(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2018-6093
(P2018-6093A)
(43)公開日　平成30年1月11日(2018.1.11)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H05H 1/26	***(2006.01)***	H05H	1/26		2G045
G01N 33/86	***(2006.01)***	G01N	33/86		2G060
G01N 27/00	***(2006.01)***	G01N	27/00	Z	2G084

審査請求 未請求　請求項の数 32　ＯＬ　（全 24 頁）

(21)出願番号　特願2016-129295 (P2016-129295)
(22)出願日　平成28年6月29日 (2016.6.29)

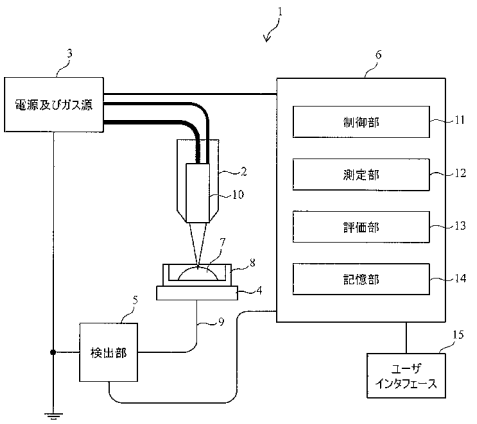
(71)出願人　301021533
国立研究開発法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関１－３－１
(71)出願人　000004112
株式会社ニコン
東京都港区港南二丁目１５番３号
(74)代理人　100091096
弁理士　平木　祐輔
(74)代理人　100102576
弁理士　渡辺　敏章
(74)代理人　100101063
弁理士　松丸　秀和
(74)代理人　100162330
弁理士　広瀬　幹規

最終頁に続く

(54)【発明の名称】プラズマ照射処理装置、その制御方法、凝固物の評価装置、及び、膜の製造方法

(57)【要約】
【課題】プラズマを照射している間に照射対象物の凝固を評価する。
【解決手段】プラズマ照射処理装置は、プラズマを生成するプラズマ生成部と、前記プラズマ生成部を制御する制御部と、前記プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定する測定部と、前記電流値の変動を検出する評価部とを備える。
【選択図】図１

図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
プラズマを生成するプラズマ生成部と、
前記プラズマ生成部を制御する制御部と、
前記プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定する測定部と、
前記電流値の変動を特定する評価部と
を備えるプラズマ照射処理装置。
【請求項２】
請求項１に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記制御部は、前記電流値の前記変動をトリガーにして前記プラズマ生成部に印加する電圧を制御する、プラズマ照射処理装置。
【請求項３】
請求項１又は２に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記電流値の前記変動は、前記電流値の下降を含む、プラズマ照射処理装置。
【請求項４】
請求項３に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記評価部が前記電流値の前記下降を検出した場合、前記制御部は前記プラズマ生成部への電圧の印加を停止する、プラズマ照射処理装置。
【請求項５】
請求項１から４のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記制御部は、前記プラズマ生成部に印加する電圧を変動させる第１モードと、前記プラズマ生成部へ一定の電圧を印加する第２モードとを備える、プラズマ照射処理装置。
【請求項６】
請求項５に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記制御部は、凝固物の大きさ又は時間情報に基づいて前記第１モードと前記第２モードとの間の切り換えを行う、プラズマ照射処理装置。
【請求項７】
請求項５又は６に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記第１モードにおいて、前記評価部が前記電流値の下降を検出した場合、前記制御部は、前記電流値が所定の範囲内で維持されるように前記電圧を制御し、
前記第２モードにおいて、前記評価部が前記電流値の下降を検出した場合、前記制御部は、前記電圧の印加を停止する、プラズマ照射処理装置。
【請求項８】
請求項１から７のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記評価部は、現在の前記電流値と、時間的に前の前記電流値又は予め決められた基準値とを比較して、前記電流値の減少を検出する、プラズマ照射処理装置。
【請求項９】
請求項１から８のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記照射対象物からの光を検出する光検出部を備える、プラズマ照射処理装置。
【請求項１０】
請求項１から９のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記照射対象物は、タンパク質、又はタンパク質を含む溶液を含む、プラズマ照射処理装置。
【請求項１１】
請求項１から１０のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記照射対象物は、血液を含む、プラズマ照射処理装置。
【請求項１２】
請求項１から１１のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記照射対象物は、生物学的製剤を含む溶液を含む、プラズマ照射処理装置。

【請求項１３】
請求項１から１２のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記評価部は、前記電流値の前記変動に基づき前記照射対象物の凝固を評価する、プラズマ照射処理装置。
【請求項１４】
プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定する測定部と、
供給される電圧と前記電流値と前記照射対象物の凝固結果との関係を示す評価情報を作成する評価部と
を備える凝固物の評価装置。
【請求項１５】
請求項１４に記載の凝固物の評価装置において、
前記評価部は、前記電流値の変動を特定する、凝固物の評価装置。
【請求項１６】
請求項１５に記載の凝固物の評価装置において、
前記評価部は、前記電流値の変動を検出したときに前記評価情報を作成する、凝固物の評価装置。
【請求項１７】
請求項１５又は１６に記載の凝固物の評価装置において、
前記電流値の前記変動は、前記電流値の下降を含む、凝固物の評価装置。
【請求項１８】
請求項１４から１７のいずれか一項に記載の凝固物の評価装置において、
前記凝固結果は、凝固物の安定性の情報、及び、凝固物の大きさの情報の少なくとも１つを含む、凝固物の評価装置。
【請求項１９】
請求項１４から１８のいずれか一項に記載の凝固物の評価装置において、
前記凝固結果は、血液の溶血量に関する情報、血液内の凝固物の質量に関する情報、及び、血液内の赤血球の数に関する情報の少なくとも１つを含む、凝固物の評価装置。
【請求項２０】
請求項１４から１９のいずれか一項に記載の凝固物の評価装置において、
前記評価情報を記憶する記憶部を備える凝固物の評価装置。
【請求項２１】
プラズマを生成するプラズマ生成部と、
前記プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定する測定部と、
前記電流値の変動をもとに求められた電圧値を含む制御情報を用いて、前記プラズマ生成部に供給される電圧を制御する制御部と、
を備えるプラズマ照射処理装置。
【請求項２２】
請求項２１に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記電流値の変動を特定する評価部を備えるプラズマ照射処理装置。
【請求項２３】
請求項２２に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記評価部が前記電流値の下降を検出した場合、前記制御部は前記プラズマ生成部への電圧の印加を停止する、プラズマ照射処理装置。
【請求項２４】
請求項２１から２３のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記電流値の前記変動は、前記電流値の下降を含む、プラズマ照射処理装置。
【請求項２５】
請求項２１から２４のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、

前記制御情報は、前記電圧値を設定したときの前記電流値と、前記電圧値を設定したときの照射時間と、前記電圧値を設定したときの凝固結果の少なくとも１つをさらに含む、プラズマ照射処理装置。
【請求項２６】
請求項２１から２５のいずれか一項に記載のプラズマ照射処理装置において、
前記制御情報を記憶する記憶部を備えるプラズマ照射処理装置。
【請求項２７】
プラズマを照射対象物に照射している間に、測定部によって、前記照射対象物を介して流れる電流の電流値を測定することと、
評価部によって、前記電流値の変動を特定することと
を含むプラズマ照射処理装置の制御方法。
【請求項２８】
請求項２７に記載の制御方法において、
前記電流値の前記変動は、前記電流値の下降を含む、制御方法。
【請求項２９】
請求項２８に記載の制御方法において、
前記電流値の前記下降を検出した場合、制御部によって、電圧の印加を停止することを含む、制御方法。
【請求項３０】
請求項２７に記載の制御方法において、
制御部によって、供給される電圧を変動させる第１モードに設定することと、
前記第１モードにおいて、前記評価部が前記電流値の下降を検出した場合、前記制御部によって、前記電流値が所定の範囲内で維持されるように前記電圧を制御することと、
前記制御部によって、前記第１モードから、前記電圧を一定にする第２モードに切り替えることと、
前記第２モードにおいて、前記評価部が前記電流値の下降を検出した場合、前記制御部によって、前記電圧の印加を停止することと
を含む制御方法。
【請求項３１】
プラズマを照射対象物に照射している間に、測定部によって、前記照射対象物を介して流れる電流の電流値を測定することと、
前記電流値の変動をもとに求められた電圧値を含む制御情報を用いて、制御部によって、プラズマ生成部に供給される電圧を制御することと
を含むプラズマ照射処理装置の制御方法。
【請求項３２】
プラズマ生成部によってプラズマを生成することと、
測定部によって、プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定することと、
評価部によって、供給される電圧と前記電流値と前記照射対象物の凝固結果との関係を示す評価情報を作成することと、
制御部によって、前記評価情報によって特定された電圧値を含む制御情報を用いて、前記プラズマ生成部に供給される電圧を制御することと
を含む膜の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、プラズマ照射処理装置、その制御方法、凝固物の評価装置、及び、膜の製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】

特許文献１は、プラズマ照射によるタンパク質膜の製造方法を開示している。特許文献１では、タンパク質膜を生成するためのプラズマの照射条件（照射時間、照射距離）について記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】国際公開２０１５／１７４０９４号

【発明の概要】

【０００４】

本発明の一態様によれば、プラズマを生成するプラズマ生成部と、前記プラズマ生成部を制御する制御部と、前記プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定する測定部と、前記電流値の変動を特定する評価部とを備えるプラズマ照射処理装置が提供される。

