

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-290219

(P2009-290219A)

(43) 公開日 平成21年12月10日(2009.12.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B	5 F 1 1 O
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 A	
HO 1 L 29/06 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 Z	
B 8 2 B 3/00 (2006.01)	HO 1 L 29/06 6 0 1 N	
	B 8 2 B 3/00	

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2009-132384 (P2009-132384)  
 (22) 出願日 平成21年6月1日(2009.6.1)  
 (31) 優先権主張番号 200810067565.6  
 (32) 優先日 平成20年5月30日(2008.5.30)  
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(71) 出願人 598098331  
 ツインファ ユニバーシティ  
 中華人民共和国 ベイジン 100084  
 , ハイダン ディストリクト, ツイン  
 ファ ユニバーシティ  
 (71) 出願人 500080546  
 鴻海精密工業股▲ふん▼有限公司  
 台湾台北縣土城市自由街2號  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100089037  
 弁理士 渡邊 隆

最終頁に続く

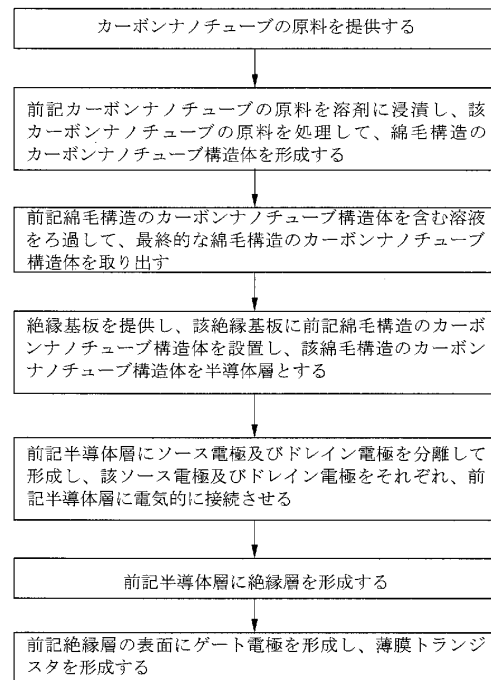
(54) 【発明の名称】 薄膜トランジスタの製造方法

(57) 【要約】

【課題】本発明は、薄膜トランジスタの製造方法に関する。

【解決手段】本発明の製造方法は、カーボンナノチューブの原料を提供する第一ステップと、カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する第二ステップと、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す第三ステップと、絶縁基板を提供し、絶縁基板に第三ステップで取り出された綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を設置し、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を半導体層とする第四ステップと、半導体層にソース電極及びドレイン電極を分離して形成し、ソース電極及びドレイン電極をそれぞれ、半導体層に電氣的に接続させる第五ステップと、半導体層に絶縁層を形成する第六ステップと、絶縁層の表面にゲート電極を形成し、薄膜トランジスタを形成する第七ステップと、を含む。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

カーボンナノチューブの原料を提供する第一ステップと、  
前記カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する第二ステップと、  
前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す第三ステップと、  
絶縁基板を提供し、該絶縁基板に第三ステップで取り出された前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を設置し、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を半導体層とする第四ステップと、  
前記半導体層にソース電極及びドレイン電極を分離して形成し、該ソース電極及びドレイン電極をそれぞれ、前記半導体層に電氣的に接続させる第五ステップと、  
前記半導体層に絶縁層を形成する第六ステップと、  
前記絶縁層の表面にゲート電極を形成し、薄膜トランジスタを形成する第七ステップと、  
を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

10

**【請求項 2】**

カーボンナノチューブの原料を提供する第一ステップと、  
前記カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する第二ステップと、  
前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す第三ステップと、  
絶縁基板を提供し、該絶縁基板の表面にゲート電極を形成する第四ステップと、  
前記ゲート電極を被覆させるように絶縁層を形成する第五ステップと、  
第三ステップで取り出された前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を前記絶縁層の表面に設置し、前記絶縁層に半導体層を形成する第六ステップと、  
前記半導体層にソース電極及びドレイン電極を分離して形成し、該ソース電極及びドレイン電極を前記半導体層に電氣的に接続させる第七ステップと、  
を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

20

**【請求項 3】**

前記第二ステップでは、前記カーボンナノチューブ原料を前記溶剤に浸漬した後、超音波式分散、又は高強度攪拌又は振動の方法により、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に形成させることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

30

**【請求項 4】**

前記第三ステップでは、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に所定の圧力を加え、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に残留した溶剤を除去することを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

**【請求項 5】**

前記第三ステップでは、エアポンプファネルを提供し、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を前記エアポンプファネルに置き、該エアポンプファネルに抽気し、乾燥させることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

40

**【請求項 6】**

前記ソース電極及び前記ドレイン電極を設置した後で、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体における、金属型カーボンナノチューブを除去することを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、薄膜トランジスタの製造方法に関し、特にカーボンナノチューブを含む薄膜

