

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7515500号
(P7515500)

(45)発行日 令和6年7月12日(2024.7.12)

(24)登録日 令和6年7月4日(2024.7.4)

(51)国際特許分類		F I	
A 2 4 F	40/465 (2020.01)	A 2 4 F	40/465
A 2 4 F	40/50 (2020.01)	A 2 4 F	40/50
H 0 5 B	6/06 (2006.01)	H 0 5 B	6/06 3 6 9
H 0 5 B	6/10 (2006.01)	H 0 5 B	6/06 3 6 6
		H 0 5 B	6/10 3 3 1
		請求項の数 22 (全47頁) 最終頁に続く	
(21)出願番号	特願2021-554640(P2021-554640)	(73)特許権者	519138265
(86)(22)出願日	令和2年3月9日(2020.3.9)		ニコベンチャーズ トレーディング リミテッド
(65)公表番号	特表2022-524428(P2022-524428 A)		Nicoventures Trading Limited
(43)公表日	令和4年5月2日(2022.5.2)		イギリス, ダブリューシー2アール 3エルエー, ロンドン, ウォーター ストリート 1, グローブ ハウス
(86)国際出願番号	PCT/EP2020/056220		Globe House, 1 Water Street, WC2R 3LA London, United Kingdom
(87)国際公開番号	WO2020/182731	(74)代理人	100183782
(87)国際公開日	令和2年9月17日(2020.9.17)		弁理士 轟木 哲
審査請求日	令和3年10月20日(2021.10.20)	(72)発明者	ブランディーノ、トマス ポール
(31)優先権主張番号	62/816,276		アメリカ合衆国、ウィスコンシン 53
(32)優先日	平成31年3月11日(2019.3.11)		最終頁に続く
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	62/816,277		
(32)優先日	平成31年3月11日(2019.3.11)		
	最終頁に続く		
(54)【発明の名称】 エアロゾル発生デバイス用の装置			

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

誘導加熱回路を含むエアロゾル発生デバイス用の装置であって、この誘導加熱回路は、サセプタ装置を誘導的に加熱してエアロゾル発生材を加熱し、それによりエアロゾルを発生させるための誘導素子と、

容量素子と、

使用中に、第1の状態と第2の状態とを交互に切り替えて、変動電流を直流電圧供給部で生成し、誘導素子に流してサセプタ装置の誘導加熱を起こさせる切り替え装置と、

前記誘導加熱回路内で検出された第1の電圧状態に応答して、前記切り替え装置を第1の状態から第2の状態に切り替え、前記誘導加熱回路内で検出された第2の電圧状態に
10
応答して、前記切り替え装置を前記第2の状態から第1の状態に切り替えるように構成される制御装置と、を含む装置。

【請求項2】

前記第1の電圧状態は、前記誘導素子を流れる直流電流により前記誘導素子に蓄積される磁気エネルギーの量を示すことを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項3】

前記第1の状態にあるときの前記切り替え装置は直流電流を前記誘導素子に流して磁気エネルギーを前記誘導素子に蓄積し、前記第2の状態にあるときの前記切り替え装置は直流電流が前記誘導素子を流れることを防止して、前記切り替え装置が前記第2の状態にあるときに電流を前記誘導素子と前記容量素子との間で振動させることを特徴とする請求項
20

1 または 2 記載の装置。

【請求項 4】

前記制御装置は電圧比較器を含み、前記電圧比較器は前記誘導素子を流れる直流電流の量を示す電圧を制御電圧と比較して前記第 1 の電圧状態を検出するように構成されることを特徴とする請求項 3 記載の装置。

【請求項 5】

前記誘導加熱回路は抵抗器をさらに含み、前記誘導素子を流れる直流電流の量を示す電圧は前記抵抗器の両端間の電圧に依存することを特徴とする請求項 2 記載の装置。

【請求項 6】

前記制御電圧は変更可能で、前記誘導加熱回路に供給される電力を制御することを特徴とする請求項 4 記載の装置。

【請求項 7】

前記誘導加熱回路に供給される電力を決定し、前記誘導加熱回路に供給される電力を目標電力と比較し、前記誘導加熱回路に供給される電力と前記目標電力との比較に基づいて前記制御電圧を制御するように構成されたコントローラを含むことを特徴とする請求項 6 記載の装置。

【請求項 8】

前記切り替え装置が前記第 1 の状態から前記第 2 の状態に切り替わってから、前記第 2 の電圧状態は、前記誘導素子と容量素子との間の所定の割合の電流振動のサイクルが完了したことを示すことを特徴とする請求項 2 記載の装置。

【請求項 9】

前記制御装置は、第 2 の電圧状態を検出するように構成されたゼロ電圧検出器を含み、前記第 2 の電圧状態は切り替え装置全体のゼロ電圧状態または略ゼロ電圧状態であり、前記ゼロ電圧検出器で検出されたときの前記電圧状態は、前記切り替え装置が第 1 の状態から第 2 の状態に切り替わってから、前記誘導素子と容量素子の間の電流振動の半サイクルが完了したことを示すことを特徴とする請求項 8 記載の装置。

【請求項 10】

前記制御装置は 2 つの状態間で構成可能なフリップフロップを含み、前記切り替え装置の状態はフリップフロップの状態に依存し、かつ前記制御装置は前記第 1 の電圧状態および第 2 の電圧状態を検出し、前記フリップフロップの状態を変更して、前記切り替え装置の状態を変更するように構成されていることを特徴とする請求項 9 記載の装置。

【請求項 11】

前記制御装置は、前記第 1 の電圧状態を検出するように構成された比較器を含み、この比較器が前記第 1 の電圧状態を検出した場合に前記フリップフロップは前記比較器から第 1 の入力を受信し、前記ゼロ電圧検出器が前記第 2 の電圧状態を検出した場合に前記フリップフロップは前記ゼロ電圧検出器から第 2 の入力を受信するように構成されていることを特徴とする請求項 10 記載の装置。

【請求項 12】

前記切り替え装置は、FET を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の装置。

【請求項 13】

前記制御装置は、前記 FET のゲート端子に電圧を選択的に提供することで前記 FET の状態を切り替えるように構成されていることを特徴とする請求項 12 記載の装置。

【請求項 14】

前記誘導素子および容量素子は、前記誘導加熱回路内で互いに並列に配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の装置。

【請求項 15】

前記誘導素子、容量素子、および切り替え装置は第 1 の共振セクションに配置され、前記エアロゾル発生デバイス用の装置は、第 2 の誘導素子、第 2 の容量素子、および第 2 の切り替え装置を含む第 2 の共振セクションをさらに含み、

前記第 2 の誘導素子は、サセプタ装置を誘導的に加熱してエアロゾル発生材を加熱し、

10

20

30

40

50

それによりエアロゾルを発生させるように構成され、

使用中の前記第 2 の切り替え装置は、前記第 1 の状態と第 2 の状態とを交互に切り替えて、変動電流を前記直流電圧供給部で生成し、前記第 2 の誘導素子に流して前記サセプタ装置に誘導加熱を起こさせ、

前記制御装置は、前記第 1 の共振セクションの作動中に、

前記第 1 の共振セクションで検出された前記第 1 の電圧状態に応答して、前記第 1 の切り替え装置を前記第 1 の状態から前記第 2 の状態に切り替え、

前記第 1 の共振セクションで検出された前記第 2 の電圧状態に応答して、前記第 1 の切り替え装置を前記第 2 の状態から前記第 1 の状態に切り替えるように構成され、

前記制御装置は、前記第 2 の共振セクションの作動中に、

前記第 2 の共振セクションで検出された前記第 1 の電圧状態に応答して、前記第 2 の切り替え装置を前記第 1 の状態から前記第 2 の状態に切り替え、

前記第 2 の共振セクションで検出された前記第 2 の電圧状態に応答して、前記第 2 の切り替え装置を前記第 2 の状態から前記第 1 の状態に切り替えるように構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の装置。

【請求項 1 6】

前記第 1 の共振セクションおよび第 2 の共振セクションのうちの一方のみがどの時点においても作動するように、前記第 1 の共振セクションおよび第 2 の共振セクションを選択的に作動させるように構成されたコントローラを含むことを特徴とする請求項 1 5 記載の装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 又は 2 記載の装置を含むエアロゾル発生デバイス。

【請求項 1 8】

前記デバイスは、非燃焼加熱装置としても知られるタバコ加熱装置であることを特徴とする請求項 1 7 記載のエアロゾル発生デバイス。

【請求項 1 9】

エアロゾル発生デバイスの誘導加熱回路を制御する制御装置であって、

該制御装置は、使用中の前記誘導加熱回路の切り替え装置を制御して前記切り替え装置を第 1 の状態と第 2 の状態との間で切り替え、変動電流を直流電圧供給部で生成して前記誘導加熱回路内の誘導加熱素子に供給し、サセプタ装置の誘導加熱を引き起こすように構成され、かつ

該制御装置は、前記誘導加熱回路内で検出された第 1 の電圧状態に応答して前記切り替え装置を前記第 1 の状態から前記第 2 の状態に切り替え、前記誘導加熱回路内で検出された第 2 の電圧状態に応答して前記切り替え装置を前記第 2 の状態から前記第 1 の状態に切り替えるように構成される制御装置。

【請求項 2 0】

前記誘導加熱回路内で前記第 1 の電圧状態と第 2 の電圧状態を検出し、

前記第 1 の電圧状態の検出に応答して、前記切り替え装置を前記第 1 の状態から前記第 2 の状態に切り替え、かつ

前記第 2 の電圧状態の検出に応答して、前記切り替え装置を前記第 2 の状態から前記第 1 の状態に切り替えるように構成されていることを特徴とする請求項 1 9 記載の制御装置。

【請求項 2 1】

請求項 1 7 記載のエアロゾル発生デバイスと、使用中の該デバイスによって加熱され、それによりエアロゾルを発生させるエアロゾル発生材を含む物品を含むエアロゾル発生システム。

【請求項 2 2】

前記デバイスは請求項 1 8 に記載のエアロゾル発生デバイスであり、前記エアロゾル発生材はタバコ材を含むことを特徴とする請求項 2 1 記載のエアロゾル発生システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エアロゾル発生デバイス用の装置に関する。

【背景技術】

【0002】

紙巻きタバコ、葉巻などの喫煙品は、使用中にタバコを燃やしてタバコの煙を発生する。燃焼せずに化合物を放出する製品を作成することで、タバコを燃焼させるこれらの物品に代わるものを提供する試みがなされてきた。そのような製品としては、例えば、材料を加熱するが、燃焼させずに化合物を放出する加熱装置が挙げられる。この材料は、例えば、タバコまたは他の非タバコ製品であって、それらはニコチンを含む場合も含まない場合もある。

10

【発明の概要】

【0003】

本開示の第1の態様では、エアロゾル発生デバイス用の装置が提供され、この装置は誘導加熱回路を含み、この誘導加熱回路は、サセプタ装置を誘導加熱してエアロゾル発生材料を加熱し、それによりエアロゾルを発生させるための誘導素子と、容量素子と、使用中に第1の状態と第2の状態とを交互に切り替えて、変動電流を直流電圧供給部で生成し、誘導素子に流してサセプタ装置の誘導加熱を起こさせる切り替え装置と、制御装置とを含み、制御装置は、前記回路内で検出された第1の電圧状態に応答して、前記切り替え装置を第1の状態から第2の状態に切り替え、前記回路内で検出された第2の電圧状態に応答して、前記切り替え装置を前記第2の状態から第1の状態へ回路から切り替えるように構成されている。

20

【0004】

前記第1の電圧状態は、前記誘導素子を流れる直流電流により前記誘導素子に蓄積される磁気エネルギーの量を示す。

【0005】

前記第1の状態にあるときの前記切り替え装置は、直流電流を前記誘導素子に流して磁気エネルギーを前記誘導素子に蓄積し、前記第2の状態にあるときの前記切り替え装置は直流電流が前記誘導素子を流れることを防止して、前記切り替え装置が前記第2の状態にあるときに電流を前記誘導素子と前記容量素子との間で振動させる。

30

【0006】

前記制御装置は、電圧比較器を含んでもよく、前記電圧比較器は前記誘導素子を流れる直流電流の量を示す電圧を制御電圧と比較して第1の電圧状態を検出するように構成されている。

【0007】

前記回路はさらに抵抗器を含み、前記誘導素子を流れる直流電流の量を示す電圧は、前記抵抗器の両端間の電圧に依存する。

【0008】

前記制御電圧は変更可能で、前記回路に供給される電力を制御する。

【0009】

本発明の装置は、前記回路に供給される電力を決定し、前記回路に供給される電力を目標電力と比較し、前記回路に供給される電力と前記目標電力との比較に基づいて前記制御電圧を制御するように構成されたコントローラを含む。

40

【0010】

前記切り替え装置が前記第1の状態から前記第2の状態に切り替わった後、前記第2の電圧状態は、前記誘導素子と容量素子との間の所与の割合の電流振動のサイクルが完了したことを示す。

【0011】

前記制御装置は、第2の電圧状態を検出するように構成されたゼロ電圧検出器を含み、前記第2の電圧状態は切り替え装置全体のゼロ電圧状態または略ゼロ電圧状態であり、前

50

記ゼロ電圧検出器で検出されたときの前記電圧状態は、前記切り替え装置が第１の状態から第２の状態に切り替わってから、前記誘導素子と容量素子の間の電流振動の半サイクルが完了したことを示す。

【００１２】

前記制御装置は、２つの状態間で構成可能なフリップフロップを含み、前記切り替え装置の状態はフリップフロップの状態に依存し、かつ前記制御装置は前記第１の電圧状態および第２の電圧状態を検出し、前記フリップフロップの状態を変更して、前記切り替え装置の状態を変更するように構成されている。

【００１３】

前記制御装置は、前記第１の電圧状態を検出するように構成された比較器を含み、この比較器が前記第１の電圧状態を検出した場合に前記フリップフロップは前記比較器から第１の入力を受信し、前記ゼロ電圧検出器が前記第２の電圧状態を検出した場合に前記フリップフロップは前記ゼロ電圧検出器から第２の入力を受信するように構成されている。

前記切り替え装置はＦＥＴを含んでいる。

【００１４】

前記制御装置は、前記ＦＥＴのゲート端子に電圧を選択的に提供することで、前記ＦＥＴの状態を切り替えるように構成されている。

【００１５】

前記誘導加熱回路内で、前記誘導素子と容量素子は互いに並列に配置されている。

【００１６】

前記誘導素子、容量素子、および切り替え装置は第１の共振セクションに配置され、該装置は、第２の誘導素子と、第２の容量素子と、第２の切り替え装置を含む第２の共振セクションとをさらに含み、前記第２の誘導素子は、サセプタ装置を誘導的に加熱してエアロゾル発生材を加熱し、それによりエアロゾルを発生するように構成され、使用中の前記第２の切り替え装置は、前記第１の状態と第２の状態とを交互に切り替えて、変動電流を前記直流電圧供給部で生成し、前記第２の誘導素子に流して前記サセプタ装置に誘導加熱を起こさせ、前記制御装置は、前記第１の共振セクションの作動中に、前記第１の共振セクションで検出された前記第１の電圧状態に応答して、前記第１の切り替え装置を前記第１の状態から前記第２の状態に切り替え、前記第１の共振セクションで検出された前記第２の電圧状態に応答して、前記第１の切り替え装置を前記第２の状態から前記第１の状態に切り替えるように構成され、前記制御装置は、前記第２の共振セクションの作動中に、前記第２の共振セクションで検出された前記第１の電圧状態に応答して、前記第２の切り替え装置を前記第１の状態から前記第２の状態に切り替え、前記第２の共振セクションで検出された前記第２の電圧状態に応答して、前記第２の切り替え装置を前記第２の状態から前記第１の状態に切り替えるように構成されている。

【００１７】

この装置は、前記第１の共振セクションおよび第２の共振セクションのうちの一方のみがどの時点においても作動するように、前記第１の共振セクションおよび第２の共振セクションを選択的に作動させるように構成されたコントローラを含む。

【００１８】

本開示の第２の態様では、本開示の第１の態様による装置を含むエアロゾル発生デバイスが提供される。

【００１９】

このデバイスは、非燃焼加熱装置としても知られるタバコ加熱装置であってもよい。

【００２０】

本開示の第３の態様では、エアロゾル発生デバイスの誘導加熱回路を制御するための制御装置が提供され、該制御装置は、使用中の誘導加熱回路の切り替え装置を制御して切り替え装置を第１の状態と第２の状態との間で切り替え、変動電流を直流電圧供給部で生成して誘導加熱回路内の誘導加熱素子に供給し、サセプタ装置の誘導加熱を引き起こすように構成されている。また、該制御装置は、前記回路内で検出された第１の電圧状態に応答

10

20

30

40

50

して前記切り替え装置を第１の状態から第２の状態に切り替え、前記回路内で検出された第２の電圧状態に応答して前記切り替え装置を第２の状態から第１の状態に切り替えるように構成されている。

【００２１】

制御装置は、前記誘導加熱回路内で前記第１の電圧状態と第２の電圧状態を検出し、前記第１の電圧状態の検出に応答して、前記切り替え装置を前記第１の状態から前記第２の状態に切り替え、かつ前記第２の電圧状態の検出に応答して、前記切り替え装置を前記第２の状態から前記第１の状態に切り替えるように構成されている。

【００２２】

本開示の第４の態様では、第３の態様によるエアロゾル発生デバイスと、使用中の該デバイスによって加熱され、それによりエアロゾルを発生させるエアロゾル発生材を含む物品とを含むエアロゾル発生システムが提供される。

【００２３】

前記エアロゾル化可能な材料は、タバコ材料を含む。

【００２４】

本開示の第５の態様では、エアロゾル発生デバイス用の装置が提供され、該装置は、サセプタ装置を誘導的に加熱してエアロゾル発生材を加熱し、それによりエアロゾルを発生させる誘導素子と、容量素子と、使用中に、第１の状態と第２の状態とを交互に切り替えて、変動電流を直流電圧供給部で生成し、前記誘導素子に流して、サセプタ装置の誘導加熱を起こさせる切り替え装置とを含む誘導加熱回路と、コントローラとを含み、このコントローラは前記直流電圧供給部によって誘導加熱回路に供給される直流電圧および直流電流を測定し、測定された前記直流電圧および直流電流から、この誘導加熱回路に供給される電力を決定し、かつこの回路に供給される決定された電力と目標電力との比較に基づいて、前記切り替え装置の切り替えを制御するように構成されている。

【００２５】

前記コントローラは、前記切り替え装置の切り替えを制御して前記回路に供給される電力を制御するように構成されている。

【００２６】

前記第１の状態にある前記切り替え装置は直流電流を誘導素子に流し、それにより磁気エネルギーを前記誘導素子に蓄積し、前記第２の状態にある前記切り替え装置は直流電流が誘導素子を流れることを防止し、前記切り替え装置が前記第２の状態にあるときに、電流は誘導素子と容量素子との間で振動する。

【００２７】

前記コントローラは、前記切り替え装置の状態を前記第１の状態から前記第２の状態に切り替える前に、前記誘導素子に蓄積することができる直流電流の量を制御して、前記回路に供給される前記電力を制御するように構成されている。

【００２８】

該装置は前記回路内の第１の電圧状態を検出することで、所与の量の直流電流が前記誘導素子内に蓄積されたことを検出するように構成された制御装置を含む。

【００２９】

前記制御装置は、前記回路内の電圧を制御電圧と比較することで前記第１の電圧状態を検出するように構成された比較器を含み、前記コントローラは、前記制御電圧を調節して前記回路に供給される前記電力を制御するように構成されている。

