



(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 I524825 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：101139868

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 10 月 29 日

(51)Int. Cl. : H05K3/12 (2006.01)

H01B5/14 (2006.01)

(71)申請人：財團法人工業技術研究院(中華民國) INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (TW)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

(72)發明人：郭信良 KUO, SHIN LIANG (TW)；黃承鈞 HUANG, CHENG JYUN (TW)；黃淑娟 HUANG, SHU JIUAN (TW)

(74)代理人：洪澄文；顏錦順

(56)參考文獻：

CN 101423209A

CN 102020271A

US 2006/0131703A1

審查人員：巫韋侖

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：7 共 28 頁

(54)名稱

碳材導電膜的轉印方法

METHOD OF TRANSFERRING CARBON CONDUCTIVE FILM

(57)摘要

本發明提供之碳材導電膜的轉印方法，包括：提供第一基材；形成無機氧化層於第一基材之表面上，無機氧化層之總表面能介於 30 mJ/m^2 至 75 mJ/m^2 之間，且無機氧化層表面之色散成份表面能與總表面能之比值介於 0.4 至 0.8 之間；將碳材分散液塗佈於無機氧化層上；烘乾碳材分散液，以形成碳材導電膜於無機氧化層上；將碳材導電膜浸入溶劑中，以分離碳材導電膜與無機氧化層；以及將第二基材與分離之碳材導電膜貼合，使碳材導電膜轉印至第二基材上。

Disclosed is a method of transferring a carbon conductive film, including: providing a first substrate, and forming an inorganic oxide layer on a surface of the first substrate, wherein the inorganic oxide layer has a total surface energy of 30 mJ/m^2 to 75 mJ/m^2 , and a dispersive surface energy to the total surface energy ratio of 0.4 to 0.8. A carbon dispersion is coated on the inorganic oxide layer, and then dried to form a carbon conductive film on the inorganic oxide layer. The carbon conductive film is dipped into a solvent to separate the carbon conductive film and the inorganic oxide layer. The separated carbon conductive film is attached to a second substrate, thereby transferring the carbon conductive film onto the second substrate.

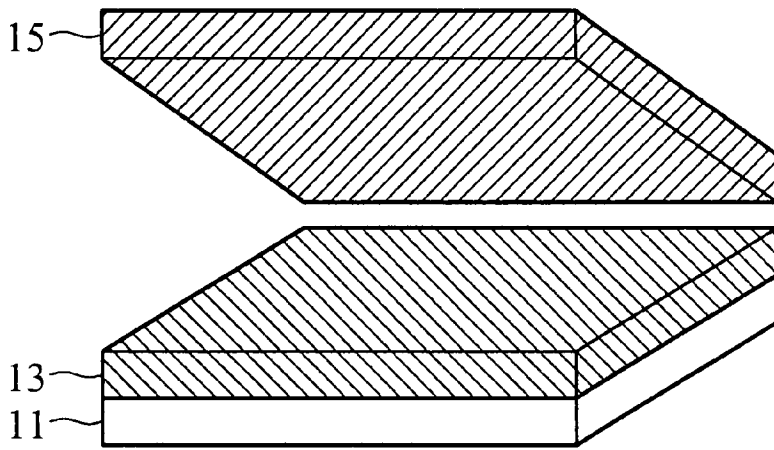
指定代表圖：

符號簡單說明：

11 . . . 第一基材

13 . . . 無機氧化層

15 . . . 碳材導電膜



第 3 圖

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：101139868

※申請日：101. 10. 29 ※IPC 分類：H05K^{3/2} (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文) H01B^{7/4} (2006.01)

碳材導電膜的轉印方法

Method of transferring carbon conductive film

二、中文發明摘要：

本發明提供之碳材導電膜的轉印方法，包括：提供第一基材；形成無機氧化層於第一基材之表面上，無機氧化層之總表面能介於 30 mJ/m^2 至 75 mJ/m^2 之間，且無機氧化層表面之色散成份表面能與總表面能之比值介於 0.4 至 0.8 之間；將碳材分散液塗佈於無機氧化層上；烘乾碳材分散液，以形成碳材導電膜於無機氧化層上；將碳材導電膜浸入溶劑中，以分離碳材導電膜與無機氧化層；以及將第二基材與分離之碳材導電膜貼合，使碳材導電膜轉印至第二基材上。

三、英文發明摘要：

Disclosed is a method of transferring a carbon conductive film, including: providing a first substrate, and forming an inorganic oxide layer on a surface of the first substrate, wherein the inorganic oxide layer has a total surface energy of 30 mJ/m^2 to 75 mJ/m^2 , and a dispersive

surface energy to the total surface energy ratio of 0.4 to 0.8.

