



(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 201126795 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：099123898

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 07 月 21 日

(51)Int. Cl.：

H01M4/04 (2006.01)

H01M4/62 (2006.01)

H01M4/66 (2006.01)

(30)優先權：2009/07/22 歐洲專利局 09009472.3

(71)申請人：拜耳材料科學股份有限公司 (德國) BAYER MATERIALSCIENCE AG (DE)
德國

(72)發明人：沃格爾 史蒂芬妮 VOGEL, STEPHANIE (DE)；瓦格納 約阿希姆 WAGNER,
JOACHIM (DE)；福生吉爾 克里斯特爾 FUSSANGEL, CHRISTEL (DE)

(74)代理人：黃慶源；陳彥希

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：7 共 42 頁

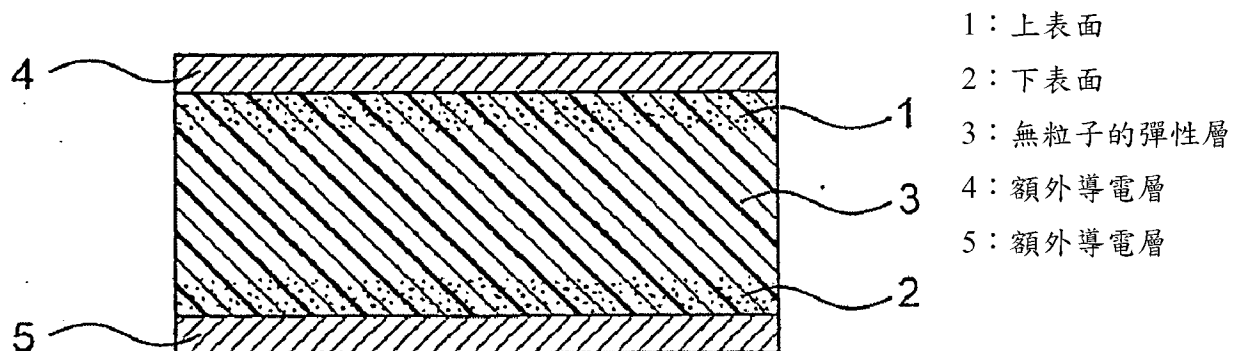
(54)名稱

製造可伸展電極之方法

PROCESS FOR THE PRODUCTION OF STRETCHABLE ELECTRODES

(57)摘要

本發明係關於一種製造可伸展電極的方法。在此方法中，將導電碳粒子導入包含彈性體的表面層中。該碳粒子尤其是碳奈米管。在該方法中，在溶劑中具有平均粒子直徑介於 $\geq 0.3\text{nm}$ 至 $\leq 3000\text{nm}$ 的非聚集碳粒子的製備物能夠在包含彈性體的表面層上作用。該溶劑能夠造成包含彈性體之表面層的膨脹。接觸時間係使得不足以溶解彈性體。亦可視情況地施加另外的導電層。本發明亦關於能以此方法獲得的可伸展電極及其用途。





(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 201126795 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：099123898

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 07 月 21 日

(51)Int. Cl.：

H01M4/04 (2006.01)

H01M4/62 (2006.01)

H01M4/66 (2006.01)

(30)優先權：2009/07/22 歐洲專利局 09009472.3

(71)申請人：拜耳材料科學股份有限公司 (德國) BAYER MATERIALSCIENCE AG (DE)
德國

(72)發明人：沃格爾 史蒂芬妮 VOGEL, STEPHANIE (DE)；瓦格納 約阿希姆 WAGNER,
JOACHIM (DE)；福生吉爾 克里斯特爾 FUSSANGEL, CHRISTEL (DE)

(74)代理人：黃慶源；陳彥希

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：7 共 42 頁

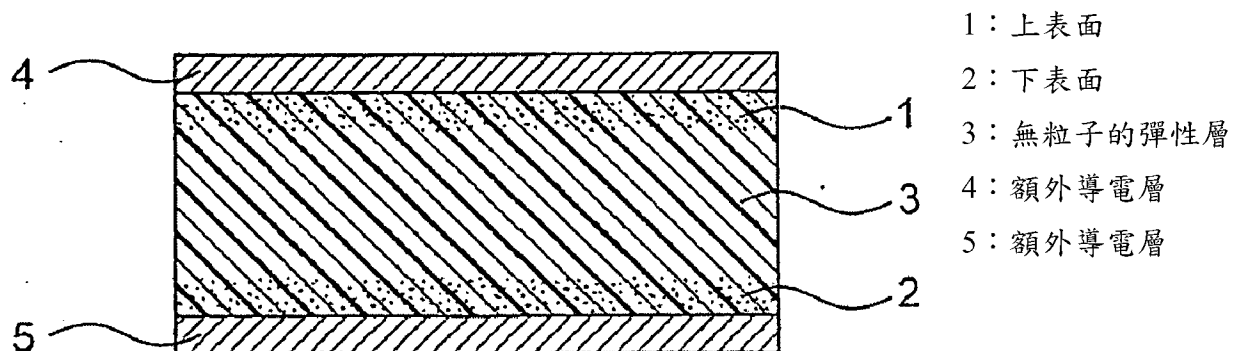
(54)名稱

製造可伸展電極之方法

PROCESS FOR THE PRODUCTION OF STRETCHABLE ELECTRODES

(57)摘要

本發明係關於一種製造可伸展電極的方法。在此方法中，將導電碳粒子導入包含彈性體的表面層中。該碳粒子尤其是碳奈米管。在該方法中，在溶劑中具有平均粒子直徑介於 $\geq 0.3\text{nm}$ 至 $\leq 3000\text{nm}$ 的非聚集碳粒子的製備物能夠在包含彈性體的表面層上作用。該溶劑能夠造成包含彈性體之表面層的膨脹。接觸時間係使得不足以溶解彈性體。亦可視情況地施加另外的導電層。本發明亦關於能以此方法獲得的可伸展電極及其用途。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

發明背景

本發明係關於一種製造可伸展電極的方法。在此方法中，將導電碳粒子導入包含彈性體的表面層中。該碳粒子尤其是碳奈米管。本發明亦關於能根據本發明獲得的可伸展電極及其用途。

【先前技術】

碳奈米管(CNTs)因其異常的特性而聞名。例如，其強度約是鋼鐵的 100 倍、其熱傳導性約是鑽石的兩倍、其高至 2800 °C 的真空中仍為熱穩定、且其電導率可為銅電導率的數倍。然而，此些特性為結構的結果，只有當碳奈米管成功地均勻分散且碳管與介質間產生了可能的最大接觸時，也就是當碳管成功地與介質相容因此而可穩定分散時，才能獲得分子級的特性。至於導電率，更需要形成視情況均質的碳網路，其中碳管理想地僅在終端接觸。此類網路中的碳奈米管應該儘量地分離，也就是無黏聚物、無位向且以此類網路剛好能夠形成的濃度存在，這反應了與碳奈米管濃度相依的電導率的驟然增加(滲漏限制(percolation limit))。

在機械應力下導電特性不會改變或僅些微改變的導電材料可被用於例如關鍵字為”智慧型衣服”、可撓性顯示元件、可伸展電路、植入、假體、微機電系統(MEMS)及介電

彈性體致動器的應用。此些應用中之機械伸展的範圍可在低於 5%至高於 200%。

至此，製造可伸展電極的傳統方法係受限於能夠達到必要機械要求的彈性體之選擇及其利用導電材料的後續處理。被施加至彈性體表面的此類材料可例如是嵌在液態母體中的導電塊或金屬粉末。溶劑蒸發會在電極上留下導電材料的薄層。在文獻 S.R. Ghaffarian *et al.* in *Journal of Optoelectronics and Advanced Material* 2007, 9, 3585-3591 中可找到各種方法的討論。

與此方法相關的問題極明顯。電極會被機械應力耗損，且其機械伸展能力基本上係與彈性體基板的機械伸展能力不同。後者會導致在機械應力下有少數的彈性電極先撕裂。此類撕裂構成線斷裂(line break)並可導致此類可伸展雙層電極的全面功能喪失。雖然將導電材料施加至預先伸展之彈性體的變化做法能夠獲得較預先伸展範圍更多數百分比的電極伸展而不犧牲導電率，但利用電極材料如導電銀塗佈彈性體總是會導致彈性模數的非所欲增加，也就是說會導致可伸展電極之機械特性的耗損。取決於應用及材料，此甚至可以意味著，在達到電極材料的滲漏限制前彈性體基板的硬化便超過了可忍受的範圍。

在一個更近期的研究中，例如 E. Smela *et al.* 在 *Advanced Material* 2007, 19, 2629-2633 中報導，可藉著混合金屬鹽與可輻射固化的彈性體前驅物化合物、進行固化及利用還原溶液進行還原而獲得可伸展電極。

若期望碳奈米管用於使一材料導電，為了成功地處理碳奈米管，必須要考慮兩個面向，例如：完全打斷並打散碳奈米管黏聚物及抑制碳奈米管重新結塊的強傾向(在老化過程期間於相同的介質中或在分散至最終材料的過程期間)。在處理碳奈米管時的此些困難係基於碳奈米管表面的疏水本性及此近乎一維結構的高縱橫比。

若能避免成束及/或結塊形式的碳奈米管找到其彼此配置中的能量最低值，其與其週遭介質的相容度必會增加。應注意，就此而言碳奈米管的化學、共價官能化在事實上會增加其與聚合物介質的相容度。此顯示出其本身例如的長期(熱)穩定度增加且消除了重新結塊的問題。然而，由於此類表面改質，碳管的經移位 π 電子系統會被打斷且每一單獨碳管的導電率會因此依據官能化的程度而下降。

藉著例如分散添加物的碳奈米管的非共價官能化代表了化學共價改質外的另一種作法且能使碳管與介質相容。然而必須要注意，就此而言，無論每一新介質是彈性體原材料或配方，且其都無法代表一通用溶液，此作法需要對每一新介質用的化學品及特定分散添加物濃度進行新的最佳化。

最後應注意，對任何填充材料(因此亦對碳奈米管)的處理亦涉及了下列風險：雖然可達到一種新特性如電導率，但同時許多其他的特性如機械特性會減弱。這很重要尤其是當碳奈米管被併入不起泡、密實及/或彈性系統中。在分散過程期間無法完全打斷的剩餘黏聚物代表例如密實模製

