

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7478809号
(P7478809)

(45)発行日 令和6年5月7日(2024.5.7)

(24)登録日 令和6年4月24日(2024.4.24)

(51)国際特許分類	F I			
B 0 6 B 1/06 (2006.01)	B 0 6 B 1/06	A		
G 0 1 R 27/26 (2006.01)	G 0 1 R 27/26	C		
G 0 1 R 27/02 (2006.01)	G 0 1 R 27/26	L		
	G 0 1 R 27/02	R		

請求項の数 12 (全17頁)

(21)出願番号	特願2022-504233(P2022-504233)	(73)特許権者	520062177
(86)(22)出願日	令和2年7月15日(2020.7.15)		ヘルマン ウルトラシャルテヒニク ゲゼ
(65)公表番号	特表2022-541926(P2022-541926		ルシャフト ミット ベシュレンクテル
A)			ハフツング ウント コンパニー コマン
(43)公表日	令和4年9月28日(2022.9.28)		ディトゲゼルシャフト
(86)国際出願番号	PCT/EP2020/069972		ドイツ連邦共和国, 7 6 3 0 7 カール
(87)国際公開番号	WO2021/013649		スパート, デスコシュトラーセ 3 - 1 1
(87)国際公開日	令和3年1月28日(2021.1.28)	(74)代理人	100099759
審査請求日	令和5年4月17日(2023.4.17)		弁理士 青木 篤
(31)優先権主張番号	102019119911.5	(74)代理人	100123582
(32)優先日	令和1年7月23日(2019.7.23)		弁理士 三橋 真二
(33)優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)	(74)代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74)代理人	100114018
			弁理士 南山 知広

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 振動システムを特徴づける方法及びジェネレータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電気機械的振動システム(100)の電気容量 C_{SW} を定める方法であって、
前記振動システムは、圧電素子(10)と前記圧電素子(10)に振動結合されている少なくとも
1つの他の素子とを有し、
前記圧電素子(10)は、電極とカウンター電極とを有し、
以下のステップ：
a) 前記振動システム又は前記振動システムの部分システムの機械的振動を生じさせる
ために、励振インターバルの期間の間、前記電極と前記カウンター電極との間に交流電圧
を印加し、それによって前記励振インターバルの終了後に前記振動システム又は前記部分
システムが、励振されない自由な振動を実施するステップと、
b) 前記励振の終了後及び前記振動システム又は前記部分システムの励振されない前記
自由な振動の間に：
前記電極と前記カウンター電極との間の電圧 $U(1)$ の時間的推移を測定するステップと
c) ステップ b) において測定された前記電圧 $U(1)$ の前記時間的推移から、前記電気容
量 C_{SW} を定めるステップと、
を有し、
ステップ b) において、前記電圧(1)の前記時間的推移を測定するために、内部容量 C_{probe}
と内部抵抗 R_{probe} とを有する測定装置(30)が使用され、
ステップ c) は、以下の部分ステップ：

10

20

a a) ステップ b) において測定された前記電圧 U (1) の前記時間的推移から、直流電圧成分 U_{DC} (2) の時間的推移を定めるステップと、

b b) 特徴的な時間インターバル τ を定めるステップであって、その中で、ステップ b) において測定された前記直流電圧成分 U_{DC, 0} の最初の値が、前記値 U_{DC, 0} / e に下降する、ステップと、

c c) 前記特徴的な時間インターバル τ によって、前記電気容量 C_{SW} を計算するステップと、

を有する、方法。

【請求項 2】

ステップ c c) において、式：

【数 1】

$$C_{SW} = \left(\frac{\tau}{R_{probe}} \right) - C_{probe}.$$

を用いて、前記電気容量 C_{SW} を計算することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

ステップ a) において、前記振動システム (100) の予め知られている共振周波数に近い、又は等しい周波数 f によって励振が起こる、ことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

以下のさらなるステップ：

d) 前記電極と前記カウンター電極とを導線 (28) によって短絡し、かつ前記導線を通る電流 I (3) の時間的推移を測定するステップと、

ステップ b) が第 1 の測定インターバルの間に起こり、かつステップ d) が第 2 の測定インターバル内に起こり、前記第 2 の測定インターバルが好ましくは前記第 1 の測定インターバルの後に起こり、

e) ステップ d) において測定された前記電流 I (3) の前記時間的推移から、少なくとも 1 つの他の物理的特性量、好ましくは前記振動システム (100) の電氣的等価パラメータを定めるステップと、

が提供されることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

以下のステップの 1 つ又は複数が単独で又は互いに組み合わせて：

f) ステップ d) において定められた前記電流 I (3) の前記時間的推移から、前記振動システム (100) の共振周波数 f_{res} を定めるステップと、

g) ステップ b) において定められた前記電圧 U (1) の前記時間的推移から、前記振動システム (100) の反共振周波数 $f_{antires}$ を定めるステップと、

h) ステップ f)、ステップ g) 及び式：

【数 2】

$$C_m = C_{SW} \left(\frac{f_{antires}^2}{f_{res}^2} - 1 \right),$$

を用いて、前記容量 C_{SW} から前記振動システム (100) の前記モーダルな等価容量 C_m を計算するステップと、

i) ステップ h) 及び前記モーダルな等価容量 C_m から、好ましくは式：

【数 3】

$$L_m = \frac{1}{4\pi^2 f_{res}^2 C_m}$$

を用いて、前記振動システム(100)の前記モーダルな等価インダクタンス L_m を計算するステップと、

j) 前記電流 I (3)の前記時間的推移のエンベロープの、前記時間 t に依存する下降を特徴づける、共振減衰係数 D_{res} を定めるステップと、

k) 前記電圧 U (1)の前記時間的推移のエンベロープの、前記時間 t に依存する下降を特徴づける、反共振減衰係数 $D_{antires}$ を定めるステップと、

l) ステップ f)、ステップ i)、ステップ j) 及び式: $R_m = 4\pi D_{res} L_m f_{res}$ を用いて、前記モーダルな等価抵抗 R_m を計算するステップと、
が提供されることを特徴とする、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

ステップ f) から j) 及びそのために必要な先行するすべてのステップを、好ましくは 300ms より少ない時間インターバル内に、好ましくは 250ms より少ない時間インターバル内に、かつ特に好ましくは 200ms より少ない時間インターバル内に実施することによって、前記振動システム(100)の完全な特徴づけが行われる、ことを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

超音波振動システム(100)を駆動する方法であって、
前記超音波振動システム(100)は、少なくともジェネレータ(20)と、コンバータと、ソノトロードとを有し、前記ソノトロードは、超音波加工を実施するために、加工すべき材料と接触され、
前記コンバータは、少なくとも 1 つの圧電素子(10)を有し、
前記ジェネレータ(20)は、前記コンバータの前記圧電素子(10)によって機械的振動に変換される交流電圧を供給し、

