(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第6998669号
(P6998669)

(45)発行日　令和4年2月4日(2022.2.4)
(24)登録日　令和3年12月23日(2021.12.23)

(51)国際特許分類

		FI		
Ｈ０５Ｂ	*6/68 (2006.01)*	Ｈ０５Ｂ	6/68	３２０Ｐ
Ａ２３Ｌ	*3/365(2006.01)*	Ａ２３Ｌ	3/365	Ｂ
Ｆ２４Ｃ	*7/02 (2006.01)*	Ｈ０５Ｂ	6/68	３２０Ｄ
		Ｆ２４Ｃ	7/02	３４０Ｊ

請求項の数　7　（全37頁）

(21)出願番号　特願2017-75623(P2017-75623)
(22)出願日　平成29年4月6日(2017.4.6)
(65)公開番号　特開2018-22677(P2018-22677A)
(43)公開日　平成30年2月8日(2018.2.8)
審査請求日　令和2年3月19日(2020.3.19)
(31)優先権主張番号　16306022.1
(32)優先日　平成28年8月5日(2016.8.5)
(33)優先権主張国・地域又は機関　欧州特許庁(EP)

(73)特許権者　504199127
エヌエックスピー ユーエスエイ インコーポレイテッド
ＮＸＰ ＵＳＡ，Ｉｎｃ．
アメリカ合衆国 テキサス州 ７８７３５ オースティン ウィリアム キャノン ドライブ ウエスト ６５０１
(74)代理人　100142907
弁理士　本田 淳
(72)発明者　ジェイムズ エリック スコット
アメリカ合衆国 ７８７３５ テキサス州 オースティン ウィリアム キャノン ドライブ ウエスト ６５０１
(72)発明者　ジェレミー サイモン
アメリカ合衆国 ７８７３５ テキサス州
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　解凍動作の完了を検出するための装置および方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
熱増加システムのキャビティの中に位置決めされているロードに対して熱増加動作を実施する方法であって、
無線周波数（ＲＦ）信号供給源が、伝達経路を通して、前記キャビティに近接している電極にＲＦ信号を提供する工程と、
前記伝達経路に沿って、順方向ＲＦ電力測定値および反射ＲＦ電力測定値を取得し、前記順方向ＲＦ電力測定値に対する前記反射ＲＦ電力測定値の比を計算し、前記比を閾値比と比較することを繰り返す工程と、
　順方向ＲＦ電力測定値に対する反射ＲＦ電力測定値の比が前記閾値比より大きい場合、前記ＲＦ信号供給源と前記ロードを加えた前記キャビティとの間の整合を改善するように前記ＲＦ信号供給源と前記電極との間の可変インピーダンス整合ネットワークを再構成し、前記比を前記閾値比未満に減少させる工程と、
前記可変インピーダンス整合ネットワークが再構成される頻度を繰り返し決定する、決定工程と、
　前記頻度を閾値頻度と繰り返し比較する工程と、
　前記頻度が前記閾値頻度以下であるという決定が行われた場合、前記ＲＦ信号供給源が前記ＲＦ信号を提供し続ける時間の量を監視することに関連付けられたタイマを初期化する工程と、
　前記タイマが期限切れになったという決定が行われるまで、前記ＲＦ信号を前記電極に

提供し続ける工程と、
前記タイマが期限切れになったという前記決定が行われた場合、前記電極への前記ＲＦ信号の提供を停止する工程と、を備える、方法。
【請求項２】
前記閾値頻度は、プラトー温度範囲の中にある温度を有する前記ロードと整合性のある頻度である、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記プラトー温度範囲は、摂氏－１６度から摂氏－３度の間の温度の範囲を含む、請求項２に記載の方法。
【請求項４】
熱増加システムのキャビティの中に位置決めされているロードに対して熱増加動作を実施するように構成された熱増加システムであって、
ＲＦ信号を生成するように構成された無線周波数（ＲＦ）信号供給源と、
前記ＲＦ信号供給源と前記キャビティに近接して位置決めされている電極との間の伝達経路であって、前記ＲＦ信号を前記ＲＦ信号供給源から前記電極に伝えるように構成された伝達経路と、
前記伝達経路に沿った可変インピーダンス整合ネットワークと、
前記伝達経路に結合され、前記伝達経路に沿って順方向ＲＦ電力測定値および反射ＲＦ電力測定値を繰り返し取得するように構成された電力検出回路と、
前記電力検出回路に結合されているシステム・コントローラであって、
前記順方向ＲＦ電力測定値に対する前記反射ＲＦ電力測定値の比を計算し、前記比を閾値比と比較することを繰り返し、
順方向ＲＦ電力測定値に対する反射ＲＦ電力測定値の比が前記閾値比より大きい場合、前記ＲＦ信号供給源と前記ロードを加えた前記キャビティとの間の整合を改善するように前記可変インピーダンス整合ネットワークを再構成し、前記比を前記閾値比未満に減少させ、
前記可変インピーダンス整合ネットワークが再構成された頻度を繰り返し決定し、
前記頻度を閾値頻度と繰り返し比較し、
前記頻度が前記閾値頻度以下であることを前記システム・コントローラが決定する場合、前記ＲＦ信号供給源が前記ＲＦ信号を提供し続ける時間の量を監視することに関連付けられたタイマを初期化するように構成されたシステム・コントローラと、を備え、
前記タイマが期限切れになったという決定を前記システム・コントローラが行うまで、前記ＲＦ信号供給源は、前記ＲＦ信号を前記電極に提供し続けるように構成されており、
前記システム・コントローラは、前記タイマが期限切れになったという前記決定を前記システム・コントローラが行う場合、前記ＲＦ信号供給源に前記電極への前記ＲＦ信号の提供を停止させるように構成されている、システム。
【請求項５】
前記ＲＦ信号供給源は、３．０メガヘルツから３００メガヘルツの間の周波数を有する共振信号として前記ＲＦ信号を生成するように構成されている、請求項４に記載のシステム。
【請求項６】
前記閾値頻度は、プラトー温度範囲の中にある温度を有する前記ロードと整合性のある頻度である、請求項４に記載のシステム。
【請求項７】
前記プラトー温度範囲は、摂氏－１６度から摂氏－３度の間の温度の範囲を含む、請求項６に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本明細書に記載される主題の実施形態は、概して、無線周波数（ＲＦ）エネルギーを使用して被解凍物であるロード（ｌｏａｄ）を解凍する装置および方法に関する。

【背景技術】
【０００２】
従来の静電容量式の食物解凍（または融解）システムは、加熱コンパートメントの中に収容された大きな平面電極を備える。食物ロードが電極同士の間に置かれ、電極が食物ロードと接触した後に、低電力の電磁エネルギーが電極に供給され、食物ロードの穏やかな加温を提供する。食物ロードが解凍動作の間に融解するとき、食物ロードのインピーダンスが変化する。したがって、食物ロードへの電力伝送も解凍動作の間に変化する。解凍動作の持続期間は、たとえば、食物ロードの重量に基づいて決定され得、動作の中断を制御するためにタイマが使用され得る。
【０００３】
なお、先行技術文献である特許文献１には、冷蔵用機器内において食物を解凍するための容量性機器について記載されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【文献】米国特許４，３０３，８２０号
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
そのようなシステムを使用して良好な解凍結果が可能であるが、食物ロード・インピーダンスの動的な変化は、結果として食物ロードの非効率的な解凍を生じさせる可能性がある。それに加えて、重量に基づいて解凍動作の持続期間を決定する際に本質的に伴う不正確さが、結果として、解凍動作の早過ぎる中断、または食物ロードに火が通り始めた後の遅い中断を生じさせる可能性がある。ロード全体を通して効率的で均一な解凍、およびロードが所望の温度にあるときに解凍動作の中断を結果として生じさせ得る、食物ロード（または、他のタイプのロード）を解凍するための装置および方法が必要とされている。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
上述の課題を解決するために提供される、熱増加システムのキャビティの中に位置決めされているロードに対して熱増加動作（または、解凍動作）を実施する方法の実施形態は、ＲＦ信号供給源が、伝達経路を通して、キャビティに近接した電極にＲＦ信号を提供する工程を備える。方法は、伝達経路に沿って、順方向ＲＦ電力測定値および反射ＲＦ電力測定値を繰り返し取得する工程と、順方向ＲＦ電力測定値および反射ＲＦ電力測定値に基づいて、計算された変化率を繰り返し決定する工程と、計算された変化率を閾値変化率と繰り返し比較する工程と、をさらに備える。計算された変化率が閾値変化率と比較して勝っているという決定が行われた場合、方法は、熱増加動作が完了したという決定が行われるまで、ＲＦ信号を電極に提供し続ける工程をさらに備える。熱増加動作が完了したという決定が行われた場合、電極へのＲＦ信号の提供が停止される。
【０００７】
ＲＦ信号は、３．０メガヘルツから３００メガヘルツの間の周波数を有する共振信号であることが可能である。ＲＦ信号は、１３．５６メガヘルツ（＋／－５パーセント）、２７．１２５メガヘルツ（＋／－５パーセント）、および４０．６８メガヘルツ（＋／－５パーセント）から選択される周波数を有する共振信号であることが可能である。計算された変化率を決定する工程は、順方向ＲＦ電力測定に対する反射ＲＦ電力測定の複数の比を計算する工程と、複数の比が経時的に変化するレートとして、計算されたレートを決定する工程と、を備えることが可能である。計算された変化率を決定する工程は、順方向ＲＦ電力測定値に対する反射ＲＦ電力測定値の複数の比を計算する工程と、複数の比から複数のＳ１１パラメータを計算する工程と、複数のＳ１１パラメータが経時的に変化するレートとして、計算されたレートを決定する工程と、を備えることが可能である。閾値変化率は、プラトー温度範囲の中にある温度を有するロードと整合性のある変化率であることが可

能である。プラトー温度範囲は、摂氏－１６度から摂氏－３度の間の温度の範囲を備えることが可能である。プラトー温度範囲は、摂氏－８度から摂氏－４度の間の温度の範囲を備えることが可能である。熱増加動作が完了したという決定を行う工程は、タイマが期限切れになったかどうかを決定する工程を備えることが可能である。熱増加システムは、ＲＦ信号供給源と電極との間に可変インピーダンス整合ネットワークを備え、熱増加動作が完了したという決定を行うことは、可変インピーダンス整合ネットワークがＲＦ信号供給源とロードを加えたキャビティとの間の整合を改善するように再構成されるレートであるかどうかを決定する工程を備えることが可能である。熱増加システムは、ＲＦ信号供給源と第１の電極との間に可変インピーダンス整合ネットワークを備えることが可能であり、方法は、順方向ＲＦ電力測定値に対する反射ＲＦ電力測定値の比を繰り返し計算する工程と、比を閾値と繰り返し比較する工程と、順方向ＲＦ電力測定値に対する反射ＲＦ電力測定値の比が閾値と比較して劣っている場合、ＲＦ信号供給源とロードを加えたキャビティとの間の整合を改善するように可変インピーダンス整合ネットワークを再構成する工程と、をさらに備える。

【０００８】

熱増加システム（または、解凍システム）の実施形態は、熱増加システムのキャビティの中に位置決めされているロードに対して熱増加動作（または、解凍動作）を実施するように構成されている。システムは、ＲＦ信号を生成するように構成されたＲＦ信号供給源と、ＲＦ信号供給源とキャビティに近接して位置決めされている電極との間の伝達経路であって、ＲＦ信号をＲＦ信号供給源から電極へ伝えるように構成された伝達経路と、を備える。システムは、伝達経路に結合されている電力検出回路であって、伝達経路に沿って、順方向ＲＦ電力測定値および反射ＲＦ電力測定値を繰り返し取得するように構成された電力検出回路と、電力検出回路に結合されているシステム・コントローラと、をさらに備える。システム・コントローラは、順方向ＲＦ電力測定値および反射ＲＦ電力測定値に基づいて、計算された変化率を繰り返し決定するように構成され、ならびに、計算された変化率を閾値変化率と繰り返し比較するように構成されている。計算された変化率が閾値変化率と比較して勝っているという決定が行われた場合、システム・コントローラは、熱増加動作が完了したという決定が行われるまで、ＲＦ信号供給源がＲＦ信号を電極に提供し続けることを可能にするように構成されている。熱増加動作が完了したという決定が行われた場合、システム・コントローラは、ＲＦ信号供給源に電極へのＲＦ信号の提供を停止させるように構成されている。

【０００９】

システム・コントローラは、順方向ＲＦ電力測定値に対する反射ＲＦ電力測定値の複数の比を計算することによって、複数の比から複数のＳ１１パラメータを計算することによって、および、複数のＳ１１パラメータが経時的に変化するレートとして、計算されたレートを決定することによって、計算された変化率を決定するように構成され得る。閾値変化率は、プラトー温度範囲の中にある温度を有するロードと整合性のある変化率であることが可能である。プラトー温度範囲は、摂氏－１６度から摂氏－３度の間の温度の範囲を備えることが可能である。プラトー温度範囲は、摂氏－８度から摂氏－４度の間の温度の範囲を備えることが可能である。システムは、タイマをさらに備えることが可能であり、熱増加動作が完了したという決定を行う工程は、タイマが期限切れになったかどうかということを決定する工程を備える。システムは、ＲＦ信号供給源と電極との間に結合されている可変インピーダンス整合ネットワークをさらに備えることが可能であり、可変インピーダンス整合ネットワークがＲＦ信号供給源とロードを加えたキャビティとの間の整合を改善するように再構成されるレートを決定することによって、システム・コントローラは、熱増加動作が完了したという決定を行うように構成されている。システムは、ＲＦ信号供給源と第１の電極との間に可変インピーダンス整合ネットワークをさらに備えることが可能であり、システム・コントローラは、順方向ＲＦ電力測定値に対する反射ＲＦ電力測定値の比を繰り返し計算するように構成され、比を閾値と繰り返し比較するように構成され、および、順方向ＲＦ電力測定値に対する反射ＲＦ電力測定値の比が閾値と比較して劣っ

ている場合、ＲＦ信号供給源とロードを加えたキャビティとの間の整合を改善するように可変インピーダンス整合ネットワークを再構成するように構成されている。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】例示的な実施形態による、解凍電気器具の斜視図。

【図２】解凍システムの他の例示的な実施形態を含む冷蔵庫／冷凍庫の電気器具の斜視図。

【図３】例示的な実施形態による解凍装置の簡略ブロック図。

【図４】例示的な実施形態による可変インダクタンス整合ネットワークの概略図。

【図５】例示的な実施形態による可変インダクタンス・ネットワークの概略図。

【図６】ある実施形態において、可変インピーダンス整合ネットワークの複数のインダクタンスが、どのように入力キャビティ・インピーダンスをＲＦ信号供給源に整合させることができるかを示す、スミス・チャートの例の図。

【図７】例示的な実施形態による解凍システムの側断面図。

【図８】例示的な実施形態による解凍システムの一部分の斜視図。

【図９】例示的な実施形態による、動的ロード整合によって解凍システムを作動する方法のフローチャート。

【図１０】２つの異なるロードに関する解凍動作による、キャビティ整合設定を、ＲＦ信号供給源整合設定に対してプロットしたチャート。

【図１１】特定のロードに関する温度を順方向電力に対する反射電力の比の変化に対してプロットしたチャート。

【図１２Ａ】例示的な実施形態による、解凍動作の終了の自動検出を伴う解凍システムを作動させる方法のフローチャート。

【図１２Ｂ】例示的な実施形態による、解凍動作の終了の自動検出を伴う解凍システムを作動させる方法のフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

上述の図と関連して検討されるときに、詳細な説明および特許請求の範囲を参照することによって、主題のより完全な理解を得ることが可能である。すべての図を通して、同様の参照数字は、同様の要素を表している。

【００１２】

以下の詳細な説明は、本質的に、単なる例示目的のものであり、本主題または本出願の実施形態、および、そのような実施形態の使用を限定することを意図していない。本明細書で使用される場合、「例示的な」および「例」という語句は、「例、事例、または実例としての役割を果たす」ということを意味している。例示的なまたは例として本明細書に記載される任意の実装形態は、必ずしも、他の実装形態よりも好適または有利であると解釈されるべきではない。そのうえ、先行する技術分野、背景技術、または、以下の詳細な説明に提示されているような任意の明示または暗示された理論によって拘束されるような意図は存在していない。

