



具高聚光比 及高效率之平面型稜鏡 陣列太陽能集光器設計

Design for Planar Prism Array Lightguide Solar Concentrators
with High Concentration Ratio and High Optical Efficiency

朱淑君

國立成功大學
物理學系
微奈米科技研究中心

巫宏昱

國立成功大學
物理學系
微奈米科技研究中心

林暉雄

工研院機械所
先進製造技術組

林俊廷

工研院機械所
先進製造技術組
光學膜片技術部

陳鑾英

工研院機械所
先進製造技術組
光學膜片技術部

關鍵詞(Keywords)

- 太陽能集光器 Solar concentrators
- 平面導光板 Planar lightguide
- 微凹穴 Dimple

摘要(Abstract)

太陽能集光器可提供高的聚光比，將大面積的太陽光蒐集至小面積的光電池處，而可大幅地減少太陽能板陣列系統的製作成本。相較於繞、折射型的太陽能集光器，平面導光板型太陽能集光器輕、薄、可便宜製作，具有取代繞、折射型的太陽能集光器的潛力而被廣泛注意。本研究提出一新型的平面型太陽能集光器，在本設計中，

太陽光經由透鏡陣列會聚至導光板底部微凹穴結構，藉由稜鏡陣列與微凹穴結構的搭配使用，成功地避免了導光板內光線經過多次反射的漏光能量損失，模擬結果顯示，所提出的平面稜鏡陣列型太陽能集光器在聚光比為 $300\times$ 時，可達到 92 % 的光學效率。

Solar concentrators can provide high light concentration ratio by collecting sunlight of large area to a smaller light-receiving region of photovoltaic cell. Using solar concentrators can greatly reduce the solar array manufacturing costs. Planar lightguide solar concentrator has attracted many attentions for its promising for thin form-factor, lightweight, and inexpensive replacements for the current generation of refractive and reflective solar concentrators. This study



proposes a new type of planar lightguide solar concentrator. In this design, sunlight is collected by a two-dimensional lens array and is coupled into a prism array planar lightguide using localized micro dimpled structure placed at the focus of each lens. The usage of the combination of the prism array and the dimple structure successfully prevents most leakage of guiding rays after multiple reflections in lightguide. Simulation results show that the proposed lightguide can achieve 92 % optical efficiency at 300× concentration.

的特性，並且可搭配壓印製程技術便宜地量產，相較於繞、折射式太陽能集光器具有一定的競爭力。本研究提出一新型的平面型稜鏡陣列太陽能集光器。在本設計中，太陽光經由透鏡陣列會聚至導光板底部微凹穴結構，藉由稜鏡陣列與微凹穴結構的搭配使用，成功地避免了導光板內光線經過多次反射的漏光能量損失，因此此類型太陽能集光器可在高聚光比的情況下仍維持高的光學效率。本研究的模擬結果顯示，所提出的平面型稜鏡陣列太陽能集光器在聚光比為 300×時，可達到 92 % 的光學效率。

1. 前言

在地球石化能源被開採殆竭的情況下，開發新能源是必要的途徑，其中利用太陽能發電是一個非常可行的方案。然而太陽能晶片上游材料缺乏，價格飛漲，太陽能電池所面臨的最大問題乃是材料成本太高。目前國內、外均有研究單位研發利用導光板的方式，將大面積的太陽光匯集到小面積的太陽能電池上發電以節省太陽能發電之成本。而針對建築或其他非追日的太陽能發電應用，則可採用可大角度收光之太陽能導光板結構。

CPV 系統(Concentrator photovoltaic systems)使用大面積的光學元件將太陽光收集並傳遞到小面積、高效率的太陽能電池上。在 CPV 系統中所使用的平面型導光板之太陽能集光器，利用內全反射將太陽光集中會聚在太陽能電池上，使得太陽光能在最少損耗下被集中且有效率地使用，達到最大的經濟效益。又平面型導光板具有薄、輕

2. 集光器架構

一般平面型太陽能集光器的架構及各部分結構作用可參見圖 1，平面型太陽能集光器由兩部分構成：透鏡陣列及平面型導光板。太陽光經由透鏡陣列會聚至平面導光板，經由平面導光板底部微結構的作用，將大面積的太陽光傳導至具較小面積的導光板出光口(太陽能電池座落處)。太陽能集光器的設計目標：希望太陽能集光器能在高聚光比的同時兼具高光學效率。本研究中，聚光比 C 定為太陽能集光器的收光面積與出光面積的比值，而光學效率 η 則定為由太陽能集光器出光位置處光能量佔所有入射集光器的太陽光能量比例，即：

$$C = \frac{\text{太陽能集光器入射面積}}{\text{太陽能集光器出射面積}} = \frac{\text{導光板長度 } L}{\text{導光板厚度 } t} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{\text{太陽能集光器出光位置光能量}}{\text{入射太陽能集光器總太陽能}} \quad (2)$$

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】354期 101年9月號

每期 220 元 一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw