

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5324744号
(P5324744)

(45) 発行日 平成25年10月23日 (2013. 10. 23)

(24) 登録日 平成25年7月26日 (2013. 7. 26)

(51) Int. Cl. F I
C 2 3 C 14/34 (2006. 01) C 2 3 C 14/34 S

請求項の数 18 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2006-533061 (P2006-533061)	(73) 特許権者	513002485
(86) (22) 出願日	平成16年5月12日 (2004. 5. 12)		オーイーエム グループ インコーポレイ
(65) 公表番号	特表2007-501333 (P2007-501333A)		テッド
(43) 公表日	平成19年1月25日 (2007. 1. 25)		アメリカ合衆国 アリゾナ州 8 5 2 3 3
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/015115		ギルバート ウェスト グアダルーブ
(87) 国際公開番号	W02004/107411		ロード 2 1 2 0
(87) 国際公開日	平成16年12月9日 (2004. 12. 9)	(74) 代理人	100092093
審査請求日	平成19年5月14日 (2007. 5. 14)		弁理士 辻居 幸一
(31) 優先権主張番号	10/446, 005	(74) 代理人	100082005
(32) 優先日	平成15年5月23日 (2003. 5. 23)		弁理士 熊倉 禎男
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100088694
			弁理士 弟子丸 健
		(74) 代理人	100103609
			弁理士 井野 砂里

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 付着装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と使用するための組合せであって、

第 1 ターゲットと、

前記第 1 ターゲットからずらされ、かつ、前記第 1 ターゲットと同軸関係に配置された第 2 ターゲットと、

交流電圧を第 1 周波数で前記第 1 及び第 2 ターゲットに与える、前記第 1 及び第 2 ターゲットに作動的に接続された第 1 電気回路と、

前記基板上に前記第 1 及び第 2 ターゲットから付着される材料の相対量を調節して、前記基板の表面に実質的に均一な付着物を形成するために、前記第 1 及び第 2 ターゲットに印加される交流電圧を調節する、前記第 1 電気回路と作動的に関連した第 2 電気回路と、の組合せであって、

前記第 1 電気回路は、前記第 1 及び第 2 ターゲットに印加するための対称の交流電圧を提供し、

前記第 2 電気回路は、前記基板上の、前記第 1 及び第 2 ターゲットからの付着の速度の差を補償するために、ターゲットの一方に、ターゲットの他方におけるよりも交流電圧の大きい振幅を与える、組合せ。

【請求項 2】

基板上に材料を付着させるための組合せであって、

第 1 ターゲットと、

10

20

第1ターゲットと間隔を隔てたせん頭円錐形の関係に配置された第2ターゲットと、
第1ターゲットと第2ターゲットとの間に、中間の周波数範囲内の特定周波数の交流電圧を印加するための第1電気回路と、

前記基板上に前記第1及び第2ターゲットから付着される材料の相対量を調節して、前記基板の表面上に前記第1及び第2ターゲットから材料の付着物を前記基板の前記表面の全体にわたって実質的に均一な厚さに形成するために、第1及び第2ターゲットへの特定周波数の電力の印加を調節するための前記第1電気回路と作動的に関連した第2電気回路と、

無線周波数の交流電圧信号で、特定周波数の信号を変調するための第3電気回路と、
の組合せであって、

10

前記第1及び第2ターゲットは、前記第1ターゲットからの前記基板上の材料の、前記第2ターゲットからよりも、大きい付着速度をもたらすように、前記基板に対して配置され、

前記第2電気回路の調節は、特定周波数の交流電圧を、前記第1及び第2ターゲットからの前記基板上の材料の付着速度の差を補償するために、前記第1ターゲットに印加されるよりも大きい振幅で前記第2ターゲットに印加することを含む、組合せ。

【請求項3】

前記特定周波数は、20kHz乃至80kHzの範囲内にある、
請求項2記載の組合せ。

【請求項4】

20

前記第2電気回路は、交流電圧の正の半サイクルで、特定周波数の交流電圧を前記第2ターゲットに通し、かつ、交流電圧の負の半サイクルで、前記第1ターゲットへの特定周波数の交流電圧の通過を阻止するように接続されたダイオードを含み、

前記第2電気回路は、交流電圧の負の半サイクルで、特定周波数の交流電圧を前記第2ターゲットに通すために、前記ダイオードの両端に接続されたキャパシタを更を含む、
請求項2記載の組合せ。

【請求項5】

直流電圧が、特定周波数の交流電圧の正の半サイクルで、前記基板上の、第1ターゲットからの材料の付着速度を高め、かつ、特定周波数の交流電圧の負の半サイクルで、前記基板上の、前記第2ターゲットからの材料の付着速度を減ずる方向で、前記第2電気回路の両端に接続される、請求項2記載の組合せ。

30

【請求項6】

前記第2電気回路は、特定周波数の交流電圧の負の半サイクルで、エネルギーを蓄積し、かつ、特定周波数の交流電圧の正の半サイクルで、この蓄積したエネルギーを前記第1ターゲットに放出するように、回路中に接続された変圧器を含む、
請求項2記載の組合せ。

【請求項7】

基板と使用するための組合せであって、

各々互いに同軸関係に配置され、かつ、前記基板上に材料を付着させるために前記基板に対して配置された第1及び第2ターゲットと、

40

反対極の交流電圧を前記第1及び第2ターゲットにそれぞれ加えるための、前記第1及び第2ターゲットに接続された交流電圧源と、

前記第1及び第2ターゲットに印加される交流電圧に非対称を与える、交流電圧源、及び前記第1及び第2ターゲットに接続された電気回路と、の組合せであって、

この非対称は、前記基板の表面に実質的に均一な付着物を形成する方向にあり、前記電気回路は、ターゲットの一方からの前記基板上の材料の高い付着速度を、他方のターゲットからの前記基板上の材料の付着速度に対して、補償するために、交流電圧の交互の半サイクルで、ターゲットの一方に、他の半サイクルで、ターゲットの他方に加えられた交流電圧の振幅に対して、限定された振幅の電圧を加える、組合せ。

【請求項8】

50

前記電気回路は、前記交流電圧源の両端に接続され、かつ、交流電圧の交互の半サイクルで、前記第1及び第2ターゲットの一方に加えられる電圧の振幅を、他方の半サイクルで、前記第1及び第2ターゲットの他方に加えられる交流電圧の振幅に対して、制限するために、前記第1及び第2ターゲットに接続された直流電圧源を含む、請求項7記載の組合せ。

