



(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 I492384 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：101129877

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 08 月 17 日

(51)Int. Cl. : H01L29/78 (2006.01)

H01L21/28 (2006.01)

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：黃國華 HUANG, GUE WHA (TW)；洪孟燕 HONG, MENG YEN (TW)；陳昱勳
CHEN, YU SHIUN (TW)

(74)代理人：林火泉

(56)參考文獻：

G. Maruccio et. al "Towards Protein Field-effect Transistor: Report and Model of a Prototype" 2005, Adv. Mater., No.7, Page 816-822

G. S. Huang et. al "Measuring the Flexibility of Immunoglobulin by Gold Nanoparticles" 2006, Nano Letterd, Vol.6, No.11, Page 2467-2471

審查人員：詹惟雯

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：3 共 13 頁

(54)名稱

蛋白質電晶體裝置

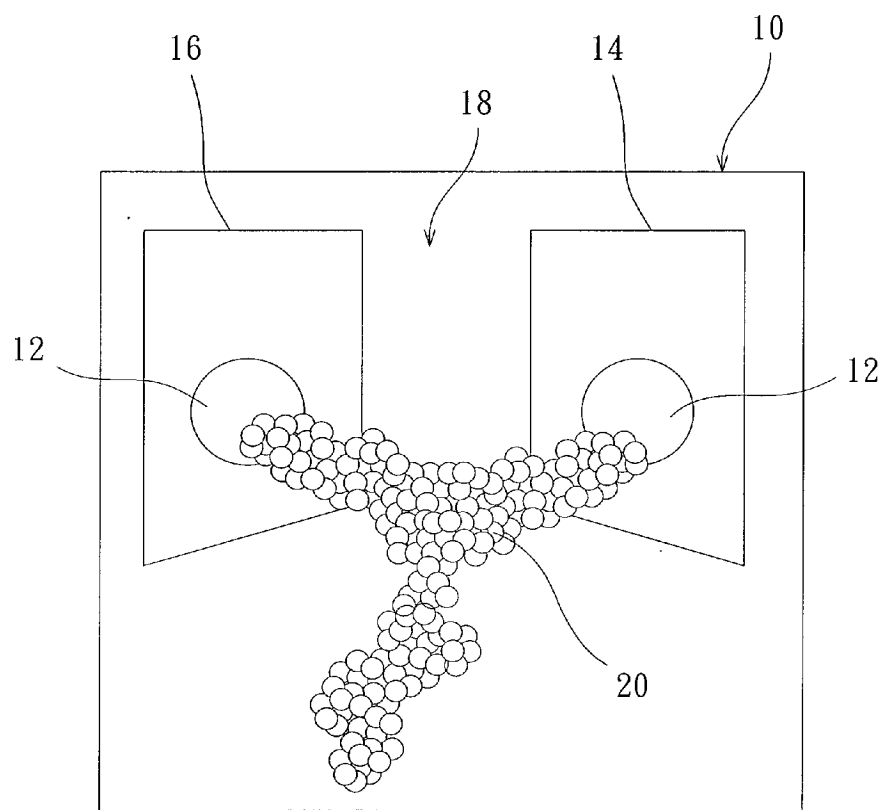
PROTEIN TRANSISTOR DEVIC

(57)摘要

本發明提供一種蛋白質電晶體裝置，其利用高再現性的抗體分子(抗原-抗體)自組裝結合至至少二奈米金粒子上，據以形成一分子接點，二奈米金粒子分別結合於源極電極及汲極電極上，只要在閘極電極施加偏壓即能有效地進行電流調變，且蛋白質電晶體的電荷運輸特性會因蛋白質結構的改變而有所不同。此外，將量子點結合到分子接點上，就可以經由施加不同光場來調控此蛋白質電晶體，能提升不同功能性的應用價值。

The present invention discloses a protein transistor device, which using high reproducible an antibody molecule (immunoglobulin G) binds to at least two gold nanoparticles self-assembly to form a molecular junction, two gold nanoparticles are connected to source electrode and drain electrode respectively. As long as the gate electrode bias voltage that is able to effectively carry out the current modulation, and that the charge transport characteristics of the protein transistor are caused by conformational changes in the antibody molecule. In addition, the quantum dots binding to the molecular junction, that the protein transistor can also be gated by different optical field, can regulate the protein transistor by different optical field, to raise the different functional of the application value.

