



(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 I553668 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：101123628

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 29 日

(51)Int. Cl. : **H01B5/14 (2006.01)****C08J7/04 (2006.01)**

(30)優先權：2011/07/01 美國

61/504,021

2011/09/02 美國

61/530,814

2012/06/27 世界智慧財產權組織

PCT/US12/44462

(71)申請人：坎畢歐科技公司 (美國) CAMBRIOS TECHNOLOGIES CORP. (US)

美國

(72)發明人：波史考特卡 佛羅倫 PSCHENITZKA, FLORIAN (DE)；威斯瓦特 強納森

WESTWATER, JONATHAN (GB)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW I339809

TW I342054

US 2008/0143906A1

審查人員：郭炎淋

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：5 共 25 頁

(54)名稱

形成導電膜之方法及其製得的導電膜

METHOD OF FORMING A CONDUCTIVE FILM AND A CONDUCTIVE FILM OBTAINED THEREFROM

(57)摘要

本文提供形成導電膜之方法，該方法包括：提供具有複數個導電奈米結構及流體載劑之塗層溶液；在機器方向中移動網片；藉由將該塗層溶液沈積於該移動網片上來形成濕膜，其中該濕膜具有平行於該機器方向延伸之第一尺寸及橫向於該機器方向之第二尺寸；沿該第二尺寸在該濕膜上施加空氣流，藉此使該濕膜中之至少一些該等導電奈米結構發生再定向；及使該濕膜乾燥以提供該導電膜。

Provided herein is a method of forming a conductive film, the method comprising: providing a coating solution having a plurality of conductive nanostructures and a fluid carrier; moving a web in a machine direction; forming a wet film by depositing the coating solution on the moving web, wherein the wet film has a first dimension extending parallel to the machine direction and a second dimension transverse to the machine direction; applying an air flow across the wet film along the second dimension, whereby at least some of the conductive nanostructures in the wet film are reoriented; and allowing the wet film to dry to provide the conductive film.

指定代表圖：

- 符號簡單說明：
- 20 . . . 移動網片
  - 30 . . . 機器方向
  - 40 . . . 空氣流
  - 50 . . . 空氣供應源

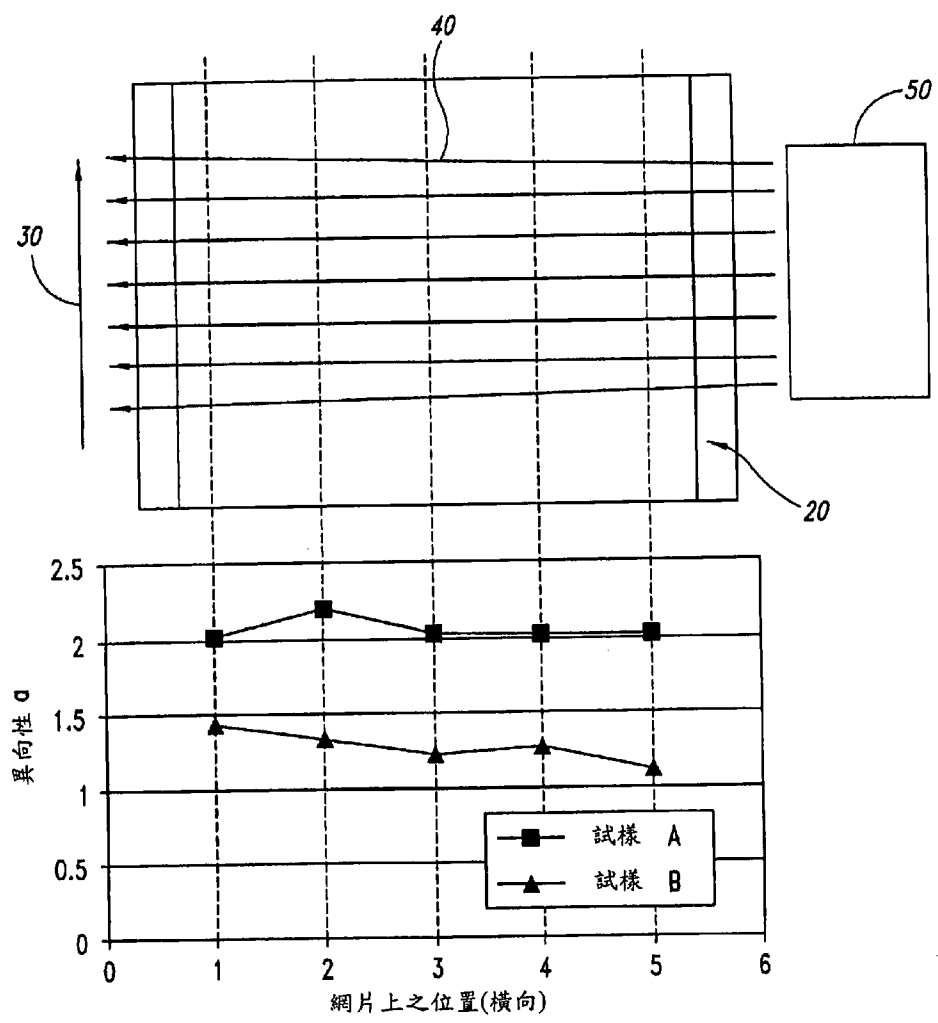


圖 2

# 發明專利說明書

中文說明書替換頁(105年6月17日)

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：101123628

※ 申請日：101年6月29日

※IPC 分類：H01B 5/14 (2006.01)

C08J 7/04 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

形成導電膜之方法及其製得的導電膜

METHOD OF FORMING A CONDUCTIVE FILM AND A  
CONDUCTIVE FILM OBTAINED THEREFROM

## 二、中文發明摘要：

本文提供形成導電膜之方法，該方法包括：提供具有複數個導電奈米結構及流體載劑之塗層溶液；在機器方向中移動網片；藉由將該塗層溶液沈積於該移動網片上來形成濕膜，其中該濕膜具有平行於該機器方向延伸之第一尺寸及橫向於該機器方向之第二尺寸；沿該第二尺寸在該濕膜上施加空氣流，藉此使該濕膜中之至少一些該等導電奈米結構發生再定向；及使該濕膜乾燥以提供該導電膜。

## 三、英文發明摘要：

Provided herein is a method of forming a conductive film, the method comprising: providing a coating solution having a plurality of conductive nanostructures and a fluid carrier; moving a web in a machine direction; forming a wet film by depositing the coating solution on the moving web, wherein the wet film has a first dimension extending parallel to the machine direction and a second dimension transverse to the machine direction; applying an air flow across the wet film along the second dimension, whereby at least some of the conductive nanostructures in the wet film are reoriented; and allowing the wet film to dry to provide the conductive film.

