

發明專利說明書 200425530

(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：

92-124456

※申請日期：

92.9.4

※IPC 分類：

H01L31/00
G02B5/10

壹、發明名稱：(中文/英文)

以奈米結構及奈米複合材料為主的組成物及光電伏打裝置

NANOSTRUCTURE AND NANOCOMPOSITE BASED COMPOSITIONS AND
PHOTOVOLTAIC DEVICES

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商·奈米系統股份有限公司/NANOSYS, Inc.

代表人：(中文/英文)

墨菲 馬修 B./MURPHY, MATTHEW B.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州帕羅亞托·漢諾威街 2625 號/2625 Hanover Street, Palo Alto, CA 94304, USA

國籍：(中文/英文)

美國/USA

電話/傳真/手機：

E-MAIL：

參、發明人：(共 6 人)

姓名：(中文/英文)

1. 艾立克·雪爾/Erik Scher
2. 米海 A. 布勒堤/Mihai A. Buretea
3. 凱文·邱/Calvin Chow
4. 史帝芬·艾姆皮朵克里斯/Stephen Empedocles
5. 安德烈·麥瑟/Andreas Meisel
6. J. 瓦勒斯·帕司/J. Wallace Parce

住居所地址：(中文/英文)

1.美國加州舊金山市·谷勒羅街 1040A 號

1040A Guerrero Street, San Francisco, CA 94110, USA

2.美國加州舊金山市·第 31 街 1386 號

1386 31st Avenue, San Francisco, CA 94122, USA

3.美國加州波托拉谷·密諾卡路 455 號

455 Minoca Road, Portola Valley, CA 94028, USA

4.美國加州山景市·瑪迪爾路 2507 號

2507 Mardell Way, Mountain View, CA 94043, USA

5.美國加州舊金山市·卡斯特羅街 514 號

514 Castro Street, San Francisco, CA 94114, USA

6.美國加州帕羅亞托·洛斯羅伯里斯街 754 號

754 Los Robles Avenue, Palo Alto, CA 94306, USA

國籍：(中文/英文)

1.-4.6.美國/USA

5.德國/Germany

肆、聲明事項：

本案係符合專利法第二十條第一項 第一款但書或 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國；2002,09,05；60/408,722
2. 美國；2002,10,25；60/421,353
3. 美國；2003,03,04；60/452,038
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

相關申請案之對照參考資料

本專利申請案依據下列申請案主張優先權及權益：

- 5 Mihai Buretea 等人於 2002 年 9 月 5 日申請之美國臨時專利申請案第 60/408,722 號，發明名稱為“奈米複合材料”；Erik Scher 等人於 2002 年 10 月 25 日申請之美國臨時專利申請案第 60/421,353 號，發明名稱為“以奈米複合材料為主的光電伏打裝置”；以及 Erik Scher 等人於 2003
- 10 年 3 月 4 日申請之美國臨時專利申請案第 60/452,038 號，發明名稱為“以奈米複合材料為主的光電伏打裝置”，該等臨時申請案的內容係實質上全文併入本案說明書中以供參考。

在聯邦政府資助之研究及發展下產生之發明的權利聲明

- 15 本發明的部分內容已依據國家偵察局（National Reconnaissance Office）授與編號：NRO-03-C-0042，在美國政府資助下完成。因此，美國政府對於本發明可享有特定權利。

發明領域

- 20 本發明係屬奈米結構領域。更特別地，本發明提供包含奈米結構之裝置，例如光電伏打裝置，該奈米結構可任擇地為奈米複合材料的一部分。如同製造光電伏打及其他（例如層狀）裝置的方法及系統一般，包含不同材料之二種奈米結構的組成物亦為本發明的特徵。

【 先 前 技 術 】

發明背景

長久以來，太陽能已視為地球人口之不斷增加的能量需求的可能解決方法。開採石化燃料的費用增加，對於“溫室”排放物之關切增加，以及容納大量石化燃料之儲存庫的區域的不穩定性增加，已進一步引起開發替代能源策略的興趣，例如太陽能來源。

迄今，太陽能轉換作用一般已仰賴直接收集太陽熱能，例如在加熱應用中，或在電熱轉換中，或者仰賴經由使用光電伏打電池，透過光子能量至電能的直接轉換作用。

目前的光電伏打裝置或電池應用薄層半導體材料，例如結晶矽、砷化鎵或其類似物，將p-n接合併入太陽能轉換成直流電之作用中。雖然此等裝置可使用於特定應用中，但其效率已受到某程度的限制，例如太陽能轉換成電能之屈服轉換效率一般最好大於10%。雖然此等裝置的效率已透過對於裝置結構進行所費不貲的改良來增進，相信此等裝置的實質限制使其充其量只能達到約30%的最大效率。對日常能源需求而言，例如公眾能源消耗，當與其他產能裝置相較，此等裝置的相對無效率，加上其相對的高成本，已結合而抑制消費者市場上對於太陽能電力的廣泛接受。相反地，此類系統已佔優勢地使用於例如在偏遠的位置、陸地或其他等無法依傳統方式產生電力的地方，或者利用傳統產生電力的方式所伴隨產生的費用與光電伏打系統所產生的費用相當接近之需要電力的地方。

因為結構及效率，目前市面上的光電伏打裝置亦具有許多實質要求。舉例而言，因為相對上無效率及剛性結構，光電伏打系統一般要求時常或至少在尖峰時間，具有適當的太陽曝曬的適當平面空間，以符合使用該系統處的電力要求。

儘管目前光電伏打裝置之技術有上述問題，仍希望及需要擴展太陽能電力的使用。尤其，大致上需求一經改良的光電伏打電池，其具有一或多種下述特性：能量轉換效率增加，製造成本降低，可撓性及／或合理的耐用性及／或壽命增加。本發明符合此等需求及其他不同的需求。

【發明內容】

發明概要

本發明包括以奈米複合材料為主的光電伏打裝置及其構成元件，結合此裝置及元件的系統，以及製造此類裝置及元件的方法及系統。舉例而言，本發明一方面包括在光敏感性層中之對準奈米結構（例如奈米晶體）的光電伏打裝置。在一相關方面，包含一或多種型式之奈米結構的裝置，包括包含多種型式之此等結構的光電伏打裝置，無論對準與否，為本發明之另一方面。在上述任一例子，此等裝置可包括或省略主動層內的非-奈米結構元件。舉例而言，此一主動層的奈米結構可經融合、部分融合或燒結以提供例如電極之間的電子及／或電洞載荷性質。聚合物，例如導電性聚合物，可與光敏感性層中的奈米結構元件組合，雖然此等聚合物在本說明書中所述的許多具體實施例

中並非必要。包含此類裝置的系統之系統，及製造此類裝置的方法及系統，亦為本發明之一方面。主動層組成物，例如可用於光電伏打及其他裝置之組成物，以及相關方法及系統，為本發明之另一特徵。

- 5 因此，光電伏打裝置之具體實施例的第一一般態樣，本發明提供光電伏打裝置。此裝置包括第一電極層及第二電極層。第一光敏感性層係設置在第一及第二電極層之間。光敏感性層係設置在具有沿著第一平面之第一電極之至少部分電接觸點中，以及在具有沿著第二平面之第二電
- 10 極之至少部分電接觸點中。光敏感性層包含呈現第 II 型能帶差異能量分布的材料，以及包括第一族群之奈米結構（例如奈米晶體），其各自具有至少一延長部分，該延長部分之定位以與至少第一平面垂直為主。

- 此奈米結構可包括任何各種不同的結構，例如具有一
- 15 以上之延長節段的分支奈米晶體，例如連接在共同頂點且排列成實質四角幾何形狀（例如奈米四角錐）的四延長節段。奈米結構可包括增進光敏感性層之功能的材料，例如可視需要地包括至少一由半導體組成的部分，該半導體係選自於第 II-VI 族、第 III-V 族或第 IV 族半導體或其合金組
- 20 成的組群。舉例而言，奈米結構族群可包括含有下述一或多種物質的奈米晶體：CdS、CdSe、CdTe、InP、InAs、ZnS、ZnSe、ZnTe、HgTe、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InSb、Si、Ge、AlAs、AlSb、PbSe、PbS 或 PbTe。此種奈米結構的精細形式可改變，例如可視需要地包括任何下述結構：奈米

晶體、奈米線、單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構及／或非晶形奈米結構。奈米結構之族群可包括包含一種以上的次元件的結構，例如包含第一半導體材料之核心及第二（不同的）半導體材料之外殼的奈米晶體。對光電伏打裝置而言，第一及第二半導體材料一般呈現出第 II 型能帶差異分布。任一不同的材料可用於達到所欲的性質，包括一奈米晶體，其中核心包含 CdSe 及外殼包含 CdTe，或一奈米晶體，其中核心包含 InP 及外殼包含 GaAs。此等奈米結構零件一般係應用至如下述之其他裝置、方法、組成物及系統的具體實施例中。

光敏感性層視需要地包含一基質，例如其中懸浮或設置有奈米晶體者。舉例而言，此層可包括分散於導電性聚合物基質的奈米晶體。此奈米晶體係視需要地經由共價化學鍵結耦合至該聚合物基質。舉例而言，在一具體實施例中，化學鍵結包含一配位基，該配位基在第一位置耦合至該奈米晶體之外表面，以及在第二位置耦合至該聚合物基質。奈米晶體係視需要地電氣耦合至該聚合物基質。奈米晶體或基質中之一者（或二者）可傳導電洞或電子。再者，更詳細地說，裝置可視需要地省卻基質，利用奈米結構使電極同時具有電子及電洞載荷性質（例如視需要地在基質中無任何額外的導電性（或其他）聚合物存在下，將二或多種奈米晶體形式融合、部分融合或燒結在一起）。

可調整光敏感性層中奈米結構的排列以增進光敏感性層的活性。舉例而言，在一方面，在層中的一或多種奈米

結構或奈米結構形式與第二電極相較，佔優勢地設置在較接近第一電極處（例如，用以增進電子或電洞與相關電極的導電性）。同樣地，層內可包括同樣地促進層之性質的元件，例如層內可包括設置在光敏感性層及第一或第二電極之間的電洞或電子阻斷層。同樣地，層內可視需要地包括設置在光敏感性層及第一電極之間的電洞阻斷層，以及設置在光敏感性層及第二電極之間的電子阻斷層（例如，用以控制電子或電洞至相關電極的流動）。

奈米結構可包括多數不同的次形式。舉例而言，光敏感性層中奈米結構的族群可包括至少二不同的奈米晶體次族群，每一奈米晶體次族群例如具有不同的吸收光譜。因此，不同的奈米晶體次族群視需要地包括不同的組成物、不同的尺寸分布、不同的形狀及／或其他類似性質。

在一方面，光敏感性層中的奈米結構集體地包含至少二種無機材料。舉例而言，奈米結構視需要地包含第一無機材料之核心以及第二無機材料之外殼，及／或光敏感性層可包含至少二種奈米晶體形式。任何光敏感性層中的奈米結構可視需要地融合、部分融合，及／或燒結。在奈米結構融合、部分融合，及／或燒結處，例如在光敏感性層中至少二鄰近奈米結構的核心係視需要地在至少部分電接觸點中，以及至少二鄰近奈米結構的外殼，或至少二額外的奈米結構，係視需要地在至少部分直接電接觸點中。

光敏感性層視需要地包括一或多種次層。舉例而言，光敏感性層可包括至少二主動次層，該主動次層各自包含

多數具有至少一種奈米晶體形式的多數奈米晶體。在一此類的具體實施例中，至少二次層中之至少一種包含 n 型次層，以及二次層中至少一種包含 p 型次層，視需要地符合光敏感性層中一或多種接合（例如 p-n 或 n-p-n 或其他）。

- 5 在另一相關的具體實施例中，光敏感性層包括至少一次層，其包括 p 及 n 奈米晶體的摻合物。

除了包含次層的光敏感性層之外，整個裝置結構亦可為層狀。舉例而言，裝置可包括多數光敏感性層（至少第二光敏感性層，以及視需要地，二種以上此種層）。一或多
10 種電極（以及一般為二電極）可放置於具有此裝置之任何此光敏感性層的電接觸點中。舉例而言，裝置可包括第三電極層、第四電極層，以及設置在第三及第四電極層之間的第二光敏感性層。在此具體實施例中，第二光敏感性層係視需要地設置在具有沿著第三平面之第三電極的至少部
15 分電接觸點中，以及沿著第四平面之第四電極的至少部分電接觸點中。視需要地，第二光敏感性層呈現第 II 型能帶差異能量分布，以及包含第二族群之奈米結構，其各自具有至少一延長部分，該延長部分之定位以與至少第三平面垂直為主，以及具有與第一族群的奈米結構不同的吸收光
20 譜。第三電極層、第四電極層及第二光敏感性層係視需要地連接至第一電極層、第二電極層及第一光敏感性層，但與其電氣絕緣。

類似於光敏性層的元件，亦可選擇電極以調節整個裝置的性質。舉例而言，電極可由任何適當的導電性材料製

成，該導電性材料係基於電荷載荷能力、環境耐受性質或其他因素來選擇。舉例而言，在一方面，至少一電極視需要地包含鋁或另一金屬。再者，電極或光敏感性層可經選擇以提供所欲的整體裝置性質。舉例而言，當希望得到一

5 撓性的光電伏打裝置時，可選擇撓性的第一及／或第二電極或光敏感性層。同樣地，第一及／或第二電極及／或光敏感性層係視需要地包括額外的裝置元件，以保護裝置免於遭到工作環境破壞，及／或增進裝置性質。舉例而言，在一方面，任何電極或光敏感性層（或其任何組合），可包

10 括一透明層（例如一透明導電性層）。舉例而言，在一方面，此裝置包括一透明支撐層，其至少部分覆蓋第一或第二電極，或至少部分覆蓋光敏感性層，或至少部分覆蓋第一或第二電極及光敏感性層之組合。同樣地，此裝置可包括一或多層密封層，例如光敏感性層及／或一或多個電極可包

15 含或密封於一密封層內。舉例而言，在一具體實施例中，光敏感性層是經完全密封。在一例示具體實施例中，此裝置包含至少第一及第二密封層，該光敏感性層及第一及第二電極係夾置在第一及第二密封層之間。

裝置的整個結構可依裝置的用途來選擇。舉例而言，

20 整個裝置可包含一平面或非平面的結構。舉例而言，此裝置係視需要地包含一凸形結構，以增進裝置在需要凸形結構之設置中的效率。同樣地，在一具體實施例中，第一電極層、光敏感性層及第二電極層係視需要地定位成捲繞結構，或來回堆疊結構。

在一相關的第二組具體實施例中，奈米晶體係視需要地以上述具體實施例所述方式定位，但可視需要地採取不同的定位。換言之，奈米結構可相對於上述各種不同的平面及電極，呈任何無規或非無規的位向。在此等具體實施例中，奈米結構包括至少一光電伏打裝置的無機材料，以及視需要地三或多種此等材料。上述光電伏打層之基質的聚合物元件為此等具體實施例可視需要選擇的性質（聚合物可保留在光敏感性層中，或自光敏感性層省卻）。

因此，在此第二組具體實施例中，提供一種光電伏打裝置。此裝置包括第一電極層及第二電極層。第一光敏感性層係放置在第一及第二電極層之間。光敏感性層係放置在具有沿著第一平面之第一電極的至少部分電接觸點中，以及在具有沿著第二平面之第二電極的至少部分電接觸點中，其中光敏感性層包含第一無機材料及與第一無機材料不同的第二無機材料。在 PV 裝置中，第一及第二無機材料一般呈現第 II 型能帶差異能量分布。此光敏感性層包括第一族群之奈米結構，該奈米結構包含第一無機材料、第二無機材料，或其組合。

所有上述有關奈米結構之形式、形狀及組成物、電極組成物及構形，以及裝置結構的特徵，亦可應用至此等具體實施例中。第一組具體實施例中的任何視需要的透明／阻斷／密封層的具體實施例，亦可為第二組具體實施例的特徵。同樣地，在此亦可應用上述的裝置結構特徵。除非另外說明，任何上述之第一類光電伏打裝置具體實施例的

特徵或其他，可應用於此第二類具體實施例。

如上所述，第一無機材料係視需要地（以及一般而言）以半導體係為第二無機材料。此材料可為任何描述於前述具體實施例中者。如前述具體實施例所述，第一族群之奈米結構可包括奈米晶體，其包含第一無機材料之核心以及第二無機材料的外殼，例如任何如上所述者。如同前述具體實施例中所述，奈米晶體係視需要地融合、部分融合，及／或燒結，如上所述般提供界於奈米結構核心或外殼之間的部分及／或直接電接觸點。

10 在一此類具體實施例中，第一族群之奈米結構包含含有第一無機材料的奈米晶體，以及光敏感性層進一步包含第二族群之奈米晶體，該奈米晶體包含含有第二無機材料的奈米晶體，例如其中鄰近的奈米晶體係彼此至少部分直接電接觸。

15 第一族群之奈米晶體及第二族群之奈米晶體係視需要地在光敏感性層中相互混合。或者，光敏感性層包含至少一第一次層以及一第二次層，其中第一次層包含第一族群之奈米晶體及第二次層包含第二族群之奈米晶體。

如同上述具體實施例所述般，光敏感性層視需要地包含至少二主動次層，各自視需要地包括至少一奈米晶體形式之多數奈米晶體。如同上述實施例中所述，且可同樣地應用於此等具體實施例中，至少二次層中之至少一者係視需要地包含一 n 型次層及／或一 p 型次層，例如以上述任何的排列方式（例如摻合或隔開的 p 及／或 n 奈米結構，

摻合或隔開的層，視需要地藉由一或多接合來隔開)。

對此組具體實施例而言，光敏感性層可僅由奈米晶體組成，例如融合、部分融合或燒結的奈米晶體。然而，聚合物或基質亦可包括於光敏感性層中。舉例而言，光敏感性層可包括導電性或非導電性聚合物。此層可包括奈米晶體所設置的此聚合物基質，例如其中第一及／或第二族群之奈米晶體係電氣地耦合至聚合物，以提供電洞或電子之導電性（例如對裝置之電極的電性）。然而，此聚合物或其他基質元件並非必須，以及光敏感性層係視需要地不含任何導電性及／或非導電性聚合物。

雖然在此第二組具體實施例中並未要求第一組具體實施例的位向，上述的位向亦可視需要地成為第二組具體實施例的特徵。舉例而言，第一族群的奈米結構可各自具有至少一延長部分，該延長部分之定位以與至少第一平面垂直為主。同樣地，該第二族群之奈米結構可呈現相同（或不同）的位向。

除了光電伏打裝置之外，本發明進一步提供可用於構成光電伏打及其他裝置的組成物。此等組成物可包括或包含在光電伏打或其他裝置（例如 LEDs、雙晶裝置等）。舉例而言，提供包含第一族群之奈米結構及第二族群之奈米結構的組成物。此第一族群包含含有第一材料的奈米結構，以及此第二族群包含含有與第一材料不同之第二材料的奈米結構。

如同前述具體實施例所述，奈米結構係視需要地包括

奈米晶體及／或奈米線。如同在前述裝置中所述者，奈米結構亦可包含單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，或非晶形奈米結構。一般而言，奈米結構之第一材料為第一無機材料以及第二材料為第二無機材料。視需要

5 地，第一材料包含第一半導體以及第二材料包含第二半導體。舉例而言，第一材料視需要地包含一 n 型半導體以及第二材料視需要地包含 p 型半導體。如同上文中所述的光電伏打裝置，第一及第二材料可呈現第 II 型能帶差異能量分布。然而，在某些非光電伏打應用中（例如 LEDs），第

10 一及第二材料呈現其他能量分布，例如第 I 型能帶差異能量分布。如同在上文中所述的光電伏打裝置，鄰近的奈米結構係視需要地彼此至少部分（或直接）電接觸。

視需要地，第一族群之奈米結構及第二族群之奈米結構係呈隔開的層，或互相混合。此等族群可位在一或多個

15 分離或混合的區域、地帶、層或其他類似物中。組成物可形成一膜。

組成物視需要地包括至少一第一次層及一第二次層。在此等具體實施例中，第一次層視需要地包括第一族群之奈米結構以及第二次層視需要地包括第二族群之奈米結

20 構。在數種應用中，例如光電伏打應用中，膜或其他組成物係設置在二電極層之間（或界於額外電極層之間）。如同上述之光電伏打應用，第一及／或第二族群之奈米結構係視需要地 融合、部分融合，及／或 燒結（或未融合、未部分融合或未燒結）。

組成物係視需要地包括導電性聚合物。舉例而言，組成物視需要地包括一聚合物基質，其中設置有奈米結構。視需要地，任何奈米結構特徵（表面、核心、外殼等）係電氣地耦合至聚合物。聚合物基質可交替地或額外地為非
5 導電性地耦合至奈米結構。或者，組成物可實質上不含導電性及／或非導電性聚合物。

除了上述的裝置及組成物之外，亦提供相關的方法及系統。在第一類方法中，提供製造光電伏打裝置之方法。在此等方法中，提供第一平面基板，於該平面基板上設置
10 有第一導電性層。第一基板係利用呈現第 II 型能帶差異能量分布的光敏感性基質塗覆。光敏感性基質包括至少一第一族群之延長半導體奈米結構，其包含縱軸，以提供光敏感性層。半導體奈米結構係經定位以致於其縱軸的定位以與第一平面基板垂直為主。第二導電性層係層合至該光敏
15 感性層上。

大致上，任何前述之裝置及組成物的特徵皆可包括於此等方法中。舉例而言，奈米結構可視需要地包括奈米晶體、奈米線、單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。如同基質之任何其他元件一
20 般，奈米結構可為例如任何上文中所描述者。

此方法可視需要地包括在利用光敏感性基質塗覆該第一基板之前，在第一基板上施予一阻斷層。同樣地，此方法可包括在層合第二導電性層至光敏感性層之前，在該光敏感性層上施予阻斷層。除了第一基板及第二導電性層之

外，一或多層密封層可視需要地施予在光電伏打裝置的相對表面上，藉此使一或多層密封層完全密封該光電伏打裝置。

本發明亦提供製造光電伏打裝置之第二類方法。在此方法中，提供第一平面基板，該基板上設置有第一導電性層。利用一組成物塗覆第一基板，該組成物包含一奈米結構族群，以提供光敏感性層。此奈米結構包含第一材料之核心以及與第一材料不同之第二材料的外殼。奈米結構係經融合、部分融合，及／或燒結，以及第二導電性層係層合至該光敏感性層。

如同前類方法，大致上，任何前述之裝置及組成物的特徵可包括在此等方法中。舉例而言，奈米結構視需要地包括奈米晶體、奈米線、單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。如同基質之任何其他元件一般，奈米結構可為例如任何上文中所描述者。一般而言，第一材料為第一無機材料以及第二材料為第二無機材料。舉例而言，第一材料視需要地包括第一半導體及第二材料視需要地包括第二半導體。

如同前類方法，此方法在利用組成物塗覆第一基板之前，視需要地施予一阻斷層在該第一基板上。同樣地，此方法在層合第二導電性層至該光敏感性層上之前，視需要地在光敏感性層上施予一阻斷層。一或多層密封層可施予至光電伏打裝置的相對表面上，藉此使一或多層密封層完全密封此光電伏打裝置。

在第三類方法具體實施例中，提供製造包含第一族群之奈米結構以及第二族群之奈米結構的層狀裝置之方法。第一族群包括包含第一材料之奈米結構，以及第二族群包含含有不同於第一材料之第二材料的奈米結構。此等方法
5 包括提供第一基板，以及利用包含第一族群之奈米結構的組成物塗覆第一基板，以提供第一層。

如同前類方法，大致上，任何前述之裝置及組成物的特徵可包括在此等方法中。舉例而言，奈米結構視需要地包括奈米晶體、奈米線、單晶奈米結構、雙晶奈米結構、
10 多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。如同基質之任何其他元件一般，奈米結構可為例如任何上文中所描述者。一般而言，第一材料為第一無機材料以及第二材料為第二無機材料。舉例而言，第一材料視需要地包括第一半導體及第二材料視需要地包括第二半導體。

15 利用一組成物塗覆第一基板，該組成物包含第一族群之奈米結構，視需要地包括利用包含第一及第二族群之奈米結構的混合物的組成物塗覆第一基板。此提供第一層，其中第一及第二族群的奈米結構係互相混合。

此方法視需要地進一步包括利用一組成物塗覆第一基
20 板，該組成物包含第二族群之奈米結構，以提供第二層。舉例而言，第二族群之奈米結構可設置在第一基板上。

第一基板可為平面或非平面，例如如前述裝置一般的任何幾何形狀。此方法可使用於製造光電伏打裝置、發光裝置或其他類似裝置。第一導電性層可設置在第一平面基

板上，以及第二導電性層可視需要地層合至該第一（或第二）層上。

在此方法中，阻斷層係視需要地在利用包含第一族群之奈米結構的組成物塗覆第一基板之前，施予至第一基板上。同樣地，阻斷層可在層合第二導電性層至第一（或第二）層之前，施予至第一層之上。如同上述方法一般，一或多層密封層可施予至此裝置的相對表面上，藉此使一或多層密封層視需要地完全密封此裝置。