A carbon dispersion is coated on the inorganic oxide layer, and then dried to form a carbon conductive film on the inorganic oxide layer. The carbon conductive film is dipped into a solvent to separate the carbon conductive film and the inorganic oxide layer. The separated carbon conductive film is attached to a second substrate, thereby transferring the carbon conductive film onto the second substrate.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(3)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

11~第一基材；

13~無機氧化層；

15~碳材導電膜。

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：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於碳材導電膜，更特別關於其轉印方法。

【先前技術】

隨著平面顯示器、觸控面板、太陽光電、及下世代軟性電子產品開發日益蓬勃，透明導電膜材料的市場亦隨之大幅成長。然而 ITO 價格昂貴、來源有限、且撓曲性較差，其替代材料的開發已成為近年來研發重點之一。由於奈米碳管(CNT)具備高長徑比、高導電性、良好之機械強度、及耐化性等特性，在透明導電膜應用上極具潛力。相較於 ITO，CNT 組成之透明導電膜具有更佳之可撓性、耐候性、製程便利性、及自然色調等優點。

形成奈米碳管導電膜的製程方式大致為噴霧塗佈(spray coating)、狹縫模具式塗佈(Slot-die Coating)、微凹版印刷式塗佈(Micro-gravure Coating)、浸潤式塗佈(Dip Coating)、旋轉式塗佈(Spin Coating)、真空過濾(vacuum filtration)、或逐層組裝(layer-by-layer)。然而前述製程僅有狹縫模具式塗佈、微凹版印刷式塗佈、與噴霧塗佈符合大面積生產與量產性。奈米碳管分散液之製備上仍以水溶液系統為主，主要透過添加分散劑以協助奈米碳管分散於水中，其分散之奈米碳管濃度相對較高。分散劑以十二烷基苯磺酸鈉(sodium dodecylbenzene sulfonate, SDBS)與十二烷基硫酸鈉(sodium dodecyl sulfate, SDS)具有較佳之分散特性。若只採用 N-甲基吡咯烷酮(N-Methyl-2-pyrrolidone, NMP)

NMP)、三氯甲烷、二氯甲烷等有機溶劑直接分散奈米碳管，則分散濃度過低而不易應用狹縫模具式塗佈或微凹版印刷式塗佈製備奈米碳管導電膜。另一方面，有機溶劑會化學侵蝕部分高分子基材，且過多有機溶劑的使用也會有環境安全的疑慮。

在奈米碳管塗佈成膜的製程中，分散液與基材的匹配性也是關鍵之一。由於奈米碳管分散液其表面張力與表面能受限於所選擇之分散液系統，對於表面能較低之基材如聚甲基丙烯酸甲酯(Polymethylmethacrylate, PMMA)、聚碳酸酯(Polycarbonate, PC)、聚丙烯(Polypropylene, PP)、聚乙烯(polyethylene, PE)、聚二甲基矽氧烷(Polydimethylsiloxane, PDMS)、聚四氟乙烯(Polytetrafluoroethene, PTFE)等，則難以塗佈方式形成奈米碳管導電膜。此外，目前僅有噴霧塗佈可能形成奈米碳材導電膜於非平面基材上，但仍面臨塗佈均勻性與材料利用率偏低等問題。綜上所述，目前亟需新的方法形成碳材導電膜於不同基材上。

【發明內容】

本發明一實施例提供一種碳材導電膜的轉印方法，包括：提供第一基材；形成無機氧化層於第一基材之表面上，無機氧化層之總表面能介於 30 mJ/m^2 至 75 mJ/m^2 之間，且無機氧化層表面之色散成份表面能與總表面能之比值介於 0.4 至 0.8 之間；將碳材分散液塗佈於無機氧化層上；烘乾碳材分散液，以形成碳材導電膜於無機氧化層上；將碳材

導電膜浸入溶劑中，以分離碳材導電膜與無機氧化層；以及將第二基材與分離之碳材導電膜貼合，使碳材導電膜轉印至第二基材上。

【實施方式】

首先如第 1 圖所示，形成無機氧化層 13 於第一基材 11 之表面上。第一基材 11 之材質並無特殊限制，只要能形成無機氧化層 13 於其上，並能忍受後續製程條件即可。在本發明一實施例中，形成無機氧化層 13 之方法為濕式製程，比如將無機氧化物粒子之分散液塗佈於第一基材 11 之表面後烘乾，且無機氧化物粒子係溶劑相之溶膠。在此實施例中，無機氧化物粒子之尺寸介於 2nm 至 200nm 之間。若無機氧化物粒子尺寸過大，則因表面粗糙度過大而會影響奈米碳材之塗佈成膜特性，不易形成均勻之碳材導電膜。在本發明另一實施例中，形成無機氧化層 13 之方法為乾式製程，比如蒸鍍沉積、濺鍍沉積、化學氣相沉積法、或物理氣相沉積法。無機氧化物層 13 之組成可為氧化矽、氧化鋇、氧化鋁、氧化錫、氧化鈦、氧化鋅、或上述之組合。不論採用何種製程，最後形成之無機氧化層 13 的總表面能介於 30 mJ/m^2 至 75 mJ/m^2 之間，且色散成份表面能與總表面能之比值介於 0.4 至 0.8 之間。關於總表面能與色散成份表面能之定義詳見 Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 24, 137-145 (2007)，並利用 Owens-Wendt 所提出之幾何平均法進行固體表面能之計算。若無機氧化層 13 之總表面能過低，將無法形成碳材導

電膜於其上。若無機氧化層 13 之色散成份表面能與總表面能之比值過低(即色散成份表面能過低)，則無法以浸潤溶劑的方式剝離形成於無機氧化層 13 上的碳材導電膜。若無機氧化層 13 之色散成份表面能與總表面能之比值過高(即色散成份表面能過高)，亦無法以浸潤溶劑的方式剝離形成於無機氧化層 13 上的碳材導電膜。