加工休止の間、すなわち、前記ソノトロードが前記加工すべき材料と接触していない場合に、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の方法が実施されることを特徴とする、方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の方法を実施するために、前記ジェネレータ(20)のみが使用されることを特徴とする、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記加工休止の間に、以下のステップ:

A) 請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の方法によって、前記超音波振動システム(100)の前記電気容量 C_{sw} を定めるステップと、

B) ステップ A) において定められた前記超音波振動システム(100)の前記電気容量 C_{sw} に応じて前記交流電圧を調節するステップと、
が行われることを特徴とする、請求項 7 又は 8 に記載の方法。

【請求項 10】

ステップ B) が以下の部分ステップ:

AA) ステップ A) において定められた、前記超音波振動システム(100)の前記電気容量 C_{sw} を用いて、前記超音波振動システム(100)の前記機械的振動の前記振幅 X を定めるステップと、

BB) 前記振幅 X を目標振幅 X_0 と比較するステップと、

CC) 前記ジェネレータ(20)によって供給される前記交流電圧の前記周波数及び / 又は前記振幅を調節し、それによって振幅 X が前記目標振幅 X_0 と等しくなるステップと、
を有することを特徴とする、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

交流電圧を供給し、かつ請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の方法を実施するための手段を有するジェネレータ(20)であって、

交流電圧源(23)、前記交流電圧源と電位接続端(24)との間の電位導線(27)、前記交流電圧源(23)とアース接続端(24')との間のアース導線(26)、及びアース接続端(24')を有し、前記アース導線(26)がアースと接続され、

短絡導線(28)が前記電位導線(24)を前記アース導線(26)と接続することであって、前記ジェネレータ(20)が、

前記電位導線(27)を遮断することができる、第 1 の切り替え装置(21)と、

前記短絡導線(28)を遮断することができる、第 2 の切り替え装置(22)と、を有していることを特徴とする、ジェネレータ。

10

【請求項 12】

前記第 1 の切り替え装置(21)と前記第 2 の切り替え装置(22)とは、リードリレー又は半導体リレーである、ことを特徴とする、請求項 11 に記載のジェネレータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電磁的振動システムの少なくとも 1 つの物理的な特性量を定める方法に関するものであって、その振動システムが圧電素子と圧電素子に振動結合されている少なくとも 1 つの他の素子とを有し、その場合に圧電素子が電極とカウンター電極とを有している。本発明は、さらに、超音波振動システムを駆動する方法に関するものであって、それにおいて、上で挙げた方法が、超音波振動システムの少なくとも 1 つの物理的な特性量を定めるために使用される。さらに、本発明は、交流電圧を供給し、かつ上述した方法を実施するためのジェネレータにも関する。

20

【背景技術】

【0002】

圧電素子を有する振動システムは、工業及び研究の多数の領域において使用される。例として、ラウドスピーカー、ピエゾアクチュエータ及び超音波振動装置のような超音波振動システムにおける圧電素子の使用が挙げられる。本発明の利点は、圧電素子が振動システムの構成部分として使用され、かつ振動の管理又は閉ループ制御が望まれる、すべての領域において得られる。以下において、本発明の特徴と利点を、超音波振動システムの例において、特に工業的な超音波溶接装置を用いて、重点的に説明する。

30

【0003】

超音波溶接装置における溶接継目、超音波切断装置における切断、ラウドスピーカーにおけるトーン又は医療の超音波器具における身体内部の模写であろうと、振動システムによる所定の品質を有する再現可能な結果をもたらすことができることが、望まれる。

【0004】

例えば、超音波溶接器具のソノトロードによって材料を溶接する場合のように、超音波振動システムによって連続的なプロセスが実施される場合に、プロセス結果（溶接継目）のプロセス品質及び再現可能性は、主として、その場合に、使用される振動振幅の時間的挙動に依存している。超音波溶接プロセスにおいては、振動振幅が、プロセスの期間の間、又はまた超音波溶接装置の寿命の期間の間、ほとんど変化せず、それによって超音波溶接装置によって形成された溶接継目が均質に形成され、かつ再現可能な品質を有することが、特に望ましい。

40

【0005】

振動振幅の絶対的な大きさも、溶接継目の品質にとって決定的である。超音波溶接プロセスに適した振動振幅が一度見いだされた場合に、これが、比較可能なプロセスのために、好ましくは常に繰り返し使用される。

【0006】

したがって振動振幅又は振動振幅の時間的挙動の管理は、超音波溶接装置によって形成された溶接継目又はそれに応じた製品の品質及び再現可能性の管理に著しく寄与する。

50

【 0 0 0 7 】

機械的振動システムについて一般的に言えることであるが：振動システムの振幅をより精確に調節し、閉ループ制御し、かつ管理できるほど、それに応じたプロセス品質又は製品品質もそれだけ良好に管理され、したがって最適化もされる。

【 0 0 0 8 】

超音波溶接装置においてアクチュエータとして使用されるような、圧電素子において、該当する振動システムの振動振幅は、アクチュエータ（ピエゾアクチュエータ）に印加される交流電圧を介して閉ループ制御される。その場合に、使用される交流電圧 $U(t)$ （これはもちろん時間 t によって変化する）と、振動システムの振幅 X との関係は、以下のように生じる：振動振幅 X がピエゾアクチュエータの電荷 Q に対して比例的に振る舞う： $X \sim Q$ 。電荷 Q は、測定可能な電流 I にわたる積分を介して得られ、その電流から電流の電氣的成分 I_{SW} が引き算され、その場合に電流の電氣的成分は、印加される電圧 U の時間的伝導

$$\dot{U}$$

と振動システムの電気容量 C_{SW} との積から得られる。したがって：

$$Q = \int I - \dot{U} C_{SW}$$

が得られる。印加される交流電圧 U は、この関係状況において、外部から調節することができる唯一の閉ループ制御量である。したがって振動振幅 X は、原理的に、交流電圧 U のしかるべき適合を介して調節 / 閉ループ制御することができる。

【 0 0 0 9 】

既知の超音波振動システム又はその使用において、振動システムの電気容量 C_{SW} は、変化しない定数とみなされる。その場合に電気容量 C_{SW} は、少なくとも超音波振動システムの運転開始の前に、外部の測定により、又は超音波振動システムの電気素子と圧電素子との既知の容量値に基づいて、定められ、かつそのように一度定められた値がそれ以降のプロセスの基礎とされる。

【 0 0 1 0 】

振動システムの電気容量 C_{SW} は、通常、振動システムの電気素子と圧電素子との容量の合計から得られる。すなわち超音波振動システムにおける電気容量 C_{SW} は、少なくとも、圧電素子の容量 C_p と、圧電素子を交流電圧源と接続する、使用されるケーブルの電気容量 C_{cable} とからしばしば構成される。

