

# 發明專利說明書

(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：**97106049**

※ 申請日期：**97.7.21**

※IPC 分類：

H01L 21/28 (2006.01)

H01L 33/60 (2006.01)

H01L 29/45 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

形成以碳奈米管為基礎的接觸件至半導體之方法

METHOD OF FORMING A CARBON NANOTUBE-BASED CONTACT TO SEMICONDUCTOR

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

奈特洛公司

NANTERO, INC.

代表人：(中文/英文)

沙貝特/SEGAL, BRENT M.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國麻州烏柏區奧林匹克街 25-D 號

25-D Olympia Avenue, Woburn, MA 01801, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國/U.S.A.

## 三、發明人：(共 5 人)

姓名：(中文/英文)

1. 沃爾德/WARD, JONATHAN W.

2. 史拉卡/SCHLATKA, BENJAMIN

3. 米契爾/MEINHOLD, MITCHELL

4. 史密斯/SMITH, ROBERT F.

5. 沙貝特/SEGAL, BRENT M.

國籍：(中文/英文)

1.-5.均為美國/U.S.A.

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國；西元 2007 年 02 月 21 日；11/708,929

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

5 本發明大致上關於與半導體接觸之以碳奈米管為基礎之接觸件的形成方法，尤其更關於用於電子與光子應用之與半導體接觸之以碳奈米管為基礎之接觸件的製造方法。

### 【交叉參考之相關申請案】

10 本申請案為申請於 2005 年 4 月 21 日之名為「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」的美國專利申請案 11/111,582 的部分延續案，並基於美國法典 35 之 120 而主張其為優先權母案；美國專利申請案 11/111,582 為申請於 2004 年 2 月 11 日之美國專利申請案 10/776,573(現為美國專利 6,942,921)的延續案；美國專利申請案 10/776,573 為申請於 2002 年 4 月 23 日之美國專利申請案 10/128,118(現為美國專利 6,706,402)的延續案，在此將上述所有案件之內容包含於此作為參考。

15 本申請案亦基於美國法典 35 之 119(e)而主張申請於 2006 年 2 月 21 日之名為「METHOD OF FORMING CARBON NANOTUBE-BASED CONTACT TO SEMICONDUCTOR」的美國臨時專利申請案 60/775,461 作為優先權母案，在此將其所有內容包含於此作為參考。

又，本申請案基於美國法典 35 之 120 而主張申請於

2003 年 1 月 13 日之名為「CARBON NANOTUBE FILMS LAYERS FABRICS RIBBONS ELEMENTS AND ARTICLES」的美國專利申請案 10/341,130 作為優先權母案，在此將其所有內容包含於此作為參考。

5

### 【先前技術】

III-V 族半導體尤其是 GaN( $E_g \sim 3.37$  eV)被廣泛地使用於光電及電子裝置。此些材料，相較於以矽為基礎之技術，具有許多優點。然而，由於缺乏穩定的氧化物，使得 III-V 族半導體的高製造成本，妨礙了其取代矽電子裝置超脫成為利基裝置及光電裝置(實質市場)。

10

碳奈米管(CNT)為一新材料，尤其在奈米電子產業中找到了不同的應用。CNT 包含一管狀結構，具有直徑範圍自 1 至 2 nm，且具有許多獨特與有價值之特性，如金屬與半導體雙重導電性、高機械強度(模數約 1 TPa)、絕佳的熱與光學特性及化學惰性/彈性。

15

在光電產業中的主要挑戰為，在金屬(或導電性金屬氧化物)薄膜與具有極低導電率之活性 p-GaN 基板之間，形成歐姆、低接觸電阻的能力。該金屬接觸件在期望的操作波長下亦必須具有高光學穿透率，因此必須使用超薄金屬膜(<50 nm)。此些較薄的金屬薄膜可能將電流均勻度與電流注入等問題導入 p-GaN 中。因此，必須在薄膜片電阻、金屬薄膜厚度與金屬薄膜的光學穿透率之間達到一個平衡。在

20

理想的情況下，金屬或導電金屬氧化物薄膜應與 p-GaN 形成歐姆接觸，其具有小於  $10^{-3}$  Ohms-cm<sup>2</sup> 的接觸電阻與小於 100 Ohms/sq 的片電阻，且在期望的波長下具有大於 1.5 的折射係數，並具有大於 85% 的光學穿透率。使得 GaN 光學裝置的發展更複雜的是處理 p-GaN 相關的許多問題，例如主動區對光阻、乾蝕刻與某些溶劑的敏感度。

目前對於製造與 p-GaN 裝置接觸之以 CNT 為基礎之接觸件而言，並不存在著可擴充的量產級製程。為了使製程達到量產級，其必須要能使用業界中所使用的設備與程序。在本發明中所敘述的製程不只是符合此類基準，更在製程期間產生 GaN 表面的封裝(encapsulation)，藉此最大化產生的界面品質。

利用奈米管來製造與 p-GaN 之接觸的概念已被 Lee, K. 等人(「Single wall carbon nanotubes for p-type ohmic contacts to GaN light-emitting diodes」, Nano Letters, 4(5), (2004), 911-914) 所發表，並被 Rinzler, A.G. 等人(「Semiconductor device and method using nanotube contacts」美國專利申請案 US 20050199894(2205))所申請為專利，上述兩者利用了碳奈米管的厚層來製造與 GaN 基板之低接觸電阻接觸件，此接觸件能夠傳輸中心波長為 434 nm 的藍光。然而，此些參考文獻皆未敘述或意圖施行適合於製造環境中的製程。更具體而言，在兩篇文獻中奈米管類型與用以沈積織物的技術，皆無法在適當的製造處理中重現。Lee 等人的公開文件與 Rinzler 等人的專利，報導了金屬拔

除(lift-off)方法的使用，由於在此方法中主動區域係暴露至會損害 n-GaN(極敏感的材料)主動區的光阻、鹼性顯影液與溶劑化學品，因此其會降低裝置特性。本發明揭露之內容詳細敘述了避免上述困難，並且除了僅揭露使用奈米管織物外，更提供製造期望接觸件的技術。

### 【發明內容】

● 本發明提供了在半導體、碳奈米管織物與金屬層之間形成低接觸電阻界面，並同時允許碳奈米管織物具有高光學穿透率的一種方法。

10 在本發明之一態樣中，提供了一種導電物品。提供一半導體材料基板，並將圖案化之導電軌跡設置於該半導體材料基板上。該軌跡包含：一非織造奈米管織物層，包含了複數未對準奈米管，該複數未對準奈米管沿著該軌跡的範圍，提供了複數導電路徑；及一金屬層，與該非織造奈米管織物層相鄰。

15 ● 在本發明之另一態樣中，該金屬層為設置於非織造奈米管織物層上的一薄膜，且大致上呈平面延伸且實質上平行於該半導體的主要表面。

20 在本發明之另一態樣中，該導電物品進一步包含設置於該金屬層上方並與該金屬層作電交流的一金屬電極。

在本發明之另一態樣中，該非織造奈米管織物層係設置於該金屬層上，且該金屬層為大致上呈平面延伸且實質

上平行於該半導體之主要表面的一薄膜。

在本發明之另一態樣中，該導電物品進一步包含設置於該非織造奈米管織物層上方並與該非織造奈米管織物層作電交流的一金屬電極。

5 在本發明之另一態樣中，該導電物品進一步包含交替設置的複數金屬層及複數非織造奈米管織物層。

在本發明之另一態樣中，該金屬層的每一者與該非織造奈米管織物層的每一者，係大致上呈平面延伸且實質上平行於該半導體之主要表面。

10 根據本發明之另一態樣，該圖案化之導電軌跡的至少一部分包含一主動區，該主動區被建構與設置成在可見光範圍的至少一部分範圍中實質上呈光學透明。

根據本發明之另一態樣，該金屬層為在實質上垂直於半導體之主要表面的維度上厚度小於 10 奈米的薄膜。

15 根據本發明之另一態樣，該半導體包含相鄰設置且實質上為平行膜層的 p-GaN 層與 n-GaN 層。

根據本發明之另一態樣，該半導體材料基板係選自於包含 III-V、V 與 II-VI 族半導體材料的族群。

20 根據本發明之另一態樣，該非織造奈米管織物包含單壁碳奈米管與多壁碳奈米管。

根據本發明之另一態樣，該非織造奈米管織物包含金屬奈米管與半導體性奈米管，且在該織物中之金屬奈米管

與半導體性奈米管的相對組成係受到控制。

根據本發明之另一態樣，提供一種發光半導體裝置。該發光半導體裝置包含一半導體材料基板以及與該半導體作電交流的一金屬接觸件。該發光半導體裝置亦包含：一  
5 界面結構，此界面結構包含一非織造奈米管織物層與一金屬層，俾使該界面結構夾置於該金屬接觸件與該半導體之間，而令該金屬接觸件與該半導體電耦合；至少一主動區，其與該金屬接觸件相鄰，且在可見光範圍的至少一部分中係至少部分光學透明的。

10 在本發明之另一態樣中，該界面結構被建構與設置，俾以於該半導體與該金屬接觸件之間，提供低電阻之電路徑。

在本發明之另一態樣中，該界面結構的金屬層係受到選擇與設置，俾以提供與該非織造奈米管織物的歐姆接  
15 觸、以及與該金屬接觸件的歐姆接觸。

在本發明之另一態樣中，提供一種於半導體上製造導電物品的方法。在半導體上製造導電物品的方法包含下列步驟：提供一半導體；在該半導體上形成一導電軌跡，該導電軌跡包含一非織造奈米管織物層與一薄金屬層；及在  
20 該導電軌跡上方沈積一遮罩層。在半導體上製造導電物品的方法亦包含下列步驟：在該遮罩層中定義一圖案，該圖案係對應至該物品的形狀；及根據該遮罩層的圖案來移除部分之該奈米管織物層與部分之該金屬層，俾使剩下的導電軌跡形成該導電物品，且實質上保留該半導體。



