

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：**96151035**

※ 申請日期：**96.12.28**

※IPC 分類：**H01L 31/042**

一、發明名稱：(中文/英文)

太陽能電池的鈍化層結構及其製造方法 / A
PASSIVATION LAYER STRUCTURE OF THE SOLAR
CELL AND THE METHOD OF THE FABRICATING

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

財團法人工業技術研究院/ INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH
INSTITUTE

代表人：(中文/英文) 林信義/LIN, HSIN-I

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號/ NO. 195, SECTION 4, CHUNG HSING
ROAD, CHUTUNG, HSINCHU, TAIWAN, R.O.C.

國 籍：(中文/英文) 中華民國/TW

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 孫文榮 / SUN, WEN-CHING

2. 陳建勳 / CHEN, CHIEN-HSUN

3. 藍崇文 / LAN, CHUNG-WEN

4. 黃建榮 / HUANG, CHIEN-RONG

國 籍：(中文/英文) 1-4. 中華民國/TW

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：

☐ 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】

本發明是有關於一種光電元件，且特別是有關於一種可提升光電轉換效率的太陽能電池的鈍化層結構及其製造方法。

【先前技術】

太陽能是一種具有永不耗盡且無污染的能源，在解決目前石化能源所面臨的污染與短缺的問題時，一直是最受矚目的焦點。其中，又以太陽能電池(solar cell)可直接將太陽能轉換為電能，而成為目前相當重要的研究課題。

矽基太陽電池為業界常見的一種太陽電池。矽基太陽能電池的原理是將高純度的半導體材料(矽)加入一些不純物使其呈現不同的性質，以形成 p 型半導體及 n 型半導體，並將 pn 兩型半導體相接合，如此即可形成一 p-n 接面。而 p-n 接面是由帶正電的施體離子與帶負電的受體離子所組成，在所述正、負離子所在的區域內，存在著一個內建電位(built-in potential)。此內建電位可驅趕在此區域中的可移動載子，故此區域稱之為空乏區(depletion region)。當太陽光照射到一個 p-n 結構的半導體時，光子所提供的能量可能會把半導體中的電子激發出來，產生電子-電洞對，電子與電洞均會受到內建電位的影響，電洞往電場的方向移動，而電子則往相反的方向移動。如果以導線將此太陽能電池與一負載(load)連接起來，形成一個迴路(loop)就會有

電流流過負載，這就是太陽能電池發電的原理。如果要對太陽能電池進行改良，最好是從提升其光電轉換效率著手。

一般而言，除了抗反射層外，鈍化層的良窳，是決定太陽電池效率的重要關鍵之一。好的鈍化層可以與矽表面或缺陷處(如差排、晶界、點缺陷)的懸浮鍵(dangling bond)形成鍵結，有效降低電子電洞對在矽表面及缺陷處的再結合率(recombination rate)，進而提升少數載子存活期(lifetime)，而達到提升太陽電池效率的目的。因此，若能提升鈍化層的鈍化效果，將可以提升太陽電池效率。

【發明內容】

本發明提供一種太陽能電池的鈍化層結構，該結構可以提升表面鈍化效果，並可直接地提升太陽能電池光電轉換效率。

有鑑於此，本發明提出一種太陽能電池的鈍化層結構，設置於光電轉換層上，其具有第一鈍化層與第二鈍化層。第一鈍化層設置於光電轉換層上。第二鈍化層設置於光電轉換層與第一鈍化層之間，且第二鈍化層的材質為光電轉換層的材質的氧化物。

在本發明之一實施例中，上述第一鈍化層的厚度為2nm至100nm。

在本發明之一實施例中，上述第一鈍化層的材質為具有負的固定電荷(fixed charge)的金屬氧化物。

在本發明之一實施例中，上述第一鈍化層的材質為選自氧化鋁、氧化鋅與銦錫氧化物之其中之一。

在本發明之一實施例中，上述第二鈍化層的厚度為1nm至15nm。

在本發明之一實施例中，上述第二鈍化層的材質為氧化矽。

在本發明之一實施例中，上述第二鈍化層的材質為氧化矽；上述第一鈍化層的材質為氧化鋁。

本發明提出一種太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，具有下列步驟。首先，提供光電轉換層。然後，於光電轉換層上形成第二鈍化層，並且於第二鈍化層上形成第一鈍化層。第二鈍化層的材質為光電轉換層的材質的氧化物。

