

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 4 区分
 【発行日】平成 18 年 2 月 9 日 (2006.2.9)

【公開番号】特開 2002-165468 (P2002-165468A)
 【公開日】平成 14 年 6 月 7 日 (2002.6.7)
 【出願番号】特願 2001-77171 (P2001-77171)
 【国際特許分類】

H 0 2 N 1/12 (2006.01)

【F I】

H 0 2 N 1/12

【手続補正書】
 【提出日】平成 17 年 11 月 3 日 (2005.11.3)
 【手続補正 1】

【補正対象書類名】手続補正書

【補正対象項目名】手続補正 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電位の異なる 2 個の電位源（以下電界形成部材と対抗電極（電荷供給部材）と呼ぶ）によりこの間に放電開始電界以下の電界を形成した状態で電荷搬送部材となる導電性または高誘電率の粒子を対抗電極（電荷供給部材）と近接させて両者間の電界を放電開始電界以上にせしめて該粒子を帯電させ、該帯電粒子に電界形成部材と対抗電極（電荷供給部材）が形成する電界による静電力と、該帯電粒子と電荷回収電極との間に働く鏡像力のエネルギーを使って該帯電粒子を電荷回収電極まで搬送する静電発電方法及び装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、該電荷および電荷搬送部材に働く移動方向の重力エネルギー、空気抵抗エネルギー、静電界による静電エネルギー、対抗電極（電荷供給部材）及び電界形成部材との間に働く鏡像力エネルギーの総和よりも、電荷回収電極との間に働く鏡像力エネルギーの方が大きいこと。

【請求項 3】

請求項 1 において、対抗電極（電荷供給部材）、電界形成部材、電荷回収電極を同一軸周囲に複数組形成し対抗電極（電荷供給部材）近傍で帯電して飛翔した電荷搬送部材を電界形成部材通過後さらに飛翔させ電荷回収電極と接触または接近して電荷を放出させ、その後は慣性力で隣の対抗電極（電荷供給部材）に到達させ以下この工程を繰り返させること。

【請求項 4】

請求項 3 において、複数の、電荷搬送部材が、機械的に連結されていること。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】手続補正書

【補正対象項目名】手続補正 2

【補正方法】追加

【補正の内容】

【手続補正２】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の詳細な説明

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明が属する技術分野】

本発明は、発生させた電荷を１００％使用でき、しかもその電荷を発生位置よりもより電氣的にエネルギーの高い電荷回収電極に搬送するのに、該電荷のみに作用する静電力（静電界による静電力と鏡像力）を使用する静電発電方法及びその装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

静電発電は１８世紀に盛んに研究されたがその後現在の電磁界発電が開発されるに及んで一部の特殊用途（超高電圧）を残して姿を消した。（「静電気ハンドブック」静電気学会編１９８１年版ｐ．６５２より要約）

【０００３】

その一番の理由は、以下に説明するように発生させた電荷を搬送するのに投入されるエネルギーが大きすぎて効率が悪かったためと考えられる。また、発生した電荷をの一部しか使用できないのも非効率である。そこで、本発明の第一の目的は、電荷の搬送に消費されるエネルギーを大幅に減少させることである。特に、従来、搬送力としてはまったく考えられていなかった鏡像力を使って外部からの機械的なエネルギーの投入を無くすることである。また、第二の目的は発生した電荷を１００％使用することである。具体的には、電荷搬送部材が所定の位置に来た時にだけ選択的に電荷を発生させることである。

【０００４】

静電発電機に関して静電気ハンドブック（静電気学会編、１９９８年版、ｐ．９６０～９６１）は次のように説明している。「静電発電機は基本的には力学エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。（中略）静電発電機は三要素型と二要素型に分類される。三要素型は、キャパシタを形成する２個の電極（上部＆下部電極）と、電荷を運ぶ物（担体）の３要素からなっている。下部電極からどのように電荷を取り出し、それをどのように（上部電極に）運ぶかで、さまざまな方式が考えられるが、その代表的なものがバンデグラーフ発電機である。」

【０００５】

すなわち、静電発電方法とは、何らかの方法で電荷を発生させ、この電荷を適当な電荷搬送部材に乗せ、この電荷搬送部材に力学的エネルギーを加えてこれを電界に抗してより電位の高いところまで運び上げ、そこで搬送してきた電荷を電荷回収電極で回収することである。

【０００６】

従来、電荷の発生方法としては主にコロナ放電が用いられてきた。（注、方法は異なるが、本発明でも使用する。）また、電荷搬送部材としては、絶縁性のベルトや、導電性の液滴が用いられてきた。また、力学的エネルギーとしてはベルトの場合は、モーター、液滴や粉末の場合は風力が用いられてきた。

【０００７】

図１に、コロナ放電で得た電荷を絶縁性のベルトに載せてモーターでベルトを回して電荷回収部まで搬送する超高電圧用として実用化されているファンデグラーフ型静電発電機の概要を示す。（電気工学ポケットブック（第四版）電気学会編オーム社Ｐ．１１２４より）

【０００８】

図中、１２がコロナ放電針で１３が高圧電源である。高電界になった針先周囲でコロナ放

電が起こりその結果発生した正イオンは絶縁性ベルト 14 に帯電する。正イオンを乗せたベルト 14 はモータ 17 で図のように回転され正イオンは電荷回収用コロナ放電針 15 の直下に至る。そこでコロナ放電が起きて針電極 15 に誘起された負電荷（電子）は正コロナイオンで中和される。その結果、コンデンサー 16 に正電荷が貯えられる。

【0009】

図 2 には、コロナ放電電荷（イオン）をその流れと直行する導電性の水滴群に乗せて電荷回収電極まで搬送する静電発電機の概要を示す。（「静電気ハンドブック」1981年版 p. 661）導電性の小球を電荷の搬送体とし電荷回収電極と接触させて電荷を回収する方法はこれから説明する本発明にも使われる。

【0010】

図中、12 は図 18 と同じくコロナ放電針で、13 は同じく高圧電源である。ただし、図 18 ではコロナ放電針 12 に高電圧が印加されていたが、ここでは逆に、環状対抗電極 18 に高電圧が印加され、コロナ放電針 12 は接地されている。どちらの場合でも針先近傍が高電界となりここでコロナ放電が発生する。

【0011】

コロナ放電針 12 先端付近で発生したコロナイオンは電界の向きに沿って環状対抗電極 18 に流れる。その途中、コロナイオンの流れを左から右に横切る水滴 20 に吸着してこれを帯電させる。帯電した水滴 20 には、電界の向きに環状対抗電極 18 に向かう静電力が作用するが、それよりも水滴 20 を囲む空気の流れ、風力 19の方が強いので水滴 20 は環状対抗電極 18 の輪をくぐり抜けて網状電荷回収電極 21 に向かう。この間でも、帯電した水滴には環状対抗電極 18 に引き戻そうとする静電力が働くが強い風力がこの静電力に勝って水滴 20 を網状電荷回収電極 21 まで搬送する。網状電荷回収電極 21 と接触した水滴 20 はその搬送してきた電荷をここで網状電荷回収電極 21 に引き渡す。その電荷が抵抗 22 を流れる時その両端に電位差（電圧）を形成する。

