

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年1月12日(12.01.2017)



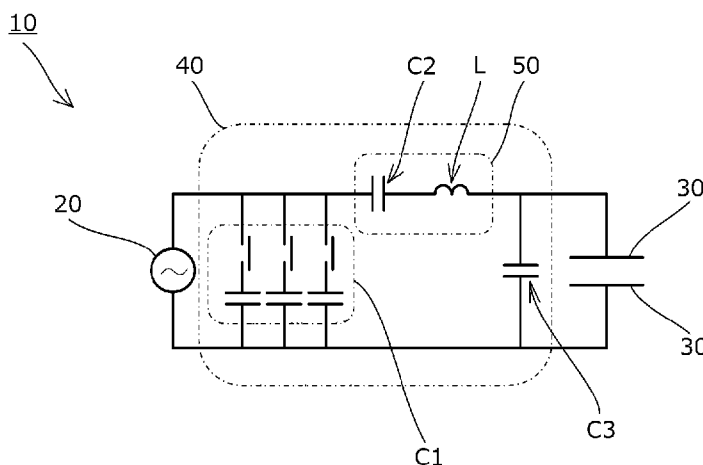
(10) 国際公開番号
WO 2017/006673 A1

- (51) 国際特許分類:
H05B 6/50 (2006.01) H05B 6/64 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/066624
- (22) 国際出願日: 2016年6月3日(03.06.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-134646 2015年7月3日(03.07.2015) JP
特願 2015-134647 2015年7月3日(03.07.2015) JP
特願 2016-111797 2016年6月3日(03.06.2016) JP
特願 2016-111798 2016年6月3日(03.06.2016) JP
- (71) 出願人: 東洋製罐グループホールディングス株式会社 (TOYO SEIKAN GROUP HOLDINGS, LTD.) [JP/JP]; 〒1418627 東京都品川区東五反田2丁目18番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 丸山 友樹 (MARUYAMA Tomoki); 〒2400062 神奈川県横浜市保土ヶ谷区岡沢町22-4 東洋製罐グループホールディングス株式会社総合研究所内 Kanagawa (JP). 山田 真司 (YAMADA Shinji); 〒2400062 神奈川県横浜市保土ヶ谷区岡沢町22-4 東洋製罐グループホールディングス株式会社総合研究所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 藤本 信男, 外 (FUJIMOTO Nobuo et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋1-8-4 虎ノ門・米山ビル2階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: HIGH-FREQUENCY DIELECTRIC HEATING DEVICE

(54) 発明の名称: 高周波誘電加熱装置



(57) Abstract: Provided is a high-frequency dielectric heating device for which fine adjustment of inductance is achieved easily and with high precision, while reducing device cost and simplifying device structure. A high-frequency dielectric heating device (10) comprising a high-frequency power source (20), a pair of electrodes (30) disposed facing each other, a reflected power detection means for detecting reflected power occurring due to heating of a substance to be heated, the reflected power detection means being connected between the electrodes (30) and the high-frequency power source (20), and an inductance matching device (40) for adjusting the reflected power, wherein the matching device (40) is provided with a capacitor (C1) connected in parallel to the high-frequency power source (20), and a capacitor (C2) and/or coil (L) with which it is possible to adjust at least reactance, the capacitor (C2) and/or coil (L) being connected in series to the electrodes (30), the high-frequency power source (20) being configured such that frequency can be varied.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/006673 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

装置コストの低減および装置構造の簡素化を図りつつ、インピーダンスの微調整を高精度かつ容易に達成する高周波誘電加熱装置を提供すること。高周波電源 (20) と、対向して配置された一対の電極 (30) と、電極 (30) と高周波電源 (20) との間に接続され被加熱物の加熱で生じる反射電力を検出する反射電力検出手段と、反射電力を調整するインピーダンス整合器 (40) からなる高周波誘電加熱装置 (10) であって、整合器 (40) は、高周波電源 (20) と並列に接続されたコンデンサ (C1) と、電極 (30) に直列に接続された少なくともリアクタンス調整可能なコンデンサ (C2) またはコイル (L) の少なくとも一方を備え、高周波電源 (20) は、周波数を可変に構成されている高周波誘電加熱装置 (10) 。

明 細 書

発明の名称：高周波誘電加熱装置

技術分野

[0001] 本発明は、対向する電極の間に配置された被加熱物を高周波誘電加熱によって加熱する高周波誘電加熱装置に関し、特に、冷凍食材を高周波誘電加熱によって解凍する高周波誘電加熱装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、高周波誘電加熱によって被加熱物を加熱する高周波誘電加熱装置として、対向する電極の間に配置された被加熱物を高周波誘電加熱によって加熱する高周波誘電加熱装置が知られている（例えば、特許文献1を参照）。高周波誘電加熱とは、被加熱物（誘電体）に高周波電圧を印加し、被加熱物を構成する各分子の極性を高周波で変化させ、それに伴う分子の回転・衝突・振動・摩擦等に起因する内部発熱によって被加熱物を加熱する加熱方法のことである。

[0003] 被加熱物を配した電極インピーダンスは、被加熱物の形状、種類、加熱又は解凍温度によって大きく変化する。このとき、高周波電源の出力インピーダンスと被加熱物を配した電極インピーダンスに差がある状態、すなわちインピーダンス整合されていない状態では、反射電力が生じ、加熱又は解凍効率の低下、回路素子の破壊や劣化に至ることがある。

これを防ぐために、高周波電源と電極の間に整合器が挿入されており、その構成要素である、例えば、コンデンサやコイルを設けることでインピーダンス整合を維持するようになっている。

[0004] 一般的に、食材等の形状、種類、加熱又は解凍温度によって電極インピーダンスが大きく変化する食材等の被加熱物を加熱や解凍する際には、構造がシンプルで回路素子の耐熱温度が高く、反射電力耐性に優れた真空管式高周波電源が用いられている。しかし、真空管式高周波電源は、電力増幅の特性上、陽極電圧が高く、大型であり、電源効率が低く、それを出力増大で補っ

ているため装置コストが高い、また、フィラメントの余熱が必要であり装置の立ち上げに時間が必要といった問題があり、また、共振周波数が被加熱物を配した電極インピーダンスによって任意に変化してしまうといった課題がある。特に、電源周波数は、様々な形状を有する食材を加熱又は解凍する際の均一性（電力半減深度）に影響するため、共振周波数がその時々状況で任意に変化することは好ましくない。また、電波法における周波数規定を遵守するためにも、所定の周波数変動幅に収めることが好ましい。

