



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202410181 A

(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：112124527

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 06 月 30 日

(51)Int. Cl.：

H01L21/304 (2006.01)

H01L21/306 (2006.01)

(30)優先權：2022/07/01

日本

2022-107141

2023/06/28

世界智慧財產權組織

PCT/JP2023/023911

(71)申請人：日商東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)

日本

(72)發明人：熊倉翔 KUMAKURA, SHO (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：13 共 60 頁

(54)名稱

基板處理裝置之控制方法及基板處理系統

(57)摘要

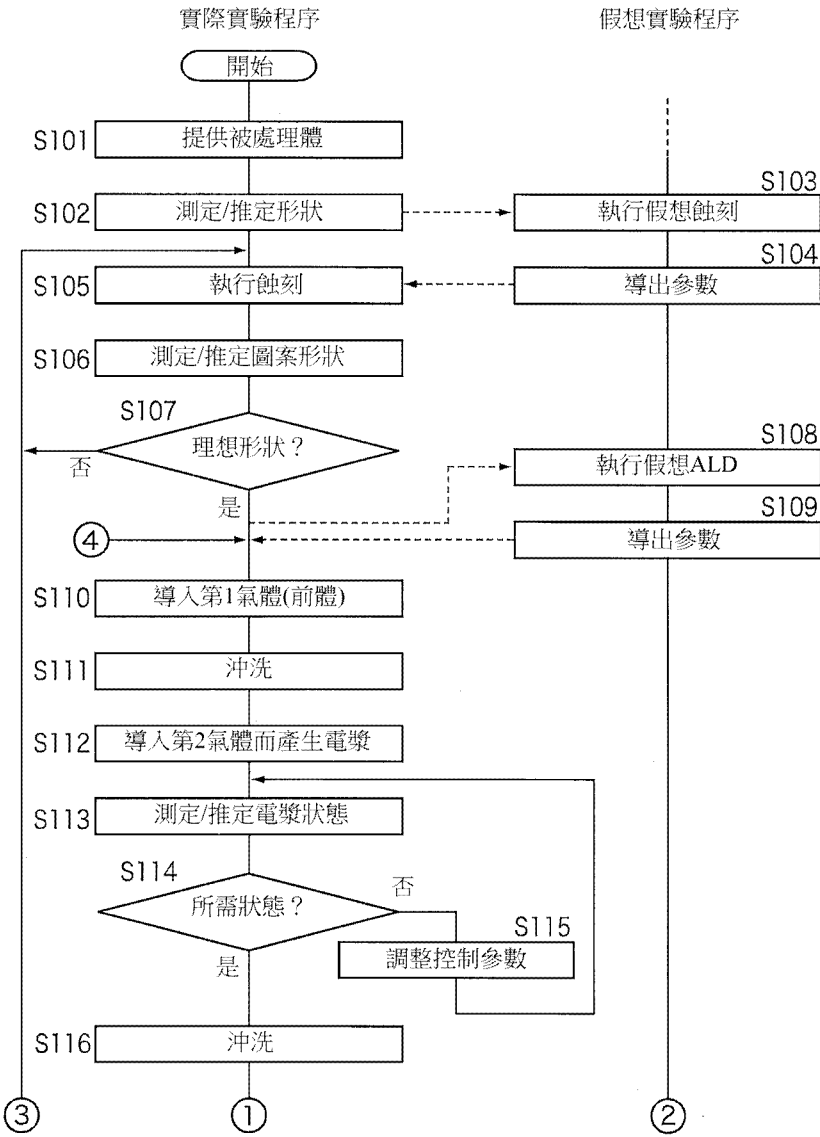
本發明提供一種基板處理裝置之控制方法及基板處理系統。

本發明之基板處理裝置之控制方法包括如下工序：a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；d)反覆執行上述 b)及上述 c)；e)監視自上述 a)至上述 d)之至少一者中獲得之被處理體；f)進行模擬上述 a)至上述 d)之假想實驗；g)基於上述被處理體之監視結果及上述假想實驗之結果，導出要應用於上述 a)至上述 d)之至少一者之參數；及 h)實施應用了已導出之參數之上述 a)至上述 e)之至少一者。

指定代表圖：

符號簡單說明：

- S101:步驟
- S102:步驟
- S103:步驟
- S104:步驟
- S105:步驟
- S106:步驟
- S107:步驟
- S108:步驟
- S109:步驟
- S110:步驟
- S111:步驟
- S112:步驟
- S113:步驟
- S114:步驟
- S115:步驟
- S116:步驟



【圖6】

【發明摘要】

【中文發明名稱】

基板處理裝置之控制方法及基板處理系統

【中文】

本發明提供一種基板處理裝置之控制方法及基板處理系統。

本發明之基板處理裝置之控制方法包括如下工序：a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；d)反覆執行上述b)及上述c)；e)監視自上述a)至上述d)之至少一者中獲得之被處理體；f)進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗；g)基於上述被處理體之監視結果及上述假想實驗之結果，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者之參數；及h)實施應用了已導出之參數之上述a)至上述e)之至少一者。

【指定代表圖】

圖6

【代表圖之符號簡單說明】

S101:步驟

S102:步驟

S103:步驟

S104:步驟

S105:步驟

S106:步驟

S107:步驟

- S108:步驟
- S109:步驟
- S110:步驟
- S111:步驟
- S112:步驟
- S113:步驟
- S114:步驟
- S115:步驟
- S116:步驟

【發明說明書】

【中文發明名稱】

基板處理裝置之控制方法及基板處理系統

【技術領域】

【0001】本發明係關於一種基板處理裝置之控制方法及基板處理系統。

【先前技術】

【0002】隨著半導體裝置之集成不僅向水平方向發展而且亦向垂直方向發展，於半導體裝置之製造過程中形成之圖案之深寬比亦變大。例如於3D NAND(Three dimensional Not-And，三維反及快閃記憶體)之製造中，在貫通多個金屬配線層之方向上形成通道孔。若為形成64層記憶胞之情形，則通道孔之深寬比將高達45。

【0003】為了高精度地形成高深寬比之圖案而提出各種方法。例如提出如下方法：藉由對形成於基板之介電材料的開口反覆執行蝕刻與成膜，而抑制朝橫向之蝕刻。又，提出如下方法：將蝕刻與成膜組合，而形成用以防止介電層之朝橫向之蝕刻之保護膜(例如，參照專利文獻1)。

先前技術文獻

專利文獻

【0004】專利文獻1：美國專利申請公開第2018/0247798號說明書

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0005】本發明提供一種能夠高效率地引導良好之開口形狀之基板處理裝置之控制方法及基板處理系統。

[解決問題之技術手段]

【0006】本發明之一形態之基板處理裝置之控制方法包括如下工序：a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；d)反覆執行上述b)及上述c)；e)監視自上述a)至上述d)之至少一者中獲得之被處理體；f)進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗；g)基於上述被處理體之監視結果及上述假想實驗之結果，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者之參數；及h)實施應用了已導出之參數之上述a)至上述d)之至少一者。

[發明之效果]

【0007】根據本發明，能夠高效率地引導良好之開口形狀。

【圖式簡單說明】

【0008】

圖1係用以說明基板處理系統之構成例之圖。

圖2係用以說明電容耦合型之電漿處理裝置之構成例之圖。

圖3係說明通常之ALD(Atomic Layer Deposition，原子層沈積)之流程之流程圖。

圖4(A)～(D)係說明輔助保形ALD之第1方法之說明圖。

圖5(A)～(C)係說明輔助保形ALD之第2方法之說明圖。

圖6係說明本實施方式之ALD之流程之流程圖。

圖7係說明本實施方式之ALD之流程之流程圖。

圖8係說明蝕刻模擬器之構成例之說明圖。

圖9係說明模型之更新程序之流程圖。

圖10(A)、(B)係說明藉由實施方式之基板處理方法形成之保護膜之膜厚的說明圖。

圖11係強化學習運算法之概要圖。

圖12係表示實施方式3之電漿處理系統之第1構成例之模式圖。

圖13係表示實施方式3之電漿處理系統之第2構成例之模式圖。

【實施方式】

【0009】以下，基於顯示本實施方式之圖式來具體地說明本發明。
(實施方式1)

圖1係用以說明基板處理系統之構成例之圖。基板處理系統PS具備載台BA1～BA4、容器RC1～RC4、裝載機模組LM、對準機AN、裝載閉鎖模組LL1、LL2、製程模組PM1～PM6、搬送模組TF、及控制裝置MC。再者，基板處理系統PS中之載台之個數、容器之個數、裝載閉鎖模組之個數可為一個以上之任意個數。又，基板處理系統PS中之製程模組之個數可為二以上之任意個數。

【0010】載台BA1～BA4沿著裝載機模組LM之一緣排列。容器RC1～RC4分別搭載於載台BA1～BA4上。容器RC1～RC4之各者係例如被稱為FOUP(Front Opening Unified Pod，前開式晶圓盒)之容器。容器RC1～RC4之各者構成為於其內部收容基板W。

【0011】裝載機模組LM具有腔室。裝載機模組LM之腔室內之壓力被設定為大氣壓。裝載機模組LM具有搬送裝置TU1。搬送裝置TU1例如為多關節機械手，由控制裝置MC控制。搬送裝置TU1構成為經由裝載機模組LM之腔室搬送基板W。搬送裝置TU1可於容器RC1～RC4之各者與對準機AN之間、對準機AN與裝載閉鎖模組LL1～LL2之各者之間、裝載

閉鎖模組LL1～LL2之各者與容器RC1～RC4之各者之間搬送基板W。對準機AN連接於裝載機模組LM。對準機AN構成為進行基板W之位置之調整(位置之校準)。

【0012】裝載閉鎖模組LL1及裝載閉鎖模組LL2之各者設置於裝載機模組LM與搬送模組TF之間。裝載閉鎖模組LL1及裝載閉鎖模組LL2之各者提供預減壓室。

【0013】搬送模組TF經由閘閥連接於裝載閉鎖模組LL1及裝載閉鎖模組LL2之各者。搬送模組TF具有能減壓之搬送腔室TC。搬送模組TF具有搬送裝置TU2。搬送裝置TU2例如為多關節機械手，由控制裝置MC控制。搬送裝置TU2構成為經由搬送腔室TC搬送基板W。搬送裝置TU2可於裝載閉鎖模組LL1～LL2之各者與製程模組PM1～PM6之各者之間、及製程模組PM1～PM6中之任意兩個製程模組之間搬送基板W。

