

【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11月4日(2021.11.4)

【公開番号】特開2019-53978(P2019-53978A)

【公開日】平成31年4月4日(2019.4.4)

【年通号数】公開・登録公報2019-013

【出願番号】特願2018-152806(P2018-152806)

【国際特許分類】

H 05 H 1/46 (2006.01)

H 01 L 21/3065 (2006.01)

C 23 C 14/54 (2006.01)

C 23 C 16/505 (2006.01)

【F I】

H 05 H 1/46 R

H 05 H 1/46 M

H 01 L 21/302 105 Z

C 23 C 14/54 B

C 23 C 16/505

【手続補正書】

【提出日】令和3年9月13日(2021.9.13)

【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】

スタック層の底部に向かうプラズマのイオンの方向性を増大させるための方法であって、

第1状態、第2状態、および、第3状態を有するデジタルパルス信号を受信し、

前記デジタルパルス信号が前記第3状態から前記第1状態へ遷移しているか否かを判定し、

前記デジタルパルス信号が前記第3状態から前記第1状態へ遷移していると判定した場合に、前記第1状態中の電力レベルを有するkHzRF信号を生成するように、キロヘルツ(kHz)高周波(RF)発生器を制御し、

前記デジタルパルス信号が前記第3状態から前記第1状態へ遷移していると判定した場合に、前記第1状態中の電力レベルを有するMHzRF信号を生成するように、メガヘルツ(MHz)RF発生器を制御し、

前記デジタルパルス信号が前記第1状態から前記第2状態へ遷移しているか否かを判定し、

前記デジタルパルス信号が前記第1状態から前記第2状態へ遷移していると判定した場合に、前記第2状態中の電力レベルを有する前記kHzRF信号を生成するように、前記kHzRF発生器を制御し、

前記デジタルパルス信号が前記第1状態から前記第2状態へ遷移していると判定した場合に、前記第2状態中の電力レベルを有する前記MHzRF信号を生成するように、前記MHzRF発生器を制御し、前記第2状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルよりも低く、

前記デジタルパルス信号が前記第2状態から前記第3状態へ遷移しているか否かを判定

し、

前記デジタルパルス信号が前記第2状態から前記第3状態へ遷移していると判定した場合に、前記第3状態中の電力レベルを有する前記kHzRF信号を生成するように、前記kHzRF発生器を制御し、前記第2状態中に前記スタック層の前記底部に向かう前記プラズマの前記イオンの前記方向性を増大させるために、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルよりも低く、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第3状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルよりも高く、

前記デジタルパルス信号が前記第2状態から前記第3状態へ遷移していると判定した場合に、前記第3状態中の電力レベルを有する前記MHzRF信号を生成するように、前記MHzRF発生器を制御すること、
を備える、方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法であって、前記スタック層の前記底部への前記プラズマの前記イオンの前記方向性の増大を容易にするために、前記第2状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルは、0である、方法。

【請求項3】

請求項2に記載の方法であって、前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第3状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルは、前記第2状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルよりも高い、方法。

【請求項4】

請求項1に記載の方法であって、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第2状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルよりも高い、方法。

【請求項5】

請求項1に記載の方法であって、前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第3状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第3状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルと同じである、方法。

【請求項6】

請求項1に記載の方法であって、前記第1状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルよりも高い、方法。

【請求項7】

請求項1に記載の方法であって、さらに、クロック信号を受信することを備え、前記第1状態は前記クロック信号の第1期間中に起き、前記第2状態は前記クロック信号の第2期間中に起き、前記第3状態は前記クロック信号の第3期間中に起き、前記第3期間は、前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第1期間よりも長く、前記第2期間は、前記マスク層の前記損失の低減を容易にするために、前記第1期間よりも短く、前記第2期間は、前記イオンの前記方向性の増大を容易にする、方法。

【請求項8】

請求項1に記載の方法であって、前記kHzRF発生器は、400kHzRF発生器であり、前記MHzRF発生器は、60MHzRF発生器である、方法。

【請求項9】

請求項1に記載の方法であって、さらに、繰り返すクロックサイクルを有するクロック信号を受信し、前記第1状態、前記第2状態、および、前記第3状態は、前記クロックサイクル中に起き、前記クロックサイクルの繰り返しと共に繰り返す、方法。