【００１３】

本明細書に記載される主題の実施形態は、ソリッド・ステートの解凍装置に関し、それは、スタンド・アロンの電気器具の中へまたは他のシステムの中へ組み込まれ得る。より詳細に下記に説明されているように、例示的な解凍システムは、キャビティの中に配設されている第１の電極と、増幅器構成体（１つまたは複数のトランジスタを含む）と、増幅器構成体の出力と第１の電極との間に結合されているインピーダンス整合ネットワークと、解凍動作が完了したときを検出することができる測定および制御システムと、を使用して実現されている。ある実施形態では、インピーダンス整合ネットワークは、増幅器構成体とキャビティとの間の整合を改善するように、解凍動作の間に調節され得る可変インピーダンス整合ネットワークである。

【００１４】

一般的に、「解凍する」という用語は、冷凍されたロード（たとえば、食物ロード、また

は、他のタイプのロード）の温度を、ロードが冷凍されていない温度（たとえば、摂氏０度または摂氏０度に近い温度）まで上昇させることを意味する。本明細書で使用される場合、「解凍する」という用語は、さらに広く見れば、ＲＦ電力をロードに提供することを通してロード（たとえば、食物ロード、または、他のタイプのロード）の熱エネルギーまたは温度が増加させられるプロセスを意味する。したがって、さまざまな実施形態では、「解凍動作」は、任意の初期温度（たとえば、摂氏０度より上または下の任意の初期温度）を有するロードに対して実施され得、また、解凍動作は、初期温度よりも高い任意の最終温度（たとえば、摂氏０度より上または下にある最終温度を含む）において停止され得る。そうは言うものの、本明細書で説明される「解凍動作」および「解凍システム」は、代替的に、「熱増加動作」および「熱増加システム」とも称され得る。「解凍する」という用語は、本発明の用途を、冷凍されたロードの温度を摂氏０度の温度または摂氏０度に近い温度まで上昇させることのみが可能な方法またはシステムに限定するように解釈されるべきではない。

【００１５】

図１は、例示的な実施形態による解凍システム１００の斜視図である。解凍システム１００は、解凍キャビティ１１０、制御パネル１２０、１つまたは複数の無線周波数（ＲＦ）信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０、図３）、電源（たとえば、電源３５０、図３）、第１の電極１７０、電力検出回路（たとえば、電力検出回路３８０、図３）、およびシステム・コントローラ（たとえば、システム・コントローラ３３０、図３）を含む。解凍キャビティ１１０は、上部キャビティ壁、底部キャビティ壁、側部キャビティ壁、および後面キャビティ壁１１１、１１２、１１３、１１４、１１５の内部表面、ならびに、ドア１１６の内部表面によって画定されている。ドア１１６が閉められている状態で、解凍キャビティ１１０は、密閉された空気キャビティを画定する。本明細書で使用される場合、「空気キャビティ」という用語は、空気または他のガスを収容する密閉された領域を意味することが可能である（たとえば、解凍キャビティ１１０）。

【００１６】

ある実施形態によれば、第１の電極１７０が、キャビティ壁（たとえば、上部壁１１１）に近接して配置されており、第１の電極１７０は、残りのキャビティ壁（たとえば、壁１１２～１１５およびドア１１６）から電気的に絶縁されており、残りのキャビティ壁は接地されている。そのような構成では、システムは、コンデンサとして簡略化してモデル化され得、それによれば、第１の電極１７０が１つの導体板として機能し、接地されているキャビティ壁（たとえば、壁１１２～１１５）が第２の導体板（または、電極）として機能し、空気キャビティ（その中に収容されている任意のロードを含む）は、第１の導体板と第２の導体板との間の誘電体媒体として機能する。図１に示されてはいないが、非導電の障壁（たとえば、障壁３１４、図３）も、システム１００の中に含まれ得、非導電障壁は、底部キャビティ壁１１２からロードを電気的におよび物理的に絶縁するように機能することが可能である。図１は、第１の電極１７０が上部壁１１１に近接していることを示しているが、第１の電極１７０は、代替的に、代替的な電極１７２～１７５によって示されているように、他の壁１１２～１１５のいずれかに近接していることも可能である。

【００１７】

ある実施形態によれば、解凍システム１００の動作の間に、ユーザ（図示せず）は、１つまたは複数のロード（たとえば、食物および／または液体）を解凍キャビティ１１０の中へ置くことが可能であり、随意的に、ロードの特性を特定する入力を、制御パネル１２０を介して提供することが可能である。たとえば、特定される特性は、ロードのおおよその重量を含むことが可能である。それに加えて、特定されるロード特性は、ロードが形成されている材料（たとえば、肉、パン、液体）を示すことが可能である。代替的な実施形態では、ロード特性は、たとえば、ロード・パッケージングの上のバーコードをスキャンすることにより、または、ロードの上のもしくはロードの中に埋め込まれているＲＦＩＤタグから無線周波数識別（ＲＦＩＤ）信号を受け取ることによるなど、任意の他の方式で得られ得る。どちらにしても、より詳細に後に説明されるように、そのようなロード特性に

関する情報は、システム・コントローラ（たとえば、システム・コントローラ３３０、図３）が、解凍動作の開始時にシステムのインピーダンス整合ネットワークのための初期状態を確立することを可能にし、初期状態は、最適な状態に比較的近くなることが可能であり、最適な状態は、ロードに対する最大のＲＦ電力伝送を可能にする。代替的に、ロード特性は、解凍動作の開始の前に入力または受け取られなくてもよく、システム・コントローラは、インピーダンス整合ネットワークに関してデフォルトの初期状態を確立することが可能である。

【００１８】

解凍動作を始めるために、ユーザは、制御パネル１２０を介して入力を提供することが可能である。それに応じて、システム・コントローラは、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０、図３）からＲＦ信号を第１の電極１７０に供給させ、第１の電極１７０は、それに応答して電磁エネルギーを解凍キャビティ１１０の中へ放射する。電磁エネルギーは、ロードの熱エネルギーを増加させる（すなわち、電磁エネルギーによってロードが温かくなる）。

【００１９】

解凍動作の間に、ロードの熱エネルギーが増加するにしたがって、ロードのインピーダンス（したがって、ロードを加えたキャビティ１１０の合計の入力インピーダンス）が変化する。インピーダンス変化は、ロードに対するＲＦエネルギーの吸収を変更し、したがって反射電力の大きさを変更する。ある実施形態によれば、電力検出回路（たとえば、電力検出回路３８０、図３）が、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０、図３）と第１の電極１７０との間の伝達経路（たとえば、伝達経路３４８、図３）に沿って、順方向電力および反射電力（ｆｏｒｗａｒｄ　ａｎｄ　ｒｅｆｌｅｃｔｅｄ　ｐｏｗｅｒ）を連続的または周期的に測定する。これらの測定に基づいて、システム・コントローラ（たとえば、システム・コントローラ３３０、図３）は、詳細に下記に説明されるように、解凍動作の完了を検出することが可能である。さらなる実施形態によれば、インピーダンス整合ネットワークは可変であり、また、順方向電力測定値および反射電力測定値に基づいて、システム・コントローラは、解凍動作の間にインピーダンス整合ネットワークの状態を変更し、ロードによるＲＦ電力の吸収を増加させることが可能である。

【００２０】

図１の解凍システム１００は、卓上型の電気器具として具現化されている。さらなる実施形態では、解凍システム１００は、電子レンジ調理動作を実施するためのコンポーネントおよび機能を含むことも可能である。代替的に、解凍システムのコンポーネントが、他のタイプのシステムまたは電気器具の中へ組み込まれ得る。たとえば、図２は、他の例示的な実施形態の解凍システム２１０、２２０を含む冷蔵庫／冷凍庫の電気器具２００の斜視図である。より具体的には、解凍システム２１０は、システム２００の冷凍庫コンパートメント２１２の中に組み込まれているように示されており、また、解凍システム２２０は、システムの冷蔵庫コンパートメント２２２の中に組み込まれているように示されている。実際の冷蔵庫／冷凍庫の電気器具は、恐らく、解凍システム２１０、２２０のうちの１つだけを含むこととなるが、両方の実施形態を簡潔に伝えるために、両方とも図２に示されている。

【００２１】

解凍システム１００と同様に、解凍システム２１０、２２０のそれぞれは、解凍キャビティ、制御パネル２１４、２２４、１つまたは複数のＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０、図３）、電源（たとえば、電源３５０、図３）、第１の電極（たとえば、電極３７０、図３）、電力検出回路（たとえば、電力検出回路３８０、図３）、およびシステム・コントローラ（たとえば、システム・コントローラ３３０、図３）を含む。たとえば、解凍キャビティは、引き出しの底部壁、側部壁、前面壁、および後面壁の内部表面、ならびに、固定棚２１６、２２６の内部上部表面によって画定され得、固定棚２１６、２２６の下では、引き出しがスライドする。引き出しが完全に棚の下にスライドされた状態で、引き出しおよび棚は、密閉された空気キャビティとしてキャビティを画定する。さ

まざまな実施形態において、解凍システム２１０、２２０のコンポーネントおよび機能は、解凍システム１００のコンポーネントおよび機能と実質的に同じであることが可能である。

【００２２】

それに加えて、ある実施形態によれば、解凍システム２１０、２２０のそれぞれは、冷凍庫コンパートメント２１２または冷蔵庫コンパートメント２２２との十分な熱的連通をそれぞれ有することが可能であり、冷凍庫コンパートメント２１２または冷蔵庫コンパートメント２２２の中にシステム２１０、２２０が配設される。そのような実施形態では、解凍動作の完了の後に、ロードがシステム２１０、２２０から除去されるまで、ロードは、安全な温度（すなわち、食物の腐敗が遅らせられる温度）に維持され得る。より具体的には、冷凍庫ベースの解凍システム２１０によって解凍動作が完了すると、解凍されたロードがその中に収容されているキャビティは、冷凍庫コンパートメント２１２と熱的に連通することが可能であり、また、ロードがキャビティから迅速に除去されない場合には、ロードは再冷凍することが可能である。同様に、冷蔵庫ベースの解凍システム２２０によって解凍動作が完了すると、解凍されたロードがその中に収容されているキャビティは、冷蔵庫コンパートメント２２２と熱的に連通することが可能であり、また、ロードがキャビティから迅速に除去されない場合には、ロードは、冷蔵庫コンパートメント２２２の中の温度で、解凍された状態に維持され得る。

【００２３】

当業者は、本明細書の説明に基づいて、解凍システムの実施形態が、同様に、他の構成を有するシステムまたは電気器具の中へも組み込まれ得るということを理解されるであろう。したがって、スタンド・アロンの電気器具、電子レンジ電気器具、冷凍庫、および冷蔵庫の中の解凍システムの上述の実装形態は、実施形態の使用をそれらのタイプのシステムだけに限定することを意味するわけではない。

【００２４】

解凍システム１００、２００は、互いに対して特定の相対的配向にあるそれらのコンポーネントとともに示されているが、さまざまなコンポーネントが、同様に、異なって配向され得るということが理解されるべきである。それに加えて、さまざまなコンポーネントの物理的な構成は、異なっていることが可能である。たとえば、制御パネル１２０、２１４、２２４は、より多くの、より少ない、または異なるユーザ・インタフェース・要素を有することが可能であり、および／または、ユーザ・インタフェース要素は異なって配置され得る。それに加えて、実質的に立方体の解凍キャビティ１１０が図１に図示されているが、他の実施形態では、解凍キャビティは、異なる形状を有することが可能である（たとえば、円筒形状など）ことが理解されるべきである。さらに、解凍システム１００、２１０、２２０は、具体的には図１および図２には示されていない、追加的なコンポーネント（たとえば、ファン、静止板または回転板、トレイ、および電気コードなど）を含むことが可能である。

【００２５】

図３は、例示的な実施形態による、解凍システム３００（たとえば、解凍システム１００、２１０、２２０、図１、図２）の簡略ブロック図である。ある実施形態では、解凍システム３００は、解凍キャビティ３１０、ユーザ・インタフェース３２０、システム・コントローラ３３０、ＲＦ信号供給源３４０、電源およびバイアス回路３５０、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０、電極３７０、および電力検出回路３８０を含む。それに加えて、他の実施形態では、解凍システム３００は、温度センサ、赤外線（ＩＲ）センサ、および／または重量センサ３９０を含むことが可能であるが、これらのセンサコンポーネントのいくつかまたはすべては除外され得る。図３は、説明を目的とし、説明をしやすくするための解凍システム３００の簡略化された説明図であること、ならびに、実際的な実施形態は、他のデバイスおよびコンポーネントを含み、追加的な機能および特徴を提供することが可能であること、および／または、解凍システム３００はより大きな電気システムの一部であることが可能であることが理解されるべきである。

【００２６】
ユーザ・インタフェース３２０は、制御パネル（たとえば、制御パネル１２０、２１４、２２４、図１、図２）、開始ボタンおよび取消ボタン、ならびに、機械的な制御（たとえば、ドア／引き出しオープン・ラッチ）などに対応することが可能であり、たとえば、制御パネルは、ユーザが解凍動作のためのパラメータに関する入力（たとえば、解凍しようとするロードの特性など）をシステムに提供することを可能にする。それに加えて、ユーザ・インタフェースは、解凍動作の状況（たとえば、カウントダウン・タイマ、解凍動作の進み具合もしくは完了を示す視覚的な標識、および／または、解凍動作の完了を示す可聴音）ならびに他の情報を示す、ユーザが知覚できる出力を提供するように構成され得る。
【００２７】
システム・コントローラ３３０は、１つまたは複数の汎用プロセッサまたは専用プロセッサ（たとえば、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、および特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）など）、揮発性および／または不揮発性メモリ（たとえば、ランダム・アクセス・メモリ（ＲＡＭ）、リード・オンリー・メモリ（ＲＯＭ）、フラッシュ、および、さまざまなレジスタなど）、１つまたは複数の通信バス、および他のコンポーネントを含むことが可能である。ある実施形態によれば、システム・コントローラ３３０は、ユーザ・インタフェース３２０、ＲＦ信号供給源３４０、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０、電力検出回路３８０、およびセンサ３９０（含まれている場合）に結合されている。システム・コントローラ３３０は、ユーザ・インタフェース３２０を介して受け取られるユーザ入力を示す信号を受け取るように、ならびに、順方向電力測定値および反射電力測定値を電力検出回路３８０から受け取るように構成されている。受け取られた信号および測定値に応答して、および、より詳細に後に説明されるように、システム・コントローラ３３０は、電源およびバイアス回路３５０に、ならびにＲＦ信号供給源３４０のＲＦ信号発生器３４２に、制御信号を提供する。それに加えて、システム・コントローラ３３０は、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０に制御信号を提供し、それにより可変インピーダンス整合ネットワーク３６０がその状態または構成を変化させる。
【００２８】
解凍キャビティ３１０は、第１および第２の平行板電極を備える静電容量式の解凍構成体を含み、第１の平行板電極と第２の平行板電極は空気キャビティによって分離されており、空気キャビティの中には、解凍しようとするロード３１６が置かれ得る。たとえば、第１の電極３７０は、空気キャビティの上方に位置決めされ得、第２の電極は、収容構造体３１２の一部分によって提供され得る。より具体的には、収容構造体３１２は、底部壁、上部壁、および側部壁を含むことが可能であり、その内部表面は、キャビティ３１０（たとえば、キャビティ１１０、図１）を画定している。ある実施形態によれば、キャビティ３１０は、電磁エネルギーを収容するように（たとえば、ドア１１６によって（図１）、または、棚２１６、２２６の下で閉じられる引き出しをスライドさせることによって（図２））封止され得、電磁エネルギーは、解凍動作の間にキャビティ３１０の中へ導入される。システム３００は、１つまたは複数のインターロック・メカニズムを含むことが可能であり、１つまたは複数のインターロック・メカニズムは、解凍動作の間に封止が完全であることを確実にする。インターロック・メカニズムの１つまたは複数が封止が破壊されたことを示す場合には、システム・コントローラ３３０は、解凍動作を停止することが可能である。ある実施形態によれば、収容構造体３１２は、少なくとも部分的に導電材料から形成されており、収容構造体の導電部分は接地され得る。代替的に、少なくとも、キャビティ３１０の底部表面に対応する収容構造体３１２の部分は、導電材料から形成されて接地され得る。どちらにしても、収容構造体３１２（または、少なくとも、第１の電極３７０に平行になっている収容構造体３１２の部分）は、静電容量式の解凍構成体の第２の電極として機能する。ロード３１６とキャビティ３１０の接地された底部表面との間の直接的な接触を回避するために、非導電障壁３１４が、キャビティ３１０の底部表面の上に位置決めされ得る。
【００２９】

