

申請日期	P0.6.28
案號	P0115710
類別	C30B 29/06, 75/14

A4
C4

507025

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 名稱	中 文	矽磊晶晶圓之製造方法
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	(1)花澤 均 (2)大久保 裕司
	國 籍	日 本
	住、居所	日本群馬縣安中市磯部2丁目13番1號 信越半導體股份有限公司磯部工場內
三、申請人	姓 名 (名稱)	信越半導體股份有限公司
	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	日本東京都千代田區丸之內1-4-2
	代 表 人 姓 名	小柳 俊一

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

日本 國(地區) 申請專利，申請日期：2000.06.29 案號：2000-195880 ☒有 ☐無主張優先權

有關微生物已寄存於：，寄存日期：，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (i)

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於矽磊晶晶圓之製造方法。

在矽單晶基板上，使與該矽單晶板同一導電型之矽磊晶層（以下簡稱磊晶層）進行氣相成長來製造矽磊晶晶圓時，在矽單晶基板和磊晶層的界面上，將雜質濃度逐漸變化之過渡區域的雜質分佈曲線維持一定是很重要的。特別是，磊晶層整體的電阻率會對特性帶來影響之大功率 MOS - FET 用等的矽磊晶晶圓的製造中，過渡區域的雜質分佈曲線維持一定是重要的。在此所稱之雜質濃度分佈曲線代表著，在矽磊晶晶圓中，雜質濃度在該晶圓的厚度方向之分佈。

但是，在磊晶層的氣相成長時，來自矽單晶基板、反應爐內部、或晶圓保持具(susceptor)等治具的雜質在氣相中一旦遊離後，將發生再度被成長中的磊晶層吸收、即所謂自動摻雜現象，使得過渡區域的雜質濃度之分佈曲線產生變化。特別是，在高濃度地添加雜質之矽單晶基板上，進行與該矽單晶基板同一導電型的矽磊晶層之氣相成長時，來自矽單晶基板的影響變大。自動摻雜量是以因自動摻雜現象而被磊晶層所吸收的雜質濃度來表現，特別是在磷（P）、砷（As）或硼（B）般自動摻雜量大的雜質被高濃度添加之矽單晶基板的正上方進行矽磊晶層的成長時，自動摻雜現象的影響很大。

於是，為維持過渡區域的雜質濃度之分佈曲線為一定，例如特開平 8-17737 號公報提案出一磊晶成長法，其特

五、發明說明（＞）

徵為，在半導體晶圓面上形成磊晶層時，為補餘自動摻雜量，而使成長用氣體中的摻質氣體濃度從成長開始時點開始分段及／又連續增加，在達到設定濃度之時點後維持一定來進行成長。

但是，自動摻雜量不僅隨著矽單晶基板的雜質濃度、進行磊晶成長前矽單晶基板的蝕去量、氣相成長溫度、氣相成長速度，並經常隨著反應爐的環境氣氛變化，所以雜質分佈曲線終究會受自動摻雜量變化之影響，要維持雜質濃度分佈曲線為一定是困難的。

本發明的課題，係提供一可使磊晶層的過渡區域之雜質濃度分佈曲線維持一定之矽磊晶晶圓製造方法。

【發明之揭示】

為解決上述課題，本發明的矽磊晶晶圓之製造方法，係在反應爐內，藉由在矽單晶基板正上進行磊晶層之氣相成長，以製造矽磊晶晶圓；其特徵為具備：成長前淨化步驟，到磊晶層的氣相成長開始之間，將該氣相成長的開始時點之預定濃度的摻質氣體予以淨化；過渡區域氣相成長步驟，邊變化摻質的供給濃度時邊對反應爐內供給摻質氣體；以及安定區域氣相成長步驟，在反應爐內供給一定濃度摻質氣體；在過渡區域的氣相成長步驟中，係對反應爐內供給所得雜質濃度比自動摻雜量更高之摻質氣體濃度。

上述本發明中，在易受自動摻雜現象影響的過渡區域中為保持雜質濃度分佈曲線為一定，係供給所得雜質濃度

五、發明說明（ 7 ）

比自動摻雜量更高的摻質氣體濃度於過渡區域，以刻意使過渡區域的雜質濃度分佈曲線的傾斜量偏向高濃度側。亦即，預先將雜質濃度的分佈曲線設定成，使得雜質濃度比預想的自動摻質更高許多。藉此，即使自動摻雜量有變化，仍能使其變化量位於傾斜後的雜質濃度分佈曲線之容許變化範圍內，使用此矽磊晶晶圓的半導體的特性，也幾乎不受自動摻雜現象的影響。

又，在過渡區域的氣相步驟的開始時點，藉著來自矽單晶基板的雜質之直接擴散（後述之外方擴散），磊晶層中的雜質濃度變的容易過剩。於是，對反應爐內供給之雜質氣體的濃度若設定成，使得氣相成長開始時點之磊晶層的雜質濃度、以及矽單晶板的雜質濃度相同之濃度以下，可以避免如此不合適的情況，而使過渡區域的雜質濃度分佈曲線易保持為一定。

【圖式之簡單說明】

圖 1 為具有過渡區域和安定領域的矽磊晶晶圓製造時，摻質氣體的供給濃度、和所得晶圓的不純塢濃度分佈曲線的關係之對比說明示意圖。

圖 2 係顯示無摻雜的雜質濃度分佈曲線的一例之示意圖。

圖 3 係顯示用來決定安定領域的摻質氣體供給濃度雜質濃度分佈曲線的一例之示意圖。

圖 4 係顯示在摻質氣體供給開始前未預先進行供給管

五、發明說明（14）

的淨化動作時，雜質濃度分佈曲線產生不當情形之示意圖。

圖 5 係顯示依本發明方法所得的具有過渡區域和安定領域之矽磊晶晶圓的雜質濃度分佈曲線的一例之示意圖。

圖 6 係顯示摻質氣體流量和安定領域雜質濃度的關係之示意圖。

圖 7 為形成過渡區域時，摻質氣體供給濃度和自動摻雜量關係的說明示意圖。

圖 8 係顯示矽磊晶晶圓的製造裝置的一例之概念圖。

【符號說明】

- 1…反應爐
- 2…加熱器
- 3…氣體供給用配管
- 4…供給用閥
- 5…淨化用閥
- 6…淨化用配管
- 7…排氣管

【用以實施本發明之最佳形態】

以下，詳細說明本發明的實施形態。

圖 1 係顯示本發明的摻質氣體供給濃度的設定（上圖）、其結果所得的矽磊晶晶圓中雜質濃度分佈曲線（下圖）之模式對比。又，以下所示之雜質濃度分佈曲線均為半

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明（ 5 ）

對數圖，縱軸表示雜質濃度的對數值。

圖 8 係示意地顯示矽磊晶晶圓的製造中所使用的裝置之一例，把矽單晶基板 W 保持在反應爐 1 內的晶圓保持具上，藉加熱器 2 加熱到既定溫度。然後，通過氣體供給管 3 使既定比例的原料氣體及摻質氣體與載體氣體一起流至反應爐 1 內，在該矽單晶基板 W 的主表面上令與該矽單晶基板 W 同一導電型的矽磊晶層進行氣相成長，得到矽磊晶晶圓。