【0012】

図 1 の場合は、発生したコロナイオンはすべてベルト 14 に乗って回収されるので問題ないが、図 2 の場合は、発生したコロナイオンの大部分は水滴 20 に付着せずそのまま環状対抗電極 18 に流れるのでその利用効率は低い。これに対して本発明では、図 2 の導電性の水滴に代えて導電性の小球を使用するが、発生したコロナイオンをすべてここに乗せることができるのでその利用効率は 100%である。

【0013】

また、図 1 ではコロナイオンに比較すれば桁違いに重たいベルト 14 を使っているので搬送効率が悪い。たとえば言えば、ピンポン玉 1 個運ぶのに 16 両編成の新幹線を走らせているようなものである。それに比較すれば、図 2 は水滴という比較的軽いものを電荷搬送部材としているが、それを移動させるために加えられる力学的エネルギーの大部分はその周りの空気を搬送するために消費されていてやはり搬送効率は悪い。これに対して、本発明では、水滴どうように軽い導体球を使い、周りの空気に作用せず帯電した導体球のみに働く静電力（電界力 & 鏡像力）を使っているので搬送効率が大変よい。

【0014】

さらに、本発明では、力学的エネルギーに代えて、静電力（電界力 & 鏡像力）で帯電した搬送部材を運ぶので、機械的な部品が不要になり、装置が非常に小型に低コストに長寿命高信頼性になる。ここで、力学的なエネルギーを電氣的なエネルギーに変換するのが発電の基本原理で、静電力を使用しては発電にならないのではないかとこの当然の疑問が生じられると思われるがその点に関しては以下に実施例とそれに続く解析で明らかにしていきたい。

【0015】

なお、実施例は諸般の事情でシミュレーションの結果を示したが、時間と少々のお金があれば実際に実施できる内容である。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

解決しようとする問題点は、従来の静電発電方法の電荷発生方法および電荷搬送方法の効率の悪さである。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明は、電荷搬送部材が対抗電極（電荷発生部材）に接近したときのみにその間に電荷を発生させることで発生電荷を100%利用することと、該電荷を帯電した電荷搬送部材に、静電力（静電界力及び鏡像力）を及ぼして該電荷搬送部材のみを移動させることで搬送エネルギーを100%有効に使用することを最も主要な特徴とする。

【0018】

請求項1は、電位の異なる2個の電位源（以下電界形成部材と対抗電極（電荷供給部材）と呼ぶ）によりこの間に放電開始電界以下の電界を形成した状態で電荷搬送部材となる導電性または高誘電率の粒子を対抗電極（電荷供給部材）と近接させて両者間の電界を放電開始電界以上にせしめて該粒子を帯電させ、該帯電粒子に電界形成電極と対抗電極（電荷供給部材）が形成する電界による静電力と電荷回収電極との間に働く鏡像力のエネルギーを使って該帯電粒子を電荷回収電極まで搬送することを特徴とするものである。

この静電発電方法及び装置においては、電荷搬送部材が所定の位置に来た時だけに電荷を発生させるので発生電荷の利用効率が100%になる。

また、該電荷で帯電した電荷搬送部材を静電力のみで搬送させるので外部からの機械的なエネルギーの供給が不要になる。

【0019】

請求項2は、請求項1の静電発電方法において、該電荷および電荷搬送部材に働く移動方向の重力エネルギー、空気抵抗エネルギー、静電界による静電エネルギー、対抗電極（電荷供給部材）及び電界形成部材との間に働く鏡像力エネルギーの総和よりも、電荷回収電極との間に働く鏡像力エネルギーの方が大きいことを特徴とするものである。

この静電発電方法においては、電荷搬送体が電荷を受け取った位置から、電荷を放出する位置、すなわち電荷回収電極またはその近傍まで移動する間に受けるエネルギーの総和をプラスにすることで、電荷搬送部材が途中で失速することを回避できる。

【0020】

請求項3は、請求項1の静電発電装置において、対抗電極（電荷供給部材）、電界形成部材、電荷回収電極を同一軸周囲に複数組形成し、対抗電極（電荷供給部材）近傍で帯電して飛翔した電荷搬送部材を電界形成部材通過後さらに飛翔させ電荷回収電極と接触または接近して電荷を放出させ、その後は慣性力で隣の対抗電極（電荷供給部材）に到達させ、以下この工程を繰り返させることを特徴とするものである。

この静電発電方法においては、静電発電に必須の3部品（対抗電極（電荷供給部材）、電界形成部材、電荷回収電極）より構成されるユニットを連続的に配置できるため、電荷搬送部材の方向転換に消費されるエネルギーを最小とし、さらに空間の利用効率を最大にできる。

【0021】

請求項4は、請求項3の静電発電装置において、複数の電荷搬送部材が、機械的に連結されていることを特徴とするものである。

この静電発電装置においては、全ての電荷搬送部材の速度が一定になり、個々に動いていた時の最低速度の数倍になるため電荷搬送部材を数倍密に配置でき、その結果発電量を数倍高めることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】

静電発電方法の電荷発生と電荷搬送の効率を100%にするという目的を、電界中で導体球を対抗電極に接近させてその間の電界を高めて電荷を発生させる、また対抗電極より離れた位置で電荷を受け取ることにより対抗電極との間に働く鏡像力を電荷回収電極との間に働く鏡像力より小さくしその差のエネルギーを利用して搬送するという簡単な方法で実現した。

【 0 0 2 3 】

【 実施例 1 】

実施例 1 を図 3、4、5、6 により説明する。図 3 は、本発明の静電発電装置の 1 ユニットの示す模式図である。図 3 において、記号 1 は静電発電装置 1 ユニットの示す。これは、直径 0.625 mm、高さ 3.5 mm の円筒で、内部は通常の 1 気圧の大気である。

【 0 0 2 4 】

記号 2 は、電荷搬送部材を示す。該電荷搬送部材は比重 1.0、直径 0.05 mm の導電性の球体である。以下、具体的に導体球 2 と呼ぶ。プラスチック球の表面に導電性の微粒子をまぶして形成できる。（例えば、日本カーリット製の導電性粒子 JCP シリーズ）あるいは、導電性のカーボン球形に成形して作ることもできる。（例えば、タンケンシールセーコウ製のカルボン球）また、後で述べるように重力の影響は非常に小さいので、金属材料で作ることも可能である。白い丸は導体球 2 の非帯電状態を、黒い丸はその帯電している状態を表している。

【 0 0 2 5 】

記号 3 は、電界形成部材（電極）を示し、それは、厚さ 0.1 mm、内径は 0.350 mm、外径 0.625 mm の金属円板で形成されていて、図示しない電源により +3060 V が印加されている。

