



(21)申請案號：099101811

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 01 月 22 日

(51)Int. Cl. : C01B31/04 (2006.01)

B01J19/08 (2006.01)

(30)優先權：2009/04/16 美國

12/386,303

(71)申請人：諾斯拉普葛蘭門系統公司(美國) NORTHROP GRUMMAN SYSTEMS CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：基李 斯 GILJE, S. SCOTT (US)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

JP 2003-231097A

Dongxing Yang, Aruna Velamakanni, Gu'lay Bozoklu, Sungjin Park, Meryl Stoller, Richard D. Piner, Sasha Stankovich, Inhwa Jung, Daniel A. Field, Carl A. Ventrice Jr., Rodney S. Ruoff. (2008/9/30) "Chemical analysis of graphene oxide films after heat and chemical treatments by X-ray photoelectron and Micro-Raman spectroscopy" CARBON 47, 145-152

Cristina Go' mez-Navarro, R. Thomas Weitz, Alexander M. Bittner, Matteo Scolari, Alf Mews, Marko Burghard, and Klaus Kern. (2007/10/18) "Electronic Transport Properties of Individual Chemically Reduced Graphene Oxide Sheets" NANOLETTERS Vol. 7, No. 11, 3499-3503

審查人員：呂易理

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：9 共 27 頁

(54)名稱

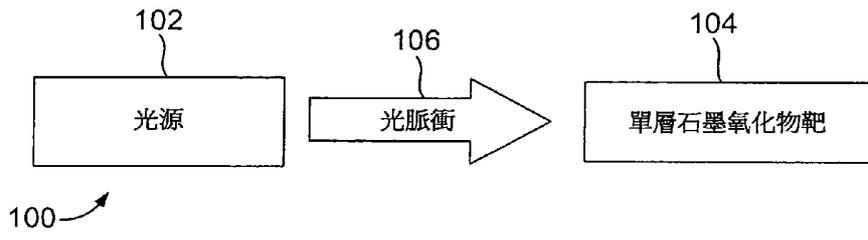
單層石墨氧化物的脫氧作用

GRAPHENE OXIDE DEOXYGENATION

(57)摘要

將單層石墨氧化物(GO)靶暴露於具有足以引發 GO 靶的脫氧反應之功率的光線中。GO 靶的脫氧反應將 GO 靶轉變成為單層石墨。

A graphene oxide (GO) target is exposed to light having power sufficient to initiate a deoxygenation reaction of the GO target. The deoxygenation reaction of the GO target transforms the GO target to graphene.



- 100 . . . 裝置
- 102 . . . 光源
- 104 . . . 單層石墨氧化物靶
- 106 . . . 光脈衝

圖 1

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明概括關於單層石墨，且更特別關於單層石墨氧化物的還原以獲得單層石墨。

【先前技術】

單層石墨為具有許多有用性質的單層碳原子。單層石墨可藉由機械剝離、磊晶生長而從石墨獲得，以及從碳化矽或單層石墨氧化物的還原作用而獲得。一種還原單層石墨氧化物以獲得單層石墨的方法係使用肼，然而肼非常毒且不穩定。另一種還原單層石墨的方法包含將單層石墨氧化物在氫氣下加熱至高溫（ $> 1000^{\circ}\text{C}$ ）。由於與該等單層石墨生產方法有關的成本及危險性，故希望找出一種還原單層石墨氧化物而不需要肼、高溫或惰性氣體的方法。

【發明內容】

在一個實施中，本發明包含一種方法。將單層石墨氧化物（GO）靶暴露於具有足以引發GO靶的脫氧反應之功率的光線中。GO靶的脫氧反應將GO靶轉變成為單層石墨。

本發明的另一實施包含一種裝置。該裝置包含單層石墨氧化物（GO）靶及遠離GO靶的光源。光源係經配置以發射導向GO靶的光脈衝，具有足以引發GO靶中的脫氧反應之功率。

【實施方式】

翻至圖 1，在一個實例中的裝置 100 包含光源 102 及單層石墨氧化物（GO）靶 104。單層石墨氧化物（GO）為經由強效氧化劑處理石墨粉末而獲得的深度著色、水可分散、氧化形式的單層石墨。光源 102 係經配置以暴露 GO 靶 104 於光線中，例如以發射導向 GO 靶 104 的光脈衝 106。光源 102 的實例包含雷射、閃光燈泡或燈、弧光燈、電致發光燈（例如，發光二極體）、氣體放電燈或輝光放電燈（例如，氙閃光燈、氙燈和氬燈）、高密度放電（HID）燈（例如，氙弧燈、汞蒸氣燈、金屬鹵化物燈）、其他的光源或其組合。

