

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6837192号  
(P6837192)

(45) 発行日 令和3年3月3日(2021.3.3)

(24) 登録日 令和3年2月12日(2021.2.12)

(51) Int.Cl.	F I		
<b>BO3C 3/41 (2006.01)</b>	BO3C	3/41	B
<b>BO3C 3/40 (2006.01)</b>	BO3C	3/41	J
<b>BO3C 3/47 (2006.01)</b>	BO3C	3/40	A
<b>BO3C 3/60 (2006.01)</b>	BO3C	3/47	
	BO3C	3/60	

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-501952 (P2017-501952)	(73) 特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(86) (22) 出願日	平成28年2月26日(2016.2.26)	(74) 代理人	100106116 弁理士 鎌田 健司
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/001042	(74) 代理人	100115554 弁理士 野村 幸一
(87) 国際公開番号	W02016/136270	(72) 発明者	細野 洋 大阪府吹田市垂水町3丁目28番33号 パナソニック環境エンジニアリング株式会社 社内
(87) 国際公開日	平成28年9月1日(2016.9.1)	(72) 発明者	片谷 篤史 大阪府吹田市垂水町3丁目28番33号 パナソニック環境エンジニアリング株式会社 社内
審査請求日	平成30年12月28日(2018.12.28)		
(31) 優先権主張番号	特願2015-38459 (P2015-38459)		
(32) 優先日	平成27年2月27日(2015.2.27)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2015-183961 (P2015-183961)		
(32) 優先日	平成27年9月17日(2015.9.17)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気集塵装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

粉塵を含んだ気体の流入部と流出部の間において複数の荷電極板と複数の接地極板を交互に平行に配置し、

向かい合う前記荷電極板と前記接地極板の対向する面のどちらか一方に導電性繊維を植毛し、

前記荷電極板に高電圧を印加した帯電部を備え、

前記荷電極板と前記接地極板との極板間隔に対する、前記導電性繊維の長さの比率を  $0.1 \sim 0.3$  とし、

前記荷電極板と前記接地極板との極板間における電界強度を  $0.3 \sim 1 \text{ kV/mm}$  としたことを特徴とする電気集塵装置。

10

【請求項2】

前記荷電極板に高電圧を印加することにより前記導電性繊維の端部より放電を発生させ、前記帯電部の前記放電は電極の面積に対して  $1 \text{ mm}^2$  あたり  $3 \times 10^{-5} \sim 60 \times 10^{-5} \mu\text{A}$  の範囲であることを特徴とする請求項1記載の電気集塵装置。

【請求項3】

前記導電性繊維は炭素繊維であることを特徴とする請求項1または2に記載の電気集塵装置。

【請求項4】

粉塵を含んだ気体の流入部と流出部間において複数の集塵部荷電極板と複数の集塵部接地

20

極板を交互に平行に配置し、  
前記集塵部荷電極板に高電圧を印加し、  
前記複数の集塵部荷電極板と前記複数の集塵部接地極板を集塵部とし、  
前記集塵部を前記帯電部の下流側に備えたこと特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の電気集塵装置。

【請求項 5】

前記荷電極板に高電圧を印加しても前記導電性繊維の端部より放電が発生しないことを特徴とする請求項 1 記載の電気集塵装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、空気中の浮遊粒子を帯電させて静電気力で捕集する電気集塵装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、この種の電気集塵装置は、帯電部の放電極に直流高電圧を印加し、正コロナまたは負コロナを発生させ、帯電部を通過する粉塵に正または負の電荷をもたせて、粉塵を帯電させる。この帯電した粉塵を、直流高電圧が印加された荷電極と、接地に繋がれた接地極板を有する集塵部との高電界により、静電気力で接地極板面上に捕集する技術が広く一般的に知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

20

【0003】

以下、その電気集塵原理について図 20 を参照しながら説明する。

【0004】

図 20 は電気集塵装置の集塵ユニットの電極配置を模式的に表している。図 20 に示すように、電気集塵装置は帯電部 104 と集塵部 105 により構成される。通風方向は、帯電部 104 から、集塵部 105 への向き（図 20 における左から右の向き）である。帯電部 104 と集塵部 105 にはそれぞれ +11kV と +8.3kV の直流高電圧が直流高圧電源 109 から供給されている。帯電部 104 は、突起状の放電極 104A と接地極板 104B により構成される。放電極 104A に +11kV の直流高圧が印加され、放電極 104A と接地極板 104B の間の空間に正コロナ放電が発生する。この正コロナにより発生した正イオンが、空間中の粉塵（図示されず）に正の電荷を与え、粉塵は正に帯電する。帯電した粉塵は後段の集塵部 105 における、荷電極板 105A と接地極板 105B 間で形成される強電界により、静電気力で接地極板 105B 上に捕集される（集塵原理）。

30

【0005】

コロナ放電を用いた一般的なトンネル換気設備向け電気集塵装置は、風量あたりの消費電力が  $110W / (m^3 / s)$  程度である。これより  $1m^3 / min$  あたりの消費電力は約 2W となる。

【0006】

また、他の従来の空気清浄機では、処理風量が  $0.3m^3 / min$  の場合に消費電力は 3.5W であり、これより  $1m^3 / min$  あたりの消費電力は約 12W となる（例えば、特許文献 2 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開平 9 - 225340 号公報

【特許文献 2】特開平 9 - 239289 号公報

【発明の概要】

【0008】

このような電気集塵装置の帯電部 104 においては、コロナ放電による電力消費が発生

50

するため、消費電力に伴う電気代が嵩むという課題があった。

【0009】

そこで本発明は、コロナ放電を発生させず、もしくは微小なコロナ放電を発生させて、粉塵を帯電させることにより、帯電部での電力発生を低減し、消費電力に伴う電気代を少なくできる電気集塵装置を提供する。

【0010】

そして、本発明に係る電気集塵装置は、粉塵を含んだ気体の流入部と流出部の間において複数の荷電極板と複数の接地極板を交互に平行に配置する。また、向かい合う荷電極板と接地極板の対向する面のどちらか一方に導電性繊維を植毛し、荷電極板に高電圧を印加した帯電部を備える。また、荷電極板と接地極板との極板間隔に対する、導電性繊維の長さの比率を0.01~0.3とし、荷電極と接地極との極板間における電界強度を0.3~1kV/mmとする。

10

【0011】

このような構成によって、グラディエント力により導電性繊維に粉塵を堆積させ、堆積した粉塵が飛散時に堆積していた導電性繊維と同じ極性に誘導帯電により帯電し、この飛散した帯電粉塵を異なる極性の対向する接地極板または荷電極板で集塵することができるものである。