【０００５】

本発明の他の態様によれば、プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定する測定部と、供給される電圧と前記電流値と前記照射対象物の凝固結果との関係を示す評価情報を作成する評価部とを備える凝固物の評価装置が提供される。

【０００６】

本発明の他の態様によれば、プラズマを生成するプラズマ生成部と、前記プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定する測定部と、前記電流値の変動をもとに求められた電圧値を含む制御情報を用いて、前記プラズマ生成部に供給される電圧を制御する制御部とを備えるプラズマ照射処理装置が提供される。

【０００７】

本発明の他の態様によれば、プラズマを照射対象物に照射している間に、測定部によって、前記照射対象物を介して流れる電流の電流値を測定することと、評価部によって、前記電流値の変動を特定することとを含むプラズマ照射処理装置の制御方法が提供される。

【０００８】

本発明の他の態様によれば、プラズマを照射対象物に照射している間に、測定部によって、前記照射対象物を介して流れる電流の電流値を測定することと、前記電流値の変動をもとに求められた電圧値を含む制御情報を用いて、制御部によって、プラズマ生成部に供給される電圧を制御することとを含むプラズマ照射処理装置の制御方法が提供される。

【０００９】

本発明の他の態様によれば、プラズマ生成部によってプラズマを生成することと、測定部によって、プラズマを照射対象物に照射している間に前記照射対象物を介して流れる電流値を測定することと、評価部によって、供給される電圧と前記電流値と前記照射対象物の凝固結果との関係を示す評価情報を作成することと、制御部によって、前記評価情報によって特定された電圧値を含む制御情報を用いて、前記プラズマ生成部に供給される電圧を制御することとを含む膜の製造方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】第１実施形態のプラズマ照射処理装置の一例を示す概略構成図。

【図２】（ａ）は本実施形態における検出電流の波形及び電圧波形の一例であり、（ｂ）は本実施形態における検出電流の波形と誘導電流の波形の一例であり、（ｃ）は本実施形態におけるサンプルを介して流れる電流値の一例。

【図３】本実施形態におけるアルブミンにプラズマを照射している間に測定した電流値のグラフ。

【図４】本実施形態におけるプラズマを照射している間、及び、プラズマを照射した後のアルブミンの凝固状態を示す画像。

【図５】本実施形態におけるイムノグロブリンにプラズマを照射している間に測定した電

流値のグラフ。
【図６】本実施形態におけるフェチュインにプラズマを照射している間に測定した電流値のグラフ。
【図７】第１実施形態のプラズマ照射処理装置の制御方法の一例を示すフローチャート。
【図８】本実施形態における記憶部に格納される評価情報の一例。
【図９】第２実施形態のプラズマ照射処理装置の一例を示す概略構成図。
【図１０】第３実施形態のプラズマ照射処理装置の一例を示す概略構成図
【図１１】第３実施形態のプラズマ照射処理装置の制御方法の一例を示すフローチャート。
【図１２】第３実施形態のプラズマ照射処理装置の別の制御方法を説明する図。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
以下、添付図面を参照して本実施形態について説明する。なお、添付図面は一例として実施形態を示しているが、これらは本発明の理解のためのものであり、決して本発明を限定的に解釈するために用いられるものではない。
【００１２】
以下、医療用のプラズマ照射処理装置の実施形態の例について説明するが、当該装置は医療用以外の目的（例、食品分野など）に適用されてもよい。
【００１３】
本願発明者は、プラズマ由来の測定可能な電気的パラメータ（例、電流値、電圧値、電力など）の測定結果から、電気的パラメータと照射対象物に生じる凝固の度合いとの関係について、以下の新たな知見を得た。
（１）サンプル（例、タンパク質を含む溶液、血液など）にプラズマを照射している間に、サンプルを介して流れる電流値に変動が生じる。
（２）電流値に変動が生じたときの凝固物（例、タンパク質の凝固物）の安定性が高い。
【００１４】
以下の実施形態は、生成されたプラズマをサンプル（被照射体、照射対象物、ターゲット）に照射したときにサンプルを介して流れる電流値とサンプルの凝固結果との関係を利用して、凝固物を生成又は評価する技術である。
【００１５】
［第１実施形態］
図１は、第１実施形態のプラズマ照射処理装置（プラズマ照射システム）の一例を示す概略構成図である。一例として、プラズマ照射処理装置１は、プラズマ生成部（プラズマ生成装置）２と、電源及びガス源３と、ステージ（試料載置部）４と、検出部５と、処理装置６とを備える。
【００１６】
サンプル７は、サンプル保持部８に導入される。一例として、サンプル７は、タンパク質を含む溶液である。一例として、サンプル７は、血液である。一例として、サンプル保持部８は、ウェルプレートである。サンプル保持部８は、ステージ４上に配置される。ステージ４には銅箔（図示省略）が取付けられている。
【００１７】
電源及びガス源３は、プラズマ生成部２に電圧及びガスを供給する。電源及びガス源３における電源がグランドに接地されている。ステージ４の銅箔と電源の接地側とが電線９を介して接続されている。電線９には検出部５が配置されている。一例として、検出部５は、電流センサであり、例えばロゴスキーコイルである。別の例として、検出部５は、電流プローブでもよい。別の例として、検出部５は、抵抗器と差動アンプから構成されてもよい。この構成では、検出部５は、抵抗器の抵抗間にかかる電圧を差動アンプを介して測定することで電流値を評価できる。
【００１８】
プラズマ生成部２は、電源及びガス源３から供給されるガス及び電圧に基づいて大気圧

低温のプラズマ（プラズマフレア）を生成する。プラズマ生成部２は、プラズマ生成用の放電管１０を備える。放電管１０には、電源及びガス源３におけるガス源から不活性ガスが導入される。一例として、不活性ガスは、ヘリウムである。放電管１０にヘリウムガスを導入し、放電管１０に電圧を印加することにより、グロー放電を発生させる。プラズマ生成部２は、グロー放電によりプラズマを生成し、プラズマをサンプル７に照射できる。

【００１９】

処理装置６は、制御部１１と、測定部１２と、評価部１３と、記憶部１４と、ユーザインタフェース１５とを備える。処理装置６の各処理部１１、１２、１３は、例えば集積回路で設計する等によりハードウェア手段で実現されてもよいし、又は、プロセッサがその処理に対応するプログラムを実行するソフトウェア手段で実現されてもよい。

【００２０】

図１では、制御部１１、測定部１２、評価部１３、及び記憶部１４が１つの処理装置６に含まれる形式で図示されているが、これは、説明の簡略化を目的としたものであり、この構成に限定されない。処理装置６の構成要素は、別個のデバイス上で実現されてもよい。一例として、第１のデバイスが、測定部１２の処理を実行し、測定部１２の出力結果をネットワーク又は記憶媒体などを介して第２のデバイスに入力し、第２のデバイスが、評価部１３の処理を実行してもよい。一例として、評価部１３の機能が評価装置（例、第１のデバイス）として１つのデバイスとして実現されてもよい。別の例として、制御部１１の機能が制御装置（例、第２のデバイス）として１つのデバイスとして実現されてもよい。

【００２１】

図１では、プラズマ生成部２と処理装置６とは別個のブロックで図示されているが、処理装置６の構成要素の全部又は少なくとも一部がプラズマ生成部２自体に組み込まれてもよい。

【００２２】

記憶部１４は、例えば、メモリ、ハードディスク等の記録装置、又は、ＳＤカード、ＤＶＤ等の記録媒体などである。記憶部１４には、処理装置６の各処理部１１、１２、１３への入力情報、及び、各処理部１１、１２、１３からの出力情報（例、電流の測定結果や処理結果など）が格納される。

【００２３】

ユーザインタフェース１５は、マウスやキーボードなどの入力部と、ディスプレイなどの表示部とを備える。ユーザインタフェース１５の入力部を用いて、処理装置６の各処理部１１、１２、１３に対して各種情報が入力されてもよい。また、ユーザインタフェース１５の表示部は、処理装置６の各処理部１１、１２、１３からの出力情報などを表示してもよい。

【００２４】

制御部１１は、プラズマ照射処理装置１の各構成要素（例、電源及びガス源３、ステージ４、検出部５、測定部１２、評価部１３など）を制御する。例えば、制御部１１は、電源及びガス源３と接続されており、電源及びガス源３における電源の設定電圧を制御する。一例として、制御部１１は、評価部１３からの情報をトリガーにして（例、評価部１３での検出結果を表す信号に応じて）、電源から放電管１０に印加する電圧を制御する。

【００２５】

測定部１２は、検出部５と接続されている。測定部１２は、プラズマをサンプル７に照射している間にサンプル７を介してステージ４に流れる電流の電流値を測定する。他の例として、測定部１２は、プラズマをサンプル７に照射している間に他の電気的パラメータ（例、サンプル７を挟んだ２点での電位差（電圧）など）を測定してもよい。以下では、例えば、サンプル７を介してステージ４に流れる電流値を「電流値」と表記し、検出部５で実際に検出された電流値を「検出電流値」と表記する。