【請求項9】

前記電気回路は、

(a) 交流電圧の交互の半サイクルで前記第1及び第2ターゲットの一方に加えられる交流電圧を、交流電圧の他方の半サイクルで、前記第1及び第2ターゲットの他方に加えられる交流電圧の振幅に対して、制限する、ダイオード及び、前記ダイオードの両端に接続されたキャパシタ、

10

(b) 一次巻線及び二次巻線を備え、前記一次巻線は、交流電圧源に接続され、前記二次巻線は、前記電気回路に含まれ、交流電圧の交互の半サイクルで、前記第1及び第2ターゲットの一方に加えられる電圧の振幅を、他方の半サイクルで、前記第1及び第2ターゲットの他方に加えられる交流電圧の振幅に対して、制限する際に、前記ダイオード及び前記キャパシタと協同する変圧器、及び、

(c) 前記交流電圧源に接続され、かつ、前記第1及び第2ターゲットに接続され、交流電圧の交互の半サイクルで、前記第1及び第2ターゲットの一方に加えられる電圧の振幅を、交流電圧の他方の半サイクルで、前記第1及び第2ターゲットの他方に加えられる交流電圧の振幅に対して、制限する直流電圧源、

20

の一つを含む、請求項7記載の組合せ。

【請求項10】

基板上に付着物を形成する方法であって、

前記基板上に、一対のターゲットの表面からの材料を付着させるために、前記一対のターゲットを同軸関係に配置するステップと、

非対称の特性を有する交流電圧を与えて、前記基板上の異なる位置での前記一対のターゲットからの材料の付着速度の差を補償するステップと、

前記基板上の、前記一対のターゲットからの材料の付着速度において、非対称交流電圧をターゲットに加えて、基板表面上の異なる位置での第1及び第2ターゲットからの材料の付着速度の差を補償するステップと、の方法であって、

30

交流電圧の非対称により、交流電圧の交互の半サイクルで前記一対のターゲットの一方に印加される交流電圧の振幅を、交流電圧の他の半サイクルで前記一対のターゲットの他方に印加された交流電圧の振幅と異ならせて、前記基板上の異なる位置での、前記一対のターゲットの各々からの材料の付着速度の差を補償する、方法。

【請求項11】

交流電圧は第1周波数を有し、前記第1周波数より高い第2周波数を有する交流電圧が、前記第1周波数の交流電圧を変調して、前記第1周波数の交流電圧の最初の一サイクルでのみ、前記一対のターゲットの各々のトリガリング(triggering)を行わせる、請求項10記載の方法。

【請求項12】

40

前記第1周波数を有する交流電圧は、20キロヘルツ(20kHz)乃至80キロヘルツ(80kHz)の範囲内の中間周波数を有し、第2周波数を有する交流電圧は、無線周波数範囲内の周波数を有している、

請求項11記載の方法。

【請求項13】

アノードを、前記一対のターゲットに対して配置して、前記一対のターゲットと共にキャビティを構成し、

電界を、前記キャビティ内で、第1の方向に、前記アノードと前記一対のターゲットの間に生じさせ、

磁界を、前記キャビティ内で、第1の方向と実質的に垂直な第2の方向に生じさせる、

50

請求項 10 記載の方法。

【請求項 14】

交流電圧の非対称により、交流電圧の交互の半サイクルで前記一对のターゲットの一方に印加される交流電圧の振幅を、交流電圧の他の半サイクルで前記一对のターゲットの他方に印加される交流電圧の振幅と異ならせて、前記基板上の異なる位置での前記一对のターゲットの各々からの材料の付着速度の差を補償し、

交流電圧は第 1 周波数を有し、前記第 1 周波数より高い第 2 周波数を有する交流電圧が、前記第 1 周波数の交流電圧を変調して、前記第 1 周波数でターゲットに印加される交流電圧の最初の一サイクルでのみ、前記一对のターゲットの各々のトリガリング (triggering) を行わせる、請求項 10 記載の方法。

10

【請求項 15】

基板上に付着物を形成する方法であって、

前記基板上に一对のターゲットの表面から材料を付着させるために、前記一对のターゲットを同軸関係に配置するステップと、

前記一对のターゲットの間に、第 1 周波数を有する第 1 交流電圧を印加して、交流電圧の交互の半サイクルで前記基板上に一方のターゲットからの材料の付着物を得、交流電圧の他の半サイクルで前記基板上に他方のターゲットからの材料の付着物を得るステップであって、前記基板上の、前記一方のターゲットからの材料の付着速度に対する、前記基板上の、前記他方のターゲットからの材料の付着速度の差を補償するために、前記交互の半サイクルでの前記第 1 交流電圧の振幅が、他の半サイクルでの前記第 1 交流電圧の振幅より大きいステップと、

20

前記第 1 周波数でターゲットに印加される交流電圧の最初の一つのサイクルでのみ、前記一对のターゲットの各々のトリガリング (triggering) を行わせるように、前記第 1 周波数より高い第 2 周波数を有する第 2 交流電圧で、前記第 1 交流電圧を変調するステップと、の方法。

【請求項 16】

前記第 1 周波数は、20 キロヘルツ乃至 80 キロヘルツであり、

前記第 2 周波数は、メガヘルツの範囲内の無線周波数である、
請求項 15 記載の方法。

【請求項 17】

30

交互の半サイクルにおける前記第 2 交流電圧の振幅と、他の半サイクルにおける前記第 2 交流電圧の振幅との差は、交互の半サイクルで前記第 2 交流電圧を、第 1 の値のキャパシタに通すことによって、及び、他の半サイクルで前記第 2 交流電圧を、前記第 1 の値と異なる第 2 の値のキャパシタに通すことによって、もたらされる、
請求項 15 記載の方法。

【請求項 18】

前記第 1 周波数は、20 キロヘルツ (20 kHz) 乃至 80 キロヘルツ (80 kHz) であり、前記第 2 周波数は、13.66 メガヘルツ (13.66 MHz) である、
請求項 15 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

この発明は、基板上に金属の付着物を形成するための装置及び方法に関する。より詳細には、本発明は、基板上に、均一な被膜をもたらす付着物を形成するための装置及び方法に関する。

【0002】

(発明の背景)

いま、集積回路チップが、ビジネス、教育、化学、及び他の多くの分野で、異なる作動を制御するための、或いは、データ及び数学的計算をなすための、複雑な電子回路を提供するのにあらゆる種類の装置で使用されている。これまでの漸進的な進歩で、集積回路チ

