



(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 I883513 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 05 月 11 日

(21)申請案號：112131195

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 08 月 18 日

(51)Int. Cl. : C01B32/956 (2017.01)

C30B23/00 (2006.01)

C30B29/36 (2006.01)

(30)優先權：2022/08/22 南韓

10-2022-0104819

(71)申請人：南韓商賽尼克股份有限公司(南韓) SENIC INC. (KR)

南韓

(72)發明人：朴鍾輝 PARK, JONG HWI (KR)；甄明玉 KYUN, MYUNG OK (KR)

(74)代理人：卓俊傑；鮑亞嵐；卓孟儀

(56)參考文獻：

JP 2018-104216A

審查人員：鄭詠文

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 81 頁

(54)名稱

碳化矽粉末、其製造方法和使用其製造碳化矽晶圓的方法

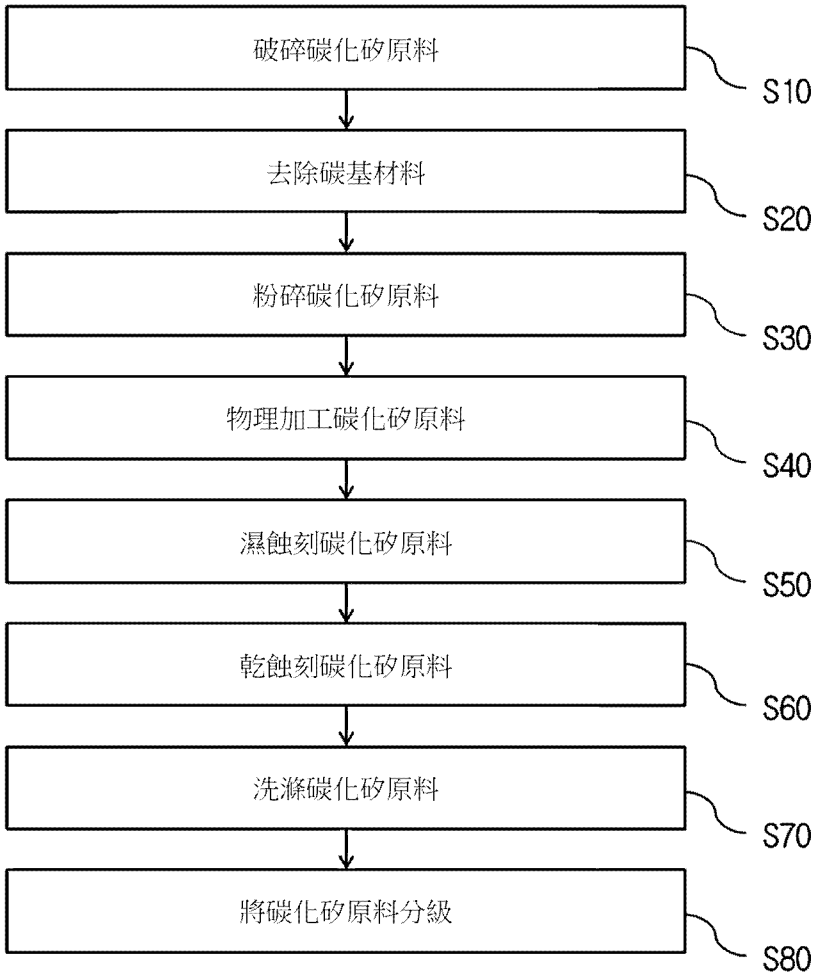
(57)摘要

本發明涉及碳化矽粉末、其製造方法和使用其製造碳化矽晶圓的方法。公開了包括包含碳和矽的碳化矽顆粒的碳化矽粉末，其中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為 10 wt%或更小。還公開了製造碳化矽粉末的方法以及製造碳化矽晶圓的方法。

The present invention relates to silicon carbide powder, method for manufacturing the same and method for manufacturing silicon carbide wafer using the same. Disclosed is a silicon carbide powder that includes silicon carbide particles including carbon and silicon, wherein a mass ratio of silicon carbide particles having a particle diameter of less than 50 μm after sonication is 10 wt% or less. Also disclosed is a method of manufacturing a silicon carbide powder and a method of manufacturing a silicon carbide wafer.

指定代表圖：

符號簡單說明：
S10、S20、S30、
S40、S50、S60、
S70、S80:步驟



【圖1】



I883513

【發明摘要】

【中文發明名稱】 碳化矽粉末、其製造方法和使用其製造碳化矽晶圓的方法

【英文發明名稱】 SILICON CARBIDE POWDER, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME AND METHOD FOR MANUFACTURING SILICON CARBIDE WAFER USING THE SAME

【中文】本發明涉及碳化矽粉末、其製造方法和使用其製造碳化矽晶圓的方法。公開了包括包含碳和矽的碳化矽顆粒的碳化矽粉末，其中，超聲處理後具有的粒徑小於50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為10 wt%或更小。還公開了製造碳化矽粉末的方法以及製造碳化矽晶圓的方法。

【英文】 The present invention relates to silicon carbide powder, method for manufacturing the same and method for manufacturing silicon carbide wafer using the same. Disclosed is a silicon carbide powder that includes silicon carbide particles including carbon and silicon, wherein a mass ratio of silicon carbide particles having a particle diameter of less than 50 μm after sonication is 10 wt% or less. Also disclosed is a method of manufacturing a silicon carbide powder and a method of manufacturing a silicon carbide wafer.

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

S10、S20、S30、S40、S50、S60、S70、S80:步驟

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 碳化矽粉末、其製造方法和使用其製造碳化矽晶圓的方法

【英文發明名稱】 SILICON CARBIDE POWDER, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME AND METHOD FOR MANUFACTURING SILICON CARBIDE WAFER USING THE SAME

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種碳化矽粉末、其製造方法和使用其製造碳化矽晶圓的方法。實施方式涉及碳化矽粉末、其製造方法和製造碳化矽晶錠(ingot)的方法。

【先前技術】

【0002】 碳化矽(SiC)具有出色的耐熱性和機械強度，高度抗輻射以及甚至能夠用於生產大直徑基底。此外，具有出色的物理強度和耐化學性，大的能量帶隙，以及大的電子飽和漂移率和耐壓性。因此，碳化矽廣泛用於研磨劑、軸承、防火板等以及要求高功率、高效率、耐高電壓和高容量的半導體器件。

【0003】 碳化矽通過各種方法諸如對碳原料諸如碳化矽廢物進行熱處理或通電來製造。常規方法的實例包括艾其遜法(Acheson method)、反應燒結法、大氣壓燒結法(atmospheric pressure sintering

method)和化學氣相沉積(CVD)法。這些方法具有碳原料殘留的問題。這些殘餘物充當雜質並且可使碳化矽的熱特性、電特性和機械特性劣化。

【0004】 例如，日本專利公開號 2002-326876 公開了使碳化矽前體反應的方法，其在惰性氣體條件諸如氬氣(Ar)下在高溫下進行熱處理製程以使矽源和碳源聚合或交聯。然而，這種製程具有的問題在於，製造成本高和粉末尺寸不均勻，因為在真空或惰性氣體條件下在 1,800°C 至 2,100°C 的高溫下的熱處理。

【0005】 此外，在太陽能電池和半導體產業中使用的晶圓是通過從由石墨等製成的坩堝中的矽晶錠中生長來製造，在這種製造製程期間，產生了顯著量的在坩堝的內壁上吸附的碳化矽廢物以及包含碳化矽的廢漿料。然而，這樣的廢物的填埋處理已經引起環境問題和導致高的處理成本。

【發明內容】

【0006】 技術問題

【0007】 因此，本發明是鑒於上述問題而作出的，並且本發明的一個目的是提供能夠改善碳化矽晶錠的生長速率和降低碳化矽晶圓的缺陷的碳化矽粉末，製造碳化矽粉末的方法和使用碳化矽粉末製造碳化矽晶圓的方法。

【0008】 技術方案

【0009】 根據本發明的方面，上述和其他目的可以通過提供碳化

矽粉末來實現，所述碳化矽粉末包括包含碳和矽的碳化矽顆粒，其中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為 10 wt% 或更小。

【0010】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的碳化矽顆粒的質量比可以是 3 wt% 或更小。

【0011】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 5 μm 的碳化矽顆粒的質量比可以是 2 wt% 或更小。

【0012】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，碳化矽粉末可以具有 100 μm 至 5000 μm 的平均粒徑(D50)。

【0013】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，通過 2D 圖像分析測量的顆粒圓形度可以是 0.4 至 0.9。

【0014】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，通過 2D 圖像分析測量的顆粒凸度可以是 0.8 至 0.99。

【0015】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，碳化矽粉末可以具有 30° 至 45° 的安息角。

【0016】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，碳化矽粉末可以具有 1000 kg/m^3 至 2000 kg/m^3 的振實密度。

【0017】 根據本發明的另外方面，提供了製造碳化矽粉末的方法，所述方法包括：提供包括碳化矽的原料；使原料粉末化；以及物理加工粉末化的原料，其中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為 10 wt% 或更小。

【0018】 在實施方式中，粉末化的原料的物理加工可以包括分離

具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒。

【0019】 根據本發明的還另外方面，提供了製造碳化矽晶圓的方法，所述方法包括：製備包括包含碳和矽的碳化矽顆粒的碳化矽粉末，其中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為 10 wt%或更小；使用碳化矽粉末使碳化矽晶錠生長；以及加工碳化矽晶錠。

【0020】 有益效果

【0021】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為 10 wt%或更小。此外，在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的碳化矽顆粒的質量比可以是約 3 wt%或更小。此外，在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 5 μm 的碳化矽顆粒的質量比可以是 2 wt%或更小。

【0022】 因此，根據實施方式的碳化矽粉末能夠容易地填入坩堝中以製造碳化矽晶錠和碳化矽晶圓。此外，由於根據實施方式的碳化矽粉末具有如上所述的適當超聲處理後的粒徑分佈，它能夠在填入坩堝中時具有適當的孔隙率。

【0023】 此外，由於根據實施方式的碳化矽粉末具有如上所述的適當的超聲處理後的粒徑分佈，當使根據實施方式的碳化矽晶錠生長時，它能夠防止細顆粒附著在晶種錠塊(seed tablet)上。因此，根據實施方式的碳化矽粉末能夠防止在碳化矽晶錠中發生缺陷。

【0024】 也就是說，因為根據實施方式的碳化矽粉末幾乎不包含

細裂紋，即使當使碳化矽晶錠生長時升高生長溫度，由碳化矽粉末不產生細粉末。因此，根據實施方式的碳化矽粉末能夠防止由在根據實施方式的碳化矽晶圓中的細粉末引起的缺陷。

【0025】 也就是說，由於根據實施方式的碳化矽粉末幾乎不包含潛在的細粉末，能夠防止在生長過程中由細粉末引起的缺陷。

【圖式簡單說明】

【0026】

圖 1 是說明根據實施方式的碳化矽粉末的製造製程的流程圖。

圖 2 是說明根據實施方式的碳化矽粉末的製造製程的流程圖。

圖 3 是說明根據實施方式的碳化矽粉末的製造製程的流程圖。

圖 4 是說明根據實施方式的碳化矽粉末的製造製程的流程圖。

圖 5 是說明根據實施方式的碳化矽粉末的製造製程的流程圖。

圖 6 是說明根據實施方式的碳化矽粉末的製造製程的流程圖。

圖 7 是說明使碳化矽晶錠生長的過程的截面視圖。

【實施方式】

【0027】 在下文中，將通過實施方式詳細描述本發明。實施方式不限於以下公開的內容，並且可以以各種形式進行修改，只要本發明的要點不改變。

【0028】 在本說明書中，當零件「包括」某種組分時，它意指可以進一步包括其他組分，而不是排除其他組分，除非另有規定。

【0029】 應當理解，除非另有規定，否則在所有情況下，本說明書中描述的表示組分的量、反應條件等的所有數值和表達都由術語「約」修飾。

【0030】 首先，根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法包括製備碳化矽原料的步驟。

【0031】 碳化矽原料包括碳化矽。碳化矽原料可以包括 α -相碳化矽和/或 β -相碳化矽。此外，碳化矽原料可以包括碳化矽單晶和/或碳化矽多晶。

【0032】 此外，碳化矽原料除碳化矽之外可以進一步包括不想要的雜質。

【0033】 碳化矽原料可以進一步包括作為雜質的碳基材料諸如石墨。碳基材料可以源自於石墨坩堝等。碳基材料可以按重量計約 5%至按重量計約 50%的含量包括在碳化矽原料中。碳基材料可以按重量計約 50%或更小的含量包括在碳化矽原料中。碳基材料可以按重量計約 45%或更小的含量包括在碳化矽原料中。碳基材料可以按重量計約 40%或更小的含量包括在碳化矽原料中。碳基材料可以按重量計約 1%至按重量計約 50%的含量包括在碳化矽原料中。碳基材料可以按重量計約 5%至按重量計約 45%的含量包括在碳化矽原料中。碳基材料可以按重量計約 10%至按重量計約 40%的含量包括在碳化矽原料中。碳基材料可以按重量計約 10%至按重量計約 35%的含量包括在碳化矽原料中。碳基材料可以按重量計約 10%至按重量計約 30%的含量包括在碳化矽原料中。碳基材

料可以按重量計約 10%至按重量計約 20%的含量包括在碳化矽原料中。

【0034】 碳化矽原料可以進一步包括作為雜質的游離矽。游離矽可以源自於矽基底和/或矽組分等。矽組分可以是應用於半導體設備諸如聚焦環(focus ring)的組分。游離矽可以按重量計約 0.01%至按重量計約 10%的含量包括在碳化矽原料中。

【0035】 碳化矽原料可以進一步包括金屬雜質。金屬雜質可以是選自由以下組成的組中的至少一種：鋰、硼、鈉、鋁、磷、鉀、鈣、鈦、釩、鉻、錳、鐵、鎳、銅、鋅、鋁、鋅、鋁、錫、鋇、鎢和鉛。

【0036】 金屬雜質的含量可以是約 0.1 ppm 至 13 ppm。金屬雜質的含量可以是約 0.3 ppm 至 12 ppm。金屬雜質的含量可以是約 0.5 ppm 至 8 ppm。金屬雜質的含量可以是約 0.8 ppm 至 10 ppm。金屬雜質的含量可以是約 1 ppm 至 6 ppm。金屬雜質的含量可以是約 0.1 ppm 至 5 ppm。金屬雜質的含量可以是約 0.5 ppm 至 3 ppm。金屬雜質的含量可以是約 0.5 ppm 至 2 ppm。

【0037】 碳化矽原料可以進一步包括非金屬雜質。非金屬雜質可以選自由氟、氮、氯和磷組成的組。

【0038】 非金屬雜質的含量可以是約 0.01 ppm 至 13 ppm。非金屬雜質的含量可以是約 0.03 ppm 至 12 ppm。非金屬雜質的含量可以是約 0.05 ppm 至 8 ppm。非金屬雜質的含量可以是約 0.08 ppm 至 10 ppm。非金屬雜質的含量可以是約 0.1 ppm 至 6 ppm。非金屬雜質的含量可以是約 0.1 ppm 至 5 ppm。非金屬雜質的含量可以是約