【 0 0 2 6 】

記号 4 は、リング状の対抗電極（電荷供給電極）を示す。その内径は 0.075 mm、外径は 0.150 mm である。すなわち、その幅は、0.075 mm である。厚さ 0.05 mm の金属板で形成されていて、厚さ 0.1 mm の絶縁性の支持部材に支持され、図示しないリード線で接地されている。

【 0 0 2 7 】

記号 5 は、リング状の電荷回収電極で、その内径は 0.050 mm、外径は 0.625 mm で、厚さ 0.05 mm の金属板で形成されている。そして、回収した電荷を保存するために、図示しないリード線でコンデンサーにつながれている。その電位は最高で -50 V に制限されている。孔の壁面は導体球 2 が接触して通過する時、摩擦を最小限にするために、導電性の糸で構成されている。導電性糸としては例えば“サンダーロン”（商品名）がある。

【 0 0 2 8 】

記号 6 は、リング状のシールド電極で、内径 0.075 mm、厚さ 0.05 mm の金属板で形成されていて、図示しないリード線で接地されている。（注、上のシールド電極は、この上の静電発電ユニットの下のシールド電極になっている。）

【 0 0 2 9 】

電界形成電極 3 の裏面から対抗電極（電荷供給電極）4 までの z 方向の距離は 0.900 mm で、その表面から電荷回収電極 5 までの z 方向の距離も 0.900 mm である。対抗電極（電荷供給電極）4 から下のシールド電極 6 までの距離は 1.500 mm で、電荷回収電極 5 から上のシールド電極 6 までの距離は 0.1 mm である。電界形成電極 3 の厚さが 0.1 mm、シールド電極 6、電荷回収電極 5、対抗電極（電荷供給電極）4 の厚さが 0.05 mm あるので、全ての z 方向距離を加えた 1 ユニットの高さは 3.65 mm になる。

【 0 0 3 0 】

静電発電ユニット 1 の内部では、高電位（+3060 V）の電界形成電極 3 と、接地された幅の狭い（0.075 mm）リング状対抗電極（電荷供給電極）対抗 4 との間で、特に、対抗電極（電荷供給電極）4 の近傍で、高い電界が形成されている。例えば、電界が一番強くなるリング状対抗電極（電荷供給電極）4 の外枠では、そこから 0.025 mm 上の電位は 437 V である。しかしながら、ギャップ 25 μ m での放電開始電位差は、パッシェンの法則（注）によれば、481 V なので放電が起ることはない。すなわち、この状態ではユニット内どこでも放電は起らない。（注、ギャップ（g）が 10 - 100 μ m の時、放電開始電位差（Vc）は次式で求められる。

$$V_c = 326 + 6 \cdot 2^* g \quad (\text{「V o l t s」})$$

【0031】

なお、後で述べるように、実際に必要になるのは、半径0.050mの導体球2が動く中心軸を囲む半径0.050mmの空間だけなので、他の部分は、放電しないように、絶縁性の材料で、覆ったり、埋めたりすることもできる

【0032】

導体球2が、下方から下のシールド電極5の孔を抜けて、1.067mm/secの速度で、一点鎖線で示す、静電発電ユニットの軸に沿って上がって来る。途中、重力と空気抵抗の影響でその速度は、対抗電極（電荷供給電極）4の孔を抜ける時、1.004mm/secに下がり、更に0.1mm進む間に1.000mm/secまで下がる。

【0033】

フロート状態で移動する導体球2の電位は、その位置によって変る。導体球2（の中心）がz軸に沿って上昇する時の接地されている対抗電極（電荷供給電極）4との距離（ギャップ）に対する導体球2の電位差（実施例2にその計算方法を示す）と、パッシェンの法則で求めたそのギャップに対する放電開始電位を並べて図4に示す。（注、対抗電極（電荷供給電極）4の孔の中心をz軸のゼロ点として位置を表示する。）

【0034】

導体球2と対抗電極（電荷供給電極）4の電位差が、導体球2と対抗電極（電荷供給電極）4のギャップに対する放電開始電位差を越えた時に導体球2と対抗電極（電荷供給電極）4間で放電が起る。導体球2（の中心）が、 $z = 0.025\text{ mm}$ （ギャップ = 0.0291 mm ）に達した時、その電位差は287Vで放電開始電位差506V以下なので放電は起らない。同様に、 $z = 0.050\text{ mm}$ （ギャップ = 0.0401 mm ）でも、 $z = 0.075\text{ mm}$ （ギャップ = 0.0561 mm ）でも放電することはない。（図4参照）

【0035】

ところが、 $z = 0.100\text{ mm}$ （ギャップ = 0.075 mm ）に達すると、導体球2の電位は+791Vとなり、接地された対抗電極（電荷供給電極）4との電位差は791Vとなって、0.075mmの放電開始電位差791Vと並ぶので、この間にコロナ放電が始まる。

【0036】

静電気ハンドブック（静電気学会編、1998年、p.137）によれば、導体間の放電は、火花放電になる事が多いと言う。言わば、瞬間的ではあるが、両導体（導体球2と対抗電極（電荷供給電極）4）が短絡された状態になるわけである。その結果、導体球2の電位はほとんど0Vまで下がる。この結果、導体球2には、 $-2.7 \times 10^{-12} [\text{C}]$ の電荷が残される。つまり、導体球2の帯電量は $-2.7 \times 10^{-12} [\text{C}]$ になる。

【0037】

この結果は、次のように考えられる。（図5参照）導体球2は、電界中で分極し、その上側（電界形成電極3側）には負電荷（電子）、下側（対抗電極（電荷供給電極）4側）には正電荷（正孔）が誘起される。（図5の（1））そして、導体球2と対抗電極（電荷供給電極）4の間の空間でコロナ放電が起り（図5の（2））、火花放電に発展すると、多量の電子または負イオンが導体球2に流れ込んで、下側（対抗電極（電荷供給電極）4側）に誘起されていた正電荷（正孔）をすべて打ち消す。その結果、上側（電界形成電極3側）に残された負電荷（電子）で導体球は帯電する（図5の（3））。

【0038】

なお、導体球2は1.0mm/sec以上の速度で、上方に遠ざかるが、発生した正イオンの速度は更に速いので、対抗電極（電荷供給電極）4近辺で発生したイオンもすぐに導体球2に追いつき、結局発生した正イオンはすべて導体球2に吸収される。この結果、導体球2に回収されずに、電界形成電極3まで移動する正イオンは皆無である。そのため、電界形成電極3の電源に流れる電流はなくここで電力が消費されることはない。

【0039】

本発明の第一の目的は、従来技術のように常時コロナ放電させて、発生した電荷（イオン

)を無駄に垂れ流すのではなく、オン・デマンドで電荷搬送部材が来た時にのみ電荷を発生させ、その電荷をすべて電荷搬送部材に供給することであった。それは、このようにして実現された。

