

33669945
" 9946

機 密
CONFIDENTIAL

本校案號： _____
(由產學合作總中心填寫)

國立臺灣大學 研究成果自行申請專利報備表 2014.8.6 版

計畫合作機構	科技部	<input type="checkbox"/> 利用本校資源 (勾選本項則無需填計畫名稱及編號)
計畫名稱及編號	【學研計畫】多功能電紡奈米纖維之製備、結構控制及金屬離子分離膜應用(3/3) 103-2120-M-002-003-	
計畫合作期限及金額	自 103 年 8 月 1 日 至 104 年 7 月 31 日 新台幣 8000000 元整	
申請專利名稱	奈米金屬線圖案化之方法，使用該方法製備而成之圖案化奈米金屬線電極以及包含該圖案化奈米金屬線電極作為材料之電晶體元件/Method for producing patterned metal nanowire, electrode using the patterned metal nanowire and the transistor using the patterned metal nanowire electrode	
擬申請之國家	<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 <input checked="" type="checkbox"/> 美國 <input type="checkbox"/> 其他： _____ 104/02096 2015.01.26	
自行申請專利理由	時間緊迫，因此擬先行申請專利	
附件 (*為必要文件)	<input checked="" type="checkbox"/> *國立臺灣大學研究成果專利發明人資料表(附件一) <input checked="" type="checkbox"/> *國立臺灣大學研究成果自行申請之專利申請權讓與合約書(附件二) <input checked="" type="checkbox"/> 計畫經費核定清單(國科會計畫者) <input type="checkbox"/> 研究計畫補助合約書影本(非國科會計畫者)	
承辦單位： 研發處 產學合作總中心		

※請於完成專利申請程序後主動提供專利申請書、說明書、專利申請日及申請號等。

104年 9月 20日
0000336 號

提案人：陳文章 (簽章)
單位：化工系
職稱：教授
提案日期： 104 年 1 月 27 日

系主任

王火鏡

院長

莊東漢
顏家鈺

研發長

附件一、國立臺灣大學研究成果專利發明人資料表

※發明人欄位填寫說明： (1)發明人超過三位時，請自行複製發明人欄位使用。 (2)發明人請填寫實際的發明人，參酌美國專利實務上的認定，所謂發明人必須是對發明概念之形成及至少一項申請專利範圍之標的有所貢獻之人，才能稱為發明人。美國專利法規定，若列名之發明人未有發明之事實，則不得取得專利；若發明人記載錯誤，且可證明有「欺瞞之意圖」，則此專利權無法主張權利（單純接受指示，依所設計之實驗完成實驗結果者、提出需求者、提出產品缺點者等無實質貢獻者，不能算是發明人）。 (3)未來收益分配之有功人員不限於此專利申請案所列之實際發明人。						
發明人	1	姓名	(中文/英文) 陳文章 / Wen-Chang Chen			
		服務單位	化工系 工學院	職稱	教授 副院長	
		國籍	<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 <input type="checkbox"/> 其他：_____	身份證字號 或護照字號	R120065128	
		e-mail	chenwc@ntu.edu.tw	電話	0910331317	
		聯絡地址	10617 臺北市大安區羅斯福路四段一號			
	2	姓名	(中文/英文) 張亘鈞 / Hsuan-Chun Chang			
		服務單位	化工系	職稱	博士生	
		國籍	<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 <input type="checkbox"/> 其他：_____	身份證字號 或護照字號	H123385399	
		e-mail	d99524004@ntu.edu.tw	電話	0933947805	
		聯絡地址	桃園市龍潭區上華里富華街 172 巷 1 號			
	3	姓名	(中文/英文) 鍾承佑 / Cheng-Yu Chung			
		服務單位	化工系	職稱	碩士生	
		國籍	<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 <input type="checkbox"/> 其他：_____	身份證字號 或護照字號	T123856623	
		e-mail	R02549011@ntu.edu.tw	電話	0978965987	
		聯絡地址	屏東縣屏東市明正里 3 鄰中正路 102 巷 6 號			

附件二、國立臺灣大學研究成果自行申請之專利申請權讓與合約書

本校案號：_____ (由產學合作總中心填寫)

立合約書人：國立臺灣大學（以下簡稱甲方）

陳文章（以下簡稱乙方）

乙方執行（科技部）補助專題研究計畫「【學研計畫】多功能電紡奈米纖維之製備、結構控制及金屬離子分離膜應用(3/3)」(計畫編號：103-2120-M-002-003-)之研發成果「奈米金屬線圖案化之方法，使用該方法製備而成之圖案化奈米金屬線電極以及包含該圖案化奈米金屬線電極作為材料之電晶體元件/Method for producing patterned metal nanowire, electrode using the patterned metal nanowire and the transistor using the patterned metal nanowire electrode」，其智慧財產權屬甲方所有，惟乙方經甲方同意，得自行依（中華民國及美國）專利法申請專利，約定下列條款，依誠實信用原則共同遵守：

一、乙方將研發成果「奈米金屬線圖案化之方法，使用該方法製備而成之圖案化奈米金屬線電極以及包含該圖案化奈米金屬線電極作為材料之電晶體元件/Method for producing patterned metal nanowire, electrode using the patterned metal nanowire and the transistor using the patterned metal nanowire electrode」先行自費辦理專利申請及維護事宜。乙方自行申請專利時，其專利申請相關費用、技術移轉（或授權）、權益分配及其他相關事宜，應由甲方統籌依「科學技術基本法」、「政府科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法」、「國立臺灣大學研究發展成果及技術移轉管理要點」及其他相關法令規定辦理，乙方應負協助之義務。

二、乙方對專利申請或專利權維護及利用應盡善良管理人之義務，未經甲方事前書面同意，不得逕行終止專利申請或專利維護案，亦不得逕行將專利申請權或專利權授權他人利用，或為任何信託、讓與、設定負擔或其他損及甲方權益之行為。

乙方不願繼續申請或維護專利權時，應事情以書面通知甲方，並由甲方依科學技術基本法、政府科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法、國立臺灣大學研究發展成果及技術移轉管理要點及其他相關法令規定辦理。

三、甲方得視需要要求乙方將專利申請權（或專利權）無條件讓與甲方，並應於接獲甲方通知後，於甲方指定期限內配合辦理權利讓與事宜，且不得另行要求任何報酬。

乙方將前項專利申請權（或專利權）讓與完成後，並經甲方審議通過認為有必要繼續申請或維護者，得依國立臺灣大學技術移轉業務獎助金與專利及技術移轉個案獎勵金運用分配準則核給乙方發明專利獎勵金。

- 四、乙方如違反本合約第一點、第二點、第三點與第五點之約定，除應承擔一切法律責任外，甲方並得視情節輕重要求損害賠償。
- 五、本合約有效期至依第一點取得之專利權期限屆滿為止，但乙方因本合約第四點所負之責任與義務不因本合約終止而解除。於本合約有效期間內，乙方應對本合約內容保守秘密，不得任意向第三人揭露。乙方因本合約自行申請而取得多數國家或地區專利者，本合約存續至最後一項專利權期限屆滿為止。
- 六、本合約未約定事項，適用民法及其他法令相關規定。本合約部分條款如因故無效或無法履行，不影響其他條款之效力。
- 七、就本合約所生之爭議糾紛，雙方同意以台北地方法院為第一審管轄法院。
- 八、本合約正本一式二份，雙方各執存一份。

立合約書人

甲 方：國立臺灣大學 (簽章)

代 表 人：楊泮池

地 址：10617 臺北市大安區羅斯福路四段一號

乙 方：陳文章 (簽章)

任職單位：化工系

地 址：10617 臺北市大安區羅斯福路四段一號



附件二、國立臺灣大學研究成果自行申請之專利申請權讓與合約書

本校案號：_____ (由產學合作總中心填寫)