【 0 0 1 1 】

しかしながら、超音波振動システムの容量は、時間の経過において変化することがあり得る。例えば、圧電素子を交流電圧源と接続する、古いケーブルが新しいケーブルと代えられる場合に、これが、超音波振動システムの容量へ影響を与える。というのは、新しいケーブルの容量が古いケーブルの容量とは異なることがあり得るからである。これは特に、古いケーブルと新しいケーブルのケーブル長さが異なる場合に、きわめてあり得ることである。

【 0 0 1 2 】

システム構造のこの種の変化（ケーブル交換）に基づいて生じることがあり得る、システムの電気容量 C_{SW} の変化の他に、振動システムの電気素子と圧電素子との容量、例えば圧電素子の容量は、内在的にも変化する。これらの変化は、経年劣化、摩耗に基づいて永続的であり、又は温度変動のような、外的周囲影響に基づいて一時的な場合もある。

【 0 0 1 3 】

しかしながら、既知の超音波振動装置によって所定の振動振幅を有する振動を発生させようとする場合に、そのために必要な交流電圧を定めるために、振動システムの電気容量 C_{SW} のために格納されている値が、その格納されている値がまだ実際の値に相当するか、

を調べることなしに、利用される。したがって、所定の振動振幅を得るために、所定の交流電圧を有する超音波システムがしばしば駆動されるが、この振動振幅が生じないことになる。

【 0 0 1 4 】

これは、上で説明した数学的関係を用いても、明らかになる：電気容量 C_{SW} は変化するが、印加された交流電圧は変化を受けない場合に、上で説明した振動振幅 X 、交流電圧 $U(t)$ と容量 C_{SW} との関係に基づいて、電荷 Q の変化とそれに伴って振動振幅 X の変化がもたらされる。

【 0 0 1 5 】

超音波溶接装置の例において、この問題点を簡単に説明する：運転開始の前に、電気容量 C_{SW} が、一度、外部の測定によって定められる。運転開始後に、未来のすべてのプロセスのために、該当する超音波振動システムの最初に定められた容量 C_{SW} が存在することが、前提とされる。したがって圧電素子に印加される交流電圧は、指向される振動振幅が生じるように調節され、その振動振幅は容量 C_{SW} のために最初に定められた値を想定して予測されるものである。しかしながら、超音波溶接装置の使用の経過において超音波溶接装置の電気素子及び/又は圧電素子の電気容量が変化した場合に、振動振幅も変化する。変化した振動振幅は、通常、最初に調節された振動振幅ほど、該当するプロセスに適していない。したがって、通常、プロセス品質の低下、すなわち形成される溶接継目の品質の低下ももたらされる。

ピエゾアクチュエータの故障を検出する方法は、特許文献 1 から公知である。

[先行技術文献]

[特許文献]

[特許文献 1] DE103 25 446B3

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 6 】

これを背景として、本発明の課題は、上で挙げた欠点の除去又は少なくとも軽減を実現し、又は少なくとも可能にする、方法及び方法を実施するためのジェネレータを提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 7 】

この課題は、まず、請求項 1 に記載の方法によって解決される。その場合に方法は、電磁的振動システムの少なくとも 1 つの物理的特性量を定める方法であって、その振動システムが圧電素子と、その圧電素子に振動結合された少なくとも 1 つの他の素子とを有しており、その場合に圧電素子が電極とカウンター電極とを有するものは、以下のステップを有する：(a) 振動システム又は部分システムの機械的振動をもたらすために、励振インターバルの期間の間、電極とカウンター電極の間とに交流電圧を印加し、それによって励振インターバルの終了後に振動システム又は部分システムは、励振されない自由な振動を実施する；(b) 励振の終了後及び振動システム又は部分システムの励振されない自由な振動の間：(i) 電極とカウンター電極との間の電圧 U の時間的推移を測定し、又は(i i) 電極とカウンター電極とを導線によって短絡させ、かつ導線を通る電流 I の時間的推移を測定し、かつ c) ステップ(b) (i) において測定された電圧 U の時間的推移又はステップ b) (i i) において測定された電流 I の時間的推移から、少なくとも 1 つの物理的特性量を定める。

【 0 0 1 8 】

振動システムの物理的特性量というのは、特に振動システムの容量、圧電素子の容量、振動システムの共振周波数、振動システムの反共振周波数、振動システムのモーダルな等価容量、振動システムのモーダルなインダクタンス、振動システムの共振減衰係数、振動システムの反共振減衰係数、振動システムのモーダルな等価抵抗、並びに共振振動品質及び反共振振動品質のような振動を特徴づける他のパラメータである。

【 0 0 1 9 】

本発明の主旨において、振動システムは全体として、又は部分的に、機械的に振動するように励振することができる。後者の場合において、機械的に振動するように励振される部材が、振動システムの部分システムを形成する。例えば超音波振動システムにおいてコンバータ及びソノトロードが振動を減衰するケーブルを介してジェネレータと接続されているので、ジェネレータは機械的に振動されない。コンバータ、ソノトロード及び場合によってはケーブルの一部が、振動システムの部分システムを形成し、その振動システムが全体としてケーブル全体及びジェネレータも有している。

【 0 0 2 0 】

励振インターバルは、好ましくは 1 0 0 ミリ秒よりも短く、特に好ましくは 5 0 ミリ秒よりも短い長さである。

10

【 0 0 2 1 】

本発明に係る方法によって、振動を特徴づける、振動システムの電気容量 C_{SW} のような、物理的特性量を定めることができ、振動システムをばらばらにして、振動システムの個々の部材を測定することは、不要である。この方法は、さらに、定められた特性量にしたがって振動システムを最適化することを、可能にする。

【 0 0 2 2 】

好ましい実施形態において、本発明に係る方法は、振動システムの電気容量 C_{SW} を定める方法であって、その場合にステップ (b) の代替案 (i) に従って圧電素子の電極とカウンター電極との間の電圧 U の時間的推移が測定され、かつステップ (c) において、ステップ (b) において測定された電圧 U の時間的推移から電気容量 C_{SW} が定められる。

20

【 0 0 2 3 】

この方法は、既存の振動システムの電気容量 C_{SW} を、本発明なしで可能であるよりもずっと迅速に定めることを、可能にする。ここで詳述する実施形態に基づく方法は、完全に実施するために約 1 5 0 m s から 2 0 0 m s しか必要とせず、その場合に振動システムは、互いに分解し、又は構造的に変化させる必要はない。したがって圧電素子の容量をきわめて迅速かつ効率的に定めることと、監視することもできる。経年劣化、摩耗又は温度変動に基づく電気容量 C_{SW} の変化は、即座に検出することができ、かつきわめて短い時間内にそれに適切に行うことができる。