[0005] 一方、半導体を高速スイッチング制御することにより電力増幅をおこなう半導体式高周波電源は、高分解能な自動整合器と組み合わせることにより、システムとして小型、高効率を特徴とし、従来からプラズマ放電等の用途に用いられてきた。

整合器の構成要素である可変コンデンサや可変コイルの値を逐次変化させることでインピーダンス整合状態を維持するようになっているが、負荷が食材のように大容量であり、その形状、種類、温度によって電極インピーダンスが大きく変化する場合、整合状態を維持するためには大きなインピーダンス調整幅をコンデンサやコイルに持たせる必要があり、その結果、整合器が大型でありコストが高くなるといった問題が生じる。

[0006] また、プラズマ放電で用いられる自動整合器の回路構成としては、図10(a)に示す逆L型、図10(b)に示すπ型が考えられる。

図10(a)は、高周波電源20と並列に接続された第1コンデンサC1と、電極30に直列に接続された第2コンデンサC2とコイルLを備えており、第1コンデンサC1と第2コンデンサC2を容量可変とし、その値をリアルタイムに逐次変化させることでインピーダンス整合をおこなう構成である。

ここで、高周波電源20の出力インピーダンスと整合器40の合成インピーダンスをZとすると、

$$Z = R / (1 + \omega^2 R^2 C_1^2) + j \{ (\omega L - 1 / \omega C_2) - \omega R^2 C_1 / (1 + \omega^2 R^2 C_1^2) \} \text{ であり、}$$

その複素共役 Z' が容量可変コンデンサ C_1 、 C_2 によるインピーダンス整合範囲として示される。このとき、 Z' の抵抗 $R / (1 + \omega^2 R^2 C_1^2)$ は電源の出力インピーダンス R より大きくなることはないため、例えば、食材のように大きな抵抗やインピーダンスを有する負荷に対してはインピーダンス整合を適切におこなうことはできない。

ここで、上記式中の各記号は、 ω : 角周波数、 R : 電源の出力インピーダンス、 L : コイルのリアクタンス、 C_1 : 容量可変第1コンデンサの容量、 C_2 : 容量可変第2コンデンサの容量である。

[0007] 図10(b)は、高周波電源20と並列に接続された第1コンデンサ C_1 と、電極30と並列に接続された第3コンデンサ C_3 と、第1コンデンサ C_1 と第3コンデンサ C_3 の間に直列に接続されたコイル L を備えており、第1コンデンサ C_1 と第3コンデンサ C_3 を容量可変とし、その値をリアルタイムに変化させることでインピーダンス整合をおこなう構成である。

しかし、第3コンデンサ C_3 を容量可変とし、その値を逐次変化させる構成では、電極インピーダンスもそれに依じて逐次変化するため、特に、電極30間の負荷が食材のように大容量であり、しかも、形状、種類、加熱又は解凍温度によって電極インピーダンスが大きく変化する場合、その変化は助長されることになり、インピーダンス整合を安定しておこない続けることは困難である。そして、電極インピーダンスが安定しない状態でインピーダンス整合を維持するためには、大きなインピーダンス調整幅を第1コンデンサ C_1 に持たせる必要があり、整合器40が大型でコストが高くなるといった問題が生じる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開平08-255682号公報

特許文献2：特開2005-56781号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] 整合器大型化の問題を回避する高周波誘電加熱装置として、整合回路が、可変コイルとコンデンサを有し、切り替え手段によりコンデンサの容量を増加させることが可能な高周波誘電加熱装置が知られている（例えば、特許文献2を参照）。
- [0010] 特許文献2に記載の高周波誘電加熱装置では、高周波電源に反射する電力を反射電力検知手段によって検知し、反射電力検知手段の検出信号を基に、可変コイルとコンデンサの値を適宜組み合わせて、インピーダンスの整合を図り、反射電力を最小に維持する。
- [0011] 特許文献2に記載の高周波誘電加熱装置では、コンデンサやコイルの容量を変化させることでインピーダンス調整を図るように構成されているが、特に、食材の解凍のようにインピーダンスの変化が大きい場合、結局、コイルやコンデンサによるインピーダンス調整幅を大きくする必要があり、整合器の小型化を図ることができない。
- [0012] そこで、本発明は、これらの問題点を解決するものであり、食材の形状、種類、加熱又は解凍温度など電極インピーダンスの変化に応じて、逐次インピーダンス整合をおこなうことにより、高周波電源の発振効率を向上し、電源の小型化を図る。更に、電源周波数を所定の範囲で可変に構成させることにより、インピーダンス調整機能を担わせ、整合器の簡素化、小型化を図る。このように、小型、安価であり、様々な食材に対して高品質な加熱又は解凍が可能な高周波誘電加熱装置を提供することを目的とするものである。

また、本発明は、小型、高効率な半導体式高周波電源による食材の加熱又は解凍を対象とし、食材の形状、種類、加熱又は解凍温度によって電極インピーダンスが変化し易い状況であっても、その変化を抑制し、整合器の簡素化、小型化を図りながらインピーダンス整合を良好におこなうことが可能であり、小型、安価で高品質な加熱又は解凍可能な高周波誘電加熱装置を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明の一態様は、高周波電源と、対向して配置された一对の電極と、前記電極と高周波電源との間に接続され被加熱物の加熱で生じる反射電力を検出する反射電力検出手段と、反射電力を調整するインピーダンス整合器からなる高周波誘電加熱装置であって、前記整合器は、前記高周波電源と並列に接続されたコンデンサと、前記電極に直列に接続された少なくともリアクタンス調整可能なコンデンサまたはコイルの少なくとも一方を備え、前記高周波電源は、周波数を可変に構成されていることにより、前記課題を解決するものである。

また、本発明の他の態様は、半導体式高周波電源と、対向して配置された一对の電極と、インピーダンス整合器からなる高周波誘電加熱装置であって、前記整合器は、前記高周波電源と並列に接続され第1コンデンサと、前記電極と並列に接続された第3コンデンサと、前記第1コンデンサと前記第3コンデンサの間に直列に接続されたコイルおよび第2コンデンサを備えることにより、前記課題を解決するものである。