【００３０】

前記制御電圧は、コントローラによって出力されたデューティサイクルを有する時間変動電圧の結果であり、かつ前記コントローラはこの時間変動電圧のデューティサイクルを調節することで前記制御電圧を調節するように構成されている。

【００３１】

前記コントローラは、第１の時間間隔中に前記回路に供給される電力を決定し、第１の所定の時間間隔中に前記回路に供給された前記決定された電力と前記目標電力との比較に

10

20

30

40

50

基づいてその後の時間間隔に前記回路に供給される電力を調節することで、前記回路に供給される電力を制御するように構成されている。

【0032】

前記コントローラは、前記回路に供給される決定された電力を前記目標電力と前記所定の間隔ごとに1回比較して、複数の前記所定の間隔を含む使用期間の間、前記回路に供給される電力を制御するように構成されている。

【0033】

前記第1の所定の時間間隔および／またはその後の前記所定の時間間隔は、1／80秒から1／20秒の長さ、または約1／64秒の長さであってもよい。

【0034】

前記コントローラは、前記第1の所定の時間間隔中に供給される前記電力が前記目標電力よりも小さい場合に、後続の時間間隔のために前記回路に供給される電力を増加させるように構成されている。

【0035】

前記コントローラは、前記第1の所定の間隔に亘って前記直流電圧供給部から引き出される電流を示す測定電圧に基づいて前記回路に供給される前記電力を決定するように構成されている。

【0036】

前記直流電圧供給部から引き出される電流を示す電圧は、前記第1の所定の間隔の期間の間実質的に一定である。

【0037】

前記コントローラは、制御電圧を所定の量だけ調節することで、前記後続の時間間隔中に供給される前記電力を制御するように構成されている。

【0038】

前記コントローラは、前記第1の所定の間隔の間、第1の値に制御電圧を設定するように構成され、前記第1の値は、前記目標電力に対応することが分かった前記制御電圧の値よりも小さい。

【0039】

前記目標電力は、目標電力範囲、例えば、10W～30Wの範囲または15W～25Wの範囲であり、前記コントローラは、前記決定された供給電力が前記目標電力範囲内にあるとき、前記切り替え装置の制御を調節しないように構成されている。

【0040】

前記コントローラは、前記デバイスの使用期間全体を通して前記目標電力を調節するように構成されている。

【0041】

前記コントローラは、前記サセプタ装置の温度を監視し、使用期間中のある時点で前記サセプタ装置の温度が所定の目標温度に達したときに前記目標電力を低減するように構成されている。

【0042】

前記目標電力は、前記直流電圧供給部によって供給される電圧が変化した場合に、前記コントローラが前記切り替え装置を制御して前記回路に供給される電力を実質的に一定に維持するように構成するように、前記目標電力は一定のままである。

【0043】

前記誘導素子、容量素子、および切り替え装置は第1の共振セクションに配置され、前記エアロゾル発生デバイス用の装置は、第2の誘導素子、第2の容量素子、および第2の切り替え装置とを含む第2の共振セクションをさらに含み、前記第2の誘導素子は、前記サセプタ装置を誘導的に加熱してエアロゾル発生材を加熱し、それによりエアロゾルを発生させるように構成され、使用中の前記第2の切り替え装置は、第1の状態と第2の状態とを交互に切り替えて、変動電流を前記直流電圧供給部で生成し、第2の誘導素子に流して、前記サセプタ装置の誘導加熱を起こさせ、かつ前記コントローラは、前記第1の共振

10

20

30

40

50

セクションおよび前記第 2 の共振セクションのうち的一方のみがどの時点においても作動するように、前記第 1 の共振セクションおよび前記第 2 の共振セクションを選択的に作動させるように構成され、さらに前記コントローラは、前記第 1 の共振セクションおよび前記第 2 の共振セクションの一方に供給される直流電圧および直流電流を測定し、測定された直流電圧および直流電流から前記回路に供給される電力を決定し、かつ前記回路に供給される決定された電力と目標電力との比較に基づいて、作動中の共振セクションの切り替え装置の切り替えを制御する。

【0044】

前記コントローラは、使用期間中、前記第 1 の共振セクションおよび前記第 2 の共振セクションの一方に供給される電力を決定することで前記回路に供給される電力を決定するように構成されている。

10

【0045】

前記コントローラは、使用期間の第 1 の部分で、前記第 1 の共振セクションに供給される電力を決定して前記回路に供給される電力を決定し、前記使用期間の第 2 の部分で、前記第 2 の共振セクションに供給される電力を決定して前記回路に供給される電力を決定するように構成されている。

【0046】

本開示の第 6 の態様では、本開示の第 1 の態様による装置を含むエアロゾル発生デバイスが提供される。

【0047】

20

このデバイスは、非燃焼加熱装置としても知られるタバコ加熱装置であってもよい。

【0048】

本開示の第 7 の態様では、エアロゾル発生デバイスのための装置を制御する方法が提供され、この装置は、サセプタ装置を誘導的に加熱してエアロゾル発生材を加熱し、それによりエアロゾルを発生させるための誘導素子と、容量素子と、使用中に第 1 の状態と第 2 の状態とを交互に切り替えて、変動電流を直流電圧供給部で生成し、前記誘導素子に流して、前記サセプタ装置に誘導加熱を起こさせる切り替え装置とを含む誘導加熱回路と、コントローラとを含み、該方法は、前記直流電圧供給部によって誘導加熱回路に供給される直流電圧および直流電流を測定し、測定された直流電圧および直流電流から前記回路に供給される電力を決定し、かつ前記回路に供給される決定された電力と目標電力との比較に基づいて、切り替え装置の切り替えを制御することを含む。

30

【0049】

本開示の第 8 の態様では、実行されると、第 3 の態様による方法が実行されるようにする一組の機械可読命令が提供される。

【0050】

本開示の第 9 の態様では、第 4 の態様による一組の命令を含む機械可読媒体が提供される。

【0051】

本開示の第 10 の態様では、第 2 の態様によるエアロゾル発生デバイスと、使用中に前記デバイスによって加熱され、それによりエアロゾルを発生させるエアロゾル発生材とを含む物品を含むエアロゾル発生システムが提供される。

40

【0052】

エアロゾル発生システムでは、エアロゾル発生材はタバコ材料を含む。

【0053】

本開示の他の例によれば、エアロゾル発生デバイス用の装置が提供され、該装置は、エアロゾル発生材を加熱してそれにより使用中にエアロゾルを発生させるために配置された加熱装置と、前記エアロゾル発生材料を加熱するために加熱回路に電力を供給する電源と、前記エアロゾル発生材料を加熱するために加熱回路に供給される電力を決定し、目標電力に供給される決定された電力の比較に基づいて加熱回路に供給される電力を制御するように構成されたコントローラとを含む加熱回路を含み、前記コントローラは、前記デバイ

50

スの使用期間全体に亘って目標電力を調整するように構成されている。

【0054】

前記コントローラは、使用期間中に目標電力を削減するように構成されている。前記コントローラは、使用期間の第1の部分の間の第1の値から、使用期間の第2の部分の間の第2の値に目標電力を削減するように構成されている。前記加熱装置は、1つ以上の加熱域を含み、使用期間の第1の部分は、1つ以上の加熱域の温度を実質的に上昇させるために電力を供給するデバイスを含む。使用期間の第2の部分は、加熱域の温度を実質的に維持するために電力を供給するデバイスを含む。目標電力の第1の値は15W～23Wである。目標電力の第2の値は、9W～13Wである。目標電力は範囲であってもよい。目標電力の第1の値は約20Wか、または20W～21Wの範囲である。目標電力の第2の値は、約12Wか12W～13Wの範囲である。

10

【0055】

前記コントローラは、供給電力が目標電力を超える場合に供給電力を減少させ、供給電力が目標電力よりも小さい場合に供給電力を減少させるように構成され得る。目標電力が範囲の場合、供給電力が目標範囲内にあると決定されたときに供給電力を調節しないようにコントローラを構成することができる。加熱装置は、1つ以上の抵抗性加熱素子、または1つ以上の誘導加熱素子を含む。1つ以上の加熱素子は、1つ以上の加熱域を加熱するように配置することができる。決定された電力は、加熱素子のいずれかまたは両方に供給される電力である。

【0056】

20

本開示の第11の態様では、エアロゾル発生デバイス用の装置が提供され、該装置は、サセプタ装置を誘導加熱してエアロゾル発生材を加熱し、それによりエアロゾルを発生させる第1の誘導素子および第2の誘導素子を含む誘導加熱回路と、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子の作動を制御するコントローラとを含み、前記コントローラは、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子のうちの一方のみがどの時点においても作動するように、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子を選択的に作動させるように構成され、かつ前記コントローラは、所定の間隔で、前記第1の誘導素子と第2の誘導素子のどちらを作動させるかを決定するように構成されている。

【0057】

前記第1の誘導素子および前記第2の誘導素子のどちらを複数の所定の間隔のうちの第1の所定の間隔の間作動させるかを複数の所定の間隔のそれぞれについて1回決定することで、前記コントローラは、複数の所定の間隔で前記第1の誘導素子および前記第2の誘導素子のどちらを作動させるかを決定するように構成されている。

30

【0058】

前記サセプタは、第1のサセプタ域および第2のサセプタ域を含み、前記第1の誘導素子は前記第1のサセプタ域を加熱するように配置され、前記第2の誘導素子は前記第2のサセプタ域を加熱するように配置され、かつ前記コントローラは前記第1のサセプタ域および第2のサセプタ域のどちらを前記第1の所定の間隔で加熱するかを決定に基づいて、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子のどちらを作動させるかを決定するように構成されている。

40

【0059】

前記第1のサセプタ域の測定温度と第1の目標温度の比較および前記第2のサセプタ域の測定温度と第2の目標温度との比較に基づいて、前記第1のサセプタ域および前記第2のサセプタ域のどちらを前記第1の所定の間隔で加熱するかを決定するように前記コントローラは構成されている。

【0060】

前記コントローラは、前記第1のサセプタ域の温度が前記第1の目標温度より低いかどうかを決定し、前記第2のサセプタ域の温度が前記第2の目標温度より低いかどうかを決定し、前記第1のサセプタ域の温度が前記第1の目標温度より低く、前記第2のサセプタ域の温度が前記第2の目標温度より低くないと決定した場合、前記コントローラは前記

50

第1の所定の間隔の間、前記第1の誘導素子を作動させ、前記第2のサセプタ域の温度が前記第2の目標温度より低く、前記第1のサセプタ域の温度が前記第1の目標温度より低くないと決定した場合、前記コントローラは前記第1の所定の間隔の間、前記第2の誘導素子を作動させ、前記第1のサセプタ域の温度が前記第1の目標温度より低く、前記第2のサセプタ域の温度が前記第2の目標温度より低いと決定した場合、前記コントローラは、前記第1の所定の間隔の間、前記第1の誘導素子および前記第2の誘導素子の一方を作動させるように構成されている。

【0061】

前記第1の所定の間隔に続く1つ以上の所定の間隔の間、前記第1のサセプタ域の測定温度が前記第1の目標温度よりも低く、かつ前記第2のサセプタ域の測定温度が前記第2の目標温度よりも低い場合、前記制御装置は、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子が各所定の間隔で交互に作動するように、前記第1の所定の間隔に続く1つ以上の間隔の各所定の間隔の間、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子のうちの一方を作動させるように構成されている。

10

【0062】

前記所定の間隔は、長さが1/80秒から1/20秒または約1/64秒であってもよい。

【0063】

前記回路は、第1の誘導素子、第1の容量素子、および使用中に第1の状態と第2の状態との間で交互に切り替わり、直流電圧供給部で変動電流を生成し、前記第1の誘導素子に流して前記サセプタ装置の誘導加熱を引き起こす第1の切り替え装置とを含む第1の共振セクションと、第2の誘導素子、第2の容量素子、および使用中に第1の状態と第2の状態との間で交互に切り替わり、直流電圧供給部で変動電流を生成し、前記第2の誘導素子に流して前記サセプタ装置の誘導加熱を引き起こす第2の切り替え装置を含む第2の共振セクションとを含み、前記コントローラは、前記第1の誘導素子および前記第2の誘導素子を選択的に作動させるために、前記第1の共振セクションおよび第2の共振セクションの一方のみがどの時点においても作動するように、前記第1の共振セクションおよび第2の共振セクションを選択的に作動させるように構成されている。

20

【0064】

前記回路は前記第1の切り替え装置および前記第2の切り替え装置を制御するように構成されている制御手段を含む。

30

【0065】

前記制御手段は前記第1の切り替え装置を操作する第1の駆動器と、前記第2の切り替え装置を操作する第2の駆動器とを含み、前記コントローラは、前記第1の駆動器に信号を選択的に提供することで前記第1の共振セクションを作動させ、前記第2の駆動器に信号を選択的に提供することで前記第2の共振セクションを作動させるように構成されている。

【0066】

前記制御手段は、作動中の共振セクションの第1の電圧状態を検出する前記制御手段に応答して、前記作動中の共振セクションの前記切替手段を第1の状態から第2の状態に切り替えるように構成されている。

40

【0067】

前記制御手段は、作動中の共振セクションの第2の電圧状態を検出する前記制御手段に応答して、前記作動中の共振セクションの前記切替手段を第2の状態から第1の状態に切り替えるように構成されている。

【0068】

前記第1の電圧状態は、前記作動中の誘導素子を流れる直流電流により前記作動中の誘導素子に蓄積される磁気エネルギーの量を示してもよい。

【0069】

前記第2の電圧状態は、前記作動中の共振セクションの誘導素子と前記容量素子との間

50

の所与の割合の電流振動のサイクルが、前記作動中の共振セクションの切り替え装置が第1の状態から第2の状態に切り替わってから完了したことを示す。

【0070】

本開示の第12の態様では、本開示の第1の態様による装置を含むエアロゾル供給デバイスが提供される。

【0071】

この供給デバイスは、非燃焼加熱装置としても知られるタバコ加熱装置であってもよい。

【0072】

本開示の第13の態様では、エアロゾル発生デバイスのための装置の制御方法が提供され、この装置はサセプタ装置を誘導加熱してエアロゾル発生材を加熱し、それによりエアロゾルを発生させる第1の誘導素子および第2の誘導素子を含む誘導加熱回路と、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子の作動を制御してサセプタ装置を加熱するように構成されているコントローラとを含み、この方法は、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子のうちの一方のみがどの時点においても作動するように、前記第1の誘導素子および第2の誘導素子を選択的に作動させ、かつ所定の間隔で、前記第1の誘導素子と第2の誘導素子のどちらを作動させるかを決定することを含む。

【0073】

本開示の第14の態様では、実行されると、第3の態様による方法が実施されるようにする一組の機械可読命令が提供される。

【0074】

本開示の第15の態様では、第4の態様による一連の命令を含む機械可読媒体が提供される。

【0075】

本開示の第16の態様では、第2の態様によるエアロゾル発生デバイスと、このデバイスによりエアロゾルを発生させるために使用中の前記デバイスによって加熱されるエアロゾル発生材とを含む物品を含むエアロゾル発生システムが提供される。

【0076】

必要に応じて、前記エアロゾル発生材はタバコ材料を含む。

【0077】

本発明のさらなる特徴および利点は、添付の図面を参照して作成された、例としてのみ与えられた、本発明の好ましい実施形態の以下の説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】エアロゾル発生デバイスの一例の正面図である。

【図2】外方カバーが取り外された、図1のエアロゾル発生デバイスの正面図である。

【図3】図1のエアロゾル発生デバイスの断面図である。

【図4】図2のエアロゾル発生デバイスの分解図である。

【図5A】エアロゾル発生デバイス内の加熱部材の断面図である。

【図5B】図5Aの加熱部材の一部拡大図を示す。

【図6】図1から図5Bのエアロゾル発生デバイス用の例示的な誘導加熱回路の概略図である。

【図7A】図6の例示的な誘導加熱回路のインダクタを流れる電流の概略図である。

【図7B】図6の例示的な誘導加熱回路の電流検出抵抗器の両端間の電圧の概略図である。

【図8】図6の回路の切り替え装置の両端間の電圧の概略図である。

【図9】図1から図5Bのデバイスの誘導加熱回路の例の別の概略図である。

【図10】前の図に表された例示的な誘導加熱回路の例示的な制御装置の様々な部分を示す。

【図11】前の図に表された例示的な誘導加熱回路の例示的な制御装置の様々な部分を示す。

【図12】前の図に表された例示的な誘導加熱回路の例示的な制御装置の様々な部分を示す。

10

20

30

40

50

す。

【図 1 3】前の図に表された例示的な誘導加熱回路の例示的な制御装置の様々な部分を示す。

【図 1 4】例示的な誘導加熱回路の状態を制御する例示的な方法を表すフローチャートである。

【図 1 5】例示的な誘導加熱回路の状態を制御する別の例示的な方法を表すフローチャートである。

【図 1 6】エアロゾル発生デバイスの使用例の期間全体を通して、サセプタの温度と、サセプタを加熱するために供給される目標電力の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0079】

本明細書中では「エアロゾル発生材」なる用語は、加熱すると揮発成分を典型的にはエアロゾルの形で供する材料を含む。エアロゾル発生材として、あらゆるタバコ含有材が上げられ、例えばタバコ、タバコ派生物、膨張タバコ、再生タバコまたはタバコ代替品のうちの1つ以上を含む。エアロゾル発生材は、製品によってニコチンを含むまたは含まない他の非タバコ製品を含む。エアロゾル発生材は、例えば、固体、液体、ゲル、ワックスなどの形態であってもよい。エアロゾル発生材はまた、例えば、材料の組み合わせまたはブレンドであってもよい。エアロゾル発生材は、「喫煙可能な材料」としても知られている場合がある。

【0080】

エアロゾル発生材を燃やさずまたは燃焼させずにエアロゾル発生材を加熱してエアロゾル発生材の少なくとも1つの成分を揮発させて、典型的には吸入可能なエアロゾルを形成する装置が知られている。そのような装置は、場合によっては「エアロゾル発生デバイス」、「エアロゾル供給デバイス」、「非燃焼加熱デバイス」、「タバコ加熱製品デバイス」または「タバコ加熱デバイス」またはそれに類似するものとして記載される。同様に通常はニコチンを含むまたは含まない液体の形体のエアロゾル発生材を気化する電子タバコデバイスと呼ばれているものがある。エアロゾル発生材は、ロッド、カートリッジまたはカセットの形体またはそれらの一部として供されてもよい。エアロゾル発生材を加熱し、揮発させるヒーターは装置の「永久」部品として設けられてもよい。

【0081】

エアロゾル供給デバイスは、加熱用のエアロゾル発生材を含む物品を受け入れることができる。本文脈において「物品」は、使用時に加熱されてエアロゾル発生材および任意に他の成分を揮発させるエアロゾル発生材を使用時に含むまたは含有する部品である。ユーザーはエアロゾル発生材が加熱されてエアロゾルを発生させ、その後ユーザーが吸入する前に物品をエアロゾル供給デバイス内に挿入する。物品は、例えば物品を収容する大きさのデバイスの加熱チェンバー内に設置されるように構成された予め定められたまたは特定の大きさであってもよい。

【0082】

次に、エアロゾル発生材の誘導加熱によりエアロゾルを発生させるように構成されたエアロゾル発生システム用の装置のいくつかの例を説明する。一部の例ではこの装置は、サセプタ装置を加熱するための誘導素子を含み、これはインダクタコイルであってもよい。サセプタ装置は、エアロゾル発生材を加熱してエアロゾルを発生させるように配置されている。一部の例ではこの装置は、電池などの直流電圧供給部から誘導素子を介して変動電流を発生させる。直流電圧供給部から変動電流を供給するために、第1の状態と第2の状態との間で切り替え可能な切り替え装置が設けられる。第1の状態と第2の状態との間の切り替え装置の切り替えを行うために、回路で検出された第1の電圧状態に応答して切り替え装置を第1の状態から第2の状態に切り替えるように構成される制御装置が設けられる。制御装置はまた、回路内で検出された第2の電圧状態に応答して、切り替え装置を第2の状態から第1の状態に切り替えるように構成されている。

