

【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1区分  
 【発行日】平成28年3月31日(2016.3.31)

【公開番号】特開2013-179047(P2013-179047A)  
 【公開日】平成25年9月9日(2013.9.9)  
 【年通号数】公開・登録公報2013-049  
 【出願番号】特願2013-31827(P2013-31827)  
 【国際特許分類】

H 0 5 H 1/46 (2006.01)

H 0 1 L 21/3065 (2006.01)

【F I】

H 0 5 H 1/46 R

H 0 1 L 21/302 1 0 1 B

H 0 5 H 1/46 M

【手続補正書】

【提出日】平成28年2月12日(2016.2.12)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

システムであって、

プラズマを収容するためのプラズマチャンバであって、電極を含む、プラズマチャンバと、

高周波(RF)信号を前記電極に供給するために電送線路を介して前記プラズマチャンバに接続された駆動増幅器と、

前記駆動増幅器に接続されたセレクタと、

前記セレクタに接続された第1の自動周波数制御部(AFC)と、

前記セレクタに接続された第2のAFCと、

を備え、

前記セレクタは、前記伝送線路上で検知された電流および電圧の値に基づいて、前記第1のAFCまたは前記第2のAFCを選択するよう構成されている、システム。

【請求項2】

請求項1に記載のシステムであって、

前記電流および電圧の値は、1または複数のガンマ値を生成するために用いられ、

前記セレクタは、前記ガンマ値の1つが第1の閾値よりも大きい場合に前記第1のAFCを選択するよう構成され、前記ガンマ値の別の1つが第2の閾値よりも大きい場合に前記第2のAFCを選択するよう構成されている、システム。

【請求項3】

請求項1に記載のシステムであって、

前記セレクタは、マルチプレクサを含む、システム。

【請求項4】

システムであって、

電極に接続された第1発生器であって、

第1高周波(RF)信号を前記電極に供給するための第1駆動増幅器と、

パルス信号が第1の状態である時に第1の第1周波数入力を前記第1駆動増幅器に提

供するための第1自動周波数チューナ(AFT)と、を含み、

前記第1 A F Tは、前記パルス信号が第2の状態である時に第2の第1周波数入力を前記第1駆動増幅器に提供するように構成されている、第1発生器と、

前記電極に接続された第2発生器であって、

第2 R F信号を前記電極に供給するための第2駆動増幅器と、

前記第2駆動増幅器に接続された第1の第2 A F Tと、

前記第2駆動増幅器に接続された第2の第2 A F Tと、

前記第1の第2 A F Tおよび前記第2の第2 A F Tに接続されたプロセッサと、

前記第1および第2の状態中に前記第2発生器および前記電極の間で伝達される電流および電圧を検知するために前記電極に接続された1または複数のセンサと、を含み、

前記プロセッサは、前記電流および電圧に基づいてパラメータを生成すると共に、前記第1の状態に対する前記パラメータの内の第1のパラメータが第1の限度を超えるか否か、および、前記第2の状態に対する前記パラメータの内の第2のパラメータが第2の限度を超えるか否かを判定するように構成され、

前記第1の第2 A F Tは、前記第1のパラメータが前記第1の限度を超えたという判定を受信すると、第1の第2周波数入力を前記第2駆動増幅器に提供するように構成され、

前記第2の第2 A F Tは、前記第2のパラメータが前記第2の限度を超えたという判定を受信すると、第2の第2周波数入力を前記第2駆動増幅器に提供するように構成されている、第2発生器と、を備える、システム。

【請求項5】

請求項4に記載のシステムであって、さらに、

前記第1の第2 A F Tまたは前記第2の第2 A F Tを選択するために前記プロセッサに接続されたセレクタを備え、

前記セレクタは、前記第1のパラメータが前記第1の限度を超えたことを示す信号を前記プロセッサから受信すると前記第1の第2 A F Tを選択し、前記第2のパラメータが前記第2の限度を超えたことを示す信号を前記プロセッサから受信すると前記第2の第2 A F Tを選択する、システム。

【請求項6】

請求項4に記載のシステムであって、

前記電極は、プラズマチャンパの下側電極を含む、システム。

【請求項7】

請求項4に記載のシステムであって、

前記第1の状態中に、前記第1駆動増幅器は、前記第2 R F信号よりも低い周波数を有する前記第1 R F信号を生成するように構成され、前記第1 R F信号は、前記第2 R F信号よりも高い電力を有する、システム。

