

(21)申請案號：101117046

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 14 日

(51)Int. Cl. : *H01L31/042 (2006.01)*

H01L31/18 (2006.01)

(30)優先權：2011/05/24 日本

2011-116047

(71)申請人：吉坤日鑛日石能源股份有限公司(日本) JX NIPPON OIL & ENERGY CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：後藤正直 GOTO, MASANAO (JP)；林慎也 HAYASHI, SHINYA (JP)；中山慶祐 NAKAYAMA, KEISUKE (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：4 項 圖式數：5 共 30 頁

(54)名稱

光電變換元件

PHOTOELECTRIC CONVERTING ELEMENT

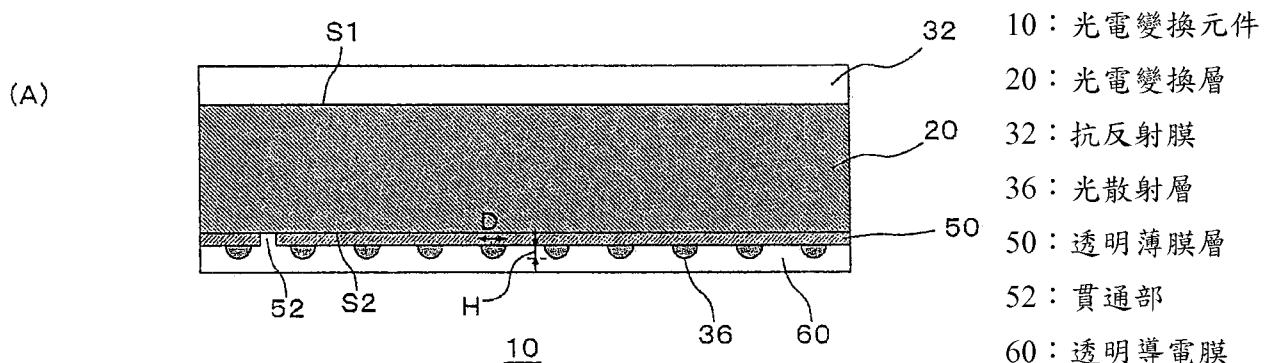
(57)摘要

光電變換元件 10 係包含：光電變換層 20、抗反射膜 32、光散射層 36、及透明薄膜層 50。抗反射膜 32 係設置在光電變換層 20 的感光面側。光散射層 36 是由二維地配置在與光電變換層 20 的感光面為相反側之複數個金屬奈米粒子所構成。於光電變換層 20 與光散射層 36 之間設置有透明薄膜層 50。透明薄膜層 50 的層厚 d_{low} 係由下列式表示。

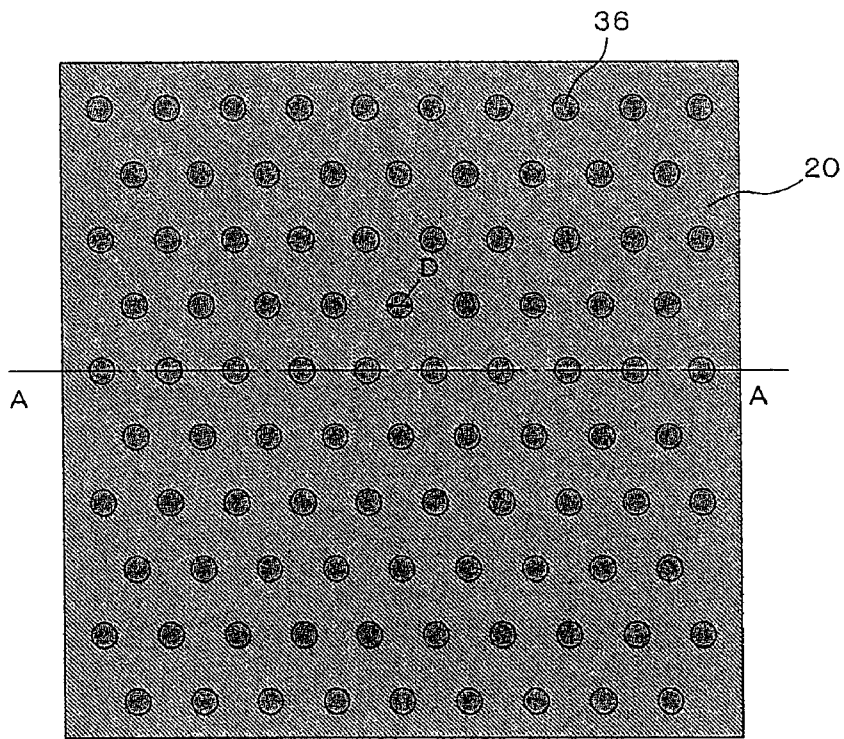
【數 1】

$$0 < d_{low} < \lambda_0 \left(\frac{n_{low}}{n_{abs}} \right)^2 \frac{1}{n_{abs}^2 - n_{low}^2}$$

上述式中， λ_0 為光電變換層 20 所能夠吸收之光在真空中的波長中之任意波長。 n_{abs} 表示光電變換層 20 在上述波長中的折射率， n_{low} 表示透明薄膜層 50 在上述波長中的折射率。



(B)



(21)申請案號：101117046

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 14 日

(51)Int. Cl. : H01L31/042 (2006.01)

H01L31/18 (2006.01)

(30)優先權：2011/05/24 日本

2011-116047

(71)申請人：吉坤日鑛日石能源股份有限公司(日本) JX NIPPON OIL & ENERGY CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：後藤正直 GOTO, MASANAO (JP)；林慎也 HAYASHI, SHINYA (JP)；中山慶祐 NAKAYAMA, KEISUKE (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：4 項 圖式數：5 共 30 頁

