

# 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： 97145032

※ 申請日期： 97.11.21

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

H<sub>01L</sub> 31/18, 21/20

(2006.01)

於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法/ Method for forming a Ge<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub> buffer layer of solar-energy battery on a silicon wafer

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學/National Chiao Tung University

代表人：(中文/英文)

吳重雨/Wu, Chung-Yu

住居所或營業所地址：(中文/英文)

300 新竹市大學路 1001 號/1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 300, R. O. C.

國 籍：(中文/英文) 中華民國/R. O. C.

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 張翼/ Edward Yi. Chang
2. 唐士軒/ Shih Hsuan Tang
3. 林岳欽/ Yue-Cin Lin

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國/R. O. C.
2. 中華民國/R. O. C.
3. 中華民國/R. O. C.

#### 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，其實發生日為： 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：

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。

### 五、中文發明摘要：

本發明係在矽基板上成長矽鍺層，並在其上成長三五族化合物半導體太陽能電池。首先在矽晶片上使用矽離子佈植方法以促進矽晶片和矽鍺磊晶層的鬆弛，降低矽鍺磊晶層的厚度，再於矽基板上生長無應力的 P 型摻雜矽鍺緩衝層，藉以降低三五族高效率太陽能電池生產成本。並於矽鍺緩衝層上形成三五族高效率太陽能電池。

### 六、英文發明摘要：

The method is using the Si<sup>+</sup> implanted Si substrate to enhance strain relaxation at the interface between the metamorphic Ge<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub> buffer layers and the Si substrate in order to facilitate the growth of a high quality Ge on the Si. And several P-type doped Ge<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub> buffer layers (Si/Ge<sub>0.8</sub>Si<sub>0.2</sub>/Ge<sub>0.9</sub>Si<sub>0.1</sub>/Ge) are grown on top of the Si by UHVCVD, and using the stress between the interface to block the formation and penetration of dislocations. Then grow pure Ge layer of low dislocation density on the Ge<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub> buffer layer. Then grow high efficiency III-V solar cell on Ge<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub> buffer layer.

**七、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第 1E 圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

101 矽基板

102 矽離子佈植層

103 P 型摻雜無應力矽鍍合金層

104 P 型摻雜無應力矽鍍合金層

105 P 型摻雜無應力矽鍍合金層

106 鍍層

**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

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明為一種形成矽鍺層的方法，特別是一種形成太陽能電池之矽鍺層於矽晶片上的方法。

### 【先前技術】

自高效率的三接面太陽能電池(III-V Triple-Junction)面世以來，以鍺(Ge)作為基板的InGaP/InGaAs/GaAs/Ge組合太陽能電池已然成為三接面太陽能電池的主要結構，換句話說，皆是以砷化鎵(GaAs)材料系統所組成的太陽能電池。目前亦可以找到許多與砷化鎵晶格匹配的材料，包括了InGaAsP, InGaAlP, AlGaA等多種材料，而這些材料的成長技術成熟，廣為業界所使用，且前述的這些材料因其能隙覆蓋範圍大，亦可作為能隙大於砷化鎵的接面。而在小於砷化鎵的能隙範圍內，除了鍺之外，很難找到其他可以跟砷化鎵晶格匹配的成熟材料。

在傳統砷化鎵太陽能電池製程中，通常皆利用有機金屬化學氣相磊晶法(Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)在鍺基板(Germanium Substrate)上，以連續堆疊方式，依序成長鍺(Ge)層、砷化鎵(InGaAs)層與磷化鎵(InGaP)層，以及連接各層之間的過渡層，最後需在所形成的層間上下兩端，鍍上引電電極與塗佈抗反射層，即可形成太陽能電池成品。因而各接合層的組成元素與各磊晶層間的晶格匹配，以及晶型品質控制，皆會

