



(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 I705852 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：107103475

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 31 日

(51)Int. Cl. : **B01J13/00 (2006.01)****C01B33/158 (2006.01)****C01B33/159 (2006.01)**

(30)優先權：2017/02/15 南韓

10-2017-0020592

(71)申請人：南韓商 SKC 股份有限公司 (南韓) SKC CO., LTD. (KR)

南韓

蔚山科學技術院 (南韓) ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND  
TECHNOLOGY (KR)

南韓

(72)發明人：朴鍾湍 PARK, JONGNAM (KR)；金賢洪 KIM, HYUN-HONG (KR)；金現中 KIM,  
HYEONJUNG (KR)；金江勇 KIM, KANG YONG (KR)；安秉煜 AN, BYEONG UK  
(KR)；盧桐均 NOH, DONG KYUN (KR)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

TW 201718666A

審查人員：葉獻全

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：4 共 21 頁

(54)名稱

具有經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠及其製備方法

(57)摘要

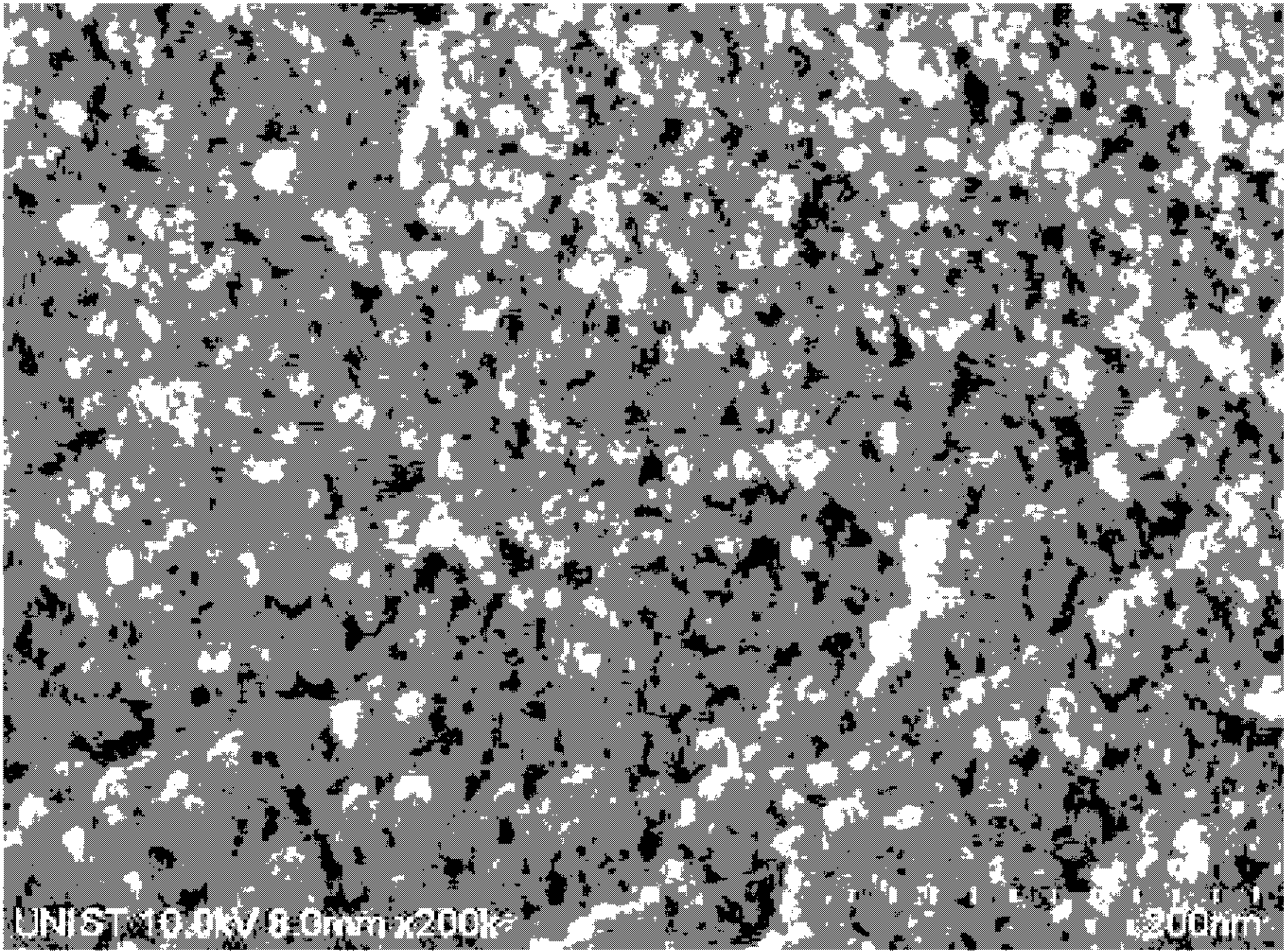
所揭示的是一種經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠，其不僅具有大的表面積、高孔隙率及低導熱率，且是經濟與環境友善的，以及一種用於製備該氣凝膠之方法。

Disclosed are a surface-modified aerogel with a catechol-based compound, which not only has a large surface area, a high porosity, and a low thermal conductivity, but also is economical and environmentally friendly, and a process for preparing the same.

