

(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2014-209816

(P2014-209816A)

(43) 公開日 平成26年11月6日(2014.11.6)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO 2 J 17/00 (2006.01)		HO 2 J 17/00	A	
HO 1 P 5/02 (2006.01)		HO 2 J 17/00	X	
		HO 1 P 5/02	6 O 3 E	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2013-85822 (P2013-85822)
 (22) 出願日 平成25年4月16日 (2013. 4. 16)

(71) 出願人 000004226
 日本電信電話株式会社
 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
 (71) 出願人 504132272
 国立大学法人京都大学
 京都府京都市左京区吉田本町36番地1
 (74) 代理人 110001634
 特許業務法人 志賀国際特許事務所
 (72) 発明者 関 智弘
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内
 (72) 発明者 川島 宗也
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

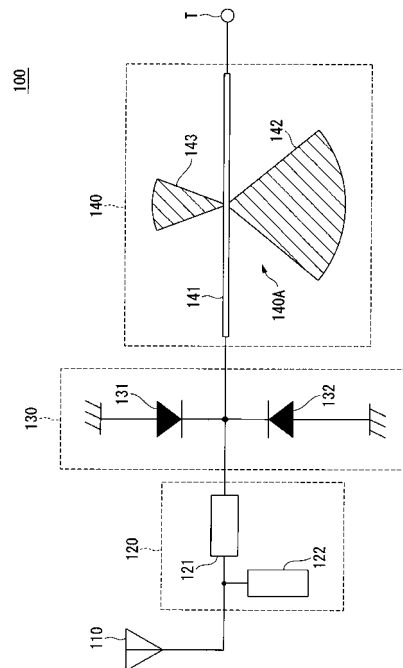
(54) 【発明の名称】 レクテナ装置及び受電整流方法

(57) 【要約】

【課題】 広帯域にわたる整流の高効率化を果たし、電力と情報の融合やエネルギーハーベスティングを実現する。

【解決手段】 本発明によるレクテナ装置(100)は、電波を受信するアンテナ部(110)と、前記アンテナ部により受信された電波による無線周波数信号を整流する整流回路(130)と、前記整流回路により整流された無線周波数信号の周波数で共振して前記無線周波数信号の反射を抑制する負荷共振回路(140)と、を備え、前記負荷共振回路は、前記整流回路により整流された無線周波数信号を負荷側に伝送するための伝送路(141)と、前記伝送路の中途部に接続された扇形スタブ(140A)と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電波を受信するアンテナ部と、
 前記アンテナ部により受信された電波による無線周波数信号を整流する整流回路と、
 前記整流回路により整流された無線周波数信号の周波数で共振して前記無線周波数信号の反射を抑制する負荷共振回路と、
 を備え、
 前記負荷共振回路は、
 前記整流回路により整流された無線周波数信号を負荷側に伝送するための伝送路と、
 前記伝送路の中途部に接続された扇形スタブと、
 を備えたことを特徴とするレクテナ装置。

10

【請求項 2】

前記扇形スタブは、前記無線周波数信号に含まれる偶数次高調波に対して短絡端となり、奇数次高調波に対して開放端となることを特徴とする請求項 1 に記載のレクテナ装置。

【請求項 3】

前記アンテナ部と前記整流回路との間に、前記アンテナ部により受信された電波による無線周波数信号の伝送経路のインピーダンスを前記負荷共振回路の設計インピーダンスと整合させるための整合回路を更に備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のレクテナ装置。

【請求項 4】

電波を受信する第 1 段階と、
 前記受信された電波による無線周波数信号を整流する第 2 段階と、
 前記整流された無線周波数信号の周波数で共振して前記無線周波数信号の反射を抑制する第 3 段階と、
 を含み、
 前記第 3 段階では、前記整流された無線周波数信号を負荷に伝送するための伝送路の中途部に接続された扇形スタブを用いて、前記無線周波数信号の反射を抑制することを特徴とする受電整流方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、レクテナ装置及び受電整流方法に関する。

【背景技術】

【0002】

マイクロ波による無線電力伝送に用いられるレクテナ（受電整流アンテナ；Rectenna）装置は、1960年代に発明されて以来、様々な方式のものが開発され、提案されてきた。レクテナ装置は、整流回路部とアンテナ部とに別れる。公知のレクテナ整流回路は、基本となるシングルシャント整流回路と、それ以外の整流回路とに大別される。シングルシャント整流回路は、1つのダイオード、 $\pi/4$ 線路、及びキャパシタで構成された出力フィルタ、並びに入力低域通過フィルタで構成される。シングルシャント整流回路は、簡単な構成ながら、出力フィルタが高調波処理と平滑を同時に行うため、全波整流が可能であり、理論効率100%を実現することができる。