【0012】

さらに、帯電部での電力発生を低減し、消費電力に伴う電気代を少なくできるという効果を得る。

20

【0013】

また、本発明に係る電気集塵装置は、荷電極板に高電圧を印加することにより導電性繊維の端部より放電を発生させ、この帯電部の放電を電極の面積に対して $1\text{mm}^2$ あたり $3 \times 10^{-5} \sim 60 \times 10^{-5} \mu\text{A}$ の範囲としてもよい。

【0015】

また、導電性繊維を炭素繊維としてもよい。

【0016】

また、粉塵を含んだ気体の流入部と流出部間において複数の集塵部荷電極板と複数の集塵部接地極板を交互に平行に配置し、集塵部荷電極板に高電圧を印加し、複数の集塵部荷電極板と複数の集塵部接地極板を集塵部とし、集塵部を帯電部の下流側に備えたものとしてもよい。

30

【0017】

また、荷電極板に高電圧を印加しても導電性繊維の端部より放電が発生しないものとしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、本発明の第1の実施の形態における電気集塵装置を使用したトンネル換気設備の内部を透視した斜視図である。

【図2】図2は、図1の2-2断面を示す図である。

【図3】図3は、図1の3-3断面を示す図である。

【図4】図4は、本発明の第1の実施の形態の電気集塵装置を使用したトンネル換気設備の上面の内部透視図である。

【図5】図5は、本発明の第1の実施の形態における電気集塵装置の構成図である。

【図6】図6は、本発明の第1の実施の形態における電気集塵装置の極板配置を表す概念図である。

【図7】図7は、本発明の第1の実施の形態における電気集塵装置の帯電部の印加電圧に

40

50

対する電流を表すグラフである。

【図 8】図 8 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の帯電部の電界領域を表す概念図である。

【図 9 A】図 9 A は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の帯電部の粉塵の堆積する動きを表す概念図である。

【図 9 B】図 9 B は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の帯電部の粉塵の再飛散する動きを表す概念図である。

【図 10】図 10 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の集塵率を表すグラフである。

【図 11】図 11 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の印加電圧をゼロとした場合の集塵率を表すグラフである。

10

【図 12】図 12 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の電圧印加を帯電部のみとした場合の集塵率を表すグラフである。

【図 13】図 13 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の電圧印加を集塵部のみとした場合の集塵率を表すグラフである。

【図 14】図 14 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の集塵率の比較を表すグラフである。

【図 15】図 15 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の帯電部印加電圧に対する集塵率を表すグラフである。

【図 16】図 16 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の帯電部放電電流に対する集塵率を表すグラフである。

20

【図 17】図 17 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の消費電力に対する集塵率を表すグラフである。

【図 18】図 18 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の帯電部の構成を表す斜視図である。

【図 19】図 19 は、本発明の第 1 の実施の形態における電気集塵装置の構成を表す斜視図である。

【図 20】図 20 は、従来の電気集塵装置の帯電部と集塵部の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

30

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0020】

(第 1 の実施の形態)

まず、本実施の形態における電気集塵装置の設置の一例として、トンネル換気設備に使用される構成を図 1 ~ 図 4 を用いて説明する。

【0021】

図 1 ~ 図 4 に示すように、本実施の形態の電気集塵装置 3 は、トンネル本線 1 の上部で、換気吸込口 2 から換気吐出口 6 に至る換気風路 4 内に設置され、換気風路 4 の下流側に換気ファン 5 が設置されている。本実施の形態では、換気風路 4 は 3 系統あり、図 4 に示すように、換気吸込口 2、電気集塵装置 3、換気風路 4、換気ファン 5 で 1 系統を構成する。全ては図示していないが、図 4 に図示する換気風路 4 の両側にも同様の構成の換気風路が設けてあり、共通の換気吐出口 6 は 3 系統をまとめた吐出口となっている。

40

【0022】

電気集塵装置 3 の側方には、図 1 に示すように電気集塵補機 7 と、電気集塵装置 3 と電気集塵補機 7 を作動させる高圧発生盤 8 と制御盤 9 が設置されている。

【0023】

電気集塵装置 3 は、図 5 に示すように、ケーシング 10 内に、帯電部 12 と集塵部 13 からなる集塵ユニット 11 を備え、集塵ユニット 11 の風上側にはダンパ 31 を備え、風下側の上部には洗浄配管 32 を備え、風下側の下部には配線端子箱 33 を備えている。図 2 に示したように、集塵ユニット 11 はケーシング 10 内に複数設けられている。

50

## 【0024】

ダンパ31は、帯電部12および集塵部13を構成する極板を水洗浄する際に閉じ、ケーシング10の外への水飛散を防止する機能があり、洗浄配管32は、極板や碍子を洗浄するための機内配管で、その材質はステンレスまたは樹脂で構成している。

## 【0025】

配線端子箱33は高圧発生盤8からの配線を一旦端子受けする箱で、この箱の端子から帯電部12と集塵部13へ配線し高電圧を印加する。

## 【0026】

次に、本実施の形態の特徴である、集塵ユニット11の帯電部12の構成について説明する。

10

## 【0027】

図6に示すように、集塵ユニット11は、接地極としての帯電部接地極板14と荷電極としての帯電部荷電極板15を交互に平行に配置した帯電部12と、集塵部接地極板16と集塵部荷電極板17を交互に平行に配置した集塵部13と、帯電部荷電極板15を荷電する帯電部高圧電源18、集塵部荷電極板17を荷電する集塵部高圧電源19で構成される。風上側に帯電部12、風下側に集塵部13が配置されている。

## 【0028】

帯電部12は、例えば、帯電部接地極板14と帯電部荷電極板15の奥行き(長さ)  $L_1$  は40mm、高さ(図示せず)は32mmであり、帯電部接地極板14と帯電部荷電極板15の極板間隔  $D_1$  は10mmである。

20

## 【0029】

集塵部13は、例えば、集塵部接地極板16と集塵部荷電極板17の奥行き(長さ)  $L_2$  は280mm、高さ(図示せず)は90mmであり、集塵部接地極板16と集塵部荷電極板17の極板間隔  $D_2$  は10mmである。また、集塵部接地極板16は6枚、集塵部荷電極板17は6枚使用している。

