

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

## 仿生寬頻奈米結構抗反射層及其在單晶矽太陽能電池之應用

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 101-ET-E-009-001-ET  
執行期間：101年01月01日至101年12月31日  
執行單位：國立交通大學應用化學系（所）

計畫主持人：孫建文

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：黃昭凱  
博士班研究生-兼任助理人員：陳政元

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 101 年 11 月 14 日

中文摘要：週期性奈米結構被廣泛發現於自然界中，像是在蛾眼(moth eye)結構中，因為這樣的奈米結構可降低光進入眼睛的反射，藉此增加在黑暗中的視覺靈敏度。一週期小於入射光波長的奈米結構陣列又被稱為次波長結構，可形成具有漸變性折射係數之結構，藉由改變次波長結構的表面形貌，折射係數會由基材漸變為空氣。由於這樣的漸變性折射係數，可有效降低因折射係數差異造成的表面反射，而做為一抗反射結構(antireflection coating)。相對於傳統單層或多層抗反射薄膜，週期性奈米結構藉由提供一個漸變性折射係數更能有效的廣域波長範圍達到抗反射效果，此外，此結構擁有對入射角度不敏感的特性，更能應用於在設計寬廣入射角的抗反射用途，被視為可有效應用於光學元件及太陽能電池的抗反射結構。

本計畫分為三個部分：(一)單層二氧化矽奈米粒子結構(二)蜂巢式次波長結構，以及(三)蛾眼奈米結構陣列。藉由不同的低成本製程方式在太陽能電池表面形成週期性奈米結構做為提升抗反射以及光捕捉效果，藉此提升太陽能電池的光電轉換效率。所有的實驗並會以 Rsoft CAD Layout DiffractMOD 軟體進行理論模擬計算設計最佳參數條件以及驗證實驗結果。

中文關鍵詞：蜂巢結構；奈米粒子；奈米壓印

英文摘要：

英文關鍵詞：

行政院國家科學委員會補助專題研究  
計畫

期中進度報告  
 期末報告

仿生寬頻奈米結構抗反射層及其在單晶矽太陽能電池之應用

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 101 - ET - E - 009 - 001 - ET

執行期間：2012 年 01 月 01 日至 2012 年 12 月 31 日

執行機構及系所：國立交通大學應用化學系

計畫主持人：孫建文

共同主持人：

計畫參與人員：陳政元、黃昭凱、陳俊曄

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國報告：

赴國外移地研究心得報告

赴大陸地區移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告及發表之論文

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

中 華 民 國 101 年 11 月 14 日

## 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

- 達成目標
- 未達成目標（請說明，以 100 字為限）
- 實驗失敗
  - 因故實驗中斷
  - 其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

- 論文：已發表 未發表之文稿 撰寫中 無
- 專利：已獲得 申請中 無
- 技轉：已技轉 洽談中 無
- 其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以500字為限）

週期性奈米結構被廣泛發現於自然界中，像是在蜂巢式次波長結構中，因為這樣的奈米結構可降低光進入眼睛的反射，藉此增加在黑暗中的視覺靈敏度。週期小於入射光波長仿生奈米結構稱之為次波長結構，藉由調控形成連續錐狀的側面結構可提供一個漸變性折射係數，折射率能從空氣漸變為基板，因此降低反射率作為抗反射層。此外，此結構擁有對入射角度不敏感的特性，更能應用於在設計寬廣入射角的抗反射用途。週期性奈米結構被視為可有效應用於光學元件及太陽能電池的抗反射結構。相較於使用傳統光學或電子束微影以及蝕刻製程本實驗所使用得試片皆與實際商業化製程的矽基太陽能電池相同，藉由本計畫的執行，配合理論計算調控實驗參數，獲得一最佳化的製程條件，此技術即可直接應用於商業化太陽能電池產品。另一方面，此低成本、快速以及可大面積化的抗反射製程技術亦可應用於其他光電元件或者其他類型太陽能電池研究。藉由形成奈米結構能夠有效降低太陽能電池反射率： $R < 10\%$  (在 600nm~1000nm 範圍)。降低太陽能電池表面反射率而提升轉換效率：太陽能電池元件 QE 量測 $>90\%$ (在 800nm 的位置)。所有製程均不會傷害以及對元件本身造成影響，亦不會造成電池試片 lifetime 降低。所有製程符合低成本、快速且大面積要求。結合奈米粒子的電池元件，效率可提升至少 15%。完成奈米粒子尺寸與試片結合的最佳參數計算。完成不同蜂巢尺寸及層數與試片結合的最佳參數計算。完成不同蜂巢尺寸及層數與試片結合的最佳參數計算。研究成果已發表於頂尖國際期刊 Optics Express 20, No. S1, A85 (2012)

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/11/14

國科會補助計畫	計畫名稱: 仿生寬頻奈米結構抗反射層及其在單晶矽太陽能電池之應用
	計畫主持人: 孫建文
	計畫編號: 101-ET-E-009-001-ET 學門領域: 再生能源開發與利用
無研發成果推廣資料	

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：孫建文		計畫編號：101-ET-E-009-001-ET				計畫名稱：仿生寬頻奈米結構抗反射層及其在單晶矽太陽能電池之應用	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	2	2	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	1	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	1	1	100%	人次	
		博士生	2	2	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>藉由與加拿大滑鐵盧大學合作及交流，並輔以我們的理論計算，將一最佳化、高深寬比的抗反射結構應用於太陽能電池表面，對於轉換效率上能有更進一步的提升，並亦可應用於其他光電元件。</p>
--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	



# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

週期性奈米結構被廣泛發現於自然界中，像是在蜂巢式次波長結構中，因為這樣的奈米結構可降低光進入眼睛的反射，藉此增加在黑暗中的視覺靈敏度。週期小於入射光波長仿生奈米結構稱之為次波長結構，藉由調控形成連續錐狀的側面結構可提供一個漸變性折射係數，折射率能從空氣漸變為基板，因此降低反射率作為抗反射層。此外，此結構擁有對入射角度不敏感的特性，更能應用於在設計寬廣入射角的抗反射用途。週期性奈米結構被視為可有效應用於光學元件及太陽能電池的抗反射結構。相較於使用傳統光學或電子束微影以及蝕刻製程本實驗所使用得試片皆與實際商業化製程的矽基太陽能電池相同，藉由本計畫的執行，配合理論計算調控實驗參數，獲得一最佳化的製程條件，此技術即可直接應用於商業化太陽能電池產品。另一方面，此低成本、快速以及可大面積化的抗反射製程技術亦可應用於其他光電元件或者其他類型太陽能電池研究。藉由形成奈米結構能夠有效降低太陽能電池反射率： $R < 10\%$ （在 600nm~1000nm 範圍）。降低太陽能電池表面反射率而提升轉換效率：太陽能電池元件 QE 量測 $>90\%$ （在 800nm 的位置）。所有製程均不會傷害以及對元件本身造成影響，亦不會造成電池試片 lifetime 降低。所有製程符合低成本、快速且大面積要求。結合奈米粒子的電池元件，效率可提升至少 15%。完成奈米粒子尺寸與試片結合的最佳參數計算。完成不同蜂巢尺寸及層數與試片結合的最佳參數計算。完成不同蜂巢尺寸及層數與試片結合的最佳參數計算。研究成果已發表於頂尖國際期刊 Optics Express 20, No. S1, A85 (2012)

