



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201427892 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：102100224

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 04 日

(51)Int. Cl.：

**B82B1/00 (2006.01)**

**B82B3/00 (2006.01)**

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：陳澤龍 CHEN, TZE LUNG (TW)；裘性天 CHIU, HSIN TIEN (TW)；李紫原 LEE, CHI YOUNG (TW)

(74)代理人：林火泉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 24 頁

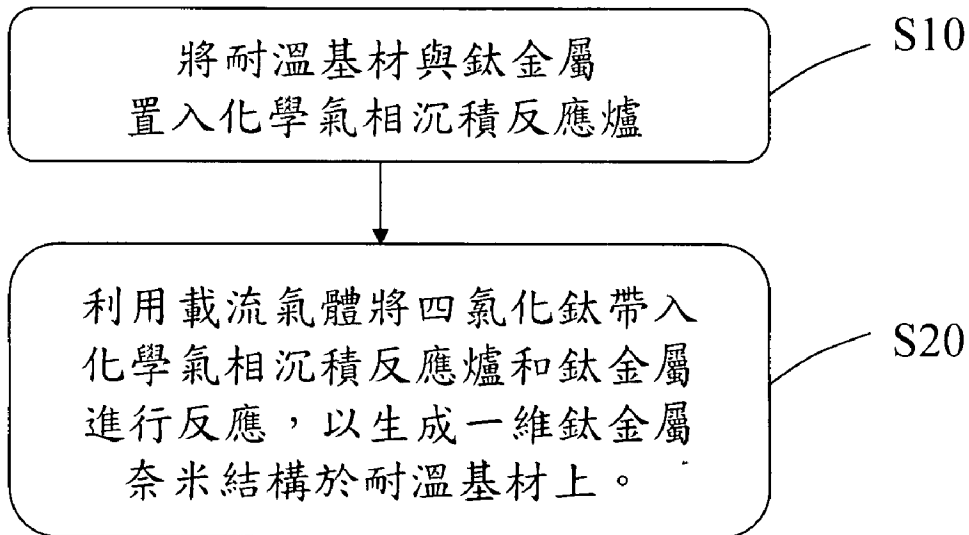
(54)名稱

一維鈦金屬奈米結構及其製造方法

ONE-DIMENSION TITANIUM METAL NANOSTRUCTURE AND THE FABRICATING METHOD THEREOF

(57)摘要

一種一維鈦金屬奈米結構及其製造方法，使用化學氣相沉積方式，並利用反應溫度 300~900°C，沉積溫度為 200~850°C，載流氣體之流量 0.1~50sccm，反應時間 5~60 小時，將鈦金屬與四氯化鈦反應完成後，即可於耐溫基材上生成一維鈦金屬奈米結構，一維金屬奈米結構可包含鈦奈米線、鈦奈米帶、花狀鈦奈米線、鈦奈米柱、鈦奈米管以及鈦金屬與二氧化鈦核殼結構之不同型態，且可以很緻密的成長於耐溫基材上，而本發明的製作不需要藉由複雜的微影蝕刻技術，不用額外合成模板，也沒有配製溶液及混漿塗膜等繁雜步驟，藉此可大幅降低製作成本及縮短製作流程，並具有可以放大製程的特點。



第1圖

## 發明摘要

※ 申請案號：102100274

※ 申請日：102.1.4

※IPC分類：B82B 1/00 (2006.01)

B82B 3/00 (2006.01)

## 【發明名稱】(中文/英文)

一維鈦金屬奈米結構及其製造方法 / one-dimension titanium metal nanostructure and the fabricating method thereof

## 【中文】

一種一維鈦金屬奈米結構及其製造方法，使用化學氣相沉積方式，並利用反應溫度 300~900°C，沉積溫度為 200~850°C，載流氣體之流量 0.1~50sccm，反應時間 5~60 小時，將鈦金屬與四氯化鈦反應完成後，即可於耐溫基材上生成一維鈦金屬奈米結構，一維金屬奈米結構可包含鈦奈米線、鈦奈米帶、花狀鈦奈米線、鈦奈米柱、鈦奈米管以及鈦金屬與二氧化鈦核殼結構之不同型態，且可以很緻密的成長於耐溫基材上，而本發明的製作不需要藉由複雜的微影蝕刻技術，不用額外合成模板，也沒有配製溶液及混漿塗膜等繁雜步驟，藉此可大幅降低製作成本及縮短製作流程，並具有可以放大製程的特點。

## 【英文】

A one-dimension titanium metal nanostructure and the fabricating method thereof are provided. Via chemical vapor deposition process, the reaction of the Ti metal and  $TiCl_4$  is complete under the condition of temperature at 300 to 900°C for the reaction temperature, at 200 to 850°C for the deposition temperature and the  $TiCl_4$ -Ar gas at 0.1-50sccm for 5-60 hours. The one-dimensional Ti metal nanostructure would be produced on a heat resistant substrate. The one-dimensional Ti metal nanostructure may be a titanium nanowire, a titanium nanobelt, a flower-shaped titanium nanowire, a titanium nanorod, a titanium nanotube or a titanium metal and titanium dioxide core-shell structure of different types with high dense structure on the heat resistant substrate. The complex lithography etching process, the complicated steps preparation solution and coating mixing, and using additional synthesis template

are not required. The process scale-up, cost down, and the simplified production process are achieved.