【0014】製程模組PM1～PM6之各者係構成為進行專門之基板處理之處理裝置。製程模組PM1～PM6中之一個製程模組為成膜裝置。該成膜裝置用於在後述之成膜處理中形成保護膜PF。關於該成膜裝置，亦可為於要在成膜處理中產生電漿之情形時，具有用以產生電漿之構成之電漿處理裝置，於要在成膜處理中形成保護膜PF而不產生電漿之情形時，不具有用以產生電漿之構成。製程模組PM1～PM6中之其他製程模組為蝕刻裝置。蝕刻裝置被用於在後述之蝕刻處理中，在被處理體之表面形成圖案。

【0015】於基板處理系統PS中，控制裝置MC構成為控制基板處理系統PS之各部。控制裝置MC例如能夠控制蝕刻裝置之動作，以於被處理體形成凹部並於被處理體之表面形成圖案。又，控制裝置MC能夠控制成膜裝置，以於所形成之凹部之側壁形成保護膜。

【0016】基板處理系統PS具備觀測裝置OC。觀測裝置OC可設置於基板處理系統PS內之任意位置。於一例中，觀測裝置OC設置於與裝載機模組LM相鄰之觀測模組OM內。基板W能藉由搬送裝置TU1及搬送裝置TU2而於觀測模組OM與製程模組PM1～PM6之間移動。於藉由搬送裝置TU1將基板W收容於觀測模組OM內，在觀測模組OM內進行基板W之對位之後，觀測裝置OC測定基板W之遮罩等圖案之槽寬，並將測定結果發送至控制裝置MC。於觀測裝置OC中，可測定基板W表面之複數個區域中形成之遮罩等圖案之槽寬。作為觀測裝置OC，例如可使用光學觀測裝置、重量計、超音波顯微鏡等。

【0017】以下，對電漿處理系統之構成例進行說明。圖2係用以說明電容耦合型之電漿處理裝置之構成例之圖。

【0018】電漿處理系統包含電容耦合型之電漿處理裝置1及控制部2。電容耦合型之電漿處理裝置1包含電漿處理腔室10、氣體供給部20、電源30及排氣系統40。又，電漿處理裝置1包含基板支持部11及氣體導入部。氣體導入部構成為將至少1種處理氣體導入至電漿處理腔室10內。氣體導入部包含簇射頭13。基板支持部11配置於電漿處理腔室10內。簇射頭13配置於基板支持部11之上方。於一實施方式中，簇射頭13構成電漿處理腔室10之頂部(頂板)之至少一部分。電漿處理腔室10具有由簇射頭13、電漿處理腔室10之側壁10a及基板支持部11所界定之電漿處理空間10s。電漿處理腔室10具有用以將至少1種處理氣體供給至電漿處理空間10s之至少1個氣體供給口、及用以自電漿處理空間排出氣體之至少1個氣體排出口。電漿處理腔室10接地。簇射頭13及基板支持部11與電漿處理腔室10之殼體電性絕緣。

【0019】基板支持部11包含本體部111及環組件112。本體部111具有用以支持基板W之中央區域111a、及用以支持環組件112之環狀區域111b。晶圓係基板W之一例。本體部111之環狀區域111b於俯視下包圍本體部111之中央區域111a。基板W配置於本體部111之中央區域111a上，環組件112以包圍本體部111之中央區域111a上之基板W的方式配置於本體部111之環狀區域111b上。因此，中央區域111a亦被稱為用以支持基板W之基板支持面，環狀區域111b亦被稱為用以支持環組件112之環支持面。

【0020】於一實施方式中，本體部111包含基台1110及靜電吸盤1111。基台1110包含導電性構件。基台1110之導電性構件能夠作為下部電極發揮功能。靜電吸盤1111配置於基台1110之上。靜電吸盤1111包含陶瓷構件1111a及配置於陶瓷構件1111a內之靜電電極1111b。陶瓷構件1111a具有中央區域111a。於一實施方式中，陶瓷構件1111a亦具有環狀區域111b。再者，環狀靜電吸盤或環狀絕緣構件之類的包圍靜電吸盤1111之其他構件亦可具有環狀區域111b。此情形時，環組件112可配置於環狀靜電吸盤或環狀絕緣構件之上，亦可配置於靜電吸盤1111與環狀絕緣構件兩者之上。又，亦可將耦合至下述RF(Radio Frequency，射頻)電源31及/或DC(Direct Current，直流)電源32之至少1個RF/DC電極配置於陶瓷構件1111a內。此情形時，至少1個RF/DC電極作為下部電極發揮功能。於將下述偏壓RF信號及/或DC信號供給至至少1個RF/DC電極之情形時，RF/DC電極亦被稱作偏壓電極。再者，基台1110之導電性構件與至少1個RF/DC電極亦可作為複數個下部電極發揮功能。又，靜電電極1111b亦可作為下部電極發揮功能。因此，基板支持部11包含至少1個下部電極。

【0021】環組件112包含1個或複數個環狀構件。於一實施方式中，1

個或複數個環狀構件包含1個或複數個邊緣環、與至少1個蓋環。邊緣環由導電性材料或絕緣材料形成，蓋環由絕緣材料形成。

【0022】又，基板支持部11亦可包含調溫模組，該調溫模組構成將靜電吸盤1111、環組件112及基板中之至少一個調節為目標溫度。調溫模組亦可包含加熱器、傳熱介質、流路1110a、或該等之組合。於流路1110a中流動有鹽水或氣體之類之傳熱流體。於一實施方式中，流路1110a形成於基台1110內，於靜電吸盤1111之陶瓷構件1111a內有配置1個或複數個加熱器。又，基板支持部11亦可包含傳熱氣體供給部，該傳熱氣體供給部構成向基板W之背面與中央區域111a之間之隙間供給傳熱氣體。

【0023】簇射頭13構成將來自氣體供給部20之至少1種處理氣體導入至電漿處理空間10s內。簇射頭13具有至少1個氣體供給口13a、至少1個氣體擴散室13b及複數個氣體導入口13c。供給至氣體供給口13a之處理氣體通過氣體擴散室13b自複數個氣體導入口13c導入至電漿處理空間10s內。又，簇射頭13包含至少1個上部電極。再者，氣體導入部亦可除了包含簇射頭13以外，還包含安裝於側壁10a上形成之1個或複數個開口部之1個或複數個側氣體注入部(SGI：Side Gas Injector)。

【0024】氣體供給部20亦可包含至少1個氣體源21及至少1個流量控制器22。於一實施方式中，氣體供給部20構成將至少1種處理氣體從各自對應之氣體源21經由各自對應之流量控制器22供給至簇射頭13。各流量控制器22例如亦可包含質量流量控制器或壓力控制式流量控制器。進而，氣體供給部20亦可包含將至少1種處理氣體之流量進行調變或脈衝化之1個或1個以上之流量調變器件。

【0025】電源30包含經由至少1個阻抗匹配電路與電漿處理腔室10耦

合之RF電源31。RF電源31構成為將至少1個RF信號(RF電力)供給至至少1個下部電極及/或至少1個上部電極。藉此，由供給至電漿處理空間10s之至少1種處理氣體形成電漿。因此，RF電源31能夠作為電漿產生部之至少一部分發揮功能，上述電漿產生部構成為於電漿處理腔室10中由1種或1種以上之處理氣體產生電漿。又，藉由將偏壓RF信號供給至至少1個下部電極，能於基板W產生偏壓電位，從而將所形成之電漿中之離子成分饋入至基板W。

【0026】於一實施方式中，RF電源31包含第1 RF產生部31a及第2 RF產生部31b。第1 RF產生部31a構成為經由至少1個阻抗匹配電路耦合於至少1個下部電極及/或至少1個上部電極，並產生電漿產生用之源RF信號(源RF電力)。於一實施方式中，源RF信號具有10 MHz～150 MHz之範圍內之頻率。於一實施方式中，第1 RF產生部31a亦可構成為產生具有不同頻率之複數個源RF信號。所產生之1個或複數個源RF信號被供給至至少1個下部電極及/或至少1個上部電極。

【0027】第2 RF產生部31b構成為經由至少1個阻抗匹配電路耦合於至少1個下部電極，並產生偏壓RF信號(偏壓RF電力)。偏壓RF信號之頻率可與源RF信號之頻率相同，亦可不同。於一實施方式中，偏壓RF信號具有較源RF信號之頻率低之頻率。於一實施方式中，偏壓RF信號具有100 kHz～60 MHz之範圍內之頻率。於一實施方式中，第2 RF產生部31b亦可構成為產生具有不同頻率之複數個偏壓RF信號。所產生之1個或複數個偏壓RF信號被供給至至少1個下部電極。又，於各種實施方式中，亦可將源RF信號及偏壓RF信號中之至少1個脈衝化。

【0028】又，電源30亦可包含耦合於電漿處理腔室10之DC電源32。

DC電源32包含第1 DC產生部32a及第2 DC產生部32b。於一實施方式中，第1 DC產生部32a構成為連接於至少1個下部電極，並產生第1 DC信號。所產生之第1偏壓DC信號被施加至至少1個下部電極。於一實施方式中，第2 DC產生部32b構成為連接於至少1個上部電極，並產生第2 DC信號。所產生之第2 DC信號被施加至至少1個上部電極。

【0029】於各種實施方式中，亦可將第1及第2 DC信號中之至少一者脈衝化。此情形時，脈衝電壓之序列被施加至至少1個下部電極及/或至少1個上部電極。脈衝電壓可具有矩形、梯形、三角形或該等之組合之脈衝波形。於一實施方式中，用於根據DC信號產生脈衝電壓之序列之波形產生部連接於第1 DC產生部32a與至少1個下部電極之間。因此，第1 DC產生部32a及波形產生部構成脈衝電壓產生部。於第2 DC產生部32b及波形產生部構成脈衝電壓產生部之情形時，脈衝電壓產生部連接於至少1個上部電極。脈衝電壓既可具有正極性，亦可具有負極性。又，脈衝電壓之序列亦可於1個週期內包含1個或複數個正極性脈衝電壓及1個或複數個負極性脈衝電壓。再者，可除RF電源31以外還設置第1及第2 DC產生部32a、32b，亦可設置第1 DC產生部32a來代替第2 RF產生部31b。

【0030】排氣系統40例如可連接於電漿處理腔室10之底部所設之氣體排出口10e。排氣系統40亦可包含壓力調整閥及真空泵。藉由壓力調整閥來調整電漿處理空間10s內之壓力。真空泵亦可包含渦輪分子泵、乾式真空泵或該等之組合。