40

【0003】

この種のレクテナ装置として、本願と同一の出願人による例えば特許文献1に開示されたものが知られている。この特許文献1に開示された技術では、レクテナ装置の出力端での反射を抑制するための負荷共振回路として高周波処理スタブ(stub)と補償スタブとを備えることにより受電整流の高効率化を図っている。

【0004】

図5は、従来技術による分布定数共振回路を用いたレクテナ装置10の等価回路図である。レクテナ装置10は、アンテナ110、整合回路120、整流回路130、負荷共振

50

回路（F級負荷）150とからなる。負荷共振回路150は、伝送路151と、長方形の高周波処理スタブ152と、同じく長方形の補償スタブ153とを備える。これら伝送路151、高周波処理スタブ152、補償スタブ153は、マイクロストリップ線路、ストリップ線路、コプレーナ線路等から構成される。なお、スタブとは、負荷による反射波を打ち消すように整合性を取るための構造である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-75227号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、電力と共に情報を伝送する無線電力伝送（電力と情報の融合）や、既存の放送波または通信波などから電磁波エネルギーを収穫（回収）して利用するエネルギーハーベスティング（Energy Harvesting）に有用な技術に対する要請が存在する。

【0007】

しかしながら、上述の従来技術によれば、長方形の形状を有する高周波処理スタブ152及び補償スタブ153を用いているため、負荷共振回路150の共振周波数帯域が狭くなる。このため、複数の異なる周波数を用いて電力と情報を同時に送る無線電力伝送やエネルギーハーベスティングには適していない。

20

【0008】

即ち、上述した従来技術によるレクテナ装置10は、分布定数線路（またはLC回路）を用いた負荷共振回路150により無線電力伝送の高効率化を図っており、この高効率化のために負荷共振回路150は高いQ値を必要とする。Q値が高くなると、周波数帯域が狭くなり、この限られた周波数帯域以外では負荷共振回路150が共振回路として機能しなくなる。このため、情報と電力を融合させて伝送することや、エネルギーハーベスティングが困難になる。

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、広帯域にわたる受電整流の高効率化を果たし、無線電力伝送における電力と情報の融合やエネルギーハーベスティングを実現することができるレクテナ装置及び受電整流方法を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明によるレクテナ装置は、電波を受信するアンテナ部と、前記アンテナ部により受信された電波による無線周波数信号を整流する整流回路と、前記整流回路により整流された無線周波数信号の周波数で共振して前記無線周波数信号の反射を抑制する負荷共振回路と、を備え、前記負荷共振回路は、前記整流回路により整流された無線周波数信号を負荷側に伝送するための伝送路と、前記伝送路の中途部に接続された扇形スタブと、を備えたことを特徴とするレクテナ装置の構成を有する。

40

【0011】

前記レクテナ装置において、例えば、前記扇形スタブは、前記無線周波数信号に含まれる偶数次高調波に対して短絡端となり、奇数次高調波に対して開放端となることを特徴とする。

【0012】

前記レクテナ装置において、例えば、前記アンテナ部と前記整流回路との間に、前記アンテナ部により受信された電波による無線周波数信号の伝送経路のインピーダンスを前記負荷共振回路の設計インピーダンスと整合させるための整合回路を更に備えたことを特徴とする。

【0013】

50

上記課題を解決するために、本発明による受電整流方法は、電波を受信する第1段階と、前記受信された電波による無線周波数信号を整流する第2段階と、前記整流された無線周波数信号の周波数で共振して前記無線周波数信号の反射を抑制する第3段階と、を含み、前記第3段階では、前記整流された無線周波数信号を負荷に伝送するための伝送路の中途部に接続された扇形スタブを用いて、前記無線周波数信号の反射を抑制することを特徴とする受電整流方法の構成を有する。

【発明の効果】

【0014】

この発明によれば、広帯域にわたって受電整流の高効率化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0015】

