

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4092027号  
(P4092027)

(45) 発行日 平成20年5月28日(2008.5.28)

(24) 登録日 平成20年3月7日(2008.3.7)

(51) Int.Cl. F 1  
H05H 1/46 (2006.01) H05H 1/46 B

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平11-6950	(73) 特許権者	502243538
(22) 出願日	平成11年1月13日(1999.1.13)		アプライド・マテリアルズ・ゲゼルシャフト・ミット・ベシュレンクテル・ハフツング・ウント・コンパニー・コマンディートゲゼルシャフト
(65) 公開番号	特開平11-260593		Applied Materials GmbH & Co. KG
(43) 公開日	平成11年9月24日(1999.9.24)		ドイツ連邦共和国 アルツェナウ ジーメンスシュトラッセ 100
審査請求日	平成17年7月19日(2005.7.19)		Siemensstrasse 100, D-63755 Alzenau, Germany
(31) 優先権主張番号	19801366.3	(74) 代理人	100061815
(32) 優先日	平成10年1月16日(1998.1.16)		弁理士 矢野 敏雄
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ生成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

交番電磁界を用いて真空室(3)内にプラズマを生成する装置であって、  
棒状導体(4)が、絶縁材料から成る管(5)内で真空室(3)に延びており、  
絶縁管(5)の内径は、棒状導体(4)の直径より大であり、  
絶縁管(5)は、一端が真空室(3)の壁(6)に保持されており、かつ当該真空室に対してその外面にてシールされており、

棒状導体(4)は、真空室(3)とは反対側の端部が、交番電磁界の生成源(8)に接続されている形式のプラズマ生成装置において、

前記の棒状導体(4)は、その自由端部(11)の方に向かって外部導体(12)により取り囲まれており、

該外部導体(12)は、少なくとも前記の生成源(8)から真空室(3)内側の壁面(6a)まで延在しており、

ここで、壁貫通部(10)と生成源(8)との間の領域にて、該生成源(8)に接続された棒状導体(4)及び該棒状導体を包囲する外部導体に、バイパス導体(13)を形成する分岐が設けられており、

該バイパス導体(13)には、第2の棒状導体(15)が連結されており、

該第2棒状導体(15)は、第2の絶縁管(14)によって取り囲まれておりかつ第1の絶縁管(5)に平行に真空室(3)に延びており、

前記バイパス導体の長さは、交番電磁界を生成するために供給される作動周波数の半波

10

20

長(      / 2 )であることを特徴とする

プラズマ生成装置。

【請求項 2】

交番電磁界を用いて真空室( 9 )内にプラズマを生成する装置であって、  
棒状導体( 7 )が、絶縁材料から成る管( 16 )内で真空室( 9 )を貫通しており、  
絶縁管( 16 )の内径は、棒状導体( 7 )の直径より大であり、  
絶縁管( 16 )は、その両端部により、真空室( 9 )の相互に対向して配置された壁( 17、17a )に保持されており、かつ当該真空室に対してその外面にてシールされており、

棒状導体( 7 )の両端が、それぞれ、交番電磁界の生成のための生成源( 18、19 ) 10  
に接続されている形式のプラズマ生成装置において、

前記の棒状導体( 7 )の両端は夫夫外部導体( 20、21 )により包囲されており、  
前記外部導体( 20、21 )は、夫夫、源( 18、19 )から真空室( 9 )内側のそれぞれ  
の壁面( 22、22a )まで延在しており、

壁貫通部の領域にて、前記源( 18、19 )に接続された棒状導体( 7 )及び該棒状導  
体を包囲する両外部導体( 20、21 )には、夫夫バイパス導体( 23、24 )を形成す  
る分岐が設けられており、

前記バイパス導体( 23、24 )には、第2の棒状導体( 26 )が連結されており、  
該第2棒状導体( 26 )は、第2の絶縁管( 25 )によって取り囲まれておりかつ第1  
の絶縁管( 16 )に平行に真空室( 9 )を貫通して延在しており、 20