【0031】於電漿處理裝置1安裝有光感測器108，該光感測器108能透過石英窗109來測定電漿處理空間10s內之電漿中之各波長之光的強度。光感測器108具備第1感測器108a及第2感測器108b。第1感測器108a係用

以感測電漿處理空間10s內產生之電漿之狀態之感測器。另一方面，第2感測器108b係用以感測載置於基台1110上之基板W表面之圖案形狀之感測器。第1感測器108a及第2感測器108b之感測資料被輸出至控制部2。控制部2基於第1感測器108a及第2感測器108b之感測資料，來測定/推定電漿處理腔室10內之電漿狀態及基板W之圖案形狀。

【0032】控制部2對使電漿處理裝置1執行本發明中所述之各種工序之命令進行處理。控制部2可構成為以執行此處所述之各種工序之方式控制電漿處理裝置1之各元件。於一實施方式中，電漿處理裝置1中可包含控制部2之一部分或全部。控制部2可包含處理部2a1、記憶部2a2及通信介面2a3。控制部2例如藉由計算機2a實現。處理部2a1可構成為藉由自記憶部2a2讀出程式，並執行所讀出之程式，而進行各種控制動作。該程式可預先儲存於記憶部2a2，在需要時經由媒體獲取。所獲取之程式儲存於記憶部2a2，由處理部2a1自記憶部2a2讀出並執行。媒體可為計算機2a所能讀取之各種記憶媒體，亦可為連接於通信介面2a3之通信線路。處理部2a1可為CPU(Central Processing Unit，中央處理單元)。記憶部2a2可為RAM(Random Access Memory，隨機存取記憶體)、ROM(Read Only Memory，唯讀記憶體)、HDD(Hard Disk Drive，硬式磁碟機)、SSD(Solid State Drive，固態硬碟)或該等之組合。通信介面2a3可經由LAN(Local Area Network，區域網路)等通信線路與電漿處理裝置1之間進行通信。

【0033】記憶部2a2中記憶之程式包含模擬基板處理系統PS中執行之製程(實際實驗)之假想實驗用之模擬器。假想實驗用之模擬器包含電漿模擬器、反應產物模擬器及形狀模擬器等。又，記憶部2a2中記憶之程式亦

可為用以實現VM(Virtual Metrology，虛擬量測)技術之程式。該等電腦程式可為單一之電腦程式，亦可包含複數個電腦程式。又，該等電腦程式亦可部分使用既有之程式庫者。

【0034】以下，對在基板處理系統PS中實施之製程進行說明。於在作為被處理體之基板上形成HARC(High Aspect Ratio Contact，高深寬比接觸)等圖案時，有時會產生被稱為翹曲之形狀異常。所謂翹曲，係指沿縱向(基板之厚度方向)形成開口時，開口之內周面亦朝橫向(基板之面內方向)凸出之現象。為了抑制形狀異常之產生，提出於開口側壁形成保護膜之方法。作為此種保護膜之成膜方法，例如利用原子層沈積(Atomic Layer Deposition：ALD)。本實施方式中，主要對利用ALD之成膜處理進行說明，但亦可代替此而利用電漿強化ALD(Plasma-enhanced ALD：PEALD)、化學氣相生長(Chemical Vapor Deposition：CVD)、電漿強化CVD(Plasma-enhanced CVD：PECVD)、電漿環狀化學氣相生長法(PECCVD)等其他成膜方法。

【0035】再者，以下說明中，「圖案」係指基板上形成之所有形狀。圖案例如係指孔、溝槽、線與間隙等在基板上形成之複數個形狀之全部。又，「凹部」係指基板上形成之圖案中之朝基板之厚度方向凹陷之形狀之部分。又，凹部係凹陷之形狀之內周面即「側壁」、凹陷之形狀之底部分即「底部」、及與側壁相連之側壁附近之基板表面即「頂部」。又，將由頂部包圍之空間稱為「開口」。再者，「開口」這一用語亦用於指由凹部之底部及側壁包圍之整個空間或空間之任意位置。

【0036】圖3係說明通常之ALD之流程之流程圖。基板處理系統PS向電漿處理腔室10之內部提供被處理體(步驟S11)。被處理體例如為藉由

其他製程模組而形成有高深寬比之圖案之基板。代替此，被處理體亦可為未形成有圖案之基板。此情形時，於電漿處理裝置1中，對被處理體進行局部蝕刻而形成圖案即可。

【0037】電漿處理裝置1向電漿處理腔室10之內部導入第1氣體(步驟S12)。第1氣體亦被稱為前體(前驅物)。電漿處理裝置1將電漿處理腔室10進行沖洗，排出過多地吸附於被處理體之表面之第1氣體成分(步驟S13)。

【0038】電漿處理裝置1向電漿處理腔室10之內部導入第2氣體，產生第2氣體之電漿(步驟S14)。第2氣體亦被稱為反應氣體。電漿處理裝置1將電漿處理腔室10進行沖洗，排出過多之第2氣體成分(步驟S15)。

【0039】藉由步驟S12～S15之製程，於開口側壁形成保護膜。形成保護膜之後，電漿處理裝置1對被處理體進行蝕刻(步驟S16)。

【0040】再者，於圖3之流程圖中，採用在1個電漿處理裝置1中執行成膜處理及蝕刻處理兩者之程序，但亦可利用一個電漿處理裝置執行成膜處理，利用另一電漿處理裝置進行蝕刻處理。又，可利用相同之基板處理系統進行成膜處理及蝕刻處理，亦可利用不同之基板處理系統進行成膜處理及蝕刻處理。

【0041】又，電漿處理裝置1亦可於步驟S15之後測量保護膜之膜厚，判斷是否獲得所需之膜厚。於未獲得所需之膜厚之情形時，電漿處理裝置1只要使處理返回至步驟S12，繼續進行保護膜之形成即可。關於膜厚之測量，於現場測量(in-situ)之情形時，使用第2感測器108b，於場外測量(ex-situ)之情形時，使用觀測裝置OC。

【0042】又，電漿處理裝置1亦可於步驟S16之後測量圖案之形狀，判斷是否獲得所需之形狀。於未獲得所需之形狀之情形時，電漿處理裝置

1只要使處理返回至步驟S12，繼續進行保護膜之形成及蝕刻即可。關於形狀之測量，於現場測量之情形時，使用第2感測器108b，於場外測量之情形時，使用觀測裝置OC。

【0043】於ALD中，藉由特定之成分以自我控制之方式吸附於基板表面上所存在之物質並進行反應，而形成膜。因此，於ALD中，藉由設定充分之處理時間，能夠實現保形(conformal)之成膜。例如，於圖3之流程圖中，在使步驟S12及S14之處理時間充分長之情形時(將處理條件設定為飽和條件之情形時)，第1氣體成分之向基板之吸附、及第1氣體成分與第2氣體成分之反應達到飽和，而形成保形之膜。保形之膜係指無關於基板上之位置(例如上下方向之位置)而具有同樣之厚度之膜。

【0044】相對於此，於輔助保形ALD中，一面使用與ALD相同之處理程序，一面以成膜成分之吸附及反應之至少一者不會達到飽和之方式控制處理條件。即，於輔助保形ALD中，不在基板之表面上完成自我控制之吸附或反應，藉此形成輔助保形之膜。所謂輔助保形之膜，係指膜厚根據基板上之位置(例如上下方向之位置)發生變化之膜。於一例中，可為上側(開口側)較厚且下側較薄之膜，亦可為自上側朝向下側膜厚減少之膜。

【0045】作為輔助保形ALD之處理態樣，至少有以下兩種態樣。

(1)使前體吸附於基板之整個表面。以其後導入之反應氣體不會遍及晶圓之整個表面之方式加以控制。

(2)使前體吸附於基板之表面之一部分。其後導入之反應氣體僅於前體吸附之表面部分成膜。

藉由使用上述(1)或(2)之方法，可於基板上所形成之圖案之側壁上，形成自上朝下厚度逐漸減少之膜。

【0046】圖4係說明輔助保形ALD之第1方法之說明圖。圖4所示之被處理體包含蝕刻對象膜EL1及遮罩MA。於蝕刻對象膜EL1及遮罩MA之積層體，形成有具有開口OP之凹部。

【0047】電漿處理裝置1向配置有被處理體之電漿處理腔室10之內部導入前體P(圖4(A))。於第1方法中，設定前體P之吸附所需之充分之處理時間。藉此，前體P吸附於被處理體之整個表面(圖4(B))。於前體P之吸附完成之後，電漿處理裝置1將電漿處理腔室10進行沖洗，隨後將反應氣體R導入電漿處理腔室10內(圖4(C))。所導入之反應氣體R與被處理體上之前體P進行反應而自遮罩MA之上方逐漸形成保護膜PF。此處，於保護膜PF之形成到達蝕刻對象膜EL1下方之前，沖洗掉反應氣體R。藉由此種處理，可在利用ALD之方法之同時，僅於遮罩MA與蝕刻對象膜EL1之上部形成保護膜PF，而非於凹部之整個側壁形成保護膜PF(圖4(D))。於圖4(D)中，保護膜PF形成於凹部之側壁上方與頂部，但未形成於側壁下方與底部。

【0048】圖5係說明輔助保形ALD之第2方法之說明圖。圖5所示之被處理體之形狀與圖4所示之被處理體之形狀相同。

【0049】於第2方法中，電漿處理裝置1使前體P僅吸附於被處理體之上部(圖5(A))。電漿處理裝置1於沖洗掉前體P之後，將反應氣體R導入電漿處理腔室10(圖5(B))。此時，反應氣體R僅於吸附有前體P之位置進行反應而成膜，故僅於被處理體之上方形形成保護膜PF(圖5(C))。

【0050】圖4相當於在不飽和條件下執行圖3之步驟S14之例，圖5相當於在不飽和條件下執行圖3之步驟S12之例。若使步驟S12及步驟S14之處理時間充分長，則所形成之膜將會保形。因此，於輔助保形ALD中，以

成膜成分之吸附及反應之至少一者不會達到飽和之方式設定處理條件。

【0051】為了實現輔助保形ALD而加以調整之處理條件例如為載置基板W之基板支持部11之溫度、電漿處理腔室10內之壓力、所導入之前體之流量及導入時間、所導入之反應氣體之氣體流量及導入時間、處理時間等。又，於使用電漿之處理之情形時，亦能藉由調整為了產生電漿而施加之高頻(RF)電力之值，來調整成膜位置。於圖3之處理之情形時，在步驟S14中使第2氣體電漿化，但亦可使步驟S12之第1氣體亦電漿化。