(54)名稱

光電變換元件

PHOTOELECTRIC CONVERTING ELEMENT

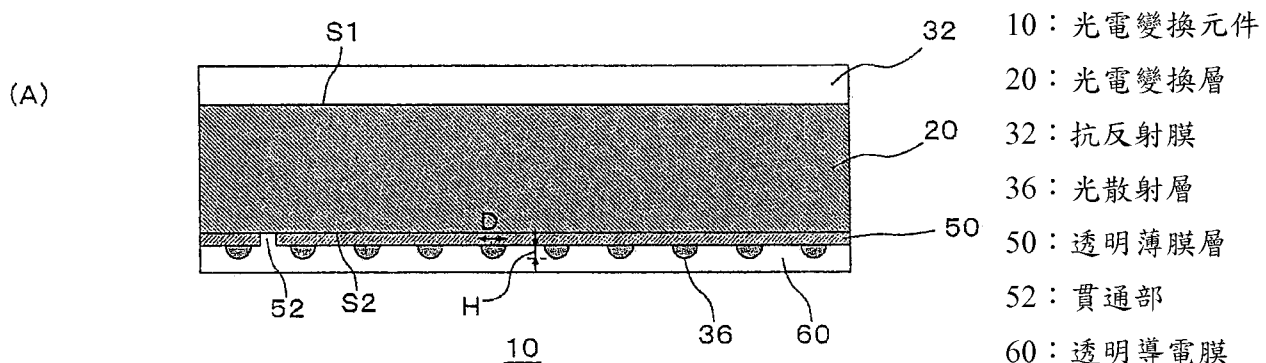
(57)摘要

光電變換元件 10 係包含：光電變換層 20、抗反射膜 32、光散射層 36、及透明薄膜層 50。抗反射膜 32 係設置在光電變換層 20 的感光面側。光散射層 36 是由二維地配置在與光電變換層 20 的感光面為相反側之複數個金屬奈米粒子所構成。於光電變換層 20 與光散射層 36 之間設置有透明薄膜層 50。透明薄膜層 50 的層厚 d_{low} 係由下列式表示。

【數 1】

$$0 < d_{low} < \lambda_0 \left(\frac{n_{low}}{n_{abs}} \right)^2 \frac{1}{n_{abs}^2 - n_{low}^2}$$

上述式中， λ_0 為光電變換層 20 所能夠吸收之光在真空中的波長中之任意波長。 n_{abs} 表示光電變換層 20 在上述波長中的折射率， n_{low} 表示透明薄膜層 50 在上述波長中的折射率。



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： 101117646

※ 申請日： 101.5.14 ※IPC 分類： H01L 31/042 2006.01

一、發明名稱：(中文/英文) H01L 31/04 2006.01

光電變換元件

PHOTOELECTRIC CONVERTING ELEMENT

二、中文發明摘要：

光電變換元件 10 係包含：光電變換層 20、抗反射膜 32、光散射層 36、及透明薄膜層 50。抗反射膜 32 係設置在光電變換層 20 的感光面側。光散射層 36 是由二維地配置在與光電變換層 20 的感光面為相反側之複數個金屬奈米粒子所構成。於光電變換層 20 與光散射層 36 之間設置有透明薄膜層 50。透明薄膜層 50 的層厚 d_{low} 係由下列式表示。

【數 1】

$$0 < d_{low} < \lambda_0 \left(\frac{n_{low}}{n_{abs}} \right)^2 \frac{1}{n_{abs}^2 - n_{low}^2}$$

上述式中， λ_0 為光電變換層 20 所能夠吸收之光在真空中的波長中之任意波長。 n_{abs} 表示光電變換層 20 在上述波長中的折射率， n_{low} 表示透明薄膜層 50 在上述波長中的折射率。

三、英文發明摘要：

A photoelectric converting element 10 contains a photoelectric converting layer 20, an anti-reflection film 32, a light scattering layer 36 and a transparent thin film layer 50. The anti-reflection film 32 is provided on a light-receiving surface side of the photoelectric converting layer 20. The light scattering layer 36 consists of a plurality of metal nano-particles two-dimensionally arranged on a side opposite to the light-receiving surface of the photoelectric converting layer 20. The transparent thin film layer 50 is provided between the photoelectric converting layer 20 and the light scattering layer 36. The thickness d_{low} of the transparent thin film layer 50 is represented by the following formula.

【formula1】

$$0 < d_{low} < \lambda_0 \left(\frac{n_{low}}{n_{abs}} \right)^2 \frac{1}{n_{abs}^2 - n_{low}^2}$$

In the formula, λ_0 is any of the wavelengths of light in vacuum which can be absorbed by the photoelectric converting layer 20. n_{abs} represents the refraction index of the photoelectric converting layer 20 at this wavelength. n_{low} represents the refraction index of the transparent thin film layer 50 at this wavelength.

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	光電變換元件
20	光電變換層
32	抗反射膜
36	光散射層
50	透明薄膜層
52	貫通部
60	透明導電膜

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

本案無代表化學式

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係藉由光電變換將光能變換為電能之光電變換元件。

【先前技術】

太陽能電池等之光電變換元件中，為了達到省資源化和低成本化，係期望光電變換層之更進一步的薄膜化。當單純地使光電變換層薄膜化時，由於光電變換層的光吸收量降低，因而使增加光電變換層的吸收量之技術變得不可或缺。

以此種技術而言，係有在光電變換層的表面及/或背面設置金屬奈米構造(金屬奈米粒子陣列、金屬奈米洞陣列、金屬光柵構造等)作為光散射層，使入射光斜向地散射，以延伸在太陽能電池內部的光路徑長度而增大電流之技術。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

專利文獻 1：日本特開 2000-294818 號公報

專利文獻 2：日本特開 2001-127313 號公報

專利文獻 3：日本特開 2009-533875 號公報

[非專利文獻]

非專利文獻 1:Beck 等, Journal of Applied Physics, 105, 114310(2009).

非專利文獻 2：Mokkapati 等, Applied Physics

Letters, 95, 053115(2009).

【發明內容】

(發明所欲解決之課題)

當用以使反射光散射之金屬與太陽能電池的光電變換層(活性層)直接接觸時，會使太陽能電池的性能，尤其是開放電壓降低，故須在光電變換層與光散射層之間插入電介質或半導體。然而，先前技術中，當將電介質或半導體插入於光電變換層與金屬奈米構造之間時，會有金屬奈米構造的效果降低之課題，採用何種層，可抑制太陽能電池性能的降低並同時增大光電變換的電流，最終達成太陽能電池性能的提升者，目前仍未明瞭。

本發明係鑒於上述課題而創作出者，其目的在於提供一種在將光散射層設置在光電變換層之至少一方的面之構造中，可抑制太陽能電池性能的降低並同時得到電流增加效果之技術。

(用以解決課題之手段)

本發明之一項態樣為光電變換元件。該光電變換元件具備有：光電變換層、積層於該光電變換層之一方的主表面之具有與光電變換層不同的折射率之透明薄膜層、以及積層於與光電變換層為相反側之透明薄膜層的主表面之光散射層；透明薄膜層的層厚 d_{low} 係由下列式表示。

【數 1】

$$0 < d_{low} < \lambda_0 \left(\frac{n_{low}}{n_{abs}} \right)^2 \frac{1}{n_{abs}^2 - n_{low}^2}$$

