



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I529801 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 04 月 11 日

(21)申請案號：101107151

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 03 月 03 日

(51)Int. Cl. : H01L21/3065(2006.01)

H01L21/20 (2006.01)

H01L21/66 (2006.01)

(30)優先權：2011/03/07 日本

2011-049680

(71)申請人：瑞穗資訊總研股份有限公司(日本) MIZUHO INFORMATION & RESEARCH
INSTITUTE, INC. (JP)

日本

(72)發明人：小野耕平 ONO, KOHEI (JP)；岩崎拓也 IWASAKI, TAKUYA (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

JP 特表 2010-530643A

JP 特開 2011-44656A

US 2007/0174808A1

審查人員：黃鼎富

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：11 共 45 頁

(54)名稱

依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置與模擬方法及程式

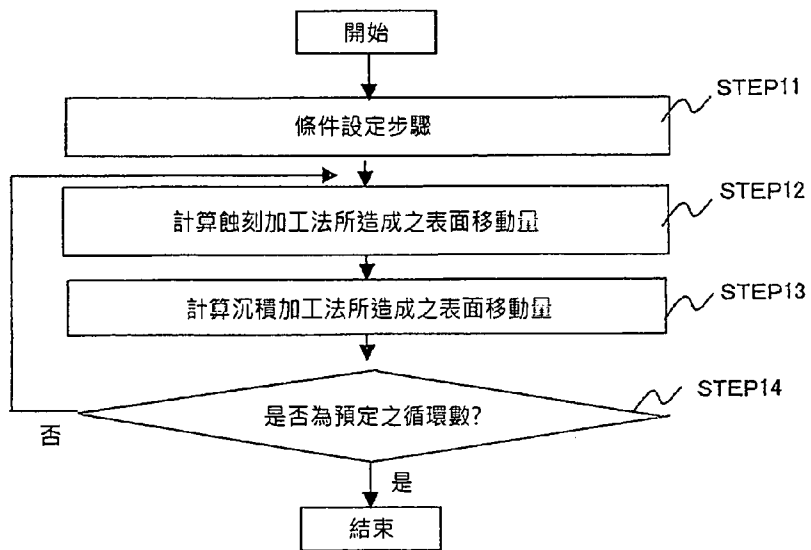
SIMULATION APPARATUS, SIMULATION METHOD AND PROGRAM FOR PREDICTING
PROCESSED SHAPE CAUSED BY PLASMA PROCESS

(57)摘要

本發明提供一種依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置與模擬方法及程式，其方法係具備：條件設定步驟(STEP11)，係用以設定關於加工處理對象物的條件、包含將蝕刻加工法與沉積加工法設為 1 循環時之循環數之加工法條件及關於模擬的條件；蝕刻加工法表面移動量計算步驟(STEP12)，係用以計算根據蝕刻加工法之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及沉積加工法表面移動量計算步驟(STEP13)，係用以計算根據沉積加工法之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；並且藉由以條件設定步驟(STEP11)中所設定之循環數來重複進行蝕刻加工法表面移動量計算步驟(STEP12)與沉積加工法表面移動量計算步驟(STEP13)而求出藉由波希加工法所形成的加工形狀。

This invention provides a simulation apparatus, a simulation method and a program for predicting processed shape caused by plasma process, the simulation method including a conditions-setting step (STEP11) for setting conditions relevant to an object to be processed, process conditions containing a cycle number provided that an etching process and a deposition process are taken as one cycle, and conditions relevant to simulation, an etching process surface movement amount calculating step (STEP12) for calculating a surface movement amount caused by plasma etching based on conditions of etching process, and a deposition process surface movement amount calculating step (STEP13) for calculating a surface movement amount caused by plasma deposition based on conditions of deposition process, the etching process surface movement amount calculating step (STEP12) and the deposition process surface movement amount calculating step (STEP13) are repeated for the cycle number set in the condition setting step (STEP11), thereby obtaining a processed shape caused by Bosch process.

指定代表圖：



第6圖

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101107151

※申請日：101.3.03

※IPC 分類：

H01L 21/3035 (2006.01)

H01L 21/20 (2006.01)

H01L 21/66 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置與模擬方法及程式
 SIMULATION APPARATUS, SIMULATION METHOD AND PROGRAM FOR
 PREDICTING PROCESSED SHAPE CAUSED BY PLASMA PROCESS

二、中文發明摘要：

本發明提供一種依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置與模擬方法及程式，其方法係具備：條件設定步驟(STEP11)，係用以設定關於加工處理對象物的條件、包含將蝕刻加工法與沉積加工法設為1循環時之循環數之加工法條件及關於模擬的條件；蝕刻加工法表面移動量計算步驟(STEP12)，係用以計算根據蝕刻加工法之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及沉積加工法表面移動量計算步驟(STEP13)，係用以計算根據沉積加工法之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；並且藉由以條件設定步驟(STEP11)中所設定之循環數來重複進行蝕刻加工法表面移動量計算步驟(STEP12)與沉積加工法表面移動量計算步驟(STEP13)而求出藉由波希加工法所形成的加工形狀。

三、英文發明摘要：

This invention provides a simulation apparatus, a simulation method and a program for predicting processed shape caused by plasma process, the simulation method including a conditions-setting step (STEP11) for setting conditions relevant to an object to be processed, process conditions containing a cycle number provided that an etching process and a deposition process are taken as one cycle, and conditions relevant to simulation, an etching process surface movement amount calculating step (STEP12) for calculating a surface movement amount caused by plasma etching based on conditions of etching process, and a deposition process surface movement amount calculating step (STEP13) for calculating a surface movement amount caused by plasma deposition based on conditions of deposition process, the etching process surface movement amount calculating step (STEP12) and the deposition process surface movement amount calculating step (STEP13) are repeated for the cycle number set in the condition setting step (STEP11), thereby obtaining a processed shape caused by Bosch process.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 6 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

該代表圖無元件符號及其所代表之意義。

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

本案無化學式。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於用以預測藉由電漿加工法(plasma process)所加工之加工處理對象物之加工形狀之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置與模擬方法及程式。

【先前技術】

在將半導體進行微細加工之技術(Semiconductor microfabrication technology)之一中有電漿蝕刻加工法(plasma etching process)。其中，有一種波希加工法(Bosch process)用來將半導體基板作垂直深掘蝕刻(例如請參照專利文獻1)。在此波希加工法中，係將在加工面形成保護膜的沉積加工法(deposition process)、及將加工面中形成於孔底面之保護膜予以去除並進一步將基板進行蝕刻的蝕刻加工法設為一循環(cycle)並進行複數次的循環。

在此種蝕刻裝置中，係使用例如高頻電源做為電漿產生源，且在藉由真空泵(pump)排氣的腔室(chamber)內設置加工處理對象物，且從氣體導入口使含有反應性氣體的氣體流入於腔室內，並藉由電漿產生源將氣體分解予以電漿化。此時，將直流、交流、高頻等之偏壓功率(bias power)施加於加工處理對象物，並調整入射於加工處理對象物之離子(ion)的量或能量(energy)。在波希加工法中，係在沉積加工法與蝕刻加工法中，反復使用不同的混合氣體。例如，在沉積加工法中，係產生 C_4F_8 電漿而在孔的底面及側

面形成保護膜，而在蝕刻加工法中則係產生 SF_6 電漿。蝕刻加工法係分成複數個階段，首先係將在沉積加工法所形成之保護膜中形成於孔之底面部分的保護膜予以去除，接著將該已去除保護膜的 Si 基板進行蝕刻。藉由將該沉積加工法與蝕刻加工法設為 1 循環並重複進行，來抑制蝕刻的朝 Si 基板橫方向之擴展，且一面維持垂直的側面一面形成往深度方向深入延伸的孔。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1] 日本專利特開 2007-129260 號公報

[非專利文獻 1] A. MISAKA, K. HARAFUJI, M. KUBOTA AND N. NOMURA, "Novel Surface Reaction Model in Dry-Etching Process Simulator", JPN. J. APPL. PHYS 31 PAGE. 4363-4669(1992)

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

在上述沉積加工法中，由於係在進行半導體微細加工時，謀求加工法條件的最佳化，或設定非異常加工的條件，因此有賴於經驗來試行錯誤，故耗費時間與勞力。

因此，本發明之目的係在於提供一種可用來預測藉由波希加工法所形成之加工處理對象物之加工形狀之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置。本發明之另一目的係在於提供一種該預測模擬的方法及程式。

[用以解決課題之手段]

為了達成上述一目的，本發明提供一種依電漿加工法之加工處理對象物的加工形狀的預測模擬裝置，係具備：

條件設定手段，係用以設定關於加工處理對象物的條件、包含將蝕刻加工法與沉積加工法設為 1 循環時之循環數之加工法條件、及關於模擬的條件；

通量(flux)資訊資料庫，係儲存有關於照射於加工處理對象物之加工表面之通量之能量分布及／或照射角度分布之資料；

化學反應資料庫，係儲存有蝕刻及沉積之各加工法中之化學反應資料；

軌道計算手段，係計算由於加工表面中之電荷分布所產生之電場分布而求出入射至加工表面之荷電粒子之軌道；

比率(rate)計算手段，係根據在軌道計算手段所求取之荷電粒子的軌道而求出入射至加工表面之各種離子，且使用儲存於通量資訊資料庫及化學反應資料庫之資料，進行加工表面之各區域中之反應計算，以求出蝕刻率及沉積率；

表面移動量計算手段，係從在比率計算手段所求取之蝕刻率與沉積率之差分來算出表面移動量；及

計算控制手段，係根據關於藉由條件設定手段所設定之加工處理對象物之條件及關於模擬之條件，重複進行：根據藉由條件設定手段所設定之蝕刻加工法之條件而由表面移動量計算手段所進行的表面移動量的算出、及根據藉

由條件設定手段所設定之沉積加工法之條件而由表面移動量計算手段所進行的表面移動量的算出。

為了達成上述其他目的，本發明提供一種依電漿加工法之加工形狀的預測模擬方法，係具備：

條件設定步驟，係用以設定關於加工處理對象物的條件、包含將蝕刻加工法與沉積加工法設為 1 循環時之循環數之加工法條件及關於模擬的條件；

蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據蝕刻加工法之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及

沉積加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據沉積加工法之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；