·  
·

·  
·



**【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】**：

：

：

# 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)

一維鈦金屬奈米結構及其製造方法 / one-dimension titanium metal nanostructure and the fabricating method thereof

## 【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種金屬奈米結構之合成，特別是指一種一維鈦金屬奈米結構及其製造方法。

## 【先前技術】

【0002】 近期金屬奈米結構的合成方法，大致可以分為微影光阻蝕刻法 (photolithography)、直接模板法 (hard template method)、晶核成長控制法 (seed-mediated growth) 和去合金法 (de-alloy) 等。

【0003】 其中，微影光阻蝕刻法是在基材上覆蓋一層感光材料的光阻，來自光源的平行光經過光罩，照射在感光材料光阻上，光罩上的圖案將使入射光反射，使透過光罩的光束也具備與光罩相同的圖案，進一步使晶片上的感光材料光阻進行選擇性的感光。於是光罩上的圖案便完整的傳遞到晶片的感光材料光阻上，此步驟即所謂的曝光。曝光之後再經過顯影，光罩上的圖案則成功的轉移至感光材料光阻上，然後再去除光阻，即可得到所需要的奈米線。此合成方式的缺點是必須使用昂貴的機台、繁雜的製作流程以及製作微小奈米線的尺寸決定於雷射的波長而有限制。

【0004】 直接模板法是以高分子化合物、多孔洞模板或生物體物質等，作為成長特殊金奈米結構的模板。利用此模板置於一基材上，以電化學沉積 (electrodeposition)、物理氣相沉積 (physic vapor deposition, PVD) 或溶液還原法，將金屬沉積於模板上，然後去除模板即可得到金屬奈米結構。此合成方式的缺點，所得到的金屬奈米結構有很多崩塌的缺陷；奈米結構的尺寸決定於模板微結構的孔洞或者線寬所侷限；且須額外合成模板再製作奈米結構，使得製作流程複雜。

【0005】 而晶核成長控制法是以金屬鹽類加入還原劑與界面活性劑所構成的溶液相合成法。界面活性劑為液相法應控制型態的關鍵，不但可以穩定金屬奈米顆粒於溶液中不至於聚集沉澱，也可以輔助金屬奈米顆粒

進行非等向性成長。界面活性劑分子具有親水端與疏水端，於溶劑中會自組裝形成各種幾何形狀的微胞（micelle），利用此微胞作為反應的模板，可以得到特殊的幾何金屬奈米結構。此合成方式的缺點，放大製程後所得到的金屬奈米結構產率相對降低很多；所得到的金屬奈米結構材料屬於粉末，若要使用於耐溫基材上，必須粉末混漿塗佈於耐溫基材上，此步驟可能間接改變原來奈米材料結構的特性以及混漿塗佈的均勻性也會影響材料性質。

### 【發明內容】

【0006】 鑒於以上的問題，本發明的主要目的在於提供一種一維鈦金屬奈米結構及其製造方法，乃採用化學氣相沉積方式，即可得到具有高表面積的一維鈦金屬奈米結構於耐溫基材，可大幅降低了製作成本及縮短製作流程，並具有放大製程的特點。

【0007】 本發明的另一目的在於提供一種一維鈦金屬奈米結構及其製造方法，藉由簡易的化學氣相沉積系統，可製備出不同形貌的一維鈦金屬奈米結構，其結構為單晶或多晶結構並具有高的長寬比，並可以高緻密且均勻的分散於耐溫基材上。

【0008】 為達以上之目的，本發明提供一種一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其步驟是先將耐溫基材與鈦金屬置入化學氣相沉積反應爐中，然後，利用載流氣體將四氯化鈦帶入化學氣相沉積反應爐中進行反應，其反應溫度為 300~900°C，沉積溫度為 200~850°C，載流氣體之流量為 0.1~50sccm，反應時間為 5~60 小時，使四氯化鈦與鈦金屬反應為亞氯化鈦，再經由亞氯化鈦自身的熱裂解而生成一維鈦金屬奈米結構於耐溫基材上。

【0009】 本發明中，隨著反應條件設定的不同，可得到不同型態的一維鈦金屬奈米結構；具體而言，當四氯化鈦與鈦金屬反應時的反應溫度為 500~900°C，一維鈦金屬奈米結構生成於耐溫基材處之沉積溫度為 500~850°C（較佳為 800~850°C），載流氣體之流量為 0.1~10sccm，反應時間為 8~30 小時，四氯化鈦與鈦金屬反應後可生成鈦奈米線型態的一維鈦金屬奈米結構。