指定代表圖：

I705852

TW I705852 B



【圖 1】



公告本

I705852

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

具有經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠及其製備方法

### 【英文發明名稱】

AEROGEL HAVING SURFACE MODIFIED WITH CATECHOL-BASED  
COMPOUNDS AND PREPARATION METHOD THEREOF

### 【中文】

所揭示的是一種經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠，其不僅具有大的表面積、高孔隙率及低導熱率，且是經濟與環境友善的，以及一種用於製備該氣凝膠之方法。

### 【英文】

Disclosed are a surface-modified aerogel with a catechol-based compound, which not only has a large surface area, a high porosity, and a low thermal conductivity, but also is economical and environmentally friendly, and a process for preparing the same.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】  
(無)

【特徵化學式】  
(無)

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

具有經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠及其製備方法

### 【英文發明名稱】

AEROGEL HAVING SURFACE MODIFIED WITH  
CATECHOL-BASED COMPOUNDS AND  
PREPARATION METHOD THEREOF

### 【技術領域】

#### 【0001】發明領域

下列實施例有關一種經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠，其不僅具有大的表面積、高孔隙率及低導熱率，且是經濟與環境友善的，以及一種用於製備該氣凝膠之方法。

### 【先前技術】

#### 【0002】發明背景

氣凝膠具有三維網狀奈米骨架結構。憑藉著其之如低介電係數、低導熱率及大的表面積之特徵，預期其可用於各式各樣的應用，如抗反射塗層、平板顯示面板及感測器。

【0003】氣凝膠是藉由除去前趨物之溶膠-凝膠反應所合成之濕凝膠的內部溶劑而製得。在此情況下，除去該溶劑之方法分成在超臨界條件下之去除法以及在常壓條件下之去除法。然而，因為在超臨界條件下除去溶劑之方法會因高溫與高壓程序導致高成本而限制其應用，所以一直

有於常壓常溫下除去溶劑之研究在進行。

【0004】例如，韓國早期公開專利申請案第2009-0053348號揭示一種使用三甲基氯矽烷(TMCS)作為矽烷化劑來製備奈米官能性二氧化矽氣凝膠薄膜之方法。然而，此方法因該矽烷化劑之高反應性而具危險性之問題，以及當矽烷化劑反應時，會有產生毒氣之問題。

【0005】據此，一直有以新的塗佈方法來開發氣凝膠之需求，其可維持氣凝膠及奈米結構骨架之特徵，同時改善可操作性及物理特性。

### 【發明內容】

#### 【0006】技術問題

在氣凝膠之製備中，諸如三甲基氯矽烷(TMCS)之矽烷化劑之使用具有下列問題，即，昂貴的矽烷化劑之過量使用；因表面改質期間會產生氯氣，其可能引起腐蝕，故具危險性；反應器設計導致之額外成本；以及副反應率高。

【0007】據此，下列實施例之目的是提供一種經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠，其可在常壓條件下合成、為經濟且環境友善的及具有大的表面積、高孔隙率及低導熱率，以及提供一種用於製備該氣凝膠之方法。

#### 解決問題之方法

【0008】根據一實施例，提供一種經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠。

【0009】此外，根據一實施例，提供有一種用於製

備經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠之方法，其包含通過一奈米骨架前趨物之溶膠-凝膠反應，製備一濕凝膠；混合該濕凝膠與一極性溶劑，以便該極性溶劑取代該濕凝膠中之溶劑；混合該經極性溶劑取代的濕凝膠與該以兒茶酚為主之化合物，以便改質該奈米骨架之表面；用一第一有機溶劑清洗該表面改質的濕凝膠；用一第二有機溶劑取代該經清洗的濕凝膠中之溶劑；及在0°C至200°C下乾燥該經第二有機溶劑取代的濕凝膠。

### 本發明之有利效果

【0010】根據該實施例之經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠，是環境友善的、具有大的表面積、高孔隙率及低導熱率，且可通過使用低廉之以兒茶酚為主之化合物，以相對低成本之方式製得。

【0011】此外，根據該用於製備氣凝膠之方法，以安全且經濟的方式製備氣凝膠是可能的，因為其可在常壓條件下，而不是傳統的超臨界條件下合成。

### 【圖式簡單說明】

【0012】圖1是範例1中所製得之表面已經過漆酚改質的二氧化矽氣凝膠之SEM照片。

圖2是範例2中所製得之表面已經過TBC改質的二氧化矽氣凝膠之SEM照片。

圖3是範例3中所製得之表面已經過多巴胺及TBC改質的二氧化矽氣凝膠之SEM照片。

圖4是範例4中所製得之表面已經過多巴胺、TBC及己

胺改質的二氧化矽氣凝膠之SEM照片。

## 【實施方式】

### 【0013】實施本發明之最佳模式

根據一實施例之氣凝膠及用於製備該氣凝膠之方法將詳述於下。

### 氣凝膠

【0014】根據一實施例之氣凝膠，是經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠。

【0015】該改質的氣凝膠之表面可為疏水性的。

【0016】該以兒茶酚為主之化合物可為具有兒茶酚基團之化合物。即，該以兒茶酚為主之化合物可包括兒茶酚及其衍生物。

【0017】該兒茶酚基團意指其中苯環之鄰位被羥基基團(-OH)取代的基團。例如，該兒茶酚基團可為1,2-二羥基苯基團。

【0018】具體地，該以兒茶酚為主之化合物包含至少一種選自於由下列所構成之群組：兒茶酚、4-叔丁基兒茶酚(TBC)、漆酚、多巴胺、茜草素、單寧酸、五倍子酚、沒食子酸、表沒食子兒茶酚、表兒茶酚沒食子酸酯及表沒食子兒茶酚沒食子酸酯，但不限於此。

【0019】因為該氣凝膠之表面經以該兒茶酚為主之化合物改質，所以該氣凝膠之表面變成疏水性的，從而在常壓下乾燥時能維持奈米骨架結構及產生高孔隙率、低密度及低導熱率之效果。

【0020】該氣凝膠可包含至少一種選自於由下列所構成之群組：二氧化矽、二氧化鈦及氧化鋁。例如，該氣凝膠可為二氧化矽氣凝膠，但不限於此。

【0021】該經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠是多孔材料，且具有網狀骨架結構。

【0022】該氣凝膠之表面積為 $300$ 至 $1,500\text{m}^2/\text{g}$ 。具體地，該氣凝膠之表面積可為 $300$ 至 $1,200\text{m}^2/\text{g}$ 、 $300$ 至 $1,000\text{m}^2/\text{g}$ 或 $300$ 至 $600\text{m}^2/\text{g}$ ，但不限於此。假如該氣凝膠之表面積落在以上之範圍內，則有利之處在於該氣凝膠具有高孔隙率、低密度及低導熱率。

