

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-49829

(P2010-49829A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05F 3/04 (2006.01)	H05F 3/04 J	5G067
H01T 23/00 (2006.01)	H01T 23/00	
H01T 19/04 (2006.01)	H01T 19/04	
	H05F 3/04 D	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2008-210735 (P2008-210735)
 (22) 出願日 平成20年8月19日 (2008.8.19)

(71) 出願人 000129253
 株式会社キーエンス
 大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1
 4号
 (74) 代理人 100117260
 弁理士 福永 正也
 (72) 発明者 藤田 司
 大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1
 4号 株式会社キーエンス内
 (72) 発明者 時田 裕基
 大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1
 4号 株式会社キーエンス内
 Fターム(参考) 5G067 DA01 DA18 DA21 DA22

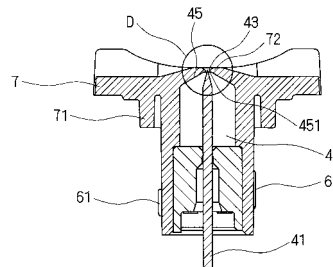
(54) 【発明の名称】 除電器及び除電方法

(57) 【要約】

【課題】放電電極の先端への異物の付着を防止することができるとともに、高い除電速度で十分な除電効果を得ることができる除電器及び除電方法を提供する。

【解決手段】高電圧の印加によってコロナ放電させてイオンを放出する放電電極41と、供給されたガスを放出されたイオンとともに吐出する吐出口43と、供給されたガスを吐出口43へ誘導するガス流路42とを有するノズル4を備えた除電器1において、吐出口43から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ吐出口43でのガス圧が大気圧以上となるようにしてある。ガス流路42は、流路面積が漸次小さくなるように絞り込むスロート部45を備え、スロート部45の手前であって流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となるようにしてある。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高電圧の印加によってコロナ放電させてイオンを放出する放電電極と、供給されたガスを放出されたイオンとともに吐出する吐出口と、供給されたガスを前記吐出口へ誘導するガス流路とを有するノズルを備えた除電器において、前記吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ該吐出口でのガス圧が大気圧以上となるようにしてあることを特徴とする除電器。

【請求項 2】

前記放電電極は前記ノズルの中心に配設してあり、前記ガス流路は、前記放電電極を取り囲むように形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の除電器。

10

【請求項 3】

前記ガス流路へガスを供給するガス供給口を備え、該ガス供給口にてガスを絞り込むようにしてあることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の除電器。

【請求項 4】

前記ガス供給口の手前におけるガス圧に対する大気圧の比率が 0.528 以下となるようにしてあることを特徴とする請求項 3 記載の除電器。

【請求項 5】

前記ガス流路は、流路面積が漸次小さくなるように絞り込むスロート部を備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の除電器。

20

【請求項 6】

前記流路面積は前記吐出口にて最小となるようにしてあることを特徴とする請求項 5 記載の除電器。

【請求項 7】

前記スロート部の手前であって前記流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が 0.528 以下となるようにしてあることを特徴とする請求項 5 又は 6 記載の除電器。

【請求項 8】

前記放電電極は、先端部分が円錐形状に形成され、該先端部分にてコロナ放電するようにしてあり、

30

前記スロート部は、前記流路面積が最小となるスロート面を有し、前記放電電極の配設位置を変動させることにより、該スロート面の流路面積と前記吐出口の流路面積との比率を調整するようにしてあることを特徴とする請求項 5 又は 7 記載の除電器。

【請求項 9】

前記ノズルを複数備えることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の除電器。

【請求項 10】

放電電極を有する複数のノズルが、筐体の長手方向の一面にて、長手方向に沿って所定間隔で配設されたパーティタイプの除電器により、前記ノズルに供給されたガスを吐出口からイオン化ガスとして除電対象物に向けて吐出する除電方法において、

40

前記放電電極に正又は負の高電圧を印加し、該放電電極の先端部分の周囲にイオンを発生し、

前記吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ該吐出口でのガス圧が大気圧以上になるようにガスを供給することを特徴とする除電方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放電電極からイオンを放出し、ガスをイオン化ガスとして除電対象物に向け

50

て吐出して当てることによって除電対象物を除電する除電器及び除電方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、クリーンルーム等で空気中の帯電防止又は除電対象物の除電に用いられる除電器では、高電圧を放電電極に印加してコロナ放電させることによって空気イオンを発生し、発生した空気イオンを除電対象物等に当てることによって除電する。空気イオンは帯電しているため、空気中に浮遊している埃、塵等の異物も帯電しやすく、その結果として放電電極に周囲の埃、塵等の異物が付着しやすい。

【0003】

斯かる除電器をクリーンルーム内で使用する場合であっても、クリーンルーム内にはわずかな塵等の異物が存在する。したがって、上述した原理と同様の原理によって、放電電極の先端部分に帯電した異物が付着するという問題があった。放電電極に異物が付着した場合、除電速度は大きく低下し、また付着した塵等が纏まって落下する等、クリーンルームの環境維持を困難にするおそれがあるという問題もあった。

【0004】

斯かる問題を解決するために、例えば特許文献1では、放電電極の先端部分がノズルの先端よりも内部に一定距離(1mm以内)没入するようにしている空気イオン化装置が開示されている。シースガスの速度は、ノズルの先端部分近傍に気流の巻き込みを生じさせることのない速度(1.0m/s以上)である。

【0005】

シースガスが負性気体分子を含まない場合、発生した電子群がシースガスとともにノズルの外部に放出され、シースガスが負性気体分子を含む場合には、発生したイオンが外部に放出される。また放電電極に高電圧が印加された場合、放電電極の先端部分にイオン風が発生し、ノズルから噴流が発生するが、シースガスの速度が1.0m/s以上の場合、噴流によって生じる誘引流でノズルの先端部分近傍に気流の巻き込みを生じることなく、シースガスによる十分なシールド効果を得ることができる。

【0006】

また特許文献2では、放電電極の先端と同軸のクリーンガス吐出口を通じて吐出するクリーンガスにより、雰囲気エアを巻き込みながらイオン化エアを生成するイオン化装置が開示されている。放電電極の周囲は、従来のノズルが存在しない実質的に開放した状態となっており、ノズルが同極に帯電することに伴う放電電極の周囲での電界の緩和が発生せず、イオン発生量の低下を防止することができる。また、クリーンガスが放電電極の先端に沿って流れることによって、先端への異物の付着を防止することができる。

【0007】

放電電極の先端はクリーンガス吐出口からクリーンガスの吐出方向に突出させることにより、放電電極の先端をクリーンガス吐出口の中に配置させた場合と比べ、イオン化エア生成量を多くすることができる。そして特許文献2には、クリーンガス吐出口から突出する放電電極の先端の突出量は、放電電極の汚染防止の観点と、イオン化エアの生成量の観点とのバランスで決定されると記載されている。

【特許文献1】特開平9-17593号公報

【特許文献2】特開2006-40860号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述した特許文献1に開示されている空気イオン化装置では、シースガスの速度が1.0m/s程度でガスがゆっくり流出するため、異物の付着を減少することはできるが、除電速度も低くなり、十分な除電効果を得ることができないという問題があった。上述した特許文献2に開示されているイオン化装置では、雰囲気エアを放電電極側に巻き込んで除電対象物までイオンを届けるため、雰囲気エアを巻き込んだ場合に塵等が放電電極の先端部分に衝突して付着するおそれがあった。また、放電電極の先端の突出量は、放電電極の

10

20

30

40

50

汚染防止とイオン化エア生成量とのバランスで決定されると記載されているように、放電電極の汚染防止効果と、十分なイオン化エア生成量による高い除電速度での十分な除電効果とをともに増大することはできないという問題があった。

【0009】

除電器では、十分なイオン化エア生成量によって高い除電速度で十分な除電効果を得ることは必須であると同時に、放電電極の先端への異物の付着を防止する必要もある。放電電極の先端に異物が付着すると、イオン発生量が低下して十分なイオン化エアが生成されず、除電速度が遅くなって十分な除電効果が得られないからである。

【0010】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、放電電極の先端部分への異物の付着を防止することができるとともに、高い除電速度で十分な除電効果を得ることができる除電器及び除電方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために第1発明に係る除電器は、高電圧の印加によってコロナ放電させてイオンを放出する放電電極と、供給されたガスを放出されたイオンとともに吐出する吐出口と、供給されたガスを前記吐出口へ誘導するガス流路とを有するノズルを備えた除電器において、前記吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ該吐出口でのガス圧が大気圧以上となるようにしてあることを特徴とする。

【0012】

また、第2発明に係る除電器は、第1発明において、前記放電電極は前記ノズルの中心に配設しており、前記ガス流路は、前記放電電極を取り囲むように形成されていることを特徴とする。

20

【0013】

また、第3発明に係る除電器は、第1又は第2発明において、前記ガス流路へガスを供給するガス供給口を備え、該ガス供給口にてガスを絞り込むようにしてあることを特徴とする。

【0014】

また、第4発明に係る除電器は、第3発明において、前記ガス供給口の手前におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となるようにしてあることを特徴とする。

30

【0015】

また、第5発明に係る除電器は、第1又は第2発明において、前記ガス流路は、流路面積が漸次小さくなるように絞り込むスロート部を備えることを特徴とする。

【0016】

また、第6発明に係る除電器は、第5発明において、前記流路面積は前記吐出口にて最小となるようにしてあることを特徴とする。

【0017】

また、第7発明に係る除電器は、第5又は第6発明において、前記スロート部の手前であって前記流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となるようにしてあることを特徴とする。

40

【0018】

また、第8発明に係る除電器は、第5又は第7発明において、前記放電電極は、先端部分が円錐形状に形成され、該先端部分にてコロナ放電するようにしてあり、前記スロート部は、前記流路面積が最小となるスロート面を有し、前記放電電極の配設位置を変動させることにより、該スロート面の流路面積と前記吐出口の流路面積との比率を調整するようにしてあることを特徴とする。

【0019】

また、第9発明に係る除電器は、第1乃至第8発明のいずれか1つにおいて、前記ノズルを複数備えることを特徴とする。

【0020】

50

次に、上記目的を達成するために第10発明に係る除電方法は、放電電極を有する複数のノズルが、筐体の長手方向の一面にて、長手方向に沿って所定間隔で配設されたパーティタイプの除電器により、前記ノズルに供給されたガスを吐出口からイオン化ガスとして除電対象物に向けて吐出する除電方法において、前記放電電極に正又は負の高電圧を印加し、該放電電極の先端部分の周囲にイオンを発生し、前記吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ該吐出口でのガス圧が大気圧以上になるようにガスを供給することを特徴とする。