#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 2 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- |    |       |
|----|-------|
| 20 | 移動網片  |
| 30 | 機器方向  |
| 40 | 空氣流   |
| 50 | 空氣供應源 |

#### 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)

## 六、發明說明：

### 相關申請案之交互參照

本申請案在35 U.S.C.第119(e)條款項下主張2011年7月1日提出申請之美國臨時專利申請案第61/504,021號及2011年9月2日提出申請之美國臨時專利申請案第61/530,814號之權利，其中該等申請案之全部內容以引用方式併入本文中。

### 【先前技術】

導電奈米結構因其亞微尺寸而能夠形成薄導電膜。通常，薄導電膜係光學透明的，其亦稱為「透明導體」。共同待決且共同擁有之美國專利申請案第11/504,822號、第11/871,767號及第11/871,721號闡述藉由使異向性導電奈米結構(例如金屬奈米線)互連形成之透明導體。基於奈米結構之透明導體尤其可用作透明電極，例如彼等耦合至電致變色顯示器(包含平板顯示器及觸控螢幕)中之薄膜電晶體者。此外，基於奈米結構之透明導體亦適於作為濾色器及偏振器等上面之塗層。上述共同待決申請案之全部內容以引用方式併入本文中。

為製備導電膜或奈米結構網絡層，可將奈米結構之液體分散液沈積於基板上，隨後進行乾燥或固化過程。液體分散液亦稱為「墨水組合物」或「墨水調配物」。墨水組合物通常包括奈米結構(例如，金屬奈米線)及液體載劑(或分散劑)。亦可存在可選試劑(例如黏合劑、黏度改良劑及/或表面活性劑)以促進基板上之奈米結構分散及/或奈米結構

固定。

在墨水得以沈積且分散劑至少部分地乾燥或蒸發之後，形成奈米結構網絡層之薄膜。奈米結構網絡層由此包括隨機分佈且彼此互連之奈米結構及墨水組合物之其他不揮發組份(例如包含黏合劑、黏度改良劑及表面活性劑)。

如上文所引用之共同擁有之美國專利申請案第11/504,822號中所揭示，捲軸式網片塗覆與用於透明導體製造之該等基於溶液之沈積(塗覆)過程相容。特定而言，網片塗覆在撓性基板(「網片」)上產生實質上均勻且可重現之導電膜。適宜捲軸式沈積製程可包含但不限於狹縫式模具、凹版、反向凹版、微凹版、反向輥及麥勒棒(Mayer-bar)製程。需要進一步增強導電膜之均勻性及重現性。

### 【發明內容】

一實施例提供形成導電膜之方法，該方法包括：

提供具有複數個導電奈米結構及流體載劑之塗層溶液；  
在機器方向中移動網片；

藉由將塗層溶液沈積於移動網片上來形成濕膜，其中該濕膜具有平行於機器方向延伸之第一尺寸及橫向於機器方向之第二尺寸；

沿第二尺寸在濕膜中施加空氣流，藉此濕膜中之至少一些導電奈米結構發生再定向；及

乾燥濕膜以提供導電膜。

另一實施例提供根據上述方法形成之導電膜，其中在導

電膜上之給定位置處量測沿第一尺寸之第一薄層電阻( $R_{MD}$ )及沿第二尺寸之第二薄層電阻( $R_{TD}$ )時，第二薄層電阻對第一薄層電阻之比率( $R_{TD}/R_{MD}$ )定義薄層電阻之異向性，且其中異向性小於2，或小於1.5，或小於1.4，或小於1.2。

又一實施例提供導電膜，其中在第二尺寸中之複數個位置處量測異向性以提供最大異向性及最小異向性，且其中最大異向性與最小異向性間之差小於最小異向性之25%，小於20%，或小於15%，或小於10%，或小於5%。

另一實施例提供形成導電膜之方法，該方法包括：

形成具有複數個導電奈米結構及流體載劑之濕膜，其中該濕膜具有第一尺寸及橫向於第一尺寸之第二尺寸；及

沿第二尺寸在濕膜中施加空氣流，藉此濕膜中之至少一些導電奈米結構發生再定向。

再一實施例提供包括複數個導電奈米結構之導電膜，其中導電膜之第一尺寸垂直於導電膜之第二尺寸且在導電膜上之給定位置處量測沿第一尺寸之第一薄層電阻( $R_{MD}$ )及沿第二尺寸之第二薄層電阻( $R_{TD}$ )，且其中第二薄層電阻對第一薄層電阻之比率( $R_{TD}/R_{MD}$ )定義薄層電阻之異向性，其中異向性小於2，或小於1.5，或小於1.4，或小於1.2。

### 【實施方式】

在捲軸式塗覆過程中，經塗覆基板行進之方向在本文中稱為機器方向(「MD」)。橫向(亦即，以直角)於MD之方向稱為橫過網片或橫向方向(「TD」)。在奈米線之墨水組

合物之捲軸式沈積期間，觀察到經沈積奈米線可展示與橫向方向相比在機器方向中之對準趨勢有所增加。該對準變化可使得與在橫向方向中相比奈米線在機器方向中具有較長程連接性。此可得到透明導體薄層電阻之異向性，其中機器方向( $R_{MD}$ )中之該薄層電阻低於橫向方向中者( $R_{TD}$ )。

