【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】令和3年4月8日(2021.4.8)

【公表番号】特表2020-510959(P2020-510959A)
【公表日】令和2年4月9日(2020.4.9)
【年通号数】公開・登録公報2020-014
【出願番号】特願2019-544004(P2019-544004)
【国際特許分類】
Ｈ０５Ｈ　1/46　(2006.01)
Ｈ０３Ｈ　7/40　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　21/3065　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０５Ｈ　1/46　Ｒ
Ｈ０３Ｈ　7/40
Ｈ０１Ｌ　21/302　１０１Ｂ

【手続補正書】
【提出日】令和3年2月19日(2021.2.19)
【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】
複数の状態で反射電力を低減するようにチューニングするための方法であって、
インピーダンス整合回路を介したプラズマチャンバへのデジタルパルス信号の第１状態中に、電力を高周波（ＲＦ）発生器によって供給する工程と、
前記第１状態中に前記ＲＦ発生器の出力に反射される電力の量を測定する工程と、
前記インピーダンス整合回路を介した前記プラズマチャンバへの前記デジタルパルス信号の第２状態中に、電力を前記ＲＦ発生器によって供給する工程と、
前記第２状態中に前記ＲＦ発生器の前記出力に反射される電力の量を測定する工程と、
前記第１状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減すると共に前記第２状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減するように、前記インピーダンス整合回路のパラメータを制御する工程と、
を備える、方法。
【請求項２】
請求項１に記載の方法であって、
前記第１状態の前記最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、前記第２状態の前記最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、方法。
【請求項３】
請求項２に記載の方法であって、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、互いから予め定められた閾値内にある、方法。
【請求項４】
請求項１に記載の方法であって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも小さく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２

値を有する時に達成される、方法。
【請求項５】
請求項１に記載の方法であって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも大きく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記他の最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、
前記パラメータが前記第１値を有する時に、前記第２状態の別の最小値が達成され、
前記第２状態の前記別の最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、方法。
【請求項６】
請求項１に記載の方法であって、
前記パラメータを制御する工程は、前記インピーダンス整合回路のキャパシタまたはインダクタを制御する工程を含み、
前記第１および第２状態の前記最小値は、前記第１および第２状態の前記パラメータの一定値に対応する、方法。
【請求項７】
請求項１に記載の方法であって、
前記パラメータは、前記インピーダンス整合回路の直列回路のパラメータまたは前記インピーダンス整合回路のシャント回路のパラメータであり、
前記制御する工程は、機械学習処理を用いて実行される、方法。
【請求項８】
複数の状態で反射電力を低減するようにチューニングするためのシステムであって、
デジタルパルス信号の第１状態中に電力を供給するよう構成された高周波（ＲＦ）発生器と、
ＲＦケーブルを介して前記ＲＦ発生器に接続されたインピーダンス整合回路と、
ＲＦ伝送ラインを介して前記インピーダンス整合回路に接続されたプラズマチャンバと、
前記ＲＦ発生器の出力に接続されたセンサであって、前記第１状態中に前記ＲＦ発生器の前記出力に反射される電力の量を測定するよう構成された、センサと、
を備え、
前記ＲＦ発生器は、前記インピーダンス整合回路を介して前記プラズマチャンバへ前記デジタルパルス信号の第２状態中に電力を供給するよう構成され、
前記センサは、前記第２状態中に前記ＲＦ発生器の前記出力に反射される電力の量を測定するよう構成され、
前記システムは、さらに、
前記インピーダンス整合回路のパラメータを制御するために前記インピーダンス整合回路に接続されたプロセッサを備え、
前記パラメータは、前記第１状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減すると共に前記第２状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減するように制御される、システム。
【請求項９】
請求項８に記載のシステムであって、
前記第１状態の前記最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、
前記第２状態の前記最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、システム。
【請求項１０】
請求項９に記載のシステムであって、前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、互いから予め定められた閾値内にある、システム。
【請求項１１】
請求項８に記載のシステムであって、

前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも小さく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成される、システム。
【請求項１２】
請求項８に記載のシステムであって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも大きく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、
前記パラメータが前記第１値を有する時に、前記第２状態の別の最小値が達成され、
前記第２状態の前記別の最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、システム。
【請求項１３】
請求項８に記載のシステムであって、
前記パラメータは、前記インピーダンス整合回路のキャパシタまたはインダクタのパラメータである、システム。
【請求項１４】
請求項８に記載のシステムであって、
前記パラメータは、前記インピーダンス整合回路の直列回路のパラメータまたは前記インピーダンス整合回路のシャント回路のパラメータである、システム。
【請求項１５】
高周波（ＲＦ）発生器に反射される電力を最適化するための方法であって、
複数のパルス状態の間にパルス化するように前記ＲＦ発生器を制御する工程と、
前記複数のパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される電力を低減するための集合最適化のため、前記ＲＦ発生器に接続されたインピーダンス整合回路の複数の回路パラメータのうちの１または複数の回路パラメータを制御する工程と、を含み、
前記ＲＦ発生器に反射される前記電力を低減するための前記集合最適化は、前記複数のパルス状態の組み合わせについて反射される総集合電力を低減するための前記集合最適化のために、前記複数のパルス状態のうちの１または複数のパルス状態について反射される前記電力の最適化未満の低減を達成するために、前記複数の回路パラメータのうちの前記１または複数の回路パラメータの１または複数の設定を含む、方法。
【請求項１６】
請求項１５に記載の方法であって、
前記集合最適化の間に、前記複数のパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の平均量が、前記複数のパルス状態の前記１つのパルス状態中に前記ＲＦ発生器に反射される電力量よりも大きいときに、前記電力の前記最適化未満の低減は、前記集合最適化のために達成される、方法。
【請求項１７】
請求項１６に記載の方法であって、
前記集合最適化の間に、前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の前記平均量が、前記複数のパルス状態の別の１つのパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される電力量よりも小さいときは、前記電力の前記最適化未満の低減は、前記集合最適化のために達成される、方法。
【請求項１８】
請求項１６に記載の方法であって、
前記集合最適化の間に、前記複数のパルス状態の前記別の１つのパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される前記電力量、および電力の前記平均量が所定の閾値内であるときは、前記電力の前記最適化未満の低減は、前記集合最適化のために達成される、方法。

