



(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 201718738 A

(43) 公開日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 01 日

(21) 申請案號：105120670 (22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 06 月 30 日

(51) Int. Cl. : *C08J7/06 (2006.01)* *B82Y40/00 (2011.01)*
B05D1/10 (2006.01) *B05D1/02 (2006.01)*

(30) 優先權：2015/07/31 美國 62/199,675
 2015/07/31 加拿大 2,899,255

(71) 申請人：加拿大國家研究委員會 (加拿大) NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA
 (CA)
 加拿大

(72) 發明人：勒福貝里 賈奎斯 LEFEBVRE, JACQUES (CA)；馬連芬特 派翠克 MALENFANT,
 PATRICK (CA)

(74) 代理人：林秋琴；陳彥希；何愛文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：78 項 圖式數：10 共 44 頁

(54) 名稱

氣霧沈積奈米微粒於基材上之裝置及方法

APPARATUS AND METHOD FOR AEROSOL DEPOSITION OF NANOPARTICLES ON A
 SUBSTRATE

(57) 摘要

所提供者係用於奈米微粒之氣霧沈積在基材上的設備。該設備包括：氣霧產生器，用於產生微米尺寸之液滴的氣霧，每一液滴具有有限數目之奈米微粒；及沈積室，用於由該氣霧產生器承接該氣霧。該沈積室具有用於將該氣霧中的液滴吸引至該基材之靜電場。該靜電場係實質上垂直於該基材。該設備允許用於奈米微粒的薄膜/網絡將被佈圖在該基材上達次毫米特徵尺寸，其允許電晶體裝置之製造用於可列印的電子設備應用。亦提供者係用於將奈米微粒沈積在基材上之方法及具有此等奈米微粒的網絡之材料。

Provided is an apparatus for aerosol deposition of nanoparticles on a substrate. The apparatus includes: an aerosol generator for generating an aerosol of micron-sized droplets, each droplet having a limited number of nanoparticles; and a deposition chamber for receiving the aerosol from the aerosol generator. The deposition chamber having an electrostatic field for attracting droplets in the aerosol to the substrate. The electrostatic field being substantially perpendicular to the substrate. The apparatus allows for films/networks of nanoparticles to be patterned on the substrate to sub-millimeter feature sizes, which allows the fabrication of transistor devices for printable electronics applications. Also provided are methods for depositing nanoparticles on a substrate and materials having networks of such nanoparticles.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 3 . . . 液滴
- 6 . . . 導管
- 8 . . . 基材
- 9 . . . 頂板
- 10 . . . 底板
- 11 . . . 注射器噴嘴

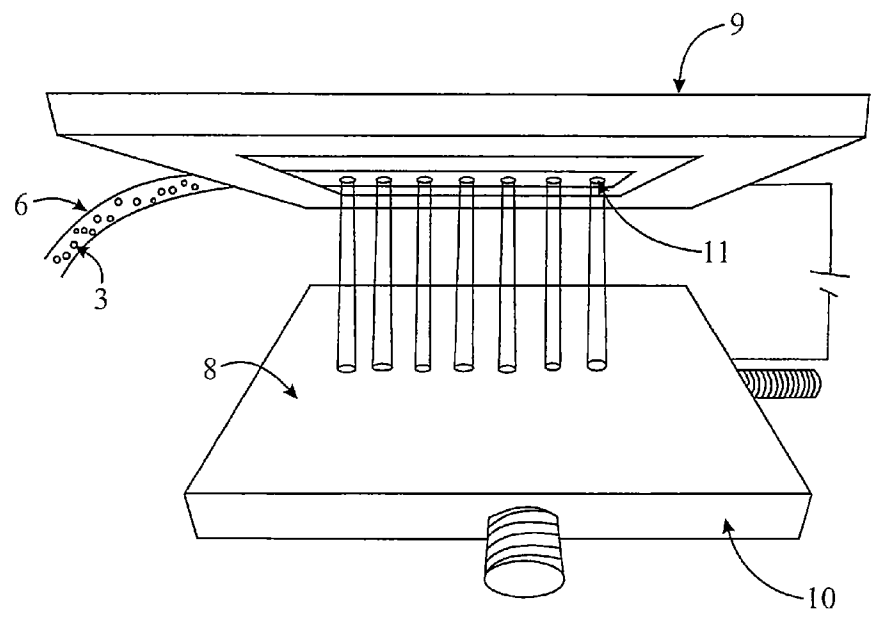


圖 3

發明摘要

※ 申請案號：105120670

- B05B 1/00 (2006.01)

※ 申請日：105. 6. 20

※ IPC 分類：B05D 5/02 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

氣霧沈積奈米微粒於基材上之裝置及方法

B 82 Y 40/00 (2006.01)

APPARATUS AND METHOD FOR AEROSOL DEPOSITION OF
NANOPARTICLES ON A SUBSTRATE

C 8 J 2/06 (2006.01)

【中文】

所提供者係用於奈米微粒之氣霧沈積在基材上的設備。該設備包括：氣霧產生器，用於產生微米尺寸之液滴的氣霧，每一液滴具有有限數目之奈米微粒；及沈積室，用於由該氣霧產生器承接該氣霧。該沈積室具有用於將該氣霧中的液滴吸引至該基材之靜電場。該靜電場係實質上垂直於該基材。該設備允許用於奈米微粒的薄膜／網絡將被佈圖在該基材上達次毫米特徵尺寸，其允許電晶體裝置之製造用於可列印的電子設備應用。亦提供者係用於將奈米微粒沈積在基材上之方法及具有此等奈米微粒的網絡之材料。

【英文】

Provided is an apparatus for aerosol deposition of nanoparticles on a substrate. The apparatus includes: an aerosol generator for generating an aerosol of micron-sized droplets, each droplet having a limited number of nanoparticles; and a deposition chamber for receiving the aerosol from the aerosol generator. The deposition chamber having an electrostatic field

for attracting droplets in the aerosol to the substrate. The electrostatic field being substantially perpendicular to the substrate. The apparatus allows for films/networks of nanoparticles to be patterned on the substrate to sub-millimeter feature sizes, which allows the fabrication of transistor devices for printable electronics applications. Also provided are methods for depositing nanoparticles on a substrate and materials having networks of such nanoparticles.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖3

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 3 液滴
- 6 導管
- 8 基材
- 9 頂板
- 10 底板
- 11 注射器噴嘴

【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)

氣霧沈積奈米微粒於基材上之裝置及方法

APPARATUS AND METHOD FOR AEROSOL DEPOSITION OF
NANOPARTICLES ON A SUBSTRATE

【技術領域】

【0001】 本發明大致上係針對可列印的電子設備。更明確地是，本發明係針對用於奈米微粒之氣霧沈積在基材上的設備及方法。

【先前技術】

【0002】 本申請案主張對2015年7月31日提出之加拿大專利申請案2,899,255的優先權，並主張2015年7月31日提出之美國臨時專利申請案62/199,675的利益，其兩者之整個內容係以引用的方式併入本文中。

【0003】 能夠使用傳統列印方法及設備以在包括塑膠滾筒上之各種表面上列印電路的低成本及彈性已擴展電子設備被使用之潛在環境。

【0004】 類似於傳統的列印方法，可列印的電子設備需要於被界定之圖案中將墨水沈積在一表面上。可列印的電子設備中所使用之墨水包括功能性電子或光學材料、諸如具有碳奈米管的墨水，當被列印至形成網絡時，該材料作用為宏觀之電晶體通道。

【0005】 碳奈米管具有傑出之電性質，設有半導體性單壁碳奈米管(SWCNTs)，其在可列印的電子設備應用中施行為高遷移率電晶體中之半導體性通道。於此應用中，數千碳奈米管被放在一表面上，且形成電連接電線的網絡。這些網絡於含有碳奈米管之溶液(或墨水)中浸泡基材時輕易地形成。用於數個應用，在此該網絡將不會覆蓋整個表面、但被佈圖至亞毫米的特徵尺寸，列印設備被需要。用於墨水材料之沈積的數個技術存在，且它們本質上落入二範疇：1)串聯的、諸如噴墨或氣霧噴射；及2)平行的、諸如網版、凹版及柔性版列印。然而，這些系統之大多數未被設計成適用於超薄型薄膜(亦即具有<10奈米的薄膜)、諸如那些於該碳奈米管網絡電晶體中所使用者。

【0006】 再者，本系統需要特定之墨水配方，該墨水配方被設計成具有在一設定窗口內的物理參數。然而，被導入此等配方之添加劑可使電晶體裝置的電性能劇烈地降級。此外，所沈積之薄膜大致上係遠比電晶體操作所需要者更加厚。因此，對於沈積系統有一需要，該沈積系統能被使用於將碳奈米管及其他型式的奈米微粒組裝成薄膜電晶體之網絡。