50

トランジスタの製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor, TFT) は、パネル表示装置に広く応用される。従来の薄膜トランジスタは、主に、ゲート電極、絶縁層、半導体層、ソース電極及びドレイン電極を含む。前記ソース電極及び前記ドレイン電極は、分離して設置され、前記半導体層と電氣的に接続される。前記ゲート電極は、前記絶縁層に設置され、該絶縁層により前記半導体層、前記ソース電極及び前記ドレイン電極と分離して絶縁される。前記半導体層の、前記ソース電極とドレイン電極との間に位置される領域には、チャンネル領域が形成される。

10

【0003】

前記薄膜トランジスタのゲート電極、ソース電極及びドレイン電極は、導電材料からなる。該導電材料は、金属又は合金である。前記ゲート電極に電圧を印加すると、前記絶縁層により該ゲート電極と分離して設置された前記半導体層におけるチャンネル領域で、キャリアが蓄積することができる。該キャリアが所定の程度に蓄積した場合、前記半導体層に電氣的に接続される前記ソース電極及び前記ドレイン電極が電氣的に接続されるので、前記ソース電極から前記ドレイン電極に電流が流れる。

【0004】

従来技術として、薄膜トランジスタの半導体層の材料は、アモルファスシリコン、多結晶シリコン又は有機半導体重合体である (非特許文献1を参照)。アモルファスシリコンを半導体層とする薄膜トランジスタにおいて、該半導体層で多くのダングリングボンド (Dangling Bond) を含むので、キャリアの移動度は、小さくなる。該キャリアの移動度が一般的に  $1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  より小さいので、前記薄膜トランジスタの応答速度は、遅い。多結晶シリコンを半導体層とする薄膜トランジスタにおいて、キャリアの移動度は、大きくなる。該キャリアの移動度が一般的に  $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  ほどであるので、前記薄膜トランジスタの応答速度は、速い。しかし、多結晶シリコンを半導体層とする薄膜トランジスタは、製造方法が複雑であり、コストが高く、大面積製造が難しく、オフ電流が大きい。従来の無機薄膜トランジスタと比べて、有機半導体重合体を半導体層とする有機薄膜トランジスタは、コストが低く、製造の温度が低く、高い強靭性を有する長所がある。しかし、有機薄膜トランジスタは、室温でジャンプ伝導するので、抵抗率が

20

30

【0005】

前記課題を解決するために、半導体性を有するカーボンナノチューブ構造体を半導体層とする薄膜トランジスタを提供する。従来の薄膜トランジスタの製造方法は、複数のカーボンナノチューブを有機溶剤に混合して混合物を形成する第一ステップと、前記混合物を基板に塗布する第二ステップと、前記基板に塗布された混合物の有機溶剤を蒸発させてカーボンナノチューブ構造体を形成する第三ステップと、該カーボンナノチューブ構造体にソース電極及びドレイン電極を形成する第四ステップと、該カーボンナノチューブ構造体に窒化ケイ素からなる絶縁層を形成し、該絶縁層にゲート電極を形成する第五ステップと、を含む。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】 "New challenges in thin film transistor research", Journal of Non-Crystalline Solids, 2002年、第299-302巻、第1304~1310頁

【非特許文献2】 Kaili Jiang, Qunqing Li, Shoushan Fan, "Spinning continuous carbon nanotube yarns", Nature, 2002年、第419巻、p. 801

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

しかし、前記混合物において、カーボンナノチューブが凝集しやすいので、前記カーボンナノチューブ構造体におけるカーボンナノチューブの分布が不均一になるという課題がある。また、前記有機溶剤を完全に除去できないので、前記カーボンナノチューブ構造体に不純物が残るという課題もある。また、前記カーボンナノチューブ構造体におけるカーボンナノチューブは不均一に配列されているので、カーボンナノチューブの大きなキャリア移動度を十分に活用することができないという課題もある。

## 【0008】

従って、本発明は、前記課題を解決するために、薄膜トランジスタの製造方法を提供する。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

薄膜トランジスタの製造方法は、カーボンナノチューブの原料を提供する第一ステップと、前記カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する第二ステップと、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す第三ステップと、絶縁基板を提供し、該絶縁基板に第三ステップで取り出された前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を設置し、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を半導体層とする第四ステップと、前記半導体層にソース電極及びドレイン電極を分離して形成し、該ソース電極及びドレイン電極をそれぞれ、前記半導体層に電氣的に接続させる第五ステップと、前記半導体層に絶縁層を形成する第六ステップと、前記絶縁層の表面にゲート電極を形成し、薄膜トランジスタを形成する第七ステップと、を含む。

