



(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 I614360 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：103104037

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 07 日

(51)Int. Cl. : C23C14/35 (2006.01)

C23C14/54 (2006.01)

C23C14/52 (2006.01)

G01N27/62 (2006.01)

H01J37/34 (2006.01)

(30)優先權：2013/02/08 美國

61/762,439

(71)申請人：瑞士商艾維太克股份有限公司(瑞士)EVATEC AG (CH)

瑞士

(72)發明人：里許勒 史凡烏偉 RIESCHL, SVEN UWE (DE)；維查特 爵根 WEICHART, JUERGEN (DE)

(74)代理人：王彥評；賴碧宏

(56)參考文獻：

US 2006/0065525A1

US 2010/0236919A1

審查人員：孫建文

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：6 共 36 頁

(54)名稱

高功率脈衝磁控濺鍍之濺鍍方法及高功率脈衝磁控濺鍍的濺鍍系統

METHOD OF HIPIMS SPUTTERING AND HIPIMS SPUTTER SYSTEM

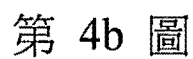
(57)摘要

為控制濺靶(9)之操作，在靶壽命期間並在 HIPIMS 操作下，與靶(9)相關聯之磁配置之部分(I)自靶(9)縮回，而磁配置之第二部分 II，若有的話，則在靶(9)壽命期間，自被處理之背面(7)縮回較少。藉此，部分 I 較部分 II 更接近靶(9)的周邊，因為兩者均繞旋轉軸線(A)離心旋轉。

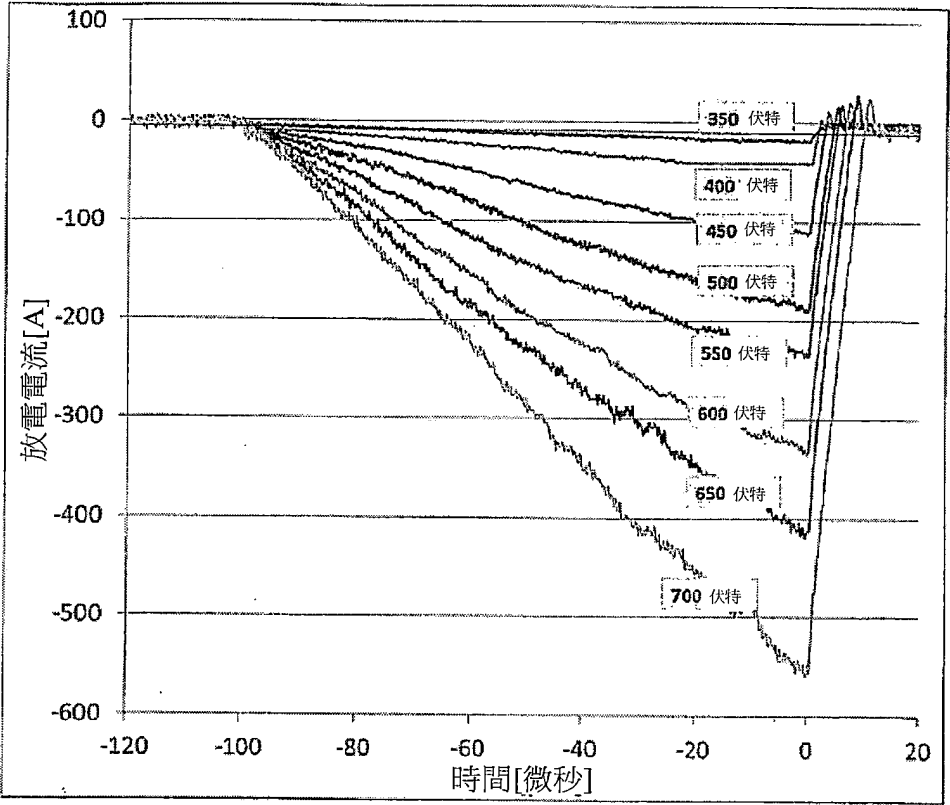
So as to control the operation of a sputter target (9) during lifetime of the target and under HIPIMS operation part (I) of a magnet arrangement associated to the target (9) is retracted from the target (9) whereas a second part II of the magnet arrangement is, if at all, retracted less from the addressed backside (7) during lifetime of the target (9). Thereby, part I is closer to the periphery of target (9) than part II, as both are eccentrically rotated about a rotational axis (A).