上述式中， λ_0 為光電變換層所能夠吸收之光在真空中的波長中之任意波長。 n_{abs} 表示光電變換層在上述波長中的折射率， n_{low} 表示透明薄膜層在上述波長中的折射率。

根據該態樣之光電變換元件，光電變換元件所無法吸收之入射光，會藉由設置在與感光面為相反側之光電變換元件的主表面側之複數個金屬奈米粒子所散射並反射，所以可增長光電變換層內之入射光的光路徑長度，而有效率地吸收入射光。再者，藉由使上述層厚 d_{low} 的透明薄膜層中介存在於光電變換層與光散射層之間，可在不會導致開放電壓等之電特性的降低下，增加光電變換元件中的電流提升效果。

上述態樣之光電變換元件中，光散射層可由具有細微構造之金屬所形成。光電變換層可由單晶矽、多晶矽或微晶矽所形成。此外，透明薄膜層亦可由含矽材料所形成。

適當地組合上述各要素而成者，亦包含於由本專利申請案所要求之專利保護的發明範圍內。

（發明之效果）

根據本發明，在將光散射層設置在光電變換層之至少一方的面之光電變換元件中，可抑制太陽能電池性能的降低並同時得到電流增加效果。

【實施方式】

以下係參照圖式來說明本發明之實施形態。所有圖式中，係對同樣構成要素附加相同符號，並適當地省略說明。

第 1 圖(A)係顯示實施形態之光電變換元件 10 的構成

之概略剖面圖。第 1 圖(B)係顯示從與感光面為相反側俯視觀看光電變換元件時之構成光散射層 36 之金屬奈米粒子的排列配置模樣之俯視圖。第 1 圖(A)相當於第 1 圖(B)之 A-A 線上的剖面圖。第 1 圖(B)中，僅顯示出構成光散射層 36 之金屬奈米粒子與光電變換層 20 之配置，並省略其他構成。如第 1 圖(A)所示，光電變換元件 10 具備有：光電變換層 20、抗反射膜 32、透明薄膜層 50、光散射層 36 及透明導電膜 60。本實施形態中，光電變換元件 10 為太陽能電池。

光電變換層 20 具有 p 型半導體與 n 型半導體所接合之 pn 接合，並藉由 pn 接合的光電動勢效應將來自太陽的光能變換為電能。藉由將各電極(圖中未顯示)安裝於 n 型半導體、p 型半導體，可將直流電流擷取至光電變換元件 10 的外部。本實施形態中，設置在與感光面為相反側之電極，藉由積層於後述透明薄膜層 50，而與光電變換層 20 形成電連接。光電變換層 20 例如是由單晶矽、多晶矽或微晶矽所形成之 Si 基板，並具有作為由 IV 族半導體基板所構成之太陽能電池而眾所皆知之 pn 接合。

如第 1 圖(A)及第 1 圖(B)所示，抗反射膜 32 在光電變換元件 10 的感光側設置在光電變換層 20 的第 1 主表面 S1。抗反射膜 32 只要兼具有：在光電變換元件 10 所感光之光的波長區域內之透明性、以及防止光電變換元件 10 所感光之光的反射之功能者即可，該形態及材料並無特別限定，惟例如可列舉出 SiO_2 、 SiN_x 、 TiO_2 、ITO 等。抗反射

膜 32 可任意構成，光電變換元件 10 未設置抗反射膜 32 之形態，亦包含於本發明中。

光散射層 36 在與光電變換元件 10 的感光面為相反側，隔介著後述透明薄膜層 50 而二維地配置設置。本實施形態中，光散射層 36 係含有呈二維矩陣狀地散在於透明薄膜層 50 上之複數個金屬奈米粒子。

構成光散射層 36 之金屬奈米粒子的材料，只要是金屬材料者即可，並無特別限定，但較佳為 Frohlich 模式(參照 Bohren and Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles, Wiley, 1983)的共振波長與防止反射之光的波長呈接近之材料，例如可列舉出 Au、Ag、Al、Cu、或此等金屬的合金。本實施形態中，係以被覆光散射層 36 之方式積層有 ITO 等之透明導電膜 60。透明導電膜 60 亦充填於透明薄膜層 50 上所設置之貫通部 52，並透過貫通部 52 使透明導電膜 60 及光電變換層 20 形成電連接。

俯視觀看光電變換層 20 時之每單位面積的金屬奈米粒子之數量密度的較佳範圍，為 5.0×10^8 個/cm² 至 3.0×10^9 個/cm²，尤佳為 7.0×10^8 個/cm² 至 2.5×10^9 個/cm²，更佳為 1.0×10^9 個/cm² 至 2.0×10^9 個/cm²。

金屬奈米粒子的形狀並無特別限定，例如可列舉出球狀、半球狀、圓柱狀、方柱狀、棒狀、圓盤狀等形狀。俯視觀看光電變換層 20 時之金屬奈米粒子的粒徑 D，例如為 80 至 400nm 的範圍。以與光電變換層 20 為相反側之透明

薄膜層 50 的主表面為基準面時之金屬奈米粒子的 height H ，例如為 5 至 500nm 的範圍。

透明薄膜層 50 係積層於光電變換層 20 的第 2 主表面 S2，並在與光電變換層 20 為相反側之透明薄膜層 50 的主表面，積層有上述光散射層 36。換言之透明薄膜層 50 係設置在光散射層 36 與光電變換層 20 之間。透明薄膜層 50，相對於光電變換元件 10 所感光之光呈透明。亦即，透明薄膜層 50 的能隙 (band gap) 較光電變換層 20 的能隙更大。此外，當將電極形成於光電變換層 20 的第 2 主表面 S2 側時，就集電性提升之觀點來看，透明薄膜層 50 較佳係具有導電性。

以透明薄膜層 50 的材料而言，可列舉出氟化鈣、氟化鎂、氟化鋇、氟化鋰、碳化矽、藍寶石、氧化鋁、水晶、氟樹脂、 SnO_2 、FTO (摻雜氟的氧化錫)、ITO、 ZnO 、 SiO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 Mn_3O_4 、 Y_2O_3 、 WO_3 、 Nb_2O_5 、 La_2O_3 、 Ga_2O_3 、 Ag_2O 、 CuO 、 a-Si:H 、 $\mu\text{c-Si:H}$ 、 $\text{SiO}_x\text{:H}$ 、 SiC 、 SiN_x 、 $\text{AlO}_x\text{:H}$ 、聚對苯二甲酸乙二酯、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚乙烯、聚丙烯、乙烯-醋酸乙烯酯共聚物、聚苯乙烯、聚醯亞胺、聚醯胺、聚對苯二甲酸丁二酯、聚萘二甲酸乙二酯、聚砜、聚醚砜、聚醚醚酮、聚乙烯醇、聚氯乙烯、聚偏二氯乙烯、三醋酸纖維素、聚胺基甲酸酯、環烯烴聚合物等。

