



(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 I743105 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：106112054

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 04 月 11 日

(51)Int. Cl. : C23C14/48 (2006.01)

H01J37/08 (2006.01)

H01J37/317 (2006.01)

H01L21/265 (2006.01)

(30)優先權：2016/04/11 美國

62/321,069

2017/04/10 美國

15/483,522

(71)申請人：美商普雷瑟科技股份有限公司 (美國) PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (US)
美國

(72)發明人：瑞尼克 亞倫 REINICKER, AARON (US)；辛哈 夏威尼 SINHA, ASHWINI K. (IN)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

CN 101558183A

審查人員：謝文瑜

申請專利範圍項數：24 項 圖式數：3 共 38 頁

(54)名稱

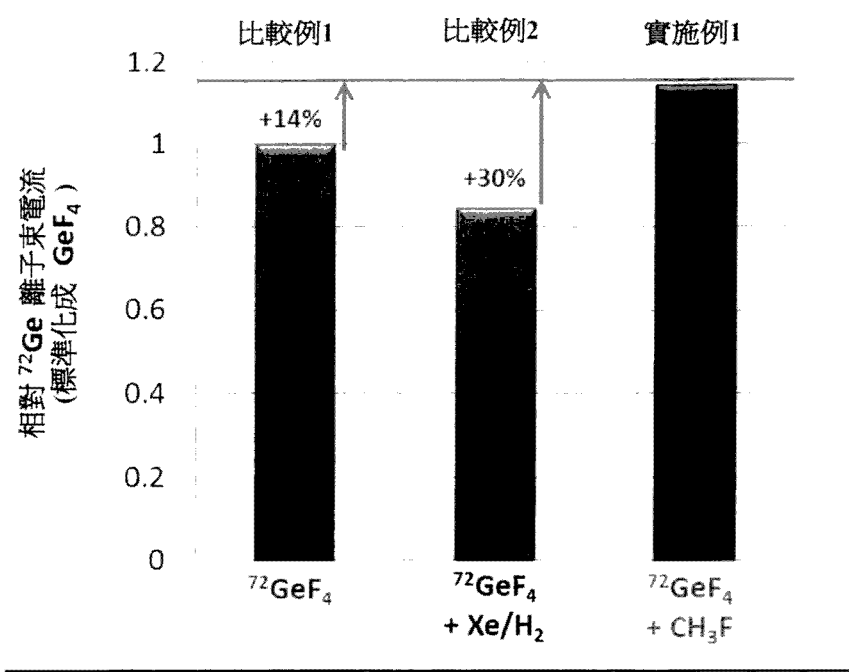
用於離子植入之摻雜劑組成物

(57)摘要

本發明關於一種用於離子植入之改良組成物。該組成物包含摻雜劑來源及輔助物種，其中該輔助物種與該摻雜劑氣體結合會產生所欲之摻雜劑離子束電流。用於選擇該輔助物種之標準係基於下列性質之組合：游離能、總離子化截面(total ionization cross section)、鍵解離能對游離能比率及確定組成。

The present invention relates to an improved composition for ion implantation. The composition comprises a dopant source and an assistant species wherein the assistant species in combination with the dopant gas produces a beam current of the desired dopant ion. The criteria for selecting the assistant species is based on the combination of the following properties: ionization energy, total ionization cross sections, bond dissociation energy to ionization energy ratio, and a certain composition.

指定代表圖：



第 1 圖

I743105 申請案號：106112054

申請日：106/04/11【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於離子植入之摻雜劑組成物

【英文發明名稱】

Dopant compositions for ion implantation

【中文】

本發明關於一種用於離子植入之改良組成物。該組成物包含摻雜劑來源及輔助物種，其中該輔助物種與該摻雜劑氣體結合會產生所欲之摻雜劑離子束電流。用於選擇該輔助物種之標準係基於下列性質之組合：游離能、總離子化截面(total ionization cross section)、鍵解離能對游離能比率及確定組成。

【英文】

The present invention relates to an improved composition for ion implantation. The composition comprises a dopant source and an assistant species wherein the assistant species in combination with the dopant gas produces a beam current of the desired dopant ion. The criteria for selecting the assistant species is based on the combination of the following properties: ionization energy, total ionization cross sections, bond dissociation energy to ionization energy ratio, and a certain composition.

【指定代表圖】第(1)圖。

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於離子植入之摻雜劑組成物

【英文發明名稱】

Dopant compositions for ion implantation

[相關申請案之相互參照]

[0001] 本專利申請案主張 2016 年 4 月 11 日申請的美國申請案序號第 62/321,069 號之優先權，其揭露在此係以引用方式將其全文併入本文以供用於所有目的。

【技術領域】

[0002] 本發明關於一種包含適合輔助物種結合摻雜劑來源以產生目標離子物種之束電流的組成物。

【先前技術】

[0003] 離子植入係用於以半導體為基礎的裝置如發光二極體(LED)、太陽能電池及金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)之製造。離子植入係用以引進摻雜劑以改變半導體之電子或物理性質。

[0004] 在傳統離子植入系統中，將被稱作該摻雜劑來源之氣態物種加至離子來源之電弧室。該離子來源室包含陰極，該陰極被加熱至其熱離子產生溫度(thermionic

generation temperature)以產生電子。電子朝該電弧室壁加速且與存於該電弧室之摻雜劑來源氣體分子碰撞以產生電漿。該電漿包含解離離子、自由基及該摻雜劑氣體物種之中性原子和分子。自該電弧室擷取離子接著分離以選擇目標離子物種，接著將該目標離子物種導向目標基材。產生之離子量取決於該電弧室的不同參數，其包括但不限於每單位時間供給該電弧室的能量(即功率水準)及該摻雜劑來源及/或輔助物種流入該離子來源的流速。

[0005] 當今廣泛使用數種摻雜劑來源，如，含該摻雜劑原子或分子之氟化物、氫化物及氧化物。這些摻雜劑來源可能受限於其產生該目標離子物種束電流之能力且必需持續改良該束電流，尤其是在高劑量離子植入應用，如源極汲極/源極汲極延伸植入物(source drain/source drain extension implant)、多晶矽摻雜及閾值電壓調諧(threshold voltage tuning)。

[0006] 如今，藉由將產生含該目標摻雜劑物種之離子的氣體引進該電漿達到加大的束電流。用於使該摻雜劑氣體來源游離所產生之束電流加大之一已知方法是對該摻雜劑來源添加共物種(co-species)以產生更多摻雜劑離子。例如，美國專利第 7,655,931 號揭露添加具有與該摻雜劑氣體相同之摻雜劑離子的稀釋氣體。然而，該束電流增量對特定離子植入物調製法可能不夠高。事實上，已經有共物種之添加實際上使該束電流降低之例子。關於這一點，美國專利第 8803112 號於第 3 圖及比較例 3 和 4 證實將

SiH_4 或 Si_2H_6 之稀釋劑分別加於 SiF_4 之摻雜劑來源與單獨由 SiF_4 產生之束電流相比實際上使束電流降低了。

[0007] 另一種方法包括使用經同位素富集之摻雜劑來源。例如，美國專利第 8,883,620 號揭露故意添加同位素富集型天然摻雜劑氣體以加入每單位體積更多莫耳數之摻雜劑離子。然而，利用經同位素富集之氣體可能必需對離子植入程序進行實質變動且可能需要重新評定，那是一個耗時之過程。此外，該同位素富集型不一定要產生量與同位素富集度(isotopic enrichment level)成正比增大之束電流。再者，經同位素富集之摻雜劑來源不容易自市場購得。即使能自市場購得，此類來源亦可能由於單離高於天然含量之摻雜劑來源的預定同位素所需要之程序而比其天然型更貴。此經同位素富集之摻雜劑來源成本之提高有時候可能無法從所觀察到之束電流增量的觀點獲得證明，僅某些摻雜劑來源已經被觀察到相對於其天然型產生邊際效益改善。

[0008] 有鑑於這些缺點，因此對離子植入束電流仍然有未獲滿足之需求。

【發明內容】

[0009] 由於這些缺陷，本發明關於一種適用於產生非碳目標離子物種的離子植入機以建立離子束電流之組成物，該組成物包含摻雜劑來源與輔助物種之組合，其中該摻雜劑來源及該輔助物種填滿該離子植入機且於其內交互

