

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4714155号  
(P4714155)

(45) 発行日 平成23年6月29日 (2011. 6. 29)

(24) 登録日 平成23年4月1日 (2011. 4. 1)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 T 19/00 (2006. 01)

B O 3 C 3/45 (2006. 01)

B O 3 C 3/40 (2006. 01)

C 2 2 F 1/10 (2006. 01)

C 2 2 C 19/05 (2006. 01)

H O 1 T 19/00

B O 3 C 3/45

B O 3 C 3/40

C 2 2 F 1/10

C 2 2 C 19/05

B

C

H

J

請求項の数 27 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-542637 (P2006-542637)  
 (86) (22) 出願日 平成16年11月29日 (2004. 11. 29)  
 (65) 公表番号 特表2007-513484 (P2007-513484A)  
 (43) 公表日 平成19年5月24日 (2007. 5. 24)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2004/039783  
 (87) 国際公開番号 W02005/057613  
 (87) 国際公開日 平成17年6月23日 (2005. 6. 23)  
 審査請求日 平成19年11月28日 (2007. 11. 28)  
 (31) 優先権主張番号 10/724, 707  
 (32) 優先日 平成15年12月2日 (2003. 12. 2)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 504142411  
 テッセラ, インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95  
 134, サン・ノゼ, オーチャード・  
 パークウェイ 3025  
 (74) 代理人 100064746  
 弁理士 深見 久郎  
 (74) 代理人 100085132  
 弁理士 森田 俊雄  
 (74) 代理人 100083703  
 弁理士 仲村 義平  
 (74) 代理人 100096781  
 弁理士 堀井 豊  
 (74) 代理人 100109162  
 弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コロナ放電電極およびその動作方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コロナ放電装置の動作方法であって、  
 コロナ電極のすぐ近傍に高強度電界を生成するステップと、  
 前記コロナ電極に形成された不純物の望ましくない影響を緩和するのに十分な温度にコ  
 ロナ電極の少なくとも一部分を加熱するステップとを含み、  
 前記加熱するステップは周期的に行なわれ、  
 前記高強度電界を生じるステップと前記加熱するステップとは重複しないことを特徴と  
 する、方法。

【請求項 2】

前記コロナ電極の前記一部分は、銀、鉛、亜鉛、およびカドミウムからなるグループか  
 ら選択された金属、または当該金属を含む合金を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記コロナ電極の前記一部分は以下の式によって与えられる温度 T になるよう加熱され  
 :

$$T > H^{\circ}_{rxn} / S^{\circ}_{rxn}$$

ここで前記コロナ電極の表面材の酸化過程について、 $H^{\circ}_{rxn}$  は標準状態エンタルピー  
 (Dhorxn) 変化であり、 $S^{\circ}_{rxn}$  は標準状態エントロピー変化である、請求項 1 に記載の  
 方法。

【請求項 4】

10

20

前記高強度電界を生成するステップは、前記コロナ電極からコロナ放電を引起すのに十分な電圧を前記コロナ電極に印加するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記コロナ電極の前記一部分は空気の影響によって酸化される材料および／またはこのような材料を含む合金を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記加熱するステップは、前記コロナ電極の特性を監視し、それに応答して前記コロナ電極の前記一部分を加熱するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記特性は前記コロナ電極またはその電極の一部分の電気抵抗率である、請求項 6 に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記特性は前記コロナ電極またはその電極の一部分の電気導電率である、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記加熱するステップは、前記コロナ電極の所定の電気的特性を検出することに応答して前記コロナ電極の加熱を終了させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記電気的特性は抵抗率または導電率の特性を含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

20

前記周期的に加熱するステップは、前回の加熱サイクルからの時間を測定し、所定の時間の経過に応答して前記コロナ電極の前記一部分を加熱するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記周期的に加熱するステップは、現在の加熱サイクルの時間を測定し、所定の時間の満了に応答して現在の加熱サイクルを終了させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記加熱するステップを開始する前に前記生成するステップを終了させ、前記周期的に加熱するステップが完了すると、前記高強度電界を生成するステップを再開するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 14】

コロナ放電装置の動作方法であって、  
複数のコロナ電極のすぐ近傍に高強度電界を生成するステップと、  
コロナ電極クリーニングサイクルの開始を示す条件を検出するステップと、  
コロナ電極の少なくとも一部分について前記高強度電界を生成するステップを終了させるよう、前記コロナ電極の当該部分への高電圧の印加を中断するステップと、  
前記コロナ電極の前記部分に形成された不純物の少なくとも一部がなくなることをもたらし温度に上げるのに十分な加熱電流を前記コロナ電極の前記部分に与えるステップと、  
前記コロナ電極の前記部分に対して高強度電界の生成を続けるように、前記高電圧を前記コロナ電極の当該部分に再度印加するステップとを含む、方法。

40

【請求項 15】

前記複数のコロナ電極は複数の前記部分に分けられ、前記加熱電流を与えるステップは前記部分の各々に対して繰返される、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記コロナ電極の前記部分の各々への前記加熱電流の前記繰返される印加は、前記コロナ電極のいずれかの前記部分に前記高電圧を再度印加するステップの前に、前記複数のコロナ電極すべてに対して達成される、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 17】

前記複数のコロナ電極は複数の前記部分に分けられ、前記高電圧の印加を中断するステ

50

ップ、前記加熱電流を与えるステップ、および前記高電圧を再度印加するステップは、前記コロナ電極の前記部分の各々に対して続いて行なわれ、一時期において前記コロナ電極の一つの部分に対して前記高電圧は中断されかつ前記加熱電流が与えられて、他の部分は前記高電圧が印加され続ける、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 8】

コロナ放電装置であって、

- a . 高強度電界を生成するコロナ電極に接続される高圧電源と、
- b . 前記コロナ電極を抵抗加熱するために前記コロナ電極に接続される低圧電源と、
- c . 前記高圧電源および低圧電源を前記コロナ電極へ選択的に接続するための制御回路とを含む、コロナ放電装置。

10

【請求項 1 9】

前記コロナ電極は銀、鉛、亜鉛、およびカドミウムからなるグループから選択された表面材を含む、請求項 1 8 に記載のコロナ放電装置。

【請求項 2 0】

前記低圧電源は前記電極が以下の式によって与えられる温度  $T$  となるよう構成され：

$$T > H^{\circ}_{rxn} / S^{\circ}_{rxn}$$

ここで前記コロナ電極の表面材の酸化過程について、 $H^{\circ}_{rxn}$  は標準状態エンタルピー (Dh<sub>orxn</sub>) 変化であり、 $S^{\circ}_{rxn}$  は標準状態エントロピー変化である、請求項 1 8 に記載のコロナ放電装置。

【請求項 2 1】

20

タイマをさらに含み、前記制御回路は前記タイマに応答して前記低電圧を前記コロナ電極に周期的に印加する、請求項 1 8 に記載のコロナ放電装置。

【請求項 2 2】

前記制御回路はスイッチを含む、請求項 1 8 に記載のコロナ放電装置。

【請求項 2 3】

前記コロナ電極の状態の表示を与えるよう構成された測定回路をさらに含み、前記制御回路は前記表示に応答して前記低電圧を前記コロナ電極に印加する、請求項 1 8 に記載のコロナ放電装置。

【請求項 2 4】

前記測定回路は前記コロナ電極の電気抵抗を示す、請求項 2 3 に記載のコロナ放電装置。

30

【請求項 2 5】

前記低圧電源は制御された量の電力を前記コロナ電極に与えるよう構成される、請求項 1 8 に記載のコロナ放電装置。

【請求項 2 6】

前記低圧電源は制御された量の電磁エネルギーを周期的に蓄積して前記コロナ電極に出力するよう構成される、請求項 1 8 に記載のコロナ放電装置。

【請求項 2 7】

前記低圧電源はフライバック電力コンバータを含む、請求項 1 8 に記載のコロナ放電装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願

本願は以下の特許出願において出願人が記載している技術に向けられている： 静電流体加速器と題される、1999年10月14日に出願された米国特許出願第09/419,720号であって、現在2003年1月7日に発行された米国特許第6,504,308号；スパーク管理方法および装置と題される、2002年7月3日に提出された米国特許出願第10/187,983号；流体の流れの静電流体加速制御のための方法および装置と題される、2002年6月21日に提出された米国特許出願第10/175,947