光源 102 係經配置使得光脈衝 106 特性足以引發在 GO 靶 104 中的脫氧反應。在一個實例中，光脈衝 106 引起 GO 靶 104 的點火或光熱分解，此將單層石墨氧化物還原成單層石墨（例如，導電單層石墨），如那些熟習此技藝者所理解。在一個實例中，使用多重光脈衝在多個 GO 靶 104 位置引起點火。影響 GO 靶 104 的脫氧反應的光脈衝 106 特性包含光頻率（例如，紫外光、可見光、紅外線）、強度及期間。在一個實例中，光脈衝 106 包含單一主頻率，諸如來自雷射的光脈衝。在可替代的具體例中，光脈衝 106 包含複數個頻率，諸如來自相機閃光的光脈衝。

在一個實例中，光脈衝 106 包含介於 200 奈米與 400 奈米之間的波長。在另一實例中，光脈衝 106 包含與在約 231 [5]

奈米上的GO吸收峰重合的波長。較長的波長亦有效於引發反應，但是GO在該等較大的波長下具有較低的能量吸收。在一個實例中，光脈衝106的脈衝期包含約10微秒至50毫秒之範圍內。較長或較短的期間是有可能的且取決於光脈衝106的其他特性和GO靶104的吸收而定。

在一個實例中，當脈衝期間縮短時，光脈衝106的總整合能量增加。例如，較短的脈衝相當於較大的功率脈衝用於改進反應引發。在一個實例中，反應引發係基於在GO靶104內的熱轉移。例如，光脈衝106係經配置以加熱GO靶104至約200℃。

在一個具體例中，光源102係經配置以光脈衝106直接暴露GO靶104。在可替代的具體例中，光源102包含一或多個透鏡、光閘、鏡子、光罩、光學纖維、光學電路或裝置或其組合。在第一個具體例中，光源102包含複數個個別光源，將來自光源的光組合且聚焦，以提供光脈衝106。在第二個具體例中，光源102包含脈衝之雷射源。在第三個具體例中，光源102包含具有高速光閘的連續光源（例如，連續波雷射），以提供光脈衝106。在第四個具體例中，光源102包含數位微鏡裝置或其他光學半導體，以提供光脈衝106。例如，數位微鏡裝置將光線再導向或導離GO靶104，以產生光脈衝106。在第五個具體例中，光源102包含光微影光源。

GO靶104包含足以引發脫氧反應的表面積及/或密度。在第一個具體例中，GO靶104包含多孔單層石墨氧化物（ $[S]$ ）

GO) 結構，例如多孔材料或粉末。在一個實例中，多孔GO結構係藉由將單層石墨氧化物分散液乾燥而產生。乾燥技術的實例包含將分散液冷凍乾燥或將分散液以 P_2O_5 粉末在真空下乾燥。在真空下乾燥可能需要數天以達成所欲形式的單層石墨氧化物以用於點火。在一個實例中，單層石墨氧化物分散液包含約介於5毫克與15毫克單層石墨氧化物/毫升水之間的密度(例如， $1\% \pm 0.5\%$ 之濃度)。

在第二個具體例中，GO靶包含單層石墨氧化物薄膜。在一個實例中，單層石墨氧化物薄膜係經形成具有約介於1奈米與20微米之間的厚度。在一個實例中，薄膜係藉由將單層石墨氧化物分散液過濾而產生。一種適合的濾器實例為膜濾器，諸如0.22微米Anapore™濾器(Al_2O_3)。例如，將分散液過濾且將所得膜從濾器剝落。在可替代的具體例中，可使用諸如旋轉塗佈、噴霧塗佈及將具有單層石墨氧化物的溶劑緩慢蒸發的方法，以產生薄膜。因為單層石墨氧化物為可加工溶液，如聚合物，所以用於從溶液產生聚合物薄膜的方法可適合於產生單層石墨氧化物膜，如那些熟習此技藝者所理解。

以解釋為目的提出一種操作裝置100的例證說明。翻至圖2，處理流程200說明GO靶104的點火。GO靶104係以兩種路徑中之一者形成。在一個具體例中，GO靶104包含多孔單層石墨氧化物(GO)結構。多孔GO結構係藉由先形成單層石墨氧化物分散液而產生(步驟202)。接著將單層石墨氧化物分散液形成多孔GO結構(步驟204)，例

[5]