立合約書人：國立臺灣大學（以下簡稱甲方）

陳文章（以下簡稱乙方）

乙方執行（科技部）補助專題研究計畫「【學研計畫】多功能電紡奈米纖維之製備、結構控制及金屬離子分離膜應用(3/3)」(計畫編號：103-2120-M-002-003-)之研發成果「奈米金屬線圖案化之方法,使用該方法製備而成之圖案化奈米金屬線電極以及包含該圖案化奈米金屬線電極作為材料之電晶體元件/Method for producing patterned metal nanowire, electrode using the patterned metal nanowire and the transistor using the patterned metal nanowire electrode」,其智慧財產權屬甲方所有,惟乙方經甲方同意,得自行依(中華民國及美國)專利法申請專利,約定下列條款,依誠實信用原則共同遵守:

一、乙方將研發成果「奈米金屬線圖案化之方法,使用該方法製備而成之圖案化奈米金屬線電極以及包含該圖案化奈米金屬線電極作為材料之電晶體元件/Method for producing patterned metal nanowire, electrode using the patterned metal nanowire and the transistor using the patterned metal nanowire electrode」先行自費辦理專利申請及維護事宜。乙方自行申請專利時,其專利申請相關費用、技術移轉(或授權)、權益分配及其他相關事宜,應由甲方統籌依「科學技術基本法」、「政府科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法」、「國立臺灣大學研究發展成果及技術移轉管理要點」及其他相關法令規定辦理,乙方應負協助之義務。

二、乙方對專利申請或專利權維護及利用應盡善良管理人之義務,未經甲方事前書面同意,不得逕行終止專利申請或專利維護案,亦不得逕行將專利申請權或專利權授權他人利用,或為任何信託、讓與、設定負擔或其他損及甲方權益之行為。

乙方不願繼續申請或維護專利權時,應事情以書面通知甲方,並由甲方依科學技術基本法、政府科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法、國立臺灣大學研究發展成果及技術移轉管理要點及其他相關法令規定辦理。

三、甲方得視需要要求乙方將專利申請權(或專利權)無條件讓與甲方,並應於接獲甲方通知後,於甲方指定期限內配合辦理權利讓與事宜,且不得另行要求任何報酬。

乙方將前項專利申請權(或專利權)讓與完成後,並經甲方審議通過認為有必要繼續申請或維護者,得依國立臺灣大學技術移轉業務獎助金與專利及技術移轉個案獎勵金運用分配準則核給乙方發明專利獎勵金。

- 四、乙方如違反本合約第一點、第二點、第三點與第五點之約定，除應承擔一切法律責任外，甲方並得視情節輕重要求損害賠償。
- 五、本合約有效期至依第一點取得之專利權期限屆滿為止，但乙方因本合約第四點所負之責任與義務不因本合約終止而解除。於本合約有效期間內，乙方應對本合約內容保守秘密，不得任意向第三人揭露。乙方因本合約自行申請而取得多數國家或地區專利者，本合約存續至最後一項專利權期限屆滿為止。
- 六、本合約未約定事項，適用民法及其他法令相關規定。本合約部分條款如因故無效或無法履行，不影響其他條款之效力。
- 七、就本合約所生之爭議糾紛，雙方同意以台北地方法院為第一審管轄法院。
- 八、本合約正本一式二份，雙方各執存一份。

立合約書人

甲 方：國立臺灣大學 (簽章)

代 表 人：楊泮池

地 址：10617 臺北市大安區羅斯福路四段一號

乙 方：陳文章 (簽章)

任職單位：化工系

地 址：10617 臺北市大安區羅斯福路四段一號



核定日期： 103/06/11

103年度 【學研計畫】多功能電紡奈米纖維之製備、結構控制及金屬離子分離膜應用(3/3)】經費核定清單

執行機構：國立臺灣大學

國立成功大學
國立中正大學
國立臺北科技大學

主持人：陳文章
共同主持人：邱文英、董世煌、吳文忠、陳靜中、郭霽慶
教授(化學工程學系暨研究所)
教授(化學工程學系暨研究所)
助理教授(高分子科學與工程研究所)
助理教授(化學工程學系(所))
助理教授(化學工程學系)
助理教授(分子科學與工程系)

補助項目	申請金額	核定金額	說明
業務費	5,920,561	5,316,400	一、研究人力費：2,868,400元 1. 專任助理2名1,134,400元 2. 碩士班研究生研究助學金8名576,000元 3. 博士班研究生獎助金7名1,008,000元 4. 臨時工資150,000元 二、耗材、物品、圖書及雜項費用：2,448,000元(含貴儀中心儀器使用費) 三、本計畫彈性支用額度為25,000元
研究設備費	1,587,015	1,587,015	示差掃描量熱儀，抽氣櫃
國外差旅費	200,000	200,000	一、移地研究：80,000元 二、出席國際學術會議：120,000元 三、本項目不核列管理費
管理費	988,084	896,585	

核定日期： 103/06/11

補助項目	申請金額	核定金額	說明
合計	8,695,660	8,000,000	執行期限： 103/08/01 ~ 104/07/31 計畫編號： MOST 103-2120-M-002 -003 -

費儀中心使用額度： 400,000 元
研究類型： 國家型科技計畫(整合型)
研究性質： 應用研究
應繳報告： 期末報告
研究成果歸屬： 國立臺灣大學
各項費用之支用請依「科技部補助專題研究計畫經費處理原則」規定辦理。

學門名稱： 傳產奈米技術應用
多年期計畫 (國家型)
流水號： 103PFA0102167
承辦人： 何怡帆

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

奈米金屬線圖案化之方法，使用該方法製備而成之圖案化奈米金屬線電極以及包含該圖案化奈米金屬線電極做為材料之電晶體元件/Method for producing patterned metal nanowire, electrode using the patterned metal nanowire and the transistor using the patterned metal nanowire electrode

【中文】

本發明係關於一種奈米金屬線圖案化之方法，包含：將一感光性聚醯胺酸高分子溶液塗佈於一矽基材上並烤乾；利用一光罩與該感光性聚醯胺酸高分子貼合後，以UV光照射；以顯影液顯影，獲得一具有圖案化聚醯胺酸之圖案化模板；將一奈米金屬線懸浮液塗覆於該圖案化模板上；且去除該圖案化聚醯胺酸以外的奈米金屬線。亦包含一種以上述方法製得之圖案化奈米金屬線電極以及以其做為電極材料之電晶體元件。

【英文】

The present invention relates to a method of producing patterned silver nanowire, comprising: coating a photosensitive polyamide acid polymer solution on a silica substrate and dried; using a photomask to paste on the photosensitive polyamic acid and illuminates by ultraviolet; using a developer to obtain a patterned polyamide acid template; coating a metal nanowire suspension on the patterned template; and removing the metal nanowire outside of the patterned

polyamic acid. The present invention also discloses an electrode using the patterned metal nanowire and a transistor using the patterned metal nanowire electrode.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 10 二氧化矽基材
- 20 聚醯胺酸
- 30 光罩
- 40 奈米銀線
- 50 噴槍

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

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)

奈米金屬線圖案化之方法，使用該方法製備而成之圖案化奈米金屬線電極以及包含該圖案化奈米金屬線電極做為材料之電晶體元件/Method for producing patterned metal nanowire, electrode using the patterned metal nanowire and the transistor using the patterned metal nanowire electrode

【技術領域】

【0001】 本發明關於一種奈米金屬線圖案化之方法，及使用該方法製備而成之圖案化奈米金屬線電極以及包含該圖案化奈米金屬線電極做為電極材料之電晶體元件。

【先前技術】

【0002】 隨著科技的進步，進二十年來，電腦、通訊產品以及消費性電子產品如雨後春筍般推出。其中，研發同時具有低電阻及高透光度的材料是許多顯示器類型電子產品的重要目標。因此，奈米碳管(CNTs)、石墨烯、金屬氧化物以及金屬奈米線等同時具有高導電度及高透光度的材料皆開始受到許多關注。目前廣泛使用於透明導體的銦錫氧化物(ITO)具有優良的電子和光學性質，經常運用在各種不同的電子設備中，尤其是在電子顯示器和太陽能電池的發展中發揮了重要的角色，但由於銦的原料短缺以及製程設備成本高昂等缺點，使得科學家開始尋找新的替代材料。