【0021】

第1発明及び第10発明では、放電電極を有する複数のノズルが、筐体の長手方向の一面にて、長手方向に沿って所定間隔で配設されたパーティタイプの除電器により、ノズルに供給されたガスを吐出口からイオン化ガスとして除電対象物に向けて吐出する。放電電極に正又は負の高電圧を印加し、該放電電極の先端部分の周囲にイオンを発生し、吐出口からガスをイオン化ガスとして除電対象物に向けて吐出する。吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ該吐出口でのガス圧が大気圧以上になるようにガスを供給することにより、吐出口から吐出するガスをいわゆる最適膨張又は不足膨張にすることができるので、イオンを放出する放電電極の先端部分に異物が付着することを防止することができるとともに、速やかに十分なイオン化ガスを除電対象物に当てることができ、高い除電速度で十分な除電効果を得ることが可能となる。

10

【0022】

ここで、最適膨張とは、吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口でのガス圧と大気圧とが等しい場合に、吐出口から吐出したガスの吐出領域面積が、吐出口の開口面積と等しくなる膨張形態である。不足膨張とは、吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口でのガス圧が大気圧より高い場合に、吐出口から吐出したガスの吐出領域面積が、吐出口の開口面積より大きくなる膨張形態である。なお、不足膨張では吐出口手前でガスの膨張が抑えられて吐出後に膨張するので、吐出口手前ではガスの膨張が不足している状態と考えて、不足膨張と呼ばれている。

20

【0023】

第2発明では、放電電極が前記ノズルの中心に配設してあり、ガス流路が、放電電極を取り囲むように形成されていることにより、イオンを放出する放電電極が偏心していないので、外部から混入する異物との距離が一定となるようにすることができ、異物が付着する可能性をより低減することができる。

30

【0024】

第3発明では、ガス流路にガスを供給するガス供給口を備え、ガス供給口にてガスを絞り込むことにより、ガス流路内にスロート部を設けることなく、ガス供給口の手前におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となるようにして、吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口でのガス圧が大気圧以上となるようにすることで、最適膨張又は不足膨張にすることが可能となる。

【0025】

第4発明では、ガス供給口の手前におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となることにより、吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口でのガス圧が大気圧以上となるようにすることで、最適膨張又は不足膨張にすることが可能となる。

40

【0026】

第5発明では、ガス流路は、流路面積が漸次小さくなるように絞り込むスロート部を備えることにより、スロート部の手前であって流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となるようにして、吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口でのガス圧が大気圧以上となるようにすることで、最適膨張又は不足膨張にすることが可能となる。特に、流路面積が最小となる面（スロート面）を吐出口近傍に設け、スロート面から吐出口までの距離を0（ゼロ）に近づけ、かつスロート面の流路面積に対する吐出口の流路面積の比を1に近づけることにより、少ないガス流

50

量で最適膨張又は不足膨張にすることが可能となる。

【0027】

第6発明では、流路面積は吐出口にて最小となることにより、ガス流路途中にスロート部を設けることなく、吐出口をスロート部とすることができる。そして、スロート部の手前であって流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となるようにして、吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口でのガス圧が大気圧以上となるようにすることで、最適膨張又は不足膨張にすることが可能となる。

【0028】

第7発明では、スロート部の手前であって流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となることにより、吐出口から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口でのガス圧が大気圧以上となるようにすることで、最適膨張又は不足膨張にすることが可能となる。

【0029】

第8発明では、放電電極は、先端部分が円錐形状に形成され、円錐形状の先端部分にてコロナ放電するようにし、スロート部は、流路面積が最小となるスロート面を有し、放電電極の配設位置を変動させることにより、スロート面の流路面積と吐出口の流路面積との比率を調整する。スロート部を放電電極の円錐形状の先端部分で吐出口近傍に設け、スロート面の流路面積と吐出口の流路面積との面積比率を1に近づけることによって、最適膨張になるガスの流速を小さくすることができるので、ガス流量を抑えることができる。またスロート面と吐出口との距離を0(ゼロ)に近づけることによって、低いガス圧で最適膨張にすることができる。例えば0.09MPa程度の圧力のガスを供給するだけで、吐出口から吐出するガスをいわゆる最適膨張形態又は不足膨張形態にすることができ、イオンを放出する放電電極の先端部分への異物の付着防止効果を高めることが可能となる。

【0030】

第9発明では、ノズルを複数備えることにより、同時に広範囲の除電対象物を効率よく除電することができる。また、複数のノズルの放電電極を負電極と正電極とに分けることができ、様々な電圧印加方法を採用することが可能となる。

【発明の効果】

【0031】

上記構成によれば、イオンを放出する放電電極の先端部分に異物が付着することを防止することができるとともに、速やかに十分なイオン化ガスを除電対象物に当てることができ、高い除電速度で十分な除電効果を得ることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下、本発明の実施の形態に係る除電器について、図面を参照して説明する。なお、参照する図面を通じて、同一又は同様の構成又は機能を有する要素については、同一又は同様の符号を付して、重複する説明は省略する。

【0033】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る除電器の構成を模式的に示す斜視図である。図1に示すように本実施の形態1に係る除電器1は、略直方体で長手方向の角部が丸みを帯びた本体ケース2と、本体ケース2の一面に長手方向に沿って所定間隔で配設された複数(図1の例では4個)のノズル4、4、・・・とで構成されている、いわゆるパーティプの除電器1である。各ノズル4は、供給されたガスを後述する放電電極によって放出されたイオンとともに吐出する吐出口43を有する円盤状部分7を残して本体ケース2に埋め込まれている。本体ケース2の長手方向の端面には、空気、窒素ガス等を濾過したクリーンガスをノズル4へ供給するガス供給用ポート3が設けられている。エアユニット21(図6参照)は、本体ケース2の一部を構成しており、本体ケース2の下端開口を閉じている。また、本体ケース2の所定の位置に、図示しない高電圧ユニット、電気回路、CPU等

10

20

30

40

50

で構成される制御ユニット等が配置されている。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、本実施の形態 1 に係るノズル 4 の放電電極の軸を鉛直方向に見た正面図、吐出口の反対側から見た底面図及び側面図である。図 2 (a) は正面図を、図 2 (b) は底面図を、図 2 (c) は側面図を、それぞれ示している。図 2 (a) 乃至 (c) に示すように、ノズル 4 は、筒状部分 6 と円盤状部分 7 とで構成される。円盤状部分 7 は、筒状部分 6 の外径の倍程度の外径を有し、円盤状部分 7 の筒状部分 6 側には、円盤状部分 7 の外径と筒状部分 6 の外径との略中間の外径を有する筒状突起部分 7 1 がノズル 4 の本体ケース 2 への固着部分として形成されている。またノズル 4 は、高電圧の印加によってコロナ放電させてイオンを放出する放電電極 4 1 を有している。なお、図 2 の例では放電電極 4 1 が針電極である場合を示しており、放電電極 4 1 は筒状部分 6 及び円盤状部分 7 と同心に配置されている。

10

【 0 0 3 5 】

図 3 は、本実施の形態 1 に係るノズル 4 の斜視図である。図 3 (a) は斜め上から見た斜視図を、図 3 (b) は斜め下から見た斜視図を、それぞれ示している。図 3 (a) 及び (b) に示すように、ノズル 4 の筒状部分 6 の周囲には、ノズル 4 を本体ケース 2 に嵌合して固定するための複数の突起 6 1 が設けられている。図 4 は、図 2 (c) に示す側面図の B - B 断面図である。

【 0 0 3 6 】

図 3 (b) 及び図 4 に示すように、筒状突起部分 7 1 は、円盤状部分 7 の下側に突き出して上面が閉じた筒状になっている。ノズル 4 は、筒状突起部分 7 1 の底面が本体ケース 2 と接する状態で、筒状突起部分 7 1 以外の円盤状部分 7 が本体ケース 2 から離れて本体ケース 2 に埋め込まれる。図 4 に示すように、ノズル 4 は、上述した放電電極 4 1 及び吐出口 4 3 の他、供給されたガスを吐出口 4 3 へ誘導するガス流路 4 2 を有する。

20

【 0 0 3 7 】

図 5 は、図 2 (b) に示す底面図の C - C 断面図である。図 5 に示すように、ノズル 4 は、ガス流路 4 2 へガスを供給するガス供給口 4 4 を有する。図 6 は、図 1 に示す斜視図の A - A 部分断面図である。図 6 に示すように、図 1 に示した本体ケース 2 のガス供給用ポート 3 へ供給されたガスは、矢印で示すように、本体ケース 2 内の長手方向に沿って設けられたメインガス供給通路 3 1 からノズル 4 内のガス流路 4 4 1 を経由してガス供給口 4 4 へ供給される。図 7 は、図 4 の D 部分の拡大図である。

30

【 0 0 3 8 】

図 4 及び図 7 に示すように、放電電極 4 1 はノズル 4 の略中心に配設してあり、ガス流路 4 2 は、放電電極 4 1 を取り囲むように形成されている。イオンを放出する放電電極 4 1 が偏心していないので、万一外部から異物が混入した場合であっても、異物と放電電極 4 1 との距離は一定に維持されており、異物が付着する可能性を少しでも低減することができる。なお、放電電極 4 1 への電圧の印加方法としては、パルス A C、D C、A C、高周波 A C、パルス D C 等、種々の方法がある。

【 0 0 3 9 】

パルス A C は、1 本の放電電極に対して正の直流電圧と負の直流電圧とを交互に印加し、正のイオンと負のイオンとを交互に発生する。D C は、1 本の放電電極に対して正又は負のみの直流電圧を印加し続け、正又は負のイオンのみを発生する。A C は、1 本の放電電極に対して交流電圧を印加し、正のイオンと負のイオンとを交互に発生する。高周波 A C は、A C と同様であるが、電圧の切替周期が A C の 1 0 0 0 倍程度速い点で相違する。パルス D C は、正の放電電極と負の放電電極とに交互に直流電圧を印加し、正の放電電極から正のイオンと負の放電電極から負のイオンとを交互に発生する。交流電圧より直流電圧を印加する方がイオン発生量が多くなり、1 本の放電電極にて正及び負のイオンを交互に発生する場合にイオンバランスが良い。印加方法は特に限定されるものではないが、除電速度が速くイオンバランスが優れている点でパルス A C で印加するのが好ましい。

40

【 0 0 4 0 】

50

図 8 は、パルス A C により電圧を印加する除電器 1 の電気回路の概要を示す回路図である。図 8 に示すように除電器 1 は、図示しない高電圧ユニットを構成する正側の高電圧発生回路 100 と負側の高電圧発生回路 101 とを有する。なお、高電圧ユニットは図示しない密閉ボックスの中に収容されている。正側の高電圧発生回路 100 は、トランス 102 の一次側コイルに接続された自励発振回路 104 と、二次側コイルに接続された昇圧回路 106 とを含む。負側の高電圧発生回路 101 は、トランス 103 の一次側コイルに接続された自励発振回路 105 と、二次側コイルに接続された昇圧回路 107 とを含む。昇圧回路 106、107 は、例えば倍整流回路からなる。