如藉由將分散液乾燥。在另一具體例中，GO靶104係藉由產生單層石墨氧化物薄膜而形成（步驟206）。接著將GO靶104暴露於來自光源102的光脈衝106（步驟208）。GO靶104吸收來自光脈衝106的光子，該光脈衝在GO靶104中引發脫氧反應。在一個實例中，光脈衝106僅需要引發脫氧反應，且反應係經由GO靶104而增長，沒有進一步的作用。

在一個實例中，GO靶104的脫氧反應包含經由GO靶104增長的還原反應。還原反應將GO靶104轉變成為單層石墨，如那些熟習此技藝者所理解。因為還原反應係由光脈衝106引發，所以步驟208可在廣泛的條件範圍內執行，包括（但不限於此）室溫、標準溫度和壓力（STP）及在真空下。另外，GO靶104的脫氧反應可從遠離的光源102引發。觸發脫氧反應的最大範圍係取決於光源102特性及光脈衝106必須行經以達到GO靶104的透射介質（例如，光學纖維、空氣、真空、外部空間）而定。在一個實例中，光源102包含設置在從GO靶104起約1公尺的熱燈。

本發明有許多可替代的實施存在。在一個具體例中，光源102包含光微影光源。光微影光源將單層石墨形成所欲圖案且允許產生微-或奈米-級圖案或特徵。在一個實例中，單層石墨氧化物薄膜係形成於基板上。在一個實例中，基板包含觸媒材料，諸如鎳、銅、矽或鎂基板。在此實例中，基板/觸媒材料在單層石墨氧化物的反應期間清除氧，其造成較大量的結晶單層石墨。替代的觸媒金屬或材

料亦是可能的，例如那些比 CO_2 更具熱動力學穩定性（亦即具有較低的吉伯氏（Gibb）自由能）的氧化物。以 CO_2 在鎂金屬的存在下成爲碳黑的脫氧反應產生 MgO 。因爲由光脈衝 106 引發的脫氧反應產生 CO_2 ，所以在一個實例中，作爲觸媒的鎂存在下（例如，具有粉末形式或作爲 GO 膜的基板）增加 GO 靶 104 的脫氧反應之單層石墨產量，其係由於以鎂吸取氧以產生 MgO 。

可替代之圖案或設計可以其他已知的光圖案化或操控技術達成，諸如光學電路及 / 或數位微鏡裝置。由於單層石墨的導電本性，可將電路以還原之單層石墨圖案化。

在另一具體例中，可將觸媒與 GO 靶 104 混合或添加至其中。例如，諸如鎳、銅、矽或鎂之除氧觸媒可在單層石墨氧化物的脫氧反應期間清除氧。此亦造成較大量的結晶單層石墨，如那些熟習此技藝者所理解。

翻至圖 3 (a)，顯示淺棕色單層石墨氧化物泡沫樣品的代表。GO 泡沫樣品係藉由將 15 毫克 / 毫升之分散液冷凍乾燥以達成 15 毫克 / 立方公分之密度而製備。GO 泡沫樣品在 1000 倍放大下的掃描電子顯微照片 (SEM) 顯示泡沫的多孔本性，更詳細地顯示於圖 3 (b) 中。在 SEM 影像中，GO 片狀體看來好像尺寸範圍從約 500 奈米 - 20 微米直徑之起皺薄片，聚集形成多孔的 3 維立體網狀結構。少量的水黏附於 GO 薄片的表面上，很可能使薄片在一起，而提供泡沫一些剛性。

多孔結構起因於將水抽出，由於毛細管作用而不造成 [5]

GO片狀體的固體基質陷落，其能以習知的蒸發作用發生。所產生的乾且低密度網狀結構的奈米級GO片狀體適合兩個目的：第一，增加片狀體的表面對體積之比例，提供最大表面積以用於能量吸收。第二，縮短經吸收之能量可經由其擴散的導熱路徑。GO泡沫網狀結構能夠吸收更多的能量且可達成限制；結果可達成更快速且戲劇性的溫度增加。頃發現使用冷凍乾燥可使多孔GO泡沫在其本身重量下使結構陷落之前達到名義上5毫克/立方公分之密度。

一旦暴露於照像閃光時，GO泡沫發出砰然爆音，很可能歸因於光聲效果。從淺棕色至深黑色的色彩變化可在閃光之後立即目擊，顯示轉化成脫氧之石墨碳（DGC）。在脫氧反應之後（例如，“閃光”），GO泡沫點火，釋出具有有一些CO的CO₂及H₂O成爲主產物，且留下經剝離的脫氧之石墨碳（DGC）材料，如圖3（c）所描述。環繞樣品周圍的淺棕色斑點顯示在樣品邊緣的未反應區，其係泡沫在反應前沿增長時冷卻及膨脹的結果。在圖3（d）中，DGC材料的SEM影像顯示剝離層。此顯示膨脹之結構更像剝離之石墨結構，或最近的熱還原之GO結構，所謂的官能化單層石墨薄片（FGS）。在高倍放大下（圖3（d）之插頁圖；100,000倍）顯示經閃光轉化之石墨片狀體的膨脹本性且估計最薄的膨脹薄片之厚度係從10-20奈米爲範圍。