解凍キャビティ３１０、および、解凍キャビティ３１０の中に位置決めされている任意のロード３１６（たとえば、食物および液体など）は、第１の電極３７０によってキャビティ３１０の中へ放射される電磁エネルギー（または、ＲＦ電力）に関する累積的な負荷を示す。より具体的には、キャビティ３１０およびロード３１６は、システムに対するインピーダンスを示し、それを、本明細書では「キャビティ入力インピーダンス」と称する。ロード３１６の温度が増加するにつれて、キャビティ入力インピーダンスは、解凍動作の間に変化する。図１０および図１１に関連して後に説明されるように、多くのタイプの食物ロードのインピーダンスは、食物ロードが冷凍された状態から解凍された状態へ移行するときに、ある程度予測可能な様式で、温度に関して変化する。ある実施形態によれば、電力検出回路３８０からの反射電力測定値および順方向電力測定値に基づいて、システム・コントローラ３３０は、ロード３１６が摂氏０℃に接近していることをキャビティ入力インピーダンスの変化率が示す解凍動作の間の時点を識別するように構成されており、その時に、システム・コントローラ３３０は、解凍動作を終了させることが可能である。

【００３０】

ある実施形態では、第１の電極３７０は、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０および伝達経路３４８を通して、ＲＦ信号供給源３４０に電気的に結合されている。後により詳細に説明されるように、可変インピーダンス整合回路３６０は、ＲＦ信号供給源３４０のインピーダンスから、ロード３１６によって修正された解凍キャビティ３４０の入力インピーダンスへのインピーダンス変換を実施するように構成されている。ある実施形態では、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０は、受動部品（たとえば、インダクタ、コンデンサ、抵抗器）のネットワークを含む。より具体的な実施形態によれば、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０は、複数の固定値集中インダクタ（ｆｉｘｅｄ－ｖａｌｕｅ　ｌｕｍｐｅｄ　ｉｎｄｕｃｔｏｒｓ）（たとえば、インダクタ４１２～４１４、７１２～７１４、８１２～８１４、図４、図７、図８）を含み、それらは、キャビティ３１０の中に位置決めされ、第１の電極３７０に電気的に結合されている。それに加えて、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０は、複数の可変インダクタンス・ネットワーク（たとえば、ネットワーク４１０、４１１、５００、図４、図５）を含み、それらは、キャビティ３１０の内側または外側に位置付けされ得る。可変インダクタンス・ネットワークのそれぞれによって提供されるインダクタンス値は、より詳細に後に説明されるように、システム・コントローラ３３０からの制御信号を使用して確立される。いずれにしても、解凍動作を通じて可変インピーダンス整合ネットワーク３６０の状態を変化させ、変化し続けるキャビティ入力インピーダンスを動的に整合させることによって、ロード３１６によって吸収されるＲＦ電力の量が、解凍動作の間のロード・インピーダンスの変動にかかわらず、高いレベルに維持され得る。

【００３１】

ある実施形態によれば、ＲＦ信号供給源３５０は、ＲＦ信号発生器３４２および電力増幅器（たとえば、１つまたは複数の電力増幅段３４４、３４６を含む）を含む。システム・コントローラ３３０によって提供される制御信号に応答して、ＲＦ信号発生器３４２は、ＩＳＭ（産業用、科学用、および医療用）バンドの中の周波数を有する発振電気信号を生成するように構成されているが、システムは、同様に、他の周波数帯の中の動作も支援するように修正され得る。さまざまな実施形態では、ＲＦ信号発生器３４２は、異なる電力レベルおよび／または異なる周波数の発振信号を生成するように制御され得る。たとえば、ＲＦ信号発生器３４２は、約３．０メガヘルツ（ＭＨｚ）から約３００ＭＨｚの範囲の中で発振する信号を生成することが可能である。いくつかの望ましい周波数は、たとえば、１３．５６ＭＨｚ（＋／－５パーセント）、２７．１２５ＭＨｚ（＋／－５パーセント）、および４０．６８ＭＨｚ（＋／－５パーセント）であることが可能である。１つの特定の実施形態では、たとえば、ＲＦ信号発生器３４２は、約４０．６６ＭＨｚから約４０．７０ＭＨｚの範囲の中で、約１０デシベル（ｄＢ）から約１５ｄＢの範囲の中の電力レベルで発振する信号を生成することが可能である。代替的に、発振の周波数および／または電力レベルは、上述された所定の範囲または値よりも低くても、または高くてもよい。

【００３２】
図３の実施形態では、電力増幅器は、駆動増幅段３４４および最終増幅段３４６を含む。電力増幅器は、ＲＦ信号発生器３４２から発振信号を受け取るように構成され、また、信号を増幅し、電力増幅器の出力において著しく高電力の信号を生成するように構成されている。たとえば、出力信号は、約１００ワットから約４００ワット以上の範囲にある電力レベルを有することが可能である。電力増幅器によって適用される利得は、電源およびバイアス回路３５０によってそれぞれの増幅段３４４、３４６に提供されるゲート・バイアス電圧および／またはドレイン供給電圧を使用して制御され得る。より具体的には、電源およびバイアス回路３５０は、システム・コントローラ３３０から受け取られる制御信号にしたがって、バイアス電圧および供給電圧をそれぞれのＲＦ増幅段３４４、３４６に提供する。
【００３３】
ある実施形態では、それぞれの増幅段３４４、３４６は、入力端子（たとえば、ゲート端子または制御端子）ならびに２つの通電端子（たとえば、ソース端子およびドレイン端子）を有する、電界効果トランジスタ（ＦＥＴ）などのパワー・トランジスタとして実装される。さまざまな実施形態では、インピーダンス整合回路（図示せず）は、駆動増幅段と最終増幅段３４６との間で、駆動増幅段３４４の入力（たとえば、ゲート）に結合され得、および／または、最終増幅段３４６の出力（たとえば、ドレイン端子）に結合され得る。ある実施形態では、増幅段３４４、３４６のそれぞれのトランジスタは、横方向拡散型金属酸化物半導体ＦＥＴ（ＬＤＭＯＳＦＥＴ）トランジスタを含む。しかし、トランジスタが任意の特定の半導体技術に限定されることは意図されておらず、他の実施形態では、それぞれのトランジスタは、窒化ガリウム（ＧａＮ）トランジスタ、別のタイプのＭＯＳＦＥＴトランジスタ、バイポーラ接合トランジスタ（ＢＪＴ）、または、別の半導体技術を利用するトランジスタとして実現され得ることに留意されるべきである。
【００３４】
図３では、電力増幅器構成体は、特定の様式で他の回路コンポーネントに結合されている２つの増幅段３４４、３４６を含むように示されている。他の実施形態では、電力増幅器構成体は、他の増幅器トポロジーを含むことが可能であり、および／または、増幅器構成体は、１つだけの増幅段、または３つ以上の増幅段を含むことが可能である。たとえば、電力増幅器構成体は、シングル・エンド型増幅器、ダブル・エンド型増幅器、プッシュ・プル増幅器、ドハティ増幅器、スイッチ・モード電力増幅器（ＳＭＰＡ）、または別のタイプの増幅器のさまざまな実施形態を含むことが可能である。
【００３５】
ある実施形態では、電力検出回路３８０が、ＲＦ信号供給源３４０の出力と可変インピーダンス整合ネットワーク３６０の入力との間に、伝達経路３４８に沿って結合されている。代替的な実施形態では、電力検出回路３８０は、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０の出力と第１の電極３７０との間で、伝達経路３４９に結合され得る。どちらにしても、電力検出回路３８０は、伝達経路３４８に沿って進行する順方向信号（すなわち、ＲＦ信号供給源３４０から第１の電極３７０に向けて）および反射信号（すなわち、第１の電極３７０からＲＦ信号供給源３４０に向けて）の電力を監視、測定するか、または他の方法で検出するように構成されている。
【００３６】
電力検出回路３８０は、順方向信号電力および反射信号電力の大きさをシステム・コントローラ３３０に伝える信号を供給する。そして、システム・コントローラ３３０は、順方向信号電力に対する反射信号電力の比、またはＳ１１パラメータを計算することが可能である。より詳細に下記に説明されるように、順方向電力に対する反射電力の比が閾値を超えるとき、これは、システム３００が十分に整合していないこと、およびロード３１６によるエネルギー吸収が準最適であり得るということを示している。そのような状況では、システム・コントローラ３３０は、順方向電力に対する反射電力の比が所望のレベルに減少するまで、可変インピーダンス整合ネットワークの状態を変更するプロセスを調整し、

したがって、許容可能な整合を再確立し、また、ロード３１６による、より最適なエネルギー吸収を促進させる。

【００３７】

上述のように、解凍システム３００のいくつかの実施形態は、温度センサ、ＩＲセンサ、および／または重量センサ３９０を含むことが可能である。温度センサおよび／またはＩＲセンサは、ロード３１６の温度が解凍動作の間に感知されることを可能にする場所に位置決めされ得る。システム・コントローラ３３０に提供されると、温度情報により、システム・コントローラ３３０は、（たとえば、電源およびバイアス回路３５０によって提供されるバイアス電圧および／または供給電圧を制御することによって）ＲＦ信号供給源３４０によって供給されるＲＦ信号の電力を変更すること、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０の状態を調節すること、および／または、解凍動作をいつ終了させるべきかを決定することができる。重量センサは、ロード３１６の下に位置決めされており、ロード３１６の重量の概算をシステム・コントローラ３３０に提供するように構成されている。システム・コントローラ３３０は、この情報を使用して、たとえば、ＲＦ信号供給源３４０によって供給されるＲＦ信号に関する所望の電力レベルを決定すること、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０に関する初期設定を決定すること、および／または、解凍動作のおおよその持続期間を決定することが可能である。

【００３８】

上記に議論されているように、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０が使用されて、ロード３１６を加えた解凍キャビティ３１０の入力インピーダンスを整合させ、ロード３１６の中へのＲＦ電力伝送を可能な程度まで最大化する。解凍キャビティ３１０およびロード３１６の初期インピーダンスは、解凍動作の開始時には、正確に知られていない可能性がある。さらに、ロード３１６のインピーダンスは、ロード３１６が温まるにつれて、解凍動作の間に変化する。ある実施形態によれば、システム・コントローラ３３０は、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０に制御信号を提供することが可能であり、それによって、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０の状態が修正される。これは、システム・コントローラ３３０が、解凍動作の開始時に可変インピーダンス整合ネットワーク３６０の初期状態を確立することを可能にし、この初期状態では、順方向電力に対する反射電力の比が比較的低く、したがって、ロード３１６によるＲＦ電力の吸収が比較的高い。それに加えて、これは、システム・コントローラ３３０が可変インピーダンス整合ネットワーク３６０の状態を修正することを可能にし、十分な整合が、ロード３１６のインピーダンスの変化にかかわらず、解凍動作の全体を通して維持され得るようになっている。

【００３９】

ある実施形態によれば、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０は、受動部品のネットワークを含むことが可能であり、より具体的には、固定値インダクタ（たとえば、集中誘導性部品）および可変インダクタ（または、可変インダクタンス・ネットワーク）のネットワークを含むことが可能である。本明細書で使用される場合、「インダクタ」という用語は、他のタイプの部品（たとえば、抵抗器またはコンデンサ）を介在させることなく一緒に電気的に結合されている、別個のインダクタ、または、誘導性部品のセットを意味する。

【００４０】

図４は、例示的な実施形態による、可変インピーダンス整合ネットワーク４００（たとえば、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０、図３）の概略図である。下記により詳細に説明されるように、可変インピーダンス整合ネットワーク３６０は、本質的に、２つの部分、すなわち、ＲＦ信号供給源（または、最終段の電力増幅器）を整合させるための１つの部分、およびロードを加えたキャビティを整合させるための別の部分を有している。

【００４１】

ある実施形態によれば、可変インピーダンス整合ネットワーク４００は、入力ノード４０２、出力ノード４０４、第１および第２の可変インダクタンス・ネットワーク４１０、４

１１、ならびに複数の固定値インダクタ４１２～４１５を含む。解凍システム（たとえば、システム３００、図３）の中へ組み込まれたとき、入力ノード４０２は、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０、図３）の出力に電気的に結合され、出力ノード４０４は、解凍キャビティ（たとえば、解凍キャビティ３１０、図３）の中の電極（たとえば、第１の電極３７０、図３）に電気的に結合される。

【００４２】

ある実施形態では、入力ノード４０２と出力ノード４０４との間に、可変インピーダンス整合ネットワーク４００は、直列に結合されている第１および第２の集中インダクタ４１２、４１４を含む。ある実施形態では、第１および第２の集中インダクタ４１２、４１４は、比較的低い周波数（たとえば、約４．６６ＭＨｚから約４．６８ＭＨｚ）および高電力（たとえば、約５０ワット（Ｗ）から約５００Ｗ）の動作のために設計され得るので、第１および第２の集中インダクタ４１２、４１４は、サイズおよびインダクタンス値の両方が比較的大きい。たとえば、インダクタ４１２、４１４は、約２００ナノヘンリー（ｎＨ）から約６００ｎＨの範囲にある値を有することが可能であるが、それらの値は、他の実施形態では、より低くおよび／またはより高くすることが可能である。

【００４３】

第１の可変インダクタンス・ネットワーク４１０は、入力ノード４０２と接地基準端子（たとえば、接地されている収容構造体３１２、図３）との間に結合されている第１のシャント誘導性ネットワークである。ある実施形態によれば、第１の可変インダクタンス・ネットワーク４１０は、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０、図３）のインピーダンスを整合させるように構成可能であり、または、より具体的には、最終段の電力増幅器（たとえば、増幅器３４６、図３）を整合させるように構成可能である。したがって、第１の可変インダクタンス・ネットワーク４１０を、可変インピーダンス整合ネットワーク４００の「電力増幅器整合部分」と称することができる。ある実施形態によれば、また図５に関連してより詳細に説明されるように、第１の可変インダクタンス・ネットワーク４１０は、約２０ｎＨから約４００ｎＨの範囲にあるインダクタンスを提供するように選択的に一緒に結合され得る誘導性部品のネットワークを含むが、その範囲は、同様に、より低いまたはより高いインダクタンス値まで拡大することも可能である。

【００４４】

それとは対照的に、可変インピーダンス整合ネットワーク４００の「キャビティ整合部分」は、第１および第２の集中インダクタ４１２、４１４の間のノード４２２と接地基準端子との間に結合されている第２のシャント誘導性ネットワーク４１６によって提供される。ある実施形態によれば、第２のシャント誘導性ネットワーク４１６は、直列に結合された第３の集中インダクタ４１３および第２の可変インダクタンス・ネットワーク４１１を含み、第３の集中インダクタ４１３と第２の可変インダクタンス・ネットワーク４１１との間に中間ノード４２２を備えている。第２の可変インダクタンス・ネットワーク４１１の状態は、複数のインダクタンス値を提供するように変化させられ得るので、第２のシャント誘導性ネットワーク４１６は、ロードを加えたキャビティ（たとえば、ロード３１６を加えたキャビティ３１０、図３）のインピーダンスを最適に整合させるように構成可能である。たとえば、インダクタ４１３は、約４００ｎＨから約８００ｎＨの範囲にある値を有することが可能であるが、その値は、他の実施形態では、より低くおよび／またはより高くすることが可能である。ある実施形態によれば、また図５に関連してより詳細に説明されるように、第２の可変インダクタンス・ネットワーク４１１は、誘導性部品のネットワークを含み、誘導性部品は、選択的に一緒に結合され、約５０ｎＨから約８００ｎＨの範囲にあるインダクタンスを提供することが可能であるが、その範囲は、同様に、より低いまたはより高いインダクタンス値まで拡大することも可能である。

【００４５】

最後に、可変インピーダンス整合ネットワーク４００は、出力ノード４０４と接地基準端子との間に結合されている第４の集中インダクタ４１５を含む。たとえば、インダクタ４１５は、約４００ｎＨから約８００ｎＨの範囲にある値を有することが可能であるが、そ