【發明內容】

【0007】 根據本發明的態樣，提供有用於奈米微粒之氣霧沈積在基材上的設備。該設備包括：氣霧產生器，用於產生微米尺寸之液滴的氣霧，每一液滴包含有限數目之奈米微粒；及沈積室，用於由該氣霧產生器承接該氣霧。該沈積室具有用於將該氣霧中的個別液滴吸引至基材之靜電場。該靜電場係實質上垂直於該基材。

【0008】 於實施例中，該設備亦包括具有平行或垂直於該沈積基材的一至數個開口之注射器噴嘴。

【0009】 於一實施例中，該沈積室另包括被定位於該氣霧的流動及該基材間之模板遮罩。

【0010】 於進一步實施例中，該靜電場係藉由留空隙的荷電板所提供，且該基材被定位在該接地板上。

【0011】 於又進一步實施例中，該荷電板係靜電地荷電絕緣體或偏壓導體。

【0012】 於又進一步實施例中，該荷電板被佈圖，以空間地調變該電場及在該基材上之特定位置增進奈米微粒沈積。

【0013】 於另一實施例中，該氣霧以疊層方式流動，且空間地被設計來在該基材上的特定位置給與奈米微粒沈積。

【0014】 根據本發明之另一態樣，提供有上述設備在奈米微粒的薄膜之產生中的使用。

【0015】 於一實施例中，該設備被使用於薄膜電晶體之生產中。

【0016】 於另一實施例中，該設備被使用於導電電極、二極體、光伏電池、物理感測器或化學感測器的生產中。該導電電極可為透明或非透明之電極。

【0017】 根據本發明的另一態樣，提供有用於將奈米微粒沈積在基材上之方法。該方法包含以下步驟：產生微米尺寸的液滴之氣霧，每一液滴包含有限數目之碳奈米微粒；及使該氣霧遭受一靜電場，其造成該微米尺寸的液滴將被沈積在基材上。

【0018】 於實施例中，該方法另包含於被沈積在該基材上之前使該微米尺寸的液滴通過一遮罩之步驟。

【0019】 於進一步實施例中，該方法另包含藉由該基材之

佈圖式荷電使該奈米微粒薄膜在該基材上的無遮罩佈圖。該靜電場可為藉由留空隙之荷電板及被定位在該接地的荷電板上之基材所提供。該荷電板可為靜電地荷電絕緣體或偏壓導體。該荷電板可被佈圖，以空間地調變該電場及在該基材上的特定位置增進碳奈米管沈積。

【0020】於又進一步實施例中，該氣霧以疊層方式流動，且空間地被設計來在該基材上的特定位置給與奈米微粒沈積。該基材能具有導電表面或介電表面。

【0021】根據本發明之另一態樣，提供有一材料，其具有疏水性表面及附著在該表面上的至少一奈米微粒。

【0022】於一實施例中，複數個奈米微粒被提供於網絡中。該等奈米微粒能用作電晶體。

【0023】於進一步實施例中，該表面具有大於 80° 之水接觸角度、諸如聚(乙基苯酚)基介電體或聚四氟乙烯基介電體，譬如 Xerox™ 介電體 xdi-d1.2 或鐵弗龍®-AF、或氟聚合物、諸如該非晶質(非結晶性)氟聚合物 CyTOP®。

【0024】於又進一步實施例中，該材料被提供為薄膜電晶體中的半導體。於其他實施例中，該材料可為導電電極、二極體、光伏打電池、物理感測器或化學感測器。該導電電極可為透明或是非透明電極。

【0025】於上述發明中，該基材係導電表面或介電表面。於一實施例中，該基材具有至少局部導電之表面。於另一實施例中，該基材至少局部介電的表面。於一些實施例中，該表面可為親水性或疏水性表面。

【0026】於一實施例中，譬如，疏水性表面被使用於消除可使分析物之感測混亂的溼度之干擾。於一實施例中，該基材

／材料係譬如沒有溼度波動的裝置、諸如物理或化學感測器。於一特別實施例中，在此中所敘述之設備被使用於此基材／材料的生產中，其譬如可為具有在介電體及SWCNTs的網絡間之介面當作介電體或當作塗層的基材／材料之薄膜電晶體。由於該SWCNT網絡及大氣水分間之相互作用的消除，這導致最小之磁滯現象。於此一裝置或感測器中，可發生的磁滯現象將為主要地來自該SWCNT網絡及想要分析物間之相互作用。此材料可為特別在使用感測器時有助於使相對溼度變化的衝擊減至最小。

【0027】 於其他實施例中，該基材具有一表面，其設有大於80°、譬如於85°及120°之間、約90°或於117-120°之間的水接觸角度。

【0028】 於其他實施例中，該表面可為改性氧化物表面、譬如在SiO₂、Al₂O₃、ZrO₂或HfO₂上之自組裝單分子層。

【0029】 於其他實施例中，該表面可為聚合體的。聚合物可為同元聚合物或共聚物、譬如交替共聚物、周期性共聚物、統計共聚物、嵌段共聚物與類似者等。

【0030】 於其他實施例中，該聚合物可被氟化。氟化聚合物之一些範例包括、但不被限制於：氟化聚烯烴、氟化聚丙烯酸酯、氟化聚甲基丙烯酸酯、氟化聚苯乙烯、氟化聚碳酸酯、氟化矽酮及氟化聚對二甲苯聚合物(例如帕裡綸)。

【0031】 範例表面、或聚合物包括、但不被限制於：聚偏二氯乙烯、聚偏二氟乙烯；聚六亞甲己二醯胺(尼龍66)；尼龍7；聚(十二烷醇內醯胺)(尼龍12)；聚醯胺；醋酸纖維素；聚砜；聚甲基丙烯酸甲酯；聚醋酸乙烯酯；聚碳酸酯；聚苯乙烯；聚丙烯；聚醯亞胺；環氧基樹脂；聚對苯二甲酸乙二酯；矽酮；烯類(烯烴)；硝酸纖維素；超高分子量聚乙烯；聚氯丁二烯；聚氯

乙烯；乳膠；丁基橡膠；聚四氟乙烯；及聚對二甲苯聚合物(例如帕裡綸)。

【0032】 於一些實施例中，該疏水性表面係聚(乙基苯酚)基介電體或聚四氟乙烯基介電體。

【0033】 於一些實施例中，該表面係聚甲基矽倍半氧烷。

【0034】 於一些實施例中，該表面係聚四氟乙烯；全氟丙基乙烯基醚-四氟乙烯共聚物；四氟乙烯-全氟丙基乙烯基醚共聚物；聚[四氟乙烯-共-全氟(烷基乙烯基醚)]；四氟乙烯/全氟(丙基乙烯基醚)共聚物；聚四氟乙烯-全氟烷基乙烯基醚共聚物；聚(四氟乙烯-共-四氟乙烯全氟丙基烯基醚)；具有四氟乙烯之1,1,1,2,2,3,3-六氟代-3-[三氟代次乙基)氧基]-丙醇聚合物；或1,1,1,2,2,3,3-六氟代-3-[三氟代乙基)氧基]丙烷/四氟乙烯共聚物。

【0035】 此外，於上述的發明中，每一微米尺寸之液滴可包含每液滴少於5奈米微粒、譬如每液滴一奈米微粒。

【0036】 再者，於上述的發明中，該奈米微粒可為氮化硼、二硫化鉬、二硫化鎢、碳或磷基之奈米微粒。於另一實施例中，該奈米微粒可為上面材料的組合。於每一案例中，該奈米微粒能採用各種結晶形式、諸如單壁式或多壁式奈米管、奈米棒、奈米球、奈米片或奈米帶。於一實施例中，該奈米微粒係單壁式碳奈米管。於另一實施例中，該奈米微粒係石墨烯奈米帶。

【0037】 根據本發明之另一態樣，上文所敘述的設備能形成滾筒式列印系統之一部份。

【0038】 根據本發明的另一態樣，提供有包含聚合物之材料，並已藉由該上述設備將碳奈米管網絡沈積在該材料上，供使用當作底部閘極電晶體中的閘極介電體或當作封裝層。

【0039】 根據本發明之另一態樣，提供有包含有聚合物的材料，並已藉由該上述設備將碳奈米管網絡沈積在該材料上，供使用當作曝露在空氣中之電晶體的閘極介電體，而沒有封裝層。

【0040】 於一實施例中，該材料具有轉移特性，而由0-1MV/m之施加閘極場沒有磁滯現象。

【0041】 在以下的詳細敘述期間，進一步特色將被敘述或將變得明顯。其應被了解在此中所敘述之每一特色能以任何組合與該其他敘述特色的任何一或多個被利用，且每一特色不須依靠另一特色之存在，除了在此對於熟習該技術領域者為明顯的。