50

号；流体の流れを制御するための静電流体加速器および方法と題される、2002年7月3日に出願された米国特許出願第10/188,069号；流体流れを制御するための静電流体加速器と題される、2003年1月28日に提出された米国特許出願連続番号第10/352,193号；および静電流体加速器と題され、2002年11月18日に提出された米国特許出願第10/295,869号であって、1998年10月16日に提出された米国仮出願連続番号第60/104,573号。これらすべてを、全体としてここに引用により援用する。

#### 【0002】

##### 発明の背景

##### 発明の分野

本発明は電気コロナ放電のための装置に関し、特に空気のような流体や他の流体などの移動および制御のためにイオンおよび電界を生成するコロナ放電技術の使用に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0003】

##### 関連技術の説明

いくつかの特許（たとえばShannon他の米国特許第4,210,847号およびSpurginによる第4,231,766号参照）は、電極（「コロナ電極」と呼ぶ）を用いたイオン生成を記載し、これはイオンを別の電極（「加速」、「収集」または「ターゲット」電極と呼び、このいずれか示される場合は特に特定しない限りまたはその使用内容から明らかでない限り、他のものを含む）に加速し、それにより加速電極に向かう方向においてイオンに運動量を与える。イオンとたとえば周囲の空気分子のような介在する流体との間の衝突により、イオンの運動量を流体に与えて、流体に対応する運動を引起して所望な流体の方向において全体の運動量を達成する。

#### 【0004】

Leeの米国特許第4,789,801号、Weinbergの第5,667,564号、Taylor他の第6,176,977号、およびSakakibaraの第4,643,745号も電界を用いて空気を加速させる空気移動装置を記載している。Lau他の2001年12月6日に公開された特許第6,350,417号および第2001/0048906号は他の電極の組をハウジングから取り出してコロナ電極を機械的に清浄するクリーニング構成を記載している。

#### 【0005】

これらの構成はコロナ電極のある程度のクリーニングを提供するが、これらは電極の汚れを完全に処理しない。したがって、クリーニングを含む電極のメンテナンスのためのシステムおよび方法が必要である。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

##### 発明の概要

本発明の一局面に従い、コロナ放電装置の動作方法は、コロナ電極のすぐ近傍に高強度の電界を生成するステップと、コロナ電極に形成された不純物の望ましくない影響を緩和するのに十分な温度にコロナ電極の少なくとも一部分を加熱するステップとを含む。

#### 【0007】

本発明の別の局面に従い、コロナ放電装置の動作方法は、複数のコロナ電極のすぐ近傍に高強度の電界を生成するステップと、コロナ電極クリーニングサイクルの開始を示す条件を検出するステップと、コロナ電極の少なくとも一部分に対して高強度電界を生成するステップを終了させるためにコロナ電極の当該部分への高電圧の印加を中断するステップと、コロナ電極の部分に形成された不純物の少なくとも一部がなくなることをもたらす温度に上げるのに十分な加熱電流をコロナ電極の部分に与えるステップと、コロナ電極のその一部分に対して高強度電界の生成を続けるように、コロナ電極の当該部分に再度高電圧を印加するステップとを含む。

## 【 0 0 0 8 】

本発明のさらに他の局面に従い、コロナ放電装置は、a) 高強度電界を生成するコロナ電極に接続される高圧電源と、b) コロナ電極を抵抗加熱するコロナ電極に接続される低圧電源と、c) 高圧電源および低圧電源を選択的にコロナ電極に接続するための制御回路とを含む。

## 【 0 0 0 9 】

本発明のさらに別の局面に従い、コロナ放電を生成する方法は、コロナ電極の近傍に高強度電界を生成するステップと、コロナ放電の副生物の生成を減じる化学反応を用いてコロナ電極の初期のコロナ電極材の一部を変換するステップと、コロナ電極材の変換された部分を初期のコロナ電極材に実質的に復元するのに十分な温度にコロナ電極を加熱する

10

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 1 0 】

好ましい実施例の説明

今までの電極クリーニングシステムおよび方法は電極材料の劣化を防止しないことがわかっていて、さらにコロナ放電被覆（たとえば、電極の外層）においていくつかの異なる化学反応が起こることがわかっている。これらの化学反応はコロナ電極の急速な酸化を引起し、それにより図1に示されるように電気的抵抗を開始値の3倍以上に増加させる。これらの酸化物を単に機械的に取除くだけでは電極材料の一部をも取除いてしまうという望ましくない結果となり、電極の機械的健全性および性能が必然的に低下してしまう。

20

## 【 0 0 1 1 】

さらに、電極材料の単純な酸化に加えて、他の化学的析出物がコロナ放電処理の副生物として形成されることもわかっている。図1から明らかなようにこれらの汚染物質は導電性を有さないのでコロナ電流を減少させ、最終的にはさえぎって、静電装置のコロナ放電機能を妨げ、または完全に抑制する。

## 【 0 0 1 2 】

発明の実施例は先行技術でのいくつかの不備に対応し、これはコロナ電極を化学的析出物なしに保つことを含め、それにより有用な電極の寿命を延ばす。たとえば、コロナ放電電極の表面に形成される化学析出物はコロナ電流を徐々に減少させる。電極汚れの別の原因として、初期の材料（たとえば、銅、銀、タンゲステンなどのような金属）が金属酸化物または他の化学化合物に変わることによるコロナ放電電極材の劣化を挙げることができる。性能を低下させる別の潜在的な問題は、コロナ電極を汚すことになる煙、毛などのような空気によって運ばれる汚染物質によってもたらされる。これらの汚染物質によりコロナ放電を止める（たとえば、減少または完全な消失）および/またはコロナと他の電極との間のエアギャップを減らし得る。

30

## 【 0 0 1 3 】

コロナ放電装置の動作により、副生物として望ましくないまたは認められないレベルのオゾンが生成される場合にも問題がある。有毒であると知られているオゾンのガスは最大許容濃度限界が50ppb(parts per billion)である。タンゲステンのようにコロナ電極に一般的に用いられる材料は実質的に高いオゾン濃度をもたらし、高出力の用途には、すなわちコロナ電流が所与の電極の形状(geometry)、構成および動作条件に対して最大値近くで維持される場合には、用いることができない。このような場合、オゾン生成は最大の安全レベルおよび/または許容レベルを急速に超えてしまうかもしれない。

40

## 【 0 0 1 4 】

本発明の実施例は、オゾンを所望なレベル以下に保ちながら、酸化物、他の析出物および汚染物を有さずにコロナ電極を維持するための革新的な解決策を与える。

## 【 0 0 1 5 】

本発明の一実施例において、コロナ電極の表面は銀、鉛、亜鉛、カドミウムなどのように好ましくは容易に酸化する材料であって、装置によってもたらされるオゾンの割合および/または量を減少または最小限にする材料からなる。オゾン生成の減少は、材料から酸

50

素原子が比較的容易に与えられるよう、これらの材料の酸化物形成における比較的低いエンタルピーによってもたらされ得る。これはオゾンの減少を助ける。具体的には、酸化 ( $XO_2 + XMe \rightarrow XMeO_x$  であって、Me は金属を表わす) によってコロナ領域から遊離酸素原子をなくし、さらに還元 ( $O_3 + MeO_x \rightarrow 2O_2 + MeO_{x-1}$ ) によって酸素原子をオゾンに与えることによってなされる。高い電界がコロナ電極の近傍に与えられ、それによりコロナ放電をもたらす。本発明の一実施例において、高電界は周期的に取除かれるまたは実質的に減少し、コロナ電極はコロナ電極材の酸化物を元の実質的に酸化されていない金属に変換 (たとえば「還元」) するのに必要な温度に加熱される。

【0016】

本発明の実施例はたとえば電極の本体に流れる電気加熱電流を用いて、電極を連続的にまたは周期的に加熱することにより電極を累進的金属酸化物形成から免れるようにする革新的な解決を与える。

【0017】

本発明の実施例に従い、電流がコロナ電極に連続的にまたは周期的に与えられて、それにより電極を抵抗加熱して金属酸化物を元の金属に戻し (たとえば金属酸化物の「還元」により酸化した材料から酸素を除去)、かつコロナ電極に形成されたまたは定着した汚染物質 (たとえば、埃、粉、微生物など) を同時に焼失させるのに十分なレベルに電極の温度を上げる。好ましい還元および/またはクリーニング温度は材料が異なれば変わり得る。大部分の金属酸化物では、この温度はタバコの煙、台所の煙や毛、粉などのような有機物で空気によって運ばれる汚染物質を同時に焼失させるために十分高く、典型的には 250 から 300 以上の範囲にある。しかし、電極を還元して汚染物質を焼失させるのに必要な温度は典型的に電極が加熱されてもよい最高温度よりも著しく低い。たとえば、純銀の融点は 1234.93 K (たとえば、961.78 または 1763.2 °F) である。これはこの材料に対する絶対最大温度限界値を設定する。実際には、最高温度はワイヤが弛むまたはさもなければ変形および変位する電極の熱膨張に応じてより低い値に決定される。