藉由以條件設定步驟中所設定之循環數來重複進行蝕刻加工法表面移動量計算步驟與沉積加工法表面移動量計算步驟而求出所形成的形狀。

為了達成上述再另一目的，本發明提供一種依電漿加工法之加工形狀的預測模擬程式，係具備：

條件設定步驟，係用以設定關於加工處理對象物的條件、包含將蝕刻加工法與沉積加工法設為 1 循環時之循環數之加工法條件及關於模擬的條件；

蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據蝕刻加工法之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及

沉積加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據沉積加工法之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；

藉由以條件設定步驟中所設定之循環數來重複進行蝕

刻加工法表面移動量計算步驟與沉積加工法表面移動量計算步驟而求出所形成的形狀。

[發明效果]

依據本發明，可預測藉由波希加工法所形成之加工形狀，藉此即易於設定將藉由沉積加工法所形成之保護膜予以去除之蝕刻加工法的條件，而且易於進行波希加工法之最佳條件的探索。

【實施方式】

以下參考圖式來詳細說明本發明之實施形態。

[在本發明之實施形態中進行模擬之電漿加工法處理]

在本發明之實施形態中所要實現的模擬，係用來預測在將遮罩(mask)配置於 Si 等半導體之基板本身或於基板上疊層有絕緣膜、金屬膜等各種膜者(以下簡稱為「加工處理對象物」)之後，藉由以蝕刻加工法與沉積加工法為 1 循環而重複進行複數次循環所形成之孔的形狀及其尺寸者。藉此，可預測孔的剖面形狀、孔的深度方向之形狀、及該等孔的尺寸。此加工法其本身被稱為波希工法，是習知的加工技術。在波希加工法中，係藉由沉積加工法來形成保護膜，以使在藉由蝕刻加工法進行掘孔時孔的側面不會被蝕刻而使孔徑擴大。

蝕刻加工法大致上可區分成將藉由沉積加工法形成於孔底面的保護膜予以去除的加工法(以下簡稱為「第 1 蝕刻加工法」)及在將孔底面之保護膜去除之後將孔加深的加工法(以下簡稱為「第 2 蝕刻加工法」)。在第 1 蝕刻加工法

中，係使用例如 SF_6 電漿，且施加於載置加工處理對象物之工作台(stage)之偏壓功率較大，用以將底部的保護膜去除。相對於此，在第 2 蝕刻加工法中，即使例如使用相同的 SF_6 電漿，仍將施加於工作台的偏壓功率設為較小。此乃可推測為由於在第 2 蝕刻加工法中，因為要將孔進行深掘，而使在沉積加工法所形成之孔側壁部之保護膜難以去除之故。

在條件設定手段 11 中，針對蝕刻的各加工法，在前述之例方面係依第 1 蝕刻加工法、第 2 蝕刻加工法，將加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物之溫度及偏壓功率中之一個以上設定做為參數。所謂偏壓功率係指例如施加於載置加工處理對象物之工作台的直流、低頻、高頻等的功率。針對蝕刻之各加工法來改變上述的參數進行設定。亦可不依每一循環使蝕刻的各加工法不同而由 1 個蝕刻加工法來構成。亦可依每一循環而使蝕刻由 3 種以上的蝕刻加工法所構成。此外，關於沉積加工法中之加工法條件，亦可與蝕刻加工法相同，將加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物之溫度及偏壓功率中之一個以上設定做為參數。因此，加工法即為由依每一循環由一個或二個以上加工法條件所形成的蝕刻加工法、與由一個或二個以上之加工法條件所形成的沉積加工法所構成，且依每一循環在蝕刻加工法與沉積加工法之各加工法內之加工法條件數係可一致，亦可不同。

在本發明之實施形態中，係可藉由模擬此種藉由深掘

加工所形成孔的形狀，在現實的電漿加工裝置中賦予設定加工法條件的準則。

[依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置]

第 1 圖係為本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置 10 之構成圖。本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置 10 係具備：條件設定手段 11、通量資訊資料庫 12、化學反應資料庫 13、軌道計算手段 14、比率計算手段 15、表面移動量計算手段 16、及計算控制手段 17。此預測模擬裝置 10 係可在電腦上藉由執行依電漿加工法之加工形狀的預測模擬程式來實現該裝置的各要素。因此，依電漿加工法之加工形狀的預測模擬程式亦可儲存在電腦所可讀取的記憶媒體。在此，所謂程式係為對於電腦的指令且為可獲得一結果所組合者。第 1 圖中雖未顯示，但上述預測模擬裝置係具備設有顯示器(display)的輸出入部等，用以進行模擬的開始指令、模擬結果顯示所需的指令、及對於條件設定手段 11 的輸入指令等，並且顯示模擬結果。

以下詳細說明第 1 圖所示之裝置的各構成。

條件設定手段 11 係用以設定各種條件者。以各種條件而言，例如有加工處理對象物的條件、關於加工法的條件及關於模擬的條件。

以關於加工處理對象物之條件的項目而言，例如有要深掘之加工處理對象物或遮罩等之形狀及尺寸等，而關於加工處理對象物的條件包括有交界條件。

在關於加工法的條件中，包括有蝕刻條件、沉積條件、及循環數等。蝕刻條件、沉積條件的項目均例如有加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物之溫度及偏壓功率等。蝕刻條件、沉積條件不需在一循環內固定，亦可在一循環中設定不同的蝕刻條件、沉積條件。在一循環中之蝕刻條件的數量、沉積條件的數量，係可依照循環的順序來任意設定，亦可不依照循環的順序來任意設定。

至於關於模擬之條件的詳細內容將於後陳述，但有網格(mesh)、時間刻度寬度、線段(string)分割數等。

通量資訊資料庫 12 係儲存有關於照射於加工表面之通量的資料者。由於在通量中有荷電粒子與自由基(radical)，因此個別儲存有資料。

以關於荷電粒子之通量的資料項目而言，係有離子種類、能量分布及角度分布、強度等。依據關於在條件設定手段 11 設定之加工法之條件，例如有 Cl_2^+ 、 SF_5^+ 等各種離子或電子之荷電粒子通量的能量分布、角度分布、強度等的資料。此外有藉由軌道計算手段 14 所求出之離子通量之角度分布的結果。

以關於自由基通量之資料項目而言，係有自由基種類、能量分布及角度分布、強度等。依據關於在條件設定手段 11 設定之加工法之條件，例如有關於 CF_3^* 、 F^* 、 O^* 等各種自由基通量之能量分布、角度分布、強度等的資料。

在化學反應資料庫 13 中，係儲存有蝕刻及沉積之各加

工法中之化學反應資料。在化學反應資料中，係有在由軌道計算手段 14 所做軌道計算中所需的資料、及在由表面移動量計算手段 16 所做的反應計算中所需的資料。因此，在化學反應資料庫 13 中，係儲存有材料物性的資料與關於表面反應的資料。例如，在軌道計算手段 14 中由於要使用波桑(Poisson)之方程式或牛頓(Newton)之運動方程式來進行解析，因此在化學反應資料庫 13 儲存有各材料之介電常數或導電率、離子種類或電子之質量等資料。在表面移動量計算手段 16 中由於要進行自由基吸附反應計算、離子反應計算及熱激發型化學反應計算，因此在化學反應資料庫 13 儲存在各計算中所需要之每一反應的各種係數。在表面移動量計算手段 16 中由於需要關於反應式、自由基及離子的吸附率、脫離率、活性化能量、反應產生物從表面再釋放出時的角度分布或能量分布等的資料，因此關於該等資料亦儲存在化學反應資料庫 13。

在此說明儲存於化學反應資料庫 13 的反應式。

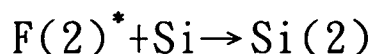
例如，以蝕刻加工法中之化學反應而言係有以下所示者。

以離子蝕刻過程之一反應而言，係可列舉：



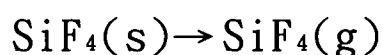
藉由離子 SF_x^+ 使加工表面上之蒸發物 SiF_4 進行蝕刻反應而使反應產生物 $\text{F}(2)^*$ 脫離。脫離率的值係設定做為能量、角度的函數或不取決於此等函數的常數。另外，所謂 $\text{F}(2)^*$ 中之 (2)，在此係為用以與未例示之 F^* 區別的記號。

此外，以中性粒子之吸附過程之一反應而言，係可列舉：



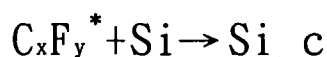
中性粒子自由基 $F(2)^*$ 係與加工表面上的 Si 反應而產生蒸發物 $Si(2)$ 。吸附率的值係設定做為能量、角度的函數或不取決於此等函數的常數。另外，所謂 $Si(2)$ 中之 (2)，在此係為用以與未例示之 Si 區別的記號。

此外，以熱激發蝕刻過程之一反應而言，係可列舉：



加工表面上之 $SiF_4(s)$ 係藉由熱激發而做為 $SiF_4(g)$ 脫離。反應係數、活性化能量之各值係設定做為能量、角度的函數或不取決於此等函數的常數。

另一方面，在沉積加工法的反應中，以中性粒子之吸附過程之一反應而言，係可列舉：



$C_xF_y^*$ 係附著於 Si 上而形成 Si_c 。吸附率的值係設定做為能量、角度的函數或不取決於此等函數的常數。

關於如以上反應式的資訊，係與自由基及離子之吸附率、脫離率、活性化能量、反應產生物從表面再釋放出時之角度分布或能量分布一同儲存於化學反應資料庫 13。

在此，以材料物性的資料而言，除在基板表面之反應產生物名與蝕刻、沉積之任一者的組合以外，尚有原子數密度、分子數密度等粒子數密度、吸附位置(site)的面密度、比介電率、消滅因子、導電性材料的導電率、電性質(例

如導電體或絕緣體的區別)、每一波長的光吸收係數、每一波長的缺陷產生係數等，均依每一材料儲存於化學反應資料庫 13。在此，所謂「材料」係指用以形成反應產生物、基板材料者。另一方面，在表面反應的資料中，係包括中性粒子吸附模型、離子反應模型、熱激發型化學反應模型中的各資料。以關於中性粒子吸附反應模型的資料項目而言，係有藉由吸附反應的反應產生物名、入射自由基及每一反應產生物的吸附率、自由基吸附的角度依存性、自由基的反射率等。以關於離子反應模型的資料項目而言，係有產生離子輔助(assist)反應的基板材料或反應產生物名及離子名的組合、脫離率、離子輔助反應的反應率等。以關於熱激發型化學反應模型的資料項目而言，係有熱激發型化學反應的反應係數、活性化能量等。