作用以產生該目標離子物種。挑選輔助物種之標準係根據下列性質之組合：游離能、總離子化截面、鍵解離能對游離能比率及一定之組成。咸應能了解本發明之其他用途及益處皆適用。

[0010] 於一態樣中，本發明關於一種用於非碳目標離子物種之離子植入之組成物，該組成物包含：包含該非碳目標離子物種之摻雜劑來源；包含以下各項之輔助物種：(i) 低於該摻雜劑來源之游離能的較低游離能；(ii) 大於 $2 \text{ \AA}^2$ 之總離子化截面(TICS)；(iii) 0.2 或更高之該輔助物種的最弱鍵之鍵解離能(BDE)對該輔助物種之該較低游離能的比率；及(iv)特徵係不含該非碳目標離子物種之組成；其中該摻雜劑來源及該輔助物種填滿該離子植入機且有用或沒用任意稀釋劑於其內交互作用以產生該非碳目標離子物種。

【圖式簡單說明】

[0011] 第 1 圖係關於 $^{72}\text{GeF}_4$ 氣體混合物之相對 ^{72}Ge 離子束電流數據的條狀圖；

[0012] 第 2 圖係比較由天然 GeF_4 及經同位素富集之 $^{72}\text{GeF}_4$ 氣體混合物所產生之相對 Ge 離子束電流的條狀圖；

[0013] 第 3 圖係由經同位素富集之 $^{11}\text{BF}_3$ 的氣體混合物所產生之相對 ^{11}B 離子束電流的條狀圖；

[0014] 表 1 係有特性值之輔助物種的示範一覽表；

及

[0015] 表 2 係輔助物種及摻雜劑物種之元範一覽表。

【實施方式】

[0016] 本發明之不同元素的關係和運行藉由下列詳細描述將易於理解。該詳細描述能預期到不同排列和組合之特徵、態樣及實施態樣，這皆在本揭示內容之範疇以內。本揭示內容因此可詳載成包含這些指定特徵、態樣及實施態樣、或其被選定者之任何組合及排列，由該任何組合及排列組成，或基本上由該任何組合及排列組成。

[0017] 除非另行指明，否則咸應理解所有組成皆係以該組成物之總體積為基準表示成體積百分比(vol %)。

[0018] 當用於此處及整個說明書時，該措辭"經同位素富集之"及"經富集之"摻雜劑氣體能相互交換使用以意指該摻雜劑氣體含有與天然同位素分佈不同之質量同位素分佈，藉以該質量同位素中之其一具有比存於天然水準高之富集度。舉例來說，58% $^{72}\text{GeF}_4$ 表示含有 58%富集度之質量同位素 ^{72}Ge 的同位素富集或富集摻雜劑氣體，而天然 GeF_4 含有 27%天然含量(natural abundance level)之質量同位素 ^{72}Ge 。此處及全文所用的經同位素富集之 $^{11}\text{BF}_3$ 表示含有較佳地於 99.8%富集度之質量同位素 ^{11}B 的經同位素富集之摻雜劑氣體，而天然 BF_3 含有於 80.1%天然含量之質量同位素 ^{11}B 。此處及全文所用之富集度係以該材料

所含之質量同位素的總體積分佈為基準，表示成體積百分比。

[0019] 應了解此處及全文所述之摻雜劑來源及輔助物種可包括其他構成成分(例如，無可避免之微量污染物)藉以使此構成成分之含量不會不利地衝擊該輔助物種與該摻雜劑來源之交互作用。

[0020] 本揭示內容關於一種包含摻雜劑來源和輔助物種之用於離子植入的組成物，其中該輔助物種與該摻雜劑氣體結合且有用或沒用任意稀釋劑物種產生該預定摻雜劑離子之離子束電流。該“目標離子物種”係定義成源於被植入目標基材(包括但不限於，晶圓)之表面的摻雜劑來源之任何帶正電荷或帶負電荷的原子或分子斷片。以下將會說明，本發明認知需要現行摻雜劑來源之改良型，特別是在離子植入之高劑量應用(即，高於 10^{13} 個原子/cm²)方面，且提供用於達成本發明之新穎溶液。

[0021] 應了解提及摻雜劑來源及輔助物種亦可包括任何同位素富集型之摻雜劑來源或輔助物種，藉以該摻雜劑來源或該輔助物種之任何原子的同位素富集度比天然含量高。

[0022] 於一態樣中，本發明涉及包含目標離子物種之摻雜劑來源及包含下列特性之輔助物種：(i) 比該摻雜劑來源低之游離能；(ii) 比 $2 \text{ \AA}^2$ 高之總離子化截面；(iii) 大於等於 0.2 之鍵解離能對游離能比率；及(iv) 特徵係不含該目標離子物種之組成。不欲受限於任何特定理論，申

請人發現當輔助物種係根據以上之標準挑選且與摻雜劑來源共流、接連流入或混合，結果產生之組成物可在有或未有任意稀釋劑物種彼此交互作用以產生該目標離子物種。

[0023] 於另一個態樣中，本發明涉及包含該目標離子物種之非碳摻雜劑來源及包含下列特性之輔助物種：(i) 比該非碳摻雜劑來源低之游離能；(ii) 比 2 Å^2 高之總離子化截面；(iii) 大於等於 0.2 之鍵解離能對游離能比率；及(iv) 特徵係不含該目標離子物種之組成。該非碳摻雜劑來源及該輔助物種填滿該離子植入機且於其內交互作用以產生該目標離子物種。

[0024] 不欲受限於任何特定理論，申請人發現當輔助物種係根據以上之標準挑選且與摻雜劑來源共流、接連流入或混合，結果產生之組成物可在有或未有任意稀釋劑物種彼此交互作用以產生該目標離子物種。

[0025] 於又另一個態樣中，本發明涉及包含非碳目標離子物種之摻雜劑來源及包含下列特性之輔助物種：(i) 比該非碳摻雜劑來源低之游離能；(ii) 比 2 Å^2 高之總離子化截面；(iii) 大於等於 0.2 之鍵解離能對游離能比率；及(iv) 特徵係不含該非碳目標離子物種之組成。該摻雜劑來源及該輔助物種填滿該離子植入機且於其內交互作用以產生該非碳目標離子物種。

[0026] 於另一個態樣中，該摻雜劑來源及該輔助物種(具有本文所述之標準)會彼此交互作用以提供比單獨由該摻雜劑來源所產生的離子束電流高之非碳目標離子物種

的離子束電流。產生較高非碳目標離子物種之束電流的能力令人驚訝，已知該輔助物種不含該目標離子物種，結果使該摻雜劑來源稀釋且使引進電漿之摻雜劑來源分子的數目減少。該輔助物種增進該摻雜劑來源游離形成預定或非碳目標離子物種而使來自該摻雜劑來源之非碳目標離子物種的束電流增大，即使是該輔助物種不包括該非碳目標離子物種亦同。

[0027] 於另一個態樣中，該摻雜劑來源(係非碳摻雜劑來源)及該輔助物種(具有本文所述之標準)會彼此交互作用產生單獨由該非碳摻雜劑來源所產生者高之目標離子物種的離子束電流。產生較高目標離子物種之束電流的能力令人驚訝，已知該輔助物種不含該目標離子物種，結果使該非碳摻雜劑來源稀釋且使引進電漿之摻雜劑來源分子的數目減少。該輔助物種增進該非碳摻雜劑來源游離形成預定或目標離子物種而使來自該非碳摻雜劑來源之非碳目標離子物種的束電流增大，即使是該輔助物種不包括該目標離子物種亦同。

[0028] 於又另一個態樣中，本發明涉及包含該目標離子物種之摻雜劑來源及包含下列特性之輔助物種：(i) 比該摻雜劑來源低之游離能；(ii) 比 2 Å^2 高之總離子化截面；(iii) 大於等於 0.2 之鍵解離能對游離能比率；及(iv) 特徵係不含該目標離子物種之組成。不欲為任何特定理論束縛，申請人發現當輔助物種係根據以上之標準挑選且與摻雜劑來源共流，接連流入或混合，結果產生之組成