【0018】

コロナ電極はたとえば 0.5 - 1.5 ミル (すなわちアメリカンワイヤゲージ 56 番から 27 番) の間、好ましくは約 2 から 6 ミル (すなわちアメリカンワイヤゲージ 44 番から 34 番) の間、さらに好ましくは 4 ミルまたは 0.1 mm (アメリカンワイヤゲージ 38 番) の直径を有する銀または銀めっきされたワイヤを含んでもよい。その式は以下のとおりである：

【0019】

【数 1】

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad \rho_{Ag} = 1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$$

$$\rho_{avg} A_{avg} = \pi (1.14 \times 10^{-4} m)^2$$

$$R = 0.392 \Omega \cdot m^{-1}$$

【0020】

表 1 はアメリカンワイヤゲージで表わされるサイズの範囲に対して、固体銀ワイヤ 1 フィート当たりのオーム抵抗を示す。表 2 は特定のゲージのワイヤに対して特定の温度になるのに必要な電流見積もり値をアンペアで示す (たとえば銀ワイヤであって、銀の 1763.2 °F / 961.78 の融点を超える温度を含む表を実現する)。値は同様の抵抗を有するニクロム線 で得られるデータに基づいて概算されている。

【0021】

10

20

30

40

50

【表 1】

ゲージ	抵抗 Ω/ft	ゲージ	抵抗 Ω/ft
20	0.009336	30	0.0956
21	0.01177	31	0.120692
22	0.014935	32	0.149375
23	0.018717	33	0.189645
24	0.023663	34	0.240867
25	0.029837	35	0.304847
26	0.037815	36	0.3824
27	0.047411	37	0.472099
28	0.060217	38	0.5975
29	0.074869	39	0.780408

表 1

線径 (awg)	温度 (華氏 / 摂氏)									
	400 204	600 316	800 427	1000 538	1200 649	1400 760	1600 871	1800 982	2000 1093	
28	16	23	29	37	46	56	68	80	92	
29	14	19	25	32	39	48	57	67	78	
30	12	16	21	27	34	41	48	56	65	
31	10	14	18	23	28	34	41	48	55	
32	8	12	15	19	24	29	35	41	46	
33	7	10	13	16	20	25	29	34	39	
34	6	9	11	14	17	21	25	29	34	
35	6	8	10	12	15	18	21	25	28	
36	5	7	8	10	12	15	18	21	24	
37	4	6	7	9	11	13	15	18	21	
38	4	5	6	8	9	11	13	15	18	
39	3	4	5	7	8	9	11	13	15	
40	3	4	5	6	7	8	10	11	13	
41	2.6	3.3	4	4.9	5.9	7	8.3	9.6	11	
42	2.2	2.9	3.4	4.2	5.1	6	7.1	8.2	9.4	
43	1.9	2.5	3	3.6	4.3	5.2	6.1	7.1	8	
44	1.7	2.1	2.6	3.2	3.8	4.5	5.3	6.1	6.9	
45	1.4	1.8	2.3	2.7	3.3	3.9	4.6	5.3	6	
46	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.4	3.9	4.5	5.1	
47	1.1	1.4	1.7	2.1	2.5	3	3.4	3.9	4.4	
48	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	
49	0.8	1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8	3.2	
50	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	
51	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.4	
52	0.5	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	
53	0.4	0.6	0.7	0.9	1	1.2	1.4	1.5	1.7	
54	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.5	
55	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.3	
56	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	
57	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	
58	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	

表 2

【 0 0 2 2 】

表は銀の融点をはるかに超える温度を含むが、必要な最高温度はすべての酸化物層の還

10

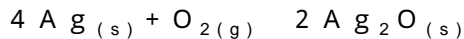
20

30

40

50

元をも含めて、汚染物をなくすのに必要な温度に基づいている。銀の場合、酸化過程は次の化学式によって説明できる：



反応に対する標準状態のエンタルピー（ $\Delta H_{rxn}^\circ$ ）およびエントロピー（ $\Delta S_{rxn}^\circ$ ）変化はそれぞれ  $-62.2 \text{ kJ}$  および  $-0.133 \text{ kJ/K}$  であり、反応は発熱反応であり、反応のエントロピーは負である。この反応において、エントロピーおよびエンタルピー条件は相容れない。反応に作用するエンタルピー条件は自発的であるのに対して、反応に作用するエントロピー条件は非自発的である。こうして、反応が起こる温度は自発性を決定する。反応の標準的ギブスの自由エネルギー（ $\Delta G_{rxn}^\circ$ ）は次のように計算できる：

$$\Delta G_{rxn}^\circ = \Delta H_{rxn}^\circ - T \Delta S_{rxn}^\circ$$

標準状態のエンタルピーおよびエントロピー変化ならびに  $298^\circ \text{K}$  の標準状態温度を代入すると次のようになる：

$$\Delta G_{rxn}^\circ = -62.2 \text{ kJ} - (298 \text{ K})(-0.133 \text{ kJ/K})$$

$$\Delta G_{rxn}^\circ = -22.6 \text{ kJ}$$

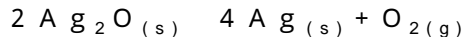
$\Delta G_{rxn}^\circ < 0$  なので、酸化反応は以下の室温で自発的である：

$$T = \Delta H_{rxn}^\circ / \Delta S_{rxn}^\circ$$

$$T = (-62.2 \text{ kJ}) / (-0.133 \text{ kJ/K})$$

$$T = 468 \text{ K}$$

したがって、 $T < 468 \text{ K}$  では進行する酸化反応は自発的であり、 $T = 468 \text{ K}$  では反応は平衡であり、 $T > 468 \text{ K}$  では反応は非自発的である、または逆の反応（すなわち、還元または酸素の除去）は以下のように自発的である：



したがって、約  $200^\circ \text{C}$  への加熱は銀酸化物を銀に戻す変換を開始させ、より高い温度は反応をさらに助成する。同時に、より高い温度は埃や粉などのような他の汚染物質をもなくし、これは汚染物質をその燃焼温度に加熱することによる（たとえば、多くの一般的な病原体および他の汚染物質に対しては  $250^\circ \text{C}$  以上）。

#### 【0023】

上記のように、コロナ電極は一般に細いワイヤからなり、所望の高い温度、たとえば  $300^\circ \text{C}$  以上に加熱するのに実質的には電力を必要としない。反対に、高い温度は電極の膨張およびワイヤの弛みをもたらす。弛んだワイヤは振動し、火花発生または不所望なノイズや音をもたらすかもしれない。これを防ぐために、電極を伸ばすことができる。たとえばワイヤの張力を維持するために1つ以上のばねによってバイアスする。代替的に、または追加的に、リブを用いて構成し、ワイヤの部分を短くして振動を防ぐことができる。さらに、高い電圧を生成するコロナは、電極が加熱される時間のうちの少なくとも一部の時間の間低減または取除くことができる。この場合、高い電圧を取除くことによりワイヤの振動および/または火花発生を防ぐ。

#### 【0024】

高電圧を生成するコロナを取除くことは特定の技術的処理、すなわち流体（たとえば空気）の加速およびクリーニングのような正常な装置の動作において、対応する中断をもたらす。このような動作の中断は、望ましくないかもしれないし、および/または場合によっては認められないかもしれない。たとえば、怖い病原菌を除去および殺すために、または微粒子が感応領域に入るのを妨げるために用いられるシステムの正常な動作がたとえば短い時間であったとしても中断させることは認められないかもしれない。このような場合、空気浄化装置を複数段（たとえば、タンデムまたはシリーズの段）用いるのが望ましいかもしれない。これにより1つの段の清掃の際に重要なシステム動作の中断を避ける、または特定段の電極のサブセットの正常な動作を選択的に中断させて段の動作が低下はするが中断されないようにできる。こうして、処理されるべき空気は空気浄化装置のいくつかの直列構成の段の各々を通過する。所与の時間において装置の1つの段を動作不能にして汚染物質を除去するための自動メンテナンスを受けさせながら残りの段は正常な動作を続けることができる。代替的に、段の一部の電極を選択的にクリーニングしながらその段の