## 【0030】

帯電部12、集塵部13の極板材質は、例えばSUS304で、板厚は0.4~0.6mm程度であり、材質としては導電体であれば使用可能である。

## 【0031】

帯電部接地極板14と帯電部荷電極板15は片側に多数の導電性繊維を植毛した導電性繊維部20が設けてあり、向かい合う帯電部接地極板14と帯電部荷電極板15のいずれか一方は導電性繊維部20を有するように配置されている。

30

## 【0032】

導電性繊維部20は、例えば線径5~10 $\mu$ m程度、長さ0.1から3mm程度の多数の活性炭素繊維で構成され、導電性接着剤を用いて帯電部接地極板14および帯電部荷電極板15に接着している。

## 【0033】

なお、帯電部荷電極板15と帯電部接地極板14との極板間隔  $D_1$  に対する、導電性繊維部20の長さの比率は0.01~0.3が好ましい。この比率が0.01以上、すなわち本実施の形態において導電性繊維部20の長さが0.1mm以上であれば、導電性繊維部20端部に発生するグラディエント力が強くなり、集塵率を高くすることができる。また、極板間隔  $D_1$  に対する導電性繊維部20の長さの比率が0.3以下、すなわち本実施の形態において導電性繊維部20の長さが3mm以下であれば、帯電部接地極板14と帯電部荷電極板15間でスパーク(局部短絡)が発生する頻度が低くなるため、集塵率を高くすることができる。

40

## 【0034】

また、導電性繊維部20は炭素繊維が好ましい。この構成によれば、導電性を有しつつ金属等と比較して比重が軽いため、装置を軽量化できる。

## 【0035】

植毛は静電気力を利用して行う。導電性接着剤を塗布した帯電部接地極板14および帯

50

電部荷電極板 15 を 20 ~ 30 mm 程度の間隔で対向配置し、帯電部荷電極板 15 に DC - 5 kV 程度の高電圧を印加する。

【0036】

この状態で多数の導電性繊維を含む空気を導入すると、誘電分極により導電性繊維の片端が導電性接着剤を塗布した帯電部接地極板 14 および帯電部荷電極板 15 上に固定される。

【0038】

また、本実施の形態では導電性繊維部 20 を表面に微細孔のある活性炭素繊維で構成したが、導電性を有する繊維状のものであれば活性炭素繊維でなくても良い。例えば炭素などの導電物を混合した樹脂繊維、金属細線、あるいは金属などの導電物をめっきした樹脂繊維などである。

10

【0039】

導電性接着剤は、例えば導電物としての銀と、バインダとしてのシリコンを主成分とし、約 180 で硬化するものであり、硬化後の体積抵抗率は  $2.5 \times 10^{-6} \cdot \text{cm}$  である。

【0040】

なお、導電物は導電性を有するものであれば銀以外でも良い。例えば金、銅などである。

【0041】

また、バインダは熱硬化性を有するものあればシリコン以外でも良い。例えばエポキシ樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂などである。

20

【0042】

また、本実施の形態では帯電部 12 は風の流れ方向に 2 分割としており、前段と後段でそれぞれ帯電部接地極板 14 を 6 枚、帯電部荷電極板 15 を 6 枚使用している。また、前段と後段で帯電部接地極板 14 および帯電部荷電極板 15 の導電性繊維部 20 は配置方向が逆となっている。

【0043】

なお、この 2 分割した間の距離 B は例えば 40 mm である。

【0044】

図 7 に導電性繊維部 20 がある場合 ( に実線 ) とない場合 ( に点線 ) の帯電部 12 の印加電圧に対する電流値を示す。

30

【0045】

図 7 に示すように、導電性繊維部 20 がない場合は、- 10.5 kV 以上 (絶対値 10.5 kV 以上) で電流が上昇したのに対し、導電性繊維部 20 がある場合は、- 6 kV 以上 (絶対値 6 kV 以上) で電流の上昇が見られる。

【0046】

なお、図 7 に示す電流値は、3 時間のエイジング (高圧を印加した状態で経過した時間) を行った後の値である。帯電部接地極板 14、帯電部荷電極板 15、および導電性繊維部 20 は端部に加工時のバリがあるため、このバリの影響で電流値が変化する。エイジングにより、時間と共に電流値は下がり、一定時間経過すると電流もほぼ一定の値に落ち着く。

40

【0047】

本実施の形態では集塵部での電力消費を抑制するため導電性繊維部 20 のない集塵部 13 の印加電圧は - 9 kV とした。

【0048】

このような構成において、トンネル本線 1 内は車の走行により発生する粉塵による汚染を防止するため、換気ファン 5 を運転し、換気吸込口 2 から粉塵を含んだ汚染空気を吸込み、換気風路 4 内で電気集塵装置 3 により集塵し、換気吐出口 6 から粉塵を除去した空気をトンネル本線 1 外に排出する (図 1 参照)。

【0049】

50

電気集塵装置 3 は、集塵ユニット 1 1 の帯電部 1 2 で換気吸込口 2 から吸込んだ汚染空气中の粉塵を帯電させ、集塵部 1 3 の集塵部接地極板 1 6 と集塵部荷電極板 1 7 に付着させ、汚染空气中から粉塵を除去する（図 6 参照）。

【 0 0 5 0 】

本実施形態の特徴は、帯電部高圧電源 1 8 を用いるが、コロナ放電を発生させず、もしくは微小なコロナ放電で、グラディエント力と誘導帯電により粉塵を付着、帯電させることにあり、この作用を図 8 ~ 図 1 0 を用いて説明する。

【 0 0 5 1 】

図 8 は図 6 の X 部拡大図であり、図 8 に示すように、帯電部高圧電源 1 8 により帯電部荷電極板 1 5 に負の高電圧をかけることにより、帯電部接地極板 1 4 から帯電部荷電極板 1 5 に向かう電気力線が作用する。この電気力線は、帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 上の導電性繊維部 2 0 が密になるように湾曲し、不平等電界を形成している。

10

【 0 0 5 2 】

ここで、グラディエント力とは、誘電体が不平等電界中で、より強電界の方向に移動するように受ける力を指し、図 8 において電気力線が密になっている帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 上の導電性繊維部 2 0 に向けて作用する。

【 0 0 5 3 】

この不平等電界中に飛来した粉塵の挙動について、図 9 A、図 9 B を用いて説明する。

【 0 0 5 4 】

なお、図 9 A に示す帯電部接地極板 1 4 のおよび帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維部 2 0 の各導電性繊維を風上側（図 9 A の左側）から導電性繊維 2 0 a、導電性繊維 2 0 b、導電性繊維 2 0 c、導電性繊維 2 0 d として説明する。