【圖式簡單說明】

【0042】 本發明之這些及其他特色、態樣及優點將關於該以下敘述及所附圖面變得較佳了解，其中：

【0043】 圖1係根據本發明的實施例之設備的概要圖；

【0044】 圖2係使用本發明之設備所組裝的單壁式碳奈米管之網絡的掃描電子顯微鏡影像；

【0045】 圖3係根據本發明之實施例的沈積室之概要圖；

【0046】 圖4係光學(頂部)及掃描電子顯微鏡(底部)影像，顯示結合陰影遮罩與本發明的設備所獲得之經佈圖的奈米管網絡；

【0047】 圖5係在不同電場強度之下所施行的一系列沈積之光學影像，(a)及(b)係在不同照明條件之下所拍攝的相同影像；

【0048】 圖6係聚合物介電體上之碳奈米管電晶體的圖形表示法。轉移特性被顯示在線性及對數標度上，用於向前及顛倒之掃描方向。a)全錄(Xerox)介電體xdi-d1.2。掃描率係0.22 V/s。b)鐵弗龍-AF。掃描率0.55 V/s；

【0049】 圖7係閘極介電體應力測試的圖形表示法。a)用於在由 $\pm 10\text{V}$ 至 $\pm 60\text{V}$ 之不同掃描範圍所取得的全錄介電體xdi-d1.2之傳送特性。該掃描頻率係110兆赫。插圖顯示用於向前(F)及顛倒(R)掃描方向的擷取閾值電壓(V_t)。b)用於全錄介電體xdi-d1.2在一連串閘極電壓(藍色跡線)之下的電晶體電導(紅色跡線)之時間演變。c)用於在由 $\pm 15\text{V}$ 至 $\pm 75\text{V}$ 之不同掃描範圍所取得的鐵弗龍-AF介電體之傳送特性。該掃描頻率係110兆赫。插圖顯示用於向前(F)及顛倒(R)掃描方向的擷取閾值電壓(V_t)。d)用於鐵弗龍-AF介電體在一連串閘極電壓(藍色跡線)之下的電晶體電導(紅色跡線)之時間演變；及

【0050】 圖8係使用全錄介電體xdi-d1.2之經封裝的、底部閘極SWCNT網絡電晶體的轉移特性之圖形表示法，並設有介電體及封裝層兩者。

【0051】 圖9描述碳奈米管薄膜的無遮罩沈積。(a)來自裂口形狀噴嘴之沈積。(b)越過碳奈米管材料的條紋(灰白色圓圈)之拉曼強度線型。該亮灰色線係洛倫茲線型。(c)由具有多數個孔口的噴嘴所獲得之沈積圖案。由左至右，該樣本係不能動達二個持續期間，且接著連續地平移達3毫米，及接著再次不能動達二更多步驟。(d)使用具有佈圖式接地的樣本夾具將碳奈米管沈積在尼龍薄膜上。

【0052】 圖10係噴嘴設計之概要圖，以促進氣霧注射及氣體回收兩者。圖10a說明單一同軸向的噴嘴設計。圖10b說明多

數個同軸向之噴嘴設計。

【實施方式】

【0053】 該以下敘述係只當作範例的說明性實施例，且不限制至用於實現本發明所需要之特色的組合。

【0054】 除非以別的方式界定，在此中所使用之所有技術及科學上術語具有與一般被普通熟習本發明所屬於的技術領域之人士所了解者相同的意義。其必需亦被注意的是，如於該說明書及所附申請專利範圍中所使用，該單數形式“一(a)”、“一(an)”及“該(the)”包括複數個討論目標，除非該情況清楚地以別的方式指示。

【0055】 如圖1中所示，用於碳奈米管之沈積在基材上的設備(1)包括：氣霧產生器(2)，用於產生微米尺寸之液滴(3)的氣霧；及沈積室(4)，用於承接來自該產生器(2)之液滴。該沈積室(4)具有用於將該氣霧中的液滴(3)吸引至基材之靜電場(5)。該靜電場(5)係實質上垂直於該基材。換句話說，該靜電場相對該基材係大約90度。在此中所敘述的設備(1)可形成滾筒式列印系統之一部份。

【0056】 於大部份案例中，該氣霧產生器係該設備(1)內的一分開單元。然而，該氣霧產生器(2)可被一體地連接至該沈積室(4)。於任一案例中，該氣霧產生器(2)係負責用於產生微米尺寸之液滴(3)的氣霧。該氣霧產生器(2)將典型包括霧產生室(20)及噴嘴(21)。然而，其係可能藉由將含有溶液之容器直接地連結至噴霧器噴嘴來產生氣霧。譬如，爲了生產該微米尺寸的液滴，高頻超音波噴霧器典型被使用，雖然呈噴嘴之形式的其他型式

噴霧器可由各種機械式機構建立霧化作用，諸如、但不限於靜電製程及離心力可被使用。再者，氣霧能使用氣壓氣霧產生器或電噴射製程被產生。於一實施例中，每一液滴(3)含有有限數目之奈米微粒、譬如五或更少個奈米微粒。含有奈米微粒、諸如單壁式碳奈米管的液滴在形成電網絡中係特別是有用的(圖2)。

【0057】 經過被連接至該噴嘴(21)之入口(5)或經過將該噴嘴(21)連接至該沈積室(4)的導管(6)，微米尺寸之液滴(3)的氣霧被餵入沈積室(4)。該氣霧行進經過該沈積室(4)，且如果未被沈積在該基材上，則經過出口(7)離開該室(4)。如在圖3中所示，該等液滴(3)藉由靜電場被吸引或拉曳至該基材(8)，該靜電場藉由荷電之頂板(9)及接地底板(10)、諸如但不限於靜電地荷電的絕緣體或偏壓導體所建立。該基材(8)被定位在該底板(10)上，以由該氣霧承接該個別之液滴(3)。

【0058】 於一實施例中，一或多個注射器噴嘴(11)會同該荷電的頂板(9)被提供，以將該等液滴(3)導入至該荷電之頂板(9)及該接地的底板(10)之間所建立的靜電場。於此實施例中，該等液滴(3)被推進經過該荷電之頂板中的開口，且經過該靜電場被吸引或拉曳至該基材(8)。選擇性地，模板遮罩能被提供於該氣霧的流動及該基材(8)之間。如在圖4中所示，模板遮罩的使用允許液滴(3)之沈積將以預定義的方式被佈圖在該基材(8)上。

【0059】 於另一實施例中，該荷電之頂板(9)及／或底板(10)被佈圖，以空間地調變該靜電場，以便在該基材(8)上的特定位置增進碳奈米管沈積。類似地，該氣霧能夠以疊層方式流動經過該沈積室(4)，且被空間地設計來在該基材(8)上的特定位置給與碳奈米管沈積。

【0060】 藉由調整待沈積或附著至該基材上的材料之開始溶液的沈積參數；該氣霧流動比率；該靜電場；該噴嘴溫度、該基材溫度、及該沈積室之大氣含量；及／或流經該沈積室的載送氣體之成份，碳奈米管微粒的沈澱在該基材(8)上亦可被控制或佈圖。

【0061】 在此中所敘述之設備(1)允許用於譬如待在該基材上佈圖至亞毫米的特徵尺寸之奈米微粒薄膜／網絡。帶有淨電荷或為電荷中性、但具有強烈電極化率的奈米微粒於該設備(1)中係特別有用的。荷電／可極化的奈米微粒將與該沈積室(4)中之靜電場互相作用，造成該奈米微粒將被黏著至該基材(8)。與該靜電場相互作用的強度能夠以二種方式中被調整：在外部，使用譬如電暈放電或UV曝光，以改變該奈米微粒上之電荷；或內在地，藉由修改該溶液的化學特性。

【0062】 於一些情況中，使用本發明的氣霧系統來沈積材料對於該氣體流動之細節可為敏感的。該氣體流動中之小分裂或不對稱性可減少被沈積材料的均勻性。用於按比例增加沈積，這可為尤其重要的，以容納較大之樣本、譬如具有大於約10平方公分的面積之樣本。

【0063】 於另一實施例中，對沈積均勻性的進一步改良可藉由變更噴嘴設計以結合氣霧注射及氣體回收兩者而被達成。

【0064】 圖10說明二噴嘴設計，以促進氣霧注射及氣體回收兩者。圖10a說明單一同軸向之噴嘴設計，而圖10b說明多數同軸向的噴嘴設計。參考圖10a，同軸向噴嘴(30)包含與靜電場軸向地對齊之氣霧餵入導管(31)，以允許氣霧(40)的注射進入沈積室，以致僅只一個被貼標籤之液滴(41)被推向基材(42)。該同軸向噴嘴(30)另包含容置該氣霧餵入導管(31)的氣體返回導管