10

20

30

40

50



残りの電極を正常に動作させることにより、装置の動作がおそらく低下はしているが許容できる動作が続くような十分な空気浄化を与えることができる。

【 0 0 2 5 】

より進化した空気浄化システムでは、高度なおよび／または進歩したダクトを用いることができる。このようなシステムにおいて、空気は本質的に平行なダクトのいくつかを通る。すなわち必ずしもすべてのダクトではなく、そのうちのいくつかのダクトを通る。各ダクトは静電空気浄化装置を含む。このようなシステムにおいて、必要なレベルの空気浄化を与えるために、空気が少なくとも 1 組の空気浄化電極を通るよう、論理および空気処理／方向付け機構を含めることが望ましいかもしれない。空気の方向付けは上記の出願人の先の米国特許出願に記載されているような静電空気処理装置によって達成できる。

10

【 0 0 2 6 】

電極を電氣的に加熱することは、各電極に与えられる電力の適切な制御を必要とする。しかし、各コロナ電極の電氣的抵抗はそれぞれ異なるかもしれない。電極の最終温度は与えられた電氣的（または他の形の）エネルギーの正味量の関数であり、最終的には熱エネルギー（マイナス消費されてなくなった熱エネルギー）に変換されるので、電極の温度は熱放出によって放散された正味電力に関連する。したがって、電圧および／または電流を別個に規制するのに対して、電極に与えられる電力量を制御するのが望ましい。すなわち、電極ワイヤに特定の電圧または電流を印加しても、所望な量の熱的エネルギーおよび昇温をもたらすために必要な量のパワーが電極において放散することは必ずしも保証されない。電力 P は次のとおりである：

20

$$P = V^2 / R = I^2 \times R$$

ここで P はワットまたはジュール / 秒で表わされる。

【 0 0 2 7 】

直径が D でありかつ単位長さ当たりの電気抵抗 R が最初は大気およびその周囲と熱的に平衡である長いワイヤの場合、以下の式は電流が通る際のワイヤ温度の変化を示す：

【 0 0 2 8 】

【数 2】

$$\dot{E}_g = \dot{E}_{out} + \dot{E}_s$$

したがって

$$\begin{cases} \dot{E}_g = I^2 R L \\ \dot{E}_s = \frac{\partial}{\partial t}(\rho C V T) \equiv \rho C V \frac{dT}{dt} = \rho C \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) L \frac{dT}{dt} \\ \dot{E}_{out} = \dot{Q}_{conv} + \dot{Q}_{rad} = h(\pi D L)(T - T_{\infty}) + \varepsilon \sigma (\pi D L)(T^4 - T_{surr}^4) \end{cases} \quad 10$$

したがって

$\dot{E}_g$ : ワイヤの抵抗加熱によるエネルギーの発生	$T_{\infty}$ : 流体の温度
$\dot{E}_s$ : ワイヤによって蓄えられるエネルギー	$T_{surr}$ : 周囲の温度
$\dot{E}_{out}$ : 制御量から流体(たとえば空気)によって運ばれるエネルギー	$L$ : ワイヤの長さ
$I$ : 電流	$\dot{Q}_{conv}$ : 対流による伝熱
$R$ : 抵抗	$\dot{Q}_{rad}$ : 輻射による伝熱
$\rho$ : 密度	$h$ : 流体の伝熱係数
$C$ : 比熱	$D$ : 線径
$V$ : ワイヤの体積	$\varepsilon$ : ワイヤ表面の放射率
$T$ : ワイヤ表面の温度	$\sigma$ : ステファン・ボルツマン定数 $5.67 \times 10^{-8} W / m^2 \cdot K^4$

20

30

以下が得られる：

$$\frac{dT}{dt} = \frac{I^2 R - \pi D h (T - T_{\infty}) - \pi D \varepsilon \sigma (T^4 - T_{surr}^4)}{\rho C (\pi D^2 / 4)}$$

【0029】

熱損失を無視して、物質の温度を上げるのに必要な熱エネルギーを次のように計算することができる：

40

$$P = t (C p \times \times V)$$

ここでPはワットで表わされ、tはケルビン(または摂氏)度の温度変化であり、Cpはグラムケルビン温度当たりのジュールで表わされる比熱であり、はcm<sup>3</sup>当たりのグラムで表わされる密度であり、Vはcm<sup>3</sup>での体積である。

【0030】

銀の場合、Cp = 0.235 J / g K° ; = 10.5 g / cm<sup>3</sup> ; V = 断面積 × Lである。

【0031】

たとえば、アメリカンワイヤゲージ28番の銀線であって断面積が8.1 × 10<sup>-4</sup> cm<sup>2</sup>のコロナ電極は、ワイヤの温度を300に上げるために以下の電力が必要である：

50

【 0 0 3 2 】

【 数 3 】

$$P = 300K^{\circ} (0.235J/K^{\circ} \times 10.5g/cm^3 \times 8.1 \times 10^{-4} cm^2)$$

$$P = 6.00 \times 10^{-2} W/cm$$

【 0 0 3 3 】

この電力を与えるのに必要な電流を計算するためには、まずワイヤが 3 0 0 に加熱されたときの抵抗を計算する：

10

【 0 0 3 4 】

【 数 4 】

$$R = \left[ \frac{\rho L}{A} \right] [1 + \alpha \Delta t]$$

$$R = \left[ \frac{1.64 \times 10^{-8} \Omega \cdot cm - L}{8.1 \times 10^{-4} cm^2} \right] \times [1 + (0.0061 \times 300)]$$

20

$$R = 3.701 \times 10^{-3} \Omega/cm$$

電流  $I$  を解くと：

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

$$I = \sqrt{\frac{6.00 \times 10^{-2} W}{3.701 \times 10^{-3} \Omega}}$$

30

$$I = 1.27 A$$

【 0 0 3 5 】

この数値は熱の損失を想定していない。周囲の流体との伝導による熱損失および放射される熱損失を考慮すると、実際の電流は表 2 に示されるようにより高い。

【 0 0 3 6 】

実際には、伝熱または熱損失は以下を含むいくつかのファクタに基づいている：

- 1．ワイヤ表面面積
- 2．放散電力
- 3．気流の速度
- 4．ワイヤの色、
- 5．温度
- 6．インクロージャ内での熱蓄積
- 7．いくつかの些細なファクタ

40

以下の 3 つの式はこれらのファクタのほんの一部しか考慮していない。

【 0 0 3 7 】

伝導による伝熱

$A$  = 接触表面の面積， $ft^2$

50

$d$  = 深さ ( 厚さ ) ,  $\text{in}$  .

$H$  = 熱の流れ ,  $\text{Btu/hr}$

$k$  = 伝導係数 ,  $\text{Btu-in. / hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$