【請求項8】

請求項4に記載のシステムであって、

前記プロセッサは、前記パルス信号の大きさに基づいて、前記パルス信号が前記第1の状態にあるか、前記第2の状態にあるかを判定するように構成されている、システム。

【請求項9】

請求項4に記載のシステムであって、

前記第1および第2のパラメータの各々は、ガンマ値、または、インピーダンスの差の値を含む、システム。

【請求項10】

システムであって、

パルス信号を生成するためのデジタルパルス源と、

第1発生器であって、

第1高周波(R F)信号を電極に供給するために前記電極に接続された第1駆動増幅器と、

前記パルス信号を受信するために前記デジタルパルス源に接続された1または複数の

第 1 プロセッサと、を含み、

前記 1 または複数の第 1 プロセッサは、

前記パルス信号の 2 つの状態の内の第 1 の状態および第 2 の状態を識別し、

前記パルス信号が前記第 1 の状態にある時、第 1 電力値を前記第 1 駆動増幅器に提供することを決定し、

前記パルス信号が前記第 1 の状態にある時、前記第 1 R F 信号の第 1 周波数値を提供することを決定するよう構成されている、第 1 発生器と、

第 2 発生器であって、

第 2 R F 信号を前記電極に供給するために前記電極に接続された第 2 駆動増幅器と、

前記パルス信号を受信するために前記デジタルパルス源に接続された 1 または複数の第 2 プロセッサと、を含み、

前記 1 または複数の第 2 プロセッサは、

前記パルス信号が前記第 1 の状態にある時に、プラズマに関するパラメータが第 1 の限度を超えるか否かを判定し、

前記パルス信号が前記第 2 の状態にある時に、前記パラメータが第 2 の限度を超えるか否かを判定し、

前記パラメータが前記第 1 の限度を超えるとの判定に応じて、第 1 の第 2 電力値を前記第 2 駆動増幅器に提供することを決定し、

前記パラメータが前記第 2 の限度を超えるとの判定に応じて、第 2 の第 2 電力値を前記第 2 駆動増幅器に提供することを決定し、

前記パラメータが前記第 1 の限度を超えるとの判定に応じて、第 1 の第 2 周波数値を前記第 2 駆動増幅器に提供することを決定し、

前記パラメータが前記第 2 の限度を超えるとの判定に応じて、第 2 の第 2 周波数値を前記第 2 駆動増幅器に提供することを決定するよう構成されている、第 2 発生器と、を備える、システム。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載のシステムであって、さらに、

前記第 1 の第 2 周波数値または前記第 2 の第 2 周波数値を選択するために前記 1 または複数の第 2 プロセッサに接続されたセレクタを備え、

前記セレクタは、前記パラメータが前記第 1 の限度を超えたことを示す信号を前記 1 または複数の第 2 プロセッサから受信すると前記第 1 の第 2 周波数値を選択し、前記第パラメータが前記第 2 の限度を超えたことを示す信号を前記 1 または複数の第 2 プロセッサから受信すると前記第 2 の第 2 周波数値を選択する、システム。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載のシステムであって、

前記パラメータは、ガンマ値、または、インピーダンスの差の値を含む、システム。

【請求項 1 3】

請求項 1 0 に記載のシステムであって、

前記電極は、プラズマチャンバの下側電極を含む、システム。

【請求項 1 4】

請求項 1 0 に記載のシステムであって、

前記第 1 の状態中に、前記第 1 駆動増幅器は、前記第 2 R F 信号よりも低い周波数を有する前記第 1 R F 信号を生成するよう構成され、前記第 1 R F 信号は、前記第 2 R F 信号よりも高い電力を有する、システム。