前記バイパス導体の長さは、交番電磁界を生成するために供給される作動周波数の半波長  
(      / 2 )であることを特徴とする

プラズマ生成装置。

【請求項 3】

交番電磁界を用いて真空室内にプラズマを生成する装置であって、  
棒状導体が絶縁材料から成る管内で真空室に延びており、  
絶縁管の内径は、棒状導体の直径より大であり、  
絶縁管は、一端が真空室の壁に保持されており、かつ当該真空室に対してその外面にて  
シールされており、

棒状導体は、真空室とは反対側の端部が、交番電磁界の生成源に接続されている形式の 30  
プラズマ生成装置において、

前記の棒状導体は、その自由端部の方に向かって外部導体により取り囲まれており、  
該外部導体は、少なくとも前記の生成源から真空室内側の壁面まで延在しており、  
ここで、壁貫通部と生成源との間の領域にて、該生成源に接続された棒状導体及び該棒  
状導体を包囲する外部導体に、複数のバイパス導体を形成する複数の分岐が設けられてお  
り、

該バイパス導体には、更なる複数の棒状導体が連結されており、  
当該の更なる棒状の導体は、夫夫の更なる絶縁管によって取り囲まれておりかつ第1の  
絶縁管に平行に真空室に延びており、

各バイパス導体の長さは、交番電磁界を生成するために供給される作動周波数の半波長  
(      / 2 )であることを特徴とする 40

プラズマ生成装置。

【請求項 4】

交番電磁界を用いて真空室内にプラズマを生成する装置であって、  
棒状導体が、絶縁材料から成る管内で真空室を貫通しており、  
絶縁管の内径は、棒状導体の直径より大であり、  
絶縁管は、その端部により、真空室の相互に対向した配置された壁に保持されており、  
かつ当該真空室に対してその外面にてシールされており、

棒状導体の両端が、それぞれ、交番電磁界の生成源に接続されている形式のプラズマ生  
成装置において、

前記の棒状導体の両端は夫夫外部導体により包囲されており、  
 前記外部導体は、夫夫、少なくとも源から真空室内側のそれぞれの壁面のところまで延在しており、  
 壁貫通部の領域にて、前記生成源に接続された棒状導体及び該棒状導体を包囲する両外部導体には、夫夫、複数のバイパス導体を形成する複数の分岐が設けられており、  
 前記の複数のバイパス導体には、更なる棒状導体が連結されており、  
 前記の更なる棒状の導体は、更なる複数の絶縁管によって取り囲まれておりかつ第1の絶縁管に平行に真空室を貫通して延在しており、  
 前記バイパス導体の長さは、交番電磁界を生成するために供給される作動周波数の半波長 (  $\lambda / 2$  )であることを特徴とする

10

プラズマ生成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、交番電磁界を用いて真空室内にプラズマを生成する装置であって、棒状導体が、絶縁材料から成る管内で真空室に延びており、絶縁管の内径は、棒状導体の直径より大であり、絶縁管は、少なくとも一端が真空室の壁に保持されており、かつこの真空室に対してその外面にてシールされており、棒状導体は、少なくとも1つの端部が交番電磁界の生成源に接続されている形式のプラズマ生成装置に関する。

【0002】

20

【従来の技術】

公知のプラズマ発生装置 (DE 19503205) により、限られた作動領域 (プロセス領域、ガス圧、マイクロ波出力エネルギー) において、表面処理及び被膜技術のためにプラズマを発生させることができる。公知装置は、実質的に真空プロセス室内に設置されたガラス管と、その中に設けられた伝導性の金属製の管とから成り、ここでこのガラス管内を占めるのは大気圧である。マイクロ波出力エネルギーは、内部導体と外部導体とからなる2つの金属製同軸導体及び2つの給電部によって両側から、真空プロセス室の壁を介して導かれる。真空プロセス室内において欠如している同軸導体の外部導体は、プラズマ放電によって置き換えられる。このプラズマ放電は、点弧条件 (ガス圧) が十分あれば、上記のマイクロ波出力エネルギーにより点弧されて維持される。ここで、マイクロ波出力エネルギーは、2つの金属製同軸導体から出てガラス管を通して真空プロセス室内に入ることができる。プラズマは、円筒状のガラス管を外部から包囲し、内部導体と共に、著しく高い減衰被覆部を有する同軸導体を形成する。マイクロ波出力エネルギーを位置固定で両側にて給電する場合、真空プロセス室のガス圧を調整して、真空プロセス室内で同軸導体の外部導体が欠如している個所でプラズマを明らかに均一に生成することができる。