如本實施形態在使用金屬奈米粒子作為光散射層 36 之形態中，當金屬奈米粒子與光電變換層 20 接觸時，由於在金屬奈米粒子與光電變換層 20 之間之金屬-半導體界面

會促進載子的重新結合反應，以及構成金屬奈米粒子之金屬原子在光電變換層 20 中擴散而污染光電變換層 20，可能使光電變換元件 10 的光電變換效率降低。因此，如本實施形態，藉由在光電變換層 20 的第 2 主表面 S2 與構成光散射層 36 之金屬奈米粒子之間隔介存在有透明薄膜層 50，可抑制在金屬奈米粒子與光電變換層 20 之間產生載子的重新結合之情形。

透明薄膜層 50 的層厚 d_{low} 係由下列式表示。

【數 2】

$$0 < d_{low} < \lambda_0 \left(\frac{n_{low}}{n_{abs}} \right)^2 \frac{1}{n_{abs}^2 - n_{low}^2}$$

上述式中， λ_0 為光電變換層 20 所能夠吸收之光在真空中的波長中之任意波長。 n_{abs} 表示光電變換層 20 在上述波長中的折射率， n_{low} 表示透明薄膜層 50 在上述波長中的折射率。

根據以上所說明之實施形態之光電變換元件 10，光電變換元件 10 所無法吸收之入射光，會藉由設置在光電變換元件 10 的第 2 主表面側之光散射層 36 所散射並反射，所以可增長光電變換層 20 內之入射光的光路徑長度，而有效率地光吸收入射光。再者，實施形態之光電變換元件 10 中，藉由使上述層厚 d_{low} 的透明薄膜層 50 隔介存在於光電變換層 20 與光散射層 36 之間，可在不會導致開放電壓等之電特性的降低下，增加光電變換元件 10 中的電流提升效果。詳細而言，藉由將透明薄膜層 50 的層厚設為 d_{low} ，不

會阻礙由光散射層 36 所引發之近場傳遞至光電變換層 20 者，故可充分地藉由光散射層 36 得到光路徑長度增大效果，並且可增加光電變換元件 10 中的電流提升效果。

(光電變換元件的製作方法)

第 2 圖及第 3 圖係顯示實施形態之光電變換元件的製作方法之步驟剖面圖。以下參照第 2 圖及第 3 圖來說明實施形態之光電變換元件的製作方法。

首先如第 2 圖(A)所示，將膜厚 50 至 200nm 的抗反射膜 32 積層於成為感光面之光電變換層 20 的第 1 主表面 S1。光電變換層 20 含有 p 型單晶 Si 基板，於光電變換層 20 係藉由一般所知的熱擴散法、離子注入法、真空成膜法等預先形成有 p-n 接合。抗反射膜 32 的積層方法並無特別限定，例如可列舉出藉由 PECVD 或濺鍍法等之真空成膜法，將 SiN_x 或 ITO 等之透明材料成膜於光電變換層 20 之方法。

接著如第 2 圖(B)所示，將透明薄膜層 50 形成於與感光面為相反側之光電變換層 20 的第 2 主表面 S2。透明薄膜層 50 的材料及膜厚乃依循上述所記載者。透明薄膜層 50 的形成方法並無特別限定，例如可列舉出藉由 PECVD 法、濺鍍法、真空蒸鍍法、ALD 法、PLD 法、熱氧化法、旋轉塗佈法等。

接著如第 2 圖(C)所示，在透明薄膜層 50 上形成遮罩 40。遮罩 40，係在透明薄膜層 50 上形成有使金屬奈米粒子形成區域暴露出之複數個開口部 42。遮罩 40 例如可將

鋁基板的表面進行陽極氧化後，去除經陽極氧化後的表面（多孔質氧化鋁膜）以外之鋁基板，並使用磷酸溶液將貫通孔形成於多孔質氧化鋁膜而製作出。其他，遮罩 40 亦可藉由圖案形成為既定開口部之抗蝕層來製作出。當使用抗蝕層作為遮罩 40 時，可將金屬奈米粒子規則地配置為二維。

接著如第 2 圖(D)所示，藉由真空蒸鍍法，使 Ag、Al、Au、Cu 等金屬或含有此等金屬之合金，透過遮罩 40 朝透明薄膜層 50 沉積。金屬粒子通過遮罩 40 上所設置之開口部 42，並在開口部 42 內選擇地沉積於透明薄膜層 50 上。藉此，金屬奈米粒子 37 形成於開口部 42 內，複數個金屬奈米粒子 37 二維地配置在透明薄膜層 50 上。俯視觀看光電變換層 20 時之金屬奈米粒子 37 的大小，是由遮罩 40 上所設置之開口部 42 的大小來規定。當使用多孔質氧化鋁膜來形成遮罩 40 時，開口部 42 的大小係與鋁的陽極氧化時之施加電壓呈正比。例如，以 0.3mol/l 丙二酸水溶液對鋁基板施加 120V 時，開口部 42 的孔徑約為 150nm，金屬奈米粒子 37 的粒徑亦約為 150nm。此外，以光電變換層 20 的第 2 主表面為基準面時之金屬奈米粒子 37 的高度，可藉由改變真空蒸鍍的時間來控制。真空蒸鍍的時間較短時，係成為球面朝下方（遠離光電變換層 20 的第 2 主表面之方向）之半球狀，真空蒸鍍的時間充分長時，係成為圓柱狀、方柱狀或填充物狀。結束金屬奈米粒子 37 的形成後，將遮罩 40 去除。

接著如第 3 圖(A)所示，使用一般所知的微影技術法

及蝕刻法，部分地去除透明薄膜層 50 來形成貫通部 52。於貫通部 52 使光電變換層 20 暴露出。

接著如第 3 圖(B)所示，以被覆金屬奈米粒子 37 之方式使 ITO 等透明導電膜 60 成膜。藉由上述步驟，可簡便地形成實施形態之光電變換元件 10，並且可降低光電變換元件 10 的製造成本。

(實施例 1)