本發明亦提供用於製造光電伏打裝置之系統。舉例而言，此一系統可包括具有第一導電性表面之第一基板層的來源。此系統亦可包括用於輸送第一基板層之輸送系統。一光敏感性基質的來源可流動地耦合至層沈積系統，此層沈積系統係至少部分位在基板輸送系統上，以提供一光敏感性基質層在第一基板層上。將一第二導電性材料之來源耦合至位在該基板輸送系統上的該層沈積系統，以供沈積一第二導電性表面材料層在一光敏感性基質上，該光敏感性基質係沈積在該第一基板層上。

在一例示具體實施例中，第一基板材料之來源包括第一基板材料的軋製板材。第一基板材料的來源視需要地包括第一導電性材料的來源以及用於沈積第一導電性材料在第一基板材料上的沈積系統，以提供第一導電性表面。

層沈積系統可包括例如刮刀（doctor-blade）、絲網印刷系統、噴墨印刷系統、浸沾式塗覆系統、完全塗覆（sheer coating）系統、刮刀鑄塑系統、薄膜鑄塑系統，或其組合。

在一相關類別的具體實施例中，亦提供用於製造層狀裝置的系統。此系統包括第一族群之奈米結構以及第二族群之奈米結構。第一族群包含含有第一材料之奈米結構，以及第二族群包含含有與第一材料不同之第二材料的奈米結構。此系統亦包括第一基板層的來源；用於輸送第一基板層的輸送系統；以及流動地耦合至層沈積系統之包含第一及第二族群之奈米結構的組成物的來源，該層沈積系統係至少部分設置在基板輸送系統上，以提供第一及第二族群之奈米結構係在第一基板層上互相混合的一層。

如同上述裝置、系統及方法一般，奈米結構可包含奈米晶體或任何本說明書中所述或其他可應用之奈米結構。舉例而言，奈米結構可包括奈米晶體及／或奈米線。奈米結構可包括例如單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。同樣地，第一及第二材料可為任何上述者，例如第一材料可為第一無機材料及第二材料可為第二無機材料。視需要地，第一基板層具有第一導電性表面。

系統視需要地包括耦合至層沈積系統的第二導電性材料的來源，例如定位在基板輸送系統上以供沈積一第二導電性材料層在互相混合奈米結構層上，該互相混合奈米結構係沈積在第一基板層上。

如同上述之系統一般，第一基板材料的來源可視需要地包括第一基板材料的軋製板材。同樣地，第一基板材料之來源可進一步地包括第一導電性材料的來源，以及用於

將第一導電性材料沈積在第一基板材料上的沈積系統，以提供第一導電性表面。層沈積系統可為任何上文中所述者。

在另一相關類別的系統具體實施例中，本發明提供用於製造層狀裝置的系統，該系統包含第一族群之奈米結構及第二族群之奈米結構，該第一族群包含含有第一材料之奈米結構，以及該第二族群包含含有不同於第一材料之第二材料的奈米結構。此系統包括第一基板層之來源；用於輸送第一基板層的輸送系統；第一組成物之來源，該第一組成物包含第一族群之奈米結構，其流動地耦合至一層沈積系統，該層沈積系統係至少部分設置在該基板輸送系統上，以提供第一層；以及第二組成物之來源，該第二組成物包含第二族群之奈米結構，其流動地耦合至該層沈積系統，該層沈積系統係至少部分設置在該基板輸送系統上，以提供第二層。

前述具體實施例中有關奈米結構形式、第一及／或第二材料形式、基板層上的導電性表面、第一或第二導電性材料的來源、用於沈積材料的沈積系統、軋製板材的用途及層化系統等系統特徵，亦可應用於此處。

定義

除非另外說明，在本說明書中使用之所有技術及科學用語的意義，與熟習本發明相關技術之人士所一般瞭解的意義相同。下述定義補充此技術領域中的內容且著重於目前的應用，且並非推諉至任何相關或無關的例子，例如任何共同擁有的專利或申請案。雖然類似於或等效於本說明

書中所述之任何方法及材料可用於實施本發明的試驗，在本發明中描述較佳的材料及方法。因此，在本說明書中所使用之用語僅係為了描述特定具體實施例，以及並非企圖構成限制。

5 如同在本案說明書及後附申請專利範圍中所使用者，除非在本案說明書中清楚地另外指明，單數形式“一”

(a, an) 及“該”(the) 包括複數的指稱物。因此，舉例而言，關於“一奈米結構”包括多數奈米結構及其類似物。

“縱橫尺寸比”為奈米結構之第一軸的長度除以奈米
10 結構之第二及第三軸的長度平均值之比值，其中第二及第三軸為長度幾乎彼此相等的二個軸。舉例而言，對於完美之桿的縱橫尺寸比應為其長軸之長度除以與長軸垂直的截面直徑。

“結晶性”或“實質結晶性”等用語，當使用於奈米
15 結構時，意指奈米結構一般呈現出橫越結構之一或多尺寸的長距離級次(long-range ordering)之事實。一熟習該項技術者應可瞭解到，“長距離級次(long range ordering)”一詞將依特定奈米結構之絕對尺寸而定，單晶的級次無法延伸超過晶體的界限。在此例子中，“長距離級次(long
20 range ordering)”將意指橫越至少大部分奈米結構之尺寸的實質級次。在一些例子中，奈米結構可帶有一氧化物或其他塗層，或可由核心及至少一外殼所組成。在此例子中，將可瞭解到，氧化物、外殼，或其他塗層不需要呈現其他級次(例如可為非晶形、多晶或其他)。在此等例子中，“結

晶性”、“實質結晶性”、“實質單晶性”或“單晶性”意指奈米結構之中央核心（排除塗覆層或外殼）。使用於本案說明書之“結晶性”或“實質結晶性”等用語企圖亦涵括包含各種不同缺陷、疊層缺陷、原子取代及其類似物之結構，只要該結構呈現實質長距離級次（long range ordering）（例如級次超過至少約 80% 之奈米結構或其核心之至少一軸的長度）。再者，應可瞭解到，在界於核心及奈米結構之外側之間的界面，或界於核心及鄰近外殼之間的界面，或界於外殼及第二鄰近外殼之間的界面，可包含非結晶性區域且甚至可為非晶形。此無法避免奈米結構成為如本案說明書所定義之結晶性或實質結晶性。

“單晶性”一詞，當使用於奈米結構時，意指奈米結構為實質結晶性以及包含實質上為單晶。當使用於奈米結構之包含核心及一或多外殼的雜結構時，“單晶性”意指核心為實質結晶性且實質上包含一單晶。

“雜結構”一詞，當用於奈米結構時，意指奈米結構的特徵在於至少二不同及／或可分辨的材料形式。一般而言，奈米結構之一區域包含第一材料形式，而第二區域之奈米結構包含第二材料形式。在某些具體實施例中，奈米結構包含第一材料之核心以及至少一第二（或第三等）材料之外殼，其中不同的材料形式係環繞例如奈米線的長軸、分支奈米晶體之一臂的長軸，或奈米晶體之中心而徑向地分布。舉例而言，外殼不需要完全覆蓋鄰近的材料方能被視為外殼，或此奈米結構方能被視為雜結構；舉例而

言，具有由第二材料之小島覆蓋的一材料之核心的奈米晶體為一雜結構。在其他具體實施例中，不同的材料形式係分布於奈米結構內的不同位置，例如沿著奈米線的主（長）軸，或沿著分支奈米晶體之臂的長軸。在雜結構內的不同區域可包含完全不同的材料，或不同的區域可包含一基底材料（例如矽），其具有不同的摻雜物或不同濃度之相同摻雜物。

“奈米晶體”為一實質上單晶的奈米結構。奈米晶體因此具有至少一區域或尺寸小於約 500 nm 的特徵尺寸，例如小於約 200 nm，小於約 100 nm，小於約 50 nm，或甚至小於約 20 nm。奈米晶體在材料性質上可為實質均相，或在某些具體實施例中，可為非均相（例如雜結構）。“奈米晶體”一詞企圖涵括實質單晶性奈米結構，其包含不同缺陷、疊層缺陷、原子取代及其類似物之結構，以及不含此類缺陷或取代的實質單晶性奈米結構。在包含核心及一或多外殼的奈米晶體雜結構的例子中，奈米晶體的核心一般為實質單晶性，但外殼不需如此。奈米晶體可主要由任何習知材料（一或多）來製造。在一方面，在奈米晶體之三維度中，各自具有小於約 500 nm 之尺寸，例如小於約 200 nm，小於約 100 nm，小於約 50 nm，或甚至小於約 20 nm。奈米晶體的例子包括，但不限制於，實質球形之奈米晶體、分支之奈米晶體，以及實質單晶性奈米線、奈米桿、奈米點、量子點、奈米四角錐、三角錐、二角錐，及分支之四角錐（例如無機樹狀聚合物（dendrimers））。

“奈米結構”為一種具有至少一區域或特徵尺寸的結構，其具有小於約 500 nm 之尺寸，例如小於約 200 nm，小於約 100 nm，小於約 50 nm，或甚至小於約 20 nm。一般而言，此區域或特徵尺寸將沿著結構之最小軸。此類結構的例子包括奈米線、奈米桿、奈米管、分支之奈米晶體、奈米四角錐、三角錐、二角錐、奈米晶體、奈米點、量子點、奈米顆粒、分支之四角錐（例如無機樹狀聚合物（dendrimers））及其類似結構。奈米結構在材料特性上可為實質均相，或在某些具體實施例中，可為非均相（例如雜結構）。奈米結構可為例如實質結晶性、實質單晶性、多晶性、非晶形或其組合。在一方面，在奈米晶體之三維度中，各自具有小於約 500 nm 之尺寸，例如小於約 200 nm，小於約 100 nm，小於約 50 nm，或甚至小於約 20 nm。

“奈米線”為一結構（一般而言，一奈米結構），其具有一較其他二主軸長的主軸且具有大於約 10 之縱橫尺寸比（例如大於約 20，大於約 50，或大於約 100，或甚至大於約 10,000）。奈米線之直徑一般小於約 500 nm，較佳為小於約 200 nm，更佳為小於約 150 nm，以及最佳為小於約 100 nm，約 50 nm，或約 25 nm，或甚至小於約 10 nm 或約 5 nm。奈米線的長度一般大於約 100 nm，例如大於 200 nm，大於 500 nm，或甚至大於 1000 nm。本發明之奈米線在材料特性上可為實質均相，或在某些具體實施例中，可為非均相（例如奈米線雜結構）。奈米線可大致上由任何習用的材料（一或多種）製造，且可為例如實質結晶性、實質單晶性、多

晶性或非晶形。奈米線可具有可變的直徑或具有實質均一的直徑，換言之，在最大變化性的區域或線性尺寸至少為5 nm（例如至少10 nm，至少20 nm，或至少50 nm）範圍內，直徑的變化小於約20%（例如小於約10%，小於約5%，或小於約1%）。一般而言，直徑係以距離奈米線之端點來估算（例如超過奈米線之中心20%、40%、50%或80%）。奈米線之長軸之整個長度或一部分可為直線形或可為例如曲線形或彎曲形。在某些具體實施例中，奈米線或其部分可呈現二-或三-維度之量子侷限效應。根據本發明之奈米線可明確地排除碳奈米管，以及在某些具體實施例中，排除“鬚晶”或“奈米鬚晶”，尤其是直徑大於100 nm，或大於約200 nm的鬚晶。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

15 半導體奈米晶體，一般稱為奈米點、奈米桿、奈米線等，其光致發光及電致發光特性已成為現今標識及發光顯示器技術中大量研究的主題所在。

在操作上，當半導體奈米晶體曝露至光中時，一定波長的光子的撞擊產生一激態，其特徵在於將電子自其軌域置換出來。所得的分離電荷，電子及電子受體或電洞，一同被稱為“激發子”，一般將接著復合。當電子及電洞復合時，其發出具有釋放能量之波長特性的光。藉由改變材料的特性，可調整發出之光的波長。

因此，直至今日，奈米桿及奈米點的研究及發展主要

研發出此等奈米材料內的電荷復合作用，以得到有利的發光結果。然而，已顯示出藉由分離激發子中的電荷，例如來自電洞之電子，可利用所得電位，因此自光能衍生出電流。參見例如 Huynh 等人，Science 295(5564)：2426-2427
5 (2002)，Huynh 等人，Adv. Materials 11(11)：923 (1999)，Greenham 等人，Phys. Rev. B 54(24)：17628-17637(1996)，以及美國專利第 6,239,355 號，其實際上各自以全文併入本案說明書中以供參考。尤其，已有報導指出，光電伏打裝置已開發出將光能轉換成電能的奈米晶體複合材料主動
10 層。

本發明提供額外的光電伏打裝置，包含奈米複合材料主動層，以及光電伏打及其他裝置，其中主動層包含非複合材料之必要部分的奈米晶體。本發明亦提供相關的組成物、方法及系統。

15 I. 主動層

A. 奈米複合材料主動層

一總括種類的具體實施例，提供一種光電伏打裝置，其中該主動層包含奈米結構（例如奈米晶體、奈米線、單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶性奈米結構，或非晶形
20 奈米結構）。簡言之，當光衝擊在主動層之奈米晶體元件上時，奈米晶體吸收該光並在奈米晶體內產生激發子。藉由使電子傳導遠離電洞，產生可供利用的電位。在奈米複合材料光敏感性層的例子中，此可藉由將奈米晶體元件設置在導電性聚合物基質中來達成，該導電性聚合物基質可給

與一電子至奈米晶體（或傳導電洞遠離奈米晶體）。因為奈米晶體包含半導體性材料，在進行傳導電子遠離聚合物基質中的電洞時，奈米晶體元件中的電荷遷移率（電子的移動）係足夠快，以致能避免復合作用。

- 5 一旦電荷已分離，選擇性地單向傳導電子通過主動層，例如經由一電極離開主動層並經由另一電極回到主動層，提供介入電路中可利用的電流。單向傳導一般亦藉由在一方向上的電子移動以及在另一方向上的電洞移動來討論。此等裝置中之一的操作係概要地說明於第 1 圖。尤其，
- 10 一般裝置結構 100 包含主動層 102，其係由顯示或呈現具有第 II 型能帶差異之電荷載荷性質的材料組成。如圖所示，符合此要求標準的材料包括一奈米晶體元件 104 及一聚合物元件 106。主動層 102 係夾置在第一電極及第二電極 108 及 110 之間。如圖所示，電極 110 係設置在隔開之基板 116
- 15 上，雖然電極及基板可為一整體單位。至少一電極，例如電極 110，為一透明電極或電極層。當光（如同箭頭 12 所指）衝擊在奈米晶體元件 104 上時，其產生一激發子，其通過電洞（ θ ）進入聚合物基質 108，並沿著奈米晶體 104 傳導電子（ e^- ）（如虛線所示）。電子係傳導至電極 108，而
- 20 電洞係帶入電極 106。所得的電流，例如在箭頭 115 所示方向上，接著被利用於負載／裝置 114。

第 2 圖概要地說明奈米複合材料光電伏打裝置之功能化的能量圖，如本案說明書中所述，其意指光敏化電荷之分離，例如電洞流向一電極及電子流向另一電極。舉例而

言，在某些例子中，此等能量圖顯示電子如何保留在奈米晶體內以及傳導向一電極，同時電洞轉移出奈米晶體，例如進入聚合物基質並傳導向另一電極。所顯示為裝置之不同元件的工作函數圖，以及電荷的轉移，例如在此等元件

5 中的電子或電洞。主動層意指地帶 II 及 III，而電極係顯示於地帶 I 及 IV。由圖可看出，各種不同元件的工作函數係經選擇以獲得實質單向的電子及電洞流，造成電荷分離至相反電極。由圖可看出，主動層提供具有第 II 型能帶差異的元件，例如電子及電洞係在地帶 II 及 III 之間的相反方向

10 上流動，達到最初的電荷分離。基質之一元件，例如奈米晶體及／或核心之電子傳導及電洞傳導的工作函數，係在相同方向上自例如導電性聚合物及／或外殼等其他元件偏移。一旦分離，進一步提供相對電極的工作函數以供電荷分離，例如電子優先流向一電極，而電洞流向另一電極。

15 雖然習知研究者已證實奈米複合材料光電伏打電池的基本功能，先前的文獻報導顯示出此等裝置仍有大幅的改良空間，包括提升效率，例如自約 7%，增進耐用性及可製造性。根據本發明，亦提供許多對於基本奈米複合材料光電伏打裝置的改良，其產生跨越曝光範圍之效率上的實質

20 改良，在產品強健性上的改良，以及許多其他商業上有價值之改良。

本發明之光電伏打裝置的基本結構實質上如第 1 圖所述。尤其，此等裝置一般包括主動或光敏感性層 102，其係夾置在二導電性或電極層 108 及 110 之間。為了討論方便，

電極係表示成平面狀或具有平面位向。然而，應可瞭解到，電極及整個裝置可採各種不同的形狀，包括曲線狀、波浪狀、線圈狀，或其他明確之非平面結構。因此，參考此電極之平面，意指被參考之緊鄰區域的平面，以及可包括此

5 區域中與實際電極表面正切的平面。在一總括種類之具體實施例中，光敏感性層係由奈米複合材料組成，其在主動層曝露至光中時，提供單向的電子移動或電流。如同在本案說明書中所使用者，奈米複合材料一般包括半導體奈米結構（例如奈米晶體）元件，其係設置在導電性基質中，

10 且較佳為在導電性聚合物基質中，其中聚合物基質係作為電洞導體，而奈米結構（例如奈米晶體）係作為電子導體。參考第 2 圖，奈米晶體應作為地帶 II 之元件，而導電性聚合物應為地帶 III 之元件。

1. 半導體奈米晶體

15 奈米結構，尤其是半導體奈米晶體，如上所述，已在先前技術中被非常詳述地描述。如同在本案說明書中所使用者，半導體奈米晶體包括以奈米顆粒存在之廣範圍的不同材料，例如具有至少一截面尺寸小於約 500 nm，以及較佳地，小於約 100 nm。此等奈米晶體可由廣範圍之半導體

20 性材料組成，包括例如第 III-V 族、第 II-VI 族及第 IV 族半導體或此等材料之合金。在特佳之方面，CdSe、CdTe、InP、InAs、CdS、ZnS、ZnO、ZnSe、PbSe、PbS、ZnTe、HgTe、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InSb、Si、Ge、AlAs、AlSb 或 PbTe 半導體或其合金係使用於作為至少一部分奈米晶體元

件。

雖然已自奈米晶體的角度大致說明，根據本發明之最佳方面，主動層之奈米晶體元件將至少部分（最好是實質部分）由延長奈米晶體或奈米桿組成，其縱橫尺寸比（長度：直徑）為 5、10 或更大，或由三維奈米結構組成，其包括似奈米桿之元件，例如四分支或四角結構，亦稱為“奈米四角錐”。使用似桿狀結構來代替實質球形結構，例如量子點，提供電荷分離上的實質優點。尤其，且在不受限於操作的特定理論下，因為其縱橫尺寸比，奈米桿能使電子與電洞分離，例如電子係沿著桿之長度傳導，同時電洞係自桿之半徑的短距離轉移至周圍基質。特別好的奈米桿及奈米四角錐及其製備方法係詳細地描述於例如下述的文獻中：Peng 等人，Nature 404 (6773): 59-61 (2000)，Manna 等人，J. Am. Chem. Soc. 122 (51): 12700-12706 (2000)，以及 Manna 等人，J. Am. Chem. Soc. 124 (24): 7136-7145 (2002)，其等實際上各自以全文併入本說明書中以供參考。

半導體奈米晶體可視需要地包含額外的元件以增進其在主動層中的功能。舉例而言，奈米晶體可經染料敏化以增進光吸收及／或電荷射入奈米晶體元件。此類染料的例子包括描述於美國專利第 6,245,988 號及 PCT 公開申請案第 WO 94/04497 及 95/29924 號中者，其等實際上各自以全文併入本案說明書中以供參考，其中以鈦為主的染料係與結晶性元件連接以增進光吸收及電荷射入。

在許多較佳方面，奈米晶體元件將包含一奈米雜結構。尤其，在某些較佳方面，奈米晶體元件將包含一核心-外殼結構，其中晶體的核心部分包含第一材料，以及覆蓋另一材料之塗層或外殼。核心-外殼奈米結構已描述於習知技術中（參見美國專利第 6,207,229 及 6,322,901 號，實際上全文併入本說明書中以供參考）。特別好的是核心-外殼奈米晶體，例如奈米桿，其具有界於核心及外殼之間的第二型能帶差異，其中核心輸送一部分激發子，例如電子，而外殼輸送另一者，例如電洞。結果，核心-外殼奈米桿有效地維持電荷分離且完成電荷傳導，與電子及電洞皆有關。參考第 2 圖，在本案說明書中所描述之核心-外殼奈米晶體係兼作為主動層的地帶 II 及地帶 III 元件。藉由利用此等材料，即使非完全，亦可實質上省卻對任何裝置之主動層的導電性聚合物元件的需求。具有此類第 2 型偏移的核心-外殼材料的例子包括例如 CdSe-CdTe 奈米桿及 InP-GaAs 奈米桿。或者，縱向雜結構亦可包括在主動層之奈米晶體元件中，例如具有沿著晶體之縱軸的一或多雜接合者，例如描述於 PCT 公開申請案第 WO 02/080280 及 WO 02/17362 號中者，其等實際上全文併入本說明書中以供參考。

核心-外殼奈米晶體的使用提供自主動層省卻導電性聚合物的額外優點。尤其，在進行電荷分離操作時，包含導電性聚合物據信可造成電荷自晶體轉移至聚合物之效率的部分喪失。此可由本案說明書的其他內容說明，例如經

由包含界於晶體及聚合物之間的連接化學。與導電性聚合物之使用更有關的是易受氧化、光氧化或其他環境條件之影響的能力，若未完全密封的話，其可嚴苛地限制其在許多商業應用上的耐用性。因為無機奈米晶體不具有此等敏
5 感性，其使用提供包裝及製造方法上的徹底簡化。

2. 聚合物基質

各種不同的導電性基質可用於主動層之支撐性及導電性基質。導電性聚合物一般係描述於 T.A. Skatherin (ed.) , Handbook of Conducting polymers I , , 其係實際上全文併
10 入本說明書中以供參考。較佳之導電性聚合物基質的例子包括例如聚(3-己基噻吩)(P3HT)、聚[2-甲氧基, 5-(2'-乙基-己氧基)-對-伸苯基-乙烯基] (MEH-PPV)、聚(伸苯基-乙烯基)(PPV)，以及聚苯胺。因為在本案說明書中所述之裝置的應用，將可瞭解到較佳的聚合物基質為具光穩定性，且
15 依裝置的包裝而定，亦需具有氧穩定性。

有關主動層之一方面，相信在主動層中的半導體奈米晶體及導電性聚合物基質之間的電荷分離效率可增加。尤其，相信至少部分奈米複合材料光電伏打主動層之無效率係衍生自奈米晶體內激發子之復合作用。因此，在未受限
20 於任何特定的操作理論之外，希望藉由使來自奈米晶體之電洞更有效率地傳導至聚合物基質，或核心-外殼奈米晶體之層中，可因而獲得整個裝置效率上的改良。

根據本發明之某些方面，電荷分荷效率係至少部分藉由耦合奈米晶體外表面或外殼至聚合物基質來處理。此耦

合包含提供自奈米晶體至聚合物基質之更直接的傳導路徑的導電性耦合。一般而言，此類耦合可包含聚合物及奈米晶體之間，任何各種不同的共價化學交互作用、離子交互作用、疏水性／親水性交互作用，無論直接或經由一或多個連接分子。有用之聚合物／奈米晶體連接的例子包括例如改質聚合物側鏈，例如類似於 P3HT、PPV 或其衍生物的聚合物，以直接結合奈米晶體側鏈，亦即增加磷酸基、氧化磷、磷、胺、硫醇或其他化學性，其將耦合至出現在奈米晶體表面上的鈍化、部分鈍化，及／或未鈍化原子（例如耦合至陽離子或陰離子基）。如上所述，以及應可容易地明白，當電子載體及電洞載體具有相同結構時，例如作為核心-外殼奈米晶體，可進一步預期到電荷分離效率的增加，其可用於連同化學鍵結至聚合物基質，或在某些較佳方面，用於取代化學鍵結至聚合物基質。用於鍵結至聚合物之表面化學性或用於增進自奈米晶體之電荷射入及／或抽出的表面化學性的可利用方法的例子，係實質上詳述於美國臨時專利申請案第 60/452,232 號（代理人檔案編號：40-002700US），2003 年 3 月 4 日提出申請，以及美國專利申請案第 _____ 號（代理人檔案編號：40-002710US），與本案同日提出申請，其係實際上全文併入本說明書中以供參考。