30

【0003】

更に、マイクロ波励振を用いて処理室内でプラズマを局所的に生成するための装置が公知であり (DE 4136297)、この公知装置は、壁内に組込可能なフランジ又は壁自体によって内部部分と外部部分とに分けられている。ここで外部部分にはマイクロ波生成装置が設けられており、このマイクロ波生成装置からのマイクロ波は、マイクロ波入力結合装置を介して内部部分内に導かれる。マイクロ波入力結合装置は、フランジを貫通しかつ絶縁材料から成る外部ガイド中空導体を有し、この外部ガイド中空導体には、金属製の内部導体が延びており、マイクロ波生成装置からのマイクロ波は内部導体に入力結合される。

40

【0004】

本発明は、表面の被覆又は処理のために、高周波電磁波 (殊にマイクロ波) で加熱されかつ面積の大きな技術的なプラズマを生成することを基礎とする。

【0005】

プラズマプロセスシステムは基本的に2つのクラスに分けることができる。すなわち、共振形及び非共振形システムに分けることができ、これらの2つのシステムは、一般に内

50

在的で相補的な利点及び欠点を有する。ここで上記のプラズマプロセスシステムのプラズマは、高周波電磁波で生成および維持され、またプラズマプロセスシステムに対して成立つこところによれば、高周波電磁波の波長は、プラズマ放電容器の直線的寸法とほぼ同じ大きさである。

【0006】

#### 1. 共振形システム

利点：定在波を形成することにより、交番電界は、同じ出力エネルギーの進行波の2倍の値まで振幅が増大する。これにより、プラズマにおける屢々所望されるプラズマ密度が増大し、またこれに伴ってプラズマプロセスの速度が増大する。つまり、理想的ケースでは同じ電磁出力エネルギーが供給される場合、非共振形システムに比べて、共振形システムの能率は倍になるのである。

10

【0007】

欠点：定在波の形成には、局所的なプラズマプロセス均一性の、一般的に不都合である時間的に安定した変動（半波長）が伴う。殊に、基本共振又は第1高調波のうちの一つを利用しようとする場合、送信器を構造に整合させるために少なからざる技術的コストが必要なる。

【0008】

#### 2. 非共振形システム

利点：進行波を有するシステムを使用すると、プラズマプロセス均一性において周期的変動が生じない。それは、理想的ケースにおいて、定在波フィールドが形成されないから

20

【0009】

欠点：プラズマプロセスの効率にとって重要な交番電界の電界強度は、就中、プリセットされた値を越えて増大させることができない。最適の出力エネルギー吸収により、定在波フィールドが生じ得ないことを保証しなければならない。

【0010】

一般的には技術的解決手段に伴う欠点を回避しながらこの技術的解決手段で上記の2つの動作原理の利点を統合化したいという要望がある。

【0011】

問題を一般的に解決することはできないが、幾つかの特殊なケースで解決可能であるという事は、対象の相補的性質によるものである。高周波交番電磁界で作動されるプラズマ源の上記の基本的な2つの機能に対して解決手段を得ようとすることは一般的に重要でない。それはこのような形式の今日のプラズマ源は、上記の2つの基本原理のうちいずれか1つに基づいているからである。2つの基本原理を理想的に組み合わせようとしても、新たな技術的な解決手段は得られることはなく、特定のケースにおいて高周波送信器からプラズマ源に出力される出力の利用が改善され、また付加的に大面積に適用する際にプラズマ密度およびプラズマ温度が格段に増大するのである。