50

チップサイズは、次第に縮小した。さらに、チップのサイズが縮小したら、チップの回路は、次第に複雑になった。

【0003】

集積回路上の各層の製作は、アノードを含む装置内に、一つ又は複数のターゲット及び基板を配置することによってなされる。ターゲット及びアノードは、キャビティを構成する。ターゲット及びアノードの電位により、キャビティ内で、第1の方向に、アノードとターゲットの間に電界を生じさせる。磁界も、キャビティ内に、第1の方向と交差し、好ましくは、実質的に垂直な第2の方向に生じさせる。

【0004】

電界と磁界の組合せにより、キャビティ内の電子を、螺旋進路に移動させる。これらの電子は、キャビティの中を流れる不活性ガス（例えば、アルゴン）の分子をイオン化する。イオンは、ターゲットに引き寄せられ、原子をターゲットから放出させる。原子は、基板上に付着して、基板上に層を形成する。層は、導電性材料であってもよいし、或いは、誘電体（即ち、電氣的に絶縁性）材料でもよい。

10

【0005】

層が導電性材料から形成される場合には、その材料を、エッチングして電気導線を形成する。集積回路チップは、複数の連続した層から形成され、そのうちの幾つかは、導電性であり、そのうちの他の層は電氣的に絶縁性である。電気ペグ又はビアが、異なる導電性層の間に設けられ。電気ペグ又はビアは、チップの絶縁層に設けられたソケットに配置される。集積チップは、ウエハに形成され、ウエハの各々は、複数の、あるときは数百の、さらに数千の集積回路チップを保持する。

20

【0006】

集積回路の異なる層の製作は、精密でなければならない。例えば、異なる層の回路導線の厚さ及び幅は、回路の異なる構成部品にとって適当なインピーダンス値を維持するために、精密でなければならない。適当なインピーダンス値が維持されなければ、集積回路チップ内の電気回路の作動が損なわれる。ときどき、二つのターゲットが、キャビティ内に配置されることがある。ターゲットは、好ましくは、同じ材料で作られるが、それらは、異なる材料で作られてもよい。ターゲットは、同軸の（好ましくは、さい頭円錐形（円錐台形）の）関係に配置される。ターゲットの各々からの物質が基板上に付着されて、層を形成する。ターゲットの各々が、他方のターゲットよりも、基板層に異なる寄与をもたらすから、層は基板上の異なる位置に異なる厚さを有する。

30

【0007】

キャビティ内に存在するガスは、酸素（ O_2 ）、窒素（ N_2 ）及びメタン（ CH_4 ）である。これらのガスは、ターゲットを形成する材料の原子と結合して、化合物を生成し、化合物は、ターゲット上に、及び付着装置を形成する他の部材上に沈積する。例えば、アルミニウム（ Al ）は、酸素（ O_2 ）と結合して、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）を形成し、シリコン（ Si ）は、メタンと結合して、シリコンカーバイド（ SiC ）を形成し、タンタル（ Ta ）は、酸素（ O_2 ）及び窒素（ N_2 ）と結合して、（ TaO_xNy ）を形成する。

【0008】

できたこれらの物質の全ては、固体誘電体を構成する。電圧を受ける部材上に付着させたとき、それらは、部材が、受けた電圧の利益を受けないようにする。例えば、これらの誘電体化合物の一つがターゲット上に付着されたときには、その誘電体化合物は、電界がアノードとターゲットとの間に生じさせないようにし、それによって、ターゲット上の材料の原子がターゲットから放出されなくする。

40

【0009】

二つのターゲットが、キャビティ内に配置される場合には、二つのターゲットは、交流電圧を受け、それにより、二つのターゲットの一方を、交互の半サイクルで活性化させ、二つのターゲットの他方を、他の半サイクルで活性化させる。このようにして、各ターゲットは、他方のターゲットが活性化される間、アノードの役割を演じる。活性化されると

50

き、各ターゲットは、ターゲット材料の原子を基板上に付着させ、かつ、前の半サイクル中に基板の表面に成長した薄い誘電体物質を除去する。かくして、セルフクリーニング工程が起こる。ターゲットの一つが活性化されるたびに、ターゲットは、電圧スパイクを生じさせる。この電圧スパイクは、ターゲット材料の円滑且つ均一な付着物を、基板上に作らせないようにする。円滑且つ均一な付着物が、基板に形成される電気回路の作動を向上させるから、円滑且つ均一な付着が望ましい。その上、スパイクは、基板上に付着した薄膜中に、粒子及び欠陥を生じさせる。

【0010】

装置は、RF（例えば、13.56MHz）電力によって変調された非対称の交流電圧（好ましくは、40kHz）を、同軸関係を有する一对のターゲット間に印加し、そして

10

1. 付着工程中に、ターゲットの表面から誘電体物質を除去し、ターゲット表面上のこの誘電体物質の付着より以前に生じたアークを除去するために、
 2. 非対称のレベルを調節することによって、均一な被膜を作るために、（異なる電力レベルをターゲットの個々のものに印加して）
 3. RF放電から生ずる、ターゲット付近の永久的なイオン化によりターゲットの円滑な点弧を行わせるために、
 4. ターゲット点弧中、いかなる電圧スパイクをも除去することによって、付着被膜中の欠陥及び異物を除去するために、
 5. プラズマ放電の低エネルギー（「コールド」）電子が基板に達しないようにすることによって、基板の温度を減ずるために、
 6. 基板の表面上の異なる位置に、実質的に均一な付着速度を提供するために、
 7. 帯電粒子による基板のボンバートを減ずることによって、付着した薄膜の固有応力を減ずるために、
- 追加のダイオード回路を使用する。

20

【0011】

（本発明の好ましい実施形態の詳細な説明）

図1は、基板22上に付着物を形成するための、全体的に20で指示した、先行技術の装置の実施形態の一部分を単純化した概略基本原理で示す。装置10は、接地シールド26から間隔を隔てられた一对のターゲット32及び34を含む。ターゲット32及び34の各々は、中空のせん頭円錐形状のような、適当な形状を備えるのがよい。ターゲット32及び34は、共通軸線35に同軸であるのがよく、ターゲット32は、ターゲット34から軸線方向にずらされ、かつ、ターゲット34より大きな直径を有する。ターゲット32及び34は、基板22の表面36上に層に付着される材料から作られるのがよい。例えば、銅の層を基板38上に付着する場合、ターゲット32及び34は、銅から作られるのがよい。しかしながら、ターゲット32は、ターゲット34の材料と異なる材料から作られてもよい。