【請求項10】

スタック層の底部に向かうプラズマのイオンの方向性を増大させるためのシステムであって、

kHzRF信号を生成するよう構成されたキロヘルツ高周波(RF)発生器と、

MHzRF信号を生成するよう構成されたメガヘルツ(MHz)RF発生器と、

前記kHzRF発生器および前記MHzRF発生器に接続されているインピーダンス整

合回路網であって、前記 k H z R F 信号および前記 M H z R F 信号を受信して、変調された R F 信号を生成するよう構成されている、インピーダンス整合回路網と、

前記インピーダンス整合回路網に接続されているプラズマチャンバであって、前記変調された R F 信号を受信するよう構成されている、プラズマチャンバと、
を備え、

前記 k H z R F 発生器は、

第 1 状態、第 2 状態、および、第 3 状態を有するデジタルパルス信号を受信し、

前記デジタルパルス信号が前記第 3 状態から前記第 1 状態へ遷移しているか否かを判定し、

前記デジタルパルス信号が前記第 3 状態から前記第 1 状態へ遷移していると判定した場合に、前記第 1 状態中の電力レベルを有する前記 k H z R F 信号を生成するように、前記 k H z R F 発生器を制御し、

前記デジタルパルス信号が前記第 1 状態から前記第 2 状態へ遷移しているか否かを判定し、

前記デジタルパルス信号が前記第 1 状態から前記第 2 状態へ遷移していると判定した場合に、前記第 2 状態中の電力レベルを有する前記 k H z R F 信号を生成するように、前記 k H z R F 発生器を制御し、

前記デジタルパルス信号が前記第 2 状態から前記第 3 状態へ遷移しているか否かを判定し、

前記デジタルパルス信号が前記第 2 状態から前記第 3 状態へ遷移していると判定した場合に、前記第 3 状態中の電力レベルを有する前記 k H z R F 信号を生成するように、前記 k H z R F 発生器を制御するよう構成されており、

前記第 2 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルは、前記第 1 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルよりも低く、前記第 2 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルは、前記第 3 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルよりも高く、

前記 M H z R F 発生器は、

第 1 状態、第 2 状態、および、第 3 状態を有する前記デジタルパルス信号を受信し、

前記デジタルパルス信号が前記第 3 状態から前記第 1 状態へ遷移しているか否かを判定し、

前記デジタルパルス信号が前記第 3 状態から前記第 1 状態へ遷移していると判定した場合に、前記第 1 状態中の電力レベルを有する前記 M H z R F 信号を生成するように、前記 M H z R F 発生器を制御し、

前記デジタルパルス信号が前記第 1 状態から前記第 2 状態へ遷移しているか否かを判定し、

前記デジタルパルス信号が前記第 1 状態から前記第 2 状態へ遷移していると判定した場合に、前記第 2 状態中の電力レベルを有する前記 M H z R F 信号を生成するように、前記 M H z R F 発生器を制御し、

前記デジタルパルス信号が前記第 2 状態から前記第 3 状態へ遷移しているか否かを判定し、

前記デジタルパルス信号が前記第 2 状態から前記第 3 状態へ遷移していると判定した場合に、前記第 3 状態中の電力レベルを有する前記 M H z R F 信号を生成するように、前記 M H z R F 発生器を制御するよう構成されている、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、前記第 2 状態中の前記 M H z R F 信号の前記電力レベルは、0 である、システム。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載のシステムであって、前記第 3 状態中の前記 M H z R F 信号の前記電力レベルは、前記第 2 状態中の前記 M H z R F 信号の前記電力レベルよりも高い、システム。

【請求項 1 3】

請求項 10 に記載のシステムであって、前記第2状態中の前記 kHz RF 信号の前記電力レベルは、前記第2状態中の前記 MHz RF 信号の前記電力レベルよりも高い、システム。

【請求項 14】

請求項 10 に記載のシステムであって、前記第3状態中の前記 kHz RF 信号の前記電力レベルは、前記第3状態中の前記 MHz RF 信号の前記電力レベルと同じである、システム。