在此，在本發明之過渡區域的氣相成長步驟中，係供給所得雜質濃度比自動摻雜量更高之摻質氣體的濃度。如前述，自動摻雜量會時常根據反應爐 1 內的環境氣氛而變化，所以矽磊晶晶圓製造開始前，係進行以下的預備調查實驗，以確認該製造所使用的反應爐內的環境氣氛狀況。

首先，在不供給摻質氣體（無摻雜）下，在矽單晶基板正上方氣相成長出所望厚度的磊晶層。於是得到圖 2 所示之無摻雜的雜質濃度分佈曲線（以下簡稱無摻雜分佈曲線）。此無摻雜分佈曲線的磊晶層，係由外方擴散支配領域及自動摻雜支配領域所構成。

在此所稱之外方擴散，係指從矽單晶基板往磊晶層中之雜質的直接擴散，在外方擴散支配領域，主要由外方擴散的量決定雜質濃度分佈曲線。另一方面，在自動摻雜支配領域，主要由自動摻雜量決定雜質濃度分佈曲線。出現在分佈曲線上之外方擴散支配領域，係從氣相成長的開始時點以大致一定的斜率減少雜質濃度之直線狀區間。另一

五、發明說明 (6)

方面，出現在分佈曲線上之自動摻雜支配領域，係以從該外方擴散支配領域的延長偏往高濃度側的形狀，呈延續於該外方擴散支配領域之緩坡狀的曲線領域。

外方擴散支配領域及自動摻雜領域，可藉由在雜質濃度分佈曲線上拉出外方擴散支配領域的延長線 1，而以近似方式來求出。延長線 1 和雜質分佈曲線重疊的領域為外方擴散領域，雜質濃度分佈曲線從延長線 1 偏往高濃度側的境界點為 P，在 P 點之後的領域為自動摻雜支配領域。在 P 點上，由於外方擴散和自動摻雜的量互相抗衡，合計為 D_0 的雜質濃度中，可想成 $D_0/2$ 為外方擴散的貢獻部分，殘餘的 $D_0/2$ 為自動摻雜現象的貢獻部分。亦即，在 P 點上可推定自動摻雜現象所產生的雜質濃度為 $D_0/2$ 。

接著，為在安定領域形成所望的雜質濃度，求出必要的摻質氣體供給濃度。具體而言，藉由改變供給的摻質氣體流量與稀釋該氣體的氫氣流量來變化各種摻質氣體的供給濃度後，製造各種矽磊晶晶圓，測定在各個安定領域的平均雜質濃度。圖 3 為具有安定領域的雜質濃度分佈曲線的一例。在此， D_t 及 D_s 分別為矽單晶基板及磊晶層的安定領域的雜質濃度。接著，收集前次測定結果，以安定領域的雜質濃度相對摻質氣體的流量來製圖，可得圖 6 所示濃度 - 流量關係曲線。在此，由於目的是要決定出摻質氣體的供給濃度變化所對應之安定領域的雜質濃度，在過渡區域形成時，特別考慮自動摻雜量而設定摻質氣體的供給濃度為不必要的。但是，當然，所得的雜質濃度分佈曲線

五、發明說明 (η)

(圖 3)和以往者相同，其過渡區域的分佈曲線因自動摻雜量而有大幅的變化。

接著，為形成過渡區域，在圖 7 (下圖) 所示的摻質氣體的供給濃度分佈曲線中，用圖 6 的濃度 - 流量關係曲線來求取在過渡區域的開始點 (M') 的摻質氣體供給濃度。此時，M' 的摻質氣體供給濃度比推定的自動摻雜量高，且，設定成矽單晶基板的雜質濃度 D_t 以下，例如，從 D_t 減去既定量 α 之值 ($D_t - \alpha$) 之濃度 $C(D_t - \alpha)$ 。此時，所採用的濃度若使摻質氣體的供給濃度比矽單晶基板的雜質濃度 D_t 更高時，附著在反應爐的內壁或晶圓支持具等的治具上的雜質量會比來自基板的雜質之外方擴散量還大，將增加無用的自動摻雜量，並不佳。

又，以濃度 $C(D_t - \alpha)$ 開始供給摻質氣體前，透過圖 8 的淨化用配管 6，完全的淨化所設定濃度的摻質氣體是重要的。在此的淨化，係指不將摻質氣體供給至反應爐 1 內而使其旁通。若不進行淨化，在摻質氣體的流量控制裝置從關閉狀態轉移到設定值之間氣體流量會不安定，將發生圖 4 所示之異常的雜質分佈曲線。又，在圖 8 中，為進行此淨化係設置：使原料氣體及摻質氣體旁通於反應爐 1 之淨化用配管 6，以及，為了切換爐內供給和淨化的供給用閥 4、淨化用閥 5。

接著，將摻質氣體的供給濃度預先設定成，當過渡區域的磊晶層到達前述 P 點的厚度 X_p 時，其雜質濃度比前述無摻雜分佈曲線 P 點的自動摻雜量為高。作為如此的供

五、發明說明 (3)

給濃度，例如，可設定在 P 點的雜質濃度為 $2 \times D_0$ 。此為，具體而言代表著，在 P 點既已基於外方擴散及自動摻雜現象而供給相當於 D_0 的雜質濃度，再把可得恰好 D_0 雜質濃度之濃度 $C(D_0)$ 作為摻質氣體來供給。在點 P 推定的自動摻雜量為 $D_0/2$ 之故，摻質氣體的供給濃度為 $C(D_0)$ 即代表設定成比自動摻雜量高的濃度。