翻至圖4，15毫克/毫升之GO泡沫樣品在光點火之後的代表（圖4（a））顯示在左端光熱點燃樣品之後反應前沿

從左向右增長。在樣品右端的淺棕色區域為未反應之GO。所採用之影片畫面分析顯示反應前沿係以約10公分/秒之速率移動通過樣品。在GO泡沫樣品暴露於閃光時，吾等發現點火及反應增長的容易性受到GO泡沫的密度影響。越稠密的GO泡沫（>50毫克/立方公分）典型地越難以近距離（<1毫米）點火必要的數個閃光，以引發反應。雖然越低密度的GO泡沫（<5毫克/立方公分）越容易點火，但是經由爆燃不會產生足夠的熱以支援反應前沿，因此不會自行增長。然而，一旦點火時，反應前沿能移動通過GO泡沫結構，在其移動時釋出 CO_2 和 H_2O 。

在將GO泡沫裝入抽空的燒瓶中或在惰性氬氣下，可藉由閃光通過圓底燒瓶的透明玻璃而使GO泡沫閃光。在兩種情況中，將GO泡沫點火且反應經由大量泡沫而增長，證明GO的爆燃不需要外來的氧增長。在開放式大氣中閃光之GO泡沫典型地在爆燃之後在大氣氧中燃燒，其似乎在邊緣得到非晶形碳，如在圖4（b）的SEM影像中所顯示。在從初次爆燃反應移出 H_2O 和 CO_2 之後，非晶形碳可歸因於新形成的石墨碳在大氣氧中二次燃燒。若在惰性氣體下（諸如氬氣）閃光時，GO泡沫在 CO_2 和 H_2O 釋出之後不在大氣氧中燃燒，其造成更純的剝離樣品，具有細微的膨脹結構，圖4（c）中所顯示。

翻至圖5，使用X-射線光電子光譜法（XPS）分析在光熱誘發之脫氧反應之後繼續存在的DGC材料的碳及氧含量。在閃光之後（圖5（b）），GO起始材料（圖5（a））的 [5]

碳及氧含量分別從 68.7% 及 29.3% 改變至 92.1% 及 7.7%。剩餘的氧很可能由於不完全的脫氧反應的殘餘官能度。在不完全脫氧反應之後留下的殘餘官能度允許 DGC 薄片分散在各種極性非質子性有機溶劑中。一經閃光後，GO 泡沫忍受 70% 之平均質量損失。膨脹之 DGC 材料的重複閃光造成連續的光聲砰然爆音且可測出每次閃光暴露減少的質量。吾等推測從重複閃光所添加之能量引起大部分轉化之 DGC 材料繼續氧化成 CO_2 。經壓縮之 DGC 片的 X-射線粉末繞射顯示出集中在 $26.4^\circ 2\theta$ 之寬且低強度峰，指出在爆燃之後，產物事實上具有石墨本性。峰寬度很可能由於石墨平面的小結晶區域尺寸及膨脹之薄片的渦輪靜態 (turbostatic) 本性二者。

DGC 的電阻率測量得到 GO 起始材料的電阻從 $9.6 \times 10^5 \Omega \cdot \text{公分}$ ($1.0 \times 10^{-3} \text{ S/m}$) 減低至 $2.45 \Omega \cdot \text{公分}$ (40.7 S/m)，在減低之後仍然太高 (低)。此四個數量級的電阻率變化與其他形式的熱還原 GO 一致。由於經閃光之 GO 泡沫 (DGC) 的膨脹本性，故使用 Braunaur Emmett-Teller (BET) 分析法測量 N_2 吸取來分析其表面積。在閃光之前，具有 15 毫克/立方公分之密度的 GO 泡沫經測量具有 6 平方公尺/公克之表面積。在閃光之後，經測量得到從 400 平方公尺/公克至 980 平方公尺/公克之表面積範圍。吾等相信大的範圍值可歸因於測定樣品重量及吸附之水的困難度。在室溫下執行閃光之 DGC 的氫吸取，得到 1.75% 之吸取量。發現從閃光 GO 所獲得的 DGC 可分散在數個非質子性極性有機 [S]

