



(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 I504050 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：102144060

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 12 月 02 日

(51)Int. Cl. : **H01M4/36 (2006.01)****H01M4/139 (2010.01)****H01M10/052 (2010.01)**

(30)優先權：2012/11/30 南韓

10-2012-0138258

2013/11/29 南韓

10-2013-0147707

(71)申請人：L G 化學股份有限公司 (南韓) LG CHEM, LTD. (KR)

南韓

(72)發明人：李龍珠 LEE, YONG JU (KR)；康允雅 KANG, YOON-AH (KR)；金帝映 KIM, JE

YOUNG (KR)；崔丞延 CHOI, SEUNG-YOUN (KR)；李美林 LEE, MI-RIM (KR)；

鄭惠蘭 JUNG, HYE-RAN (KR)；柳正宇 YU, JUNG-WOO (KR)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201236249A

US 2009/0186273A1

US 2010/0159333A1

US 2010/0301276A1

審查人員：洪敏峰

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：7 共 21 頁

(54)名稱

鋰二次電池用之陽極活性材料及含彼之鋰二次電池

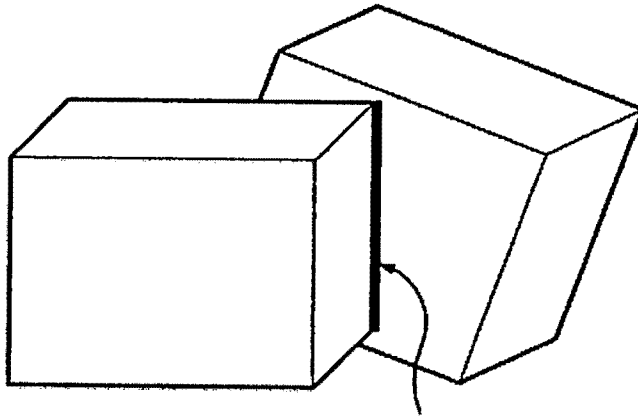
ANODE ACTIVE MATERIAL FOR LITHIUM SECONDARY BATTERY AND LITHIUM
SECONDARY BATTERY COMPRISING THE SAME

(57)摘要

本發明之陽極活性材料包含自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子，該以矽為基礎的粒子具有小面形狀，藉此提供高容量和良好的壽命特性且不會引發使用慣用之以矽為基礎的粒子時發生之任何退化情況，及最終提出具有此特性的鋰二次電池。

The anode active material of the present invention comprises silicon-based particles obtained from at least one of silicon, a silicon oxide and a silicon alloy, and the silicon-based particles have a faceted shape, thereby providing high capacity and good life characteristics without causing any deterioration which has been generated in the use of conventional silicon-based particles, and eventually providing a lithium secondary battery having such characteristics.

圖 1



I 線接觸或面接觸

公告本

發明摘要

※申請案號：102144060

※申請日：102 年 12 月 02 日

※IPC 分類：

H01m 4/36 (2006.01)

H01m 4/139 (2010.01)

H01m 10/052 (2010.01)

【發明名稱】(中文/英文)

鋰二次電池用之陽極活性材料及含彼之鋰二次電池

Anode active material for lithium secondary battery and lithium
secondary battery comprising the same

【中文】

本發明之陽極活性材料包含自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子，該以矽為基礎的粒子具有小面形狀，藉此提供高容量和良好的壽命特性且不會引發使用慣用之以矽為基礎的粒子時發生之任何退化情況，及最終提出具有此特性的鋰二次電池。

【英文】

The anode active material of the present invention comprises silicon-based particles obtained from at least one of silicon, a silicon oxide and a silicon alloy, and the silicon-based particles have a faceted shape, thereby providing high capacity and good life characteristics without causing any deterioration which has been generated in the use of conventional silicon-based particles, and eventually providing a lithium secondary battery having such characteristics.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