物能有用或沒用任意稀釋劑物種彼此交互作用以產生該目標離子物種，該目標離子物種產生比單獨由該摻雜劑來源所產生者高水準之離子束電流。

[0029] 該輔助物種能於單一儲存容器中與該摻雜劑來源混合。選擇性地，該輔助物種及摻雜劑來源能自獨立儲存容器一同流出。又再者，該輔助物種及摻雜劑來源能自獨立儲存容器接連流出。當一同流出或接連流出時，結果產生之組成物混合物能在該離子室上游或該離子來源室內產生。於另一個實例中，該組成物混合物係以蒸氣或氣相抽出，接著流入離子來源室，其中使該氣體混合物游離以產生電漿。該目標離子物種能接著自該電漿被引出且植入基材表面。

[0030] 本文所用之游離能表示自單離之氣體物種移除電子且形成陽離子所需要的能量。該游離能之值能自文獻獲得。更明確地說，文獻出處能於 National Institute of Standards and Technology (NIST) chemistry webbook (P. J. Linstrom and W. G. Mallard, Eds., NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899. <http://webbook.nist.gov/chemistry/>)找到。游離能之值能利用電子撞擊游離、光電子光譜或光游離質譜以實驗方式測定。游離能之理論值能利用密度泛函理論(DFT)及模型化軟體，如市售可得之 Dacapo、VASP 及 Gaussian 獲得。儘管供給電漿之能量係離散值，但是該電漿中之物

種卻存於不同能量之廣大分佈範圍。當具有比該摻雜劑來源低之游離能的輔助物種與該摻雜劑來源一起加入或引入時，該輔助物種能在該電漿之較大能量分佈範圍游離。結果，該電漿中之總離子種群會增多。此增多之離子種群由於該輔助物種之離子於電場存在下加速且與該摻雜劑來源碰撞使其進一步斷裂成更多斷片而導致“輔助物種離子輔助游離”。淨結果是該目標離子物種之束電流增大。相反地，若將游離能比該摻雜劑來源高之物種引入該摻雜劑來源，添加之物種會形成比該摻雜劑來源所產生之離子低的離子比例，那會使該電漿中之總離子百分比降低且會使該目標離子物種之束電流減小。於一實施態樣中，該輔助物種之游離能比該摻雜劑來源之游離能低至少 5%。

[0031] 儘管希望具有比該摻雜劑來源低之游離能的輔助物種，但是該較低游離能本身卻可能不會使束電流增大。其他適用之標準必須符合本發明之原理。明確地說，該輔助物種必須具有最小總離子化截面。本文所用之分子或原子的總離子化截面(TICS)係定義成該分子或原子在電子及/或離子撞擊游離之下形成離子的機率，該機率係以面積單位(例如， cm^2 、 $\text{\AA}^2$ 、 m^2)當成以 eV 為單位之電子能的函數表示。咸應能理解此處及全文所用之 TICS 表示於特定電子能之最大值。實驗數據及 BEB 估值能自文獻及透過 National Institute of Standards and Technology (NIST)資料庫得到(Kim, Y., K. et al., Electron-Impact Cross Sections for Ionization and Excitation Database 107,

National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899, <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Ionization/molTable.html>.)。

TICS 值能利用電子撞擊游離或電子游離解離以實驗方式測定。該 TICS 能利用二元碰撞 Bethe (binary encounter Bethe; BEB)模型以理論方式估計。由於該電漿中之碰撞事件數目增加，使斷裂鍵之數目增加且離子斷片之數目增加。因而，除了較低游離能外，本發明發現足以供該輔助物種用之總離子化截面亦是協助該摻雜劑物種游離之希望性質。於較佳實施態樣中，該輔助物種具有大於 $2 \text{ \AA}^2$ 之 TICS。申請人發現大於 $2 \text{ \AA}^2$ 之離子化截面提供能發生必要碰撞之充分可能性。相反地，若該離子化截面小於 $2 \text{ \AA}^2$ ，申請人發現於該電漿中之碰撞事件數目預計會減少，結果該束電流亦會減小。例如， H_2 之總離子化截面小於 $2 \text{ \AA}^2$ ，且當加於摻雜劑來源如 GeF_4 時，觀察到 Ge^+ 之束電流相對於單獨由 GeF_4 所產生者減小了。於其他實施態樣中，預定輔助物種之總離子化截面大於 $3 \text{ \AA}^2$ ；大於 $4 \text{ \AA}^2$ ；或大於 $5 \text{ \AA}^2$ 。除了必需之游離能及 TICS 以外，被選定之輔助物種亦必需具有一定鍵解離能(BDE)使該輔助物種之最弱鍵的 BDE 對該輔助物種之游離能的比率係 0.2 或更高。BDE 之值能於文獻中，且更明確地說自 National Bureau of Standards (Darwent, B. deB., "Bond Dissociation Energies in Simple Molecules", National Bureau of Standards, (1970))或自參考書(Speight, J. G., Lange, N. A., *Lange's Handbook of Chemistry*, 16th ed., McGraw-Hill,

2005)輕易得到。BDE 值亦能透過技術如熱解、量熱法或質譜以實驗方式測定且亦能透過密度泛函理論及模型化軟體如 Dacapo、VASP 和 Gaussian 以理論求出。該比率係該電漿所產生之離子相對於不帶電物種之比例的指標。該 BDE 能被定義成打斷化學鍵所需之能量。具有最弱 BDE 之鍵最有可能於該電漿中最先斷裂。因此，此計量係利用該分子中之最弱鍵解離能算出來，因為各分子皆能具有不同能量之多重鍵。

[0032] 一般而言，於電漿中，化學鍵由於碰撞打斷而產生分子斷片。例如， GeF_4 會斷開成 Ge 、 GeF 、 GeF_2 和 GeF_3 及 F 斷片。若 Ge 係該目標離子物種，則必須打斷四個 Ge-F 鍵以產生該 Ge 目標離子物種。習知指示較佳為具有較低鍵解離能之分子，因為其可能由於化學鍵可能更容易斷裂而更容易形成該目標離子物種。然而，申請人卻發現不是這樣。頃發現具有較高 BDE 之分子易於產生較高比例之離子對自由基及/或中性粒子。當化學鍵清楚於電漿中斷裂時，結果產生之物種將會形成離子、自由基或中性物種。該最弱鍵之 BDE 對游離能的比率係依據本發明之原理挑選以便使該電漿中之離子比例提高同時使該自由基及中性物種之比例降低，由於自由基和中性物種二者皆沒有電荷，因此不受電場或磁場影響。再者，這些物種於電漿中為惰性且無法被引出而形成離子束。所以，該輔助物種之最弱鍵的 BDE 對該游離能之比例係該電漿中所形成之離子相對於自由基和中性物種的比例。明確地說，

當該最弱鍵之鍵解離能對游離能比率為 0.2 或更高的氣體分子係加於摻雜劑來源時，該電漿將更易於電漿中產生較高比例之離子對自由基和中性物種。該較高比例之離子會使該目標離子物種之束電流增大。於另一個實施態樣中，該輔助物種被選定成使最弱鍵解離能對游離能比率為至少 0.25 或更高；且較佳地 0.3 或更高。相反地，若該最弱鍵之鍵解離能對游離能的比率低於 0.2，供應給電漿之能量便與形成較高比例之中性物種及/或自由基相關連，該中性物種及/或自由基會充滿該電漿且使所產生之目標離子物種的數目減少。因而，本發明之此無因次度量較易於比較物種產生相對於該電漿中的自由基及/或中性粒子之較高比例離子的能力。

[0033] 該輔助物種特徵係不含該目標離子物種之組成。關此，表 2 顯示含有目標離子物種之摻雜劑來源的數個實例以及基於下列四個標準之各摻雜劑來源的適合輔助物種的實例：游離能、TICS 及最弱 BDE 對游離能比率及該輔助物種不含該目標離子物種。表 2 包含各摻雜劑來源(藉由“X”表示)之適合輔助物種的實例，但是理應了解本發明能預期滿足前述標準之任何物種。於表 2 能見到，該輔助物種不含該目標離子物種。利用此輔助物種之能力並無法預測，因為每單位體積較少莫耳數摻雜劑來源被引入該電漿，於是具有稀釋該電漿中之摻雜劑來源的效果。然而，當該輔助物種符合前述標準時，該輔助物種，當加於該摻雜劑來源或反之亦然，與單獨由該摻雜劑來源所產生