指定代表圖：

E . . . 侵蝕

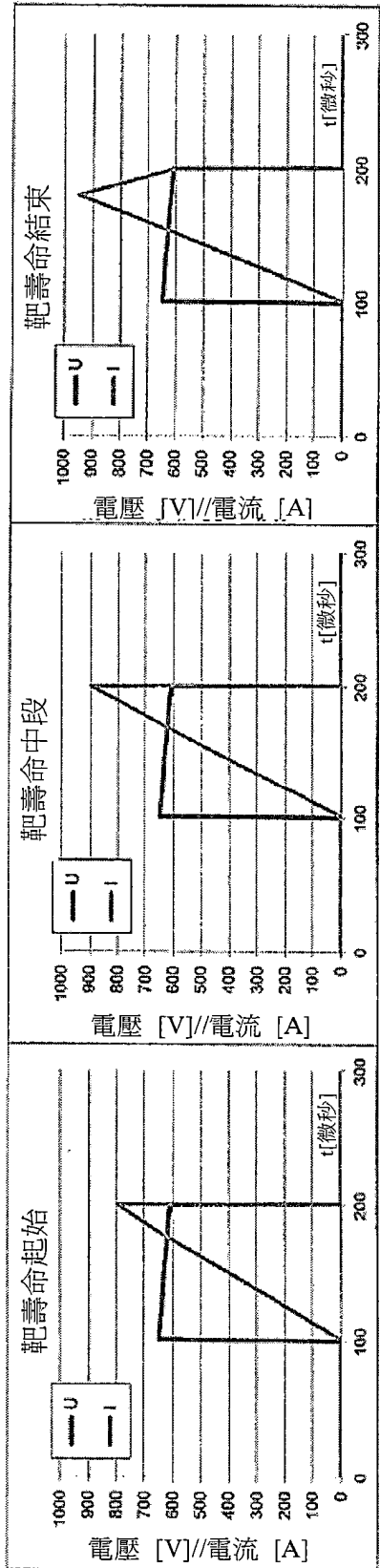


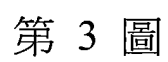
圖式



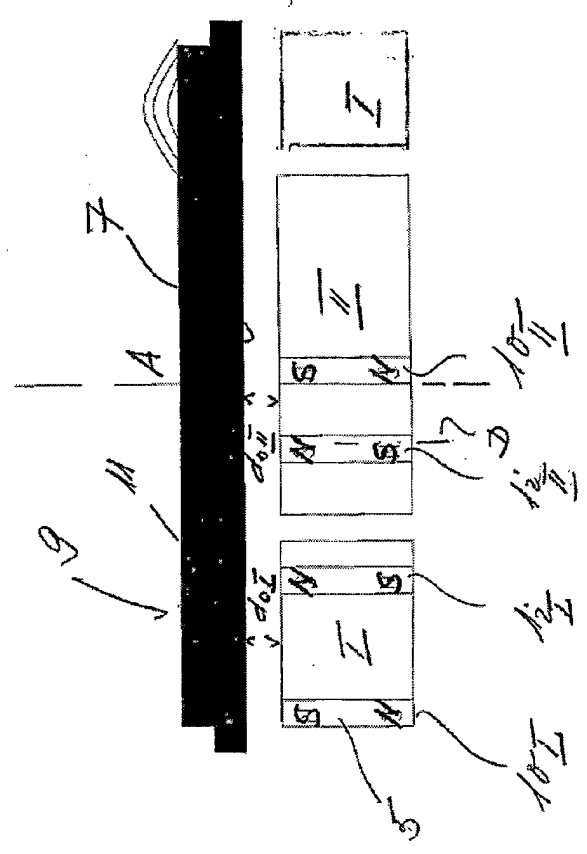
第 1 圖

第 2 圖



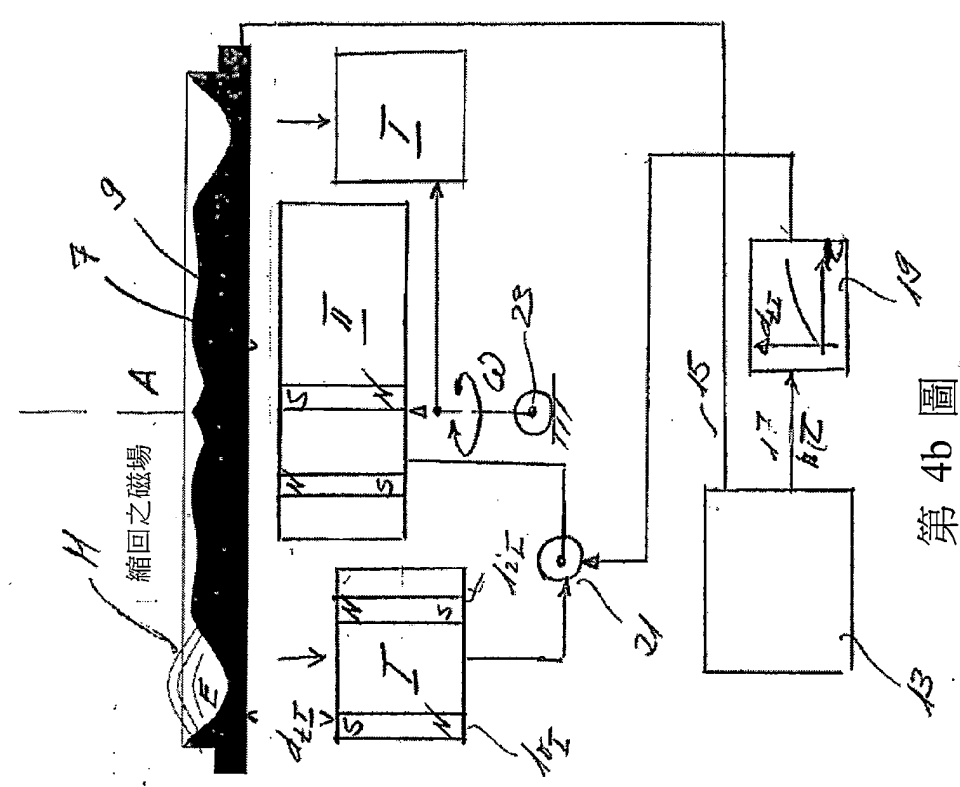


New target

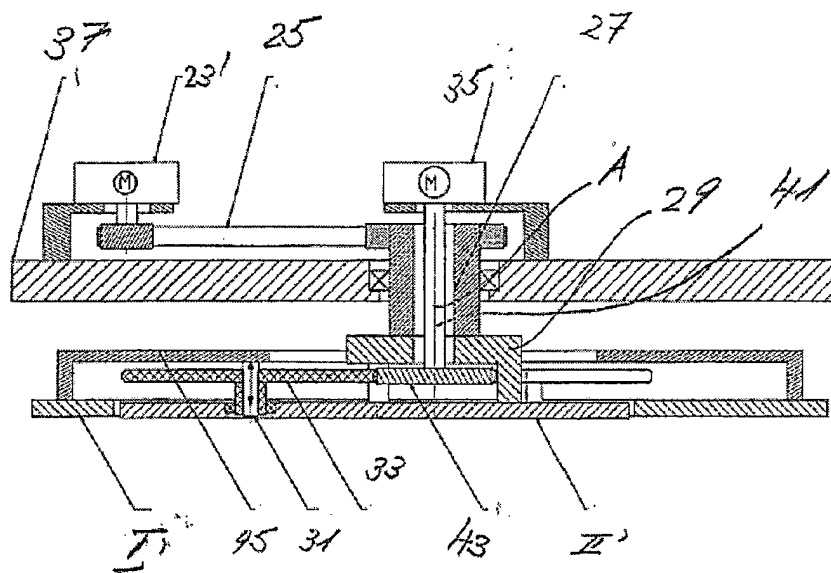


第 4a 圖

From 200



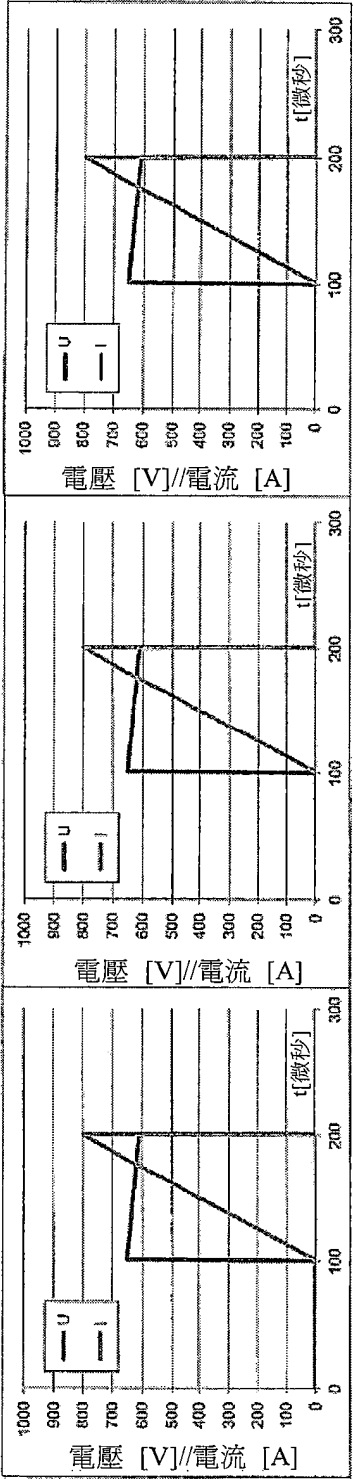
第 4b 圖



第 5 圖

Formatiert: Schriftart: (Standard)
Courier New, 16 Pt., Fett

第 6 圖



→ Z

發明專利說明書

【發明名稱】(中文/英文)