鋰二次電池用之陽極活性材料及含彼之鋰二次電池

Anode active material for lithium secondary battery and lithium

secondary battery comprising the same

【技術領域】

[0001] 本發明係關於鋰二次電池用之陽極活性材料及使用彼之鋰二次電池。更特定言之，本發明係關於包含氧化矽之陽極活性材料，其可提供改良的壽命特性和高容量。

[0002] 本申請案主張 2012 年 11 月 30 日在韓國提出申請的韓國專利申請案第 10-2012-0138258 號和 2013 年 11 月 29 日在韓國提出申請的韓國專利申請案第 10-2013-0147707 號，茲將該等申請案中之揭示納入本文中以資參考。

【先前技術】

[0003] 近來，對於能源儲存技術越來越感興趣。電化學裝置廣泛作為行動電話、攝影機(camcorder)、筆記型電腦、PC 和電動車之領域的能源，造成致力於關於彼之研究和發展。

[0004] 此處，電化學裝置為最令人感興趣之課題之

一。特別地，可充電的二次電池之開發成為關注的焦點。近來，此類電池之研究和發展係針對新穎的電極和電池之設計以改良容 600 密度和比能(specific energy)。

[0005] 目前有許多二次電池可資利用，其中，1990 年早期發展的鋰二次電池因為較慣用之以含水電解質為基礎的電池(例如 Ni-MH 電池、Ni-Cd 電池、和 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-Pb}$ 電池)來得高的操作電壓及更高的能量密度之優點，所以特別受到關注。

[0006] 通常，鋰二次電池係藉由使用陰極和陽極(彼等分別由能夠插入(intercalating)和釋出(disintercalating)鋰離子之材料製造)，及將有機或聚合物電解質液充填於陰極和陽極之間而製得，且當陰極和陽極中的鋰離子插入和釋出時，該電池藉氧化反應和還原反應製造電能。

[0007] 現有的鋰二次電池中，陽極大多由以碳為基礎的材料作為電極活性材料而製得。特別地，市售石墨的真實容量約 350 至 360 毫安培小時/克，接近其理論電容量約 372 毫安培小時/克。雖然以碳為基礎的材料(如石墨)具有此程度的容量，但其無法符合高容量鋰二次電池對於陽極活性材料的要求。

[0008] 欲符合此要求，嘗試使用金屬作為陽極活性材料，例如，Si、Sn、彼之氧化物和合金，其所具有的充電/放電容量高於碳材料且允許與鋰形成電化學合金。

[0009] 但是，此以金屬為基礎的電極活性材料在充電/放電期間內的體積變化很大，可能造成活性材料的破

裂和微粒化。在重複充電/放電循環的期間內，使用此以金屬為基礎的陽極活性材料之二次電池的容量可能會突然受損且循環壽命會縮短。據此，須解決因為使用此以金屬為基礎的電極活性材料而造成之容量和循環壽命受損之情況。

【發明內容】

所欲解決技術問題

[0010] 因此，本發明的目的係提出以矽為基礎的陽極活性材料，其可提供高容量且不會損及壽命特性，及包含該陽極活性材料之陽極和二次電池。

解決問題之技術手段

[0011] 欲達到此目的，根據本發明的一個觀點，提出陽極活性材料，其包含自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子，該以矽為基礎的粒子具有小面形狀。

[0012] 根據本發明之具體實施例，該以矽為基礎的粒子係小面型的陽極活性材料，且該小面型之以矽為基礎的粒子藉線接觸和面接觸中之至少一者而彼此接觸。

[0013] 根據本發明之具體實施例，該小面型之以矽為基礎的粒子具有整體僅由小面所構成之多面形。

[0014] 根據本發明之具體實施例，當具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之體積與球狀之以矽為基礎的粒子之

體積相仿時，該具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之表面積比球狀之以矽為基礎的粒子之表面積大 1.01 至 5 倍。

[0015] 根據本發明之具體實施例，該具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之平均直徑為 0.1 至 30 微米。

[0016] 根據本發明之具體實施例，該具有小面形狀之以矽為基礎的粒子包含矽合金，且該矽合金包含矽和至少一種選自由 Sn、Zr、Mn、Ni、Fe、Ca、Ce、La、Cr、Al、Co、Sb、Bi、As、Ge、Pb、Zn、Cd、In、Ti、Cu、Bi、Mo 和 Ga 所組成之群組的元素。

