



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I555799 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：100136124 (22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 10 月 05 日

(51)Int. Cl. : C09D1/00 (2006.01) G02B1/10 (2015.01)
H01L31/0216(2014.01) H01L31/042 (2014.01)

(30)優先權：2010/10/06 美國 61/390,501

(71)申請人：3M新設資產公司(美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US)
美國

(72)發明人：布朗 凱瑟琳 安 BROWN, KATHERINE ANN (US)；景 乃勇 JING, NAIYONG
(US)；赫布林克 提摩西 約翰 HEBRINK, TIMOTHY JOHN (US)；陳 定遠
CHEN, DANIEL TING-YUAN (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：
TW I291902 TW 200941509A

審查人員：陳溼安

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：0 共 30 頁

(54)名稱

用於太陽能系統之光學元件之塗層

COATINGS FOR OPTICAL COMPONENTS OF SOLAR ENERGY SYSTEMS

(57)摘要

本申請案係關於於太陽能轉化系統之光學組件之表面提供塗層之方法。該方法包括使該光學組件之該表面與包括水及分散於該水中之二氧化矽奈米顆粒之水性塗層組合物接觸，及乾燥該塗層組合物以形成奈米顆粒塗層。該塗層組合物具有 5 或更高之組合物 pH。該塗層組合物包括水性連續液相；二氧化矽奈米顆粒，其具有 150 奈米或更小之體積平均顆粒直徑且分散於該水性連續液相中；及有機聚合物黏合劑。

The present application is directed to a method of providing a coating to a surface of an optical element of a solar energy conversion system. The method comprises contacting the surface of the optical element with an aqueous coating composition comprising water and silica nanoparticles dispersed in the water, and drying the coating composition to form a nanoparticle coating. The coating composition has a pH of the composition of 5 or higher. The coating composition comprises an aqueous continuous liquid phase; silica nanoparticles having a volume average particle diameter of 150 nanometers or less dispersed in the aqueous continuous liquid phase; and an organic polymer binder.

公告本

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：100136124

※ 申請日：100.10.5

※IPC 分類：G02B 1/00 (2006.01)

COPD 1/00 (2006.01)

H01L 31/0216 (2006.01)

31/042 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於太陽能系統之光學元件之塗層

COATINGS FOR OPTICAL COMPONENTS OF SOLAR ENERGY SYSTEMS

二、中文發明摘要：

本申請案係關於於太陽能轉化系統之光學組件之表面提供塗層之方法。該方法包括使該光學組件之該表面與包括水及分散於該水中之二氧化矽奈米顆粒之水性塗層組合物接觸，及乾燥該塗層組合物以形成奈米顆粒塗層。該塗層組合物具有5或更高之組合物pH。該塗層組合物包括水性連續液相；二氧化矽奈米顆粒，其具有150奈米或更小之體積平均顆粒直徑且分散於該水性連續液相中；及有機聚合物黏合劑。

三、英文發明摘要：

The present application is directed to a method of providing a coating to a surface of an optical element of a solar energy conversion system. The method comprises contacting the surface of the optical element with an aqueous coating composition comprising water and silica nanoparticles dispersed in the water, and drying the coating composition to form a nanoparticle coating. The coating composition has a pH of the composition of 5 or higher. The coating composition comprises an aqueous continuous liquid phase; silica nanoparticles having a volume average particle diameter of 150 nanometers or less dispersed in the aqueous continuous liquid phase; and an organic polymer binder.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：(無)

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

概言之，本揭示內容係關於使用可用於塗覆基板之組合物之太陽能系統。

【先前技術】

人們已研發出許多利用太陽能轉化系統之系統來將日光轉化成電。一些該等系統(通常稱作聚集型光伏(Concentrated Photovoltaic)(CPV)系統)依賴透鏡或一或多個鏡將日光引導或聚集至光伏(PV)元件(電池)上，該元件將光直接轉化成電。其他系統(通常稱作聚集型太陽能(Concentrating Solar Power)(CSP)系統)依賴於將聚集之日光轉化成熱，且隨後利用該熱來生成電。

通常，系統可經設計用於諸如辦公建築或大型零售商店等商業建築上，或用作公用事業規模之系統。針對此多樣化應用，已研發出多種太陽能系統設計。儘管太陽能系統設計具有巨大差異，但其均需要以盡可能低之安裝成本供電。且其均包括至少一種太陽光學元件，其必須以特定方式引導或聚集日光。

將許多太陽能系統有利地安裝於炎熱乾燥氣候中，且特定而言，安裝於荒地中。然而，在荒地地區中之常見問題係灰塵在太陽能系統之光學元件之暴露表面上之累積，其會導致光學性能降低。通常，經過一段時間，由太陽能系統產生之電隨灰塵累積而減少，從而導致相對於最初安裝的清潔系統損失5%至40%。因此，業內需要提供在荒地灰

塵存在下維持光學性能之太陽光學元件。

人們已做出許多努力來研發可施加至基板上以提供有益保護層之組合物，該保護層具有合意性質，例如易清潔性、防污性及持久性能中之一或多者。所研發之許多用於此等應用之組合物依賴於可能存在環境問題及/或涉及複雜施加方法之材料(例如，揮發性有機溶劑)。此外，與儲放壽命過短相關之問題持續困擾著此等組合物之產品研發者。

因此，對於許多產品，通常在期望性能屬性、材料之環境友善性、令人滿意之儲放壽命與相對不熟練使用者之易用性之間對屬性進行折中。

業內仍需要儲放穩定的環境友善性組合物，該等組合物可塗覆於基板(例如，太陽光學元件)上以針對灰塵累積提供持久保護，尤其需要其具有對相對不熟練使用者之易操作性。

【發明內容】

本申請案係關於向太陽能轉化系統之光學組件之表面提供塗層之方法。該方法包括使該光學組件之該表面與包括水及分散於該水中之二氧化矽奈米顆粒之水性塗層組合物接觸，及乾燥該塗層組合物以形成奈米顆粒塗層。該塗層組合物具有5或更高之組合物pH。該塗層組合物包括水性連續液相；二氧化矽奈米顆粒，其具有150奈米或更小之體積平均顆粒直徑且分散於該水性連續液相中；及有機聚合物黏合劑。