溶劑中，包括：（1）N-甲基吡咯啉酮（NMP），（2）二甲基甲醯胺（DMF），（3）四氫呋喃（THF），（4）硝甲烷，及（5）乙腈，如圖5（c）中所顯示。

除了GO泡沫材料以外，以GO成爲DGC的光熱轉化作用可應用於GO膜的閃光。GO薄膜（<1微米厚度）係藉由將稀釋的GO分散液經由絕熱的0.2微米耐綸Millipore™濾器過濾而產生。翻至圖6-7，經由過濾所獲得的GO膜與在閃光之前的Cu透射電子顯微（TEM）柵一起的光學顯微影像顯示於圖6（a）中。使用TEM柵作爲光罩，將TEM柵的圖案轉移至GO膜，如在圖6（b）中的光學顯微影像中所顯示。暴露區對照於遮蔽之GO膜變成爲深黑色。脫氧反應及後續釋出的CO₂和H₂O從表面噴出DGC片狀體，如在圖7（a）、7（b）及（c）的一系列SEM影像中所描述。

由高消光係數材料所組成的奈米粒子能夠在一旦暴露於中強度光線的短脈衝時達成戲劇性的溫度增加。該等溫度增加係由於表面對體積之比例增加及移出經吸收之光線能量的導熱路徑數量減少而發生。使得GO之光熱點火顯出與其他奈米材料的閃光不同的區別特性之一在於取代僅點火或熔融材料，吾等能夠引發放熱分解反應。此利益在於不單獨由閃光光源提供點火所必要之能量，因爲有其他的奈米材料。此能夠使用較低的功率光源及/或較大的粒子，以達成點火，因爲粒子本身添加能量至系統。在圖案化應用中，可利用在GO與DGC之間的溶解度差異而快速分開GO薄膜的暴露區及遮蔽區。GO膜的經分離之閃光區域 [5]

可以有機溶劑清洗，留下完整的經遮蔽之GO部位。進行圖案化之GO膜的後續熱或化學還原，還原之GO可能產生高導電圖案。

翻至圖8，裝置800顯示裝置100的另一具體例，其中燃料源802相鄰於GO靶104。在此具體例中，將單層石墨氧化物的還原反應所產生的熱轉移、傳導或以另外方式由燃料源802吸收。燃料源802包含點火溫度，其為足以由還原GO靶104的熱來點火的低溫。在一個實例中，燃料源802為火箭燃料。在可替換的具體例中，GO靶104係由與燃料源802混合或分散於燃料源802內的GO片狀體所形成。

藉由將GO片狀體分散於液體燃料中有可能使用與火星塞相反的光線閃光來引發燃料點火。燃料/氧化劑混合物的照明可藉由允許在許多位置上同時發生點火而增強燃燒。電火花的主要缺點之一在於其為單點點火源。理論上，多個點火成核位置允許更可控制、更有效且更可信賴的點火及燃燒。此有用於其中已知目前的點火方法具有一或多個缺點的應用，諸如加液體燃料之火箭。諸如燃燒不穩定性及啓動瞬變之爭議不僅可引起嚴重的損害，並亦引起引擎效率降級且增加污染物排放。認為在導致引擎損害及可能的貨物和人類生命損失的火箭引擎中幾乎30%之燃燒不穩定性可回溯到推進劑最初的能量釋放過程的自然現象。

在使用單壁碳奈米管（SWNT）作為能成為燃料添加

劑的光點火之先前試驗中，發現SWNT僅在環境氧的存在下點火且不完全分散於試驗燃料中。SWNT的閃光亦非常取決於鐵觸媒濃度。因為觸媒攜帶其本身供給的氧且可高度分散於燃料（諸如醇）中，所以GO可用作為燃料的點火促進劑。在吾等初步的實驗中，吾等能夠使用GO作為光熱引發劑成功地點燃乙醇燃料。翻至圖9（a）、（b）及（c），一系列的影像顯示有乙醇蒸氣通過的GO泡沫樣品。在閃光之後（圖9（b）），GO點火的結果使得乙醇可輕易點火。在乙醇燃料消耗之後，燃燒反應的結果使吾等可在圖9（c）中看見DGC熾熱的鮮紅色。此點火過程的高溫計讀數顯示吾等能夠藉由閃光GO來達成400-500℃之溫度。