発明の効果

[0014] 本請求項1に係る発明によれば、被加熱物の加熱又は解凍で生じる反射電力を反射電力検出手段で検出し、逐次インピーダンス整合をおこなうことにより高周波電源の発振効率を向上させ、電源の小型化が図れる。また、インピーダンス整合器が、高周波電源と並列に接続されたコンデンサと、電極に直列に接続された少なくともリアクタンス調整可能なコンデンサまたはコイルの少なくとも一方を備え、高周波電源が周波数を可変に構成されていることにより、電源の周波数を変化させることで、電極に直列に接続されたコンデンサまたはコイルの少なくとも一方のリアクタンスを高分解能に調整することが可能であり、整合器の簡素化、小型化を図りつつ、インピーダンス調整を高精度かつ容易に達成することができる。

[0015] 本請求項2に係る発明によれば、高周波電源として半導体式高周波電源を用いることによって、高効率、小型軽量、低コストという効果を享受しつつも、応答性に優れたインピーダンス整合可能であり、電源の損傷を俊敏かつ

良好に抑制することができる。

本請求項3に係る発明によれば、整合器が、高周波電源と並列に接続されたコンデンサまたは電極と直列に接続されたコンデンサの少なくとも一方の容量を多段切り替えもしくは連続変化させる可変手段を備えることにより、電源の周波数を変化させたことによるリアクタンス調整幅を、電極インピーダンス近傍に設定することが可能であり、インピーダンス整合による反射電力の抑制をより短時間におこなうことができる。また、高周波電源の周波数可変幅を小さく設定することができるため、整合器の簡素化、小型化を図りながらも、食材の加熱や解凍品質を常に良好に保つことができる。

本請求項4に係る発明によれば、整合器が電極と並列に接続されたコンデンサを有することにより、加熱又は解凍に伴う電極インピーダンスの変化率を小さくすることが可能である。その結果、高周波電源の周波数可変幅を小さく設定することができるため、整合器の簡素化、小型化を図りながらも、食材の加熱や解凍品質を常に良好に保つことができる。

特に、高効率解凍を目的とし電極を食材や食品包装体に接触又は形状追従させる場合など、解凍に伴う電極インピーダンスの変化率が大きい場合に有効である。

本請求項5に係る発明では、小型、高効率な半導体式高周波電源と電極と並列に接続された第3コンデンサによって、電極インピーダンスの変化を抑制しながら、食材の加熱又は解凍を安定しておこなうことができる。

本請求項6に係る発明では、第1コンデンサ又は第2コンデンサの少なくとも一方に備えられた容量可変手段によってコンデンサの容量を調整可能であり、形状、種類、電気特性が異なる様々な食材に対してインピーダンス整合を良好におこなうことができる。

本請求項7に係る発明では、高周波電源の出力インピーダンスと整合器によって形成されるインピーダンス整合範囲の少なくとも抵抗は、出力インピーダンスより大きい部分を含み、リアクタンスの範囲は正より負が大であることを特徴としており、これは、第3コンデンサを所定の値に設定すること

によって容易に実現可能である。

このように、インピーダンス整合範囲を食材の解凍に特化させることにより、整合器の簡素化、小型化を図ることができる。また、インピーダンス整合時間の短縮により、反射電力から機器の損傷や劣化を防ぎ、信頼性を向上させることができる。

本請求項 8 に係る発明によれば、整合器のインピーダンス情報出力部から食材インピーダンスの正確な情報を簡単に得ることが可能になり、対象とする被加熱物に絞り込んだ整合器のパラメータを設定したり、その結果に基づき整合器の簡素化を図ることができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明の第 1 実施形態に係る高周波誘電加熱装置を示す回路図。
[図2]第 3 コンデンサを設けない場合および設けた場合の第 2 コンデンサの変化量を示す表。
[図3]第 1 実験例における周波数および反射率の測定結果を示すグラフ。
[図4]本発明の第 2 実施形態に係る高周波誘電加熱装置を示す回路図。
[図5]第 3 コンデンサを設けない場合および設けた場合の第 1 コンデンサの容量の変化を示す表。
[図6]図 10 に示す回路構成におけるインピーダンス整合範囲を示す説明図。
[図7]図 4 に示す回路構成におけるインピーダンス整合範囲を示す説明図。
[図8]第 1 コンデンサおよび第 2 コンデンサの容量の変化を測定した結果を示す表。
[図9]図 8 とは異なる条件で、第 1 コンデンサおよび第 2 コンデンサの容量の変化を測定した結果を示す表。
[図10]プラズマ放電用途の自動整合器の回路構成の参考例を示す回路図。

符号の説明

- [0017] 10 . . . 高周波誘電加熱装置
20 . . . 高周波電源
30 . . . 電極

- 40 . . . 整合器
- 50 . . . リアクタンス回路
- C1 . . . 第1コンデンサ
- C2 . . . 第2コンデンサ
- C3 . . . 第3コンデンサ
- L . . . コイル

発明を実施するための形態

- [0018] 以下に、本発明の第1実施形態に係る高周波誘電加熱装置10について、図面に基づいて説明する。
- [0019] 高周波誘電加熱装置10は、図1に示すように、高周波電源20と、一対の電極30と、電極30と高周波電源20との間に接続され高周波電源20とインピーダンス整合をとる整合器40と、高周波電源20に反射する電力を検知する反射電力検知部（図示しない）と、各部を制御する制御部（図示しない）とを備え、対向配置された一対の電極30間に配置された冷凍食材を高周波誘電加熱によって解凍するものである。
- [0020] 高周波電源20は、周波数を可変に構成された可変周波数半導体式高周波電源として構成されている。また、高周波電源20は、反射電力検知部によって検知された反射率が所定の閾値を超えると保護機能により高周波出力を抑制又は停止するように構成されている。
- [0021] 整合器40は、図1に示すように、電極30に直列に接続されたリアクタンス回路50と、リアクタンス回路50と高周波電源20との間で電極30と並列に接続された第1コンデンサC1と、電極30とリアクタンス回路50との間で電極30と並列に接続された第3コンデンサC3とを含んでいる。
- [0022] リアクタンス回路50は、電極30に直列に接続された少なくとも1つのリアクタンス素子を含むものであり、第1実施形態では、図1に示すように、高周波電源20に直列に接続された第2コンデンサC2およびコイルLを備えている。

[0023] 図2は、高周波電源の周波数を13.56MHz、第1コンデンサC1の容量を1500pF、コイルLのインダクタンスを1.8 μ Hとし、各種食材の解凍をおこない、反射電力検知部による反射電力が常に最小になるように、第2コンデンサC2の容量調整をおこなったときの値（容量%）を示したものである。