物中的預定斷點。此類黏聚物可能會損害機械特性如耐衝擊強度及斷裂強度。因此，為了藉由添加碳奈米管而使得密實材料導電，根據目前的先前技術必須將碳奈米管均質地分散在材料的整個體積中，如此會超過滲漏限制同時不存在任何剩餘的黏聚物。

由於需要碳奈米管濃度超過滲漏限制而使得黏度戲劇性地增加，因此此程序極常失敗。又，在彈性體處理期間無法排除已均質分散碳奈米管的重新結塊，但此方法可快速避免此問題。

就處理(熱塑性)聚胺基甲酸酯中的碳奈米管而言，自文獻已知有許多方法，其中先將完成的聚合物完全地溶解在有機溶劑中，接著將奈米管分散在聚合物溶液中，並汲取所得的聚胺基甲酸酯/溶劑系奈米管分散液形成薄膜或將其倒入鑄模中。此類方法中的最後步驟是在每一案例中大量溶劑的冗長蒸發。

可能的替代方法是：並非提供整個聚合物母體而是僅提供與具有粒子之表面緊鄰的一層材料。為了避免在起初溶劑消耗時所述的缺點(即黏度增加及對聚合物母體機械特性的負面影響)，此類程序是值得嚮往的。

WO 2008/150867 A2 揭露了粒子嵌入基板的一種方法。在此方法中，將包含大量粒子的流體施加至至少一部分基板上，其中粒子具有範圍約自 0.1 nm 至約 1 cm 的至少一特徵尺寸。施加係藉由下列方法達成：軟化基板至特定程度俾使複數粒子能夠至少部分嵌入基板之已軟化區域。

接著硬化至少部分基板，使得至少一粒子牢固地嵌入基板中。一般認為，施加熱能夠幫助粒子的嵌入。並未具體地敘述碳粒子如碳奈米管嵌入彈性體。此專利申請案中的實例係關於將銀奈米粒子嵌入聚氯乙烯。

因此，持續需要具有導入彈性體表面之導電碳粒子之可伸展電極的改良製造方法。亦期望在重覆伸展及鬆弛下不會完全失去其導電率的此類官能化彈性體表面的製造方法。

【發明內容】

發明實施例

本發明的一實施例是製造包含導電表面層之可伸展電極的方法，此表面層包含碳粒子，此方法包含：

(A)提供具有玻璃轉移溫度 T_g 自 -130°C 至 0°C 的彈性體，其中該彈性體中的應力 σ 不會隨著伸展增加而減少；

(B)在一溶劑中製備具有平均粒子直徑自 0.3 nm 至 3000 nm 的非聚集碳粒子的製備物，該溶劑能夠造成該彈性體之表面層的膨脹；

(C)使該彈性體之該表面層與非聚集碳粒子的該製備物相接觸；

(D)讓非聚集碳粒子的該製備物在該彈性體之該表面層上作用一段不足以溶解該彈性體的時間；及

(E)結束碳粒子之該製備物在該彈性體之該表面層上的作用。

本發明的另一實施例是上述方法，更包含：

(F)施加額外的導電層至由步驟(B)至(E)所獲得之包含碳粒子的該導電表面層，其中當該表面層伸展時該額外的導電層比該表面層更先斷裂或撕裂。

本發明的另一實施例是上述方法，其中非聚集碳粒子的該製備物利用超音波及/或熱在該彈性體的該表面層上作用。

本發明的另一實施例是上述方法，其中該非聚集碳粒子係選自於由下列者所構成的族群：碳奈米管、單壁碳奈米管、多壁碳奈米管、碳奈米角、碳奈米洋蔥、富勒烯、石墨、石墨烯、碳纖維、碳黑、導電黑(conductive black)及其混合物。

本發明的另一實施例是上述方法，其中該溶劑係選自於由下列者所構成的族群：甲醇、乙醇、異丙醇、丁醇、乙二醇、丙二醇、丁二醇、丙三醇、對苯二酚、丙酮、乙酸乙酯、三氯乙烯、三氯乙烷、三氯甲烷、二氯甲烷、環己酮、N,N-二甲基甲醯胺、二甲亞砷、四氫呋喃、N-甲基-2-吡咯啉酮、苯、甲苯、氯苯、苯乙烯、聚酯多元醇、聚醚多元醇、甲基乙基酮、乙二醇單丁醚、二甘醇、其混合物及其與水的混合物。

本發明的另一實施例是上述方法，其中該彈性體係選自於由下列者所構成的族群：聚丙烯酸酯、丙烯酸酯橡膠、聚丙烯腈、聚(丙烯腈-共-丁二烯-共-苯乙烯)、聚(丙烯腈-共-甲基丙烯酸甲酯)、聚醯胺、聚醯胺醯亞胺、聚酯、聚醚

醚酮、聚醚酯、聚乙烯、乙烯-丙烯橡膠、聚(乙烯-共-四氟乙烯)、聚(乙烯-共-醋酸乙烯酯)、聚(乙烯-共-乙烯醇)、氟矽酮、全氟烷氧基聚合物、(自然的)橡膠、聚(甲基丙烯酸甲酯-共-丙烯腈-共-丁二烯-共-苯乙烯)、聚(甲基丙烯酸甲酯-共-丁二烯-共-苯乙烯)、腈、烯烴、聚磷腈、聚丙烯、聚(甲基丙烯酸甲酯)、聚胺基甲酸酯、聚氯乙烯、聚氟乙烯、聚矽氧、及其混合物。

本發明的另一實施例是上述方法，其中在步驟(D)中該彈性體之該表面層的一部分是被遮罩所覆蓋。

本發明的更另一實施例是包含彈性體的可伸展電極，該彈性體係包含表面層(1)，該伸展電極係由上述方法所獲得，其中該表面層(1)包含導電碳粒子，其中該彈性體具有自 -130°C 至 0°C 的玻璃轉移溫度，其中在該彈性體中的應力 σ 不會隨著伸展增加而減少。

本發明的另一實施例是上述的可伸展電極，其中該可伸展電極之該表面層(1)中的該導電碳粒子係出現在該可伸展電極之表面下方小於或等於 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的深度處。

本發明的另一實施例是上述的可伸展電極，其中該表面層(1)包含自 0.1 重量%至 10 重量%的導電碳粒子量。

本發明的另一實施例是上述的可伸展電極，其中該表面層(1)具有自 10^{-3} Ohm cm 至 10^8 Ohm cm 的電阻率。

本發明的另一實施例是上述的可伸展電極，其中該可伸展電極的第一(1)與第二(2)表面層包含導電碳粒子，其中該第一(1)與第二(2)表面層係以彼此相對的方式設置且彼

此藉由聚碳酸酯層(3)所分離。

本發明的另一實施例是上述的可伸展電極，更包含設置在包含導電碳粒子之該表面層(1)上的額外導電層(4)，其中當該表面層(1)伸展時該額外導電層(4)會比該表面層(1)更先斷裂或撕裂。

本發明的另一實施例是上述的可伸展電極，其中該額外導電層(4)包含金、銀、銅、銦錫氧化物、摻雜氟之錫(IV)氧化物、摻雜鋁之錫氧化物、摻雜銻之錫(IV)氧化物及/或聚(3,4-伸乙基二氧噻吩)。

本發明的更另一實施例是包含上述可伸展電極的電機轉換器、電機致動器或電機感應器。

【實施方式】

發明詳述

因此根據本發明提議一種製造具有表面層之可伸展電極的方法，此可表面層包含導電碳粒子，此方法包含下列步驟：

(A)提供具有玻璃轉移溫度 T_g 自 $\geq -130^\circ\text{C}$ 至 $\leq 0^\circ\text{C}$ 的彈性體，其中該彈性體中的應力 σ 不會隨著伸展增加而減少；

(B)在一溶劑中製備具有平均粒子直徑自 $\geq 0.3\text{ nm}$ 至 $\leq 3000\text{ nm}$ 的非聚集碳粒子的製備物，該溶劑能夠造成該彈性體之表面層的膨脹；

(C)使該彈性體之該表面層與碳粒子的該製備物相接觸；

(D)讓碳粒子的該製備物在該彈性體之該表面層上作用一段不足以溶解該彈性體的時間；及

(E)結束碳粒子之該製備物在該彈性體之該表面層上的作用。

首先在本發明範疇內的導電粒子為非絕緣體之材料的任何粒子。具有導電率小於 10^{-8} S/cm 的物質通常被稱為絕緣體。粒子被導入包含彈性體的表面層，這表示毋需只是表面本身受到粒子覆蓋，而是緊鄰表面下方的材料亦吸收粒子。因此，在本發明的文義中，表面層的表達方式並非意味著二維表面而是三維材料層，此三維材料層包含該表面作為其中一個邊界。表面層被劃定在系爭物體的內部且至少包含導電粒子。

在步驟(A)中，提供彈性體。本發明之彈性體是尺寸穩定但可彈性變形的塑膠。彈性體需具有自 $\geq -130^{\circ}\text{C}$ 至 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的玻璃轉移溫度 T_g 。玻璃轉移溫度可根據標準 DIN EN ISO 6721-1 所測定且亦可介於自 $\geq -80^{\circ}\text{C}$ 至 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 或自 $\geq -78^{\circ}\text{C}$ 至 $\leq -30^{\circ}\text{C}$ 的範圍內。亦限制彈性體中的應力 σ 不會隨著伸展增加而減少。這可以瞭解成：在電極之意欲使用溫度處應力 σ 的行為。這尤其意味著，在應力-伸展圖中，應力 σ 的曲線不會顯示出局部最大值。換言之，彈性體在應力-伸展圖中不會表現出屈服點(yield point)。尤其適合的彈性體的應力 σ 會隨著伸展增加而逐漸增加但在應力-伸展圖中卻不會表現出屈服點。較佳地，彈性體中的應力 σ 不會隨著伸展增加而減少。

非限制性地，適合彈性體可具有根據 ISO 868 之 Shore A 硬度介於 ≥ 20 至 ≤ 100 。塑膠在伸張應力及應力負載下可進行彈性形變且展現根據 DIN 53 504 的伸張強度範圍介於 ≥ 10 kPa 至 ≤ 60 MPa。在負載後，其大多再次回復到其原始的未形變形狀。好的彈性體在永久的機械負載下不只是僅僅表現出極低的永久伸長且不會有明顯的潛變率。根據 DIN EN 10 291 的潛變傾向係較佳地 $\leq 20\%$ 而更較佳地 $\leq 5\%$ 。