【0023】該氣凝膠中所形成之孔隙的體積可為 $0.01$ 至 $10\text{cm}^3/\text{g}$ 。具體地，該氣凝膠中所形成之孔隙的體積可為 $0.1$ 至 $5\text{cm}^3/\text{g}$ ，但不限於此。假如該氣凝膠中所形成之孔隙的體積落在以上範圍內，則有利之處在於該氣凝膠具有高孔隙率、低密度及低導熱率。

【0024】該氣凝膠中所形成之孔隙的平均直徑可為 $12$ 至 $100\text{nm}$ 。具體地，該氣凝膠中所形成之孔隙的平均直徑可為 $12$ 至 $70\text{nm}$ 、 $12$ 至 $50\text{nm}$ 或 $15$ 至 $100\text{nm}$ ，但不限於此。假如該氣凝膠中所形成之孔隙的平均直徑落在以上之範圍內，則有利之處在於該氣凝膠具有高孔隙率、低密度及低導熱率。

【0025】該氣凝膠之孔隙率可為 $60\%$ 或更高。具體地，該氣凝膠之孔隙率可為 $70\%$ 或更高，但不限於此。假如該氣凝膠之孔隙率落在以上之範圍內，則有利之處在於

該氣凝膠產生低密度及低導熱率之作用。

【0026】該氣凝膠之導熱率可為15至65mW/m·K。具體地，該氣凝膠之導熱率可為15至60mW/m·K。更具體地，該氣凝膠之導熱率可為15至50mW/m·K，但不限於此。假如該氣凝膠之導熱率在以上之範圍內，則有利之處在於該氣凝膠產生極佳的熱絕緣性之作用。

【0027】此外，該氣凝膠可在沒有使用如三甲基氯矽烷之矽烷化劑之情況下維持奈米結構之骨架，因為其表面已經以兒茶酚為主之化合物改質。即，該氣凝膠可具有一以兒茶酚為主之化合物之奈米塗層，其中該奈米塗層可具有1至100nm或1至50nm之平均厚度。

### 用於製備氣凝膠之方法

【0028】根據一實施例之用於製備經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠之方法，包含通過一奈米骨架前趨物之溶膠-凝膠反應，製備一濕凝膠；混合該濕凝膠與一極性溶劑，以便該極性溶劑取代該濕凝膠中之溶劑；混合該經極性溶劑取代的濕凝膠與該以兒茶酚為主之化合物，以便改質該奈米骨架之表面；用一第一有機溶劑清洗該表面改質的濕凝膠；用一第二有機溶劑取代該經清洗的濕凝膠中之溶劑；及在0°C至200°C下乾燥該經第二有機溶劑取代的濕凝膠。

【0029】首先，通過一奈米骨架前趨物之溶膠-凝膠反應，製備一濕凝膠。在此情況下，此步驟可包含在25°C至60°C下老化含該奈米骨架前趨物之溶液6至48個

小時，其是藉由該奈米骨架前趨物之溶膠-凝膠反應合成具有網狀骨架結構之步驟。

【0030】該溶膠-凝膠反應是通過催化劑水解金屬烷氧化物前趨物、縮合及生長粒子之凝聚來進行，其是透過老化形成具有多孔骨架結構之反應。

【0031】該奈米骨架前趨物可包含至少一種選自於由下列所構成之群組： $C_1$ - $C_{20}$ 金屬烷氧化物及以矽酸酯為主之化合物。

【0032】例如，該奈米骨架前趨物可包含至少一種選自於由下列所構成之群組：原矽酸四甲酯(TMOS)、原矽酸四乙酯(TEOS)、四異丙醇鈦(TTIP)、四丁醇鈦、三仲丁醇鋁及矽酸鈉，但不限於此。

【0033】其次，將該濕凝膠與一極性溶劑混合，以便該極性溶劑取代該濕凝膠中之溶劑。此是使用兒茶酚之表面處理的前置步驟，其中殘留的前趨物及催化劑被移除，且該濕凝膠被置於用於表面處理該凝膠內外之溶劑條件中。

【0034】該極性溶劑可為一極性質子溶劑或一極性非質子溶劑。

【0035】具體地，該極性質子溶劑可包含至少一種選自於由下列所構成之群組：水、乙醇、甲醇及異丙醇，但不限於此。

【0036】此外，該極性非質子溶劑可包含至少一種選自於由下列所構成之群組：丙酮、丙二醇單甲醚醋酸酯

(PGMEA)、四氫呋喃(THF)、醋酸乙酯、氯仿、二氯甲烷、二甲基甲醯胺及二甲基亞砜(DMSO)，但本發明並不限於此。

【0037】之後，將該經極性溶劑取代的濕凝膠與一以兒茶酚為主之化合物混合，以便改質該奈米骨架之表面。此是用以兒茶酚為主的化合物改質該具有網狀骨架結構之濕凝膠之表面之步驟。在此情況下，該改質的氣凝膠之表面變成疏水性的。

【0038】該以兒茶酚為主之化合物之具體種類及特徵，與以上針對該氣凝膠所述的一樣。

【0039】該以兒茶酚為主之化合物可使用之量為0.005至5mmol/ml，更具體地0.01至2mmol/ml。

【0040】假如該以兒茶酚為主之化合物之量落在以上之範圍內，則該多孔氣凝膠之表面變成疏水性的，且其有利之處在於增加該氣凝膠之物理強度。

【0041】添加該以兒茶酚為主之化合物之時，可一起添加一以胺為主之化合物。具體地，該以胺為主之化合物可包含至少一種選自於由下列所構成之群組：以一級胺為主之化合物及以二胺為主之化合物，但不限於此。

【0042】更具體地，該以胺為主之化合物可包含至少一種選自於由下列所構成之群組：己胺、1-辛胺、十二胺、十六胺、十八胺、油胺、4,7,10-三氧雜-1,13-十三烷二胺及己二胺，但不限於此。