之束電流相比會使該目標離子物種之束電流增大。該輔助物種能增進由該摻雜劑來源形成該目標離子物種而使該目標離子物種之離子束電流增大。該束電流之增大可能是5%或更高；10%或更高；20%或更高；25%或更高；或30%或更高。該離子束電流增大之準確百分比可能是選定操作條件之結果，如，舉例來說，離子植入機之功率水準及/或該摻雜劑來源及/或該輔助物種氣體引入該離子植入機之流速。

[0034] 增進來自該摻雜劑來源之目標離子物種束電流的較佳輔助物種具有比該摻雜劑來源低之游離能；於與該摻雜劑來源相同之操作條件大於 $2 \text{ \AA}^2$ 的總離子化截面及 0.2 或更高之最弱鍵解離能對游離能比率。表 1 顯示為 TICS、游離能及 BDE/IE 比率選擇輔助物種及其個別數值之表列。表 1 所示之 TICS 值係自 Electron-Impact Cross Sections for Ionization and Excitation Database 107 from NIST；或由 Bull, S. et al., *J. Phys. Chem. A* (2012) 116, pp 767-777 所獲得之公佈值。關於表 1 之各分子的游離能值係自 NIST Chemistry WebBook 或 NIST Standard Reference Database Number 69 (即，明確地說，如本發明申請資料最近公佈之類型)獲得。該游離能值係以電子撞擊游離為基礎，該電子撞擊游離係用以獲得此值之實驗技術。計算該 BDE/IE 比率時使用之 BDE 值係自上文中引用的 National Bureau of Standards 或“Lange’s Handbook of Chemistry”獲得。表 1 包含適合輔助物種之實例但是遵循

此處所述之依據本發明原理的標準之任何物種皆能利用。該輔助物種不含該目標離子物種，因為該輔助物種之目的在於增進自該摻雜劑來源形成該目標離子物種。該適合輔助物種及摻雜劑來源之組合較佳地能產生能夠摻雜至少 10^{11} 個原子/cm² 之來自該摻雜劑來源的目標離子物種之離子束。

[0035] 現在參照表 2 描述適合摻雜劑來源及輔助物種。摻雜劑來源化合物之實例係用於 Ge 離子植入之 GeF₄。GeF₄ 具有 15.7 eV 之游離能及 0.32 之最弱鍵解離能對游離能比率。依據本發明之原理，輔助物種之實例係 CH₃F。CH₃F 具有比 GeF₄ 低之游離能 13.1 eV、4.4 Å² 之 TICS 及 0.35 之 C-H 鍵的最弱鍵解離能對游離能比率。關於 GeF₄，該輔助物種較佳地具有至少 3 Å² 之 TICS 及 0.22 或更大之最弱鍵之 BDE 對游離能的比率。

[0036] 摻雜劑來源化合物之另一個實例係用於 Si 離子植入之 SiF₄。此分子具有 16.2 eV 之游離能及 0.35 之最弱鍵解離能對游離能比率。示範之輔助物種係 CH₃Cl。此分子具有比 SiF₄ 低之游離能 11.3 eV、7.5 Å² 之 TICS 及 0.31 之 C-Cl 鍵的最弱鍵解離能對游離能比率。關於 SiF₄，該輔助物種較佳地具有至少 4 Å² 之 TICS 及 0.25 或更大之最弱鍵之 BDE 對游離能的比率。

[0037] 摻雜劑來源化合物之另一個實例係用於 BF₂ 及 B 離子植入之 BF₃。此分子具有 15.8 eV 之游離能及 0.37 之最弱鍵解離能對游離能比率。示範之輔助物種係

Si_2H_6 。此分子具有比 BF_3 低之游離能 9.9 eV 、 8.1 Å^2 之 TICS 及 0.31 之 Si-H 鍵的最弱鍵解離能對游離能比率。關於 BF_3 ，該輔助物種較佳地具有至少 3 Å^2 之 TICS 及 0.23 或更大之最弱鍵之 BDE 對游離能的比率。

[0038] 摻雜劑來源化合物之另一個實例係用於 C^+ 離子植入之 CO 。此分子具有 14.02 eV 之游離能及 0.8 之鍵解離能對游離能比率。示範之輔助物種係 GeH_4 ，其具有 10.5 eV 、 5.3 Å^2 之 TICS 及 0.32 之最弱鍵解離能對游離能比率。關於 CO ，該輔助物種較佳地具有至少 2.7 Å^2 之 TICS 最大值及 0.25 或更大之最弱鍵之 BDE 對游離能的比率。

[0039] 此揭示內容之另一個態樣關於挑選含有，例如，但不限於，該目標離子物種所含之鍺、硼、矽、氮、砷、硒、銻、銮、硫、錫、鎳、鋁或磷原子的摻雜劑來源，且接著挑選具有前文所提之特性(i)至(iv)之輔助物種，且另使該輔助物種含有選自下列當中的一或多種官能基：烷類、烯類、炔類、鹵烷類、鹵烯類、鹵炔類、硫醇類、腓類、胺類或醯胺類。

[0040] 於本發明之另一個態樣中，該離子來源之操作條件能經調整使該摻雜劑來源及輔助物種之組成物係經配置以產生與單獨由該摻雜劑來源且有用或沒用任意稀釋劑所產生之離子束電流相同或更小的離子束電流。於此束電流水準操作能創造其他操作益處。舉例來說，該操作益處中有些包括但不限於束流突波 (beam glitching) 減小、束

均勻度增加、有限之空間電荷效應(space charge effect)及束流擴張(beam expansion)、有限之粒子形成及該離子來源之增長的來源壽命，藉以所有此操作益處皆與單獨使用該摻雜劑來源做比較。可被操縱之操作條件包括，但不限於，電弧電壓、電弧電流、流速、引出電壓(extraction voltage)及引出電流或其任何組合。此外，該離子來源可包括使用一或多種任意稀釋劑，其能包括 H_2 、 N_2 、He、Ne、Ar、Kr 及/或 Xe。

[0041] 應理解由該輔助物種游離所產生之游離能被選擇植入該目標基材。

[0042] 不同操作條件皆能用以進行本發明。例如，該弧電壓能在 50 至 150 V 之範圍中；該摻雜劑氣體及輔助物種各自流入該離子植入機之流速能在 0.1 至 100 sccm 之範圍中；且該引出電壓能在 500V 至 50 kV 之範圍中。較佳地，這些操作條件各者係經選擇以達成至少 50 小時之來源壽命；及介於 10 微安培與 100 mA 之間的離子束電流。

[0043] 關於該輔助物種之不同組成物皆被考慮在內。例如，本發明之另一個態樣關於具有前述(i)至(iv)之特性且具有代表式 CH_yX_{4-y} 之輔助物種，其中 X 係任何鹵素且 $y=0$ 至 4。這些物種之實例包括但不限於 CH_4 、 CF_4 、 CCl_4 、 CH_3Cl 、 CH_3F 、 CH_2Cl_2 、 $CHCl_3$ 、 CH_2F_2 、 CHF_3 、 CH_3Br 、 CH_2Br_2 或 $CHBr_3$ 。本發明之另一個態樣關於具有前述(i)至(iv)之特性且具有式 $CH_iF_jCl_yBr_zI_q$ 之輔助

物種，其中 i 、 j 、 y 、 z 及 q 介於 0 至 4 且 $i+j+y+z+q=4$ 。這些物種之實例包括但不限於 CClF_3 、 CH_2ClF 、 CHF_2Cl 、 CHCl_2F 、 CCl_2F_2 及 CCl_3F 。本發明之另一個態樣關於具有前述(i)至(iv)之特性且具有式 $\text{C}_i\text{H}_j\text{N}_y\text{X}_z$ 之輔助物種，其中 X 係任何鹵素物種， i 介於 1 至 4， y 和 z 介於 0 至 4，且 j 之值會變動使各原子具有閉合價殼電子。這些物種之實例包括但不限於 CH_3CN 、 CF_3CN 、 HCN 、 CH_2CF_4 、 CH_3CF_3 、 C_2H_6 及 CH_3NH_2 。本發明之另一個態樣關於具有前述(i)至(iv)之特性且具有式 $\text{Si}_q\text{H}_y\text{X}_z$ 之輔助物種，其中 X 係任何鹵素物種， q 介於 1 至 4， y 和 z 介於 0 至 4，且 y 和 z 之值會變動使各原子具有閉合價殼電子。這些物種之實例包括但不限於 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_3Cl 及 SiH_2Cl_2 。