【図1】本発明の実施形態によるレクテナ装置の構成例を示す等価回路図である。

【図2】本実施形態によるレクテナ装置の特性と従来技術による特性とを比較説明するためのシミュレーション結果（S21パラメータ）を示す図である。

【図3】本実施形態によるレクテナ装置の特性と従来技術による特性とを比較説明するためのシミュレーション結果（効率）を示す図である。

【図4】本実施形態によるレクテナ装置の特性と従来技術による特性とを比較説明するためのシミュレーション結果（周波数ごとにインピーダンス整合を取った場合の理想的な効率）を示す図である。

【図5】従来技術によるレクテナ装置の等価回路図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の一実施形態を、図面を参照して説明する。

[構成の説明]

図1は、本発明の実施形態によるレクテナ装置100の構成例を示す等価回路図である。図1において、前述の図5に示す従来装置の構成要素に対応する部分には同一の符号を付している。

【0017】

レクテナ装置100は、アンテナ部110と、整合回路120と、整流回路130と、負荷共振回路（F級負荷）140とからなる。アンテナ部110は、自由空間を伝搬して到来する電波を受信するためのものである。整合回路120は、アンテナ部110により受信された電波による無線周波数信号の伝送経路のインピーダンスを後段の負荷共振回路140の設計インピーダンス（例えば50オーム）と整合させるためのものである。整合回路120は、後段の整流回路130を構成するダイオードの整流条件に合わせた高いインピーダンスを有する線路121と、この線路121のインダクタンス成分を整合するためのオープンスタブとして機能する線路122とを含む。ただし、この例に限定されず、受電整流の広帯域化を実現できることを限度として、整合回路120の構成は任意であり、整合回路120を省くことも可能である。整流回路130は、アンテナ部110により受信された電波による無線周波数信号を整流するためのものであり、ダイオード131、132から構成される。本実施形態では、電流容量を確保するために、2つのダイオード131、132を整合回路120の出力部と接地との間に並列接続している。ただし、この例に限定されず、整流回路130の構成は任意である。

30

40

【0018】

負荷共振回路（F級負荷）140は、整流回路130により整流された無線周波数信号の周波数で共振して、この無線周波数信号の反射を抑制するものである。負荷共振回路（F級負荷）140は、伝送路141と、扇形状の高周波処理スタブ142と、扇形状の補償スタブ143とを備え、高周波処理スタブ142及び補償スタブ143は扇形スタブ140Aを構成する。伝送路141は、整流回路130により整流された無線周波数信号を負荷側に伝送するためのものであり、基本周波数に対して4分の1波長（ $\lambda/4$ ）の線路長を有している。高周波処理スタブ142及び補償スタブ143は、それぞれオープンス

50

タブとして機能する。このうち、扇形スタブ140Aは、無線周波数信号に含まれる偶数次高調波に対して短絡（インピーダンスがゼロ）となり、基本波と奇数次高調波に対して開放（インピーダンスが無限大）となるように構成される。本実施形態では、高周波処理スタブ142及び補償スタブ143は、各々、その要（かなめ）部から外縁に向けて幅が広がる扇形の形状を有し、それらの各要（かなめ）部は、伝送路141の中途部に、相互に近接するようにして接続されている。

【0019】

一例として、高周波処理スタブ142の半径方向の長さは、基本波の波長の4分の1であり、その扇形部分の開き角度は70度である。また、補償スタブ143の半径方向の長さは、第2次高調波の波長の4分の1であり、その扇形部分の開き角度は40度である。負荷共振回路140の共振周波数を広帯域化する観点からすれば、高周波処理スタブ142及び補償スタブ143の各扇形部分の開き角度は、約5度から約175度までの範囲内の値であることが望ましい。

なお、本実施形態では、高周波処理スタブ142及び補償スタブ143の各形状を扇形としたが、この例に限定されることなく、負荷共振回路140の共振周波数の広帯域化に寄与する限りにおいて、例えば三角形や台形など、任意の形状とすることができる。また、高周波処理スタブ142及び補償スタブ143の各形状を相互に異なる形状としてもよい。

【0020】

[動作の説明]

次に、本実施形態によるレクテナ装置100の動作を説明する。

アンテナ部110は自由空間を伝搬する電波を受信して無線周波数信号に変換する。整合回路120は、アンテナ部110により受信された無線周波数信号の伝送経路のインピーダンスを負荷共振回路140の設計インピーダンス（例えば50オーム）に整合させる。これにより、後段の整流回路130の非線形整流動作に起因する相互変調等による無線周波数信号の波形歪等が抑制される。

