



(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 I488808 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：102122460

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 06 月 25 日

(51)Int. Cl. : C01B33/037 (2006.01)

C30B28/04 (2006.01)

C30B29/06 (2006.01)

(30)優先權：2012/06/25 美國

61/663,865

(71)申請人：希利柯爾材料股份有限公司 (美國) SILICOR MATERIALS INC. (US)
美國

(72)發明人：曼辛尼 保羅 A MANCINI, PAUL A. (CA)

(74)代理人：楊長峯；李國光；張仲謙

(56)參考文獻：

CN 101137577A

WO 2008/110012A1

審查人員：廖學章

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：4 共 37 頁

(54)名稱

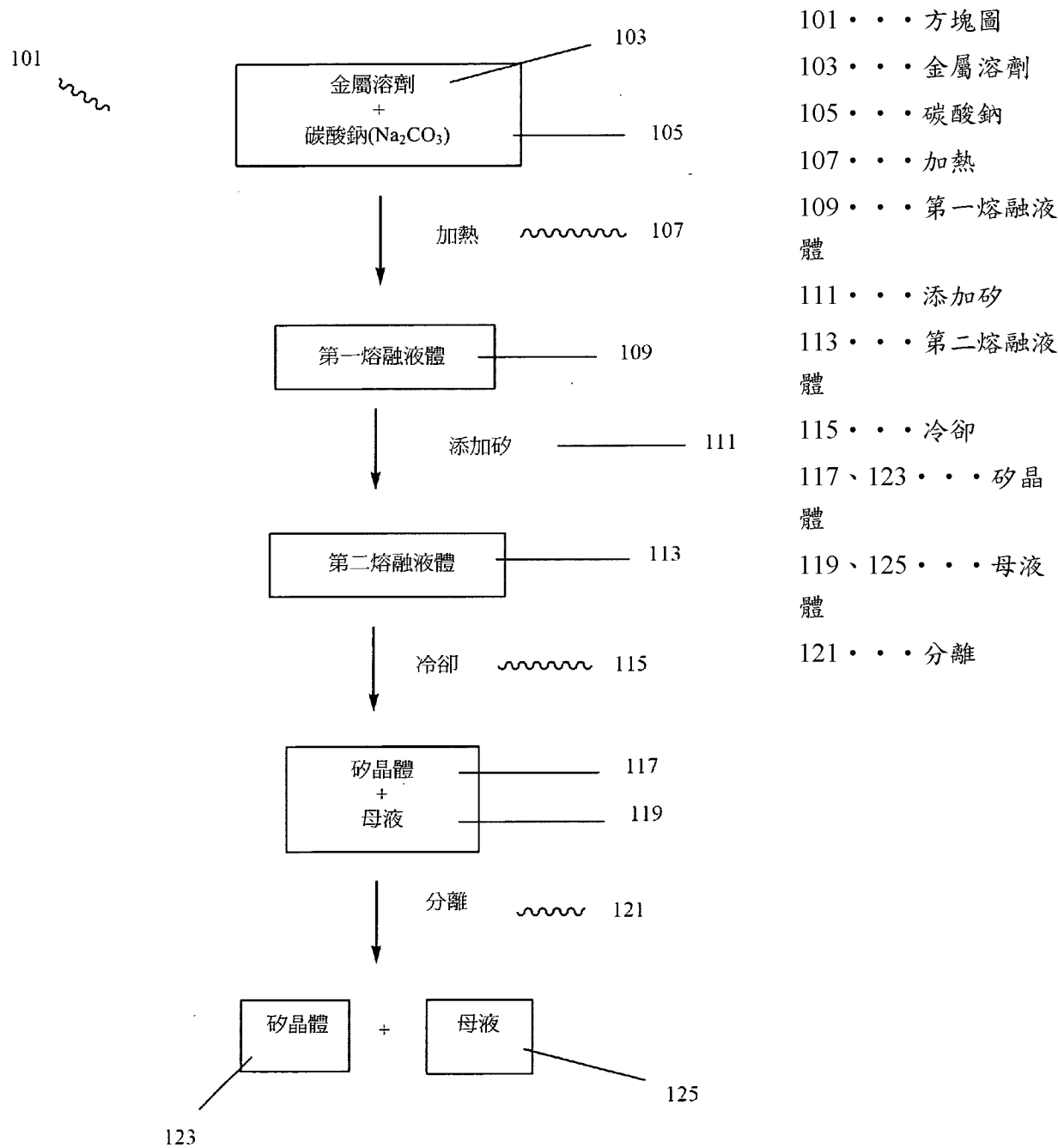
碳酸鈉至金屬溶劑的添加

ADDITION OF SODIUM CARBONATE TO SOLVENT METAL

(57)摘要

本發明提供一種方法，包含：(a)由金屬溶劑及碳酸鈉形成第一熔融液體；(b)將第一熔融液體接觸矽以形成第二熔融液體；(c)將第二熔融液體冷卻以提供矽晶體與母液(mother liquor)；以及(d)將該矽晶體與該母液分開。

The present invention provides for a method that includes: (a) forming a first molten liquid from a solvent metal and sodium carbonate; (b) contacting the first molten liquid with silicon to form a second molten liquid; (c) cooling the second molten liquid to provide silicon crystals and a mother liquor; and (d) separating the silicon crystals from the mother liquor.



第 1 圖



公告本

申請日：102.6.25

IPC分類：C01B33/039

C20B 28/04, 29/06

【發明摘要】

【中文發明名稱】 碳酸鈉至金屬溶劑的添加

【英文發明名稱】 ADDITION OF SODIUM CARBONATE TO SOLVENT METAL

【中文】

本發明提供一種方法，包含：(a) 由金屬溶劑及碳酸鈉形成第一熔融液體；(b) 將第一熔融液體接觸矽以形成第二熔融液體；(c) 將第二熔融液體冷卻以提供矽晶體與母液(mother liquor)；以及(d) 將該矽晶體與該母液分開。

【英文】

The present invention provides for a method that includes: (a) forming a first molten liquid from a solvent metal and sodium carbonate; (b) contacting the first molten liquid with silicon to form a second molten liquid; (c) cooling the second molten liquid to provide silicon crystals and a mother liquor; and (d) separating the silicon crystals from the mother liquor.

【指定代表圖】 第（ 1 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

101 方塊圖

103 金屬溶劑

105 碳酸鈉

107 加熱

109 第一熔融液體

111 添加矽

113 第二熔融液體

115 冷卻

117、123 矽晶體

119、125 母液體

121 分離

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 碳酸鈉至金屬溶劑的添加

【英文發明名稱】 ADDITION OF SODIUM CARBONATE TO SOLVENT METAL

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種碳酸鈉至金屬溶劑的添加。

【先前技術】

【0002】 在用於從分餾固化模具(fractional solidification mould)中之矽晶體移除共晶液體(liquid eutectic)的製程中，大部分的共晶體仍常常會殘餘在冷凍狀態或液態的矽晶體中。移除共晶體存在兩個主要問題。第一，當攜帶液態共晶體固化時，其可與矽晶體形成大塊材料，其無法移動至接續的製程，而是被回收。第二，前進至接續製程的所有被攜帶的共晶體通常被丟棄或被轉換成副產品，其係較共晶體本身更不具價值。

【0003】 爲了減少被攜帶前往接續製程的共晶體量，額外的碳酸鈉助熔劑(sodium carbonate (Na_2CO_3) flux)係添加至鋁熔體中。熔體的高溫導致二氧化碳的釋放，可能遺留氧化鈉。當助熔劑已被完全地與鋁熔體混合時，矽晶體係於融化過程中被加入。此時，來自助熔劑之小量的鈉元素係嵌入至鋁矽熔體。所添加之鈉降低液相及共晶體溫度。共晶體溫度可盡可能地被降低約6 °C。此固化溫度之降低可產生更多的流動液體，且亦有更多的時間來排出模具中的共晶體。

【發明內容】

- 【0004】 本發明提供一種方法，包含 (a) 由碳酸鈉及金屬溶劑形成第一熔融液體；(b) 將第一熔融液體接觸矽，以形成第二熔融液體；(c) 冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液(mother liquor)；以及(d) 將矽晶體與母液分開。
- 【0005】 本發明係提供一種純化 具有含磷值高達約60 ppmw及含硼值高達約15 ppmw之冶金級矽(metallurgical grade silicon)的方法。該方法包含(a) 由碳酸鈉及金屬溶劑形成第一熔融液體，其中金屬溶劑包含鋁；(b) 將第一熔融液體接觸矽，以形成第二熔融液體；(c) 冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液；以及(d) 將矽晶體與母液分開。與母液分開之矽晶體包含小於約4 ppmw之磷。與母液分開之矽晶體包含小於約3000 ppmw之鋁。與矽晶體分開之母液包含至少約1000 ppmw之鋁。
- 【0006】 本發明亦提供一種方法，包含：(a) 由金屬溶劑及氧化鈉形成第一熔融液體；(b) 將第一熔融液體接觸矽，以形成第二熔融液體；(c) 冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液；以及(d) 將矽晶體與母液分開。
- 【0007】 本發明亦提供一種方法，包含：(a) 由金屬溶劑及鈉形成第一熔融液體；(b) 將第一熔融液體接觸矽，以形成第二熔融液體；(c) 冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液；以及(d) 將矽晶體與母液分開。
- 【0008】 在特定的實施例中，本發明之方法係用於純化矽。在其他特定的實施例中，本發明之方法係提供一種將矽晶體與鋁適當的分離之方法。