接著如第 2 圖所示，將碳材分散液塗佈於無機氧化層 13 上，並烘乾碳材分散液，以形成碳材導電膜 15 於無機氧化層 13。上述碳材分散液之碳材可為奈米碳管、石墨烯、氧化石墨烯、還原之氧化石墨烯、石墨烯奈米帶、或上述之組合。在本發明一實施例中，碳材分散液之碳材濃度介於 0.01wt% 至 1.0wt% 之間。若碳材分散液之碳材濃度過高，則不易形成完全均勻分散之分散液。若碳材分散液之碳材濃度過低，則在需形成一定厚度或導電特性之碳材導電膜條件下，必須以塗佈較厚的濕膜或是多層塗佈的方式達成，但容易面臨因乾燥過程乾燥速率不均而導致非均勻成膜之問題。將碳材分散液塗佈於無機氧化層 13 上之方法可為線棒塗佈、噴霧塗佈、狹縫模具式塗佈、微凹版印刷式塗佈、浸潤式塗佈、旋轉式塗佈、或其他常見的塗佈方式。在本發明一實施例中，烘乾碳材分散液之溫度介於 30°C 至 180°C，且烘乾時間介於 10 秒至 2 小時。在本發明另一實施例中，烘乾碳材分散液之溫度介於 60°C 至 140°C，且烘乾時間介於 30 秒至 1 小時。若烘乾步驟之溫度過低及/或時間過短，則無法烘乾碳材分散液以形成碳材導電膜

15。若烘乾步驟之溫度過高及/或時間過長，會使碳材導電膜 15 與無機氧化層 13 的作用力過大，而無法以浸潤溶劑的方式剝離形成於無機氧化層 13 上的碳材導電膜 15。

接著如第 3 圖所示，將第一基材 11、無機氧化層 13、及碳材導電膜 15 之多層結構浸入溶劑中，以分離碳材導電膜 15 與無機氧化層 13。在本發明一實施例中，溶劑可為水、醇類、或其他常見之極性溶劑。

接著如第 4 圖所示，將第二基材 17 置於碳材導電膜 15 上，使第二基材 17 與碳材導電膜 15 貼合，以完成碳材導電膜 15 之轉印步驟。在本發明一實施例中，第二基材 17 可為玻璃、塑膠、或合成樹脂如聚乙烯對苯二甲酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯、聚丙烯、聚乙烯、聚二甲基矽氧烷、或聚四氟乙烯。在本發明一實施例中，第二基材 17 可為非平面基材如曲面基材。值得注意的是，形成於非平面之第二基材 17 上的碳材導電膜 15 具有均勻厚度。

在本發明另一實施例中，進一步施加黏著層 19 於碳材導電膜 15 之表面上。如第 5 圖所示，碳材導電膜 15 係夾設於第二基材 17 與黏著層 19 之間。雖然第 5 圖中的黏著層 19 係形成於碳材導電膜 15 的所有表面上，但黏著層 19 亦可只形成於碳材導電膜 15 的部份表面上(即點膠)，端視需要而定。黏著層 19 可為光固化膠如 3M 公司之 LOCA-2175、EAS-1616 與 Dow Corning 之 UV-SIL 400 等、熱固化膠如購自漢克股份有限公司之水膠 RZ-570、水氣固化膠如 Dow Corning 之矽膠-9176L、或感壓膠如 3M 公司

之 OCA-8142、8262 等。

接著如第 6 圖所示，將第三基材 21 貼合至黏著層 19 上，且貼合方式可為熱壓合、真空貼合、或類似方法。接著固化黏著層 19，其固化方式可為光固化、熱固化、水氣固化、或壓力固化，端視黏著層 19 之型態而定。最後將第二基材 17 移除，即將碳材導電層 15 轉印至第三基材 21 上。與第二基材 17 一樣，第三基材 21 可為非平面基材如曲面基材，且形成於非平面之第三基材 21 上的碳材導電膜 15 具有均勻厚度。

上述轉印製程可進一步應用於連續製程如卷對卷(roll to roll)製程或其他連續製程以大量生產。可以理解的是，形成於第一基材 11 上的無機氧化層 13 可重複使用。與習知技藝中先形成碳材導電膜於基材上，再蝕刻移除基材以得碳材導電膜的方法相比，本發明的方法不但較簡單也較省時。

為了讓本發明之上述和其他目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特舉數實施例配合所附圖示，作詳細說明如下：

【實施例】

本發明實施例使用之奈米碳管為經純化之單層奈米碳管(Single-walled carbon nanotube, SWNT)，其製備方法為飄浮觸媒化學氣相沉積法，請見台灣專利 I306834。奈米碳管分散液之製備取 SWNT、十二烷基苯磺酸鈉(sodium dodecylbenzene sulfonate)及去離子水以重量比

0.1/0.2/100.0 方式混合，並以超音波振盪器 (Sonicator 3000，購自 Misonix) 進行振盪分散十分鐘即可得 SWNT 分散液。

基材之表面能則分別利用純水與二碘甲烷進行接觸角之量測，並利用 Owens-Wendt 所提出之幾何平均法進行固體表面能之計算，公式如式 1：

$$\gamma_{LV}(1 + \cos\theta) = 2\sqrt{\gamma_S^D \gamma_L^D} + 2\sqrt{\gamma_S^P \gamma_L^P} \quad (\text{式 1})$$

基材的表面能 (γ) 由極性成分表面能 (polar surface energy, γ^P) 與色散成分表面能 (dispersive surface energy, γ^D) 所組成。純水色散成分表面能及極性成分表面能分別為 21.8、51.0 mJ/m²，而二碘甲烷的色散成分表面能及極性成分表面能分別為 48.5、2.3 mJ/m²。