或者，配位基可經由習知化學性耦合至奈米晶體的外表面，例如本案說明書中其他部分所描述者，以及在例如美國臨時專利申請案第 60/392,205 號，2002 年 6 月 7 日提

出申請，其等係實際上全文併入本說明書中以供參考。配位基接著在第二位置耦合至聚合物基質，例如經由習用的鍵結化學。

除了上述之外，亦可提供替代性或額外的聚合物基質的改質，包括以帶電基團摻雜導電性聚合物及／或導電性聚合物之經控制的氧化，容許通過聚合物之較佳電荷傳導。

3. 主動層構形

如上所述，通過半導體奈米晶體（或其他半導體奈米結構）的電子傳導，比通過周圍聚合物基質的電子傳導快很多。在電子自一晶體傳導至或跳躍至另一晶體時，具有因跳躍造成的能量損失。藉由使因電子跳躍的能量損失降至最低，可改良整個裝置的效率。因此，為了使跳躍降至最低，理想的是儘可能提供通過主動層的直接導電性路徑，例如必要之晶體至晶體的跳躍較少的路徑。在球形或接近球形的奈米晶體例子中，最好的方法是藉由設置在一電極上之實質單層的方式，提供奈米晶體元件。雖然此作法提供電荷傳導上的優點，其具有實質降低奈米晶體單薄層之光吸收的缺點。

然而，使用奈米桿或奈米四角錐，在此方面提供顯著的優點。尤其，因為此等奈米桿及奈米四角錐具有延長部分以及在一維度上保持量子侷限效應，其同時提供增加光吸收，例如其沿著桿之整個長度吸收良好，以及較長的導電路徑，且因此具有用於更有效率之電荷傳導的電位。藉由定位較長的導電路徑來橋接電極之間的空間，例如與電

極之平面垂直，可進一步提供更直接且更長的電子之導電路徑。

因此，在較佳方面，在本案說明書中描述之主動層應用奈米結構，該奈米結構提供延長的導電路徑，該路徑之
5 定位以與裝置之二相對電極之平面垂直為主。如上所述，此可藉由提供延長奈米桿來完成，定位該奈米桿以使其縱軸主要與電極之二相對電極之平面垂直。“主要與平面垂直地定位”的用語一般意指，與完全無規地定位的奈米桿集合體相較，在主動層內的奈米桿集合體之平均縱向維度
10 之定位與二電極之平面較垂直。

在較佳之方面，主動層之奈米桿元件甚至更嚴苛地定位，以致於將奈米桿之集合體中至少 50% 之奈米桿定位成包括延長部分，該延長部分具有定位成與電極之平面的法線呈 45 以內的縱軸。在一較佳方面，主動層中至少 80
15 % 的奈米桿係定位成包括延長部分，該延長部分具有定位成與電極之平面的法線呈 45 以內的縱軸，以及更進一步地，至少 90% 或甚至 95% 之奈米桿被如此定位。在一些具體實施例中，位向可以較高的百分比，例如前文中所述的各種不同百分比，更朝向垂直來定位，以致於其縱軸係與
20 電極之平面的法線的角度在至少 30 以內，以及在一些例子中，係定位成與電極平面之法線呈 20 以內，或甚至 15 以內。

在一方面，本發明提供組成物，例如具有對準及／或排列之奈米結構元件的光敏感性層，以及用於製備對準及

- ／或排列之奈米結構的方法。任何多數之奈米結構（或奈米結構之組合）可用於此組成物，以及本發明之方法包含，但不限制於奈米點、奈米球、奈米桿、奈米線、奈米帶、奈米四角錐，各種不同的分支結構（例如樹狀聚合物（dendrimer）分支結構）、量子點、奈米點及其類似結構。

在一方面，本發明提供在一基質中，例如在一 PV 裝置中，具有多數非無規定位之奈米結構，例如作為部分或全部光敏感性層。非無規定位之奈米結構可包括奈米結構之規則排序陣列，以及奈米結構之不規則排序的排列。

- 10 在另一方面，本發明提供在基質中，例如在光敏感性層中，具有奈米結構陣列的組成物，其中多數奈米結構元件係非無規地排列。視需要地，除了非無規地排列之外，奈米結構係非無規地定位。

- 15 在另一具體實施例中，本發明之組成物具有二或多基質層，各成員層包含多數非無規定位的奈米結構及／或非無規排列的奈米結構。基質層中的成員奈米結構可對準或未對準鄰近基質層中的成員奈米結構（例如其中光敏感性層或整個裝置包含一以上的主動層）。

- 20 在任何例子中，在一聚合物基質中定位奈米桿的方法包括奈米桿之電場輔助定位，例如施予一電場以使磁性桿在聚合物基質中定位在一所欲的方向上，該聚合物基質係視需要地硬化以維持定位。或者，桿可設置在聚合物基質中，該聚合物基質可接著拉伸以使桿對準拉伸之方向。尤其，聚合物材料之拉伸使聚合物束對準拉伸的方向，其傾

向迫使任何設置在聚合物材料中的奈米桿進行類似的對準。

或者，對準桿可實質地原位生長成一定位結構領域，其可接著整合入聚合物基質及主動層中。製造此等對準奈米結構領域的方法係描述於例如美國公開申請案第 5 2002/0172820 及 2002/0130311 號中，其實際上全文併入本案說明書之內容中以供參考。

在另一較佳方面，桿之排列可經由開發奈米晶體之液晶相來達成。舉例而言，已觀察到 CdSe 奈米桿在特定條件 10 下，呈現出液晶相。一旦在此等液晶相中，可如同在例如顯示器應用中，一般用在有機液晶的方式，藉由施與小電場而容易地排列此等晶體。

或者，也可應用自組合方法，其仰賴奈米桿之一端或二端與側表面相較的差異處理。在較佳的方面，桿將經由 15 合併至液晶的基質中而對準。舉例而言，可使奈米桿之一端具有親水性部分，同時提供疏水性側，以迫使桿沿著液態有機界面定位，使該端延伸入液相，同時使側表面維持在有機相。有機相的固化，例如聚合物，將接著確保桿在定位。相關地，可提供多層基質材料，其對於選擇性地沈 20 積在桿或線之不同部分的其他化學部分，具有不同的親合力。舉例而言，可使桿在一端具有第一化學部分，例如該部分具有烏采(Wurtzite)結構，同時一不同的化學部分係耦合至桿或線之其餘部分的另一端。藉由沈積桿或線於基質中，該基質包括一界面，於其界面之一側對於第一化學部

分具有較高的親合力，以及該界面的另一側對於第二化學部分具有較高的親合力，其造成桿橫越此界面自定位作用。

5 在另一替代方法中，奈米桿可藉由耦合一連結分子來對準及定位，例如一有機界面活性劑，其可強固地僅結合至奈米桿之一端。界面活性劑之另一端係接著官能化以選擇性地結合至一電極。舉例而言，在 CdSe 的例子中，與其他表面相較，烷基膦酸係較強固地結合至奈米桿之 00-1 表面。選擇性結合接著有利於耦合此結合端至一電極，例如光電伏打裝置之陰極。

10 在一總括種類的具體實施例中，光敏感性層包括組成物，其具有多數選擇性定位的奈米結構，其中成員奈米結構係結合一或多種對準配位基（其可為基質之元件，其中包埋有奈米結構，或可簡單地直接連接至奈米結構）。在一實施例中，在第一成員奈米結構上第一對準配位基係與結
15 合有鄰近成員奈米結構之第二對準配位基交互作用，藉此選擇性地定位多數奈米結構。此等配位基可包括任何一般彼此交互作用者，例如親合素(avidin)-抗生物素(biotin)、抗體-抗體配位基、配體核酸(aptamer)-配體核酸(aptamer)結合部分、互補之核酸、可交互作用的化學部分，及／或
20 其類似物。

在任何例子中，在本發明之一具體實施例中，多數選擇性定位的奈米結構係設置於光敏感性層中。此奈米結構係藉由提供多數奈米結構來選擇性地對準，該奈米結構包含結合第一對準配位基之第一組奈米結構以及結合第二對

準配位基之第二組奈米結構，以及使第一奈米結構上的第一對準配位基與第二鄰近奈米結構上的第二對準配位基交互作用，以選擇性地定位多數奈米結構。

5 在另一相關的具體實施例中，在光敏感性層之基質中的多數非無規定位或非無規分布的奈米結構，係藉由提供多數奈米結構及基質組成物來製備，其中該基質組成物包括一或多基質元件，其交互作用以形成多數可調節奈米結構的接收結構。在多數奈米結構存在下加熱及冷卻組成物，藉此製備基質中多數非無規地定位或非無規地分布的
10 奈米結構。

在任何例子中，對準及／或組織化奈米結構可使用於任何多數裝置及應用中，包括但不限制於各種不同的光電
伏打裝置、光電子裝置（LED，奈米電射）、光收集器及其
類似裝置。

15 在某些較佳方面，分支之奈米桿，以及特別具有四角幾何形狀的奈米桿，例如奈米四角錐，係用於作為主動層之電子傳導元件。在奈米四角錐的例子中，實際上任何的位向將提供一有效的導電路徑，其係實質地或主要地如上述般與電極的平面垂直，且因此不需要定位方法或步驟。
20 尤其，因為奈米四角錐具有以四角結構排列的四分支，實際上此結構的任何旋轉設置將提供通過主動層的合理直接導電路徑。對一奈米四角錐而言，無單一奈米四角錐結構之分支或元件與電極之法線的角度大於 60° ，以及至少一元件或分支將與電極平面的法線呈 30° 以內。因此，如同

奈米桿所述，奈米四角錐包括至少一 延長部分，其具有與法線呈 30 以內的縱向維度或軸。

第 3 圖概要地說明主動層中電子傳導的比較，該主動層包含球形奈米晶體（第 3A 圖），未定位之奈米桿（第 3B 圖），定位之奈米桿（第 3C 圖），以及奈米四角錐（第 3D 圖）。如第 3A 圖所示，應用球形奈米晶體 304 之主動層 302 必須進行電子之多重跳躍入射（虛線箭頭顯示例示的電壓傳導路徑），以自主動層 302 的中間傳導至電極 306。同樣地，對未定位之桿 310 而言，例如如第 3B 圖所示，雖然電子在未跳躍下傳導較長的距離，其中此等距離未適當地定位，傳導至電極 306 可再次涉及跳躍結果。然而，如第 3C 及 3D 圖所示，定位之奈米桿 320，或相關地，奈米四角錐 330 係可提供直接或幾乎直接的自動層至電極 306 的導電性路徑。

雖然所描述之主動層包括球形奈米晶體、奈米桿或奈米四角錐，將可瞭解到，本發明之裝置可包括由多種不同形式之奈米結構組合成的主動層，例如奈米桿及奈米四角錐，奈米桿及球形或非延長的奈米晶體，或非延長的奈米晶體及奈米四角錐，或所有此三種的奈米晶體。同樣地，裝置可包括多數夾置在多數電極層之間的主動層，其中每一主動層係由奈米結構形式之均相或非均相混合物組成，且其中每一層係與至少另一層相同或不同。

如上所述，本發明之光電伏打裝置的操作係仰賴流經主動層的單方向電流，亦稱為“電荷分離”。在本發明之

以奈米複合材料為主的裝置中，單一傳導可藉由多數不同方法來達成。舉例而言，在特定例子中，阻斷層可應用於個別電極以作為電止回閥以維持電荷分離。尤其，阻斷層係設置在緊鄰第一電極處，其阻斷電子傳導至第一電極，

5 同時未阻斷電洞傳導至第一電極（或電子自第一電極傳導）。相對地，另一不同的阻斷層係設置在緊鄰第二電極處，其容許電極傳導至第二電極，但阻斷電洞傳導至第二電極（或電子自第二電極傳導）。包括此阻斷層之裝置結構的一例子係顯示於第 4A 圖。如圖所示，裝置包括與第 1

10 圖所示般相同的元件。然而，除此之外，設置於鄰近一電極 110 處的是一電子阻斷層 410，例如對電子之傳導性較差或不傳導的層，但容許電洞通過進入電極 110。接著將電洞阻斷層 420（例如阻斷電洞的通路但容許電子自主動層通過進入電極）設置在主動層 102 及另一電極 108 之間。雖然

15 在本發明之此方面中，所述為具有二阻斷層，可僅提供一阻斷層，例如僅有一位在電極上的電子阻斷層，或僅為一位在另一電極上的電洞阻斷層。各種不同形式的阻斷層為習知技術領域中已眾所周知者，且包括例如電洞阻斷層，例如 TiO_2 電子阻斷層，例如交聯聚(3-己基噻吩)(P3HT)，

20 羧基化 P3HT，交聯 TPA 及其類似物。雖然所述為用於電洞或電子的阻斷層，應可瞭解到，其一般意指相對導電率，例如一材料作為電洞導體係優於作為電子導體，根據本發明將稱為電子阻斷層，且反之亦然。因為本發明裝置的應用，特佳為對曝露至光、氧及水等具有高度穩定性的阻斷

層。

或者或額外地，可藉由提供設置在相對另一電極為鄰近一電極，以增進本發明之裝置中的單向電流。此形式結構之一例子係例示說明於第 4B 圖中。尤其，如圖所示，主動層 102 包括奈米桿元件 104 (如圖所示) 以及分別設置在第一電極 108 及第二電極 110 之間的聚合物基質元件 106 (鑲嵌的)。然而，如第 4B 圖所示，奈米桿 104 係設置在較接近比第二電極 110 低的電極或第一電極 108 處。藉由提供電子傳導奈米晶體元件 104，其佔優勢地比另一電極 110 還接近一電極 108，增進電子至第二電極 110 上之第一電極 108 的傳導作用，該第二電極 110 係部分藉由聚合物基質 106 來絕緣。同樣地，藉由緊鄰第二電極 110 之較高濃度的聚合物，可降低自主動層，例如自奈米桿 104，至第二電極的電子流的電位。對於額外的測量，除了提供定立的奈米結構之外，例如電子阻斷層 410 及電洞阻斷層 420，亦可提供一或多阻斷層。在此奈米晶體元件的例子中，比另一電極“佔優勢地較緊鄰一電極”一詞意指主動層中至少 60% 之奈米晶體係設置在相對於另一電極，較接近一電極處 (指奈米晶體之任何部分至電極之任何部分的距離)。較佳地，至少 80%，或甚至 90% 或更高的奈米晶體係設置在相對於另一電極，較接近一電極處。

較佳地設置奈米晶體 (或其他奈米結構) 在相對於另一電極，較接近一電極處的方法，為依序地沈積主動層元件至一電極上。尤其，舉例而言，可將包括奈米晶體之一

部分主動層基質沈積在第一電極上，例如電極 108。僅有基質材料之第二層，例如導電性聚合物，係接著沈積在含有奈米晶體的部分。此造成奈米晶體之增加部分在相對於另一電極(110)，較接近一電極(108)。或者，可以相反方式進行此類型操作的改良形式。尤其，可首先沈積一導電性聚合物層在電極(110)上。接著將第二層之導電性聚合物／奈米晶體基質沈積在純聚合物層上，並將另一電極(108)沈積在主動層上。為了使奈米晶體直接連接至另一電極(108)，可接著視需要地或額外地，較佳地自基質溶解出聚合物層，例如溶解基質層中之 1%、10%、20%、50% 或更多的聚合物，以曝露基質之奈米晶體元件。接著將第二電極(108)沈積在曝露之奈米晶體上，以提供與第二電極直接接觸，但藉由首先沈積在第一電極上的純聚合物層與第一電極充分遠離的此類晶體。

15 在額外或可替代的排列中，可如同前述般，透過核心-外殼奈米桿的使用，增進電荷分離，其中核心及外殼具有第 II 型能帶差異，例如將一電荷載體傳導通過核心，以及將另一電荷載體傳導通過外殼，藉此以與奈米晶體-導電性聚合物複合材料主動層相同之方式來功能化。在此例子
20 中，核心-外殼奈米晶體係作為如第 2 圖所示之地帶 II 及地帶 III 中的主動層元件。藉由使用核心-外殼奈米晶體作為主動層，可省卻歸因於裝置操作之對導電性聚合物的要求，例如外殼（或核心，依組成物而定）以相同於聚合物的方式，例如作為電洞載體。在此等例子中，可自主動層

省卻導電性聚合物。在上述用於設置奈米晶體以與一電極電接觸的選擇性蝕刻方法的進一步改良中，在使用核心／外殼奈米晶體的情況下，可視需要地或額外蝕刻去除一部分外殼材料。電極(108)層之接續沈積將接著提供奈米晶體

5 的核心，例如電子傳導部分，以與電極 108 直接電接觸，進一步增進電子傳導的效率。同樣地，當核心材料為電洞導體時，將進行反向操作，例如將電極 110 沈積在曝露的核心上。因為核心及外殼一般為相對實質不同的材料，可採用一蝕刻劑組成物及／或製程，例如蝕刻劑之加入時

10 機、濃度等，選擇性地蝕刻外殼但未過度蝕刻核心。

在一相關方面，主動層可藉由提供核心-外殼奈米晶體作為主動層之元件來製造，例如上述之方法。然而，在視選擇之其他方面，主動層之核心-外殼奈米晶體元件係物理地及／或電氣地燒結或聚集或連結在一起。接著所得之主

15 動層係由非晶形基質所組成，其包括外殼材料之區域，該外殼材料之區域實質均勻地分散在具有核心材料之區域的基質中。此等區域保留其在主動層中作為電洞或電子導體中之一者的功能性。再者，因為其源自奈米晶體，非晶形基質在微米層級下顯示出為實質均相，但在奈米層級下顯

20 示出實際上為非均相。雖然由一些方面來看，例如電荷分離及傳導，燒結之主動層的可撓性可能比聚合物複合材料主動層差，且因此較適於某些應用但不適於其他應用。燒結一般係利用眾所皆知的熱燒結方法來完成，藉此將奈米晶體層加熱至一溫度，在該溫度下發生聚集，但該溫度大

致上仍低於奈米晶體材料的融點。對此燒結之主動層而言，理想的是提供奈米晶體作為主動層中的實質相鄰單層，其對於聚合物複合材料主動層而言，並非必須。

B. 無機動層

- 5 一類的具體實施例提供光電伏打裝置，其中主動層包含一或多族群之奈米結構，其集體地包含二無機材料（例如一作為電洞導體的材料以及一作為電子導體的材料）。此等光電伏打裝置類似於上述裝置，雖然奈米結構不需要無規地定位及／或不需要為奈米複合材料的一部分。因此，
- 10 在一類具體實施例中，光電伏打裝置包含第一電極層、第二電極層，以及第一光敏感性層，其係設置在該第一及第二電極層之間。光敏感性層係以沿著第一平面與第一電極至少部分電氣接觸以及沿著第二平面與第二電極至少部分電氣接觸的方式設置。光敏感性層包含第一無機材料及不同於第一無機材料之第二無機材料；第一及第二無機材料
- 15 呈現出第 II 型能帶差異能量分布。此外，光敏感性層包含第一族群之奈米結構，該奈米結構包含第一無機材料、第二無機材料，或其組合。

- 在一類較佳之具體實施例中，第一及第二無機材料為
- 20 半導體。實際上可使用任何具有第 II 型能帶差異的成對半導體材料。舉例而言，第一無機材料可包含第一半導體，其選自於下述物質組成的組群：第 II-VI 族半導體、第 III-V 族半導體、第 IV 族半導體，及其合金。同樣地，第二無機材料可包含不同於第一半導體的第二半導體，其選自於下

述物質組成的組群：第 II-VI 族半導體、第 III-V 族半導體、第 IV 族半導體及其合金。半導體的例子包括，但不限制於 CdSe、CdTe、InP、InAs、CdS、ZnS、ZnSe、ZnTe、HgTe、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InSb、Si、Ge、AlAs、AlSb、
5 PbSe、PbS 及 PbTe。

奈米結構可為任何各種不同的奈米結構。舉例而言，奈米結構可包含單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構或非晶形奈米結構。奈米結構可包含例如奈米晶體、奈米桿、奈米線、奈米管、分支奈米晶體、奈米四角錐、
10 三角錐、二角錐、奈米點、量子點、奈米顆粒、分支四角錐或其類似結構，或其組合（例如奈米桿及奈米四角錐，或奈米桿及球體或非延長的奈米晶體，及許多其他可能的組合）。

如上所述，主動層可藉由提供核心-外殼奈米晶體來製造。因此，在一類具體實施例中，第一族群之奈米結構包含奈米晶體，該奈米晶體包含第一無機材料之核心以及第二無機材料之外殼。舉例而言，如上所述，第一及第二無機材料實際上可為具有適當第 II 型能帶差異的任何二半導體；舉例而言，核心可包含 CdSe 及外殼可包含 CdTe，或
20 核心可包含 InP 及外殼包含 GaAs。

如上所述，奈米晶體係視需要地融合、部分融合，及／或燒結。在一類具體實施例中，至少二鄰近奈米晶體的核心是至少部分直接電氣接觸，以及至少二鄰近奈米晶體的外殼係至少部分直接電接觸。一或多奈米晶體的核心係

視需要地與第一電極或第二電極至少部分直接電氣接觸；
同樣地，一或多奈米晶體的外殼係視需要地與相對電極至少部分直接電氣接觸。

第 10 圖概要地例示說明一例示具體實施例的操作，其中鄰近的核心-外殼奈米晶體係經融合、部分融合或燒結，以致於鄰近之奈米晶體的核心及／或外殼係至少部分地直接電氣接觸。在此實施例中，一般裝置結構 1000 包含主動層 1002。如圖所示，主動層包括具有核心 1004 及外殼 1006 之奈米晶體元件，其材料呈現出第 II 型能帶差異。主動層 1002 係設置在第一電極 1008 及第二電極 1010（雖然電極及基板可為單一的整體單元，在此第一電極及第二電極係以設置在隔開的基板 1016 來例示說明）。在此實施例中，當光（箭頭 1012）通過透明電極及基板時，其衝擊在奈米晶體上，產生一激發子。電洞(\ominus)係藉由外殼材料 1006 傳導至電極 1010，同時電子(e^-)係經由核心材料 1004 傳導至電極 1008。接著將箭頭 1015 方向上的所得電流，應用至載荷／裝置 1014。在此實施例中，一些奈米晶體的核心係與電極 1008 至少部分直接電氣接觸，同時其他奈米晶體的外殼係與電極 1010 至少部分直接電氣接觸。在另一實施例中，奈米晶體可包含傳導電洞之核心及傳導電子之外殼，其中例示的核心將與電極 1010 接觸以及外殼將與電極 1008 接觸。

在一相關種類的具體實施例中，光敏感性層包含二族群之奈米結構。第一族群之奈米結構包含含有第一無機材

料的奈米晶體，以及第二族群之奈米晶體包含含有第二無機材料之奈米晶體。舉例而言，如同在前述之具體實施例中，第一及第二材料可為任何具有第 II 型能帶差異的二半導體。舉例而言，第一無機材料可包含 CdSe 及第二材料可包含 CdTe，或第一無機材料可包含 CdS 及第二材料可包含 CdTe，或第一無機材料可包含 CdS 及第二材料可包含 ZnSe。在光敏感性層中的鄰近奈米晶體一般係互相至少部分直接電氣接觸。第一及／或第二族群之奈米晶體係視需要地融合、部分融合，及／或燒結（或未融合、未部分融合，及／或未燒結）。

在一類具體實施例中，第一族群的奈米晶體及第二族群的奈米晶體係在光敏感性層中相互混合。此二族群的奈米晶體可均一地混合，或增高比例之一族群可較接近一電極，而增高比例之另一族群可接近另一電極。

第 11 圖概要地例示說明一例示具體實施例的操作，其中光敏感性層包含二相互混合之奈米晶體族群。在此實施例中，一般裝置結構 1100 包含主動層 1102。如圖所示，主動層包括一族群之奈米結構 1106，其包含傳導電洞之無機材料，以及另一族群之奈米結構 1104，其包含傳導電子之無機材料，其中二材料呈現第 II 型能帶差異。鄰近奈米晶體係彼此至少部分直接電氣接觸。主動層 1102 係設置在第一電極 1108 及第二電極 1110 之間（雖然電極及基板可為單一的整體單元，在此第一電極及第二電極係以設置在隔開的基板 1116 來例示說明）。在此實施例中，當光（箭頭

1112) 通過透明電極及基板時，其衝擊在奈米晶體上，產生一激發子。電洞(\ominus)係藉由奈米晶體 1106 傳導至電極 1110，同時電子(e^-)係經由奈米晶體 1104 傳導至電極 1108。接著將箭頭 1115 方向上的所得電流，應用至載荷／裝置 1114。