決定太陽能電池吸收光譜分布與發電效率，進而能製造出晶格匹配及最佳能隙分佈的高效率太陽能電池，往往會成為太陽能電池技術開發的瓶頸與產品良率的關鍵。

故而在傳統的太陽能技術領域，皆採用鍺基板，故三五族半導體皆生長在鍺基板上，整體重量也較重，且鍺基板的價格昂貴，而最大的基板的尺寸也只有四吋其板，無法產生大尺寸，因此以鍺為基板之太陽能電池成本無法降低以提供業界使用。

此外，傳統上在矽晶片上長成鍺的方法，大多使用成分漸進的矽鍺磊晶層( $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ,  $x=0\sim 1$ )。而此方法會有其缺點，包括了矽鍺緩衝層厚度太厚，高達約為 10 微米( $\mu\text{m}$ )，造成較高的製造成本以及製程整合上的困難。且鍺(Ge)的表面會有交叉影線紋路(Cross Hatch Pattern)的產生，形成粗糙表面。

故為因應太陽能電池技術之需求，尚需發展太陽能電池相關技術，藉以節省人力與時間等成本，且能有效形成太陽能電池。

### 【發明內容】

本發明未使用傳統太陽能電池技術的鍺基板，而是於矽基板上生成砷化鎵(GaAs)太陽能電池，且其方法乃在矽基板上以離子佈值的方法降低矽晶片和矽鍺磊晶層間的應力，之後，在矽基板上生成矽 P 型摻雜鍺緩衝層，進而在矽鍺緩衝層上成長鍺薄膜，並將太陽能電池結構生成於鍺薄膜上。

本發明可減輕太陽能電池重量，且可以在六吋以上之大型矽晶片上成長，使得成本大為降低。

本發明為在矽基板上利用矽離子佈值以促進矽基板和矽者磊晶層間的鬆弛。

本發明使用在矽基板上成長 P 型摻雜矽鍺緩衝層，並以其間產生的應力場阻止差排的向上移動，進而充分的降低鍺磊晶層內的差排密度。

本發明使用矽基板以作為三五族太陽能電池的基板，可有效提高太陽能晶片的機械性質，以降低製造成本和減輕太陽能電池重量。

本發明可提高太陽能電池的聚光倍率，調變不同材料間的接面，將能隙提升轉換效率。

本發明可製造成繞曲式太陽電池，主要特點為：可成為直接能隙材料，可有效吸收太陽光，且形成之多接面太陽電池轉換效率高達 39%，在高溫環境工作維持良好工作特性，適於聚光狀況下使用。

故而，關於本發明之優點與精神可以藉由以下發明詳述及所附圖式得到進一步的瞭解。

### 【實施方式】

本發明使用矽基板以取代傳統的鍺基板，並以 P 型矽鍺 (SiGe) 作為緩衝層 (Buffer)，且以 P 型基板作為正電極，再結合兩端為正 (P) 型電極接觸材料，並在其上製造成太陽能電池。

如第 1A 圖所示，本發明之一種於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，首先提供一矽基板 101，該矽基板為正 (P) 型基板，可提供作為正電極之使用。在矽基板 101 上以矽離子佈植法形成一矽離子佈植層 102，目的在以打亂矽基板 101 的晶格，以利於下一階段的無應力矽鍺合金 (Relaxed SiGe) 層的成長。

如第 1B 圖所示，使用超高真空化學氣相沉積法 (Ultra High Vacuum Chemical Vapor, Deposition, UHVCVD) 以成長第一無應力矽鍺合金層 103，或稱矽鍺緩衝層 (SiGe buffer layer) 103，亦即成為摻雜正型層 (Doping p plus ( $p^+$ )) 於矽離子佈植層 102 上，其成長條件為攝氏 450 度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) 與 30 毫托 (mTorr)。

如第 1C 圖所示，使用超高真空化學氣相沉積法 (Ultra High Vacuum Chemical Vapor, Deposition, UHVCVD) 以成長第二無應力矽鍺合金層 104，或稱矽鍺緩衝層 104，或稱矽鍺緩衝層 (SiGe buffer layer) 104，亦即成為摻雜正型層 (Doping p plus ( $p^+$ )) 於無應力矽鍺合金層 103 上，其成長條件為攝氏 450 度與 30 毫托。