根據本發明之另一態樣，形成一非織造奈米管織物層之步驟，包含藉由旋塗與噴塗操作中的至少一者來施加碳奈米管。

5 根據本發明之另一態樣，根據該遮罩層的圖案來移除部分之該奈米管織物層與部分之該薄金屬層之步驟，包含濕式蝕刻與乾式蝕刻操作中的至少一者。

根據本發明之另一態樣，在該導電軌跡上形成一金屬接觸件之步驟中，其中該金屬接觸件係與該半導體作電交流。

10 根據本發明之另一態樣，形成一金屬接觸件之步驟，包含濕式蝕刻與反應性離子蝕刻操作中的至少一者。

根據本發明之另一態樣，該導電軌跡之該薄金屬層被建構與設置，俾以提供與該非織造奈米管織物層的低電阻接觸、以及與該金屬接觸件的低電阻接觸。

15 根據本發明之另一態樣，形成一導電軌跡之步驟，包含在該奈米管織物層上設置該薄金屬層。

根據本發明之另一態樣，形成一導電軌跡之步驟，包含在該薄金屬層上設置該奈米管織物層。

20 根據本發明之另一態樣，形成一導電軌跡之步驟，進一步包含提供交替設置的複數碳奈米管織物層與複數薄金屬層。

## 【實施方式】

P 型氮化鎵(p-GaN)為用於例如發光二極體(LED)之應用中的半導體材料。目前，製造商在形成低阻值歐姆電接觸件(以使電接觸件對於發光裝置而言為高度透明)時受到了限制。由於碳奈米管(CNT)結合了金屬與半導體的特性，以及 CNT 織物(CNT 分散於一表面上)具有高度光學透明度，因此已顯示了碳奈米管可解決此問題。接觸件系統的物理結構可被分解為三個部分：a) GaN、b) 界面材料與 c) 金屬導體。金屬導體係作為裝置與外部電路的界面。界面材料的角色在於與 GaN 及與金屬兩者產生適當的接觸，並因此使得 GaN 能夠與外部電路產生充分的電接觸。額外的製造限制為，GaN 表面對各種化學品相當敏感且在製造處理期間應持續被保護。本發明提供了利用 CNT 與金屬來製造與 GaN 之接觸件，並同時維持 GaN 表面受到保護的方法。以 CNT 為基礎的界面膜可具有高光學透明度並同時形成良好的電接觸件。此特性使得此接觸件於光學應用中係有用的。以 CNT 為基礎之接觸件的另一優點為，一般期望 CNT 接觸件在高溫度操作時更有耐受力。

本發明的態樣係關於製造技術與 p-GaN 的整合。由於 p-GaN 通常為一種極難整合的材料，因此利用旋塗技術以提供奈米管並沈積金屬接觸件為一考驗。在相關領域中的某些熟知技術為不適用的：p-GaN 無法被暴露至光阻與溶劑，且主動區的任何 RIE(反應性離子蝕刻)處理將會損毀裝置。本發明包含了被發展出來克服此些考驗的技術。

本發明的其他主要態樣係關於所提供之金屬接觸件的類型。例如，在某些多層實施例中，使用 CNT-金屬-CNT-金屬之結構，降低了接觸電阻並改善了電流傳輸。在另一實施例中，一 CNT 織物及通常為非導電性的一薄 Pt 層被用來降低主動接觸區的電阻、改善電流傳輸，並同時維持接觸件的高穿透率。

### 碳奈米管薄膜、膜層、織物與物品

碳奈米管薄膜、膜層、織物與物品的成長、沈積、圖案化與蝕刻操作可使用習知的技術，如微影圖案化。在美國專利 6,706,402 與 6,835,591 中詳細地敘述了在各種表面上形成碳奈米管薄膜、膜層、織物與物品，並接著在碳奈米管表面上提供其他材料的方法。

習知的互連線(interconnect)技術具有受到熱損害與金屬擴散而侵蝕半導體裝置之效能的傾向，尤其是降低電性。此些現象在目前世代 0.18  $\mu\text{m}$  與 0.13  $\mu\text{m}$  結構中，隨著尺寸降低，由於例如金屬擴散經過超薄閘極氧化層，而變得甚至更嚴重。相反地，碳奈米管長條並未受到此些問題困擾。碳奈米管由於具有已知最高的熱傳導性，且不易熱故障，因此實質上較穩健。此外，由於碳奈米管係完全由共價鍵結的碳原子所建構，因此不會發生金屬或摻雜質的擴散。

在美國專利 6706402 中詳細敘述了形成中間結構的方

法。在某些實施例中，具有二氧化矽層的矽基板容納了圖案化的光阻層。例如，光阻層可為旋塗於上之膜層，並接著被曝光與微影顯影，以獲得空腔(cavity)與遮蔽圖案。

5 之後，可將 n-摻雜之矽或金屬(如鈿、鎢或鈹)與犧牲層(如氧化鋁)沈積於空腔中。

接著，可將光阻、光阻上的材料與氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )剝除，以形成具有電極與犧牲層的中間結構。將旋塗玻璃(SOG)如可流動之氧化物(FOX)旋塗於該結構上，並利用標準技術的升溫製程將  $\text{SiO}_2$  膜層形成於犧牲層上方。

10 接著，可使用反應性離子蝕刻(RIE)等蝕刻  $\text{SiO}_2$  膜層，以形成具有支撐件的結構。

電極材料的選擇係受限於將奈米管佈置於基板表面上的方法。

15 在奈米管係藉由旋塗溶液或奈米管懸浮液於室溫下沈積於表面上的情況下，電極材料的選擇實質上較廣。在此情況下，並無高溫步驟，且通常與標準 CMOS 金屬化條件相匹配的任何金屬都可接受，尤其是鋁與其合金。

20 犧牲層可由  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、金屬氧化物、金屬及其他材料所構成。中間結構可利用各種材料包含 SOG、 $\text{SiO}_2$  與其他材料形成支撐而形成。在選擇奈米管的低溫旋塗製程的情況下，適合作為犧牲層的材料實質上較廣。此材料可包含如 PMMA 或其他聚合物、金屬(如鎢、鉻、鋁、鈹及其他過渡與主族群之金屬)。亦可使用其他半導體(如鍺)與絕緣體(如

氧化物與其他硫屬化合物(chalcogenides))。

支撐層的材料選擇主要取決於成長奈米管所選擇的方法與其他因素。在選擇低溫處理將奈米管設置於表面上的情況下，可考慮使用例如  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、一氧化矽、半導體、絕緣體與聚合物(如聚醯亞胺)等材料。

材料選擇過程係受限於與上述之製造處理相匹配的該些材料。熟知此項技藝者應瞭解，在選擇特定電極材料時，犧牲層與支撐材料自然會因為半導體製造中所用的典型處理步驟而受到限制。同樣地，若選定了特定犧牲層，電極與犧牲層的材料會適當地受到限制。又，在選擇特定支撐材料時，電極與犧牲層的材料選擇會同樣地受到限制。

在某些實施例中，奈米管長條可藉由摩擦力而被固定在支撐件的位置。在其他實施例中，可利用其他方式來固定長條，例如使用各種技術中的任一者，將長條固定於支撐件上。此摩擦力可藉著利用包含經由使用碳化合物如芘(pyrene)或其他化學反應物之物種所產生之共價鍵化學交互作用而增加。亦可添加蒸鍍或旋塗的材料，如金屬、半導體或絕緣體，尤其是矽、鈦、氧化矽或聚醯亞胺，以增加固定強度。

#### 與半導體接觸之以碳奈米管為基礎之接觸件

在本發明中，可交替地使用「界面材料」與「界面薄膜」兩詞。

本發明包含了在 p-GaN 頂部上形成低接觸電阻與高光學透明度之碳奈米管薄膜的方法。圖 1 顯示了習知的簡易離散型 GaN LED 結構 1000。此簡易結構涉及使用適當的基板 105，如藍寶石、SiC、AlN 等，且其具有 n-型 GaN 層 110 沈積於其頂部上。N-GaN 係與金屬 145 電接觸。P-型 GaN 120 進一步沈積於 n-GaN 110 之頂部上，以產生適合 LED 操作所需的 p-n 接面。半透明的薄金屬或金屬氧化物薄膜 130 沈積於 p-GaN 120 的頂部上，以提供電流注入 p-GaN 主動區用的歐姆低電阻接觸件。通常所使用的金屬為 Pt、Pd、TiAu、NiAu、氧化銦錫(ITO)、氧化鋅等。接著焊墊金屬 140 與半透明薄膜 130 接觸，以產生與適當界面電子裝置(未圖示)接觸的電接觸件。

圖 2A 顯示了使用碳奈米管作為界面材料之基本接觸件結構的橫剖面圖 2000。基板 205 可為藍寶石、SiC、AlN 或可應用於 GaN 技術的其他材料，且具有半導體材料(如 n-GaN)的額外薄膜 206。P-GaN 220 係沈積於基板 205 之頂部上。如本領域所熟知者，半導體材料(如 n-GaN)的額外薄膜 206 與下方 p-GaN 220 材料形成了 p-n 接面。例如在接下來的圖示中，應瞭解，基板 205 包含半導體材料 206(如 n-GaN)之上方薄膜。在此實施例中，p-GaN 220 係與 CNT 織物 235 及金屬 230 接觸，其中 CNT 係插入於金屬 230 與 p-GaN 220 之間。由於 CNT 織物為孔洞狀，因此金屬與 CNT 兩者皆可與 p-GaN 接觸。在此實施例中，金屬 230 與 CNT 235 包含被稱為界面薄膜 250 者。界面薄膜的上表面係與金

屬焊墊 240 接觸。主動區 260 係與金屬焊墊 240 相鄰。

圖 2B 顯示了實施例結構 2001，其類似於結構 2000，但界面薄膜可具有 CNT 235 於金屬 230 的頂部上，以產生界面接觸結構 250'。在此情況下，金屬係與 p-GaN 緊密接觸。在此情況下，CNT 的主要角色為提供透明導電薄膜，以增加分散電流，並對於光學透明度產生最小影響。然而，若金屬 230 充分地薄，則 CNT 可協助形成與 GaN 之接觸。例如，充分地薄的金屬可為 0.5 至 3 nm。主動區 260' 係與金屬焊墊 240 相鄰。

在另一實施例中(圖 2C, 顯示結構 2002), 界面膜層 250'' 係由 CNT 235' 與金屬 230' 的複數膜層所構成。例如, 膜層的順序可為: CNT-金屬-CNT。第二實例為: CNT-金屬-CNT-金屬。第三實例為: 金屬-CNT-金屬。在與金屬焊墊 240 相鄰的主動區 260'' 中, 界面薄膜的金屬部分可被蝕刻移除而主要留下 CNT。在單一膜層中用以提供主動區的方法亦可用於多層實施例中。在較佳之多層實施例中, 在奈米管織物之前蝕刻金屬, 原因在於, CNT 織物為孔洞狀, 因此無論是濕式或乾式蝕刻, 蝕刻劑將輕易地蝕刻多層金屬膜層。接著可利用標準 O<sub>2</sub> RIE 來移除 CNT 織物, 以達到期望的結構。

上述實施例敘述了在圖 2A 至 2C 中標號為 250(亦標為 250' 與 250'')之界面膜層的一變化型。如所述, 界面膜層的主要角色為提供與金屬焊墊的良好接觸、以及與 GaN 的良好接觸, 且在大部分的應用中, 可在與金屬焊墊相鄰的主

動接觸區 260(亦標為 260'與 260'')中達到高光學透明度。

5 界面膜層之金屬部分的角色可作為蝕刻停止層(無論是對於 RIE 蝕刻或濕式蝕刻任一者),以定義圖 2A 至 2C 中的金屬焊墊 240。金屬的額外角色可保護 CNT 不受裝置環境或潛在有害處理步驟的影響。

在界面膜層處之 CNT 的主要作用為提供與 GaN 的較佳接觸,及/或協助界面膜層的傳導率,並維持高光學透明度。圖 3A 至 3H 顯示了藉著使用 CNT 織物作為界面膜層來形成與 GaN 接觸之高穿透率與低電阻接觸件的方法。形成此類結構的步驟係如下列所示。參考圖 3A,類似基板 205 的基板 305 包含:半導體材料(如 n-GaN)之額外上方薄膜 306,在 306 上沈積了 p-GaN 薄膜 320。例如在接下來之圖示中,應瞭解,基板 305 包含半導體材料的額外上方薄膜 306。使用半導體材料 306 形成 p-n 接面為本領域中的習知方法,在接下來的各種實施例中將不再顯示。