- 10 . . . 電晶體
- 12 . . . 奈米金粒子
- 14 . . . 汲極電極
- 16 . . . 源極電極
- 18 . . . 奈米通道
- 20 . . . 第一抗體分子



第 1 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：101129877

※申請日：101. 8. 17. ※IPC 分類：

H01L 29/178 22006.01

H01L 21/28 22006.01

一、發明名稱：(中文/英文)

蛋白質電晶體裝置 / protein transistor device

二、中文發明摘要：

本發明提供一種蛋白質電晶體裝置，其利用高再現性的抗體分子（抗原-抗體）自組裝結合至至少二奈米金粒子上，據以形成一分子接點，二奈米金粒子分別結合於源極電極及汲極電極上，只要在閘極電極施加偏壓即能有效地進行電流調變，且蛋白質電晶體的電荷運輸特性會因蛋白質結構的改變而有所不同。此外，將量子點結合到分子接點上，就可以經由施加不同光場來調控此蛋白質電晶體，能提升不同功能性的應用價值。

三、英文發明摘要：

The present invention discloses a protein transistor device, which using high reproducible an antibody molecule (immunoglobulin G) binds to at least two gold nanoparticles self-assembly to form a molecular junction, two gold nanoparticles are connected to source electrode and drain electrode respectively. As long as the gate electrode bias voltage that is able to effectively carry out the current modulation, and that the charge transport characteristics of the protein transistor are caused by conformational changes in the antibody molecule. In addition, the quantum dots binding to the molecular junction, that the protein transistor can also be gated by different optical field, can regulate the protein transistor by different optical field, to raise the different functional of the application value.

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：

- 10 電晶體
- 12 奈米金粒子
- 14 汲極電極
- 16 源極電極
- 18 奈米通道
- 20 第一抗體分子

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種蛋白質電晶體裝置，特別是指一種以免疫球蛋白自組裝結合於奈米金粒子上以形成一分子接點之蛋白質電晶體裝置。

【先前技術】

分子電子學的起源可以追溯到 1974 年，Ari Aviram 和 Mark Ratner 提出一個單一的有機分子可以用來構建一個簡單的電子元件作為整流器之用。近期，已有研究團隊在探索可在分子電子領域應用的生物分子，進而闡釋一些數百萬年前提出的進化理論，例如電子運輸、光化學轉換及分子識別等。

然而，儘管實驗了許多模型，在分子尺度上控制生物分子和結構的連結是非常困難的，在現階段無法達到應用程序所需的再現性水平；特別是在生物分子電子學的尺度下，衰退化是另一個問題。舉例來說，將單分子應用在奈米電子元件的方法，最常使用電子遷移和打斷鍵結法作為電極和分子之間形成共價鍵的結合方式；但是此方式存在很大的結合不確定性及不穩定性，以及如何在結合後形成穩定電流流通的問題；因此，無法大尺度製造分子結構，且分子與結構的鍵結可能導致分子結構上的改變，進而影響分子尺度元件效應。

有鑑於此，本發明遂針對上述先前技術之缺失，提出一種蛋白質電晶體裝置，以有效克服上述之該等問題。

【發明內容】

本發明之主要目的在提供一種蛋白質電晶體裝置，其利用免疫球蛋白

(IgG) 自組裝結合於奈米金粒子，能夠應用在不同功能的分子間進行穩定鍵結，以實現分子與結構優越的再現性與穩定性。

本發明之另一目的在提供一種蛋白質電晶體裝置，其可將一量子點 (quantum dot) 鍵結分子接點上，藉由施加不同光場來調控電晶體的開關啟閉，能提升蛋白質電晶體不同功能性的應用價值。

本發明之再一目的在提供一種蛋白質電晶體裝置，其整合生物功能與奈米電子元件，能夠將高性能分子電子技術往下一世代的奈米科技領域推進，例如可廣泛應用於生物技術、醫學診斷、藥物及檢疫等領域，極具市場競爭優勢。

為達上述之目的，本發明提供一種蛋白質電晶體裝置，包括一電晶體及至少二奈米金粒子，電晶體具有一汲極電極、一源極電極及一閘極電極，且汲極電極與源極電極之間具有一奈米通道，二奈米金粒子分別設於汲極電極及源極電極上，將一第一抗體分子通過奈米通道自組裝結合至二奈米金粒子上，據以形成一分子接點。

本發明另提供一種形成蛋白質分子接點之方法，包括下列步驟：於二電極上分別結合至少二奈米金粒子；由於奈米金粒子可以在鍵結時作為穩定分子與電極介面，因此只要施加一偏壓於二電極，即使得第一抗體分子自組裝結合至二奈米金粒子上，據以形成一分子接點。