如此，如圖 7（下圖）所示，在過渡區域的氣相成長步驟中，係邊一直供給所得雜質濃度比自動摻雜量更高的濃度的摻質氣體，邊變化摻質氣體的供給濃度。使摻質氣體的供給濃度逐漸直線或是分段的減少時，可得例如圖 5 所示之雜質濃度分佈曲線。根據此製造方法，在過渡區域的氣相成長中，在對應前述境界點 P 的磊晶層的厚度 x_P 以後的部分進行成長時，至少，一直對反應爐內供給所得雜質濃度比自動摻雜量更高的濃度之摻質氣體，故圖 7（上圖）中虛線所示，相較於未以超出自動摻雜量的方式來修正摻質供給量時的雜質濃度分佈曲線，其傾斜量偏向高濃度側。藉此，即使自動摻雜量有所變化，其變化量仍在傾斜後的雜質濃度分佈曲線之容許變化範圍內。又，過渡區域的雜質濃度分佈曲線如圖 5 所示，在磊晶層的成長方向上，雜質的對數值之漸減率不同的區間有兩個以上。這現象的形成乃基於，在前述境界點 P 以後供給所得雜質濃度比自動摻雜量高的濃度之摻質氣體，並使摻質氣體的供給濃度逐漸直線或是分段的減少之故。

為確認上述本發明的效果，進行以下的實驗。首先，

五、發明說明 (9)

準備直徑 150mm、面方向 (100)、添加較高濃度的砷 (As) 作為雜質之 n^+ 型 (雜質濃度: 3×10^{19} 個/cm³) 的矽單晶基板。又, 在基板的背面上, 為了防止從該背面的自動摻雜, 形成 0.5 μ m 厚的氧化膜。首先, 作為預備調查實驗, 對於該矽單晶基板, 使用三氯矽烷 (SiHCl_3) 與氫氣的混合氣體作為原料氣體, 不導入摻質氣體, 在矽單晶基板的正上方氣相成長出厚度 20 μ m 的磊晶層。反應爐使用水平逐片式, 氣相成長溫度為 1100°C, 在常壓下使用氫氣作為載體氣體。其結果如圖 2 所示, 得到具有無摻雜的雜質濃度分佈曲線之矽磊晶晶圓。在 P 點的雜質濃度 D_0 約為 5×10^{16} 個/cm³。

接著, 使用同樣的反應爐, 使用被氫稀釋的磷化氫 (PH_3) 作為摻質氣體, 如下述般, 在另一矽單晶基板正上方氣相成長出所添加的磷(雜質)濃度比基板為低之 n 型磊晶層, 而製造矽磊晶晶圓。亦即, 將摻雜氣體的供給濃度調整成, 在過渡區域開始點 (圖 7 (上圖) 的點 M) 的目標雜質濃度為比矽單晶基板的雜質濃度 D_t (3×10^{19} 個/cm³) 低、且比 P 點的雜質濃度 D_0 更高的雜質濃度 (5×10^{17} 個/cm³), 以該設定值淨化摻質氣體。接著, 藉由將以上述供給濃度為初期值之摻質氣體和原料氣體一起導入於反應爐內, 而開始氣相成長步驟。在過渡區域的氣相成長步驟, 調整摻質氣體的供給濃度並實施供給, 使雜質濃度經常變的比預估之自動摻雜量高, 且在對應前述 P 點的位置所添加的雜質濃度為 1×10^{17} 個/cm³。然後, 持續使

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(10)

該摻質氣體的供給量呈直線漸減。接著，在安定領域的氣相成長步驟中，以一定的供給濃度供給雜質濃度被調整為 1×10^{15} 個/cm³ 之摻質氣體，氣相成長出 $15 \mu\text{m}$ 厚 n^- 型磊晶層。如此一來，可得到全部厚度為 $20 \mu\text{m}$ 的磊晶層形成於矽單晶基板上而成之矽磊晶晶圓。又，氣相成長溫度和爐內壓是與預備調查試驗相同。

測定如此所得的矽磊晶晶圓的雜質濃度分佈曲線，得到圖 5 所示之分佈曲線。過渡區域的厚度約 $5 \mu\text{m}$ ，在 P 點的雜質濃度為 1.5×10^{17} 個/cm³，在安定領域的雜質濃度為 1×10^{15} 個/cm³。又，在 P 點和安定領域之間，清楚的形成有接近直線的摻質濃度對數值減少之直線傾斜區間。在過渡區域，從磊晶層的成長開始點到 P 點之相當於外方擴散支配領域的區間，雜質濃度的對數值也是呈直線減少。亦即，在本實施例中，過渡區域的雜質濃度分佈曲線，在磊晶層的成長方向，有兩個雜質濃度的對數值呈直線減少之區間。在使得摻質氣體的供給量漸減中，若使漸減率變化一次以上，即可使雜質濃度的對數值呈直線減少的區間在過渡區域中有三個以上。

再者，在過渡區域的氣相步驟，使摻質氣體的供給濃度變化的具體狀態並不僅限於上述般單純減少之狀態，只要是可得到比自動摻雜量高的雜質濃度之濃度的摻質氣體，為使過渡區域之雜質濃度分佈曲線形成所望的形狀，也能採濃度增加的樣態、或在中途設定供給濃度保持一定的期間、或將減少、增加、及保持一定中的 2 個以上予以適宜組合。

四、中文發明摘要（發明之名稱：_____）

矽磊晶晶圓之製造方法

在易受自動摻雜（autodoping）現象影響之過渡區域，為保持雜質濃度的分佈曲線為一定，對過渡區域供給可得到比自動摻雜量更高雜質濃度的摻質氣體，而刻意使過渡區域的雜質濃度分佈曲線的傾斜量偏向高濃度側。亦即，將過渡區域的雜質濃度分佈曲線預先設定成，使得雜質濃度比預想的自動摻雜濃度量高許多。藉此，即使自動摻雜量有變化，其量將位於傾斜後的雜質濃度分佈曲線之容許變化範圍內，使用該矽磊晶晶圓之半導體裝置的特性將幾乎不受自動摻雜現象的影響。

