



(21)申請案號：105135580

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 02 日

(51)Int. Cl. : **F24J2/12 (2006.01)**

(30)優先權：2015/11/02 美國 62/249,915

2016/02/24 美國 62/299,062

(71)申請人：美國密西根州立大學 (美國) THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN (US)

美國

(72)發明人：福瑞司特 史蒂芬 R FORREST, STEPHEN R. (US)；李 圭相 LEE, KYUSANG (KR)；李 秉俊 LEE, BYUNGJUN (KR)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：29 項 圖式數：18 共 45 頁

## (54)名稱

整合有球透鏡之拋物線集光器

PARABOLIC CONCENTRATOR INTEGRATED WITH BALL LENS

## (57)摘要

本發明揭示一種用於利用太陽能通量之太陽能集光器設備。該太陽能集光器設備具有一拋物線主體，該拋物線主體具有一反射表面以接收入射光。該拋物線主體及該反射表面具有一入射光通量錐，且一球透鏡定位於該入射光通量錐之至少一部分內。該球透鏡具有一折射區且經組態以將由該拋物線主體之該反射表面反射之該入射光之至少一部分引導至該折射區中。

A solar concentrator apparatus for harnessing solar flux is disclosed. The solar concentrator apparatus has a parabolic body having a reflecting surface to receive incident light. The parabolic body and reflecting surface have an incident light flux cone, and a ball lens is positioned within at least a portion of the incident light flux cone. The ball lens has a refracted area and is configured to direct at least a portion of the incident light that is reflected by the reflecting surface of the parabolic body into the refracted area.

指定代表圖：

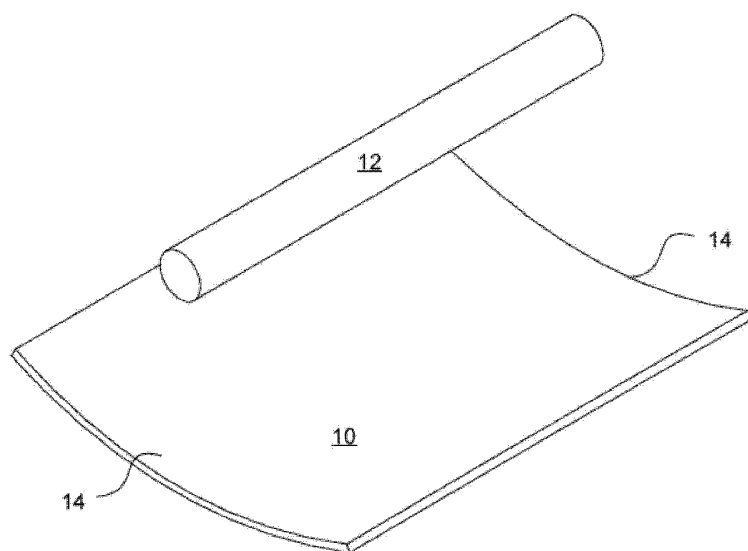
符號簡單說明：

10 . . . 槽形拋物線  
主體

12 . . . 圓柱形球透  
鏡

14 . . . 反射表面/銀  
反射表面

100 . . . 線性太陽能  
集光器設備



100

【圖 1】

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

整合有球透鏡之拋物線集光器

### 【英文發明名稱】

PARABOLIC CONCENTRATOR INTEGRATED WITH BALL LENS

### 【技術領域】

本發明一般而言係關於太陽能集光器，且更特定而言係關於整合有球透鏡之太陽能集光器。

### 【先前技術】

具成本效益之太陽能至電力轉換係光伏打技術之關鍵問題中之一者。將太陽能量集中於離散位置處可係有利的，此乃因需要較少光伏打模組來產生一給定電優勢。太陽能集光器可既減少總體成本又藉由將具有較大強度之太陽光集中至一較小面積而增強一給定光伏打模組之效能。此可減少與光伏打模組製造相關聯之費用且由於所增加光強度而增加一光伏打模組之效能。

拋物線集光器可藉由將入射太陽光集中至一對應於集光器之拋物線形狀中而達成一高集光因數。然而，由於集光器之拋物線形狀，因此無法在焦點處採集自拋物線集光器軸偏斜之入射光。

此外，現有拋物線集光器可具有一極窄受光角。此外，具有一窄受光角之現有拋物線集光器可需要必需昂貴材料之一複雜且經精確塑形反射器以確保恰當反射率性質。另外，可需要昂貴且繁重的太陽能追蹤系統來追蹤太陽之運動以便補償窄受光角。目前，具有窄受光角之拋物線集光器僅

在其中拋物線集光器與複雜追蹤系統組合之選擇實例中係高效的。

#### 【發明內容】

本發明解決上文所陳述之問題及/或與習用窄受光角太陽能集光器相關聯之其他問題中之一或多者。

所揭示實施例係關於具有高集光器係數之太陽能集光器設備。在本發明之一項態樣中，一種太陽能集光器設備包括：一拋物線主體，其具有一反射表面以接收入射光；其中該拋物線主體及該反射表面具有一入射光通量錐；及一球透鏡，其定位於該入射光通量錐之至少一部分內，其中該球透鏡具有一對應折射區且經組態以將由該拋物線主體之該反射表面反射之該入射光之至少一部分引導至該折射區中。

