(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7680814号
(P7680814)

(45)発行日　令和7年5月21日(2025.5.21)

(24)登録日　令和7年5月13日(2025.5.13)

(51)国際特許分類
H01L 21/027(2006.01)

FI
H01L 21/30 569H
H01L 21/30 569F

請求項の数　33　（全42頁）

(21)出願番号　特願2024-537243(P2024-537243)
(86)(22)出願日　令和5年7月28日(2023.7.28)
(86)国際出願番号　PCT/JP2023/027676
(87)国際公開番号　WO2024/024919
(87)国際公開日　令和6年2月1日(2024.2.1)
審査請求日　令和6年11月28日(2024.11.28)
(31)優先権主張番号　63/393,638
(32)優先日　令和4年7月29日(2022.7.29)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
早期審査対象出願

(73)特許権者　000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目３番１号
(74)代理人　100126480
弁理士　佐藤 睦
(74)代理人　100140431
弁理士　大石 幸雄
(74)代理人　100135677
弁理士　澤井 光一
(74)代理人　100131598
弁理士　高村 和宗
(72)発明者　熊倉 翔
宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ１番
東京エレクトロン宮城株式会社内
(72)発明者　小野 健太

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　基板処理方法及び基板処理システム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板処理方法であって、
（ａ）下地膜と前記下地膜上の金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、前記金属含有レジスト膜は、第１領域と第２領域とを含む、工程と、
（ｂ）前記金属含有レジスト膜を現像して当該金属含有レジスト膜から前記第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、
前記（ｂ）の工程は、
（ｂ１）前記第１領域に対して前記第２領域を、第１の選択比で除去する工程と、
（ｂ２）前記第１領域に対して前記第２領域を、前記第１の選択比と異なる第２の選択比でさらに除去する工程と、を含む、
基板処理方法。
【請求項２】
前記第１領域は露光された領域であり、前記第２領域は露光されていない領域である、請求項１に記載の基板処理方法。
【請求項３】
前記第２の選択比は、前記第１の選択比よりも高い、請求項１に記載の基板処理方法。
【請求項４】
前記（ｂ）の工程において、前記現像はウェット現像により行われ、
前記（ｂ）の工程は、

（Ｉ）前記（ｂ２）の工程で用いる現像液に対する前記金属含有レジスト膜の溶解度は、前記（ｂ１）の工程で用いる現像液に対する前記金属含有レジスト膜の溶解度よりも低いこと、
（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程で用いる現像液の濃度は、前記（ｂ１）の工程で用いる現像液の濃度よりも低いこと、及び、
（ＩＩＩ）前記（ｂ２）の工程で用いる現像液の温度は、前記（ｂ１）の工程で用いる現像液の温度よりも低いこと、
の少なくとも１つを満たす、請求項１に記載の基板処理方法。
【請求項５】
前記（ｂ）の工程において、前記現像はチャンバ内でドライ現像により行われ、
前記（ｂ）の工程は、
（Ｉ）前記（ｂ２）の工程における前記基板支持部の温度は、前記（ｂ１）の工程における前記基板支持部の温度よりも低いこと、
（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、前記（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いこと、
（ＩＩＩ）前記（ｂ２）の工程で用いる第２の現像ガスの酸性度は、前記（ｂ１）の工程で用いる第１の現像ガスの酸性度よりも小さいこと、及び、
（ＩＶ）前記（ｂ２）の工程で用いる第２の現像ガスの濃度は、前記（ｂ１）の工程で用いる第１の現像ガスの濃度よりも低いこと、
の少なくとも１つを満たす、請求項１に記載の基板処理方法。
【請求項６】
前記（ｂ１）は、第１の現像ガスを含む第１の処理ガスを用いたドライ現像により行われ、
前記（ｂ２）は、第２の現像ガスを含む第２の処理ガスを用いたドライ現像により行われ、
前記（ｂ）の工程は、
（Ｉ）前記（ｂ２）の工程における前記基板支持部の温度は、前記（ｂ１）の工程における前記基板支持部の温度よりも低いこと、
（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、前記（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いこと、
（ＩＩＩ）前記第２の現像ガスの酸性度は、前記第１の現像ガスの酸性度よりも小さいこと、
（ＩＶ）前記第２の現像ガスの濃度は、前記第１の現像ガスの濃度よりも低いこと、及び、
（Ｖ）前記第２の処理ガスは、前記（ｂ１）の工程及び前記（ｂ２）の工程で露出した前記第１領域の側壁を保護する保護ガスを含み、前記第１の処理ガスは、前記保護ガスを含まないか、前記第２の処理ガスに含まれる前記保護ガス（の分圧）よりも低い分圧で前記保護ガスを含むこと、
の少なくとも１つを満たす、請求項１に記載の基板処理方法。
【請求項７】
前記（ｂ）の工程において、前記現像はチャンバ内で生成したプラズマを用いたドライ現像により行われ、
前記（ｂ）の工程は、
（Ｉ）前記（ｂ２）の工程において前記チャンバに供給されるプラズマ生成用のソースＲＦ信号の電力のレベルは、前記（ｂ１）の工程におけるソースＲＦ信号の電力のレベルよりも小さいこと、及び、
（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程において前記チャンバに供給されるバイアス信号の電力又は電圧のレベルは、前記（ｂ１）の工程におけるバイアス信号の電力又は電圧のレベルよりも小さいこと、
の少なくとも１つを満たす、請求項１に記載の基板処理方法。

【請求項８】
前記（ｂ）の工程は、前記（ｂ１）の工程と前記（ｂ２）の工程との間に、前記第１領域を改質する工程をさらに含む、請求項１に記載の基板処理方法。
【請求項９】
前記第１領域を改質する工程は、前記基板を加熱又はプラズマ処理する工程を含む、請求項８に記載の基板処理方法。
【請求項１０】
前記第１領域を改質する工程は、前記（ｂ１）の工程と同一のチャンバで実行される、請求項８に記載の基板処理方法。
【請求項１１】
前記第１領域を改質する工程は、前記（ｂ１）の工程と異なるチャンバで実行される、請求項８に記載の基板処理方法。
【請求項１２】
前記（ｂ１）の工程において、前記現像はウェット現像により行われ、前記（ｂ２）の工程において、前記現像はドライ現像により行われる、請求項１に記載の基板処理方法。
【請求項１３】
前記（ｂ）の工程において、前記（ｂ１）の工程及び前記（ｂ２）の工程を含むサイクルが複数回繰り返される、請求項１に記載の基板処理方法。
【請求項１４】
前記金属含有レジスト膜は、Ｓｎ、Ｈｆ及びＴｉからなる群から選択される少なくとも１種の金属を含む、請求項１から請求項１３のいずれか１項に記載の基板処理方法。
【請求項１５】
前記第１領域はＥＵＶ露光されている、請求項１から請求項１３のいずれか１項に記載の基板処理方法。
【請求項１６】
前記（ｂ１）の工程から前記（ｂ２）の工程への切り替えは、前記現像により前記金属含有レジスト膜に形成される開口の深さ又はアスペクト比に基づいて行われる、請求項１から請求項１３のいずれか１項に記載の基板処理方法。
【請求項１７】
前記第１領域は、第１部分と、第１部分の下方で前記下地膜上の第２部分とを含み、
前記（ｂ１）の工程は、前記第２部分が露出する直前まで、又は前記第２部分の一部が露出するまで実行される、請求項１から請求項１３のいずれか一項に記載の基板処理方法。
【請求項１８】
（ｃ）前記（ｂ）の工程の後に、前記金属含有レジスト膜をマスクとして、前記下地膜をエッチングする工程をさらに含む、請求項１から請求項１３のいずれか１項に記載の基板処理方法。
【請求項１９】
前記（ｂ１）の工程の後かつ前記（ｂ２）の工程の前に、前記（ｂ１）の工程で生じた前記１領域又は前記第２領域の残渣を除去する工程と、
前記（ｂ２）の工程の後かつ前記（ｃ）の工程の前に、前記（ｂ１）及び／又は前記（ｂ２）で生じた前記第１領域又は前記第２領域の残渣を除去する工程と、
の少なくとも一方を更に含む、請求項１８に記載の基板処理方法。
【請求項２０】
前記（ｃ）の工程は、前記（ｂ）の工程で用いたチャンバと同一のチャンバで実行される、請求項１８に記載の基板処理方法。
【請求項２１】
前記（ｃ）の工程は、前記（ｂ）の工程で用いたチャンバと異なるチャンバで実行される、請求項１８に記載の基板処理方法。
【請求項２２】
基板処理方法であって、

（ａ）下地膜と前記下地膜上に形成された金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、前記金属含有レジスト膜は露光された第１領域と露光されていない第２領域とを有する工程と、
（ｂ）前記金属含有レジスト膜をドライ現像して当該金属含有レジスト膜から前記第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、
前記（ｂ）の工程は、
（ｂ１）前記基板支持部の温度を、第１の温度に制御して、前記第２領域を除去する工程と、
（ｂ２）前記基板支持部の温度を、前記第１の温度よりも低い第２の温度に制御して、前記第２領域を除去する工程と、を含む、
基板処理方法。
【請求項２３】
前記（ｂ）の工程は、ＨＢｒを用いて前記ドライ現像する工程であり、前記第１の温度は、２０℃以上６０℃以下であり、前記第２の温度は、－２０℃以上２０℃以下である、請求項２２に記載の基板処理方法。
【請求項２４】
基板処理方法であって、
（ａ）下地膜と前記下地膜上に形成された金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、前記金属含有レジスト膜は露光された第１領域と露光されていない第２領域とを有する工程と、
（ｂ）前記金属含有レジスト膜をドライ現像して当該金属含有レジスト膜から前記第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、
前記（ｂ）の工程は、
（ｂ１）第１の処理ガスを用いて、前記第２領域を除去する工程と、
（ｂ２）前記第１の処理ガスよりも酸性度が小さい第２の処理ガスを用いて、前記第２領域を除去する工程と、を含む、
基板処理方法。
【請求項２５】
前記第１の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸を含み、
前記第２の処理ガスは、有機酸を含む、
請求項２４に記載の基板処理方法。
【請求項２６】
前記第１の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸と、前記ハロゲン含有無機酸よりも低流量の有機酸とを含み、
前記第２の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸と、前記ハロゲン含有無機酸よりも高流量の有機酸とを含む、
請求項２４に記載の基板処理方法。
【請求項２７】
前記ハロゲン含有無機酸は、ＨＢｒガス、ＨＣｌガス、BCl_3ガス、及びＨＦガス及びＨＩガスからなる群から選択される少なくとも１種を含む、請求項２５又は請求項２６に記載の基板処理方法。
【請求項２８】
前記有機酸は、カルボン酸、β-ジカルボニル化合物及びアルコールからなる群から選択される少なくとも１種を含む、請求項２５又は請求項２６に記載の基板処理方法。
【請求項２９】
前記（ｂ）の工程は、
（Ｉ）前記（ｂ２）の工程における前記基板支持部の温度は、前記（ｂ１）の工程における前記基板支持部の温度よりも低いこと、及び
（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、前記（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いこと

の少なくとも１つを満たす、請求項２４に記載の基板処理方法。
【請求項３０】
前記（ｂ）の工程において、前記（ｂ１）の工程と前記（ｂ２）の工程とが繰り返される、請求項２４に記載の基板処理方法。
【請求項３１】
前記（ｂ）の工程において、前記（ｂ１）の工程と前記（ｂ２）の工程とを含むサイクルが１回以上実施された後、さらに前記（ｂ１）の工程が実施される、請求項２４に記載の基板処理方法。
【請求項３２】
前記（ｂ）の工程は、前記（ｂ１）の工程と前記（ｂ２）の工程とを含むサイクルがプラズマを用いずに１回以上に実施された後に、前記第１の処理ガス及び／又は前記第２の処理ガスから生成したプラズマを用いて前記第２領域を除去する工程を含む、
請求項２４に記載の基板処理方法。
【請求項３３】
１又は複数の基板処理装置と制御部とを有する基板処理システムであって、
前記基板処理装置は、基板支持部上の基板を処理するように構成されており、前記基板は、下地膜と前記下地膜上の金属含有レジスト膜とを有し、前記金属含有レジスト膜は、第１領域と第２領域とを含み、
前記制御部は、前記１又は複数の基板処理装置に対して、
（ａ）前記基板を前記基板支持部上に提供する制御と、
（ｂ）前記金属含有レジスト膜を現像して当該金属含有レジスト膜から前記第２領域を選択的に除去する制御と、を実行するように構成され、
前記（ｂ）の制御は、
（ｂ１）前記第１領域に対して前記第２領域を、第１の選択比で除去する制御と、
（ｂ２）前記第１領域に対して前記第２領域を、前記第１の選択比と異なる第２の選択比でさらに除去する制御と、を含む、
基板処理システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示の例示的実施形態は、基板処理方法及び基板処理システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
特許文献１には、半導体基板上に極端紫外光（Ｅｘｔｒｅｍｅ Ｕｌｔｒａ Ｖｉｏｌｅｔ、以下「ＥＵＶ」と表記する）を用いてパターニングされうる薄膜を形成する技術が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特表２０２１－５２３４０３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
本開示は、現像パターンの形状を調整する技術を提供する。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本開示の一つの例示的実施形態において、基板処理方法であって、（ａ）下地膜と下地膜上の金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、金属含有レジスト膜は、第１領域と第２領域とを含む、工程と、（ｂ）金属含有レジスト膜を現像して金属含有レジスト膜から第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、（ｂ）の

工程は、（ｂ１）第１領域に対して第２領域を、第１の選択比で除去する工程と、（ｂ２）第１領域に対して第２領域を、第１の選択比と異なる第２の選択比でさらに除去する工程と、を含む基板処理方法が提供される。

【発明の効果】

【０００６】

本開示の一つの例示的実施形態によれば、現像パターンの形状を調整する技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】熱処理システムの構成例を説明するための図である。

【図２】プラズマ処理システムを現像処理システムとして用いる場合の構成例を説明するための図である。

【図３】容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

【図４】液処理システムの構成例を説明するための図である。

【図５】第１の方法を示すフローチャートである。

【図６】工程ＳＴ１１で提供される基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。

【図７】基板Ｗの下地膜ＵＦの一例を示す図である。

【図８】基板Ｗの下地膜ＵＦの一例を示す図である。

【図９】現像後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。

【図１０】工程ＳＴ１２０の処理後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。

【図１１】工程ＳＴ１２２の処理後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。

【図１２】第１の方法の変形例にかかるフローチャートである。

【図１３】第２の方法を示すフローチャートである。

【図１４】工程ＳＴ２２０の処理後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。

【図１５】工程ＳＴ２２２の処理後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。

【図１６】基板処理システムＳＳの構成例を説明するためのブロック図である。

【図１７】方法ＭＴを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

以下、本開示の各実施形態について説明する。

【０００９】

一つの例示的実施形態において、（ａ）下地膜と下地膜上の金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、金属含有レジスト膜は、第１領域と第２領域とを含む、工程と、（ｂ）金属含有レジスト膜を現像して金属含有レジスト膜から第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、（ｂ）の工程は、（ｂ１）第１領域に対して第２領域を、第１の選択比で除去する工程と、（ｂ２）第１領域に対して第２領域を、第１の選択比と異なる第２の選択比でさらに除去する工程と、を含む基板処理方法が提供される。

【００１０】

一つの例示的実施形態において、第１領域は露光された領域であり、第２領域は露光されていない領域である。

【００１１】

一つの例示的実施形態において、第２の選択比は、第１の選択比よりも高い。

【００１２】

一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程において、現像はウェット現像により行われ、（ｂ）の工程は、（Ｉ）（ｂ２）の工程で用いる現像液に対する金属含有レジスト膜の溶解度は、（ｂ１）の工程で用いる現像液に対する金属含有レジスト膜の溶解度よりも低いこと、（ＩＩ）（ｂ２）の工程で用いる現像液の濃度は、（ｂ１）の工程で用いる現像液の濃度よりも低いこと、及び、（ＩＩＩ）（ｂ２）の工程で用いる現像液の温度は、（ｂ１）の工程で用いる現像液の温度よりも低いこと、の少なくとも１つを満たす。

【００１３】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程において、現像はチャンバ内でドライ現像により行われ、（ｂ）の工程は、（Ｉ）（ｂ２）の工程における基板支持部の温度は、（ｂ１）の工程における基板支持部の温度よりも低いこと、（ＩＩ）（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いこと、（ＩＩＩ）（ｂ２）の工程で用いる第２の現像ガスの酸性度は、（ｂ１）の工程で用いる第１の現像ガスの酸性度よりも小さいこと、及び、（ＩＶ）（ｂ２）の工程で用いる第２の現像ガスの濃度は、（ｂ１）の工程で用いる第１の現像ガスの濃度よりも低いこと、の少なくとも１つを満たす。
【００１４】
一つの例示的実施形態において、（ｂ１）は、第１の現像ガスを含む第１の処理ガスを用いたドライ現像により行われ、（ｂ２）は、第２の現像ガスを含む第２の処理ガスを用いたドライ現像により行われ、（ｂ）の工程は、（Ｉ）（ｂ２）の工程における基板支持部の温度は、（ｂ１）の工程における基板支持部の温度よりも低いこと、（ＩＩ）（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いこと、（ＩＩＩ）第２の現像ガスの酸性度は、第１の現像ガスの酸性度よりも小さいこと、（ＩＶ）第２の現像ガスの濃度は、第１の現像ガスの濃度よりも低いこと、及び、（Ｖ）第２の処理ガスは、（ｂ１）の工程及び（ｂ２）の工程で露出した第１領域の側壁を保護する保護ガスを含み、第１の処理ガスは、保護ガスを含まないか、第２の処理ガスに含まれる保護ガス（の分圧）よりも低い分圧で保護ガスを含むこと、の少なくとも１つを満たす。
【００１５】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程において、現像はチャンバ内で生成したプラズマを用いたドライ現像により行われ、（ｂ）の工程は、（Ｉ）（ｂ２）の工程においてチャンバに供給されるプラズマ生成用のソースＲＦ信号の電力のレベルは、（ｂ１）の工程におけるソースＲＦ信号の電力のレベルよりも小さいこと、及び、（ＩＩ）（ｂ２）の工程においてチャンバに供給されるバイアス信号の電力又は電圧のレベルは、（ｂ１）の工程におけるバイアス信号の電力又は電圧のレベルよりも小さいこと、の少なくとも１つを満たす。
【００１６】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程は、（ｂ１）の工程と（ｂ２）の工程との間に、第１領域を改質する工程をさらに含む。
【００１７】
一つの例示的実施形態において、第１領域を改質する工程は、基板を加熱又はプラズマ処理する工程を含む。
【００１８】
一つの例示的実施形態において、第１領域を改質する工程は、（ｂ１）の工程と同一のチャンバで実行される基板処理方法を提供する。
【００１９】
一つの例示的実施形態において、第１領域を改質する工程は、（ｂ１）の工程と異なるチャンバで実行される。
【００２０】
一つの例示的実施形態において、（ｂ１）の工程において、現像はウェット現像により行われ、（ｂ２）の工程において、現像はドライ現像により行われる。
【００２１】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程において、（ｂ１）の工程及び（ｂ２）の工程を含むサイクルが複数回繰り返される。
【００２２】
一つの例示的実施形態において、金属含有レジスト膜は、Ｓｎ、Ｈｆ及びＴｉからなる群から選択される少なくとも１種の金属を含む。