【0021】

整流回路130は、整合回路120を介してアンテナ部110から供給される無線周波数信号を脈流の高周波信号に整流して負荷共振回路140に供給する。整流回路130により整流された高調波信号（脈流）は、負荷共振回路140における伝送路141の入力端に入力される。伝送路141の入力端に入力された高周波信号は、この伝送路141を伝搬し、伝送路141の出力端に接続された端子Tを介して負荷（図示なし）に供給される。

【0022】

本実施形態では、高周波処理スタブ142は、基本周波数に対して4分の1波長（ $\lambda/4$ ）の線路長を有する線路からなる伝送路141との組み合わせにより、基本周波数と第3次高調波に対して2分の1波長（ $\lambda/2$ ）の倍数のスタブ長となる。このため、高周波処理スタブ142は、基本周波数と第3次高調波（奇数次高調波）に対してインピーダンスが無限大、すなわち開放となる。また、補償スタブ143は、同じく伝送路141との組み合わせにより、第2次高調波（偶数次高調波）に対して4分の3波長（ $3\lambda/4$ ）のスタブ長となる。このため、補償スタブ143は、第2次高調波に対してインピーダンスがゼロ、すなわち短絡となる。これにより、扇形スタブ140Aは、整流回路130におけるダイオード効率が最大となる整流条件を満たす線路長となる。

【0023】

ここで、伝送路141の入力端に入力された高調波信号（脈流）が伝送路141を伝搬する過程で、その高調波は、伝送路141の中途部に設けられた扇形スタブ140Aに入射され、拡散しながら扇形スタブ140Aの半径方向に伝搬する。このとき、扇形スタブ140Aに入射された高調波が伝搬する伝搬経路の長さは一定ではなく、長さの異なる複数の伝搬経路が発生し得る。このため、扇形スタブ140Aは、扇形スタブ140Aに入射された高調波に対し、複数の異なる線路長を有するスタブとして機能する。

【 0 0 2 4 】

このように扇形スタブ 1 4 0 A が複数の異なる線路長を有するスタブとして機能することにより、負荷共振回路 1 4 0 の共振帯域が拡大される。このことは、負荷共振回路 1 4 0 が、複数の異なる無線周波数信号に対して共振状態になり得ることを意味する。従って、本実施形態によれば、広帯域にわたって受電整流の高効率化を実現することができ、無線電力伝送における電力と情報の融合やエネルギーハーベスティングを実現することが可能になる。

【 0 0 2 5 】

本実施形態では、F 級レクテナ装置にアンテナの広帯域化手法を適用し、扇形スタブ 1 4 0 A を用いたことにより、広帯域化を実現するが、負荷共振回路 1 4 0 の共振特性を示す Q 値が低下する傾向を示す場合がある。しかしながら、本実施形態では、仮に負荷共振回路 1 4 0 の Q 値が低下したとしても、整合回路 1 2 0 等により、共振特性の周波数偏移の許容値やダイオードの非線形整流動作による相互変調等、他の周波数成分の歪を抑えることにより、通常の長方形スタブと同等の効率を実現しつつ、広帯域特性を実現することができる。

10

【 0 0 2 6 】

図 2 は、本実施形態によるレクテナ装置 1 0 0 の特性と従来技術による特性とを比較説明するためのシミュレーション結果 (S 2 1 パラメータ) を示す図である。図 2 において、実線は従来の長方形スタブによる周波数特性を示し、破線は本実施形態の扇形スタブによる周波数特性を示す。ここで、横軸は、周波数 [G H z] を表し、縦軸は、S パラメータの $| S_{21} |$ (挿入損失の絶対値) を表している。同図から理解されるように、本実施形態によれば、S パラメータの $| S_{21} |$ の値は従来の特性よりも小さくなり、挿入損失が改善されている。

20

【 0 0 2 7 】

図 3 は、本実施形態によるレクテナ装置 1 0 0 の特性と従来技術による特性とを比較説明するためのシミュレーション結果 (効率) を示す図である。また、図 4 は、本実施形態によるレクテナ装置 1 0 0 の特性と従来技術による特性とを比較説明するためのシミュレーション結果を示す図であり、周波数ごとに整合回路 1 2 0 によりインピーダンス整合を取った場合の理想的な効率を示す。図 3 及び図 4 において、実線は、従来の長方形スタブによる周波数特性を示し、破線は、本実施形態の扇形スタブによる周波数特性を示す。ここで、横軸は、周波数 [G H z] を表し、縦軸は、効率 [%] を表している。