【請求項１９】
請求項１６に記載の方法であって、
前記集合最適化の間に、前記複数のパルス状態の前記別の１つのパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される前記電力量、および電力の前記平均量が所定の限度未満であるときは、前記電力の前記最適化未満の低減は、前記集合最適化のために達成される、方法。
【請求項２０】
請求項１５に記載の方法であって、
前記集合最適化の間に、前記複数のパルス状態の前記１つのパルス状態中の前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の第１量は、前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の第２量よりも大きく、反射電力の前記第２量は、前記１または複数の設定が変更されて１または複数の変更設定が出力されるときに反射され、前記集合最適化の間に、前記複数のパルス状態の別のパルス状態中に前記ＲＦ発生器に反射される電力の前記第１量は、前記ＲＦ発生器に反射される電力の第３量よりも小さく、電力の前記第２量および前記第３量は、前記複数の回路パラメータのうちの前記１または複数の回路パラメータの前記１または複数の変更設定が前記インピーダンス整合回路に利用されるときに前記ＲＦ発生器に反射される、方法。
【請求項２１】
請求項１５に記載の方法であって、
前記複数のパルス状態の前記組みあわせは、前記複数のパルス状態の全てを含む、方法。
【請求項２２】
請求項１５に記載の方法であって、
前記１または複数の設定は、複数の設定を含み、前記複数の設定は、前記インピーダンス整合回路の直列回路の静電容量値またはインダクタンス値を含み、前記インピーダンス整合回路のシャント回路の静電容量値またはインダクタンス値を含む、方法。
【請求項２３】
請求項１５に記載の方法であって、
前記複数の回路パラメータのうちの前記１または複数の回路パラメータを制御する工程は、前記インピーダンス整合回路の直列回路の静電容量もしくはインダクタンスをさらに変更するようにモータを制御する工程、または、前記インピーダンス整合回路のシャント回路の静電容量もしくはインダクタンスをさらに変更するように別のモータを制御する工程、または、これらの組みあわせを含む、方法。
【請求項２４】
高周波（ＲＦ）発生器に反射される電力を最適化するためのコントローラであって、
複数のパルス状態の間でパルス化するように前記ＲＦ発生器を制御するよう構成されたプロセッサと、
前記プロセッサに接続されたメモリデバイスと、を備え、
前記プロセッサは、前記複数のパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される電力を低減するための集合最適化のために、前記ＲＦ発生器に接続されたインピーダンス整合回路の複数の回路パラメータのうちの１または複数の回路パラメータを制御するよう構成され、
前記ＲＦ発生器に反射される前記電力を低減するための前記集合最適化は、前記複数のパルス状態の組みあわせについて反射される総集合電力を低減するための前記集合最適化のために、前記複数のパルス状態の１または複数のパルス状態について反射される前記電力において最適化未満の低減を達成するため、前記複数の回路パラメータのうちの前記１または複数の回路パラメータの１または複数の設定を含む、コントローラ。
【請求項２５】
請求項２４に記載のコントローラであって、
前記集合最適化のために前記電力の前記最適化未満の低減を達成するため、前記プロセ

