

(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2009-38924
(P2009-38924A)

(43) 公開日 平成21年2月19日(2009.2.19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02J 17/00 (2006.01)	H02J 17/00 A	5G503
H02J 7/00 (2006.01)	H02J 7/00 301D	5H030
H01M 10/46 (2006.01)	H01M 10/46	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-202305 (P2007-202305)
 (22) 出願日 平成19年8月2日(2007.8.2)
 特許法第30条第1項適用申請有り 京都大学(工学研究科電気工学専攻)主催による平成19年2月7日開催の平成18年度修士論文公聴会の発表論文及びスライド
 (出願人による申告)平成18年度独立行政法人科学技術振興機構 革新技术開発研究事業、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの

(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
 000001373
 鹿島建設株式会社
 東京都港区元赤坂一丁目3番1号
 (74) 代理人 100110711
 弁理士 市東 篤
 (74) 代理人 100078798
 弁理士 市東 禮次郎
 (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
 大学生存圏研究所内

最終頁に続く

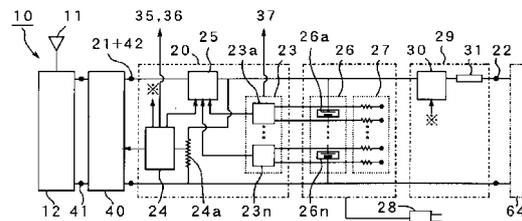
(54) 【発明の名称】 無線電力受電アダプタ

(57) 【要約】

【課題】電力負荷の変動に拘わらず高い変換効率を維持できる無線電力受電アダプタの提供。

【解決手段】受電アダプタ10に、アンテナ11で受電した電磁波を直流電力に変換するレクテナ整流回路12、整流回路12の出力電力を蓄える二次電池26とその出力端子22とを有する充放電制御回路20、及び整流回路12と充放電制御回路20との間に接続されて整流回路12の出力電圧を一定に維持しつつ二次電池26の充電電圧に変換して充放電制御回路20へ出力するレクテナ制御回路40を設ける。好ましくは、レクテナ制御回路40により整流回路12の出力電圧を、整流回路12による電磁波から直流電流への変換効率が最大となる基準電圧Vrefに維持する。更に好ましくは、充放電制御回路20に、二次電池26の電池電圧を検出する検出回路23、24、二次電池26とレクテナ制御回路40とを接続・切断する第1スイッチ回路25、及び二次電池26と出力端子22とを接続・切断する第2スイッチ回路30を含める。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アンテナで受電した電磁波を直流電力に変換するレクテナ整流回路、前記整流回路の出力電力を蓄える二次電池とその出力端子とを有する充放電制御回路、及び前記整流回路と充放電制御回路との間に接続されて前記整流回路の出力電圧を一定に維持しつつ二次電池の充電電圧に変換して充放電制御回路へ出力するレクテナ制御回路を備えてなる無線電力受電アダプタ。

【請求項 2】

請求項 1 の受電アダプタにおいて、前記レクテナ制御回路により前記整流回路の出力電圧を、前記整流回路による電磁波から直流電流への変換効率が最大となる基準電圧に維持してなる無線電力受電アダプタ。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 の受電アダプタにおいて、前記充放電制御回路に、前記二次電池の電池電圧を検出する検出回路、前記二次電池とレクテナ制御回路とを接続・切断する第 1 スイッチ回路、及び前記二次電池と出力端子とを接続・切断する第 2 スイッチ回路を含めてなる無線電力受電アダプタ。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 の何れかの受電アダプタにおいて、前記二次電池をリチウムイオン電池としてなる無線電力受電アダプタ。

【請求項 5】

請求項 1 から 3 の何れかの受電アダプタにおいて、前記二次電池を薄板状として中空環状に組み合わせ、前記整流回路と充放電制御回路とレクテナ制御回路とを前記中空環状の二次電池の中空部に配置してなる無線電力受電アダプタ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は無線電力受電アダプタに関し、とくにマイクロ波その他の電磁波の無線電力を直流電力に変換して出力する受電アダプタに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、太陽光発電衛星から地上受電設備に向けてマイクロ波等の電磁波を用いて電力を送るシステムや、地上から軽量飛行機、飛行船等の飛翔物体等に対して電磁波を用いて電力を送る無線電力伝送システムが提案されている（特許文献 1 参照）。無線電力伝送は、電線を用いる有線電力伝送に比して設備コストを削減できる経済性を有しており、レクテナ（電磁波（RF）を直流電力（DC）に整流変換する RF-DC 変換素子）さえあれば配線が困難な場所にも電力を供給できる等の利点を有している。特許文献 2 及び 3 は、この無線電力伝送の利点を建物内の電力供給に適用し、建物内で様々な電気機器をバッテリーなしで駆動可能とし又はコードレスで充電可能とする無線電力供給システムを提案している。

30

【0003】

図 12 (A) は、特許文献 3 の開示する建物内の無線電力伝送システムの一例を示し、多層構造建物 1 の各階の床 2 又は天井 3（以下、床スラブ 2 ということがある）の内部空間に形成した複数の並列な導波管（以下、負荷導波管ということがある）60を用いた電力伝送システムを表している。図示例の床スラブ 2 は、荷重負担用の複数の山・谷が長手方向に並列に形成されたデッキプレート 61 を鉄骨梁 6 上に支持して敷き詰め、そのデッキプレート 61 上にコンクリート 5 を打設して構築したものである。同図 (B) は、デッキプレート 61 の長手方向と直交方向の床スラブ 2 の断面図を示す。このようなデッキプレート 61 は一般に鋼板等の導体制であるから、デッキプレート 61 の底面側を導体制の遮蔽板 62 で塞ぐことにより、床スラブ 2 の内部にデッキプレート 61 の山部と遮蔽板 62 とで囲まれた複数の並列な負荷導波管 60（以下、デッキプレート導波管 60 ということがある）を形成する

40

50

ことができる。

【0004】

同図(A)の床スラブ2には、デッキプレート導波管60と共に、その長手方向と交差する向きに電磁波を送る給電導波管72が設けられている。給電導波管72には、適当な電力源(例えば商用電力や燃料電池等)に接続されたマグネトロンその他の電磁波発生装置70から中継導波管71を介して、所要電力密度(例えば $6\text{W}/\text{cm}^2$ 程度)の電磁波が供給される。長距離伝送による電磁波の減衰を避けるため、電磁波発生装置70を各階毎に設けることが望ましい。電磁波発生装置70で発生させる電磁波の電力密度は、給電導波管72及びデッキプレート導波管60内の電力密度に応じて制御することができる。図示例の給電導波管72は、例えば鋼板等を凹状に屈曲させて成形した樋状部材の頂端開口をデッキプレート導波管の底面との結合によって塞ぎ、電磁波が漏れないようにしたものである。給電導波管72からデッキプレート導波管60内に電磁波を送り込むため、給電導波管72を取り付けるデッキプレート導波管60の底面部分の遮蔽板62は予め設置しないでおくか又は取り外す。