在另一態樣中，一種製造一拋物線太陽能集光器與透鏡對之方法包括：形成具有一對應入射光通量錐之一集光器主體；將一反射表面塗佈至該集光器主體；形成具有一對應折射區之一透鏡；將該透鏡之至少一部分定位於該入射光通量錐內；及將至少一個光伏打模組之至少一部分定位於該折射區內。

在又一態樣中，一種複合拋物線集光器設備包括：一複合拋物線集光器主體，其具有一反射表面；一球形球透鏡，其定位於該複合拋物線集光器主體之一基底區域內；及至少一個光伏打模組，其定位於該球形球透鏡下方。

應理解，前述一般說明及以下詳細說明兩者僅係例示性及解釋性的且並不限制如所主張之所揭示實施例。

#### 【圖式簡單說明】

併入本說明書中並構成本說明書之一部分之附圖圖解說明所揭示實

施例，且與說明一起用於解釋所揭示實施例。在圖式中：

圖1係與所揭示實施例一致之一太陽能集光器設備之一剖面圖；

圖1B係具有一光伏打模組之圖1之太陽能集光器設備之一剖面圖；

圖2係與所揭示實施例一致之另一太陽能集光器設備之一剖面圖；

圖3A係與一拋物線反射表面進行之一零度入射光相互作用之一概念圖解；

圖3B係與一拋物線反射表面進行之一非零度入射光相互作用之一概念圖解；

圖4A及圖4B分別係不具有及具有一球透鏡之非零度入射光相互作用之概念圖解；

圖5係一太陽能集光器設備之分量之間的關係之一概念圖解；

圖6係圖5之球透鏡之一概念圖解；

圖7A及圖7B圖解說明與一球形球透鏡進行之一零度入射光及一非零度入射光相互作用；

圖8係圖解說明太陽能通量之入射角與具有 $135^\circ$ 之一球透鏡角度之一太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表；

圖9係圖解說明太陽能通量之入射角與三個太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表；

圖10係圖解說明太陽能通量之入射角與其中球透鏡定位於變化之位置內之七個太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表；

圖11係圖解說明太陽能通量之入射角與其中球透鏡具有變化之球透鏡角度之七個太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表；

圖12係圖解說明具有各種球透鏡表面塗層之五個類似太陽能集光器

設備之入射功率之一圖表；

圖13A及圖13B圖解說明類似太陽能集光器設備之入射功率，但該等類似太陽能集光器設備具有變化之拋物線角度；

圖14A及圖14B圖解說明類似太陽能集光器設備之入射功率，但該等類似太陽能集光器設備具有變化之球透鏡角度及球透鏡表面塗層；

圖15係製造一太陽能集光器設備之一方法之一例示性流程圖；

圖16A及圖16B分別係具有及不具有一半球形球透鏡之複合太陽能集光器設備之立面圖；

圖17係圖解說明各種複合太陽能集光器設備之能量採集潛能之一圖表；且

圖18係分別圖解說明具有及不具有一半球形球透鏡之複合拋物線集光器之集光因數之一圖表。

#### 【實施方式】

本申請案主張在2015年11月2日提出申請之美國臨時申請案第62/249,915號及在2016年2月24日提出申請之美國臨時申請案第62/299,062號之優先權，該等美國臨時申請案以其全文引用方式併入本文中。

本發明之標的物係由(代表及/或結合)大學-公司聯合研究協議(joint university-corporation research agreement)之以下各方中之一或多者作出：密歇根大學(University of Michigan)及NanoFlex Power公司之董事。該協議在製備本發明之標的物之日期時及/或在該日期之前有效，且係作為在該協議之範疇內所進行之活動之一結果而作出。

現在將詳細地參考所揭示實施例，其實例在附圖中加以圖解說明。無

論在什麼可能之情況下，將貫穿各圖式使用相同元件符號來指代相同或類似部件。

圖1係一太陽能集光器設備之一剖面圖。圖解說明具有一槽形拋物線主體10及一圓柱形球透鏡12之例示性線性太陽能集光器設備100。槽形拋物線主體10具有係高度反射性之一反射表面14。舉例而言，該反射表面可具有一光滑精整之銀表面。

此外，反射表面14可係槽形拋物線主體10之一表面或其可係一表面塗層。舉例而言，一反射膜可經沈積至槽形拋物線主體10。此外，在至少一項實施例中，一鈍化層可施加至反射表面14。該鈍化層可係一透明寬帶隙材料。舉例而言，一個二氧化矽鈍化層可施加至一銀反射表面14以防止反射表面14之銀氧化。此可係有利的，此乃因當銀氧化時，其反射性較弱。

在例示性實施例中，一圓柱形球透鏡12經圖解說明位於槽形拋物線主體10上方。槽形拋物線主體10可將光投射(反射)至一第一入射光通量錐中，該第一入射光通量錐位於槽形拋物線主體10之長軸之中心線上方，終止於焦點中。圓柱形球透鏡12可至少部分地定位於入射光通量錐內。

圖1B係具有一光伏打模組之圖1之太陽能集光器設備之一剖面圖。在例示性實施例中，光伏打模組16位於圓柱形球透鏡12上方且與圓柱形球透鏡12接觸。槽形拋物線主體10及反射表面14可將太陽能集中至一第一線性焦平面中，該第一線性焦平面至少部分地與圓柱形球透鏡12及光伏打模組16之位置重合。

此外，圓柱形球透鏡12可將入射光通量錐之太陽能集中至一折射區中，該折射區至少部分地與光伏打模組16之作用表面重合。一光伏打模組16之一作用表面可通常理解為經設計以接收太陽能通量之一光伏打模組