【0003】 其中，奈米金屬線，尤以銀線(AgNWs)為主，被認為是未來最有可能取代銦錫氧化物用於透明導體的一種具有潛力的材料。因為銀是全世界導電性最強的金屬，約為ITO的一百倍，所以導體中相互交疊的奈米

銀線，可形成高導電的網路，此外奈米銀線的長寬比高，所構成的網路相當稀鬆，如此一來可產生極高透光的效果，且導電性及透射率(Transmission Rate)也很高。由於以奈米銀線製作的透明導體具備高導電特性和極佳透光效果，因此可當做觸控螢幕感應器，或是有機發光二極體(OLED)照明系統的正極(Anode)。此外，奈米銀線透明導體還能成為電子顯示器的畫素電極，以及太陽能電池的上下層電極板。隨著微軟(Microsoft)Windows 8作業系統上市，無論筆記型電腦、桌上型電腦或一體成型電腦(AIO)都讓觸控螢幕變成市場新寵。大多數觸控螢幕採用投射式電容技術，所以需要高品質的透明導體，才能做到更好的使用者經驗。觸控螢幕目前除廣泛應用在平板電腦、筆記型電腦、手機、桌上型電腦外，還包括互動式資訊機台(Kiosk)、遊戲機、銷售點終端裝置(POS)、汽車、全球衛星定位系統(GPS)等其他消費性電子裝置；觸控螢幕儼然成為最直覺的使用介面。因為OLED照明和有機太陽能電池都需要超高的導電性(片電阻值小於 $20 \Omega/\text{sq}$)以及極佳的透光性(透射率超過90%)，所以奈米銀線產品取代了無法滿足需求的ITO，讓不少公司開始將其應用在最新的產品線上。

【0001】 隨著大型觸控顯示器(例如23吋觸控螢幕)的發展，為能滿足十點觸控的即時控制反應，更高的導電性以及高解析的圖案化變得十分重要。由於奈米金屬線是散亂分布，不會有圖樣干擾視覺或是莫列波紋(Moire)，大幅改善視覺效果。其他像是筆記型電腦等行動裝置，觸控螢幕必須更輕、更薄、更耐用；因此，市場對於導體與塑膠薄膜結合應用的需求，正逐漸超越過去傳統的玻璃基板。此外，可撓式顯示器的研發成功，造成透明導體必須要能滿足非平面的設計，因此，能彎能捲並且能進行

圖案化變成最新的要求。更重要的是，消費電子產品的價格持續下滑，因此透明導電體的成本亦必須跟上腳步，然而，相較其他透明導體，銀奈米線更能滿足以上要求。

【0002】 目前已有許多在聚合物基板上使奈米金屬線(特別是奈米銀線)圖案化方法的研究，例如：

【0003】 先前技術1：美國坎畢歐科技公司(Cambrios Technologies)與Toray的「部分蝕刻」技術，其係將蝕刻區域內的奈米銀線利用雷射切斷但不去除，這樣銀線仍存在但不導通，可以達到圖案化的效果。

【0004】 先前技術2：日本Gunze公司所推出的DPT(Direct Printing Technology)技術，係將粒徑數十到數百奈米(nm)的銀顆粒製成油墨(Ink)，再以高精密網印形成線寬20 μm 、間隔300~1,000 μm 的方格網狀銀，在印刷時由方格網狀銀直接形成觸摸感測器的圖案，所以不需電鍍蝕刻，且適用於捲軸式(Roll-to-Roll)製程。此項技術可以視需要印製具有不同形狀感測器圖案的DPT film，以單片或雙片(重疊)的方式來使用。

【0005】 先前技術3：一般奈米銀線漿料可利用狹縫式塗佈成捲，再以微影蝕刻的方式去做圖案化，然而步驟十分繁雜。日本Hitachi Chemical公司在Finetech Japan發表最新一代透明電極膜的轉印加工技術，此技術被稱為透明導電轉印乾膜 (Transparent Conductive Transfer Film; TCTF)技術，其結構組成上層為保護膜(Cover Film)，中間層為5 μm 厚的光阻乾膜與透明導電層，下層為Carrier Film，其中的透明導電層為奈米銀線，來源是由Cambrios提供。此項技術的流程係首先於100~140°C的溫度範圍將TCTF轉印在玻璃或透明塑膠基板，然後在光罩下進行第一次曝光，接著將載體

膜(Carrier Film)移開再進行第二次曝光。再經過顯影步驟(使用1% Na₂CO₃水溶液)後，即可得到深度0.4~0.8 μm的蝕刻圖案。最後再通過高能量的全面曝光，將絕緣層完全硬化，如此可同時完成透明電極圖案化與絕緣層的貼合。

【發明內容】

【0006】 上述內容可知目前發展的幾種奈米金屬線圖案化方法，然而，在先前技術1中，雷射圖樣在奈米銀線上容易直接造成基板受損，且由於雷射過之奈米銀線所產生的圖樣可能是肉眼看得到的，奈米銀線薄膜會有更嚴重的漫反射及霧度(Haze)問題，螢幕的霧度問題會導致在室外場景光線照射的情況下，螢幕反射光強烈，嚴重時會使得使用者看不清螢幕，導致市場接受度不高。

【0007】 先前技術2利用銀顆粒製成油墨(Ink)，雖可用於捲軸式(Roll-to-Roll)大規模製程，但銀顆粒相較於銀線之導電度以及透光度差異甚遠，因此無法用於導電度需求極高的大尺度觸控面板等電子元件上。

【0008】 先前技術3的光阻乾膜厚度為5μm，微影蝕刻步驟後也將會留下光阻乾膜，對於電晶體元件而言，將會造成嚴重的接觸電阻(contact resistant)，而導致遷移率的下降。

【0009】 因此，本案發明人發現先前技術所面臨的上述問題，為了解決上述問題，本發明之一目的在於提供一種奈米金屬線圖案化之方法，包含：(a)將一感光性聚醯胺酸高分子溶液塗佈於一矽基材上並烤乾；(b)利用一光罩與該感光性聚醯胺酸高分子貼合後，以能量射線照射；(c)以顯影液顯影，獲得一具有圖案化聚醯胺酸之圖案化模板；(d)將一奈米金屬線懸浮

液塗覆於該圖案化模板上；且(e)去除該圖案化聚醯胺酸以外的奈米金屬線。

【0010】 於一較佳實施例中，該感光性聚醯胺酸高分子塗佈之厚度為450-2000nm。

【0011】 於另一較佳實施例中，該矽基材為二氧化矽晶圓。

【0012】 於另一較佳實施例中，該感光性聚醯胺酸高分子溶液為1,4-環己二胺(CHDA)單體與3,3',4,4'-二聯苯四羧酸二酐(BPDA)形成聚醯胺酸後，混合肉桂酸型光鹼起始劑PBG而得。

【0013】 於另一較佳實施例中，該聚醯胺酸之黏度為0.3~0.4 dL/g。

【0014】 於另一較佳實施例中，該步驟(d)之奈米金屬線懸浮液係以噴塗法塗覆於該圖案化模板上。

【0015】 於另一較佳實施例中，該奈米金屬線懸浮液係以乙醇溶液懸浮，且該奈米金屬線濃度為1mg/ml。

【0016】 於另一較佳實施例中，該步驟(e)係以膠帶剝離法以去除該圖案化聚醯胺酸以外的奈米金屬線。

【0017】 本發明之另一目的在於提供一種圖案化奈米金屬線電極，其係由上述方法製備而得，包含：一矽基材；一形成於矽基材上之具有圖案化聚醯胺酸之圖案化模板；及一附著於該圖案化聚醯胺酸上之奈米金屬線。

【0018】 本發明之另一目的在於提供一種電晶體元件，其包含上述之圖案化奈米金屬線電極做為電極材料。

【0019】 相較於先前技術，本案中利用感光性聚醯胺酸高分子溶液塗佈在矽基材，該聚醯胺酸藉由加熱可脫水閉環成為聚醯亞胺(polyimides)薄膜。聚醯胺酸加熱溫度越高則閉環程度越高，閉環程度可由醯亞胺特徵吸