【0052】圖6及圖7係說明本實施方式之ALD之流程之流程圖。基板處理系統PS向電漿處理腔室10之內部提供被處理體(步驟S101)。被處理體係未形成有圖案之基板。於電漿處理裝置1中，隨時實施第2感測器108b之感測，自第2感測器108b獲得之感測資料被輸出至控制部2。控制部2基於第2感測器108b之感測器資料，測定/推定向電漿處理腔室10之內部提供之被處理體表面之形狀(步驟S102)。步驟S102中所測定/推定之形狀可為被處理體表面之形成於表面上之各個凹部之形狀，亦可為被處理體表面上之整體之凹部形狀之均勻性。

【0053】對控制部2，除輸入第2感測器108b之感測器資料以外，還輸入作為處理對象之基板相關之資訊、蝕刻處理之處理條件、自電漿處理裝置1輸出之各種輸出資料、於蝕刻處理之執行中測量之各種測量資料。此處，作為處理對象之基板相關之資訊包含基板之材料、厚度、深寬比、遮罩被覆性等資訊。蝕刻處理之處理條件包含腔室內之壓力、高頻電源之電力、氣體流量、氣體混合比、腔室內之溫度、被處理體表面之溫度等資訊。電漿處理裝置1之輸出資料包含源RF電力、偏壓RF電力、利用OES(Optical Emission Spectrometer，光譜分析儀)所得之發光強度等資

料。處理執行中之測量資料包含電漿密度、離子能量、離子流量等資料。

【0054】控制部2執行模擬電漿處理裝置1中之蝕刻處理之假想蝕刻(步驟S103)。控制部2將步驟S102中所測定/推定出之圖案形狀設為初始形狀，藉由模擬來推定蝕刻後之被處理體之形狀。關於蝕刻模擬器之構成例，將於下文進行詳細敘述。

【0055】控制部2獲取假想蝕刻中使用之各種參數，基於所獲取之參數而導出要應用於實際實驗之參數(步驟S104)。此處，假想蝕刻中使用之參數除包含基板之材料、厚度、深寬比、遮罩被覆性等基板之參數以外，還包含腔室內之壓力、高頻電源之電力、氣體流量、氣體混合比、腔室內之溫度、被處理體表面之溫度、源RF電力、偏壓RF電力、OES、電漿密度、離子能量、離子流量等參數。再者，要應用於實際實驗之參數之種類可事先設定，亦可由控制部2選擇。例如，控制部2只要將藉由實際實驗設定之參數與藉由假想實驗獲取之參數進行比較，基於兩者之差量，選擇要應用於實際實驗之參數即可。

【0056】控制部2於步驟S104中導出要應用於實際實驗之參數時，亦可使用包含深度學習或強化學習等之機械學習之學習模型、統計模型、及由該等之組合等構成之模型。該等模型係藉由使用機械學習或統計解析等已知之公知之方法，求出在假想蝕刻中使用之參數與要應用於實際實驗之參數之間成立之定量關係而產生。控制部2藉由將步驟S104中獲取之參數輸入至已產生之模型，能夠導出要應用於實際實驗之參數。

【0057】又，控制部2亦可以實際實驗所測定/推定之形狀與假想實驗所預測之形狀之間的一致率變高之方式，或以製程處理時間(處理量)縮短之方式，使要應用於實際實驗之參數最佳化。

【0058】電漿處理裝置1獲取藉由步驟S103之假想實驗導出之參數，進行應用有所獲取之參數之蝕刻(步驟S105)。該蝕刻處理係實際實驗中之處理。

【0059】控制部2於蝕刻(實際實驗)之執行中，獲取自第2感測器108b輸出之感測資料。控制部2基於第2感測器108b之感測資料，測定/推定藉由步驟S105之蝕刻而形成之圖案之圖案形狀(步驟S106)。步驟S106中所測定/推定之形狀可為被處理體表面之形成於表面上之各個凹部之形狀，亦可為被處理體表面上之整體之凹部形狀之均勻性。

【0060】控制部2基於圖案形狀之測定/推定結果，判斷是否獲得理想形狀(步驟S107)。控制部2基於自第2感測器108b獲得之感測器資料，測定/推定藉由蝕刻形成之凹部之形狀，判斷該凹部是否具有所需之深寬比，藉此判斷是否獲得了理想形狀。代替此，控制部2亦可測定/推定藉由蝕刻形成之凹部之開口寬度及開口深度，判斷開口寬度及開口深度是否為設定範圍內，藉此判斷是否獲得了理想形狀。

【0061】又，控制部2將圖案形狀之測定/推定結果與關於圖案形狀設定之設定值加以比較，根據該比較結果而停止後續之處理。設定值係關於圖案形狀之深寬比、開口寬度、開口深度等設定之值。代替此，控制部2亦可根據圖案形狀之測定/推定結果與設定值之比較結果，輸出警報。例如，控制部2通過通信介面2a3將圖案形狀之測定/推定結果超過設定值(或未達設定值)之意旨之資訊通知給使用者所攜帶之終端，藉此輸出警報。於電腦2a具有顯示器或聲頻輸出部之情形時，亦可藉由於顯示器顯示文字資訊，或藉由自聲頻輸出部輸出聲音而輸出警報。

【0062】於判斷為未獲得理想形狀之情形時(S107：否(NO))，控制

部2使處理返回至步驟S105，繼續進行對被處理體之蝕刻直至獲得理想形狀為止。此時，控制部2亦可於蝕刻之執行中隨時獲取自電漿處理裝置1輸出之各種輸出資料或各種測量資料，參照所獲取之資料而反覆執行假想蝕刻。控制部2能夠自假想蝕刻導出要應用於實際實驗之參數，並應用於電漿處理裝置1中反覆執行之蝕刻(實際實驗)。

【0063】控制部2於步驟S103中執行假想蝕刻之後，執行假想ALD(步驟S108)。控制部2將藉由步驟S103之假想蝕刻獲得之圖案形狀設為初始形狀，藉由模擬來推定ALD後之被處理體之形狀。ALD模擬器之構成例將在下文進行詳細敘述。

【0064】控制部2獲取在假想ALD中使用之各種參數，基於所獲取之參數而導出要應用於實際實驗之參數(步驟S109)。假想ALD中使用之參數與假想蝕刻之參數相同，包含基板之材料、厚度、深寬比、遮罩被覆性、腔室內之壓力、高頻電源之電力、氣體流量、氣體混合比、腔室內之溫度、被處理體表面之溫度、源RF電力、偏壓RF電力、OES、電漿密度、離子能量、離子流量等參數。要應用於實際實驗之參數之種類可事先設定，亦可由控制部2選擇。例如，控制部2只要將藉由實際實驗設定之參數與自假想實驗獲取之參數加以比較，基於兩者之差量，選擇要應用於實際實驗之參數即可。

【0065】控制部2亦可於在步驟S109中導出要應用於實際實驗之參數時，使用包含深度學習或強化學習等之機械學習之學習模型、統計模型及由該等之組合等構成之模型。該等模型係藉由如下方式產生，即，使用在機械學習或統計解析等方面已知之公知之方法，求出在假想ALD中使用之參數與要應用於實際實驗之參數之間成立之定量之關係。控制部2能藉由

將步驟S109中獲取之參數輸入至已產生之模型，而導出要應用於實際實驗之參數。

【0066】又，控制部2亦可以實際實驗所測定/推定之形狀與假想實驗所預測之形狀之間的一致率變高之方式，或以製程處理時間(處理量)縮短之方式，使要應用於實際實驗之參數最佳化。

【0067】於在步驟S107中獲得理想形狀之情形時(S107：是(YES))，電漿處理裝置1獲取藉由假想ALD導出之參數，執行應用了所獲取之參數之ALD。該ALD係實際實驗中之處理。所執行之ALD可為保形ALD，亦可為輔助保形ALD。ALD係按照以下之步驟S110～S118之程序執行。

【0068】電漿處理裝置1將第1氣體(前體)導入電漿處理腔室10之內部(步驟S110)。隨後，電漿處理裝置1將電漿處理腔室10進行沖洗，排出過多地吸附於被處理體之表面之第1氣體成分(步驟S111)。

【0069】電漿處理裝置1向電漿處理腔室10之內部導入第2氣體(反應氣體)，產生第2氣體之電漿(步驟S112)。

【0070】控制部2於電漿之產生中，獲取自第1感測器108a輸出之感測資料，基於所獲取之感測資料，測定/推定電漿狀態(步驟S113)。控制部2基於電漿狀態之測定/推定結果，判斷電漿處理腔室10內之電漿狀態是否為所需之狀態(步驟S114)。於判斷電漿狀態並非所需之狀態之情形時(S114：否)，控制部2調整源RF電力或偏壓RF電力等控制參數(步驟S115)，使處理返回至步驟S113。

【0071】於判斷電漿處理腔室10內之電漿狀態為所需之狀態之情形時(S114：是)，控制部2將電漿處理腔室10進行沖洗，排出過多之第2氣體

成分(步驟S116)。

【0072】控制部2於ALD(實際實驗)之執行中，獲取自第2感測器108b輸出之感測資料。控制部2基於第2感測器108b之感測資料，測定/推定藉由ALD而形成有保護膜之被處理體之圖案形狀(步驟S117)。步驟S117中所測定/推定之形狀可為被處理體表面之形成於表面上之各個凹部之形狀，亦可為被處理體表面上之整體之凹部形狀之均勻性。

【0073】控制部2基於圖案形狀之測定/推定結果，判斷是否獲得理想形狀(步驟S118)。控制部2基於自第2感測器108b獲得之感測器資料，測定/推定藉由ALD而形成之保護膜之形狀，判斷保護膜是否具有所需之厚度，藉此判斷是否獲得理想形狀。於未獲得理想形狀之情形時(S118：否)，控制部2使處理返回至步驟S110，反覆執行ALD。

【0074】又，控制部2將圖案形狀之測定/推定結果與關於圖案形狀設定之設定值加以比較，根據該比較結果，可停止後續之處理，亦可輸出警報。

【0075】控制部2亦可於ALD之執行中隨時獲取自電漿處理裝置1輸出之各種輸出資料或各種測量資料，參照所獲取之資料而反覆執行假想ALD。控制部2能自假想ALD導出要應用於實際實驗之參數，並應用於電漿處理裝置1中反覆執行之ALD(實際實驗)。