【００２６】

一例として、測定部１２は、ＦＰＧＡ（field-programmable gate array）を備える。

例えば、以下で説明する測定部１２の処理は、ＦＰＧＡ上で実現されてもよい。

【００２７】

測定部１２には、検出部５において検出された検出電流値が入力される。一例として、検出電流値は、増幅器及びＡＤコンバータを介して測定部１２に入力される。また、測定部１２には、放電管１０に印加される電圧値も入力される。一例として、電圧値は、増幅器及びＡＤコンバータを介して測定部１２に入力される。図２の（ａ）は、検出部５において実際に検出された検出電流の波形と、放電管１０に印加された電圧の波形とを重ね合わせた図の一例である。

【００２８】

検出部５（例、ロゴスキーコイル）で実際に検出される検出電流には、サンプル７を介してステージ４に流れる電流と、放電管１０に印加される電圧（変動電位）に起因する誘導電流とが含まれる。したがって、ノイズである誘導電流を演算処理によって除去することが望ましい。一例として、測定部１２は、ロゴスキーコイルにおいて実際に検出された検出電流値から、上記誘導電流分を差し引くことにより、サンプル７を介して流れる電流の電流値を算出する。測定部１２は、測定部１２に入力される電圧の波形（図２の（ａ））の位相を検出電流に合わせ、電圧の波形から上記誘導電流を求める。図２の（ｂ）は、検出電流の波形と、電圧の波形から求められた誘導電流の波形とを重ね合わせた図である。図２の（ｃ）は、検出電流の波形から誘導電流の波形を差し引いた波形である。一例として、測定部１２は、図２の（ｃ）の点線三角形の面積を電流の１／２周期に相当する時間で割った値を、サンプル７を介して流れる電流の電流値として算出する。なお、ノイズである誘導電流の影響が小さい場合、測定部１２は、検出電流を、サンプル７を介してステージ４に流れる電流値として出力してもよい。

【００２９】

なお、別の例として、測定部１２は、電流値と電圧値とから電力（Ｗ）を算出してもよい。例えば、測定部１２は、図２の（ａ）の電流値と電圧値とを掛け合わせて電力（Ｗ）を算出してもよい。

【００３０】

測定部１２によって測定された電流値の情報は、評価部１３に入力される。評価部１３は、測定部１２によって測定された電気的パラメータ（例、電流値、電圧値、電力値、抵抗値、電気容量など）の変動を特定する。一例として、電気的パラメータの変動は、パラメータの時間的な変動（例、電流値の時間的な変動）を含む。一例として、電流値の時間的な変動は、電流値の下降を含み、例えば、電流値が安定した状態から減少したことを含む。一例として、評価部１３は、電流値が安定した状態から減少したことを検出する。一例として、評価部１３は、電流値の変動（例、電流値の減少の検出結果）に基づき照射対象物の凝固の度合（例、安定性の高い又は低い凝固物であるか等の安定性など）を評価する。

【００３１】

本願発明者は、プラズマを照射している間に電流値が安定した状態から下降した場合、プラズマ照射によってサンプル７に生成された凝固物の安定性が高いことを発見した。本実施形態のプラズマ照射処理装置１は、例えば、プラズマをサンプル７に照射している間にサンプル７を介してステージ４に流れる電流の電流値を測定することで、サンプル７の凝固の度合を評価することができる。例えば、サンプル７の凝固の度合いは、サンプル７の凝固物の形状が安定に維持されるかどうかの程度を含む。

【００３２】

また、本願発明者は、タンパク質の凝固の安定化には電気的パラメータ（例、電圧値、電流値）のしきい値があることを発見した。一例として、プラズマ照射処理装置１が、所定のしきい値以上の電圧をプラズマ生成部２に供給することによって、タンパク質の安定した凝固物を生成することができる。一例として、本実施形態のプラズマ照射処理装置１は、非線溶系タンパク質の安定した凝固物を生成することができる。非線溶系のタンパク質は、例えば、アルブミン、イムノグロブリンなどである。本実施形態のプラズマ照射処

理装置１は、プラズマをサンプル７に照射している間にサンプル７を介してステージ４に流れる電流の電流値を測定することで、非線溶系タンパク質の凝固物の安定性を評価し、その結果、安定した凝固物を得ることができる。

【００３３】

また、本願発明者は、凝固対象となるタンパク質の種類によって、凝固の安定化が可能となる電気的パラメータ（例、電圧値、電流値）のしきい値が異なることを発見した。一例として、本実施形態のプラズマ照射処理装置１は、凝固対象となるタンパク質の種類に応じて、プラズマ生成部２に供給する電圧を変えて、様々な種類のタンパク質の安定した凝固物を生成することができる。

【００３４】

図３は、アルブミン水溶液（５０ｍｇ／ｍＬ）にプラズマを照射している間に測定した電流値である。ここでは、一例として、アルブミン水溶液に関する評価結果を示すが、本実施形態の適用範囲はこれらに限定されない。本実施形態の適用範囲については後述する。

【００３５】

ＰＶＤＦ（Polyvinylidene Difluoride）メンブレン上に１ｍＬのアルブミン水溶液（５０ｍｇ／ｍＬ）を滴下したサンプル７を用意した。プラズマ照射処理装置１は、プラズマ生成部２に供給される電圧を制御し、サンプル７にプラズマを照射した。「プラズマ生成部２に供給される電圧」とは、例えば、電源の設定電圧、又は、放電管１０への印加電圧を含む。以下では、プラズマ生成部２に供給される電圧を単に「電圧」と表記する。なお、以下の評価結果における「電圧」とは、「放電管１０への印加電圧」である。以下の「電圧が～ｋＶの場合」という記載は、放電管１０への印加電圧がその値になるように、制御部１１によって電源の設定電圧が制御されることを意味する。

【００３６】

図３（ａ）は、電圧が６．３ｋＶの場合の電流値のグラフである。電圧が６．３ｋＶの場合、プラズマ照射を開始した後、約２分で電流値（約１．４ｍＡ）が安定した。その後、照射時間が５分を経過しても電流値は同じ値（約１．４ｍＡ）であった。

【００３７】

図３（ｂ）は、電圧が７．４ｋＶの場合の電流値のグラフである。電圧が７．４ｋＶの場合、プラズマ照射を開始した後、約１分で電流値（約４．０ｍＡ）が安定した。その後、照射時間が５分経過したときに電流値が下降した（約１．５ｍＡ）。なお、電流値が下降した後では、凝固物はそれ以上成長しなかった。

【００３８】

図４は、プラズマを照射している間、及び、プラズマを照射した後のアルブミンの凝固状態を示す画像である。画像ａ１～ａ６は、電圧が６．３ｋＶの場合の画像であり、画像ｂ１～ｂ６は、画像ａ１～ａ６の拡大画像である。電圧が６．３ｋＶの場合、プラズマを照射している間（１～５分）、プラズマフレアが接した溶液（例、液滴）の表面にアルブミンの凝集物（図中の矢印参照）が生成される。しかし、プラズマの照射を停止した後（６～１０分）、アルブミンの凝集物が溶液中に拡散した。このように、プラズマの照射を停止した後に、アルブミンの凝集物が溶液中に分散し、安定した凝固物を得ることができなかった。

【００３９】

次に、画像ｅ１～ｅ６は、電圧が７．４ｋＶの場合の画像であり、画像ｆ１～ｆ６は、画像ｅ１～ｅ６の拡大画像である。電圧が７．４ｋＶの場合、プラズマの照射を停止した後（６～１０分）でも、アルブミンの凝集物が溶液中に拡散（又は分散）せず、プラズマフレアが接した溶液（例、液滴）の表面に安定したアルブミンの凝固物を得ることができた。

【００４０】

上述のアルブミンの例から、電圧がある値（しきい値）を超えたとき、サンプル７にプラズマを照射している間に電流値の下降現象が生じることが分かった。さらに、この電流

値の下降現象が観察（検出）できたときに安定した凝固物が得られることが分かった。電流値が安定状態から下降する理由は、安定した凝固物（例、抵抗体）の形成（又は出現）によって、プラズマフレアと溶液との接触が遮断されるためと考えられる。

【００４１】

以上から、アルブミン水溶液（５０ｍｇ／ｍＬ）の場合、安定した凝固物を得るための電圧のしきい値は、６．３ｋＶと７．４ｋＶとの間にあることが分かった。なお、この例での電圧のしきい値とは、放電管１０への印加電圧のしきい値であるが、これに限定されない。例えば、電圧のしきい値が、電源の設定電圧によって設定されてもよい。電源の設定電圧のしきい値は、プラズマ照射中の電源の設定電圧を記録することにより求めることができる。別の例として、放電管１０への印加電圧と電源の設定電圧との間には相関関係（例、線形に近似可能）がある。評価部１３が、この相関関係を利用して、安定した凝固物を得るための電源の設定電圧のしきい値を計算してもよい。

【００４２】

次に、非凝固系タンパク質として、イムノグロブリン（ＩｇＧ）及びフェチュイン（Fetuin）の例について説明する。イムノグロブリン及びフェチュインは、生体由来タンパク質（例、血液由来タンパク質）であり、例えば、血清中のタンパク質である。

【００４３】

図５は、ＩｇＧ水溶液（１０ｍｇ／ｍＬ）にプラズマを照射している間に測定した電流値である。この例においても、ＰＶＤＦメンブレン上に１ｍＬのＩｇＧ水溶液を滴下したサンプル７を用意し、該サンプル７にプラズマを照射した。