0.5 ppm 至 3 ppm。非金屬雜質的含量可以是約 0.5 ppm 至 2 ppm。

【0039】 碳化矽原料可以具有塊形。碳化矽原料可以具有板形。碳化矽原料可以具有杆形。

【0040】 碳化矽原料包括按重量計約 30%或更多的具有約 1 mm 或更大的直徑的顆粒。碳化矽原料可以包括按重量計約 50%或更多的具有約 1 mm 或更大的直徑的顆粒。碳化矽原料可以包括按重量計約 70%或更多的具有約 1 mm 或更大的直徑的顆粒。

【0041】 碳化矽原料包括按重量計約 30%或更多的具有約 10 mm 或更大的直徑的顆粒。碳化矽原料可以包括按重量計約 50%或更多的具有約 10 mm 或更大的直徑的顆粒。碳化矽原料可以包括按重量計約 70%或更多的具有約 10 mm 或更大的直徑的顆粒。

【0042】 此處，假定球體具有的體積與顆粒的體積相同，並且球體的直徑定義為粒徑。

【0043】 此外，碳化矽原料可以源自於包括碳化矽的基底。碳化矽原料可以源自於完全包括碳化矽的晶圓。碳化矽原料可以源自於沉積在基底諸如矽上的碳化矽層。

【0044】 此外，碳化矽原料可以源自於碳化矽單晶晶錠。碳化矽單晶晶錠可以由於在製造製程期間發生缺陷而被丟棄。替代地，碳化矽原料可以源自於碳化矽多晶。

【0045】 碳化矽原料可以源自於碳化矽燒結體。碳化矽燒結體可以通過燒結碳化矽粉末形成。碳化矽燒結體可以是包括在半導體製造設備中的組分。

【0046】 碳化矽原料可以源自於包括碳化矽層的石墨組分。石墨組分可以包括用於形成碳化矽晶錠等的坩堝。

【0047】 碳化矽原料可以源自於包括碳化矽層的半導體設備的組分。碳化矽層可以通過將碳化矽通過化學氣相沉積(CVD)製程沉積在矽組分等的表面上而形成。

【0048】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以包括切割碳化矽原料的步驟。

【0049】 當碳化矽原料太大時，碳化矽原料可以通過包括金剛石磨料顆粒的線鋸(wire saw)或切條機(bar cutting)等來切割。可以將碳化矽原料切割成 150 mm 的長度。

【0050】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以包括破碎碳化矽原料的步驟。

【0051】 破碎碳化矽原料的步驟可以是將碳化矽原料破裂成具有的平均粒徑為約 100 mm 或更小的顆粒的製程。通過破碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 80 mm 或更小的顆粒。通過破碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 60 mm 或更小的顆粒。通過破碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 50 mm 或更小的顆粒。通過破碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 0.1 mm 至約 50 mm 的顆粒。通過破碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 1 mm 至約 40 mm 的顆粒。

【0052】 在破碎製程中，可以使用顎式破碎機、圓錐破碎機或旋回

破碎機。

【0053】 顎式破碎機包括一對壓板，並且將碳化矽原料插入在壓板之間。碳化矽原料通過壓板施加的壓力破碎，並且破碎的碳化矽原料可以通過磁重力(magnetic gravity)向下排出。

【0054】 壓板的每一個可以包括鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鉬鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種。壓板與碳化矽原料直接接觸的部分可以由鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鉬鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種製成。壓板與碳化矽原料直接接觸的部分可以塗覆有碳化鎢。

【0055】 旋回破碎機包括破碎頭(crushing head)和容納破碎頭的破碎碗狀部(crushing bowl)。破碎頭具有截錐體(truncated cone)形狀，並且破碎頭安裝在軸上。破碎頭的上端部固定至柔性軸承，並且破碎頭的下端部被偏心地驅動以畫圓。破碎作用以整個圓錐為中心進行，並且最大移動在底部處進行。相應地，由於旋回破碎機的破碎連續運行，因此，旋回破碎機比顎式破碎機具有更小的應力波動和更低的功耗。

【0056】 像顎式破碎機一樣，作為與碳化矽原料直接接觸的部分的破碎頭和破碎碗狀部可以包括鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鉬鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種。破碎頭和破碎碗狀部與碳化矽原料直接接觸的部分可以由鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鉬鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種製成。破碎頭和破碎碗狀部與碳化矽原料直接接觸的部分可以塗覆有碳化鎢。

【0057】圓錐破碎機是通過衝擊力和壓縮力來用於碳化矽原料的裝置。圓錐破碎機具有與旋回破碎機相似的結構和破碎運動。然而，圓錐破碎機可以具有更短的圓錐。圓錐破碎機包括安裝在豎直中心軸線上的傘形錐套頭(**cone mantle head**)。通過錐套頭的偏心運動，碳化矽原料被咬入錐形凹碗部(**cone cave bowl**)內，並且隨著它向下行，碳化矽原料被破碎。

【0058】像顎式破碎機一樣，作為與碳化矽原料直接接觸的部分的錐套頭和錐形凹碗部可以包括鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鋁鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種。錐套頭和錐形凹碗部與碳化矽原料直接接觸的部分可以由鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鋁鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種製成。錐套頭和錐形凹碗部與碳化矽原料直接接觸的部分可以塗覆有碳化鎢。

【0059】根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以包括粉碎碳化矽原料的步驟。

【0060】粉碎碳化矽原料的步驟可以包括將碳化矽原料破裂成具有的直徑為約 30 mm 或更小的顆粒的製程。通過粉碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 20 mm 或更小的顆粒。通過粉碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 15 mm 或更小的顆粒。通過粉碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 10 mm 或更小的顆粒。通過粉碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 0.1 mm 至約 10 mm 的顆粒。通過粉碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 0.1

mm 至約 8 mm 的顆粒。通過粉碎製程，可以將碳化矽原料分裂成具有的平均粒徑為約 0.01 mm 至約 6 mm 的顆粒。

【0061】 在粉碎製程中，可以使用球磨機、錘式破碎機、氣流粉碎機等。

【0062】 球磨機可以包括金屬圓筒和球。將球和碳化矽原料放置在金屬圓筒中。當金屬圓筒旋轉時，球和碳化矽原料能夠通過在球和碳化矽原料之間的摩擦和在金屬圓筒內的離心力旋轉。此時，球和碳化矽原料在圓筒中上升到一定的高度，並且然後落下，以及碳化矽原料被粉碎和研磨。根據圓筒的旋轉速度、圓筒的內徑、球的尺寸、球的材料和粉碎製程的時間，碳化矽原料可以被分裂成具有小直徑的顆粒。

【0063】 作為與碳化矽原料直接接觸的部分的金屬圓筒和球可以包括鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鋁鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種。金屬圓筒和球與碳化矽原料直接接觸的部分可以由鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鋁鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種製成。金屬圓筒和球與碳化矽原料直接接觸的部分可以塗覆有碳化鎢。

【0064】 錘式破碎機包括腔室和多個錘頭。錘頭安裝在設置於腔室內的旋轉體上。錘頭在腔室內旋轉，並且錘頭衝擊碳化矽原料。相應地，碳化矽原料可以被分裂成具有小直徑的顆粒。

【0065】 作為與碳化矽原料直接接觸的部分的腔室和錘頭可以包括鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鋁鋼、加氮鋼和碳化

鎢中的至少一種。腔室和錘頭與碳化矽原料直接接觸的部分可以由鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鋁鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種製成。腔室和錘頭與碳化矽原料直接接觸的部分可以塗覆有碳化鎢。

【0066】 氣流粉碎機包括腔室和噴嘴。氣流粉碎機通過流體的壓力通過將碳化矽原料與從噴嘴噴射的能量相互碰撞，粉碎碳化矽原料。在腔室中粉碎碳化矽原料直到其粒度達到期望的尺寸。此外，從腔室通過分級腔室收集經受粉碎製程的顆粒。由於氣流粉碎機通過流體的壓力通過碳化矽原料的相互碰撞來粉碎碳化矽原料，因此可以使由與其他裝置直接接觸而對碳化矽原料的污染最小化。

【0067】 作為與碳化矽原料直接接觸的部分的腔室可以包括鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鋁鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種。腔室與碳化矽原料直接接觸的部分可以由鋼、不銹鋼、加錳鋼、加鉻鋼、加鎳鋼、加鋁鋼、加氮鋼和碳化鎢中的至少一種製成。腔室與碳化矽原料直接接觸的部分可以塗覆有碳化鎢。

【0068】 破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 1 mm 至約 15 mm，並且破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 100 μm 至約 3 mm。破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 3 mm 至約 10 mm，並且破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 100 μm 至約 1 mm。破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 1 mm 至約 3 mm，並且破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 300 μm 至約 0.8 mm。破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 7 mm 至約 13 mm，並且破碎的顆粒的平均粒徑

(D50)可以是約 500 μm 至約 1.5 mm。破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 1 mm 至約 3 mm，並且破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 100 μm 至約 800 μm 。破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 6 mm 至約 10 mm，並且破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 1 mm 至約 3 mm。破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 4 mm 至約 8 mm，並且破碎的顆粒的平均粒徑(D50)可以是約 800 μm 至約 2 mm。由於進行破碎製程和粉碎製程以具有上述範圍內的平均粒徑(D50)，因此根據實施方式的碳化矽粉末可以被製造為具有期望的粒徑和形狀。

【0069】 粉碎製程可以是球磨製程。在球磨製程中，球的直徑可以是約 5 mm 至約 50 mm。球的直徑可以是約 10 mm 至約 40 mm。

【0070】 在球磨製程中，圓筒的旋轉速度可以是約 10 rpm 至約 40 rpm。在球磨製程中，圓筒的旋轉速度可以是約 15 rpm 至約 35 rpm。

【0071】 在球磨製程中，可以使用鋼球。球磨製程可以進行約 10 分鐘至約 30 分鐘。

【0072】 為了適當地控制根據實施方式的碳化矽粉末的粒度和形狀，球磨製程中的球直徑和圓筒旋轉速度和球磨製程時間可以適當地控制。

【0073】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以進一步包括通過磁力去除鐵的步驟。

【0074】 去除鐵組分的步驟可以是去除在破碎和粉碎步驟中吸附至碳化矽原料的鐵的步驟。

【0075】 在去除鐵組分的步驟中，可以使用旋轉金屬探測器去除鐵。

【0076】 旋轉金屬探測器的旋轉速度可以是約 100 rpm 至約 800 rpm，並且包括在旋轉金屬探測器中的電磁體的輸出功率可以是約 0.5 kW 至約 3kW。此外，旋轉金屬探測器的旋轉速度可以是約 800 rpm 至約 1700 rpm，並且包括在旋轉金屬探測器中的電磁體的輸出功率可以是約 3 kW 至約 5kW。

【0077】 包含在鐵已經被去除的碳化矽原料中的鐵的含量可以是約 1 ppm 或更小。包含在鐵已經被去除的碳化矽原料中的鐵的含量可以是約 0.5 ppm 或更小。包含在鐵已經被去除的碳化矽原料中的鐵的含量可以是約 0.3 ppm 或更小。包含在鐵已經被去除的碳化矽原料中的鐵的含量可以是約 0.1 ppm 或更小。

【0078】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法包括去除碳基材料的步驟。

【0079】 去除碳基材料的步驟可以包括物理去除碳基材料的步驟。

【0080】 物理去除碳基材料的步驟可以包括鋼絲切丸(steel cut wire shot)製程。用於鋼絲切丸的絲(wire)可以由碳鋼、不銹鋼、鋁、鋅、鎳、銅或其合金製成，但不限於此。此外，絲的直徑可以是約 0.2 mm 至約 0.8 mm。絲的直徑可以是約 0.4 mm 至約 0.6 mm。

【0081】 絲的旋轉速度可以是約 1000 rpm 至約 5000 rpm。

【0082】 此外，物理去除碳基材料的步驟可以包括噴射製程諸如噴砂或噴丸。噴射製程可以是在碳基材料諸如石墨上噴射細顆粒

以去除碳基材料的製程。也就是說，因為碳基材料具有比碳化矽更低的硬度，因此可以通過用適當壓力噴射的細顆粒容易地去除碳基材料。

【0083】 此外，物理去除碳基材料的步驟可以包括使用密度差的分離製程諸如離心。破碎和/或粉碎的碳化矽原料可以通過在碳基材料和碳化矽之間的密度差而分離。也就是說，由於碳化矽的密度比石墨的密度更大，因此通過密度梯度離心等可以容易地去除碳基材料。

【0084】 在物理去除碳基材料的步驟之後，包括在原料中的碳基材料的含量可以是按重量計約 5%或更小。在去除碳基材料的步驟之後，包括在原料中的碳基材料的含量可以是按重量計約 3%或更小。在去除碳基材料的步驟之後，包括在原料中的碳基材料的含量可以是按重量計約 1%或更小。

【0085】 此外，去除碳基材料的步驟包括化學去除碳基材料的步驟。

【0086】 化學去除碳基材料的步驟包括氧化碳基材料的步驟。

【0087】 在原料中包含的碳基材料被充分去除之後，將原料在氧氣或大氣氣氛中熱處理。此時，氧化熱處理溫度可以是約 1000°C 至約 1200°C。熱處理時間可以是約 12 小時至約 48 小時。

【0088】 由於原料是在上述時間和溫度範圍內熱處理，因此原料中包含的碳基材料可以被有效地去除。此外，由於原料是在上述時間和溫度範圍內熱處理，因此可以使原料中副產物諸如氧化矽的

產生最小化。

【0089】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法包括將碳化矽原料分級的步驟。在分級步驟中，可以將通過破碎製程和粉碎製程而顆粒化的碳化矽原料分級。

【0090】 顆粒化的碳化矽原料可以通過期望尺寸的篩網(mesh)進行分級。

【0091】 分級步驟可以使用作為振動式分級裝置的擺動篩(twist screen)進行。

【0092】 擺動篩可以包括矽材料製成的具有的直徑為 10 mm 至 80 mm、15 mm 至 70 mm 或 20 mm 至 60 mm 的敲擊球(tapping ball)。使用擺動篩，可以在約 1000 次/分鐘至約 3000 次/分鐘的振動條件下進行分級步驟約 10 分鐘至約 100 分鐘。

【0093】 顆粒化的碳化矽原料可以以恒定速度進料到擺動篩中。

【0094】 顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 10 μm 至約 10000 μm 。顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 100 μm 至約 6000 μm 。顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 60 μm 至約 5000 μm 。顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 100 μm 至約 4000 μm 。顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 150 μm 至約 400 μm 。顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 300 μm 至約 800 μm 。顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 500 μm 至約 1000 μm 。顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 700 μm 至約 2000 μm 。顆粒化的碳化矽原料的粒徑(D50)可以是約 1000 μm