● 步驟 1:處理開始點係顯示於圖 3A 中(結構 3000),其顯示了類似於圖 2A 至 2C 中所示之基板 205 的基板 305。在沈積 CNT 前可利用酸處理(例如 HF)來清理 p-GaN 表面,以移除任何保護性之氧化物或其他薄膜。

20 步驟 2:圖 3B(結構 3001)顯示了沈積有界面結構之第一部分—CNT 織物 335 的基板 305 與 p-GaN 薄膜 320。CNT 可藉由本領域中為人所熟知的旋塗或噴塗技術來沈積。

步驟 3:圖 3C(結構 3002)顯示了施加界面結構 350 之



額外部分—金屬薄膜 330。接著，金屬接觸件/焊墊材料 340 被沈積於界面結構 350 的頂部上。

5 步驟 4：圖 3D(結構 3003)顯示了形成主動區。在焊墊金屬層 340 上圖案化光阻 370。接著，以濕式蝕刻處理或反應性離子蝕刻(RIE)處理的其中一者，將光阻圖案轉移至焊墊金屬 340。此圖案定義了 GaN LED 結構之電性主動接觸區。

● 步驟 5：濕式蝕刻或乾式蝕刻金屬 330，並接著乾式蝕刻 CNT 織物 335，以將結構 3003 的圖案轉移至界面層 350，  
10 形成圖 3E 中所示的結構 3004。申請於 2001 年 7 月 25 日之美國專利申請案 09/915093 名為「ELECTROMECHANICAL MEMORY ARRAY USING NANOTUBE RIBBONS AND METHOD FOR MAKING SAME」(現為美國專利 6919592)；  
申請於 2004 年 5 月 20 日之美國專利申請案 10/850100 名為  
15 「ELECTROMECHANICAL MEMORY ARRAY USING NANOTUBE RIBBONS AND METHOD FOR MAKING SAME」(現為美國專利 7056758)；申請於 2004 年 5 月 25 日之美國專利申請案 10/852880 名為  
● 「ELECTROMECHANICAL MEMORY ARRAY USING  
20 NANOTUBE RIBBONS AND METHOD FOR MAKING SAME」；申請於 2001 年 7 月 25 日之美國專利申請案 09/915173 名為「ELECTROMECHANICAL MEMORY HAVING CELL SELECTION CIRCUITRY CONSTRUCTED WITH NANOTUBE TECHNOLOGY」(現為美國專利

6643165)；申請於 2003 年 10 月 24 日之美國專利申請案 10/693241 名為「DEVICE SELECTION CIRCUITRY CONSTRUCTED WITH NANOTUBE TECHNOLOGY」(現為美國專利 7120047)；申請於 2001 年 7 月 25 日之美國專利申請案 09/915095 名為「HYBRID CIRCUIT HAVING NANOTUBE ELECTROMECHANICAL MEMORY」(現為美國專利 6574130)；申請於 2003 年 3 月 5 日之美國專利申請案 10/379973 名為「HYBRID CIRCUIT HAVING NANOTUBE ELECTROMECHANICAL MEMORY」(現為美國專利 6836424)；申請於 2004 年 10 月 13 日之美國專利申請案 10/964150 名為「HYBRID CIRCUIT HAVING NANOTUBE ELECTROMECHANICAL MEMORY」；申請於 2002 年 4 月 23 日之美國專利申請案 10/128118 名為「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」(現為美國專利 6706402)；申請於 2004 年 2 月 9 日之美國專利申請案 10/774682 名為「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」；申請於 2004 年 2 月 11 日之美國專利申請案 10/776573 名為「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」(現為美國專利 6942921)；申請於 2005 年 4 月 21 日之美國專利申請案 11/111582 名為「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」，早已敘述了 CNT 織物 335 的乾蝕刻處理。較佳地，在 RIE 步驟前移除光阻，但光阻亦可在圖案化結構 350 後移除。部分 GaN 膜 320 可能會因為此步驟而被移除或被損害(未圖示)，但此僅發生於非主動區，且並不會影響最終結構的效能。

步驟 6：圖 3F(3005)顯示了利用在金屬焊墊 340 上被圖案化之光阻 370'的第二圖案化步驟。此光阻圖案係用以定義將與適當之電互連線(未圖示)接觸的金屬焊墊。

5 步驟 7：在圖 3G(3006)中，藉由濕式蝕刻或 RIE，將光阻圖案 370'轉移至金屬焊墊 340。若界面膜層 350 之最上層膜 330 為夠厚的金屬，則應僅使用 RIE，以保護 CNT 不受電漿損害。

● 步驟 8：圖 3H 顯示了具有較佳實施例之選擇性步驟的最終結構 3007，其中界面膜層 350 的金屬 330 可被濕式蝕刻，而僅在與金屬焊墊 340 相鄰的區域中留下 CNT 織物 335。可施行此步驟以最大化與焊墊相鄰之主動區中的透明度。  
10

金屬 330 的主要目的為於焊墊金屬 340 與 CNT 織物 335 之間提供低電阻接觸件。大部分的金屬會與 CNT 形成蕭特基(Schottky)能障接觸，但某些金屬(如 Ti 與 Pd)會與 CNT 織物形成本發明之理想的近歐姆接觸。因此，金屬 330 的主要目的為提供與 CNT 織物 335 的低電阻接觸，並提供與金屬焊墊 340 的額外歐姆接觸。理想情況下，應自 CNT 織物 335 上方的主動區(圖 3H 的 360 與 360')移除金屬薄膜 330。若不移除金屬 330，則應使用超薄膜(小於 10 nm)的金屬 330，以避免降低光學穿透率。在某些實施例中，通常為非導電性的此類薄膜(例如 Pt)，可被用以改善 CNT 織物的電阻。  
15  
●  
20

圖 4A 與 4B 顯示了利用上述處理流程所製造完成之

GaN 裝置的 FESEM 圖。圖 4A 顯示了在主動 CNT 區(方形)上的鋁焊墊(暗色碟形)。圖 4B 顯示了鋁焊墊之邊緣及與其相鄰之 CNT 的高倍率圖像。

## 5 實例 1：

此裝置係利用自 CREE 公司所獲得之 GaN 晶圓所製造，此晶圓係由 SiC 基板上之 p-GaN/n-GaN 異質界面與保護氧化物層所構成。晶圓的晶背塗有 Shipley 1805 光阻，以在剝除氧化物的期間保護晶圓的晶背。接著，晶圓被浸泡於緩衝氧化蝕刻劑中，以剝除氧化物而裸露出潔淨的 p-GaN 表面。

接著，CNT 被重覆地旋塗於晶圓上，直到四點探針所量測到的電阻約為 100 歐姆。接著在 300 °C 的真空中，對晶圓進行退火 30 分鐘，以增進 CNT 織物之附著，並移除殘餘的溶劑。

接著，藉由電子束蒸鍍將 4 nm 的 Ti 與 150 nm 的 Al 金屬雙層膜沈積於 CNT 織物的頂部上。在此情況下，CNT 與 4 nm 的 Ti 包含圖 3 中所述之界面膜層 350，但 150 nm 的 Al 包含接觸焊墊層 340。

接著，將 Shipley 1805 正光阻旋塗於 Al 膜上。接著在 MicroChem MF-321 顯影液(四甲基氫氧化銨溶液)中進行曝光與顯影。TMAH 顯影液的次要優點為，其蝕刻 Al，因此顯影液亦可蝕刻鋁，而在相同的步驟中將光阻圖案轉移至

鋁。在 DI 水中沖洗晶圓並乾燥。

在溫度 80 °C 的 Shipley 1165(1-甲基-2-吡咯烷酮或 NMP)中剝除光阻。接著在異丙醇中沖洗晶圓並乾燥，以中和並移除殘餘的 NMP。

5 接著，在 200 W 之氧電漿下，以 RIE 蝕刻晶圓 2 分鐘。在蝕刻處理後，在四點探針設備中量測晶圓，得到無限大的電阻，並顯示出接觸件之間的區域為電無效(electrically nullified)。

10 接著以 Shipley 1805 光阻旋塗晶圓，並利用上述之曝光與顯影圖案化。此處理係與圖 3F 相匹配。類似地，在 MF-321 顯影液中顯影光阻，並允許蝕刻鋁，而得到圖 3G 中所示之結構。在 DI 水中沖洗晶圓並乾燥。

15 在不剝除光阻的情況下，接著在以 HCl 為基礎的 Ti 蝕刻劑中，浸泡晶圓 25 秒，以移除與焊墊相鄰之主動區(圖 3H 中的 360 與 360')中的 4 nm Ti。在 DI 水中沖洗晶圓並乾燥。

最後在 NMP 中剝除光阻，在 IPA 中沖洗並乾燥。圖 4A-B 顯示了最終結構的 FESEM 顯微圖。

20 對此結構進行電性測試，得到圖 5 中所示的電流-電壓 (I-V) 曲線。裝置的鋁焊墊係與鋁金屬線打線接合。亦與其上具有金線輪廓的基板底部接觸，藉此與接面的 n-摻雜側接觸。在焊墊與基板間施加電偏壓，以產生此曲線。在二極體約 3V 之 ON 電流起始處，觀察到可見光發射。在操作

期間裝置的俯視光學圖係顯示於圖 6 中。在此圖中，光係自與 CNT 接觸之方形主動區發出。在中央處的暗點為鋁焊墊。亦可注意，鋁焊接線連接至焊墊右方的陰影。

5 在本發明之另一實施例中，僅使用單一金屬與 CNT 織物接觸並作為焊墊金屬，圖 7 中的結構 7000。對此情況而言，焊墊金屬 740 與 CNT 織物 735 形成低電阻接觸，且將連接至外部電連線(未圖示)。以其他實施例中的方式來選擇與建構 P-GaN 膜 720、界面層 750、主動區 760 與 760' 及基板 705。

10

## 實例 2：

下列為利用鋁與 CNT 焊墊接觸而形成與 p-GaN 接觸之 CNT 的處理程序。本發明之此特定實施例應被視為是例示性而非限制性。

15 在此實例中所述之實驗中所用的基板為藍寶石(氧化鋁)基板上的 p-GaN 膜，其在晶圓的底側上具有金接觸件，且在 p-GaN 膜層上具有保護性之濺鍍 SiO<sub>2</sub> 層，以保護膜層不受腐蝕、氧化與損害。樣品係由 CREE 公司所獲得。

進行下列處理步驟：

20 (a) 利用氟化銨剝除 p-GaN 上之濺鍍 SiO<sub>2</sub>：在室溫下，使用被稱為 Timetech®(氟化銨)的溶液來溶解厚度為 200 nm 之濺鍍 SiO<sub>2</sub> 保護膜。

(b) 沈積 CNT(噴塗)：將晶圓放置在 120 °C 的熱板上，將碳奈米管之水性溶液噴塗於基板上，直到 CNT 透明度到達約 90%，且 CNT 電阻達到約 1000 歐姆/平方。