收帶 1765cm^{-1} (asymmetrical C=O), 1693 cm^{-1} (symmetrical C=O), 736 cm^{-1} (imide ring deformation) 且聚醯胺酸的 3000 cm^{-1} (broadband O-H) 吸收值消失作為鑑別，利用以上峰值的改變可判斷聚醯胺酸是否完全地轉變為聚醯亞胺。本案中利用聚醯胺酸局部閉環形成聚醯亞胺，而局部仍保有聚醯胺酸，並利用聚醯胺酸的氨基與羧酸基團，與奈米金屬線進行孤對電子的配位，使奈米金屬線能跟聚醯胺酸有卓越的附著力，在剝離步驟中，只有聚醯胺酸圖案以外的奈米金屬線會被剝離，因而獲得圖案化之奈米金屬線；利用上述處理而獲得之圖案化奈米金屬線，亦可再經由加溫到 250°C ，使聚醯胺酸完全閉環成聚醯亞胺，避免聚醯胺酸本身容易吸水的性質。

【0020】 而就聚醯胺酸局部閉環或完全閉環形成的聚醯亞胺而言，其是一種帶有五角形強極性醯亞胺重複單元的高分子聚合物，且具有優異的熱安定性、耐化學腐蝕、高機械強度等優點，且聚醯亞胺基板具有輕、薄、表面平坦、耐撓曲及良好耐化性等特性，且無金屬高溫擴散問題，故聚醯亞胺是高性能高分子材料中用來製作軟性基板的最佳選擇。雖然本發明在進行微影蝕刻程序後也會留下聚醯亞胺高分子，但可藉由控制聚醯亞胺濃度的調整，將厚度降低至奈米尺度，大大減低接觸電阻所造成的影響，亦不至於影響其透光度。

【圖式簡單說明】

【0021】 圖1為製備製備圖案化奈米銀線電極之流程示意圖。

【0022】 圖2 (A) CHBPDAPI和CHBPDAPAA之IR光譜。圖2 (B)為混入PBG後CHBPDAPAA 在階段性升溫之IR光譜。

【0023】 圖3(A)為巨觀下CHBPDAPAA/二氧化矽基材負型顯影圖案

圖像。圖左，光罩設計；圖右，微影蝕刻後聚醯胺酸圖案。(B)為CHBPDAPAA負型顯影圖案之光學顯微影像。圖左，光照設計；圖右微影蝕刻所得之聚醯胺圖案。CHBPDAPAA/PBG (80/20 wt/wt)系統，厚度為 $0.8\mu\text{m}$ 之PAA薄膜。曝前烤條件為 100°C ，5分鐘；broad-band曝光條件為 $500\text{ mJ}/\text{cm}^2$ ；PEB條件為溫度為 190°C ，4分鐘。(C)圖左，為在氮氣環境下經過 190°C 曝後烤4.5分鐘，局部閉環CHBPDAPAA薄膜表面輪廓圖，此為光罩中間兩條電極，解析度為 $50\text{ }\mu\text{m}$ ；圖右，在氮氣環境下經過 190°C 曝後烤4.5分鐘，局部閉環CHBPDAPAA薄膜表面輪廓圖，此為左右兩側 $100\text{ x }100\mu\text{m}$ 方格。

【0024】 圖4(A)為藉由3M膠帶剝離整面已均勻噴塗好奈米銀線的AgNWs/CHBPDAPAA/二氧化矽基材之圖像。圖左，3M膠帶；圖右，AgNWs/CHBPDAPAA/二氧化矽基材。(B)為奈米銀線噴塗於CHBPDAPAA/PBG (80/20 wt/wt)負型顯影圖案之對焦於CHBPDAPAA光學顯微影像。圖左，未經3M膠剝離；圖右，經3M膠剝離。(C)為奈米銀線噴塗於CHBPDAPAA/PBG (80/20 wt/wt)負型顯影圖案之對焦於二氧化矽基材之光學顯微影像。圖左，未經3M膠剝離；圖右，經3M膠剝離。

【0025】 圖5為製備場效式電晶體之流程示意圖。

【0026】 圖6(A)為電子輸出特性圖譜(B)為電子傳輸特性圖譜。

【實施方式】

【0027】 本文中術語「一」或「一種」當與「包含」連用於申請專利範圍或說明書中，可能代表有一個，但也符合「一或多個」或「至少一個」。

【0028】 本發明之奈米金屬線圖案化之方法

【0029】 本發明之一目的在於提供一種奈米金屬線圖案化之方法，包

含：(a) 將一感光性聚醯胺酸高分子溶液塗佈於一矽基材上並烤乾；(b)利用一光罩與該感光性聚醯胺酸高分子貼合後，以UV光照射；(c)以顯影液顯影，獲得一具有圖案化聚醯胺酸之圖案化模板；(d)將一奈米金屬線懸浮液塗覆於該圖案化模板上；且(e)去除該圖案化聚醯胺酸以外的奈米金屬線。

【0030】 於本文中，該感光性聚醯胺酸高分子溶液經加熱後，透過FTIR光譜來鑑別其脫水閉環形成聚醯亞胺薄膜之程度；本文中，如未特別說明該感光性聚醯亞胺薄膜係聚醯胺酸完全閉環形成，則代表其係局部閉環的感光性聚醯亞胺薄膜，因此局部仍保留聚醯胺酸，因此本文中所稱之感光性聚醯亞胺薄膜中局部仍保留聚醯胺酸的氨基和羧基基團，意義等同文中所稱「圖案化聚醯胺酸」。本文中，所使用的感光性聚醯胺酸高分子並為特別限制，可使用習知的二酐、二胺製備而成，較佳為負型感光性聚醯胺酸。

【0031】 本文中，該感光性聚醯胺酸高分子溶液係於聚醯胺酸高分子溶液中添加光起始劑而獲得，光起始劑係經光照射後會產生自由基，而透過自由基之傳遞引發聚合反應者。適用於本發明之光起始劑並無特殊限制，其例如但不限於二苯甲酮 (benzophenone)，二苯乙醇酮(benzoin)、2-羥基-2-甲基-1-苯丙酮(2-hydroxy-2-methyl-1-phenyl-propan-1-one)、2,2-二甲氧基-1,2-二苯基乙-1-酮(2,2-dimethoxy-1,2-diphenylethan-1-one)、1-羥基環己基苯基酮(1-hydroxy cyclohexyl phenyl ketone)、2,4,6-三甲基苯甲醯基二苯基磷氧化物(2,4,6-trimethylbenzoyl diphenyl phosphine oxide)，或彼等之混合物；較佳之光起始劑係為肉桂酸型光鹼起始劑PBG。

【0032】 於另一較佳實施例中，該感光性聚醯胺酸高分子溶液為1,4-

環己二胺(CHDA)單體與3,3',4,4'-二聯苯四羧酸二酐(BPDA)形成聚醯胺酸高分子溶液後，混合肉桂酸型光鹼起始劑PBG而得。其中該CHDA係利用正己烷進行在結晶純化，接著在室溫環境下烘乾24小時獲得白色結晶。

【0033】 光起始劑的種類及添加量通常視所用之聚醯胺酸種類而定。一般而言，以100重量份之聚醯胺酸，光起始劑的添加量係約0.01至約25重量份。若光起始劑的添加量太少，於曝光之際，自由基供應不足，而使光感度降低。反之，若光起始劑的添加量太高，則塗膜表面之曝光光線吸收過大，使得曝光光線無法到達內部，造成聚合的速率內外不均勻。上述聚醯胺酸高分子溶液與肉桂酸型光鹼起始劑PBG混合之重量比較佳但不限於4:1之比例，混合後較佳可利用磁石攪拌隔夜。

【0034】 此外，可於感光性聚醯胺酸高分子溶液中加入微量添加劑，如矽烷偶合劑(silane coupling agent)，以增加感光性聚醯亞胺樹脂對基材之密著性。常用的矽烷偶合劑例如但不限於3-胺丙基三甲氧基矽烷、3-胺丙基三乙氧基矽烷、2-胺丙基三甲氧基矽烷、2-胺丙基三乙氧基矽烷及其混合物。

