



(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 202146699 A

(43) 公開日：中華民國 110 (2021) 年 12 月 16 日

(21) 申請案號：110116906 (22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 05 月 11 日  
 (51) Int. Cl. : C23C16/52 (2006.01) C23C16/54 (2006.01)  
 (30) 優先權：2020/05/15 美國 63/025,499  
 (71) 申請人：荷蘭商 A S M I P 私人控股有限公司 (荷蘭) ASM IP HOLDING B.V. (NL)  
 荷蘭  
 (72) 發明人：凱巴夫法拉 阿米爾 KAJBAFVALA, AMIR (IR)；威斯壯 彼德 WESTROM,  
 PETER (US)；瑪格蒂斯 喬 MARGETIS, JOE (US)；孫新 SUN, XIN (CN)；密斯  
 金 卡列布 MISKIN, CALEB (US)；廖 彥霖 LEOW, YEN LIN (MY)；盧彥夫 LU,  
 YANFU (CN)  
 (74) 代理人：洪澄文  
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：9 共 53 頁

(54) 名稱

形成矽鍺層之方法、半導體結構、半導體裝置、形成沉積層之方法、及沉積系統

(57) 摘要

所揭示者係一種在基板表面上形成矽鍺層之方法及用於形成矽鍺層之系統。本揭露之實例提供一種方法，此方法包括提供複數個生長前驅物以控制、及/或促成寄生氣相 (parasitic gas-phase) 及表面反應，使得可實現對膜之 (例如，厚度及/或組成) 均勻性的更大控制。

A method of forming a silicon germanium layer on a surface of a substrate and a system for forming a silicon germanium layer are disclosed. Examples of the disclosure provide a method that includes providing a plurality of growth precursors to control and/or promote parasitic gas-phase and surface reactions, such that greater control of the film (e.g., thickness and/or composition) uniformity can be realized.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100:方法

101:步驟

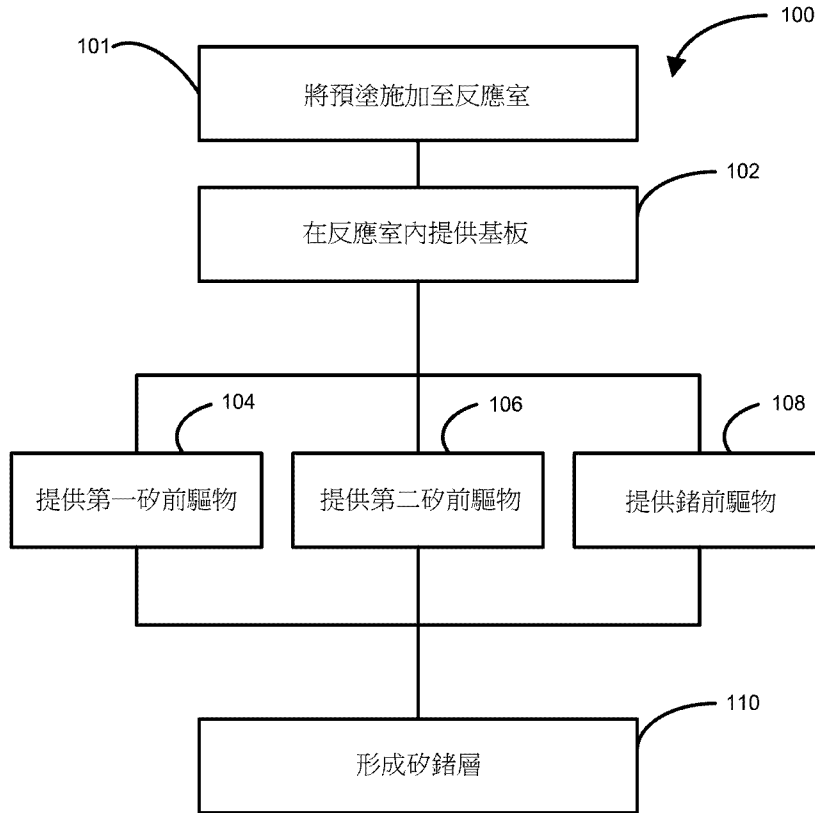
102:步驟

104:步驟

106:步驟

108:步驟

110:步驟



第 1 圖



202146699

**【發明摘要】****【中文發明名稱】** 使用多前驅物的用於矽鍺均勻性控制之方法**【英文發明名稱】** METHODS FOR SILICON GERMANIUM

UNIFORMITY CONTROL USING MULTIPLE PRECURSORS

**【中文】**

所揭示者係一種在基板表面上形成矽鍺層之方法及用於形成矽鍺層之系統。本揭露之實例提供一種方法，此方法包括提供複數個生長前驅物以控制、及/或促成寄生氣相（parasitic gas-phase）及表面反應，使得可實現對膜之（例如，厚度及/或組成）均勻性的更大控制。

**【英文】**

A method of forming a silicon germanium layer on a surface of a substrate and a system for forming a silicon germanium layer are disclosed. Examples of the disclosure provide a method that includes providing a plurality of growth precursors to control and/or promote parasitic gas-phase and surface reactions, such that greater control of the film (e.g., thickness and/or composition) uniformity can be realized.

**【指定代表圖】** 第1圖

【代表圖之符號簡單說明】

100:方法

101:步驟

102:步驟

104:步驟

106:步驟

108:步驟

110:步驟

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 使用多前驅物的用於矽鍺均勻性控制之方法

【英文發明名稱】 METHODS FOR SILICON GERMANIUM  
UNIFORMITY CONTROL USING MULTIPLE PRECURSORS

### 【技術領域】

【0001】 本揭露大致上關於氣相反應器系統和方法。更具體地，本揭露係關於用於形成矽鍺層（silicon germanium layers）的方法及系統。

### 【先前技術】

【0002】 氣相反應器（諸如化學氣相沉積（chemical vapor deposition，CVD）反應器）可用於各種應用，包括在基板表面上沉積材料。舉例而言，氣相反應器可用以在基板上沉積層以形成半導體裝置、平板顯示裝置（flat panel display devices）、光伏打裝置（photovoltaic devices）、微機電系統（photovoltaic devices，MEMS）、及類似者。

【0003】 舉實例而言，此類反應器可用以在基板表面上形成矽鍺層。矽鍺層可用於各種應用，包括形成三維裝置（three-dimensional devices），諸如環繞式閘極（gate-all-around）裝置及/或作為金屬氧化物半導體（metal oxide semiconductor，MOS）裝置（特別是互補式金屬氧化物半

第1頁，共36頁(發明說明書)

8111-P00491-TW/f

導體 (complimentary MOS, CMOS) 裝置) 中之通道 (channel)、源極、及/或汲極區域。

【0004】 典型的氣相反應器系統包括反應器，其包括反應室；經流體耦接至反應室的前驅物氣體源；經流體耦接至反應室的載體及/或吹掃氣體源；氣體輸送系統，其用以輸送氣體（例如前驅物及/或載體/吹掃氣體）至反應室；及經流體耦接至反應室的排氣源。

【0005】 大致上，希望具有橫跨基板表面的均勻膜性質（例如，膜厚度及膜組成），及/或對於膜性質的任何想要的變化具有控制。隨著形成於基板表面上之特徵尺寸的減少，控制諸如膜厚度、組成、及電阻率之膜性質變得愈來愈重要。舉例而言，在矽鍍層的情況中，通常希望控制此層中之矽及鍍濃度，還有橫跨基板表面之層厚度。然而，在許多製程中，膜的厚度及/或組成可橫跨基板之表面而有非想要的之變化，尤其在基板之邊緣處。據此，在基板表面上形成矽鍍層的經改善方法及系統係所想要的。

【0006】 本節提出之任何討論，包括問題及解決方案之討論，僅為了提供本揭露上下文之目的而包括在本揭露中，且不應視為承認討論之任何或全部內容在完成本揭露時已知或以其他方式構成先前技術。

## 【發明內容】

【0007】 本揭露內容係提供以簡化形式介紹一系列概念。此等概念在下方揭露的實例實施例之實施方式中進一步地詳述。本揭露內容並非意欲必然地鑑別所主張標的之關鍵特徵或基本特徵，亦非意欲用以限制所主張標的之範疇。

【0008】 本揭露之各種實施例係關於在基板表面上形成一矽鍍層之方法。雖然在下文更詳細地討論本揭露之各種實施例對於先前形成矽鍍層方法之缺點的應對方式，但大致上，本揭露之各種實施例提供多個矽前驅物至反應室，以在使用此等方法所形成的矽鍍膜中，提供改善的矽鍍層組成及/或厚度均勻性。

【0009】 依據本揭露之各種例示性實施例，提供一種在基板表面上形成一矽鍍層之方法。此方法可包括在一反應室內提供一基板、提供一第一矽前驅物至此反應室、提供一第二矽前驅物至此反應室、及提供一鍍前驅物至此反應室。在前述方法步驟中之任一者之前，可將預塗層（precoating layer）設置在此反應室內之表面上（例如，反應室內壁、基座（susceptor）、熱電偶環（thermocoupling ring）、收集板（getter plate）、或此反應室內之任何其他表面）。此預塗層可包含一物質或化合物，此物質或化合物包含於主沉積製程的多個前驅物中之一或多者中，或於所得之矽鍍層中。據此，此預塗層可包含矽及/或鍍。提供此第一矽前驅物至此反應室、提供此第二矽前驅物至此反應室、及提供此鍍前驅物至此反應室之此等步驟可重疊（overlap），使得提供此第一矽前驅物至此反應室、提

供此第二矽前驅物至此反應室、及提供此鍍前驅物至此反應室之全部三個步驟發生持續一時間段。依據此等實施例之實例，此第一矽前驅物包含一鹵化矽前驅物。依據進一步實例，此第二矽前驅物包含一非鹵化矽前驅物。

**【0010】** 依據本揭露之進一步實例，提供一種包含此矽鍍層之結構。此矽鍍層可根據本文中所揭示之方法形成。

**【0011】** 依據本揭露之進一步實例，提供一種包含此矽鍍層之裝置。此裝置可使用如本文中所述之一結構來形成。此矽鍍層可根據本文中所揭示之方法形成。

**【0012】** 依據本揭露之又進一步實施例，提供一種系統。此系統可包括一或多個反應室、一第一矽前驅物源、一第二矽前驅物源、一鍍前驅物源、一排氣源、及一控制器。依據此等實施例的實例，此控制器配置以控制一第一矽前驅物、一第二矽前驅物、及一鍍前驅物進入此一或多個反應室中之至少一者的一氣體流，以使用沉積製程形成上覆（overlying）於基板表面的一包含矽鍍的層。例示性系統可用於執行如本文中所揭示之方法及/或形成如本文中所揭示之結構。

**【0013】** 所屬技術領域中具有通常知識者將從下文參照附圖詳細描述的某些實施例輕易地明白此等及其他實施例；本揭露並未受限於所揭示的任何具體實施例。



**【圖式簡單說明】**

**【0014】** 當結合下列說明圖式思考時，可藉由參照實施方式及申請專利範圍而獲得對本揭露之例示性實施例的更完整理解。

第1圖繪示依據本揭露之至少一例示性實施例之方法。

第2圖繪示依據本揭露之至少一例示性實施例之系統。

第3圖示意性地繪示用於依據本揭露之至少一例示性實施例使用之氣體注入系統。

第4圖繪示用於依據本揭露之至少一例示性實施例使用的凸緣（flange）之剖視圖。

第5圖繪示依據本揭露之至少一例示性實施例之一結構。

第6圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之組成剖視圖。

第7A圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之厚度剖視圖。

第7B圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之組成剖視圖。

第8A圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之厚度剖視圖。

第8B圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之組成剖視圖。

第9A圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的

矽鍺層之厚度剖視圖。

第9B圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之組成剖視圖。

【0015】 應理解，圖式中之元件係為了簡單及清楚起見而繪示，且不必然按比例繪成。舉例而言，可相對於其他元件誇大圖式中之一些元件的尺寸，以幫助改善對本揭露之所繪示實施例的理解。

### 【實施方式】

【0016】 下文所提供之例示性實施例的描述僅係例示性，且僅係意欲用於闡釋之目的；下列描述並非意欲限制本揭露或申請專利範圍之範疇。此外，詳述具有所陳述特徵之多個實施例不意欲排除具有額外特徵之其他實施例、或合併所陳述特徵之不同組合的其他實施例。

【0017】 本揭露大致上係關於在基板表面上形成一矽鍺層（layer）（即一膜（film））之方法及系統，並關於包括此類層之結構和裝置。相較於用於形成此類層之傳統技術，可使用例示性方法及系統而橫跨層、甚至在接近基板（諸如晶圓）之邊緣處（例如，在邊緣的1毫米（mm）內）以相對低的膜厚度及/或組成變化來形成矽鍺層。

【0018】 本文中所述之實例可用以在基板表面上形成或生長磊晶（epitaxial）（例如，雙成分及/或額外摻雜的）矽鍺層。本

文中所述之例示性方法可尤其有益於形成具有相對高鍍濃度（例如，大於約30百分比、約20百分比、或約10百分比）之膜，及/或有益於其中矽鍍層之鍍濃度變化理想地低的應用。

**【0019】** 如本文中所未使用，用語前驅物（**precursor**）及/或反應物（**reactant**）可指一或多種氣體/蒸氣，其參與一化學反應或從其衍生出參與一反應之氣相物質。此化學反應可在氣相中發生、及/或介於氣相與基板表面、及/或基板表面上的物種（**species**）之間發生。

**【0020】** 在本揭露中，用語氣體（**gas**）可包括在常溫常壓（**normal temperature and pressure, NTP**）下為氣體之材料、汽化固體、及/或汽化液體，並可取決於上下文由單一氣體或氣體混合物構成。除了製程氣體以外的氣體（即，非藉由諸如多埠注入系統或類似者的氣體分配總成所引入的氣體）可用於例如密封反應空間，並可包括諸如稀有氣體的密封氣體。在一些情況下，用語前驅物（**precursor**）可指參加產生另一化合物的化學反應之化合物。用語惰性氣體（**inert gas**）可指不參與化學反應及/或不曾在可察覺的程度上（**appreciable extent**）變為膜之一部分的氣體。例示性的惰性（例如載體或吹掃）氣體包括**He**、**Ar**、**H<sub>2</sub>**、**N<sub>2</sub>**、及其任何組合。

**【0021】** 如本文中所未使用，用語基板（**substrate**）可指用以形成或在其上可形成裝置、電路、或膜之任何下伏材料。基板可

包括塊材 (bulk material)，諸如矽 (例如單晶矽)、其他第四族 (Group IV) 材料 (諸如鍺)、或其他半導體材料 (諸如第二族/第六族 (Group II-VI) 或第三族/第五族 (Group III-V) 半導體)，並可包括上覆 (overlying) 或下伏 (underlying) 於此塊材的一或多層。進一步地，基板可包括各種特徵 (諸如形成在基板之一層或表面的至少一部份之內或之上的凹部、突起部、及類似者)。

【0022】如本文中所使用，用語磊晶層 (epitaxial layer) 可指在下伏實質單晶基板或層之上的實質單晶層。

【0023】如本文中所使用，用語化學氣相沉積 (chemical vapor deposition) 可指任何製程，其中基板係暴露至一或多個氣相前驅物，其等在基板表面上起反應及/或分解，以產生想要的沉積。

【0024】如本文中所使用，用語膜 (film) 及/或層 (layer) 可指任何連續或不連續的結構及材料，諸如藉由本文中所揭示之方法沉積之材料。例如，膜及/或層可包括二維材料 (two-dimensional materials)、三維材料、奈米粒子、或甚至部分或完整分子層、或部分或完整原子層、或原子及/或分子團簇 (clusters)。膜或層可包含具有針孔 (pinholes) 的材料或層，其可以是至少部分連續的。

【0025】如本文中所使用，用語結構 (structure) 可指如本文中所述之基板，及/或包括一或多個上覆基板之層的基板，此等層諸如一或多個根據如本文中所述之方法形成之層。

【0026】如本文中所使用，用語矽鍺層 (silicon germanium

layer) 可指包括矽及鍺的層。在一些情況下，此層可基本上由矽及鍺組成。在一些情況下，矽鍺層可包括額外摻雜劑，諸如p型摻雜劑 (p-type dopants) 及/或n型摻雜劑 (n-type dopants)。依據本揭露之各種實例，矽鍺層之組成可表示為 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ，其中 $1 \geq x \geq 0$ 、或 $0.8 \geq x \geq 0.1$ 、或 $0.6 \geq x \geq 0.2$ 、或包含了具有如本文中提出之組成的矽及鍺的材料。

【0027】 進一步地，在本揭露中，變數之任兩個數字可構成變數之可工作範圍，且所指示之任何範圍可包括或排除端點。額外地，所指示的變數之任何數值（不管此等數值是否以「約」來指示）可指精確值或近似值並包括等效值，且可指平均值、中間值、代表值、多數值或類似者。進一步地，在本揭露中，於一些實施例中，用語「包括 (including)」、「由……構成 (constituted by)」、及「具有 (having)」係獨立地指「一般或廣泛地包含 (typically or broadly comprising)」、「包含 (comprising)」、「基本上由……組成 (consisting essentially of)」、或「由……組成 (consisting of)」。在本揭露中，於一些實施例中，任何已定義之意義不必然排除尋常及慣例意義。

【0028】 現轉向圖式，第1圖繪示依據本揭露之實例的方法100。方法100包括下列步驟：在反應室內提供基板（步驟102）、提供第一矽前驅物至反應室（步驟104）、提供第二矽前驅物至反應室（步驟106）、提供鍺前驅物至反應室（步驟108）、及形成矽

鍍層（步驟110）。在各種實施例中，方法100可進一步包含預塗（precoat）反應室（步驟101）。如本文中進一步詳細討論的，可施加預塗至反應室，使得反應室內之任何或所有表面（及反應室內任何組件之表面，諸如基座216、熱電偶環217、及/或收集板219）接收設置於其上之預塗。此預塗之施加可在於反應室中設置或提供基板之前或之後。

**【0029】** 在步驟102期間，於反應室內提供基板。作為非限制性實例，步驟102期間所用之反應室可包含化學氣相沉積（例如磊晶）系統之反應室。然而，亦預期可利用其他反應室及替代的化學氣相沉積系統來執行本揭露之實施例。反應室可以是獨立反應室或叢集工具（cluster tool）的部分。

**【0030】** 步驟102可包括在反應室內將基板加熱至所想要的沉積溫度。在本揭露之一些實施例中，步驟102包括將基板加熱至低於大約1100°C之溫度、或至低於大約850°C之溫度、或至低於大約700°C之溫度、或至低於大約650°C之溫度、或至低於大約600°C之溫度、或至低於大約550°C之溫度、或至低於大約500°C之溫度、或至低於大約450°C之溫度、或至低於大約400°C之溫度、或甚至至低於大約300°C之溫度。舉例而言，在本揭露之一些實施例中，將基板加熱至沉積溫度可包含將基板加熱至介於大約400°C與大約1100°C之間或大約400°C與大約700°C之間的溫度。

**【0031】** 除了控制基板溫度以外，亦可調節反應室內的壓

力。舉例而言，在本揭露之一些實施例中，步驟102期間之反應室內的壓力可小於760托耳（Torr）、或小於350托耳、或小於100托耳、或小於50托耳、或小於25托耳、或小於10托耳、或甚至小於5托耳。在一些實施例中，反應室中的壓力可介於5托耳與760托耳之間、介於10托耳與200托耳之間、或介於10托耳與100托耳之間。用於步驟104至110的溫度及/或壓力可與步驟102的溫度及/或壓力相同或類似。

**【0032】** 在步驟104至108期間，使前驅物流至反應室。依據本揭露之實例，步驟104至108在時間上重疊，且可實質上重疊，使得步驟104、106及108各在約相同時間開始，且各於約相同時間結束。在各種實施例中，步驟104至108可在不同時間（例如，依序）發生。

**【0033】** 在步驟104期間，提供第一矽前驅物至反應室。適合作為第一矽前驅物之例示性矽前驅物包括鹵化矽前驅物。在此上下文中，鹵化矽前驅物包括了包括鹵素的矽前驅物，此鹵素係諸如氟、氯、溴、及碘中之一或多者。例示性鹵化矽前驅物可由式 $\text{Si}_x\text{W}_y\text{H}_z$ 表示，其中W為選自由氟、氯、溴、及碘組成之群組的鹵基（halide），x及y為大於零的整數，且z為大於或等於零的整數。鹵化矽前驅物可包括單一鹵素物種，諸如氟、氯、溴、或碘（例如，氯）、或可包括兩種或更多種不同鹵素物種（諸如氯和溴、或類似者）。舉具體實例而言，鹵化矽前驅物可包括包含了一化合物的鹵化矽前驅