の値は、他の実施形態では、より低くおよび／またはより高くすることが可能である。

【００４６】

図７および図８に関連してより詳細に説明されるように、集中インダクタ４１２～４１５のセット４３０は、キャビティ（たとえば、キャビティ３１０、図３）の中に、または、少なくとも収容構造体（たとえば、収容構造体３１２、図３）の境界内に、物理的に位置付けされ得る。これは、集中インダクタ４１２～４１５によって作り出された放射が周囲環境の中へ放射されるのではなく、システムの中に安全に収容されることを可能にする。それとは対照的に、さまざまな実施形態では、可変インダクタンス・ネットワーク４１０、４１１は、キャビティまたは収容構造体の中に収容されてもよいし、または収容されなくてもよい。

【００４７】

ある実施形態によれば、図４の可変インピーダンス整合ネットワーク４００の実施形態は「インダクタだけ」を含むことにより、ロード３１６を加えた解凍キャビティ３１０の入力インピーダンスに関する整合を提供する。したがって、ネットワーク４００は、「インダクタ・オンリー」整合ネットワークと考えられ得る。本明細書で使用される場合、可変インピーダンス整合ネットワークのコンポーネントを説明するときの「インダクタだけ」または「インダクタ・オンリー」という語句は、ネットワークが、ある程度の抵抗値を有する別個の抵抗器、または、ある程度の静電容量値を有する別個のコンデンサを含まないことを意味する。いくつかのケースでは、整合ネットワークのコンポーネント同士の間の導電伝達線が最小抵抗を有することが可能であり、および／または、最小寄生容量がネットワークの中に存在することが可能である。そのような最小抵抗および／または最小寄生容量は、「インダクタ・オンリー」ネットワークを、抵抗器および／またはコンデンサも含む整合ネットワークに変換する実施形態として解釈されるべきではない。しかし、当業者は、可変インピーダンス整合ネットワークの他の実施形態が、異なった構成のインダクタ・オンリー整合ネットワーク、ならびに、別個のインダクタ、別個のコンデンサ、および／または別個の抵抗器の組み合わせを含む整合ネットワークを含むことが可能であることを理解されるであろう。図６に関連してより詳細に説明されるように、「インダクタ・オンリー」整合ネットワークは、代替的に、誘導性部品だけを、または主に誘導性部品を使用する容量性ロードのインピーダンス整合を可能にする整合ネットワークとして定義され得る。

【００４８】

図５は、例示的な実施形態による、可変インピーダンス整合ネットワーク（たとえば、可変インダクタンス・ネットワーク４１０および／または４１１など、図４）の中へ組み込まれ得る可変インダクタンス・ネットワーク５００の概略図である。ネットワーク５００は、入力ノード５３０、出力ノード５３２、および、入力ノード５３０と出力ノード５２３との間に互いに直列に結合されている複数（Ｎ）の別個のインダクタ５０１～５０４を含み、ここで、Ｎは、２から１０の間の整数、またはそれよりも大きな整数であることが可能である。それに加えて、ネットワーク５００は、複数（Ｎ）のスイッチ５１１～５１４を含み、ここで、それぞれのスイッチ５１１～５１４は、インダクタ５０１～５０４のうちの１つの端子に亘って並列に結合されている。スイッチ５１１～５１４は、たとえば、トランジスタ、機械的なリレー、または機械的なスイッチとして実装され得る。それぞれのスイッチ５１１～５１４の導電状態（すなわち、開または閉）は、システム・コントローラ（たとえば、システム・コントローラ３３０、図３）からの制御信号５２１～５２４を使用して制御される。

【００４９】

それぞれの並列のインダクタ／スイッチ組み合わせに関して、対応するスイッチが開状態または非導電状態の場合、実質的にすべての電流がインダクタを通って流れ、また、スイッチが閉状態または導電状態の場合、実質的にすべての電流がスイッチを通って流れる。たとえば、図５に図示されているように、すべてのスイッチ５１１～５１４が開いているときに、入力ノード５３０および出力ノード５３２との間に流れる実質的にすべての電流

が、一連のインダクタ５０１～５０４を通って流れる。この構成は、ネットワーク５００の最大インダクタンス状態（すなわち、入力ノード５３０および出力ノード５３２との間に最大インダクタンス値が存在しているネットワーク５００の状態）を表している。逆に、すべてのスイッチ５１１～５１４が閉じられている場合、入力ノード５３０と出力ノード５３２との間に流れる実質的にすべての電流がインダクタ５０１～５０４をバイパスし、代わりに、スイッチ５１１～５１４、ならびにノード５３０、５３２およびスイッチ５１１～５１４の間の導電相互接続部を通って流れる。この構成は、ネットワーク５００の最小インダクタンス状態（すなわち、最小インダクタンス値が入力ノード５３０と出力ノード５３２との間に存在しているネットワーク５００の状態）を表している。理想的には、最小インダクタンス値は、ほぼゼロのインダクタンスとなる。しかし、実際には、スイッチ５１１～５１４の累積的なインダクタンス、ならびに、ノード５３０、５３２およびスイッチ５１１～５１４の間の導電相互接続部に起因して、「トレース」インダクタンスが、最小インダクタンス状態において存在する。たとえば、最小インダクタンス状態では、可変インダクタンス・ネットワーク５００に関するトレース・インダクタンスは、約２０ｎＨから約５０ｎＨの範囲にあることが可能であるが、トレース・インダクタンスは、同様に、より小さくまたはより大きくなることが可能である。また、より大きい、より小さい、または実質的に同様のトレース・インダクタンスは、同様に、他のネットワーク状態のそれぞれに本質的に存在する可能性があり、任意の所与のネットワーク状態に関するトレース・インダクタンスは、電流が主にネットワーク５００を通じて運ばれる際に通る一連のコンダクタおよびスイッチのインダクタンスの合計である。

【００５０】

すべてのスイッチ５１１～５１４が開いている最大インダクタンス状態から開始して、システム・コントローラは、制御信号５２１～５２４を提供することが可能であり、制御信号５２１～５２４は、インダクタ５０１～５０４の対応する組み合わせをバイパスすることによって、ネットワーク５００のインダクタンスを低減させるために、スイッチ５１１～５１４の任意の組み合わせの閉鎖を結果として生じさせる。１つの実施形態では、それぞれのインダクタ５０１～５０４は、実質的に同じインダクタンス値を有し、これを、本明細書では、正規化されたＩの値と称する。たとえば、それぞれのインダクタ５０１～５０４は、約１００ｎＨから約２００ｎＨの範囲にある値、または、任意の他の値を有することが可能である。そのような実施形態では、ネットワーク５００に関する最大インダクタンス値（すなわち、すべてのスイッチ５１１～５１４が開状態であるとき）は、約Ｎｘ Ｉに、それが最大インダクタンス状態になっているときにネットワーク５００の中に存在し得る任意のトレース・インダクタンスを加えた値となる。任意のｎ個のスイッチが閉状態になっている場合、ネットワーク５００に関するインダクタンス値は、約（Ｎ－ｎ）ｘ Ｉ（にトレース・インダクタンスを加える）であることとなる。そのような実施形態では、ネットワーク５００の状態は、Ｎ＋１個のインダクタンスの値のいずれかを有するように構成され得る。

【００５１】

代替的な実施形態では、インダクタ５０１～５０４は、互いに異なる値を有することが可能である。たとえば、入力ノード５３０から出力ノード５３２へと移動すると、第１のインダクタ５０１は、正規化されたＩのインダクタンス値を有することが可能であり、直列になっているそれぞれの後続のインダクタ５０２～５０４は、より大きなまたはより小さなインダクタンス値を有することが可能である。たとえば、それぞれの後続のインダクタ５０２～５０４は、最も近い下流のインダクタ５０１～５０３のインダクタンス値の倍数（たとえば、約２倍）のインダクタンス値を有することが可能であるが、その差は、必ずしも整数倍でなくてもよい。そのような実施形態では、ネットワーク５００の状態は、２Ｎ個のインダクタンスの値のいずれかを有するように構成され得る。たとえば、Ｎ＝４であり、かつそれぞれのインダクタ５０１～５０４が異なる値を有するときに、ネットワーク５００は、１６個のインダクタンスの値のいずれかを有するように構成され得る。たとえば、限定としてではないが、インダクタ５０１がＩの値を有すると仮定すると、インダ

クタ５０２は２ｘＩの値を有し、インダクタ５０３は４ｘＩの値を有し、インダクタ５０４は８ｘＩの値を有し、下記の表１は、可能性のある１６個のネットワーク５００の状態すべてに関する合計のインダクタンス値を示している（トレース・インダクタンスは考慮に入れていない）。

【００５２】

【表１】

ネットワーク状態	スイッチ511状態（501値＝I）	スイッチ512状態（502値＝2xI）	スイッチ513状態（503値＝4xI）	スイッチ514状態（504値＝8xI）	合計ネットワーク・インダクタンス（トレース・インダクタンスなし）
0	閉	閉	閉	閉	0
1	開	閉	閉	閉	I
2	閉	開	閉	閉	2xI
3	開	開	閉	閉	3xI
4	閉	閉	開	閉	4xI
5	開	閉	開	閉	5xI
6	閉	開	開	閉	6xI
7	開	開	開	閉	7xI
8	閉	閉	閉	開	8xI
9	開	閉	閉	開	9xI
10	閉	開	閉	開	10xI
11	開	開	閉	開	11xI
12	閉	閉	開	開	12xI
13	開	閉	開	開	13xI
14	閉	開	開	開	14xI
15	開	開	開	開	15xI

表１－とり得るすべての可変インダクタンス・ネットワーク状態に関する合計インダクタンス値

【００５３】

再び図４を参照すると、可変インダクタンス・ネットワーク４１０の実施形態は、上述の例示的な特性（すなわち、Ｎ＝４であり、それぞれの後続のインダクタは、先行するインダクタのインダクタンスの約２倍になっている）を有する可変インダクタンス・ネットワーク５００の形態で実装され得る。最小インダクタンス状態におけるトレース・インダクタンスが約２０ｎＨであり、ネットワーク４１０によって実現可能なインダクタンス値の範囲が約２０ｎＨ（トレース・インダクタンス）から約４００ｎＨであると仮定すると、インダクタ５０１～５０４の値は、それぞれ、たとえば、約３０ｎＨ、約５０ｎＨ、約１００ｎＨ、および約２００ｎＨであることが可能である。同様に、可変インダクタンス・ネットワーク４１１の実施形態が同じ様式で実装される場合に、トレース・インダクタンスが約５０ｎＨであり、ネットワーク４１１によって実現可能なインダクタンス値の範囲が約５０ｎＨ（トレース・インダクタンス）から約８００ｎＨであると仮定すると、インダクタ５０１～５０４の値は、それぞれ、たとえば、約５０ｎＨ、約１００ｎＨ、約２００ｎＨ、および約４００ｎＨであることが可能である。当然のことながら、４つよりも多

くのまたは少ないインダクタ５０１～５０４が可変インダクタンス・ネットワーク４１０、４１１のいずれかの中に含まれ得、それぞれのネットワーク４１０、４１１の中のインダクタは、異なる値を有することが可能である。

【００５４】

上記の例示的な実施形態は、ネットワーク５００の中のスイッチ付きのインダクタンスの数が４つに等しいこと、および、それぞれのインダクタ５０１～５０４は、Ｉの値の何倍かの値を有していることを特定しているが、可変インダクタンス・ネットワークの代替的な実施形態は、４つよりも多いまたは少ないインダクタ、インダクタに関する異なる相対値、可能性のあるネットワーク状態の異なる数、および／または、インダクタの異なる構成（たとえば、並列および／または直列に結合されているインダクタの異なる形で接続されたセット）を有することが可能である。どちらにしても、解凍システムのインピーダンス整合ネットワークの中に可変インダクタンス・ネットワークを提供することによって、システムは、解凍動作の間に存在する、変化し続けるキャビティ入力インピーダンスをより良好に整合させることが可能である。

【００５５】

図６は、スミス・チャート６００の例であり、可変インピーダンス整合ネットワーク（たとえば、ネットワーク３６０、４００、図３、図４）の実施形態の中の複数のインダクタンスが、どのように入力キャビティ・インピーダンスをＲＦ信号供給源に整合させ得るかということを示している。例示的なスミス・チャート６００は、システムが５０オームのシステムであること、および、ＲＦ信号供給源の出力が５０オームであることを仮定している。当業者は、本明細書の説明に基づいて、異なる特性インピーダンスを有するシステムおよび／またはＲＦ信号供給源に関して、スミス・チャートがどのように修正され得るかということを理解されるであろう。

【００５６】

スミス・チャート６００において、点６０１は、（たとえば、解凍動作の開始時に）可変インピーダンス整合ネットワーク（たとえば、ネットワーク３６０、４００、図３、図４）によって提供される整合が存在しないときに、ロード（たとえば、ロード３１６を加えたキャビティ３１０、図３）が位置付けられることとなる点に対応している。スミス・チャート６００の右下象限の中のロード点６０１の位置によって示されるように、ロードは容量性ロードである。ある実施形態によれば、可変インピーダンス整合ネットワークのシャント・インダクタンスおよび直列インダクタンスは、実質的に容量性のロード・インピーダンスを、最適な整合点６０６（たとえば、５０オーム）に向けて逐次移動させ、最適な整合点６０６において、ロードへのＲＦエネルギー伝達は、最小損失で起こることが可能である。より具体的には、また図４も参照すると、シャント・インダクタンス４１５は、インピーダンスを点６０２へ移動させ、直列インダクタンス４１４は、インピーダンスを点６０３へ移動させ、シャント・インダクタンス４１６は、インピーダンスを点６０４へ移動させ、直列インダクタンス４１２は、インピーダンスを点６０５へ移動させ、シャント・インダクタンス４１０は、インピーダンスを最適な整合点６０６へ移動させる。

【００５７】

可変インピーダンス整合ネットワークの実施形態によって提供されるインピーダンス変換の組み合わせは、スミス・チャート６００の右下象限の中の任意の点、または、スミス・チャート６００の右下象限に非常に近い任意の点に、インピーダンスを維持するということが留意されるべきである。スミス・チャート６００のこの象限は、比較的高いインピーダンスおよび比較的低い電流によって特徴付けられるので、回路のコンポーネントを、比較的高い、損害を与える可能性がある電流に露出させることなく、インピーダンス変換が実現される。したがって、本明細書で使用される場合、「インダクタ・オンリー」整合ネットワークの代替的な定義は、誘導性部品だけを、または主に誘導性部品を使用する容量性ロードのインピーダンス整合を可能にする整合ネットワークであることが可能であり、ここで、インピーダンス整合ネットワークは、実質的にスミス・チャートの右下象限の中で変換を実施する。

