

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6854323号
(P6854323)

(45) 発行日 令和3年4月7日 (2021. 4. 7)

(24) 登録日 令和3年3月17日 (2021. 3. 17)

(51) Int. Cl.

F I

H O 5 B 6/68 (2006. 01)

H O 5 B 6/54 (2006. 01)

H O 5 B 6/68

H O 5 B 6/54

請求項の数 15 外国語出願 (全 70 頁)

(21) 出願番号	特願2019-133939 (P2019-133939)	(73) 特許権者	504199127
(22) 出願日	令和1年7月19日 (2019. 7. 19)		エヌエックスピー ユーエスエイ インコ
(65) 公開番号	特開2020-77604 (P2020-77604A)		ーポレイテッド
(43) 公開日	令和2年5月21日 (2020. 5. 21)		N X P U S A, I n c.
審査請求日	令和1年9月30日 (2019. 9. 30)		アメリカ合衆国 テキサス州 7 8 7 3 5
(31) 優先権主張番号	16/131, 606		オースティン ウィリアム キャノン
(32) 優先日	平成30年9月14日 (2018. 9. 14)		ドライブ ウェスト 6 5 0 1
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100147485
			弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	230118913
			弁護士 杉村 光嗣
		(74) 代理人	100169823
			弁理士 吉澤 雄郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低損失負荷検出付き解凍装置及びその動作方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線周波数（R F）信号を供給するように構成された R F 信号源と、
前記 R F 信号源に結合された電極と、
前記 R F 信号源と前記電極との間の伝送経路と、
前記伝送経路に結合された電力検出回路と、
コントローラとを具えたシステムであって、
前記伝送経路は、前記 R F 信号を前記 R F 信号源から前記電極へ伝達して、前記電極に
、 R F 電磁エネルギーをキャビティ内へ放射させるように構成され、
前記電力検出回路は、前記伝送経路に沿った順方向 R F 電力値及び反射 R F 電力値の少
なくとも一方を含む R F 電力値を反復的に測定するように構成され、
前記コントローラは、
前記 R F 電力値の変化率に基づいて、前記キャビティ内の負荷が低損失負荷であるこ
とを判定し、
1 つ以上の所望の信号パラメータを有する前記 R F 信号を前記 R F 信号源に供給させ
る
ように構成され、

少なくとも 1 つの可変インピーダンス回路網をさらに具え、該可変インピーダンス回路
網は、少なくとも 1 つの部品構成を有する少なくとも 1 つの可変構成部品を含み、前記少
なくとも 1 つの可変インピーダンス回路網は前記 R F 信号源と前記電極との間に結合され

、
前記コントローラは、
複数の R F 電力値を測定し、該複数の R F 電力値における各 R F 電力値は、前記少なくとも 1 つの可変構成部品の異なる部品構成に関連し、

前記複数の R F 電力値のうち電力値の第 1 閾値よりも大きい R F 電力値の第 1 の個数を
特定する

ことによって、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定するように構成されているシ
ステム。

【請求項 2】

前記コントローラは、前記 R F 電力値の第 1 の個数が、R F 電力値の個数の第 2 閾値よ
りも小さいことを判定することによって、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定す
るように構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

無線周波数 (R F) 信号を供給するように構成された R F 信号源と、
前記 R F 信号源に結合された電極と、
前記 R F 信号源と前記電極との間の伝送経路と、
前記伝送経路に結合された電力検出回路と、
コントローラとを具えたシステムであって、
前記伝送経路は、前記 R F 信号を前記 R F 信号源から前記電極へ伝達して、前記電極に
、 R F 電磁エネルギーをキャビティ内へ放射させるように構成され、

前記電力検出回路は、前記伝送経路に沿った順方向 R F 電力値及び反射 R F 電力値の少
なくとも一方を含む R F 電力値を反復的に測定するように構成され、

前記コントローラは、
前記 R F 電力値の変化率に基づいて、前記キャビティ内の負荷が低損失負荷であるこ
とを判定し、

1 つ以上の所望の信号パラメータを有する前記 R F 信号を前記 R F 信号源に供給させ
る
ように構成され、

少なくとも 1 つの可変インピーダンス回路網をさらに具え、該可変インピーダンス回路
網は、少なくとも 1 つの部品構成を有する少なくとも 1 つの可変構成部品を含み、前記少
なくとも 1 つの可変インピーダンス回路網は前記 R F 信号源と前記電極との間に結合され

、
前記コントローラは、
複数の R F 電力値を測定し、該複数の R F 電力値における各 R F 電力値は、前記少なく
とも 1 つの可変構成部品の異なる部品構成に関連し、

前記複数の R F 電力値における R F 電力値毎に、当該 R F 電力値に関連するポイント得
点を決定し、該ポイント得点は、少なくとも部分的に、当該 R F 電力値に関連する部品構
成によって決定され、

前記 R F 電力値毎の前記ポイント得点を用いて、合計ポイント得点を決定し、
前記合計ポイント得点がポイント得点の閾値よりも小さいことを判定する
ことによって、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定するように構成されているシ
ステム。

【請求項 4】

前記負荷が、前記 R F 信号の周波数において 0 . 0 1 未満の損失正接を有する、請求項
1 または 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

無線周波数 (R F) 信号源と、
電力検出回路と、
コントローラとを具えた熱量増加システムであって、
前記 R F 信号源は、R F 信号を電極に供給して、R F 電磁エネルギーを前記電極に放射

10

20

30

40

50

させるように構成され、

前記電力検出回路は、前記 R F 電磁エネルギーの R F 電力値を反復的に測定して、複数の R F 電力値を生成するように構成され、

前記コントローラは、前記複数の R F 電力値の変化率に基づいて、前記電極に近接した負荷が低損失負荷であることを判定し、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定したことに応答して、前記 R F 信号の 1 つ以上の信号パラメータを決定するように構成され、

前記電極に結合された可変インピーダンス回路網をさらに具え、該可変インピーダンス回路網は複数の構成を有し、前記コントローラは、

前記複数の R F 電力値を測定し、前記複数の R F 電力値における各 R F 電力値は、前記可変インピーダンス回路網の異なる前記構成に関連し、

10

前記複数の R F 電力値のうち、電力値の第 1 閾値よりも大きい R F 電力値の第 1 の個数を特定する

ことによって、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定するように構成されている熱量増加システム。

【請求項 6】

前記コントローラは、前記 R F 電力値の第 1 の個数が、R F 電力値の個数の第 2 閾値よりも小さいことを判定することによって、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定するように構成されている、請求項 5 に記載の熱量増加システム。

【請求項 7】

無線周波数 (R F) 信号源と、

20

電力検出回路と、

コントローラとを具えた熱量増加システムであって、

前記 R F 信号源は、R F 信号を電極に供給して、R F 電磁エネルギーを前記電極に放射させるように構成され、

前記電力検出回路は、前記 R F 電磁エネルギーの R F 電力値を反復的に測定して、複数の R F 電力値を生成するように構成され、

前記コントローラは、前記複数の R F 電力値の変化率に基づいて、前記電極に近接した負荷が低損失負荷であることを判定し、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定したことに応答して、前記 R F 信号の 1 つ以上の信号パラメータを決定するように構成され、

前記電極に結合された可変インピーダンス回路網をさらに具え、該可変インピーダンス整合回路網は複数の構成を有し、前記コントローラは、

30

前記複数の R F 電力値を測定し、前記複数の R F 電力値における各電力値は、前記可変インピーダンス回路網の異なる前記構成に関連し、

前記複数の R F 電力値における R F 電力値毎に、当該 R F 電力値に関連するポイント得点を決定し、

前記 R F 電力値毎の前記ポイント得点を用いて、合計ポイント得点を決定し、

前記合計ポイント得点がポイント得点の閾値よりも小さいことを判定する

ことによって、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定するように構成されている熱量増加システム。

【請求項 8】

40

前記コントローラは、前記電力検出回路が前記複数の R F 電力値を反復的に測定する間に、前記 R F 信号源に前記 R F 信号の周波数を変更させるように構成されている、請求項 5 または 7 に記載の熱量増加システム。

【請求項 9】

無線周波数 (R F) 信号源と、

電力検出回路と、

コントローラとを具えた熱量増加システムであって、

前記 R F 信号源は、R F 信号を電極に供給して、R F 電磁エネルギーを前記電極に放射させるように構成され、

前記電力検出回路は、前記 R F 電磁エネルギーの R F 電力値を反復的に測定して、複数

50

の R F 電力値を生成するように構成され、

前記コントローラは、前記複数の R F 電力値の変化率に基づいて、前記電極に近接した負荷が低損失負荷であることを判定し、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定したことに応答して、前記 R F 信号の 1 つ以上の信号パラメータを決定するように構成され、

前記コントローラは、前記電力検出回路が前記複数の R F 電力値を反復的に測定する間に、前記 R F 信号源に前記 R F 信号の周波数を変更させるように構成され、

前記複数の R F 電力値のうちの第 1 R F 電力値が、前記 R F 信号の第 1 周波数に関連し、前記複数の R F 電力値のうちの第 2 R F 電力値が、前記 R F 信号の第 2 周波数に関連し、前記複数の R F 電力値の前記変化率が、少なくとも部分的に、前記第 1 R F 電力値及び前記第 2 R F 電力値によって決定される熱量増加システム。

10

【請求項 10】

前記コントローラは、前記電力検出回路が前記複数の R F 電力値を反復的に測定する間に、前記可変インピーダンス回路網の前記構成を変更するように構成されている、請求項 5 または 7 に記載の熱量増加システム。

【請求項 11】

無線周波数 (R F) 信号源と、

電力検出回路と、

コントローラとを具えた熱量増加システムであって、

前記 R F 信号源は、R F 信号を電極に供給して、R F 電磁エネルギーを前記電極に放射させるように構成され、

20

前記電力検出回路は、前記 R F 電磁エネルギーの R F 電力値を反復的に測定して、複数の R F 電力値を生成するように構成され、

前記コントローラは、前記複数の R F 電力値の変化率に基づいて、前記電極に近接した負荷が低損失負荷であることを判定し、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定したことに応答して、前記 R F 信号の 1 つ以上の信号パラメータを決定するように構成され、

前記電極に結合された可変インピーダンス回路網をさらに具え、該可変インピーダンス回路網は複数の構成を有し、前記コントローラは、前記電力検出回路が前記複数の R F 電力値を反復的に測定する間に、前記可変インピーダンス回路網の前記構成を変更するように構成され、

前記複数の R F 電力値のうちの第 1 R F 電力値が前記可変インピーダンス回路網の第 1 の前記構成に関連し、前記複数の R F 電力値のうちの第 2 R F 電力値が前記可変インピーダンス回路網の第 2 の前記構成に関連し、前記複数の R F 電力値の前記変化率は、少なくとも部分的に、前記第 1 R F 電力値及び前記第 2 R F 電力値によって決定される熱量増加システム。

30

【請求項 12】

前記 1 つ以上の信号パラメータが 20 ワット未満の電力値である、請求項 5、7、9、11 のいずれかに記載の熱量増加システム。

【請求項 13】

無線周波数 (R F) 信号源によって、該 R F 信号源と、キャビティに近接して配置された 1 つ以上の電極との間に結合された伝送経路に 1 つ以上の R F 信号を供給して、前記 1 つ以上の電極に R F 電磁エネルギーを放射させるステップと、

40

測定回路によって、前記伝送経路に沿った電気 R F 信号の R F 電力値を周期的に測定して、複数の R F 電力値を生じさせるステップと、

コントローラによって、前記複数の R F 電力値の変化率を決定するステップと、

前記コントローラによって、前記変化率に基づいて、前記キャビティ内の負荷が低損失負荷であることを判定するステップと、

前記コントローラによって、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定したことに応答して、前記 R F 信号源の動作を変更するステップと
を含み、

前記負荷が前記低損失負荷であることを判定するステップが、

50

前記複数の R F 電力値を測定するステップであって、前記複数の R F 電力値における各電力値は、前記 1 つ以上の電極に結合された可変インピーダンス回路網の異なる構成に関連するステップと、

前記複数の R F 電力値のうち電力値の第 1 閾値よりも大きい R F 電力値の第 1 の個数を特定するステップと
を含む方法。

【請求項 1 4】

前記負荷が前記低損失負荷であることを判定するステップが、前記 R F 電力値の第 1 の個数が、R F 電力値の個数の第 2 閾値よりも小さいことを判定するステップをさらに含む、請求項 1 3 に記載の方法。

10

【請求項 1 5】

無線周波数（R F）信号源によって、該 R F 信号源と、キャビティに近接して配置された 1 つ以上の電極との間に結合された伝送経路に 1 つ以上の R F 信号を供給して、前記 1 つ以上の電極に R F 電磁エネルギーを放射させるステップと、

測定回路によって、前記伝送経路に沿った電気 R F 信号の R F 電力値を周期的に測定して、複数の R F 電力値を生じさせるステップと、

コントローラによって、前記複数の R F 電力値の変化率を決定するステップと、

前記コントローラによって、前記変化率に基づいて、前記キャビティ内の負荷が低損失負荷であることを判定するステップと、

前記コントローラによって、前記負荷が前記低損失負荷であることを判定したことに応答して、前記 R F 信号源の動作を変更するステップと
を含む、

20

前記負荷が前記低損失負荷であることを判定するステップが、

前記複数の R F 電力値を測定するステップであって、前記複数の R F 電力値における各 R F 電力値が、前記 1 つ以上の電極に結合された可変インピーダンス回路網の異なる構成に関連するステップと、

前記複数の R F 電力値における R F 電力値毎に、当該 R F 電力値に関連するポイント得点を決定するステップと、

前記 R F 電力値毎の前記ポイント得点を用いて合計ポイント得点を決定し、該合計ポイント得点がポイント得点の閾値よりも小さいことを判定するステップと
をさらに含む方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書中に開示する主題の好適例は、一般に、無線周波数（R F：radiofrequency）エネルギーを用いて負荷を解凍するための熱量増加システムを動作させる装置及び方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の静電容量型食品解凍（または融解）システムは、加熱区画内に包含される大型の平面電極を含む。食品負荷を電極間に配置して電極を食品負荷に近接させた後に、電磁エネルギーを電極に供給して食品負荷の緩やかな加温を行う。解凍動作中に食品負荷が融解するに連れて、食品負荷のインピーダンスが変化する。

40

【0003】

しかし、特定の負荷は低損失の誘電体材料を含み、低損失の誘電体材料は電磁エネルギーを効果的に吸収することができない。その代わりに、このエネルギーは主に熱エネルギーの形態でシステムの回路を通して消散することがあり、このことは解凍システム内のキャビティの不所望な加熱を生じさせ得る。

【0004】

50

上記主題のより完全な理解は、詳細な説明及び特許請求の範囲を、以下の図面と併せて考慮して参照することによって導き出すことができ、全図を通して、同様の参照番号は同様の要素を参照する。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】図1A及び1Bは、特定負荷に対するインピーダンス整合を多数の異なる回路網構成にわたって試験した結果を示すグラフである。

【図2A】一実施形態による解凍器の透視図である。

【図2B】解凍システムの他の実施形態を含む冷蔵庫／冷凍庫の透視図である。

【図3】一実施形態による不平衡型解凍装置の簡略化したブロック図である。

【図4】図4Aは、一実施形態によるシングルエンド可変インダクタンス整合回路網の概略図であり、図4Bは、一実施形態によるシングルエンド可変容量整合回路網の概略図である。

【図5】図5Aは、一実施形態によるシングルエンド可変インダクタンス回路網の概略図であり、図5Bは、一実施形態によるシングルエンド可変容量回路網の概略図である。

【図6】スミスチャートの一例であり、可変インピーダンス整合回路網における複数の可変受動デバイスが、キャビティ+負荷のインピーダンスを無線周波数（RF）信号源に整合させることができる様子を示す。

【図7】他の実施形態による平衡型解凍装置の簡略化したブロック図である。

【図8】他の実施形態による、可変インダクタンスを有するダブルエンド可変インピーダンス整合回路網の概略図である。

【図9】他の実施形態による、可変インダクタンスを有するダブルエンド可変インピーダンス回路網の概略図である。

【図10】他の実施形態による、可変容量を有するダブルエンド可変インピーダンス回路網の概略図である。

【図11】一実施形態による解凍システムの側断面図である。

【図12】図12Aは、一実施形態による、可変インダクタンスを有するダブルエンド可変インピーダンス整合回路網モジュールの透視図であり、図12Bは、一実施形態による、可変容量を有するダブルエンド可変インピーダンス整合回路網モジュールの透視図である。

【図13】一実施形態によるRFモジュールの透視図である。

【図14A】一実施形態による、動的な負荷整合を有する解凍システムを動作させる方法のフローチャートである。

【図14B】解凍システムのキャビティ内に存在する低損失負荷を検出する方法の例のフローチャートである。

【図15】2つの異なる負荷用の解凍動作による、キャビティ整合設定をRF信号源整合設定に対してプロットしたグラフである。

【図16】図16A及び16Bは、システム・コントローラによって多数のインピーダンス整合回路網構成から解凍プロセスの一部として取得することができるデータ集合の例を示すグラフである。

【図17】種々のインピーダンス整合回路網構成について行ったRF電力測定に基づいてスコアを計算することによって、解凍システムのキャビティ内に存在する低損失負荷を検出する方法のフローチャートである。

【図18】解凍システムのキャビティ内に存在する低損失負荷を検出する一般的方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0006】

詳細な説明

以下の詳細な説明は事実上の例示に過ぎず、主題または本願の実施形態、及びこうした実施形態の利用法を制限することは意図していない。本明細書中に用いる「好適例」及び

10

20

30

40

50

「例」は、「1つの例、事例、または例示としての役割を果たす」ことを意味する。好適例または例として本明細書中に記載するあらゆる実現は、他の実現に対して必ずしも好適または有利であるものと解釈するべきでない。さらに、先の技術分野、背景、あるいは以下の詳細な説明中に提示するいずれの明記または暗示された理論によっても束縛されるべき意図は存在しない。

【0007】

本明細書中に記載する主題の実施形態は、スタンドアロン（独立型）の機器または他のシステムに内蔵することができるソリッドステート（固体、半導体）解凍装置に関するものである。以下により詳細に説明するように、ソリッドステート解凍装置の実施形態は「不平衡（アンバランス）型」解凍システム及び「平衡（バランス）型」装置を共に含む。例えば、好適な「不平衡型」解凍システムは、キャビティ内に配置された第1電極、シングルエンド（片端子）増幅装置（1つ以上のトランジスタを含む）、増幅装置の出力端子と第1電極との間に結合されたシングルエンド・インピーダンス整合（マッチング）回路網、及び解凍動作が完了した時点を検出することができる測定兼制御システムを用いて実現される。これとは対照的に、好適な「平衡型」解凍システムは、キャビティ内に配置された第1及び第2電極、シングルエンドまたはダブルエンド（両端子）増幅装置（1つ以上のトランジスタを含む）、増幅装置の出力端子と第1及び第2電極との間に結合されたダブルエンド・インピーダンス整合回路網、及び解凍動作が完了した時点を検出することができる測定兼制御システムを用いて実現される。種々の実施形態では、インピーダンス整合回路網が可変インピーダンス整合回路網を含み、この可変インピーダンス整合回路網を解凍動作中に調整して、増幅装置とキャビティとの整合を改善することができる。

【0008】

一般に、「解凍する」とは、凍結した負荷（例えば、食品負荷または他の種類の負荷）の温度を、負荷がもはや凍結していない温度（例えば、摂氏0度またはその付近の温度）まで上昇させることを意味する。本明細書中に用いる「解凍する」とは、負荷（例えば、食品負荷または他の種類の負荷）の熱エネルギーまたは温度を、無線周波数（RF）電力を負荷に供給することによって増加させるプロセスをより広義に意味する。従って、種々の実施形態では、「解凍動作」は、任意の初期温度（例えば、摂氏0度またはそれ未満の任意の初期温度）を有する負荷に対して実行することができ、解凍動作は、初期温度よりも高い任意の最終温度（例えば、摂氏0度を上回る、あるいは摂氏0度を下回る任意の最終温度）で停止することができる。それはそれとして、本明細書中に記載する「解凍動作」及び「解凍システム」は、その代わりに「熱量増加動作」及び「熱量増加システム」と称することができる。「解凍する」とは、本発明の用途を、凍結した負荷の温度を摂氏0度またはその付近の温度まで上昇させることしかできない方法またはシステムに限定するものと解釈するべきでない。一実施形態では、解凍動作が食品の温度を摂氏-1度またはその付近の予熱状態まで上昇させる。

【0009】

代表的な解凍動作中には、解凍システムの電極によってシステムのキャビティ内へ供給される電磁エネルギーが負荷によって吸収されて、負荷の温度を増加させる。解凍動作中に食品負荷が解凍されるに連れて、食品負荷のインピーダンスが変化する。種々の実施形態では、測定兼制御システムが動作中に上述した可変インピーダンス整合回路網を調整して、システムの増幅装置とキャビティ+食品負荷との良好な整合を保証する。しかし、一般に冷凍食品負荷を含まない特定種類の負荷は低損失の誘電体材料を含み得る。低損失の誘電体材料は、RF電磁エネルギーに対して透過性（または実質的に透過性）であり、従ってRF電磁エネルギーを効果的に吸収しない。基本的に、これらの負荷はRF電磁エネルギーに対して透過性である。こうした負荷は、例えば、大部分が水性の液体（例えば、コーヒーまたは茶のような飲料、40.68MHzで約0.005の損失正接を有し得る）及び他のRF透過性材料（例えば、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE:polytetrafluoroethylene）、高密度ポリエチレン（HDPE:high-density polyethylene）（例えば、40.68MHzで0.002の損失正接を有し得る）、ポリエーテル・エーテル・ケ

トン（PEEK：polyether ether ketone）、または他のポリマー）を含み得る。種々の実施形態では、低損失材料を、負荷内へ伝達されるRF信号及びRF電磁エネルギーの周波数で0.01未満の損失正接を有するものとして特徴付けることができる。解凍動作がこうした低損失負荷に対して実現される場合、低損失負荷は、解凍システムの電極を通して当該負荷に供給されるRF電磁エネルギーを吸収しにくい。その代わりに、他の方法で補償されない限り、そのエネルギーは主に解凍システムのインピーダンス整合回路網、及び場合によっては解凍システム内の他の回路を通して熱エネルギーの形態で消散され得る。

【0010】

本発明の解凍システムは、解凍システム内の低損失負荷を、解凍動作中に、あるいは解凍動作を開始する前に検出するように構成されている。種々の実施形態によれば、こうした低損失負荷がキャビティ内に検出された際に、システムの動作を調整して、さもなければシステムの回路を通して熱エネルギーの形態で消散され得るエネルギーを回避するかエネルギーの量を低減する。こうした操作による調整は、解凍システム内の回路の不所望な加熱を解消または低減することができる。

【0011】

他の種類の食品負荷と同様に、低損失負荷に対して解凍動作を実現する際には、解凍システムはシステムの可変インピーダンス整合回路網を用いて、システムの増幅器とキャビティ+低損失負荷とのインピーダンス整合を行う。基本的に、可変インピーダンス整合回路網は、回路網の入力端子と出力端子との間で（例えば、比較的低インピーダンスから比較的高インピーダンスへの）インピーダンス変換を行い、インピーダンス変換の量または値はオーム単位で測定することができる。一部の構成では、上記回路網が比較的小さいインピーダンス変換（例えば、比較的小さいインピーダンスの増加）を提供することができ、他の構成では、上記回路網が比較的高いインピーダンス変換（例えば、比較的大きいインピーダンスの増加）を提供することができる。「インピーダンス変換の値」は、あらゆる所定の状態または構成において可変インピーダンス整合回路によって提供されるインピーダンス変換の大きさを表す。インピーダンス整合は、低損失負荷が吸収性負荷と同様なキャビティ静電容量を生成することにより実現することができる。このため、低損失負荷は、解凍システムにとって、解凍することができる吸収性負荷（例えば、RF電磁エネルギーを吸収することができる負荷）であるものと見え得る。

【0012】

しかし、上述したように、低損失負荷は、解凍システムが供給する大量のRFエネルギーを吸収しない傾向があり、その結果、RF電磁エネルギーによって加温または加熱されない傾向がある。その代わり、RF電磁エネルギーは解凍システムの他の構成部品を通して消散され得るし、これらの構成部品の不所望な加熱を生じさせる可能性がある。このため、低損失負荷は解凍用途において不所望であり、低損失負荷を検出するように解凍システムを構成することが望ましくあり得る。解凍システムのキャビティ内に低損失負荷の存在を検出すると、解凍プロセスを中断または一時停止し、あるいは低電力レベルで実行して、システム構成要素の過熱または損傷を最小にすることができる。

【0013】

低損失負荷は吸収性負荷と同じ様式のインピーダンス変化を生じさせやすく、従って可変インピーダンス整合が有効であり得るが、低損失負荷は、吸収性負荷よりも高いQ値の共振回路を解凍システムと共に形成しやすい点を特徴とする。即ち、低損失負荷により実現されるインピーダンス整合は、吸収性負荷により実現することができる整合ほどロバスト（頑健）でないことがある。より具体的には、低損失負荷に対するインピーダンス整合は、吸収性負荷に比べて小さいインピーダンス変換の範囲にわたって発生する。

【0014】

具体的には、吸収性負荷については、一旦、システムのインピーダンス整合回路網を特定のインピーダンス変換の値または構成に設定することによって、システムの増幅器とキャビティ+負荷との最適なインピーダンス整合が実現されると、インピーダンス変換値の

小さい変化は、インピーダンス整合の品質を大幅には低下させにくい。即ち、インピーダンス変換値の小さい変化は、システム内のリターンロス（反射減衰量）を大幅に変化させることがない。これとは対照的に、低損失の食品により実現されるインピーダンス整合はよりロバストでない。低損失負荷については、一旦、システムのインピーダンス整合回路網を特定のインピーダンス変換の値または構成に設定することによって、システムの増幅器とキャパティ+負荷とのインピーダンス整合が実現されると、負荷のインピーダンスの小さい変化が、インピーダンス整合の品質を吸収性負荷に比べて大幅に低下させ得る。より具体的には、吸収性負荷に比べて、低損失負荷用のインピーダンス変換値の小さい変化は、リターンロスの測定可能な変化を生じさせ得る。

【0015】

低損失負荷のこれらの特徴を考慮して、本発明の解凍システムの実施形態は、システムのインピーダンス整合特性の分析を実行して、低損失負荷の可能性のあるものを検出することができる。次に、このシステムは適切な動作を行うことができる。

【0016】

一実施形態では、解凍システムが、まず、システムの可変インピーダンス整合回路網の多数の異なる構成により実現されるインピーダンス整合の品質を評価することによって低損失負荷を検出する。このことは、負荷を包含するシステムのキャパティからの反射RF電力（及び一部の実施形態では、キャパティへの順方向RF電力）を、あり得るインピーダンス整合回路網構成の全部、あるいは部分集合について反復的に測定することを含むことができる。こうしたインピーダンス整合回路網構成の検索に続いて、システムは、次に、どの構成が最低のRF反射電力、及び／または最低の反射電力対順方向電力の比率を生じさせるかを特定して、こうした構成（例えば、その構成に関連するインピーダンス変換値）がシステムの増幅器とキャパティ+負荷との最適なインピーダンス整合を提供することを示す。複数の構成が最適な、準最適な、あるいは許容可能なインピーダンス整合を提供することができる可能性があることを理解すれば、本明細書中に用いる「最適な」は、「最良の」（即ち、あるインピーダンス整合構成が、負荷内への電磁エネルギーの最高の吸収に対応する）、あるいは「許容可能な」（即ち、あるインピーダンス整合構成が、所定閾値よりも高い電磁エネルギー吸収を提供し、このことは、反射RF電力の所定閾値、または反射電力対順方向電力の比率の所定閾値を下回る、反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率によって示される）を意味する。

【0017】

上述したように、最適な整合は、吸収性負荷並びに低損失負荷について共に実現することができる。種々の実施形態によれば、最適な整合が識別されれば、システムは、最適な整合を提供したインピーダンス変換値の付近（例えば、より高い、及びより低い）インピーダンス変換値を与えるインピーダンス整合回路網構成について、整合の品質が低下する速度を分析する。この速度が変化の速度の特定閾値を超える場合、この状態は、負荷が低損失負荷であることを示すことができ、システムは適切な動作を行うことができる。

【0018】

例示するために、図1A及び1Bは、特定負荷について、システムの可変インピーダンス整合回路網の多数の異なる構成でインピーダンス整合を試験した結果を示すグラフである。より具体的には、横軸に沿ったインピーダンス構成の各々が、システムの可変インピーダンス整合回路網の異なる構成を表し、縦軸に沿った値はリターンロスをデシベル（dB）単位で表し、値が低い（例えば、よりマイナスである）ほど、より良好な整合（即ち、負荷による電磁エネルギーのより大きな吸収）を示す。図1Aは吸収性負荷（例えば、水分の比較的多い冷凍食品）についての結果を表し、図1Bは低損失負荷についての結果を、同じ横軸及び縦軸を用いて表す。

【0019】

図示するように、吸収性負荷及び低損失負荷は共に、インピーダンス構成番号18において最適なインピーダンス整合を実現し、-30dBのリターンロスを有する。しかし、図1A及び1Bにおいてわかるように、吸収性負荷について実現される整合は低損失負荷の

整合よりもずっとロバストである。リターンロスの閾値が例えば -10 dB であるものと仮定すれば、図1 Aは、インピーダンス構成が吸収性負荷にとって最適な整合から変化することに連れて（構成18から増加しても減少しても）整合の品質はインピーダンス構成14～24の間で比較的高い値（ -10 dB の閾値を下回るリターンロス）に留まる。しかし、低損失負荷の場合、整合の品質がインピーダンス構成18～20の間でしか比較的高い値（ -10 dB の閾値を下回るリターンロス）に留まらないことによって想像されるように、システムのインピーダンス整合回路網構成のインピーダンスが最適なインピーダンス構成18と異なるに連れて、整合の品質は急速に低下する。換言すれば、低損失負荷については、整合の品質は、最適な整合の付近で吸収性負荷におけるよりもずっと急速に低下する。こうした急速な低下は、低損失負荷がシステムのキャビティ内に存在することを示す。

10

【0020】

インピーダンス整合の品質が急速に低下する度合いを分析するに当たり、システムは多数の適切な方法のいずれをも用いることができる。例えば、システムは、特定のインピーダンス整合回路網構成を走査する（即ち、多数の異なるインピーダンス整合回路網構成を通して測定を繰り返す）間に、リターンロスの特定閾値（例えば、 -10 dB または他の何らかの閾値）よりも低いリターンロスを有する整合を実現するインピーダンス構成の個数を特定することができる。閾値を下回るインピーダンス整合構成の個数がインピーダンス整合構成の所定最小数を超える場合、このことは負荷が吸収性負荷であることを示すことができる。要するに、吸収性負荷については、満足な（許容可能な）インピーダンス整合を実現する、比較的多数の異なるインピーダンス整合構成が存在し得る。逆に、上記個数がインピーダンス整合構成の最小数を下回る場合、このことは負荷が低損失負荷であることを示すことができる。低損失負荷については、比較的少数のインピーダンス構成しか許容可能なインピーダンス整合を実現することができない。