軌道計算手段 14 係用以算出在比率計算手段 15 中所必要之荷電粒子的軌跡者，且根據入射於加工表面之電子或離子之密度及能量分布以及加工表面中之電荷分布來求出從電漿入射於加工表面之荷電粒子的軌道。軌道計算手段 14 係根據在條件設定手段 11 所設定或在軌道計算手段 14 之計算所更新之關於加工處理對象物的交界條件、在通量資訊資料庫 12 所輸入或更新之自由基或離子的種類或密度、及在化學反應資料庫 13 所輸入之介電常數、導電率之材料的物性值、離子種類、原子質量等來計算電位分布，且計算流入於基板之電子及離子之各軌跡。具體而言，係從加工表面中之電荷的蓄積分布，來求波桑方程式的解，

藉此來計算由於電荷蓄積分布所產生的電場。之後，從該電場分布，來計算流入於基板表面之荷電粒子的軌跡。

藉由計算離子軌道，來求出離子通量分布做為能量及角度的函數。此等之值係亦可儲存於通量資訊資料庫 12，且在藉由比率計算手段 15 所做的計算中使用。

比率計算手段 15 係根據儲存於通量資訊資料庫 12 或化學反應資料庫 13 的各資料來進行加工表面之各區域中之反應計算，或根據經過在軌道計算手段 14 所求取之荷電粒子之軌道而入射於加工表面之各種離子之種類、量來進行加工表面之各區域中之反應計算。藉此，來求取蝕刻率及沉積率。具體而言，比率計算手段 15 係從自電漿流入的自由基、離子之各通量密度、吸附於加工處理對象物表面的吸附機率、化學反應率、反射率等，在加工表面之各點中，來求出蝕刻率及沉積率。

表面移動量計算手段 16 係從藉由比率計算手段 15 所求取之蝕刻率與沉機率的差分來計算表面的移動量，且計算例如晶圓之剖面形狀的經時變化。關於計算的詳細內容將於後陳述。

藉由比率計算手段 15 與表面移動量計算手段 16，一面根據藉由軌道計算手段 14 所做出的算出結果來參照儲存於化學反應資料庫 13 的資料，一面算出由於自由基吸附反應、離子輔助反應、熱激發型化學反應所產生的表面移動量。

計算控制手段 17 係根據關於藉由條件設定手段 11 所

設定之模擬的條件而重複進行接下來的 2 個算出處理之手段。一個算出處理係依據關於在藉由條件設定手段 11 所設定之蝕刻加工法中之加工法的條件而藉由表面移動量計算手段 16 來算出表面移動量。另一個算出處理則係依據關於在藉由條件設定手段 11 所設定之沉積加工法中之加工法的條件而藉由表面移動量計算手段 16 來算出表面移動量。重複的次數係由設定做為關於條件設定手段 11 之加工法之條件的循環數來決定。

在第 1 圖所示之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置 10 中，係如以下方式就波希加工法進行模擬。預先在條件設定手段 11 中進行設定關於加工處理對象物的條件、及關於加工法之條件及模擬的條件。接著，計算控制手段 17 一面使用軌道計算手段 14 及比率計算手段 15 一面藉由表面移動量計算手段 16 來求出由蝕刻所產生的蝕刻量與由沉積所產生的沉積量。此時，參照儲存於通量資訊資料庫 12 及化學反應資料庫 13 的各資料。

再者，針對條件設定手段 11 依每一循環按蝕刻之加工法條件的順序將例如蝕刻時間及偏壓功率設定做為參數，藉此由計算控制手段 17 依據在條件設定手段 11 所設定的條件來控制表面移動量計算手段 16。藉此，依每一循環按蝕刻之加工法條件的順序來算出表面移動量。只要參數係為加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物之溫度及偏壓功率中之一個或複數個，則無需要做為加工法時間之蝕刻時間、偏壓功率的組合。

[依電漿加工法之加工形狀的預測方法]

以下，具體說明利用本發明之實施形態的依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置 10 來進行加工形狀之預測模擬的方法。

[前提]

首先以說明如何預測依電漿加工法的加工形狀為前提，概要地針對如何描述加工表面的狀態，如何描述其表面狀態的變化進行說明。

第 2 圖為利用電漿蝕刻之基板表面的加工模樣之示意圖。於基板表面以離子蝕刻時，在加工表面會產生化學反應及濺鍍(sputtering)。因此，首先以離散的黑點(●)來表示基板表面的輪廓，黑點之間以直線連結。茲將此直線稱為線段(string)。當自由基或離子射入到表面時，在表面即產生化學反應或濺鍍，而自由基會吸附於基板表面上或脫離。將該等情形表示做為沉積率、蝕刻率，且藉由此等的差分求取蝕刻速度或成膜速度，使線段移動。以下的說明是針對二次元的情形進行說明，但即使是三次元的情形也同樣可適用。此外，藉由電漿之沉積之情形在第 2 圖所示的示意圖中，不過是線段所做移動的方向相反而已。

第 3 圖為顯示加工表面形狀的一般性計算的概略流程之圖。如第 4 圖所示，以線段點(一般係以「在加工表面的各點」)來區隔實線所示的抗蝕(resist)表面，且如虛線所示藉由線段(一般係為「要素」)使鄰接之線段點彼此近似於加工表面。茲考慮在此線段上描述表面反應。當將基

板材料的表面佔有率設為 θ_0 ，材料 m 的表面佔有率設為 θ_m ，吸附位置的面密度設為 σ_s 時，則以下式成立做為約制條件。

[數式 1]

$$\theta_0(P, t) + \sum_{m=1}^N \theta_m(P, t) = 1 \quad (1)$$

[數式 2]

$$\theta_m(P, t) \geq 0 \quad \text{for } m = 0, 1, \dots, N \quad (2)$$

此外，一般，將材料 m 的每單位時間的產生數設為 G_m ，材料 m 的每單位時間的消滅數設為 H_m ，則以下的基本方程式成立。

[數式 3]

$$\sigma_s \frac{d\theta_0}{dt}(P, t) = - \sum_{m=1}^N [G_m(P, t) - H_m(p, t)] \quad (3)$$

[數式 4]

$$\sigma_m \frac{d\theta_m}{dt}(P, t) = G_m(P, t) - H_m(P, t) \quad \text{for } m = 0, 1, \dots, N \quad (4)$$

因而，藉由約制條件解出基本方程式，算出各吸附自由基的表面覆蓋率(STEP1-1)。另外，材料 m 也有稱為自由基的情形。

接著，算出蝕刻率和沉積率(STEP1-2)。在此，蝕刻率係以利用熱激發型化學反應的蝕刻率與利用物理濺鍍的蝕刻率與利用離子輔助反應的蝕刻率之和算出。沉積率係以

利用沉積物大量投入效應的沉積率與利用沉積物產生的沉積率與利用離子輔助反應的沉積率之和算出。電漿的蝕刻率及沉積率分別以以下的公式求取(非專利文獻 1)。

亦即，將蝕刻率 ER 分解成如同式(5)。 ER_{total} 為吸附自由基所覆蓋的表面之熱激發型化學反應蝕刻率， $ER_{physical}$ 為對利用高能量離子之清淨的被蝕刻材料表面之物理濺鍍的蝕刻率， $ER_{ionassisted}$ 為利用高能量離子之蝕刻率，且為對覆蓋於吸附自由基之表面之利用物理和化學濺鍍(亦稱為「離子輔助反應」)的蝕刻率。

[數式 5]

$$ER_{total} = ER_{thermal} + ER_{physical} + ER_{ionassisted} \quad (5)$$

各蝕刻率 $ER_{thermal}$ 、 $ER_{physical}$ 和 $ER_{ionassisted}$ 可以依以下的方式決定。點 P 的熱激發型化學反應蝕刻率 $ER_{thermal}$ 則以式(6)來表示。

[數式 6]

$$ER_{thermal}(P) = \frac{1}{\rho} \sum_n k_0^{(n)} \theta_n(P) \exp\left(-\frac{E_a^{(n)}}{k_B T}\right) \quad (6)$$

在此， ρ 為基板的密度， $k_0^{(n)}$ 為有關自由基 n 的係數， θ_n 為自由基 n 的表面佔有率， $E_a^{(n)}$ 為活性能量， k_B 為波茲曼常數， T 為基板的溫度。由式(6)可得知， $ER_{thermal}$ 為有關自由基 n 的和。

點 P 中之利用物理濺鍍的蝕刻率 $ER_{physical}$ 係以式(7)來表示。

[數式 7]

$$ER_{physical}(P) = \frac{1}{\rho} \sum_i \int_0^{\epsilon_{max}} Y_i^{physical}(\epsilon) F_i(P, \epsilon) \theta_0(P) d\epsilon \quad (7)$$

在此， ϵ_{max} 為入射離子的最大能量， $Y_i^{physical}(\epsilon)$ 為離子 i 的物理濺鍍收率， $F_i(P, \epsilon)$ 為具有能量 ϵ 的點 P 之入射離子 i 的通量， $\theta_0(P)$ 為點 P 之清淨的基板表面的佔有率。

由式(7)可得知， $ER_{physical}$ 為關於反應性離子與非反應性離子的兩者之離子 i 的和。

點 P 之利用離子輔助反應的蝕刻率 $ER_{ion\ assisted}$ 係以式(8)來表示。

[數式 8]

$$ER_{ion\ assisted}(P) = \frac{1}{\rho} \sum_i \sum_j \int_0^{\epsilon_{max}} Y_{ij}^{ion\ assisted}(\epsilon) F_i(P, \epsilon) \theta_j(P) d\epsilon \quad (8)$$

在此， ϵ_{max} 為入射離子的最大能量， $Y_{ij}^{ion\ assisted}(\epsilon)$ 為離子 i 所形成的自由基 j 從表面反應層脫離的收率， $F_i(P, \epsilon)$ 為具有能量 ϵ 的點 P 之入射離子 i 的通量， $\theta_j(P)$ 為點 P 之自由基 j 的表面佔有率。 $ER_{ion\ assisted}$ 為反應性離子與非反應性離子的兩者之離子 i 的和，且為包括基板表面材料之自由基 j 全體的和。

沉積率 DR 可以分解成如同式(9)。式(9)右邊的第 1 項為利用沉積物大量投入效應之沉積率。式(9)的第 2 項為利用入射自由基與表面反應層的自由基反應而產生沉積物的效應之沉積率。式(9)的第 3 項為藉由離子輔助反應使沉積物從表面反應層脫離的效應之沉積率。