【0040】

また、本発明の第二の目的は、従来技術のように外部から機械的なエネルギーを供給して電荷搬送部材を搬送するのではなく、電荷を発生させるための電界から受ける静電力と帯電電荷自身が作り出す鏡像力を使って搬送することであった。それは、実施例1のように、接地された対抗電極(電荷供給電極)4より離れた空中で電荷を受け取ることで実現される。この点は、後で、原理の説明のところで詳しく述べる。

【0041】

電界(E)中の、電荷(q)には次式に示す静電力(F_e)が作用する。

$$F_e = q * E$$

この結果、負帯電導体球2は、加速されながら上方に移動する。その速度は、しだいに速まり、リング状電界形成電極3の孔を通過する時には、4.7 m / secに達する。

【0042】

この時、導体球2の電位は、+1575 Vとなる(注、導体球が無い時のリング状電界形成電極3の孔の中心の電位は、+2100 Vである)。電界形成電極3の電位は+3060 Vなので、この間の電位差は1485 Vである。導体球2の半径が0.050 mmで、電界形成電極3の内径が0.350 mmなので、その間のギャップは0.300 mmである。ギャップ0.100 mm以上のパッシェンの法則によれば、ギャップ0.300 mmでの、放電開始電位差は1870 Vなので、この間で放電が起ることはない。

【0043】

放電を起こさずに電界形成電極3の孔を抜けた負帯電導体球2は、今度は電界の向きが反転するので、減速されながらリング状電荷回収電極5に向かって進む。図6に、回収電極5に近づいた時の、導体球2と回収電極5間のギャップと、その時の両者の電位差を、パッシェンの放電開始電位差とともに示す。どの地点でも、この間の電位差は、放電開始電位より低く両者間で放電は起らない事が分かる。

【0044】

この結果、導体球2は負電荷、 -2.7×10^{-12} [C]を有したまま、-50 Vの電位の電荷回収電極5と接触し、シールド電極6側に抜ける時、その電荷をすべて電荷回収電極5に回収される。(注、すべて回収されるのは、電荷回収電極5と、その上のシールド電極6との間の電界がほとんどないからである。この点も、後で詳しく述べる。)

【0045】

電荷をすべて放出し、無帯電になった導体球2は、1.067 m / secの速度で、上のシールド電極6を抜けて、その上の静電発電ユニットで同様に、電荷の発生、受け取り、搬送、放出を行う。

【0046】

1個の導体球の搬送する電荷量は、 -2.7×10^{-12} {c}と微小なものであるが、多数の導体球を連続的に移動させることで、より多くの電力を得る事が可能になる。お互いに、干渉することなく動ける距離を、速度が最低の時(1.0 m / sec)で、0.300 mmとすると、回収電極3には、1秒間に約3300個の導体球2が到達し、それぞれ、 -2.7×10^{-12} [C]の電荷を置いていく、その総電荷量は、 -8.9×10^{-9} [C]になる。

【0047】

1個の静電発電ユニットの長さが3.65 mmなので、1 mには、274個のユニットが入る。

そこで1 mの静電発電チューブで、1秒間に得られる総電荷量は、 -2.44×10^{-6} [C]になる。1個の静電発電ユニットの直径が1.25 mmなので、密に並べると、1 m四方には、850000本が並べられる。すなわち、1立方mの静電発電ユニット集合体で1秒間に得られる総電荷量は、 -2.07 [C]である。電流にして -2.07 [A]で

あり、その電位が - 50 V なので、発電量は 104 [W] になる。

【 0048 】

なお、上記の計算では、導体球 2 が 1 立方 m の静電発電ユニット集合体の最上面に到達した時の折り返し機構を示していないが、衝突反転させたり、磁石をおいてローレンツ力で曲げたり色々な方法で容易にできる。

【 0049 】

いままでに述べた実施例 1 の内容はすべてシミュレーションによるものである。シミュレーションの精度はあまりよくないが（使用している計算機の手数が 133 MHz と遅いため）実際にもこれとほぼ同様の結果が起るはずである。ただし、導体同士の放電でどこまで帯電電荷が減るか、本当にゼロまで行くかに関しては、それに関する文献が見当たらなかったのが実際には上記シミュレーションほどの電荷が得られない場合も考えられる。その場合でも、電界形成電極 3 の電位をその分高くする等の補正手段で、上記の電荷を得る事が可能である。

【 0050 】

また、発電量をさらに上げるためには、以下のような方法がある。先に記したように、 -2.7×10^{-12} [C] 帯電した導体球 2 が、+3060 V 印加された電界形成電極 3 を通過する時両者間の電位差は 1485 V でギャップ 0.300 mm に対する放電開始電位差 1870 V より十分低い。そこで、実施例 2 に示すように、帯電量を、 -3.4×10^{-12} [C] に上げることができる。この結果、発電量は、1.26 倍になり、1 立方 m あたり 131 W att になる。

【 0051 】

さらに、これも、実施例 2 で示されるように、導体球の重量の影響は非常に少ないので移動する多数の導体球同士を絶縁性の軽いワイヤー等で連結することができる。この結果、導体球の移動速度は一定（約 3.5 m / sec）になる。導体球同士の間隔は、お互いの干渉を避けるため、最低速度（1.0 m / sec）でも 0.300 mm 空くようにし、その結果、平均的には約 1.0 mm も空いていたが、今度は常に、0.3 mm 空くだけなので、これで発電量は 3.3 倍の、432 W になる。

【 0052 】

また、その場合、導体球 2、つまり電荷搬送部材、の形状は球である必要はなくなる。これも、実施例 2 に示されるように、空気抵抗の影響が大きいので、それが小さく（約半分）なる形状に変更することで、電荷回収電極の電位を、さらに高めて -70 V にできる。つまり、さらに、1.4 倍となり、1 立方 m あたりの発電量は 605 W となる。

【 0053 】

また、これも実施例 2 に紹介するように、導体球 2 が電荷を受け取る位置を、対抗電極（電荷供給電極）4 よりさらに、0.025 mm 遠ざければ、得られる電位は、さらに約 20 V 増加する。その結果、1 立方 m あたり発電量は 780 w になる。さらに、実施例 2 で述べるように、導体球 2 表面の電荷の位置を考慮すると、発電量はこの 3 倍、2.3 kw になる可能性が高い。

【 0054 】

1 立方 m あたり 2.3 kw 発電できれば、例えば、住宅の地下または天井に 20 立方 m 設置して 46 kw 発電させその家のすべての電力をまかなうことができる。

【 0055 】

また、空気抵抗の影響をまったく無くするためには、真空中で電荷を発生させればよい。もちろん、薄くとも空気が存在しないとコロナ放電は起らないが、逆に、電子放出は容易になる。例えば、今、話題のカーボンナノチューブ（CNT）を使えば低コスト低電位で効率よく電子を発生させることができる。CNT の場合も、ある電界から電子放出が始まるので、実施例 1 のように、電荷搬送部材 2 が CNT（電荷供給部材 4）と特定の距離になった時だけ選択的に電荷を発生させることができる。