【0043】在該以胺為主之化合物與該以兒茶酚為主

之化合物一起添加之情況下，其有利之處在於可形成一薄的改質疏水性膜，及藉由與該以兒茶酚為主之化合物之聚合反應增加該改質的膜之耐久力。

【0044】其次，用一第一有機溶劑清洗該表面改質的濕凝膠。此是除去未反應的改質劑及其它有機物質之步驟。

【0045】該第一有機溶劑可包含至少一種選自於由下列所構成之群組：乙醇、丙二醇單甲醚醋酸酯(PGMEA)、四氫呋喃(THF)、丙酮、醋酸乙酯、異丙醇、甲醇、氯仿、二氯甲烷、二甲基甲醯胺及二甲基亞砜(DMSO)，但不限於此。

【0046】之後，用一第二有機溶劑取代該經清洗的濕凝膠中之溶劑。此是藉由以具有低表面張力之第二有機溶劑取代該濕凝膠中之溶劑，使由於常壓下乾燥期間毛細管壓力產生之骨架的收縮減至最小。

【0047】該第二有機溶劑可為具有低表面張力之有機溶劑。具體地，該第二有機溶劑之表面張力可為50達因/cm或更小。更具體地，該第二有機溶劑之表面張力可為10至35達因/cm。甚至更具體地，該第二有機溶劑之表面張力可為10至20達因/cm。

【0048】假如該第二有機溶劑之表面張力落在以上之範圍內，則有利之處在於可使由於常壓下乾燥期間毛細管壓力產生之骨架的收縮減至最小。

【0049】例如，該第二有機溶劑可包含至少一種選

自於由下列所構成之群組：己烷、戊烷、庚烷、異丙醇、氯仿、二氯甲烷、醚、丙酮及四氫呋喃(THF)，但不限於此。

【0050】最後，使該經第二有機溶劑取代的濕凝膠在0°C至200°C下乾燥。

【0051】透過乾燥，從該濕凝膠中除去內部溶劑，可獲得最後的氣凝膠。該溶劑之移除可在常壓條件下，而不是一般採用的超臨界條件下進行。

【0052】經由以上之方法最後獲得之氣凝膠之組成、表面積、孔隙的體積、孔隙的平均直徑、孔隙率及導熱率，與以上針對氣凝膠所述的一樣。

【0053】根據以上所述之用於製備表面改質的氣凝膠之方法，在常壓條件下合成氣凝膠是可能的，因為使用便宜之以兒茶酚為主之化合物，所以可節省製造成本，且可安全地製備氣凝膠。此外，因為用於製備表面改質的氣凝膠之方法使用以兒茶酚為主之化合物，故產生環境友善的氣凝膠是可能的。

【0054】特別是，該用於製備表面改質的氣凝膠之方法之特徵在於，沒有使用諸如三甲基氯矽烷(TMCS)之矽烷化劑。假如在表面改質的氣凝膠之製備中使用了矽烷化劑，則會因該矽烷化劑之高反應性而具危險性，且因為在反應期間會產生諸如氯氣之毒氣，所以在反應器之設計時會產生額外的成本。然而，根據以上實施例之用於製備表面改質的氣凝膠之方法之有利之處在於，其是環境友善且

經濟的，其沒有涉及任何的副反應。

### 範列

【0055】在下文中，利用下列範例詳述本發明，但本發明不限於此。

#### 範例1：經漆酚表面改質的二氧化矽氣凝膠之製備

【0056】將4.7g之原矽酸四乙酯(TEOS)、10ml之乙醇、1.3ml之水及2.8 $\mu$ l之36%鹽酸混合，然後經水解處理10分鐘。之後，於其中加入9.3 $\mu$ l之30%氫氧化銨水溶液，從而產生一濕凝膠。使因此產生之濕凝膠在50°C下老化48個小時，碾碎，然後用少量的乙醇清洗。將該濕凝膠與丙二醇單甲醚醋酸酯(PGMEA)混合，以便PGMEA取代該濕凝膠中之溶劑。將該經PGMEA取代的濕凝膠加至20ml之漆酚與PGMEA之混合物中，用以改質該奈米骨架之表面24個小時。用PGMEA清洗該表面改質的濕凝膠，且在100°C下熱處理12個小時。用己烷取代該濕凝膠中之溶劑，其之後在60°C下乾燥至獲得表面改質的二氧化矽氣凝膠。

#### 範例2：經TBC表面改質的二氧化矽氣凝膠之製備

【0057】將4.7g之TEOS、10ml之乙醇、1.3ml之水及2.8 $\mu$ l之36%鹽酸混合，然後經水解處理10分鐘。之後，於其中加入9.3 $\mu$ l之30%氫氧化銨水溶液，從而產生一濕凝膠。使因此產生之濕凝膠在50°C下老化48個小時，碾碎，然後用少量的乙醇清洗。將該濕凝膠與PGMEA混合，以便PGMEA取代該濕凝膠中之溶劑。將

該經PGMEA取代的濕凝膠加至20ml pH8之4-叔丁基兒茶酚(TBC)與PGMEA之混合溶液中，用以改質該奈米骨架之表面24個小時。用PGMEA清洗該表面改質的濕凝膠，及用己烷取代該濕凝膠中之溶劑，其之後在60°C下乾燥至獲得表面改質的二氧化矽氣膠。

### **範例3：經多巴胺及TBC表面改質的二氧化矽氣凝膠之製備**

【0058】將6.6ml之具有5重量%二氧化矽含量之矽酸鈉溶液及3.3 $\mu$ l之作為酸催化劑之1.15M鹽酸混合，然後在50°C下老化48個小時，以產生一濕凝膠。將該濕凝膠碾碎，然後與水混合，以便水取代該濕凝膠中之溶劑。將該經水取代的濕凝膠加至40ml已溶解有4mg之多巴胺與3.5mg之TBC之乙醇中，進行表面改質12個小時。用乙醇清洗該表面改質的濕凝膠，然後用異丙醇及己烷取代該濕凝膠中之溶劑，其之後在60°C下乾燥至獲得表面改質的二氧化矽氣凝膠。

### **範例3：經多巴胺、TBC及己胺表面改質的二氧化矽氣凝膠之製備**

【0059】將6.6ml之具有5重量%二氧化矽含量之矽酸鈉溶液與3.3 $\mu$ l之作為酸催化劑之1.15M鹽酸混合，然後在50°C下老化48個小時，以產生一濕凝膠。將該濕凝膠碾碎，然後與水混合，以便水取代該濕凝膠中之溶劑。將該經水取代的濕凝膠加至40ml已溶解有1.3mg之多巴胺及5.8mg之TBC之乙醇與0.11ml之己胺的混合溶液中，

進行表面改質12個小時。用乙醇清洗該表面改質的濕凝膠，然後用異丙醇及己烷取代該濕凝膠中之溶劑，其之後在60°C下乾燥至獲得表面改質的二氧化矽氣凝膠。

### **比較例1：沒有用以兒茶酚為主之化合物表面改質的二氧化矽氣凝膠之製備**

**【0060】** 將6.6ml之具有5重量%二氧化矽含量之矽酸鈉溶液與3.3 $\mu$ l之作為酸催化劑之1.15M鹽酸混合，然後在50°C下老化48個小時，以產生一濕凝膠。將該濕凝膠碾碎，然後與水混合，以便水取代該濕凝膠中之溶劑。用乙醇清洗該經水取代的濕凝膠，然後用異丙醇及己烷取代該濕凝膠中之溶劑，其之後在60°C下乾燥至獲得最後的氣凝膠。

### **評估範例1：氣凝膠之表面積**

**【0061】** 利用BET (Brunauer, Emmett, and Teller) 方法，測量範例1至4及比較例1中所製得之氣凝膠之表面積。結果示於以下表1中。

### **評估範例2：氣凝膠中所形成之孔隙的體積**

**【0062】** 利用BET方法，測量範例1至4及比較例1中所製得之氣凝膠內所形成之孔隙的體積。結果示於以下表1中。

### **評估範例3：氣凝膠中所形成之孔隙的平均直徑**

**【0063】** 利用BET方法，測量範例1至4及比較例1中所製得之氣凝膠內所形成之孔隙的平均直徑。結果示於以下表1中。

評估範例4：氣凝膠之導熱率

【0064】根據改良式瞬態平面熱源(MTPS)法，利用C-Therm之熱傳導係數分析儀測量範例4與比較例1中之氣凝膠之導熱率。結果示於以下表1中。

[表1]

|      | 評估範例1                      | 評估範例2                         | 評估範例3           | 評估範例4           |
|------|----------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|      | 表面積<br>(m <sup>2</sup> /g) | 孔隙的體積<br>(cm <sup>3</sup> /g) | 孔隙的<br>平均直徑(nm) | 導熱率<br>(mW/m·K) |
| 範例1  | 697                        | 2.17                          | 12.47           | -               |
| 範例2  | 523                        | 2.35                          | 18.0            | -               |
| 範例3  | 369                        | 2.2                           | 23.87           | -               |
| 範例4  | 377                        | 1.93                          | 20.51           | 48.5            |
| 比較例1 | 290                        | 1.00                          | 11.8            | 65.6            |

【0065】如以上表1所示，與比較例1相比，範例1至4中製得之氣凝膠具有大的表面積、由於大的孔隙體積及大的孔隙平均直徑之高孔隙率，及高導熱率。

【0066】此外，透過圖1至4中所示之範例1至4之SEM照片，證實了具有孔隙之表面改質的氣凝膠。

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠，其中該經改質的氣凝膠之表面為疏水性的。

【第2項】 如請求項1之氣凝膠，其中該以兒茶酚為主之化合物是具有兒茶酚基團之化合物。

【第3項】 如請求項1之氣凝膠，其中該以兒茶酚為主之化合物包含至少一種選自於由下列所構成之群組：兒茶酚、4-叔丁基兒茶酚(TBC)、漆酚、多巴胺、茜草素、單寧酸、五倍子酚、沒食子酸、表沒食子兒茶酚(epigallocatechin)、表兒茶酚沒食子酸酯(epicatechin gallate)及表沒食子兒茶酚沒食子酸酯(epigallocatechin gallate)。

【第4項】 如請求項1之氣凝膠，其包含至少一種選自於由下列所構成之群組：二氧化矽、二氧化鈦及氧化鋁。

【第5項】 如請求項1之氣凝膠，其中該氣凝膠之表面積為300至1,500m<sup>2</sup>/g。

【第6項】 如請求項1之氣凝膠，其中該氣凝膠中所形成之孔隙的平均直徑為12至100nm。

【第7項】 一種用於製備經以兒茶酚為主之化合物表面改質的氣凝膠之方法，其包含藉由一奈米骨架前趨物之溶膠-凝膠反應，製備一濕凝膠；混合該濕凝膠與一極性溶劑，使該極性溶劑取代該濕凝膠中之溶劑；混合該經極性溶劑取代的濕凝膠與該以兒茶酚為主之化合物，以便改

質該奈米骨架之表面；以一第一有機溶劑清洗該經表面改質的濕凝膠；以一第二有機溶劑取代該經清洗的濕凝膠中之溶劑；及在0°C至200°C下乾燥該經第二有機溶劑取代的濕凝膠，

其中該奈米骨架前趨物包含至少一種選自於由下列所構成之群組： $C_1$ - $C_{20}$ 金屬烷氧化物及以矽酸酯為主之化合物。

【第8項】 如請求項7之用於製備氣凝膠之方法，其中該奈米骨架前趨物包含至少一種選自於由下列所構成之群組：原矽酸四甲酯(TMOS)、原矽酸四乙酯(TEOS)、四異丙醇鈦(TTIP)、四丁醇鈦(titanium tetrabutoxide)、三仲丁醇鋁(aluminum tri-sec-butoxide)及矽酸鈉。