物，此化合物係選自由三氯矽烷（trichlorosilane）、二氯矽烷（dichlorosilane）、四氯化矽（silicon tetrachloride）、溴化矽（silicon bromide）、碘化矽（silicon iodide）、或類似者組成之群組。依據本揭露之實例，鹵化矽前驅物不含氟。

【0034】 在步驟104期間，第一矽前驅物至反應室之流率的範圍可從約100每分鐘標準毫升數至約1500每分鐘標準毫升數（sccm）、約100每分鐘標準毫升數至約1000每分鐘標準毫升數、約100每分鐘標準毫升數至約300每分鐘標準毫升數、約10每分鐘標準毫升數至約100每分鐘標準毫升數、或1每分鐘標準毫升數至約10每分鐘標準毫升數，單獨或與載體氣體（諸如氫氣或氮氣）一起。

【0035】 在步驟106期間，提供第二矽前驅物至反應室。第二矽前驅物可包括非鹵化矽前驅物。在此上下文中，非鹵化矽前驅物為不包括鹵素之矽前驅物（nonhalogenated silicon precursor）。例示性非鹵化矽前驅物可舉例而言包括一包括矽和氫的化合物，或此化合物在一些情況下基本上由矽及氫組成。在一些情況下，第二矽前驅物包含矽烷，諸如矽烷（silane）、二矽烷（disilane）、三矽烷（trisilane）、或類似者。矽烷可由通式 $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ 表示，其中 $n$ 為整數。

【0036】 在步驟106期間，第二矽前驅物至反應室之流率的範圍可從約100每分鐘標準毫升數至約1500每分鐘標準毫升數、約100每分鐘標準毫升數至約1000每分鐘標準毫升數、約100每分鐘



標準毫升數至約300每分鐘標準毫升數、約10每分鐘標準毫升數至約100每分鐘標準毫升數、或1每分鐘標準毫升數至約10每分鐘標準毫升數，單獨或與載體氣體（諸如氫氣或氮氣）一起。

**【0037】** 在步驟108期間，提供鍺前驅物至反應室。鍺前驅物可包括非鹵化鍺前驅物，或在一些情況下可包括鹵化鍺前驅物。在此上下文中，鹵化鍺前驅物包括一或多個（相似或不同物種的）鹵素，而非鹵化鍺前驅物不包括鹵素。例示性非鹵化鍺前驅物可舉例而言包括一化合物，此化合物包括鍺及氫，或在一些情況下基本上由鍺及氫組成。在一些情況下，鍺前驅物可以是或可包括鍺烷，諸如鍺烷(germane)、二鍺烷(digermane)、三鍺烷(trigermane)、或類似者。鍺可由通式 $\text{Ge}_n\text{H}_{2n+2}$ 表示，其中 $n$ 為整數。例示性鹵化鍺前驅物包括四氯化鍺(germanium tetrachloride)、氫氯化鍺(germanium chlorohydride)、氯溴化鍺(germanium chlorobromide)、或類似者中之一或多者。

**【0038】** 在步驟108期間，鍺前驅物至反應室之流率的範圍可從約100每分鐘標準毫升數至約1000每分鐘標準毫升數、約10每分鐘標準毫升數至約100每分鐘標準毫升數、或1每分鐘標準毫升數至約10每分鐘標準毫升數，單獨或與載體氣體（諸如氫氣或氮氣）一起。

**【0039】** 可操縱第一矽前驅物、第二矽前驅物、及/或鍺前驅物之體積量以獲得想要的層性質（例如，組成及/或厚度均勻性）。

舉實例而言，一體積流（volumetric flow）可包括約10體積百分比至約90體積百分比、約1體積百分比至約10體積百分比、或約0.1體積百分比至約1體積百分比（volumetric percent）的第一矽前驅物、約10體積百分比至約90體積百分比、約1體積百分比至約10體積百分比、或約0.1體積百分比至約1體積百分比的第二矽前驅物、及/或約10體積百分比至約90體積百分比、約1體積百分比至約10體積百分比、或約0.1體積百分比至約1體積百分比的鍍前驅物。

**【0040】** 依據本揭露之進一步實例，在此等前驅物進入反應室之前，方法100可包括一混合第一矽前驅物、第二矽前驅物、及鍍前驅物中之兩者或更多者之步驟。舉例而言，第一矽前驅物及鍍前驅物可經混合，以形成混合物，之後使此混物流至反應室中。進一步地，如下更詳細地提出，混合物及/或個別前驅物之流率可經控制至氣體注入系統之各種通道中。此允許對至反應室內之特定區域的想要的前驅物流率之進一步調諧（tuning），其繼而允許矽鍍層性質的額外控制，諸如厚度及/或組成。

**【0041】** 在步驟110期間，矽鍍層係形成於基板表面上。雖然繪示為分開步驟，但步驟110可隨著步驟104至108開始時發生。在步驟110期間，矽鍍層可磊晶形成，例如上覆於一矽層或另一矽鍍層或其他層。

**【0042】** 在各種實施例中，在步驟104至108中所討論之以前驅物處理基板之前，可施加預塗至反應室（步驟101），以形成預

塗層（即陳化層（seasoning layer））。在反應室中提供基板之前，可施加預塗至反應室。可施加此預塗至反應室內之任何或所有表面。舉例而言，基座之基板支撐表面可接收預塗層、以及圍繞基座之熱電偶環、反應室內壁、及/或收集板。在各種實施例中，犧牲基板（sacrificial substrate）可在施加預塗之前設置於基座上，且在預塗後移除（以待用於沉積處理之基板置換）。因此，在各種實施例中，預塗可僅施加至延伸超出基板佔據之表面的基板支撐表面之部份（即基座之邊沿）。

**【0043】** 在各種實施例中，預塗層（或用以形成預塗層之反應物）可包含任何適合的組成。舉例而言，在製備有關於基板上之矽鍺沉積的處理時，預塗層（或其反應物）可包含矽鍺及/或多晶矽。在各種實施例中，預塗層可包含一化合物或物質，此化合物或物質包含於沉積製程之反應物中之至少一者中、或包含於基板上所得的經沉積材料中。舉例而言，如上文所討論，針對矽鍺沉積製程，預塗層（或形成預塗層之反應物）可包含矽及/或鍺，或包含了包含一或兩者之化合物（對於矽鍺預塗層而言，鍺濃度可介於5重量百分比與90重量百分比的鍺之間）。作為另一實例，針對在基板上沉積矽磷層之沉積製程，預塗層（或形成預塗層之反應物）可包含矽及/或磷，或包含一或兩者之化合物。在各種實施例中，取決於跟隨預塗後的沉積製程，預塗層（或形成預塗層之反應物）可包含硼、磷、砷、及/或類似者，及/或包含前述中任一者之化合物。

【0044】 可用任何適合方式將預塗（即用以形成預塗層之化合物）施加至反應室。舉例而言，預塗可用與本文中所討論之前驅物類似之方式施加至反應室，以形成矽鍍膜（或以不同方式）。如本文中所討論，預塗中之化合物可以是第一矽前驅物、第二矽前驅物、及/或鍍前驅物中所包含之化合物中之一或多者。可用任何適合方式施加預塗至用於沉積的反應室其中之表面上（包括在反應室內之組件的任何表面上），包括噴塗（spraying）、刷塗brushing（）、原子層沉積（ALD）、化學氣相沉積（CVD）、或類似者。基於預塗層之想要的厚度，可變化預塗沉積期間之條件（例如，溫度、壓力等），以達成預塗層之較快或較慢的沉積。舉例而言，反應室內的環境可包含預塗沉積期間之升高的溫度及/或壓力，以達成較快的沉積及/或較厚的預塗層。作為另一實例，反應室內的環境可包含預塗沉積期間之相對較低的溫度及/或壓力，以達成較慢的沉積及/或較薄的預塗層。在各種實施例中，預塗沉積期間之溫度可介於400°C至1250°C的範圍之間。預塗沉積期間的加壓可介於2托耳至760托耳的範圍之間。再次取決於想要的之預塗厚度，預塗沉積之前驅物（例如，矽及/或鍍前驅物）的流率可包含5每分鐘標準毫升數至5000每分鐘標準毫升數。可在施加預塗至基板之後對此基板加熱，以形成預塗層。此預塗層可包含任何適合厚度，諸如在20埃（Angstrom）與30微米之間、在20埃與20微米之間、在1000埃與3000埃之間、或約1000埃、或約3000埃（在此上下文中用語「約

( about ) 」指加或減十百分比的標的值)。在各種實施例中，預塗層之厚度可小於、等於、或大於待沉積於基板上之層之想要的厚度。預塗層之厚度可取決於預塗層對基板上之膜沉積的想要的效果(例如，如本文中所討論，對於沉積在基板上之矽鍍層的想要的效果)。

**【0045】** 預塗層可改善設置於基板上且橫跨基板之矽鍍層的膜厚度及/或鍍組成之一致性或均勻性，包括鄰近基板邊緣處(例如，如1.2毫米(mm)或1.0毫米般靠近基板邊緣，或甚至更靠近)。不受限於理論，在反應室內之表面施加預塗層可調整此類表面之發射率(emissivity)。因而，可藉由施加預塗層，來調整圍繞反應室內基座及/或處理中基板的表面的發射率。據此，可藉由預塗施加，來調整來自圍繞基板的表面(例如，在基座、熱電偶環、或類似者上)的熱輻射發射(例如，紅外輻射)。此圍繞處理中基板的表面之發射率改變可能會改變基板之不同部份周圍的溫度，因而改變在基板之此類部分處發生的沉積。舉例而言，若在某一基板部份中基板上的膜沉積係大於所想要的，則預塗可施加至反應室之表面，以減少鄰近於此類基板部份之表面(或所有表面)的發射率，因而在處理期間降低鄰近此類基板部份之溫度。所減少之溫度(來自減少的發射熱輻射)可相對於無預塗層的反應室表面減慢彼基板部分上的沉積。同樣地，為了增加在某一基板部份上的沉積，可將預塗施加至鄰近此類基板部份之反應室的表面(或所有表面)，以

增加彼等表面之發射率。因而，增加的熱輻射將增加鄰近此基板部份的溫度，在處理期間增加其上的膜沉積。據此，添加預塗之能力允許對反應室內特定部份的反應條件（例如，溫度）的調整。額外地，可藉由施加至表面之預塗的量（例如，藉由調整預塗層的厚度、預塗組成成分、及/或其中的一或多種材料的濃度），或藉由使用包含不同材料或化合物之預塗，來將表面的放射率改變量調節至想要的程度。

**【0046】** 預塗層可進一步影響處理條件，因為可能會發生預塗層與前驅物流與膜沉積之間的質量轉移。因此，為了在沉積製程中更多地添加一種物質，可將預塗施加至包含此物質之反應室。在各種實施例中，如上文所討論，預塗可包含一或多個化合物或物質，此等化合物或物質包含於沉積製程之反應物中之至少一者中，或包含於基板上所得的經沉積材料中，因為接下來自預塗之質量轉移將不會將不合需要之化合物或污染物添加至所沉積膜或處理環境中。

**【0047】** 藉由利用如本文中所述之預塗層，可達成橫跨基板增加膜均勻性（厚度及/或濃度）之優點，而無需基板上改變化合物（例如，前驅物）、溫度、壓力、流率、或用於形成矽鍍層（或其他膜）之製程或配方的其他方面。亦即，預塗可與主要沉積製程分開地施加至反應室，而非調整用於將想要的膜沉積在基板上的配方（即主沉積製程）來改變其沉積（以增加均勻性），而使主沉積製程保留不變。因此，可達成橫跨基板之較佳的膜/層均勻性，而無

需調整預先建立的沉積製程或配方。

**【0048】** 舉例而言在半導體業界中，此等增加膜均勻性之優點（特別在基板邊緣處）提供良好價值。隨著電子裝置越變越小，沉積於基板上之膜的晶粒產率變得更為重要。所沉積膜的相對均勻性係想要的或必要的，以產生充分有效之晶粒。因此，達成沉積於基板上之膜（例如，矽鍍層）的較大均勻性允許來自基板膜之邊緣的較大晶粒產率。

**【0049】** 第2圖繪示例示性反應器系統200。反應器系統200可用於各種應用，諸如，舉例而言，化學氣相沉積（CVD）及類似者。雖然例示性實施例在下文係連同磊晶反應器系統描述，但除非另外陳述，否則實施例及本揭露並未如此受限。

**【0050】** 在所繪示之實例中，反應器系統200包括可選之基板處置系統202、反應室204、氣體注入系統206、及設置於反應室204與基板處置系統202之間之可選的壁208。系統200亦可包括第一氣體源212、第二氣體源214、排氣源210、基座或基板支撐件216、熱電偶環217、及/或收集板219。雖然被繪示為具兩個氣體源212、214，但反應器系統200可包括任何適合數目的氣體源。進一步地，反應器系統200可包括任何適合數目的反應室204，其等可各耦接至氣體注入系統206。在反應器系統200包括多個反應室的情況中，各氣體注入系統可耦接至相同氣體源212、214或不同氣體源。

**【0051】** 舉例而言，氣體源212、214可包括一或多個前驅

物、一或多個摻雜劑源、一或多個蝕刻劑、及氣體混合物（包括一或多個前驅物、摻雜劑源、及/或蝕刻劑與一或多個載體氣體之混合物）的各種組合。

【0052】 舉實例而言，第一氣體源212可包括第一矽前驅物。在一些情況下，第一氣體源212可包括摻雜劑及/或載體氣體。第二氣體源214可包括第二矽前驅物、或第二矽前驅物及鍺前驅物之混合物。第一及第二矽前驅物及鍺前驅物可如上文所述。

【0053】 例示性摻雜劑源包括氣體，其等包括As、P、C、Ge、及B中之一或多者。舉實例而言，摻雜劑源可包括鍺烷、二硼烷（diborane）、磷（phosphine）、胂（arsine）、或三氯化磷（phosphorus trichloride）。本文中所述之反應器系統及方法可尤其有用於形成p型摻雜膜（p-type doped films），諸如包含矽、矽鍺、或類似者的p型摻雜膜。

【0054】 載體氣體可以是或可包括一或多種惰性氣體及/或氫。例示性的載體氣體包括選自由氫、氮、氬、氦或類似者組成之群組的一或多種氣體。

【0055】 反應器系統200可包括任何適合數目的反應室204及基板處置系統202。舉例而言，反應器系統200之反應室204可以是或可包括交叉流冷壁磊晶反應室（cross flow, cold wall epitaxial reaction chamber）。

【0056】 基座216可包含基板支撐表面，基板220安置其上用



於沉積處理。基板支撐表面可包含等於或大於基板之尺寸（或表面積）的表面積。在基板支撐表面大於基板220的實施例中，當基板220設置在基座216上（如第2圖所示）時，基座216之邊沿可突出至基板220所佔據的表面積外部。基座或基板支撐件216可包括一或多個加熱器218，以加熱基板220，例如至約500攝氏度至約600攝氏度、約600攝氏度至約700攝氏度、或約700攝氏度至約800攝氏度之溫度，或其他本文中註明之溫度。基座或基板支撐件216亦可配置以於處理期間旋轉。依據本揭露之實例，基座或基板支撐件216以每分鐘約90至約60轉數、約60轉數至約30轉數、約30轉數至約15轉數、或約15轉數至約5轉數的速度旋轉。

**【0057】** 熱電偶環217可包含一開口（opening）或空腔（cavity），其中可設置基座216。熱電偶環217可圍繞基座216，使得熱電偶環217及/或其開口或空腔與基座216同心。在基座216配置以在處理期間旋轉的實施例中，熱電偶環217可保持靜態。熱電偶環217包含耦接至其且/或設置於其中的一或多個熱電偶213。熱電偶可於任何適合位置設置於熱電偶環217之上或之內。熱電偶環217可配置以被加熱或冷卻（例如，藉由熱電偶213），以提供基座216及/或基板220之溫度控制，以在沉積處理期間達成所想要的熱反應條件。

**【0058】** 收集板219可在處理期間吸引未使用的反應物，因而降低反應室204內其他表面上的沉積。在處理期間，收集板亦可在

反應室204中對溫度調變發揮作用。

【0059】 在反應器系統200之操作期間，基板220（諸如半導體晶圓）係從例如基板處置系統202轉移至反應室204。一旦基板220經轉移至反應室204，來自第一及第二氣體源212、214的一或多個氣體（諸如前驅物、摻雜劑、載體氣體、蝕刻劑、及/或吹掃氣體）即經由氣體注入系統206引入反應室204中。如下更詳細地提出，氣體注入系統206可用以在基板處理期間計量及控制來自第一氣體源212及第二氣體源214的一或多個氣體的氣體流，並提供到反應室204內的多個位點（sites）或通道（channels）的想要的之此類氣體流。

【0060】 系統200亦可包括控制器222。控制器222可配置以控制第一矽前驅物、第二矽前驅物、及鍺前驅物（例如，來自第一氣體源212及第二氣體源214之一或多者）進入一或多個反應室204中之至少一者中的氣體流，以使用沉積製程（例如，上文所述的方法100）形成上覆於基板表面之包含矽鍺的層。如下文所註明，控制器222亦可用以控制進入氣體注入系統的一或多個通道中的一或多個氣體流。

【0061】 第3圖示意性地繪示依據本揭露之例示性實施例適合使用作為氣體注入系統206的氣體注入系統300。氣體注入系統300包括耦接至第一氣體源303（其可與氣體源212相同或類似）之第一氣體供應管線302，及耦接至第二氣體源305（其可與氣體源

214相同或類似)之第二氣體供應管線304。當提到氣體注入系統300之氣體管線及流體組件時,用語耦接(coupled)係指流體耦接,且除非另外陳述,否則管線或組件無需直接地流體耦接,而是氣體注入系統300可包括其他介接元件(intervening elements),諸如連接器、閥、量表、或類似者。

【0062】 氣體注入系統300包括:第一氣體歧管306,其經由第一氣體入口315耦接至第一氣體供應管線302;及第二氣體歧管308,其經由第二氣體入口317耦接至第二氣體供應管線304。第一氣體歧管306包括複數個第一氣體出口310至318。類似地,第二氣體歧管308包括複數個第二氣體出口320至328。第一氣體歧管306及第二氣體歧管308係配置以自一或多個氣體管線(例如,第一氣體管線302及第二氣體管線304)接收氣體,並將氣體分配至一或多個通道(其各別地由第一氣體出口310至318及第二氣體出口320至328部分地界定)中。在所繪示之實例中,來自第一氣體源303及第二氣體源305之第一氣體流及第二氣體流之各者被分至五個氣體通道中。雖然被繪示為各具有五個第一氣體出口310至318及第二氣體出口320至328,但依據本揭露之氣體注入系統可包括對應於各別氣體之通道數目之任何適合數目的第一氣體出口、第二氣體出口、及/或其他氣體出口。舉例而言,例示性的系統可針對各氣體包括,舉例而言,約1個至10個通道或包括5個、6個、7個、9個或更多個通道。如所繪示,第一氣體歧管306及/或第二氣體歧管308可包括迴

路配置 (loop configuration)，以促進通過氣體通道的均等流量分配。額外或替代地，第一氣體歧管306及/或第二氣體歧管308可相對於氣體管線302、304具有相對廣的直徑，例如，第一氣體歧管306及/或第二氣體歧管308之直徑較管線302及/或管線304之直徑廣的倍數可大於2倍、3倍、4倍、或5倍。在所繪示之實例中，第一氣體通道及第二氣體通道係彼此交替相鄰。然而，情況並非必須如此。

**【0063】** 如上文所註明，第一氣體源303及/或第二氣體源305可以是兩種或更多種氣體之混合物。在此類情況中，一或多種氣體（其繼而可包括或不包括氣體混合物）可自其他源（例如，源301、319、321、323）經由流量控制器307至313供應至第一氣體源303及/或第二氣體源305。當位於流量控制器307至313上游之源氣體並非氣體混合物時，流量控制器307至309可適合地為質量流量控制器。流量控制器307至313中之一或多者可控制載體氣體至第一氣體源303及/或第二氣體源305之流率。

