

## 題目：無損耗矽晶太陽能電池封裝 Efficiency Comparison of Technologies: Best Lab Cells vs. Best Lab Modules

班級/學生：材四甲/陳孟煒

指導教授：盧榮宏 博士

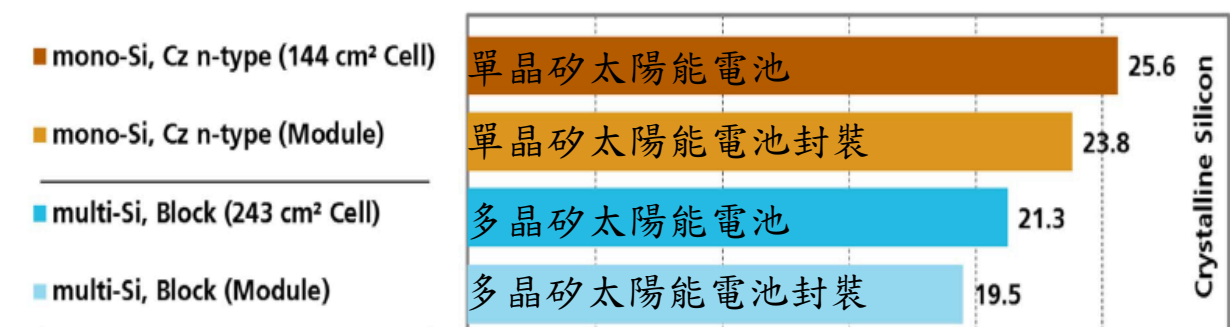


Fig.1 世界級矽晶太陽能發電效率，與其模組化後發電效率 (Fraunhofer 研究協會)

### 簡介

2015年全球太陽能電池共生產了57 GWp，在德國太陽能電池成本為每千瓦1270歐元，太陽能電池可在全球產值約7百億歐元，而太陽能電池必須經過封裝才可使用，以矽晶太陽能電池為例，若使用一般封裝，發電效率會下降約1.8%，相對於未封裝太陽能電池7%的效率損失，等同於造成全球約台幣1千5百億的經濟損失。