ッサは、前記複数のパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の平均量が、前記複数のパルス状態の前記１つのパルス状態中に前記ＲＦ発生器に反射される電力量よりも大きいことを決定するよう構成されている、コントローラ。
【請求項２６】
請求項２５に記載のコントローラであって、
前記集合最適化のために前記電力の前記最適化未満の低減を達成するため、前記プロセッサは、前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の前記平均量が、前記複数のパルス状態の別の１つのパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される電力量よりも小さいことを決定するよう構成されている、コントローラ。
【請求項２７】
請求項２５に記載のコントローラであって、
前記集合最適化のために前記電力の前記最適化未満の低減を達成するため、前記プロセッサは、前記複数のパルス状態の前記別の１つのパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される前記電力量および電力の前記平均量が所定の閾値内であることを決定するよう構成されている、コントローラ。
【請求項２８】
請求項２５に記載のコントローラであって、
前記集合最適化のために前記電力の前記最適化未満の低減を達成するため、前記プロセッサは、前記複数のパルス状態の前記別の１つのパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される前記電力量および電力の前記平均量が所定の限度未満であることを決定するよう構成されている、コントローラ。
【請求項２９】
請求項２４に記載のコントローラであって、
前記集合最適化のために前記電力の前記最適化未満の低減を達成するため、前記プロセッサは、前記複数のパルス状態の前記１つのパルス状態中に前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の第１量が、前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の第２量よりも大きいことを決定するよう構成され、反射電力の前記第２量が反射されていることを決定するため、前記プロセッサは、１または複数の変更設定を達成するように前記インピーダンス整合回路を制御するよう構成され、前記プロセッサは、前記複数のパルス状態の別の１つのパルス状態中に前記ＲＦ発生器に反射される電力の前記第１量が前記ＲＦ発生器に反射される電力の第３量よりも小さいことを決定するよう構成され、電力の前記第２量および前記第３量は、前記インピーダンス整合回路が前記１または複数の変更設定を達成したときに前記ＲＦ発生器に反射される、コントローラ。
【請求項３０】
請求項２４に記載のコントローラであって、
前記複数のパルス状態の前記組みあわせは、前記複数のパルス状態の全てを含む、コントローラ。
【請求項３１】
請求項２４に記載のコントローラであって、
前記１または複数の設定は、複数の設定を含み、前記複数の設定は、前記インピーダンス整合回路の直列回路の静電容量値またはインダクタンス値を含み、前記インピーダンス整合回路のシャント回路の静電容量値またはインダクタンス値を含む、コントローラ。
【請求項３２】
請求項２４に記載のコントローラであって、
前記複数の回路パラメータのうちの前記１または複数の回路パラメータを制御するため、前記プロセッサは、前記インピーダンス整合回路の直列回路の静電容量またはインダクタンスをさらに変更するようにモータを制御し、前記インピーダンス整合回路のシャント回路の静電容量またはインダクタンスをさらに変更するように別のモータを制御するよう構成されている、コントローラ。
【請求項３３】

高周波（ＲＦ）発生器に反射される電力を最適化するためのプラズマシステムであって、
ＲＦ信号を生成するよう構成された前記ＲＦ発生器と、
前記ＲＦ発生器に接続されたインピーダンス整合回路であって、前記ＲＦ信号を受信し、前記ＲＦ信号を変調して変調ＲＦ信号を出力するよう構成された、インピーダンス整合回路と、
前記インピーダンス整合回路に接続されたプラズマチャンバであって、前記変調ＲＦ信号を受信してプラズマを生成または維持するよう構成された、プラズマチャンバと、
前記インピーダンス整合回路に接続されたホストコンピュータであって、
複数のパルス状態の間でパルス化するように前記ＲＦ発生器を制御し、
前記複数のパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される電力を低減するための集合最適化を達成するように前記インピーダンス整合回路の複数の回路パラメータのうちの１または複数の回路パラメータを制御するよう構成された、ホストコンピュータと、を備え、
前記ＲＦ発生器に反射される前記電力を低減するための前記集合最適化は、前記複数のパルス状態の組みあわせについて反射される総集合電力を低減するための前記集合最適化のために、前記複数のパルス状態の１または複数のパルス状態について反射される前記電力の最適化未満の低減を達成するため、前記複数の回路パラメータのうちの前記１または複数の回路パラメータの１または複数の設定を含む、プラズマシステム。
【請求項３４】
請求項３３に記載のプラズマシステムであって、
前記集合最適化のために前記電力の最適化未満の低減を達成するため、前記ホストコンピュータは、前記複数のパルス状態について前記ＲＦ発生器に反射される前記電力の平均量が、前記複数のパルス状態の前記１つのパルス状態中に前記ＲＦ発生器に反射される電力量よりも大きいことを決定するよう構成されている、プラズマシステム。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３１
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３１】
図１Ａは、ｘメガヘルツ（ＭＨｚ）高周波（ＲＦ）発生器に向かって反射される電力を削減するための直列回路１０２のパラメータおよびシャント回路１０４のパラメータの決定を説明するシステム１００の一実施形態の図である。システム１００は、ｘメガヘルツのＲＦ発生器、インピーダンス整合回路（ＩＭＣ）１０６、プラズマチャンバ１０８、ホストコンピュータ１１１、モータＭ１、モータＭ２、ドライバ（ＤＲＶＲ）Ｄ１、および、ドライバＤ２を備える。
【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３４
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３４】
ホストコンピュータ１１１の例は、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、タブレット、スマートフォン、などを含む。ホストコンピュータ１１１は、１または複数のプロセッサ、例えばプロセッサ１１６と、１または複数のメモリデバイス、例えばメモリデバイス１１８と、を備える。本明細書で用いられるプロセッサは、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、プログラム可能論理デバイス、マイクロプロセッサ、または、中央処理装置（ＣＰＵ）である。さらに、本明細書で用いられるメモリデバイスは、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、リードオンリーメモリ（ＲＯＭ）、もしくは、ＲＡＭお

よびＲＯＭの組みあわせ、である。本明細書に記載されるモータの例は、電気エネルギを機械的エネルギに変換する電気機械を含む。例えば、モータは、ロータおよびステータを備える。ロータは、電気エネルギを機械的エネルギに変換するために電流がステータの巻線に供給された時に回転する。本明細書に記載されるドライバの例は、プロセッサ１１６から制御信号を受信すると電流信号を生成する１または複数のトランジスタを含む。

【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００４７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００４７】