【0035】 於本文中，該感光性聚醯胺酸高分子溶液塗佈之厚度奈米尺度做為模板，厚度可為450-2000nm，較佳為860nm。

【0036】 上述將該感光性聚醯胺酸高分子溶液塗佈於該矽基材上可利用習知的塗佈方式，如旋轉塗佈。於另一較佳實施例中，該矽基材為二氧化矽晶圓。

【0037】 上述步驟(a)中，烤乾之條件可為以90°C至110°C進行曝前烤5至15分鐘，較佳為以100°C進行曝前烤10分鐘。

【0038】 上述步驟(b)中所使用之能量射線，泛指一定範圍波長之光源，例如但不限於紫外光、紅外光、可見光或熱線(放射或輻射)等，較佳為紫外光。於一較佳實施例中，上述步驟(b)，係照射UV光，接著可將基材放置加熱盤以190°C進行曝烤4至5分鐘，較佳為4.5分鐘，使照光區的聚醯胺酸高分子閉環。

【0039】 上述步驟(c)中所使用之顯影液，並無特殊限制，且可利用浸漬法、噴霧法等眾所周知之方法進行顯影，可獲得圖像。作為顯影液，可使用氫氧化鈉水溶液、氫氧化鉀水溶液、碳酸鈉水溶液、碳酸鉀水溶液、四甲基氫氧化銨水溶液等鹼性水溶液。較佳之鹼性水溶液顯影液，例如但不限於2.38重量%四甲基氫氧化銨(TMAH)水溶液、1-5重量%碳酸鈉水溶液或其混合。

【0040】 上述步驟(c)中，較佳但不限於利用鹼性顯影液進行顯影，顯影時間為2至3分鐘。顯影後，可利用浸漬法、噴霧法等眾所周知之方法進行清洗。作為沖洗液，可使用水或在水中添加有機溶劑者。較好的是將沖洗液保持成適當之溫度。藉此可於顯影後除去基板之殘渣。作為沖洗液之溫度，自除去殘渣之觀點考慮，較好的是15°C~60°C，進而好的是20°C~50°C。利用沖洗液進行清洗後，可利用無機酸水溶液或有機酸水溶液進行清洗。作為無機酸水溶液，具體而言可列舉：鹽酸水溶液、硫酸水溶液、磷酸水溶液、硼酸水溶液。作為有機酸水溶液，具體而言可列舉：甲酸水溶液、乙酸水溶液、檸檬酸水溶液、乳酸水溶液等。利用無機酸水溶液或有機酸水溶液之清洗時間，自清洗效率之觀點考慮，較好的是5秒至120秒，進而好的是10秒至60秒。於利用酸性水溶液進行沖洗之情形時，較好的是

其後利用水來沖洗酸性水溶液。

【0041】 本文中所稱「金屬線」係指任何一種可導電的金屬線，如金、銀、銅等，較佳者為銀線。該奈米金屬線懸浮液的製法為習知，本文中不再贅述。於另一較佳實施例中，該步驟(d)之奈米金屬線懸浮液係以噴塗法塗覆於該圖案化模板上。其中該奈米金屬線的長度與直徑並無限制，較佳之平均長度為30 μ m、較佳之平均直徑為90nm，其長徑比(aspect ratio=length/diameter)平均值大於300。長徑比越高則越有利於透明導電的性能。

【0042】 於另一較佳實施例中，該奈米金屬線懸浮液係以乙醇溶液懸浮，且該奈米金屬線濃度為1mg/ml。

【0043】 本文中步驟(e)之去除塗案化聚醯胺酸以外的奈米金屬線之方法並無限制，而於一較佳實施例中，該步驟(e)係以膠帶剝離法以去除該圖案化聚醯胺酸以外的奈米金屬線。

【0044】 利用上述的方法，本發明之另一目的在於提供一種圖案化奈米金屬線電極，其係由上述之方法製備而得，包含：一矽基材；一形成於矽基材上之具有圖案化聚醯胺酸之圖案化模板；及一附著於該圖案化聚醯胺酸上之奈米金屬線。

【0045】 由利用本發明之本發明圖案化奈米金屬線電極，本發明之另一目的在於提供一種電晶體元件，其包含上述之圖案化奈米金屬線電極做為電極材料。

【0046】 實施例

【0047】 本發明將以下實施例詳細加以說明，惟該等實施例僅為說明目的，而非用以限制本發明之範圍。

【0048】 製備例

【0049】 合成聚醯亞胺(CHBPDAPI)薄膜

【0050】 將順-1,4-環己二胺(trans-1,4-Cyclohexanediamine, CHDA) (0.1142 g, 1.0 mmol)於氮氣環境下70°C溶於2.2毫升的DMAc。溶解後將溶液冷卻到室溫然後將乙酸(0.1321 g, 2.2 mmol)緩慢的加入。約10分鐘後，將聯苯四甲酸二酐(4,4'-bipthalic anhydride) (0.3528 g, 1.2mmol)加入至溶液中。於室溫下將反應溶液利用磁石攪拌六小時形成聚醯胺酸(PAA)高分子溶液，並且可以發現聚醯胺酸溶液變得透明且有黏度。特性黏度值(intrinsic viscosity)約為0.3–0.4 dL/g。接著將該聚醯胺酸高分子溶液和光鹼起始劑PBG以重量比4:1的比例混合製備出感光性聚醯胺酸高分子溶液，並以磁石攪拌隔夜。

【0051】 實施例1-以微影蝕刻技術製備感光型聚醯亞胺CHBPDAPI圖案及利用噴槍噴塗銀線形成圖案化奈米銀線電極

【0052】 請搭配圖1，一併進行說明。

【0053】 將上述製備例所製得的感光性聚醯胺酸高分子溶液旋轉塗布於長好二氧化矽的矽基材10(矽晶圓)上在空氣環境下以溫度100°C曝前烤十分鐘，烤乾溶液以製備局部閉環的感光性聚醯亞胺薄膜20(亦即局部保留聚醯胺酸)，該感光性聚醯亞胺薄膜20中局部仍保留聚醯胺酸的氨基和羧基基團。感光性聚醯亞胺薄膜20閉環程度可由FTIR光譜測試而得：感光性聚醯胺酸高分子溶液(簡稱CHBPDA PAA)藉由上述加熱(曝前烤)步驟，可以局部脫水閉環成為感光性聚醯亞胺薄膜20(簡稱CHBPDAPI)，加熱溫度越高閉環程度越高；感光性聚醯胺酸和感光性聚醯亞胺薄膜20之傅里葉轉換紅外

光譜(FTIR)光譜如圖2(A)，閉環程度的鑑別係藉由醯亞胺特徵吸收帶 1765cm^{-1} (asymmetrical C=O), 1693cm^{-1} (symmetrical C=O), 736cm^{-1} (imide ring deformation)且聚醯胺酸的 3000cm^{-1} (broadband O-H)吸收值消失作為鑑別。以上峰值的改變可判斷聚醯胺酸轉變為聚醯亞胺的程度。

【0054】 將感光性聚醯胺酸高分子溶液烤乾形成局部閉環的感光性聚醯亞胺薄膜20後，將設計好圖案的光罩30(本實施例中採左右間隔解析度 $40\mu\text{m}$ 的獨立線路側邊拉出 7mm 長度，接出 $1\times 1\text{mm}$ 方格)與塗佈有感光性聚醯亞胺薄膜20的二氧化矽基材10以真空貼合的方式，在寬帶(broad-band)超高壓水銀燈下利用UV光照射。照射UV光後將二氧化矽基材10放置加熱盤以 190°C 進行曝後烤4.5分鐘，再利用鹼性顯影液進行顯影(25°C 下以 $2.38\text{wt}\%$ TMAH(aq) 混有 $20\text{wt}\%$ iPrOH的水溶液)顯影2~3分鐘，顯影出設計好光罩30的圖案。