此研究是透過降低封裝後矽晶太陽能電池的反射率進而達到發電效率的提升，減少封裝後造成的效率與經濟損失。

### 實驗理論建立

#### 矽晶太陽能電池裸晶片反射率模擬

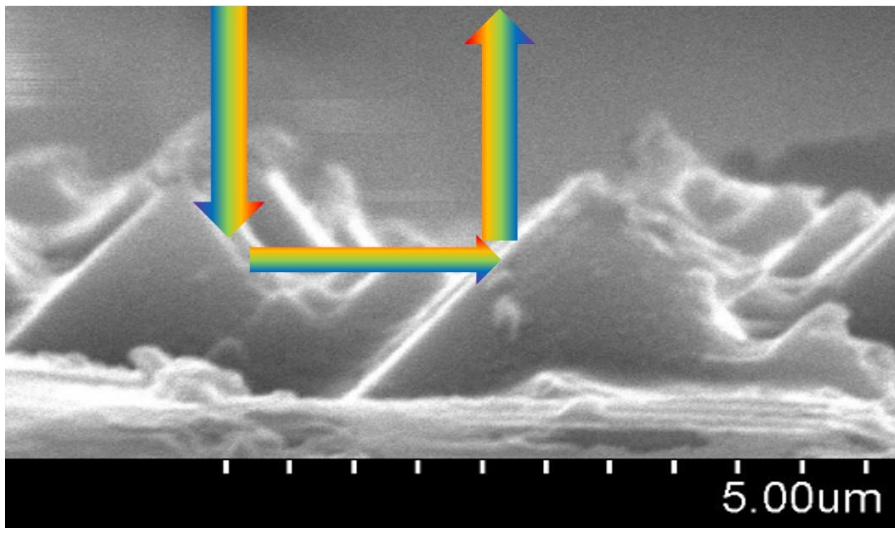


Fig.2 矽晶太陽能電池SEM剖面圖