16之一表面。此外，應理解，一作用表面不必係平坦的，而其可係在某些實施例中。

在至少一個例示性實施例中，光伏打模組16及圓柱形球透鏡12可藉助結構支撐件(未圖解說明)支撐於適當位置中。該等結構支撐件可係耦合至槽形拋物線主體10及圓柱形球透鏡12之塑膠棒或側壁支撐件。光伏打模組16可黏合至圓柱形球透鏡12或與圓柱形球透鏡12接觸。此外，結構支撐件可係透明的以便使光損失最小化。此外，應理解，所採用之特定結構加強件可係使得圓柱形球透鏡12及光伏打模組16充分地懸置於槽形拋物線主體10上方之任何類型之結構加強件。

圖2係另一太陽能集光器設備之一剖面圖。在例示性實施例中，太陽能集光器設備200具有一碟形拋物線主體20及一球形球透鏡22。碟形拋物線主體20具有一拋物線主體直徑 $D_1$ 。此外，太陽能集光器設備200具有一反射表面14，該反射表面可類似於圖1A及圖1B之實施例之反射表面14。

在例示性實施例中，一球形球透鏡22經圖解說明位於碟形拋物線主體20上方。碟形拋物線主體20可將光投射(反射)至碟形拋物線主體20之中心上方之一入射光通量錐中。球形球透鏡22可至少部分地定位於入射光通量錐內且一光伏打模組16可定位於球形球透鏡22上方。

球形球透鏡22可由矽石、矽、二氧化矽或任何實質上類似化學成分形成。舉例而言，一結晶矽石，諸如砂或石英。然而，球形球透鏡22不應理解為限於矽石之成分或僅矽石之成分。在其他實施例中，球形球透鏡22可由一種丙烯酸化合物形成。此外，球形球透鏡22可具有一表面塗層28。在至少一項實施例中，表面塗層28可由氟化鎂或任何實質上類似化學成分形成。此外，球形球透鏡22可將入射光通量錐之太陽能集中至一折射區中，

該折射區至少部分地與光伏打模組16之作用表面重合。

圖3A係一拋物線反射表面上之零度入射光之一概念圖解。該概念圖解可類似於(舉例而言)圖2之太陽能集光器設備200。在圖3A中，一碟形拋物線主體20將零度入射光31反射至一焦點35。零度入射光31可定義為至少實質上垂直於一拋物線集光器之拋物線主體(諸如一碟形拋物線主體20)直徑 $D_1$  (參見圖2)的光。

圖3B係一拋物線反射表面上之一非零度入射光之一概念圖解。該概念圖解可類似於(舉例而言)圖2之太陽能集光器設備200。在圖3B中，一碟形拋物線主體20將非零度入射光33反射至一不均勻焦點區37中。非零度入射光可定義為至少略微不垂直於一拋物線集光器之拋物線主體(諸如一碟形拋物線主體20)直徑 $D_1$  (參見圖2)的光。此外，一特定非零度入射光之入射角可定義為一零度入射光31與所討論之特定非零度入射光之間的角度。

圖4A及圖4B分別係不具有及具有一球透鏡之一拋物線反射表面上之非零度入射光之概念圖解。該等概念圖解可類似於(舉例而言)圖2之太陽能集光器設備200。在圖4A及圖4B中，一碟形拋物線主體20將非零度入射光33反射至一不均勻焦點區37中。然而，在圖4B中，一球形球透鏡22折射不均勻焦點區37之光。經折射光可朝向位於球形球透鏡22正上方且與球形球透鏡22接觸之一光伏打模組16 (參見圖2)集中並定向。

以此方式，圖4B圖解說明一球形球透鏡22或任何其他類似透鏡可藉由將光向後朝向一光伏打模組16 (參見圖2)重新定向而有益地折射不均勻焦點區37之光。舉例而言，在某些非零度入射光處，在不具有球形球透鏡22之添加益處之情況下，不均勻焦點區37之光之至少一部分可不被投射至一光伏打模組之作用表面上。因此，一球形球透鏡22可通常在一非零度入射

光被反射至一所得不均勻焦點區37中時增加拋物線集光器之效率及太陽能採集潛能。

圖5係一例示性太陽能集光器設備之分量之間的關係之一概念圖解。在圖5中，圖解說明具有一反射表面14之一拋物線集光器及一拋物線主體直徑 $D_1$ 。在某些實施例中，該拋物線集光器可具有一槽形拋物線主體10（參見圖2）或一碟形拋物線主體20（參見圖3）。此外，圖解說明自反射表面14及一球形球透鏡22反射之光之間的一相互作用。拋物線主體直徑 $D_1$ 可類似於（舉例而言）圖2中之碟形主體20之直徑。同樣地，球形球透鏡22可類似於（舉例而言）圖2之球形球透鏡22。然而，可藉由圖5中所圖解說明且貫穿本申請案揭示之原理而從概念上理解其他拋物線主體形狀及球透鏡形狀（參見圖1）。

例示性太陽能集光器設備具有一拋物線主體角度 $\theta$ 及一拋物線入射光通量錐 $F_1$ 。拋物線入射光通量錐 $F_1$ 可定義為由虛線、反射表面14、拋物線主體直徑 $D_1$ 之端點及焦點35限界之錐形區域。拋物線入射光通量錐 $F_1$ 可從概念上理解為兩個相等大小之區域，該等區域由投影穿過焦點35及拋物線主體直徑 $D_1$ 之中點的一假想中心線分開。