20

【 0 0 5 5 】

また、図 9 A では帯電部接地極板 1 4 の導電性繊維部 2 0 での粉塵の挙動を模式的に示しているが、帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維部 2 0 においても粉塵は同様の挙動をする。

【 0 0 5 6 】

図 9 A に示すように、帯電部 1 2 に飛来した粉塵は、グラディエント力により、帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維部 2 0 の風上側にある導電性繊維 2 0 a に引き寄せられ、堆積する。

30

【 0 0 5 7 】

また、帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維 2 0 a に引き寄せられなかった粉塵は、最初の不平等電界の領域を通過し、帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維 2 0 a より風下側（図 9 A の右側）の導電性繊維 2 0 b に引き寄せられ、堆積する。

【 0 0 5 8 】

また、帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維 2 0 b に引き寄せられなかった粉塵は、2 番目の不平等電界の領域を通過し、帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維 2 0 b より風下側の導電性繊維 2 0 c に引き寄せられ、堆積する。

40

【 0 0 5 9 】

また、帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維 2 0 c に引き寄せられなかった粉塵は、3 番目の不平等電界の領域を通過し、帯電部接地極板 1 4 および帯電部荷電極板 1 5 の導電性繊維 2 0 c より風下側の導電性繊維 2 0 d に引き寄せられ、堆積する。

【 0 0 6 0 】

すなわち、図 6 に示した帯電部接地極板 1 4 と帯電部荷電極板 1 5 は、その導電性繊維部 2 0 付近で電気力線が密の強電界となり、不平等電界を形成し、飛来した粉塵を引き寄せ、堆積させる。

【 0 0 6 1 】

50

そして、帯電部接地極板 14 と帯電部荷電極板 15 の導電性繊維部 20 に堆積した粉塵は、多量に堆積すると剥離し、このとき、付着していた極板と同じ電気極性で帯電（この帯電を誘導帯電という）して再飛散する。

【0062】

具体的には、図 9 B に示すように、帯電部接地極板 14 の導電性繊維部 20 に堆積していた粉塵は正の極性、帯電部荷電極板 15 の導電性繊維部 20 に堆積していた粉塵は負の極性に帯電して再飛散する。

【0063】

この再飛散し、帯電した粒子は、図 6 に示す集塵部 13 の集塵部接地極板 16 または集塵部荷電極板 17 の表面に静電気力で捕集される。

10

【0064】

このように、少なくとも片面に導電性繊維部 20 を有する帯電部接地極板 14 および帯電部荷電極板 15 を交互に平行に配置したことにより、粉塵を誘導帯電により帯電させることができる。ここで、平行とは数度傾いた略平行も含むものとする。

【0065】

すなわち、図 8 で説明したように、向かい合う帯電部接地極板 14、帯電部荷電極板 15 のいずれか一方に導電性繊維部 20 を設けることにより、各極板の導電性繊維部 20 で電気力線が湾曲し密になり、不平等電界の領域を多数形成することができる。

【0066】

そして、より強電界の方向に働くグラディエント力により帯電部接地極板 14、帯電部荷電極板 15 の導電性繊維部 20 に粉塵を引き寄せ、堆積させ、多量に堆積した粉塵が飛散時に堆積していた帯電部接地極板 14 または帯電部荷電極板 15 と同じ極性に誘導帯電により帯電させることができる。

20

【0067】

この飛散した帯電粉塵を集塵部 13 の異なる極性の集塵部接地極板 16 または集塵部荷電極板 17 で集塵することができる。結果として、帯電部接地極板 14、帯電部荷電極板 15 間に高電圧をかけるだけでコロナ放電を発生させずに、もしくは微小なコロナ放電で粉塵を帯電させ、集塵することができる。そのため、帯電部 12 での電力発生を低減し、消費電力に伴う電気代を少なくできるという効果を得る。

【0068】

本実施の形態では、集塵部 13 は図 7 に示すように平行平板内に発生する静電気力を利用しており、これは物理接触によるフィルタ式よりも圧力損失が少なく粉塵の捕集率も高い。

30

【0069】

また、フィルタに高電圧を印加する静電フィルタ式よりも強電界を得られるため、圧力損失が小さく、かつ粉塵の捕集率が高いという効果がある。

【0070】

本実施の形態におけるコロナ放電を発生させない場合の集塵効果について、図 10 ~ 図 14 を用いて説明する。なお、図 10 ~ 図 14 に示す結果は、帯電部 12 のエイジングを実施していないものである。

40

【0071】

図 10 は本実施の形態における帯電部 12 の印加電圧を - 2 . 4 k V とした場合の、風速に対する集塵率を表すグラフである。

【0072】

なお、集塵率はパーティクルカウンタにより、空気中の粉塵の個数濃度を計測し、集塵率は集塵ユニット 11 の入口側と出口側の濃度比から以下の式により算出した。

【0073】

$$\text{集塵率} = (1 - \text{出口側個数濃度} / \text{入口側個数濃度}) \times 100 (\%)$$

図 10 に示すように風速 1.1 m / s 以下において電力を消費することなく 10 % 以上の集塵率を有し、特に風速 2 m / s では 40 % 以上の集塵率を有している。

50



## 【 0 0 7 4 】

図 1 1 は比較のため帯電部 1 2 および集塵部 1 3 の印加電圧を 0 k V とした場合の集塵率を表すグラフである。

## 【 0 0 7 5 】

図 1 1 に示すように電圧を印加しない場合の集塵率は 5 % 未満である。

## 【 0 0 7 6 】

電圧を印加しない場合、導電性繊維部 2 0 付近にグラディエント力が発生しないため、誘導帯電により粉塵を帯電させることができず、集塵率が低いと考えられる。

## 【 0 0 7 7 】

図 1 2 は、帯電部 1 2 のみ電圧を印加した場合の集塵率を表すグラフである。また図 1 3 は、集塵部 1 3 のみ電圧を印加した場合の集塵率を表すグラフである。

10

## 【 0 0 7 8 】

一般に、集塵率 a % の帯電部 1 2 と、集塵率 b % の集塵部 1 3 を直列に配置した場合の合成した集塵率 c % は、互いに干渉が無いと考えた場合、以下の式で計算できる。