30

【 0 0 2 8 】

図 3 に示すように、扇形スタブを備えた本実施形態のレクテナ装置 1 0 0 によれば、長方形スタブを備えた従来装置に比べて、広帯域にわたって効率が改善されていることが理解される。また、図 4 から理解されるように、理想的な効率特性においても本実施形態が優位となっている。

【 0 0 2 9 】

上述した図 2 ~ 図 4 に示すシミュレーションの諸元は以下の通りである。

- ・中心周波数：2 4 G H z (I S M (Industry Science Medical) バンドを想定) に設定した。
- ・レクテナ構成：F 級構成 (第 3 次高調波まで抑圧) を採用した。
- ・スタブ長：第 2、第 3 次高調波に対してそれぞれ $g / 4$ (g : 誘電体上での波長) とした。
- ・解析手法：有限要素法による電磁界解析を用いた。
- ・回路の効率等は、電磁界解析の解析結果を S パラメータとして、回路シミュレータにより解析した。

40

【 0 0 3 0 】

上述した実施形態によれば、広帯域にわたって受電整流の高効率化を果たし、電力と情報の融合やエネルギーハーベスティングを実現することができる。

なお、本発明は、無線電力伝送分野に係り、マイクロ波無線電力伝送のみならず、2 次

50

元通信／電力伝送、共鳴送電、電磁誘導方式等にも利用することが可能である。また、エネルギーハーベスティングのうち、電磁波発電関連のすべての機器に利用することが可能である。

【0031】

上述した実施形態では、本発明をレクテナ装置として表現したが、本発明は、受電整流方法として表現することもできる。この場合、本発明は、電波を受信する第1段階（アンテナ部110の機能に相当する段階）と、前記受信された電波による無線周波数信号を整流する第2段階（整流回路130の機能に相当する段階）と、前記整流された無線周波数信号の周波数で共振して前記無線周波数信号の反射を抑制する第3段階（負荷共振回路140の機能に相当する段階）と、を含み、前記第3段階では、前記整流された無線周波数信号を負荷に伝送するための伝送路の中途部に接続された扇形スタブ（扇形スタブ140Aに相当する要素）を用いて、前記無線周波数信号の反射を抑制することを特徴とする受電整流方法として表現することができる。