10

【0005】

同図(B)に示すように、給電導波管72からデッキプレート導波管60に送られた電磁波の電力は、デッキプレート導波管60の任意位置にレクテナ付き受電アダプタ10を挿入することで、直流電力に変換して床スラブ2の床側又は天井側に取り出すことができる。受電アダプタ10には、例えばコンセントボックス65を組み合わせることにより、様々な電気機器その他の電力負荷64を接続することができる。また、コンセントボックス65を介さず受電アダプタ10に建物1内の照明その他の電力負荷64を直接接続することもできる。同図に示す無線電力伝送システムは、建築部材であるデッキプレート61をそのまま利用して建物1内に縦横無尽に負荷導波管60を張り巡らせることができ、システム導入コストを低く抑えることができる利点があると共に、電力取り出し位置を簡易に変更できることから給電場所の自由度の高いユビキタス電源としての役割を果たす。なお、建物1内の無線電力伝送用の負荷導波管60はデッキプレート61を用いたものに限定されず、例えば建物1の壁等の内部閉空間に形成することも可能である。

20

【0006】

【特許文献1】特開平8-033244号公報

【特許文献2】特開2005-261187号公報

【特許文献3】特開2006-166662号公報

【特許文献4】特開2006-040636号公報

【特許文献5】特開2006-103130号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

図13は、図12の無線電力伝送システムを適用した建物1の特定階におけるレクテナ付き受電アダプタ10の配置例を示す。同図に示すように受電アダプタ10は床スラブ2上に適当な間隔で配置できるが、一般的なオフィス等における電力使用量は $20\text{W}/\text{m}^2$ 程度であることから、例えば 2.5m^2 当たり1個の割合で受電アダプタ10を配置した場合は、各受電アダプタ10を50W程度の電力が取り出せるように設計すれば給電場所を自由に変更できるユビキタス電源としての利便性が得られる。また、デッキプレート61上のコンクリート5のかぶり厚(デッキプレート61の上面から床までのコンクリート5の厚さ)は約100mmであることから、受電アダプタ10は床スラブ2内に埋め込むことができるように $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 程度の小型サイズとすることが望ましい。このような小型サイズの受電アダプタ10によって50W程度の電力を継続的に取り出すためには、受電アダプタ10のレクテナによる電磁波から直流電力への高いRF-DC変換効率を維持することが重要である。

40

【0008】

しかし、受電アダプタ10毎の電力負荷64の大きさは建物1内の電力使用状況の変化に応じて変動するのが通常であるのに対し、従来のレクテナのRF-DC変換効率は電力負荷64が変動すると低下する問題点がある。従来のレクテナは、例えば図14に示すように、

50

電磁波発生装置70の送信アンテナ73から伝送される電磁波を受信するアンテナ11と、アンテナ11の出力する高調波信号を入力フィルタ13経由で入力して検波整流する整流回路14と、整流回路14の出力電力を電力負荷64に出力する出力フィルタ15とで構成されている（特許文献1参照）。図1の整流回路14はショットキーバリアダイオードを有し、出力フィルタ15は負荷64に流れる交流成分を防止すると共に出力電力のリプルを抑制するためのコンデンサを有している。図11は、従来の一般的な整流回路14におけるRF-DC変換効率特性を示す。同図に示すように、出力側に接続する負荷64の大きさが最適値であるときはレクテナの出力インピーダンスと負荷との整合が取れてRF-DC変換効率が最大値となるが、負荷の大きさが最適値からずれると反射波が生じてRF-DC変換効率が低下してしまう。このように負荷変動に依存するレクテナの効率変動特性は、大きさが変動する負荷64（とくにモータ等の駆動系）に対する動力源として無線電力を用いる際の障害となっている。

10

【0009】

そこで本発明の目的は、電力負荷の変動に拘わらず高い変換効率を維持できる無線電力受電アダプタを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

図1のブロック図及び図3の実施例を参照するに、本発明による無線電力受電アダプタは、アンテナ11で受電した電磁波を直流電力に変換するレクテナ整流回路12、整流回路12の出力電力を蓄える二次電池26とその出力端子22とを有する充放電制御回路20、及び整流回路12と充放電制御回路20との間に接続されて整流回路12の出力電圧を一定に維持しつつ二次電池26の充電電圧に変換して充放電制御回路20へ出力するレクテナ制御回路40を備えてなるものである。

20

【0011】

好ましくは、レクテナ制御回路40により整流回路12の出力電圧を、整流回路12による電磁波から直流電流への変換効率が最大となる基準電圧 V_{ref} に維持する（図2参照）。更に好ましくは、充放電制御回路20に、二次電池26の電池電圧を検出する検出回路23、24、二次電池26とレクテナ制御回路40とを接続・切断する第1スイッチ回路25、及び二次電池26と出力端子22とを接続・切断する第2スイッチ回路30を含める。

30

【発明の効果】

【0012】

本発明による無線電力受電アダプタは、電磁波を直流電力に変換するレクテナ整流回路12とその整流回路12の出力電力を蓄える二次電池26を有する充放電制御回路20との間にレクテナ制御回路40を接続し、レクテナ制御回路40によって整流回路12の出力電圧を一定に維持しつつ二次電池26の充電電圧に変換して充放電制御回路20へ出力するので、次の顕著な効果を奏する。

【0013】

（イ）レクテナ制御回路40で整流回路12の出力電圧を一定に維持するので、電力負荷の変動に拘わらず高いRF-DC変換効率を維持できる。

（ロ）二次電池26を有する充放電制御回路20を設け、整流回路12からの電力を二次電池26に一旦蓄積したうえで電力負荷へ供給することで、RF-DC変換効率に対する負荷変動の影響を更に小さく抑えることができる。

40

（ハ）また、二次電池26を有する充放電制御回路20を設けることにより、例えば1本の導波管に複数の受電アダプタを接続したような場合に生じうる入力電力の変動による供給電力の変動を避けることができる。

（ニ）整流回路12のRF-DC変換効率の低下を避けることにより、最小限の整流回路12で必要な電力変換を賄うことが可能であり、ひいては受電アダプタの小型化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