**【0064】** 氣體注入系統300額外包括耦接至第一及第二氣體出口310至328之複數個流量感測器330至348。在所繪示之實例中，各第一及第二氣體出口310至328耦接至單一流感測器330至348。然而，在一些情況下，可能期望具有一些未耦接到一流感測器的氣體出口、及/或具有一些耦接到一個以上流量感測器的氣體出口。

**【0065】** 可使用流量感測器330至348來監測氣體混合物之流率、及向使用者提供各通道之即時及/或歷史流率資訊，例如，使用圖形使用者介面（**graphical user interface**）。額外或替代地，流量感測器330至348可耦接至控制器（例如，控制器394，其可與控制器222相同或不同）及耦接至氣體閥350至368，以提供通過氣體閥350至368之受控的氣體流量比。藉由在各氣體通道中放置至少一流量感測器330至348，可測量及控制通過各通道的氣體的流量比（例如，相對流率），而與氣體組成無關。例示性的流量感測器330至348可以是或包括各種流量感測器，例如，熱質量流量感測器（**thermal mass flow sensors**）、基於壓降的流量感測器、或類似者。

**【0066】** 氣體閥350至368可包括用以計量氣體流的任何適合裝置。依據本揭露之各種實施例，氣體閥350至368各包含比例閥，諸如電磁閥、氣動閥（**pneumatic valves**）、或壓電閥（**piezoelectric valves**）。可選擇具相對高（例如，0.021至0.14）流量係數（**flow coefficient**）（**Cv**）的閥來降低下游的阻塞（**chocking**）。可能所想要的係氣體閥350至368在閉環控制（**closed-loop control**）下操作，但亦可以是（例如，額外地）能夠在開環控制下操作。

**【0067】** 舉例而言，流量感測器330至348及氣體閥350至368起初可形成質量流量控制器（例如，現成（**off-the-shelf**）的質量

流量控制器)的部分,其中閥的控制功能被控制器394置換。舉例而言,流量計330及氣體閥350可形成經設定來以開環模式(open-loop mode)操作的質量流量控制器370或係其之部分,且其中控制器394提供閥350至368的閉環控制。流量感測器332至348及氣體閥352至368可類似地形成質量流量控制器372至388或係其之部分。此配置允許以標準反應器配置實施及/或使用可容易取得的質量流量控制器及流量感測器及閥。

**【0068】** 氣體閥350至368可經由凸緣392耦接至反應室390(其可相同或類似於反應室204)。可使用額外的管線(例如,管件)及適合的連接器來將氣體閥350至368耦接至凸緣392。例示性凸緣392包括凸緣氣體通道,以維持通道直至各別氣體離開進入反應室390中為止;第4圖中繪示一例示性凸緣氣體通道410。凸緣氣體通道可包括擴張區域412、414及終止於凸緣之對立側且彼此相鄰的各別出口416、418。舉例而言,對應於第一氣體流的第一氣體通道可終止於凸緣392的第一側496,且對應於第二氣體流的第二氣體通道可終止於凸緣392的第二側498。

**【0069】** 本文中所述之系統及方法改善使用此等系統及/或方法沉積之膜內的濃度剖面成分(例如,矽及鍺)。依據本揭露之實例,一成分從基板的中心至邊緣(或與邊緣距離約1毫米處)之濃度的不均勻性(在其中的表面上無設置預塗層之反應室中形成)變化小於10%、小於2%、及小於1%,即使具相對高濃度之鍺。

【0070】 如上文所註明，依據本揭露之至少一實施例，第一氣體入口315可接收包含第一矽前驅物（例如，鹵化矽前驅物）及可選的額外摻雜劑源之第一氣體，而第二氣體入口304可接收包含第二矽前驅物（例如，非鹵化矽前驅物）及鍺前驅物之第二氣體。

【0071】 請即參考第5圖，繪示依據本揭露之實例的結構500。結構500包括基板502及矽鍺層504。基板502可以是或可包括如本文中所述之基板。矽鍺層504可使用如本文中所述之方法及/或系統形成。矽鍺層504可用於各種應用，包括舉例而言，在金屬氧化物半導體或互補式金屬氧化物半導體裝置（諸如，例如P型金屬氧化物半導體（PMOS）裝置）中之通道、源極、及/或汲極區域。

【0072】 如上文所註明，本文中所述之方法及系統可用以形成具有改善之組成及/或厚度均勻性（較小變異性（variability））的矽鍺層。第6圖繪示對應於使用非鹵化矽前驅物及鍺前驅物（在其中的表面上無設置預塗層之反應室中）形成於基板上之矽鍺層的資料602；對應於使用鹵化矽前驅物及鍺前驅物所形成之矽鍺層的資料604；及對應於使用鹵化矽前驅物及非鹵化矽前驅物及鍺前驅物（例如，與非鹵化矽前驅物混合）所形成之矽鍺層的資料606。如所示，使用複數個矽前驅物可顯著改善矽鍺層的邊緣至邊緣組成均勻性。

【0073】 在各種實施例中，在將矽鍺層設置於反應室中的基板上之前，在反應室內之表面上存在預塗層可進一步促進在基板上

及沿基板（例如，邊緣至邊緣厚度及/或組成均勻性）的經改善鍍組成及/或厚度均勻性（或其較少變異性）。在各種實施例中，此一改善可如本文中所討論般，由包含預塗層之此類表面引起之反應室內表面的經調整放射率的結果。額外地，預塗層可經調整（例如，層厚度、某些成分之濃度等），以進一步調整基板上之沉積結果。

**【0074】** 在各種實施例中，在基板之邊緣處，設置於基板上之膜的不均勻性可以是最顯著。因此，因為鄰近基板邊緣的表面（例如，延伸越過基板佔據面積的基座邊沿、圍繞基座之熱電偶環、及/或類似者）包含預塗，此類表面包含經調整的放射率，因而調整此類面積中的熱輻射，其繼而修改基板邊緣上之沉積處理結果（例如，使膜在基板邊緣處之厚度及/或成分組成更均勻）。

**【0075】** 在各種實施例中，在將矽鍍層設置於反應室中的基板上之前，反應室內表面上存在預塗層可導致在自基板中心至邊緣（或距邊緣距離約1毫米處）之矽鍍層內之成分濃度（例如，重量百分率鍍）變化小於1%、小於0.5%、介於0.2%與0.5%之間、或約0.3%。亦即，在沉積製程期間於反應室中的基板上設置矽鍍層之前，在反應室內表面上存在預塗層可導致矽鍍層之邊緣至邊緣鍍組成均勻性顯著改善。

**【0076】** 第7A圖至第9B圖依據各種實施例繪示在反應室中形成於基板上之矽鍍層的鍍組成及厚度資料，此反應室具有設置於反應室內表面上的預塗層。



【0077】 第7A圖繪示橫跨基板（例如，晶圓）之矽鍍層厚度（即厚度剖面）。在本文中所述之厚度剖面中，x軸表示沿基板之位置，其中零位置為基板之中心，且沿x軸之任一方向的延伸指示朝向基板之各別邊緣的位置。資料集710A至740A表示矽鍍層之矽鍍層厚度，此等矽鍍層係依據各種實施例製備以包含鹵化矽前驅物（例如，二氯矽烷（dichlorosilane））的第一矽前驅物以及包含非鹵化矽前驅物（例如，矽烷）的第二矽前驅物（在第7A圖及第7B圖中此兩個矽前驅物稱為「共流（co-flow）」）以及鍍前驅物。如資料集710A所示，所表示的基板上（在無預塗層之反應室中形成的）矽鍍層朝向基板之邊緣具有顯著的厚度增加。此造成沿基板不符期望的矽鍍層變異性。然而，資料集720A至740A指示在（其中矽鍍層將形成於基板上的）反應室內之表面上包括預塗層如何改善（即減少）了基板上或橫跨基板之矽鍍層厚度變異性。資料集720A表示其上具有在一反應室內沉積的矽鍍層的基板，此反應室具有設置在其中表面上（即，在反應室內之表面上，包括反應室內之組件的表面上，諸如基座、熱電偶環、收集板、及/或類似者）的1000埃的包含矽鍍的選擇性磊晶生長（selective epitaxial growth, SEG）預塗層。資料集730A表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的1000埃非選擇性磊晶生長預塗層。資料集740A表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽（例

如，多晶矽）的3000埃預塗層。如資料集720A至740A指示，在矽鍍層在其中沉積的反應室內存在預塗層（無論包含矽鍍或矽）大幅降低邊緣上捲（roll-up）（即，朝向基板邊緣之厚度增加），且因而降低橫跨基板之矽鍍層厚度中之變異性並增加厚度均勻性，其中矽鍍層係用如上文所述的兩個矽前驅物（鹵化及非鹵化）及鍍前驅物形成。

**【0078】** 第7B圖繪示橫跨基板之矽鍍層內的鍍組成百分率。在本文中所述之鍍百分率剖面中，x軸表示沿基板之位置，其中零位置為基板之中心，且沿x軸之任一方向的延伸指示朝向基板之各別邊緣的位置。資料集710B至740B表示包含鍍之矽鍍層的百分比（例如，重量百分比），其中此等矽鍍層係依據各種實施例以包含鹵化矽前驅物（例如，二氯矽烷）的第一矽前驅物、以及包含非鹵化矽前驅物（例如，矽烷）的第二矽前驅物、以及鍍前驅物所製備。如資料集710B所示，所表示的在無預塗層之反應室中形成在基板上的矽鍍層朝向基板之邊緣包含顯著的鍍含量增加。此造成沿基板的矽鍍層內不符期望的鍍含量或組成變異性。在此情況中，在矽鍍層內之鍍組成百分率橫跨基板變化約2.4%。然而，資料集720B至740B指示在（其中矽鍍層將形成於基板上的）反應室內之表面上包括預塗層如何改善（即減少）晶圓內或橫跨晶圓之鍍組成變異性。資料集720B表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的1000埃選擇性磊晶生長

預塗層。資料集730B表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的1000埃非選擇性磊晶生長預塗層。資料集740B表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽（例如，多晶矽）的3000埃預塗層。如資料集720B至740B指示，在矽鍍層在其中沉積的反應室內存在預塗層（無論包含矽鍍或矽）大幅降低邊緣上捲（即，朝向基板邊緣之矽鍍層之鍍組成百分率增加），且因而降低橫跨基板之矽鍍層組成之變異性並增加厚度均勻性。舉例而言，資料集720B之矽鍍層組成中之鍍百分率的變異性係約0.3%，為對於無預塗層之2.4%變異性的顯著改善（示於資料集710B中）。

【0079】第8A圖繪示橫跨基板（例如，晶圓）之矽鍍層厚度（即厚度剖面）。資料集810A至840A表示依據各種實施例以包含鹵化矽化合物（例如，二氯矽烷）的矽前驅物（無第二矽前驅物）、以及鍍前驅物製備之矽鍍層的矽鍍層厚度。如資料集810A所示，所表示的在無預塗層之反應室中形成在基板上的矽鍍層朝向基板之邊緣具有顯著的厚度增加。此造成沿基板不符期望的矽鍍層厚度變異性。然而，資料集820A至840A指示在（其中矽鍍層將形成於基板上的）反應室內的表面上包括預塗層如何改善（即減少）了晶圓或基板內或橫跨晶圓或基板的厚度變異性。資料集820A表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽（例如，多晶矽）的3000埃預塗層。資料集830A表示

具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的1000埃非選擇性磊晶生長預塗層。資料集840A表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的1000埃選擇性磊晶生長預塗層。如資料組820A至840A指示，在其中沉積矽鍍層之反應室內存在預塗層（無論包含矽鍍或矽）大幅降低邊緣上捲（即，朝向基板邊緣之厚度增加），且因而降低橫跨基板之矽鍍層的厚度變異性並改善厚度均勻性。

**【0080】** 在各種實施例中，反應室內存在預塗層可能不會顯著地改善矽鍍層中鍍組成百分率之均勻性。參照第8B圖，資料集810B至840B表示包含鍍之矽鍍層的重量百分比，其中此等矽鍍層係依據各種實施例以包含鹵化矽化合物（例如，二氯矽烷）的矽前驅物（無第二矽前驅物）及鍍前驅物製備。如資料集810B至840B所示，矽鍍層在其中沉積的反應室內的表面上存在預塗層不會顯著地影響或改善接近基板邊緣的垂捲（roll-down）（即，矽鍍層內鍍百分率的減少）。

**【0081】** 第9A圖繪示橫跨基板（例如，晶圓）之矽鍍層厚度（即厚度剖面）。資料集910A至940A表示依據各種實施例以包含非鹵化矽化合物（例如，矽烷）的矽前驅物（無第二矽前驅物）及鍍前驅物製備之矽鍍層的矽鍍層厚度。如資料集910A至940A所示，在其中沉積矽鍍層之反應室內的表面上存在預塗層可能不會顯

著地改善所表示矽鍍層沿基板的厚度均勻性。

**【0082】** 第9B圖繪示橫跨基板之矽鍍層的鍍組成百分率。資料集910B至940B表示各別包含鍍之矽鍍層的重量百分比，其中此等矽鍍層係依據各種實施例以包含非鹵化矽化合物（例如，矽烷）的矽前驅物（無第二矽前驅物）及鍍前驅物製備。如資料集910B至940B所示，在其中沉積矽鍍層之反應室中之表面上存在預塗層可能不會顯著地影響或改善矽鍍層沿基板的鍍組成百分率均勻性。

**【0083】** 鑑於第7A圖至第7B圖所示的結果對上第8A圖至第8B圖及第9A圖至第9B圖所示者，在反應室內之表面上存在預塗層可在有關於鹵化矽前驅物（例如，二氯矽烷）及非鹵化前驅物（例如，矽烷）兩者以及具鍍前驅物（在第7A圖至第7B圖中指示）的實施例中進一步改善橫跨基板之矽鍍層的厚度及鍍含量均勻性。然而，通過包含單一矽前驅物之製程而形成的矽鍍層可能不會從包括預塗層，而接收到顯著的益處（於第8A圖至第8B圖和第9A圖至第9B圖中指示）。

**【0084】** 雖然本文中提出本揭露之例示性實施例，應理解本揭露並未如此受限。舉例而言，雖然連同各種特定配置來描述系統，本揭露不必然受限於此等實例。在不偏離本揭露之精神及範疇的情況下，可對本文中提出的系統及方法作出各種修改、變化、及增強。

**【0085】** 本揭露之標的包括各種系統、組件（成分）、及配置、及本文中所揭示之其他特徵、功能、動作、及/或性質的所有新

穎且非顯而易見的組合及子組合，還有其任何及所有均等物。

**【符號說明】**

**【0086】**

100:方法

101:步驟

102:步驟

104:步驟

106:步驟

108:步驟

110:步驟

200:反應器系統

202:基板處置系統

204:反應室

206:氣體注入系統

208:壁

210:排氣源

212:第一氣體源

213:熱電偶

214:第二氣體源

216:基板支撐件

217:熱電偶環

218:加熱器

- 219:收集板
- 220:基板
- 222:控制器
- 300:氣體注入系統
- 301:源
- 302:第一氣體供應管線
- 303:第一氣體源
- 304:第二氣體供應管線
- 305:第二氣體源
- 306:第一氣體歧管
- 307,309,311,313:流量控制器
- 308:第二氣體歧管
- 310,312,314,316,318:第一氣體出口
- 315:第一氣體入口
- 317:第二氣體入口
- 319:源
- 320,322,324,326,328:第二氣體出口
- 321:源
- 323:源
- 330,332,334,336,338,340,342,344,346,348:流量感測器
- 350,352,354,356,358,360,362,364,366,368:氣體閥
- 370:質量流量控制器
- 372,374,376,378,380,382,384,386,388:質量流量控制器

390:反應室

392:凸緣

394:控制器

410:凸緣氣體通道

412:擴張區域

414:擴張區域

416:出口

418:出口

496:第一側

498:第二側

500:結構

502:基板

504:矽鍍層

602:資料

604:資料

606:資料

710A,720A,730A,740A:資料集

710B,720B,730B,740B:資料集

810A,820A,830A,840A:資料集

810B,820B,830B,840B:資料集

910A,920A,930A,940A:資料集

910B,920B,930B,940B:資料集



## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種在一基板之一表面上形成一矽鍍層之方法，包括：

在一反應室內提供一基板；

提供一第一矽前驅物至該反應室；

提供一第二矽前驅物至該反應室；以及

提供一鍍前驅物至該反應室，

其中提供一第一矽前驅物至該反應室、提供一第二矽前驅物至該反應室、及提供一鍍前驅物至該反應室之該等步驟重疊。

【請求項2】 如請求項1之方法，其中該第一矽前驅物包括一鹵化矽前驅物。

【請求項3】 如請求項2之方法，其中，該鹵化矽前驅物包括氟、氯、溴、及碘中之一或多者。

【請求項4】 如請求項2之方法，其中該鹵化矽前驅物包括由式  $\text{Si}_x\text{W}_y\text{H}_z$  表示之一化合物，其中  $\text{W}$  係選自由氟、氯、溴、及碘組成之群組之一鹵基， $x$  及  $y$  係大於零之整數，且  $z$  係大於或等於零之整數。

【請求項5】 如請求項2之方法，其中該鹵化矽前驅物包括氯。

【請求項6】 如請求項2之方法，其中該鹵化矽前驅物包括選自由以下組成之群組之一化合物：三氯矽烷、二氯矽烷、四氯化矽、溴化矽、及碘化矽。

【請求項7】 如請求項1之方法，其中該第二矽前驅物包括一非鹵化矽前驅物。

【請求項8】 如請求項7之方法，其中該非鹵化矽前驅物基本上由矽及氫組成。

【請求項9】 如請求項7之方法，其中該非鹵化矽前驅物包括一矽烷。

【請求項10】 如請求項1之方法，其中該鍺前驅物包括一鍺烷。

【請求項11】 如請求項1之方法，其中該鍺前驅物基本上由鍺及氫組成。

【請求項12】 如請求項1之方法，其中該鍺前驅物包括一鹵素。

【請求項13】 如請求項12之方法，其中該鍺前驅物包括四氯化鍺、氯氫化鍺、氯溴化鍺中之一或多者。

【請求項14】 如請求項1之方法，其中，該第一矽前驅物、該第二矽前驅物、或該鍺前驅物中之至少一者包括一體積流量之約10體積百分比至約90體積百分比、約1體積百分比至約10體積百分比、或約0.1體積百分比至約1體積百分比。

【請求項15】 如請求項1之方法，其中，該反應室包括在該提供該第一矽前驅物至該反應室、該提供該第二矽前驅物至該反應室、及該提供該鍺前驅物至該反應室之前，經設置於該反應室內一表面上的一預塗層，且其中該預塗層包括矽或矽鍺中之至少一者。

【請求項16】 如請求項1之方法，更包括在使該混合物流至該反應室中之前，混合該第一矽前驅物與該鍺前驅物以形成一混合物之一步驟。

【請求項17】 一種結構，包括根據請求項1之方法所形成的矽鍺層。

【請求項18】 一種裝置，包括根據請求項1之方法所形成的矽鍍層。

【請求項19】 一種在基板上形成一沉積層之方法，包括：

在一反應室內對一表面施加一預塗層；

在具有該預塗層的該反應室內提供一基板；

提供一第一反應物至該反應室；

提供一第二反應物至該反應室；以及

在該基板上形成該沉積層，其中該沉積層包括該第一反應物及該第二反應物的一產物，且

其中該預塗層包括一物質，該物質包括在該第一反應物、該第二反應物、或該沉積層中之至少一者中。

【請求項20】 一種系統，包括：

一或多個反應室；

一第一矽前驅物源；

一第二矽前驅物源；

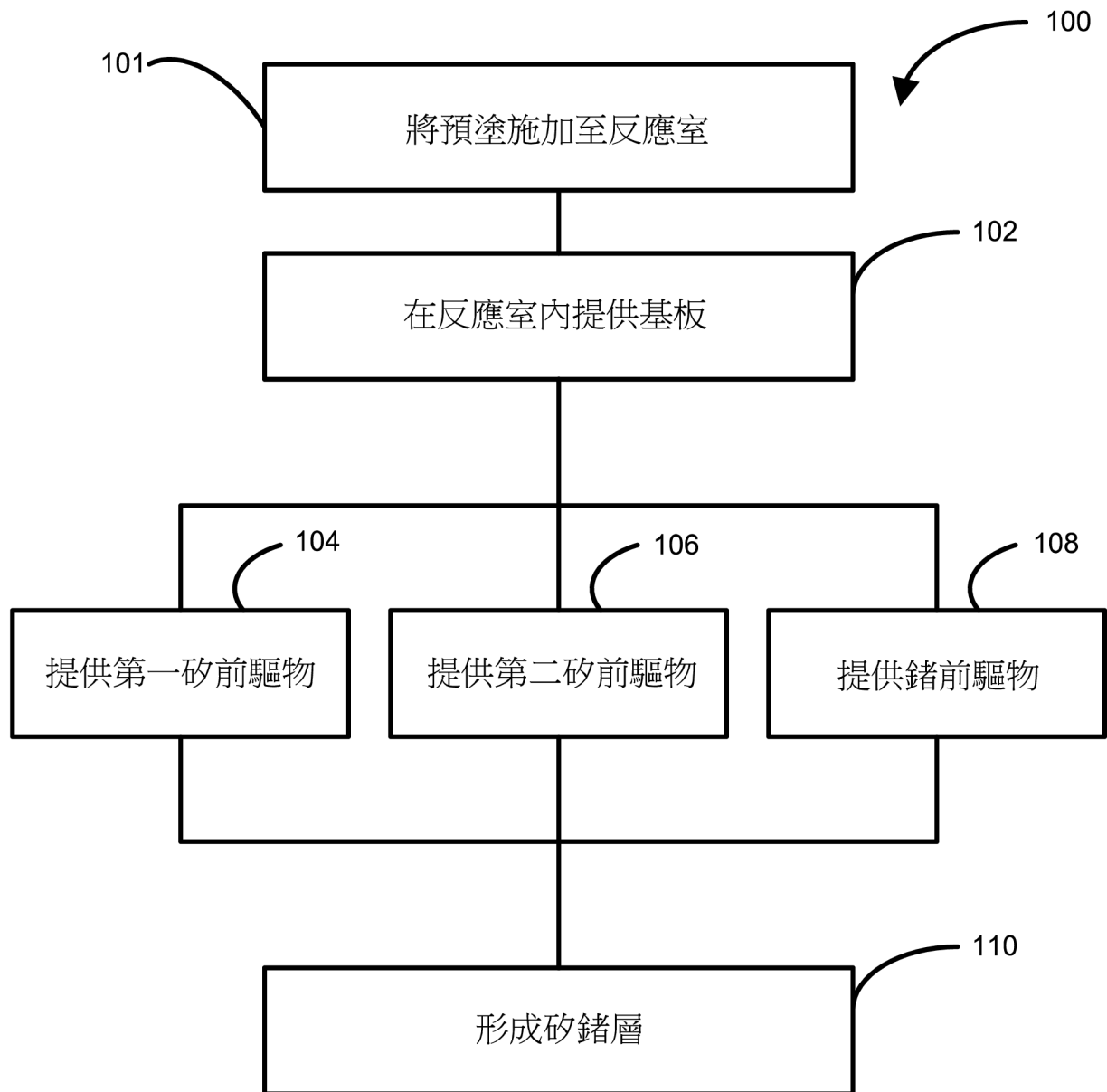
一鍍前驅物源；

一排氣源；以及

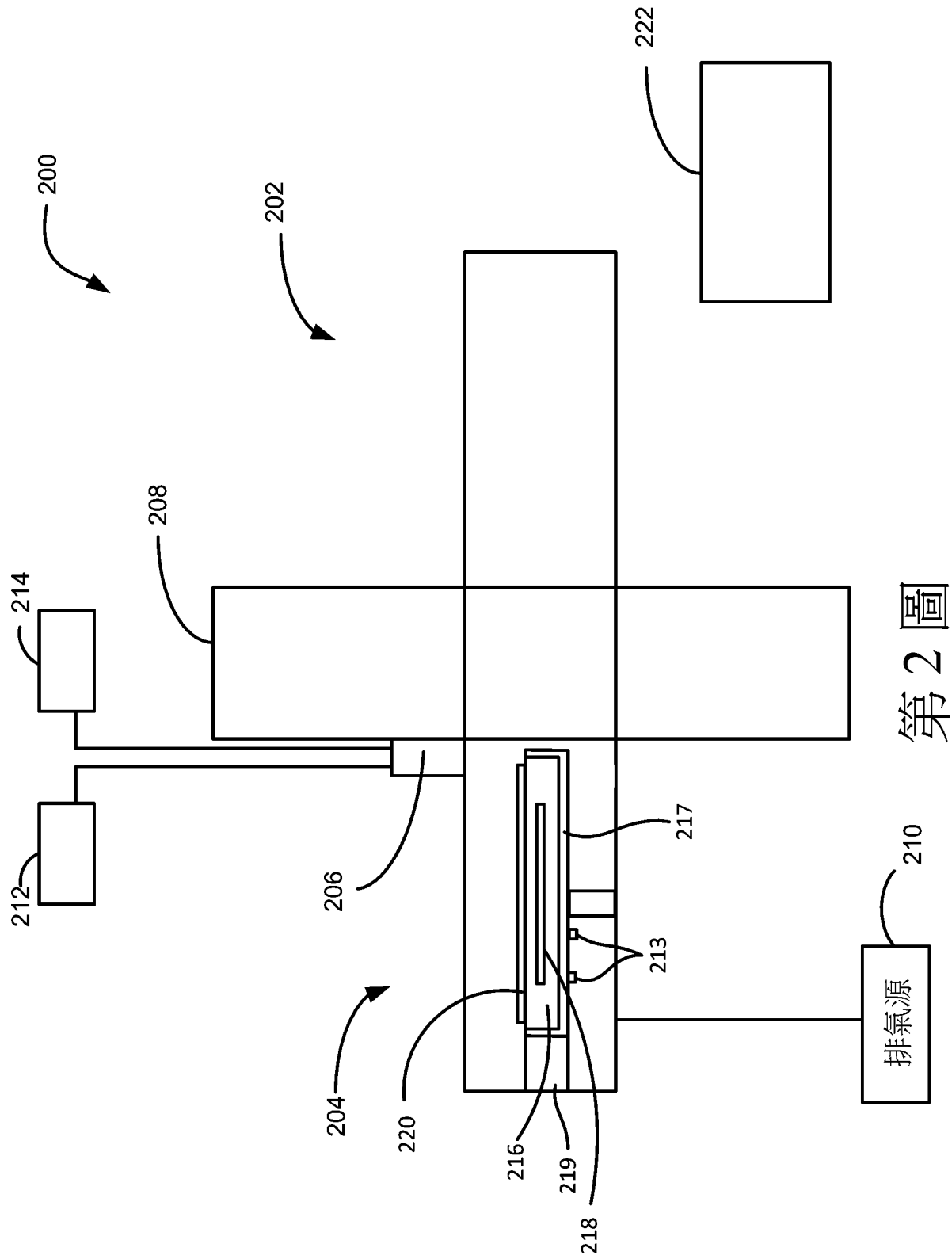
一控制器，

其中該控制器係配置以控制一第一前驅物、一第二前驅物、及一鍍前驅物進入該一或多個反應室中之至少一者的氣體流，以使用一沉積製程形成上覆於一基板之一表面的一包括矽鍍的一層。