5 (c) 沈積 8/200 nm 之 Ti/Al：將樣品裝載至電子束蒸鍍設備，以進行金屬沈積。沈積 8 nm 之 Ti 與 200 nm 之鋁的覆蓋層(blanket layer)。Ti 係用以改善與基板之附著。

10 (d) 圖案化光阻以定義 CNT 區域(方形)並利用 TMAH 濕蝕刻 Al：在 Al 層上圖案化 250 μm 的方形區。用以顯影光阻的 TMAH 亦可蝕刻移除裸露區域中的 Al 膜。Ti 於此時發揮作用防止 TMAH 下削(undercut)進入 CNT 織物。

(e) 利用 NMP 剝除 PR：利用 80 °C 下的 NMP 溶劑剝除光阻。

15 (f) RIE 蝕穿 Ti/CNT 以達到電失活(Al 為硬遮罩)：利用反應性離子蝕刻步驟來蝕刻移除未受 Al 保護之區域中的 CNT。所用之參數：60 瓦、25 sccm 之 O<sub>2</sub> 流量、20 mT 之壓力、60 秒之時間。

20 (g) 圖案化光阻以定義金屬焊墊並利用 TMAH 濕蝕刻 Al：進行第二光圖案化步驟，以在金屬的方形區內的中央處，定義 100 nm 直徑的圓形焊墊。以如前所述之方式，TMAH 顯影液可顯影光阻並蝕刻 Al。

(h) 利用 Ti 蝕刻劑剝除 Ti：利用 Ti 之化學蝕刻劑，以移除裸露於圓形焊墊區域外的 Ti 膜。

(i) 熱 NMP 剝除光阻：利用 80 °C 下的 NMP 溶劑剝除

光阻。

最終之結構係顯示於圖 8 中，其中可見圓形 Al 焊墊 801、方形 CNT 區 802 與基板的表面。一旦完成了此些結構後，用其量測與 p-GaN 接觸的電流-電壓特性及裝置的光輸出特性。圖 9 顯示了來自數個此類裝置之光輸出的顯微鏡圖。圖 10 顯示了與 CNT 接觸之 p-GaN 裝置的電流電壓特性。電流路徑係始於碳奈米管接觸件，向下經過 p-n 接面並經由基板的下部接觸件穿出。

#### 其他實施例：

在本發明之另一實施例中，利用犧牲材料(例如但不限制為：氧化鋁、Ge 或雙層之氧化鋁/Ge 薄膜)來圖案化 CNT 織物之主動區。因此，在圖案化薄膜 330 與 CNT 織物 335 之後(圖 3E)，施行一濕式蝕刻以移除薄膜 330，而僅留下 CNT 織物 335。接著，沈積並圖案化第二薄膜 340，以形成與 CNT 織物之電接觸件。

本發明之另一實施例為，CNT 織物層可為旋塗或噴塗方式所沈積的單層或多層。CNT 溶液可為水系的或溶劑系的。CNT 可為單壁式(SWNT)、多壁式(MWNT)或其捆束。CNT 可藉由下列之方式所製造：化學氣相沈積(CVD)、雷射剝離技術或電弧爐管。

在本發明之另一實施例中，在半導體材料頂部上之 CNT 織物的圖案化電接觸件並不限制為 p-GaN。可能受到



關注之其他重要的 V、III-V 或 II-VI 族基板，包含：鑽石、矽、GaAs、AlN、AlGaN、GaP、SiC、InP 以及可被用來形成光學發光裝置的材料 Al、N、Ga、In、P、As 等之任意組合。

5 在其他實施例中，可在最終結構上施行退火，以降低連接焊墊、CNT 織物與 p-GaN 基板之間的接觸電阻。根據連接焊墊接觸件所用的金屬，此退火可為真空退火、形成氣體(forming gas)退火(在 N<sub>2</sub> 中 4% 的 H<sub>2</sub>)或在各種溫度下的快速升溫退火。

10 在更其他的實施例中，較佳地使用經純化的奈米管。對於使用經純化的奈米管，利用主要包含了金屬奈米管或半導體性奈米管的適當大量奈米管製備品，可將奈米管織物施加至基板。一般可預見，施加單壁、多壁或此類奈米管的混合物，並接著圖案化與蝕刻來產生所期望的結構。

15 某些實施例涉及碳奈米管織物的經控制組成。尤其，可使用方法以控制奈米織物中金屬奈米管與半導體性奈米管的相對量，以達到期望的特性，並產生與 GaN 及金屬連接焊墊接觸的適當接觸件。在此方式下，可使奈米織物具有相對於半導體性奈米管而言較高或較低百分比的金屬奈米管。因此，奈米織物的其他特性(例如，電阻)將可改變。  
20 又，在某些實施例中，先施加半導體性奈米管以形成與 GaN 接觸之接觸件，並接著施加金屬層以形成與金屬連接焊墊接觸之接觸件，可較佳地分隔金屬奈米管與半導體性奈米管。

相關之申請案：

本申請案係與下列參考文件相關，其全部被讓渡予本申請案之受讓人且全部被包含於此作為參考。

5           申請於 2001 年 7 月 25 日之美國專利申請案 09/915093  
「ELECTROMECHANICAL MEMORY ARRAY USING  
NANOTUBE RIBBONS AND METHOD FOR MAKING  
SAME」，現為美國專利 6,919,592。

10           申請於 2004 年 5 月 20 日之美國專利申請案 10/850100  
「ELECTROMECHANICAL MEMORY ARRAY USING  
NANOTUBE RIBBONS AND METHOD FOR MAKING  
SAME」，現為美國專利 7,056,758。

15           申請於 2001 年 5 月 25 日之美國專利申請案 10/852880  
「ELECTROMECHANICAL MEMORY ARRAY USING  
NANOTUBE RIBBONS AND METHOD FOR MAKING  
SAME」。

20           申請於 2001 年 7 月 25 日之美國專利申請案 09/915173  
「ELECTROMECHANICAL MEMORY HAVING CELL  
SELECTION CIRCUITRY CONSTRUCTED WITH  
NANOTUBE TECHNOLOGY」，現為美國專利 6,643,165。

          申請於 2003 年 10 月 24 日之美國專利申請案 10/693241  
「DEVICE SELECTION CIRCUITRY CONSTRUCTED  
WITH NANOTUBE TECHNOLOGY」，現為美國專利

7,120,047。

申請於 2001 年 7 月 25 日之美國專利申請案 09/915095  
「HYBRID CIRCUIT HAVING NANOTUBE  
ELECTROMECHANICAL MEMORY」，現為美國專利  
5 6574130。

申請於 2003 年 3 月 5 日之美國專利申請案 10/693241  
「HYBRID CIRCUIT HAVING NANOTUBE  
ELECTROMECHANICAL MEMORY」，現為美國專利  
6836424。

10 申請於 2004 年 10 月 13 日之美國專利申請案 10/964150  
「HYBRID CIRCUIT HAVING NANOTUBE  
ELECTROMECHANICAL MEMORY」。

15 申請於 2001 年 12 月 28 日之美國專利申請案 10/033323  
「ELECTROMECHANICAL THREE-TRACE JUNCTION  
DEVICES」，現為美國專利 6911682。

申請於 2004 年 3 月 17 日之美國專利申請案 10/802900  
「ELECTROMECHANICAL THREE-TRACE JUNCTION  
DEVICES」。

20 申請於 2001 年 12 月 28 日之美國專利申請案 10/033032  
「METHODS OF MAKING ELECTROMECHANICAL  
THREE-TRACE JUNCTION DEVICES」，現為美國專利  
6784028。

申請於 2004 年 4 月 15 日之美國專利申請案 10/824679

「METHODS OF MAKING ELECTROMECHANICAL  
THREE-TRACE JUNCTION DEVICES」，現為美國專利  
6979590。

申請於 2005 年 7 月 25 日之美國專利申請案 11/188678  
5 「METHODS OF MAKING ELECTROMECHANICAL  
THREE-TRACE JUNCTION DEVICES」。

申請於 2002 年 4 月 23 日之美國專利申請案 10/128118  
「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」，現為美國專利  
6706402。

10 申請於 2004 年 2 月 9 日之美國專利申請案 10/774682  
「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」。

申請於 2004 年 2 月 11 日之美國專利申請案 11/776573  
「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」，現為美國專利  
6942921。

15 申請於 2005 年 4 月 21 日之美國專利申請案 11/111582  
「NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」。

申請於 2002 年 4 月 23 日之美國專利申請案 10/128117  
「METHODS OF NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」，現  
為美國專利 6835591。

20 申請於 2004 年 12 月 8 日之美國專利申請案 11/007752  
「METHODS OF NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」。

申請於 2004 年 12 月 13 日之美國專利申請案 11/010491

「METHODS OF NANOTUBE FILMS AND ARTICLES」。

申請於 2004 年 2 月 11 日之美國專利申請案 10/776590

「METHODS OF USING PRE-FORMED NANOTUBES TO  
MAKE CARBON NANOTUBE FILMS, LAYERS, FABRICS,  
5 RIBBONS, ELEMENTS AND ARTICLES  
(HORIZONTAL)」，現為美國專利公開案 2004/0181630。

申請於 2005 年 7 月 29 日之美國專利申請案 11/193795

「METHODS OF USING PRE-FORMED NANOTUBES TO  
MAKE CARBON NANOTUBE FILMS, LAYERS, FABRICS,  
10 RIBBONS, ELEMENTS AND ARTICLES (HORIZONTAL)」。

申請於 2003 年 1 月 13 日之美國專利申請案 10/341005

「METHODS OF MAKING CARBON NANOTUBE FILMS,  
LAYERS, FABRICS, RIBBONS, ELEMENTS AND  
ARTICLES」。

15 申請於 2003 年 1 月 13 日之美國專利申請案 10/341130

「CARBON NANOTUBE FILMS, LAYERS, FABRICS,  
RIBBONS, ELEMENTS AND ARTICLES」。

在不脫離本發明之精神或主要特徵的情況下，可以其  
他特定形式來實施本發明。因此本文之實施例應被視為是  
20 例示性而非限制性。

### 【圖式簡單說明】

自閱讀附圖與下列敘述，可更全面地瞭解本發明的前

述與其他目的、各種特徵以及發明本身。

圖 1 為習知 GaN LED 的圖式，其具有與 p-GaN 基板接觸之金屬接觸件。

5 圖 2A 至 2C 顯示了其中使用了 CNT 之與半導體接觸之以 CNT 為基礎之接觸件結構之實施例的橫剖面圖。

圖 3A 至 3H 顯示了利用圖案化之 CNT 織物作為接觸區域之 GaN 裝置的建構製程的橫剖面圖。

圖 4A 顯示了由 Al 與 CNT 作為界面膜層所構成之與 GaN 接觸之已完成接觸件的俯視 SEM 圖。

10 圖 4B 顯示了由 Al 與 CNT 作為界面膜層所構成之與 GaN 接觸之已完成接觸件的高倍率 SEM 圖。

圖 5 顯示了類似於圖 5 中所示之裝置的 I-V 曲線，其表現了已接觸之 GaN 裝置的二極體行為。

15 圖 6 為俯視光學圖，顯示了來自圖 4 中之已裝配裝置的發光。

圖 7 顯示了本發明之僅具有單一金屬接觸件的另一實施例。

圖 8 顯示了在 p-GaN LED 裝置中碳奈米管與鋁墊接觸的本發明實施例。

20 圖 9 顯示了自例如圖 8 中所示之裝置之光輸出的顯微圖。

圖 10 顯示了圖 8 中與碳奈米管接觸之 p-GaN 裝置的 I-V 曲線。

## 【主要元件符號說明】

- 105：基板
- 110：n-型 GaN 層
- 120：p-型 GaN
- 5 130：薄金屬或金屬氧化物薄膜
- 140：焊墊金屬
- 145：金屬
- 205：基板
- 206：n-GaN 薄膜
- 10 220：p-GaN
- 230：金屬
- 230'：金屬
- 235：CNT 織物
- 235'：CNT 織物
- 15 240：金屬焊墊
- 250：界面薄膜
- 250'：界面接觸結構
- 250''：界面接觸結構
- 260：主動區
- 20 260'：主動區
- 260''：主動區
- 305：基板
- 306：n-GaN 之額外上方薄膜
- 320：p-GaN 薄膜
- 25 330：金屬薄膜