図2から分かる通り、第3コンデンサC3を配置しなかった場合には、食材の種類や個数によって、解凍開始での第2コンデンサC2の容量%はそれぞれ異なり、更に、解凍終了で第2コンデンサC2の容量%は大きく減少方向に変化している。

第3コンデンサC3を配置した場合には、解凍開始、解凍終了での食材の種類や個数による第2コンデンサC2の容量%の変化は小さい。この結果から、第3コンデンサC3を配置することにより、食材解凍に伴う電極インピーダンスの変化率を小さくすることが可能であり、高周波電源20の周波数可変幅を小さく設定することができる。

[0024] 整合器40は、高周波電源20と並列に接続された第1コンデンサC1の容量を多段切り替えもしくは連続変化させる、リレー等の接点手段から成る可変手段（図示しない）もしくはバリコン等を備えている。

なお、可変手段の具体的態様については、上記に限定されず、第1コンデンサC1の容量を多段切り替えもしくは連続変化させるものであれば如何なるものでもよく、また、可変手段によって、電極30と直列に接続されたコンデンサの容量を多段切り替えもしくは連続変化させてもよい。

[0025] 制御部は、反射電力検知部によって検知された反射率を基に、被加熱物の解凍状態に応じて、第1コンデンサC1の容量を減少方向に切り替えるとともに、高周波電源20の周波数を調整し、インピーダンス整合を図るように設計されている。

第1実施例

[0026] 以下に、本発明の第1実験例について説明する。

[0027] 第1実験例では、リアクタンス回路50の第2コンデンサC2の容量を9

3 pF、コイルLのインダクタンスを1.8 μ Hとし、リアクタンス回路50のインピーダンス調整を、高周波電源20の周波数を調整することで行った。また、第3コンデンサC3の容量を400 pFとした。また、高周波電源20は、反射電力検知部によって検知された反射率が40%を超えると保護機能により高周波出力が停止するように構成されている。また、一对の電極30間に配置される被解凍物（被加熱物）としては、冷凍柿（4個）を用いた。

[0028] 図3は、解凍開始後、1分毎に周波数と反射率を測定した結果である。

[0029] 解凍に伴う整合調整をしない場合として、第1コンデンサC1の容量を1500 pFに設定し、高周波電源20の周波数を13.56 MHzに固定して解凍を行った場合、3分程度で反射率が閾値（40%）を超え、高周波電源20の高周波発振が停止し、解凍が中断された。

[0030] また、第1コンデンサC1の容量の切り替え、および、高周波電源20の周波数を調整することによるリアクタンス回路50のインピーダンス調整を行った場合、第1コンデンサC1の容量を1500 pFに設定して解凍を開始すると、解凍に伴い周波数が変化（13.53 MHz \rightarrow 13.48 MHz）することで反射率が閾値（40%）に達するまで7分かかり、周波数調整しない場合に比べて反射が閾値に到達するまでの時間を長くすることができた。

反射率が閾値に達したところで第1コンデンサC1の容量を1270 pFに切り替えることで、反射率が約15%に低減し、同時に、周波数は変化（13.48 MHz \rightarrow 13.55 MHz）し、解凍開始時の周波数13.53 MHzまでほぼ回復した。同様に、第1コンデンサC1の容量を1030 pF、970 pF、880 pFと反射率に応じ適宜減少方向に切り替えることで、反射率を閾値以下に維持した状態で高周波印加が可能となり、解凍終了した。

[0031] 以上より、高周波誘電加熱装置10は、高周波電源20の周波数を可変調整することによるリアクタンス回路50のインピーダンス調整と、整合器4

0にリレー等の多段切り替えによって安価にインピーダンス整合を図ることができることが確認された。更に、整合器40におけるコンデンサ容量調整にバリコンを用いることにより、より高精度なインピーダンス調整を容易に達成することも可能である。また、高周波電源20の周波数を可変調整する際、整合器40におけるコンデンサ容量調整を併用することで、周波数可変幅を小さくすることが可能である。

- [0032] つぎに、本発明の第2実施形態に係る高周波誘電加熱装置10について、図面に基づいて説明する。
- [0033] 高周波誘電加熱装置10は、図4に示すように、半導体式高周波電源20と、一对の電極30と、電極30と高周波電源20との間に接続されインピーダンス整合をとる整合器40と、高周波電源20と整合器40を接続する同軸ケーブル（図示しない）と、高周波電源20に反射する電力を検知する反射電力検知部（図示しない）と、各部を制御する制御部（図示しない）とを備え、対向配置された一对の電極30間に配置された冷凍食材を高周波誘電加熱によって解凍するものである。なお、高周波電源20は、反射電力検知部によって検知された反射率が所定の閾値を超えると保護機能により高周波出力を抑制又は停止するように構成されている。
- [0034] 整合器40は、図4に示すように、高周波電源20と並列に接続された第1コンデンサC1と、電極30と並列に接続された第3コンデンサC3と、第1コンデンサC1と第3コンデンサC3の間に直列に接続されたコイルLおよび第2コンデンサC2を備えており、電極30と並列に第3コンデンサC3を整合器40内部に接続することにより、電極インピーダンスの変化を抑制する回路構成となっている。
- [0035] 第1コンデンサC1又は第2コンデンサC2の少なくとも一方は、容量可変手段（図示しない）を備え、解凍中、反射電力検知部で検知した反射電力を抑制するように容量調整可能である。上記コンデンサの容量調整は、図4（a）のバリコン駆動による連続調整式や図4（b）のリレーによる多段切り替え式であっても良い。また、第3コンデンサC3は、解凍中に逐次容量

を可変調整することはないが、あらかじめ負荷に応じた最適値に設定するために、簡易的な容量可変機構を備えてあっても良い。

[0036] 図4の回路構成において、高周波電源20の出力インピーダンスと整合器40からなる合成インピーダンスをZとすると、合成インピーダンスZは以下の式で表される。

$$Z = 1 / [\{ (1 / R + j \omega C_1)^{-1} + j (\omega L - 1 / \omega C_2) \}^{-1} + j \omega C_3]$$