$(t_H - t_L)$  = 温度差 ,  $^\circ\text{F}$

$H = k A (t_H - t_L) / d$

#### 対流による伝熱

$A$  = 接触表面の面積 ,  $\text{ft}^2$

$H$  = 熱の流れ ,  $\text{Btu/hr}$

$h$  = 対流係数  $\text{Btu/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$

$(t_H - t_L)$  = 温度差 ,  $^\circ\text{F}$

$H = h A (t_H - t_L)$

#### 輻射放出による伝熱 (または損失)

$A$  = 接触表面の面積 ,  $\text{ft}^2$

$H$  = 熱の流れ ,  $\text{Btu/hr}$

$T$  = 絶対温度 ,  $^\circ\text{R}$

$e$  = 放射係数

$H = 0.174 E - 08 e A T^4$

変数の数が多いので、正確な電力の計算は非常に難しくかつ複雑である。これに対して、電力および温度の測定値は比較的容易に得られるので、比抵抗熱係数に基づく実験的技法を用いてワイヤの温度を計算して所要電力を定めるのが好ましい。たとえば、ワイヤ長さ1インチ当たりのワットで表わされる必要な電力放散を測定することによる。たとえば、本発明の好ましい実施例は長さ1インチ当たり1.5Wで加熱される、直径が約4ミルまたは0.1mm (アメリカンワイヤゲージ38番) のワイヤを用いる。この実施例は比較的高い抵抗材料、好ましくはステンレス鋼や銅のような金属、より好ましくはInconel (登録商標) (NiCrFe: Ni 76%; Cr 17%; Fe 7%;  $\sigma = 103 \mu\text{-cm}$ ) のような合金からなる固体または中空のコアを有する銀めっきされたワイヤに依拠している。他のコア材料としてはニッケル、コバルト、デュメット、ニッケル-銅合金、ニッケル-鉄合金、ニッケル-クロム合金、ステンレス鋼、タングステン、ベリリウム銅、リン青銅、黄銅、モリブデン、マンガニンを挙げることができる。銀めっきは適切な総合抵抗を与えるものが選択され、約1マイクロインチ (すなわち0.001ミルまたは0.025  $\mu\text{m}$ ) から1000マイクロインチ (1ミルまたは25  $\mu\text{m}$ ) の厚さを有し得る。たとえば、厚さが5から33マイクロインチ (すなわち約0.1から0.85  $\mu\text{m}$ ) の銀膜を44番ゲージワイヤにめっきでき、25から200マイクロインチ (すなわち約0.5から5  $\mu\text{m}$ ) のめっきを27番ゲージワイヤに使用することができ、より好ましくは10-55マイクロインチ (すなわち0.010から0.055ミルまたは約0.25から1.5  $\mu\text{m}$ ) の範囲内の厚さの銀めっきを有する38番ゲージワイヤを用いることができる。1インチ当たり1.5Wの電気エネルギーを用いると、長さ20インチのワイヤが適切なピーク温度を得るのに30Wの電気エネルギーが必要になるのに対して、長さが40インチのワイヤは60Wを消費するが、これらの値は上記のパラメータおよびファクタに基づき変わり得る。しかし、一般的に導体の1インチ当たりに与えられる電力レベルが大きければ大きいほど酸化還元処理はより速く進む。たとえば、1インチ当たり1Wの電力レベルでは、酸化還元は約40秒かかるのに対して、1インチ当たり1.6Wでは約3秒に短縮される。

#### 【0038】

上述のように、電極によって放散される電力は電極の電気抵抗に依存し、これは電極毎の形状、存在する汚染物質および/または不純物、電極の温度などを含めた多数のファクタに基づき変動する。電極の抵抗および他の特性と十分に独立した特定量の電力を放散するのが重要であるので、本発明の好ましい実施例は所定量の電気エネルギーを割当てて与える方法および構成を提供する。これは特定の周波数  $f$  で所定の量の電気エネルギー  $P_1$  を蓄積および放電することによって達成できる。放散される電気エネルギー  $P$  の量は、 $P = P_1^*$

10

20

30

40

50

f に等しい。電荷の蓄積は、たとえばキャパシタを用いることによって実現できる、またはたとえばインダクタに磁気エネルギーを蓄積してこの蓄えられたエネルギー量を電極に与えることによって実現できる。このような方法および構成を用いることにより、放電の頻度およびエネルギー量の両方が容易に制御できる。

#### 【0039】

好ましい実施例において、不連続モードで動くフライバックコンバータは、一定量の電力をもたらすための適切で比較的簡単な装置として用いることができる。たとえば、Russel の米国特許第 6,373,726 号、Kalinsky 他 の第 6,023,155 号、および Faulk の第 5,854,742 号参照。フライバックインダクタは  $W_M = L I^2 / 2$  に等しい磁気エネルギー  $W_M$  を蓄積し、ここで  $I$  = インダクタ巻線の最大電流値であり、 $L$  = インダクタのインダクタンスである。1 秒あたり f 回負荷に与えられるこのエネルギーは電力  $P = W_M \cdot f$  に等しい。放出されて電極に与えられるエネルギー量は、フライバックコンバータが不連続モードで動作することを前提として、電極の抵抗と独立している。適切なフライバックインダクタ設計により、広い範囲の電極抵抗に対してこのモードで動作可能となる。

#### 【0040】

消費電力および処理によって生成される熱の放出は本発明の実施例により対処される課題である。多数のコロナ電極を用いる静電装置は適切な電極加熱のためには大量の電力を必要とする。電極の汚染物質を浄化し、酸化物質層をその元の組成に戻すためには比較的短い加熱サイクル期間しか必要ないが、典型的に秒で測定されるこの時間は重要であり、したがって大型のかつ比較的高価な電源が必要となり得る。したがって、大型のシステムの場合には、コロナ電極をいくつかの部分に分けて、各部分を順次加熱するのが好ましいかもしれない。こうすれば消費電力を著しく減少させることができ、それにより熱構成の費用を減らし、ピークの電力消費を最小限にする。この部分は別個の電極のグループ、または互いに散在させた電極の組を含んでもよく、装置のある部分での熱の蓄積を最小限にして熱の放散を向上させる。代替的に、特定の部分の電極をグループ化することにより、熱損失を最小限にしてコロナ電極温度を最大にすることにより、より効率のよい熱エネルギー使用を与え得る。

#### 【0041】

加熱目的のためにコロナ電極をいくつかの部分に分けることは電源コネクタ（すなわちコロナ電極の抵抗加熱電流を与えるために用いられる電源）に接続されるスイッチング構成を設けなければならない、電力をコロナ電極に順次または組合せて与える。たとえば、直径 0.1 mm の銀めっきされたタングステンコアワイヤを用いて 1 インチあたり 1.6 W の電気エネルギーを与える好ましい実施例において、各々の長さが 12.5 インチのコロナ電極を 30 個有して、加熱するために各電極が 20 W を必要とするようなシステムの場合、いくつかのオプションがある。1 つのオプションは電力を 30 個のコロナ電極すべてに同時に与えることである。コロナ電極は並列にまたは直列に接続されて、同時にすべての電極に電流の流れを与える電気回路を作る。この例の場合、加熱サイクルの期間には 600 W の加熱電力が必要となる。加熱サイクルが短い期間だとしても、このように比較的大量の電力は対応する比較的大型で高価な電源を必要とする。

#### 【0042】

加熱所要電力を減らす 1 つのオプションは、システムを 30 個の別個のコロナ電極に分けることである。このような構成は、それぞれに選択的に電力を与える、すなわち一度に 1 つずつ与えるために、30 個の電極の各々の少なくとも一方の端子端に別個の接続を必要とする。このような構成は各コロナ電極を順々に加熱電源に接続するためのスイッチング機構およびプロシージャを必要とする。このような機構は機械的または電子的な設計であり得る。たとえば、スイッチング機構は電流を一度に 1 つの電極に流すために、論理的制御（すなわちプログラム可能なマイクロコントローラまたはマイクロプロセッサ）と組合せた 30 個の別個のスイッチまたは何らかの種類のスイッチングの組合せを含み得る。一度に 1 個の電極に加熱電流を与えることにより、（さらなるスイッチングおよびワイヤリング構造が必要となるが）電源要件を抑えることができる。本実施例では最大またはピ

ーク電力の20Wが必要となる。このような構成のさらなる利点は、各電極の加熱電力がより均一に配分できることである。

【0043】

加熱電力を同時に複数の（本実施例では30個の）並列電極に与える場合、それぞれの電氣的抵抗が異なるので一部の電極は他のものよりも多くの電力を消費する。したがって、電力の配分については妥協しなければならない、または各電極への電力の印加を規制するためのさらなる回路が必要となる。これは直列構成を用いると必要ない。逆に、加熱電力を各コロナ電極に別個に与えることは、本例では複数の（すなわち本例では30個までの）スイッチおよび各電極を個々に接続するためのさらなる制御構成が必要となる。さらに、コロナ電極は別個に（たとえば、順次）加熱されるので、処理を行うのに必要な全体の時間は、本実施例の場合、すべての電極を並列に加熱する同時クリーニング方法よりも30倍長くなる。

10

【0044】

本発明の別の実施例は、上記の構成に対して中間的な加熱トポロジーを含む。すなわち、本例ではコロナ電極はいくつかのグループ、たとえば5つのグループのコロナ電極に分け、各グループは6個のコロナ電極を含む。これは120Wの加熱電力（すなわち、30個の電極すべてを同時に加熱するための $30 \times 20W = 600W$ と比べて、5分の1の電力）となるが、電極を同時に加熱する場合と比べて1加熱サイクルを行うのに全体で5倍長くなる。こうして、電極および動作要件の特定の形態に対しては、最適な構成は以下のような複数のファクタに依存する：

20

- (i) 利用できる最大加熱電力；
- (ii) 流体の短期のまたは連続する加熱の許容差／所望性；
- (iii) スwitchingの構成およびコスト、ならびに加熱電力配分；
- (iv) 電極のサブセットに対するクリーニング動作の際に装置を続けさせるための要件。