50

図1は、本発明による無線電力受電アダプタ10の一例のブロック図を示す。図示例の受電アダプタ10は、電磁波を直流電力に変換するレクテナ整流回路12と、整流回路12の出力電力を蓄える二次電池26を有する充放電制御回路20と、整流回路12と充放電制御回路20との間に接続されたレクテナ制御回路40とで構成されている。レクテナ整流回路12は、例えばデッキプレート導波管60に挿入したアンテナ11(図12(B)参照)で受信した高調波信号を検波整流する整流回路14を有し、図14のように入力フィルタ13及び出力フィルタ15を含めることができる。レクテナ整流回路12の出力端にレクテナ制御回路40を接続し、所定範囲内で変動するデッキプレート導波管60の入力電力に対してレクテナ整流回路12から見た負荷を一定に維持することで、レクテナ整流回路12を常に高効率で動作させる。充放電制御回路20の二次電池26は、入力端子21を介してレクテナ制御回路40に接続すると共に、出力端子22付き出力回路29を介して電力負荷64に接続する。

10

【0015】

図2は、DC-DCコンバータにより構成されたレクテナ制御回路40の回路図の一例を示す。図示例のレクテナ制御回路40は、レクテナ整流回路12に接続する入力端子41と、充放電制御回路20の二次電池20に接続する出力端子42と、基準電圧 V_{ref} を入力する基準電圧入力端子43とを有し、入力端子41からレクテナ整流回路12の出力電力を入力し、二次電池20の電池電圧に関係なく希望する基準電圧 V_{ref} に応じた出力電圧で二次電池20を充電する。比較器44において入力端子41の入力電圧と基準電圧入力端子43の基準電圧 V_{ref} との差を求め、その差に応じたスイッチング信号をPWM(パルス変調)生成器45において生成し、そのスイッチング信号でスイッチング素子Q1のオン・オフを制御することで、電池電圧に関係なくレクテナ整流回路12の出力電圧を基準電圧 V_{ref} に制御する。出力端子42の出力電圧は、入力電圧とスイッチング素子Q1のオン/オフ時間割合(デューティ比)とにより二次電池26の充電電圧に変換され、コイルL1とコンデンサC2を用いた平滑回路により平滑化されたうえで充放電制御回路20へ出力される。すなわちレクテナ制御回路は、レクテナ整流回路12の出力電圧の安定化及び電圧値の変換の2つの役割を果たす。図示例は降圧型のDC-DCコンバータ(ダウンコンバータ)を用いた例を示しているが、レクテナ整流回路12の出力電圧と二次電池26の電圧との大小に応じて昇圧型又は昇降圧型のコンバータを用いてレクテナ制御回路40とすることができる。また、図示例のようなスイッチング制御式のコンバータに変えて、チョップ制御式等のコンバータを用いることも考えられる。

20

【0016】

レクテナ制御回路40で変換された電力は、出力端子42から充放電制御回路20の二次電池26に蓄電され、必要に応じて二次電池26を介して電力負荷64に供給される。二次電池26として鉛蓄電池、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池等の様々な蓄電池を使用することができるが、50W程度の電力を継続的に取り出せる小型サイズの受電アダプタ10とするためには、レクテナ整流回路12からの大電力出力を充電する能力と共に、急速充電能力等が要求される。本発明で用いる二次電池26の好ましい一例は、高エネルギー密度で小型化・軽量化が図れるリチウムイオン電池であり、とくに急速充電可能なハイブリッド自動車用リチウムイオン電池が好適である。図1は、複数のリチウムイオン二次電池セル26a、...26nを直列接続で用いた実施例を示し、各電池セルを独立に緩やかに放電できるセルバランス調整端子27、各電池セルを外部から充電するための電池電源回路28が設けられている。

30

40

【0017】

充放電制御回路20は、二次電池26のセル毎の電池電圧を検出する検出回路23、組電池の電池電圧を検出する検出回路24、二次電池26とレクテナ制御回路40とを接続・切断する第1スイッチ回路25、及び二次電池26と出力端子22とを接続・切断する第2スイッチ回路30とを有する。二次電池26は過充電による発火や過放電による特性劣化の危険があるので、充放電制御回路20の検出回路24、23により充放電時の組電池及び各電池セルの電池電圧を常時監視し、スイッチ回路25、30のオン・オフ制御により二次電池26の過充電、過放電を防止する。また、図示例の充放電制御回路20の検出回路24はレクテナ制御回路40のPWM生成器45と接続され、二次電池26の過充電時又は過放電時にレクテナ制御回路40によるPWM

50

動作をオン/オフすることができる。更に図示例の充放電制御回路20は、二次電池26の充電状態・放電状態を表示する充電完了ランプ35、充電イネーブルランプ36、及び緊急停止ランプ37を有している（図3（D）参照）。

【0018】

例えば、充放電制御回路20の検出回路24により組電池（例えば動作電圧10.8～16.4Vの組電池）の電池電圧を常時監視し、組電池の充電が終了する充電電圧（例えば15.6V）を検出したときに充電完了信号を出力して充電完了ランプ35を点灯させ、過充電電圧（例えば16.0V）を検出したときは第1スイッチ回路25を動作させてレクテナ制御回路40の出力ラインを二次電池26から切り離すと共にレクテナ制御回路40のPWM動作を停止する。また、組電池が未充電電圧（例えば13.6V）以下になるときに第1スイッチ回路25を動作させて二次電池26をレクテナ制御回路40の出力ラインに接続し、レクテナ制御回路40のPWM動作を再開すると共に充電イネーブル信号を出力して充電イネーブルランプ36を点灯させる。更に、組電池が過放電電圧（例えば11V）以下になるときは第2スイッチ回路30を動作させて二次電池26と電力負荷64とを切り離し、組電池が未充電電圧（例えば13.6V）以上に回復したときに第2スイッチ回路30を動作させて二次電池26と電力負荷64とを再接続する。

【0019】

また、充放電制御回路20の検出回路23により組電池の各セルの電池電圧を常時監視し、何れかのセル電圧が動作電圧上限（例えば4.1V）以上になるときは第1スイッチ回路25を動作させてレクテナ制御回路40の出力ラインを二次電池26から切り離すと共にレクテナ制御回路40のPWM動作を停止し、緊急停止信号を出力して緊急停止ランプ37を点灯させる。また、何れかのセル電圧が動作禁止下限（例えば2.7V）以下になるときは、第2スイッチ回路30を動作させて二次電池26と電力負荷64とを切り離すと共にレクテナ制御回路40のPWM動作を停止し、やはり緊急停止信号を出力して緊急停止ランプ37を点灯させる。ただし、充放電制御回路20の構成は図示例に限定されるものではなく、例えば何れかの検出回路23、24のみで二次電池26の過充電、過放電を防止することも可能である。