## 【 0 0 7 9 】

$$\text{集塵率 } c = (1 - (1 - a / 100)) \times (1 - b / 100) \times 100 (\%)$$

図 1 4 は、上記計算式を用いて帯電部 1 2 のみ電圧を印加した場合の集塵率と集塵部 1 3 のみ電圧を印加した場合の集塵率から求めた合成集塵率（点線）と帯電部 1 2 と集塵部 1 3 双方に電圧を印加した場合の集塵率（実線）を比較したグラフである。

## 【 0 0 8 0 】

図 1 4 に示すように、計算で求めた合成集塵率より実測の集塵率の方が高い値となる。

20

## 【 0 0 8 1 】

これは、集塵部 1 3 が平行平板に高電圧を印加する方式のため、帯電部 1 2 で一旦接触もしくは捕集された粉塵が誘導帯電により帯電した状態で再飛散し、これが後段の集塵部 1 3 の平行平板中の強電界によって静電的に捕集される効果が加わったためと考えられる。

## 【 0 0 8 2 】

このように図 7 で示すような集塵部 1 3 を平行平板で構成し高電圧を印加することにより、上述した構成の帯電部 1 2 との相乗効果を創出することができる。

## 【 0 0 8 3 】

次に本実施の形態における微小なコロナ放電を用いた場合の集塵効果について、図 1 5 ~ 図 1 7 を用いて説明する。なお、図 1 5 ~ 図 1 7 に示す結果は、帯電部 1 2 のエイジングを実施しているものである。

30

## 【 0 0 8 4 】

図 1 5 は本実施の形態における帯電部 1 2 の印加電圧に対する集塵率を表すグラフである。なお、風速は 2 m / s で、図 1 5 の実線は 5 回測定時の平均値を表している。

## 【 0 0 8 5 】

図 1 5 に示すように、帯電部 1 2 の印加電圧が - 3 k V 付近から集塵率の上昇傾向が見られる。更に - 4 k V 以上（絶対値 4 k V 以上）で集塵率の上昇が顕著に見られ、- 7 k V では 8 0 % 以上の集塵率を有している。なお、本実施の形態における - 3 k V での帯電部 1 2 の電界強度は、帯電部接地極板 1 4 と帯電部荷電極板 1 5 の極板間隔 D 1 が 1 0 m m であることから 0 . 3 k V / m m である。また、本実施の形態における - 4 k V での帯電部 1 2 の電界強度は、0 . 4 k V / m m である。

40

## 【 0 0 8 6 】

帯電部荷電極板 1 5 と帯電部接地極板 1 4 との極板間における電界強度は 0 . 3 ~ 1 k V / m m が好ましい。電界強度が 0 . 3 k V / m m 以上であれば、グラディエント力による集塵率の向上が見込める。また、電界強度が 1 k V / m m 以下であれば、帯電部接地極板 1 4 と帯電部荷電極板 1 5 間でスパーク（局部短絡）が発生する頻度が低くなるため、集塵率を高くすることができる。

## 【 0 0 8 7 】

50

図16は本実施の形態における帯電部12の放電電流に対する集塵率を表すグラフである。なお、風速は2 m / sであり、帯電部12に印加する電圧を-7 k V付近で若干変動させることにより、放電電流を変化させている。

【0088】

図16に示すように、帯電部12の放電電流が1  $\mu$  Aで集塵率は70%以上となり、放電電流が2  $\mu$  A以上では、80%以上の集塵率を有している。なお、本実施の形態における帯電部12の放電1  $\mu$  Aは、電極面積1 mm<sup>2</sup>あたりに換算すると3  $\times$  10<sup>-5</sup>  $\mu$  Aとなる(電極面積 = 電極1枚あたりの面積(40 mm  $\times$  32 mm)  $\times$  電極枚数(接地極板6枚 + 荷電極板6枚)  $\times$  2層 = 30,720 mm<sup>2</sup>)。

【0089】

本実施の形態で、帯電部12の極板間隔D1(図6参照)が10 mmの場合の放電電流が20  $\mu$  A程度のため、帯電部12の放電電流は1 ~ 20  $\mu$  A、すなわち電極面積1 mm<sup>2</sup>あたりの放電電流は3  $\times$  10<sup>-5</sup> ~ 60  $\times$  10<sup>-5</sup>  $\mu$  Aが好ましい。

【0090】

電極面積1 mm<sup>2</sup>あたりの放電電流が3  $\times$  10<sup>-5</sup>  $\mu$  A以上、すなわち本実施の形態において帯電部12の放電電流が1  $\mu$  A以上であれば、導電性繊維部20端部に発生するグラディエント力が強くなり、集塵率を高くすることができる。

【0091】

また、電極面積1 mm<sup>2</sup>あたりの放電電流が60  $\times$  10<sup>-5</sup>  $\mu$  A以下、すなわち本実施の形態において帯電部12の放電電流が20  $\mu$  A以下であれば、帯電部接地極板14と帯電部荷電極板15間でスパーク(局部短絡)が発生する頻度が低くなるため、集塵率を高くすることができる。

【0092】

また、電極面積1 mm<sup>2</sup>あたりの放電電流が3  $\times$  10<sup>-5</sup> ~ 15  $\times$  10<sup>-5</sup>  $\mu$  A、すなわち本実施の形態において帯電部12の放電電流が1 ~ 5  $\mu$  Aであるのが更に好ましい。この構成によれば、消費電力が極めて小さく、かつ集塵率も70%以上とすることができる。

【0093】

図17は本実施の形態における消費電力に対する集塵率を表すグラフである。なお、風速は2 m / sであり、帯電部12に印加する電圧を-7 k V付近で若干変動させることにより、消費電力を変化させている。

【0094】

図17に示すように、本実施の形態では消費電力が15 mW以上で集塵率は80%以上を有している。

【0095】

本実施の形態における処理風量は、断面積(高さ32 mm  $\times$  極板間隔10 mm  $\times$  極板枚数12枚)  $\times$  風速(2 m / s)より、0.46 m<sup>3</sup> / minである。これより、1 m<sup>3</sup> / minあたりの消費電力は約0.03 Wとなり、これは例えば先行特許文献2の電気集塵装置と比較して約4百分の1の消費電力である。

【0096】

次に、帯電部12および集塵部13の組立て方について、図18、図19を用いて説明する。

【0097】

帯電部12の構造は図18に示すように、複数の帯電部接地極板14と帯電部荷電極板15が極板間隔保持管22により一定間隔で配置されている。また各極板は複数の極板保持棒23が貫通し、両端の帯電部フレーム21の間に平行に支持固定されている。