在過去十年來，已致力於著手同時改進在傳統的汽油引擎中的燃料效率且搜尋乾淨、可更新的替代燃料替代汽油。從此目標浮出的構想之一是均質充量壓縮點燃（HCCI）引擎的概念，其組合柴油引擎的高效率與火花點火（SI）引擎的低排放。在典型的HCCI引擎中，將燃料與空氣以類似於SI引擎均勻混合，但是點火係以類似於柴油引擎的高壓縮下的自動點火方式發生。HCCI引擎的高壓縮比提供比目前的SI引擎多增加15%之效率。目前面對HCCI的主要挑戰之一是控制由不可預測的壓縮誘發之點火過程。藉由使用諸如單層石墨氧化物的點火促進劑有可能在HCCI引擎中達成經分配之點火，以提供準確的點火時機，造成燃料與空氣均勻的起爆作用。

在一個實例中，裝置 100 包含複數個組件，諸如一或多個電子組件、硬體組件及電腦軟體組件。可將許多此等組件組合或隔離在裝置 100 中。裝置 100 的實例組件（例如，光源 102）係使用及/或包含以任何許多程式語言書寫或實施的電腦指令套組及/或系列，如那些熟習此技藝者所理解。

本文所述之步驟或操作僅作為實例。可以有許多該等步驟或操作的變化而不違背本發明的精神。例如，步驟可以不同的次序進行，或可添加、刪除或修改步驟。

雖然已在本文詳細描述且說明本發明的實例實施，但是那些熟習相關技藝者明白進行各種修改、添加、取代及類似作為而不違背本發明的精神，因此將該等視為在如下列申請專利範圍所定義之本發明的範圍內。

【圖式簡單說明】

本發明的實例實施特色將從發明內容、申請專利範圍及所附圖形變得顯而易見，其中：

圖 1 為包含朝向單層石墨氧化物靶發射光脈衝的光源之裝置的一個實施代表。

圖 2 為用於引發圖 1 之單層石墨氧化物靶的脫氧反應之一個方法流程的代表。

圖 3 為脫氧反應之前及之後的單層石墨氧化物泡沫樣品的代表。

圖 4 為單層石墨氧化物泡沫靶在增長期間的反應前沿 [S]

(a) 及非晶形碳樣品 (b) 和 (c) 的代表。

圖 5 為脫氧反應之前 (a) 和之後 (b) 的單層石墨氧化物及數個脫氧之石墨碳分散液的 X-射線光電子光譜學光譜的代表。

圖 6 為脫氧反應之前 (a) 和之後 (b) 的單層石墨氧化物膜的代表。

圖 7 為圖 6 的脫氧膜之一系列影像的代表。

圖 8 為圖 1 之裝置的另一實施的代表及說明與單層石墨氧化物靶相鄰之燃料源。

圖 9 為從閃光單層石墨氧化物泡沫之點燃乙醇蒸氣的代表。

【主要元件符號說明】

100：裝置

102：光源

104：單層石墨氧化物靶

106：光脈衝

200：處理流程

202：形成單層石墨氧化物分散液

204：形成多孔單層石墨氧化物結構

206：形成單層石墨氧化物薄膜

208：暴露單層石墨氧化物靶於光線

800：裝置

802：燃料源

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99101811

※申請日：99年01月22日

※IPC分類：C01B 31/00
B01J 19/08

(2010.01)

(2010.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

單層石墨氧化物的脫氧作用

Graphene oxide deoxygenation

二、中文發明摘要：

將單層石墨氧化物(GO)靶暴露於具有足以引發GO靶的脫氧反應之功率的光線中。GO靶的脫氧反應將GO靶轉變成為單層石墨。

三、英文發明摘要：

A graphene oxide (GO) target is exposed to light having power sufficient to initiate a deoxygenation reaction of the GO target. The deoxygenation reaction of the GO target transforms the GO target to graphene.