【 0 0 2 4 】

30

特に好ましい実施形態によれば、振動システムの電気容量 C_{SW} を定めることは、以下のように行われる：ステップ (b) において、内部容量 C_{probe} と内部抵抗 R_{probe} とを有する測定装置が電圧の時間的推移を測定するために使用され、かつステップ (c) が以下の部分ステップを有する：(a a) ステップ (b) において測定された電圧 U の時間的推移から直流電圧成分 U_{DC} の時間的推移を定め、(b b) ステップ b) で測定された、直流電圧成分 U_{DC} 、0 の初期の値が $U_{DC, 0} / e$ に下降する、特徴的な時間インターバル τ を定め；(c c) 特徴的な時間インターバル τ によって、好ましくは式 $C_{SW} = (\tau / R_{probe}) - C_{probe}$ を用いて、容量 C_p を計算する。

【 0 0 2 5 】

文字「 e 」は、オイラー数 = 2 . 7 1 8 . . . を表す。さらにステップ (c c) の好ましい実施形態において、測定装置の容量 C_{probe} は振動システムの電気容量の構成要素ではないと、みなされる。これは特に、測定装置が振動システム内に永続的に統合されていない場合に、正当化される。測定装置が、代替的に、特に振動システムの駆動の間も、振動システム内に統合されている場合には、振動システムの容量は、通常、測定装置の容量 C_{probe} も含むので、以下の代替的な式が生じる： $C_{SW} = \tau / R_{probe}$

40

【 0 0 2 6 】

ステップ (b) において測定された電圧の時間的推移は、直流電圧成分 U_{DC} と交流電圧成分 U_{AC} に分割される。両成分は、重畳されて生じる。

【 0 0 2 7 】

特に好ましくは、直流電圧成分 U_{DC} を分離するために、ハイパスフィルタが使用される

50

ので、時定数 τ は正確に定めることができる。

【 0 0 2 8 】

部分ステップ (a a)、(b b) 及び (c c) は、好ましいやり方で、しかるべく形成されたアルゴリズムを用いて、すべて自動化して実施することができるので、振動システムの励起されない自由な振動の間に、電圧 U を測定することによって、容量 C_{SW} を計算することができる。特徴的な時間インターバル τ は、電圧信号の半値時間としても記述される。本発明に係る方法は、この実施形態において、振動システムの圧電素子と他の電気的素子とが物理的に見て、初期充電されて、次に再び放電する、プレートコンデンサと同様に振る舞う、という認識を利用している。したがってプレートコンデンサの容量がその放電カーブから定められるのと同様に、振動システムの、すなわち振動システムの圧電素子と電気素子との容量は、ステップ (b) (i) で測定された電圧 U の時間的推移又は下降から定められる。その場合に電圧 U の直流成分 U_{DC} のみが重要である。

10

【 0 0 2 9 】

振動システムの純粋に電気的素子の容量がわかっている限りにおいて、使用される圧電素子の容量 C_p は、電気容量 C_{SW} から定められる。振動システムの容量が直列に接続されていない限りにおいて、 C_p は、 C_{SW} から残りの電気的又は圧電素子の容量を引き算することによって得られる。

【 0 0 3 0 】

さらなる実施形態において、ステップ (a) において、振動システムの既知の共振周波数に近い、又は等しい周波数 I の励振が起こる。これは、ステップ (b) において測定された電圧又は電流において、信号 - ノイズ比が特に大きいので、定めるべき物理的特性量をより高い精度で定めることができる、という利点を有している。

20

【 0 0 3 1 】

好ましい実施形態によれば、上で説明した方法の中の、振動システムの電気容量 C_{SW} が定められるものにおいて、以下の他のステップが提供される：(d) 電極とカウンター電極とを導線によって短絡させて、導線を通る電流 I の時間的推移を測定し、その場合にステップ (b) は第 1 の測定インターバルの間に起こり、ステップ (d) は第 2 の測定インターバルの間に起こり、その場合に第 2 の測定インターバルは好ましくは第 1 の測定インターバルの後に起こる；(e) ステップ (d) において測定された電流 I の時間的推移から、少なくとも 1 つの他の物理的特性量、好ましくは振動システムの電気的等価パラメータを定める。

30

【 0 0 3 2 】

この実施形態において、電圧 U の時間的推移も、電流 I の時間的推移も測定され、ステップ (b) において代替案 (i) が、そしてステップ (d) において代替案 (i i) が実施される。好ましくは、第 1 の測定インターバルの間に電圧 U が測定され、その後電極がカウンター電極に短絡されて、第 2 の測定インターバルの間に電流 I が測定される。

【 0 0 3 3 】

電圧 U 及び電流 I の推移を測定する利点は、振動システムの振動を包括的に特徴づける、パラメータの完全なセットを定めることができることにある。したがって圧電素子を有する振動システムの実際状態のできる限り完全なイメージが形成される。これが、該当する振動システムの詳細化されたプロセスモニタリングと効率的なプロセス閉ループ制御を可能にする。

40

【 0 0 3 4 】

他の実施形態によれば、以下のステップの 1 つ又は複数が単独で又は互いに組み合わせて提供される：

(f) ステップ (d) において定められた電流 I の時間的推移から、振動システムの共振周波数 f_{res} を定める；

(g) ステップ (b) において定められた電圧 U の時間的推移から、振動システムの反共振周波数 $f_{antires}$ を定める；

(h) ステップ (f)、ステップ (g) 及び式：

50

【数 1】

$$C_m = C_p \left(\frac{f_{antires}^2}{f_{res}^2} - 1 \right);$$

を用いて、容量 C_p から振動システムのモーダルな等価容量 C_m を計算する；

(i) ステップ (h) 及び、モーダルな等価容量 C_m から、好ましくは式：

【数 2】

$$L_m = \frac{1}{4\pi^2 f_{res}^2 C_m};$$

10

を用いて、振動システムのモーダルな等価インダクタンス L_m を計算する；

(j) 電流の時間的推移のエンベロープの、時間 t に依存する下降を特徴づける、共振減衰係数 D_{res} を定める；

(k) 電圧の時間的推移のエンベロープの、時間 t に依存する下降を特徴づける、反共振減衰係数 $D_{antires}$ を定める；

(l) ステップ (f)、ステップ (i)、ステップ (j)、及び式 $R_m = 4 \pi D_{res} L_m f_{res}$ を用いて、モーダルな等価抵抗 R_m を計算する。