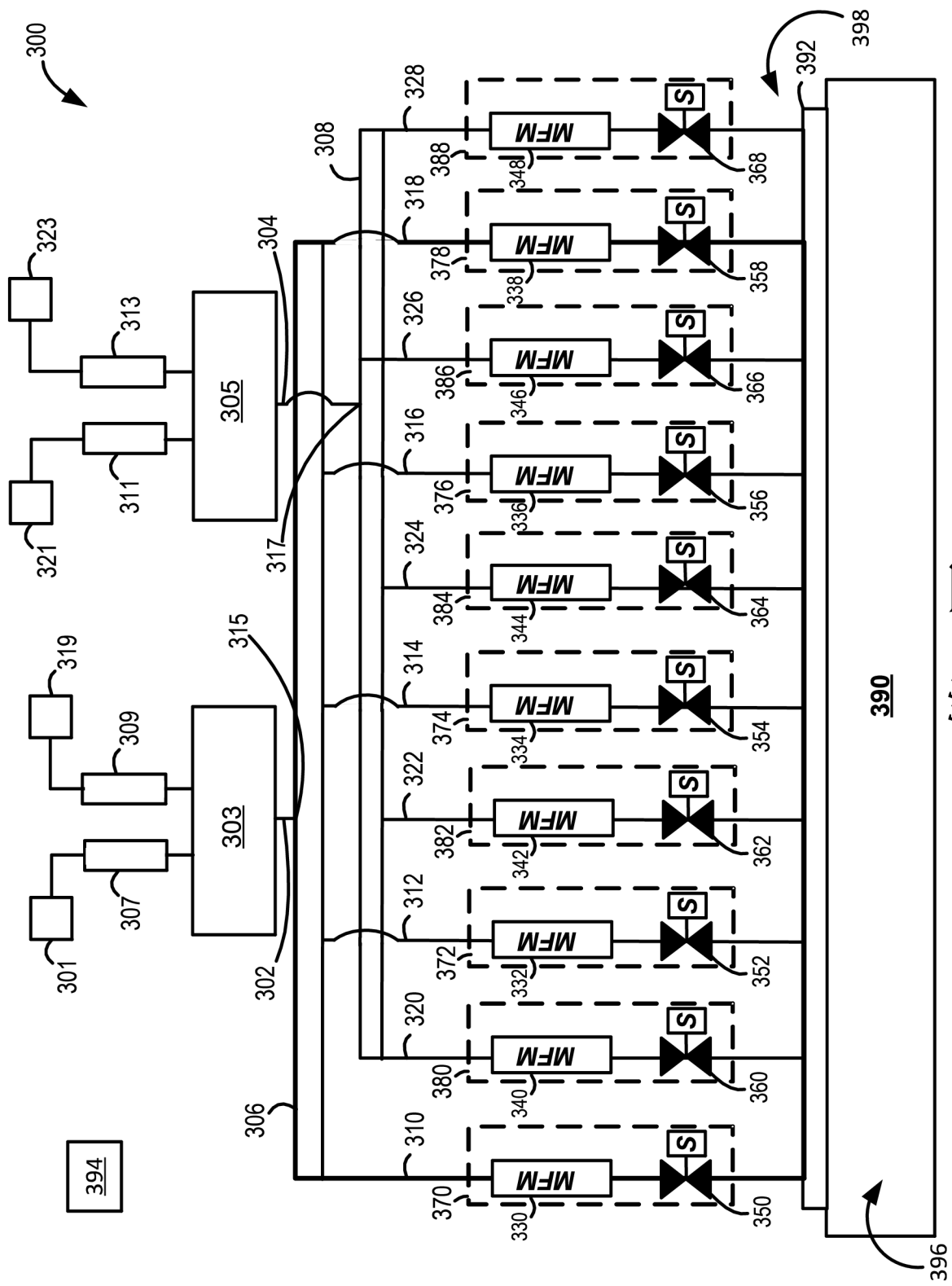
【發明圖式】



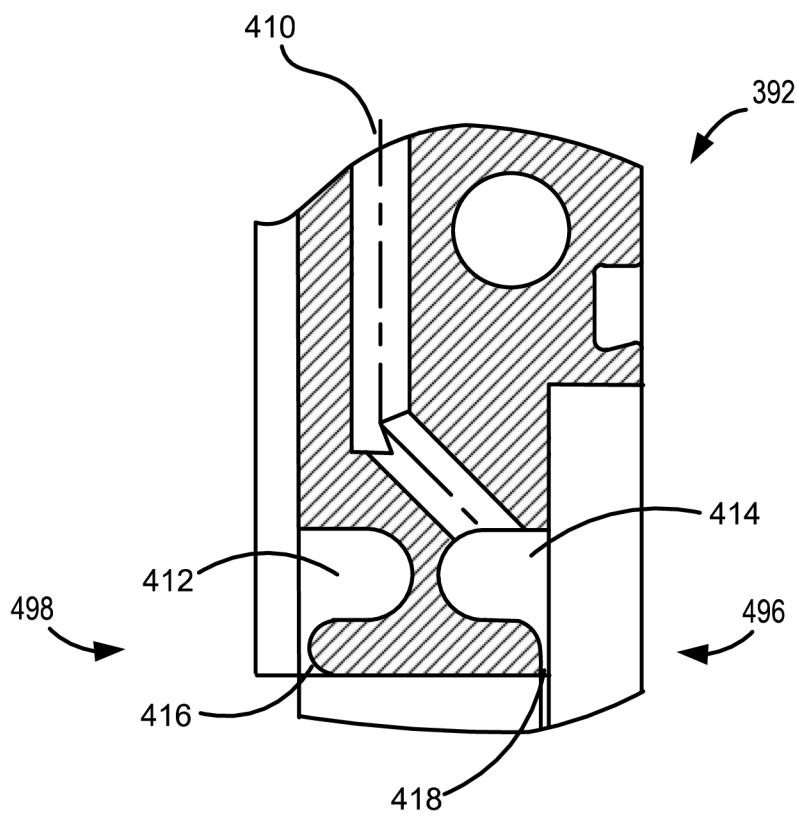
第 1 圖



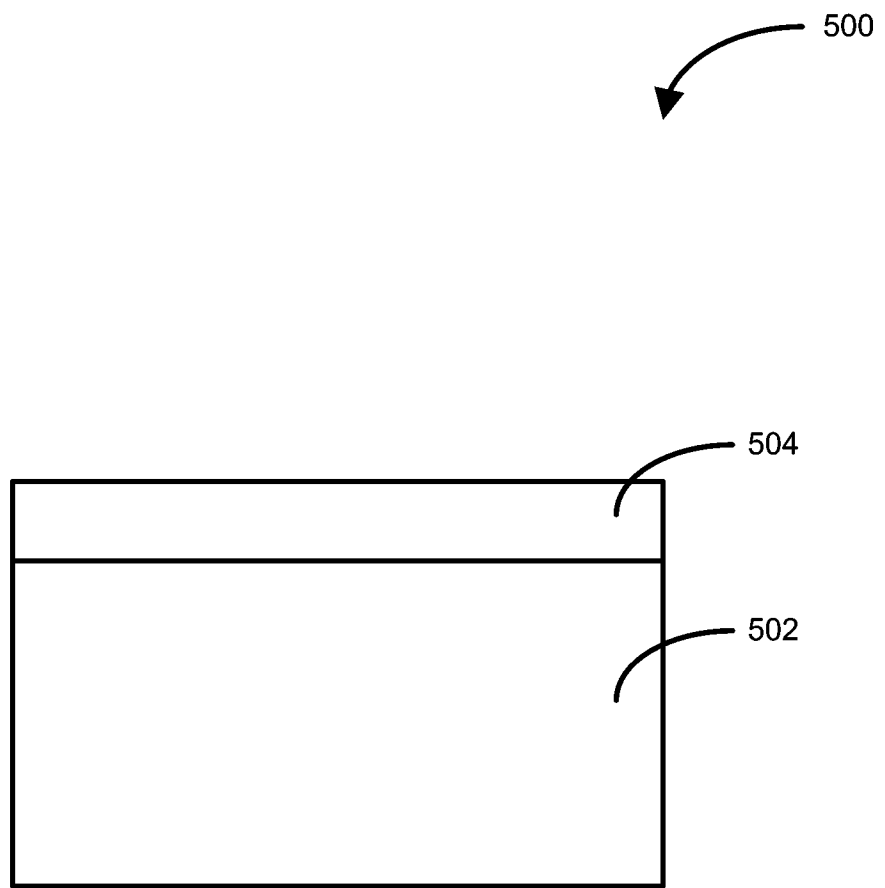
第 2 圖



第 3 圖

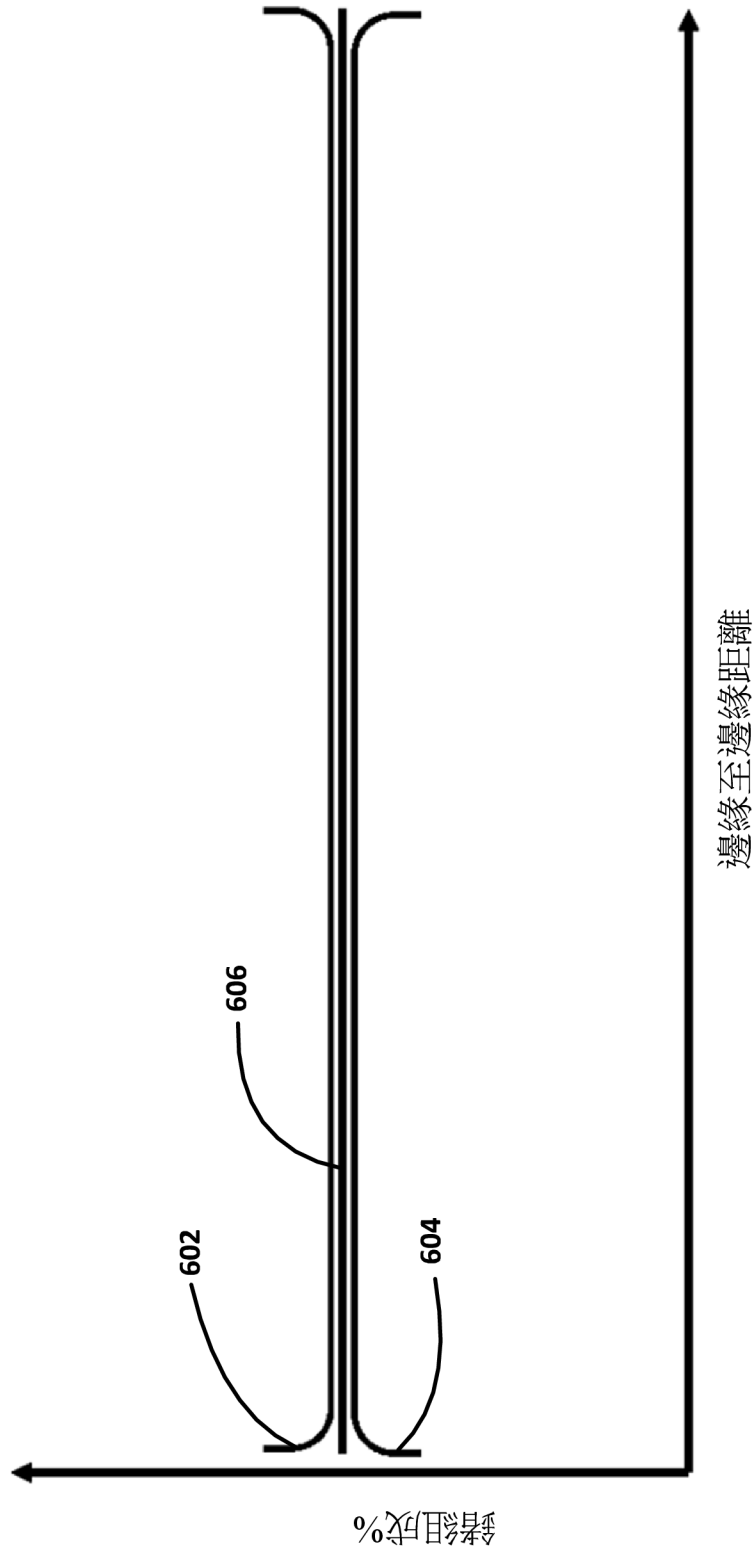


第 4 圖



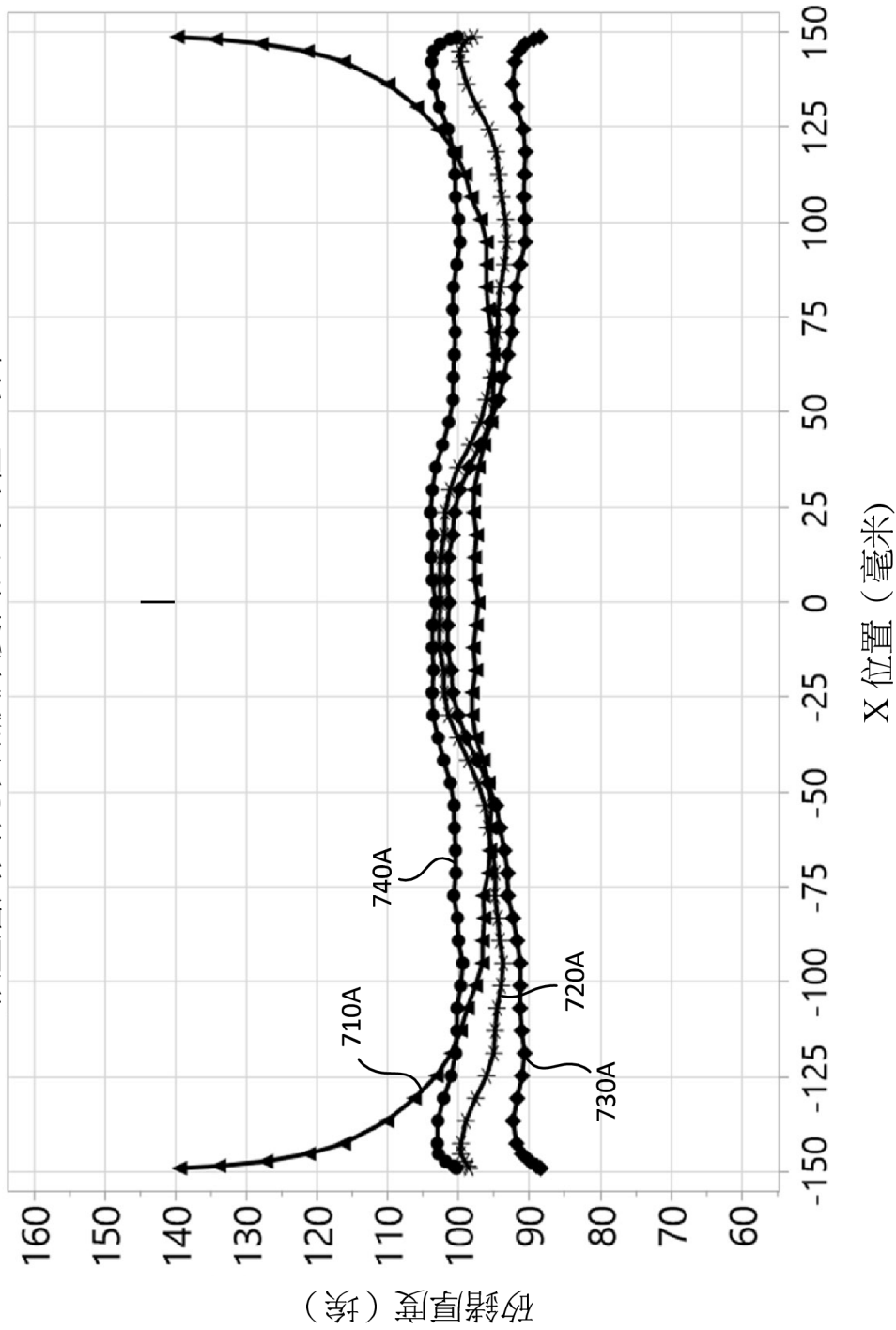
第 5 圖





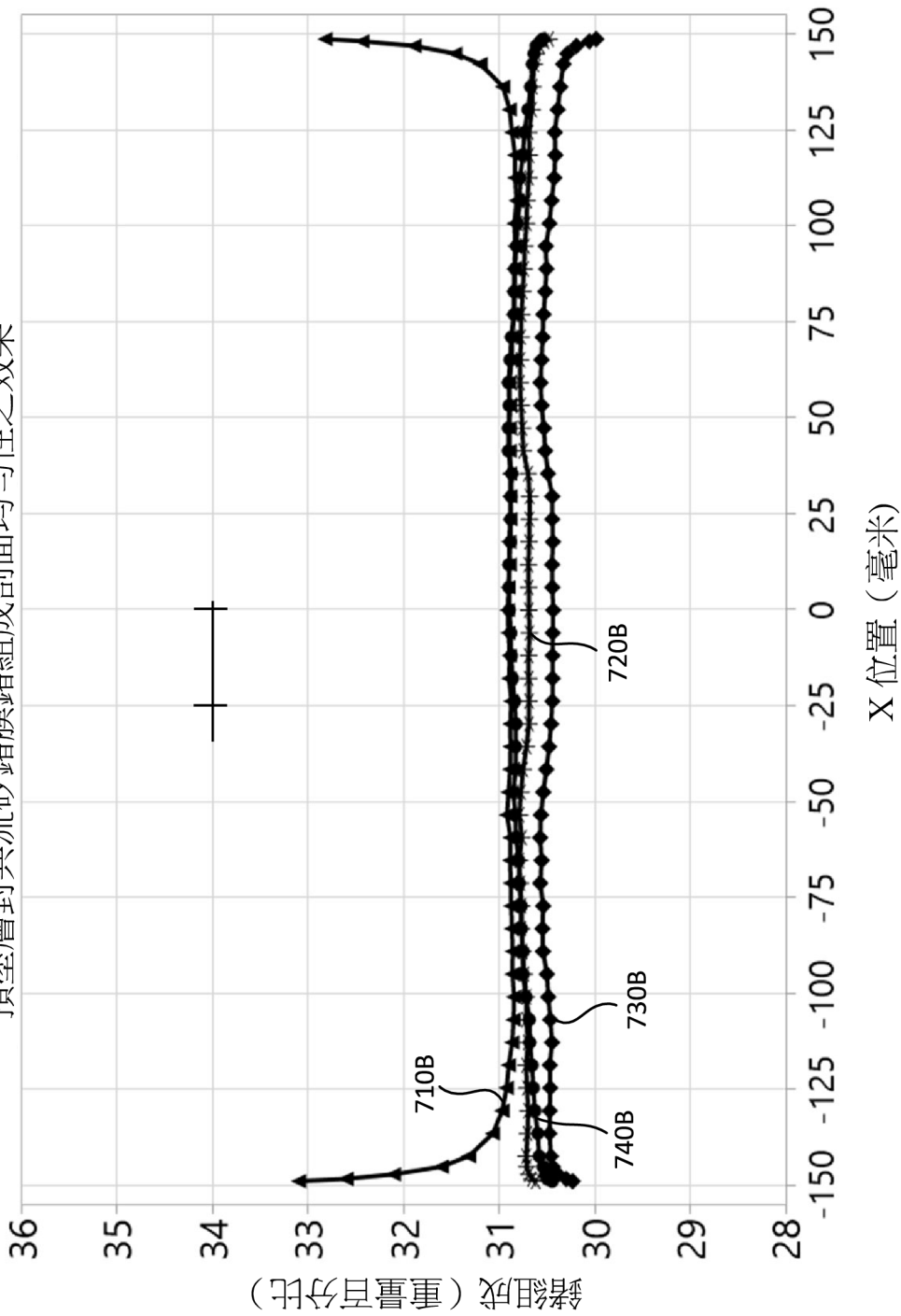
第6圖

預塗層對共流矽鍍膜厚度剖面均勻性之效果



- 運行條件
- ◆ 具1000埃非選擇性磊晶生長矽鍍預塗的共流矽鍍製程
  - \* 具1000埃選擇性磊晶生長矽鍍預塗的共流矽鍍製程
  - 具3000埃預塗的共流矽鍍製程
  - ▲ 無預塗的共流矽鍍製程
- 730A
- 720A
- 740A
- 710A
- 第7A圖

預塗層對共流矽鍍膜鍍組剖面均勻性之效果

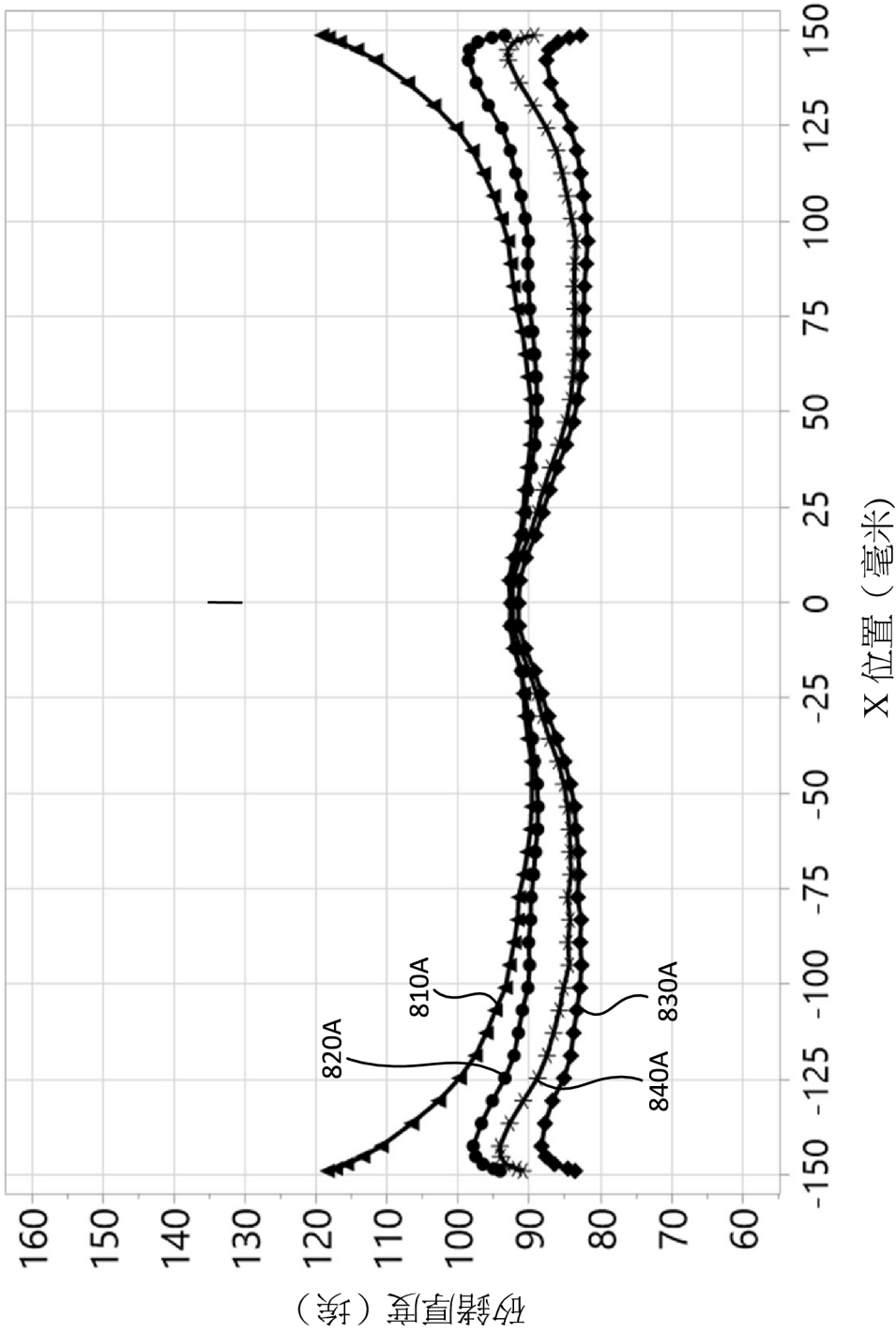


運行條件

- ◆ 具1000埃非選擇性磊晶生長矽鍍預塗的共流矽鍍製程
- \* 具1000埃選擇性磊晶生長矽鍍預塗的共流矽鍍製程
- 具3000埃預塗的共流矽鍍製程
- ▲ 無預塗的共流矽鍍製程

第7B圖

預塗層對基於二氯矽烷之矽鍍膜厚度剖面均勻性之效果

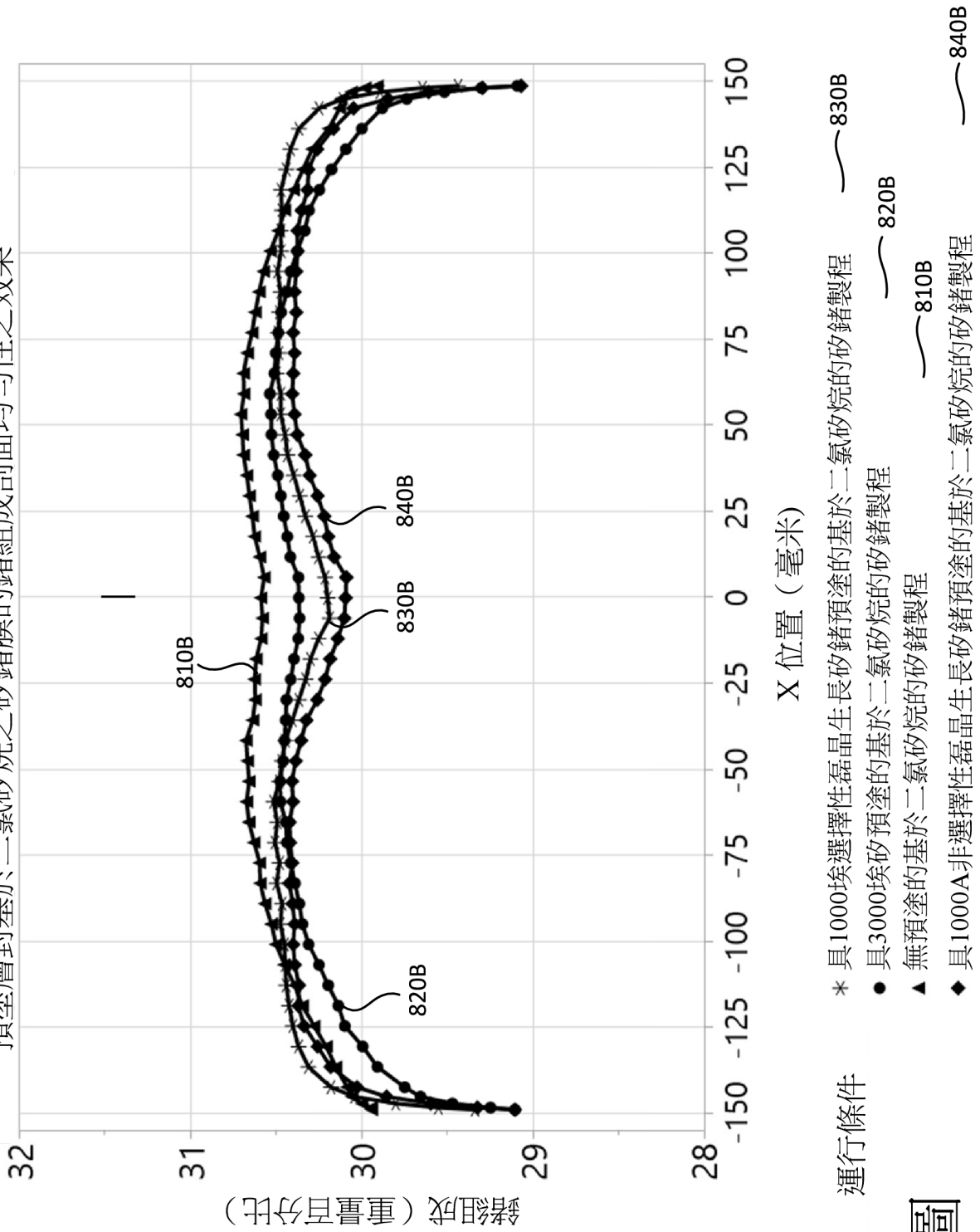


運行條件

- \* 具1000埃選擇性磊晶生長矽鍍預塗的基於二氯矽烷的矽鍍製程 — 840A
- 具3000埃矽預塗的基於二氯矽烷的矽鍍製程 — 820A
- ▲ 無預塗的基於二氯矽烷的矽鍍製程 — 810A
- ◆ 具1000A非選擇性磊晶生長矽鍍預塗的基於二氯矽烷的矽鍍製程 — 830A