步驟(B)涉及製備非聚集碳粒子的製備物。這意味著粒子以分離形式存在於溶劑中或至少少量聚集到製備物為穩定的。在穩定的製備物中，當製備物被儲存在室溫下至少一天較佳地一星期或四星期的時間後，碳粒子不會發生絮凝或沈澱現象。為了製備此製備物，導入能量如以超音波、研磨處理或高剪力的方式打斷原存在的碳粒子聚集體。最終，選擇能夠形成碳粒子之製備物且能使彈性體表面膨脹的溶劑。

平均粒子直徑亦可介於自 ≥ 1 nm 至 ≤ 1000 nm 或介於自 ≥ 3 nm 至 ≤ 100 nm 的範圍。例如藉著掃描式電子顯微鏡或動態光散射可測定。

溶劑可為水性或非水性溶劑。在非水性溶劑的情況下，較佳的是極性非質子性溶劑。因此溶劑能輕易地與彈性體中的軟性區域交互作用。「非水性」的表達方式代表沒有額外的水被添加至溶劑中但並不排除技術上無可避免的痕量水，例如高至 ≤ 5 重量%的量、較佳地 ≤ 3 重量%的量、

更較佳地 ≤ 1 重量%的量。

若溶劑是水性溶劑，可藉著添加界面活性劑或其他表面活性物質來打散碳粒子並使其保持分散。

在溶劑中的碳粒子可以例如自 ≥ 0.01 重量%至 ≤ 20 重量%、自 ≥ 0.1 重量%至 ≤ 15 重量%或自 ≥ 0.04 重量%至 ≤ 5 重量%的濃度存在。

在步驟(C)中包含彈性體之表面層與碳粒子的製備物之間的接觸可藉由彈性體的表面而自然達成。

在後續的步驟(D)中，碳粒子的製備物在表面層上進行作用。未受限於一個理論，假設彈性體表面因溶劑而膨脹，在表面層中形成孔隙，而碳粒子能夠遷移至孔隙中。在使用水性或含水溶劑的情況下，若在聚合物中存在著親水區域有助於彈性體的膨脹。粒子可穿透至表面層至例如 $\leq 10\ \mu\text{m}$ 、 $\leq 1\ \mu\text{m}$ 或 $\leq 0.3\ \mu\text{m}$ 的深度。

選擇接觸時間而使得彈性體的表面層不會被溶解。此包含技術上無可避免的溶解過程，其中例如 ≤ 1 重量%、 ≤ 0.1 重量%或 ≤ 0.01 重量%的彈性體會穿過溶劑。然而，根據本發明的方法並非是聚合物會先均質地溶解然後藉由移除溶劑而獲得母體中的奈米粒子與已完成粒子的方法。事實上，選擇接觸時間而使聚合物表面能夠膨脹。適合的接觸時間的實例係自 ≥ 1 秒至 ≤ 360 分鐘，較佳地自 ≥ 1 分鐘至 ≤ 90 分鐘，更較佳地自 ≥ 3 分鐘至 ≤ 10 分鐘。

最後，步驟(E)涉及終止碳粒子之製備物在表面層上的作用。因此，再次分離碳粒子的製備物與表面層。接著可

沖洗表面層以移除黏附於上的任何製備物。除其他外，此可藉著自浸泡浴移除改質具有表面層之彈性體物件而達成。接著，例如可用丙酮沖洗該物件。

有利地在步驟(E)後進行一乾燥步驟，在此步驟中移除存在於膨脹表面層中的溶劑，藉此關閉彈性體中的孔隙並使碳粒子被包圍在聚合物中。

本發明的方法提供了下列可能性：為彈性體物件之表面層刻意提供導電表面以製造可伸展電極。由於在方法中官能化的彈性體係根據本發明所選擇，故電極亦適合用於循環負載。在方法中，物件的形狀並不會被溶解催毀，故亦可處理完成的模製物。由於粒子集中在物件靠近表面的區域中，因此整體而言只需要較小量便能獲得一導電的彈性體表面。最後，與以溶劑為主的方法相反，毋需移除大量的溶劑便能獲得完成的改質聚合物。亦能夠將碳粒子的濃度維持在一範圍內但技術上不利的黏度增加卻不會發生。

根據本發明之製造可伸展電極的方法的另一有利態樣是彈性體模製物的處理，接著以靜電粉末塗料塗佈之或受到電鍍處理。在表面層中的導電粒子提供改良的靜電粉末施加。更進一步的施加係關於彈性體模製物的處理以使其為電浸塗作準備。亦可獲得導電電極材料或彈性電容器。亦可對電氣元件或電纜鞘提供抗靜電塗層。

在根據本發明之方法的一實施例中，此方法更包含下列步驟：

(F)施加額外的導電層至由步驟(B)至(E)所獲得之包含導電碳粒子的該表面層，當該表面層伸展時所得額外的導電層比該表面層更先斷裂或撕裂。

在步驟(F)中的額外導電層例如可以是導電漆、導電膏、金屬層或導電聚合物層。金屬的實例為金、銀、銅及/或錫。導電聚合物的實例為聚噻吩，尤其是聚-(3,4-伸乙基二氧噻吩)，其通常被稱為 PEDOT 或 PEDT。例如，金屬可藉著氣相化學沈積、氣相物理沈積或濺鍍而施加。較佳的是藉由濺鍍施加金。導電聚合物的施加可藉著聚合物溶液及後續的溶劑蒸發進行。額外層的另外可能材料是銦錫氧化物(ITO)、摻雜氟的錫(IV)氧化物(FTO)、摻雜鋁的鋅氧化物(AZO)及/或摻雜銻的錫(IV)氧化物(ATO)。

非限制性地，額外導電層可具有自 $\geq 10\text{ nm}$ 至 $\leq 10\text{ }\mu\text{m}$ 或自 $\geq 20\text{ nm}$ 至 $\leq 1\text{ }\mu\text{m}$ 的厚度。

選擇額外導電層的材料使得當該表面層伸展時該額外層先斷裂或撕裂。此具有優點：由於斷裂或撕裂塗層與包含碳粒子之表面層間的接觸，系統整體的導電率並不會驟然終止而是仍然維持在特定程度。換言之，雖然可伸展電極的功率密度會因為應力而隨著時間而下降，但不會完全遺失。當彈性體受到循環性的伸展與鬆弛且總是需要導電率時，這種行為尤其有利。

在根據本發明之方法的一較佳實施例中，在步驟(D)中碳粒子的製備物在彈性體表面層上的作用係利用超音波及/或熱來達成。藉由超音波及/或熱而導入能量一方面抵消了

粒子聚集體的形成，因此允許溶液中有更高的粒子濃度。又，加速將粒子導入至彈性體表面層中。在使用超音波的情況下，頻率有利地係自 ≥ 20 kHz 至 ≤ 20 MHz，溶劑中獨立於頻率的功率密度係自 ≥ 1 W/l 至 ≤ 200 W/l。在接觸期間加熱的情況下，例如溫度可自 ≥ 30 °C 至 ≤ 200 °C、較佳地係自 ≥ 40 °C 至 ≤ 150 °C。

在製備後，所用的碳粒子在其表面上可能不會被更進一步地共價官能化。這意味著粒子不會繼續保有藉著反應步驟而共價附著在其表面上的額外官能基團。對碳粒子的官能化尤其應避免使用氧化劑如硝酸、過氧化氫、高錳酸鉀及硫酸或此類藥劑的可能混合物。使用非共價官能化之粒子的優點在於，表面的 π 電子系統不會被催毀因此可不受限地對導電率有所貢獻。

在根據本發明之方法的更一實施例中，碳粒子係選自於由下列者所構成的族群：碳奈米管、單壁碳奈米管、多壁碳奈米管、碳奈米角、碳奈米洋蔥、富勒烯、石墨、石墨烯、碳纖維、碳黑及/或導電黑(conductive black)。除了增加導電率之外，此類粒子亦會改善表面層的機械特性如彈性及耐衝擊強度。

在本發明範疇內的碳奈米管為圓柱型、捲軸型、多捲軸型或具有洋蔥型之結構的任何單壁或多壁碳奈米管。較佳地使用圓柱型、捲軸型、多捲軸型或其混合的多壁碳奈米管。碳奈米管有利地具有 ≥ 5 較佳地具有 ≥ 100 的長度對外直徑比。

不若已提及之捲軸型碳奈米管僅具有一連續或斷續的石墨烯層，亦存在著由結合成堆疊及卷繞之複數石墨烯層所構成的碳奈米管結構。此些被稱為多捲軸型。此類碳奈米管係敘述於 DE 10 2007 044031 A1 中，此處將參考其所有內容。此結構相對於簡單捲軸型碳奈米管的行為係可與多壁圓柱型碳奈米管結構(圓柱型 MWNTs)相對於單壁圓柱型碳奈米管結構(圓柱型 SWNTs)的行為相比。

不若在洋蔥型結構中所見，若以橫剖面觀察之，此些碳奈米管中的單獨石墨烯或石墨層明顯地自碳奈米管的中央連續而不間斷地延伸至外部邊緣。例如由於相較於具有簡單捲軸型結構(Carbon 1996, 34, 1301-3)的碳奈米管或具有洋蔥型結構的 CNTs(Science 1994, 263, 1744-7)具有更多的開放邊緣可以作為插入區域，因此此可改善並加快其他材料插入至管結構。

碳粒子較佳地為非共價官能化且具有直徑自 ≥ 3 nm 至 ≤ 100 nm 的多壁碳奈米管。此處的直徑係指奈米管的直徑。其亦可落在自 ≥ 5 nm 至 ≤ 80 nm 的範圍內，有利地自 ≥ 6 nm 至 ≤ 60 nm 的範圍內。奈米管的長度不限。然而，例可其可落在自 ≥ 1 μ m 至 ≤ 100 μ m 的範圍內，有利地自 ≥ 10 μ m 至 ≤ 30 μ m 的範圍內。