高功率脈衝磁控濺鍍之濺鍍方法及高功率
脈衝磁控濺鍍的濺鍍系統

METHOD OF HIPIMS SPUTTERING AND
HIPIMS SPUTTER SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明係有關濺鍍，特別是 HIPIMS 濺鍍基板之方法以及 HIPIMS 濺鍍系統。

定義：

【0002】 ．就本發明而言，處理包含發生於基板之任何化學、物理或機械作用。

【0003】 ．就本發明而言，基板係於處理裝置中待處理之組件、零件或工件。基板包含但不限於具有矩形、方形或圓形之平坦，板形零件。在較佳實施例中，本發明基本上針對諸如半導體晶圓之平坦、圓形基板。

【0004】 ．真空處理或真空處理系統或裝置包括至少一個外殼，供基板在低於周圍大氣壓力之壓力下接受處理。

【0005】 ．CVD 或化學氣相沉積是一種化學方法，允許在加熱基板上沉積數層。一種或更多種揮發性先質材料被饋送到處理系統，在此，其反應及/或分解於基板表面上，以產生所欲沉積。CVD 的變更包含：低壓 CVD (LPCVD) - 低於大氣壓力下之 CVD 法、超高真空 CVD

(UHVCVD) -通常低於 10^{-6} Pa/ 10^{-7} Pa 之 CVD 法、等離子方法，如微波等離子輔助 CVD (MPCVD)、等離子增強 CVD (PECVD) - 使用等離子來提高先質之化學反應速率的 CVD 法。

【0006】 · 物理氣相沉積 (PVD) 係用來說明藉由材料之氣相形式之凝固沉積薄膜至基板表面 (例如，至半導體晶圓) 之多種方法之任一者的通用術語。塗佈方法包含純物理程序，像是高溫真空蒸發或對照 CVD 之等離子濺射轟擊。PVD 的變更包含陰極電弧沉積、電子束物理氣相沉積、蒸發沉積、濺射沉積 (亦即，通常局限於位在靶材表面上之磁隧道之輝光等離子放電，在這種情況下，亦被稱為磁控濺射)。

【0007】 · 層、塗層、沉積和薄膜之術語可於本揭示內容中互換使用在沉積於真空處理設備之膜，假如其為 CVD 法、LPCVD 法、等離子增強 CVD (PECVD) 或 PVD (物理氣相沉積) 的話。

【先前技術】

【0008】 眾所周知 PVD 沉積技術是用於真空處理系統中處理基板。在這種被設計來用於磁控濺射沉積之系統，已知為配置磁體系統於濺射靶後方，以界定位於靶材表面上之磁隧道，濺射表面、隧道在操作期間拘束等離子。歷經靶壽命，磁控濺射所造成之靶侵蝕，導致於靶材中形成所謂的軌道、溝槽。若溝槽已經耗盡靶的厚度，靶即須更換，這也界定靶壽命。

【0009】 為了容許更佳地利用靶材以改進基板上沉積

的均勻性，已知在沉積程序期間，移動磁體系統。這可藉由使用線圈調變磁場的位置及/或強度，在機械上（部分或整體旋轉、位移磁體系統）或在電氣上實現。

【0010】業已提出於旋轉磁控濺射系統中，歷經靶壽命，實現靶之侵蝕均勻性的若干概念，這些包含具有像是在 US_6821397_B2、WO0163643A1、US_05171415_A、US_05833815_A、US_20040050690_A1 等中之橫向磁體移動之概念，以及具有如於 DE_03908252_A1、EP_00945524_A1 及 EP_01908090_B1 中之磁體軸向移動之概念。

【0011】現有技術的缺點

如所提到，歷經靶壽命，於被濺射之靶的濺射表面上形成侵蝕溝槽。侵蝕圖案可由外主侵蝕溝槽及一個或更多個朝向靶中心之較弱內侵蝕溝槽組成。良好沉積均勻性需要外主沖蝕溝槽，以配合受限之靶直徑。相對於基板直徑之靶直徑越小，外侵蝕溝槽即須越顯著，以補償邊緣效應。由於在靶壽命期間，侵蝕將具體影響外主溝槽，因此，會因靶變得越來越薄而使得磁場於此位置的影響越來越強。結果，放電電流上升且電壓下降固定的放電功率。通常，濺射沉積系統之控制系統執行用戶定義之程序或秘訣，並允許調整沉積時間或放電功率，以在整個靶壽命期間獲得相同的膜厚。在許多應用中，電壓/電流比的變化沒有問題，因為速率由放電功率來界定。在某些方案中，均勻性可如於 US 6 821 397 B2 中所說明，歷經靶壽命，藉由橫向磁體移動調整。

【0012】 然而，在其他幾個應用中，增大之磁場大幅改變製程條件。一個實例是鐵磁材料之濺射，其中磁場因靶減薄而增強。

【0013】 另一個應用是具有極高電流及低佔空比之脈衝 DC 濺射，亦稱為 HIPIMS 或 HPPMS。在此，通常使用持續時間在 50~300 微秒範圍內的電流脈衝。雖然可瞬間施加電壓，電流上升卻依幾個參數，如脈衝供給單元之輸出品質、室阻抗、磁場、電纜和靶電壓而定。若靶電壓因靶侵蝕和磁場變化而改變，即難以歷經整個靶壽命，致能穩定 HIPIMS 程序。

【0014】 第 1 圖舉例顯示依在其他不變條件下施加於 Ti 靶上之具有 100 微秒脈衝之靶電壓而定的電流上升及脈衝峰值的顯著變化。

【0015】 單一脈衝之功率以下式提供：

$$P_{\text{脈衝}} = \int U(t) * I(t) * dt$$

【0016】 由於如第 1 圖所示之脈衝的高度動態情況，顯然，脈衝功率可能從靶壽命之開始到結束，經歷顯著變化。然而，須知，HIPIMS 法特別需要歷經靶壽命之恆定峰值電流，因為峰值電流直接與放電的電離度相關，且電離度本身係經由補入深特點致能之驅動參數（參見：5 月 9 日至 14 日，2009 ISSN 0737-5921 真空鍍膜機協會 505/856-7188，第 52 屆年度技術會議論文集，加利福尼亞州聖克拉拉）。

【0017】 在標準直流 (DC) 濺射中存在有若干歷經靶壽命控制恆定膜厚和均勻性之方法。膜厚控制可藉由歷

經靶壽命調整濺射功率或藉由調整處理時間來完成。通常，濺射功率或處理時間須增加，因為藉由靶侵蝕，靶表面「離開」基板，從而產生有效地更高的靶至基板距離。此外，在標準直流濺射系統中，由於侵蝕，驅動等離子之磁場增大，這導致靶電流增加，及靶電壓減低。對於許多應用，電流/電壓比並不重要。然而，特別是對於像 HIPIMS 之高度動態之脈衝法，在靶壽命其間內，電壓和電流須保持恆定，其原因如下：