【0041】

高電圧発生回路 100、101 と放電電極 41 との間には、保護抵抗 (第 1 抵抗 R1) が設けられている。トランス 102、103 の二次側コイルの接地端 GND と、フレームグランド FG との間には、第 2 抵抗 R2 と第 3 抵抗 R3 とが直列に接続されている。対向電極プレート 111 とフレームグランド FG との間には、第 4 抵抗 R4 と第 3 抵抗 R3 とが直列に接続されている。なお、対向電極プレート 111 は、本体ケース 2 の底面近傍の内部に埋め込まれている。

10

【0042】

第 4 抵抗 R4 を流れる電流をイオン電流検知回路 108 で検出することにより、放電電極 41 の近傍のイオンバランスを知ることができる。第 3 抵抗 R3 を流れる電流をイオン電流検知回路 108 で検出することにより、除電対象物近傍のイオンバランスを知ることができる。なお、除電対象物は帯電した物体だけでなく、帯電した空気等も含む。第 2 抵抗 R2 を流れる電流を異常放電電流検知回路 109 で検出することにより、放電電極 41 と対向電極プレート 111 又はフレームグランド FG との間の異常放電を検出ことができ、制御ユニット 14 で異常放電と判別した場合、表示 LED 110 を点灯して操作者に異常を知らせることができる。

20

【0043】

図 8 に示すパルス A C の電圧の印加方法では、正側の高電圧発生回路 100 と負側の高電圧発生回路 101 とで交互に高電圧を発生することにより、1 本の放電電極 41 から正のイオンと負のイオンとを交互に発生する。具体的には、正側の高電圧発生回路 100 で正の高電圧を発生したとき、コロナ放電が起こり、放電電極 41 の先端部分の周辺にある空気の分子から電子を奪い取り、正のイオンを発生する。負側の高電圧発生回路 101 で負の高電圧を発生したとき、コロナ放電が起こり、放電電極 41 の先端部分から電子を放出し、放出した電子が空気の分子に衝突して負のイオンを発生する。

30

【0044】

除電対象物に、放電電極 41 から発生した正のイオンと負のイオンとを交互に当てることにより、除電対象物が正極性に偏っている場合、正のイオンが当てられたときは反発し、負のイオンが当てられたときは結びついて電氣的に中和される。一方、除電対象物が負極性に偏っている場合、正のイオンが当てられたときは結びついて電氣的に中和され、負のイオンが当てられたときは反発する。したがって、パルス A C の電圧の印加方法では、除電対象物が正又は負のいずれの極性に偏っている場合でも、イオンバランス良く除電対象物を中和して除電することができる。

40

【0045】

本実施の形態 1 に係る除電器 1 は、放電電極 41 が高電圧を印加されてコロナ放電することにより、周囲のガスをイオン化し、イオン化ガスを吐出口 43 から吐出する。吐出されたイオン化ガスは図示しない除電対象物に当てられ、除電対象物が除電される。ガスは、従来から一般的に用いられている空気、窒素ガス等から選択する。空気を使用する場合、フィルタ等を通して清浄なクリーンドライエアとして使用する。なお、吐出口 43 から吐出するガスはイオン化ガスであるが、説明を容易にするため、「イオン化ガス」を単に「ガス」として説明する場合がある。

【0046】

本実施の形態 1 に係る除電器 1 では、吐出口 43 から音速を超えた流速のイオン化ガス

50

を、吐出口 43 の圧力が大気圧以上となるように吐出する。図 4 乃至図 7 に示すように、ガス流路 42 は、流路面積が漸次小さくなるように絞り込むスロート部 45 を備えている。ここで、音速は気温によって変化し、15 の海面上で約 340 m/s である。ガスの流速は、音速との比のマッハ数で表わすことができ、音速を 340 m/s とすると、例えばガスの流速が 272 m/s である場合、音速の 80% でマッハ数 0.8 (M0.8) で表わすことができ、ガスの流速が 340 m/s である場合には、M1 で表わすことができる。したがって、音速 (約 340 m/s) を超える場合には、M1 を超える数値で表わすことができる。図 9 は、ノズル 4 の吐出口 43 から音速を超える流速で吐出するガスの 3 種類の膨張形態を模式的に示す状態図である。図 9 (a) は過膨張、図 9 (b) は最適膨張、図 9 (c) は不足膨張の各膨張形態を示している。

10

【0047】

膨張形態について説明する前に、吐出口 43 から吐出するガスの流速が音速を超える条件について説明する。図 9 (a) 乃至 (c) に示すようなガス流路 42 の形状は、ラバールノズル形状と呼ばれ、矢印方向にガスが流れ、ガス供給口 44 から吐出口 43 までの途中にスロート面 451 が設けられている。スロート面 451 は、ガスの流路面積が漸次小さくなるように絞りこむスロート部 45 において流路面積が最小となる面である。なお、ガス流路 42 の流路面積は、放電電極 41 の断面積を含まない。スロート面 451 を通過した直後にガスの流速が M1 で表わされる音速を超えると、吐出口 43 から吐出するガスの流速が音速を超える。そして、供給されるガスがスロート面 451 を通過した直後に流速が音速を超えるためには、スロート部 45 の手前のガス流路 42 の流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が 0.528 以下になることが条件となる。

20

【0048】

図 10 は、吐出口 43 から吐出するガスの流速が音速を超える条件を説明するための模式図である。図 10 (a) はスロート面 451 がガス流路 42 の途中にある場合、図 10 (b) はガス供給口 44 がスロート面 451 となる場合、図 10 (c) はスロート面 451 が吐出口 43 にある場合を示している。図 10 (a) のスロート面 451 は、図 9 に示すラバールノズル形状と同様、ガス流路 42 の途中にスロート面 451 が設けられているので、スロート面 451 を通過した直後にガスの流速が音速を超えるには、図 10 (a) に示すようにスロート部 45 の手前のガス流路 42 の流路面積が変動しない部分におけるガス圧 P_o に対する大気圧 P_a の比率が 0.528 以下になることが条件となる。なお、ガス流路 42 は、スロート面 451 に均一な圧力のガスが供給されるように、スロート面 451 の手前に一定量のガスが溜まるチャンパー部が形成されていることが好ましい。

30

【0049】

図 10 (b) に示すようにスロート部 45 が設けられていない場合であっても、ガス供給口 44 をスロート面 451 とみなし、ガス供給口 44 の手前におけるガス圧 P_o に対する大気圧の比率が 0.528 以下となる場合には、ガス流路 42 でガスの流速は音速を超えるので、吐出口 43 から吐出するガスの流速も音速を超える。なお、パーティプの除電器 1 で図 10 (b) に示すようにガス供給口 44 がスロート面 451 とみなせるノズル 4 を用いる場合、ガス圧 P_o は除電器 1 の筐体 (本体ケース 2) 内の長手方向に沿って設けられたメインガス供給通路 31 でのガス圧である。

40

【0050】

また図 10 (c) に示すように吐出口 43 がスロート面 451 になる場合には、吐出口 43 の手前のガス流路 42 の流路面積が変動しない部分におけるガス圧 P_o に対する大気圧 P_a の比率が 0.528 以下になると吐出口 43 から吐出するガスの流速が音速を超える。本実施の形態 1 に係る除電器 1 では、図 10 (a) に示すスロート面 451 を有するノズル 4 を用いるが、吐出口 43 から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ吐出口 43 でのガス圧が大気圧以上となるようにすれば、図 10 (b)、(c) に示すスロート面 451 を有するノズル 4 を用いても良い。

【0051】

次に膨張形態について説明する。図 9 (a) 乃至 (c) に示すように、ガス流路 42 の

50

ガス供給口 4 4 から供給されたガスは、スロート部 4 5 で絞り込まれ、吐出口 4 3 から音速を超える流速で吐出される。吐出したガスの吐出領域面積は、吐出口 4 3 でのガス圧 P_e が大気圧 P_a より低い場合、図 9 (a) に示すようにガスが大気に押されて吐出口 4 3 の開口面積より小さくなり、吐出領域 5 0 が圧縮された形態の過膨張になる。吐出口 4 3 でのガス圧 P_e と大気圧 P_a とが等しい場合、図 9 (b) に示すように吐出したガスの吐出領域面積は、吐出口 4 3 の開口面積と等しく、吐出領域 5 0 が圧縮も膨張もされない形態の最適膨張になる。吐出口 4 3 でのガス圧 P_e が大気圧 P_a より高い場合、図 9 (c) に示すように吐出したガスの吐出領域面積は、ガスが大気を押して吐出口 4 3 の開口面積より大きく膨張した形態の不足膨張になる。

【 0 0 5 2 】

図 9 (a) 乃至 (c) のいずれの膨張形態でも、吐出口 4 3 から吐出するガスの流速は音速を超えているので、吐出口 4 3 近傍の空気、埃等は、吐出口 4 3 内へ入り込もうとしても、音速を超えた流速で吐出されるガスによって吐出口 4 3 で吹き飛ばされ、吐出口 4 3 内に入り込むことが困難となる。ただし、図 9 (a) の過膨張では、吐出口 4 3 から吐出したガスが大気に押され、ガスの吐出領域面積が圧縮されているので、吐出口 4 3 近傍の埃等が吐出口 4 3 内に巻き込まれる可能性がある。一方、図 9 (b) の最適膨張及び図 9 (c) の不足膨張では、吐出口 4 3 から吐出したガスの吐出領域面積は圧縮されないため、吐出口 4 3 近傍の埃等が吐出口 4 3 内に巻き込まれる可能性は低くなり、吐出口 4 3 付近の放電電極 4 1 に埃等が付着し難くなる。放電電極 4 1 への埃等の付着防止効果は、ガスの吐出領域面積が圧縮も膨張もしない最適膨張よりガスが膨張する不足膨張で高くなり、ガスの流速が音速を超えた場合であっても吐出口 4 3 でのガス圧 P_e が大気圧 P_a より高く、吐出するガスが不足膨張になる場合が好ましい。

【 0 0 5 3 】

図 1 1 は、膨張形態を判定するための圧力評価用のノズル 1 1 4 の正面図、斜視図及び断面図である。図 1 1 (a) は正面図を、図 1 1 (b) は斜め上から見た斜視図を、図 1 1 (c) は図 1 1 (b) に示す斜視図の E - E 断面図を、図 1 1 (d) は図 1 1 (c) の吐出口 4 3 近傍の拡大図を、それぞれ示している。図 1 1 (a) 乃至 (d) に示すように、圧力評価用のノズル 1 1 4 は、本実施の形態 1 に係る除電器 1 のノズル 4 と同様、放電電極 4 1、ガス流路 4 2、吐出口 4 3、ガス供給口 4 4、スロート部 4 5 及びスロート面 4 5 1 を有する。

【 0 0 5 4 】

また圧力評価用のノズル 1 1 4 は、吐出口 4 3 でのガス圧を測定するための穴である吐出口圧力測定用穴 5 1 と、よどみ点でのガス圧を測定するための穴であるよどみ点圧力測定用穴 5 2 と、針キャップ出口 5 3 とを有する。なお、各所でのガス圧は圧力センサを用いて測定した。よどみ点圧力は、スロート部 4 5 の手前であってガス流路 4 2 の流路面積が変動しない部分におけるガス圧である。図 1 2 は、圧力評価用のノズル 1 1 4 の各寸法等を示す模式図である。