在根據本發明之方法的另一實施例中，該溶劑係選自於由下列者所構成的族群：甲醇、乙醇、異丙醇、丁醇、乙二醇、丙二醇、丁二醇、丙三醇、對苯二酚、丙酮、乙酸乙酯、三氯乙烯、三氯乙烷、三氯甲烷、二氯甲烷、環

己酮、N,N-二甲基甲醯胺、二甲亞砷、四氫呋喃、N-甲基-2-吡咯啉酮、苯、甲苯、氯苯、苯乙烯、聚酯多元醇、聚醚多元醇、甲基乙基酮、乙二醇單丁醚、二甘醇、上述者彼此之混合物及/或上述溶劑與水的混合物。

該些溶劑以特定方式結合了下列功能：利用碳粒子形成低聚集體或無聚集體的溶液的能力，同時當根據聚合物而加以選定時能使得彈性體表面膨脹。上述溶劑的混合物係關於溶劑亦可以期望的重量比例溶於水的情況。

包含彈性體之表面層與碳粒子之製備物間的接觸可尤其以浸泡、施加、印刷、塗佈、噴塗及/或灌注等方法完成。例如，浸泡在浸泡浴中允許以簡單的方式全面處理物件。亦可簡單地對以此方式處理過的聚合物薄膜進行連續製造方法。例如，利用絲網印刷法印刷彈性體物件能在彈性體物件上製造導電結構如條形導體。

在根據本發明之方法的另外實施例中，自包含下列者的族群中選擇彈性體：聚丙烯酸酯、丙烯酸酯橡膠、聚丙烯腈、聚(聚丙烯腈-共-丁二烯-共-苯乙烯)、聚(聚丙烯腈-共-甲基丙烯酸甲酯)、聚醯胺、聚醯胺醯亞胺、聚酯、聚醚醚酮、聚醚酯、聚乙烯、乙烯-丙烯橡膠、聚(乙烯-共-四氟乙烯)、聚(乙烯-共-醋酸乙烯酯)、聚(乙烯-共-乙烯醇)、氟矽酮、全氟烷氧基聚合物、(自然的)橡膠、聚(甲基丙烯酸甲酯-共-聚丙烯腈-共-丁二烯-共-苯乙烯)、聚(甲基丙烯酸甲酯-共-丁二烯-共-苯乙烯)、腈、烯烴、聚磷腈、聚丙烯、聚(甲基丙烯酸甲酯)、聚胺基甲酸酯、聚氯乙烯、聚氟乙烯及/或聚矽氧。

在根據本發明之方法的另一實施例中，至少在步驟(D)中部分彈性體之表面層被遮罩所覆蓋。藉著遮罩，部分表面區域被遮覆而其他區域受到裸露。在此方式下，可在彈性體表面上製造出導電結構如條狀導體等。

根據本發明所獲得之彈性體表面可具有表面層電阻率例如係自 $\geq 10^{-3}$ Ohm cm 至 $\leq 10^8$ Ohm cm。電阻率可基於標準 ASTM D 257 所測定。電阻率較佳地落在自 ≥ 1 Ohm cm 至 $\leq 1,000,000$ Ohm cm 的範圍，更較佳地落在 ≥ 10 Ohm cm 至 $\leq 100,000$ Ohm cm 的範圍。計算電阻率 ρ 所需的層厚度可自樣本橫剖面的電子顯微鏡影像所獲得。

本發明亦關於包含具有根據本發明之方法所獲得且包含導電碳粒子之表面層之彈性體的可伸展電極，其中該彈性體具有自 ≥ -130 °C 至 ≤ 0 °C 之玻璃轉移溫度，且其中彈性體中的應力 σ 不會隨著伸展增加而減少。為了避免重覆，關於彈性體及彈性體的適合實例施應參考根據本發明之方法相關的內容。

根據本發明之可伸展電極可用於例如，接著會塗上靜電粉末塗料或進行電浸塗或鍍鋅的彈性體模製物。其他實例一般為具有抗靜電塗層的電器元件或電纜鞘。尤其較佳的用途係說明於下。

在根據本發明之電極的一實施例中，碳粒子係存在於表面下 ≤ 10 μ m 深度的表面層中。

當計算穿透深度時，並未考慮額外的導電層。如前所述，表面層包含彈性體。有利地，表面層中的粒子會形成

網路以產生導電率。粒子亦可存在於表面下之 $\leq 5\ \mu\text{m}$ 或 $\leq 1\ \mu\text{m}$ 的深度。本發明亦包括具有彈性體表面層及額外其他材料的物件，其中此彈性體之表面層以碳粒子提供。其可以是例如包含至少部分彈性體表面的日常物件，其中該導電碳粒子已被導入表面或彈性體表面層。

在根據本發明之電極的另一實施例中，碳粒子係以自 ≥ 0.1 重量%至 ≤ 10 重量%的量存在於包含其之表面層的彈性體材料。其含量亦可落在自 ≥ 0.5 重量%至 ≤ 4 重量%或自 ≥ 1 重量%至 ≤ 5 重量%的範圍內。最後，藉此得到表面層中的碳粒子含量。物件內不再計算彈性體材料的表面層界限係由碳粒子存在的最低(最內)界線來決定。在上述範圍內，可超過碳粒子的滲漏限制，故可大幅改善導電率。

在根據本發明之電極的另一實施例中，其表面層的電阻率係自 $\geq 10^{-3}\text{Ohm cm}$ 至 $\leq 10^8\text{Ohm cm}$ 。電阻率可基於標準ASTM D 257所測定。較佳地，電阻率係落在自 $\geq 1\text{Ohm cm}$ 至 $\leq 1,000,000\text{Ohm cm}$ 的範圍內，更較佳地自 $\geq 10\text{Ohm cm}$ 至 $\leq 100,000\text{Ohm cm}$ 的範圍內。

在根據本發明之電極的另一實施例中，碳粒子為非官能化、具有直徑自 $\geq 3\text{ nm}$ 至 $\leq 100\text{ nm}$ 的多壁碳奈米管。此處的直徑係指奈米管的平均直徑。其亦可落在 $\geq 5\text{ nm}$ 至 $\leq 80\text{ nm}$ 的範圍內，有利地在 $\geq 6\text{ nm}$ 至 $\leq 60\text{ nm}$ 的範圍內。奈米管的長度則不限。然而，例如其可落在 $\geq 1\ \mu\text{m}$ 至 $\leq 100\ \mu\text{m}$ 的範圍內，有利地在 $\geq 10\ \mu\text{m}$ 至 $\leq 30\ \mu\text{m}$ 的範圍內。

在根據本發明之電極的另一實施例中，其具有包含導

電碳粒子的第一及第二表面層，該第一與第二表面層係以彼此相對方式設置且彼此以彈性體層分隔。由於製造方法，第一及第二表面層係整合地連接至分離的電絕緣彈性體。藉著由介電材料所隔離的兩導電層的此類結構，可製造彈性電容器。先前已提及的額外導電層係直接設置第一及/或第二表面層上。

在根據本發明之電極的另一實施例中，其包含設置在包含導電碳粒子之表面層上的額外導電層，當表面層伸展時，該額外導電層會比該表面層更先斷裂或撕裂。

該額外導電層可例如是導電漆、導電膏、金屬層或導電聚合物層。金屬的實例為惰性金屬、銅及/或錫。非限制性地，額外導電層可具有自 $\geq 10\text{ nm}$ 至 $\leq 50\text{ }\mu\text{m}$ 或 $\geq 20\text{ nm}$ 至 $\leq 10\text{ }\mu\text{m}$ 的厚度。選擇該額外導電層的材料俾使當表面層伸展時該額外層會先斷裂或撕裂。此具有下列優點：由於斷裂或撕裂的塗層與包含碳粒子之表面層間的接觸，系統整體的導電率並不會驟然終止而是仍然維持在特定程度。換言之，雖然可伸展電極的功率密度會因為應力而隨著時間而下降，但不會完全遺失。當彈性體受到循環性的伸展與鬆弛且總是需要導電率時，這種行為尤其有利。

該額外導電層較佳地包含金、銀、銅、銦錫氧化物、摻雜氟之錫(IV)氧化物、摻雜鋁之鋅氧化物、摻雜銻之錫(IV)氧化物及/或聚(3,4-伸乙基二氧噻吩)。例如：金可藉著濺鍍所施加。聚(3,4-伸乙基二氧噻吩)通常被稱為 PEDOT 或 PEDT 且自聚合物的製備物所施加。

根據本發明之彈性體物件可具有下列形式：具有彈性體表面層的基板複合物，該彈性體表面層包含導電碳粒子。基板的實例為陶瓷、金屬及其他聚合物如聚碳酸酯或聚烯烴。例如，可先利用彈性體塗佈金屬模製物，接著對彈性體表面提供碳粒子及額外導電層。

本發明更關於根據本發明之電極作為電機轉換器、作為電機致動器及/或作為電機感應器的用途。電極中的彈性體因此為電活性聚合物，尤其是介電彈性體。

進一步藉由下列實例與圖結合之方式解釋本發明，其中：

圖 1 顯示了具有複數層結構的電極配置。

圖 2、3 和 4 顯示了各種彈性體樣本在伸展狀態下的導電量測值。

圖 5a、5b、6a、6b、7a 和 7b 顯示了各種彈性體樣本的掃描式電子顯微鏡影像。

圖 1 顯示了根據本發明具有複數層結構之電極配置的輪廓圖。從彈性體工作件開始，碳粒子如碳奈米管被導入彈性體的上表面(1)與下表面(2)。在層(1,2)中的粒子係以虛線或點來表示。可觀察到粒子具有一穿透進入表面層的深度限制。在表面層(1,2)每一者上都有一額外導電層(4,5)。表面層(1,2)彼此係被一無粒子的彈性層(3)所分隔。由於該製造方法，對表面層(1,2)而言電極仍然被建構為單一件且表面層係由該無粒子的層(3)所整合連接起來。當具有適合的尺寸時，可將所示的電極用作為例如薄膜電容器或電活

性聚合物(EAP)。

將上述所有參考文件的所有內容包含於此作為有用的參考。

雖然在此顯示並敘述了實施本發明的特定結構，但熟知此項技藝者當瞭解，在不脫離本發明之精神與範疇的情況下可對所有部件進行各種修改與重新配置，且本發明並不限於本文中所顯示及敘述的特定形式。