335 : CNT 織物

340 : 金屬接觸件/焊墊材料

350 : 界面結構

360 : 主動區

5 360' : 主動區

370 : 光阻

370' : 圖案化光阻

705 : 基板

720 : P-GaN 膜

10 735 : CNT 織物

740 : 焊墊金屬

750 : 界面層

760 : 主動區

760' : 主動區

15 801 : Al 焊墊

802 : 方形 CNT 區

1000 : 習知的簡易離散型 GaN LED 結構

2000、2002、3000、3001、3002、3003、3004、3005、

3006、3007、7000 : 結構

20



## 五、中文發明摘要：

通常被用於光學應用之半導體材料 P 型氮化鎵 (p-GaN)，在形成低阻值歐姆電接觸件，以使電接觸件對於發光裝置而言為高度透明時，製造商係遭遇了限制。由於

5 碳奈米管(CNT)結合了金屬與半導體的特性，以及 CNT 織物具有高度光學透明度，因此碳奈米管可解決此問題。接觸件系統的物理結構可被分解為三個部分：a) GaN、b) 界面材料與 c) 金屬導體。界面材料的角色在於與 GaN 及金屬兩者產生適當的接觸，並因此使 GaN 能夠與作為裝置及

10 外部電路之界面的金屬導體產生良好的電接觸。本發明提供的方法利用 CNT 與金屬來製造與 GaN 之接觸，並同時維持 GaN 表面之保護。

## 六、英文發明摘要：

Manufacturers encounter limitations in forming low resistance ohmic electrical contact to semiconductor material P-type Gallium Nitride(p-GaN), commonly used in photonic applications, such that the contact is highly transparent to the light emission of the device. Carbon nanotubes (CNT) can address this problem due to their combined metallic and semiconducting characteristics in conjunction with the fact that a fabric of CNT has high optical transparency. The physical structure of the contact scheme is broken down into three components, a) the GaN, b) an interface material and c) the metallic conductor. The role of the interface material is to make suitable contact to both the GaN and the metal so that the GaN, in turn, will make good electrical contact to the metallic conductor that interfaces the device to external circuitry. A method of fabricating contact to GaN using CNT and metal while maintaining protection of the GaN surface is provided.

十、申請專利範圍：

1. 一種導電性物品，包含：

一半導體材料基板；

一圖案化之導電軌跡，其係設置於該半導體材料基板上，其中該軌跡包含：

一非織造奈米管織物層，包含了複數未對準奈米管，該複數未對準奈米管沿著該軌跡的範圍提供了複數導電路徑；及

一金屬層，係與該非織造奈米管織物層相鄰。

2. 如請求項第 1 項之導電性物品，其中該金屬層為設置於該非織造奈米管織物層上的一薄膜，其中該金屬層大致上呈平面延伸且實質上平行於該半導體的主要表面。

3. 如請求項第 2 項之導電性物品，進一步包含設置於該金屬層上方並與該金屬層作電交流的一金屬電極。

4. 如請求項第 1 項之導電性物品，其中該非織造奈米管織物層係設置於該金屬層上，其中該金屬層為大致上呈平面延伸且實質上平行於該半導體之主要表面的一薄膜。

5. 如請求項第 4 項之導電性物品，進一步包含設置於該非織造奈米管織物層上方並與該非織造奈米管織物層作電交流的一金屬電極。

6. 如請求項第 1 項之導電性物品，其中該圖案化之導電軌跡進一步包含交替設置的複數金屬層及複數非織造奈米織物層。
7. 如請求項第 6 項之導電性物品，其中該金屬層的每一者與該非織造奈米管織物層的每一者係大致上呈平面延伸且實質上平行於該半導體之主要表面。
8. 如請求項第 1 項之導電性物品，其中該圖案化導電軌跡的至少一部分包含一主動區，該主動區被建構與設置成在可見光範圍的至少一部分範圍中實質上呈光學透明。
9. 如請求項第 8 項之導電性物品，其中該金屬層為在實質上垂直於半導體之主要表面的維度上厚度小於 10 奈米的一薄膜。
10. 如請求項第 1 項之導電性物品，其中該半導體包含相鄰設置且實質上為平行膜層的 p-GaN 層與 n-GaN 層。
11. 如請求項第 1 項之導電性物品，其中該半導體材料基板係選自於包含 III-V、V 與 II-VI 族半導體材料的族群。
12. 如請求項第 1 項之導電性物品，其中該非織造奈米管織物包含單壁碳奈米管與多壁碳奈米管。
13. 如請求項第 1 項之導電性物品，其中該非織造奈米管織物包含金屬奈米管與半導體性奈米管，其中該織物中之金屬奈米管與半導體性奈米管的相對組成係受到

控制。

14. 一種發光半導體裝置，包含：

一半導體材料基板；

一金屬接觸件，與該半導體作電交流；

一界面結構，其包含一非織造奈米管織物層與一金屬層，其中該界面結構：

係夾置於該金屬接觸件與該半導體之間；

令該金屬接觸件與該半導體電耦合；及

包含至少一主動區，其與該金屬接觸件相鄰且在可見光範圍的至少一部分範圍中至少部分呈光學透明。

15. 如請求項第 14 項之發光半導體裝置，其中該界面結構被建構與設置，俾以於該半導體與該金屬接觸件之間提供低電阻之電路徑。

16. 如請求項第 14 項之發光半導體裝置，其中該半導體包含相鄰設置且實質上為平行膜層的 p-GaN 層與 n-GaN 層。

17. 如請求項第 14 項之發光半導體裝置，其中該界面結構的該金屬層係受到選擇與設置，俾以提供與該非織造奈米管織物之膜層的歐姆接觸、以及與該金屬接觸件的歐姆接觸。

18. 一種於半導體上製造導電物品的方法，包含下列步驟：

提供一半導體；

在該半導體上形成一導電軌跡，該導電軌跡包含一非織造奈米管織物層與一薄金屬層；

在該導電軌跡上方沈積一遮罩層；

在該遮罩層中定義一圖案，該圖案係對應至該物品的形狀；及

根據該遮罩層的圖案來移除部分之該奈米管織物層與部分之該金屬層，俾使剩下的導電軌跡形成該導電物品，且實質上保留該半導體。

19. 如請求項第 18 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中形成一非織造奈米管織物層之步驟，包含藉由旋塗與噴塗操作中的至少一者來施加碳奈米管。
20. 如請求項第 18 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中根據該遮罩層的圖案來移除部分之該奈米管織物層與部分之該薄金屬層之步驟，包含濕式蝕刻與乾式蝕刻操作中的至少一者。
21. 如請求項第 18 項之於半導體上製造導電物品的方法，進一步包含在該導電軌跡上形成一金屬接觸件之步驟，其中該金屬接觸件係與該半導體作電交流。
22. 如請求項第 21 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中形成一金屬接觸件之步驟，包含濕式蝕刻與反應性離子蝕刻操作中的至少一者。

23. 如請求項第 21 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中該導電軌跡之該薄金屬層被建構與設置，俾以提供與該非織造奈米管織物層的低電阻接觸、以及與該金屬接觸件的低電阻接觸。
24. 如請求項第 18 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中該導電軌跡的至少一部分被建構與設置為在可見光範圍的至少一部分範圍中實質上呈光學透明。
25. 如請求項第 18 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中該半導體包含相鄰設置且為實質上平行膜層的 p-GaN 層與 n-GaN 層。
26. 如請求項第 18 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中該半導體係選自於包含 III-V、V 與 II-VI 族半導體材料的族群。
27. 如請求項第 24 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中形成一導電軌跡之步驟，包含在該奈米管織物層上設置該薄金屬層。
28. 如請求項第 24 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中形成一導電軌跡之步驟，包含在該薄金屬層上設置該奈米管織物層。
29. 如請求項第 24 項之於半導體上製造導電物品的方法，其中形成一導電軌跡之步驟，進一步包含提供交替設置的複數碳奈米管織物層與複數薄金屬層。