在另一類具體實施例中，二族群之奈米晶體係分離成層，而非相互混合。在此等具體實施例中，光敏感性層包含至少一第一次層及一第二次層，其中第一次層包含第一族群之奈米晶體及第二次層包含第二族群之奈米晶體。

10 第 12 圖概要地例示說明一例示具體實施例的操作，其中光敏感性層包含二次層。在此實施例中，一般裝置結構 1200 包含主動層 1202。如圖所示，主動層包括含有一族群之奈米結構 1206 的一次層，以及含有另一族群之奈米結構 1204 的另一次層。奈米結構 1206 包含傳導電洞之無機材料，而奈米結構 1208 包含傳導電子之無機材料，其中二材料呈現第 II 型能帶差異。主動層 1202 係設置在第一電極 1208 及第二電極 1210 之間(雖然電極及基板可為單一的整體單元，在此第一電極及第二電極係以設置在隔開的基板 1216 來例示說明)。在此實施例中，當光(箭頭 1212)通過透明電極及基板時，其衝擊在奈米晶體上，產生一激發子。電洞(\ominus)係藉由奈米晶體 1206 傳導至電極 1210，同時電子(e^-)係經由奈米晶體 1204 傳導至電極 1208。接著將箭頭 1215 方向上的所得電流，應用至載荷／裝置 1214。

如上述，光敏感性層可包含至少主動次層，例如其中

各主動次層包含至少一奈米晶體型式的大多數奈米晶體。在一類的具體實施例中，至少二次層中之至少一者包含 n 型次層以及該二次層中至少一者包含 p 型次層；視需要地，光敏感性層包含界於該 p 型次層及該 n 型次層之間的接
5 合。一般來說，此次層中至少一者為奈米晶體線。在另一類具體實施例中，光敏感性層包含 p 及 n 奈米晶體的摻合物。舉例而言，光敏感性層可包含至少一次層，其包含 p 及 n 奈米晶體的摻合物。

如上所述，使用無機奈米結構，在主動層中提供傳導
10 電洞及電子的材料，可省卻主動層對於導電性聚合物元件的需求。因此，即使在一些具體實施例中，光敏感性層進一步包含導電性聚合物（例如一導電性聚合物基質，其中設置有奈米結構），在另外的具體實施例中，光敏感性層係實質上不含導電性聚合物。在某些具體實施例中，光敏
15 感性層亦包括一非導電性聚合物或其他黏結劑（例如非導電性聚合物基質，其中均一地或不均一地設置有奈米結構）。應可瞭解到，較佳的聚合物應具有光穩定性，且依裝置的包裝而定，應具有氧穩定性。適當的導電性聚合物包括例如在上述具體實施例中所提及者，適當之非導電性聚合物
20 包括例如聚醯胺以及 PMMA。光敏感性層視需要地包括元件，其係用於改質奈米結構的特性，例如如上述之表面化學性及配位基。

奈米結構可以，但非必要地，無規地定位在光敏感性層中。因此，在一類的具體實施例中，第一族群的奈米結

構（及／或第二族群，若存在的話），各自具有至少一延長部分，其定位主要與至少第一平面垂直。此定位可藉由如上述用於奈米桿之方式來達成。舉例而言，奈米結構可包含分支奈米晶體，其具有一以上的延長節段，例如分支奈米晶體，包含連接至一共同頂點且以實質四角幾何形狀排列的四延長節段。

如上所述，阻斷層可應用於維持電荷分離。因此，在一類的具體實施例中，光電伏打裝置亦包括設置在光敏感性層及第一或第二電極之間的一電洞或電子阻斷層。舉例而言，光電伏打裝置可包括一電洞阻斷層，其設置在光敏感性層及第一電極之間，以及一電子阻斷層，其設置在光敏感性層及第二電極之間。

在下文中將更詳細地討論，對於某些應用而言，希望光電伏打裝置具有可撓性或順從性。因此，第一及第二電極中至少一者係視需要地為可撓的，如同光敏感性層。裝置係視需要地完全密封且可假定任何各種不同的結構。

可選擇奈米晶體之組成物及／或尺寸，以供例如最適化主動層之吸收光譜，如同下文中所詳細討論者。因此，第一族群之奈米結構視需要地包含至少二不同的奈米晶體次族群，每一奈米晶體次族群具有不同的吸收光譜。舉例而言，不同的奈米晶體次族群可包含不同的組成物，及／或不同的奈米晶體次族群可包含具有不同尺寸分布的奈米晶體。

光電伏打裝置視需要地包含至少一第二光敏感性層，

例如被最適化以吸收不同於第一光敏感性層的波長範圍。因此，在一類具體實施例中，光電伏打裝置進一步包含第三電極層、第四電極層，及設置在第三及第四電極層的第二光敏感性層。第二光敏感性層係設置以沿著第三平面與第三電極至少部分電氣接觸，以及沿著第四平面與第四電極至少部分電氣接觸。第二光敏感性層包含第二族群之奈米結構，其具有與第一族群之奈米結構不同的吸收光譜(一般而言，第二族群之無機奈米晶體，類似於第一光敏感性層中所描述者)。第三電極層、第四電極層及第二光敏感性層係連接至第一電極層、第二電極層及第一光敏感性層，但與其電氣絕緣。

C. 奈米結構吸收的調頻

除了主動層之奈米結構(例如奈米晶體)之物理定位及定向之外，可藉由調整奈米結構(例如奈米晶體)元件(一或多)來調整或調頻主動層(一或多層)的吸收光譜，以符合特殊應用的需求。尤其，如前述，半導體奈米晶體的吸收光譜可依照組成物及/或奈米晶體的尺寸來調整。舉例而言，InAs 奈米桿在近 IR 範圍具有較高的吸收，例如與其他奈米桿相較，吸收呈紅移(red shifted)，InP 奈米桿在可見光範圍具有較高的吸收，CdSe 桿在可見光至藍光範圍具有較高的吸收，而 CdS 奈米桿具有一吸收光譜，其比 CdSe 奈米桿具有更高的藍移(blue shifted)程度。第 5 圖顯示 CdSe 奈米桿組成物之吸收光譜圖，該組成物具有三種不同的尺寸分布，例如直徑。尤其，當直徑增加時，

CdSe 奈米桿之吸收光譜的紅移 (red-shifted) 程度更大。如此圖所示及說明書內容所述，藉由選擇奈米桿組成物及尺寸，可選擇主動層的吸收光譜。再者，藉由組合具有不同的尺寸及／或組合物的奈米桿，可使主動層的吸收光譜
5 拖曳更廣，以供在廣範圍的條件下，最適化裝置的功能化。

舉例而言，當希望產生可用於吸收太陽能的裝置時，可選擇主動層之奈米晶體或奈米晶體的組合，該主動層的吸收光譜與日光之吸收光譜重疊達更直接地相配，以致能更有效率地轉換大部分日光（或其他光源）的光譜。奈米
10 晶體之此等非均相選擇可在單一主動層組合成一混合物，或其可在多層狀裝置中提供於主動層之多數分離層中。在一些較佳方面，此類奈米晶體尺寸及組成物的不同聚集體係提供於分離層中，以致能使自相關光譜部分轉化而來的能量最大化，例如每一層包括一定吸收波長範圍之足夠濃
15 度的奈米晶體，以在該範圍內產生適當的光轉換。

II. 電極

如上所述，主動層係夾置在二導電性層之間，該導電性層係作為光電伏打裝置的電極。在最簡單的形式中，例如如第 1 圖所示，電極僅包含第一導電性層，於此導電層
20 上塗覆或沈積主動層，以致於第一導電性層係電氣地連接至主動層。第二導電性層係接著置於在頂部且與該主動層電氣相通。然而，在操作上，在選擇用於製造各種不同導電性層之適當材料時，必須考量許多因素。如本案說明書其他部分所述，主動層至電極的耦合一般係使電子或電洞

自主動層通過至特定電極，例如經由電極材料選擇的結果，經由結合阻斷層，使電極具有較主動層高或低的工作函數。如同在本案說明書中所使用者，“接觸”、“電氣相通”、“電氣地耦合”、“電氣地連接”等用語，涵括
5 雙向電流、或單向電流，或例如不均勻雙向電流之任何雜交形式的連接。

在本案說明書所描述之光電伏打裝置中，結合至主動層的電極一般係提供以進一步增進流經整個裝置的單向電流。尤其，對應的電極一般係提供以具有不同的工作函數，
10 以致容許電子自主動層流入一電極，同時容許電洞自主動層流至另一電極（或電子自另一電極流入主動層）。一般而言，其係藉由利用不同材料製造各個電極來完成。舉例而言，藉由提供一 ITO 電極及一鋁電極，可使電洞流入 ITO 電極以及使電子流入鋁電極。各種不同的材料可應用於電
15 極，只要該等材料符合要求的標準。再者，電極材料選擇將部分視裝置的結構而定，例如本案說明書中所描述者。舉例而言，在一些例子中，透明導電性材料，例如在透明基板上的層狀 ITO，對至少一電極而言是理想的，以供光進入主動層。在其他具體實施例中，可容易地應用不透明
20 電極材料。

在許多應用中，至少一電極覆蓋裝置之曝露表面，例如裝置曝露至日光或其他光能量的部分。在此例子中，在此表面上以透明或半透明的方式提供電極是必須的。傳統的光電伏打裝置一般係應用以玻璃為主的電極，在該電極

上提供導電性塗層，例如銦-錫氧化物（ITO）層。玻璃及 ITO 層是透明的，容許光通過電極且衝擊在主動層上。此電極構形係容易地應用在奈米複合材料中以及其他本案說明書所述之光電伏打及層狀裝置中。

5 然而，對於許多應用而言，希望最後的裝置具有可撓性或順從性，使玻璃之使用可能不實際或甚至不可能。在此例子中，一般希望所使用之電極亦具有可撓性。在應用典型的夾置式裝置結構時，應用金屬或其他導電性塗層的透明聚合物材料可用於作為電極層。此類聚合物材料的例子包括例如聚酯膜或片材，例如可購自杜邦的 Mylar 膜，
10 聚碳酸酯膜、聚乙酸酯膜、聚苯乙烯膜或其類似物。聚合物材料一般可廣泛地由不同的來源取得。在特定較佳方面，薄玻璃層係用於取代或添加至聚合物層，以防止許多聚合物膜的氧氣通透性。此類薄玻璃片材，例如厚度約 50
15 μm 或更小，可保留絕大部分之聚合物片材的可撓性。在此例子中，可應用額外的聚合物塗層以防止玻璃片材因刮傷而破裂。此類聚合物層可由導電性，例如前文中所描述者，藉由提供導電性塗層，亦即 ITO、鋁化物、金、PEDOT 或其他例如經蒸發的導電性金屬膜。

20 在一些例子中，理想的是保護主動層免於過量或任何曝露至氧中。尤其，許多上述中所描述的導電性聚合物對氧相當不穩定，且當曝露至氧中時喪失其導電性。因此，通常希望適當地密封裝置以防止此類曝露。在一些例子中，密封操作可經由電極材料的適當選擇來完成。舉例而

言，藉由在主動層的兩側，提供不透氧電極層，可防止主動層曝露至氧中。許多不同的聚合物膜可用於提供氧阻障層，以及仍可提供可撓性及透明性。同樣地，此類膜可容易地塗覆或處理以使膜具有導電性，以致於可作為裝置之電極之一。在至少一較佳實施例中，以鋁化聚合物膜作為電極層。藉由應用氧吸氣劑，例如鋁、鎂等，在可撓性透明層上作為導電性塗層，可進一步減低曝露至氧中的可能性。

或者，藉由添加一與電極層分離的額外層可提供密封功能。此可為例如非撓性之習知平面結構的例子，或者是在下文中更詳細討論的替代結構。不管作為電極之一部分或作為分離層之密封層的本質為何，應可瞭解到密封功能必須涵括整個主動層。因此，電極層可包括一非導電性部分，其延伸超過導電性部分的邊緣及主動層，且提供密封以與相對電極層之對應區域隔絕的區域，例如使用熱熔或以黏著劑為主的密封方法。此種形式之總成的例子係顯示於第 6 圖中。如圖所示，裝置包括主動層 602，其夾置於二密封片材，例如膜 604 及 606 之間。如上述，此等片材可與電極整合，或可為與二電極中之一者或二者隔開的層。當此等片材與電極元件整合時，例如片狀電極，將可瞭解到電極或密封片材的導電性部分，例如 608，不會延伸至重疊區域 610，其中密封片材係結合在一起以包裹及密封裝置並因此保護主動層。利用替代方法的密封功能係描述於第 6 圖中。如左上方圖式所示，片材係直接密封在一起，例如

在重疊區域熱結合。或者，如下方圖式所示，中間層 612，例如黏著劑，或其他結合層係置於密封片材之間，但不會減損其密封功能。亦顯示完成的裝置 600，其概要地說明整個裝置的結構，包括電連接點 614 及 616。

- 5 對於其他結構而言，在下文中將更詳細地描述，不需要使電極為透明層，例如在光不需要通過此等電極處。在此類例子中，可使用任何前述的可撓性或順從性電極構形。或者，可使用薄、可撓性、金屬箔電極層。再者，在此類例子中，任何密封層不需在電極層上呈層狀，但可存在於完全分離的平面中。

10 再者，在替代結構的例子中，保護聚合物基質免於接觸氧的功能，可藉由包裝裝置本身來提供。舉例而言，一撓性、透明封包物可用於密封裝置並防止主動層曝露至氧中。或者，當經包裝之裝置的可撓性並不重要時，此等替代性結構裝置可收容在較習用的包裝中，例如完全密封在玻璃或其他不透氧之阻障層之後。舉例而言，如同下文中更詳細討論者，側曝露之光電伏打裝置可收容在透明或部分透明的包裝中，其中密封層之一係設置在裝置之電極／主動層／電極部分的側邊緣上。

- 20 雖然所描述的是平面或片狀形式的電極，將可瞭解到，線電極亦可應用於本案說明書所描述的裝置中。此類線電極可附加至一或多片狀或平面電極，或其可取代此類平面電極，例如整合入主動層中。舉例而言，線電極可提供於主動層內或主動層之一及／或其他表面上。此等線可

塗覆阻斷層，其係依欲提供的功能而定，例如其可塗覆電子阻斷層或電洞阻斷層。在特定的例子中，線可整合入主動層中，例如設置在主動層的內部，例如交替阻斷層塗層之線的重疊陣列或以互補線點綴。裝置可包括二電極作為線或線陣列，或可包括一線陣列電極及一片狀電極。

III. 裝置結構

再者，如上所述，最簡化形式的裝置包含基本的平面夾置結構，如第 1 圖所示。然而，因為在本案說明書中所描述的各種不同改良，可應用許多其他結構，以供在許多不同應用中提供優點。此等不同的結構一般可藉由用於製造在本文中描述之裝置的材料的撓性或順從性本質來製造，其為用於習用硬質光電伏打裝置之材料所缺乏的特性。

如上所述，根據本發明之光電伏打裝置的基本結構包含設置於二電極之間的主動層。在本案說明書中所使用之主動層一詞，一般意指裝置之部分或層，其中發生光引發電荷分離。光引發電荷分離，係意指產生自由電子或電子／電洞對，其為光子衝擊主動層的結果。此類光引發作用可為直接的，例如光衝擊材料造成電子釋出，或可為間接的，例如光衝擊主動層造成化學、物理或電氣改變，其接著例如經由化學或物理途徑造成電子釋出。

透過使用如本案說明書中所描述之奈米複合材料主動層，或特定的其他以奈米結構為主的主動層，以及特定的電極構形，可產生有效率的、可撓的及輕量的光電伏打裝置。利用此等特性，可使光電伏打裝置及系統具有廣泛不

同的替代結構，其可解決習知光電伏打技術的許多缺點。

在第一且可能較佳的方面，根據本發明之基本光電伏打裝置包含一標準的平面夾置格式，如第 1 圖所示。尤其，整個裝置 100 係構形成平面格式，具有夾置在第一電極層 104 及第二電極層 106 之間的主動層 102。其中主動層之最大表面積係由電極覆蓋。因為一般係希望使較大的主動層面積曝光，例如收集最大量的太陽能，一般係希望此平面裝置包括至少一電極層，其對適當波長的光為透明的或為半透明的。曝光之主動層表面，無論通過電極層與否，稱為曝露表面。一般而言，光電伏打裝置透過塗覆有透明導電性層的玻璃層來達到此特性，該透明導電性層例如銦錫氧化物 (ITO) 層，與玻璃層一起作為電極。在此例子中，一般在第二電極上具有反射表面以使主動層收集到最大量的日光。一般而言，此等反射電極層可包含任何高度導電性金屬，其亦相對上為高反射性，例如鉑、鉻或其類似物。

在其他方面，較不理想的是提供透明層形式的電極層，因為以導電性、可撓性或透射比的觀點，此類層有不足之處。在此類例子中，可應用容許應用不同電極材料的替代結構。舉例而言，在第一方面，電極中之一可為撓性金屬層，例如金屬化聚合物片材，例如鋁化 Mylar，但包括透明地帶的陣列，例如篩網。在此例子中，可喪失部分主動層的曝露表面積以交換提供更有效率之第一電極層的能力。應用此結構之裝置的例子係例示說明於第 7 圖中。如圖所示，主動層 702 係層合在下部電極 704 上，以及上部

電極 706 係設置在主動層上，以產生與上述相同的夾置結構。然而，上部電極 706 並非透明，設有容許光通過的開口或透明區域 708。此等透明區域或開口的使用容許上部電極 706 係由任何各種不同的習用導電性材料組成，例如金屬層等。再者，藉由使用此等導電性層之薄層，可維持整個裝置的可撓性。一般而言，另一透明材料的密封層，例如層 710，可設置在上部電極的頂部，且視需要地，雖然未顯示，設置在下部電極 704 的外表面。雖然所顯示之開口 708 為圓形開口，但可包含金屬層中的穿孔，或線之格狀陣列之間的空間，例如篩目。

在另一替代性結構中，主動層係設置在二電極層之間，但曝露之表面為側表面，而非由電極覆蓋的表面。簡化的例子係顯示於第 8A 圖中。如圖所示，主動層 802 係再次設置在二電極層 804 及 806 之間。主動層 802 之側或邊緣表面 808 係作為曝露表面，例如透過該表面收集光。一般而言，透明或半透明保護層（例如第 8B 圖中的層 812）係設置在該側表面 808 上，以致能防止主動層 802 之退化或其他損害。為了使主動層 802 之曝露表面 808 最適化，接著使衝擊至主動層的光最大化，可以許多不同的方式來構形此側曝露裝置。舉例而言，整個裝置可製成延長層合膜或帶，例如實質上如第 8A 圖所示。一旦製成撓性膜或膜，整個裝置 800 可接著纏繞或捲繞（如圖所示），以提供曝露表面之陣列。或者，整個裝置可折疊，或堆疊成往復或蜿蜒的結構，例如本身連續地前後折疊，以提供較大的

曝露表面積 808，如第 8B 圖所示，或提供經選擇之足跡以供特殊應用。

- 可撓性主動層元件或整個裝置的使用容許裝置結構之其他有用調整。舉例而言，光電伏打裝置輸出之限制之一
- 5 為表面積量，其可受到來自相關光源之光子的影響，例如太陽。在習知技術中，平面光電伏打，衝擊到主動層之光子的數目，係直接與裝置曝露至光源之表面積有關。在許多應用中，裝置之容許表面積意指一空間，其中裝置必須符合例如屋頂、飛機翼，例如衛星、太空站之外星月台等。
- 10 藉由提供包括凸起的曝露表面及主動層的裝置結構，例如藉由本案說明書所描述的可撓性裝置，可有效地增進裝置的有效表面，但未增加足跡，特別是當相關光源係位在與裝置呈小於垂直角度的位置時。

- 第 8C 圖例示說明達到此目的之凸狀結構的優點。如圖
- 15 所示，裝置 850 之曝露表面 852 及主動層 854 為凸狀。當光源以小於垂直的角度導向裝置時，如光源 856 或 858 所示，衝擊到裝置之曝露表面 852 的光子數目等於一較有較大足跡之平面裝置的數目，該足跡例如足跡 860 或 862，如虛線所示。然而，因為其凸狀結構，裝置 850 具有更小的
- 20 足跡，例如足跡 864。如圖所示，由於可用空間是受限的，此類裝置有意義地增進利用光能的能力。

除了在未增加足跡之下增加輸出的議題之外，與習用平面光電伏有關的效率議題為其必須持續旋轉，或再定位，以提供最適當的曝露機會，例如指向太陽或其他光源。

對於靜止式裝置而言，結果是實質期間及曝露表面將遠離最適當地定位或定向者。

再者，此議題可藉由可撓性主動層材料來解決，其容許使用畫上輪廓的曝露表面。此等畫上輪廓的曝露表面將容許最適化地曝露於廣泛不同的日光來源位置。例如，裝置可具有一凸或凹狀結構，例如第 8C 圖所示。由於裝置之凸／凹結構，以及特別是主動層及曝露表面，可增加衝擊至裝置之主動層的光子數目，與太陽的位置無關。如第 8C 圖所示，當光源以一角度指向裝置時，例如太陽為傾或呈非最適當的角度時，使用凹狀的光電伏打裝置可使撞擊至裝置的光子數目增加。尤其，如圖所示，當光源 854 照射在凹狀裝置 850 之有效表面表面 852 時，特定數目的光子衝擊在裝置內的主動層 856 上。當太陽以一角度指向整個裝置時，例如如光源 854a 及 854b 所示，由凹狀裝置捕捉的光子數目與具有較大足跡 860 之習用平面裝置相同。尤其，如虛線所示，被裝置阻斷且因而被捕捉的光子係相當於在相同狀況下，由較大的平坦裝置所捕捉者。在許多例子中，光電伏打裝置或系統容許的空間是有限的，且因此，凸狀結構是高度理想的。將可瞭解到，由於凸狀裝置之整個有效表面的非均一曝露，較佳地，此裝置將大致地將整個裝置區成分離的電子單位或裝置，以避免在高曝光區域中產生的電流通過低曝光或黑暗區域時發生短路。此區分可採製造彼此密封的分離袋狀物，其中每一袋狀物為個別功能化的光電伏打裝置，例如如第 6 圖所示，但其中多

數袋係結構上耦合在一起，例如以一片許多袋的形式（未顯示）。

雖然以日光曝露來說明，應可瞭解到，在本說明書中所述的裝置，以及各種不同的結構，可對等地使用於其他應用中，其中可能希望光衝擊在裝置上的角度，例如當使用替代光源以產生能量時，例如電射，或用於作為光感測器等。

IV. 以奈米結構為主的組成物

本發明之另一方面為提供以奈米結構為主的組成物，例如上述使用於主動層的組成物。因此，一總括種類的具體實施例提供一組成物，包含第一族群之奈米結構及第二族群之奈米結構的組成物，此第一族群包含含有第一材料的奈米結構，以及此第二族群包含含有與第一材料不同之第二材料的奈米結構。鄰近奈米結構係視需要地彼此至少部分直接電氣接觸。

奈米結構可為任何各種不同的奈米結構。舉例而言，奈米結構可包含單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構或非晶形奈米結構。奈米結構可包含例如奈米晶體、奈米桿、奈米線、奈米管、分支奈米晶體、奈米四角錐、三角錐、二角錐、奈米點、量子點、奈米顆粒、分支四角錐或其類似結構，或其組合（例如奈米桿及奈米四角錐，或奈米桿及球體或非延長的奈米晶體，及許多其他可能的組合）。

在一較佳種類的具體實施例中，第一材料為第一無機

材料以及第二材料為第二無機材料。在另一種類的具體實施例中，第一材料包含第一半導體以及第二材料包含第二半導體。舉例而言，第一材料可包含 n 型半導體以及第二材料可包含 p 型半導體。

- 5 在一種類的具體實施例中，第一及第二材料呈現第 II 型能帶差異能量分布。舉例而言，此類組成物可使用於光電伏打裝置作為主動層，或使用在其他電子及光電子裝置中。在另一種類的具體實施例中，第一及第二材料呈現第 I 型能帶差異能量分布。舉例而言，此組成物可應用 LEDs，
- 10 或使用在其他電子及光電子裝置中（例如所欲為電荷復合及光子發射，而非電荷分離；如習知技術中已知者，奈米結構發射光譜可藉由控制組成物及／或奈米結構之尺寸來調整）。

 實際上可使用任何具有第 II 型能帶差異的成對半導體

15 材料。舉例而言，第一材料可包含第一半導體，其選自於下述物質組成的組群：第 II-VI 族半導體、第 III-V 族半導體、第 IV 族半導體，及其合金。同樣地，第二材料可包含不同於第一半導體的第二半導體，其選自於下述物質組成的組群：第 II-VI 族半導體、第 III-V 族半導體、第 IV 族半