【第9項】 如請求項7之用於製備氣凝膠之方法，其中該極性溶劑為一極性質子溶劑或一極性非質子溶劑；

該極性質子溶劑包含至少一種選自於由下列所構成之群組：水、乙醇、甲醇及異丙醇；及

該極性非質子溶劑包含至少一種選自於由下列所構成之群組：丙酮、丙二醇單甲醚醋酸酯(PGMEA)、四氫呋喃(THF)、醋酸乙酯、氯仿、二氯甲烷(methylene chloride)、二甲基甲醯胺及二甲基亞砷(DMSO)。

【第10項】 如請求項7之用於製備氣凝膠之方法，其中該以兒茶酚為主之化合物是具有兒茶酚基團之化合物。

【第11項】 如請求項7之用於製備氣凝膠之方法，其

中該以兒茶酚為主之化合物包含至少一種選自於由下列所構成之群組：兒茶酚、4-叔丁基兒茶酚(TBC)、漆酚、多巴胺、茜草素、單寧酸、五倍子酚、沒食子酸、表沒食子兒茶酚、表兒茶酚沒食子酸酯及表沒食子兒茶酚沒食子酸酯。

【第12項】如請求項7之用於製備氣凝膠之方法，其中該第一有機溶劑包含至少一種選自於由下列所構成之群組：乙醇、丙二醇單甲醚醋酸酯(PGMEA)、四氫呋喃(THF)、丙酮、醋酸乙酯、異丙醇、甲醇、氯仿、二氯甲烷、二甲基甲醯胺及二甲基亞砷(DMSO)。

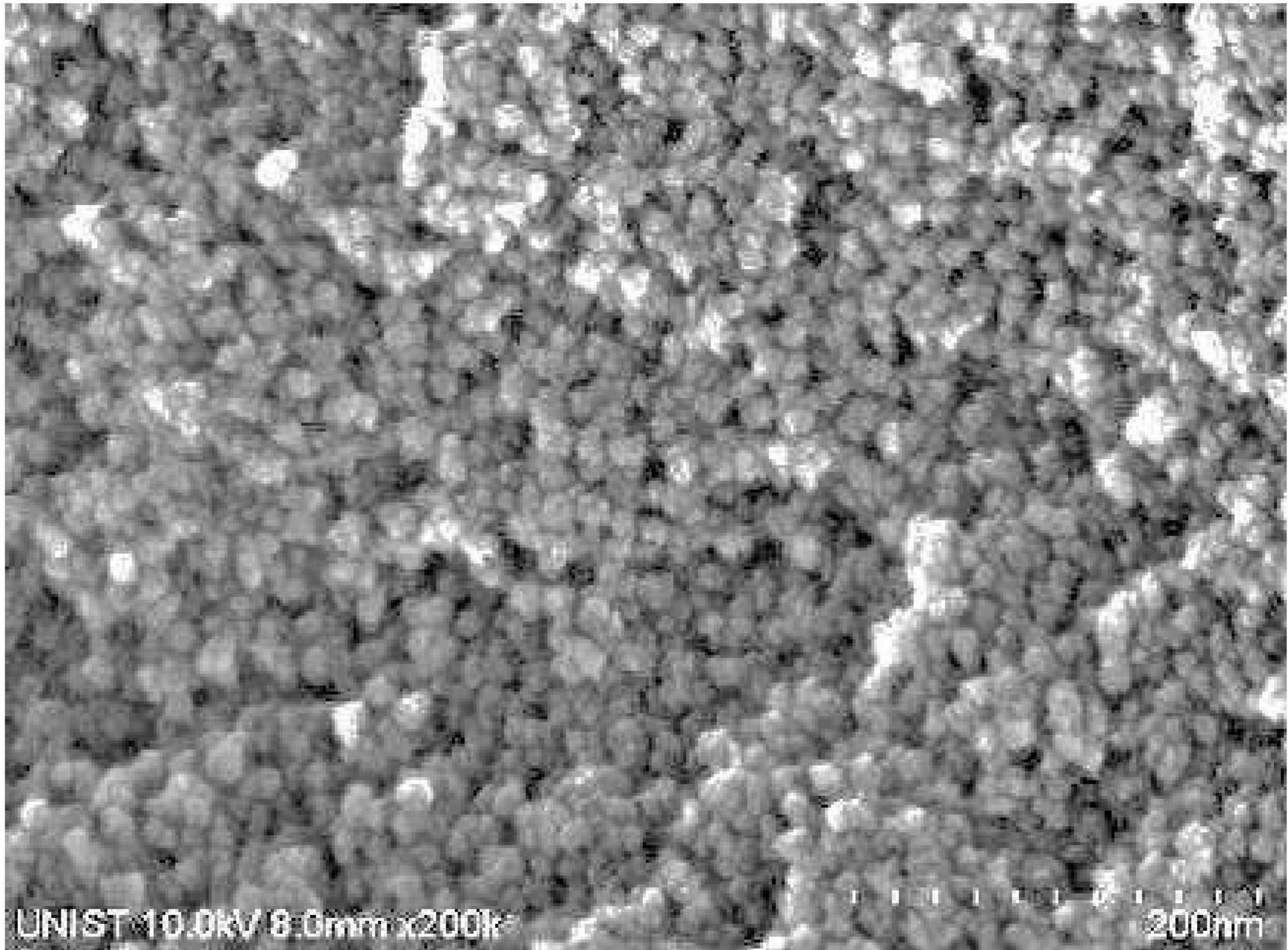
【第13項】如請求項7之用於製備氣凝膠之方法，其中該第二有機溶劑之表面張力為50達因/cm或更小。

【第14項】如請求項13之用於製備氣凝膠之方法，其中該第二有機溶劑包含至少一種選自於由下列所構成之群組：己烷、戊烷、庚烷、異丙醇、氯仿、二氯甲烷、醚、丙酮及四氫呋喃(THF)。