【0055】 接著，將奈米銀線40懸浮乙醇溶液稀釋為濃度 1mg/ml ，以噴槍50針頭距離二氧化矽基材10的 9cm 處，以流速 0.033ml/s 噴塗60秒上顯影後的感光性聚醯亞胺薄膜20/二氧化矽基材10，將二氧化矽基材10加熱 200°C 持續30分鐘，使銀線擴散於聚醯胺酸20/二氧化矽基材10上。之後，利用3M膠帶重覆剝離整個基材，因為局部閉環的感光性聚醯亞胺薄膜20中，局部仍保留聚醯胺酸的氨基和羧基基團，因此利用其跟二氧化矽基材10對奈米銀線40吸附的差異性，可將圖案化感光性聚醯亞胺薄膜20區域以外的銀線完全清除，只保留圖案化感光性聚醯亞胺薄膜20上的奈米銀線40，以此方法製備成圖案化的奈米銀線電極。

【0056】 在本實施例中，藉由導入光鹼起始劑PBG，除了能有效的使

聚醯胺酸光圖案化之外，光鹼起始劑照射UV光後所產生的鹼更能有效的催化聚醯胺酸，使其在較低的溫度完全轉變為聚醯亞胺($< 250^{\circ}\text{C}$)，如圖2(B)，此結果顯示，曝後烤 190°C 持續4~5分鐘後，聚醯胺酸會局部閉環形成感光性聚醯亞胺薄膜20，而局部仍保有聚醯胺酸的氨基與羧酸基團與奈米銀線40進行孤對電子的配位，能使奈米銀線40能跟感光性聚醯亞胺薄膜20有較卓越的附著力，不會被3M膠剝離，所以在3M膠剝離整面噴塗的圖案化感光性聚醯亞胺薄膜20/二氧化矽基材10過程，只有感光性聚醯亞胺薄膜20圖案以外的的奈米銀線40會被剝離。

【0057】 結果

【0058】 請參考圖3，一併進行說明。

【0059】 巨觀下顯影結果如圖3(A)所示，感光性聚醯亞胺薄膜20成功複製出光阻圖案，而微觀探討材料表面如圖3(B)，從光學顯微圖像可看出經由負型感光性聚醯亞胺薄膜20圖案。觀測到感光性聚醯亞胺薄膜20顯影出來的圖按照設計好的光罩30模板，中間即將噴塗作為電晶體兩側電極的感光性聚醯亞胺薄膜20圖案通道間沒有殘留感光性聚醯亞胺薄膜20，且具有 $40\mu\text{m}$ 解析度的負型圖案，光學顯微圖像上沒有發現任何圖案破損。此外，利用MICROFIGURE MEASURING INSTRUMENT-Surfcorder ET3000量測圖案厚度及材料平整度，如圖3(C)，顯示此材料顯影後非常平整，厚度為 $0.8\mu\text{m}$ 。從光學顯微圖像及MICROFIGURE MEASURING INSTRUMENT-Surfcorder ET3000的量測，顯示的此技術的處理性佳，通道間的沒有感光性聚醯亞胺薄膜20的殘留以及材料保有極佳平整性，有利於奈米銀線40噴塗後電性的傳導，且左右電極間不會相互導通。

【0060】 另請參考圖4，一併進行說明。

【0061】 藉由噴槍50來噴塗奈米銀線40可以較少量的奈米銀線40用料，即使得奈米銀線40均勻分布，而感光性聚醯亞胺薄膜20的良好平整性也讓奈米銀線40平整且緻密的分布感光性聚醯亞胺薄膜20上面，上述內容提到，感光性聚醯亞胺薄膜20基材上，仍保有未閉環之聚醯胺酸的氨基與羧酸基團能與奈米銀線40進行孤對電子的配位，使奈米銀線40能跟感光性聚醯亞胺薄膜20有卓越的附著力，不會被3M膠剝離，而二氧化矽基材10與奈米銀線40間並沒有此附著力，所以在噴槍50噴塗上奈米銀線40並且以200°C加熱使銀線擴散後，以3M膠帶剝離整面噴塗奈米銀線40的圖案化感光性聚醯亞胺薄膜20/二氧化矽10基材過程，只有圖案化感光性聚醯亞胺薄膜20以外的基材上所附著的奈米銀線40會被剝離。由圖4(A)可巨觀測到奈米銀線40只有附著在圖案化感光性聚醯亞胺薄膜20，以外的區域則被3M膠帶剝離。而以微觀下進行探討，圖4(B)為光學顯微鏡在噴塗奈米銀線40後對焦在感光性聚醯亞胺薄膜20/二氧化矽基材10經由3M膠帶重覆剝離的比對光學顯微圖像，對焦在感光性聚醯亞胺薄膜20可觀測出奈米銀線40經由3M膠帶重覆剝離三次以上，奈米銀線40在感光性聚醯亞胺薄膜20/二氧化矽基材10上依然保持相當高的緻密程度；而圖4(C)為光學顯微鏡在噴塗奈米銀線40後對焦在二氧化矽的感光性聚醯亞胺薄膜20/二氧化矽基材10經由3M膠帶重覆剝離的比對光學顯微圖像，對焦在二氧化矽基材10可更清楚的判別兩電極之間的奈米銀線40被清除得非常乾淨，使左右兩電極之間不會導通。

【0062】 另外，藉由四點探針量測，尚未被3M膠剝離前奈米銀線40導電度為 $2.2-2.5 \times 10^4 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ，3M膠帶重覆剝離多次後左右兩側電極導電度

維持 $1.3-1.4 \times 10^4 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 之間，依舊維持良好的導電性，由光學顯微鏡及四點探針的量測顯示出奈米銀線40跟聚醯胺酸基才有良好的附著力，使得奈米銀線40成功圖案化且保有良好的導電性，成為奈米銀線電極。

【0063】 實施例2-利用奈米銀線電極真空濺鍍並五苯60製備場效式電晶體70

【0064】 請搭配圖5，一併進行說明。

【0065】 使用實施例1製備好的奈米銀線電極，並確立單獨左右電極可導電，而兩電極之間不導通，將設計好的光罩30(1x1mm方格)緊貼合於圖案化的奈米銀線電極，方格須涵蓋中間兩獨立電極，以真空濺鍍的方式鍍上50nm厚度的並五苯60(Pentacene)於兩獨立電極來製備場效式電晶體70並進行電性測試，如圖5所示。

【0066】 場效式電晶體電性測試結果

【0067】 請參考圖6，一併進行說明。

【0068】 上述實施例2中以奈米銀線40作為下電極(通道長度=40 μm ，通道寬度=1000 μm)，真空濺鍍並五苯60作為P型場效式電晶體，以Keithley 4200-SCS semiconductor parametric analyzer在室溫下通氮氣的手套箱進行量測，每組電晶體至少量測十次以上去確立元件再現性，電子輸出特性以門檻電壓操作以每隔間隔1V，範圍10V掃到-60V，電子傳輸特性圖譜如圖6(A)。輸出特性以門檻電壓以間隔1V從0V變化到60V，輸出特性圖譜如圖6(B)。經由計算，電晶體平均電子遷移率為0.12，最大電子遷移率為0.21，平均on/off比例高達 1.2×10^7 。從實驗結果顯示本圖案化奈米銀線電極材料的穩定性及可行性。

【符號說明】

【0069】

- 10 二氧化矽基材
- 20 感光性聚醯亞胺薄膜
- 30 光罩
- 40 奈米銀線
- 50 噴槍
- 60 並五苯
- 70 場效式電晶體

【生物材料寄存】

無

【序列表】

無

申請專利範圍

1. 一種奈米金屬線圖案化之方法，包含：
 - (a) 將一感光性聚醯胺酸高分子溶液塗佈於一矽基材上並烤乾；
 - (b) 利用一光罩與該感光性聚醯胺酸高分子貼合後，以能量射線照射；
 - (c) 以顯影液顯影，獲得一具有圖案化聚醯胺酸之圖案化模板；
 - (d) 將一奈米金屬線懸浮液塗覆於該圖案化模板上；且
 - (e) 去除該圖案化聚醯胺酸以外的奈米金屬線。
2. 如請求項1之方法，其中該感光性聚醯胺酸高分子塗佈之厚度為450-2000 nm。
3. 如請求項1之方法，其中該矽基材為二氧化矽晶圓。
4. 如請求項1之方法，其中該感光性聚醯胺酸高分子溶液為1,4-環己二胺(CHDA)單體與3,3',4,4'-二聯苯四羧酸二酐(BPDA)形成聚醯胺酸後，混合肉桂酸型光鹼起始劑PBG而得。
5. 如請求項1之方法，其中該聚醯胺酸之黏度為0.3~0.4 dL/g。
6. 如請求項1之方法，其中該步驟(d)之奈米金屬線懸浮液係以噴塗法塗覆於該圖案化模板上。
7. 如請求項1之方法，其中該奈米金屬線懸浮液係以乙醇溶液懸浮，且該奈米金屬線濃度為1mg/ml。
8. 如請求項1之方法，其中該步驟(e)係以膠帶剝離法以去除該圖案化聚醯胺酸以外的奈米金屬線。
9. 一種圖案化奈米金屬線電極，其係由請求項1至8任一項之方法製備而得，包含：