【００５８】
以前に議論されているように、ロードのインピーダンスは、解凍動作の間に変化する。したがって、点６０１は、それに対応して、解凍動作の間に移動する。以前に説明されている実施形態にしたがって、第１および第２のシャント・インダクタンス４１０、４１１のインピーダンスを変化させることによってロード点６０１の移動が補正され、そのため、可変インピーダンス整合ネットワークによって提供される最終的な整合が、最適な整合点６０６に、または、最適な整合点６０６の近くに、依然として到着することができる。特定の可変インピーダンス整合ネットワークが本明細書で図示および説明されてきたが、当業者は、本明細書の説明に基づいて、異なる構成の可変インピーダンス整合ネットワークは、スミス・チャート６００によって伝えられるものと同じまたは同様の結果を実現することが可能であることを理解されるであろう。たとえば、可変インピーダンス整合ネットワークの代替的な実施形態は、より多いまたはより少ないシャント・インダクタンスおよび／または直列インダクタンスを有することが可能であり、および／または、インダクタンスのうちの異なるものは、可変インダクタンス・ネットワーク（たとえば、直列インダクタンスの１つまたは複数を含む）として構成され得る。したがって、特定の可変インダクタンス整合ネットワークが、本明細書で図示および説明されてきたが、本発明の主題は、図示および説明されている実施形態に限定されない。
【００５９】
次いで、解凍システムの特定の物理的な構成を、図７および図８に関連して説明する。より具体的には、図７は、例示的な実施形態による解凍システム７００の側断面図であり、図８は、解凍システム７００の一部分の斜視図である。ある実施形態では、解凍システム７００は、一般的に、解凍キャビティ７７４、ユーザ・インタフェース（図示せず）、システム・コントローラ７３０、ＲＦ信号供給源７４０、電源およびバイアス回路（図示せず）、電力検出回路７８０、可変インピーダンス整合ネットワーク７６０、第１の電極７７０、および、第２の電極７７２を含む。それに加えて、いくつかの実施形態では、解凍システム７００は、重量センサ７９０、温度センサ、および／または、ＩＲセンサ７９２を含むことが可能である。
【００６０】
ある実施形態では、解凍システム７００は、収容構造体７５０の中に収容されている。ある実施形態によれば、収容構造体７５０は、３つの内部領域、すなわち、解凍キャビティ７７４、固定インダクタ領域７７６、および回路ハウジング領域７７８を画定することが可能である。収容構造体７５０は、底部壁、上部壁、および側部壁を含む。収容構造体７５０の壁のいくつかの内部表面の部分は、解凍キャビティ７７４を画定することが可能である。解凍キャビティ７７４は、空気キャビティによって分離されている第１および第２の平行板電極７７０、７７２を備える静電容量式の解凍構成体を含み、空気キャビティの中には、解凍しようとするロード７１６が置かれ得る。たとえば、第１の電極７７０は、空気キャビティの上方に位置決めされ得、第２の電極７７２は、収容構造体７５０の導電部分（たとえば、収容構造体７５０の底部壁の一部分）によって提供され得る。代替的に、第２の電極７７２は、収容構造体７５０とは別個の導体板から形成され得る。ある実施形態によれば、非導電の支持構造体７５４が用いられ、空気キャビティの上方に第１の電極７７０を吊り下げ、収容構造体７５０から第１の電極７７０を電気的に絶縁し、空気キャビティに対して固定された物理的な配向で第１の電極７７０を保持することが可能である。
【００６１】
ある実施形態によれば、収容構造体７５０は、少なくとも部分的に導電材料から形成されており、また、収容構造体の導電部分が接地され、システムのさまざまな電気的なコンポーネントに関する接地基準を提供することが可能である。代替的に、第２の電極７７２に対応する収容構造体７５０の少なくとも一部分が、導電材料から形成されて接地され得る。ロード７１６と第２の電極７７２との間の直接的な接触を回避するために、非導電障壁７５６が、第２の電極７７２の上方に位置決めされ得る。

【００６２】
システム７００の中に含まれているとき、重量センサ７９０は、ロード７１６の下に位置決めされている。重量センサ７９０は、ロード７１６の重量の概算をシステム・コントローラ７３０に提供するように構成されている。温度センサおよび／またはＩＲセンサ７９２は、解凍動作の前、解凍動作の間、および、解凍動作の後に、ロード７１６の温度が感知されることを可能にする場所に位置決めされ得る。ある実施形態によれば、温度センサおよび／またはＩＲセンサ７９２は、ロード温度の概算をシステム・コントローラ７３０に提供するように構成されている。

【００６３】
ある実施形態では、システム・コントローラ７３０、ＲＦ信号供給源７４０、電源およびバイアス回路（図示せず）、電力検出回路７８０、および、可変インピーダンス整合ネットワーク７６０の部分７１０、７１１のさまざまなコンポーネントのうちのいくつかまたはすべてが、収容構造体７５０の回路ハウジング領域７７８の中の共通の基板７５２に結合され得る。ある実施形態によれば、システム・コントローラ７３０は、共通の基板７５２の上または中のさまざまな導電相互接続部を通して、ユーザ・インタフェース、ＲＦ信号供給源７４０、可変インピーダンス整合ネットワーク７６０、および電力検出回路７８０に結合されている。それに加えて、ある実施形態では、電力検出回路７８０は、ＲＦ信号供給源７４０の出力と入力７０２との間の伝達経路７４８に沿って、可変インピーダンス整合ネットワーク７６０に結合されている。たとえば、基板７５２は、マイクロ波またはＲＦラミネート、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）基板、プリント回路基板（ＰＣＢ）材料基板（たとえば、ＦＲ－４）、アルミナ基板、セラミック・タイル、または、別のタイプの基板を含むことが可能である。さまざまな代替的な実施形態では、コンポーネントのうちのさまざまなものは、異なる基板に結合され、その基板とコンポーネントとの間に電気的な相互接続を有することが可能である。さらなる他の代替的な実施形態では、コンポーネントのうちのいくつかまたはすべては、別個の基板に結合されるのではなく、キャビティ壁に結合され得る。

【００６４】
ある実施形態では、第１の電極７７０は、可変インピーダンス整合ネットワーク７６０および伝達経路７４８を通して、ＲＦ信号供給源７４０に電気的に結合される。以前に議論されているように、可変インピーダンス整合ネットワーク７６０は、可変インダクタンス・ネットワーク７１０、７１１（たとえば、ネットワーク４１０、４１１、図４）および複数の固定値集中インダクタ７１２～７１５（たとえば、インダクタ４１２～４１５、図４）を含む。ある実施形態では、可変インダクタンス・ネットワーク７１０、７１１は、共通の基板７５２に結合されており、回路ハウジング領域７７８の中に位置付けされている。それとは対照的に、固定値集中インダクタ７１２～７１５は、収容構造体７５０の固定インダクタ領域７７６の中に位置決めされている（たとえば、共通の基板７５２と第１の電極７７０との間）。導電構造体（たとえば、導電ビアまたは他の構造体）が、回路ハウジング領域７７８の中の回路と固定インダクタ領域７７６の中の集中インダクタ７１２～７１５との間の電気的な連通を提供することが可能である。

【００６５】
システム７００の理解を深めるために、ここで、図７および図８に示されている可変インピーダンス整合ネットワーク７６０のノードおよびコンポーネントを、図４に示されている可変インピーダンス整合ネットワーク４００のノードおよびコンポーネントと相関させる。より具体的には、ある実施形態によれば、可変インピーダンス整合ネットワーク７６０は、入力ノード７０２（たとえば、入力ノード４０２、図４）、出力ノード７０４（たとえば、出力ノード４０４、図４）、第１および第２の可変インダクタンス・ネットワーク７１０、７１１（たとえば、可変インダクタンス・ネットワーク４１０、４１１、図４）、および、複数の固定値インダクタ７１２～７１５（たとえば、インダクタ４１２～４１５、図４）を含む。入力ノード７０２は、さまざまな導電構造体（たとえば、導電ビアおよびトレース）を通して、ＲＦ信号供給源７４０の出力に電気的に結合されており、出

力ノード７０４は、第１の電極７７０に電気的に結合されている。

【００６６】

ある実施形態では、入力ノード７０２と出力ノード７０４（たとえば、入力および出力ノード４０２、４０４、図４）との間に、可変インピーダンス整合ネットワーク７００は、４つの集中インダクタ７１２～７１５（たとえば、インダクタ４１２～４１５、図４）を含み、それらは、固定インダクタ領域７７６の中に位置決めされている。固定インダクタ領域７７６の中の集中インダクタ７１２～７１５の物理的な構成の実施形態の理解を深めることが、図７および図８の両方を同時に参照することによって実現され得、ここで、図８は、固定インダクタ領域７７６の上部斜視図を示している。図８では、インダクタ７１２～７１５の下にある不規則な形状の網掛けの領域は、第１の電極７７０の上方の空間の中のインダクタ７１２～７１５のサスペンションを表している。換言すれば、網掛けの領域は、インダクタ７１２～７１５が空気によって第１の電極７７０から電気的に絶縁される場所を示している。空気誘電体に依存するのではなく、非導電のスペーサが、これらの領域の中に含まれ得る。

【００６７】

ある実施形態では、第１の集中インダクタ７１２は、入力ノード７０２に（ひいては、ＲＦ信号供給源７４０の出力に）電気的に結合されている第１の端子と、第１の中間ノード７２０（たとえば、ノード４２０、図４）に電気的に結合されている第２の端子とを有している。第２の集中インダクタ７１３は、第１の中間ノード７２０に電気的に結合されている第１の端子と、第２の中間ノード７２２（たとえば、ノード４２２、図４）に電気的に結合されている第２の端子とを有している。第３の集中インダクタ７１４は、第１の中間ノード７２０に電気的に結合されている第１の端子と、出力ノード７０４に（ひいては、第１の電極７７０に）電気的に結合されている第２の端子とを有している。第４の集中インダクタ７１５は、出力ノード７０４（ひいては、第１の電極７７０）に電気的に結合されている第１の端子と、接地基準ノードに（たとえば、１つまたは複数の導電相互接続部を通して、接地された収容構造体７５０に）電気的に結合されている第２の端子とを有している。

【００６８】

第１の可変インダクタンス・ネットワーク７１０（たとえば、ネットワーク４１０、図４）は、入力ノード７０２と接地基準端子（たとえば、接地された収容構造体７５０）との間に電気的に結合されている。最後に、第２のシャント誘導性ネットワーク７１６は、第２の中間ノード７２２と接地基準端子との間に電気的に結合されている。

【００６９】

解凍システムの電気的態様および物理的態様の実施形態を説明してきたので、次いで、そのような解凍システムを作動するための方法のさまざまな実施形態を図９および図１０に関連して説明する。より具体的には、図９は、例示的な実施形態による、動的ロード整合によって解凍システム（たとえば、システム１００、２１０、２２０、３００、７００、図１～図３、図７）を作動する方法のフローチャートである。

【００７０】

方法は、ブロック９０２において、システム・コントローラ（たとえば、システム・コントローラ３３０、図３）が、解凍動作が開始するべきであるという指示を受け取ったときに始まることが可能である。たとえば、ユーザがロード（たとえば、ロード３１６、図３）をシステムの解凍キャビティ（たとえば、キャビティ３１０、図３）の中へ置き、キャビティ（たとえば、ドアまたは引き出しを閉めることによって）を封止し、（たとえば、ユーザ・インタフェース３２０の、図３）開始ボタンを押した後に、そのような指示が受け取られ得る。ある実施形態では、キャビティの封止は、１つまたは複数の安全インターロック・メカニズムに係合することが可能であり、それは、係合されているときに、キャビティに供給されるＲＦ電力がキャビティの外側の環境へ実質的に漏出することがないことを示している。後に説明されるように、安全インターロック・メカニズムの解除は、システム・コントローラに、直ぐに解凍動作を一時停止または終了させることが可能である。

【００７１】
さまざまな実施形態によれば、システム・コントローラは、随意的に、ロード・タイプ（たとえば、肉、液体、または他の材料）、初期ロード温度、および／またはロード重量を示す、追加的な入力を受け取ることが可能である。たとえば、ロード・タイプに関する情報は、ユーザ・インタフェースとの対話を通して（たとえば、一般に認められているロード・タイプのリストからユーザが選択することによって）、ユーザから受け取られ得る。代替的に、システムは、ロードの外部に見ることができるバーコードをスキャンするように構成されており、または、ロードの上の、もしくは、ロードの中に埋め込まれているＲＦＩＤデバイスから電子信号を受け取るように構成され得る。初期ロード温度に関する情報は、たとえば、システムの１つまたは複数の温度センサおよび／またはＩＲセンサ（たとえば、センサ３９０、７９２、図３、図７）から受け取られ得る。ロード重量に関する情報は、ユーザ・インタフェースとの対話を通してユーザから受け取られるか、または、システムの重量センサ（たとえば、センサ３９０、７９０、図３、図７）から受け取られ得る。上記に示されているように、ロード・タイプ、初期ロード温度、および／またはロード重量を示す入力を受け取ることは随意的なものであり、システムは、代替的に、これらの入力のうちのいくつかまたはすべてを受け取らなくてもよい。
【００７２】
ブロック９０４において、システム・コントローラは、制御信号を可変整合ネットワーク（たとえば、ネットワーク３６０、４００、図３、図４）に提供し、可変整合ネットワークに関する初期の構成または状態を確立する。図４および図５に関連して詳細に説明されているように、制御信号は、可変整合ネットワークの中の可変インダクタンス・ネットワーク（たとえば、ネットワーク４１０、４１１、図４）のインダクタンスに影響を与える。たとえば、制御信号は、バイパス・スイッチ（たとえば、スイッチ５１１～５１４、図５）の状態に影響を与えることが可能であり、バイパス・スイッチは、システム・コントローラからの制御信号（たとえば、制御信号５２１～５２４、図５）に応答する。
【００７３】
また、以前に議論されているように、可変整合ネットワークの第１の部分は、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０、図３）または最終段の電力増幅器（たとえば、電力増幅器３４６、図３）に関する整合を提供するように構成され得、可変整合ネットワークの第２の部分は、キャビティ（たとえば、キャビティ３１０、図３）にロード（たとえば、ロード３１６、図３）を加えたものに関する整合を提供するように構成され得る。たとえば、図４を参照すると、第１のシャント可変インダクタンス・ネットワーク４１０は、ＲＦ信号供給源整合を提供するように構成され得、第２のシャント可変インダクタンス・ネットワーク４１６は、ロードを加えたキャビティの整合を提供するように構成され得る。
【００７４】
冷凍されたロードに関する最良の初期の全体的な整合（すなわち、最大量のＲＦ電力がロードによって吸収される整合）は、典型的には、整合ネットワークのキャビティ整合部分に関する比較的高いインダクタンスと、整合ネットワークのＲＦ信号供給源整合部分に関する比較的低いインダクタンスとを有することが観察された。たとえば、図１０は、２つの異なるロードに関する解凍動作を通して、最適なキャビティ整合設定をＲＦ信号供給源整合設定に対してプロットしたチャートであり、ここで、トレース１０１０は、第１のロード（たとえば、第１のタイプおよび重量などを有する）に対応しており、トレース１０２０は、第２のロード（たとえば、第２のタイプおよび重量などを有する）に対応している。図１０では、解凍動作の開始時の（たとえば、ロードが冷凍されるときの）２つのロードに関する最適な初期の整合設定が、それぞれ、点１０１２および１０２２によって示されている。見て取れるように、点１０１２および１０２２の両方は、比較的低いＲＦ供給源整合設定と比較して、比較的高いキャビティ整合設定を示している。図４の実施形態を参照すると、これは、可変インダクタンス・ネットワーク４１６に関する比較的高いインダクタンス、および、可変インダクタンス・ネットワーク４１０に関する比較的低いイ

ンダクタンスに言い換えられる。

【００７５】

ある実施形態によれば、ブロック９０４において可変整合ネットワークに関する初期の構成または状態を確立するために、システム・コントローラは、第１および第２の可変インダクタンス・ネットワーク（たとえば、ネットワーク４１０、４１１、図４）に制御信号を送って、ＲＦ信号供給源整合（たとえば、ネットワーク４１０）に関する可変インダクタンス・ネットワークが比較的低いインダクタンスを有するようにし、また、キャビティ整合に関する可変インダクタンス・ネットワーク（たとえば、ネットワーク４１１）が比較的高いインダクタンスを有するようにする。システム・コントローラは、システム・コントローラに事前分析により知られているロード・タイプ／重量／温度情報に基づいて、どの程度高くまたはどの程度低くインダクタンスが設定されるかを決定することが可能である。事前分析によるロード・タイプ／重量／温度情報がシステム・コントローラに利用可能ではない場合には、システム・コントローラは、ＲＦ信号供給源整合に関する比較的低いデフォルトのインダクタンス、および、キャビティ整合に関する比較的高いデフォルトのインダクタンスを選択することが可能である。