【００２３】
一つの例示的実施形態において、第１領域はＥＵＶ露光されている。
【００２４】
一つの例示的実施形態において、（ｂ１）の工程から（ｂ２）の工程への切り替えは、現像により金属含有レジスト膜に形成される開口の深さ又はアスペクト比に基づいて行われる。
【００２５】
一つの例示的実施形態において、第１領域は、第１部分と、第１部分の下方で下地膜上の第２部分とを含み、（ｂ１）の工程は、第２部分が露出する直前まで、又は第２部分の一部が露出するまで実行される。
【００２６】
一つの例示的実施形態において、（ｃ）（ｂ）の工程の後に、金属含有レジスト膜をマスクとして、下地膜をエッチングする工程をさらに含む。
【００２７】
一つの例示的実施形態において、（ｂ１）の工程の後かつ（ｂ２）の工程の前に、（ｂ１）の工程で生じた１領域又は第２領域の残渣を除去する工程と、（ｂ２）の工程の後かつ（ｃ）の工程の前に、（ｂ１）及び／又は（ｂ２）で生じた第１領域又は第２領域の残渣を除去する工程と、の少なくとも一方を更に含む。
【００２８】
一つの例示的実施形態において、（ｃ）の工程は、（ｂ）の工程で用いたチャンバと同一のチャンバで実行される。
【００２９】
一つの例示的実施形態において、（ｃ）の工程は、（ｂ）の工程で用いたチャンバと異なるチャンバで実行される。
【００３０】
一つの例示的実施形態において、（ａ）下地膜と下地膜上に形成された金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、金属含有レジスト膜は露光された第１領域と露光されていない第２領域とを有する工程と、（ｂ）金属含有レジスト膜をドライ現像して金属含有レジスト膜から第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、（ｂ）の工程は、（ｂ１）基板支持部の温度を、第１の温度に制御して、第２領域を除去する工程と、（ｂ２）基板支持部の温度を、第１の温度よりも低い第２の温度に制御して、第２領域を除去する工程と、を含む基板処理方法が提供される。
【００３１】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程は、ＨＢｒを用いてドライ現像する工程であり、第１の温度は、２０℃以上６０℃以下であり、第２の温度は、－２０℃以上２０℃以下である。
【００３２】
一つの例示的実施形態において、基板処理方法であって、（ａ）下地膜と下地膜上に形成された金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、金属含有レジスト膜は露光された第１領域と露光されていない第２領域とを有する工程と、（ｂ）金属含有レジスト膜をドライ現像して金属含有レジスト膜から第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、（ｂ）の工程は、（ｂ１）第１の処理ガスを用いて、第２領域を除去する工程と、（ｂ２）第１の処理ガスよりも酸性度が小さい第２の処理ガスを用いて、第２領域を除去する工程と、を含む基板処理方法が提供される。
【００３３】
一つの例示的実施形態において、第１の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸を含み、第２の処理ガスは、有機酸を含む。
【００３４】
一つの例示的実施形態において、第１の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸と、ハロゲン含有無機酸よりも低流量の有機酸とを含み、第２の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸と、

ハロゲン含有無機酸よりも高流量の有機酸とを含む。
【００３５】
一つの例示的実施形態において、ハロゲン含有無機酸は、ＨＢｒガス、ＨＣｌガス、ＢＣｌ３ガス、及びＨＦガス及びＨＩガスからなる群から選択される少なくとも１種を含む。
【００３６】
一つの例示的実施形態において、有機酸は、カルボン酸、β-ジカルボニル化合物及びアルコールからなる群から選択される少なくとも１種を含む。
【００３７】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程は、（Ｉ）（ｂ２）の工程における基板支持部の温度は、（ｂ１）の工程における基板支持部の温度よりも低いこと、及び（ＩＩ）（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いことの少なくとも１つを満たす。
【００３８】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程において、（ｂ１）の工程と（ｂ２）の工程とが繰り返される。
【００３９】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程において、（ｂ１）の工程と（ｂ２）の工程とを含むサイクルが１回以上実施された後、さらに（ｂ１）の工程が実施される。
【００４０】
一つの例示的実施形態において、（ｂ）の工程は、（ｂ１）の工程と（ｂ２）の工程とを含むサイクルがプラズマを用いずに１回以上に実施された後に、第１の処理ガス及び／又は第２の処理ガスから生成したプラズマを用いて第２領域を除去する工程を含む。
【００４１】
一つの例示的実施形態において、１又は複数の基板処理装置と制御部とを有する基板処理システムであって、制御部は、１又は複数の基板処理装置に対して、（ａ）下地膜と下地膜上の金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する制御であって、金属含有レジスト膜は第１領域と第２領域とを含む、制御と、（ｂ）金属含有レジスト膜を現像して金属含有レジスト膜から第２領域を選択的に除去する制御と、を実行するように構成され、（ｂ）の制御は、（ｂ１）第１領域に対して第２領域を、第１の選択比で除去する制御と、（ｂ２）第１領域に対して第２領域を、第１の選択比と異なる第２の選択比でさらに除去する制御と、を含む基板処理システムが提供される。
【００４２】
以下、図面を参照して、本開示の各実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一または同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づいて上下左右等の位置関係を説明する。図面の寸法比率は実際の比率を示すものではなく、また、実際の比率は図示の比率に限られるものではない。
【００４３】
＜熱処理システムの構成例＞
図１は、熱処理システムの構成例を説明するための図である。一実施形態において、熱処理システムは、熱処理装置１００及び制御部２００を含む。熱処理システムは、基板処理システムの一例であり、熱処理装置１００は、基板処理装置の一例である。
【００４４】
熱処理装置１００は、密閉空間を形成可能に構成されたな処理チャンバ１０２を有する。処理チャンバ１０２は、例えば気密な筒状容器であり、内部の雰囲気を調整可能に構成される。処理チャンバ１０２の側壁には、側壁ヒータ１０４が設けられている。処理チャンバ１０２の天井壁（天板）には、天井ヒータ１３０が設けられている。処理チャンバ１０２の天井壁（天板）の天井面１４０は、水平な平坦面として形成されており、天井ヒータ１３０によりその温度が調整される。
【００４５】

処理チャンバ１０２内の下部側には、基板支持部１２１が設けられている。基板支持部１２１は、その上に基板Ｗが支持される基板支持面を有する。基板支持部１２１は、例えば、平面視で円形に形成されており、水平に形成されたその表面（上面）の上に基板Ｗが載置される。基板支持部１２１の中には、ステージヒータ１２０が埋設されている。このステージヒータ１２０は、基板支持部１２１に載置された基板Ｗを加熱することができる。なお、基板支持部１２１には、基板Ｗを囲むようにリングアセンブリ（図示せず）が配置されてもよい。リングアセンブリは、１又は複数の環状部材を含んでよい。リングアセンブリを基板Ｗの周囲に配置することにより、基板Ｗの外周領域の温度制御性を向上させることができる。リングアセンブリは、目的とする熱処理に応じて、無機材料又は有機材料から構成されてよい。

【００４６】

基板支持部１２１は、処理チャンバ１０２の底面に設けられた支柱１２２によって、処理チャンバ１０２内で支持されている。支柱１２２の周方向の外側には、垂直に昇降可能な複数の昇降ピン１２３が設けられている。複数の昇降ピン１２３はそれぞれ、基板支持部１２１に設けられた貫通孔に各々挿通されている。複数の昇降ピン１２３は周方向に間隔を設けて配列されている。複数の昇降ピン１２３の昇降動作は、昇降機構１２４により制御される。昇降ピン１２３が基板支持部１２１の表面に突出すると、図示しない搬送機構と基板支持部１２１との間での、基板Ｗの受け渡しが可能となる。

【００４７】

処理チャンバ１０２の側壁には、開口を有する排気口１３１が設けられている。排気口１３１は、排気管を介して排気機構１３２に接続されている。排気機構１３２は、真空ポンプ及びバルブなどにより構成されており、排気口１３１からの排気流量を調整する。この排気機構１３２による排気流量等の調整により、処理チャンバ１０２内の圧力が調整される。なお、処理チャンバ１０２の側壁には、排気口１３１が開口する位置とは異なる位置に、図示しない基板Ｗの搬送口が開閉自在に形成されている。

【００４８】

また、処理チャンバ１０２の側壁には、排気口１３１及び基板Ｗの搬送口とは異なる位置に、ガスノズル１４１が設けられている。ガスノズル１４１は、処理ガスを処理チャンバ１０２内に供給する。ガスノズル１４１は、処理チャンバ１０２の側壁において、基板支持部１２１の中心部から見て、排気口１３１の反対側に設けられている。即ち、ガスノズル１４１は、処理チャンバ１０２の側壁において、基板支持部１２１の中心部を通過する垂直仮想面に対して排気口１３１と対称に設けられている。

【００４９】

ガスノズル１４１は、処理チャンバ１０２の側壁から処理チャンバ１０２の中心側に向けて突出する棒状に形成されている。ガスノズル１４１の先端部は、処理チャンバ１０２の側壁から例えば水平に延びている。処理ガスは、ガスノズル１４１の先端において開口する吐出口から処理チャンバ１０２内に吐出され、図１に示す一点鎖線の矢印の方向に流れて、排気口１３１から排気される。なお、ガスノズル４１の先端部は、基板Ｗに向けて斜め下方に延びる形状を有していてもよく、処理チャンバ１０２の天井面１４０に向けて斜め上方に延びる形状を有していてもよい。

【００５０】

なお、ガスノズル１４１は、例えば、処理チャンバ１０２の天井壁に設けられていてもよい。また排気口１３１は、処理チャンバ１０２の底面に設けられていてもよい。

【００５１】

熱処理装置１００は、処理チャンバ１０２の外側からガスノズル１４１に接続されるガス供給管１５２を有する。ガス供給管１５２の周囲には、ガス供給管１５２内のガスを加熱するための配管ヒータ１６０が設けられる。ガス供給管１５２は、ガス供給部１７０に接続されている。ガス供給部１７０は、少なくとも１つのガスソース及び少なくとも１つの流量制御器を含む。ガス供給部は、液体の状態の材料を気化させる気化器を含んでよい。

【００５２】

制御部２００は、本開示において述べられる種々の工程を熱処理装置１００に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部２００は、ここで述べられる種々の工程を実行するように熱処理装置１００の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部２００の一部又は全てが熱処理装置１００に含まれてもよい。制御部２００は、処理部２００ａ１、記憶部２００ａ２及び通信インターフェース２００ａ３を含んでもよい。制御部２００は、例えばコンピュータ２００ａにより実現される。処理部２００ａ１は、記憶部２００ａ２からプログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行することにより種々の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部２００ａ２に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部２００ａ２に格納され、処理部２００ａ１によって記憶部２００ａ２から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ２００ａに読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェース２００ａ３に接続されている通信回線であってもよい。処理部２００ａ１は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）であってもよい。記憶部２００ａ２は、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）、ＲＯＭ（Ｒｅａｄ Ｏｎｌｙ Ｍｅｍｏｒｙ）、ＨＤＤ（Ｈａｒｄ Ｄｉｓｋ Ｄｒｉｖｅ）、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ Ｓｔａｔｅ Ｄｒｉｖｅ）、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェース２００ａ３は、ＬＡＮ（Ｌｏｃａｌ Ａｒｅａ Ｎｅｔｗｏｒｋ）等の通信回線を介して熱処理装置１００との間で通信してもよい。

【００５３】

＜プラズマシステムの構成例＞

図２は、プラズマ処理システムを現像処理システムとして用いる場合の構成例を説明するための図である。一実施形態において、プラズマ処理システムは、プラズマ処理装置１及び制御部２を含む。プラズマ処理システムは、基板処理システムの一例であり、プラズマ処理装置１は、基板処理装置の一例である。プラズマ処理装置１は、プラズマ処理チャンバ（以下、単に「処理チャンバ」ともいう。）１０、基板支持部１１及びプラズマ生成部１２を含む。プラズマ処理チャンバ１０は、プラズマ処理空間を有する。また、プラズマ処理チャンバ１０は、少なくとも１つの処理ガスをプラズマ処理空間に供給するための少なくとも１つのガス供給口と、プラズマ処理空間からガスを排出するための少なくとも１つのガス排出口とを有する。ガス供給口は、後述するガス供給部２０に接続され、ガス排出口は、後述する排気システム４０に接続される。基板支持部１１は、プラズマ処理空間内に配置され、基板を支持するための基板支持面を有する。

【００５４】

プラズマ生成部１２は、プラズマ処理空間内に供給された少なくとも１つの処理ガスからプラズマを生成するように構成される。プラズマ処理空間において形成されるプラズマは、容量結合プラズマ（ＣＣＰ；Ｃａｐａｃｉｔｉｖｅｌｙ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｐｌａｓｍａ）、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ：Ｉｎｄｕｃｔｉｖｅｌｙ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｐｌａｓｍａ）、ＥＣＲプラズマ（Ｅｌｅｃｔｒｏｎ－Ｃｙｃｌｏｔｒｏｎ－ｒｅｓｏｎａｎｃｅ ｐｌａｓｍａ）、ヘリコン波励起プラズマ（ＨＷＰ：Ｈｅｌｉｃｏｎ Ｗａｖｅ Ｐｌａｓｍａ）、又は、表面波プラズマ（ＳＷＰ：Ｓｕｒｆａｃｅ Ｗａｖｅ Ｐｌａｓｍａ）等であってもよい。また、ＡＣ（Ａｌｔｅｒｎａｔｉｎｇ Ｃｕｒｒｅｎｔ）プラズマ生成部及びＤＣ（Ｄｉｒｅｃｔ Ｃｕｒｒｅｎｔ）プラズマ生成部を含む、種々のタイプのプラズマ生成部が用いられてもよい。一実施形態において、ＡＣプラズマ生成部で用いられるＡＣ信号（ＡＣ電力）は、１００ｋＨｚ～１０ＧＨｚの範囲内の周波数を有する。従って、ＡＣ信号は、ＲＦ（Ｒａｄｉｏ Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ）信号及びマイクロ波信号を含む。一実施形態において、ＲＦ信号は、１００ｋＨｚ～１５０ＭＨｚの範囲内の周波数を有する。

【００５５】

制御部２は、本開示において述べられる種々の工程をプラズマ処理装置１に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部２は、ここで述べられる種々の工程を実行するようにプラズマ処理装置１の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態に

おいて、制御部２の一部又は全てがプラズマ処理装置１に含まれてもよい。制御部２は、例えばコンピュータ２ａにより実現される。制御部２は、処理部２ａ１、記憶部２ａ２及び通信インターフェース２ａ３を含んでもよい。制御部２の各構成は、上述した制御部２００（図１参照）の各構成と同様であってよい。

【００５６】

以下に、プラズマ処理装置１の一例としての容量結合型のプラズマ処理装置の構成例について説明する。図３は、容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

【００５７】

容量結合型のプラズマ処理装置１は、プラズマ処理チャンバ１０、ガス供給部２０、電源３０及び排気システム４０を含む。また、プラズマ処理装置１は、基板支持部１１及びガス導入部を含む。ガス導入部は、少なくとも１つの処理ガスをプラズマ処理チャンバ１０内に導入するように構成される。ガス導入部は、シャワーヘッド１３を含む。基板支持部１１は、プラズマ処理チャンバ１０内に配置される。シャワーヘッド１３は、基板支持部１１の上方に配置される。一実施形態において、シャワーヘッド１３は、プラズマ処理チャンバ１０の天部（ｃｅｉｌｉｎｇ）の少なくとも一部を構成する。プラズマ処理チャンバ１０は、シャワーヘッド１３、プラズマ処理チャンバ１０の側壁１０ａ及び基板支持部１１により規定されたプラズマ処理空間１０ｓを有する。プラズマ処理チャンバ１０は接地される。シャワーヘッド１３及び基板支持部１１は、プラズマ処理チャンバ１０の筐体とは電気的に絶縁される。

【００５８】

基板支持部１１は、本体部１１１及びリングアセンブリ１１２を含む。本体部１１１は、基板Ｗを支持するための中央領域１１１ａと、リングアセンブリ１１２を支持するための環状領域１１１ｂとを有する。ウェハは基板Ｗの一例である。本体部１１１の環状領域１１１ｂは、平面視で本体部１１１の中央領域１１１ａを囲んでいる。基板Ｗは、本体部１１１の中央領域１１１ａ上に配置され、リングアセンブリ１１２は、本体部１１１の中央領域１１１ａ上の基板Ｗを囲むように本体部１１１の環状領域１１１ｂ上に配置される。従って、中央領域１１１ａは、基板Ｗを支持するための基板支持面とも呼ばれ、環状領域１１１ｂは、リングアセンブリ１１２を支持するためのリング支持面とも呼ばれる。