[數式 9]

$$DR_{total}(P) = DR^{(1)}(P) + DR^{(2)}(P) - DR^{(3)}(P) \quad (9)$$

在點 P 利用沉積物大量投入效應之沉積率係以式(10)來表示。

[數式 10]

$$DR^{(1)}(P) = \frac{I}{\rho_d} \sum_m \left[\sigma_{m0}(\varepsilon) \theta_0(P) + \sum_k \sigma_{mk}(\varepsilon) \theta_k(P) \right] F_m(P) \quad (10)$$

在此， ρ_d 為沉積層的密度， $\sigma_{m0}(\varepsilon)$ 為自由基 m 與清淨的被蝕刻材料膜之間的吸附率， $\sigma_{mk}(\varepsilon)$ 為自由基 m 與形成在被蝕刻材料膜上之自由基 k 的吸附層膜之間的吸附率。 ε 為自由基 m 的能量。

從數式(10)可得知，以涵蓋被置換成自由基 m 之全部的 k 之方式加算形成在被蝕刻材料膜上的自由基 k，再以涵蓋全部的沉積物之方式加算 m。

在點 P 利用具有能量 ε 的入射自由基與表面反應層的自由基反應而產生沉積物的效應之沉積率係以式(11)來表示。

[數式 11]

$$DR^{(2)}(P) = \frac{I}{\rho_d} \sum_m \sum_{l \neq m} \left[\sigma_{l0}^{(m)}(\varepsilon) \theta_0(P) + \sum_{k \neq m} \sigma_{lk}^{(m)}(\varepsilon) \theta_k(P) \right] F_l(P) \quad (11)$$

在此， $\sigma_{l0}^{(m)}(\varepsilon)$ 係因飛來的自由基 l 與清淨的被蝕刻材料膜之間的反應而產生沉積物 m 的產生率， $\sigma_{lk}^{(m)}(\varepsilon)$ 係因飛來的自由基 l 與被蝕刻材料膜上所形成之自由基 k 的吸附層膜之間的反應而產生沉積物 m 的產生率。

在點 P 供具有能量 ε 的離子入射且沉積物從表面反應層脫離的反應，一般係稱為離子輔助反應，依據此離子輔助反應的效應之沉積率係以式(12)來表示。

[數式 12]

$$DR^{(3)}(P) = \frac{1}{\rho_d} \sum_m \sum_{l \neq m} \int_0^{\varepsilon_{max}} \left[\sum_l Y_{im}^{(l)}(\varepsilon) \right] \theta_m(P) F_i(P, \varepsilon) d\varepsilon \quad (12)$$

在此， ρ_d 為沉積層的密度， $Y_{im}^{(l)}(\varepsilon)$ 為從表面反應層脫離之反應產生物 l 的收率，也考量沉積物 m 分解成自由基 l 。

接著，求出各線段 P 的移動速度(STEP1-3)。亦即，從蝕速率與沉積率的差來看，蝕速率若比沉積率還大，則蝕刻就會進展，相反地，沉積率若比蝕速率還大，則沉積就會進展。然後，使描述任一時間的表面之線段點相互連結，藉此可求取表面移動速度，且求取其任一時間之基板表面的形狀，而成為可輸出顯示關於形狀的結果(STEP1-4)。第 5 圖為顯示以此方式求取的形狀變化。

[依電漿加工法之加工形狀的預測模擬方法的概略]

茲說明藉由第 1 圖所示之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置 10 進行加工形狀之預測模擬之方法的概略。第 6 圖係為藉由本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬程式所實現之加工形狀之預測模擬方法之流程的概略圖。如第 6 圖所示，依電漿加工法之加工形狀的預測模擬方法係具備：條件設定步驟 STEP11，用以設定關於加工處理對象物的條件、包含將蝕刻加工法與沉積加工法設為 1 循環時之循環數而在各加工法中之條件及

關於模擬的條件；蝕刻加工法表面移動量計算步驟 STEP12，用以計算根據蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及沉積加工法表面移動量計算步驟 STEP13，用以計算根據沉積加工法中之條件之電漿沉積所造成之表面移動量。藉由將蝕刻加工法表面移動量計算步驟 STEP12 與沉積加工法表面移動量計算步驟 STEP13 重複至預定的循環數，亦即重複至在 STEP14 中成為 Yes(是)，來預測所形成的形狀。

[荷電粒子的軌道計算、工表面形狀的計算]

一面說明第 1 圖所示之表面移動量計算手段 16 如何利用軌道計算手段 14 及比率計算手段 15 來預測表面加工形狀，一面詳細說明本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬方法。第 7 圖係顯示第 6 圖所示之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬方法之詳細流程的前半圖，第 8 圖係顯示第 7 圖所示之流程的後半圖。

在 STEP11 中，係藉由輸入操作來設定關於加工處理對象物的條件、將蝕刻加工法與沉積加工法設為 1 循環時之循環數及各加工法中之條件以及關於模擬的條件，並且就照射通量的設定、蝕刻及沉積之加工法中之化學反應，一面參照通量資訊資料庫 12 及化學反應資料庫 13 一面設定。

具體而言，在 STEP11-1 中，係包括加工處理對象物之材質再加上交界條件來設定加工處理對象物、遮罩等之形狀及尺寸做為關於加工處理對象物的條件。

在 STEP11-2 中，係設定波希加工法中之蝕刻加工法條

件及沉積加工法條件以及循環數等做為關於加工法的條件。具體而言，係設定例如 1 循環中之蝕刻加工法與沉積加工法之時間的比或各時間、用以去除蝕刻加工法中之孔底部之保護膜之加工法與用以進行深掘經去除保護膜之後之孔底面的加工法之時間的比或各時間、及循環數或用以進行深掘孔之加工法之 1 循環的重複次數。此時，偏壓功率施加的有無與大小等亦一併設定。

在 STEP11-3 中，係一面參照通量資訊資料庫 12，一面根據關於在 STEP11-2 中所設定之加工法的條件來設定自由基之各資料項目。至於反應產生物從表面再釋放出時之角度分布或能量分布等亦予以設定。

在 STEP11-4 中，係設定蝕刻及沉積之各加工法中之化學反應。具體而言，係對應在 STEP11-1、STEP11-2 中所設定之加工處理對象物的種類、氣體種類等就材料物性資料與關於表面反應的資料，一面參照化學反應資料庫 13，一面取得反應式、自由基及離子的吸附率、脫離率、活性化能量等。

在 STEP11-5 中，係設定網格、時間刻度寬度、線段分割數等做為關於模擬的條件。例如，將成為加工處理對象物之基板的區域分割成複數個要素(網格)，且在相當於基板區域的要素設定材料的種類。藉由設定成為遮罩之部分的區域來決定加工表面的區域。

如此，在 STEP11 中，進行做為模擬對象之表面要素(在二次元的情況為線段)的設定，且移至循環的迴圈(loop)。

循環的迴圈係依序進行蝕刻加工法與沉積加工法之各模擬。

在蝕刻加工法之模擬(STEP12)中，係藉由重複進行電場分布之算出與荷電粒子之軌道計算來進行軌道計算步驟直到成為正常狀態(STEP12-1)。首先，進行軌道計算與離子通量分布的設定。

軌道計算係在軌道計算手段 14 中根據在條件設定手段 11 所設定或在軌道計算手段 14 的計算中所更新之關於加工處理對象物的交界條件、在通量資訊資料庫 12 所輸入或更新之自由基或離子之種類或密度、在化學反應資料庫 13 所輸入之介電常數、導電率之材料的物性值、離子種類、原子之質量等來計算電位分布方式進行。藉由以加工表面中之電荷蓄積量為交界條件來求波桑方程式的解而求出電場分布，並藉由牛頓的運動方程式來計算離子及電子的各軌道。由於求出了電場分布，因此考慮此電位差所形成之荷電粒子的加速度，可正確求出離子及電子之各速度及行進方向。

具體而言，在 STEP12-1A 中，係設入射之離子及電子到達加工表面來求出加工表面的電荷分布，且以在加工表面之各點中之電荷蓄積量為交界條件來解出波桑方程式而算出電場分布。再藉由電場分布將包含離子及電子之各荷電粒子的軌道以牛頓的運動方程式來求出。

在 STEP12-1B 中，係判斷此次所求出之電場分布與上次所求出之電場分布是否大致相同，若無法判斷係為相同

的範圍，則根據各離子的軌道、電子的軌道而處理成各離子、電子流入，再重新算出電荷分布(STEP12-1C)，且回到STEP12-1A。在判斷為藉由STEP12-1A所求出的電場分布與上次所求出之電場分布大致相同，亦即電場分布呈收斂時，加工表面的電場分布即成為正常，因此可以根據各離子的軌道及速度，對入射於加工表面之各點的離子設定做為角度及能量的函數。以此統計量而言，較佳為進行統計量偏差變小之足夠量的軌道計算。此外，在可以應用已經儲存於通量資訊資料庫12之函數時，軌道計算手段14亦可利用該函數。

接著，在STEP12-2中，比率計算手段15係從在STEP12-1所求出之荷電粒子的軌道、及依據輸入條件並以參照通量資訊資料庫12等方式依每一自由基種類將能量與角度做為參數輸入之入射分布，來進行以下之反應的計算。首先，就有關從外部入射於加工表面之荷電粒子或自由基等吸附於加工表面、或吸附之荷電粒子或自由基從加工表面脫離之反應，依粒子等之表面反應之所有種類的粒子，來設定入射能量或入射角等。再者，根據在加工表面之各點的各反應係數，從沿著在軌道算出步驟中所求出之軌道而入射於加工表面之各點的離子與自由基之入射通量分布，來算出各蝕刻率及沉積率。

接著，在STEP12-3中，從在各加工表面中蝕刻率與沉積率的差分來算出表面的移動量。

茲詳細說明在上述STEP12-2與STEP12-3所求取之表

面移動量的算出。

在 STEP12-2 中，係根據在 STEP11-3 所設定的通量條件與在 STEP11-4 所設定的各反應係數，來計算在各加工表面中表面材料與自由基之反應及／或表面材料與離子之反應，且重複至各材料之覆蓋率成為正常狀態為止。藉此，即可分別求出蝕刻率及沉積率。如前述的式(5)所示，蝕刻率係以熱激發型化學反應、物理濺鍍、離子輔助反應之各者所產生之蝕刻率的和來求取。如前述之式(9)所示，沉積率係以沉積物大量投入的效應、沉積物的產生、離子輔助反應各者所產生之沉積率的和來求取。參考此等每一反應的各係數來求出各比率，來算出加工表面的移動推移。然後，在 STEP12-3 中，由蝕刻率與沉積率的差分來算出加工表面的移動量。