(32)。於所示實施例中，該氣霧餵入導管(31)較佳地係延伸經過該氣體返回導管(32)，且較佳地係與該氣體返回導管(32)同中心。然而，其他配置係合適的，其中氣霧餵入導管被容置在氣體返回導管內側。該氣體返回導管(32)之直徑係大於該該氣霧餵入導管(31)的直徑達一充分之數量，以在該氣霧餵入導管(31)外側及在該氣體返回導管(32)內側，允許再進入氣體(33)、譬如載送氣體及溶劑氣體再次進入空間(34)中的噴嘴(30)。該沈積室中之背壓促進該氣體(33)的再進入該噴嘴(30)。該氣體返回導管(32)之端部(35)可環繞該氣霧餵入導管(31)被密封，以強迫氣體(33)再進入排氣出口(36)，該排氣出口與該氣體返回導管(32)流體相通及由該氣體返回導管(32)橫互地延伸、較佳地係緊接該氣體返回導管(32)的端部(35)。該再進入氣體(33)經過該排氣出口(36)被排出當作廢氣(33')。

【0065】 參考圖10b，該多數個同軸向噴嘴設計包含複數個單一同軸向噴嘴(30)，僅只一個被貼標籤，如在圖10a中所敘述。該複數個(39)單一同軸向噴嘴(30)係經過每一噴嘴(30)之排氣出口(36)流體互連，僅只一個噴嘴被貼標籤，以致再進入氣體(33)被收集及當作廢氣(33')經過末端排氣出口(36')被排出該複數個(39)噴嘴(30)。雖然圖10b說明三列噴嘴(30)，每一列經過三個末端排氣出口(36')分開地排出廢氣(33')，噴嘴(30)的任何合適之配置及排氣出口(36)的連接可被使用。

【0066】 能被使用在該設備(1)中之奈米微粒的範例包括、但不被限制於氮化硼、二硫化鋁、二硫化鎢、及磷或碳基奈米微粒。奈米微粒在變更電子性質之後可包含其他元素，譬如碳奈米管可包含硼、氮或其他元素，以變更該碳奈米管的電子性質。視該應用而定，這些化合物之結晶形式的任何一種可

被使用。譬如，碳基奈米微粒能包括碳奈米管、奈米棒、奈米球、奈米片及奈米帶。單壁式碳奈米管用於高效能列印電晶體係特別有用的。石墨烯奈米帶當作電晶體中之半導體係亦特別有用的。奈米微粒之進一步範例可包括具有在約1,000及1,000,000g/mol間之分子量的聚合物。可被使用在該設備(1)中之奈米微粒的其他範例可為該等上面材料之組合。該設備中所使用的基材係基於待製成之產品被選擇。在大部份案例中，該基材將為電絕緣材料、諸如親水性或疏水性介電表面，其當被塗以單壁式碳奈米管的網絡時可操作為薄(或超薄)之薄膜電晶體。然而，其他應用可需要導電基材、諸如金屬的使用，而已將奈米微粒附著至其上。該基材將通常被以典型列印裝置之多數材料所塗佈、譬如乾燥／固化的導電、絕緣及介電墨水。所製成之產品可為二極體、導電電極(透明或非透明)光伏打電池、物理感測器、化學感測器或此裝置的所有可能組合。

【0067】 該奈米微粒具有一尺寸，其將不會超過該液滴之尺寸。用於具有約1000奈米的直徑之液滴，該等奈米微粒的最長尺寸可為於約100-1000奈米之範圍中。用於奈米片，直徑可為於約50-1000奈米的範圍中。該等奈米微粒可為2維或3維的。

【0068】 本發明不被限制於任何特別之溶劑。可被氣霧化的溶劑之一些範例包括、但不被限制於非極性溶劑(例如甲苯、氯苯、與類似者等)及極性溶劑(例如酒精、酮、水、與類似者等)。非極性溶劑大致上係較佳的。

【0069】 氣霧性質可被適當地調整，以最佳化性能。該氣霧中之溶劑液滴的直徑較佳地係於約0.5至5微米之範圍中。該氣流中的液滴濃度較佳地係少於10%、譬如少於約1%。液滴速度較佳地係少於約10 cm/s。沈積時間較佳地係於數秒至數分鐘

之範圍中、譬如約2秒至5分鐘。於連續的沈積製程中，在此沈積率係更適當之測量，沈積率較佳地係於每秒每平方微米約1至100奈米管的範圍中。

【0070】 噴嘴設計可被適當地調整，以最佳化性能。較佳地係，噴嘴孔口具有大於約該液滴之直徑的10倍之最小尺寸，譬如該最小尺寸可為約10微米或更多。較佳地係，噴嘴孔口具有藉由至該基材的距離所決定之最小尺寸。用於1-10毫米的間隙，孔口較佳地係分別不超過約0.5-5毫米，以便維持沈積均勻性。噴嘴形狀未特別受限制。譬如，噴嘴形狀於“像素化”沈積(單一洞或裂縫開口)中可為簡單的，或如果圖案係以單一噴嘴(例如使用陰影遮罩當作噴嘴)所達成時為複雜的。噴嘴較佳地係被設計，以致氣體回收確實擾亂該氣霧之流動圖案。

【0071】 用於該氣霧的載送氣體較佳地係對於該溶劑、奈米微粒及／或該大氣為非活性的。載送氣體之一些非限制性範例包括 N_2 、Ar、He及溶劑的蒸氣，以控制液滴乾燥及薄膜形態。

【0072】 靜電場強度較佳地係大於約100 kV/m、譬如約1 MV/m。既荷電又可極化的奈米微粒可被利用，且尤其具有可極化之奈米微粒，亦調整場梯度以最佳化該等奈米微粒之沈積可為有用的。奈米微粒可於沈積期間被該靜電場所充電。

【0073】 於一特別有趣之實施例中，該基材係具有大於 80° 的水接觸角度之表面或聚合物。此等主要疏水性表面典型具有於 $85-120^\circ$ 間之水接觸角度，設有特別有用的表面，該等表面具有大約 $90^\circ \pm 5^\circ$ 或於 $117-120^\circ$ 間之接觸角度。此等表面、或聚合物的範例包括、但不被限制於：聚偏二氯乙烯及聚偏二氟乙烯；聚六亞甲己二醯胺(尼龍66)；尼龍7；聚(十二烷醇內醯胺)(尼龍12)；聚醯胺；醋酸纖維素；聚砒；聚甲基丙烯酸甲酯；聚醋酸

乙烯酯；聚碳酸酯；聚苯乙烯；聚丙烯；聚醯亞胺；環氧基樹脂；聚對苯二甲酸乙二酯；矽酮；烯類(烯烴)；硝酸纖維素；超高分子量聚乙烯；聚氯丁二烯；聚氯乙炔；乳膠；丁基橡膠；聚四氟乙炔；及聚對二甲苯聚合物(例如帕裡綸)。於一些實施例中，該疏水性表面係聚(乙基苯酚)基介電體或聚四氟乙炔基介電體。聚(乙基苯酚)基介電體之非限制性範例將為全錄™介電體 xdi-d1.2(由加拿大的全錄研究中心所供給)，反之聚四氟乙炔基介電體之範例包括：鐵弗龍®-AF。於其他實施例中，該疏水性表面係氟聚合物、諸如該非晶質(非結晶性)氟聚合物CyTOP®。此等已藉由上述設備將碳奈米管網絡沈積在其上面的聚合物能被用作底部閘極電晶體中之閘極介電體或當作封裝層。於曝露在空氣中而沒有封裝層的電晶體中，該材料之轉移特性指示極少或無磁滯現象(亦即由0-1 MV/m，其用在具有2的介電常數之500奈米介電體對應於0-1 V)。這些範例示範靜電輔助氣霧沈積的值，以克服尤其存在於疏水性聚合物介電體中之製造挑戰。結果指示此等被列印在這些基材上之電晶體係很堅固的，且能滿足用於製造商業產品所需要之部份性能指標。

【0074】 範例：

在將碳奈米管沈積在該基材上時，修改該沈積室中的電場之強度的效果被檢查。如在圖5中所示，七個注射器噴嘴被使用，以將單壁式碳奈米管沈積在矽基材上。該七個注射器噴嘴造成圖5a之頂部區段中所顯示的七個水平沈積圖案。由右至左，所施加之電壓在200V的間距中由+2400V變化至-2400V，其對應於25種不同條件。於每一電壓之間，該樣本於該水平方向中被平移600微米。在該最高場，孤立的黑色條紋係可清楚地看見，具有低於100x600平方微米的橫側尺寸。當該場減弱時，該