【0020】

[実験例1]

図1のブロック図に示したレクテナ整流回路12（以下、レクテナ部12ということがある）、充放電制御回路20、及びレクテナ制御回路40を実装した受電アダプタ10を試作し、本発明の受電アダプタ10によるRF-DC変換効率を確認する実験を行なった。試作した受電アダプタ10の構造を図3（A）～（D）に示す。受電アダプタ10全体の変換効率を高めるためには、レクテナ部12によるRF-DC変換効率と共に、レクテナ制御回路40や充放電制御回路20での電力損失を小さく抑える必要がある。図示例の受電アダプタ10は、例えば2.45GHzのマイクロ波電力（約100W）をレクテナアンテナ11で受電し、レクテナ部12で直流電力（例えば約70W）に変換したのち一次的に充放電制御回路20の二次電池26に蓄電し、二次電池26に蓄電された直流電力を11V～16Vで電力負荷64に供給する機能を有する。レクテナ制御回路40及び充放電制御回路20の電力損失をそれぞれ15%程度とすれば、50W（ $=70 \times 0.85 \times 0.85$ ）の直流電力を供給する受電アダプタ10とすることができる。

【0021】

図3の受電アダプタ10では、単体で約70Wに変換できる適当な整流回路14がないことから、同図（E）に示すように、電力分配器17と複数の整流回路14とを立体型に組み合わせたコンパクトなレクテナ部12を用いた。図示例のレクテナ部12の立体回路は、Wilkinson型電力分配器17の片側面に複数の整流回路14を垂直となるように接続し、電力分配器17のストリップライン17aと各整流回路14のストリップライン14aとを接続器具18（ピン接続又は同軸コネクタ接続）により接続したものである。電力分配器17の給電端子16にアンテナ11を接続し、アンテナ11で受信した高調波信号を給電端子16と電力分配器17とを介して複数の整流回路14へそれぞれ導いて整流する。また図示例の二次電池26は、例えば4セルの組電池としてのフル充電で約80Whのエネルギー容量を有し、急速充電も可能なハイブリッド自動車用リチウムイオン電池26を直列接続したものである（組電池の動作電圧10.8～16.4

V)。立体型のレクテナ部12の約100Wのマイクロ波入力に対する出力電圧は、二次電池26の動作電圧の約2倍である20V以上であることから、レクテナ部12と充放電制御回路20との間に降圧型のDC-DCコンバータ(ダウンコンバータ)を用いたレクテナ制御回路40を挿入した。試作した受電アダプタ10の筐体38の寸法は130mm×160mm×450mmである。

【0022】

実験では、図4に示す変換効率測定装置50を用いた。図示例の測定装置50は、ガラスマン高電圧電源51を用いてマグネトロン52を駆動して2.45GHzのマイクロ波を発振させ、その出力をサーキュレータ(導波管)53で伝送させ、可変分配器54により-10~-3dBに分配度を変更して入力マイクロ波とした。この測定装置により、約20W~120Wまでのマイクロ波入力の測定が可能である。また、マグネトロンの発信周波数は温度と共に変化し、分配度の変更に伴っても変化するため、円偏波の方形パッチアンテナでマイクロ波の発振周波数を確認し、周波数の調整を行いながら測定を行った。また実験では、レクテナ部12の給電端子16の入力側サーキュレータ(導波管)56に結合度30dBの方向性結合器55、57を挿入し、入力電力及び反射電力を監視しながら入力電力の調整を行った。

10

【0023】

まず、受電アダプタ10のレクテナ部12とレクテナ制御回路40とを切り離し、マイクロ波の入力電力を変えながらレクテナ部12単体のRF-DC変換効率の変化を測定した。レクテナ部12単体の入力電力に対する変換効率の測定結果を図5のグラフに示す。同図から、レクテナ部12単体のRF-DC変換効率は約52%であり、入力電力によらずほぼ一定の変換効率を得られることが確認できた。なお、当初目標とした変換効率約70%は得られなかったが、これは複数の整流回路14を組み合わせたレクテナ部12を用いているため、マイクロ波の多段での分配とそれに伴うインピーダンスマッチングが最適でないことによると考えられる。分配数の削減とインピーダンスの調整とにより、レクテナ部12単体のRF-DC変換効率を更に高めることが期待できる。

20

【0024】

また、マイクロ波の入力電力を108W、65W、33Wに一定とし、レクテナ部12の出力電圧(負荷)を10~30Vで変えながらレクテナ部12単体のRF-DC変換効率の変化を測定した。レクテナ部12単体の出力電圧-変換効率の測定結果を図6のグラフに示す。同図から、図11を参照して上述したように、出力電圧が最適値からずれると電力反射率が急激に大きくなる特性が確認できる。

30

【0025】

次に、受電アダプタ10のレクテナ部12とレクテナ制御回路40と充放電制御回路20とを接続し、レクテナ制御回路40の基準電圧(制御回路40の入力電圧) V_{ref} を17~25Vで変えながら、レクテナ部12の効率、レクテナ制御回路40の効率、及び全体の総合効率をそれぞれ測定した。二次電池26の電池電圧が高い(例えば15.6V以上)場合の測定結果を図7のグラフに示し、電池電圧が低い(例えば13.6V以下)場合の測定結果を図8のグラフに示す。図7及び図8の測定結果では、レクテナ部12の出力電圧(制御回路40の入力電圧)が17~25Vで変化しているにも拘わらず図6のようなレクテナ部12の変換効率変化は観察されず、入出力電圧によらずレクテナ部12が効率45~50%、レクテナ制御回路40が効率約85%でほぼ一定していることが分かる。すなわち、レクテナ部12と充放電制御回路20との間にレクテナ制御回路40を接続することにより、レクテナ部12のRF-DC変換効率をほぼ一定に維持できることが確認できた。また、受電アダプタ10の総合効率は40%程度でほぼ一定であるが、レクテナ部12の効率又は受電アダプタ10の総合効率が最大となるようにレクテナ制御回路40の基準電圧 V_{ref} を調整することにより、入出力電圧によらず受電アダプタ10を最大効率で継続的に動作させることが可能であることが確認できた。

40

【0026】

[実験例2]