【 0056 】

電子放出は CNT に限らないので、ある電界から電子放出が始まる材料、方法、現象であ

ればそれらはすべて本発明で使用可能である。

【0057】

また、以上の説明は、電界の形成を電極と高電圧電源で行ったが、これを同一の電位を与えるエレクトレットに置き換えることができる。何とならば、先に説明したように、正電圧の印加された電界形成電極3に負イオンが流れ込みそれを補うためにその電源から電流が流れると言うことは起らないからである。エレクトレットはよく知られているように、その内部に実電荷を半永久的に閉じ込めているもので、例えば、ポリエチレン等を加熱した状態でコロナ放電にさらし急冷することで形成することが出来る。さらに、他の電極材料として金属に代えて導電性プラスチックを使うと、該静電発電機内には金属がなくなるので、人体に無害で廃棄も容易にできる。

【0058】

実施例1は、軸上を導体球2を移動させたが、逆に、軸に針先状の対抗電極（電荷供給電極）4を置き、導体球2をその横を通らせてもよい。また、導体球2を、レーコード板状の薄くて軽いプラスチックシートに埋め込んで、上下に向かい合わされた多数の対抗電極（電荷供給電極）4、電界形成電極3、電荷回収電極5の間を回転させてもよい。この場合、逆に、導体球2を固定して、レコード板上に、対抗電極4、電界形成電極3、電荷回収電極5を形成しこれを回転させてもよい。実施例2に説明する本発明の発電原理に反しない限り発電機構は自由に設計できる。

【0059】

【実施例2】

実施例2を図7～図18により説明する。図7は、実施例2の静電発電装置のを示す模式図である。図7に示す記号の内、2～5は、実施例1の図3に示した記号と同じである。すなわち、記号2は、電荷搬送部材となる比重1.0、直径0.05mmの導電性の球体である。記号3は、電界形成電極またはそれに代わるエレクトレットを示し、厚さ0.1mm、内径0.350mm、外径0.625mmの円板で形成されていて、図示しない電源により+3071Vが印加されている。記号4は、対抗電極（電荷供給電極）で、直径0.150mmの円盤で、図示しないリード線で接地されている。記号5は、第一電荷回収電極で、回収した電荷を保存するために、図示しないリード線でコンデンサーにつながれている。

【0060】

新しい記号7は絶縁性のスペーサーで、半径0.050mmの導体球2がその上に置かれた時、導体球2と対抗電極4のギャップが0.050mmになるように構成されている。記号8は、接地されたシールド電極を示す。記号9は、第二電荷回収電極を、記号10は第三電荷回収電極を、記号11は絶縁性の弾性反射版を示している。

【0061】

対抗電極（電荷供給電極）4と電界形成電極3と電荷回収電極5の配置は、実施例1と同じであり、それぞれz方向に0.900mm離して置かれている。接地されたシールド電極8は、電界形成電極3との間で放電が起きないように、r方向に0.750mm離して置かれる。シールド電極8と、第二、第三電荷回収電極9, 10の間は、この間で、図のように、導体球2が跳ね返るように調整される。

【0062】

導体球2が、スペーサー7の上に置かれると、その電位は、+754Vになる。導体球2と対抗電極（電荷供給電極）4の0.050mmの空間に、+754Vの電位差が加わるので、この間に放電が起る。（注、導体球2がない場合、対抗電極（電荷供給電極）の0.050mm上の電位は、+424Vでギャップ0.050mmの放電開始電位差636Vより十分低い。）

【0063】

放電の結果、導体球2の電位は+1Vとなり、その帯電量qは -2.7×10^{-12} [C]になる。この電荷に電界が作用する静電力で、導体球2は加速されながら、一点鎖線で示すz軸を上方に移動する。電界形成電極3を越えた後は、逆に電界が作用する静電力で減速

されながら上方に移動を続け、点線で示す、 -10 V の電位の第一電荷回収電極5に、 0.39 m/sec の速度で衝突する。

【0064】

ここで、搬送した電荷の約半分に当たる $-1.34\text{ e}^{-12}[\text{C}]$ の電荷を放出した後、右方向に跳ね返り、電界による静電力で下方に引かれながら、右方向(r 方向)に移動し、シールド電極8を越えて、ほとんど電界のない領域に入り、 -10 V の第二電荷回収電極9に衝突して、ここで残されたほとんどの電荷を放出する。

【0065】

さらに、跳ね返って、シールド電極8に当たり、さらに跳ね返って接地された第三電荷回収電極10に当たって完全に電荷を放出し、斜め左下の弾性板に当たって、左上方に跳ね、重力の影響で降下しながら進んで、スパーサー7に軟着陸する。

【0066】

なお、一度に全部の電荷を放出できないのは、電界中で、導体球が接地された電極に乗った場合、導体球には次の式で示される電荷が、注入(誘起)されるためである。すなわち、電荷回収電極5に、すべての帯電電荷を放出できたとしても、すぐにこの分の電荷が注入されるので、結局、この分は放出できないのである。電界 E 中で半径 r の導体球に注入される電荷量 Q_i

$$Q_i = 6.58 \times 10^{-12} \times r^2 \times E$$

【0067】

実施例1に比較して、実施例2は構造が複雑になるうえに、得られる電力も少なく実用的にはあまり意味がない。しかし、対抗電極(電荷供給電極)4から、電荷回収電極5までの構造はシンプルで分かりやすいので、これを使って以下本発明の原理を説明する。

【0068】

図8に、導体球2に作用する5つの力を示す。図中、 f_1 は、電界 E が導体球2の有する電荷 q に作用する静電力で次式で計算される。

$$F_1 = q \times E$$

F_1 の向きは、電界形成電極3を挟んで、対抗電極(電荷供給電極)4側と電荷回収電極5側では反転する。すなわち、対抗電極(電荷供給電極)4側では、上方に働き、電荷回収電極5側では、下方に働く。

【0069】

F_3 は重力で、常に下方に働く。その力は、次式で計算される。

$$F_3 = m \times g$$

ここで、 m は導体球の重量、 g は重力加速度である。

【0070】

f_4 は空気抵抗で、これも上方に進む限り、常に下方に働く。その力は次式で計算される。

$$f_4 = 6 \times 10^{-5} \times r \times v$$

ここで、 6×10^{-5} は空気の粘性抵抗率(1.81 e^{-5})、 r は導体球の半径、 v は速度である。

【0071】

f_5 は、対抗電極(電荷供給電極)4との間に働く鏡像力で、常に下方に働く。その力は次式で計算される。

$$f_5 = q^2 / 16 \times 10^{-20} \times r \times r$$

ここで、 r は、導体球2の電荷 q と、対抗電極(電荷供給電極)4との間の距離である。

【0072】

f_8 は、電荷回収電極5との間に働く鏡像力で、常に上方に働く。その力は次式で計算される。

$$f_8 = q^2 / 16 \times 10^{-20} \times r \times r$$

ここで、 r は、導体球2の電荷 q と、電荷回収電極5との間の距離である。

【0073】

これらの力を計算するためには、第一に、電界 E を求める必要がある。電界は、軸対象の三次元差分法で計算した。差分法では、対象空間を細かいメッシュ（格子）に分割し、電位または電荷が既知の格子点から、多元連立方程式を解いて、全格子点の電位を求め、電位から各格子内（セル）の電界を計算する。