在本發明之一實施例中，上述第一鈍化層的形成方法為選自原子層氣相沈積法(ALD)、電漿增強化學氣相沈積法(PECVD)、濺鍍法(sputtering method)與分子束磊晶(MBE, Molecular beam epitaxy)之其中之一。。

在本發明之一實施例中，上述第一鈍化層的厚度為2nm至100nm。

在本發明之一實施例中，上述第一鈍化層的材質為具有負的固定電荷的金屬氧化物。

在本發明之一實施例中，上述第一鈍化層的材質為選自氧化鋁、氧化鋅與銦錫氧化物之其中之一。

在本發明之一實施例中，上述第二鈍化層的形成方法為進行熱氧化製程。

在本發明之一實施例中，上述第二鈍化層的厚度為

1nm 至 15nm。

在本發明之一實施例中，上述第二鈍化層的材質為氧化矽。

在本發明之一實施例中，上述第一鈍化層的材質為以原子層氣相沈積法形成的氧化鋁，上述第二鈍化層的材質為氧化矽。

本發明因採用在基材與第一鈍化層之間設置有第二鈍化層的結構，可以提升鈍化層的鈍化效果，使得太陽能電池光電轉換效率大幅提昇。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

【實施方式】

圖 1 所繪示為本發明之較佳實施例之一種太陽能電池的鈍化層結構的剖面圖。

請參照圖 1，本發明的太陽能電池的鈍化層結構設置於基材 10 上，其具有第一鈍化層 20 與第二鈍化層 30。第一鈍化層 20 設置於基材 10 上。第二鈍化層 30 設置於基材 10 與第一鈍化層 20 之間，第二鈍化層 30 的材質與第一鈍化層 20 的材質不同。基材 10 例如是太陽電池的光電轉換層。

第一鈍化層 20 的厚度例如為 2nm 至 100nm。第一鈍化層 20 的材質例如是氧化鋁、氧化鋅或銦錫氧化物。第一鈍化層 20 的形成方法例如是原子層沈積法、濺鍍法 (sputtering method)、電漿增強化學氣相沈積法 (PECVD) 與

分子束磊晶(MBE, Molecular beam epitaxy)之其中之一。

第二鈍化層 30 例如設置於基材 10 與第一鈍化層 20 之間。第二鈍化層 30 的材質例如是基材 10 之材質的氧化物。舉例來說，若基材 10 的材質為矽，則第二鈍化層 30 的材質為氧化矽。第二鈍化層 30 的厚度例如為 1nm 至 15nm。第二鈍化層 30 的形成方法例如是熱氧化製程。

本發明的太陽能電池的鈍化層結構及其製造方法，由於在基材 10 與第一鈍化層 20 之間設置有第二鈍化層 30，因此可以有效增加表面鈍化效果與載子活存期。

上述說明本發明之提高表面鈍化效果之結構及其製造方法。接著，說明將本發明的提高表面鈍化效果之結構應用在太陽能電池時的實施例。

圖 2 所繪示為本發明之較佳實施例之一種太陽能電池的剖面圖。

請參照圖 2，此太陽能電池 100 例如是由光電轉換層 102、第二鈍化層 104a、第二鈍化層 104b、第一鈍化層 106a、第一鈍化層 106b、抗反射層 108a、抗反射層 108b、第一電極 110 與第二電極 112 構成。

光電轉換層 102 的材質例如是矽及其合金、硫化鎘(CdS)、銅銦鎵二硒(CuInGaSe₂, CIGS)、銅銦二硒(CuInSe₂, CIS)、碲化鎘(CdTe)、有機材料(organic material)或上述材料堆疊之多層結構。上述矽包括單晶矽(single crystal silicon)、多晶矽(polycrystal silicon)、非晶矽(amorphous silicon)。上述矽合金是指矽中加入氫原子