本文提供沈積後處理以藉由在沈積奈米線溶液之後立即施加橫過網片之空氣流來降低 $R_{MD}$ 與 $R_{TD}$ 間之差。據信，在奈米線對準中所觀察到之異向性係由奈米線之優先對準引起，該優先對準係由在塗覆過程期間塗覆珠粒或狹縫式模具中之剪切所致。

並非在沈積本身期間解決此異向性，而是可在濕膜沈積之後且在膜仍足以流動以容許層流時達成奈米線在MD上之優先對準之減少。如圖1中所展示，在機器方向(30)中於移動網片(20)上形成濕膜或塗層(10)。在濕膜乾燥或固化之前，在實質上橫向於機器方向(30)之方向中自空氣供應源(50) (例如，空氣刀)施加空氣流(40)。據觀察，空氣流可減少或消除可在沈積期間發生之奈米線之任一優先對準。據信，濕膜中之層流引起某一程度之奈米線再定向，尤其係彼等先前沿機器方向(亦即，垂直於層流)對準者。

因此，一實施例提供形成導電膜之方法，該方法包括：

- (a) 提供具有複數個導電奈米結構及流體載劑之塗層溶液；
- (b) 在機器方向中移動網片；
- (c) 藉由將塗層溶液沈積於移動網片上來形成濕膜，其



中該濕膜具有平行於機器方向延伸之第一尺寸及橫向於機器方向之第二尺寸；

(d) 沿第二尺寸在濕膜中施加空氣流，藉此濕膜中之至少一些導電奈米結構發生再定向；及

(e) 乾燥濕膜以提供導電膜。

在各種實施例中，沈積步驟包括將塗層溶液自儲存器連續施壓於移動網片上(亦即，藉由狹縫式模具方法)。

在其他各種實施例中，當濕膜沿機器方向行進時連續施加空氣流。較佳地，在沈積濕膜之後立即施加空氣流以確保濕膜具有足夠流動性以使得導電奈米結構自身發生再定向。沈積與空氣流間之時間間隔在某一程度上取決於液體載劑之揮發性及量。對於基於水性之塗層溶液而言，空氣流應始於自沈積之5秒內，或10秒內，或20秒內，或30秒內。重要的是，在施加空氣流時，膜並不經受任一顯著乾燥且由此奈米線仍可藉由外部部件再定向。

可藉由熟習此項技術者已知之任一部件供應空氣流。通常，空氣流來源可為(例如)位於移動網片一側之空氣刀或懸垂於移動網片上之空氣通道或導管。在圖2-5中亦展示，可設計空氣流之來源以在濕膜之整個寬度上(亦即，沿第二尺寸)提供均勻空氣流。然後完全乾燥濕膜。

在沒有沈積後處理之情形下，薄層電阻之異向性(定義為TD薄層電阻與MD薄層電阻之比率)可高達2。在本揭示內容之各種實施例中，薄層電阻之異向性可小於2，或小於1.5，或小於1.4，或小於1.2。

在鄰近空氣供應源之側上之層流(因在此位置處具有更大空氣流)通常強於較遠離空氣供應源之側向位置處之層流。因此，層流對於奈米線對準之效應亦可更為明顯，如在圖2中之圖形中所看到。圖2展示隨試樣A(沒有橫過網片之空氣流)及試樣B(具有橫過網片之空氣流)中之量測位置而變化之薄層電阻異向性。右側(鄰近空氣供應源)上之異向性自2減至1.2。在左側(較遠離空氣供應源)，僅自2減至1.4。

在如圖2中所展示之設置中，較佳使用標準空氣刀在經塗覆膜中生成空氣流。更具體而言，將經通道化而穿過大約15 cm ×xxx 1 cm矩形開口之鼓風機置於經塗覆膜位準處距經塗覆膜邊緣大約0.5mm至10mm。空氣速度為0.1m/s至10m/s及較佳地約1 m/s。經塗覆膜之寬度為30 cm。如圖2之圖線中所展示，經塗覆膜之異向性自2或更大減至1.5或更小以產生異向性不大於1.5之銀奈米線透明導體。

圖3A及圖3B圖解說明層流之效應，如由奈米線之顯微對準所證實。圖3A展示並無空氣流處理之導電膜中之奈米線對準。如所展示，在機器方向(MD)中對準之奈米線多於彼等不對準者，此指示因剪切而發生優先對準。如圖3B中所展示，對於經受層流之奈米線而言，存在較少優先對準之證據，此乃因奈米線發生再定向。

因此，另一實施例提供導電膜，其中在導電膜上之給定位置處量測沿第一尺寸(亦即，機器方向)之第一薄層電阻及沿第二尺寸(亦即，橫向方向)之第二薄層電阻時，第二

薄層電阻對第一薄層電阻之比率定義薄層電阻之異向性，其中異向性小於2，或小於1.5，或小於1.4，或小於1.2，或在1-1.5範圍內，或在1.2-1.5範圍內，或在1.4-1.5範圍內。

可藉由以下方式來量測沿MD ( $R_{MD}$ )及TD ( $R_{TD}$ )之薄層電阻：首先切割經塗覆膜之切片(例如各自量測為5 cm×5 cm之切片)，並藉由兩點探針進行量測。通常，兩點探針具有兩個隔開2.5 cm之導電橡膠條帶(各長2.5 cm)。如熟習此項技術者易於認識到，其他尺寸亦係適宜的。

圖2-3亦展示，可較為有利的是，在網片全寬度上使用恆定空氣速度來提供橫過網片之流以在網片寬度中之所有點處誘導異向性更為均勻地減少。

因此，在另一實施例中，在第二尺寸中之複數個位置處量測異向性以提供最大異向性及最小異向性，且其中最大異向性與最小異向性間之差小於最小異向性之25%。在其他實施例中，該差小於最小異向性之20%，或小於15%，或小於10%，或小於5%。