[0044] 又再者，其他輔助物種可包括 CS_2 、 GeH_4 、 Ge_2H_6 或 B_2H_6 ，其各自與依據本發明之原理且如表 2 所示的特定摻雜劑來源配對。

[0045] 本發明能預期本文所述之組成物在不同領域的用途。例如，一些方法包括但不限於專利 US 9,165,773 中提及之束線離子植入(*beam line ion implantation*)及電漿浸沒離子植入(*plasma immersion ion implantation*)，在此以引用之方式將其全文併入本文。再者，理應了解本文所揭示之組成物還可具有除離子植入以外之應用所需的效用，其中主要來源包含目標物種且該輔助物種不含該目標物種且進一步特徵為符合前文所述之標準(i)、(ii)及(iii)。例如，該組成物可應用於不同沉積程序，包括，但不限

於，化學氣相沉積或原子層沉積。

[0046] 本發明之組成物亦能被儲存且由配備能用於低於大氣壓運送之真空致動止回閥(vacuum actuated check valve)的容器運送，如文號 14057-US-P1 之美國專利申請案所述，在此以引用方式將其全文併入本文。任何適合運送包裝皆可使用，包括美國專利第 5,937,895 號；第 6,045,115 號；第 6,007,609 號；第 7,708,028 號；第 7,905,247 號；及美國序號第 14/638,397 號(美國專利公開案第 2016-0258537 號)所述者，其各自在此以引用方式將其全文併入本文。當本發明之組成物係以混合物方式儲存時，該儲存運送容器中之混合物亦可存於氣相；與該氣相達於平衡之液相，其中蒸氣壓高到足以自排放埠流出；或固態媒介上之吸附狀態，其各自如文號 14057-US-P1 之美國專利申請案所述。較佳地，該輔助物種及摻雜劑來源之組成物能產生該目標離子物種束以植入 10^{11} 個原子/cm² 或更高。

[0047] 申請人進行數個實驗驗證使用 GeF₄ 作為摻雜劑來源及 CH₃F 作為輔助物種之想法。在各實驗中，利用所產生之 Ge 離子束電流測量離子束效能；且於該離子來源室內測量組分之重量變化以測量該離子來源之效能。使用圓筒形離子來源室產生電漿。該離子來源室由螺旋鎢絲、鎢壁及與該螺旋絲軸垂直之鎢陽極組成。將基材板佈置於該陽極前面使該陽極於游離程序時維持靜止不動。用該陽極中央之小開口及設置於該陽極前面之一系列鏡片自

電漿產生離子束且用速度濾波器(velocity filter)自該離子束單離指定離子物種。用法拉第杯(faraday cup)測量該離子束所產生之電流且所有試驗皆於 100 V 之弧電壓進行。對於各實驗該引出電壓係為相同值。將整個系統收納於能達到低於 $1\text{e-}7$ 托耳之壓力的真空室。第 1 圖顯示該 ^{72}Ge 離子束電流相對於單獨由各測試氣體混合物之 $^{72}\text{GeF}_4$ 所產生的 ^{72}Ge 離子束電流之條狀圖。

比較例 1 ($^{72}\text{GeF}_4$)

[0048] 進行試驗以測定 $^{72}\text{GeF}_4$ 經同位素富集至 50.1 體積%之摻雜劑氣體組成物的離子束效能。將該 $^{72}\text{GeF}_4$ 引入該離子來源室。對該絲施加電流以產生電子且對該陽極施加電壓以使該 $^{72}\text{GeF}_4$ 游離且產生 ^{72}Ge 離子。將該 ^{72}Ge 離子束電流標準化成比較其他氣體混合物之 ^{72}Ge 離子束電流的基礎。將結果顯示於第 1 圖。操作 52 分鐘之後發生 160 毫克之顯著絲重量增加，屆時因為經過 52 分鐘之後該絲無法再繼續保持電漿於是使該實驗終止。這相當於 185 mg/hr 之絲重量增加速率。

比較例 2 (75 體積% $^{72}\text{GeF}_4$ +25 體積% Xe/H_2)

[0049] 進行另一個試驗以測定 75 體積% $^{72}\text{GeF}_4$ (其質量同位素 ^{72}Ge 經同位素富集至 50.1 體積%)與 25 體積% Xe/H_2 混合之摻雜劑氣體組成物的離子束效能。使用與比較例 1 相同之離子來源室。將該 $^{72}\text{GeF}_4$ 和 Xe/H_2 自獨立儲

存容器引入且在進入該離子來源室以前混合。對該絲施加電流以產生電子且對該陽極施加電壓以使該氣體混合物游離且產生 ^{72}Ge 離子。測量該 ^{72}Ge 離子束電流且求得為比單獨使用 $^{72}\text{GeF}_4$ 所產生之 ^{72}Ge 離子束電流小約 16%。將結果顯示於第 1 圖。經過 15 小時之操作過程觀察到該絲之重量損失為 30 毫克。該絲隨時間之重量變化大約為 -2 mg/小時，那表示勝過 $^{72}\text{GeF}_4$ 之重大改善。

實施例 1 (75 體積 % $^{72}\text{GeF}_4$ +25 體積 % CH_3F)

[0050] 進行另一個試驗以測定 75 體積 % $^{72}\text{GeF}_4$ (其質量同位素 ^{72}Ge 經同位素富集至 50.1 體積%)與 25 體積 % CH_3F 混合之摻雜劑氣體組成物的離子束效能。使用與比較例 1 相同之離子來源室。將該 $^{72}\text{GeF}_4$ 和 CH_3F 自獨立儲存容器引入且在進入該離子來源室以前混合。對該絲施加電流以產生電子且對該陽極施加電壓以使該氣體混合物游離且產生 ^{72}Ge 離子。測量該 ^{72}Ge 離子束電流且求得為比單獨使用 $^{72}\text{GeF}_4$ 所產生之 ^{72}Ge 離子束電流大約 14%且比用 75 體積 % $^{72}\text{GeF}_4$ 與 25 體積 % Xe/H_2 混合所產生之 ^{72}Ge 離子束電流大 30%。將結果顯示於第 1 圖。經過 12 小時之操作過程觀察到 16 毫克之重量損失或 -1.33 mg/hr，表示勝過 $^{72}\text{GeF}_4$ 之重大改善且類似於該 75 體積 % $^{72}\text{GeF}_4$ 與 25 體積 % Xe/H_2 混合之表現。

[0051] 第 1 圖之實驗結果顯示儘管 CH_3F 稀釋了 GeF_4 之體積，但是其顯著地改善了該 Ge 離子束電流，同

時比起單獨使用 GeF_4 亦改善了該離子來源之效能。相對比較例 1 之混合物， Xe/H_2 之添加改善了該離子來源之效能，但是比起單獨由 GeF_4 所產生之 Ge 離子束電流卻使該 Ge 離子束電流降低了。

比較例 3 (50 體積 % $^{72}\text{GeF}_4$ +50 體積 % Xe/H_2)

[0052] 進行另一個試驗以測定 50 體積 % $^{72}\text{GeF}_4$ (其質量同位素 ^{72}Ge 經同位素富集至 50.1 體積 %) 與 50 體積 % Xe/H_2 混合之摻雜劑氣體組成物的離子束效能。使用與所有先前實施例相同之離子來源室。將該 $^{72}\text{GeF}_4$ 和 Xe/H_2 自獨立儲存容器引入且在進入該離子來源室以前混合。對該絲施加電流以產生電子且對該陽極施加電壓以使該氣體混合物游離且產生 ^{72}Ge 離子。此實驗中之 $^{72}\text{GeF}_4$ 的流速比先前實施例高相當多，藉以無法比較相關的含 Ge 之離子束電流。將來自此混合物之 ^{72}Ge 離子束電流標準化以比較來自第 2 圖所示之天然 GeF_4 混合物的 ^{72}Ge 及 ^{74}Ge 離子束電流。在這些實驗之操作條件之下，來自 50 體積 $^{72}\text{GeF}_4$ +50 體積 % Xe/H_2 及 75 體積 % $^{72}\text{GeF}_4$ +25 體積 % Xe/H_2 之 ^{72}Ge 離子束電流相當。將結果顯示於第 2 圖。觀察到 0.78 mg/hr 之重量增加速率，其比 $^{72}\text{GeF}_4$ 之 185 mg/hr 重量增加小相當多且與 75 體積 % $^{72}\text{GeF}_4$ (經同位素富集) 與 25 體積 % Xe/H_2 混合之 2 mg/hr 重量損失相當。