【0076】控制部2於在步驟S108中執行假想ALD之後，執行假想蝕刻(步驟S119)。控制部2將藉由步驟S108之假想ALD獲得之圖案形狀設為初始形狀，藉由模擬來推定蝕刻處理後之被處理體之形狀。又，控制部2亦可判斷假想蝕刻之後是否獲得了所需之形狀，於判斷為未獲得所需之形狀之情形時，使處理返回至步驟S104或S108，反覆執行假想實驗(假想蝕

刻及假想ALD)。

【0077】控制部2獲取假想蝕刻中使用之各種參數，基於所獲取之參數，導出要應用於實際實驗之參數(步驟S120)。假想蝕刻中導出之參數與步驟S104中導出之參數相同。控制部2藉由與步驟S104同樣地，將步驟S120中獲取之參數輸入至包含深度學習或機械學習等之機械學習之學習模型、統計模型、或由該等之組合等構成之模型，能夠導出要應用於實際實驗之參數。又，控制部2亦可以實際實驗所測定/推定之形狀與假想實驗所預測之形狀之間的一致率變高之方式，或以製程處理時間(處理量)縮短之方式，使要應用於實際實驗之參數最佳化。

【0078】電漿處理裝置1獲取藉由步驟S119之假想實驗導出之參數，並進行應用了所獲取之參數之蝕刻(步驟S121)。該蝕刻處理係實際實驗中之處理。

【0079】控制部2於蝕刻(實際實驗)之執行中，獲取自第2感測器108b輸出之感測資料。控制部2基於第2感測器108b之感測資料，測定/推定藉由步驟S121之蝕刻而形成之圖案之圖案形狀(步驟S122)。步驟S122中所測定/推定之形狀可為被處理體表面之形成於表面上之各個凹部之形狀，亦可為被處理體表面上之整體之凹部形狀之均勻性。

【0080】控制部2基於圖案形狀之測定/推定結果，判斷是否獲得理想形狀(步驟S123)。步驟S123之判斷方法與步驟S107之判斷方法相同。

【0081】於判斷為未獲得理想形狀之情形時(S123：否)，控制部2使處理返回至步驟S105。於判斷為獲得了理想形狀之情形時(S123：是)，控制部2結束本流程圖之處理。

【0082】又，控制部2將圖案形狀之測定/推定結果與關於圖案形狀

設定之設定值加以比較，根據該比較結果，可停止後續之處理，亦可輸出警報。

【0083】於圖6及圖7之流程圖中，採用了在1個電漿處理裝置1中執行蝕刻及ALD之構成，但亦可採用利用複數個製程模組PM1～PM6執行蝕刻及ALD之構成。於在1個電漿處理裝置1中執行蝕刻及ALD之情形時，控制部2只要基於設置在電漿處理裝置1之光感測器108之輸出，測定/推定圖案形狀或電漿狀態即可(現場測量)。另一方面，於利用複數個製程模組PM1～PM6之情形時，例如亦可使用觀測裝置OC測定/推定圖案形狀(場外測量)，使用各製程模組PM1～PM6所具備之第1感測器108a測定/推定電漿狀態。

【0084】又，於圖6及圖7之流程圖中，採用了在控制部2中執行假想蝕刻及假想ALD之構成，但亦可採用於控制部2與控制裝置MC之間交接必要之資訊，利用控制裝置MC執行假想蝕刻及假想ALD之構成。

【0085】以下，說明假想蝕刻或假想ALD中使用之模擬器之構成例。

【0086】圖8係說明蝕刻模擬器之構成例之說明圖。蝕刻模擬器例如包含電漿模擬器SIM1、形狀模擬器SIM2及反應產物模擬器SIM3。該等模擬器SIM1～SIM3係基於粒子模型之模擬器。

【0087】電漿模擬器SIM1基於製程條件資訊，求出電漿處理腔室10中存在之反應物種(離子或自由基等)之空間分佈，進而求出反應物種之入射角及入射能量等入射資訊。此處，製程條件資訊係反應氣體之種類、氣體流量、氣體混合比、氣壓、源RF電力、偏壓RF電力等。

【0088】於電漿模擬器SIM1中，例如根據帕松方程式求出電場分

佈，藉由粒子蒙地卡羅法計算反應物種之空間分佈，並且對被處理體附近之反應物種之移動進行取樣，求出反應物種之向被處理體之入射角及入射能量等入射資訊。此處，於粒子蒙地卡羅法中，用超粒子來代表電漿中之荷電粒子。藉由追蹤數千至數十萬個超粒子之軌跡而模擬電漿整體之行為。

【0089】於形狀模擬器SIM2中，除使用藉由電漿模擬器SIM1求出之反應物種之分佈量及入射資訊以外，還使用被處理體表面之圖案形狀之資訊來求出局部之蝕刻反應量及宏觀之蝕刻反應量。再者，於電漿模擬器SIM1中，使用藉由形狀模擬器SIM2求出之局部之蝕刻反應量及宏觀之蝕刻反應量，適當更新反應物種之分佈量及入射資訊。

【0090】於反應產物模擬器SIM3中，除使用藉由電漿模擬器SIM1求出之反應物種之分佈量及入射資訊以外，還使用藉由形狀模擬器SIM2求出之局部之蝕刻反應量及宏觀之蝕刻反應量，求出局部之反應產物之附著量，並且求出宏觀之反應產物之附著量，求出反應產物之總附著量。

【0091】於形狀模擬器SIM2中，將由圖案形狀劃分之空間分割為網格狀，藉由蒙地卡羅法使反應物種及產生物種以按照自電漿模擬器SIM1獲得之入射角之方式在該空間飛行。又，設定為，於粒子與遮罩等之壁面碰撞之情形時，其等以固定之機率發生反應。於網格內之反應物種之量成為固定值以上之情形時，除去該網格部分之材料，以應對隨著蝕刻進行而湮滅之現象。又，於產生物種之量成為固定值以上之情形時，使與產生物種對應之材料(例如聚合物等)附著於壁面，以應對沈積反應。控制部2使用此種蝕刻模擬器反覆進行計算，求出被處理體之蝕刻形狀。

【0092】圖8中示出蝕刻模擬器之構成例，關於ALD模擬器之構成例

亦相同。即，ALD模擬器例如包含電漿模擬器、形狀模擬器及反應產物模擬器。電漿模擬器計算反應物種之分佈量及入射資訊，形狀模擬器計算局部及宏觀之沈積反應量，反應產物模擬器計算局部及宏觀之反應產物之附著量。控制部2只要使用如此構成之ALD模擬器，求出凹部之側壁上所形成之保護膜之形狀即可。

【0093】圖8中，對包含電漿模擬器SIM1、形狀模擬器SIM2及反應產物模擬器SIM3之蝕刻模擬器進行了說明，但模擬器之構成不限於圖8所示者。控制部2可使用能夠假想地表現出製程之任意模擬器(模型)，計算蝕刻形狀或保護膜之形狀。

【0094】於本實施方式之基板處理系統PS中，同時並行地執行實際實驗與假想實驗。控制部2亦可於獲得了實際實驗之結果、假想實驗之結果之情形時，更新用於假想實驗之模擬器(模型)，以使其符合實際實驗之結果。

【0095】圖9係說明模型之更新程序之流程圖。控制部2按圖6及圖7所示之程序進行實際實驗及假想實驗，獲取實際實驗之結果與假想實驗之結果(步驟S201、S202)。

【0096】控制部2算出實際實驗之結果與假想實驗之結果之差值(步驟S203)，判斷是否需要更新模擬器(模型)(步驟S204)。若控制部2算出之差值為設定值以上，則判斷為要更新模擬器(模型)(S204：是)，而更新模擬器(模型)(步驟S205)。具體而言，控制部2使構成模擬器之參數之至少1個自更新前之值變化為更新後之值。

【0097】控制部2使用更新後之模擬器(模型)，再次執行包含假想蝕刻及假想ALD之假想實驗(步驟S206)，使處理返回至步驟S202。控制部2

藉由反覆執行步驟S202至步驟S206之處理，而適當更新模型。

【0098】於步驟S203中算出之差量未達閾值之情形時，控制部2判斷為無需更新(S204：否)，結束本流程圖之處理。

【0099】圖10係說明利用實施方式之基板處理方法形成之保護膜之膜厚的說明圖。圖10(A)係實驗中使用之被處理體之概略圖。被處理體包含蝕刻對象膜EL1及遮罩MA。於蝕刻對象膜EL1及遮罩MA之積層體形成有具有開口OP之凹部，於凹部側壁形成有保護膜PF。本實施方式中，測量凹部側壁(保護膜PF)所包圍之空間之任意位置的開口尺寸CD。

【0100】圖10(B)係表示測量結果之曲線圖。曲線圖之縱軸表示凹部之深度，曲線圖之橫軸表示凹部側壁所包圍之空間之任意位置之開口尺寸。參考例1表示僅進行蝕刻處理而不進行ALD之實驗結果，參考例2表示進行蝕刻處理及ALD兩者之實驗結果。相對於此，實施例利用本實施方式之基板處理方法，藉由假想蝕刻及假想ALD導出製程條件，示出應用於實際實驗之情形時之實驗結果。

【0101】於參考例1中，自深度0.4 μm 之位置起，開口尺寸CD隨著深度增加而減小。曲線圖所示之範圍內之開口尺寸CD之最大值為54.1 nm，最小值為46.1 nm，故其差為8.0 nm。

【0102】於參考例2中，在深度0.4~1.2 μm 之位置，開口尺寸CD增加。曲線圖所示之範圍內之開口尺寸CD之最大值為49.2 nm，最小值為42.2 nm，故其差為7.0 nm。

【0103】相對於此，於實施例中，已知無關於深度而以大致固定之膜厚形成有保護膜。曲線圖所示之範圍內之開口尺寸CD之最大值為45.6 nm，最小值為40.0 nm，故其差為5.6 nm。即，能夠定性地表示與參考例

1或參考例2相比，獲得了良好之開口形狀。

【0104】如上所述，本實施方式中，應用藉由假想實驗(假想蝕刻及假想ALD)導出之製程條件來進行實際實驗，故能夠引導良好之開口形狀。又，藉由基於實際實驗中獲得之實驗結果與假想實驗中獲得之實驗結果來更新模型，能夠抑制實際實驗之試行次數，能夠更有效率地引導良好之開口形狀。

【0105】(實施方式2)