導電碳材導電膜之片電阻的量測係利用四點探針電阻計 (LORESTA-GP，購自 Mitsubishi Chemical Co.)。

實施例 1

取 1.0 克之溶劑相 SiO₂ 溶膠 (IPA-ST，固含量 30 至 31 wt%，粒徑為 10~15 nm，溶劑為異丙醇，購自 Nissan Chemical) 加入 14.0 克乙醇，得到固含量為 ~2.0wt% 之 SiO₂ 分散液。取厚度為 188 μm 之聚乙烯對苯二甲酸酯 (PET，購自 Toyobo 之 A4300) 為第一基材。將 SiO₂ 分散液以塗佈機 (ZA2300/ZEHNTNER) 配合線棒 (RDS Coating Rod #4) 將其塗佈於第一基材上，再置於 100°C 之循環烘箱烘乾，並進行接觸角量測與表面能之計算，其結果如第 1 表所示。

第 1 表

	接觸角 (°)				表面能 (mJ/m ²)			色散成份/總表面能比值
	水		二碘甲烷		色散成分表面能	極性成分表面能	總表面能	
	平均值	標準差	平均值	標準差	γ_s^D	γ_s^P	γ_s	
實施例 1	66.80	0.46	53.03	0.81	25.06	14.68	39.74	0.63
實施例 2	46.00	6.72	32.73	0.96	31.77	24.53	56.30	0.56
實施例 3	54.97	0.47	45.60	3.44	26.95	21.43	48.38	0.56
實施例 4	43.50	0.56	35.37	0.91	30.51	16.67	47.18	0.65
實施例 5	45.87	1.53	44.10	0.85	26.12	28.14	54.26	0.48
實施例 6	39.20	0.36	30.03	2.56	31.78	28.74	60.52	0.53
比較例 1	76.97	0.76	40.27	0.21	34.95	5.67	40.62	0.86
比較例 2	15.30	2.07	37.43	0.35	25.88	44.72	70.60	0.37
比較例 3	59.37	4.12	40.70	1.31	50.72	10.62	61.34	0.83

接著取 0.5 g 之 SWNT 分散液並以前述塗佈製程塗佈於表面具有 SiO₂ 層之基材上，再置於循環烘箱以不同溫度與時間進行烘乾，其詳細烘乾條件與所形成之奈米碳管導電膜的片電阻(原始片電阻)如第 2 表所示。

第 2 表

實施例 1 之試驗編號	無機層前驅物	烘乾溫度(°C)	烘乾時間(分)	剝離情形	原始片電阻(Ω/□)	經剝離程序後之片電阻(Ω/□)
試驗 1	IPA-ST	60	1	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 2	IPA-ST	60	5	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 3	IPA-ST	60	10	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 4	IPA-ST	60	60	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 5	IPA-ST	80	1	完全剝離	435	>3×10 ⁷
試驗 6	IPA-ST	80	5	完全剝離	435	>3×10 ⁷
試驗 7	IPA-ST	80	10	完全剝離	435	>3×10 ⁷
試驗 8	IPA-ST	80	60	完全剝離	435	>3×10 ⁷
試驗 9	IPA-ST	100	1	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 10	IPA-ST	100	5	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 11	IPA-ST	100	10	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 12	IPA-ST	100	30	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 13	IPA-ST	100	60	完全剝離	430	>3×10 ⁷
試驗 14	IPA-ST	120	1	完全剝離	420	>3×10 ⁷
試驗 15	IPA-ST	120	5	完全剝離	420	>3×10 ⁷
試驗 16	IPA-ST	120	10	完全剝離	420	>3×10 ⁷
試驗 17	IPA-ST	140	1	完全剝離	415	>3×10 ⁷
試驗 18	IPA-ST	140	5	完全剝離	415	>3×10 ⁷

試驗 19	IPA-ST	140	10	完全剝離	415	$>3 \times 10^7$
試驗 20	IPA-ST	140	30	完全剝離	415	$>3 \times 10^7$
試驗 21	IPA-ST	160	10	不會剝離	430	430
試驗 22	IPA-ST	200	1	不會剝離	430	430

準備截面積大於奈米碳管導電膜之容器並填充去離子水，將表面塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水中。在烘乾溫度介於 60°C 至 140°C 之間時，奈米碳管導電膜會因水的表面張力由基材表面剝離而懸浮於去離子水之表面，其剝離與否如第 2 表所示。由實驗可知，若烘烤溫度過高(比如介於 160°C 至 200°C)，則奈米碳管導電膜將無法由 SiO_2 之表面剝離。

最後再以 PET 膜(厚度為 $188 \mu\text{m}$ ，購自 Toyobo 之 A4300)作為第二基材，與去離子水液面上的奈米碳管導電膜進行貼附，即完成奈米碳管導電膜之轉印。為確認奈米碳管導電膜是否由 SiO_2 層完全剝離，也量測沉浸於水槽後之表面具有 SiO_2 層之第一基材的片電阻(經剝離程序後之片電阻)。如第 2 表所示，烘乾溫度介於 60°C 至 140°C 之間的奈米碳管導電膜自 SiO_2 層上完全剝離，因此第一基材表面之片電阻極大。至於烘乾溫度低於 60°C 或是高於 140°C 的奈米碳管導電膜將無法由 SiO_2 層上剝離，因此第一基材表面仍具有奈米碳管導電膜而具有低片電阻。