接著，在 STEP12-4 中，從在 STEP12-3 之表面移動量之算出處理所求出之在加工表面之各點的移動速度，來判定是否滿足在加工條件所設定之加工量或加工時間，若不滿足時，就回到 STEP12-1 重新設定加工表面各點並回到軌道算出步驟。亦即，在未達到在 STEP12-3 所求出之蝕刻量所設定之蝕刻量時，就重複進行重新設定表面各點並回到 STEP12-1 的處理。另一方面，在達到在 STEP12-3 所求出之蝕刻量所設定之蝕刻量時，就從蝕刻加工法的迴圈脫離，移到沉積加工法。另外，亦可藉由蝕刻時間而非蝕刻量來判斷迴圈之處理的重複。

如第 8 圖所示，在沉積加工法之模擬(STEP13)中，亦

進行與蝕刻加工法之模擬(STEP12)相同的計算。亦即，在沉積加工法中，重複進行電場分布的算出與荷電粒子的軌道計算直到成為正常狀態為止(STEP13-1)。軌道計算手段 14 係重複進行 STEP13-1C、STEP13-1A 直到在 STEP13-1A、STEP13-1B 成為「Yes」。接著，在 STEP13-2 中，比率計算手段 15 係根據在加工表面之各點中之各反應係數，從沿著在軌道算出步驟(STEP13-1)所求出之軌道入射於加工表面之各點的離子與自由基之入射通量分布，來算出蝕刻率及沉積率。此時，從在 STEP13-1 所求出之荷電粒子的軌道與入射分布，藉由與蝕刻加工法相同的計算方法來進行反應的計算。該入射分布係以依據輸入條件來參照通量資訊資料庫 12 等方式而依每一自由基種類來輸入能量與角度做為參數。

接著，在 STEP13-3 中，從在 STEP13-2 所求出之蝕刻率與沉積率的差分來算出表面移動量。再者，在 STEP13-4 中，回到 STEP13-1 直到沉積加工法結束。

然後回到 STEP12，直到針對在波希加工法之條件設定(STEP11-2)中所設定之循環數進行蝕刻加工法與沉積加工法的各計算為止。

如此一來，在本發明之實施形態中，係具備：條件設定步驟，用以設定關於加工處理對象物的條件、包含將蝕刻加工法與沉積加工法設為 1 循環時之循環數之加工法條件及關於模擬之條件；蝕刻加工法表面移動量計算步驟，用以計算根據蝕刻加工法中之條件的電漿蝕刻所造成之表

面移動量；及沉積加工法表面移動量計算步驟，用以計算根據沉積加工法中之條件之電漿沉積所造成之表面移動量。藉由以在條件設定步驟中所設定的循環數來重複進行蝕刻加工法表面移動量步驟與沉積加工法表面移動量計算步驟而求出所形成的形狀。因此，可易於預測藉由波希加工法所形成的加工形狀。

如此，即可預測藉由波希加工法所形成的加工形狀，因此藉此即可容易進行用以去除藉由沉積加工法所形成之保護膜的蝕刻加工法之條件設定或波希加工法之最佳條件的探索。

第 9 圖係為使用本實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置 10 而進行最佳條件之探索時的流程圖。

在 STEP21 中，係模擬藉由蝕刻加工法將在沉積加工法中所形成之保護膜中沉積在孔底部的膜予以去除所需的時間。首先，將在沉積加工法之保護膜的沉積時間設定為固定的值並做複數設定做為蝕刻加工法的時間值，再依該複數設定之蝕刻加工法之每一時間，根據第 7 圖及第 8 圖所示的流程將波希加工法進行模擬(STEP21A)。然後從該等結果來預估用以去除孔底部之保護膜所需的時間(STEP21B)。藉此，即可預測用以去除在一定時間藉由沉積加工法所沉積之保護膜且為孔底部之區域的保護膜所需的時間。

接著，在 STEP22 中進行藉由波希加工法之最佳條件的探索步驟。茲將波希加工法中之蝕刻加工法，區分為用以

去除孔底部之保護膜的蝕刻加工法(第 1 蝕刻加工法)、及用以深掘之後要進行之孔的蝕刻加工法(第 2 蝕刻加工法)。

茲設定在 STEP21 所求出之時間做為用以去除第 1 蝕刻加工法中之孔底部之保護膜的時間(STEP22A)。

接著，以第 2 蝕刻加工法中之蝕刻時間、RF 偏壓功率為參數，根據第 7 圖及第 8 圖所示之流程來模擬波希加工法(STEP22B)。藉由設定複數個值做為參數值來模擬波希加工法，即可探索最佳條件。

例如，從所預測的加工形狀，亦即從扇形(scallop)的狀況或孔的寬度等與加工孔的深度等，來判斷是否為最佳的形狀(STEP22C)。

因此，可藉由模擬來預測對於實際的電漿加工裝置要設定怎樣的加工法條件較佳。

第 10 圖係顯示本發明之實施形態的變形例，且為在第 1 圖之條件設定手段 11 中所設定之加工法的時間圖。圖的橫軸係為時間，而縱軸則為所施加之偏壓功率。(A)係在一循環中，分別於加工法時間 T1、T2 設定一個沉積加工法與一個蝕刻加工法，且為不改變各循環中所設定之條件的版本。

(B)係在一循環中，分別於加工法時間 T11、T21、T22 設定一個沉積加工法與二個蝕刻加工法，且為不改變各循環中所設定之條件的版本。

(C)雖係在一循環中，設定一個沉積加工法與二個蝕刻

加工法，但與(B)有所不同，係為按循環順序，可依每一循環變化沉積加工法內之一個加工法時間 T_{c11} 的版本。

此外雖未圖示，但依據循環，在沉積加工法內之加工法數、在蝕刻加工法內之加工法數亦可依循環編號來變化。

如此，在條件設定手段 11 中，針對關於加工法之條件的設定，係任意設定加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物之溫度及偏壓功率中之一個以上做為參數。

以下說明實際的模擬結果。

第 11 圖係為藉由本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置所預測之孔的剖面圖，(A)係顯示以一階段設定蝕刻加工法時之形狀預測的結果，(B)係顯示以二階段設定蝕刻加工法時之形狀預測的結果圖。(A)係為第 10 圖(A)所示的時間圖，(B)係為第 10 圖(B)所示之時間圖，且為經模擬的結果。由於在(A)、(B)各者中每一循環的處理時間相等，因此可得知切削達相同深度。此外，由於在各循環之關於蝕刻的蝕刻條件、關於沉積的加工法條件亦在(A)、(B)各者中相等，因此可明瞭每一循環之挖掘的形狀相等。

如此，即可設定波希加工法中之各種參數來進行模擬，因此可預測藉由波希加工法所形成之孔的形狀或尺寸，不僅有助於裝置條件的最佳化，亦有助於新的器件(device)之創設。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置的構成圖。

第 2 圖為顯示藉由電漿蝕刻進行基板表面加工之情況的示意圖。

第 3 圖為顯示加工表面形狀之一般性計算的概略流程之圖。

第 4 圖為說明二次元表示加工表面的方法之圖。

第 5 圖為藉由第 3 圖的流程所求取的形狀變化之示意圖。

第 6 圖為顯示藉由本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬程式所實現的該預測模擬方法的流程之概略圖。

第 7 圖為顯示第 6 圖所示之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬方法之詳細流程之前半圖。

第 8 圖為顯示第 7 圖所示流程的後半圖。

第 9 圖為顯示使用本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置而顯示最佳條件之探索的流程圖。

第 10 圖(A)至(C)為顯示本發明之實施形態之變形例，且為在第 1 圖之條件設定手段中所設定之加工法之時間圖(time chart)。

第 11 圖為藉由本發明之實施形態之依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置所預測之孔的剖面圖，(A)為顯示在一階段設定蝕刻加工法時之形狀預測的結果，(B)為顯示

在二階段設定蝕刻加工法時之形狀預測的結果圖。

【主要元件符號說明】

- 10 依電漿加工法之加工形狀的預測模擬裝置
- 11 條件設定手段
- 12 通量資訊資料庫
- 13 化學反應資料庫
- 14 軌道計算手段
- 15 比率計算手段
- 16 表面移動量計算手段
- 17 計算控制手段

七、申請專利範圍：

1. 一種預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法，該電漿加工法係藉由將沉積加工法、第 1 蝕刻加工法、及第 2 蝕刻加工法的各加工法設為 1 循環而重複進行者，其中該沉積加工法係用以沉積保護膜，該第 1 蝕刻加工法係用以將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除，該第 2 蝕刻加工法係用以進行掘孔，該預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法係具備：

條件設定步驟，係用以設定關於加工處理對象物的條件及關於模擬的條件，並且包含循環數而設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之各加工法中之條件；

第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 1 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；

第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 2 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及

沉積加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述沉積加工法中之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；

在前述條件設定步驟中，將前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之至少一加工

法中的加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物之溫度及偏壓功率中之一個以上設定做為參數；

在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟及前述沉積加工法表面移動量計算步驟中，依前述條件設定步驟中所設定的每一參數算出表面移動量；

依每一參數求出，藉由以前述條件設定步驟中所設定之循環數來重複進行前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟所形成的形狀。

2. 一種預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法，該電漿加工法係藉由將沉積加工法、第 1 蝕刻加工法、及第 2 蝕刻加工法的各加工法設為 1 循環而重複進行者，其中該沉積加工法係用以沉積保護膜，該第 1 蝕刻加工法係用以將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除，該第 2 蝕刻加工法係用以進行掘孔，該預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法係包括：

預測藉由前述第 1 蝕刻加工法將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除所需的時間的步驟；以及

在前述第 1 蝕刻加工法中設定為前述預測出之所

需時間，且以前述第 2 蝕刻加工法中之蝕刻時間、偏壓功率之任一者或兩者做為參數，而求出前述第 2 蝕刻加工法中之最佳條件的步驟；

在預測前述所需時間的步驟及求出前述第 2 蝕刻加工法中之最佳條件的步驟中係具備：

條件設定步驟，係用以設定關於加工處理對象物的條件及關於模擬的條件，並且包含循環數而設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之各加工法中之條件；

第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 1 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；