於實施方式2中，對使用強化學習之方法，導出要應用於實際實驗之參數之構成進行說明。

基板處理系統之整體構成、各裝置之裝置構成與實施方式1相同，故省略其說明。

【0106】本實施方式中，為了導出要應用於實際實驗之參數而使用強化學習運算法。圖11係強化學習運算法之概要圖。強化學習運算法係處理如下問題之運算法，上述問題係指由處於某環境下之代理者對觀測對象當前狀態進行觀測，並決定應採取之行動。以下，對作為強化學習之一方法之DQN(Deep Q-Network，深度Q網路)進行說明。

【0107】強化學習之學習模型以如下方式進行學習，即，於已輸入觀測對象當前之狀態 s_t 之情形時，對可採取之行動 a_1 、 a_2 、 $\dots$ 、 a_n (n 為2以上之整數)之各者輸出行動價值函數之值(Q值)。利用神經網路來近似行動價值函數，而進行強化學習之方法即為DQN。

【0108】本實施方式中，以如下方式進行強化學習，即，使用近似行動價值函數之神經網路來表達學習模型MD，根據被處理體之當前之狀態，輸出選擇了要應用於實際實驗之參數時之價值相關的資訊。

【0109】輸入至學習模型MD之狀態 s_t 例如為實際實驗中測定/推定之形狀之資料。學習模型MD針對當前之狀態 s_t 之輸入，對可採取之行動 $a_1、a_2、\dots、a_n$ (n 為2以上之整數)之各者輸出行動價值函數之值 $Q(s_t, a_1)、Q(s_t, a_2)、\dots、Q(s_t, a_n)$ 。行動價值函數之值表示於狀態 s_t 下選擇行動 a 之情形時，將來所能獲得之收益之期待值，亦被稱為Q值。即，行動價值函數之值(Q值)並非表示短期之獎勵，而是表示長期意義上之價值。本實施方式中，行動 a 相當於按照所選擇之參數執行實際實驗。

【0110】代理者參照自學習模型MD對各行動輸出之Q值，選擇在狀態 s_t 下可採取之行動 $a_1、a_2、\dots、a_n$ 中之Q值最高之行動 a_t 。環境係根據所選擇之行動 a_t 而更新，並確定下一狀態 s_{t+1} 。本實施方式中，代理者為控制部2，環境係進行假想實驗之模擬器。

【0111】代理者根據自行動 a_t 之選擇產生之下一狀態 s_{t+1} ，自環境獲得獎勵 r_{t+1} 。獎勵 r_{t+1} 係例如藉由實際實驗中之監視測定/推定之凹部之形狀與藉由假想實驗預測之凹部之形狀的一致率。代替此，獎勵 r_{t+1} 亦可為製程處理時間。

【0112】代理者一面重複試行錯誤，一面學習如使將來獲得之獎勵(收益)最大化之行動。具體而言，代理者使用狀態 s_t 、狀態 s_{t+1} 及針對上一次行動 a_t 之獎勵 r_{t+1} ，基於以下之數式(1)依序更新學習模型MD。

【0113】
$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha \{ r_{t+1} + \gamma \cdot \max Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t) \}$$
$$\dots\dots\dots(1)$$

【0114】此處， α 係學習係數， γ 係折扣率， r_{t+1} 係作為行動 a_t 之結果而獲得之獎勵。學習係數 α 係決定學習之速度之參數，滿足 $0 < \alpha < 1$ 之關

係。折扣率 γ 係表示對未來狀態之評估以哪種程度打折扣後進行評估之參數，滿足 $0 < \gamma < 1$ 之關係。

【0115】於Q學習中，以數式(1)之右邊第2項成為零的方式，使用誤差反向傳播法等對學習模型MD之模型參數進行學習。這意味著，於藉由行動 a_t 使狀態 s_t 轉變為狀態 s_{t+1} 之情形時，使該行動 a_t 之Q值接近在下一狀態 s_{t+1} 中Q值最高之狀態時之值。

【0116】代理者反覆進行學習模型MD之更新，直至滿足規定之結束條件為止。藉由反覆進行更新，學習模型MD以獎勵 r_{t+1} 最大化之方式進行學習。結束條件例如於進行規定次數之更新之情形時、被處理體之凹部之形狀接近目標形狀之情形時、被處理體不再被削減之情形時等適當設定。

【0117】於藉由上述學習運算法獲得學習模型MD之情形時，控制部2能夠使用學習模型MD，導出要應用於實際實驗之參數。具體而言，控制部2對學習完畢之學習模型MD輸入觀測對象當前之狀態 s_t (實際實驗所測定/推定之形狀之資料)，執行利用學習模型MD之運算。利用學習模型MD之運算之結果為，針對可採取之行動 a_1 、 a_2 、 $\dots$ 、 a_n 各者獲得Q值。控制部2藉由選擇Q值最高之行動，能夠導出要應用於實際實驗之參數。

【0118】如上所述，於實施方式2中，能夠使用強化學習，導出要應用於電漿處理裝置1中實施之實際實驗之參數。再者，本實施方式中，對導出要應用於1個電漿處理裝置1中之實際實驗之參數的構成進行了說明，但毋庸贅言，亦可將對1個電漿處理裝置1導出之參數應用於其他之一個或複數個電漿處理裝置。

【0119】本實施方式中，作為一例而說明了利用Q學習之學習運算

法，但學習模型MD之產生方法不限於Q學習，例如可使用TD學習(Temporal Difference Learning，時間差分學習)、策略梯度法(Policy gradients)、SARSA(State-Action-Reward-State-Action，狀態-動作-獎勵-狀態-動作)、行為評論(Actor-critic)等任意之強化學習運算法。

【0120】(實施方式3)

於實施方式1中，採用在控制電漿處理裝置1之動作之控制部2中，進行假想實驗及參數之導出之構成，但亦可在以能進行通信的方式與控制部2連接的外部的伺服器裝置中進行假想實驗及參數之導出。

於實施方式3中，對在外部之伺服器裝置中進行假想實驗及參數之導出之構成進行說明。

【0121】圖12係表示實施方式3之電漿處理系統之第1構成例之模式圖。實施方式3之電漿處理系統包含電漿處理裝置1、控制部2及伺服器裝置3。電漿處理裝置1及控制部2之構成與實施方式1相同，故省略其說明。

【0122】伺服器裝置3係經由通信網路NW以能進行通信之方式與控制部2連接之電腦，具備處理部3a、記憶部3b、通信部3c等。處理部3a具備CPU(Central Processing Unit，中央處理單元)、ROM(Read Only Memory，唯讀記憶體)、RAM(Random Access Memory，隨機存取記憶體)等，進行模擬電漿處理裝置1中執行之製程(實際實驗)之假想實驗，導出應用於實際實驗之要應用之參數。記憶部3b具備HDD(Hard Disk Drive，硬式磁碟機)或SDD(Solid State Drive，固態硬碟)等記憶裝置。記憶部3b具備模擬基板處理系統PS中執行之製程(實際實驗)之假想實驗用之模擬器。假想實驗用之模擬器包含電漿模擬器、反應產物模擬器、形狀

模擬器等。通信部3c具備用以經由通信網路NW與控制部2進行通信之通信介面。

【0123】伺服器裝置3經由通信網路NW獲取在電漿處理裝置1中實施製程(實際實驗)時由控制部2測定/推定之形狀之資料。伺服器裝置3將自電漿處理裝置1獲取之形狀之資料設為初始值，執行假想蝕刻或假想ALD，藉由模擬而推定處理後之被處理體之形狀。伺服器裝置3獲取假想蝕刻或假想ALD中使用之各種參數，基於所獲取之參數，導出要應用於實際實驗之參數。

【0124】伺服器裝置3亦可以實際實驗所測定/推定之形狀與假想實驗所預測之形狀之間之一致率變高之方式，或以製程處理時間(處理量)縮短之方式，使要應用於實際實驗之參數最佳化。伺服器裝置3亦可使用強化學習之方法，導出要應用於實際實驗之參數。

【0125】伺服器裝置3所執行之上述處理與實施方式1及2中所說明之假想實驗程序相同，故省略其詳細之說明。

【0126】伺服器裝置3將導出之參數經由通信網路NW發送至控制部2。電漿處理裝置1執行應用了控制部2自伺服器裝置3接收到之參數之蝕刻及ALD。該等蝕刻及ALD係實際實驗中之處理。

【0127】電漿處理裝置1執行之上述處理與實施方式1及2中所說明之實際實驗程序相同，故省略其詳細之說明。

【0128】如上所述，於實施方式3中，能夠在以能進行通信之方式與控制部2連接之伺服器裝置3中，進行假想實驗(假想蝕刻或假想ALD)，導出要應用於電漿處理裝置1之參數，並反饋給電漿處理裝置1。

【0129】圖13係表示實施方式3之電漿處理系統之第2構成例之模式

圖。實施方式3之電漿處理系統除具備上述電漿處理裝置1、控制部2及伺服器裝置3以外，還具備電漿處理裝置1-1、1-2、...、1-n、及控制部2-1、2-2、...、2-n。控制部2-1、2-2、...、2-n分別控制電漿處理裝置1-1、1-2、...、1-n之動作，且分別連接於通信網路NW。

【0130】伺服器裝置3以與圖12之例相同之方式，獲取利用電漿處理裝置1獲得之資料，而進行假想實驗(假想蝕刻或假想ALD)，並導出要應用於電漿處理裝置1之參數。伺服器裝置3將已導出之參數發送至控制電漿處理裝置1之控制部2，並且發送至控制電漿處理裝置1-1、1-2、...、1-n之控制部2-1、2-2、...、2-n。電漿處理裝置1執行應用了控制部2自伺服器裝置3接收到之參數之蝕刻及ALD。同樣，電漿處理裝置1-1、1-2、...、1-n執行應用了控制部2-1、2-2、...、2-n自伺服器裝置3接收到之參數之蝕刻及ALD。

【0131】如上所述，於第2構成例中，能夠導出要應用於電漿處理裝置1之參數，並反饋給電漿處理裝置1，並且亦能夠反饋給其他電漿處理裝置1-1、1-2、...、1-n。

【0132】應考慮到本次所揭示之實施方式於所有方面均為例示，而非限制性。本發明之範圍並非由上述含義表示，而是由申請專利範圍表示，旨在包含與申請專利範圍同等之含義及範圍內之全部變更。