【0010】 當四氯化鈦與鈦金屬反應時的反應溫度為 500~900°C，一維鈦金屬奈米結構生成於耐溫基材處之沉積溫度為 475~825°C（較佳為 775

~825°C)，載流氣體之流量為 0.1~10sccm，反應時間為 5~30 小時，四氯化鈦與鈦金屬反應後可生成鈦奈米帶型態的一維鈦金屬奈米結構。

【0011】 當使用經由表面粗糙化之耐溫基材，且四氯化鈦與鈦金屬反應時的反應溫度為 700~900°C，一維鈦金屬奈米結構生成於耐溫基材處之沉積溫度為 475~825°C（較佳為 600~800°C），載流氣體之流量為 10~20sccm，反應時間為 15~60 小時，之後停止四氯化鈦之提供，再繼續加熱 3~10 小時，然後降溫到室溫，並移除化學氣相沉積反應爐中剩餘之四氯化鈦，則可得到花狀鈦奈米線型態的一維鈦金屬奈米結構。

【0012】 當四氯化鈦與鈦金屬反應時的反應溫度為 700~900°C，一維鈦金屬奈米結構生成於耐溫基材處之沉積溫度為 475~825°C（較佳為 600~800°C），載流氣體之流量為 10~20sccm，反應時間為 15~60 小時，之後停止四氯化鈦之提供，再繼續加熱 3~10 小時，然後降溫到室溫，並移除化學氣相沉積反應爐中剩餘之四氯化鈦，即可得到鈦奈米柱型態的一維鈦金屬奈米結構。

【0013】 當四氯化鈦與鈦金屬反應時的反應溫度為 700~900°C，一維鈦金屬奈米結構生成於耐溫基材處之沉積溫度為 475~825°C（較佳為 600~800°C），載流氣體之流量為 10~20sccm，反應時間為 15~60 小時，反應之後停止四氯化鈦之提供，並直接降溫，即可得到鈦金屬與二氧化鈦核殼結構型態的一維鈦金屬奈米結構，此鈦金屬與二氧化鈦核殼結構具有鈦金屬之核心與包圍核心之二氧化鈦之氧化層。

【0014】 當四氯化鈦與鈦金屬反應時的反應溫度為 700~900°C，一維鈦金屬奈米結構生成於耐溫基材處之沉積溫度為 475~800°C（較佳為 600~800°C），載流氣體之流量為 10~50sccm，反應時間為 15~60 小時，反應之後停止四氯化鈦之提供，再加熱 3~10 小時，然後降溫到室溫，並移除化學氣相沉積反應爐中剩餘之四氯化鈦，即可得到鈦奈米管型態的一維鈦金屬奈米結構。

【0015】 再者，本發明也提供一種一維鈦金屬奈米結構，是採用前述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法所製備，此一維鈦金屬奈米結構之晶格結構可能為單晶或多晶，可在任何耐溫基材上成長，並可成長為包含鈦奈米線、鈦奈米帶、花狀鈦奈米線、鈦奈米柱、鈦奈米管以及鈦金屬與二氧



化鈦核殼結構之不同型態。其中，鈦奈米線的線寬約為 20~50 奈米，長度約為 2~50 微米；鈦奈米帶的線寬約為 20~150 奈米，長度約為 1~50 微米；花狀鈦奈米線的線寬約為 30~100 奈米，長度約為 2~9 微米；鈦奈米柱的柱寬約為 30~100 奈米，長度約為 2~9 微米；鈦金屬與二氧化鈦核殼結構之鈦金屬核心之線寬為 20~100 奈米，長度為 2~10 微米，二氧化鈦氧化層之厚度為 5~50 奈米；且鈦奈米管的管寬為 10~100 奈米，長度為 0.1~9 微米。

【0016】 為使對本發明的目的、特徵及其功能有進一步的了解，茲配合圖式詳細說明如下：

### 【圖式簡單說明】

#### 【0017】

第 1 圖係本發明所提供之一維鈦金屬奈米結構之製造方法的流程圖。

第 2a 與 2b 圖，分別為本發明之鈦奈米線經由沉積溫度 700°C 與氬氣流量 0.1~5sccm 時之鈦奈米線於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。

第 3a 和 3b 圖，分別為本發明之鈦奈米帶於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。

第 4a 與 4b 圖，分別為本發明之花狀鈦奈米線於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。

第 5a 與 5b 圖，分別為本發明之鈦奈米柱於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。

第 6a~6c 圖，依序為本發明之鈦金屬與二氧化鈦核殼結構於低倍率至高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。

第 7a 與 7b 圖，分別為本發明之鈦奈米管於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。

### 【實施方式】

【0018】 本發明所提供之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，是藉由化學氣相沉積方法成長一維鈦金屬奈米結構，請參照第 1 圖，說明本發明一維鈦金屬奈米結構之製造方法之流程，包含有下列步驟：

【0019】 首先，如步驟 S10，利用市售任何可做為耐溫基材之材料，

譬如石墨。將鈦金屬粉末和耐溫基材分別置於化學氣相沉積反應爐之高溫石英管中的高溫區與低溫區，也就是後面所述之鈦金屬與四氯化鈦反應處和產物生成處，其溫度分別稱為反應溫度和沉積溫度。

【0020】 如步驟 S20，利用譬如為氬氣 (Ar) 之載流氣體，將四氯化鈦 ( $\text{TiCl}_4$ ) 液體帶入化學氣相沉積反應爐之高溫石英管中和鈦金屬進行反應，載流氣體之流量約為 0.1~50sccm，並將反應溫度設定為 300~900°C，沉積溫度設定為 200~850°C，反應時間為 5~60 小時，反應過後產生的亞氯化鈦會經由自身熱裂解而產生奈米鈦金屬，則遂可在耐溫基材上進一步反應合成且成長為一維鈦金屬奈米結構。