20

【0021】

図1 A及び1 Bを参照すれば、例えば、（許容可能なインピーダンス整合を示す） -10 dB の満足なリターンロスの閾値を含むシステムパラメータを確立することができ、吸収性負荷と考えられる負荷については、最小数である7つのインピーダンス整合構成が、閾値を下回るリターンロスを実現しなければならない。例えば、図1 Aを参照すれば、システムは、利用可能なインピーダンス整合構成の全部を通して繰り返した結果を分析して、11個のインピーダンス整合構成が、 -10 dB のリターンロスの閾値よりも低いリターンロスを生じさせることを判定することができる（本例では、リターンロスが閾値を下回る値を有する際に、リターンロスが閾値を「超える」ものとする）。11個のインピーダンス整合構成は最小数である7よりも大きいので、このことは、図1 Aの負荷が吸収性負荷であり、この負荷は標準的なプロセスを用いて良好に解凍することができることを、システムに対して示す。しかし、図1 Bの場合には、システムは結果を分析して、3つのインピーダンス整合構成しか -10 dB の閾値を下回るリターンロスを生じさせないことを判定することができる。3は最小数である7よりも小さいので、このことは、負荷が低損失負荷であり、標準的な解凍プロセスが有効でないことがあることを示している。

30

【0022】

他の実施形態では、システムは他の方法を用いて、インピーダンス整合回路網構成を走査した結果を分析することができる。例えば、システムは、システムのインピーダンス整合回路網のインピーダンス変換値が最適な設定から変化する際の、リターンロスの変化率を計算することができる。この変化率は、インピーダンス変換の変化率に対するリターンロスの変化率の比率として表すことができる。システムは、最適なインピーダンス回路網構成よりも大きいインピーダンス変換値を与える所定数のインピーダンス回路網構成（例えば、3つのインピーダンス回路網構成）について、この比率を計算することができる。システムは、最適なインピーダンス回路網構成よりも小さいインピーダンス変換値を与える所定数のインピーダンス回路網構成（例えば、3つのインピーダンス回路網構成）について、この比率を計算することもできる。次に、これら2つの比率を（例えば、両比率の絶対値の平均値をとることによって）組み合わせて、最適なインピーダンス回路網構成の

40

50

付近のリターンロスの変化率を決定することができる。この比率の平均値が所定閾値を超える場合、システムは負荷が低損失負荷であることを判定することができる。

【0023】

システムが低損失負荷を検出した場合、解凍システムは適切な動作を行うことができる。このことは、システムが解凍プロセスを中断または停止することを含むことができる。一部の場合には、システムが解凍動作を継続することを選ぶことができるが、解凍システム内の特定構成要素に頼って所望レベルのエネルギーよりも大きいエネルギーを消散させる可能性を低減することができる。

【0024】

図2Aは、一実施形態による解凍システム100の透視図である。解凍システム100は、解凍キャビティ110（例えば、キャビティ360、760、1174（図3、7、11））、制御パネル120、1つ以上のRF信号源（例えば、RF信号源320、720、1120（図3、7、11））、電源（例えば、電源326、726（図3、7））、第1電極170（例えば、電極340、740、1170（図3、7、11））、第2電極172（例えば、電極750、1172（図7、11））、インピーダンス整合回路（例えば、回路334、370、734、772、1160（図3、7、11））、電力検出回路（例えば、電力検出回路330、730、730'、730''、1180（図3、7、11））、及びシステム・コントローラ（例えば、システム・コントローラ312、712、1130（図3、7、11））を含む。解凍キャビティ110は、上部、下部、側部、及び後部のキャビティ壁111、112、113、114、115の内面、及びドア116の内面によって規定される。ドア116が閉じていれば、解凍キャビティ110は密閉された空気キャビティを規定する。本明細書中に用いる「空気キャビティ」とは、空気または他の気体を包含する密閉領域（例えば、解凍キャビティ110）を意味することがある。

【0025】

「不平衡型」の実施形態によれば、第1電極170がキャビティ壁（例えば、上部壁111）に近接して配置され、第1電極170は残りのキャビティ壁（例えば、壁112～115及びドア116）から電気絶縁され、残りのキャビティ壁は接地されている。こうした構成では、システムはコンデンサとして単純化してモデル化することができ、ここで第1電極170は1つの導体プレート（または電極）として機能し、接地されたキャビティ壁（例えば、壁112～115）は第2導体プレート（または電極）として機能し、空気キャビティ（その中に包含されるあらゆる負荷を含む）は第1導体プレートと第2導体プレートとの間の誘電体媒質として機能する。図2Aには示していないが、非導電性障壁（例えば、障壁362、762（図3、7））もシステム100内に含めることができ、この非導電性障壁は、負荷を下部キャビティ壁112から電気的かつ物理的に絶縁するように機能することができる。図1には、第1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電極170は、その代わりに、電極172～175で示すように他の壁112～115のいずれに近接することもできる。

【0026】

「平衡型」の実施形態によれば、第1電極170は第1キャビティ壁（例えば、上部壁111）に近接して配置することができ、第2電極172はその反対側の第2キャビティ壁（例えば、下部壁112）に近接して配置することができ、第1及び第2電極170、172は残りのキャビティ壁（例えば、壁113～115及びドア116）から電気絶縁されている。こうした構成では、上記システムはコンデンサとして単純化してモデル化することもでき、ここで第1電極170は1つの導体プレート（または電極）として機能し、第2電極172は第2導体プレート（または電極）として機能し。空気キャビティ（その中に包含されるあらゆる負荷を含む）は、第1導体プレートと第2導体プレートとの間の誘電体媒質として機能する。図2Aには示していないが、非導電性障壁（例えば、障壁762、1156（図7、11））もシステム100内に含めることができ、この非導電性障壁は、負荷を第2電極172及び下部キャビティ壁112から電気的かつ物理的に絶

縁するように機能する。図2Aは第1電極170が上部壁111に近接し、第2電極172が下部壁112に近接していることを示しているが、第1及び第2電極170、172は、その代わりに、互いに対向する他の壁に近接することができる（例えば、第1電極は壁113に近接した電極173とすることができ、第2電極は壁114に近接した電極174とすることができ）。

【0027】

一実施形態によれば、解凍システム100の動作中に、ユーザ（図示せず）は、1つ以上の負荷（例えば、食品及び／または液体）を解凍キャビティ110内に配置することができ、任意で、負荷の特性を指定する入力を、制御パネル120を介して与えることができる。例えば、指定した特性は、負荷の概略質量を含むことができる。それに加えて、指定した負荷特性は、負荷を形成する材料（例えば、肉、パン、液体）を示すことができる。代案実施形態では、負荷特性は、負荷の包装上のバーコードを走査することによって、あるいは負荷上の、または負荷内に埋め込まれた無線周波数識別（RFID：radio frequency identification）信号を受信することによって、といった他の何らかの方法で得ることができる。いずれにせよ、後により詳細に説明するように、こうした負荷特性に関する情報は、システム・コントローラ（例えば、システム・コントローラ312、712、1130（図3、7、11））が、解凍動作の開始時におけるシステムのインピーダンス整合回路網についての初期状態（構成）を規定することを可能にし、この初期構成は、負荷内への最大RF電力伝達を可能にする最適な構成に比較的近くすることができる。その代わりに、解凍動作の開始よりも前に負荷特性を入力または受信しないこともでき、システム・コントローラはインピーダンス整合回路網についてのデフォルトの初期構成を規定することができる。

【0028】

解凍動作を開始するために、ユーザは制御パネル120を介して入力を与えることができる。それに応答して、システム・コントローラは、不平衡型の実施形態では、RF信号源（例えば、RF信号源320、720、1120（図3、7、11））に、RF信号を第1電極170へ供給させ、平衡型の例では、RF信号源に、RF信号を第1電極170及び第2電極172の両方に供給させ、それに応答して、これらの電極は電磁エネルギーを解凍キャビティ110内へ放射する。この電磁エネルギーは負荷の熱エネルギーを増加させる（即ち、電磁エネルギーは負荷を加温する）。

【0029】

解凍動作中には、負荷の熱エネルギーが増加するに連れて、負荷のインピーダンス（従って、キャビティ110＋負荷の合計入力インピーダンス）が変化する。このインピーダンス変化は負荷内へのRF電磁エネルギーの吸収を変化させ、従って反射電力の大きさを変化させる。一実施形態によれば、電力検出回路（例えば、電力検出回路330、730、1180（図3、7、11））が、RF信号源（例えば、RF信号源320、720、1120（図3、7、11））と電極170、172との間の伝送経路（例えば、伝送経路328、728、1148（図3、7、11））に沿った反射電力を、連続して、あるい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（例えば、システム・コントローラ312、712、1130（図3、7、11））は、解凍動作の完了を検出することができ、これについては以下で詳細に説明する。別な実施形態によれば、インピーダンス整合回路網が可変であり、反射電力測定値（あるいは、順方向電力測定値及び反射電力測定値の両方）に基づいて、システム・コントローラは、解凍動作中にインピーダンス整合回路網構成を変化させて、負荷によるRF電力の吸収を増加させることができる。

【0030】

図2Aの解凍システム100は、調理台型の機器として具体化される。別な実施形態では、解凍システム100は、マイクロ波（電子レンジ）調理動作を実行するための構成要素及び機能を含むこともできる。その代わりに、解凍システムの構成要素は他の種類のシステムまたは機器に内蔵させることができる。例えば、図2Bは、解凍システム210、

220の他の実施形態を含む冷蔵庫／冷凍庫200の透視図である。より具体的には、解凍システム210は、システム200の冷凍区画212内に内蔵されているように示し、解凍システム220は、このシステムの冷蔵区画222内に内蔵されているように示している。実際の冷蔵庫／冷凍庫は、解凍システム210、220を1つしか含まないことが多いが、図2Bにはその両方を示して両実施形態を簡潔に伝える。

【0031】

解凍システム100と同様に、解凍システム210、220の各々は、解凍キャビティ、制御パネル214、224、1つ以上のRF信号源（例えば、RF信号源320、720、1120（図3、7、11））、電源（例えば、電源326、726（図3、7））、第1電極（例えば、電極340、740、1170（図3、7））、第2電極（例えば、格納構造366、電極750（図3、7、11））、インピーダンス整合回路（例えば、回路334、370、734、772、1160（図3、7、11））、電力検出回路（例えば、電力検出回路330、730、1180（図3、7、11））、及びシステム・コントローラ（例えば、システム・コントローラ312、712、1130（図3、7、11））を含む。例えば、解凍キャビティは、引き出しの下部壁、側壁、前部壁、及び後部壁、及び固定柵216、226の内側上面によって規定することができ、この内側上面下で引き出しが滑り動く。引き出しが完全に柵の下へ滑り動くと、引き出し及び柵がキャビティを密閉された空気キャビティとして規定する。種々の実施形態では、解凍システム210、220の構成要素及び機能を解凍システム100の構成要素及び機能とほぼ同じにすることができる。

【0032】

それに加えて、一実施形態によれば、解凍システム210、220の各々が、当該システム210、220が内部に配置された、それぞれ冷凍区画212または冷蔵区画222との十分な熱伝達を行うことができる。こうした実施形態では、解凍動作の完了後に、負荷を解凍システム210、220から取り除くまで負荷を安全な温度（例えば、食品の腐敗を遅らせる温度）に維持することができる。より具体的には、冷凍庫ベースの解凍システム210による解凍動作の完了時に、解凍された負荷を包含するキャビティは冷凍区画212との熱伝達を行うことができ、負荷が即座にキャビティから取り除かれなければ、負荷を再冷凍することができる。同様に、冷蔵庫ベースの解凍システム220による解凍動作の完了時に、解凍された負荷を包含するキャビティは冷蔵区画222との熱伝達を行うことができ、負荷が即座にキャビティから取り除かれなければ、負荷を冷蔵区画222内の温度で解凍状態に維持することができる。

【0033】

解凍システムの実施形態を、他の構成を有するシステムまたは機器内に内蔵させることもできることは、当業者が本明細書中の記載に基づいて理解する所である。従って、スタンドアロン型機器、電子レンジ、冷凍庫、及び冷蔵庫における解凍システムの上述した実現は、実施形態の利用法をこれらの種類のシステムに限定することを意味しない。

【0034】

解凍システム100、200は、その構成要素を互いに対して特定の相対的な配向にして示しているが、これらの種々の構成要素は異なるように配向させることもできることは明らかである。それに加えて、これらの種々の構成要素の物理的構成は異なることができる。例えば、制御パネル120、214、224は、より多数、より少数、あるいは異なるユーザ・インタフェース要素を有することができ、及び／または、これらのユーザ・インタフェース要素は異なるように配置することができる。それに加えて、図2Aには略立方体の解凍キャビティ110を示しているが、他の実施形態では、解凍キャビティが異なる形状（例えば、円筒形、等）を有することができることは明らかである。さらに、解凍システム100、210、220は、図1、2には具体的に示していない追加的構成要素（例えば、ファン、固定または回転プレート、トレイ、電気コード、等）を含むことができる。

【0035】

図3は、一実施形態による不平衡型解凍システム300（例えば、解凍システム100、210、220（図1、2））の簡略化したブロック図である。一実施形態では、解凍システム300は、RFサブシステム310、解凍キャビティ360、ユーザ・インタフェース380、システム・コントローラ312、RF信号源320、電源兼バイアス回路326、可変インピーダンス整合回路網370、及び電力検出システム370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、温度センサ及び／または赤外線（IR：infrared）センサ390を含むことができるが、これらのセンサ構成要素の一部または全部を除外することができる。図3は、説明及び記述しやすさの目的で簡略化した解凍システム300の表現であり、実際の実施形態は、追加的な機能及び特徴を提供するための他の装置及び構成要素を含むことができること、及び／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とすることができることは明らかである。

10

【0036】

ユーザ・インタフェース380は、例えば、ユーザが解凍動作のパラメータ（例えば、解凍される負荷の特性、等）に関する入力をシステムに与えることを可能にする制御パネル（例えば、制御パネル120、214、224（図1、2））、開始（スタート）及び取り消し（キャンセル）ボタン、機械的制御部（例えば、ドア／引き出しの開放ラッチ）、等に対応することができる。それに加えて、ユーザ・インタフェースは、解凍動作の状態を示すユーザが知覚可能な出力（例えば、カウントダウン・タイマー、解凍動作の進行または完了を示す可視の印、及び／または解凍動作の完了を示す可聴のトーン（音調））及び他の情報を提供するように構成することができる。

20

【0037】

解凍システム300の一部の実施形態は、温度センサ及び／またはIRセンサ390を含むことができる。これらの温度センサ及び／またはIRセンサは、解凍動作中に負荷364の温度を検出することが可能な位置に配置することができる。温度情報は、システム・コントローラ312に提供されると、システム・コントローラ312が、RF信号源320によって供給されるRF信号の電力を（例えば、電源兼バイアス回路326によって供給されるバイアス及び／または電源電圧を制御することによって）変化させて、可変インピーダンス整合回路網370の構成を調整すること、及び／または解凍動作を終了すべき時点を決定することを可能にする。システム・コントローラ312は、この情報を用いて、例えば、RF信号源320によって供給されるRF信号の所望の電力レベルを決定して、可変インピーダンス整合回路網370の初期設定値を決定すること、及び／または解凍動作の概略継続時間を決定することができる。

30

【0038】

一実施形態では、RFサブシステム310は、システム・コントローラ312、RF信号源320、第1インピーダンス整合回路334（本明細書では「第1整合回路」）、電源兼バイアス回路326、及び電力検出回路330を含む。システム・コントローラ312は、1つ以上の汎用または専用プロセッサ（例えば、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、特定用途向け集積回路（ASIC：Application Specific Integrated Circuit）、等）、揮発性及び／または不揮発性メモリ（例えば、ランダムアクセスメモリ（RAM：Random Access Memory）、読み出し専用メモリ（ROM：Read Only Memory）、フラッシュ（メモリ）、種々のレジスタ、等）、1つ以上の通信バス、及び他の構成要素を含むことができる。一実施形態によれば、システム・コントローラ312は、ユーザ・インタフェース380、RF信号源320、可変インピーダンス整合回路網370、電力検出回路330、及び（含まれていれば）センサ390に結合されている。システム・コントローラ312は、ユーザ・インタフェース380を介して受け付けたユーザ入力を示す信号を受信し、RF信号の反射電力（及び場合によってはRF信号の順方向電力）を示す信号を電力検出回路330から受信するように構成されている。受信した信号及び測定値に応答して、後に詳細に説明するように、システム・コントローラ312は制御信号を電源兼バイアス回路326、及びRF信号源320のRF信号発生器322に供給する。それに加えて、システム・コントローラ312は制御信号を可変インピーダンス整合回路網

40

50

370に供給し、このことは回路網370にその状態または設定を変化させる。

【0039】

解凍キャビティ360は容量型解凍装置を含み、この容量型解凍装置は、空気キャビティによって分離された第1及び第2平行平板電極を有し、この空気キャビティ内に解凍される負荷364を配置することができる。例えば、第1電極340は空気キャビティの上方に配置することができ、第2電極は格納構造366の一部分によって提供することができる。より具体的には、格納構造366は、下部壁、上部壁、及び側壁を含むことができ、これらの壁の内面がキャビティ360（例えば、キャビティ110（図2A））を規定する。一実施形態によれば、キャビティ360を（例えば、ドア116（図2A）で、あるいは引き出しを滑り動かして棚216、226（図2B）の下に閉じることによって）密封して、解凍動作中にキャビティ360内に導入される電磁エネルギーを包含することができる。システム300は1つ以上のインターロック・メカニズムを含むことができ、このインターロック・メカニズムは、解凍動作中に上記密封が完全であることを保証する。インターロック・メカニズムのうちの1つ以上が、密封が破れていることを示す場合に、システム・コントローラ312は解凍動作を停止することができる。一実施形態によれば、格納構造366は少なくとも部分的に導体材料で形成され、格納構造の導体部分は接地することができる。その代わりに、格納構造366における、少なくともキャビティ360の下面に相当する部分を導体材料で形成して接地することができる。どちらにしても、格納構造366（あるいは、格納構造366における、少なくとも第1電極340に平行な部分）は、上記容量型解凍装置の第2電極として機能する。負荷364とキャビティ360の接地された下面との直接の接触を回避するために、非導電性障壁362をキャビティ360の下面全体上に配置することができる。

【0040】

基本的に、解凍キャビティ360は容量型解凍装置を含み、この容量型解凍装置は、空気キャビティによって分離された第1及び第2平行平板電極340、366を有し、この空気キャビティ内に解凍される負荷364を配置することができる。一実施形態では、第1電極340が格納構造366内に配置されて、電極340と、格納構造366の対向面（例えば、下面、第2電極として機能する）との間に距離352を規定し、距離352はキャビティ360を準共鳴キャビティにする。

【0041】

種々の実施形態では、距離352が約0.10メートル～約1.0メートルの範囲内であるが、この距離はより小さくすることもより大きくすることもできる。一実施形態によれば、距離352がRFサブシステム310によって生成されるRF信号の1波長未満である。換言すれば、上述したように、キャビティ360は準共鳴キャビティである。一部の実施形態では、距離352がRF信号の1波長の約半分未満である。他の実施形態では、距離352がRF信号の1波長の約4分の1未満である。さらに他の実施形態では、距離352がRF信号の1波長の約8分の1未満である。さらに他の実施形態では、距離352がRF信号の1波長の約50分の1未満である。さらに他の実施形態では、距離352がRF信号の1波長の約100分の1未満である。

【0042】

一般に、より低い動作周波数（例えば、周波数10メガヘルツ（MHz）～100MHz）用に設計されたシステム300は、1波長のより小さい割合である距離352を有するように設計することができる。例えば、システム300を、約10MHzの動作周波数（約30メートルの波長に相当する）を有するRF信号を生成するように設計し、距離352を約0.5メートルであるように選択すると、距離352はRF信号の1波長の60分の1になる。逆に、システム300を約300MHzの動作周波数（約1メートルの波長に相当する）用に設計し、距離352を約0.5メートルであるように選択すると、距離352はRF信号の1波長の約半分になる。

【0043】

動作周波数、及び電極340と格納構造366との間の距離352を、準共鳴内部キャ

ビティ 360 を規定するように選択することにより、第 1 電極 340 と格納構造 366 とが容量結合される。より具体的には、第 1 電極 340 はコンデンサの第 1 極板（プレート）に例えることができ、格納構造 366 はコンデンサの第 2 極板に例えることができ、負荷 364、障壁 362、及びキャビティ 360 内の空気はコンデンサの誘電体に例えることができる。従って、本明細書では第 1 電極 340 を代わりに「陽極（アノード）」と称することがあり、本明細書では格納構造 366 を代わりに「陰極（カソード）」と称することがある。

【0044】

基本的に、第 1 電極 340 と格納構造 366 との間の電圧がキャビティ 360 内の負荷 364 を加熱する。種々の実施形態によれば、一実施形態では、RF サブシステム 310 は RF 信号を発生して電極 340 と格納構造 366 との間に約 90 ボルト～約 3,000 ボルトの範囲内の電圧を発生するように構成され、あるいは他の実施形態では、約 3,000 ボルト～約 10,000 ボルトの範囲内の電圧を発生するように構成されているが、上記システムは、より低い電圧またはより高い電圧を電極 340 と格納構造 366 との間に生成するように構成することもできる。

【0045】

一実施形態では、第 1 電極 340 は、第 1 整合回路 334、可変インピーダンス整合回路網 370、及び導体伝送経路を通して RF 信号源 320 に電気結合されている。第 1 整合回路 334 は、RF 信号源 320 のインピーダンス（例えば、10 オーム未満）から中間インピーダンス（例えば、50 オーム、75 オーム、または他の何らかの値）へのインピーダンス変換を実行するように構成されている。一実施形態によれば、導体伝送経路は、直列に接続された複数の導体 328-1、328-2、及び 328-3 を含み、これらの導体を集散的に伝送経路 328 と称する。一実施形態によれば、導体伝送経路 328 は「不平衡な」経路であり、不平衡 RF 信号（即ち、接地を基準とする単一の RF 信号）を伝えるように構成されている。一部の実施形態では、1 つ以上のコネクタ（図示しないが、各々がオス及びメスのコネクタ部分を有する）を伝送経路 328 上に電気結合することができ、伝送経路 328 におけるこれらのコネクタ間の部分は同軸ケーブルまたは他の適切なコネクタを具えることができる。こうした接続を図 7 に示して後に説明する（例えば、コネクタ 736、738、及びコネクタ 736、738 間の同軸ケーブルのような導体 728-3 を含む）。

【0046】

後により詳細に説明するように、可変インピーダンス整合回路 370 は、上記の中間インピーダンスから、負荷 364 によって（例えば、約 1000 オーム～約 4000 オーム以上のような何百または何千オームのオーダーで）変化した解凍キャビティ 320 の入力インピーダンスへのインピーダンス変換を実行するように構成されている。一実施形態では、可変インピーダンス整合回路網 370 が受動構成部品（例えば、インダクタ、コンデンサ、抵抗器）の回路網を含む。

【0047】

1 つ以上の特定実施形態によれば、可変インピーダンス整合回路網 370 は、複数の固定値の集中インダクタ（集中定数のインダクタ）（例えば、インダクタ 412～416（図 4A））を含み、これらのインダクタはキャビティ 360 内に配置され、第 1 電極 340 に電気結合されている。それに加えて、可変インピーダンス整合回路網 370 は複数の可変インダクタンス回路網（例えば、回路網 410、411、500（図 4A、5A））を含み、これらの回路網はキャビティ 360 の内部にも外部にも配置することができる。他の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回路 370 は複数の可変容量回路網（例えば、回路網 442、446、540（図 4A、5A））を含み、これらの回路網はキャビティ 360 の内部にも外部にも配置することができる。可変インダクタンス回路網または可変容量回路網の各々によって提供されるインダクタンス値または容量値は、システム・コントローラ 312 からの制御信号を用いて規定され、これについては後により詳細に説明する。いずれにせよ、可変インピーダンス整合回路網 370 の状態を、

解凍動作の経過と共に、常に変化するキャパシタンスと負荷のインピーダンスに動的に整合するように変化させることによって、解凍動作中の負荷インピーダンスの変動にかかわらず、負荷 364 によって吸収される RF 電力の量を高いレベルに維持することができる。

【0048】

一実施形態によれば、RF 信号源 320 が RF 信号発生器及び（例えば、1 つ以上の電力増幅段 324、325 を含む）電力増幅器を含む。システム・コントローラ 312 によって接続部 314 を通して供給される制御信号に応答して、RF 信号発生器 322 は、ISM (industrial, scientific, and medical: 工業、科学、医療用) 帯域内の周波数を有する振動電気信号を生成するように構成されているが、他の周波数帯域の動作をサポートするようにシステムを修正することもできる。種々の実施形態では、異なる電力レベル及び／または異なる周波数の振動信号を生成するように信号発生器 322 を制御することができる。例えば、RF 信号発生器 322 は、約 10.0 MHz (約 10.0 MHz) ~ 約 100 MHz の範囲内、及び／または約 100 MHz から約 3.0 GHz (約 3.0 GHz) までの範囲内で振動する信号を生成することができる。いくつかの望ましい周波数は、例えば 13.56 MHz (+/- 5 パーセント)、27.125 MHz (+/- 5 パーセント)、40.68 MHz (+/- 5 パーセント)、及び 2.45 MHz (+/- 5 パーセント) とすることができる。1 つの特定実施形態では、例えば、RF 信号発生器 322 が、約 40.66 MHz ~ 約 40.70 MHz の範囲内で振動する信号を、約 10 dBm (約 10 dBm) ~ 約 15 dBm の範囲内の電力レベルで生成することができる。その代わりに、振動の周波数及び／または電力レベルはより低くすることもより高くすることもできる。

【0049】

図 3 の実施形態では、上記電力増幅器が駆動増幅段 324 及び最終増幅段 325 を含む。上記電力増幅器は、RF 信号発生器 322 から振動信号を受信し、この信号を増幅して大幅に高い電力の信号を電力増幅器の出力端子に生成するように構成されている。例えば、出力信号は、約 100 W (約 100 W) ~ 約 400 W (約 400 W) 以上の範囲内の電力レベルを有することができる。上記電力増幅器によって加えられるゲイン (利得) は、電源兼バイアス回路 326 によって各増幅段 324、325 の各々に供給されるゲートバイアス電圧及び／またはドレイン電源電圧を用いて制御することができる。より具体的には、電源兼バイアス回路 326 は、システム・コントローラ 312 から受信した制御信号に従って、バイアス電圧及び電源電圧を各 RF 増幅段 324、325 に供給する。

【0050】

一実施形態では、各増幅段 324、325 が、電界効果トランジスタ (FET: field effect transistor) のようなパワートランジスタとして実現され、このパワートランジスタは、入力端子 (例えば、ゲートまたは制御端子) 及び 2 つの電流搬送端子 (例えば、ソース端子及びドレイン端子) を有する。種々の実施形態では、インピーダンス整合回路 (図示せず) を、駆動増幅段 324 の入力 (ゲート) 端子に、駆動増幅段と最終増幅段 325 との間に、及び／または最終増幅段 325 の出力 (例えば、ドレイン) 端子に結合することができる。一実施形態では、増幅段 324、325 の各トランジスタが横方向拡散金属酸化物半導体 FET (LDMOSFET: laterally diffused metal oxide semiconductor FET) トランジスタを含む。しかし、これらのトランジスタはいずれの特定の半導体技術に限定されることも意図しておらず、他の実施形態では、各トランジスタは、窒化ガリウム (GaN) トランジスタ、他の種類の MOSFET トランジスタ、バイポーラ接合トランジスタ (BJT: bipolar junction transistor)、または他の半導体技術を利用したトランジスタとして実現することができる。

【0051】

図 3 には、電力増幅装置を、他の回路構成要素に特定の方法で結合された 2 つの増幅段 324、325 を含むように示している。他の実施形態では、電力増幅装置が他の増幅トポロジを含むことができ、及び／または、この増幅装置が (例えば、増幅器 724 (図 7) の実施形態中に示すように) 1 つの増幅段のみ、あるいは 3 つ以上の増幅段を含むことができる。例えば、この電力増幅装置は、シングルエンド増幅器、ドハティ (Doherty)

増幅器、スイッチモード電力増幅器（SMPA：Switch Mode Power Amplifier）、または他の種類の増幅器を含むことができる。

【0052】

解凍キャビティ360、及び解凍キャビティ360内に配置されたあらゆる負荷（例えば、食品、液体、等）は、電極340によってキャビティ360内に放射される電磁エネルギー（またはRF電力）に累積的な負荷をもたらす。より具体的には、キャビティ360及び負荷364はあるインピーダンスをシステムにもたらし、本明細書では「キャビティ+負荷のインピーダンス」と称する。キャビティ+負荷のインピーダンスは、解凍動作中に、負荷364の温度が増加するに連れて変化する。キャビティ+負荷のインピーダンスは、RF信号源320と電極340との間の導体伝送経路328に沿った反射信号電力の大きさに直接的影響を与える。大部分の場合、導体伝送経路328に沿ってキャビティ360内へ伝達される信号電力の大きさを最大にすること、及び／または導体伝送経路328に沿った反射信号対順方向信号の電力比を最小にすることが望ましい。

10

【0053】

一実施形態では、RF信号発生器320の出力インピーダンスを、キャビティ+負荷のインピーダンスに少なくとも部分的に整合させるために、第1整合回路334が伝送経路328上に電気結合されている。第1整合回路334は、種々の構成のいずれをも有することができる。一実施形態によれば、第1整合回路334が固定の構成部品（即ち、可変でない要素値を有する構成部品）を含むが、他の実施形態では、第1整合回路334が1つ以上の可変の構成部品を含むことができる。例えば、種々の実施形態では、第1整合回路334は、インダクタンス／キャパシタンス（LC）回路網、直列インダクタンス回路網、分路（シャント）インダクタンス回路網、あるいはバンドパス（帯域通過）、ハイパス（高域通過）、及びローパス（低域通過）回路の組合せ、から選択した任意の1つ以上の回路を含むことができる。基本的に、固定の整合回路334は、RF信号発生器320の出力インピーダンスとキャビティ+負荷のインピーダンスとの間の中間的レベルまでインピーダンスを上昇させるように構成されている。