(H)、氟原子(F)、氯原子(Cl)、鍺原子(Ge)、氧原子(O)、碳原子(C)或氮原子(N)等原子。

在本實施例中，太陽能電池 100 以矽基太陽能電池為例做說明。光電轉換層 102 例如是由 P 型半導體層 114 與 N 型半導體層 116 構成。P 型半導體層 114 摻雜有週期表第三族元素，例如硼(B)、鎵(Ga)、銦(In)等等。N 型半導體層 116 摻雜有週期表第五族元素，例如磷(P)、砷(As)、銻(Sb)等等。P 型半導體層 114 與 N 型半導體層 116 接觸而形成 PN 接面。光電轉換層 102 具有第一面 102a 與第二面 102b。第一面 102a 與第二面 102b 相對。

第一鈍化層 106a 與第一鈍化層 106b 例如分別設置於光電轉換層 102 的第一面 102a 與第二面 102b 上。第一鈍化層 106a 與第一鈍化層 106b 的厚度例如為 2nm 至 100nm。第一鈍化層 106a 與第一鈍化層 106b 的材質包括具有負的固定電荷的金屬氧化物。第一鈍化層 106a 與第一鈍化層 106b 的材質例如是氧化矽、氧化鋁、氧化鋅或銦錫氧化物。

第二鈍化層 104a、第二鈍化層 104a 例如分別於光電轉換層 102 的第一面 102a 與第二面 102b 上，且分別位於光電轉換層 102 與第一鈍化層 106a 之間及光電轉換層 102 與第一鈍化層 106b。第二鈍化層 104a、第二鈍化層 104a 的材質與第一鈍化層 106 的材質不同。第二鈍化層 104a、第二鈍化層 104a 的材質例如是光電轉換層 102 之材質的氧化物。因此，第二鈍化層 104a、第二鈍化層 104a 的材質

例如是氧化矽。第二鈍化層 104 的厚度例如為 1nm 至 15nm。

抗反射層 108a 與抗反射層 108b 例如分別設置於第一鈍化層 106a 與第一鈍化層 106b 上。抗反射層 108a 與抗反射層 108b 的材質例如是氮氧化矽、氮化矽等。

第一電極 110 例如設置於光電轉換層 102 之第一面 102a 上。第一電極 108 例如穿過抗反射層 108a、第一鈍化層 106a、第二鈍化層 104a 而電性連接光電轉換層 102。

第二電極 112 例如設置於光電轉換層 102 之第二面 102b 上。第二電極 112 例如覆蓋光電轉換層 102 之第二面 102b，且穿過抗反射層 108b、第一鈍化層 106b、第二鈍化層 104b 而電性連接光電轉換層 102。第一電極 110 與第二電極 112 的材料包括金屬材料(如鋁等)或透明導電氧化物(transparent conductive oxide, TCO)。第一電極 110 與第二電極 112 的形成方法例如是可利用化學氣相沈積法(CVD method)、濺鍍法(sputtering method)、網印燒結(screen print and firing method)或其他合適的方法來製備。

在本實施例中，由於在光電轉換層 102 與第一鈍化層 106a(106b)之間設置有第二鈍化層 104a(104b)，因此可以有效增加表面鈍化效果與載子活存期，並使得太陽電池的效率大幅提昇。當然，在其他實施例中，也可以只在光電轉換層 102 之第一面 102a 或第二面 102b 的其中一面上形成第一鈍化層與第二鈍化層的堆疊結構。

以下特舉出實驗例以進一步說明本發明。

[載子活存期試驗]

準備兩片載子活存期相近的 Czochralski (CZ) 矽晶圓來進行第二鈍化層的研究。

實驗例 1

在矽晶圓上成長一層 2nm 的氧化矽作為第二鈍化層，然後利用原子層氣相沉積法鍍上一層 15nm 的氧化鋁作為第一鈍化層。

比較例 1

在矽晶圓上利用原子層氣相沉積法鍍上一層 15nm 的氧化鋁作為第一鈍化層。

然後，進行實驗例 1 與比較例 1 的樣品在氮氫混合氣氛(forming gas)處理前後的載子活存期量測，結果如表一所示。

表一

	矽晶圓	氮氫混合氣 氛處理前	氮氫混合氣 氛處理後
比較例 1	3.7202 (μs)	18.4351 (μs)	29.8546 (μs)
實驗例 1	3.4987 (μs)	52.405 (μs)	102.89 (μs)