【請求項 1 5】

請求項 1 0 に記載のシステムであって、

前記第 1 および第 2 周波数値の各々は調整される、システム。

【請求項 1 6】

請求項 1 0 に記載のシステムであって、

前記 1 または複数の第 1 プロセッサは、前記パルス信号の大きさに基づいて、前記パル

ス信号が前記第 1 の状態にあるか、前記第 2 の状態にあるかを判定する、システム。

【請求項 17】

方法であって、

2 つの状態を有するデジタルパルス信号を受信する工程と、

電流および電圧の値を受信する工程と、

プラズマインピーダンスに関するパラメータを前記電流および電圧の値から計算する工程と、

第 1 の状態中に、前記パラメータの内の第 1 のパラメータが第 1 の限度を超えるか否かを判定する工程と、

前記第 1 のパラメータが前記第 1 の限度を超えると判定されると、第 1 の周波数値および第 1 の電力値を高周波 ( R F ) 駆動増幅器に提供する工程と、

第 2 の状態中に、前記パラメータの内の第 2 のパラメータが第 2 の限度を超えるか否かを判定する工程と、

前記第 2 のパラメータが前記第 2 の限度を超えると判定されると、第 2 の周波数値および第 2 の電力値を前記 R F 駆動増幅器に提供する工程と、

を備える、方法。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の方法であって、

前記方法は、半導体ウエハを処理して集積回路を製造するために利用される、方法。

【請求項 19】

請求項 17 に記載の方法であって、

前記パラメータは、ガンマ値、または、インピーダンスの差の値を含む、方法。

【請求項 20】

請求項 17 に記載の方法であって、さらに、

前記第 1 の周波数値および前記第 1 の電力値、もしくは、前記第 2 の周波数値および前記第 2 の電力値を選択する工程を備える、方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

【図 5】本開示に記載された一実施形態に従って、電力コントローラおよび/または周波数チューナが非ゼロ値を提供する場合に、プラズマインピーダンスに基づいて状態を変化させるためのシステムの一実施形態を示す図。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0050】

T T L 信号 112 が状態 S0 から状態 S1 に移行し、2 MHz D A システムが、電力値 P11 に比例する電力値と周波数値 F11 とを有する順方向電力をプラズマチャンバ 102 に供給すると、プラズマチャンバ 102 のインピーダンスが変化する。T T L 信号 112 が状態 S0 から状態 S1 に移行した結果としてプラズマチャンバ 102 内のインピーダンスが変化する、60 MHz 発生器 276 のセンサ 212 が、順方向電力および反射電力 ( プラズマチャンバ 102 のプラズマから反射された R F 電力 ) を伝送線路 232 上で測定する。センサ 212 は、順方向電力および反射電力の測定値をアナログデジタル変換器 ( A D C ) 222 に提供し、A D C 222 は、測定値をアナログ形式からデジタル形式に変換する。順方向電力および反射電力のデジタル値は、D S P 150 に提供される。一

実施形態において、DSPは、ADCを備える。また、一実施形態において、DSP150は、TTL信号112を受信しないことに注意されたい。代わりに、この実施形態において、DSP150は、TTL信号112と同期しなくてもよい別のデジタルパルス信号を受信する。一実施形態において、DSP150によって受信される別のデジタルパルス信号は、TTL信号112と同期する。

【**手続補正4**】

【**補正対象書類名**】明細書

【**補正対象項目名**】0051

【**補正方法**】変更

【**補正の内容**】

【0051】

TTL信号112が状態S1の間、例えば、TTL信号112のS0からS1への状態移行の直後に、DSP150は、第1のガンマ値を生成するために、関係性（例えば、デジタル反射電力信号とデジタル順方向電力信号との比の平方根、電圧定在波比（VSWR）など）を状態S1中に計算する。ガンマ値「1」は、電源と負荷との間でインピーダンスの不整合の程度が高いことを示し、ガンマ値「0」は、電源と負荷との間でインピーダンスの不整合の程度が低いことを示す。ガンマ値がゼロである場合、プラズマチャンバ102への電力供給が、非常に効率的であると考えられる。ガンマ値が1である場合、電力供給は、非常に非効率であると考えられる。VSWRは、 $RC - 1$ および $RC + 1$ の比に等しいものとして計算され、ここで、RCは反射係数である。