一矽基材；

一形成於矽基材上之具有圖案化聚醯胺酸之圖案化模板；及

一附著於該圖案化聚醯胺酸上之奈米金屬線。

10. 一種電晶體元件，其包含請求項9之圖案化奈米金屬線電極做為電極材料。

圖式

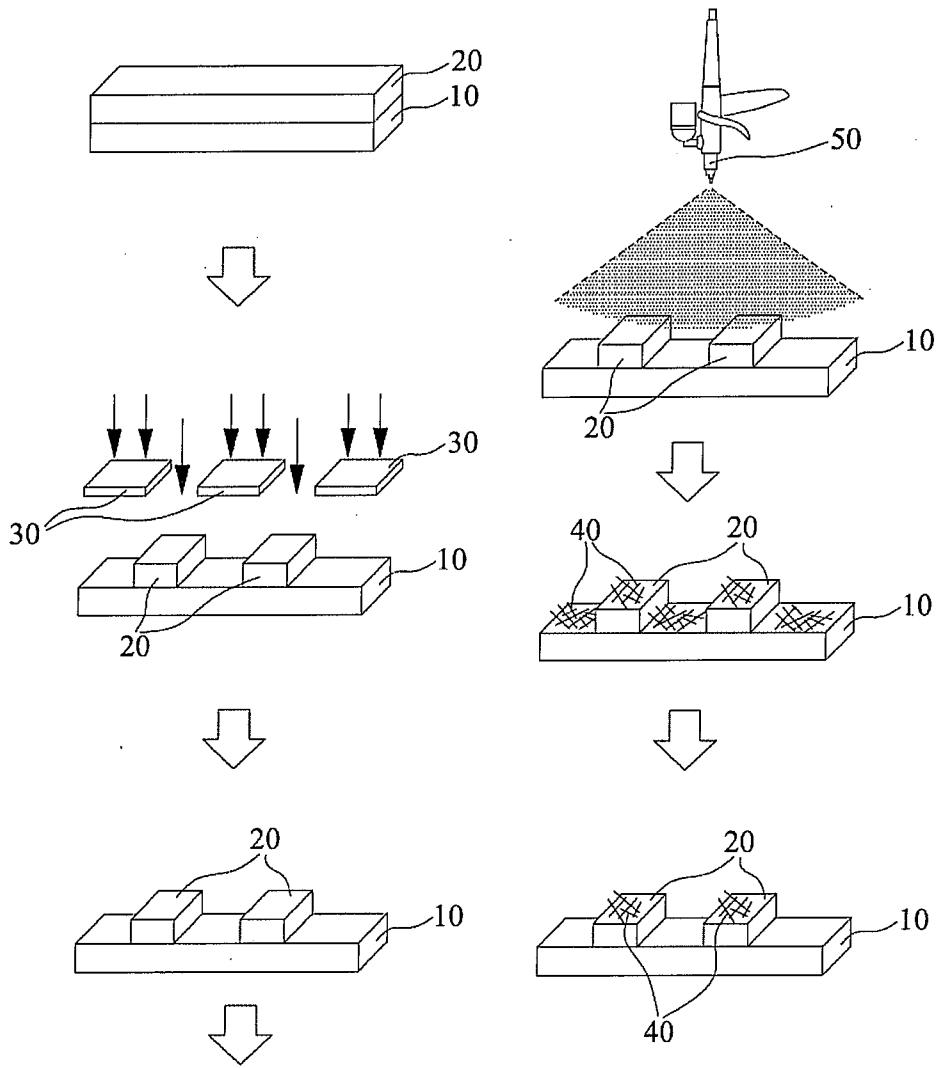
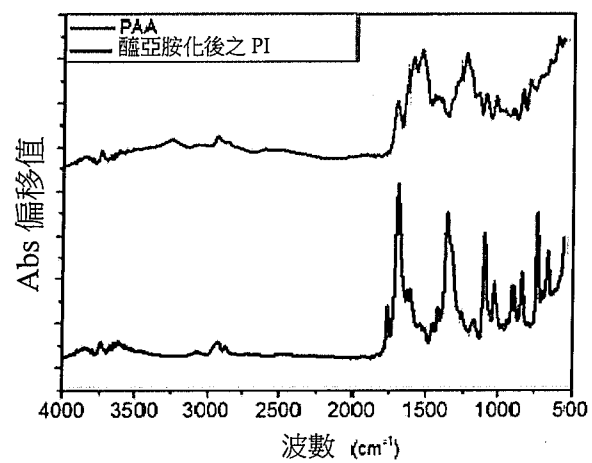


圖 1

(A)



(B)

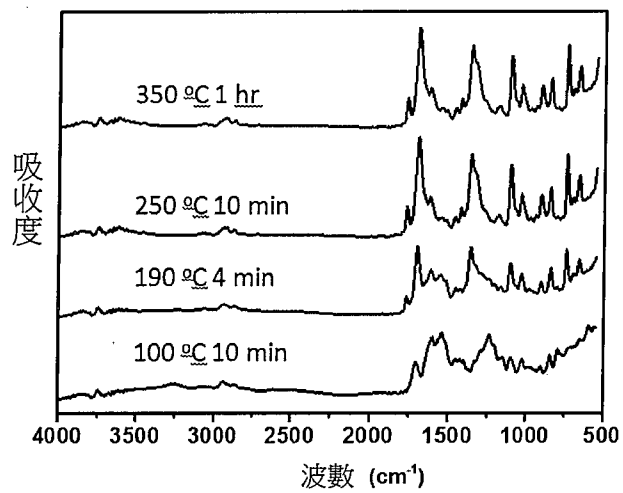
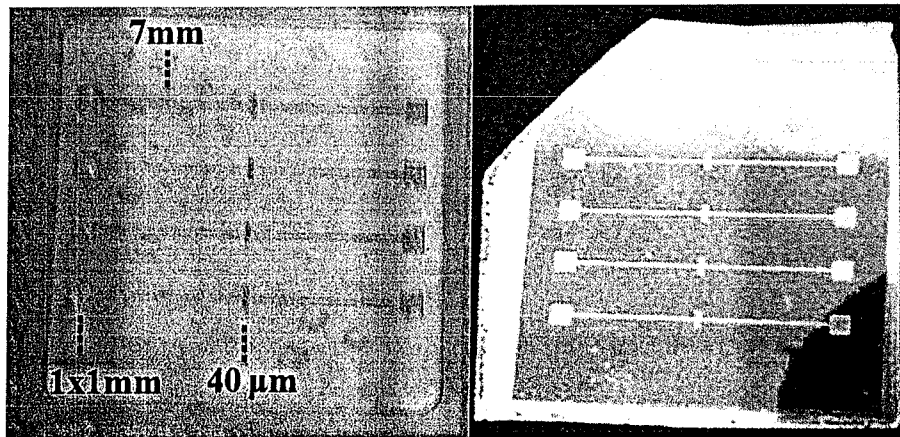
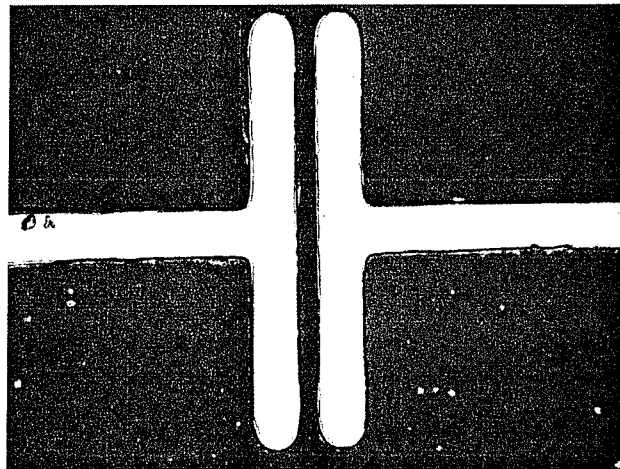