【請求項 15】

請求項 10 に記載のシステムであって、前記第1状態中の前記 kHz RF 信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記 MHz RF 信号の前記電力レベルよりも高い、システム。

【請求項 16】

請求項 10 に記載のシステムであって、前記 kHz RF 発生器および前記 MHz RF 発生器の各々は、クロック信号を受信するよう構成されており、前記第1状態は前記クロック信号の第1期間中に起き、前記第2状態は前記クロック信号の第2期間中に起き、前記第3状態は前記クロック信号の第3期間中に起き、前記第3期間は前記第1期間よりも長く、前記第1期間は前記第2期間よりも長い、システム。

【請求項 17】

請求項 10 に記載のシステムであって、前記 kHz RF 発生器は、400 kHz RF 発生器であり、前記 MHz RF 発生器は、60 MHz RF 発生器である、システム。

【請求項 18】

請求項 10 に記載のシステムであって、前記 kHz RF 発生器および前記 MHz RF 発生器の各々は、繰り返すクロックサイクルを有するクロック信号を受信するよう構成されており、前記第1状態、前記第2状態、および、前記第3状態は、前記クロックサイクル中に起き、前記クロックサイクルの繰り返しと共に繰り返す、システム。

【請求項 19】

スタック層の底部に向かうプラズマのイオンの方向性を増大させるための方法であって、

第1状態中の電力レベル、第2状態中の電力レベル、および、第3状態中の電力レベルを有するキロヘルツ(kHz)高周波(RF)信号を生成するように、kHz RF発生器を制御し、

前記第1状態中の電力レベル、前記第2状態中の電力レベル、および、前記第3状態中の電力レベルを有するメガヘルツ(MHz)RF信号を生成するように、MHz RF発生器を制御し、

前記第1状態中の前記MHz RF信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記kHz RF信号の前記電力レベルよりも低く、

前記MHz RF信号の前記電力レベルは、前記第2状態中にほぼ0であり、

前記第3状態中の前記MHz RF信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記MHz RF信号の前記電力レベルよりも低く、前記第2状態中の前記MHz RF信号の前記電力レベルよりも高く、

前記第2状態中に前記スタック層の前記底部に向かう前記プラズマの前記イオンの前記方向性を増大させるために、前記第2状態中の前記kHz RF信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記kHz RF信号の前記電力レベルよりも低く、前記第2状態中の前記kHz RF信号の前記電力レベルは、前記第3状態中の前記kHz RF信号の前記電力レベルよりも高いこと、

を備える、方法。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の方法であって、さらに、クロック信号を受信することを備え、前記第1状態は前記クロック信号の第1期間中に起き、前記第2状態は前記クロック信号の第2期間中に起き、前記第3状態は前記クロック信号の第3期間中に起き、前記第2期間は

前記第1期間に連続的であり、前記第3期間は前記第2期間に連続的であり、前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第3期間は前記第1期間よりも長く、前記マスク層の前記損失の低減を容易にするために、前記第2期間は前記第1期間よりも短く、前記第2期間は、前記イオンの前記方向性の増大を容易にする、方法。

【請求項21】

請求項19に記載の方法であって、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、第2状態中の2状態のRF信号の電力レベルよりも高く、前記2状態のRF信号は、第1状態および前記第2状態を有する、方法。

【請求項22】

請求項19に記載の方法であって、前記kHzRF信号は、前記MHzRF信号が前記第1状態中の前記電力レベルから前記第2状態中の前記電力レベルへ遷移すると同時に、前記第1状態中の前記電力レベルから前記第2状態中の前記電力レベルへ遷移し、前記kHzRF信号は、前記MHzRF信号が前記第2状態中の前記電力レベルから前記第3状態中の前記電力レベルへ遷移すると同時に、前記第2状態中の前記電力レベルから前記第3状態中の前記電力レベルへ遷移する、方法。

【請求項23】

請求項19に記載の方法であって、基板の前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第3状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第3状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルと同じである、方法。

【請求項24】

請求項19に記載の方法であって、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第1状態および前記第3状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルよりも高い、方法。