英文發明摘要（發明之名稱：_____）

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1.一種矽磊晶晶圓之製造方法，係在反應爐內，藉由在矽單晶基板正上進行磊晶層之氣相成長，以製造矽磊晶晶圓；其特徵為具備：

成長前淨化步驟，到磊晶層的氣相成長開始之間，將該氣相成長開始時點之預定濃度的摻質氣體予以淨化；

過渡區域氣相成長步驟，邊變化摻質的供給濃度時邊對反應爐內供給摻質氣體；以及

安定區域氣相成長步驟，在反應爐內供給一定濃度的摻質氣體；

在過渡區域的氣相成長步驟中，係對反應爐內供給所得雜質濃度比自動摻雜量更高之摻質氣體濃度。

2.如申請專利範圍第 1 項之矽磊晶晶圓之製造方法，其中前述過渡區域的氣相成長步驟中，係邊逐漸減少摻質氣體的供給濃度邊對反應爐內供給該摻質氣體。

3.如申請專利範圍第 1 項之矽磊晶晶圓之製造方法，其中，在前述過渡區域的氣相成長步驟的開始時點，供給於前述反應爐內的摻質氣體濃度，係可使氣相成長的開始時點之磊晶層雜質濃度與矽單晶基板雜質濃度相同之濃度以下。

4.如申請專利範圍第 2 項之矽磊晶晶圓之製造方法，其中，在前述過渡區域的氣相成長步驟的開始時點，供給於前述反應爐內的摻質氣體濃度，係可使氣相成長的開始時點之磊晶層雜質濃度與矽單晶基板雜質濃度相同之濃度以下。

六、申請專利範圍

5.如申請專利範圍第 2 項之矽磊晶晶圓之製造方法，其中前述過渡區域的雜質濃度分佈曲線，係在磊晶層的成長方向，雜質濃度的對數值呈直線減少之區間有兩個以上。

6. 如申請專利範圍第 1 項乃至第 5 項中任一項之矽磊晶晶圓之製造方法，其中前述過渡區域的氣相成長，係根據無摻雜之雜質濃度分佈曲線(在不供給摻質氣體下直接在矽單晶基板的正上方進行矽磊晶層的氣相成長而得)預先推定前述自動摻雜量，並對前述反應爐內供給所得雜質濃度比推定的自動摻雜量高之濃度的摻質氣體。

7.如申請專利範圍第 6 項之矽磊晶晶圓之製造方法，其中，係將前述無摻雜的雜質濃度分佈曲線中，外方擴散支配領域(從氣相成長的開始時點起雜質濃度以大致一定的斜率減少)、與接於該外方擴散支配領域之自動摻雜支配領域的境界點 P 所對應的濃度 D_0 之 $1/2$ ，定為該境界點 P 之自動摻雜量。

8.如申請專利範圍第 7 項之矽磊晶晶圓之製造方法，其中前述境界點 P 所對應的磊晶層厚度為 x_p 時，在前述過渡區域的氣相成長步驟中，至少在前述磊晶層厚度 x_p 以後的部分進行成長時，經常對前述反應爐內供給所得雜質濃度比自動摻雜量高之濃度的摻質氣體。

9.一種矽磊晶晶圓，係在矽單晶基板的正上方，氣相成長出磊晶層而成者，其特徵在於：

前述磊晶層的層厚方向之雜質濃度分佈曲線，在前述

六、申請專利範圍

矽單晶基板與磊晶層的界面上有雜質濃度逐漸變化的過渡區域，且前述過渡區域的雜質濃度分佈曲線，在前述磊晶層的成長方向，雜質濃度的對數值的漸減率不同的區間有兩個以上。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

公告本

圖 1

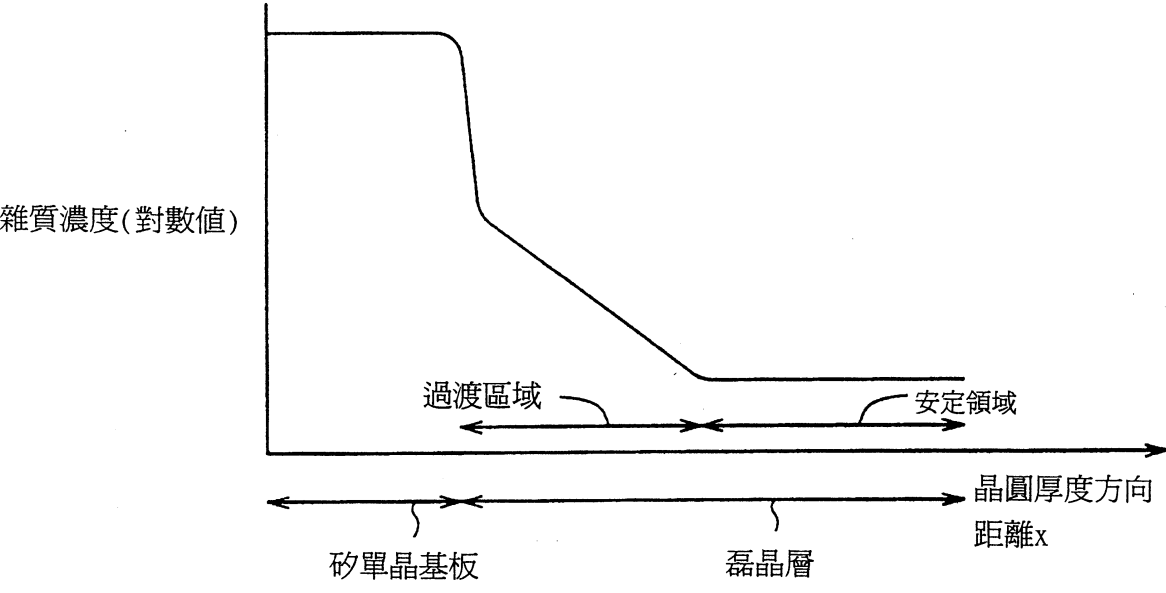
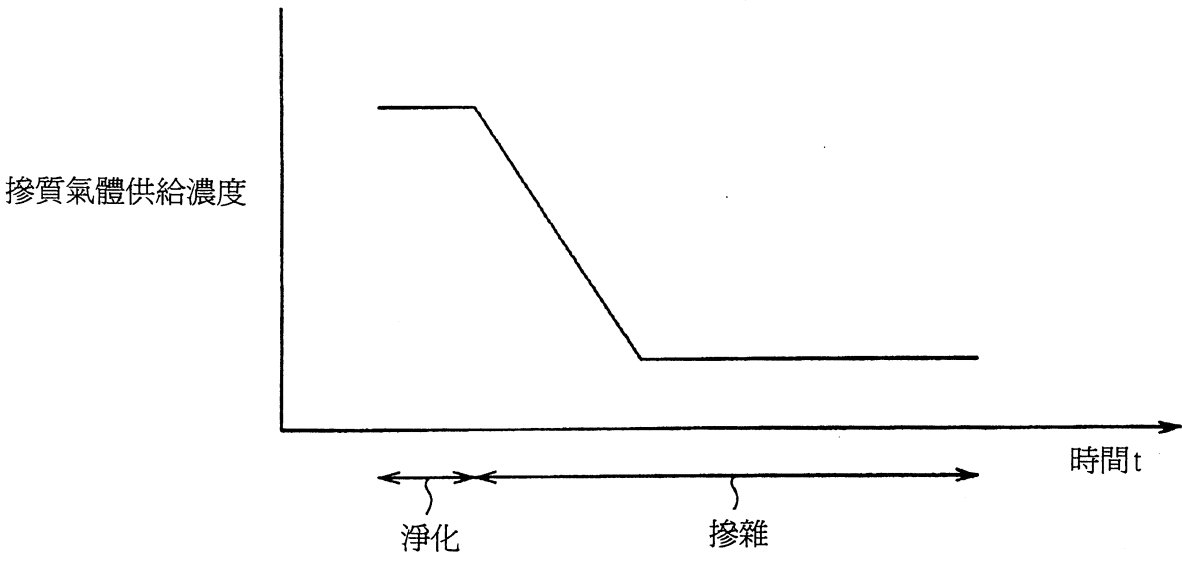