實例

此些實例係關於兩彈性體 E1 與 E2 的官能化。彈性體 E1 為熱塑性聚胺基甲酸酯(DESMOPAN®3380A, Bayer MaterialScience AG)，其具有根據 ISO 868 之 Shore A 硬度 80 及玻璃轉移溫度 T_g -35 °C。彈性體 E2 是自下列方式所獲得之預聚物所製備的聚胺基甲酸酯：利用二苯甲烷-4,4'-二異氰酸酯(Desmodur® 44 M 碎片, Bayer MaterialScience AG)預延伸 PO 系之聚醚多元醇(Acclaim® 6300, Bayer MaterialScience AG)，接著與聚四亞甲基醚二醇(M=2000 g/mol)進行交聯。彈性體 E2 的玻璃轉移溫度 T_g 為-65 °C。

在實例中所述及之碳粒子在一方面是具有商標名為 BAYTUBES®C 150 P 的多壁碳奈米管形式的碳奈米管(CNTs)。另一種形式的碳奈米管為導電黑形式的碳黑(Ketjenblack 600)。

被用作為塗佈劑的 PEDOT 是來自 HCStarck 商標名為 Clevios P®的聚-3,4-伸乙基二氧噻吩。它是在去礦物質水中

呈 0.3 重量%製備物的形式。

浸泡溶液係藉著將溶劑中特定量碳粒子暴露至超音波震動儀所產生的超音波所製備，且溶液係立即使用。超音波頻率為 20 kHz 且功率密度為 300 W/g。

為了官能化彈性體表面，將樣本完全地浸波在浸泡製備液中並在超音波浴中以超音波處理特定時間。在取出後，以丙酮短暫地沖洗表面，在室溫下乾燥，接著利用水性皂溶液加以摩擦。

在第二步驟中藉著氣相沈積金(自 Cressington 的裝置，型號為 Sputter Coater 108auto)或藉著在上述含 PEDOT 的溶液中浸泡 20 秒以對利用 CNTs 以上述方式官能化的彈性體進行選擇性的塗佈。所施加的金層不透光且具有金屬光澤。因此假設層厚度係大於 10 nm。

經過上述處理之彈性體的表面電阻率及體積電阻率係根據標準 ASTM D 257 所測定。亦測定表面電阻率依據機械伸展的變化。為此，自彈性體壓製出類似 DIN 53504 之張力測試用的矩形棒，以及夾具具有與張力測試電儀電絕緣但與樣本導電的接觸件。在張力測試期間利用來自 Keithley 型號為 2400 的傳統多功電表慢慢地以 1 mm/min 的拖曳速度連續地從樣本處量測電阻率，以及在第二步驟中，藉由單獨量測的時間標誌使力-形變曲線與電阻率量測同步。

測試條件與所得結果係如下表所示：

彈性體	樣本	填充物	c[重量%]	溶劑	接觸時間
-----	----	-----	--------	----	------

					[分鐘]
E1	a	-	0	丙酮	60
E1	b	CNT	0.05	丙酮	30
E1	c	碳黑	0.05	丙酮	10
E1	d	CNT/碳黑	0.05/0.05	丙酮	10
E1	e	CNT	0.5	丙酮	10
E2	a	-	0	丙酮	10
E2	b	CNT	0.05	丙酮	3
E2	c	碳黑	0.05	丙酮	3
E2	d	CNT/碳黑	0.25/0.25	丙酮	3

彈性體	樣本	體 積 電 阻 率 [Ohm cm]	表 面 電 阻 率 R[Ohm/square]	電 阻 率 ρ [Ohm cm]*
E1	a	$4.0 \cdot 10^{12}$	$7.3 \cdot 10^{14}$	$2.2 \cdot 10^{10}$
E1	b	$4.2 \cdot 10^8$	$7.7 \cdot 10^5$	$2.3 \cdot 10^1$
E1	c	$2.6 \cdot 10^8$	$1.7 \cdot 10^6$	$5.1 \cdot 10^1$
E1	d	$2.8 \cdot 10^8$	$1.3 \cdot 10^6$	$3.9 \cdot 10^1$
E1	e	$2.9 \cdot 10^8$	$3.9 \cdot 10^5$	$1.2 \cdot 10^1$
E2	a	$1.9 \cdot 10^{11}$	$8.0 \cdot 10^{13}$	$2.4 \cdot 10^9$
E2	b	$3.6 \cdot 10^9$	$7.6 \cdot 10^6$	$2.3 \cdot 10^2$
E2	c	$5.7 \cdot 10^8$	$4.2 \cdot 10^5$	$1.3 \cdot 10^1$
E2	d	$3.5 \cdot 10^8$	$3.6 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^1$

*表面層的電阻率；根據 $\rho = R \cdot d$ 且層厚度 $d = 0.3 \mu\text{m}$ 來計算。

此些測試結果係顯示於圖 2、3 與 4 中。

圖 2 顯示針對彈性體 Ele 之不同變化型，力 F (左手邊的 y 軸) 或樣本 R 之張力棒的電阻率 (右手邊的 y 軸) 對伸展 D (x 軸) 的相依性。量測到的曲線 100 與 110 係關於形變期間的力。曲線 100 為兩條幾乎一致的曲線的重疊。此些曲線中的一者為不具有另外塗層之彈性體樣本 Ele，另一者為具有金層的彈性體樣本 Ele。在約 275% 伸展處，終止塗有金層之樣本 Ele 的量測，可自在該伸展上曲線 100 的厚度減少值讀出。曲線的走向顯示出，額外的金層對彈性體的機械特性並無任何影響。量測曲線 110 代表具有 PEDOT 額外層之彈性體 Ele 的樣本。

曲線 120、130 與 140 顯示針對彈性體 Ele 之各種樣本，電阻率 R 變化與形變 D 的相依性。曲線 120 關於塗有金的樣本。在此處相同，在約 275% 伸展處終止量測。曲線 130 關於不具有額外塗層的彈性體 Ele。最後，曲線 140 關於塗有 PEDOT 的彈性體 Ele 的樣本。很明顯地，彈性體 Ele 的導電率在伸展情況下並未消失且可藉由特定形變區域中的額外導電表面層而明顯地改善。

圖 3 在量測曲線 210 中再度顯示彈性體 Ele 的力 F (左手邊的 y 軸) 的相依性。粗略地估計顯示在約 230% 的量測伸展範圍中電阻率約會增加十的二次方。

圖 4 關於未被碳粒子宮能化且亦未被浸泡於丙酮中的未經處理彈性體 E1 樣本 (如參考標號 E1a 的樣本)。圖示針對兩側皆利用濺鍍施加金的樣本，在量測曲線 310 中顯示

力 F (左手邊 y 軸) 或在量測曲線 300 中顯示電阻率 R (右手邊 y 軸) 對伸展 D (x 軸) 的相依性。在彈性體中無併入 CNT 層時，即便是在小形變的情況下，塗有金之樣本的導電率便終止了。

圖 5a、5b、6a、6b、7a 及 7b 顯示根據本發明之不同樣本的掃描電子顯微鏡 (SEM) 影像。其係利用來自 FEI 之型號為 ESEM Quanta 400 的 SEM 所製備。

圖 5a 顯示彈性體 E2b 之樣本表面的 SEM 影像。圖 5b 中顯示了此樣本放大影像。圖 6a 顯示了彈性體 E2c 之樣本表面的 SEM 影像，圖 6b 顯示該樣本的放大影像。相同地，圖 7a 顯示彈性體 E2d 之樣本表面的 SEM 影像，圖 7b 中顯示了此樣本放大影像。

SEM 影像顯示被嵌於聚合物母體中並被聚合物母體所包圍於其中的粒子 (即碳奈米管及/或碳黑粒子)。表面顯示至多的粒子所造成的鬆散結構 (a structure in relief)。鬆散的奈米管末端僅偶爾會從聚合物母體突出。因此，整體而言，粒子係牢固地被包含於聚合物表面中。

【圖式簡單說明】

圖 1 描述具有複數層結構的電極配置。

圖 2 描述各種彈性體樣本在伸展狀態下的導電量測值。

圖 3 描述各種彈性體樣本在伸展狀態下的導電量測值。

圖 4 描述各種彈性體樣本在伸展狀態下的導電量測值。

圖 5a 描述各種彈性體樣本的掃描式電子顯微鏡影像。

圖 5b 描述各種彈性體樣本的掃描式電子顯微鏡影像。

圖 6a 描述各種彈性體樣本的掃描式電子顯微鏡影像。

圖 6b 描述各種彈性體樣本的掃描式電子顯微鏡影像。

圖 7a 描述各種彈性體樣本的掃描式電子顯微鏡影像。

圖 7b 描述各種彈性體樣本的掃描式電子顯微鏡影像。

【主要元件符號說明】

1：上表面

2：下表面

3：無粒子的彈性層

4、5：額外導電層

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 99123898

※申請日： 99.7.21

※IPC 分類： H01M 4/04 (2006.01)
H01M 4/62 (2006.01)
H01M 4/66 (2006.01)

一、發明名稱：

製造可伸展電極之方法

PROCESS FOR THE PRODUCTION OF STRETCHABLE
ELETTRODES

二、中文發明摘要：

本發明係關於一種製造可伸展電極的方法。在此方法中，將導電碳粒子導入包含彈性體的表面層中。該碳粒子尤其是碳奈米管。在該方法中，在溶劑中具有平均粒子直徑介於 $\geq 0.3 \text{ nm}$ 至 $\leq 3000 \text{ nm}$ 的非聚集碳粒子的製備物能夠在包含彈性體的表面層上作用。該溶劑能夠造成包含彈性體之表面層的膨脹。接觸時間係使得不足以溶解彈性體。亦可視情況地施加另外的導電層。本發明亦關於能以此方法獲得的可伸展電極及其用途。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to a process for the production of stretchable electrodes. In this process, electrically conductive carbon particles are introduced into a surface layer comprising an elastomer. The carbon particles can in particular be carbon nanotubes. In the process, a preparation of non-aggregated carbon particles having a mean particle diameter of from ≥ 0.3 nm to ≤ 3000 nm in a solvent is allowed to act on a surface layer comprising an elastomer. The solvent is capable of effecting swelling of a surface layer comprising an elastomer. The contact time is such that it is not sufficient to dissolve the elastomer. A further electrically conductive layer is optionally also applied. The invention relates also to a stretchable electrode so obtainable, and to the use thereof.