【實施方式】

人們已研發出許多系統來將日光轉化成電，該等系統亦稱為太陽能轉化系統。一些CPV系統依賴透鏡或一或多個鏡將日光引導或聚集至光伏(PV)元件上，該元件將光直接轉化成電。CSP系統依賴於將聚集之日光轉化成熱，且隨後利用該熱來生成電。所有該等系統皆必須與其他傳統電來源(例如在燃煤工廠產生之電)競爭且因此持續不斷地需要降低太陽能系統之成本及/或提高其效率從而降低用該等系統產生電之成本之方法。

通常，系統可經設計用於諸如辦公建築或大型零售商店等商業建築上，或用作公用事業規模之系統。針對此多樣化應用，已研發出多種太陽能系統設計。人們亦已研發出系統以自單一設備產生熱(例如，熱水)及電二者。

儘管太陽能系統設計具有巨大多樣性，但其均需要以盡可能低之安裝成本供電。所有太陽能轉化系統皆包括至少一種引導或聚集日光之太陽光學元件。光學組件包含(例如)玻璃鏡、聚合物鏡、光學膜及透鏡，該等透鏡包含菲涅爾透鏡(Fresnel lens)。玻璃鏡可包括玻璃層及金屬層。聚合物鏡可包括一或多個包括一或多個有機層之膜且可視需要包括金屬層。舉例而言，鏡可包括在一表面上包括銀層之PMMA膜。對於另一實例，鏡可包括光學層堆疊。在另一實施中，光學層堆疊可與金屬層組合，例如，如WO 2010/078105中所述。具體實例包含彼等由Alanod-Solar GmbH & Co., Germany製造之以商品名MIRO-SUN銷售之

反射產品。

通常，CPV太陽能轉化系統將包括複數個鏡或透鏡以將日光引導或聚集至複數個組合形成更大單元之PV電池上。光學組件藉由提供將日光遞送至較小面積光伏電池之方式來進行輔助。鏡可經定位以將日光反射至光伏電池之表面上，從而通常提供在光伏電池表面面積至少兩倍大的面積上捕獲日光之方式。或者，線性或徑向菲涅爾透鏡可在顯著大於(例如，至少十倍)PV電池面積的面積上捕獲日光且將此光聚焦於PV電池表面上。

太陽能轉化系統之另一實例係CSP系統，其中大型鏡將日光聚集至用於驅動蒸汽渦輪機以生成電之熱傳遞流體上。此等系統亦可提供經由儲存熱流體來儲存熱能之方式，其係有利的，此乃因在太陽不照射系統時(例如，在夜裏)可使用熱流體。典型系統設計包含諸如凹鏡、拋物面槽式鏡及一或多個平面鏡等光學組件以在大面積上捕獲日光且以至少10倍將其聚集至將日光轉化成熱之器件上。

在CVP及尤其CSP系統中，可使用具有高鏡面反射或半球反射之鏡。透鏡及鏡可具有其他光學性質，例如透射、吸收或反射一定波長範圍內之光的能力。較佳地可提供組合若干種光學性質之太陽光學元件，例如太陽光學膜元件，其至少反射大部分橫越對應於PV電池之吸收帶寬之波長範圍之普遍光且不反射大部分在PV電池之吸收帶寬以外之光。適宜太陽光學膜元件之實例闡述於US2009283133及US2009283144中。

許多太陽能設備位於因緯度及氣候條件(例如，通常雲量極少之氣候)之組合而具有較高太陽輻照度之地區。另外，位於炎熱氣候中之大型商業建築通常在一天中最熱之時間中對電的需求最大，以給空調單元供電，且電需求尖峰時間接近太陽輻照度尖峰時間。此外，公用事業規模之太陽能設備需要大量土地。因此，將許多太陽能系統有利地安裝於炎熱乾燥氣候中，且特定而言，安裝於荒地中。

荒地地區中之常見問題係灰塵在太陽能系統之光學元件之暴露表面上之累積。空氣傳播之荒地灰塵通常實質上包括直徑不大於100微米之顆粒，且通常實質上包括直徑不大於50微米之顆粒。灰塵通常因引起入射光散射而非由太陽光學元件將入射光聚集或反射至既定太陽能轉化器件上而降低光學性能。由於遞送至太陽能轉化器件之光較少，因此由系統產生之電亦有所減少。通常，經過一段時間，由太陽能系統產生之電隨灰塵累積而減少，從而導致相對於最初安裝的清潔系統損失5%至40%。隨著設備之設計輸出增加，因灰塵而產生之損失愈來愈不可接受。對於最大設備，操作者可能會被迫通常藉由需要使用水之方法清潔其光學表面。在大部分荒地地區，水昂貴且缺乏。因此，業內需要提供在荒地灰塵存在下維持光學性能之太陽光學元件。

可於太陽光學元件之多個暴露表面施加塗層。在一些實施例中，可將塗層現場施加至安裝於現有太陽能轉化系統中之光學組件上。

一塗層包括水性連續液相、及分散之二氧化矽奈米顆粒。出於本申請案之目的，奈米顆粒係體積顆粒平均直徑小於150 nm之顆粒。

水性連續液相包括至少5重量%之水；例如，水性連續液相可包括至少50重量%、60重量%、70重量%、80重量%或90重量%或更多水。儘管水性連續液相可基本上不含(亦即，基於水性連續液相之總重量含有小於0.1重量%)有機溶劑、尤其揮發性有機溶劑，但若需要則可視需要包含少量有機溶劑。若存在有機溶劑，則其通常應係水可混溶的，或至少可在水中溶解其所用之量，但此並非必要條件。有機溶劑之實例包含丙酮及較低分子量之醚及/或醇，例如甲醇、乙醇、異丙醇、正丙醇、甘油、乙二醇、三乙二醇、丙二醇、乙二醇單甲基醚或乙二醇單乙基醚、二乙二醇或二丙二醇甲基或乙基醚、乙二醇或丙二醇二甲基醚，及三乙二醇或三丙二醇單甲基或單乙基醚、正丁醇、異丁醇、第二丁醇、第三丁醇及乙酸甲酯。