至約 3000 μm 。

【0095】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以包括濕蝕刻碳化矽原料的步驟。

【0096】 濕蝕刻步驟通過蝕刻劑進行。經受破碎和粉碎製程的碳化矽原料可以經受濕蝕刻步驟。

【0097】 蝕刻劑可以包括水和酸。酸可以是選自由氫氟酸、硝酸、鹽酸和硫酸組成的組中的至少一種。

【0098】 蝕刻劑可以包括去離子水、氫氟酸和硝酸。

【0099】 氫氟酸可以基於 100 重量份去離子水的約 10 重量份至約 50 重量份的含量包括在蝕刻劑中。氫氟酸可以基於 100 重量份去離子水的約 15 重量份至約 45 重量份的含量包括在蝕刻劑中。氫氟酸可以基於 100 重量份去離子水的約 20 重量份至約 40 重量份的含量包括在蝕刻劑中。

【0100】 硝酸可以基於 100 重量份去離子水的約 10 重量份至約 50 重量份的含量包括在蝕刻劑中。硝酸可以基於 100 重量份去離子水的約 15 重量份至約 45 重量份的含量包括在蝕刻劑中。硝酸可以基於 100 重量份去離子水的約 20 重量份至約 40 重量份的含量包括在蝕刻劑中。

【0101】 蝕刻劑可以填充在蝕刻容器中。此處，蝕刻劑可以基於蝕刻容器的總體積的約 10 vol%至約 20 vol%的量填充在蝕刻容器中。蝕刻劑可以基於蝕刻容器的總體積的約 12 vol%至約 18 vol%的量填充在蝕刻容器中。此外，碳化矽原料可以基於蝕刻容器的總體積

的約 10 vol%至約 30 vol%的量填充在蝕刻容器中。碳化矽原料可以基於蝕刻容器的總體積的約 15 vol%至約 25 vol%的量填充在蝕刻容器中。

【0102】 碳化矽原料可以通過蝕刻劑進行濕蝕刻。也就是說，碳化矽原料的表面可以通過蝕刻劑蝕刻，並且殘留在碳化矽原料的表面的雜質可以通過蝕刻劑去除。

【0103】 濕蝕刻步驟可以根據以下製程進行。

【0104】 首先，可以將蝕刻容器和碳化矽原料乾燥。蝕刻容器和碳化矽原料可以用在約 50°C 至約 150°C 下的熱空氣乾燥約 10 分鐘至約 1 小時。

【0105】 接下來，將碳化矽原料放置在蝕刻容器中。

【0106】 接下來，將蝕刻劑進料到蝕刻容器中，在其中已經放置了碳化矽原料。

【0107】 進料蝕刻劑的製程可以如下。

【0108】 首先，將去離子水進料到蝕刻容器中，在其中已經放置了碳化矽原料。

【0109】 接下來，將氫氟酸進料到已經進料了去離子水的蝕刻容器中。

【0110】 接下來，將硝酸進料到已經進料了氫氟酸的蝕刻容器中。

【0111】 接下來，通過蓋密封在其中已經進料了蝕刻劑的蝕刻容器，以約 50 rpm 至約 500 rpm 的速度攪拌包含在蝕刻容器中的碳化矽原料和蝕刻劑。攪拌時間可以是約 30 分鐘至約 2 小時。

【0112】 接下來，排出蝕刻劑，以及將經受濕蝕刻製程的碳化矽原料在去離子水中沉澱數次並且進行中和。此時，在沉澱後，已經經受濕蝕刻製程的碳化矽原料的中和製程可以基於在排出的廢水中包含的氫氟酸的含量和/或 pH 來完成。當廢水的 pH 是 6.8 至 7.2 時，可以結束中和製程。

【0113】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以包括乾蝕刻碳化矽原料的步驟。

【0114】 乾蝕刻製程可以通過將蝕刻氣體噴射到碳化矽原料上進行。

【0115】 蝕刻氣體可以包括氯氣。蝕刻氣體可以進一步包括惰性氣體諸如作為載氣的氬氣。

【0116】 乾蝕刻製程可以如下進行。

【0117】 首先，準備乾蝕刻爐。乾蝕刻爐可以由石墨製成並且可以加熱至約 2000°C 或更高的溫度。乾蝕刻爐針對外部密封，並且乾蝕刻爐的內部可以減壓最高達約 5 托或更小。

【0118】 將碳化矽原料放置在乾蝕刻爐中。

【0119】 接下來，將乾蝕刻爐加熱最高達約 1800°C 至約 2200°C 的溫度。

【0120】 接下來，將乾蝕刻爐的內部減壓至約 1 托至約 30 托的壓力。將乾蝕刻爐的內部減壓至約 1 托至約 10 托的壓力。將乾蝕刻爐的內部減壓至約 1 托至約 8 托的壓力。

【0121】 接下來，將蝕刻氣體進料到乾蝕刻爐中。蝕刻氣體可以通

過在乾蝕刻爐的下部部分和上部部分之間的溫度差在乾蝕刻爐中對流。也就是說，乾蝕刻爐的下部部分的溫度比乾蝕刻爐的上部部分的溫度高約 50°C 至約 100°C ，使得在乾蝕刻爐的下部部分處的蝕刻氣體移動至乾蝕刻爐的上部部分，從而乾蝕刻碳化矽原料的表面。在乾蝕刻爐中的蝕刻氣體的停留時間可以是約 24 小時至約 96 小時。

【0122】 接下來，可以通過濕式洗滌器去除蝕刻氣體，並且乾蝕刻爐的內部的壓力可以增加至約 600 托至約 780 托。

【0123】 乾蝕刻製程可以另外包括熱處理製程和氧化膜去除製程。

【0124】 乾蝕刻的碳化矽顆粒可以是在約 700°C 至約 1300°C 下在包含氧的氣氛中在乾蝕刻爐中熱處理。乾蝕刻的碳化矽顆粒可以是在約 800°C 至約 1200°C 下在包含氧的氣氛中在乾蝕刻爐中熱處理。乾蝕刻的碳化矽顆粒可以是在約 900°C 至約 1100°C 下在包含氧的氣氛中在乾蝕刻爐中熱處理。熱處理時間可以是約 10 分鐘至約 2 小時。熱處理時間可以是約 20 分鐘至約 1 小時。

【0125】 通過熱處理，可以容易地去除殘留在乾蝕刻的碳化矽顆粒的表面上的氯。

【0126】 氧化膜去除製程可以包括濕蝕刻製程。

【0127】 將熱處理的碳化矽原料進料到蝕刻容器中，並且另外將去離子水和氫氟酸進料到蝕刻容器中。

【0128】 接下來，可以攪拌在蝕刻容器中的碳化矽原料和蝕刻劑，以及可以去除在碳化矽原料的表面上的氧化膜。

【0129】 將已經去除氧化膜的碳化矽原料通過去離子水進行中和。

【0130】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以包括清洗碳化矽原料的步驟。

【0131】 清洗製程可以使用包括選自由氫氟酸、蒸餾水和超純水組成的組中的至少一種的清洗溶液來進行。

【0132】 清洗製程可以包括第一清洗步驟、第一氫氟酸處理步驟、第二清洗步驟、第二氫氟酸處理步驟和第三清洗步驟。

【0133】 第一清洗步驟可以使用蒸餾水、超純水或純水進行 1 分鐘至 300 分鐘。例如，第一清洗步驟可以進行約 1 分鐘至約 250 分鐘、約 1 分鐘至約 200 分鐘、約 3 分鐘至約 150 分鐘、約 10 分鐘至約 100 分鐘、約 15 分鐘至約 80 分鐘、約 20 分鐘至約 60 分鐘或約 20 分鐘至約 40 分鐘。

【0134】 接下來，第一氫氟酸處理步驟是使用包括氫氟酸的清洗溶液清洗碳化矽原料的步驟。可以將碳化矽原料在清洗溶液中攪拌約 1 分鐘至約 300 分鐘、約 1 分鐘至約 250 分鐘、約 1 分鐘至約 200 分鐘、約 3 分鐘至約 150 分鐘、約 10 分鐘至約 100 分鐘、約 15 分鐘至約 80 分鐘、約 20 分鐘至約 60 分鐘或約 20 分鐘至約 40 分鐘。接下來，可以使碳化矽原料在清洗溶液中沉澱。可以使碳化矽原料在清洗溶液中沉澱約 1 分鐘至約 300 分鐘、約 1 分鐘至約 250 分鐘、約 1 分鐘至約 200 分鐘、約 3 分鐘至約 150 分鐘、約 10 分鐘至約 100 分鐘、約 15 分鐘至約 80 分鐘、約 20 分鐘至約 60 分鐘或約 20 分鐘至約 40 分鐘。

【0135】 第二清洗步驟可以使用蒸餾水、超純水或純水進行 1 分鐘至 300 分鐘。例如，第二清洗步驟可以進行約 1 分鐘至約 250 分鐘、約 1 分鐘至約 200 分鐘、約 3 分鐘至約 150 分鐘、約 10 分鐘至約 100 分鐘、約 15 分鐘至約 80 分鐘、約 20 分鐘至約 60 分鐘或約 20 分鐘至約 40 分鐘。

【0136】 接下來，第二氫氟酸處理步驟是使用包括氫氟酸的清洗溶液清洗碳化矽原料的步驟。可以將碳化矽原料在清洗溶液中攪拌約 1 分鐘至約 300 分鐘、約 1 分鐘至約 250 分鐘、約 1 分鐘至約 200 分鐘、約 3 分鐘至約 150 分鐘、約 10 分鐘至約 100 分鐘、約 15 分鐘至約 80 分鐘、約 20 分鐘至約 60 分鐘或約 20 分鐘至約 40 分鐘。接下來，可以使碳化矽原料在清洗溶液中沉澱。可以使碳化矽原料在清洗溶液中沉澱約 1 分鐘至約 300 分鐘、約 1 分鐘至約 250 分鐘、約 1 分鐘至約 200 分鐘、約 3 分鐘至約 150 分鐘、約 10 分鐘至約 100 分鐘、約 15 分鐘至約 80 分鐘、約 20 分鐘至約 60 分鐘或約 20 分鐘至約 40 分鐘。

【0137】 第三清洗步驟可以使用蒸餾水、超純水或純水進行 1 分鐘至 300 分鐘。例如，第三清洗步驟可以進行約 1 分鐘至約 250 分鐘、約 1 分鐘至約 200 分鐘、約 3 分鐘至約 150 分鐘、約 10 分鐘至約 100 分鐘、約 15 分鐘至約 80 分鐘、約 20 分鐘至約 60 分鐘或約 20 分鐘至約 40 分鐘。

【0138】 根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法包括物理加工粉末化的碳化矽原料的步驟。

【0139】 在物理加工碳化矽原料的步驟中，將已經進行破碎製程和粉碎製程的碳化矽粉末進行物理加工。物理加工碳化矽原料的步驟可以在將碳化矽原料粉碎成具有合適平均粒徑的粉末後和在進行分級製程之前進行。

【0140】 物理加工碳化矽原料的步驟可以包括對粉末化的碳化矽原料施加物理衝擊的步驟。在物理加工碳化矽原料的步驟中，施加至碳化矽原料的物理衝擊可以比施加至破碎製程和粉碎製程的物理衝擊更弱。

【0141】 因此，可以容易地去除可分離地附著在粉末化的碳化矽原料上的細顆粒。

【0142】 對碳化矽原料施加物理衝擊的步驟可以包括超聲處理碳化矽原料的步驟。

【0143】 在超聲處理步驟中，可以將超聲衝擊波遞送至粉末化的碳化矽原料。

【0144】 超聲處理步驟可以如下進行。

【0145】 首先，將粉末化的碳化矽原料浸入水中。此處，水與粉末化的碳化矽的體積比可以是約 1:0.5 至約 1:2。

【0146】 碳化矽原料浸入其中的水的量可以是約 100 L 至約 1000 L。

【0147】 接下來，將超聲波施加至粉末化的碳化矽原料。超聲波可以具有約 10 kHz 至約 50 kHz 的頻率。此外，超聲波的輸出功率可以是約 1000 W 至約 20000 W。

【0148】 此外，超聲波的施加時間可以是約 1 分鐘至約 20 分鐘。

【0149】 對碳化矽原料施加物理衝擊的步驟可以包括以高速攪拌碳化矽原料的步驟。

【0150】 高速攪拌步驟可以如下進行。

【0151】 首先，將粉末化的碳化矽原料浸入水中。此處，水與粉末化的碳化矽的體積比可以是約 1:0.5 至約 1:2。

【0152】 碳化矽原料浸入其中的水的量可以是約 100 L 至約 1000 L。

【0153】 接下來，高速攪拌碳化矽原料。可以約 0.5m/s 至約 5m/s 的流速攪拌碳化矽原料。可以約 30rpm 至約 300rpm 的速度攪拌碳化矽原料。

【0154】 通過物理加工製程，可以對碳化矽粉末施加適當的物理衝擊。

【0155】 因此，可以容易地從碳化矽粉末中分離細顆粒。特別地，在破碎製程和粉碎製程中，在碳化矽粉末中可以發生細裂紋。通過細裂紋，在碳化矽粉末中可以發生的是能夠容易地分離細顆粒。

【0156】 此處，可以對碳化矽粉末施加物理衝擊諸如超聲波，以及由細裂紋等產生的細顆粒可以容易地從碳化矽粉末中分離。

【0157】 接下來，通過離心分離製程和/或過濾製程將分離的細顆粒去除。也就是說，從其中已經分離了細顆粒的碳化矽粉末可以通過離心分離製程和/或過濾製程來純化。

【0158】 物理加工粉末化的碳化矽原料的步驟可以在濕蝕刻製程

期間和/或之後進行。

【0159】 也就是說，超聲處理製程或高速攪拌製程可以在碳化矽原料浸入蝕刻劑中的狀態下進行。此外，可以將濕蝕刻製程終止，以及可以通過離心分離製程和/或過濾製程去除分離的細顆粒。

【0160】 物理加工粉末化的碳化矽原料的步驟可以在洗滌製程期間和/或之後進行。

【0161】 也就是說，可以將碳化矽原料浸入洗滌液體中，並且可以進行超聲處理製程或高速攪拌製程。

【0162】 也就是說，在碳化矽原料浸入洗滌液體中的狀態下，可以進行超聲處理製程或高速攪拌製程。此外，可以將洗滌製程終止，以及可以通過離心分離製程和/或過濾製程去除分離的細顆粒。

【0163】 通過石墨去除製程、鐵組分去除製程、濕蝕刻製程、乾蝕刻製程和洗滌製程，根據實施方式的碳化矽粉末可以具有非常高的純度。

【0164】 參見圖 1，根據實施方式的碳化矽粉末可以通過以下製程製備。

【0165】 首先，將碳化矽原料在破碎製程(S10)中破碎。

【0166】 接下來，將包括在碳化矽原料中的碳基材料諸如石墨通過碳基材料去除製程(S20)去除。

【0167】 接下來，將從其中已經去除碳基材料的碳化矽原料通過粉碎製程(S30)進行粉碎。

【0168】 接下來，將粉碎的碳化矽原料物理加工(S40)。因此，可

以容易地去除附著在粉碎的碳化矽原料上的細顆粒。

【0169】 接下來，將粉碎的碳化矽原料通過濕蝕刻製程(S50)進行蝕刻。因此，可以有效地去除附著在粉碎的碳化矽原料的表面的雜質。特別地，在粉碎的碳化矽原料中殘留的碳基材料可以懸浮在具有氫氟酸的蝕刻劑中，即，包含在蝕刻劑中。因此，在濕蝕刻製程中，可以有效地去除碳基材料以及金屬雜質。