【００４４】

図５（ａ）は、電圧が６．３ｋＶの場合の電流値のグラフである。電圧が６．３ｋＶの場合、プラズマ照射を開始した後、約３分～４分で電流値が約３．５～３．８ｍＡの範囲で安定した。その後、照射時間が５分を経過しても電流値は約３．６ｍＡであり、電流値は下降しなかった。電圧が６．３ｋＶの場合、プラズマを照射している間（１～５分）にＩｇＧの凝集物が生成された。しかし、プラズマの照射を停止した後（６分経過以降）、ＩｇＧの凝集物が溶液中に拡散（又は分散）した。

【００４５】

図５（ｂ）は、電圧が７．９ｋＶの場合の電流値のグラフである。電圧が７．９ｋＶの場合、プラズマ照射を開始した後、約１分で電流値（約６．５ｍＡ）が安定した。その後、照射時間が５分経過したときに電流値が下降した（約５．９ｍＡ）。電圧が７．９ｋＶの場合、プラズマの照射を停止した後（６分経過以降）でも、ＩｇＧの凝集物が溶液中に拡散（又は分散）せず、安定したＩｇＧの凝固物を得ることができた。以上から、ＩｇＧ水溶液（１０ｍｇ／ｍＬ）の場合、安定した凝固物を得るための電圧のしきい値は、６．３ｋＶと７．９ｋＶとの間にあることが分かった。

【００４６】

図６は、フェチュイン水溶液（１ｍｇ／ｍＬ）にプラズマを照射している間に測定した電流値である。この例においても、ＰＶＤＦメンブレン上に１ｍＬのフェチュイン水溶液を滴下したサンプル７を用意し、該サンプル７にプラズマを照射した。

【００４７】

電圧が６．３ｋＶの場合、プラズマ照射を開始した後、約２分で電流値（約４．２ｍＡ）が安定した。その後、照射時間が５分経過したときに電流値が下降した（約２．８ｍＡ）。電圧が６．３ｋＶの場合、プラズマの照射を停止した後（６分経過以降）でも、フェチュインの凝集物が溶液中に拡散（又は分散）せず、安定したフェチュインの凝固物を得ることができた。以上から、フェチュイン水溶液（１ｍｇ／ｍＬ）の場合、安定した凝固物を得るための電圧のしきい値は、６．３ｋＶ以下にあることが分かり、電圧を６．３ｋＶから段階的に小さくすることで、しきい値を探索することができる。

【００４８】

上述のアルブミン、ＩｇＧ、及びフェチュインの例から、凝固対象となる照射対象物の種類及び／又は濃度によって、電流値の下降現象が生じる電圧（例、放電管１０への印加

電圧、電源の設定電圧）が異なると考えられる。例えば、安定した凝固物を生成したい場合、凝固対象となる照射対象物の種類及び濃度などに応じて電流値の下降現象が生じる電圧を探索して特定し、その探索した電圧でプラズマ照射を行うことが好ましい。したがって、上述した電流値の下降現象が生じる電圧値は一例にすぎず、これに限定されない。

【００４９】

また、測定される電流値は、例えば、凝固対象となる照射対象物の種類や、サンプル保持部８及びステージ４の抵抗に応じて異なると考えられる。したがって、上述した電流値も一例にすぎず、これに限定されない。

【００５０】

図７は、プラズマ照射処理装置１の制御方法の一例を示すフローチャートである。

制御部１１は、プラズマ生成部２に供給される電圧を制御する。一例として、制御部１１は、放電管１０への印加電圧を制御する。ここで放電管１０へ印加される電圧は、評価実験によって予め求められた、電流値の変動（例、下降現象）が生じる電圧である。プラズマ生成部２は、電源及びガス源３から供給されるガス及び電圧に基づいてプラズマを生成し、プラズマをサンプル７に照射する（Ｓ７０１）。

【００５１】

測定部１２は、プラズマをサンプル７に照射している間にサンプル７を介してステージ４に流れる電流の電流値を測定する（Ｓ７０２）。測定部１２は、測定した電流値を評価部１３に出力する。

【００５２】

評価部１３は、電流値が下降したかを判定する（Ｓ７０３）。図３、図５、及び図６に示したように、プラズマ照射時間が一定時間経過すると、電流値は安定した状態（電流値が所定の範囲内で一定に維持された状態）となる。一例として、評価部１３は、電流値が安定した状態から減少したかを検出する。一例として、評価部１３は、現在の電流値と、時間的に前の電流値とを比較することによって電流値の変動（例、電流値の減少など）を特定する。一例として、評価部１３は、第１の時間間隔で、現在の電流値と、時間的に前の電流値とを比較する。現在と前の電流値とを比較して電流値が減少していた場合、評価部１３は、測定部１２から電流値を取得する時間間隔を短くする。一例として、評価部１３は、第１の時間間隔よりも小さい第２の時間間隔を設定する。評価部１３は、第２の時間間隔で、現在の電流値と時間的に前の電流値とを比較し、電流値が同じ又は減少している場合、電流値の減少を特定して検出する。評価部１３が電流値の減少を検出した場合、Ｓ７０４に進む。評価部１３が電流値の減少を検出しなかった場合、Ｓ７０１に戻り、引き続きプラズマ生成を続行する。

【００５３】

電流値の減少の検出方法の別の例について説明する。一例として、記憶部１４が、照射対象物（サンプル）ごとに安定時の電流値を示す基準値を予め記憶しており、評価部１３は、現在の電流値がその記憶された基準値と比べて所定の値以上減少している場合、電流値の減少を特定して検出してもよい。なお、記憶部１４が、基準値を予め記憶している必要はなく、一例として、評価部１３は、プラズマを照射している間に電流値の変動が小さくなったことをリアルタイムで検出し、変動が小さくなった時点（電流値が安定した時点）での電流値を基準値として記憶部１４に記録してもよい。評価部１３は、現在の電流値がその基準値と比べて所定の値以上減少している場合、電流値の減少を検出してもよい。

【００５４】

さらに別の例として、記憶部１４が、照射対象物（サンプル）ごとに安定時の電流値と電流減少時の電流値との間に設定されたしきい値を予め記憶していてもよい。例えば、図３のアルブミン水溶液（５０ｍｇ／ｍＬ）の場合、記憶部１４は、安定時の電流値（４．１ｍＡ）と電流減少時の電流値（１．５ｍＡ）との間に設定されたしきい値を記憶していてもよい。評価部１３は、現在の電流値がそのしきい値を下回った場合、電流値の減少を特定して検出してもよい。

【００５５】

なお、上述の例では、ある時点での電流値と別の時点での電流値とを比較しているが、この比較方法に限定されない。例えば、評価部１３は、現時点を含む複数の時点の電流値の時間平均と、時間的に前の複数の時点の電流値の時間平均とを比較してもよい。

【００５６】

評価部１３が電流値の下降を検出した場合、制御部１１は、評価部１３からの情報（例、電流値の下降を示す検出信号）をトリガーにしてプラズマ生成部２への電圧の印加を停止する（Ｓ７０４）。一例として、評価部１３は、測定部１２から電流値の情報を受け取り、電流値の下降を特定して検出する。電流値の下降を検出した場合、評価部１３は、電流値の下降を示す検出信号を制御部１１に出力する。制御部１１は、評価部１３からの検出信号を受け取ると、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。

【００５７】

本実施形態によれば、プラズマの照射を開始した後、評価部１３によって電流値が安定した状態から下降したこと（下降状態）を特定して検出することによって、サンプル７に安定した凝固物が生成されたかを判定することができる。なお、上記の例では、電流値の下降を検出することにより凝固物を評価したが、これに限定されない。プラズマ照射処理装置１は、他の電気的パラメータ（例、電圧値、電力値など）の変動を検出することにより、凝固物を評価してもよい。また、例えば、本実施形態におけるプラズマ照射処理装置１は、プラズマを生成するプラズマ生成部２と、プラズマ生成部２を制御する制御部１１と、プラズマをサンプル７に照射している間にサンプル７を介して検出される電気的パラメータ（例、電流値、電圧値、電力値、抵抗値など）を測定する測定部１２と、所定のプラズマ照射時間における電気的パラメータの変動を特定して検出する評価部１３とを含み、制御部１１は検出された電気的パラメータの変動（例、電気的パラメータの減少など）を用いてプラズマ生成部２に印加する電圧を制御することを含む構成であってもよい。

【００５８】

＜評価方法＞

次に、プラズマ照射処理装置１を用いた凝固物の評価方法について説明する。プラズマ照射処理装置１の一部の構成要素（例、評価部１３）又は全部を、プラズマ照射によるサンプル７の凝固結果を評価する評価装置として利用することができる。

【００５９】

本実施形態において、電圧値（放電管１０に印加される電圧又は電源の設定電圧）と、測定部１２によって測定された電流値との間には相関関係がある。例えば、電圧値が大きいほど、電流値の値も大きくなる。また、電圧値及び電流値と凝固結果との間にも相関関係がある。図３～図６に示したように、凝固対象となる照射対象物の種類ごとに、電圧値及び電流値があるしきい値を超えると、安定した凝固物を得ることができる。また、電圧値及び電流値が大きいほど、生成される凝固物のサイズが大きくなる。