【００７６】

しかし、システム・コントローラがロード特性に関する事前分析による情報を有していることを仮定すると、システム・コントローラは、最適な初期整合点の近くに初期の構成を確立しようと試みることが可能である。たとえば、再び図１０を参照すると、第１のタイプのロードに関する最適な初期整合点１０１２は、ネットワークの最大値の約８０パーセントのキャビティ整合（たとえば、ネットワーク４１１によって実装される）を有しており、また、ネットワークの最大値の約１０パーセントのＲＦ信号供給源整合（たとえば、ネットワーク４１０によって実装される）を有している。可変インダクタンス・ネットワークのそれぞれが、たとえば、図５のネットワーク５００と同様の構造体を有していると仮定し、そして上記の表１にある状態が第１のタイプのロードに適用されると仮定すると、システム・コントローラは、キャビティ整合ネットワーク（たとえば、ネットワーク４１１）が状態１２（すなわち、ネットワーク４１１の最大限可能なインダクタンスの約８０パーセント）を有し、ＲＦ信号供給源整合ネットワーク（たとえば、ネットワーク４１０）が状態２（すなわち、ネットワーク４１０の最大限可能なインダクタンスの約１０パーセント）を有するように、可変インダクタンス・ネットワークを初期化することが可能である。逆に、第２のタイプのロードに関する最適な初期整合点１０２２は、ネットワークの最大値の約４０パーセントのキャビティ整合（たとえば、ネットワーク４１１によって実装される）を有しており、また、ネットワークの最大値の約１０パーセントのＲＦ信号供給源整合（たとえば、ネットワーク４１０によって実装される）を有している。したがって、第２のタイプのロードに関して、システム・コントローラは、キャビティ整合ネットワーク（たとえば、ネットワーク４１１）が状態６（すなわち、ネットワーク４１１の最大限可能なインダクタンスの約４０パーセント）を有し、ＲＦ信号供給源整合ネットワーク（たとえば、ネットワーク４１０）が状態２（すなわち、ネットワーク４１０の最大限可能なインダクタンスの約１０パーセント）を有するように、可変インダクタンス・ネットワークを初期化することが可能である。

【００７７】

再び図９を参照すると、初期の可変整合ネットワーク構成が確立されると、システム・コントローラは、必要な場合には、可変インピーダンス整合ネットワークの構成を調節するプロセス９１０を実施し、整合の品質を示す実際の測定値に基づいて、許容可能な整合または最良の整合を見出すことが可能である。ある実施形態によれば、このプロセスは、ブロック９１２において、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０）から比較的低電力のＲＦ信号を可変インピーダンス整合ネットワークを通して第１の電極（たとえば、第１の電極３７０）に供給させる工程を含む。システム・コントローラは、電源およびバイアス回路（たとえば、回路３５０、図３）への制御信号を通して、ＲＦ信号電力レベルを制御することが可能であり、ここで、その制御信号によって、電源およびバイアス回

路は、所望の信号電力レベルに一致する供給およびバイアス電圧を増幅器（たとえば、増幅段３４４、３４６、図３）に提供する。たとえば、比較的低電力のＲＦ信号は、約１０Ｗから約２０Ｗの範囲にある電力レベルを有する信号であることが可能であるが、異なる電力レベルも代替的に使用され得る。キャビティまたはロードを損傷させるリスク（たとえば、高い反射電力を引き起こす場合）を低減させるため、および、可変インダクタンス・ネットワークのコンポーネントのスイッチングを損傷させるリスク（たとえば、スイッチ接点に亘るアーク放電に起因する）を低減させるために、整合調節プロセス９１０の間は比較的低電力レベルの信号が望ましい。

【００７８】

次いで、ブロック９１４において、電力検出回路（たとえば、電力検出回路３８０、図３）は、ＲＦ信号供給源と第１の電極との間の伝達経路（たとえば、経路３４８、図３）に沿って、順方向電力および反射電力を測定し、それらの測定値をシステム・コントローラに提供する。次いで、システム・コントローラは、反射信号電力と順方向信号電力との間の比を決定することが可能であり、また、その比に基づいて、システムに関するＳ１１パラメータを決定することが可能である。ある実施形態では、システム・コントローラは、将来の評価または比較のために、計算された比および／またはＳ１１パラメータを記憶することが可能である。

【００７９】

ブロック９１６において、システム・コントローラは、順方向信号電力に対する反射信号電力の比および／またはＳ１１パラメータに基づいて、可変インピーダンス整合ネットワークによって提供される整合が許容可能であるかどうか（たとえば、比が１０パーセント以下であるか、または、任意の他の基準と比較して遜色ないなど）を決定することが可能である。代替的に、システム・コントローラは、整合が「最良の」整合であるかどうかを決定するように構成され得る。たとえば、可能性のあるすべてのインピーダンス整合ネットワーク構成（または、少なくとも、インピーダンス整合ネットワーク構成の所定のサブセットに関して）に関して順方向ＲＦ電力および反射ＲＦ電力を反復的に測定することによって、ならびに、どの構成が最も低い順方向電力に対する反射電力の比を結果として生じさせるかを決定することによって、「最良の」整合は決定され得る。

【００８０】

システム・コントローラが、整合が許容可能ではない、または最良整合ではないと決定した場合、システム・コントローラは、ブロック９１８において、可変インダクタンス整合ネットワークを再構成することによって、整合を調節することが可能である。たとえば、これは、制御信号を可変インピーダンス整合ネットワークに送ることによって実現され得、それにより、（たとえば、可変インダクタンス・ネットワーク４１０、４１１が異なるインダクタンス状態を有するようにすることによって）ネットワークがネットワークの中の可変インダクタンスを増加および／または減少させる。可変インダクタンス・ネットワークを再構成した後に、ブロック９１６において、許容可能な整合または最良の整合が決定されるまで、ブロック９１４、９１６、および９１８が反復的に実施され得る。

【００８１】

許容可能な整合または最良の整合が決定されると、解凍動作が開始することが可能である。解凍動作の開始は、ブロック９２０において、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０）によって供給されるＲＦ信号の電力を比較的高電力のＲＦ信号まで増加させる工程を含む。ここでも、システム・コントローラは、電源およびバイアス回路（たとえば、回路３５０、図３）への制御信号を通して、ＲＦ信号電力レベルを制御することが可能であり、ここで、制御信号によって、電源およびバイアス回路が、所望の信号電力レベルに一致する供給およびバイアス電圧を増幅器（たとえば、増幅段３４４、３４６、図３）に提供する。たとえば、比較的高電力のＲＦ信号は、約５０Ｗから約５００Ｗの範囲にある電力レベルを有する信号であることが可能であるが、異なる電力レベルも代替的に使用され得る。

【００８２】

次いで、ブロック９２２において、電力検出回路（たとえば、電力検出回路３８０、図３）が、ＲＦ信号供給源と第１の電極との間の伝達経路（たとえば、経路３４８、図３）に沿って、順方向電力および反射電力を周期的に測定し、それらの測定値をシステム・コントローラに提供する。システム・コントローラは、再び、反射信号電力と順方向信号電力との間の比を決定することが可能であり、また、その比に基づいて、システムに関するＳ１１パラメータを決定することが可能である。ある実施形態では、システム・コントローラは、将来の評価または比較のために、計算された比および／またはＳ１１パラメータを記憶することが可能である。ある実施形態によれば、順方向電力および反射電力の周期的な測定値が（たとえば、ミリ秒のオーダーの）極めて高い周波数で取られるか、または（たとえば、秒のオーダーの）極めて低い周波数で取られ得る。たとえば、周期的な測定値を取るための極めて低い周波数は、１０秒から２０秒ごとに１回の測定のレートであることが可能である。

【００８３】

ブロック９２４において、システム・コントローラは、１つまたは複数の計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の比、および／または、１つまたは複数の計算されたＳ１１パラメータに基づいて、可変インピーダンス整合ネットワークによって提供される整合が許容可能であるかどうかを決定することが可能である。たとえば、システム・コントローラは、この決定を行う際に、単一の計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の比もしくはＳ１１パラメータを使用することが可能であり、または、この決定を行う際に、いくつかの以前に計算された順方向電力に対する反射電力の比もしくはＳ１１パラメータの平均（または、他の計算）をとることが可能である。整合が許容可能であるかどうかを決定するために、システム・コントローラは、たとえば、計算された比および／またはＳ１１パラメータを閾値と比較することが可能である。たとえば、１つの実施形態では、システム・コントローラは、計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の比を１０パーセント（または、任意の他の値）の閾値と比較することが可能である。１０パーセントを下回る比は、整合が依然として許容可能であることを示すことができ、１０パーセントを上回る比は、整合が許容可能ではないことを示すことができる。計算された比またはＳ１１パラメータが閾値よりも大きく（すなわち、比較が好ましくなく）、許容不可能な整合を示す場合、システム・コントローラは、次いで、プロセス９１０を再び実施することによって、可変インピーダンス整合ネットワークの再構成を開始することが可能である。

【００８４】

以前に議論されているように、可変インピーダンス整合ネットワークによって提供される整合は、ロードが温まるにつれて、ロード（たとえば、ロード３１６、図３）のインピーダンス変化に起因して、解凍動作を通じて低下する可能性がある。キャビティ整合インダクタンスを減少させることによって（たとえば、可変インダクタンス・ネットワーク４１１のインダクタンスを減少させることによる、図４）、および、ＲＦ信号供給源インダクタンスを増加させることによって（たとえば、可変インダクタンス・ネットワーク４１０のインダクタンスを増加させることによる、図４）、最適なキャビティ整合が、解凍動作を通じて維持され得ることが観察された。再び図１０を参照すると、たとえば、解凍動作の終了における第１のタイプのロードに関する最適な整合は、点１０１４によって示されており、解凍動作の終了における第２のタイプのロードに関する最適な整合は、点１０２４によって示されている。両方のケースにおいて、解凍動作の開始と完了との間の最適な整合の追従は、キャビティ整合のインダクタンスを徐々に減少させること、および、ＲＦ信号供給源整合のインダクタンスを徐々に増加させることを必要とする。

【００８５】

ある実施形態によれば、可変インピーダンス整合ネットワークを再構成する反復的なプロセス９１０において、システム・コントローラは、この傾向を考慮に入れることが可能である。より具体的には、ブロック９１８において可変インピーダンス整合ネットワークを再構成することによって整合を調節するとき、システム・コントローラは、より低いイン

ダクタンス（キャビティ整合、またはネットワーク４１１に関して、図４）、および、より高いインダクタンス（ＲＦ信号供給源整合、またはネットワーク４１０に関して、図４）に対応する、キャビティ整合およびＲＦ信号供給源整合に関する可変インダクタンス・ネットワークの状態を初めに選択することが可能である。予期される最適な整合軌跡（たとえば、図１０に図示されるもの）を辿る傾向があるインピーダンスを選択することによって、これらの傾向を考慮に入れない再構成プロセスと比較したときに、可変インピーダンス整合ネットワークの再構成プロセス９１０を実施するまでの時間が短縮され得る。

【００８６】

代替的な実施形態では、システム・コントローラは、その代わりに、隣接するそれぞれの構成を反復的に試験し、許容可能な構成を決定することを試みることが可能である。たとえば、再び上記の表１を参照すると、現在の構成が、キャビティ整合ネットワークに関する状態１２、および、ＲＦ信号供給源整合ネットワークに関する状態３に対応している場合には、システム・コントローラは、キャビティ整合ネットワークに関して、状態１１および／または状態１３を試験することが可能であり、また、ＲＦ信号供給源整合ネットワークに関して、試験状態２および／または状態４を試験することが可能である。それらの試験が、好ましい結果（すなわち、許容可能な整合）を生み出さない場合には、システム・コントローラは、キャビティ整合ネットワークに関して、状態１０および／または状態１４を試験することが可能であり、また、ＲＦ信号供給源整合ネットワークに関して、状態１および／または状態５を試験することが可能であり、以下同様に続く。

【００８７】

実際上は、システム・コントローラが、許容可能なインピーダンス整合を有するようにシステムを再構成するために用いることができる、さまざまな異なる探索方法が存在しており、それは、可能性のあるすべての可変インピーダンス整合ネットワーク構成を試験することを含む。許容可能な構成を探索する任意の合理的な方法が、本発明の主題の範囲内に入るものと考えられる。いずれにしても、許容可能な整合がブロック９１６において決定されると、解凍動作がブロック９２０において再開され、プロセスが反復し続ける。

【００８８】

再度ブロック９２４を参照すると、１つもしくは複数の計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の比、および／または、１つもしくは複数の計算されたＳ１１パラメータに基づいて、可変インピーダンス整合ネットワークによって提供される整合が依然として許容可能である（たとえば、計算された比またはＳ１１パラメータが閾値よりも小さい、または、比較が好ましい）ことをシステム・コントローラが決定するとき、システムは、ブロック９２６において、出口条件が生じたかどうかを評価することが可能である。実際上は、出口条件が生じたかどうかの決定は、解凍プロセスの間の任意の点において生じ得る割り込み駆動のプロセスであることが可能である。しかし、図９のフローチャートにそれを含める目的のために、プロセスはブロック９２４の後に生じるように示されている。

【００８９】

いずれにしても、いくつかの条件が、解凍動作の中断を保証することが可能である。たとえば、システムは、安全インターロックが破壊されたときに、出口条件が生じたことを決定することが可能である。代替的に、ユーザによって（たとえば、ユーザ・インタフェース３２０を通して、図３）設定されたタイマが満了したときに、または、どの程度長く解凍動作を実施すべきであるかというシステム・コントローラの概算に基づいて、システム・コントローラによって確立されたタイマが満了したときに、システムは、出口条件が生じたことを決定することが可能である。さらなる別の代替的な実施形態では、図１１および図１２に関連してより詳細に説明されるように、システムは、その他の方法で、解凍動作の完了を検出することが可能である。

【００９０】

出口条件が生じていない場合には、ブロック９２２および９２４（および、必要に応じて、整合ネットワーク再構成プロセス９１０）を反復的に実施することによって、解凍動作が継続することが可能である。出口条件が生じた場合、ブロック９２８において、システテ

ム・コントローラは、ＲＦ信号供給源によるＲＦ信号の供給を中止させる。たとえば、システム・コントローラは、ＲＦ信号発生器（たとえば、ＲＦ信号発生器３４２、図３）を無効にすることが可能であり、および／または、電源およびバイアス回路（たとえば、回路３５０、図３）に供給電流の提供を中止させることが可能である。それに加えて、システム・コントローラは、ユーザ・インタフェース（たとえば、ユーザ・インタフェース３２０、図３）に信号を送ることが可能であり、それにより、ユーザ・インタフェースが、（たとえば、ディスプレイ・デバイスの上に「ドア開」もしくは「終了」を表示させることによって、または、可聴音を提供することによって）ユーザが知覚できる出口条件の標識を生成する。次いで、方法は終了することが可能である。

【００９１】

上記に示されているように、解凍システムは、解凍動作が完了したときを決定するように構成され得る。より具体的には、解凍システムは、以前に冷凍されたロードが所望の解凍の状態に到達するまでの時間を推定するように構成され得る。たとえば、所望の解凍の状態は、ロードの平均温度が摂氏約－４度から摂氏約－２度の範囲にある状態であることが可能である。代替的に、所望の解凍の状態は、ロードの平均温度が摂氏約－２度から摂氏約０度の範囲にある状態であることが可能である。所望の解凍の状態は、同様に、ロードが別の温度または温度範囲にあるときの状態であることも可能である。

【００９２】

ある実施形態によれば、解凍動作の完了を決定する方法は、解凍動作の間の既知のロードの観察された典型的なインピーダンスの変化率と比較した、解凍動作全体を通した、ロードに関するインピーダンスの変化率の観察に基づく。方法の実施形態の理解を促進するために、典型的なロードに関する典型的なインピーダンス変化の応答を図示するチャートが、図１１に提供されている。より具体的には、図１１は、典型的なロードに関するロード温度を、順方向電力に対する反射電力の比（Ｒ／Ｆ比）の変化率またはＳ１１パラメータの変化に対してプロットしたチャートである。

【００９３】

トレース１１１０が示しているように、平均ロード温度が比較的低い温度範囲１１２０（たとえば、摂氏約－２０度と摂氏－１５度との間の温度の範囲）に入るときに、順方向電力に対する反射電力の比またはＳ１１パラメータの変化率（たとえば、電力検出回路３８０によって測定され、システム・コントローラ３３０によって計算される、図３）は、解凍動作の開始時に急速に増加し得る。本明細書で使用される場合、この低い温度範囲１１２０は「サブ・プラトー温度範囲」と称される。平均ロード温度が第１の温度閾値１１２２（本明細書では「下限プラトー温度」と称される）を上回って増加するとき、順方向電力に対する反射電力の比またはＳ１１パラメータの変化率は著しく減少し、比較的一定したレートに安定化する（すなわち、変化率が「プラトー（平坦域）」に到る）。このより低く、比較的安定した変化率（本明細書で「プラトーレート」と称される）は、比較的幅の広い第２の温度範囲１１３０（本明細書で「プラトー温度範囲」と称される）を通して観察され得る。たとえば、プラトー温度範囲１１３０は、摂氏約－１５度と摂氏約－３度との間に及ぶことが可能であり、プラトー温度範囲１１３０の上側温度閾値は、本明細書では「上限プラトー温度」１１３２と称される。代替的に、プラトー温度範囲は、（たとえば、摂氏約－８度と摂氏約－４度との間の温度の範囲を含むように）より狭く定義され得る。さらに、プラトー温度範囲１１３０より上（すなわち、上限プラトー温度１１３２より上の）温度において、順方向電力に対する反射電力の比またはＳ１１パラメータの変化率は、再び、急速に増加し始める。たとえば、順方向電力に対する反射電力の比またはＳ１１パラメータの高い変化率は、摂氏約－３度において起こり始める可能性があり、また、「超プラトー温度範囲」１１４０を通して継続することが可能であり、「超プラトー温度範囲」１１４０は、摂氏０度までおよび摂氏０度を超えて及ぶ。