【0021】 本發明中，隨著反應條件的不同，一維鈦金屬奈米結構的型態會產生不同的變化，這些變化已經藉由電子顯微鏡 (SEM) 及 X 光繞射儀予以鑑定，並從而得知本發明一維鈦金屬奈米結構之形貌、結構與成長方式以及電子場發射性質。以下詳細說明本發明利用不同反應條件所成長之一維鈦金屬奈米結構的各種型態，包含有鈦奈米線、鈦奈米帶、花狀鈦奈米線、鈦奈米柱、鈦奈米管以及鈦金屬與二氧化鈦核殼結構。

【0022】 (1) 鈦奈米線

【0023】 反應條件為：反應溫度 500~900°C，沉積溫度 500~850°C (較佳為 800~850°C)，載流氣體之流量 0.1~10sccm，反應時間 8~30 小時。

【0024】 利用化學氣相沉積方法所生成的鈦奈米線，線寬約為 20~50 奈米，長度約為 2~50 微米。如第 2a 與 2b 圖所示，分別為本發明之鈦奈米線經由沉積溫度 700°C 與氬氣流量 0.1~5sccm 時之鈦奈米線於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。此處鈦奈米線之晶格結構為 FCC (face centered cubic) 結構，而鈦奈米線可為單晶或多晶結構。

【0025】 (2) 鈦奈米帶

【0026】 反應條件為：反應溫度 500~900°C，沉積溫度 475~825°C (較佳為 775~825°C)，載流氣體之流量 0.1~10sccm，反應時間 5~30 小時。

【0027】 利用化學氣相沉積方法所生成的鈦奈米帶，帶寬約為 20~150 奈米，長度約為 1~50 微米。鈦奈米帶和鈦奈米線的反應條件類似，但

是鈦奈米帶的溫度略低，有時候兩者會同時出現。如第 3a 和 3b 圖所示，分別為本發明之鈦奈米帶於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。此處鈦奈米帶之晶格結構為 FCC 結構，而鈦奈米線可為單晶或多晶結構。

**【0028】** (3) 花狀鈦奈米線

**【0029】** 耐溫基材有經過表面粗糙化處理，表面較為凹凸不平。而耐溫基材表面粗糙的程度，大約是只要在電子顯微鏡底下看到有 20 奈米以上的粗糙度即可。

**【0030】** 反應條件為：反應溫度 700~900°C，沉積溫度 475~825°C（較佳為 600~800°C），載流氣體之流量 10~20sccm，反應時間 15~60 小時，且反應後關掉四氯化鈦繼續加熱 3~10 小時，再降溫到室溫，將四氯化鈦完全從化學氣相沉積反應爐中移除，再取出產物。

**【0031】** 利用化學氣相沉積方法所生成的花狀鈦奈米線，線寬約為 30~100 奈米，長度約為 2~9 微米。如第 4a 與 4b 圖所示，分別為本發明之花狀鈦奈米線於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。花狀鈦奈米線是由單一成核點長出花狀的奈米線，此處花狀鈦奈米線之晶格結構為 FCC 結構，而花狀鈦奈米線可為單晶或多晶結構。

**【0032】** (4) 鈦奈米柱

**【0033】** 和花狀鈦奈米線最大不同點在於鈦奈米柱是利用表面平整的耐溫基材。

**【0034】** 反應條件為：反應溫度 700~900°C，沉積溫度 475~825°C（較佳為 600~800°C），載流氣體之流量 10~20sccm，反應時間 15~60 小時，且反應後關掉四氯化鈦繼續加熱 3~10 小時，再降溫到室溫，將四氯化鈦完全從化學氣相沉積反應爐中移除，再取出產物，而此產物於高溫石英管中的前端和後端都會出現。

**【0035】** 利用化學氣相沉積方法所生成的鈦奈米柱，柱寬約為 30~100 奈米，長度約為 2~9 微米。如第 5a 與 5b 圖所示，分別為本發明之鈦奈米柱於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。鈦奈米柱是由單一成核點長出花狀的奈米線，此處鈦奈米柱之晶格結構為 FCC 結構，而花狀鈦奈米線可為單晶或多晶結構。

**【0036】** (5) 鈦金屬與二氧化鈦核殼結構

【0037】 反應條件為：反應溫度 700~900°C，沉積溫度 475~825°C（較佳為 600~800°C），載流氣體之流量 10~20sccm，反應時間 15~60 小時，且反應後關掉四氯化鈦，直接降溫取出產物。

【0038】 利用化學氣相沉積方法所生成的鈦金屬與二氧化鈦核殼結構，具有鈦金屬之核心與包圍核心之二氧化鈦之氧化層，其線寬為 20~100 奈米，長度為 2~10 微米，二氧化鈦氧化層之厚度為 5~50 奈米。如第 6a~6c 圖所示，依序為本發明之鈦金屬與二氧化鈦核殼結構於低倍率至高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。由第 6c 圖可以清楚看出此一維鈦金屬奈米結構之核心以及包圍核心之氧化層。此處鈦金屬與二氧化鈦核殼結構之晶格結構為 FCC 結構，而鈦金屬核心與二氧化鈦氧化層皆可為單晶或多晶結構，且二氧化鈦氧化層可為銳鈦礦（anatase）、金紅石（Rutile）或板鈦礦（Brookite）結構。並且，由元素鑑定之結果，可得知其成分有鈦金屬及其氧化物；由 XPS 之結果，可得知其內層為鈦金屬之核心，外層為二氧化鈦之氧化層。