【 0 0 5 5 】

図 1 2 に示すように、 S は、吐出口 4 3 の開口面積から放電電極 4 1 の断面積を引いた吐出口 4 3 での流路面積である。 S_0 は、スロート面 4 5 1 での流路面積であり、放電電極 4 1 の断面積を含まない。針角度は、放電電極 4 1 のイオンを放出する円錐形状の先端部分の頂角を意味しており、針高は吐出口 4 3 から突出している放電電極 4 1 の先端部分の長さを意味している。ノズル内径 k は吐出口 4 3 の内径であり、ストレート距離 L はスロート面 4 5 1 から吐出口 4 3 までの距離である。

【 0 0 5 6 】

図 1 3 は、圧力評価用のノズル 1 1 4 を用いて測定したガス供給口 4 4 でのガス圧と吐出口 4 3 でのガス圧又は針キャップ出口 5 3 でのガス圧との関係を示すグラフ図である。図 1 3 は、図 1 1 に示した圧力評価用のノズル 1 1 4 を作製し、ガス供給口 4 4 から供給するガス圧力 (ガス供給口圧力) を変えて測定した結果を示している。図 1 3 では、吐出口圧力とガス供給口圧力との関係を黒で塗りつぶした菱形記号で、針キャップ出口圧力と

10

20

30

40

50

ガス供給口圧力との関係は黒で塗りつぶした正方形記号で、それぞれ示しており、吐出口圧力及び針キャップ出口圧力はゲージ圧で示している。ゲージ圧は、大気圧との相対値（大気圧との差）であり、ゲージ圧が0の場合に大気圧と等しいことを示している。また、ゲージ圧が負の値となる場合には大気圧より低いことを意味しており、ゲージ圧が正の値となる場合には大気圧より高いことを意味している。

【0057】

図13に示すように、ガス供給口圧力が0（ゼロ）である場合、ガスが供給されていない状態であることから、吐出口圧力は大気圧と等しくなっている。ガス供給口圧力を0.17MPaとした場合、吐出口圧力は-15kPaとなり大気圧より低くなっていることから、過膨張になっていると判定することができる。ガス供給口圧力を上げていくと、よ

10

ども点圧力も比例して増大するが（図示せず）、吐出口圧力と針キャップ出口圧力とは大気圧より小さいので、過膨張となったと判断することができ、周囲の空気を巻き込むようになることがわかる。さらにガス供給口圧力を上げていくと、吐出口圧力と針キャップ出口圧力とは除々に上がり始め、吐出口圧力はガス供給口圧力を0.22MPaとした場合に、針キャップ出口圧力はガス供給口圧力を0.32MPaとした場合に、それぞれ0（ゼロ）となり大気圧と等しくなることから、最適膨張となったと判断することができる。その後、大気圧より大きくなることから、不足膨張となったと判断することができ、周囲の空気を巻き込まなくなることがわかる。

【0058】

図14は、本実施の形態1に係る除電器1をガスの流速を音速以下及び音速を超えた状態で各膨張形態にした場合の放電電極41への異物付着量の評価結果を示す図表である。0.4mm径の吐出口43を用い、印加電圧を±7kV、周波数を33Hz、浄化用ガスとしてのパーエアをN₂とする評価条件にて、所定濃度の異物雰囲気内において、所定時間以上の連続運転を行った。

20

【0059】

図14に示すように、ガス供給口圧力が0.02MPaでN₂ガスを供給した場合、ガスの流速は129m/sであることから音速以下であり、ガス流量は1.5L/minで最も少ないにもかかわらず、放電電極41への異物付着量は非常に多かった。ガス供給口圧力が0.17MPaでN₂ガスを供給した場合、ガスの流速はM1.1程度で音速を超えた状態で過膨張となり、ガス流量は3.8L/minで放電電極41への異物付着量は

30

【0060】

また図14に示すように、ガス供給口圧力が0.25MPaでN₂ガスを供給した場合、ガスの流速はM1.2となり音速を超えた状態で最適膨張となり、ガス流量は5L/minで放電電極41への異物付着量はわずかであった。ガス供給口圧力が0.325MPaでN₂ガスを供給した場合、ガスの流速はM1.2～1.5となり音速を超えた状態で不足膨張となり、ガス流量は6L/minで放電電極41への異物付着量は極わずかであった。さらにガス供給口圧力を0.4MPaに上げてN₂ガスを供給した場合、ガスの流速はM1.7となり音速を超えた状態で不足膨張となり、ガス流量は7.1L/minで放電電極41への異物付着量はほとんど無かった。

40

【0061】

したがって、ガスの流速が音速を超えた場合、音速以下の場合と比較してガス流量が多いにもかかわらず、放電電極41への異物付着量は少量からほとんど無い量にまで減少することがわかった。ガスの流速が音速を超えた場合であっても、過膨張ではガス流量が最も少ないにもかかわらず少量の異物が付着することがわかった。一方、最適膨張及び不足膨張では、異物付着量はわずかからほとんど無い量にまで減少し、ガス流量が多くなっても不足膨張でガスの流速が速くなるほど異物付着量は減少し、M1.7でほとんど無くなることをわかった。

【0062】

図15は、吐出口43から吐出されるガスの超音速流を可視化した模式図である。図1

50

5 (a) はガス供給口圧力を 0 . 2 M P a とし て M 1 . 1 で過膨張の場合を、図 1 5 (b) はガス供給口圧力を 0 . 2 5 M P a とし て M 1 . 2 で最適膨張の場合を、図 1 5 (c) はガス供給口圧力を 0 . 3 5 M P a とし て M 1 . 5 で不足膨張の場合を、図 1 5 (d) はガス供給口圧力を 0 . 4 M P a とし て M 1 . 7 で不足膨張の場合を、それぞれ示している。

【 0 0 6 3 】

図 1 5 (a) 乃至 (d) に示すように、過膨張、最適膨張及び不足膨張のいずれの膨張形態の超音速流であっても、放電電極 4 1 の軸に対して所定の角度 θ を有する縞模様が観察される。なお、放電電極 4 1 の軸方向はガスを吐出する方向であり、角度 θ はガスの吐出方向との角度でもある。縞模様の所定の角度 θ は、膨張形態によって異なり、ガスの流速が速くなるほど小さくなる。図 1 5 (a) の M 1 . 1 で過膨張の場合に角度 θ は 6 3 °、図 1 5 (b) の M 1 . 2 で最適膨張の場合に角度 θ は 5 5 °、図 1 5 (c) の M 1 . 5 で不足膨張の場合に角度 θ は 4 3 °、図 1 5 (d) の M 1 . 7 で不足膨張の場合に角度 θ は 3 5 °である。この角度 θ はマッハ数を計測する指標であり、マッハ数は $1 / \sin \theta$ で計算される。

【 0 0 6 4 】

本実施の形態 1 に係る除電器 1 では、放電電極 4 1 は、先端部分が円錐形状に形成され、円錐形状の先端部分にてコロナ放電し、スロート部 4 5 は流路面積が最小となるスロート面 4 5 1 を有し、放電電極 4 1 の配設位置を変動させることにより、スロート面 4 5 1 の流路面積と吐出口 4 3 の流路面積との比率を調整する。図 1 6 は、本実施の形態 1 に係るノズル 4 の吐出口 4 3 とスロート面 4 5 1 との面積の関係の説明するための模式図である。図 1 6 (a) は、図 7 に示した吐出口 4 3、スロート部 4 5、スロート面 4 5 1 及び放電電極 4 1 を、図 1 6 (b) は吐出口 4 3 の開口面を、図 1 6 (c) はスロート面 4 5 1 を、それぞれ模式的に示している。

【 0 0 6 5 】

図 1 6 (a) に示すように、吐出口 4 3 の開口面積とスロート面 4 5 1 の面積とは略等しい。また、放電電極 4 1 の先端部分は円錐形状に形成され、吐出口 4 3 の開口面及びスロート面 4 5 1 は、放電電極 4 1 の軸と直交するように配置されている。そして、放電電極 4 1 の先端部分は、吐出口 4 3 の開口面及びスロート面 4 5 1 に交差する位置に配置しており、吐出口 4 3 はスロート面 4 5 1 より放電電極 4 1 の先端部分側に配設されている。図 1 6 (a) 及び (b) に示すように、吐出口 4 3 の流路面積 o は、吐出口 4 3 の開口面積から放電電極 4 1 の吐出口 4 3 の位置での断面積 p を差し引いた面積となり、スロート面 4 5 1 の流路面積 q は、スロート面 4 5 1 の面積から放電電極 4 1 のスロート面 4 5 1 の位置での断面積 r を差し引いた面積となる。したがって、吐出口 4 3 の流路面積 o はスロート面 4 5 1 の流路面積 q より広くなる。

【 0 0 6 6 】

図 1 7 は、本実施の形態 1 に係る除電器 1 に用いる吐出口 4 3 の径が異なる 4 つのノズルの例示図である。ノズルの吐出口 4 3 の内径が、図 1 7 (a) は 0 . 9 m m の例を、図 1 7 (b) は 1 m m の例を、図 1 7 (c) は 0 . 8 6 m m の例を、図 1 7 (d) は 0 . 4 m m の例を、それぞれ示している。 P_o は、いわゆるよどみ点圧力であり、スロート部 4 5 の手前であって流路面積が変動しない部分におけるガス圧である。 P_e は、吐出口 4 3 でのガス圧である。 P_o 及び P_e はゲージ圧で表しているので、 P_e / P_o は大気圧の値を加えた圧力に換算後の値である。 S は、吐出口 4 3 の開口面積から放電電極 4 1 の断面積を引いた吐出口 4 3 での流路面積である。 S_o は、スロート面 4 5 1 での流路面積であり、放電電極 4 1 の断面積を含まない。

【 0 0 6 7 】

針角度は、放電電極 4 1 のイオンを放出する円錐形状の先端部分の頂角であり、図 1 7 (a) 乃至 (c) の 3 つのノズルは同じ 3 0 ° で、図 1 7 (d) のノズルは 5 ° である。針高は吐出口 4 3 から突出している放電電極 4 1 の先端部分の長さである。ノズル内径 k は吐出口 4 3 の内径であり、ストレート距離 L はスロート面 4 5 1 から吐出口 4 3 までの

距離である。なお、スロート面 451 の面積と吐出口 43 の開口面積は等しく、スロート面 451 から吐出口 43 までは略円筒である。また 4 つのノズルは、針高とストレート距離 L とを変更することによって、スロート面 451 での流路面積と吐出口 43 での流路面積とを調整した。比熱比は 1.4 で、大気圧 P_a は 0.101 MPa であった。

【0068】

図 17 に示すように、4 つのノズルのスロート面 451 での流路面積 S_o は、図 17 (a) のノズル a では 0.526 mm^2 、図 17 (b) のノズル b では 0.487 mm^2 、図 17 (c) のノズル c では 0.500 mm^2 、図 17 (d) のノズル d では 0.122 mm^2 である。図 18 は、図 17 の 4 つのノズルへ供給するガス供給量とガス流量との関係を示すグラフ図である。