【0074】

なお、軸対象3次元の差分法による電界計算は次の文献に詳しくプログラム付きで解説されている。

静電気学会誌, 16, 6 (1992) 530 - 538 実験講座 電界計算の手ほどき 第3講 差分法による石油タンク内部の電界計算 松原美之

ただし、連立一次方程式の解は逐次代入法に代えてガウスの消去法で求めた。

【0075】

シミュレーションに使用したメッシュ（格子）を図9、10、11に示す。図9は、対抗電極（電荷供給電極）4及び電荷回収電極5付近の電位を詳しく求めるものであり電荷の発生と回収に関して共通して使用した。ただし、図9では、帯電した導体球2が、電界形成電極3に接近した時の電位が求められないため、その付近を詳しく分けた図10を追加した。さらに、図9、図10では、対抗電極（電荷供給電極）4の下方の構造が不明確なため、下方に長く伸ばしたメッシュ図11も作成した。

【0076】

図9、10、11において横（ r ）方向は共通で、幅0.025mmのセルが25列で0.625mmである。図9において、縦（ z ）方向は、下から高さ0.025mmのセル10段、高さ0.100mmのセル15段、高さ0.025mmのセル10段で合わせて2.0mmである。一番上のラインが一行目で、一番下のラインが三十六行目、一番左のラインが一列目で、一番右のラインが二十六列目である。

【0077】

図10では、図9から上下の0.025mmセルを各5段ずつ削り、その代わりに、電界形成電極が含まれる中間付近に、0.025mmセルを10段配置した。さらに、図11では、0.025mmセルを対抗電極（電荷供給電極）4の上6段のみとし、対抗電極（電荷供給電極）4の下に0.150mmセルを10段重ねた。（ただし、図11では、0.100mmのセルと同じ高さで表示している。）

【0078】

図9、10、11において、太線は電極を示している。各電極に付されている記号は共通で、3が電界形成電極、4が対抗電極（電荷供給電極）、5が電荷回収電極、6がシールド電極である。記号2が示す中線は半径0.050mmの導体球の代わりに置かれた4段重ねの円盤を示す。以下疑似導体球2と呼ぶ。その、上下は厚さ0.025mm、半径0.025mmの円盤で、真ん中の2枚は、厚さ0.025mm、半径0.050mmの円盤である。

【0079】

疑似導体球2の位置は、図の位置に固定されているわけではなく、形を変えずに、0.025mmピッチで上下に移動させてその時の疑似導体球2の電位を計算した。また、図9、10、11のメッシュを使って実施例1をシミュレーションする時は、対抗電極（電荷供給電極）4は、軸から0.075mm、電荷回収電極5は0.050mmの孔を空けた。

【0080】

図9において、三十六行目の対抗電極4と一行目の電荷回収電極5の電位を0V、十八、十九行目の電界形成電極3の電位を+3071Vとした時の、各格子点の電位を求め、この電位から各セルの電界を求めた。（注、疑似導体球のない場合）例えば、対抗電極から0.100mm上の z 軸上の格子点の電位は、+780Vになった。

【0081】

この時、図11のメッシュで同様に対抗電極（電荷供給電極）4近傍の電位を計算したと

ころ、図 9 のメッシュを使って計算した電位とほとんど一致することが分かった。すなわち、以下図 9 , 10 のメッシュでシミュレーションを行うが、図 11 に示すように対抗電極（電荷供給電極）4 の下 1.5 mm に接地されたシールド電極を置いた場合と等価である。

【0082】

次に、疑似導体球 2 を、図のように、対抗電極 4 とのギャップが 0.050 mm（疑似導体球 2 の中心は対抗電極 4 の上 0.100 mm）になるように置き、疑似導体球 2 内の格子点の電位はすべて等しいとしてその電位を求めた。 $+754\text{ V}$ となった。さらに、疑似導体球に適当に電荷を与えて、その電位を繰り返し計算した。その結果、 $-2.7 \times 10^{-12}\text{ [C]}$ の電荷を与えた時、電位が $+1\text{ V}$ となることが分かった。

【0083】

半径 0.050 mm の導体球を同一の位置に置いた時、その帯電量が、疑似導体球（4 枚重ねの円盤）と同じになる訳ではないが、それより大きくなる理由も、小さくなる理由も考えられるのでとりあえずこの値を導体球 2 の帯電量 q とした。（将来、高速の計算機を入手できたら、メッシュをもっと細かく切ってより正しい値を計算し、別の機会に報告する予定である。）

【0084】

この電界が帯電した導体球に作用する静電力 f_1 と、導体球 2 の電荷 q と対抗電極（電荷供給電極）4 及び電荷回収電極 5 との間に働く鏡像力 f_5 , f_8 と、導体球に働く重力 f_3 と、運動する導体球に働く空気（粘性）抵抗 f_4 を用いて導体球の運動方程式を立てこれを解いた。

【0085】

（注、導体球 2 の電荷 q と電界形成電極 3 間にも鏡像力 f_6 , f_7 が働くが、距離が遠いのと、電界形成電極の孔を抜ける前後でプラスマイナスほとんど同じなのと、エレクトレットに置き換えた時はなくなるので省略した。実施例 1 で計算した結果では、導体球の到達距離にして 0.001 mm 以下の影響しかない。）

【0086】

電界中での帯電粒子の運動方程式に関しては下記の文献を参考にした。

電学論 E , 118 巻 , 10 号 , 平成 10 年 p . 455 ~ 459 「平行平板電極間におけるトナー粒子の挙動」山本洋一他。

【0087】

なお、上記文献と同様に、導体球の電荷はすべて導体球の中心あるものと仮定した。導体球の半径を 0.050 mm、比重を 1.0、帯電量を $-2.7 \times 10^{-12}\text{ [C]}$ 、初期位置を $x = 0.000\text{ mm}$ 、 $z = 0.160\text{ mm}$ 、初速度を $V_x = 0.0\text{ m/s}$ 、 $V_z = 0.0\text{ m/s}$ とし、静電力 f_1 のみが作用していると仮定した時の、導体球 2 の速度とその中心の位置を図 12 に示す。また、経過時間と位置の関係を図 13 に示す。

【0088】

図 12、13 より、対抗電極（電荷供給電極）4 の近くにあった導体球 2（の中心）が加速されながら上昇し電界形成電極 3 の孔を抜ける時最高速度 4.5 m/s に到達し、その後は減速されながら上昇を続けてその速度がゼロになった時ちょうど電荷回収電極 5 に達したのが分かる。（注、電荷回収電極の位置は $z = 1.950\text{ mm}$ だが、導体球の半径は 0.050 mm なので、導体球の中心が 1.900 mm に到達した時、その先端は電荷回収電極に接する。）