【0039】 （6）鈦奈米管

【0040】 反應條件為：反應溫度 700~900°C，沉積溫度 475~800°C（較佳為 600~800°C），載流氣體之流量 10~50sccm，反應時間 15~60 小時，且反應後關掉四氯化鈦，繼續加熱 3~10 小時，再降溫到室溫，將四氯化鈦完全從化學氣相沉積反應爐中移除，再取出產物。

【0041】 利用化學氣相沉積方法所生成的鈦奈米管，管寬為 10~100 奈米，長度為 0.1~9 微米。如第 7a 與 7b 圖所示，分別為本發明之鈦奈米管於低倍率與高倍率下的 SEM 顯微結構示意圖。此處鈦奈米管之晶格結構為 FCC 結構，而鈦奈米管可為單晶或多晶結構。並且，由 XRD 及 EDS 之結果，可得知此一維鈦金屬奈米結構的成分為鈦金屬。

【0042】 綜上所述，根據本發明所揭露之一維鈦金屬奈米結構及其製造方法，利用化學氣相沉積方式，並藉著設定不同的反應條件，來得到不同型態的一維金屬奈米結構於耐溫基材，此一維金屬奈米結構包含鈦奈米線、鈦奈米帶、花狀鈦奈米線、鈦奈米柱、鈦奈米管以及鈦金屬與二氧化鈦核殼結構，可以是高緻密且均勻的分散於耐溫基材上，且其結構是單晶或多晶結構和高長寬比。

【0043】 本發明的製作不需要藉由複雜的微影蝕刻技術流程，也沒有配製溶液及混漿塗膜等繁雜步驟，也不需用到模板，即可得到具有高表面積的一維金屬奈米線於可彎曲耐溫基材上。藉此，可大幅降低製作成本及縮短製作流程，並具有可以放大製程的特點。此一維鈦金屬奈米結構未來將可應用於能源材料、光學元件、生物感測、發光元件、太陽能電池，光解水裝置等等，具有極大的商業潛力。

【0044】 雖然本發明以前述之實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明。在不脫離本發明之精神和範圍內，所為之更動與潤飾，均屬本發明之專利保護範圍。關於本發明所界定之保護範圍請參考所附之申請專利範圍。

**【符號說明】**

無

## 申請專利範圍

1. 一種一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其步驟包含：  
將一耐溫基材與一鈦金屬（Ti）置入一化學氣相沉積反應爐中；及  
利用一載流氣體將一四氯化鈦（TiCl<sub>4</sub>）帶入該化學氣相沉積反應爐和該鈦金屬進行反應，且反應溫度為 300~900°C，沉積溫度為 200~850°C，該載流氣體之流量為 0.1~50sccm，反應時間為 5~60 小時，使該四氯化鈦與該鈦金屬反應為一亞氯化鈦，再經由熱裂解而生成一維鈦金屬奈米結構於該耐溫基材上。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該耐溫基材之材質為石墨，該載流氣體為氮氣，該四氯化鈦與該鈦金屬反應時的反應溫度為 500~900°C，該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 500~850°C，該載流氣體之流量為 0.1~10sccm，反應時間為 8~30 小時，且該一維鈦金屬奈米結構為一鈦奈米線，該鈦奈米線之線寬為 20~50 奈米（nm），長度為 2~50 微米（ $\mu\text{m}$ ），晶格結構為單晶或多晶。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 800~850°C。
4. 如申請專利範圍第 2 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該單晶之鈦奈米線為 FCC 結構。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該耐溫基材之材質為石墨，該載流氣體為氮氣，該四氯化鈦與該鈦金屬反應時的反應溫度為 500~900°C，該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 475~825°C，該載流氣體之流量為 0.1~10sccm，反應時間為 5~30 小時，且該一維鈦金屬奈米結構為一鈦奈米帶，該鈦奈米帶之帶寬為 20~150 奈米（nm），長度為 1~50 微米（ $\mu\text{m}$ ），晶格結構為單晶或多晶。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 775~825°C。
7. 如申請專利範圍第 5 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該單晶之鈦奈米帶為 FCC 結構。