圖 2

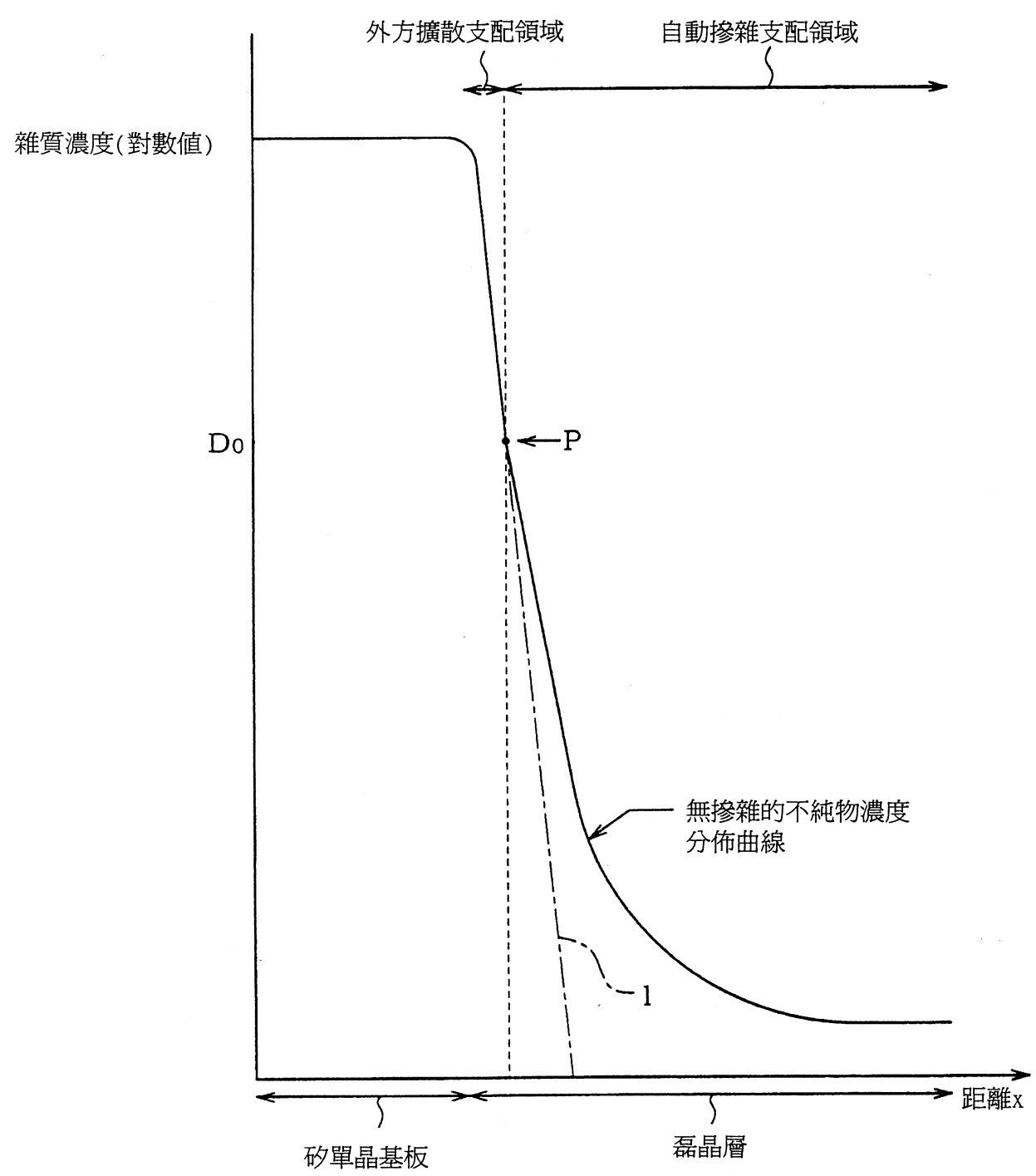


圖 3

