

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7519629号  
(P7519629)

(45)発行日 令和6年7月22日(2024.7.22)

(24)登録日 令和6年7月11日(2024.7.11)

|            |                |         |       |   |
|------------|----------------|---------|-------|---|
| (51)国際特許分類 | F I            |         |       |   |
| B 0 5 B    | 5/057(2006.01) | B 0 5 B | 5/057 |   |
| B 0 5 B    | 5/08 (2006.01) | B 0 5 B | 5/08  | B |
| A 6 1 L    | 9/14 (2006.01) | A 6 1 L | 9/14  |   |
| A 6 1 L    | 9/015(2006.01) | A 6 1 L | 9/015 |   |

請求項の数 6 (全21頁)

|          |                             |          |                    |
|----------|-----------------------------|----------|--------------------|
| (21)出願番号 | 特願2020-202307(P2020-202307) | (73)特許権者 | 314012076          |
| (22)出願日  | 令和2年12月4日(2020.12.4)        |          | パナソニックIPマネジメント株式会社 |
| (65)公開番号 | 特開2022-89697(P2022-89697A)  |          | 大阪府門真市元町2番6号       |
| (43)公開日  | 令和4年6月16日(2022.6.16)        | (74)代理人  | 110002527          |
| 審査請求日    | 令和5年1月6日(2023.1.6)          |          | 弁理士法人北斗特許事務所       |
|          |                             | (72)発明者  | 石上 陽平              |
|          |                             |          | 大阪府門真市大字門真1006番地 パ |
|          |                             |          | ナソニック株式会社内         |
|          |                             | (72)発明者  | 今井 慎               |
|          |                             |          | 大阪府門真市大字門真1006番地 パ |
|          |                             |          | ナソニック株式会社内         |
|          |                             | 審査官      | 吉田 昌弘              |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放電装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向電極に対向して配置されており、液体を保持する放電電極と、  
前記放電電極がグランド側となるように前記放電電極及び前記対向電極に電氣的に接続されており、前記放電電極と前記対向電極との間に電圧を印加することにより前記放電電極と前記対向電極との間に放電を生じさせる電圧印加回路と、  
前記放電電極における前記対向電極側とは反対側に電氣的に接続されており、前記放電電極に流れる電流を制限する電流制限要素と、  
静電霧化用の液体を前記放電電極に供給する液体供給部と、を備え、  
前記液体供給部は、前記電流制限要素を介して前記放電電極に接しているペルチェ素子を含む、  
放電装置。

【請求項2】

前記電流制限要素は、抵抗素子と容量素子との少なくとも一方を含む、  
請求項1に記載の放電装置。

【請求項3】

前記電流制限要素は、薄膜である、  
請求項1又は2に記載の放電装置。

【請求項4】

前記電流制限要素による抵抗値は、1MΩ以上である、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の放電装置。

【請求項 5】

前記対向電極を更に備える、

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の放電装置。

【請求項 6】

前記放電によって前記放電電極に保持されている液体が静電霧化される、

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の放電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般に放電装置に関し、より詳細には、放電電極を備える放電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、ラジカルを含む水の微粒子（帯電微粒子水）を生成する静電霧化装置（放電装置）が記載されている。特許文献 1 に記載の静電霧化装置は、放電極（放電電極）と、対向電極と、ペルチェユニット（液体供給部）と、を備える。対向電極は、放電極に対向して位置する。ペルチェユニットは、放電極に水を供給する。

【0003】

特許文献 1 に記載の静電霧化装置では、放電極と対向電極との間に高電圧を印加して放電を生じさせることにより放電極に供給された水が霧化し、ラジカルを含む帯電微粒子水が発生する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2006 - 000826 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載の静電霧化装置の分野では、ラジカルの生成効率の向上を図ることが望まれている。

【0006】

本開示の目的は、ラジカルの生成効率の向上を図ることが可能な放電装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の一態様に係る放電装置は、放電電極と、電圧印加回路と、電流制限要素と、液体供給部と、を備える。前記放電電極は、対向電極に対向して配置されており、液体を保持する。前記電圧印加回路は、前記放電電極がグランド側となるように前記放電電極及び前記対向電極に電氣的に接続されている。前記電圧印加回路は、前記放電電極と前記対向電極との間に電圧を印加することにより前記放電電極と前記対向電極との間に放電を生じさせる。前記電流制限要素は、前記放電電極における前記対向電極側とは反対側に電氣的に接続されている。前記電流制限要素は、前記放電電極に流れる電流を制限する。前記液体供給部は、静電霧化用の液体を前記放電電極に供給する。前記液体供給部は、前記電流制限要素を介して前記放電電極に接しているペルチェ素子を含む。

【発明の効果】

【0008】

本開示の一態様に係る放電装置によれば、ラジカルの生成効率の向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

10

20

30

40

50

【図 1】図 1 は、実施形態に係る放電装置のブロック図である。

【図 2】図 2 は、同上の放電装置が備える負荷の斜視図である。

【図 3】図 3 は、同上の負荷を示し、図 2 の X 1 - X 1 線断面図である。

【図 4】図 4 は、同上の放電装置が備える放電電極を下側から見た斜視図である。

【図 5】図 5 は、同上の放電装置の一例を示す回路図である。

【図 6】図 6 は、同上の放電電極の先端形状を示す模式図である。

【図 7】図 7 A は、同上の放電装置の放電形態を概略的に示すグラフである。図 7 B は、比較例に係る放電装置の放電形態を概略的に示すグラフである。

【図 8】図 8 は、実施形態の変形例 1 に係る放電装置が備える放電電極の底面図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0010】

(実施形態)

以下、本実施形態に係る放電装置 10 について、図 1 ~ 図 8 を参照して説明する。

【0011】

ただし、以下に説明する実施形態及び変形例は、本開示の一例に過ぎず、本開示は、下記の実施形態及び変形例に限定されない。下記の実施形態及び変形例以外であっても、本開示の技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

【0012】

また、下記の実施形態等において説明する各図は、いずれも模式的な図であり、各図中の各構成要素の大きさ及び厚さそれぞれの比が、必ずしも実際の寸法比を反映しているとは限らない。

20

【0013】

(1) 概要

まず、本実施形態に係る放電装置 10 の概要について、図 1 を参照して説明する。

【0014】

本実施形態に係る放電装置 10 は、図 1 に示すように、電圧印加装置 1 と、負荷 4 と、液体供給部 5 と、を備えている。電圧印加装置 1 は、放電を生じさせるための電圧を負荷 4 に印加する装置であり、電圧印加回路 2 と、制御回路 3 と、を有している。負荷 4 は、放電電極 4 1 と、対向電極 4 2 と、を有している。つまり、放電装置 10 は、放電電極 4 1 と、電圧印加回路 2 と、を備えている。また、放電装置 10 は、対向電極 4 2 を更に備えている。対向電極 4 2 は、放電電極 4 1 と隙間を介して対向するように配置される電極である。つまり、放電電極 4 1 は、対向電極 4 2 に対向して配置されている。負荷 4 は、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間に電圧が印加されることにより、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間で放電を生じさせる。液体供給部 5 は、放電電極 4 1 に液体 5 0 を供給する機能を有する。このように、本実施形態に係る放電装置 10 は、電圧印加回路 2、制御回路 3、液体供給部 5、放電電極 4 1、及び対向電極 4 2 を、構成要素に含んでいる。ただし、放電装置 10 は、電圧印加装置 1、及び放電電極 4 1 を最低限の構成要素として含んでいればよく、対向電極 4 2、及び液体供給部 5 の各々は、放電装置 10 の構成要素に含まれていなくてもよい。

30

【0015】

本実施形態に係る放電装置 10 は、例えば、放電電極 4 1 の表面に液体 5 0 が付着することで放電電極 4 1 に液体 5 0 が保持されている状態において、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間に電圧印加回路 2 から電圧を印加する。これにより、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間で放電が生じ、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 が、放電によって静電霧化される。すなわち、本実施形態に係る放電装置 10 は、いわゆる静電霧化装置を構成する。言い換えると、放電装置 10 は、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間に生じる放電によって放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 が静電霧化される。本開示において、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0、つまり静電霧化の対象となる液体 5 0 を、単に「液体 5 0」とも呼ぶ。

40

【0016】

50

電圧印加回路 2 は、放電電極 4 1 及び対向電極 4 2 に電氣的に接続されている。具体的には、対向電極 4 2 が電圧印加回路 2 の正極（プラス）に電氣的に接続され、放電電極 4 1 が電圧印加回路 2 の負極（グランド）に電氣的に接続されている。電圧印加回路 2 は、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間に電圧を印加する。これにより、負荷 4 では、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間で放電が生じる。

【 0 0 1 7 】

また、本実施形態に係る放電装置 1 0 は、電流制限要素 4 3 を更に備えている。電流制限要素 4 3 は、放電電極 4 1 における対向電極 4 2 側とは反対側に電氣的に接続されている。具体的には、電流制限要素 4 3 は、放電電極 4 1 の長手方向における一端部に設けられている基端部 4 1 2（図 4 参照）に電氣的に接続されている。電流制限要素 4 3 は、放電電極 4 1 に流れる電流を制限する機能を有する。これにより、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間の放電エネルギーを小さくすることが可能となる。

10

【 0 0 1 8 】

本実施形態に係る放電装置 1 0 では、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間で放電を生じさせることによりラジカルが生成される。ラジカルは、除菌、脱臭、保湿、保鮮、ウイルスの不活性化にとどまらず、様々な場面で有用な効果を奏する基となる。ここで、放電によってラジカルが生成される際には、オゾンも生成される。放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間で生じる放電において、瞬時的に比較的大きな電流が流れ得る。そのため、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間の放電エネルギーが大きくなって放電空間が大きくなることにより、大気中の酸素との反応が促進されてオゾンの生成量が増大する。