拋物線入射光通量錐 $F_1$ 可表示其中入射光自反射表面14反射之面積。拋物線主體角度 $\theta$ 可定義為例示性太陽能集光器設備之中心線與自拋物線主體直徑 $D_1$ 之一個端點至焦點35之一假想投影線之間的角度。拋物線主體角度 $\theta$ 可至少部分地定義一太陽能集光器設備之太陽能通量之受光角、焦點35及拋物線入射光通量錐 $F_1$ 。

當拋物線主體角度 $\theta$ 係相對大時，太陽能通量之受光角將較小，且當拋物線主體角度 $\theta$ 係相對小時，太陽能通量之受光角將較大。在某些實施例

中，拋物線主體角度 $\theta$ 可介於自 $30^\circ$ 至 $65^\circ$ 之範圍內。在此等實施例中，拋物線主體角度可係 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 及 $60^\circ$ 。在其他實施例中，拋物線主體角度可取決於特定太陽能集光器設備及其用途而係更大或更小的。

例示性太陽能集光器設備具有一球形球透鏡22，該球形球透鏡定位於拋物線入射光通量錐 $F_1$ 之至少一部分內。此外，球形球透鏡22可與一光伏打模組16 (參見圖2)之作用側接觸且定位於該作用側正下方。此可協助捕獲非零度入射光，如圖4B中所圖解說明。在例示性實施例中，球形球透鏡22具有一球透鏡角度 $\alpha$ ，該球透鏡角度可至少部分地定義球形球透鏡22之大小及總體形狀。此外，球透鏡角度 $\alpha$ 亦可至少部分地定義球透鏡折射區 $F_2$ 。此外，球透鏡折射區 $F_2$ 可落在由一光伏打模組16 (參見圖4B及圖2)之光伏打電池直徑 $P_1$ 定義之一作用表面區域內。

圖6係圖5之例示性球透鏡之一概念圖解。在例示性實施例中，球形球透鏡22經截短且經圖解說明具有最靠近球形球透鏡22之上部區域之一平坦表面24。此外，球形球透鏡22具有一球透鏡直徑 $B_1$ 及一球透鏡角度 $\alpha$ 。球形球透鏡22之平坦表面24可至少部分地由球透鏡角度 $\alpha$ 定義。舉例而言，在具有 $90^\circ$ 之一對應球透鏡角度 $\alpha$ 之一球形球透鏡22之一例示性實施例中，球形球透鏡22可被視為一實質上完美半球。

此外，圖6可圖解說明可貫穿本申請案揭示之任何類型之球透鏡。舉例而言，可類似地定義一圓柱形球透鏡12 (參見圖1)。此外，在眾多實施例中，球透鏡角度 $\alpha$ 可處於 $100^\circ$ 至 $140^\circ$ 之一範圍內。在其他實施例中，球透鏡角度 $\alpha$ 可大於或小於 $100^\circ$ 至 $140^\circ$ 之範圍。舉例而言，球透鏡角度 $\alpha$ 可處於 $90^\circ$ 至 $170^\circ$ 之一範圍內。

圖7A及圖7B圖解說明與一球形球透鏡22進行之二零度入射光及一非

零度入射光相互作用。該等圖可圖解說明光相互作用與一光伏打模組(未圖解說明)之入射功率之間的關係，該光伏打模組可具有平坦表面24之一實質上相等作用表面積。因此，投射穿過平坦表面24之光亦可指示投射至一光伏打模組(諸如圖2中所圖解說明之光伏打模組16)之作用表面上之光。

在圖7A中，入射功率可對應於球形球透鏡22之整個上部平坦表面24。圖7A可圖解說明在零度入射光下之最佳效率。然而，在圖7B中，入射功率對應於球形球透鏡22之上部平坦表面24之一部分區域。此可係由於非零度入射光所致之通常理解為功率損失之現象之一結果。

重要的是，圖7B圖解說明原本不會落在上部平坦表面24上之非零度入射光之一顯著部分藉由球形球透鏡22而朝向上部平坦表面24繞射。因此，由於上部平坦表面24可對應於一光伏打模組(諸如圖2中所圖解說明之光伏打模組16)之一作用表面，因此球形球透鏡22增加非零度入射光下之入射功率(效率)。

圖8至圖14B係圖解說明太陽能通量之變化之入射角與變化之太陽能集光器設備之變化之入射功率之間的各種關係之圖表。入射功率經圖解說明為沿著Y軸且入射角經圖解說明為沿著X軸。入射功率可對應於一太陽能集光器設備之太陽能採集效率(電位)。入射角可對應於零度入射光與特定非零度入射光之間的角度差，如貫穿本申請案所論述且藉由圖3A、圖3B、圖4A、圖4B及其對應剖面所圖解說明。此外，對應於一特定太陽能集光器設備之一特定曲線(由分散點相連之線)下之面積指示彼特定太陽能集光器設備之效率。

圖8係藉由分散點及線圖解說明太陽能通量之入射角與具有 $135^\circ$ 之一球透鏡角度之一太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表。圖8