實施例 2 和 3 (70 體積 % GeF_4 +30 體積 % CH_3F)

[0053] 進行另一個試驗以測定 70 體積%天然 GeF_4 與 30 體積% CH_3F 混合之摻雜劑氣體組成物的離子束效能。使用與先前實施例相同之離子來源室。將該天然 GeF_4 和 CH_3F 自獨立儲存容器引入且在進入該離子來源室以前混合。對該絲施加電流以產生電子且對該陽極施加電壓以使該氣體混合物游離且產生 ^{72}Ge 和 ^{74}Ge 兩種離子。該天然 GeF_4 具有 27.7%位準之 ^{72}Ge 及 35.9%位準之 ^{74}Ge ，而該經同位素富集之 $^{72}\text{GeF}_4$ 的 ^{72}Ge 被富集至 50.1%，而該 ^{74}Ge 具有 23.9%之位準。測量 ^{72}Ge 和 ^{74}Ge 二者之 Ge 離子束電流。將二者之結果對照比較例 3 之 50 體積% $^{72}\text{GeF}_4$ 與 50 體積% Xe/H_2 混合所得的 ^{72}Ge 離子束電流顯示於第 2 圖。由 70 體積%天然 GeF_4 與 30 體積% CH_3F 所得之 ^{74}Ge 的離子束電流比由 50 體積%經同位素富集之 $^{72}\text{GeF}_4$ 與 50 體積% Xe/H_2 所得之 ^{72}Ge 離子束電流高 10%。

[0054] 經過操作過程觀察到 2 mg/hr 之重量增加速率，其與 50 體積%經同位素富集之 $^{72}\text{GeF}_4$ 與 50 體積% Xe/H_2 產生重量增加 0.78 mg/hr 的表現類似。

[0055] 已知該經同位素富集之 $^{72}\text{GeF}_4$ 中的 ^{72}Ge 富集度比天然 GeF_4 中的 ^{74}Ge 高 14.2 體積%使第 2 圖之結果令人驚訝。已知 $^{72}\text{GeF}_4$ 之富集度比天然 GeF_4 高 22.4 體積%，且傳統知識能預期 50 體積% Xe/H_2 與 50 體積%經富集之 $^{72}\text{GeF}_4$ 的混合物將產生較大束電流，使人觀察到二混合物(比較例 3 及實施例 2 和 3)所產生之 ^{72}Ge 離子束電流

彼此相差於 1%以內的結果亦令人驚訝。

[0056] 申請人進行數個額外之實驗驗證使用 $^{11}\text{BF}_3$ 作為摻雜劑來源及 Si_2H_6 作為輔助物種之想法。在各實驗中，利用所產生之 ^{11}B 離子束電流測量離子束效能。使用圓筒形離子來源室產生電漿。該離子來源室由螺旋鎢絲、鎢壁及與該螺旋絲軸垂直之鎢陽極組成。將基材板佈置於該陽極前面使該陽極於游離程序時維持靜止不動。用該陽極中央之小開口及設置於該陽極前面之一系列鏡片自電漿產生離子束且用速度濾波器自該離子束單離指定離子物種。用法拉第杯測量該離子束所產生之電流且所有試驗皆於 120 V 之弧電壓進行。對於各實驗該引出電壓係為相同值。將整個系統收納於能達到低於 $1\text{e-}7$ 托耳之壓力的真空室。第 3 圖顯示該 ^{11}B 離子束電流相對於單獨由各測試氣體混合物之 $^{11}\text{BF}_3$ 所產生的 ^{11}B 離子束電流之條狀圖。

比較例 4 - $^{11}\text{BF}_3$

進行試驗以測定經同位素富集之 $^{11}\text{BF}_3$ 作為摻雜劑氣體的離子束效能。 $^{11}\text{BF}_3$ 係單一藥罐引入該離子來源室。對該絲施加電流以產生電子且對該陽極施加電壓以使該混合物游離且產生離子。調整該離子來源之設定值以使該 ^{11}B 離子之束電流最大化。將該 ^{11}B 離子束電流標準化(如第 3 圖所示)成比較其他氣體混合物之 ^{11}B 離子束電流的基礎。

比較例 5 - $^{11}\text{BF}_3$ 與 Xe/H_2

進行另一個試驗以測定 Xe/H_2 與經同位素富集之 $^{11}\text{BF}_3$ 混合之摻雜劑氣體組成物的離子束效能。使用與供比較例 4 之 $^{11}\text{BF}_3$ 用的相同離子來源室。該 Xe/H_2 和 $^{11}\text{BF}_3$ 之混合物係由自獨立儲存容器引入且在進入該離子來源室以前混合之純 $^{11}\text{BF}_3$ 藥罐和 Xe/H_2 藥罐產生。對該絲施加電流以產生電子且對該陽極施加電壓以使該氣體混合物游離且產生 ^{11}B 離子。調整該離子來源之設定值以使 ^{11}B 離子之束電流最大化。該 $^{11}\text{BF}_3$ 與 Xe/H_2 之混合物產生比單獨由比較例 4 之 $^{11}\text{BF}_3$ 所產生的 ^{11}B 離子束電流低 20% 之最大 ^{11}B 離子束電流。

實施例 4 - $^{11}\text{BF}_3$ 與 Si_2H_6

[0057] 進行另一個試驗以測定 Si_2H_6 與經同位素富集之 $^{11}\text{BF}_3$ 混合之摻雜劑氣體組成物的離子束效能。使用與供比較例 4 之 $^{11}\text{BF}_3$ 用的相同離子來源室。該 Si_2H_6 和 $^{11}\text{BF}_3$ 之混合物係由自獨立儲存容器引入且在進入該離子來源室以前混合之 $^{11}\text{BF}_3$ 藥罐和 $^{11}\text{BF}_3$ 中 Si_2H_6 之混合物產生。對該絲施加電流以產生電子且對該陽極施加電壓以使該氣體混合物游離且產生 ^{11}B 離子。調整該離子來源之設定值以使 ^{11}B 離子之束電流最大化且為二混合物測量該 ^{11}B 離子束電流。該 Si_2H_6 與 $^{11}\text{BF}_3$ 均衡之混合物產生比單獨由比較例 4 之 $^{11}\text{BF}_3$ 所產生的 ^{11}B 離子束電流大 4% 之 ^{11}B 離子束電流。已知加於 $^{11}\text{BF}_3$ 之 Si_2H_6 使該氣體混合物

中之硼濃度稀釋且 Si_2H_6 不含硼原子而有助於使該混合物展現之束電流增大，使由 $^{11}\text{BF}_3$ 中 Si_2H_6 所得到之結果出乎人的意外。

[0058] 這些試驗之結果顯示儘管 Si_2H_6 之添加使該 $^{11}\text{BF}_3$ 之體積稀釋，但是其比起使用純 $^{11}\text{BF}_3$ 改善了該 ^{11}B 離子束電流。該 Xe/H_2 之添加沒有與 Si_2H_6 相同之效果而且使該 $^{11}\text{BF}_3$ 稀釋成該 ^{11}B 離子束電流比單獨由 $^{11}\text{BF}_3$ 所產生之 ^{11}B 離子束電流降低的程度。

[0059] 儘管已經展示且描述被視為本發明之某些實施態樣者，但是當然應了解形式或細節之不同修飾及變化皆能完成而不會悖離本發明之精神和範疇。因此，預期本發明不限於本文所示和描述之精確形式及細節，亦不限於範圍比本文揭露和後文請求之發明整體小的任何者。