二氧化矽奈米顆粒係標稱球形顆粒、或細長顆粒、或標稱球形與細長二氧化矽奈米顆粒之摻合物。在其他實施例中，二氧化矽奈米顆粒係標稱球形顆粒之鏈、細長顆粒之鏈或標稱球形及細長顆粒之鏈。亦可存在鏈及個別奈米顆粒之摻合物。

分散之二氧化矽奈米顆粒通常具有150奈米或更小之體積平均顆粒直徑。舉例而言，二氧化矽顆粒之體積平均顆粒直徑(亦即， D_{50})可為60奈米(nm)或更小。在一些實施例

中，無孔球形二氧化矽顆粒之體積平均顆粒直徑係在1 nm至60 nm範圍內，例如在2 nm至20 nm範圍內，且在具體實施例中在2 nm至10 nm範圍內。二氧化矽顆粒可具有與大於60 nm之體積平均顆粒直徑一致之任一粒徑分佈；例如，粒徑分佈可係單模態、雙模態或多模態。

塗層組合物包括有機聚合物黏合劑。舉例而言，塗層組合物可包括聚合物乳膠，例如脂肪族聚胺基甲酸酯。在另一實例中，塗層組合物可包括丙烯酸及丙烯醯胺之水溶性共聚物、或其鹽。二氧化矽顆粒與聚合物黏合劑之重量比率通常為至少1:1，且在具體實例中其介於4:1至9:1之間。

塗層組合物之pH為5或更高。在一些實施例中，pH為7或更高。

在水性介質中之無孔球形二氧化矽顆粒(溶膠)為業內所熟知且可自市場購得；例如，以存於水中或水性醇溶液中之二氧化矽溶膠之形式以商標LUDOX自E. I. du Pont de Nemours and Co.(Wilmington, DE)購得、以NYACOL自Nyacol公司(Ashland, MA)購得或以NALCO自Nalco Chemical公司(Naperville, IL)購得。一種體積平均粒徑為5 nm、pH為10.5且標稱固體含量為15重量%之可用二氧化矽溶膠係以NALCO 2326自Nalco Chemical公司購得。其他市售可用二氧化矽溶膠包含彼等以NALCO 1115及NALCO 1130自Nalco Chemical公司購得者、以REMASOL SP30自Remet公司(Utica, NY)購得者及以LUDOX SM自E. I. du Pont de Nemours and Co.購得者。

非球形膠質二氧化矽顆粒可具有5 nm至25 nm之均勻厚度、40 nm至500 nm之長度 D_1 (如藉由動態光散射方法所量測)及5至30之伸長度 D_1/D_2 ，其中 D_2 意指藉由方程 $D_2=2720/S$ 所計算之以nm表示之直徑且 S 意指以 m^2/g 表示之顆粒比表面積，如以引用方式併入本文中之美國專利第5,221,497號之說明書中所揭示。

U.S. 5,221,497揭示藉由以下方式製造針狀二氧化矽奈米顆粒之方法：以基於CaO、MgO或兩者相對於二氧化矽為0.15 wt.%至1.00 wt.%之量將水溶性鈣鹽、鎂鹽或其混合物添加至平均顆粒直徑為3 nm至30 nm之活性矽酸或酸性二氧化矽溶膠之水性膠質溶液中，然後添加鹼金屬氫氧化物以使得 SiO_2/M_2O (M：鹼金屬原子)之莫耳比率變為20至300，及將所獲得之液體在 $60^\circ C$ 至 $300^\circ C$ 下加熱0.5小時至40小時。藉由此方法所獲得之膠質二氧化矽顆粒係細長形二氧化矽顆粒，其具有僅在一個平面中延伸且具有5 nm至40 nm範圍內均勻厚度之伸長。

非球形二氧化矽溶膠亦可如Watanabe等人在U.S. 5,597,512中所述來製備。簡言之，該方法包括：(a) 以CaO或MgO或CaO及MgO之混合物相對於活性矽酸之 SiO_2 之重量比率為1500 ppm至8500 ppm之量，混合含有水溶性鈣鹽或鎂鹽或該鈣鹽及該鎂鹽之混合物之水性溶液與含有1%至6% (w/w) SiO_2 且pH在2至5範圍內之活性矽酸的水性膠質液體；(b) 以20至200之 SiO_2/M_2O 之莫耳比率混合鹼金屬氫氧化物或水溶性有機鹼或該鹼金屬氫氧化物或該水

溶性有機鹼之水溶性矽酸鹽與在步驟(a)中所獲得的水溶液，其中 SiO_2 表示源自活性矽酸及矽酸鹽之二氧化矽含量之總二氧化矽含量且M表示鹼金屬原子或有機鹼分子；及(c)將在步驟(b)中所獲得之混合物之至少一部分加熱至 60°C 或更高溫度以獲得尾料溶液，且藉由使用在步驟(b)中所獲得之混合物之另一部分或根據步驟(b)另外製備之混合物製備進料溶液，且將該進料溶液添加至該尾料溶液中同時在添加步驟期間自混合物汽化水直至 SiO_2 之濃度係6%至30% (w/w)為止。在步驟(c)中產生之二氧化矽溶膠之pH通常係8.5至11。

可用非球形二氧化矽顆粒可以水性懸浮液形式以商品名SNOWTEX-UP自Nissan Chemical Industries(Tokyo, 日本)獲得。混合物係由20-21% (w/w)之針狀二氧化矽、少於0.35% (w/w)之 Na_2O 及水組成。顆粒之直徑為約9奈米至15奈米且長度為40奈米至300奈米。懸浮液在 25°C 時之黏度 <100 mPas，pH為約9至10.5，且在 20°C 時比重為約1.13。

其他可用針狀二氧化矽顆粒可以水性懸浮液形式以商品名SNOWTEX-PS-S及SNOWTEX-PS-M自Nissan Chemical Industries獲得，其具有珍珠串形態。混合物係由20-21% (w/w)之二氧化矽、少於0.2% (w/w)之 Na_2O 及水組成。SNOWTEX-PS-M顆粒之直徑為約18奈米至25奈米且長度為80奈米至150奈米。藉由動態光散射方法量測之粒徑係80至150。懸浮液在 25°C 時之黏度 <100 mPas，pH為約9至10.5，且在 20°C 時比重為約1.13。SNOWTEX-PS-S之顆粒