10

【0069】

図 18 に示すように、スロート面 451 での流路面積 S_o が最も小さい図 17 (d) のノズル d は、図 17 (a) 乃至 (c) のノズル a、b、c と比較してガス流量を抑えることができ、しかもガス供給圧力の増加に伴うガス流量の増加も抑えることができた。

【0070】

図 19 は、図 17 の 4 つのノズルでの最適膨張時等の各種圧力、速度、面積等を示す図表である。図 19 (a) 乃至 (d) は、各々図 17 (a) 乃至 (d) のノズル (a、b、c、d) での圧力等を示している。図 20 は、図 19 に示す圧力等から各膨張形態での圧力と速度との関係を示す図表である。図 20 (a) 乃至 (d) は、各々図 19 (a) 乃至 (d) に示す圧力等に対応している。

20

【0071】

図 19 及び図 20 に示すように、最適膨張時のよどみ点のガス圧 P_o は、図 19 (d) 及び図 20 (d) のノズル d が 0.14 MPa で最も低い。すなわち、スロート面 451 での流路面積 S_o が最も小さいノズル d は、他のノズルと比較してガス流量を抑えるだけでなく、より低い圧力で最適膨張に達することができる。最適膨張時の P_o は、図 19 (a) 及び図 20 (a) のノズル a で 0.21 MPa 、図 19 (c) 及び図 20 (c) のノズル c で 0.23 MPa で、比較的低い圧力であったのに対し、図 19 (b) 及び図 20 (b) のノズル b では 0.46 MPa で、かなり高い圧力であった。

【0072】

さらにスロート面 451 の流路面積 S_o は、ノズル c での 0.500 mm^2 がノズル a での 0.526 mm^2 より小さいが、吐出口 43 でのガス圧 P_e は、ノズル c での 0.08 MPa は、ノズル a での 0.09 MPa より小さくなっている。その理由は、スロート面 451 から吐出口 43 までのストレート距離 L が、ノズル c では 0.3 mm であり、ノズル a での 0.2 mm より長いので、ガスの流路面積比が 1 から遠ざかるためである。したがって、スロート面 451 から吐出口 43 までの距離が 0 (ゼロ) に近い方が好ましい。

30

【0073】

また S/S_o は、ノズル d で 1.03、ノズル a で 1.10、ノズル c で 1.12、ノズル b で 1.42 であり、マッハ数 M は、ノズル d で 1.19、ノズル a で 1.38、ノズル c で 1.41、ノズル b で 1.78 であった。スロート面 451 の流路面積 S_o と吐出口 43 の流路面積 S との流路面積比 S/S_o が 1 である場合、マッハ数 M が 1 で最適膨張になるため、スロート面 451 の流路面積 S_o に対して吐出口 43 の流路面積 S が大きくなるほど、最適膨張になるマッハ数 M が大きくなる。したがって、最適膨張になるマッハ数 M が小さい方が単位時間あたりのガス量であるガス流量を抑えられるので好ましく、流路面積比 S/S_o が 1 に近いほど好ましい。

40

【0074】

したがって、スロート面 451 を吐出口 43 近傍に設け、スロート面 451 から吐出口 43 までの距離を略 0 (ゼロ) とし、かつスロート面 451 の流路面積に対する吐出口 43 の流路面積の比を略 1 とすることにより、例えば 0.09 MPa 程度の圧力のガスを供給するだけで、吐出口 43 から吐出するガスをいわゆる最適膨張形態又は不足膨張形態に

50

することができ、放電電極 4 1 のイオンを放出する先端部分への異物の付着防止効果を高めることが可能となる。なお、図 1 0 (c) に示したように吐出口 4 3 がスロート面 4 5 1 になるようにした場合には、スロート面 4 5 1 から吐出口 4 3 までの距離を 0 (ゼロ) とし、かつスロート面 4 5 1 の流路面積に対する吐出口 4 3 の流路面積の比を 1 とすることが可能となる。

【 0 0 7 5 】

上述した構成のパーティプの除電器 1 による除電方法について、フロ - チャートに基づいて説明する。図 2 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る除電器 1 による除電方法を示すフロ - チャートである。

【 0 0 7 6 】

図 2 1 に示すように、パーティプの除電器 1 の筐体 (本体ケース) 2 の長手方向の一面に、長手方向に沿って所定間隔で配設された複数のノズル 4、4、・・・が有する放電電極 4 1 に、高電圧を印加してイオンを発生する (ステップ S 2 1 0 1)。具体的には、例えばパルス A C 方式によって、放電電極 4 1 に正、負、正・・・と交互に正又は負のイオンが発生するように電圧を印加する。

【 0 0 7 7 】

除電器 1 に接続する外部のガス供給管から、パーティプの除電器 1 の本体ケース 2 内の長手方向に沿って設けられたメインガス供給通路 3 1 を経由して、ノズル 4 内のガス流路 4 2 にガスを供給する (ステップ S 2 1 0 2)。

【 0 0 7 8 】

ノズル 4 の吐出口 4 3 から吐出した直後のガスの流速が音速を超えるように、供給するガスの流量を調整し (ステップ S 2 1 0 3)、吐出口 4 3 でのガス圧が大気圧以上となるように、供給するガスの流量を調整する (ステップ S 2 1 0 4)。これにより、吐出口 4 3 から吐出するイオン化ガスを最適膨張又は不足膨張にすることができる。最適膨張又は不足膨張になったイオン化ガスを除電対象物に向けて吐出し、除電対象物を除電する (ステップ S 2 1 0 5)。

【 0 0 7 9 】

以上のように本実施の形態 1 によれば、放電電極 4 1 から放出されたイオンをガス流路 4 2 に供給されたガスをイオン化ガスとして吐出口 4 3 から吐出し、吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ吐出口 4 3 でのガス圧が大気圧以上となることにより、吐出口 4 3 から吐出するガスをいわゆる最適膨張又は不足膨張にすることができるので、放電電極 4 1 のイオンを放出する先端部分に異物が付着することを防止することができる。同時に、速やかに十分なイオン化ガスを除電対象物に当てることができ、高い除電速度で十分な除電効果を得ることが可能となる。またガス流路 4 2 は、流路面積が漸次小さくなるように絞り込むスロート部 4 5 を備え、スロート部 4 5 の手前であってガスが流れる流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が 0 . 5 2 8 以下となることにより、吐出口 4 3 から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口 4 3 でのガス圧が大気圧以上となるようにすることで、最適膨張又は不足膨張にすることが可能となる。

【 0 0 8 0 】

(実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 に係る除電器 1 の構成は、実施の形態 1 と同様であることから、同一の符号を付することにより詳細な説明を省略する。本実施の形態 2 では、ノズル 2 0 4 の形状が実施の形態 1 のノズル 4 と相違する。図 2 2 は、本実施の形態 2 に係る除電器 1 が備えるノズル 2 0 4 の斜視図、断面図及び拡大図である。図 2 2 (a) はノズル 2 0 4 の斜視図を、図 2 2 (b) は図 2 2 (a) に示す斜視図の F - F 断面図を、図 2 2 (c) は図 2 2 (b) の G 部分の拡大図を、それぞれ示している。

【 0 0 8 1 】

図 2 2 に示すように、本実施の形態 2 に用いるノズル 2 0 4 は、実施の形態 1 と同様の機能を有する、放電電極 4 1、ガス流路 4 2、吐出口 4 3、ガス供給口 4 4、スロート面 4 5 1 と一致するスロート部 4 5 を備える。ただし本実施の形態 2 のノズル 2 0 4 は、吐

10

20

30

40

50

出口 4 3 近傍の形状において実施の形態 1 のノズル 4 と相違する。図 2 0 (b)、(c) に示すようにノズル 2 0 4 は、ノズル 4 と同様、筒状部分 6 と円盤状部分 8 とで構成され、円盤状部分 8 は、筒状部分 6 の外径の倍程度の外径を有し、円盤状部分 8 の筒状部分 6 側には、円盤状部分 8 の外径と筒状部分 6 の外径との略中間の外径を有する筒状突起部分 8 1 がノズル 2 0 4 の本体ケース 2 への固着部分として形成されている。ただしノズル 2 0 4 は、円盤状部分 8 が放電電極 4 1 と略直交する平面 8 2 で、吐出口 4 3 の開口面と一つの面をなしている点でノズル 4 と相違する。ガスは、ノズル 2 0 4 の吐出口 4 3 から音速を超える流速で吐出する。

【 0 0 8 2 】

一方、実施の形態 1 のノズル 4 は、図 4 に示すように円盤状部分 7 のイオンを放出する側の面が平面ではなく、吐出口 4 3 の周辺部分 7 2 がイオン放出方向へ突き出すように盛り上がっているため、吐出口 4 3 の開口面より、周辺部分 7 2 を含むノズル 4 の円盤状部分 7 のイオンを放出する側の面が、イオン放出方向の前方側に位置する。しかし、ノズル 4 の吐出口 4 3 から音速を超える流速で吐出するガスは、ノズル 4 の周辺部分 7 2 に沿って流れることはなく、吐出口 4 3 から吐出する。

10

【 0 0 8 3 】

図 2 3 は、本実施の形態 2 に係るノズル 2 0 4 の吐出口 4 3 とスロート面 4 5 1 との面積の関係を説明するための模式図である。図 2 3 (a) は、図 2 2 (c) に示した吐出口 4 3、スロート部 4 5、スロート面 4 5 1 及び放電電極 4 1 を、図 2 3 (b) は吐出口 4 3 の開口面を、図 2 3 (c) はスロート面 4 5 1 を、それぞれ模式的に示している。

20

【 0 0 8 4 】

図 2 3 (a) に示すように、吐出口 4 3 の開口面積とスロート面 4 5 1 の面積とは略等しい。また、放電電極 4 1 の先端部分は円錐形状に形成され、吐出口 4 3 の開口面及びスロート面 4 5 1 は、放電電極 4 1 の軸と直交するように配置されている。そして、放電電極 4 1 の先端部分は、吐出口 4 3 の開口面及びスロート面 4 5 1 に交差する位置に配置してあり、吐出口 4 3 はスロート面 4 5 1 より放電電極 4 1 の先端部分側に配設されている。図 2 3 (a) 及び (b) に示すように、吐出口 4 3 の流路面積 o は、吐出口 4 3 の開口面積から放電電極 4 1 の吐出口 4 3 の位置での断面積 p を差し引いた面積となり、スロート面 4 5 1 の流路面積 q は、スロート面 4 5 1 の面積から放電電極 4 1 のスロート面 4 5 1 の位置での断面積 r を差し引いた面積となる。したがって、吐出口 4 3 の流路面積 o はスロート面 4 5 1 の流路面積 q より広くなる。