【0083】

したがって、ユーザーによる吸入用のエアロゾルを発生させるエアロゾル発生システム用の誘導加熱装置が提供され、これにより変動電流で直流電圧供給部から誘導加熱を生成することができる。後に詳細に説明するように回路内で検出された電圧状態に応答して切り替え装置を作動させる制御装置は、回路を「自励発振」させて変動電流を発生させる。本明細書の例は、変動電流を生成するためのインバータなどの専用部品を使用せずに変動電流を発生することができる。一部の例では第1および第2の電圧状態の少なくとも1つは、回路の共振周波数に少なくとも部分的に依存するので、回路の自励発振操作は回路の共振周波数を考慮に入れており、共振周波数をコントローラ等で決定する必要はない。

【0084】

一部の例では制御装置は、回路内の電圧状態を検出し、それに応じて切り替え装置を制御する。一部の例では、この装置は制御装置による切り替え装置の切り替えを制御するコントローラも含む。このコントローラは、例えば回路に供給される電力を決定し、回路に供給される電力のそのような決定に基づいて切り替え装置を制御することができる。エアロゾル発生デバイスのさらなる特徴および例示的な装置は、以下の説明から明らかになる。次にエアロゾル発生デバイスの例を詳細に説明する。

【0085】

図1は、エアロゾル発生媒体／エアロゾル発生材からエアロゾルを発生させるためのエアロゾル供給デバイス100の一例を示している。大筋において、デバイス100は、エアロゾル発生媒体を含む交換可能な物品110を加熱して、デバイス100のユーザーによって吸い込まれるエアロゾルまたは他の吸入可能な媒体を発生させるために使用してもよい。

【0086】

デバイス100は、デバイス100の種々の部品を囲み、収容するハウジング102（外方カバーの形体）を含む。デバイス100は、一端部に開口部104を有し、それを介して物品110が加熱集合体による加熱のために挿入される。使用時、物品110は、加熱集合体に完全にまたは部分的に挿入され、そこで加熱集合体の1つ以上の部品によって加熱される。

【0087】

この例のデバイス100は、第1端部部材106を含み、これは蓋108を含み、この蓋は、物品110が所定の位置に無いときに開口部104を閉じるために第1端部部材106に対して可動である。図1では蓋108は開放構造に示されているが、蓋108は閉鎖構造に移動してもよい。例えば、ユーザーは蓋108を矢印Aの方向にスライドさせてもよい。

【0088】

デバイス100はまた、デバイス100を操作するボタンまたはスイッチなどのユーザーが操作可能な制御ボタン112を含む。例えば、ユーザーは、ボタン112を操作することでデバイス100を作動させることができる。

【0089】

デバイス100はまた、デバイス100の電池を充電するためのケーブルを受け入れることができるソケット・ポート114などの電気部品を備えてもよい。例えば、ソケット114は、USB充電ポートなどの充電ポートであってもよい。一部の例では、ソケット114は、追加でまたはこれとは別にデバイス100とコンピューターデバイスなどの別のデバイスとの間でデータを転送するために使用してもよい。

【0090】

図2は、外方カバー102を取り外した図1のデバイス100を示す。デバイス100は、長手方向軸134を画定する。

【0091】

図2に示すように、第1端部部材106がデバイスの一端部に配置され、第2端部部材116がデバイス100の反対の端部に配置されている。第1および第2の端部部材106、116は、共にデバイス100の端部面を少なくとも部分的に画定している。例えば

10

20

30

40

50

、第2端部部材116の底部面は、少なくとも部分的にデバイス100の底部面を画定している。外方カバー102の縁部も端部面の一部を画定している。この例では蓋108もデバイス100の上面の一部を画定している。また図2は調整部材112内に関連する第2のプリント基板138を示している。

【0092】

開口部104に近い方のデバイスの端部は、使用時にユーザーの口に近くなるのでデバイス100の近位端部（または吸い口端部）としても知られている。使用時、ユーザーは、開口部104に物品110を挿入し、ユーザー制御部を操作してエアロゾル発生材の加熱を開始し、デバイスに発生したエアロゾルを吸い込む。これによりデバイス100の近位端部に向かう流路に沿ってデバイス100内をエアロゾルが流れるようにする。

10

【0093】

開口部104から離れている装置の他端部は、使用時にユーザーの口から離れる方の端部となるので、デバイス100の遠位端部としても知られている。ユーザーがデバイスに発生したエアロゾルを吸い込むと、エアロゾルはデバイス100の遠位端部から離れるように流れる。

【0094】

デバイス100は、電源118をさらに含む。電源118は、例えば充電可能なバッテリーまたは充電不可のバッテリーなどのバッテリーであってもよい。好適なバッテリーの例としては、リチウムバッテリー（リチウムイオンバッテリーなどの）、ニッケルバッテリー（ニッケルカドミウムバッテリーなどの）およびアルカリバッテリーなどが挙げられる。バッテリーは加熱集合体に電氣的に接続され、エアロゾル発生材を加熱するために必要に応じてそしてコントローラ（図示せず）の制御の下電力を供給する。この例では、バッテリーはバッテリー118を所定の位置に保持する中央支持部120に接続される。

20

【0095】

デバイスは少なくとも1つの電子モジュールをさらに含む。電子モジュール122は、例えば印刷回路板（PCB）を含む。PCB122は、プロセッサなどの少なくとも1つのコントローラおよびメモリを保持することができる。PCB122はまた、デバイス100の様々な電子部品を互いに電氣的に接続するための1つ以上の電路を含む。例えば、電池端子は、電力をデバイス100全体に分配できるように、PCB122に電氣的に接続される。ソケット114はまた、電路を介して電池に電氣的に結合される。

30

【0096】

デバイス100の例では加熱集合体は、誘導加熱集合体であり、誘導加熱工程を介して物品110のエアロゾル発生材を加熱するための種々の部材を含む。誘導加熱は、電磁誘導によって導電性の物体（サセプタなどの）を加熱する工程である。誘導加熱集合体は、誘導部材、例えば1つ以上のインダクタコイルと、交流電流などの変動電流を誘導部材に通すためのデバイスとを含む。誘導部材内の変動電流は、変動磁場を発生させる。変動磁場は、好適には誘導部材に対して位置決めされたサセプタに侵入し、サセプタの内側に渦電流を発生させる。サセプタは渦電流に対して電気抵抗を有し、従って、この抵抗に対する渦電流の流れによってサセプタがジュール加熱によって加熱されるようにする。サセプタが鉄、ニッケルまたはコバルトなどの強磁性材を含む場合、熱がサセプタ内の磁気ヒステリシス損失によって、即ち変動磁場と合致することの結果として磁性材の磁気双極子の向きの変化によって発せられてもよい。誘導加熱では例えば伝導による加熱に較べて熱がサセプタの内側に発せられ、素早い加熱を可能にする。さらに誘電ヒーターとサセプタとの間になんら物理的な接触の必要が無く、構造および用途の自由度を高めることができる。

40

【0097】

デバイス100の例の誘導加熱集合体は、サセプタ構造体132（以下、「サセプタ」とする）、第1のインダクタコイル124と、第2のインダクタコイル126とを含む。第1および第2インダクタコイル124、126は、導電性材料から作製される。この例では第1および第2インダクタコイル124、126は、リッツ線／ケーブルから作製され、これは螺旋状に巻かれ、ヘリカルインダクタコイル124、126を供する。リッツ

50

線は、複数の個別の線を含み、これらは個別に絶縁され、一緒にねじられて1本の線を形成する。リッツ線は、導体中の表皮効果損失を減らすように設計されている。デバイス100の例では第1および第2インダクタコイル124、126は、矩形断面の銅リッツ線から作製される。他の例ではリッツ線は円形などの他の形状の断面を有してもよい。

【0098】

第1インダクタコイル124は、サセプタ132の第1セクションを加熱するための第1の変動磁場を発生させるように構成され、第2インダクタコイル126は、サセプタ132の第2セクションを加熱するための第2の変動磁場を発生させるように構成されている。ここでサセプタ132の第1のセクションは第1のサセプタ領域132aと称され、サセプタ132の第2のセクションは第2のサセプタ領域132bと称される。この例では第1インダクタコイル124は、デバイス100の長手方向軸134に沿った方向に第2インダクタコイル126と隣接する（即ち、第1および第2インダクタコイル124、126は、重ならない）。この例ではサセプタ装置132は2つの領域を含む単独のサセプタを含むが、他の例ではサセプタ装置132は2つ以上の別個のサセプタを含む。第1および第2インダクタコイル124、126の端部130はPCB122に接続されている。

【0099】

当然のことながら一部の例では第1および第2のインダクタコイル124、126は、互いに異なる少なくとも1つの特性を持っていてもよい。例えば、第1のインダクタコイル124は、第2のインダクタコイル126とは異なる少なくとも1つの特性を持っていてもよい。より具体的には、一例では、第1のインダクタコイル124は、第2のインダクタコイル126とは異なるインダクタンス値を持っていてもよい。図2に示すように、第1および第2のインダクタコイル124、126は、第1のインダクタコイル124が第2のインダクタコイル126よりもサセプタ132のより小さな部分に巻かれるように異なる長さでのものである。したがって、第1のインダクタコイル124は、第2のインダクタコイル126とは巻数（個々の巻きの間隔が実質的に同じであると仮定）が異なってもよい。さらに別の例では、第1のインダクタコイル124は、第2のインダクタコイル126とは異なる材料でできていてもよい。一部の例では、第1および第2のインダクタコイル124、126は、実質的に同一であってもよい。

【0100】

この例ではインダクタコイル124、126は、互いに同じ方向に巻かれている。即ち、第1のインダクタコイル124および第2のインダクタコイル126の両方が左巻きの螺旋である。別の例では、両方のインダクタコイル124、126は、右巻きの螺旋であってもよい。さらに別の例（図示せず）では、第1のインダクタコイル124および第2のインダクタコイル126は反対方向に巻かれている。これは、インダクタコイルが異なる時間に作動する場合に有効である。例えば、まず第1のインダクタコイル124が物品110の第1の部分を加熱するように作動し、その後、第2のインダクタコイル126が物品110の第2の部分を加熱するように作動してもよい。反対方向に巻くと、特定の種類の制御回路と組み合わせて使用した場合に、非作動コイルに誘導される電流を減らすことができる。コイル124、126が異なる方向に巻かれている一例（図示せず）では、第1のインダクタコイル124が右巻きで、第2のインダクタコイル126左巻きの螺旋であってもよい。別のそのような実施形態では、第1のインダクタコイル124は左巻きの螺旋で、第2のインダクタコイル126は右巻きの螺旋であってもよい。

【0101】

この例のサセプタ132は中空であり、従って中にエアロゾル発生材が収容される受け部を画定する。例えば、物品110はサセプタ132内に挿入される。この例ではサセプタ120は管状で円形の断面を有する。

【0102】

図2のデバイス100は、ほぼ管状であり、少なくとも部分的にサセプタ132を囲む絶縁部材128をさらに含む。絶縁部材128は、例えばプラスチック材料などの任意の

絶縁材料で作られる。この特定の例では、絶縁部材は、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）でできている。絶縁部材128は、サセプタ132で生成された熱からデバイス100の様々な部品を絶縁するのを強化することができる。

【0103】

絶縁部材128はまた、第1および第2のインダクタコイル124、126を完全にまたは部分的に支持することができる。例えば、図2に示すように、第1および第2のインダクタコイル124、126は、絶縁部材128の周りに配置され、絶縁部材128の半径方向外向きの表面に接している。一部の例では絶縁部材128は、第1および第2のインダクタコイル124、126に隣接しない。例えば、小さな間隙が絶縁部材128の外面と第1および第2のインダクタコイル124、126の内面の間には存在しない。

10

【0104】

特定の例ではサセプタ132、絶縁部材128、および第1および第2のインダクタコイル124、126は、サセプタ132の中心長手方向軸の周りに同軸である。

【0105】

図3は、部分断面におけるデバイス100の側面を示す。この例でも外方カバー102は存在しない。第1および第2のインダクタコイル124、126の円形断面形状は、図3でより明確に見ることができる。

【0106】

デバイス100は、サセプタ132の一端に係合してサセプタ132を所定の位置に保持する支持体136をさらに含む。支持体136は、第2の端部部材116に接続されている。

20

【0107】

デバイス100は、デバイス100の遠位端部に向かって配置された第2の蓋140およびばね142をさらに含む。ばね142は、第2の蓋140を開けて、サセプタ132に触れられるようにする。例えば、第2の蓋140を開いて、サセプタ132および／または支持体136を洗浄する。

【0108】

デバイス100は、サセプタ132の近位端部から離れてデバイスの開口部104の方に延びた膨張チェンバー144をさらに含む。少なくとも部分的に膨張チェンバー144内に配置されているのは、デバイス100内に収容された際に物品110と当接し、保持する保持クリップ146である。膨張チェンバー144は、端部部材106に接続されている。

30

【0109】

図4は外方カバー102が省略されている図1のデバイス100の分解図である。

【0110】

図5Aは、図1のデバイス100の一部の断面を示している。図5Bは、図5Aのある領域を拡大して示している。図5Aおよび5Bは、サセプタ132内に収容された物品110を示し、物品110は、その外面がサセプタ132の内面と当接するような寸法になっている。これにより加熱が最も効率的になる。この例の物品110は、エアロゾル発生材110aを含む。エアロゾル発生材110aはサセプタ132内に位置決めされる。また物品110は、フィルタ包装材および／または冷却構造体などの他の部材を含んでもよい。

40

【0111】

図5Bは、サセプタ132の外面がサセプタ132の長手方向軸158に垂直な方向に測定して距離150の分だけインダクタコイル124、126の内面から離れていることを示している。1つの特定の例では距離150は、約3mm～4mm、約3～3.5mmまたは約3.25mmである。

【0112】

図5Bは、絶縁部材128の外面がサセプタ132の長手方向軸158に垂直な方向に測定して距離152の分だけインダクタコイル124、126の内面から離れていること

50

をさらに示している。1つの特定の例では距離は、約0.05 mmである。別の例ではその距離152は、インダクタコイル124、126が絶縁部材128と当接し、触れるように実質的には0 mmである。

【0113】

一例では、サセプタ132は、約0.025 mm～1 mm、または約0.05 mmの壁厚154を有する。

【0114】

一例では、サセプタ132は、約40 mm～60 mm、約40 mm～45 mm、または約44.5 mmの長さを有する。

【0115】

一例では、絶縁部材128は、約0.25 mm～2 mm、0.25 mm～1 mm、または約0.5 mmの壁厚156を有する。

【0116】

上記のように例示的なデバイス100の加熱部材は、誘導加熱プロセスにより物品110のエアロゾル発生材を加熱するための様々な部品を含む誘導加熱部材である。特に、第1のインダクタコイル124および第2のインダクタコイル126は、サセプタ132のそれぞれの第1の区域132aおよび第2の区域132bを加熱することで、エアロゾル発生材を加熱してエアロゾルを発生させるのに使用される。次に、図6から12を参照して、第1および第2のインダクタコイル124、126を使用してサセプタ装置132を誘導加熱する際のデバイス100の動作を詳細に説明する。

【0117】

デバイス100の誘導加熱部材はLC回路を含む。LC回路は、誘導素子によって発生するインダクタンスLと、コンデンサによって発生する静電容量Cを有する。デバイス100において、インダクタンスLは第1および第2のインダクタコイル124、126によって発生し、静電容量Cは、後に説明するように、複数のコンデンサによって発生する。インダクタンスLと静電容量Cを含む誘導加熱回路は、場合によっては、抵抗器の抵抗Rを含むRLC回路として表すことができる。場合によっては、インダクタとコンデンサを接続する回路の部分のオーム抵抗によって抵抗が発生するため、回路に抵抗自体を含める必要はない。このような回路は、回路素子のインピーダンスまたはアドミタンスの虚数部が互いに打ち消し合うときに特定の共振周波数で発生する電気共振を示す場合がある。

【0118】

LC回路の一例は、インダクタとコンデンサが直列に接続された直列回路である。LC回路の別の例は、インダクタとコンデンサが並列に接続されている並列LC回路である。インダクタの崩壊磁場がコンデンサを充電する巻線に電流を生成し、放電コンデンサがインダクタに磁場を構築する電流を供給するため、LC回路で共振が発生する。並列LC回路が共振周波数で駆動される場合、回路の動的インピーダンスは最大になり（インダクタのリアクタンスはコンデンサのリアクタンスに等しいため）、回路電流は最小になる。ただし、並列LC回路の場合、並列インダクタとコンデンサループは電流乗算器として機能する（ループ内の電流を効果的に乗算し、インダクタを流れる電流を乗算する）。したがって、サセプタを加熱するために回路が作動している間、少なくともしばらくの間、RLCまたはLC回路が共振周波数で作動できるようにすると、磁場の最大値を提供することでサセプタを貫通する効果的および／または効率的な誘導加熱を提供することができる。

【0119】

サセプタ132を加熱するためにデバイス100に使用されるLC回路は、以下に説明するように、切り替え装置として機能する1つ以上のトランジスタを利用することができる。トランジスタは、電子信号を切り替えるための半導体装置である。トランジスタは通常、電子回路に接続するための少なくとも3つの端子を備えている。電界効果トランジスタ(FET)は、印加された電界の効果を使用してトランジスタの実効コンダクタンスを変化させることができるトランジスタである。電界効果トランジスタは、本体、ソース端子S、ドレイン端子D、およびゲート端子Gを含む。電界効果トランジスタは、電荷キャ

10

20

30

40

50

リア、電子または正孔がソースSおよびドレインD間を流れることができる半導体を含む活性チャネルを含む。チャネルの導電率、即ちドレイン端子Dとソース端子S間の導電率は、例えば、ゲート端子Gとソース端子Sの間の電位差の関数であり、例えば、ゲート端子Gに印加された電位によって決まる。エンハンスメントモードのFETでは、ソースS電圧へのゲートGが実質的にゼロの場合、FETはオフ（即ち、電流の通過を実質的に防止）になり、実質的にゼロ以外のゲートG－ソースS電圧がある場合、オン（即ち、電流の通過を実質的に許可）になる。

【0120】

デバイス100の回路で利用できるトランジスタの1つの種類は、nチャネル（またはn型）電界効果トランジスタ（n-FET）である。n-FETは電界効果トランジスタであり、そのチャネルはn型半導体で構成されている。ここで、電子が多数キャリアであり、正孔は少数キャリアである。例えば、n型半導体は、供与体不純物（例えば、リンなど）でドーピングされた真性半導体（例えば、シリコンなど）を含む。nチャネルFETでは、ドレイン端子Dはソース端子Sよりも高い電位に配置される（即ち、正のドレイン－ソース間電圧、即ち負のソース－ドレイン間電圧がある）。nチャネルFETを「オン」にする（即ち、電流を通過させる）ために、ソース端子Sの電位よりも高い切替電位がゲート端子Gに印加される。

【0121】

デバイス100で 사용할 ことができる別種のトランジスタは、pチャネル（またはp型）電界効果トランジスタ（p-FET）である。p-FETは電界効果トランジスタであり、そのチャネルはp型半導体で構成されている。ここで、正孔は多数キャリアであり、電子が少数キャリアである。例えば、p型半導体は、受容体不純物（例えば、ホウ素など）でドーピングされた真性半導体（例えば、シリコンなど）を含む。pチャネルFETでは、ソース端子Sはドレイン端子Dよりも高い電位に配置される（即ち、負のドレイン－ソース間電圧、即ち正のソース－ドレイン間電圧がある）。pチャネルFETを「オン」にする（即ち、電流を通過させる）ために、ソース端子Sの電位よりも低い切替電位（例えば、ドレイン端子Dの電位よりも高い）がゲート端子Gに印加される。