## 【0010】

又は、カーボンナノチューブの原料を提供する第一ステップと、前記カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する第二ステップと、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す第三ステップと、絶縁基板を提供し、該絶縁基板の表面にゲート電極を形成する第四ステップと、前記ゲート電極を被覆させるように絶縁層を形成する第五ステップと、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を前記絶縁層の表面に設置し、前記絶縁層に半導体層を形成する第六ステップと、前記半導体層にソース電極及びドレイン電極を分離して形成し、該ソース電極及びドレイン電極を前記半導体層に電氣的に接続させる第七ステップと、を含む。

## 【0011】

前記第二ステップでは、前記カーボンナノチューブ原料を前記溶剤に浸漬した後、超音波式分散、又は高強度攪拌又は振動の方法により、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に形成させる。

## 【0012】

前記第三ステップでは、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に所定の圧力を加え、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に残留した溶剤を除去する。

## 【0013】

前記第三ステップでは、エアポンプファネルを提供し、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を前記エアポンプファネルに置き、該エアポンプファネルに抽気し、乾燥させる。

## 【0014】

前記ソース電極及び前記ドレイン電極を設置した後で、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体における、金属型カーボンナノチューブを除去する。

## 【発明の効果】

## 【0015】

10

20

30

40

50

従来の薄膜トランジスタの製造方法と比べて、本発明の薄膜トランジスタの製造方法では、カーボンナノチューブの原料を処理し、形成された綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を薄膜トランジスタの半導体層とするので、該薄膜トランジスタの製造方法は、複数のカーボンナノチューブを有機溶剤に混合して混合物を形成するステップを含まないので、簡単である。かつ、前記半導体層に有機溶剤を含まない。該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が強い接着性を有し、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を所定の位置に直接接着することができるので、該薄膜トランジスタの製造方法は、簡単で、コストが低く、低温で行うことができる。前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体におけるカーボンナノチューブが、互いに絡み合うので、前記製造方法で製造された薄膜トランジスタは、大きなキャリアの移動度を有し、速い応答速度を有する。前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体は、優れた強靱性と機械強度を有するので、該半導体層を有する薄膜トランジスタは、更に優れた強靱性を有する。

10

20

30

40

50

#### 【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施例1に係る薄膜トランジスタの製造方法のフローチャートである。

【図2】本発明の実施例1に係る薄膜トランジスタの製造方法を示す図である。

【図3】ろ過された綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体の写真である。

【図4】最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体の写真である。

【図5】最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体のSEM写真である。

【図6】本発明の実施例2に係る薄膜トランジスタの製造方法のフローチャートである。

【図7】本発明の実施例2に係る薄膜トランジスタの製造方法を示す図である。

【図8】本発明の実施例3に係る薄膜トランジスタアレイの製造方法のフローチャートである。

#### 【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照して、本発明の実施例について説明する。

【0018】

(実施例1)

図1と図2を参照すると、本発明の実施例1は、トップゲート型(Top Gate Type)薄膜トランジスタ10の製造方法を提供する。該製造方法は、下記のステップを含む。

【0019】

第一ステップでは、カーボンナノチューブの原料を提供する。

【0020】

前記カーボンナノチューブの原料の製造方法は、下記のようなサブステップを含む。

【0021】

まず、基材にカーボンナノチューブアレイを形成する。該カーボンナノチューブアレイは、超配列カーボンナノチューブアレイであることが好ましい。本実施形態から提供されたカーボンナノチューブアレイは、単層カーボンナノチューブ、二層カーボンナノチューブ、又は多層カーボンナノチューブを含むことができる。

【0022】

本実施形態において、前記カーボンナノチューブアレイの製造方法は、化学気相堆積(CVD)法を採用する。該製造方法は、次のステップを含む。ステップ(a)では、平らな基材を提供し、該基材はP型のシリコン基材、N型のシリコン基材及び酸化層が形成されたシリコン基材のいずれか一種である。本実施形態において、4インチのシリコン基材を選択することが好ましい。ステップ(b)では、前記基材の表面に、均一的に触媒層を形成する。該触媒層の材料は鉄、コバルト、ニッケル及びその兩種以上の合金のいずれか一種である。ステップ(c)では、前記触媒層が形成された基材を700~900の空気で30分~90分間アニーリングする。ステップ(d)では、アニーリングされた基材を反応炉に置き、保護ガスで500~740の温度で加熱した後で、カーボンを含

むガスを導入して、5分～30分間反応を行って、超配列カーボンナノチューブアレイ (Super aligned array of carbon nanotubes, 非特許文献2) を成長させることができる。該カーボンナノチューブアレイの高さは100マイクロメートル以上である。該カーボンナノチューブアレイは、互いに平行し、基材に垂直するように生長する複数のカーボンナノチューブからなる。該カーボンナノチューブは、長さが長いから、部分的にカーボンナノチューブが互いに絡み合っている。生長の条件を制御することによって、前記カーボンナノチューブアレイは、例えば、アモルファスカーボン及び残りの触媒となる金属粒子などの不純物を含まなくなる。