十一、圖式：

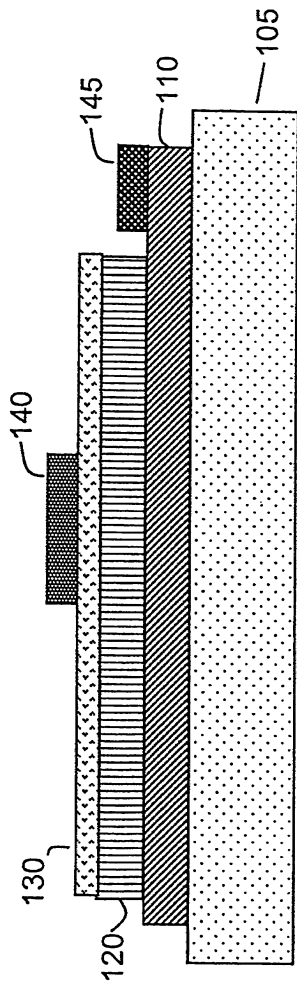


圖 1



2000

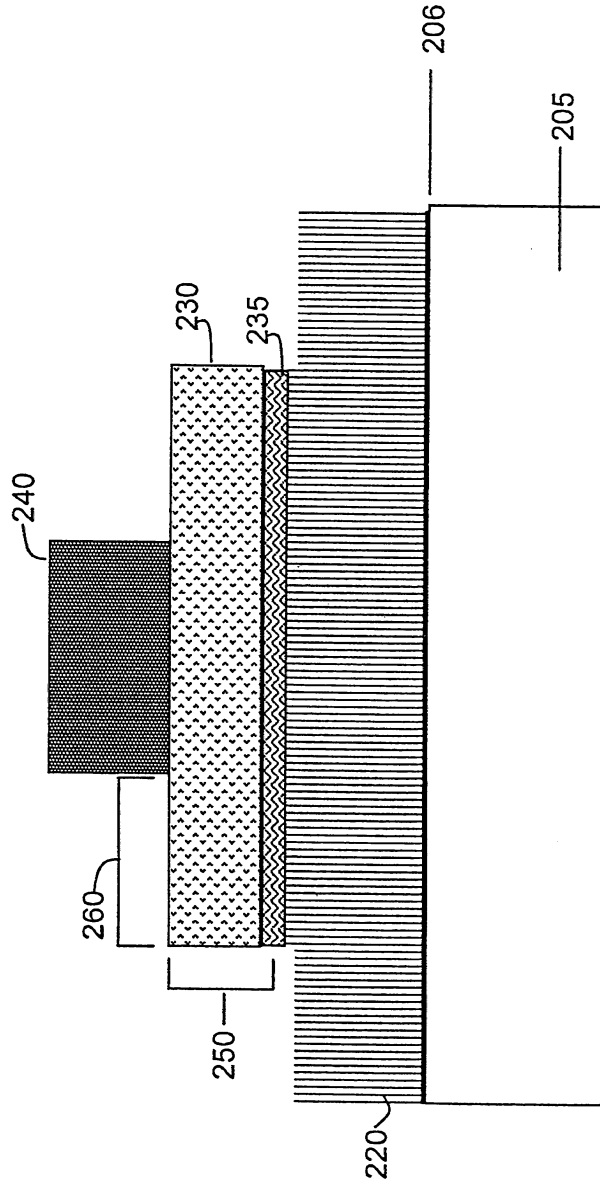


圖 2A

2001

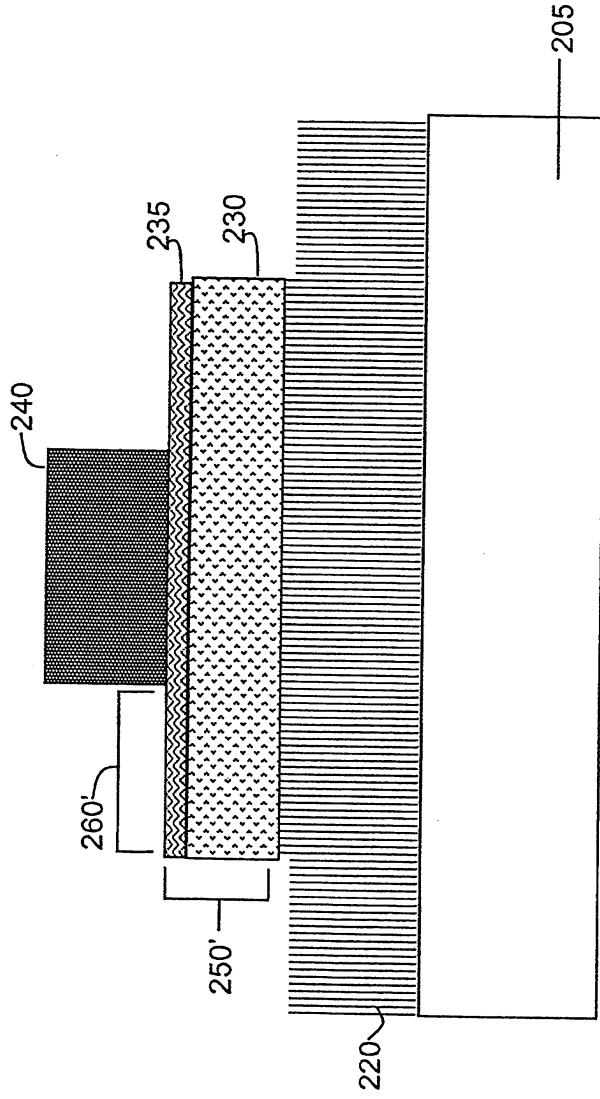


圖 2B

2002

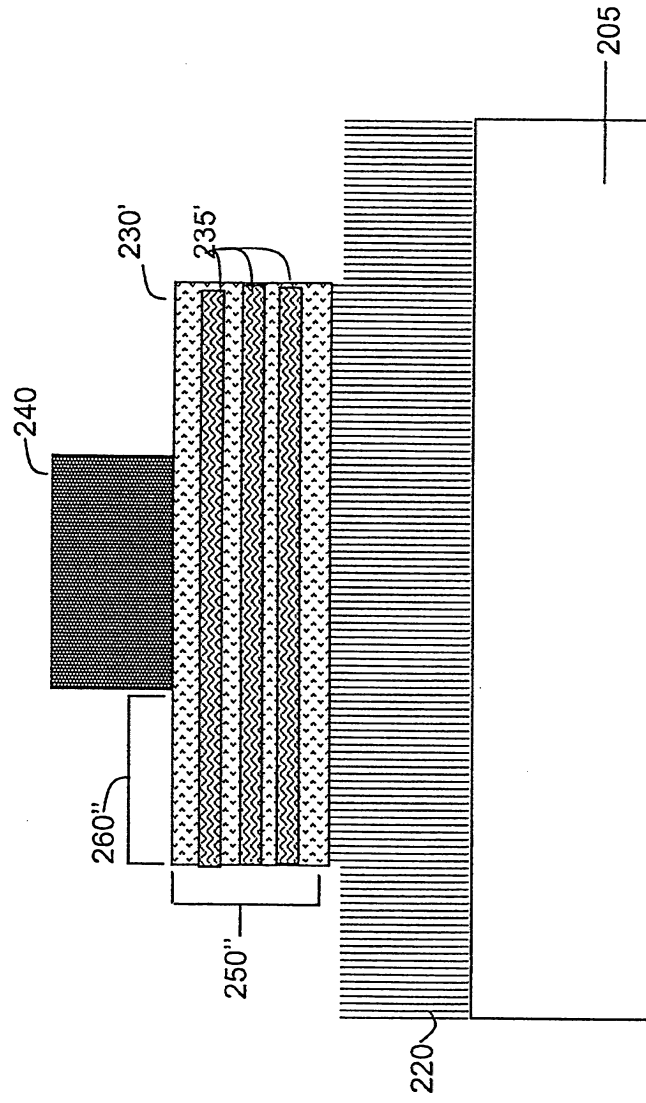


圖 2C

3000

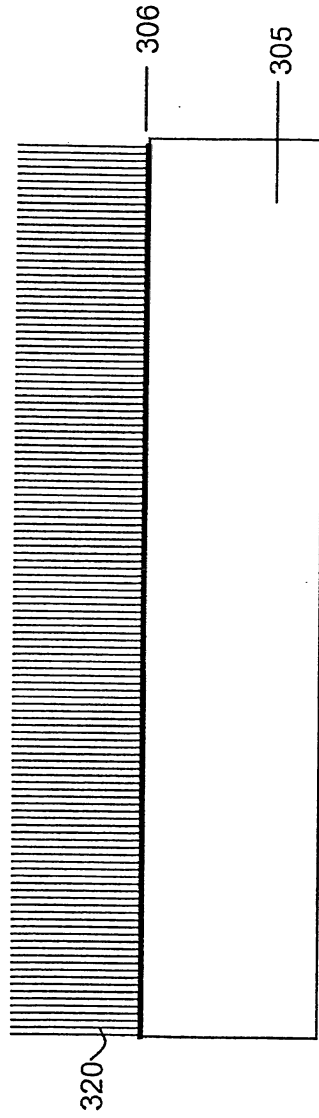


圖 3A

3001

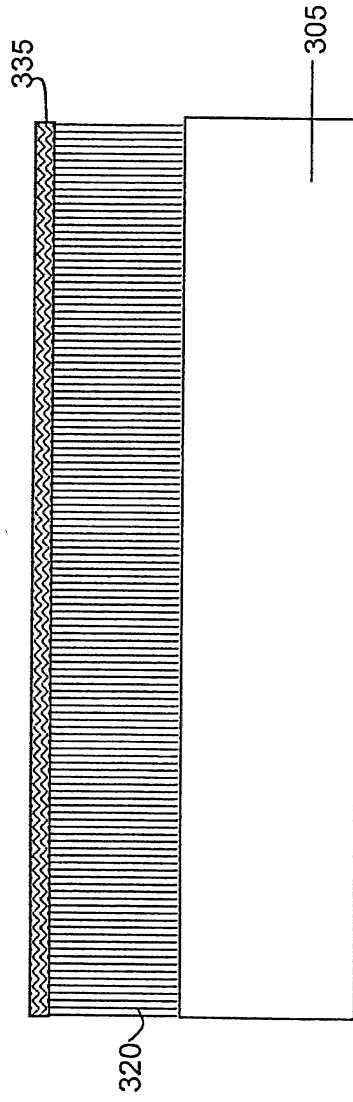


圖 3B

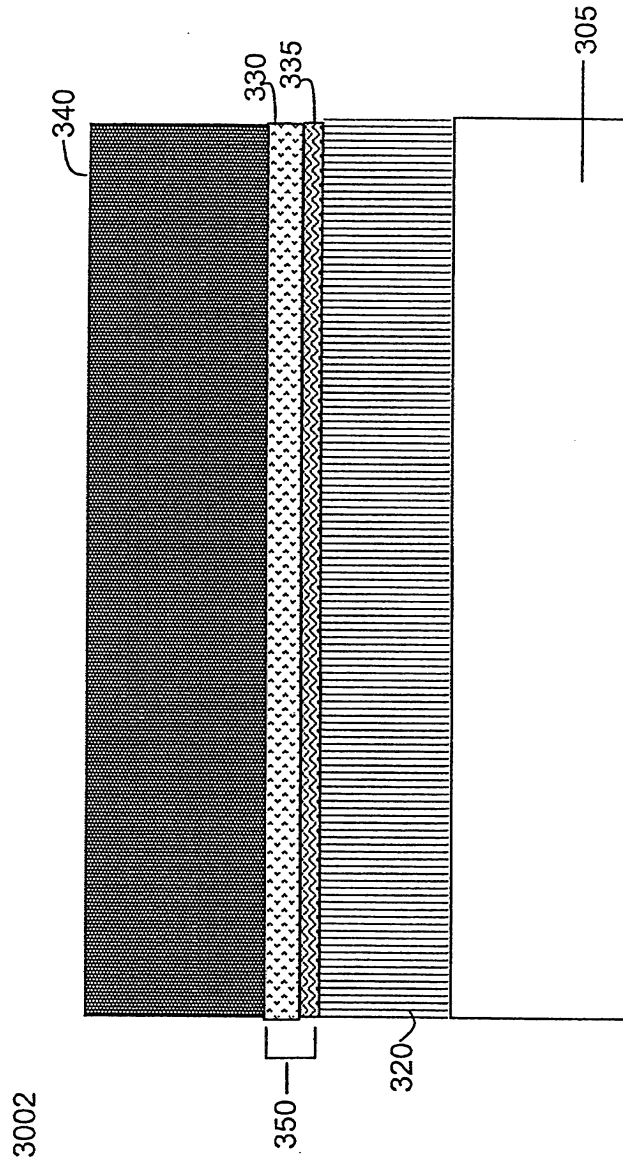