實施例 2

與實施例 1 類似，唯一差別在於將溶劑相 SiO_2 溶膠改為不同粒徑之溶劑相 SiO_2 溶膠(IPA-ST-L，固含量 30~31 wt %，粒徑為 40~50 nm，溶劑為異丙醇，購自 Nissan

Chemical)。至於後續基材的選擇、線棒塗佈 SiO_2 溶膠的製程、及線棒塗佈 SWNT 分散液的製程均與實施例 1 類似。實施例 2 中表面塗佈有 SiO_2 層之第一基材，其接觸角與計算之表面能如第 1 表所示。最後形成的奈米碳管導電膜之片電阻(原始片電阻)為 $430 \Omega/\square$ ，如第 3 表所示。將此塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水，其剝離情形如第 3 表所示。經沉浸程序後之表面具有 SiO_2 層之第一基材，其片電阻(經剝離程序後之片電阻)亦整理於第 3 表。

實施例 3

與實施例 1 類似，唯一差別在將溶劑相 SiO_2 溶膠改為另一溶劑相 SiO_2 溶膠(MEK-ST，固含量 30~31 wt%，粒徑為 10~15 nm，溶劑為丁酮，購自 Nissan Chemical)。至於後續基材的選擇、線棒塗佈 SiO_2 溶膠的製程、及線棒塗佈 SWNT 分散液的製程均與實施例 1 類似。實施例 3 中表面塗佈有 SiO_2 層之第一基材，其接觸角與計算之表面能如第 1 表所示。最後形成的奈米碳管導電膜之片電阻(原始片電阻)為 $420 \Omega/\square$ ，如第 3 表所示。將此塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水，其剝離情形如第 3 表所示。經沉浸程序後之表面具有 SiO_2 層之第一基材，其片電阻(經剝離程序後之片電阻)亦整理於第 3 表。

實施例 4

與實施例 1 類似，唯一差別在將溶劑相 SiO_2 溶膠改為另一溶劑相 SiO_2 溶膠(MEK-AC-2101，固含量 30~31 wt%，

粒徑為 10~15 nm，溶劑為丁酮，購自 Nissan Chemical)。至於後續基材的選擇、線棒塗佈 SiO_2 溶膠的製程、及線棒塗佈 SWNT 分散液的製程均與實施例 1 類似。實施例 4 中表面塗佈有 SiO_2 層之第一基材，其接觸角與計算之表面能如第 1 表所示。最後形成的奈米碳管導電膜之片電阻(原始片電阻)為 $425 \Omega/\square$ ，如第 3 表所示。將此塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水，其剝離情形如第 3 表所示。經沉浸程序後之表面具有 SiO_2 層之第一基材，其片電阻(經剝離程序後之片電阻)亦整理於第 3 表。

實施例 5

與實施例 1 類似，唯一差別在將溶劑相 SiO_2 溶膠改為溶劑相 ZrO_2 溶膠(OZ-S30K，固含量 30 wt %，粒徑為 10 nm，溶劑為丁酮，購自 Nissan Chemical)。至於後續基材的選擇、線棒塗佈 ZrO_2 溶膠的製程、及線棒塗佈 SWNT 分散液的製程均與實施例 1 類似。實施例 5 中表面塗佈有 ZrO_2 層之第一基材，其接觸角與計算之表面能如第 1 表所示。最後形成的奈米碳管導電膜之片電阻(原始片電阻)為 $430 \Omega/\square$ ，如第 3 表所示。將此塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水，其剝離情形如第 3 表所示。經沉浸程序後之表面具有 ZrO_2 層之第一基材，其片電阻(經剝離程序後之片電阻)亦整理於第 3 表。

實施例 6

與實施例 1 類似，唯一差別在將溶劑相 SiO_2 溶膠改為

水相 ZrO_2 溶膠(30B, 固含量 30 wt %, 粒徑為 10 至 20 nm, 溶劑為水, 購自 Nissan Chemical)。至於後續基材的選擇、線棒塗佈 ZrO_2 溶膠的製程、及線棒塗佈 SWNT 分散液的製程均與實施例 1 類似。實施例 6 中表面塗佈有 ZrO_2 層之第一基材, 其接觸角與計算之表面能如第 1 表所示。最後形成的奈米碳管導電膜之片電阻(原始片電阻)為 $550 \Omega/\square$, 如第 3 表所示。將此塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水, 其剝離情形如第 3 表所示。經沉浸程序後之表面具有 ZrO_2 層之第一基材, 其片電阻(經剝離程序後之片電阻)亦整理於第 3 表。

比較例 1

與實施例 1 類似, 差別在省略線棒塗佈溶劑相 SiO_2 溶膠的製程, 直接將 SWNT 分散液塗佈於 PET 基材上, 再以不同溫度烘乾。至於後續基材的選擇與線棒塗佈 SWNT 分散液的製程均與實施例 1 類似。比較例 1 中 PET 基材之接觸角與計算之表面能如第 1 表所示。最後形成的奈米碳管導電膜之片電阻(原始片電阻)為 $1100 \Omega/\square$, 如第 3 表所示。將此塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水, 未觀察到剝離現象如第 3 表所示。經沉浸程序後之第一基材, 其片電阻(經剝離程序後之片電阻)亦整理於第 3 表。由比較例 1 可知, 若直接形成奈米碳管導電膜於第一基材上, 無法以沉浸溶劑的方法剝離奈米碳管導電膜, 更不可能將附著於第一基材上的奈米碳管導電膜轉印至另一基材上。