【0122】

一部の例ではデバイス100で使用される1つ以上のFETは、金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）であってもよい。MOSFETは電界効果トランジスタであり、そのゲート端子Gは絶縁層によって半導体チャネルから電気的に絶縁されている。一部の例では、ゲート端子Gは金属であり、絶縁層は酸化物（例えば、二酸化ケイ素など）、したがって「金属酸化物半導体」であってもよい。しかしながら、他の例では、ゲートは、ポリシリコンなどの金属以外の材料から作製され、および／または絶縁層は、他の誘電体材料などの酸化物以外の材料から作製される。それにもかかわらず、そのような装置は、通常、金属酸化物半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）と呼ばれ、本明細書で使用される場合、金属酸化物半導体電界効果トランジスタまたはMOSFETという用語は、そのような装置を含むと解釈されるべきである。

【0123】

MOSFETは、半導体がn型であるnチャネル（またはn型）MOSFETであってもよい。nチャネルMOSFET（n-MOSFET）は、nチャネルFETについて前述したのと同じ方法で操作できる。別の例として、MOSFETは、半導体がp型であるpチャネル（またはp型）MOSFETであってもよい。pチャネルMOSFET（p-MOSFET）は、pチャネルFETについて前述したのと同じ方法で操作できる。n-MOSFETは通常、p-MOSFETよりもソース－ドレイン抵抗が低くなる。したがって、「オン」状態（即ち、電流が通過している状態）では、n-MOSFETはp-MOSFETと比較して発生する熱が少なく、したがって、p-MOSFETよりも作動中のエネルギーの浪費が少ない可能性がある。さらに、n-MOSFETは通常、p-MOSFETと比較して切替時間（即ち、ゲート端子Gに提供される切替電位を変化させてからMOSFETに電流が流れるかどうかを変化させるまでの特徴的な応答時間）が短く、

10

20

30

40

50

これにより、高い切替速度が高くなり切替制御が改善される。

【0124】

ここで図6を参照してデバイス100による誘導加熱のための回路について説明する。図6は、エアロゾル発生デバイス100の誘導加熱回路600の一部の簡略化された概略図を示す。図6は、第1のサセプタ域132aを加熱するための第1のインダクタコイル124を含む誘導加熱回路600の一部を示す。変動電流が第1のインダクタコイル124を流れる。第1のサセプタ域132aは、サセプタ132が第1のインダクタ124と誘導結合し、渦電流の生成を通じて加熱される方法を表す誘導素子および抵抗素子を有するものとして図6に表されている。なお、デバイス100は、図6には示されていない第2のインダクタコイル126をさらに含む。第2のインダクタコイル126もまた、誘導加熱回路600の一部であり、以下に説明するように第2のサセプタ域132bを加熱するように制御される。しかしながら、明確にするために、回路600を、まず、図6に示すそれらの構造を参照して説明する。

10

【0125】

回路600は、第1の共振セクション601と、第1の共振セクション601に直流電圧を供給する直流電圧供給部118と、回路600を制御する制御装置をと含む。第1の共振セクション601は、第1のインダクタ124と第1のFET608を含む切替装置を含み、制御装置は、後により詳細に説明するように、回路600で検出された電圧状態に応答して、FET608を第1の状態と第2の状態との間で切り替えて第1のインダクタ124を作動させるように構成される。回路600は、サセプタ132を除いて、デバイス100のPCB122に配置され、インダクタコイル124は、第1の端部130aおよび第2の端部130bでPCB122に接続されている。

20

【0126】

第1の共振セクション601は、第1のコンデンサ606と、第2のコンデンサ610とを含み、両方とも第1のインダクタ124と並列に配置され、第1の共振セクション601が共振すると、インダクタ124を経て第1のコンデンサ606と第2のコンデンサ610との間に交流電流が流れる。上記のように、第1のFET608、この例ではnチャネルMOSFETは、第1の共振セクション601で切り替え装置として作動するように構成されている。

【0127】

なお、他の例では、共振セクション601は、例えば、第1のコンデンサ606の位置、または第2のコンデンサ610の位置に、1つのコンデンサのみを含む。他の例では、共振セクション601は、3つ以上のコンデンサなど、それ以外の数のコンデンサを含む。例えば、第1のコンデンサ606および第2のコンデンサ610のいずれかまたは両方は、互いに並列に配置された2つ以上のコンデンサによって置き換えられる。当然のことながら、共振セクション601は、共振セクション601のインダクタンスLおよび静電容量Cに依存する共振周波数を有する。共振セクション601内のコンデンサの数、種類、および配置は、回路600で使用される電力水準と回路600の所望の作動周波数を考慮して選択される。例えば、当然のことながら、個々のコンデンサおよび前記コンデンサの配置は、電流を処理する前記コンデンサの能力の制限と同様に、等価直列抵抗(ESR)を有すると見なすことができる。そのような構造は、共振セクション601に静電容量を提供するコンデンサの配置を決定するときに考慮に入れることができる。例えば、所望の電力レベルおよび作動周波数に応じて、複数のコンデンサを並列に提供することには利点があり、より高い静電容量またはより低いESRを提供することができる。この例では、第1および第2のコンデンサ606、610は両方とも、それぞれが約100nFの静電容量を有するセラミックCOGコンデンサである。他の例では、他種のコンデンサおよび／または他の静電容量値を有するコンデンサ、例えば、この段落で概説されている検討事項に従って、静電容量値が等しくないコンデンサを使用することができる。

30

40

【0128】

第1の共振セクション601には、直流電圧供給部器118から直流電圧が供給され、

50

これは、例えば、上記のように、電池によって供給される電圧である。図6に示すように、直流電圧供給部118は、正の端子118aおよび負の端子118bを備える。一例では、直流電圧供給部118は、約4.2Vの直流電圧を第1の共振セクション601に供給する。他の例では、直流電圧供給部118は、例えば、2V～10V、または約3V～5Vの電圧を供給してもよい。

【0129】

コントローラ1001は、回路600の作動を制御するように構成される。コントローラ1001は、マイクロコントローラ、例えば、複数の入力および出力を含むマイクロ処理装置(MPU)を備えてもよい。一例では、コントローラ1001は、STM32L051C8T6モデルMPUである。一部の例では、回路600に設けられる直流電圧供給部118は、それ自体が電池または他の電源から電力を受け入れるコントローラ1001からの出力によって提供される。

【0130】

直流電圧源118の正端子118aは、第1の接続点600Aに電氣的に接続されている。一例では、直流電圧源118は、直流電圧源118から電力を受け取り、回路600を含むデバイスの部品に直流電圧源によって供給される電圧を供給するコントローラ1001を経て接続点600Aに接続される。第1の接続点600Aは、第1のコンデンサ606の第1端部606aおよび第1のインダクタ124の第1端部130aに電氣的に接続されている。第1のインダクタ124の第2端部130bは、第2の接続点600B(図6では回路図の2つの電氣的に等価な点で表される)に電氣的に接続されている。第2の接続点600Bは、FET608のドレイン端子608Dに電氣的に接続されている。この例では、第2の接続点600Bもまた、第2のコンデンサ610の第1の端部610aに電氣的に接続されている。第1のFET608のソース端子608Sは、第3の接続点600Cに電氣的に接続されている。第3の接続点600Cは、接地616に電氣的に接続されており、この例では、第2のコンデンサ610の第2の端部610bに接続されている。第3の接続点600Cは、電流検出抵抗器615を経て第4の接続点600Dに接続され、第4の接続点600Dは、直流電圧源118の負端子118bに電氣的に接続され、これは、正端子と同様に一例ではコントローラ1001を介して供給される。

【0131】

なお、第2のコンデンサ610が存在しない例では、第3の接続点600Cは、3つの電気接続、即ち、第1のFETソース端子608S、接地616、および電流検出抵抗器615に対する接続、のみを有する。

【0132】

上記のように、第1のFET608は、第1の共振セクション601で切り替え装置として機能する。第1のFET608は、第1の状態、即ち「オン」状態と第2の状態、即ち「オフ」状態との間で作動可能である。当業者には分かっていることだが、nチャネルFETがオフ状態にあるとき(即ち、適切な制御電圧がそのゲートに印加されていないとき)は、効果的にダイオードとして機能する。図6では第1のFET608がそのオフ状態にあるときは、第1のダイオード608aがダイオード機能を有する。即ち、FET608がオフ状態にあるとき、第1のダイオード608aが、ドレイン端子608Dからソース端子608Sに流れる電流を大部分阻止するが、第1のダイオード608aが適切に順方向にバイアスされている場合は、電流はソース端子608Sからドレイン端子608Dに流れる。適切な制御電圧がゲートに印加され、ドレインDとソースSの間に導電パスが存在する場合、nチャネルFETはオン状態になる。したがって、第1のFET608がオン状態になると、第1の共振セクション601内で閉じたスイッチのように作動する。

【0133】

上記のように回路600は、第1の共振セクション601と追加の制御装置を含むと見なすことができる。制御装置は、比較器618、ゼロ電圧検出器621、およびフリップフロップ622を含み、第1の共振セクション601内の電圧状態を検出し、検出された電圧状態に応答して第1のFET608を制御するように構成される。次に制御装置によ

10

20

30

40

50

る第1のFET608のこの制御について、より詳細に説明する。

【0134】

第2の接続点600Bには、電圧状態、即ち、接地電圧に対して0Vまたはそれに近い電圧を検出するように構成されたゼロ電圧検出器621が、回路600内のゼロ電圧検出器621が接続されている点で電氣的に接続されている。ゼロ電圧検出器621は、FET608の状態の切り替えを制御するための信号を出力するように構成される。即ち、ゼロ電圧検出器621は、フリップフロップ622に信号を出力するように構成される。フリップフロップ622は、2つの安定状態間で作動可能な電気回路である。フリップフロップ622は、フリップフロップの状態に応じて第1のFETゲート端子608Gに電圧を印加するように構成された第1のゲート駆動部623に電氣的に接続されている。即ち、第1のゲート駆動部623は、フリップフロップが一方の状態にあるときに、FET608をオン状態に切り替えるために第1のFETゲート端子608Gに適切な電圧を提供するように構成されるが、フリップフロップ622が他の状態にあるときは、FET608をオン状態に維持するための適切な電圧を印加しないように構成される。例えば、第1のゲート駆動部623は、フリップフロップ622が状態「1」にあるときにFET608をオンに切り替えるために第1のFETゲート608Gに適切なゲートソース電圧を印加し、第1のゲート駆動部623は、フリップフロップ622が状態「0」にあるときにゲートソース電圧を印加しないように構成される。したがって、フリップフロップ手段622の状態によって、第1のFET608がオンであるかオフであるかが制御される。

【0135】

この例では制御装置のゼロ電圧検出器621および第1のゲート駆動部623は、コントローラ1001からそれぞれの信号1011、1021を受信するように構成され、これにより、後により詳細に説明するように、コントローラ1001は、回路600の作動を開始および制御することができる。

【0136】

第4の接続点600Dには制御電圧線619が電氣的に接続されている。制御電圧線619は抵抗器617aを介して第5の接続点600Eに電氣的に接続され、第5の接続点600Eは電圧比較器618（以下、比較器618）に電氣的に接続されている。第5の接続点600Eは比較器618の正端子に電氣的に接続されている。比較器618の負端子は接地616に接続されている。この例では、比較器618は、第5の接続点600Eにおける電圧の接地電圧に対する比較に基づいて信号を出力するように構成される。比較器618の出力信号は、フリップフロップ622に送信される。制御電圧1031は、この例では、コントローラ1001から、第2の抵抗器617bを介して制御電圧線619に供給される。

【0137】

上記のように、比較器618は、フリップフロップ622に出力を印加するように電氣的に接続されている。フリップフロップ622は、比較器618からの出力信号がフリップフロップ622の状態を切り替え、それにより第1の駆動部623が第1のFET608の状態を切り替える。

【0138】

次に例示的な回路600の機能を、第1のインダクタコイル124が第1のサセプタ域132aを加熱すべく操作されるように、コントローラ1001によって作動される第1の共振セクション601の状況でより詳細に説明する。

【0139】

まず、第1のFET608はオフ状態で、したがってダイオード608aとして機能し、インダクタ124に電流が流れないようにする。コントローラ1001は、回路600の作動を開始して、第1のサセプタ域132aを加熱する。FET608は、オフ状態からオン状態に切り替わる。この例ではコントローラは、ゼロ電圧検出器621にSTART信号1011を印加して回路600の作動を開始する。それによりフリップフロップ622の状態が切り替わり、第1のゲート駆動部623がFETゲート端子608Gに信号

を印加し、FETをオン状態に切り替える。

【0140】

FET608がオン状態に切り替わると、回路600の自励発振加熱サイクルと呼ばれ得るものが始まる。現在オン状態にあるFET608は、直流電流が直流電圧源の正の端子118aから第1のインダクタ124を通して流れ始め、電流検出抵抗器615を経て直流電圧源の負の端子118bに戻す閉スイッチとして機能する。第1のインダクタ124は、よく知られているように、電流のこの最初の増加に対抗し、ファラデーおよびレンツの法則により逆直流を生成する。オン状態では、ドレイン端子608Dとソース端子608Sとの間の電圧は実質的にゼロである。

【0141】

図7Aは、時間 t_0 で、FET608がオンにされたときから始まる時間Tに対して第1のインダクタ124を流れる電流の概略的なグラフ表示を示す。時間 t_0 から、直流電流は、インダクタ124のインダクタンスL1、回路600の直流抵抗、および直流供給電圧に依存する速度で、ゼロからインダクタ124に蓄積し始める。一例では電流検出抵抗器615は、約 $2\text{ m}\Omega$ の抵抗を有し、インダクタ124は、 $2\text{ m}\Omega \sim 15\text{ m}\Omega$ 、または $4\text{ m}\Omega \sim 10\text{ m}\Omega$ 、あるいはこの例では約 $5 \cdot 2\text{ m}\Omega$ の直流抵抗を有する。インダクタ内のこの電流の蓄積は、磁気エネルギーを蓄積するインダクタ124に対応し、インダクタ124によって蓄積できる磁気エネルギーの量は、自明のように、そのインダクタンスL1に依存する。

【0142】

図7Bは、FET608がオンにされたときの時間 t_0 からの時間tに対する電流検出抵抗器615の両端部間の電圧の簡略化された表現を示す。FET608がオンになった直後に、インダクタ124の両端に電圧が発生する。これは、インダクタが電流の増加に対抗するときにインダクタ124が生成する逆起電力である。したがって、このとき、直流電源118から印加される電圧差のほとんどすべてがインダクタ124の両端で降下するので、図7Bに示される電流検出抵抗器615の両端部の電圧は、小さい。次にインダクタ124を流れる電流が増加し、インダクタ124の逆起電力が減衰するにつれて、電流検出抵抗器615の両端部間の電圧が上昇する。これは、図7Bに示すように、電流検出抵抗器615の両端に負の電圧が発生していると見なされる。即ち、電流検出抵抗器615の両端部の電圧は、FET608がオンになっている時間の長さにつれてますます負になる。

【0143】

電流検出抵抗器615の両端部間の次第に大きくなる負の電圧は、インダクタ124を流れる電流の増加に対応するので、電流検出抵抗器615の両端部の電圧の大きさは、インダクタ124を流れる電流を示す。FET608がそのままの状態のとき、インダクタ124を流れる電流および電流検出抵抗器615の両端部の電圧は、インダクタンスL1および回路600の直流抵抗に依存する時定数で、それぞれの最大値 I_{max} 、 V_{max} （直流電源118によって供給される直流電圧および回路600の直流抵抗に依存する）に向かって実質的に直線的に増加する。なお、インダクタ124を流れる電流は、時間 t_0 の後に変化するので、第1のインダクタ124を流れる直流電流が蓄積する間にサセプタ132の多少の誘導加熱が起こり得る。

【0144】

回路600は、FET608がオンに切り替えられている間に第1のインダクタ124に蓄積されるエネルギーの量を制御装置で決定し、コントローラ1001で制御するように構成される。コントローラ1001は、次に説明するようにインダクタ124に蓄積することができる直流電流の量（したがって、磁気エネルギーの量）を制御する。

【0145】

上記のように制御電圧1031は、制御電圧線619に印加される。この例では制御電圧1031は、正の電圧であり、比較器618の正の端子に入力される電圧（即ち、第5の接続点600Eの電圧）は、どの時点においても、制御電圧1031の値および第4の

10

20

30

40

50

接続点 600D の電圧に依存している。電流検出抵抗器 615 の両端部の負電圧が特定の値に達すると、第 5 の接続点 600E で正の制御電圧 1031 を相殺し、第 5 の接続点 600E で 0V の電圧（即ち、接地電圧）を与える。この例では、抵抗器 617a の抵抗は $2\text{ k}\Omega$ である。抵抗器 617b は、 $70\text{ k}\Omega$ のコントローラ 1001 に対する実効抵抗を表す。第 5 の接続点 600E の電圧は、電流検出抵抗器 615 の両端部の負電圧が制御電圧 1031 と同じ大きさのときに 0V に達する。

【0146】

比較器 618 は、その正端子の電圧をその負端子に接続された接地 616 の電圧と比較し、その結果として信号を出力するように構成される。一例では比較器は、On-Semiconductor から入手できる標準部品 FAN156 である。したがって、第 5 の接続点 600E の電圧が 0V に達すると、比較器 618 は、その正端子で 0V 信号を受信し、比較器 618 による比較の結果は、正端子の電圧が負端子の電圧に等しい。その結果、比較器 618 は、信号をフリップフロップ 622 に出力し、FET 608 をオフに切り替える。したがって、FET 608 のスイッチオフは、回路 600 で検出された電圧状態、即ち、この例では、比較器 618 が、その端子間の電圧の比較によって、電流検出抵抗器 615 の両端部の負の電圧を検出したときに依存する。時間 t_1 で発生する制御電圧 1031 と同じ大きさに達した場合、FET 608 はオフに切り替えられる。図 7A では、FET 608 がオフに切り替えられたときに時間 t_1 でインダクタ 124 を流れる直流電流は、 I_1 で表される。

【0147】

FET 608 がオフになると時間 t_1 で、FET 608 は、共振セクション 601 の閉スイッチのように作動するスイッチからダイオード 608a のように作動するように切り替わり、直流電源 118 からの供給を目的として効果的に開スイッチのように作動する。時間 t_1 において、インダクタ 124 を経て接地 616 に至る直流電流の経路は、FET 608 によって遮断される。これは、第 1 のインダクタ 124 に流れる電流が減衰する原因になり（これは図 7A には示されていない）、インダクタ 124 誘導電圧を生成することで、この電流の変化に対抗する。したがって、電流は、第 1 の共振セクション 601 の共振周波数で、インダクタ 124 とコンデンサ 606、608 との間で前後に振動し始める。

【0148】

同様にインダクタ 124 の両端部、したがって第 1 の FET ドレイン 608D 端子とソース 608S 端子との間の電圧は、第 1 の共振セクション 601 の共振周波数で発振し始める。インダクタ 124 の両端の電流および電圧が発振し始めると、サセプタ 132 は誘導的に加熱される。したがって、FET 608 をオフ状態に切り替えることは、時間 t_1 でインダクタ 124 に蓄積された磁気エネルギーを解放して、サセプタ 132 を加熱するように作用する。