圖4展示導管裝置(100)之示意性設計，該導管裝置引導橫過網片之空氣流以有助於製造具有恆定速度但並不接觸網片之空氣流。如圖中所展示，在機器方向(70)中移動之網片(60)上，經由狹縫式模具沈積(90)形成濕膜(80)。在濕膜(80)乾燥或固化之前，在實質上橫向於機器方向(70)之方向中自空氣導管(100)施加空氣流(110)。導管應並不直接接觸網片以避免損壞或干擾濕塗層。可能損失一些空

氣，此乃因不可能在導管與網片之間設置氣密密封件。為校正此損失，可改良導管從而使導管在出口處之剖面小於入口處。

可將導管置於網塗線中之輓附近或輓間之平坦區附近。導管可由任一適宜剛性材料(例如，鋁)製得。較佳地，導管為大約2.5 cm寬、1 cm高且跨越經塗覆膜之寬度。導管可具有半圓形剖面、正方形剖面、矩形剖面或其他形狀剖面。導管之底部邊緣較佳地置於距經塗覆膜之頂部表面約0.1 mm至約10 mm處。導管可與空氣供應源在靠近經塗覆膜邊緣之導管開口處耦合，如圖4中所展示。交叉流空氣之來源可為鼓風機、空氣壓縮機或其他交叉流空氣源。

為在使用剛性導管時在經塗覆膜之整個寬度中維持較為恆定之空氣流，導管內部之體積可沿其長度逐漸減小。此結構之一實施例展示於圖5中，其係本揭示內容之剛性導管100之一實施例之側視圖。如圖中所展示，導管之剖面面積自導管之鄰近空氣供應端120至導管之末端140逐漸減小。空氣供應端120較佳地耦合至移動空氣供應源，關閉導管之上斜端面160並向在導管下方通過之塗層膜(未展示)打開導管之下端面(180)。

在更一般意義上，不管產生異向性之具體因素如何，可藉由涉及空氣流之方法減弱或消除薄層電阻之潛在異向性。因此，另一實施例提供形成導電膜之方法，該方法包括：

(a) 形成具有複數個導電奈米結構及流體載劑之濕膜，

其中該濕膜具有第一尺寸及橫向於第一尺寸之第二尺寸；及

(b) 沿第二尺寸在濕膜中施加空氣流，藉此濕膜中之至少一些導電奈米結構發生再定向。

在各種其他實施例中，該方法包括在施加空氣流之後乾燥濕膜以提供導電膜之步驟。

在一更具體實施例中，在移動基板上連續形成濕膜，該移動基板沿第一尺寸行進。在一尤佳實施例中，藉由狹縫式模具塗覆在捲軸式過程中形成濕膜。

在其他實施例中，當濕膜行進時連續施加空氣流。

由此形成之導電膜之特徵在於其異向性(如本文中所定義)小於2。在更具體實施例中，異向性小於1.5，或小於1.4，或小於1.2，或在1-1.5範圍內，或在1.2-1.5範圍內，或在1.4-1.5範圍內。

因此，一實施例提供包括複數個導電奈米結構之導電膜，其中導電膜之第一尺寸垂直於導電膜之第二尺寸，且在導電膜上之給定位置處量測沿第一尺寸之第一薄層電阻( $R_{MD}$ )及沿第二尺寸之第二薄層電阻( $R_{TD}$ )，且其中第二薄層電阻對第一薄層電阻之比率( $R_{TD}/R_{MD}$ )定義薄層電阻之異向性，其中異向性小於2，或小於1.5，或小於1.4，或小於1.2。

在各種其他實施例中，在第二尺寸中之複數個位置處量測異向性以提供最大異向性及最小異向性，且其中最大異向性與最小異向性間之差小於最小異向性之25%，或小於20%，或小於15%，或小於10%，或小於5%。

下文更詳細地闡述各種組份。

### 導電奈米結構

概言之，本文所闡述之透明導體係導電奈米結構之薄導電膜。在透明導體中，經由奈米結構中之連續物理觸點確立一或多個導電路徑。在存在足夠奈米結構以達到電展透臨限值時，形成奈米結構之導電網絡。電展透臨限值由此係一重要值，在高於該值時可達成長程連接性。

如本文所使用，「導電奈米結構」或「奈米結構」通常係指導電奈米級結構，其至少一個尺寸小於500 nm、更佳地小於250 nm、100 nm、50 nm或25 nm。

奈米結構可為任一形狀或幾何形狀。在某些實施例中，奈米結構係以各向同性方式成型(亦即，縱橫比=1)。典型各向同性奈米結構包含奈米顆粒。在較佳實施例中，奈米結構係以異向性方式成型(亦即，縱橫比 $\neq$ 1)。如本文所使用，「縱橫比」係指奈米結構之長度與寬度(或直徑)間之比率。異向性奈米結構沿其長度方向通常具有縱向軸。實例性異向性奈米結構包含如本文所定義之奈米線及奈米管。

奈米結構可為實心或空心。固體奈米結構包含(例如)奈米顆粒及奈米線。「奈米線」由此係指實心異向性奈米結構。通常，每一奈米線之縱橫比(長度：寬度)大於10、較佳地大於50及更佳地大於100。通常，奈米線之長度大於500 nm、大於1  $\mu$ m或大於10  $\mu$ m。

空心奈米結構包含(例如)奈米管。通常，奈米管之縱橫

比(長度：直徑)大於10、較佳地大於50及更佳地大於100。通常，奈米管之長度大於500 nm、大於1  $\mu\text{m}$ 或大於10  $\mu\text{m}$ 。

奈米結構可由任一導電材料形成。最通常而言，導電材料係金屬材料。金屬材料可為元素金屬(例如，過渡金屬)或金屬化合物(例如，金屬氧化物)。金屬材料亦可為雙金屬材料或金屬合金，金屬合金包括兩種或更多種類型之金屬。適宜之金屬包含但不限於銀、金、銅、鎳、鍍金之銀、鉑及鈱。導電材料亦可為非金屬材料，例如碳或石墨(碳之同素異型體)。