<光電變換層的製作>

使磷擴散於厚度 $150\ \mu\text{m}$ 的 p 型矽晶圓(電阻率 0.5 至 $5\ \Omega\text{cm}$)以形成 pn 接合，而製作出光電變換層。磷的擴散係使用 POCl_3 ，在 860°C 加熱 20 分鐘後，進行 40 分鐘的摻雜。屬於光電變換層之單晶矽的折射率，根據 Palik 編著的 Handbook of Optical Constants of Solids，在波長 1000nm 時為 3.57。

<抗反射膜的製作>

使厚度 70nm 之以 SiN 為主成分的層，成膜於光電變換層之一方的主表面來作為表面防護層(抗反射膜)。

<透明薄膜層的製作>

藉由 PECVD 法將 Al_2O_3 層成膜於光電變換層的暴露面(背面)以作為具有與光電變換層不同的折射率之透明薄膜層。使用觸針式膜厚儀(Veeco Dektak3 ST)來評估透明薄膜層的膜厚。又使用：使用分光光度儀(日立公司製 U4100)所測得之反射率光譜、使用觸針式膜厚儀所測得之膜厚、以及藉由特性矩陣法所算出之反射率，並藉由擬合法來決

定透明薄膜層的折射率。測定實施例 1 之透明薄膜層的膜厚及折射率時，可得知厚度為 10nm，折射率約為 1.8。當透明薄膜層是由複數種具有不同折射率之材料所構成時，係藉由下式來求取平均化後的折射率。

【數 3】

$$n = \sum_i n_i \eta_i$$

在此， n 為平均化後的折射率， n_i 為各成分的折射率， η_i 表示各成分的體積分率。

< 光散射層的製作 >

在 0.3mol/L 的丙二酸水溶液中，以 120V 將鋁基板的表面進行陽極氧化後，去除氧化後的表面(阻障層)以外之鋁基板，並使用稀釋 20 倍之磷酸水溶液將阻障層上所形成之多數個孔予以貫通，然後進一步擴大孔徑，藉此得到平均孔徑 200nm、孔密度 1.8×10^9 個/cm² 之氧化鋁遮罩。通過該氧化鋁遮罩將 Ag 真空蒸鍍於透明薄膜層上，藉此形成高度 100nm、週期 300nm 的金屬奈米粒子陣列。使用掃描型電子顯微鏡(SEM)，可確認到所得之金屬奈米粒子的粒徑及密度，與真空蒸鍍時所使用之氧化鋁遮罩上所形成之貫通孔的孔徑及密度幾乎為同一。

< ITO 層的製作 >

選擇性地蝕刻上述透明薄膜層，使光電變換層部分地暴露出。從上述光散射層的上方使 ITO 成膜 200nm，而形成被覆金屬奈米粒子陣列並與光電變換層形成電連接之透

明導電膜。

<電極的製作>

使用銀膏，在構成表面防護層之 SiN 的上方形成細線電極，並藉由燒結來進行貫通燒結，而形成與光電變換層之電連接。此外，在與光電變換層為相反側之 ITO 的主表面上形成由 Ag/Al 所構成之全面電極。

藉由上述步驟，而製作出實施例 1 之光電變換元件(太陽能電池)。

為了進行比較，除了未形成上述光散射層之外，其他與實施例 1 相同而至製作出太陽能電池(以下稱為參照例)，並測定開放電壓。參照例之太陽能電池的開放電壓為 590mV。另一方面，實施例 1 之太陽能電池的開放電壓為 589mV。亦即，可確認到實施例 1 之太陽能電池的開放電壓與不具有光散射層之參照例之太陽能電池的開放電壓為同等。

(比較例 1)

比較例 1 之太陽能電池，係將與實施例 1 相同的光散射層直接積層於光電變換層的背面(與感光面為相反側的面)，並藉由 PECVD 法將 Al_2O_3 層(折射率 1.8、膜厚 10nm)成膜於該光散射層，除此之外，其他與實施例 1 為相同的構造。比較例 1 之太陽能電池的開放電壓為 535mV，較參照例的開放電壓更低。

(比較例 2)

比較例 2 之太陽能電池，除了將透明薄膜層(Al_2O_3 層)

的膜厚形成為 25nm 之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 2 之太陽能電池的開放電壓為 592mV，與參照例的開放電壓同等。

(比較例 3)

比較例 3 之太陽能電池，除了將透明薄膜層(Al_2O_3 層)的膜厚形成為 40nm 之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 3 之太陽能電池的開放電壓為 591mV，與參照例的開放電壓同等。

(比較例 4)

比較例 4 之太陽能電池，除了將透明薄膜層(Al_2O_3 層)的膜厚形成為 100nm 之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 4 之太陽能電池的開放電壓為 592mV，與參照例的開放電壓同等。

(實施例 2)

實施例 2 之太陽能電池，係使藉由熱氧化所製作之二氧化矽(折射率 1.5、膜厚 6nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。實施例 2 之太陽能電池的開放電壓為 585mV，與參照例的開放電壓同等。

(比較例 5)

比較例 5 之太陽能電池，係使藉由熱氧化所製作之二氧化矽(折射率 1.5、膜厚 16nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 5 之太陽能電池的開放電壓為 586mV，與參照例的開

放電壓同等。

(比較例 6)

比較例 6 之太陽能電池，係使藉由熱氧化所製作之二氧化矽(折射率 1.5、膜厚 20nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 6 之太陽能電池的開放電壓為 588mV，與參照例的開放電壓同等。

(比較例 7)

比較例 7 之太陽能電池，係使藉由熱氧化所製作之二氧化矽(折射率 1.5、膜厚 50nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 7 之太陽能電池的開放電壓為 587mV，與參照例的開放電壓同等。

(實施例 3)

實施例 3 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.2、膜厚 40nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。實施例 3 之太陽能電池的開放電壓為 620mV，與參照例的開放電壓同等。

(實施例 4)

實施例 4 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.2、膜厚 40nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。實施例 4 之太陽能電池的開放電壓為 621mV，與參照

例的開放電壓同等。

(比較例 8)

比較例 8 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.2、膜厚 63nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 8 之太陽能電池的開放電壓為 623mV，與參照例的開放電壓同等。

(比較例 9)

比較例 9 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.2、膜厚 80nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 9 之太陽能電池的開放電壓為 623mV，與參照例的開放電壓同等。

(實施例 5)

實施例 5 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.5、膜厚 10nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。實施例 5 之太陽能電池的開放電壓為 631mV，與參照例的開放電壓同等。

(實施例 6)

實施例 6 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.5、膜厚 50nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。實施例 6 之太陽能電池的開放電壓為 634mV，與參照

例的開放電壓同等。

(比較例 10)

比較例 10 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.5、膜厚 100nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 10 之太陽能電池的開放電壓為 636mV，與參照例的開放電壓同等。