【００６０】

本実施形態のプラズマ照射処理装置１は、ある電圧値を放電管１０に印加したときに、どの程度の電流値がサンプル７を介してステージ４に流れ、どの程度の凝固結果がサンプル７に生じるかを評価できる。例えば、制御部１１が電圧値を変更しながら、評価部１３が、電圧値と電流値と照射対象物の凝固結果との関係を示す評価情報を作成する。なお、ここでの電流値は、プラズマ照射中のある時点の電流値でもよいし、又は、プラズマ照射中の全ての時点での電流値を含んでもよい。一例として、電流値は、プラズマ照射を開始した後、電流値が安定した状態のときの値（安定時の電流値）である。

【００６１】

一例として、凝固結果は、凝固物の安定性の情報（例、安定性が高い凝固物であるか、又は、安定性が低い凝固物であるかを示すフラグ）を含んでもよい。評価時において、評価部１３は、電流値が安定した状態から減少したかを特定して検出し、当該電流値の減少を検出した場合、安定性が高い凝固物であると評価する。一方、電流値が安定した状態から減少しない場合、評価部１３は、安定性の低い凝固物又は安定しない凝集物であると評価する。

【００６２】
一例として、評価部１３は、電流値の減少を検出した場合、安定性が高い凝固物であると判別する。一方、電流値の減少を検出しない場合、評価部１３は、安定性の低い凝固物又は安定しない凝集物であると判別する。
【００６３】
一例として、プラズマが照射された後の照射対象物は、プラズマ照射によって生じた凝固結果が測定（観察）されてもよい。評価部１３は、測定可能な凝固物の情報を凝固結果として記憶部１４、外部装置、又は紙に出力してもよい。一例として、凝固結果は、凝固物の大きさの情報を含んでもよい。一例として、凝固結果は、平面視のサイズ（面積）、体積、厚さ、質量などを含んでもよい。一例として、凝固物の大きさの情報を制御情報として利用することができる。一例として、プラズマ照射処理装置１は、凝固物が所望の大きさとなる電圧値をプラズマ生成部２に印加し、所望の大きさの安定した凝固物を生成することができる。
【００６４】
また、照射対象物が血液である場合、一例として、凝固結果は、血液の溶血量に関する情報、血液内の凝固物の質量に関する情報、及び、血液内の赤血球の数に関する情報の少なくとも１つを含んでよい。一例として、血液の溶血量に関する情報は、ヘモグロビン比色測定法により求められたヘモグロビン濃度である。また、一例として、血液内の凝固物の質量に関する情報は、アルブミンの析出量である。血液内の赤血球の数に関する情報は、血球計算盤により求められた赤血球の数である。一例として、溶血量と凝固物の生成とには相関関係がある。一例として、溶血量が多いほど、膜状構造物（例、溶血膜）の生成量が多くなる。一例として、プラズマ照射処理装置１は、血液の溶血量に関する情報を制御情報として利用することができる。一例として、プラズマ照射処理装置１は、所望の溶血量となる電圧値をプラズマ生成部２に印加し、所望のサイズの膜状構造物を生成することができる。一例として、溶血膜は赤血球由来の膜状構造物を含む。したがって、プラズマ照射処理装置１は、血液内の赤血球の数に関する情報を制御情報として利用することができる。一例として、プラズマ照射処理装置１は、所望の赤血球数となる電圧値をプラズマ生成部２に印加し、所望の膜状構造物を生成することができる。
【００６５】
一例として、評価部１３は、照射対象物（ターゲット）の種類ごとに、電圧値と電流値と照射対象物の凝固結果との関係を示す情報を作成し、当該情報を記憶部１４、外部装置、又は紙に出力してもよい。
【００６６】
一例として、評価部１３は、照射対象物の種類ごとに、凝固の評価（安定性）にかかった時間（プラズマ照射時間）を時間情報として記憶部１４に記録してもよい。評価部１３は、電圧値と電流値とプラズマ照射時間と照射対象物の凝固結果との関係を示す情報（例、評価情報）を作成し、当該情報を記憶部１４、外部装置、又は紙に出力してもよい。上述の情報（例、電圧値、プラズマ照射時間など）を制御情報として制御部１１に設定すれば、安定した凝固物を得ることができる。ユーザインタフェース１５は、この設定のためのインタフェース（受信部又は入力部）を備えてもよい。
【００６７】
図８は、記憶部１４に格納される評価情報８１の一例である。例えば、評価情報８１は、電圧値（放電管１０に印加される電圧又は電源の設定電圧）８２と、電流値８３と、照射時間（プラズマ照射時間）８４と、凝固結果８５とを含む。評価情報８１は、電圧値８２と、電流値８３と、照射時間８４と、凝固結果８５のいずれか１つ以上を含めばよい。一例として、電流値８３は、安定時の電流値である。凝固結果８５は、凝固物の安定性の情報と、凝固物のサイズの情報を含む。一例として、評価部１３は、照射対象物（例、タンパク質Ａ、タンパク質Ｂなど）ごとに評価情報８１を作成する。
【００６８】
なお、安定した凝固物を生成できる電圧値及び電流値のしきい値を探索することを目的

とした場合、電圧値を徐々に大きくしながら、評価部１３は、電流値の下降を特定して検出してもよい。評価部１３は、電流値の下降を検出したときに、電圧値と電流値と照射対象物の凝固結果との関係を示す情報を作成してもよい。このとき作成された情報は、安定した凝固物を生成できる電圧値のしきい値及び電流値のしきい値として用いることができる。例えば、安定した凝固物を生成できる電圧値のしきい値及び電流値のしきい値は、サンプルごとに異なる値となる。一例として、評価部１３は、照射対象物（サンプル）ごとに、安定した凝固物を生成できる電圧値のしきい値及び電流値のしきい値を記憶部１４に記録する。制御部１１は、記憶部１４に記録された情報（例、電圧値のしきい値及び電流値のしきい値など）に基づきプラズマ照射処理装置１を制御し、安定した凝固物を生成することができる。

【００６９】

なお、プラズマ照射処理装置１の一部の構成要素を利用して、凝固物の評価装置を構成してもよい。一例として、評価部１３の機能が、評価装置として１つのデバイスとして実現されてもよい。この場合、評価装置は、電圧値の情報及び電流値の情報をネットワーク又は記憶媒体などを介して受け取る。評価装置は、電圧値の情報及び電流値の情報から評価情報を作成する。

【００７０】

一例として、測定部１２及び評価部１３の機能が、評価装置として１つのデバイスとして実現されてもよい。この評価装置において、測定部１２は、検出部５の検出結果の情報をネットワーク又は記憶媒体などを介して受け取る。測定部１２は、電流値を計算し、評価部１３に出力する。評価部１３は、電圧値の情報をネットワーク又は記憶媒体などを介して受け取る。評価部１３は、電圧値の情報及び電流値の情報から評価情報を作成する。

【００７１】

＜制御方法＞

次に、プラズマ照射処理装置１の制御方法について説明する。制御部１１は、照射対象物（例、第１のサンプルとしてタンパク質Ａ、第２のサンプルとしてタンパク質Ｂなど）ごとに作成された評価情報８１に基づいて、プラズマ照射処理装置１を制御するための制御情報を作成し、制御情報を記憶部１４に記憶する。一例として、制御情報は、照射対象物ごとに、電流値の変動をもとに予め求められた電圧値（例、安定した凝固物を生成することが可能な電圧値）を含む。一例として、制御部１１は、評価情報８１に記憶された凝固結果の安定性（電流値の変動をもとに求められた安定性）の情報から、安定した凝固物を生成することが可能な電圧値を特定する。制御部１１は、その特定された電圧値を制御情報として記憶部１４に記憶する。

【００７２】

一例として、制御情報は、照射対象物ごとに、安定した凝固物を生成することが可能な電圧値と、その電圧値を設定したときの照射時間とを含んでもよい。一例として、制御情報は、照射対象物ごとに、安定した凝固物を生成することが可能な電圧値と、その電圧値を設定したときの電流値と、その電圧値を設定したときの照射時間とを含んでもよい。一例として、制御情報は、照射対象物ごとに、安定した凝固物を生成することが可能な電圧値と、その電圧値を設定したときの電流値と、その電圧値を設定したときの照射時間と、その電圧値を設定したときの凝固結果（例、安定性、サイズの情報など）の少なくとも１つを含んでもよい。

【００７３】

制御部１１は、評価情報８１をもとに作成された制御情報を用いて電圧を制御する。一例として、制御部１１は、評価情報８１をもとに作成された制御情報の電圧値（例、電流値の変動をもとに予め求められた電圧値）をプラズマ生成部２に印加する。一例として、評価部１３は、電流値が安定した状態から下降したかを判定する。評価部１３が電流値の減少を検出した場合、制御部１１は、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する（例、停止モード）。

【００７４】

一例として、制御情報が凝固結果として凝固物のサイズなどの情報を含む場合、制御部１１は、制御情報から凝固物が所望のサイズとなる電圧値を選択し、その選択された電圧値をプラズマ生成部２に印加する。評価部１３は、電流値が安定した状態から下降したかを判定する。評価部１３が電流値の減少を検出した場合、制御部１１は、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。

【００７５】

一例として、制御情報が電流値の情報を含む場合、評価部１３は、その電流値を基準値（例、安定時の電流値、下降した時の電流値など）として用いることができる。一例として、評価部１３は、現在の電流値とその基準値とを比較して、電流値が減少したかを特定して検出してもよい。評価部１３が電流値の減少を検出した場合、制御部１１は、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。