【0023】

本実施形態において、前記カーボンを含むガスとしては例えば、アセチレン、エチレン、メタンなどの活性な炭化水素が選択され、エチレンを選択することが好ましい。保護ガスは窒素ガスまたは不活性ガスであり、アルゴンガスが好ましい。

10

【0024】

本実施形態から提供されたカーボンナノチューブアレイは、前記の製造方法により製造されることに制限されず、アーク放電法またはレーザー蒸発法で製造してもいい。

【0025】

次に、ナイフのような工具で前記カーボンナノチューブを前記基材から剥離し、カーボンナノチューブの原料が形成される。前記カーボンナノチューブは、ある程度互いに絡み合っている。前記カーボンナノチューブの原料においては、該カーボンナノチューブの長さは、100マイクロメートル以上であり、10マイクロメートル以上であることが好ましい。

20

【0026】

第二ステップでは、前記カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、該カーボンナノチューブの原料を処理して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する。

【0027】

前記カーボンナノチューブ原料を前記溶剤に浸漬した後、超音波式分散、又は高強度攪拌又は振動などの方法により、前記カーボンナノチューブを綿毛構造に形成させる。本実施形態において、前記溶剤は水または揮発性有機溶剤である。超音波式分散方法により、カーボンナノチューブを含む溶剤に対して10～30分間処理する。カーボンナノチューブは大きい比表面積を持ち、カーボンナノチューブの間に大きい分子間力があるので、前記カーボンナノチューブはそれぞれもつれて、綿毛構造に形成されている。

30

【0028】

第三ステップでは、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す。

【0029】

本実施形態において、まず、濾紙が置かれたファネルを提供する。前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶剤を濾紙が置かれたファネルにつぎ、しばらく放置して、乾燥させると、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が分離される。図3を参照すると、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体におけるカーボンナノチューブが互いに絡み合っており、不規則的な綿毛構造となる。

40

【0030】

分離された前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を容器に置き、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を所定の形状に展開し、展開された前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に所定の圧力を加え、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に残留した溶剤を焙り、或いは、該溶剤が自然に蒸発すると、図4と図5に示すような最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が形成される。

【0031】

本実施形態において、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が展開される面積によって、最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体の厚さと面密度を制御できる。即ち、一定の体積を有する前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体は、展開される面

50

積が大きくなるほど、最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体の厚さと面密度が小さくなる。図4と図5は、本実施形態において形成された最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体である。該最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体では、互いに絡み合った複数のカーボンナノチューブを含み、該複数のカーボンナノチューブが分子間力で互いに引き付けあい、ネットワーク構造が形成されるので、該最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が良い靱性を有するようになる。前記最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体では、複数のカーボンナノチューブが互いに絡み合っており、微孔構造が形成される。該微孔の直径は、10マイクロメートル以下であり、前記最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体の厚さは0.5ナノメートル~100マイクロメートルである。

10

#### 【0032】

また、微多孔膜とエアポンプファネル (Air-pumping Funnel) を利用して最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が形成される。具体的には、微多孔膜とエアポンプファネルを提供し、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶剤を前記微多孔膜を通して前記エアポンプファネルにつぎ、該エアポンプファネルに抽気し、乾燥させると、最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が形成される。前記微多孔膜は、平滑な表面を有する。該微多孔膜において、単一の微小孔の直径は、0.22  $\mu\text{m}$  にされている。前記微多孔膜は平滑な表面を有するので、前記最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造は容易に前記微多孔膜から剥落することができる。さらに、前記エアポンプを利用することにより、前記最終的な綿毛構造のカーボンナノ

20

#### 【0033】

第四ステップでは、絶縁基板110を提供し、該絶縁基板110に前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を設置し、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を半導体層140とする。

#### 【0034】

具体的には、絶縁基板110を提供し、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体自身の接着性を利用して、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を該絶縁基板110の表面に接着し、半導体層140を形成する。

30

#### 【0035】

前記絶縁基板110は、耐熱性を有する絶縁基板である。該絶縁基板110の形状及び寸法は、実際の応用に応じて選択することができる。該絶縁基板110はP型のシリコン基板、N型のシリコン基板、酸化層が形成されたシリコン基板、透明の石英基板、酸化層が形成された透明の石英基板のいずれか一種である。また、前記絶縁基板110の材料は、プラスチック又は樹脂であってもよく、例えば、PETフィルムである。

#### 【0036】

また、有機溶剤で前記絶縁基板110に接着された綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を処理する。まず、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が形成された絶縁基板110を有機溶剤に浸漬する。次に、前記有機溶剤を蒸発させ、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する。前記有機溶剤は、揮発性有機溶剤であり、アルコール、メチルアルコール、アセトン、ジクロロエタン、クロロホルムの一種又は数種の混合物である。本実施形態において、該有機溶剤はアルコールである。揮発性有機溶剤の表面力の作用で前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体は、前記絶縁基板110の表面に付着することができ、比表面積が小さくなり、優れた機械強度と強靱性を有する。