20

【 0 0 1 9 】

本実施形態に係る放電装置 1 0 では、上述したように、電流制限要素 4 3 により放電電極 4 1 に流れる電流（放電電流）を制限している。これにより、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間の放電エネルギーを小さくすることが可能となり、その結果、放電空間が小さくなるので、大気中の酸素との反応が抑制されてオゾンの生成量を抑制することが可能となる。一方で、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間で生じる放電の放電空間は広がりやすく、放電電極 4 1 の近傍で生じることとなるため、水との反応で得られるラジカルについては増大させることが可能となる。すなわち、本実施形態に係る放電装置 1 0 によれば、オゾンの生成量を抑制しつつ、ラジカルの生成量を増大させることが可能となり、ラジカルの生成効率の向上を図ることが可能となる。また、放電エネルギーを小さくすることが可能となるため、オゾンだけでなく、 $\text{NO}_x$ （例えば、環境基本法における環境基準の対象物質である  $\text{NO}_2$ ）の発生量も抑制することが可能となる。

30

【 0 0 2 0 】

（ 2 ）詳細

次に、本実施形態に係る放電装置 1 0 の詳細について、図 1 ～ 図 4 を参照して説明する。

【 0 0 2 1 】

（ 2 . 1 ）全体構成

本実施形態に係る放電装置 1 0 は、図 1 に示すように、電圧印加装置 1 と、負荷 4 と、液体供給部 5 と、を備えている。電圧印加装置 1 は、電圧印加回路 2 と、制御回路 3 と、を有している。負荷 4 は、放電電極 4 1 と、対向電極 4 2 と、を有している。液体供給部 5 は、放電電極 4 1 に液体 5 0 を供給する。図 1 では、放電電極 4 1、及び対向電極 4 2 の形状を模式的に表している。

40

【 0 0 2 2 】

放電電極 4 1 は、棒状の電極である。放電電極 4 1 は、図 2 及び図 3 に示すように、長手方向の一端部に先端部 4 1 1 を有し、長手方向の他端部（先端部 4 1 1 とは反対側の端部）に基端部 4 1 2 を有している。また放電電極 4 1 は、例えば基端部 4 1 2 と連続一体となって形成されていて、先端部 4 1 1 に向かって延びている軸部 4 1 3 を更に有している。先端部 4 1 1 は、基端部 4 1 2 に対して一方向（放電電極 4 1 の長手方向）に延びている。放電電極 4 1 は、少なくとも先端部 4 1 1 が先細り形状に形成された針電極である。ここでいう「先細り形状」とは、先端が鋭く尖っている形状に限らず、図 6 に示すよ

50

うに、先端が丸みを帯びた形状を含む。なお、先端部 4 1 1 の形状については、「( 2 . 3 ) 先端部の形状」の欄で説明する。

【 0 0 2 3 】

対向電極 4 2 は、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 に対向するように配置されている。対向電極 4 2 は、例えば、板状であって、中央部に凹部 4 2 1 を有している（図 3 参照）。凹部 4 2 1 は、対向電極 4 2 の一部を放電電極 4 1 側に凹ませることにより円錐台状に形成されている。凹部 4 2 1 の底壁 4 2 1 1 の中央部には、突台部 4 2 3 が一体に形成されている。突台部 4 2 3 は、凹部 4 2 1 の底壁 4 2 1 1 の一部を放電電極 4 1 側とは反対側に突出させることにより円錐台状に形成されている。つまり、凹部 4 2 1 の凹設方向（凹部 4 2 1 が凹む方向）と突台部 4 2 3 の突出方向とが反対方向である。突台部 4 2 3 の底壁 4 2 3 1 の中央部には、開口部 4 2 3 2 が形成されている。開口部 4 2 3 2 は、底壁 4 2 3 1 を底壁 4 2 3 1 の厚さ方向に貫通している。ここで、対向電極 4 2 の厚さ方向（開口部 4 2 3 2 の貫通方向）が放電電極 4 1 の長手方向に一致し、かつ放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 が対向電極 4 2 の開口部 4 2 3 2 の中心付近に位置するように、対向電極 4 2 と放電電極 4 1 との位置関係が決められている。つまり、対向電極 4 2 と放電電極 4 1 との間には、少なくとも対向電極 4 2 の突台部 4 2 3 の開口部 4 2 3 2 によって隙間（空間）が確保される。言い換えると、放電電極 4 1 は、対向電極 4 2 に対して隙間を介して対向するように配置されており、対向電極 4 2 とは電氣的に絶縁されている。

10

【 0 0 2 4 】

より詳しくは、放電電極 4 1、及び対向電極 4 2 の各々は、一例として、図 2 及び図 3 に示すような形状に形成される。すなわち、対向電極 4 2 は、支持部 4 2 2 と、突台部 4 2 3 と、を備えている。放電電極 4 1、及び対向電極 4 2 の各々は、電気絶縁性を有する合成樹脂製のハウジング 4 0 に保持されている。支持部 4 2 2 は、平板状であって、放電電極 4 1 側に円錐台状に凹む凹部 4 2 1 が形成されている。凹部 4 2 1 の底壁 4 2 1 1 には、放電電極 4 1 側とは反対側に円錐台状に突出する突台部 4 2 3 が一体に形成されている。突台部 4 2 3 の底壁 4 2 3 1 には、円形状に開口する開口部 4 2 3 2 が形成されている。この場合、突台部 4 2 3 の底壁 4 2 3 1 に形成された開口部 4 2 3 2 の開口端縁と放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 との間で放電が生じる。

20

【 0 0 2 5 】

放電電極 4 1 の基端部 4 1 2 は、図 4 に示すように、円板状に形成されている。基端部 4 1 2 は、第 1 面 4 1 2 1 及び第 2 面 4 1 2 2 を有している。第 1 面 4 1 2 1 は、基端部 4 1 2 における先端部 4 1 1 側の面である。軸部 4 1 3 は、図 4 に示すように、長尺の円柱状に形成されており、その第一端部（図 4 では下端部）は、第 1 面 4 1 2 1 の略中央部に配置されている。また軸部 4 1 3 は、第一端部の反対側の第二端部（図 4 では上端部）は、後述する絞り部 4 1 1 3（図 6 参照）を介して、先端部 4 1 1 につながっている。第 2 面 4 1 2 2 は、基端部 4 1 2 における先端部 4 1 1 側とは反対側の面である。すなわち、第 1 面 4 1 2 1 と第 2 面 4 1 2 2 とは、放電電極 4 1 の長手方向（一方向）において互いに対向している。基端部 4 1 2 の第 2 面 4 1 2 2 には、第 2 面 4 1 2 2 の全域にわたって電流制限要素 4 3 が形成されている。ここで、図 4 では、電流制限要素 4 3 と後述の導通部材 4 4 とを区別しやすいように、電流制限要素 4 3 に対してドットハッチングを施している。電流制限要素 4 3 は、放電電極 4 1 における対向電極 4 2 側とは反対側の基端部 4 1 2 に対して直接的かつ電氣的に接続されている。より詳しくは、電流制限要素 4 3 は、基端部 4 1 2 の第 2 面 4 1 2 2 に対して直接的かつ電氣的に接続されている。電流制限要素 4 3 の形状は、放電電極 4 1 の長手方向から見て円形状である。電流制限要素 4 3 は、例えば、酸化炭化シリコン（ $\text{SiCO}$ ）からなる絶縁膜である。電流制限要素 4 3 は、基端部 4 1 2 の第 2 面 4 1 2 2 に対して、例えば、化学蒸着（ $\text{CVD}$  : Chemical Vapor Deposition）により形成される。電流制限要素 4 3 は、例えば、厚さが  $4 \mu\text{m}$  の薄膜である。本開示において、「薄膜」とは、厚さが  $10 \mu\text{m}$  以下の薄い膜のことをいう。電流制限要素 4 3 は、図 5 に示すように、抵抗素子 4 3 1 を含む。すなわち、本実施形態においては、絶縁膜は、2 つの要素（ここでは、放電電極 4 1 と一対のペルチェ素子 5 1 1 ）

30

40

50

を電氣的に絶縁する膜ではなく、２つの要素間において抵抗素子４３１としての機能を有する膜である。電流制限要素４３の抵抗値は、例えば、１ＭΩ以上であることが好ましい。より好ましくは、電流制限要素４３の抵抗値は、１０ＭΩ以上であるのがよい。電流制限要素４３の抵抗値は、一例として、３００ＭΩである。電流制限要素４３は、上述したように、抵抗素子４３１としての機能を有する絶縁膜を含む。

#### 【００２６】

電流制限要素４３の表面（放電電極４１の基端部４１２側とは反対側の面）には、導通部材４４が形成されている（図４参照）。導通部材４４の形状は、放電電極４１の長手方向から見て、電流制限要素４３よりも径の小さい円形状である。導通部材４４は、例えば、薄膜である。導通部材４４は、後述する一对のペルチェ素子５１１を導通させる機能を有する。本実施形態に係る放電装置１０では、一对のペルチェ素子５１１は、導通部材４４に対して、例えば、半田により機械的かつ電氣的に接続される。ここにおいて、電流制限要素４３は、上述したように、薄膜である。したがって、放電電極４１と一对のペルチェ素子５１１との間に電流制限要素４３が介在していても、一对のペルチェ素子５１１による放電電極４１の冷却性能を維持することが可能となる。