直徑為 10-15 nm 且長度為 80-120 nm。

亦可使用低水性及非水性二氧化矽溶膠(亦稱作二氧化矽有機溶膠)且其係二氧化矽溶膠分散液，其中液相係有機溶劑、或水性有機溶劑。在本發明之實踐中，二氧化矽溶膠經選擇以使得其液相與既定之塗層組合物相容，且通常係水性或低水性有機溶劑。可通常以任一順序稀釋並酸化銨穩定之針狀二氧化矽顆粒。

本揭示內容之組合物可視需要包含至少一種表面活性劑。本文所用之術語「表面活性劑」闡述在同一分子上具有親水(極性)及疏水(非極性)片段之分子，且其能夠減小組合物之表面張力。有用表面活性劑之實例包含：陰離子型表面活性劑，例如十二烷基苯磺酸鈉、琥珀酸二辛酯磺酸鈉、聚乙氧基化烷基(C12)醚硫酸鹽、銨鹽及脂肪族硫酸氫鹽；陽離子型表面活性劑，例如烷基二甲基苄基氯化銨及二牛脂基二甲基氯化銨；非離子型表面活性劑，例如聚乙二醇與聚丙二醇之嵌段共聚物、聚氧乙烯(7)月桂基醚、聚氧乙烯(9)月桂基醚及聚氧乙烯(18)月桂基醚、脂肪醇聚氧乙烯醚及/或聚醚改良之矽氧烷；其中；及兩性表面活性劑，例如N-椰油基-胺基丙酸。亦可使用聚矽氧及含氟化合物表面活性劑，例如彼等以商標FLUORAD自3M公司(St. Paul, MN)購得者。若存在表面活性劑，則其量通常係小於組合物之約0.1重量%之量，例如介於組合物之約0.003重量%與0.05重量%之間。

組合物亦可視需要含有抗微生物劑。許多抗微生物劑市

面有售。實例包含彼等可以以下購得者：自 Rohm 及 Haas 公司 (Philadelphia, PA) 購得之 Kathon CG 或 LX；1,3-二羥甲基-5,5-二甲基乙內醯脲；2-苯氧乙醇；對羥基苯甲酸甲酯；對羥基苯甲酸丙酯；烷基二甲基苄基氯化銨；及苯并異噻唑啉酮。

本揭示內容之組合物可藉由任一適宜混合技術製得。一種有用技術包含合併鹼性聚合物乳膠與具有適當粒徑之鹼性球形二氧化矽溶膠，且然後將 pH 調節至最終期望值。

在一些實施例中，組合物不含非球形二氧化矽顆粒、多孔二氧化矽顆粒及所添加之交聯劑(例如，聚氮丙啶或原矽酸鹽)。因此，本揭示內容之一些組合物可含有小於 0.1 重量% 或小於 0.01 重量% 之非球形二氧化矽顆粒，且若需要，其可不含非球形二氧化矽顆粒。

通常使用習用塗覆技術(例如，刷塗、棒塗、輥塗、指塗、幕塗、凹版塗覆、噴塗或浸塗技術)將組合物塗覆於光學組件上。一種方法係使用適宜編織布或非織布、海綿或發泡體來塗抹塗層調配物。此等施加材料可具有耐酸性且可係親水性或疏水性，例如親水性。控制最終厚度及所得外觀之另一方法係使用任一適宜方法施加塗層，且在使塗層組合物在光學組件上停留一段時間之後，然後用水流沖洗掉過量組合物，同時基板仍完全或實質上經組合物潤濕。例如，可使塗層在光學組件上停留一段時間，在此期間部分溶劑或水蒸發，但蒸發量足夠小以使塗層仍保持濕潤，例如停留 3 分鐘。在已將光學組件安裝於太陽能轉化

系統中時，可使用諸如噴塗、刷塗、揩塗或使塗層組合物停留後沖洗等方法將組合物施加至光學組件。較佳地，濕潤塗層之厚度在0.5微米至300微米、更佳1微米至250微米範圍內。可視需要選擇濕潤塗層之厚度以優化期望波長範圍中之AR性能。塗層組合物通常含有介於約0.1重量%與10重量%之間之固體。

最佳平均乾燥塗層厚度取決於所塗覆之特定組合物，但通常乾燥組合物塗層厚度之平均厚度係介於0.002微米至5微米、較佳0.005微米至1微米之間。

端視應用而定，例如對於更耐用之易清潔表面，乾燥塗層之層厚度可更高至高達幾微米或最高高達100微米厚。通常，當增加塗層厚度時，可預期機械性質有所改良。然而，較薄塗層仍可有效抵抗灰塵累積。

在塗覆基板之表面後，加熱所得物件且視需要實施包含在高溫下加熱之韌化過程。高溫通常係至少300°C，例如至少400°C。在一些實施例中，加熱過程使溫度升高至等於至少500°C、至少600°C或至少700°C之溫度。可選擇溫度以使來自分散液之聚合物乳膠至少部分地因(例如)熱分解而消失。通常，將基板加熱長達30分鐘、長達20分鐘、長達10分鐘或長達5分鐘之時間。然後可迅速冷卻基板表面，或可使用加熱及冷卻之變化使基板回火。例如，可將光學組件在700°C至750°C之範圍內之溫度下加熱約2至5分鐘，隨後迅速冷卻。

較佳地，本揭示內容之組合物在以液體形式儲存時係穩

定的，例如，其不會膠凝、變得不透明、形成沉澱或團聚微粒或以其他方式顯著劣化。

以下非限制性實例進一步闡明本揭示內容之目的及優點，但該等實例中所列舉之特定材料及其量、以及其他條件及細節不應理解為過度地限制本揭示內容。

實例

彼等熟習此項技術者可瞭解本發明之各種不背離本發明之範圍及精神的修改及改變。應理解，本發明並不意欲受本文所述說明性實施例及實例之過度限制，且此等實例及實施例僅以實例方式呈現，且本發明之範圍欲僅受如下文中所述之申請專利範圍的限制。

在以下實例中使用該等縮寫： $\%T$ =透射 $\%$ ； nm =奈米、 m =米、 g =克、 min =分鐘、 hr =小時、 mL =毫升、 hr =小時、 sec =秒、 L =升。除非另有說明，否則實例中所說明之所有份數、百分比或比率皆以重量計。若無另外指明，則化學品係購自Sigma-Aldrich, St.Louis, MO。