1. 電流上升強烈地依第 1 圖所示靶電壓而定。就固定脈衝長度而言，這會影響脈衝中的功率。

2. 如提及，電流脈衝峰值是藉由 HIPIMS 在深通孔之金屬化中實現金屬電離之主要參數。這須在靶壽命期間內保持恆定。此電流脈衝峰值必須盡可能高，但須保持在被偵測到電弧之脈衝源的極限以下。

【0018】 脈衝形狀及 100 微秒脈衝之電流脈衝峰值歷經靶壽命之演變的一個例子示意顯示於第 2 圖中。可看出，為保持靶電壓恆定，電流峰值因增大之磁場而增加。最後一圖顯示，電流因電流感測感測到接近電弧位準而切斷。顯然，整個系列不提供恆定電流脈衝峰值以及恆定脈衝功率 P 脈衝。

【發明內容】

【0019】 以上提及之問題根據本發明，藉由一種 HIPIMS 濺鍍基板之方法來解決，其包括：

- 設置具有濺射表面及背面之靶。
- 沿該背面設置磁體配置。

- 繞垂直於靶之背面之旋轉軸線樞轉或旋轉該該磁體配置。
- 該磁體配置包括沿一對閉合迴路配置之磁極。該對被提及(addressed)閉合迴路之外迴路完全包圍該對被提及閉合迴路之內迴路，並遠離該被提及閉合迴路之該內迴路。
- 面向靶之背面並沿該對閉合迴路之一配置之磁極，其具有相對於面向靶之該背面並沿該對閉合迴路之另一者配置與磁極相反之極性。
- 此對閉合迴路被細分為第一部分及第二部分。此對閉合迴路之該外迴路藉此被細分為在被提及該第一部分之第一外段，以及在被提及該第二部分之第二外段。此對閉合迴路之該內迴路藉此被細分為在該第一部分之第一內段，以及在該第二部分之第二內段。
- 第一外段較第二外段遠離旋轉軸線，兩者均被視為對該旋轉軸線，在徑向方向上。
- 隨著該一靶之被提及之 HIPIMS 操作時間增加，沿在第一部分中之第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極，相對於靶之背面之距離被可控制地增加，使之較沿均在第二部分中之第二外段及第二內段之至少主要數目之磁極至該被提及之背之距離增加更大。

【0020】 在根據本發明之方法之可與將提及之任一實施例組合之一實施例中，除非矛盾，可控制地增加沿第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極的

距離，以歷經靶壽命，保持 HIPIMS 操作之電流脈衝峰值至少大約恆定。

【0021】在根據本發明之方法之可與已提及之任一及後續將提及之實施例組合之一實施例中，除非矛盾，該磁體配置包含單一對被提及的該閉合迴路。

【0022】在根據本發明之方法之可與已提及之任一及後續將提及之實施例組合之一實施例中，除非矛盾，均在第二部分中之第二外段及第二內段之至少主要數目之磁極至背面之距離以自背面且平行於旋轉軸線之方向之均等移動增加。這意指即使該等磁極距背面之初始距離不同，個別距離仍以該均等移動均等增加。

【0023】在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，第二部分中之第二外段及第二內段之至少主要數目之磁極至背面之此等距離於靶之 HIPIMS 操作時間內，亦即在靶壽命期間內保持恆定。

【0024】在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，第二外段及第二內段之至少主要數目之磁極之此等距離於靶之 HIPIMS 操作時間內相等。

【0025】在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之一又一實施例中，除非矛盾，沿第一部分之第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極之此等距離之可控制增加在沿第一外段及沿第一內段之磁極上進行。

【0026】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，沿第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極均等增加。

【0027】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，沿第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極至背面之距離，以被視為自該背面且平行於該旋轉軸線之方向之均等移動增加。

【0028】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極至背面之距離在靶之 HIPIMS 操作時間內相等。

【0029】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，沿第一外段及第一內段之磁極之此等距離在靶之 HIPIMS 操作時間內相等，且其中沿第二外段及第二內段之磁極之此等距離在靶之提及 HIPIMS 操作時間內亦相等。

【0030】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，沿第一外段之磁極距旋轉軸線之平均距離大於沿第二外段之磁極距旋轉軸線之平均距離。

【0031】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，可控制地增加沿第一外段及第一內段之至少一者之所有磁

極至背面之距離。

【0032】 在本發明之剛提及之方法之又一實施例中，可控制地增加沿第一外段及第一內段之此等磁極至背面之距離。

【0033】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，沿第一外段之至少一個第一軌跡界定距旋轉軸線之最大距離 $R_{\max}$ ，且其中沿第二外段之至少一個第二軌跡界定距旋轉軸線之最小距離 $R_{\min}$ ，且其中第一部分被第一極限軌跡限制在第一軌跡之一側上，該第一極限軌跡具有距被提及旋轉軸線之距離 R_{e1} ，其不小於

$$R_{e1} = (R_{\max} + R_{\min}) / 2$$

且其中第一部分被第二極限軌跡限制在第一軌跡之另一側上，該第二極限軌跡具有距旋轉軸線之距離 R_{e2} ，其不小於

$$R_{e2} = (R_{\max} + R_{\min}) / 2。$$

【0034】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，沿第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極之此等距離之可控制增加在靶之 HIPIMS 操作時間內以逐步與穩定的至少一方式進行。

【0035】 在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，沿第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極之此等距離之可控制增加依靶周邊附近之濺射表面之侵

蝕深度進行，且在又一優良實施例中，選擇大約等於靶周邊附近之濺射表面之侵蝕深度。

【0036】在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，沿第一外段及第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極之此等距離之可控制增加藉由預定距離對時間特徵控制。

【0037】在根據本發明之方法之可與先前提及之任一及待提及之實施例組合之又一實施例中，除非矛盾，此等磁極係磁極方向至少實質上平行於旋轉軸線之磁體的磁極。

【0038】上述問題進一步藉一種 HIPIMS 濺射系統解決，其包括具有濺射表面及背面之靶配置。該系統又包括：磁體配置，係沿靶配置之背面之；以及樞轉或旋轉驅動器，係在操作上連接到該磁體配置，以使該磁體配置繞垂直於背面之旋轉軸線樞轉或旋轉。該磁體配置包括：沿一對閉合迴路配置之磁極，該對閉合迴路之外迴路完全包圍該對閉合迴路之內迴路，並遠離該閉合迴路之內迴路。面向背面，並沿該對閉合迴路之一配置之磁極具有相對於面向背面，並沿該對閉合迴路之另一者配置之磁極相反之極性。

【0039】磁體配置被細分為第一部分及第二部分，藉此，此對閉合迴路之外迴路被細分成在第一外部分上之第一外段，以及在第二外部分上之第二外段，且藉此，該對閉合迴路之內迴路被細分成在第一部分上之第一內