30

【 0 0 8 5 】

図 2 3 (a) に示す本実施の形態 2 のノズル 2 0 4 の吐出口 4 3 近傍の形状は、図 1 6 (a) に示した実施の形態 1 のノズル 4 の吐出口 4 3 近傍の形状と相違するが、図 2 3 (b) 及び図 1 6 (b) に示すように、吐出口 4 3 の流路面積とスロート面 4 5 1 の流路面積との関係は、ノズル 2 0 4 とノズル 4 とで全く同様である。

【 0 0 8 6 】

上述のように本実施の形態 2 に用いるノズル 2 0 4 は、吐出口 4 3 近傍の形状において実施の形態 1 のノズル 4 と相違するが、形状の相違は、吐出口 4 3 から音速を超える流速で吐出するガスに影響はない。また上述のように、吐出口 4 3 とスロート面 4 5 1 との面積の関係が全く同様であり、吐出口 4 3 までの各構成についてもノズル 2 0 4 とノズル 4 とで同様であるため、本実施の形態 2 に用いるノズル 2 0 4 は、実施の形態 1 のノズル 4 と全く同様の寸法、ガスの圧力、流量等の条件で、実施の形態 1 と同様の効果を奏することができる。

40

【 0 0 8 7 】

以上のように本実施の形態 2 によれば、放電電極 4 1 から放出されたイオンをガス流路 4 2 に供給されたガスにて吐出口 4 3 から吐出し、吐出した直後のガスの流速が音速を超え、かつ吐出口 4 3 でのガス圧が大気圧以上となることにより、吐出口 4 3 から吐出するガスをいわゆる最適膨張又は不足膨張にすることができるので、放電電極 4 1 のイオンを放出する先端部分に異物が付着することを防止することができるのと同時に、速やかに充分

50

なイオン化ガスを除電対象物に当てることができ、高い除電速度で十分な除電効果を得ることが可能となる。またガス流路42は、ガスが流れる流路面積が漸次小さくなるように絞り込むスロート部45を備え、スロート部45の手前であってガス流路42の流路面積が変動しない部分におけるガス圧に対する大気圧の比率が0.528以下となることにより、吐出口43から吐出した直後のガスの流速が音速を超え、吐出口43でのガス圧が大気圧以上となるようにすることで、最適膨張又は不足膨張にすることが可能となる。

【0088】

なお、上述した実施の形態1及び2に係る除電器は、複数のノズルが筐体の長手方向の一面に配設されたパーティプの除電器である場合について説明したが、パーティプの除電器に限定されるものではない。例えば、ノズルを1つ備えて比較的狭い範囲をスポットで除電することができるガンタイプの除電器であっても良く、パーティプの除電器と同様の効果を奏することができる。

10

【0089】

また、本発明に係る除電器では、上述したパルスAC、DC、AC、高周波AC、パルスDC等のいずれの電圧印加方法も採用することができ、同様の放電電極への異物付着防止効果とともに、採用する電圧印加方法に応じて高い除電速度で十分な除電効果を奏することができる。

【0090】

その他、本発明は上記実施の形態1及び2に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲内であれば多種の変形、置換等が可能であることは言うまでもない。