別の例として、直列回路１０２の静電容量の値がＣ１であり、シャント回路１０４の静電容量の値がＣ２である場合、状態Ｓ１中に出力１３６に向かって反射される電力の量は、Ｐｒ１である。値Ｐｒ１は、状態Ｓ１に対する後に詳述する最小値である。さらに、直列回路１０２のキャパシタの値がＣ５であり、シャント回路１０４のキャパシタの値がＣ６である場合、状態Ｓ２中に出力１３６に向かって反射される電力の量は、Ｐｒ４である。値Ｐｒ４は、状態Ｓ２に対する後に詳述する最小値である。状態Ｓ１およびＳ２について、値Ｃ１およびＣ５の平均が、直列回路１０２に対する静電容量として用いられる。さらに、状態Ｓ１およびＳ２について、値Ｃ２およびＣ６の平均が、シャント回路１０４に対する静電容量として用いられる。値Ｃ１およびＣ５の平均ならびに値Ｃ２およびＣ６の平均については、ｘＭＨｚＲＦ発生器向かって反射される電力は、状態Ｓ１およびＳ２に対して削減される。

【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５２】

様々な実施形態において、デジタルパルス信号１３０がプロセッサ１１６によって生成される代わりに、デジタルパルス信号１３０を生成するためにデジタルクロックソースが用いられる。デジタルクロックソースは、ホストコンピュータ１１１の中または外に配置される。

【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５７】

図１Ｂは、状態Ｓ（ｎ－Ｎ）～Ｓ（ｎ）についてｘＭＨｚＲＦ発生器およびｙＭＨｚＲＦ発生器への反射電力の削減を説明するためのシステム１５０の一実施形態の図である。システム１５０は、ｘＭＨｚＲＦ発生器、ｙＭＨｚＲＦ発生器、ホストコンピュータ１１１、インピーダンス整合回路１５２、プラズマチャンバ１０８、モータＭ１およびＭ２、ドライバＤ１およびＤ２、モータＭ３、モータＭ４、ドライバＤ３、ならびに、ドライバＤ４を備える。インピーダンス整合回路１５２は、互いに接続された直列回路１６６およびシャント回路１６８を備える。インピーダンス整合回路１５２は、直列回路１０２およびシャント回路１０４も備える。

【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５８
【補正方法】変更

【補正の内容】
【００５８】
ｙＭＨｚＲＦ発生器の出力１５８は、ＲＦケーブル１６２を介してインピーダンス整合回路１５２の入力１６０に接続されている。ｙＭＨｚＲＦ発生器は、制御システム１５３、ＲＦ電源１５４、および、センサ１５６を備える。センサ１５６は、ｙＭＨｚＲＦ発生器の出力１５８に接続されている。さらに、センサ１５６は、データケーブルを介してプロセッサ１１６に接続されており、プロセッサ１１６は、データケーブルを介して制御システム１５３に接続されている。
【手続補正８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６１
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００６１】
プロセッサ１１６は、データケーブルを介してｙＭＨｚＲＦ発生器の制御システム１５３へデジタルパルス信号１３０を送信する。デジタルパルス信号１３０を受信すると、制御システム１５３は、ｘＭＨｚＲＦ発生器の制御システム１２０が状態Ｓ（ｎ－Ｎ）に対する電力レベルおよび周波数レベルをｘＭＨｚＲＦ発生器のＲＦ電源１２４へ提供する上述の方法で、状態Ｓ（ｎ－Ｎ）に対する電力レベルおよび周波数レベルをＲＦ電源１５４へ提供する。ＲＦ電源１５４は、ｘＭＨｚＲＦ発生器のＲＦ電源１２４が状態Ｓ（ｎ－Ｎ）に対する電力レベルおよび周波数レベルを有するＲＦ信号を生成する方法で、状態Ｓ（ｎ－Ｎ）に対する電力レベルおよび周波数レベルを有するＲＦ信号を生成する。ＲＦ電源１５４は、ＲＦケーブル１６２を介してインピーダンス整合回路１５２の入力１６０にＲＦ信号を供給する。
【手続補正９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００６２】
同様に、デジタルパルス信号１３０を受信すると、制御システム１５３は、ｘＭＨｚＲＦ発生器の制御システム１２０が状態Ｓ（ｎ）に対する電力レベルおよび周波数レベルをｘＭＨｚＲＦ発生器のＲＦ電源１２４へ提供する上述の方法で、状態Ｓ（ｎ）に対する電力レベルおよび周波数レベルをＲＦ電源１５４へ提供する。ＲＦ電源１５４は、ｘＭＨｚＲＦ発生器のＲＦ電源１２４が状態Ｓ（ｎ－Ｎ）に対する電力レベルおよび周波数レベルを有するＲＦ信号を生成する方法で、状態Ｓ（ｎ）に対する電力レベルおよび周波数レベルを有するＲＦ信号を生成する。ＲＦ電源１５４は、ＲＦケーブル１６２を介してインピーダンス整合回路１５２の入力１６０にＲＦ信号を供給する。
【手続補正１０】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００７３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００７３】
図１Ｃは、状態Ｓ（ｎ－Ｎ）～Ｓ（ｎ）でのｘＭＨｚＲＦ発生器、ｙＭＨｚＲＦ発生器、および、ｚＭＨｚＲＦ発生器への反射電力の削減を説明するためのシステム１８０の一実施形態の図である。システム１８０は、ｘＭＨｚＲＦ発生器、ｙＭＨｚＲＦ発生器、ｚＭＨｚＲＦ発生器、ホストコンピュータ１１１、インピーダンス整合回路１８２、プラズマチャンバ１０８、モータＭ１～Ｍ４、ドライバＤ１～Ｄ４、モータＭ５、モータＭ６、ドライバＤ５、および、ドライバＤ６を備える。インピーダンス整合回路１８２は、互い