10

#### 【００２７】

液体供給部５は、放電電極４１に対して静電霧化用の液体５０を供給する。液体供給部５は、一例として、放電電極４１を冷却して、放電電極４１に結露水を発生させる冷却装置５１を用いて実現される。具体的には、冷却装置５１は、一例として、図３に示すように、一对のペルチェ素子５１１と、一对の放熱板５１２と、を備えている。一对のペルチェ素子５１１は、一对の放熱板５１２に保持されている。冷却装置５１は、一对のペルチェ素子５１１への通電によって放電電極４１を冷却する。一对の放熱板５１２は、一对の放熱板５１２の各々における一部がハウジング４０に埋め込まれることにより、ハウジング４０に保持されている。一对の放熱板５１２のうち、少なくともペルチェ素子５１１を保持する部位は、ハウジング４０から露出している（図３参照）。

20

#### 【００２８】

一对のペルチェ素子５１１は、上述したように、導通部材４４に対して、例えば、半田により機械的かつ電氣的に接続されている。したがって、一对のペルチェ素子５１１は、電流制限要素４３を介して放電電極４１に接している。また、一对のペルチェ素子５１１は、一对の放熱板５１２に対して、例えば、半田により機械的かつ電氣的に接続されている。一对のペルチェ素子５１１への通電は、一对の放熱板５１２、導通部材４４、電流制限要素４３及び放電電極４１を通じて行われる。したがって、液体供給部５を構成する冷却装置５１は、基端部４１２を通じて放電電極４１の全体を冷却する。これにより、空気中の水分が凝結して放電電極４１の表面に結露水として付着する。結果的に、液体５０が放電電極４１に保持される。すなわち、液体供給部５は、放電電極４１を冷却して放電電極４１の表面に液体５０としての結露水を生成するように構成されている。この構成では、液体供給部５は、空気中の水分を利用して、放電電極４１に液体５０（結露水）を供給できるため、放電装置１０への液体の供給、及び補給が不要になる。

30

#### 【００２９】

電圧印加回路２は、図１に示すように、駆動回路２１と、昇圧回路Ｂ１として機能する電圧発生回路２２と、を有している。駆動回路２１は、電圧発生回路２２を駆動する回路である。電圧発生回路２２は、入力部６からの電力供給を受けて、負荷４に印加する電圧（印加電圧）を生成する回路である。入力部６は、例えば、数Ｖ～十数Ｖ程度の直流電圧を発生する電源回路である。本実施形態では、入力部６が電圧印加装置１の構成要素に含まれないこととして説明するが、入力部６は電圧印加装置１の構成要素に含まれていてもよい。駆動回路２１、及び電圧発生回路２２（昇圧回路Ｂ１）の具体的な回路構成については、「（２．２）回路構成」の欄で説明する。

40

#### 【００３０】

電圧印加回路２は、負荷４（放電電極４１及び対向電極４２）に対して電氣的に接続されている（図５参照）。電圧印加回路２は、負荷４に対して高電圧を印加する。ここでは

50

、電圧印加回路 2 は、放電電極 4 1 を負極（グラウンド）、対向電極 4 2 を正極（プラス）として、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間に高電圧を印加するように構成されている。言い換えると、電圧印加回路 2 から負荷 4 に高電圧が印加された状態では、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間に、対向電極 4 2 側を高電位、放電電極 4 1 側を低電位とする電位差が生じることになる。ここでいう「高電圧」とは、放電電極 4 1 に放電が生じるように設定された電圧であればよく、一例として、ピークが 7 . 0 k V 程度となる電圧である。ただし、電圧印加回路 2 から負荷 4 に印加される高電圧は、7 . 0 k V 程度に限らず、例えば、放電電極 4 1 及び対向電極 4 2 の形状、又は放電電極 4 1 及び対向電極 4 2 間の距離等に応じて適宜設定される。

#### 【 0 0 3 1 】

10

ここで、電圧印加回路 2 の動作モードには、第 1 モードと、第 2 モードと、の 2 つのモードが含まれている。第 1 モードは、印加電圧を時間経過に伴って上昇させ、絶縁破壊に至らせて放電を開始し、放電電流を生じさせるためのモードである。第 2 モードは、放電を終わらせるために、制御回路 3 等により放電電流を遮断するためのモードである。つまり、電圧印加回路 2 は、動作モードとして、第 1 モードと、第 2 モードと、を有する。第 1 モードは、入力電圧  $V_{in}$  を時間経過に伴って上昇させ、放電電流を生じさせるためのモードである。第 2 モードは、放電電流を遮断するためのモードである。

#### 【 0 0 3 2 】

制御回路 3 は、電圧印加回路 2 の制御を行う。制御回路 3 は、電圧印加装置 1 が駆動される駆動期間において、電圧印加回路 2 が第 1 モードと第 2 モードとを交互に繰り返すように、電圧印加回路 2 を制御する。ここで、制御回路 3 は、電圧印加回路 2 から負荷 4 に印加される印加電圧（後述するトランス電圧）の大きさを、駆動周波数により周期的に変動させるように、駆動周波数により第 1 モードと第 2 モードとの切り替えを行う。

20

#### 【 0 0 3 3 】

これにより、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 に作用する電気エネルギーの大きさが駆動周波数にて周期的に変動することになり、結果的に、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 が駆動周波数にて機械的に振動する。ここで、電圧発生回路 2 2（昇圧回路 B 1）は、印加電圧の変動の周波数（駆動周波数）が、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 の共振周波数（固有振動数）以上となるように印加電圧の大きさを変動させる。なお、駆動周波数は、液体 5 0 の共振周波数付近の値に設定されているほど、印加電圧の大きさが変動することに伴う液体 5 0 の機械的な振動の振幅は、比較的大きくなる。

30

#### 【 0 0 3 4 】

本実施形態では、制御回路 3 は、監視対象に基づいて電圧印加回路 2 を制御する。ここでいう「監視対象」は、電圧印加回路 2 の出力電流、及び出力電圧の少なくとも一方である。

#### 【 0 0 3 5 】

ここでは、制御回路 3 は、図 1 及び図 5 に示すように、電圧制御回路 3 1 と、電流制御回路 3 2 と、を有している。電圧制御回路 3 1 は、電圧印加回路 2 の出力電圧からなる監視対象に基づいて、電圧印加回路 2 の駆動回路 2 1 を制御する。制御回路 3 は、駆動回路 2 1 に対して制御信号  $S_{i1}$  を出力しており、制御信号  $S_{i1}$  によって駆動回路 2 1 を制御する。電流制御回路 3 2 は、電圧印加回路 2 の出力電流からなる監視対象に基づいて、電圧印加回路 2 の駆動回路 2 1 を制御する。すなわち、本実施形態では、制御回路 3 は、電圧印加回路 2 の出力電流、及び出力電圧の両方を監視対象として、電圧印加回路 2 の制御を行う。ただし、電圧印加回路 2 の出力電圧（二次側電圧）と、電圧印加回路 2 の一次側電圧との間には相関関係があるので、電圧制御回路 3 1 は、電圧印加回路 2 の一次側電圧から間接的に電圧印加回路 2 の出力電圧を検出してもよい。同様に、電圧印加回路 2 の出力電流（二次側電流）と、電圧印加回路 2 の入力電流（一次側電流）との間には相関関係があるので、電流制御回路 3 2 は、電圧印加回路 2 の入力電流から間接的に電圧印加回路 2 の出力電流を検出してもよい。電圧制御回路 3 1、及び電流制御回路 3 2 の具体的な回路構成については、「（ 2 . 2 ）回路構成」の欄で説明する。

40

50

## 【 0 0 3 6 】

制御回路 3 は、監視対象の大きさが閾値未満であれば電圧印加回路 2 を第 1 モードで動作させ、監視対象の大きさが閾値以上になると電圧印加回路 2 を第 2 モードで動作させるように構成されている。すなわち、監視対象の大きさが閾値に達するまでは、電圧印加回路 2 は第 1 モードで動作し、印加電圧が時間経過に伴って上昇する。このとき、放電電極 4 1 においては、絶縁破壊によりコロナ放電が開始し放電電流が生じることになる。監視対象の大きさが閾値に達すると、電圧印加回路 2 は第 2 モードで動作し、印加電圧が低下する。このとき、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 の間の電位差が失われ、制御回路 3 等により放電電流が遮断されることになる。言い換えれば、制御回路 3 等が、電圧印加回路 2 を介して負荷 4 の放電を検知し、印加電圧を低下させることにより放電電流を消滅（立ち消え）させる。

10

## 【 0 0 3 7 】

これにより、駆動期間において、電圧印加回路 2 は、第 1 モードと第 2 モードとを交互に繰り返すように動作し、印加電圧の大きさが駆動周波数にて周期的に変動する。その結果、放電電極 4 1 においては、間欠的に放電が繰り返される。

## 【 0 0 3 8 】

さらに詳しく説明すると、放電装置 1 0 は、まず放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 に保持された液体 5 0 で局所的なコロナ放電を生じさせるが、放電の開始後すぐに第 2 モードに転じ、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 の間で放電が間欠的に生成される。

## 【 0 0 3 9 】

20

図 7 A は、本実施形態における放電装置 1 0 の放電形態（電圧波形  $V \times 1$  と電流波形  $I \times 1$ ）を示すグラフである。図 7 A においては、横軸を時間軸として、左側の縦軸に電圧印加回路 2 の出力電圧（印加電圧、すなわちトランス電圧）を示し、右側の縦軸に放電電流を示している。印加電圧が上昇し液体 5 0 の先端で絶縁破壊が発生し、コロナ放電により微小放電が生じる。印加電圧が最大値  $V 1$  では、放電が形成された状態になり、その後電圧を急速に低下させることにより放電が停止する。なお、図 7 B は、比較例の放電装置の放電形態を示すグラフであり、詳細は後述する。