材料：

奈米顆粒

所用球形二氧化矽奈米顆粒分散液係以商標「NALCO 8699」(2-4 nm)、「NALCO 1115」(4 nm)、「NALCO 1050」(20 nm)及「NALCO 2327」(20 nm)自Nalco公司(Naperville, IL)購得。

樹脂

聚胺基甲酸酯及丙烯酸系乳膠分散液係以相應商標

「NEOREZ R960」及丙烯酸系「NEOCRIL A612」乳膠分散液自 DSM NeoResins, Waalwijk, 荷蘭購得。

基板

PMMA：PMMA 基板係 Acrylite® FF(無色)，厚 0.318 cm，自 Evonik Cyro LLC(Parsippany NJ)獲得。該等基板兩側上均供應有在即將塗覆之前去除之保護性遮罩。例如，使用 PMMA 板作為用於 CPV 系統中之菲涅爾透鏡板之向陽表面。

太陽玻璃：太陽玻璃基板係 Starphire® 未經塗覆之超白浮式玻璃(Ultra-Clear float glass)，厚 0.318 cm，由 PPG Industries 公司(Pittsburgh, PA)製造。例如，使用玻璃板作為用於 CPV 系統中之菲涅爾透鏡板之向陽表面。

「MIRO-SUN」：95%全反射多層光學塗覆之鋁鏡，可以商標「MIRO-SUN」自 Alanod Aluminum-Veredlung GmbH & Co. KG, Ennepetal, 德國購得。

GM1：玻璃鏡基板 1 係 UltraMirror™，厚 0.318 cm，由 Guardian Industries(Auburn Hills MI)製造。

GM2：玻璃鏡基板 2 係平邊鏡(Plain Edge Mirror)，以 30.4 x 30.4 cm 板材購得，厚 3 mm，可在 Home Depot 零售店以 Aura™ Home Design Item P1212-NT 號購得，Home Décor Innovations, Charlotte, NC。

「SMF-1100」：聚合物鍍銀鏡膜，可以商標「SMF-1100」自 3M 公司(St. Paul, MN)購得。對於在測試方法「0-70 鏡面反射」中之應用，在測試之前，將襯墊自膜之背面

去除且將其層壓至塗有脂肪族聚酯之鋁片上，該鋁片可自 American Douglas Metals(Atlanta GA)購得。SMF-1100供應有在即將塗覆之前去除之保護性遮罩。

冷鏡(Cool mirror)：冷鏡係藉由以下方式來製造：使用可以商標「光學透明層壓黏合劑PSA 8171」自3M公司(St. Paul, MN)購得之光學透明黏合劑將可見多層光學膜與近紅外多層光學膜層壓到一起以形成反射380-1350 nm之光的多層光學膜。下文闡述個別可見及IR鏡之製備。

可見鏡：可見反射性多層光學膜係用由可以商標「EASTAPAK 7452」(PET1)自Eastman Chemical(Kingsport, TN)購得之聚對苯二甲酸乙二酯(PET)形成之第一光學層及由75重量%甲基丙烯酸甲酯及25重量%丙烯酸乙酯之共聚物(可以商標「PERSPEX CP63」(coPMMA1)自Ineos Acrylics公司(Memphis, TN)購得)形成之第二光學層來製得。將PET1及CoPMMA1經由多層聚合物熔體歧管共擠出以形成550個光學層之堆疊。將此可見光反射器之層厚度輪廓(層厚度值)調節為大致係線形輪廓，其中第一(最薄)光學層調節為具有370 nm光之約 $\frac{1}{4}$ 波之光學厚度(折射率乘以物理厚度)，並進展至調節為具有800 nm光之約 $\frac{1}{4}$ 波厚之光學厚度之最厚層。使用美國專利第6,783,349號(Neavin等人)中所教示之軸向棒裝置以及使用顯微技術獲得之層輪廓資訊來調節此等膜之層厚度輪廓以提供改良之光譜特性。

除該等光學層以外，在光學堆疊之任一側上共擠出由含

有 2 wt%之UV吸收劑(可以商標「TINUVIN 1577」自Ciba Specialty Chemicals(Basel, 瑞士)購得)之PVDF(聚偏二氟乙烯, Dyneon LLC., Oakdale, MN)及PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯, Arkema公司, Philadelphia, PA)之可混溶摻合物製得之非光學保護皮層(每層之厚度為260微米)。將此多層共擠出熔體流以12 m/分鐘澆注至冷硬軋輥上, 從而形成大約1100微米(43.9密耳)厚之多層澆注網狀物。然後在95°C下將多層澆注網狀物預加熱約10秒並以3.3:1之拉伸比將其在機器方向上單軸定向。然後將多層澆注網狀物在拉幅機爐中在95°C下加熱約10秒, 之後在橫向方向上單軸定向至拉伸比為3.5:1。將經定向多層薄膜在225°C下進一步加熱10秒以提高PET層之結晶度。使用分光光度計(「LAMBDA 950 UV/VIS/NIR 分光光度計」, Perkin-Elmer公司, Waltham, MA)來量測可見光反射性多層光學薄膜以在380-750 nm之帶寬上具有96.8%之平均反射率。非光學皮層中之「TINUVIN 1577」UVA吸收300 nm至380 nm之光。

近IR鏡：除以下以外, 近紅外反射性多層光學膜係用如「可見鏡」部分中所述之第一光學層製得。將此近紅外反射器之層厚度輪廓(層厚度值)調節為大致係線形輪廓, 其中第一(最薄)光學層調節為具有750 nm光之約 $\frac{1}{4}$ 波光學厚度(折射率乘以物理厚度), 並進展至調節為1350 nm光之約 $\frac{1}{4}$ 波厚之光學厚度之最厚層。如在「可見鏡」部分中所述, 除該等光學層以外, 共擠出非光學皮層, 但對於近IR鏡而言, 將此多層共擠出熔體流以6米/分鐘澆注至冷硬軋

輓上，從而形成大約1800微米(73密耳)厚之多層澆注網狀物。其餘加工步驟與「可見鏡」部分相同。IR反射性多層光學膜在750-1350 nm之帶寬上具有96.1%之平均反射率。