20

【0054】

一実施形態によれば、電力検出回路330が、伝送経路328上の、RF信号源320の出力端子と電極340との間に結合されている。特定実施形態では、電力検出回路330がRFサブシステム310の一部を形成し、一実施形態では、電力検出回路330が、第1整合回路334の出力端子と可変インピーダンス整合回路網370の入力端子との間の導体328-2に結合されている。代案の実施形態では、電力検出回路330を、RF信号源320の出力端子と第1整合回路334の入力端子との間にある伝送経路328の一部分328-1に結合することができ、あるいは、可変インピーダンス整合回路網370の出力端子と第1電極340との間にある伝送経路328の一部分328-3に結合することができる。

30

【0055】

電力検出回路330は、どこに結合されても、RF信号源320と電極340との間の伝送経路328に沿って進む反射信号（即ち、電極340からRF信号源320に向かう方向に進む反射RF信号）の電力を監視し、測定し、さもなければ検出するように構成されている。一部の実施形態では、電力検出回路330は、RF信号源320と電極340との間の伝送経路328に沿って進む順方向信号（即ち、RF信号源320から電極340に向かう方向に進む順方向RF信号）の電力を検出するようにも構成されている。接続部332を通して、電力検出回路330は、反射信号電力（及び一部の実施形態では順方向信号電力）の大きさをシステム・コントローラ312に伝える信号を、システム・コントローラ312に供給する。順方向信号電力の大きさ及び反射信号電力の大きさを共に伝える実施形態では、システム・コントローラ312は、反射信号電力対順方向信号電力の比率、またはS11パラメータを計算することができる。以下でより詳細に説明するように、反射信号電力の大きさが反射信号電力の閾値を超えると、あるいは反射信号電力対順方向信号電力の比率がS11パラメータの閾値を超えると、このことは、システム300

40

50

がキャビティ＋負荷のインピーダンスに十分に整合していないこと、及びキャビティ 360 内の負荷 364 によるエネルギー吸収が準最適であり得ることを示す。こうした状況では、システム・コントローラ 312 は、反射信号電力または S 11 パラメータを所望レベルに向けて、あるいは所望レベル未満に（例えば、反射信号電力の閾値及び／または反射信号電力対順方向信号電力の比率の閾値未満に）追い込むように、可変整合回路網 370 の構成を変化させるプロセスを調整し、これにより、許容可能な整合を再確立し、負荷 364 によるより最適なエネルギー吸収を促進する。

【0056】

より具体的には、システム・コントローラ 312 は、制御信号を、制御経路 316 を通して可変整合回路 370 に供給することができ、これらの制御信号は、可変整合回路 370 に、回路内の 1 つ以上の構成部品のインダクタンス値、容量値、及び／または抵抗値を変化させ、これにより、回路 370 によって行われるインピーダンス変換を調整する。可変整合回路 370 の設定を調整することは、反射信号電力の大きさを所望通りに減少させ、このことは、S 11 パラメータの大きさを減少させて負荷 364 によって吸収される電力を増加させることに相当する。

【0057】

上述したように、解凍キャビティ 360＋負荷 364 の入力インピーダンスに整合するように可変インピーダンス整合回路網 370 を用いて、負荷 364 内への RF 電力伝達を可能な範囲で最大にする。解凍キャビティ 360 及び負荷 364 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ることができないことがある。さらに、負荷 364 のインピーダンスは、解凍動作中に、負荷 364 が加温されるに連れて変化する。一実施形態によれば、システム・コントローラ 312 は制御信号を可変インピーダンス整合回路網 370 に供給することができ、これらの制御信号は、可変インピーダンス整合回路網 370 の構成の変化を生じさせる。このことは、システム・コントローラ 312 が、解凍動作の開始時に可変インピーダンス整合回路網 370 の初期構成を確立することを可能にし、解凍動作の開始時には、反射電力対順方向電力の比率が比較的低く、従って負荷 364 による RF 電力の吸収が比較的高い。それに加えて、このことは、システム・コントローラ 312 が、負荷 364 のインピーダンスの変化にかかわらず解凍動作全体を通して十分な整合を維持することができるように、可変インピーダンス整合回路網 370 の構成を変更することを可能にする。

【0058】

可変整合回路網 370 用の構成の非限定的な例を図 4 A、4 B、5 A、及び 5 B に示す。例えば、種々の実施形態では、回路網 370 は、インダクタンス／容量（LC）回路網、インダクタンスのみの回路網、容量のみの回路網、あるいはバンドパス、ハイパス、及びローパス回路の組合せから選択した任意の 1 つ以上の回路を含むことができる。一実施形態では、可変整合回路網 370 がシングルエンド回路網（例えば、回路網 400、440（図 4 A、4 B））を含む。可変インピーダンス整合回路網によって提供されるインダクタンス、容量、及び／または抵抗の値は、回路網 370 によって行われるインピーダンス変換に影響を与え、システム・コントローラ 312 からの制御信号を用いて確立され、これについては後により詳細に説明する。いずれにせよ、可変整合回路網 370 の構成を、解凍動作の経過と共に、常に変化するキャビティ 360＋キャビティ 360 内の負荷 364 のインピーダンスに動的に整合するように変化させることによって、解凍動作全体を通してシステムを効率的に高いレベルに維持することができる。

【0059】

可変整合回路網 370 は、多種多様な回路構成のいずれを有することもでき、こうした構成の非限定的な例を図 4 A、4 B、5 A、及び 5 B に示す。一実施形態によれば、図 4 A 及び 5 A に例示するように、可変インピーダンス整合回路網 370 は、受動構成部品のシングルエンド回路網を含むことができ、より具体的には、固定値のインダクタ（例えば、集中誘導性構成部品）及び可変インダクタ（または可変インダクタンス回路網）を含むことができる。他の実施形態によれば、図 4 B 及び 5 B に例示するように、可変インピー

ダンス整合回路網 370 は受動構成部品のシングルエンド回路網を含むことができ、より具体的には、可変コンデンサの回路網（または可変容量回路網）を含むことができる。本明細書中に用いる「インダクタ」とは、ディスクリット（個別部品の）インダクタ、あるいは介在する他の種類の構成部品（例えば、抵抗器またはコンデンサ）なしに互いに電気結合された一組のインダクタ構成部品を意味する。同様に、「コンデンサ」とは、ディスクリットのコンデンサ、あるいは介在する他の種類の構成部品（例えば、抵抗器またはインダクタ）なしに互いに電気結合された一組の容量性構成部品を意味する。

【0060】

まず、可変インピーダンスのインピーダンス整合回路網の実施形態を参照すれば、図 4 A は、一実施解体によるシングルエンド可変インピーダンス整合回路網 400（例えば、可変インピーダンス整合回路網 370（図 3））の概略図である。以下でより詳細に説明するように、可変インピーダンス整合回路網 370 は基本的に次の 2 つの部分有する：1 つの部分は RF 信号源（または電力増幅器の最終段）に整合し；他の部分はキャパシタ + 負荷に整合する。

【0061】

一実施形態によれば、可変インピーダンス整合回路網 400 は、入力ノード 402、出力ノード 404、第 1 及び第 2 可変インダクタンス回路網 410、411、及び複数の固定値のインダクタ 412～415 を含む。解凍システム（例えば、システム 300（図 3））に内蔵されると、入力ノード 402 は RF 信号源（例えば、RF 信号源 320（図 3））の出力端子に電気結合され、出力ノード 404 は解凍キャパシタ（例えば、解凍キャパシタ 360（図 3））内の電極（例えば、第 1 電極 340（図 3））に電気結合される。

【0062】

一実施形態では、入力ノード 402 と出力ノード 404 との間の可変インピーダンス整合回路網 400 が、直列結合された第 1 及び第 2 集中インダクタ 412、414 を含む。一実施形態では、第 1 及び第 2 集中インダクタ 412、414 はサイズ及びインダクタンス値が共に比較的大きい、というのは、これらのインダクタは比較的低い周波数（例えば、約 40.66 MHz～約 40.70 MHz）及び比較的大きい電力（例えば、約 50 ワット（W）～約 500 W）の動作用に設計することができるからである。例えば、インダクタ 412、414 が約 200 ナノヘンリー（nH）～約 600 nH の範囲内の値を有することができるが、他の実施形態では、それらの値をより低くすること、及び／またはより高くすることができる。

【0063】

第 1 可変インダクタンス回路網 410 は第 1 の分路インダクタンス回路網であり、入力ノード 402 と接地基準端子（例えば、接地された格納構造 366（図 3））との間に結合されている。一実施形態によれば、第 1 可変インダクタンス回路網 410 は、第 1 整合回路（例えば、回路 334（図 3））によって変化した RF 信号源（例えば、RF 信号源 320（図 3））のインピーダンスに整合するように構成可能であり、あるいは、より具体的には、第 1 整合回路（例えば、回路 334（図 3））によって変化した第 1 段の電力増幅器（例えば、増幅器 325（図 3））のインピーダンスに整合するように構成可能である。従って、第 1 可変インダクタンス回路網 410 は、可変インピーダンス整合回路網 400 の「RF 信号源整合部分」と称することができる。一実施形態によれば、そして図 5 に関連してより詳細に説明するように、第 1 可変インダクタンス回路網 410 は誘導性構成部品の回路網を含み、これらの誘導性構成部品どうしを選択的に結合して約 10 nH～約 400 nH の範囲内のインダクタンスを提供することができるが、この範囲はより低いインダクタンス値またはより高いインダクタンス値へ拡張することもできる。

【0064】

これとは対照的に、可変インピーダンス整合回路網 400 の「キャパシタ整合部分」は第 2 の分路インダクタンス回路網 416 によって提供され、第 2 の分路インダクタンス回路網 416 は、第 1 及び第 2 集中インダクタ 412、414 と接地基準端子との間に結合

されている。一実施形態によれば、第2の分路インダクタンス回路網416は、直列結合された第3集中インダクタ413及び第2可変インダクタンス回路網411を含み、第3集中インダクタ413と第2可変インダクタンス回路網411との間に中間ノード422を有する。第2可変インダクタンス回路網411の構成を変化させて複数のインダクタンス値を提供することができるので、第2の分路インダクタンス回路網416は、キャパティ+負荷（例えば、キャパティ360+負荷364（図3））のインピーダンスに整合するように構成可能である。例えば、インダクタ413は、約400nH～約800nHの範囲内の値を有することができるが、他の実施形態では、その値をより低くすること及び／またはより高くすることができる。一実施形態によれば、そして図5に関連してより詳細に説明するように、第2可変インダクタンス回路網411は誘導性構成部品の回路網を含み、これらの誘導性構成部品どうしを選択的に結合して約50nH～約800nHの範囲内のインダクタンスを提供することができるが、この範囲はより低いインダクタンス値またはより高いインダクタンス値へ拡張することもできる。

10

【0065】

最後に、可変インピーダンス整合回路網400は、出力ノード404と接地基準端子との間に結合された第4集中インダクタ415を含む。例えば、インダクタ415は約400nH～約800nHの範囲内の値を有することができるが、他の実施形態では、その値をより低くすること、及び／またはより高くすることができる。

【0066】

図12Aに関連してより詳細に説明するように、集中インダクタ412～415の集合430は、少なくとも部分的にキャパティ（例えば、キャパティ360（図3））内に物理的に配置された、あるいは少なくとも格納構造（例えば、格納構造366（図3））の境界内にあるモジュールの一部分を形成することができる。このことは、集中インダクタ412～415によって生成される放射が、周囲環境内へ外部放射されるのではなく、システム内に安全に包含されることを可能にする。これとは対照的に、種々の実施形態では、可変インダクタンス回路網410、411はキャパティまたは格納構造内に含めることも含めないこともできる。

20

【0067】

一実施形態では、図4Aの可変インピーダンス整合回路網400の実施形態が「インダクタのみ」を含んで、解凍キャパティ360+負荷364の入力インピーダンスの整合を行う。従って、回路網400は「インダクタのみ」の整合回路網と考えることができる。本明細書中に用いる「インダクタのみ」または「インダクタだけ」は、可変インピーダンス整合回路網の構成部品を記述する際には、この回路網が有意な抵抗値を有するディスクリット抵抗器、または有意な容量値を有するディスクリット・コンデンサを含まないことを意味する。一部の場合には、上記整合回路網の構成部品間の導体伝送線が最小の抵抗を有することができ、及び／または、最小の寄生容量が回路網内に存在することができる。こうした最小の抵抗及び／または最小の寄生容量は、「インダクタのみ」の回路網の実施形態を、抵抗器及び／またはコンデンサも含む整合回路網に変換するものとして解釈すべきでない。しかし、可変インピーダンス整合回路網が、異なるように構成されたインダクタのみの整合回路、及び、ディスクリット・インダクタ、ディスクリット・コンデンサ、及び／またはディスクリット抵抗器の組合せを含む整合回路網を含むことができることは、当業者の理解する所である。図6に関連してより詳細に説明するように、「インダクタのみ」の整合回路網は、その代わりに、誘導性構成部品を専ら、あるいは主として用いて容量性負荷のインピーダンス整合を可能にする整合回路網として定義することができる。

30

40

【0068】

図5Aは、一実施形態による可変インダクタンス回路網500の概略図であり、可変インダクタンス回路網500は可変インピーダンス整合回路（例えば、可変インピーダンス整合回路410及び／または411（図4A））に内蔵することができる。回路網500は、入力ノード530、出力ノード532、及び複数N個のディスクリット・インダクタ

50

501～504を含み、ディスクリット・インダクタ501～504は入力ノード530と出力ノード532との間に互いに直列に結合され、このNは2～10以上の整数とすることができる。それに加えて、回路網500は複数N個のバイパススイッチ511～514を含み、各スイッチ511～514は、インダクタ501～504のうちの1つの端子間に並列に結合されている。スイッチ511～514は、例えば、トランジスタ、機械式リレー、または機械スイッチとして実現することができる。各スイッチ511～514の導通状態（即ち、開または閉）は、システム・コントローラ（例えば、システム・コントローラ312（図3））からの制御信号521～524により制御される。

【0069】

インダクタ／スイッチの並列結合毎に、（インダクタに）対応するスイッチが開または非導通状態である際には、ほとんど全部の電流がインダクタを流れて、スイッチが開または導通状態である際には、ほとんど全部の電流がスイッチを流れる。例えば、図5Aに示すように全部のスイッチ511～514が開である際には、入力ノード530と出力ノード532との間を流れる電流のほとんど全部が直列のインダクタ501～504を流れて流れる。この構成は、回路網500の最大インダクタンス状態（即ち、入力ノード530と出力ノード532との間に最大のインダクタンス値が存在する回路網500の構成）を表す。逆に、全部のスイッチ511～514が閉である際には、入力ノード530と出力ノード532との間を流れる電流のほとんど全部が、その代わりに、インダクタ501～504をバイパス（迂回）してスイッチ511～514、及びノード530、532とスイッチ511～514との間の導体相互接続部を流れる。この構成は、回路網500の最小インダクタンス状態（即ち、最小のインダクタンス値が入力ノード530と出力ノード532との間に存在する回路網500の構成）を表す。しかし、実際には、最小インダクタンス状態では、スイッチ511～514、及びノード530、532とスイッチ511～514との間の導体相互接続部の累積インダクタンスに起因する「微量の」インダクタンスが存在する。例えば、最小インダクタンス状態では、可変インダクタンス回路網500における微量インダクタンスは約10nH～約50nHの範囲内であり得るが、微量インダクタンスはより小さくもより大きくもなり得る。より大きい、任意の所定の回路網構成における微量インダクタンスが、回路網500を通る電流を主に伝える一連の導体及びスイッチのインダクタンスの総和である場合に、より小さい、あるいはほぼ同様の微量インダクタンスは、他の回路網構成の各々に特有のものとすることもできる。

【0070】

全部のスイッチ511～514が開である最大インダクタンス状態から始まって、システム・コントローラは制御信号521～524を供給し、これらの信号は、スイッチ511～514の任意の組合せの閉状態を生じさせて、対応するインダクタ501～504の組合せをバイパスさせることによって回路網500のインダクタンスを低減することができる。一実施形態では、各インダクタ501～504がほぼ同じインダクタンス値を有し、本明細書では正規化値Iと称する。例えば、各インダクタ501～504は、約10mH～約200mHの範囲内の値、あるいは他の何らかの値を有することができる。こうした実施形態では、回路網500における最大（即ち、全部のスイッチ511～514が開状態である際の）インダクタンス値は、約 $N \times I +$ （回路網500が最大インダクタンスの構成にある際に回路網500内に存在し得るあらゆる微量インダクタンス）になる。任意のn個のスイッチが閉状態である際には、回路網500におけるインダクタンス値が約 $(N - n) \times I +$ （微量インダクタンス）になる。こうした実施形態では、回路網500の構成は、N+1通りのインダクタンス値のいずれかを有するように構成することができる。

【0071】

代案実施形態では、インダクタ501～504が互いに異なる値を有することができる。例えば、入力ノード530から出力ノード532に向かって移動すれば、第1インダクタ501は正規化インダクタンス値Iを有することができ、系列内で後続する各インダクタ502～504はより大きい、あるいはより小さいインダクタンス値を有することができる。例えば、後続する各インダクタ502～504は、上流の直近のインダクタ501

～503のインダクタンス値の倍数である（例えば、約2倍の）インダクタンス値を有することができるが、その差は必ずしも整数倍である必要はない。こうした実施形態では、回路網500の構成は 2^N 通りのインダクタンス値のいずれかを有するように設定することができる。例えば、 $N=4$ であり、各インダクタ501～504が異なる値を有する際には、回路網500は16通りのインダクタンス値のいずれかを有するように設定することができる。例えば、限定目的ではないが、インダクタ501が I の値を有するものと仮定すれば、インダクタ502は $2 \times I$ の値を有し、インダクタ503は $4 \times I$ の値を有し、インダクタ504は $8 \times I$ の値を有する。以下の表1は、回路網500がとり得る16通りの構成の全部についての合計インダクタンス値を示す（微量インダクタンスは考慮しない）：

【0072】

【表1】

回路網の 状態	スイッチ511 の状態 (501 値= I)	スイッチ512 の状態 (502 値= $2 \times I$)	スイッチ513 の状態 (503 値= $4 \times I$)	スイッチ514 の状態 (504 値= $8 \times I$)	合計の回路網 インダクタンス（微量 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ーあり得るすべての可変インダクタンス回路網の状態についての合計インダクタンス値

【0073】

再び図4Aを参照すれば、可変インダクタンス回路網410の実施形態を、上述した例の特性を有する（即ち、 $N=4$ であり、後続する各インダクタは先行するインダクタの約2倍のインダクタンスを有する）可変インダクタンス回路網500の形式で実現することができる。最小インダクタンス状態における微量インダクタンスが約10mHであるものと仮定し、回路網410によって実現可能なインダクタンス値の範囲が約10nH（微量イン

ダクタンス) ~ 約 400 nH であるものと仮定すれば、インダクタ 501 ~ 504 の値はそれぞれ、例えば約 30 nH、約 50 nH、約 100 nH、及び約 200 nH とすることができる。同様に、可変インダクタンス回路網 411 の実施形態を同じ方法で実現する場合、そして、微量インダクタンスが約 50 nH であり、回路網 411 によって実現可能なインダクタンス値の範囲が約 50 nH (微量インダクタンス) ~ 約 800 nH であるものと仮定すれば、インダクタ 501 ~ 504 の値はそれぞれ、例えば約 50 nH、約 100 nH、約 200 nH、及び約 400 nH とすることができる。もちろん、4 つのインダクタ 501 ~ 504 よりも多数または少数のインダクタを、可変インダクタンス回路網 410、411 のいずれにも含めることができ、各回路網 410、411 内のインダクタは異なる値を有することができる。

10

【0074】

上記の実施形態は、回路網 500 内のスイッチ付きインダクタンスの数が 4 に等しいこと、及び各インダクタ 501 ~ 504 が I の何らかの倍数である値を有することを規定しているが、可変インダクタンス回路網の代案実施形態は、4 つよりも多数または少数のインダクタ、インダクタの異なる相対値、異なる数の可能な回路網構成、及び/または異なるインダクタの構成 (例えば、異なるように接続された、並列及び/または直列結合されたインダクタの組) を有することができる。どちらにしても、可変インダクタンス回路網を解凍システムのインピーダンス整合回路網内に設けることによって、解凍システムは、解凍動作中に存在する常に変化するキャパティの入力インピーダンスにより良好に整合することができる。

20

【0075】

図 4 B は、一実施形態によるシングルエンド可変容量整合回路網 440 (例えば、可変インピーダンス整合回路網 370 (図 3)) の概略図であり、シングルエンド可変容量整合回路網 440 は、可変インダクタンスのインピーダンス整合回路網 400 の代わりに実現することができる。一実施形態によれば、可変インピーダンス整合回路 440 は、入力ノード 402、出力ノード 404、第 1 及び第 2 可変容量回路網 442、446、及び少なくとも 1 つのインダクタ 454 を含む。解凍システム (例えば、システム 300 (図 3)) に内蔵されると、入力ノード 402 は RF 信号源 (例えば、RF 信号源 320 (図 3)) の出力端子に電気結合され、出力ノード 404 は、解凍キャパティ (例えば、解凍キャパティ 360 (図 3)) 内の電極 (例えば、第 1 電極 340 (図 3)) に電気結合される。

30

【0076】

一実施形態では、入力ノード 402 と出力ノード 404 との間の可変インピーダンス整合回路網 440 が、インダクタ 454 に直列に結合された第 1 可変容量回路網 442、及び中間ノード 451 と接地基準端子 (例えば、接地された格納構造 366 (図 3)) との間に結合された第 2 可変容量回路網 446 を含む。一実施形態では、インダクタ 454 は、比較的低い周波数 (例えば、約 40.66 MHz ~ 約 40.70 MHz) 及び比較的大きい電力 (例えば、約 50 W ~ 約 500 W) の動作用に設計することができる。例えば、インダクタ 454 は約 200 nH ~ 約 600 nH の範囲内の値を有することができるが、他の実施形態では、その値をより低くすること及び/またはより高くすることができる。一実施形態によれば、インダクタ 454 は固定値の集中インダクタ (例えば、コイル) である。他の実施形態では、インダクタ 454 のインダクタンス値を可変にすることができる。

40

【0077】

第 1 可変容量回路網 442 は入力ノード 402 と中間ノード 451 との間に結合され、第 1 可変容量回路網 442 は、可変インピーダンス整合回路網 440 の「RF 信号源整合部分」と称することができる。一実施形態によれば、第 1 可変容量回路網 442 は、第 1 可変コンデンサ 444 に並列に結合された第 1 固定値コンデンサ 443 を含む。一実施形態では、第 1 固定値コンデンサ 443 が約 1 ピコファラッド (pF) ~ 約 100 pF の容量を有することができる。図 5 B に関連してより詳細に説明するように、第 1 可変コンデンサ 444 は容量性構成部品の回路網を含むことができ、これらの容量性構成部品どうしを選

50

択的に結合して0 pF～約100 pFの範囲内の容量を提供することができる。従って、第1可変容量回路網442によって提供される合計容量値は約1 pF～約200 pFの範囲内にすることができるが、この範囲はより低い容量値またはより高い容量値へ拡張することもできる。

【0078】

可変インピーダンス整合回路網440の「分路整合部分」は第2可変容量回路網446によって提供され、第2可変容量回路網446は、（第1可変容量回路網442と集中インダクタ454との間に配置された）ノード451と接地基準端子との間に結合されている。一実施形態によれば、第2可変容量回路網446は、第2可変コンデンサ448に並列に結合された第2固定値コンデンサ447を含む。第2固定値コンデンサ447は約1 pF～約100 pFの範囲内の容量値を有することができる。図5Bに関連してより詳細に説明するように、第2可変コンデンサ448は容量性構成部品の回路網を含むことができ、これらの容量性構成部品どうしを選択的に結合して0 pF～約100 pFの範囲内の容量を提供することができる。従って、第2可変容量回路網446によって提供される合計容量値は約1 pF～約200 pFの範囲内にすることができるが、この範囲はより低い容量値またはより高い容量値へ拡張することもできる。第1及び第2可変容量回路網442、446の構成を変化させて複数の静電容量値を提供することができ、従って、これらの状態は、キャパティ+負荷（例えば、キャパティ360+負荷364、図3）のインピーダンスをRF信号源（例えば、RF信号源320、図3）に最適に整合させるように設定可能にすることができる。

【0079】

図5Bは、一実施形態によるシングルエンド可変容量回路網540の概略図であり、シングルエンド可変容量回路網540は可変インピーダンス整合回路網に（例えば、可変コンデンサ444、448（図4B）の例毎に）内蔵することができる。回路網540は、入力ノード531、出力ノード533、及び複数N個のディスクリット・コンデンサ541～544を含み、これらのディスクリット・コンデンサは入力ノード531と出力ノード533との間に互いに並列に結合され、ここにNは2～10以上の整数とすることができる。それに加えて、回路網540は複数N個のバイパススイッチ551～554を含み、各スイッチ551～554はコンデンサ541～544のうちの1つの一方の端子に直列に結合されている。スイッチ551～554は、例えば、トランジスタ、機械式リレー、または機械スイッチとして実現することができる。各スイッチ551～554の導通状態（即ち、開または閉）は、システム・コントローラ（例えば、システム・コントローラ312（図3））からの制御信号561～564により制御される。図5Bに示す実施形態では、並列結合された各分岐内で、単一のスイッチが各コンデンサの一方の端子に接続され、スイッチが結合される方の端子は、一連の並列結合されたコンデンサ541～544を通して見れば（例えば、コンデンサ541及び543では）下側の端子と（例えば、コンデンサ542及び544では）上側の端子との間で交互する。代案実施形態では、スイッチが結合される方の端子を、回路網全体を通して同じにすることができ（例えば、各スイッチは、並列結合された各分岐内の上側端子または下側端子（の一方）に結合されるが、その両方には結合されない）あるいは、2つのスイッチを、並列結合された各分岐内の上側及び下側端子の両方に結合することができる。後者の実施形態では、各コンデンサに結合された2つのスイッチを同期された様式で制御して開閉することができる。

【0080】

図示する実施形態では、各コンデンサ/スイッチの直列結合毎に、当該コンデンサに対応するスイッチが開または導通状態である際には、ほとんど全部の電流がコンデンサを流れて、当該スイッチが開または非導通状態である際には、コンデンサを流れる電流はほぼ0である。例えば、図5Bに示すように全部のスイッチ551～554が開である際には、入力ノード531と出力ノード533との間を流れる電流のほとんど全部がコンデンサ541～544の並列結合を通して流れる。この構成は、回路網540の最大容量構成（即ち、最大の容量値が入力ノード531と出力ノード533との間に存在する

回路網 540 の構成)を表す。逆に、全部のスイッチ 551～554 が開である際には、入力ノード 531 と出力ノード 533 との間を流れる電流はほぼ 0 である。この構成は、回路網 540 の最小容量構成 (即ち、入力ノード 531 と出力ノード 533 との間に最小の容量値が存在する構成)を表す。

【0081】

全部のスイッチ 551～554 が閉である最大容量構成から始まって、システム・コントローラは制御信号 561～564 を供給し、これらの制御信号は、スイッチ 551～554 の任意の組合せの開状態を生じさせて、対応するコンデンサ 541 から 544 の組合せを切り離すことによって回路網 540 の容量を低減することができる。一実施形態では、各コンデンサ 541～544 がほぼ同じ容量値を有し、本明細書では正規化値 J と称する。例えば、各コンデンサ 541～544 は、約 1 pF～約 25 pF の範囲内の値、あるいは他の何らかの値を有することができる。こうした実施形態では、回路網 540 における最大 (即ち、全部のスイッチ 551～554 が閉状態である際の) 容量値は約 $N \times J$ になる。任意の n 個のスイッチが開状態である際には、回路網 540 における容量値が約 $(N - n) \times J$ になる。こうした実施形態では、回路網 540 の構成は $N + 1$ 通りの容量値のいずれかを有するように構成することができる。

【0082】

代案実施形態では、コンデンサ 541～544 が互いに異なる値を有することができる。例えば、入力ノード 531 から出力ノード 533 に向かって移動すれば、第 1 コンデンサ 541 は正規化容量値 J を有することができ、系列内で後続する各コンデンサ 542～544 は、より大きい、あるいはより小さい容量値を有することができる。例えば、後続する各コンデンサ 542～544 は、上流の直近のコンデンサ 541～543 の容量値の倍数である (例えば、約 2 倍の) 容量値を有することができるが、その差は必ずしも整数倍である必要はない。こうした実施形態では、回路網 540 の構成は 2^N 通りの容量値のいずれかを有するように構成することができる。例えば、 $N = 4$ であり、各コンデンサ 541～544 が異なる値を有する際には、回路網 540 は 16 通りの容量値のいずれかを有するように構成することができる。例えば、限定目的ではないが、コンデンサ 541 が J の値を有するものと仮定すれば、コンデンサ 542 は $2 \times J$ の値を有し、コンデンサ 543 は $4 \times J$ の値を有し、コンデンサ 544 は $8 \times J$ の値を有する。回路網 540 がとり得る 16 通りの構成の全部についての合計容量値は、(I の値を J の値に取り換え、「開」と「閉」の記号表示を逆にすることを除いては) 上記の表 1 と同様の表によって表すことができる。

【0083】

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回路網 (例えば、回路網 370、400 (図 3、4A)) の実施形態における複数のインダクタンスが、入力キャパティのインピーダンスを RF 信号源に整合させることができる様子を示す。図示していないが、可変インピーダンス整合回路網 (例えば、回路網 370、440 (図 3、4A)) の実施形態における複数の容量が、入力キャパティのインピーダンスを RF 信号源に同様に整合させることができる。スミスチャート 600 の例は、システムが 50 オーム系であり、RF 信号源の出力が 50 オームであるものと仮定する。本明細書中の記載に基づけば、このスミスチャートを、異なる特性インピーダンスを有するシステム及び／または信号源用に修正する方法は、当業者の理解する所である。

【0084】

スミスチャート 600 では、点 601 は、負荷 (例えば、キャパティ 360 + 負荷 364 (図 3)) が (例えば、解凍動作の開始時に) 可変インピーダンス整合回路網 (例えば、回路網 370、400 (図 3、4A)) によって提供される整合なしに配置される点に相当する。スミスチャート 600 の右下の四分円内の負荷点 601 の位置によって示されるように、負荷は容量性負荷である。一実施形態によれば、可変インピーダンス整合回路網の分路及び直列インダクタンスが、実質的に容量性の負荷インピーダンスを最適な整合点 606 (例えば、50 オーム) に向けて連続的に移動させ、整合点 606 では、負荷への