レクテナ部12とレクテナ制御回路40と充放電制御回路20とを組み合わせた図3の受電アダプタ10を用いて、以下のように運転モードを変えながらレクテナ部12の効率及び二次電池26の電池電圧を測定し、受電アダプタ10に接続する電力負荷64が変動してもレクテナ部

50

12の変換効率が変動せず、二次電池26に充電された電力が負荷64に供給されることを確認する実験を行なった。実験前に、実験1の結果に基づき、レクテナ制御回路40の基準電圧Vrefを受電アダプタ10の最大効率が得られる約18Vに設定した

(1) 0～45分：無負荷連続運転

100Wのマイクロ波を受電アダプタ10に入力すると共に、電力負荷64を接続しないで受電アダプタ10を出力無負荷で運転した。

(2) 45～80分：負荷変動運転

電力負荷64を無負荷から100 (約2W)、20 (約11W)へと変動させた。

(3) 80～100分：入力電力低減運転

マイクロ波の入力電力を100Wから30Wに下げた運転した。

10

(4) 100～180分：負荷供給連続運転

マイクロ波の入力電力を100W、電力負荷64を5で一定とし、二次電池26の電力を消費しながら連続運転を行なった。

【0027】

本実験によるレクテナ部12の効率の測定結果を図9に示し、二次電池26の電池電圧の測定結果を図10に示す。図9から、負荷変動や入力電力変動に対してもレクテナ部12のRF-DC変換効率は約48%で安定していることが分かる。また図10から、負荷変動や入力電力変動に対しても二次電池26の電池電圧は動作電圧(10.8～16.4V)の範囲内に維持されており、電力供給に支障がないことが分かる。なお、図9及び図10は図4の変換効率測定装置50を用いて測定したものであるが、本発明者はデッキプレート導波管60に挿入したアンテナ11と本発明の受電アダプタ10とを接続し、100Wのマイクロ波の入力電力に対する動作を確認したところ、図9及び図10とほぼ同じ結果を得ることができ、受電アダプタ10に接続した電力負荷64に安定的に電力を供給すると共に二次電池26に充電できることを確認することができた。すなわち、本発明の受電アダプタ10によれば、負荷変動や入力電力変動によらず、マイクロ波の電力を最大効率で直流電力に変換しながら電力負荷64に安定的に供給することが可能であり、建物内の無線電力伝送システムに利用できることを確認できた。

20

【0028】

こうして本発明の目的である「電力負荷の変動に拘わらず高い変換効率を維持できる無線電力受電アダプタ」の提供を達成できる。

30

【実施例1】

【0029】

図3の受電アダプタ10によれば、約100Wのマイクロ波を約40Wの直流電力に効率的に変換して電力負荷64に供給することが可能であるが、筐体38の寸法は130mm×160mm×450mmであり、床スラブ2内に埋め込むためには更にサイズの小型化を図ることが重要である。同図(A)の受電アダプタ10では立体型のレクテナ整流回路12及び二次電池26が大きな容積を占めていることから、受電アダプタ10のサイズの小型化を測るためにはレクテナ整流回路12及び/又は二次電池26の小型化を図ることが有効である。同図(F)は、二次電池26を薄板状として中空環状に組み合わせ、レクテナ整流回路12と充放電制御回路20とレクテナ制御回路40とを中空環状の二次電池26の中空部に配置した受電アダプタ10の一例を示す。例えば特許文献4及び5が開示するように薄型固体リチウムイオン二次電池が開発されており、そのような薄型固体リチウムイオン二次電池を箱型に組み合わせた中空部にレクテナ整流回路12と充放電制御回路20とレクテナ制御回路40とを配置することにより、受電アダプタ10を100mm×100mm×100mm程度の小型サイズとすることが期待できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明による受電アダプタの一実施例のブロック図である。

【図2】本発明で用いるレクテナ制御回路の一例の説明図である。

【図3】本発明による受電アダプタの全体形状を示すの説明図である。

【図4】受電アダプタの性能を確認する実験装置の説明図である。

50

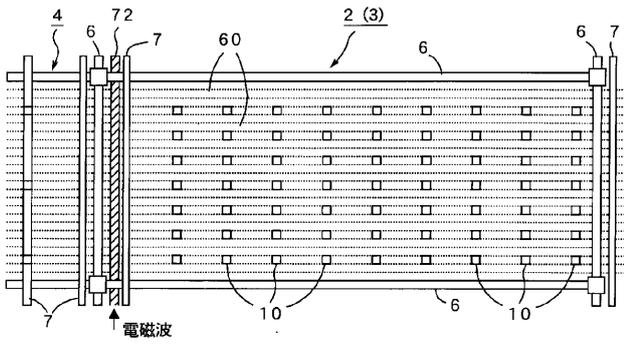
- 【図 5】レクテナ整流回路の性能を示す実験結果のグラフの一例である。
- 【図 6】レクテナ整流回路の性能を示す実験結果のグラフの他の一例である。
- 【図 7】レクテナ整流回路の出力設定電圧（レクテナ制御回路の基準電圧）の変化に応じた受電アダプタの性能を示す実験結果のグラフの一例である。
- 【図 8】レクテナ整流回路の出力設定電圧（レクテナ制御回路の基準電圧）の変化に応じた受電アダプタの性能を示す実験結果のグラフの他の一例である。
- 【図 9】受電アダプタの入力電力及び負荷を変化させたときのレクテナ整流回路の効率を示す実験結果のグラフの一例である。
- 【図 10】受電アダプタの入力電力及び負荷を変化させたときの二次電池電圧を示す実験結果のグラフの一例である。
- 【図 11】従来のレクテナ整流回路の負荷に応じた変換効率の変化を示すグラフである。
- 【図 12】無線電力伝送システムを設けた建物の説明図である。
- 【図 13】無線電力伝送システムを設けた建物の床スラブの説明図である。
- 【図 14】従来の無線電力伝送システムにおける受電装置の説明図である。