寬帶鏡：寬帶鏡係藉由在小於2托之真空下將鋁氣相塗覆至冷鏡上製得。

未酸化二氧化矽奈米顆粒塗層分散液之製備

使用去離子水將聚胺基甲酸酯「NEOREZ R960」及丙烯酸系「NEOCRIL A612」乳膠分散液分別稀釋至5 wt%或10 wt%。使用去離子水將「NALCO」二氧化矽奈米顆粒分散液「8699」(2 nm-4 nm, 16.5%)、「1115」(4 nm, 16.5 wt%)及「1050」(22 nm, 50 wt%)分別稀釋至5 wt%或10 wt%。將經稀釋之聚胺基甲酸酯或丙烯酸系分散液與「8699」(2 nm-4 nm, 16.5%)、「1115」(4 nm, 16.5wt%)或「1050」(22 nm, 50 wt%)分別以表中所述之比率進行混合。所得混合分散液係澄清的，且其溶液係鹼性，其中pH為10.5。使用6號邁耶(Meyer)棒塗覆所示基板以達成介於100-2000 nm之間之乾燥塗層厚度。將經塗覆之試樣加熱至80-120°C保持5 min至10 min以實現乾燥。在塗覆前使用Electro Technic Products公司(Chicago, Il)製造之電暈處理器(BD-20型)對一些基板(如表中所示)進行電暈處理。

測試方法：

邁耶棒塗

如表中所指示使用6號邁耶棒塗覆基板以提供厚100-2000 nm之乾燥塗層。將經塗覆試樣加熱至80°C或120°C

(如表中所指示)且保持5 min至10 min以實現乾燥。在所有使用邁耶棒塗之情形中，在塗覆前於Electro Technic Products公司(Chicago, Il)製造之電暈處理器(BD-20型)上對基板進行電暈處理。

塗覆方法「3 min停留，清洗」(3MDR)

使用供應形式之基板。將每一基板置於平面表面上，且用移液管施加塗層調配物並使其擴展至每一試樣邊緣之約3 mm以內，以產生經完全覆蓋之表面(約2 gm之塗層調配物用於2.99 x 6.99 cm基板，且約5 gm之塗層調配物用於10.16 x 15.24 cm基板)。使調配物在原位保持3分鐘，且然後在緩慢去離子水流下清洗每一試樣。然後使試樣風乾至少48小時。

透明基板之灰塵處理及「0-70光澤」量測

將太陽玻璃之試樣切成6.99 x 6.99 cm之塊且係藉由使用黑膠帶(200-38 Yamato黑色乙烯膠帶，Yamato International公司，Woodhaven MI)覆蓋錫側來製備。藉由將膠帶輓軋至玻璃上來仔細地施加黑膠帶，以使得不存在可見氣泡或瑕疵。在平行膠帶塊之會合處有一縫，且在隨後進行光澤量測時應注意避開此縫。膠帶在光澤量測中提供無光澤黑色表面，且亦遮蔽試樣之此側以防塵。隨後，塗覆太陽玻璃試樣之未鍍錫之另一側。每一塗層調配物重複三次。

在PMMA基板之試樣兩側上皆供應有聚合物膜遮罩。在製備用於此測試之試樣時，首先標記一個遮罩，以使得始終能塗覆PMMA之同一側。然後將PMMA(在兩側上均有遮

罩)切成6.99 x 6.99 cm之塊。去除經標記之遮罩，且以與上述太陽玻璃相同之方式施加黑膠帶。然後自試樣之另一側去除未標記遮罩，且施加塗層。每一塗層調配物重複三次。

在該等製備太陽玻璃及PMMA之試樣的程序後，測試方法相同。

乾燥(如由塗覆方法所說明)之後，在3次重複之每一者中以3個角度及在3個位置進行光澤量測，每一角度共有9次量測。用自BYK-Gardner USA(Columbia MD)購得之Model Micro-TRI-gloss光澤計進行光澤量測。計算每一角度之9次量測之平均值，且在實例中報告平均值及標準偏差。

然後將試樣之經塗覆側朝上置於塑膠容器中。容器僅稍大於試樣(在每一側大約6-12 mm)。將一份亞利桑那(Arizona)測試灰塵(標稱大小0-70微米，可自Powder Technology公司(Burnsville MN)購得，大約3克)置於試樣之頂部上，且將蓋置於容器上。將試樣自一側至另一側輕輕水平搖動1 min，且亞利桑那測試灰塵橫越試樣之表面移動。在每一試樣塊上使用新鮮灰塵。搖動之後，自容器移出試樣，將其豎直放置，在一表面上輕拍一次，隨後旋轉90度並再次拍打，且再旋轉且拍打兩次。對每一調配物之3個重複試樣中之每一者，在3個位置以3個角度再次進行光澤量測。計算每一角度之9次量測之平均值，且在實例中報告平均值及標準偏差。

反射性基板之灰塵處理及「0-70鏡面反射」

將玻璃鏡(GM1或GM2，如實例中所指示)或聚合物鏡SMF1100(層壓至鋁)之試樣切成10.16 x 15.24 cm之塊。然後根據所述塗覆方法塗覆試樣。每一塗層調配物重複三次。乾燥(如由塗覆方法所說明)之後，在3次重複之每一者中於三個位置進行鏡面反射量測，每一調配物共有9次量測。以15毫弧度孔徑使用15 R型攜帶式鏡面發射儀(可自Devices & Services公司(Dallas TX)購得)量測鏡面反射。計算9次量測之平均值，且在實例中報告平均值及標準偏差。然後將試樣之經塗覆側朝上置於塑膠容器中。容器僅稍大於試樣(在每一側大約6-12 mm)。將一份亞利桑那測試灰塵(標稱大小0-70微米，可自Powder Technology公司(Burnsville MN)購得，大約10克)置於試樣之頂部上，且將蓋置於容器上。將試樣自一側至另一側輕輕水平搖動1 min，且亞利桑那測試灰塵橫越試樣之表面移動。在每一試樣塊上使用新鮮灰塵。搖動之後，自容器移出試樣，將其豎直放置，在一表面上輕拍一次，隨後旋轉90度並再次拍打，且再旋轉且拍打兩次。對每一調配物之3個重複試樣之每一者，在3個位置再次進行鏡面反射量測。計算9次量測之平均值，且在實例中報告平均值及標準偏差。