20 導體及其合金。半導體的例子包括，但不限制於 CdSe、CdTe、InP、InAs、CdS、ZnS、ZnSe、ZnTe、HgTe、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InSb、Si、Ge、AlAs、AlSb、PbSe、PbS 及 PbTe。

 在一種類的具體實施例中，第一族群之奈米結構及第

二族群之奈米結構係在組成物中相互混合。此二族群的奈米結構可為均一混合，或其可部分或完全分隔成二或多個分離的區域、地帶、層或其他類似物。

若有需要的話，組成物可形成一膜，其係視需要地夾置在二電極層之間，例如使用於光電伏打裝置、LED 或其他裝置中。在一些具體實施例中，二族群之奈米結構係相互混合於膜中。然而，在其他具體實施例中，膜包含至少第一次層及第二次層；第一次層包含第一族群之奈米結構以及第二次層包含第二族群之奈米結構。舉例而言，第一次層可包含 p 型半導體奈米結構以及第二次層可包含 n 型半導體奈米結構，視需要地，在次層之間具有 p-n 接合。

如同前述，第一及／或第二族群之奈米結構可以但非必須地經融合、部分融合，及／或燒結。

在一些具體實施例中，組成物亦包括導電性聚合物(例如一導電性聚合物基質，其中設置有奈米結構)。在另一具體實施例中(例如其中第一及第二族群之奈米結構係共同地包含傳導電洞及電子的材料)，此組成物係實質上不含導電性聚合物。在特定具體實施例中，此組成物亦包括非導電性聚合物或其他黏著劑(例如非導電性聚合物基質，其中均一地或非均一地設置有奈米結構)。組成物視需要地包括元件，其係被包括以改質奈米結構的性質，例如前述之表面化學及配位基。

第一及／或第二族群的奈米結構可無規或非無規地定位。舉例而言，每一第一及／或第二族群的奈米結構可具

有至少一延長部分，其定位主要與至少第一平面（例如包含組成物之膜的表面，或電極之表面）垂直；於另一實施例中，每一第一及／或第二族群的奈米結構可具有至少一延長部分，其定位主要與至少第一平面平行。

5 V. 裝置製造

本發明之裝置及組成物在製造能力上亦可提供顯著的優點。尤其，目前的光電伏打裝置在轉換晶圓級的半導體材料成可操作的光電伏打裝置時，仰賴相當小的體積、高成本的製程。習知以半導體為主的光電伏打一般以利用許多裝置之批式模式製造，由所使用的晶圓數目來決定。此種製程，因為起始材料及製程，可能非常昂貴，且不容易規模化至大規模製造上。

另一方面，本發明之裝置係包含可容易且便宜取得的材料，或可在相當低的成本下製造出相當量。再者，因為裝置之不同元件的本質，例如主動層元件及密封及／或電極層，製造此等裝置的方法很容易導致本身的超高生產量製造。舉例而言，因為本發明之裝置一般為可撓性層合結構的形式，例如撓性電極與夾置於其間的主動層層合在一起，其可利用高體積膜加工技術來製造，例如輥對輥的方法，其係傳統上用於膜製造及工業用層合物工業上，例如用於製造反射膜及底片等。

根據本發明用於製造裝置之輥對輥方法及系統 900 係顯示於第 9 圖中。如圖所示，第一基板材料來源，例如基板材料輥 902，例如鋁化的聚合物片材或 ITO 塗覆的聚合

物片材，係經輥壓且經由多數沈積步驟沈積上裝置之許多不同層。提供基板片材的其他方法，可使用例如手風琴折疊片材。一般而言，基板層可通過一輸送系統，例如輸送帶 920。雖然以輸送帶形式來描述，任何可移動基板片材或連續片材的輸送系統皆可使用，例如機械人手臂，移動月台等。如同本案說明書的用言，旋轉塗覆系統亦可使用於小尺寸的基板，且此系統可包含於輸送系統中。各種不同的材料層係沈積在基板上，以提供本文中所描述的多數層狀裝置。舉例而言，奈米複合材料光敏感性基質來源可以漏斗或液體槽的形式提供，其可流動地耦合至沈積系統以供提供此等層。此等沈積系統可包括噴霧噴嘴，印刷頭，絲網印刷裝置，塗佈刀片，亦即刮刀，完全塗覆（薄塗覆）系統，或其他可用於均勻沈積材料薄膜的系統，包括例如在旋轉塗覆器、刮刀鑄塑系統、薄膜鑄塑系統及浸沾式塗覆系統上的分配系統。

在一特殊的較佳實施例中，使用習知的噴墨或絲網印刷技術，例如絲網印刷機 904 所述，可連續地放置形成光電伏打裝置的多數材料層，例如層 906、908、910、912 及 914。舉例而言，如圖所示，在第一印刷步驟中，第一阻斷材料層 906 係印刷在移動基板 902 上。此阻斷材料可為電洞阻斷層或電子阻斷層，依所得之裝置的位向而定。接著，將光敏感性材料或複合材料 908，例如奈米晶體／聚合物基質（或核心外殼奈米晶體材料）沈積在阻斷層上。在此例子中，理想的是對奈米晶體（或其他奈米結構）進行機械

或電子定位步驟，其一般係在此層沈積後，但在施與下一層之前進行。加熱、乾燥及／或固化步驟可插入不同積層步驟之間，以確保層間的乾淨界面，例如使層間的混合最小化。接著，將第二阻斷層 910 施與至主動層的上部表面。

- 5 此阻斷層將與第一阻斷層 906 互補，若第一層 906 為電洞阻斷層，此層為電子阻斷層。第二基板材料片材 914，例如透明導電性電極片材，例如上述之 ITO 塗覆之聚合物片材，係層合至第二阻斷層的頂部。或者，如圖所示，ITO 或其他導電性層可以塗層 912 的形式塗覆在第二阻斷層
- 10 910 上，接著再施與至基板層 914，其可形成密封層。再者，額外的層，例如密封層或其他電極，阻斷及主動層，可以額外步驟施與，例如在縱排或多數主動層裝置的例子中。

後續加工步驟係對具有理想尺寸維度的片材進行電氣連接。

- 15 因此，一種類的具體實施例提供製造光電伏打裝置的方法。在此方法中，提供第一平面基板，該基板上設置有第一導電性層。第一基板係利用呈現第 II 型能帶差異能量分布的光敏感性基質塗覆，且包含至少一第一族群的延長半導體 奈米結構，此奈米結構包含一縱軸，以提供一光敏
- 20 感性層。此半導體奈米結構係定位成使其縱軸之定位主要與第一平面基板垂直。將第二導電性層層合至該光感性層。

此方法亦在利用光敏感性基質塗覆第一基板之前，提供一阻斷層於第一基板上，及／或在第二導電性層層合至

該光敏感性層之前，提供一阻斷層於該光敏感性層上。此方法除了第一基板及第二導電性層之外，視需要地提供一或多層覆蓋在光電伏打裝置之相對表面上的密封層，藉此一或多密封層完全密封光電伏打裝置。如上所述，若有需要的話，加熱、乾燥及／或固化步驟可插入不同積層步驟之間。再者，若適當的話，上述不同的組成物及裝置元件可用於此等方法中。舉例而言，奈米結構可包含奈米晶體、奈米線、單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。

10 於一相關種類的具體實施例中，提供一種製造光電伏打裝置的系統。此系統包含第一基板層來源，該基板層具有第一導電性表面，用於輸送第一基板層的輸送系統，以及流動地耦合至層沈積系統的光敏感性基質來源。此層沈積系統係部分地設置在基板輸送系統上，以在第一基板層上提供一光敏感性基質層。此系統亦包括第二導電性材料來源，其耦合至位在基板輸送系統上的層沈積系統，以供沈積第二導電性材料層在沈積在第一基板層上的光敏感性基質上。在一種類的具體實施例中，第一基板材料來源包含第一基板材料的軋製板材。第一基板材料的來源視需要地亦包括第一導電性材料來源以及一沈積系統，其係用於沈積第一導電性材料在第一基板材料上，以提供第一導電性表面。適當的層沈積系統包括，但不限制於刮刀、絲網印刷系統、噴墨印刷系統、浸沾式塗覆系統、完全塗覆（薄塗覆）系統、刮刀鑄塑系統及薄膜鑄塑系統。任何上述具

15

20

體實施例亦可依其相關程度，應用於此具體實施例。

5 另一總括種類的具體實施例提供製造光電伏打裝置的方法。在此等方法中，提供第一平面基板，該基板上設置有第一導電性層。為了提供光敏感性層，利用一組成物塗覆該第一基板，該組成物包含一族群之奈米結構。此奈米結構包含第一材料之核心及不同於第一材料之第二材料的外殼。此奈米結構係經融合、部分融合，及／或燒結，以及第二導電性層係層化至光敏感性層上。

10 在上述具體例中所述的所有不同的構形及特徵，依其相關程度，皆可應用於此，例如對於奈米結構的形式，材料的形式，阻斷及／或密封層的提供等。

15 另一類具體實施例提供製造層狀裝置之方法，該層狀裝置包含二（或更多）族群之奈米結構（該裝置例如光電伏打裝置、LED 或其類似物）。層狀裝置包含含有第一材料之第一族群之奈米結構，以及包含含有不同於第一材料之第二材料之第二族群之奈米結構。在此方法中，提供第一基板且以一組成物塗覆該基板，該組成物包含第一族群之奈米結構，以提供第一層。

20 在一種類的具體實施例中，第一及第二族群之奈米結構係相互混合於第一層中。在此種類的具體實施例中，第一基板係塗覆有包含第一及第二族群之奈米結構的混合物之組成物，以提供第一層。

在另一類之具體實施例中，層狀裝置包含至少一第一層，其包含第一族群之奈米結構，以及第二層，其包含第

二族群之奈米結構。此種類的具體實施例中，方法包括以一組成物塗覆第一基板，該組成物包含第二族群之奈米結構，以提供第二層。在相關種類之具體實施例中，第二族群之奈米結構係設置在該第一基板上。舉例而言，無法溶

5 液-加工之奈米結構（例如一些奈米線）可生長在第一基板上（例如在電極上）；溶液加工可用於如上述般增加一溶劑可分散之奈米結構層，或其他可層合在第一基板-第二奈米結構族群層上的層。

此方法視需要地包括將第二導電性層層化在第一層上

10 （或第二層上，依層之數目及位向而定）。同樣地，此方法視需要地包括在利用包含第一族群的奈米結構的組成物塗覆第一基板之前，提供一阻斷層在第一基板上，及／或在層合第二導電性層在第一（或第二）層之前，提供一阻斷層在第一（或第二）層上。

15 在上述具體例中所述的所有不同的構形及特徵，依其相關程度，皆可應用於此，例如奈米結構的形式、材料的形式、奈米結構之融合、部分融合，及／或燒結及其類似物。

一相關種類的具體實施例提供一用於製造層狀裝置的

20 系統，其中該裝置包含一層，其中相互混合有第一及第二族群之奈米結構。第一族群的奈米結構包含第一材料，以及第二族群的奈米結構包含不同於第一材料之第二材料。系統包含第一基板層來源，用於輸送第一基板層的輸送系統，以及一組成物來源，其包含第一及第二族群之奈米結

構，其係流動地耦合至層沈積系統。層沈積系統係部分設置在基板輸送系統上，以在第一基板層上提供一層，其中第一及第二族群之奈米結構係相互混合。

5 在上述具體例中所述的所有不同的構形及特徵，依其相關程度，皆可應用於此，例如奈米結構的形式、材料的形式、阻斷及／或密封層的提供、奈米結構之融合、部分融合，及／或燒結、第二導電性材料層之提供、層沈積系統之形式及其類似物。第一基板層可視需要地具有第一導電性表面（或是為導電性的）。

10 另一相關種類的具體實施例提供一種用於製造層狀裝置的系統，該裝置包含含有第一族群之奈米結構的第一層，以及包含含有第二族群之奈米結構的第二層。第一族群的奈米結構包含第一材料，以及第二族群的奈米結構包含不同於第一材料的第二材料。此系統包含第一基板層來源，一用於輸送第一基板層的輸送系統，第一組成物來源，
15 該組成物包含第一族群之奈米結構，其係流動地耦合至一層沈積系統（此層沈積系統係至少部分地設置在基板輸送系統上，以提供第一層），以及第二組成物來源，其包含第二族群之奈米結構，其流動地耦合至該層沈積系統（此層
20 沈積系統係至少部分地設置在該基板輸送系統上，以提供該第二層）。

在上述具體例中所述的所有不同的構形及特徵，依其相關程度，皆可應用於此，例如奈米結構的形式、材料的形式、阻斷及／或密封層的提供、奈米結構之融合、部分

融合，及／或燒結、第二導電性材料層之提供、層沈積系統之形式及其類似物。

VI. 奈米結構的合成

藉由任何許多適用於不同材料的習用方法，可製造奈米結構及控制其尺寸。舉例而言，不同組成物之奈米晶體的合成係描述於例如 Peng 等人，(2000) “CdSe 奈米晶體的形狀控制” Nature 404, 59-61；Puntes 等人 (2001) “膠態奈米晶體形狀及尺寸控制：鈷的例子” Science 291, 2115-2117；頒給 Alivisatos 等人之 USPN 6,306,736 (2001 年 10 月 23 日)，發明名稱為“形成成型之第 III-V 族半導體奈米晶體的方法，及利用此方法形成的產品”；頒給 Alivisatos 等人之 USPN 6,225,198 (2001 年 5 月 1 日)，發明名稱為“形成成型之第 II-VI 族半導體奈米晶體的方法，及利用此方法形成的產品”；頒給 Alivisatos 等人之 USPN 5,505,928 (1996 年 4 月 9 日)，發明名稱為“III-V 半導體奈米晶體之製備；頒給 Alivisatos 等人之 USPN 5,751,018 (1998 年 5 月 12 日)，發明名稱為”利用自組合單層將半導體奈米晶體共價鍵結至固態無機表面”；頒給 Gallagher 等人之 USPN 6,048,616 (2000 年 4 月 11 日)，發明名稱為“包埋量子尺寸之摻雜半導體顆粒及其製造方法”；以及頒給 Weiss 等人之 USPN 5,990,479 (1999 年 11 月 23 日)，發明名稱為“供生物應用之有機螢光半導體奈米晶體探針及製造與利用此探針的方法”。

具有不同縱橫尺寸比之奈米線的生長，包括具有經控

制之直徑的奈米線，係描述於例如 Gudiksen 等人 (2000)
“半導體奈米線之直徑選擇性合成” J. Am. Chem. Soc.
122, 8801-8802; Cui 等人(2001) “單晶矽奈米線之直徑控
制性合成” Appl. Phys. Lett. 78, 2214-2216; Gudiksen 等人
5 (2001) “單晶半導體奈米線之直徑及長度的合成控制” J.
Phys. Chem. B 105,4062-4064; Morales 等人(1998) “結晶
性半導體奈米線之雷射脫離法” Science 279, 208-211;
Duan 等人(2000) “化合物半導體 奈米線之一般合成”
Adv. Mater. 12, 298-302; Cui 等人(2000) “在矽奈米線中
10 的摻雜及電子輸送” J. Phys. Chem. B 104, 5213-5216; Peng
等人(2000) “CdSe 奈米晶體的形狀控制” Nature 404,
59-61; Puntès 等人(2001) “膠態奈米晶體形狀及尺寸的控制：
鈷的例子” Science 291, 2115-2117; USPN 6,306,736
(2001 年 10 月 23 日)，發明名稱為“形成成型之第 III-V
15 族半導體奈米晶體的方法，及利用此方法形成的產品”；
頒給 Alivisatos 等人之 USPN 6,225,198(2001 年 5 月 1 日)，
發明名稱為“形成成型之第 II-VI 族半導體奈米晶體的方法，
及利用此方法形成的產品”；頒給 Lieber 等人之 USPN
6,036,774 (2000 年 3 月 14 日)，發明名稱為“製造金屬
20 氧化物奈米桿之方法”；頒給 Lieber 等人之 USPN
5,897,945 (1999 年 4 月 27 日)，發明名稱為“金屬氧化物
奈米桿”；頒給 Lieber 等人之 USPN 5,997,832 (1999
年 12 月 7 日)，發明名稱為“碳化物奈米桿之製備”；Urbau
等人 (2002) 之“鈦酸鋇及鈦酸鋁組成之單-結晶性鈣鈦礦

奈米線的合成” J. Am. Chem. Soc., 124, 1186; 以及 Yun 等人 (2002) “藉由掃描式探針顯微鏡法研究個別鈦酸鋇奈米線的鐵電性質” Nanoletters 2, 447。

5 分支奈米線 (例如奈米四角錐、三角錐、二角錐及分支四角錐) 的方法係描述於 Jun 等人(2001): “利用單界面活性劑系統之多臂 CdS 奈米桿結構的控制合成” J. Am. Chem. Soc. 123, 5150-5151; 以及 Manna 等人(2000) “可溶及可加工之桿-、箭-、淚滴-及四角錐-狀 CdSe 奈米晶體的合成” J. Am. Chem. Soc. 122, 12700-12706。

10 奈米顆粒之合成係描述於頒給 Clark Jr. 等人之 USPN 5,690,807 (1997 年 11 月 25 日), 發明名稱為 “製造半導體顆粒的方法”; 頒給 El-Shall 等人之 USPN 6,136,156 (2000 年 10 月 24 日), 發明名稱為 “矽氧化物合金之奈米顆粒”; 頒給 Ying 等人之 USPN 6,413,489 (2002 年 7 月
15 2 日), 發明名稱為 “藉由逆相微胞調節技術合成奈米尺寸顆粒”; 以及 Liu 等人(2001) “自立鐵電性錯酸鈦酸鉛奈米顆粒之溶膠-凝膠合成” J. Am. Chem. Soc. 123, 4344。奈米顆粒之合成亦描述於上述有關奈米晶體、奈米線, 及分支奈米線之生長的文獻中, 其中所得的奈米結構的縱橫尺寸
20 比小於約 1.5。

核心-外殼奈米結構雜結構的合成, 亦即奈米晶體及奈米線 (例如奈米桿) 核心-外殼雜結構的合成, 係描述於例如 Peng 等人(1997) “具有光穩定性及電子可及性之高度螢光 CdSe/CdS 核心/外殼 奈米晶體的外延生長” J.

Am. Chem. Soc. 119, 7019-7029 ; Dabbousi 等人(1997)

“(CdSe)ZnS 核心-外殼 量子點：高度螢光奈米結晶性之尺寸系列的合成及特徵化” J. Phys. Chem. B 101,

9463-9475 ; Manna 等人(2002) “在膠態奈米桿上之分級

- 5 CdS/ZnS 外殼的外延生長及光化學退火” J. Am. Chem. Soc. 124, 7136-7145; 以及 Cao 等人(2000) “具有 InAs 核心之半導體核心／外殼奈米晶體的生長及特性” J. Am. Chem. Soc. 122, 9692-9702。類似的方法可應用於其他核心-外殼奈米結構的生長。

- 10 奈米線雜結構的生長，其中不同材料係沿著奈米線之長軸分布在不同的位置，係描述在例如 Gudiksen 等人(2002) “奈米層級光子學及電子學之奈米線超晶格結構的生長” Nature 415, 617-620 ; Bjork 等人(2002) “電子實行之一度空間障礙賽跑 (One-dimensional steeplechase)” Nano Letters 2, 86-90 ; Wu 等人(2002) “單結晶性 Si/SiGe 超晶格奈米線之逐嵌段生長” Nano Letters 2, 83-86 ; 以及 Empedocles 之美國專利申請案第 60/370,095 號 (2002 年 4 月 2 日)，發明名稱為“編碼訊息的奈米線雜結構”。類似的方法可應用於其他雜結構的生長。

- 20 在特定具體實施例中，奈米結構的集合體或族群在尺寸及／或形狀上為單分散性。參見 Bawendi 等人之美國專利公開案第 20020071952 號，發明名稱為“奈米晶體之製備”。

套組

在本案說明書中的裝置及組成物可包裝成套組。舉例而言，本發明之任何裝置或組成物可包裝在一或多個容器內。同樣地，套組可包括結構性材料，其可用於實施本案說明書中所揭露的方法，操作本案說明書中所揭露的裝置，使用本案說明書中所揭露的組成物，及／或操作本案說明書中所揭露的系統。套組可包括其他習知元件，例如保護性包裝材料、用於組裝裝置或系統之元件的結構性材料，耦合裝置或系統至電力輸入或輸出的電耦合件，或其類似物。

雖然為了能瞭解起見，本發明已在一定詳細程度下描述，但本案所請求的發明之範圍並不受限制此揭露內容，且僅受後附申請專利範圍或任何相關的專利或申請案，包括未受到任何繼續申請案（整體或部分）、分割案、再發證及再審查等。

15 實施例

下述一系列的實驗組證實以奈米複合材料及奈米結構為主之光電伏打裝置的結構。應瞭解的是，在本案說明書中所描述之實施例及具體實施例僅供例示說明之用，且對熟習該項技術者而言，可基於本案說明書之內容的建議，進行各種不同的改良或變化，且此等改良及變化係包括在本申請案之精神及範圍以及後附的申請專利範圍內。因此，下述實施例僅供例示說明用，但未限制本案所請發明。

實施例 1：奈米複合材料光電伏打裝置

本實施例描述 CdSe 奈米晶體-P3HT 聚合物奈米複合材

料光電伏打裝置的製造。已使用 CdSe 奈米桿；CdSe 奈米四角錐亦可使用，且也可使用其他的奈米結構形式及／或組成物。

基板清潔

- 5 例如利用下述步驟，清潔基板（例如塗覆有 ITO 之玻璃，取自 Thin Film Devices, Inc.，www.tfdinc.com）。利用異丙醇擦拭基板，於異丙醇中超音波振盪，在 2% HellmanexTM 去離子水中超音波振盪，在流動的去離子水下非常徹底地清洗，在去離子水中超音波振盪，在半導體級
- 10 丙酮中超音波振盪。每一次超音波振盪係進行 15 分鐘。接著利用氧電漿清潔基板，在約 400 毫托的壓力下，將氧引入 80 毫托的真空度下，在 200 W（1% 反射功率）進行 10 分鐘。

PEDOT 層加工

- 15 將 PEDOT/PSS 聚(3,4-伸乙基二氧噻吩) 聚(苯乙烯磺酸鹽) (例如 Baytron[®] PVP Al 4083 from H. C. Starck)，經過 0.2 微米孔洞尺寸之纖維素乙酸酯濾紙來過濾。PEDOT 係旋轉塗覆在基板上，以 3000 rpm 進行 60 秒。接著在加熱板上，在大氣條件下及在 120°C 下處理 60 分鐘，以藉由
- 20 烘烤經旋轉塗覆的基板來固化 PEDOT 層。

製備 P3HT 之氯仿溶液(CHCl₃) 溶液

P3HT 溶液係在氫氣環境下，在手套箱中製備。將無水氯仿（已事先用 0.2 微米孔洞尺寸之 PTFE 濾膜過濾）添加至 P3HT，以使所得溶液中 P3HT 的濃度為 20 mg/ml。將溶

液振盪 5 分鐘，在攪拌台上攪拌約 1 小時，以及伴隨攪拌在 56°C 下加熱 10 分鐘。利用 0.2 微米孔洞尺寸之 PTFE 濾膜過濾 P3HT：氯仿溶液，並避免光照及接觸氧。

奈米晶體溶液的製備

- 5 在手套箱中製備奈米晶體溶液。將 CdSe 奈米晶體溶解於無水氯仿(已事先用 0.2 微米孔洞尺寸之 PTFE 濾膜過濾)中，達 70-80 mg/ml 之濃度。將一小部分已知體積的 CdSe 奈米晶體溶液自手套箱中移出，在氮氣流下乾燥奈米晶體，以及稱重奈米晶體以測定奈米晶體溶液的濃度。(此等
- 10 已曝露至氧中的奈米晶體係接著丟棄且未用於製造光電伏打裝置)。若有需要，添加額外的氯仿以調整奈米晶體溶液的濃度，使其在手套箱中維持在 70-80 mg/ml。

奈米晶體：P3HT 摻合物溶液的製備

CdSe 奈米晶體：聚合物溶液亦在手套箱中製備。

- 15 CdSe：CHCl₃ 溶液及 P3HT：CHCl₃ 溶液係合併置入一微離心管，以使 CdSe：P3HT 的重量比例為 90：10，P3HT 在最終溶液中的濃度係界於 5-7 mg/ml，以及 CdSe 奈米晶體在最終溶液中的濃度係界於 50-70 mg/ml。舉例而言，若
- 20 CdSe 在 CHCl₃ 中的濃度為 75 mg/ml 以及 P3HT 在 CHCl₃ 中的濃度為 20.0 mg/ml，混合 300 微升之 CdSe 奈米晶體溶液與 125 微升之 P3HT 溶液，以致於 CdSe：P3HT 所得比例為 90：10，所得之 P3HT 濃度為 5.9 mg/ml，以及所得之 CdSe 的濃度為 52.9 mg/ml。將溶液振盪 2 分鐘並在微離心管中，在 11,000 rpm 下離心 2 分鐘。