【００５９】

一実施形態において、本体部１１１は、基台１１１０及び静電チャック１１１１を含む。基台１１１０は、導電性部材を含む。基台１１１０の導電性部材は下部電極として機能し得る。静電チャック１１１１は、基台１１１０の上に配置される。静電チャック１１１１は、セラミック部材１１１１ａとセラミック部材１１１１ａ内に配置される静電電極１１１１ｂとを含む。セラミック部材１１１１ａは、中央領域１１１ａを有する。一実施形態において、セラミック部材１１１１ａは、環状領域１１１ｂも有する。なお、環状静電チャックや環状絶縁部材のような、静電チャック１１１１を囲む他の部材が環状領域１１１ｂを有してもよい。この場合、リングアセンブリ１１２は、環状静電チャック又は環状絶縁部材の上に配置されてもよく、静電チャック１１１１と環状絶縁部材の両方の上に配置されてもよい。また、後述するＲＦ電源３１及び／又はＤＣ電源３２に結合される少なくとも１つのＲＦ／ＤＣ電極がセラミック部材１１１１ａ内に配置されてもよい。この場合、少なくとも１つのＲＦ／ＤＣ電極が下部電極として機能する。後述するバイアスＲＦ信号及び／又はＤＣ信号が少なくとも１つのＲＦ／ＤＣ電極に供給される場合、ＲＦ／ＤＣ電極はバイアス電極とも呼ばれる。なお、基台１１１０の導電性部材と少なくとも１つのＲＦ／ＤＣ電極とが複数の下部電極として機能してもよい。また、静電電極１１１１ｂが下部電極として機能してもよい。従って、基板支持部１１は、少なくとも１つの下部電極を含む。

【００６０】

リングアセンブリ１１２は、１又は複数の環状部材を含む。一実施形態において、１又は複数の環状部材は、１又は複数のエッジリングと少なくとも１つのカバーリングとを含

む。エッジリングは、導電性材料又は絶縁材料で形成され、カバーリングは、絶縁材料で形成される。

【００６１】

また、基板支持部１１は、静電チャック１１１１、リングアセンブリ１１２及び基板のうち少なくとも１つをターゲット温度に調節するように構成される温調モジュールを含んでもよい。温調モジュールは、ヒータ、伝熱媒体、流路１１１０ａ、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路１１１０ａには、ブラインやガスのような伝熱流体が流れる。一実施形態において、流路１１１０ａが基台１１１０内に形成され、１又は複数のヒータが静電チャック１１１１のセラミック部材１１１１ａ内に配置される。また、基板支持部１１は、基板Ｗの裏面と中央領域１１１ａとの間の間隙に伝熱ガスを供給するように構成された伝熱ガス供給部を含んでもよい。

【００６２】

シャワーヘッド１３は、ガス供給部２０からの少なくとも１つの処理ガスをプラズマ処理空間１０ｓ内に導入するように構成される。シャワーヘッド１３は、少なくとも１つのガス供給口１３ａ、少なくとも１つのガス拡散室１３ｂ、及び複数のガス導入口１３ｃを有する。ガス供給口１３ａに供給された処理ガスは、ガス拡散室１３ｂを通過して複数のガス導入口１３ｃからプラズマ処理空間１０ｓ内に導入される。また、シャワーヘッド１３は、少なくとも１つの上部電極を含む。なお、ガス導入部は、シャワーヘッド１３に加えて、側壁１０ａに形成された１又は複数の開口部に取り付けられる１又は複数のサイドガス注入部（ＳＧＩ：Ｓｉｄｅ　Ｇａｓ　Ｉｎｊｅｃｔｏｒ）を含んでもよい。

【００６３】

ガス供給部２０は、少なくとも１つのガスソース２１及び少なくとも１つの流量制御器２２を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部２０は、少なくとも１つの処理ガスを、それぞれに対応のガスソース２１からそれぞれに対応の流量制御器２２を介してシャワーヘッド１３に供給するように構成される。各流量制御器２２は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器を含んでもよい。さらに、ガス供給部２０は、少なくとも１つの処理ガスの流量を変調又はパルス化する少なくとも１つの流量変調デバイスを含んでもよい。

【００６４】

電源３０は、少なくとも１つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ処理チャンバ１０に結合されるＲＦ電源３１を含む。ＲＦ電源３１は、少なくとも１つのＲＦ信号（ＲＦ電力）を少なくとも１つの下部電極及び／又は少なくとも１つの上部電極に供給するように構成される。これにより、プラズマ処理空間１０ｓに供給された少なくとも１つの処理ガスからプラズマが形成される。従って、ＲＦ電源３１は、プラズマ生成部１２の少なくとも一部として機能し得る。また、バイアスＲＦ信号を少なくとも１つの下部電極に供給することにより、基板Ｗにバイアス電位が発生し、形成されたプラズマ中のイオン成分を基板Ｗに引き込むことができる。

【００６５】

一実施形態において、ＲＦ電源３１は、第１のＲＦ生成部３１ａ及び第２のＲＦ生成部３１ｂを含む。第１のＲＦ生成部３１ａは、少なくとも１つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも１つの下部電極及び／又は少なくとも１つの上部電極に結合され、プラズマ生成用のソースＲＦ信号（ソースＲＦ電力）を生成するように構成される。一実施形態において、ソースＲＦ信号は、１０ＭＨｚ～１５０ＭＨｚの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第１のＲＦ生成部３１ａは、異なる周波数を有する複数のソースＲＦ信号を生成するように構成されてもよい。生成された１又は複数のソースＲＦ信号は、少なくとも１つの下部電極及び／又は少なくとも１つの上部電極に供給される。

【００６６】

第２のＲＦ生成部３１ｂは、少なくとも１つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも１つの下部電極に結合され、バイアスＲＦ信号（バイアスＲＦ電力）を生成するように構成される。バイアスＲＦ信号の周波数は、ソースＲＦ信号の周波数と同じであっても

異なっていてもよい。一実施形態において、バイアスＲＦ信号は、ソースＲＦ信号の周波数よりも低い周波数を有する。一実施形態において、バイアスＲＦ信号は、１００ｋＨｚ～６０ＭＨｚの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第２のＲＦ生成部３１ｂは、異なる周波数を有する複数のバイアスＲＦ信号を生成するように構成されてもよい。生成された１又は複数のバイアスＲＦ信号は、少なくとも１つの下部電極に供給される。また、種々の実施形態において、ソースＲＦ信号及びバイアスＲＦ信号のうち少なくとも１つがパルス化されてもよい。

【００６７】

また、電源３０は、プラズマ処理チャンバ１０に結合されるＤＣ電源３２を含んでもよい。ＤＣ電源３２は、第１のＤＣ生成部３２ａ及び第２のＤＣ生成部３２ｂを含む。一実施形態において、第１のＤＣ生成部３２ａは、少なくとも１つの下部電極に接続され、第１のＤＣ信号を生成するように構成される。生成された第１のＤＣ信号は、少なくとも１つの下部電極に印加される。一実施形態において、第２のＤＣ生成部３２ｂは、少なくとも１つの上部電極に接続され、第２のＤＣ信号を生成するように構成される。生成された第２のＤＣ信号は、少なくとも１つの上部電極に印加される。

【００６８】

種々の実施形態において、第１及び第２のＤＣ信号がパルス化されてもよい。この場合、電圧パルスのシーケンスが少なくとも１つの下部電極及び／又は少なくとも１つの上部電極に印加される。電圧パルスは、矩形、台形、三角形又はこれらの組み合わせのパルス波形を有してもよい。一実施形態において、ＤＣ信号から電圧パルスのシーケンスを生成するための波形生成部が第１のＤＣ生成部３２ａと少なくとも１つの下部電極との間に接続される。従って、第１のＤＣ生成部３２ａ及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。第２のＤＣ生成部３２ｂ及び波形生成部が電圧パルス生成部を構成する場合、電圧パルス生成部は、少なくとも１つの上部電極に接続される。電圧パルスは、正の極性を有してもよく、負の極性を有してもよい。また、電圧パルスのシーケンスは、１周期内に１又は複数の正極性電圧パルスと１又は複数の負極性電圧パルスとを含んでもよい。なお、第１及び第２のＤＣ生成部３２ａ，３２ｂは、ＲＦ電源３１に加えて設けられてもよく、第１のＤＣ生成部３２ａが第２のＲＦ生成部３１ｂに代えて設けられてもよい。

【００６９】

排気システム４０は、例えばプラズマ処理チャンバ１０の底部に設けられたガス排出口１０ｅに接続され得る。排気システム４０は、圧力調整弁及び真空ポンプを含んでもよい。圧力調整弁によって、プラズマ処理空間１０ｓ内の圧力が調整される。真空ポンプは、ターボ分子ポンプ、ドライポンプ又はこれらの組み合わせを含んでもよい。

【００７０】

＜液処理システムの構成例＞

図４は、液処理システムの構成例を説明するための図である。一実施形態において、液処理システムは、液処理装置３００及び制御部４００を含む。液処理システムは、基板処理システムの一例であり、液処理装置３００は、基板処理装置の一例である。

【００７１】

図４に示すように、液処理装置３００は、処理チャンバ３１０内に、基板支持部としてのスピンチャック３１１を有している。スピンチャック３１１は、基板Ｗを水平に保持する。スピンチャック３１１は、昇降自在な回転部３１２と接続され、回転部３１２はモータなどによって構成される回転駆動部３１３と接続されている。回転駆動部３１３の駆動によって、スピンチャック３１１に保持された基板Ｗは回転可能である。

【００７２】

スピンチャック３１１の外側には、カップ３２１が配置されており、処理液（レジスト液、現像液、洗浄液等）や処理液のミストがカップ３２１の周囲に飛散することが防止される。カップ３２１の底部３２２には、排液管３２３と排気管３２４が設けられている。排液管３２３は、排液ポンプなどの排液装置３２５に通じている。排気管３２４は、バルブ３２６を介して、排気ポンプなどの排気装置３２７に通じている。

【００７３】
液処理装置３００の処理チャンバ３１０内の上方には、要求される温湿度のエアをカップ３２１内に向けてダウンフローとして供給する送風装置３１４が設けられている。
【００７４】
基板W上に処理液のパドルを形成する際には、処理液供給ノズル３３１が用いられる。この処理液供給ノズル３３１は、例えばアームなどのノズル支持部３３２に設けられており、ノズル支持部３３２は駆動機構によって、図中の破線で示した往復矢印Ａのように昇降自在であり、また破線で示した往復矢印Ｂのように水平移動自在である。処理液供給ノズル３３１には、供給管３３３を介して処理液供給源３３４から処理液（レジスト液や現像液等）が供給される。
【００７５】
パドルを形成するにあたり、基板Wの直径以上の長さを有する吐出口を備えたいわゆる長尺ノズルを用いる場合には、基板W上を一端部から他端部までスキャンすることで、基板W上に処理液のパドルを形成することができる。また基板Wの直径に対して充分小さい幅の液柱を形成するように液を吐出する、いわゆるストレートタイプのノズルの場合には、吐出口を基板Wの中心上方に位置させ、基板Wを回転させながら処理液を吐出することで、基板Wの全面に処理液を拡散させて、基板W上に処理液のパドルを形成することができる。また処理液のパドル形成は、ストレートタイプのノズルを長尺ノズルと同様に基板W上をスキャンさせることや、ストレートタイプの様に液を吐出する吐出口を複数基板W上にならべて、それぞれの吐出口から処理液を供給するといったことで行われてもよい。
【００７６】
ガスノズル３４１は、ノズル本体３４２を有している。ノズル本体３４２はアームなどのノズル支持部に設けられており、当該ノズル支持部は駆動機構によって、図中の破線で示した往復矢印Ｃのように、昇降自在であり、また破線で示した往復矢印Ｄのように水平移動自在である。
【００７７】
ガスノズル３４１は、２つのノズル吐出口３４３、３４４を有している。ノズル吐出口３４３、３４４はガス流路３４５から分岐して形成されている。ガス流路３４５は、ガス供給管３４６を介してガス供給源３４７に通じている。ガス供給源３４７には、不活性ガスや非酸化性ガスとして、例えば窒素ガスが用意されている。ガス流路３４５から例えば窒素ガスがガスノズル３４１に供給されると、各ノズル吐出口３４３、３４４から窒素ガスが吐出される。
【００７８】
またガスノズル３４１には、液処理後の処理液を基板W上から洗浄する洗浄液供給ノズル３５１が設けられている。洗浄液供給ノズル３５１は洗浄液供給管３５２を介して、洗浄液供給源３５３に通じている。洗浄液としては、例えば純水が用いられる。洗浄液供給ノズル３５１は、前記した２つのノズル吐出口３４３、３４４の間に位置しているが、その位置はこれに限られるものではない。洗浄液供給ノズル３５１は、ガスノズル３４１とは独立した構成としてもよい。
【００７９】
制御部４００は、本開示において述べられる種々の工程を液処理装置３００に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部４００は、ここで述べられる種々の工程を実行するように液処理装置３００の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部４００の一部又は全てが液処理装置３００に含まれてもよい。制御部４００は、例えばコンピュータ４００ａにより実現される。コンピュータ４００ａは、処理部４００ａ１、記憶部４００ａ２及び通信インターフェース４００ａ３を含んでよい。制御部４００の各構成は、上述した制御部２００（図１参照）の各構成と同様であってよい。
【００８０】
＜基板処理方法の第１の実施形態＞

図５は、例示的な第１の実施形態に係る基板処理方法（以下「第１の方法」ともいう。）を示すフローチャートである。図５に示すように、第１の方法は、基板を提供する工程ＳＴ１１と、基板を現像する工程ＳＴ１２を有する。一実施形態において、工程ＳＴ１２における現像処理は、処理ガスを用いたドライプロセス（以下「ドライ現像」ともいう。）により行われる。一実施形態において、工程ＳＴ１２における現像処理は現像液を用いたウェットプロセス（以下「ウェット現像」ともいう。）により行われる。一実施形態において、工程ＳＴ１２における現像処理は、ウェット現像とドライ現像の両方を用いて行われる。

【００８１】

第１の方法は、上述した基板処理システム（図１～図４参照）のいずれか１つを用いて実行されてよく、またこれらの基板処理システムの２つ以上を用いて実行されてもよい。例えば、第１の方法は熱処理システム（図１参照）で実行されてよい。以下では、制御部２００が熱処理装置１００の各部を制御して、基板Ｗに対して第１の方法を実行する場合を例に説明する。

【００８２】

（工程ＳＴ１１：基板の提供）

まず、工程ＳＴ１１において、基板Ｗが、熱処理装置１００の処理チャンバ１０２内に提供される。基板Ｗは、昇降ピン１２３を介して基板支持部１２１上に提供される。基板Ｗが基板支持部１２１に配置された後、基板支持部１２１の温度が設定温度に調整される。基板支持部１２１の温度調整は、側壁ヒータ１０４、ステージヒータ１２０、天井ヒータ１３０及び配管ヒータ１６０（以下併せて「各ヒータ」ともいう。）のうち１つ以上のヒータの出力を制御することで行なってよい。本処理方法において、基板支持部１２１の温度は、工程ＳＴ１１の前に設定温度に調整されてよい。すなわち、基板支持部１２１の温度が設定温度に調整された後に、基板支持部１２１上に基板Ｗが提供されてよい。

【００８３】

図６は、工程ＳＴ１１で提供される基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。基板Ｗは、下地膜ＵＦと、下地膜ＵＦ上に形成されたレジスト膜ＲＭと、を含む。基板Ｗは、半導体デバイスの製造に用いられてよい。半導体デバイスは、例えば、ＤＲＡＭ、３Ｄ－ＮＡＮＤフラッシュメモリ等のメモリデバイス及びロジックデバイスを含む。

【００８４】

レジスト膜ＲＭは、金属を含有する金属含有レジスト膜である。当該金属は、一例では、Ｓｎ、Ｈｆ及びＴｉからなる群から選択される少なくとも１種の金属を含んでよい。一例では、レジスト膜ＲＭは、Ｓｎを含有し、酸化スズ（ＳｎＯ）、水酸化スズ（Ｓｎ－ＯＨ結合）を含んでよい。レジスト膜ＲＭは更に有機物を含んでもよい。

【００８５】

図６に示すように、レジスト膜ＲＭは、露光された第１領域ＲＭ１と露光されていない第２領域ＲＭ２とを有する。第１領域ＲＭ１は、ＥＵＶ光で露光された領域、即ちＥＵＶ露光領域である。第２領域ＲＭ２は、ＥＵＶ光で露光されていない領域、即ち未露光領域である。第１領域ＲＭ１の膜厚は、第２領域ＲＭ２の膜厚より小さくてもよい。

【００８６】

下地膜ＵＦは、シリコンウェハ上に形成された有機膜、誘電体膜、金属膜又は半導体膜又はこれらの積層膜でよい。一実施形態において、下地膜ＵＦは、例えば、シリコン含有膜、炭素含有膜及び金属含有膜からなる群から選択される少なくとも一種を含む。

【００８７】

図７及び図８は、それぞれ、基板Ｗの下地膜ＵＦの一例を示す図である。図７に示すように、下地膜ＵＦは、第１膜ＵＦ１、第２膜ＵＦ２及び第３膜ＵＦ３から構成されてよい。図８に示すように下地膜ＵＦは、第２膜ＵＦ２及び第３膜ＵＦ３から構成されてよい。

【００８８】

第１膜ＵＦ１は、例えば、スピンオングラス（ＳＯＧ）膜、ＳｉＣ膜、ＳｉＯＮ膜、Ｓｉ含有反射防止膜（ＳｉＡＲＣ）又は有機膜である。第２膜ＵＦ２は、例えば、スピンオ

ンカーボン（ＳＯＣ）膜、アモルファスカーボン膜又はシリコン含有膜である。第３膜ＵＦ３は、例えば、シリコン含有膜である。シリコン含有膜は、例えば、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン酸窒化膜、シリコン炭窒化膜、多結晶シリコン膜又は炭素含有シリコン膜である。第３膜ＵＦ３は、積層された複数のシリコン含有膜から構成されてよい。例えば、第３膜ＵＦ３は、交互に積層されたシリコン酸化膜とシリコン窒化膜とから構成されてよい。また第３膜ＵＦ３は、交互に積層されたシリコン酸化膜と多結晶シリコン膜とから構成されてもよい。また、第３膜ＵＦ３は、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜及び多結晶シリコン膜を含む積層膜でもよい。また、第３膜ＵＦ３は、積層されたシリコン酸化膜とシリコン炭窒化膜とから構成されてよい。また第３膜ＵＦ３は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン炭窒化膜を含む積層膜でもよい。