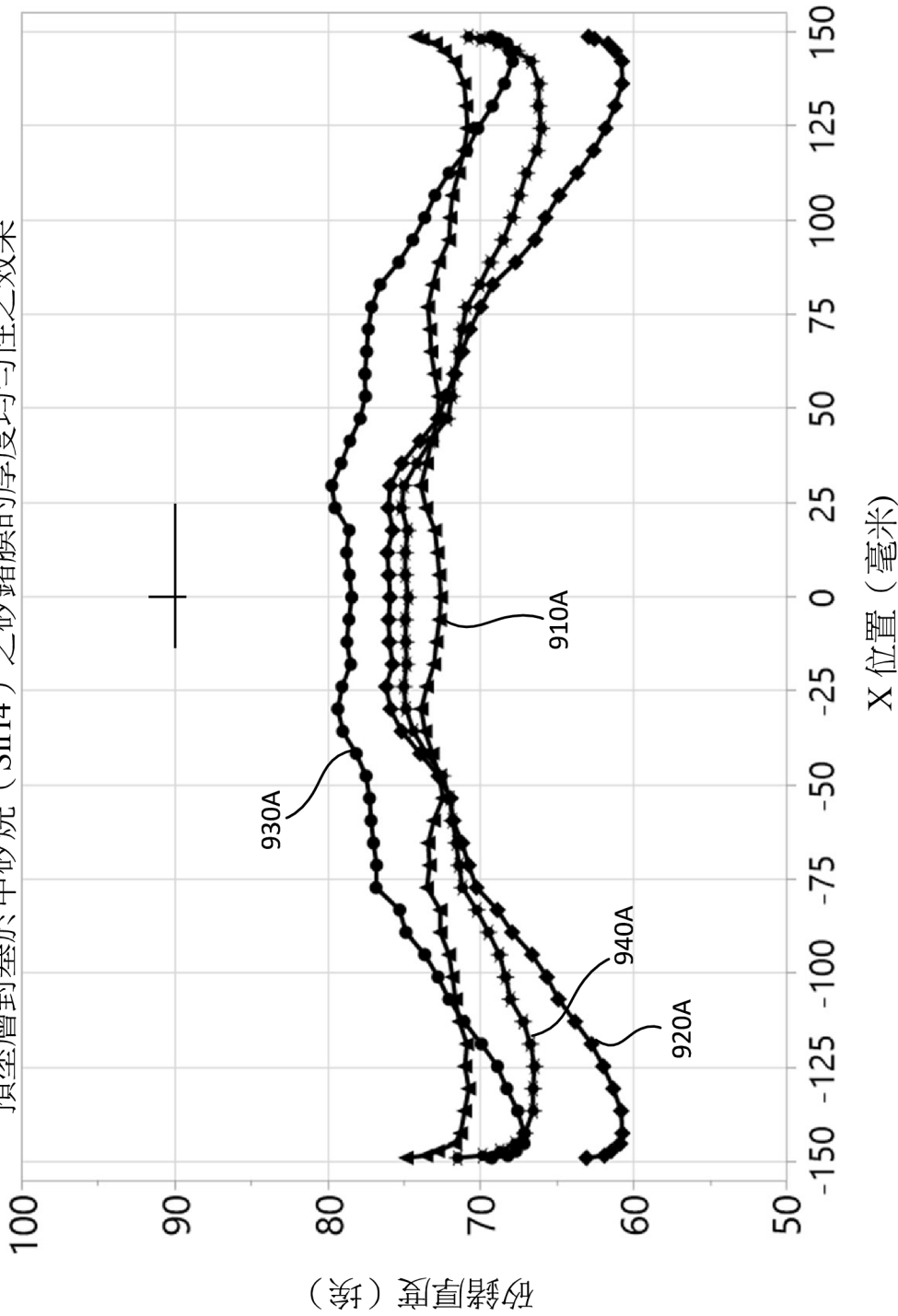
第8A圖

預塗層對於二氯矽烷之矽鍍膜的鍍組成剖面均勻性之效果



第 8B 圖

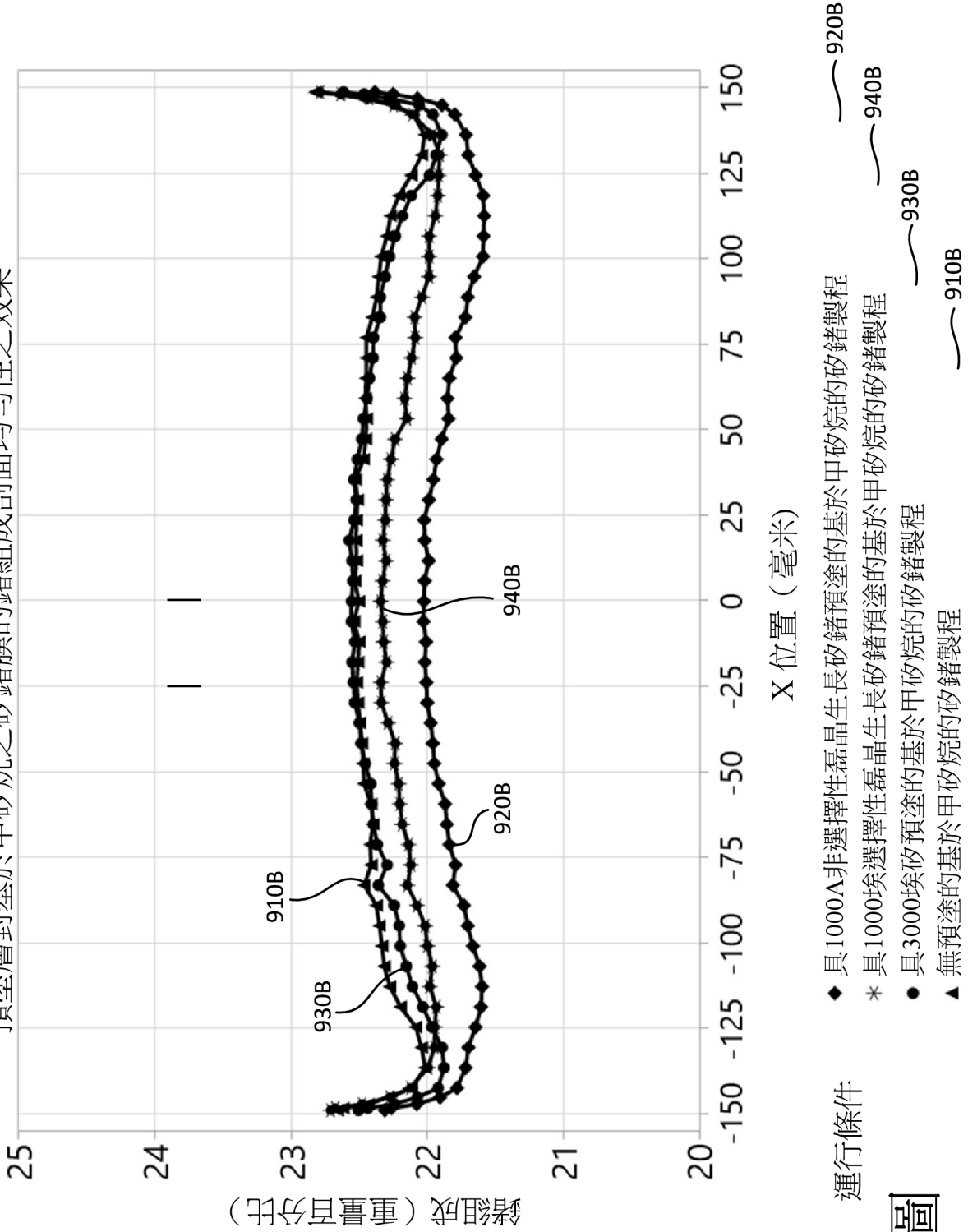
預塗層對於甲矽烷 (SiH4) 之矽鍍膜的厚度均勻性之效果



- 運行條件
- ◆ 具1000Å非選擇性磊晶生長矽鍍預塗的基於甲矽烷的矽鍍製程 — 920A
  - \* 具1000Å選擇性磊晶生長矽鍍預塗的基於甲矽烷的矽鍍製程 — 940A
  - 具3000Å矽預塗的基於甲矽烷的矽鍍製程 — 930A
  - ▲ 無預塗的基於甲矽烷的矽鍍製程 — 910A

第9A圖

預塗層對於甲矽烷之矽鍍膜的鍍組成份剖面均勻性之效果



# 第9B圖



## 【發明摘要】

【中文發明名稱】形成矽鍺層之方法、半導體結構、半導體裝置、形成沉積層之方法、及沉積系統

【英文發明名稱】METHOD OF FORMING A SILICON GERMANIUM LAYER, SEMICONDUCTOR STRUCTURE, SEMICONDUCTOR DEVICE, METHOD OF FORMING A DEPOSITION LAYER, AND DEPOSITION SYSTEM

### 【中文】

所揭示者係一種在基板表面上形成矽鍺層之方法及用於形成矽鍺層之系統。本揭露之實例提供一種方法，此方法包括提供複數個生長前驅物以控制、及/或促成寄生氣相（parasitic gas-phase）及表面反應，使得可實現對膜之（例如，厚度及/或組成）均勻性的更大控制。

### 【英文】

A method of forming a silicon germanium layer on a surface of a substrate and a system for forming a silicon germanium layer are disclosed. Examples of the disclosure provide a method that includes providing a plurality of growth precursors to control and/or promote parasitic gas-phase and surface reactions, such that greater control of the film (e.g.,



thickness and/or composition) uniformity can be realized.

【指定代表圖】第 1 圖

【代表圖之符號簡單說明】

100:方法

101:步驟

102:步驟

104:步驟

106:步驟

108:步驟

110:步驟

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】形成矽鍺層之方法、半導體結構、半導體裝置、形成沉積層之方法、及沉積系統

【英文發明名稱】METHOD OF FORMING A SILICON GERMANIUM LAYER, SEMICONDUCTOR STRUCTURE, SEMICONDUCTOR DEVICE, METHOD OF FORMING A DEPOSITION LAYER, AND DEPOSITION SYSTEM

### 【技術領域】

【0001】本揭露大致上關於氣相反應器系統和方法。更具體地，本揭露係關於用於形成矽鍺層（silicon germanium layers）的方法及系統。

### 【先前技術】

【0002】氣相反應器（諸如化學氣相沉積（chemical vapor deposition，CVD）反應器）可用於各種應用，包括在基板表面上沉積材料。舉例而言，氣相反應器可用以在基板上沉積層以形成半導體裝置、平板顯示裝置（flat panel display devices）、光伏打裝置（photovoltaic devices）、微機電系統（photovoltaic devices，MEMS）、及類似者。

【0003】舉實例而言，此類反應器可用以在基板表面上形成矽鍺層。矽鍺層可用於各種應用，包括形成三維裝置

( three-dimensional devices ) ， 諸 如 環 繞 式 閘 極 ( gate-all-around ) 裝置及/或作為金屬氧化物半導體 ( metal oxide semiconductor, MOS ) 裝置 ( 特別是互補式金屬氧化物半導體 ( complimentary MOS, CMOS ) 裝置 ) 中之通道 ( channel ) 、 源極、及/或汲極區域。

**【0004】** 典型的氣相反應器系統包括反應器，其包括反應室；經流體耦接至反應室的前驅物氣體源；經流體耦接至反應室的載體及/或吹掃氣體源；氣體輸送系統，其用以輸送氣體 ( 例如前驅物及/或載體/吹掃氣體 ) 至反應室；及經流體耦接至反應室的排氣源。

**【0005】** 大致上，希望具有橫跨基板表面的均勻膜性質 ( 例如，膜厚度及膜組成 ) ， 及/或對於膜性質的任何想要的變化具有控制。隨著形成於基板表面上之特徵尺寸的減少，控制諸如膜厚度、組成、及電阻率之膜性質變得愈來愈重要。舉例而言，在矽鍺層的情況中，通常希望控制此層中之矽及鍺濃度，還有橫跨基板表面之層厚度。然而，在許多製程中，膜的厚度及/或組成可橫跨基板之表面而有非想要的之變化，尤其在基板之邊緣處。據此，在基板表面上形成矽鍺層的經改善方法及系統係所想要的。

**【0006】** 本節提出之任何討論，包括問題及解決方案之討論，僅為了提供本揭露上下文之目的而包括在本揭露中，且不應視為承認討論之任何或全部內容在完成本揭露時已知或以其他方式構

**【發明內容】**

**【0007】** 本揭露內容係提供以簡化形式介紹一系列概念。此等概念在下方揭露的實例實施例之實施方式中進一步地詳述。本揭露內容並非意欲必然地鑑別所主張標的之關鍵特徵或基本特徵，亦非意欲用以限制所主張標的之範疇。

**【0008】** 本揭露之各種實施例係關於在基板表面上形成一矽鍍層之方法。雖然在下文更詳細地討論本揭露之各種實施例對於先前形成矽鍍層方法之缺點的應對方式，但大致上，本揭露之各種實施例提供多個矽前驅物至反應室，以在使用此等方法所形成的矽鍍膜中，提供改善的矽鍍層組成及/或厚度均勻性。

**【0009】** 依據本揭露之各種例示性實施例，提供一種在基板表面上形成一矽鍍層之方法。此方法可包括在一反應室內提供一基板、提供一第一矽前驅物至此反應室、提供一第二矽前驅物至此反應室、及提供一鍍前驅物至此反應室。在前述方法步驟中之任一者之前，可將預塗層（precoating layer）設置在此反應室內之表面上（例如，反應室內壁、基座（susceptor）、熱電偶環（thermocoupling ring）、收集板（getter plate）、或此反應室內之任何其他表面）。此預塗層可包含一物質或化合物，此物質或化合物包含於主沉積製程的多個前驅物中之一或多者中，或於所得之矽鍍層中。據此，此

預塗層可包含矽及/或鍍。提供此第一矽前驅物至此反應室、提供此第二矽前驅物至此反應室、及提供此鍍前驅物至此反應室之此等步驟可重疊（overlap），使得提供此第一矽前驅物至此反應室、提供此第二矽前驅物至此反應室、及提供此鍍前驅物至此反應室之全部三個步驟發生持續一時間段。依據此等實施例之實例，此第一矽前驅物包含一鹵化矽前驅物。依據進一步實例，此第二矽前驅物包含一非鹵化矽前驅物。

**【0010】** 依據本揭露之進一步實例，提供一種包含此矽鍍層之結構。此矽鍍層可根據本文中所揭示之方法形成。

**【0011】** 依據本揭露之進一步實例，提供一種包含此矽鍍層之裝置。此裝置可使用如本文中所述之一結構來形成。此矽鍍層可根據本文中所揭示之方法形成。

**【0012】** 依據本揭露之又進一步實施例，提供一種系統。此系統可包括一或多個反應室、一第一矽前驅物源、一第二矽前驅物源、一鍍前驅物源、一排氣源、及一控制器。依據此等實施例的實例，此控制器配置以控制一第一矽前驅物、一第二矽前驅物、及一鍍前驅物進入此一或多個反應室中之至少一者的一氣體流，以使用沉積製程形成上覆（overlying）於基板表面的一包含矽鍍的層。例示性系統可用於執行如本文中所揭示之方法及/或形成如本文中所揭示之結構。

**【0013】** 所屬技術領域中具有通常知識者將從下文參照附圖

詳細描述的某些實施例輕易地明白此等及其他實施例；本揭露並未受限於所揭示的任何具體實施例。

### 【圖式簡單說明】

【0014】 當結合下列說明圖式思考時，可藉由參照實施方式及申請專利範圍而獲得對本揭露之例示性實施例的更完整理解。

第1圖繪示依據本揭露之至少一例示性實施例之方法。

第2圖繪示依據本揭露之至少一例示性實施例之系統。

第3圖示意性地繪示用於依據本揭露之至少一例示性實施例使用之氣體注入系統。

第4圖繪示用於依據本揭露之至少一例示性實施例使用的凸緣（flange）之剖視圖。

第5圖繪示依據本揭露之至少一例示性實施例之一結構。

第6圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之組成剖視圖。

第7A圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之厚度剖視圖。

第7B圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之組成剖視圖。

第8A圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之厚度剖視圖。

第 8B 圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之組成剖視圖。

第 9A 圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之厚度剖視圖。

第 9B 圖繪示使用依據本揭露之至少一實施例的方法而形成的矽鍺層之組成剖視圖。

**【0015】** 應理解，圖式中之元件係為了簡單及清楚起見而繪示，且不必然按比例繪成。舉例而言，可相對於其他元件誇大圖式中之一些元件的尺寸，以幫助改善對本揭露之所繪示實施例的理解。

#### **【實施方式】**

**【0016】** 下文所提供之例示性實施例的描述僅係例示性，且僅係意欲用於闡釋之目的；下列描述並非意欲限制本揭露或申請專利範圍之範疇。此外，詳述具有所陳述特徵之多個實施例不意欲排除具有額外特徵之其他實施例、或合併所陳述特徵之不同組合的其他實施例。

**【0017】** 本揭露大致上係關於在基板表面上形成一矽鍺層（layer）（即一膜（film））之方法及系統，並關於包括此類層之結構和裝置。相較於用於形成此類層之傳統技術，可使用例示性方法及系統而橫跨層、甚至在接近基板（諸如晶圓）之邊緣處（例如，在邊緣的 1 毫米（mm）內）以相對低的膜厚度及/或組成變化來形

成矽鍺層。

【0018】本文中所述之實例可用以在基板表面上形成或生長磊晶 (epitaxial) (例如, 雙成分及/或額外摻雜的) 矽鍺層。本文中所述之例示性方法可尤其有益於形成具有相對高鍺濃度 (例如, 大於約30百分比、約20百分比、或約10百分比) 之膜, 及/或有益於其中矽鍺層之鍺濃度變化理想地低的應用。

【0019】如本文中所使用, 用語前驅物 (precursor) 及/或反應物 (reactant) 可指一或多種氣體/蒸氣, 其參與一化學反應或從其衍生出參與一反應之氣相物質。此化學反應可在氣相中發生、及/或介於氣相與基板表面、及/或基板表面上的物種 (species) 之間發生。

【0020】在本揭露中, 用語氣體 (gas) 可包括在常溫常壓 (normal temperature and pressure, NTP) 下為氣體之材料、汽化固體、及/或汽化液體, 並可取決於上下文由單一氣體或氣體混合物構成。除了製程氣體以外的氣體 (即, 非藉由諸如多埠注入系統或類似者的氣體分配總成所引入的氣體) 可用於例如密封反應空間, 並可包括諸如稀有氣體的密封氣體。在一些情況下, 用語前驅物 (precursor) 可指參加產生另一化合物的化學反應之化合物。用語惰性氣體 (inert gas) 可指不參與化學反應及/或不會在可察覺的程度上 (appreciable extent) 變為膜之一部分的氣體。例示性的惰性 (例如載體或吹掃) 氣體包括 He、Ar、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、及其任



何組合。

【0021】如本文中所使用，用語基板（**substrate**）可指用以形成或在其上可形成裝置、電路、或膜之任何下伏材料。基板可包括塊材（**bulk material**），諸如矽（例如單晶矽）、其他第四族（**Group IV**）材料（諸如鍺）、或其他半導體材料（諸如第二族/第六族（**Group II-VI**）或第三族/第五族（**Group III-V**）半導體），並可包括上覆（**overlying**）或下伏（**underlying**）於此塊材之一或多層。進一步地，基板可包括各種特徵（諸如形成在基板之一層或表面的至少一部份之內或之上的凹部、突起部、及類似者）。

【0022】如本文中所使用，用語磊晶層（**epitaxial layer**）可指在下伏實質單晶基板或層之上的實質單晶層。

【0023】如本文中所使用，用語化學氣相沉積（**chemical vapor deposition**）可指任何製程，其中基板係暴露至一或多個氣相前驅物，其等在基板表面上起反應及/或分解，以產生想要的沉積。

【0024】如本文中所使用，用語膜（**film**）及/或層（**layer**）可指任何連續或不連續的結構及材料，諸如藉由本文中所揭示之方法沉積之材料。例如，膜及/或層可包括二維材料（**two-dimensional materials**）、三維材料、奈米粒子、或甚至部分或完整分子層、或部分或完整原子層、或原子及/或分子團簇（**clusters**）。膜或層可包含具有針孔（**pinholes**）的材料或層，其可以是至少部分連續的。

【0025】如本文中所使用，用語結構（**structure**）可指如本

文中所述之基板，及/或包括一或多個上覆基板之層的基板，此等層諸如一或多個根據如本文中所述之方法形成之層。

【0026】如本文中所未使用，用語矽鍺層（silicon germanium layer）可指包括矽及鍺的層。在一些情況下，此層可基本上由矽及鍺組成。在一些情況下，矽鍺層可包括額外摻雜劑，諸如 p 型摻雜劑（p-type dopants）及/或 n 型摻雜劑（n-type dopants）。依據本揭露之各種實例，矽鍺層之組成可表示為  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ，其中  $1 \geq x \geq 0$ 、或  $0.8 \geq x \geq 0.1$ 、或  $0.6 \geq x \geq 0.2$ 、或包含了具有如本文中提出之組成的矽及鍺的材料。

【0027】進一步地，在本揭露中，變數之任兩個數字可構成變數之可工作範圍，且所指示之任何範圍可包括或排除端點。額外地，所指示的變數之任何數值（不管此等數值是否以「約」來指示）可指精確值或近似值並包括等效值，且可指平均值、中間值、代表值、多數值或類似者。進一步地，在本揭露中，於一些實施例中，用語「包括（including）」、「由……構成（constituted by）」、及「具有（having）」係獨立地指「一般或廣泛地包含（typically or broadly comprising）」、「包含（comprising）」、「基本上由……組成（consisting essentially of）」、或「由……組成（consisting of）」。在本揭露中，於一些實施例中，任何已定義之意義不必然排除尋常及慣例意義。

【0028】現轉向圖式，第 1 圖繪示依據本揭露之實例的方法

100。方法100包括下列步驟：在反應室內提供基板（步驟102）、提供第一矽前驅物至反應室（步驟104）、提供第二矽前驅物至反應室（步驟106）、提供鍍前驅物至反應室（步驟108）、及形成矽鍍層（步驟110）。在各種實施例中，方法100可進一步包含預塗（precoat）反應室（步驟101）。如本文中進一步詳細討論的，可施加預塗至反應室，使得反應室內之任何或所有表面（及反應室內任何組件之表面，諸如基座216、熱電偶環217、及/或收集板219）接收設置於其上之預塗。此預塗之施加可在於反應室中設置或提供基板之前或之後。

**【0029】** 在步驟102期間，於反應室內提供基板。作為非限制性實例，步驟102期間所用之反應室可包含化學氣相沉積（例如磊晶）系統之反應室。然而，亦預期可利用其他反應室及替代的化學氣相沉積系統來執行本揭露之實施例。反應室可以是獨立反應室或叢集工具（cluster tool）的部分。

**【0030】** 步驟102可包括在反應室內將基板加熱至所想要的沉積溫度。在本揭露之一些實施例中，步驟102包括將基板加熱至低於大約1100°C之溫度、或至低於大約850°C之溫度、或至低於大約700°C之溫度、或至低於大約650°C之溫度、或至低於大約600°C之溫度、或至低於大約550°C之溫度、或至低於大約500°C之溫度、或至低於大約450°C之溫度、或至低於大約400°C之溫度、或甚至至低於大約300°C之溫度。舉例而言，在本揭露之一些實施例

中，將基板加熱至沉積溫度可包含將基板加熱至介於大約400°C與大約1100°C之間或大約400°C與大約700°C之間的溫度。

【0031】除了控制基板溫度以外，亦可調節反應室內的壓力。舉例而言，在本揭露之一些實施例中，步驟102期間之反應室內的壓力可小於760托耳（Torr）、或小於350托耳、或小於100托耳、或小於50托耳、或小於25托耳、或小於10托耳、或甚至小於5托耳。在一些實施例中，反應室中的壓力可介於5托耳與760托耳之間、介於10托耳與200托耳之間、或介於10托耳與100托耳之間。用於步驟104至110的溫度及/或壓力可與步驟102的溫度及/或壓力相同或類似。

【0032】在步驟104至108期間，使前驅物流至反應室。依據本揭露之實例，步驟104至108在時間上重疊，且可實質上重疊，使得步驟104、106及108各在約相同時間開始，且各於約相同時間結束。在各種實施例中，步驟104至108可在不同時間（例如，依序）發生。

【0033】在步驟104期間，提供第一矽前驅物至反應室。適合作為第一矽前驅物之例示性矽前驅物包括鹵化矽前驅物。在此上下文中，鹵化矽前驅物包括了包括鹵素的矽前驅物，此鹵素係諸如氟、氯、溴、及碘中之一或多者。例示性鹵化矽前驅物可由式 $\text{Si}_x\text{W}_y\text{H}_z$ 表示，其中W為選自由氟、氯、溴、及碘組成之群組的鹵基（halide），x及y為大於零的整數，且z為大於或等於零的整數。鹵化矽前驅物

可包括單一鹵素物種，諸如氟、氯、溴、或碘（例如，氯）、或可包括兩種或更多種不同鹵素物種（諸如氯和溴、或類似者）。舉具體實例而言，鹵化矽前驅物可包括包含了一化合物的鹵化矽前驅物，此化合物係選自由三氯矽烷（trichlorosilane）、二氯矽烷（dichlorosilane）、四氯化矽（silicon tetrachloride）、溴化矽（silicon bromide）、碘化矽（silicon iodide）、或類似者組成之群組。依據本揭露之實例，鹵化矽前驅物不含氟。