【**手続補正5**】

【**補正対象書類名**】明細書

【**補正対象項目名**】0070

【**補正方法**】変更

【**補正の内容**】

【0070】

2MHzおよび60MHz DAシステムに加えて27MHz DAシステムが用いられる実施形態において、27MHz 発生器は、60MHz DAシステムの代わりに27MHz DAシステムを備えることを除けば、60MHz 発生器276と同様である。27MHz 発生器は、インピーダンス整合回路（図示せず）および伝送線路（図示せず）を介してプラズマチャンバ102の下側電極104に接続される。さらに、27MHz DAシステムは、ツールUI 190以外のデジタルパルス信号源に接続されており、デジタルパルス信号源によって生成されるデジタルパルス信号は、TTL信号112と同期しなくてもよい。デジタルパルス信号源の一例としては、クロック発振器、または、TTL信号を生成するTTL回路を備えたコンピュータが挙げられる。一実施形態において、デジタルパルス信号源によって生成されるデジタルパルス信号は、TTL信号112と同期する。27MHz 発生器は、2つの電力コントローラ、2つのAFT、DSP、ADC、センサ、および、27MHz DAシステムを備える。

【**手続補正6**】

【**補正対象書類名**】明細書

【**補正対象項目名**】0076

【**補正方法**】変更

【**補正の内容**】

【0076】

一実施形態では、センサ212が順方向電力および反射電力を検知する代わりに、TTL信号 112 の状態S1中に、第1の比較器が、伝送線路232に反射された電圧または電流を比較して、電圧または電流が第1の所定の値よりも大きいかが否かを判定する。TTL信号106の状態S1中に、電圧または電流が第1の所定の値よりも大きい場合、第1の比較器は、第1の信号をDSP150に提供し、電圧または電流が第1の所定の値以下である場合、比較器は、第2の信号をDSP150に提供する。第1の信号を受信すると

、DSP150は、電圧または電流が第1の所定の値よりも大きいと特定し、第2の信号を受信すると、DSP150は、電圧または電流が第1の所定の値以下であると特定する。DSP150は、電圧または電流が第1の所定の値を超えると特定した場合、第1の所定の値に対応する周波数値F21を決定し、周波数値F21をAFT118に提供する。さらに、電圧または電流が第1の所定の値を超える旨の示唆を受信すると、DSP150は、第1の所定の値に対応する電力値P21を決定し、電力値P21を電力コントローラ152に提供する。比較器は、DSP150に接続されている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0077

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0077】

この実施形態において、TTL信号112の状態S0中に、比較器は、伝送線路232に反射された電圧または電流を比較して、電圧または電流が第2の所定の値よりも大きいか否かを判定する。電圧または電流が第2の所定の値よりも大きい場合、比較器は、第1の信号をDSP150に提供し、電圧または電流が第2の所定の値以下である場合、比較器は、第2の信号をDSP150に提供する。TTL信号112の状態S0中に第1の信号を受信すると、DSP150は、電圧または電流が第2の所定の値よりも大きいと特定し、TTL信号112の状態S0中に第2の信号を受信すると、DSP150は、電圧または電流が第2の所定の値以下であると特定する。DSP150は、電圧または電流が第2の所定の値を超えると決定した場合、第2の所定の値に対応する周波数値F20を決定し、周波数値F20をAFT120に提供する。さらに、電圧または電流が第2の所定の値を超える旨の示唆を受信すると、DSP150は、第2の所定の値に対応する電力値P20を決定し、電力値P20を電力コントローラ154に提供する。一実施形態において、比較器は、アナログ回路（例えば、1または複数のオペアンプ）を含む。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0083

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0083】

点115において、IP・RF発生器（例えば、2MHz発生器）のIP・RF信号119は、ハイに移行して高電力設定点に至る。図3の例において、2MHz IP・RF発生器の高電力設定点は、6キロワット（kW）である。これは、図4の動作117にも示されている。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0088

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0088】

IP・RF信号がローに移行した後（点127の後）、以前の最適な調整RF周波数61.3MHzは、依存RF発生器による電力供給にとってもはや効率的なRF周波数ではなくなる。これは、2MHz IP・RF信号がローに移行してプラズマ102内のプラズマに供給するRF電力の量が小さくなった時に、プラズマインピーダンスが変化したからである。非効率性は、ガンマ値0.8に反映され、依存RF発生器のセンサ212によって検出される。このガンマ値0.8は、図4の動作133で記録され、図4の動作135でIDPC\_Gamma1閾値として設定されてよい。IDPC\_Gamma1閾値は、第2の閾値の一例である。IDPC\_Gamma1閾値は、DSP150のメモリデバイス