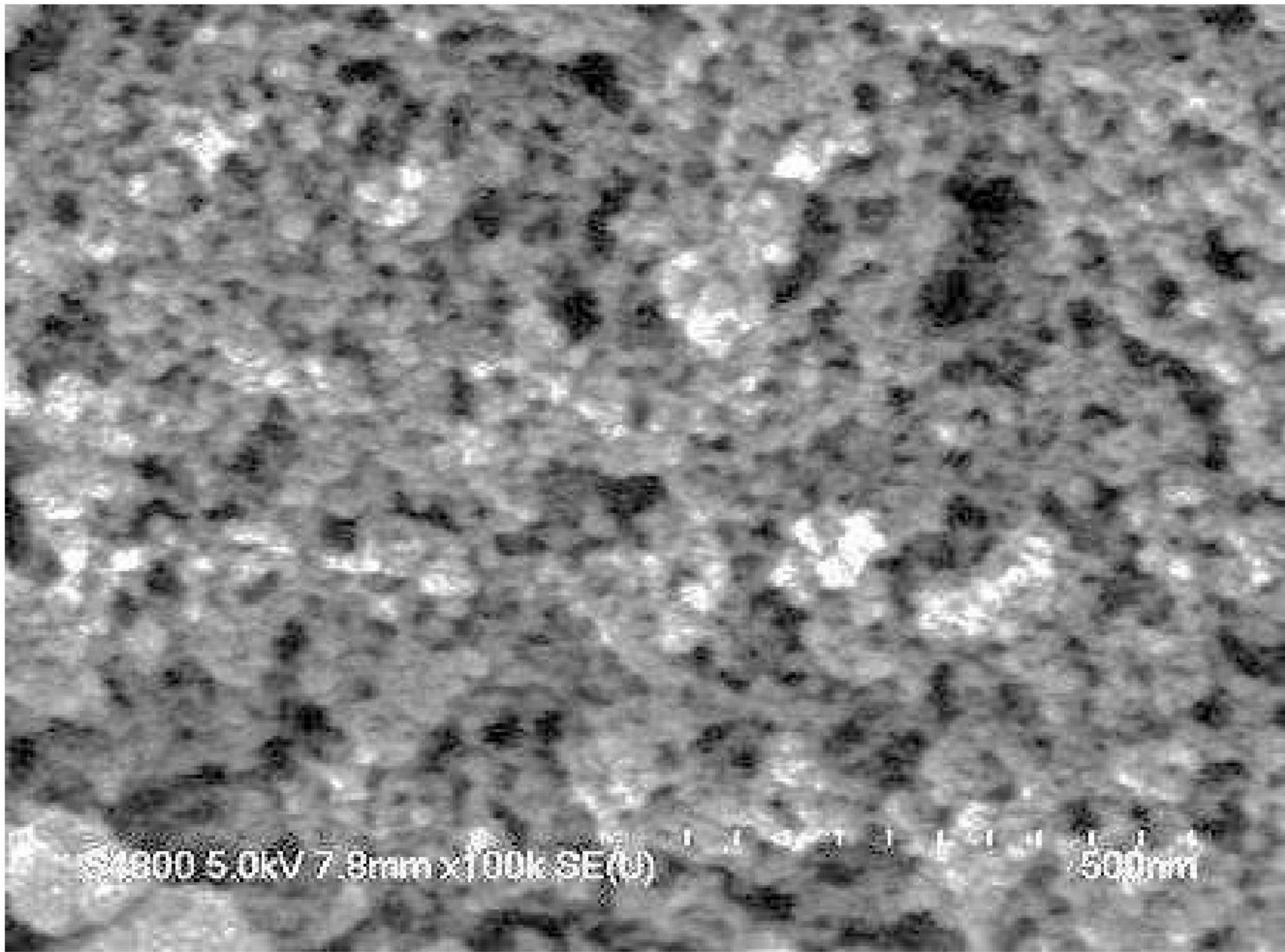
【第15項】如請求項7之用於製備氣凝膠之方法，其中該氣凝膠之表面積為300至1,500m<sup>2</sup>/g。