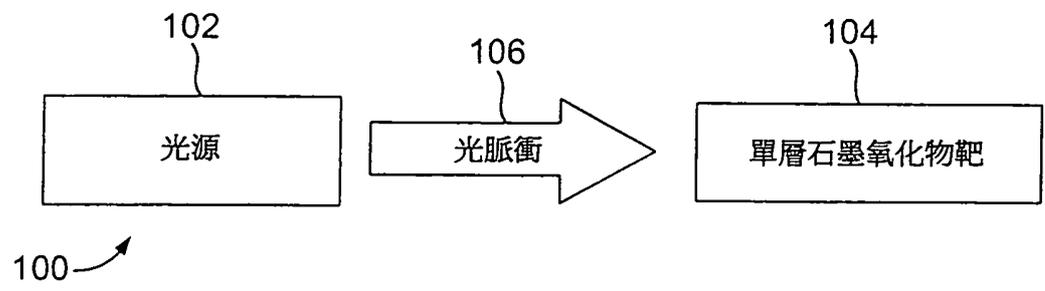


圖 1

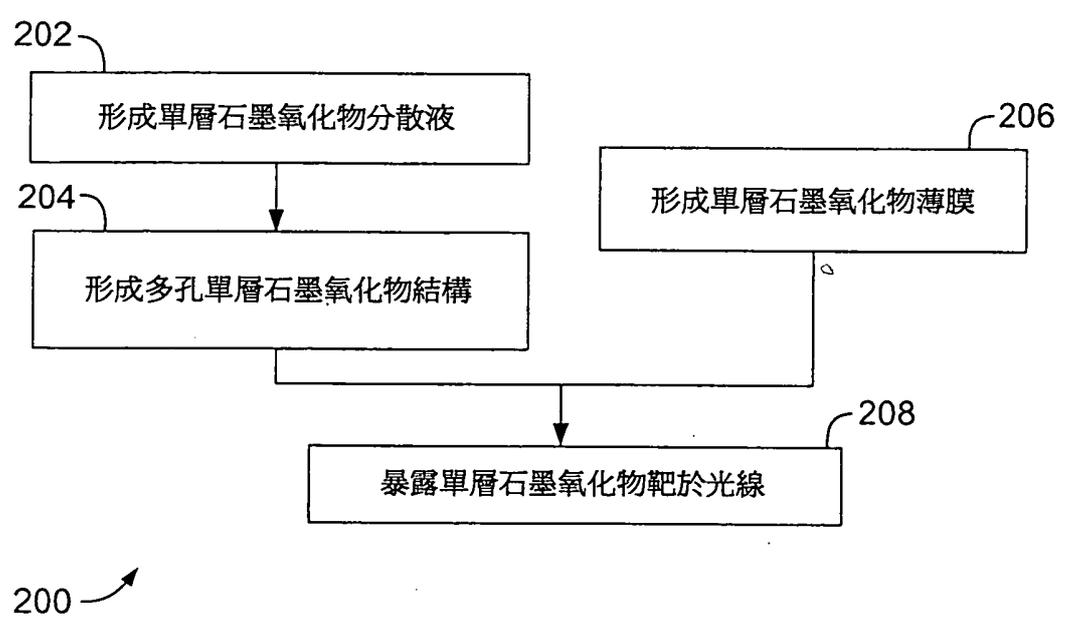


圖 2

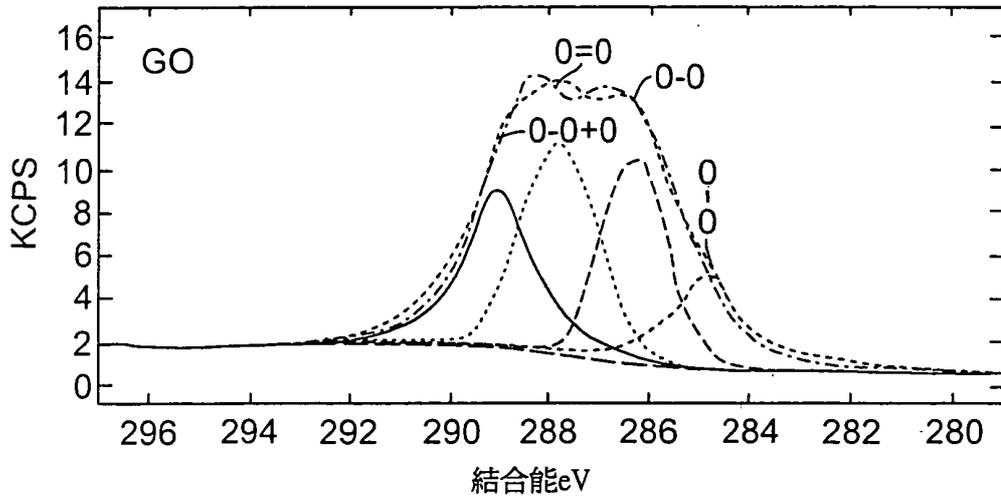


圖 5A

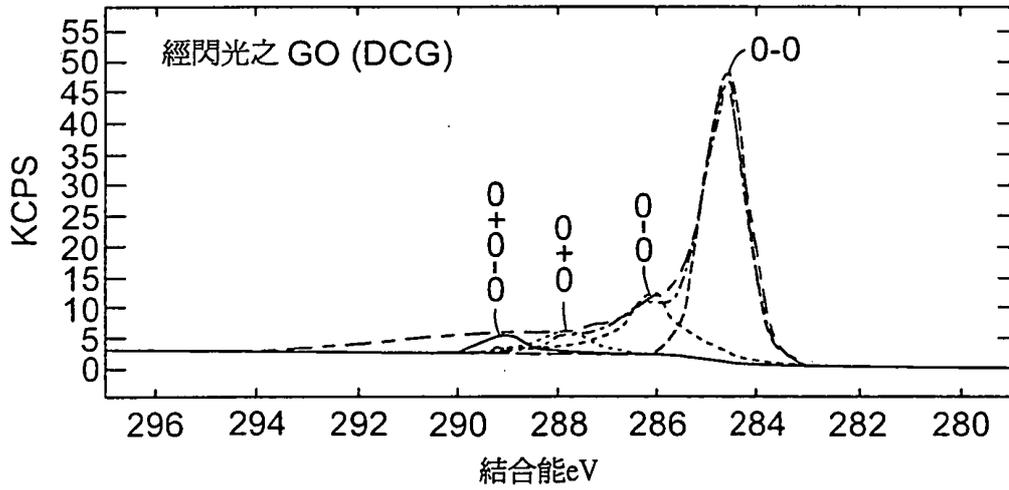


圖 5B

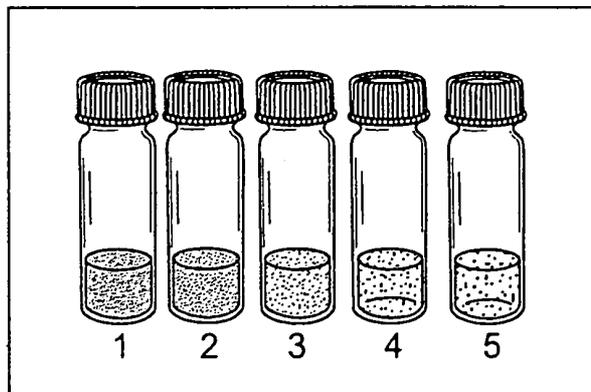


圖 5C

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

100：裝置

102：光源

104：單層石墨氧化物靶

106：光脈衝

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無



七、申請專利範圍：

1. 一種使單層石墨氧化物還原成單層石墨之方法，其包含下列步驟：

將單層石墨氧化物（GO）靶暴露於具有足以引發該GO靶的脫氧反應之功率和持續期間的光脈衝中，其中該GO靶的脫氧反應將該GO靶轉變成為單層石墨，且該多孔GO靶包含足以增長該脫氧反應之表面積，其中該光脈衝具有介於200奈米與400奈米之間的波長，和該光脈衝的持續期間係介於10微秒至50毫秒之間。

2. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中該製備步驟包含下列步驟：

將該單層石墨氧化物的分散液乾燥，以形成該多孔GO結構。

3. 根據申請專利範圍第2項之方法，其中該乾燥步驟包含下列步驟：

將該單層石墨氧化物的分散液冷凍乾燥，以形成該多孔GO結構。