20

【 0 0 3 5】

測定された電流の時間的推移は、振動システムの機械的振動と同様に振る舞う。したがって共振周波数又は反共振周波数は、ステップ (f) 又はステップ (g) において電流 I 若しくは電圧 U の振動の周期長さを正確に測定することによって、又は電流若しくは電圧の時間的推移をフーリエ分析することによって、行うことができる。

【 0 0 3 6】

本発明は、超音波振動システムを駆動する方法にも関する。その場合に方法の核心も、振動システムの物理的特性量を定めるための、上述した本発明に係る方法のままである。物理的特性量を定めるためのこの方法が、超音波振動システムを駆動する方法において使用され、その場合に超音波振動システムは少なくともジェネレータと、コンバータと、ソノトロードとを有し、その場合にソノトロードは超音波加工を実施するために、加工すべき材料と接触され、その場合にコンバータが少なくとも1つの圧電素子を有し、かつその場合に、ジェネレータが交流電圧を供給し、その交流電圧がコンバータの圧電素子によって機械的振動に変換される。本発明によれば、加工休止の間、ソノトロードが加工すべき材料と接触されていない場合に、この方法に関して上で記述された実施形態のいずれかに基づく、少なくとも1つの物理的特性量を定める方法が実施される。

30

【 0 0 3 7】

特に好ましいやり方で、プロセス駆動内で様々な理由から起こる加工休止を、例えば超音波振動システムのプロセス品質についての説明を行う、物理的特性量を定めるために、使用することができる。これが、振動システムの少なくとも1つの物理的特性量を定めるための本発明に係る方法を、超音波振動システムのプロセスにおいてきわめて効率的に統合することを、可能にする。

40

【 0 0 3 8】

好ましい実施形態において、加工休止の間、以下のステップが行われる：(A) 上述した実施形態のいずれかに基づいて超音波振動システムの電気容量 C_{sw} を定める方法によって超音波振動システムの電気容量 C_{sw} を定める；(B) ステップ (A) において定められた超音波振動システムの電気容量 C_{sw} に応じて交流電圧を調節する。

【 0 0 3 9】

それによって、定められた電気容量 C_{sw} に応じて、振動プロセスの最適化が行われることが、可能になる。ステップ (B) による方法は、振動システムの純粋なモニタリングを

50

上回る。ステップ（Ｂ）において実施されるべき、電気容量 C_{SW} の決定への反応は、特に自動的に呼び出すことができる。その場合に方法は、例えば、ステップ（Ｂ）において定められた電気容量 C_{SW} に応じて行われる、予め調節された調節プロセスを使用することができる。電気容量 C_{SW} が、例えば予め定められた下限又は上限を下回る、又は上回る場合に、超音波振動システムの損傷の危険を減少させるために、例えば、印加される交流電圧をオフにすることができる。

【００４０】

超音波振動システムの電気素子と圧電素子との容量が時間と温度（周囲温度）とにしたがって変化することを背景にして、ここで詳論される実施形態は、振動振幅の温度及び経年劣化適合的閉ループ制御を提供する。

10

【００４１】

特に唯一の加工休止の間、振動システムの完全な特徴づけ、すなわち振動システムの電気容量 C_{SW} 、共振周波数 f_{res} 、反共振周波数 $f_{antires}$ 、モーダルな等価容量 C_m 、モーダルな等価インダクタンス L_m 、共振減衰係数 D_{res} 、反共振減衰係数 $D_{antires}$ 及びモーダルな等価抵抗 R_m の決定を、行うことができる。その場合に、この完全な特徴づけは、 300ms より短い、好ましくは 250ms より短い、かつ特に好ましくは 200ms より短い時間インターバル内で行われる。

【００４２】

特に好ましい実施形態において、ステップ（Ｂ）は以下の部分ステップを有する：（Ａ）ステップ（Ａ）において定められた超音波振動システムの電気容量 C_{SW} を有する超音波振動システムの機械的振動の振幅 X を定める；（Ｂ）振幅 X を目標振幅 X_0 と比較する；（Ｃ）ジェネレータによって供給される交流電圧の周波数及び／又は振幅を調節し、それによって目標振幅 X_0 に等しい振幅 X が生じる。

20

【００４３】

本発明に係る方法のこの形態は、超音波振動システムの機械的な振動振幅が時間的にできる限り一定に維持されることを実現し、それにより振動システムによって再現可能な結果をもたらすことができる。これは、ここで詳述する実施形態によって好ましいやり方で達成される。機械的振動が所望の振幅を有するかが、検査され、偏差が確認されるとすぐに、この偏差が印加される交流電圧の適切な適合によって補償されるので、機械的振動振幅の目標値が再び生じるからである。

30

【００４４】

好ましくは規則的な間隔で加工休止が繰り返し起こり、その間に部分ステップ（Ａ）、（Ｂ）及び（Ｃ）を含むステップ（Ａ）と（Ｂ）とが行われる。

【００４５】

本発明の基礎となる課題は、さらに、装置、すなわち交流電圧を提供し、かつ上述した実施形態のいずれかに基づく方法を実施するための、ジェネレータによって解決され、その場合にジェネレータは交流電圧源、交流電圧源と電位接続端との間の電位導線、及び交流電圧源とアース接続端との間のアース導線を有しており、その場合に、アース導線はアースと接続されている。本発明によれば、短絡導線が電位導線をアース導線と接続し、その場合に、ジェネレータは、電位導線を遮断することができる第１の切り替え装置と、短絡導線を遮断することができる第２の切り替え装置とを有している。

40

【００４６】

本発明に係るジェネレータは、特に上述した方法を実施するために形成されている。ステップ（ａ）に基づく振動の刺激を実施するために、第１の切り替え装置が閉成され、第２の切り替え装置が開放されているので、電位導線は遮断されておらず、短絡導線が遮断されているので、交流電圧が電位接続端において出力される。ステップ（ｂ）（ｉ）を実施するために、第１及び第２の切り替え装置が開放されているので、交流電圧はもはや電位接続端において出力されず、短絡電流が流れることはできない。ステップ（ｄ）又は代替案（ｂ）（ｉｉ）を実施するために、第１の切り替え装置は開放され、第２の切り替え装置は閉成されているので、短絡電流が短絡導線を通して流れることができる。

50

【 0 0 4 7 】

本発明に係るジェネレータは、普遍的に使用することができる。振動振幅を閉ループ制御するために、様々な振動システムのために問題なく使用することができるからである。本発明に係る方法のいずれかと組み合わせ、ジェネレータ自体が較正されるので、ジェネレータは各振動システム内で正確に、そこで所望の振動振幅のために必要とされる交流電圧を提供し、適用者が手動でプロセス固有のパラメータを格納する必要はない。