【0034】在步驟104期間，第一矽前驅物至反應室之流率的範圍可從約100每分鐘標準毫升數至約1500每分鐘標準毫升數（sccm）、約100每分鐘標準毫升數至約1000每分鐘標準毫升數、約100每分鐘標準毫升數至約300每分鐘標準毫升數、約10每分鐘標準毫升數至約100每分鐘標準毫升數、或1每分鐘標準毫升數至約10每分鐘標準毫升數，單獨或與載體氣體（諸如氫氣或氮氣）一起。

【0035】在步驟106期間，提供第二矽前驅物至反應室。第二矽前驅物可包括非鹵化矽前驅物。在此上下文中，非鹵化矽前驅物為不包括鹵素之矽前驅物（nonhalogenated silicon precursor）。例示性非鹵化矽前驅物可舉例而言包括一包括矽和氫的化合物，或此化合物在一些情況下基本上由矽及氫組成。在一些情況下，第二矽前驅物包含矽烷，諸如矽烷（silane）、二矽烷（disilane）、三矽烷（trisilane）、或類似者。矽烷可由通式 $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ 表示，其中 $n$ 為整數。

【0036】 在步驟106期間，第二矽前驅物至反應室之流率的範圍可從約100每分鐘標準毫升數至約1500每分鐘標準毫升數、約100每分鐘標準毫升數至約1000每分鐘標準毫升數、約100每分鐘標準毫升數至約300每分鐘標準毫升數、約10每分鐘標準毫升數至約100每分鐘標準毫升數、或1每分鐘標準毫升數至約10每分鐘標準毫升數，單獨或與載體氣體（諸如氫氣或氮氣）一起。

【0037】 在步驟108期間，提供鍺前驅物至反應室。鍺前驅物可包括非鹵化鍺前驅物，或在一些情況下可包括鹵化鍺前驅物。在此上下文中，鹵化鍺前驅物包括一或多個（相似或不同物種的）鹵素，而非鹵化鍺前驅物不包括鹵素。例示性非鹵化鍺前驅物可舉例而言包括一化合物，此化合物包括鍺及氫，或在一些情況下基本上由鍺及氫組成。在一些情況下，鍺前驅物可以是或可包括鍺烷，諸如鍺烷(germane)、二鍺烷(digermane)、三鍺烷(trigermane)、或類似者。鍺可由通式 $\text{Ge}_n\text{H}_{2n+2}$ 表示，其中 $n$ 為整數。例示性鹵化鍺前驅物包括四氯化鍺(germanium tetrachloride)、氫氯化鍺(germanium chlorohydride)、氯溴化鍺(germanium chlorobromide)、或類似者中之一或多者。

【0038】 在步驟108期間，鍺前驅物至反應室之流率的範圍可從約100每分鐘標準毫升數至約1000每分鐘標準毫升數、約10每分鐘標準毫升數至約100每分鐘標準毫升數、或1每分鐘標準毫升數至約10每分鐘標準毫升數，單獨或與載體氣體（諸如氫氣或氮氣）一

起。

【0039】可操縱第一矽前驅物、第二矽前驅物、及/或鍺前驅物之體積量以獲得想要的層性質（例如，組成及/或厚度均勻性）。舉實例而言，一體積流（volumetric flow）可包括約10體積百分比至約90體積百分比、約1體積百分比至約10體積百分比、或約0.1體積百分比至約1體積百分比（volumetric percent）的第一矽前驅物、約10體積百分比至約90體積百分比、約1體積百分比至約10體積百分比、或約0.1體積百分比至約1體積百分比的第二矽前驅物、及/或約10體積百分比至約90體積百分比、約1體積百分比至約10體積百分比、或約0.1體積百分比至約1體積百分比的鍺前驅物。

【0040】依據本揭露之進一步實例，在此等前驅物進入反應室之前，方法100可包括一混合第一矽前驅物、第二矽前驅物、及鍺前驅物中之兩者或更多者之步驟。舉例而言，第一矽前驅物及鍺前驅物可經混合，以形成混合物，之後使此混物流至反應室中。進一步地，如下更詳細地提出，混合物及/或個別前驅物之流率可經控制至氣體注入系統之各種通道中。此允許對至反應室內之特定區域的想要的前驅物流率之進一步調諧（tuning），其繼而允許矽鍺層性質的額外控制，諸如厚度及/或組成。

【0041】在步驟110期間，矽鍺層係形成於基板表面上。雖然繪示為分開步驟，但步驟110可隨著步驟104至108開始時發生。在步驟110期間，矽鍺層可磊晶形成，例如上覆於一矽層或另一矽鍺

層或其他層。

【0042】 在各種實施例中，在步驟104至108中所討論之以前驅物處理基板之前，可施加預塗至反應室（步驟101），以形成預塗層（即陳化層（seasoning layer））。在反應室中提供基板之前，可施加預塗至反應室。可施加此預塗至反應室內之任何或所有表面。舉例而言，基座之基板支撐表面可接收預塗層、以及圍繞基座之熱電偶環、反應室內壁、及/或收集板。在各種實施例中，犧牲基板（sacrificial substrate）可在施加預塗之前設置於基座上，且在預塗後移除（以待用於沉積處理之基板置換）。因此，在各種實施例中，預塗可僅施加至延伸超出基板佔據之表面的基板支撐表面之部份（即基座之邊沿）。

【0043】 在各種實施例中，預塗層（或用以形成預塗層之反應物）可包含任何適合的組成。舉例而言，在製備有關於基板上之矽鍺沉積的處理時，預塗層（或其反應物）可包含矽鍺及/或多晶矽。在各種實施例中，預塗層可包含一化合物或物質，此化合物或物質包含於沉積製程之反應物中之至少一者中、或包含於基板上所得的經沉積材料中。舉例而言，如上文所討論，針對矽鍺沉積製程，預塗層（或形成預塗層之反應物）可包含矽及/或鍺，或包含了包含一或兩者之化合物（對於矽鍺預塗層而言，鍺濃度可介於5重量百分比與90重量百分比的鍺之間）。作為另一實例，針對在基板上沉積矽磷層之沉積製程，預塗層（或形成預塗層之反應物）可包含矽及/



或磷，或包含一或兩者之化合物。在各種實施例中，取決於跟隨預塗後的沉積製程，預塗層（或形成預塗層之反應物）可包含硼、磷、砷、及/或類似者，及/或包含前述中任一者之化合物。

**【0044】** 可用任何適合方式將預塗（即用以形成預塗層之化合物）施加至反應室。舉例而言，預塗可用與本文中所討論之前驅物類似之方式施加至反應室，以形成矽鍍膜（或以不同方式）。如本文中所討論，預塗中之化合物可以是第一矽前驅物、第二矽前驅物、及/或鍍前驅物中所包含之化合物中之一或多者。可用任何適合方式施加預塗至用於沉積的反應室其中之表面上（包括在反應室內之組件的任何表面上），包括噴塗（spraying）、刷塗brushing（）、原子層沉積（ALD）、化學氣相沉積（CVD）、或類似者。基於預塗層之想要的厚度，可變化預塗沉積期間之條件（例如，溫度、壓力等），以達成預塗層之較快或較慢的沉積。舉例而言，反應室內的環境可包含預塗沉積期間之升高的溫度及/或壓力，以達成較快的沉積及/或較厚的預塗層。作為另一實例，反應室內的環境可包含預塗沉積期間之相對較低的溫度及/或壓力，以達成較慢的沉積及/或較薄的預塗層。在各種實施例中，預塗沉積期間之溫度可介於400°C至1250°C的範圍之間。預塗沉積期間的加壓可介於2托耳至760托耳的範圍之間。再次取決於想要的之預塗厚度，預塗沉積之前驅物（例如，矽及/或鍍前驅物）的流率可包含5每分鐘標準毫升數至5000每分鐘標準毫升數。可在施加預塗至基板之後對此基板加熱，

以形成預塗層。此預塗層可包含任何適合厚度，諸如在 20 埃（Angstrom）與 30 微米之間、在 20 埃與 20 微米之間、在 1000 埃與 3000 埃之間、或約 1000 埃、或約 3000 埃（在此上下文中用語「約（about）」指加或減十百分比的標的值）。在各種實施例中，預塗層之厚度可小於、等於、或大於待沉積於基板上之層之想要的厚度。預塗層之厚度可取決於預塗層對基板上之膜沉積的想要的效果（例如，如本文中所討論，對於沉積在基板上之矽鍍層的想要的效果）。

**【0045】** 預塗層可改善設置於基板上且橫跨基板之矽鍍層的膜厚度及/或鍍組成之一致性或均勻性，包括鄰近基板邊緣處（例如，如 1.2 毫米（mm）或 1.0 毫米般靠近基板邊緣，或甚至更靠近）。不受限於理論，在反應室內之表面施加預塗層可調整此類表面之發射率（emissivity）。因而，可藉由施加預塗層，來調整圍繞反應室內基座及/或處理中基板的表面的發射率。據此，可藉由預塗施加，來調整來自圍繞基板的表面（例如，在基座、熱電偶環、或類似者上）的熱輻射發射（例如，紅外輻射）。此圍繞處理中基板的表面之發射率改變可能會改變基板之不同部份周圍的溫度，因而改變在基板之此類部分處發生的沉積。舉例而言，若在某一基板部份中基板上的膜沉積係大於所想要的，則預塗可施加至反應室之表面，以減少鄰近於此類基板部份之表面（或所有表面）的發射率，因而在處理期間降低鄰近此類基板部份之溫度。所減少之溫度（來

自減少的發射熱輻射) 可相對於無預塗層的反應室表面減慢彼基板部分上的沉積。同樣地，為了增加在某一基板部份上的沉積，可將預塗施加至鄰近此類基板部份之反應室的表面(或所有表面)，以增加彼等表面之發射率。因而，增加的熱輻射將增加鄰近此基板部份的溫度，在處理期間增加其上的膜沉積。據此，添加預塗之能力允許對反應室內特定部份的反應條件(例如，溫度)的調整。額外地，可藉由施加至表面之預塗的量(例如，藉由調整預塗層的厚度、預塗組成成分、及/或其中的一或多種材料的濃度)，或藉由使用包含不同材料或化合物之預塗，來將表面的放射率改變量調節至想要的程度。

**【0046】** 預塗層可進一步影響處理條件，因為可能會發生預塗層與前驅物流與膜沉積之間的質量轉移。因此，為了在沉積製程中更多地添加一種物質，可將預塗施加至包含此物質之反應室。在各種實施例中，如上文所討論，預塗可包含一或多個化合物或物質，此等化合物或物質包含於沉積製程之反應物中之至少一者中，或包含於基板上所得的經沉積材料中，因為接下來自預塗之質量轉移將不會將不合需要之化合物或污染物添加至所沉積膜或處理環境中。

**【0047】** 藉由利用如本文中所討論之預塗層，可達成橫跨基板增加膜均勻性(厚度及/或濃度)之優點，而無需在基板上改變化合物(例如，前驅物)、溫度、壓力、流率、或用於形成矽鍍層(或其他膜)之製程或配方的其他方面。亦即，預塗可與主要沉積製程

分開地施加至反應室，而非調整用於將想要的膜沉積在基板上的配方（即主沉積製程）來改變其沉積（以增加均勻性），而使主沉積製程保留不變。因此，可達成橫跨基板之較佳的膜/層均勻性，而無需調整預先建立的沉積製程或配方。

**【0048】** 舉例而言在半導體業界中，此等增加膜均勻性之優點（特別在基板邊緣處）提供良好價值。隨著電子裝置越變越小，沉積於基板上之膜的晶粒產率變得更為重要。所沉積膜的相對均勻性係想要的或必要的，以產生充分有效之晶粒。因此，達成沉積於基板上之膜（例如，矽鍍層）的較大均勻性允許來自基板膜之邊緣的較大晶粒產率。

**【0049】** 第2圖繪示例示性反應器系統200。反應器系統200可用於各種應用，諸如，舉例而言，化學氣相沉積（CVD）及類似者。雖然例示性實施例在下文係連同磊晶反應器系統描述，但除非另外陳述，否則實施例及本揭露並未如此受限。

**【0050】** 在所繪示之實例中，反應器系統200包括可選之基板處置系統202、反應室204、氣體注入系統206、及設置於反應室204與基板處置系統202之間之可選的壁208。系統200亦可包括第一氣體源212、第二氣體源214、排氣源210、基座或基板支撐件216、熱電偶環217、及/或收集板219。雖然被繪示為具兩個氣體源212、214，但反應器系統200可包括任何適合數目的氣體源。進一步地，反應器系統200可包括任何適合數目的反應室204，其等可各耦接至

氣體注入系統 206。在反應器系統 200 包括多個反應室的情況中，各氣體注入系統可耦接至相同氣體源 212、214 或不同氣體源。

【0051】舉例而言，氣體源 212、214 可包括一或多個前驅物、一或多個摻雜劑源、一或多個蝕刻劑、及氣體混合物（包括一或多個前驅物、摻雜劑源、及/或蝕刻劑與一或多個載體氣體之混合物）的各種組合。

【0052】舉實例而言，第一氣體源 212 可包括第一矽前驅物。在一些情況下，第一氣體源 212 可包括摻雜劑及/或載體氣體。第二氣體源 214 可包括第二矽前驅物、或第二矽前驅物及鍺前驅物之混合物。第一及第二矽前驅物及鍺前驅物可如上文所述。

【0053】例示性摻雜劑源包括氣體，其等包括 As、P、C、Ge、及 B 中之一或多者。舉實例而言，摻雜劑源可包括鍺烷、二硼烷（diborane）、磷（phosphine）、胂（arsine）、或三氯化磷（phosphorus trichloride）。本文中所述之反應器系統及方法可尤其有用於形成 p 型摻雜膜（p-type doped films），諸如包含矽、矽鍺、或類似者的 p 型摻雜膜。

【0054】載體氣體可以是或可包括一或多種惰性氣體及/或氫。例示性的載體氣體包括選自由氫、氮、氬、氦或類似者組成之群組的一或多種氣體。

【0055】反應器系統 200 可包括任何適合數目的反應室 204 及基板處置系統 202。舉例而言，反應器系統 200 之反應室 204 可以

是或可包括交叉流冷壁磊晶反應室（cross flow, cold wall epitaxial reaction chamber）。

【0056】 基座216可包含基板支撐表面，基板220安置其上用於沉積處理。基板支撐表面可包含等於或大於基板之尺寸（或面積）的表面積。在基板支撐表面大於基板220的實施例中，當基板220設置在基座216上（如第2圖所示）時，基座216之邊沿可突出至基板220所佔據的表面積外部。基座或基板支撐件216可包括一或多個加熱器218，以加熱基板220，例如至約500攝氏度至約600攝氏度、約600攝氏度至約700攝氏度、或約700攝氏度至約800攝氏度之溫度，或其他本文中註明之溫度。基座或基板支撐件216亦可配置以於處理期間旋轉。依據本揭露之實例，基座或基板支撐件216以每分鐘約90至約60轉數、約60轉數至約30轉數、約30轉數至約15轉數、或約15轉數至約5轉數的速度旋轉。

【0057】 熱電偶環217可包含一開口（opening）或空腔（cavity），其中可設置基座216。熱電偶環217可圍繞基座216，使得熱電偶環217及/或其開口或空腔與基座216同心。在基座216配置以在處理期間旋轉的實施例中，熱電偶環217可保持靜態。熱電偶環217包含耦接至其且/或設置於其中的一或多個熱電偶213。熱電偶可於任何適合位置設置於熱電偶環217之上或之內。熱電偶環217可配置以被加熱或冷卻（例如，藉由熱電偶213），以提供基座216及/或基板220之溫度控制，以在沉積處理期間達成所想要的

熱反應條件。

【0058】 收集板219可在處理期間吸引未使用的反應物，因而降低反應室204內其他表面上的沉積。在處理期間，收集板亦可在反應室204中對溫度調變發揮作用。

【0059】 在反應器系統200之操作期間，基板220（諸如半導體晶圓）係從例如基板處置系統202轉移至反應室204。一旦基板220經轉移至反應室204，來自第一及第二氣體源212、214的一或多個氣體（諸如前驅物、摻雜劑、載體氣體、蝕刻劑、及/或吹掃氣體）即經由氣體注入系統206引入反應室204中。如下更詳細地提出，氣體注入系統206可用以在基板處理期間計量及控制來自第一氣體源212及第二氣體源214的一或多個氣體的氣體流，並提供到反應室204內的多個位點（sites）或通道（channels）的想要的之此類氣體流。

【0060】 系統200亦可包括控制器222。控制器222可配置以控制第一矽前驅物、第二矽前驅物、及鍺前驅物（例如，來自第一氣體源212及第二氣體源214之一或多者）進入一或多個反應室204中之至少一者中的氣體流，以使用沉積製程（例如，上文所述的方法100）形成上覆於基板表面之包含矽鍺的層。如下文所註明，控制器222亦可用以控制進入氣體注入系統的一或多個通道中的一或多個氣體流。

【0061】 第3圖示意性地繪示依據本揭露之例示性實施例適

合使用作為氣體注入系統206的氣體注入系統300。氣體注入系統300包括耦接至第一氣體源303（其可與氣體源212相同或類似）之第一氣體供應管線302，及耦接至第二氣體源305（其可與氣體源214相同或類似）之第二氣體供應管線304。當提到氣體注入系統300之氣體管線及流體組件時，用語耦接(coupled)係指流體耦接，且除非另外陳述，否則管線或組件無需直接地流體耦接，而是氣體注入系統300可包括其他介接元件(intervening elements)，諸如連接器、閥、量表、或類似者。

**【0062】** 氣體注入系統300包括：第一氣體歧管306，其經由第一氣體入口315耦接至第一氣體供應管線302；及第二氣體歧管308，其經由第二氣體入口317耦接至第二氣體供應管線304。第一氣體歧管306包括複數個第一氣體出口310、312、314、316及318。類似地，第二氣體歧管308包括複數個第二氣體出口320、322、324、326及328。第一氣體歧管306及第二氣體歧管308係配置以自一或多個氣體管線(例如，第一氣體管線302及第二氣體管線304)接收氣體，並將氣體分配至一或多個通道(其各別地由第一氣體出口310、312、314、316及318及第二氣體出口320、322、324、326及328部分地界定)中。在所繪示之實例中，來自第一氣體源303及第二氣體源305之第一氣體流及第二氣體流之各者被分至五個氣體通道中。雖然被繪示為各具有五個第一氣體出口310、312、314、316及318及第二氣體出口320、322、324、326及328，但



依據本揭露之氣體注入系統可包括對應於各別氣體之通道數目之任何適合數目的第一氣體出口、第二氣體出口、及/或其他氣體出口。舉例而言，例示性的系統可針對各氣體包括，舉例而言，約1個至10個通道或包括5個、6個、7個、9個或更多個通道。如所繪示，第一氣體歧管306及/或第二氣體歧管308可包括迴路配置（loop configuration），以促進通過氣體通道的均等流量分配。額外或替代地，第一氣體歧管306及/或第二氣體歧管308可相對於氣體管線302、304具有相對廣的直徑，例如，第一氣體歧管306及/或第二氣體歧管308之直徑較管線302及/或管線304之直徑廣的倍數可大於2倍、3倍、4倍、或5倍。在所繪示之實例中，第一氣體通道及第二氣體通道係彼此交替相鄰。然而，情況並非必須如此。

**【0063】** 如上文所註明，第一氣體源303及/或第二氣體源305可以是兩種或更多種氣體之混合物。在此類情況中，一或多種氣體（其繼而可包括或不包括氣體混合物）可自其他源（例如，源301、319、321、323）經由流量控制器307、309、311及313供應至第一氣體源303及/或第二氣體源305。當位於流量控制器307、309、311及313上游之源氣體並非氣體混合物時，流量控制器307至309可適合地為質量流量控制器。流量控制器307、309、311及313中之一或多者可控制載體氣體至第一氣體源303及/或第二氣體源305之流率。

**【0064】** 氣體注入系統300額外包括耦接至第一及第二氣體

出口 310、312、314、316、318、320、322、324、326 及 328 之複數個流量感測器 330 至 348。在所繪示之實例中，各第一及第二氣體出口 310、312、314、316、318、320、322、324、326 及 328 耦接至單一流量的感測器 330 至 348。然而，在一些情況下，可能期望具有一些未耦接到一流量的感測器的氣體出口、及/或具有一些耦接到一個以上流量的感測器的氣體出口。