如第 1D 圖所示，前述之第一無應力矽鍺合金層 103 與第二無應力矽鍺合金層 104 可合併而為一層，即可直接形成一無應力矽鍺合金層 105，或稱矽鍺緩衝層 (SiGe buffer layer) 105，亦即成為摻雜正型層 (Doping n plus ( $p^+$ ))。



如第 1E 圖所示，使用超高真空化學氣相沉積法(Ultra High Vacuum Chemical Vapor, Deposition, UHVCVD) 以磊晶成長一鍺層 106 於無應力矽鍺合金層 105 上，或稱矽鍺緩衝層 (SiGe buffer layer)105，亦即成為摻雜正型層 (Doping p plus ( $p^+$ ))，即以矽鍺緩衝層和差排互相間的作用，進而阻擋差排的產生。本發明可有效的降低矽鍺磊晶層的厚度，通常厚度可以自 10 微米降低到 0.45 微米，且其中所組成的矽鍺磊晶緩衝層 (Si/Ge<sub>0.8</sub>Si<sub>0.2</sub>/Ge<sub>0.9</sub>Si<sub>0.1</sub>/Ge)。

如第 2 圖所示，使用有機金屬化學氣相磊晶法 (Metal-organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD) 以磊晶成長砷化銦鎵 (InGaAs) 層 201，磷化鎵銦 (InGaP) 層 202，負 (n) 型砷化鎵層 203，正 (p) 型砷化鎵層 204，以及最後再長成磷化鋁鎵銦粗化 (textured InGaAlP) 層 205，藉以粗化、量子井與多接面磊晶結構，使太陽能晶片達到高效率全光譜太陽能吸收的效果。再使用電漿輔助化學氣相沉積法 (Plasma Enhanced Convention Vapor Deposition, PECVD) 進行電漿浸沒矽離子佈植，提高太陽光電元件 N 型摻雜濃度，降低接面電阻。並進行電漿浸沒氫離子佈植，將元件的游離鍵鈍化。以及進行感應式耦合電漿 (Inductively-Coupled Plasma, ICP)，即以高密度電漿法以沉積一氮化矽 (SiN) 披覆層 206。

本發明主要在矽基板上，成長三五族化合物半導體太陽能電池，而在生長鍺磊晶層前，利用矽離子佈植以使得

矽基板和矽者緩衝層間的應力鬆弛。之後，再於矽基板上生長無應力的矽鍍緩衝層，利用多重矽鍍緩衝層間所產生的應力和差排間的作用，阻止差排產生以及向上移動，進而降低鍍磊晶層內的差排密度，而使差排被擋在矽鍍磊晶層間，進而將鍍磊晶層內的差排密度降低至  $3 \times 10^6$ ，且鍍的表面之交流電均方根值 (RMS) 可達到 0.38 奈米 (nm)，不產生交叉影線紋路。且在其上結合兩端的 P 型電極接觸材料，並在其上製作太陽能電池，以降低三五族高效率太陽能電池生產成本。

第 3 圖所示為本發明之 X 光繞射分析圖譜，顯示確有矽鍍之存在。

第 4A 圖所示為當以功率為縱軸，電壓為橫軸時，經量測本發明太陽能電池之功率表現。

第 4B 圖所示為當以電流為縱軸，電壓為橫軸時，經量測本發明之太陽能電池所能儲存的電量。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