輔助物種	最弱鍵	TICS (Å ²)	游離能 (eV)	最弱 BDE/IE
CF ₄	C-F	5.6	16.2	0.33
CH ₄	C-H	3.5	12.6	0.35
CH ₃ F	C-H	4.4	13.1	0.34
CH ₂ F ₂	C-H	-	13.3	0.33
CHF ₃	C-H	6.1	14.8	0.31
CH ₃ Cl	C-Cl	7.5	11.3	0.31
CH ₂ Cl ₂	C-Cl	-	11.3	0.28
CHCl ₃	C-Cl	12.3	11.4	0.28
CH ₂ ClF	C-Cl	7.2	11.7	0.27
CHF ₂ Cl	C-Cl	7.7	12.3	0.26
CHCl ₂	C-Cl	10.7	12.4	0.26
CH ₃ Br	C-Br	8.5	10.5	0.28
CH ₂ Br ₂	C-Br	11.7	10.5	0.25
CHBr ₃	C-Br	-	10.7	0.22
CH ₃ CN	C-H	6.3	12.4	0.28
CF ₃ CN	C-F	6.3	14.0	0.39
HCN	C-H	-	13.7	0.41
CClF ₃	C-Cl	8.1	13.1	0.27
CCl ₂ F ₂	C-Cl	11.0	11.7	0.28
CCl ₃ F	C-Cl	13.2	11.7	0.27
CCl ₄	C-Cl	16.0	11.5	0.26
CS ₂	C-S	8.0	10.0	0.41
Si ₂ H ₆	Si-H	8.1	9.9	0.31
GeH ₄	Ge-H	5.3	10.5	0.32
SiH ₄	Si-H	5.2	11.2	0.28
Ge ₂ H ₆	Ge-Ge	7.6	12.5	0.23
C ₂ H ₆	C-C	6.4	11.6	0.33
B ₂ H ₆	B-H	11.0	11.4	0.30
CH ₂ CF ₄	C-C	-	13.3	0.35
CH ₃ CF ₃	C-C	-	13.3	0.33
CH ₃ NH ₂	C-N	-	9.5	0.36

表 1：挑選輔助物種及其性質

摻雜劑來源	GeF ₄	BF ₃	SiF ₄	CO
目標離子物種	Ge	B, BF ₂	Si	C
輔助物種通式	CH _i F _j Cl _l Br _z I _q C _i H _j N _y X _z Si _q H _y X _z	CH _i F _j Cl _l Br _z I _q C _i H _j N _y X _z Si _q H _y X _z	CH _i F _j Cl _l Br _z I _q C _i H _j N _y X _z	Si _q H _y X _z
指定輔助物種				
CS ₂	X	X	X	
C ₂ H ₆	X	X	X	
CH ₃ F	X	X	X	
CH ₃ CN	X	X	X	
CH ₂ ClF	X	X	X	
CH ₃ Cl	X	X	X	
CF ₄	X	X	X	
CH ₄	X	X	X	
CH ₂ F ₂	X	X	X	
CHF ₃	X	X	X	
CH ₂ Cl ₂	X	X	X	
CHCl ₃	X	X	X	
CHF ₂ Cl	X	X	X	
CHFCl ₂	X	X	X	
CH ₃ Br	X	X	X	
CH ₂ Br ₂	X	X	X	
CHBr ₃	X	X	X	
CF ₃ CN	X	X	X	
HCN	X	X	X	
CClF ₃	X	X	X	
CCl ₂ F ₂	X	X	X	
CCl ₃ F	X	X	X	
CCl ₄	X	X	X	
CH ₂ CF ₄	X	X	X	
CH ₃ CF ₃	X	X	X	
CH ₃ NH ₂	X	X	X	
SiH ₄	X	X		X
Si ₂ H ₆	X	X		X
SiH ₃ Cl	X	X		X
SiH ₂ Cl ₂	X	X		X
Ge ₂ H ₆		X	X	X
GeH ₄		X	X	X
B ₂ H ₆	X		X	X

表 2：與適合輔助物種配對之摻雜劑來源及目標離子物種

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】

一種適用於產生非碳目標離子物種的離子植入機以建立離子束電流之組成物，該組成物包含：

- a. 摻雜劑來源，其包含該非碳目標離子物種；
- b. 輔助物種，其包含：
 - (i) 低於該摻雜劑來源之游離能的較低游離能；
 - (ii) 大於 $2 \text{ \AA}^2$ 之總離子化截面(total ionization cross section, TICS)；
 - (iii) 0.2 或更高之該輔助物種的最弱鍵之鍵解離能(BDE)對該輔助物種之該較低游離能的比率；及
 - (iv) 不含該非碳目標離子物種；

該摻雜劑來源以該組成物的總量為基準計以較多量存在且其中該摻雜劑來源和該輔助物種填滿該離子植入機且於其內交互作用以產生該非碳目標離子物種；包含該非碳目標離子物種之該摻雜劑來源係選自由 BF_3 、 GeF_4 及 SiF_4 所組成之群組；

惟當該摻雜劑來源包含 BF_3 時，該輔助物種包含至少一種選自由下列所組成之群組之物種： CS_2 、 C_2H_6 、 CH_3F 、 CH_3CN 、 CH_2ClF 、 CH_3Cl 、 CH_2F_2 、 CHF_3 、 CH_2Cl_2 、 CHCl_3 、 CHF_2Cl 、 CHFC_2Cl 、 CH_3Br 、 CH_2Br_2 、 CHBr_3 、 CF_3CN 、 HCN 、 CClF_3 、 CCl_2F_2 、 CCl_3F 、 CCl_4 、 CH_2CF_4 、 CH_3CF_3 、 CH_3NH_2 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_3Cl 、 SiH_2Cl_2 、 GeH_4 及 Ge_2H_6 ；

第 106112054 號

民國 110 年 4 月 13 日修正

惟當該摻雜劑來源包含 GeF_4 時，該輔助物種包含至少一種選自由下列所組成之群組之物種： CS_2 、 C_2H_6 、 CH_3F 、 CH_3CN 、 CH_2ClF 、 CH_3Cl 、 CH_2F_2 、 CHF_3 、 CH_2Cl_2 、 CHCl_3 、 CHF_2Cl 、 CHFCl_2 、 CH_3Br 、 CH_2Br_2 、 CHBr_3 、 CF_3CN 、 HCN 、 CClF_3 、 CCl_2F_2 、 CCl_3F 、 CCl_4 、 CH_2CF_4 、 CH_3CF_3 、 CH_3NH_2 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_3Cl 、 SiH_2Cl_2 及 B_2H_6 ；

惟當該摻雜劑來源包含 SiF_4 時，該輔助物種包含至少一種選自由下列所組成之群組之物種： CS_2 、 C_2H_6 、 CH_3F 、 CH_3CN 、 CH_2ClF 、 CH_3Cl 、 CH_2F_2 、 CHF_3 、 CH_2Cl_2 、 CHCl_3 、 CHF_2Cl 、 CHFCl_2 、 CH_3Br 、 CH_2Br_2 、 CHBr_3 、 CF_3CN 、 HCN 、 CClF_3 、 CCl_2F_2 、 CCl_3F 、 CCl_4 、 CH_2CF_4 、 CH_3CF_3 、 CH_3NH_2 、 GeH_4 、 Ge_2H_6 及 B_2H_6 。

【第 2 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 BF_3 且該輔助物種係選自由下列所組成之群組： CS_2 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_3Cl 、 SiH_2Cl_2 、 GeH_4 及 Ge_2H_6 。

【第 3 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 BF_3 且該輔助物種包含 CS_2 。

【第 4 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 BF_3 且該輔助物種包含 CS_2 該輔助物種包含 SiH_4 。

【第 5 項】

第 106112054 號

民國 110 年 4 月 13 日修正

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 BF_3 且該輔助物種包含 Si_2H_6 。

【第 6 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 BF_3 且該輔助物種包含 SiH_3Cl 。

【第 7 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 BF_3 且該輔助物種包含 SiH_2Cl_2 。

【第 8 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 BF_3 且該輔助物種包含 GeH_4 。

【第 9 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 BF_3 且該輔助物種包含 Ge_2H_6 。

【第 10 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 GeF_4 且該輔助物種係選自由下列所組成之群組： CS_2 、 SiH_3Cl 、 SiH_2Cl_2 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、及 B_2H_6 。

【第 11 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 GeF_4 且該輔助物種包含 CS_2 。

【第 12 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 GeF_4 且該輔助物種包含 SiH_3Cl 。