【００８９】

一実施形態において、基板Ｗは次のように形成される。まず密着性処理等が施された下地膜上に金属を含有するフォトレジスト膜が成膜される。成膜は、ドライプロセスで行われてよく、また溶液塗布法等のウェットプロセスで行われてもよく、またドライプロセスとウェットプロセスの双方で行われてもよい。なお、フォトレジスト膜の成膜前に、下地膜の表面改質処理が施されてよい。フォトレジスト膜の成膜後の基板は、加熱処理、すなわちプリベーク（Ｐｏｓｔ Ａｐｐｌｙ Ｂａｋｅ：ＰＡＢ）を受ける。プリベーク後の基板には追加の加熱処理が施されてもよい。加熱処理後のウェハは露光装置に搬送され、露光マスク（レチクル）を介してフォトレジスト膜にＥＵＶ光が照射される。これにより、下地膜ＵＦと、露光された第１領域ＲＭ１及び露光されていない第２領域ＲＭ２を有するレジスト膜ＲＭとを含む基板Ｗが形成される。第１領域ＲＭ１は、露光マスク（レチクル）に設けられた開口に対応する領域である。第２領域ＲＭ２は、露光マスク（レチクル）に設けられたパターンに対応する領域である。ＥＵＶ光は、例えば、１０～２０ｎｍの範囲の波長を有する。ＥＵＶ光は、１１～１４ｎｍの範囲の波長を有してよく、一例では１３．５ｎｍの波長を有する。露光後の基板は、雰囲気管理下で露光装置から熱処理装置に搬送され、加熱処理、すなわちポストエクスポージャーベーク（Ｐｏｓｔ Ｅｘｐｏｓｕｒｅ Ｂａｋｅ：ＰＥＢ）を受ける。ＰＥＢ後の基板Ｗには追加の加熱処理が施されてもよい。

【００９０】

ＥＵＶ露光された第１領域ＲＭ１には、レジスト膜ＲＭの厚さ方向（図６～図８の矢印Ｄの方向であり、以下、「深さ方向」ともいう。）に沿って露光反応が弱い部分が生じる場合がある。これは、ＥＵＶの光子分布の確率的揺らぎや焦点深度の浅さに起因すると考えられる。図６～図８に示す例では、第１領域ＲＭ１は、厚さ方向に沿って、第１部分ＲＭ１ａと、第１部分ＲＭ１ａに比べて露光反応が弱い第２部分ＲＭ１ｂとを有する。第２部分ＲＭ１ｂは、第１領域ＲＭ１において、下地層ＵＦと接する部分である。

【００９１】

第２部分ＲＭ１ｂは、露光反応が弱いため、未露光領域である第２領域ＲＭ２と膜の性質が近い。そのため、図６～図８に示すレジスト膜ＲＭでは、厚さ方向に沿って現像コントラスト（露光領域と未露光領域の現像速度の比）がとりにくくなる。レジスト膜ＲＭの現像を厚さ方向に沿って同じ条件で行うと、現像が進むに従って、第１領域ＲＭ１の下方（第２部分ＲＭ１ｂ）の側面が第２領域ＲＭ２とともに除去されやすくなる。

【００９２】

図９は、現像後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。図９は、図６に示す基板Ｗについて厚さ方向に沿って同一条件で現像を行った場合の一例である。図９に示す例では、現像後の第１領域ＲＭは、第２部分ＲＭ１ｂの断面寸法が厚さ方向に沿って小さくなり、逆テーパー状になっている。第１領域ＲＭ１の第２部分ＲＭ１ｂは、第１部分ＲＭ１ａに比べて第２領域ＲＭ２に対する現像コントラストが厚さ方向にそって小さくなり、第２領域ＲＭ２とともに現像で除去されやすいためであると考えられる。このため、第１の方法は、工程ＳＴ１２１と工程ＳＴ１２２とを異なる条件で現像する。例えば、第１の方法は、工程ＳＴ１２１と工程ＳＴ１２２とで異なる現像コントラストで現像する。これによ

り、レジスト膜ＲＭにおいて露光反応の強度が厚さ方向に異なる場合であっても、現像パターンの形状を調整でき、パターン形状やラフネスの悪化を抑制し得る。

【００９３】

（工程ＳＴ１２：基板の現像）

次に、工程ＳＴ１２において、基板Ｗのレジスト膜ＲＭが現像され、第２領域ＲＭ２が選択的に除去される。工程ＳＴ１２は、第１の選択比で基板を現像する工程ＳＴ１２０と、第１の選択比と異なる第２の選択比で基板を現像する工程ＳＴ１２２とを有する。

【００９４】

（工程ＳＴ１２０：第１の選択比で現像）

まず、工程ＳＴ１２０において、第１の現像ガスを含む第１の処理ガスがガスノズル１４１を介して処理チャンバ１０２内に供給される。一実施形態において、第１の現像ガスは、ハロゲン含有ガスを含む。ハロゲン含有ガスは、ハロゲン含有無機酸を含むガスであってよく、ＢｒやＣｌを含むガスでよい。ハロゲン含有無機酸を含むガスは、ハロゲン化水素及び／又はハロゲン化ホウ素を含むガスであってよい。ハロゲン含有無機酸を含むガスは、一例では、ＨＢｒガス、BCl_3ガス、ＨＣｌガス、及びＨＦガス及びＨＩガスからなる群から選択される少なくとも１種である。一実施形態において第１の現像ガスは、有機酸を含むガスであってよい。有機酸を含むガスは、例えば、カルボン酸、β－ジカルボニル化合物及びアルコールからなる群から選択される少なくとも１種を含むガスであってよい。一実施形態において、第１の現像ガスは、カルボン酸を含むガスである。カルボン酸は、一例では、ギ酸（ＨＣＯＯＨ）、酢酸（CH_3COOH）、トリクロロ酢酸（CCl_3COOH）、モノフルオロ酢酸（CFH_2COOH）、ジフルオロ酢酸（ＣＦ２ＦＣＯＯＨ）、トリフルオロ酢酸（CF_3COOH）クロロ－ジフロロ酢酸（$CClF_2COOH$）、硫黄含有の酢酸、チオ酢酸（CH_3COSH）、チオグリコール酸（$HSCH_2COOH$）、トリフルオロ酢酸無水物（$(CF_3CO)_2O$）、無水酢酸（$(CH_3CO)_2O$）でよい。一実施形態において、第１の現像ガスは、β－ジカルボニル化合物を含む。β－ジカルボニル化合物は、一例では、アセチルアセトン（$CH_3C(O)CH_2C(O)CH_3$）、トリクロロアセチルアセトン（$CCl_3C(O)CH_2C(O)CH_3$）、ヘキサクロロアセチルアセトン（$CCl_3C(O)CH_2C(O)CCl_3$）、トリフルオロアセチルアセトン（$CF_3C(O)CH_2C(O)CH_3$）、ヘキサフルオロアセチルアセトン（ＨＦＡｃ、$CF_3C(O)CH_2C(O)CF_3$）でよい。一実施形態において、第１の現像ガスは、アルコールを含む。アルコールは、一例では、ノナフルオロ-tert-ブチルアルコール（$(CF_3)_3C-OH$）でよい。

【００９５】

一実施形態において、第１の現像ガスは、トリフルオロ酢酸を含むガスである。一実施形態において、第１の現像ガスは、ハロゲン化されている有機酸蒸気を含む。第１の現像ガスは、一例では、トリフルオロ酢酸無水物、無水酢酸、トリクロロ酢酸、CFH_2COOH、CF_2HCOOH、クロロージフロロ酢酸、硫黄含有酢酸及びチオ酢酸及びチオグリコール酸からなる群から選択される少なくとも１つを含む。一実施形態において、第１の現像ガスは、カルボン酸と水素ハライドとの混合ガス又は酢酸とギ酸との混合ガスである。一実施形態において、第１の処理ガスは、酢酸を含むガスである。

【００９６】

工程ＳＴ１２０では、レジスト膜ＲＭの第２領域ＲＭ２は、第１領域ＲＭ１に対して第１の選択比で除去される。第１の方法において「選択比」は、現像コントラストとも呼ばれ、第１領域ＲＭ１の現像速度に対する第２領域ＲＭ２の現像速度の比である。第１の選択比は、第２領域ＲＭ２が第１領域ＲＭ１に対して選択的に除去される範囲（すなわち１より大きい値）に適宜設定してよい。第１の選択比は、第１領域ＲＭ１の一部が除去される程度に比較的低く設定されてもよい。この場合、第１領域ＲＭ１（露光マスクの開口に対応する箇所）以外でＥＵＶ露光されてしまった箇所があったとしても、当該箇所のレジスト膜を除去し、当該箇所が残渣として残ることを抑制できる。

【００９７】

工程ＳＴ１２０は、第２領域ＲＭ２が所与の深さ除去されるまで、又は、現像により形成される開口が所与のアスペクト比になるまで実行されてよい。当該所与の深さ又はアスペクト比は、第１領域ＲＭ１の露光反応の進行度合いに基づいて（一例では第１部分ＲＭ１ａや第２部分ＲＭ１ｂの厚さに基づいて）設定されてよい。一実施形態において、工程ＳＴ１２０は、第１領域ＲＭ１の第２部分ＲＭ１ｂが露出する直前まで、又は一部露出するまで実行されてよい。

【００９８】

図１０は、工程ＳＴ１２０の処理後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。図１０に示す例では、レジスト膜ＲＭのうち第２領域ＲＭ２が第１領域ＲＭ１に対して選択的に除去され、第１領域の第１部分ＲＭ１ａの側面が露出している（第２部分ＲＭ１ｂはこの段階では露出していない）。

【００９９】

（工程ＳＴ１２２：第２の選択比で現像）

工程ＳＴ１２２において、第２の現像ガスを含む第２の処理ガスがガスノズル１４１を介して処理チャンバ１０２内に供給される。第２の現像ガスは、工程ＳＴ１２０と同一でも異なっていてもよい。

【０１００】

工程ＳＴ１２２では、レジスト膜ＲＭの第２領域ＲＭ２が、第１領域に対して第１の選択比と異なる第２の選択比で除去される。選択比を第１の選択比と異ならせることは、例えば、基板Ｗ又は基板支持部１１の設定温度、処理チャンバ１０２内の圧力、処理ガスの種類や濃度（分圧）等の現像条件のいずれか１つ以上を、工程ＳＴ１２０から変更することで行ってよい。

【０１０１】

一実施形態において、第２の選択比は第１の選択比より高い。例えば、工程ＳＴ１２２において、以下の（Ｉ）～（ＩＶ）のいずれか１つ以上を実行することで、第２の選択比を第１の選択比よりも高くしてよい。

【０１０２】

（Ｉ）工程ＳＴ１２２において、基板Ｗ又は基板支持部１２１の設定温度を、工程ＳＴ１２０よりも低くする。例えば、第２の現像ガスとしてＨＢｒガスを用いる場合、工程ＳＴ１２０における基板支持部１２１の設定温度を２０℃以上６０℃以下又は４０℃以上６０℃以下にしてよく、工程ＳＴ１２２における基板支持部１２１の設定度温度を－２０℃以上２０℃未満にしてよい。例えば、第２の現像ガスとしてBCl_3ガスを用いる場合、工程ＳＴ１２０における基板支持部１２１の設定温度を１２０℃以上１８０℃以下にしてよく、工程ＳＴ１２２における基板支持部１２１の設定度温度を６０℃以上１２０℃未満にしてよい。

【０１０３】

（ＩＩ）工程ＳＴ１２２において、処理チャンバ１０２内の圧力を、工程ＳＴ１２０よりも低くする。例えば、第２の現像ガスとしてＨＢｒガスを用いる場合、工程ＳＴ１２０におけるチャンバ１０２内の圧力を１Ｔｏｒｒ以上１０Ｔｏｒｒ以下にしてよく、工程ＳＴ１２２における処理チャンバ１０２内の圧力を０．０１Ｔｏｒｒ以上１Ｔｏｒｒ以下にしてよい。

【０１０４】

（ＩＩＩ）工程ＳＴ１２２において、第２の現像ガスの酸性度を第１の現像ガスの酸性度よりも小さくする。すなわち、工程ＳＴ１２２において、工程ＳＴ１２０で使用する第１の現像ガスより酸解離定数（ｐＫａ）が大きい第２の現像ガスを使用する。例えば、現像ガスを、ハロゲン含有無機酸を含むガス（工程ＳＴ１２０）から有機酸を含むガス（工程ＳＴ１２２）に変更してよい。一例では、現像ガスをＨＢｒガス又はBCl_3ガス（工程ＳＴ１２０）から酢酸ガス等のカルボン酸ガス（工程ＳＴ１２２）に変更してよい。また例えば、現像ガスを、酸性度の大きいハロゲン含有無機酸を含むガス（工程ＳＴ１２０）から酸性度の小さいハロゲン含有無機酸を含むガス（工程ＳＴ１２２）に変更してもよ

く、酸性度の大きい有機酸を含むガス（工程ＳＴ１２０）から酸性度の小さい有機酸を含むガス（工程ＳＴ１２２）に変更してもよい。一例では、現像ガスを、ＨＢｒガス（工程ＳＴ１２０）からBCl_3ガス（工程ＳＴ１２２）に変更してよい。また例えば、現像ガスとして混合ガスを用いる場合、混合ガス中で「酸解離定数（ｐＫａ）が相対的に大きいガス」の流量（分圧）を、第２の現像ガスにおいて第１の現像ガスよりも増加させてもよい。例えば、工程ＳＴ１２０及び工程１２２において第１の現像ガス及び第２の現像ガスが、それぞれ、ＨＢｒガスとカルボン酸ガスとの混合ガスである場合、第２の現像ガスにおけるカルボン酸ガスの流量（分圧）を、第１の現像ガスにおけるカルボン酸ガスの流量（分圧）に比べて増加させてよい。

【０１０５】

（ＩＶ）工程ＳＴ１２２において、処理ガス中の現像ガスの濃度（分圧）を工程ＳＴ１２０における処理ガス中の現像ガスの濃度（分圧）よりも低くする。例えば、処理ガスとして現像ガス及びＡｒ等の貴ガスを含む混合ガスを用いる場合、工程ＳＴ１２２における現像ガスの濃度（分圧）は、工程１２０における現像ガスの濃度（分圧）よりも低くする。

【０１０６】

工程ＳＴ１２２は、第２領域ＲＭ２が除去されて、下地膜ＵＦが露出するまで実行されてよい。工程ＳＴ１２２は、下地膜ＵＦの深さ方向に一部除去（オーバーエッチング）されるまで行ってもよい。

【０１０７】

図１１は、工程ＳＴ１２２の処理後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。図１１に示す例では、レジスト膜ＲＭの第２領域ＲＭ２が除去され、開口ＯＰが形成されている。開口ＯＰは、第１領域ＲＭ１の側面によって規定される。開口ＯＰは、当該側面に囲まれた、下地膜ＵＦ上の空間である。開口ＯＰは、基板Ｗの平面視において、第２領域ＲＭ２に対応する形状（結果的にＥＵＶ露光に用いた露光マスクパターンに対応する形状）を有する。当該形状は、例えば、円、楕円、矩形、線やこれらの１種類以上を組み合わせた形状であってよい。レジスト膜ＲＭには、複数の開口ＯＰが形成されてよい。複数の開口ＯＰは、それぞれ線形状を有し、一定の間隔で並んでラインアンドスペースのパターンを構成してもよい。また複数の開口ＯＰが格子状に配列され、ピラーパターンを構成してもよい。

【０１０８】

以上のとおり、第１の方法は、第１の選択比で現像を行う工程ＳＴ１２０と、第１の選択比と異なる第２の選択比で現像を行う工程ＳＴ１２２とを含む。これにより、現像パターンの形状を調整することができる。またレジスト膜ＲＭにおいて、露光反応の強度が厚さ方向に異なる場合であっても、第１領域ＲＭ１に対して第２領域ＲＭ２を適切な選択比で除去することができ、パターン形状やラフネスの悪化を抑制し得る。

【０１０９】

図１２は、第１の方法の変形例にかかるフローチャートである。図１２に示すように、工程ＳＴ１２は、工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２との間にレジスト膜を改質する工程ＳＴ１２１を含んでよい。

【０１１０】

工程ＳＴ１２１において、レジスト膜ＲＭに対して改質処理が施される。一実施形態において、改質処理は、基板Ｗを加熱処理することによって行われる。基板Ｗの加熱処理は、例えば、熱処理装置１００の各ヒータの１つ以上の出力を制御して基板支持部１２１の温度を調整することで行ってよい。基板Ｗは、例えば１８０℃以上に加熱されてよい。基板Ｗは、例えば１９０℃以上２４０℃以下の温度に加熱されてよい。基板Ｗは、例えば１９０℃以上２２０℃以下の温度に加熱されてよい。基板Ｗを加熱するチャンバ内は、大気、N_2ガス及び又はH_2Oガスを含む雰囲気であってよい。改質処理により、第１領域ＲＭ１の金属膜密度が増加し現像耐性が向上し得る。工程ＳＴ１２１において第２領域ＲＭ２が一部除去されているため（図１０参照）、第１領域ＲＭ１のうち露光反応が弱い部分ＲＭ１ｂについても改質が進行しやすい。これにより、レジスト膜ＲＭの深さ方向に沿っ