【0098】

また、帯電部フレーム21には碍子24が設けられており、帯電部荷電極板15を含む電圧印加部品を支持し、かつ帯電部接地極板14を含む接地部品から電気絶縁している。

【0099】

10

20

30

40

50

集塵部 13 は、図 6 でも示したように、帯電部接地極板 14、帯電部荷電極板 15 の枚数とそれぞれおおよそ同じ枚数の集塵部接地極板 16 と集塵部荷電極板 17 を平行に配置している。

【0100】

また、集塵部 13 は図 19 に示すように、帯電部 12 と同様に両端の集塵部フレーム 25 の間に、複数の集塵部接地極板 16 と集塵部荷電極板 17 が極板間隔保持管 22 により一定間隔で配置され、各極板に 4 本ずつの極板保持棒 23 を用いて平行に支持固定している。

【0101】

なお、本実施の形態では、帯電部 12 と集塵部 13 を設けたが、集塵部 13 を設けず、帯電部 12 だけの構成でもよい。

10

【0102】

また、高い集塵効率が必要な場合には、帯電部荷電極板 15、及び帯電部接地極板 14 のそれぞれ対向位置に鋭利な突起を設け、補助的にコロナ放電を用いて流入する粉塵の帯電を促進させる構成でもよい。

【0103】

なお、本実施の形態では、帯電部 12 と集塵部 13 の接地極および荷電極は平板状の極板を用いたが、繊維状または棒状の極を用いてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0104】

このように本発明に係る電気集塵装置は、コロナ放電を発生させず、もしくは微小なコロナ放電を発生させることで、帯電部での電力発生を低減し、省電力化が可能となるので、広い範囲で有用である。

20

【符号の説明】

【0105】

- 1 トンネル本線
- 2 換気吸込口
- 3 電気集塵装置
- 4 換気風路
- 5 換気ファン
- 6 換気吐出口
- 7 電気集塵補機
- 8 高圧発生盤
- 9 制御盤
- 10 ケーシング
- 11 集塵ユニット
- 12, 104 帯電部
- 13, 105 集塵部
- 14 帯電部接地極板
- 15 帯電部荷電極板
- 16 集塵部接地極板
- 17 集塵部荷電極板
- 18 帯電部高圧電源
- 19 集塵部高圧電源
- 20 導電性繊維部
- 21 帯電部フレーム
- 22 極板間隔保持管
- 23 極板保持棒
- 24 碍子
- 25 集塵部フレーム