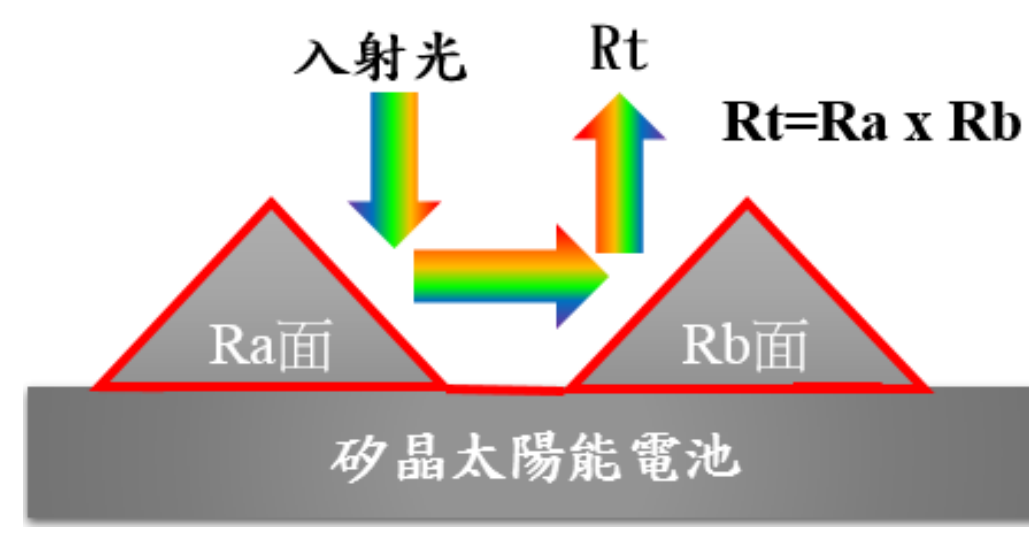


Fig.3 裸晶片反射率模擬

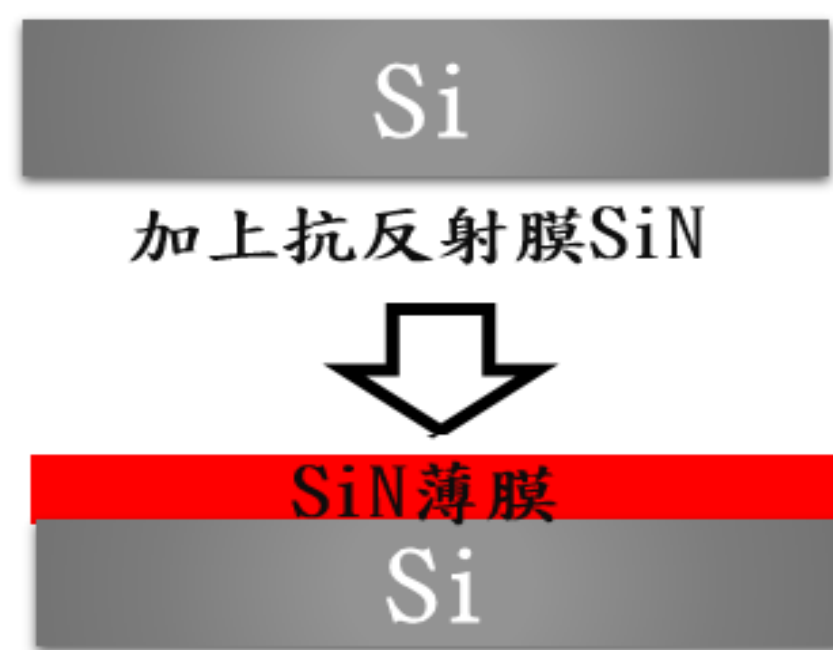


Fig.6 加上抗反射膜模型示意圖

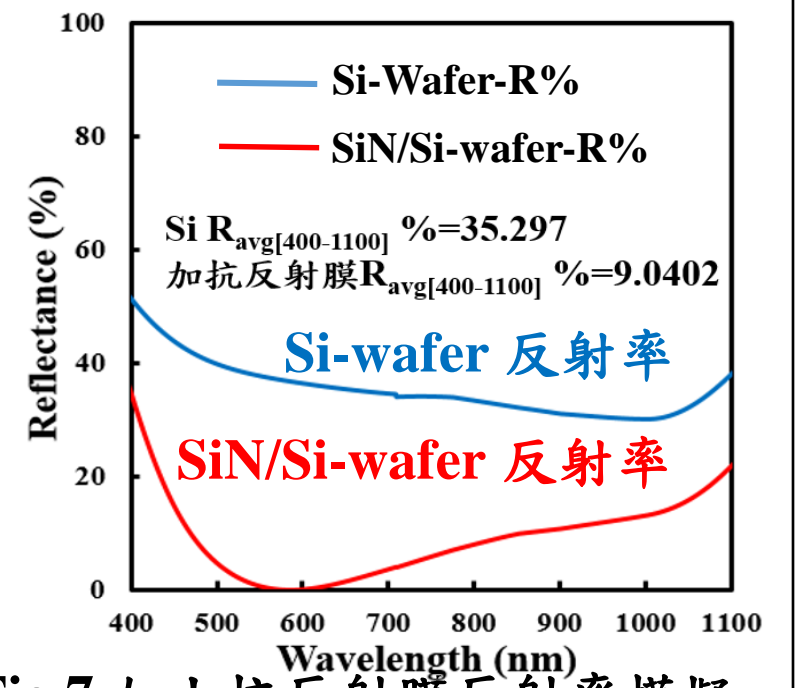