て現像コントラストが低下することが抑制され得る。
【０１１１】
なお、工程ＳＴ１２１における加熱処理は、工程ＳＴ１２０や工程ＳＴ１２２と別の熱処理装置１００の処理チャンバ１０２で行われてもよい。また工程ＳＴ１２１における加熱処理は、熱処理装置１００とは異なる装置を用いて行われてもよい。例えば、赤外光やマイクロ波等の電磁波を発生する装置を用いて、基板Ｗに電磁波を照射することで基板Ｗを加熱してもよい。
【０１１２】
一実施形態において、工程ＳＴ１２１における改質処理は、プラズマ処理により行われる。プラズマ処理は、例えば、基板Ｗを熱処理装置１００からプラズマ処理装置１に搬送して、当該プラズマ処理装置１内で生成したプラズマに基板Ｗを暴露することで行ってよい。プラズマ処理は、例えば、リモートプラズマ源で励起した処理ガスを熱処理装置１００の処理チャンバ１０２内に導入することで行ってもよい。プラズマ生成用の処理ガスは、不活性ガスであってよい。不活性ガスは、一例では、Ｈｅ、Ａｒ、Ｎｅ、Ｋｒ、Ｘｅ等の貴ガスや窒素ガスである。
【０１１３】
一実施形態において、第１の方法は、プラズマ処理システム（図２及び図３参照）を用いて実行されてよい。例えば、プラズマ処理装置１の処理チャンバ１０内の基板支持部１１上に基板Ｗを提供し（工程ＳＴ１１）、ガス供給部２０から処理チャンバ１０内に処理ガスを供給することで、レジスト膜ＲＭのドライ現像を行う（工程ＳＴ１２）ようにしてよい。処理ガスは、熱処理システムを用いる場合と同様でよい。工程ＳＴ１２０及び／又は工程ＳＴ１２２において、基板支持部１１の下部電極及び／又はシャワーヘッド１３の上部電極にソースＲＦ信号が供給されてよい。また基板支持部１１の下部電極にバイアス信号が供給されてもよい。この場合、チャンバ１０内の処理ガスからプラズマが生成され、プラズマ中のイオン、ラジカル等の活性種が基板Ｗに引きよせられ、現像が促進され得る。
【０１１４】
プラズマ処理システムを用いる場合、工程ＳＴ１２２において、現像条件のいずれか１つ以上を工程ＳＴ１２０から変更することで、第１の選択比と異なる第２の選択比で現像を行ってよい。変更される現像条件は、例えば、基板Ｗ又は基板支持部１１の設定温度、処理チャンバ１０内の圧力、処理ガスの種類や濃度（分圧）、ソースＲＦ信号の電力レベルやバイアス信号の電力レベル又は電圧レベルを含む。
【０１１５】
プラズマ処理システムを用いる場合、工程ＳＴ１２２において、例えば、以下の（Ｉ）～（ＩＶ）のいずれか１つ以上を実行することで、第２の選択比を第１の選択比より高くしてもよい。
【０１１６】
（Ｉ）工程ＳＴ１２２において、基板Ｗ又は基板支持部１１の設定温度を、工程ＳＴ１２０よりも低くする。例えば、処理ガスとしてＨＢｒガスを用いる場合、工程ＳＴ１２０における基板支持部１１の設定温度を２０℃以上６０℃以下又は４０℃以上６０℃以下にしてよく、工程ＳＴ１２２における基板支持部１１の設定温度を－２０℃以上２０℃未満にしてよい。例えば、処理ガスとしてBCl_3ガスを用いる場合、工程ＳＴ１２０における基板支持部１１の設定温度を１２０℃以上１８０℃以下にしてよく、工程ＳＴ１２２における基板支持部１２１の設定度温度を６０℃以上１２０℃未満にしてよい。なお、基板支持部１１は、温調モジュールにより設定温度に調整されてよい。また基板支持部１１は、静電チャック１１１１と基板Ｗの裏面との間の伝熱ガス（例えばＨｅ）の圧力を制御することで設定温度に調整されてもよい。
【０１１７】
（ＩＩ）工程ＳＴ１２２において、処理チャンバ１０内の圧力を、工程ＳＴ１２０よりも低くする。例えば、工程ＳＴ１２０における処理チャンバ１０内の圧力を１Ｔｏｒｒ以

上１０Ｔｏｒｒ以下にしてよく、工程ＳＴ１２２における処理チャンバ１０内の圧力を０．０１Ｔｏｒｒ以上１Ｔｏｒｒ以下にしてよい。

【０１１８】

（ＩＩＩ）工程ＳＴ１２２において、第２の現像ガスの酸性度を第１の現像ガスの酸性度よりも小さくする。すなわち、工程ＳＴ１２２において、工程ＳＴ１２０で使用する第１の現像ガスより酸解離定数（ｐＫａ）が大きい第２の現像ガスを使用する。例えば、現像ガスを、ハロゲン含有無機酸を含むガス（工程ＳＴ１２０）から有機酸を含むガス（工程ＳＴ１２２）に変更してよい。一例では、現像ガスをＨＢｒガス又はBCl_3（工程ＳＴ１２０）から酢酸ガス等のカルボン酸ガス（工程ＳＴ１２２）に変更してよい。また例えば、現像ガスを、酸性度の大きいハロゲン含有無機酸を含むガス（工程ＳＴ１２０）から酸性度の小さいハロゲン含有無機酸を含むガス（工程ＳＴ１２２）に変更してもよく、酸性度の大きい有機酸を含むガス（工程ＳＴ１２０）から酸性度の小さい有機酸を含むガス（工程ＳＴ１２２）に変更してもよい。一例では、現像ガスを、ＨＢｒガス（工程ＳＴ１２０）からBCl_3ガス（工程ＳＴ１２２）に変更してよい。また例えば、現像ガスとして混合ガスを用いる場合、混合ガス中で「酸解離定数（ｐＫａ）が相対的に大きいガス」の流量（分圧）を、第２の現像ガスにおいて第１の現像ガスよりも増加させてもよい。例えば、工程ＳＴ１２０及び工程１２２において第１の現像ガス及び第２の現像ガスが、それぞれ、ＨＢｒガスとカルボン酸ガスとの混合ガスである場合、第２の現像ガスにおけるカルボン酸ガスの流量（分圧）を、第１の現像ガスにおけるカルボン酸ガスの流量（分圧）に比べて増加させてよい。

【０１１９】

（ＩＶ）工程ＳＴ１２２において、処理ガス中の現像ガスの濃度（分圧）を工程ＳＴ１２０における処理ガス中の現像ガスの濃度（分圧）よりも低くする。例えば、処理ガスとして現像ガス及びＡｒ等の貴ガスを含む混合ガスを用いる場合、工程ＳＴ１２２における現像ガスの濃度（分圧）は、工程１２０における現像ガスの濃度（分圧）よりも低くする。

【０１２０】

工程ＳＴ１２０及び工程ＳＴ１２２において処理ガスからプラズマを生成する場合、以下の（Ｖ）及び（ＶＩ）の少なくともいずれかを、上記（Ｉ）～（ＩＶ）に加えて又は代えて実行してよい。これにより、第２の選択比を第１の選択比よりも高くしてもよい。

【０１２１】

（Ｖ）工程ＳＴ１２２において、チャンバ１０に供給するソースＲＦ信号の電力レベルを工程ＳＴ１２０におけるソースＲＦ信号の電力レベルよりも小さくする。

【０１２２】

（ＶＩ）工程ＳＴ１２２において、チャンバ１０に供給するバイアス信号の電力または電圧レベルを工程ＳＴ１２０におけるバイアス信号の電力又は電圧レベルよりも小さくする。

【０１２３】

なお、熱処理システムやプラズマ処理システムを用いて基板Ｗをドライ現像する場合、第１の方法は、脱離(ｄｅｓｏｒｐｔｉｏｎ)工程を含んでよい。脱離工程は、ヘリウム等の不活性ガス又は当該不活性ガスのプラズマにより、レジスト膜ＲＭの表面からスカムを除去する(ｄｅｓｃｕｍ)又はレジスト膜ＲＭの表面を滑らかにする（ｓｍｏｏｔｈｉｎｇ）ことを含む。脱離工程は、工程ＳＴ１２の後で実行されてよい。脱離工程は、工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２との間に１又は複数回繰り返して実行されてもよい。また、脱離工程は、工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２との間に代えて、又は工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２の間とともに、工程ＳＴ１２（工程ＳＴ１２２）と後述する下地膜ＵＦをエッチングする工程の前に実行されてもよい。

【０１２４】

一実施形態において、第１の方法は、液処理システム（図４参照）で実行されてよい。すなわち、液処理装置３００の処理チャンバ３１０内のスピンチャック３１１に基板を提供し（工程ＳＴ１１）、処理液供給ノズル３３１から現像液を基板Ｗに供給することで、

レジスト膜ＲＭのウェット現像を行う（工程ＳＴ１２）ようにしてよい。現像液は、例えば、ベンゼン、キシレン、トルエン等の芳香族化合物、プロピレングリコールモノメチルエステルアセテート、酢酸エチル、乳酸エチル、酢酸ｎ－ブチル、ブチロラクトン等のエステル、４－メチル－２－ペンタノール、１－ブタノール、イソプロパノール、１－プロパノール、メタノール等のアルコール、メチルエチルケトン、アセトン、シクロヘキサノン、２－ヘプタノン、２－オクタノン等のケトン、テトラヒドロフラン、ジオキサン、アニソール等のエーテルを含んでよい。

【０１２５】

液処理システムを用いる場合、工程ＳＴ１２２において、例えば、現像液の溶解度、濃度及び温度のいずれか１つ以上を工程ＳＴ１２０から変更することで、第１の選択比と異なる第２の選択比で現像を行ってよい。

【０１２６】

液処理システムを用いる場合、工程ＳＴ１２２において、例えば、以下の（Ｉ）～（ＩＩＩ）のいずれか１つ以上を実行することで、第２の選択比を第１の選択比より高くしてもよい。

【０１２７】

（Ｉ）工程ＳＴ１２２で用いる現像液に対するレジスト膜ＲＭの溶解度を、工程ＳＴ１２０で用いる現像液に対するレジスト膜の溶解度よりも低くする。

【０１２８】

（ＩＩ）工程ＳＴ１２２で用いる現像液の濃度を、例えば当該現像液の希釈度を高くすることで、工程ＳＴ１２０で用いる現像液の濃度よりも低くする。

【０１２９】

（ＩＩＩ）工程ＳＴ１２２で用いる現像液の温度を、工程ＳＴ１２０で用いる現像液の温度よりも低くする。例えば、工程ＳＴ１２０では、現像液の温度を３０℃以上９０℃以下に制御し、工程ＳＴ１２２では、現像液の温度を１０℃以上６０℃以下に制御してよい。

【０１３０】

一実施形態において、工程ＳＴ１２における現像処理は、ドライ現像とウェット現像との双方で行われてよい。例えば、工程ＳＴ１２０を、液処理システム（図４参照）を用いてウェット現像により実行し、工程ＳＴ１２２を、熱処理システム（図１参照）やプラズマ処理システム（図２及び図３参照）を用いてドライ現像により実行してよい。ウェット現像をドライ現像の前に行う場合、現像液の下地膜ＵＦへの染み込みによる汚染や現像液の表面張力によるレジスト膜のパターン倒れが生じることを抑制し得る。なお、工程ＳＴ１２０を、ドライ現像により実行し、工程ＳＴ１２２をウェット現像により実行してもよい。

【０１３１】

一実施形態において、工程ＳＴ１２における現像処理は、熱処理とプラズマ処理との双方で行われてもよい。例えば、工程ＳＴ１２０を熱処理で実行し、工程ＳＴ１２２をプラズマ処理で実行してもよく、工程ＳＴ１２０をプラズマ処理で実行し、工程ＳＴ１２２を熱処理で実行してもよい。

【０１３２】

一実施形態において、工程ＳＴ１２において、工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２とを含むサイクルを複数回繰り返してよい。この場合、工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２のサイクルをドライ現像のみで複数回繰り返してよく、またウェット現像のみで複数回繰り返してもよい。また工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２のサイクルをウェット現像で１回以上行った後、工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２のサイクルをドライ現像で１回以上行ってよい。またウェット現像により行う工程ＳＴ１２０とドライ現像により行う工程ＳＴ１２２のサイクルを複数回繰り返してもよい。なお、上記のとおり、工程ＳＴ１２０と工程ＳＴ１２２のサイクルを複数回繰り返す場合において、工程ＳＴ１２０及び／又は工程ＳＴ１２２の現像条件を、ある一つ又は複数のサイクルと他の一つ又は複数のサイクルとで異ならせてよい。例えば工程ＳＴ１２０における基板支持部の温度を、第１の深さまで現像する

１又は複数のサイクルよりも、第１の深さより深い第２の深さまで現像する１又は複数のサイクルにおいて低くしてよい。

【０１３３】

一実施形態において、工程ＳＴ１２の後で、下地膜ＵＦがエッチング処理される。エッチング処理は、例えば、プラズマ処理装置１の処理チャンバ１０内で処理ガスからプラズマを生成することで行われてよい。エッチング処理において、レジスト膜ＲＭがマスクとして機能し、開口ＯＰの形状に基づいて下地膜ＵＦに凹部が形成される。なお、工程ＳＴ１２でプラズマ処理装置１を用いて現像を行う場合、エッチング処理は、工程ＳＴ１２と同一の処理チャンバ１０内で連続して実行されてよく、また別のプラズマ処理装置１の処理チャンバ１０内で実行されてもよい。

【０１３４】

＜基板処理方法の第２の実施形態＞

図１３は、例示的な第２の実施形態に係る基板処理方法（以下「第２の方法」ともいう。）を示すフローチャートである。図１３に示すように、第２の方法は、基板を提供する工程ＳＴ２１と、基板を現像する工程ＳＴ２２とを有する。

【０１３５】

一実施形態において、工程ＳＴ２２における現像処理は、ドライ現像により行われる。一実施形態において、工程ＳＴ２２における現像処理はウェット現像により行われる。一実施形態において、工程ＳＴ２２における現像処理は、ウェット現像とドライ現像の両方を用いて行われる。

【０１３６】

第２の方法は、上述した熱処理システム（図１）で実行されてよい。以下では、制御部２００が熱処理装置１００の各部を制御して、基板Ｗに対して第２の方法を実行する場合を例に説明する。第２の方法は、熱処理システム（図１）と、プラズマ処理システム（図２及び図３）や液処理システム（図４）等の他の基板処理システムとを組み合わせて実行されてもよい。

【０１３７】

（工程ＳＴ２１：基板の提供）

まず、工程ＳＴ２１において、基板Ｗが、熱処理装置１００の処理チャンバ１０２内に提供される。工程ＳＴ２１は、第１の方法の工程ＳＴ１１と同様であり、基板Ｗの構成は図６で示した構成と同様でよい。

【０１３８】

（工程ＳＴ２２：基板の現像）

次に、工程ＳＴ２２において、基板Ｗのレジスト膜ＲＭが現像され、第１領域ＲＭ１が選択的に除去される。工程ＳＴ２２は、第１の選択比で基板を現像する工程ＳＴ２２０と、第１の選択比と異なる第２の選択比で基板を現像する工程ＳＴ２２２とを有する。

【０１３９】

（工程ＳＴ２２０：第１の選択比で現像）

まず、工程ＳＴ２２０において、現像ガスを含む処理ガスがガスノズル１４１を介して処理チャンバ１０２内に供給される。現像ガスは、上述した第１の方法の工程ＳＴ１２０と異なり、第２領域に対して第１領域を選択的に除去可能なガスを用いてよい。これにより、レジスト膜ＲＭの第１領域ＲＭ１が第２領域ＲＭ２に対して選択的に除去される。

【０１４０】

工程ＳＴ２２０では、レジスト膜ＲＭの第１領域ＲＭ１が、第２領域ＲＭ２に対して第１の選択比で除去される。第２方法において「選択比」は、現像コントラストとも呼ばれ、第２領域ＲＭ２の現像速度に対する第１領域ＲＭ１の現像速度の比である。第１の選択比は、第１領域ＲＭ１が第２領域ＲＭ２に対して選択的に除去される範囲（すなわち１より大きい値）で適宜設定してよい。

【０１４１】

工程ＳＴ２２０は、第１領域ＲＭ１が所与の深さ除去されるまで、又は、現像により形

成される開口が所与のアスペクト比になるまで実行されてよい。当該所与の深さ又はアスペクト比は、第１領域ＲＭの露光反応の進行度合いに基づいて（一例では第１部分ＲＭ１ａ及びや第２部分ＲＭ１ｂの厚さに基づいて）設定されてよい。一実施形態において、工程ＳＴ２２０は、第１領域ＲＭ１の第２部分ＲＭ１ｂが除去される直前まで、又は一部除去されるまで実行されてよい。

【０１４２】

図１４は、工程ＳＴ２２０の処理後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。図１４に示す例では、レジスト膜ＲＭのうち第１領域ＲＭ１が第２領域ＲＭ２に対して選択的に除去され、第１領域の第２部分ＲＭ１ｂの上面が露出している。

【０１４３】

（工程ＳＴ２２２：第２の選択比で現像）

工程ＳＴ２２２において、現像ガスを含む処理ガスがガスノズル１４１を介して処理チャンバ１０２内に供給される。現像ガスは、工程ＳＴ２２０で用いる現像ガスと同一でも異なっていてもよい。これにより、レジスト膜ＲＭの第１領域ＲＭ１が第２領域ＲＭ２に対して選択的にエッチングされる。

【０１４４】

工程ＳＴ２２２では、レジスト膜ＲＭの第１領域ＲＭ１が、第２領域ＲＭ２に対して第１の選択比と異なる第２の選択比で除去される。選択比を第１の選択比と異ならせることは、例えば、基板Ｗ又は基板支持部１１の設定温度、処理チャンバ１０２内の圧力、処理ガスの種類や濃度（分圧）等の現像条件のいずれか１つ以上を、工程ＳＴ２２０から変更することで行ってよい。

【０１４５】

一実施形態において、第２の選択比は第１の選択比より高い。例えば、工程ＳＴ１２２において、以下の（Ｉ）～（ＩＶ）のいずれか１つ以上を実行することで、第２の選択比を第１の選択比よりも高くしてよい。

【０１４６】

（Ｉ）工程ＳＴ２２２において、基板Ｗ又は基板支持部１２１の設定温度を、工程ＳＴ２２０よりも低くする。

【０１４７】

（ＩＩ）工程ＳＴ２２２において、処理チャンバ１０２内の圧力を、工程ＳＴ２２０よりも高くする。

【０１４８】

（ＩＩＩ）工程ＳＴ２２２において、現像ガスの酸性度を工程ＳＴ２２０における現像ガスの酸性度よりも大きくする。

【０１４９】

（ＩＶ）工程ＳＴ２２２において、処理ガス中の現像ガスの濃度（分圧）を工程ＳＴ２２０における処理ガス中の現像ガスの濃度（分圧）よりも高くする。

【０１５０】

工程ＳＴ２２２は、第１領域ＲＭ１が除去されて、下地膜ＵＦが露出するまで実行されてよい。工程ＳＴ２２２は、下地膜ＵＦの深さ方向に一部除去（オーバーエッチング）されるまで行ってもよい。

【０１５１】

図１５は、工程ＳＴ２２２の処理後の基板Ｗの断面構造の一例を示す図である。図１５に示す例では、レジスト膜ＲＭの第１領域ＲＭ１が除去され、開口ＯＰが形成されている。開口ＯＰは、第２領域ＲＭ２の側面によって規定される。開口ＯＰは、当該側面に囲まれた、下地膜ＵＦ上の空間である。開口ＯＰは、基板Ｗの平面視において、第１領域ＲＭ１に対応する形状（結果的にＥＵＶ露光に用いた露光マスクの開口に対応する形状）を有する。当該形状は、例えば、円、楕円、矩形、線やこれらの１種類以上を組み合わせた形状であってよい。レジスト膜ＲＭには、複数の開口ＯＰが形成されてよい。複数の開口ＯＰは、それぞれ穴形状を有し、一定の間隔で配列されたアレイパターンを構成してよい。