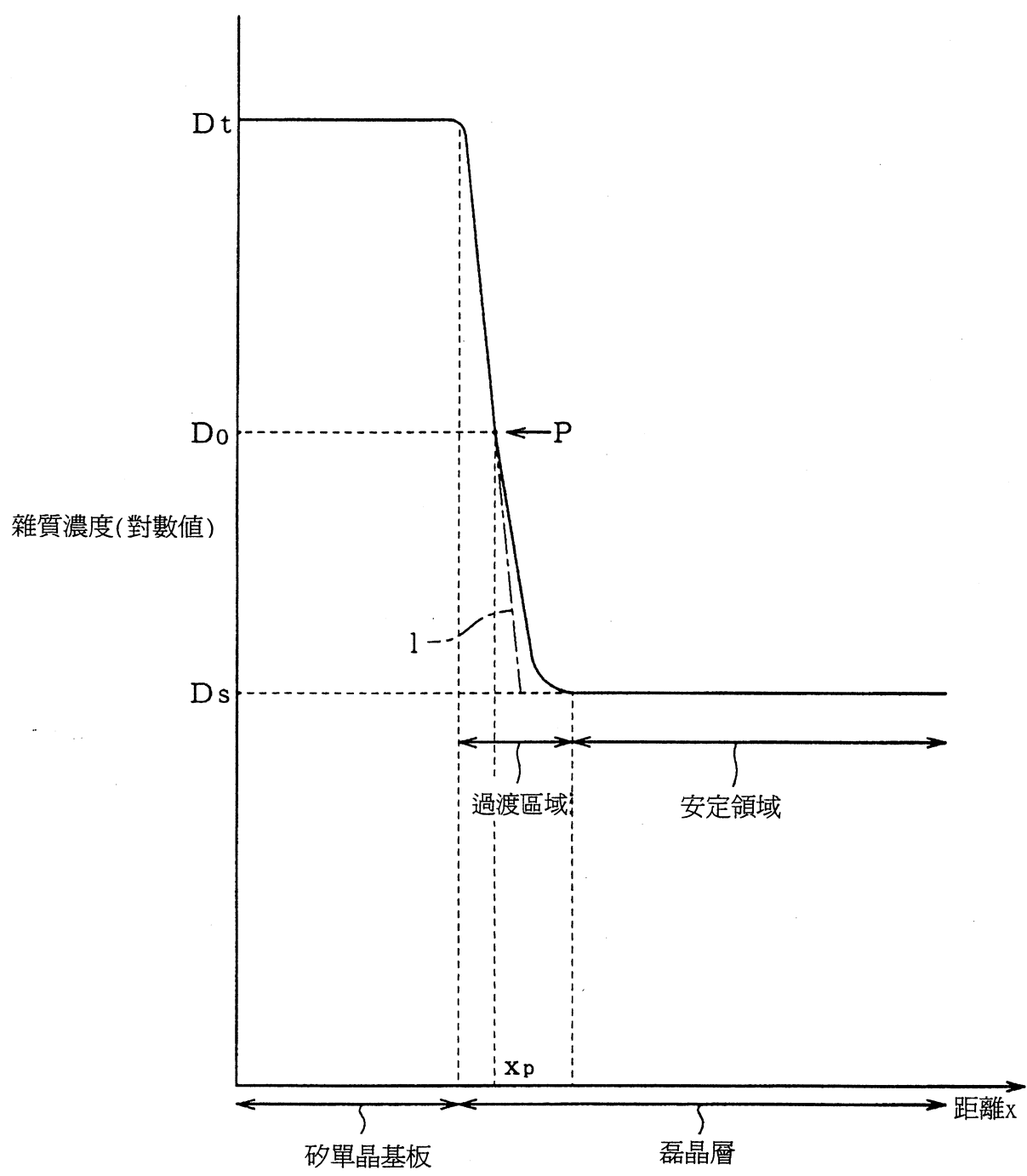


圖 4

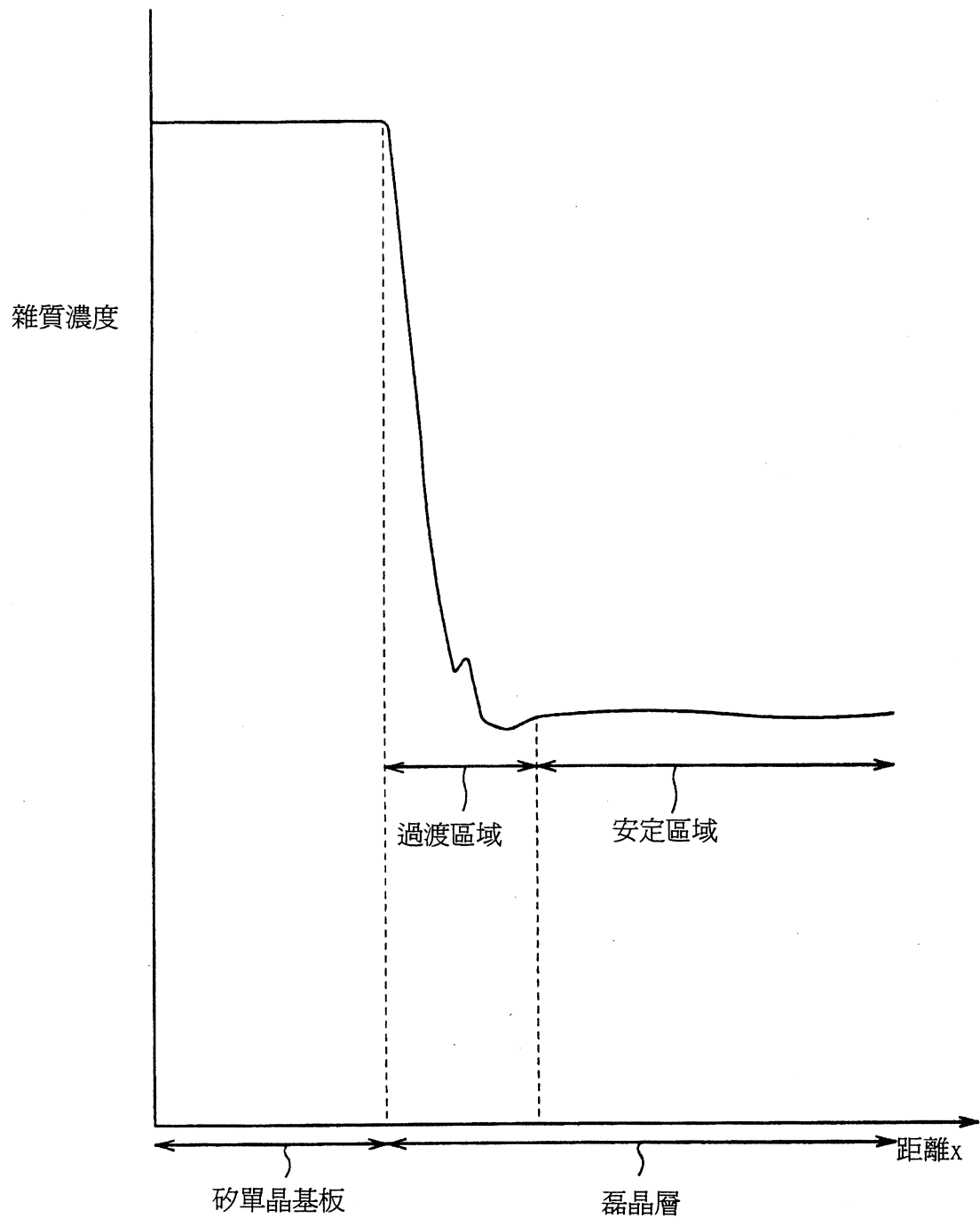