30

【0012】

本発明は、プラズマへの高周波出力構造および出力伝送構造を導体波に整合させることとのできるプラズマ源に関する。このような波は、一般的に波の伝搬方向に無視可能なわずかな電気成分又は磁気成分を有する。要するに、近似的に横方向の電磁波（TEM）である（本発明は、横方向電氣的又は磁氣的中空導体波（TE又はTM）の手法に基づく導波構造に関するものでない。）。

40

【0013】

ドイツ特許DE 19503205及び/又はドイツ特許出願公開DE 4136297に基づいて動作する平面形プラズマ源は、使用上有効であることが証明されており、また生産システムにおける使用が多いに推奨される特性を呈する。このプラズマ源において、プラズマ放電部に高周波出力エネルギーを伝送するために重要な導波構造は、平行に配置された複数の同軸導体から構成され、前記同軸導体の内部導体は、導電性材料（金属）から成り、同軸導体の外部導体はシリンダ状に形成されたプラズマから成る。

50

## 【 0 0 1 4 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

本発明の課題は、上述の2つの基本動作方式を基礎にした冒頭に述べた形式の装置であって殊に能率的な装置を提供することである。

## 【 0 0 1 5 】

## 【 課題を解決するための手段 】

前記課題は次のようにして解決される。即ち、棒状導体は、その自由端部の方に向かって外部導体により取り囲まれており、この外部導体は、少なくとも上記の生成源から真空室の内壁面まで延在しており、壁貫通部と生成源との間の領域にて、この生成源に接続された棒状導体及びこの棒状導体を包囲する外部導体に、バイパス導体を形成する分岐が設けられており、このバイパス導体には、第2の棒状の導体が連結されており、この第2の棒状導体は、第2の絶縁管によって取り囲まれておりかつ第1の絶縁管に平行に真空室に延びており、上記のバイパス導体の長さは、 $L/2$ であるように構成することによって解決される。

10

## 【 0 0 1 6 】

本発明の有利な実施形態では、絶縁管は、両端にて、真空室の壁内に保持されており、この真空室に対して、その外面にてシールされており、また棒状導体の両端が、それぞれ、交番電磁界の生成する生成源に接続されている。ここでは棒状導体の各両端が外部導体により包囲されており、またこれらの外部導体は、夫夫、源から真空室の各内壁面まで延在しており、ここで、壁貫通部の領域にて、前記生成源に接続された棒状導体及びこの棒状導体を包囲する両外部導体には、夫夫バイパス導体を形成する分岐が設けられており、ここで前記バイパス導体には、第2の棒状導体が連結されており、この第2の棒状導体は、第2の絶縁管によって取り囲まれておりかつ第1の絶縁管に平行に真空室を貫通して延在しており、これらのバイパス導体の長さは、 $L/2$ であるように構成されているのである。

20

## 【 0 0 1 7 】

さらなる構成要件及び詳細は、各請求項に記載されている。

## 【 0 0 1 8 】

本発明では種々様々の実施形態が可能であり、その幾つかを図面に示す。

## 【 0 0 1 9 】

本発明によって可能になるのは、近似的に平行な方向に配置された少なくとも2つの装置構成部からなる装置である。ここでこれらの少なくとも2つの装置構成部には、相互に時間的に固定した位相関係にある同じ周波数の高周波出力エネルギーが供給される。これは2つの方式で達成することができる。即ち、個別ではあるが同じ周波数を有しかつ位相结合された高周波送信器によって各装置構成部を作動するか、又はこれらの装置構成部を単一の高周波送信器により給電し、複数の出力エネルギー分割器を介してこの高周波送信器の全出力エネルギーを上記の装置構成部に同位相で分配することによって行われるのである。後者の方式は、特にコスト上有利である。DE 1 9 5 0 3 2 0 5 に記載された装置に関する限り、高周波を固定位相で給電したいという要求は、それぞれ少なくとも2つの装置構成部（平行）の一方の側だけについての要求であり、両側に給電されかつ逆方向に進む波（逆平行）についての要求ではない。