【 0 0 4 8 】

本発明に係るジェネレータに加えて、本発明に基づく方法を実施するために、電圧と電流 I とを測定する手段のみが必要とされる。この手段は、例えばオシロスコープによって提供することができる。特に好ましくはジェネレータと電圧及び電流を測定する手段は、統合されたオシロスコープを有するジェネレータとして一体的に形成されている。

10

【 0 0 4 9 】

請求項 1 から 7 に記載の本発明に係る方法は、ジェネレータの使用のみによって、すなわち外部の測定器具の使用なしで、行うことができる。

【 0 0 5 0 】

好ましくは、第 1 及び第 2 の切り替え装置は、リードリレー又は半導体リレーとして形成されている。この種のリレーは、好ましいやり方で、きれいで迅速な切り替え、特にステップ (a) 及び (b) ステップ (a) を実施するために電位導線を迅速に分離すること及び、振動システムが自由な振動を実施する間に、ステップ (d) 又は代替案 (b) (i i) 内できれいに短絡することをもたらす。

20

【 0 0 5 1 】

本発明に係る方法及び本発明に係るジェネレータは、好ましくは超音波溶接システムのため、特に好ましくはプラスチック又は不織布を溶接するための超音波溶接システムのために使用される。

【 0 0 5 2 】

本発明の他の利点、特徴及び適用可能性が、方法の好ましい実施形態とジェネレータの好ましい実施形態及び付属の図についての以下の説明を用いて明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 3 】

【図 1】第 1 の超音波振動システムの簡略化された等価回路を示している。

30

【図 2】第 1 の状態における本発明に係るジェネレータを有する第 2 の超音波振動システムを示す回路図を示している。

【図 3】第 2 の状態における図 2 の超音波振動システムを示す回路図を示している。

【図 4】第 3 の状態における図 2 の超音波振動システムを示す回路図を示している。

【図 5】共振周波数近傍の励振後の、第 2 の超音波振動システムの電圧の測定された推移のカーブを示している。

【図 6】共振周波数近傍の励振後の、第 2 の超音波振動システムの電流の測定された推移のカーブを示している。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 5 4 】

40

図 1 に示す等価回路図は、その共振周波数に近い、又は等しい容量 C_p を有する圧電素子、すなわち piezoelectric actuator 10 が、すなわち固有モードにおいて、交流電圧 U によって振動するよう刺激される場合を示している。したがって等価回路は、piezoelectric actuator の他に他の電気素子又は圧電素子を有しない、振動システムを示している。

「等価回路」という概念は、等価回路内に示される純粋に電氣的な回路（電氣的な振動回路を表す）の挙動によって、基礎となる圧電超音波振動システム（実際には電気素子の他に機械的部材も有する）の挙動が記述されることである。

【 0 0 5 5 】

図 1 の等価回路内で、信号入力 11 を介して電圧 U が piezoelectric actuator 10 へ印加される。piezoelectric actuator 10 の回路は、一方で、並列に接続された、容量 C_p を有

50

するコンデンサを備えており、そのコンデンサが等価回路の電氣的ドメインを表す。電氣的ドメインというのは、等価回路の、圧電素子の電氣的特性を示す領域である。この主旨において、圧電素子は、実際にはコンデンサの電氣的特性を有している。したがって電氣的ドメイン内を流れる電流 i_{cm} は、実際には、圧電素子内を流れる電流である。

【 0 0 5 6 】

それに対して等価回路図は、機械的ドメインも有しており、そのドメインは等価抵抗 R_M 、等価容量 C_M を有するコンデンサ及び等価インダクタンス L_M を有するコイルを備えており、その場合にこれら 3 つの素子は、直列に接続されている。等価回路の機械的ドメインによって、圧電素子の機械的特性が記述される。機械的ドメインの部材は、実際の電氣的構成部品ではなく、等価部材を表す。その場合にこれらの等価部材は、それが電氣的振動回路を形成するように、形成されており、それにおいて電荷振幅は、圧電素子の実際の機械的振幅と同じように振る舞う。この主旨において、電流の、機械的ドメイン内を流れ、したがって「機械的」電流と称される成分も、実際に圧電素子内を流れる電流ではない。したがってそれは、圧電素子の内部で電氣エネルギーを機械エネルギーに変換することを表している。

【 0 0 5 7 】

電流 I の電氣的成分は、図において i_{cp} と称され、電流 I の機械的成分は図 1 において i_{cm} と称される。同様に、図示されるすべての電流 I が測定される。機械的振動の振幅は、機械的成分 i_m から得られるので、全電流 I の測定から電荷 Q とそれに伴って振幅 X を定めることができるようにするためには、電氣的成分 i_{cp} がわかっていなければならない。電氣的成分 i_{cp} は、振動システムの容量（これは図 1 において圧電素子の容量と等しい（図 1 内で： $C_p = C_{SW}$ ））に依存するので、この場合において本発明に係る方法は、この容量 C_p を定め、かつそれに伴って振動振幅の決定可能性と閉ループ制御を改良するため、使用することができる。

【 0 0 5 8 】

本発明に係る方法の実施形態が、どのような測定、データ及びステップによってこの目標に達するかが、図 2 から 6 に示されている。

【 0 0 5 9 】

図 2、3 及び 4 内では、それぞれジェネレータを有する超音波振動システム 100 の回路図が示されており、その場合に図 2、3 及び 4 は、ジェネレータ 20 の内部の回路のそれぞれ異なる状態を示している。ここに示される超音波振動システム 100 は、さらにピエゾアクチュエータ 10 を有しており、それが図 1 に等価回路として示されている。ピエゾアクチュエータは、振動システム 100 の他の部材（ここには示されない）、例えばここには図示されないソノトロードと、振動結合されている。ピエゾアクチュエータ 10 は、ケーブル 15 を介して本発明に係るジェネレータ 20 と接続されており、その場合にケーブルが容量 C_{cable} を有している。ジェネレータ 20 は、交流電圧 U を提供する交流電圧源 23 からなる。電圧源 23 はアース導線 26 を介してアース接続端 24' と、そして電位導線 27 がジェネレータの電位接続端 24 と接続されている。その場合に電位導線は、第 1 の切り替え装置 21 を有しており、それを用いて電位導線を遮断することができ、すなわち電位導線の電氣的に導通する機能をオフにすることができる。さらに、短絡導線 28 が設けられており、それが電位導線 27 とアース導線 26 を接続しており、その場合にこの導線も切り替え装置 22 を有しており、それを用いて短絡導線 28 を遮断することができ、すなわち短絡導線の電氣的に導通する機能をオフにすることができる。

【 0 0 6 0 】

信号入力 11 は、次のように、すなわち信号入力 11 に印加される交流電圧がピエゾアクチュエータ 10 の電極とカウンター電極との間に印加されるように、ピエゾアクチュエータ 10 の電極とカウンター電極とに接続されている。信号入力がケーブルを介してジェネレータと接続されているので、ピエゾアクチュエータの電極とカウンター電極とは切り替え装置 22 を介して、電位導線及びアース導線が接続されることによって、短絡することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