#### 【圖式簡單說明】

第 1A 圖至第 1E 圖所示為本發明之較佳實施例圖。

第 2 圖所示為本發明之較佳實施例圖。

第 3 圖所示為本發明之 X 光繞射分析圖譜。

第 4A 圖所示為本發明之太陽能電池的功率表現。

第 4B 圖所示為本發明之太陽能電池的電量表現。

【主要元件符號說明】

101 矽基板

102 矽離子佈植層

103 無應力矽鍍合金層

104 無應力矽鍍合金層

105 無應力矽鍍合金層

106 鍍層

201 砷化銦鎵層

202 磷化鎵銦層

203 負型砷化鎵層

204 正型砷化鎵層

205 磷化鋁鎵銦粗化層

206 氮化矽披覆層

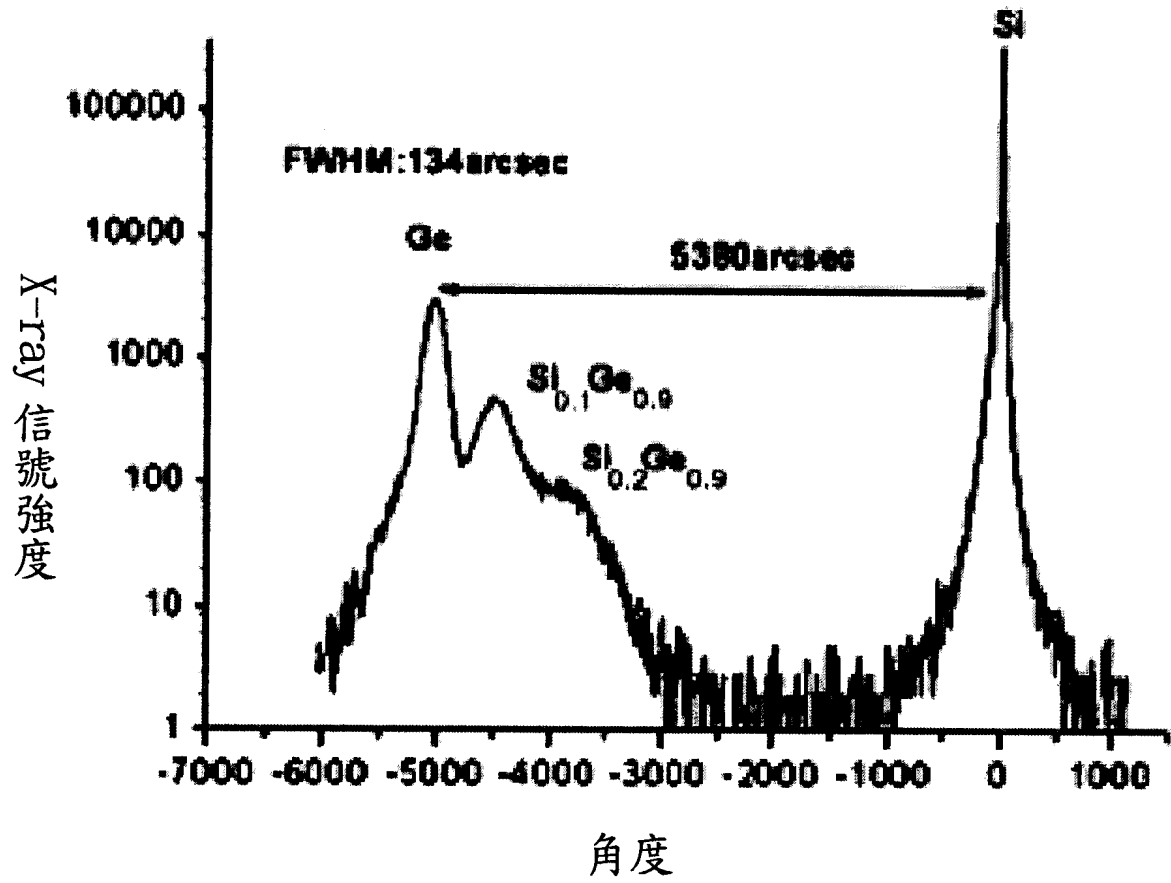
## 十、申請專利範圍：

1. 一種於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，至少包含：  
形成一矽離子佈植層於一所提供的矽基板上；  
形成一無應力矽鍺合金層於該矽離子佈植層上；以及  
形成一鍺層於該無應力矽鍺合金層上，藉以於該矽晶片上形成該太陽能電池之該矽鍺層。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該矽基板係正型基板。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該正型基板係提供為正電極之使用。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中形成該矽離子佈植層至少包含矽離子佈植法。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中形成該無應力矽鍺合金層至少包含超高真空化學氣相沉積法。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該無應力矽鍺合金層係為矽鍺緩衝層。
7. 如申請專利範圍第 5 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該無應力矽鍺合金層係為摻雜正型層。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中形成該鍺層至少包含超高真空化學氣相沉積法。
9. 一種於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，至少包含：
  - 提供一矽基板；
  - 形成一矽離子佈植層在該矽基板上；
  - 形成一無應力矽鍺合金層於該矽離子佈植層上；以及