- 【0009】 除了特定實施例之外，具有額外的鈉來源(例如，碳酸鈉)，大量的共晶體澆滅矽薄片，且隨後酸鹼值產生劇烈的反應。在特定實施例中，本發明之方法改善在各個結晶化過程中之矽晶體的純度。在另外的特定實施例中，本發明之方法降低酸鹼試劑的消耗，且使得鋁酸反應(acid-aluminum reaction)輕易地被控制。由於各個特定批次的矽晶體矽相對地較純，由該些批次再結晶之各個批次亦較純，因此，由於根據本發明之較有效率的分離，由串聯的製程中所產生的矽應變得更純。此外，較大比例的鋁共晶體最後於鋁合金中，其可作為終產物而最後被販售。
- 【0010】 在特定實施例中，本發明之方法降低包含於矽中的磷含量(或值)。在另外特定的實施例中，本發明之方法使用含鈉物質以純化矽。在另外特定的實施例中，本發明之方法使用含鈉物質以降低包含於矽中的磷含量(或值)。
- 【0011】 在特定實施例中，本發明之方法使用含鈉物質以透過金屬溶劑萃取而增加所獲得之母液量。在另外的特定實施例中，本發明之方法使用含鈉物質以降低透過金屬溶劑萃取所獲得之純化矽中的金屬溶劑含量。
- 【0012】 在特定實施例中，本發明之方法降低用於混合矽與金屬溶劑之固相溫度(solidus temperature)。在另外的特定實施例中，本發明之方法使用含鈉物質，其係降低混合矽與金屬溶劑之固相溫度。
- 【0013】 在特定實施例中，本發明之方法將液相線及共晶體化學性質轉移朝向較大的矽濃度，以用於矽與金屬溶劑之混合。在特定實施例

中，本發明之方法使用含鈉物質，其將液相線及共晶體化學性質轉移朝向較大的矽濃度，以用於矽與金屬溶劑之混合。

【圖式簡單說明】

【0014】 第1圖繪示用以由金屬溶劑與碳酸鈉形成熔融液體之方法、及使用熔融液體接觸矽的方塊圖。

【0015】 第2圖繪示用以由金屬溶劑與重碳酸鈉形成熔融液體之方法、及使用熔融液體接觸矽的方塊圖。

【0016】 第3圖繪示用以由金屬溶劑與氧化鈉形成熔融液體之方法、及使用熔融液體接觸矽的方塊圖。

【0017】 第4圖繪示用以由金屬溶劑與鈉形成熔融液體之方法、及使用熔融液體接觸矽的方塊圖。

【實施方式】

【0018】 以下之詳細描述包含參閱附圖，其係形成該些詳細說明之一部分。圖示藉由繪示的方式顯示本發明可實施之特定實施例。該些實施例，其亦於此稱為「範例(example)」，係以足夠的細節描述以使所屬領域具有通常知識者得以據以實施本發明。該些實施例可結合，其他實施例可被應用，或者可在不脫離本發明之範疇下進行結構或邏輯的變化。因此，以下之詳細描述並不違限制意義，且本發明之範疇係由後附申請專利範圍及其等效物所定義。

【0019】 在本說明書中，術語「一(a)」或「一(an)」係用以包含一或多於一個，且術語「或(or)」係表示非排除性的「或(or)」，除非另有標示。此外，將理解的是使用於此之措辭與術語係用於描述之目的而非限制，除非另有定義。再者，所有參閱於此份說明書

之出版物、專利、專利文件係全文併入於此作為參照，如同單獨引用併入。在本書明書與該些併入作為參照之該些文件之間不一致的應用上，併入之參考文件的用途須被認為作為本說明書之補充；針對不可調和之不一致，由本說明書之應用控制。

【0020】 在描述於此之製造方法中，步驟可在不脫離本發明之原則下根據各種目的而進行，除非當明確記載時間或操作順序。列舉於申請專利範圍之第一步驟係執行，接著多個其他步驟可依序地執行，應被認為第一步驟係於任何其他步驟執行前而執行，但其他步驟可以任何合適的順序而執行，除非在其他步驟更記載其他順序。舉例而言，記載「步驟A、步驟B、步驟C、步驟D、以及步驟E」之主張元素應被認為首先執行步驟A，最後執行步驟E，且步驟B、C、D係以任何順序執行於步驟A及E之間，且順序仍係屬於所欲主張製程之文字範疇內。給定之步驟或子步驟亦可重複。

【0021】 再者，特定步驟可同時地執行，除非明確的主張其係獨立地執行。舉例而言，主張之步驟X及主張之步驟Y可同時地於單一操作中進行，且最後的製程將屬於所欲主張製程之文字範疇內。

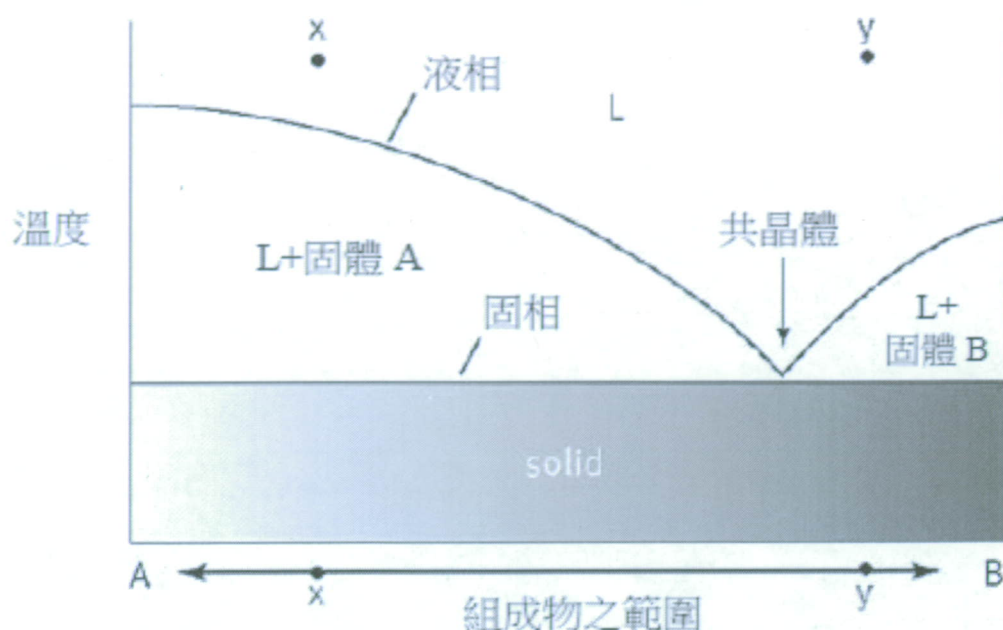
【0022】 定義

【0023】 如此處所使用的，「純化(purifying)」表示將目標物質從一或多種外來或汙染物質中物理性分離。相反地，「雜質(impurities或impurity)」表示不需要的一或多種外來或汙染物質。

【0024】 如此處所使用的，「熔融(molten)」或「熔融液體(molten liquid)」表示一或多種物質一起被熔化。

- 【0025】 如此處所使用的，「熔化(melting)」表示加熱一或多種固體物質至一溫度(稱為熔點)、或該溫度之上之製程，該固體物質係轉變為液體。因此，「熔化(melting)」表示當物質暴露於足夠溫度下從固體轉變為液體。
- 【0026】 如此處所使用的，「碳酸鈉(sodium carbonate)」表示分子式微 Na_2CO_3 之化合物，其碳酸之鈉鹽。
- 【0027】 如此處所使用的，「鋁(aluminum)」表示具有符號為Al且原子序為13的化學元素。該詞彙包含金屬鋁或元素鋁(Al^0)或其合金。鋁將通常被用以作為金屬溶劑。
- 【0028】 如此處所使用的，「金屬溶劑(solvent metal)」表示一或多種金屬或其合金，其於加熱時可有效地溶解矽，產生熔融液體。合適的例示性金屬溶劑包含，例如，鋁、銅、錫、鋅、銻、銀、鉍、鎢、鎳、鎂、鉛、及其合金之至少其中之一。
- 【0029】 如此處所使用的，「合金(alloy)」表示兩種或多種元素之均勻混合物，至少一種為金屬，且其所產生的材料具有金屬的特性。所產生之金屬物質通常與其之組成物具有不同的特性(有時為明顯地不同)。
- 【0030】 如此處所使用的，「固化(solidifying)」表示以低於一溫度(稱為熔點)而冷卻一或多種液體物質(例如熔融液體)成為固體之製程。因此，「固化(solidifying)」表示物質於冷卻時從液體轉變為固體。
- 【0031】 如此處所使用的，「共晶體(eutectic)」表示在合金或其他混合物中組成物之比例產生最低可能的完全熔點。在所有其他比例中