【0089】

本来、電位 0 V からスタートした導体球 2 は、重力も、空気抵抗も、鏡像力もなく電界の静電力のみで動く時は、途中の経過がどうであろうとも、電位 0 V の位置（この場合は電位 0 V の電荷回収電極）で、途中電界から得たエネルギーをすべて使い果たして、つまり速度がゼロになって止まるはずなので当然の結果である。（注、実際はこのシミュレーションでは、電荷が導体球の中心点にあるとしているためそうはならなかった。そこで、スタート位置を 0.010 mm 上に上げて調整した。将来、高速計算機で細かいメッシュ

で計算すると、この調整は不要になる)

【0090】

次に、静電力 f_1 に重力 f_3 のみ加えて、同様にシミュレーションした。結果は、電荷回収電極 5 の 0.0011 mm 手前で、速度がゼロになった。次に、静電力 f_1 と空気抵抗 f_4 を組み合わせたところ、電荷回収電極の手前 0.0130 mm で失速した。次に、静電力 f_1 に対抗電極 (電荷供給電極) 4 との鏡像力 (以下、下鏡像力と呼ぶ) f_5 を組み合わせたところ、手前 0.0173 mm で失速した。最後に、静電力 f_1 に重力 f_3 、空気抵抗 f_4 、下鏡像力 f_5 を加えたところ、手前 0.0313 mm で失速した。いずれの場合も、電荷回収電極に到達するにはエネルギーが不足していたことになる。この結果を、図 14 に示す。

【0091】

一方、静電力 f_1 に、電荷回収電極との鏡像力 f_8 のみを加えた時は、1.10 m/sec の速度を残して電荷回収電極に到達できた。すなわち、電荷回収電極に余剰エネルギーを持って到達したわけである。このエネルギーが、静電力 f_1 に重力 f_3 、空気抵抗 f_4 、下鏡像力 f_5 を加えた時の不足エネルギーを上回れば、帯電した導体球は電荷回収電極に到達できる。

【0092】

そこで、両者のエネルギー比較を行う。電荷 q を電界 E 中で距離 s 搬送するために必要なエネルギー w は次式で求められる。

$$W = q * E * s$$

また、速度 v で動く、質量 m の物体の有する運動エネルギーは次式で求められる。

$$w = (m * v^2) / 2$$

【0093】

計算結果を図 15 に示す。重力 f_3 、空気抵抗 f_4 、下鏡像力 f_5 を合わせた不足エネルギーは、 2.50×10^{-10} [J] で、一方上鏡像力 f_8 による余剰エネルギーは、 3.17×10^{-10} [J] で、差し引き、 0.67×10^{-10} [J] のエネルギーが残る。これを運動エネルギーとして使えば、導体球 2 が、電位 0 V の電荷回収電極 5 に到達する時の、速度は、上式より、0.506 m/sec になる。(シミュレーションの結果は、0.495 m/sec であった。)

【0094】

このエネルギーを使って、 -2.7×10^{-12} [C] に帯電している導体球を、0 V より電氣的エネルギーの高い位置、例えば -10 V まで運ぶ事ができる。言い換えれば、発電することができる。電荷 q を電位 V 持ち上げるのに必要なエネルギー w は次式で求められる。

$$w = q * V$$

【0095】

すなわち、 -2.7×10^{-12} [C] に帯電している導体球を、0 V より -10 V まで運ぶのに必要なエネルギー w は、 0.27×10^{-10} [J] になる。この時、 0.40×10^{-10} [J] のエネルギーが残される。これは、速度に換算して 0.358 m/sec になる。電回収電極の電位を -10 V にしてシミュレーションしたところ、導体球は、0.386 m/sec の速度を残して電荷回収電極に到達した。これが、実施例 2 である。

【0096】

ところで、残されたエネルギー w (0.67×10^{-10} [J]) もすべて発電のために使用したら、 -2.7×10^{-12} [C] に帯電 q している導体球で何ボルトの電位 V が得られるであろうか。次の式で計算すると、-24.9 V になる。

$$V = w / q$$

シミュレーションでは、電荷回収電極の電位が、-25.8 V の時、到達速度が 0.01 m/sec とほぼゼロになった。

【0097】

これが、本発明の基本原理である。すなわち、帯電した導体球に、スタート時点と同じ

電気的なエネルギーレベルに到達できるに十分なエネルギーを与え、その余剰分を使って、さらに電氣的に高い地点まで運ぶ（発電）のである。静電界から与えられるエネルギーは、スタート時点と同じ電位に戻った時かならずゼロになるので、これで発電することはできない。また、重力と空気抵抗は必ずマイナスに働くので、これも発電にはなんら寄与しない。

【0098】

結局、発電のエネルギーは上下の鏡像力の差にあることは明らかである。鏡像力は、電荷 q の二乗に比例し、電荷から導体までの距離 r の二乗に反比例する。上下の鏡像力間で、電荷 q は共通なので、違いは距離 r にある。その大きな違いは、下鏡像力は、電極から 0.100 mm （ギャップ $0.050\text{ mm} + \text{半径 } 0.050\text{ mm}$ ）離れた地点から作用始めるのに対して、上鏡像力は 0.050 mm まで作用することである。

【0099】

上下の鏡像力の与えるエネルギーを w_1 、 w_2 とし、 $k = 160$ と置くと、両者の差のエネルギー w は次式で求められる。（注、単位は m ）

$$W = w_1 - w_2$$

$$w = 1.636 \times 10^{-10} [\text{J}]$$

この値は、図15に見られる上下の鏡像力が与えたエネルギーの差に等しい。

【0100】

すなわち、本発明の基本は、上下の鏡像力の差を使って発電するのであるが、その差が発生する理由は、電荷発生時、導体球2が電荷を対抗電極（電荷供給電極）4より離れた空中で受け取って、そこで受ける鏡像力小さくしているからである。

【0101】

以上で、本発明の基本的なところはすべて説明した。この後、その改良点を少し付け加えて説明する。

【0102】

その前に、エネルギー表示では分かり難いので、 $-2.7 \times 10^{-12} [\text{C}]$ の電荷が、実施例2の電界（電荷回収電極近傍で $3.0 \times 10^6 [\text{V/m}]$ ）中で移動できる、あるいはできなかった電位差で、帯電した導体球に作用する5つの力を表示する。（図16）

【0103】

図16より重力の影響は非常に小さく（ -3.3 V ）、たとえ、内部を中空にして重さを半減させても、それによって新たに得られる電位は、 2 V 以下であることが分かる。逆に、考えれば、たとえ、重さを2倍にしても、それによって失われる電位は 3 V 程度であるので、例えば、導体球同士を軽い剛体でつないで、動きを安定させることも可能である。