【符号の説明】

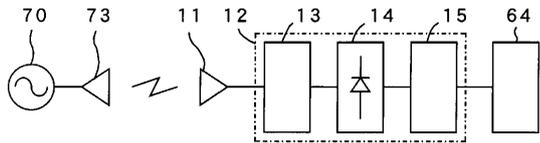
【 0 0 3 1 】

- | | | |
|------------------|------------------|----|
| 1 ... 建物 | 2 ... 床 | |
| 3 ... 天井 | 4 ... 廊下 | |
| 5 ... コンクリート | 6 ... 鉄骨梁 | |
| 7 ... 内装材 | 8 ... 天井材 | 20 |
| 10... 受電アダプタ | 11... アンテナ | |
| 12... レクテナ整流回路 | 13... 入力フィルタ | |
| 14... 整流回路 | 15... 出力フィルタ | |
| 16... 給電端子 | 17... 電力分配器 | |
| 18... 接続器具 | | |
| 20... 充放電制御回路 | 21... 入力端子 | |
| 22... 出力端子 | 23... セル電圧検出回路 | |
| 24... 組電池電圧検出回路 | 25... 第 1 スイッチ回路 | |
| 26... 二次電池 | 27... バランス調整端子 | |
| 28... 電池電源回路 | 28a... 電池電源入力端子 | 30 |
| 29... 出力回路 | 30... 第 2 スイッチ回路 | |
| 31... ヒューズ | 32... 制御用電源回路 | |
| 33... 制御用電源入力端子 | 34... モニタ信号出力端子 | |
| 35... 充電完了ランプ | 36... 充電イネーブルランプ | |
| 37... 緊急停止ランプ | 38... 筐体 | |
| 39... レベルアジャスタ | 38a... 蓋 | |
| 40... レクテナ制御回路 | 41... 入力端子 | |
| 42... 出力端子 | 43... 基準電圧入力端子 | |
| 44... 比較器 | 45... P W M 生成器 | |
| 50... 測定装置 | 51... 高電圧電源 | 40 |
| 52... マグネトロン | 53... サーキュレータ | |
| 54... 可変分配器 | 55... 方向性結合器 | |
| 56... サーキュレータ | 57... 方向性結合器 | |
| 58... マルチメータ | | |
| 60... デッキプレート導波管 | | |
| 61... デッキプレート | 62... 遮蔽板 | |
| 64... 電力負荷 | 65... コンセントボックス | |
| 66... 電線 | | |
| 70... 電磁波発生装置 | 71... 中継導波管 | |
| 72... 給電導波管 | 73... 送信アンテナ | 50 |

