

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3385472号  
(P3385472)

(45)発行日 平成15年3月10日(2003.3.10)

(24)登録日 平成15年1月10日(2003.1.10)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

H 0 2 J 17/00

H 0 2 J 17/00

A

// H 0 1 P 1/203

H 0 1 P 1/203

5/12

5/12

D

請求項の数5(全 4 頁)

(21)出願番号 特願2000-271138(P2000-271138)

(22)出願日 平成12年9月7日(2000.9.7)

(65)公開番号 特開2002-84685(P2002-84685A)

(43)公開日 平成14年3月22日(2002.3.22)

審査請求日 平成12年9月7日(2000.9.7)

特許法第30条第1項適用申請有り 電子情報通信学会論文誌 B V o l . J 83-B N o . 4 (平成12年4月25日) 社団法人電子情報通信学会発行第525-533頁に発表

(73)特許権者 391012442

京都大学長

京都府京都市左京区吉田本町36の1番地

(72)発明者 松本 紘

奈良県奈良市左京一丁目18-22

(72)発明者 篠原 真毅

京都府宇治市五ヶ庄 京大職員宿舍121号

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

審査官 西山 昇

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レクテナとレクテナ大電力化方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 受電されたマイクロ波の電力をマイクロストリップ線路のみにより複数の伝送線路に等分配する電力分配回路部と、

前記複数の伝送線路それぞれに接続され、電力分配されたマイクロ波を整流し平滑出力する複数の整流回路部とを具備することを特徴とするレクテナ。

【請求項2】 前記電力分配回路部は、 $\frac{1}{4}$ 線路 ( $\frac{1}{4}$ は前記マイクロ波の実効波長)のみによる2系統等分配回路をn (nは自然数)段備えることを特徴とする請求項1記載のレクテナ。

【請求項3】 前記整流回路部は、分配マイクロ波入力端と基準電位線路とを整流素子を介して接続してなる整流回路と、一方端が分配マイクロ波入力端に接続される線路幅  $\frac{1}{4}$  ( $\frac{1}{4}$ は前記マイクロ波の実効波長)の伝送

線路の他方端に容量素子を接続してなるフィルタ回路とを備えることを特徴とする請求項1記載のレクテナ。

【請求項4】 前記電力分配回路部の分配出力端前にコンデンサを介在させるようにしたことを特徴とする請求項1記載のレクテナ。

【請求項5】 受電されたマイクロ波の電力をマイクロストリップ線路のみにより複数の伝送線路に等分配する電力分配回路部と、前記複数の伝送線路それぞれに設けられ、電力分配されたマイクロ波を整流し平滑出力する複数の整流回路部とを備えるレクテナに用いられ、前記電力分配回路部の分配数を受電されるマイクロ波の入力電力に応じて選定するようにしたことを特徴とするレクテナ大電力化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波エネルギー伝送に用いられ、受電されたマイクロ波を整流出力するレクテナと、このレクテナの大電力化を実現する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、電気エネルギーをマイクロ波に変換し、無線で送電を行うマイクロ波無線電力伝送の技術開発が進められている。この技術は、地上においては山頂や離島への無線送電、宇宙空間においては他の衛星への送電を実現するものである。

【0003】現在までに、模型飛行機や飛行船といった移動体に対する送電実験が行われており、ガス管内を移動する検査ロボットへの応用も考えられている。ロボットへの電力供給を目的とする場合には、電力密度を高めた送電が想定され、マイクロ波受電整流素子であるレクテナ1素子の電力化が必須となる。

【0004】従来のレクテナの大電力化の研究において、その多くは、レクテナの整流回路部に用いるダイオードの大電力化を図った方法、ダイオードを直列・並列に数多く接続することで大電力化を図った方法である。

【0005】しかしながら、前者の方法では、ダイオードの性能にレクテナの性能が大きく依存する。後者の方法では、ダイオードの接続数を増やすに従って効率が悪くなり、コストの増加が問題となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来のレクテナにおける大電力化技術では、ダイオードの性能に依存したり、効率の低下、コスト増の問題が生じたりしている。

【0007】そこで、本発明は、ダイオードの性能を問わずに、低コストで効率よく大電力化を実現するレクテナと、その大電力化方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明に係るレクテナは、受電されたマイクロ波の電力をマイクロストリップ線路のみにより複数の伝送線路に等分配する電力分配回路部（吸収抵抗のないウィルキンソン型電力分配回路に相当）と、前記複数の伝送線路それぞれに接続され、電力分配されたマイクロ波を整流し平滑出力する複数の整流回路部とを具備した構成とする。