【請求項25】

請求項19に記載の方法であって、前記kHzRF発生器および前記MHzRF発生器は、インピーダンス整合回路網を介してプラズマチャンバの電極に接続されている、方法。

【請求項26】

請求項19に記載の方法であって、前記第1状態、前記第2状態、および、前記第3状態は、クロック信号と同期して繰り返す、方法。

【請求項27】

請求項19に記載の方法であって、前記kHzRF発生器は、400kHzRF発生器であり、前記MHzRF発生器は、60MHzRF発生器である、方法。

【請求項28】

スタック層の底部に向かうプラズマのイオンの方向性を増大させるためのシステムであって、

第1状態中の電力レベル、第2状態中の電力レベル、および、第3状態中の電力レベルを有するキロヘルツ高周波(RF)信号を生成するよう構成されているkHzRF発生器と、

前記第1状態中の電力レベル、前記第2状態中の電力レベル、および、前記第3状態中の電力レベルを有するメガヘルツ(MHz)RF信号を生成するよう構成されているMHzRF発生器と、

前記kHzRF発生器および前記MHzRF発生器に接続されているインピーダンス整合回路網であって、前記kHzRF信号および前記MHzRF信号を受信して、変調されたRF信号を生成するよう構成されている、インピーダンス整合回路網と、

前記インピーダンス整合回路網に接続されているプラズマチャンバであって、前記変調されたRF信号を受信するよう構成されている、プラズマチャンバと、
を備え、

前記MHzRF発生器の前記電力レベルは、前記第2状態中にほぼ0であり、

前記第3状態中の前記MHzRF発生器の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記M

H z R F 発生器の前記電力レベルよりも低く、前記第 2 状態中の前記 k H z R F 発生器の前記電力レベルよりも高く、

前記第 2 状態中に前記スタック層の前記底部に向かう前記プラズマの前記イオンの前記方向性を増大させるために、前記第 2 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルは、前記第 1 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルよりも低く、前記第 2 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルは、前記第 3 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルよりも高い、システム。

【請求項 29】

請求項 28 に記載のシステムであって、前記第 1 状態はクロック信号の第 1 期間中に起き、前記第 2 状態は前記クロック信号の第 2 期間中に起き、前記第 3 状態は前記クロック信号の第 3 期間中に起き、前記第 2 期間は前記第 1 期間に連続的であり、前記第 3 期間は前記第 2 期間に連続的であり、前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第 3 期間は前記第 1 期間よりも長く、前記マスク層の前記損失の低減を容易にするために、前記第 2 期間は前記第 1 期間よりも短く、前記第 2 期間は、前記イオンの前記方向性の増大を容易にする、システム。

【請求項 30】

請求項 28 に記載のシステムであって、前記第 2 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルは、第 2 状態中の R F 信号の電力レベルよりも高く、前記 2 状態の R F 信号は、第 1 状態および前記第 2 状態を有する、システム。

【請求項 31】

請求項 28 に記載のシステムであって、前記 k H z R F 信号は、前記 M H z R F 信号が前記第 1 状態中の前記電力レベルから前記第 2 状態中の前記電力レベルへ遷移すると同時に、前記第 1 状態中の前記電力レベルから前記第 2 状態中の前記電力レベルへ遷移し、前記 k H z R F 信号は、前記 M H z R F 信号が前記第 2 状態中の前記電力レベルから前記第 3 状態中の前記電力レベルへ遷移すると同時に、前記第 2 状態中の前記電力レベルから前記第 3 状態中の前記電力レベルへ遷移する、システム。

【請求項 32】

請求項 28 に記載のシステムであって、基板の前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第 3 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルは、前記第 3 状態中の前記 M H z R F 信号の前記電力レベルと同じである、システム。

【請求項 33】

請求項 28 に記載のシステムであって、前記第 2 状態中の前記 k H z R F 信号の前記電力レベルは、前記第 1 状態および前記第 3 状態中の前記 M H z R F 信号の前記電力レベルよりも高い、システム。