Fig.7 加上抗反射膜反射率模擬

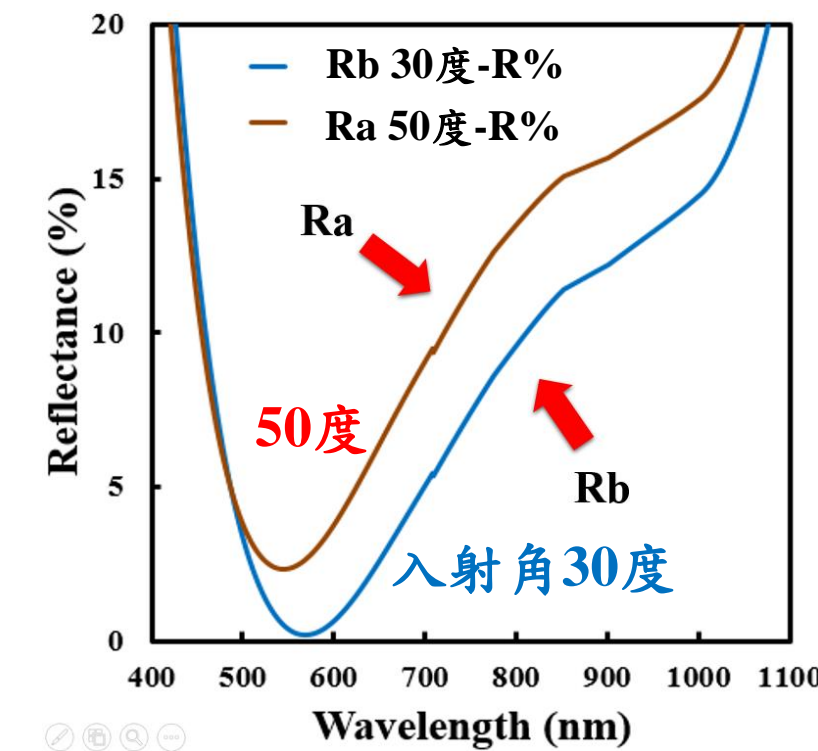


Fig.4 光入射至表面形貌的反射率

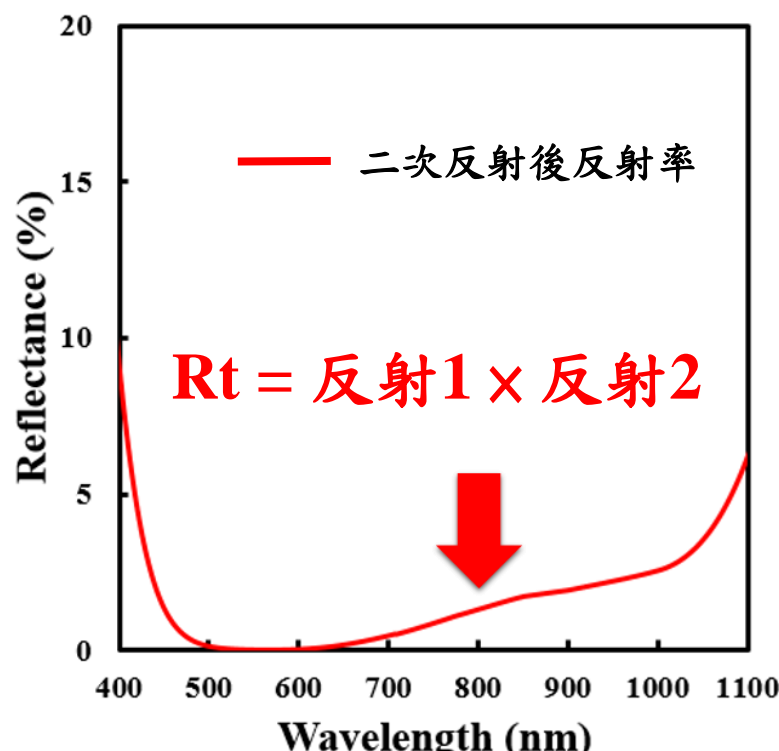