【0149】

図 8 は、時間 t_0 から t_1 までオン状態にある FET 608 から始まる第 1 の FET 608 の両端部の電圧波形 800 を示す。図 8 に示される時間で、第 1 の FET 608 は、2 回オフおよびオンされる。

【0150】

電圧波形 800 は、第 1 の FET 608 がオンのときの時間 t_0 と t_1 との間の第 1 の区分 800a と、第 1 の FET 608 がオフのときの第 2 の区分 800b から 800d を含む。区分 800e では、FET 608 が再びオンになり、第 1 の区分 800a と同等の第 3 の区分 800f が始まり、第 1 の FET 608 はオンのままであり、インダクタ 124 を通る上記の直流電流の蓄積過程が繰り返される。図 8 はまた、FET 608 の両端の電圧の発振を可能にするために第 1 の FET 608 が再びオフに切り替えられたときの第 4 の区分 800g と、第 1 の FET 608 がその後再びオンにされたときの第 5 の区分 800h を示す。

【0151】

区分 800 a、800 f、および 800 h で第 1 の FET 608 がオンになっているとき、第 1 の FET 608 の両端の電圧はゼロである。区分 800 b から 800 d および区分 800 g によって示すように、第 1 の FET 608 がオフにされるとき、第 1 のインダクタ 124 は、その磁場（この磁場は、第 1 の FET 608 がオンのときに蓄積された直流電流の結果であった）に蓄積されたエネルギーを使用し、第 1 の FET 608 がオフである結果として、第 1 のインダクタ 124 を流れる電流の低下に対抗する電圧を誘導する。第 1 のインダクタ 124 に誘導された電圧は、第 1 の FET 608 の両端の電圧の対応する変動を引き起こす。この電圧の変動中に、第 1 のインダクタ 124 およびコンデンサ 606、610 は、正弦波形で互いに共振し始める。電圧波形 800 によって示される電圧は、第 1 の FET 608 がオフになっていることによる電流の低下に対抗するために第 1 のインダクタ 124 の誘導電圧が増加するにつれて最初に増加し（例えば、800 b を参照）、ピークに達する（例えば、800 c を参照）。次に、第 1 のインダクタ 124 の磁場に蓄積されたエネルギーが減少するにつれて、ゼロに戻って減少する（例えば、800 d を参照のこと）。

【0152】

変動電圧 800 b から 800 d および 800 g は、対応する変動電流（図示せず）を生成し、第 1 の FET 608 のオフ時間の間、コンデンサ 606、610 および第 1 のインダクタ 124 は共振 LC 回路として作用するので、第 1 のインダクタ 124 およびコンデンサ 606、610 の組み合わせの全インピーダンスは、この時間の間は最小値である。したがって、当然のことだが、第 1 のインダクタ 124 を流れる変動電流の最大の大きさは比較的大きい。この比較的大きな変動電流は、第 1 のインダクタ 124 に比較的大きな変動磁場を引き起こし、これによりサセプタ 132 が熱を発生する。この例では区分 800 b から 800 d および区分 800 g で示すように、第 1 の FET 608 の両端の電圧が変化する期間は、第 1 の共振セクション 601 の共振周波数に依存する。

【0153】

ここで図 6 および図 8 を参照すると、第 1 の FET 608 がオフで、第 1 の FET 608 の両端の電圧が 0 V に向かって減少するとき、ゼロ電圧検出器 621 がこの電圧状態を検出し、第 1 の FET 608 をオン状態に戻すフリップフロップ 622 に信号を出力するように回路 600 が構成される。即ち、第 1 の共振セクション 601 内で検出されたこの電圧状態にตอบสนองして、FET 608 はオフ状態からオン状態に切り替えられる。ゼロ電圧検出器 621 は、FET 608 がオフにされてから、誘導素子と容量素子との間の所定の割合の電流振動のサイクルが完了したことを示す電圧状態を検出すると見なすことができる。即ち、ゼロ電圧検出器 621 は、FET 608 の両端の電圧が 0 V またはほぼ 0 V に戻ったことを検出するゼロ電圧検出器 621 によって第 1 の共振セクション 601 の共振周波数での電流（および電圧）振動の半サイクルが完了したことを検出する。

【0154】

一部の例ではゼロ電圧検出器 621 は、第 1 の FET 608 の両端の電圧が電圧レベル 801 以下に戻ったことを検出し、したがって、FET 608 の両端間電圧が正確に 0 V に達する前に FET 608 の状態の切り替えを引き起こす信号を出力してもよい。図 8 に示すように、ゼロ電圧検出器 621 の作動は、半サイクル後の共振セクション 601 内の電圧の発振を低減し、したがって、第 1 の FET 608 の両端に実質的に半正弦波の電圧波形が得られる。ゼロ電圧検出器 621 の作動の詳細は、図 9 を参照して以下に説明される。

【0155】

第 1 の FET 608 が再びオンに切り替えられると、時点 800 e で、直流源 118 によって駆動される直流電流が、第 1 のインダクタ 124 を介して再び蓄積される。次に第 1 のインダクタ 124 は第 1 の FET 608 がオフに切り替えられて第 1 の共振セクション 601 内で共振を開始するとき放出される磁場の形で再びエネルギーを蓄積する。第 1 の FET 608 がこのように繰り返しオンおよびオフに切り替えられると、上記の過程が連続的に繰り返されてサセプタ 132 を加熱する。

【0156】

なお、図7Aおよび7Bを参照して説明したインダクタ124を通る上記の電流の蓄積は、コントローラ1001からのSTART信号1011にตอบสนองしてFET608が最初にオンになったとき、およびFET608が続いて、ゼロ電圧検出器621によって検出されたゼロ電圧状態によってオンに切り替えられたときの両方で起こる。第1の例では、START信号1011にตอบสนองして、インダクタ124の電流は、0から実質的に直線的に増加する。第2の例では、時点800eで検出されたゼロ電圧状態にตอบสนองしてFET608が再びオンになるとき（例えば、FET608のスイッチオンおよびオフの前のサイクルから）、いくらかの過剰電流が回路600内を循環している。ゼロ電圧状態の検出に続いてFET608が再びオンになると、再循環電流は、FET608を介して初期負電流を生成する。次に、FET608がオンのままである間、FET608およびインダクタ124を流れる電流は増加する。再循環電流によって生成された初期の負の電流値から、実質的に直線的に上昇する。インダクタ124を流れる電流が増加するにつれて、電流検出抵抗器615の両端の電圧は、上記の方法で、対応してますます負になる。

【0157】

一部の例ではFET608のオンとオフの切り替えは、約100kHz~2MHz、または約500kHz~1MHz、または約300kHzの周波数で行われてもよい。FET608のオンとオフの切り替えが起こる周波数は、インダクタンスL、静電容量C、電源618によって供給される直流電源電圧、さらに共振セクション601およびサセプタ132の負荷効果を経て電流が再循環し続ける程度に依存する。例えば、直流供給電圧が3.6Vに等しい場合、インダクタ124のインダクタンスは140nHであり、共振セクション601の静電容量は、100nFであり、FET608がオンのままである時間は約2700nsで、FET608がオフのときに発振の半サイクルが完了するまでの時間は約675nsであってもよい。これらの値は、直流電圧供給部器118から共振セクション601に供給される約20Wの電力に対応する。FET608がオンのままである時間の上記の値は、回路内を再循環する電流の量によって影響を受ける。上記のようにこの再循環電流は、FET608のスイッチオン時にインダクタを介して初期の負の電流を発生させる。なお、FET608のスイッチオフを引き起こす値まで電流が蓄積する時間も少なくとも部分的にインダクタ124の抵抗に依存するが、これは、共振セクション601のインダクタンスの効果と比較した場合、この時間に比較的小さな影響を及ぼす。振動の半サイクルが完了するまでの時間（この例では675ns）は、インダクタ124およびコンデンサ606、610のインダクタンスと静電容量の値だけでなくインダクタ124にサセプタ132を負荷することで提供される実効抵抗によっても影響を受ける共振セクション601の共振周波数に依存している。

【0158】

これまで回路600を1つのインダクタ、第1のインダクタ124によってサセプタ132を加熱する動作に関して説明し、デバイス100によって使用される回路600の一部のみを説明してきた。しかしながら、上記のようにデバイス100は、サセプタ132の第2の区域132bを加熱する第2のインダクタ126も含む。図9は、第1のインダクタ124に加えて第2のインダクタ126を含む回路600の簡略概略図を示す。

【0159】

図9に示すように図6から8を参照して説明した特徴構造に加えて、回路600は、第2のインダクタコイル126、第3のコンデンサ706、第4のコンデンサ710、およびドレイン端子708D、ソース端子708S、およびゲート端子708Gを有する第2のFET708を含む第2の共振セクション701を含む。さらに回路600は、第2のFETゲート端子708Gにゲート源電圧を提供するように構成された第2のゲート駆動部723を含む。コントローラ1001は、図9には示されていないが、コントローラ1001は、図6から8を参照して説明した方法で回路600を制御し、さらに制御信号1012を第2のゲート駆動部723に提供するように構成される。図6を参照して既に説明した回路600の一部は、明確にするために図9から省略されている。

【0160】

上記のように第1のインダクタ124は、サセプタ132の第1の区域132aを加熱するように配置され、第2のインダクタ126は、サセプタ132の第2の区域132bを加熱するように配置される。第2のインダクタ126、第3および第4のコンデンサ706、710、および第2のFET708は、第1のインダクタ124と同様に、第2の共振セクション701を形成するように配置される。一例では第3および第4のコンデンサ706、710もまたCOGコンデンサであり、約100nFの容量を持っていてもよい。一例では第2のインダクタ126は、約8mΩの直流抵抗を有する。作動中の場合、第2の共振セクション701は、第1の共振セクション601について上で説明したのと同等の方法でサセプタ132を加熱するように作動するが、この説明はここでは繰り返さない。

10

【0161】

当然のことながら、インダクタ124、126の直流抵抗の値は、回路600の効率に影響を及ぼす。なぜなら、直流抵抗が高いほど、インダクタ124、126の抵抗損失が高くなるためである。例えば、巻数、またはインダクタ124、126の断面を変更してインダクタの直流抵抗を最小にすることが望ましい場合がある。さらに、当然だが、インダクタ124の交流抵抗は、表皮効果による直流抵抗と比較して増加する。したがって、リッツ線を使用すると、表皮効果が減少し、それによりインダクタ124、126からの交流抵抗および関連する抵抗損失が減少する。例を挙げると、第1のインダクタ124の直流抵抗は約5mΩである。第2のインダクタ126は約8mΩの直流抵抗を有し、回路は約300kHzで作動し、コイルを形成するリッツ線の特定の配置は、インダクタ124、126の実効抵抗をそれらの直流抵抗値の約1.14倍にする。

20

【0162】

第2の共振セクション701の接続点700Aは、第1の共振セクション601の第1の接続点600Aと同等であり、第1の接続点600Aに、したがって直流電源118の正端子118aに電気的に接続される。接続点700Cは、第1の共振セクション601の第3の接続点600Cと同様に、第2の共振セクション701における同等の位置であり、接続点700Cは、同様に、接地616に接続されている。

【0163】

重要なことは、回路600は、共振セクション601、701のうちの一方だけがどの時点においても作動するように、コントローラ1001によって作動するように構成されることである。この操作の例については、後に詳しく説明する。

30

【0164】

共振セクション601、701のうちの一方が作動中、ゼロ電圧検出器621は、作動中の共振セクション601、701のゼロ電圧状態を検出し、したがって、作動中の共振セクション601、701のそれぞれのFET608、708の切り替えを制御するように構成される。ゼロ電圧検出器621は、作動中の共振セクション601、701のそれぞれのFET608、708がいつオンに戻されるか（時点800eなど）を制御し、この例を次に図8から10を参照してより詳細に説明する。

【0165】

回路600において、ゼロ電圧検出器621は、第1の共振セクション601の第2の接続点600Bまたは第2の共振セクション701の同等の接続点700Bでゼロ電圧状態を検出するように構成される。第1の共振セクション601および第2の共振セクション701の一方が作動中の場合、ゼロ電圧検出器621は、それぞれのFET608、708がオフに切り替えられるたびに、そのFET608、708の両端の電圧がゼロ（例えば、図8の点800e）またはゼロ近く、例えばレベル801未満に戻ったことを検出する。この検出を行うゼロ電圧検出器621に応答して、フリップフロップ622の状態を切り替える信号が出力される。次に作動中のそれぞれのゲート駆動部623は、ゲートソース電圧を出力してそれぞれのFETをオン状態に戻す。

40

【0166】

50

第1の小信号ダイオード725は、ゼロ電圧検出器621を第1の共振セクションの第2の接続点600Bに接続し、第2の小信号ダイオード726は、ゼロ電圧検出器621を第2の共振セクション701の同等の接続点700Bに接続する。具体的には第1の小信号ダイオード725および第2の小信号ダイオードの各陽極は、共通接続点701Bを介してゼロ電圧検出器621入力に接続され、ダイオード725、726の各陰極は、それぞれ接続点600B、700Bに接続される。

【0167】

次に特定の例におけるゼロ電圧検出器621の動作を、ゼロ電圧検出器621およびフリップフロップ622を示す図10を参照して説明する。図10では、ゼロ電圧検出器621は、点線のボックスで囲まれている。第1および第2の小信号ダイオード725、726の各陽極に接続された接続点701Bが示されている。コントローラ1001からゼロ電圧検出器621への開始信号1011も、図13に示される。

【0168】

この例のゼロ電圧検出器621は、接続点701Bからの入力2と、フリップフロップ622の入力に接続された出力4とを有するインバータゲートU103を備える。インバータゲートU103は、接続部5および3から電力の供給を受け、コンデンサC108は、接続部5を接地電位から絶縁する。この例では、2.5Vの論理電源621aが入力5に印加され、プルアップ抵抗器R111を経てインバータゲートU103の入力2に印加される。論理電源621aは、この例では、コントローラ1001から供給される。インバータゲートU103は、START信号1011および接続点701Bからのゼロ電圧検出信号のORゲートとして機能するように構成される。即ち、インバータゲートU103は、コントローラ1001からSTART信号1011の形で論理低信号を受信して、回路600aの作動を開始するように構成される。START信号1011は、コントローラ1001の「オープンドレイン」信号ピンによって提供される。インバータゲートU103はまた、第1および第2の信号ダイオード725、726の一方が接続点701Bから論理低信号を受信するように構成される。後に説明するように、接続点600B、700Bの一方がゼロボルトまたはその近くにあるために順方向にバイアスされる。これらの論理低信号のいずれかまたは両方がインバータゲート入力2によって受信されると、インバータゲートU103は、受信信号を反転し、論理高信号をフリップフロップ622に出力する。

【0169】

第1のインダクタ124がサセプタ132を加熱するように作動しているとき、第2のFET708はオフのままである。第2のFET708がオフのままの場合、第2の小信号ダイオード726は、論理電源および直流電源118の電圧、即ち、カソード端（接続点に最も近い）の電圧に応じて、バイアスがないか、または逆バイアスされる。第2の小信号ダイオード726の700B）は、第2の小信号ダイオード726の陽極端部（ゼロ電圧検出器621に最も近い）の電圧と実質的に同じか、またはそれよりも高い。

【0170】

第1の共振セクション601の作動中、第1のFET608がオフであり、その両端部の電圧が図8の800b-dで示すように変化するとき、第1の小信号ダイオード725は逆バイアスされる。この電圧変動の終わりに、電圧が800eで示すように0Vに達するか0Vに近いとき（例えば、レベル801以下で）、第1の小信号ダイオード725は順方向にバイアスする。したがって、第1の小信号ダイオード725が800eで順方向バイアスされると、抵抗器R111の両端の論理信号621aから電圧降下が起こるため、インバータゲートU103の入力2に提供される信号は論理低信号になる。この論理低信号がインバータゲートU103によって反転されると、論理高信号がインバータゲートU103の出力4に提供される。

【0171】

上記の説明ではゼロ電圧検出器621の機能は、第1のFET608の切替の制御に関連して説明されているが、当然のことながら、ゼロ電圧検出器621は、第1の小信号ダ

10

20

30

40

50

イオード 725 の代わりに第 2 の小信号ダイオード 726 を用いて同じように機能して第 2 の FET 708 を制御する。

【0172】

さらに図 10 を参照すると、フリップフロップ 622 は、クロック入力 CLK、リセット入力 / RST、および出力 Q を備える。フリップフロップ 622 はさらに電力を供給するための入力 D および VCC を備え、この例ではフリップフロップはインバータゲート U103 が受信するのと同じ 2.5 V の論理電源 621a をコントローラ 1001 から受信する。クロック入力 CLK は、インバータゲート U103 の出力 4 に接続され、そこから信号を受信するように構成されている。インバータゲート U103 の出力 4 が論理低から論理高に切り替わるとき（インバータゲート U103 の入力 2 が検出されたゼロ電圧状態または上記のような START 信号 1011 を受信するため）、フリップフロップ 622 のクロック入力 CLK はフリップフロップ 622 を「クロック」し、フリップフロップ出力の状態 Q を高にする論理高の立ち上がりエッジ信号をフリップフロップ 622 は受信する。フリップフロップ 622 は、比較器 618 の出力から信号を受信するように構成されたさらなる入力 / RST を含み、それにより比較器 618 は、フリップフロップ 622 の状態を切り替えて、フリップフロップ出力 Q を低にすることができる。フリップフロップ出力 Q は、第 1 および第 2 のゲート駆動部 623、723 に接続され、フリップフロップ出力 Q から高出力を受信すると、ゲート駆動部 623、723 の一方が作動中のときは（信号 1021、1022 を受信するため）は、ゲート駆動部信号をそれぞれの FET 608、708 に提供する。

【0173】

一特定例では、フリップフロップ 622 は、論理電源 621a の電圧の半分で、即ち、この例では 1.25 V で切り替わることができる。これは、第 1 の FET 608 がオンになるために第 1 の小信号ダイオード 725 の順方向バイアス電圧と第 1 の FET ドレイン 608D の電圧との合計が 1.25 V にならないことを意味する。したがって、この例では、第 1 の FET 608 は、そのドレイン 608D が正確に 0 V ではなく 0.55 V にあるときにオンになる。なお、理想的には、最大の効率を得るために、FET 608 の両端部で、0 V で切替が発生する可能性がある。このゼロ電圧切替は、第 1 の FET 608 がコンデンサ 606、610 を放電し、それにより前記コンデンサ 606、610 に蓄積されたエネルギーの浪費を有利に防止する。

【0174】

図 11 は、第 1 および第 2 のゲート駆動部 623、723 と、それらのそれぞれの FET 608、708 のゲート 608G、708G へのそれらの接続をより詳細に示す。ゲート駆動部 623、723 のそれぞれは、コントローラ 1001 から供給されるヒーター作動信号 1021、1022 に依存する信号を受信するように構成された入力 IN を持っている。さらに、ゲート駆動部 623、723 の入力 IN によって受信される信号は、フリップフロップ出力 Q によって出力される信号が高であるかどうか に依存する。入力 IN は、この例ではそれぞれ 2 kΩ の値を有するそれぞれの抵抗器 R125、R128 を経てフリップフロップ 622 の出力 Q に接続されている。

【0175】

ゲート駆動部 623、723 は、それぞれ 2 つのさらなる入力 VDD および XREF を有し、各入力 VDD はコントローラ 1001 から 6 V の電力を受け取り、XREF は 2.5 V の論理電圧（この例では、コントローラ 1001 によってフリップフロップ 622 とインバータゲート U103 に供給されるのと同じ論理電圧である）を受け取る。第 1 および第 2 のゲート駆動部 623、723 のそれぞれの入力 VDD は、6 V の供給電圧に接続され、入力 VDD は、2 つのバッファリングコンデンサ C120、C121 を介して接地電位に接続される。ゲート駆動部 623、723 はまた、それぞれ、接地電位に接続された端子 GND を有し、端子 VDD および GND は、ゲート駆動部 623、723 に電力を供給するように作用する。この例では、コンデンサ C120、C121 は、それぞれ 1 μF の値を有する。ゲート駆動部 623、723 は、それぞれの出力 OUT からゲート駆動