【0170】 接下來，將濕蝕刻的碳化矽原料通過乾蝕刻製程(S60)進行蝕刻。

【0171】 接下來，使乾蝕刻的碳化矽原料經受洗滌製程(S70)。

【0172】 接下來，可以將洗滌的碳化矽原料分級成期望的粒度(S80)。

【0173】 參見圖 2，根據實施方式的碳化矽粉末可以通過以下製程製備。

【0174】 在此實施方式中，碳基材料去除製程與圖 1 的製程基本上相同，但是可以在破碎製程(S1)之前進行。

【0175】 當碳化矽原料包含很多作為雜質的碳時，可以優先進行碳基材料去除製程。例如，當碳化矽原料包含高百分比的石墨組分諸如塗覆有碳化矽的石墨組分時，可以預先進行碳基材料去除製程。

【0176】 由於預先去除了碳基材料(S1)以及使其經受破碎製程(S10)，可以有效地去除碳化矽原料中包含的碳基材料。

【0177】 因此，根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以通過

使用包含高含量的碳基材料的碳化矽原料提供高純度的碳化矽粉末。

【0178】 此外，物理加工碳化矽原料的製程(S51)可以在濕蝕刻製程(S50)之後進行。也就是說，超聲處理或高速攪拌製程可以在碳化矽原料浸入蝕刻劑中以及濕蝕刻之後進行，使得可以容易地去除在碳化矽原料中的細顆粒。

【0179】 參見圖 3，根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以通過以下製程製備。

【0180】 此實施方式可以與圖 1 的製程基本上相同，但是可以省略碳基材料去除製程。

【0181】 當碳化矽原料不包括碳基材料諸如石墨或者以非常低的含量包括它時，可以省略碳基材料去除製程。例如，碳化矽原料可以包括按重量計約 95%或更多的碳化矽，諸如單晶碳化矽晶錠、多晶碳化矽或碳化矽燒結體。在這種情況下，少量的碳基材料可以在濕蝕刻製程等中去除，使得即使沒有另外製程也可以獲得高純度碳化矽粉末。

【0182】 此外，物理加工碳化矽原料的製程(S71)可以在洗滌製程(S70)之後進行。也就是說，因為超聲處理製程或高速攪拌製程在碳化矽原料浸入洗滌液體中和進行洗滌製程之後進行，因此可以容易地去除在碳化矽原料中的細顆粒。

【0183】 參見圖 4 至 6，根據實施方式的碳化矽粉末可以通過以下製程製備。

【0184】 此實施方式可以與圖 1、2 或 3 的製程基本上相同，但是物理加工粉碎的碳化矽粉末的製程(S31)可以在粉碎製程(S30)之後進行。分級製程(S32)可以在物理加工製程(S31)之後進行。也就是說，粉碎的碳化矽原料可以通過在粉碎製程之後立即進行分級製程來分級為期望的粒度。分級的碳化矽原料可以經受濕蝕刻製程、乾蝕刻製程和洗滌製程。

【0185】 在此實施方式中，由於將碳化矽原料分級為均勻的粒度，並且然後經受濕蝕刻製程和乾蝕刻製程，因此碳化矽原料的表面可以整體上是均勻蝕刻的。特別地，由於碳化矽原料被分級為均勻的粒度，因此在碳化矽原料的顆粒之間的空隙可以均勻地形成。因此，蝕刻氣體可以均勻地滲透到在碳化矽原料之間的空隙中，以及乾蝕刻製程可以整體上均勻地蝕刻碳化矽原料。

【0186】 因此，根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法可以整體上均勻地控制包括在表面中的碳、矽和氧的含量。

【0187】 根據實施方式的碳化矽粉末的純度可以是約 99.99%或更高。根據實施方式的碳化矽粉末的純度可以是約 99.999%或更高。根據實施方式的碳化矽粉末的純度可以是約 99.9999%或更高。根據實施方式的碳化矽粉末的純度可以是約 99.99999%或更高。根據實施方式的碳化矽粉末的純度可以是約 99.999999%或更高。根據實施方式的碳化矽粉末的純度可以是約 99.9999999%或更高。根據實施方式的碳化矽粉末的純度可以是約 99.99999999%或更高。根據實施方式的碳化矽粉末的純度可以是約 99.999999999%或更高。

【0188】 根據實施方式的碳化矽粉末可以包括約 1 ppm 或更小、

約 0.8 ppm 或更小、約 0.7 ppm 或更小、約 0.1 至約 0.7 ppm 或約 0.1 至約 0.6 ppm 的含量的選自由以下組成的組中的一種或多種雜質：鋰、鈉、鎂、鋁、鉀、鈣、鈦、釩、鉻、錳、鐵、鈷、鎳、銅、鋅和鋁。

【0189】 此外，根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 10 μm 至約 10000 μm 。根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 100 μm 至約 6000 μm 。根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 60 μm 至約 5000 μm 。根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 100 μm 至約 4000 μm 。根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 150 μm 至約 400 μm 。根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 300 μm 至約 800 μm 。根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 500 μm 至約 1000 μm 。根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 700 μm 至約 2000 μm 。根據實施方式的碳化矽粉末的粒徑(D50)可以是約 1000 μm 至約 3000 μm 。

【0190】 碳和氧以適當的含量比包括在根據實施方式的碳化矽粉末上。因此，當碳化矽晶錠和碳化矽晶圓使用根據實施方式的碳化矽粉末製造時，氧的含量可以是適當的，使得碳化矽晶錠和碳化矽晶圓的缺陷可以減少。

【0191】 特別地，由於碳和氧以適當的含量比包含在碳化矽粉末的表面上，因此氧可以通過與碳反應在初始熱處理步驟中容易地去除。因此，在碳化矽粉末的表面上的氧可以在初始熱處理製程期

間去除，並且可以使碳化矽晶錠的生長過程中的缺陷最小化。

【0192】 此外，氧與碳反應並且作為二氧化碳等去除。在去除氧的製程中，碳的消耗量可以降低。因此，即使在氧與碳一起去除之後，矽和碳的比率在整個碳化矽粉末可以是適當的。因此，根據實施方式的碳化矽粉末可以使由於碳和矽的不均勻含量而可發生的缺陷最小化。

【0193】 此外，矽和氧以適當的含量比包含在根據實施方式的碳化矽粉末的表面上。因此，根據實施方式的碳化矽粉末可以有效地被保護免於外部雜質。也就是說，根據實施方式的碳化矽粉末的表面可以包括包含氧的保護膜並且可以有效地被保護免於外部化學衝擊。

【0194】 此外，根據實施方式的碳化矽粉末可以包括在製造製程中作為副產物的氟組分。此處，由於根據實施方式的製造碳化矽粉末的方法包括濕蝕刻製程、乾蝕刻製程和洗滌製程，因此氟組分的含量是低的。此外，由於根據實施方式的製造碳化矽晶錠的方法包括用於根據實施方式的碳化矽粉末的初始熱處理製程，因此氟組分可以有效地被去除。也就是說，氟組分可以汽化並且容易地在初始熱處理製程中去除。

【0195】 根據實施方式的碳化矽粉末可以用於製造具有非常高純度和改善的性能的碳化矽晶圓。

【0196】 根據實施方式的碳化矽粉末的顆粒形狀可以通過 2D 圖像分析來分析。

【0197】 2D 圖像分析可以通過適當地取樣根據實施方式的碳化矽粉末進行。例如，根據實施方式的碳化矽粉末可以每次取樣約 0.1g 至約 10 g 的量，以及可以被製備用於取樣約 5 次至約 100 次，並且對於每次取樣可以進行 2D 圖像分析。此處，通過 2D 圖像分析獲得測量值，以及根據實施方式的碳化矽粉末的特徵可以定義為測量值的平均值。

【0198】 取樣的碳化矽粉末分散在背景中。背景可以具有與碳化矽粉末視覺上區分的顏色。分散的碳化矽顆粒分別彼此間隔開以及被佈置成彼此不重疊。

【0199】 在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒由光學顯微鏡拍照，從而獲得顆粒的 2D 圖像。

【0200】 接下來，根據實施方式的碳化矽粉末的 2D 圖像可以通過圖像分析軟體來分析。作為圖像分析軟體的實例，有由 Image & Microscope Technology (IMT)製造的 iSolution 系列等。

【0201】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均面積可以是約 $50,000 \mu\text{m}^2$ 至 $5,000,000 \mu\text{m}^2$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均面積可以是約 $50,000 \mu\text{m}^2$ 至 $100,000 \mu\text{m}^2$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均面積可以是約 $150,000 \mu\text{m}^2$ 至 $250,000 \mu\text{m}^2$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均面

積可以是約 $1,000,000\ \mu\text{m}^2$ 至 $2,000,000\ \mu\text{m}^2$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均面積可以是約 $2,500,000\ \mu\text{m}^2$ 至 $3,500,000\ \mu\text{m}^2$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均面積可以是約 $3,500,000\ \mu\text{m}^2$ 至 $5,000,000\ \mu\text{m}^2$ 。

【0202】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均周向長度(circumferential length)可以是約 $500\ \mu\text{m}$ 至約 $10\ \text{mm}$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均周向長度可以是約 $500\ \mu\text{m}$ 至約 $1.5\ \text{mm}$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均周向長度可以是約 $1.5\ \text{mm}$ 至約 $2.5\ \text{mm}$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均周向長度可以是約 $4\ \text{mm}$ 至約 $6\ \text{mm}$ 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均周向長度可以是約 $7\ \text{mm}$ 至約 $10\ \text{mm}$ 。

【0203】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均等效圓直徑(mean equivalent circle diameter)可以是約 $150\ \mu\text{m}$ 至約 $3\ \text{mm}$ 。等效圓直徑基於面積計算。也就是說，假設某個圓與面積相同，等效圓直徑可以是指該圓的直徑。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均等效圓直徑可

以是約 150 μm 至約 300 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均等效圓直徑可以是約 300 μm 至約 700 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均等效圓直徑可以是約 1000 μm 至約 1500 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均等效圓直徑可以是約 1500 μm 至約 2300 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均等效圓直徑可以是約 2000 μm 至約 2500 μm 。

【0204】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大橢圓直徑 (average maximum elliptical diameter) 可以是約 300 μm 至約 3500 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大橢圓直徑可以是約 300 μm 至約 400 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大橢圓直徑可以是約 600 μm 至約 750 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大橢圓直徑可以是約 1000 μm 至約 2000 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大橢圓直徑可以是約 2500 μm 至約 3500 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平

均最大橢圓直徑可以是約 550 μm 至約 800 μm 。

【0205】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小橢圓直徑 (average minimum elliptical diameter) 可以是約 150 μm 至約 2500 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小橢圓直徑可以是約 150 μm 至約 250 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小橢圓直徑可以是約 300 μm 至約 500 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小橢圓直徑可以是約 850 μm 至約 1300 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小橢圓直徑可以是約 1300 μm 至約 1900 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小橢圓直徑可以是約 1700 μm 至約 2500 μm 。

【0206】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大長度可以是約 250 μm 至約 3000 μm 。此處，最大長度可以是指每個顆粒的 2D 圖像中沿最長方向的長度。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大長度可以是約 250 μm 至約 400 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大長度可以

是約 500 μm 至約 800 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大長度可以是約 1300 μm 至約 1800 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大長度可以是約 1700 μm 至約 2300 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大長度可以是約 2200 μm 至約 3000 μm 。

【0207】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大框架直徑(average maximum frame diameter)可以是約 300 μm 至約 3500 μm 。在旋轉時捕獲的顆粒的圖像可以用虛擬遊標卡尺(virtual vernier caliper)測量。此處，最大框架直徑可以是指測量的寬度中的最大寬度。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大框架直徑可以是約 300 μm 至約 450 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大框架直徑可以是約 500 μm 至約 900 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大框架直徑可以是約 1300 μm 至約 2000 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大框架直徑可以是約 2200 μm 至約 2600 μm 。當根據實

施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最大框架直徑可以是約 2700 μm 至約 3500 μm 。

【0208】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑(average minimum frame diameter)可以是約 150 μm 至約 2200 μm 。在旋轉時捕獲的顆粒的圖像可以用虛擬遊標卡尺測量。此處，最小框架直徑可以是指測量的寬度中的最小寬度。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 150 μm 至約 280 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 350 μm 至約 450 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 750 μm 至約 1250 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 1300 μm 至約 1800 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 1800 μm 至約 2200 μm 。

【0209】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架

直徑可以是約 250 μm 至約 2700 μm 。在旋轉時捕獲的顆粒的圖像可以用虛擬遊標卡尺測量。此處，中間框架直徑(middle frame diameter)可以是指測量的寬度的平均值。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 250 μm 至約 350 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 400 μm 至約 600 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 1250 μm 至約 1700 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 1800 μm 至約 2200 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均最小框架直徑可以是約 2300 μm 至約 2700 μm 。

【0210】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均凸包(convex hull)可以是約 700 μm 至約 10000 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均凸包可以是約 700 μm 至約 1300 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均凸包可以是約 1600 μm

至約 2200 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均凸包可以是約 4000 μm 至約 5000 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均凸包可以是約 6000 μm 至約 7000 μm 。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均凸包可以是約 7000 μm 至約 9000 μm 。

【0211】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒圓形度可以是 0.4 至 0.9。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒圓形度可以是 0.4 至 0.8。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒圓形度可以是 0.45 至 0.75。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒圓形度可以是 0.5 至 0.7。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒圓形度可以是 0.55 至 0.7。

【0212】 顆粒圓形度可以根據以下方程式計算：

【0213】 [方程式 1]

【0214】 顆粒圓形度 = $4 \times \pi \times \text{顆粒面積} / (\text{周長})^2$

【0215】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒橢圓率(ellipticity)可以是 0.85 至 1。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒橢圓率可以是 0.90 至 1。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒橢圓率可以是 0.91 至 1。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒橢圓率可以是 0.93 至 1。在實施方式中，通過 2D 圖像分析測量的顆粒橢圓率可以是 0.92 或更大。

【0216】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒凸度可以是約 0.83 至約 0.99。

【0217】 顆粒凸度可以通過以下方程式 2 計算：

【0218】 [方程式 2]

【0219】 顆粒凸度=凸包/周長

【0220】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒凸度可以是約 0.83 至約 0.99。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒凸度可以是約 0.84 至約 0.98。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末

中包含的顆粒的平均顆粒凸度可以是約 0.85 至約 0.95。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒凸度可以是約 0.86 至約 0.94。在實施方式中，通過 2D 圖像分析測量的顆粒凸度可以是 0.9 至 0.99。

【0221】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒伸長率可以是約 0.8 至約 0.95。

【0222】 顆粒伸長率可以通過以下方程式 3 計算：

【0223】 [方程式 3]