七、申請專利範圍：

1. 一種製造包含導電表面層之可伸展電極之方法，此導電表面層包含碳粒子，此方法包含：

(A)提供具有玻璃轉移溫度 T_g 自 $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的彈性體，其中該彈性體中的應力 σ 不會隨著伸展增加而減少；

(B)在一溶劑中製備具有平均粒子直徑自 0.3 nm 至 3000 nm 的非聚集碳粒子的製備物，該溶劑能夠造成該彈性體之表面層的膨脹；

(C)使該彈性體之該表面層與非聚集碳粒子的該製備物相接觸；

(D)讓非聚集碳粒子的該製備物在該彈性體之該表面層上作用一段不足以溶解該彈性體的時間；及

(E)結束碳粒子之該製備物在該彈性體之該表面層上的作用。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，更包含：

(F)施加額外的導電層至由步驟(B)至(E)所獲得之包含碳粒子的該導電表面層，其中當該表面層伸展時該額外的導電層比該表面層更先斷裂或撕裂。

3. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中非聚集碳粒子的該製備物利用超音波及/或熱在該彈性體的該表面層上作用。

4. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該非聚集碳粒子係選自於由下列者所構成的族群：碳奈米管、單壁碳奈米管、多壁碳奈米管、碳奈米角、碳奈米洋蔥、富勒烯、石墨、

石墨烯、碳纖維、碳黑、導電黑及其混合物。

5. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該溶劑係選自於由下列者所構成的族群：甲醇、乙醇、異丙醇、丁醇、乙二醇、丙二醇、丁二醇、丙三醇、對苯二酚、丙酮、乙酸乙酯、三氯乙烯、三氯乙烷、三氯甲烷、二氯甲烷、環己酮、N,N-二甲基甲醯胺、二甲亞砷、四氫呋喃、N-甲基-2-吡咯啉酮、苯、甲苯、氯苯、苯乙烯、聚酯多元醇、聚醚多元醇、甲基乙基酮、乙二醇單丁醚、二甘醇、其混合物及其與水的混合物。

6. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該彈性體係選自於由下列者所構成的族群：聚丙烯酸酯、丙烯酸酯橡膠、聚丙烯腈、聚(丙烯腈-共-丁二烯-共-苯乙烯)、聚(丙烯腈-共-甲基丙烯酸甲酯)、聚醯胺、聚醯胺醯亞胺、聚酯、聚醚醚酮、聚醚酯、聚乙烯、乙烯-丙烯橡膠、聚(乙烯-共-四氯乙烯)、聚(乙烯-共-醋酸乙烯酯)、聚(乙烯-共-乙醇)、氟矽酮、全氟烷氧基聚合物、(自然的)橡膠、聚(甲基丙烯酸甲酯-共-丙烯腈-共-丁二烯-共-苯乙烯)、聚(甲基丙烯酸甲酯-共-丁二烯-共-苯乙烯)、腈、烯烴、聚磷腈、聚丙烯、聚(甲基丙烯酸甲酯)、聚胺基甲酸酯、聚氯乙烯、聚氯乙炔、聚矽氧、及其混合物。

7. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中至少在步驟(D)中利用遮罩遮覆該彈性體的該表面層的一部分。

8. 一種包含彈性體的可伸展電極，該彈性體係包含表面層

(1)，該伸展電極係由申請專利範圍第 1 項之方法所獲得，其中該表面層(1)包含導電碳粒子，其中該彈性體具有自 -130°C 至 0°C 的玻璃轉移溫度，以及其中在該彈性體中的應力 σ 不會隨著伸展增加而減少。

9. 如申請專利範圍第 8 項之可伸展電極，其中該可伸展電極之該表面層(1)中的該導電碳粒子係出現在該可伸展電極之表面下方小於或等於 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的深度處。

10. 如申請專利範圍第 8 項之可伸展電極，其中該表面層(1)包含自 0.1 重量%至 10 重量%的該導電碳粒子量。

11. 如申請專利範圍第 8 項之可伸展電極，其中該表面層(1)具有自 10^{-3} Ohm cm 至 10^8 Ohm cm 的電阻率。

12. 如申請專利範圍第 8 項之可伸展電極，其中該可伸展電極的第一(1)與第二(2)表面層包含導電碳粒子，其中該第一(1)與第二(2)表面層係以彼此相對的方式設置且彼此藉由聚碳酸酯層(3)所分離。

13. 如申請專利範圍第 8 項之可伸展電極，更包含設置在包含導電碳粒子之該表面層(1)上的額外導電層(4)，其中當該表面層(1)伸展時該額外導電層(4)會比該表面層(1)更先斷裂或撕裂。

14. 如申請專利範圍第 13 項之可伸展電極，其中該額外導電層(4)包含金、銀、銅、銻錫氧化物、摻雜氟之錫(IV)氧化物、摻雜鋁之錫氧化物、摻雜銻之錫(IV)氧化物及/或聚(3,4-伸乙基二氧噻吩)。