### 導電膜

經由基於溶液之方式，首先藉由將墨水組合物沈積於基板上來形成濕膜形式之導電膜，該墨水組合物包括複數個奈米結構及液體載劑。隨著濕膜之液體載劑(揮發性組份)完全乾燥，形成導電膜。導電膜包括隨機分佈且彼此互連之奈米結構。隨著諸多奈米結構達到展透臨限值，薄膜可導電。因此，除非另外指出，否則本文所用之「導電膜」係指由以下形成之奈米結構網絡層：網絡化及展透奈米結構以及墨水組合物中之任一不揮發組份(例如包含下列中之一或多者：黏度改良劑、表面活性劑及腐蝕抑制劑)。

用於分散液之液體載劑可為水、醇、酮或其組合。實例性醇可包含異丙醇(IPA)、乙醇、二丙酮醇(DAA)或IPA及DAA之組合。實例性酮可包含甲基乙基酮(MEK)及甲基丙基酮(MPK)。

表面活性劑用於減少奈米結構及/或散光材料之聚集。適宜表面活性劑之代表性實例包含氟表面活性劑，例如 ZONYL<sup>®</sup> 表面活性劑，其包含 ZONYL<sup>®</sup> FSN、ZONYL<sup>®</sup> FSO、ZONYL<sup>®</sup> FSA、ZONYL<sup>®</sup> FSH (DuPont Chemicals, Wilmington, DE) 及 NOVEC<sup>™</sup> (3M, St. Paul, MN)。其他實例性表面活性劑包含基於烷基酚乙氧基化物之非離子型表面活性劑。較佳表面活性劑包含(例如)辛基酚乙氧基化物(例如 TRITON<sup>™</sup>(x100、x114、x45))及壬基酚乙氧基化物(例如 TERGITOL<sup>™</sup>)(Dow Chemical公司，Midland MI)。其他實例性非離子型表面活性劑包含基於乙炔系物之表面活性劑，例如 DYNOL<sup>®</sup> (604, 607)(Air Products and Chemicals 公司，Allentown, PA) 及正十二烷基 $\beta$ -D-麥芽糖苷。

黏度改良劑用作將奈米結構固定於基板上之黏合劑。適宜黏度改良劑之實例包含羥丙基甲基纖維素(HPMC)、甲基纖維素、黃原膠、聚乙烯醇、羧甲基纖維素及羥乙基纖維素。

在特定實施例中，塗層溶液中表面活性劑與黏度改良劑之重量比率之較佳範圍為約 80:1 至約 0.01:1；黏度改良劑與導電奈米結構之重量比率之較佳範圍為約 5:1 至約 0.000625:1；且導電奈米結構與表面活性劑之重量比率之較佳範圍為約 560:1 至約 5:1。可端視基板及所用施加方法來修改塗層溶液中之組份比率。塗層溶液之較佳黏度範圍介於約 1 cP 與 100 cP 之間。

通常藉由「薄層電阻」量測導電膜之導電性，其係由歐



姆/平方(或「歐姆/sq」)表示。薄層電阻至少隨表面負載密度、奈米結構之大小/形狀及奈米結構成份之固有電性質而變化。如本文所使用，若薄膜之薄層電阻不高於 $10^8$ 歐姆/sq，則該薄膜視為具有導電性。較佳地，薄層電阻不高於 $10^4$ 歐姆/sq、3,000歐姆/sq、1,000歐姆/sq，或350歐姆/sq，或100歐姆/sq。通常，由金屬奈米結構形成之導電網絡之薄層電阻範圍為10歐姆/sq至1000歐姆/sq、100歐姆/sq至750歐姆/sq、50歐姆/sq至200歐姆/sq、100歐姆/sq至500歐姆/sq，或100歐姆/sq至250歐姆/sq，或10歐姆/sq至200歐姆/sq、10歐姆/sq至50歐姆/sq，或1歐姆/sq至10歐姆/sq。對於本文所闡述之光電裝置而言，薄層電阻通常小於20歐姆/平方，或小於15歐姆/平方，或小於10歐姆/平方。

視情況，基於奈米結構之透明導體在可見區域(400 nm-700 nm)中具有高光透射率。通常，當在可見區域中之光透射率大於70%或更通常大於85%時，認為透明導體係光學澄清的。更佳地，光透射率大於90%，或大於93%，或大於95%。如本文所使用，除非另外指出，否則導電膜係光學透明的(例如，透射率大於70%)。因此，術語透明導體；透明導電膜、層或塗層；導電膜、層或塗層；及透明電極可互換使用。

本說明書中所提及及/或本申請案資料清單中所列示之所有上述美國專利、美國專利申請公開案、美國專利申請案、外國專利、外國專利申請案及非專利出版物之全部內

容皆以引用方式併入本文中。

自上文應瞭解，儘管本文出於闡釋之目的已對本發明之特定實施例予以闡述，但可在不背離本發明之精神及範圍之情況下對其做出各種修改。因此，本發明僅由隨附申請專利範圍限定。

### 【圖式簡單說明】

圖1展示用以減少薄層電阻之異向性之橫過網片之空氣流之基本概念。

圖2顯示隨位置而變化之異向性減少(試樣A係使用橫過網片之空氣流製得，試樣B係在不使用橫過網片之空氣流之情形下製得之對照試樣)

圖3A及3B展示未使用橫過網片之空氣流(A)及使用橫過網片之空氣流(B)沈積之奈米線之顯微照片。

圖4係使用空氣導管作為引導裝置之橫過網片之空氣流之示意性實施方案。

圖5係在整個濕膜寬度上提供實質上均勻量之空氣流之空氣導管之側視圖。

### 【主要元件符號說明】

|    |       |
|----|-------|
| 10 | 濕膜或塗層 |
| 20 | 移動網片  |
| 30 | 機器方向  |
| 40 | 空氣流   |
| 50 | 空氣供應源 |
| 60 | 網片    |

|     |                   |
|-----|-------------------|
| 80  | 濕 膜               |
| 100 | 導 管 裝 置 / 剛 性 導 管 |
| 110 | 空 氣 流             |
| 120 | 鄰 近 空 氣 供 應 端     |
| 140 | 末 端               |
| 160 | 上 斜 端 面           |
| 180 | 下 端 面             |