【第16項】如請求項7之用於製備氣凝膠之方法，其中該氣凝膠中所形成之孔隙的平均直徑為12至100nm。

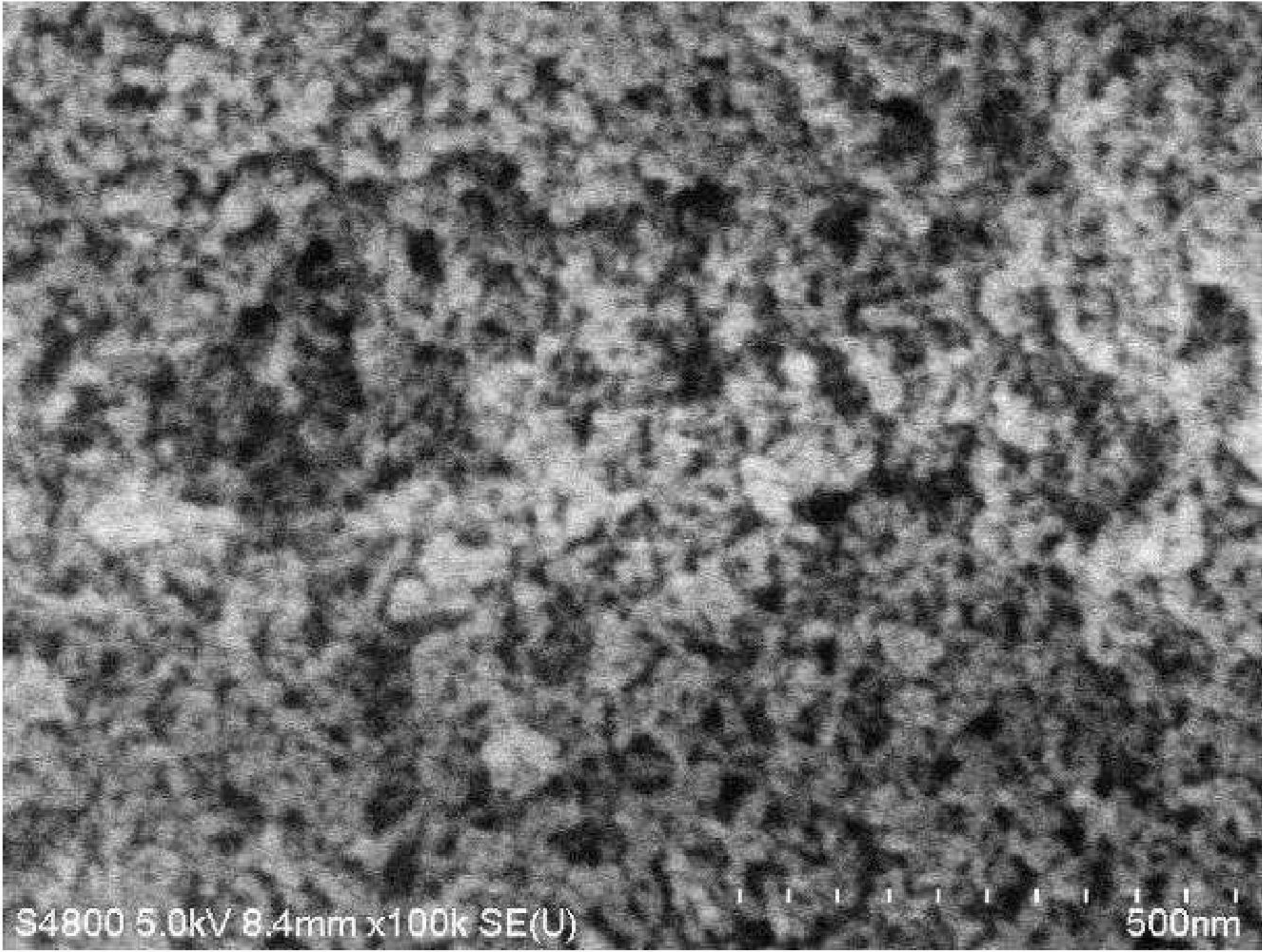
【發明圖式】



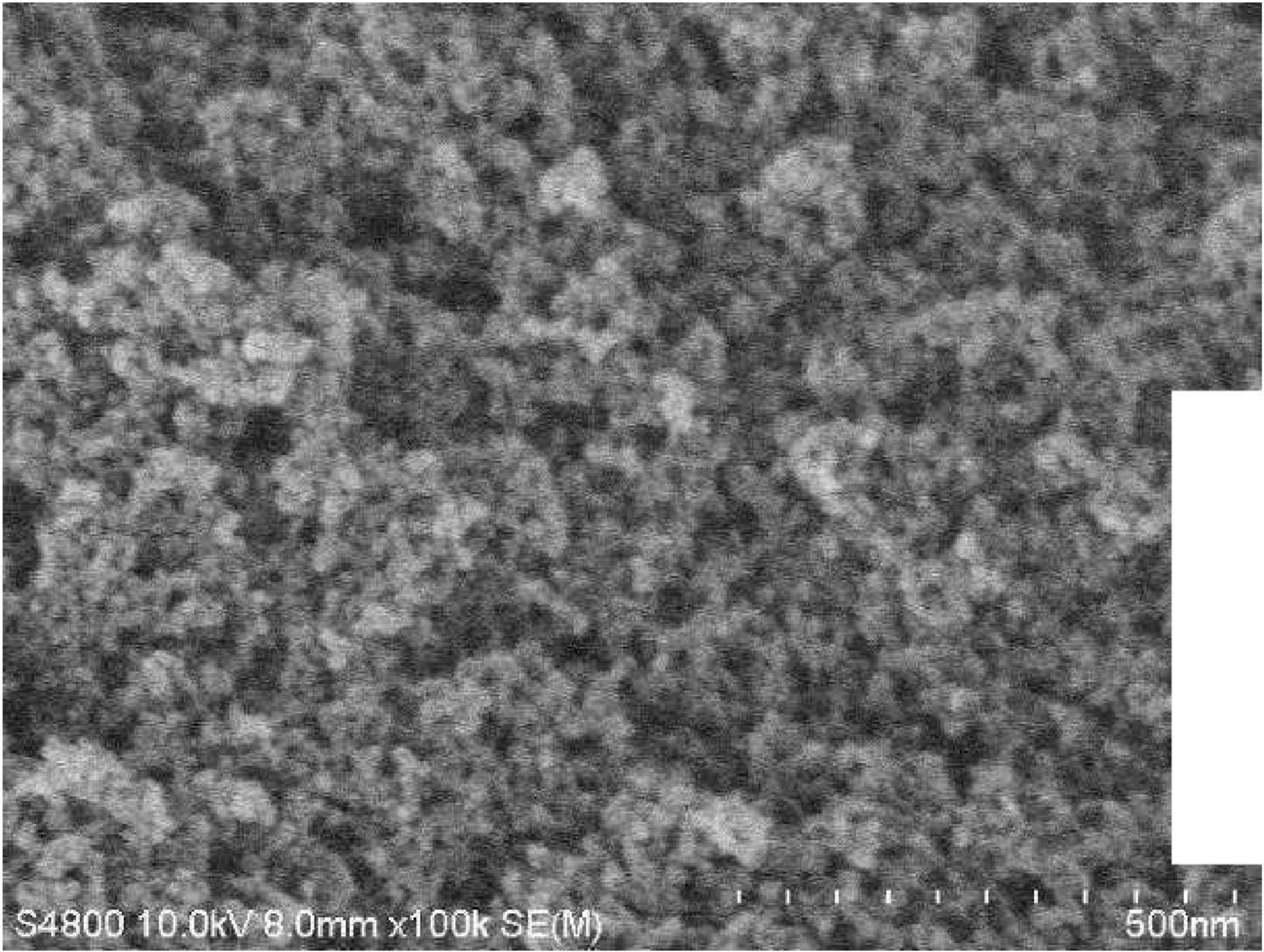
【圖1】



【圖2】



【圖3】



【圖4】