20

【図面の簡単な説明】

【0091】

【図1】本発明の実施の形態1に係る除電器の構成を模式的に示す斜視図である。

【図2】本実施の形態1に係るノズルの放電電極の軸を鉛直方向に見た正面図、吐出口の反対側から見た底面図及び側面図である。

【図3】本実施の形態1に係るノズルの斜視図である。

【図4】図2(c)に示す側面図のB-B断面図である。

【図5】図2(b)に示す底面図のC-C断面図である。

【図6】図1に示す斜視図のA-A部分断面図である。

【図7】図4のD部分の拡大図である。

30

【図8】パルスACにより電圧を印加する除電器の電気回路の概要を示す回路図である。

【図9】ノズルの吐出口から音速を超える流速で吐出するガスの3種類の膨張形態を模式的に示す状態図である。

【図10】吐出口から吐出するガスの流速が音速を超える条件を説明するための模式図である。

【図11】膨張形態を判定するための圧力評価用のノズルの正面図、斜視図及び断面図である。

【図12】圧力評価用のノズルの各寸法等を示す模式図である。

【図13】圧力評価用のノズルを用いて測定したガス供給口でのガス圧と吐出口でのガス圧又は針キャップ出口でのガス圧との関係を示すグラフ図である。

40

【図14】本実施の形態1に係る除電器をガスの流速を音速以下及び音速を超えた状態で各膨張形態にした場合の放電電極への異物付着量の評価結果を示す図表である。

【図15】微分干渉型顕微鏡によって観察した吐出口から吐出されるガスの超音速流の模式図である。

【図16】本実施の形態1に係るノズルの吐出口とスロート面との面積の関係を説明するための模式図である。

【図17】本実施の形態1に係る除電器に用いる吐出口の径が異なる4つのノズルの例示図である。

【図18】図17の4つのノズルへ供給するガス供給量とガス流量との関係を示すグラフ図である。

50

【図 19】図 17 の 4 つのノズルでの最適膨張時等の各種圧力、速度、面積等を示す図表である。

【図 20】図 19 に示す圧力等から各膨張形態での圧力と速度との関係を示す図表である。

【図 21】本発明の実施の形態 1 に係る除電器による除電方法を示すフローチャートである。

【図 22】本実施の形態 2 に係る除電器が備えるノズルの斜視図、断面図及び拡大図である。

【図 23】本実施の形態 2 に係るノズルの吐出口とスロート面との面積の関係を説明するための模式図である。

10

【符号の説明】

【0092】

1 除電器

2 本体ケース

4、204 ノズル

6 筒状部分

7、8 円盤状部分

41 放電電極

42 ガス流路

43 吐出口

44 ガス供給口

45 スロート部

61 突起

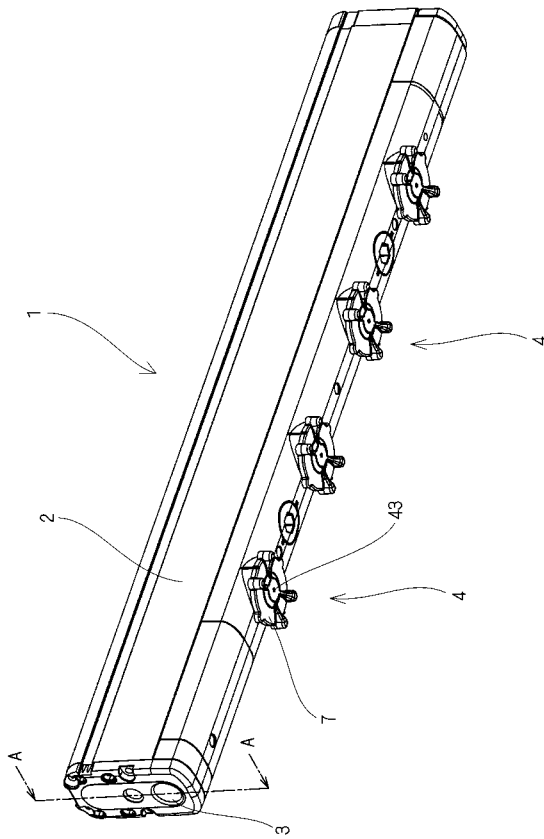
71、81 筒状突起部分

72 周辺部分

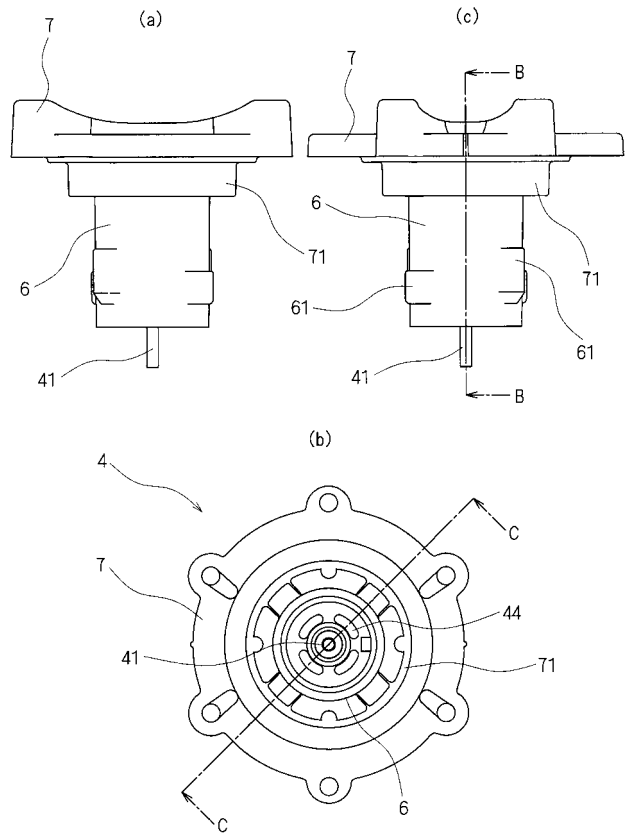
451 スロート面

20

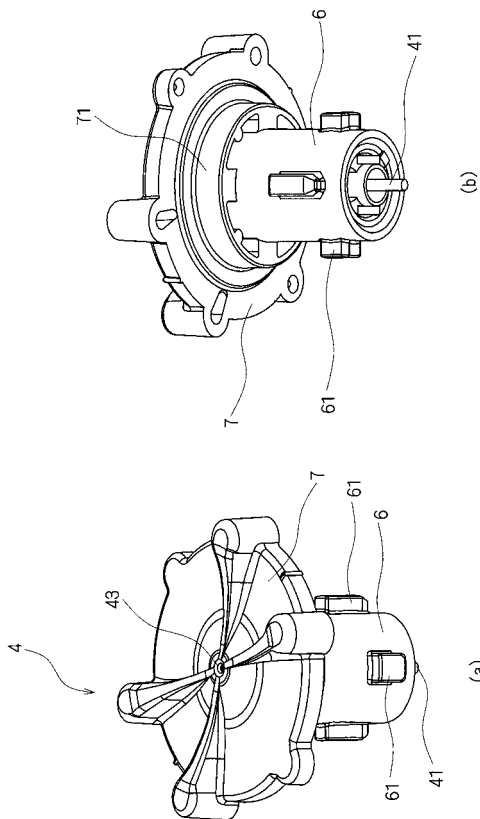
【 図 1 】



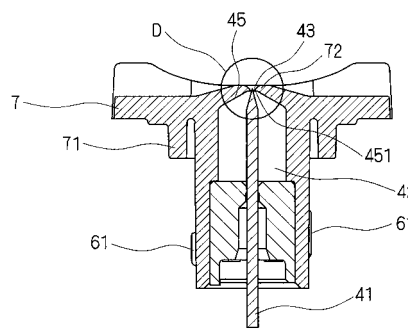
【 図 2 】



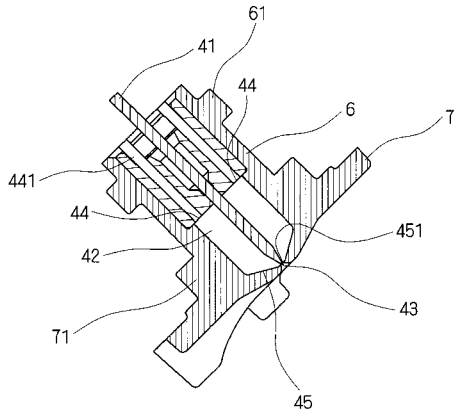
【 図 3 】



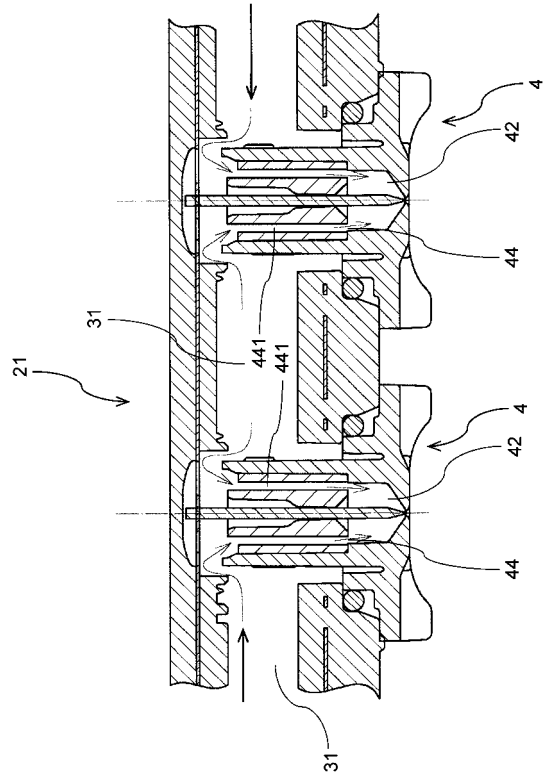
【 図 4 】



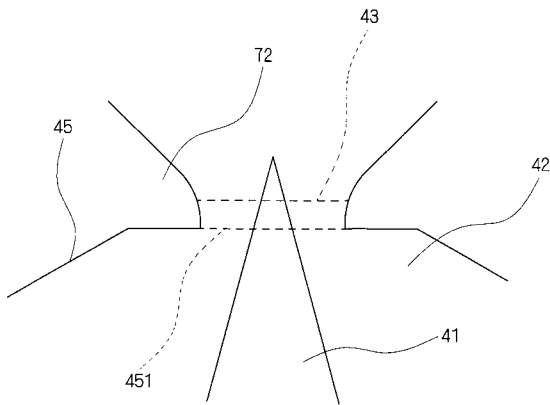
【 図 5 】



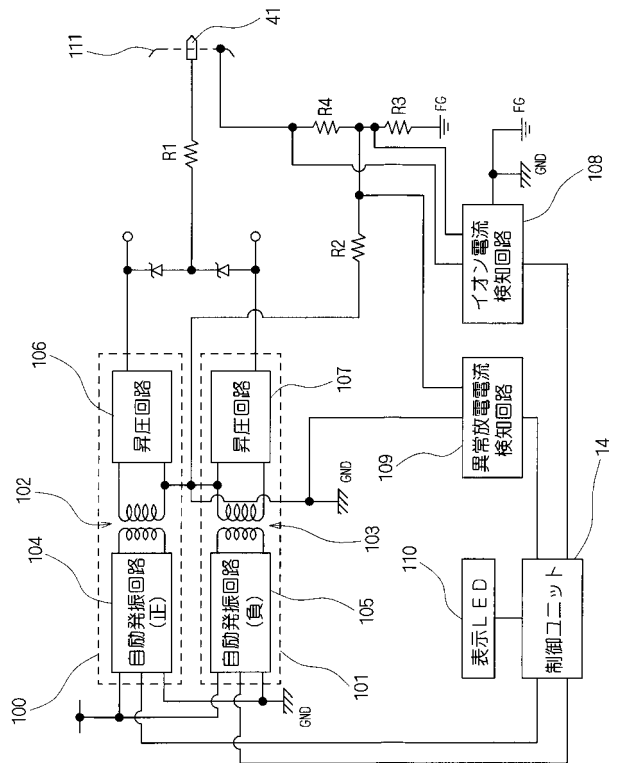
【 図 6 】



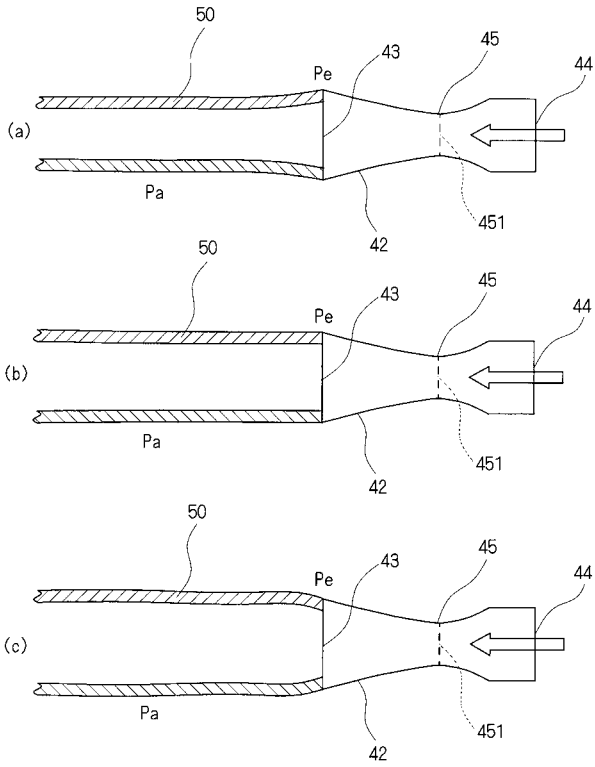
【 図 7 】



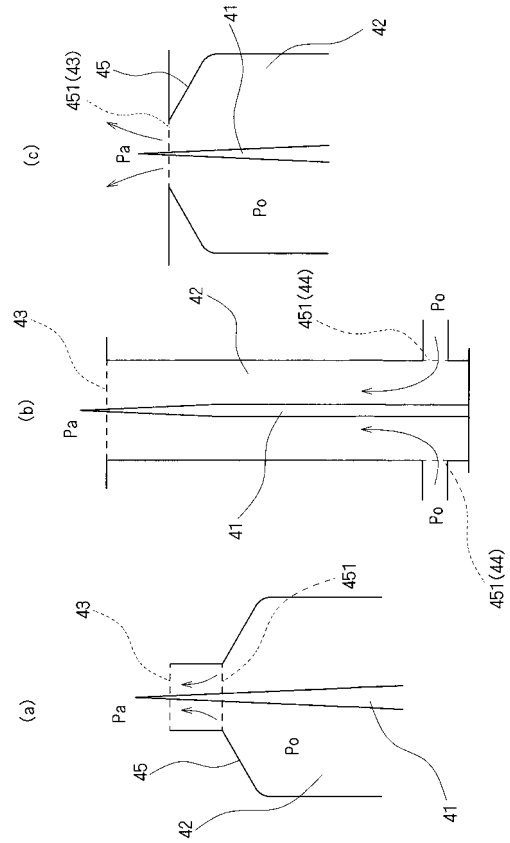
【 図 8 】