15. 一種電機轉換器、電機致動器或電機感應器，其包含申請專利範圍第 8 項之可伸展電極。

八、圖式：

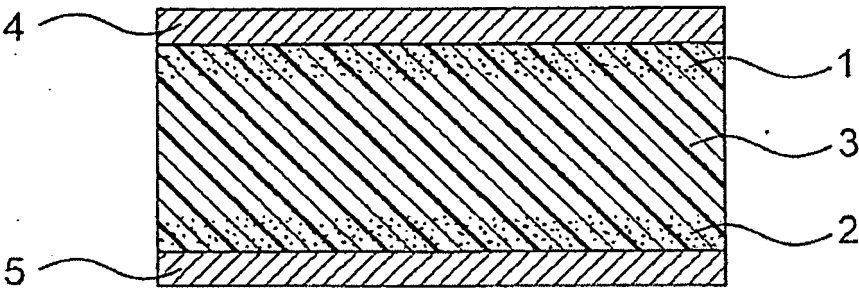


圖 1

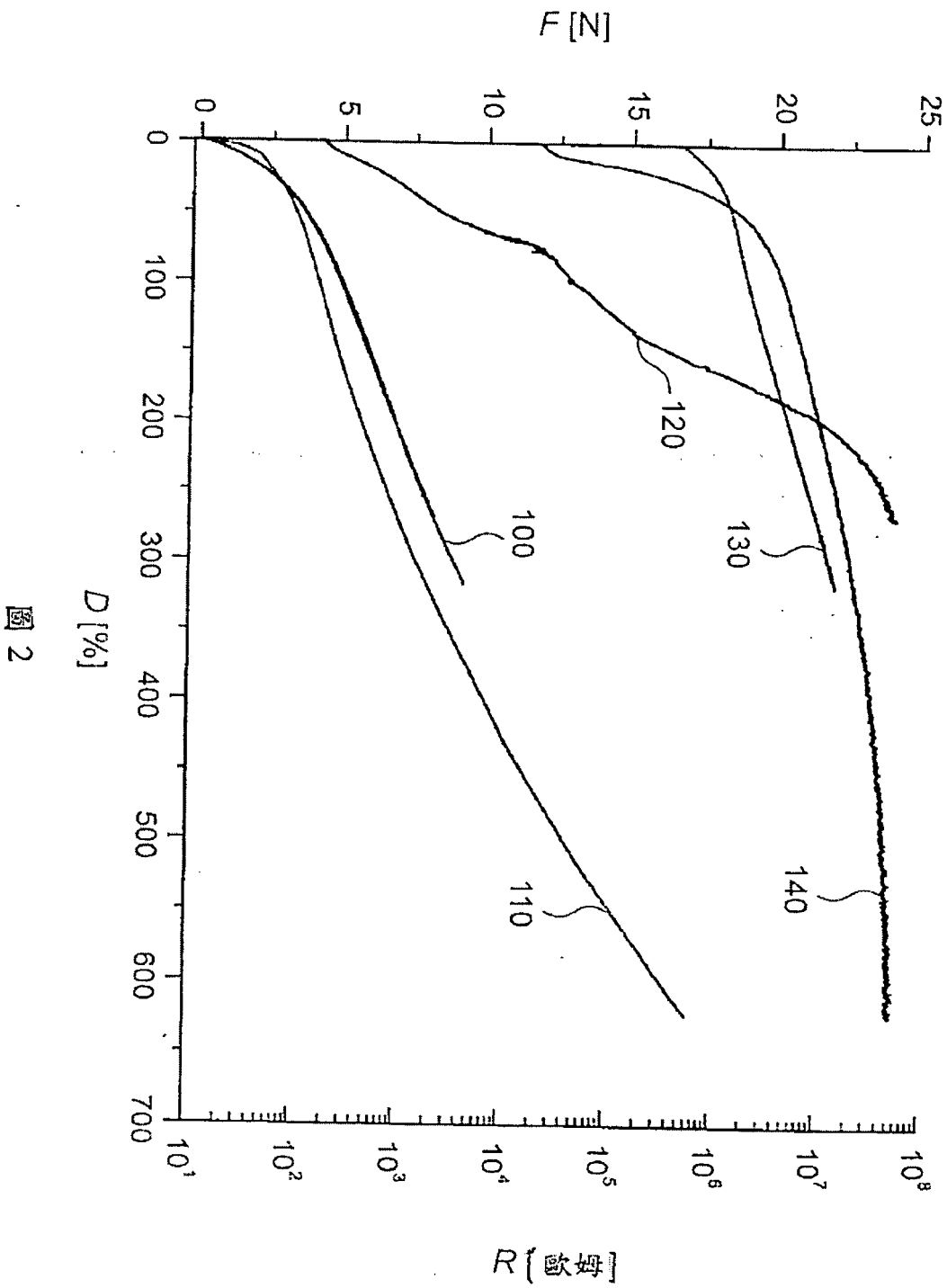


圖 2

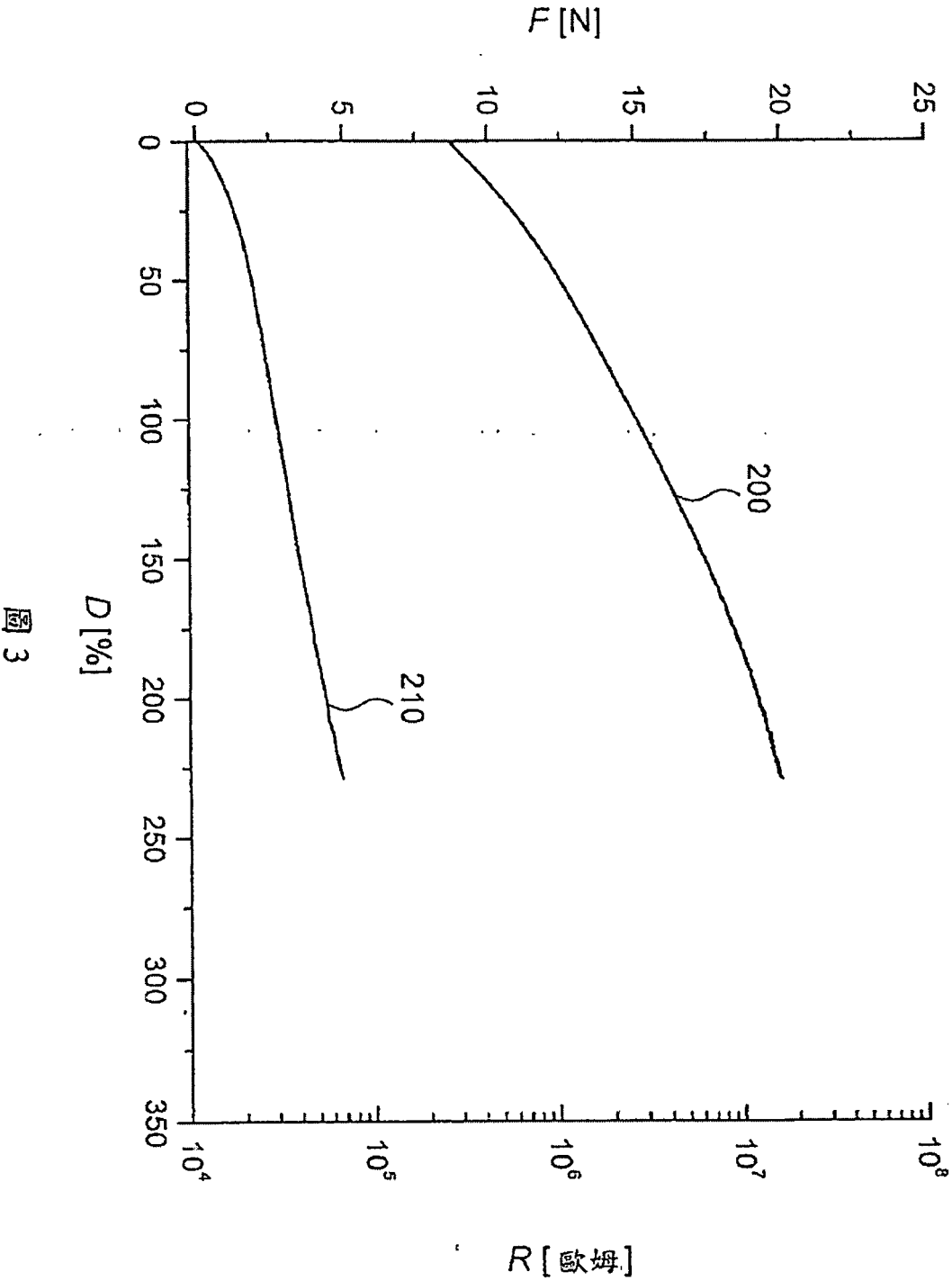


圖 3

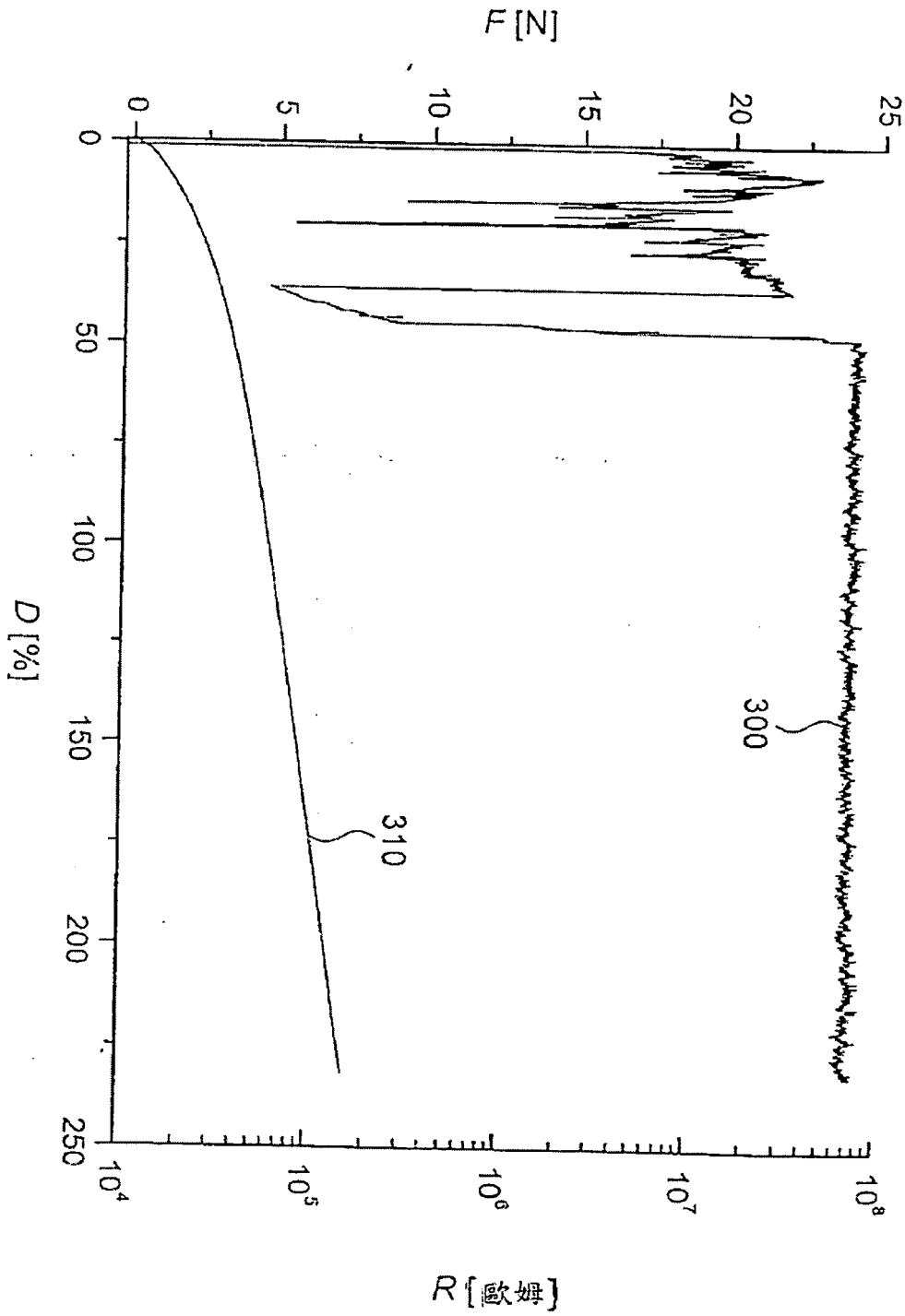


圖 4

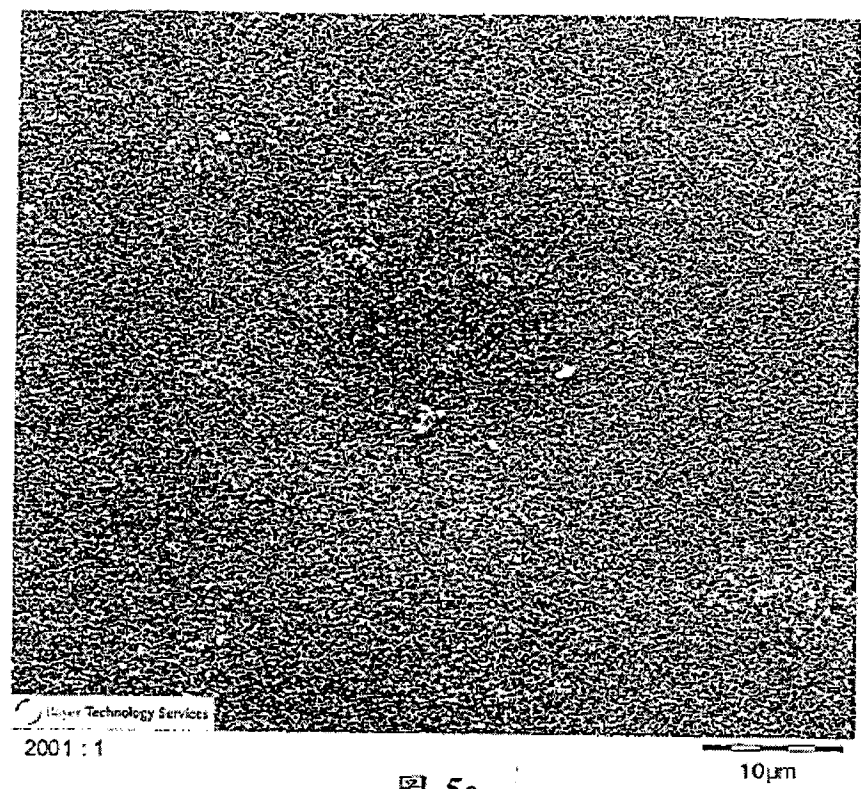


圖 5a

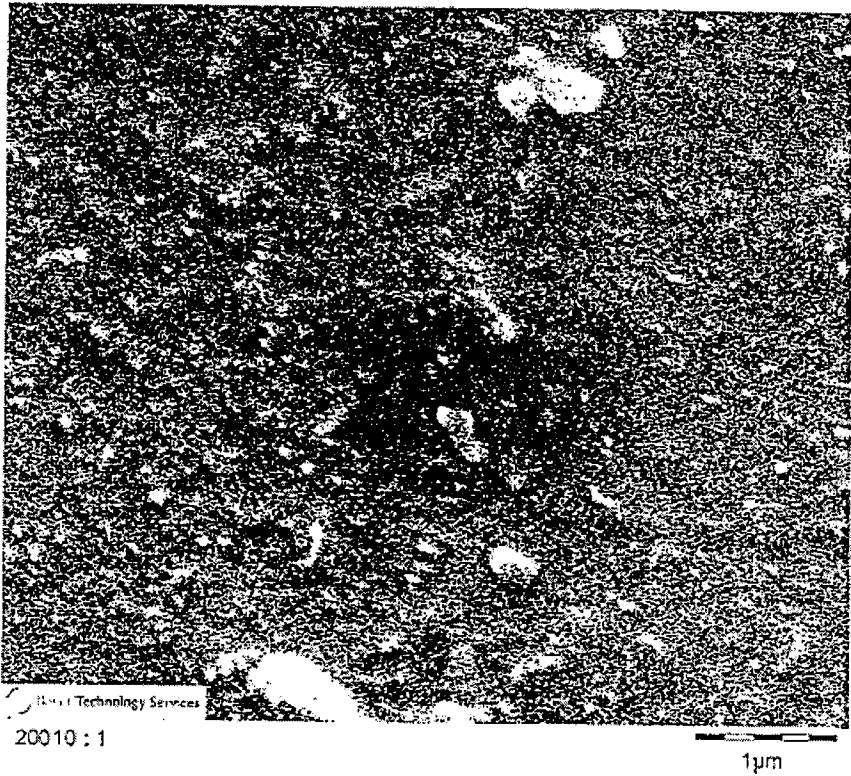


圖 5b