、 A F T 1 2 0 のメモリデバイス、および / または、電力コントローラ 1 5 4 のメモリデバイス ( 図 1 ) に格納される。

【 手続補正 1 0 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 9 0

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 9 0 】

1 または複数の実施形態において、 I D P C \_ \_ G a m m a 1 閾値は、 T h r e s h o l d \_ \_ 1 \_ \_ A d j u s t の値によって感度を高くするために調整されうる。例えば、動作 1 3 5 において、センサ 2 1 2 によるハイからローへの検出感度を上げるために、 0 . 8 の代わりに 0 . 7 ( 例えば、 2 M H z I P ・ R F 信号のハイからローへの移行によって生じるガンマ値よりもやや低い値 ) に I D P C \_ \_ G a m m a 1 閾値を設定することが望ましい場合がある。この例では、 T h r e s h o l d \_ \_ 1 \_ \_ A d j u s t の値は、 - 0 . 1 であり、 I D P C \_ \_ G a m m a 1 閾値「 0 . 7 」は、ガンマ値「 0 . 8 」および T h r e s h o l d \_ \_ 1 \_ \_ A d j u s t の値「 - 0 . 1 」の和である。

【 手続補正 1 1 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 9 8

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 9 8 】

図 5 は、電力コントローラおよび / または周波数チューナが非ゼロ値を提供する場合に、プラズマインピーダンスに基づいて状態を変化させるためのシステム 2 6 2 の一実施形態を示す図である。システム 2 6 2 は、それぞれ非ゼロ値を提供する電力コントローラ 1 7 2 および A F T 2 6 4 を備えることを除いては、図 1 のシステム 1 8 0 と同様である。

【 手続補正 1 2 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 1 1 6

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 1 1 6 】

図 8 は、ガンマ値が第 1 の閾値または第 2 の閾値よりも大きいか否かに基づいて A F T 1 1 8 および 1 2 0 ( 図 1 および図 3 ) の間で選択を行うためのシステム 3 1 1 の一実施形態を示すブロック図である。 T T L 信号 1 1 2 が状態 S 1 であり、状態 S 1 中に測定されたガンマ値が第 1 の閾値を超えた場合、システム 3 1 1 の選択ロジック 1 2 8 ( セレクタの一例 ) が A F T 1 1 8 を選択し、 T T L 信号 1 1 2 が状態 S 0 であり、状態 S 0 中に測定されたガンマ値が第 2 の閾値を超えた場合、選択ロジック 1 2 8 は A F T 1 2 0 を選択する。選択ロジック 1 2 8 の例としては、マルチプレクサが挙げられる。選択ロジック 1 2 8 がマルチプレクサを含む場合、 T T L 信号 1 1 2 の状態 S 1 中に測定されたガンマ値が第 1 の閾値よりも大きいことを示す信号、または、 T T L 信号 1 1 2 の状態 S 0 中に測定されたガンマ値が第 2 の閾値よりも大きいことを示す信号が、マルチプレクサの選択入力を受信される。 D S P 1 5 0 は、 T T L 信号 1 1 2 の状態 S 1 中に測定されたガンマ値が第 1 の閾値よりも大きいことを示す信号を生成して、 T T L 信号 1 1 2 が状態 S 1 を有する時にその信号をマルチプレクサに提供する。 D S P 1 5 0 は、 T T L 信号 1 1 2 の状態 S 0 中に測定されたガンマ値が第 2 の閾値よりも大きいことを示す信号を生成して、 T T L 信号 1 1 2 が状態 S 0 を有する時にその信号をマルチプレクサに提供する。

【 手続補正 1 3 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 1 1 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0119】

2 MHz D A システムは、クロック源 3 1 3 から受信したクロック信号と同期する 2 MHz 信号を生成する。一実施形態において、クロック源 3 1 3 のクロック信号は、T T L 信号 1 1 2 と同期しない。一実施形態において、クロック源 3 1 3 のクロック信号は、T T L 信号 1 1 2 と同期する。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 3 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0138】