段，以及在第二外部分上之第二內段。

【0040】 第一外段較第二外段遠離旋轉軸線，兩者均被視為相對於旋轉軸線，在徑向方向上。

【0041】 位移驅動器在操作上互連於第一部分與第二部分之間。

【0042】 HIPIMS 電源發生器在操作上連接到靶配置。

【0043】 位移控制單元在操作上連接到 HIPIMS 電源發生器和位移驅動器，並適於依 HIPIMS 電源發生器於靶上之操作，控制位移驅動器，以使第一部分移離靶之背面移較第二部分移離背面更多。

【0044】 在根據本發明之系統之優良實施例中，樞轉或旋轉驅動器及位移驅動器兩者相對於靶配置固定安裝。

【0045】 根據本發明之其他實施例可衍生自根據本發明之方法之不同實施例。

【0046】 藉本發明，在其所有態樣下，可歷經靶的整個 HIPIMS 操作時間，控制電流脈衝峰值，特別是保持這些值至少大約恆定。

【0047】 因而，本解決方案最通常地異於如在 EP_01908090_B1 中所說明具有軸向調整零件之磁體配置，但適於藉由內側部分例如軸向固定，惟外側部分從靶背面縮回(亦即增加磁體配置之外側部分與靶背面之距離)，歷經靶壽命，亦即在靶之 HIPIMS 操作時間內，HIPIMS 濺射。在第一粗略方案中，此種縮回可等於靶侵蝕深度。

【圖式簡單說明】

【0048】 現在將進一步藉助於圖式例示本發明。這些圖式顯示：

第 1 圖：依爲了 HIPIMS 濺鍍而施加之靶電壓而定，並具有 100 微秒脈衝之電流上升。

第 2 圖：用於 HIPIMS 濺鍍法之電流脈衝的演變，此電流脈衝歷經靶壽命有 100 微秒脈衝長度，且在靶背面與磁體配置間距離恆定，藉此，保持脈衝電壓恆定，且電流峰值達到接近靶壽命之約 950 A 電弧偵測極限。

第 3 圖：如可被利用來實施本發明之磁體配置之俯視圖。

第 4a 圖：最示意顯示根據本發明之磁體配置相對於 HIPIMS 濺射靶之背面的初始位置。

第 4b 圖：異於第 4a 圖之圖式，根據本發明之磁體配置之定位依據靶上 HIPIMS 操作時間之增加確立，並藉示意性及簡化功能方塊/信號流程圖進一步示意性顯示驅動及控制構件。

第 5 圖：在簡化之橫剖視圖中，用於磁體配置及根據本發明之目前實施之驅動配置。

第 6 圖：如獨創地實現，歷經 HIPIMS 濺射操作之靶壽命，100 微秒脈衝之 HIPIMS 的電壓及電流脈衝

【實施方式】

【0049】 可用在本發明之架構中，亦即用來適當控制 HIPIMS 操作之脈衝電流峰值之靶配置以俯視圖顯示於第 3 圖中。磁體配置包括沿一對閉合迴路 1，亦即外迴路

1。和內迴路 1_i 之磁極。事實上亦為幾何軌跡之外迴路 1。完全包圍內迴路 1_i 。兩個一對之迴路 1 相互遠離。

【0050】 如由以下說明瞭然之磁極面對靶配置之背面，且沿閉合迴路中之一者，比方說對 1 之迴路 1。配置之磁極相對於面對上述背面，並沿對 1 之另一閉合迴路，比方說 1_i 之磁極之 N 極，具有相反磁極，例如 S 極。

【0051】 如在第 3 圖中示意顯示，上述磁極沿上述迴路 1_i 、1。配置而成，以此一方式，個別磁極事實上形成連續磁極面，惟亦可被視為沿個別迴路相互分開或隔開。

【0052】 如在第 3 圖中示意顯示，閉合迴路 1。及 1_i 之對 1 由環隙 3 細分成第一部分 I 及第二部分 II。整個磁體配置被垂直於圖的平面，進一步可旋轉地或可樞轉地繞旋轉軸線 A 安裝，且(於第 3 圖中未顯示)在操作上耦接至樞轉或旋轉驅動器。

【0053】 藉由將閉合迴路 1。及 1_i 之對 1 細分成兩部分 I 及 II，外迴路 1。被細分成座落於第一部分 I 上之第一外部 1_{oI} 以及座落於第二部分 II 上之第二外部 1_{oII} 。類推，藉此，內閉合迴路 1_i 被細分成座落於第一部分 I 上之第一內段 1_{iI} 以及座落於第二部分 II 上之第二內段 1_{iII} 。

【0054】 沿第一外段 1_{oI} 以及沿第二外段 1_{oII} 之每一磁極或每一軌跡相對於旋轉軸線 A 界定，或與旋轉軸線 A 徑向隔距離 R。所有沿第一外段 1_{oI} 之該距離 R 的平均大於沿第二外段 1_{oII} 之該距離 R 的平均。因此，事實上

外迴路 1。相對於旋轉軸線 A 離心，閉合迴路對 1 整體亦如此。

【0055】 進而，第一外段 1_{oI} 界定第一軌跡 L_{max} ，其中 R 為最大值 R_{max} 。

【0056】 另一方面，沿第二外段 1_{oII} 之一個第二軌跡 L_{min} 界定最小值 R ， R_{min} 。閉合迴路對 1 之第一部分 I 與第二部分 II 之劃分選擇如下：在第一軌跡 L_{max} 之一側，第一外段 1_{oI} 向上衍伸到與旋轉軸 A 隔距離 R_{e1} 之結束軌跡 L_{e1} ，該距離 R_{e1} 不小於

$$R_{e1} = (R_{max} + R_{min}) / 2。$$

【0057】 因此，根據第 3 圖，頂多有部分 I 之左側極限 L_{e1} ，在此，上述關係支配著，但 L_{e1} 可朝 L_{max} 更趨近。

【0058】 有來自第一軌跡 L_{max} 之另一側極限 L_{e2} ，在此，衍伸例如至右側並離開軌跡 L_{max} ，第一外段 1_{oI} 與旋轉軸 A 隔距離 R_{e2} ，其不小於

$$R_{e2} = (R_{max} + R_{min}) / 2。$$

【0059】 在此，上述極限亦是第一外段 1_{oI} 相對於軌跡 L_{max} 之右側程度之最大極限。如由第 3 圖可看出，本例示性磁體配置實現或利用右側極限軌跡 L_{e1} ，而左側極限 L_{e1} 則不被利用，因為第一外段 1_{oI} 之左側極限更接近第一軌跡 L_{max} 。

【0060】 藉由依循上述極限，使兩部分 I 和 II 中之閉合迴路 1。和 1_i 之對 1 分離，磁體配置變得非常適合在本發明之架構中執行與上述磁體配置相關聯之靶之 HIPIMS 操作的脈衝電流峰值控制。

【0061】 第 4a 圖及第 4b 圖示意地顯示切過與例如藉助於第 3 圖例示之磁體配置相關聯之靶配置的個別橫截剖視圖。第 4a 圖顯示當靶是新的亦即尚未濺射侵蝕時，磁體配置與靶背面 7 之相對關係，而第 4b 圖則顯示根據本發明為配合上升之電流脈衝值，藉由 HIPIMS 濺射操作侵蝕之靶與磁體配置之個別定性定位。第 4a 圖及第 4b 圖中與藉助於第 3 圖提供之磁體配置相一致，這些零件均在第 4 圖中以相同元件符號標示。