ジェネレータ 2 0 は、さらに、オシロスコープの形式の測定装置 3 0 を有しており、それが並列接続によって電位接続端 2 4 及びアース接続端 2 4 ' と接続されている。その場合に、測定装置 3 0 は、回路図に示されるように、内部容量 C_{probe} と内部抵抗 R_{probe} とを有している。

【 0 0 6 2 】

本発明に係る方法を実施するために、図 2、3 及び 4 に示すジェネレータ 2 0 は、切り替え装置 2 1 及び 2 2 が利用されることにより、様々な状態へ移行される。

【 0 0 6 3 】

図 2 において、最初は電位導線のみは遮断されていないので、交流電圧源は電氣的に導通するように信号出力と接続されており、すなわち切り替え装置 2 1 は閉成された位置にある。それに対して切り替え装置 2 2 は開放しているので、電位導線とアース導線の間に短絡電流は流れない。したがって電位接続端 2 4 には、電圧源 2 3 から提供された交流電圧が印加される。これが、ケーブルを介して超音波振動ユニットへ転送されるので、それが信号入力 1 1 を介してピエゾアクチュエータへ、すなわちピエゾアクチュエータの電極とカウンター電極との間に、印加される。その場合に印加される交流電圧の周波数は、好ましくは、図示される振動システムの共振周波数に相当するように、選択されている。

10

【 0 0 6 4 】

印加された交流電圧が、ピエゾアクチュエータを振動させる。したがって図 2 は、本発明に係る方法のステップ (a) に基づく励振インターバル [t_0 、 t_1] 内の回路の状態を示している。

20

【 0 0 6 5 】

本発明に係る方法のステップ (a) からステップ (b) へ達するために、切り替え装置 2 1 が次のように、すなわち電圧源と電位接続端 2 4 との間の接続 - 電位導線 2 7 - が遮断されるように、操作されるので、超音波振動システム 1 0 は励振されない自由な振動を実施する。ピエゾアクチュエータの電極とカウンター電極の間にもはや交流電圧は印加されないからである。開放された切り替え装置 2 1 を有する回路のそれに応じた状態が、図 3 に代替案 (b) (i) について、図 4 には代替案 (b) (i i) について示されている。

【 0 0 6 6 】

まず、ステップ (b) の代替案 (i) が、そしてその後ステップ (d)、したがってステップ (b) からの代替案 (i i) が実施される、本発明に係る方法の実施形態から始まって、ジェネレータは、代替案 (b) (i) に基づいて測定装置 3 0 によって電圧が測定される第 1 の測定インターバル [t_1 、 t_2] の間、図 3 に示す、開放された切り替え装置 2 1 及び 2 2 を有する状態に留まる。

30

【 0 0 6 7 】

第 2 の測定インターバル [t_2 、 t_3] 内にステップ (d) に基づいて電流又は短絡電流を測定するために、図 4 に示すように切り替え装置 2 2 が、電位導線 2 7 とアース導線 2 6 との間の接続 2 8 を形成するように、操作されることにより、電極とカウンター電極が短絡される。本発明に係るジェネレータ 2 0 が図 4 に示す状態にある間、ステップ (d) に基づいて短絡電流が測定され、その後切り替え装置 2 1 が開放されて、切り替え装置 2 2 が閉成され、したがって電極とカウンター電極の間の電氣的に導通する直接的な接続が生じる。

40

【 0 0 6 8 】

図 5 は、二次元のダイアグラムにおいて、励振インターバル [t_0 、 t_1]、第 1 の測定インターバル [t_1 、 t_2] 及び第 2 の測定インターバル [t_2 、 t_3] 内の電圧 U の時間的推移 1 及び電圧 U の直流電流成分の時間的推移 2 を示している。ここに示す測定のために、超音波振動システムが時間インターバル [t_0 、 t_1] 内で、超音波振動システムの共振周波数に近い周波数で励振される - 交流電流の印加により (図 2 に示す回路状態を参照)。時点 t_1 において、印加された交流電流がオフにされ、それに続いて超音波振

50

動システムの振動が止み始める（図 3 に示す回路の状態を参照）。この振動が止む経過において、時点 t_1 において電圧の最初に存在した直流電圧成分 $U_{DC,1}$ が、時点 t_2 の直流電圧成分 $U_{DC,2}$ まで、指数的に減少する。電圧 U の推移 1 は全体として、直流電圧成分 U_{DC} のこの指数的な下降と重畳された代替的な交流電圧成分 U_{AC} とから生じ、その振幅は同様に測定インターバル $[t_1, t_2]$ の推移内で減少する。時点 t_2 において、電極とカウンター電極は短絡導線によって接続され、すなわち短絡されるので、電圧は時点 t_2 において急激にゼロに降下し、かつ第 2 の測定インターバル $[t_3, t_4]$ が続く間そこに留まり、その場合にここでは $t_2 = t_3$ の場合が示されている（図 4 の回路の状態を参照）。

【 0 0 6 9 】

10

直流電圧成分 U_{DC} の時間的下降から、ステップ (c) (b b) に基づいて特徴的な時間インターバル t が、例えば式：

【数 3】

$$t = (t_2 - t_1) / \ln\left(\frac{U_{DC,1}}{U_{DC,2}}\right)$$

を用いて、定められる。

【 0 0 7 0 】

20

図 6 は、図 2 に電圧 U の推移について示されているのと同じ測定のために電流 I の時間的推移を示している。すなわち図 5 の時点 t_3 に、図 2 の、電極とカウンター電極が短絡される時点 t_2 が相当する。図 6 に示す測定インターバル $[t_3, t_4]$ 内で、短絡によってトリガーされた電極とカウンター電極との間の短絡電流が測定される。この電流は、ゼロ位置を中心に交代する推移、したがって純粋な交流電流推移を有している。その場合に、交流電流の振幅は、指数的に下降する。これが、交流電流の推移の仮想のエンベロープを用いて認識される。この指数的な下降から、 $e^{-D_{res}t}$ に基づく $F i t$ によって、共振減衰係数 D_{res} が定められる。同様に、図 5 に示す電圧の推移を用いて、交流電圧成分 U_{AC} のエンベロープの下降から、反共振の緩衝係数 $D_{antires}$ が定められる。