上記式中の各記号は、 ω ：角周波数、R：電源の出力インピーダンス（同軸ケーブルの抵抗）、L：コイルのリアクタンス、 C_1 ：容量可変の第1コンデンサの容量、 C_2 ：容量可変の第2コンデンサの容量、 C_3 ：第3コンデンサの容量である。

ここで、合成インピーダンスZの複素共役をZ' とすると、第1コンデンサ C_1 又は第2コンデンサ C_2 の容量可変幅で得られるZ' の範囲が、インピーダンス整合範囲であり、 ω 、R、L、 C_1 、 C_2 、 C_3 の値によって、自由に設定可能である。

そして、第3コンデンサ C_3 を所定の値に設定することによって、高周波電源20の出力インピーダンスと整合器40によって形成されるインピーダンス整合範囲の少なくとも抵抗は、前記出力インピーダンスより大きく（出力インピーダンスより大きい部分を含み）、リアクタンスの範囲は正より負が大となる。

[0037] 制御部は、反射電力検知部によって検知された反射率を基に、被加熱物の解凍状態に応じて、第1コンデンサ C_1 又は第2コンデンサ C_2 の少なくとも一方の容量を減少方向に切り替えることによって、インピーダンス整合を図るように設計されている。制御部は、解凍中に第3コンデンサ C_3 の容量を可変調整することはない。

第2実施例

[0038] 以下に、本発明の第2実施例について説明する。

[0039] 図2(a)は、高周波電源20の周波数=13.56MHz、高周波電源

20の出力インピーダンス $=50\Omega$ 、第1コンデンサC1の容量 $C_1=1500\text{pF}$ 、容量可変の第2コンデンサC2の容量 $C_2=25\sim250\text{pF}$ 、コイルLのインダクタンス $L=1.8\mu\text{H}$ とし、各種食材の解凍をおこない、反射電力検知部による反射電力が常に最小になるように、第2コンデンサC2の容量調整をおこなったときの値（容量%）を示している。

第3コンデンサC3を接続しない場合、解凍開始でのC2容量%は食材の種類や個数によってそれぞれ異なっており、解凍終了でのC2容量%は減少方向に大きく変化している。すなわち、第2コンデンサC2の容量可変幅を大きくしなければ、インピーダンス整合をおこなうことは困難であり、整合器40の簡素化、小型化を図ることはできない。

図2(b)は、上記回路構成に加えて電極30と並列に容量 400pF の第3コンデンサC3を接続し、各種食材の解凍をおこない、反射電力検知部による反射電力が常に最小になるように、第2コンデンサC2の容量調整をおこなったときの値（容量%）を示したものである。第2コンデンサC2の容量%を大きく変化させることなく、各種食材の解凍が可能であり、第2コンデンサC2の容量可変幅を小さくした整合器40の簡素化、小型化を図ることができる。

[0040] 図5は、高周波電源20の周波数 $=13.56\text{MHz}$ 、高周波電源20の出力インピーダンス $=50\Omega$ 、第2コンデンサC2の容量 $C_2=95\text{pF}$ 、コイルLのインダクタンス $L=1.8\mu\text{H}$ 、容量可変の第1コンデンサC1の容量 $C_1=150\sim1500\text{pF}$ 、第3コンデンサC3の容量 $C_3=400\text{pF}$ とし、各種食材の解凍をおこない、反射電力検知部による反射電力が常に最小になるように、第1コンデンサC1の容量調整をおこなったときのC1の値（容量%）を示している。第3コンデンサC3を接続することにより、第1コンデンサC1の容量可変幅を小さく設定することが可能であり、整合器40の簡素化、小型化を図ることができる。

[0041] 図6は、図10(a)の回路構成において、高周波電源20と整合器40の合成インピーダンスをZとし、 $Z=R / (1 + \omega^2 R^2 C_1^2) + j \{ (\omega L$

$-1/\omega C_2) - \omega R^2 C_1 / (1 + \omega^2 R^2 C_1^2) \}$ の複素共役 Z' で得られるインピーダンス整合範囲を示している。

ただし、角周波数 $\omega = 13.56 \text{ MHz}$ 、高周波電源 20 の出力インピーダンス $R = 50 \Omega$ 、コイル L のリアクタンス $L = 1.8 \mu\text{H}$ 、容量可変の第 1 コンデンサ C_1 の容量 $C_1 = 150 \sim 1500 \text{ pF}$ 、容量可変の第 2 コンデンサ C_2 の容量 $C_2 = 25 \sim 250 \text{ pF}$ とする。

Z' で得られるインピーダンス整合範囲は、高周波電源 20 の出力インピーダンス $R = 50 \Omega$ (規格化インピーダンス 1) より小さい範囲に限定されており、それより大きな抵抗負荷に対してはインピーダンス整合不能である。

[0042] 図 7 は、図 4 の回路構成において、高周波電源 20 の出力インピーダンスと整合器 40 からなる合成インピーダンスを Z とすると、 $Z = 1 / [\{ (1/R + j\omega C_1)^{-1} + j(\omega L - 1/\omega C_2) \}^{-1} + j\omega C_3 \}]$ の複素共役 Z' で得られるインピーダンス整合範囲を示している。

ただし、角周波数 $\omega = 13.56 \text{ MHz}$ 、電源の出力インピーダンス $R = 50 \Omega$ 、コイル L のリアクタンス $L = 1.8 \mu\text{H}$ 、容量可変の第 1 コンデンサ C_1 の容量 $C_1 = 150 \sim 1500 \text{ pF}$ 、容量可変の第 2 コンデンサ C_2 の容量 $C_2 = 25 \sim 250 \text{ pF}$ 、第 3 コンデンサ C_3 の容量 $C_3 = 50 \text{ pF}$ 、 200 pF 、 400 pF 、 600 pF とする。

電極 30 と並列に第 3 コンデンサ C_3 を接続し、その値を増加することによって、前述した図 6 に示す例の Z' で得られるインピーダンス整合範囲は、反時計周りに回転し、 Z' の抵抗は電源の出力インピーダンス $R = 50 \Omega$ (規格化インピーダンス 1) より大きい範囲に拡大した。リアクタンスの範囲は、第 3 コンデンサ C_3 の容量 $C_3 = 200 \text{ pF}$ 、 400 pF では正より負が大きく、 $C_3 = 600 \text{ pF}$ では正より負が小さくなった。このように、電極 30 と並列に第 3 コンデンサ C_3 を接続することによって、冷凍食材の解凍に特化した整合範囲を得ることができる。