40

#### 【0037】

第五ステップでは、前記半導体層140にソース電極151及びドレイン電極152を分離して形成し、該ソース電極151及びドレイン電極152をそれぞれ、前記半導体層140に電氣的に接続させる。

#### 【0038】

50

前記ソース電極 151 及び前記ドレイン電極 152 は、導電材料からなる。該ソース電極 151 及び該ドレイン電極 152 の材料は、金属、合金、酸化インジウムスズ (ITO) フィルム、酸化アンチモンズ (ATO)、導電銀ペースト、導電重合体又は導電カーボンナノチューブなどである。前記金属は、アルミニウム、銅、タンゲステン、モリブデン、金、チタン、ネオジウム、パラジウム又はセシウムなどである。前記合金は、前記金属の合金である。前記ソース電極 151 及び前記ドレイン電極 152 の材料によって、異なる方法で該ソース電極 151 及び該ドレイン電極 152 を形成することができる。具体的には、前記ソース電極 151 及び前記ドレイン電極 152 の材料が金属、合金、ITO 又は ATO である場合、スパッタリング、エッチング、蒸着などの方法で前記ソース電極 151 及び前記ドレイン電極 152 を形成することができる。前記ソース電極 151 及び前記ドレイン電極 152 の材料が導電銀ペースト、導電重合体又はカーボンナノチューブである場合、印刷塗布又は接着の方法で該導電銀ペースト、導電重合体又は導電カーボンナノチューブフィルムを前記半導体層 140 の表面に塗布又は接着し、前記ソース電極 151 及び前記ドレイン電極 152 を形成することができる。該ソース電極 151 及び該ドレイン電極 152 の厚さは、0.5 ナノメートル～100 マイクロメートルであり、該ソース電極 151 と該ドレイン電極 152 との距離は、1 マイクロメートル～100 マイクロメートルである。

10

#### 【0039】

本実施例において、前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 の材料は、金属である。該ソース電極 151 と該ドレイン電極 152 とを形成する方法は、次の二種がある。次に、該二種の方法について詳しく説明する。

20

#### 【0040】

第一の方法において、まず、前記半導体層 140 の表面にフォトレジスト層を形成する。次に、前記フォトレジスト層に露光、現像を行うことにより、前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 に対応する領域のフォトレジスト層を除去する。その後で、磁気スパッター又は電子ビーム蒸着などの方法で前記フォトレジスト層及び、前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 に対応する領域に金属層を形成し、該金属層がパラジウム、チタン及びニッケルなどの金属層であることが好ましい。最後に、アセトンなどの有機溶剤で前記フォトレジスト層及びそれに形成された金属層を除去し、前記半導体層 140 にソース電極 151 とドレイン電極 152 を形成する。

30

#### 【0041】

第二の方法において、まず、前記半導体層 140 の表面に金属層を形成する。次に、前記金属層の表面にフォトレジストを塗布し、フォトレジスト層を形成する。その後、前記フォトレジスト層に露光、現像を行うことにより、前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 に対応する領域以外のフォトレジスト層を除去する。最後に、プラズマエッチングの方法で前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 との領域以外の金属層を除去し、アセトンなどの有機溶剤で前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 との領域のフォトレジスト層を除去し、前記半導体層 140 にソース電極 151 とドレイン電極 152 を形成する。本実施例において、前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 とは、厚さが 1 マイクロメートルであり、該ソース電極 151 と該ドレイン電極 152 との距離が 50 マイクロメートルである。

40

#### 【0042】

また、優れた半導体性を有する半導体層 140 を形成するために、前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 を形成した後、更に、前記半導体層 140 における、金属型カーボンナノチューブを除去する工程を含む。まず、電源を提供する。次に、前記電源の正極及び負極を前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 にそれぞれ、接続する。最後に、前記電源により前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 に電圧を印加することにより、金属型カーボンナノチューブを焼切り、優れた半導体性を有する半導体層 140 を形成する。

#### 【0043】

50

また、前記半導体層 140 における、金属型カーボンナノチューブを除去する方法は、前記方法に制限されず、水素プラズマ、マイクロ波、テラヘルツ波、赤外光、紫外光又は可視光で前記半導体層 140 を照射し、金属型カーボンナノチューブを焼切り、優れた半導体性を有する半導体層 140 を形成する。

【0044】

第六ステップでは、前記半導体層 140 に絶縁層 130 を形成する。

【0045】

前記絶縁層 130 の材料は、窒化珪素、酸化珪素などの硬性材料又はベンゾシクロブテン (Benzocyclobutene)、アクリル酸樹脂などの柔らかな材料である。前記絶縁層 130 の材料により、異なる方法で前記絶縁層 130 を形成することができる。具体的には、前記絶縁層 130 の材料が窒化珪素又は酸化珪素である場合、堆積の方法で絶縁層 130 を形成することができる。前記絶縁層 130 の材料がベンゾシクロブテン又はアクリル酸樹脂である場合、印刷塗布の方法で絶縁層 130 を形成することができる。該絶縁層 130 は、厚さが 0.5 ナノメートル～100 マイクロメートルである。