電圧を出力するように構成される。ゲート駆動部 623、723 の出力 OUT は、抵抗器 R114、R115 を介してそれぞれ FET ゲート 608G、708G に接続されており、この例では、それぞれが $4.99\ \Omega$ の抵抗を有する。

【0176】

各ゲート駆動部 623、723 は、その入力 IN で信号を受信し、フリップフロップ出力 Q から論理高信号が提供され、ヒーター作動信号 1021、1022 がコントローラ 1001 から受信されている間のみゲート駆動部を作動させるように構成される。「オープンドレイン」信号ピンは、信号 1021、1022 を提供するように構成されたコントローラ 1001 に提供される。

【0177】

一部の例では、共振セクション 601、701 の一方による加熱回路 600 の開始は、コントローラ 1001 によって進行し、最初に、ヒーター開始信号 1021、1022 のそれぞれの一方によってゲート駆動部 623、723 の所望の 1 つを開始する。次に、コントローラ 1001 は、START 信号 1011 をゼロ電圧検出器 621 に供給する。START 信号 1011 の持続時間は、作動中の共振セクション 601、701 による変動の半サイクルの周期よりも短くなければならない（この周期を「共振フライバック期間」と称する。）。これにより、検出されたゼロ電圧状態に応答して回路が適切に自動発振を開始できる。別の例では、START 信号 1011 およびそれぞれのヒーターイネーブル信号 1021、1022 の順序を逆にして、START 信号 1011 を最初に印加してフリップフロップ Q 出力を高に設定し、ヒーター開始信号 1021 の一方を逆にすることができる。次に、信号 1021、1022 を印加して、信号 1021、1022 が供給されるヒーターに対応する共振セクション 601、701 の自動発振を開始する。

【0178】

回路 600 を制御するための制御装置をより詳細に説明するために図 12 は、比較器 618 および関連する部品を含む制御装置の一部を示す。図 12 は、直流電源 118 の正端子 118a が、第 1 および第 2 の共振セクション 601、701 の接続点 600A、700A にそれぞれ接続されている接続点 1500A を示す。直流電源の負端子 118b は、図 6 に示される接続点 600D と同等である接続点 1500B に接続される。接続点 1500B は、電流検出抵抗器 615 を介して接地 616 に接続される。この例では、接続点 1500A と 1500B の間にそれぞれ $100\ \mu\text{F}$ の容量を持つコンデンサ C111、C112、C115、および C116 が並列に接続され、接続点 1500A と 1500B の間にバッファリングを提供する。

【0179】

図 12 は、作動中のインダクタ 124 または 126 を流れる電流が所与のレベルに到達したことを検出するための比較器 618 の機能に関連する部品をより詳細に示す。前の図を参照して説明したように、比較器 618 は、作動中のインダクタ（124 または 126）に流れる直流電流の量を示す電圧をコントローラ 1001 から発生する制御電圧 1031 と比較するように作動する。比較器 618 は、 $100\ \Omega$ の抵抗 R116 を経て $2.5\ \text{V}$ の論理電力信号（この例では、コントローラ 1001 によって供給され、かつフリップフロップ 622 によって受信される信号 621a と同じ論理信号である）に接続される入力信号に接続された入力 6 を経て電力を受け取る。比較器電力入力 6 は、 $10\ \text{nF}$ のコンデンサ C119 を経て接地電位に接続されている。比較器 618 のさらなる端子 2 は、直接接地電位に接続されている。

【0180】

一部の例ではコントローラ 1001 は、制御電圧 1031 を生成する信号を生成するためのタイマー（図示せず）を含むマイクロ処理装置である。この例では、制御電圧 1031 は、コントローラ 1001 によって生成されたパルス幅変調信号 PWM_DAC によって生成される。コントローラ 1001 のタイマーは、例えば、約 $2.5\ \text{V}$ の大きさと約 $20\ \text{kHz}$ の周波数を有し、特定のデューティサイクルを有するパルス幅変調された方形波を生成する。パルス幅変調信号 PWM_DAC は、 $10\ \text{nF}$ のコンデンサ C127 およ

10

20

30

40

50

びC 1 2 8、および2つの49.9 k Ω の抵抗R 1 2 1、R 1 2 3および10 k Ω の抵抗R 1 2 4によってフィルタリングされ、コントローラ1001が制御電圧1031（例えば、例では約64 Hz）を制御する周波数で実質的に一定の制御電圧1031を提供する。制御電圧1031を調節するために、例のコントローラ1001は、回路600に印加されるパルス幅変調信号PWM__DACのデューティサイクルを調節するように構成される。したがって、入力PWM__DACと比較器618の正端子との間に配置された部品は、パルス波変調信号によって生成される制御電圧1031と、このパルス波変調信号のデューティサイクルを調整することによって調整される制御電圧1031の大きさを効果的に提供する。したがって、図6および9に示される制御電圧線619を、これらの部品によって置き換えることができる。しかしながら、他の例では制御電圧1031は、例えば、コントローラ1001によって供給される実質的に一定の電圧によって生成される。そのような例では、信号PWM__DACをフィルタリングするための図12に示される部品のいくつかまたはすべては、存在しないかもしれない。

【0181】

比較器618の正の入力に入力される接続点1500Bは、前述のように回路600の接続点600Dと同等である。図6に示される簡略化された概略図を参照して説明したように、接続点1500Bが、抵抗器617aを経て比較器618の正の入力に接続されていることが図12から分かる。したがって、比較器618の動作は、上記のように制御電圧1031および電流検出抵抗器615の両端の電圧に依存するその正端子で入力を受け取ることである。比較器618の正端子の電圧が接地電圧に達すると、信号／FF RSTが抵抗器R118を介してフリップフロップ622入力／RSTに出力され、フリップフロップ622の状態が切り替わり、それにより作動中のFET608／708をオフに切り替える。

【0182】

図13は、回路600の制御装置の特定の例のさらなる部品を示す。図13に示す部品は、回路600の作動中に直流電圧供給装置118から引き出される電流の量を示す信号I__SENSEを提供するための電流検出装置1300を規定する。この信号から、コントローラ1001は直流電圧供給装置118から引き出される電流を決定し、直流電圧供給装置118によって供給される電圧の値とともに使用して回路600に供給される電力の値を決定してもよい。一部の例では、以下に説明するように、決定された電力値は回路600を制御するためにコントローラ1001によって使用されてもよい。

【0183】

電流検出装置1300への入力1301は、図12に示される抵抗器R120を介して提供される。したがって、入力は、抵抗器R120を介して接続点1500Bに接続され、電流検出抵抗器615の両端の電圧を示す電圧を受け入れる。感知装置1300は、回路600のローサイド電流検出装置として作動する。その点に関して、電流検出装置1300は、オペアンプU110の入力5に供給される3.8 Vの電圧で作動するオペアンプU110（部品型TS507）（よく知られているように電流検出抵抗器615を使用してローサイド電流検出用に設定された）を含む。バイアス抵抗を内蔵したトランジスタU109（部品型RN4986）は、コントローラ1001から供給される2.5 VをオペアンプU110の3.8 V電源に切り替えるように機能する。トランジスタ部品U109からの電源ラインは、10 nFのコンデンサC132を経て接地電位に接続されている。さらに1 k Ω の抵抗R130がオペアンプU110の正の入力と接地電位の間に接続され、412 k Ω の抵抗R129がコントローラ1001からの2.5 V入力と比較器U110の正の入力の間に接続される。オペアンプU110の負端子は、電流検出抵抗器615の両端の電圧に依存する電圧を受け入れる。直列の抵抗器R131およびコンデンサC133は、入力1301から受信した電圧信号のフィルタリングを提供する。さらなる抵抗器R133（この例では97.6 k Ω の抵抗を持つ）と10 nFのコンデンサC134が、オペアンプU110の負端子への入力とオペアンプU110の出力の間に並列に接続され、オペアンプが閉ループモードで作動するようになっている。

【0184】

上記のように一例では2 mΩの抵抗器である電流検出抵抗器615が回路内のこの位置にあることで複数のパラメータを1個の電流検出抵抗器で測定することができ、効率が向上する。即ち、回路内の電流検出抵抗器615がこの位置にあると、例えば、回路の誘導加熱電力の制御に使用できるFETピーク電流、電池の放電を監視し、誘導電力を設定するのに使用できる電池からの平均電流、および電池の充電を監視する際に使用できる電池への平均電流の測定が可能となる。

【0185】

オペアンプU110は、電流検出抵抗器615を通る電流を示す電圧信号I__SENSEをコントローラ1001に出力するように作動し、したがって、コントローラ1001が、回路600を介して直流電圧供給部装置118から引き出される電流を決定することができる。

10

【0186】

なお、第1および第2のFET608および708、ならびに回路600の接続形態を考慮して、第1および第2のインダクタコイル124および126の互いに対する位相調節は、第1のインダクタコイル124が作動しているときにサセプタ132の著しい加熱を引き起こすのに十分な電流が第2のインダクタコイル126に流れるのを防ぎ、第2のインダクタコイル126が作動しているときにサセプタ132の著しい加熱を引き起こすのに十分な電流が第1のインダクタコイル124内を流れるのを防止するように選択される。

20

【0187】

上記のように、第1のFET608および第2のFET708は、オフに切り替えられるとダイオード608a、708aとして効果的に機能し、したがって、それらが順方向にバイアスされると電流を通す可能性がある（即ち、FETは完全なスイッチではない）。したがって、一部の例では、回路600は、第1の124および126インダクタコイルの一方がサセプタ132を加熱するために作動中のとき、他方の非作動中のインダクタコイルの両端に誘導される電圧はその非作動中のインダクタコイルに関連するFETの固有ダイオードを順方向にバイアスせず、代わりに逆方向にバイアスするように構成されている。

【0188】

検出された電圧状態に応答して回路600の切り替え装置608、708を制御するように構成された上記の制御装置の効果は、第1の共振セクション601および第2の共振セクション701の一方が作動（即ち、そのゲート駆動部623、723がコントローラ1001によって作動）しているときは、その共振セクションが「自励発振」し、他方は作動していない。即ち、共振セクション601、701におけるそれぞれのFET608、708の切り替えは、（比較器618によって検出される）第1の電圧状態でFETがオンからオフに切り替えられ、（ゼロ電圧検出器621によって検出される）第2の電圧状態でFETがオフからオンに切り替えられる状態を高周波で繰り返す。

30

【0189】

コントローラ1001は、第1のインダクタ124および第2のインダクタ126のうちの一方のみがどの時点においても作動するように、デバイス100の誘導加熱回路600を制御するように構成されている。コントローラ1001は、所定の周波数で、第1のインダクタ124および第2のインダクタ126のどちらを作動させるかを決定するように構成されている。

40

【0190】

一部の例ではデバイス100の使用中にコントローラ1001は、所定の周波数、即ち、所定の複数の時間間隔のそれぞれについて1回、第1の共振セクション601および第2の共振セクション701のどちらを作動させるかを決定する。一例ではコントローラ1001が、第1の共振セクション601および第2の共振セクション701のどちらを作動させるかを決定するたびに、コントローラ1001は、その共振セクションを作動中に

50

して、次の所定の時間間隔にサセプタ 132 を加熱することを決定することができる。即ち、例えば、所定の周波数（「割り込み率」と呼ばれることがある）が 64 Hz の場合、コントローラ 1001 は、 $1/64$ 秒の所定間隔で決定することができ、共振セクション 601、701 は、次の $1/64$ 秒間隔の終わりにコントローラがどの共振セクション 601、701 を次に決定するまで、次の $1/64$ 秒の期間作動中にする。他の例では、割り込みレートは、例えば、20 Hz から 80 Hz であってもよく、あるいはこれに対応して、所定の間隔は、長さ $1/80$ 秒から $1/20$ 秒であってもよい。どちらのインダクタ 124、126 を所定の間隔で作動させるかを決定するために、コントローラ 1001 は、どちらのサセプタ域 132a、132b をその所定の間隔で加熱すべきかを決定する。一部の例では、コントローラ 1001 は、以下に説明するように、サセプタ域 132a、132b の測定温度を参照して、どちらのサセプタ域 132a、132b を加熱すべきかを決定する。

【0191】

図 14 は、2つの共振セクション 601、701 のどちらを特定の間隔で活性化すべきかを決定する例示的な方法のフローチャートである。この例ではコントローラ 1001 は、第 1 のインダクタ 124 によって加熱された第 1 のサセプタ域 132a の現行温度 T_1 および第 2 のインダクタ 126 によって加熱された第 2 のサセプタ域 132b の現行温度 T_2 に基づいて所定の間隔で作動させる第 1 の共振セクション 601 および第 2 の共振セクション 701 のいずれかを決定する。一例では第 1 のサセプタ域 132a および第 2 のサセプタ域 132b の現行温度 T_1 および T_2 は、サセプタ 132 の各域に取り付けられたそれぞれの熱電対（図示せず）によって測定される。熱電対は、コントローラ 1001 への入力を提供し、コントローラ 1001 が温度 T_1 、 T_2 を決定する。他の例では、他の適切な手段を使用して、サセプタ域 132a、132b のそれぞれの温度を決定することができる。

【0192】

ブロック 1051 でコントローラ 1001 は、温度 T_1 の現行値を決定し、これを第 1 のインダクタ 124 によって加熱するように構成された第 1 の区域 132a の目標温度「目標 1」と比較する。第 1 の区域 132a の目標温度「目標 1」は、回路 600 を使用するデバイスの使用期間中に可変値を有する。例えば、温度プロファイルは、デバイス 100 の使用期間中に、「目標 1」の値を定義する第 1 の区域に対して定義される。

【0193】

ブロック 1052 でコントローラ 1001 は、ブロック 1051 で第 1 のインダクタ 124 に対して実行されたのと同じ動作を実行し、この時点で第 2 の区域 132b の現行温度 T_2 が第 2 の区域 132b の目標温度「目標 2」より低いかどうかを決定する。この場合も第 2 の区域 132b の目標温度は、使用期間全体を通してターゲット 2 の値を定義する温度プロファイルによって定義される。第 2 の区域 132b の温度は、第 1 の区域 132a と同様に熱電対などの任意の適切な手段によって測定することができる。

【0194】

ブロック 1051 およびブロック 1052 での回答が両方とも「いいえ」の場合、即ち、両方のサセプタ域 132a、132b が現在それぞれの目標温度「目標 1」、「目標 2」以上の場合、コントローラ 1001 は、第 1 の共振セクション 601 と第 2 の共振セクション 701 のどちらも次の所定の間隔で作動させるという決定をしない。

【0195】

ブロック 1051 での答えが「いいえ」で、かつブロック 1052 での答えが「はい」の場合、即ち、第 1 の区域 132a はその目標温度「目標 1」以上であるが、第 2 の区域 132b はその目標温度「目標 2」より低い場合、コントローラ 1001 は次の所定の間隔の間、第 2 の区域 132b を加熱するために第 2 の共振セクション 701 を作動させるべきと決定する。

【0196】

ブロック 1051 での答えが「はい」であり、かつブロック 1052 での答えが「いい

10

20

30

40

50

え」の場合、即ち、第1の区域132aがその目標温度「目標1」より低く、第2の区域132bがその目標温度「目標2」以上の場合、コントローラ1001は次の所定の間隔の間、第1の区域132aを加熱するために第1の共振セクション601を作動させるべきであると決定する。

【0197】

ブロック1051での答えが「はい」、かつブロック1052での答えが「はい」の場合、即ち、第1の区域132aおよび第2の区域132bの両方がそれぞれの目標温度「目標1」、「目標2」を下回っている場合、コントローラ1001はブロック1053に続く。ブロック1053で、コントローラ1001は、区域132a、132bの両方がそれぞれの目標温度を下回ったままの所定の間隔ごとに、第1の共振セクション601および第2の共振セクション701の交互の作動に効果的に作用する。

10

【0198】

一例では、第1の共振セクション601および第2の共振セクション701を交互に作動させるために、ブロック1053で、コントローラ1001は、期間の開始から偶数の所定の間隔が経過したかどうかを決定する。期間の開始から偶数の所定の間隔が経過した場合、コントローラ1001は、第1の共振セクション601が次の間隔で作動されるべきであると決定する。期間の開始から奇数の所定の間隔が経過した場合、コントローラ1001は、第2の共振セクション701が次の間隔で作動されるべきであると決定する。他の例では、コントローラ1001は、偶数の間隔が経過したときに第2の共振セクション701を作動し、奇数の間隔が経過したときに第1の共振セクション601を作動することができる。

20

【0199】

特定の例では共振セクション601、701の一方がゲート駆動部623、624の一方で信号1021または1022の受信によって作動すると、回路600はその共振セクション601／701が作動し続けるようにする。例えば、その共振セクション601／701のゲート駆動部に異なる信号を提供することで、コントローラ1001によって作動を解くまで自励発振する。したがって、所与の間隔中にどちらの共振セクション601、701を作動させるかを決定すると、コントローラ1001は、この作動を開始するために、前の間隔中に作動していた共振セクション601、701の一方を非作動にすることができる。

30

【0200】

図14に示す方法1050が1／64秒の間隔で実行されるブロック1053の例を説明する。コントローラ1001が、両方の区域132a、132bがそれぞれの目標温度「目標1」、「目標2」より低く、かつデバイス100の使用期間の開始から偶数の1／64秒間隔が経過したと決定した場合、コントローラ1001は、次の1／64秒間隔の間、第1の共振セクション601を作動させ、第2の共振セクション701を休止させる。そのために一部の例では、第2の共振セクション701を休止させるコントローラ1001を必要とする。その次の1／64秒間隔の後、両方の区域132a、132bがそれぞれの目標温度「目標1」、「目標2」を下回ったままの場合、次の1／64秒間隔の間、コントローラ1001は第2の共振セクション701を作動させ、第1の共振セクション601を休止させる。そのために、一部の例では、コントローラ1001が第2の共振セクション701を休止させることを必要とする。両方の区域132a、132bは、それぞれの目標温度を下回ったままであり、この状態は、第1の共振セクション601と第2の共振セクション701の作動を交代させる。

40

【0201】

要するにこの方法1050は、2つのインダクタ124、126が決して同時に作動されないという効果を有する。両方のインダクタ124、126がそれぞれの区域132a、132bを目標温度にするために作動が必要と決定された場合、コントローラ1001は所定の周波数でインダクタ124、126への電力の供給を交互にして、両方の区域132a、132bをそれぞれの目標温度まで上げる。したがって、使用期間中、両方のサ

50

セプタ域 132 a、132 b は、使用期間の特定の時点でエアロゾルを発生させる温度にある可能性があるが、使用期間のそのような時点で、インダクタコイル 124、126 の作動は、それぞれのサセプタ域 132 a、132 b を加熱して、64 Hz などの特定の周波数で交互にすることができる。例えば、第 1 の区域 132 a が実質的にその目標温度より低く、かつ第 2 の区域 132 b がその目標温度以上である複数の間隔を含む使用期間中に、この方法 1050 は、この期間のほぼ 100 % の間、電力が第 1 の共振セクション 601 に供給されるという効果を有する。しかしながら、これらの区域 132 a、132 b の両方がそれらの目標温度を下回る複数の間隔を含む使用期間の期間に関しては、各インダクタは、この期間の間約 50 % の電力を受け入れることができる。

【0202】

一部の例ではコントローラ 1001 はまた、所定の間隔で作動し、この間隔は、方法 1050 が実行される所定の間隔と一致し、直流電源 118 から共振セクション 601、701 の一方に供給される電力を決定する。