## 七、申請專利範圍：

### 1. 一種形成導電膜之方法，該方法包括：

提供具有複數個導電奈米結構及流體載劑之塗層溶液；

在機器方向中移動網片；

藉由將該塗層溶液沈積於該移動網片上來形成濕膜，其中該濕膜具有平行於該機器方向延伸之第一尺寸及橫向於該機器方向之第二尺寸；

沿該第二尺寸在該濕膜上施加空氣流，藉此使該濕膜中之至少一些該等導電奈米結構發生再定向；及

使該濕膜乾燥以提供該導電膜。

### 2. 如請求項 1 之方法，其中該形成該濕膜包括該塗層溶液自儲存器連續施壓於該移動網片上。

### 3. 如請求項 2 之方法，其中該形成該濕膜包含狹縫式模具塗覆。

### 4. 如請求項 1 之方法，其中當該濕膜沿該機器方向行進時連續施加該空氣流。

### 5. 如請求項 4 之方法，其中在沈積該塗層溶液後 30 秒內施加該空氣流。

### 6. 如請求項 1 至 5 中任一項之方法，其中該空氣流係源於沿該移動網片之一側之空氣源。

### 7. 如請求項 1 至 5 中任一項之方法，其中該空氣流係源於懸掛於該移動網片上方且垂直於該機器方向延伸之空氣通道。

8. 如請求項1至5中任一項之方法，其中該塗層溶液包括複數根銀奈米線、黏度改良劑及水。
9. 一種導電膜，其係藉由如請求項1至8中任一項之方法製得。
10. 如請求項9之導電膜，其中在該導電膜上之給定位置處量測沿該第一尺寸之第一薄層電阻( $R_{MD}$ )及沿該第二尺寸之第二薄層電阻( $R_{TD}$ )時，該第二薄層電阻對該第一薄層電阻之比率( $R_{TD}/R_{MD}$ )定義該等薄層電阻之異向性，且其中該異向性小於2，或小於1.5，或小於1.4，或小於1.2。
11. 如請求項10之導電膜，其中該異向性在1至1.5範圍內，或在1.2至1.5範圍內，或在1.4至1.5範圍內。
12. 如請求項10之導電膜，其中在該第二尺寸上之複數個位置處量測異向性以提供最大異向性及最小異向性，且其中該最大異向性與該最小異向性間之差小於該最小異向性之25%。
13. 如請求項12之導電膜，其中該最大異向性與該最小異向性間之該差小於該最小異向性之20%，或小於15%，或小於10%，或小於5%。
14. 一種形成導電膜之方法，該方法包括：  
形成具有複數個導電奈米結構及流體載劑之濕膜，其中該濕膜具有第一尺寸及橫向於該第一尺寸之第二尺寸；及  
沿該第二尺寸在該濕膜上施加空氣流，藉此使該濕膜中之至少一些該等導電奈米結構發生再定向。

15. 如請求項14之方法，其進一步包括在施加該空氣流之後，使該濕膜乾燥以提供該導電膜。
16. 如請求項14至15中任一項之方法，其中在移動基板上連續形成該濕膜，該移動基板沿該第一尺寸行進。
17. 如請求項14至15中任一項之方法，其中藉由狹縫式模具塗覆形成該濕膜。
18. 如請求項14至15中任一項之方法，其中當該濕膜行進時連續施加該空氣流。
19. 一種導電膜，其係藉由如請求項14至18中任一項之方法製得。
20. 一種導電膜，其包括複數個導電奈米結構，其中該導電膜之第一尺寸垂直於該導電膜之第二尺寸，且在該導電膜上之給定位置處量測沿該第一尺寸之第一薄層電阻( $R_{MD}$ )及沿該第二尺寸之第二薄層電阻( $R_{TD}$ )，且其中該第二薄層電阻對該第一薄層電阻之比率( $R_{TD}/R_{MD}$ )定義該等薄層電阻之異向性，其中該異向性小於2，或小於1.5，或小於1.4，或小於1.2。
21. 如請求項20之導電膜，其中該異向性在1至1.5範圍內，或在1.2至1.5範圍內，或在1.4至1.5範圍內。
22. 如請求項20之導電膜，其中在該第二尺寸上之複數個位置處量測異向性以提供最大異向性及最小異向性，且其中該最大異向性與該最小異向性間之差小於該最小異向性之25%。
23. 如請求項22之導電膜，其中該最大異向性與該最小異向

|                    |
|--------------------|
| 105年06月17日修(變)正替換頁 |
|--------------------|