【符号の説明】

30

【 0 0 7 1 】

- 1 電圧 U の時間的推移
- 2 直流電圧成分 U_{DC} の時間的推移
- 3 電流 I の時間的推移
- 1 0 圧電素子 / ピエゾアクチュエータ
- 1 1 信号入力
- 1 5 ケーブル
- 2 0 ジェネレータ
- 2 1 第 1 の切り替え装置
- 2 2 第 2 の切り替え装置
- 2 3 交流電圧源
- 2 4 電位接続端
- 2 4 ' アース接続端
- 2 5 アース
- 2 6 アース導線
- 2 7 電位導線
- 2 8 短絡導線
- 3 0 測定装置 / オシロスコープ
- 4 0 補助線
- 1 0 0 超音波振動システム

40

50

- C_p 圧電素子の電気容量
- R_m 超音波振動システムの等価抵抗
- C_m 超音波振動システムの等価容量
- L_m 超音波振動システムの等価インダクタンス
- C_{cable} ケーブルの電気容量
- C_{probe} 測定装置（オシロスコープ）の内部容量
- R_{probe} 測定装置（オシロスコープ）の内部抵抗
- U 電圧
- $U_{DC,1}$ 時点 t_1 における直流電圧成分
- $U_{DC,2}$ 時点 t_2 における直流電圧成分
- I 電流
- i （ベクトル量としての）電流
- i_m 機械的電流成分
- i_{cp} 電氣的電流成分
- t 時間
- s 秒
- V ボルト

【図面】

【図 1】

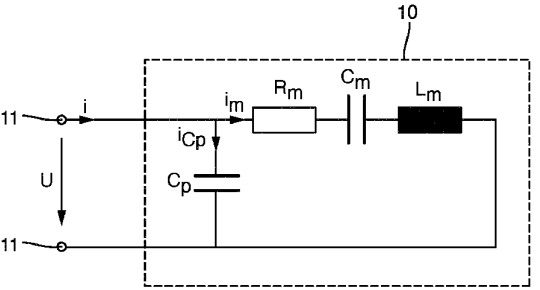


Fig. 1

【図 2】

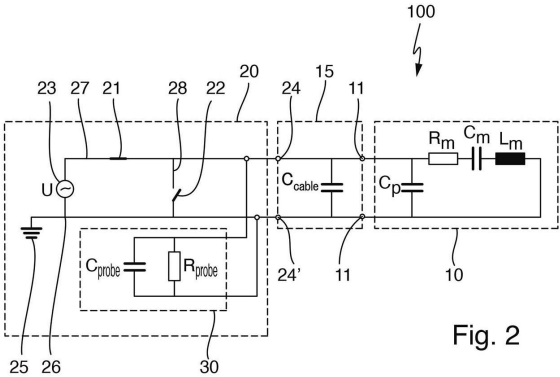


Fig. 2

10

20

30

40

50

【図 3】

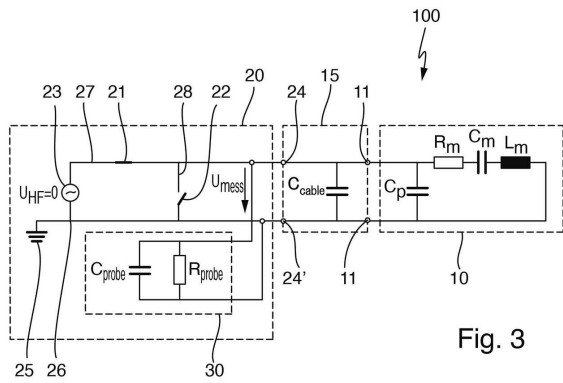


Fig. 3

【図 4】

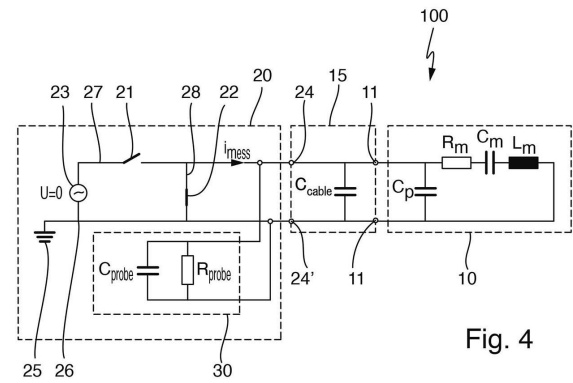


Fig. 4

10

【図 5】

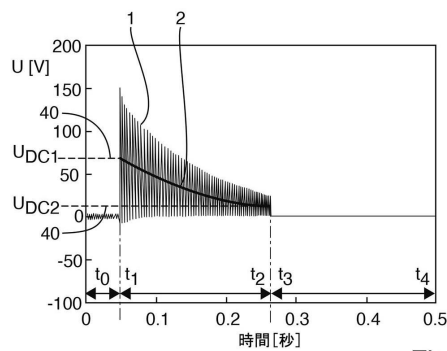


Fig. 5

【図 6】

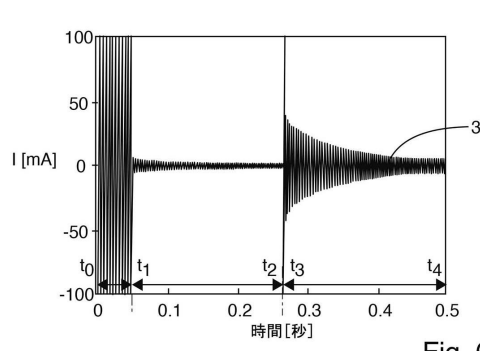


Fig. 6

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 100153729
弁理士 森本 有一
- (72)発明者 ガーブリエル エルツ
ドイツ連邦共和国, 3 0 4 5 3 ハノーファー, バルレルマンシュトラッセ 1 8
- (72)発明者 イェンス トビエフェル
ドイツ連邦共和国, 3 0 1 5 9 ハノーファー, ラーベスシュトラッセ 1 9
- (72)発明者 イェルク バラシェク
ドイツ連邦共和国, 3 0 1 6 1 ハノーファー, ゲーベネンシュトラッセ 4 6
- 審査官 服部 俊樹
- (56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 1 6 4 1 8 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 5 2 6 7 4 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 8 / 1 8 4 9 5 6 (W O , A 1)
特表 2 0 2 0 - 5 1 8 4 2 7 (J P , A)
特表 2 0 1 9 - 5 3 1 8 7 7 (J P , A)
特公昭 5 0 - 0 2 4 0 6 5 (J P , B 1)
特公昭 4 4 - 0 0 5 9 8 6 (J P , B 1)
特開昭 4 8 - 0 5 8 8 2 3 (J P , A)
独国特許発明第 1 0 2 0 1 4 0 1 2 9 1 7 (D E , B 3)
中国特許出願公開第 1 0 9 6 8 9 2 2 8 (C N , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 9 / 0 2 1 0 0 6 6 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
B 0 6 B 1 / 0 6
G 0 1 R 2 7 / 2 6
G 0 1 R 2 7 / 0 2