圖解說明在一零度入射角處，一太陽能集光器設備可在不具有一球透鏡之情況下更高效。然而，該圖表亦圖解說明在大於 $2^\circ$ 之入射角處，入射功率在具有一球透鏡之情況下更大。此外，對應於具有 $135^\circ$ 之一球透鏡角度之太陽能集光器設備之曲線下之面積大於針對不具有一球透鏡之協助之太陽能集光器設備之曲線下之面積。因此，針對一給定入射角範圍，具有一球透鏡之一太陽能集光器設備可係更高效的，如藉由入射功率之增加所指示。

圖9係圖解說明太陽能通量之入射角與一太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表。圖9藉由分散點及線描繪三個太陽能集光器設備。該等太陽能集光器設備可概括為：不具有一透鏡； $135^\circ$ 之一球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )，其中球透鏡之平坦表面及光伏打模組居中於零度入射光之焦點(參見圖5之35)處；及 $135^\circ$ 之一球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )，其中球透鏡之平坦表面及一光伏打模組位於零度入射光焦點(參見圖5之35)上方0.25 cm處。在例示性配置中，球透鏡之平坦表面與光伏打模組彼此接觸。類似於圖8，對應於具有球透鏡之太陽能集光器設備之曲線下之面積大於針對不具有一球透鏡之協助之太陽能集光器設備之曲線下之面積。

圖10係圖解說明太陽能通量之入射角與一太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表。圖10藉由分散點及線圖解說明七個太陽能集光器設備。該等太陽能集光器設備可概括為：不具有一透鏡； $135^\circ$ 之一球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )，其中平坦表面居中於焦點(參見圖5之35)處；及五個其他太陽能集光器設備，其中球透鏡之平坦表面位於焦點(參見圖5之35)上方(正)或下方(負)。在例示性配置中，球透鏡之平坦表面與光伏打模組彼此接觸。此外，圖10圖解說明一例示性球透鏡之例示性參考位置及組態。

圖11係圖解說明太陽能通量之入射角與各種太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表。圖11藉由分散點及線圖解說明具有變化之球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )之七個太陽能集光器設備之入射功率。各別太陽能集光器設備之球透鏡角度可概括為介於自 $120^\circ$ 至 $150^\circ$ 之範圍內。此外，圖11圖解說明例示性球透鏡角度及組態。

圖12係圖解說明太陽能通量之入射角與各種太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之一圖表。圖12藉由分散點及線圖解說明具有 $135^\circ$ 之球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )之五個太陽能集光器設備之入射功率。此外，該五個太陽能集光器設備可具有變化之球透鏡成分及塗層。仍進一步地，該等圖表指示具有一個氟化鎂塗層之一個丙烯酸透鏡可具有大於不具有表面塗層之一相同透鏡之一效率。此外，圖11圖解說明例示性球透鏡成分及塗層。

圖13A及圖13B係藉由分散點及線圖解說明太陽能通量之入射角與各種太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之圖表。圖13A及圖13B可至少部分地圖解說明類似太陽能集光器設備，但該等類似太陽能集光器設備具有變化之拋物線角度(參見圖5之 $\theta$ )。舉例而言，圖13A圖解說明具有 $45^\circ$ 之一拋物線角度之四個太陽能集光器設備，且圖13B圖解說明具有 $60^\circ$ 之一拋物線角度之四個太陽能集光器設備。

在圖13A中，圖解說明太陽能通量之入射角及具有不同球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )之四個太陽能集光器設備之入射功率。該四個太陽能集光器設備可具有0.1 cm之相同光伏打模組直徑(參見圖5之 $P_1$ )、1.4 cm之相同拋物線主體直徑(參見圖5之 $D_1$ )及 $45^\circ$ 之相同拋物線主體角度(參見圖5之 $\theta$ )。此外，圖13A圖解說明例示性球透鏡角度及組態。

在圖13B中，圖解說明太陽能通量之入射角及具有不同球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )之四個太陽能集光器設備之入射功率。該四個太陽能集光器設備可具有0.1 cm之相同光伏打模組直徑(參見圖5之 $P_1$ )、1.4 cm之相同拋物線主體直徑(參見圖5之 $D_1$ )及 $60^\circ$ 之相同拋物線主體角度(參見圖5之 $\theta$ )。此外，圖13A圖解說明太陽能集光器設備之例示性球透鏡角度及一般組態。

圖14A及圖14B係藉由分散點及線圖解說明太陽能通量之入射角與各種太陽能集光器設備之入射功率之間的一關係之圖表。圖14A及圖14B可至少部分地圖解說明類似太陽能集光器設備，但該等類似太陽能集光器設備具有變化之球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )及球透鏡表面塗層(參見圖2之28)。

在圖14A中，圖解說明太陽能通量之入射角及具有不同球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )之五個太陽能集光器設備之入射功率。該五個太陽能集光器設備可具有0.2 cm之相同光伏打模組直徑(參見圖5之 $P_1$ )、3.0 cm之相同拋物線主體直徑(參見圖5之 $D_1$ )及 $45^\circ$ 之相同拋物線主體角度(參見圖5之 $\theta$ )。此外，圖14A圖解說明太陽能集光器設備之例示性球透鏡角度及一般組態。

在圖14B中，圖解說明太陽能通量之入射角及具有不同球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )及表面塗層(參見圖2之28)之四個太陽能集光器設備之入射功率。各種太陽能集光器設備可具有0.2 cm之相同光伏打模組直徑(參見圖5之 $P_1$ )、3.0 cm之相同拋物線主體直徑(參見圖5之 $D_1$ )及 $45^\circ$ 之相同拋物線主體角度(參見圖5之 $\theta$ )。此外，圖14A圖解說明太陽能集光器設備之例示性球透鏡角度、球透鏡表面塗層及一般組態。