第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 2 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及

沉積加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述沉積加工法中之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；

且以前述條件設定步驟中所設定的循環數重複進行前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法，其中，

在求出前述第 2 蝕刻加工法中之最佳條件的步驟中，係使在前述第 1 蝕刻加工法與前述第 2 蝕刻加工法中的蝕刻時間、偏壓功率之任一者或兩者的參數依循環編號而變化。

4. 如申請專利範圍第 2 項所述之預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法，其中，

在前述條件設定步驟中，係從加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物的溫度及偏壓功率選擇一個以上來設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之至少任一個加工法中的參數；

在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟中，係在求出藉由以前述條件設定步驟中所設定的循環數重複進行所形成的形狀時，在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟之至少任一者中，依前述條件設定步驟中所設定的每一參數而算出表面移動量，從而依每一參數求出所形成的形狀。

5. 一種程式產品，係用以使電腦執行預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法者，該電漿加工法係藉由將沉積加工法、第 1 蝕刻加工法、及第 2 蝕刻加工法的各加工法設為 1 循環而重複進行者，其中該沉積加工法係用以沉

積保護膜，該第 1 蝕刻加工法係用以將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除，該第 2 蝕刻加工法係用以進行掘孔，該預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法係具備：

條件設定步驟，係用以設定關於加工處理對象物的條件及關於模擬的條件，並且包含循環數而設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之各加工法中之條件；

第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 1 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；

第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 2 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及

沉積加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述沉積加工法中之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；

在前述條件設定步驟中，將前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之至少一加工法中的加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物之溫度及偏壓功率中之一個以上設定做為參數；

在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟及前述沉積加工

法表面移動量計算步驟中，依前述條件設定步驟中所設定的每一參數算出表面移動量；

依每一參數求出，藉由以前述條件設定步驟中所設定之循環數來重複進行前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟所形成的形狀。

6. 一種程式產品，係用以使電腦執行預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法者，該電漿加工法係藉由將沉積加工法、第 1 蝕刻加工法、及第 2 蝕刻加工法的各加工法設為 1 循環而重複進行者，其中該沉積加工法係用以沉積保護膜，該第 1 蝕刻加工法係用以將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除，該第 2 蝕刻加工法係用以進行掘孔，該預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法係包括：

預測藉由前述第 1 蝕刻加工法將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除所需的時間的步驟；以及

在前述第 1 蝕刻加工法中設定為前述預測出之所需時間，且以前述第 2 蝕刻加工法中之蝕刻時間、偏壓功率之任一者或兩者做為參數，而求出前述第 2 蝕刻加工法中之最佳條件的步驟；

在預測前述所需時間的步驟及求出前述第 2 蝕刻加工法中之最佳條件的步驟中係具備：

條件設定步驟，係用以設定關於加工處理對象物的條件及關於模擬的條件，並且包含循環數而設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之各加工法中之條件；

第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 1 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；

第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 2 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及

沉積加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述沉積加工法中之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；

且以前述條件設定步驟中所設定的循環數重複進行前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之用以使電腦執行預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法的程式產品，其中，

在求出前述第 2 蝕刻加工法中之最佳條件的步驟中，係使在前述第 1 蝕刻加工法與前述第 2 蝕刻加工法中的蝕刻時間、偏壓功率之任一者或兩者的參數依循環編號而變化。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述之用以使電腦執行預測經

由電漿加工法所加工之形狀的方法的程式產品，其中，

在前述條件設定步驟中，係從加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物的溫度及偏壓功率選擇一個以上來設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之至少任一個加工法中的參數；

在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟中，係在求出藉由以前述條件設定步驟中所設定的循環數重複進行所形成的形狀時，在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟之至少任一者中，依前述條件設定步驟中所設定的每一參數而算出表面移動量，從而依每一參數求出所形成的形狀。

9. 一種模擬裝置，係用以預測經由電漿加工法所加工之形狀，

前述模擬裝置係具備用以使電腦執行預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法的程式產品；

前述電漿加工法係藉由將沉積加工法、第 1 蝕刻加工法、及第 2 蝕刻加工法的各加工法設為 1 循環而重複進行者，其中該沉積加工法係用以沉積保護膜，該第 1 蝕刻加工法係用以將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除，該第 2

蝕刻加工法係用以進行掘孔，該預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法係具備：

條件設定步驟，係用以設定關於加工處理對象物的條件及關於模擬的條件，並且包含循環數而設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之各加工法中之條件；

第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 1 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；

第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 2 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及

沉積加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述沉積加工法中之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；

在前述條件設定步驟中，將前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之至少一加工法中的加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物之溫度及偏壓功率中之一個以上設定做為參數；

在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟及前述沉積加工法表面移動量計算步驟中，依前述條件設定步驟中所設定的每一參數算出表面移動量；

依每一參數求出，藉由以前述條件設定步驟中所設定之循環數來重複進行前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟所形成的形狀。

10. 一種模擬裝置，係用以預測經由電漿加工法所加工之形狀，

前述模擬裝置係具備用以使電腦執行預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法的程式產品；

前述電漿加工法係藉由將沉積加工法、第 1 蝕刻加工法、及第 2 蝕刻加工法的各加工法設為 1 循環而重複進行者，其中該沉積加工法係用以沉積保護膜，該第 1 蝕刻加工法係用以將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除，該第 2 蝕刻加工法係用以進行掘孔，該預測經由電漿加工法所加工之形狀的方法係包括：

預測藉由前述第 1 蝕刻加工法將在前述沉積加工法中所形成之保護膜中之沉積於孔之底部的保護膜予以去除所需的時間的步驟；以及

在前述第 1 蝕刻加工法中設定為前述預測出之所需時間，且以前述第 2 蝕刻加工法中之蝕刻時間、偏壓功率之任一者或兩者做為參數，而求出前述第 2 蝕刻加工法中之最佳條件的步驟；

在預測前述所需時間的步驟及求出前述第 2 蝕刻

加工法中之最佳條件的步驟中係具備：

條件設定步驟，係用以設定關於加工處理對象物的條件及關於模擬的條件，並且包含循環數而設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之各加工法中之條件；

第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 1 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；

第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述第 2 蝕刻加工法中之條件之電漿蝕刻所造成的表面移動量；及

沉積加工法表面移動量計算步驟，係用以計算根據前述沉積加工法中之條件之電漿沉積所造成的表面移動量；

且以前述條件設定步驟中所設定的循環數重複進行前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之模擬裝置，其中，

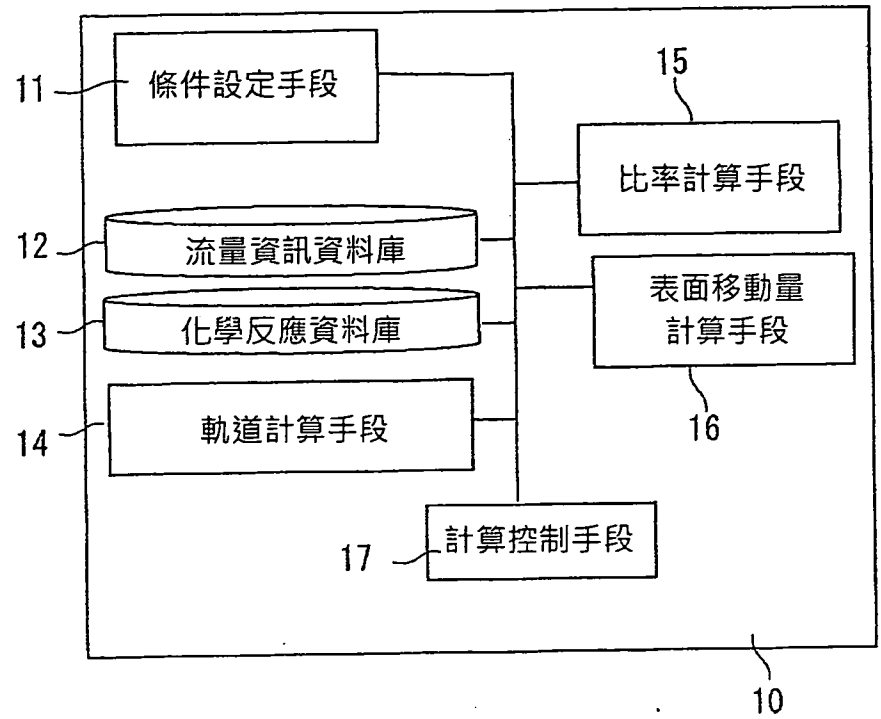
在求出前述第 2 蝕刻加工法中之最佳條件的步驟中，係使在前述第 1 蝕刻加工法與前述第 2 蝕刻加工法中的蝕刻時間、偏壓功率之任一者或兩者的參數依循環編號而變化。

12. 如申請專利範圍第 10 項所述之模擬裝置，其中，

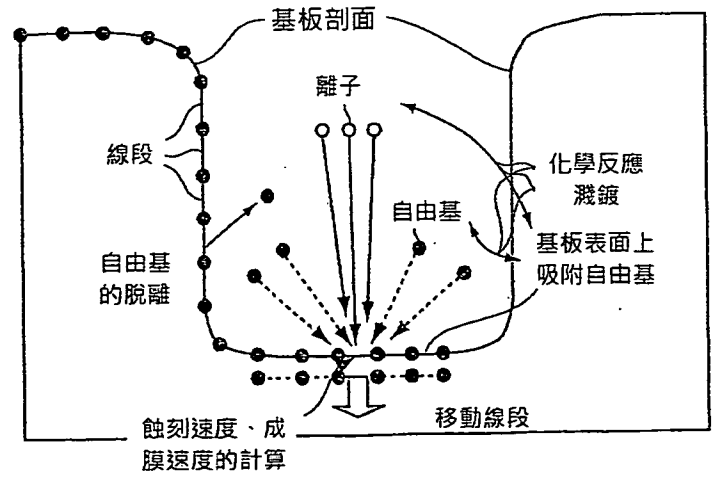
在前述條件設定步驟中，係從加工法時間、氣體種類、氣體壓力、氣體流量、加工處理對象物的溫度及偏壓功率選擇一個以上來設定前述第 1 蝕刻加工法、前述第 2 蝕刻加工法及前述沉積加工法之至少任一個加工法中的參數；

在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟中，係在求出藉由以前述條件設定步驟中所設定的循環數重複進行所形成的形狀時，在前述第 1 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、前述第 2 蝕刻加工法表面移動量計算步驟、及前述沉積加工法表面移動量計算步驟之至少任一者中，依前述條件設定步驟中所設定的每一參數而算出表面移動量，從而依每一參數求出所形成的形狀。