10

【0046】

本実施例において、前記半導体層 140 及び、該半導体層 140 に形成されたソース電極 151 及びドレイン電極 152 を被覆するように、プラズマ化学気相堆積法で窒化珪素の絶縁層 130 を形成する。該絶縁層 130 は、厚さが 1 マイクロメートルである。

【0047】

第七ステップでは、前記絶縁層 130 の表面にゲート電極 120 を形成し、薄膜トランジスタ 10 を形成する。

20

【0048】

前記ゲート電極 120 は、導電材料からなる。該ゲート電極 120 の材料は、金属、合金、酸化インジウムスズ (ITO) フィルム、酸化アンチモンズ (ATO)、導電銀ペースト、導電重合体又はカーボンナノチューブフィルムなどである。前記金属は、アルミニウム、銅、タンゲステン、モリブデン、金、チタン、ネオジム、パラジウム又はセシウムなどである。前記合金は、前記金属の合金である。前記ゲート電極 120 の材料によって、異なる方法で該ゲート電極 120 を形成することができる。具体的には、前記ゲート電極 120 の材料が金属、合金、ITO 又は ATO である場合、スパッタリング、エッチング、蒸着などの方法で前記ゲート電極 120 を形成することができる。前記ゲート電極 120 の材料が導電銀ペースト、導電重合体又はカーボンナノチューブフィルムである場合、印刷塗布又は接着の方法で前記ゲート電極 120 を形成することができる。該ゲート電極 120 は、厚さが 0.5 ナノメートル～100 マイクロメートルである。

30

【0049】

本実施例において、前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 を形成する方法で、前記絶縁層 130 の、前記ソース電極 151 と前記ドレイン電極 152 との間の半導体層 140 に対向する領域にゲート電極 120 を形成する。該ゲート電極 120 は、前記絶縁層 130 により前記半導体層 140 と絶縁的に設置され、材料がアルミニウムであり、厚さが 1 マイクロメートルである。

【0050】

(実施例 2)

図 6 と図 7 を参照すると、本実施例は、ボトムゲート型 (Bottom Gate Type) 薄膜トランジスタ 20 の製造方法を提供する。該製造方法は、前記実施例 1 の薄膜トランジスタ 10 の製造方法と基本的に同じである。

40

【0051】

前記薄膜トランジスタ 20 の製造方法は、下記のステップを含む。

【0052】

第一ステップでは、カーボンナノチューブの原料を提供する。

【0053】

第二ステップでは、前記カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、該カーボンナノ

50

チューブの原料を処理して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する。

【0054】

第三ステップでは、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する。

【0055】

第四ステップでは、絶縁基板210を提供し、該絶縁基板210の表面にゲート電極220を形成する。

【0056】

第五ステップでは、前記ゲート電極220を被覆させるように絶縁層230を形成する。

【0057】

第六ステップでは、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を前記絶縁層230の表面に設置し、前記絶縁層230に半導体層240を形成する。

【0058】

第七ステップでは、前記半導体層240にソース電極251及びドレイン電極252を分離して形成し、該ソース電極251及びドレイン電極252を前記半導体層240に電氣的に接続させる。

【0059】

前記ソース電極251、前記ドレイン電極252、前記ゲート電極220及び前記絶縁層230は、実施例1と同じ方法を利用して形成する。前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が前記絶縁層230の表面に接着し、半導体層240を形成するので、該半導体層240は、前記絶縁層230により、前記ゲート電極220と絶縁的に設置される。

【0060】

(実施例3)

図8を参照すると、本実施例は、トップゲート型薄膜トランジスタアレイの製造方法を提供する。該製造方法は、前記実施例1の薄膜トランジスタの製造方法と基本的に同じである。異なる所は、本実施例が一つの絶縁基板に複数の薄膜トランジスタを形成し、薄膜トランジスタアレイを形成することである。具体的には、下記のステップを含む。

【0061】

第一ステップでは、カーボンナノチューブの原料を提供する。

【0062】

第二ステップでは、前記カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、該カーボンナノチューブの原料を処理して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する。

【0063】

第三ステップでは、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する。

【0064】

第四ステップでは、絶縁基板を提供し、該絶縁基板に前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を設置し、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を半導体層とする。

【0065】

前記の複数の半導体層は、薄膜トランジスタの実際の応用に応じて前記絶縁基板の所定の位置に形成することができる。薄膜トランジスタが液晶表示装置に応用される場合、複数の半導体層は、行と列で前記絶縁基板の表面に設置することができる。具体的には、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を前記絶縁基板の表面に接着する。次に、レーザーエッチングの方法又はプラズマエッチングの方法で前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を切り、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体をパターン化させ、前記絶縁基板の表面に複数の半導体層を形成する。