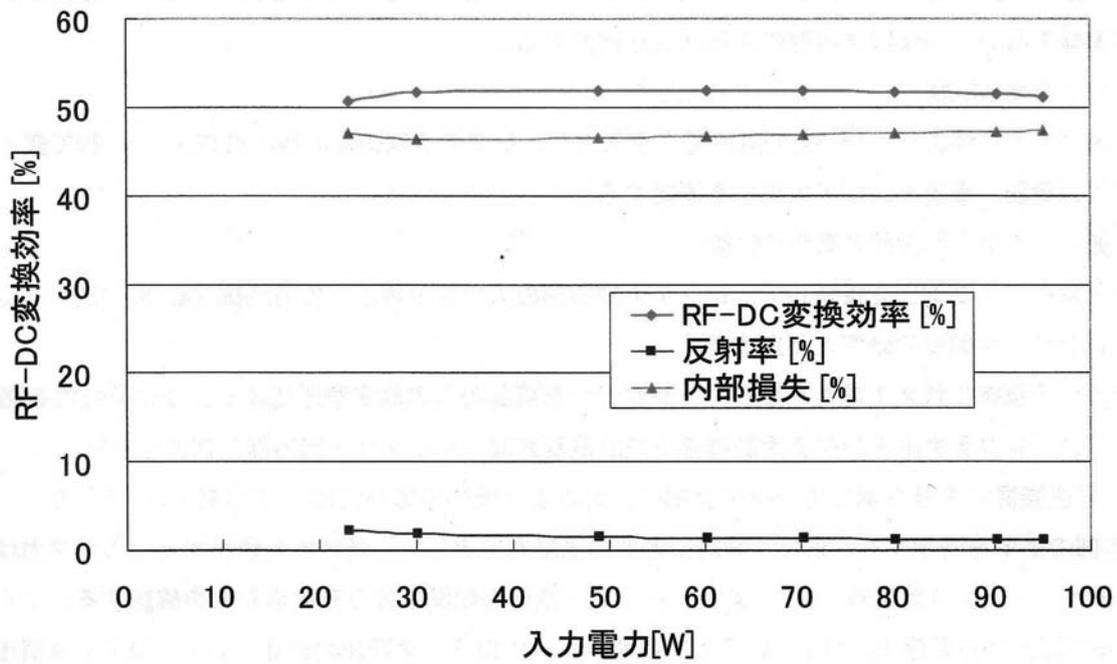
【 図 1 3 】



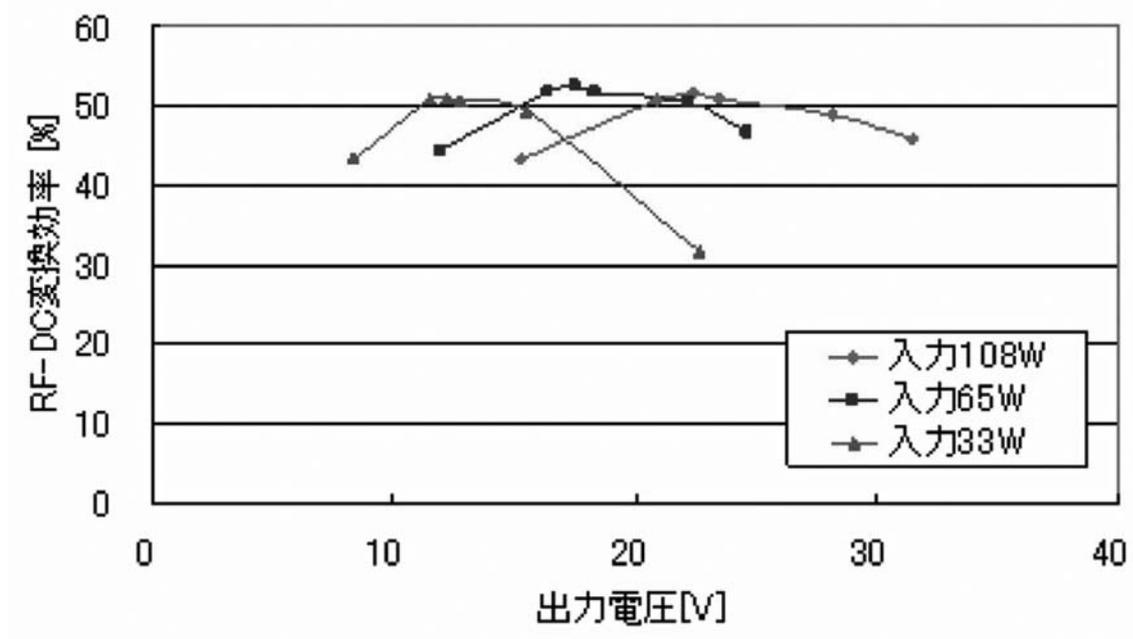
【 図 1 4 】



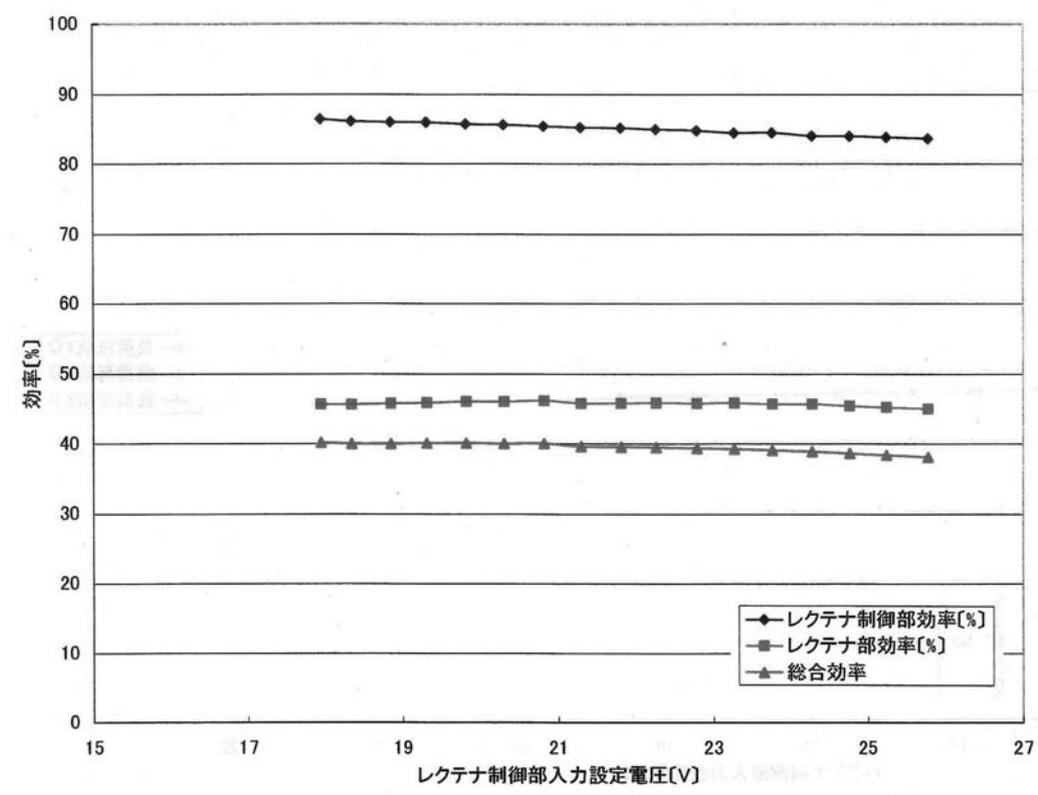
【 図 5 】



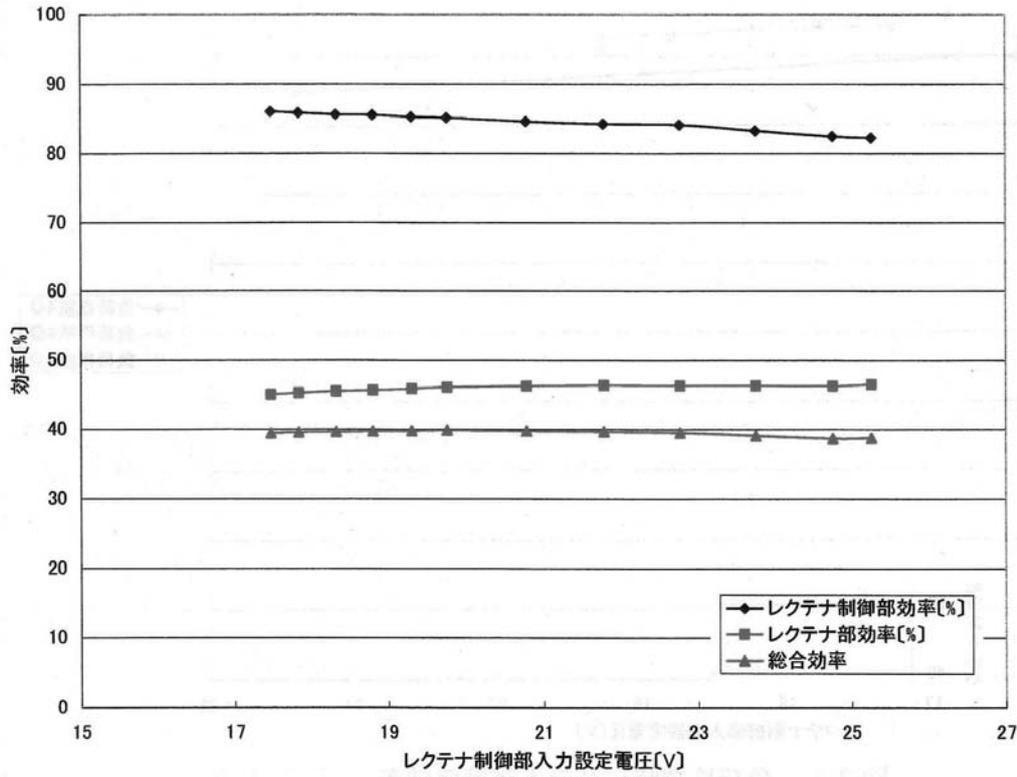
【 図 6 】



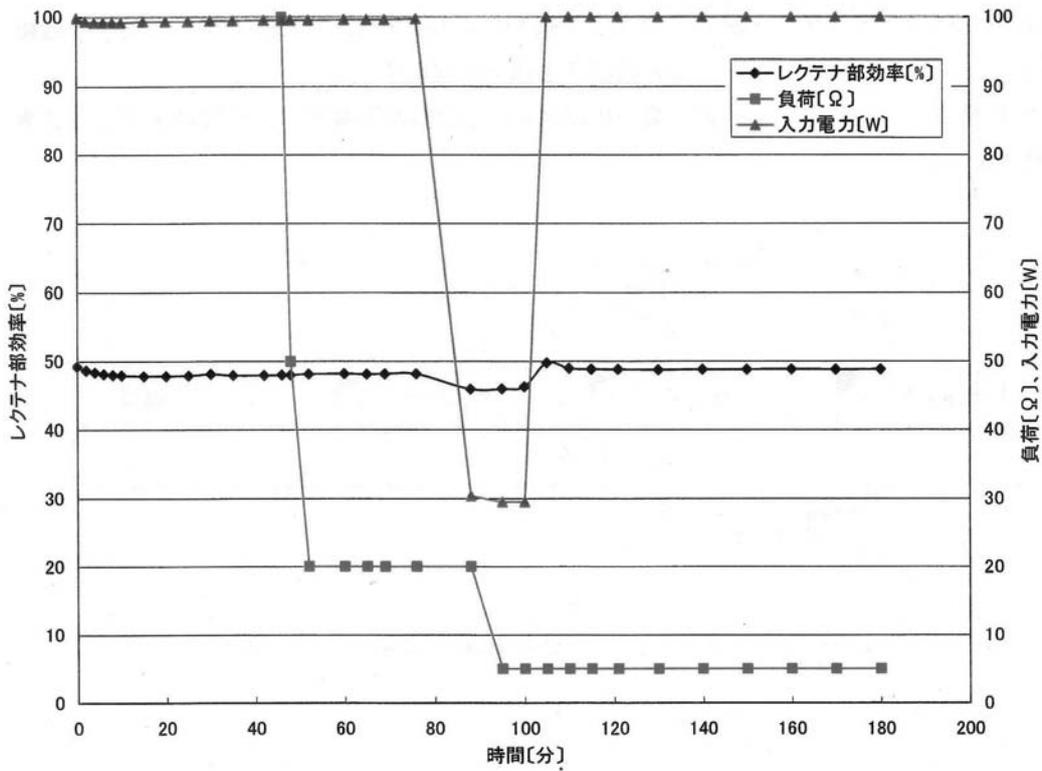
【 図 7 】



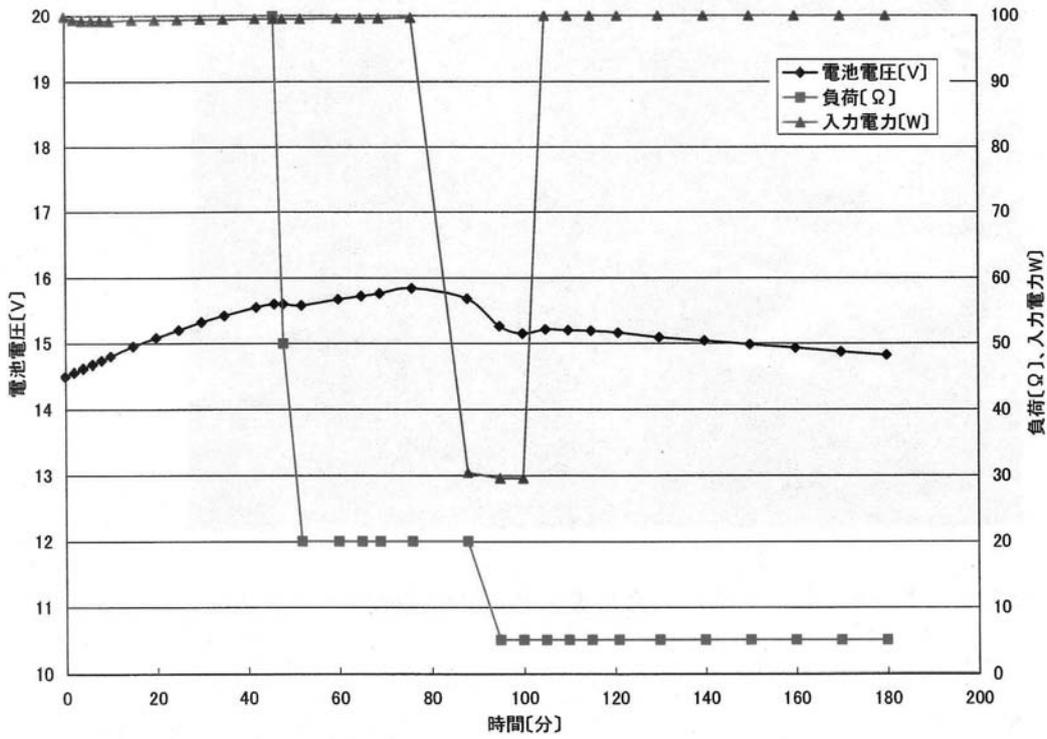
【 図 8 】



【 図 9 】

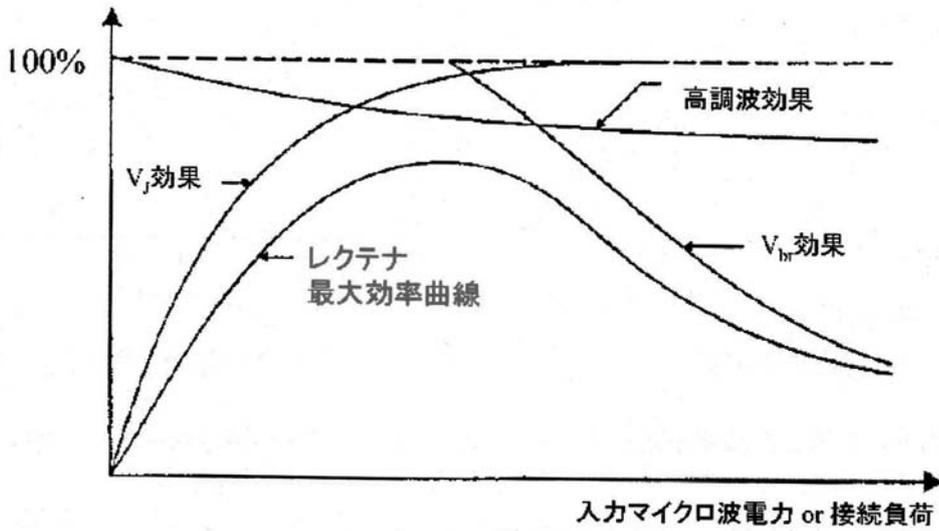


【図10】



【図11】

RF-DC変換効率



フロントページの続き

(72)発明者 三谷 友彦
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 宮川 哲也
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 松本 紘
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 丹羽 直幹
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内

(72)発明者 高木 賢二
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内

(72)発明者 浜本 研一
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内

Fターム(参考) 5G503 AA01 BA03 BB02 CA11 DA04 GA01 GB03 GB08
5H030 AA01 AA10 AS20 BB01 DD18