，混合物將不具有均勻的熔點；某些混合物將殘留固體與部分液體。在共晶體中，固相及液相溫度係相同。



【0032】在以上圖表中，物質X包含兩種組成物，A及B(約為80%之A及20%之B)。在液相溫度上(第一固體開始形成之溫度)，兩種組成物皆為液體。當溫度降低至液相溫度時，組成物A開始固化，且殘留的液體在組成物A中變得更少，而在組成物B中變得更多。當溫度降低至固相溫度時，其係與共晶體溫度相同，固體B亦開始形成。在固相溫度以下，整個混合物固化。組合物Y(由約80%之B與20%之A組成)之液體將以相同的方式冷卻，但固體B首先形成。通常，混合物之共晶體比例係通常為全部的固體或全部的液體。參照美國傳統科學辭典(The American Heritage® Science Dictionary)，2010年由霍頓米夫林的哈科特出版公司(Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company)出版。

【0033】如此處所使用的，「固相溫度(solidus)」表示使混合物完全地

變成固體之溫度。

【0034】如此處所使用的，「液相溫度(liquidus)」表示在熱力學平衡下，晶體與熔體共存之最大溫度。在液相溫度以上，材料為均勻且為平衡狀態下的液體。在液相溫度以下，當等待足夠長的時間時，眾多的晶體可形成於熔體中，其係依材料而定。然而，即使在液相溫度以下，透過夠快的冷卻，亦即，透過結晶製程之動能抑制，可獲得均勻的玻璃。

【0035】如此處所使用的，「分離(separating)」表示從另一物質移除一物質的程序(例如，從混合物中移除固體或液體)或從另一部分移除物質的一部分(例如從固體之另一部分移除固體之一部分)。此製程可應用所屬領域具有通常之使者習知的任何技藝，例如，倒出混合物、從混合物中撇去(skimming)一或多種液體、將混合物離心、從混合物中過濾出固體、切除固體一移除其不分、或其組合。分離可為部分或完全分離。

【0036】如此處所使用的，「硼(boron)」表示具有符號為B且原子序為5的化學元素。該詞彙包含元素硼(B^0)以及包含硼之化合物(亦即，包含 B^{3+} 、 B^{2+} 或 B^+ 之含硼化合物)及其組合物。

【0037】如此處所使用的，「磷(phosphorous)」表示具有符號為P且原子序為15的化學元素。該詞彙包含元素磷(P^0)以及包含磷之化合物(亦即，包含 P^{5+} 、 P^{4+} 、 P^{3+} 、 P^{2+} 、 P^+ 、 P^{-1} 、 P^{-2} 或 P^{-3} 之含磷化合物)及其組合物。

【0038】如此處所使用的，「鈉(sodium)」表示具有符號為Na且原子序為11的化學元素。該詞彙包含元素鈉(Na^0)以及包含鈉之化合物(亦

即，包含 Na^+ 或 Na^- 之含鈉化合物)及其組合物。代表性的含鈉化合物包含，例如氧化鈉、碳酸鈉及重碳酸鈉。

- 【0039】 如此處所使用的，「矽(silicon)」表示具有符號為Si且原子序為14的化學元素。該詞彙包含元素矽(Si^0)以及其合金。
- 【0040】 如此處所使用的，「冶金級矽(metallurgical grade silicon)」表示相對純之矽(例如，至少約96.0重量百分比)。
- 【0041】 如此處所使用的，「結晶(crystalline)」包含在固體中規律的原子幾何排列。因此，「結晶矽(silicon crystals)」表示具有在固體狀態中相對規律之矽原子幾何排列。
- 【0042】 如此處所使用的，「由金屬溶劑及碳酸鈉形成第一熔融液體(forming a first molten liquid from a solvent metal and sodium carbonate)」表示第一熔融液體係由金屬溶劑及碳酸鈉形成。第一熔融液體可由該些特定物質(亦即，金屬溶劑及碳酸鈉)的直接引進而形成，或可在其引進後由提供予金屬溶劑及碳酸鈉之任何適合的物質所形成。例如，「由金屬溶劑及碳酸鈉形成第一熔融液體」可包含金屬溶劑及碳酸鈉之直接引進以形成第一熔融液體。或者，「由金屬溶劑及碳酸鈉形成第一熔融液體」可包含金屬溶劑及重碳酸鈉之引進以形成第一熔融液體，其中在引進該些物質之後，重碳酸鈉係轉變為碳酸鈉。因此，「由金屬溶劑及碳酸鈉形成第一熔融液體」包含藉由引進金屬溶劑及碳酸鈉而形成第一熔融液體，同時第一熔融液體亦由引進隨後提供予金屬溶劑及碳酸鈉之物質而形成。
- 【0043】 如此處所使用的，「由金屬溶劑及氧化鈉形成第一熔融液體

(forming a first molten liquid from a solvent metal and sodium oxide)」表示第一熔融液體係由金屬溶劑及氧化鈉形成。第一熔融液體可由該些特定物質(亦即，金屬溶劑及氧化鈉)的直接引進而形成，或可在其引進後由提供予金屬溶劑及氧化鈉之任何適合的物質所形成。例如，「由金屬溶劑及氧化鈉形成第一熔融液體」可包含金屬溶劑及氧化鈉之直接引進以形成第一熔融液體。或者，「由金屬溶劑及氧化鈉形成第一熔融液體」可包含金屬溶劑及碳酸鈉之引進以形成第一熔融液體，其中在引進該些物質之後，碳酸鈉係轉變為氧化鈉。因此，「由金屬溶劑及氧化鈉形成第一熔融液體」包含藉由引進金屬溶劑及氧化鈉而形成第一熔融液體，同時第一熔融液體亦由引進隨後提供予金屬溶劑及氧化鈉之物質而形成。

【0044】如此處所使用的，「由金屬溶劑及鈉形成第一熔融液體(forming a first molten liquid from a solvent metal and sodium)」表示第一熔融液體係由金屬溶劑及鈉形成。第一熔融液體可由該些特定物質(亦即，金屬溶劑及鈉)的直接引進而形成，或可在其引進後由提供予金屬溶劑及鈉之任何適合的物質所形成。例如，「由金屬溶劑及鈉形成第一熔融液體」可包含金屬溶劑及鈉之直接引進以形成第一熔融液體。或者，「由金屬溶劑及鈉形成第一熔融液體」可包含金屬溶劑及氧化鈉之引進以形成第一熔融液體。或者，「由金屬溶劑及鈉形成第一熔融液體」可包含金屬溶劑及碳酸鈉之引進以形成第一熔融液體。或者，「由金屬溶劑及鈉形成第一熔融液體」可包含金屬溶劑及重碳酸鈉之引進以形成第一熔融液體。在上述例子中，元素鈉或含鈉化合物(例如，氧化

鈉、碳酸鈉或重碳酸鈉)係引進且與金屬溶劑一起形成第一熔融液體。此發生在不論元素鈉或含鈉化合物是否化學性地轉換為另一含鈉化合物下發生。因此，「由金屬溶劑及鈉形成第一熔融液體」包含藉由引進金屬溶劑及鈉而形成第一熔融液體，同時第一熔融液體亦由引進隨後提供予金屬溶劑及鈉之物質而形成。

【0045】 如此處所使用的，「接觸(contacting)」表示事實上的碰觸、接觸、或使物質緊密的靠緊。

【0046】 如此處所使用的，「傾析(decanting)」或「傾析法(decantation)」包含澆注流體，留下沉積物或沉澱物，從而將流體從沉積物或沉澱物中分離出來。

【0047】 如此處所使用的，「過濾(filtering)」或「過濾法(filtration)」表示藉由將進料流(feed stream)通過一個多孔片，如陶瓷或金屬膜之從液體中分離出固體的一種機械方法，其能保留固體，並允許液體流過。這可藉由重力、壓力或真空(抽吸)來完成。過濾有效地從液體中分離出沉積物及/或沉澱物。

【0048】 如此處所使用的，「母液(mother liquor)」表示經由結晶後所遺留之液體的一部分。在結晶過程中，固體(通常不純)係於高溫下溶解於溶劑中，藉此，大部分的固體溶解度在高溫時係較高的。當溶液冷卻時，溶劑中溶質的溶解度將通常地變得較小。所獲得之溶液係被描述為過飽和(supersaturated)，意指有過多的溶質溶解於溶劑中，其係超過於此溫度中所預期的溶解度。結晶化作用可接著由此過飽和溶液引發，且藉由例如真空過濾法或離心式分離器等方法而移除所產生的純結晶體。殘餘的液體，一旦結