圖8至圖14B圖解說明與結合一拋物線集光器而使用一球透鏡之提高效率相關之眾多實施例及概念性概念。所揭示之特定實施例不應理解為指示任何特定太陽能集光器更高效、較不高效、係一較佳實施例或一較不

佳實施例。而是，圖解必須以其本質上係例示性的且僅旨在圖解說明在精選情況下各種實施例可與各種入射功率範圍相關之一理解考慮。此外，所揭示實施例之全部應理解為傳遞每一特定實施例具有相異優點且本發明設想所有所揭示實施例、其等效物(以組合形式且以部分形式)之事實。

圖15係製造一太陽能集光器設備之一方法之一例示性流程圖。首先，在步驟1510處，可形成一集光器主體。該集光器主體可(舉例而言)係如圖1A及圖1B中所圖解說明之一槽形拋物線主體或其可係如圖2中所圖解說明之一碟形拋物線主體。在某些實施例中，集光器主體可由熱塑性材料或一金屬材料形成且其可利用一模具。舉例而言，一熱塑性材料可藉由應用熱量及真空原理而形成為一拋物線形狀或其可經射出成型。

接下來，在步驟1520處，可將一反射表面塗佈至拋物線主體，如藉由圖1A、圖1B及圖2所圖解說明。經塗佈反射表面可由任何反射材料或反射膜構成。舉例而言，可藉由真空熱沈積而塗佈銀，其中加熱一銀源且允許該銀源在目標表面上蒸發。在其他實施例中，電子束沈積可加熱一銀源，允許該銀源在目標表面上蒸發。仍在其他實施例中，亦可使用濺鍍，其中使用高能量氬束加熱銀源但該等氬束不與該銀源反應或至少不實質上反應。在其他實施例中，反射表面可係黏合至目標表面之一反射膜。舉例而言，一200 nm至800 nm厚銀膜。然而，該膜之厚度及其化學成分意欲涵蓋其他等效物。

接下來，在步驟1530處，可視情況將一鈍化層施加至目標反射表面。該鈍化層可係不吸收顯著量之太陽光之一透明寬帶隙材料。舉例而言，在至少一項實施例中二氧化矽可由於其可防止銀氧化而係一適當材料。

接下來，在步驟1540處，可形成一透鏡。該透鏡可係如圖1A及圖1B

中所圖解說明之一圓柱形球透鏡或其可係如圖2中所圖解說明之一球形球透鏡。該透鏡可由矽石、矽、二氧化矽或任何實質上類似化學成分形成。舉例而言，一結晶矽石，諸如砂或石英。在其他實施例中，該透鏡可由一種丙烯酸化合物形成。在某些實施例中，透鏡可藉由磨薄一球形透鏡以形成具有一平坦表面之一透鏡而形成或透鏡可由一模具形成。具有一平坦表面之一例示性透鏡在圖6中進行圖解說明。接下來，在選用步驟1550處，可塗佈透鏡。舉例而言，可在透鏡之表面上塗佈一種氟化鎂成分。該塗層可係有利的，此乃因其可減少光沿著透鏡表面之反射，藉此增加進入透鏡之光之量。

接下來，可將透鏡之至少一部分定位於集光器主體之一入射光通量錐內。在某些實施例中，透鏡可定位於集光器主體之焦點內，如藉由圖5所圖解說明。在其他實施例中，透鏡可稍微高於或低於焦點。接下來，可將至少一個光伏打模組定位於透鏡之折射區內。在某些實施例中，光伏打模組可具有一作用表面，該作用表面具有實質上等於一透鏡之平坦表面之表面積之一表面積。此外，在某些實施例中，光伏打模組可與透鏡之平坦表面接觸。然而，光伏打模組可具有一較大大小且不必始終與透鏡接觸。

本文中所闡述之球透鏡概念亦可與複合拋物線集光器一起使用。圖16A及圖16B分別係具有及不具有一半球形球透鏡之複合拋物線集光器設備之立面圖。在圖16A中，一複合拋物線集光器主體29具有一反射表面14。在例示性實施例中，複合拋物線集光器主體29具有一低矮輪廓且反射表面14位於複合拋物線集光器主體29之內側上。此可增加太陽能通量之總體角受光度及集光因數。低剖面複合集光器之一特定優點係其具有一寬角受光度，此對於非追蹤太陽能安裝(諸如屋頂)可係理想的。

此外，在至少一個例示性實施例中，拋物線集光器主體29之基底可係40 mm且拋物線集光器主體29之高度可係30 mm。在其他實施例中，當比較基底與高度時，比率可類似於4/3。仍在其他實施例中，基底尺寸與高度尺寸可係不同的。

太陽能集光器主體29及反射表面14可將光朝向光伏打模組27反射。在某些實施例中，光伏打模組27可係一砷化鎵(GaAs)光伏打模組。在其他實施例中，該光伏打模組可係一矽光伏打模組。仍在其他實施例中，光伏打模組27可耦合至複合拋物線集光器主體29。然而，光伏打模組27可僅與複合拋物線集光器主體29之基底接觸或毗鄰於複合拋物線集光器主體29之基底。