比較例 2

與實施例 1 類似，唯一差別在將溶劑相 SiO_2 溶膠改為水相 SiO_2 溶膠(ST-N, 固含量 20 wt %, 粒徑為 10 至 15 nm, 溶劑為水, 購自 Nissan Chemical)。至於後續基材的選擇、線棒塗佈 SiO_2 溶膠的製程、及線棒塗佈 SWNT 分散液的製程均與實施例 1 類似。比較例 2 中表面塗佈有 SiO_2 層之第一基材，其接觸角與計算之表面能如第 1 表所示。最後形成的奈米碳管導電膜之片電阻(原始片電阻)為 $430 \Omega/\square$ ，如第 3 表所示。將此塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水，未觀察到剝離現象如第 3 表所示。經沉浸程序後之表面具有 SiO_2 層之第一基材，其片電阻(經剝離程序後之片電阻)亦整理於第 3 表。由比較例 2 可知，若無機氧化層之色散成份/總表面能比值過低(0.37)，則無法以沉浸溶劑的方法剝離形成於無機氧化層上的奈米碳管導電膜，更不可能將附著於第一基材上的奈米碳管導電膜轉印至另一基材上。

比較例 3

與實施例 1 類似，唯一差別在將溶劑相 SiO_2 溶膠改為另一溶劑相的 SiO_2 溶膠(DMAc-ST, 固含量 30 wt %, 粒徑為 10 至 15 nm, 溶劑為 N,N-二甲基乙醯胺(DMAc), 購自 Nissan Chemical)。至於後續基材的選擇、線棒塗佈 SiO_2 溶膠的製程、及線棒塗佈 SWNT 分散液的製程均與實施例 1 類似。比較例 3 中表面塗佈有 SiO_2 層之第一基材，其接觸角與計算之表面能如第 1 表所示。最後形成的奈米碳管

導電膜之片電阻(原始片電阻)為 $450 \Omega/\square$ ，如第 3 表所示。將此塗佈有奈米碳管導電膜之基材緩慢浸入去離子水，未觀察到剝離現象如第 3 表所示。經沉浸程序後之表面具有 SiO_2 層之第一基材，其片電阻(經剝離程序後之片電阻)亦整理於第 3 表。由比較例 3 可知，若無機氧化層之色散成份/總表面能比值過高(0.83)，則無法以沉浸溶劑的方法剝離形成於無機氧化層上的奈米碳管導電膜，更不可能將附著於第一基材上的奈米碳管導電膜轉印至另一基材上。

第 3 表

	無機層前驅物	烘乾溫度(°C)	烘乾時間(分)	剝離情形	原始片電阻 (Ω/\square)	經剝離程序後之片電阻 (Ω/\square)
實施例 2 之試驗 23	IPA-ST-L	100	1	完全剝離	430	$>3 \times 10^7$
實施例 3 之試驗 24	MEK-ST	100	1	完全剝離	420	$>3 \times 10^7$
實施例 4 之試驗 25	MEK-AC-2101	100	1	完全剝離	425	$>3 \times 10^7$
實施例 5 之試驗 26	OZ-S30K	100	1	完全剝離	430	$>3 \times 10^7$
實施例 6 之試驗 27	30B	100	1	完全剝離	550	$>3 \times 10^7$
比較例 1 之試驗 28	無	80	1	不會剝離	1100	1100
比較例 1 之試驗 29	無	100	1	不會剝離	1100	1100
比較例 1 之試驗 30	無	140	1	不會剝離	1100	1100
比較例 2 之試驗 31	ST-N	80	1	不會剝離	430	430
比較例 2 之試驗 32	ST-N	100	1	不會剝離	430	430
比較例 2 之試驗 33	ST-N	140	1	不會剝離	430	430
比較例 3 之試驗 34	DMAc-ST	100	1	不會剝離	650	650

實施例 7

與實施例 1 類似，唯一差別在第二基材由 PET 膜改為聚碳酸酯。剝離之奈米碳管導電膜亦能有效貼附於其上而完成奈米碳管導電膜的轉印。

實施例 8

與實施例 1 類似，唯一差別在第二基材由 PET 膜改為聚乙烯膜。剝離之奈米碳管導電膜亦能有效貼附於其上而完成奈米碳管導電膜的轉印。

實施例 9

與實施例 1 類似，唯一差別在第二基材由 PET 膜改為聚甲基丙烯酸甲酯。剝離之奈米碳管導電膜亦能有效貼附於其上而完成奈米碳管導電膜的轉印。

實施例 10

與實施例 1 類似，唯一差別在第二基材由 PET 膜改為圓柱形玻璃瓶。剝離之奈米碳管導電膜亦能有效貼附於其上而完成奈米碳管導電膜的轉印。

實施例 11

與實施例 1 類似，唯一差別在第二基材由 PET 膜改為氟素離型膜 (FFR-1602，購自碩鑫企業)，經分離之奈米碳管導電膜亦能有效貼附於第二基材上，即完成奈米碳管導電膜的第一次轉印 (將奈米碳管導電膜由第一基材轉印至第二基材)。接著在貼附於第二基材上的奈米碳管導電膜的

表面上塗佈 UV 膠(3M 公司之 LOCA-2175)，經 80°C 烘乾移除 UV 膠所含的溶劑後，將第三基材(聚碳酸酯板材)貼合至 UV 膠。接著以 UV 曝光機照射 UV 膠以固化 UV 膠，再撕除第二基材(氟素離型膜)，即完成奈米碳管導電膜之第二次轉印(將奈米碳管導電膜由第二基材轉印至第三基材)。