晶體已被過濾掉，其就成為習知的母液，且將含有原始溶液(於此溫度所預期的溶解度)的一部分，同時任何雜質並未被過濾掉。第二及第三次產出之結晶體可接著從母液中獲得。

【0049】 如此處所使用的，「批量(batch)」或「批量生產(batch production)」表示製造方法，其中問題個體係於一系列的工作站按階段地被製造。

【0050】 如此處所使用的，「連續(continuous)」或「連續生產(continuous production)」表示用於不間斷地製造、生產或處理材料之方法。連續生產被稱為連續製程或連續流水作業，因為將被處理之材料、乾燥散貨貨液體係連續地動作，經歷化學反應或機械或加熱處理。連續通常表示每天操作24小時，每周7天而罕見停產維修，例如，半年或一年。

【0051】 顆粒尺寸係為用於比較固體顆粒之直徑而引進之概念。球形物體之顆粒尺寸可藉由其半徑而明確且定量地被定義。然而，典型的材料物體係可能為矩形或非球形。有許多用於量測顆粒尺寸之方法。該些方法係基於亮度、紅外線、或電場、或重力、或離心。

【0052】 如此處所使用的，「平均直徑(average mean diameter)」為顆粒尺寸的平均，且表示一組顆粒之直徑的平均。

【0053】 如此處所使用的，「氧化鈉(sodium oxide)」表示以化學式 Na_2O 表示之化合物。

【0054】 如此處所使用的，「重碳酸鈉(sodium bicarbonate)」或「碳酸氫鈉(sodium hydrogen carbonate)」表示以化學式 NaHCO_3 表示之化合物。

- 【0055】 如此處所使用的，「原位(in situ)」表示在混合物中，或表示在反應混合物中。
- 【0056】 如此處所使用的，「放出(evolve)」或「放出(evolves)」表示由混合物，例如由液體混合物中生產及/或釋放氣體。
- 【0057】 所屬領域具有通常知識者所需理解的是，物質的混合物係通常藉由該些起始材料或中間產物(例如，金屬溶劑、碳酸鈉及矽)而定性，其係有用於製造混合物。當該些材料可進行實質上的轉換時，包含該些材料與物質之該混合物對於所屬領域具有通常知識者係可接受的且可理解的。舉例而言，熔融液體可由鋁及碳酸鈉所形成。隨後引進該些物質，一或多種該些物質可進行化學及/或物理轉換，例如其可不再明確及字面上的符合歸類為鋁或碳酸鈉之條件。然而，包含鋁及碳酸鈉之混合物係可為所屬領域具有通常知識者所接受及理解的。亦即，相信在以鋁接觸(或形成)熔融液體時，碳酸鈉將分解以提供氧化鈉及二氧化碳。相同地，相信在以鋁接觸(或形成)熔融液體時鈉將分解以提供碳酸鈉(以及二氧化碳)，其將更加分解以提供氧化鈉及二氧化碳。然而，包含鋁及碳酸鈉(或鋁及重碳酸鈉)之熔融液體較佳。
- 【0058】 參閱第1圖，提供方塊圖101，繪示用於由金屬溶劑103及碳酸鈉105形成第一熔融液體109之方法，以及使用第一熔融液體109接觸矽111。具體而言，金屬溶劑103與碳酸鈉105可被加熱107，以有效地形成第一熔融液體109。第一熔融液體109係接觸矽111，以提供第二熔融液體113。第二熔融液體113被冷卻115，以提供矽晶體117與母液119之混合物。矽晶體117與母液119之混合物可接著被分離121，以提供至少部分地被分離之矽晶體123及母液

125。

【0059】參閱第2圖，提供方塊圖201，繪示用於由金屬溶劑203及重碳酸鈉205形成第一熔融液體109之方法，以及使用第一熔融液體209接觸矽211。具體而言，金屬溶劑203與重碳酸鈉205可被加熱207，以有效地形成第一熔融液體209。第一熔融液體209係接觸矽211，以提供第二熔融液體213。第二熔融液體213被冷卻215，以提供矽晶體217與母液219之混合物。矽晶體217與母液219之混合物可接著被分離221，以提供至少部分地被分離之矽晶體223及母液225。

【0060】參閱第3圖，提供方塊圖301，繪示用於由金屬溶劑303及氧化鈉305形成第一熔融液體309之方法，以及使用第一熔融液體309接觸矽311。具體而言，金屬溶劑303與氧化鈉305可被加熱307，以有效地形成第一熔融液體309。第一熔融液體309係接觸矽311，以提供第二熔融液體313。第二熔融液體313被冷卻315，以提供矽晶體317與母液319之混合物。矽晶體317與母液319之混合物可接著被分離321，以提供至少部分地被分離之矽晶體323及母液325。

【0061】參閱第4圖，提供方塊圖401，繪示用於由金屬溶劑403及鈉405形成第一熔融液體409之方法，以及使用第一熔融液體409接觸矽411。具體而言，金屬溶劑403與鈉405可被加熱407，以有效地形成第一熔融液體409。第一熔融液體409係接觸矽411，以提供第二熔融液體413。第二熔融液體413被冷卻415，以提供矽晶體417與母液419之混合物。矽晶體417與母液419之混合物可接著被分離421，以提供至少部分地被分離之矽晶體423及母液425。

- 【0062】 金屬溶劑103可接觸碳酸鈉105。共同地，該些物質可被加熱107以形成第一熔融液體109。或者(未顯示)，金屬溶劑103可被加熱107以形成金屬熔融液體，且碳酸鈉105可被添加至金屬熔融液體以提供第一熔融液體109。
- 【0063】 金屬溶劑203可接觸重碳酸鈉205。共同地，該些物質可被加熱207以形成第一熔融液體209。或者(未顯示)，金屬溶劑203可被加熱207以形成金屬熔融液體，且重碳酸鈉205可被添加至金屬熔融液體以提供第一熔融液體209。
- 【0064】 金屬溶劑303可接觸氧化鈉305。共同地，該些物質可被加熱307以形成第一熔融液體309。或者(未顯示)，金屬溶劑303可被加熱307以形成金屬熔融液體，且氧化鈉305可被添加至金屬熔融液體以提供第一熔融液體309。
- 【0065】 金屬溶劑403可接觸鈉405。共同地，該些物質可被加熱407以形成第一熔融液體409。或者(未顯示)，金屬溶劑403可被加熱407以形成金屬熔融液體，且鈉405可被添加至金屬熔融液體以提供第一熔融液體409。
- 【0066】 加熱(107、207、307或407)可於適當的狀況下(例如，以任何合適的方法，使用任何合適的容器及加熱裝置，以任何合適的時間，以及以任何合適的速率)執行，提供之第一熔融液體(109、209、309或409)係有效率地獲得。例如，加熱(107、207、307或407)可被執行，以達到將有效地形成第一熔融液體(109、209、309或409)之溫度。例如，溫度可為至少約650 °C。
- 【0067】 矽(111、211、311或411)可接觸第一熔融液體(109、209、309或

409)。或者(未顯示)，矽(111、211、311或411)可接觸金屬溶劑(103、203、303或403)，且其可共同地被加熱以形成熔融液體。此熔融液體可被添加至碳酸鈉105、重碳酸鈉205、氧化鈉305或鈉405。或者(未顯示)，矽(111、211、311或411)可接觸金屬溶劑(103、203、303或403)及碳酸鈉105、重碳酸鈉205、氧化鈉305或鈉405。共同地，該些物質可被加熱，以形成熔融液體(109、209、309或409)。不論特定方法，其中形成第二熔融液體(113、213、313或413)，第二熔融液體(113、213、313或413)係被冷卻(115、215、315或415)，以有效地提供矽結晶(117、217、317或417)及母液(229、219、319或419)。

【0068】 冷卻(115、215、315或415)可於合適的條件下(以任何合適的方法，使用任何合適的容器及加熱裝置，以任何合適的時間，以及以任何合適的速率)執行，提供之矽結晶體(117、217、317或417)及母液(229、219、319或419)係獲得。舉例而言，冷卻(115、215、315或415)可於室溫(約20 °C)下執行，於一段較長的時間。或者，冷卻(115、215、315或415)可於高於固相溫度之溫度下執行。更特別地是，冷卻(115、215、315或415)可於固相溫度及液相溫度之間之溫度執行。

【0069】 藉由冷卻(115、215、315或415) 第二熔融液體(113、213、313或413)所形成之矽結晶體(117、217、317或417)及母液(229、219、319或419)之混合物可被分離(121、221、321或421)，以提供矽晶體(123、223、323或423)及母液(125、225、325或425)。分離(121、221、321或421)可為部分或完全分離。分離(121、221、321或421)可於合適的條件下(例如，以任何適合的方法，