R Fエネルギー伝達が最小の損失で発生することができる。より具体的には、そして図 4 Aも参照すれば、分路インダクタンス 4 1 5 がインピーダンスを点 6 0 2 へ移動させ、直列インダクタンス 4 1 4 がインピーダンスを点 6 0 3 へ移動させ、分路インダクタンス 4 1 6 がインピーダンスを点 6 0 4 へ移動させ、直列インダクタンス 4 1 2 がインピーダンスを点 6 0 5 へ移動させ、そして分路インダクタンス 4 1 0 がインピーダンスを最適な整合点 6 0 6 へ移動させる。

【0085】

なお、可変インピーダンス整合回路網の実施形態によって行われるインピーダンス変換の組合せは、インピーダンスを、スミスチャート 6 0 0 の右下の四半円内またはそれに非常に近いいずれかの点に保つ。スミスチャート 6 0 0 のこの四半円は比較的高いインピーダンス及び比較的小さい電流によって特徴付けられるので、インピーダンス変換は、回路の構成部品を比較的大きく損傷を与える可能性がある電流に曝すことなしに実現される。従って、本明細書中に用いる「インダクタのみ」の整合回路の代わりの定義は、誘導性構成部品を専ら、あるいは主として用いて容量性負荷のインピーダンス整合を可能にする整合回路網とすることができ、このインピーダンス整合回路網は、こうした変換をスミスチャートの実質的に右下の四半円内で実行する。

【0086】

前述したように、負荷のインピーダンスは解凍動作中に変化する。従って、点 6 0 1 は解凍動作中にそれに対応して移動する。前述した実施形態によれば、負荷点 6 0 1 の移動は、可変インピーダンス整合回路網によって提供される最終的な整合が常に最適な整合点 6 0 6 またはその付近に到達することができるように、第 1 及び第 2 分路インダクタンス 4 1 0、4 1 1 のインピーダンスを変化させることによって補償される。本明細書では、特定の可変インピーダンス整合回路網を図示して説明してきたが、本明細書中の記載に基づけば、異なるように構成された可変インピーダンス整合回路網が、スミスチャート 6 0 0 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できることは、当業者の理解する所である。例えば、可変インピーダンス整合回路網の代案実施形態は、より多数またはより少数の分路及び／または直列インダクタンスを有することができ、及び／または、複数のインダクタンスのうちの異なるものを（例えば、直列インダクタンスのうちの 1 つ以上を含む）可変インピーダンス回路網として構成することができる。従って、本明細書では特定の可変インダクタンス整合回路網を図示して説明してきたが、本発明の主題は図示して説明する実施形態に限定されない。

【0087】

図 3～6 に関連する記載は、「不平衡型」解凍装置を詳細に説明し、この解凍装置では、R F 信号を一方の電極（例えば、電極 3 4 0（図 3））に印加し、他方の「電極」（例えば、格納構造 3 6 6（図 3））は接地する。上述したように、解凍装置の代案実施形態は「平衡型」解凍装置を具えている。こうした装置では、平衡 R F 信号が両電極に供給される。

【0088】

例えば、図 7 は、一実施形態による平衡型解凍システム 7 0 0（例えば、解凍システム 1 0 0、2 1 0、2 2 0（図 1、2））の簡略化したブロック図である。一実施形態では、解凍システム 7 0 0 は、R F サブシステム 7 1 0、解凍キャパシティ 7 6 0、ユーザ・インタフェース 7 8 0、システム・コントローラ 7 1 2、R F 信号源 7 2 0、電源兼バイパス回路 7 2 6、可変インピーダンス整合回路網 7 7 0、2 つの電極 7 4 0、7 5 0、及び電力検出回路 7 3 0 を含む。それに加えて、他の実施形態では、解凍システム 7 0 0 が、温度センサ及び／または赤外線（I R）センサ 7 9 0 を含むことができるが、これらのセンサ構成要素の一部または全部を除外することができる。図 7 は、説明及び記述しやすさの目的で簡略化した解凍システム 7 0 0 の表現であり、実際の実施形態は、追加的な機能及び特徴を提供するための他の装置及び構成要素を含むことができること、及び／または解凍システム 7 0 0 はより大きな電気システムの一部とすることができることは明らかである。

【0089】

ユーザ・インタフェース780は、例えば、ユーザが解凍動作のパラメータ（例えば、解凍される負荷の特性、等）に関する入力をシステムに与えることを可能にする制御パネル（例えば、制御パネル120、214、224（図1、2））、開始及び取り消しボタン、機械的制御部（例えば、ドア／引き出しの開放ラッチ）、等に対応することができる。それに加えて、ユーザ・インタフェースは、解凍動作の状態を示すユーザが知覚可能な出力（例えば、カウントダウン・タイマー、解凍動作の進行または完了を示す可視の印、及び／または解凍動作の完了を示す可聴のトーン）及び他の情報を提供するように構成することができる。

【0090】

一実施形態では、RFサブシステム710は、システム・コントローラ712、RF信号源720、第1インピーダンス整合回路734（本明細書では「第1整合回路」）、電源兼バイアス回路726、及び電力検出回路730を含む。システム・コントローラ712は、1つ以上の汎用または専用プロセッサ（例えば、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、ASIC、等）、揮発性及び／または不揮発性メモリ（例えば、RAM、ROM、フラッシュ、種々のレジスタ、等）、1つ以上の通信バス、及び他の構成要素を含むことができる。一実施形態によれば、システム・コントローラ712は、ユーザ・インタフェース780、RF信号源720、電源兼バイアス回路726、電力検出回路730（あるいは730'または730''）、可変整合サブシステム770、（含まれていれば）センサ790に結合されている。システム・コントローラ712は、ユーザ・インタフェース780を介して受け付けたユーザ入力を示す信号を受信し、RF信号の反射電力（及び場合によってはRF信号の順方向電力）を示す信号を電力検出回路730（あるいは730'または730''）から受信し、そしてセンサ信号をセンサ790から受信するように構成されている。受信した信号及び測定値に応答して、後に詳細に説明するように、システム・コントローラ712は制御信号を電源兼バイアス回路726、及び／またはRF信号源720のRF信号発生器722に供給する。それに加えて、システム・コントローラ712は、制御信号を可変インピーダンス整合サブシステム770に（経路716を通して）供給し、このことはサブシステム770に、当該サブシステム770の可変インピーダンス整合回路772の状態または設定を変化させる。

【0091】

解凍キャビティ760は容量型解凍装置を含み、この容量型解凍装置は、空気キャビティによって分離された第1及び第2平行平板電極740、750を有し、この空気キャビティ内に解凍される負荷764を配置することができる。格納構造766内には、第1及び第2電極740、750（例えば、電極140、150（図2A））が、互いに対する固定の物理的関係で、解凍キャビティ760（例えば、内側キャビティ260（図2B））の内側のどちらかの側面上に配置されている。一実施形態によれば、電極740、750間の距離752がキャビティ760を準共鳴にする。

【0092】

第1電極740と第2電極750とは、キャビティ760全体を隔てて距離752だけ分離されている。種々の実施形態では、距離752が約0.10メートル～約1.0メートルの範囲内であるが、この距離はより小さくすることもより大きくすることもできる。一実施形態によれば、距離752がRFサブシステム710によって生成されるRF信号の1波長未満である。換言すれば、上述したように、キャビティ360は準共鳴キャビティである。一部の実施形態では、距離752がRF信号の1波長の約半分未満である。他の実施形態では、距離752がRF信号の1波長の約4分の1未満である。さらに他の実施形態では、距離752がRF信号の1波長の約8分の1未満である。さらに他の実施形態では、距離752がRF信号の1波長の約50分の1未満である。さらに他の実施形態では、距離752がRF信号の1波長の約100分の1未満である。

【0093】

一般に、より低い動作周波数（例えば、周波数10MHz～100MHz）用に設計されたシ

10

20

30

40

50

システム700は、1波長のより小さい割合である距離752を有するように設計することができる。例えば、システム700を、約10MHzの動作周波数（約30メートルの波長に相当する）を有するRF信号を生成するように設計し、距離752を約0.5メートルであるように選択すると、距離752はRF信号の1波長の60分の1になる。逆に、システム700を約300MHzの動作周波数（約1メートルの波長に相当する）用に設計し、距離752を約0.5メートルであるように選択すると、距離752はRF信号の1波長の約半分になる。

【0094】

動作周波数、及び電極740、750間の距離を、準共鳴内部キャビティ760を規定するように選択することにより、第1電極740と第2電極750とが容量結合される。より具体的には、第1電極740はコンデンサの第1極板に例えることができ、第2電極750はコンデンサの第2極板に例えることができ、負荷764、障壁762、及びキャビティ760内の空気はコンデンサの誘電体に例えることができる。従って、本明細書では第1電極740を代わりに「陽極」と称することがあり、本明細書では第2電極750を代わりに「陰極」と称することがある。

10

【0095】

基本的に、第1電極740と第2電極750との間の電圧がキャビティ760内の負荷764を加熱する。種々の実施形態によれば、一実施形態では、RFサブシステム710はRF信号を発生して電極740、750間に約70ボルト～約3,000ボルトの範囲内の電圧を発生するように構成され、あるいは他の実施形態では、約3,000ボルト～約10,000ボルトの範囲内の電圧を発生するように構成されているが、上記システムは、より低い電圧またはより高い電圧を電極740、750間に生成するように構成することもできる。

20

【0096】

RFサブシステム710の出力端子、より具体的にはRF信号源720の出力端子は、導体伝送経路を通して可変整合サブシステム770に電気結合され、この導体伝送経路は、直列に接続された複数の導体728-1、728-2、728-3、及び728-4を含み、これらの導体を集合的に伝送経路728と称する。一実施形態によれば、導体伝送経路728は「不平衡」部分と「平衡」部分とを含み、「不平衡」部分は不平衡RF信号（即ち、接地を基準とする単一のRF信号）を伝えるように構成され、「平衡」部分は平衡RF信号（即ち、互いを基準とする2つの信号）を伝えるように構成されている。伝送経路728の「不平衡」部分は、RFサブシステム710内の第1及び第2導体728-1、728-2、（各々がオス及びメスのコネクタ部分を有する）1つ以上のコネクタ736、738、及びコネクタ736と738との間に電気結合された不平衡の第3導体728-3を含むことができる。一実施形態によれば、第3導体728-3は同軸ケーブルで構成されるが、その電氣的長さはより短くすることもより長くすることもできる。代案実施形態では、可変整合サブシステム770はRFサブシステム710と共に筐体に収容することができ、こうした実施形態では、導体伝送経路728はコネクタ736、738及び第3導体728-3を除外することができる。どちらにしても、一実施形態では、導体伝送経路728の「平衡」部分は、可変整合サブシステム770内にある平衡の第4導体728-4、及び可変整合サブシステム770と電極740、750との間に電気結合された平衡の第5導体728-5を含む。

30

40

【0097】

図7に示すように、可変整合サブシステム770は装置を収容し、この装置は、当該装置の入力端子で不平衡RF信号をRF信号源720から伝送経路の不平衡部分（即ち、不平衡の導体728-1、728-2、及び728-3を含む部分）を通して受信して、この不平衡RF信号を2つの平衡RF信号（例えば、約180度のような120度～240度の位相差を有する2つのRF信号）に変換して、2つの平衡RF信号を当該装置の2つの出力端子に生成するように構成されている。例えば、一実施形態では、上記変換装置を balan774 とすることができる。上記平衡RF信号は平衡の導体728-4を通して可

50

変整合回路 772 に伝達され、最終的に平衡の導体 728-5 を通して電極 740、750 に伝達される。

【0098】

代案実施形態では、図 7 の中央にある点線のボックスで示すように、そして以下でより詳細に説明するように、代案の RF 信号発生器 720' が平衡 RF 信号を平衡の導体 728-1' 上に生成することができ、平衡の導体 728-1' は可変整合回路 772 に直接（あるいは、種々の中間の導体及びコネクタを通して）結合することができる。こうした実施形態では、バラン 774 をシステム 700 から除外することができる。どちらにしても、以下でより詳細に説明するように、ダブルエンド可変整合回路 772（例えば、可変整合回路 800、900、1000（図 8～10））は、平行な RF 信号を（例えば、接続部 728-4 または 728-1' を通して）受信して、ダブルエンド可変整合回路 772 の次の現在の設定に対応するインピーダンス変換を実行して、平衡 RF 信号を、接続部 728-5 を通して第 1 及び第 2 電極 740、750 に供給するように構成されている。

【0099】

一実施形態によれば、RF 信号源 720 が RF 信号発生器 722 及び（例えば、1 つ以上の電力増幅段を含む）電力増幅器 724 を含む。システム・コントローラ 712 によって接続部 714 を通して供給される制御信号に応答して、RF 信号発生器 722 は、ISM（工業、科学、医療用）帯域内の周波数を有する振動電気信号を生成するように構成されているが、他の周波数帯域の動作をサポートするようにシステムを修正することもできる。種々の実施形態では、異なる電力レベル及び／または異なる周波数の振動信号を生成するように RF 信号発生器 722 を制御することができる。例えば、RF 信号発生器 722 は、約 10.0 MHz～約 100 MHz の範囲内、及び／または約 100 MHz から約 3.0 GHz までの範囲内で振動する信号を生成することができる。いくつかの望ましい周波数は、例えば 13.56 MHz（±5 パーセント）、27.125 MHz（±5 パーセント）、40.68 MHz（±5 パーセント）、及び 2.45 MHz（±5 パーセント）とすることができる。その代わりに、振動の周波数は、上記に挙げた範囲または値よりも低くすることも高くすることもできる。

【0100】

電力増幅器 724 は、RF 信号発生器 722 から振動信号を受信し、この信号を増幅して大幅に高い電力の信号を電力増幅器 724 の出力端子に生成するように構成されている。例えば、出力信号は、約 100 ワット～約 400 ワット以上の範囲内の電力レベルを有することができるが、電力レベルはより低くすることもより高くすることもできる。電力増幅器 724 によって加えられるゲインは、電源兼バイアス回路 726 によって電力増幅器 724 の 1 つ以上の増幅段に供給されるゲートバイアス電圧及び／またはドレイン電源電圧を用いて制御することができる。より具体的には、電源兼バイアス回路 726 は、システム・コントローラ 712 から受信した制御信号に従って、バイアス電圧及び電源電圧を各 RF 増幅段の入力端子及び／または出力端子（例えば、ゲート及び／またはドレイン）に供給する。

【0101】

上記電力増幅器は 1 つ以上の増幅段を含むことができる。一実施形態では、増幅器 724 の各段が FET のようなパワートランジスタとして実現され、このパワートランジスタは、入力端子（例えば、ゲートまたは制御端子）及び 2 つの電流搬送端子（例えば、ソース端子及びドレイン端子）を有する。種々の実施形態では、インピーダンス整合回路（図示せず）を、一部または全部の増幅段の入力（例えば、ゲート）端子及び／または出力（例えば、ドレイン）端子に結合することができる。一実施形態では、増幅段の各トランジスタが LDMOSFET を含む。しかし、これらのトランジスタはいずれの特定の半導体技術に限定されることも意図しておらず、他の実施形態では、各トランジスタは、GaN トランジスタ、他の種類の MOSFET トランジスタ、BJT、または他の半導体技術を利用したトランジスタとして実現することができる。

【0102】

図7には、電力増幅装置724を、他の回路構成要素に特定の方法で結合された1つの増幅段を含むように示している。他の実施形態では、電力増幅装置724が他の増幅トロジを含むことができ、及び／または、この増幅装置が（例えば、増幅器324／325（図3）の実施形態中に示すように）2つ以上の増幅段を含むことができる。例えば、この電力増幅装置は、シングルエンド増幅器、ダブルエンド（平衡）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）、または他の種類の増幅器を含むことができる。

【0103】

例えば、図7の中央にある破線のボックス内に示すように、代案のRF信号発生器720'は、プッシュプルまたは平衡増幅器724'を含むことができ、プッシュプルまたは平衡増幅器724'は、入力端子で不平衡RF信号をRF信号発生器722から受信し、この不平衡RF信号を増幅して、2つの平衡RF信号を増幅器724'の2つの出力端子に生成し、これら2つの平衡RF信号はその後導体728-1'を通して電極740、750へ伝達される。こうした実施形態では、バラン774をシステム700から除外することができ、導体728-1'は可変整合回路772に直接接続すること（あるいは、複数の同軸ケーブル及びコネクタ、または他の多重導体構造を通して接続すること）ができる。

【0104】

解凍キャビティ760、及び解凍キャビティ760内に配置されたあらゆる負荷764（例えば、食品、液体、等）は、電極740、750によって内部チャンバ762内に放射される電磁エネルギー（またはRF電力）に累積的な負荷をもたらす。より具体的には、前述したように、キャビティ760及び負荷764はあるインピーダンスをシステムにもたらし、本明細書では「キャビティ+負荷のインピーダンス」と称する。キャビティ+負荷のインピーダンスは、解凍動作中に、負荷764の温度が増加するに連れて変化する。キャビティ+負荷のインピーダンスは、RF信号源720と電極740、750との間の導体伝送経路728に沿った反射信号電力の大きさに直接的影響を与える。大部分の場合、導体伝送経路728に沿ってキャビティ760内へ伝達される信号電力の大きさを最大にすること、及び／または導体伝送経路728に沿った反射信号対順方向信号の電力比を最小にすることが望ましい。

【0105】

一実施形態では、RF信号発生器720の出力インピーダンスを、キャビティ+負荷のインピーダンスに少なくとも部分的に整合させるために、第1整合回路734が伝送経路728上に電気結合されている。第1整合回路734は、RF信号源720のインピーダンス（例えば、10オーム未満）から中間インピーダンス（例えば、50オーム、75オーム、または他の何らかの値）へのインピーダンス変換を実行するように構成されている。第1整合回路734は種々の構成のいずれをも有することができる。一実施形態によれば、第1整合回路734が固定の構成部品（即ち、可変でない要素値を有する構成部品）を含むが、他の実施形態では、第1整合回路734が1つ以上の可変の構成部品を含むことができる。例えば、種々の実施形態では、第1整合回路734は、インダクタンス／キャパシタンス（LC）回路網、直列インダクタンス回路網、分路インダクタンス回路網、あるいはバンドパス、ハイパス、及びローパス回路の組合せ、から選択した任意の1つ以上の回路を含むことができる。基本的に、第1整合回路734は、RF信号発生器720の出力インピーダンスとキャビティの入力インピーダンスとの間の中間的レベルまでインピーダンスを上昇させるように構成されている。

【0106】

一実施形態によれば、上述したように、電力検出回路730は、伝送経路728上の、RF信号源720の出力端子と電極740、750との間に結合されている。特定実施形態では、電力検出回路730が、RFサブシステム710の一部分を形成し、RF信号源720とコネクタ736との間の導体728-2に結合されている。代案実施形態では、電力検出回路730を、導体728-1、導体728-3、RF信号源720（またはバ

10

20

30

40

50

ラン 774) と可変整合回路 772 との間の導体 728-4 のような伝送経路 728 の他のいずれかの部分に (即ち、電力検出回路 730' で示すように) 結合することができ、あるいは、可変整合回路 772 と電極 740、750 との間の導体 728-5 に (即ち、電力検出回路 730'' で示すように) 結合することができる。簡潔にする目的で、本明細書では電力検出回路を参照番号 730 で参照するが、この回路は、参照番号 730' または 730'' で示すような他の位置に配置することができる。

【0107】

電力検出回路 730 は、どこに結合されても、RF 信号源 720 と電極 740、750 の一方または両方との間の伝送経路 728 に沿って進む反射信号 (即ち、電極 740、750 から RF 信号源 720 に向かう方向に進む反射 RF 信号) の電力を監視し、測定し、
10
さもなければ検出するように構成されている。一部の実施形態では、電力検出回路 730 は、RF 信号源 720 と電極 740、750 との間の伝送経路 728 に沿って進む順方向信号 (即ち、RF 信号源 720 から電極 740、750 に向かう方向に進む順方向 RF 信号) の電力を検出するようにも構成されている。

【0108】

接続部 732 を通して、電力検出回路 730 は、測定した反射信号電力の大きさを、一部の実施形態では測定した順方向信号電力の大きさも伝える信号を、システム・コントローラ 712 に供給する。順方向信号電力の大きさ及び反射信号電力の大きさを共に伝える実施形態では、システム・コントローラ 712 は、反射信号電力対順方向信号電力の比率、または S11 パラメータを計算することができる。以下でより詳細に説明するように、
20
反射信号電力の大きさが反射信号電力の閾値を超えると、あるいは反射信号電力対順方向信号電力の比率が S11 パラメータの閾値を超えると、このことは、システム 700 がキャビティの入力インピーダンスに十分に整合していないこと、及びキャビティ 760 内の負荷 764 によるエネルギー吸収が準最適であり得ることを示す。こうした状況では、システム・コントローラ 712 は、反射信号電力または S11 パラメータを所望レベルに向けて、あるいは所望レベル未満に (例えば、反射信号電力の閾値及び/または反射信号電力対順方向信号電力の比率の閾値未満に) 追い込むように、可変整合回路 772 の構成を変化させるプロセスを調整し、これにより、許容可能な整合を再確立し、負荷 764 によるより最適なエネルギー吸収を促進する。

【0109】

より具体的には、システム・コントローラ 712 は、制御信号を、制御経路 716 を通して可変整合回路 772 に供給することができ、これらの制御信号は、可変整合回路 772 に、回路内の 1 つ以上の構成部品のインダクタンス値、容量値、及び/または抵抗値を変化させ、これにより、回路 772 によって行われるインピーダンス変換を調整する。可変整合回路 772 の設定を調整することは、反射信号電力の大きさを所望通りに減少させ、このことは、S11 パラメータの大きさを減少させて負荷 764 によって吸収される電力を増加させることに相当する。
30

【0110】

上述したように、可変インピーダンス整合回路 772 を用いて、解凍キャビティ 760 + 負荷 764 の入力インピーダンスに整合させて、負荷 764 内への RF 電力伝達を可能な範囲で最大にする。解凍キャビティ 760 及び負荷 764 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ることができないことがある。さらに、負荷 764 のインピーダンスは、解凍動作中に、負荷 764 が加温されるに連れて変化する。一実施形態によれば、システム・コントローラ 712 は制御信号を可変インピーダンス整合回路 772 に供給することができ、これらの制御信号は、可変インピーダンス整合回路 772 の構成の変化を生じさせる。このことは、システム・コントローラ 712 が、解凍動作の開始時に可変インピーダンス整合回路 772 の初期構成を確立することを可能にし、解凍動作の開始時には、反射電力対順方向電力の比率が比較的低く、従って、負荷 764 による RF 電力の吸収が比較的高い。それに加えて、このことは、システム・コントローラ 712 が、
40
負荷 764 のインピーダンスの変化にかかわらず解凍動作全体を通して十分な整合を維持
50

することができるように、可変インピーダンス整合回路 772 の構成を変化させることを可能にする。

【0111】

可変整合回路 772 は、種々の構成のいずれをも有することができる。例えば、種々の実施形態では、回路網 370 は、インダクタンス／容量 (LC) 回路網、インダクタンスのみの回路網、容量のみの回路網、あるいはバンドパス、ハイパス、及びローパス回路の組合せから選択した任意の 1 つ以上の回路を含むことができる。可変整合回路 772 が伝送経路 728 の平衡部分内に実現される実施形態では、可変整合回路 772 は 2 つの入力端子及び 2 つの出力端子を有するダブルエンド回路である。上記可変整合回路が伝送経路 728 の不平衡部分内に実現される代案実施形態では、この可変整合回路は、単一の入力端子及び単一の出力端子を有する (例えば、整合回路 400 または 440 (図 4A、4B) と同様の) シングルエンド回路とすることができる。より具体的な実施形態によれば、可変整合回路 772 が可変容量回路網 (例えば、ダブルエンド回路網 1000 (図 10)) を含む。さらに他の実施形態では、可変整合回路 772 が、可変インダクタンス素子及び可変容量素子を共に含むことができる。可変整合回路 772 によって提供されるインダクタンス値、容量値、及び／または抵抗値は、回路 772 によって行われるインピーダンス変換に影響を与え、システム・コントローラ 712 からの制御信号により確立され、これについては後により詳細に説明する。いずれにせよ、可変整合回路 772 の状態を、処理動作の経過と共に変化させて、常に変化するキャパティ 760 + キャパティ 760 内の負荷 764 のインピーダンスに動的に整合させることによって、解凍動作全体を通してシステム効率を高いレベルに維持することができる。

10

20

【0112】

可変整合回路 772 は、多種多様な回路構成のいずれをも有することができ、こうした構成の非限定的な例を図 8～10 に示す。例えば、図 8 は、一実施形態による、解凍システム (例えば、システム 80、200、800 (図 1、2、7)) に内蔵することができるダブルエンド可変インピーダンス整合回路 800 の概略図である。一実施形態によれば、可変整合回路 800 は固定値及び可変の受動構成部品の回路網を含む。

【0113】

回路 800 は、ダブルエンド入力端子 801-1、801-2 (入力端子 801 と称する)、ダブルエンド出力端子 802-1、802-2 (出力端子 802 と称する)、及び入力端子 801 と出力端子 802 との間にラダー構成の形で接続された受動構成部品の回路網を含む。例えば、システム 700 に接続する際には、第 1 入力端子 801-1 は平衡の導体 728-4 の第 1 導体に接続することができ、第 2 入力端子 801-2 は平衡の導体 728-4 の第 2 導体に接続することができる。同様に、第 1 出力端子 802-1 は平衡の導体 728-5 の第 1 導体に接続することができ、第 2 出力端子 802-2 は平衡の導体 728-5 の第 2 導体に接続することができる。

30

【0114】

図 8 に示す特定実施形態では、回路 800 が、入力端子 801-1 と出力端子 802-1 との間に直列に接続された第 1 可変インダクタ 811 及び第 1 固定インダクタ 815、入力端子 801-2 と出力端子 802-2 との間に直列に接続された第 2 可変インダクタ 816 及び第 2 固定インダクタ 820、入力端子 801-1 と 801-2 との間に接続された第 3 可変インダクタ 821、及びノード 825 と 826 との間に接続された第 3 固定インダクタ 824 を含む。

40

【0115】

一実施形態によれば、第 3 可変インダクタ 821 は「RF 信号源整合部分」に相当し、第 1 整合回路 (例えば、回路 734 (図 7)) によって変化した RF 信号源 (例えば、RF 信号源 720 (図 7)) のインピーダンスに整合するように構成可能であり、あるいは、より具体的には、第 1 整合回路 (例えば、回路 734 (図 7)) によって変化した最終段の電力増幅器 (例えば、増幅器 724 (図 7)) のインピーダンスに整合するように構成可能である。一実施形態によれば、第 3 可変インダクタ 821 が誘導性構成部品の回路

50

網を含み、これらの誘導性構成部品どうしを選択的に結合して約5 nH～約200 nHの範囲内のインダクタンスを提供することができるが、この範囲はより低いインダクタンス値またはより高いインダクタンス値へ拡張することもできる。

【0116】

これとは対照的に、可変インピーダンス整合回路網の「キャビティ整合部分」は、第1及び第2可変インダクタ811、816、及び固定インダクタ815、820、及び824によって提供される。第1及び第2可変インダクタ811、816の状態を変化させて複数のインダクタンス値を提供することができるので、第1及び第2可変インダクタ811、816は、キャビティ＋負荷（例えば、キャビティ760＋負荷764（図7））のインピーダンスに最適に整合するように設定可能である。例えば、インダクタ811、816の各々は、約10 nH～約200 nHの範囲内の値を有することができるが、他の実施形態では、それらの値をより低くすること及び／またはより高くすることができる。

10

【0117】

固定インダクタ815、820、824は、約50 nH～約800 nHの範囲内のインダクタンス値を有することもできるが、これらのインダクタンス値はより低くすることもより高くすることもできる。種々の実施形態では、インダクタ811、815、816、820、821、824は、ディスクリット・インダクタ、分布インダクタ（例えば、プリントされたコイル）、ワイヤボンド、伝送線、及び／または他の誘導性構成部品を含むことができる。一実施形態では、可変インダクタ811及び816が対を成す様式で動作し、このことは、動作中の所定時刻に、これらの可変インダクタのインダクタンス値が互いに等しくなるように制御されて、出力端子802-1及び802-2に伝達されるRF信号が平衡であることが保証されることを意味する。

20

【0118】

上述したように、可変整合回路800はダブルエンド回路であり、伝送経路728の平衡部分上（例えば、コネクタ728-4と728-5との間）に接続されるように構成され、他の実施形態は、伝送経路728の不平衡部分上に接続するように構成されたシングルエンド（即ち、1入力及び1出力の）可変整合回路を含むことができる。

【0119】

回路800内のインダクタ811、816、821を変化させることによって、システム・コントローラ712は、回路800によって行われるインピーダンス変換を増加または減少させることができる。こうしたインダクタンス値の変化が、RF信号源720とキャビティの入力インピーダンスとの全体的なインピーダンス整合を改善することが望ましく、このことは反射信号電力の低減及び／または反射信号電力対順方向信号電力の比率を低減するはずである。大部分の場合に、システム・コントローラ712は、最大の電磁界強度がキャビティ760内に実現され、及び／または最大量の電力が負荷764によって吸収され、及び／または最小量の電力が負荷764によって反射される状態に回路800を設定することを追求することができる。

30

【0120】

図9は、他の実施形態によるダブルエンド可変インピーダンス整合回路網900の概略図である。回路網900は、ダブルエンド入力端子901-1、901-2（入力端子901と称する）、ダブルエンド出力端子902-1、902-2（出力端子902と称する）、及び入力端子901と出力端子902との間にラダー構成の形で接続された受動構成部品の回路網を含む。このラダー構成は、入力端子901-1と出力端子902-1との間に互いに直列に結合された第1数N個のディスクリット・インダクタ911～914を含み、ここにNは2～10以上の整数とすることができる。このラダー構成は、入力端子901-2と出力端子902-2との間に互いに直列に結合された第2数N個のディスクリット・インダクタ916～919も含む。追加的なインダクタ915及び920を、中間ノード925、926と出力ノード902-1、902-2との間に結合することができる。さらにその上、このラダー構成は、入力端子901-1と901-2との間に互いに直列に結合された第3数個のディスクリット・インダクタ921～923、及びノー

40

50

ド 9 2 5 と 9 2 6 との間に結合された追加的なディスクリット・インダクタ 9 2 4 を含む。例えば、固定インダクタ 9 1 5、9 2 0、9 2 4 の各々は、約 5 0 nH ～ 約 8 0 0 nH の範囲内のインダクタンス値を有することができるが、これらのインダクタンス値はより低くすることもより高くすることもできる。