[0017] 根據本發明之具體實施例，該陽極活性材料為係僅由自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子所組成之單相。

[0018] 根據本發明之另一觀點，提出一種用於鋰二次電池之陽極，其包含電流收集器；和形成於該電流收集器之至少一個表面上的陽極活性材料層，其中該陽極活性材料層包含根據本發明之陽極活性材料。

[0019] 此外，根據本發明之另一觀點，提出一種鋰二次電池，其包含陰極、陽極、和位於該陰極和該陽極之間的分隔器，其中該陽極係本發明中界定者。

本發明之有利功效

[0020] 本發明之陽極活性材料包含自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子，該以矽為基礎的粒子具有小面形狀，藉此提供高容量和良好的壽命

特性且不會引發使用慣用之以矽為基礎的粒子時發生之任何退化情況，及最終提出具有此特性的鋰二次電池。

【圖式簡單說明】

[0021] 圖式說明本發明之較佳具體實施例且，與前述揭示一起用以進一步了解本發明之技術精神。但是，本發明不受限於這些圖式。

● [0022] 圖 1 出示實例 1 製造之具有小面形狀的 Si 合金粒子。

[0023] 圖 2 出示比較例 1 製造之具有球狀的 Si 合金粒子。

[0024] 圖 3 係實例 1 製造之具有小面形狀的 Si 合金粒子的 SEM 照片。

[0025] 圖 4 係比較例 1 製造之具有球狀的 Si 合金粒子的 SEM 照片。

● [0026] 圖 5 係實例 1 使用之用以製造具有小面形狀的 Si 合金粒子的設備。

[0027] 圖 6 和 7 係比較例 1 使用之用以製造具有球狀的 Si 合金粒子的設備。

【實施方式】

[0028] 下文中，將詳細描述本發明。描述之前，應瞭解不應將此說明書和所附申請專利範圍中所用的詞彙限於通用和字典意義，而是基於原理，基於本發明之相關技

術觀點的意義和概念闡釋，本發明者得以將所定義的詞彙合宜地用於最佳解釋。

[0029] 本發明之陽極活性材料之特徵在於包含自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子，且該以矽為基礎的粒子具有小面形狀。

[0030] 在使用慣用之以矽為基礎的粒子作為陽極活性材料的情況中，在鋰充電和放電的同時，這些粒子的體積改變，並因此而會破裂和微粒化。因此，在重複充電/放電循環的期間內，使用此種陽極活性材料的二次電池之容量可能會突然受損且循環壽命會縮短。為了使此體積膨脹最小化，嘗試控制以矽為基礎的粒子的晶度或形成 Si 經活化的核部分和惰性基質結構。但是，此嘗試僅與以矽為基礎的粒子的內部結構有關。另一嘗試中，本發明者盡力控制作為陽極活性材料之以矽為基礎的粒子的外形，非其內部結構，藉此防止因陽極活性材料在充電和放電期間內的體積變化而損及壽命特性，並特定地發現使用具有小面形狀之以矽為基礎的粒子代替慣用的球狀，可提供良好的壽命特性，即使體積膨脹亦然，此因小面的粒子比球狀容易彼此接觸之故。即，本發明人於以矽為基礎的粒子的外部結構賦予小面形狀，此係基於以下的可能性：在相同組成和相同粒子尺寸的條件下，自充電和放電循環開始時，若活性材料之間的初接觸提高，則活性材料之間的接觸面積會持續提高，即使在循環已經進行之後亦然。參照圖 1 和 2，圖 2 出示彼此接觸的球狀陽極活性材料，而圖

1 出示滿足彼此線接觸或面接觸中之至少一者的小面形狀陽極活性材料。基於此，當活性材料具有小面形狀時，介於活性材料之間的接觸面積提高。圖 1 圖解例示粒子的小面形狀，但本發明不限於所示形狀。