旋轉塗覆奈米晶體：P3HT 摻合溶液

將 CdSe 奈米晶體：P3HT 摻合物旋轉塗覆在 ITO/PEDOT 基板上（在手套箱中）。一般而言，在 1200 rpm 之旋轉速率下進行 40 秒，每一基板使用 100 微升。利用氣
5 依擦拭，去除任何基板背側上的溶液。

鋁陰極的蒸發

在未曝露至氧化下，將奈米複合材料-PEDOT-塗覆之基板轉移至蒸發器。在速率 5 Å/s，真空度小於 1×10^{-7} 托下，將鋁（純度 99.999%）蒸鍍在基板上，其厚度約 200nm。

10 銀糊

去除任何位在 ITO 電極接觸銷之頂部的奈米複合材料及／或 PEDOT 膜。接著施與銀糊以建立至 ITO 銷之電氣連接。依所欲特徵化所得的裝置。

實施例 2：CdSe-CdTe 奈米晶體光電伏打裝置

15 此實施例描述包含二相互混合之奈米晶體之光電伏打裝置的製造，該二相互混合之奈米晶體為 CdSe 奈米晶體及 CdTe 奈米晶體。

基板清潔

20 例如利用下述步驟，清潔基板（例如塗覆有 ITO 之玻璃，取自 Thin Film Devices, Inc.，www.tfdinc.com）。利用異丙醇擦拭基板，於異丙醇中超音波振盪，在 2% Hellmanex™ 去離子水中超音波振盪，在流動的去離子水下非常徹底地清洗，在去離子水中超音波振盪，在半導體級丙酮中超音波振盪。每一次超音波振盪係進行 15 分鐘。接

著利用氧電漿清潔基板，在約 400 毫托的壓力下，將氧引入 80 毫托的真空度下，在 200 W (1% 反射功率) 進行 10 分鐘。

PEDOT 層加工

- 5 將 PEDOT/PSS 聚(3,4-伸乙基二氧噻吩) 聚(苯乙烯磺酸鹽) (例如 Baytron[®] PVP Al 4083 from H. C. Starck)，經過 0.2 微米孔洞尺寸之纖維素乙酸酯濾紙來過濾。PEDOT 係旋轉塗覆在基板上，以 3000 rpm 進行 60 秒。接著在加熱板上，在大氣條件下及在 120°C 下處理 60 分鐘，以藉由
- 10 烘烤經旋轉塗覆的基板來固化 PEDOT 層。

CdSe:CdTe 雙晶摻合溶液的製備

- CdSe:CdTe 雙晶摻合溶液係在氫氣環境下，在手套箱中製備。利用將 CdTe 奈米晶體溶解於甲苯並利用異丙醇沈澱 3 次來清洗該 CdTe 奈米晶體；利用將 CdSe 奈米晶體溶
- 15 解於甲苯並利用甲醇沈澱 3 次來清洗該 CdSe 奈米晶體。對表面處理而言，CdSe 及 CdTe 奈米晶體皆在甲苯及苯基膦酸 (PPA) 之溶液中，在 110°C 下處理 20 小時。(表面處理步驟可能不需要而可省卻，或在不同的奈米晶體清潔程序中，例如使用吡啶，接著利用 PPA 處理，或另一配位基可
- 20 能在此步驟中被取代)。於利用異丙醇沈澱後，將奈米晶體溶解在甲苯中，例如分別為濃度 95 mg/ml (CdTe) 及濃度 110 mg/ml (CdSe)。CdTe：甲苯溶液以及 CdSe：甲苯溶液係合併置入 1.5 ml 玻璃小瓶中，以致於 CdTe：CdSe 的重量比例為 50:50，以及最終溶液中奈米晶體的濃度為界於約

80-100 mg/ml。舉例而言，若 CdTe 在甲苯中的濃度為 95 mg/ml 以及 CdSe 在甲苯中的濃度為 110 mg/ml，混合 500 微升之 CdTe 奈米晶體溶液以及 432 微升之 CdS 奈米晶體溶液，以使 CdTe：CdSe 的最後比例為 50：50，以及所得的奈米晶體濃度為 102 mg/ml。將溶液振盪 2 分鐘並在微離心管中，在 56°C 下加熱 10 分鐘，並超音波振盪 15 分鐘。接著將溶液轉移至微離心管中，在 11,000 rpm 下在微離心管中離心 2 分鐘。

旋轉塗覆 CdTe：CdSe 奈米晶體之摻合溶液

10 將 CdTe：CdSe 溶液旋轉塗覆在 ITO/PEDOT：PSS 基板上（在手套箱中）。一般而言，在 950 rpm 之旋轉速率下進行 40 秒，每一基板使用 120 微升。利用氫依擦拭，去除任何基板背側上的溶液。

鋁陰極的蒸發

15 在未曝露至氧化下，將奈米複合材料-PEDOT-塗覆之基板轉移至蒸發器。在速率 5 A/s，真空度小於 1×10^{-7} 托下，將鋁（純度 99.999%）蒸鍍在基板上，其厚度約 200nm。

銀糊

20 去除任何位在 ITO 電極接觸銷之頂部的奈米晶體及／或 PEDOT 膜。接著施與銀糊以建立至 ITO 銷之電氣連接。依所欲特徵化所得的裝置。

由上述內容應可瞭解到，本案說明書包含本發明之變化及用途。舉例而言，任何本發明之組成物可使用於形成本發明之裝置。本發明之系統可用於製造本發明之組成物

及／或裝置。本發明之方法可用於製造本案說明書中的組成物、系統或裝置。熟習該項技術者應可明白類似的改變。

再者，雖然為了澄清及瞭解起見，本發明已在一定詳細程度下描述，但熟習該項技術者於閱讀本案說明書之揭露內容後，應可清楚瞭解在未偏離本發明之真實範圍下，可進行各種不同形式及細節上的改變。舉例而言，所有上述的技術及裝置皆可以不同的組合來應用。所有本案說明書引用的公開案、專利、專利申請案、及／或其他文獻，皆實際上全文併入本案說明書中以供參考，如同個別地指出每一獨立公開案、專利、專利申請案、及／或其他文獻係實際上併入本文以供參考一般。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為根據本發明之簡化光電伏打裝置的概要說明之截面圖；

第 2 圖為概要地說明根據本發明之奈米複合材料光電伏打裝置之元件的能量圖；

第 3A-3D 圖為概要地說明主動層中不同奈米複合材料組成物及構形，以之比較，及通過其間之電子傳導；

第 4A-4B 圖為概要地說明主動層中經定位之奈米晶體的截面圖；

第 5 圖為各種不同直徑之 CdSe 奈米桿的吸收光譜圖；

第 6 圖係概要地說明一經密封的光電伏打裝置；

第 7 圖係概要地說明光電伏打裝置之另一構形，此光電伏打裝置在其上表面上包括一交錯網狀、穿孔，或部分

透明或半透明電極；

第 8A-8C 圖係概要地說明根據本發明之可撓性或一致的光電伏打裝置之數種可替代構形；

第 9 圖係概要地說明根據本發明之用於高生產量製造
5 光電伏打裝置的系統及方法；

第 10 圖係概要地說明根據本發明之簡化光電伏打裝置的截面圖；

第 11 圖係概要地說明根據本發明之簡化光電伏打裝置的截面圖；以及

10 第 12 圖係概要地說明根據本發明之簡化光電伏打裝置的截面圖。

【圖式之主要元件代表符號表】

100	裝置結構	1012	箭頭
102	主動層	1014	載荷／裝置
104	奈米晶體元件	1015	箭頭
106	聚合物元件	1016	基板
108	第一電極	1100	裝置結構
110	第二電極	1102	主動層
112	箭頭	1104	核心
114	負載／裝置	1106	外殼
115	箭頭	1108	第一電極
116	基板	1110	第二電極
302	主動層	1112	箭頭
304	奈米晶體	1114	載荷／裝置
306	電極	1115	箭頭
310	奈米桿	1116	基板
320	奈米桿	1200	裝置結構
330	奈米四角錐	1202	主動層
410	電子阻斷層	1204	核心
420	電洞阻斷層	1206	外殼
1000	裝置結構	1208	第一電極
1002	主動層	1210	第二電極
1004	核心	1212	箭頭
1006	外殼	1214	載荷／裝置
1008	第一電極	1215	箭頭
1010	第二電極	1216	基板

伍、中文發明摘要：

本發明提供一種奈米複合材料光電伏打裝置，其大致包括作為至少一部分光敏感性層之半導體奈米晶體。光電伏打裝置及其他包含核心-外殼奈米結構及／或二族群之奈米結構的層狀裝置，其中奈米結構並非奈米複合材料的必要部分，亦為本發明之特徵。本發明亦提供此類裝置的各種不同結構，包括可撓性及硬質的結構、平面及非平面的結構，及其類似結構，亦提供結合併此裝置之系統，以及提供用於製造此裝置之方法及系統。包含不同材料之二族群之奈米結構的組成物亦為本發明之特徵。

陸、英文發明摘要：

Nanocomposite photovoltaic devices are provided that generally include semiconductor nanocrystals as at least a portion of a photoactive layer. Photovoltaic devices and other layered devices that comprise core-shell nanostructures and/or two populations of nanostructures, where the nanostructures are not necessarily part of a nanocomposite, are also features of the invention. Varied architectures for such devices are also provided including flexible and rigid architectures, planar and non-planar architectures and the like, as are systems incorporating such devices, and methods and systems for fabricating such devices. Compositions comprising two populations of nanostructures of different materials are also a feature of the invention.

拾、申請專利範圍：

1. 一種光電伏打裝置，包含：
 - 第一電極層；
 - 第二電極層；以及
 - 5 第一光敏感性層，其係設置在該第一電極層及該第二電極層之間，其中該光敏感性層係設置在具有沿著第一平面之第一電極之至少部分電接觸點中，以及在具有沿著第二平面之第二電極之至少部分電接觸點中，以及其中該光敏感性層包含呈現第 II 型能帶差異
 - 10 能量分布的材料，以及包括第一族群之奈米結構（例如奈米晶體），其各自具有至少一延長部分，該延長部分之定位以與至少第一平面垂直為主。
2. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該奈米結構包含分支之奈米晶體，其具有一以上之延長節
- 15 段。
3. 如申請專利範圍第 2 項之光電伏打裝置，其中該分支之奈米晶體包含四延長節段，其連接於一共同頂點且排列成實質四角幾何形狀。
4. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中奈米結構包含至少一由半導體組成的部分，該半導體係由下
- 20 述物質構成之組群中選出：第 II-VI 族、第 III-V 族或第 IV 族半導體或其合金。
5. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該族群之奈米結構包含由下述一或多種物質組成之奈米晶

體：CdSe、CdTe、InP、InAs、CdS、ZnS、ZnSe、ZnTe、
HgTe、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InSb、Si、Ge、AlAs、
AlSb、PbSe、PbS 或 PbTe。

- 5 6. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該奈米結構包含奈米晶體。
7. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該奈米結構包含奈米線。
8. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該奈米結構包含：單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構或非晶形奈米結構。
10
9. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該族群之奈米結構包含奈米晶體，該奈米晶體包含第一半導體材料之核心及第二半導體材料之外殼，其中該第二半導體材料不同於第一半導體材料。
- 15 10. 如申請專利範圍第 9 項之光電伏打裝置，其中該第一及第二半導體材料包含第 II 型能帶差異分布。
11. 如申請專利範圍第 10 項之光電伏打裝置，其中該核心包含 CdSe 及該外殼包含 CdTe。
12. 如申請專利範圍第 10 項之光電伏打裝置，其中該核心包含 InP 及該外殼包含 GaAs。
20
13. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包含設置在一導電性聚合物基質中的奈米晶體，以及其中該奈米晶體係耦合至該聚合物基質。
14. 如申請專利範圍第 13 項之光電伏打裝置，其中奈米

晶體係經由化學鍵結耦合至該聚合物基質。

- 5
15. 如申請專利範圍第 14 項之光電伏打裝置，其中該化學鍵結包含一配位基，該配位基在第一位置耦合至該奈米晶體之外表面，以及在第二位置耦合至該聚合物基質。
16. 如申請專利範圍第 13 項之光電伏打裝置，其中該奈米晶體係電氣地耦合至該聚合物基質。
17. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該族群之奈米結構，與第二電極相較，佔優勢地設置在較接近第一電極處。
- 10
18. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，進一步包含一電洞或電子阻斷層，其係設置在該光敏感性層及該第一或第二電極之間。
19. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，進一步包含一電洞阻斷層，其係設置在該光敏感性層及該第一電極之間，以及一電子阻斷層，其係設置在該光敏感性層及該第二電極之間。
- 15
20. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該第一及第二電極中至少一者具可撓性。
- 20
21. 如申請專利範圍第 20 項之光電伏打裝置，其中該第一及第二電極及該光敏感性層具可撓性。
22. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該第一及第二電極中至少一者包含透明導電性層。
23. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該裝置

- 包含一透明支撐層，其至少部分覆蓋該第一或第二電極，或至少部分覆蓋該光敏感性層，或至少部分覆蓋該第一或第二電極及光敏感性層之組合。
24. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該電極
5 中至少一者包含鋁。
25. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏
感性層是經完全密封。
26. 如申請專利範圍第 25 項之光電伏打裝置，該裝置除
了該第一及第二電極之外，包含至少一密封層。
- 10 27. 如申請專利範圍第 26 項之光電伏打裝置，其中該裝
置包含至少第一及第二密封層，該光敏感性層及第一
及第二電極係夾置在第一及第二密封層之間。
28. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該裝置
整體包含一非平面結構。
- 15 29. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該裝置
包含一凸形結構。
30. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該第一
電極層、該光敏感性層及該第二電極層係以纏繞結構
定位。
- 20 31. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該該第
一電極層、該光敏感性層及該第二電極層係以往復堆
疊結構定位。
32. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏
感性層中之該族群之奈米結構包含至少二不同的奈

- 米晶體次族群，每一奈米晶體次族群具有一不同的吸收光譜。
33. 如申請專利範圍第 32 項之光電伏打裝置，其中該不同的奈米晶體次族群包含不同的組成物。
- 5 34. 如申請專利範圍第 32 項之光電伏打裝置，其中該不同的奈米晶體次族群包含具有不同尺寸分布的奈米晶體。
35. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層中的奈米結構集體地包含至少二無機材料。
- 10 36. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層中的奈米結構集體地包含至少二無機材料，其中該奈米結構包含第一無機材料之核心以及第二無機材料之外殼。
37. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包含至少二奈米晶體形式。
- 15 38. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包含融合、部分融合及／或燒結之奈米晶體。
39. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層中至少二鄰近奈米結構的核心係視需要地在至少部分電接觸點中，以及至少二鄰近奈米結構的外殼，或至少二額外的奈米結構，係視需要地在至少部分直接電接觸點中。
- 20 40. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包含至少二主動次層。

41. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包括至少二主動次層，該主動次層各自包含多數具有至少一種奈米晶體形式的多數奈米晶體。
- 5 42. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包括至少二主動次層，該至少二次層中之至少一種包含 n 型次層，以及該二次層中至少一種包含 p 型次層。
- 10 43. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包括至少二主動次層，該至少二次層中之至少一種包含 n 型次層，以及該二次層中至少一種包含 p 型次層，其中該光敏感性層包括界於該 p 型次層及該 n 型之層中之接合。
- 15 44. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包括至少一次層，其包括 p 及 n 奈米晶體的摻合物。
45. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，其中該裝置包含至少一第二光敏感性層。
- 20 46. 如申請專利範圍第 1 項之光電伏打裝置，進一步包含：
第三電極層；
第四電極層，以及
設置在第三及第四電極層之間的第二光敏感性層，該第二光敏感性層係視需要地設置在具有沿著第三平面之第三電極的至少部分電接觸點中，以及沿著第四平面之第四電極的至少部分電接觸點中，以及其

- 中該第二光敏感性層呈現第 II 型能帶差異能量分布，以及包含第二族群之奈米結構，其各自具有至少一延長部分，該延長部分之定位以與至少第三平面垂直為主，以及具有與第一族群的奈米結構不同的吸收光譜。第三電極層、第四電極層及第二光敏感性層係視需要地連接至第一電極層、第二電極層及第一光感性層，但與其電氣絕緣。
- 5
47. 一種光電伏打裝置，包含
- 第一電極層；
- 10 第二電極層；及
- 第一光敏感性層，其係放置在第一及第二電極層之間，該光敏感性層係放置在具有沿著第一平面之第一電極的至少部分電接觸點中，以及在具有沿著第二平面之第二電極的至少部分電接觸點中，其中光感性層包含第一無機材料及與第一無機材料不同的第二無機材料，以及該第一及第二無機材料呈現第 II
- 15 型能帶差異能量分布，以及其中該光感性層包括第一族群之奈米結構，該奈米結構包含第一無機材料、第二無機材料，或其組合。
- 20 48. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該奈米結構包含奈米晶體。
49. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該奈米結構包含奈米線。
50. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該奈

米結構包含：單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構或非晶形奈米結構。

51. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該第一無機材料為半導體以及其中該第二無機材料為半導體。
52. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該第一無機材料包含第一半導體，該第一半導體係由下述物質構成之組群中選出：第 II-VI 族、第 III-V 族或第 IV 族半導體或其合金，以及其中該第二無機材料包含不同於第一半導體之第二半導體，該第二半導體係由下述物質構成之組群中選出：第 II-VI 族、第 III-V 族或第 IV 族半導體或其合金。
53. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該第一族群之奈米結構包含奈米晶體，該奈米晶體包含第一半導體材料之核心及第二半導體材料之外殼，其中該第二半導體材料不同於第一半導體材料。
54. 如申請專利範圍第 53 項之光電伏打裝置，其中該核心包含 CdSe 及該外殼包含 CdTe。
55. 如申請專利範圍第 53 項之光電伏打裝置，其中該核心包含 InP 及該外殼包含 GaAs。
56. 如申請專利範圍第 53 項之光電伏打裝置，其中該奈米晶體係經融合、部分融合，及／或燒結。
57. 如申請專利範圍第 53 項之光電伏打裝置，其中至少二鄰近奈米晶體的核心係在至少部分電接觸點中，以

及其中至少二鄰近奈米結構的外殼，係在至少部分直接電接觸點中。

58. 如申請專利範圍第 53 項之光電伏打裝置，其中一或多奈米晶體之核心係與該第一電極或該第二電極至少部分直接電氣接觸。
59. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該第一族群之奈米結構包含含有第一無機材料的奈米晶體，以及其中該光敏感性層進一步包含第二族群之奈米晶體，其包含含有第二無機材料之奈米晶體。
- 10 60. 如申請專利範圍第 59 項之光電伏打裝置，其中第一無機材料包含 CdSe 及第二無機材料包含 CdTe，或第一無機材料包含 CdS 及第二無機材料包含 CdTe，或第一無機材料包含 CdS 及第二無機材料包含 ZnSe。
- 15 61. 如申請專利範圍第 59 項之光電伏打裝置，其中該鄰近奈米晶體係彼此至少部分直接電氣接觸。
62. 如申請專利範圍第 59 項之光電伏打裝置，其中該第一族群之奈米晶體及該第二族群之奈米晶體係在該光光敏感性層中相互混合。
- 20 63. 如申請專利範圍第 59 項之光電伏打裝置，其中該光敏感性層包至少一第一次層及至少一第二次層，其中該第一次層包含該第一族群之奈米晶體及該第二次層包含該第二族群之奈米晶體。
64. 如申請專利範圍第 59 項之光電伏打裝置，其中該第一及／或第二族群之奈米晶體係經融合、部分融合及

／或燒結。

65. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
5 敏感性層包含至少二主動次層。
66. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
5 敏感性層包括至少二主動次層，該主動次層各自包含
多數具有至少一種奈米晶體形式的多數奈米晶體。
67. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
10 敏感性層包括至少二主動次層，該至少二次層中之至
少一種包含 n 型次層，以及該二次層中至少一種包含
p 型次層。
68. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
15 敏感性層包括至少二主動次層，該至少二次層中之至
少一種包含 n 型次層，以及該二次層中至少一種包含
p 型次層，其中該光敏感性層包括界於該 p 型次層及
該 n 型之層中之接合。
69. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
20 敏感性層包括至少一次層，其包括 p 及 n 奈米晶體的
摻合物。
70. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
20 敏感性層進一步包含一導電性聚合物。
71. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
20 敏感性層實質上不含導電性聚合物。
72. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
20 敏感性層進一步包含一非導電性聚合物。

73. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該第一族群之奈米結構各自具有至少一延長部分，其定位主要與至少第一平面垂直。
- 5 74. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該奈米結構包含分支奈米晶體，其具有一以上的延長節段。
75. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該分支奈米晶體，包含連接至一共同頂點且以實質四角幾何形狀排列的四延長節段。
- 10 76. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，進一步包含設置在光敏感性層及第一或第二電極之間的一電洞或電子阻斷層。
- 15 77. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，進一步包含一電洞阻斷層，其設置在光敏感性層及第一電極之間，以及一電子阻斷層，其設置在光敏感性層及第二電極之間。
78. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該第一及第二電極中至少一者具可撓性。
- 20 79. 如申請專利範圍第 78 項之光電伏打裝置，其中該第一及第二電極及該光敏感性層具可撓性。
80. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該第一及第二電極中至少一者包含透明導電性層。
81. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該電極中至少一者包含鋁。

82. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
敏感性層是經完全密封。
83. 如申請專利範圍第 82 項之光電伏打裝置，該裝置除
了該第一及第二電極之外，包含至少一密封層。
- 5 84. 如申請專利範圍第 83 項之光電伏打裝置，其中該裝
置包含至少第一及第二密封層，該光敏感性層及第一
及第二電極係夾置在第一及第二密封層之間。
85. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該裝
置整體包含一非平面結構。
- 10 86. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該裝
置包含一凸形結構。
87. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該第
一電極層、該光敏感性層及該第二電極層係以纏繞結
構定位。
- 15 88. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該該
第一電極層、該光敏感性層及該第二電極層係以往復
堆疊結構定位。
89. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該光
敏感性層中之該族群之奈米結構包含至少二不同的
奈米晶體次族群，每一奈米晶體次族群具有一不同的
20 吸收光譜。
90. 如申請專利範圍第 89 項之光電伏打裝置，其中該不
同的奈米晶體次族群包含不同的組成物。
91. 如申請專利範圍第 89 項之光電伏打裝置，其中該不

同的奈米晶體次族群包含具有不同尺寸分布的奈米晶體。

92. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，其中該裝置包含至少一第二光敏感性層。
- 5 93. 如申請專利範圍第 47 項之光電伏打裝置，進一步包含：
- 第三電極層；
- 第四電極層，以及
- 設置在第三及第四電極層之間的第二光敏感性
- 10 層，該第二光敏感性層係視需要地設置在具有沿著第三平面之第三電極的至少部分電接觸點中，以及沿著第四平面之第四電極的至少部分電接觸點中，以及其中該第二光敏感性層呈現第 II 型能帶差異能量分布，以及包含第二族群之奈米結構，其各自具有至少
- 15 一延長部分，該延長部分之定位以與至少第三平面垂直為主，以及具有與第一族群的奈米結構不同的吸收光譜。第三電極層、第四電極層及第二光敏感性層係視需要地連接至第一電極層、第二電極層及第一光敏感性層，但與其電氣絕緣。
- 20 94. 一種組成物，包含第一族群之奈米結構及第二族群之奈米結構的組成物，其中該第一族群包含含有第一材料的奈米結構，以及該第二族群包含含有與第一材料不同之第二材料的奈米結構。
95. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該奈米結構

- 為奈米晶體。
96. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該奈米結構為奈米線。
97. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該奈米結構包含單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，或非晶形奈米結構。
98. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該奈米結構之第一材料為第一無機材料以及第二材料為第二無機材料。
99. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該第一材料包含第一半導體以及第二材料包含第二半導體。
100. 如申請專利範圍第 99 項之組成物，其中該第一材料包含一 n 型半導體以及第二材料包含 p 型半導體。
101. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該第一及第二材料可呈現第 II 型能帶差異能量分布。
102. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該第一及第二材料呈現第 I 型能帶差異能量分布。
103. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該鄰近的奈米結構係視需要地彼此至少部分電氣接觸。
104. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該第一族群之奈米結構及第二族群之奈米結構係互相混合。
105. 一種膜，其係由申請專利範圍第 94 項之組成物所形成。
106. 如申請專利範圍第 105 項之膜，其中該膜包含至少一