圖 5

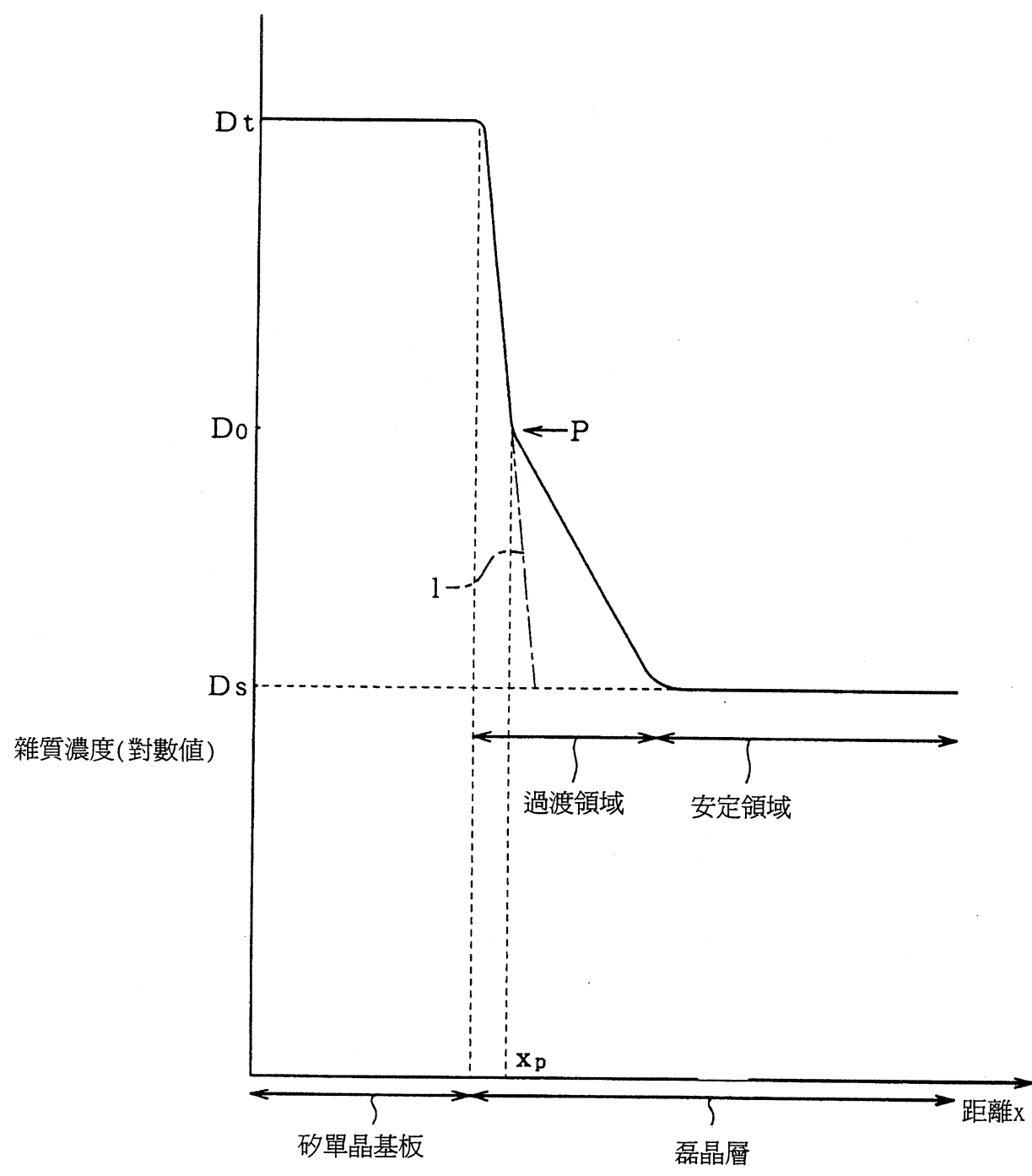


圖 6

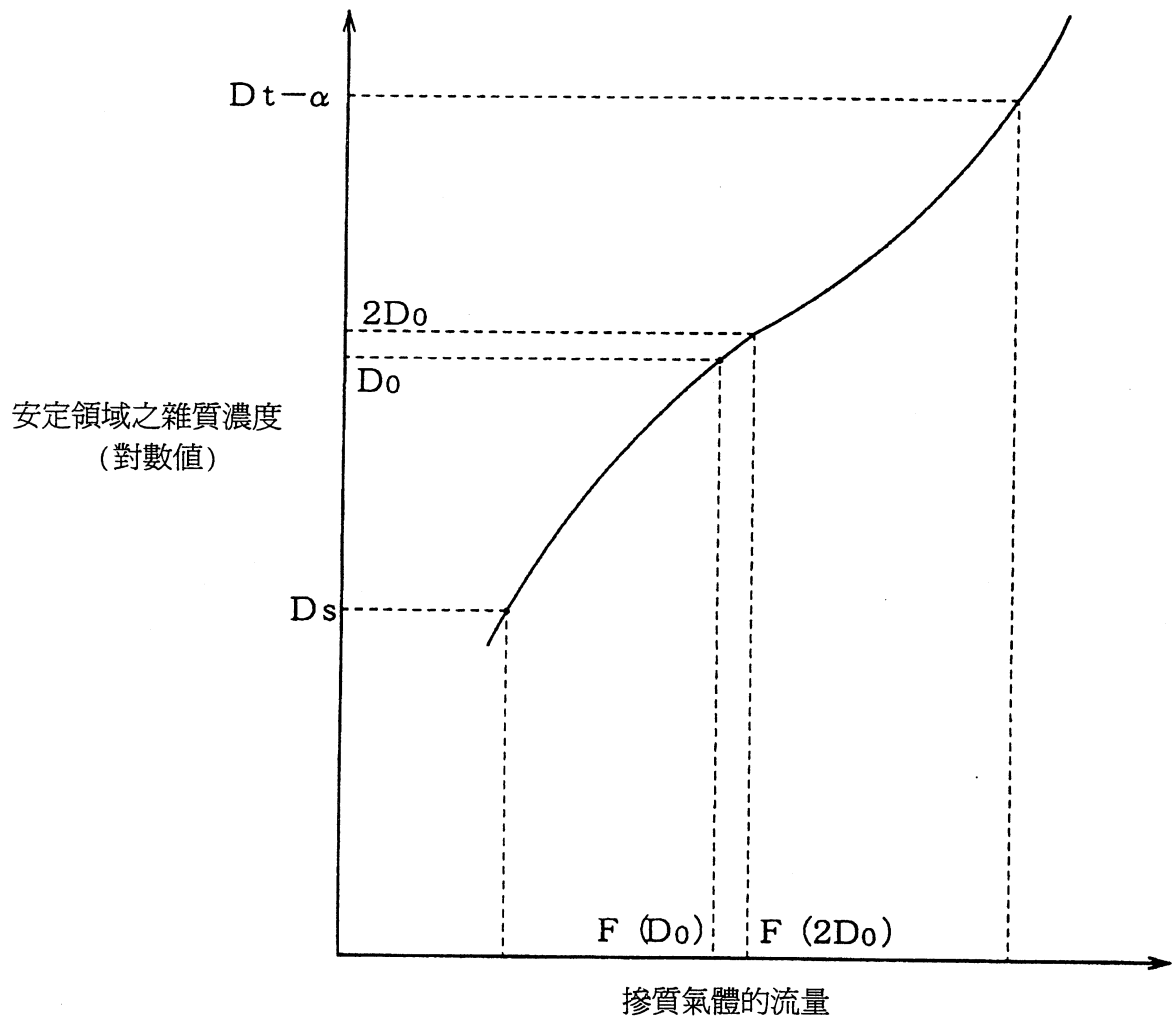