【0 1 2 1】

インダクタ 9 1 1 ～ 9 1 4 の直列配置は第 1 可変インダクタ（例えば、インダクタ 8 1 1（図 8））と考えることができ、インダクタ 9 1 6 ～ 9 1 9 の直列配置は第 2 可変インダクタ（例えば、インダクタ 8 1 6（図 8））と考えることができ、そしてインダクタ 9 2 1 ～ 9 2 3 は第 3 可変インダクタ（例えば、インダクタ 8 2 0（図 8））と考えることができる。これらの「可変インダクタ」の可変性を制御するために、回路網 9 0 0 は複数のバイパススイッチ 9 3 1 ～ 9 3 4、9 3 6 ～ 9 3 9、9 4 1、及び 9 4 3 を含み、各スイッチ 9 3 1 ～ 9 3 4、9 3 6 ～ 9 3 9、9 4 1、及び 9 4 3 は、インダクタ 9 1 1 ～ 9 1 4、9 1 6 ～ 9 1 9、9 2 1、及び 9 2 3 のうちの 1 つの両端子間に並列に結合されている。スイッチ 9 3 1 ～ 9 3 4、9 3 6 ～ 9 3 9、9 4 1、及び 9 4 3 は、例えばトランジスタ、機械式リレー、または機械スイッチとして実現することができる。各スイッチ 9 3 1 ～ 9 3 4、9 3 6 ～ 9 3 9、9 4 1、及び 9 4 3 の導通状態（即ち、開または閉）は、システム・コントローラからの制御信号 9 5 1 ～ 9 5 4、9 5 6 ～ 9 5 9、9 6 1、9 6 3（例えば、システム・コントローラ 7 1 2 から接続部 7 1 6（図 7）を通して供給される制御信号）を用いて制御される。

【0 1 2 2】

一実施形態では、入力端子 9 0 1 と出力端子 9 0 2 との間の 2 つの経路内の対応するインダクタの組はほぼ等しい値を有し、対応するインダクタの組毎に対応するスイッチの導通状態は対を成す様式で操作され、このことは、動作中のスイッチの状態が任意の所定時刻において互いに同じであるように制御されて、出力端子 9 0 2 - 1 及び 9 0 2 - 2 に伝達される RF 信号が平衡であることが保証されることを意味する。例えば、インダクタ 9 1 1 及び 9 1 6 は、ほぼ等しい値を有する第 1 「組の対応するインダクタ」または第 1 の「対を成すインダクタ」を構成することができ、動作中には、スイッチ 9 3 1 及び 9 3 6 の状態が任意の所定時刻において同じである（例えば、両方が開であるか両方が閉であるかのいずれかである）ように制御される。同様に、インダクタ 9 1 2 及び 9 1 7 は対を成す様式で動作する、等しいインダクタンス値を有する第 2 組の対応するインダクタを構成することができ、インダクタ 9 1 3 及び 9 1 8 は対を成す様式で動作する、等しいインダクタンス値を有する第 3 組の対応するインダクタを構成することができ、インダクタ 9 1 4 及び 9 1 9 は対を成す様式で動作する、等しいインダクタンス値を有する第 4 組の対応するインダクタを構成することができる。

【0 1 2 3】

インダクタ／スイッチの並列結合毎に、（インダクタに）対応するスイッチが開または非導通状態である際には、ほとんど全部の電流がインダクタを通して流れ、このスイッチが閉または導通状態である際には、ほとんど全部の電流がスイッチを通して流れる。例えば、図 9 に示すように全部のスイッチ 9 3 1 ～ 9 3 4、9 3 6 ～ 9 3 9、9 4 1、及び 9 4 3 が開である際には、入力ノード 9 0 1 - 1 と出力ノード 9 0 2 - 1 との間を流れる電流のほとんど全部が直列のインダクタ 9 1 1 ～ 9 1 5 を通って流れ、入力ノード 9 0 1 - 2 と出力ノード 9 0 2 - 2 との間を流れる電流（インダクタ 9 2 1 ～ 9 2 3 または 9 2 4 を流れるあらゆる電流によって変化している）のほとんど全部が直列のインダクタ 9 1 6 ～ 9 2 0 を通って流れる。この構成は回路網 9 0 0 の最大インダクタンス構成（即ち、入力ノード 9 0 1 と出力ノード 9 0 2 との間に最大インダクタンス値が存在する、回路網 9 0 0 の構成）を表す。逆に、全部のスイッチ 9 3 1 ～ 9 3 4、9 3 6 ～ 9 3 9、9 4 1、及び 9 4 3 が閉である際には、入力ノード 9 0 1 と出力ノード 9 0 2 との間を流れる電流のほとんど全部が、インダクタ 9 1 1 ～ 9 1 4 及び 9 1 6 ～ 9 1 9 をバイパスし、その代わりに、スイッチ 9 3 1 ～ 9 3 4 または 9 3 6 ～ 9 3 9、インダクタ 9 1 5 または 9 2 0、及び入力ノード 9 0 1、9 0 2 とスイッチ 9 3 1 ～ 9 3 4、9 3 6 ～ 9 3 9 との

間の導体相互接続部を通して流れる。この構成は回路網900の最小インダクタンス構成（即ち、入力ノード901と出力ノード902との間に最小インダクタンス値が存在する、回路網900の構成）を表す。最小インダクタンス値は0に近いインダクタンスであることが理想的である。しかし、実際には、最小インダクタンス構成では、スイッチ931～934または936～939、インダクタ915または920、及びノード901、901とスイッチ931～934または936～939との間の累積インダクタンスに起因する比較的小さいインダクタンスが存在する。例えば、最小インダクタンス構成では、スイッチ931～934または936～939の直列結合の微量インダクタンスは、約10nH～約400nHになり得るが、この微量インダクタンスはより小さくもより大きくもなり得る。あらゆる所定の回路網構成における微量インダクタンスが、回路網900を通る電流を主に伝える一連の導体及びスイッチのインダクタンスの総和である場合に、より大きい、より小さい、あるいはほぼ同様の微量インダクタンスは、他の回路網構成の各々に特有のものとすることもできる。

10

【0124】

全部のスイッチ931～934、936～939が開である最大インダクタンス構成から始まって、システム・コントローラは、スイッチ931～934、936～939の任意の組合せの閉状態を生じさせる制御信号951～954、956～959を供給して、インダクタ911～914、916～919の対応する組合せをバイパスさせることによって回路網900のインダクタンスを低減することができる。

【0125】

20

図8の実施形態と同様に、回路900では、第1数及び第2数のディスクリット・インダクタ911～914、916～919、及び固定インダクタ924がこの回路の「キャパティ整合部分」に相当する。図5Aに関連して上述した実施形態と同様に、一実施形態では、各インダクタ911～914、916～919がほぼ同じインダクタンス値を有し、本明細書では正規化値Iと称する。例えば、各インダクタ911～914、916～919は、約1nH～約400nH、または他の何らかの値を有することができる。こうした実施形態では、入力ノード901-1と（出力ノード）902-1との間の最大インダクタンス値、及び入力ノード901-2と（出力ノード）902-2との間の最大インダクタンス値（即ち、全部のスイッチ931～934、936～939が開状態である際）は、約 $N \times I +$ （回路網900が最大インダクタンス構成である際に回路網900内に存在し得るあらゆる微量インダクタンス）となる。任意のn個のスイッチが閉状態である際には、対応する入力ノードと出力ノードとの間のインダクタンス値は約 $(N - n) \times I +$ （微量インダクタンス）となる。

30

【0126】

これも図5Aに関連して上記で説明したように、代案実施形態では、インダクタ911～914、916～919が互いに異なる値を有することができる。例えば、入力ノード901-1から出力ノード902-1に向かって移動すれば、第1インダクタ911は正規化インダクタンス値Iを有することができ、系列内で後続する各インダクタ912～914はより大きい、あるいはより小さいインダクタンス値を有することができる。同様に、入力ノード901-2から出力ノード902-2に向かって移動すれば、第1インダクタ916は正規化インダクタンス値Iを有することができ、系列内で後続する各インダクタ917～919はより大きい、あるいはより小さいインダクタンス値を有することができる。例えば、後続する各インダクタ912～914または917～919は、上流の直近のインダクタ911～914または916～918のインダクタンス値の倍数（例えば、約2倍または半分）であるインダクタンス値を有することができる。上記の表1の例は、入力ノード901-1と出力ノード902-1との間の第1系列のインダクタンス経路、及び入力ノード901-2と出力ノード902-2との間の第2系列のインダクタンス経路にも当てはまる。より具体的には、インダクタ/スイッチの組合せ911/931及び916/956の各々はインダクタ/スイッチの組合せ501/511に類似し、インダクタ/スイッチの組合せ912/932及び917/957の各々はインダクタ/スイ

40

50

ッチの組合せ 5 0 2 / 5 1 2 に類似し、インダクタ／スイッチの組合せ 9 1 3 / 9 3 3 及び 9 1 8 / 9 5 8 の各々はインダクタ／スイッチの組合せ 5 0 3 / 5 1 3 に類似し、インダクタ／スイッチの組合せ 9 1 4 / 9 3 4 及び 9 1 9 / 9 5 9 の各々はインダクタ／スイッチの組合せ 5 0 4 / 5 1 4 に類似する。

【0 1 2 7】

最小インダクタンス状態における直列のインダクタ 9 1 1 ~ 9 1 4 の全体にわたる微量インダクタンスが約 1 0 nH であり、直列のインダクタ 9 1 1 ~ 9 1 4 によって実現可能なインダクタンス値の範囲が約 1 0 nH (微量インダクタンス) ~ 約 4 0 0 nH であるものと仮定すれば、インダクタ 9 1 1 ~ 9 1 4 の値は、例えば、それぞれ約 1 0 nH、約 2 0 nH、約 4 0 nH、約 8 0 nH、及び約 1 6 0 nH とすることができる。直列インダクタ 9 1 6 ~ 9 1 9 の組合せは同様または同一に設定することができる。もちろん、4 つのインダクタ 9 1 1 ~ 9 1 4 または 9 1 6 ~ 9 1 9 よりも多数または少数のインダクタを、入力及び出力ノード 9 0 1 - 1 / 9 0 2 - 1 間または 9 0 2 - 1 / 9 0 2 - 2 間のいずれの直列結合内にも含めることができ、各直列結合内のインダクタは、上記に挙げた値の例とは異なる値を有することができる。

10

【0 1 2 8】

上記の実施形態は、対応する入力ノードと出力ノードとの間の各直列結合内のスイッチ付きインダクタンスの数が 4 つであり、各インダクタ 9 1 1 ~ 9 1 4、9 1 6 ~ 9 1 9 が 1 の何らかの倍数である値を有することを規定しているが、可変直列インダクタンス回路網の代案実施形態は、4 つよりも多数または少数のインダクタ、インダクタの異なる相対値、及び／または異なるインダクタの構成 (例えば、異なるように接続された、並列及び／または直列結合されたインダクタの組) を有することができる。どちらにしても、可変インダクタンス回路網を解凍システムのインピーダンス整合回路網内に設けることによって、解凍システムは、解凍動作中に存在する常に変化するキャパティの入力インピーダンスにより良好に整合することができる。

20

【0 1 2 9】

図 8 の実施形態と同様に、第 3 数のディスクリット・インダクタ 9 2 1 ~ 9 2 3 は回路の「RF 信号源整合部分」に相当する。この第 3 の可変インダクタはインダクタ 9 2 1 ~ 9 2 3 の直列配置を具え、バイパススイッチ 9 4 1 及び 9 4 3 は、制御信号 9 6 1 及び 9 6 3 に基づいて、インダクタ 9 2 1 及び 9 2 3 を選択的に、この直列配置に接続して組み入れること、またはバイパスすることを可能にする。一実施形態では、インダクタ 9 2 1 ~ 9 2 3 の各々が等しい値 (例えば、約 1 nH ~ 約 1 0 0 nH の範囲内の値) を有することができる。代案実施形態では、インダクタ 9 2 1 ~ 9 2 3 が互いに異なる値を有することができる。インダクタ 9 2 2 は、バイパススイッチ 9 4 1 及び 9 4 3 の状態にかかわらず、入力端子 9 0 1 - 1 と 9 0 1 - 2 との間に電気接続されている。従って、インダクタ 9 2 2 のインダクタンス値は、入力端子 9 0 1 - 1 と 9 0 1 - 2 との間のベースライン (即ち、最小) インダクタンスとしての役割を果たす。一実施形態によれば、第 1 及び第 3 インダクタ 9 2 1 及び 9 2 3 が、互いの比率がある値であるインダクタンス値を有することができる。例えば、種々の実施形態では、第 1 インダクタ 9 2 1 が正規化インダクタンス値 J を有すると、インダクタ 9 2 3 は $2 \times J$ 、 $3 \times J$ 、 $4 \times J$ 、または他の何らかの比率を有することができる。

30

40

【0 1 3 0】

図 1 0 は、他の実施形態による、解凍システム (例えば、システム 1 0 0、2 0 0、7 0 0 (図 1、2、7)) に内蔵することができる可変インピーダンス整合回路 1 0 0 0 の概略図である。整合回路 8 0 0、9 0 0 (図 8 及び 9) と同様に、一実施形態によれば、可変整合回路 1 0 0 0 は固定値及び可変の受動構成部品の回路網を含む。

【0 1 3 1】

回路 1 0 0 0 は、ダブルエンドの入力端子 1 0 0 1 - 1 及び 1 0 0 1 - 2 (入力端子 1 0 0 1 と称する)、ダブルエンドの出力端子 1 0 0 2 - 1、1 0 0 2 - 2 (出力端子 1 0 0 2 と称する)、及び入力端子 1 0 0 1 と出力端子 1 0 0 2 との間に接続された受動構成

50

部品の回路網を含む。例えば、システム700に接続する際には、第1入力端子1001-1は平衡導体728-4の第1導体に接続することができ、第2入力端子1001-2は平衡導体728-4の第2導体に接続することができる。同様に、第1出力端子1002-1は平衡導体728-5の第1導体に接続することができ、第2出力端子1002-2は平衡導体728-5の第2導体に接続することができる。

【0132】

図10に示す特定実施形態では、回路1000が、入力端子1001-1と出力端子1002-1との間に直列に接続された第1可変容量回路網1011及び第1インダクタ1015、入力端子1001-2と出力端子1002-2との間に直列に接続された第2可変容量回路網1016及び第2インダクタ1020、及びノード1025と1026との間に接続された第3可変容量回路網1021を含む。一実施形態では、インダクタ1015、1020はサイズ及びインダクタンス値が共に大きい、というのは、これらは比較的低い周波数（例えば、約40.66MHz～約40.70MHz）及び比較的大きい電力（例えば、約50W～約500W）の動作用に設計することができるからである。例えば、インダクタ1015、1020の各々は、約100nH～約1000nHの範囲内（例えば、約200nH～約600nHの範囲内）の値を有することができるが、他の実施形態では、その値をより低くすること及び／またはより高くすることができる。一実施形態によれば、インダクタ1015、1020は固定値の集中インダクタ（例えば、コイル、ディスクリット・インダクタ、分布インダクタ（種々の実施形態では、例えば、プリントコイル）、ワイヤボンド、伝送線、及び／または他の誘導性構成部品）である。他の実施形態では、インダクタ1015、1020のインダクタンス値を可変にすることができる。いずれにせよ、一実施形態では、（インダクタ1015、1020が固定値である際には）永久的にせよ、（インダクタ1015、1020が可変であり、対を成す様式で動作する際には）任意の所定時刻にせよ、インダクタ1015、1020のインダクタンス値がほぼ同じである。

【0133】

第1及び第2可変容量回路網1011、1016は回路1000の「直列整合部分」に相当する。一実施形態によれば、第1可変容量回路網1011は、第1可変コンデンサ1013に並列に結合された第1固定値コンデンサ1012を含む。一実施形態では、第1固定値コンデンサ1012が約1pF～約100pFの容量値を有することができる。図5Bに関連して前述したように、第1可変コンデンサ1013は容量性構成部品の回路網を含むことができ、これらの容量性構成部品どうしを選択的に結合して0pF～約100pFの範囲内の容量を提供することができる。従って、第1可変容量回路網1011によって提供される合計容量値は約1pF～約200pFにすることができるが、この範囲はより低い容量値またはより高い容量値へ拡張することもできる。

【0134】

同様に、第2可変容量回路網1016は、第2可変コンデンサ1018に並列に結合された第2固定値コンデンサ1017を含む。一実施形態では、第2固定値コンデンサ1017が約1pF～約100pFの容量値を有することができる。図5Bに関連して前述したように、第2可変コンデンサ1018は容量性構成部品の回路網を含むことができ、これらの容量性構成部品どうしを選択的に結合して0pF～100pFの範囲内の容量を提供することができる。従って、第2可変容量回路網1016によって提供される合計容量値は約1pF～約200pFの範囲内にすることができるが、この範囲はより低い容量値またはより高い容量値へ拡張することもできる。

【0135】

いずれにせよ、一実施形態では、出力端子1002-1及び1002-2に供給される信号の平衡を保証するために、第1及び第2可変容量回路網1011、1016の静電容量値を任意の所定時刻にほぼ同じであるように制御する。例えば、第1及び第2可変コンデンサ1013、1018の静電容量値を制御して、第1及び第2可変容量回路網1011、1016の静電容量値を任意の所定時刻にほぼ同じにすることができる。第1及び第

2可変コンデンサ1013、1018は対を成す様式で動作し、このことは、動作中のこれらの可変コンデンサの静電容量値を制御して、任意の所定時刻に、出力端子1002-1及び1002-2に伝えられるRF信号が平衡することを保証することを意味する。一部の実施形態では、固定値の第1及び第2コンデンサ1012、1017の静電容量値を同じにすることができるが、他の実施形態ではこれらの静電容量値を異ならせることができる。

【0136】

可変インピーダンス整合回路網1000の「分路整合部分」は、第3可変容量回路網1021及び固定インダクタ1015、1020によって提供される。一実施形態によれば、第3可変容量回路網1021は、第3可変コンデンサ1024に並列に結合された第3固定値コンデンサ1023を含む。一実施形態では、第3固定値コンデンサ1023が約1pF～約500pFの容量値を有することができる。図5Bに関連して前述したように、第3可変コンデンサ1024は容量性構成部品の回路網を含むことができ、これらの容量性構成部品どうしを選択的に結合して0pF～約200pFの範囲内の容量を提供することができる。従って、第3可変容量回路網によって提供される合計容量値は約1pF～約700pFの範囲内にすることができるが、この範囲はより低い容量値またはより高い容量値へ拡張することもできる。

【0137】

可変容量回路網1011、1016、1021の構成を変化させて複数の静電容量値を提供することができるので、可変容量回路網1011、1016、1021は、キャビティ+負荷（例えば、キャビティ760+負荷764（図7））のインピーダンスをRF信号源（例えば、RF信号源720、720'（図7））に最適に整合させるように構成可能である。回路1000内の容量値1013、1018、1024を変化させることによって、システム・コントローラ（例えば、システム・コントローラ712（図7））は、回路1000によって行われるインピーダンス変換を増加させることも減少させることもできる。この容量値の変化が、RF信号源720とキャビティ+負荷のインピーダンスとの整合を改善することが望ましく、このことは反射信号電力及び／または反射電力対順方向電力の比率の低減を生じさせるはずである。大部分の場合に、システム・コントローラ712は、最大の電磁界強度がキャビティ760内に実現され、及び／または最大量の電力が負荷764によって吸収され、及び／または最小量の電力が負荷764によって反射される構成にすべく回路1000を構成することを追求することができる。

【0138】

図8～10に示す可変インピーダンス整合回路800、900、100は、所望のダブルエンド可変インピーダンス変換を実行することができる3つの可能な構成に過ぎないことは明らかである。ダブルエンド可変インピーダンス整合回路の他の実施形態は、異なるように構成された誘導性または容量性の回路網を含むことができ、あるいは、インダクタ、コンデンサ、及び／または抵抗器の種々の組合せを含む受動回路網を含むことができ、これらの受動構成部品の一部は固定値の構成部品とすることができ、これらの受動構成部品の一部は可変値の構成部品（例えば、可変インダクタ、可変コンデンサ、及び／または可変抵抗器）とすることができる。さらに、上記ダブルエンド可変インピーダンス整合回路は能動デバイス（例えば、トランジスタ）を含むことができ、これらの能動デバイスは、受動構成部点を回路網内に組み入れ、回路網から切り離す切り換えを行って、回路によって行われる全体的なインピーダンス変換を変更する。

【0139】

ここで、解凍システムの特定の物理的構成を図11に関連して説明する。より具体的には、図11は、一実施形態による解凍システム1100の側断面図である。一実施形態では、解凍システム1100は、一般に、解凍キャビティ1174、ユーザ・インタフェース（図示せず）、システム・コントローラ1130、RF信号源1120、電源兼バイアス回路（図示せず）、電力検出回路1180、可変インピーダンス整合回路網1160、第1電極1170、及び第2電極1172を含む。一実施形態によれば、システム・コン

トローラ 1130、RF 信号源 1120、電源兼バイアス回路、及び電力検出回路 1180 は、第 1 モジュール（例えば、RF モジュール 1300（図 13））の複数部分を形成することができ、可変インピーダンス整合回路網 1160 は第 2 モジュール（例えば、モジュール 1200 または 1240（図 12A、12B）のいずれか）の複数部分を形成することができる。それに加えて、一部の実施形態では、解凍システム 1100 が、温度センサ、及び／または IR センサ 1192 を含むことができる。

【0140】

一実施形態では、解凍システム 1100 を格納構造 1150 内に収容することができる。一実施形態によれば、格納構造 1150 は、解凍キャビティ 1174 及び回路収容領域 1178 のような 2 つ以上の内部領域を規定することができる。格納構造 1150 は、下部壁、上部壁、及び側壁を含む。格納構造 1150 のこれらの壁の一部の内面の一部分が解凍キャビティ 1174 を規定することができる。解凍キャビティ 1174 は容量型解凍装置を含み、この容量型解凍装置は、空気キャビティによって分離された第 1 及び第 2 平行平板電極 1170、1172 を有し、この空気キャビティ内に解凍される負荷 1164 を配置することができる。例えば、第 1 電極 1170 は空気キャビティの上方に配置することができ、第 2 電極 1172 は、シングルエンドシステムの実施形態では格納構造 1150 の導体部分（例えば、格納構造 1150 の下部壁の一部）によって提供することができる。その代わりに、シングルエンドまたはダブルエンドシステムの実施形態では、第 2 電極 1172 を、図示するように格納構造 1150 から区別される導体プレートで形成することができる。一実施形態によれば、非導電性の支持構造 1154 を用いて第 1 電極 1170 を空気キャビティの上方に懸架して、第 1 電極 1170 を格納構造 1150 から絶縁して、第 1 電極 1170 を空気キャビティに対して固定された物理的な向きに保持することができる。それに加えて、負荷 1164 と第 2 電極 1172 との直接の接触を回避するために、非導電性の支持体及び障壁構造 1156 を格納構造 1150 の下面全体にわたって配置することができる。

【0141】

一実施形態によれば、格納構造 1150 が少なくとも部分的に導体材料で形成され、格納構造の導体部分を接地して、システムの種々の電気構成部品用の接地基準を提供することができる。その代わりに、格納構造 1150 における第 2 電極 1172 に相当する部分を導体材料で形成して接地することができる。

【0142】

温度センサ及び／または IR センサ 1192 は、負荷 1164 の温度を、解凍動作前、解凍動作中、及び解凍動作後のいずれにも検出することを可能にする位置に配置することができる。一実施形態によれば、温度センサ及び／または IR センサ 1192 は負荷温度の推定値をシステム・コントローラ 1130 に提供するように構成されている。

【0143】

一実施形態では、システム・コントローラ 1130、RF 信号源 1120、電源兼バイアス回路（図示せず）、電力検出回路 1180、及び可変インピーダンス整合回路網 1160 の構成部品の一部または全部を、格納構造 1150 の回路収容領域 1178 内の 1 つ以上の共通基板（例えば、基板 1152）に結合することができる。例えば、上記に挙げた構成要素の一部または全部を RF モジュール（例えば、RF モジュール 1300（図 13））及び種々のインピーダンス整合回路モジュール（例えば、モジュール 1200 または 1240（図 12A、12B）の変形例）内に含めることができ、これらのモジュールは格納構造 1150 の回路収容領域 1178 内に収容されている。一実施形態によれば、システム・コントローラ 1130 が、共通基板 1152 上または共通基板 1152 内の種々の導体相互接続部、及び／または図示しない種々のケーブル（例えば、同軸ケーブル）を通して、ユーザ・インタフェース、RF 信号源 1120、可変インピーダンス整合回路網 1160、及び電力検出回路 1180 に結合されている。それに加えて、一実施形態では、電力検出回路 1180 が、RF 信号源 1120 の出力端子と可変インピーダンス整合回路網 1160 の入力端子との間の伝送経路 1148 上に結合されている。例えば、基板

1152（あるいはRFモジュール1300または可変インピーダンス整合回路網モジュール1200、1240を規定する基板）は、マイクロ波またはRF積層板、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE：polytetrafluoroethylene）基板、プリント回路基板（PCB：printed circuit board）材料基板（例えば、FR-4）、アルミニウム基板、セラミックタイル、または他の種類の基板を含むことができる。種々の代案実施形態では、構成部品のうちの様々なものを異なる基板に、当該基板と当該構成部品との間の電気相互接続部により結合することができる。さらに他の代案実施形態では、これらの構成部品の一部または全部を、区別される基板に結合するのではなくキャビティ壁に結合することができる。

【0144】

一実施形態では、シングルエンドの実施形態でもダブルエンドの実施形態でも、第1電極1170が可変インピーダンス整合回路網1160及び伝送経路1148を通してRF信号源1120に電気結合されている。ダブルエンドの実施形態では、第2電極1172も、可変インピーダンス整合回路網1160及び伝送経路1148を通してRF信号源1120に結合されている。前述したように、可変インピーダンス整合回路網1160のシングルエンドの実施形態は、シングルエンド可変インダクタンス回路網（例えば、回路網400（図4A））またはシングルエンド可変容量回路網（例えば、回路網440（図4B））を含むことができる。その代わりに、可変インピーダンス整合回路網1160のダブルエンドの実施形態は、ダブルエンド可変インダクタンス回路網（例えば、回路網800、900（図8、9））またはダブルエンド可変容量回路網（例えば、回路網1000（図10））を含むことができる。一実施形態では、可変インピーダンス整合回路網1160が、モジュール（例えば、モジュール1200、1240（図12A、12B）の一方）として実現され、あるいは共通基板1152に結合されて回路収容領域1178内に配置されている。導体構造（例えば、導体のビア、トレース、ケーブル、ワイヤ（配線）、及び他の構造）を、回路収容領域1178内の回路と電極1170、1172との間の電気通信用に設けることができる。

【0145】

種々の実施形態によれば、本明細書中に説明するシングルエンドまたはダブルエンド可変インピーダンス整合回路網に関連する回路は1つ以上のモジュールの形態で実現することができ、本明細書中では「モジュール」を、共通の基板に結合された電気構成部品のアセンブリとして定義する。例えば、図12A及び12Bは、2つの実施形態による、ダブルエンド可変インピーダンス整合回路網（例えば、回路網800、900、1000（図8～10））を含むモジュール1200、1240の例の透視図である。より具体的には、図12Aは、可変インダクタンスのインピーダンス整合回路網（例えば、回路網800、900（図8、9））を示し、図12Bは、可変容量のインピーダンス整合回路網（例えば、回路網1000（図10））を収容するモジュール12Bを示す。

【0146】

モジュール1200、1240の各々は、プリント回路基板（PCB）1204、1244を含み、これらのPCBは前面1206、1246、及びその反対側に後面1208、1248を有する。PCB1204、1244は、1つ以上の誘電体層及び2つ以上のプリント導体層で形成される。導体ビア（図12A、12B中には見えない）が、複数の導体層間の電気接続部を提供する。前面1206、1246では、第1のプリント導体層で形成された複数のプリント導体トレースが、PCB1204、1244の前面1206、1246に結合された種々の構成要素間の電気接続を行う。同様に、後面1208、1248では、第2のプリント導体層で形成された複数のプリント導体トレースが、PCB1204、1244の後面1208、1248に結合された種々の構成要素間の電気接続を行う。

【0147】

一実施形態によれば、各PCB1204、1244はRF入力コネクタ1238、1278（例えば、後面1208、1248に結合され、従って図12A、12B中には見え

10

20

30

40

50

ないが、コネクタ 738 (図 7) に相当する) 及び バラン 1274、1284 (例えば、後面 1208、1248 に結合され、従って図 12A、12B 中には見えないが、バラン 774 (図 7) に相当する) を収容する。入力コネクタ 1238、1278 は、同軸ケーブルまたは他の種類の導体のような接続部 (例えば、接続部 728-3 (図 7)) で RF サブシステム (例えば、サブシステム 310、710 (図 3、7)) に電気接続されるように構成されている。こうした実施形態では、バラン 1274、1284 によって RF 入力コネクタ 1238、1278 から受信した不平衡 RF 信号を平衡な信号に変換し、この信号を一对の平衡導体 (例えば、接続部 728-4 (図 7)) を通して、第 1 及び第 2 入力端子 1201-1、1201-2 または 1241-1、1241-2 に供給する。入力コネクタ 1238、1278 と バラン 1274、1284 との接続部、及び バラン 1274、1284 と入力端子 1201-1、1201-2、1241-1、1241-2 との接続部の各々は、PCB 1204、1244 上及びこれらの PCB 内に形成された導体トレース及び導体ビアを用いて実現することができる。代案実施形態では、上述したように、代案実施形態が平衡増幅器 (例えば、平衡増幅器 724' (図 7)) を含むことができ、この平衡増幅器は入力端子 1201-1、1201-2、1241-1、1241-2 に直接結合することができる。こうした実施形態では、バラン 1274、1284 をモジュール 1200、1240 から除外することができる。

10

【0148】

それに加えて、各 PCB 1204、1244 は、ダブルエンド可変インピーダンス整合回路網 (例えば、回路網 772、800、900、1000 (図 7~10)) に関連する回路を収容する。図 12A を参照すれば、図 12A は可変インダクタンスのインピーダンス整合回路 (例えば、回路網 800、900 (図 8、9)) を収容するモジュール 1200 に相当し、PCB 1204 が収容する回路は、ダブルエンド入力端子 1201-1、1201-2 (例えば、入力端子 901-1、901-2 (図 9))、ダブルエンド出力端子 1202-1、1202-2 (例えば、出力端子 902-1、902-2 (図 9))、ダブルエンド入力端子の第 1 入力端子 1201-1 とダブルエンド出力端子の第 1 出力端子 1202-1 との間に直列に結合された第 1 数のインダクタ 1211、1212、1213、1214、1215 (例えば、インダクタ 911~915 (図 9))、ダブルエンド入力端子の第 2 入力端子 1201-2 とダブルエンド出力端子の第 2 出力端子 1202-2 との間に直列に結合された第 2 数のインダクタ 1216、1217、1218、1219、1220 (例えば、インダクタ 916~920 (図 9))、第 1 入力端子 1201-1 と第 2 入力端子 1201-2 との間に直列に結合された第 3 数のインダクタ (図 12 中には見えないが、例えばインダクタ 921~923 (図 9) に相当する)、及びノード 1225 と 1226 (例えば、ノード 925、926) との間に結合された 1 つ以上の追加的インダクタ 1224 (例えば、インダクタ 924 (図 9)) を含む。