(比較例 11)

比較例 11 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.5、膜厚 125nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 11 之太陽能電池的開放電壓為 633mV，與參照例的開放電壓同等。

(實施例 7)

實施例 7 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.8、膜厚 40nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。實施例 7 之太陽能電池的開放電壓為 632mV，與參照例的開放電壓同等。

(實施例 8)

實施例 8 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.8、膜厚 100nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。實施例 8 之太陽能電池的開放電壓為 631mV，與參照

例的開放電壓同等。

(實施例 9)

實施例 9 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.8、膜厚 125nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。實施例 9 之太陽能電池的開放電壓為 634mV，與參照例的開放電壓同等。

(比較例 12)

比較例 12 之太陽能電池，係藉由 PECVD 法使以 SiN 為主成分的層(折射率約 2.8、膜厚 158nm)成膜作為透明薄膜層，除此之外，其他與實施例 1 之太陽能電池為相同的構造。比較例 12 之太陽能電池的開放電壓為 633mV，與參照例的開放電壓同等。

<量子效率的測定>

對於各實施例及各比較例的太陽能電池，進行分光感度測定。分光感度測定裝置係使用氙氣燈及鹵素燈的雙燈式，將以單色儀進行分光之 300 至 1200nm 的單色光照射在太陽能電池並以 AC 模式來進行，從各波長的照射光子數與光電流值來算出量子產率。成為基準之試樣，除了未形成金屬奈米粒子之外，其他以與實施例 1 相同之步驟來製作出太陽能電池，並測定分光感度。以該結果為基準，對於各實施例及各比較例的太陽能電池，算出相對於成為基準之試樣之各個相對量子產率，並比較短路電流值的提升度。第 1 表係顯示各實施例及各比較例的相對電流值。相

對電流值，為將不具有光散射層之參照例的太陽能電池中之短路電流值設為 1 時之相對值。

[第 1 表]

	實施例 1	實施例 2	實施例 3	實施例 4	實施例 5	實施例 6	實施例 7	實施例 8	實施例 9
相對電 流值	1.008	1.008	1.010	1.002	1.009	1.004	1.008	1.002	1.000

	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4	比較例 5	比較例 6	比較例 7	比較例 8	比較例 9
相對電 流值	1.009	1.001	0.996	0.995	0.996	0.997	0.989	0.999	0.998

	比較例 10	比較例 11	比較例 12
相對電流值	0.999	0.998	0.998

第 4 圖為對於實施例及比較例之太陽能電池，點繪出透明薄膜層的厚度 d_{low} 與相對電流值之關係之圖表。第 5 圖為藉由直線近似法，求取可得到相對電流值的增加之最厚的透明薄膜層層厚並點繪出之圖表。具有電流提升效果之透明薄膜層層厚的範圍，如第 5 圖中所示之式子來表示。惟考量到實施例之光電變換元件為結晶矽太陽能電池者， λ_0 為 1000nm， $n_{abs}=3.57$ 。

本發明並不限定於上述各實施形態，可根據該業者的知識來追加各種設計變更等變形，且追加此種變形之實施形態，亦包含於本發明之範圍內。

例如，上述實施形態中，係在光電變換層 20 形成有 p-n 接合，但光電變換層 20 只要是可進行光電變換之構造者即可，亦可在光電變換層 20 形成有 p-i-n 接合。

(產業利用可能性)