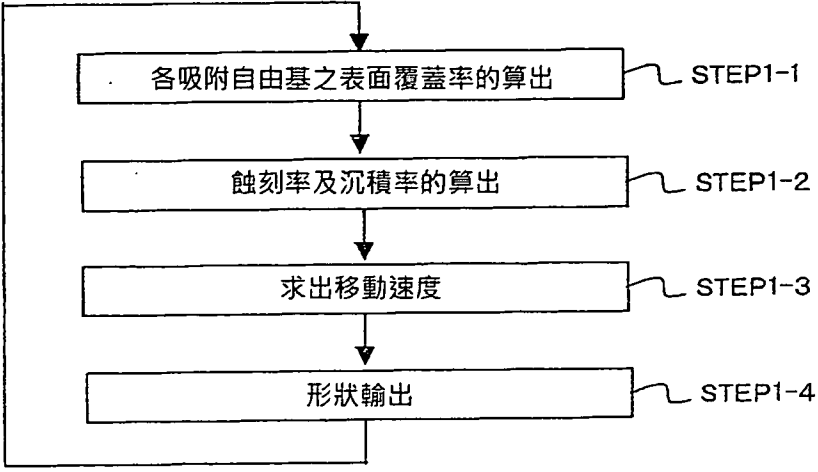
八、圖式：



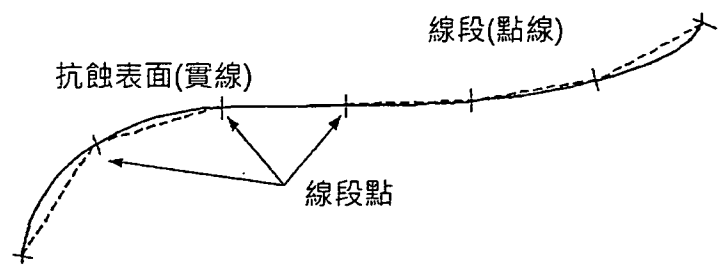
第1圖



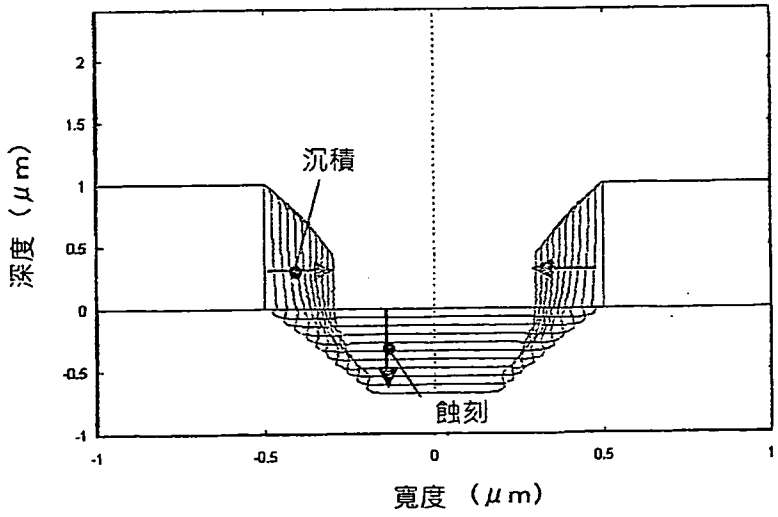
第2圖



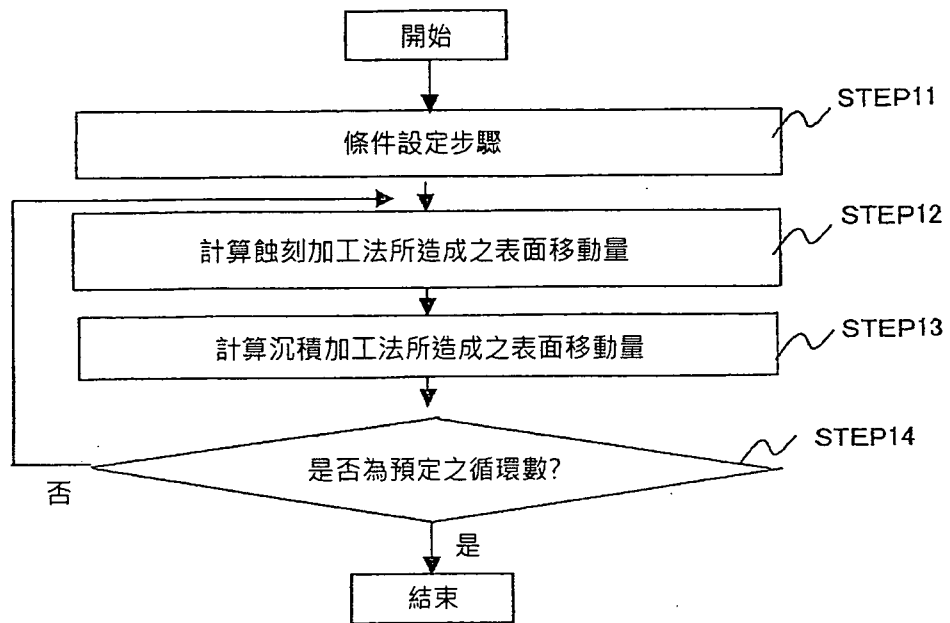
第3圖



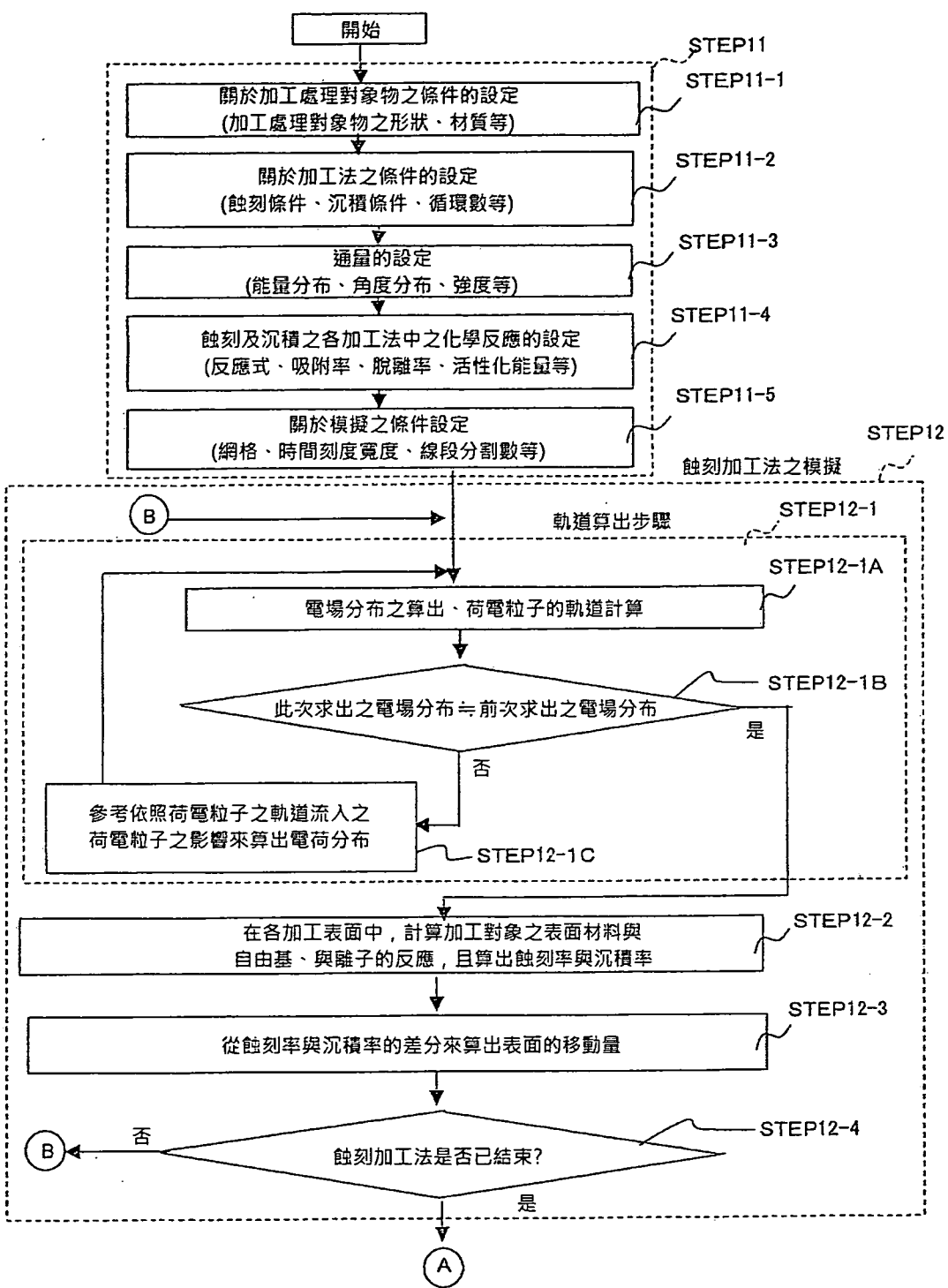
第4圖



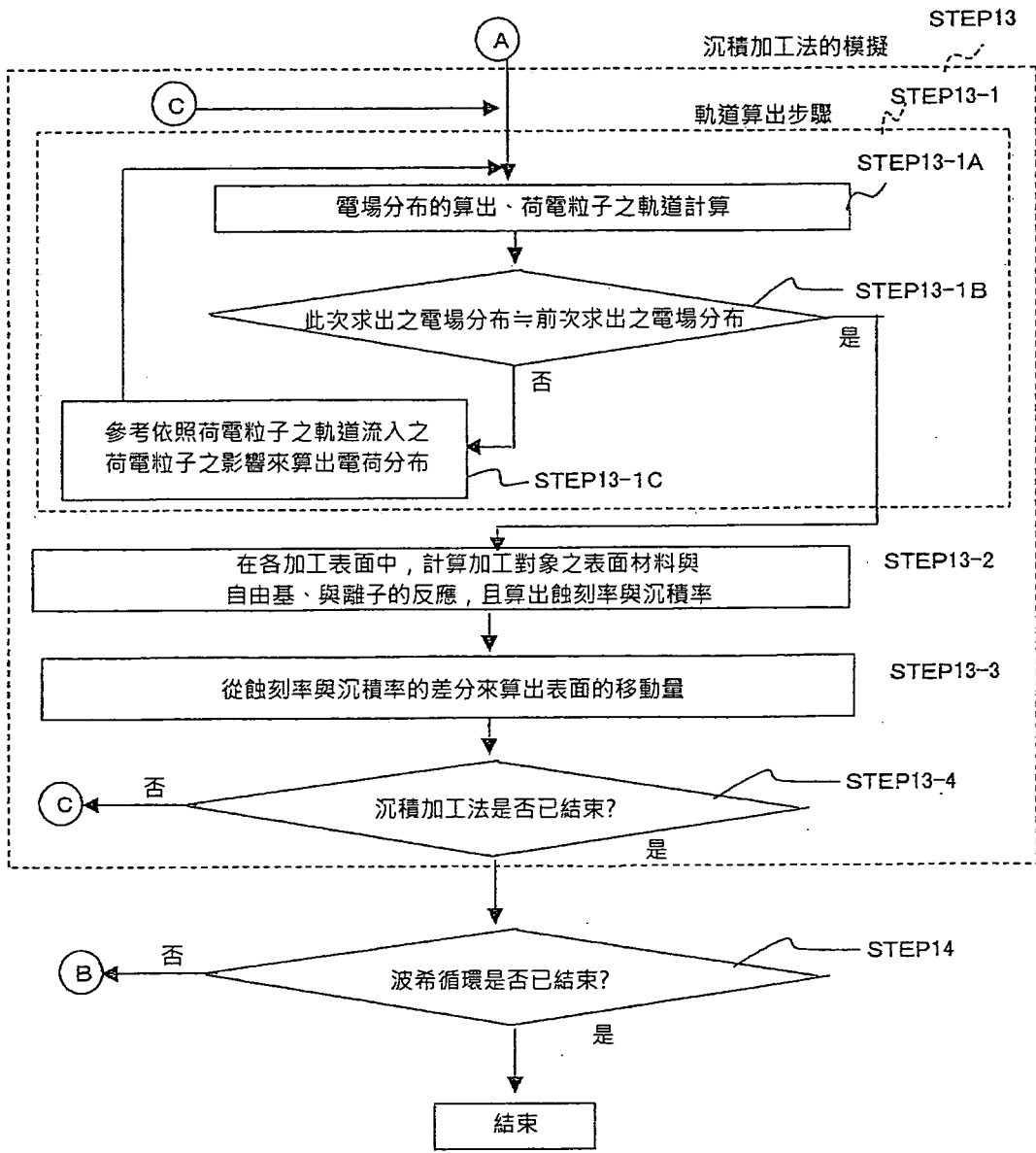
第5圖



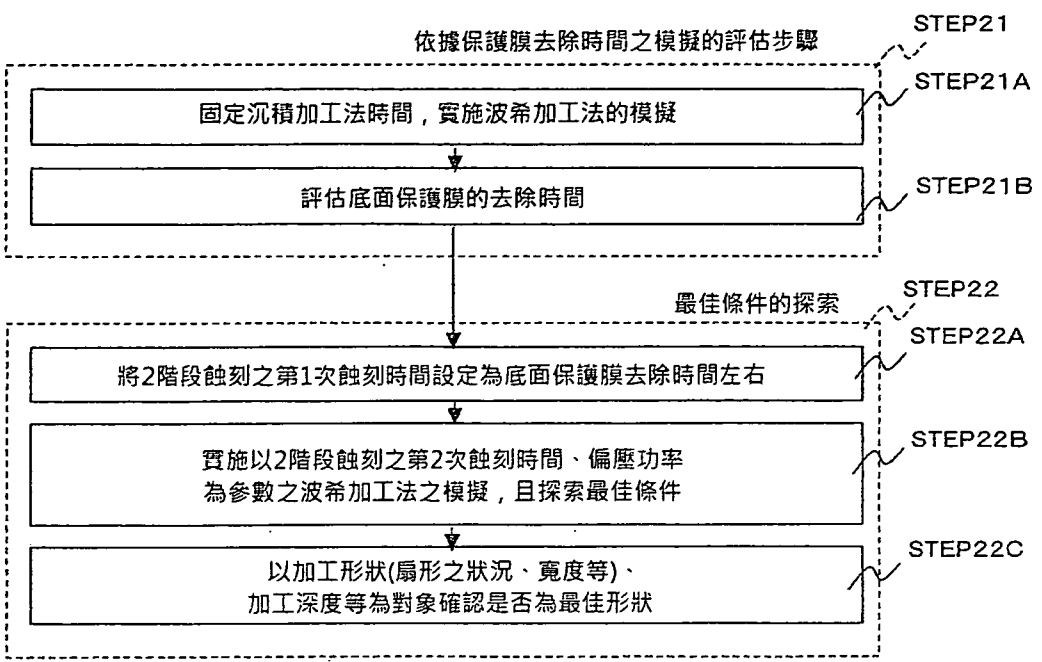
第6圖



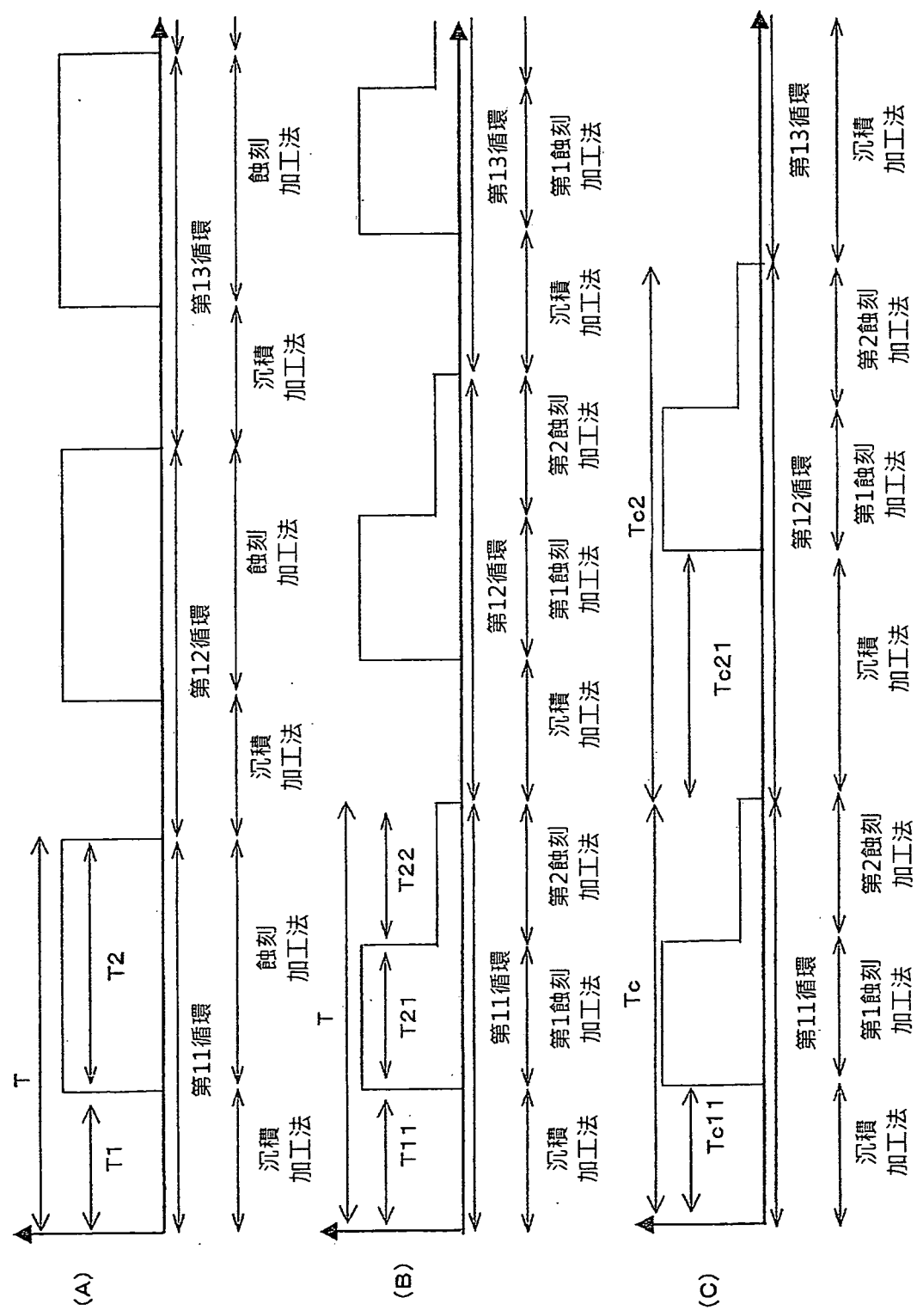
第7圖



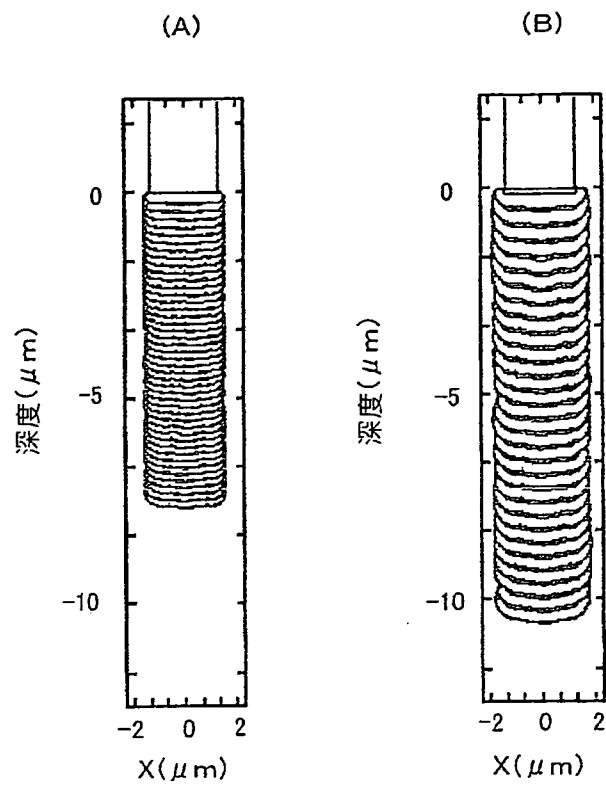
第8圖



第9圖



第10圖



第11圖