20

30

【0149】

複数のスイッチまたはリレー (例えば、図 12 中には見えないが、例えばスイッチ 931~934、936~939、941、943 (図 9) に相当する) も PCB 1204 に結合されている。例えば、これら複数のスイッチまたはリレーは、PCB 1204 の前面 1206 または後面 1208 に結合することができる。一実施形態では、これらのスイッチまたはリレーの各々が、インダクタ 1211~1214、1216~1219 のうちの 1 つ、あるいは入力端子 1202-1 と 1202-2 との間のインダクタ (例えば、インダクタ 921、923 (図 9)) のうちの 1 つの両端子間に並列に電気接続されている。制御コネクタ 1230 が PCB 1204 に結合され、制御コネクタ 1230 の導体は導体トレース 1232 に電気結合されて、これらのスイッチに制御信号 (例えば、制御信号 951~954、956~959、961、963 (図 9)) を供給し、これにより、前述したように上記インダクタを回路内に組み入れ、回路から切り離す切り換えを行う。図 12A に示すように、固定値のインダクタ 1215、1220 (例えば、インダクタ 915、920 (図 9)) を比較的大型のコイルで形成することができるが、これらのインダクタは他の構造を用いて実現することもできる。さらに、図 12A の実施形態に示すように

40

50

、出力端子1202-1、1202-2に相当する導体の特徴部分は比較的大型にすることができ、そしてシステムの電極（例えば、電極740、750（図7））に直接取り付けのために延長することができる。

【0150】

ここで図12Bを参照すれば、図12Bは可変容量のインピーダンス整合回路網（例えば、回路網1000（図10））を収容するモジュール1240に相当し、PCB1244が収容する回路は、ダブルエンド入力端子1241-1、1241-2（例えば、入力端子1001-1、1001-2（図10））、ダブルエンド出力端子1242-1、1242-2（例えば、出力端子1002-1、1002-2（図10））、ダブルエンド入力端子の第1入力端子1241-1と第1中間ノード1265（例えば、ノード1025（図10））との間に直列に結合された第1数のコンデンサ1251、1252（例えば、コンデンサ1012、1013（図10））、ダブルエンド入力端子の第2入力端子1241-2と第2中間ノード1266（例えば、ノード1026（図10））との間に直列に結合された第2数のコンデンサ1256、1257（例えば、コンデンサ1017、1018（図10））、ノード1265と1266（例えば、ノード1025、1026）との間に結合された第3数のコンデンサ1258、1259（例えば、コンデンサ1023、1024（図10））、及びノード1265と出力端子1242-1との間に結合されたインダクタ1255及びノード1266と出力端子1242-2との間に結合されたインダクタ1260（例えば、インダクタ1015、1020（図10））を含む。

【0151】

第1数、第2数、及び第3数のコンデンサの各々は、固定コンデンサ1251、1256、1258（例えば、コンデンサ1012、1017、1023（図10））及び可変コンデンサ（例えば、可変コンデンサ1013、1018、1024）を構成する1つ以上のコンデンサ1252、1257、1259の組を含む。可変コンデンサ1252、1257、1259の各組は、回路網500（図5）のような容量性回路網を用いて実現することができる。複数のスイッチまたはリレー（例えば、図12の写真では見えないが、例えばスイッチ551～554（図5）に相当する）をPCB1244に結合することもできる。例えば、これら複数のスイッチまたはリレーはPCB1244の前面1246または後面1248に結合することができる。これらのスイッチまたはリレーの各々は、可変コンデンサ1252、1257、1259に関連するコンデンサのうちの異なるものの端子に直列に電気接続されている。制御コネクタ1290がPCB1244に結合され、制御コネクタの導体（図12Bには図示せず）はPCB1244の導体トレースに電気結合されて、制御信号（例えば、制御信号561～564（図5））をこれらのスイッチに供給し、これにより、前述したように上記コンデンサを回路内に組入れ、回路から切り離す切り換えを行う。

【0152】

図12Bに示すように、固定値のインダクタ1255、1260（例えば、インダクタ1015、1020（図10））が中間ノード1265と出力端子1242-1との間、及び中間ノード1266と出力端子1242-2との間に結合されている。インダクタ1255、1260は比較的大型のコイルで形成することができるが、これらのインダクタは他の構造を用いて実現することもできる。さらに、図12Bの実施形態中に示すように、出力端子1242-1、1242-2に相当する導体の特徴部分は比較的大型にすることができ、そしてシステムの電極（例えば、電極740、750（図7））に直接取り付けのために延長することができる。一実施形態によれば、そして図12Bに示すように、インダクタ1255、1260は、これらのインダクタの主軸が互いに直交する（即ち、インダクタ1255、1260の中心を通して延びる軸どうしが約90度の角度をなす）ように配置されている。このことは、大幅に低減された電磁結合をインダクタ1255、1260間に生じさせることができる。他の実施形態では、インダクタ1255、1260を、これらのインダクタの主軸どうしが平行であるように配置することができ、あるいは、これらの主軸が他の角度のオフセットを有するように配置することができる。

【0153】

種々の実施形態では、RFサブシステム（例えば、RFサブシステム310、710（図3、7））に関連する回路も1つ以上のモジュールの形態で実現することができる。例えば、図13は、一実施形態による、RFサブシステム（例えば、RFサブシステム310、710（図3、7））を含むRFモジュール1300の透視図である。RFモジュール1300は、接地基板1304に結合されたPCB1302を含む。接地基板1304はPCB1302の構造的支持を行い、そして、PCB1302に結合された種々の電気構成部品に電気接地基準及びヒートシンクの機能も提供する。

【0154】

一実施形態によれば、PCB1302はRFサブシステム（例えば、サブシステム310または710（図3、7））を収容する。従って、PCB1302が収容する回路は、システム・コントローラ1312（例えば、システム・コントローラ312、712（図3、7））に相当する、RF信号源回路1320（例えば、RF信号発生器322、722及び電力増幅器324、325、724を含むRF信号源320、720（図3、7）に相当する）、電力検出回路1330（例えば、電力検出回路330、730（図3、7）に相当する）、及びインピーダンス整合回路1334（例えば、第1整合回路334、734（図3、7）に相当する）を含む。

【0155】

図13の実施形態では、システム・コントローラ1312がプロセッサIC及びメモリICを含み、RF信号源回路1320が信号発生IC及び1つ以上の電力増幅デバイスを含み、電力検出回路1330が電力結合デバイスを含み、そしてインピーダンス整合回路1334が、互いに結合されてインピーダンス整合回路網を形成する複数の受動構成部品（例えば、インダクタ1335、1336及びコンデンサ1337）を含む。図3、7に関連して説明した種々の導体及び接続部を参照して前述したように、回路1312、1320、1330、1334及び種々の副構成部品どうしは、PCB1302上の導体トレースを通して電気結合することができる。

【0156】

一実施形態では、RFモジュール1300が複数のコネクタ1316、1326、1338、1380も含む。例えば、コネクタ1380は、ユーザ・インタフェース（例えば、ユーザ・インタフェース380、780（図3、7））及び他の機能を含むホストシステムに接続するように構成することができる。コネクタ1316は、前述したように可変整合回路（例えば、回路372、772（図3、7））に接続して制御信号をこの回路に供給するように構成することができる。コネクタ1326は、電源に接続してシステム電力を受けるように構成することができる。最後に、コネクタ1338（例えば、コネクタ336、736（図3、7））は、同軸ケーブルまたは他の伝送線に接続するように構成することができ、このことは、RFモジュール1300を（例えば、導体328-2、728-3（図3、7））を通して可変整合サブシステム（例えば、サブシステム370、770（図3、7））に電気接続することを可能にする。代案実施形態では、可変整合サブシステム（例えば、可変整合回路網370、バラン774、及び／または可変整合回路772（図3、7））の構成要素もPCB1302上に統合することができ、この場合、コネクタ1336はモジュール1330から除外することができる。RFモジュール1300のレイアウト、サブシステム、及び構成部品の他の変形を行うこともできる。

【0157】

RFモジュール（例えば、モジュール1300（図13））及び可変インピーダンス整合回路網モジュール（例えば、モジュール1200、1240（図12A、12B））の実施形態を、互いに電気接続し、そして他の構成部品に電気接続して、解凍装置またはシステムを形成することができる。例えば、RF信号の接続は、同軸ケーブルのような接続部（例えば、導体728-3（図7））を通して、RFコネクタ1338（図13）とRFコネクタ1238（図12A）またはRFコネクタ1278（図12C）との間で行うことができ、制御接続は、多導体ケーブルのような接続部（例えば、導体716（図7）

10

20

30

40

50

）を通して、コネクタ1316（図13）とコネクタ1230（図12A）またはコネクタ1290（図12B）との間で行うことができる。システムをさらに組み立てるために、ホストシステムまたはユーザ・インタフェースを、コネクタ1380を通してRFモジュール1300に接続することができ、電源を、コネクタ1326を通してRFモジュール1300に接続することができ、電極（例えば、電極740、750（図7））を出力端子1202-1、1202-2（図12A）または1242-1、1242-2（図12B）に接続することができる。もちろん、上述したアセンブリは、種々の支持構造及び他のシステム構成要素にも物理的に接続されて、上記電極は解凍キャビティ（例えば、キャビティ110、360、760（図1、3、7））の全体にわたって互いに固定的関係に保持され、解凍装置はより大きなシステム（例えば、システム100、200（図1、2））内に統合することができる。

10

【0158】

これまでの、解凍システムの電氣的及び物理的態様を説明してきたので、以下、こうした解凍システムを動作させる方法を、図14A、14B、及び15に関連して説明する。より具体的には、図14Aは、一実施形態による、動的な負荷整合を有する解凍システム（例えば、システム100、210、220、300、700、1100（図1～3、7、11））を動作させる方法のフローチャートである。図14Bは、解凍システムのキャビティ内に存在する低損失負荷を検出する方法の例のフローチャートであり、この方法は、図14Aの方法におけるステップのうちの1つの一部として、あるいは独立した方法として実行することができる。

20

【0159】

まず図14Aを参照すれば、この方法はブロック1402で開始することができ、システム・コントローラ（例えば、システム・コントローラ312、712、1130（図3、7、11））は解凍動作を開始すべきことの指示を受信する。こうした指示は、例えば、ユーザが負荷（例えば、負荷364、764、1164（図3、7、11））をシステムの解凍キャビティ（例えば、キャビティ360、760、1174（図3、7、11））内に配置し、（例えば、ドアまたは引き出しを閉じることによって）キャビティを密封し、そして（例えば、ユーザ・インタフェース380、780（図3、7）の）始動ボタンを押した後に受信することができる。一実施形態では、キャビティの密封は、1つ以上の安全インターロック機構を掛けることができ、こうした安全インターロック機構は、掛けられると、キャビティに供給されるRF電力がキャビティの外部の環境内に実質的に漏洩しないことを示す。後に説明するように、安全インターロック機構を解除することは、システム・コントローラに解凍動作を即座に一時停止または終了させることができる。

30

【0160】

種々の実施形態によれば、システム・コントローラは任意で、負荷の種類（例えば、肉、液体、または他の材料）、初期の負荷温度、及び／または負荷質量を示す追加的入力を受信することができる。例えば、負荷の種類に係する情報は、ユーザからユーザ・インタフェースとの相互作用により（例えば、認識されている負荷の種類のリストからユーザが選択することによって）受信することができる。その代わりに、上記システムは、負荷の外側に見えるバーコードを走査するように、あるいは負荷上の、または負荷内に埋め込まれたRFIDデバイスから電子信号を受信するように構成することができる。初期の負荷温度に関する情報は、例えば、システムの1つ以上の温度センサ及び／またはIRセンサ（例えば、センサ390、790、1192（図3、7、11））から受信することができる。初期の負荷温度に関する情報は、ユーザからユーザ・インタフェースとの対話により受信することができ、あるいはシステムの1つ以上の温度センサ及び／またはIRセンサ（例えば、センサ390、790、1192（図3、7、11））から受信することができる。上記に示したように、負荷の種類、初期の負荷温度、及び／または負荷質量を示す入力の受信は任意であり、システムはその代わりにこれらの入力の一部または全部を受信しないことができる。これらのユーザ入力には上限及び下限の閾値を置くことができる。例えば、ユーザが大き過ぎる（例えば、所定閾値を上回る）質量を不用意に入力した

40

50

場合、ユーザ・インタフェース（例えば、制御パネル 120、214、224、図 1、2 のユーザ・インタフェース）が、入力が無効であることの指示を与えることができる。

【0161】

ブロック 1404 では、システム・コントローラが、低損失負荷を検出して可変整合回路網の初期構成または初期状態を確立するプロセスを実行する。このプロセスは、システム・コントローラが制御信号を可変整合回路網（例えば、回路網 370、400、440、772、800、900、1000、1160（図 3、4A、4B、7～11））に供給するステップを含む。図 4A、4B、5A、5B、及び 8～10 に関連して詳細に説明したように、これらの制御信号は、可変整合回路網内の種々のインダクタンス及び／または容量（例えば、インダクタンス 410、411、414、811、816、821（図 4A、8）及び容量 444、448、1013、1018、1024（図 4B、10））の値に影響を与える。例えば、上記制御信号は、バイパススイッチ（例えば、スイッチ 511～514、551～554、931～934、936～939、941、943（図 5A、5B、9））の状態に影響を与えることができ、これらの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（例えば、制御信号 521～524、561～564、951～954、956～959、961、963（図 5A、5B、9））に応答する。

10

【0162】

図 14B は、図 14A のブロック 1404 の実行の一部としてシステム・コントローラによって実現することができる詳細なステップを示すフローチャートである。ブロック 1451 では、システム・コントローラが、RF 信号源に、比較的低電力の RF 信号を、インピーダンス整合回路網を通して電極（例えば、第 1 電極 340、あるいは両電極 740、750、1170、1172（図 3、7、11））に供給させる。システム・コントローラは、電源兼バイアス回路（例えば、回路 326、726（図 3、7））への制御信号により、RF 信号の電力レベルを制御することができ、この制御信号は、電源兼バイアス回路に、所望の信号電力レベルに合った電源兼バイアス電圧を増幅器（例えば、増幅段 324、325、724（図 3、7））に供給させる。例えば、比較的低電力の RF 信号は、約 10W～約 20W の範囲内の電力レベルを有する信号とすることができるが、異なる電力レベルを代わりに用いることができる。ブロック 1451 中に比較的低電力レベルの信号を供給することは、（例えば、初期の整合が高い反射電力を生じさせる場合に）キャビティ及び／または負荷を損傷させる恐れを低減するために、及び（例えば、スイッチ接点間のアーク放電により）可変インダクタンスまたは可変静電容量回路網のスイッチング構成部品を損傷させる恐れを低減するために望ましくあり得る。ブロック 1451 における低電力レベルの信号の供給は上述した利点をもたらすことができるが、一部の用途では、ブロック 1451 を任意にすることができ、図 14B に示す方法のステップは、比較的高い、あるいは低くない電力レベルの信号を用いて実行することができる。

20

30

【0163】

ブロック 1452 では、システム・コントローラが、一連の制御信号を可変整合回路網に供給して、可変整合回路網に、利用可能な一連の回路網の全部にわたって、従って多数の異なるインピーダンス変換値にわたって反復または検索させる。本明細書中ではこのプロセスをインピーダンス整合回路網構成走査と称し、このプロセスは、例えば、可変インダクタンス回路網 410、411、415、811、816、821（図 4A、8）または可変容量回路網 422、444、446、448、1011、1013、1016、1018、1021、1024（図 4B、10）に異なるインダクタンスまたは静電容量の構成を持たせること、あるいはインダクタ 501～504、911～914、916～919、921、923（図 5A、9）またはコンデンサ 541～544（図 5B）を回路内に組み入れ、あるいは回路から切り離す切り換えを行うことを含むことができる。各構成は所定の値に関連するインピーダンス変換を行い、この値は可変整合回路網によって行われるインピーダンス変換の大きさを表す。

40

【0164】

50

可変インピーダンス整合回路網に、利用可能なインピーダンス変換値（またはインピーダンス変換回路網構成）にわたって反復させる間に、システム・コントローラは、（例えば、電力検出回路 330、730、730'、730''、1180（図3、7、11）を用いて）反射 RF 電力（及び一部の実施形態では反射電力対順方向電力）を（例えば、解凍システムの RF 信号源（例えば、RF 信号源 320、720、1120（図3、7、11））と電極 170、172 との間の伝送経路（例えば、伝送経路 328、728、1148（図3、7、11））に沿った反射電力を連続的または周期的に測定することによって）測定する。一部の実施形態では、これらの測定を、すべての可能なインピーダンス整合回路網構成について（あるいは、少なくともインピーダンス整合回路網構成の所定部分集合について）行うことができる。ブロック 1452 の完了時に、システム・コントローラは、すべてのインピーダンス整合回路網構成について（あるいは、可能な構成の部分集合について）、反射 RF 電力、及び／または反射電力対順方向電力の比率を測定または決定している。

10

【0165】

図 16A 及び 16B は、ブロック 1452 でシステム・コントローラが取得することができるデータ集合の例を示すグラフである。図 16A 及び 16B の各々では、横軸がシステムの可変インピーダンス整合回路網の具体的構成を識別する。より具体的には、横軸に沿ったインピーダンス構成の各々が、システムの可変インピーダンス整合回路網の異なる構成を表し、縦軸に沿った値はリターンロスでシベル（dB）単位で表し、値が低い（例えば、よりマイナスである）ほど、より良好な整合（即ち、負荷による電磁エネルギーのより大きな吸収）を示す。従って、横軸に沿った各データ点は、異なるインピーダンス変換を呈する異なる構成であるインピーダンス整合回路網を表す。概ね、図面を参照すれば、インピーダンス整合回路網によって行われるインピーダンス変換は全体的に、横軸に沿って左から右へ増加している。本例では縦軸が測定した反射 RF 電力を表すが、他の実施形態では、データ集合が反射電力対順方向電力の値、あるいは反射電力対順方向電力の比率を含むことができる。図 16A 及び 16B は取得したデータを視覚的グラフの形で表すが、システム・コントローラはその代わりに、取得したデータを表（テーブル）または他の適切なデータ構造の形式で記憶することができることは明らかであり、こうした表またはデータ構造は、特定のインピーダンス整合回路網構成を、対応する測定した反射 RF 電力、及び／または反射電力対順方向電力の比率に関係付ける。一般に、図 16A 及び 16B のグラフ中の反射 RF 電力値が低いほど、解凍システムの増幅器とシステムのキャビティ+負荷とのより良好な整合を表す。

20

30

【0166】

図 14B も参照すれば、ブロック 1453 では、システム・コントローラが反射 RF 電力の閾値または反射電力対順方向電力の閾値（例えば、S11 パラメータの閾値）を決定し、こうした閾値を用いて、ブロック 1452 で取得したデータを評価して、低損失負荷の可能性のあるものを識別することができる。一実施形態では、ブロック 1453 で識別した閾値を用いて、測定した反射 RF 電力、または反射電力対順方向電力の比率（例えば、S11 パラメータ）が負荷への効果的なエネルギー伝達のための最小要件を満足するかどうかを判定することができる。図 16A に示すように、ブロック 1453 で決定する閾値は、可変インピーダンス整合回路網のすべての可能な構成全体にわたって単一の値とすることができる（例えば、直線 1602 は、すべてのインピーダンス回路網構成にわたる一定の閾値を表す）。その代わりに、異なるインピーダンス整合回路網構成に対して異なる閾値を確立することができる（例えば、直線 1604 は、異なる構成に対して確立された異なる閾値を表す）。

40

【0167】

ブロック 1453 で決定する閾値は（全部のインピーダンス構成に対して一定であっても、異なる回路網構成に対して異なっても）、システム・コントローラがあらゆる適切な方法を用いて決定することができる。一般に、閾値を事前に決定して、システム・コントローラがメモリにアクセスしてこれらの閾値を検索することができる。その代わりに、シ

50

システム・コントローラは、例えば、図14Aのブロック1402でシステムのユーザが与えた負荷の属性を用いて、適切な閾値または閾値の集合を、計算することができる。

【0168】

これらの閾値自体は、あらゆる適切な方法を用いて確立することができる。例えば、代表的な解凍装置を、多数の異なる負荷の試料を用いて試験して、測定した反射RF電力値、または反射電力対順方向電力の比率のうち、負荷への適切な、あるいは満足なエネルギー伝達を示すものを特定することができる。これらの値を一旦特定すると、これらの値を用いて、ブロック1453で用いる閾値を決定することができる。単一の閾値（例えば、直線1602）を確立する場合、このことは、装置の特性化中に測定した多数の異なる反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率の平均をとって単一の閾値を確立することを含むことができる。

10

【0169】

その代わりに、複数の閾値を確立する場合、このことは、装置の特性化中に、システムの可変インピーダンス整合回路網のあり得る構成毎に、反射RF電力、または反射電力対順方向電力を測定することを含むことができる。次に、構成毎に測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率を利用して、反射RF電力の閾値、または反射電力対順方向電力の比率の閾値を決定することができ、こうした閾値は、その特定の回路網構成にとって適切な、負荷内へのエネルギー伝達を示す。従って、この分析を利用して、装置のインピーダンス整合回路網のすべての可能なインピーダンス変換値にとって適切な反射RF電力の閾値、または反射電力対順方向電力の比率を決定することができる。

20

【0170】

ブロック1453で決定した閾値により、ブロック1454では、システム・コントローラが、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率の値（即ち、ブロック1452で取得した値）のうち閾値を超える値を生じさせた異なるネットワーク構成の個数（例えば、ブロック1453で決定した閾値を下回る反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率を生じさせた構成の個数）を特定する。

【0171】

以上に説明したように、インピーダンス整合回路網の特定のインピーダンス変換値または構成が、吸収性負荷及び低損失負荷の両方にとって良好な整合を確立することができるが、低損失負荷は、吸収性負荷よりも高いQ値の共振回路を解凍システムと共に形成しやすいことを特徴とする。具体的には、低損失負荷については、一旦、システムのインピーダンス整合回路網を特定のインピーダンス整合構成に設定することによって、システムの増幅器とキャパティ+負荷との最適なインピーダンス整合を実現すると、このインピーダンス整合構成の小さい変化（即ち、インピーダンス整合回路網のインピーダンス変換値の小変化）が、このインピーダンス整合の品質を吸収性負荷に比べて大幅に低下させ得る。

30

【0172】

従って、ブロック1452で取得したデータを分析するに当たり、低損失負荷においては、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率のうち、ブロック1453で決定した関連する閾値を超える値を実現するインピーダンス整合回路網の構成が、吸収性負荷におけるよりも少数であることは事実である。従って、ブロック1452で取得したデータを分析して、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率のうち、関連する閾値を超えたものについて、異なるインピーダンス整合構成のカウント数を特定することによって、システム・コントローラは、負荷が低損失負荷であるか否かを判定することができる。

40

【0173】

図16A及び16B中に示すデータの例では、上記測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率は負の値として測定され、ここでは測定値が低いほどインピーダンス整合が良好である。それに加えて、ステップ1453で決定した閾値は負の値である（例えば、直線1602によって示される閾値は、すべてのインピーダンス構成について-10dBの負の一定値であるのに対し、直線1604によって表される閾値は、異なる回

50

路網構成に対して異なる負の値を含むことができる)。

【0174】

従って、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率が特定の閾値レベルを「超えた」ことへの言及は、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率が閾値レベルを下回るか否かを判定することを含む。しかし、他の実施形態では、反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率を、正の値を有する測定値を生じさせることができる異なる方法で測定することができることは明らかである。この場合、ステップ1453で決定した閾値は正の値を有することもでき、特定閾値を超えたか否かの判定は、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率が閾値レベルよりも大きいかな否かを判定することを含むことができる。

10

【0175】

従って、ブロック1454では、システム・コントローラが、可変インピーダンス整合回路網構成のうち、当該可変インピーダンス整合回路網構成について測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率が、関連する閾値を超える(この場合、閾値よりも小さい)ものの個数を特定し、関連する閾値を超えることは、所定の構成におけるインピーダンス変換値が許容可能なインピーダンス整合を提供したことを示す。

【0176】

例示するために、図16A及び16B中に示すデータは、ブロック1454により-10dB(直線1602)の閾値の例を用いて評価することができるが、この閾値は、正の値を有することを含めて、より低くすることもより高くすることもできる。吸収性負荷の場合(吸収性負荷についてのデータは図16A中に示す)、11個の異なるインピーダンス整合構成(即ち、インピーダンス整合構成16~24)が、決定した-10dBの閾値を超えており(あるいは、この閾値と同等以上であり)、これらのインピーダンス整合回路網構成が適切な、あるいは許容可能なインピーダンス整合を提供したことを示している。それとは逆に、データを図16B中に示す低損失負荷については、3つのインピーダンス整合構成(即ち、インピーダンス整合構成18~20)しか、決定した-10dBの閾値を超えていない(あるいは、同等以上ではない)。

20

【0177】

以下に説明するように、ブロック1454で特定したカウント数の値を用いて、解凍システムのキャパシティ内に存在する低損失負荷を識別することができ、低損失負荷が識別されると、解凍システムの動作の制御を、この判定に基づいて変更することができる。一実施形態では、このカウント数の値に応じて、通常電力レベルを用いた解凍動作、または(例えば、カウント数が比較的低く、負荷が低損失負荷であり得ることを示す際には)低電力レベルを用いた解凍動作を可能にすることができる。一部の場合には、例えば、ブロック1454で特定したカウント数が関連する閾値に比べて非常に低い場合、解凍システムの動作を抑制することができる(例えば、解凍動作を停止することができる)。

30

【0178】

従って、ブロック1455では、システム・コントローラが、ブロック1454で特定したカウント数を第1のカウント数閾値と比較して、装置の通常動作を可能にするかな否かを判定することができる。このカウント数が第1のカウント数閾値と同等以上である場合(本例では、カウント数が第1のカウント数閾値を超える場合)、システムは負荷が吸収性負荷であることを判定し、ブロック1456で、解凍システムの通常動作を可能にして図14Bの方法を終了する(即ち、ブロック1410(図14A)に戻る)。一実施形態では、第1のカウント数閾値を、少なくとも部分的に、適切なインピーダンス整合を提供したインピーダンス整合回路網構成の識別によって決定することができる。従って、異なるインピーダンス整合回路網構成が異なるカウント数閾値に関連し得る。

40

【0179】

カウント数が第1のカウント数閾値と同等以上でない場合(本例では、カウント数が第1のカウント数閾値よりも小さい場合)、ブロック1457では、システム・コントローラが、ブロック1454で特定したカウント数を第2のカウント数閾値と比較して、解凍

50

システムの低電力動作を可能にするか否かを判定する。一般に、第2のカウンタ数閾値は第1のカウンタ数閾値よりも小さい。カウンタ数が第2のカウンタ数閾値と同等以上である（例えば、第2のカウンタ数閾値よりも大きい）場合、このことは、負荷がエネルギー伝達にとって理想的な負荷ではない（即ち、ある程度まで、この負荷が低損失負荷であり得る）が、適用される解凍プロセスによる少なくとも部分的な加温をこの負荷に施すことができることを示すことができる。その場合、ブロック1457で、解凍システムを低電力動作に制限して、図14Bの方法を終了する（即ち、ブロック1410（図14A）に戻る）。こうした低電力動作は、解凍プロセスの適用による負荷の少なくとも多少の加温は可能にすることができるが、低電力動作は、少なくともある程度は、高電力の解凍プロセスを低損失負荷に適用することにより生じ得る解凍システムの構成部品の加熱及び／または損傷の可能性を制限することができる。一般に、第2のカウンタ数閾値（及び一部の場合、第1のカウンタ数閾値）は、既知の損失性負荷と吸収性負荷を比較し、システムのインピーダンス整合回路網の加熱効果を測定することによるシステムの特性化によって決定することができる。

10

【0180】

しかし、ブロック1457で、システム・コントローラが、ステップ1454で特定したカウンタ数が第2のカウンタ数閾値を下回ることを判定した場合、システム・コントローラは、ブロック1459で、解凍システムの動作を中断または防止するエラーまたは中断メッセージを出して、図14Bの方法を終了する。このステップは、システム・コントローラに、図14Aの方法も終了させて、問題が発生したことを示す適切な出力メッセージまたはエラーを解凍システムのユーザに対して生成させることもできる。こうしたメッセージは、解凍システムにとって不適切な負荷を解凍システムが検出したことを示すことができる。こうした結果は有益であり得る、というのは、カウンタ数が第2のカウンタ数閾値を下回る場合、このことは負荷が低損失負荷（即ち、RF電磁エネルギーに対して実質的に透過性の負荷）であることを示すことができるからである。解凍プロセスをこうした負荷に適用した場合（たとえ、解凍システムの低電力動作を用いても）、負荷は加熱または加温されないことがあり、その代わりに、さもないれば負荷によって吸収されたはずのエネルギーがシステムの回路によって消散されることがあり、解凍システムの種々の構成部品の不所望な加熱を生じさせる可能性がある。

20

【0181】

再び図14Aを参照すれば、一旦、ブロック1404で図14Bの方法により負荷を分析し、解凍システムの適切な動作モードを決定すると、通常動作でも低電力動作でも（あるいは、ブロック1459で解凍プロセスを中断しても）、システム・コントローラは、ブロック1410で、適切であれば、整合の品質を示す実際の測定値に基づいて可変インピーダンス整合回路網の構成を調整して、許容可能な、あるいは最適な整合を見出すプロセスを実行することができる。ブロック1410を実行する間に、システム・コントローラは、RF信号源に、比較的低電力のRF信号を、可変インピーダンス整合回路網を通して電極（例えば、第1電極340、あるいは両電極740、750、1170、1172（図3、7、11））に供給させることができる。システム・コントローラは、電源兼バイアス回路（例えば、回路326、726（図3、7））への制御信号により、RF信号の電力レベルを制御することができ、この制御信号は、電源兼バイアス回路に、所望の信号電力レベルに合った電源兼バイアス電圧を増幅器（例えば、増幅段324、325、724（図3、7））に供給させる。例えば、比較的低電力のRF信号は、約10W～約20Wの範囲内の電力レベルを有する信号とすることができるが、異なる電力レベルを代わりに用いることができる。比較的低電力レベルの信号を供給することは、（例えば、初期の整合が高い反射電力を生じさせる場合に）キャビティ及び／または負荷を損傷させる恐れを低減するために、及び（例えば、スイッチ接点間のアーク放電により）可変インダクタンスまたは可変静電容量回路網のスイッチング構成部品を損傷させる恐れを低減するために望ましくあり得る。