[0031] 此處，用於以 Si 為基礎的粒子之外形的詞彙“小面”是指藉多面體的小面定界的三維固態標的物，即，包括由各種多角、非球形所組成的任何粒子。此小面形式包括凸狀多面體、凹狀多面體、或二者。以 Si 為基礎的粒子的外形，即，由此粒子的外表面所組成之所有多面體的面(小面)，可為恆定或非恆定(即，不定形)。此外，以 Si 為基礎的複合型粒子彼此的形狀可以不同。

[0032] 此外，根據本發明之小面型之以 Si 為基礎的粒子可為整體僅由小面(平面)構成的多面形、或其實質部分具有小面(平面)(即，部分非球狀)的多面形。

[0033] 根據本發明之具體實施例，當具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之體積與球狀之以矽為基礎的粒子之體積相仿時，該具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之表面積比球狀之以矽為基礎的粒子之表面積大 1.01 至 5 倍，較佳地，1.5 至 4 倍。

[0034] 藉由滿足此表面積範圍，能夠使得粒子之間更容易接觸，且包含此粒子的二次電池能展現良好的壽命特性。

[0035] 根據本發明的另一具體實施例，該具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之平均直徑為 0.1 至 30 微米。

[0036] 本發明之陽極活性材料可為自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子，其中，較佳者為矽合金。該矽合金包含矽和至少一種選自由 Sn、Zr、Mn、Ni、Fe、Ca、Ce、La、Cr、Al、Co、Sb、Bi、As、Ge、Pb、Zn、Cd、In、Ti、Cu、Bi、Mo 和 Ga 所組成之群組的元素。若使用該矽合金作為以矽為基礎的物質，則僅 Si 的相可用以發展容量，Si 和 Si 以外的兩種元素之合金相或兩種元素之合金相作為 Si 的基質。因此，相較於簡單之以 Si 為基礎的物質，該矽合金具有優良的壽命特性和厚度膨脹能力，且該矽合金沒有氧，所以相較於 SiO₂，該矽合金提供高初始效能。據此，較佳地使用矽合金，但前述其他以矽為基礎的物質亦可用於本發明，不僅限於矽合金。

[0037] 此外，本發明之陽極活性材料可為僅由自矽、氧化矽、和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子所組成的單相，即，除了以矽為基礎的粒子以外，不包含他種物質。

[0038] 本發明中，具有小面形狀之以矽為基礎的粒子可藉以下方法製造。

[0039] 特定言之，提供前述以矽為基礎的物質，且使用球磨機、噴射研磨機或振動研磨機使該粒子進行研磨，使得物質因碰撞而研磨及之後具有小面形狀。

[0040] 藉此製得的陽極活性材料可根據此技術已知的慣用方法而用以製造陽極。本發明中，亦可藉此技術已

知的慣用方法製造陰極，此類似於陽極之製造。例如，本發明之陽極活性材料與黏合劑、溶劑、和任意地導電材料和分散劑混合，之後攪拌，以製造糊料並將該糊料施用在電流收集器上，之後壓縮，以製造電極。

[0041] 可用於本發明之黏合劑包括各種黏合劑聚合物，包括偏二氟乙烯 - 六氟丙烯共聚物(PVDF-co-HFP)、聚偏二氟乙烯、聚丙烯腈、和聚甲基丙烯酸甲酯。

[0042] 可用於本發明之陰極活性材料較佳地包括含鋰的過渡金屬氧化物，例如，選自 Li_xCoO_2 ($0.5 < x < 1.3$), Li_xNiO_2 ($0.5 < x < 1.3$), Li_xMnO_2 ($0.5 < x < 1.3$), $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ ($0.5 < x < 1.3$), $\text{Li}_x(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_2$ ($0.5 < x < 1.3$, $0 < a < 1$, $0 < b < 1$, $0 < c < 1$, $a+b+c=1$), $\text{Li}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_2$ ($0.5 < x < 1.3$, $0 < y < 1$), $\text{Li}_x\text{Co}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_2$ ($0.5 < x < 1.3$, $0 \leq y < 1$), $\text{Li}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_2$ ($0.5 < x < 1.3$, $0 \leq y < 1$), $\text{Li}_x(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_4$ ($0.5 < x < 1.3$, $0 < a < 2$, $0 < b < 2$, $0 < c < 2$, $a+b+c=2$), $\text{Li}_x\text{Mn}_{2-z}\text{Ni}_z\text{O}_4$ ($0.5 < x < 1.3$, $0 < z < 2$), $\text{Li}_x\text{Mn}_{2-z}\text{Co}_z\text{O}_4$ ($0.5 < x < 1.3$, $0 < z < 2$), Li_xCoPO_4 ($0.5 < x < 1.3$), Li_xFePO_4 ($0.5 < x < 1.3$)、和彼等之混合物中任一者。此含鋰的過渡金屬氧化物可經金屬(例如 Al)或金屬氧化物塗覆。此外，也可以使用含鋰的過渡金屬硫化物、硒化物或鹵化物。