30

40

## 【 0 0 2 0 】

平行に配置された2つの装置構成部が同じ周波数で位相固定の高周波で作動され、かつ位相角が  $2 * n * \pi$  （ただし  $n = 0, 1, 2, \dots$ ）である場合、即ち"同位相"である場合、固定の1時点におけるこの波の電界の分布は、図1に示した断面図のようになる。最大電圧値はVであり、これらの装置構成部の内部または外部の任意の点を基準にしたものである。しかしながらこの2重形の装置が、同じ周波数の位相固定の高周波で作動され、位相角が  $(2 * n + 1) * \pi$  （ただし  $n = 0, 1, 2, \dots$ ）である場合、即ち"逆相"である場合、固定の1時点におけるこの波の電界の分布は、図1bに示した断面図のようになる。2つの導体間の最大電圧値は  $2 * V$  であり、第1のケースの2倍である。このような状

50

況は、これらの装置構成部が、定在波又は進行波のいずれで作動されるかには無関係に成立つ。

【0021】

プラズマ放電の生成、維持及び強度にとって、電圧を増大させることは著しく重要である。電圧の増大により、一方ではプラズマ源の作動ガス圧領域を拡大でき、他方ではプラズマ源のあらかじめ設定された動作条件の下で、必要な高周波出力エネルギーを低減できる。

【0022】

【実施例】

次に本発明を実施例に即して説明する。

【0023】

共通の1平面内に平行に配置される複数の装置構成部から構成される殊に重要なプラズマ源の1実施形態において、電圧の増大は、図2に示した1方法によって達成することができる。純粋に概略的に示した装置構成部は、この実施形態において、真空室3に突き出しかつ室壁6に気密に固定された絶縁管5、14と、外部導体12と、分岐部ないしはバイパス線路13とから構成されている。上記の絶縁管は、これに対して同軸に延在している棒状の導体4、15を有しており、上記の外部導体12は、この棒状導体4を包囲し、発生器8と内壁6との間に設けられかつ金属管または金属チューブの形態をとっており、また上記の分岐部ないしはバイパス導体13の1分岐は長さが  $l/2$  である。電圧増大の基礎を成すのは、同軸構成形態の所謂BALUNトランス変換器である。BALUN（英語BALanced-UNbalanced）は、不平衡の出力エネルギーを平衡出力エネルギーに変換する構成部分である（Zinke, O., Brunswig, H.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer Verlag, 1973, 第100~111頁及びJohnson, Richard C.: Antenna Engineering Handbook, 3rd Edition, McGraw Hill Verlag, 1993, 第43-23~43-27頁）。

【0024】

電流に対するピーク値  $I$  及び電圧に対するピーク  $V$  で表される出力は、各2重装置に対し、不平衡線路、すなわち内部導体と、アース電位にある外部導体とから成る同軸導体を介して供給され、点P1のT分岐において比1:1で分割される。最大電圧は  $V$  に等しく、また電流は2重装置の内部導体にてそれぞれ値  $I/2$  を有する。

【0025】

本実施例における重要な特徴的構成要件は  $l/2$  移相器である。要するにこの具体的な実施例では、点P1とP2との間の同軸導体部分であり、この同軸導体部分を、一方の分岐区分の波は、他方の分岐区分の波に比べて付加的に進まなければならない、またこの同軸導体部分は、設計周波数において波長のほぼ半分又は半分に等しくすべきである。両分岐区分の位相波面はそれぞれ同時に点P1にてスタートするので、これらの分岐区分の同軸導体の外部導体がない場合、要するに、2つの内部導体が直接、相互作用する場合、例えば、個所P3-P4（装置の長手軸線に対して垂直方向の連結線）にて、波相互間の位相ずれが半波分だけ生じ（電流の流れ方向が互いに逆になる）ため、両導体間の電圧は  $(+V \sim -V)$ 、図1の右側を参照されたい  $2 * V$  となる。一方の分岐区分の波が"遅延"を受けないとすれば、両分岐区分の波は、同相となり  $(+V \sim +V)$  図1左方参照、電圧増大は達成されないこととなる。