Fig.5 理論模擬二次反射後反射率

#### 矽晶太陽能電池封裝後反射率模擬

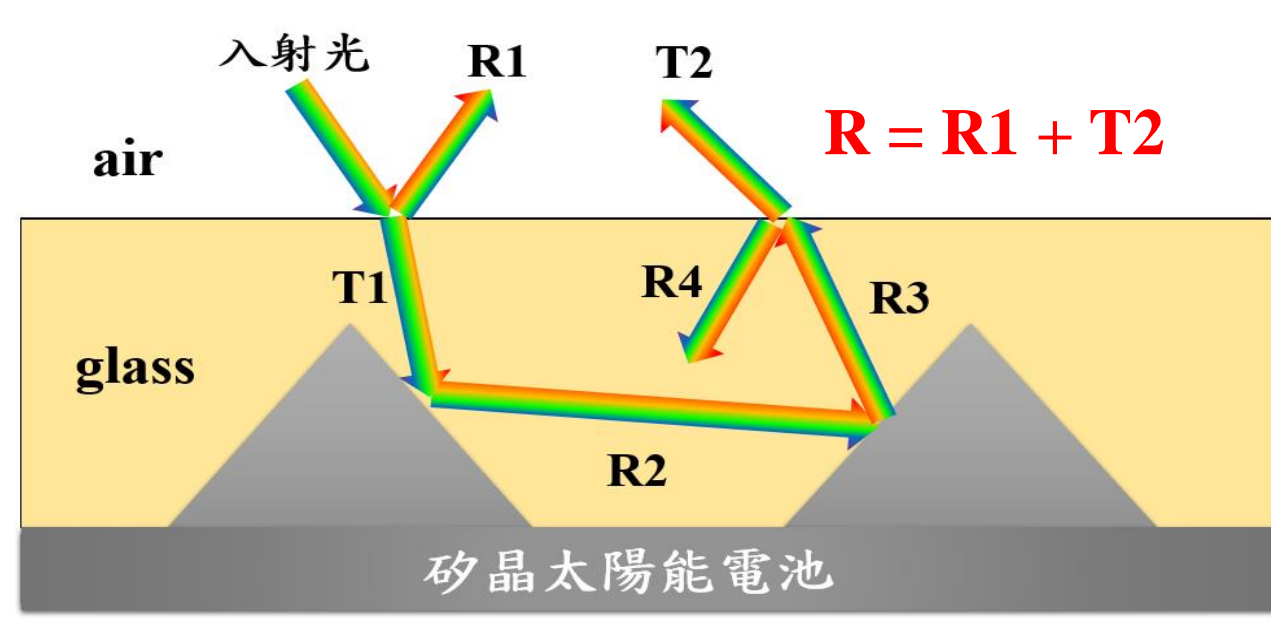


Fig.8 模擬封裝後反射率模型

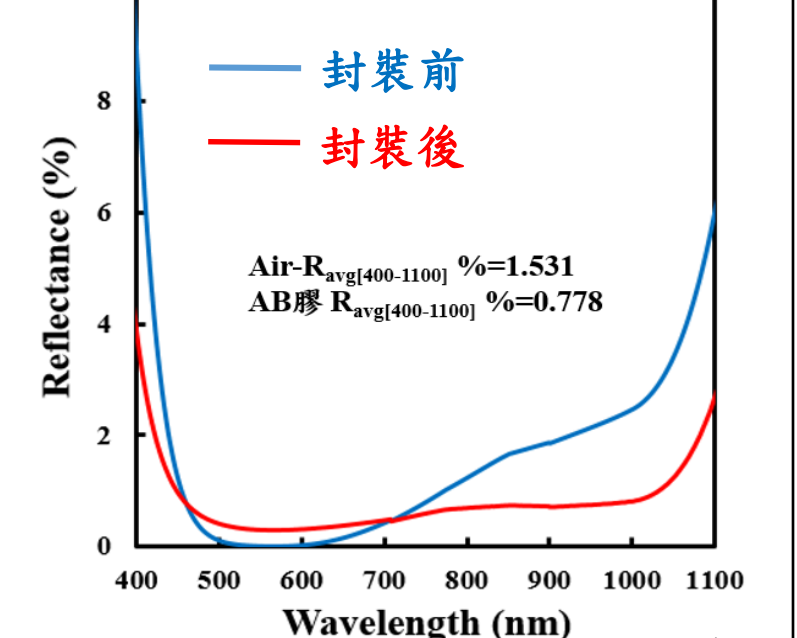