性間之該差小於該最小異向性之20%，或小於15%，或小於10%，或小於5%。

八、圖式：

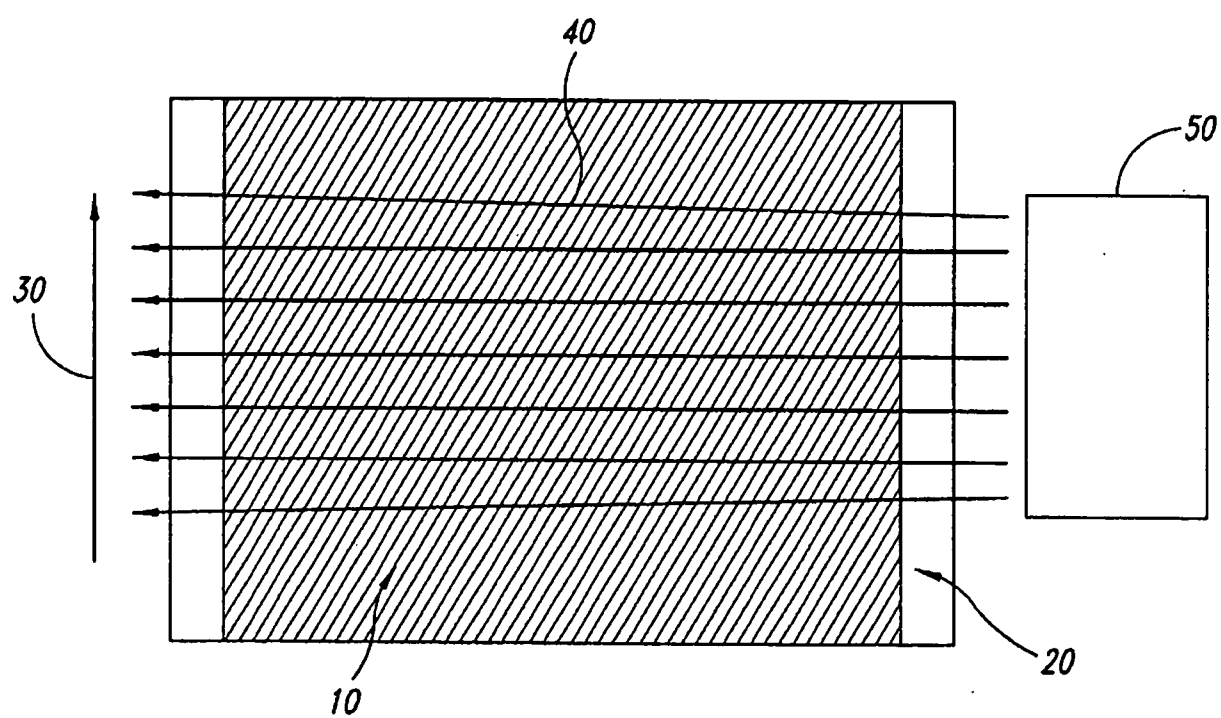


圖 1



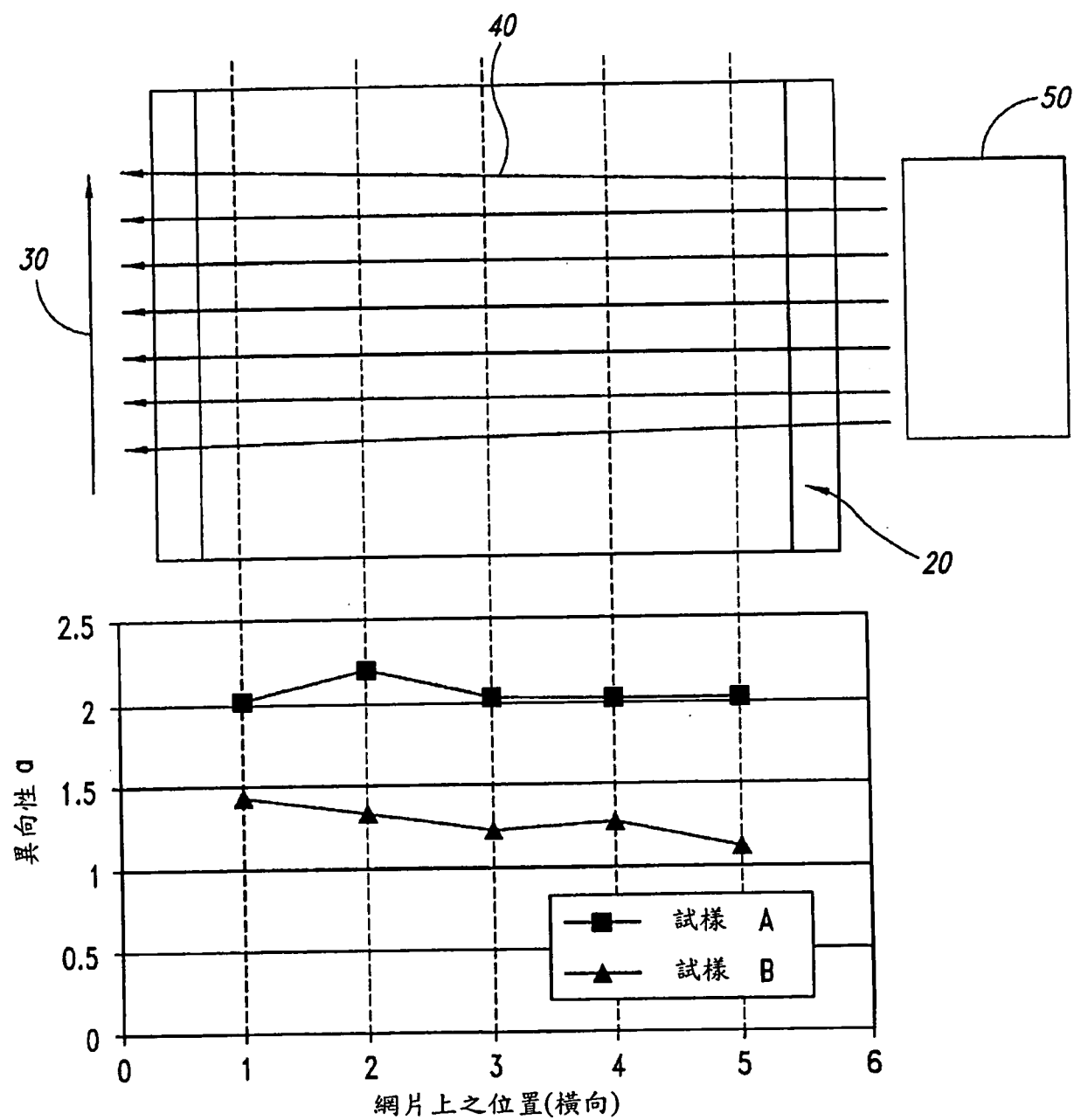


圖 2

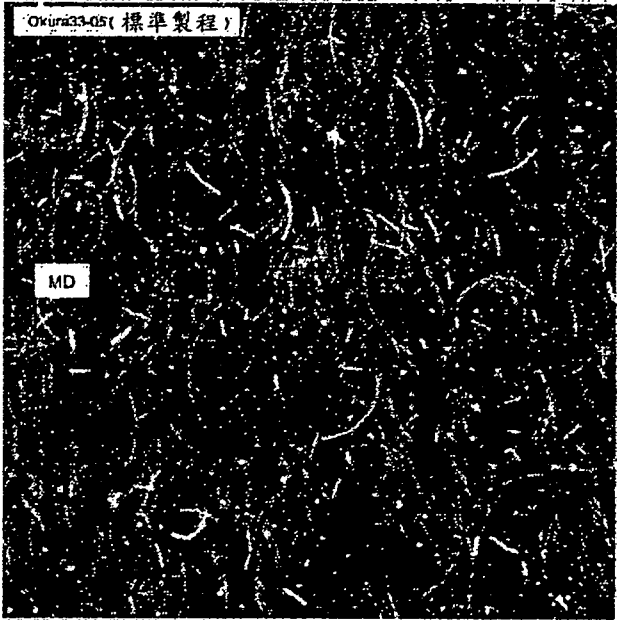