【0026】

両分岐区分間で必要な位相ずれは、2つの分岐区分のうちの1つにおいて導体に誘電的に負荷を加えることによって、又は他の適当な手段によって達成することもできる。

【0027】

図3に示す実施形態が図2の実施形態と相違する点は、2つの棒状導体7、26が完全に真空室9を貫通していることである。ここで導体7、26を包囲する絶縁管16、25はそれぞれ、2つの端部が、相対向する内壁22、22aに連結されている。ここで発生器18ないし19と、真空室9の内壁22、22aとの間で導体セクションにそれぞれ分岐部が設けられており、この分岐部によって、第2の導体26に至る必要なバイパス導体

10

20

30

40

50

23, 26が形成される。これらの分岐部には図2に示す構成に相応して外部導体20, 21が設けられ、これらの外部導体20, 21はそれぞれ、発生器18, 19から各室内壁22, 22aまで延在する。

【0028】

図4は、1つの高周波送信器を用いて4つの装置構成部で作動させる場合に2つずつの2重装置間で電圧増大が達成できる実施例を示している。

【0029】

定在波が装置に沿って形成され得るようにこの装置が作動される場合（殊に波長がプラズマ放電容器の寸法よりも遙かに小さい場合、例えばマイクロ波）、同相波で励振される多重装置に比して電圧を4倍の値に高めることができる。

10

【0030】

【発明の効果】

本発明によれば、冒頭に述べた2つの基本動作方式を基礎にした装置において特に能率的な装置を実現することができるという効果が奏される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 絶縁管によって包囲された棒状導体対の2つの配置構成による電界を、同相及び逆相で作動させた場合に示した概念図である。

【図2】 1つの発生器と、1つの分岐と、真空室内に突き出た2つの棒状導体と、これを包囲する石英管とを有する、真空室内にプラズマを生成する装置の概念図である。

【図3】 2つの発生器と、2つの分岐と、壁から壁まで延在する2つの導体と、これを包囲する石英管とを有するプラズマ生成装置の概念図である。

20

【図4】 2つずつの2重装置間で電圧を増大させる分岐ユニットの概念図である。

【符号の説明】

3	真空室
4	棒状導体
5	絶縁管
6	室壁
6 a	内壁面
7	棒状導体
8	生成源
9	真空室
10	壁貫通部
11	自由端部
12	外部導体
13	バイパス導体
14	絶縁管
15	棒状導体
16	絶縁管
17	壁
17 a	壁
18	生成源
19	生成源
20	外部導体
21	外部導体
22	内壁面
22 a	内壁面
23	バイパス導体
24	バイパス導体
25	絶縁管
26	棒状導体