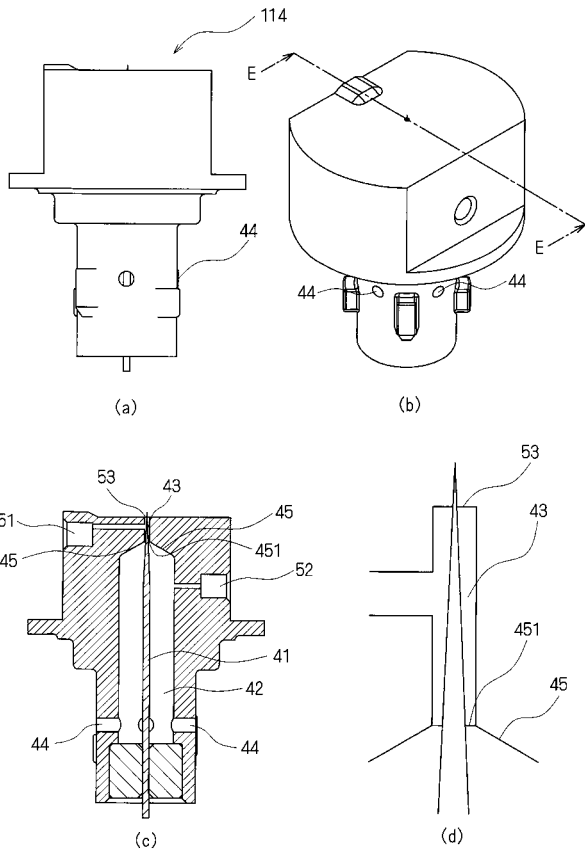
【図9】



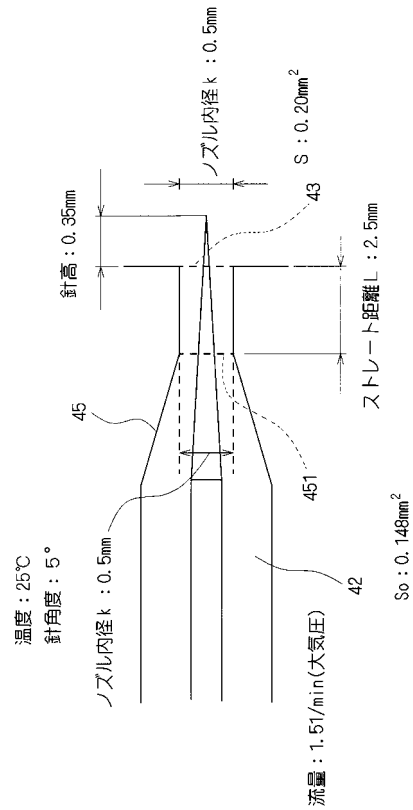
【図10】



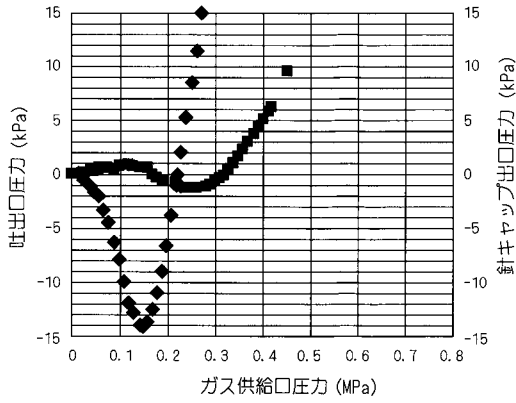
【図11】



【図12】



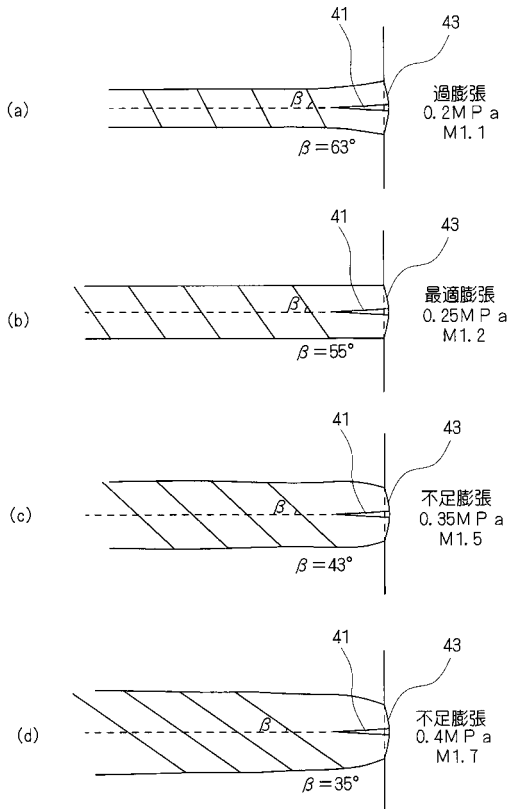
【 図 1 3 】



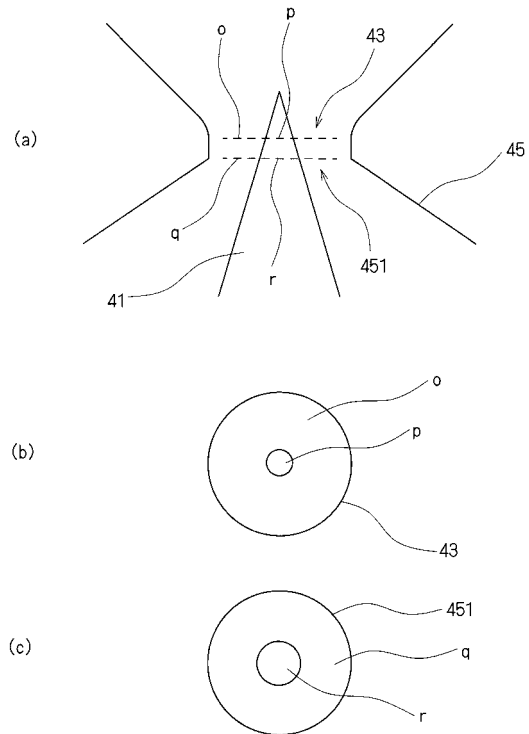
【 図 1 4 】

	音速以下	超音速 過膨張	超音速 最適膨張	超音速 不足膨張1	超音速 不足膨張2
ガス供給口圧力	0.02MPa	0.17MPa	0.25MPa	0.325MPa	0.4MPa
ガス流速	129 m/s	M1.1以下	M1.2	M1.2~1.5	M1.7
ガス流量	1.5 L/min	3.8 L/min	5 L/min	6 L/min	7.1 L/min
異物付着量	非常に多い	少量	わずか	極わずか	ほとんど無

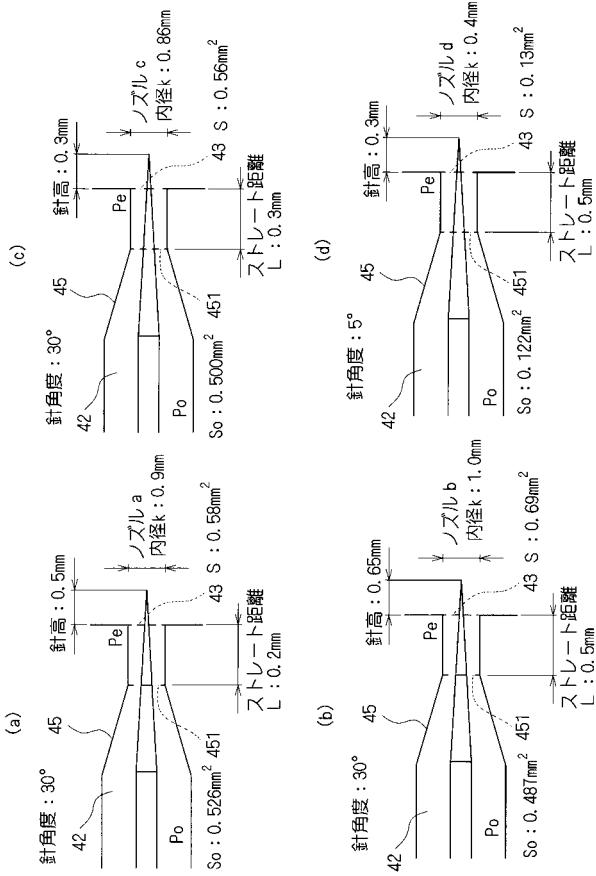
【 図 1 5 】



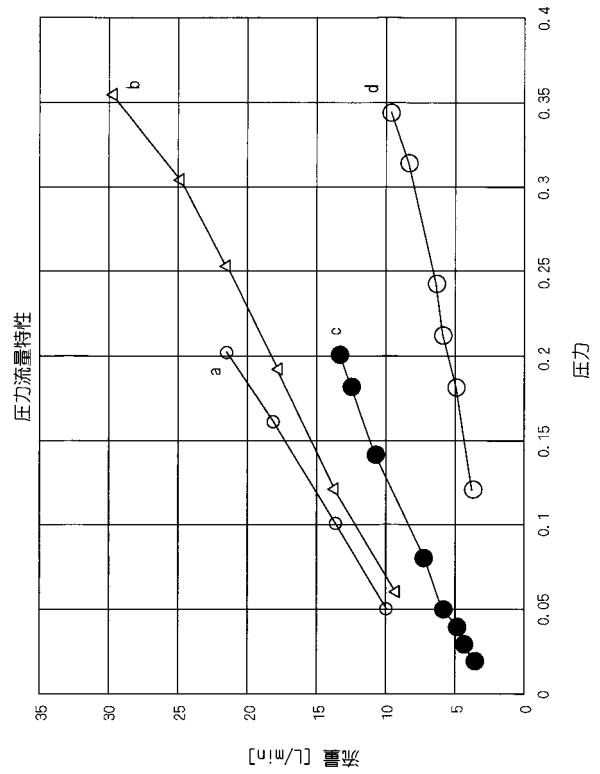
【 図 1 6 】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

ノズル a	ゲージ圧Po (MPa)	ゲージ圧Pe (MPa)	出口マツハ数	Pe/Po	S/So	Pa/Po
最適膨張時	0.21	0	1.38	0.32	1.10	0.32
不足膨張時	0.50	0.09	1.38	0.32	1.10	0.17

ノズル b	ゲージ圧Po (MPa)	ゲージ圧Pe (MPa)	出口マツハ数	Pe/Po	S/So	Pa/Po
最適膨張時	0.46	0	1.78	0.18	1.42	0.18
不足膨張時	0.50	0.01	1.78	0.18	1.42	0.17

ノズル c	ゲージ圧Po (MPa)	ゲージ圧Pe (MPa)	出口マツハ数	Pe/Po	S/So	Pa/Po
最適膨張時	0.23	0	1.41	0.31	1.12	0.31
不足膨張時	0.50	0.08	1.41	0.31	1.12	0.17

ノズル d	ゲージ圧Po (MPa)	ゲージ圧Pe (MPa)	出口マツハ数	Pe/Po	S/So	Pa/Po
最適膨張時	0.14	0	1.19	0.42	1.03	0.42
不足膨張時	0.50	0.15	1.19	0.42	1.03	0.17

【図 20】

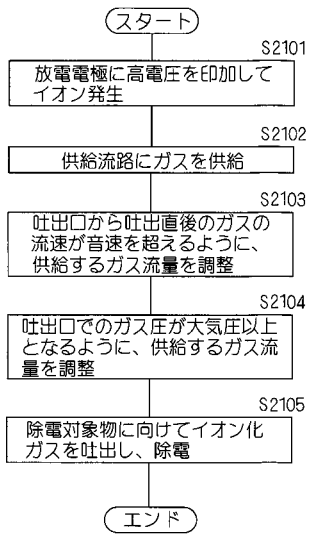
ノズル a	過膨張	最適膨張	不足膨張
Po (ゲージ圧)	<	0.21 MPa	<
Pe (ゲージ圧)	<	0.00 MPa	<
ノズル出口のマツハ数	1.38	1.38	1.38
ノズル出口後のマツハ数	低下	< 1.38 <	増加

ノズル b	過膨張	最適膨張	不足膨張
Po (ゲージ圧)	<	0.46 MPa	<
Pe (ゲージ圧)	<	0.00 MPa	<
ノズル出口のマツハ数	1.78	1.78	1.78
ノズル出口後のマツハ数	低下	< 1.78 <	増加

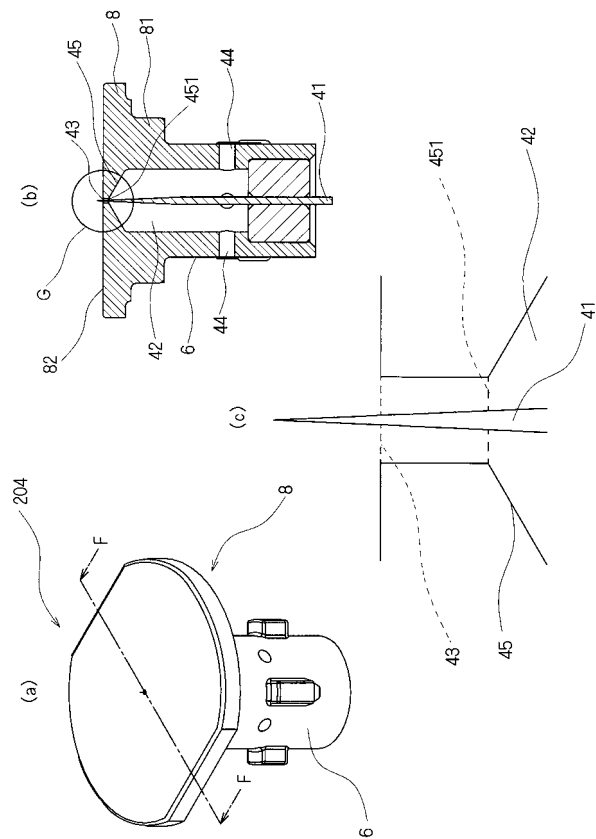
ノズル c	過膨張	最適膨張	不足膨張
Po (ゲージ圧)	<	0.23 MPa	<
Pe (ゲージ圧)	<	0.00 MPa	<
ノズル出口のマツハ数	1.41	1.41	1.41
ノズル出口後のマツハ数	低下	< 1.41 <	増加

ノズル d	過膨張	最適膨張	不足膨張
Po (ゲージ圧)	<	0.14 MPa	<
Pe (ゲージ圧)	<	0.00 MPa	<
ノズル出口のマツハ数	1.19	1.19	1.19
ノズル出口後のマツハ数	低下	< 1.19 <	増加

【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】