【0066】

第五ステップでは、前記の各々の半導体層にソース電極及びドレイン電極を分離して形成し、各々のソース電極及びドレイン電極を前記半導体層に電氣的に接続させる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 7 】

本実施例のソース電極及びドレイン電極の形成方法は、実施例 1 の薄膜トランジスタ 1 0 におけるソース電極 1 5 1 及びドレイン電極 1 5 2 の形成方法と基本的に同じである。本実施例において、まず、複数の半導体層が形成された絶縁基板の表面に金属フィルムを形成し、エッチングの方法で前記金属フィルムをパターン化し、所定の位置に複数のソース電極及びドレイン電極を形成する。前記ソース電極及びドレイン電極の材料は、ITO フィルム、ATO フィルム、導電銀ペースト、導電重合体フィルム又はカーボンナノチューブフィルムなどである。

## 【 0 0 6 8 】

第六ステップでは、各々の半導体層に絶縁層を形成する。

10

## 【 0 0 6 9 】

前記絶縁層の形成方法は、実施例 1 の薄膜トランジスタ 1 0 の絶縁層 1 3 0 の形成方法と基本的に同じである。具体的には、まず、ソース電極、ドレイン電極及び半導体層が形成された絶縁基板の表面に窒化珪素フィルムを堆積し、エッチングの方法で該窒化珪素フィルムをパターン化し、所定の位置に複数の絶縁層を形成する。前記絶縁層の材料は、酸化珪素などの硬性材料又はベンゾシクロブテン、アクリル酸樹脂などの柔らかな材料である。

## 【 0 0 7 0 】

第七ステップでは、各々の絶縁層の表面にゲート電極を形成し、トップゲート型薄膜トランジスタアレイを形成する。

20

## 【 0 0 7 1 】

( 実施例 4 )

本実施例は、ボトムゲート型薄膜トランジスタアレイの製造方法を提供する。該製造方法は、前記実施例 2 の製造方法と基本的に同じで、具体的には、下記のステップを含む。カーボンナノチューブの原料を提供する第一ステップと、前記カーボンナノチューブの原料を溶剤に浸漬し、該カーボンナノチューブの原料を処理して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する第二ステップと、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体をろ過して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す第三ステップと、絶縁基板を提供し、該絶縁基板の表面に複数のゲート電極を形成する第四ステップと、前記の複数のゲート電極を被覆させるように絶縁層を形成する第五ステップと、前記絶縁層の表面に少なくとも、一つの綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を設置し、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体をパターン化し、複数の半導体層を形成し、該複数の半導体層が前記絶縁層により複数の前記ゲート電極に対向し、絶縁的に設置される第六ステップと、前記半導体層の表面に、ソース電極及びドレイン電極を分離して形成し、該ソース電極及びドレイン電極を前記半導体層に電氣的に接続させる第七ステップと、を含む。

30

## 【 0 0 7 2 】

本発明の薄膜トランジスタの製造方法は次の優れた点がある。第一は、本発明の製造方法において、カーボンナノチューブの原料を処理し、形成された綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を薄膜トランジスタの半導体層とするので、該薄膜トランジスタの製造方法は、複数のカーボンナノチューブを有機溶剤に混合して混合物を形成するステップを含まないので、簡単である。かつ、前記半導体層に有機溶剤を含まない。第二は、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が強い接着性を有し、該綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を所定の位置に直接接着することができるので、該薄膜トランジスタの製造方法は、簡単で、コストが低く、低温で行うことができる。第三は、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体におけるカーボンナノチューブが、互いに絡み合うので、前記製造方法で製造された薄膜トランジスタは、大きなキャリアの移動度を有し、速い応答速度を有する。第四は、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体は、優れた強靱性と機械強度を有するので、該半導体層を有する薄膜トランジスタは、更に優れた強靱性を有する。

40

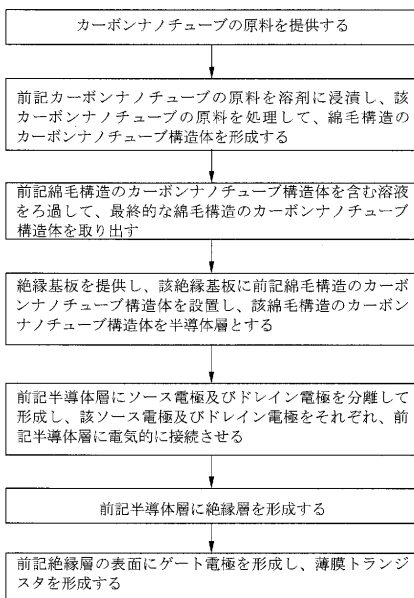
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 7 3 】