第一次層及一第二次層，其中該第一次層包括第一族群之奈米結構以及該第二次層包括第二族群之奈米結構。

- 5 107. 如申請專利範圍第 105 項之膜，其中該膜係設置在二電極層之間。
108. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其中該第一及／或第二族群之奈米結構係視需要地 融合、部分融合，及／或燒結。
109. 如申請專利範圍第 945 項之組成物，其進一步包含一
10 導電性聚合物。
110. 如申請專利範圍第 94 項之組成物，其進一步包含一導電性聚合物。
111. 如申請專利範圍第 945 項之組成物，其進一步包含一非導電性聚合物。
- 15 112. 一種製造光電伏打裝置之方法，包含下述步驟：
提供第一平面基板，於該平面基板上設置有第一導電性層；
利用呈現第 II 型能帶差異能量分布的光敏感性基質塗覆該第一平面基板，該光敏感性基質包括至少一
20 第一族群之延長半導體奈米結構，其包含縱軸，以提供光敏感性層；
定位該半導體奈米結構以致於其縱軸的定位以與第一平面基板垂直為主；以及
層合該第二導電性層至該光敏感性層上。

113. 如申請專利範圍第 112 項之製造光電伏打裝置之方法，其中該奈米結構為奈米晶體。
114. 如申請專利範圍第 112 項之製造光電伏打裝置之方法，其中該奈米結構為奈米線。
- 5 115. 如申請專利範圍第 112 項之製造光電伏打裝置之方法，其中該奈米結構包含單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，或非晶形奈米結構。
116. 如申請專利範圍第 112 項之製造光電伏打裝置之方法，進一步包含在利用光敏感性基質塗覆該第一基板
10 之前，在第一基板上施予一阻斷層。
117. 如申請專利範圍第 112 項之製造光電伏打裝置之方法，進一步包含在層合第二導電性層至光敏感性層之前，在該光敏感性層上施予阻斷層。
118. 如申請專利範圍第 112 項之製造光電伏打裝置之方法，進一步包含除了第一基板及第二導電性層之外，
15 將一或多層密封層施予在光電伏打裝置的相對表面上，藉此使一或多層密封層完全密封該光電伏打裝置。
119. 一種製造光電伏打裝置之方法，包含下述步驟：
20 提供第一平面基板，該基板上設置有第一導電性層；
利用一組成物塗覆第一基板，該組成物包含一奈米結構族群，以提供光敏感性層，該奈米結構包含第一材料之核心以及與第一材料不同之第二材料的外

殼；

融合、部分融合，及／或燒結該奈米結構；以及
層合第二導電性層至該光敏感性層。

- 5 120. 如申請專利範圍第 119 項之製造光電伏打裝置之方法，其中該奈米結構包括奈米晶體。
121. 如申請專利範圍第 119 項之製造光電伏打裝置之方法，其中該奈米結構包括奈米線。
- 10 122. 如申請專利範圍第 119 項之製造光電伏打裝置之方法，其中該奈米結構包括單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。
123. 如申請專利範圍第 119 項之製造光電伏打裝置之方法，其中該第一材料為第一無機材料以及第二材料為第二無機材料。
- 15 124. 如申請專利範圍第 119 項之製造光電伏打裝置之方法，其中該第一材料包括第一半導體及第二材料包括第二半導體。
125. 如申請專利範圍第 119 項之製造光電伏打裝置之方法，進一步包含在利用組成物塗覆第一基板之前，施予一阻斷層在該第一基板上。
- 20 126. 如申請專利範圍第 119 項之製造光電伏打裝置之方法，進一步包含在層合第二導電性層至該光敏感性層上之前，在光敏感性層上施予一阻斷層。
127. 如申請專利範圍第 119 項之製造光電伏打裝置之方法，進一步包含將一或多層密封層施予至光電伏打裝

置的相對表面上，藉此使一或多層密封層完全密封此光電伏打裝置。

- 5 128. 一種製造層狀裝置之方法，該裝置包含第一族群之奈米結構以及第二族群之奈米結構，該第一族群包括包含第一材料之奈米結構，以及第二族群包含含有不同於第一材料之第二材料的奈米結構，該方法包括下述步驟：

提供第一基板，以及

- 10 利用包含第一族群之奈米結構的組成物塗覆第一基板，以提供第一層。

129. 如申請專利範圍第 128 項之製造層狀裝置之方法，其中該第一及／或第二族群之奈米結構包含奈米晶體。

130. 如申請專利範圍第 128 項之製造層狀裝置之方法，其中該第一及／或第二族群之奈米結構包含奈米線。

- 15 131. 如申請專利範圍第 128 項之製造層狀裝置之方法，其中該第一及／或第二族群之奈米結構包含單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。

20 132. 如申請專利範圍第 128 項之製造層狀裝置之方法，其中該第一材料為第一無機材料以及第二材料為第二無機材料。

133. 如申請專利範圍第 128 項之製造層狀裝置之方法，其中利用一組成物塗覆第一基板，該組成物包含第一族群之奈米結構，該組成物包含第一及第二族群之奈米

- 結構的混合物的組成物，以提供第一層，其中第一及第二族群的奈米結構係互相混合。
- 5 134. 如申請專利範圍第 128 項之製造層狀裝置之方法，進一步包含利用一組成物塗覆第一基板，該組成物包含第二族群之奈米結構，以提供第二層。
135. 如申請專利範圍第 128 項之製造層狀裝置之方法，其中第二族群之奈米結構係設置在第一基板上。
136. 如申請專利範圍第 128 項之製造層狀裝置之方法，其中該第一基板為平面。
- 10 137. 如申請專利範圍第 136 項之製造層狀裝置之方法，其中第一導電性層係設置在第一平面基板上。
138. 如申請專利範圍第 137 項之製造層狀裝置之方法，其中阻斷層係在利用包含第一族群之奈米結構的組成物塗覆第一基板之前，施予至第一基板上。
- 15 139. 如申請專利範圍第 136 項之製造層狀裝置之方法，其中第二導電性層係設置在第一平面基板上。
140. 如申請專利範圍第 139 項之製造層狀裝置之方法，其中阻斷層可在層合第二導電性層至第一層之前，施予至第一層之上。
- 20 141. 如申請專利範圍第 139 項之製造層狀裝置之方法，進一步包含將一或多層密封層施予至此裝置的相對表面上，藉此使一或多層密封層完全密封此裝置。
142. 一種用於製造光電伏打裝置之系統，包含：
具有第一導電性表面之第一基板層的來源；

用於輸送第一基板層之輸送系統；

一光敏感性基質的來源，可流動地耦合至層沈積系統，此層沈積系統係至少部分位在基板輸送系統上，以提供一光敏感性基質層在第一基板層上；以及

5 將一第二導電性材料之來源耦合至位在該基板輸送系統上的該層沈積系統，以供沈積一第二導電性表面材料層在一光敏感性基質上，該光敏感性基質係沈積在該第一基板層上。

10 143. 如申請專利範圍第 142 項之用於製造光電伏打裝置之系統，其中該第一基板材料之來源包括第一基板材料的軋製板材。

15 144. 如申請專利範圍第 142 項之用於製造光電伏打裝置之系統，其中該第一基板材料的來源包括第一導電性材料的來源以及用於沈積第一導電性材料在第一基板材料上的沈積系統，以提供第一導電性表面。

20 145. 如申請專利範圍第 142 項之用於製造光電伏打裝置之系統，其中層沈積系統可包括例如刮刀 (doctor-blade)、絲網印刷系統、噴墨印刷系統、浸沾式塗覆系統、完全塗覆 (sheer coating) 系統、刮刀鑄塑系統、薄膜鑄塑系統，或其組合。

146. 一種用於製造層狀裝置的系統，該裝置包含第一族群之奈米結構以及第二族群之奈米結構，該第一族群包含含有第一材料之奈米結構，以及第二族群包含含有與第一材料不同之第二材料的奈米結構，該此系統包

含：

第一基板層的來源；

用於輸送第一基板層的輸送系統；以及

5 流動地耦合至層沈積系統之包含第一及第二族群之奈米結構的組成物的來源，該層沈積系統係至少部分設置在基板輸送系統上，以提供第一及第二族群之奈米結構係在第一基板層上互相混合的一層。

147. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該奈米結構包括奈米晶體。

10 148. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該奈米結構包括奈米線。

149. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該奈米結構包括單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。

15 150. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該第一材料為第一無機材料及第二材料為第二無機材料。

151. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該第一基板層具有第一導電性表面。

20 152. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該系統包括耦合至層沈積系統的第二導電性材料的來源，其係定位在基板輸送系統上以供沈積一第二導電性材料層在互相混合奈米結構層上，該互相混合奈米結構係沈積在第一基板層上。

153. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該第一基板材料的來源包括第一基板材料的軋製板材。
- 5 154. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該第一基板材料之來源進一步地包括第一導電性材料的來源，以及用於將第一導電性材料沈積在第一基板材料上的沈積系統，以提供第一導電性表面。
- 10 155. 如申請專利範圍第 146 項之用於製造層狀裝置之系統，其中層沈積系統可包括例如刮刀 (doctor-blade)、絲網印刷系統、噴墨印刷系統、浸沾式塗覆系統、完全塗覆 (sheer coating) 系統、刮刀鑄塑系統、薄膜鑄塑系統，或其組合。
- 15 156. 一種用於製造層狀裝置的系統，該裝置包含第一族群之奈米結構及第二族群之奈米結構，該第一族群包含含有第一材料之奈米結構，以及該第二族群包含含有不同於第一材料之第二材料的奈米結構，該系統包含：
- 20 第一基板層之來源；
用於輸送第一基板層的輸送系統；
第一組成物之來源，該第一組成物包含第一族群之奈米結構，其流動地耦合至一層沈積系統，該層沈積系統係至少部分設置在該基板輸送系統上，以提供第一層；以及

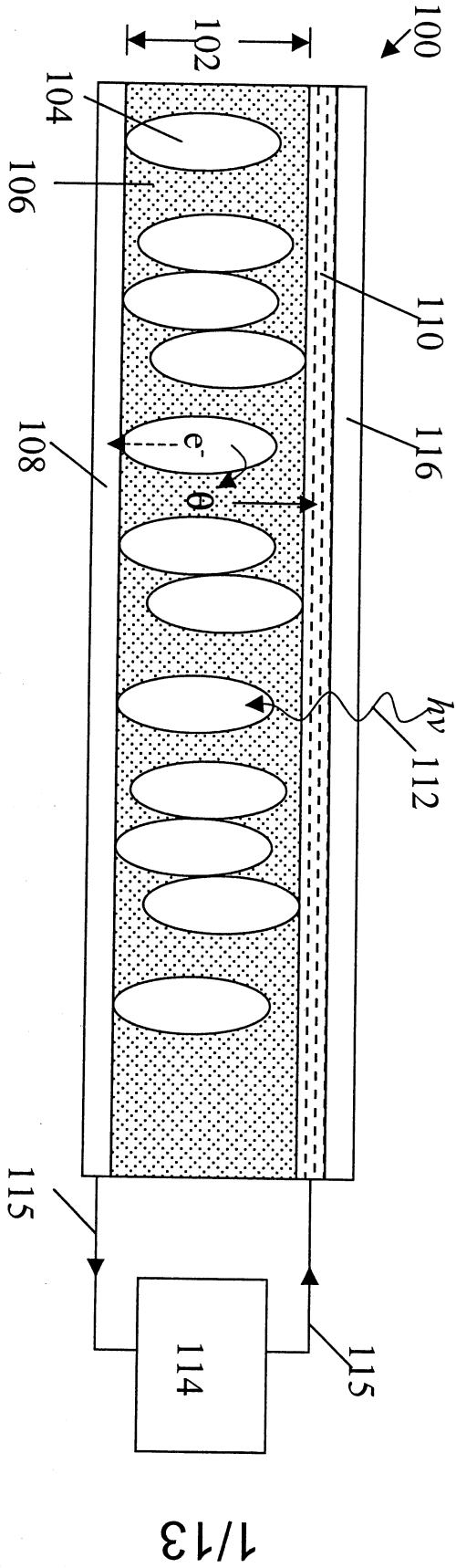
第二組成物之來源，該第二組成物包含第二族群之奈米結構，其流動地耦合至該層沈積系統，該層沈積系統係至少部分設置在該基板輸送系統上，以提供第二層。

- 5 157. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該奈米結構包括奈米晶體。
158. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該奈米結構包括奈米線。
159. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系
10 統，其中該奈米結構包括單晶奈米結構、雙晶奈米結構、多晶奈米結構，及／或非晶形奈米結構。
160. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該第一材料為第一無機材料及第二材料為第二無機材料。
- 15 161. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該第一基板層具有第一導電性表面。
162. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該系統包括耦合至層沈積系統的第二導電性材料的來源，其係定位在基板輸送系統上以供沈積一
20 第二導電性材料層在該第一或第二層上。
163. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系統，其中該第一基板材料的來源包括第一基板材料的軋製板材。
164. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系

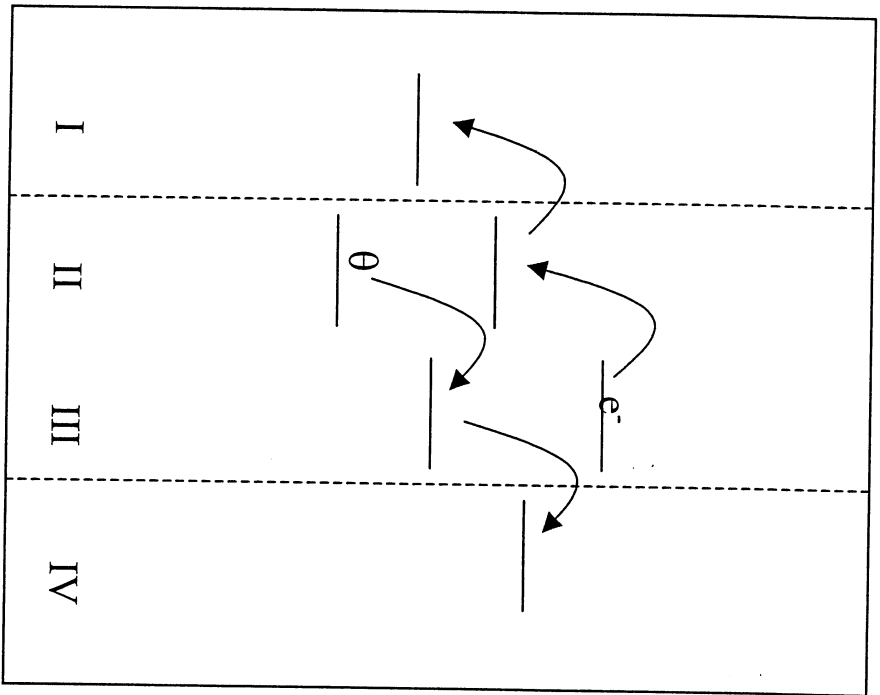
統，其中該第一基板材料之來源進一步地包括第一導電性材料的來源，以及用於將第一導電性材料沈積在第一基板材料上的沈積系統，以提供第一導電性表面。

- 5 165. 如申請專利範圍第 156 項之用於製造層狀裝置的系統，其中層沈積系統可包括例如刮刀 (doctor-blade)、絲網印刷系統、噴墨印刷系統、浸沾式塗覆系統、完全塗覆 (sheer coating) 系統、刮刀鑄塑系統、薄膜鑄塑系統，或其組合。