【0045】

加熱電力、加熱するために必要な時間、および加熱サイクル間の期間は、汚染物質を効果的に取除くために、電極の動作寿命に対して特定の電極に応じて変動し得る。加熱サイクルが完了する前および後の電極の表面の条件はこの期間の間変化し、この変化は前もって予想または対応するのが難しいさまざまなファクタによりもたらされる。こうして、電極のクリーニングまたは加熱アルゴリズムによって用いられる好ましい制御方法はいくつかのファクタに対応し、さまざまな演算などを用いて、適切な電極加熱プロトコルを決定し実現する。プロトコルは1つ以上のファクタおよびパラメータを考慮するおよび／またはモニタし、これはたとえば電極の形状、流体流速、材料の抵抗、電極の経年数、先のサイクルの期間、完了した前回のクリーニングサイクルからの時間、流体の周囲温度、加熱および冷却速度を含む、所望の加熱温度統制などを挙げることができる。

30

【0046】

したがって、本発明の一実施例に従い、電力および加熱サイクル開始の制御は、電極の汚れを示す何らかの測定可能なパラメータに回答し得る。このパラメータは観測可能な条件（たとえば、電極の光反射または何らかの他の形の輻射）または特定のコロナ電極（たとえば、各個々の電極、1つ以上の代表的サンプルまたは制御電極など）の電気抵抗といった電氣的特性、または何らかの複合抵抗測定値（たとえば、あるコロナ電極グループの全体の電気抵抗など）となり得る。たとえば、電極の電気抵抗は電極の酸化の割合および／または程度を適切に示し、それにより電極加熱の正しいタイミングを与える。電極の抵抗（たとえば、前に測定した開始抵抗に対して何パーセントか、または一定のもしくは可変のしきい値を越えた電極抵抗の増加）に回答した加熱サイクルの実際の開始および制御はいくつかの方法を用いて実現することができる。1つの方法では、正常なコロナ生成動作の間に中断なく、電極の抵抗をモニタすることを必要とするかもしれない。この場合、小さな電流が電極に選択的に方向付けられて、電極の対応する電圧降下を測定することができる。この抵抗は、電極の電圧降下に対する電極を流れる電流の割合として計算できる

40

50

。別のオプションとして、所定の電流を隔離された電極に選択的に方向付けることができる。電極の抵抗は電極にかかる電圧降下に基づき計算される。

【0047】

たとえば、あるコロナ電極は所与の温度（たとえば正常動作条件下）において、10オームのDC抵抗を示すと仮定しよう。酸化物質層が電極上に形成されると、電極の抵抗は増加し、本例では装置のある期間の動作に対して20オームとなる。連続的にモニタする実施例に従い、たとえば10mAの定電流が電極に流される。電極の抵抗が上がるにつれ、電極の電圧降下も増え、最終的には10mAの電流および20オームの抵抗で200mVに達する。たとえば比較器または他の装置によって200mVの降下が検出されると、加熱するステップを開始して電極を清浄し、酸化した材料を元の（または元に近い）酸化されてい

10

【0048】

特定の負荷（本例ではコロナ電極）への一定の電力は、負荷（電極）の抵抗が制限された値であることを条件とする。抵抗が非常に高い値に達すると、この抵抗に対する電圧は、加熱電力のレベルが同じだとして、同様に非常に高くなければならない。これは電源をあるグループの電極から別のグループに接続するスイッチング装置が、続けて行われる接続の間にタイムラグまたはギャップをもたらして開路が一時的に存在する場合に起こり得る。正しい接続では、2つ以上のグループの電極が同時に加熱電源に接続される場合にはゼロのタイムギャップまたは重複期間(overlap)となるべきである。

20

【0049】

コロナ放電によって媒体（たとえば、空気のような流体）を移動させるためにコロナ技術を用いているのなら、コロナ電極は通過する媒体、たとえば空気の中に位置し、その影響を受ける。したがって、気流の速度（すなわちより一般的にはイオンの風速）が最小値またはゼロである場合にコロナ電極の最大温度に達するかもしれない。コロナ電極の加熱は、加熱電力および気流速度の両方（すなわち、加熱およびイオン風速）の組合せを変動または制御することによっても達成できる。本例では、静止した空気を前提として、酸化物質を変えるのに十分な温度（たとえば、250 - 300）に電極を加熱するには、すなわち電極から酸素の結合を解いて取除くための化学的還元を達成し、それにより電極に形成される酸化物質層を取除くように先の酸化処理を逆転させるには、1電極当たり20Wの加熱電力が用いられると仮定する。電極を加熱（たとえば、250 - 200 雰囲気 = 230℃）によってもたらされる温度の増加は、気流速度がたとえば3m/sに増加した場合には非イオン気流温度および/または比率の半分に減少する。したがって、コロナ電極の温度は、コロナ電極と収集電極間により大きなまたは小さな加速高電圧を与えることによって制御および/または規制でき、こうして引起された気流速度またはより一般的にはイオン風速を制御する。コロナ電極への既存の手段によって与えられる、加速電圧（コロナ電極と収集電極との間であって、後者はターゲット電極とも呼ばれ、さらにはアノードおよびカソード電極とも呼ばれ）と加熱電力との間の割合は本発明の範囲内にある。しかし、最もよい結果はこの比率が装置の動作の際に変わる場合に達成される。

30

【0050】

図2は静電装置201の概略図であり、これは先に引用した特許出願に記載されている静電流体加速器または同様の装置であって、1つ以上のコロナ放電電極、より簡単には「コロナ電極」202を含む。各コロナ電極202には高圧電源(HVPS)207が接続されて、電極の近傍にコロナ放電を引起す。典型的には、HVPS207は数百または数千の電圧をコロナ電極202に与える。加熱電源(HP S)208はコロナ電極202の抵抗加熱のために、比較的低い電圧（たとえば5 - 25V）、低電力出力（たとえば1.5または1.6W/インチ）を与える。コロナ電極202の構成は適切な数のコロナ電極を含むが、簡潔のために9個が示されている。すべてのコロナ電極はHVPS207の出力端子に接続される。HVPS207の他の端子（図示されない）は他の電極、たとえばコレクタ電極に接続され得る。コロナ電極202の第1の端子端はバス203によって一

40

50

緒に接続され、各他方端はそれぞれのスイッチ 209 に接続され、そこから HPS 208 からの電力が与えられる。すなわち、すべてのスイッチ 209 は HPS 208 の 1 つの端子に接続される。HPS 208 の別の端子はコロナ電極 202 の共通点、たとえばバス 203 に接続される。従来の機械的スイッチとして一般的に示されるが、スイッチ 209 として適切なスイッチングまたは電流制御装置もしくは機構、たとえば SCR、トランジスタなどを用いることができる。

#### 【0051】

1 つの動作モードを以下に説明する。初めに、すべてのスイッチ 209 は開いている (HPS 208 は接続されていない)。この正常な動作モードにおいて、HVPS 207 はコロナ電極 202 がコロナ放電を生成する正しい動作のための十分なレベルの高電圧を生成し、それにより所望の流れ方向に流体を加速させる。制御回路 210 は周期的に HVPS 207 を不能化し、HPS 208 をワイヤ 205 および 206 ならびにスイッチ 209 を介して 1 つ以上のコロナ電極に接続する。たとえば一度に 1 個のコロナ電極が接続されるのなら、1 つのスイッチ 209 だけがオンであり、残りのスイッチはオフである。当該 1 個のスイッチ 209 は金属酸化物が元の金属に変換する十分な時間オン位置に留まる。この時間は特定の電極の材料、形状、構成などに対して実験で定めることができ、電極を酸化物層が形成される前に存在した元の状態に近い状態に戻すのに必要なある温度の達成を含む。ある所定の出来事 (たとえば、ある時間の経過、電極抵抗の降下、電極の温度など) であって、特定の電極または共通に加熱された電極の組の加熱サイクルの完了を示す何らかの所定の事象の後、対応するスイッチはオフとなり、他の 1 個のスイッチ 209 がオン位置に作動する。加熱電流を与えるのに定電源の定電流を用いるのなら、順次加熱される段のオン状態間に少しの重複期間を含めるのが望ましい。たとえば、電源がある有限の切替期間に適切な負荷に接続されていないような状態を避けるために開路前閉路 (make-before-break) スwitching 構成を与える。コロナ電極すべてが加熱されるまで、スイッチ 209 はいずれかの順序でオンおよびオフ動作される。代替的に、クリーニング動作および/またはコロナ電極動作を最適化するために何らかの動作のシーケンスを用いることができる。最後の電極の加熱サイクルが完了すると、制御回路は最後のスイッチ 209 をオフにし、HVPS 207 がコロナ放電機能を維持する正常な動作の再開を可能にする。