【請求項 34】

請求項 28 に記載のシステムであって、前記第 1 状態、前記第 2 状態、および、前記第 3 状態は、クロック信号と同期して繰り返す、システム。

【請求項 35】

請求項 28 に記載のシステムであって、前記 k H z R F 発生器は、4 0 0 k H z R F 発生器であり、前記 M H z R F 発生器は、6 0 M H z R F 発生器である、システム。

【請求項 36】

スタック層の底部に向かうプラズマのイオンの方向性を増大させるためのコントローラシステムであって、

プロセッサであって、

第 1 状態中の電力レベル、第 2 状態中の電力レベル、および、第 3 状態中の電力レベルを有するキロヘルツ (k H z) 高周波 (R F) 信号を生成するように、k H z R F 発生器を制御し、

前記第 1 状態中の電力レベル、前記第 2 状態中の電力レベル、および、前記第 3 状態中の電力レベルを有するメガヘルツ (M H z) R F 信号を生成するように、M H z R F 発生器を制御するよう構成されているプロセッサと、

前記第1状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルよりも低く、

前記MHzRF信号の前記電力レベルは、前記第2状態中にほぼ0であり、

前記第3状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルよりも低く、前記第2状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルよりも高く、

前記第2状態中に前記スタック層の前記底部に向かう前記プラズマの前記イオンの前記方向性を増大させるために、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第1状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルよりも低く、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第3状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルよりも高く、

前記第1状態、前記第2状態、および、前記第3状態中の前記kHzRF発生器の前記電力レベルを格納し、前記第1状態、前記第2状態、および、前記第3状態中の前記MHzRF発生器の前記電力レベルを格納するための前記プロセッサに接続されているメモリデバイスと、

を備える、コントローラシステム。

【請求項37】

請求項36に記載のコントローラシステムであって、前記プロセッサはクロック信号を受信するよう構成され、前記第1状態は前記クロック信号の第1期間中に起き、前記第2状態は前記クロック信号の第2期間中に起き、前記第3状態は前記クロック信号の第3期間中に起き、前記第2期間は前記第1期間に連続的であり、前記第3期間は前記第2期間に連続的であり、前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第3期間は前記第1期間よりも長く、前記マスク層の前記損失の低減を容易にするために、前記第2期間は前記第1期間よりも短く、前記第2期間は、前記イオンの前記方向性の増大を容易にする、コントローラシステム。

【請求項38】

請求項36に記載のコントローラシステムであって、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、第2状態中の2状態のRF信号の電力レベルよりも高く、前記2状態のRF信号は、第1状態および前記第2状態を有する、コントローラシステム。

【請求項39】

請求項36に記載のコントローラシステムであって、前記kHzRF信号は、前記MHzRF信号が前記第1状態中の前記電力レベルから前記第2状態中の前記電力レベルへ遷移すると同時に、前記第1状態中の前記電力レベルから前記第2状態中の前記電力レベルへ遷移し、前記kHzRF信号は、前記MHzRF信号が前記第2状態中の前記電力レベルから前記第3状態中の前記電力レベルへ遷移すると同時に、前記第2状態中の前記電力レベルから前記第3状態中の前記電力レベルへ遷移する、コントローラシステム。

【請求項40】

請求項36に記載のコントローラシステムであって、基板の前記スタック層の上部のマスク層の損失の低減を容易にするために、前記第3状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第3状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルと同じである、コントローラシステム。

【請求項41】

請求項36に記載のコントローラシステムであって、前記第2状態中の前記kHzRF信号の前記電力レベルは、前記第1状態および前記第3状態中の前記MHzRF信号の前記電力レベルよりも高い、コントローラシステム。

【請求項42】

請求項36に記載のコントローラシステムであって、前記第1状態、前記第2状態、および、前記第3状態は、クロック信号と同期して繰り返す、コントローラシステム。

【請求項43】

請求項36に記載のコントローラシステムであって、前記kHzRF発生器は、400

k H z R F 発生器であり、前記 M H z R F 発生器は、60 M H z R F 発生器である、コントローラシステム。

【請求項 44】

請求項 36 に記載のコントローラシステムであって、前記 k H z R F 発生器および前記 M H z R F 発生器は、インピーダンス整合回路網を介してプラズマチャンバの電極に接続されている、コントローラシステム。