【００７６】

一例として、制御情報が、照射時間の情報を含む場合、制御部１１は、照射時間の情報を用いてプラズマ生成部２への電圧の印加を制御してもよい。一例として、制御部１１は、プラズマ照射時間が照射時間を超えたときに、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。

【００７７】

また、プラズマ照射処理装置１は、制御情報を用いて電圧値を制御し、複数の照射対象物を含む溶液に対して凝固対象を選択的又は自動的に切り替えることができる。一例として、溶液は、凝固対象として第１の照射対象物（例、タンパク質Ａ）及び第２の照射対象物（例、タンパク質Ｂ）を含む。例えば、制御情報は、タンパク質Ａに関して、電流値の下降現象が生じる電圧値（第１電圧値）を含む。また、例えば、制御情報は、タンパク質Ｂに関して、電流値の下降現象が生じる電圧値（第２電圧値）を含む。ここで、第１電圧値が第２電圧値よりも小さいと仮定する。

【００７８】

まず、制御部１１は、第１電圧値をプラズマ生成部２へ印加する。評価部１３が電流値の下降を検出した場合、制御部１１は、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。この処理により、タンパク質Ａ及びタンパク質Ｂを含む溶液からタンパク質Ａの安定した凝固物を取り出すことができる。次に、制御部１１は、第２電圧値をプラズマ生成部２へ印加する。評価部１３が電流値の下降を検出した場合、制御部１１は、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。この処理により、該溶液からタンパク質Ｂの安定した凝固物を取り出すことができる。本実施形態のプラズマ照射処理装置１によれば、照射対象物ごとに安定した凝固物を得ることができる電圧値が異なることを利用して、複数の照射対象物を含む溶液から、安定した凝固物（例、タンパク質Ａの凝固物、タンパク質Ｂの凝固物）を連続して個別に精製することができる。また、一例として、プラズマ照射処理装置１は、第１電圧値をプラズマ生成部２へ供給し、タンパク質Ａ及びタンパク質Ｂを含む溶液からタンパク質Ａのみ又はタンパク質Ｂのみを精製することも可能である。

【００７９】

＜膜の製造方法＞

上述の評価方法及び制御方法などを用いて、照射対象物に膜を製造することができる。まず、制御部１１が電圧値を変更しながら、評価部１３が、電圧値と電流値と照射対象物の凝固結果との関係を示す評価情報８１を作成する。評価部１３は、照射対象物ごとに評価情報８１を作成する。評価情報８１の作成方法は上述した通りである。

【００８０】

制御部１１は、照射対象物ごとに作成された評価情報８１に基づいて、制御情報を作成する。一例として、制御情報は、照射対象物ごとの、安定した凝固物を生成することが可能な電圧値を含む。なお、上述したように、制御情報は、照射対象物ごとに、安定した凝固物を生成することが可能な電圧値と、その電圧値を設定したときの電流値と、その電圧値を設定したときの照射時間と、その電圧値を設定したときの凝固結果（例、安定性、サイズの情報など）の少なくとも１つを含んでもよい。

【００８１】
制御部１１は、評価情報８１をもとに特定された電圧値を含む制御情報を用いて、プラズマ生成部２に供給される電圧を制御する。一例として、制御部１１は、制御情報の電圧値をプラズマ生成部２に印加する。一例として、評価部１３は、電流値が安定した状態から下降したかを判定する。評価部１３が電流値の減少を検出した場合、制御部１１は、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。この構成によれば、プラズマ照射処理装置１は、照射対象物に所望の凝固物を形成することによって膜（例、タンパク質の膜状構造物、血液内の溶血膜など）を製造することができる。なお、本実施形態における膜の製造方法は、上述の評価情報８１に基づいて予め作成され記憶部１４に記憶されている制御情報を用いて制御部１１がプラズマ生成部２への電圧の印加を制御すること、を含む。また、本実施形態における膜の製造方法は、後述する光検出部１０１を用いて照射対象物を観察し、所望の大きさの凝固物が形成された場合にプラズマ生成部２へ印加する電圧を停止する制御を行うこと、を含む。また、例えば、上記の膜の製造方法は、ディッシュやウェルプレートのような容器に照射対象物を入れた後、その照射対象物に対してプラズマ生成部２からプラズマを照射してもよい。なお、例えば、ディッシュは、大きさが数ｍｍから数十ｍｍ程度のディッシュ、マルチディッシュなどを含む。例えば、容器がマルチディッシュのように複数の照射対象物を別々に格納可能な容器であれば、プラズマ照射処理装置１は該容器にそれぞれ格納された該複数の照射対象物に対して同時又は順次プラズマを照射するようにしてもよい。

【００８２】
［第２実施形態］
図９は、第２実施形態のプラズマ照射処理装置の一例を示す概略構成図である。図１と同じ構成要素については、同じ符号を付して説明を省略する。

【００８３】
プラズマ照射処理装置１は、電極パッド（試料載置部）９１を備える。電極パッド９１は、照射対象物９２に接触させて取付けられる。一例として、照射対象物９２は、生物（例、人体）であり、図９は、人体の頭、腕や足などに電極パッド９１を取付けた例を示す。

【００８４】
なお、本実施形態は、電極パッド９１を人体に直接装着するような構成でなくてもよく、例えば、手術台のような載置台の一部に電極パッド９１に相当する部材が取り付けられる構成でもよい。この場合、電流値を測定する部分が電極パッド９１に接触するように患者を手術台に載せればよい。また、以下で説明するように、患者の体外でプラズマ照射を行う場合には、図１と同様に、照射対象物９２がステージ４上に配置されてもよい。

【００８５】
本実施形態のプラズマ照射処理装置１は、生物（例、人体）の血液又は組織に対してプラズマを照射し、安定した凝固物を生成することができる。

【００８６】
［第３実施形態］
図１０は、第３実施形態のプラズマ照射処理装置の一例を示す概略構成図である。図１と同じ構成要素については、同じ符号を付して説明を省略する。

【００８７】
プラズマ照射処理装置１は、サンプル７を撮像する光検出部１０１を備える。一例として、光検出部１０１は、サンプル７からの光をもとに像を得る撮像部である。一例として、撮像部は、カメラである。一例として、撮像部は、赤外カメラである。一例として、ユーザインタフェース１５の表示部は、撮像部によって取得されたサンプル７の画像を表示してもよい。

【００８８】
一例として、光検出部１０１は、特定の波長の光をサンプル７に照射した際、通過した光の量を測定し、サンプル７が吸収した光（吸光度）を分析する吸光光度計である。一例

として、吸光光度計は、光源と、サンプルを通過した光を受光する受光部と、受光部で受光した光に基づいて吸光度を計算する吸光度計算部とを備える。一例として、吸光度計算部は、吸光度から凝固物の膜厚を計算してもよい。一例として、ユーザインタフェース１５の表示部は、吸光度及び凝固物の膜厚の情報を表示してもよい。

【００８９】

本実施形態の制御部１１は、プラズマ生成部２に印加する電圧を変動させる第１モードと、プラズマ生成部２へ一定の電圧を印加する第２モードとを備える。第１モードにおいて、評価部１３が電流値の下降を検出した場合、制御部１１は、電流値が所定の範囲内で維持されるように電圧を制御する。第２モードにおいて、評価部１３が電流値の下降を検出した場合、制御部１１は、プラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。

【００９０】

図１１は、プラズマ照射処理装置１の制御方法の一例を示すフローチャートである。

制御部１１は、上記の第１モードを設定し、プラズマ生成部２に供給される電圧値（例、放電管１０に印加される電圧又は電源の設定電圧）を設定する（Ｓ１１０１）。なお、第１モードにおいて、制御部１１は、第１モード開始時の電圧値を小さく設定し、以降のステップ（Ｓ１１０４）で徐々に電圧値を上げていくことが好ましい。これは、高電圧でプラズマを発生させた場合、サンプル７及びサンプル保持部８での放電及び急激な温度上昇などが生じる可能性があるためである。第１モードにおいて低電圧から開始することで、放電及び急激な温度上昇などによるサンプル７の劣化（例、質の低下、精製純度の低下、機能の低下）等を防ぐことができる。

【００９１】

プラズマ照射処理装置１は、凝固物が所望の大きさ（例、面積、体積、厚さなど）になるまで、Ｓ１１０２～Ｓ１１０４のループを繰り返す。ユーザは、ユーザインタフェース１５の表示部に表示された光検出部１０１の情報を参照し、サンプル７を観察してサンプル７の凝固物が所望の大きさになったかを判定することができる。ユーザは、光検出部１０１を用いてサンプル７を観察した結果、所望の大きさになった時点でユーザインタフェース１５を介して制御部１１に対するモード切替え（例、停止モード、低電圧モード）の指示を入力することができる。制御部１１は、ユーザからの入力に応じてＳ１１０２～Ｓ１１０４のループを終了し、Ｓ１１０５に進む。

【００９２】

なお、凝固物の大きさの判定は、これに限定されない。評価部１３が、光検出部１０１によって取得された情報（例、画像、吸光度）を受け取り、この情報をもとに凝固物の大きさを自動的に解析して判定してもよい。一例として、評価部１３は、画像内のエッジを抽出し、エッジに囲まれた領域のサイズを凝固物の大きさとして判定してもよい。一例として、評価部１３が、凝固物が所望の大きさになったかを検出し、凝固物が所望の大きさになったことを示す検出信号を制御部１１に出力する。制御部１１は、評価部１３からの検出信号に応じてＳ１１０２～Ｓ１１０４のループを終了し、Ｓ１１０５に進む。