【0062】 如由第 4 圖可看出，分別根據第 3 圖，磁體 5 提供有磁極 N 和 S，其配置，係沿著個別閉合迴路配置面向具有濺射表面 11 之靶配置 9 的背面 7，在一優良實施例中，以偶極軸線 D 垂直於靶配置 9 之背面 7。

【0063】 當靶 9 未侵蝕，亦即新的，如藉助於第 3 圖例示，具有實質上平坦濺射表面 11，磁體配置部分 I 時，具有與靶配置 9 之背面 7 相隔之初始距離 d_{oI} 。第二部分 II 同樣具有與靶配置 9 之該背面 7 相隔之初始距離 d_{oII} 。在優良實施例中， d_{oI} 與 d_{oII} 相等，惟這並非強制性。隨著靶配置 9 之消耗進行及侵蝕 E(參閱第 4b 圖)增加，如於第 4b 圖中 d_{tI} 所指，磁體配置之部分 I 從靶配置 9 之背面 7 縮回。藉此，部分 II 相對於靶配置 9 之背面 7 的距離可保持恆定，從而保持於 d_{oII} 值，或者亦可增加(於第 4 圖中未顯示)，但在任何情況下，距離的 d_{tI} 之增加大於部分 II 與上述背面 7 間之距離 d_{tII} 之增加。請注意，如於第 4 圖中示意性顯示之二部分 I 及 II 於第 4b 圖中以 ω 標示，組合繞旋轉軸線 A 或繞其樞轉。第 4a 圖及第

4b 圖之圖示取磁體配置相對於旋轉軸線 A 之相同角度。

【0064】 於第 4b 圖中又顯示 HIPIMS 脈衝發生器單元 13，其以線 15 示意性顯示，操作靶配置 9。如 HIPIMS 脈衝發生器單元 13 之輸出線 17 進一步示意性顯示，在 HIPIMS 操作條件下之靶配置 9 之操作時間 T 被感測到並儲存。控制單元 19 控制在操作上連接於磁體配置的兩部分 I 和 II 間之驅動器 21，以便可控制地依靶配置 9 之整體操作時間 T 增加相對於部分 II 的距離 d_{tI} 。

【0065】 依靶配置 9 之操作時間 T 而 d_{tI} 增加之特徵，在優良的實施例，藉由實驗預先確定並存儲在控制單元 19 中。第 4b 圖中之驅動器 23 提及用於具有部分 I 和 II 的整體磁體配置。

【0066】 第 5 圖舉例顯示如藉助於第 3 及 4 圖所例示，用以特別是控制磁體配置之部分 I 之距離 d_{tI} 之磁體配置驅動系統的優良設計。根據如於第 4b 圖中示意性顯示之驅動器 23，用於磁體配置之部分 II 之載體 II' 被連接到旋轉驅動器 23'。屬於電動馬達之驅動器 23' 藉皮帶 25 驅動連接到中空軸 27，其藉構件 29 連接到載體 II'。

【0067】 如藉助於第 3 及 4 圖所例示，用於磁體配置之部分 I 之載體 I' 藉三個心軸 31 載裝於載體 II' 上。三個心軸 31 以繞著旋轉軸線 A 成 120° 的角度間隔設置。

【0068】 齒輪 33 安裝於心軸 31 之每一者。

【0069】 如於第 4b 圖中示意性顯示，又提供類似於驅動器 21 之升降驅動器 35，例如電動馬達。驅動器 35 及驅動器 23' 被牢固地安裝到固定框架部分 37。

【0070】 與旋轉軸線 A 同軸之軸線 41 由驅動器 35 旋轉地驅動，並在其指向載體 II'之端部設有齒輪或小齒輪 43。小齒輪 43 與齒輪 33 嚙合。當載體 I'如第 4a 圖，以與靶配置 9 之背面 7 相隔恆定之距離 d_{tI} 操作時，小齒輪 43 以與載體 II'藉驅動器 23'經由皮帶 25 及空心軸 27 繞旋轉軸線 A 驅動之相同角速度，為驅動器 35 所驅動。

【0071】 為調整載體 I'並從而調整磁體配置之部分 I 之距離 d_{tI} ，小齒輪 43 以不同角速度，沿相對於磁體配置之個別部分之載體 II'之任何符合期望之移動方向，以更高或更低者運轉。例如與例如安裝於護套 45 上之載體 I'相關聯，設置有反射板(未顯示)，以藉距離感測器(未顯示)，例如藉雷射三角測量感測器監視載體 I'之軸向位置。

【0072】 如以上所提，如第 5 圖例示之上述驅動系統包括兩個驅動器，用於繞軸線 A 旋轉運動之驅動器 23'，以及用在載體 I'相對於載體 II'位移之驅動器 35，藉此，這兩個驅動器相對於框架 37，從而相對於靶靜止，具有對上述驅動器之電連接靜止的優點。

【0073】 重要的是避免這四個齒輪 33、43 的任何阻塞。因此，有鑑於整體磁體配置相對於旋轉軸線 A 之離心，必須考慮座落在載體 I'和 II'之磁體配置之頗大重量。此種阻塞的兩個主要原因係：

- 1.相對於框架部分 37 之載裝磁體之載體 I'與驅動系統之殼體或框架間或兩個載體 I'和 II'間之傾斜動能。

- 2.因載體 I'運行到停止而產生之黏附力量，其界定如

第 4a 圖之 d_{0I} 之參考距離，作為載體 I' 之參考初始位置。如於第 5 圖中所例示，任何黏附可能需要 HIPIMS 濺射源及磁體驅動系統之拆卸。因此，心軸 31，例如三個心軸 31 藉滾珠螺桿實現，其為已知，提供低摩擦、無黏滑。自由運行，用於精確定位之非常良好之重複精度。

【0074】 實施如第 5 圖之載體 I'，從而磁體配置之部分 I 歷經 HIPIMS 靶操作時間 τ 且從而歷經靶壽命之歷時軸向移動特徵的程序可如以下建立：

1. 連接例如示波器之靶電流感測器至電源線，如第 4b 圖之線 15，從 HIPIMS 發生器單元 13 至靶配置 9。
2. 開始新配置靶之濺射。
3. 調整處理參數(電壓、氣體壓力、脈衝重複率)，以實現所欲靶電流脈衝峰值。
4. 從靶運行若干 kWhs 濺射。
5. 測量電流脈衝峰值。若這些值異於步驟 3 中測定的值，即施加軸向驅動，以增加磁體配置(載體 I')之部分 I 的距離 d_{tI} ，重新調整電流脈衝峰值到設定點(步驟 3)。
6. 重複步驟 5 中所說明之該程序，歷經整個靶壽命並儲存依存於 HIPIMS 靶操作之運轉時間 τ 之部分 I 軸向位置之依存性，從而促成如於第 4b 圖之控制單元 19 中例示之控制特徵。磁體配置之第一近似部分 I，從而載體 I' 通常軸向位移，並從初始位置離開大約與侵蝕 E 在靶配置 9 之周邊附近進行者相同的量。