[0043] 図 8 は、高周波電源 20 の周波数 $= 13.56 \text{ MHz}$ 、高周波電源 20 の

出力インピーダンス $=50\ \Omega$ 、コイルLのインダクタンス $L=1.8\ \mu\text{H}$ 、バリコン第1コンデンサC1の容量 $C_1=150\sim 1500\ \text{pF}$ 、バリコン第2コンデンサC2の容量 $C_2=25\sim 250\ \text{pF}$ 、第3コンデンサC3の容量 $C_3=200\ \text{pF}$ 、 $400\ \text{pF}$ とし、 -40°C の冷凍シャインマスカット15粒（厚さ28mm）を出力50W、解凍時間15分で解凍をおこない、反射電力検知部による反射電力が常に最小になるように、バリコンC1、C2のコンデンサ容量をサーボモーターで逐次自動調整したときの C_1 、 C_2 の値（容量%）を示している。

第3コンデンサC3が接続されていない状態では、解凍に伴いバリコンC1、C2の値は大きく減少変化しているが、第3コンデンサC3を接続することによりバリコンC1、C2の変化は抑制され、 $C_3=200\ \text{pF}$ より $C_3=400\ \text{pF}$ の方がバリコンC1、C2の変化抑制の効果は大きかった。

[0044] 図9は、高周波電源20の周波数 $=13.56\ \text{MHz}$ 、高周波電源20の出力インピーダンス $=50\ \Omega$ 、コイルLのインダクタンス $L=1.8\ \mu\text{H}$ 、バリコン第1コンデンサC1の容量 $C_1=150\sim 1500\ \text{pF}$ 、バリコン第2コンデンサC2の容量 $C_2=25\sim 250\ \text{pF}$ 、第3コンデンサC3の容量 $C_3=200\ \text{pF}$ 、 $400\ \text{pF}$ とし、 -40°C の冷凍マンゴー（厚さ85mm）を出力200W、解凍時間15分で解凍をおこない、反射電力検知部による反射電力が常に最小になるように、バリコンC1、C2のコンデンサ容量をサーボモーターで逐次自動調整したときの C_1 、 C_2 の値（容量%）を示している。

第3コンデンサC3が接続されていない状態では、解凍に伴いバリコンC1、C2の値は大きく減少変化しているが、 $C_3=200\ \text{pF}$ を接続した状態では、バリコンC1、C2の変化は抑制されている。 $C_3=400\ \text{pF}$ を接続した状態では、自動インピーダンス整合できなかった。

[0045] 以上より、高周波誘電加熱装置10は、整合器40に電極30と並列に第3コンデンサC3を接続することによって、食材解凍に伴う電極インピーダンスの変化を抑制し、整合器40の簡素化、小型化を図りながらインピーダ

ンス整合が可能であることが確認された。

このとき、第3コンデンサC3のコンデンサ容量の値が大きい方が、電極インピーダンスの変化抑制に効果的であるが、冷凍食材が厚肉の場合、整合が困難になることもあるため、食材に応じて、最適なC3の値を設定することが好ましい。

[0046] 以上、本発明の実施形態を詳述したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明を逸脱することなく種々の設計変更を行なうことが可能である。

[0047] 例えば、上述した実施形態では、高周波誘電加熱装置が、冷凍食材を高周波誘電加熱によって解凍するものとして説明したが、食材以外に血液や動植物といった生体などの解凍であっても同様の効果を得ることは可能であり、また、高周波誘電加熱装置の用途は、被加熱物を加熱するものであればよく、冷凍食材の解凍に限定されない。

[0048] また、上述した実施形態に加えて、整合器のインピーダンス情報（例えば、第1コンデンサの状態など）を監視モニタなどに出力するインピーダンス情報出力部を設けてもよい。この場合、整合器のインピーダンス情報出力部から食材インピーダンスの正確な情報を簡単に得ることが可能になり、対象とする被加熱物に絞り込んだ整合器のパラメータを設定したり、その結果に基づき整合器の簡素化を図ることができる。

産業上の利用可能性

[0049] 本発明の半導体式高周波誘電加熱装置は、冷凍食品等の急速解凍に好適であるばかりでなく、工業用の誘電加熱装置としても広く適用でき、また、家庭用または業務用の卓上型解凍装置（電子レンジ）や冷蔵庫等に組み込んで用いることもできる等、産業上の利用可能性が高い。

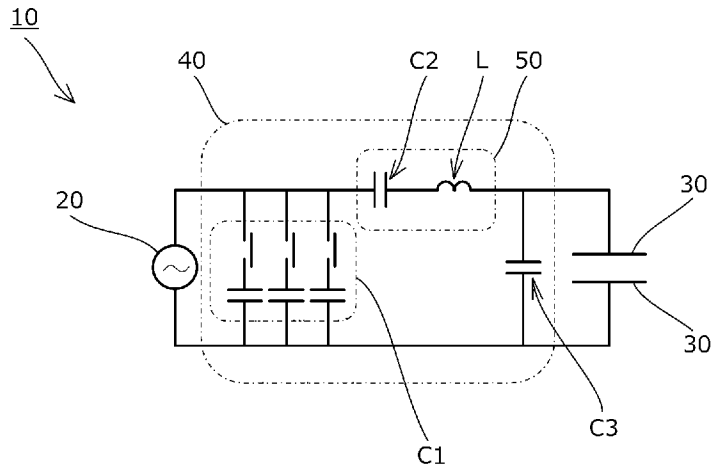
請求の範囲

- [請求項1] 高周波電源と、対向して配置された一対の電極と、前記電極と高周波電源との間に接続され被加熱物の加熱で生じる反射電力を検出する反射電力検出手段と、反射電力を調整するインピーダンス整合器からなる高周波誘電加熱装置であって、
- 前記整合器は、前記高周波電源と並列に接続されたコンデンサと、前記電極に直列に接続された少なくともリアクタンス調整可能なコンデンサまたはコイルの少なくとも一方を備え、
- 前記高周波電源は、周波数を可変に構成されていることを特徴とする高周波誘電加熱装置。
- [請求項2] 前記高周波電源は、半導体式高周波電源であることを特徴とする請求項1に記載の高周波誘電加熱装置。
- [請求項3] 前記整合器は、前記高周波電源と並列に接続されたコンデンサまたは前記電極と直列に接続されたコンデンサの少なくとも一方の容量を多段切り替えもしくは連続変化させる可変手段を備えることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の高周波誘電加熱装置。
- [請求項4] 前記整合器は、前記電極と並列に接続されたコンデンサを有することを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の高周波誘電加熱装置。
- [請求項5] 半導体式高周波電源と、対向して配置された一対の電極と、インピーダンス整合器からなる高周波誘電加熱装置であって、
- 前記整合器は、前記高周波電源と並列に接続された第1コンデンサと、前記電極と並列に接続された第3コンデンサと、前記第1コンデンサと前記第3コンデンサの間に直列に接続されたコイルおよび第2コンデンサを備えていることを特徴とする高周波誘電加熱装置。
- [請求項6] 前記第1コンデンサ又は前記第2コンデンサの少なくとも一方は容量可変手段を備えていることを特徴とする請求項5に記載の高周波誘電加熱装置。