沈積圖案散開，直至來自附近噴嘴之疊層流動防止進一步散開。這是於圖5b中更清楚的，其係在不同照明條件之下被取得。應注意的是當該場係缺乏時(直立中間區段)，極少材料被沈積。

【0075】 氣霧沈積顯現為對表面能量遠較不敏感，在此使用其他沈積方法之不佳的碳奈米管黏著性被發現。用於全錄介電體xdi-d1.2(藉由加拿大的全錄研究中心所供給)，輕易地形成在聚合物層上之網絡由旋轉塗佈所獲得，而沒有表面處理。該全錄介電體包含介電材料及低表面張力黏著劑(看美國專利第8,821,962，其內容係以引用的方式併入本文中)。該低表面張力黏著劑能夠以更少之針孔及增強的裝置產量形成薄、平滑之介電層。該介電材料包含高k介電體、聚(4-乙基苯酚)(PVP)及低k介電體、甲基倍半矽氧烷(pMSSQ)。直接比較係與SiO₂上的網絡作成，且除了該磁滯現象係大於在SiO₂上以外，電資料在許多方面中係類似的(額定遷移率與電流開關比)。於鐵弗龍-AF之案例中，15分鐘紫外線-臭氧暴露(條件未被最佳化)被使用來增進碳奈米管黏附力。該處理導致該水接觸角度由120°至117°的最小變化(疏水性之直接測量)。用於全錄介電體xdi-d1.2及鐵弗龍-AF兩者，用於移去該奈米管墨水配方中之過量分散劑所需的洗滌步驟，碳奈米管黏附力係充分強的。

【0076】 表1：聚合物介電物理參數

	材料	介電常數	接觸角度	厚度(奈米)
全錄介電體 xdi-d1.2	聚(乙基苯酚)/甲基倍半矽氧烷混合物	4.0	89°	530
鐵弗龍®-AF 2400X SOL	聚(全氟間二氧雜環戊烯-共-四氟乙烯)	1.9	120° (117°)	480

【0077】 表2：來自圖7之電晶體性能參數

	遷移率(cm^2/Vs)	閾值電壓(V)	磁滯現象(V)
全錄介電體 xdi-d1.2	6.5	4.15	0.004 ± 0.030
鐵弗龍®-AF	4.1	10.5	0.45 ± 0.02

【0078】 以孔洞遷移率、開電流及關電流之觀點，用全錄介電體 xdi-d1.2 及鐵弗龍-AF 介電體製造的電晶體被發現具有良好之性能指標。電晶體轉移特性(源極-汲極電導對閘極電壓)被顯示在圖.6中，且表2摘要由資料分析所獲得的性能數。於類似測量條件(及介電體厚度)之下，在與 SiO_2/Si 表面上的裝置之顯著對比中，用於兩介電體的向前及顛倒閘極掃描間之磁滯現象的量值係小的。於全錄介電體 xdi-d1.2 之案例中(圖6a)，該磁滯現象本質上係缺乏的(0.004 ± 0.030 V)，具有完美地追蹤在線性及對數標度兩者上之向前及顛倒掃描。用於鐵弗龍-AF(圖6b)，該磁滯現象係亦極小，具有 0.45 ± 0.02 V 的值。

【0079】 爲了進一步評定該等聚合物之介電品質，二組“應力測試”測量被施行。當電晶體裝置被強調時，大電壓被施加至該閘極或源極-汲極電極，且電資料被動態地取得。那些結果被顯示在圖7中。於圖7a)及c)中，轉移曲線在漸進較大的閘極電壓掃描範圍被獲得。於兩案例中，磁滯現象最後隨同閾值電壓 (V_t) 之移位而發展。圖7)及c)中的插圖顯示用於向前(F)及顛倒(R)掃描方向之 V_t 。用於全錄介電體 xdi-d1.2，用於 $V_G = \pm 20\text{V}$ 範圍，1V 磁滯現象被發現，且用於 $V_G = \pm 60\text{V}$ ，生長至 $> 30\text{V}$ 。該磁滯現象之開口係不對稱的，首先在該向前掃描(開啓)上生長，而該顛倒掃描開始大大地僅只超出 $V_G = -35\text{V}$ 打開。這些結果指示施體及受體陷阱電荷正促進該磁滯現象。 V_t 對 $\pm V_G$ 之線性相依建

議電荷捕獲之簡單的能量分佈。PVP基介電體已於有機TFTs中產生良好之電性能，且交聯化學性質已被顯示重大地影響TFT性能，又SWCNT TFTs中的PVP之使用幾乎沒有被報告，而未論及磁滯現象的量值。不適當的交聯PVP含有顯著數目之羥基，其加重用於暴露至周圍空氣的裝置之氧化還原反應，如此導致大磁滯現象(類似於SiO₂)。其實，其已被注意的是該PVP係固有易潮濕的，且就SWCNT基裝置之情況而言，及可發生的氧化還原化學，如在此中所敘述之疏水性配方係清楚有利的。在全錄xdi-d1.2所測量之大接觸角度被歸因於至該PVP介電體的表面之甲基倍半矽氧烷的遷移。在該表面具有大量羥基之純聚(乙基苯酚)將顯示強烈的親水性。

【0080】 類似於全錄介電體xdi-d1.2，鐵弗龍-AF裝置中之閘極電壓範圍中的增加(圖7c)導致磁滯現象之逐漸顯露。然而，該量值係較小，且用於該 $V_G = \pm 75V$ 掃描範圍僅只係5V(鐵弗龍-AF具有低介電常數， $\kappa = 1.9$ ，且與全錄介電體xdi-d1.2的直接比較可使用電極化場 $P = V/\kappa d$ 作成，在此d係該薄膜厚度)。V_t之逐漸移位至較正的V_G，由V_t=7V至20V被注意。用於鐵弗龍-AF，在全錄介電體xdi-d1.2之案例中，F及R掃描方向之間所發現的不對稱性未被看見。鐵弗龍-AF係具有高負電性氟原子之非晶質氟聚合物。此屬性導致由該碳奈米管縮回的有效率之電子及在該鐵弗龍表面的輕易之電子誘捕。然而，用於孔洞，深HOMO能級將防止用於負閘極電壓的顯著之偏向應力。

【0081】 該第二“應力測試”由測量電導的時間演變所組成，而該電晶體隨後被切換於其“打開(On)”及“關閉(Off)”狀態之間。用於全錄介電體xdi-d1.2，在該 $\pm 20V$ 範圍內的V_G被考慮，在此該磁滯現象保持非常小。於圖7b中之時間演變顯示六個連

續的關掉，在此 V_G 採取由0至20V之不同值，對應於該關掉狀態中的各種應力程度。在此，既然在此該磁滯現象生長係最顯著的(於圖7a及插圖中之不對稱性)， $V_G > 0$ 之效果被研究。在所有案例中，當該電晶體在 $V_G = -20V$ 被開啓時，在該電導中以秒的時間標度看見一暫態。用於較大的關掉狀態閘極電壓，該過衝之量值係較大的，其係與較大之施加應力一致。該電導在示範良好的介電堅固性之 $4.3\mu A/V$ 的平均值之10%內恢復。

【0082】 於圖7d中，在電晶體上的類似測試被施行，並以鐵弗龍-AF造成。十個關掉狀態之順序係以被變動的閘極電壓之開啓及關掉值兩者被呈現。於該首先五個循環中，恆定的關掉狀態 $V_G = 30V$ 係以不同之開啓狀態 V_G 被施加。對於所施加的最大應力($V_G = -75V$)，該開啓狀態顯示具有一些衰減百分比之電導過衝。該暫態在秒的時間標度發生。於隨後之順序中，具有不同程度的關掉狀態偏向應力(類似於圖7b)之恆定開啓狀態 $V_G = -60V$ 被施加。在此，短暫態亦被發現，具有用於該較大偏向應力所看見的最大量值。在所有案例中，該電導設定至在 $6\mu A/V$ 之平均電導的2%內。

【0083】 當SWCNT網絡被組裝在疏水性聚合物介電體之頂部上時，用於電子設備中的應用之二性能需求被滿足：磁滯現象及時間穩定性的缺乏，尤其在該裝置之開啓狀態中。對應力測試的磁滯現象及堅固性之缺乏首先指示該等聚合物、該配方的主要成份很好地施行當作介電體，具有低位準之動態電荷捕獲。考慮它們被配製供使用作電子設備應用中的介電體，這被期待，但應注意的是很多使用PVP當作介電體之公告不提供相同之性能屬性，該等性能屬性被以該全錄介電體xdi-d1.2配方所觀察。該聚合物混合的交聯化學及分層特性在裝置性能上具