  - 形成一鍺層於該無應力矽鍺合金層上，藉以於該矽晶片上形成該太陽能電池之該鍺層。
10. 如申請專利範圍第 7 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該矽基板係正型基板。
11. 如申請專利範圍第 8 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該正型基板係提供為正電極之使用。
12. 如申請專利範圍第 7 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中形成該矽離子佈植層至少包含矽離子佈植法。
13. 如申請專利範圍第 7 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中形成該無應力矽鍺合金層至少包含超高真空化學氣相沉積法。
14. 如申請專利範圍第 13 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該無應力矽鍺合金層係為矽鍺緩衝層。

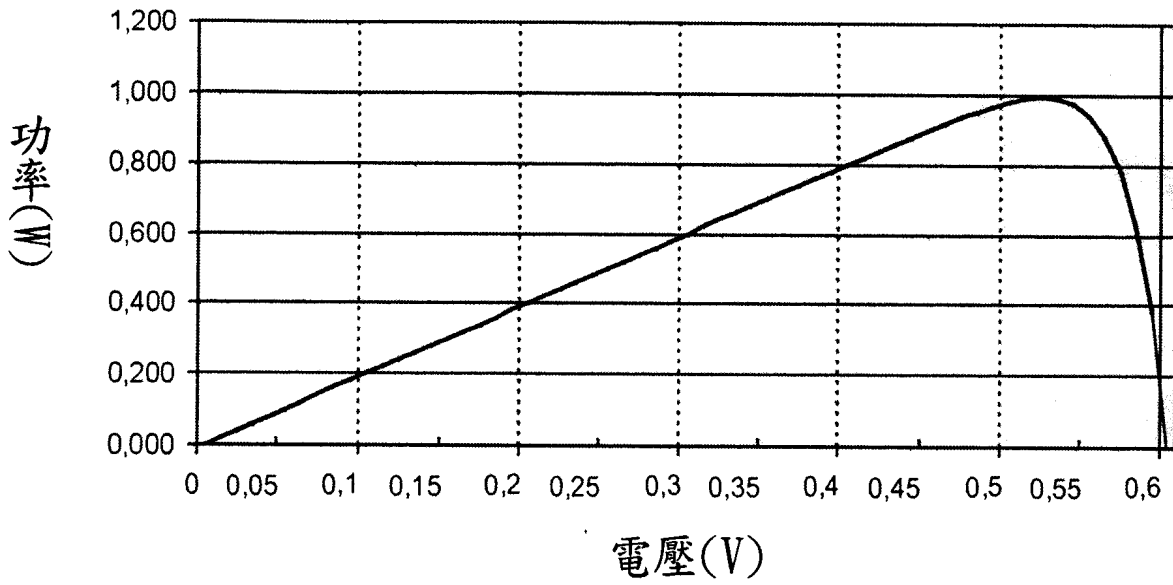
15. 如申請專利範圍第 13 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該無應力矽鍺合金層係為摻雜正型層。
16. 如申請專利範圍第 7 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中形成該鍺層至少包含超高真空化學氣相沉積法。
17. 一種於矽晶片上形成太陽能電池的方法，至少包含：
  - 提供一矽基板；
  - 形成一矽離子佈植層在該矽基板上；
  - 形成一無應力矽鍺合金層於該矽離子佈植層上；
  - 形成一鍺層於該無應力矽鍺合金層上；
  - 形成一砷化銦鍺層於該鍺層上；
  - 形成一磷化鍺銦層於該砷化銦鍺層上；
  - 形成一負型砷化鍺層於該磷化鍺銦層上；
  - 形成一正型砷化鍺層於該負型砷化鍺層上；
  - 形成一磷化鋁鍺銦粗化層於該正型砷化鍺層上；以及
  - 沉積一氮化矽披覆層於該磷化鋁鍺銦粗化層上，以形成該太陽能電池。
18. 如申請專利範圍第 13 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該矽基板係正型基板。
19. 如申請專利範圍第 14 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍺層的方法，其中該正型基板係提供為正電極之使用。
20. 如申請專利範圍第 13 項所述之形成太陽能電池的方