【0224】 顆粒伸長率=等效圓直徑/最大長度

【0225】 當顆粒伸長率接近 1 時，顆粒的 2D 圖像示出收縮 (converging) 形狀，並且當顆粒伸長率接近 0 時，顆粒的 2D 圖像示出長型形狀。

【0226】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒伸長率可以是約 0.81 至約 0.95。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒伸長率可以是約 0.82 至約 0.94。當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均顆粒伸長率可以是約 0.83 至約 0.93。

【0227】 當根據實施方式的碳化矽粉末通過 2D 圖像分析來分析

時，在根據實施方式的碳化矽粉末中包含的顆粒的平均填充空間伸長率(average charging space elongation)可以是 0.65 至 0.85。

【0228】 根據實施方式的碳化矽粉末可以具有安息角。

【0229】 根據實施方式的碳化矽粉末的安息角可以是約 20°至約 45°。根據實施方式的碳化矽粉末的安息角可以是約 25°至約 45°。

根據實施方式的碳化矽粉末的安息角可以是約 25°至約 40°。

【0230】 安息角可以通過以下方法測量：

【0231】 將根據實施方式的碳化矽粉末倒入具有約 100 mm 的直徑的圓板中，並且將根據實施方式的碳化矽粉末沉積成圓錐形以形成沉積層。安息角可以是在水平面和沉積層的斜坡之間的角度。

【0232】 根據實施方式的碳化矽粉末可以具有振實密度。

【0233】 根據實施方式的碳化矽粉末的振實密度可以是約 1.3g/cm³ 至約 2.5g/cm³。根據實施方式的碳化矽粉末的振實密度可以是約 1.5g/cm³ 至約 2.0g/cm³。根據實施方式的碳化矽粉末的振實密度可以是約 1.5g/cm³ 至約 1.8g/cm³。

【0234】 振實密度可以通過以下方法測量。

【0235】 振實密度可以使用振實密度測量儀器進行測量。

【0236】 將約 100 g 的根據實施方式的碳化矽粉末填入 250 ml 的圓筒中。接下來，使圓筒振動直到根據實施方式的碳化矽粉末的體積減少約 2%。此處，根據實施方式的碳化矽粉末的表觀密度可以是振實密度。

【0237】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，具有的粒徑小於 50 μm

的顆粒的質量比可以小於 10 wt%。具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比(WR50)可以根據以下方程式 4 計算：

【0238】 [方程式 4]

【0239】 $\text{WR50} = (\text{具有的粒徑小於 } 50 \mu\text{m} \text{ 的碳化矽顆粒的質量})/(\text{總碳化矽顆粒的質量})$

【0240】 具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 9 wt%。具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 8 wt%。具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 7 wt%。具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 6 wt%。具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 5 wt%。具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比的最小值可以是 0.01 wt%。

【0241】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以小於 3 wt%。具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比(WR10)可以通過以下方程式 5 計算：

【0242】 [方程式 5]

【0243】 $\text{WR10} = (\text{具有的粒徑小於 } 10 \mu\text{m} \text{ 的碳化矽顆粒的質量})/(\text{總碳化矽顆粒的質量})$

【0244】 具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 3 wt%。具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 2.5 wt%。具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 2 wt%。具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 1.5 wt%。具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 1 wt%。具有的粒徑小

於 10 μm 的顆粒的質量比的最小值可以是 0.005 wt%。

【0245】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比可以小於 2 wt%。具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比(WR5)可以通過以下方程式 6 計算：

【0246】 [方程式 6]

【0247】 $\text{WR5} = (\text{具有的粒徑小於 } 5 \mu\text{m} \text{ 的碳化矽顆粒的質量})/(\text{總碳化矽顆粒的質量})$

【0248】 具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比可以是小於 2 wt%。具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比可以是小於 1.5 wt%。具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比可以是小於 1 wt%。具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比的最小值可以是小於 0.001 wt%。

【0249】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以小於 10 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比(SWR50)可以通過以下方程式 7 計算：

【0250】 [方程式 7]

【0251】 $\text{SWR50} = (\text{超聲處理後具有的粒徑小於 } 50 \mu\text{m} \text{ 的碳化矽顆粒的質量})/(\text{總碳化矽顆粒的質量})$

【0252】 超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 9 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 8 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 7 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的

顆粒的質量比可以是小於 6 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比可以是小於 5 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比的最小值可以是 0.01 wt%。

【0253】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以小於 3 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比(SWR10)可以通過以下方程式 8 計算：

【0254】 [方程式 8]

【0255】 $\text{SWR10} = (\text{超聲處理後具有的粒徑小於 } 10 \mu\text{m} \text{ 的碳化矽顆粒的質量})/(\text{總碳化矽顆粒的質量})$

【0256】 超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 3 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 2.5 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 2 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 1.5 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是小於 1 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比的最小值可以是 0.005 wt%。

【0257】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比可以小於 2 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比(SWR5)可以通過以下方程式 9 計算：

【0258】 [方程式 9]

【0259】 $SWR5 = (\text{超聲處理後具有的粒徑小於 } 5 \mu\text{m 的碳化矽顆粒的質量}) / (\text{總碳化矽顆粒的質量})$

【0260】 超聲處理後具有的粒徑小於 $5 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比可以是小於 2 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 $5 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比可以是小於 1.5 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 $5 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比可以是小於 1 wt%。超聲處理後具有的粒徑小於 $5 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比的最小值可以是 0.001 wt%。

【0261】 此外，在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 $50 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差小於約 1 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 $50 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於約 0.5 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 $50 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於約 0.4 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 $50 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於約 0.3 wt%。在超聲處理前具有的粒徑小於 $50 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以通過以下方程式 10 計算：

【0262】 [方程式 10]

【0263】 $\Delta WR50 = |WR50 - SWR50|$

【0264】 此外，在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 $10 \mu\text{m}$ 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間

的差小於約 0.5 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於約 0.3 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於約 0.2 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於約 0.1 wt%。在超聲處理前具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以通過以下方程式 11 計算：

【0265】 [方程式 11]

【0266】 $\Delta \text{WR10} = | \text{WR10-SWR10} |$

【0267】 此外，在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差小於 0.3 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於 0.2 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於 0.1 wt%。在根據實施方式的碳化矽粉末中，在超聲處理前具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以是小於 0.05 wt%。在超聲處理前具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比和超聲處理後的質量比之間的差可以通過以下方程式 12 計算：

【0268】 [方程式 12]

【0269】 $\Delta WR5 = |WR5 - SWR5|$

【0270】 超聲處理可以如下進行：

【0271】 將碳化矽粉末以約 1:1 的體積比添加至約 10 L 的去離子水中。接下來，將具有約 40 kHz 的頻率和約 1200 W 的輸出功率的超聲波施加至碳化矽粉末約 5 分鐘。

【0272】 碳化矽顆粒的粒徑可以通過以下方法測量。

【0273】 將根據實施方式的碳化矽粉末通過 100 μm 篩網分級，將穿過篩網的顆粒分散在超純水中，並且粒徑和含量通過粒度計 (Mastersizer 3000，由 Malvern 製造) 測量。因此，獲得與粒徑相關的含量。

【0274】 參加圖 7，根據實施方式的碳化矽晶圓能夠如下製造。

【0275】 首先，能夠製造碳化矽晶錠。碳化矽晶錠通過施加物理氣相傳輸 (physical vapor transport) (PVT) 法製造以具有大面積和很少的缺陷。

【0276】 根據實施方式的製造碳化矽晶錠 12 的方法可以包括準備步驟、碳化矽粉末裝載步驟和生長步驟。

【0277】 準備步驟是準備坩堝元件的步驟，坩堝元件包括具有內部空間的坩堝本體 20 和用於覆蓋坩堝本體的坩堝蓋 21。

【0278】 碳化矽粉末裝載步驟是將碳化矽粉末 30 裝載在坩堝元件中並且將晶種錠塊以與原料有一定距離放置在原料上的步驟。

【0279】 坩堝本體 20 可以具有，例如，具有開放的上表面的圓柱

形，以及碳化矽原料能夠裝載在其中的結構。坩堝本體 20 可以具有 1.70 g/cm^3 至 1.90 g/cm^3 的密度。坩堝本體 20 的材料可以包括石墨。

【0280】 坩堝蓋 21 可以是 1.70 g/cm^3 至 1.90 g/cm^3 的密度。坩堝蓋 21 的材料可以包括石墨。坩堝蓋 21 可以覆蓋坩堝本體 20 的整個開口。

【0281】 坩堝蓋 21 可以覆蓋坩堝本體 20 的開口的一部分或包括通孔(未示出)。能夠調節後來將要描述的晶體生長氣氛中的蒸氣傳遞速率(rate of vapor transfer)。

【0282】 此外，晶種錠塊固持器(holder)22 設置在坩堝蓋 21 上。晶種錠塊固持器 22 可以聯接至坩堝蓋 21。晶種錠塊固持器 22 可以附接至坩堝蓋 21。晶種錠塊固持器 22 可以與坩堝蓋 21 一體形成。

【0283】 坩堝蓋 21 的厚度可以是約 10 mm 至約 50 mm。此外，晶種錠塊固持器 22 的厚度可以是約 1 mm 至約 10 mm。

【0284】 為了製造碳化矽晶錠，製備了晶種錠塊。晶種錠塊可以是向其施加偏角(off angle)的晶錠塊中的任一種，該偏角是從相對於(0001)面的 0 至 8 度範圍內選擇的角度。

【0285】 晶種錠塊可以是 4H SiC 晶錠，其基本上是具有最小缺陷或多晶型夾雜物的單晶。碳化矽晶種錠塊可以基本上由 4H SiC 製成。

【0286】 晶種錠塊可以具有 4 英寸或更大、5 英寸或更大、甚至 6

英寸或更大的直徑(caliber)。更特別地，晶種錠塊可以具有 4 至 12 英寸、4 至 10 英寸或 6 至 8 英寸的直徑。

【0287】 晶種錠塊附接至晶種錠塊固持器。晶種錠塊固持器包含石墨。晶種錠塊固持器可以由石墨製成。晶種錠塊固持器可以包括各向異性石墨。更詳細地，晶種錠塊固持器可以由各向異性石墨形成。

【0288】 此外，晶種錠塊和晶種錠塊固持器通過黏合層彼此黏合。黏合層包括石墨填料和碳化物諸如酚醛樹脂。黏合層可以具有低孔隙率。

【0289】 晶種錠塊的 C 側可以面向下放置。

【0290】 接下來，將根據實施方式的碳化矽粉末裝載以在坩堝中製造碳化矽晶錠。

【0291】 碳化矽粉末 30 包括碳源和矽源。特別地，碳化矽粉末 30 包括碳-矽源。碳化矽粉末 30 可以具有上述的特徵。

【0292】 當碳化矽粉末 30 裝載在坩堝中時，碳化矽粉末 30 的堆密度可以是約 1400 kg/m^3 至約 1700 kg/m^3 。當碳化矽粉末 30 裝載在坩堝中時，碳化矽粉末 30 的堆密度可以是約 1500 kg/m^3 至約 1650 kg/m^3 。

【0293】 具有的粒度為 75 um 或更小的碳化矽粉末 30 可以基於總原料按重量計 15%或更小、按重量計 10%或更小或者按重量計 5%或更小的量被包括。當原料包括相對小含量的小顆粒時，能夠減少晶錠中缺陷發生、在控制過飽和上是更有利的以及能夠提供具有

改善的晶體特徵的晶圓的碳化矽晶錠可以被製造。

【0294】 碳化矽粉末 30 可以彼此頸縮(necked)或不頸縮。當應用具有該粒徑的原料時，能夠製造能夠提供具有更好晶體特徵的晶圓的碳化矽晶錠。

【0295】 在碳化矽粉末裝載步驟中，當碳化矽粉末 30 的重量為 1 時，坩堝元件可以具有的重量比(Rw)是碳化矽粉末 30 的重量的 1.5 至 2.7 倍。此處，坩堝元件的重量是指扣除原料的坩堝元件的重量。特別地，坩堝元件的重量是通過將添加的原料的重量從包括晶種錠塊的坩堝元件的重量中扣除獲得的值，無論晶種錠塊固持器是否施加至坩堝元件。

【0296】 如果重量比小於 1.5，在晶體生長氣氛中過飽和過度增加，使得晶錠的晶體品質可能反而劣化。如果重量比超過 2.7，過飽和降低，使得晶錠的晶體品質可能劣化。

【0297】 重量比可以是 1.6 至 2.6 或 1.7 至 2.4。在這些重量比內，能夠製造具有出色的缺陷特徵和結晶度特徵的晶錠。

【0298】 當坩堝本體 20 的內部空間的直徑為 1 時，長度比可以大於 1 倍並且小於 25 倍，該長度比是從坩堝元件的碳化矽粉末 30 所位於的底表面到晶種錠塊 11 的表面的長度的比率。

【0299】 生長步驟是將坩堝本體 20 的內部空間調節成晶體生長氣氛以使原料蒸氣傳遞並沉積到晶種錠塊和製備從晶種錠塊生長的碳化矽晶錠的步驟。

【0300】 生長步驟可以包括將坩堝元件的內部空間調節成晶體生

長氣氛的步驟。特別地，包含坩堝元件和圍繞坩堝元件的絕緣體的反應容器(未示出)可以通過用絕緣體 40 包裹坩堝元件來製備，並且在將反應容器放置於反應室諸如石英管中後，可以使用加熱裝置加熱坩堝等。

【0301】 將反應容器放置在反應室 42 中，並且使用加熱裝置 50 使坩堝本體 20 的內部空間達到適合於晶體生長氣氛的溫度。該溫度是晶體生長氣氛的重要因素之一，並且通過調節條件諸如壓力和氣體移動來形成更合適的晶體生長氣氛。絕緣體 40 可以位於反應室 42 和反應容器之間，以利於形成和控制晶體生長氣氛。

【0302】 絕緣體 40 可以影響生長氣氛中的坩堝本體或反應容器內部的溫度梯度。特別地，絕緣體可以包括石墨絕緣體。更特別地，絕緣體可以包括人造絲基石墨氈或瀝青基石墨氈。

【0303】 在實施方式中，絕緣體可以具有約 0.12 g/cc 至約 0.30 g/cc 的密度。在實施方式中，絕緣體可以具有約 0.13 g/cc 至約 0.25 g/cc 的密度。在實施方式中，絕緣體可以具有約 0.14 g/cc 至約 0.20 g/cc 的密度。

【0304】 當絕緣體的密度小於約 0.14 g/cc 時，晶錠可能以凹形生長，並且可能發生 6H-SiC 多晶型，從而使晶錠的品質劣化。

【0305】 當絕緣體的密度超過約 0.30 g/cc 時，晶錠可能過度凸出生長，並且其邊緣的生長速率可能降低，這可能降低產率或增加晶錠中裂紋的發生。

【0306】 當施加具有的密度為約 0.12 g/cc 至約 0.30 g/cc 的絕緣體

時，可以改善晶錠的品質。當施加具有的密度為約 0.14 g/cc 至約 0.20 g/cc 的絕緣體時，可以在晶錠生長過程中控制晶體生長氣氛，並且可以生長出品質更好的晶錠。