#### 【0052】

正常な装置動作を再開する前に、すべての電極のクリーニングサイクルを完了する条件で動作が説明されたが、他のプロトコルを用いることができる。たとえば、正常な装置の動作はすべての電極の加熱サイクルが完了してなくても再開でき、それにより正常な装置の動作はより頻繁ではあるが、クリーニング動作のための中断をより短くする。これは、すべての電極が順次清浄された場合の局所的加熱問題を最小限にする利点がある。厳密な時間以外の何らかの条件 (たとえば、高い電極抵抗の検出) に加熱サイクルが応答する本発明の実施例において、クリーニングサイクルを開始させるこのような条件をすべての電極が同時に示すことはおそくないと思われる。したがって正常な装置動作の中断をより短くして必要なクリーニングを行うことができる。

#### 【0053】

さらに、他の電極の動作を続行させながら、クリーニングされている電極の動作のみを中断することができる。さらに、適切な回路を設けて用いることにより、これら電極の通常のコロナ放電動作のために HVPS 207 から同時にかつ続けて電力を与えながら、熱エネルギーをもたらすために加熱電流の印加 (または電源を与える) を可能にする。さらに、空気の加熱が望まれるのなら、たとえば HVPS (加熱、換気、および空調) の一部の機能として、クリーニングプロセスは通常の電気加熱機能に統合することができる。

#### 【0054】

コロナ電極 202 はさまざまな組成、構成、および形状を有することができる。たとえば、電極は銀のような単一の材料からなる細いワイヤ、またはある物質の中央のコア材料 (たとえば、タングステンのような高融点金属) がたとえば銀のようなオゾンを減少する金属の外層によって被覆された形を取り得る (図 8 および図 9 に関連して以下でより詳細

10

20

30

40

50



に説明)。複合構造の場合、適切な全体の電気抵抗と過度の電流を必要とすることなく電極の抵抗加熱とを与えるためにコアおよび外部層材料を選択することができる。加熱の際の電極の変形を避けるために、および各クリーニングサイクルの際のワイヤに繰返される加熱および冷却によって引起される、ストレスおよび疲労による故障を最小限にするために、熱膨張も考慮に入れることができる。

【0055】

実際のテストの結果は図3 - 図5に示される。特に、図3はステンレス鋼コア上に銀の金属被膜を有する銀めっきワイヤからなる新しいコロナ電極を示す。酸化および他の目に見える汚染物質のない、光沢のある平らな表面を有することがわかる。

【0056】

図4は、図3のワイヤが72時間能動コロナ放電に置かれた後の写真である。ワイヤの表面は、銀被膜の酸化により、著しく黒い色であることがわかる。ワイヤが長い時間コロナ放電を生成するために動作されると、銀はすべて銀酸化物に変わることが予想される。これは電極の動作に悪影響を及ぼし、究極的には電極のコア材料の劣化および/または損傷(および故障)ならびに全体としての電極の故障をもたらし得る。

【0057】

図5は適切な電流で加熱された後の同じワイヤの写真である。ワイヤの表面は銀の酸化物質層が酸素の除去により元の銀の分子に変わったことにより、再び光沢を有することが観測される。この再変換された層はワイヤを完全に被覆する。銀の被膜は実質的にその元の酸化されていない状態に復元されたことを電氣的測定値は示す。

【0058】

図6はコロナ電極の抵抗(ワイヤ抵抗)対時間を示すグラフである。示されているように、最初の2時間の動作期間でコロナワイヤの抵抗が約648ミリオームから660ミリオームに増加している(約3と1/3時間の平均的長さを有する動作/加熱サイクルが一例として示されている)。このような各サイクルの終わりに、200 - 300の範囲での温度に30秒加熱される。最初の加熱サイクルの結果、コロナワイヤの抵抗は648ミリオームの開始抵抗より著しく減少し、約624ミリオームに下がっている。こうして、本発明の実施例では、新しい未処理の電極ワイヤが示し特徴付けられる抵抗値よりもさらに低い抵抗値を与える。後の動作/加熱サイクルにより各動作サイクルの開始とほぼ等しいまたはわずかに高い電極の抵抗の復元がもたらされている(たとえば、各動作サイクルにおいて、抵抗増加は80パーセントおよび多くの場合90から95パーセント以上の低減が得られた)。この動作/加熱サイクルを繰返しても、各電極クリーニングまたは電極復元サイクルが完了してから観測された電気抵抗に対して、ほんの緩やかな電気抵抗の増加が時間とともに見られただけである。

【0059】

図7は典型的なフライバックコンバータの出力電力に対する負荷抵抗を示すグラフである。負荷抵抗は予期される抵抗変動の範囲をはるかに超えているが、出力電力は適切な電極加熱を確保するのに必要な範囲内にあり、材料の復元(脱酸)を行うのに必要な電極温度の増加をもたらす。フライバックコンバータのさらなる詳細については、たとえばRusselの米国特許第6,373,726号、Kalinskyの第6,023,155号、およびFaulkの第5,854,742号参照。

【0060】

図8は本発明の実施例に従う電極800の断面斜視図である。実質的に円筒のワイヤは固体内部コア801および外部層82を含む。内部コア801は好ましくは物理的または電氣的劣化(たとえば脆弱になる)せずに複数の加熱サイクルに耐え得る金属であって、外部層802を構成する材料と両立する熱膨張係数を示し、外部層802に接着する材料からなる。内部コア801はワイヤの抵抗加熱および上の外部層802を支持するための比較的高い抵抗材料を含み得る。内部コア801に適する材料はステンレス鋼、タングステン、または好ましくはInconel(登録商標)(NiCrFe: Ni76%; Cr17%; Fe7%;  $\alpha = 103 \mu - cm$ )のような合金を含む。他のコア材料としてはニッケ

10

20

30

40

50

ル、コパール、デュメット、ニッケル - 銅合金、ニッケル - 鉄合金、ニッケル - クロム合金、ベリリウム銅、リン青銅、黄銅、モリブデン、マンガンなどを挙げることができる。本発明の好ましい実施例において、外部層 802 はめっき銀であるが、上述のように鉛、亜鉛、カドミウム、およびその合金からなる他の金属も用いることができる。電極 800 は実質的に円筒形の形状を有するように示されているが、他の形状も用いることができる。これは平坦な外面（たとえば円錐部）、多角形の断面（たとえば矩形の立方体）および不規則な表面を有するものも含む。

【0061】

図 9 に示される他の実施例において、電極 900 は中央の軸方向の空間 902 を有する管状の部分 901 を含む中空コアを含む。管状部 901 は他の態様において内部コア 801 と類似している。たとえば銀の外部層 802 は管状部 901 の上に重なる。

10

【0062】

本明細書にはその多様な変形例の一部を除いて本発明の好ましい実施例のみが示されかつ記載される。本発明は他の多様な組合せおよび環境において用いることができ、ここに示される発明の概念の範囲内において変更または変形できる。たとえば、電極の加熱を達成する手段として、電流の直接の印加が本発明の一実施例に従い記載されているが、電極構造において電流を引起すために他の形の結合を含めた他の加熱手段を用いることができる（たとえば、電磁的に誘起される渦電流加熱、電極の放射加熱、電磁波加熱、高温に電極を置くなど）。さらに、この明細書中に言及されるすべての公報、特許および特許出願はこの発明が関係する当業者のレベルを示すことが留意かつ理解されるべきである。すべての公報、特許および特許出願は、個々の公報、特許または特許出願の各々が全体として引用により具体的かつ個別に引用されるよう示されたのと同程度に、引用によりこの明細書中に援用される。