## 【 0 0 4 0 】

図 7 A に示すように、印加電圧（トランス電圧）の大きさは、放電周期  $T 1$  で周期的に変動しており、駆動周波数を「 $f 1$ 」とすると、放電周期  $T 1$  は、駆動周波数  $f 1$  の逆数（ $1 / f 1$ ）で表される。なお、本実施形態では、例えば、印加電圧（トランス電圧）の大きさは、駆動期間において  $0 V$  を超える範囲で変動する。ここでは、印加電圧の最小値  $V 0$  は、 $0 V$  より大きく、印加電圧の大きさは、最小値  $V 0$  と最大値  $V 1$  との間で変動する。印加電圧は、各放電周期  $T 1$  において、時間経過に対して略線形に増加し、また略線形に減少する。

30

## 【 0 0 4 1 】

各放電周期  $T 1$  において、制御回路 3 は、監視対象の大きさが閾値未満であれば、つまり、印加電圧が閾値（例えば、図 7 A の最大値  $V 1$ ）に到達し、かつ出力電流が閾値（例えば、図 7 A の閾値  $I 1$ ）に到達するまでは、電圧印加回路 2 を第 1 モードで動作させる。そして、各放電周期  $T 1$  において、制御回路 3 は、監視対象の大きさが閾値以上になると、つまり、出力電流が閾値以上になると、電圧印加回路 2 を第 2 モードで動作させる。

40

## 【 0 0 4 2 】

ところで、駆動周波数  $f 1$  は、上述したように、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 の共振周波数  $f r 1$ （固有振動数）以上となるように設定される。液体 5 0 の共振周波数  $f r 1$  は、例えば、液体 5 0 の体積（量）に依存し、 $f r 1 = a \times V ^{-0.5}$  にて表される。「 $V$ 」は、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 の体積である。「 $a$ 」は、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 の表面張力及び粘度等に依存する比例係数である。したがって、放電電極 4 1 に保持される液体 5 0 の体積を減らすことで、液体 5 0 の共振周波数  $f r 1$  を増加させることにつながる。

## 【 0 0 4 3 】

50

本実施形態に係る放電装置 10 は、放電電極 41 に液体 50（結露水）が供給（保持）されている状態で、電圧印加回路 2 から負荷 4 に電圧を印加する。これにより、負荷 4 においては、放電電極 41 及び対向電極 42 間の電位差によって、放電電極 41 と対向電極 42 との間に放電が生じる。このとき、放電電極 41 に保持されている液体 50 が、放電によって静電霧化される。その結果、放電装置 10 では、ラジカルを含有するナノメータサイズの帯電微粒子液が生成される。つまり、放電装置 10 は、いわゆる帯電微粒子液生成装置を構成する。生成された帯電微粒子液は、例えば、対向電極 42 の開口部 4232 を通して、放電装置 10 の周囲に放出される。

#### 【0044】

##### （2.2）回路構成

次に、電圧印加装置 1 の具体的な回路構成について、図 5 を参照して説明する。図 5 は、放電装置 10 の回路構成の一例を概略的に示す回路図である。なお、図 5 では、入力部 6 の図示を省略している。

#### 【0045】

電圧印加回路 2 は、上述したように、駆動回路 21 と、電圧発生回路 22 と、を有している。図 5 の例では、電圧印加回路 2 は、絶縁型の DC / DC コンバータである。電圧印加回路 2 は、入力部 6 からの入力電圧  $V_{in}$ （例えば 13.8 V）を昇圧し、昇圧後の電圧を出力電圧として出力する昇圧回路 B1 を有する。ここでは、電圧発生回路 22 が昇圧回路 B1 として機能する。昇圧回路 B1 の出力電圧は、印加電圧として負荷 4（放電電極 41、及び対向電極 42）に印加される。すなわち、電圧印加回路 2 は、負荷 4 に電圧を印加することにより、放電電極 41 に放電を生じさせる。

#### 【0046】

電圧発生回路 22（昇圧回路 B1）は、一次巻線 221、二次巻線 222、及び補助巻線 223 を具備する、絶縁トランス 220（昇圧トランス）を有している。一次巻線 221、及び補助巻線 223 は、二次巻線 222 に対して電氣的に絶縁されており、かつ磁氣的に結合されている。二次巻線 222 の一端には対向電極 42 が電氣的に接続されている。つまり、昇圧回路 B1 は、一次側（一次巻線 221 側）に入力される入力電圧  $V_{in}$  を昇圧して、負荷 4 と電氣的に接続された二次側（二次巻線 222 側）から出力電圧を印加する昇圧トランス（絶縁トランス 220）を含む。

#### 【0047】

ここで、昇圧回路 B1 は、液体 50 の共振周波数以上の周波数で出力電圧を周期的に変動させることが可能なように構成される。特に、本実施形態では、昇圧トランス（絶縁トランス 220）の二次側（二次巻線 222 側）のインダクタンスの値は、液体 50 の共振周波数以上の周波数で出力電圧を変動させることが可能な大きさに設定されている。

#### 【0048】

ここでいう「二次側のインダクタンス」は、二次側（二次巻線 222 側）の有効インダクタンスであり、二次巻線 222 側の自己インダクタンス  $L$  に、結合係数  $k$ （0 ~ 1）を掛け合わせたものがある。二次側のインダクタンスの値は、コアの透磁率、二次巻線 222 の巻き数や、長さ、断面積等を調整することで設定され得る。

#### 【0049】

本実施形態では、昇圧トランス（絶縁トランス 220）の二次側のインダクタンスの値は、900 mH 以下である。具体的には、二次側のインダクタンスの値は、下限値として 50 mH 以上であり、かつ 900 mH 以下である。好ましくは 500 mH 以下であり、より好ましくは 100 mH 以下である。

#### 【0050】

このようにインダクタンスの値を設定することで、液体 50 の共振周波数が比較的高い場合（例えば 1.5 kHz 以上）であっても、昇圧回路 B1 は、その共振周波数に追従できるように共振周波数以上の駆動周波数で出力電圧を変動させることが可能になる。

#### 【0051】

駆動回路 21 は、トランジスタ Q1 を有し、トランジスタ Q1 のスイッチング動作によ

10

20

30

40

50

り、絶縁トランス 220 の一次巻線 221 に電力を供給するように構成されている。駆動回路 21 は、トランジスタ Q1 の他、トランジスタ Q2、トランジスタ Q3、及び抵抗 R1 ~ R5 を有している。トランジスタ Q1、Q2、Q3 は、一例として、npn 型のバイポーラトランジスタからなる。

【0052】

トランジスタ Q1 のコレクタは一次巻線 221 に接続され、トランジスタ Q1 のエミッタは抵抗 R1 を介してグランドに接続されている。一次巻線 221、トランジスタ Q1、及び抵抗 R1 の直列回路には、入力部 6 から入力電圧  $V_{in}$  が印加される。トランジスタ Q1 のベースは、抵抗 R2 を介して制御電源  $V_{cc}$  に接続されている。制御電源  $V_{cc}$  は、駆動回路 21 に対して制御電圧（例えば 5.1V）を印加する。

10

【0053】

トランジスタ Q2、Q3 のコレクタは、トランジスタ Q1 のベースに接続されている。トランジスタ Q2、Q3 のエミッタは、グランドに接続されている。トランジスタ Q2 のベースは、抵抗 R3 を介してトランジスタ Q1 のエミッタに接続されている。トランジスタ Q1 のベースは、抵抗 R4、R5 の並列回路を介して補助巻線 223 の一端に接続されている。補助巻線 223 の他端はグランドに接続されている。トランジスタ Q3 のベースには、制御回路 3（電圧制御回路 31、及び電流制御回路 32）が接続され、制御回路 3 から制御信号  $S_{i1}$  が入力される。

【0054】

上記構成により、電圧印加回路 2 は自励式のコンバータを構成する。すなわち、トランジスタ Q1 がオンして、絶縁トランス 220 の一次巻線 221 に電流が流れると、抵抗 R1 の両端電圧が上昇してトランジスタ Q2 がオンする。これにより、トランジスタ Q1 のベースがトランジスタ Q2 を介してグランドに接続されるため、トランジスタ Q1 がオフする。トランジスタ Q1 がオフすると、一次巻線 221 を流れる電流が遮断され、抵抗 R1 の両端電圧が低下してトランジスタ Q2 がオフする。これにより、絶縁トランス 220 の二次巻線 222 に高電圧が誘起され、電圧印加回路 2 の出力電圧として負荷 4 に印加される。このとき、二次巻線 222 に生じた誘起電圧によって補助巻線 223 にも電圧が誘起され、トランジスタ Q1 のベース - エミッタ間電圧が上昇してトランジスタ Q1 がオンする。電圧印加回路 2 は、上記動作を繰り返すことにより、入力電圧  $V_{in}$  を昇圧し、負荷 4 に対して出力電圧を印加する。

20

30

【0055】

制御回路 3 は、図 5 に示すように、電圧制御回路 31 と、電流制御回路 32 と、を有している。

【0056】

電圧制御回路 31 は、ダイオード D1、抵抗 R6、コンデンサ C1、及びツェナダイオード ZD1 を有している。ダイオード D1 のアノードは、補助巻線 223 と抵抗 R4、R5 との接続点に接続されている。ダイオード D1 のカソードは、抵抗 R6 を介してコンデンサ C1 の一端に接続されている。コンデンサ C1 の他端は、グランドに接続されている。さらに、コンデンサ C1 の一端（抵抗 R6 との接続点）には、ツェナダイオード ZD1 のカソードが接続されている。ツェナダイオード ZD1 のアノードは、電圧制御回路 31 の出力端として、トランジスタ Q3 のベースに接続されている。