【0307】 絕緣體可以具有約 73 vol%至約 95 vol%的孔隙率。絕緣體可以具有約 76 vol%至約 93 vol%的孔隙率。絕緣體可以具有 81 vol%至 91 vol%的孔隙率。當施加具有這樣的孔隙率的絕緣體時，可以進一步降低晶錠中裂紋的發生率。

【0308】 絕緣體可以具有約 0.21 Mpa 或更大的抗壓強度。絕緣體可以具有約 0.49 Mpa 或更大的抗壓強度。絕緣體可以具有約 0.78 MPa 或更大的抗壓強度。此外，絕緣體可以具有約 3 MPa 或更小的抗壓強度或約 25 MPa 或更小的抗壓強度。當絕緣體具有這樣的抗壓強度時，表現出優異的熱穩定性/機械穩定性，並且由於灰分 (ash) 的概率降低，可以製造出品質更好的 iSiC 晶錠。

【0309】 可以施加的絕緣體的厚度為約 20 mm 或更大，或厚度為約 30 mm 或更大。此外，可以施加的絕緣體的厚度為約 150 mm 或更小、厚度為約 120 mm 或更小或厚度為約 80 mm 或更小。當絕緣體的厚度限制在一定範圍內時，可以獲得足夠的絕緣效果，而沒有不必要的絕緣體浪費。

【0310】 絕緣體 40 可以具有約 0.12 g/cc 至約 0.30 g/cc 的密度。絕緣體 40 可以具有約 72 vol%至約 90 vol%的孔隙率。當施加這樣的絕緣體時，能夠抑制晶錠的形狀生長為凹陷或過度凸出，並且可以減少晶錠中多晶型品質的劣化或裂紋的發生。

【0311】 晶體生長氣氛可以通過在反應室 42 外部的加熱裝置 500 的加熱來進行，空氣可通過與加熱同時或與加熱分開減壓來去除，並且可以實施減壓氣氛和/或惰性氣氛(例如，Ar 氣氛、N₂ 氣氛或其混合物)。

【0312】 晶體生長氣氛通過以下來誘導碳化矽晶體的生長：允許原料在晶種錠塊的表面上蒸氣傳遞以生長成晶錠 100。

【0313】 晶體生長氣氛可以在條件諸如 2100°C 至 2450°C 的生長溫度和 1 托至 100 托的生長壓力下實施。當施加這樣的溫度和壓力時，可以更有效地製造碳化矽晶錠。

【0314】 特別地，在晶體生長氣氛中，作為坩堝的生長溫度的上表面溫度和下表面溫度可以是 2100°C 至 2450°C，以及其生長壓力可以是 1 托至 50 托。更特別地，作為坩堝的生長溫度的上表面溫度和下表面溫度可以是 2150°C 至 2450°C，以及其生長壓力可以是 1 托至 40 托。

【0315】 更特別地，作為坩堝的生長溫度的上表面溫度和下表面溫度可以是 2150 至 2350°C，以及其生長壓力可以是 1 托至 30 托。

【0316】 本發明的製造方法通過施加上述晶體生長氣氛可以更有利地製造較高品質的碳化矽晶錠。

【0317】 碳化矽晶錠 12 包含 4H SiC，並且可以具有凸出或平坦的表面。

【0318】 如果碳化矽晶錠 12 的表面形成為凹形，則除了預期的 4H-SiC 晶體外，可能混入其他多型體諸如 6H-SiC，這可能降低碳

化矽晶錠的品質。此外，碳化矽晶錠的表面形成為過度凸形，晶錠本身中可能發生裂紋，或者在加工成晶圓時可能使晶體破碎。

【0319】 此處，碳化矽晶錠 12 是否是過度凸出的晶錠是基於翹曲的程度來確定的，並且在本說明書製造的碳化矽晶錠具有約 20 mm 或更小的翹曲度。

【0320】 通過將碳化矽晶錠生長完成的樣品放置在平板上並用高度量規(height gauge)基於晶錠的背面測量晶錠的中心和邊緣的高度，將翹曲度評估為(中心高度-邊緣高度)的值。翹曲度的正值意指凸出，0 的值意指平坦，並且負值意指凹陷。

【0321】 特別地，碳化矽晶錠 12 可以具有凸出或平坦的表面，以及 0 mm 至約 14 mm 的翹曲度、約 0 mm 至約 11 mm 的翹曲度或約 0 mm 至約 8 mm 的翹曲度。具有這樣的翹曲度的碳化矽晶錠可以使晶圓加工更容易並減少裂紋的發生。

【0322】 碳化矽晶錠 12 可以是 4H SiC 晶錠，其基本上是具有最小缺陷或多晶型混入的單晶。碳化矽晶錠 12 可以基本上由 4H SiC 形成，並且可以具有凸出或平坦的表面。

【0323】 碳化矽晶錠 12 可以減少碳化矽晶錠中可能出現的缺陷，並提供較高品質的碳化矽晶圓。

【0324】 通過本說明書的方法製造的碳化矽晶錠可以減少其表面上的小坑(pit)。特別地，包括在直徑為 4 英寸或更大的晶錠的表面上的小坑可以是約 10 k/cm² 或更小。

【0325】 在本說明書中，為了評估碳化矽晶錠的表面小坑，用光學

顯微鏡觀察了總共 5 個位置，即，在晶錠表面中心的一個位置(不包括小平面(facets))和位於從碳化矽晶錠邊緣朝向中心約 10 mm 以內的 3 點鐘、6 點鐘、9 點鐘和 12 點鐘方向處的四個位置，並測量了每個位置處的每單位面積(1 cm²)的小坑，並且獲得其平均值。

【0326】 例如，碳化矽晶錠的外緣可以使用外部磨削設備(external grinding equipment)進行修整，切成一定厚度，並進行加工諸如邊緣磨削、表面研磨和研磨。

【0327】 切割(slicing)步驟是通過將碳化矽晶錠切割以具有一定的偏角來製備切割的晶體的步驟。偏角以 4H SiC 中的(0001)面為基準。偏角可以是從特別地 0 至 15 度、0 至 12 度或 0 至 8 度中選擇的角度。

【0328】 如果切割是通常應用於晶圓製造的切割方法，則可以應用切割，並且示例性地，可以應用使用金剛石線(diamond wire)或應用了金剛石漿料的線(wire)的切割，使用部分地應用了金剛石的刀片(blade)或輪(wheel)的切割等，但不限於此。

【0329】 切割的晶體的厚度可以鑒於要製造的晶圓的厚度進行調節，並且鑒於在下面描述的研磨步驟中研磨後的厚度，切割的晶體可以被切割到適當的厚度。

【0330】 研磨步驟是通過將切割的晶體研磨至 300 至 800 μm 的厚來形成碳化矽晶圓的步驟。

【0331】 對於研磨步驟，可以應用通常應用於晶圓製造的研磨方

法，並且示例性地，可以應用進行了研磨(精磨，lapping)和/或磨削(粗磨，grinding)等、然後進行研磨等的方法。

【0332】 在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比為 10 wt%或更小。此外，在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的質量比可以是約 3 wt%或更小。此外，在根據實施方式的碳化矽粉末中，超聲處理後具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的質量比可以是 2 wt%或更小。

【0333】 因此，根據實施方式的碳化矽粉末可以容易地填入坩堝中以製造碳化矽晶錠和碳化矽晶圓。此外，由於根據實施方式的碳化矽粉末具有如上所述的適當超聲處理後的粒徑分佈，它可以在填入坩堝中時具有適當的孔隙率。

【0334】 此外，由於根據實施方式的碳化矽粉末具有如上所述的適當的超聲處理後的粒徑分佈，當使根據實施方式的碳化矽晶錠生長時，它可以防止細顆粒附著在晶種錠塊上。因此，根據實施方式的碳化矽粉末可以防止在碳化矽晶錠中發生缺陷。

【0335】 也就是說，因為根據實施方式的碳化矽粉末幾乎不包含細裂紋，即使當使碳化矽晶錠生長時升高生長溫度，由碳化矽粉末不產生細粉末。因此，根據實施方式的碳化矽粉末可以防止由在根據實施方式的碳化矽晶圓中的細粉末引起的缺陷。

【0336】 在下文中，將通過具體實施例對實施方式進行具體描述。以下實施例僅僅是說明理解實施方式的實施例，並且本文公開的

本發明的範圍不限於此。

【0337】 製造例 1

【0338】 提供單晶碳化矽塊作為碳化矽原料。單晶碳化矽塊可以通過在約 2300°C 下使具有的純度為約 99.9999%或更高的碳化矽粉末昇華並將其沉積在晶種錠塊上而形成。

【0339】 單晶碳化矽塊首先由顎式破碎機(Henan Dewo Industrial Limited Company, KER-100 × 60)破碎。從破碎的碳化矽塊中獲得具有的平均粒徑(D50)為約 6 mm 的第一次粉末。

【0340】 接下來，第一次粉末由球磨機(Ganzhou Li Ang Machinery Co., Ltd., QM400 * 600)第二次(secondarily)粉碎。此處，將具有的直徑為約 25.4 mm 的鋼球放置在圓筒中，並且圓筒的直徑為約 400 mm。此外，圓筒的旋轉速度為約 20 rpm，並進行第二次粉碎製程約 15 分鐘。用分級機對第二次粉碎的第一次粉末進行分級，以及獲得了具有的平均粒徑(D50)為約 500 μm 的第二次粉末。

【0341】 接下來，將第二次粉末在空氣氣氛中在約 1200°C 下熱處理約 24 小時，從而去除游離碳和游離矽。

【0342】 接下來，將熱處理的碳化矽粉末以約 1:1 的體積比添加至約 10 L 的去離子水中。接下來，將具有約 40 kHz 的頻率和約 2000 W 的輸出功率的超聲波施加至浸入的碳化矽粉末約 10 分鐘。接下來，用 300a 篩網過濾器過濾超聲處理的碳化矽粉末。

【0343】 接下來，通過濕蝕刻製程純化超聲處理的碳化矽粉末。

【0344】 通過將去離子水、氫氟酸和硝酸以約 2:1:1 的體積比混合

來製備蝕刻劑。

【0345】 接下來，將約 1 L 的熱處理的碳化矽粉末放入具有的體積為約 5 L 的蝕刻容器中，並且添加約 0.8 L 的蝕刻劑。

【0346】 接下來，用蓋密封蝕刻容器。此處，蝕刻容器中產生的油蒸氣通過蓋排出，並且油蒸氣通過洗滌器回收。

【0347】 將蝕刻劑和熱處理的碳化矽粉末以約 26 rpm 的速度攪拌約 1 小時。

【0348】 接下來，將蝕刻劑排出，並在以下製程中通過去離子水和濕蝕刻的碳化矽粉末。將濕蝕刻的碳化矽粉末浸入去離子水中，並且攪拌後排出去離子水。重複浸入和排出製程，直到排出的去離子水的 pH 達到 7。

【0349】 接下來，將中和的碳化矽粉末在約 80°C 下乾燥約 30 分鐘。

【0350】 接下來，將乾燥的碳化矽粉末放置於石墨坩堝中。

【0351】 接下來，將坩堝的內部溫度升高到約 2000°C，並將坩堝內的壓力降低至約 8 托。

【0352】 接下來，將氫氣和氯氣以約 10:1 的體積比混合的蝕刻氣體添加到坩堝中，並將坩堝內的壓力升高至約 760 托。此處，設置坩堝的溫度，使得坩堝的下部部分的溫度比坩堝的上部部分的溫度高約 50°C。這種條件維持了約 2 天。

【0353】 接下來，用洗滌器回收坩堝內的蝕刻氣體，並在空氣氣氛中在約 1000°C 下對設置乾蝕刻的碳化矽粉末的坩堝內部進行熱處

理約 10 小時。

【0354】 接下來，將熱處理的碳化矽粉末浸入濃度為約 0.5 wt% 的氫氟酸水性溶液中，並將碳化矽粉末和氫氟酸水性溶液攪拌約 1 小時。

【0355】 接下來，將用氫氟酸水性溶液處理的碳化矽粉末浸入超純水中，並通過重複排出超純水的製程進行洗滌。此處，重複浸入製程和排出製程，直到排出的超純水中包括的氫氟酸的濃度降低至約 0.0001 wt% 或更小。

【0356】 製造例 2 至 6

【0357】 第一次破碎製程和第二次粉碎製程與製造例 1 的那些基本相同，並且如下表 1 中進行。

【0358】 [表 1]

類別	第一次粉末 的平均粒徑 (D50，mm)	球直徑 (mm)	圓筒的 轉數 (rpm)	第二次 粉碎的 時間 (min)	第二次粉末 的平均粒徑 (D50，μm)
製造例 1	6	25.4	20	35	150
製造例 2	6	25.4	20	15	500
製造例 3	6	25.4	20	10	1000
製造例 4	10	37	20	10	2000
製造例 5	10	25.4	20	10	3000
製造例 6	8	37	25	20	450

【0359】 如下表 2 至 5 所示，測量了製造例 1 至 6 各自的碳化矽粉末的 2D 圖像分析、安息角和振實密度，以及在其中的細顆粒在超聲處理前和後的含量。在以下表 5 中，將製造例 1 至 6 各自製造的碳化矽粉末通過以下測量例中描述的方法進行超聲處理，並測量了在其中的細顆粒的含量。

【0360】 [表 2]

類別	安息角(°)	振實密度 (kg/ m³)
製造例 1	29.5	1550
製造例 2	33.4	1705
製造例 3	35.3	1629
製造例 4	36.5	1610
製造例 5	35.1	1740
製造例 6	34.5	1650

【0361】 [表 3]

類別	顆粒圓形度	顆粒伸長率	顆粒凸度
製造例 1	0.670	0.862	0.939
製造例 2	0.617	0.816	0.940
製造例 3	0.615	0.891	0.879
製造例 4	0.613	0.872	0.875
製造例 5	0.657	0.905	0.891
製造例 6	0.662	0.875	0.938

【0362】 [表 4]

類別	具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的含量(超聲處理前，wt%)	具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的含量(超聲處理前，wt%)	具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的含量(超聲處理前，wt%)
製造例 1	9.5	2.5	1.5
製造例 2	4.2	1.3	0.4
製造例 3	3.4	1.0	0.2
製造例 4	3.0	0.8	0.1
製造例 5	2.5	0.8	0.1
製造例 6	4.1	1.3	0.5

【0363】 [表 5]

類別	具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的含量(超聲處理後，wt%)	具有的粒徑小於 10 μm 的顆粒的含量(超聲處理後，wt%)	具有的粒徑小於 5 μm 的顆粒的含量(超聲處理後，wt%)
製造例 1	9.5	2.5	1.6
製造例 2	4.2	1.3	0.4
製造例 3	3.3	1.1	0.2
製造例 4	3.0	0.8	0.1
製造例 5	2.5	0.8	0.1
製造例 6	4.1	1.3	0.5

【0364】 實施例 1

【0365】 接下來，將製造例 1 中製造的碳化矽粉末裝載到石墨坩堝本體中。將碳化矽晶種錠塊和晶種錠塊固持器放置在粉末的頂部上。此處，將碳化矽晶種錠塊(4H SiC 單晶，6 英寸)的 C 面(0001)