30

【0012】

アノード40が、ターゲット32及び34と間隔を隔てた、好ましくは、同軸の關係に配置される。正のバイアスが、電源41によってアノード40に印加されて、アノード40とターゲット32及び34の間に電界を生成させる。正のバイアスをアノード40に印加することは、プラズマの性質を変え、また、基板22の表面36上に付着した薄膜の特性について追加の制御を行うのに使用される。アノード40は、ターゲット32によりもターゲット34に近い。アノード40とターゲット32及び34は、キャビティを構成する。アノード40とターゲット32及び34の間の電界により、キャビティ42内に電子を生じさせる。磁石45及び47が、ターゲットの表面と平行な磁界48を生じさせるために、アノード32及び34に対してそれぞれ配置される。磁界48は、電界の方向と交差する方向に、好ましくは、磁化の方向と実質的に垂直な方向に配置される。

40

【0013】

アルゴンのような不活性ガスの分子が、50のところで、キャビティ42の中へ導入さ

50

れる。これらの分子は、キャビティ 42 内の電子によってイオン化され、陽イオンを生じさせる。磁界と電界の間の交差関係、好ましくは実質的に垂直な関係の結果として、電子がキャビティ 42 内を螺旋進路で移動するので、キャビティ内のアルゴン分子のイオン化が促進される。アルゴンの陽イオンは、ターゲット 32 及び 34 まで移動し、ターゲットの傾斜面から、原子を放出させる。これらの原子は、基板 22 の露出面 36 に移動し、その露出面に付着することになる。

【0014】

AC 電圧の二極の性質により、ターゲット 32 及び 34 の各々は、電圧の正の半サイクルがターゲットに印加されるとき、アノードとして作動し、一方、他方のターゲットは、カソードとして作動し、交流電圧の負の半サイクルでは、逆になる。二重マグネトロン装置が採用されるとき、重要な利点が達成される。二極モードでは、二つのターゲットは、放電のアノード及びカソードとして交互に働き、別のアノードを必要としない。しかしながら、二重カソードマグネトロン適用の領域は、薄膜付着中、基板が過熱されることとなるため、及び、付着基板 22 上に配置された電子デバイスのあり得る照射損傷により、制限される。

【0015】

中間周波数（例えば、40 kHz）での放電の「パルス（pulsed）」特性により、プラズマは、電気信号の半周期ごとに点弧されなければならない。プラズマをターゲット付近に効果的に閉じ込めることができず、かくして、プラズマが、基板方向へも及ぶから、頻繁なプラズマ点弧（40 kHz 放電に対して、毎秒 80000 回）が、マグネトロンに、非平衡状態を作り出す。帯電粒子による過度の基板ボンバートは、成長薄膜の形成の構造的欠陥をもたらし、かつ、デバイスの損傷をもたらす。その上、ターゲットの一つが負の電位を有し、放電のカソードとして電子を放出するとき、もう一つのターゲットは、正の電位であり、電子を集める。しかし、強い磁界が、電子をターゲット表面から偏向させるから、正のターゲットは、電子の効果的なコレクターにはならない。その結果、付着工程中、著しい量の電子が、基板 22 の表面 36 に達し、それによって、基板に高温を発生させる。

【0016】

図 10 は、ターゲット 32 及び 34 への交流電圧の印加に応答して、装置 20 の作動を示す。交互の半サイクルでは、ターゲット 32 及び 34 の一方が、62 のところで、スパッタリング状態にされることになり、64 のところで、非活性化されることになる。

【0017】

上述した付着装置 20 には、未解決の問題がある。一つの問題は、ターゲット 34 から基板 22 の露出面に付着した材料の量が、ターゲット 32 から基板の表面に付着した材料の量より多いという事実から生じる。これは印加される AC 電力が対称であり、そのため、両方のターゲットが等しい量の電力を受けるが、ターゲットの幾何学的寸法及び位置が等しくないから起こる。この結果、基板の周囲におけるより、基板 22 の中央における付着速度がより高くなる。

【0018】

別の未解決の問題は、ターゲット 34 の表面上の電界から生ずる。電力の半サイクルでは、ターゲット 34 が、アノードとして作動するとき、ターゲット 34 は、電子を集める。しかし、ターゲット 34 の表面上の磁界が、ターゲットへの電子の流れに抵抗する。かくして、ターゲット 34 がアノードとして働くとき、ターゲット 34 の効率は低い。その結果、「コールド（cold）」電子が、基板 22 の表面 36 に達し、熱を発生させ、基板の表面上の成分を破壊することすらある。同じ問題が、ターゲット 32 がアノードとして働くとき、ターゲットに印加される交流電圧の他の半サイクルに存在する。

【0019】

この出願で開示され、請求され、且つ、図 2 及び図 3 に 76 で全体的に示された装置及び方法は、前の段落で説明した問題を解決する。本装置は、図 1 に示す、ターゲット 32 及び 34 と、アノード 40 と、を有する。しかしながら、交流電圧が、好ましくはほぼ 2

10

20

30

40

50

0 k H z 乃至 8 0 k H z である中間範囲の周波数で、ターゲット 3 2 と 3 4 の間に印加される。

【0020】

図 9 は、水平軸にそって連続的な周波数を示し、垂直軸に沿って、基板 2 2 上での、ターゲット 3 2 及び 3 4 からの材料の付着速度を示す、曲線 7 4 である。図 9 から分かるように、付着速度は、ゼロ周波数で 1. 0 として指示された速度から徐々に減少し、周波数は、約 2 0 k H z から 8 0 k H z の中間範囲に徐々に増加する。

【0021】

図 9 から分かるように、ターゲット 3 2 及びターゲット 3 4 に印加される D C 電圧について、付着速度は 1. 0 である。交流電圧が、約 4 0 k H z の周波数でターゲット 3 2 とターゲット 3 4 の間に印加されるとき、付着速度は、約 0. 7 の値まで減少する。交流電圧が、約 8 0 k H z の周波数でターゲット 3 2 とターゲット 3 4 の間に印加されるとき、付着速度は、約 0. 5 の値まで減少する。

【0022】

図 2 は、本発明の好ましい実施形態の一つを構成する、7 6 で全体的に指示した、装置を概略的に示す。装置は、ターゲット 3 2 及びターゲット 3 4、キャビティ 4 2、及び基板 2 2 を有する。図 1 中の磁石 4 5 及び 4 7 に相当する磁石 4 5 及び 4 7 が、装置に含まれるのがよい。シールド 7 8、8 0 及び 8 2 が、装置内に設けられ、接地のような適当な基準電位に電氣的に接続されるのがよい。基板 2 2 は、電圧源 8 3 からのメガヘルツ範囲（例えば、1 3. 6 6 M H z）の無線周波数で交流電圧を受けるウエハーランド（wafer land）8 4 に配置されるのがよい。この段落で説明したような装置は、先行技術において知られている。