有顯著效果，且係與當作半導體通道之半導體性SWCNT良好匹配。這些結果將具有一導引的作用，以於周圍空氣中使用正常之處理來獲得堅固的底部閘極裝置，且全錄介電體xdi-d1.2代表使用所建立之列印技術及簡單製程(傳統溶劑)的實用方法。

【0084】 具有全錄介電體xdi-d1.2之電晶體的封裝產生閾值電壓中之想要的移位。圖8顯示具有接近0V之 V_t 的轉移特色。用於周圍空氣中之未封裝裝置，雖然在0V所測量的開啓／關掉比率係不佳的(<4)，其在封裝之後改善至 10^2 。

【0085】 本發明的氣霧製程係與陰影遮罩相容。雖然遮罩製造能證實為有用的，其在技術上更想要的是具有能夠以無遮罩方式產生圖案之製程。圖9顯示這是如何藉由設計該氣體流動及該靜電場兩者而可能的三個範例。

【0086】 圖9a示範該靜電場如何能緊緊地集中該材料。光學地，其能被看見在該等最高電壓所沈積之條紋顯現很尖銳，具有充分在一毫米之下的尺寸。圖9b呈現越過一條紋所取得之拉曼強度線型，並顯露100微米的FWHM(半峰全寬)。甚至以超出200微米之材料的鋪蓋，具有低於150微米之通道寬度的電晶體能使用簡單之裂口形狀噴嘴被製成。在該橫互方向中的佈圖亦可藉由使用包含多數個孔洞之噴嘴被達成。此一沈積的範例被顯示在圖9c中。材料之個別島狀區以及直線能被獲得，而具有約500微米的尺寸。在此，除了該靜電場之集中作用以外，該疊層狀態所固有的流動混合之缺乏防止材料沈積在該等孔洞間之區域中。噴嘴設計及流動工程技術中的改良將於橫側及橫互方向兩者中允許100微米或更少之特徵尺寸。

【0087】 用於無遮罩式佈圖的很吸引人之觀點係經過電場工程技術。於該先前的範例中，該電場維持被最小地佈圖。然

而，吾人能將材料之集中歸因於該噴嘴曲率及／或孔口(裂口或孔洞)。在佈圖該等接地電極時，奈米管的超過該噴嘴之沈積可發生在特定位置。圖9d顯示被沈積在薄的尼龍薄膜上之碳奈米管島狀區的一範例。該遮罩係具有被連接至地面之銅電線包體的鐵弗龍™厚板。縱使此實驗使用具有均勻之液滴輸送的裂口形噴嘴，沈積主要發生在該等銅區域之上。比較於鐵弗龍™，這是在那些區域中的較高場(及／或場梯度)之簡單結果，在此該地面係大約(空間地)低2毫米。

【0088】 其將被了解對此之極多修改對那些熟諳此技術領域者將為明顯的。據此，該上面之敘述及所附圖面應被取為本發明的說明性及非限制性意義。再者，其將被了解其係意欲涵蓋本發明之任何變動、使用、或修改，並大致上遵循本發明的原理，且包括此等由本揭示內容之偏離，如來至在本發明有關的技術領域內之習知或慣例內，及如可被施加至在此中於之前提出的本質特色、與如下於所附申請專利之範圍中。

【符號說明】

1	設備	9	頂板
2	氣霧產生器	10	底板
3	液滴	11	注射器噴嘴
4	沈積室	20	霧產生室
5	靜電場	21	噴嘴
6	導管	30	噴嘴
7	出口	31	氣霧餵入導管
8	基材	32	氣體返回導管

33	氣體	36'	末端排氣出口
33'	廢氣	39	複數個
34	空間	40	氣霧
35	端部	41	液滴
36	排氣出口	42	基材

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，該設備包含：
氣霧產生器，用於產生微米尺寸之液滴的氣霧，每一液滴包含有限數目之奈米微粒；及
沈積室，用於由該氣霧產生器承接該微米尺寸的液滴，該沈積室包含：
靜電場，用於將該氣霧中之液滴吸引至該基材，其中該靜電場係實質上垂直於該基材。
2. 如申請專利範圍第1項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，另包含具有平行或垂直於該沈積基材之一至數個開口的注射器噴嘴。
3. 如申請專利範圍第1或2項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該沈積室另包含被定位於該氣霧的流動及該基材間之模板遮罩。
4. 如申請專利範圍第1至2項之任一項的用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中每一微米尺寸之液滴包含每液滴少於5奈米微粒。
5. 如申請專利範圍第4項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中每一微米尺寸之液滴包含每液滴一奈米微粒。
6. 如申請專利範圍第1至2項之任一項的用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該靜電場係藉由留空隙的荷電板所提供，且該基材被定位在該接地板上。
7. 如申請專利範圍第6項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該荷電板係靜電地荷電之絕緣體或偏壓導體。
8. 如申請專利範圍第6項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該荷電板被佈圖，以空間地調變該電場及在該基

- 材上之特定位置增進奈米微粒沈積。
9. 如申請專利範圍第1項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該氣霧以疊層方式流動，且空間地被設計來在該基材上的特定位置給與奈米微粒沈積。
 10. 如申請專利範圍第1項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該基材具有至少局部地導電之表面。
 11. 如申請專利範圍第1項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該基材具有至少局部地介電之表面。
 12. 如申請專利範圍第10或11項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該基材具有親水性或疏水性表面。
 13. 如申請專利範圍第10或11項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該基材具有一設有大於或等於 80° 之水接觸角度的表面。
 14. 如申請專利範圍第13項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該水接觸角度係於 85° - 120° 之間。
 15. 如申請專利範圍第14項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該水接觸角度係約 90° 。
 16. 如申請專利範圍第14項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該水接觸角度係於 117° 至 120° 之間。
 17. 如申請專利範圍第13項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該表面係氟化聚合物。
 18. 如申請專利範圍第13項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該表面係選自由以下所組成之群組：聚偏二氯乙烯、聚偏二氟乙烯；聚六亞甲己二醯胺(尼龍66)；尼龍7；聚(十二烷醇內醯胺)(尼龍12)；聚醯胺；醋酸纖維素；聚砜；聚甲基丙烯酸甲酯；聚醋酸乙烯酯；聚碳酸酯；聚苯乙烯；

聚丙烯；聚醯亞胺；環氧基樹脂；聚對苯二甲酸乙二酯；矽酮；烯類(烯烴)；硝酸纖維素；超高分子量聚乙烯；聚氯丁二烯；聚氯乙炔；乳膠；丁基橡膠；聚四氟乙炔；及聚對二甲苯聚合物。

19. 如申請專利範圍第13項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該表面係聚(4-乙基苯酚)基介電體或聚四氟乙炔基介電體。
20. 如申請專利範圍第13項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該表面係聚甲基矽倍半氧烷。
21. 如申請專利範圍第13項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該表面係：聚四氟乙炔；全氟丙基乙炔基醚-四氟乙炔共聚物；四氟乙炔-全氟丙基乙炔基醚共聚物；聚[四氟乙炔-共-全氟(烷基乙炔基醚)]；四氟乙炔/全氟(丙基乙炔基醚)共聚物；聚四氟乙炔-全氟烷基乙炔基醚共聚物；聚(四氟乙炔-共-四氟乙炔全氟丙基乙炔基醚)；具有四氟乙炔之1,1,1,2,2,3,3-六氟代-3-[三氟代次乙基)氧基]-丙醇聚合物；1,1,1,2,2,3,3-六氟代-3-[三氟代乙炔基)氧基]丙烷/四氟乙炔共聚物；或氟化聚對二甲苯。
22. 如申請專利範圍第1至2項之任一項的用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該奈米微粒係氮化硼、二硫化鉬、二硫化鎢、碳或磷基之奈米微粒。
23. 如申請專利範圍第22項用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該碳基奈米微粒係奈米管、奈米棒、奈米球、奈米片或奈米帶。
24. 如申請專利範圍第1至21項之任一項的用於奈米微粒之沈積在基材上的設備，其中該奈米微粒係單壁式碳奈米管。