30

40

【0182】

50

低電力の信号を供給する間に、電力検出回路（例えば、電力検出回路 330、730、730'、730''、1180（図3、7、11））は、RF信号源と電極との間の伝送経路（例えば、経路328、728、1148（図3、7、11））に沿った反射電力（及び一部の実施形態では順方向電力）を測定して、これらの測定値をシステム・コントローラに提供する。次に、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比率を決定することができ、そしてこの比率に基づいてシステムの（例えば、リターンロスに対応する）S11パラメータを決定することができる。一部の実施形態では、システム・コントローラは、受信した電力測定値（例えば、受信した反射電力測定値、受信した順方向電力測定値、あるいはその両方）、及び／または上記計算した比率及び／またはS11パラメータを、将来の評価または比較用に記憶することができる。

10

【0183】

システム・コントローラは、反射電力の測定値、及び／または反射信号電力対順方向信号電力の比率、及び／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回路網によって提供される整合が評価時刻において許容可能である（例えば、反射電力が閾値を下回る、あるいは反射信号電力対順方向信号電力の比率が10パーセント以下である（または他の何らかの閾値を下回る））か否かを判定することができる。その代わりに、システム・コントローラは、整合が「最適な」整合であるか否かを判定するように構成することができる。「最適な」整合は、例えば、反射RF電力（及び一部の実施形態では反射電力対順方向電力の比率）を、あり得るすべてのインピーダンス整合回路網構成について（あるいは、インピーダンス整合回路網構成の少なくとも所定部分集合について）反復的に測定して、最低の反射RF電力を生じさせる、及び／または最適の反射電力対順方向電力の比率を生じさせる構成を特定することによって判定することができる。一部の実施形態では、バイナリサーチ（二分探索）アルゴリズムまたはリージョナルサーチ（局所探索）アルゴリズムを代わりに用いて、最低の反射RF電力、及び／または最低の反射電力対順方向電力の比率を生じさせる「最適な整合」の構成を識別することができ、このことは、最適な整合の構成を見出すために必要な時間長を低減することができる。

20

【0184】

システム・コントローラが、整合が許容可能でない、あるいは最適な整合でないことを判定すると、システム・コントローラは、可変インピーダンス整合回路網を再構成することによって整合を調整することができる。例えば、こうした再構成は、制御信号を可変インピーダンス整合回路網へ送信することによって実現することができ、これらの制御信号は、可変インピーダンス整合回路網に、当該回路網内の可変インダクタンス及び／または可変容量を（例えば、可変インダクタンス回路網410、411、415、811、816、821（図4A、8）または可変容量回路網422、444、446、448、1011、1013、1016、1018、1021、1024（図4B、10）に、異なるインダクタンスまたは静電容量の構成を持たせることによって、あるいは、インダクタ501～504、911～914、916～919、921、923（図5A、9）またはコンデンサ541～544（図5B）を回路網内に組み入れ、回路網から切り離す切り換えを行うことによって）増加及び／または減少させる。その時点で最新の、可変インピーダンス整合回路網内の、可変インダクタンス回路網のインダクタンスの値または構成（例えば、インダクタ410、411、415、811、816、821（図4A、8）のインダクタンス値）あるいは可変容量回路網の静電容量の値または構成（例えば、コンデンサ442、444、446、448、1011、1013、1016、1018、1021、1024（図4B、10）の静電容量値）を、システム・コントローラのメモリに記憶することができる。可変インダクタ及び可変コンデンサ毎に、特定の評価時刻に関連するインダクタンス値及び静電容量値を、本明細書中では「現在の可変部品値」と称することがあり、特定の評価時刻における可変インダクタンス回路網または可変容量回路網内の1つ以上の可変構成部品の現在の可変部品値の集合を、本明細書中では「現在の可変部品値の集合」と称することがある。可変インピーダンス回路網を再構成（または調整）した後、適切であれば、整合の品質を示す実際の測定値に基づいて、可変インピーダンス整

30

40

50

合回路網の構成を調整して、許容可能な、あるいは最適な整合を見出すステップを、許容可能な、あるいは最適な整合が識別されるまで反復的に実行することができる。

【0185】

最適な整合を識別する代案の方法を代わりに適用することができ、この方法は、可変インピーダンス整合回路網のすべての可能な構成を試験するのではなく、現在の構成から所定範囲内の構成のみを試験する。一部の実施形態では、この所定範囲はブロック1402でユーザが与えた入力に基づくことができる。例えば、特定重量を有する特定種類の負荷（例えば、冷凍肉または冷凍スープ）については、最適なインピーダンス構成は一般に、インピーダンス整合回路網の利用可能なインピーダンス構成のうちの特定範囲内に入ることができる。従って、入力されたデータに基づいて、最適なインピーダンスが最も見つけやすい特定範囲を識別することができる。次に、こうしたインピーダンス構成の範囲を反復的に試験して、最適な整合のインピーダンスを識別することができる。例えば、一部の方法は、試験すべき可変インピーダンス整合回路網構成を、解凍システムのメモリに記憶されている（例えば、以前に実行した解凍／加熱動作中に収集した）履歴的構成データに基づいて予測することができる。一部の実施形態では、最適な整合は、供給されるRF電磁エネルギーのうち所定閾値の百分率（例えば、95%～99%）以上が負荷によって吸収されることを可能にするものと判定されたあらゆる可変インピーダンス整合回路網構成として識別することができる。

【0186】

一旦、許容可能な、あるいは最適な整合、及び1つ以上の所望の信号パラメータを決定すると、解凍動作を開始または継続することができる。解凍動作の開始または継続は、ブロック1420において、比較的高電力のRF信号に相当するRF信号をRF信号源（例えば、RF信号源320、720、1120（図3、7、11））に普通に生成させることを含み、このRF信号は。しかし、図14Bの方法をブロック1458で終了した場合、ブロック1420は、システム・コントローラが、比較的低電力のRF信号に相当するRF信号をRF信号源に生成させることを含むことができる。システム・コントローラは、RF信号源及び電源兼バイアス回路（例えば、回路326、726（図3、7））への制御信号により、RF信号電力レベルを含むRF信号パラメータを制御することができる。RF信号源への制御信号は、例えばRF信号の周波数を制御することができ、電源兼バイアス回路への制御信号は、電源兼バイアス回路に、所望の信号電力レベルに合った電源兼バイアス電圧を増幅器（例えば、増幅段324、325、724（図3、7））に供給させることができる。例えば、上記質量推定に基づくRF信号は、約50W～約500Wの範囲内の電力レベルを有する信号とすることができるが、異なる電力レベルを代わりに用いることができる。

【0187】

ブロック1422では、電力検出回路（例えば、電力検出回路330、730、730'、730''、1180（図3、7、11））が、RF信号源と上記電極との間の経路（例えば、経路328、728、1148（図3、7、11））に沿った反射電力、及び一部の実施形態では順方向電力を周期的に測定して、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、ここでも、反射信号電力と順方向信号電力との比率を決定することができ、そしてこの比率に基づいて、システムにおけるS11パラメータを決定することができる。一実施形態では、システム・コントローラが、受信した電力測定値、及び／または計算した上記比率、及び／またはS11パラメータを、将来の評価または比較用に記憶することができる。一実施形態によれば、順方向電力及び反射電力の周期的測定値を、（例えば、ミリ秒のオーダーの）相当高い頻度、あるいは（例えば、秒のオーダーの）相当低い頻度で取得することができる。例えば、上記周期的測定値を取得するための相当低い頻度は、10秒～20秒毎に1回測定する速度とすることができる。

【0188】

ブロック1424では、システム・コントローラが、1つ以上の反射信号電力測定値、

1つ以上の計算した反射信号電力対順方向信号電力の比率、及び／または1つ以上のS11パラメータに基づいて、可変インピーダンス整合回路網によって提供された整合が許容可能であるか否かを判定することができる。例えば、システム・コントローラは、この判定を行うに当たり、単一の反射信号電力測定値、単一の計算した反射信号電力対順方向信号電力の比率、または単一の計算したS11パラメータを用いることができ、あるいは、事前に受信した複数の反射信号電力測定値、事前に計算した反射電力対順方向電力の比率、または事前に計算したS11パラメータ（あるいは他の計算値）を、この判定を行うに当たり利用することができる。整合が許容可能であるか否かを判定するために、システム・コントローラは、受信した反射信号電力、計算した比率、及び／またはS11パラメータを、例えば1つ以上の対応する閾値と比較することができる。例えば、一実施形態では、システム・コントローラが、受信した反射信号電力を、例えば順方向信号電力の5パーセント（または他の何らかの値）の閾値と比較することができる。順方向信号電力の5パーセントを下回る反射信号電力は、整合が許容可能なままであることを示すことができ、5パーセントを上回る比率は、整合がもはや許容可能でないことを示すことができる。他の実施形態では、システム・コントローラが、計算した反射信号電力対順方向信号電力の比率を、10パーセント（または他の何らかの値）の閾値と比較することができる。10パーセントを下回る比率は、整合が許容可能なままであることを示すことができ、10パーセントを上回る比率は、整合がもはや許容可能でないことを示すことができる。測定した反射電力、あるいは計算した比率またはS11パラメータが対応する閾値よりも大きく（即ち、比較が好ましくなく）許容可能でない整合を示す際には、システム・コントローラは、ブロック1410に戻ることによって、可変インピーダンス整合回路網の再構成を開始することができる。

【0189】

前述したように、可変インピーダンス整合回路網によって提供される整合は、負荷が加温される間の負荷（例えば、負荷364、764、1164（図3、7、11））のインピーダンス変化により、解凍動作が行われるうちに低下し得る。解凍動作が行われるうちに、キャパティ整合のインダクタンスまたは容量を調整することによって、そしてRF信号源のインダクタンスまたは容量も調整することによって、最適なキャパティ整合を維持することができる。例えば、図15を参照すれば、解凍動作の終了時における第1の種類の負荷にとって最適な整合は点1514によって示され、及び解凍動作の終了時における第2の種類の負荷にとって最適な整合は点1524によって示されている。両方の場合に、例えば、解凍動作の開始時と完了時との間で最適な整合を追跡することは、キャパティの整合のインダクタンスを次第に減少させること、及びRF信号源の整合のインダクタンスを次第に増加させることを含む。

【0190】

一実施形態によれば、ブロック1410では、可変インピーダンス整合回路網を再構成する際に、システム・コントローラがこうした傾向を考慮に入れることができる。より具体的には、ブロック1414において可変インピーダンス整合回路網を再構成することによって整合を調整する際には、システム・コントローラは最初に、可変インダクタンス回路網の構成を、（キャパティの整合、または回路網411（図4A）用には）より低いインダクタンスに対応するキャパティ及びRF信号源の整合用を選択し、（RF信号源の整合、または回路網410（図4B）用には）より高いインダクタンスに対応するキャパティ及びRF信号源の整合用を選択する。可変容量回路網をキャパティ及びRF信号源用を利用する実施形態においても、同様のプロセスを実行することができる。期待される最適な整合の軌跡（例えば、図15中に示すもの）に追従しやすいインピーダンス構成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に比べると、（例えば、ブロック1410における）可変インピーダンス整合回路網の再構成プロセスを実行する時間を低減することができる。

【0191】

代案実施形態では、システム・コントローラが、その代わりに、各調整の設定を反復的

に検定して、許容可能な構成を決定しようと試みることができる。例えば、再び上記の表 1 を参照すれば、現在の構成が、キャビティ整合回路網については構成 1 2 に相当し、R F 信号源整合回路網については構成 3 に相当する場合、システム・コントローラは、キャビティ整合回路網については構成 1 1 及び／または 1 3 を検定することができ、R F 信号源整合回路網については構成 2 及び／または 4 を検定することができる。これらのテストが良好な結果（即ち、許容可能な整合）を生じさせない場合、システム・コントローラは、キャビティ整合回路網については構成 1 0 及び／または 1 4 を検定することができ、R F 信号源整合回路については構成 1 及び／または 5 を検定することができる、等である。

【0192】

実際には、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種々の異なる探索方法が存在し、これらの探索方法は、あり得るすべてのインピーダンス整合回路網構成を試験することを含む。許容可能な構成を探索するあらゆる妥当な方法が、本発明の主題の範囲内に入る。いずれにせよ、一旦、ブロック 1 4 1 3 において許容可能な整合が決定されると、ブロック 1 4 2 0 において解凍動作を再開して、プロセスを反復し続けることができる。

【0193】

再びブロック 1 4 2 4 を参照すれば、システム・コントローラが、1 つ以上の反射電力の測定値、1 つ以上の計算した反射信号電力対順方向信号電力の比率、及び／または 1 つ以上の計算した S 1 1 パラメータに基づいて、可変インピーダンス整合回路網によって提供される整合が未だに許容可能である（例えば、反射電力の測定値、計算した比率または S 1 1 パラメータが対応する閾値未満である、あるいは、上記比較が良好である）ことを判定すると、システムは、ブロック 1 4 2 6 において終了条件が発生したか否かを評価することができる。実際には、終了条件が発生したか否かの判定は、解凍プロセス中の任意時点に発生させることができる割り込み駆動プロセスとすることができる。しかし、図 1 4 A のフローチャートに含める目的で、このプロセスはブロック 1 4 2 4 の後に発生するように示している。

【0194】

いずれにせよ、いくつかの条件が解凍プロセスの停止を保証することができる。例えば、システムは、安全インターロックが破られた際に、終了状態が発生したことを判定することができる。その代わりに、システムは、ユーザが（例えば、ユーザ・インタフェース 3 8 0、7 8 0（図 3、7）により）セットしたタイマーの時間切れ時に、あるいは、システム・コントローラによる、解凍動作を実行すべき時間長の推定値に基づいて（例えば、ブロック 1 4 1 8 において、システム・コントローラが以前に識別した最適な R F 信号電力レベル、及び以前に識別した、負荷を解凍するのに必要であるものと推定されたエネルギーの量に基づいて決定した加熱時間に基づいて）システム・コントローラが定めたタイマーの時間切れ時に、終了条件が発生したことを判定することができる。さらに他の代案実施形態では、システムが他の方法で解凍動作の完了を検出することができる。

【0195】

終了条件が発生していない場合、ブロック 1 4 2 2 及び 1 4 2 4（及び必要に応じて、整合回路網を再構成するプロセス 1 4 1 0）を反復的に実行することによって、解凍動作を継続することができる。終了条件が発生すると、ブロック 1 4 2 8 では、システム・コントローラが、R F 信号源による R F 信号の供給を中止させる。例えば、システム・コントローラは、R F 信号発生器（例えば、R F 信号発生器 3 2 2、7 2 2（図 3、7））を停止させることができ、及び／または電源兼バイアス回路（例えば、回路 3 2 6、7 2 6（図 3、7））に電源電流の供給を中止させることができる。それに加えて、システム・コントローラは信号をユーザ・インタフェース（例えば、ユーザ・インタフェース 3 8 0、7 8 0（図 3、7））に送信することができ、これらの信号は、ユーザ・インタフェースに、ユーザが知覚可能な終了条件の印を（例えば、「ドア開」または「終了」を表示装置上に表示することによって、あるいは可聴音を提供することによって）生成させる。そして、方法を終了することができる。

【0196】

図14A及び14B中に示すブロックに関連する動作の順序は一実施形態に相当し、動作の順序を図示する順序のみに限定するものと考えべきでないことは明らかである。その代わりに、一部の動作は異なる順序で実行することができ、及び／または一部の動作は並行して実行することができる。

【0197】

上述したように、図14Bは、解凍システムの動作前、あるいは動作中に低損失負荷を検出する方法を示すフローチャートである。この方法では、システムのインピーダンス整合回路網の利用可能な構成の検索を実行して、加熱または解凍動作を実行するための許容可能な整合を提供する構成の数のカウントを実行する。このカウント数（即ち、許容可能な整合を提供する構成の総数）を1つ以上のカウント数閾値と比較して、低損失負荷の可能性のあるものを検出し、これにより解凍システムの動作を制御する。

10

【0198】

しかし、他の実施形態では、インピーダンス整合回路網構成の数の単純なカウントに頼るのではなく、複数のポイント（得点）（または重み）を異なるインピーダンス整合構成に関連付けて、特定負荷について総得点を計算することを可能にすることができ、この総得点を種々の得点閾値と比較して、低損失負荷（あるいは吸収性負荷）の可能性のあるものを識別し、それに応じて装置の動作を制御することができる。

【0199】

図14Bに関して上述した低損失負荷を検出する方法は、装置のインピーダンス整合回路網の多数の異なる構成について取得した反射RF電力、または順方向電力対反射電力の比率（例えば、S11パラメータ）の分析によって低損失負荷を区別する。具体的には、システム・コントローラは、解凍システムの加熱キャビティ内の特定負荷について、負荷内へのRF電磁エネルギー伝達を可能にするインピーダンス変換を提供するインピーダンス整合回路網構成の個数を特定する。次に、許容可能なインピーダンス整合を提供するインピーダンス整合回路網構成の個数に応じて、システム・コントローラは吸収性負荷を低損失負荷と区別することができる。上述したように、低損失負荷は、吸収性負荷に比べて高いQ値の回路網を解凍システムと共に形成するので、低損失負荷にとって許容可能な整合を提供するインピーダンス整合回路網は吸収性負荷よりも少数である。

20

【0200】

一部の解凍システムでは、異なるインピーダンス整合回路網構成が、低損失負荷にとって他の構成よりも適切なインピーダンス整合を確立しやすいことがある。同様に、一部のインピーダンス整合回路網構成は、吸収性負荷にとって他の構成よりも適切なインピーダンス整合を確立しやすいことがある。従って、許容可能なインピーダンス整合を提供するインピーダンス整合回路網構成のカウント数を分析して低損失負荷を検出することに加えて、システム・コントローラは、どの特定の構成が許容可能なインピーダンス整合を確立したかを分析して、低損失負荷を検出することができる。具体的には、異なるインピーダンス整合回路網構成を異なるポイント得点または重みに関連付けることができ、システム・コントローラはこれらのポイント得点を用いて、現在の負荷が低損失負荷であるか否かを示す総（合計）ポイント得点を計算することができる。

30

40

【0201】

解凍システムは、当該システムのどのインピーダンス整合回路網構成が低損失負荷との許容可能なインピーダンス整合を確立しやすいか、及びどの構成が吸収性負荷との許容可能な整合を確立しやすいかを特定するように特性化することができる。従って、低損失負荷に関連する構成は、吸収性負荷のみと整合しやすい構成よりも低いポイント得点または重みに関連付けることができる。次に、これらのポイント得点または重みを、以下に説明し、図17の方法中に示すように用いて、特定負荷についての総ポイント得点を決定することができる。システムの特性化中に、インピーダンス整合回路網構成の検索が、一般に吸収性負荷に関連付けられた構成を、低損失負荷に関連付けられた構成よりも許容可能なインピーダンス整合を確立するものとして識別した場合に、このポイント得点はより大

50

きくなる。

【0202】

例えば、解凍システムの特性化中に、既知の低損失負荷（例えば、プラスチックコップの水）を用いて、インピーダンス整合回路網構成の検索を、可変インピーダンス整合回路網の多数の異なる構成にわたって実行することができる。次に、許容可能な整合（即ち、比較的低いリターンロスをもつ整合）を提供したインピーダンス整合回路網構成を特定する。次に、これらの構成を比較的低いポイント得点（例えば、「1」ポイントの得点）に関連付ける。次に、既知の吸収性負荷（例えば、冷凍ステーキ）を用いて、追加的なインピーダンス整合回路網構成の検索を、多数の異なる構成にわたって実行することができる。次に、許容可能な整合を提供した回路網構成を特定する。次に、これらの構成を比較的高いポイント得点（例えば、「3」ポイントの得点）に関連付けることができる。低損失負荷及び吸収性負荷の両方にとって許容可能な性能を提供するインピーダンス整合回路網構成は、中間的なポイント得点（例えば、「2」ポイントの得点）に関連付けることができる。

10

【0203】

未知の負荷（例えば、低損失負荷でも吸収性負荷でもあり得る負荷）におけるインピーダンス整合回路網構成の検索に続いて、許容可能なインピーダンス整合を提供したインピーダンス整合回路網構成の各々に関連するポイント得点に基づいて、合計得点を計算することができる。本実施形態では、この得点は吸収性負荷の方が低損失負荷よりも高くなりやすい。従って、未知の負荷における合計得点を得点閾値と比較することによって、システム・コントローラは、この負荷が低損失負荷でありそうか吸収性負荷でありそうかを判定することができ、そして適切な動作を行うことができる。特定負荷における合計得点が得点閾値を超える場合、この負荷は、合計得点がこの閾値を超えない場合よりも吸収性負荷でありそうである。

20

【0204】

例示するために、図17は、インピーダンス整合回路網構成の検索中に行ったRF電力の測定に基づいて得点を計算することによって、解凍システムのキャビティ内に存在する低損失負荷を検出する方法のフローチャートである。図17の方法は、図14Aの方法におけるステップのうちの1つの一部として、あるいは独立した方法として実行することができる。具体的には、図17は、システム・コントローラが図14Aのブロック1404の実行の一部として実現することができる詳細なステップを示すフローチャートである。ブロック1711では、システム・コントローラが、RF信号源に、比較的低電力のRF信号を、可変インピーダンス整合回路網を通して電極（例えば、第1電極340、あるいは両電極740、750、1170、1172（図3、7、11））に供給させる。システム・コントローラは、電源兼バイアス回路（例えば、回路326、726（図3、7））への制御信号によりRF信号の電力レベルを制御することができ、この制御信号は、電源兼バイアス回路に、所望の信号電力レベルに合った電源兼バイアス電圧を増幅器（例えば、増幅段324、325、724（図3、7））に供給させる。例えば、比較的低電力のRF信号は、約10W～約20Wの範囲内の電力レベルを有する信号とすることができるが、異なる電力レベルを代わりに用いることができる。ブロック1711中に比較的低電力の信号を供給することは、（例えば、初期の整合が高い反射電力を生じさせる場合に）キャビティ及び／または負荷を損傷させる恐れを低減するために、及び（例えば、スイッチ接点間のアーク放電による）可変インピーダンス整合回路網のスイッチング構成部品を損傷させる恐れを低減するために望ましくあり得る。ブロック1711で低電力レベルの信号を供給することは上述した利点をもたらすが、一部の用途では、ブロック1711を任意にすることができ、図17中に示す方法のステップは、比較的高い、あるいは低い電力レベルの信号を用いて実行することができる。

30

40

【0205】

ブロック1712では、システム・コントローラが、一連の制御信号を可変整合回路網に供給して、可変整合回路網に、一連の利用可能な回路網構成の全部（あるいは、利用可

50

能な構成の部分集合)にわたって反復させる。このことは、例えば、可変インダクタンス回路網410、411、415、811、816、821(図4A、8)または可変容量回路網422、444、446、448、1011、1013、1016、1018、1021、1024(図4B、10)に、異なるインダクタンス状態または静電容量状態を持たせること、あるいはインダクタ501~504、911~914、916~919、921、923(図5A、9)またはコンデンサ541~544(図5B)を回路内に組み入れ、または回路から切り離す切り換えを行うことを含むことができる。各構成は、関連するインピーダンス変換に(例えば、オーム単位の)所定値を与え、この所定値は、可変整合回路網によって提供されるインピーダンス変換の大きさを表す。

【0206】

可変インピーダンス整合回路網に、利用可能なインピーダンス変換値(またはインピーダンス整合回路網構成)の全体を通して反復させる間に、システム・コントローラは(例えば、電力検出回路330、730、1180(図3、7、11)を用いて)反射RF電力(及び一部の実施形態では反射電力対順方向電力)を(例えば、解凍システムのRF信号源(例えば、RF信号源320、720、1120(図3、7、11))と電極170、172との間の伝送経路(例えば、伝送経路328、728、1148(図3、7、11))に沿った反射電力を連続的または周期的に測定することによって)反射RF電力(及び一部の実施形態では反射電力対順方向電力)を測定する。一部の実施形態では、これらの測定を、可能なインピーダンス整合回路網の全部について(あるいは、インピーダンス整合回路網構成の少なくとも所定部分集合について)行うことができる。ブロック1712の完了時に、システム・コントローラは、可能なインピーダンス整合回路網構成の全部について(あるいは、可能な構成の部分集合について)反射RF電力、及び/または反射電力対順方向電力の比率を測定または特定している。

【0207】

ブロック1713では、システム・コントローラが、反射RF電力の閾値、または反射電力対順方向電力の閾値を決定し、これらの閾値を用いてブロック1712で取得したデータを評価して、低損失負荷の可能性のあるものを識別することができる。一実施形態では、ブロック1713で識別した閾値を用いて、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率が、負荷への効果的なエネルギー伝達のための最小要件を満足するかどうかを判定することができる。

【0208】

図16Aに示して上述したように、ブロック1713で決定する閾値は、可変インピーダンス整合回路網の可能な回路網構成の全部にわたって単一の値とすることができる(例えば、直線1602は全部のインピーダンス回路網構成にわたって一定の閾値を表す)。その代わりに、異なる回路網構成に対して異なる閾値を確立することができる(例えば、直線1604は、異なるインピーダンス構成に対して確立された異なる閾値を表す)。

【0209】

ブロック1713で決定する閾値は(全部のインピーダンス構成について一定であっても、異なる回路網構成に対して異なっても)あらゆる適切な方法を用いて決定することができる。一般に、閾値を事前に決定して、システム・コントローラがメモリにアクセスしてこれらの閾値を検索することができる。その代わりに、システム・コントローラは、例えば、図14Aのブロック1402でシステムのユーザが与えた負荷の属性を用いて、適切な閾値を計算することができる。

【0210】

ブロック1713で決定した閾値により、ブロック1714では、システム・コントローラは、インピーダンス整合回路網構成のうち、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比率が当該回路網構成用の閾値を超えるインピーダンス整合回路網構成の各々に関連するポイント得点を決定する。すべての許容可能な構成に対するポイント得点を、システム・コントローラにとってアクセス可能なメモリに適切なデータ構造(例えば、表または数値アレイ)の形で記憶することができる。一般に、ポイント得点は、インピ

ーダンス整合回路網の各構成が特定のポイント得点に関連するように記憶する。例えば、以下の表2は、インピーダンス整合回路網の例における特定のインピーダンス整合回路網構成に関連付けることができるポイント得点のリストの例を提供する。

【0211】

【表2】

<u>インピーダンス整合回路網構成番号</u>	<u>ポイント得点</u>
0	1
1	1
2	2
3	2
4	2
5	3
6	3
7	3
8	3
9	3
10	3
11	3
12	3
13	3
14	3
15	3
16	3
17	3
18	2
19	2
20	2
21	2
22	2
23	1
24	1
25	1
26	1

表2-異なるインピーダンス整合回路網構成に関連するポイント得点

【0212】

従って、このポイント得点のリストを参照して、システム・コントローラは、インピーダンス整合回路網構成のうち、測定した反射RF電力、または反射電力対順方向電力の比

率が閾値を超えたインピーダンス整合回路網の各々に関連するポイント得点を決定する。次に、これらの得点を足し合わせるか、さもなければ組み合わせて、合計ポイント得点を決定する。

【0213】

例示するために、図16A及び16Bに示すデータは、ブロック1714により-10dB（直線1602）の閾値を用いて評価することができる。（図16A中に示す）吸収性負荷の場合には、11個の異なる回路網構成（即ち、回路網構成16～24）が-10dBの所定閾値を超えている（あるいは、この閾値と同等以上である）。従って、合計ポイント得点は、上記の表2中の許容可能なインピーダンス整合回路網構成16～24の各々に関連するポイント数を組み合わせることによって計算することができる。例えば、17の合計ポイント得点は、3、3、2、2、2、2、2、1、及び1、即ち、それぞれ構成16、17、18、19、20、21、22、23に関連するポイント得点を合計することによって決定することができる

10

【0214】

逆に、データを図16Bに示す低損失負荷については、3つのインピーダンス変換値（即ち、インピーダンス変換値18～20）が-10dBの所定閾値を超えている（あるいは、この所定閾値と同等以上である）。従って、合計ポイント得点は、上記の表2中のインピーダンス整合回路網18～20の各々に関連するポイント数を組み合わせることによって計算することができる。例えば、6の合計ポイント得点は、2、2、及び2、即ち、それぞれ構成18、29、及び20に関連するポイント得点を合計することによって決定することができる。

20

【0215】

ブロック1714で決定した合計ポイント得点を用いて、解凍システムのキャパティ内に存在する損失性負荷の可能性のあるものを識別し、この判定に基づいて解凍システムの動作を制御することができる。一実施形態では、合計ポイント得点に応じて、通常電力レベルまたは（例えば、合計ポイントが比較的低く、負荷が低損失負荷であり得ることを示す際には）低電力レベルを用いた解凍動作を可能にすることができる。一部の場合には、例えば、ブロック1714で決定した合計ポイント得点が十分に低い場合、解凍システムの動作を停止することができる。

【0216】

従って、ブロック1715では、システム・コントローラが、ブロック1714で決定した合計ポイント得点を第1のポイント閾値と比較して、装置の通常動作を可能にするか否かを決定する。合計ポイント得点が第1のポイント閾値と同等以上である場合（本例では、合計ポイント得点が第1のポイント閾値を超える場合）、このことは負荷が吸収性負荷であることを示し、ブロック1716で解凍システムの通常動作を可能にして図17の方法を終了する（即ち、ブロック1410（図14A）に戻る）。実施形態では、上記第1のカウント数閾値を事前に定めた値とすることができ、あるいは少なくとも部分的に、適切なインピーダンス整合を提供したインピーダンス整合回路網の識別によって決定することができる。従って、異なるインピーダンス整合回路網構成を異なる得点閾値に関連付けることができる。

30

40

【0217】

ブロック1714で計算した合計ポイント得点が第1のポイント閾値と同等以上でない場合、ブロック1717では、システム・コントローラが、ブロック1714で決定した合計ポイント得点を第2のポイント閾値と比較して、解凍システムの低電力動作を可能にするか否かを決定する。一般に、第2のポイント閾値は第1のポイント閾値よりも小さい。合計ポイント得点が第2のポイント閾値と同等以上である（例えば、第2のポイント閾値よりも大きい）場合、このことは、負荷がエネルギー伝達にとって理想的な負荷ではない（即ち、ある程度、負荷が低損失負荷であり得る）ことを示すことができるが、適用される解凍プロセスによる少なくとも部分的な加温を負荷に施すことができる。この場合、ブロック1718で解凍システムを低電力動作に制限して図17の方法を終了する（即ち