【0023】

約 2 0 k H z から約 8 0 k H z の中間周波数範囲の交流電圧が、電圧源 8 6 によって提供される。電圧源 8 6 からの交流電圧の交互の半サイクルは、インダクタンス 8 8 を介してターゲット 3 2 に印加され、電圧源 8 6 からの他の半サイクルが、インダクタンス 8 9 を介してターゲット 3 4 に印加される。インダクタンス 8 8 及び 8 9 は、ローパスフィルタを構成し、かつ、交流電圧源 8 6 を、無線周波数（1 3. 6 6 M H z）の交流電圧を提供する交流電圧源 9 2 から隔離する。電圧源 8 3 及び 9 2 は、約 1 3. 6 6 M H z のような、適当な無線周波数で作動する単一の電圧源に組み合わせられるのがよい。

【0024】

キャパシタ 9 6 及び 9 7 は、交流電圧源 9 2 と内側のターゲット 3 4 の間に、電圧源と外側のターゲット 3 2 の間に、それぞれ、接続される。ブロック形態に 9 8 で指示した非対称の回路は、その両端に、端子 9 8 a 及び 9 8 b を有する。端子 9 8 a 及び 9 8 b は、ローパスフィルタを構成し、かつ、非対称の回路を交流電圧源 9 2 によって提供される R F 電力から保護する、インダクタンス 1 0 0 及び 1 0 2 とキャパシタ 1 4 0 にそれぞれ接続される。

【0025】

中間周波数（例えば、4 0 k H z）の交流電圧は、電圧源 8 6 から、ターゲット 3 2 及び 3 4 に印加される。インダクタンス 8 8 及び 8 9 のインピーダンスが中間周波数で比較的低いから、電圧をターゲット 3 2 及び 3 4 に印加することができる。同時に、インダクタンス 8 8 及び 8 9 は、無線周波数（例えば、1 3. 6 6 M H z）で高いインピーダンスを有する。これにより、交流電圧源 9 2 からの電圧が交流電圧源 8 6 の作動に影響を及ぼすのを防止する。それはまた、交流電圧源 9 2 からの交流電圧が、ターゲット 3 2 及び 3 4 に加えられることを保障する。

【0026】

キャパシタ 9 6 及び 9 7 はまた、交流電圧源 9 2 からターゲット 3 2 及び 3 4 に印加された無線周波数電力を分割する。分割の割合は、キャパシタ 9 6 及び 9 7 の相対値に依存する。無線周波数（1 3. 6 6 M H z）では、キャパシタ 9 6 及び 9 7 は、低いインピーダンスを有する。これにより、交流電圧源 9 2 からの電圧を、ターゲット 3 2 及び 3 4 に

加えることができる。中間周波数では、キャパシタ 9 6 及び 9 7 は、高いインピーダンスを有する。これは、電圧源 8 6 からの電圧が、交流電圧源 9 2 に加えられるのを防止し、かつ、交流電圧源 9 2 からの電圧が、電圧源 8 6 に加えられるのを防止する。

【0027】

電圧源 8 6 は、図 1 1 に 1 0 0 で示す交流電圧を生じさせる。交流電圧源 9 2 からの交流電圧は、電圧源 8 6 によって作り出された電圧 1 0 0 を変調する。この変調を、図 1 1 に 1 0 2 で示す。分かるように、電圧源 8 6 からの電圧の振幅は、交流電圧源 9 2 からの電圧の振幅よりもかなり大きい。先行技術におけるように、電圧源 8 6 だけが設けられたならば、正のトリガ電圧 7 0 を、図 1 1 に示したように、交流電圧の交互の半サイクルでターゲット 3 2 に生じさせる。同様に、正のトリガ電圧 7 6 を、図 1 1 に示したように、交流電圧の他の半サイクルでターゲット 3 4 に生じさせる。

10

【0028】

中間周波数（40 kHz）の交流電圧を無線周波数（例えば 13.66 MHz）の交流電圧で変調することによって、電圧源 8 6 からの交流電圧の最初の半サイクルでのみトリガ信号を生じさせる。これを、図 1 2 に 1 0 8 で示す。引き続く交互の半サイクルのいずれにおいても、トリガ信号 1 0 8 に対応する非トリガ信号を生じさせない。これは、円滑な付着が、ターゲット 3 2 から基板 2 2 に行われることを保証する。同様に、正の電圧がターゲット 3 4 に加えられるとき、トリガ信号 1 0 8 に対応する単一のトリガ信号だけを、半サイクルの最初の一つで、ターゲット 3 4 に生じさせる。その後、トリガ信号を、ターゲット 3 4 に生じさせない。これは、先行技術で（電圧源 8 6 に対応する）ソースからの交流電圧の各半サイクルでプラズマ放電に作られる異物の、基板 2 2 上でのいかなる付着をも除去する。

20

【0029】

電圧源 8 6 からの交流電圧が、交流電圧源 9 2 からの交流電圧によって変調されるときも、基板の中央領域におけるターゲットからの材料の付着速度は、基板の周囲におけるターゲット 3 2 からの材料の付着速度より大きい。これは、何が先行技術において起きるかどうかである。各事例において、劣悪な品質の基板が作り出される。

【0030】

図 2 に示す本装置 7 2 は、基板の中央部分と周辺部分での基板 2 2 の厚さの違いを補償する。これは、非対称回路 9 8 を設けることによって達成される。非対称回路 9 8 は、その両端に、端子 9 8 a 及び 9 8 b を有する。非対称回路 9 8 は、ターゲット 3 4 によりもターゲット 3 2 にもっと電力を与えて、ターゲットによって基板に生じさせる付着速度を等しくする。これは、交流電圧 1 1 0 がターゲット 3 4 に加えられ、かつ、交流電圧 1 1 2 がターゲット 3 2 に加えられる場合、図 8 から分かる。交流電圧 1 1 0 及び 1 1 2 は、軸線 1 1 4 に対して配置される。普通は、先行技術におけるように、交流電圧は、交流電圧 1 1 0 及び 1 1 2 のピーク間の中間の軸線 1 1 5 に対して配置される。

30

【0031】

図 8 に示すように、ターゲット 3 2 に加えられた交流電圧 1 1 2 の大きさは、軸線が図 8 の 1 1 4 にあるとき、ターゲット 3 4 に加えられる電圧 1 1 0 の大きさより大きい。これは、基板 2 2 にターゲット 3 2 から与えられる付着の速度を増加させ、かつ、基板にターゲット 3 4 から与えられる付着の速度を減少させる。ターゲット 3 2 及び 3 4 に印加される電圧の相対振幅を、基板の全ての位置における付着速度が実質的に均一であるように調節することができる。その結果、基板 2 2 上の付着物の厚さは、基板の全ての位置で実質的に均一である。