20

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】コロナ電極抵抗対電極動作時間を示すグラフの図である。

【図 2】静電装置のコロナ電極に電流を与えるためのシステムの概略図である。

【図 3】使用前の新しいコロナ電極の写真を示す図である。

【図 4】黒い酸化物層の形成をもたらす、動作後のコロナ電極の写真を示す図である。

【図 5】酸化物層の非酸化銀への化学還元変化をもたらす、本発明の一実施例による熱処理後の、図 2 に示されるコロナ電極の写真を示す図である。

30

【図 6】酸化/脱酸処理の反復サイクルの際のワイヤ抵抗対時間を示すグラフの図である。

。

【図 7】不連続モードで動作される実際のフライバックコンバータの電圧対電流図である。

。

【図 8】銀の外部層を有する固体コア材を含むコロナ電極の斜視図である。

【図 9】銀の外部層を有する中空コア材を含むコロナ電極の斜視図である。

【図 1】

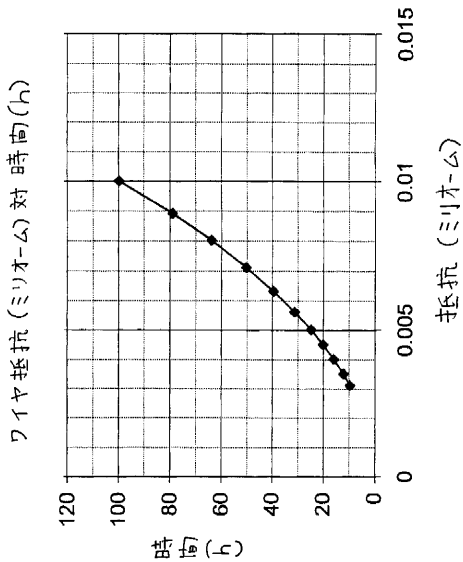


Figure 1

【図 2】

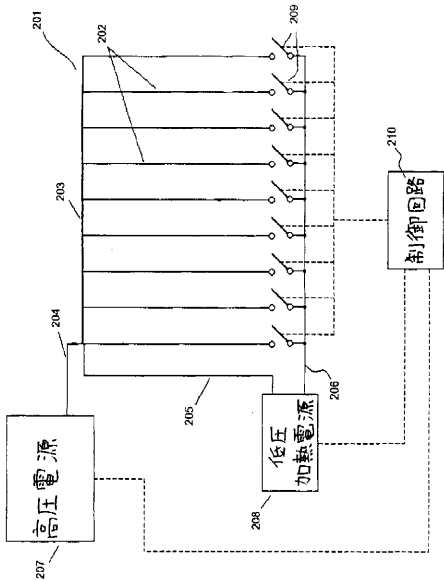


Figure 2

【図 3】

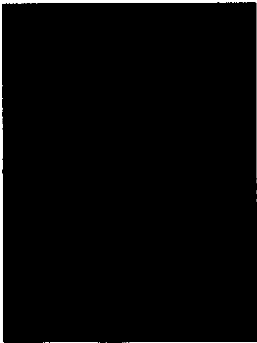


Figure 3

【図 4】

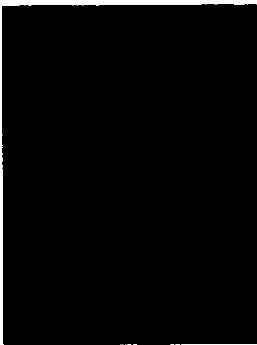


Figure 4

【図 5】

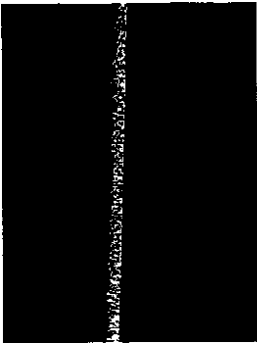


Figure 5

【図 6】

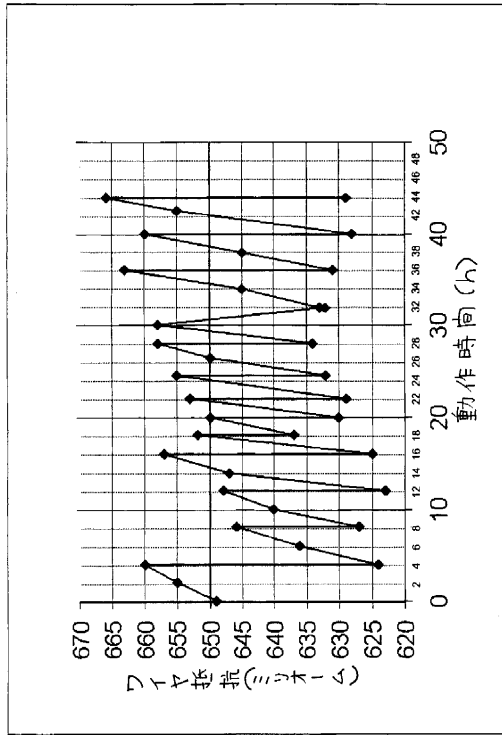


Figure 6

【図 7】

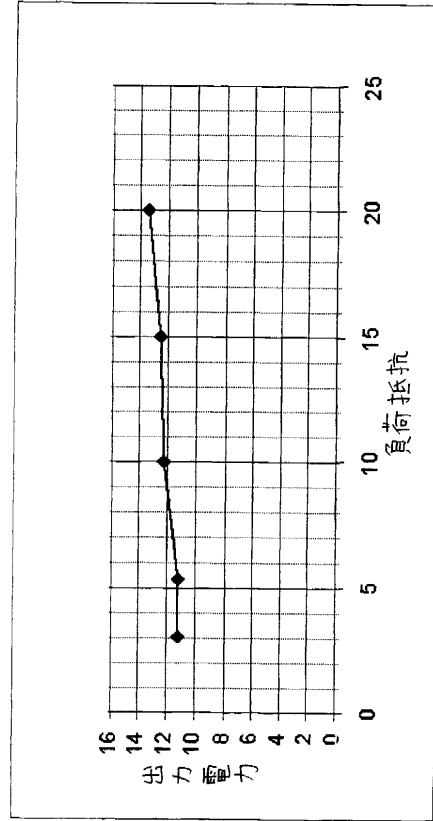


Figure 7

【図 8】

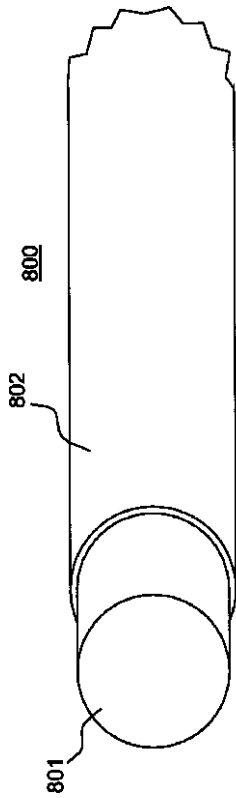


Figure 8

【図 9】

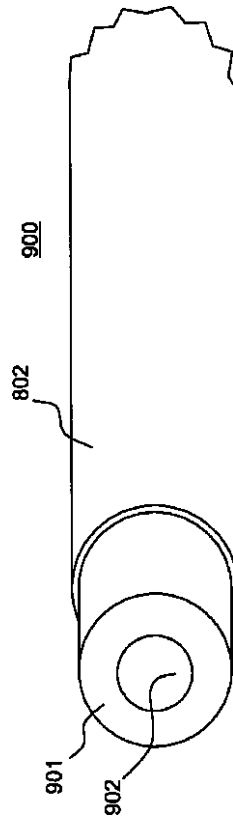


Figure 9

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
C 2 2 F	1/00 (2006.01)	C 2 2 F 1/00 6 1 3
		C 2 2 F 1/00 6 2 5
		C 2 2 F 1/00 6 2 6
		C 2 2 F 1/00 6 6 0 Z
		C 2 2 F 1/00 6 6 1 A
		C 2 2 F 1/00 6 9 1 B

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 クリチタフォビチ, イーゴリ・エイ

アメリカ合衆国、9 8 0 3 3 ワシントン州、カークランド、エヌ・イー、ワンハンドレッドアンドセブンティーン・アベニュー、6 8 2 7

(72)発明者 オハラ, ジェイコブ

アメリカ合衆国、9 8 0 1 1 ワシントン州、ボセル、エヌ・イー・ワンハンドレッドアンドエイティサード・ストリート、1 2 5 1 6、ナンバー・5 0 1

(72)発明者 トンプソン, ジョン

アメリカ合衆国、9 8 2 7 5 ワシントン州、ムキルテオ、イレブンス・ストリート、9 0 1

審査官 高橋 学

(56)参考文献 特開平 0 5 - 1 6 6 5 7 8 ( J P , A )

特開平 0 2 - 0 1 2 1 7 2 ( J P , A )

特開昭 6 4 - 0 4 2 6 6 6 ( J P , A )

米国特許第 0 5 4 6 9 2 4 2 ( U S , A )

特開平 0 6 - 0 0 9 2 0 3 ( J P , A )

特開 2 0 0 1 - 3 1 2 1 2 2 ( J P , A )

特開昭 6 0 - 1 1 4 3 6 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H01T 19/00-19/04

H01T 23/00

B03C 3/40

B03C 3/45

G03G 15/02