[0043] 製造電極之後，可製造包括陰極、陽極、位於陰極和陽極之間的分隔器、和電解質液之慣用的鋰二次電池。

[0044] 本發明中使用的電解質液包含鋰鹽作為電解質鹽。此鋰鹽可為鋰二次電池用之電解質液中慣用之任何者。例如，鋰鹽的陰離子可為選自由 F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- ,

$\text{N}(\text{CN})_2^-$, BF_4^- , ClO_4^- , PF_6^- , $(\text{CF}_3)_2\text{PF}_4^-$, $(\text{CF}_3)_3\text{PF}_3^-$, $(\text{CF}_3)_4\text{PF}_2^-$, $(\text{CF}_3)_5\text{PF}^-$, $(\text{CF}_3)_6\text{P}^-$, CF_3SO_3^- , $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_3^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$, $(\text{FSO}_2)_2\text{N}^-$, $\text{CF}_3\text{CF}_2(\text{CF}_3)_2\text{CO}^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{CH}^-$, $(\text{SF}_5)_3\text{C}^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3\text{C}^-$, $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_3^-$, CF_3CO_2^- , CH_3CO_2^- , SCN^- 和 $(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2)_2\text{N}^-$ 所組成之群組中之任一者。

[0045] 本發明使用的電解質液包含鋰二次電池用之電解質液中慣用的有機溶劑，例如，碳酸丙二酯(PC)、碳酸乙二酯(EC)、碳酸二乙酯(DEC)、碳酸二甲酯(DMC)、碳酸乙酯甲酯(EMC)、碳酸甲酯丙酯、碳酸二丙酯、二甲亞砜、乙腈、二甲氧基乙烷、二乙氧基乙烷、碳酸乙烯酯、環丁砜、 γ -丁內酯、亞硫酸丙二酯、和四氫呋喃和彼等之混合物。特別地，以上以碳酸酯為基礎的有機溶劑中，較佳者是碳酸乙二酯和碳酸丙二酯(其為環狀碳酸酯)，此因彼等具有高黏度並因此具有高介電常數而易使得電解質中的鋰鹽解離之故。更佳地，環狀碳酸酯與具有低黏度和低介電常數的直鏈碳酸酯(如碳酸二甲酯和碳酸二乙酯)以適當比例混合而以混合物使用時，提供具有高導電性的電解質。

[0046] 任意地，本發明使用的電解質液可以另包括添加劑，例如過度充電抑制劑，其為電解質中慣用者。

[0047] 此外，可用於本發明之分隔器包括慣用作為分隔器的單層或多層多孔聚合物膜及慣用作為分隔器的多孔非梭織物等。此多孔聚合物膜可製自以聚烯烴為基礎的聚合物，例如，乙烯均聚物、丙烯均聚物、乙烯/丁烯共聚物、乙烯/己烯共聚物、和乙烯/甲基丙烯酸酯共聚物，而多孔非梭織物可製自，例如，高熔點玻璃纖維、聚對酞

酸乙二酯纖維等。但是，本發明不限於此。

[0048] 本發明所用的電池殼可為此技術中慣用的任一者，取決於其用途，未特別限制電池殼的形狀。例如，電池殼的形狀可為圓筒形、菱形、軟包(pouch)、或硬幣。

[0049] 下文中，將藉特定實例詳細描述本發明。但是，此處提出的描述僅為較佳實例，其僅用於說明，不欲限制本發明之範圍，因此，應瞭解所提出的實例係用以對嫻於此技術者作更詳細的解釋。