【0203】

上記のように特に図 9 から 11 を参照すると、どの時点においても第 1 の共振セクション 601 および第 2 の共振セクション 701 のいずれを作動させるように制御するために、コントローラ 1001 は、回路 600 の動作を開始する「START」信号 1001 を送信するだけでなく、第 1 のヒーター作動信号 1011 を第 1 のゲート駆動部 623 に選択的に送信して第 1 の共振セクション 601 を作動させるか、第 2 のヒーター作動信号 1012 を第 2 のゲート駆動部 723 に送信して第 2 の共振セクション 701 を作動させるように構成される。

【0204】

例えば、コントローラ 1001 が回路 600 の動作を開始し、かつコントローラ 1001 が第 1 のヒーター作動信号 1011 を送信すると、回路 600 は上記のように作動して、第 1 のインダクタ 124 を作動させて第 1 のサセプタ域 132 a を加熱する。コントローラ 1001 が第 2 のヒーター作動信号 1012 を送信すると、回路 600 は、第 2 のインダクタ 126 を作動させて第 2 のサセプタ域 132 b を加熱するように作動する。コントローラ 1001 が第 1 のヒーター信号 1011 と第 2 のヒーター信号 1012 のどちらも送信しない場合、インダクタ 124、126 のどちらも作動されず、サセプタ 132 は加熱されない。

【0205】

コントローラ 1001 は、回路 600 に供給される電力の測定値と目標電力との比較に基づいて、サセプタ 132 の誘導加熱のために直流電圧供給部装置 118 から回路 600 に供給される電力を制御するように構成される。コントローラ 1001 は、回路 600 の切り替え装置を制御して、即ち、FET 608、708 の切り替えを制御して、回路 600 に供給される電力を制御するように構成される。コントローラ 1001 は、FET 608、708 がオフになる前に、その FET 608、708 に対応するインダクタ 124、126 に蓄積できる直流電流を決定する制御電圧 1031 を設定することによって、FET 608、708 の切り替えを制御してもよい。

【0206】

図 15 は、回路 600 に供給される電力を制御するためにコントローラ 1001 によって実行される例示的な方法 1100 を示す。ブロック 1101 において、コントローラ 1001 は、直流電源 118 から回路 600 に供給される電力 P を決定する。例えば、コントローラ 1001 は、前の所定の間隔の間に回路 600 に供給された電力の平均を決定することができる。一部の例ではこの間隔中に回路 600 に供給される電力 P は、共振セクション 601、701 のうちの一方を介して駆動される両端の電圧および直流電流の測定によって決定される。次にコントローラ 1001 は、共振セクション 601、701 の一方の電圧と直流電流の積を決定して、その共振セクション 601、701 に供給される電力 P を決定してもよい。

【0207】

一部の例では決定された電力 P は、所定の間隔に亘って直流電源118から供給された平均電力であり、これはその前の間隔で直流電源118の両端の平均直流電圧と直流電源118から引き出された平均直流電流の積から決定される。

【0208】

例示的なデバイス100では、直流電源118は、コントローラ1001に接続された電池であり、コントローラ1001は、直流電源118の電圧を回路600に出力する。コントローラ1001は、電池118から供給される直流電圧を決定するように構成される。電池118から引き出される電流は、電流検出装置1300の作動によって決定される。コントローラ1001は、 $1/64$ 秒間隔ごとに1回、直流電圧と直流電流を決定する。直流電圧は、この短い期間に亘って本質的に一定であると見なすことができる。ただし、電流は回路のオンとオフを切り替える高速速度に依存する速度で変化する。上記のように、これは一部の例では約300kHzである。図13を参照して上で説明した電流検出装置1300は、この約300kHzの信号を除去するためにフィルタされる信号 I_SENSE を出力する。したがって、 $1/64$ 秒間隔の平均直流電流は、このフィルタされた信号 I_SENSE の測定を行うことで取得され、 I_SENSE の測定は $1/64$ 秒間隔の終了直前に行われ、フィルタからの信号を確定させる。これによりコントローラ1001は、 $1/64$ 秒間隔の直流電圧と直流電流測定値を取得し、これらの値の積を計算して電力 P を取得することができる。電力 P は、 $1/64$ 秒間隔で直流電源118により供給された電力の平均値としてもよい。

【0209】

ブロック1101で決定された供給電力 P を、ブロック1102で目標電力と比較する。決定された電力 P が所定の間隔に亘る平均電力の場合、目標電力は、同じ間隔に亘る目標平均電力である。一例では、目標電力は、所定の間隔に亘って供給される平均電力の目標であり、 $10W \sim 25W$ 、または $15W \sim 23W$ 、または約 $20W$ の値を取る。この例ではターゲット電力は、例えば $20W \sim 21W$ または $15W \sim 25W$ の範囲である。したがって、コントローラ1001は、ブロック1102で、ブロック1101で決定された供給電力値 P を目標範囲と比較し、供給電力が範囲を下回るか、目標範囲内にあるか、または目標範囲を超えているかを決定することができる。例えば、目標範囲が $20W \sim 21W$ の場合、ブロック1102で、コントローラ1001は、 $P < 20W$ 、または $20W \leq P \leq 21W$ 、または $P > 21W$ であるかどうかを決定する。

【0210】

供給電力 P と目標範囲との比較に基づいて、コントローラ1001は、目標電力範囲に向けた次の事前に決定された間隔の間に作動中のインダクタ124または126に実際の電力を供給する目的で、次の所定の間隔の電力を調節するかどうかと調節する方法を決定する。即ち、供給電力 P が目標範囲を下回っている場合、コントローラ1001は、次の所定の間隔に亘って回路600に供給される電力を増加させることを決定する。供給電力 P が目標範囲を超える場合、コントローラ1001は、次の所定の間隔に亘って回路600に供給される電力を減少させることを決定する。供給電力 P が目標範囲を下回っている場合、コントローラ1001は、次の所定の間隔に亘って回路600に供給される電力を調節しないことを決定する。

【0211】

上記の回路600の構成により、所与の所定の間隔に対する供給電力 P は、その間隔に対する制御電圧1031の値に依存する。第1の共振セクション601が作動中の1つの $1/64$ 秒間隔の例をとると、この $1/64$ 秒間隔は、電圧波形800の区分800aから区分800eとその繰り返しを含む多くの繰り返しサイクルを含む。時間 $t_1 \sim t_0$ の各サイクルについて、共振セクション601は共振することができ、この期間中、FET608はオフであるため、直流電源118から第1の共振セクション601経由では電力が引き出されない。したがって、共振セクション601に電力を供給するために所与の $1/64$ 秒間隔中に直流電源118から引き出される電力は、インダクタ124が電流で「通電」されている間、即ち、FET608がオンである間、 $t_0 \sim t_1$ の間の期間に引き

出される。 t_1 と t_0 との間の時間は、第1の共振セクション601の共振周波数によって決定される。この共振周波数は、少なくとも所与の1/64秒間隔全体に亘って実質的に一定のままであってもよい（ただし、回路600の作動期間に亘って変化し得る。コイルとサセプタの温度と電池電圧に依存する）。時間 t_0 から t_1 までの長さは、制御電圧1031の値、直流電源118によって供給される直流電圧、ならびに第1の共振セクション601の抵抗とインダクタンス（第2の共振セクション701に適用されるのと同じ）によって決定される。即ち、所与の直流供給電圧に対して、制御電圧1031は、インダクタ124に蓄積することができる電流 I_1 を t_0 と t_1 との間に設定するが、直流供給電圧が低下する場合、所与の I_1 の値の蓄積に必要な時間が増加する。したがって、1/64秒間隔中に供給される平均電力は、制御電圧1031の値に依存する。

10

【0212】

したがって、一部の例ではコントローラ1001は、次の間隔の制御電圧1031の値を設定し、次の間隔中に回路600に供給される電力を制御する。一部の例では、共振セクション601、701の一方が作動中の所定の間隔にわたる所与の直流電源118について、制御電圧1031の正の値がより大きいと、回路600に供給される電力値 P もより大きい。したがって、そのような例ではコントローラ1001が最後の間隔に亘って供給された電力 P が目標範囲を超えた場合、コントローラ1001は、次の間隔のために制御電圧1031を下げる。コントローラ1001が最後の間隔に亘って供給された電力 P が目標範囲を下回った場合、コントローラ1001は、次の間隔のために制御電圧1031を上げる。コントローラ1001が最後の間隔に亘って供給された電力 P が目標範囲を超えていると決定した場合、コントローラ1001は、次の間隔の間、制御電圧1031を変えない。

20

【0213】

なお、上記の方法1100の一例では供給される電力 P は、ブロック1101で決定され、共振セクション601、701の特定の一方に供給される電力である。例えば、電力 P は、第1の共振セクション601の両端部の電圧および第1の共振セクション601を通る直流電流を測定することで決定される。このような例では、制御電圧1031を制御するのに使用されるのは、第1の共振セクション601に供給される電力 P である。なお、所与の制御電圧1031について、一部の例ではそれぞれの共振セクション601、701が作動中のときにインダクタ124、126のそれぞれに供給される電力は異なる可能性がある。これは、例えば、インダクタ124、126が異なる値のインダクタンスまたは直流抵抗を有するか、または2つの共振セクション601、701の静電容量が等しくないためであるかもしれない。したがって、この例では所定の間隔中に、目標電力範囲外の目標電力を第2の共振セクション701に供給することができるが、制御電圧1031は、第1の共振セクション601に供給される電力 P に基づいて制御されるので、コントローラ1001は、制御電圧1031を調節しないかもしれない。

30

【0214】

例えば、制御電圧1031の所与の値について、コントローラ1001は、ブロック1101で所与の間隔に亘って20Wの平均電力が第1の共振セクション601に供給され、この例の目標電圧は20Wから21Wであると決定することができる。ブロック1102で、コントローラ1001は、供給された電圧が目標範囲内にあると決定し、したがって、コントローラ1001は、制御電圧1031を調節しないと決定する。次の所定の間隔について、コントローラ1001は、（例示的な方法1050によって）第1の共振セクション601ではなく第2の共振器部701が作動されるべきであると決定するとする。制御電圧1031の所与の値に対して、この例では、22.5Wが、第1の共振セクション601および第2の共振セクション701の電気的特性の違いのために供給される。しかしながら、この例では、ブロック1102で、コントローラ1001は、第1の共振セクション601に供給された電力 P の最後の測定値を比較し、ブロック1103で、制御電圧1031を調節しないことを決定する。方法1100の一例において、回路600に供給される実際の電力は、目標範囲外にある可能性がある。しかしながら、これにより

40

50

、２つの共振セクション６０１、７０１の一方に供給される電力Ｐのみを測定することでインダクタ１２４、１２６に供給される電力を制御することができる。これは、回路６００に供給される電力を維持するための単純で有用な解決策を提供する。例えば、共振セクション６０１、７０１およびその部品がほぼ同様の電気的特性を有する場合、許容範囲内にある。

【０２１５】

上記のように一部の例では直流電源１１８は、約２～１０Ｖ、または３Ｖ～５Ｖ、または一例では約４．２Ｖの電圧を有する電池である。一部の例では直流電源１１８によって生成される直流電圧は、例えば、変化する可能性がある。回路６００が操作される時間とともに減少する。例えば、直流電圧源１１８が電池の場合、電池は最初に４．２Ｖの電圧を供給するが、電池によって供給される電圧は、電池が消耗するにつれて低下する。したがって、所与の期間の後、直流電圧源１１８は、例えば初期４．２Ｖの代わりに３．５Ｖを供給してもよい。

【０２１６】

上記のように、所与の供給電圧において、制御電圧１０３１の値は、それぞれのＦＥＴ６０８／７０８がオフにされる前に、作動中のインダクタ１２４／１２６に蓄積することができる電流の量を制御する。電力は、直流電圧供給部器１１８から供給されて、ＦＥＴ６０８、７０８がオンのときに直流電流の蓄積を可能にすることで、作動中のインダクタ１２４／１２６に「エネルギーを与える」。また上で説明したように、電流がＦＥＴ６０８／７０８の切り替えを起こす値まで増加する時間 t_1 は、直流電圧供給に依存する。したがって、例えば、直流電源１１８によって供給される電圧が減少すると、インダクタコイル１２４に電流が蓄積する速度が減少し、その結果、回路６００に供給される電力Ｐが減少する。

【０２１７】

例示的な方法１１００は、直流電源１１８からの供給電圧が変化した場合でも、目標電力が維持されるようにすることができる。即ち、実際の供給電力Ｐが決定され、制御電圧１０３１を制御するために使用されるので、コントローラ１００１は、制御電圧１０３１を調節することで目標電力を維持するように作用することができる。コントローラ１００１は、所与の制御電圧１０３１で回路６００に供給される電力Ｐが減少したことを測定し、制御電圧１０３１を増加させることで回路に供給される電力Ｐを増加させるように作用する。したがって、回路６００に電力を供給するために使用される電池が消耗する間、目標電力レベルを維持することができる。これは、誘導加熱回路６００の作動の最適効率を提供するので、有利である。例えば、供給電力を実質的に一定に維持することは、供給電圧に関係なくエアロゾル化可能な材料１１０ａの一貫した加熱を可能にする。同様に例示的な方法１１００は、サセプタ１３２の温度が上昇したときにサセプタ１３２によって提供される回路６００への異なる負荷など、供給される電力の量に影響を及ぼし得る回路内の他の変動要因に関係なく、実質的に一定の電力を提供する。これは、例えば、最初の吸引までの一貫した時間を提供することで、即ち、デバイス１００が作動されてからユーザーによって吸入されるエアロゾルを提供する準備ができるまでの間に一貫した時間を提供することで、消費者に一貫して良好な体験を提供する。

【０２１８】

別の例では制御電圧１０３１の制御の基礎となる測定電力値Ｐは、使用期間中に変更される。例えば、特定の使用期間中、使用期間の第１の部分（例えば、使用期間の開始約６０秒）に関して、第１のインダクタ１２４が主に作動し、第２のインダクタ１２６は非作動の温度特性でもよい。使用期間のこの第１の部分では、第１の共振セクション６０１に供給される電力の測定に基づいて制御電圧１０３１の制御を行うことが適切である。しかし、使用期間のそれより後の部分では、やはりその期間の温度特性により、第２のインダクタ１２６が主に作動し、第１のインダクタ１２４がより短い時間作動してもよい。したがって、使用期間の第２の部分（例えば、約６０秒後）では、第２の共振セクション７０１に供給される電力の測定に基づいて制御電圧１０３１を制御することが有利である。し

たがって、コントローラ1001は、第1の共振セクション601に供給される電力の測定に関する制御電圧1031の基本制御から第2の共振セクション701に供給される電力の測定に関する制御電圧1031の基本制御に切り替える。このようにして、例えば、制御電圧1031は、作動中のインダクタ124、126に供給される実際の電力と目標電力範囲との比較に基づいて設定されるので、目標電力は、使用期間全体に渡りより厳密に順守される。

【0219】

一部の例ではコントローラ1001がブロック1103で電力を調節する必要があると決定する場合、コントローラ1001は、所定の工程で制御電圧1031を調節することができる。例えば、コントローラ1001は、所定の時間間隔ごとに所定の量だけ制御電圧1031を調節するように構成される。ブロック1102で、コントローラ1001が、供給された電力Pが目標電力範囲を下回ったと決定した場合、コントローラ1001は、次の所定の間隔の間、制御電圧1031を所定の電圧（ボルト）だけ上げることができる。逆にブロック1102でコントローラ1001が供給された電力が目標電力範囲を超えていると決定した場合、コントローラ1001は、次の所定の間隔の間、制御電圧1031を所定の量だけ上げることができる。

【0220】

特に図12を参照して上で説明した例では、制御電圧1031は、パルス波変調信号PWM__DACによって生成される。上記のように、信号PWM__DACは2.5Vで長方形の波形を持っている。信号PWM__DACのデューティ信号は、PWM__DACデューティサイクルに0から800の値を設定するコントローラ1001によって制御可能であり、この値は、0で0%、800で100%のデューティサイクルに対応する。フィルタされたときの信号PWM__DACは、実質的に一定の制御電圧1031を提供し、したがって、PWM__DAC信号のデューティサイクルを0から800に設定すると、制御電圧1031は0Vから2.5Vの大きさを有する。この例では、コントローラ1031は、所定の間隔ごとに、PWM__DAC信号のデューティサイクルを設定量（800のうちの8など）だけ調節するか、または設定を変更しないことができる。別の例では、コントローラ1001は、制御電圧1031が他の何らかの手段によって調節されるようにし、コントローラ1001が、制御電圧1031を調節すべきと決定した場合、コントローラ1001は、例えば、制御電圧1031を次の所定の間隔の制御電圧1031の最大値の1%、または2%、または5%だけ調節してもよい。

【0221】

一部の例では、例えば、回路600を含むデバイス100の使用期間を開始するために、コントローラ1001が回路600の作動を開始するとき、制御電圧1031は、所定の初期値に設定される。一例では、目標電力レベルに対応する制御電圧1031の値（例えば、制御電圧1031のこの値を生成する信号PWM__DACのデューティサイクル設定）は、回路600のセットアップ中に決定される。即ち、回路600に供給される電力は、例えば、較正曲線を生成するために、制御電圧1031のいくつかの値について決定される（例えば、理論的に測定または決定される）。次に、目標電力に対応する制御電圧1031の値を決定することができる。一例では、直流電源118は4.2Vを供給し、20Wの目標電力を達成するために、コントローラ1001は、例示的な較正において、800のうちの約344のPWM__DAC信号設定のデューティサイクルの値を決定してもよい。

【0222】

一例では、コントローラ1001は、制御電圧1031を決定された値に基づく初期値に制御電圧1031を設定するように構成される。例えば、制御電圧1031を決定するPWM__DACのデューティサイクルの初期値を目標電力に対応する決定値の半分に設定することができる。例えば、目標電力に対応することが分かっている制御電圧1031のデューティサイクル設定が800のうちの344の場合、コントローラ1001は、設定が800のうちの152に設定された状態で期間を開始し、測定された電力Pが目標範囲

10

20

30

40

50

内に入るまで、設定を所定の間隔ごとに所定の量だけ増加させることができる。これは、使用期間の開始時に、供給される電力が目標電力をはるかに下回り、その後、供給される電力が、目標電力範囲に到達するまで（制御電圧 1031 のコントローラ 1001 によって増加することで）増加するという効果を有する可能性がある。供給される電力のこの最初の増加は、回路 600 の作動の安全性が改善され、期間の開始時のサセプタの過熱を防ぎ、回路 600 がコントローラ 1001 によって決定された実際の電力供給に応答する。

【0223】

一例では所定の間隔は、第 1 の 124 および第 2 の 126 のインダクタのどれを作動中にするかを決定する方法 1050 でコントローラ 1001 が使用するものと同じ所定の間隔である。そのような一例では、上記のように、所定の間隔は、長さが 1 / 64 秒である。所定の間隔の長さ（または同等に割り込み率）は、コントローラが回路を監視し、それに応じてパラメータを調節できる有利な時間間隔を提供するように選択することができる。例えば、64 Hz の割り込み率、または約 10 から 100 Hz の範囲内の割り込み率を使用できる。これらの例示的な割り込み率では、コントローラ 1001 は、サセプタ 132 の区域 132 a、132 b が目標温度よりはるかに超えて上昇する前に、特定のインダクタ 124、126 による加熱の停止を決定することができる十分に高い割り込み率でサセプタ域の温度の上昇を測定することができる。同様に、割り込み率について与えられた例は、インダクタ 124、126 に供給される電力を安全な目標範囲内に適切に制御できるように制御電圧 1031 を調節できる有利な周波数を提供する。