底下藉由具體實施例詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【實施方式】

本發明以單分子角度研究生物功能的多方應用平台，並作為大尺寸製

造整合性電子電路的分子電子技術為出發點，在此提出一種新穎的蛋白質電晶體裝置，其可實現分子和結構鍵結後優越的再現性和穩定性。如第 1 圖所示，為本發明之結構示意圖。蛋白質電晶體裝置包括一電晶體 10 及至少二奈米金粒子 12，電晶體具有一汲極電極 14、一源極電極 16 及一閘極電極（圖中未示）。其中，可利用原子力顯微鏡（AFM）並使用電子束微影方式製造寬度 5~15nm 的奈米通道 18，且奈米通道 18 位於汲極電極 14 與源極電極 16 之間。再將二奈米金粒子 12 分別結合於汲極電極 14 及源極電極 16 上，由於奈米金粒子可以在鍵結時創造出穩定的分子及電極介面，因此可使用具有高再現性和穩定性高的第一抗體分子 20，其為免疫球蛋白（IgG），讓第一抗體分子 20 通過奈米通道 18 自組裝結合至二奈米金粒子 12 上，據以形成一分子接點。其中第一抗體分子 20 猶如 Y 字型，Y 字型的兩尖端分別結合至二奈米金粒子 12 表面上，二奈米金粒子 12 之直徑為 5nm。只要於閘極電極施加一偏壓，即可控制電晶體 10 的電流調變與電荷傳輸，由於本發明設計的蛋白質電晶體裝置的電荷運輸特性會因為施加偏壓不同而有所改變，且分子接點能夠應用在不同功能的分子間進行穩定鍵結。

請同時參閱第 2 圖，為本發明鍵結量子點之結構示意圖。本發明更可將一量子點 22 接合一第二抗體分子 24 後，並鍵結於分子接點上，如 Y 字型的支幹上。此第二抗體分子 24 為具有高再現性和穩定性高的免疫球蛋白；而量子點 22 之材質為硒化鎘，於量子點 22 施加一光場時，可調控電晶體的開關啟閉，當然，若施加不同光場可對應調控電晶體的開關啟閉，如閘極電壓導通變化，能提升蛋白質電晶體不同功能性的應用價值。

為更進一步說明本發明如何形成蛋白質分子接點之方法，請同時參閱第 2 圖及第 3 圖，第 3 圖為本發明之步驟流程圖。為了將生物功能與電晶體整合以建構為蛋白質電晶體裝置，如步驟 S10，於二電極上分別結合至少二奈米金粒子 12，其二電極為汲極電極 14 及源極電極 16，且汲極電極 14 及源極電極 16 之間具有寬度為 5~15nm 之一奈米通道。由於二奈米金粒子 12 可以在鍵結時作為穩定分子與電極介面，如步驟 S12，只要施加一偏壓於汲極電極 14 及源極電極 16，詳言之，就是先施加偏壓於一閘極電極上以提供予二電極，使得第一抗體分子 20 能夠自組裝結合至二奈米金粒子 12 上，據以形成一分子接點。

其中，第一抗體分子 20 為免疫球蛋白，藉由第一抗體分子 20 及奈米金粒子的特性，能夠增強訊號感測輸出時的敏感性，在生物感測以及即時訊號偵測的應用，具有高準度的感測功效。由於是利用二奈米金粒子 12 作為接觸媒介，藉由施加偏壓讓第一抗體分子 20 自組裝結合至二奈米金粒子 12 上，據以實現一種新的自組裝整合方法，且具有高度的穩定性，後續只要施加偏壓於閘極電極上，就能夠有效的進行電流控制。當然，若要製作大尺寸的電子電路時，只要電極上結合所需的奈米金粒子數量，直接利用第一抗體分子 20 自組裝結合這些奈米金粒子，即能實現大尺寸的整合性電子電路之目的。

為了讓蛋白質電晶體裝置更具應用彈性，如步驟 S14，將硒化鎘材質的量子點 22 接合一第二抗體分子 24，其為免疫球蛋白。再如步驟 S16，鍵結第二抗體分子 24 至分子接點上；由於第一抗體分子 20 與第二抗體分子 24 為相同的抗體-抗原，因此彼此間能夠穩定的鍵結。於分子接點額外透過量