10

【0032】

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、変更や置換などが可能である。

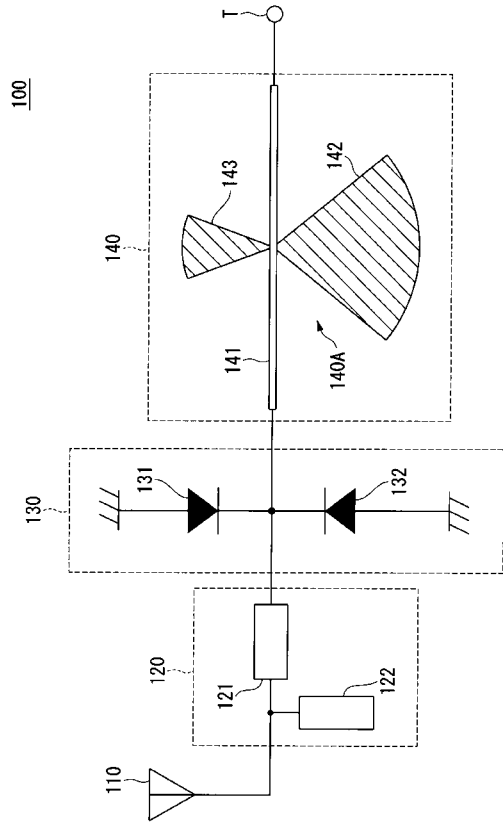
【符号の説明】

【0033】

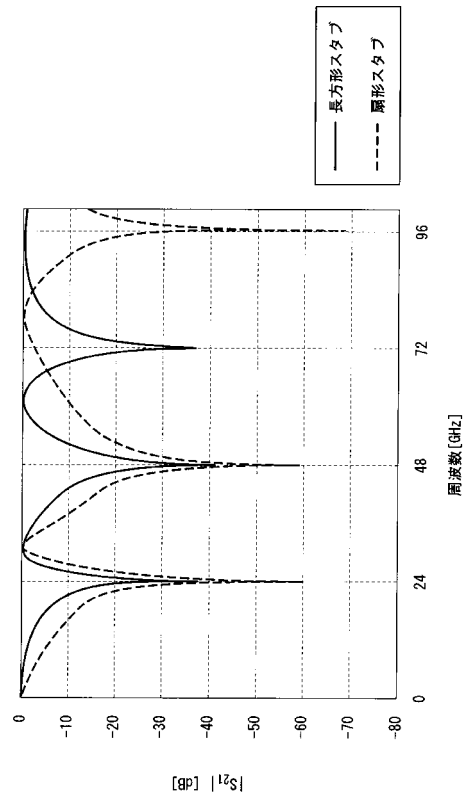
- 100 レクテナ装置
- 110 アンテナ部
- 120 整合回路
- 130 整流回路
- 131, 132 ダイオード
- 140 負荷共振回路（F級負荷）
- 140A 扇形スタブ
- 141 伝送路
- 142 高周波処理スタブ
- 143 補償スタブ
- T 端子

20

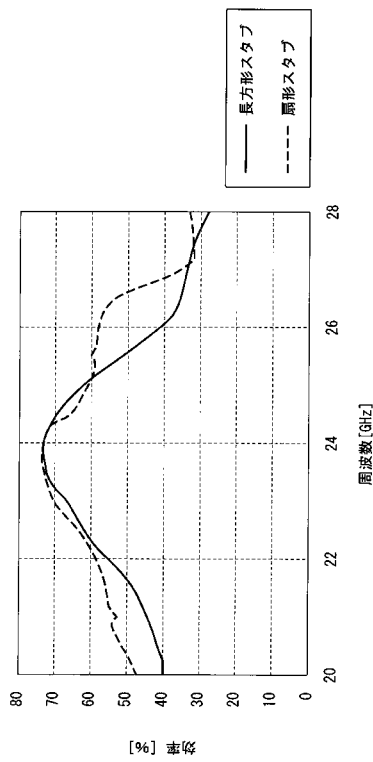
【図1】



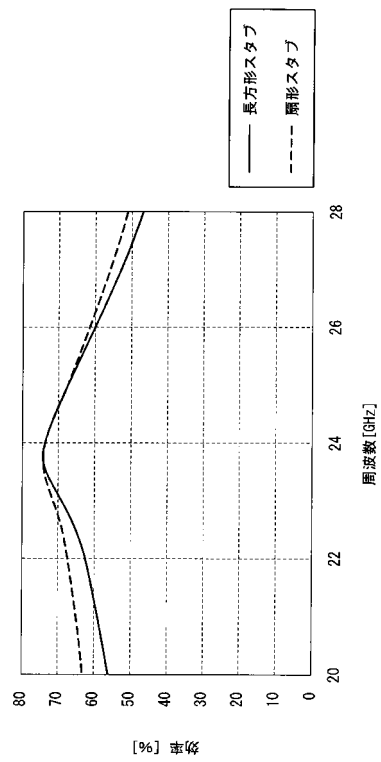
【図2】



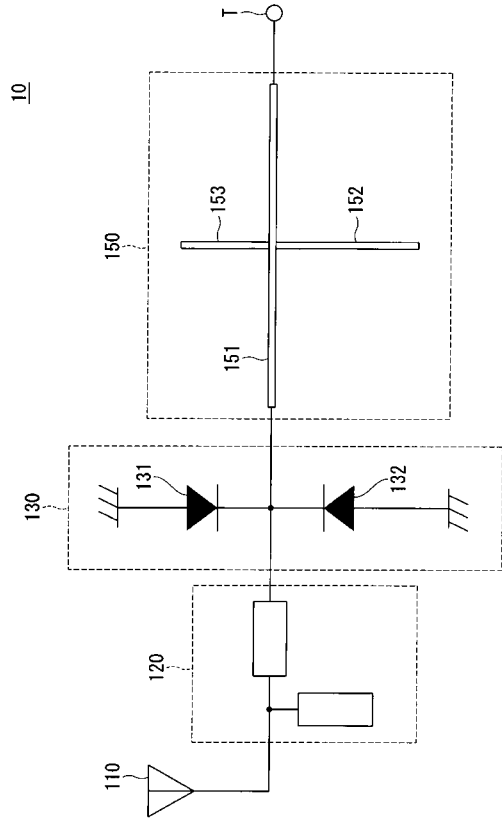
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 篠原 真毅

京都府宇治市五ヶ庄 国立大学法人京都大学生存圏研究所内

(72)発明者 波多野 健

京都府宇治市五ヶ庄 国立大学法人京都大学生存圏研究所内