使用任何合適的裝置)而進行，提供矽晶體(123、223、323或423)及母液(125、225、325或425)被獲得。舉例而言，分離(121、221、321或421)可使用 傾析(decanting)混合物、撇去(skimming)混合物中一或多種液體、將混合物離心、由混合物中過濾出固體、切除固體以移除其部分、或其結合。

【0070】 以下提供之特定的範圍、值、及實施例係僅用於說明目的而非另外限制由申請專利範圍所定義之揭露的專利標的範疇。以下描述之特定的範圍、值、及實施例涵蓋各揭露範圍、值、及實施例的所有結合及次結合，不論是否明確說明。

【0071】 特定的範圍、值、及實施例

【0072】 在特定實施例中，於此描述之方法係應用於純化矽。在另外之特定實施例中，該方法係用於純化冶金級(metallurgical grade, MG)矽。在另外之特定實施例中，該方法係用於純化 精煉冶金級 (upgraded metallurgical grade, UMG)矽。

【0073】 在另外之特定實施例中，該方法係用於純化 具有含磷值高達約80 ppmw、高達約60 ppmw或高達約40 ppmw之冶金級 矽。在另外之特定實施例中，該方法係用於純化 具有含硼值高達約30 ppmw、高達約15 ppmw或高達約10 ppmw之冶金級矽。

【0074】 在特定實施例中，於此描述之方法係用以獲得純化的矽，其係至少部分地從磷中純化。在另外之特定實施例中，該方法係用以獲得純化的矽，其係至少部分地從磷中純化，因而使純化的矽包含少於8 ppmw之磷、少於4 ppmw之磷、少於3 ppmw之磷、或少於2 ppmw之磷。

- 【0075】 在特定實施例中，於此描述之方法係用以獲得純化的矽，其係包含相對較少量的鋁，即使當鋁係被應用為金屬溶劑。在另外之特定實施例中，於此描述之方法係用以獲得純化的矽，其包含少於5000 ppmw之鋁。在另外之特定實施例中，於此描述之方法係用以獲得純化的矽，其包含少於3000 ppmw之鋁。在另外之特定實施例中，於此描述之方法係用以獲得純化的矽，其包含少於1500 ppmw之鋁。
- 【0076】 在特定實施例中，於此描述之方法係用以由母液中獲得純化的矽。在另外之特定實施例中，母液包含足夠且可評估的量之金屬溶劑。在另外之特定實施例中，母液包含至少約500 ppmw之金屬溶劑。在另外之特定實施例中，母液包含至少約1000 ppmw之金屬溶劑。在另外之特定實施例中，母液包含至少約2500 ppmw之金屬溶劑。在另外之特定實施例中，母液包含至少約5000 ppmw之金屬溶劑。在另外之特定實施例中，母液包含至少約10000 ppmw之金屬溶劑。
- 【0077】 在另外之特定實施例中，母液包含足夠且可評估的量之鋁。在另外之特定實施例中，母液包含至少約500 ppmw之鋁。在另外之特定實施例中，母液包含至少約1000 ppmw之鋁。在另外之特定實施例中，母液包含至少約2500 ppmw之鋁。在另外之特定實施例中，母液包含至少約5000 ppmw之鋁。在另外之特定實施例中，母液包含至少約10000 ppmw之鋁。
- 【0078】 在特定實施例中，金屬溶劑包含 銅、錫、鋅、銻、銀、鉍、鋁、鎘、鎳、鎂、鉛、及其合金之至少其中之一。 在另外之特定實施例中，金屬溶劑包含鋁及 銅、錫、鋅、銻、銀、鉍、

鎘、鎳、銻、鎂、鉛、及其合金之至少其中之一。在另外之特定實施例中，金屬溶劑包含鋁。

【0079】 在特定實施例中，金屬溶劑係以佔第一熔融液體至少約90重量百分比之量。在另外之特定實施例中，金屬溶劑係佔第一熔融液體至少約95重量百分比之量。在另外之特定實施例中，金屬溶劑係佔第一熔融液體至少約99重量百分比之量。

【0080】 在特定實施例中，鋁係使用作為金屬溶劑且係佔第一熔融液體至少約90重量百分比的量。在另外之特定實施例中，鋁係使用作為金屬溶劑且係佔第一熔融液體至少約95重量百分比的量。在另外之特定實施例中，鋁係使用作為金屬溶劑且係佔第一熔融液體至少約99重量百分比的量。

【0081】 在特定實施例中，含鈉物質係佔第一熔融液體至少約0.01重量百分比之量。在另外之特定實施例中，含鈉物質係佔第一熔融液體至少約0.10重量百分比之量。在另外之特定實施例中，含鈉物質係佔第一熔融液體至少約0.20重量百分比之量。在另外之特定實施例中，含鈉物質係佔第一熔融液體至少約0.30重量百分比之量。

【0082】 在特定實施例中，碳酸鈉係佔第一熔融液體至少約0.01重量百分比之量。在另外之特定實施例中，碳酸鈉係佔第一熔融液體至少約0.10重量百分比之量。在另外之特定實施例中，碳酸鈉係佔第一熔融液體至少約0.30重量百分比之量。

【0083】 在特定實施例中，係使用金屬溶劑與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比含鈉物質為約10000:1至約100:1。在另外

之特定實施例中，係使用金屬溶劑與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比含鈉物質為約5000:1至約500:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比含鈉物質為約2500:1至約750:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比含鈉物質為約1000:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比含鈉物質為約500:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比含鈉物質為約1000:3。

【0084】 在特定實施例中，係使用鋁與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，鋁比含鈉物質為約10000:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用鋁與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，鋁比含鈉物質為約5000:1至約500:1。在另外之特定實施例中，係使用鋁與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，鋁比含鈉物質為約2500:1至約500:1。在另外之特定實施例中，係使用鋁與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，鋁比含鈉物質為約1000:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用鋁與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，鋁比含鈉物質為約500:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用鋁與含鈉物質，例如，根據另外的重量比，鋁比含鈉物質為約1000:3。

【0085】 在特定實施例中，係使用金屬溶劑與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比重碳酸鈉為約10000:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與重碳酸鈉，例如，根據另外

的重量比，金屬溶劑比重碳酸鈉為約5000:1至約500:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比重碳酸鈉為約2500:1至約750:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比重碳酸鈉為約1000:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比重碳酸鈉為約500:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用金屬溶劑與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，金屬溶劑比重碳酸鈉為約1000:3。

【0086】 在特定實施例中，係使用鈉與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，鈉比重碳酸鈉為約10000:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用鈉與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，鈉比重碳酸鈉為約5000:1至約500:1。在另外之特定實施例中，係使用鈉與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，鈉比重碳酸鈉為約2500:1至約750:1。在另外之特定實施例中，係使用鈉與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，鈉比重碳酸鈉為約1000:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用鈉與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，鈉比重碳酸鈉為約500:1至約100:1。在另外之特定實施例中，係使用鈉與重碳酸鈉，例如，根據另外的重量比，鈉比重碳酸鈉為約1000:3。

【0087】 在特定實施例中，於此所述之方法係提供以用於純化矽，以晶體或片狀的形式。在另外的特定實施例中，於此所述之方法係提供用於矽結晶，其具有至少約0.1公分之平均直徑。在另外的特定實施例中，於此所述之方法係提供用於矽結晶，其具有至少約

0.25公分之平均直徑。在另外的特定實施例中，於此所述之方法係提供用於矽結晶，其具有至少約0.5公分之平均直徑。在另外的特定實施例中，於此所述之方法係提供用於矽結晶，其具有至少約0.75公分之平均直徑。在另外的特定實施例中，於此所述之方法係提供用於矽結晶，其具有至少約1.0公分之平均直徑。

【0088】 在特定實施例中，於此所述之方法係提供用以純化商業規模之矽。在另外的特定實施例中，於此所述之方法係提供至少約150公斤之純化矽、至少約240公斤之純化矽、或至少約500公斤之純化矽。

【0089】 在特定實施例中，於此所述之方法係以批次方法或方式而進行。在其他的實施立中，於此所述的方法係以連續方法或方式而進行。

【0090】 在特定實施例中，任何一個或多個步驟係獨立地進行一次或多次。在另外的特定實施例中，各個步驟係獨立地進行一次或多次。在另外的特定實施例中，任何一個或多個步驟係獨立地重複一次或多次。在另外的特定實施例中，各個步驟係獨立地重複一次或多次。