40

【0057】

上記構成により、電圧制御回路 31 は、補助巻線 223 の誘起電圧を監視することによって、監視対象となる電圧印加回路 2 の出力電圧（二次巻線 222 の誘起電圧）を間接的に監視する。つまり、電圧印加回路 2 の出力電圧が閾値（最大値  $V_1$ ）未満の間は、電圧制御回路 31 のツェナダイオード ZD1 はオフである。一方、電圧印加回路 2 の出力電圧が閾値（最大値  $V_1$ ）以上になれば、電圧制御回路 31 のツェナダイオード ZD1 がオンする。このとき、制御信号  $S_{i1}$  が制御閾値を超え、トランジスタ Q3 のベース - エミッタ間に電圧が印加されてトランジスタ Q3 がオンする。これにより、トランジスタ Q1 のベース電流がトランジスタ Q3 を介してグランドに流れるため、トランジスタ Q1 のコレ

50

クタ電流が減少する。よって、電圧制御回路 3 1 は、電圧印加回路 2 の出力電圧が閾値（最大値  $V_1$ ）以上であれば、電圧印加回路 2 の駆動回路 2 1 のスイッチングエネルギーを減少させる。

#### 【0058】

電流制御回路 3 2 は、オペアンプ OP 1、基準電圧生成部 3 2 1、抵抗  $R_7 \sim R_{11}$ 、及びコンデンサ  $C_2$ 、 $C_3$  を有している。コンデンサ  $C_2$  の一端は抵抗  $R_7$  を介して制御電源  $V_{cc}$  に接続されている。コンデンサ  $C_2$  の他端はグラウンドに接続されている。制御電源  $V_{cc}$  は、抵抗  $R_7$ 、及びコンデンサ  $C_2$  の直列回路に対して制御電圧（例えば 5.1 V）を印加する。抵抗  $R_7$  とコンデンサ  $C_2$  との接続点（コンデンサ  $C_2$  の一端）は、抵抗  $R_8$  を介してオペアンプ OP 1 の反転入力端子に接続されている。また、抵抗  $R_7$  とコンデンサ  $C_2$  との接続点（コンデンサ  $C_2$  の一端）には、絶縁トランス 2 2 0 の二次巻線 2 2 2 における、対向電極 4 2 とは反対側の端部（他端）が接続されている。言い換えると、制御電源  $V_{cc}$  は、抵抗  $R_7$ 、及び二次巻線 2 2 2 を介して対向電極 4 2 に接続されている。オペアンプ OP 1 の非反転入力端子には、基準電圧生成部 3 2 1 が接続されており、基準電圧生成部 3 2 1 から基準電圧が入力される。オペアンプ OP 1 の反転入力端子 - 出力端子間には、抵抗  $R_9$ 、及びコンデンサ  $C_3$  の直列回路が接続されている。オペアンプ OP 1 の出力端子には、抵抗  $R_{10}$  の一端が接続されている。抵抗  $R_{10}$  の他端は、抵抗  $R_{11}$  を介してグラウンドに接続されている。抵抗  $R_{10}$  と抵抗  $R_{11}$  との接続点（抵抗  $R_{10}$  の他端）は、電流制御回路 3 2 の出力端として、トランジスタ Q 3 のベースに接続されている。

#### 【0059】

上記構成により、電流制御回路 3 2 は、二次巻線 2 2 2 の誘導電流を監視することによって、監視対象となる電圧印加回路 2 の出力電流（二次巻線 2 2 2 の誘導電圧）を監視する。つまり、電圧印加回路 2 の出力電流が閾値未満の間は、電流制御回路 3 2 のオペアンプ OP 1 の出力は L レベル（Low Level）である。電圧印加回路 2 の出力電流が閾値以上になると、電流制御回路 3 2 のオペアンプ OP 1 の出力が H レベル（High Level）になる。このとき、制御信号  $S_{i1}$  が制御閾値を超え、トランジスタ Q 3 のベース - エミッタ間に電圧が印加されてトランジスタ Q 3 がオンする。これにより、トランジスタ Q 1 のベース電流がトランジスタ Q 3 を介してグラウンドに流れるため、トランジスタ Q 1 のコレクタ電流が減少する。よって、電流制御回路 3 2 は、電圧印加回路 2 の出力電流が閾値以上であれば、電圧印加回路 2 の駆動回路 2 1 から電圧発生回路 2 2 に投入されるエネルギーを減少させる。

#### 【0060】

##### （2.3）先端部の形状

次に、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の形状について、図 6 を参照して説明する。図 6 では、先端部 4 1 1 と先端部 4 1 1 に形成されているテイラーコーン 5 0 1 とを区別しやすいように、テイラーコーン 5 0 1 に対してドットハッチングを施している。

#### 【0061】

放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の形状は、図 6 に示すように、例えば、円錐部を含んだ形状である。先端部 4 1 1 のうち対向電極 4 2 との対向部分の形状（ここでは円錐部の先端の形状）は、例えば、R 形状である。すなわち、先端部 4 1 1 における基端部 4 1 2 側とは反対側の部分の形状は、R 形状である。

#### 【0062】

先端部 4 1 1 は、第 1 部分 4 1 1 1 と、第 2 部分 4 1 1 2 と、を有している。第 1 部分 4 1 1 1 は、先端部 4 1 1 において第 2 部分 4 1 1 2 よりも基端部 4 1 2 に近い部分であり、円柱状である。第 2 部分 4 1 1 2 は、先端部 4 1 1 において第 1 部分 4 1 1 1 よりも基端部 4 1 2 から遠い部分であり、円錐状である。要するに、先端部 4 1 1 は、円柱部に相当する第 1 部分 4 1 1 1 と、円錐部に相当する第 2 部分 4 1 1 2 とを有している。

#### 【0063】

第 1 部分 4 1 1 1、及び第 2 部分 4 1 1 2 は、放電電極 4 1 の長手方向において、基端

部 4 1 2 側から第 1 部分 4 1 1 1、第 2 部分 4 1 1 2 の順に並んでいる。なお、第 2 部分 4 1 1 2 の形状は、図 6 に示すように略円錐状が好ましいが、それに限定されない。第 2 部分 4 1 1 2 の形状は、対向電極 4 2 に向かって凸となるような曲面形状でもよく、具体的には、半球状、又は釣鐘状（ベル状）等としてもよい。また、本実施形態の先端部 4 1 1 では、第 2 部分 4 1 1 2（円錐部）と、それとは異なる形状の第 1 部分 4 1 1 1（円柱部）とを組み合わせた形状としている。先端部 4 1 1 は、例えば第 1 部分 4 1 1 1 が省略されて、全体として単一の形状の部位（例えば円錐部）のみから構成されてもよい。

#### 【0064】

また本実施形態では一例として、先端部 4 1 1 と軸部 4 1 3 との間には、絞り部 4 1 1 3 が設けられている。すなわち、絞り部 4 1 1 3 を介して先端部 4 1 1 と軸部 4 1 3 とが 10 つながっている。絞り部 4 1 1 3 は、先端部 4 1 1 の端縁 4 1 1 4 から軸部 4 1 3 に近づくほど径が小さくなるテーパ状に形成されている。絞り部 4 1 1 3 が設けられていることで、軸部 4 1 3 側で生じた余剰な結露水が先端部 4 1 1 側の結露水（テイラーコーン）と合流してしまうことが抑制され得る。なお、同様の合流抑制の効果を得るために、先端部 4 1 1 と軸部 4 1 3 との間に、絞り部 4 1 1 3 に代えて、先端部 4 1 1 及び軸部 4 1 3 の両方よりも径方向に張り出すように大きな径を有した張り出し部が設けられてもよい。また、テーパ状の絞り部 4 1 1 3 に代えて、先端部 4 1 1 と軸部 4 1 3 の間に段差部を設けるようにしてもよい。

#### 【0065】

円錐部を含んだ先端部 4 1 1 の最大径は、第 1 部分 4 1 1 1 の最大径  $D_{11}$  に等しい（以下、先端部 4 1 1 の最大径を、「最大径  $D_{11}$ 」ともいう）。先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  は、例えば、0.35 mm 以上で、かつ 1.5 mm 以下であることが好ましい。先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  は、一例として、0.710 mm である。第 2 部分 4 1 1 2 の頂角  $\theta_1$  は、一例として、 $47.580^\circ$  である。また、先端部 4 1 1 の全長（放電電極 4 1 の長手方向における先端部 4 1 1 の長さ寸法） $L_1$  は、一例として、0.830 mm である。ここでは一例として、先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  は、図 6 に示すように、第 1 部分 4 1 1 1 の最大径  $D_{11}$  を径とする略円柱部分における基端部 4 1 2 側の端縁 4 1 1 4 から第 2 部分 4 1 1 2 の先端までの長さとする。なお、第 1 部分 4 1 1 1 が省略される場合には、先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  は、第 2 部分 4 1 1 2 の長さとなる。