在圖16B中，圖解說明具有一球形球透鏡之一複合拋物線集光器設備。該複合拋物線集光器設備可類似於圖16A之實施例，具有添加之球形球透鏡22及折射率匹配層23。折射率匹配層23可具有與光伏打模組27相比之一更低折射率及高於球形球透鏡22之一折射率。此外，折射率匹配層23可減少折射且增加複合拋物線集光器設備之效率。舉例而言，藉由放置具有與光伏打模組27相比之一更低折射率及高於球形球透鏡22之一折射率的一材料，折射率匹配層23可在兩側處具有向上及向下之一全內反射，藉此使光陷獲，直至光在一特定角度內進入光伏打模組27為止。

在圖16B之例示性實施例中，球形球透鏡22係半球形的。然而，在其他實施例中，球形球透鏡22可具有替代之球透鏡角度(參見圖6之 $\alpha$ )，如貫穿本文且尤其在圖6之概念基礎下所闡述。

在一例示性實施例中，球形球透鏡22可耦合至複合拋物線集光器主體29之基底、折射率匹配層23及光伏打模組27。在其他實施例中，前述組件

可彼此接觸或毗鄰。在複合拋物線集光器主體29之基底處包含球形球透鏡22可在增強非零度入射光之吸收方面係有效的。舉例而言，光諸如在太陽在日落期間接近地平線時自一斜角進入複合拋物線集光器設備。此外，在球形球透鏡22與光伏打模組27之間包含折射率匹配層23可係有利的，此乃因折射率匹配層23可使光陷獲，直至光在一特定角度內進入光伏打模組27為止。

圖17係圖解說明各種複合太陽能集光器設備之能量採集潛能之一圖表。能量採集潛能可與光伏打模組27效率成比例。圖17圖解說明三個非追蹤光伏打模組之採集潛能之差別。不具有一複合太陽能集光器設備之一扁平電池具有一基線採集潛能1。扁平電池之採集潛能可係一基線參考值。不具有半球形透鏡之複合太陽能集光器設備及光伏打模組具有一能量採集潛能1.7。具有半球形球透鏡之複合太陽能集光器設備及光伏打模組具有一能量採集潛能2.1。因此，在非追蹤情況中，具有半球形球透鏡之一複合太陽能集光器可具有大於一簡單扁平電池之能量採集潛能兩倍。

圖18係分別圖解說明具有及不具有一半球形球透鏡之複合拋物線集光器之集光因數之一圖表。最上部線表示具有一半球形透鏡之一複合拋物線集光器設備之集光因數，而最下部線表示不具有一半球形透鏡之一複合拋物線集光器設備之集光因數。如藉由圖18所圖解說明，兩項實施例在處於 $10^{\circ}$ 至 $35^{\circ}$ 之範圍內之源角度之間具有顯著不同集光因數。因此，在 $10^{\circ}$ 至 $35^{\circ}$ 之間的斜入射角處，半球形透鏡展示效率之顯著改良。此外，各別線下方之面積可圖解說明每一組態之總太陽能採集潛能。因此，具有一半球形透鏡之複合拋物線集光器設備可具有一較大總太陽能採集潛能。

雖然本文中闡述說明性實施例，但範疇包含具有基於本發明之等效元

件、修改、省略、(例如，跨越各種實施例之態樣之)組合、改編或更改之任何及所有實施例。申請專利範圍中之元素將基於申請專利範圍中所採用之語言而廣泛地解釋且不限於本說明書中或在申請案之審查期間所闡述之實例，該等實例將理解為非排他性的。因此，說明書及實例意欲僅視為實例性，其中真實範疇及精神係藉由以下申請專利範圍及其等效物之全部範疇來指示。

**【符號說明】**

|    |                              |
|----|------------------------------|
| 10 | 槽形拋物線主體                      |
| 12 | 圓柱形球透鏡                       |
| 14 | 反射表面/銀反射表面                   |
| 16 | 光伏打模組                        |
| 20 | 碟形拋物線主體/碟形主體                 |
| 22 | 球形球透鏡                        |
| 23 | 折射率匹配層                       |
| 24 | 平坦表面/上部平坦表面                  |
| 27 | 光伏打模組                        |
| 28 | 表面塗層                         |
| 29 | 複合拋物線集光器主體/拋物線集光器主體/太陽能集光器主體 |
| 31 | 零度入射光                        |
| 33 | 非零度入射光                       |
| 35 | 焦點                           |
| 37 | 不均勻焦點區/所得不均勻焦點區              |

|          |            |
|----------|------------|
| 100      | 線性太陽能集光器設備 |
| 200      | 太陽能集光器設備   |
| $B_1$    | 球透鏡直徑      |
| $D_1$    | 拋物線主體直徑    |
| $F_1$    | 拋物線入射光通量錐  |
| $F_2$    | 球透鏡折射區     |
| $P_1$    | 光伏打電池直徑    |
| $\alpha$ | 球透鏡角度      |
| $\theta$ | 拋物線主體角度    |



201719093

201719093

申請日: 105/11/02

IPC分類: **F24J 2/12** (2006.01)

## 【發明摘要】

## 【中文發明名稱】

整合有球透鏡之拋物線集光器

## 【英文發明名稱】

PARABOLIC CONCENTRATOR INTEGRATED WITH BALL  
LENS

## 【中文】

本發明揭示一種用於利用太陽能通量之太陽能集光器設備。該太陽能集光器設備具有一拋物線主體，該拋物線主體具有一反射表面以接收入射光。該拋物線主體及該反射表面具有一入射光通量錐，且一球透鏡定位於該入射光通量錐之至少一部分內。該球透鏡具有一折射區且經組態以將由該拋物線主體之該反射表面反射之該入射光之至少一部分引導至該折射區中。

## 【英文】

A solar concentrator apparatus for harnessing solar flux is disclosed. The solar concentrator apparatus has a parabolic body having a reflecting surface to receive incident light. The parabolic body and reflecting surface have an incident light flux cone, and a ball lens is positioned within at least a portion of the incident light flux cone. The ball lens has a refracted area and is configured to direct at least a portion of the incident light that is reflected by the reflecting surface of the parabolic body into the refracted area.