【0009】

【0010】前記整流回路部は、分配マイクロ波入力端と基準電位線路とを整流素子を介して接続してなる整流回路と、一方端が分配マイクロ波入力端に接続される線路幅  $W$  / 4（ $W$  は前記マイクロ波の実効波長）の伝送線路の他方端に容量素子を接続してなるフィルタ回路とを備えることを特徴とする。

【0011】前記電力分配回路部の分配出力端前にコンデンサを介在させるようにしたことを特徴とする。

【0012】上記構成によるレクテナにおいて、前記電力分配回路部の分配数を受電されるマイクロ波の入力電力に応じて選定する。

【0013】すなわち、本発明は、電力分配回路部と整流回路部を組み合わせることで、これまでにない大電力を受電整流することのできるレクテナを提供する。

【0014】本発明に係るレクテナは、マイクロ波エネルギー伝送に用いるものであり、通信用とは異なり、マイクロ波 - 直流変換効率が最も重要である。通信等で用いられる電力分配回路部は吸収抵抗のついたウィルキンソン型電力分配回路である。吸収抵抗は出力側の不整合による反射を吸収し、電力の等分配性を保つ役割を果たすが、レクテナでは、電力分配後は整流して直流になるため、マイクロ波の反射は極めて少ない。そこで、スペースの節約も兼ねて、吸収抵抗のないウィルキンソン型電力分配回路部を整流回路部に接続することで、レクテナの大電力化を図った。本発明のために製作した電力分配回路部の損失は5～7%であった。

【0015】この電力分配回路部は2分配、4分配、8分配と分配数を増やすことで、様々な入力電力で最大マイクロ波 - 直流変換効率を持つレクテナを容易に構成することができる。レクテナは入力マイクロ波強度に対し、ある値で最大のマイクロ波 - 直流変換効率を持つが、それをピークにマイクロ波が強くても弱くても効率が減少するという特徴を持つ。また、マイクロ波エネルギービームは中心強度が強く、中心から離れるに従って強度が弱くなる。このため、同一の性能を持つ基本設計は同じレクテナで分配数のみを変えることで、あらゆる電力密度で最高性能を発揮できるアレイ型レクテナを構築することが可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0017】図1は本発明に係るレクテナの構造を示すものである。このレクテナは、裏面にグランド層を形成した誘電体基板上にマイクロストリップ線路を形成することでマイクロ波集積回路を形成したものである。図1では基板を省略し、マイクロストリップ線路の形状のみを示している。

【0018】図1において、Aは図示しないアンテナ部により受電されたマイクロ波が入力されるマイクロ波入力端であり、この入力端Aに入力されたマイクロ波はまず電力分配回路部に供給される。

【0019】この電力分配回路部は、吸収抵抗のないウィルキンソン型で構成し、供給されたマイクロ波を2系統の伝送線路に等分配し、さらに各分配出力を2系統の伝送線路に等分配して、4系統の伝送線路にマイクロ波を等分配する。ウィルキンソン型は、ある条件を満たす特性インピーダンスの  $W$  / 4線路（ $W$  は入力マイクロ波の実効波長）に信号を通すことで、信号を損失なく出力

端に分配するという特徴を有する。

【0020】各伝送線路に等しく分配されたマイクロ波は、伝送線路に直列に配置されたチップコンデンサCにより直流成分がカットされて整流回路部に供給される。チップコンデンサCは、後段の整流回路部で得られる直流電力が受電アンテナ部への逆流を防止する機能も有する。

【0021】この整流回路部は、整流回路とフィルタ回路とを備える。

【0022】整流回路は、入力端（チップコンデンサCとの接続点）を1個以上（図では2直列2並列）のダイオードDを介してグラウンド線路Gに接続して構成され、分配されたマイクロ波を整流する。ダイオードDの個数は、ダイオードの性能に応じて任意に選定する。

【0023】フィルタ回路は、 $n/4$ 線路Eの一方端を入力端に接続し、他方端におよそ $n/8$ のオープンスタブ（線路幅を広くして基板裏面のグラウンド層との間でキャパシタンスを持たせるようにしたキャパシタ）Fを接続して構成され、整流回路のマイクロ波整流出力を平滑して一定の直流電力を得る。本実施形態では、 $n/4$ 線路及び $n/8$ オープンスタブFによるフィルタを2段直列に接続した構成となっている。

【0024】オープンスタブFから引き出された伝送線路の端部を出力端Bとする。各分配系統で得られた直流電力は出力端Bから取り出され、適宜合成されて出力電力として利用される。

【0025】ここで、上記構成によるレクテナでは、入力したマイクロ波を4系統の伝送線路に等分配するものとしたが、その分配数は任意に設定可能である。図2に分配数を1, 2, 4, 8としたときのマイクロ波入力電力 - 直流(RF - DC)変換効率の計測結果を示す。