50

、ブロック1410（図14A）に戻る）。こうした低電力動作は、解凍プロセスの適用による負荷の少なくともある程度の加熱を可能にすることができるが、低電力動作は、解凍システムの構成部品の不所望な加熱を少なくともある程度制限することができる。

【0218】

しかし、ブロック1717で、システム・コントローラが、ステップ1714で決定した合計ポイント得点が第2のポイント閾値を下回ることを判定した場合、このことは負荷が低損失負荷であることを示し、システム・コントローラは、ブロック1720で解凍システムの動作を中断または防止するエラーまたは中断メッセージを出して図17の方法を終了する。このステップは、システム・コントローラに、問題が発生したことを示す適切な出力メッセージまたはエラーを解凍システムのユーザに対して生成しながら図17の方法を終了させることもできる。こうしたメッセージは、解凍システムが解凍動作にとって不所望な負荷を検出したことを示すことができる。こうした結果は有益であり得る、というのは、合計ポイント得点が上記第2の閾値を下回る場合、このことは負荷が低損失負荷（即ち、RF電磁エネルギーに対して実質的に透過性である負荷）であることを示すことができるからである。この負荷は加温することができず、解凍システムの種々の構成部品の不所望な加熱を生じさせ得る。

【0219】

上述したように、低損失負荷は解凍システムと共に高いQ値の回路網を形成するのに対し、吸収性負荷はシステムと共に低いQ値の回路網を形成する点で、低損失負荷は吸収性負荷と区別される。従って、両方の種類の負荷に対して、システムのインピーダンス整合回路網は、負荷との許容可能なインピーダンス整合を実現することができる（及びこの関係では、負荷は同様に見え得る）が、インピーダンス整合回路網の構成、または負荷に供給されるRF信号が変化するに連れて、インピーダンス整合が変化する様子を分析することによって、解凍システムのシステム・コントローラが低損失負荷を検出し、それに応じて動作を調整または停止することを可能にすることができる。

【0220】

従って、本発明のシステムの一実施形態では、インピーダンス整合回路網によって提供されるインピーダンス変換が許容可能なインピーダンス整合に関連する最適値と異なるに連れてインピーダンス整合が低下する速度を測定するように、システム・コントローラが構成されている。例えば、システム・コントローラは、まず、最適なインピーダンス整合を提供するインピーダンス整合回路網構成を識別することができる。このことは、インピーダンス整合回路網の多数の構成にわたって検索すること、及びインピーダンス整合回路網構成毎に反射RF電力、及び／または反射RF電力対順方向RF電力の比率を測定して、最低の反射RF電力、及び／または反射RF電力対順方向RF電力の比率を与える構成を識別することを含むことができる。次に、システム・コントローラは、インピーダンス整合回路網を、当該回路網によって提供されるインピーダンス変換の小変化を反映した他の構成に設定する（例えば、最適な整合が構成「11」である場合、システム・コントローラは、可変構成要素の値を調整することによってインピーダンス整合回路網を「10」及び／または「12」の構成に設定することができる）。システム・コントローラは、これらの他の構成における反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率を測定して、これらの異なるインピーダンス整合回路網構成に関連するインピーダンスの変化率に対するインピーダンス整合の変化率（即ち、測定した反射RF電力の変化率、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率の変化率）を計算する。測定した反射RF電力の変化率、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率の変化率は、低損失負荷の方が吸収性負荷よりも大きくなる。従って、この変化率を一旦計算すると、この変化率を利用して低損失負荷を検出することができる。

【0221】

例えば、低損失負荷は一般に、インピーダンス整合回路網構成の変化毎の、測定した反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率の変化率に関連付けることができるのに対し、吸収性負荷は、インピーダンス整合回路網構成の同じ変化に対する

より低い変化率に関連付けることができる。従って、「11」の最適なインピーダンス整合回路網構成が、測定した -11 dBの反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率に関連し、「10」のインピーダンス整合回路網構成が、測定した -5 dBの反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率に関連することを、システム・コントローラが判定した場合、システム・コントローラは、インピーダンス整合回路網構成の変化毎の変化率を $+6$ dBとして計算する。システム・コントローラは、この変化率を、インピーダンス整合回路網構成毎に $+2$ dBの閾値と比較する。この閾値を超えているので、システム・コントローラは、負荷が低損失負荷であることを判定することができる。それに応じて動作を変更または停止することができる。

【0222】

さらに他の実施形態では、システム・コントローラは、解凍システムのエネルギー伝達の他の属性を負荷に合わせて変化させて、システムの増幅器と負荷を包含するキャビティとのインピーダンス整合が低下する速度を測定して、低損失負荷を検出することができる。一例として、システム・コントローラは、システムの増幅器が発生するRF信号の周波数を変更し、これらの周波数変更に応答して、負荷とシステムの増幅器とのインピーダンス整合が低下する速度を測定するように構成することができる。例えば、システム・コントローラは、まず、最適なインピーダンス整合を提供するインピーダンス整合回路網構成を識別することができる。このことは、所定のRF信号周波数について、反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率を、多数の異なるインピーダンス整合回路網構成について測定すること、及び最低の反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率を与える構成を識別することを含むことができる。最適な構成が識別されれば、システム・コントローラは、システムの増幅器が発生してシステムの電極に供給するRF信号の周波数を変更する（例えば、 10.0 MHzの周波数を有するRF信号で最適な整合が確立される場合、システムは、RF信号の周波数を次の測定用の 11 MHzまたは 9 MHzに設定することができる）。次に、システム・コントローラは、RF信号を異なる周波数で供給しながら反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率を再び測定して、RF信号の周波数の変化に対するインピーダンス整合の変化率（即ち、測定した反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率の変化率）を計算する。低損失負荷については、測定した反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率が、吸収性負荷よりも大きくなる。従って、変化率を一旦計算すると、変化率を利用して低損失負荷を検出することができる。

【0223】

例えば、低損失負荷は一般に、MHz当たり $+2$ dBよりも大きい、測定した反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率の変化率に関連付けることができるのに対し、吸収性負荷は、より低い変化率に関連付けることができる。従って、システム・コントローラが、 10.0 MHzの公称周波数において測定した反射RF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率が -11 dBであり、 11 MHzの周波数を有するRF信号が、 -5 dBの測定したRF電力、及び／または順方向RF電力対反射RF電力の比率に関連することを判定した場合、システム・コントローラは上記変化率をMHz当たり $+6$ dBとして計算する。システム・コントローラは、この変化率をMHz当たり $+2$ dBの閾値と比較する。閾値の変化率を超えているので、システム・コントローラは、負荷が低損失負荷であることを判定することができる。それに応じて動作を変更することができる。

【0224】

例示するために、図18は、解凍システムのキャビティ内に存在する低損失負荷を検出する一般的な方法のフローチャートである。図18の方法は、図14Aの方法におけるステップのうちの1つの一部として、あるいは独立した方法として実行することができる。具体的には、図18は、システム・コントローラが図14Aのブロック1404の実行の一部として実現することができる詳細なステップを示すフローチャートである。ブロック1811では、システム・コントローラが、RF信号源に、比較的低電力のRF信号を、可変インピーダンス整合回路網を通して電極に供給させる。例えば、比較的低電力のRF信

号は、約 10W～約 20W の範囲内の電力レベルを有する信号とすることができるが、異なる電力レベルを代わりに用いることができる。ブロック 1811 における低電力レベルの信号の供給は上述した利点をもたらすことができるが、一部の用途では、ブロック 1811 を任意にすることができ、図 18 に示す方法のステップを、比較的高い、あるいは低い電力レベルの信号を用いて実行することができる。

【0225】

ブロック 1812 では、システム・コントローラが、本明細書中ではインピーダンス整合回路網構成の走査と称するプロセスを実行し、このプロセスは、システムのキャパティ + 負荷との最適なインピーダンス整合を提供するインピーダンス整合回路網の構成を識別する。このことは、システム・コントローラが、インピーダンス整合回路網の多数の異なる構成にわたって検索すること、及び構成毎に、反射 RF 電力（及び一部の実施形態では、反射電力対順方向電力）を測定することを含むことができる。システム・コントローラは、例えば、どの構成が最低の反射 RF 電力、及び／または最低の反射電力対順方向電力の比率をもたらすかを特定することによって、最適な構成を識別することができる。

10

【0226】

ブロック 1813 では、システム・コントローラが、解凍システムのインピーダンス整合回路網の構成、または負荷に供給される RF 信号の周波数を変更して、反射 RF 電力（及び一部の実施形態では、反射電力対順方向電力の比率）を再び測定する。ブロック 1813 及び 1812 で取得した、測定した反射 RF 電力を用いて、システムは、ブロック 1814 で、反射 RF 電力、及び／または反射電力対順方向電力の変化率を決定する。

20

【0227】

ブロック 1815 では、システム・コントローラが、ブロック 1814 で決定した変化率を変化率の閾値と比較する。この変化率が閾値よりも小さい場合、システム・コントローラは、負荷が吸収性負荷であることを判定することができ、ブロック 1816 で解凍システムの通常動作を可能にする。しかし、この変化率が閾値よりも大きい場合、システム・コントローラは、負荷が低損失負荷であることを判定することができ、ブロック 1817 で解凍システムの動作を中断することができる。このステップは、システム・コントローラに、問題が発生したことを示す適切な出力メッセージまたはエラーを解凍システムのユーザに対して発生させることもできる。こうしたメッセージは、解凍システムにとって不適切な負荷を解凍システムが検出したことを示す。

30

【0228】

図 14B、17、及び 18、及び以上の説明は、解凍システムのキャパティ内の低損失負荷を検出する複数の方法を記述する。これらの種々の方法を解凍プロセスの最初に実行して、解凍プロセスを開始する前に低損失負荷の可能性があるものを検出することができる。しかし、他の実施形態では、図 14B、17、及び 18 の方法、及び本明細書中に説明する方法を解凍プロセスの進行中に実行して、解凍プロセスを開始した後も低損失負荷を検出することができる。例えば、一部の負荷は、解凍プロセスを施す際に、吸収性負荷（即ち、RF 電磁エネルギーを吸収する負荷）に見える状態から低損失負荷（即ち、RF 電磁エネルギーに対して実質的に透過性である負荷）へ遷移し得る。例えば、負荷が最初は大部分が氷で出来ている場合、この氷が融けて液体の水になる際に、負荷は凍っていた際よりも少ない RF 電磁エネルギーを吸収する。従って、負荷は事実上低損失負荷になり得る。この遷移を検出すると、システム・コントローラは、例えば、負荷が解凍されたことを判定して解凍プロセスを停止するか、さもなければ中断することができる。従って、吸収性負荷から低損失負荷への負荷の遷移を用いて解凍プロセスを制御することができ、具体的には、このプロセスの終点を判定することができる。

40

【0229】

従って、本明細書中に説明した図 14B、17、及び 18 の低損失検出方法は、通常は解凍プロセスの進行中に実行することができる。図 14A を参照すれば、図 14A は解凍プロセスを実現する方法の例を示し、図 14B、17、及び 18 の方法、及び本明細書中に説明する方法のうちの 1 つ以上は、インピーダンス整合回路網再構成のブロック 141

50

0の一部として実行することができる。この場合、システム・コントローラがインピーダンス整合回路網構成の検索を実行して最適なインピーダンス整合を提供する構成を識別する毎に、システム・コントローラは、測定した反射RF電力、及び／または反射電力対順方向電力の比率（例えば、S11パラメータ）を分析して、負荷が低損失負荷になっているか否かを判定することもできる。低損失負荷になっている場合、システム・コントローラは解凍プロセスを中断して、解凍システムの構成部品の不所望な加熱を防止することができる。

【0230】

本明細書中に含まれる種々の図面中に示す接続線は、種々の要素間の代表的な機能的関係及び／または物理的結合を表現することを意図している。なお、主題の実施形態中には、多数の代替的または追加的な機能的関係または物理的接続が存在し得る。それに加えて、本明細書中では、特定の用語は参考目的で用いるに過ぎないこともあり、従って限定的であることは意図しておらず、構造を参照する「第1」、「第2」、及び他のこうした数字の用語は、特に明示的断りのない限り、順序または順番を暗に意味しない。

【0231】

本明細書中に用いる「ノード」は、所定の信号、論理レベル、電圧、データパターン、電流、または存在する、内部または外部のあらゆる基準点、接続点、接合、信号線、導体素子、等を意味する。さらに、2つ以上のノードを1つの物理的素子で実現することができる（そして、2つ以上の信号は、共通ノード上で受信するか共通ノード上に出力されても、多重化、変調、さもなければ区別することができる）。

【0232】

以上の説明は、互いに「接続」または「結合」される要素を参照している。本明細書中に用いる「接続される」は、特に明示的断りのない限り、1つの要素が他の要素に、必ずしも機械的でなく、直接つながる（あるいは直接連通する）ことを意味する。同様に、「結合される」は、特に明示的断りのない限り、1つの要素が他の要素に、必ずしも直接的でなく、直接または間接的につながる（あるいは、直接または間接的に連通する）ことを意味する。従って、図面中に示す概略図は1つの好適な要素の配置を示すが、追加的に介在する要素、装置、特徴、または構成要素が、図示する主題の実施形態中に存在し得る。

【0233】

一実施形態では、システムが、無線周波数（RF）信号を供給するように構成されたRF信号源と、このRF信号源に結合された電極と、RF信号源と電極との間の伝送経路とを含む。この伝送経路は、RF信号をRF信号源から電極へ伝達して、電極に、RF電磁エネルギーをキャビティ内へ放射させるように構成されている。システムは、電力検出回路及びコントローラを含み、この電力検出回路は、伝送経路に結合されて、伝送経路に沿った順方向RF電力値及び反射RF電力値の少なくとも一方を含むRF電力値を反復的に測定するように構成されている。コントローラは、RF電力値の変化率に基づいてキャビティ内の負荷が低損失負荷であることを判定して、1つ以上の所望の信号パラメータを有するRF信号をRF信号源に供給させる。

【0234】

他の実施形態では、熱量増加システムが、無線周波数（RF）信号源と、電力検出回路と、コントローラとを含み、RF信号源は、RF信号を電極に供給してRF電磁エネルギーを電極に放射させるように構成され、電力検出回路は、RF電磁エネルギーのRF電力値を反復的に測定して複数のRF電力値を生成するように構成されている。コントローラは、複数のRF電力値の変化率に基づいて、電極に近接した負荷が低損失負荷であることを判定し、負荷が低損失負荷であることを判定したことに応答して、RF信号の1つ以上の信号パラメータを決定するように構成されている。

【0235】

他の実施形態では、方法が、無線周波数（RF）信号源によって、1つ以上のRF信号を、RF信号源と、キャビティに近接して配置された1つ以上の電極との間に電気結合された伝送経路に供給して、これら1つ以上の電極にRF電磁エネルギーを放射させるステ

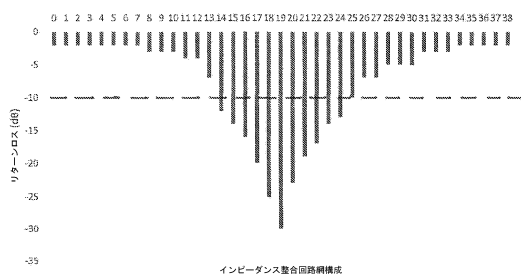
ップと、測定回路によって、伝送経路に沿ったRF信号のRF電力値を周期的に測定して、複数のRF電力値を生じさせるステップとを含む。この方法は、上記コントローラによって、複数のRF電力値の変化率を決定するステップと、上記コントローラによって、この変化率に基づいて、キャビティ内の負荷が低損失負荷であることを判定するステップと、上記コントローラによって、負荷が低損失負荷であることを判定したことに応答して、RF信号源の動作を変更するステップとを含む。

【0236】

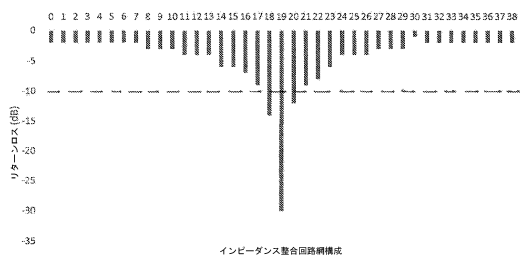
以上の詳細な説明では、少なくとも1つの好適な実施形態を提示してきたが、膨大な数の実施形態が存在することは明らかである。また、本明細書中に記載する好適な実施形態は、特許請求する主題の範囲、適用性、または構成を、多少なりとも限定することを意図していないことも明らかである。むしろ、以上の詳細な説明は、記載した実施形態を実現するための道筋（ロードマップ）を当業者に提供するものである。特許請求の範囲によって規定する範囲から逸脱することなしに、各要素の機能及び構成に種々の変更を加えることができ、この範囲は、本願の出願時に既知である等価物及び予見可能な等価物を含むことは明らかである。

10

【図1】

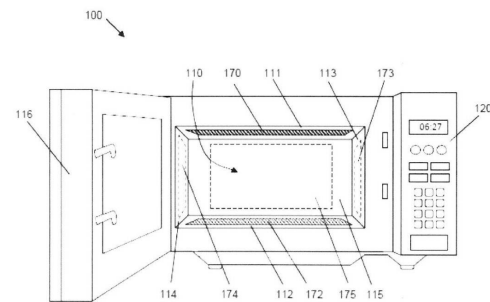


A

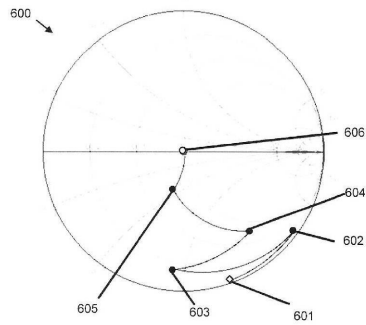


B

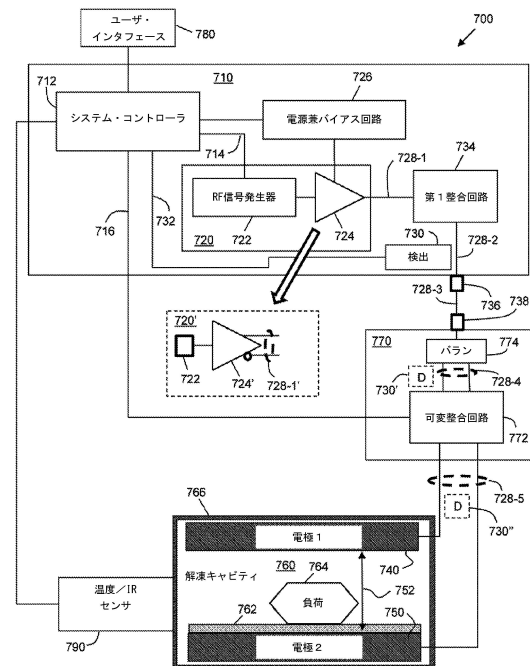
【図2A】



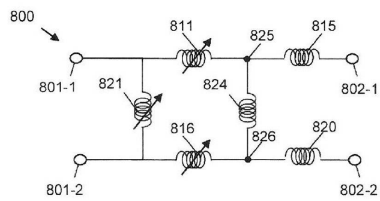
【図 6】



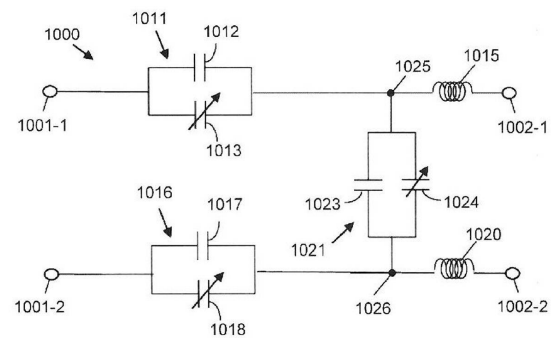
【図 7】



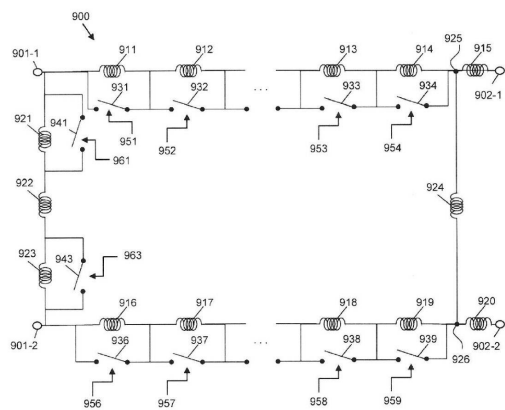
【図 8】



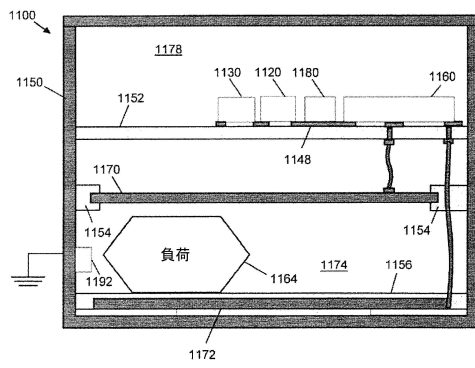
【図 10】



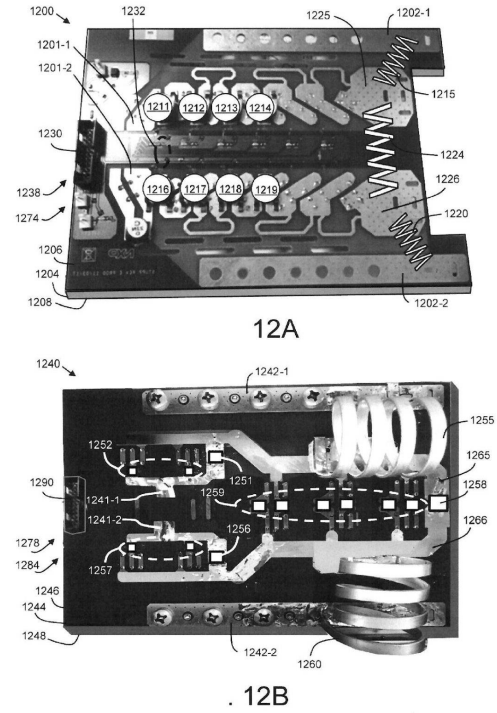
【図 9】



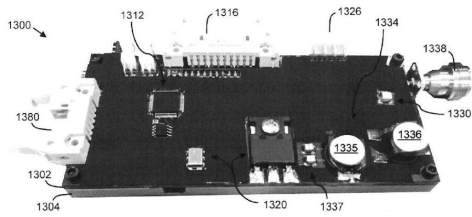
【図 1 1】



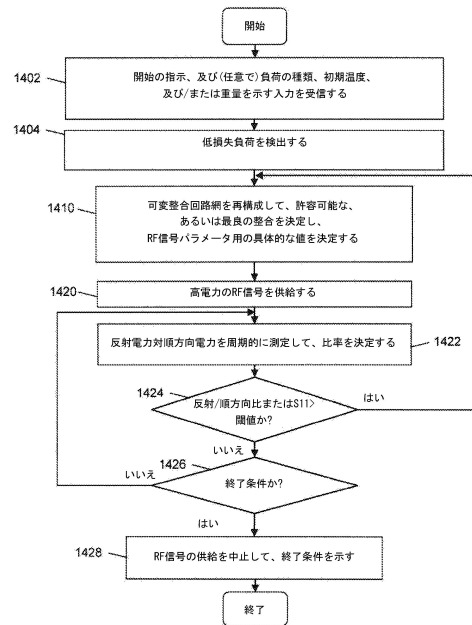
【図 1 2】



【図 1 3】

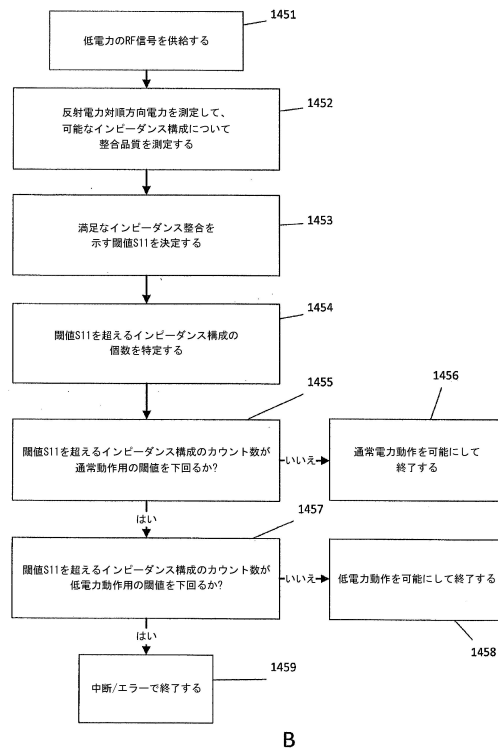


【図 1 4 A】

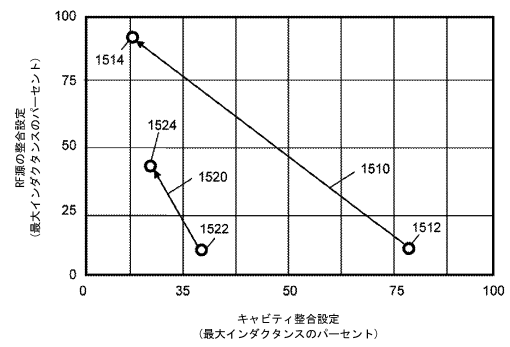


A

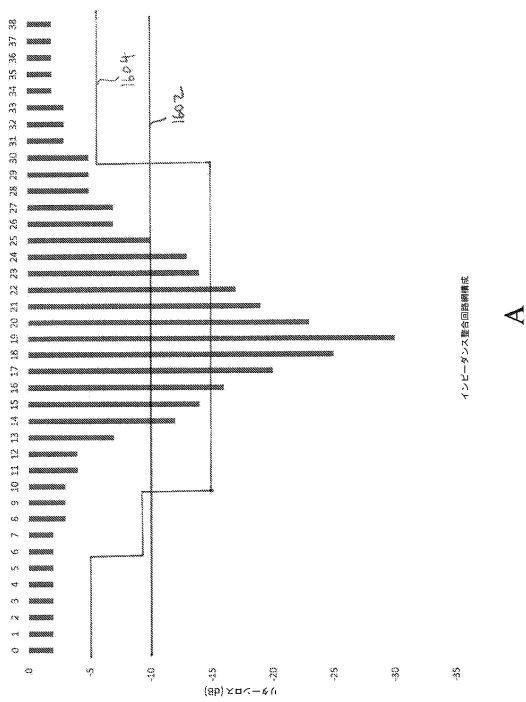
【図 14 B】



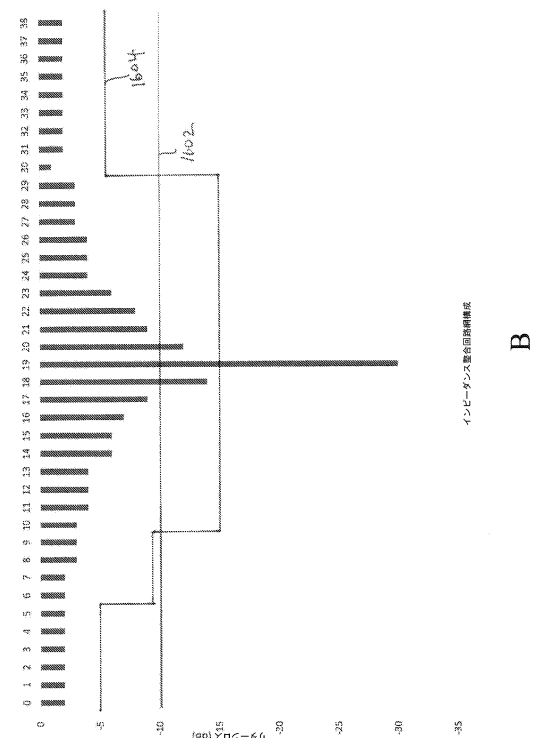
【図 15】



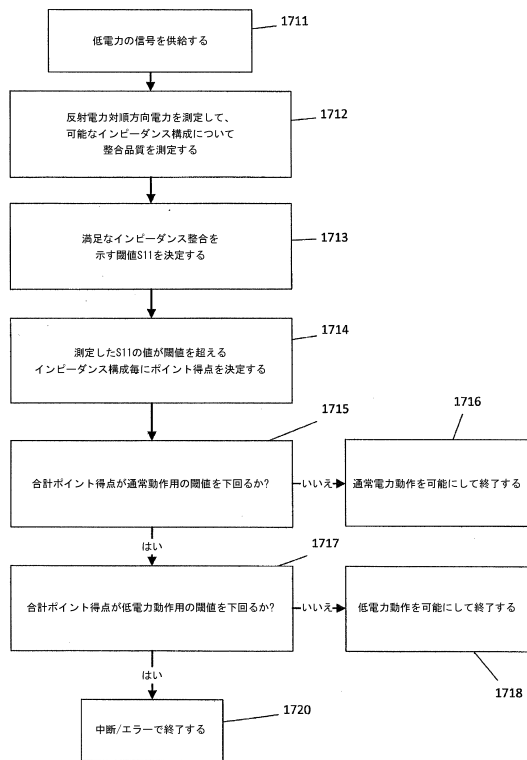
【図 16 A】



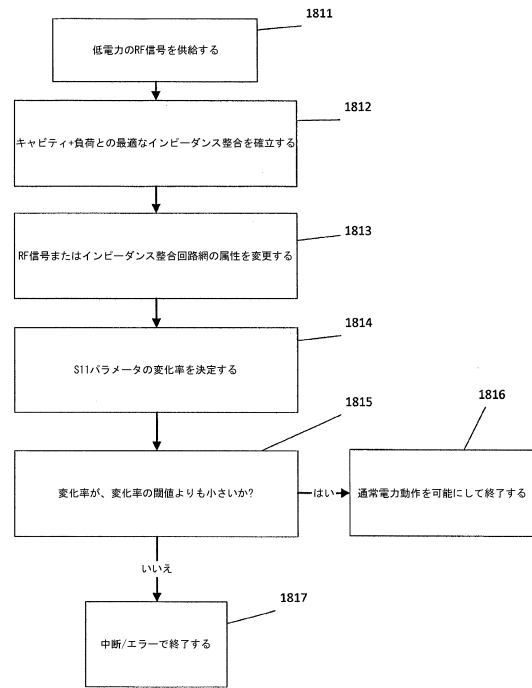
【図 16 B】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェイミソン マイケル マッカービル
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
- (72)発明者 ライオネル モンギン
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
- (72)発明者 ピエール マリエ ジーン ピール
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
- (72)発明者 ハン ホア トラン
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

審査官 土屋 正志

(56)参考文献 特開2018-022677 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05B 6/68
H05B 6/54