#### 【0066】

ここで、先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  が 1.5 mm の場合、先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  に対する先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  の比率は、1.6 である。また、先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  が 0.35 mm の場合、先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  に対する先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  の比率は、1.0 である。すなわち、本実施形態に係る放電装置 10 では、先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  に対する、一方向（放電電極 4 1 の長手方向）における先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  の比率（以下、「第 1 比率」ともいう）は、1.0 以上で、かつ 1.6 以下である。言い換えると、一方向における先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  は、先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  以上の長さである。例えば、先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  が 0.710 mm で、先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  が 0.830 mm の場合、第 1 比率は 1.169 である。このように、第 1 比率が 1.0 以上で、かつ 1.6 以下であれば、テイラーコーン 5 0 1 を 40 形成する液体 5 0 の体積を小さくすることが可能となり、その結果、液体 5 0 の共振周波数を高くすることが可能となる。これにより、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間の放電エネルギーを小さくすることが可能となり、その結果、放電空間が小さくなるので、大気中の酸素との反応が抑制されてオゾンの生成量を抑制することが可能となる。一方で、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間に生じる放電を高周波にて発生させることにより、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間の放電による放電空間は広がりにくく、放電電極 4 1 の近傍で生じることとなり、水との反応で得られるラジカルについては増大させることが可能となる。すなわち、本実施形態に係る放電装置 10 によれば、オゾンの生成量を抑制しつつ、ラジカルの生成量を増大させることが可能となり、ラジカルの生成効率の向上を図ることが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 7 】

ところで、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間に電圧を印加させることにより、放電電極 4 1 に保持させた液体 5 0 にて放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 にテイラーコーン 5 0 1 が形成される。テイラーコーン 5 0 1 の形状は、図 6 に示すように、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の円錐部に沿った円錐状である。放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 のうち第 2 部分 4 1 1 2 は、テイラーコーン 5 0 1 内に入り込んでいる。すなわち、本実施形態に係る放電装置 1 0 では、第 2 部分 4 1 1 2 により、テイラーコーン 5 0 1 内に入り込んでいる先端部 4 1 1 の一部が構成されている。

## 【 0 0 6 8 】

また、上述したように、テイラーコーン 5 0 1 を形成する液体 5 0 の共振周波数を高くするために、テイラーコーン 5 0 1 の体積に対する、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の第 2 部分 4 1 1 2 の体積の比率（以下、「第 2 比率」ともいう）は、0.6 以上で、かつ 0.95 であることが好ましい。一例として、テイラーコーン 5 0 1 の体積が  $0.0917 \text{ mm}^3$  で、第 2 部分 4 1 1 2 の体積が  $0.0650 \text{ mm}^3$  の場合、第 2 比率は 0.71 である。例えば、上記形状を有さない場合、テイラーコーン 5 0 1 を形成する液体 5 0 の体積が  $0.23 \mu\text{L}$  であり、このとき液体 5 0 の共振周波数が  $1 \text{ kHz}$  であるのに対し、上記形状を有する本実施形態の形状では、テイラーコーン 5 0 1 を形成する液体 5 0 の体積が  $0.076 \mu\text{L}$  であり、このとき液体 5 0 の共振周波数は  $3 \text{ kHz}$  となる。このように、テイラーコーン 5 0 1 を形成する液体 5 0 の体積を小さくすることにより、液体 5 0 の共振周波数を高くすることが可能となる。

## 【 0 0 6 9 】

本実施形態に係る放電装置 1 0 では、上述したように、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 のうち第 2 部分 4 1 1 2 がテイラーコーン 5 0 1 内に入り込んでいる。この場合、テイラーコーン 5 0 1 の外周縁 5 0 2 は、第 1 位置と第 2 位置との間に位置していることが好ましい。テイラーコーン 5 0 1 の外周縁 5 0 2 は、テイラーコーン 5 0 1 のうち、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 とが並ぶ方向において対向電極 4 2 から最も遠い部分である。図 6 の例では、テイラーコーン 5 0 1 の外周縁 5 0 2 の形状は、放電電極 4 1 の長手方向から見て円環状である。第 1 位置は、先端部 4 1 1 の先端からの距離が先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  の 0.62 倍の位置である。第 2 位置は、先端部 4 1 1 の先端からの距離が先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  の 1.00 倍の位置である。例えば、上述したように、先端部 4 1 1 の全長  $L_1$  が  $0.830 \text{ mm}$  の場合、テイラーコーン 5 0 1 の外周縁 5 0 2 は、先端部 4 1 1 の先端からの距離が  $0.515 \text{ mm}$  の位置（第 1 位置）と  $0.830 \text{ mm}$  の位置（第 2 位置）の間に位置する。

## 【 0 0 7 0 】

## （ 2 . 4 ） 放電回数の改善

以下、本実施形態に係る放電装置 1 0 における放電回数の改善について、図 7 A、及び図 7 B を参照して説明する。

## 【 0 0 7 1 】

上述の通り、負荷 4 への印加電圧、すなわち出力電圧（トランス電圧）の大きさを駆動周波数（放電周波数）で変動させることで、放電電極 4 1 に保持されている液体 5 0 に作用する電気エネルギーの大きさが、その駆動周波数にて周期的に変動する。結果的に、液体 5 0 が駆動周波数にて機械的に振動する。そして、駆動周波数が、液体 5 0 の共振周波数以上に設定されていると、印加電圧の大きさが変動することに伴う液体 5 0 の機械的な振動の振幅は、比較的大きくなる。液体 5 0 の振幅が増加すると、テイラーコーン 5 0 1（図 6 参照）の先端部がより尖った（鋭利な）形状となり、放電しやすくなる。

## 【 0 0 7 2 】

ところで、放電装置 1 0 では、放電開始後に、第 2 モードにて電圧を低下させることにより、コロナ放電で生じる持続放電を停止させることが可能であり、オゾンの発生しやすい持続放電を停止することが可能である。この放電を高速で繰り返すことにより、つまり駆動周波数を高くすることで、オゾンの増大を抑制しつつ、ラジカルを大量に発生させる

ことが可能である。

【 0 0 7 3 】

ここで、液体 5 0 の共振周波数は、上述の通り、放電電極 4 1 に保持される液体 5 0 の体積に依存する。そして、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の形状が上述のように設定されていることで放電電極 4 1 に保持される液体 5 0 の体積を減らして、液体 5 0 の共振周波数の増加を実現している。上記形状を有さない放電電極に保持される液体の共振周波数が、例えば 1 k H z とすると、上記形状を有する放電電極 4 1 に保持される液体 5 0 の共振周波数は、1 . 5 k H z 以上（例えば 3 k H z ）となる。1 . 5 k H z 以上に増加した共振周波数に追従して、駆動周波数も 1 . 5 k H z 以上（例えば共振周波数が 3 k H z なら、3 k H z ~ 5 k H z ）に高くすることで、結果的に、液体 5 0 の機械的な振動の振幅が増加して、放電効率が向上する。

10

【 0 0 7 4 】

一方で、1 . 5 k H z 以上に増加した共振周波数に追従できるように、駆動周波数も高くするためには、第 1 モードにおけるトランス電圧を、閾値（最大値  $V_1$  ）まで素早く昇圧させる必要がある。また、前述のコロナ放電で生じる持続放電が継続した状態であると、新たな霧化放電が形成できない可能性があり、持続放電を停止した上で、次の霧化放電を発生させることが必要である。持続放電の停止には、トランス電圧を低下させる、又はトランス電圧によって形成されるテイラーコーン 5 0 1 の尖りが緩和されることが必要であり、トランス電圧の降下速度を高める必要がある。

【 0 0 7 5 】

20

そこで、本実施形態では、トランス電圧の昇降下の速度を高めるために、昇圧トランス（絶縁トランス 2 2 0 ）の二次側のインダクタンスの値を、9 0 0 m H 以下に設定している。

【 0 0 7 6 】

図 7 B は、比較例の放電装置の放電形態（電圧波形  $V \times 1$  と電流波形  $I \times 1$  ）を示すグラフである。図 7 B においても、図 7 A と同様に、横軸を時間軸として、左側の縦軸に電圧印加回路の出力電圧（印加電圧、すなわちトランス電圧）を示し、右側の縦軸に放電電流を示している。図 7 B で示すトランス電圧の最大値  $V_2$  （閾値）は、図 7 A で示すトランス電圧の最大値  $V_1$  （閾値）と同じであるとするが、最大値  $V_1$  と異なってもよい。また、図 7 B で示す放電電流の閾値  $I_2$  は、図 7 A で示す放電電流の閾値  $I_1$  と同じであるとするが、閾値  $I_1$  と異なってもよい。図 7 A と図 7 B の横軸の時間スケールは同じであるとする。

30

【 0 0 7 7 】

比較例の放電装置では、昇圧トランスの二次側のインダクタンスの値を、例えば 3 0 0 0 m H に設定しており、ただし、上述した放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の形状を採用しており、液体 5 0 の共振周波数の増加が図られている。本来であれば、増加した共振周波数に追従して駆動周波数も高めることが望まれるが、3 0 0 0 m H に設定された比較例では、最大値  $V_2$  まで昇圧する時間が遅く、また最小値  $V_0$  まで降圧する時間も遅く、駆動周波数  $f_2$  は 1 k H z 程度である。結果的に、比較例における放電周期  $T_2$  は、放電周期  $T_1$  に比べて長い。

40

【 0 0 7 8 】

一方、9 0 0 m H 以下に設定にされた本実施形態の放電装置 1 0 では、比較例の放電装置に比べて、最大値  $V_1$  まで昇圧する時間が早く、また最小値  $V_0$  まで降圧する時間も早い。図示例では、放電周期  $T_1$  は、放電周期  $T_2$  の略半分である。つまり、所定期間内における放電装置 1 0 の放電回数は、比較例の放電装置の略 2 倍である。