圖 7

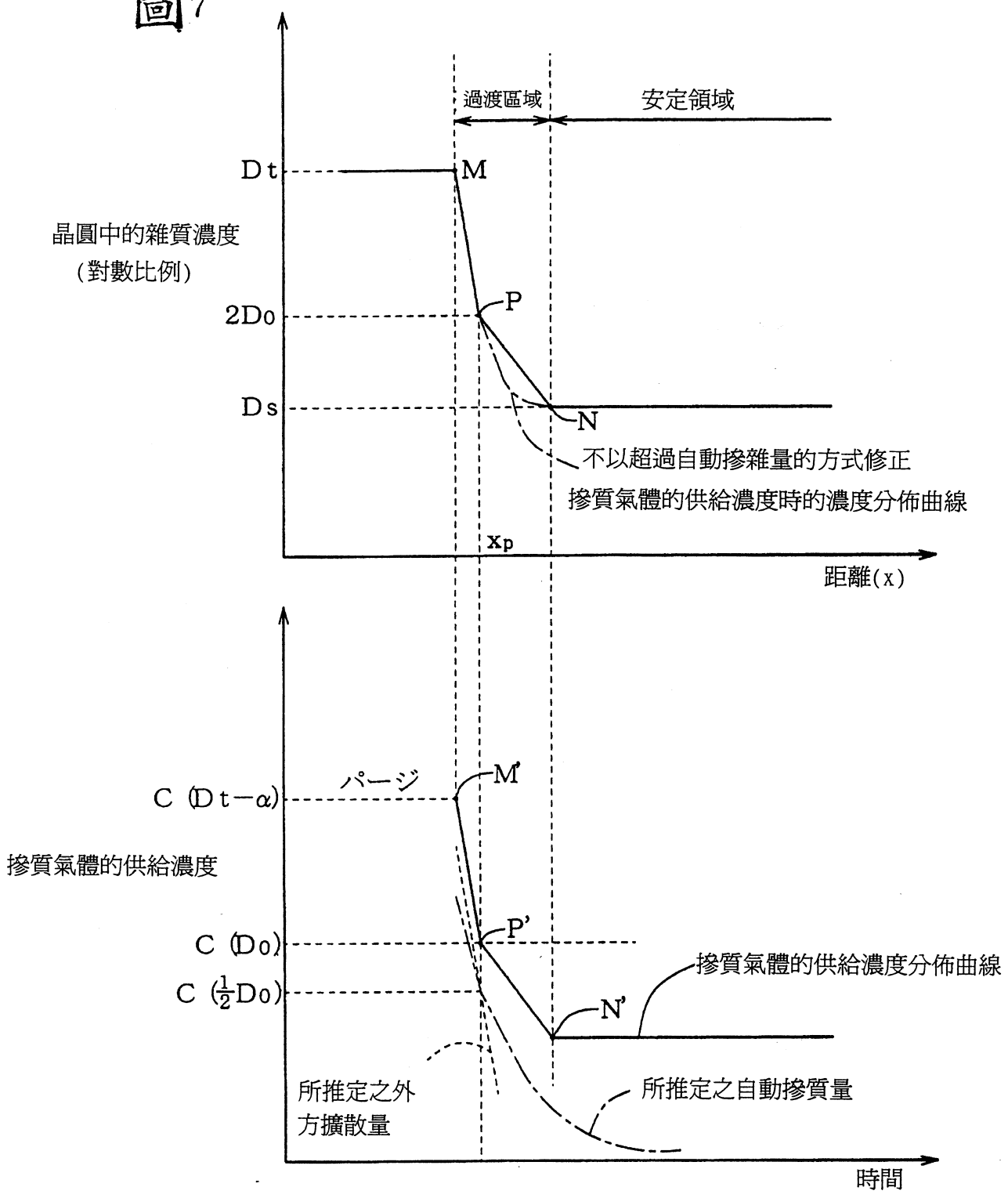


圖 8

