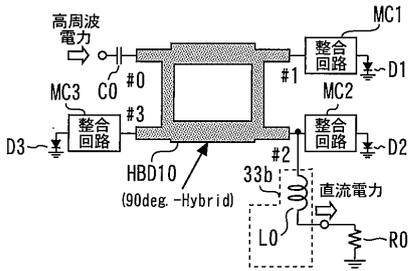
【図 29】

REC10a



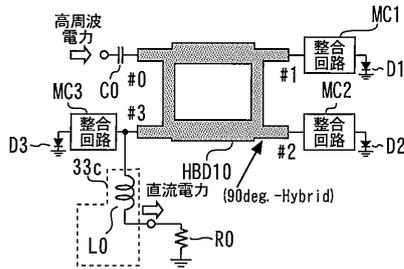
【図 30】

REC10b



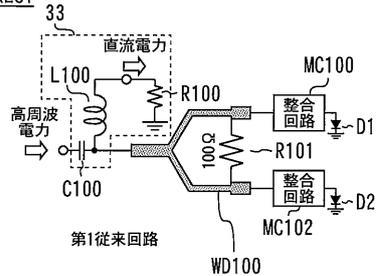
【図 31】

REC10c

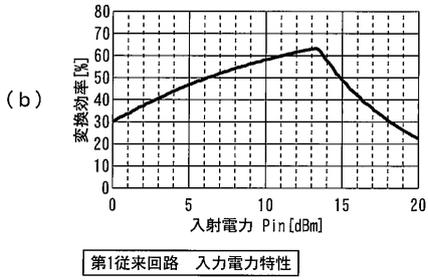
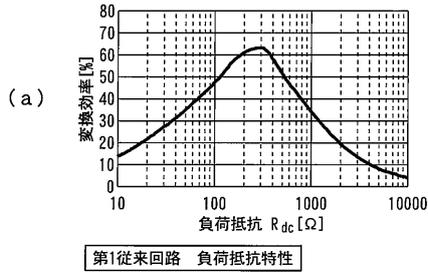


【図 32】

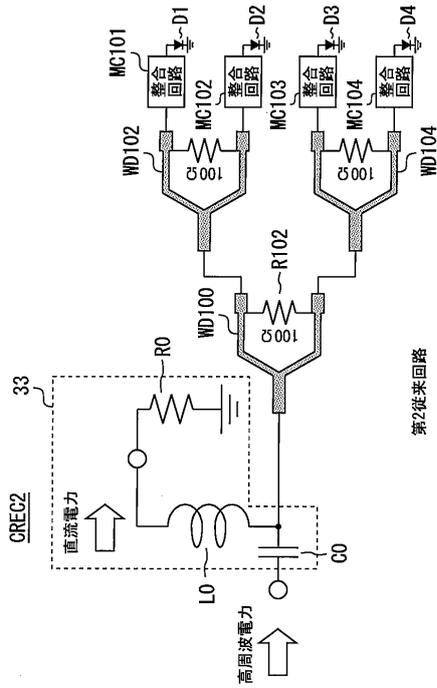
CREC1



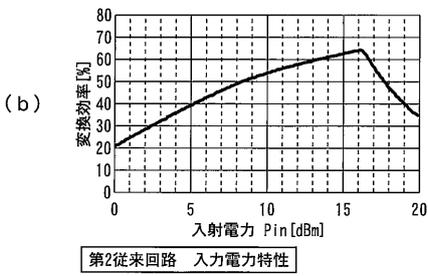
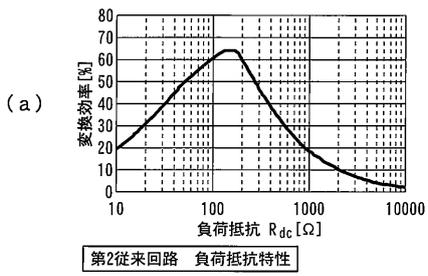
【図 3 3】



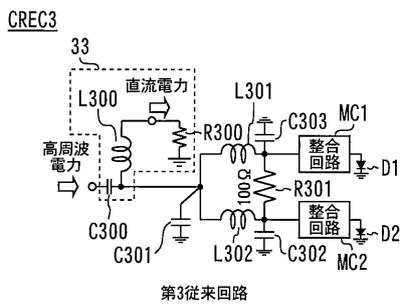
【図 3 4】



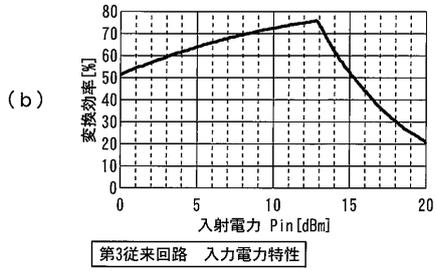
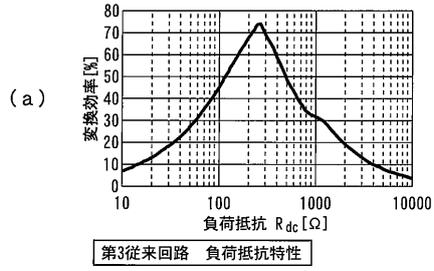
【図 3 5】



【図 3 6】



【 図 3 7 】



フロントページの続き

審査官 稲葉 崇

- (56)参考文献 特開2012-023857(JP,A)
再公表特許第2011/052653(JP,A1)
特開2000-349575(JP,A)
特開2008-099115(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 50/00 - 50/90

H01P 5/00 - 5/22

H01Q 1/12 - 1/26

H01P 1/20 - 1/219

H01P 7/00 - 7/10

H03H 7/18 - 7/21