25. 一種如申請專利範圍第1至24項之任一項的設備之應用，在於奈米微粒的薄膜之生產。
26. 如申請專利範圍第25項之應用，其中薄膜電晶體被生產。
27. 如申請專利範圍第1至24項之任一項的用於奈米微粒之沈積在基材上的設備之應用，在於生產二極體、導電電極、光伏打電池、物理感測器或化學感測器。
28. 如申請專利範圍第27項之應用，其中該導電電極係透明或非透明的電極。
29. 一種用於將奈米微粒沈積在基材上之方法，該方法包含以下步驟：
產生微米尺寸的液滴之氣霧，每一液滴包含有限數目之碳奈米微粒；及
使該氣霧遭受一靜電場，其造成該微米尺寸的液滴將被沈積在基材上。
30. 如申請專利範圍第29項之方法，另包含於被沈積在該基材上之前使該微米尺寸的液滴通過一遮罩之步驟。
31. 如申請專利範圍第29或30項之方法，其中每一微米尺寸的液滴包含每液滴少於5奈米微粒。
32. 如申請專利範圍第31項之方法，其中每一微米尺寸的液滴包含單一奈米微粒。
33. 如申請專利範圍第29至30的任一項之方法，其中該靜電場係藉由留空隙的荷電板所提供，且該基材被定位在該接地之荷電板上。
34. 如申請專利範圍第33項之方法，其中該荷電板係靜電地荷電之絕緣體或偏壓導體。
35. 如申請專利範圍第33項之方法，其中該荷電板被佈圖，以

空間地調變該電場及在該基材上的特定位置增進奈米微粒沈積。

36. 如申請專利範圍第29項之方法，其中該氣霧以疊層方式流動，且空間地被設計來在該基材上的特定位置給與奈米微粒沈積。
37. 如申請專利範圍第29項之方法，其中該基材具有至少局部地導電之表面。
38. 如申請專利範圍第29項之方法，其中該基材具有至少局部地介電之表面。
39. 如申請專利範圍第37或38項之方法，其中該基材具有親水性或疏水性表面。
40. 如申請專利範圍第39項之方法，其中該基材具有一設有大於或等於 80° 的水接觸角度之表面。
41. 如申請專利範圍第40項之方法，其中該水接觸角度係於 85° - 120° 之間。
42. 如申請專利範圍第41項之方法，其中該水接觸角度係約 90° 。
43. 如申請專利範圍第41項之方法，其中該水接觸角度係於 117° 至 120° 之間。
44. 如申請專利範圍第40項之設備，其中該表面係氟化聚合物。
45. 如申請專利範圍第40項之方法，其中該表面係選自由以下所組成之群組：聚偏二氯乙烯、聚偏二氟乙烯；聚六亞甲己二醯胺(尼龍66)；尼龍7；聚(十二烷醇內醯胺)(尼龍12)；聚醯胺；醋酸纖維素；聚砒；聚甲基丙烯酸甲酯；聚醋酸乙烯酯；聚碳酸酯；聚苯乙烯；聚丙烯；聚醯亞胺；環氧基樹脂；聚對苯二甲酸乙二酯；矽酮；烯類(烯烴)；硝酸纖

- 維素；超高分子量聚乙烯；聚氯丁二烯；聚氯乙炔；乳膠；
丁基橡膠；聚四氟乙炔；及聚對二甲苯聚合物。
46. 如申請專利範圍第40項之方法，其中該疏水性表面係聚(4-乙基苯酚)基介電體或聚四氟乙炔基介電體。
 47. 如申請專利範圍第40項之設備，其中該表面係聚甲基矽倍半氧烷。
 48. 如申請專利範圍第40項之設備，其中該表面係：聚四氟乙炔；全氟丙基乙炔基醚-四氟乙炔共聚物；四氟乙炔-全氟丙基乙炔基醚共聚物；聚[四氟乙炔-共-全氟(烷基乙炔基醚)]；四氟乙炔/全氟(丙基乙炔基醚)共聚物；聚四氟乙炔-全氟烷基乙炔基醚共聚物；聚(四氟乙炔-共-四氟乙炔全氟丙基乙炔基醚)；具有四氟乙炔之1,1,1,2,2,3,3-六氟代-3-[三氟代次乙基)氧基]-丙醇聚合物；1,1,1,2,2,3,3-六氟代-3-[三氟代乙炔基)氧基]丙烷/四氟乙炔共聚物；或氟化聚對二甲苯。
 49. 如申請專利範圍第29至30項的任一項之方法，其中該奈米微粒係氮化硼、二硫化鋁、二硫化鎢、碳或磷基之奈米微粒。
 50. 如申請專利範圍第49項之方法，其中該碳基奈米微粒係奈米管、奈米棒、奈米球、奈米片或奈米帶。
 51. 如申請專利範圍第29至30項的任一項之方法，其中該奈米微粒係單壁式碳奈米管。
 52. 一種材料，包含具有大於或等於 80° 之水接觸角度的表面及被附著至該表面上之至少一奈米微粒。
 53. 如申請專利範圍第52項之材料，其中該水接觸角度係於 85° - 120° 之間。
 54. 如申請專利範圍第53項之材料，其中該水接觸角度係約

90°。

55. 如申請專利範圍第53項之材料，其中該水接觸角度係於117°至120°之間。
56. 如申請專利範圍第52至55項的任一項之材料，其中該奈米微粒係氮化硼、二硫化鉬、二硫化錫、碳或磷基之奈米微粒。
57. 如申請專利範圍第56項之材料，其中該碳基奈米微粒係奈米管、奈米棒、奈米球、奈米片或奈米帶。
58. 如申請專利範圍第52至55項的任一項之材料，其中該奈米微粒係單壁式碳奈米管。
59. 如申請專利範圍第52項之材料，其中複數個碳奈米管被提供於一網絡中。
60. 如申請專利範圍第59項之材料，其中該碳奈米管網絡係電晶體的通道。
61. 如申請專利範圍第59或60項之材料，其中該碳奈米管係單壁式碳奈米管。
62. 如申請專利範圍第52項之材料，其中該表面係選自由以下所組成之群組：聚偏二氯乙烯、聚偏二氟乙烯；聚六亞甲己二醯胺(尼龍66)；尼龍7；聚(十二烷醇內醯胺)(尼龍12)；聚醯胺；醋酸纖維素；聚砒；聚甲基丙烯酸甲酯；聚醋酸乙烯酯；聚碳酸酯；聚苯乙烯；聚丙烯；聚醯亞胺；環氧基樹脂；聚對苯二甲酸乙二酯；矽酮；烯類(烯烴)；硝酸纖維素；超高分子量聚乙烯；聚氯丁二烯；聚氯乙炔；乳膠；丁基橡膠；聚四氟乙烯；及聚對二甲苯聚合物。
63. 如申請專利範圍第52至55項的任一項之材料，其中該表面係聚(4-乙基苯酚)基介電體或聚四氟乙炔基介電體。

64. 如申請專利範圍第63項之材料，其中該聚(4-乙基苯酚)基介電體係全錄™介電體xdi-d1.2。
65. 如申請專利範圍第63項之材料，其中該聚四氟乙烯基介電體係鐵弗龍®-AF。
66. 如申請專利範圍第52至55項的任一項之材料，其中該表面係氟聚合物。
67. 如申請專利範圍第66項之材料，其中該氟聚合物係該非晶質(非結晶性)氟聚合物CyTOP。
68. 如申請專利範圍第52至55項的任一項之材料，供使用於奈米管的薄膜中。
69. 如申請專利範圍第68項之材料，其中該奈米管的薄膜係於薄膜電晶體中的半導體通道。
70. 如申請專利範圍第52至55項的任一項之材料，供使用於二極體、導電電極、光伏打電池、物理感測器或化學感測器中。
71. 如申請專利範圍第70項之材料，其中該導電電極係透明或非透明的電極。
72. 一種滾筒式列印系統，包含申請專利範圍第1至24項之任一項的設備。
73. 一種包含聚合物的材料，已藉由申請專利範圍第1至24項之任一項的設備將碳奈米管沈積在該聚合物上，供使用作底部閘極電晶體中之閘極介電體。
74. 一種包含聚合物及碳奈米管的材料，其中該等聚合物及碳奈米管係藉由申請專利範圍第1至24項之任一項的設備被沈積在基材上，且其中該等碳奈米管被定位在該等聚合物上，供使用作底部閘極電晶體中之介電體。

75. 如申請專利範圍第74項之材料，其中該等聚合物被定位在該等碳奈米管上，供使用作頂部閘極電晶體中之介電體、或用作封裝層。
76. 如申請專利範圍第73至75項的任一項之材料，其中該等聚合物及碳奈米管網絡係藉由申請專利範圍第1至24項的任一項之設備同時沈積在該基材上。
77. 一種包含聚合物的材料，已藉由申請專利範圍第1至24項之任一項的設備將碳奈米管網絡沈積在該聚合物上，供使用作曝露在空氣中之電晶體的閘極介電體，而沒有封裝層。
78. 如申請專利範圍第77項之材料，其中該材料由0-1MV/m的施加閘極場具有轉移特性而沒有磁滯現象。