【 0 0 7 9 】

このように、二次側のインダクタンスの値が 9 0 0 m H 以下に設定にされた本実施形態の昇圧トランス（絶縁トランス 2 2 0 ）は、液体 5 0 の共振周波数以上の周波数で出力電圧を周期的に変動させることが可能な構成となっている。そのため、放電装置 1 0 の放電回数が増加され、結果的に、ラジカルの生成効率の向上を図ることが可能となる。

50

## 【 0 0 8 0 】

特に、放電装置 1 0 では、放電周期  $T_1$  を短くすることで、1 回分の放電による放電エネルギーは、比較例の放電装置に比べて小さいものの、放電回数を増やしていることで、ラジカルが発生量の向上と、オゾンの発生量の抑制とを図っている。更に、1 回分の放電による放電エネルギーを抑えることで、放電エネルギーの増加に依存して増加する  $\text{NO}_2$  の発生量も抑制できる。

## 【 0 0 8 1 】

## ( 2 . 5 ) 動作

図 5 に例示したような回路構成であれば、放電装置 1 0 は、制御回路 3 が以下のように動作することで、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間にエネルギーを抑制した放電を生じさせる。

10

## 【 0 0 8 2 】

すなわち、制御回路 3 は、絶縁破壊が生じるまでの期間では、電圧印加回路 2 の出力電圧を監視対象とし、監視対象である出力電圧が閾値（例えば図 7 A の最大値  $V_1$  ）上になると、電圧制御回路 3 1 にて駆動回路 2 1 のスイッチングエネルギーを減少させる。一方、絶縁破壊の発生後では、制御回路 3 は、電圧印加回路 2 の出力電流を監視対象とし、監視対象である出力電流が閾値（例えば図 7 A の閾値  $I_1$  ）以上になると、電流制御回路 3 2 にて、駆動回路 2 1 のスイッチング動作を停止させる。これにより、トランス電圧を低下させ、電圧印加回路 2 に対して負荷 4 を過負荷状態として放電電流を遮断する第 2 モードにて、電圧印加回路 2 が動作する。つまり、電圧印加回路 2 の動作モードが、第 1 モードから第 2 モードに切り替わることになる。

20

## 【 0 0 8 3 】

このとき、電圧印加回路 2 の出力電圧、及び出力電流が共に低下するため、制御回路 3 は、駆動回路 2 1 のスイッチング動作を再開させる。これにより、印加電圧を時間経過に伴って上昇させて放電が起きる第 1 モードにて電圧印加回路 2 が動作する。つまり、電圧印加回路 2 の動作モードが、第 2 モードから第 1 モードに切り替わることになる。

## 【 0 0 8 4 】

制御回路 3 が上述した動作を繰り返すことにより、電圧印加回路 2 は、第 1 モードと、第 2 モードと、を交互に繰り返すように動作する。その結果、放電電極 4 1 においては、放電の ON と OFF が切り替わることとなる。そして、本実施形態の電圧印加回路 2 は、液体 5 0 の共振周波数以上の駆動周波数で、出力電圧の変動を実現できる。

30

## 【 0 0 8 5 】

## ( 3 ) 変形例

上述の実施形態は、本開示の様々な実施形態の一つに過ぎない。上述の実施形態は、本開示の目的を達成できれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。以下、上述の実施形態の変形例を列挙する。以下に説明する変形例は、適宜組み合わせで適用可能である。

## 【 0 0 8 6 】

## ( 3 . 1 ) 変形例 1

上述の実施形態では、一对のペルチェ素子 5 1 1 を導通させる導通部材 4 4 の形状が放電電極 4 1 の長手方向から見て円形状であるが、これに限らず、例えば、図 8 に示す導通部材 4 4 B のように、放電電極 4 1 の長手方向から見て矩形状であってもよい。この場合、導通部材 4 4 B の幅寸法（図 8 の上下方向の寸法）は、各ペルチェ素子 5 1 1 の幅寸法（図 8 の上下方向の寸法）と同じであることが好ましいが、各ペルチェ素子 5 1 1 の幅寸法よりも大きくてもよい。この場合においても、導通部材 4 4 B は薄膜であることが好ましい。さらに、導通部材の形状は、例えば、放電電極 4 1 の長手方向から見て楕円形状であってもよい。つまり、導通部材は、一对のペルチェ素子 5 1 1 を導通可能な形状であれば、どのような形状であってもよい。

40

## 【 0 0 8 7 】

## ( 3 . 2 ) 変形例 2

上述の実施形態では、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の最大径  $D_{11}$  の上限値が  $0.71$

50

mmであるが、これに限らない。放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の最大径 D 1 1 の上限値は、例えば、0 . 6 0 0 mmであってもよい。つまり、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の最大径 D 1 1 は、例えば、0 . 6 0 0 mm以下であってもよい。また、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の最大径 D 1 1 は、例えば、0 . 5 0 0 mm以上であることが好ましい。この場合、テイラーコーン 5 0 1 を形成する液体 5 0 の体積を更に小さくすることが可能となり、その結果、液体 5 0 の共振周波数を更に高くすることが可能となる。これにより、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間の放電エネルギーを更に小さくすることが可能となり、その結果、放電空間が更に小さくなるので、大気中の酸素との反応が抑制されてオゾンの生成量を更に抑制することが可能となる。一方で、放電電極 4 1 と対向電極 4 2 との間で生じる放電を更に高周波にて発生させることにより、水との反応で得られるラジカルを更に増大させることが可能となる。すなわち、本実施形態に係る放電装置 1 0 によれば、オゾンの生成量を更に抑制しつつ、ラジカルの生成量を更に増大させることが可能となり、ラジカルの生成効率の更なる向上を図ることが可能となる。この場合において、より好ましくは、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の最大径 D 1 1 は、0 . 5 5 0 mm以下であるのがよい。すなわち、放電電極 4 1 の先端部 4 1 1 の最大径 D 1 1 は、0 . 5 0 0 mm以上で、かつ 0 . 5 5 0 mm以下であることがより好ましい。

10

#### 【 0 0 8 8 】

##### ( 3 . 3 ) その他の変形例

液体供給部 5 は、放電電極 4 1 を冷却して放電電極 4 1 に結露水を発生させる構成に限らない。液体供給部 5 は、例えば、毛細管現象、又はポンプ等の供給機構を用いて、タンクから放電電極 4 1 に液体 5 0 を供給する構成であってもよい。さらに、液体 5 0 は、水（結露水）に限らず、水以外の液体であってもよい。

20

#### 【 0 0 8 9 】

図 5 は、放電装置 1 0 の回路構成の一例に過ぎず、電圧印加装置 1 の具体的な回路構成は適宜変更可能である。例えば、電圧印加回路 2 は、自励式のコンバータに限らず、他励式のコンバータであってもよい。また、電圧印加回路 2 において、トランジスタ Q 1 , Q 2 , Q 3 は、バイポーラトランジスタに限らず、例えば、M O S F E T ( Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor ) であってもよい。さらに、電圧発生回路 2 2 は、圧電素子を有する変圧器（変圧トランス）にて実現されてもよい。

#### 【 0 0 9 0 】

電流制限要素 4 3 は、抵抗素子 4 3 1 に限らず、容量素子を含んでいてもよい。すなわち、電流制限要素 4 3 は、抵抗素子 4 3 1 と容量素子との少なくとも一方を含んでいればよい。

30

#### 【 0 0 9 1 】

電流制限要素 4 3 は、酸化炭化シリコンからなる絶縁膜に限らず、例えば、ニッケル（Ni）の酸化膜（NiO）であってもよい。この場合、電流制限要素 4 3 は、例えば、放電電極 4 1 の基端部 4 1 2 の第 2 面 4 1 2 2 に対してニッケルペーストを塗布した後、塗布したニッケルペーストを焼結することにより、ニッケルの酸化膜が形成される。また、電流制限要素 4 3 は、例えば、ダイヤモンドライクカーボン（DLC : Diamond-like Carbon）からなる絶縁膜であってもよい。さらに、電流制限要素 4 3 は、例えば、窒化アルミニウム（AlN）からなる絶縁膜であってもよい。また、電流制限要素 4 3 は、例えば、チタン（Ti）の酸化膜（TiO）であってもよい。また、電流制限要素 4 3 は、例えば、アロンパウダーにより形成されていてもよい。また、電流制限要素 4 3 は、例えば、エポキシ樹脂（EP）をバインダとして 2 枚の銅（Cu）を接着させたバインダ品であってもよいし、酸化アルミニウム（AlO<sub>3</sub>又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）をバインダとして 2 枚の銅を接着させたバインダ品であってもよい。

40

#### 【 0 0 9 2 】

監視対象及び閾値等の二値間の比較において、「以上」としているところは、二値が等しい場合、及び二値の一方が他方を超过している場合の両方を含む。ただし、これに限らず、ここでいう「以上」は、二値の一方が他方を超过している場合のみを含む「より大きい」

50

と同義であってもよい。つまり、二値が等しい場合を含むか否かは、閾値等の設定次第で任意に変更できるので、「以上」か「より大きい」かに技術上の差異はない。同様に、「未満」においても「以下」と同義であってもよい。

【0093】

対向電極42に針形状の突起部を設け、コロナ放電から強い放電に進展して、絶縁破壊(全路破壊)を断続的に生じさせるリーダ放電を用いてもよい。この場合、複数の針状部は、開口部4232の周方向において等間隔で配置されてもよい。各針状部は、開口部4232の内周縁から、開口部4232の中心に向けて突出してもよい。各針状部は、その先端部に近づくほど、放電電極41の長手方向における放電電極41までの距離が短くなるように、開口部4232の内周縁から斜めに突出してもよい。各針状部がこのような形状に形成されることにより、各針状部の先端部で電界集中が生じやすくなる。その結果、各針状部の先端部と放電電極41の先端部411との間で、放電が安定的に生じやすくなる。