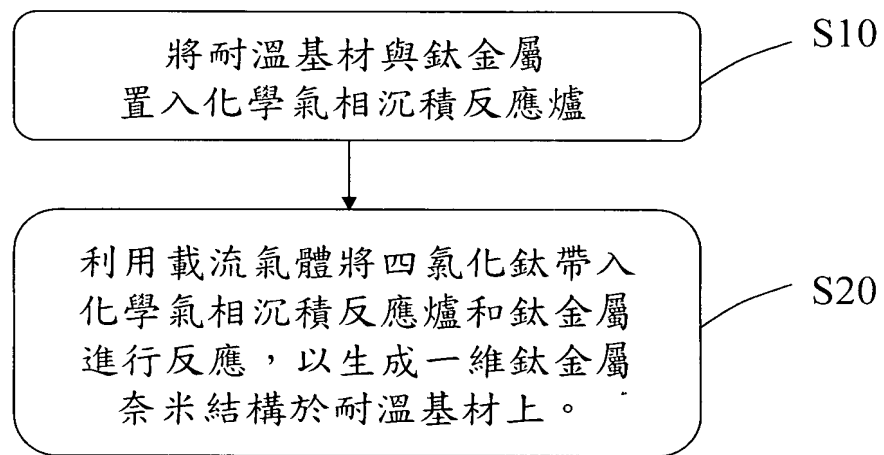
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該耐溫基材之材質為石墨，並先經過表面粗糙化處理而具有至少 20 奈米之粗糙度，該載流氣體為氮氣，該四氯化鈦與該鈦金屬反應時的反應溫度為 700~900°C，該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 475~825°C，該載流氣體之流量為 10~20sccm，反應時間為 15~60 小時，之後停止帶入該四氯化鈦，再繼續加熱 3~10 小時，然後降溫到室溫，並移除該化學氣相沉積反應爐中剩餘之該四氯化鈦，即可取出該一維鈦金屬奈米結構，且該一維鈦金屬奈米結構為一花狀鈦奈米線，該花狀鈦奈米線之線寬為 30~100 奈米 (nm)，長度為 2~9 微米 ( $\mu\text{m}$ )，晶格結構為單晶或多晶。
9. 如申請專利範圍第 8 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 600-800°C。
10. 如申請專利範圍第 8 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該單晶之花狀鈦奈米線為 FCC 結構。
11. 如申請專利範圍第 1 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該耐溫基材之材質為石墨，該載流氣體為氮氣，該四氯化鈦與該鈦金屬反應時的反應溫度為 700~900°C，該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 475~825°C，該載流氣體之流量為 10~20sccm，反應時間為 15~60 小時，之後停止帶入該四氯化鈦，再繼續加熱 3~10 小時，然後降溫到室溫，並移除該化學氣相沉積反應爐中剩餘之該四氯化鈦，即可取出該一維鈦金屬奈米結構，且該一維鈦金屬奈米結構為一鈦奈米柱，該鈦奈米柱之柱寬為 30~100 奈米 (nm)，長度為 2~9 微米 ( $\mu\text{m}$ )，晶格結構為單晶或多晶。
12. 如申請專利範圍第 11 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 600-800°C。
13. 如申請專利範圍第 11 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該單晶之鈦奈米柱為 FCC 結構。
14. 如申請專利範圍第 1 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該耐溫基材之材質為石墨，該載流氣體為氮氣，該四氯化鈦與該鈦金屬反應時的反應溫度為 700~900°C，該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基

材處之沉積溫度為 475~825°C，該載流氣體之流量為 10~20sccm，反應時間為 15~60 小時，反應之後停止帶入該四氯化鈦，並降溫取出該一維鈦金屬奈米結構，且該一維鈦金屬奈米結構為一鈦金屬與二氧化鈦核殼結構，該鈦金屬與二氧化鈦核殼結構具有一鈦金屬之核心與包圍該核心之二氧化鈦之氧化層，該鈦金屬核心之線寬為 20~100 奈米 (nm)，長度為 2~10 微米 ( $\mu\text{m}$ )，二氧化鈦氧化層之厚度為 5~50 奈米 (nm)，該鈦金屬之晶格結構為單晶或多晶，該二氧化鈦氧化層之晶格結構為單晶或多晶。

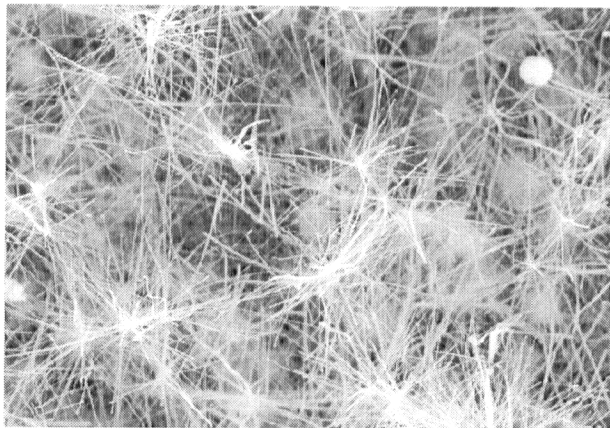
15. 如申請專利範圍第 14 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 600~800°C。
16. 如申請專利範圍第 14 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該單晶之鈦金屬為 FCC 結構，而該二氧化鈦氧化層為銳鈦礦 (anatase)、金紅石 (Rutile) 或板鈦礦 (Brookite) 結構。
17. 如申請專利範圍第 1 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該耐溫基材之材質為石墨，該載流氣體為氮氣，該四氯化鈦與該鈦金屬反應時的反應溫度為 700~900°C，該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 475~800°C，該載流氣體之流量為 10~50sccm，反應時間為 15~60 小時，反應之後停止帶入該四氯化鈦，再加熱 3~10 小時，然後降溫到室溫，並移除該化學氣相沉積反應爐中剩餘之該四氯化鈦，即可取出該一維鈦金屬奈米結構，且該一維鈦金屬奈米結構為一鈦奈米管，該鈦奈米管之管寬為 10~100 奈米 (nm)，長度為 0.1~9 微米 ( $\mu\text{m}$ )，晶格結構為單晶或多晶。
18. 如申請專利範圍第 17 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該一維鈦金屬奈米結構生成於該耐溫基材處之沉積溫度為 600~800°C。
19. 如申請專利範圍第 17 項所述之一維鈦金屬奈米結構之製造方法，其中該單晶之鈦奈米管為 FCC 結構。
20. 一種一維鈦金屬奈米結構，其係藉由申請專利範圍第 1 項所述之方法所製備。