圖 3A

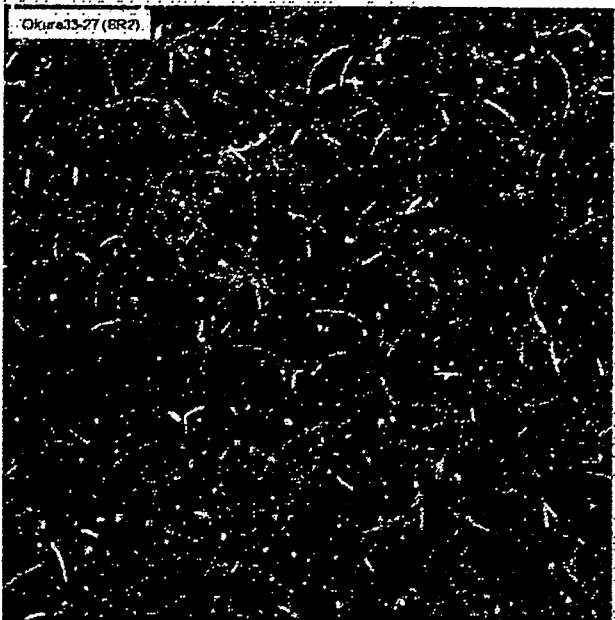


圖 3B

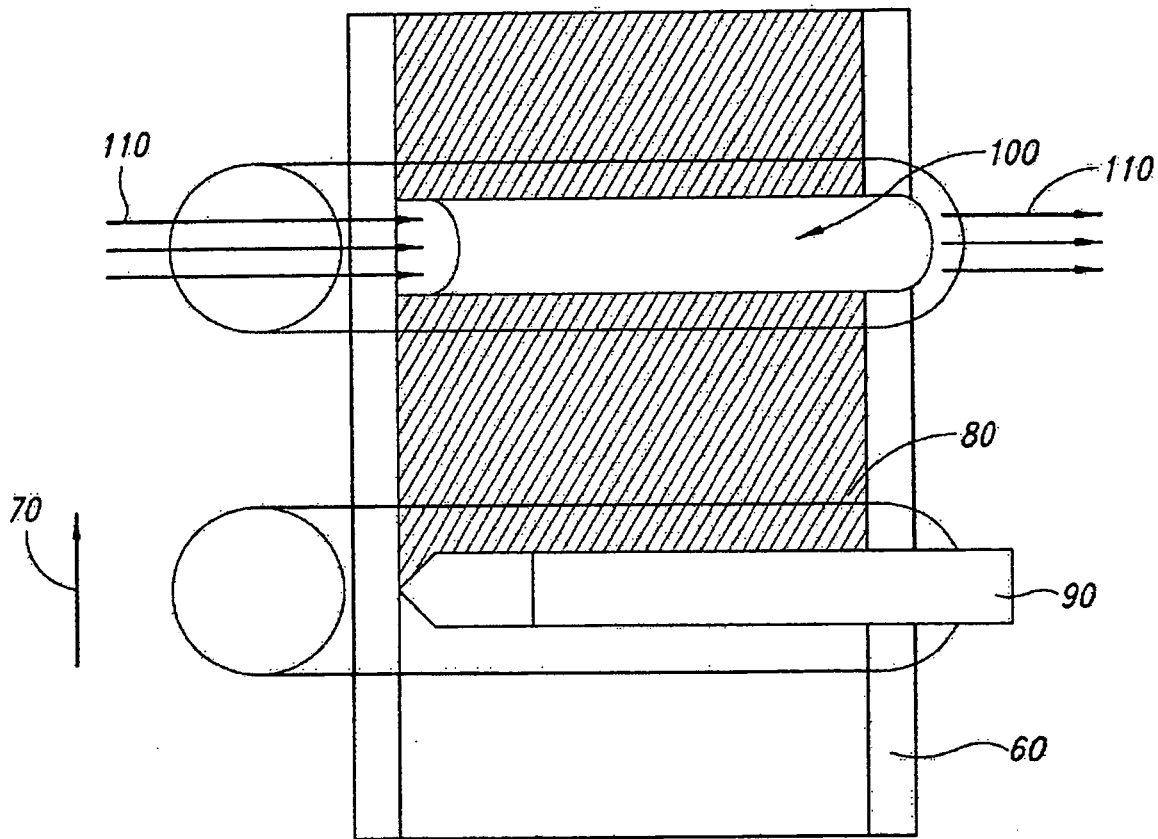


圖 4

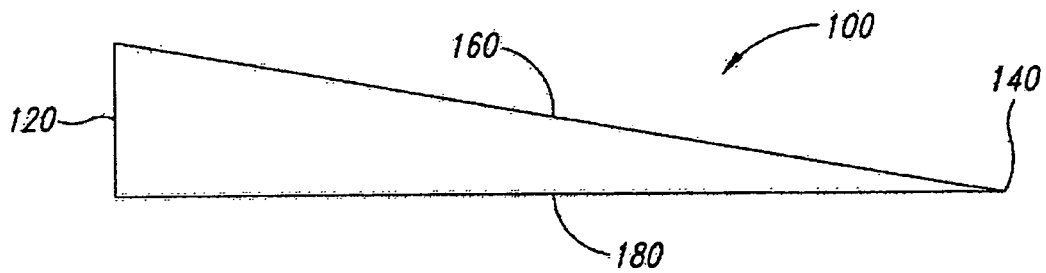


圖 5