【0091】 在特定實施例中，碳酸鈉係用以形成具有金屬溶劑之熔融液體。在另外的特定實施例中，碳酸鈉係接觸熔融金屬溶劑。在另外的特定實施例中，碳酸鈉係接觸金屬溶劑，且一起被加熱以形成熔融液體。在另外的特定實施例中，碳酸鈉係接觸金屬溶劑與矽之熔融混合物。在另外的特定實施例中，碳酸鈉係接觸金屬溶劑與矽，且一起被加熱以形成熔融液體。

【0092】 在特定實施例中，係使用含鈉物質以形成具有金屬溶劑之熔融液體。在另外的特定實施例中，含鈉物質係接觸熔融金屬溶劑。在形成或接觸熔融金屬溶劑之後，含鈉物質係化學性地分解以提供碳酸鈉、氧化鈉、二氧化碳或其結合。

【0093】 在特定實施例中，氧化鈉係由含鈉物質的引進而原位(in situ)形成。在另外的特定實施例中，氧化鈉係由碳酸鈉的引進而原位形成。在另外的特定實施例中，氧化鈉係由重碳酸鈉的引進而原位形成。

● 【0094】 在特定實施例中，碳酸鈉係由含鈉物質的引進而原位形成。在另外的特定實施例中，碳酸鈉係由重碳酸鈉的引進而原位形成。

【0095】 在特定實施例中，含鈉物質的引進或添加從熔融液體放出或釋出氣體。在另外的特定實施例中，含鈉物質的引進或添加從熔融液體放出或釋出二氧化碳。在另外的特定實施例中，碳酸鈉的引進或添加從熔融液體放出或釋出二氧化碳。在另外的特定實施例中，重碳酸鈉的引進或添加從熔融液體放出或釋出二氧化碳。

● 【0096】 以下提供之列舉特定實施例[1]至[30]係僅用於描述之目的，而並非限制如同申請專利範圍定義之所揭露申請標的之範疇。此些列舉的實施例涵蓋其中所述之所有組合、次組合及加成引用(多重附屬)組合。

【0097】 列舉範例

【0098】 [1] 一種方法，包含

(a) 由金屬溶劑及碳酸鈉形成第一熔融液體；

- (b) 將第一熔融液體接觸矽，以形成第二熔融液體；
- (c) 冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液；以及
- (d) 將矽晶體與母液分開。

【0099】 [2] 一種用於純化含磷值高達約60 ppmw及含硼值高達約15 ppmw之冶金級矽的方法，該方法包含：

- (a) 由金屬溶劑及碳酸鈉形成第一熔融液體，其中金屬溶劑包含鋁；
- (b) 將第一熔融液體接觸矽，以形成第二熔融液體；
- (c) 冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液；以及
- (d) 將矽晶體與母液分開；

其中與母液分離之矽晶體包含少於約4 ppmw之磷；

其中與母液分離之矽晶體包含少於約3000 ppmw之鋁；以及

其中與矽晶體分離之母液包含至少約1000 ppmw之鋁。

1. [3] 一種方法，包含

- (a) 由金屬溶劑及氧化鈉形成第一熔融液體；
- (b) 將第一熔融液體接觸矽，以形成第二熔融液體；
- (c) 冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液；以及
- (d) 將矽晶體與母液分開。

- 【0100】 [4] 一種方法，包含
- (a) 由金屬溶劑及鈉形成第一熔融液體；
 - (b) 將第一熔融液體接觸矽，以形成第二熔融液體；
 - (c) 冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液；以及
 - (d) 將矽晶體與母液分開。
- 【0101】 [5] 如實施例[1]及[3]~[4]之任一項所述之方法，其係用於純化矽之方法。
- 【0102】 [6] 如實施例[1]及[3]~[4]之任一項所述之方法，其係用於純化矽之方法，其中矽晶體係至少部分地由磷所純化。
- 【0103】 [7] 如實施例[1]及[3]~[4]及[6]之任一項所述之方法，其中接觸第一熔融液體之矽係為冶金級矽。
- 【0104】 [8] 如實施例[1]及[3]~[4]及[6]~[7]之任一項所述之方法，其中接觸第一熔融液體之矽係為冶金級矽，具有高達約60 ppmw之含磷值。
- 【0105】 [9] 如實施例[1]及[3]~[4]及[6]~[8]之任一項所述之方法，其中接觸第一熔融液體之矽係為冶金級矽，具有高達約15 ppmw之含硼值。
- 【0106】 [10] 如實施例[1]及[3]~[4]及[6]~[9]之任一項所述之方法，其中與母液分離之矽晶體包含少於約4 ppmw之磷。
- 【0107】 [11] 如實施例[1]及[3]~[4]及[6]~[10]之任一項所述之方法，其中與母液分離之矽晶體包含少於約3 ppmw之磷。

- 【0108】 [12] 如實施例[1]及[3]~[4]及[6]~[11]之任一項所述之方法，其中金屬溶劑包含銅、錫、鋅、銻、銀、鉍、鋁、鎘、鎳、鎂、鉛、及其合金之至少其中之一。
- 【0109】 [13] 如實施例[1]及[3]~[4]及[6]~[12]之任一項所述之方法，其中金屬溶劑包含鋁。
- 【0110】 [14] 如實施例[1]~[13]之任一項所述之方法，其中金屬溶劑包含鋁，且係佔第一熔融液體約99.70重量百分比之量。
- 【0111】 [15] 如實施例[1]~[14]之任一項所述之方法，其中碳酸鈉係佔第一熔融液體約0.30重量百分比之量。
- 【0112】 [16] 如實施例[1]~[15]之任一項所述之方法，其中第一熔融液體係以約1200：1000之矽比第一熔融液體的重量比例而接觸矽。
- 【0113】 [17] 如實施例[1]~[16]之任一項所述之方法，其中冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液係於高於固相溫度之溫度下而進行。
- 【0114】 [18] 如實施例[1]~[17]之任一項所述之方法，其中冷卻第二熔融液體以提供矽晶體及母液係於介於固相溫度與液相溫度之溫度下而進行。
- 【0115】 [19] 如實施例[1]~[18]之任一項所述之方法，其中與母液分離之矽晶體包含少於約3000 ppmw之鋁。
- 【0116】 [20] 如實施例[1]~[19]之任一項所述之方法，其中與母液分離之矽晶體包含少於約1500 ppmw之鋁。
- 【0117】 [21] 如實施例[1]~[20]之任一項所述之方法，其中獲得至少約240公斤的矽晶體。

- 【0118】 [22] 如實施例[1]~[21]之任一項所述之方法，其中任何一個或多的步驟(a)至步驟(d)係重複一次或多次。
- 【0119】 [23] 如實施例[1]~[22]之任一項所述之方法，其中各個步驟(a)至步驟(d)係獨立地重複一次或多次。
- 【0120】 [24] 如實施例[1]~[23]之任一項所述之方法，係以批次或連續方式而進行。
- 【0121】 [25] 如實施例[1]~[24]之任一項所述之方法，其中母液包含至少約1000 ppmw的鋁。
- 【0122】 [26] 如實施例[1]~[25]之任一項所述之方法，其中矽晶體具有約至少約0.5公分的平均直徑。
- 【0123】 [27] 如實施例[1]~[26]之任一項所述之方法，其中氧化鈉係由碳酸鈉而原位形成。
- 【0124】 [28] 如實施例[1]~[27]之任一項所述之方法，其中碳酸鈉係原位形成。
- 【0125】 [29] 如實施例[1]~[28]之任一項所述之方法，其中碳酸鈉係由重碳酸鈉而原位形成。
- 【0126】 [30] 如實施例[1]~[29]之任一項所述之方法，其中碳酸鈉由第一熔融液體放出或釋出二氧化碳。

【符號說明】

101、201、301、401 方塊圖

103、203、303、403 金屬溶劑

105 碳酸鈉

205 重碳酸鈉

305、405 氧化鈉

107、207、307、407 加熱

109、209、309、409 第一熔融液體

111、211、311、411 添加矽

113、213、313、413 第二熔融液體

115、215、315、415 冷卻

117、123、217、223、317、323、417、423 矽晶體

119、125、219、225、319、325、419、425 母液體

121、221、321、421 分離

【主張利用生物材料】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】
無

【發明申請專利範圍】

- 【第1項】 一種用於純化矽的方法，包含：
- (a) 由碳酸鈉及包含銅、錫、鋅、銻、銀、鉍、鋁、鎘、鎳、鎂、鉛、及其合金之至少其中之一的金屬溶劑形成一第一熔融液體，其中在該第一熔融液體中該金屬溶劑對該碳酸鈉的重量比為約1000:1至約100:1；
 - (b) 將該第一熔融液體接觸具有含磷值高達約60 ppmw及含硼值高達約15 ppmw之冶金級矽，以形成一第二熔融液體；
 - (c) 冷卻該第二熔融液體以提供一矽晶體及一母液；以及
 - (d) 將該矽晶體與該母液分開。
- 【第2項】 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該金屬溶劑包含鋁，且佔該第一熔融液體約99.70重量百分比之量。
- 【第3項】 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該碳酸鈉佔該第一熔融液體約0.30重量百分比之量。
- 【第4項】 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中與該母液分開之該矽晶體包含小於約3000 ppmw之鋁。
- 【第5項】 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中步驟(a)至步驟(d)中之任何一或多個被重複一次或多次。
- 【第6項】 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該母液包含至少約1000 ppmw之鋁。
- 【第7項】 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該矽晶體具有至少約0.5公分之平均直徑。