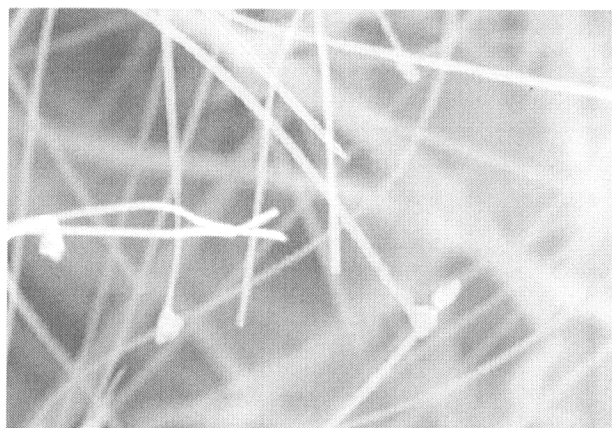
# 圖式



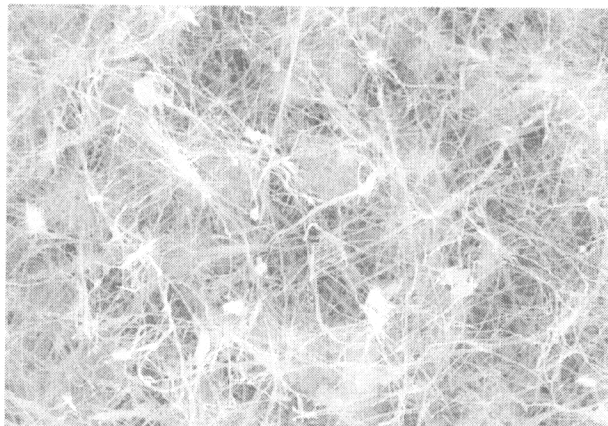
## 第1圖



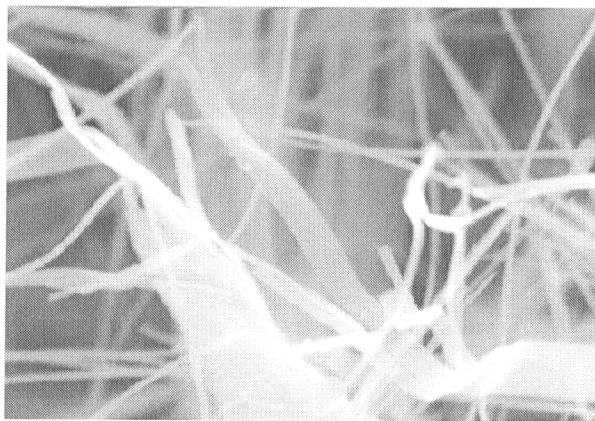
第2a圖



第2b圖



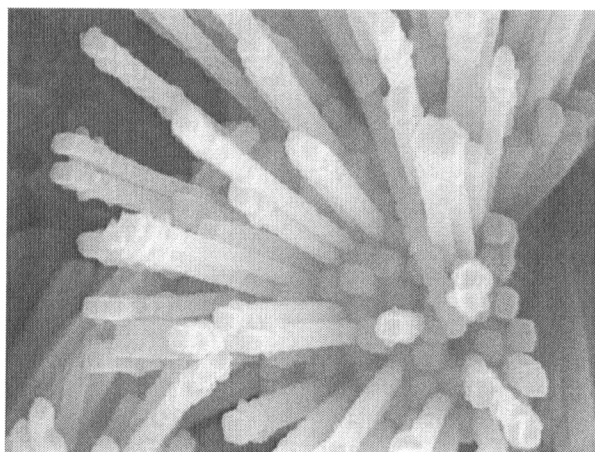
第3a圖



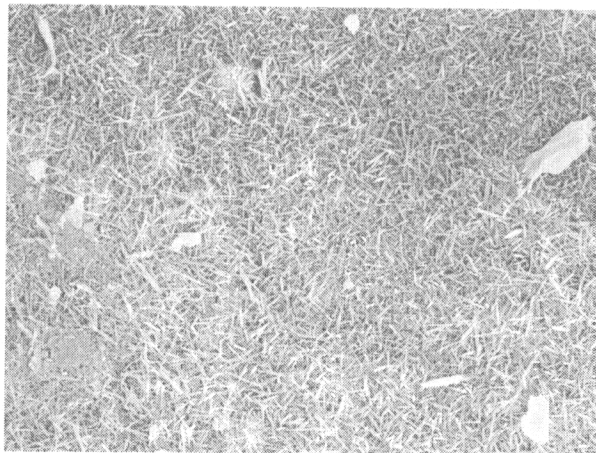
第3b圖