10

【0094】

(態様)

以上説明した実施形態及び変形例等から以下の態様が開示されている。

【0095】

第1の態様に係る放電装置(10)は、放電電極(41)と、電圧印加回路(2)と、電流制限要素(43)と、を備える。放電電極(41)は、対向電極(42)に対向して配置されている。電圧印加回路(2)は、放電電極(41)がグランド側となるように放電電極(41)及び対向電極(42)に電氣的に接続されている。電圧印加回路(2)は、放電電極(41)と対向電極(42)との間に電圧を印加することにより放電電極(41)と対向電極(42)との間に放電を生じさせる。電流制限要素(43)は、放電電極(41)における対向電極(42)側とは反対側に電氣的に接続されている。電流制限要素(43)は、放電電極(41)に流れる電流を制限する。

20

【0096】

この態様によれば、ラジカルの生成効率の向上を図ることが可能となる。

【0097】

第2の態様に係る放電装置(10)では、第1の態様において、電流制限要素(43)は、抵抗素子(431)と容量素子との少なくとも一方を含む。

【0098】

この態様によれば、ラジカルの生成効率の向上を図ることが可能となる。

30

【0099】

第3の態様に係る放電装置(10)は、第1又は第2の態様において、液体供給部(5)を更に備える。液体供給部(5)は、静電霧化用の液体(50)を放電電極(41)に供給する。液体供給部(5)は、ペルチェ素子(511)を含む。ペルチェ素子(511)は、電流制限要素(43)を介して放電電極(41)に接している。

【0100】

この態様によれば、ラジカルの生成効率の向上を図りつつ、液体供給部(5)によって液体(50)を放電電極(41)に供給することが可能となる。

【0101】

第4の態様に係る放電装置(10)では、第3の態様において、電流制限要素(43)は、薄膜である。

40

【0102】

この態様によれば、電流制限要素(43)によってラジカルの生成効率の向上を図りつつ、液体供給部(5)によって放電電極(41)に液体(50)を供給することが可能となる。

【0103】

第5の態様に係る放電装置(10)では、第1～第4の態様のいずれか1つにおいて、電流制限要素(43)による抵抗値は、1MΩ以上である。

【0104】

50

この態様によれば、ラジカルの生成効率の向上を図ることが可能となる。

【0105】

第6の態様に係る放電装置(10)は、第1～第5の態様のいずれか1つにおいて、対向電極(42)を更に備える。

【0106】

この態様によれば、放電電極(41)と対向電極(42)との間で生じる放電によってラジカルの生成効率の向上を図ることが可能となる。

【0107】

第7の態様に係る放電装置(10)は、第1～第6の態様のいずれか1つにおいて、上記放電によって放電電極(41)に保持されている液体(50)が静電霧化される。

10

【0108】

この態様によれば、ラジカルの生成効率の向上を図りつつ、ラジカルを含む帯電微粒子水を生成することが可能となる。

【0109】

第2～第7の態様に係る構成については、放電装置(10)に必須の構成ではなく、適宜省略可能である。

【符号の説明】

【0110】

2 電圧印加回路

5 液体供給部

20

10 放電装置

41 放電電極

42 対向電極

43 電流制限要素

431 抵抗素子

50 液体

511 ペルチェ素子

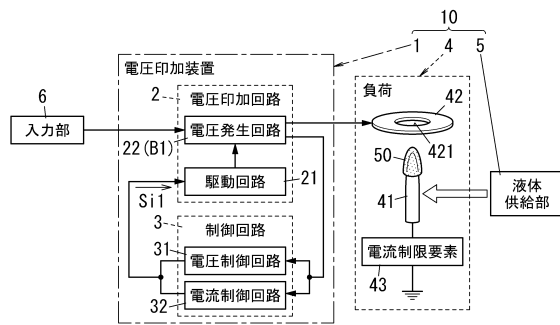
30

40

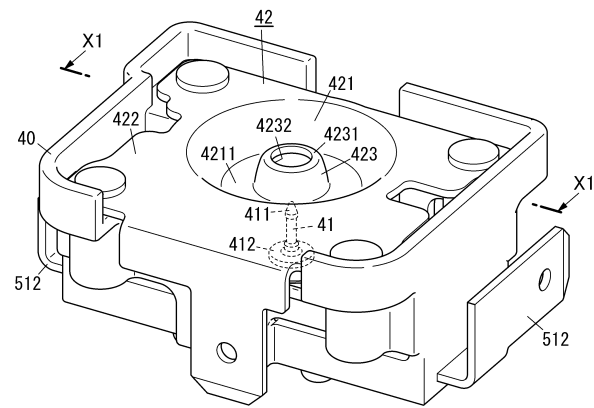
50

【図面】

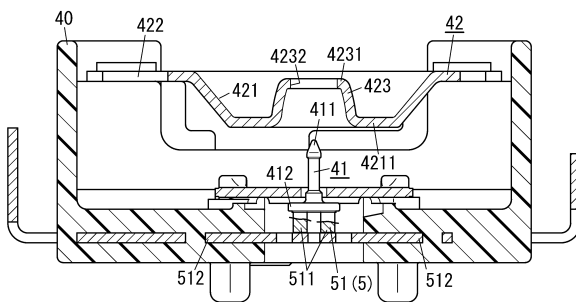
【 図 1 】



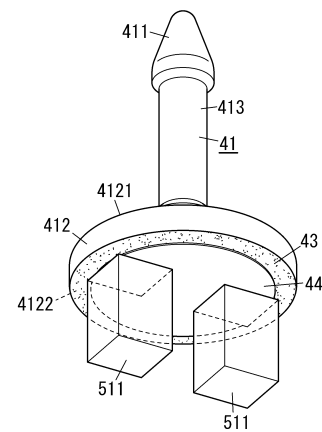
【圖 2】



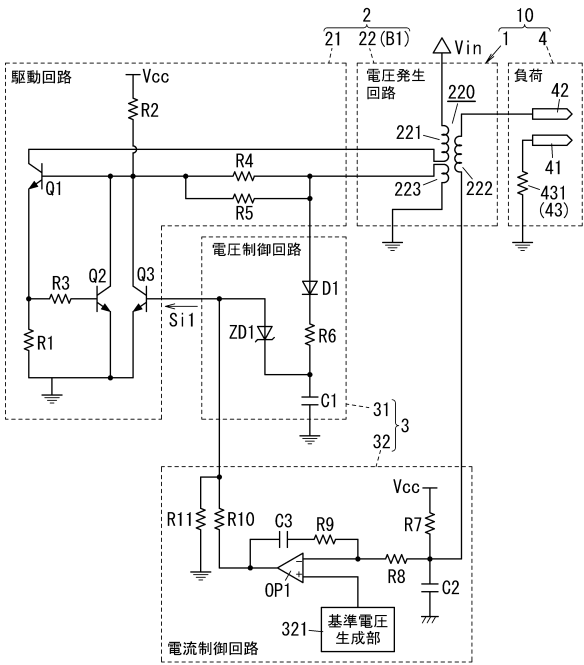
【 図 3 】



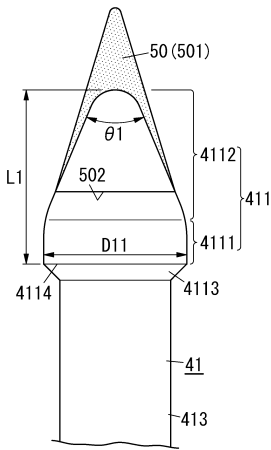
【 図 4 】



【図 5】

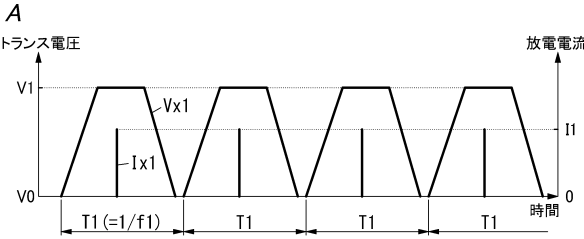


【図 6】

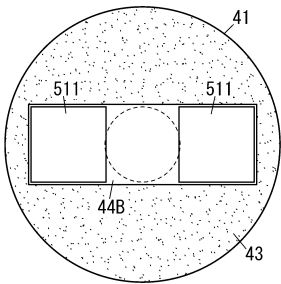


10

【図 7】

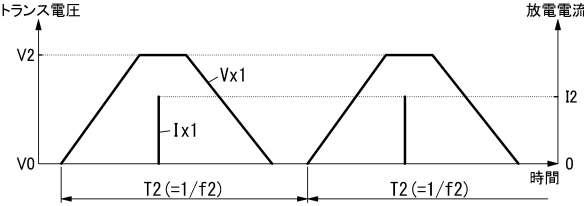


【図 8】



20

【図 7】



30

40

50

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 2 0 - 1 3 8 1 0 9 ( J P , A )  
特開 2 0 1 8 - 0 2 0 2 6 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 3 3 4 5 0 3 ( J P , A )  
特開 2 0 2 0 - 0 3 5 6 2 4 ( J P , A )  
特開 2 0 1 3 - 1 1 6 4 4 4 ( J P , A )  
特開 2 0 1 8 - 0 2 2 5 7 4 ( J P , A )  
特開 2 0 2 0 - 0 0 9 7 8 1 ( J P , A )  
特開 2 0 2 0 - 0 3 2 3 5 7 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
B 0 5 B 5 / 0 5 7  
B 0 5 B 5 / 0 8  
A 6 1 L 9 / 1 4  
A 6 1 L 9 / 0 1 5