92124456

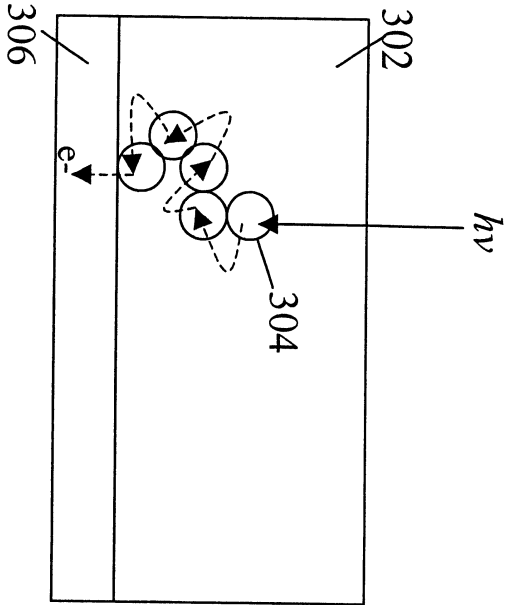


第 1 圖

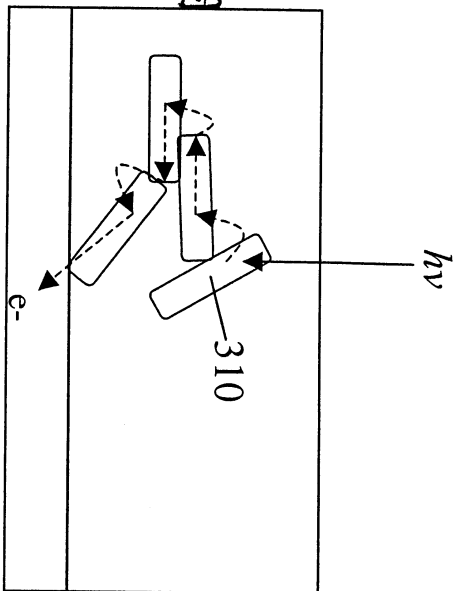


第 2 圖

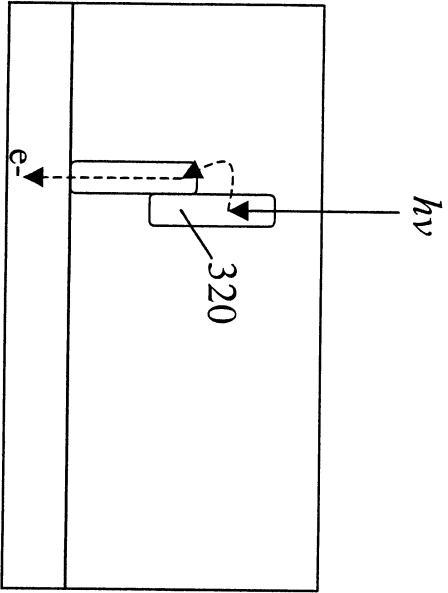
第 3A 圖



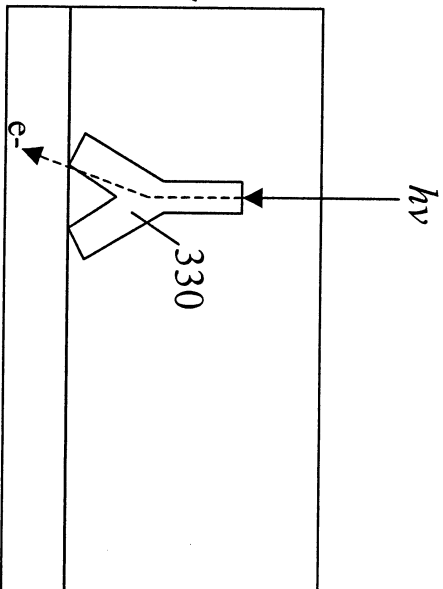
第 3B 圖

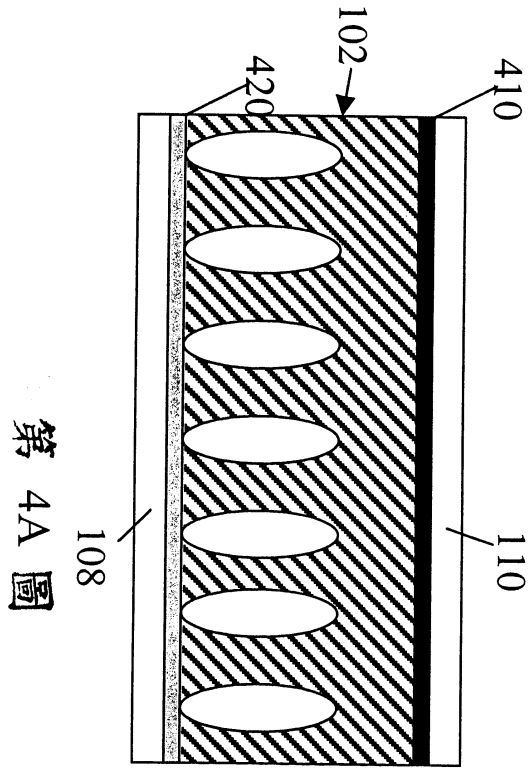


第 3C 圖

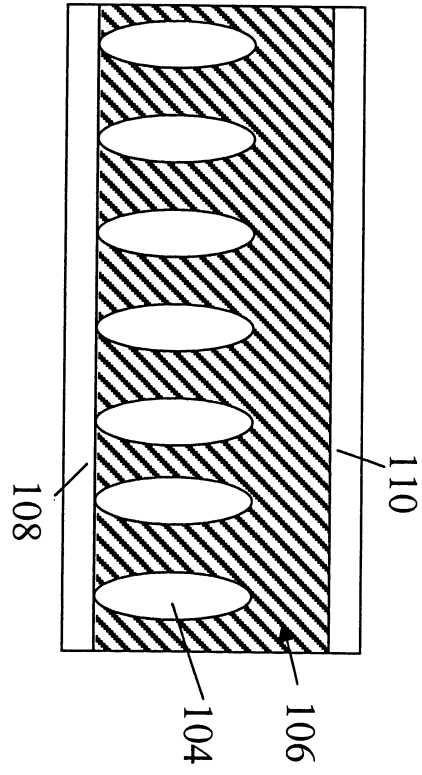


第 3D 圖

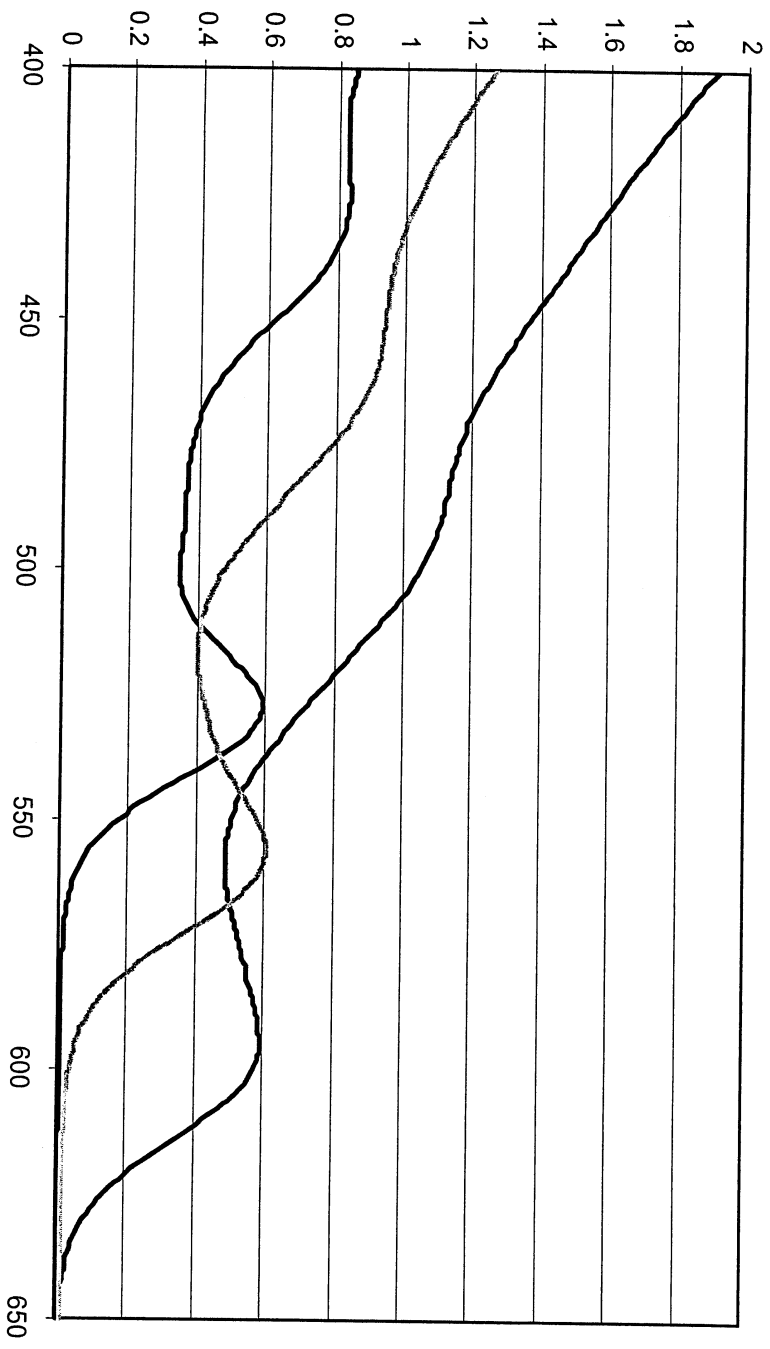




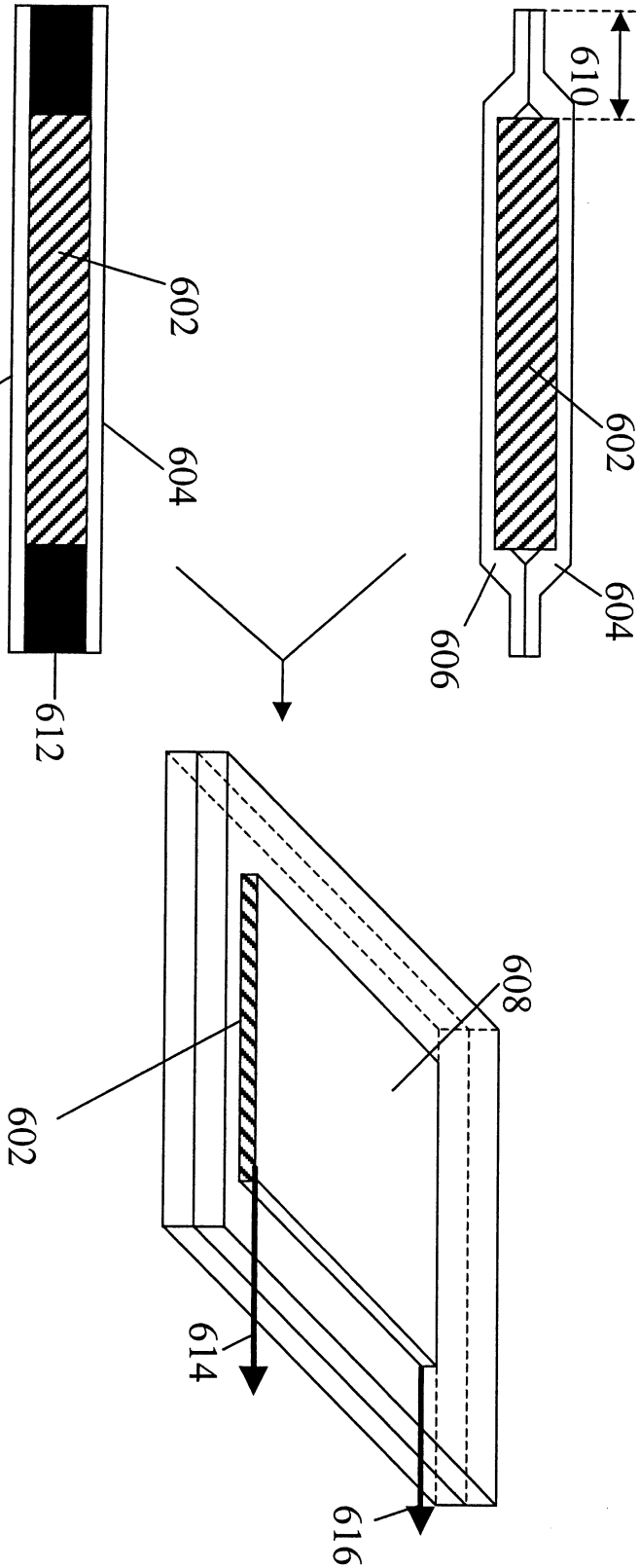
第 4A 圖



第 4B 圖

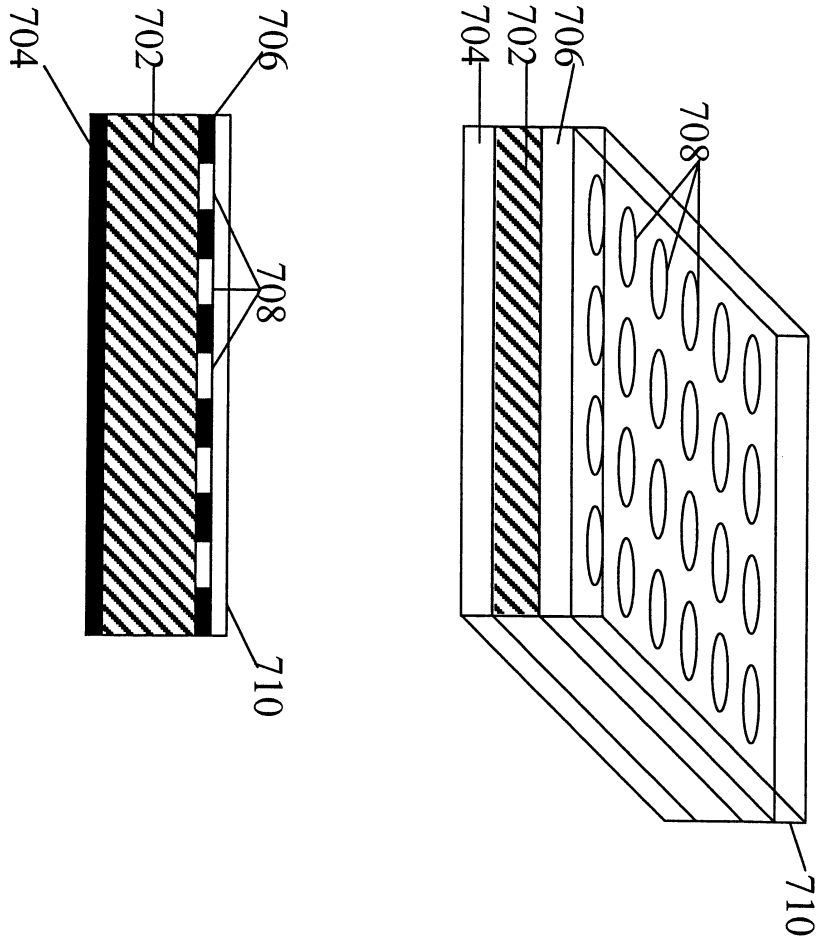


第 5 圖

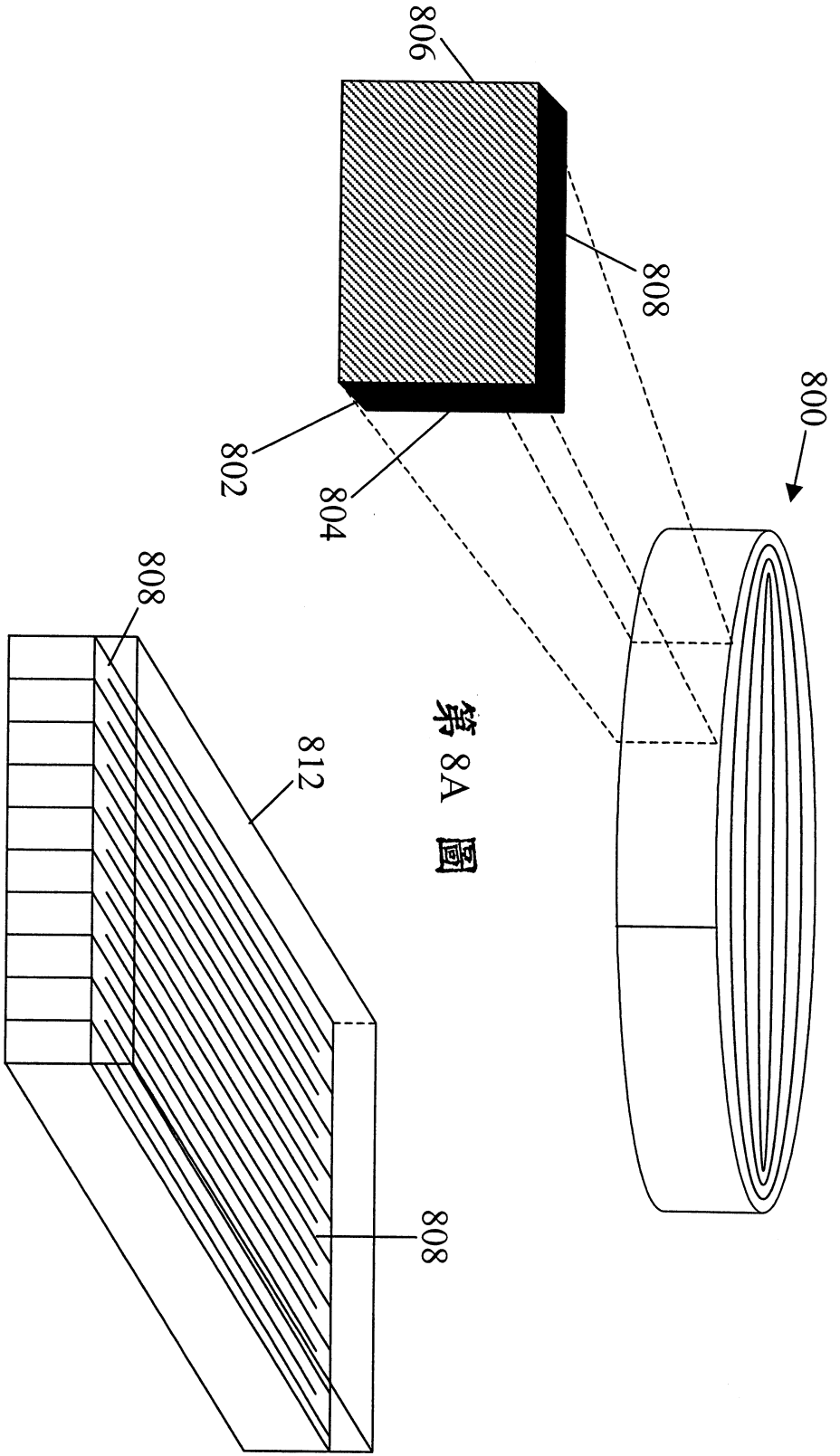


6/13

第 6 圖

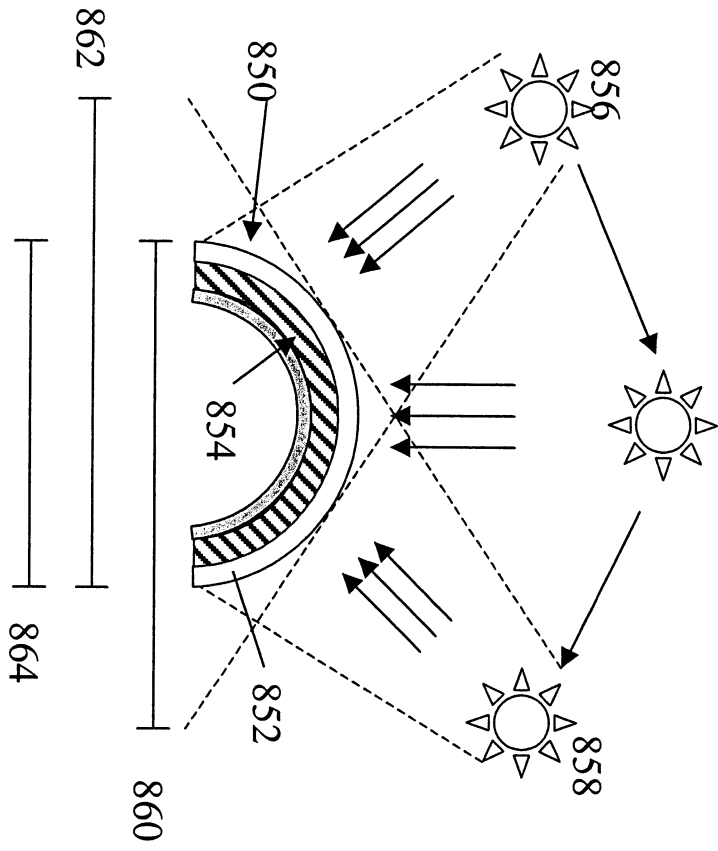


第 7 圖

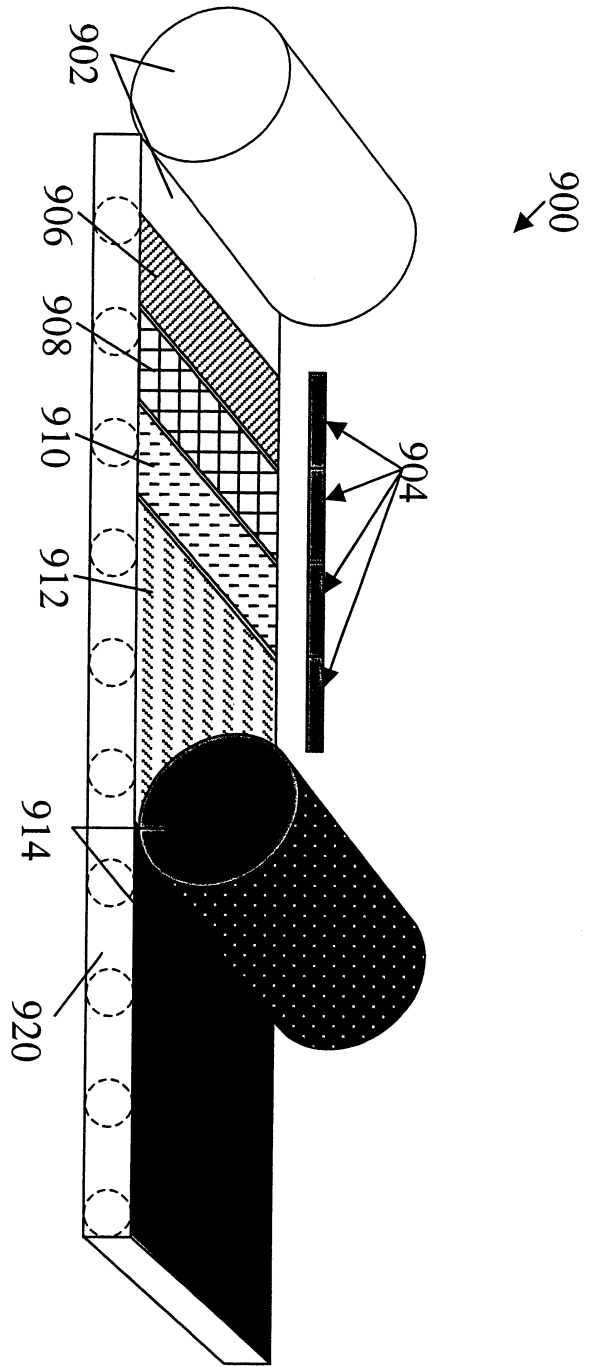


第 8A 圖

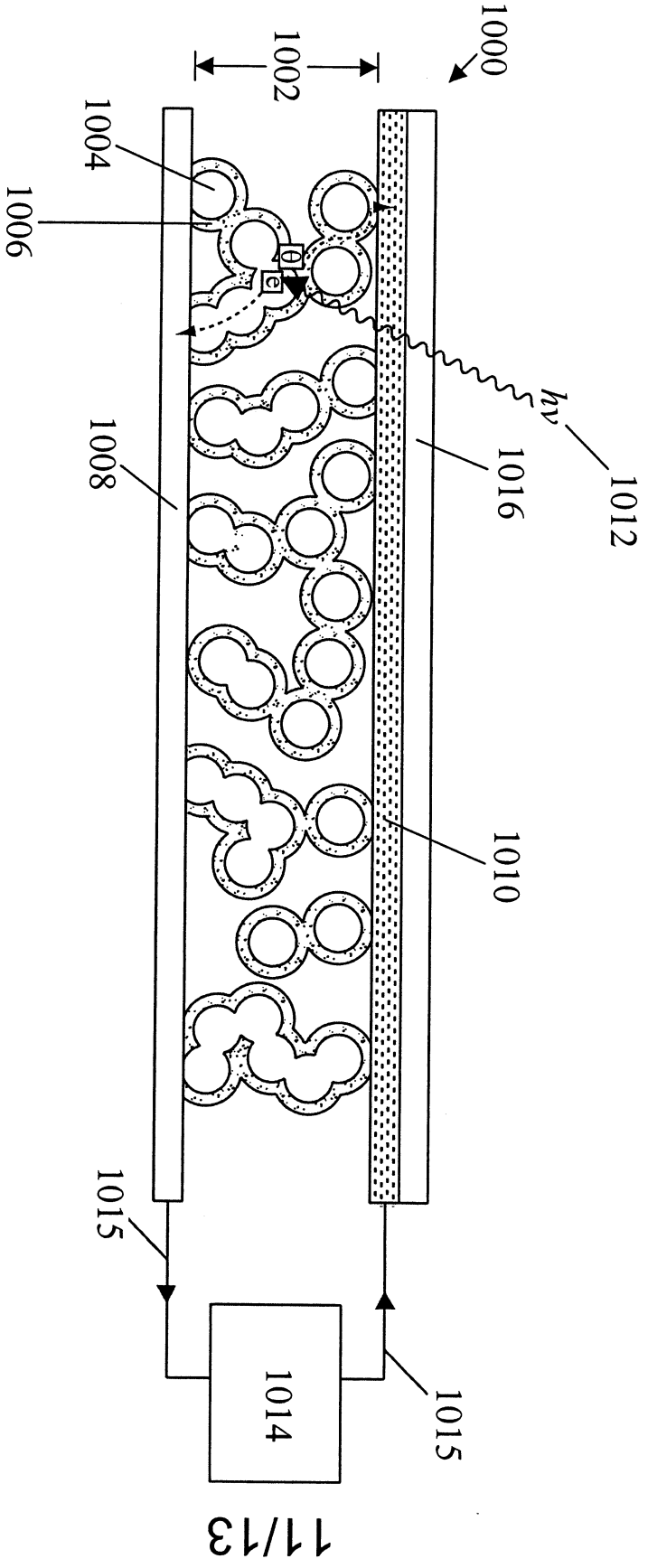
第 8B 圖



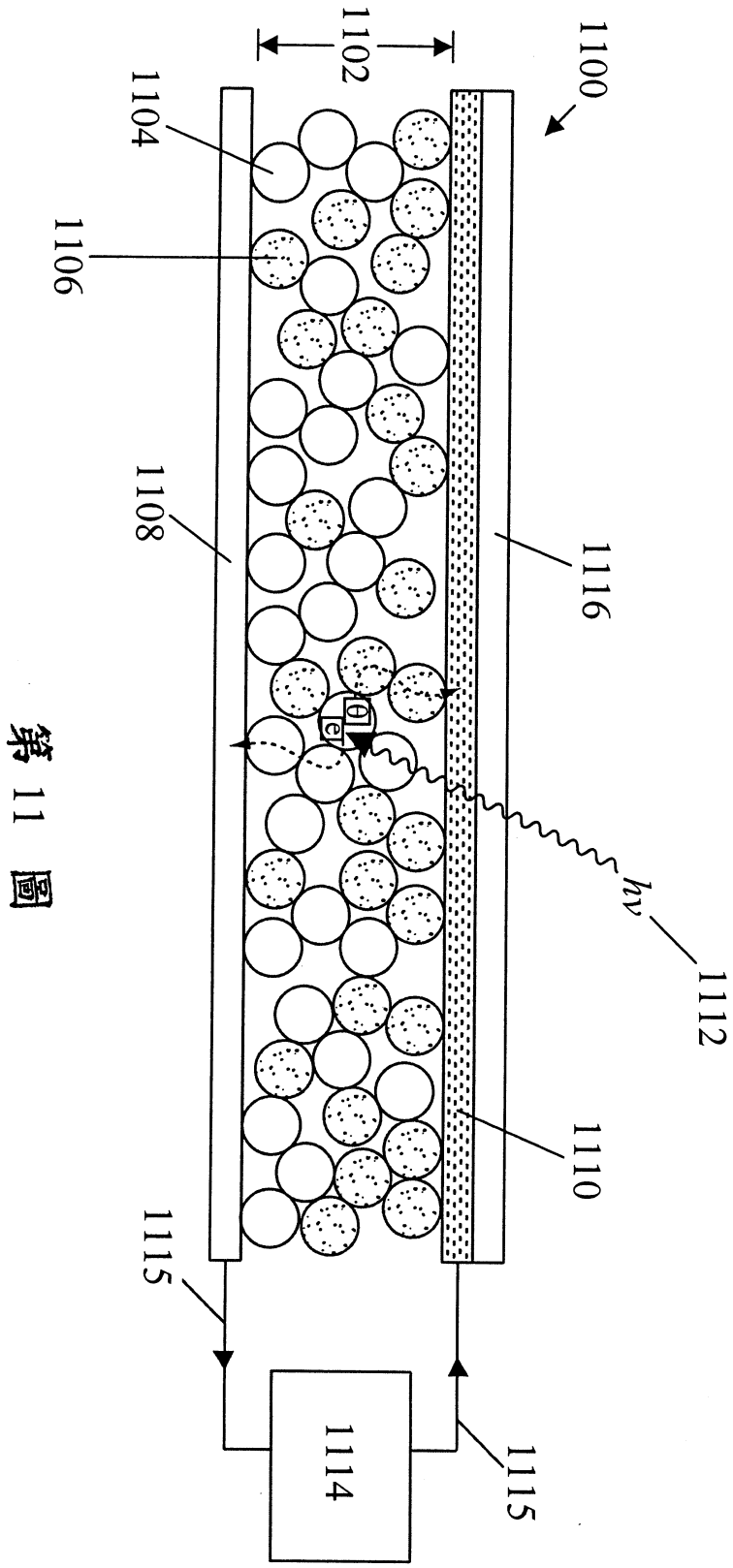
第 8C 圖



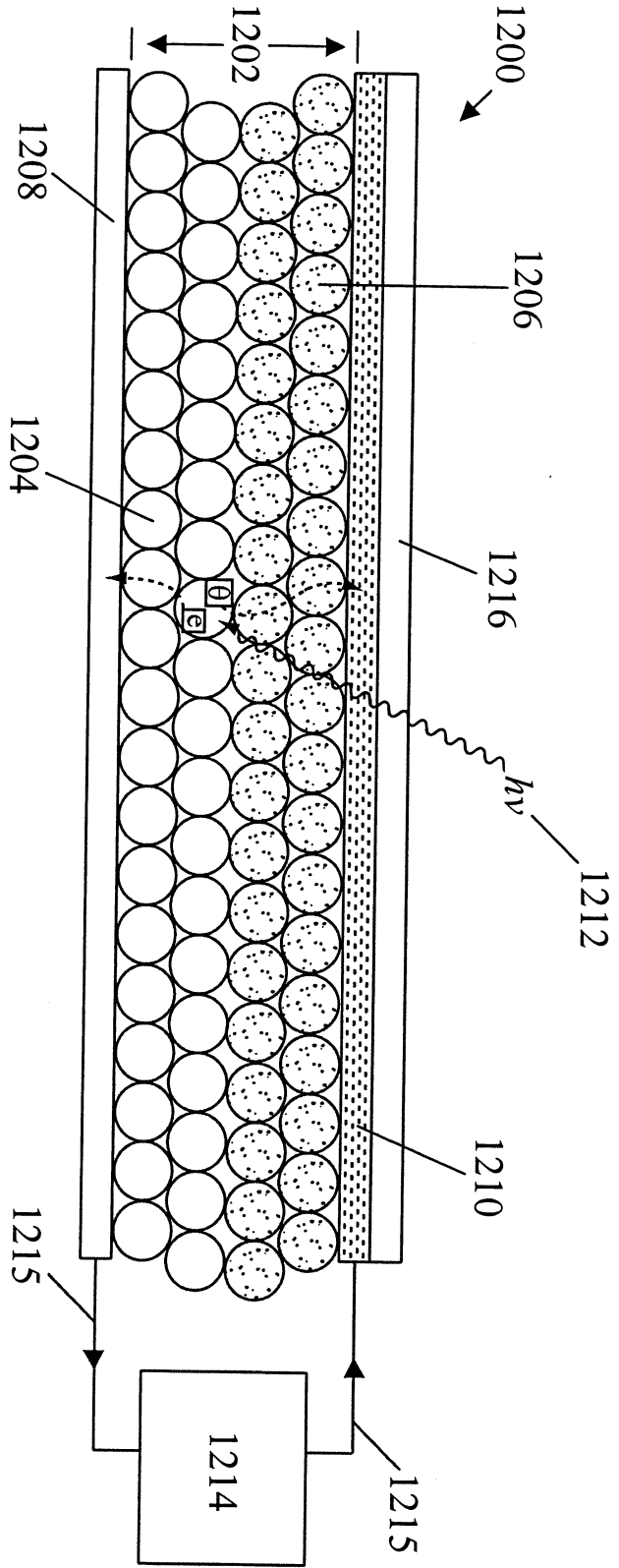
第 9 圖



第 10 圖



第 11 圖



第12圖

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 1 ）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 100 裝置結構
- 102 主動層
- 104 奈米晶體元件
- 106 聚合物元件
- 108 第一電極
- 110 第二電極
- 112 箭頭
- 114 負載/裝置
- 115 箭頭
- 116 基板

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無