- 法，其中形成該矽離子佈植層至少包含矽離子佈植法。
21. 如申請專利範圍第 13 項所述之形成太陽能電池的方法，其中形成該無應力矽鍍合金層至少包含超高真空化學氣相沉積法。
  22. 如申請專利範圍第 21 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍍層的方法，其中該無應力矽鍍合金層係為矽鍍緩衝層。
  23. 如申請專利範圍第 21 項所述之於矽晶片上形成太陽能電池之矽鍍層的方法，其中該無應力矽鍍合金層係為摻雜正型層。
  24. 如申請專利範圍第 13 項所述之形成太陽能電池的方法，其中形成該鍍層至少包含超高真空化學氣相沉積法。
  25. 如申請專利範圍第 13 項所述之形成太陽能電池的方法，其中形成該砷化銦鍍層至少包含磊晶成長的方法。

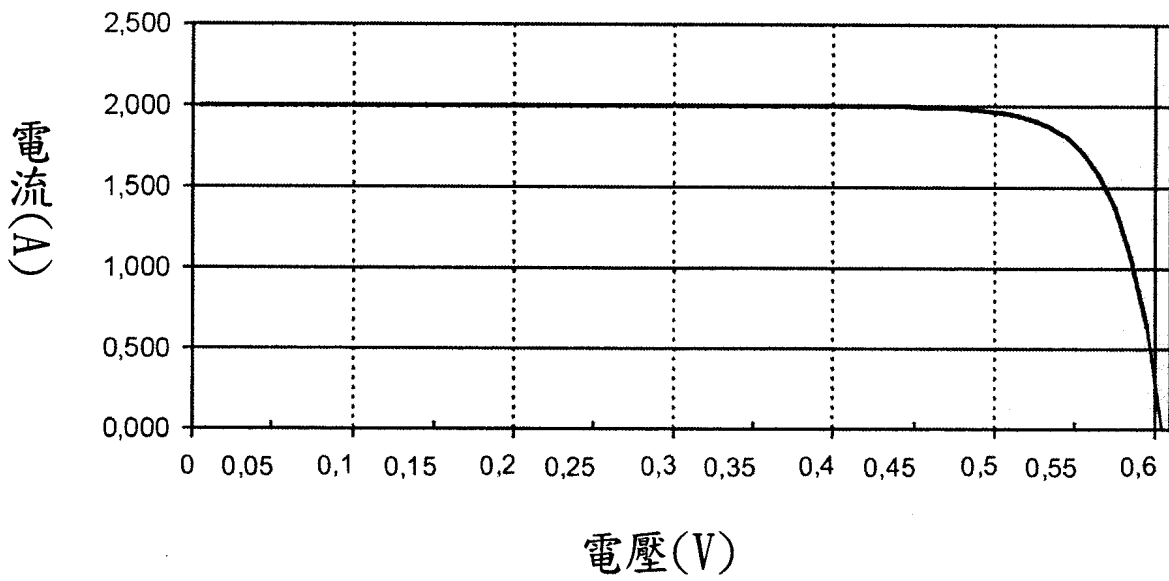


第 3 圖





第 4A 圖



第 4B 圖