【００９３】

Ｓ１１０２～Ｓ１１０４のループについて説明する。プラズマ生成部２は、電源及びガス源３から供給されるガス及び電圧に基づいてプラズマを生成し、プラズマをサンプル７に照射する（Ｓ１１０２）。測定部１２は、プラズマをサンプル７に照射している間にサンプル７を介してステージ４に流れる電流の電流値を測定する。評価部１３は、電流値が安定した状態から下降したかを判定する（Ｓ１１０３）。電流値の下降の検出方法は、上述した通りである。評価部１３が電流値の下降を検出した場合、Ｓ１１０４に進む。評価部１３が電流値の下降を検出しなかった場合、引き続き、プラズマ生成（Ｓ１１０２）を続行する。

【００９４】

評価部１３が電流値の下降を検出した場合、制御部１１は、電流値が所定の範囲内で維持されるように電圧を制御する（Ｓ１１０４）。一例として、制御部１１は、安定時の電流値を維持するように電圧値を上げる。このとき、必ずしも一定の電流値になる必要はな

く、一例として、制御部１１は、安定時の電流値の上下に許容範囲を設定し、電流値が許容範囲内に維持されるように電圧値を上げてもよい。上述したように、電圧値が大きいほど、生成される凝固物の大きさが大きくなる。電圧値を上げることで、凝固物の大きさを徐々に大きくすることができる。制御部１１は、電圧値を上げた後、引き続き、プラズマ生成（Ｓ１１０２）を続行する。

【００９５】

次に、凝固物が所望の大きさになった後のフローについて説明する。制御部１１は、第１モードから第２モードへ切り替える（Ｓ１１０５）。制御部１１は、第２モードに切り替えた時点での電圧値を維持する。プラズマ生成部２は、電源及びガス源３から供給されるガス及び電圧に基づいてプラズマを生成し、プラズマをサンプル７に照射する（Ｓ１１０６）。

【００９６】

測定部１２は、プラズマをサンプル７に照射している間にサンプル７を介してステージ４に流れる電流の電流値を測定する。評価部１３は、電流値が安定した状態から下降したかを判定する（Ｓ１１０７）。電流値の下降の検出方法は、上述した通りである。評価部１３が電流値の下降を検出した場合、Ｓ１１０８に進む。評価部１３が電流値の下降を検出しなかった場合、Ｓ１１０６に戻り、引き続きプラズマ生成を続行する。

【００９７】

評価部１３が電流値の下降を検出した場合、制御部１１は、評価部１３からの情報（電流値の下降の検出）をトリガーにしてプラズマ生成部２への電圧の印加を停止する（例、停止モード）（Ｓ１１０８）。

【００９８】

本実施形態のプラズマ照射処理装置１は、凝固物の大きさを光検出部１０１によって確認しながら、安定した凝固物を所望の大きさで得ることができる。

【００９９】

別の例として、プラズマ照射処理装置１は、電圧値の時間管理に基づいて凝固物を生成してもよい。制御部１１は、照射対象物に関する電圧値及びその電圧値において凝固物の生成に要する時間の情報（例、照射対象物及び電圧値に基づくプラズマ照射時間）を制御情報として予め作成し、その制御情報を記憶部１４に記憶してよい。図１２は、本実施形態における照射対象物に関する電圧値及び時間の情報を用いた制御を説明する図である。

【０１００】

プラズマ照射処理装置１は、所定の照射対象物に対して図１１のフローを実施する。このとき、一例として、図１２に示すように、制御部１１は、第１電圧値と、第１電圧値でプラズマを照射した時間t_1と、第２電圧値（第１電圧値より大きい電圧値）と、第２電圧値に設定してからモードを切り換える（第１モードから第２モードへの切り換え）までの時間t_2と、モードを切り換えた後に電圧の印加を停止するまでの時間t_3とを制御情報として記憶部１４に記憶してもよい。

【０１０１】

一例として、同じ照射対象物の凝固物を生成する場合、プラズマ照射処理装置１は、記憶部１４に記憶された上記の制御情報を用いて照射対象物の凝固物を生成することができる。一例として、制御部１１は、第１電圧値をプラズマ生成部２に時間t_1だけ供給し、次に、電圧値を第１電圧値から第２電圧値に変更する。その後、制御部１１は、時間t_2経過した後に第１モードから第２モードへ自動的に切り替える。その後、制御部１１は、時間t_3経過した後にプラズマ生成部２への電圧の印加を停止する。この構成によれば、プラズマ照射処理装置１は、照射対象物に対する電圧値の時間管理を含む制御情報に基づいて凝固物を生成することができる。

【０１０２】

以下では、プラズマ照射処理装置１の対象となるサンプル７（照射対象物、ターゲット）について説明する。一例として、サンプル７は、タンパク質（アルブミン、ヘモグロビン、コラーゲンなど）、又はタンパク質を含む溶液である。制御部１１は、プラズマ生成

部２に供給される電圧値（例、放電管１０に印加される電圧又は電源の設定電圧）を制御し、タンパク質の二次元構造物又は三次元構造物の成形を行ってもよい。例えば、プラズマ照射処理装置１により発生させたプラズマをタンパク質水溶液に照射したとき、タンパク質水溶液中のタンパク質は重合し、タンパク質膜が成膜される。このとき、タンパク質膜を積層化し、タンパク質の三次元構造物を成形することができる。

【０１０３】

一例として、サンプル７は、血液、又は、血液に含まれる成分（血球成分、血漿成分）を含む溶液である。制御部１１は、電圧値を制御し、溶血膜、又は、血液に含まれる成分の凝固物による膜状構造物を生成してもよい。

【０１０４】

一例として、サンプル７は、抗体や生体分子を主成分とする生物学的製剤の溶解液である。制御部１１は、電圧値を制御し、剤型加工を行ってもよい。剤形加工は、薬の形状加工、および、生物学的製剤の加工を含む。

【０１０５】

以上、添付図面を参照しながら本実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。上述した例において示した各構成要素の組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲において設計要求等に基づき種々変更可能である。

【０１０６】

処理装置６の処理は、それらの機能を実現するソフトウェアのプログラムコードによっても実現してもよい。この場合、プログラムコードを記録した記憶媒体を装置に提供し、その装置のコンピュータ（又はＣＰＵなど）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出す。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコード自体、及びそれを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。別の例として、処理装置６の一部が、例えば集積回路等の電子部品を用いたハードウェアにより実現されてもよい。

【０１０７】

さらに、上述の実施形態において、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。全ての構成が相互に接続されていても良い。

【符号の説明】

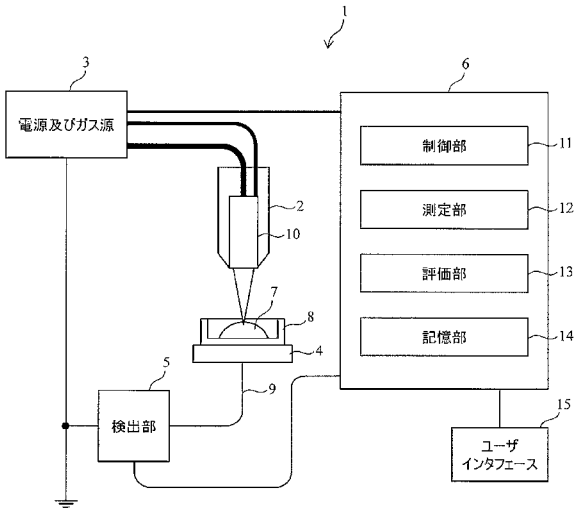
【０１０８】

１　…プラズマ照射処理装置
２　…プラズマ生成部
３　…電源及びガス源
４　…ステージ
５　…検出部
６　…処理装置
７　…サンプル
８　…サンプル保持部
９　…電線
１０　…放電管
１１　…制御部
１２　…測定部
１３　…評価部
１４　…記憶部
１５　…ユーザインタフェース
８１　…評価情報
９１　…電極パッド
９２　…照射対象物