實施例 12

與實施例 11 類似，唯一差別在將黏著劑由 UV 膠改為水膠(RZ-570，購自漢克股份有限公司)。在貼附於第二基材上之奈米碳管導電膜的表面塗佈水膠後，將第三基材(聚碳酸酯板材)貼合至水膠，再以 100°C 烘乾固化水膠。最後撕除第二基材(氟素離型膜)，即完成奈米碳管導電膜之第二次轉印(將奈米碳管導電膜由第二基材轉印至第三基材)。

雖然本發明已以數個較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作任意之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 至 4 圖係本發明一實施例中，將碳材導電膜由第一基材轉印至第二基材的示意圖；以及

第 5 至 7 圖係本發明一實施例中，將碳材導電膜由第二基材轉印至第三基材的示意圖。

【主要元件符號說明】

11~第一基材；

13~無機氧化層；

15~碳材導電膜；

17~第二基材；

19~黏著層；

21~第三基材。

七、申請專利範圍：

1. 一種碳材導電膜的轉印方法，包括：

提供一第一基材；

形成一無機氧化層於該第一基材之表面上，該無機氧化層之總表面能介於 30 mJ/m^2 至 75 mJ/m^2 之間，且該無機氧化層表面之色散成份表面能與總表面能之比值介於 0.4 至 0.8 之間；

將一碳材分散液塗佈於該無機氧化層上；

烘乾該碳材分散液，以形成一碳材導電膜於該無機氧化層上；

將該碳材導電膜浸入一溶劑中，以分離該碳材導電膜與該無機氧化層；以及

將一第二基材與分離之該碳材導電膜貼合，使該碳材導電膜轉印至該第二基材上。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中形成該無機氧化層於該第一基材之表面上之步驟包括：

將一無機氧化物粒子之分散液塗佈於該第一基材之表面，其中該無機氧化物粒子係溶劑相之溶膠；以及

烘乾該無機氧化物粒子之分散液以形成該無機氧化層。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中該無機氧化物粒子之尺寸介於 2 nm 至 200 nm 之間。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中形成該無機氧化層於該第一基材之表面上之步驟

包括蒸鍍沉積、濺鍍沉積、化學氣相沉積法、或物理氣相沉積法。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中該無機氧化物層包括氧化矽、氧化鋯、氧化鋁、氧化錫、氧化鈦、氧化鋅、或上述之組合。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中該碳材分散液之碳材包括奈米碳管、石墨烯、氧化石墨烯、還原氧化石墨烯、石墨烯奈米帶、或上述之組合。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中該碳材分散液之碳材濃度介於 0.01wt% 至 1.0wt% 之間。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中該第二基材包括玻璃、塑膠、或合成樹脂。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中該合成樹脂包括聚乙烯對苯二甲酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯、聚丙烯、聚乙烯、聚二甲基矽氧烷、或聚四氟乙烯。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中該第二基材包括一非平面基材。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之碳材導電膜的轉印方法，更包括：

施加一黏著層於該碳材導電膜之表面上，其中該碳材導電膜係夾設於該第二基材與該黏著層之間；

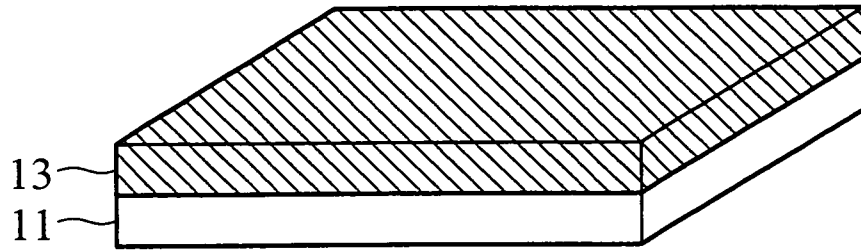
將一第三基材貼合至該黏著層後固化該黏著層，使該碳材導電膜轉印至該第三基材上；以及

移除該第二基材。

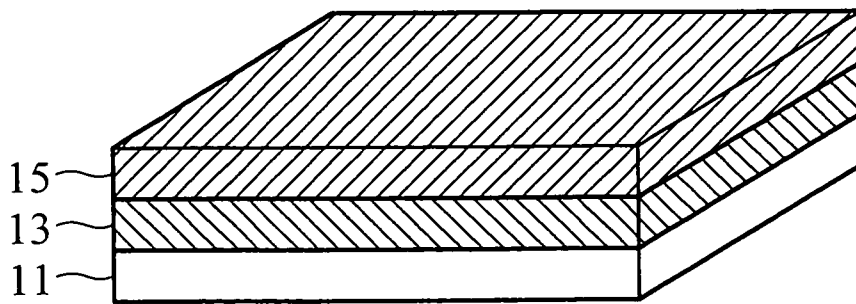
12. 如申請專利範圍第 11 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中固化該黏著層之步驟包括熱固化、光固化、水氣固化、或壓力固化。