また、複数の開口ＯＰは、それぞれ線形状を有し、一定の間隔で並んでラインアンドスペースのパターンを構成してもよい。

【０１５２】

第２の方法によれば、現像処理により、露光されていない第２領域ＲＭ２からなる現像パターンを形成することができる。これにより、第１の方法とは異なるパターン（例えばホールアレイパターン）をレジスト膜ＲＭに形成し得る。また第２の方法は、第１の選択比で現像を行う工程ＳＴ２２０と、第１の選択比と異なる第２の選択比で現像を行う工程ＳＴ２２２とを含む。これにより現像パターンの形状を調整することができる。またレジスト膜ＲＭにおいて、露光反応の強度が厚さ方向に異なる場合であっても、第２領域ＲＭ２に対して第１領域ＲＭ１を適切な選択比で除去することができ、パターン形状やラフネスの悪化を抑制し得る。

【０１５３】

また工程ＳＴ２２における現像処理は、工程ＳＴ１２と同様、プラズマ処理装置システム（図２及び図３参照）及び／又は液処理システム（図４参照）を用いて実行されてよい。また熱処理システムやプラズマ処理システムを用いて、基板Ｗをドライ現像する場合、第２の方法は、第１の方法と同様に、脱離工程を含んでよい。脱離工程は、工程ＳＴ２２の後で実行されてよく、また、工程ＳＴ２２における現像と現像の間に１又は複数回繰り返して実行されてよい。

【０１５４】

一実施形態において、工程ＳＴ２２における現像処理は、熱処理とプラズマ処理との双方で行われてもよい。例えば、工程ＳＴ２２０を熱処理で実行し、工程ＳＴ２２２をプラズマ処理で実行してもよく、工程ＳＴ２２０をプラズマ処理で実行し、工程ＳＴ２２２を熱処理で実行してもよい。

【０１５５】

一実施形態において、工程ＳＴ２２において、工程ＳＴ２２０と工程ＳＴ２２２とを含むサイクルを複数回繰り返してよい。この場合、工程ＳＴ２２０と工程ＳＴ２２２のサイクルをドライ現像のみで複数回繰り返してよく、またウェット現像のみで複数回繰り返してもよい。また工程ＳＴ２２０と工程ＳＴ２２２のサイクルをウェット現像で１回以上行った後、工程ＳＴ２２０と工程ＳＴ２２２のサイクルをドライ現像で１回以上行ってよい。またウェット現像により行う工程ＳＴ２２０とドライ現像により行う工程ＳＴ２２２のサイクルを複数回繰り返してもよい。なお、上記のとおり、工程ＳＴ２２０と工程ＳＴ２２２のサイクルを複数回繰り返す場合において、工程ＳＴ２２０及び／又は工程ＳＴ２２２の現像条件を、ある一つ又は複数のサイクルと他の一つ又は複数のサイクルとで異ならせてよい。例えば工程ＳＴ２２０における基板支持部の温度を、第１の深さまで現像する１又は複数のサイクルよりも、第１の深さより深い第２の深さまで現像する１又は複数のサイクルにおいて低くしてよい。

【０１５６】

一実施形態において、工程ＳＴ２２の後で、下地膜ＵＦがエッチング処理される。エッチング処理は、例えば、プラズマ処理装置１の処理チャンバ１０内で処理ガスからプラズマ生成して行われてよい。エッチング処理において、レジスト膜ＲＭがマスクとして機能し、開口ＯＰの形状に基づいて下地膜ＵＦに凹部が形成される。なお、工程ＳＴ２２でプラズマ処理装置１を用いて現像を行う場合、エッチング処理は、工程ＳＴ２２と同一の処理チャンバ１０内で連続して実行されてよく、また別のプラズマ処理装置１の処理チャンバ１０内で実行されてもよい。

【０１５７】

＜基板処理システムの構成例＞

図１６は、例示的な実施形態にかかる基板処理システムＳＳの構成例を説明するためのブロック図である。基板処理システムＳＳは、第１のキャリアステーションＣＳ１と、第１の処理ステーションＰＳ１と、第１のインターフェイスステーションＩＳ１と、露光装置ＥＸと、第２のインターフェイスステーションＩＳ２と、第２の処理ステーションＰＳ

２と、第２のキャリアステーションＣＳ２と、制御部ＣＴとを備える。
【０１５８】
第１のキャリアステーションＣＳ１は、第１のキャリアステーションＣＳ１と基板処理システムＳＳの外部のシステムとの間で第１のキャリアＣ１の搬入及び搬出を行う。第１のキャリアステーションＣＳ１は、複数の第１の載置板ＳＴ１を含む載置台を有する。各第１の載置板ＳＴ１上には、複数枚の基板Ｗを収容した状態又は空の状態の第１のキャリアＣ１が載置される。第１のキャリアＣ１は、複数枚の基板Ｗを内部に収容可能な筐体を有する。第１のキャリアＣ１は、一例では、ＦＯＵＰ（Ｆｒｏｎｔ Ｏｐｅｎｉｎｇ Ｕｎｉｆｉｅｄ Ｐｏｄ）である。
【０１５９】
また、第１のキャリアステーションＣＳ１は、第１のキャリアＣ１と第１の処理ステーションＰＳ１との間で基板Ｗの搬送を行う。第１のキャリアステーションＣＳ１は、第１の搬送装置ＨＤ１を更に備える。第１の搬送装置ＨＤ１は、第１のキャリアステーションＣＳ１において、載置台と第１の処理ステーションＰＳ１との間に位置するように、設けられている。第１の搬送装置ＨＤ１は、各第１の載置板ＳＴ１上の第１のキャリアＣ１と、第１の処理ステーションＰＳ１の第２の搬送装置ＨＤ２との間で基板Ｗの搬送及び受け渡しを行う。基板処理システムＳＳは、ロードロックモジュールを更に備えてよい。ロードロックモジュールは、第１のキャリアステーションＣＳ１と第１の処理ステーションＰＳ１との間に設けられ得る。ロードロックモジュールは、その内部の圧力を、大気圧又は真空に切り替えることができる。「大気圧」は、第１の搬送装置ＨＤ１の内部の圧力でありうる。「真空」は、大気圧よりも低い圧力であって、例えば０．１Ｐａ～１００Ｐａの中真空であり得る。第２の搬送装置ＨＤ２の内部は大気圧又は真空であり得る。ロードロックモジュールは、例えば、大気圧である第１の搬送装置ＨＤ１から真空である第２の搬送装置ＨＤ２へ基板Ｗを搬送し、また真空である第２の搬送装置ＨＤ２から大気圧である第１の搬送装置ＨＤ１へ基板Ｗを搬送してよい。
【０１６０】
第１の処理ステーションＰＳ１は、基板Ｗに対して各種処理を行う。一実施形態において、第１の処理ステーションＰＳ１は、前処理モジュールＰＭ１、レジスト膜形成モジュールＰＭ２及び第１の熱処理モジュールＰＭ３（以下あわせて「第１の基板処理モジュールＰＭａ」ともいう。）を備える。また、第１の処理ステーションＰＳ１は、基板Ｗを搬送する第２の搬送装置ＨＤ２を有する。第２の搬送装置ＨＤ２は、指定された２つの第１の基板処理モジュールＰＭａの間、及び、第１の処理ステーションＰＳ１と第１のキャリアステーションＣＳ１又は第１のインターフェイスステーションＩＳ１との間で基板Ｗの搬送及び受け渡しを行う。
【０１６１】
前処理モジュールＰＭ１において、基板Ｗに前処理が施される。一実施形態において、前処理モジュールＰＭ１は、基板Ｗの温度を調整する温度調整ユニット、基板Ｗの温度を高精度に調整する高精度温調ユニット等を含む。一実施形態において、前処理モジュールＰＭ１は、基板Ｗに表面改質処理を行う表面改質処理ユニットを含む。前処理モジュールＰＭ１の各処理ユニットは、熱処理装置１００（図１参照）、プラズマ処理装置１（図２及び図３参照）及び／又は液処理装置３００（図４参照）を含んで構成されてよい。
【０１６２】
レジスト膜形成モジュールＰＭ２において、基板Ｗにレジスト膜が形成される。一実施形態において、レジスト膜形成モジュールＰＭ２は、ドライコーティングユニットを備える。ドライコーティングユニットは、気相堆積法等のドライプロセスを使用して基板Ｗ上にレジスト膜を形成する。ドライコーティングユニットは、一例では、チャンバ内に配置された基板Ｗ上に、レジスト膜を化学蒸着させるＣＶＤ装置若しくはＡＬＤ装置又はレジスト膜を物理蒸着させるＰＶＤ装置を含む。ドライコーティングユニットは、熱処理装置１００（図１参照）又はプラズマ処理装置１（図２及び図３参照）であってもよい。
【０１６３】

一実施形態において、レジスト膜形成モジュールＰＭ２は、ウェットコーティングユニットを備える。ウェットコーティングユニットは、液相堆積法等のウェットプロセスを使用して基板W上にレジスト膜を形成する。ウェットコーティングユニットは、一例では、液処理装置３００（図４参照）であってよい。

【０１６４】

一実施形態において、レジスト膜形成モジュールＰＭ２の例は、ウェットコーティングユニットとドライコーティングユニットの双方を含む。

【０１６５】

第１の熱処理モジュールＰＭ３において、基板Wに熱処理が施される。一実施形態において、第１の熱処理モジュールＰＭ３は、レジスト膜が形成された基板Wに加熱処理を行うプリベーク（ＰＡＢ）ユニット、基板Wの温度を調整する温度調整ユニット及び基板Wの温度を高精度に調整する高精度温調ユニットのいずれか１つ以上を含む。これらの各ユニットは、それぞれ１又は複数の熱処理装置を有してよい。一例において、複数の熱処理装置は積層されていてよい。熱処理装置は、例えば、熱処理装置１００（図１参照）であってよい。それぞれの熱処理は所定温度で所定のガスを用いて行われてよい。

【０１６６】

第１のインターフェイスステーションＩＳ１は、第３の搬送装置ＨＤ３を有する。第３の搬送装置ＨＤ３は、第１の処理ステーションＰＳ１と露光装置ＥＸとの間で基板Wの搬送及び受け渡しを行う。第３の搬送装置ＨＤ３は、基板Wを収容する筐体を有し、当該筐体内の温度、湿度、圧力等が制御可能に構成されてよい。

【０１６７】

露光装置ＥＸは、露光マスク（レチクル）を用いて基板W上のレジスト膜を露光する。露光装置ＥＸは、例えば、ＥＵＶ光を発生する光源を有するＥＵＶ露光装置でよい。

【０１６８】

第２のインターフェイスステーションＩＳ２は、第４の搬送装置ＨＤ４を有する。第４の搬送装置ＨＤ４は、露光装置ＥＸと第２の処理ステーションＰＳ２との間で基板Wの搬送や受け渡しを行う。第４の搬送装置ＨＤ４は、基板Wを収容する筐体を有し、当該筐体内の温度、湿度、圧力等が制御可能に構成されてよい。

【０１６９】

第２の処理ステーションＰＳ２は、基板Wに対して各種処理を行う。一実施形態において、第２の処理ステーションＰＳ２は、第２の熱処理モジュールＰＭ４、測定モジュールＰＭ５、現像モジュールＰＭ６及び第３の熱処理モジュールＰＭ７（以下あわせて「第２の基板処理モジュールＰＭｂ」ともいう。）を備える。また、第２の処理ステーションＰＳ２は、基板Wを搬送する第５の搬送装置ＨＤ５を有する。第５の搬送装置ＨＤ５は、指定された２つの第２の基板処理モジュールＰＭｂの間、及び、第２の処理ステーションＰＳ２と第２のキャリアステーションＣＳ２又は第２のインターフェイスステーションＩＳ２との間で基板Wの搬送及び受け渡しを行う。

【０１７０】

第２の熱処理モジュールＰＭ４において、基板Wに熱処理が施される。一実施形態において、熱処理モジュールＰＭ４は、露光後の基板Wに加熱処理をするポストエクスポージャーベーク（ＰＥＢ）ユニット、基板Wの温度を調整する温度調整ユニット及び基板Wの温度を高精度に調整する高精度温調ユニットのいずれか１つ以上を含む。これらの各ユニットは、それぞれ１又は複数の熱処理装置を有してよい。一例において、複数の熱処理装置は積層されていてよい。熱処理装置は、例えば、熱処理装置１００（図１参照）であってよい。それぞれの熱処理は所定温度で所定のガスを用いて行われてよい。

【０１７１】

測定モジュールＰＭ５において、基板Wに対して各種測定が行われる。一実施形態において、測定モジュールＰＭ５は、基板Wを載置する載置台、撮像装置、照明装置及び各種センサ（温度センサ、反射率測定センサ等）を含む撮像ユニットを備える。撮像装置は、例えば、基板Wの外観を撮像するＣＣＤカメラでよい。或いは、撮像装置は、光を波長ご

とに分光して撮影するハイパースペクトルカメラでもよい。ハイパースペクトルカメラは、レジスト膜のパターン形状、寸法、膜厚、組成及び膜密度のいずれか１つ以上を測定し得る。

【０１７２】

現像モジュールＰＭ６において、基板Ｗに現像処理が施される。一実施形態において、現像モジュールＰＭ６は基板Ｗに対するドライ現像を行うドライ現像ユニットを備える。ドライ現像ユニットは、例えば、熱処理装置１００（図１参照）又はプラズマ処理装置１（図２及び図３参照）であってよい。一実施形態において、現像モジュールＰＭ６は基板Ｗをウェット現像するウェット現像ユニットを備える。ウェット現像ユニットは、例えば、液処理装置３００（図４）であってよい。一実施形態において、現像モジュールＰＭ６は、ドライ現像ユニットとウェット現像ユニットの双方を備える。

【０１７３】

第３の熱処理モジュールＰＭ７において、基板Ｗに熱処理が施される。一実施形態において、第３の熱処理モジュールＰＭ７は、現像後の基板Ｗに加熱処理をするポストベーク（Ｐｏｓｔ Ｂａｋｅ：ＰＢ）ユニット、基板Ｗの温度を調整する温度調整ユニット及び基板Ｗの温度を高精度に調整する高精度温調ユニットのいずれか１つ以上を含む。これらの各ユニットは、それぞれ１又は複数の熱処理装置を有してよい。一例において、複数の熱処理装置は積層されていてよい。熱処理装置は、例えば、熱処理装置１００（図１参照）であってよい。それぞれの熱処理は所定温度で所定のガスを用いて行われてよい。

【０１７４】

第２のキャリアステーションＣＳ２は、第２のキャリステーションＣＳ２と基板処理システムＳＳの外部のシステムとの間で第２のキャリアＣ２の搬入及び搬出を行う。第２のキャリアステーションＣＳ２の構成及び機能は、上述した第１のキャリステーションＣＳ１と同様であってよい。

【０１７５】

制御部ＣＴは、基板処理システムＳＳの各構成を制御して、基板Ｗに所与の処理を実行する。制御部ＣＴは、プロセスの手順、プロセスの条件、搬送条件等が設定されたレシピを格納しており、当該レシピに従って、基板Ｗに所与の処理を実行するように、基板処理システムＳＳの各構成を制御する。制御部ＣＴは、各制御部（図１～図４に示す制御部２００及び制御部２、並びに制御部４００）の一部又は全部の機能を兼ねてよい。

【０１７６】

＜基板処理方法の一例＞

図１７は、例示的な実施形態にかかる基板処理方法（以下「方法ＭＴ」ともいう。）を示すフローチャートである。図１７に示すように、方法ＭＴは、基板に前処理を施す工程ＳＴ１００と、基板にレジスト膜を形成する工程ＳＴ２００と、レジスト膜が形成された基板に加熱処理（プリベーク：ＰＡＢ）を施す工程ＳＴ３００と、基板に対するＥＵＶ露光を行う工程ＳＴ４００と、露光後の基板に加熱処理（ポストエクスポージャーベーク：ＰＥＢ）を施す工程ＳＴ５００と、基板の測定を行う工程ＳＴ６００と、基板のレジスト膜を現像する工程ＳＴ７００と、現像後の基板に加熱処理（ポストベーク：ＰＢ）を施す工程ＳＴ８００と、基板をエッチングする工程ＳＴ９００と、を含む。方法ＭＴは、上記各工程の１つ以上を含まなくてよい。例えば、方法ＭＴは、工程ＳＴ６００を含まなくてよく、工程ＳＴ５００の後で工程ＳＴ７００が実行されてよい。

【０１７７】

方法ＭＴは、図１６に示す基板処理システムＳＳを用いて実行されてよい。以下では、基板処理システムＳＳの制御部ＣＴが基板処理システムＳＳの各部を制御して、基板Ｗに対して方法ＭＴを実行する場合を例に説明する。

【０１７８】

（工程ＳＴ１００：前処理）

まず、複数の基板Ｗを収容した第１のキャリアＣ１が、基板処理システムＳＳの第１のキャリアステーションＣＳ１に搬入される。第１のキャリアＣ１は、第１の載置板ＳＴ１

上に載置される。次に第１の搬送装置ＨＤ１により、第１のキャリアＣ１内の各基板Ｗが順次取り出され、第１の処理ステーションＰＳ１の第２の搬送装置ＨＤ２に受け渡される。基板Ｗは、第２の搬送装置ＨＤ２により、前処理モジュールＰＭ１に搬送される。前処理モジュールＰＭ１により、基板Ｗに前処理が行われる。前処理は、例えば、基板Ｗの温度調整、基板Ｗの下地膜の一部又は全部の形成、基板Ｗの加熱処理及び基板Ｗの高精度温度調整の１つ以上を含んでよい。前処理は、基板Ｗの表面改質処理を含んでもよい。

【０１７９】

（工程ＳＴ２００：レジスト膜形成）

次に、基板Ｗは、第２の搬送装置ＨＤ２により、レジスト膜形成モジュールＰＭ２に搬送される。レジスト膜形成モジュールＰＭ２により、基板Ｗ上にレジスト膜が形成される。一実施形態において、レジスト膜の形成は、液相堆積法等のウェットプロセスで行われる。例えば、レジスト膜形成モジュールＰＭ２のウェットコーティングユニットを用いて、基板Ｗ上にレジスト膜をスピンコーティングすることで、レジスト膜が形成される。一実施形態において、基板Ｗへのレジスト膜の形成は、気相堆積法等のドライプロセスにより行われる。例えば、レジスト膜形成モジュールＰＭ２のドライコーティングユニットを用いて、基板Ｗ上にレジスト膜を蒸着することで、レジスト膜が形成される。