【0133】於實施方式中，說明了對電容耦合型之電漿處理裝置1之應用例，但不限於電容耦合型，亦能夠應用於感應耦合電漿(Inductively Coupled Plasma，ICP)、放射狀線槽孔天線(Radial Line Slot Antenna，RLSA)、電子迴旋共振電漿(Electron Cyclotron Resonance Plasma，ECR)、螺旋波電漿(Helicon Wave Plasma，HWP)中之任一類型電漿處理

裝置。又，亦可代替ALD，而使用CVD(Chemical Vapor Deposition，化學氣相沈積)。

【0134】又，本發明包含以下之實施方式。

【0135】(附註1)

一種基板處理裝置之控制方法，其包括如下工序：

- a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；
- b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；
- c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；
- d)反覆執行上述b)及上述c)；
- e)監視自上述a)至上述d)之至少一者中獲得之被處理體；
- f)進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗；
- g)基於上述被處理體之監視結果及上述假想實驗之結果，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者之參數；及
- h)實施應用了已導出之參數之上述a)至上述d)之至少一者。

【0136】(附註2)

i)如附註1之基板處理裝置之控制方法，其進而包括如下工序：

基於藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀與藉由上述假想實驗而預測之凹部之形狀的差量，更新用以導出上述參數之模型。

【0137】(附註3)

如附註1或2之基板處理裝置之控制方法，其中

形成上述保護膜之工序包含選自由CVD(Chemical Vapor Deposition)、ALD(Atomic Layer Deposition)、及不飽和ALD所組成之群中之至少1種。

【0138】(附註4)

如附註1或2之基板處理裝置之控制方法，其中
形成上述保護膜之工序包含如下工序：

對上述被處理體供給包含前驅物之氣體，使上述前驅物至少吸附於
上述凹部之側壁；及

對上述被處理體供給與上述前驅物進行反應之反應氣體，藉由上述
反應氣體與吸附於上述凹部之前驅物之反應，而形成上述保護膜。

【0139】(附註5)

如附註1至4中任一項之基板處理裝置之控制方法，其中
上述參數包含上述保護膜之成膜條件。

【0140】(附註6)

如附註5之基板處理裝置之控制方法，其中

上述成膜條件包含成膜方法、循環數、時間、氣體種類、稀釋度、
溫度及RF電力之至少一者。

【0141】(附註7)

如附註1至6中任一項之基板處理裝置之控制方法，其中
上述參數包含針對上述被處理體之蝕刻條件。

【0142】(附註8)

如附註7之基板處理裝置之控制方法，其中

上述蝕刻條件包含RF電力、處理時間、氣體種類、氣體之混合比及
溫度之至少一者。

【0143】(附註9)

如附註1至8中任一項之基板處理裝置之控制方法，其中

於同一腔室內執行上述a)至上述d)、或上述a)至上述e)。

【0144】(附註10)

如附註1至8中任一項之基板處理裝置之控制方法，其中
於至少2個以上之腔室內執行上述a)至上述e)。

【0145】(附註11)

如附註1之基板處理裝置之控制方法，其進而包括如下工序：

j)根據藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀、與對該形狀設定之設定值之比較結果，使處理停止或輸出警報。

【0146】(附註12)

如附註1之基板處理裝置之控制方法，其進而包括如下工序：

k)利用以藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀與藉由上述假想實驗而預測之凹部之形狀的一致率、或製程處理時間為獎勵之強化學習，產生導出上述參數之學習模型；及

l)將使用上述學習模型而導出之參數應用於包含上述基板處理裝置之一個或複數個基板處理裝置中之基板處理。

【0147】(附註13)

一種基板處理裝置之控制方法，上述基板處理裝置構成為執行包含如下工序之處理，即

a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；

b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；

c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；及

d)反覆執行上述b)及上述c)；

上述控制方法包含如下工序：

i)獲取表示上述a)至上述d)中任一處理後之上述被處理體之形狀的第1資料；

ii)對上述被處理體進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗，獲取表示該假想實驗後之上述被處理體之形狀之第2資料；及

iii)基於上述第1資料與上述第2資料，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者的參數。

【0148】(附註14)

一種基板處理系統，其包含基板處理裝置及控制裝置，

上述基板處理裝置執行如下工序：

a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；

b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；

c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；及

d)反覆執行上述b)及上述c)；

上述控制裝置具備：

監視部，其監視利用上述a)至上述d)之至少一者獲得之被處理體；

模擬部，其進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗；及

導出部，其基於上述被處理體之監視結果及上述假想實驗之結果，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者之參數；且

使上述基板處理裝置執行應用了已導出之參數之上述a)至上述d)之至少一者。

【0149】(附註15)

如附註14之基板處理系統，其中

上述控制裝置根據藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形

狀、與針對該形狀設定之設定值之比較結果，使處理停止或輸出警報。

【0150】(附註16)

如附註14之基板處理系統，其中

上述控制裝置係

利用以藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀與藉由上述假想實驗而預測之凹部之形狀的一致率、或製程處理時間為獎勵之強化學習，產生導出上述參數之學習模型，

將使用上述學習模型而導出之參數應用於包含上述基板處理裝置之一個或複數個基板處理裝置中之基板處理。

【0151】(附註17)

一種基板處理系統，其包含基板處理裝置及控制裝置，

上述基板處理裝置構成為執行包含如下工序之處理，即

- a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；
- b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；
- c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；及
- d)反覆執行上述b)及上述c)；

上述控制裝置構成為執行包含如下工序之處理，即

i)獲取表示上述a)至上述d)中任一處理後之上述被處理體之形狀的第1資料；

ii)對上述被處理體進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗，獲取表示該假想實驗後之上述被處理體之形狀之第2資料；及

iii)基於上述第1資料與上述第2資料，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者的參數。

【符號說明】

【0152】

1:電漿處理裝置

1-1, 1-2, …, 1-n:電漿處理裝置

2:控制部

2-1,2-2, …,2-n:控制部

2a:電腦

2a1:處理部

2a2:記憶部

2a3:通信介面

3a:處理部

3b:記憶部

3c:通信部

10:電漿處理腔室

10a:側壁

10e:氣體排出口

10s:電漿處理空間

11:基板支持部

13:簇射頭

13a:氣體供給口

13b:氣體擴散室

13c:氣體導入口

20:氣體供給部

30:電源

31: RF電源

31a:第1 RF產生部

31b:第2 RF產生部

32: DC電源

32a:第1 DC產生部

32b:第2 DC產生部

40:排氣系統

108:光感測器

108a:第1感測器

108b:第2感測器

109:石英窗

111:本體部

111a:中央區域

111b:環狀區域

112:環組件

1110:基台

1110a:流路

1111:靜電吸盤

1111a:陶瓷構件

1111b:靜電電極

a1, a2, ..., an:行動

AN:對準機

a_t :行動

BA1～BA4:載台

EL1:蝕刻對象膜

LL1, LL2:裝載閉鎖模組

LM:裝載機模組

MA:遮罩

MC:控制裝置

NW:通信網路

OC:觀測裝置

OM:觀測模組

OP:開口

P:前體

PF:保護膜

PM1～PM6:製程模組

PS:基板處理系統

R:反應氣體

RC1～RC4:容器

r_{t+1} :獎勵

S11:步驟

S12:步驟

S13:步驟

S14:步驟

S15:步驟

- S16:步驟
- S101:步驟
- S102:步驟
- S103:步驟
- S104:步驟
- S105:步驟
- S106:步驟
- S107:步驟
- S108:步驟
- S109:步驟
- S110:步驟
- S111:步驟
- S112:步驟
- S113:步驟
- S114:步驟
- S115:步驟
- S116:步驟
- S117:步驟
- S118:步驟
- S119:步驟
- S120:步驟
- S121:步驟
- S122:步驟

S123:步驟

S201:步驟

S202:步驟

S203:步驟

S204:步驟

S205:步驟

S206:步驟

SIM1:電漿模擬器

SIM2:形狀模擬器

SIM3:反應產物模擬器

s_t :狀態

s_{t+1} :狀態

TF:搬送模組

TU1:搬送裝置

TU2:搬送裝置

W:基板

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種基板處理裝置之控制方法，其包括如下工序：

a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；

b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；

c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；

d)反覆執行上述b)及上述c)；

e)監視自上述a)至上述d)之至少一者中獲得之被處理體；

f)進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗；

g)基於上述被處理體之監視結果及上述假想實驗之結果，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者之參數；及

h)實施應用了已導出之參數之上述a)至上述d)之至少一者。

【請求項2】

如請求項1之基板處理裝置之控制方法，其進而包括如下工序：

i)基於藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀與藉由上述假想實驗而預測之凹部之形狀的差量，更新用以導出上述參數之模型。

【請求項3】

如請求項1之基板處理裝置之控制方法，其中

形成上述保護膜之工序包含選自由CVD(Chemical Vapor Deposition)、ALD(Atomic Layer Deposition)、及不飽和ALD所組成之群中之至少1種。

【請求項4】

如請求項1之基板處理裝置之控制方法，其中

形成上述保護膜之工序包含如下工序：

對上述被處理體供給包含前驅物之氣體，使上述前驅物至少吸附於上述凹部之側壁；及

對上述被處理體供給與上述前驅物進行反應之反應氣體，藉由上述反應氣體與吸附於上述凹部之前驅物之反應，而形成上述保護膜。

【請求項5】

如請求項1之基板處理裝置之控制方法，其中

上述參數包含上述保護膜之成膜條件。

【請求項6】

如請求項5之基板處理裝置之控制方法，其中

上述成膜條件包含成膜方法、循環數、時間、氣體種類、稀釋度、溫度及RF電力之至少一者。

【請求項7】

如請求項1之基板處理裝置之控制方法，其中

上述參數包含針對上述被處理體之蝕刻條件。

【請求項8】

如請求項7之基板處理裝置之控制方法，其中

上述蝕刻條件包含RF電力、處理時間、氣體種類、氣體之混合比及溫度之至少一者。

【請求項9】

如請求項1至8中任一項之基板處理裝置之控制方法，其中

於同一腔室內執行上述a)至上述d)、或上述a)至上述e)。

【請求項10】

如請求項1至8中任一項之基板處理裝置之控制方法，其中
於至少2個以上之腔室內執行上述a)至上述e)。

【請求項11】

如請求項1之基板處理裝置之控制方法，其進而包括如下工序：

j)根據藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀、與對該形狀設定之設定值之比較結果，使處理停止或輸出警報。