図 1 0 のタイムスケールは、図 3 よりも速いタイムスケールを反映していることに注意されたい。図 1 0 のタイムスケールは生産時間を示し、図 3 のタイムスケールは学習時間を示す。上述のように、依存 R F 発生器が学習を目的に最適な調整 R F 周波数に自己調整することを可能にするために、I P ・ R F パルスのハイ期間およびロー期間が、学習時間中に人為的に延長されることに当てはまる。さらに、6 0 MHz 信号は、図 1 0 で信号 4 0 6 として図示されていることに注意されたい。

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 3 】

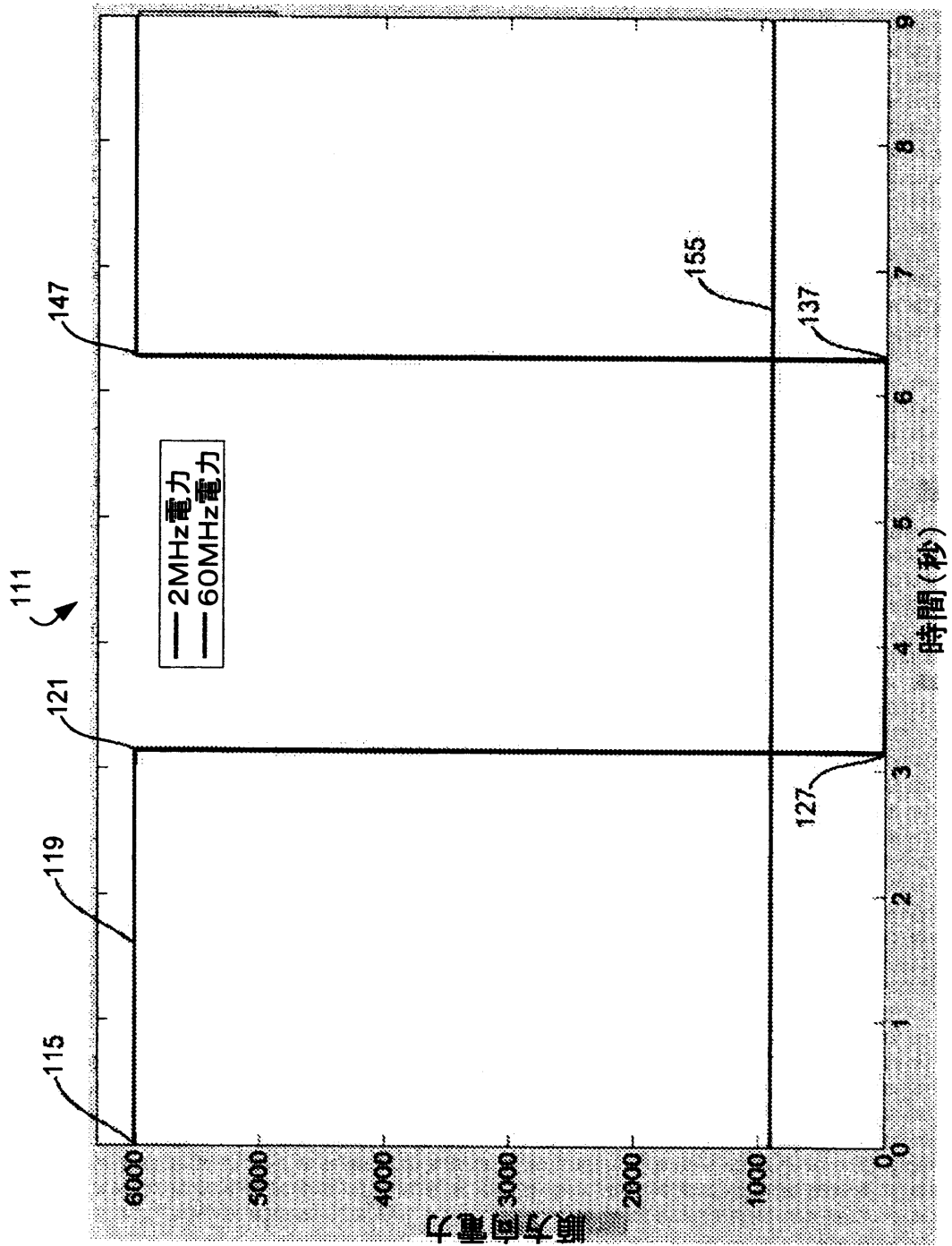


FIG. 3

- 【 手続補正 1 6 】
- 【 補正対象書類名 】 図面
- 【 補正対象項目名 】 図 5
- 【 補正方法 】 変更