[0050]

實例 1：包含具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之陽極活性材料

[0051] Si、Al 和 Fe 以 75/15/10(%)的原子比混合並加熱以得到熔融的 Si 合金。使用氫氣，在真空下，將此熔融的合金噴在旋轉銅輪上，此如圖 5 所示者，以製造薄板形式的 Si/Al/Fe 合金。此合金經研磨和分佈，使得 D_{50} 為 5 微米。藉此製造的陽極活性材料經掃描式電子顯微鏡 (SEM) 分析，其 SEM 影像示於圖 3。

[0052]

比較例 1：包含具有球狀之以矽為基礎的粒子之陽極活性材料

[0053] 以與實例 1 相同的程序製造熔融的 Si 合金，將此熔融的合金通過氣體霧化器的噴嘴發射，此如圖 6 和 7 所示者，之後在氫氣氛下冷卻，製得 Si 合金的球狀粒子。測定此粒子的粒子尺寸，其中，證實粒子具有的 D_{50}

為 5 微米。此粒子的 SEM 影像亦示於圖 4。

[0054]

製造例 1：製造硬幣型半電池

[0055] 分別將實例 1 和比較例 1 製造的陽極活性材料用以得到電極糊料。得到的各電極糊料以 65 微米的厚度塗覆在銅電流收集器的一個表面上，乾燥和壓縮，之後打孔至所欲尺寸，以得到電極。

[0056] 使用金屬態的鋰作為陰極，聚烯烴分隔器配置於以上得到的陽極和陰極之間，以得到電極組。

[0057] 碳酸乙二酯(EC)和碳酸二乙酯(DEC)以 30：70(體積%)的比混合，於其中添加 LiPF_6 和 5%FEC，以得到 1M LiPF_6 之非含水的電解質液。

[0058]

實驗例 1：電池的充電/放電特性

[0059] 使分別使用實例 1 和比較例 1 的陽極活性材料之由製造例 1 製造的半電池，評估其充電/放電特性和壽命特性，其結果示於表 1。

[0060]

<硬幣形半電池的充電/放電條件>

- 充電條件：於恆定電流下，以至高 5 毫伏特進行電池充電，於電流密度達 0.005C 時充電完全。

- 放電條件：於恆定電流下，以至高 1.0 伏特進行電池放電。

表1

	放電 容量 (毫安培小時/克)	充電之前 的容量 (毫安培小時/克)	初始 效能 (%)	歸一化容量(%) (於第50次循環)
實例1	1050	1235	85.0	86
比較例1	1042	1229	84.8	64

申請專利範圍

1. 一種用於鋰二次電池的陽極，其包括電流收集器及形成於該電流收集器之至少一個表面上的陽極活性材料層，其中該陽極活性材料層包含自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子，且該以矽為基礎的粒子具有小面形狀。

2. 如申請專利範圍第 1 項之用於鋰二次電池的陽極，其中該以矽為基礎的粒子係小面陽極活性材料，且該以矽為基礎的小面粒子藉線接觸和面接觸中之至少一者而彼此接觸。

3. 如申請專利範圍第 1 項之用於鋰二次電池的陽極，其中該以矽為基礎的小面粒子具有整體僅由小面所構成之多面形。

4. 如申請專利範圍第 1 項之用於鋰二次電池的陽極，其中當具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之體積與球狀之以矽為基礎的粒子之體積相仿時，該具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之表面積比球狀之以矽為基礎的粒子之表面積大 1.01 至 5 倍。