[請求項7] 前記高周波電源の出力インピーダンスと前記整合器によって形成されるインピーダンス整合範囲について、前記整合範囲の抵抗は前記出力インピーダンスより大きい部分を含み、且つ、リアクタンスの範囲は正より負が大になるように設定されていることを特徴とする請求項5又は6に記載の高周波誘電加熱装置。

[請求項8] 前記高周波誘電加熱装置に整合器のインピーダンス情報を入力するインピーダンス情報出力部を備える請求項1又は5に記載の高周波誘電加熱装置。

[図1]



[図2]

| 冷凍食材 | C2調整 (%) | |
|-------|----------|------|
| | 解凍開始 | 解凍終了 |
| 柿2個 | 53 | 42 |
| 柿8個 | 51 | 33 |
| 烏モモ1個 | 55 | |
| 烏モモ4個 | 52 | 38 |
| りんご2個 | 58 | |
| りんご8個 | 56 | |
| 葡萄1P | 44 | |
| 葡萄4P | 44 | |
| ぶり1切 | 45 | 44 |
| ぶり4切 | 44 | 37 |

C3無しの場合のC2変化量

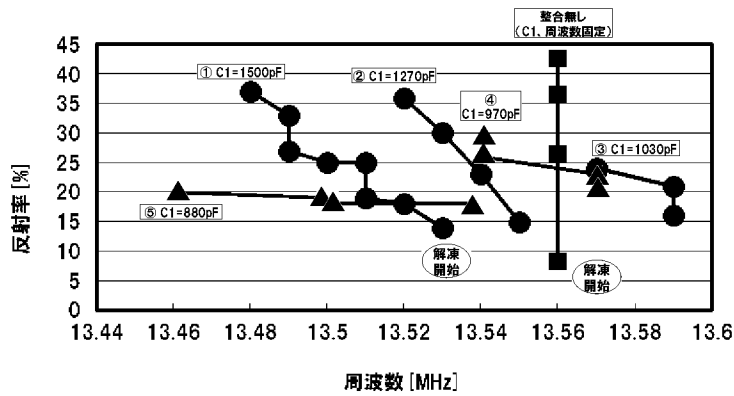
(a)

| 冷凍食材 | C2調整 (%) | |
|-------|----------|------|
| | 解凍開始 | 解凍終了 |
| 柿2個 | 30 | 30 |
| 柿8個 | 30 | 30 |
| 烏モモ1個 | 30 | |
| 烏モモ4個 | 30 | 30 |
| りんご2個 | 30 | |
| りんご8個 | 30 | |
| 葡萄1P | 29 | |
| 葡萄4P | 29 | |
| ぶり1切 | 29 | 29 |
| ぶり4切 | 29 | 29 |

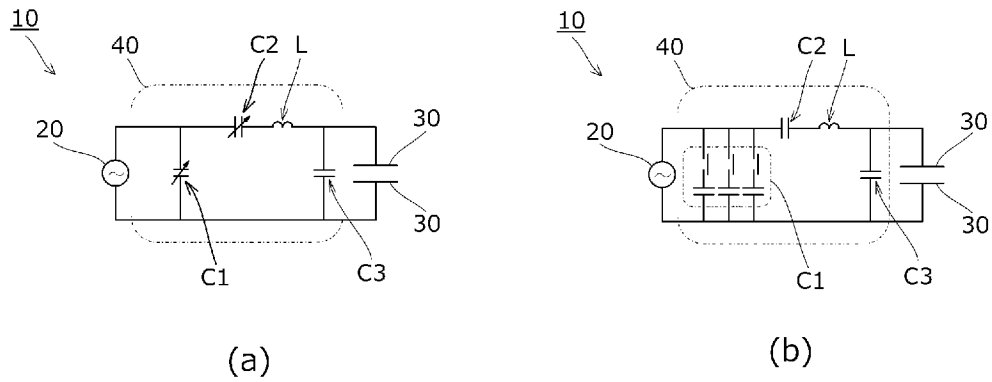
C3有りの場合のC2変化量

(b)

[図3]



[図4]

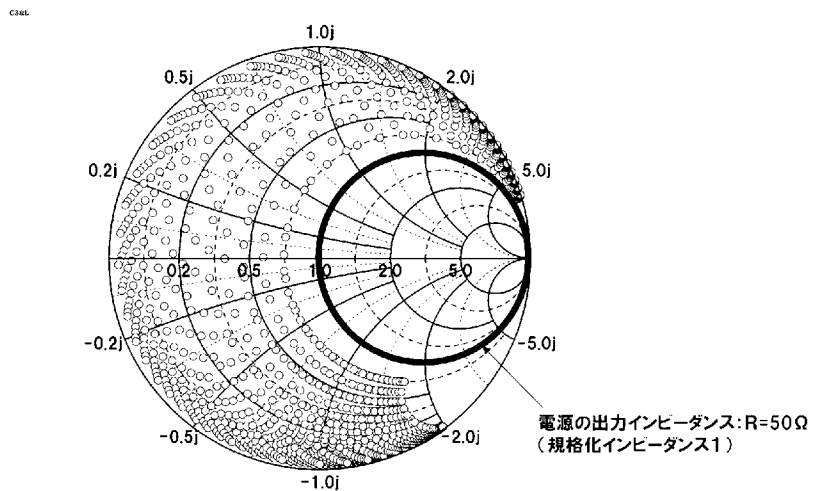


[図5]