本發明可適用在藉由光電變換將光能變換為電能之光電變換元件。

【圖式簡單說明】

第 1 圖(A)係顯示實施形態之光電變換元件的構成之概略剖面圖。第 1 圖(B)係顯示從背面側俯視觀看半導體基板時之金屬奈米粒子的排列配置模樣之俯視圖。

第 2 圖(A)至(D)係顯示實施形態之光電變換元件的製作方法之步驟剖面圖。

第 3 圖(A)及(B)係顯示實施形態之光電變換元件的製作方法之步驟剖面圖。

第 4 圖為對於實施例及比較例之太陽能電池，點繪出透明薄膜層的厚度 d_{low} 與相對電流值之關係之圖表。

第 5 圖為藉由直線近似法，求取可得到相對電流值的增加之最厚的透明薄膜層層厚並點繪出之圖表。

【主要元件符號說明】

10	光電變換元件
20	光電變換層
32	抗反射膜
36	光散射層
40	遮罩
50	透明薄膜層
52	貫通部
60	透明導電膜

七、申請專利範圍：

1. 一種光電變換元件，其特徵為具備有：

光電變換層；

積層於前述光電變換層之一方的主表面之具有與前述光電變換層不同的折射率之透明薄膜層；以及

積層於與前述光電變換層為相反側之前述透明薄膜層的主表面之光散射層；

前述透明薄膜層的層厚 d_{low} 係由下列式表示：

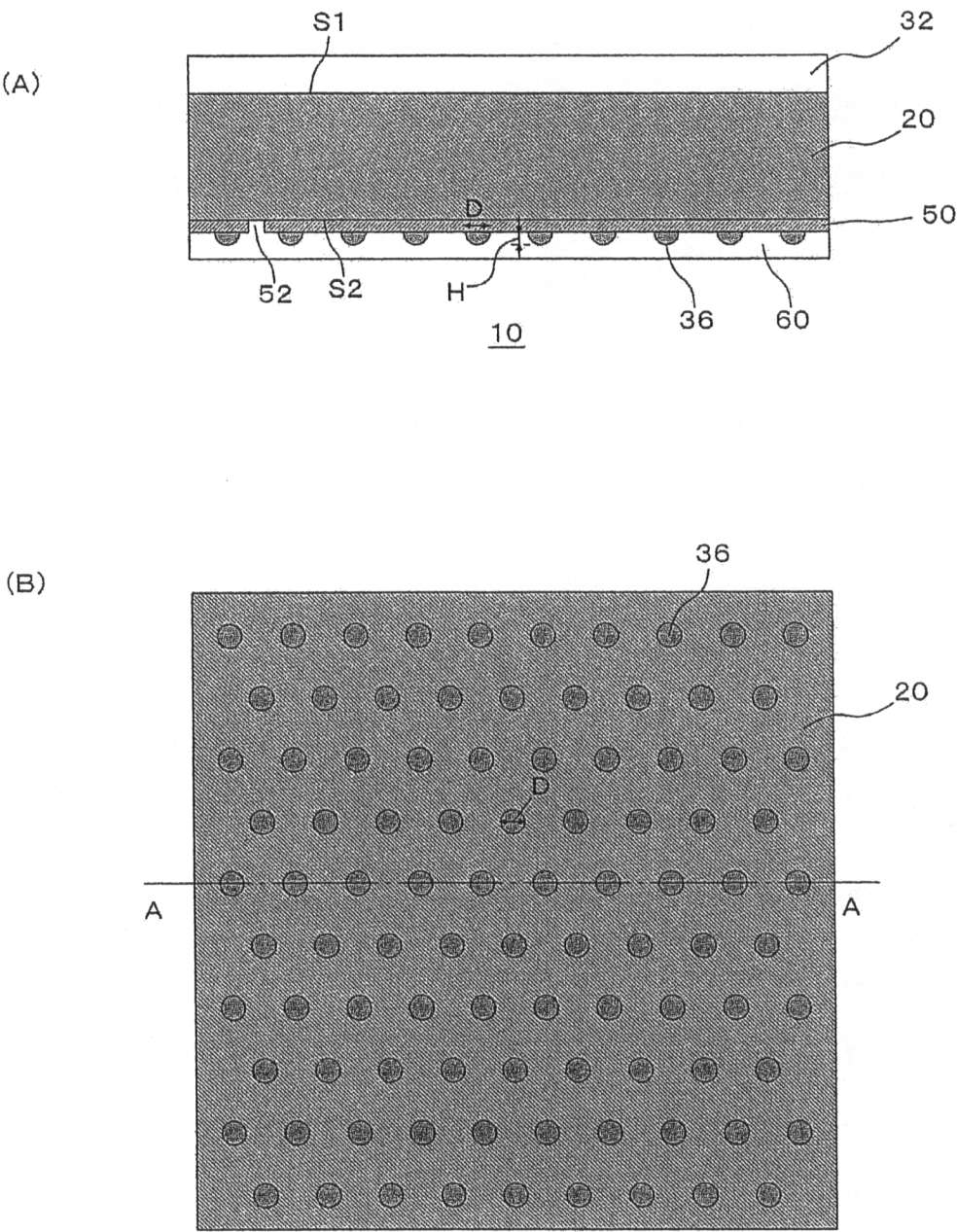
【數 1】

$$0 < d_{low} < \lambda_0 \left(\frac{n_{low}}{n_{abs}} \right)^2 \frac{1}{n_{abs}^2 - n_{low}^2}$$

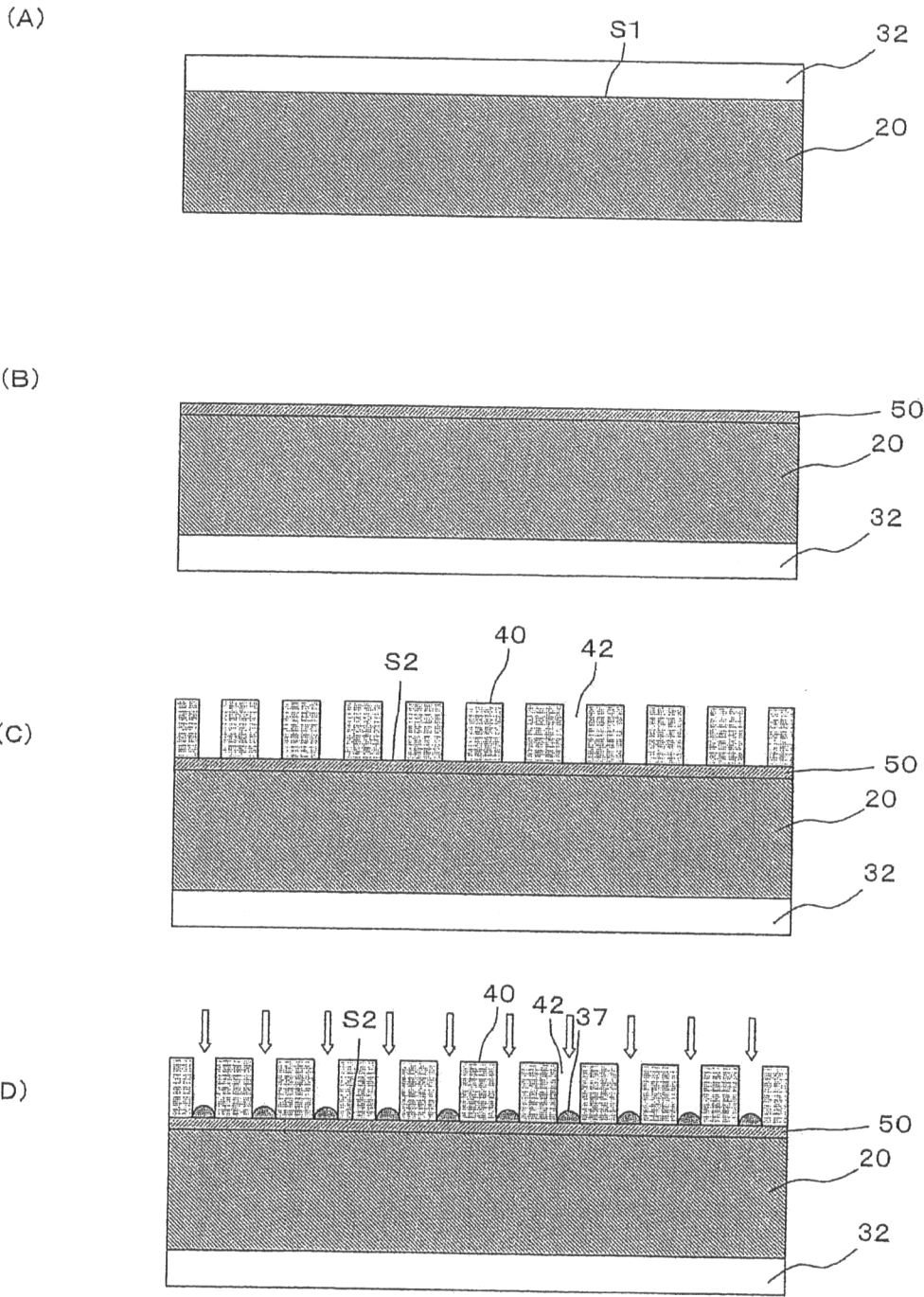
上述式中， λ_0 為光電變換層所能夠吸收之光在真空中的波長中之任意波長， n_{abs} 表示光電變換層在上述波長中的折射率， n_{low} 表示透明薄膜層在上述波長的折射率。