に接続された直列回路１９６およびシャント回路１９８を備える。
【手続補正１１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００８０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００８０】
同様に、ｘおよびｙＭＨｚＲＦ発生器からの状態Ｓ（ｎ）に対するＲＦ信号に加えて、状態Ｓ（ｎ）に対するＲＦ信号が、ｚＭＨｚＲＦ発生器からインピーダンス整合回路１８２によって受信されると、インピーダンス整合回路１８２は、インピーダンス整合回路１８２の出力１３４に接続された負荷のインピーダンスを、インピーダンス整合回路１８２の入力１３２、１６０、および、１８６に接続されたソースのインピーダンスと整合する。インピーダンス整合回路１８２は、インピーダンスを整合し、分岐回路１６５（図１Ｂ）、１７０、および、１９９を介して送信されたＲＦ信号を組み合わせることで、状態Ｓ（ｎ）に対する変調ＲＦ信号を生成する。状態Ｓ（ｎ）に対する変調ＲＦ信号は、インピーダンス整合回路１８２からＲＦ伝送ライン１２８を介してチャック１１０へ提供される。基板１１２は、１または複数の処理ガスに加えて変調ＲＦ信号がＲＦ伝送ライン１２８を介してインピーダンス整合回路１８２から受信された時に処理される。
【手続補正１２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０１２０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０１２０】
方法４００の工程４０８において、インピーダンス整合回路の１または複数のパラメータの値は、状態Ｓ（ｎ）およびＳ（ｎ－Ｎ）の両方の間にＲＦ発生器の出力で測定される反射電力が削減されるように、状態Ｓ（ｎ）中にプロセッサ１１６によって変更される。例えば、状態Ｓ（ｎ）中に、インピーダンスの１または複数のパラメータの値が、プロセッサ１１６によってＣＶ３からＣＶ５へ、かつ、ＣＶ４からＣＶ６へ変更されるよう制御されると、反射電力は、値ＰＲＦ１よりも小さいＰＲＦ３に下がる。値ＰＲＦ３は、値ＰＲＦ２よりも大きい。別の例において、値ＰＲＦ３は、値ＰＲＦ２以下である。一例として、値ＰＲＦ２およびＰＲＦ３は、互いに所定の閾値内にある。所定の閾値は、プロセッサ１１６によるアクセスに向けてメモリデバイス１１８（図１Ｃ）に格納される。さらに別の例として、値ＰＲＦ２およびＰＲＦ３は両方とも、所定のレベルより小さく、互いに所定の閾値内にある。所定のレベルは、プロセッサ１１６によるアクセスに向けてメモリデバイス１１８に格納される。値ＰＲＦ１は、所定のレベルより大きい。工程４０８の後、状態Ｓ（ｎ－Ｎ）～Ｓ（ｎ）に対して、インピーダンス整合回路の１または複数のパラメータの値は、ＣＶ５およびＣＶ６に維持される。
【手続補正１３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０１３２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０１３２】
図５Ａを用いて説明した方法は、状態Ｓ（ｎ－Ｎ）～Ｓ（ｎ）に対する反射電力の最小値を実現するための経験的なプロセスであることに注意されたい。例えば、図５Ａを用いて説明された方法は、値ＣｓｅｒｉｅｓおよびＣｓｈｕｎｔが、２つの目標（例えば、状態Ｓ（ｎ－Ｎ）中の反射電力の最小値および状態Ｓ（ｎ）中の反射電力の最小値）を実現するように決定される多変量調整方法である。
【手続補正１４】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０１５５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０１５５】
理解を深めるために、本実施形態について、ある程度詳しく説明したが、添付の特許請求の範囲内でいくらかの変更および変形を行ってもよいことは明らかである。したがって、本実施形態は、例示的なものであって、限定的なものではないとみなされ、実施形態は、本明細書に示した詳細に限定されず、添付の特許請求の範囲および等価物の範囲内で変形されてよい。
本開示は以下の形態により実現されてもよい。
［形態１］
複数の状態で反射電力を低減するようにチューニングするための方法であって、
インピーダンス整合回路を介したプラズマチャンバへのデジタルパルス信号の第１状態中に、電力を高周波（ＲＦ）発生器によって供給する工程と、
前記第１状態中に前記ＲＦ発生器の出力に反射される電力の量を測定する工程と、
前記インピーダンス整合回路を介した前記プラズマチャンバへの前記デジタルパルス信号の第２状態中に、電力を前記ＲＦ発生器によって供給する工程と、
前記第２状態中に前記ＲＦ発生器の前記出力に反射される電力の量を測定する工程と、
前記第１状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減すると共に前記第２状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減するように、前記インピーダンス整合回路のパラメータを制御する工程と、
を備える、方法。
［形態２］
形態１に記載の方法であって、
前記第１状態の前記最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、前記第２状態の前記最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、方法。
［形態３］
形態２に記載の方法であって、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、互いから予め定められた閾値内にある、方法。
［形態４］
形態１に記載の方法であって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも小さく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成される、方法。
［形態５］
形態１に記載の方法であって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも大きく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記他の最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、
前記パラメータが前記第１値を有する時に、前記第２状態の別の最小値が達成され、
前記第２状態の前記別の最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、方法。
［形態６］
形態１に記載の方法であって、
前記パラメータを制御する工程は、前記インピーダンス整合回路のキャパシタまたはインダクタを制御する工程を含み、

前記第１および第２状態の前記最小値は、前記第１および第２状態の前記パラメータの一定値に対応する、方法。
［形態７］
形態１に記載の方法であって、
前記パラメータは、前記インピーダンス整合回路の直列回路のパラメータまたは前記インピーダンス整合回路のシャント回路のパラメータであり、
前記制御する工程は、機械学習処理を用いて実行される、方法。
［形態８］
複数の状態で反射電力を低減するようにチューニングするためのシステムであって、
デジタルパルス信号の第１状態中に電力を供給するよう構成された高周波（ＲＦ）発生器と、
ＲＦケーブルを介して前記ＲＦ発生器に接続されたインピーダンス整合回路と、
ＲＦ伝送ラインを介して前記インピーダンス整合回路に接続されたプラズマチャンバと、
前記ＲＦ発生器の出力に接続されたセンサであって、前記第１状態中に前記ＲＦ発生器の前記出力に反射される電力の量を測定するよう構成された、センサと、
を備え、
前記ＲＦ発生器は、前記インピーダンス整合回路を介して前記プラズマチャンバへ前記デジタルパルス信号の第２状態中に電力を供給するよう構成され、
前記センサは、前記第２状態中に前記ＲＦ発生器の前記出力に反射される電力の量を測定するよう構成され、
前記システムは、さらに、
前記インピーダンス整合回路のパラメータを制御するために前記インピーダンス整合回路に接続されたプロセッサを備え、
前記パラメータは、前記第１状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減すると共に前記第２状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減するように制御される、システム。
［形態９］
形態８に記載のシステムであって、
前記第１状態の前記最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、
前記第２状態の前記最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、システム。
［形態１０］
形態９に記載のシステムであって、前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、互いから予め定められた閾値内にある、システム。
［形態１１］
形態８に記載のシステムであって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも小さく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成される、システム。
［形態１２］
形態８に記載のシステムであって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも大きく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、
前記パラメータが前記第１値を有する時に、前記第２状態の別の最小値が達成され、
前記第２状態の前記別の最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、システム。

［形態１３］
形態８に記載のシステムであって、
前記パラメータは、前記インピーダンス整合回路のキャパシタまたはインダクタのパラメータである、システム。
［形態１４］
形態８に記載のシステムであって、
前記パラメータは、前記インピーダンス整合回路の直列回路のパラメータまたは前記インピーダンス整合回路のシャント回路のパラメータである、システム。
［形態１５］
コンピュータに方法を実行させるプログラムを格納する非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体であって、前記方法は、
インピーダンス整合回路を介してプラズマチャンバへデジタルパルス信号の第１状態中に電力を高周波（ＲＦ）発生器によって供給する工程と、
前記第１状態中に前記ＲＦ発生器の出力に反射される電力の量の測定値を受信する工程と、
前記インピーダンス整合回路を介して前記プラズマチャンバへ前記デジタルパルス信号の第２状態中に電力を前記ＲＦ発生器によって供給する工程と、
前記第２状態中に前記ＲＦ発生器の前記出力に反射される電力の量の測定値を受信する工程と、
前記第１状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減すると共に前記第２状態中に測定される前記電力の量を最小値に低減するように、前記インピーダンス整合回路のパラメータを制御する工程と、
を備える、媒体。
［形態１６］
形態１５に記載の非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体であって、
前記第１状態の前記最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、
前記第２状態の前記最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、媒体。
［形態１７］
形態１６に記載の非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体であって、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、互いから予め定められた閾値内にある、媒体。
［形態１８］
形態１５に記載の非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体であって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも小さく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成される、媒体。
［形態１９］
形態１５に記載の非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体であって、
前記第１状態の前記最小値は、前記第１状態の別の最小値よりも大きく、
前記第１状態の前記別の最小値は、前記パラメータが第１値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記最小値および前記第２状態の前記最小値は、前記パラメータが第２値を有する時に達成され、
前記第１状態の前記他の最小値は、予め定められたレベルよりも小さく、
前記パラメータが前記第１値を有する時に、前記第２状態の別の最小値が達成され、
前記第２状態の前記別の最小値は、前記予め定められたレベルよりも小さい、媒体。
［形態２０］
形態１５に記載の非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体であって、
前記パラメータを制御する工程は、前記インピーダンス整合回路のキャパシタまたはインダクタを制御する工程を含む、媒体。

【手続補正１５】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図１Ａ
【補正方法】変更
【補正の内容】