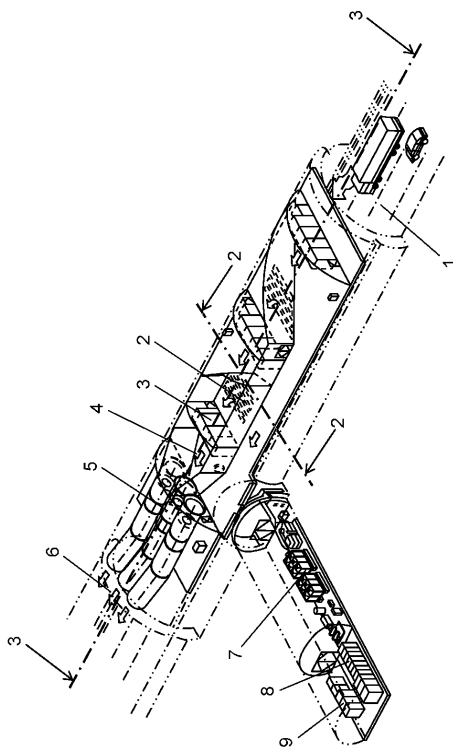
30

40

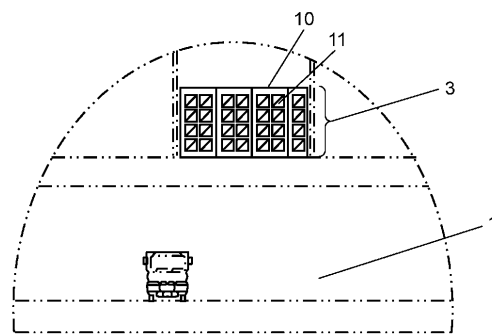
50

- 3 1 ダンパ
- 3 2 洗浄配管
- 3 3 配線端子箱

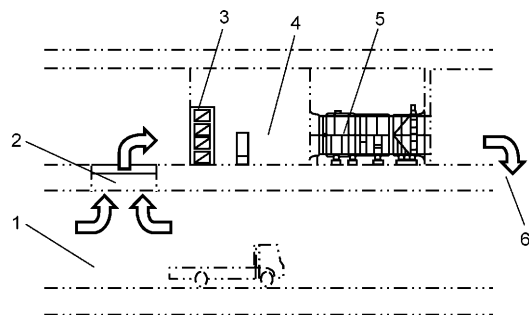
【図 1】



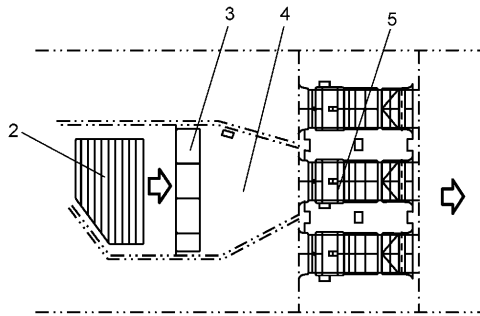
【図 2】



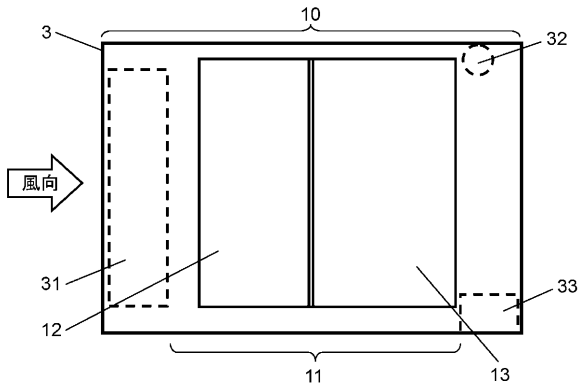
【図 3】



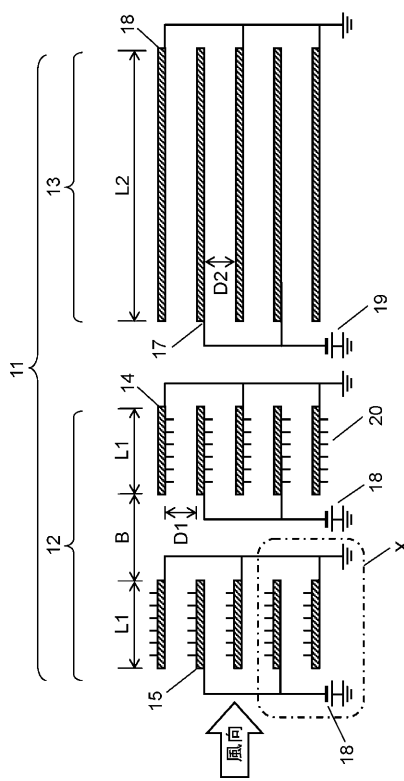
【図4】



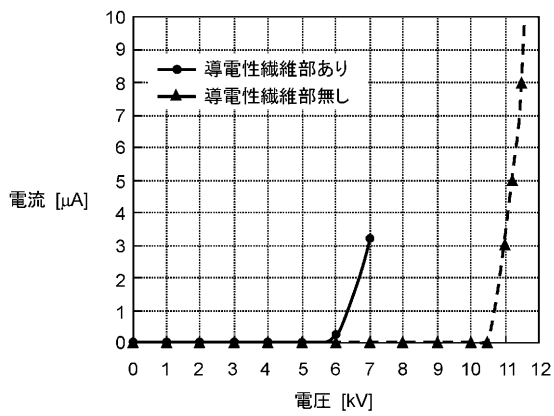
【図5】



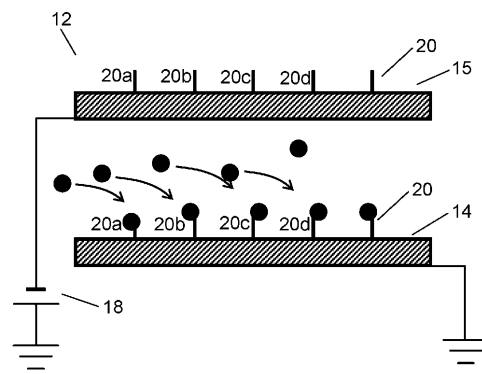
【図6】



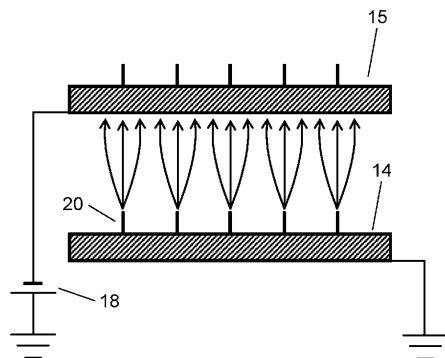
【図7】



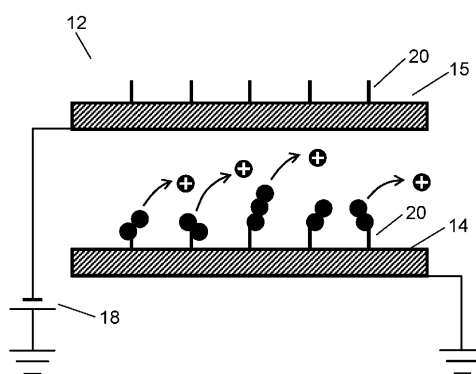
【図9A】



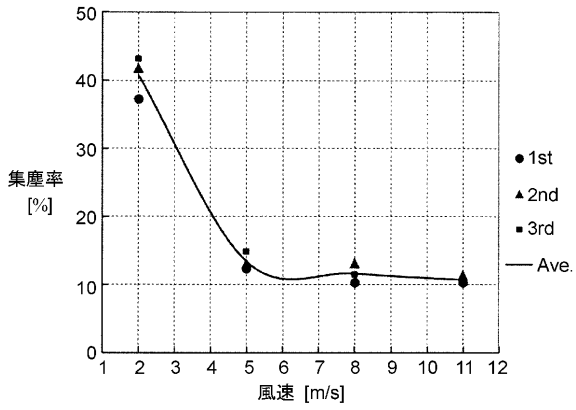
【図8】



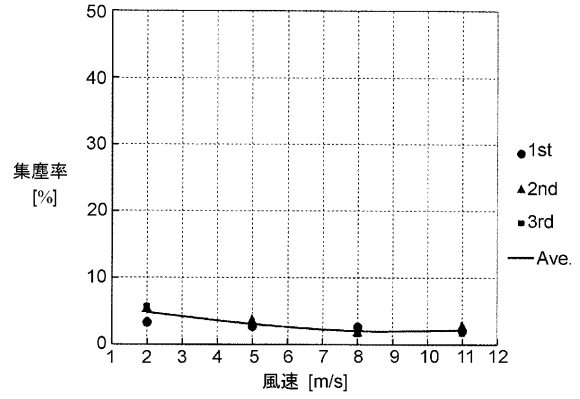
【図9B】



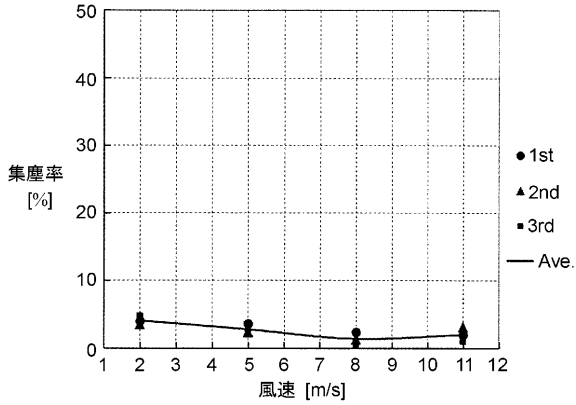
【図10】



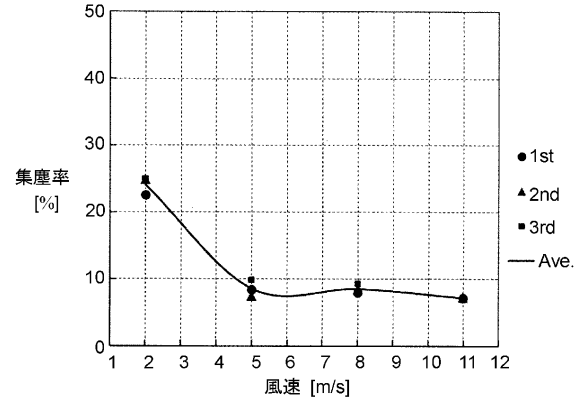
【図12】



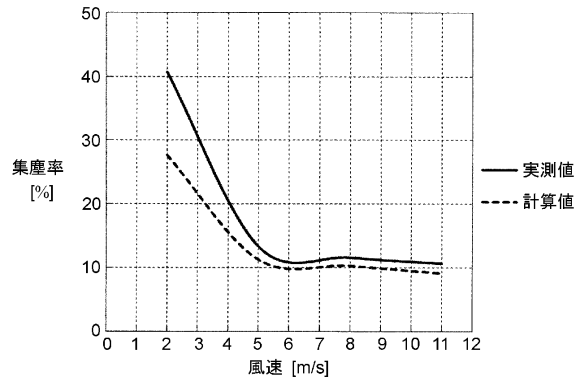