１０１　…光検出部

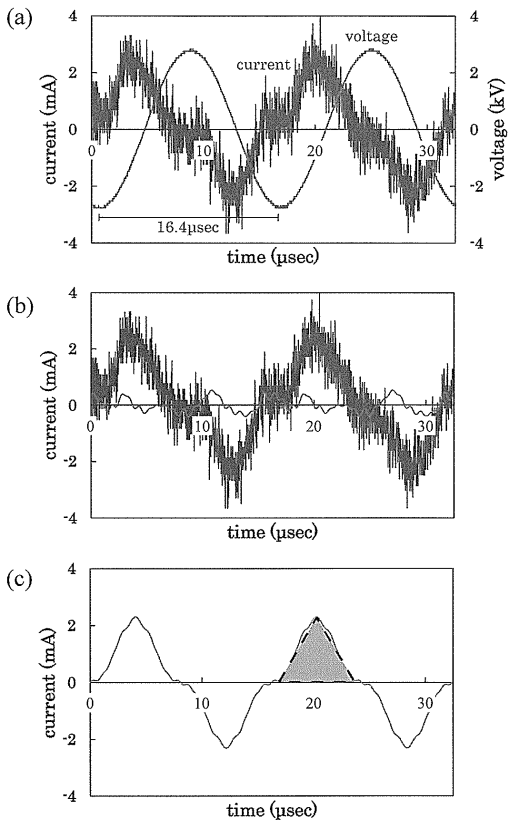
【図１】

図１



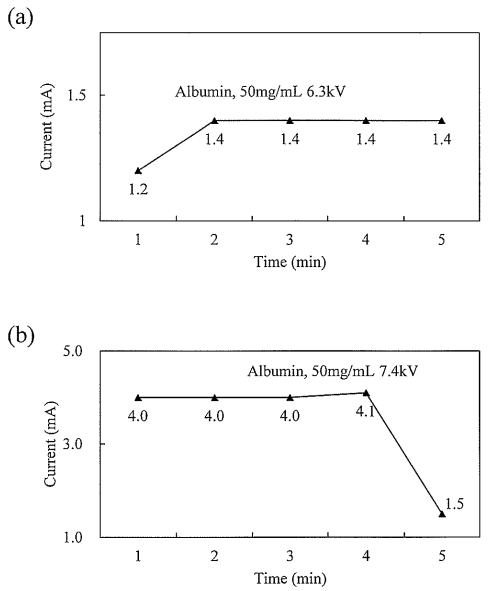
【図２】

図２



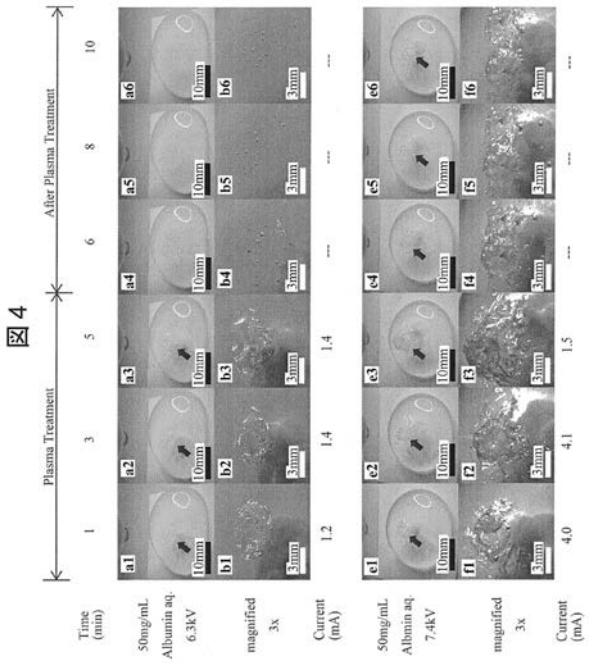
【図３】

図３



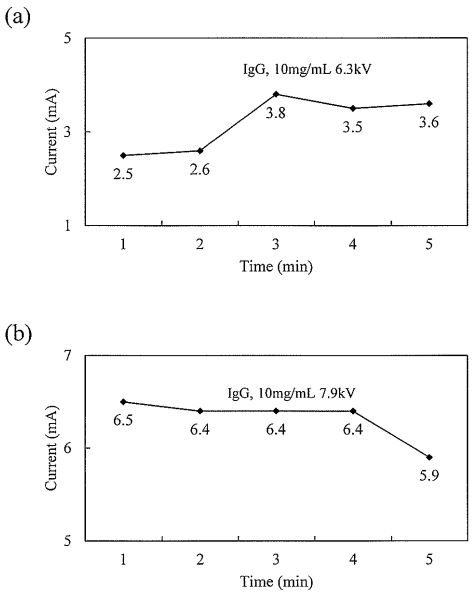
【図４】

図４



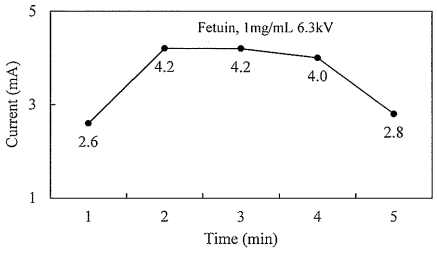
【図５】

図５



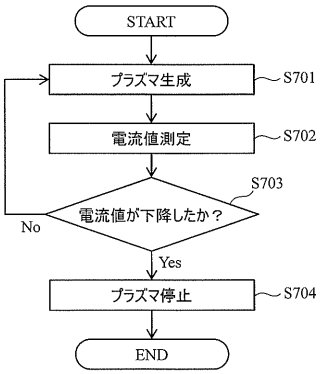
【図６】

図６



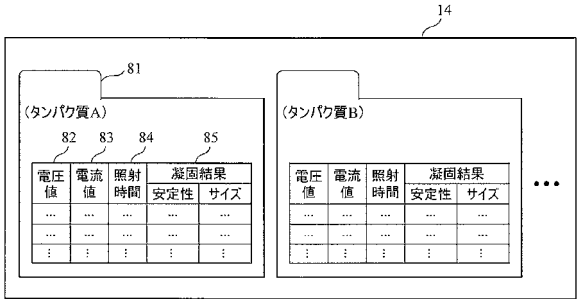
【図７】

図７



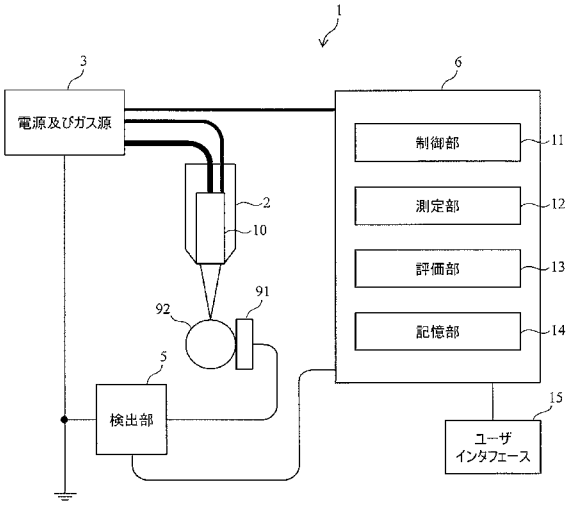
【図８】

図８



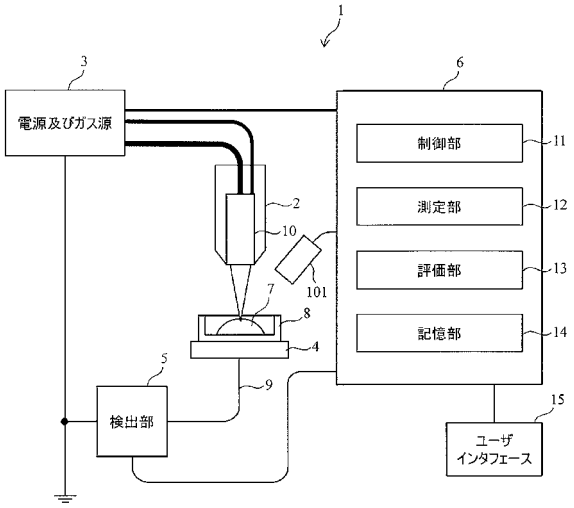
【図９】

図９



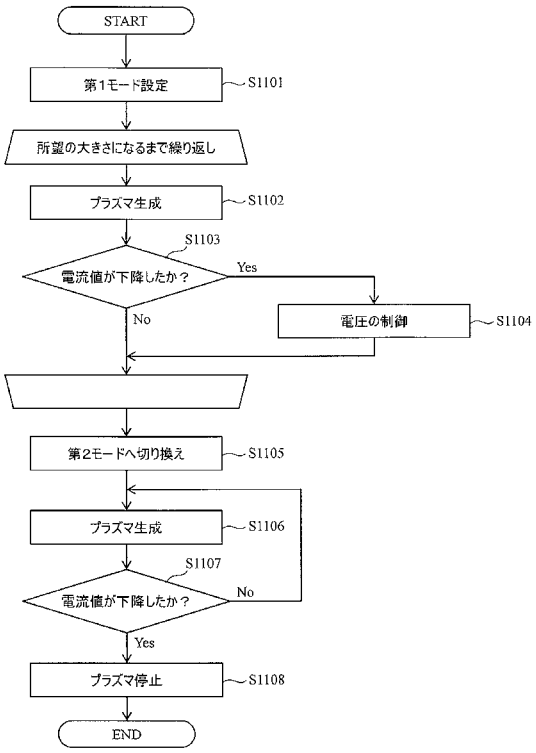
【図１０】

図１０



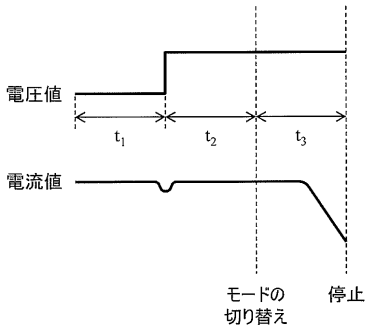
【図１１】

図１１



【図１２】

図１２



フロントページの続き

(72)発明者　池原　譲
茨城県つくば市東１－１－１　国立研究開発法人産業技術総合研究所つくばセンター内
(72)発明者　池原　早苗
茨城県つくば市東１－１－１　国立研究開発法人産業技術総合研究所つくばセンター内
(72)発明者　宮本　健司
東京都港区港南２丁目１５番３号　株式会社ニコン内

Ｆターム(参考)　2G045 AA10 CA25 FA34
2G060 AA07 AA15 AD06 AE40 AF01
2G084 AA24 BB21 CC21 CC34 GG07 HH05 HH07 HH09 HH11 HH21
HH22 HH31 HH34 HH42 HH43 HH54