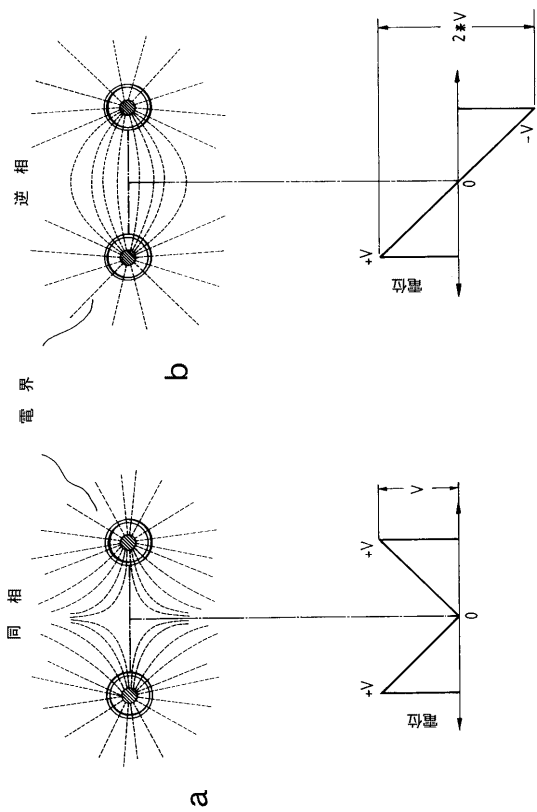
30

40

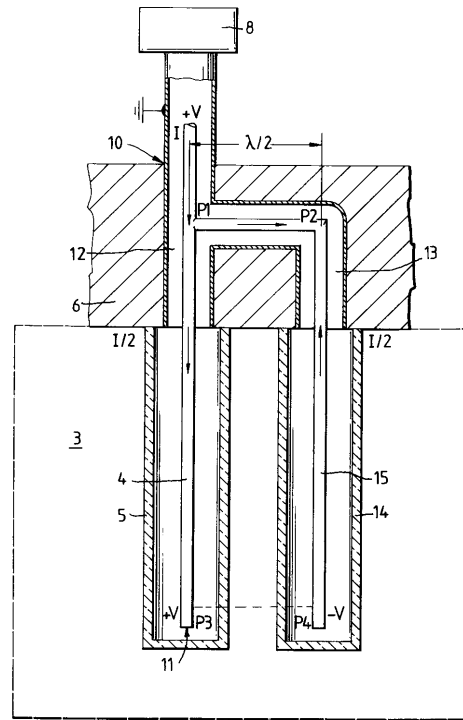
50

- P1 点
- P2 点
- P3 点
- P4 点
- V 両導体間の電圧

【図1】

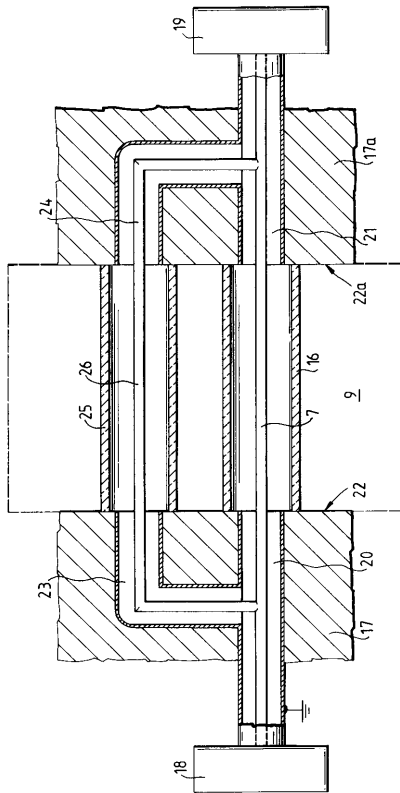


【図2】

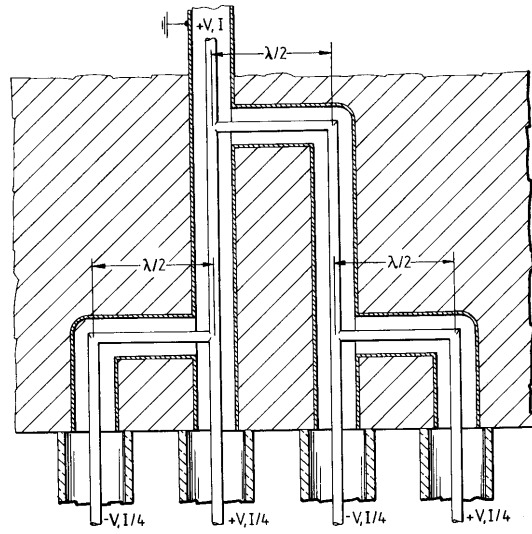




【 図 3 】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100094798

弁理士 山崎 利臣

(74)代理人 100099483

弁理士 久野 琢也

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(72)発明者 ミヒヤエル リーア

ドイツ連邦共和国 フェルダタール フリードホーフシュトラッセ 27

審査官 林 靖

(56)参考文献 特開平01-134926(JP,A)

特開平02-177429(JP,A)

独国特許出願公開第19628949(DE,A1)

特開平03-191068(JP,A)

特開平07-161491(JP,A)

特開平07-086179(JP,A)

独国特許発明第19503205(DE,C2)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H05H 1/46