40

【0032】

図 3 は、非対称回路 9 8 の端子の個々の一つから、アノード 4 0 に、及び、プロセスチャンバー内の（シールド 7 8 及び 8 0 を含む）他のシールドに各々接続された二つの追加のダイオード 2 0 2 及び 2 0 3 を示す。上述したように、磁界は、「コールド（cold）」電子が、図 1 3 のプラズマ 1 6 0 及び 1 6 2 を出ることを妨げる。その結果、これらの電子は、先行技術では、基板 2 2 に移動し、基板に移動するイオンによって、基板の熱を作

50

り、基板のボンバートを生じさせる。この熱及びボンバートは、先行技術の装置では基板上のデバイス（チップ）を損傷させる。

【0033】

この発明の装置にダイオード202及び203を含めることによって、「コールド（cold）」電子は、先行技術より遙かに容易に、プラズマ160及び102を出て、シールド（例えば78及び80）に移動する。例えば、電圧の負の半サイクルが、ターゲット32に印加されると仮定する。この場合、ダイオード202は、高いインピーダンスを有する。非対称回路98の反対側の端子は、この時、正の電位を有する。これにより、ダイオード203は、低インピーダンスを有し、非対称回路98から正の電圧をターゲット34、アノード40及びシールド78及び80に印加させる。プラズマ162を出すために、「コールド（cold）」電子は、ターゲット34をパスし、かつ、シールド78及び80及びアノード40をパスしなければならない。最も好ましいパスは、シールド80及び78、及びアノード40を通ることである、というのは、プロセスチャンバーのこれらの構成要素は、電子に対して低抵抗を有し、ターゲット34がその表面に、電子がターゲット34に達するのを抑制する磁界を有するからである。その結果、「コールド（cold）」電子は、プラズマ放電162を出て、アノード40及びシールド（例えば、78及び80）を通り、電子のエネルギーを、基板22、又はプロセスチャンバーの他の部分の熱として放散しない。負の電圧がターゲット34に印加されるとき、回路は、先の段落で説明したのと同じように働くが、正の電圧は、今や、ダイオード202を介して印加される。同時に、ダイオード203は、高インピーダンスを有する。

【0034】

「コールド（cold）」電子が基板22に通るのを防止することは、基板の温度を減じ、典型的には、数百MPaの高圧縮応力を有する酸化物フィルム及び窒化物フィルムの圧縮応力を減ずる。

【0035】

図5は、図3に示す非対称発生器98の、全体的に120で示した、好ましい実施形態を、単純化した基本原理で示す。実施形態120は、非対称回路98の両端に、端子98a及び98bを有する。実施形態120はまた、概略的な基本原理で、中間周波数（例えば、40kHz）の交流電圧を、非対称回路98に加えるための交流電源86を有する。

キャパシタ122及びダイオード124は、互いに並列であり、端子98aと端子98bとの間で、電圧源86と直列である。

【0036】

ダイオード124の順方向では、ダイオードは、低インピーダンスを有する。交互の半サイクルで、電流が、電圧源86からダイオード124を通してターゲット32に流れる。これは、図8に112で示す大きな信号を生じさせる。電圧源86からの交流電圧の他の半サイクルでは、ダイオード124は高インピーダンスを有し、電流の流れを阻止する。しかしながら、電流は、キャパシタ122を通して流れるが、その流れは、キャパシタの大きさに依存する量によって制限される。これにより、作り出されるべき図8中の交流電流信号110を生じさせる。

【0037】

キャパシタ122は、ターゲット34に印加される電圧の振幅が、図8に110で示したようであるように選択される。図8の交流電圧110及び112のピーク振幅の間の差は、キャパシタ122の大きさに依存し、かつ、電圧源86によって与えられる交流電圧の周波数に依存する。この差は、基板22上に、ターゲット32及び34によって与えられる付着物の厚さの差を保証するように選択される。

【0038】

図6は、図2及び図3の非対称回路98の、全体的に130で示す、別の好ましい実施形態を、概略的な基本原理で示す。実施形態130は、図5にも示す、ダイオード124及びキャパシタ122を有する。実施形態130はまた、（a）電圧源86の両端に接続された一次巻線132と、（b）一次巻線132と磁氣的に結合した二次巻線134と、

を有する。二次巻線 1 3 4 の一方の端子は、端子 9 8 b に接続され、二次巻線の他方の端子は、キャパシタ 1 2 2 及びダイオード 1 2 4 に接続される。

【0039】

電流が、電圧源 8 6 からの交流電圧の半サイクル毎にで、一次巻線 1 3 2 に流れる。交互の半サイクルでは、ターゲット 3 2 が、基板 2 2 上に付着物を形成するとき、電流が、ダイオード 1 2 4 によって与えられた低インピーダンスパスを通して流れる。これにより、巻線 1 3 2 と巻線 1 3 4 の間の磁気構造に蓄積されたエネルギーの全てをダイオード 1 2 4 を通して分配する。しかしながら、電圧源 8 6 からの交流電圧の別の半サイクルでは、ダイオード 1 2 4 は高インピーダンスを有し、一次巻線によってもたらされるエネルギーの一部分だけが、キャパシタ 2 2 を通る電流によって分配される。これにより、エネルギーのいくらかを、巻線の間の磁気構造にとどめさせる。このエネルギーは、交流電圧の次に半サイクルで、ダイオード 1 2 4 を通る電流の流れによって分配される。これにより、図 8 の電圧 1 1 2 のピーク振幅を、電圧 1 1 0 のピーク振幅に対して増加させる。

10

【0040】

図 7 は、図 2 及び図 3 における非対称回路 9 8 の、全体的に 1 3 6 で示す、他の好ましい実施形態を概略的な基本原理で示す。この実施形態では、電圧源 1 3 8 からの直流電圧が、端子 9 8 a と端子 9 8 b の間に印加される。直流電圧は、図 8 の電圧 1 1 2 のピーク振幅を増加させ、かつ、電圧 1 1 0 のピーク振幅を減少させる方向に印加される。電圧 1 1 2 のピーク振幅の増加量、及び、電圧 1 1 0 のピーク振幅の減少量は、電圧源 1 3 8 によって与えられる流電圧の振幅に依存する。

20

【0041】

図 4 は、図 2 及び図 3 にも示す回路の部分を示す。図 4 に示す回路部分は、非対称回路 9 8、ターゲット 3 2 及び 3 4、及びインダクタンス 1 0 0 及び 1 0 2 を含む。回路のこの部分は、インダクタンス 1 0 0 及び 1 0 2 が、交流電源 9 2 からの約 1 3. 6 6 MHz の無線周波数エネルギーが非対称回路 9 8 を通るのを防止するフィルタとして作用する。