第 106112054 號

民國 110 年 4 月 13 日修正

【第 13 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 GeF_4 且該輔助物種包含 SiH_2Cl_2 。

【第 14 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 GeF_4 且該輔助物種包含 SiH_4 。

【第 15 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 GeF_4 且該輔助物種包含 Si_2H_6 。

【第 16 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 GeF_4 且該輔助物種包含 B_2H_6 。

【第 17 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 SiF_4 且該輔助物種係選自由下列所組成之群組：
 CS_2 、 GeH_4 、 Ge_2H_6 及 B_2H_6 。

【第 18 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 SiF_4 且該輔助物種包含 CS_2 。

【第 19 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 SiF_4 且該輔助物種包含 GeH_4 。

【第 20 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源

第 106112054 號

民國 110 年 4 月 13 日修正

包含 SiF_4 且該輔助物種包含 Ge_2H_6 。

【第 21 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源包含 SiF_4 且該輔助物種包含 B_2H_6 。

【第 22 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該摻雜劑來源或該輔助物種之任何原子係經同位素富集至高於天然含量 (natural abundance level)。

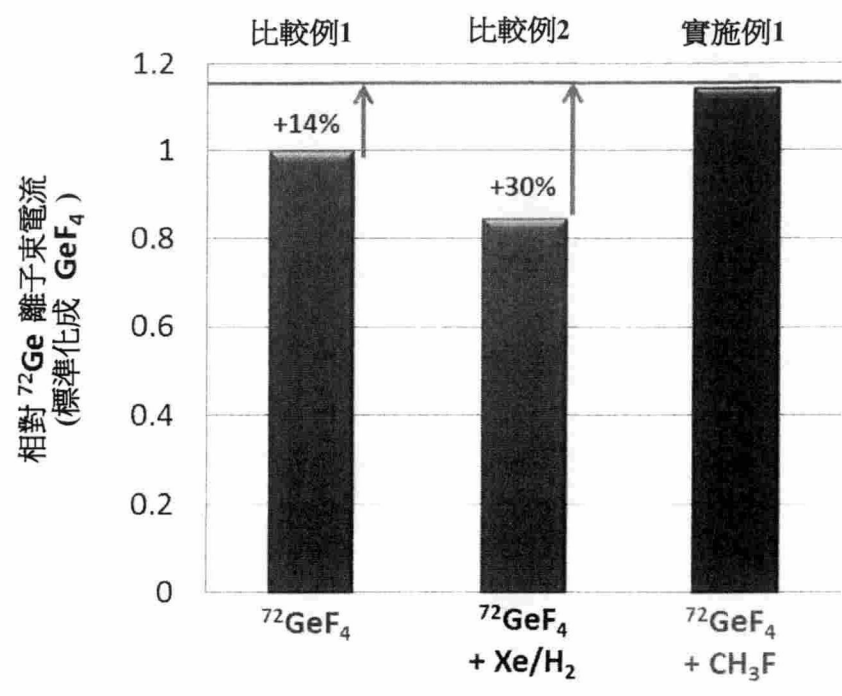
【第 23 項】

如申請專利範圍第 1 項之組成物，其中該組成物亦含有任意稀釋劑物種。

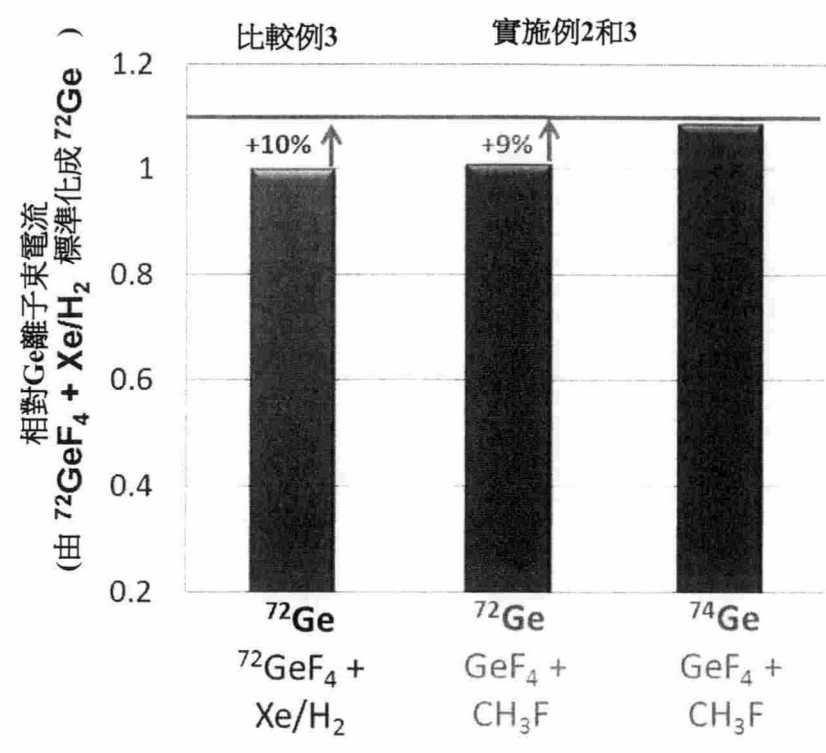
【第 24 項】

如申請專利範圍第 23 項之組成物，其中該任意稀釋劑物種係選自由 H_2 、 N_2 、 He 、 Ne 、 Ar 、 Kr 及 Xe 所組成之群組。

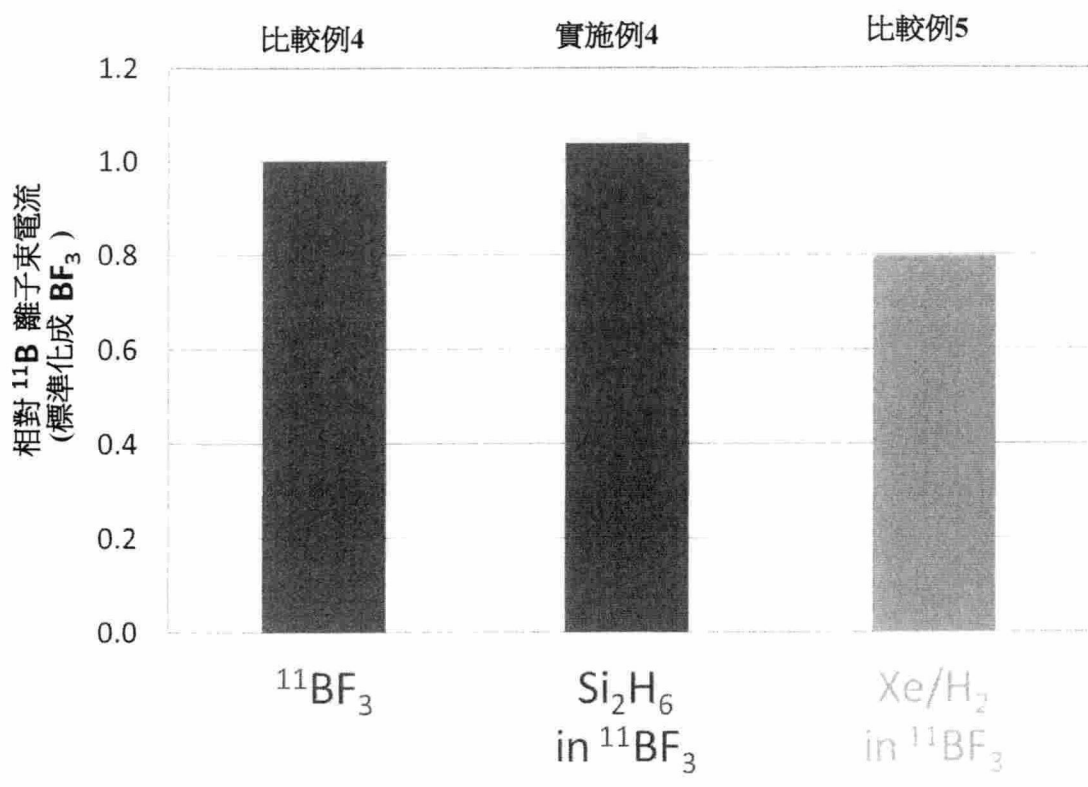
【發明圖式】



第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