

高效率聚光型太陽能發電單元之設計與研發

結案報告

Optical Design for the High-efficiency Light Collection Unit of Solar Concentrator

(計畫編號：NSC 96-NU-7-009-002)

報告人

陳志隆

交通大學光電研究所

中文摘要

在國科會的經費支援下,我們對太陽能集光器的光學設計展開了研究,提供了幾個解決方案,我們在此也總結我們的研究成果.

英文摘要

Under the support of NSC and INER, a study of the optical design of sun concentrator was carried out in past one year, several solutions were provided, and the results were summarized.

目錄

壹、計畫緣起與目的

貳、研究方法與過程

參、主要發現與結論

報告內容

壹、計畫緣起與目的

基於太陽能實為地球能量的基本來源、基於半導體太陽能基板、電池的蓬勃發展,本計畫的緣起與目的在就核研所的聚光型太陽能發電單

元，在我們現有的光學系統設計基礎上繼續從事設計與研發，在摹擬設計上提昇太陽能收光效率、提高在太陽能基板上的均勻度、控制光能分佈及光能移轉的轉接效率等等，以期與核研所團隊互相配合，實作實證以研製更高效率聚光型太陽能發電單元。簡言之在發展各式的非傳統的聚焦式、高均勻性太陽能集光器與鏡頭設計、特別是 Nonimaging Fresnel Lenses，並提供可行性分析及模擬驗證。

貳、研究方法與過程

工作項目：

1. 集光效率的提升 (Fresnel lens, compound parabolic concentrator, lightpipe 的組合)，
2. 大 tolerance 角度的改善設計；
3. 專利文獻分析與佈局，與
4. 相關論文的探討與論文發表。

我們的研究方法主要是用理論與數值摹擬分析。依工作項目與需求開展。

參、主要發現與結論

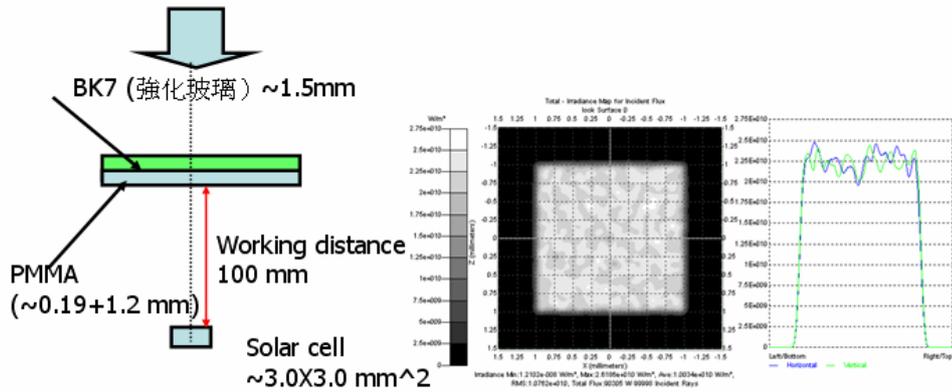
我們的主要工作成果是

- 一、 完成了幾個高效率與可實現的光學設計案

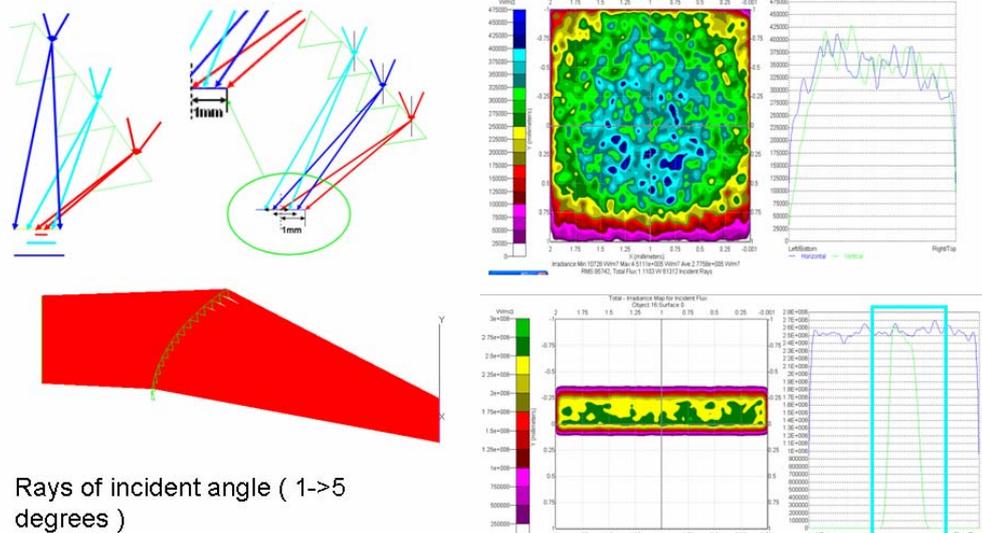
重點可用下圖總結說明：

我們引用 multiple-section Fresnel lens 設計概念從事設計。重要是其收光效率達 efficiency > 90% (90.3%)。這樣的設計值使得我們在實作時會有較高的實現性。