【図１Ａ】

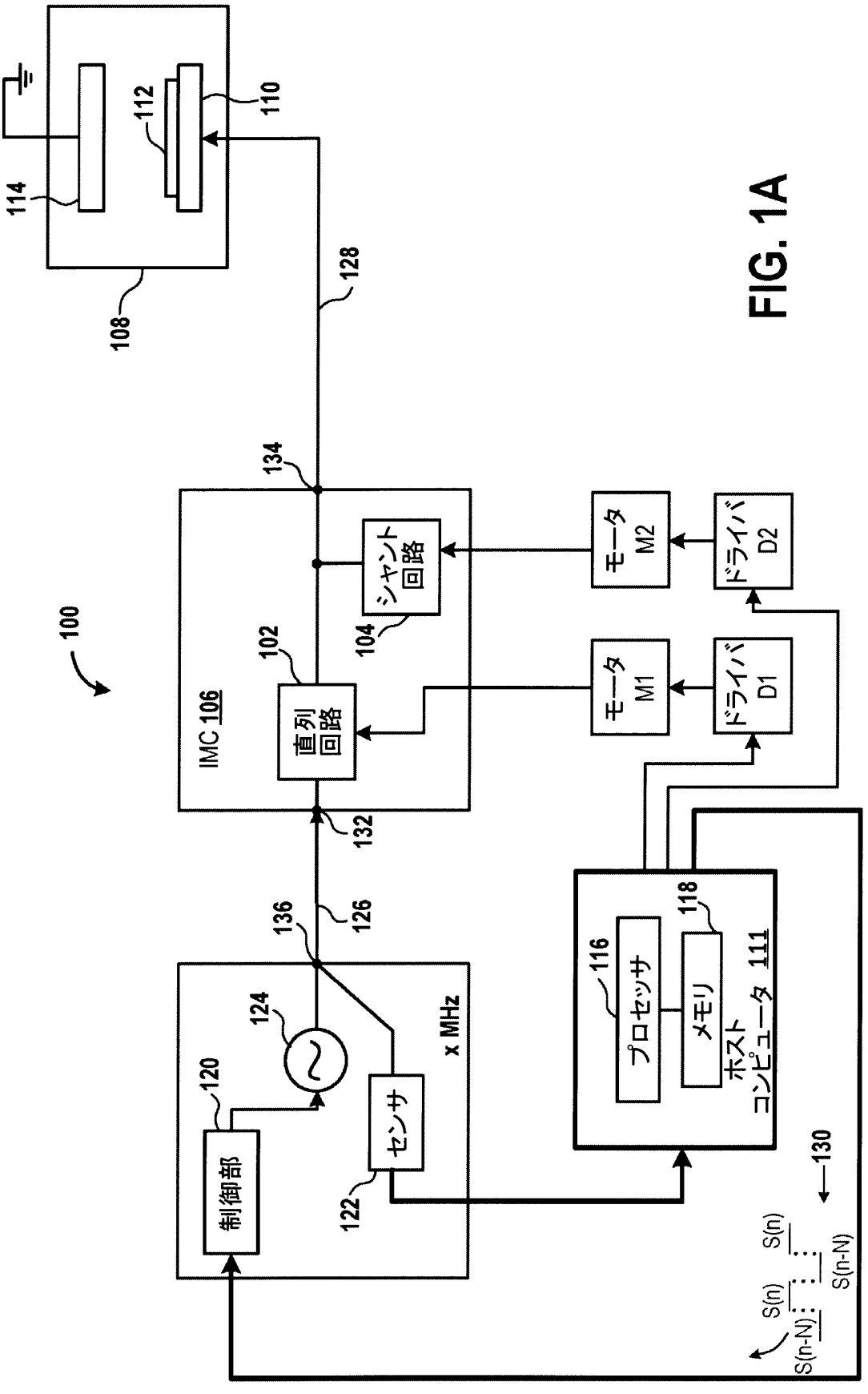


FIG. 1A

【手続補正１６】

【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図１Ｂ
【補正方法】変更
【補正の内容】
【図１Ｂ】