圖式

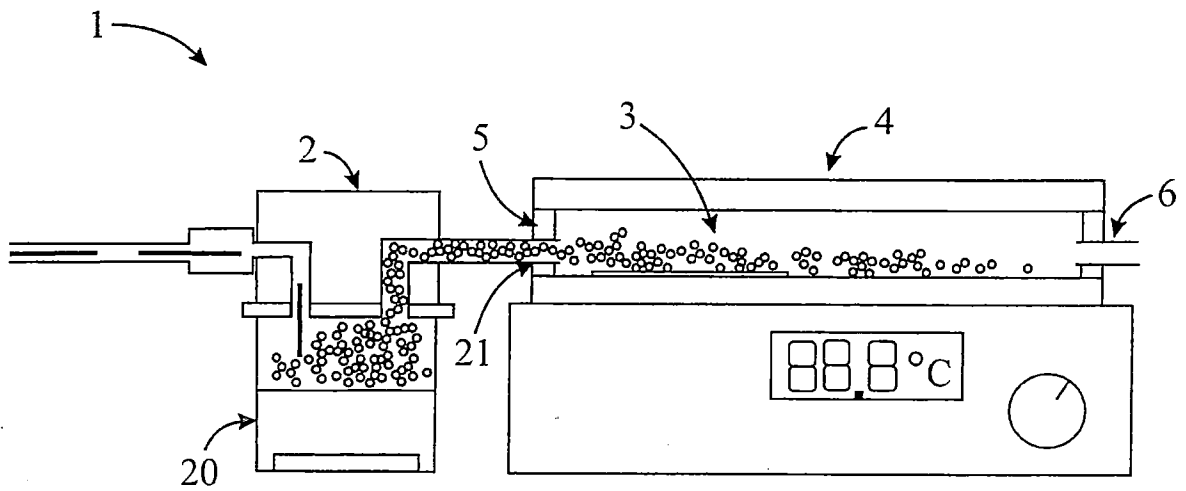


圖 1

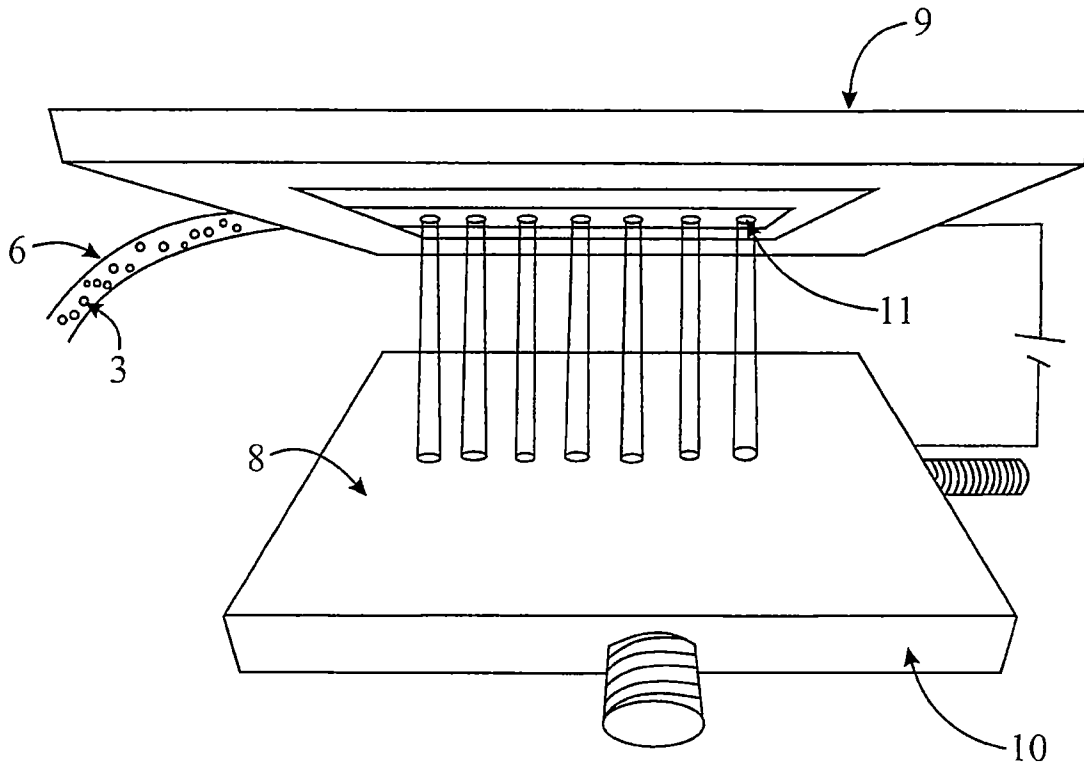


圖 3

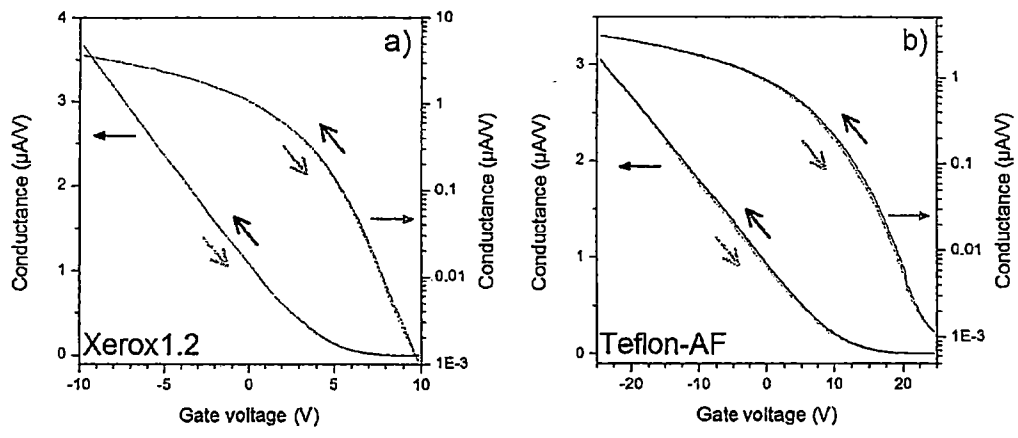
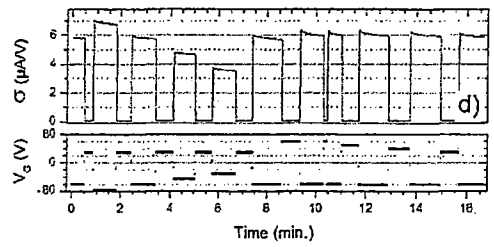
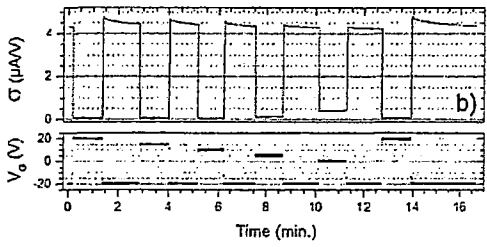
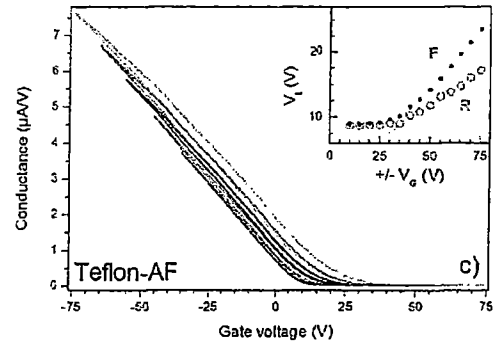
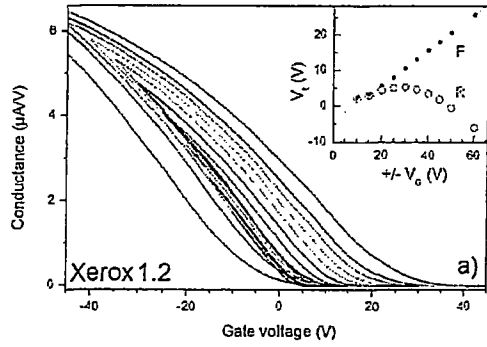


圖 6



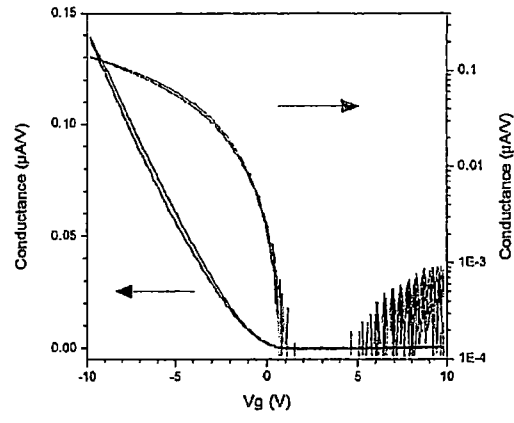


圖 8