【００９４】

図１２に関連して詳細に下記に説明されるように、システム・コントローラは、反射電力に対する順方向電力またはＳ１１パラメータの変化率を監視し、解凍動作が完了したと考

えられ、休止されるべき時間を決定することが可能である。より具体的には、図１２Ａおよび図１２Ｂを含む図１２は、例示的な実施形態による、解凍動作の終了の自動検出を伴う解凍システム（たとえば、システム１００、２１０、２２０、３００、７００、図1～図３、図７）を作動させる方法のフローチャートである。図１２の方法において実施されるいくつかの動作は、図９の方法において実施される対応する動作と実質的に同様である。そのような類似性が存在する場合には、それらを指摘し、そのような動作の詳細は、簡略化の目的のために詳細には議論しない。図９の動作に関連して議論されている詳細は、図１２の同様の動作に等しく当てはまることが理解されるべきである。

【００９５】

最初に図１２Ａを参照すると、またある実施形態によれば、ブロック１２０２（ブロック９０２と実質的に同様である、図９）において、システム・コントローラ（たとえば、システム・コントローラ３３０、図３）が、解凍動作が開始すべき旨の指示を受け取ったときに、方法が始まることが可能である。さまざまな実施形態によれば、システム・コントローラは、加えて、かつ随意的に、ロード・タイプ（たとえば、肉、液体、または他の材料）、初期ロード温度、および／またはロード重量を示す追加的な入力を受け取ることが可能である。上記に議論されているように、ロード・タイプ、初期ロード温度、および／またはロード重量を示す入力を受け取ることは随意的なものであり、システムは、代替的に、これらの入力のうちのいくつかまたはすべてを受け取らなくてもよい。

【００９６】

ブロック１２０４（ブロック９０４と実質的に同様である、図９）において、システム・コントローラは、制御信号を可変整合ネットワーク（たとえば、ネットワーク３６０、４００、図３、図４）に提供し、可変整合ネットワークに関する初期の構成または状態を確立する。初期の可変整合ネットワーク構成が確立されると、次いで、システム・コントローラは、必要な場合には、可変インピーダンス整合ネットワークの構成を調節するプロセス１２１０（プロセス９１０と実質的に同様である、図９）を実施し、整合の品質を示す実際の測定値に基づいて、許容可能な整合または最良の整合を見出すことが可能である。

【００９７】

許容可能な整合または最良の整合が決定されると、解凍動作が開始することが可能である。解凍動作の開始は、ブロック１２１２（ブロック９２０と実質的に同様である、図９）において、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０）によって供給されるＲＦ信号の電力を比較的高電力のＲＦ信号まで増加させる工程を含む。

【００９８】

ある実施形態によれば、システム・コントローラが、（たとえば、温度センサまたはＩＲセンサ３９０、７９２から受け取られる、図３、図７）ロードに関する開始温度の測定値を持っている場合には、システムは、決定ブロック１２１４において、開始温度が下限プラトー温度（たとえば、温度１１２２、図１１）よりも高いかどうかの決定を行うことが可能である。高くない場合には、システムは、ロードの温度がサブ・プラトー温度範囲（たとえば、範囲１１２０、図１１）の中にある状態で、初期解凍動作を実施する。より具体的には、ブロック１２１６（ブロック９２２と実質的に同様である、図９）において、電力検出回路（たとえば、電力検出回路３８０、図３）が、ＲＦ信号供給源と第１の電極との間の伝達経路（たとえば、経路３４８、図３）に沿って、順方向電力および反射電力を周期的に測定し、それらの測定値をシステム・コントローラに提供する。システム・コントローラは、反射信号電力と順方向信号電力との間の比を決定することが可能であり、その比に基づいて、システムに関するＳ１１パラメータを決定することが可能である。ある実施形態によれば、計算された比および／またはＳ１１パラメータの変化率を決定する際に使用するために、システム・コントローラは、複数の計算された比および／またはＳ１１パラメータを記憶する。

【００９９】

ブロック１２１８（ブロック９２４と実質的に同様である、図９）において、システム・コントローラは、１つもしくは複数の計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の

比、および／または、１つもしくは複数の計算されたＳ１１パラメータに基づいて、可変インピーダンス整合ネットワークによって提供される現在の整合が許容可能であるかどうかを決定することが可能である。ある実施形態では、整合が許容可能であるかどうかを決定するために、システム・コントローラは、計算された比および／またはＳ１１パラメータを閾値と比較することが可能である。たとえば、１つの実施形態では、システム・コントローラは、計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の比を１０パーセント（または、任意の他の値）の閾値と比較することが可能である。１０パーセントを下回る比は、整合が依然として許容可能であることを示すことができ、１０パーセントを上回る比は、整合が許容可能ではないことを示すことができる。計算された比またはＳ１１パラメータが閾値よりも大きく（すなわち、比較が好ましくなく）、許容不可能な整合を示す場合、システム・コントローラは、次いで、プロセス１２１０を再び実施することによって、可変インピーダンス整合ネットワークの再構成を開始することが可能である。

【０１００】

再度ブロック１２１８を参照すると、１つもしくは複数の計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の比、および／または、１つもしくは複数の計算されたＳ１１パラメータに基づいて、可変インピーダンス整合ネットワークによって提供される整合が依然として許容可能である（たとえば、計算された比またはＳ１１パラメータが閾値よりも小さい、または、比較が好ましい）ことをシステム・コントローラが決定するとき、システム・コントローラは、ブロック１２２０において、順方向電力に対する反射電力の比の変化率（または、Ｓ１１パラメータの変化率）を計算することが可能である。たとえば、直近に計算された比の数値（Ｘ）を使用して数学的な計算を実施する（たとえば、平均または標準偏差を計算する）ことによって、変化率が計算され得、ここで、Ｘは、たとえば、２から１０の範囲の整数であることが可能である。換言すれば、Ｘの直近に計算された比のスライドする窓（ウィンドウ）に対して数学的な計算を実施することによって、システム・コントローラは、順方向電力に対する反射電力の比の変化率（または、Ｓ１１パラメータの変化率）を計算する。

【０１０１】

別の実施形態によれば、整合ネットワークがどの程度頻繁に再構成されているかという観点から（すなわち、ブロック１２１０において）、システム・コントローラは、順方向電力に対する反射電力の比の変化率（または、Ｓ１１パラメータの変化率）を定量化することが可能である。整合ネットワークを再構成する頻度が低いことは、順方向電力に対する反射電力の比がそれほど急なレートで変化していないことを暗示している。逆に、整合ネットワークを再構成する頻度が高いことは、順方向電力に対する反射電力の比がかなり急なレートで変化していることを暗示している。

【０１０２】

ブロック１２２２において、システム・コントローラは、順方向電力に対する反射電力の比の変化率（または、Ｓ１１パラメータの変化率）がプラトーレートよりも大きいかどうかの決定を行う。代替的に、システム・コントローラは、整合ネットワークが再構成される頻度が閾値を超えている（したがって、変化率がプラトーレートよりも大きいことを暗示している）かどうかの決定を行うことが可能である。図１１に関連して以前に議論されているように、プラトーレートは、ロード温度がプラトー温度範囲（たとえば、プラトー温度範囲１１３０、図１１）の中にあるときに典型的なロードが経験し得る、順方向信号電力に対する反射信号電力の比（または、Ｓ１１パラメータ）の比較的一定した変化率である。

【０１０３】

変化率がプラトーレートよりも大きいことをシステム・コントローラが決定した場合、ロード温度が依然としてサブ・プラトー温度範囲（たとえば、範囲１１２０、図１１）の中にあるという仮定が行われ、プロセスは、ブロック１２１６、１２１８、および１２２０を繰り返す。しかし、変化率がプラトーレートよりも大きくないことをシステム・コントローラが最初に決定した場合、ロード温度がプラトー温度範囲（たとえば、範囲１１３０

、図１１）に移行したという仮定が行われる。この時点において、システム・コントローラは、解凍プロセスが実施される時間の量を監視し始め、プロセスの完了を予測する。

【０１０４】

この目的のために、また図１２Ｂのブロック１２５０に進み、システム・コントローラは、システムが解凍動作を実施している時間の量を監視することに関連付けられる「プラトー領域」のカウントダウンまたはカウントアップ・タイマを初期化して開始させる。ロード温度がプラトー温度範囲（たとえば、温度範囲１１３０、図１１）にちょうど進入したところであると仮定されるので、タイマは、基本的には、ロード温度がプラトー温度範囲の中にある状態で、どの程度の時間にわたってシステムが解凍動作を実施しているかの経過を追うために使用される。代替的に、タイマを使用するのではなく、システム・コントローラは、（たとえば、ブロック１２５２において）順方向電力に対する反射電力の比（または、Ｓ１１パラメータ）が計算される回数を監視するカウンタを初期化することが可能である。いずれのケースでも、システムは、後に（ブロック１２６０において）決定されるように、プラトー領域タイマまたはカウンタが特定の限界値に到達したときに解凍動作が完了しているものと仮定する。

【０１０５】

ある実施形態によれば、システムは、システムが所望の解凍中断温度（たとえば、上限プラトー温度１１３２、図１１、または、いくらか低いもしくは高い温度）までロードの温度を増加させるのに十分なＲＦ電力をロードに提供するのにかかる時間の量（または、カウントの数）に対応する限界値を決定する。ロードが解凍中断温度になるまでの時間の量は、ロードによって吸収されるＲＦ電力の量（これは、整合の品質、および、ＲＦ電力が提供される時間の累積的な持続期間の反映である）、ロードの重量、ならびに、ロードの材料特性に依存する。これらの変数は、測定および分析を通してシステム・コントローラによって決定もしくは推定され、および／または、ユーザによって提供される情報もしくはセンサによって提供される情報に基づいて、システム・コントローラによって決定もしくは推定される。いずれにしても、またある実施形態によれば、プラトー領域タイマまたはカウンタは、約５分（たとえば、より小さいまたはより低いインピーダンスのロードに関する）から約２０分（たとえば、より大きいまたはより高いインピーダンスのロードに関する）の範囲にある期間の後に満了するように制御され得るが、タイマまたはカウンタは、同様に、より短いまたはより長い持続期間の後に満了するように制御され得る。

【０１０６】

ブロック１２５２（ブロック９２２と実質的に同様である、図９）において、電力検出回路（たとえば、電力検出回路３８０、図３）は、ＲＦ信号供給源と第１の電極との間の伝達経路（たとえば、経路３４８、図３）に沿って、順方向電力および反射電力を周期的に測定し始め、それらの測定値をシステム・コントローラに提供する。システム・コントローラは、再び、反射信号電力と順方向信号電力との間の比を決定することが可能であり、また、その比に基づいて、システムに関するＳ１１パラメータを決定することが可能である。ある実施形態では、システム・コントローラは、将来の評価または比較のために、計算された比および／またはＳ１１パラメータを記憶することが可能である。

【０１０７】

ブロック１２５４（ブロック９２４と実質的に同様である、図９）において、システム・コントローラは、１つもしくは複数の計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の比、および／または、１つもしくは複数の計算されたＳ１１パラメータに基づいて、可変インピーダンス整合ネットワークによって提供される整合が許容可能であるかどうかを再び決定することが可能である。たとえば、システム・コントローラは、この決定を行う際に、単一の計算された順方向信号電力に対する反射信号電力の比もしくはＳ１１パラメータを使用することが可能であり、または、この決定を行う際に、いくつかの以前に計算された順方向電力に対する反射電力の比もしくはＳ１１パラメータの平均（または、他の計算）をとることが可能である。整合が許容可能であるかどうかを決定するために、システム・コントローラは、たとえば、計算された比および／またはＳ１１パラメータを閾値と

比較することが可能である。

【０１０８】

それに加えて、システム・コントローラは、プラトー領域タイマを増加させせることが可能であり（ただし、これは連続的に行われてもよい）、または、（たとえば、順方向電力に対する反射電力の比が計算された回数を示す）プラトー領域カウンタを増加させせることが可能である。

【０１０９】

計算された比またはＳ１１パラメータが閾値よりも大きく（すなわち、比較が好ましくない）、許容不可能な整合を示している場合、次いで、システム・コントローラは、プロセス１２５６（プロセス９１０と実質的に同様である、図９）を実施することによって、可変インピーダンス整合ネットワークの再構成を開始することが可能である。ある実施形態によれば、プラトー領域タイマは、整合ネットワークが再構成されている間は一時停止され得る。可変インピーダンス整合ネットワークを再構成することによって、許容可能な整合が実現されると、システムは、ブロック１２５８（ブロック９２０と実質的に同様である、図９）を実施することによって解凍プロセスを再開することが可能であり、ブロック１２５８において、システム・コントローラは、ＲＦ信号供給源（たとえば、ＲＦ信号供給源３４０）によって供給されるＲＦ信号の電力を比較的高い電力のＲＦ信号まで増加させる。次いで、システムはブロック１２５２に戻る。

【０１１０】

再びブロック１２５４を参照すると、計算された比またはＳ１１パラメータが閾値よりも大きくなく（すなわち、比較が好ましい）、許容可能な整合を示している場合、次いで、システム・コントローラは、ブロック１２６０において、プラトー領域タイマ／カウンタが限界値よりも小さい（または、タイマが満了していない）かどうかの決定を行うことが可能である。

【０１１１】

プラトー領域タイマ／カウンタが限界値よりも小さい（または、満了している）場合には、システム・コントローラは、解凍プロセスが完了したことを決定することが可能である。解凍プロセスが完了したことをシステム・コントローラが決定した場合、次いで、ブロック１２６６において、システム・コントローラは、ＲＦ信号供給源によるＲＦ信号の供給を中止させせる。たとえば、システム・コントローラは、ＲＦ信号発生器（たとえば、ＲＦ信号発生器３４２、図３）を無効にすることが可能であり、および／または、電源およびバイアス回路（たとえば、回路３５０、図３）に供給電流の提供を中止させせることが可能である。それに加えて、システム・コントローラは、ユーザ・インタフェース（たとえば、ユーザ・インタフェース３２０、図３）に信号を送ることが可能であり、それにより、ユーザ・インタフェースが、（たとえば、ディスプレイ・デバイスの上に「終了」を表示することによって、または可聴音を提供することによって）ユーザが知覚できる解凍プロセスの完了の標識を生成する。次いで、方法は、終了することが可能である。

【０１１２】

プラトー領域タイマ／カウンタが限界値よりも小さい（または、満了していない）場合には、次いで、ブロック１２６２（上記に説明されているブロック１２２０と実質的に同様である）において、システム・コントローラは、順方向電力に対する反射電力の比の変化率（または、Ｓ１１パラメータの変化率）を計算することが可能である。ここでも、たとえば、直近に計算された比の数値（Ｘ）を使用して数学的な計算を実施する（たとえば、平均または標準偏差を計算する）ことによって、変化率が計算され得る。別の実施形態によれば、整合ネットワークがどの程度頻繁に再構成されているかという観点から（すなわち、ブロック１２５６において）、システム・コントローラは、順方向電力に対する反射電力の比の変化率（または、Ｓ１１パラメータの変化率）を定量化することが可能である。

【０１１３】

ブロック１２６４において、システム・コントローラは、順方向電力に対する反射電力の比の変化率（または、Ｓ１１パラメータの変化率）がプラトーレートよりも大きいかどう

かの決定を行う。代替的に、システム・コントローラは、整合ネットワークが再構成される頻度が閾値を超えている（したがって、変化率がプラトーレートよりも大きいことを暗示している）かどうかの決定を行うことも可能である。