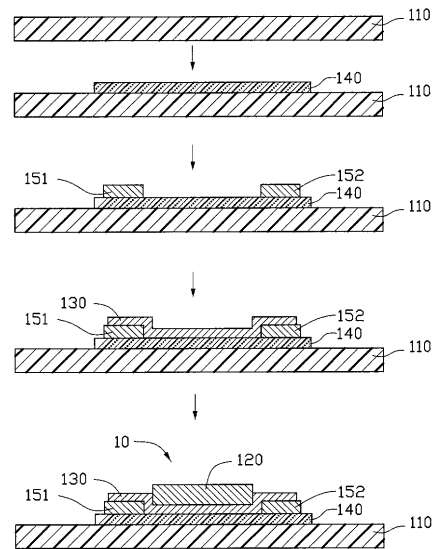
50

- 1 0、2 0 薄膜トランジスタ
- 1 1 0、2 1 0 絶縁基板
- 1 2 0、2 2 0 ゲート電極
- 1 3 0、2 3 0 絶縁層
- 1 4 0、2 4 0 半導体層
- 1 5 1、2 5 1 ソース電極
- 1 5 2、2 5 2 ドレイン電極

【 図 1 】



【 図 2 】



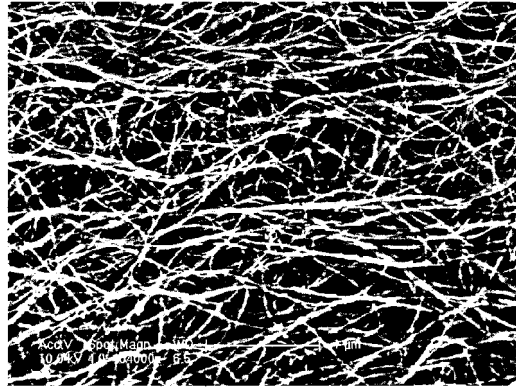
【 図 3 】



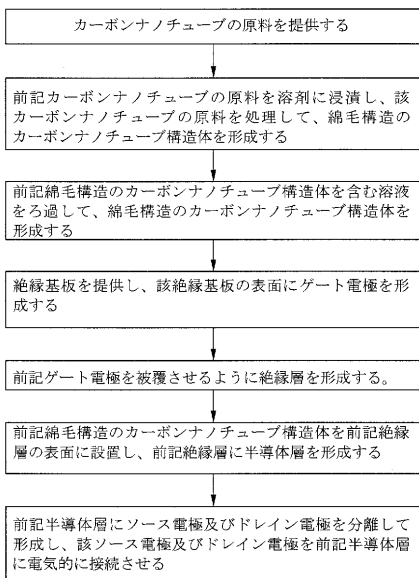
【 図 4 】



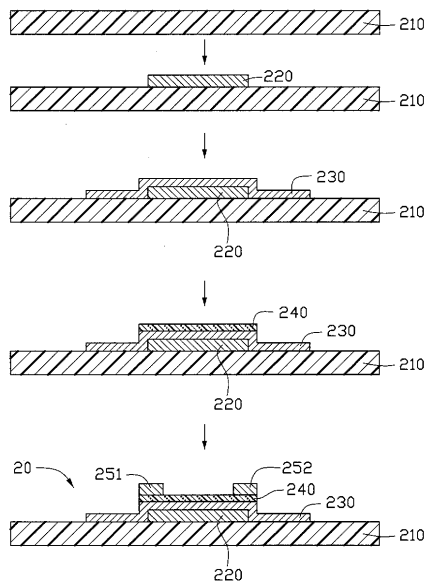
【 図 5 】



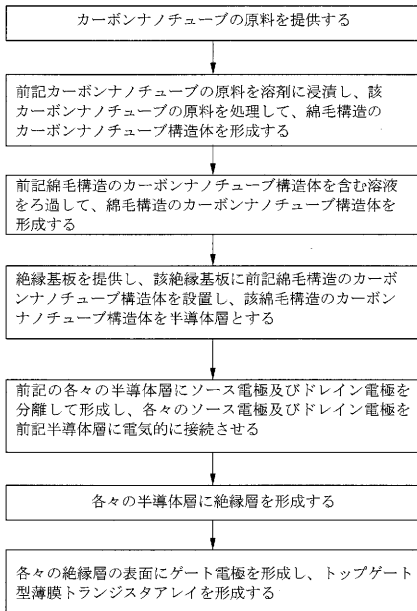
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100110364

弁理士 実広 信哉

(72)発明者 劉 長洪

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

(72)発明者 姜 開利

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

(72)発明者 李 群慶

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

(72)発明者 ハン 守善

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

Fターム(参考) 5F110 AA30 CC01 CC07 DD01 DD03 DD05 DD13 EE01 EE02 EE04  
EE06 EE07 EE43 EE44 FF01 FF02 FF03 FF27 FF30 GG01  
GG19 GG42 GG44 GG58