根據表一的結果，無論在氮氫混合氣氛(forming gas)前後，實驗例 1 的載子活存期比比較例 1 的載子活存期都來的大。而且經過氮氫混合氣氛處理後，實驗例的載子活存期甚至超過 100 μs ，證實藉由設置第二鈍化層可以得到較佳的表面鈍化效果。

[太陽能電池特性試驗]

準備三片載子活存期相近的多晶矽晶圓，並將其分別依照下述條件製作成太陽能電池，並量測相關太陽能電池特性，以進行第二鈍化層的研究。

實驗例 2

太陽能電池的光電轉換層是用摻雜硼至 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 的 p 型多晶矽晶圓(mc-Si wafer)製作的。此多晶矽晶圓(mc-Si wafer)的平均晶粒大小(mean grain size)是大概 5 mm。而且，在晶圓的表面上已預先製作一個角椎構造。NP 接合則是在 850°C 使用氧氯化磷(Phosphorus oxychloride; POCl_3)進行擴散歷時 20 分鐘而製作成的。接著，晶圓的正背面分別形成鈍化層。此鈍化層由第二鈍化層與第一鈍化層構成，其形成方法是在多晶矽晶圓的正背面上先成長一層 2nm 的氧化矽作為第二鈍化層，然後利用原子層氣相沉積法鍍上一層 15nm 的氧化鋁作為第一鈍化層。然後，在晶圓的正背面分別形成一層抗反射層。此反射層是由大約 90 nm 的 a-SiNx:H 薄膜，其形成方法是使用電容耦合式射頻電漿反應裝置，使用 SiH_4 和 NH_3 作為前驅物(precursor)，並在反應溫度為 350°C 的條件下，進行沈積製程而形成。之後，於多晶矽晶圓的正背面製作金屬電極。正面金屬電極是使用金屬印刷法並加上 930°C 的燒結製程製作而成的鋁電極。而背面電極是用濺鍍法成長，再利用雷射燒結而成的鋁電極。

比較例 2

所以製程與實驗例相同，差別在於鈍化層只使用熱氧

化製程形成一層 20nm 的氧化矽。

比較例 3

所以製程與實驗例相同，差別在於鈍化層只使用原子層氣相沉積法製程形成一層 15nm 的氧化鋁，結果如表二所示。

表二

	短路電流 Isc (mA)	短路電流密度 Jsc (mA/cm ²)	開路電壓 Voc (V)	填充因子 F.F. (%)	光電轉換效率 η (%)
實驗例 2	0.271	37.958	0.619	81.27	19.09
比較例 3	0.253	35.364	0.613	80.24	17.41
比較例 4	0.243	34.076	0.607	79.01	16.33

根據表二的結果，實驗例 2 的光電轉換效率比比較例 2、3 的光電轉換效率都來的大，證實藉由設置第二鈍化層可以得到較佳的表面鈍化效果。

在習知技術中，因為第一鈍化層在太陽能電池電極製作時需要一道燒結製程，第一鈍化層經過高溫燒結時會產生結晶狀，且帶負電荷的第一鈍化層常與半導體材料晶格常數不同，因此兩種不同晶格常數接合時會產生錯排而造成缺陷。然而，本發明在光電轉換層與第一鈍化層之間設置較薄的第二鈍化層，不但可以使得第一鈍化層結晶時減少在介面的缺陷產生，而且帶負電荷的第一鈍化層又可以有效增加表面鈍化效果與載子活存期，而使得太陽能電池光電轉換效率大幅提昇。

綜上所述，本發明的太陽能電池的鈍化層結構及其製造方法，由於在光電轉換層與第一鈍化層之間設置有第二鈍化層，因此可以有效增加表面鈍化效果與載子活存期，

並使得太陽電池的光電轉換效率大幅提昇。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 是本發明之一較佳實施例之一種太陽能電池的鈍化層結構的剖面圖。

圖 2 是本發明之一較佳實施例之一種太陽能電池的剖面圖。

【主要元件符號說明】

- 10：基材
- 20、106a、106b：第一鈍化層
- 30、104a、104b：第二鈍化層
- 100：太陽能電池
- 102：光電轉換層
- 108a、108b：抗反射層
- 110：第一電極
- 112：第二電極
- 114：P 型半導體層
- 116：N 型半導體層
- 102a：第一面
- 102b：第二面