【０１８０】

なお、基板Ｗへのレジスト膜の形成は、ドライプロセスとウェットプロセスの双方を用いて行われてもよい。例えば、ドライプロセスにより基板Ｗに第１のレジスト膜を形成した後で、ウェットプロセスにより第１のレジスト膜上に第２のレジスト膜を形成してよい。この場合、第１のレジスト膜と第２のレジスト膜の膜厚、材料及び／又は組成は、同一でも異なってもよい。

【０１８１】

（工程ＳＴ３００：ＰＡＢ）

次に、基板Ｗは、第２の搬送装置ＨＤ２により、第１の熱処理モジュールＰＭ３に搬送される。第１の熱処理モジュールＰＭ３により、基板Ｗに加熱処理（プリベーク：ＰＡＢ）が施される。プリベークは、大気雰囲気で行ってもよく、不活性雰囲気でおこなってもよい。また、プリベークは、基板Ｗを５０℃以上又は８０℃以上に加熱することにより行ってよい。基板Ｗの加熱温度は、２５０℃以下、２００℃以下又は１５０℃以下であってよい。一例において、基板の加熱温度は５０℃以上、２５０℃以下であってよい。工程ＳＴ２００においてドライプロセスでレジスト膜を形成する場合、一実施形態において、プリベークは工程ＳＴ２００を実行したドライコーティングユニットで連続して実行されてよい。一実施形態において、プリベーク後に、基板Ｗの端部のレジスト膜を除去する処理（Ｅｄｇｅ Ｂｅａｄ Ｒｅｍｏｖａｌ：ＥＢＲ）が施されてよい。

【０１８２】

（工程ＳＴ４００：ＥＵＶ露光）

次に、基板Ｗは、第２の搬送装置ＨＤ２により、第１のインターフェイスステーションＩＳ１の第３の搬送装置ＨＤ３に受け渡される。そして基板Ｗは、第３の搬送装置ＨＤ３により、露光装置ＥＸに搬送される。基板Ｗは、露光装置ＥＸにおいて露光マスク（レチクル）を介してＥＵＶ露光を受ける。これにより、基板Ｗには、露光マスク（レチクル）のパターンに対応して、ＥＵＶ露光がなされた第１領域と、ＥＵＶ露光がなされていない第２領域とが形成される。

【０１８３】

（工程ＳＴ５００：ＰＥＢ）

次に、基板Ｗは、第２のインターフェイスステーションＩＳ２の第４の搬送装置ＨＤ４から第２の処理ステーションＰＳ２の第５搬送装置ＨＤ５に受け渡される。そして基板Ｗは、第５の搬送装置ＨＤ５により、第２の熱処理モジュールＰＭ４に搬送される。そして、基板Ｗには、第２の熱処理モジュールＰＭ４において加熱処理（ポストエクスポージャーベーク：ＰＥＢ）が施される。ポストエクスポージャーベークは、大気雰囲気で行ってよい。また、ポストエクスポージャーベークは、基板Ｗを１８０℃以上、２５０℃以下に

加熱することにより行ってよい。
【０１８４】
（工程ＳＴ６００：測定）
次に、基板Ｗは、第５の搬送装置ＨＤ５により測定モジュールＰＭ５に搬送される。測定モジュールＰＭ５により、基板Ｗの測定が行われる。測定は、光学的な測定であってもよく、他の測定であってもよい。一実施形態において、測定モジュールＰＭ５による測定はＣＣＤカメラを用いた基板Ｗの外観及び／又は寸法の測定を含む。一実施形態において、測定モジュールＰＭ５による測定はハイパースペクトルカメラを用いたレジスト膜のパターン形状、寸法、膜厚、組成、膜密度のいずれか１つ以上（以下「パターン形状等」ともいう。）の測定を含む。
【０１８５】
一実施形態において、制御部ＣＴは、測定された基板Ｗの外観や寸法、及び／又は、パターン形状等に基づいて、当該基板Ｗの露光異常の有無を判定する。一実施形態において、制御部ＣＴにおいて露光異常があると判定された場合、工程ＳＴ７００による現像行うことなく、基板Ｗのリワークまたは破棄が行われてよい。基板Ｗのリワークは、基板Ｗ上のレジストを除去し、再度、工程ＳＴ２００に戻ってレジスト膜を形成することで行なってよい。現像後のリワークは基板Ｗへの損傷を伴うことがあるが、現像前にリワークを行うことで、基板Ｗへの損傷を回避又は抑制し得る。
【０１８６】
（工程ＳＴ７００：現像）
次に、基板Ｗは、第５の搬送装置ＨＤ５により、現像モジュールＰＭ６に搬送される。現像モジュールＰＭ６において、基板Ｗのレジスト膜が現像される。現像処理は、ドライ現像で行ってよく、またウェット現像で行ってもよい。現像処理は、ドライ現像とウェット現像を組み合わせて行ってもよい。工程ＳＴ７００における現像処理は、第１の方法（図５、図１１参照）や第２の方法（図１２参照）で行われてよい。現像処理の後で又は現像処理の間に、脱離(ｄｅｓｏｒｐｔｉｏｎ)処理が１回以上実行されてよい。脱離処理は、ヘリウム等の不活性ガス又は当該不活性ガスのプラズマにより、レジスト膜の表面からスカムを除去する(ｄｅｓｃｕｍ)又は表面を滑らかにする（ｓｍｏｏｔｈｉｎｇ）ことを含む。また、現像モジュールＰＭ６では、現像処理の後に、現像されたレジスト膜をマスクとして、下地膜の一部をエッチングしてよい。
【０１８７】
（工程ＳＴ８００：ＰＢ）
次に、基板Ｗは、第５の搬送装置ＨＤ５により、第３の熱処理モジュールＰＭ７に搬送され、加熱処理（ポストベーク）が施される。ポストベークは、大気雰囲気で行ってよく、N_2又はO_2を含む減圧雰囲気で行ってもよい。また、ポストベークは、基板Ｗを１５０℃以上２５０℃以下に加熱することにより行ってよい。ポストベークは、第３の熱処理モジュールＰＭ７に代えて、第２の熱処理モジュールＰＭ４で行ってもよい。一実施形態において、ポストベーク後に、測定モジュールＰＭ４ＰＭ５により基板Ｗの光学的な測定がされてよい。かかる測定は、工程ＳＴ６００における測定に加えてまたは工程ＳＴ６００における測定に代えて実行されてよい。一実施形態において、制御部ＣＴは、測定された基板Ｗの外観や寸法、及び／又は、パターン形状等に基づいて、当該基板Ｗの現像パターンの欠陥、傷、異物の付着等の異常の有無等を判定する。一実施形態において、制御部ＣＴにおいて異常があると判定された場合、工程ＳＴ９００によるエッチングを行うことなく、基板Ｗのリワークまたは破棄が行われてよい。一実施形態において、制御部ＣＴにおいて異常があると判断された場合、ドライコーティングユニット（ＣＶＤ装置、ＡＬＤ装置等）を用いて基板Ｗのレジスト膜の開口寸法が調整されてよい。
【０１８８】
（工程ＳＴ９００：エッチング）
工程ＳＴ８００の実行後、基板Ｗは、第５の搬送装置ＨＤ５により第２のキャリアステーションＣＳ２の第６の搬送装置ＨＤ６に受け渡され、第６の搬送装置ＨＤ６により第２

の載置板ＳＴ２の第２のキャリアＣ２に搬送される。その後、第２のキャリアＣ２はプラズマ処理システム（図示せず）に搬送される。プラズマ処理システムは、例えば、図２及び図３で示したプラズマ処理システムであってよい。プラズマ処理システムにおいて、現像後のレジスト膜をマスクとして基板Ｗの下地膜ＵＦがエッチングされる。以上により、方法ＭＴが終了する。なお、工程ＳＴ７００において、プラズマ処理装置を用いてレジスト膜を現像する場合、エッチングは、当該プラズマ処理装置のプラズマ処理チャンバ内で続けて実行されてよい。また、第２の処理ステーションＰＳ２が、現像モジュールＰＭ６に加えて、プラズマ処理モジュールを備える場合には、エッチングは、当該プラズマ処理モジュール内で実行されてもよい。エッチングの前に又はエッチングの間に上述した脱離処理が１回以上実行されてよい。

【０１８９】

本開示の実施形態は、以下の態様をさらに含む。

【０１９０】

（付記１）

基板処理方法であって、

（ａ）下地膜と前記下地膜上の金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、前記金属含有レジスト膜は、第１領域と第２領域とを含む、工程と、

（ｂ）前記金属含有レジスト膜を現像して当該金属含有レジスト膜から前記第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、

前記（ｂ）の工程は、

（ｂ１）前記第１領域に対して前記第２領域を、第１の選択比で除去する工程と、

（ｂ２）前記第１領域に対して前記第２領域を、前記第１の選択比と異なる第２の選択比でさらに除去する工程と、を含む、

基板処理方法。

【０１９１】

（付記２）

前記第１領域は、露光された領域であり、前記第２領域は露光されていない領域である、付記１に記載の基板処理方法。

【０１９２】

（付記３）

前記第２の選択比は、前記第１の選択比よりも高い、付記１又は付記２に記載の基板処理方法。

【０１９３】

（付記４）

前記（ｂ）の工程において、前記現像はウェット現像により行われ、

前記（ｂ）の工程は、

（Ｉ）前記（ｂ２）の工程で用いる現像液に対する前記金属含有レジスト膜の溶解度は、前記（ｂ１）の工程で用いる現像液に対する前記金属含有レジスト膜の溶解度よりも低いこと、

（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程で用いる現像液の濃度は、前記（ｂ１）の工程で用いる現像液の濃度よりも低いこと、及び、

（ＩＩＩ）前記（ｂ２）の工程で用いる現像液の温度は、前記（ｂ１）の工程で用いる現像液の温度よりも低いこと、

の少なくとも１つを満たす、付記１から付記３のいずれか１つに記載の基板処理方法。

【０１９４】

（付記５）

前記（ｂ）の工程において、前記現像はチャンバ内でドライ現像により行われ、

前記（ｂ）の工程は、

（Ｉ）前記（ｂ２）の工程における前記基板支持部の温度は、前記（ｂ１）の工程における前記基板支持部の温度よりも低いこと、

（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、前記（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いこと、
（ＩＩＩ）前記（ｂ２）の工程で用いる第２の現像ガスの酸性度は、前記（ｂ１）の工程で用いる第１の現像ガスの酸性度よりも小さいこと、及び、
（ＩＶ）前記（ｂ２）の工程で用いる第２の現像ガスの濃度は、前記（ｂ１）の工程で用いる第１の現像ガスの濃度よりも低いこと、
の少なくとも１つを満たす、付記１から付記３のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０１９５】
（付記６）
前記（ｂ１）は、第１の現像ガスを含む第１の処理ガスを用いたドライ現像により行われ、
前記（ｂ２）は、第２の現像ガスを含む第２の処理ガスを用いたドライ現像により行われ、
前記（ｂ）の工程は、
（Ｉ）前記（ｂ２）の工程における前記基板支持部の温度は、前記（ｂ１）の工程における前記基板支持部の温度よりも低いこと、
（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、前記（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いこと、
（ＩＩＩ）前記第２の現像ガスの酸性度は、前記第１の現像ガスの酸性度よりも小さいこと、
（ＩＶ）前記第２の現像ガスの濃度は、前記第１の現像ガスの濃度よりも低いこと、及び、
（Ｖ）前記第２の処理ガスは、前記（ｂ１）の工程及び前記（ｂ２）の工程で露出した前記第１領域の側壁を保護する保護ガスを含み、前記第１の処理ガスは、前記保護ガスを含まないか、前記第２の処理ガスに含まれる前記保護ガス（の分圧）よりも低い分圧で前記保護ガスを含むこと、
の少なくとも１つを満たす、付記１から付記３のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０１９６】
（付記７）
前記（ｂ）の工程において、前記現像はチャンバ内で生成したプラズマを用いたドライ現像により行われ、
前記（ｂ）の工程は、
（Ｉ）前記（ｂ２）の工程において前記チャンバに供給されるプラズマ生成用のソースＲＦ信号の電力のレベルは、前記（ｂ１）の工程におけるソースＲＦ信号の電力のレベルよりも小さいこと、及び、
（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程において前記チャンバに供給されるバイアス信号の電力又は電圧のレベルは、前記（ｂ１）の工程におけるバイアス信号の電力又は電圧のレベルよりも小さいこと、
の少なくとも１つを満たす、付記１から付記３のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０１９７】
（付記８）
前記（ｂ）の工程は、前記（ｂ１）の工程と前記（ｂ２）の工程との間に、前記第１領域を改質する工程をさらに含む、付記１から付記７のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０１９８】
（付記９）
前記第１領域を改質する工程は、前記基板を加熱又はプラズマ処理する工程を含む、付記８に記載の基板処理方法。
【０１９９】
（付記１０）
前記第１領域を改質する工程は、前記（ｂ１）の工程と同一のチャンバで実行される、

付記８又は付記９に記載の基板処理方法。
【０２００】
（付記１１）
前記第１領域を改質する工程は、前記（ｂ１）の工程と異なるチャンバで実行される、付記８又は付記９に記載の基板処理方法。
【０２０１】
（付記１２）
前記（ｂ１）の工程において、前記現像はウェット現像により行われ、前記（ｂ２）の工程において、前記現像はドライ現像により行われる、付記１から付記３のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２０２】
（付記１３）
前記（ｂ）の工程において、前記（ｂ１）の工程及び前記（ｂ２）の工程を含むサイクルが複数回繰り返される、付記１から付記１２のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２０３】
（付記１４）
前記金属含有レジスト膜は、Ｓｎ、Ｈｆ及びＴｉからなる群から選択される少なくとも１種の金属を含む、付記１から付記１３のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２０４】
（付記１５）
前記第１領域はＥＵＶ露光されている、付記１から付記１４のいずれか１項に記載の基板処理方法。
【０２０５】
（付記１６）
前記（ｂ１）の工程から前記（ｂ２）の工程への切り替えは、前記現像により前記金属含有レジスト膜に形成される開口の深さ又はアスペクト比に基づいて行われる、付記１から付記１５のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２０６】
（付記１７）
前記第１領域は、第１部分と、第１部分の下方で前記下地膜上の第２部分とを含み、
前記（ｂ１）の工程は、前記第２部分が露出する直前まで、又は前記第２部分の一部が露出するまで実行される、付記１から付記１６のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２０７】
（付記１８）
（ｃ）前記（ｂ）の工程の後に、前記金属含有レジスト膜をマスクとして、前記下地膜をエッチングする工程をさらに含む、付記１から付記１７のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２０８】
（付記１９）
前記（ｂ１）の工程の後かつ前記（ｂ２）の工程の前に、前記（ｂ１）の工程で生じた前記１領域又は前記第２領域の残渣を除去する工程と、
前記（ｂ２）の工程の後かつ前記（ｃ）の工程の前に、前記（ｂ１）及び／又は前記（ｂ２）で生じた前記第１領域又は前記第２領域の残渣を除去する工程と、
の少なくとも一方を更に含む、付記１８に記載の基板処理方法。
【０２０９】
（付記２０）
前記（ｃ）の工程は、前記（ｂ）の工程で用いたチャンバと同一のチャンバで実行される、付記１８又は付記１９に記載の基板処理方法。
【０２１０】
（付記２１）

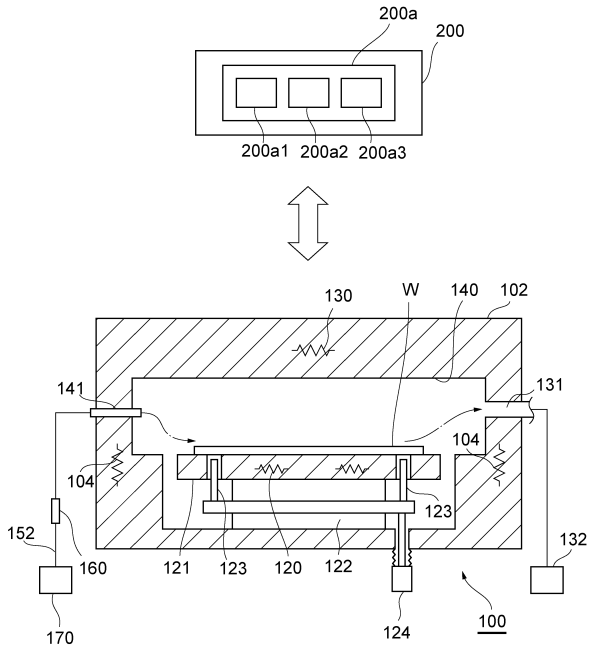
前記（ｃ）の工程は、前記（ｂ）の工程で用いたチャンバと異なるチャンバで実行される、付記１８又は付記１９に記載の基板処理方法。
【０２１１】
（付記２２）
基板処理方法であって、
（ａ）下地膜と前記下地膜上に形成された金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、前記金属含有レジスト膜は露光された第１領域と露光されていない第２領域とを有する工程と、
（ｂ）前記金属含有レジスト膜をドライ現像して当該金属含有レジスト膜から前記第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、
前記（ｂ）の工程は、
（ｂ１）前記基板支持部の温度を、第１の温度に制御して、前記第２領域を除去する工程と、
（ｂ２）前記基板支持部の温度を、前記第１の温度よりも低い第２の温度に制御して、前記第２領域を除去する工程と、を含む、
基板処理方法。
【０２１２】
（付記２３）
前記（ｂ）の工程は、ＨＢｒを用いて前記ドライ現像する工程であり、前記第１の温度は、２０℃以上６０℃以下であり、前記第２の温度は、－２０℃以上２０℃以下である、付記２２に記載の基板処理方法。
【０２１３】
（付記２４）
基板処理方法であって、
（ａ）下地膜と前記下地膜上に形成された金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する工程であって、前記金属含有レジスト膜は露光された第１領域と露光されていない第２領域とを有する工程と、
（ｂ）前記金属含有レジスト膜をドライ現像して当該金属含有レジスト膜から前記第２領域を選択的に除去する工程と、を含み、
前記（ｂ）の工程は、
（ｂ１）第１の処理ガスを用いて、前記第２領域を除去する工程と、
（ｂ２）前記第１の処理ガスよりも酸性度が小さい第２の処理ガスを用いて、前記第２領域を除去する工程と、を含む、
基板処理方法。
【０２１４】
（付記２５）
前記第１の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸を含み、
前記第２の処理ガスは、有機酸を含む、
付記２４に記載の基板処理方法。
【０２１５】
（付記２６）
前記第１の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸と、前記ハロゲン含有無機酸よりも低流量の有機酸とを含み、
前記第２の処理ガスは、ハロゲン含有無機酸と、前記ハロゲン含有無機酸よりも高流量の有機酸とを含む、
付記２４又は付記２５に記載の基板処理方法。
【０２１６】
（付記２７）
前記ハロゲン含有無機酸は、ＨＢｒガス、ＨＣｌガス、BCl_3ガス、及びＨＦガス及びＨＩガスからなる群から選択される少なくとも１種を含む、付記２５又は付記２６に記