5. 如申請專利範圍第 1 項之用於鋰二次電池的陽極，其中該具有小面形狀之以矽為基礎的粒子之平均直徑為 0.1 至 30 微米。

6. 如申請專利範圍第 1 項之用於鋰二次電池的陽極，其中該具有小面形狀之以矽為基礎的粒子包含矽合金，且該矽合金包含矽和至少一種選自由 Sn、Zr、Mn、

Ni、Fe、Ca、Ce、La、Cr、Al、Co、Sb、Bi、As、Ge、Pb、Zn、Cd、In、Ti、Cu、Bi、Mo 和 Ga 所組成之群組的元素。

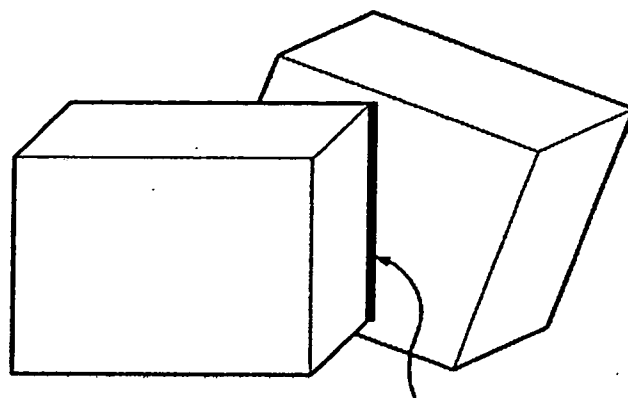
7. 如申請專利範圍第 1 項之用於鋰二次電池的陽極，其係僅由自矽、氧化矽和矽合金中之至少一者得到之以矽為基礎的粒子所組成之單相。