【0224】

回路 600 の作動の例示的な方法では、回路 600 に供給される電力を制御する際にコントローラ 1001 によって使用される目標電力は、計画された使用期間の特性に基づいて事前に決定される。例えば、目標電力範囲は、使用期間を通して調節される。

【0225】

図 16 は、使用期間の一部の温度特性「目標 1」の概略例を示す。この例では単一のサセプタ域 132 a の目標温度である。この例では最初に使用期間の部分の第 1 の部分 1201 において、第 1 の区域 132 a は、その目標温度「目標 1」を実質的に下回っている。この第 1 の部分 1201 で回路 600 は、第 1 の区域 132 a を目標温度「目標 1」まで上げるように作動する。使用期間のそのような例示的な部分では目標電力 P1 は、例えば、20 W ~ 21 W の値の範囲を取り得る。期間の第 1 の部分 1201 の間の目標電力は、サセプタ 132、したがってエアロゾル化可能な材料 110 a を、ユーザーが吸入するエアロゾルを発生させるのに適した温度まで急速に上昇させるために比較的高くてもよい。

【0226】

使用期間が進行するにつれて、第 1 の区域 132 a は、その目標温度「目標 1」に実質的に到達する。使用期間の第 2 の部分 1202 は、第 1 の区域 132 a がその目標温度「目標 1」に到達した直後に開始すると規定される。例えば、使用期間のこの部分 1202 の場合、第 1 の区域 132 a は、実質的にその目標温度「目標 1」、例えば、250 °C であってもよく、方法 1050 に従って、目標温度「目標 1」に維持される。同様に、これは図 16 には示されていないが、第 2 の区域 132 b は、方法 1050 によってそれ自体の目標温度「目標 2」に維持され、第 2 の区域 132 b の目標温度「目標 2」は「目標 1」で規定されたものとは異なる温度特性を規定することができる。

【0227】

第 1 の区域 132 a が実質的に温度「目標 1」に到達した後の使用期間の部分 1202 は、第 1 の部分 1201 における様に、第 1 の区域 132 a の温度を「目標 1」まで上げるのではなく、第 1 の区域 132 a（または両方の域 132 a、132 b）の温度を維持するようにコントローラ 1001 が作動していることを特徴としてもよい。そのため、使用期間の部分 1202 の間、サセプタ域 132 a を目標温度「目標 1」まで上げるのに必要な電力と比較した場合、目標温度「目標 1」を維持するためにサセプタ域 132 a に供給される必要のある電力は比較的小さい場合がある。使用期間の第 2 の部分 1202 では、部分 1201 の値と比較して、目標電力 P1 の値を下げることで有利な可能性がある。

一例では目標電力レベルP1は、部分1201の20W～21Wに下げることができる。使用期間の部分1202の間に約15Wに下げられる。別の例では、目標電力P1は、約12W～13Wまたは約9Wに下げることができる。このように目標電力P1を下げることは、一部の例では有利な可能性がある。なぜなら、より低水準の電力を使用することで、回路におけるエネルギー損失が減少し、したがって効率が向上する可能性があるからである。

【0228】

使用期間の第3の部分1203では、目標温度「目標1」の値は0である、即ち、第1のインダクタ124は作動されるべきではない。この時点で、使用期間が終了した場合、目標電力P1を0まで下げ、または第2のインダクタ126がまだ作動中の場合、目標電力P1を0以外の値に維持してもよい。第2のインダクタ126が作動してもよい。したがって、目標電力は、使用期間の任意の時点での両方の区域132a、132bの温度特性を考慮に入れることができる。例えば、使用期間の一部でこれらの区域の一方で大幅に温度を上げる必要がある場合は、比較的高い目標電力が適切な場合がある。逆に、区域132a、132bのどちらも実質的な加熱を必要としない使用期間の部分については、比較的低い目標電力を使用することができる。

【0229】

上記のように使用期間の特定の期間中に低い電力水準を使用すると、ある一定の期間に亘ってエネルギー節約が達成されるという利点がある。例えば、目標電力レベルが第1の期間の20W～21Wから第2の期間の約15Wに減少する場合、一部の例では、低電力で作動している場合は回路600におけるエネルギー損失の減少により、約5%から10%のエネルギー節約が達成される。一例では、長さが約260秒の典型的な期間の過程で、期間の全期間に亘って目標電力を約20Wに維持すると、約1000Jのエネルギー使用量になる可能性がある。しかしながら、第1の区域132aが最初にその設定温度に達したときに目標電力を約15Wに減らし、実質的に同じ長さの期間の残りの間目標電力レベルを15Wに維持すると、900～950Jのエネルギー使用量になる可能性がある。一部の例では、デバイスによって使用される電力のほとんどすべては、サセプタ132を加熱するために供給されるエネルギーによるものである。LED指示器とマイクロコントローラは、約0.1W未満の場合があり、一部の例では、約0.01W未満の場合がある。

【0230】

当然のことながら、供給電力を決定し、目標電力と比較し、この比較に基づいて供給電力を調節する方法は、本明細書の例に記載されたもの以外のエアロゾル発生デバイスの加熱回路の例に応用できる。さらに使用期間全体を通して目標電力を調節する方法の原理は、他の例示的な回路、例えば、誘導素子ではなく、抵抗性加熱素子を使用してエアロゾル化可能な材料を加熱する例示的な回路にも応用することができる。即ち、上記の開示から、エアロゾル化可能な材料を加熱する加熱装置に供給される目標電力を減らすことで、例えば約5%～10%のエネルギー節約が特定の例で達成できる。特に一部の例では例示的な機器が抵抗性発熱体などの加熱装置の温度を上昇させるのではなく維持するように動作するように使用期間の所与の点の目標温度に到達した時点で、この目標電力の低減は効果的に達成される。

【0231】

本明細書で説明される特定の方法は、非一時的な記憶媒体上に格納可能な非一時的なコンピュータプログラムコードによって実装される。例えば、特定の例では、コントローラ1001は、その上に格納された一組のコンピュータ可読命令を含む非一時的なコンピュータ可読記憶媒体と、コントローラ1001によって実行されるときに本明細書に記載の方法を実行するプロセッサとを備えてもよい。コントローラ1001は1台以上のプロセッサで構成される。例えば、一部の例では上記のようにコントローラ1001は、プログラム可能なマイクロ処理装置である。コントローラ1001は、一組の機械可読命令、例えば、コンピュータコードの形式で、機械可読命令を含む記憶媒体を含み、コントローラ1001によって実行されると、本明細書に記載の方法が実行される。

【0232】

今まで2つのインダクタコイルを含む回路を上で説明してきたが、当然のことながら誘導加熱回路で供給される電力を制御するためなどの上記の態様は、1つあるいは3つ以上のコイルを有する回路にも応用できる。また、本明細書はインダクタコイルを含む誘導回路を説明しているが、本明細書に記載の態様は、インダクタンスを有し、サセプタ装置を加熱するために変動磁場を生成するのに適した他種の誘導素子を使用する誘導回路にも等しく応用できる。

【0233】

本明細書に記載の回路例のいくつかは、特定の切替機能のためにシリコンFETを利用するが、他の適切な部品をそのようなFETの代わりに使用することができる。例えば、炭化ケイ素、SiC、または窒化ガリウム、GaNなどの広バンドギャップ材料を含む部品を使用することができる。このような部品は、一部の例ではFETの場合があるが、他の例では高電子移動度トランジスタ（HEMT）の場合がある。このような部品は、シリコンFETよりも高速で降伏電圧が高い場合があり、これは場合によっては有利となる。

【0234】

上記の実施形態は、本発明の説明のための例として理解されるべきである。本発明のさらなる実施形態が想定される。当然だが、任意の1つの実施形態に関して記載された任意の特徴は、単独、または記載された他の特徴と組み合わせて使用され、また、他の任意の実施形態の1つ以上の特徴、または他の実施形態のいずれか任意の組み合わせと組み合わせて使用できる。さらに、添付の特許請求の範囲で定義される本発明の範囲から逸脱することなく、上記に記載されていない均等物および修正を使用することもできる。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

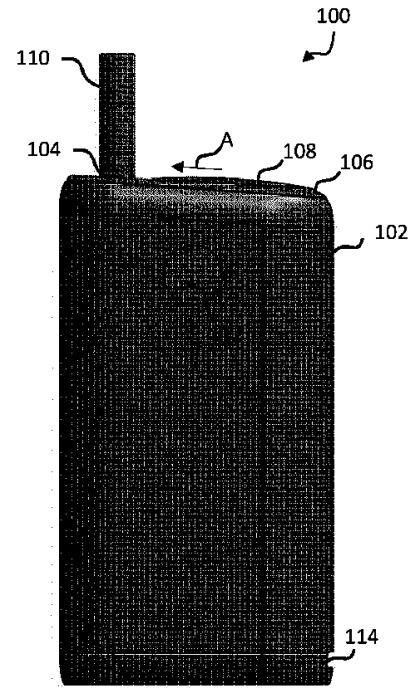


Fig. 1

【図 2】

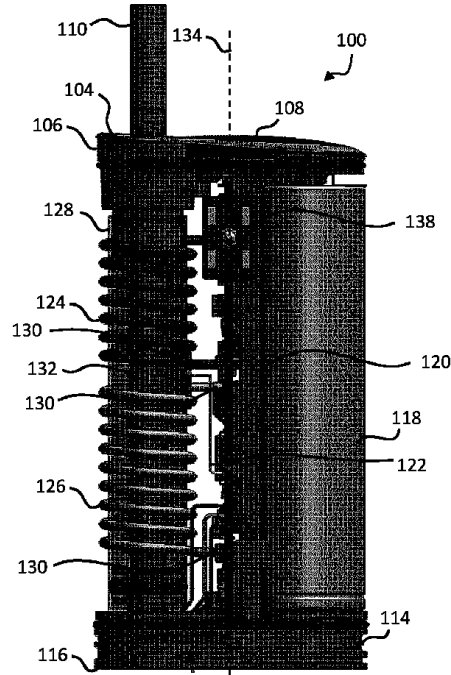


Fig. 2

【図 3】

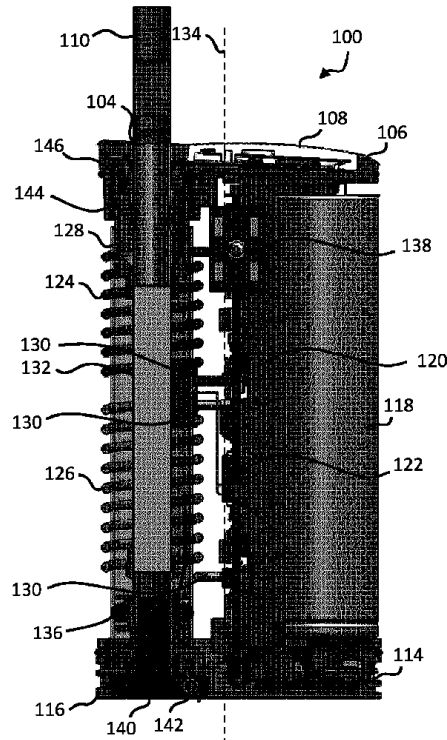


Fig. 3

【図 4】

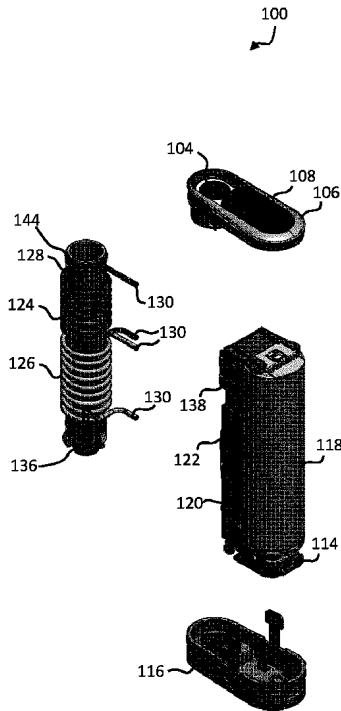


Fig. 4

10

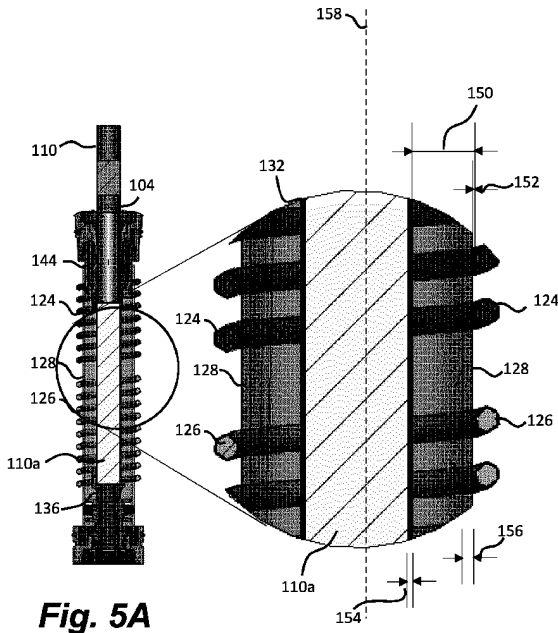
20

30

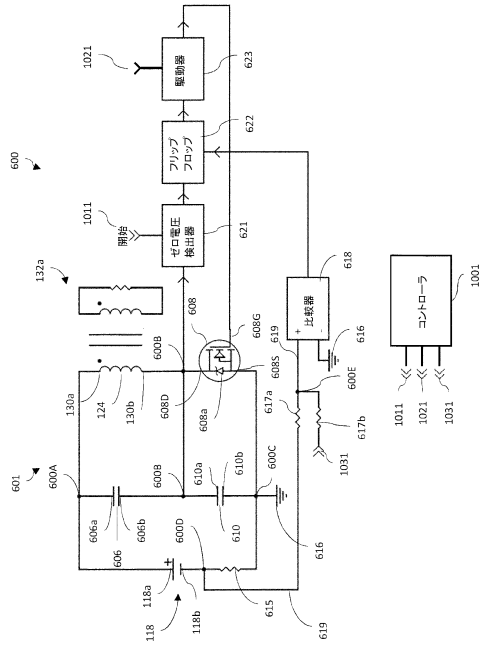
40

50

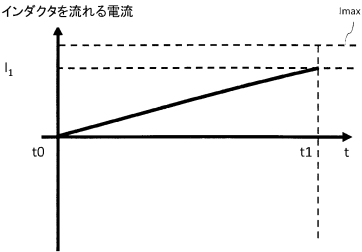
【図 5 A - 5 B】



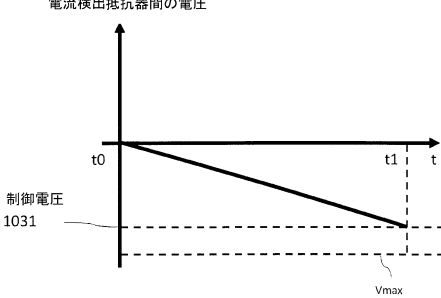
【図 6】



【図 7 A】



【図 7 B】



10

20

30

40

50

【図 8】

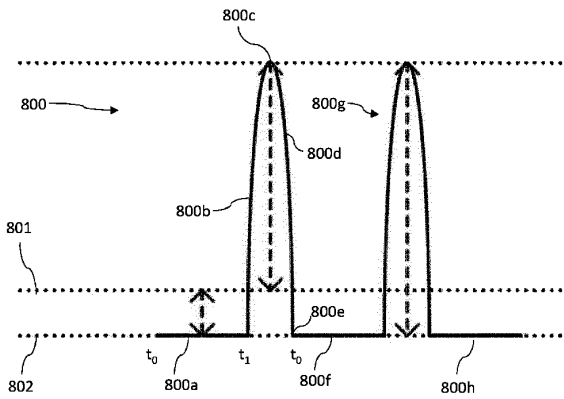
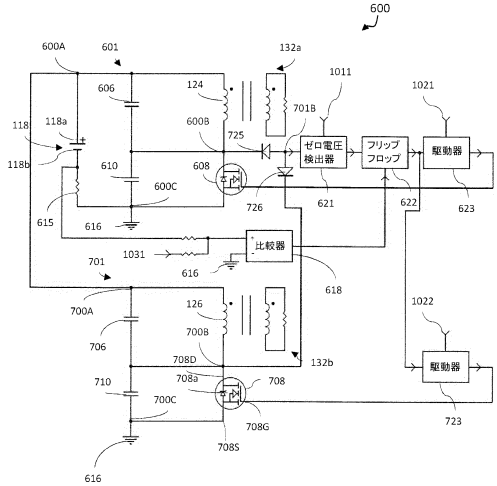


Fig. 8

【図 9】



10

【図 10】

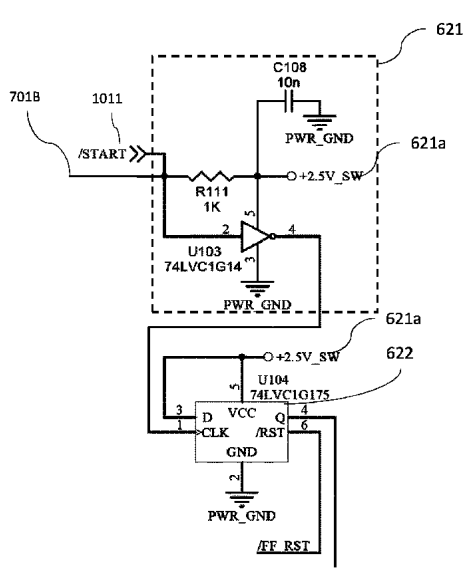
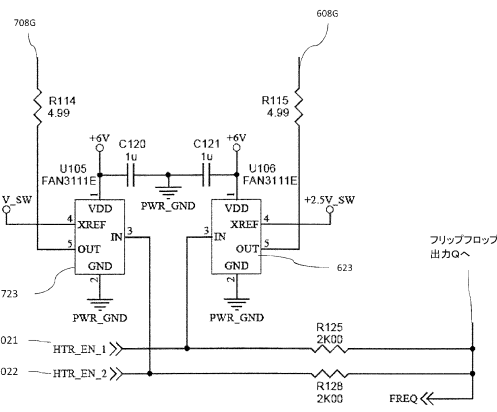


Fig. 10

【図 11】



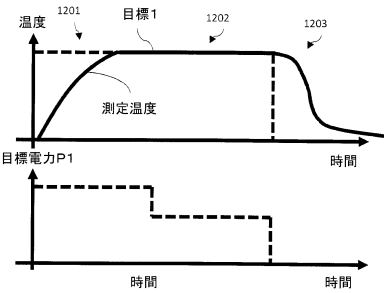
20

30

40

50

【図 16】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
H 0 5 B 6/10 3 7 1

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/816,286

(32)優先日 平成31年3月11日(2019.3.11)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

7 1 8、マディソン、フェン オーク ドライブ 5 4 0 7、ビービー7 エルエルシー内

(72)発明者 バイデルマン、キース ジョージ
アメリカ合衆国、ウィスコンシン 5 3 7 1 8、マディソン、フェン オーク ドライブ 5 4 0 7
、ビービー7 エルエルシー内

審査官 土屋 正志

(56)参考文献 国際公開第2017/085242 (WO, A1)
中国実用新案第204906749 (CN, U)
特開2002-169393 (JP, A)
国際公開第2018/073376 (WO, A1)
特表2016-525341 (JP, A)
米国特許出願公開第2016/0248280 (US, A1)
国際公開第2018/178095 (WO, A1)
特表2016-524458 (JP, A)
国際公開第2019/002377 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A 2 4 F 4 0 / 4 6 5
A 2 4 F 4 0 / 5 0
H 0 5 B 6 / 0 6
H 0 5 B 6 / 1 0