灰塵處理及波長平均反射量測

使用來自Perkin-Elmer公司(Waltham, MA)之「LAMBDA 900 UV/VIS/NIR分光光度計」在實例中所指示之波長範圍上每5 nm實施反射量測。結果呈現為在污垢測試之前及之

後在 400 nm 至 1200 nm 中 (KFLEX、冷鏡及 OLF 2301) 及在 350-2500 nm 中 (「SMF1100」) 之經校正平均反射率。

將約 5.1 x 5.1 cm 之經塗覆試樣之經塗覆側朝上置於塑膠容器中。容器僅稍大於試樣 (在每一側大約 6-12 mm)。將一份亞利桑那測試灰塵 (標稱大小 0-600 微米，可自 Powder Technology 公司 (Burnsville MN) 購得，大約 18 克) 置於試樣之頂部上，且將蓋置於容器上。將試樣自一側至另一側輕輕水平搖動 1 min，且亞利桑那測試灰塵橫越試樣之表面移動。在每一試樣塊上使用新鮮灰塵。搖動之後，自容器移出試樣，將其豎直放置，在一表面上輕拍一次，隨後旋轉 90 度並再次拍打，且再旋轉且拍打兩次。

表 1

實例	基板 (塗覆方法)	組成	溶液 濃度 wt%	pH	沾污之前 之「0-70 光澤」 (avg/SD/ 角度)	沾污之後 之「0-70 光澤」 (avg/SD/ 角度)	沾污之前 之「0-70 鏡面反 射」 (avg/SD)	沾污之後 之「0-70 鏡面反 射」 (avg/SD)
NC	MIRO-SUN	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	92.0 (量測一次)	87.5 (量測一次)
NC	PMMA	N/A	N/A	N/A	80.4/0.1/20 85.9/0.2/60 90.0/0.3/85	12.7/0.2/20 3.8/0.9/60 0.6/0.1/85	NA	NA
NC	太陽玻璃	N/A	N/A	N/A	84.2/0.3/20 89.4/0.2/60 90.0/0.3/85	70.6/1.6/20 64.4/1.4/60 30.4/3.5/85	NA	NA
NC	(GM1)				NA	NA	88.4/0.04	74.6/0.1
NC	(GM2)	N/A	N/A	N/A	NA	NA	80.8/0.1	73.9/0.6
NC	「SMF1100 」	N/A	N/A	N/A	NA	NA	95.5/0.1	5.8/0.2
1	「SMF1100 」 3MDR	9:1 「NALCO 8699」: 「NEOREZ R960」	5	10.5	NA	NA	95.2/0.1	24.8/0.4

2	GM2 (6號邁耶棒/ 100°C 10 min 加熱)	9:1 「NALCO 8699」： 「NALCO 1050」： 「NEOCR YL A612」	5	10.5	NA	NA	79.4/0.1	78.5/0.2
3	GM2 (6號邁耶棒/ 100°C 10 min 加熱)	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOREZ R960」	5	10.5	NA	NA	80.4/0.6	79.8/0.6
4	GM2 (6號邁耶棒/ 100°C 10 min 加熱)	9:1 「NALCO 8699」： 「NEOCR YL A612」	5	10.5	NA	NA	79.6/0.6	78.0/0.4
5	GM2 (6號邁耶棒/ 100°C 10 min 加熱)	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOCR YL A612」	5	10.5	NA	NA	80.0/0.2	79.0/0.06
6	PMMA (6號邁耶棒/ 80°C 10 min 加熱)	9:1 「NALCO 1115」： 「NEOCR YL A612」	5	10.5	NA	NA	95.2/0.4	94.9/0.2
7	PMMA (6號邁耶棒/ 80°C 10 min 加熱)	45:45:10 「NALCO 8699」： 「NALCO 1115」： 「NEOCR YL A612」	5	10.5	NA	NA	96.3/0.1	95.8/0.06
8	MIRO-SUN (6號邁耶棒/ 80°C 10 min 加熱)	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOCR YL A612」	5	10.5	N/A	N/A	91.9(量測 一次)	89.8(量測 一次)

註釋：「NC」=無塗層；「NA」=不適用；3MDR=見
「3分鐘停留清洗」塗覆程序；1MDR=見「1 min停留清
洗」塗覆程序；

表 2

實例	基板	組成	溶液 濃度 wt%	pH	塗覆後熱 處理°C	波長平 均反射 T%
NC	「SMF1100」	N/A	N/A	N/A	N/A	87
NC	冷鏡	N/A	N/A	N/A	NA	87
NC	寬帶 鏡	N/A	N/A	N/A	N/A	84
9	冷鏡	9:1 「NALCO1050」： 「NEOCRYL A612」	5	8.5	無	94
10	冷鏡	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOREZ R960」	5	10.5	在80°C下 保持10 min	94
11	冷鏡	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOCRYL A612」	5	10.5	在80°C下 保持10 min	94
12	冷鏡	9:1 「NALCO 8699」： 「NEOCRYL A612」	5	10.5	在80°C下 保持10 min	94
13	冷鏡	9:1 「NALCO 1050」： 「NEOREZ R960」	5	10.5	在80°C下 保持10 min	94
14	冷鏡	45:45:10 「NALCO 8699」： 「NALCO 1050」： 「NEOCRYL A612」	5	10.5	在80°C下 保持10 min	94
15	冷鏡	9:1 「NALCO 8699」： 「NEOCRYL A612」	5	10.5	在120°C下 保持10 min	94
16	冷鏡	9:1 「NALCO 1050」： 「NEOREZ R960」	5	10.5	在120°C下 保持10 min	94
17	冷鏡	45:45:10 「NALCO 8699」： 「NALCO 1050」： 「NEOCRYL A612」	5	10.5	在120°C下 保持10 min	94
18	冷鏡	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOCRYL A612」	5	10.5	在120°C下 保持10 min	94
19	冷鏡	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOREZ R960」	5	10.5	在120°C下 保持10 min	94
20	冷鏡	9:1 「NALCO 8699」： 「NEOCRYL A612」	5	10.5	首先在80°C下 保持5 min，然 後在120°C下 保持10 min	94
21	冷鏡	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOCRYL A612」	5	10.5	首先在80°C下 保持5 min，然 後在120°C下 保持10 min	94
22	冷鏡	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOREZ R960」	5	10.5	首先在80°C下 保持5 min，然 後在120°C下 保持10 min	94