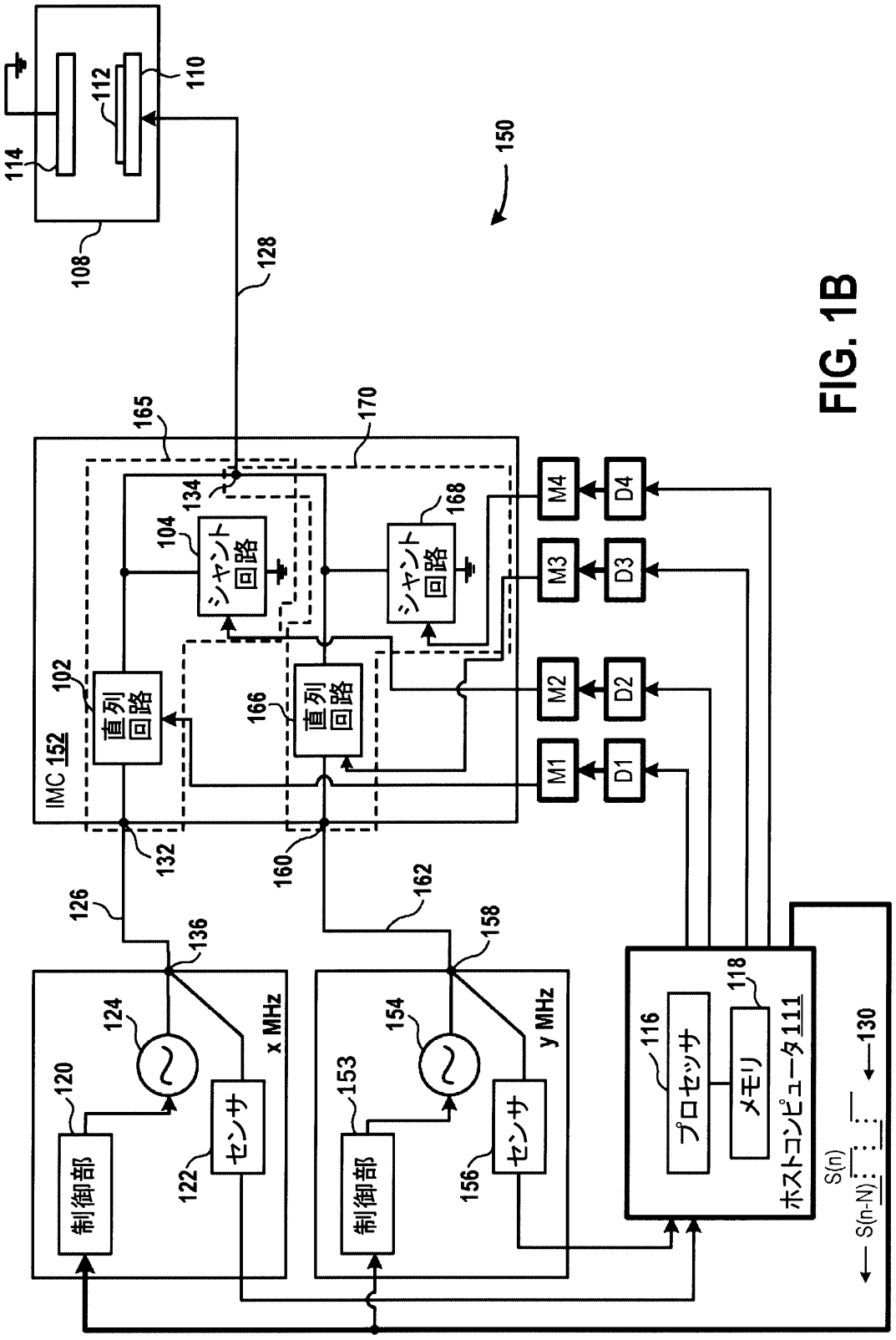


FIG. 1B

【手続補正１７】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図１Ｃ
【補正方法】変更
【補正の内容】
【図１Ｃ】

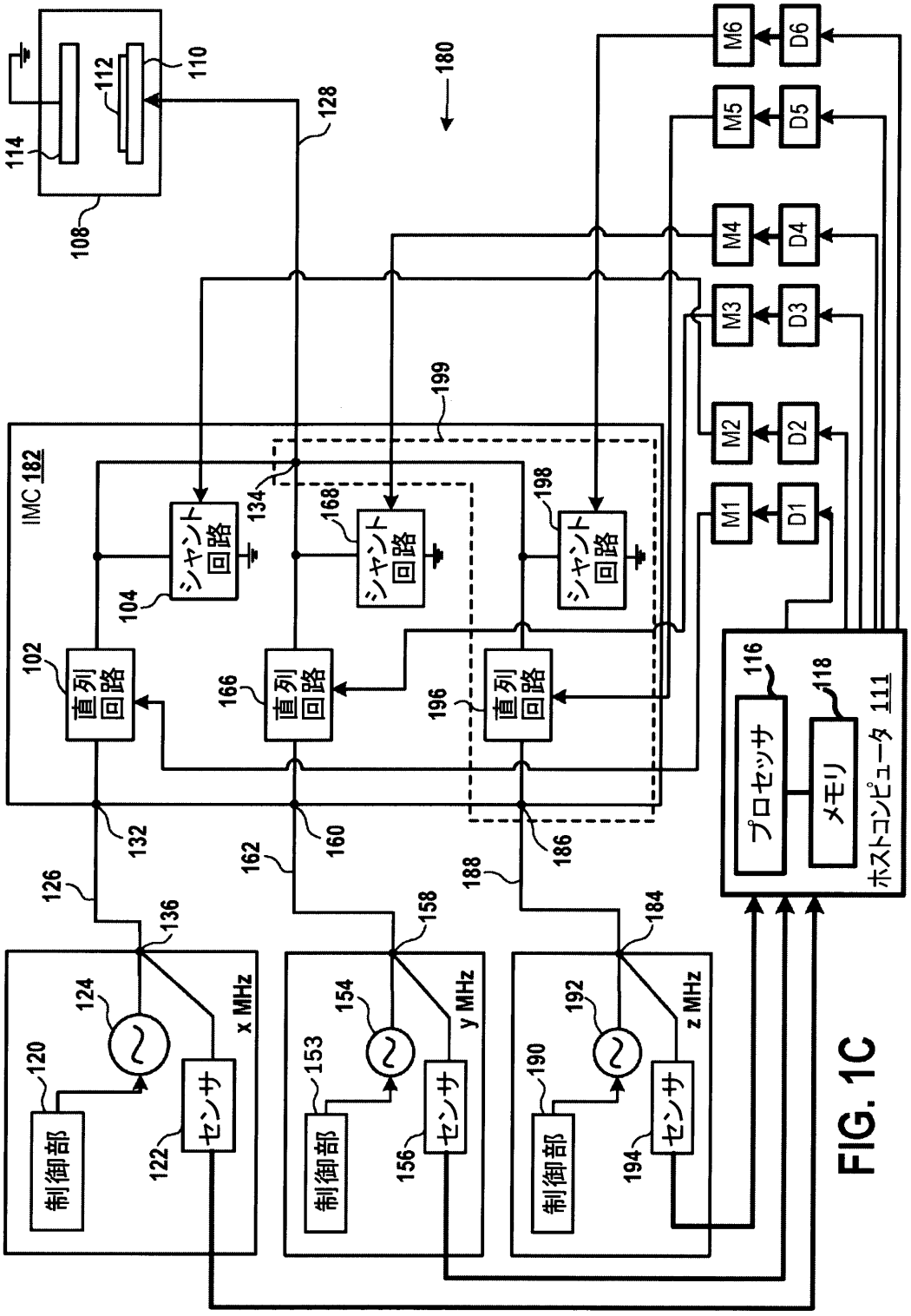


FIG. 1C