4. 根據申請專利範圍第2項之方法，其進一步包含下列步驟：

形成該單層石墨氧化物的分散液，其具有約介於5毫克與15毫克單層石墨氧化物/毫升之間的單層石墨氧化物密度。

5. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中該GO靶的脫氧反應為該GO靶的光熱分解作用。

6. 根據申請專利範圍第 1 項之方法，其進一步包含下列步驟：

將該 GO 靶與在該 GO 靶的脫氧反應期間清除氧的除氧觸媒混合。

7. 根據申請專利範圍第 6 項之方法，其中該除氧觸媒包含鎳、銅、矽及鎂中之一或多者。

8. 根據申請專利範圍第 1 項之方法，其進一步包含下列步驟：

將該 GO 靶形成為薄膜。

9. 根據申請專利範圍第 8 項之方法，其中將該 GO 靶形成為薄膜的步驟包含下列步驟：

將該 GO 靶形成為具有厚度約介於 1 奈米與 20 微米之間的薄膜。

10. 根據申請專利範圍第 8 項之方法，其中將該 GO 靶暴露於光線中的步驟包含下列步驟：

將該薄膜暴露於光線中，以形成具有所欲圖案之單層石墨。

11. 根據申請專利範圍第 10 項之方法，其中暴露該薄膜的步驟包含下列步驟：

將該薄膜暴露於光微影光源的光線中，以形成具有所欲圖案之單層石墨。

12. 根據申請專利範圍第 11 項之方法，其進一步包含下列步驟：

將該 GO 靶在觸媒的金屬基板上形成為薄膜，其中該

觸媒的金屬基板在該 GO 靶的脫氧反應期間清除氧。

13. 根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中將該 GO 靶暴露於光線中的步驟包含下列步驟：

將該 GO 靶暴露於具有波長介於 200 奈米與 400 奈米之間的光線中。