23	冷鏡	9:1 「NALCO 1050」： 「NEOREZ R960」	5	10.5	首先在80°C下 保持5 min，然 後在120°C下 保持10 min	94
24	冷鏡	45:45:10 「NALCO 8699」： 「NALCO 1050」： 「NEOCRIL A612」	5	10.5	首先在80°C下 保持5 min，然 後在120°C下 保持10 min	94
25	冷鏡	45:45:10 「NALCO 8699」： 「NALCO 1050」： 「NEOCRIL A612」	5	10.5	首先在80°C下 保持5 min，然 後在120°C下 保持10 min	94
26	「SMF1100」	9:1 「NALCO 2327」： 「NEOCRIL A612」	5	9.0	無	94
27	「SMF1100」	9:1 「NALCO 1050」： 「NEOCRIL A612」	5	8.5	無	94
28	「SMF1100」	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOCRIL A612」	5	10.5	無	94
29	「SMF1100」	45:45:10 「NALCO 8699」： 「NALCO 1050」： 「NEOCRIL A612」	5	10.5	無	94
30	「SMF1100」	9:1 「NALCO 8699」： 「NEOCRIL A612」	5	10.5	無	94
31	「SMF1100」	8:2 「NALCO 8699」： 「NEOCRIL A612」	5	10.5	無	94
32	「SMF1100」	9:1 「NALCO 1050」： 「NEOREZ/R960」	5	10.5	無	94
33	寬帶鏡	45:45:10 「NALCO 8699」： 「NALCO 1050」： 「NEOCRIL A612」	5	10.5	無	93
34	寬帶鏡	9:1 「NALCO 8699」： 「NEOCRIL A612」	5	10.5	無	93
35	寬帶鏡	7:3 「NALCO 1115」： 「NALCO /1050」	5	10.5	無	93
36	寬帶鏡	7:3 「NALCO 8699」： 「NALCO 1050」	5	10.5	無	93
37	寬帶鏡	9:1 「NALCO 1050」： 「NEOREZ R960」	5	10.5	無	93
38	冷鏡	9:1 「NALCO 2327」： 「NEOCRIL A612」	5	9.0	無	94

註釋：NC=無塗層；NA=不適用；表2中之所有基板在塗覆之前皆經電暈處理且然後使用6號邁耶棒進行塗覆；

「波長平均反射」中對特定基板之整個平均波長參見「波

長平均反射量測」。

本文所提及之所有專利及出版物皆係全文以引用方式併入本文中。彼等熟習此項技術者可對本揭示內容作出各種修改及改變，而不背離本揭示內容之範圍及精神，且應理解，本揭示內容不受本文中所述說明性實施例之過度限制。

七、申請專利範圍：

1. 一種於太陽能轉化系統之光學組件之表面提供塗層之方法，其包括：
 - a) 使該光學組件之該表面與包括水及分散於該水中之二氧化矽奈米顆粒之水性塗層組合物接觸；
 - b) 乾燥該塗層組合物以形成奈米顆粒塗層，其中該塗層組合物具有5或更高之組合物pH且包括水性連續液相；
二氧化矽奈米顆粒，其具有150奈米或更小之體積平均顆粒直徑且分散於該水性連續液相中；及
有機聚合物黏合劑。
2. 如請求項1之方法，其中該等奈米顆粒不含聚合物核心。
3. 如請求項1或2之方法，其中在乾燥前清洗該塗層。
4. 如請求項1或2之方法，其中在環境空氣中乾燥該塗層組合物。
5. 如請求項1或2之方法，其中在乾燥期間加熱該塗層組合物。
6. 如請求項1或2之方法，其中在用該塗層組合物塗覆該光學組件之前將該光學組件置入該太陽能轉化系統中。
7. 如請求項1或2方法，其中在用該塗層組合物塗覆該光學組件之後將該光學組件置入該太陽能轉化系統中。
8. 如請求項1或2之方法，其中該等奈米顆粒係球形顆粒。
9. 如請求項1或2之方法，其中該等奈米顆粒係細長顆粒。

10. 如請求項1或2方法，其包括將該經塗覆之基板加熱至少300°C。
11. 如請求項1或2之方法，其中該有機聚合物黏合劑係有機聚合物乳膠。
12. 如請求項11之方法，其中該有機聚合物乳膠係脂肪族聚胺基甲酸酯顆粒。
13. 如請求項1方法，其中該有機聚合物黏合劑係水溶性聚合物。
14. 一種太陽能轉化系統，其包括
 光伏電池之陣列；及
 相對於模組定位之光學組件，
 其中使用自塗層組合物形成之奈米顆粒塗層塗覆該等光學組件，該塗層組合物具有5或更高之組合物pH且包括
 水性連續液相；
 二氧化矽奈米顆粒，其具有150奈米或更小之體積平均顆粒直徑且分散於該水性連續液相中；及
 有機聚合物黏合劑。
15. 一種太陽能轉化系統，其包括
 至少一個光-熱轉化器；及
 相對於該光-熱轉化器定位之光學組件，
 其中使用自塗層組合物形成之奈米顆粒塗層塗覆該等光學組件，該塗層組合物具有5或更高之組合物pH且包括
 水性連續液相；
 二氧化矽奈米顆粒，其具有150奈米或更小之體積

平均顆粒直徑且分散於該水性連續液相中；及
有機聚合物黏合劑。

16. 如請求項14或15之太陽能轉化系統，其中該光學組件係透鏡。
17. 如請求項14或15之太陽能轉化系統，其中該光學組件係鏡。
18. 如請求項17之太陽能轉化系統，其中該鏡包括聚合物層、玻璃層、金屬層及聚合物光學堆疊中之至少一者。
19. 如請求項18之太陽能轉化系統，其中該光學元件至少反射大部分橫越對應於PV電池之吸收帶寬之第一波長範圍的普遍光，且透射大部分該第一波長範圍以外的光。