【0042】

先に示したように、誘電体材料が、付着装置 7 6 内のターゲット 3 2 及び 3 4、及び、その他の構成要素の表面に蓄積する。酸素、窒素及びメタンのようなガスの分子が、ターゲット 3 2 及び 3 4 の表面から放出された分子又は原子と反応するとき、誘電体層が蓄積する。放出された原子又は分子は、例示として、シリコン、アルミニウム又はタンタルであり、それらは、例示として、酸素、窒素及びメタン分子と反応して、例示として、二酸化珪素、酸化アルミニウム、酸素と窒素を含むタンタル化合物を形成する。これらの化合物は、ターゲット 3 2 及び 3 4 の表面に付着し、ターゲット 3 2 及び 3 4 を形成する材料の原子又は分子が、ターゲットから放出されないようにする。

30

【0043】

前段落で説明した誘電体材料のうちの一つの層が、ターゲット 3 2 に付着されたと仮定する。また、ターゲット 3 2 が、電圧源 8 6 から負の電圧を受けていると仮定する。このとき、正のイオンから形成されたプラズマ 1 6 0 が、ターゲット 3 2 に隣接してキャビティ 4 2 内に蓄積されている。プラズマ 1 6 0 を、図 1 3 に雲として示す。プラズマ 1 6 0 は、負のターゲット 3 2 に隣接して形成される、というのは、プラズマは比較的ゆっくりと移動する正のイオンから作られ、プラズマがターゲットに隣接して蓄積するからである。

40

【0044】

ターゲット 3 2 に隣接して正のイオンによって形成されたプラズマ 1 6 0 は、比較的強く、ターゲット 3 2 の表面に付着された誘電体材料の層は、比較的薄い。その結果、電界が、プラズマ 1 6 0 からのイオンを加速し、ターゲット 3 2 のボンバートを生じさせる。ボンバートにより、ターゲット 3 4 の表面の誘電体材料を、ターゲットから除去させる。このようにして、ターゲット 3 2 及び 3 4 の表面は、電圧源 8 6 からの交流電圧の次々の半サイクルで、誘電体材料が交互に掃除される。

【0045】

50

誘電体材料がターゲット 3 2 の表面から除去される半サイクル中、上述したように、誘電体材料の層がターゲット 3 4 に形成される。電圧源 8 6 からの交流電圧の次の半サイクルでは、誘電体層は、上述した方法で、プラズマ 1 6 2 の作用によって、ターゲット 3 4 の表面から除去される。このように、ターゲット 3 2 及び 3 4 の表面は、電圧源 8 6 からの交流電圧の次々の半サイクルで、誘電体材料が交互に掃除される。

【0046】

この発明は、特定の実施形態を参照して、説明し、図示したが、含まれる原理は、当業者にとって明らかな他の多数の実施形態に使用することができる。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲によって指示されるようにのみ限定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

10

【0047】

【図 1】基板上に、ターゲットからの材料の付着物を形成するための先行技術の装置の概略図である。

【図 2】本発明を構成する装置の好ましい実施形態を示す電気回路ダイアグラムである。

【図 3】本発明を構成する他の好ましい実施形態を示す電気回路ダイアグラムである。

【図 4】図 2 及び図 3 に示した本発明の実施形態に使用するための、非対称の交流電圧を発生させるための、非対称発電器を示す、部分的にブロック形態での、電気回路ダイアグラムである。

【図 5】図 4 にブロック形態で示した、非対称発電器の好ましい実施形態の電気回路ダイアグラムである。

20

【図 6】図 4 にブロック形態で示した、非対称発電器の別の好ましい実施形態の電気回路ダイアグラムである。

【図 7】図 4 にブロック形態で示した、非対称発電器の更に別の好ましい実施形態の電気回路ダイアグラムである。

【図 8】図 4 ～図 7 に示した非対称発電器の交流電圧の連続サイクルで発生した非対称パワーを概略的に示し、また、先行技術における発生した対称パワーも示す、曲線である。

【図 9】図 2 乃至図 7 に示した回路に、中間範囲で印加された異なる周波数についての、基板上的付着速度を示す曲線である。

【図 10】ガスの分子がイオンになり始めるとき、及び、ガスの分子のイオン化が、半サイクルで停止されるとき、交流電圧の連続する半サイクルの時間を概略的に示す曲線である。

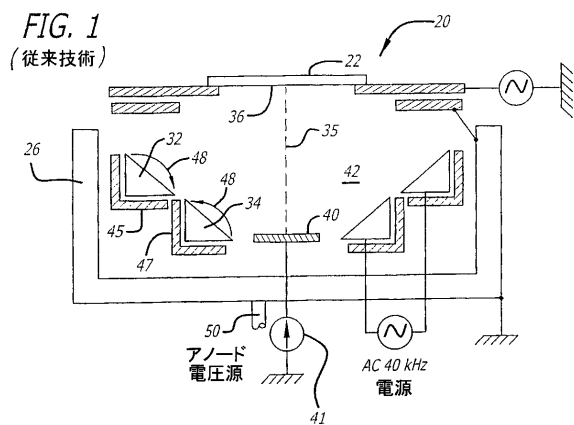
30

【図 11】先行技術における交流電圧の各半サイクルで、ターゲットの個々のものに印加される電圧が、どのように誘発されて電圧スパイクを生じさせるのかを概略的に示す。

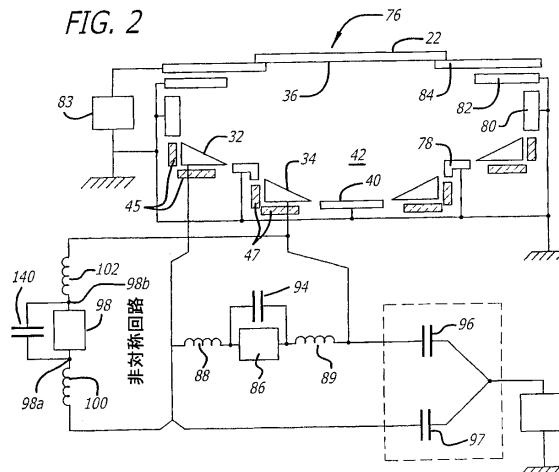
【図 12】交流電圧の各半サイクルでの電圧スパイクの生成が、図 2 乃至図 7 に示した回路を使用することによって、どのように除去されるのかを概略的に示す。