五、中文發明摘要：

一種太陽能電池的鈍化層結構，設置於基材上。此鈍化層結構具有第一鈍化層與第二鈍化層。第一鈍化層設置於基材上。第二鈍化層設置於基材與第一鈍化層之間，第二鈍化層的材質為基材之材質的氧化物。由於在基材與第一鈍化層之間設置有第二鈍化層，因此可以有效增加光電元件之表面鈍化效果與載子活存期，並使得太陽能電池之光電轉換效率大幅提昇。

六、英文發明摘要：

A bilayer passivation structure on a solar cell is proposed. There are two different kinds of passivation layers on a solar cell. The second passivation layer, which is the oxide form of the substrate, is inserted between the first passivation layer and a substrate. The passivation effect is enhanced by this bilayer structure, which results in the increment of the carrier lifetime. The energy conversion efficiency is increased as well.

十、申請專利範圍：

1.一種太陽能電池的鈍化層結構，設置於光電轉換層上，包括：

第一鈍化層，設置於前述光電轉換層上；以及

第二鈍化層，設置於前述光電轉換層與前述第一鈍化層之間，且前述第二鈍化層的材質為前述光電轉換層的材質的氧化物。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池的鈍化層結構，其中前述第一鈍化層的厚度為 2nm 至 100nm。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池的鈍化層結構，其中前述第一鈍化層的材質為具有負的固定電荷的金屬氧化物。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池的鈍化層結構，其中前述第一鈍化層的材質為選自氧化鋁、氧化鋅、與銦錫氧化物之其中之一。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池的鈍化層結構，其中前述第二鈍化層的厚度為 1nm 至 15nm。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池的鈍化層結構，其中前述第二鈍化層的材質為氧化矽。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池的鈍化層結構，其中前述第二鈍化層的材質為氧化矽；前述第一鈍化層的材質為氧化鋁。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池的鈍化層結構，其中前述第一鈍化層的材質為以原子層氣相沈積法形成的氧化鋁。

9.一種太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，包括：
提供光電轉換層；

於前述光電轉換層上形成第二鈍化層，前述第二鈍化層的材質為前述光電轉換層的材質的氧化物；以及

於前述第二鈍化層上形成第一鈍化層。

10.如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，其中前述第一鈍化層的形成方法為選自原子層氣相沈積法(ALD)、電漿增強化學氣相沈積法(PECVD)、濺鍍法(sputtering method)與分子束磊晶(MBE, Molecular beam epitaxy)之其中之一。

11.如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，其中前述第一鈍化層的厚度為 2nm 至 100nm。

12.如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，其中前述第一鈍化層的材質為具有負的固定電荷的金屬氧化物。

13.如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，其中前述第一鈍化層的材質為選自氧化鋁、氧化鋅與銻錫氧化物之其中之一。

14.如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，其中前述第二鈍化層的形成方法為進行熱氧化製程。

15.如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，其中前述第二鈍化層的厚度為 1nm 至

15nm。

16.如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，其中前述第二鈍化層的材質為氧化矽。

17.如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池的鈍化層結構的製造方法，其中前述第一鈍化層的材質為以原子層氣相沈積法形成的氧化鋁，前述第二鈍化層的材質為氧化矽。