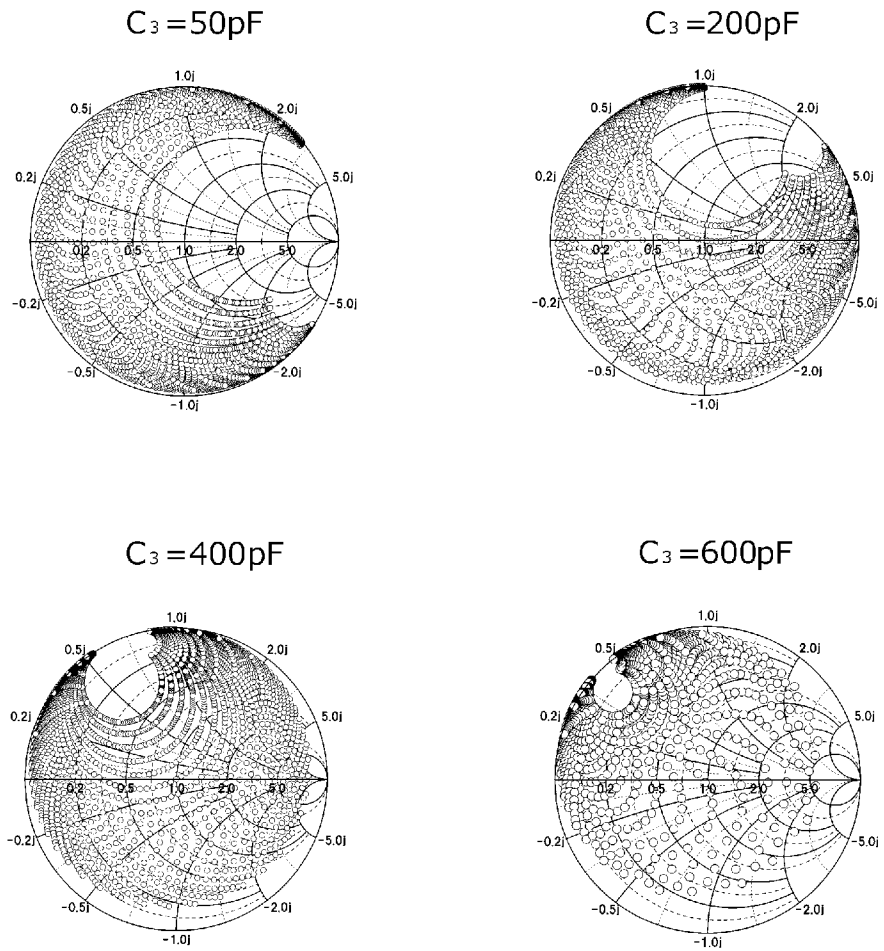
C1調整%

| 食材 | C3無し | | C3有り | |
|-------|------|------|------|------|
| | 解凍開始 | 解凍終了 | 解凍開始 | 解凍終了 |
| 柿8個 | 100 | 23 | 100 | 52 |
| 鳥モモ4個 | 100 | 24 | 100 | 50 |

[図6]



[図7]



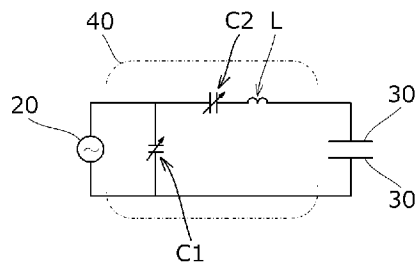
[図8]

| シャインマスカット (15粒) | C3無し | | C3=200pF | | C3=400pF | |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 解凍 開始 | 解凍 終了 | 解凍 開始 | 解凍 終了 | 解凍 開始 | 解凍 終了 |
| C1% | 100 | 70 | 100 | 88 | 100 | 96 |
| C2% | 46 | 44 | 34 | 34 | 29 | 29 |

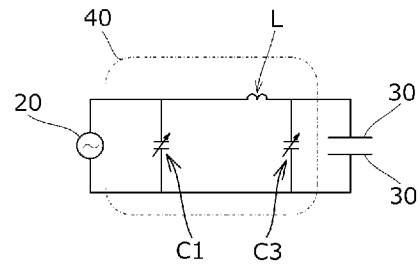
[図9]

| マンゴー (1個) | C3無し | | C3=200pF | | C3=400pF | |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 解凍 開始 | 解凍 終了 | 解凍 開始 | 解凍 終了 | 解凍 開始 | 解凍 終了 |
| C1% | 100 | 36 | 100 | 69 | 整合不能 | |
| C2% | 60 | 57 | 37 | 37 | | |

[図10]



(a)



(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/066624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H05B6/50(2006.01)i, H05B6/64(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H05B6/50, H05B6/64

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP 2005-056781 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 03 March 2005 (03.03.2005), claim 1; paragraph [0001]; fig. 1 to 3 (Family: none) | 1-8 |
| Y | JP 56-102096 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 August 1981 (15.08.1981), claim 1; fig. 4 (Family: none) | 1-4, 8 |

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

| | |
|--|---|
| Date of the actual completion of the international search 24 June 2016 (24.06.16) | Date of mailing of the international search report 05 July 2016 (05.07.16) |
|--|---|

| | |
|--|---|
| Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan | Authorized officer Telephone No. |
|--|---|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/066624

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y | WO 2012/169337 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 13 December 2012 (13.12.2012), fig. 1, 6 & US 2014/0097909 A1 fig. 1, 6 & CN 103596717 A | 4-8 |
| Y | JP 58-107161 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 25 June 1983 (25.06.1983), claims; fig. 2 (Family: none) | 8 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H05B6/50(2006.01)i, H05B6/64(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H05B6/50, H05B6/64

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2016年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2016年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2016年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
|-----------------|---|----------------|
| Y | JP 2005-056781 A (松下電器産業株式会社) 2005.03.03, 請求項1, 段落0001, 図1-図3 (ファミリーなし) | 1-8 |
| Y | JP 56-102096 A (松下電器産業株式会社) 1981.08.15, 特許請求の範囲(1), 第4図 (ファミリーなし) | 1-4, 8 |
| Y | WO 2012/169337 A1 (三菱電機株式会社) 2012.12.13, 図1, 図6 & US 2014/0097909 A1, FIG.1, FIG.6 & CN 103596717 A | 4-8 |

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.06.2016

国際調査報告の発送日

05.07.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮崎 光治

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

3L

3528

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|----------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| Y | JP 58-107161 A (松下電器産業株式会社) 1983.06.25, 特許請求の 範囲, 第2図 (ファミリーなし) | 8 |