【0104】

空気抵抗の影響は -38.5 V とかなり大きい。球形を流線形等に変えて空気抵抗を半減させれば、約 20 V の電位を新たに得る事ができる。真空中にできれば、約 40 V の電位を加えることができるが、コロナ放電しなくなるので、電荷発生の為に、例えば実施例1で述べたCNTを使った電子放出のような別の手段が必要になる。

【0105】

下鏡像力の影響は -51.1 V と大きい。スペーサー7の高さを変えて、対抗電極（電荷供給電極）4とのギャップを、 0.050 mm から、 0.075 mm に遠ざければ、その影響を 20.2 V 小さくすることができる。

【0106】

上鏡像力の影響は $+117.3\text{ V}$ と大きい、距離 r を縮めることはできないので、さらに大きくするためには、帯電量 q を大きくする必要がある。そのためには、例えば、電界形成電極の電位を $+3071\text{ V}$ から $+3400\text{ V}$ に上げると、帯電量 q は、 $-2.7 \times 10^{-12} [\text{C}]$ から $-3.0 \times 10^{-12} [\text{C}]$ に増加する。この結果、得られる電位は 6.7 V 増加する。

【0107】

また、その時、対抗電極（電荷供給電極）4の幅を0.150mmから0.125mmに縮めると、その近傍の電界が強くなって、帯電量は -3.4×10^{-12} [C]に増え、その結果、得られる電位は、15.7V増加する。なお、両方の場合で、帯電した導体球が電界形成電極3を抜ける時の、電界形成電極3との電位差はそれぞれ、1651Vと、1768Vで、0.300mmギャップの放電開始電位差1870V以下なのでこの間で放電が起ることはない。

【0108】

なお、帯電量が、 -3.0×10^{-12} [C]の場合は、電荷回収電極5の約0.010mm手前で、 -3.4×10^{-12} [C]の場合には約0.030mm手前で、導体球2と電荷回収電極5間の電位差がパッシェンカーブを越えてその間に放電が起り、一部の電荷は電荷回収電極5に放出されるが、一部の電荷は残るので実施例2の場合は、同様に第二電荷回収電極9で回収する必要がある。しかしながら、実施例1の場合は、ちょうど電荷回収電極の孔を抜ける瞬間に放電が起るようにすれば、非接触で電荷を回収できるので、接触に伴う機械的な摩擦をなくする事ができる。

【0109】

なお、電荷はすべて、導体球の中心にあると仮定してシミュレーションを行ってきたが、実際は、上鏡像力の強い、電荷回収電極付近では、図17に模式的に示すように、大部分の電荷は、電荷回収電極側の、頂点の近くに集中している。（注、導体の電荷はすべてその表面に存在する。）すなわち、実際は、電荷は、電荷回収電極から0.050mmの位置にあるのではなく、もっと近くによっているのである。

【0110】

また、強い電界中で、対抗電極（電荷供給電極）4より離れた位置で帯電した場合も、電荷は電界による静電力で上側に集中している（図（3）参照）ので、スタート時も、対抗電極（電荷供給電極）4から0.100mm離れた位置から移動始めるのではなく、もっと遠くから移動始めるのである。

【0111】

図18に示すように、電荷の位置が、0.050mmより近くにあるとするとその鏡像力は大変大きく、電界による静電力を上回るようになる。例えば、対抗電極（電荷供給電極）4から、0.125mm離れた位置から移動開始し、電荷回収電極5の0.025mmまで近づくとすると、上下鏡像力が電荷に与えるエネルギーの差は、 5.242×10^{-10} [J]まで大きくなり、得られる電位は194Vになる。（帯電量が -2.7×10^{-12} [C]の場合）重力と空気抵抗によるロスを考慮しても、150Vの電位を得る事が可能である。

【0112】

また、上鏡像力が静電界力を上回る時は、電界調整電極を追加して、途中の電界を弱め、逆に、上鏡像力の強い電荷回収電極近傍で電界を強めると、電界調整電極が無い時に途中で失速するような導体球を無事に電荷回収電極に到達させることができる。この方法で、得られる電位をより高くすることも可能である。

【0113】

通常、導体球の半径が十分小さい場合は、そこに電界で生じる分極電荷に作用する電界による静電力及び鏡像力は上下で相殺されるので通常シミュレーションの計算には入れない。しかしながら、本発明の場合のように、数十ミクロンの距離で働く力を問題にする場合は無視できない。分極電荷の内、電荷回収電極側の電荷に作用する鏡像力の方がはるかに大きくなるので、それを入れると、本発明で得られる電位はさらに大きくなる。（この点も、将来別途報告する予定である。）

【0114】

なお、実施例2は、導体球2が、電界形成リング電極3をくぐり抜けた後、第一電荷回収電極5と衝突して90度移動方向を変えてさらに第二電荷回収電極に進む場合を示したが、電界形成電極の前で絶縁性の方向変更板に衝突させて90度方向を変更させることもできる。

【 0 1 1 5 】

また、帯電した導体球 2 を電荷回収電極 5 まで搬送するエネルギーを電界の静電力と電荷回収電極 5 との鏡像力で行ったが、他の機械的なエネルギー、例えば従来例 2 に使われた空気の流れ等を加えてもよい。その場合でも、本発明は搬送エネルギーを減らせる効果がある。

【 0 1 1 6 】

【発明の効果】 請求項 1 , 2 , 3 または 4 の発明によれば、電荷搬送部材が対抗電極（電荷発生部材）に接近したときのみその間に電荷を発生させることで発生電荷を 1 0 0 % 利用することができ、また、該電荷を帯電した電荷搬送部材に、静電力（静電界力及び鏡像力）を及ぼして該電荷搬送部材のみを移動させることで搬送エネルギーを 1 0 0 % 有効に使用することができるといいう優れた効果がある。

【 0 1 1 7 】

特に、請求項 2 の発明によれば、電荷搬送体が電荷を受け取った位置から、電荷を放出する位置、すなわち電荷回収電極またはその近傍まで移動する間に受けるエネルギーの総和をプラスにすることで、電荷搬送部材が途中で失速することを回避できるという優れた効果がある。

【 0 1 1 8 】

また特に、請求項 3 の発明によれば、対抗電極（電荷供給部材）、電界形成部材（電極）、電荷回収電極を同一軸周囲に複数組形成し対抗電極（電荷供給部材）近傍で帯電して飛翔した電荷搬送部材を電界形成部材（電極）通過後さらに飛翔させ電荷回収電極と接触または接近して電荷を放出させその後は慣性力で隣の対抗電極（電荷供給部材）に到達させ以下この工程を繰り返させることで、静電発電に必須の 3 部品（対抗電極（電荷供給部材）、電界形成部材（電極）、電荷回収電極）より構成されるユニットを連続的に配置できるため、電荷搬送部材の方向転換に消費されるエネルギーを最小とし、さらに空間の利用効率を最大にできるというすぐれた効果がある。

【 0 1 1 9 】

また特に、請求項 4 の発明によれば、複数の、電荷搬送部材が、機械的に連結されていることで、電荷搬送部材を密に配置でき、その結果発電量を高めることができるという優れた効果がある。