- 【 補正の内容 】

【 図 5 】

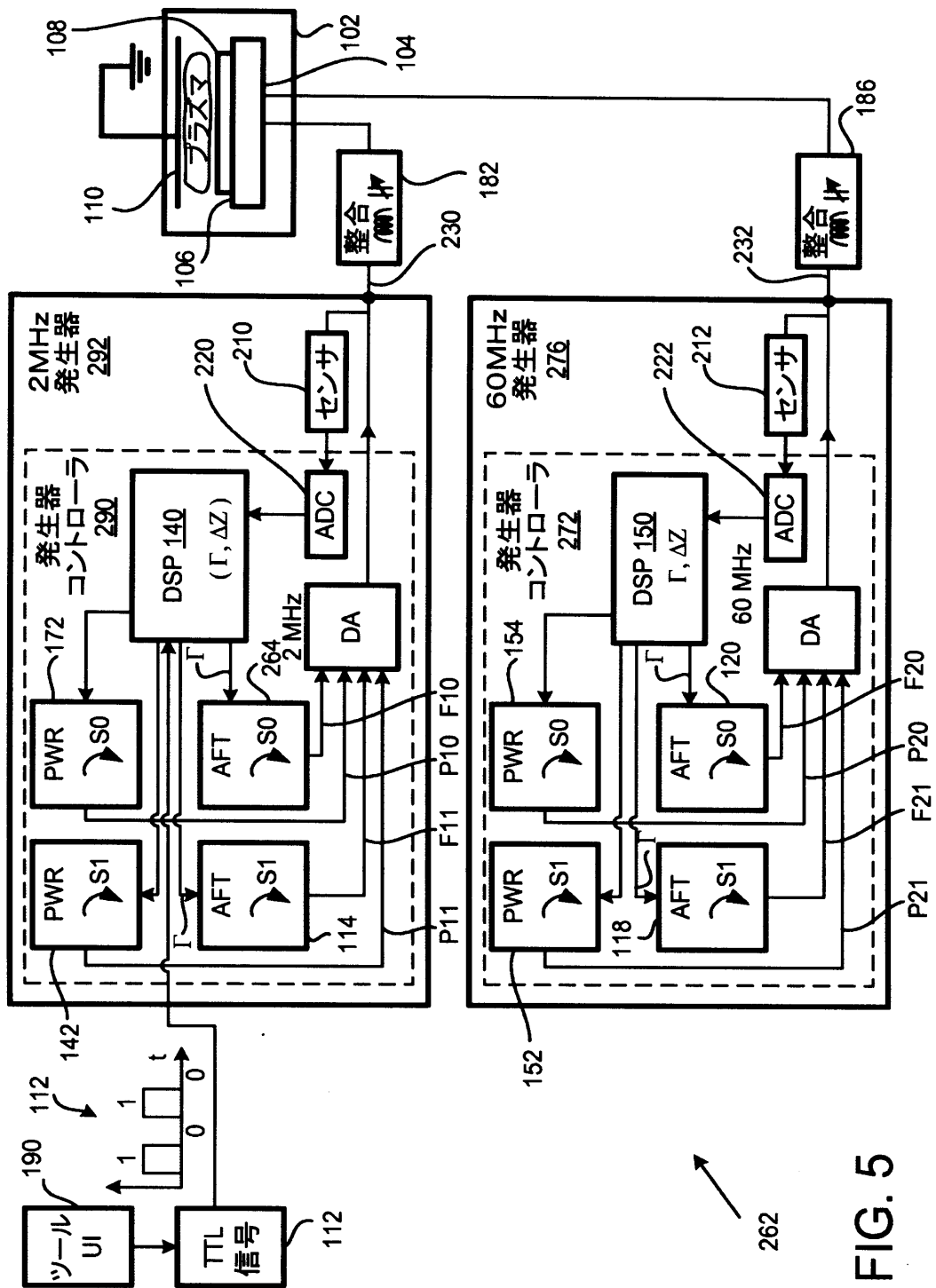


FIG. 5

- 【 手続補正 1 7 】
- 【 補正対象書類名 】 図面
- 【 補正対象項目名 】 図 8
- 【 補正方法 】 変更
- 【 補正の内容 】

【 図 8 】

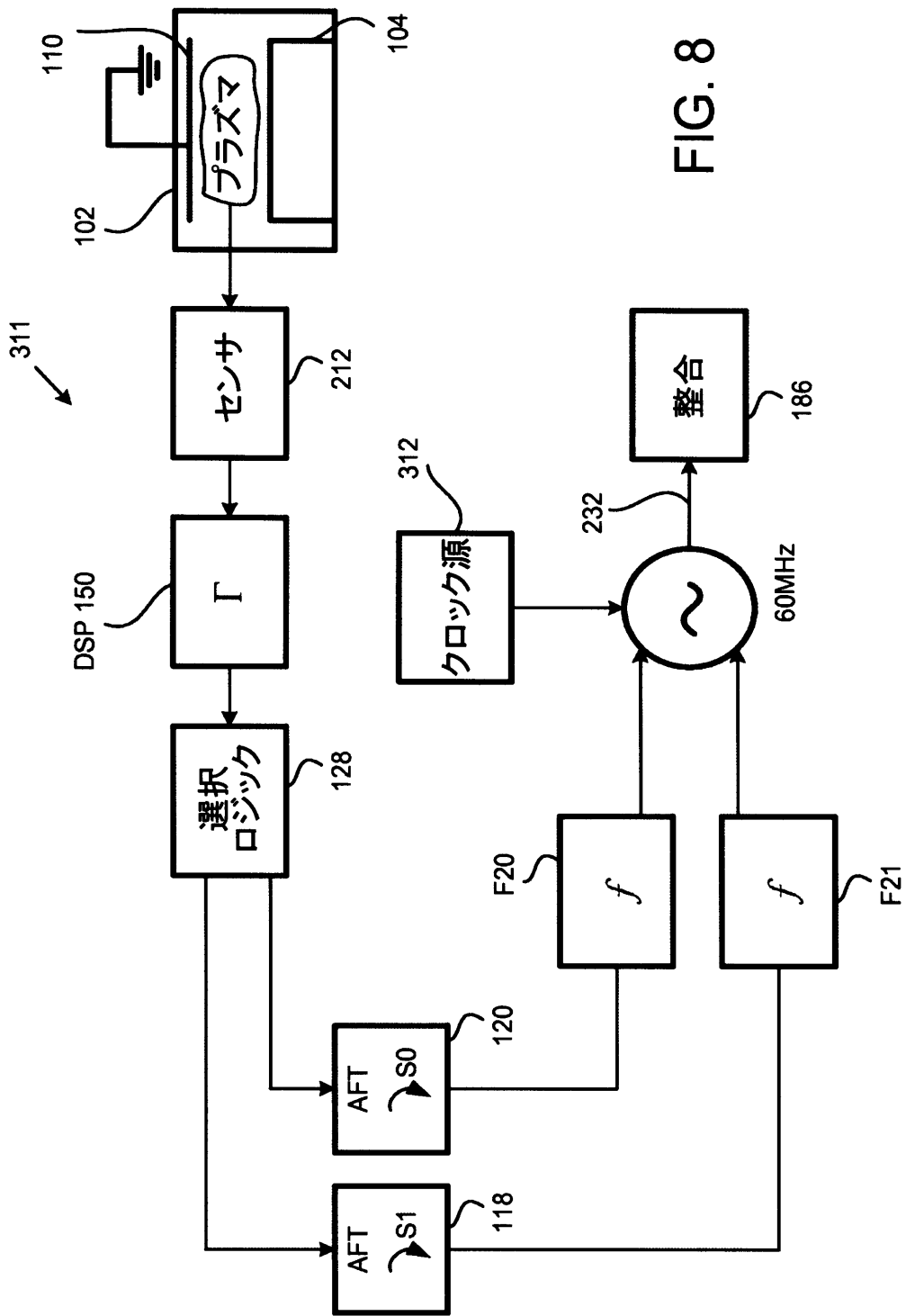


FIG. 8