【第8項】 一種純化具有含磷值高達約60 ppmw及含硼值高達約15 ppmw之冶金級矽之方法，該方法包含：

- (a) 由一金屬溶劑及碳酸鈉形成一第一熔融液體，其中該金屬溶劑包含鋁，其中在該第一熔融液體中該金屬溶劑對該碳酸鈉的重量比為約1000:1至約100:1；
- (b) 將該第一熔融液體接觸矽以形成一第二熔融液體；
- (c) 將該第二熔融液體冷卻以提供一矽晶體與一母液；以及
- (d) 將該矽晶體與該母液分開；

其中該矽晶體包含小於約4 ppmw之磷以及小於約3000 ppmw之鋁；且

其中該母液包含至少約1000 ppmw之鋁。

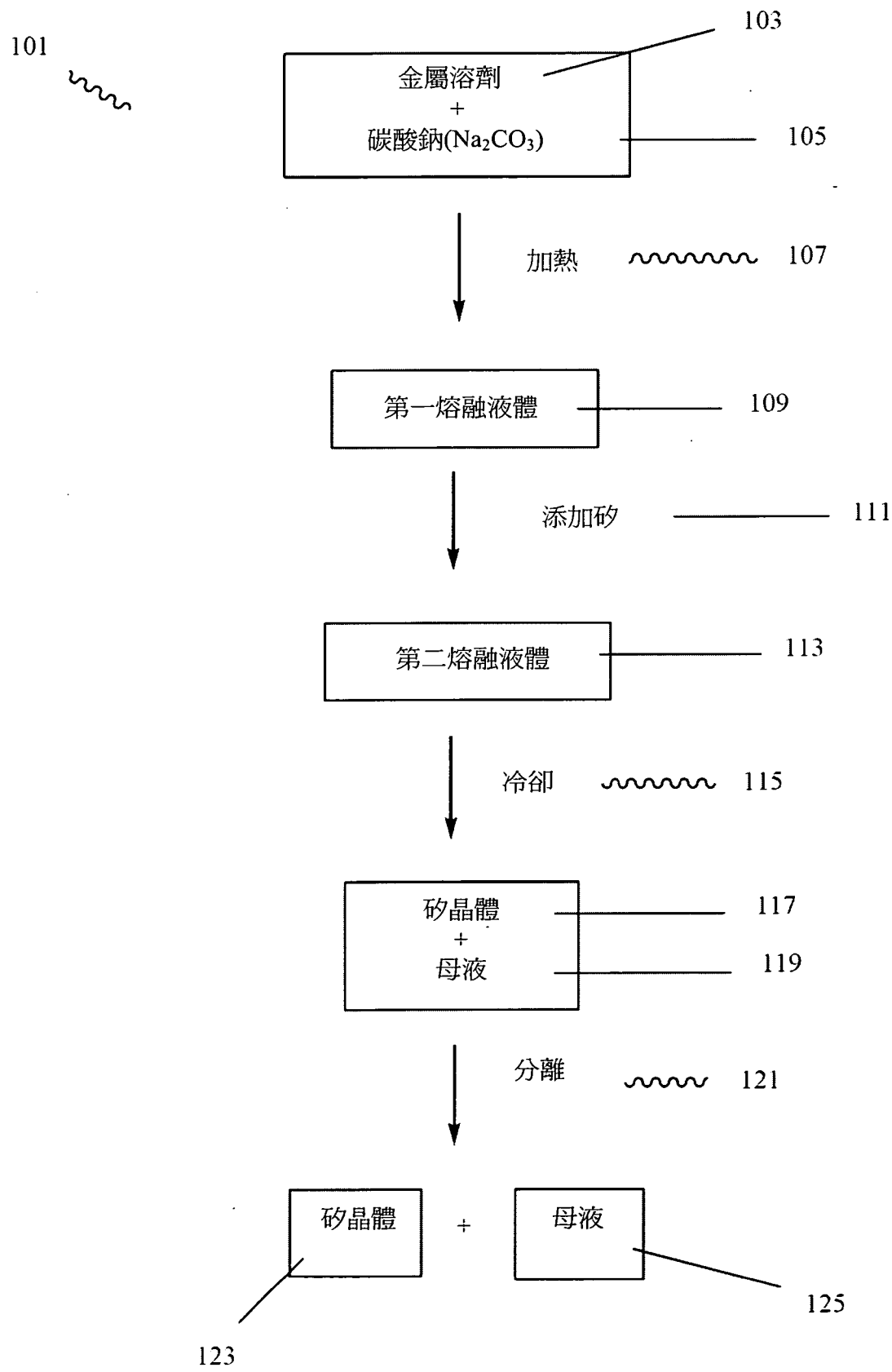
【第9項】 一種方法，包含：

- (a) 由一金屬溶劑及氧化鈉形成一第一熔融液體，其中在該第一熔融液體中該金屬溶劑對該氧化鈉的重量比為約1000:1至約100:1；
- (b) 將該第一熔融液體接觸矽以形成一第二熔融液體；
- (c) 將該第二熔融液體冷卻以提供一矽晶體與一母液；以及
- (d) 將該矽晶體與該母液分開。

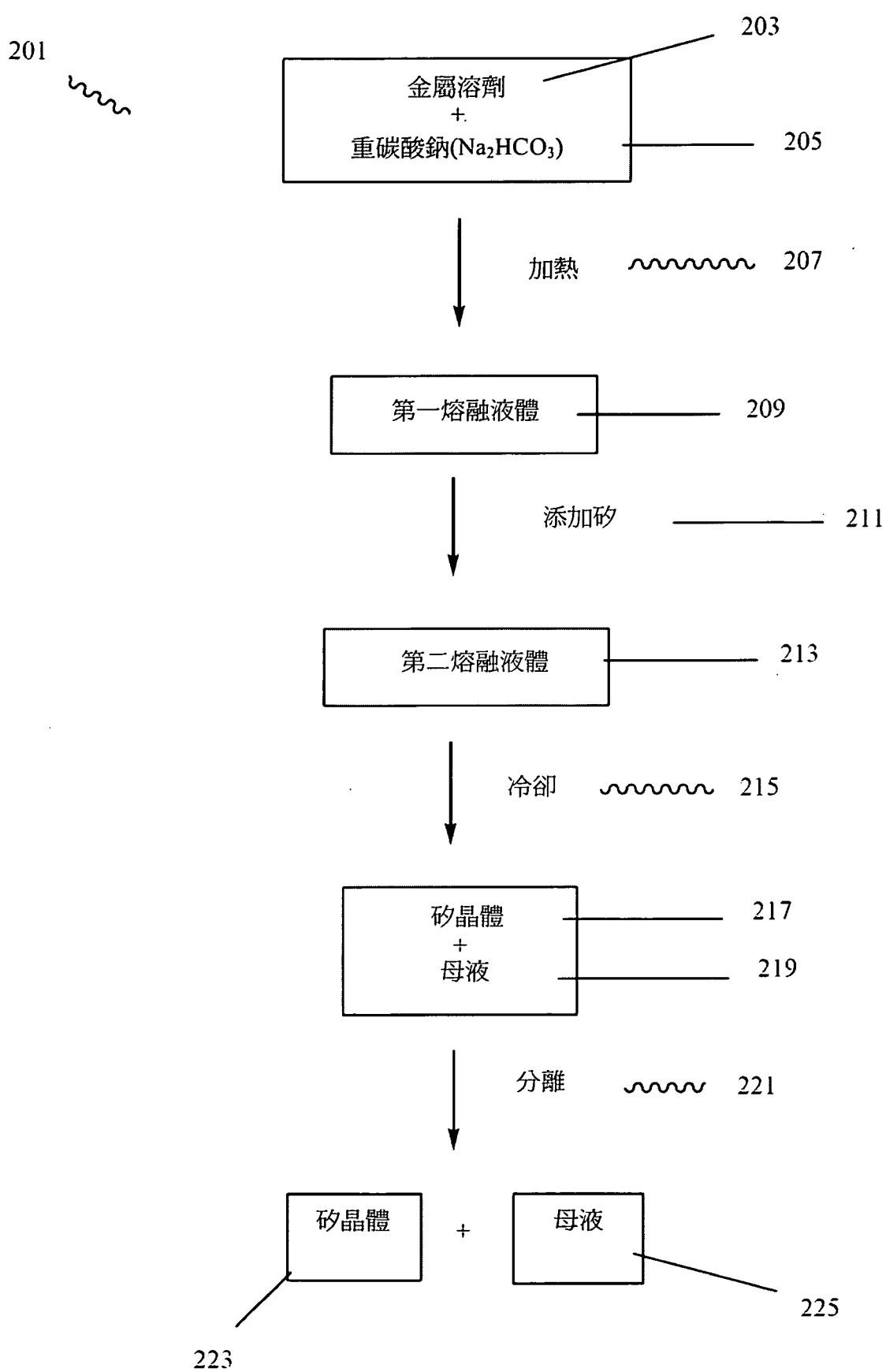
【第10項】 一種方法，包含：

- (a) 由一金屬溶劑及鈉形成一第一熔融液體，其中在該第一熔融液體中該金屬溶劑對該鈉的重量比為約1000:1至約100:1；
- (b) 將該第一熔融液體接觸矽以形成一第二熔融液體；
- (c) 將該第二熔融液體冷卻以提供一矽晶體與一母液；以及
- (d) 將該矽晶體與該母液分開。