13. 如申請專利範圍第 11 項所述之碳材導電膜的轉印方法，其中該第三基材包括一非平面基材。

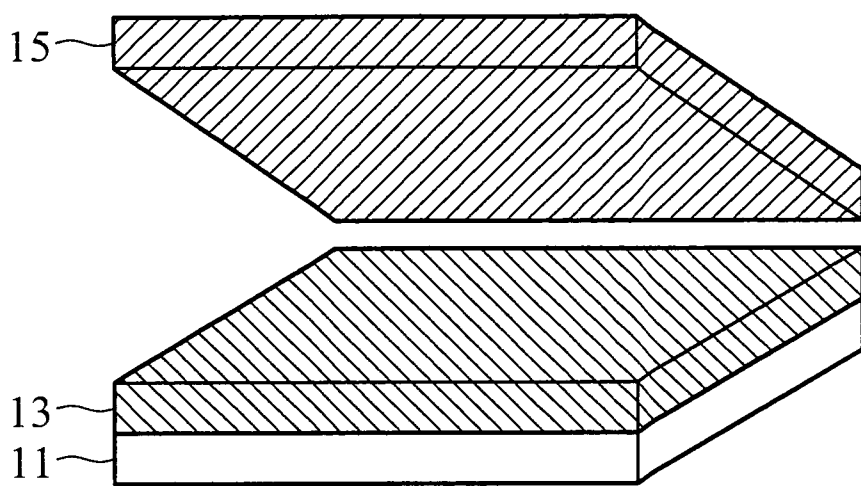
八、圖式：(如後所示)



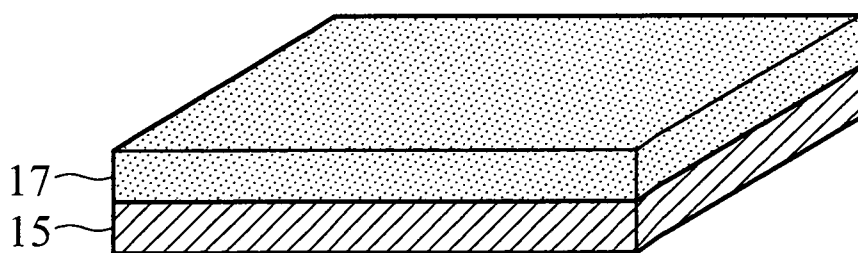
第 1 圖



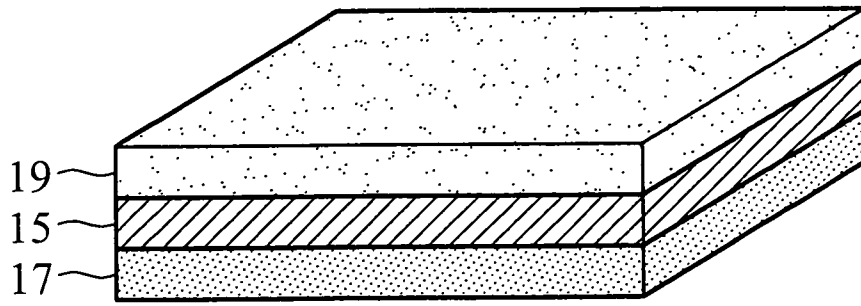
第 2 圖



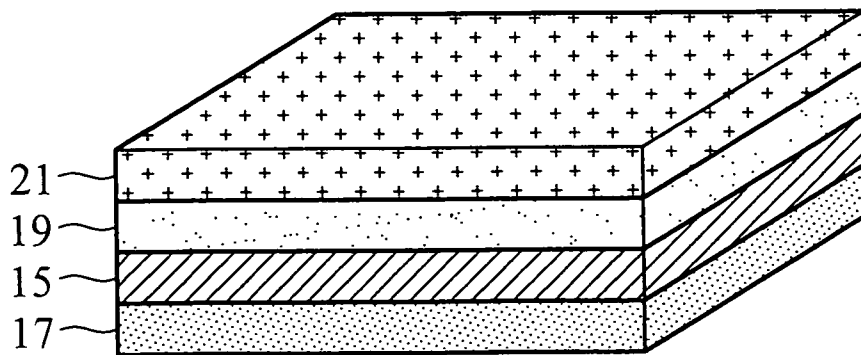
第 3 圖



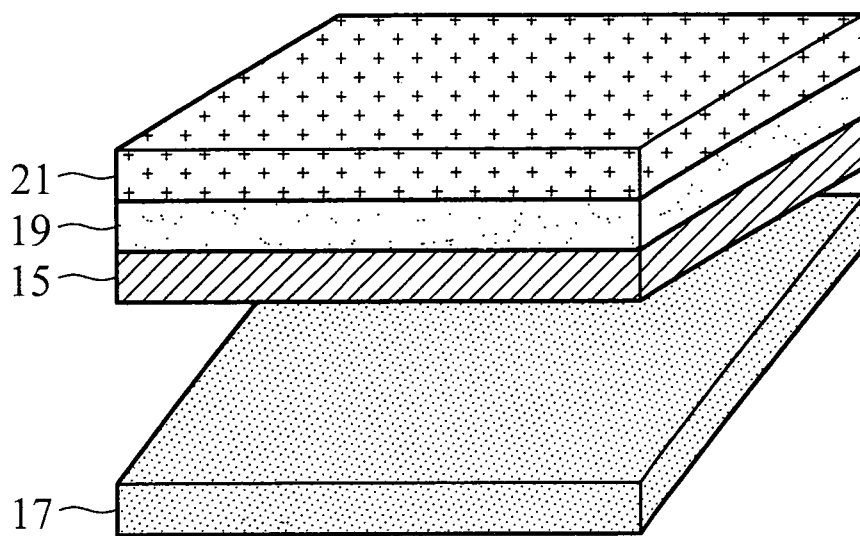
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