【図11】



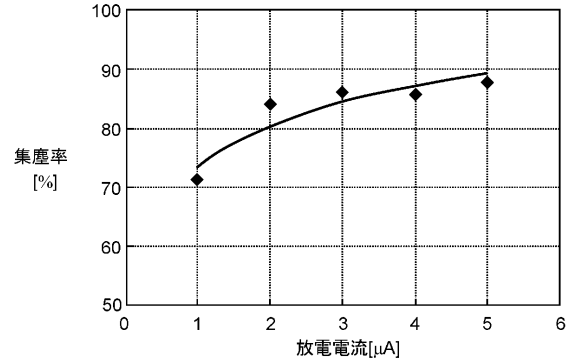
【図13】



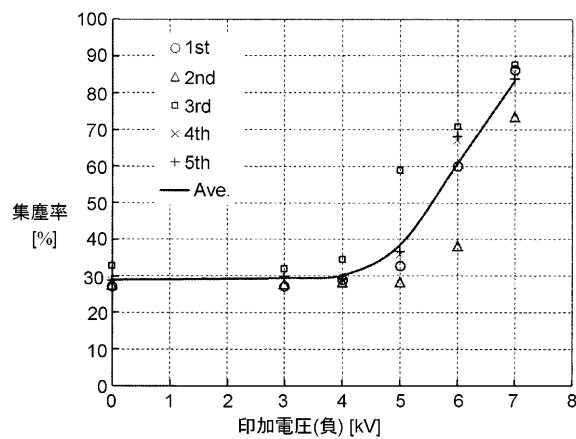
【図14】



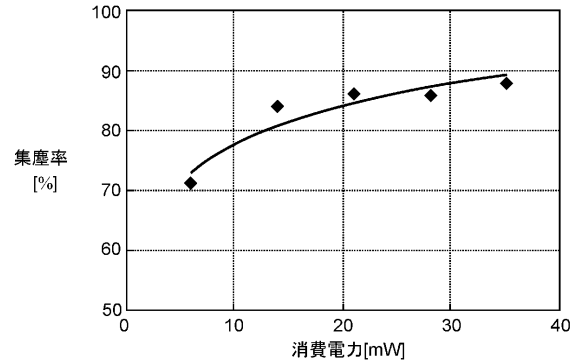
【図16】



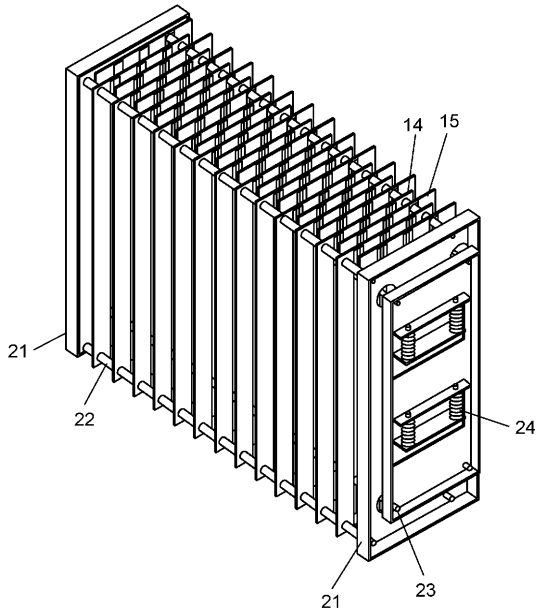
【図15】



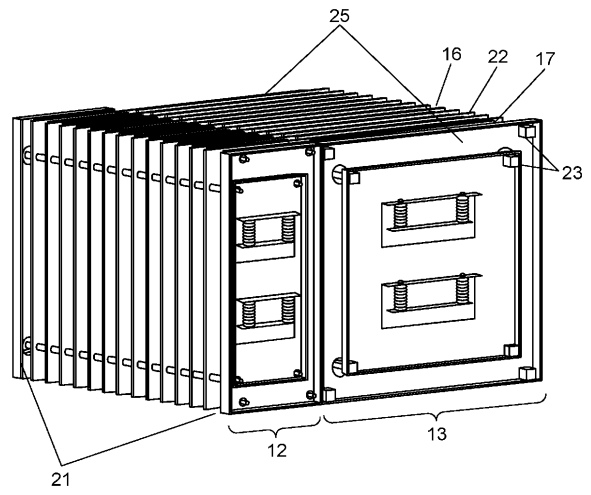
【図17】



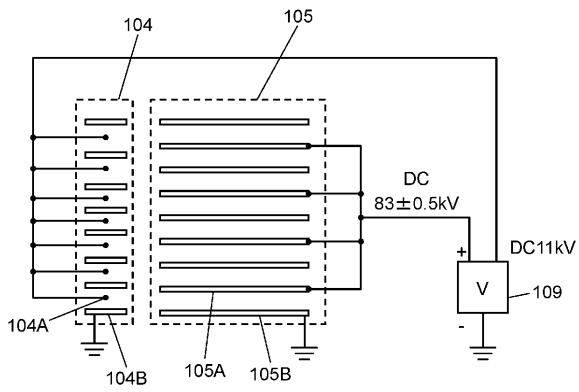
【図18】



【図19】



【図20】



---

フロントページの続き

(72)発明者 村田 光

愛知県春日井市鷹来町字下仲田4017番 パナソニックエコシステムズ株式会社内

(72)発明者 水野 彰

愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 国立大学法人豊橋技術科学大学内

審査官 宮部 裕一

(56)参考文献 特開2010-131515(JP,A)

特開昭53-130585(JP,A)

特開平04-135661(JP,A)

特開2004-355885(JP,A)

特表平08-508934(JP,A)

特開2012-154621(JP,A)

特開平09-262500(JP,A)

米国特許出願公開第2011/0171094(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B03C 3/00 - 3/88

F01N 3/01