## 【指定代表圖】

圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

- |     |            |
|-----|------------|
| 10  | 槽形拋物線主體    |
| 12  | 圓柱形球透鏡     |
| 14  | 反射表面/銀反射表面 |
| 100 | 線性太陽能集光器設備 |

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種太陽能集光器設備，其包括：

一拋物線主體，其具有一反射表面以接收入射光；

其中該拋物線主體及該反射表面具有一入射光通量錐；及

一球透鏡，其定位於該入射光通量錐之至少一部分內，

其中該球透鏡具有一折射區且經組態以將由該拋物線主體之該反射表面反射之該入射光之至少一部分引導至該折射區中。

### 【第2項】

如請求項1之太陽能集光器設備，其包括至少一個光伏打模組，該至少一個光伏打模組經定位以接收由該球透鏡引導至該折射區中之該光之至少一部分。

### 【第3項】

如請求項2之太陽能集光器設備，其中該入射光通量錐之至少部分係在該至少一個光伏打模組之作用表面外部，且該折射區實質上位於該至少一個光伏打模組之該表面上。

### 【第4項】

如請求項1之太陽能集光器設備，其中該球透鏡具有90度至170度之一透鏡角度。

### 【第5項】

如請求項1之太陽能集光器設備，其中該球透鏡具有100度至140度之一透鏡角度。

### 【第6項】

如請求項5之太陽能集光器設備，其中該球透鏡具有與一光伏打電池接觸之一實質上平坦表面。

**【第7項】**

如請求項1之太陽能集光器設備，其中該球透鏡包括熔融矽石。

**【第8項】**

如請求項7之太陽能集光器設備，其中該球透鏡包括一表面塗層。

**【第9項】**

如請求項8之太陽能集光器設備，其中該表面塗層包括氟化鎂。

**【第10項】**

如請求項1之太陽能集光器設備，其中該反射表面包括銀。

**【第11項】**

如請求項10之太陽能集光器設備，其中該反射表面包括一鈍化層。

**【第12項】**

如請求項11之太陽能集光器設備，其中該鈍化層包括二氧化矽。

**【第13項】**

如請求項1之太陽能集光器設備，其中該反射表面係具有範圍介於自250 nm至750 nm之一厚度之一膜。

**【第14項】**

如請求項4之太陽能集光器設備，其中該拋物線主體具有40度至65度之一拋物線角度。

**【第15項】**

如請求項14之太陽能集光器設備，其中該拋物線主體係一碟形拋物線主體。

**【第16項】**

如請求項15之太陽能集光器設備，其中該球透鏡係一實質上球形球透鏡。

**【第17項】**

如請求項14之太陽能集光器設備，其中該拋物線主體係一槽形拋物線主體。

**【第18項】**

如請求項17之太陽能集光器設備，其中該球透鏡係一圓柱形球透鏡。

**【第19項】**

一種製造一拋物線太陽能集光器與透鏡對之方法，其包括：

形成具有一對應入射光通量錐之一集光器主體；

將一反射表面塗佈至該集光器主體；

形成具有一對應折射區之一透鏡；

將該透鏡之至少一部分定位於該入射光通量錐內；及

將至少一個光伏打模組之至少一部分定位於該折射區內。

**【第20項】**

如請求項19之方法，其包括將一鈍化層施加至該反射表面之步驟。

**【第21項】**

如請求項19之方法，其包括塗佈該透鏡之步驟。

**【第22項】**

一種複合拋物線集光器設備，其包括：

一複合拋物線集光器主體，其具有一反射表面，

一球形球透鏡，其定位於該複合拋物線集光器主體之一基底區域

內；及

至少一個光伏打模組，其定位於該球形球透鏡下方。

**【第23項】**

如請求項22之複合拋物線集光器設備，其中該光伏打模組、該球形球透鏡及該複合拋物線集光器主體被固定地附接。

**【第24項】**

如請求項22之複合拋物線太陽能集光器設備，其中該球形球透鏡具有毗鄰於該光伏打電池之一實質上平坦表面。

**【第25項】**

如請求項24之複合拋物線太陽能集光器設備，其中該球形球透鏡係一半球形球透鏡。

**【第26項】**

如請求項22之複合拋物線太陽能集光器設備，其中該光伏打模組係一砷化鎵(GaAs)光伏打模組。

**【第27項】**

如請求項22之複合拋物線太陽能集光器設備，其中該複合拋物線集光器主體之該基底區域與一高度之間的一比率之範圍係自 $(3/2)$ 至 $(5/4)$ 。

**【第28項】**

如請求項22之複合拋物線太陽能集光器設備，其中該複合拋物線集光器主體之該基底區域與一高度之間的一比率係 $(4/3)$ 。

**【第29項】**

如請求項22之複合拋物線太陽能集光器設備，其中該基底區域之長度係大約40 mm且該複合拋物線集光器主體之一高度之長度係大約30 mm。







