【0075】 如於第 6 圖中例示，歷經 HIPIMS 濺射操作之靶壽命，產生統一，至少實質上恆定的電流脈衝峰值。

【0076】 藉該例子，我們已經顯示目前實施之本發明之實施例。然而，考慮到以下：

特別是如於第 4b 圖中所示，我們業已考慮到，磁體配置之第一外段 1_{oI} 及第一內段 1_{iI} 沿 d_{tI} 所指軸向均等位移，又，上述段恆具有相對於靶配置 9 之背面 7 之等距。這可不是強制性。

【0077】 替代地，上述段可在靶配置 9 之操作時間 T 內相對於靶配置 9 之背面 7 均等位移，其一方面，減弱此種位移的作用，另一方面，位移靶配置 9 之濺射表面上之磁場 M 的頂點。

【0078】 又，這兩段可具有與靶配置之背面 7 相隔之不同初始距離，藉此進一步以相等或不同量位移。

【0079】 更進一步，可能有利的是，僅位移段 1_{oI} 及/或段 1_{iI} 之預定數目磁極，藉此保持較小數目之上述磁極相對於靶配置 9 之背面恆定，或者更通常地異於預定數目之上述磁極之個別距離。這可例如考慮沿上述段之磁極與靶配置 9 之周邊所隔之不同距離，予以實現。因此，在例如更接近靶配置 9 之周邊之第一外段 1_{oI} 之一區域中，所有個別磁極可自靶配置 9 之背面 7 位移，而距靶配置 9 之周邊更遠之上述段之區域中一些磁極則可在靶配置 9 之 HIPIMS 操作期間內位移小於上述主要數目。

【0080】 考慮到磁體配置之部分 II，業已說明之例子顯示，在靶配置 9 之 HIPIMS 操作期間內，載體 II' 及磁體配置之部分 II 軸向固定。這可不是強制性。

【0081】 載體 II' 上所有或其至少一部分之磁極亦可

在靶配置 9 之 HIPIMS 操作期間內自靶配置 9 之背面 7 位移，然而，在任何情況下，沿段 1_{oI} 及/或 1_{iI} 之小於至少主要數目之磁極於上述靶壽命期間內縮回。

【0082】 又，不論在靶配置 9 之 HIPIMS 操作期間內位移或未位移，沿第二外段 1_{oII} 及/或第二內段 1_{iII} 之磁極可如在本實施例中，具有相對於靶配置 9 之背面 7 相等之距離。磁體配置之部分 II 之較少數目之上述磁極可異於沿段 1_{oI} 及/或 1_{iI} 之主要數目之上述磁極，自靶配置 9 之背面 7 位移。於本發明之架構內，一般而言，根本的是，在靶配置 9 之 HIPIMS 操作期間內，且從而在此靶壽命期間內，沿第一外段及/或第一內段 1_{oI}、1_{iI} 配置之磁極之主要部分自靶配置 9 之背面 7 位移較沿第二外段及/或第二內段 1_{oII}、1_{iII} 之至少主要數目之磁極自靶配置 9 之背面 7 移動或位移更大的量。

【0083】 藉本發明來實現靶之 HIPIMS 操作所提供之電流脈衝峰值可在考慮下之靶壽命期間適當控制，並可特別控制以歷經上述壽命，實質上恆定。

【符號說明】

【0084】

- 1 閉合迴路對
- 3 環隙
- 5 磁體
- 7 背面
- 9 靶配置
- 11 濺射表面

13	HIPIMS 脈衝發生器單元
15	線
17	輸出線路
19	控制單元
21	驅動器
23	驅動器
23'	旋轉驅動器
25	皮帶
27	中空軸
29	構件
31	心軸
33	齒輪
35	升降驅動器
37	固定框架部分
43	小齒輪
45	護套
1o	外迴路
1i	內迴路
1oI	第一外段
1oII	第二外段
1iI	第一內段
1iII	第二內段
I	第一部分
II	第二部分
I', II'	載體

A	旋轉軸線
D	偶極軸線
d oI,doII	初始距離
dtI,dtII	距離
E	侵蝕
Le1	結束軌跡
Lmax	第一軌跡
M	磁場
R	距離
R e1	距離
R e2	距離
Rmax	最大 R
Rmin	最小 R
T	HIPIMS 操作時間

發明摘要

※ 申請案號：103104037

※ 申請日：103.2.7

※IPC 分類：

C23C 14/35 (2006.01)

C23C 14/54 (2006.01)

C23C 14/52 (2006.01)

C01N 21/62 (2006.01)

H01J 37/34 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

高功率脈衝磁控濺鍍之濺鍍方法及高功率
脈衝磁控濺鍍的濺鍍系統

METHOD OF HIPIMS SPUTTERING AND
HIPIMS SPUTTER SYSTEM

【中文】

為控制濺靶(9)之操作，在靶壽命期間並在 HIPIMS 操作下，與靶(9)相關聯之磁配置之部分(I)自靶(9)縮回，而磁配置之第二部分 II，若有的話，則在靶(9)壽命期間，自被處理之背面(7)縮回較少。藉此，部分 I 較部分 II 更接近靶(9)的周邊，因為兩者均繞旋轉軸線(A)離心旋轉。

【英文】

So as to control the operation of a sputter target (9) during lifetime of the target and under HIPIMS operation part (I) of a magnet arrangement associated to the target (9) is retracted from the target (9) whereas a second part II of the magnet arrangement is, if at all, retracted less from the addressed backside (7) during lifetime of the target (9). Thereby, part I is closer to the periphery of target (9) than part II, as both are eccentrically rotated about a rotational axis (A).

申請專利範圍

1. 一種用於塗佈基板之濺鍍方法，包括：

- 設置具有濺射表面及背面之靶，
- 沿該背面設置磁體配置，
- 繞垂直於該背面之旋轉軸線樞轉或旋轉該磁體配置，
- 其中該磁體配置包括沿一對閉合迴路配置之磁極，該對閉合迴路之外迴路完全包圍該對閉合迴路之內迴路，並遠離該對閉合迴路之該內迴路，
- 面向該背面並沿該對閉合迴路之一者配置之磁極，其具有相對於面向該背面並沿該對閉合迴路之另一者配置之磁極相反之磁極性，
- 其中該對閉合迴路被細分為第一部分及第二部分，該對閉合迴路之該外迴路藉此被細分為在該第一部分之第一外段以及在該第二部分之第二外段，且該對閉合迴路之該內迴路藉此被細分為在該第一部分之第一內段以及在該第二部分之第二內段，
- 該第一外段較該第二外段遠離該旋轉軸線，兩者均被視為對於該旋轉軸線，在徑向方向上，
- 該方法包括隨著該靶之操作時間增加，可控制地增加該第一外段及該第一內段之至少一者之至少主要數目之磁極至該背面之距離，使之較該第二外段及該第二內段之至少主要數目之磁極至該背面之距離增加更大，
- 控制藉由該靶之操作所提供之電流脈衝峰值，以及