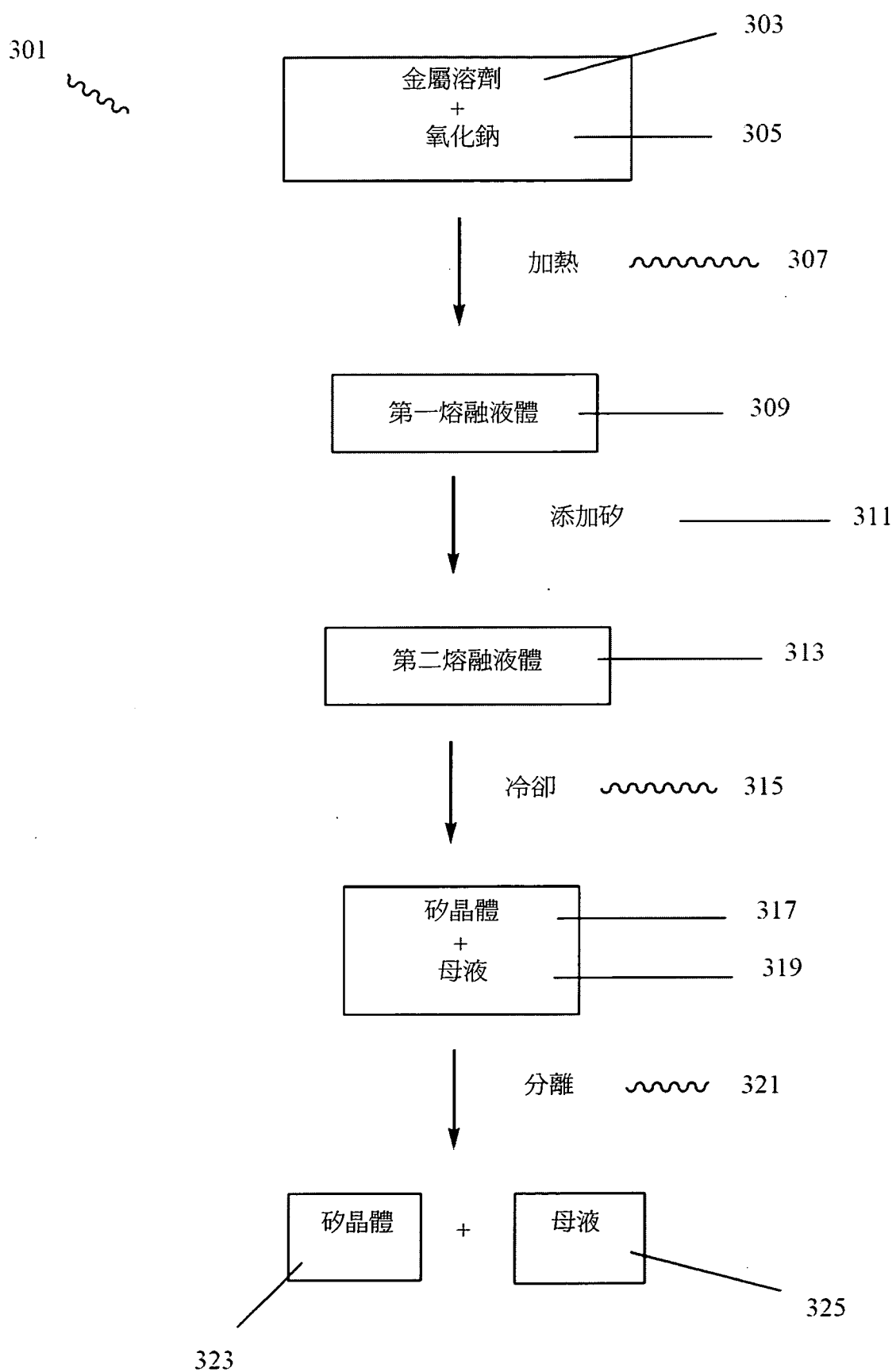
【發明圖式】



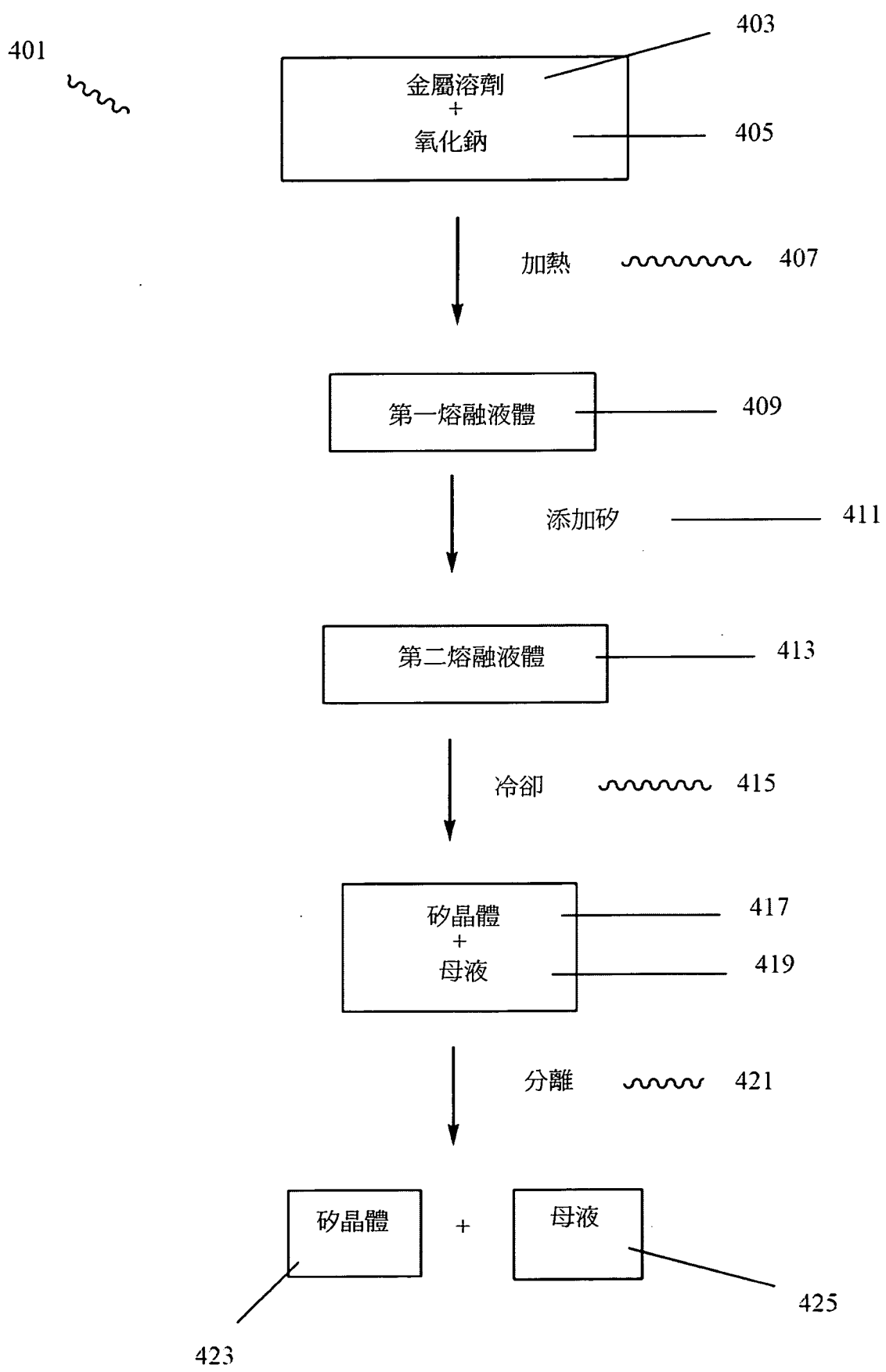
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