【図 13】プラズマの生成が、図 2 乃至図 7 に示した実施形態で、ターゲットを異物の望ましくない層をきれいにするのに、どのように利用されるのかを示す。

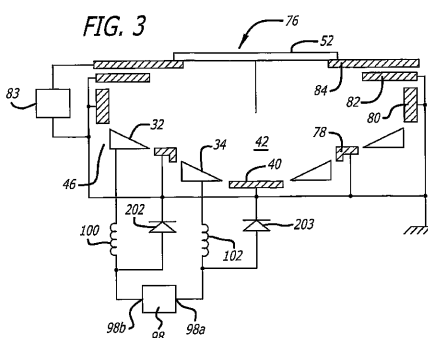
【図 1】



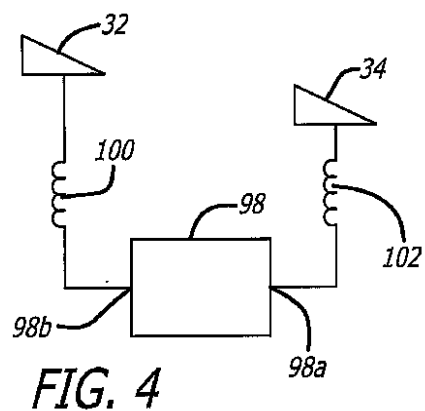
【図 2】



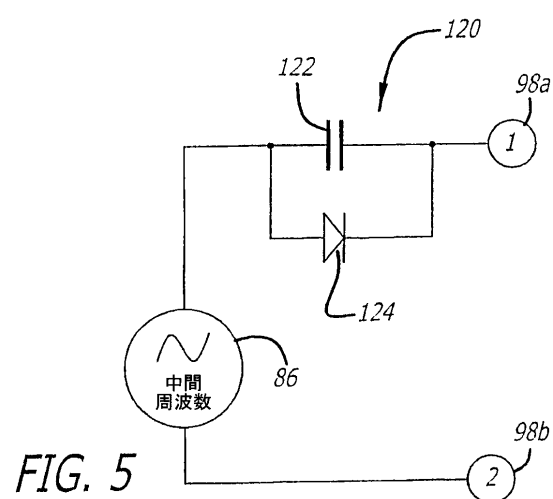
【図 3】



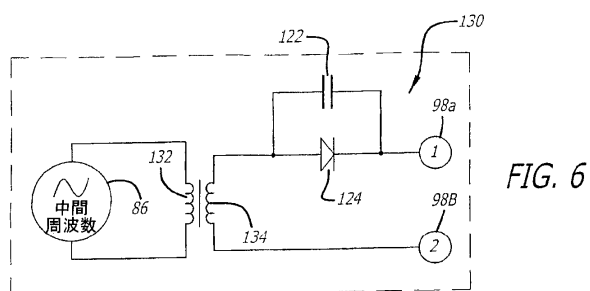
【図 4】



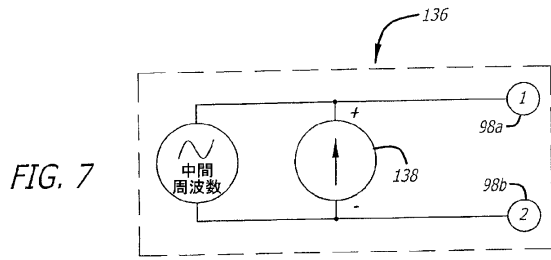
【図 5】



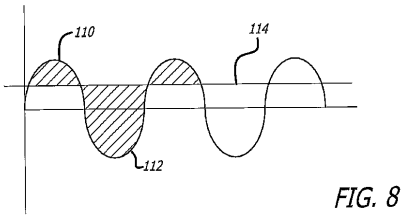
【图 6】



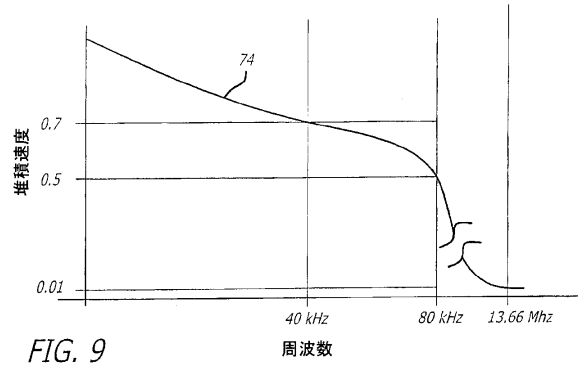
【図 7】



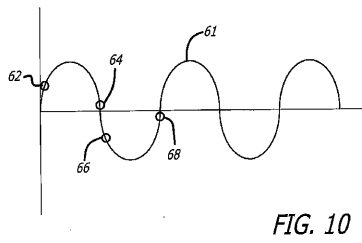
【図 8】



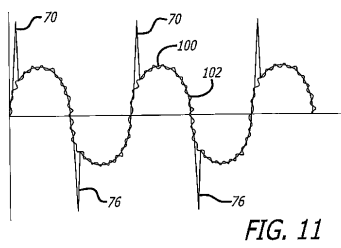
【図 9】



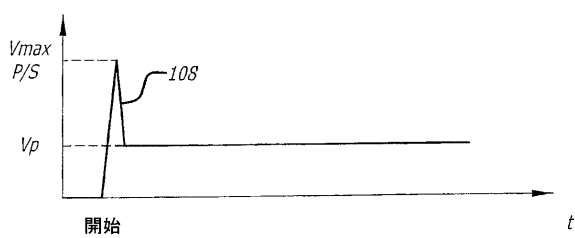
【図 10】



【図 11】

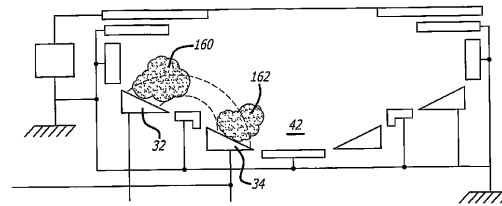


【図 12】



【図 13】

FIG. 13



フロントページの続き

(74)代理人 100095898

弁理士 松下 満

(74)代理人 100098475

弁理士 倉澤 伊知郎

(74)代理人 100170715

弁理士 岡本 和道

(72)発明者 ラプテフ パヴェル エヌ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 93111 サンタ バーバラ ノース サン マーカス
ロード 1 ビー

(72)発明者 フェルメッツガー ヴァレリー ヴィー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 93001 ヴェンテューラ アラパホ ストリート 20
7

審査官 若土 雅之

(56)参考文献 特開2001-003166 (JP, A)

特開平02-225662 (JP, A)

特開平01-116068 (JP, A)

特開昭63-230872 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00-14/58