圖 3C

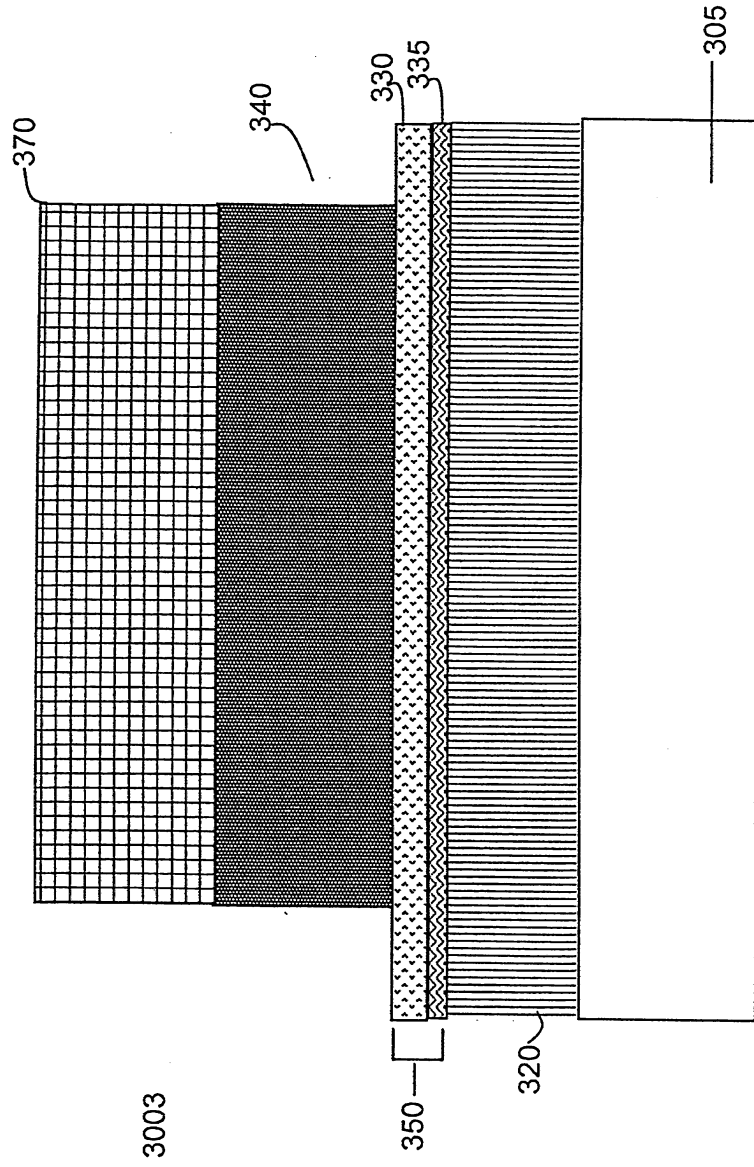


圖 3D

3004

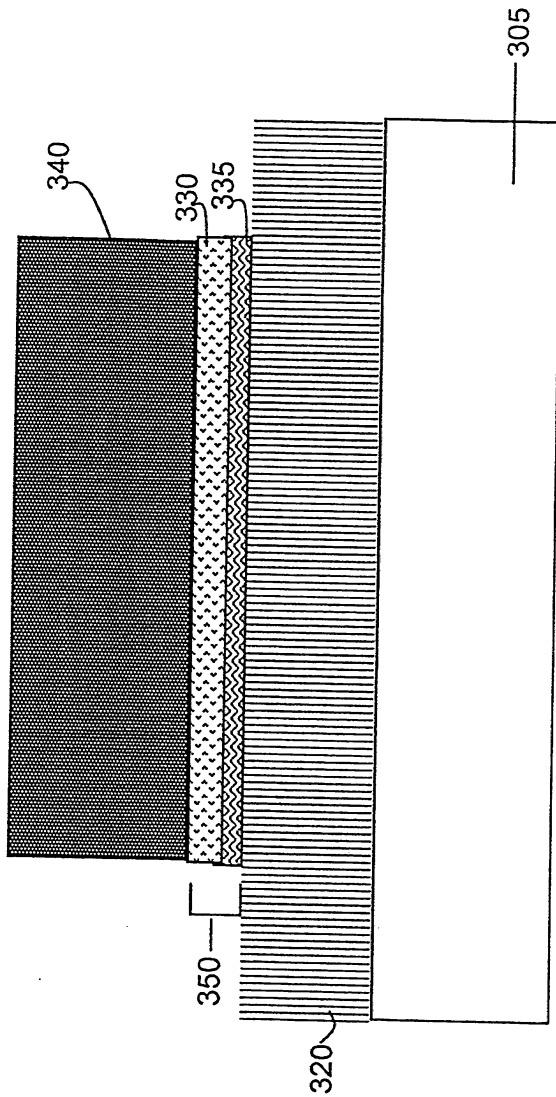


圖 3E



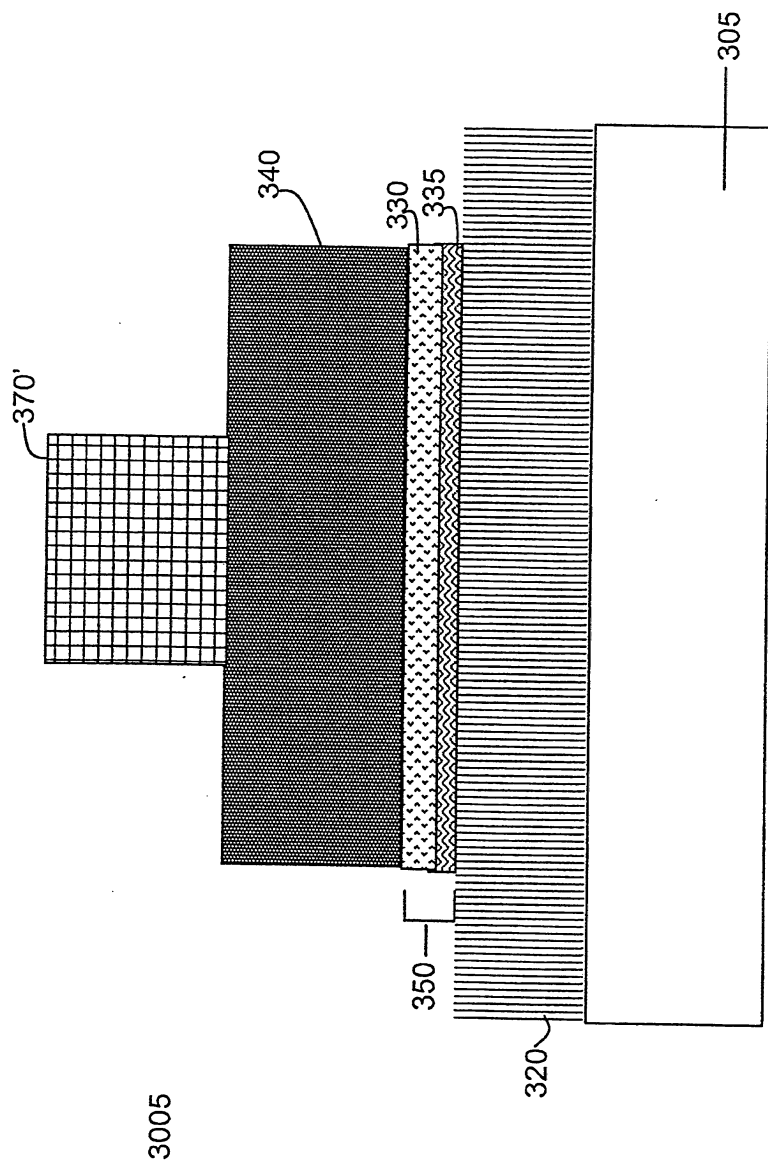


圖 3F

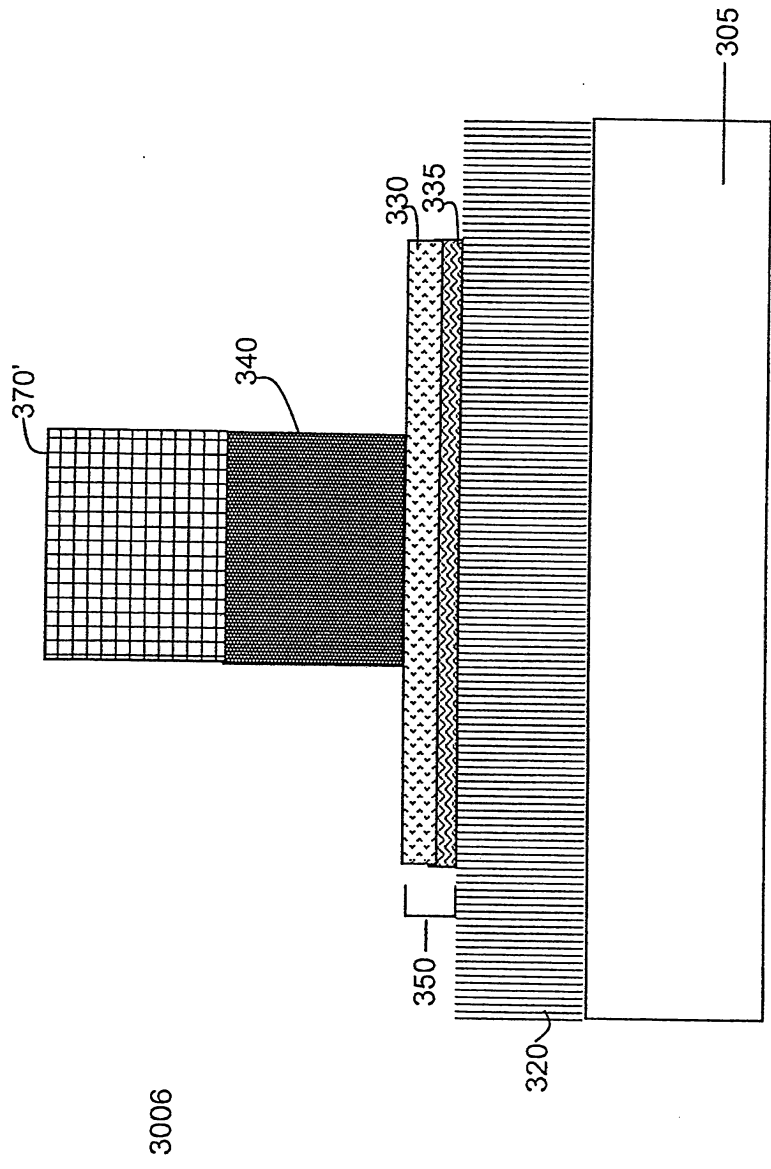


圖 3G

3007

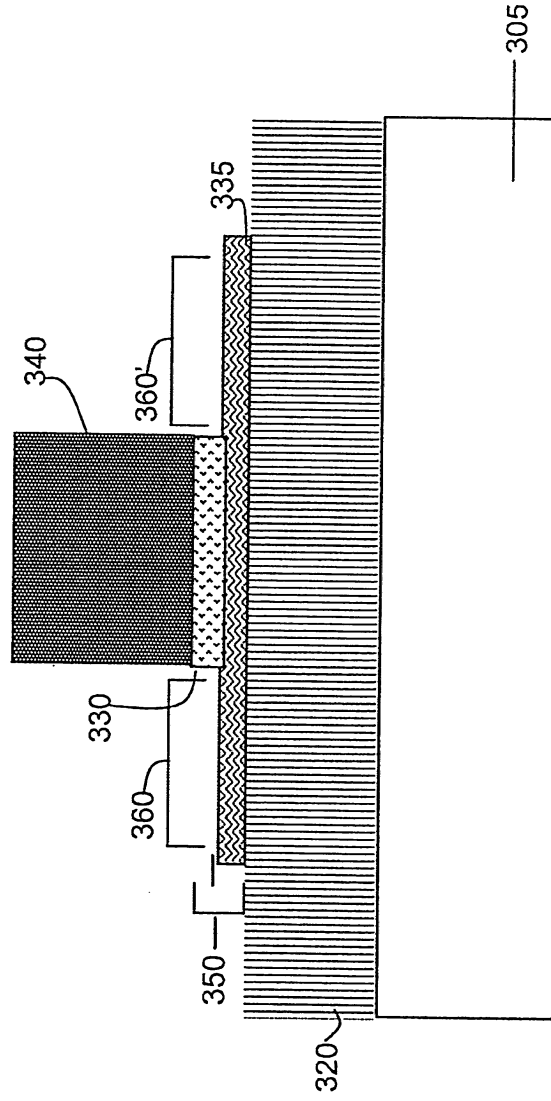


圖 3H

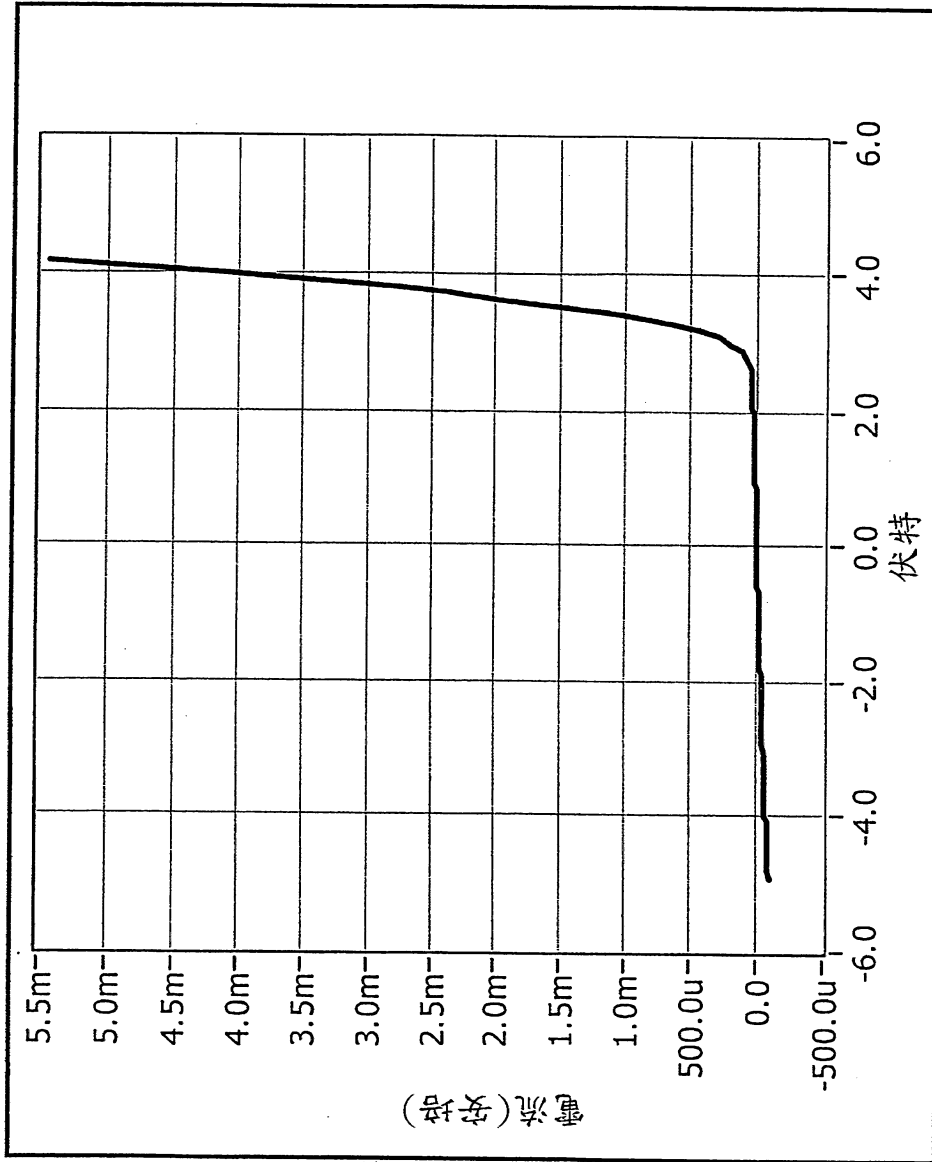


圖 5

5000

7000

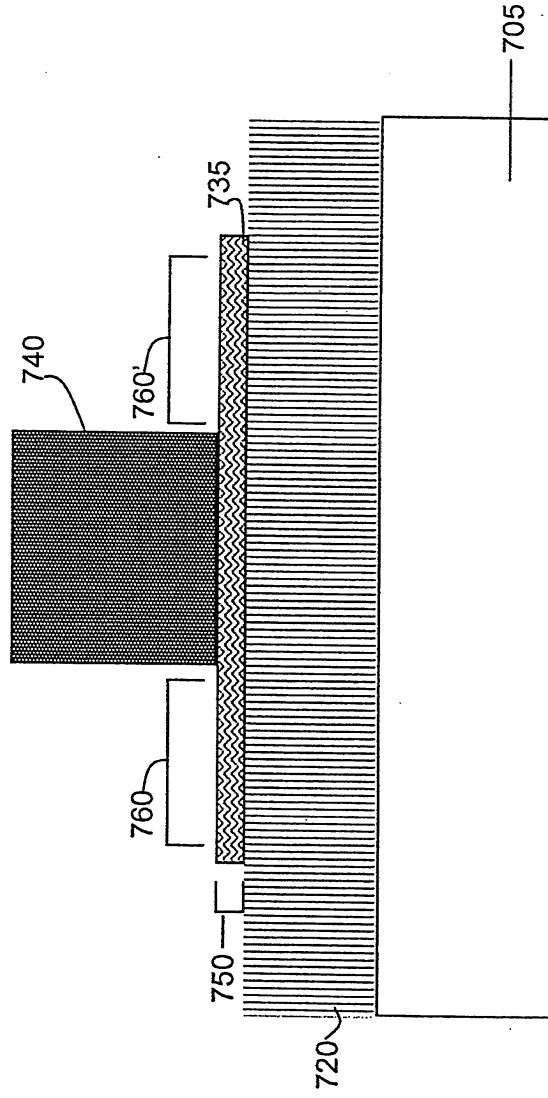