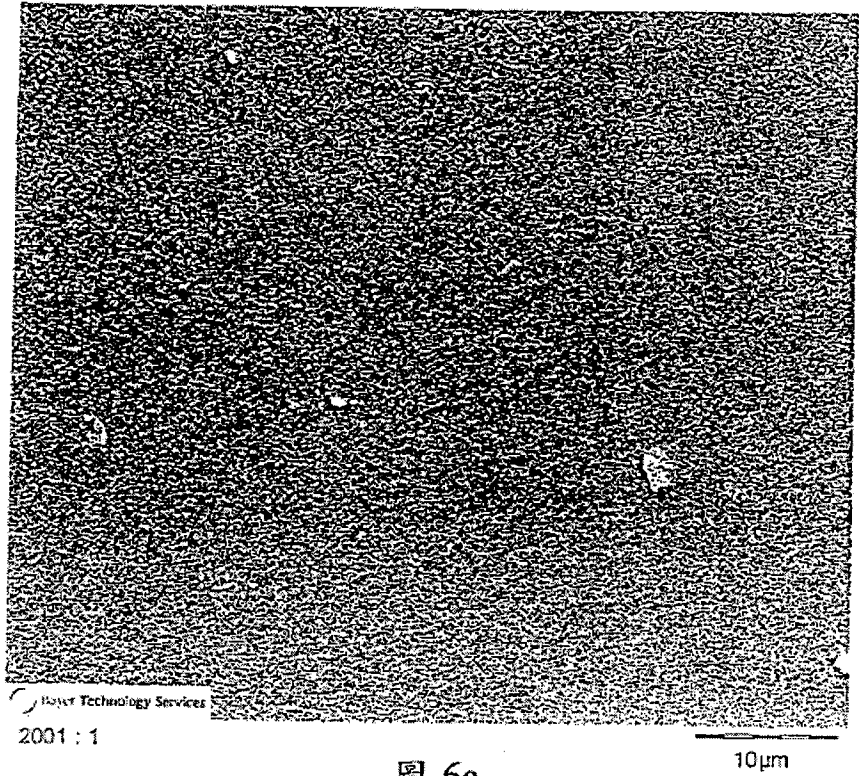


圖 6a

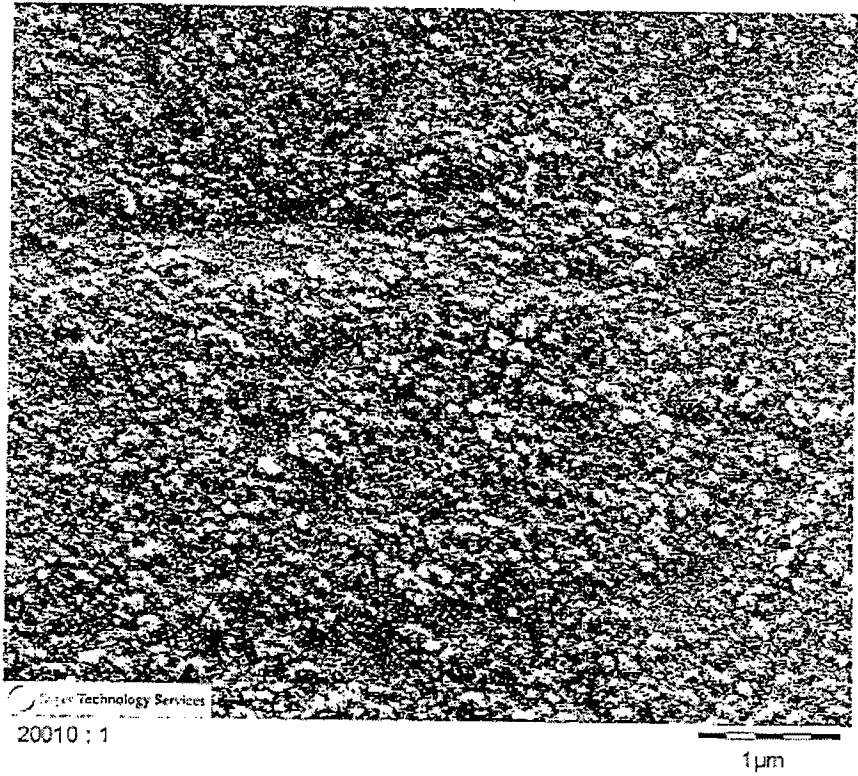


圖 6b

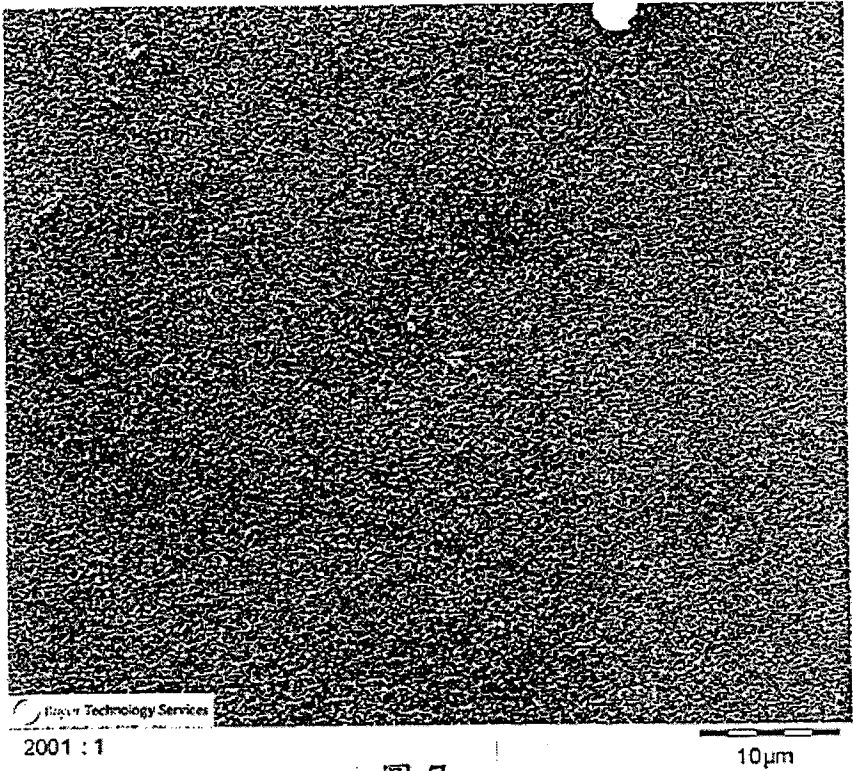


圖 7a

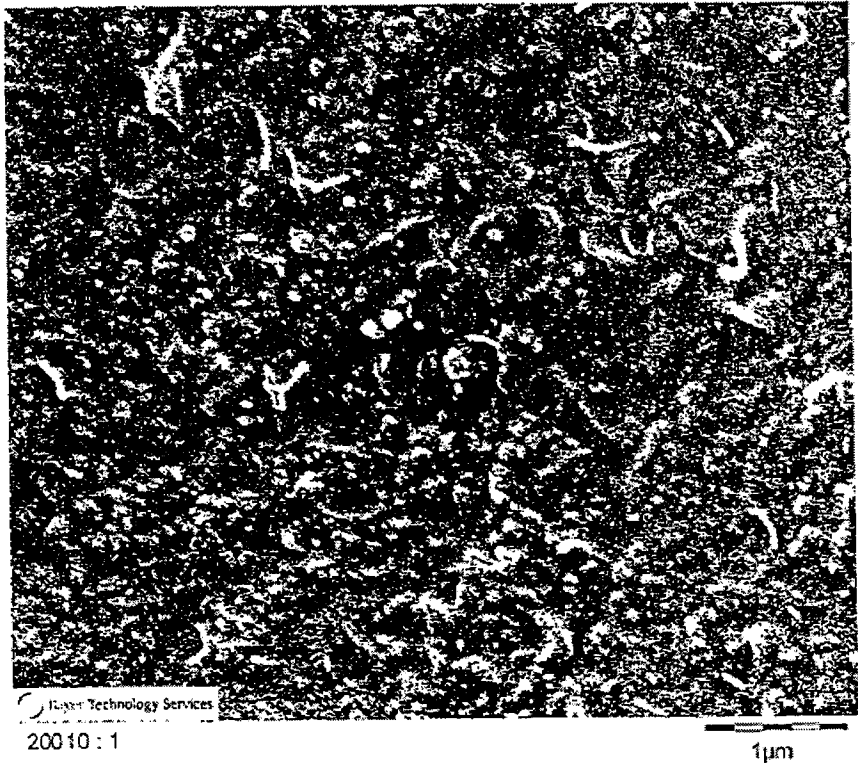


圖 7b

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：

1：上表面

2：下表面

3：無粒子的彈性層

4、5：額外導電層

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