8. 一種鋰二次電池，其包含陰極、陽極、和位於該陰極和該陽極之間的分隔器，

其中該陽極係如申請專利範圍第 1 項界定之陽極。

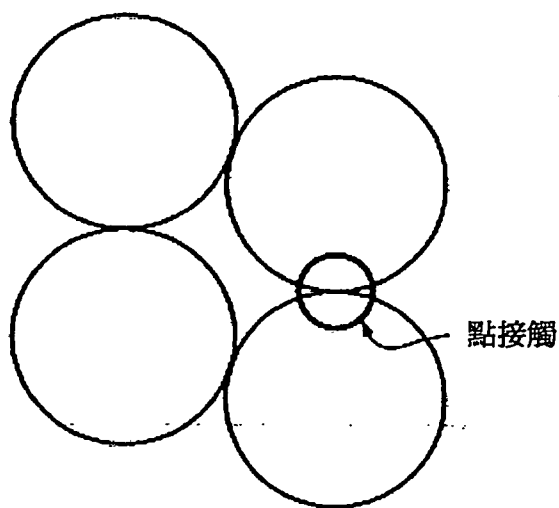
圖式

圖 1



I 線接觸或面接觸

圖 2



點接觸

圖 3

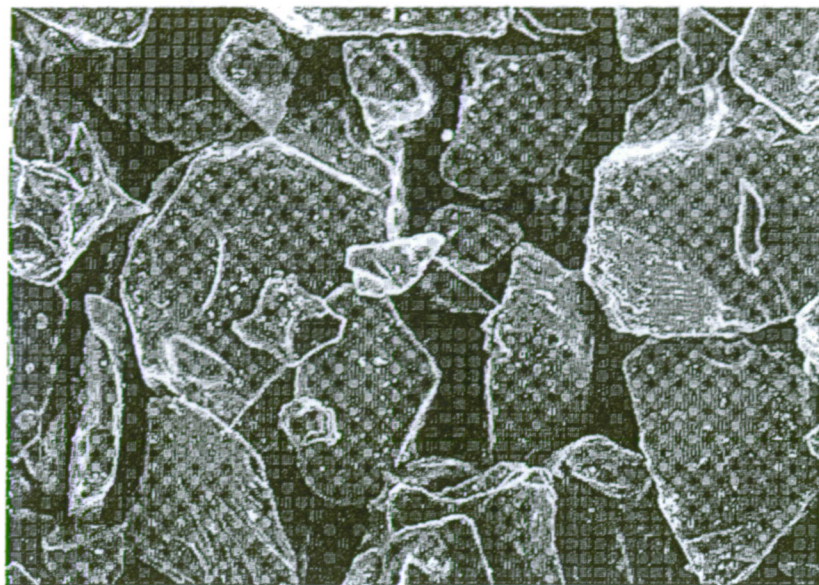


圖 4

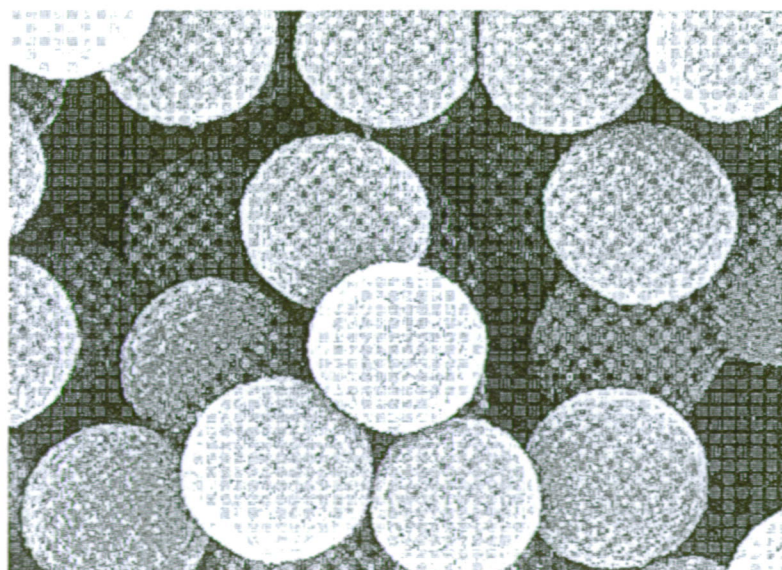


圖 5

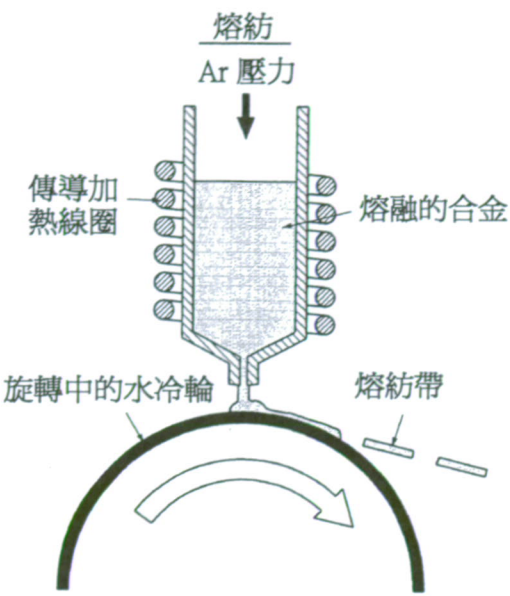


圖 6

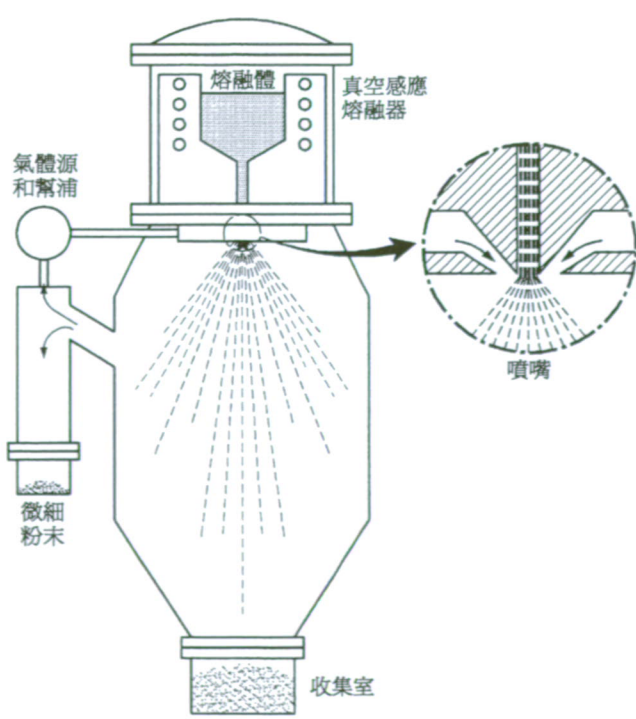


圖 7