- 沿著該第一外段及該第一內段之至少一者，進行該至少主要數目之磁極之該等距離之可控制增加，以便在該靶的壽命期間內保持該操作之電流脈衝峰值實質上恆定。
- 2.如請求項1之方法，其中該磁體配置包含單一對的閉合迴路。
- 3.如請求項1之方法，其中沿該第二外段及該第二內段之該至少主要數目之磁極至該背面之距離，藉由被視為自該背面且平行於該旋轉軸線之方向均等的移動增加。
- 4.如請求項1之方法，其中該第二外段及該第二內段之該至少主要數目的磁極至該背面之該等距離，於該靶之操作時間內保持恆定。
- 5.如請求項1之方法，其中該第二外段及該第二內段之該至少主要數目之磁極的該等距離，於該靶之該操作時間內相等。
- 6.如請求項1之方法，其中沿該第一外段及該第一內段至少一者之該至少主要數目之磁極的該等距離之可控制增加，在沿該第一外段及沿該第一內段之磁極上進行。
- 7.如請求項1之方法，其中沿該第一外段及該第一內段之至少一者之該至少主要數目的磁極為均等增加。
- 8.如請求項1之方法，其中沿該第一外段及該第一內段之至少一者之該至少主要數目之磁極至該背面之距離，藉由被視為自該背面且平行於該旋轉軸線之方向均等

的移動增加。

- 9.如請求項1之方法，其中該第一外段及該第一內段之該至少一者之該至少主要數目的磁極至該背面之距離，在該靶之操作時間內相等。
- 10.如請求項1之方法，其中沿該第一外段及該第一內段之磁極之至該等距離在該靶之操作時間內相等，且其中沿該第二外段及該第二內段之磁極之該等距離沿在該靶之操作時間內亦相等。
- 11.如請求項1之方法，其中沿該第一外段之磁極距該旋轉軸線之平均距離大於沿該第二外段之磁極距該旋轉軸線之平均距離。
- 12.如請求項1之方法，包括可控制地增加沿該第一外段及該第一內段之至少一者之所有磁極至該背面之距離。
- 13.如請求項12之方法，包括可控制地增加沿該第一外段及該第一內段之該等磁極至該背面之距離。
- 14.如請求項1之方法，其中沿該第一外段之第一軌跡界定距該旋轉軸線之最大距離 $R_{\max}$ ，及其中沿該第二外段之第二軌跡界定距該旋轉軸線之最小距離 $R_{\min}$ ，及其中該第一部分被第一極限軌跡限制在該第一軌跡之一側上，該第一極限軌跡具有距旋轉軸線之距離 R_{e1} ，其不小於

$$R_{e1} = (R_{\max} + R_{\min}) / 2$$

且其中該第一部分被第二極限軌跡限制在該第一軌跡之另一側上，該第二極限軌跡具有距旋轉軸線之距離

R_{e2} ，其不小於

$$R_{e2} = (R_{\max} + R_{\min}) / 2。$$

- 15.如請求項1之方法，其中沿該第一外段及該第一內段之該至少一者之該至少主要數目的磁極之該等距離的可控制增加，是在該靶之該操作時間內以逐步與穩定的至少一方式進行。
- 16.如請求項1之方法，其中沿該第一外段及該第一內段之至少一者之該至少主要數目的磁極之該等距離之可控制增加，是依該靶周邊附近之該濺射表面之侵蝕深度進行，且較佳地選擇大約等於該靶周邊附近之該濺射表面之侵蝕深度。
- 17.如請求項1之方法，其中沿該第一外段及該第一內段之至少一者之該至少主要數目的磁極之該等距離之可控制增加，是藉由預定距離對時間特徵所控制。
- 18.如請求項1之方法，其中該等磁極係與偶極方向至少實質上平行於該旋轉軸線之磁體配置的磁極。
- 19.如請求項1之方法，其中控制藉由該靶之操作所提供之電流脈衝峰值，包含調整電壓、氣體壓力及脈衝重複率。
- 20.如請求項1之方法，其中該靶包含鐵磁材料。
- 21.如請求項1之方法，其中電壓於該靶的壽命期間內係維持恆定。
- 22.如請求項1之方法，其中該用於塗佈基板之濺鍍方法係藉由高功率脈衝磁控濺鍍(HIPIMS)予以執行。
- 23.一種濺鍍系統，包括

- 靶配置，係具有濺射表面及背面，
- 磁體配置，係沿該背面，
- 樞轉或旋轉驅動器，係在操作上連接到該磁體配置，以使該磁體配置繞垂直於該背面之旋轉軸線樞轉或旋轉，
- 該磁體配置包括：沿一對閉合迴路配置之磁極，該對閉合迴路之外迴路完全包圍該對閉合迴路之內迴路，並遠離該對閉合迴路之該內迴路，
- 面向該背面並沿該對閉合迴路之一者配置之磁極，其具有相對於面向該背面並沿該對閉合迴路之另一者配置之磁極相反之磁極性，
- 其中該磁體配置被細分為第一部分及第二部分，藉此，該對閉合迴路之該外迴路被細分成在該第一外部分上之第一外段以及在該第二外部分上之第二外段，且藉此，該對閉合迴路之該內迴路被細分成在該第一部分上之第一內段以及在該第二外部分上之第二內段，
- 該第一外段較該第二外段遠離該旋轉軸線，兩者均被視為相對於該旋轉軸線，在徑向方向上，
- 位移驅動器，係在操作上互連於該第一部分與該第二部分間，
- 電源發生器，係在操作上連接到該靶，
- 位移控制單元，係在操作上連接到該電源發生器及該位移驅動器，並適於依該電源發生器於該靶上之操作，控制該位移驅動器，以使該第一部分移離該

靶之該背面較該第二部分移離該背面更多

- 其中該系統係建構成控制電流脈衝峰值，該電流脈衝峰值係透過該位移控制單元來控制藉由該電源發生器在該靶上之操作而予以提供，且該位移控制單元係建構成控制該位移驅動器，以便沿該第一外段及該第一內段之至少一者進行該至少主要數目之磁極之該等距離之可控制增加，以便在該靶的壽命期間內保持該操作之電流脈衝峰值實質上恆定。

24.如請求項23之濺鍍系統，其中該樞轉或旋轉驅動器及該位移驅動器均被相對於該靶配置固定安裝。

25.如請求項23之濺鍍系統，其中該濺鍍系統為一HIPIMS濺鍍系統。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 4b ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

7	背 面
9	靶 配 置
13	HIPIMS 脈 衝 發 生 器 單 元
15	線
17	輸 出 線 路
19	控 制 單 元
21	驅 動 器
23	驅 動 器
l_{oI}	第 一 外 段
l_{iI}	第 一 內 段
I	第 一 部 分
II	第 二 部 分
A	旋 轉 軸 線
d_{tI}	距 離
E	侵 蝕

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。