圖 2

(A)



(B)



(C)

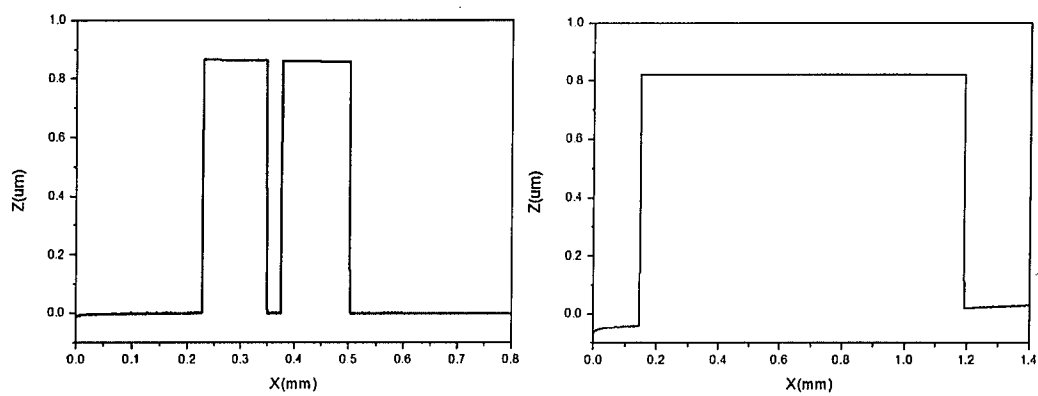
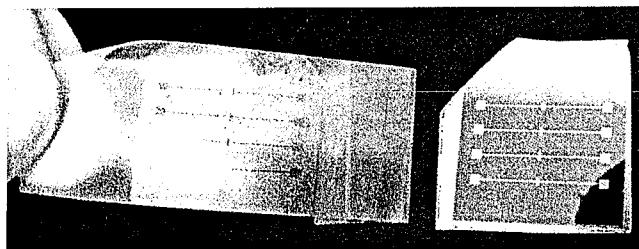
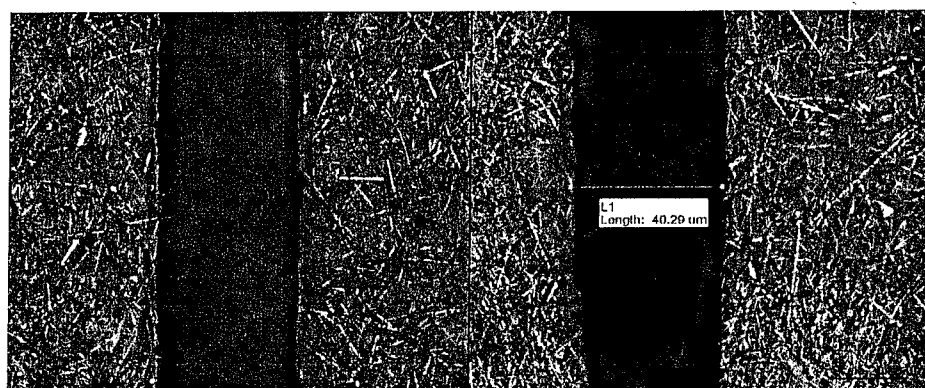


圖 3

(A)



(B)



(C)

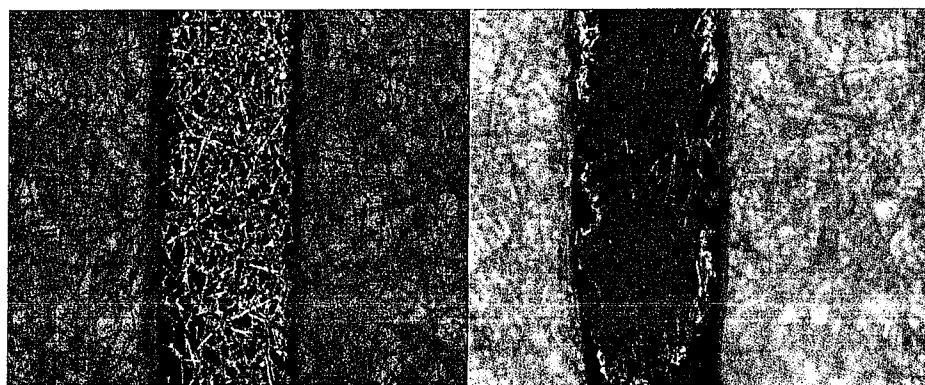


圖 4

70

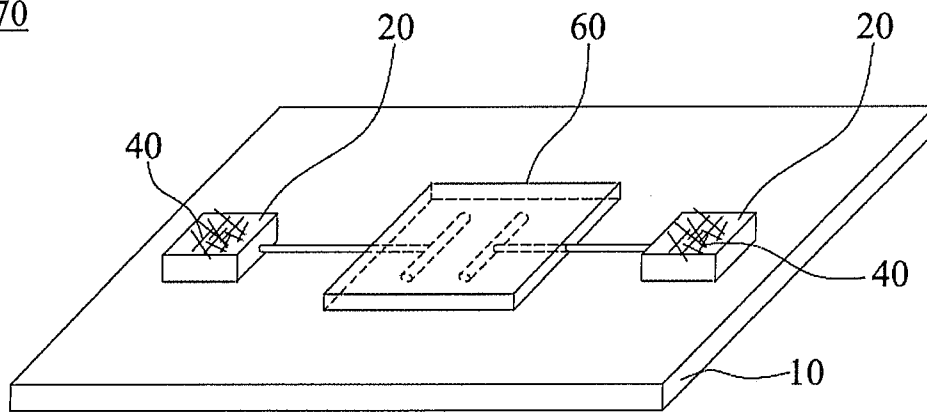


圖 5

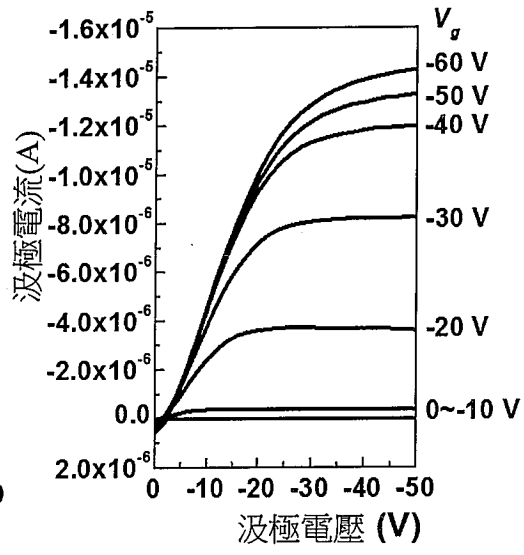
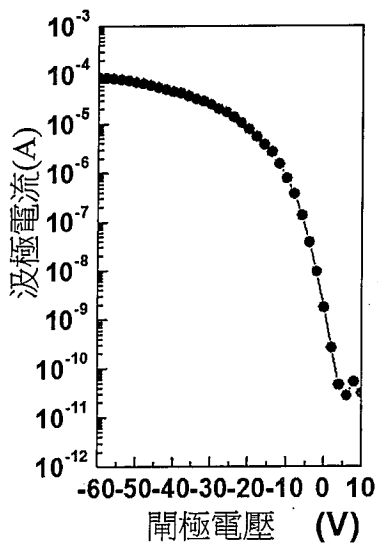


圖 6