Schematic diagram of system

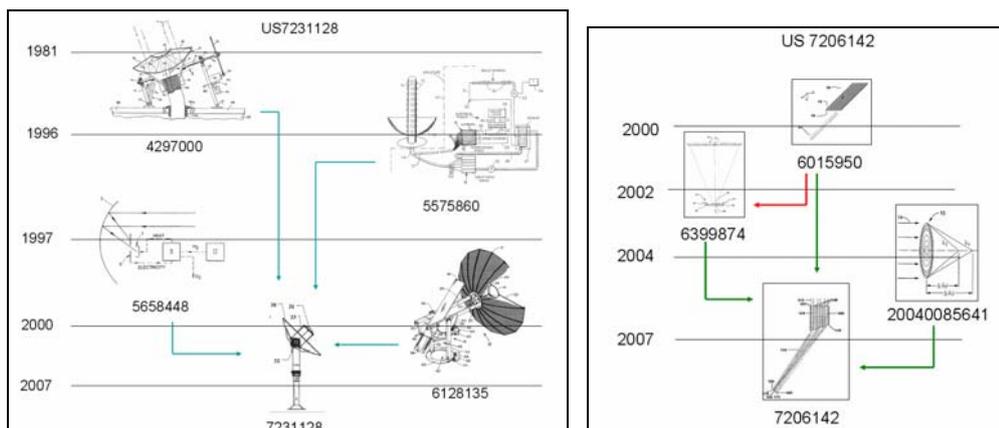


在大 tolerance 角度的改善設計上除了對 Solar cell 週邊做 cup collector 把光導入外，另一個做法是拉大收光角。一個實現例是 multiple-section dome-like Fresnel lens。我們把結果列在下圖。



二、專利的分析

我們對後續的一些重要專利做了 roadmap 的分析。例子如下

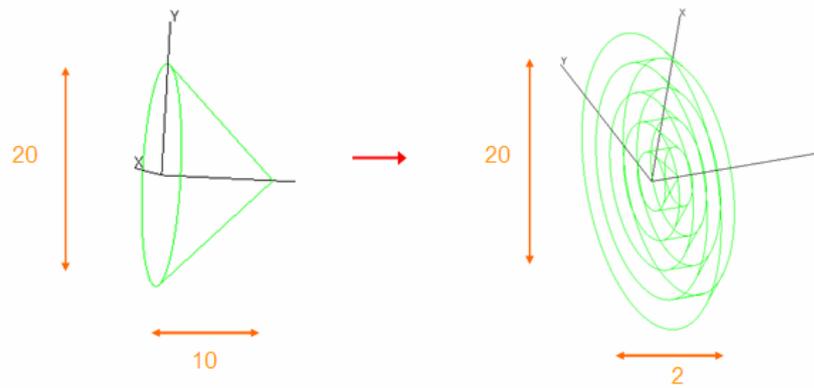


我們也對相關的光學專利做了佈局的思考。

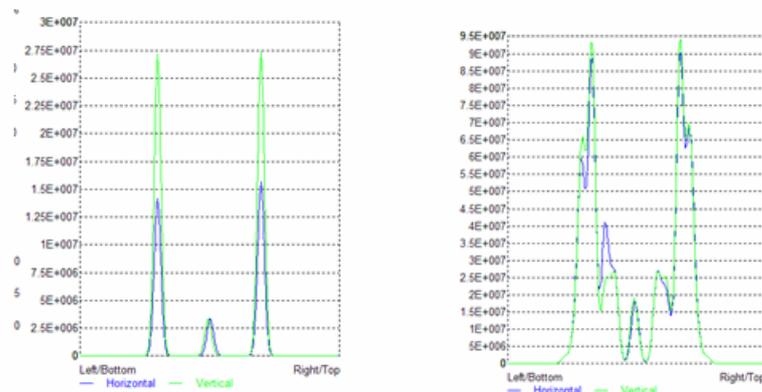
三、基本學理的探索

在基本學理的探討上，我們所關心的是光能量吸收的基本極限在那裡？在 2005 年 Winston and Gordon (*Optics Letters, Planar concentrators near the etendue limit*, vol. **30**, pp 2617-2619, 2005) 提出了一個看法。他們根據 etendue 理論給出光能量吸收的基本極限也提供我們一個非常高效率而且小型便宜的集光結構，而且在 reference 中也考慮了所有在高能量下所可能發生的問題，也都實驗說明在一般範圍下都不會使 cell 燒毀，且導熱問題也在其他論文中被解決，為一個實際可用的模型。不過在其論文末提到若以方型 cell 代替圓形 cell 將可使製作成本更低。不過詳細理論是否可行沒實際交代。

另一個我們關心的重點是有無新的光學方法做出新的結構，以帶來意想不到的效率改善？在 2006 Golub 提出 Fresnel axicon 的作法。(Optics Letters, *Fresnel axicon*, vol. **31**, pp1890-1892, 2006)



Distribution



由我們所作的分析結果上圖可以看到 Fresnel axicon-type lens 有以下優點:1.能量接收功率便高. 2.能量分部較平均。 Fresnel axicon 的一些特殊之處是它可以製造了同調的 Bessel type beam，其使用同心角角度幾乎等於常數的同心三角 groove 的效果。另外 Fresnel axicon-type lens 比起 Bulk axicon type lens 更有優勢，因為製作.低物質吸收損耗，而且較輕。這些優勢相信會使之在如太陽能集光器等需要大焦深應用上會有更多的應用。

參考文獻

略

計畫成果自評

在這些年的努力不懈下,,我們算是掌握到太陽能集光器的設計與實作能力.但因為缺乏合作的契機,所以這個與核研所合作的計畫是一個失敗的計畫.但當事人都學習到寶貴的經驗.前車之鑑,可為後事之師