子點 22 鍵結第二抗體分子 24，能夠藉由施加不同光場來調控電晶體的開關啟閉，當然分子接點亦可鍵結不同功能性的抗體分子，以因應市場需求。

綜上所述，本發明可整合生物功能與奈米電子元件為優越的再現性及穩定性之蛋白質電晶體裝置，能夠將高性能分子電子技術往下一世代的奈米科技領域推進，例如可廣泛應用於生物技術、醫學診斷、藥物及檢疫等領域。由於具有生物功能，對於葡萄糖檢測、懷孕測試、血液檢驗、病毒檢測、DNA 判讀、環境有毒物質監測或製作人工鼻子等，使得本發明對未來市場具有極大的應用價值，極具市場競爭優勢。

唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，並非用來限定本發明實施之範圍。故即凡依本發明申請範圍所述之特徵及精神所為之均等變化或修飾，均應包括於本發明之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為本發明之結構示意圖。

第 2 圖為本發明鍵結量子點之結構示意圖。

第 3 圖為本發明之步驟流程圖。

【主要元件符號說明】

10 電晶體

12 奈米金粒子

14 汲極電極

16 源極電極

18 奈米通道

20 第一抗體分子

22 量子點

24 第二抗體分子

七、申請專利範圍：

1. 一種蛋白質電晶體裝置，包括：