載の基板処理方法。
【０２１７】
（付記２８）
前記有機酸は、カルボン酸、β-ジカルボニル化合物及びアルコールからなる群から選択される少なくとも１種を含む、付記２５から付記２７のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２１８】
（付記２９）
前記（ｂ）の工程は、
（Ｉ）前記（ｂ２）の工程における前記基板支持部の温度は、前記（ｂ１）の工程における前記基板支持部の温度よりも低いこと、及び
（ＩＩ）前記（ｂ２）の工程におけるチャンバ内の圧力は、前記（ｂ１）の工程におけるチャンバ内の圧力よりも低いこと
の少なくとも１つを満たす、付記２４から付記２８のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２１９】
（付記３０）
前記（ｂ）の工程において、前記（ｂ１）の工程と前記（ｂ２）の工程とが繰り返される、付記２４から付記２９のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２２０】
（付記３１）
前記（ｂ）の工程において、前記（ｂ１）の工程と前記（ｂ２）の工程とを含むサイクルが１回以上実施された後、さらに前記（ｂ１）の工程が実施される、付記２４から付記３０のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２２１】
（付記３２）
前記（ｂ）の工程は、前記（ｂ１）の工程と前記（ｂ２）の工程とを含むサイクルがプラズマを用いずに１回以上に実施された後に、前記第１の処理ガス及び／又は前記第２の処理ガスから生成したプラズマを用いて前記第２領域を除去する工程を含む、
付記２４から付記３１のいずれか１つに記載の基板処理方法。
【０２２２】
（付記３３）
１又は複数の基板処理装置と制御部とを有する基板処理システムであって、
前記制御部は、前記１又は複数の基板処理装置に対して、
（ａ）下地膜と前記下地膜上の金属含有レジスト膜とを有する基板を基板支持部上に提供する制御であって、前記金属含有レジスト膜は第１領域と第２領域とを含む、制御と、
（ｂ）前記金属含有レジスト膜を現像して当該金属含有レジスト膜から前記第２領域を選択的に除去する制御と、を実行するように構成され、
前記（ｂ）の制御は、
（ｂ１）前記第１領域に対して前記第２領域を、第１の選択比で除去する制御と、
（ｂ２）前記第１領域に対して前記第２領域を、前記第１の選択比と異なる第２の選択比でさらに除去する制御と、を含む、
基板処理システム。
【０２２３】
以上の各実施形態は、説明の目的で記載されており、本開示の範囲を限定することを意図するものではない。各実施形態は、本開示の範囲及び趣旨から逸脱することなく種々の変形をなし得る。例えば、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態に追加することができる。また、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態の対応する構成要素と置換することができる。
【符号の説明】
【０２２４】

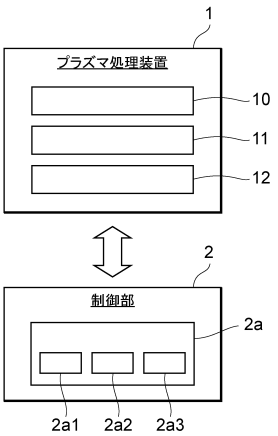
１……プラズマ処理装置、２……制御部、１０……プラズマ処理チャンバ、１……基板支持部、２０……ガス供給部、３０……電源、１００……熱処理装置、１０２……処理チャンバ、１２０……ステージヒータ、１２１……基板支持部、１４１……ガスノズル、２００……制御部、３００……液処理装置、３１１……スピンチャック、３２１……カップ、３３１……処理液供給ノズル、３５１……洗浄液供給ノズル、４００……制御部、ＯＰ……開口、ＲＭ……レジスト膜、ＲＭ１……第１領域、ＲＭ２……第２領域、ＵＦ……下地膜、Ｗ……基板

【図面】

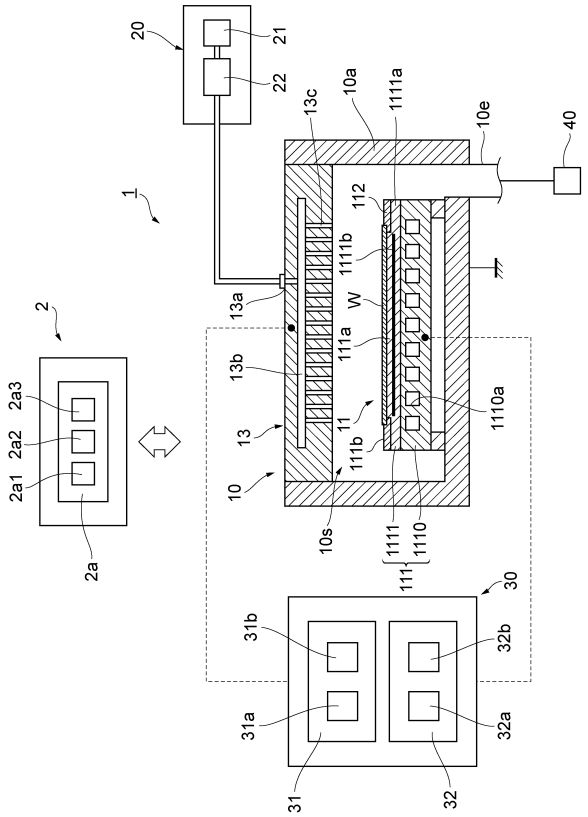
【図１】



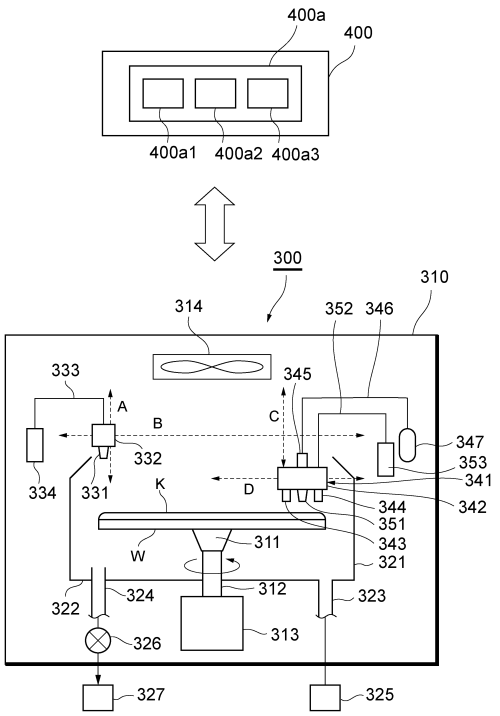
【図２】



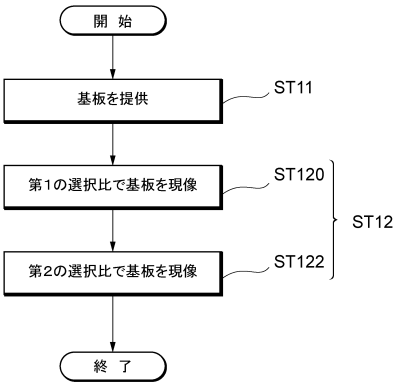
【図３】


20
21
22
13c
10a
1111a
10e
40
1
112
1111b
W
13a
111a
2
13b
2a3
2a2
2a1
13
11
111b
1110a
10
10s
1111
1110
2a
30
31b
32b
31a
32a
31
32

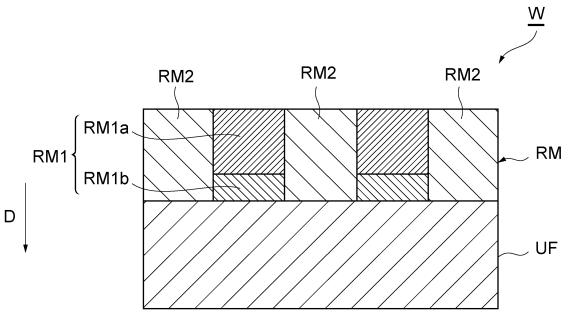
【図４】


400a
400
400a1
400a2
400a3
300
310
314
352
346
333
345
A
B
C
332
347
353
341
334
331
K
D
342
344
351
343
311
W
321
322
324
312
323
326
313
327
325

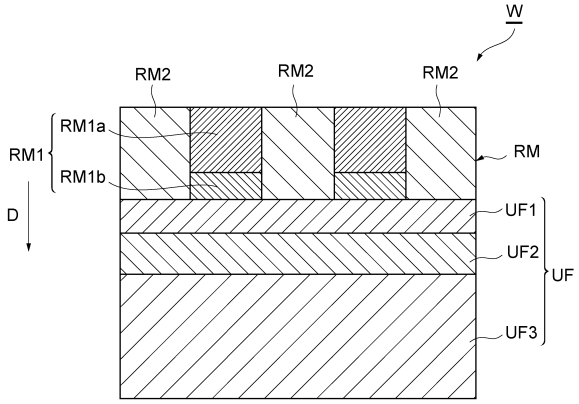
【図５】


開 始
基板を提供
ST11
第1の選択比で基板を現像
ST120
第2の選択比で基板を現像
ST122
ST12
終 了

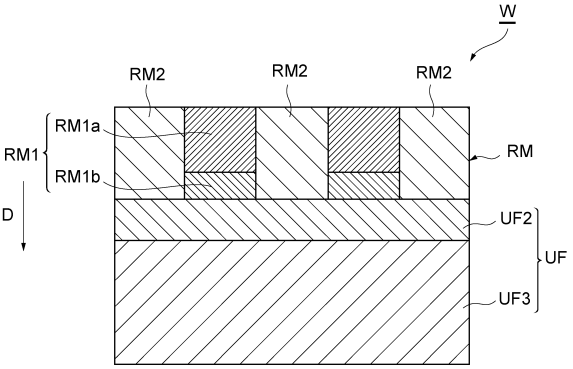
【図６】


W
RM2
RM2
RM2
RM1a
RM1
RM1b
RM
D
UF

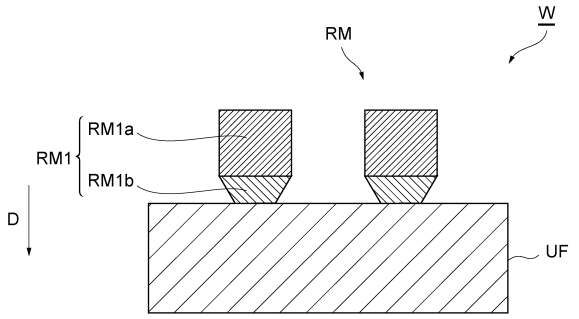
【図７】


W
RM2
RM2
RM2
RM1a
RM1
RM1b
RM
D
UF1
UF2
UF
UF3

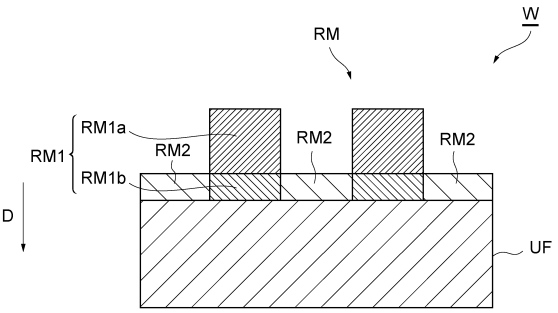
【図８】


W
RM2
RM2
RM2
RM1a
RM1
RM1b
RM
D
UF2
UF
UF3

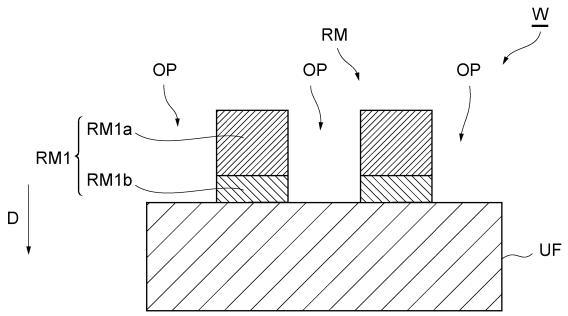
【図９】


W
RM
RM1a
RM1
RM1b
D
UF

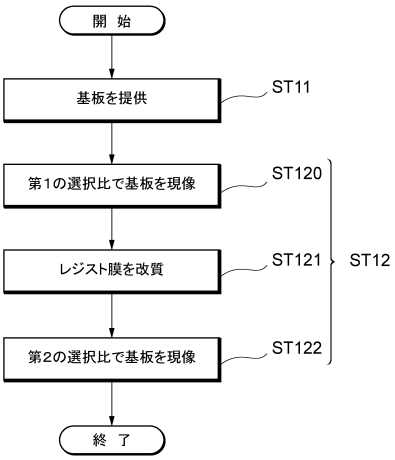
【図１０】


W
RM
RM1a
RM2
RM2
RM1
RM2
RM1b
D
UF

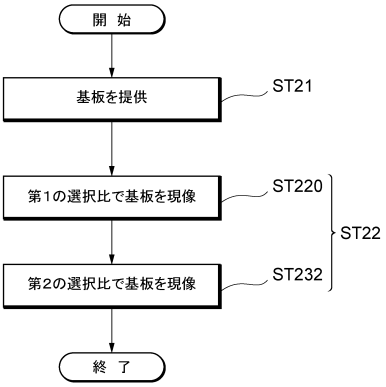
【図１１】



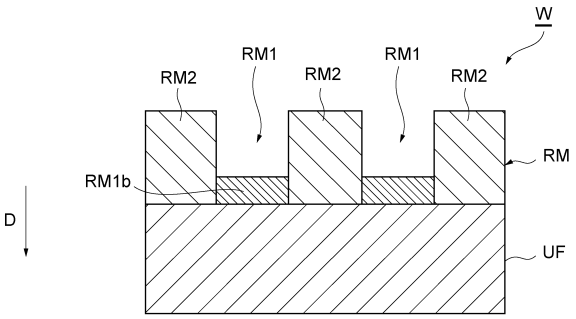
【図１２】



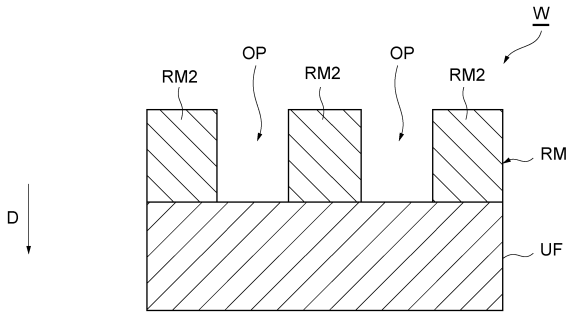
【図１３】



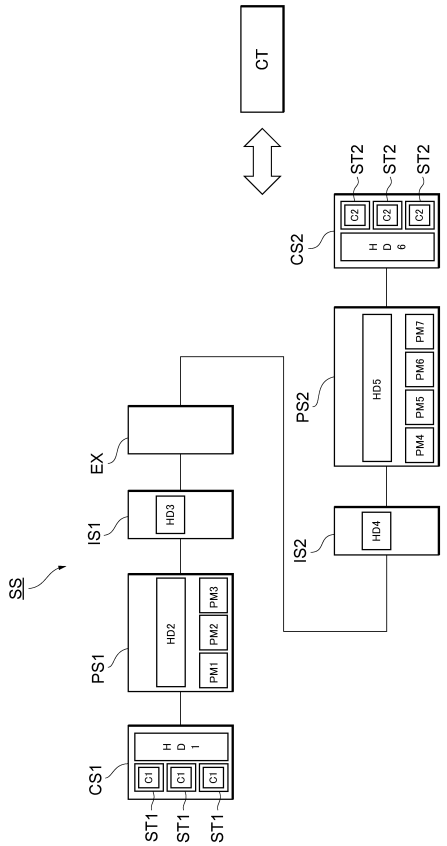
【図１４】



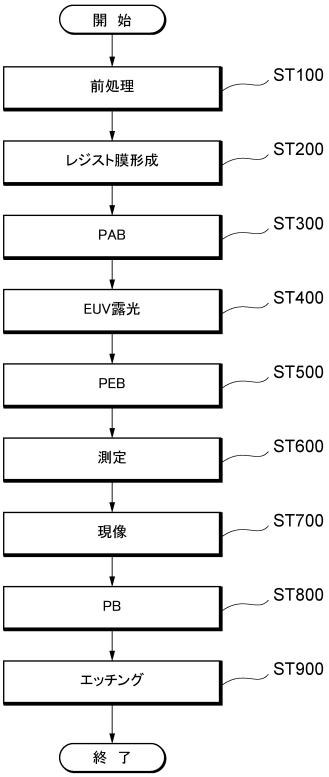
【図１５】


W
OP
OP
RM2
RM2
RM2
RM
D
UF

【図１６】


CT
ST2
ST2
ST2
CS2
C2
C2
C2
HD6
PS2
HD5
PM7
PM6
PM5
PM4
IS2
HD4
EX
IS1
HD3
SS
PS1
HD2
PM3
PM2
PM1
CS1
HD1
C1
C1
C1
ST1
ST1
ST1

【図１７】


開 始
前処理
ST100
レジスト膜形成
ST200
PAB
ST300
EUV露光
ST400
PEB
ST500
測定
ST600
現像
ST700
PB
ST800
エッチング
ST900
終 了

フロントページの続き

宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ１番 東京エレクトロン宮城株式会社内
(72)発明者 中根 由太
宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ１番 東京エレクトロン宮城株式会社内
(72)発明者 西塚 哲也
宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ１番 東京エレクトロン宮城株式会社内
(72)発明者 本田 昌伸
宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ１番 東京エレクトロン宮城株式会社内
審査官 田中 秀直
(56)参考文献 特開２０１１－０７７１２０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－２１５５６１（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１２０９３４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０２０／２６４５５７（WO，Ａ１）
(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ２１／０２７