以一般方法固定以朝向坩堝的底部。此外，坩堝蓋和晶種錠塊固持器與石墨一體形成，並且坩堝蓋和晶種錠塊固持器兩者均具有盤狀。此處，坩堝蓋的厚度為約 20 mm，坩堝蓋的直徑為約 210 mm，晶種錠塊固持器的厚度為約 3 mm，並且晶種錠塊固持器的直徑為約 180 mm。

【0366】 坩堝本體(crucible main body)覆蓋有在其中安裝晶種錠塊和晶種錠塊固持器的坩堝蓋，被絕緣體圍繞，並放置在配備有加熱線圈作為加熱裝置的反應室中。

【0367】 此處，施加具有的密度為約 0.19 g/cc、孔隙率為約 85 vol% 以及抗壓強度為約 0.37 MPa 的石墨氈作為絕緣體。

【0368】 使坩堝內部排空後，緩慢向其中注入氬氣，使得坩堝內部達到大氣壓，並且然後使坩堝內部逐漸減壓。同時，坩堝內部溫度以約 3°C/min 的加熱速率逐漸升高至 2000°C，以及以約 5°C/min 的加熱速率逐漸升高至 2350°C。

【0369】 接下來，在 2350°C 和 20 托的壓力的條件下從碳化矽晶種錠塊使 SiC 晶錠生長 100 小時。

【0370】 接下來，將碳化矽晶錠通過金剛石線鋸進行切割，並通過倒角(chamfering)、磨削和研磨製程進行加工。相應地，製造了具有相對於(0001)面偏角為 4 度的碳化矽晶圓。

【0371】 實施例 2 至 6 和比較例

【0372】 如以下表 6 中所示，實驗以與實施例 1 中相同的方式進行，除了改變了碳化矽粉末之外。

【0373】 [表 6]

類別	碳化矽粉末	堆密度(kg/ m ³)	孔隙率 (vol%)
實施例 1	製造例 1	1440	48.2
實施例 2	製造例 2	1689	47.5
實施例 3	製造例 3	1518	48.8
實施例 4	製造例 4	1493	48.1
實施例 5	製造例 5	1625	47.8
實施例 6	製造例 6	1544	48.5
比較例	由 Washington Mills 製造 的 Carborex	1525	48.3

【0374】 [表 7]

類別	生長速率(μm/hr)	缺陷(EPD/cm ²)
實施例 1	280	9920
實施例 2	282	7820
實施例 3	271	9620
實施例 4	268	14340
實施例 5	275	14920
實施例 6	271	13760
比較例	250	16354

【0375】 測量例**【0376】 1. 碳化矽粉末的純度**

【0377】 根據製造例的碳化矽粉末的純度通過輝光放電質譜法測量。

【0378】 2. 碳化矽粉末的形狀

【0379】 對製造例中製造的約 1 g 的碳化矽粉末進行取樣約 30 次。將樣品通過光學顯微鏡(Eclipse LV150 顯微鏡，由 Nikon 製造)進行拍攝，並通過圖像分析程式(i-solution，由 IMT 製造)進行分析。測量了各顆粒的面積、周長、等效圓直徑、最大橢圓直徑、最小橢圓直徑、最大長度、最大框架直徑、最小框架直徑、中間框架直徑和凸包。從各顆粒測量的各自值作為平均值被導出。

【0380】 3. 安息角

【0381】 將根據實施方式的碳化矽粉末倒入具有約 100 mm 的直徑的圓板上，並且將根據實施方式的碳化矽粉末沉積成圓錐形以形成沉積層。安息角可以是在水平面和沉積層的斜坡之間的角度。使用由 Brookfield 製造的粉末流動測試儀(Powder Flow Tester)測量安息角。

【0382】 4. 振實密度

【0383】 將約 100 g 的根據實施方式的碳化矽粉末填入 250 ml 的圓筒中。接下來，使圓筒振動直到根據實施方式的碳化矽粉末的體積減少至約 2%。此處，根據實施方式的碳化矽粉末的表觀密度可

以是振實密度。使用由 Brookfield 製造的粉末流動測試儀測量振實密度。

【0384】 5. 超聲處理條件

【0385】 將製造例中製造的約 100 g 的碳化矽粉末添加至超純水中，並將具有的頻率為約 40 kHz 和輸出功率為約 1200 W 的超聲波施加至浸入的碳化矽粉末約 5 分鐘。接下來，通過乾燥製程去除超純水，使得獲得超聲處理的碳化矽粉末。

【0386】 6. 碳化矽顆粒的直徑和含量

【0387】 將在製造例中製造的約 100 g 的碳化矽粉末通過 100 μm 篩網分級，並且將穿過篩網的顆粒分散在超純水中，並且粒徑和含量通過粒度計(Mastersizer 3000，由 Malvern 製造)測量。因此，獲得與粒徑相關的含量。

【0388】 如表 6 中所示，由於根據實施例製造的碳化矽粉末具有在適當範圍內的顆粒圓形度、顆粒凸度、顆粒伸長率、安息角、振實密度和細顆粒含量，因此能夠以高生長速率和低缺陷製造碳化矽晶錠。

【符號說明】

【0389】

12:碳化矽晶錠

20:坩堝本體

21:坩堝蓋

22:晶種錠塊固持器

30:碳化矽粉末

40:絕緣體

42:反應室

50:加熱裝置

S1、S10、S20、S30、S31、S32、S40、S50、S51、S60、

S70、S71、S80:步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種碳化矽粉末，包括包含碳和矽的碳化矽顆粒，

其中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為 10 wt%或更小，

其中在所述超聲處理前具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比和所述超聲處理後的質量比之間的差 (ΔWR50) 通過以下方程式 10 計算，所述差為小於 0.5 wt%，

[方程式 10]

$$\Delta\text{WR50} = |\text{WR50} - \text{SWR50}|$$

WR50 為超聲處理前具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比，

SWR50 為超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比，

其中所述碳化矽粉末具有 100 μm 至 5000 μm 的平均粒徑，

其中所述超聲處理如下進行：

將所述碳化矽粉末以 1:1 的體積比添加至 10 L 的去離子水中；接下來，將具有 40 kHz 的頻率和 1200 W 的輸出功率的超聲波施加至所述碳化矽粉末 5 分鐘。

【請求項2】 如請求項1所述的碳化矽粉末，其中，超聲處理後具有的粒徑小於10 μm 的碳化矽顆粒的質量比為3 wt%或更小。

【請求項3】 如請求項2所述的碳化矽粉末，其中，超聲處理後具有的粒徑小於5 μm 的碳化矽顆粒的質量比為2 wt%或更小。

【請求項4】 如請求項1所述的碳化矽粉末，其中，通過2D圖像分析測量的顆粒圓形度是0.4至0.9。

【請求項5】 如請求項4所述的碳化矽粉末，其中，通過所述2D圖像分析測量的顆粒凸度是0.8至0.99。

【請求項6】 如請求項1所述的碳化矽粉末，其中，所述碳化矽粉末具有30°至45°的安息角。

【請求項7】 如請求項1所述的碳化矽粉末，其中，所述碳化矽粉末具有1000 kg/m³至2000 kg/m³的振實密度。

【請求項8】 一種製造碳化矽粉末的方法，所述方法包括：

提供包括碳化矽的原料；

使所述原料粉末化；以及

藉由超聲處理對粉末化的原料進行物理加工，

其中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為 10 wt%或更小，

其中碳化矽粉末具有 100 μm 至 5000 μm 的平均粒徑，

其中所述超聲處理如下進行：

將所述碳化矽粉末以 1:1 的體積比添加至 10 L 的去離子水中；接下來，將具有 40 kHz 的頻率和 1200 W 的輸出功率的超聲波施加至所述碳化矽粉末 5 分鐘。

【請求項9】 如請求項8所述的方法，其中，所述粉末化的原料的物理加工包括分離具有的粒徑小於50 μm的碳化矽顆粒。

【請求項10】 一種製造碳化矽晶圓的方法，所述方法包括：

製備包括包含碳和矽的碳化矽顆粒的碳化矽粉末，其中，超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的碳化矽顆粒的質量比為 10 wt% 或更小；

使用所述碳化矽粉末使碳化矽晶錠生長；以及
加工所述碳化矽晶錠，

其中在所述超聲處理前具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比和所述超聲處理後的質量比之間的差 (ΔWR50) 通過以下方程式 10 計算，所述差為小於 0.5 wt%，

[方程式 10]

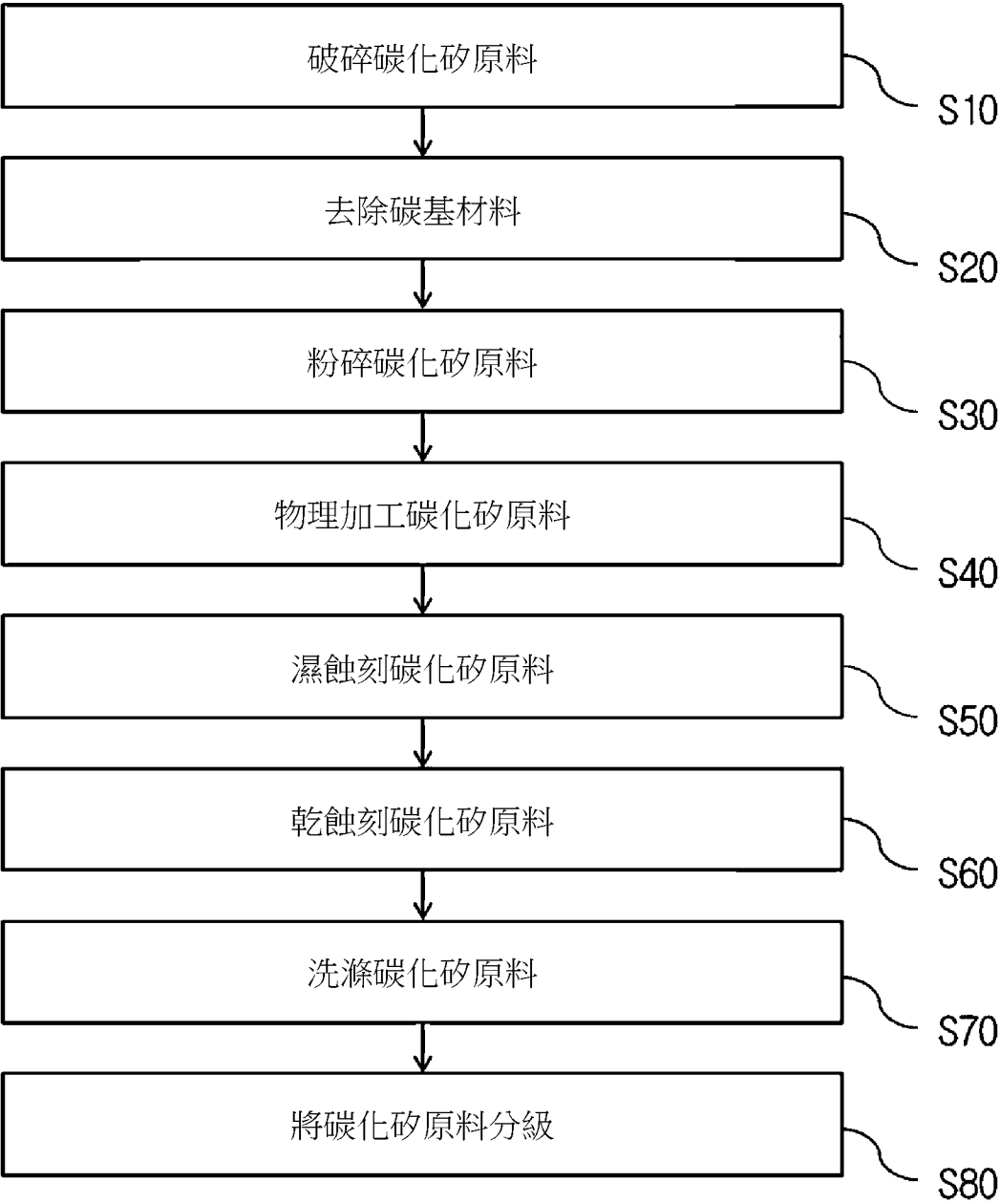
$$\Delta\text{WR50} = |\text{WR50} - \text{SWR50}|$$

WR50 為超聲處理前具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比，
SWR50 為超聲處理後具有的粒徑小於 50 μm 的顆粒的質量比，

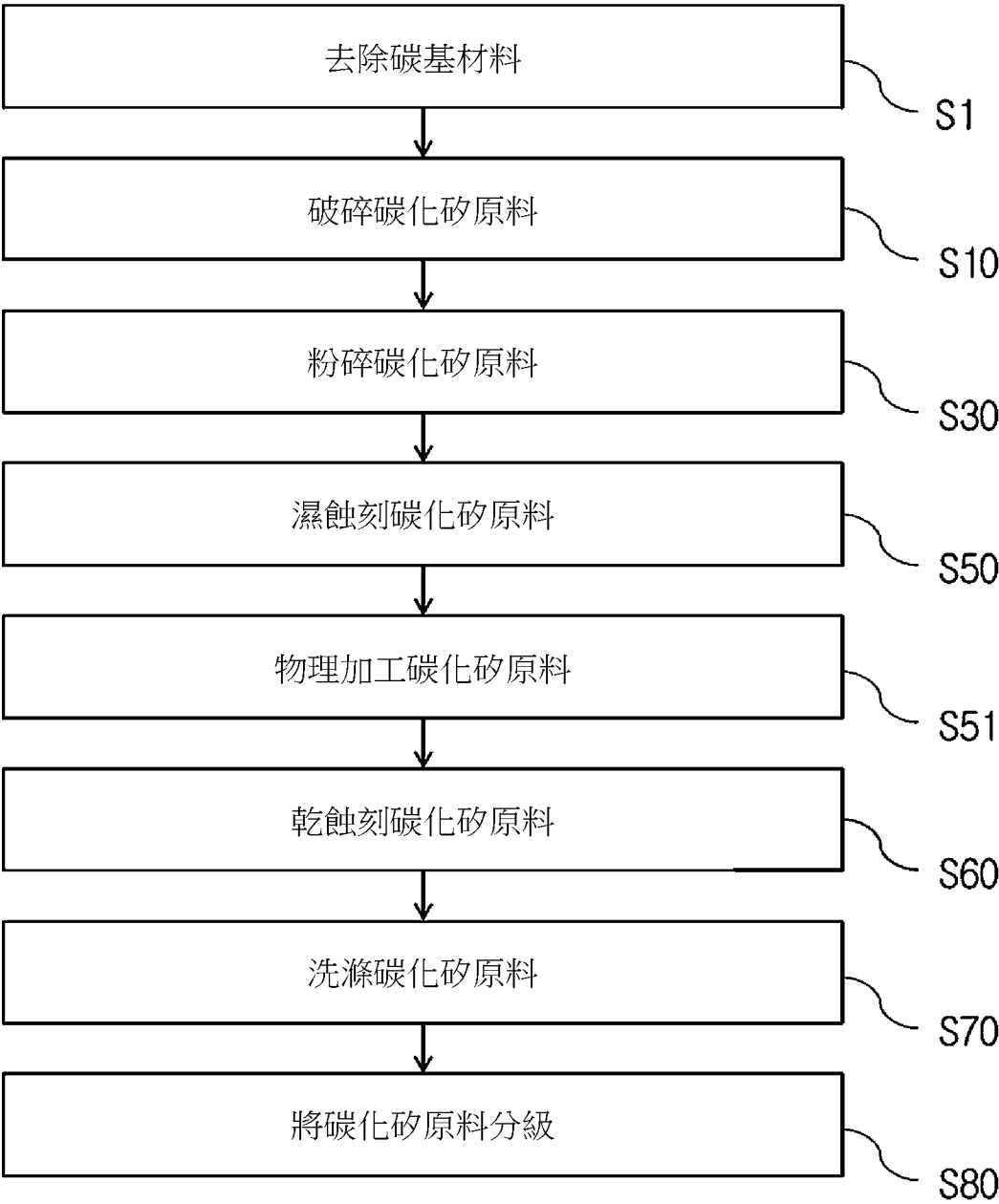
其中所述碳化矽粉末具有 100 μm 至 5000 μm 的平均粒徑，
其中所述超聲處理如下進行：