【請求項12】

如請求項1之基板處理裝置之控制方法，其進而包括如下工序：

k)利用以藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀與藉由上述假想實驗而預測之凹部之形狀的一致率、或製程處理時間為獎勵之強化學習，產生導出上述參數之學習模型；及

l)將使用上述學習模型而導出之參數應用於包含上述基板處理裝置之一個或複數個基板處理裝置中之基板處理。

【請求項13】

一種基板處理裝置之控制方法，上述基板處理裝置構成為執行包含如下工序之處理，即

a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；

b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；

c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；及

d)反覆執行上述b)及上述c)；

上述控制方法包含如下工序：

i)獲取表示上述a)至上述d)中任一處理後之上述被處理體之形狀的第1資料；

ii)對上述被處理體進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗，獲取表示該假想實驗後之上述被處理體之形狀之第2資料；及

iii)基於上述第1資料與上述第2資料，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者的參數。

【請求項14】

一種基板處理系統，其包含基板處理裝置及控制裝置，

上述基板處理裝置執行如下工序：

a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；

b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；

c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；及

d)反覆執行上述b)及上述c)；

上述控制裝置具備：

監視部，其監視利用上述a)至上述d)之至少一者獲得之被處理體；

模擬部，其進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗；及

導出部，其基於上述被處理體之監視結果及上述假想實驗之結果，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者之參數；且

使上述基板處理裝置執行應用了已導出之參數之上述a)至上述d)之至少一者。

【請求項15】

如請求項14之基板處理系統，其中

上述控制裝置根據藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀、與針對該形狀設定之設定值之比較結果，使處理停止或輸出警報。

【請求項16】

如請求項14之基板處理系統，其中

上述控制裝置係

利用以藉由上述被處理體之監視而推定之上述凹部之形狀與藉由上述假想實驗而預測之凹部之形狀的一致率、或製程處理時間為獎勵之強化學習，產生導出上述參數之學習模型，

將使用上述學習模型而導出之參數應用於包含上述基板處理裝置之一個或複數個基板處理裝置中之基板處理。

【請求項17】

一種基板處理系統，其包含基板處理裝置及控制裝置，

上述基板處理裝置構成為執行包含如下工序之處理，即

- a)對被處理體進行局部蝕刻而於上述被處理體形成凹部；
- b)於形成於上述被處理體之凹部的側壁形成保護膜；
- c)進一步對形成有上述凹部及上述保護膜之被處理體進行蝕刻；及
- d)反覆執行上述b)及上述c)；

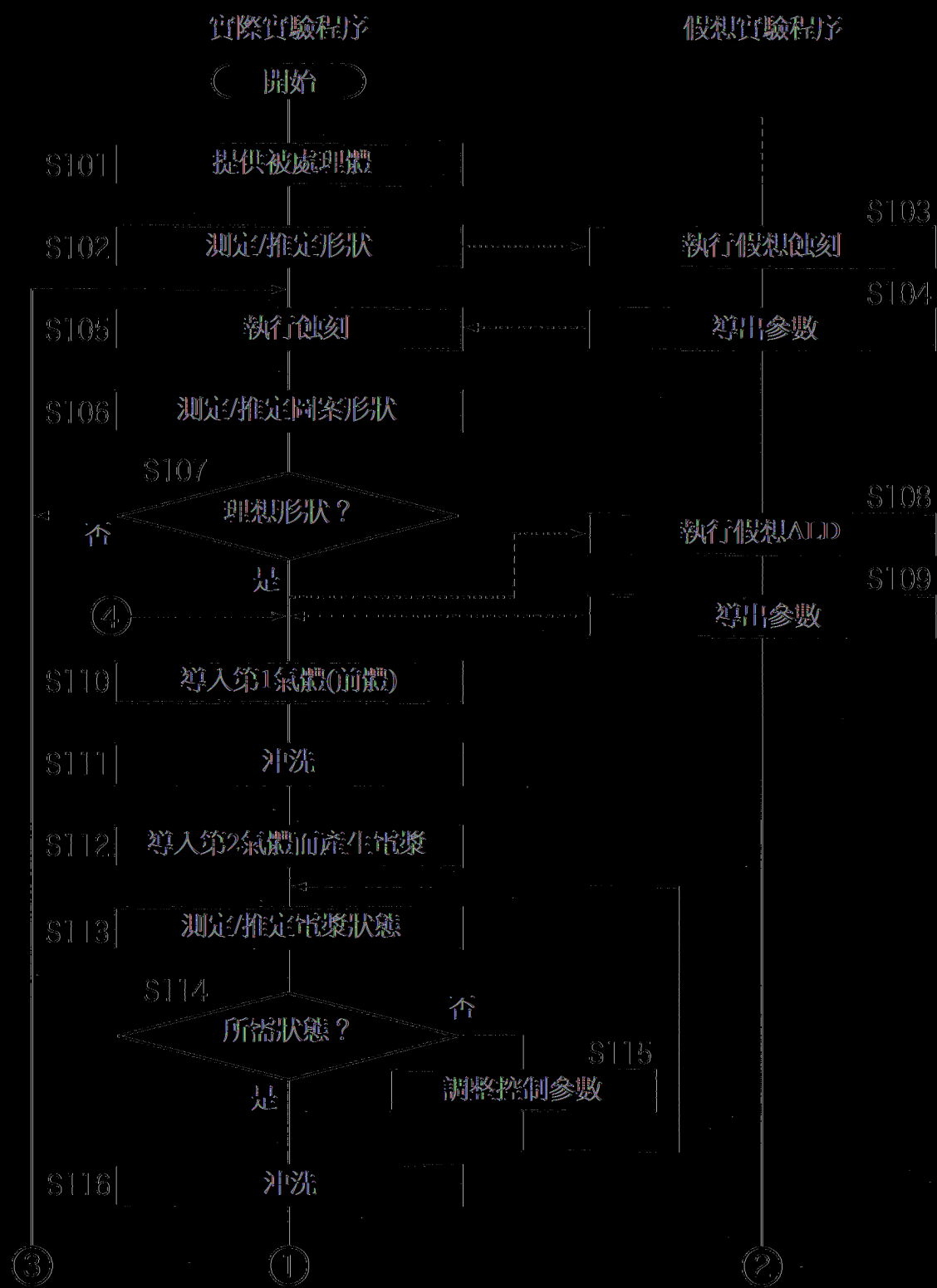
上述控制裝置構成為執行包含如下工序之處理，即

i)獲取表示上述a)至上述d)中任一處理後之上述被處理體之形狀的第1資料；

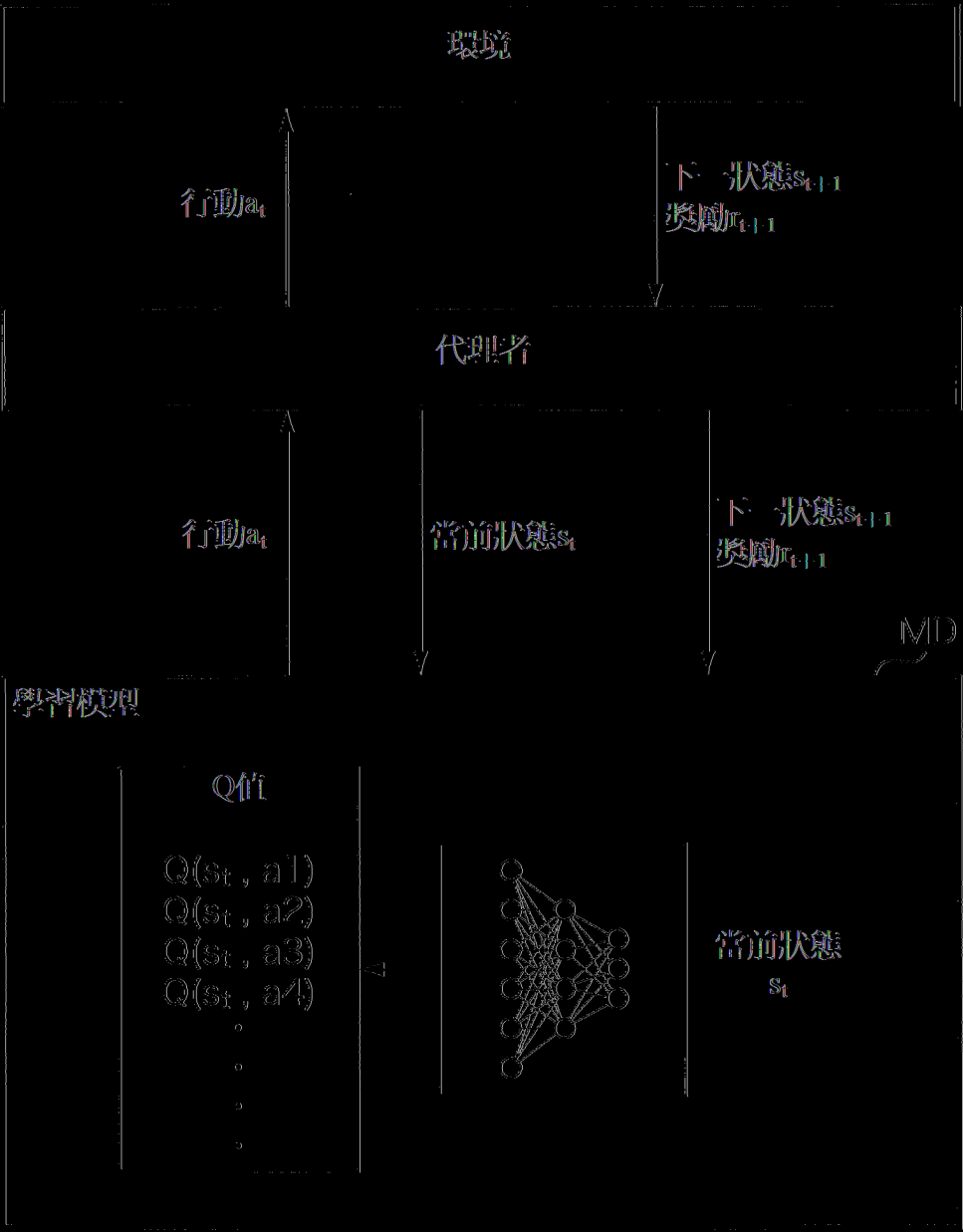
ii)對上述被處理體進行模擬上述a)至上述d)之假想實驗，獲取表示該假想實驗後之上述被處理體之形狀之第2資料；及

iii)基於上述第1資料與上述第2資料，導出要應用於上述a)至上述d)之至少一者的參數。

2. Method



|(圖6)|



[(圖11)]