- 2. 如申請專利範圍第 1 項所述之光電變換元件，其中，前述光散射層是由具有細微構造之金屬所形成。
- 3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之光電變換元件，其中，前述光電變換層是由單晶矽、多晶矽或微晶矽所形成。
- 4. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之光電變換元件，其中，前述透明薄膜層是由含矽材料所形成。

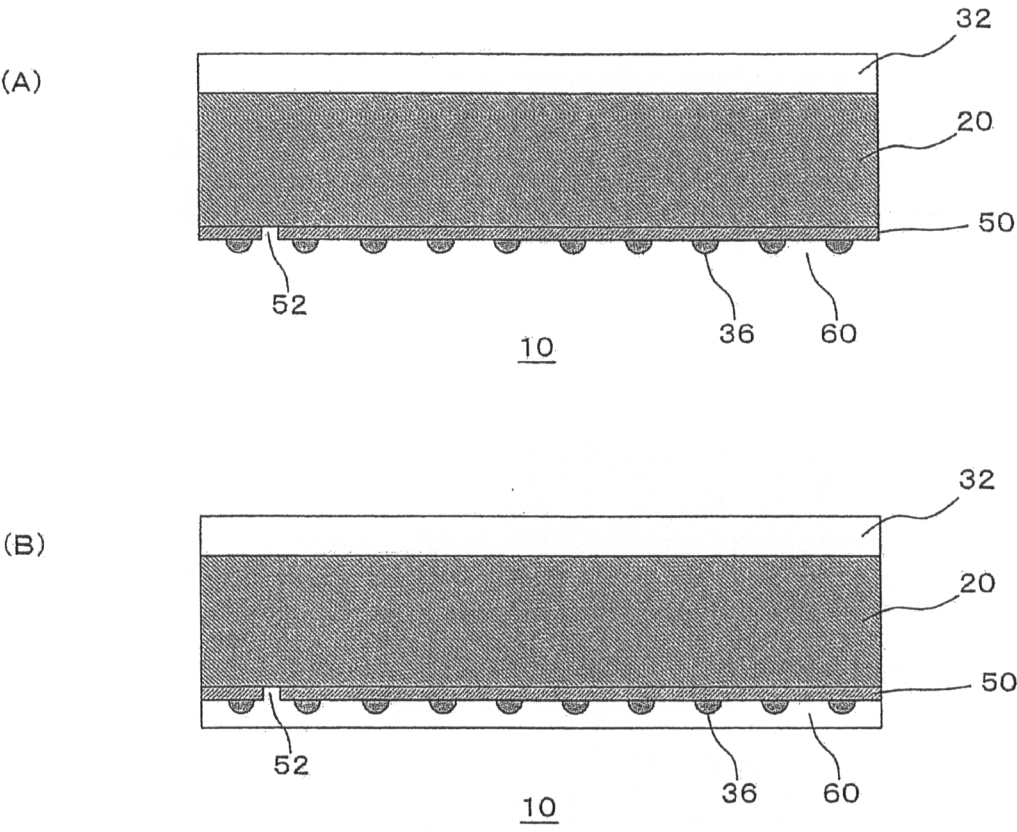
八、圖式：



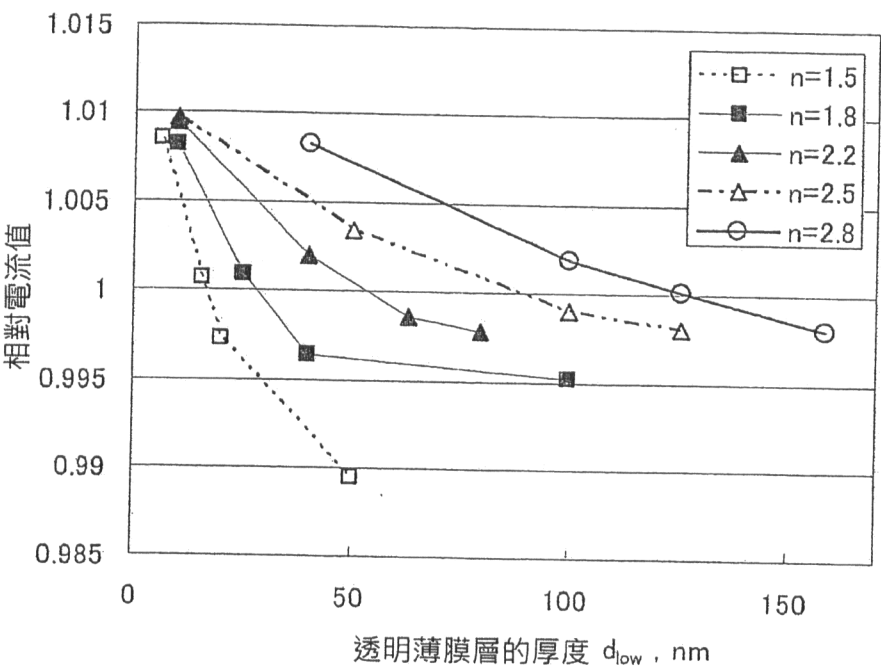
第1圖



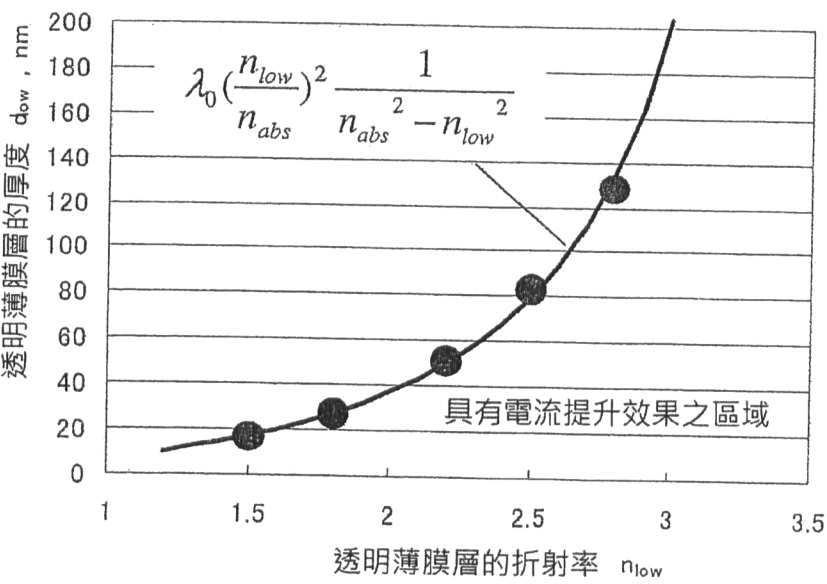
第2圖



第3圖



第4圖



第5圖