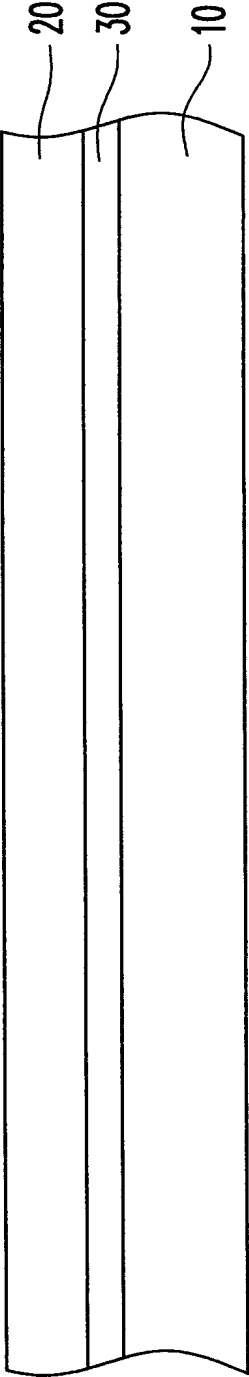


圖 1

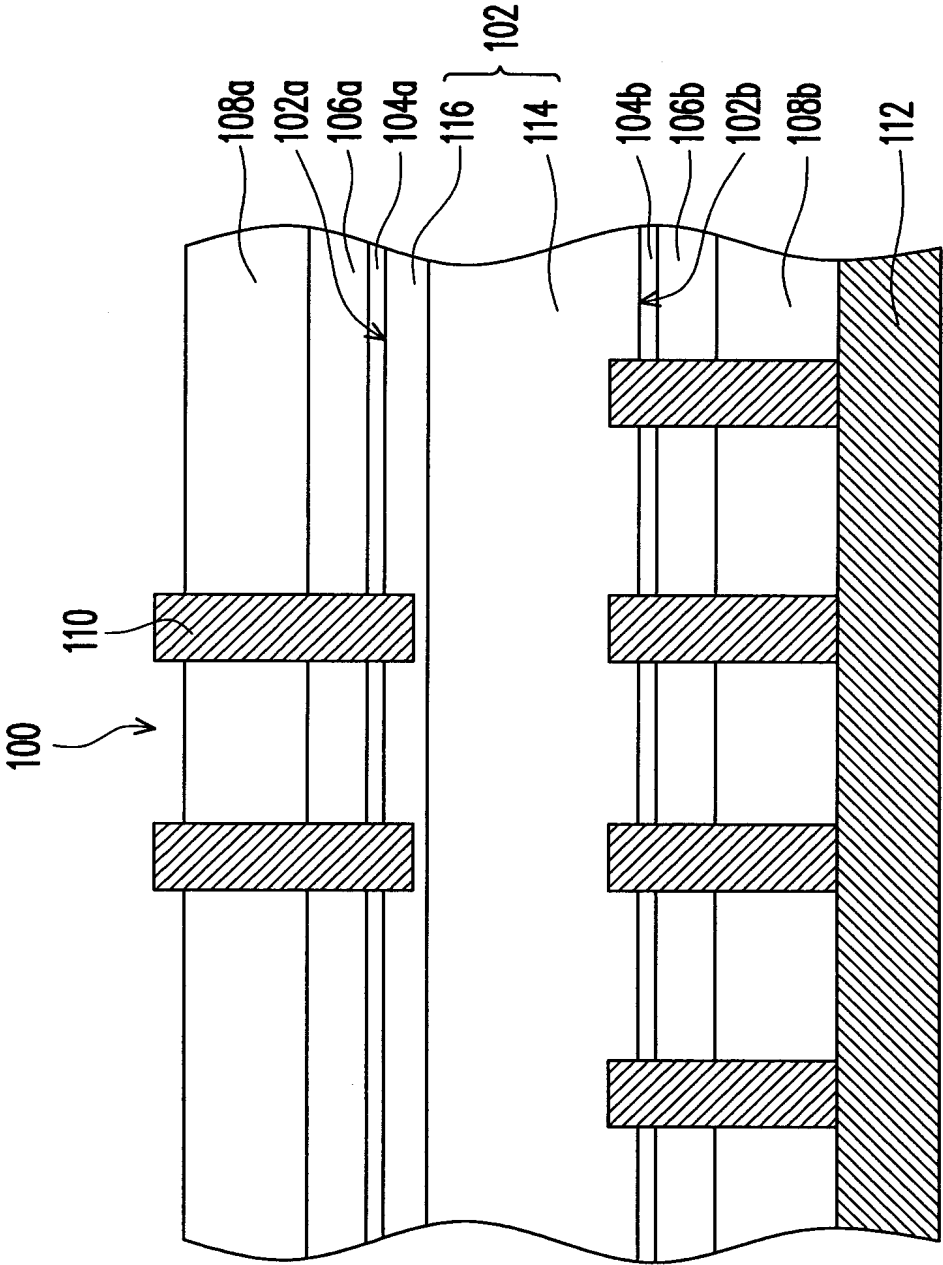


圖 2

七、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

10：基材

20：第一鈍化層

30：第二鈍化層

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