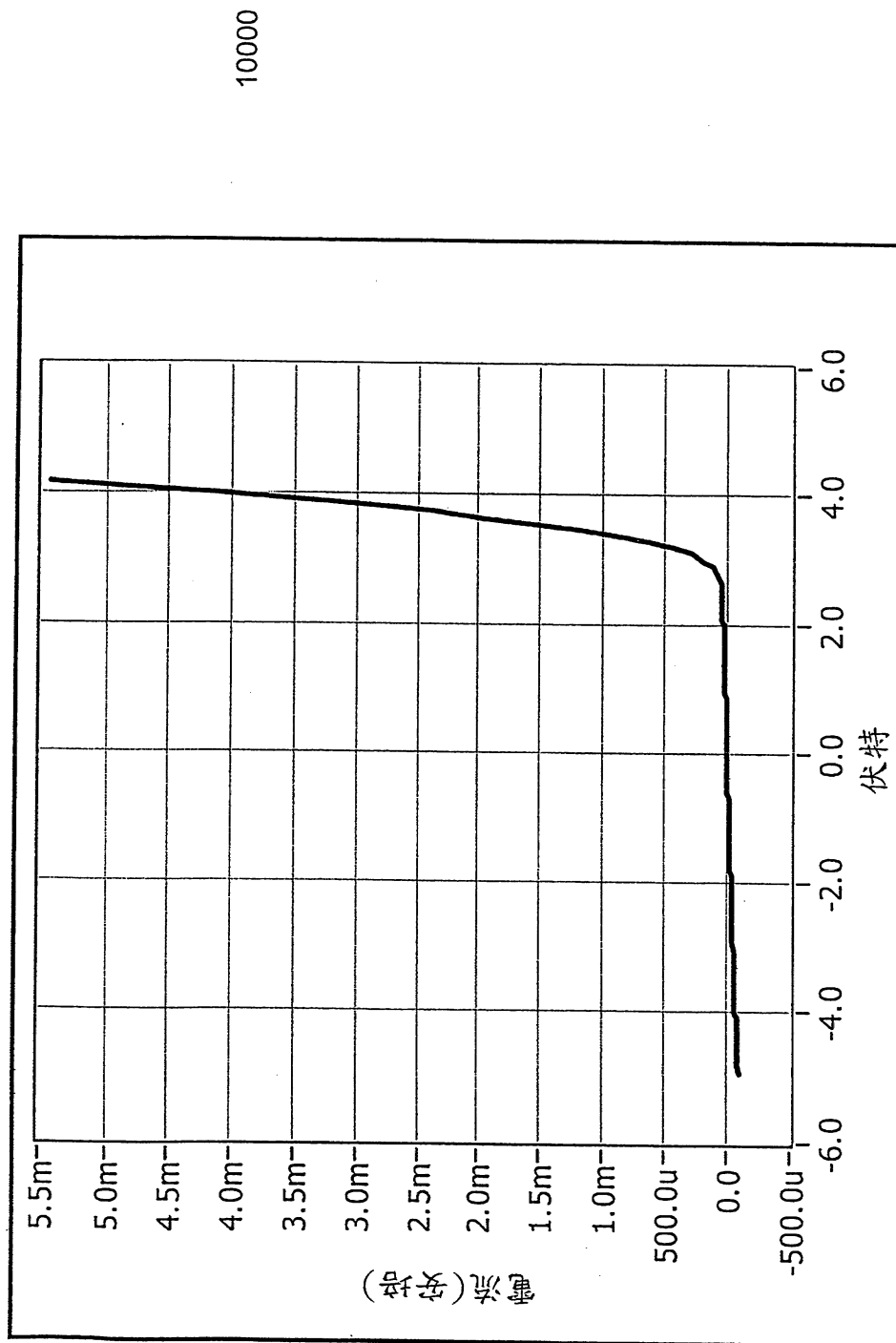


圖 7

與 CNT 接觸之 p-GaN LED 的 IV 特性

圖 10



在 C4 中約 3V、100  $\mu$ A 下的發光

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 2A ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

205：基板

5

206：n-GaN 薄膜

220：p-GaN

230：金屬

235：CNT 織物

240：金屬焊墊

10

250：界面薄膜

260：主動區

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

15