一電晶體，具有一汲極電極、一源極電極及一閘極電極，且該汲極電極與該源極電極之間具有一奈米通道；

至少二奈米金粒子，分別設於該汲極電極及該源極電極上，將一第一抗體分子通過該奈米通道自組裝結合至該二奈米金粒子上，據以形成一分子接點；及

一量子點，其接合一第二抗體分子並鍵結於該分子接點上。

2. 如請求項 1 所述之蛋白質電晶體裝置，其中於該閘極電極施加一偏壓時，可控制該電晶體的電流調變與電荷傳輸。

3. 如請求項 1 所述之蛋白質電晶體裝置，其中該量子點之材質為硒化鎘。

4. 如請求項 1 所述之蛋白質電晶體裝置，其中於該量子點施加一光場時，可調控該電晶體的開關啟閉。

5. 如請求項 1 所述之蛋白質電晶體裝置，其中該第二抗體為免疫球蛋白。

6. 如請求項 1 所述之蛋白質電晶體裝置，其中該第一抗體為免疫球蛋白。

7. 如請求項 1 所述之蛋白質電晶體裝置，其中該奈米通道之寬度為 5~15nm。

8. 如請求項 1 所述之蛋白質電晶體裝置，其中該二奈米金粒子之直徑為 5nm。

9. 一種形成蛋白質分子接點之方法，包括下列步驟：

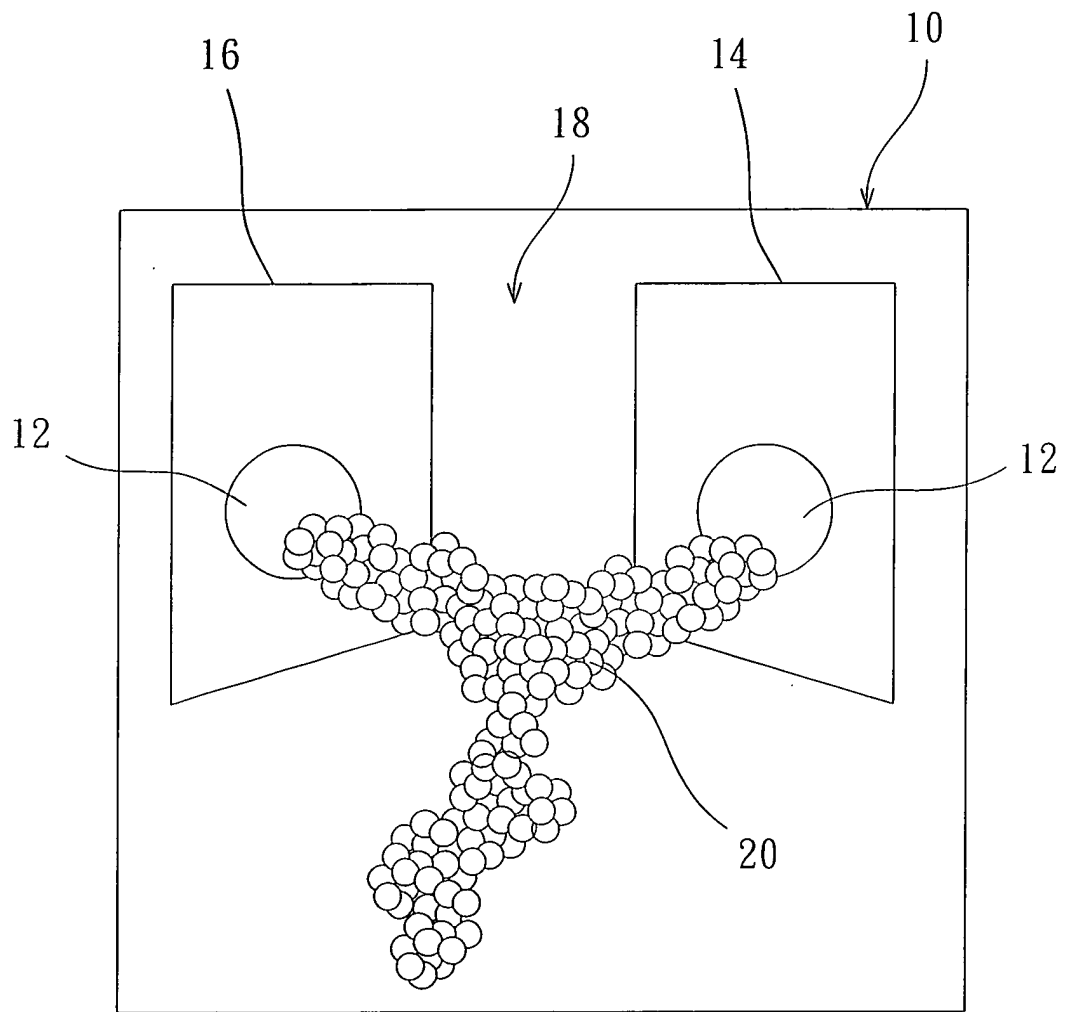
於二電極上分別結合至少二奈米金粒子；及

施加一偏壓於該二電極，使得一第一抗體分子自組裝結合至該二奈米金

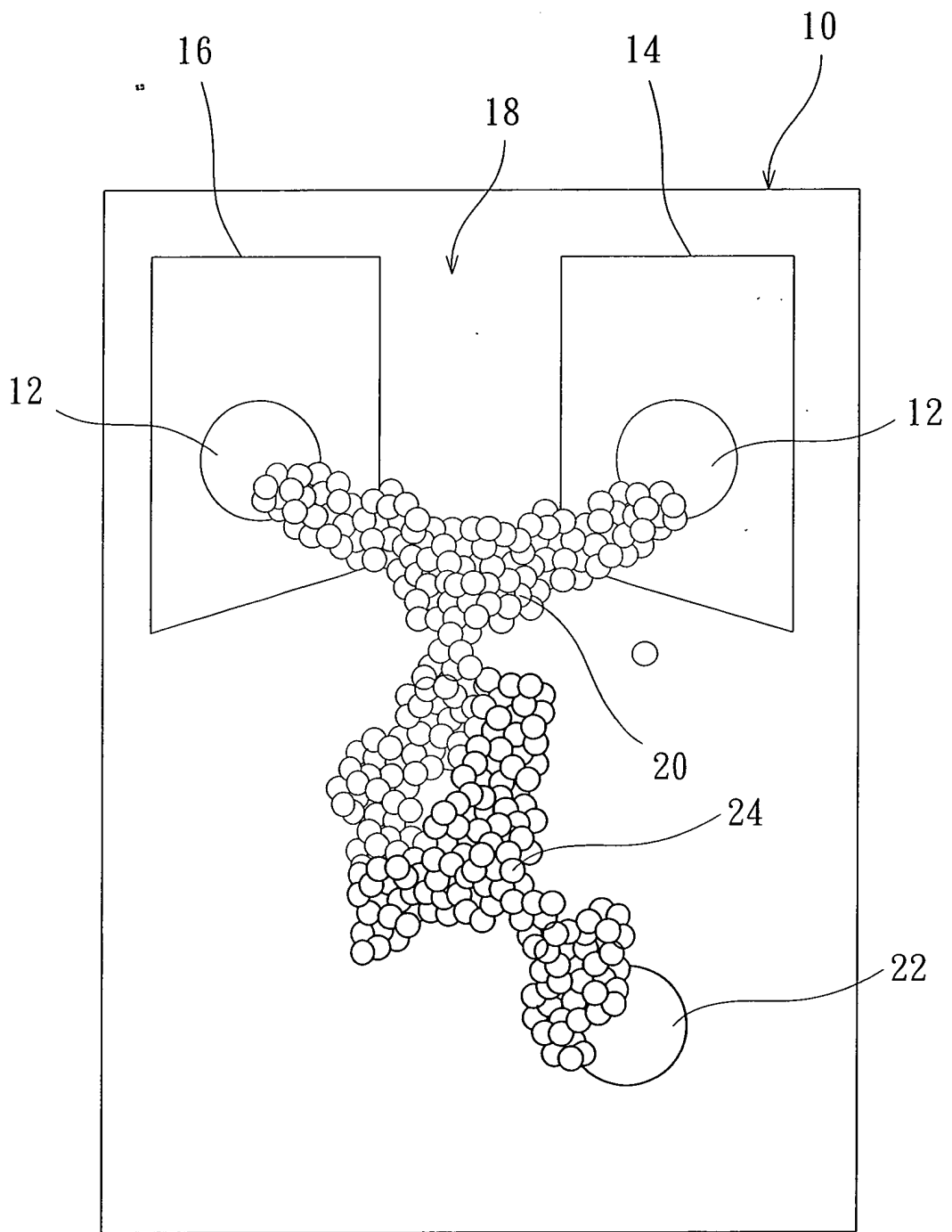