將所述碳化矽粉末以 1:1 的體積比添加至 10 L 的去離子水中；接下來，將具有 40 kHz 的頻率和 1200 W 的輸出功率的超聲波施加至所述碳化矽粉末 5 分鐘。

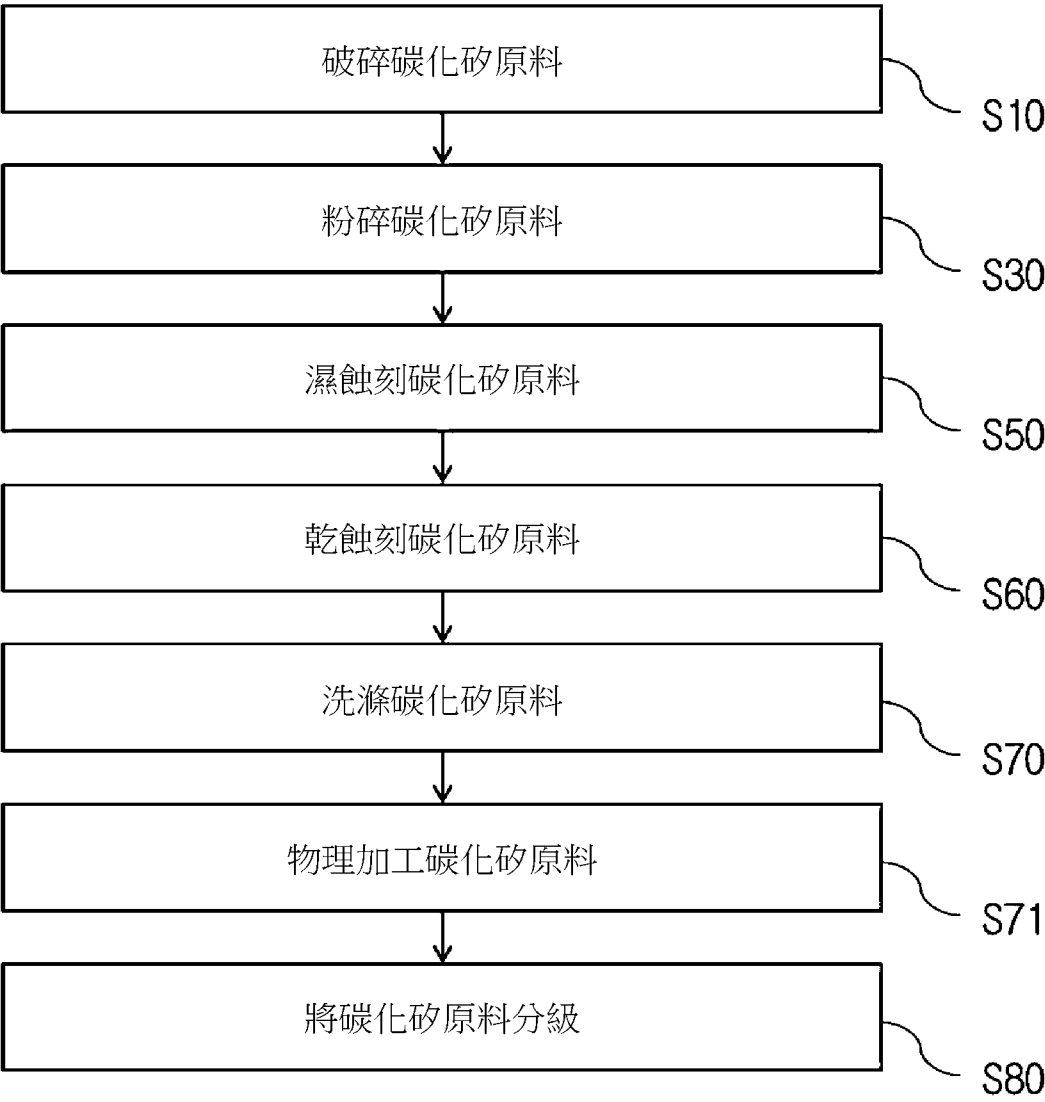
【發明圖式】



【圖1】



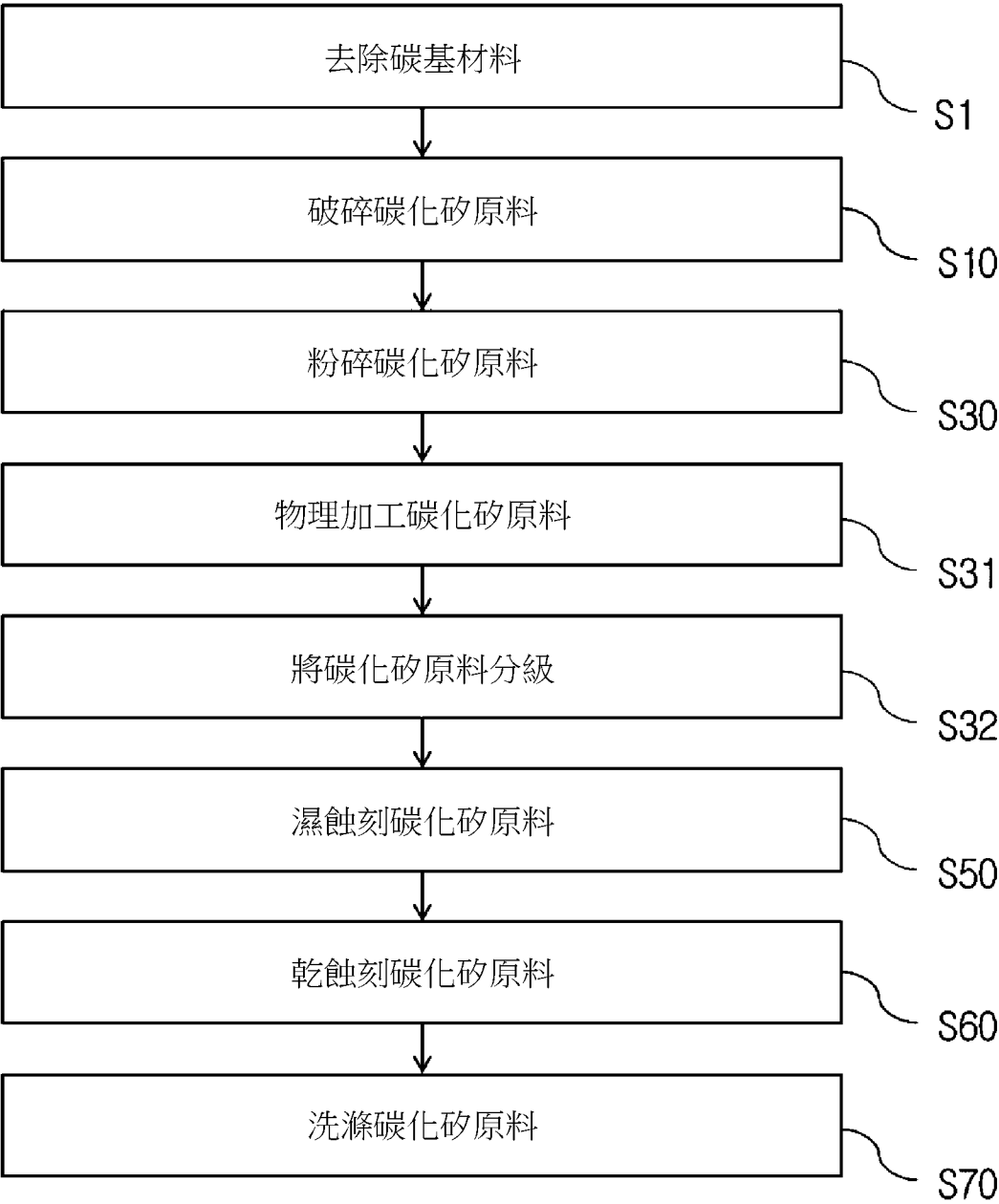
【圖2】



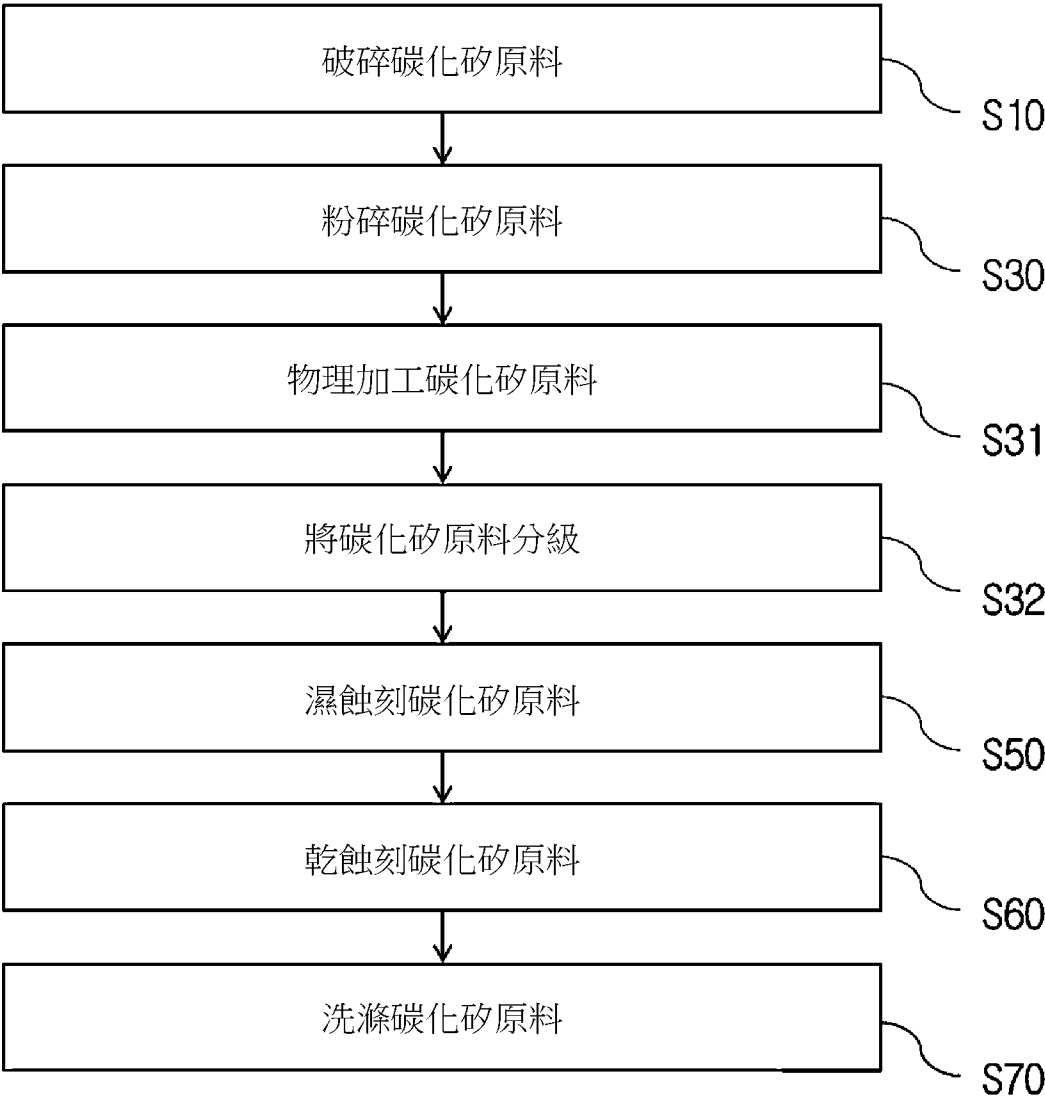
【圖3】



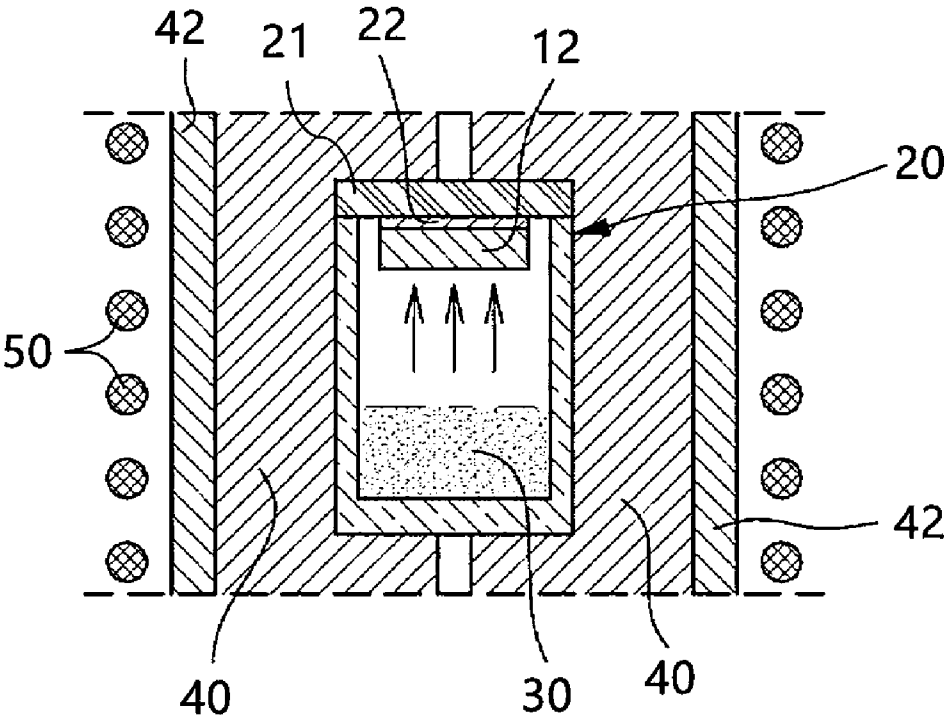
【圖4】



【圖5】



【圖6】



【圖7】