【０１１４】

変化率がプラトーレートよりも大きくない（または、変化率がプラトーレートと比較して勝っている）とシステム・コントローラが決定した場合、ロード温度が依然としてプラトー温度範囲（たとえば、範囲１１３０、図１１）の中にあるという仮定が行われ、プロセスは、ブロック１２５２、１２５４、および１２６０を繰り返す。しかし、変化率がプラトーレートよりも大きい（または、変化率がプラトーレートと比較して劣っている）とシステム・コントローラが決定した場合には、ロード温度は超プラトー温度範囲（たとえば、範囲１１４０、図１１）に移行したという仮定が行われる。この時点において、システム・コントローラは、解凍プロセスが完了したことを決定することが可能である。

【０１１５】

ここでも、解凍プロセスが完了したということをシステム・コントローラが決定した場合、次いで、ブロック１２６６において、システム・コントローラは、ＲＦ信号供給源によるＲＦ信号の供給を中止させ、システム・コントローラは、ユーザ・インタフェース（たとえば、ユーザ・インタフェース３２０、図３）に信号を送ることが可能であり、それにより、ユーザ・インタフェースが、（たとえば、ディスプレイ・デバイスの上に「終了」を表示することによって、または可聴音を提供することによって）ユーザが知覚できる解凍プロセスの完了の標識を生成する。また、図９のフローチャートに関連して以前に議論されているように、他の出口条件が、同様に、システム・コントローラに解凍動作を中止させることも可能である。どちらにしても、解凍動作が終了されると、方法は、終了することが可能である。

【０１１６】

図９および図１２に示されているブロックに関連する動作の順序は、例示的な実施形態に対応しており、動作の順番を図示されている順序のみに限定するように解釈されるべきではないことが理解されるべきである。その代わりに、いくつかの動作は異なる順序で実施され得、および／または、いくつかの動作は並列に実施され得る。

【０１１７】

本明細書に含まれるさまざまな図に示される接続線は、さまざまな要素同士の間の例示的な機能的関係および／または物理的な結合を表すことが意図されている。多くの代替的なまたは追加的な機能的関係または物理的な接続が、主題の実施形態の中に存在し得ることに留意すべきである。また、それに加えて、特定の専門用語は、参照の目的のためだけに本明細書で使用され得、したがって、限定することを意図しておらず、構造体を参照する「第１の」、「第２の」、および、他のそのような数字の用語は、文脈によって明確に指示されていなければ、順番または順序を暗示してはいない。

【０１１８】

本明細書で使用される場合、「ノード」は、任意の内部もしくは外部参照点、接続点、接合点、信号線、または導電要素を意味し、そこには、所与の信号、ロジック・レベル、電圧、データ・パターン、電流、または量が存在する。そのうえ、２つ以上のノードが、１つの物理的な要素によって実現され得る（そして、２つ以上の信号が共通のノードで受け取られまたは出力される場合でも、多重化され、変調され、または他の方法で区別され得る）。

【０１１９】

先述の説明は、一緒に「接続されている」または「結合されている」要素またはノードまたはフィーチャーを参照している。本明細書で使用される場合、明示的に別途述べられなければ、「接続されている」は、１つの要素が別の要素に直接接合されており（または、直接通信しており）、また、それは、必ずしも機械的にではないことを意味している。同様に、明示的に別途述べられていなければ、「結合されている」は、１つの要素が別の要素に直接的にまたは間接的に接合されており（または、直接的にまたは間接的に通信して

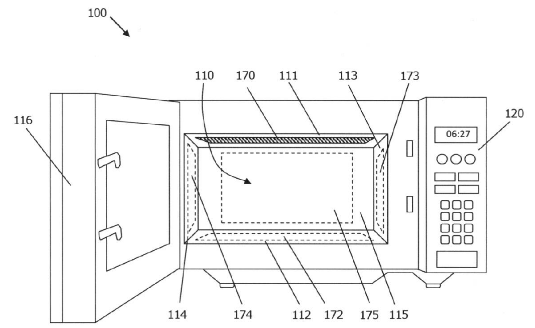
おり）、また、それは、必ずしも機械的にではないことを意味している。したがって、図に示されている概略は、要素の１つの例示的な配置を示しているが、追加的な介在要素、デバイス、フィーチャー、またはコンポーネントが、示されている主題の実施形態の中に存在し得る。

【０１２０】

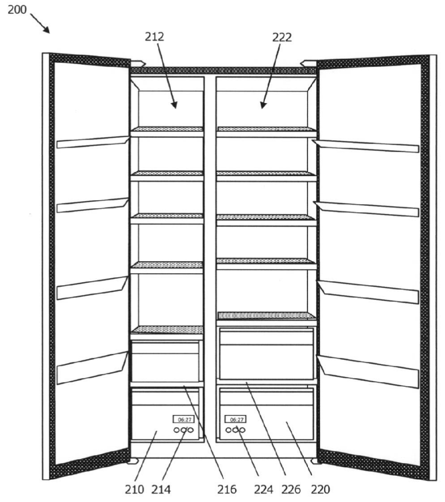
少なくとも１つの例示的な実施形態が、先述の詳細な説明において提示されてきたが、膨大な数の変形例が存在するということが認識されるべきである。また、本明細書に記載される例示的な１つまたは複数の実施形態は、特許請求される主題の範囲、適用可能性、または構成を限定することを決して意図していないことが認識されるべきである。むしろ、先述の詳細な説明は、説明されている１つまたは複数の実施形態を実装するための便利なロード・マップを当業者に提供することとなる。本特許出願の出願時に既知である均等物および予測できる均等物を含む、特許請求の範囲によって定義される範囲から逸脱することなく、要素の機能および配置にさまざまな変更が行われ得ることが理解されるべきである。

【図面】

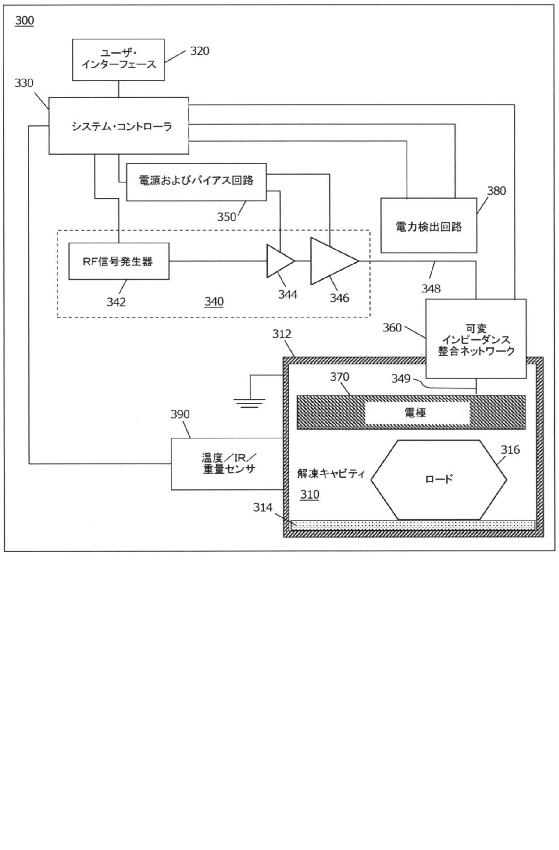
【図１】


100
110
170
111
113
173
116
120
06:27
114
174
112
172
175
115

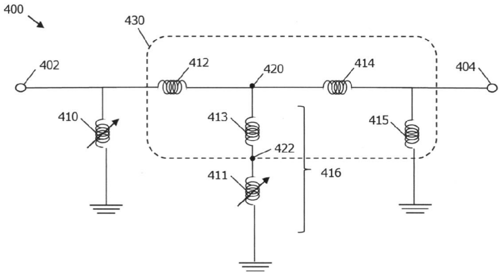
【図２】


200
212
222
06:27
06:27
210
214
216
224
226
220

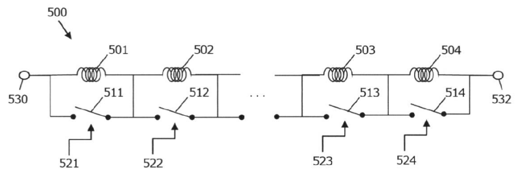
【図３】


300
ユーザ・
インターフェース
320
330
システム・コントローラ
電源およびバイアス回路
350
380
電力検出回路
RF信号発生器
342
340
344
346
348
360
可変
インピーダンス
整合ネットワーク
312
370
349
電極
390
温度／IR／
重量センサ
316
解凍キャビティ
310
ロード
314

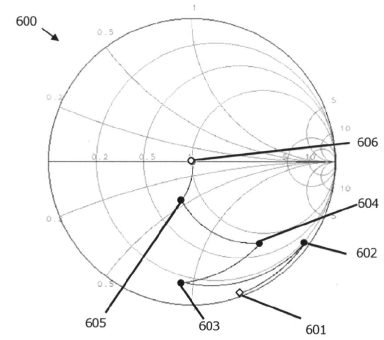
【図４】


400
430
402
412
420
414
404
410
413
422
415
411
416

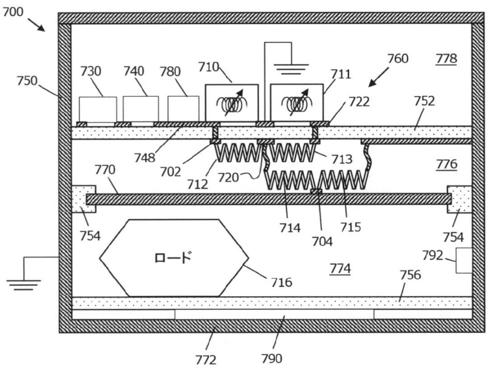
【図５】


500
501
502
503
504
530
511
512
513
514
532
521
522
523
524

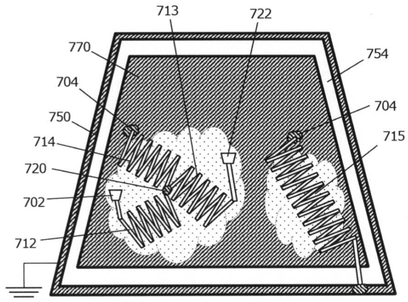
【図６】


600
606
604
602
605
603
601

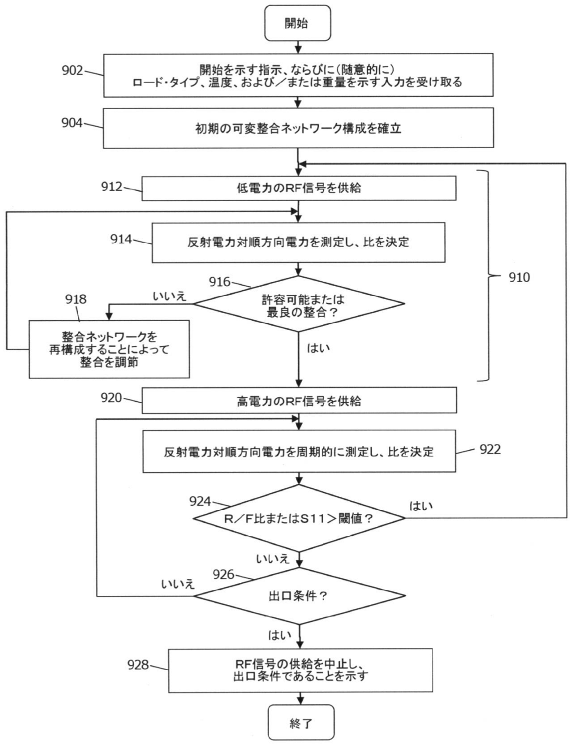
【図７】


700
750
730
740
780
710
760
778
711
722
752
748
702
712
720
713
776
770
714
704
715
754
754
ロード
716
774
792
756
772
790

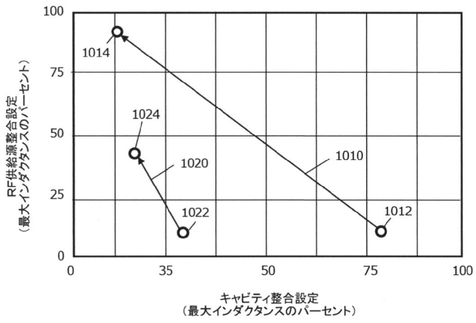
【図８】


713
722
770
754
704
750
714
720
702
712
704
715

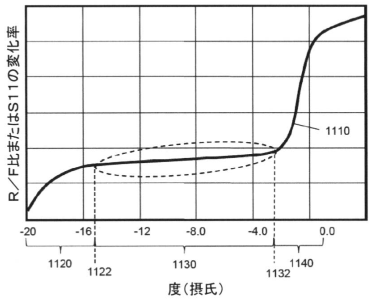
【図９】



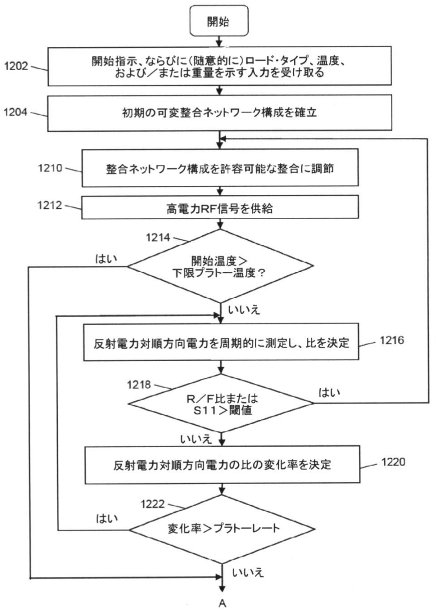
【図１０】



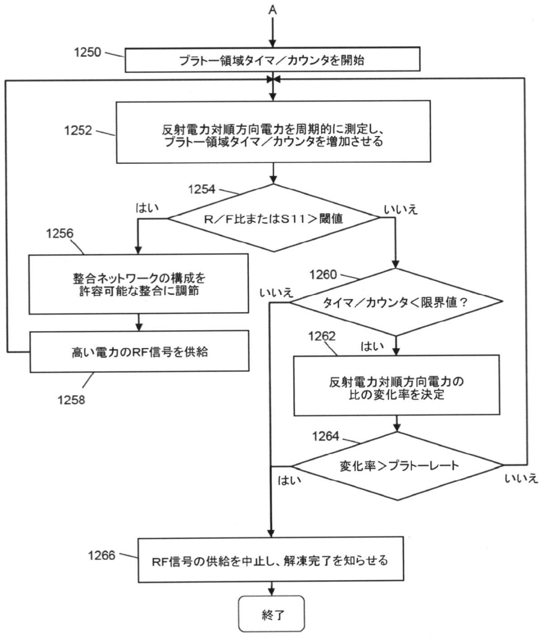
【図１１】



【図１２Ａ】



【図１２Ｂ】


A
1250
プラトー領域タイマ／カウンタを開始
1252
反射電力対順方向電力を周期的に測定し、
プラトー領域タイマ／カウンタを増加させる
1254
はい
R／F比またはS11＞閾値
いいえ
1256
整合ネットワークの構成を
許容可能な整合に調節
1260
いいえ
タイマ／カウンタ＜限界値？
1262
はい
高い電力のRF信号を供給
1258
反射電力対順方向電力の
比の変化率を決定
1264
変化率＞プラトーレート
はい
いいえ
1266
RF信号の供給を中止し、解凍完了を知らせる
終了

フロントページの続き

オースティン　ウィリアム　キャノン　ドライブ　ウエスト　６５０１
(72)発明者　シャオフェイ　キュー
アメリカ合衆国　７８７３５　テキサス州　オースティン　ウィリアム　キャノン　ドライブ　ウエスト　６５０１
(72)発明者　ライオネル　モンジャン
アメリカ合衆国　７８７３５　テキサス州　オースティン　ウィリアム　キャノン　ドライブ　ウエスト　６５０１
(72)発明者　ピエール　マリー　ジーン　ピール
アメリカ合衆国　７８７３５　テキサス州　オースティン　ウィリアム　キャノン　ドライブ　ウエスト　６５０１

審査官　沼田　規好

(56)参考文献　特表２０１４－５２９８７１（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２４７１２８（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０６３３０８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－０５１０７７（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１６／０１９８５３０（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０５Ｂ　６／６８
Ａ２３Ｌ　３／３６５
Ｆ２４Ｃ　７／０２