粒子上，據以形成一分子接點。

10. 如請求項 9 所述之形成蛋白質分子接點之方法，其中可先施加該偏壓於一閘極電極上以提供予該二電極，該二電極為汲極電極及源極電極，且該汲極電極及該源極電極之間具有一奈米通道。
11. 如請求項 10 所述形成蛋白質分子接點之方法，其中施加該偏壓於該閘極電極可控制該汲極電極及該源極電極的電流調變與電荷傳輸。
12. 如請求項 10 所述之形成蛋白質分子接點之方法，其中該奈米通道寬度為 5~15nm。
13. 如請求項 9 所述之形成蛋白質分子接點之方法，其中該第一抗體為免疫球蛋白。
14. 如請求項 9 所述之形成蛋白質分子接點之方法，其中該二奈米金粒子之直徑為 5nm。
15. 如請求項 9 所述之形成蛋白質分子接點之方法，其中於形成該分子接點的步驟之後，更包括：
將一量子點接合一第二抗體分子；及
鍵結該第二抗體分子至該分子接點上。
16. 如請求項 15 所述之形成蛋白質分子接點之方法，其中該量子點之材質為硒化鎘。
17. 如請求項 15 所述之形成蛋白質分子接點之方法，其中該第二抗體為免疫球蛋白。

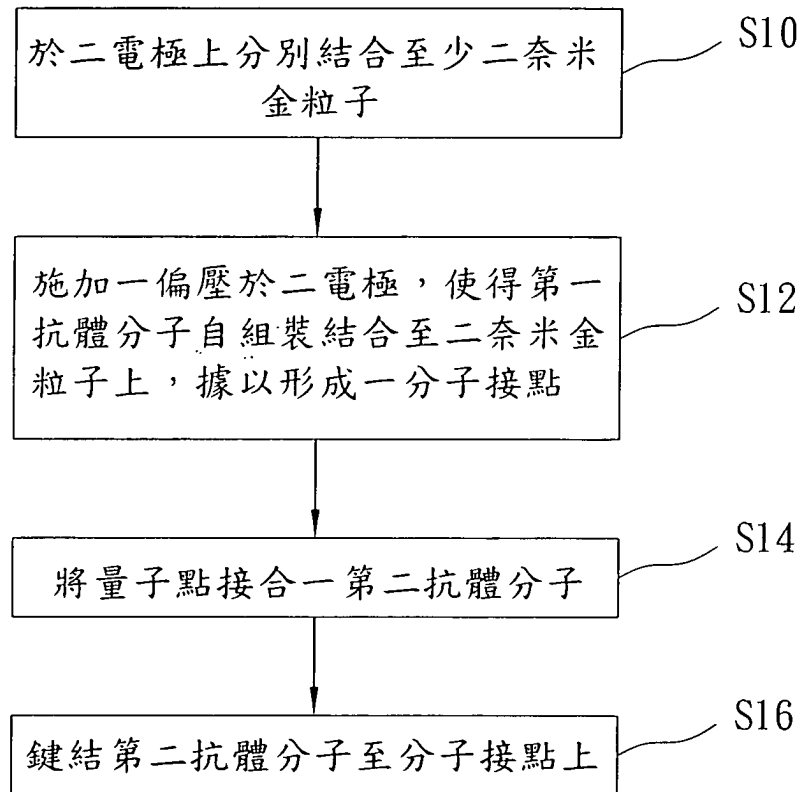
八、圖式：



第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