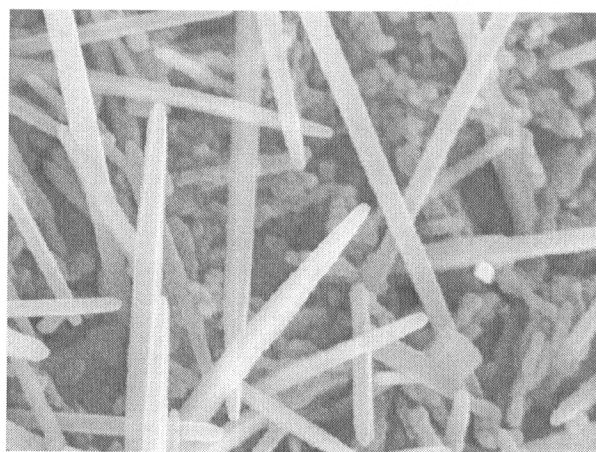
第4a圖



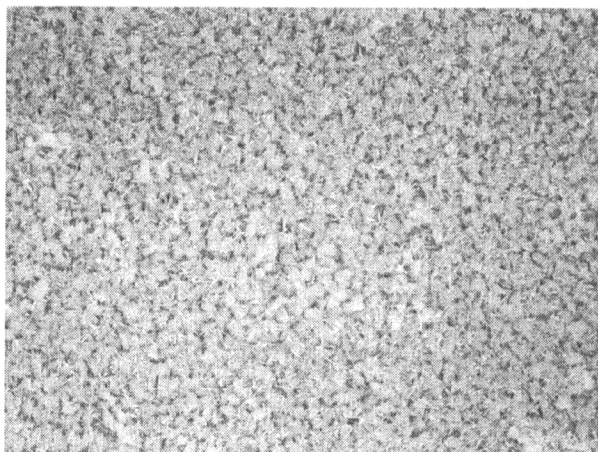
第4b圖



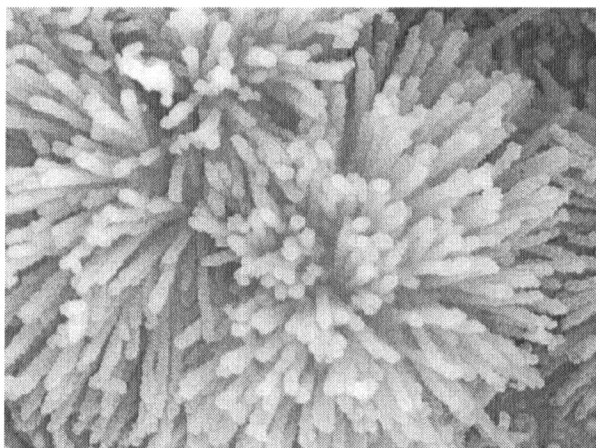
第5a圖



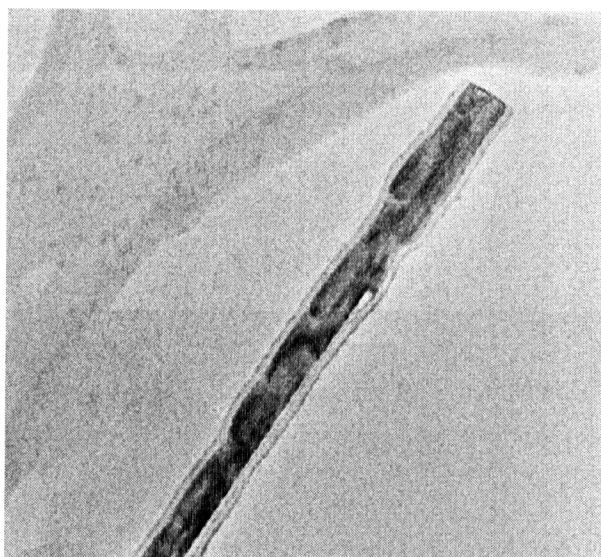
第5b圖



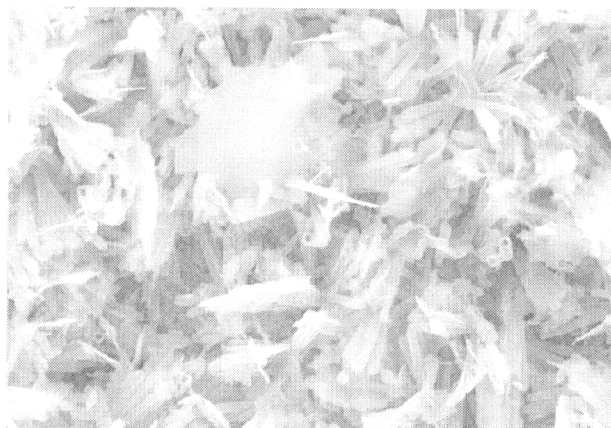
第6a圖



第6b圖



第6c圖



第7a圖



第7b圖