**【0065】** 可使用流量感測器 330 至 348 來監測氣體混合物之流率、及向使用者提供各通道之即時及/或歷史流率資訊，例如，使用圖形使用者介面（*graphical user interface*）。額外或替代地，流量感測器 330 至 348 可耦接至控制器（例如，控制器 394，其可與控制器 222 相同或不同）及耦接至氣體閥 350 至 368，以提供通過氣體閥 350 至 368 之受控的氣體流量比。藉由在各氣體通道中放置至少一流量的感測器 330 至 348，可測量及控制通過各通道的氣體的流量比（例如，相對流率），而與氣體組成無關。例示性的流量感測器 330 至 348 可以是或包括各種流量感測器，例如，熱質量流量感測器（*thermal mass flow sensors*）、基於壓降的流量感測器、或類似者。

**【0066】** 氣體閥 350 至 368 可包括用以計量氣體流的任何適合裝置。依據本揭露之各種實施例，氣體閥 350 至 368 各包含比例閥，諸如電磁閥、氣動閥（*pneumatic valves*）、或壓電閥（*piezoelectric valves*）。可選擇具相對高（例如，0.021 至 0.14）

流量係數 (flow coefficient) ( $C_v$ ) 的閥來降低下游的阻塞 (chocking)。可能所想要的係氣體閥 350 至 368 在閉環控制 (closed-loop control) 下操作，但亦可以是 (例如，額外地) 能夠在開環控制下操作。

**【0067】** 舉例而言，流量感測器 330 至 348 及氣體閥 350 至 368 起初可形成質量流量控制器 (例如，現成 (off-the-shelf) 的質量流量控制器) 的部分，其中閥的控制功能被控制器 394 置換。舉例而言，流量計 330 及氣體閥 350 可形成經設定來以開環模式 (open-loop mode) 操作的質量流量控制器 370 或係其之部分，且其中控制器 394 提供閥 350 至 368 的閉環控制。流量感測器 332 至 348 及氣體閥 352 至 368 可類似地形成質量流量控制器 372 至 388 或係其之部分。此配置允許以標準反應器配置實施及/或使用可容易取得的質量流量控制器及流量感測器及閥。

**【0068】** 氣體閥 350 至 368 可經由凸緣 392 耦接至反應室 390 (其可相同或類似於反應室 204)。可使用額外的管線 (例如，管件) 及適合的連接器來將氣體閥 350 至 368 耦接至凸緣 392。例示性凸緣 392 包括凸緣氣體通道，以維持通道直至各別氣體離開進入反應室 390 中為止；第 4 圖中繪示一例示性凸緣氣體通道 410。凸緣氣體通道可包括擴張區域 412、414 及終止於凸緣之對立側且彼此相鄰的各別出口 416、418。舉例而言，對應於第一氣體流的第一氣體通道可終止於凸緣 392 的第一側 496，且對應於第二氣體流的第二氣體

通道可終止於凸緣 392 的第二側 498。

【0069】本文中所述之系統及方法改善使用此等系統及/或方法沉積之膜內的濃度剖面成分（例如，矽及鍺）。依據本揭露之實例，一成分從基板的中心至邊緣（或與邊緣距離約 1 毫米處）之濃度的不均勻性（在其中的表面上無設置預塗層的反應室中形成）變化小於 10%、小於 2%、及小於 1%，即使具相對高濃度之鍺。

【0070】如上文所註明，依據本揭露之至少一實施例，第一氣體入口 315 可接收包含第一矽前驅物（例如，鹵化矽前驅物）及可選的額外摻雜劑源之第一氣體，而第二氣體入口 304 可接收包含第二矽前驅物（例如，非鹵化矽前驅物）及鍺前驅物之第二氣體。

【0071】請即參考第 5 圖，繪示依據本揭露之實例的結構 500。結構 500 包括基板 502 及矽鍺層 504。基板 502 可以是或可包括如本文中所述之基板。矽鍺層 504 可使用如本文中所述之方法及/或系統形成。矽鍺層 504 可用於各種應用，包括舉例而言，在金屬氧化物半導體或互補式金屬氧化物半導體裝置（諸如，例如 P 型金屬氧化物半導體（PMOS）裝置）中之通道、源極、及/或汲極區域。

【0072】如上文所註明，本文中所述之方法及系統可用以形成具有改善之組成及/或厚度均勻性（較小變異性（variability））的矽鍺層。第 6 圖繪示對應於使用非鹵化矽前驅物及鍺前驅物（在其中的表面上無設置預塗層之反應室中）形成於基板上之矽鍺層的資料 602；對應於使用鹵化矽前驅物及鍺前驅物所形成之矽鍺層的

資料 604；及對應於使用鹵化矽前驅物及非鹵化矽前驅物及鍍前驅物（例如，與非鹵化矽前驅物混合）所形成之矽鍍層的資料 606。如所示，使用複數個矽前驅物可顯著改善矽鍍層的邊緣至邊緣組成均勻性。

**【0073】** 在各種實施例中，在將矽鍍層設置於反應室中的基板上之前，在反應室內之表面上存在預塗層可進一步促進在基板上及沿基板（例如，邊緣至邊緣厚度及/或組成均勻性）的經改善鍍組成及/或厚度均勻性（或其較少變異性）。在各種實施例中，此一改善可如本文中所討論般，由包含預塗層之此類表面引起之反應室內表面的經調整放射率的結果。額外地，預塗層可經調整（例如，層厚度、某些成分之濃度等），以進一步調整基板上之沉積結果。

**【0074】** 在各種實施例中，在基板之邊緣處，設置於基板上之膜的不均勻性可以是最顯著。因此，因為鄰近基板邊緣的表面（例如，延伸越過基板佔據面積的基座邊沿、圍繞基座之熱電偶環、及/或類似者）包含預塗，此類表面包含經調整的放射率，因而調整此類面積中的熱輻射，其繼而修改基板邊緣上之沉積處理結果（例如，使膜在基板邊緣處之厚度及/或成分組成更均勻）。

**【0075】** 在各種實施例中，在將矽鍍層設置於反應室中的基板上之前，反應室內表面上存在預塗層可導致在自基板中心至邊緣（或距邊緣距離約 1 毫米處）之矽鍍層內之成分濃度（例如，重量百分率鍍）變化小於 1%、小於 0.5%、介於 0.2% 與 0.5% 之間、或

約 0.3%。亦即，在沉積製程期間於反應室中的基板上設置矽鍍層之前，在反應室內表面上存在預塗層可導致矽鍍層之邊緣至邊緣鍍組成均勻性顯著改善。

【0076】 第 7A 圖至第 9B 圖依據各種實施例繪示在反應室中形成於基板上之矽鍍層的鍍組成及厚度資料，此反應室具有設置於反應室內表面上的預塗層。

【0077】 第 7A 圖繪示橫跨基板（例如，晶圓）之矽鍍層厚度（即厚度剖面）。在本文中所述之厚度剖面中，x 軸表示沿基板之位置，其中零位置為基板之中心，且沿 x 軸之任一方向的延伸指示朝向基板之各別邊緣的位置。資料集 710A 至 740A 表示矽鍍層之矽鍍層厚度，此等矽鍍層係依據各種實施例製備以包含鹵化矽前驅物（例如，二氯矽烷（dichlorosilane））的第一矽前驅物以及包含非鹵化矽前驅物（例如，矽烷）的第二矽前驅物（在第 7A 圖及第 7B 圖中此兩個矽前驅物稱為「共流（co-flow）」）以及鍍前驅物。如資料集 710A 所示，所表示的基板上（在無預塗層之反應室中形成的）矽鍍層朝向基板之邊緣具有顯著的厚度增加。此造成沿基板不符期望的矽鍍層變異性。然而，資料集 720A 至 740A 指示在（其中矽鍍層將形成於基板上的）反應室內之表面上包括預塗層如何改善（即減少）了基板上或橫跨基板之矽鍍層厚度變異性。資料集 720A 表示其上具有在一反應室內沉積的矽鍍層的基板，此反應室具有設置在其中表面上（即，在反應室內之表面上，包括反應室內之組件

的表面上，諸如基座、熱電偶環、收集板、及/或類似者)的1000埃的包含矽鍺的選擇性磊晶生長 (selective epitaxial growth, SEG) 預塗層。資料集730A表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍺層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍺的1000埃非選擇性磊晶生長預塗層。資料集740A表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍺層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽(例如，多晶矽)的3000埃預塗層。如資料集720A至740A指示，在矽鍺層在其中沉積的反應室內存在預塗層(無論包含矽鍺或矽)大幅降低邊緣上捲(roll-up)(即，朝向基板邊緣之厚度增加)，且因而降低橫跨基板之矽鍺層厚度中之變異性並增加厚度均勻性，其中矽鍺層係用如上文所述的兩個矽前驅物(鹵化及非鹵化)及鍺前驅物形成。

**【0078】** 第7B圖繪示橫跨基板之矽鍺層內的鍺組成百分率。在本文中所述之鍺百分率剖面中，x軸表示沿基板之位置，其中零位置為基板之中心，且沿x軸之任一方向的延伸指示朝向基板之各別邊緣的位置。資料集710B至740B表示包含鍺之矽鍺層的百分比(例如，重量百分比)，其中此等矽鍺層係依據各種實施例以包含鹵化矽前驅物(例如，二氯矽烷)的第一矽前驅物、以及包含非鹵化矽前驅物(例如，矽烷)的第二矽前驅物、以及鍺前驅物所製備。如資料集710B所示，所表示的在無預塗層之反應室中形成在基板上的矽鍺層朝向基板之邊緣包含顯著的鍺含量增加。此造成沿基板的

矽鍍層內不符期望的鍍含量或組成變異性。在此情況中，在矽鍍層內之鍍組成百分率橫跨基板變化約2.4%。然而，資料集720B至740B指示在（其中矽鍍層將形成於基板上的）反應室內之表面上包括預塗層如何改善（即減少）晶圓內或橫跨晶圓之鍍組成變異性。資料集720B表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的1000埃選擇性磊晶生長預塗層。資料集730B表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的1000埃非選擇性磊晶生長預塗層。資料集740B表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽（例如，多晶矽）的3000埃預塗層。如資料集720B至740B指示，在矽鍍層在其中沉積的反應室內存在預塗層（無論包含矽鍍或矽）大幅降低邊緣上捲（即，朝向基板邊緣之矽鍍層之鍍組成百分率增加），且因而降低橫跨基板之矽鍍層組成之變異性並增加厚度均勻性。舉例而言，資料集720B之矽鍍層組成中之鍍百分率的變異性係約0.3%，為對於無預塗層之2.4%變異性的顯著改善（示於資料集710B中）。

**【0079】** 第8A圖繪示橫跨基板（例如，晶圓）之矽鍍層厚度（即厚度剖面）。資料集810A至840A表示依據各種實施例以包含鹵化矽化合物（例如，二氯矽烷）的矽前驅物（無第二矽前驅物）、以及鍍前驅物製備之矽鍍層的矽鍍層厚度。如資料集810A所示，所表示的在無預塗層之反應室中形成在基板上的矽鍍層朝向基板之邊



緣具有顯著的厚度增加。此造成沿基板不符期望的矽鍍層厚度變異性。然而，資料集 820A 至 840A 指示在（其中矽鍍層將形成於基板上的）反應室內的表面上包括預塗層如何改善（即減少）了晶圓或基板內或橫跨晶圓或基板的厚度變異性。資料集 820A 表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽（例如，多晶矽）的 3000 埃預塗層。資料集 830A 表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的 1000 埃非選擇性磊晶生長預塗層。資料集 840A 表示具有在一反應室內沉積其上的矽鍍層之基板，此反應室具有設置於其中表面上之包含矽鍍的 1000 埃選擇性磊晶生長預塗層。如資料組 820A 至 840A 指示，在其中沉積矽鍍層之反應室內存在預塗層（無論包含矽鍍或矽）大幅降低邊緣上捲（即，朝向基板邊緣之厚度增加），且因而降低橫跨基板之矽鍍層的厚度變異性並改善厚度均勻性。

**【0080】** 在各種實施例中，反應室內存在預塗層可能不會顯著地改善矽鍍層中鍍組成百分率之均勻性。參照第 8B 圖，資料集 810B 至 840B 表示包含鍍之矽鍍層的重量百分比，其中此等矽鍍層係依據各種實施例以包含鹵化矽化合物（例如，二氯矽烷）的矽前驅物（無第二矽前驅物）及鍍前驅物製備。如資料集 810B 至 840B 所示，矽鍍層在其中沉積的反應室內的表面上存在預塗層不會顯著地影響或改善接近基板邊緣的垂捲（roll-down）（即，矽鍍層內

鍍百分率的減少)。

**【0081】** 第9A圖繪示橫跨基板(例如,晶圓)之矽鍍層厚度(即厚度剖面)。資料集910A至940A表示依據各種實施例以包含非鹵化矽化合物(例如,矽烷)的矽前驅物(無第二矽前驅物)及鍍前驅物製備之矽鍍層的矽鍍層厚度。如資料集910A至940A所示,在其中沉積矽鍍層之反應室內的表面上存在預塗層可能不會顯著地改善所表示矽鍍層沿基板的厚度均勻性。

**【0082】** 第9B圖繪示橫跨基板之矽鍍層的鍍組成百分率。資料集910B至940B表示各別包含鍍之矽鍍層的重量百分比,其中此等矽鍍層係依據各種實施例以包含非鹵化矽化合物(例如,矽烷)的矽前驅物(無第二矽前驅物)及鍍前驅物製備。如資料集910B至940B所示,在其中沉積矽鍍層之反應室中之表面上存在預塗層可能不會顯著地影響或改善矽鍍層沿基板的鍍組成百分率均勻性。

**【0083】** 鑑於第7A圖至第7B圖所示的結果對上第8A圖至第8B圖及第9A圖至第9B圖所示者,在反應室內之表面上存在預塗層可在有關於鹵化矽前驅物(例如,二氯矽烷)及非鹵化前驅物(例如,矽烷)兩者以及具鍍前驅物(在第7A圖至第7B圖中指示)的實施例中進一步改善橫跨基板之矽鍍層的厚度及鍍含量均勻性。然而,通過包含單一矽前驅物之製程而形成的矽鍍層可能不會從包括預塗層,而接收到顯著的益處(於第8A圖至第8B圖和第9A圖至第9B圖中指示)。

【0084】 雖然本文中提出本揭露之例示性實施例，應理解本揭露並未如此受限。舉例而言，雖然連同各種特定配置來描述系統，本揭露不必然受限於此等實例。在不偏離本揭露之精神及範疇的情況下，可對本文中提出的系統及方法作出各種修改、變化、及增強。

【0085】 本揭露之標的包括各種系統、組件（成分）、及配置、及本文中所揭示之其他特徵、功能、動作、及/或性質的所有新穎且非顯而易見的組合及子組合，還有其任何及所有均等物。

### 【符號說明】

#### 【0086】

100:方法

101:步驟

102:步驟

104:步驟

106:步驟

108:步驟

110:步驟

200:反應器系統

202:基板處置系統

204:反應室

206:氣體注入系統

208:壁

210:排氣源  
212:第一氣體源  
213:熱電偶  
214:第二氣體源  
216:基板支撐件  
217:熱電偶環  
218:加熱器  
219:收集板  
220:基板  
222:控制器  
300:氣體注入系統  
301:源  
302:第一氣體供應管線  
303:第一氣體源  
304:第二氣體供應管線  
305:第二氣體源  
306:第一氣體歧管  
307,309,311,313:流量控制器  
308:第二氣體歧管  
310,312,314,316,318:第一氣體出口  
315:第一氣體入口  
317:第二氣體入口  
319:源

320,322,324,326,328: 第二氣體出口

321: 源

323: 源

330,332,334,336,338,340,342,344,346,348: 流量感測器

350,352,354,356,358,360,362,364,366,368: 氣體閥

370: 質量流量控制器

372,374,376,378,380,382,384,386,388: 質量流量控制器

390: 反應室

392: 凸緣

394: 控制器

410: 凸緣氣體通道

412: 擴張區域

414: 擴張區域

416: 出口

418: 出口

496: 第一側

498: 第二側

500: 結構

502: 基板

504: 矽鍍層

602: 資料

604: 資料

606: 資料

710A, 720A, 730A, 740A: 資料集

710B, 720B, 730B, 740B: 資料集

810A, 820A, 830A, 840A: 資料集

810B, 820B, 830B, 840B: 資料集

910A, 920A, 930A, 940A: 資料集

910B, 920B, 930B, 940B: 資料集

**【發明申請專利範圍】**

**【請求項1】** 一種在一基板之一表面上形成一矽鍍層之方法，包括：

在一反應室內提供一基板；

提供一第一矽前驅物至該反應室；

提供一第二矽前驅物至該反應室；以及

提供一鍍前驅物至該反應室，

其中提供該第一矽前驅物至該反應室、提供該第二矽前驅物至該反應室、及提供該鍍前驅物至該反應室之該等步驟重疊。

**【請求項2】** 如請求項1之方法，其中該第一矽前驅物包括一鹵化矽前驅物。

**【請求項3】** 如請求項2之方法，其中，該鹵化矽前驅物包括氟、氯、溴、及碘中之一或多者。

**【請求項4】** 如請求項2之方法，其中該鹵化矽前驅物包括由式  $\text{Si}_x\text{W}_y\text{H}_z$  表示之一化合物，其中W係選自由氟、氯、溴、及碘組成之群組之一鹵基，x及y係大於零之整數，且z係大於或等於零之整數。

**【請求項5】** 如請求項2之方法，其中該鹵化矽前驅物包括氯。

**【請求項6】** 如請求項2之方法，其中該鹵化矽前驅物包括選自由以下組成之群組之一化合物：三氯矽烷、二氯矽烷、四氯化矽、溴化矽、及碘化矽。

**【請求項7】** 如請求項1之方法，其中該第二矽前驅物包括一非鹵化矽前驅物。

【請求項8】 如請求項7之方法，其中該非鹵化矽前驅物基本上由矽及氫組成。

【請求項9】 如請求項7之方法，其中該非鹵化矽前驅物包括一矽烷。

【請求項10】 如請求項1之方法，其中該鍺前驅物包括一鍺烷。

【請求項11】 如請求項1之方法，其中該鍺前驅物基本上由鍺及氫組成。

【請求項12】 如請求項1之方法，其中該鍺前驅物包括一鹵素。

【請求項13】 如請求項12之方法，其中該鍺前驅物包括四氯化鍺、氫化鍺、氫溴化鍺中之一或多者。

【請求項14】 如請求項1之方法，其中，該第一矽前驅物、該第二矽前驅物、或該鍺前驅物中之至少一者包括一體積流量之約10體積百分比至約90體積百分比、約1體積百分比至約10體積百分比、或約0.1體積百分比至約1體積百分比。

【請求項15】 如請求項1之方法，其中，該反應室包括在該提供該第一矽前驅物至該反應室、該提供該第二矽前驅物至該反應室、及該提供該鍺前驅物至該反應室之前，經設置於該反應室內一表面上的一預塗層，且其中該預塗層包括矽或矽鍺中之至少一者。

【請求項16】 如請求項1之方法，更包括在使該混合物流至該反應室中之前，混合該第一矽前驅物與該鍺前驅物以形成一混合物之一步驟。

【請求項17】 一種半導體結構，包括根據請求項1之方法所形成的矽鍺層。



【請求項18】 一種半導體裝置，包括根據請求項1之方法所形成的矽鍺層。

【請求項19】 一種在基板上形成一沉積層之方法，包括：

在一反應室內對一表面施加一預塗層；

在具有該預塗層的該反應室內提供一基板；

提供一第一反應物至該反應室；

提供一第二反應物至該反應室；以及

在該基板上形成該沉積層，其中該沉積層包括該第一反應物及該第二反應物的一產物，且

其中該預塗層包括一物質，該物質包括在該第一反應物、該第二反應物、或該沉積層中之至少一者中。

【請求項20】 一種沉積系統，包括：

一或多個反應室；

一第一矽前驅物源；

一第二矽前驅物源；

一鍺前驅物源；

一排氣源；以及

一控制器，

其中該控制器係配置以控制一第一前驅物、一第二前驅物、及一鍺前驅物進入該一或多個反應室中之至少一者的氣體流，以使用一沉積製程形成上覆於一基板之一表面的一包括矽鍺的一層。