【0026】図2において、aは分配数1（単体）のレクテナの場合であり、入力電力1.3W時に最大変換効率77.5%が得られた。このときの特性インピーダンスは250、出力電力は1.0Wとなった。bは分配

数2のレクテナの場合であり、1つの線路にて、入力電力1.5W時に最大変換効率75.7%が得られた。このときの特性インピーダンスは150、合成出力電力は2.1Wとなった。cは分配数4のレクテナの場合であり、1つの線路にて、入力電力4.5W時に最大変換効率73.0%が得られた。このときの特性インピーダンスは70、合成出力電力は4.1Wとなった。dは分配数8のレクテナの場合であり、1つの線路にて、入力電力11.5W時に最大変換効率68.6%が得られた。このときの特性インピーダンスは30、合成出力電力は6.7Wであった。

【0027】図2の計測結果から明らかなように、分配数に応じて最適な入力電力が異なる。このことから、様々な入力電力に対して分配数を適宜選択することで、変換効率の最適なレクテナを実現できることがわかる。この場合、ダイオードの個数を変えて同様の効果を得るよりもコストがかからない。

【0028】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、ダイオードの性能を問わずに、低コストで効率よく大電力化を実現するレクテナと、その大電力化方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

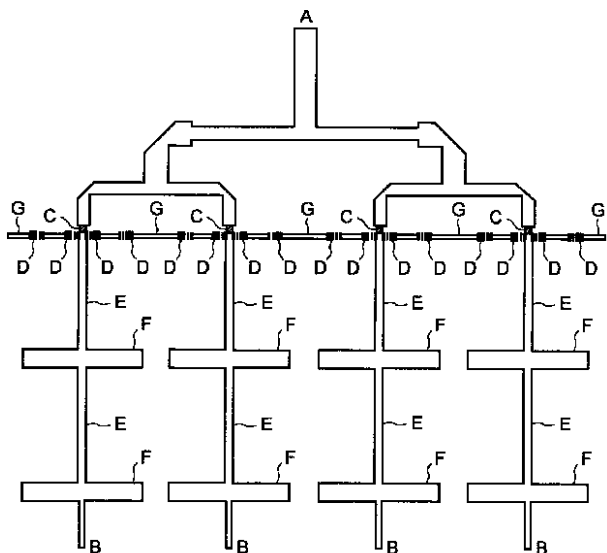
【図1】本発明に係るレクテナの実施の形態を示す回路構成図。

【図2】本発明に係るレクテナの分配数別マイクロ波 - 直流変換効率の計測結果を示す特性図。

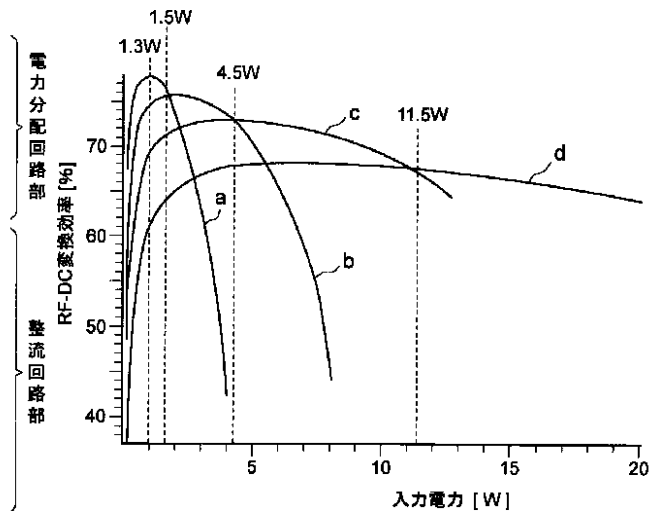
【符号の説明】

- A...受電マイクロ波入力端
- B...直流電力出力端
- C...チップコンデンサ
- D...ダイオード
- E... $n/4$ 線路
- F...オープンスタブ
- G...グラウンド線路

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000 - 278887 ( J P , A )  
 特開 平 5 - 335811 ( J P , A )  
 特開 平 3 - 55902 ( J P , A )  
 マイクロ波電力伝送用レクテナ素子の  
 接続法に関する実験的研究, 電子情報通  
 信学会論文誌 B, 日本, 社団法人電子  
 情報通信, 1999年 7月, V o l . J 82  
 - B N o . 7 , 1374 - 1383

(58)調査した分野(Int.Cl.7, D B 名)  
 H02J 17/00  
 H01P 1/20 - 1/219  
 H01P 5/12