Fig.9 不同介質入射反射率

#### 計算銀線提供反射率

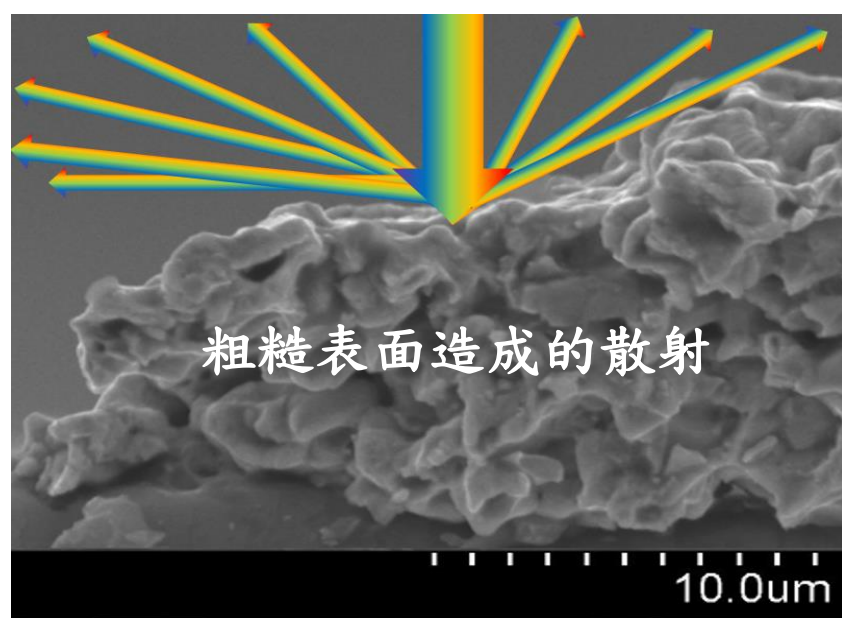


Fig.10 銀線SEM剖面圖

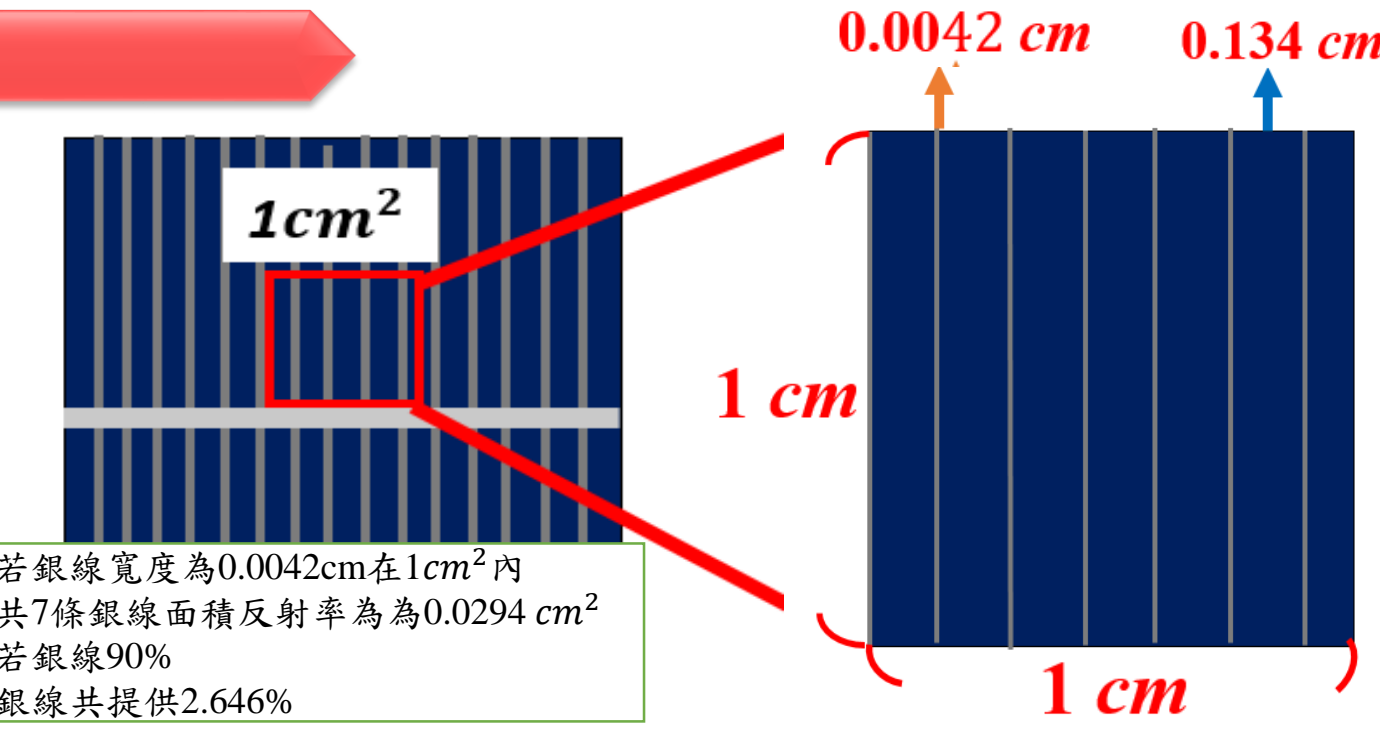


Fig.11 計算銀線佔面積比例

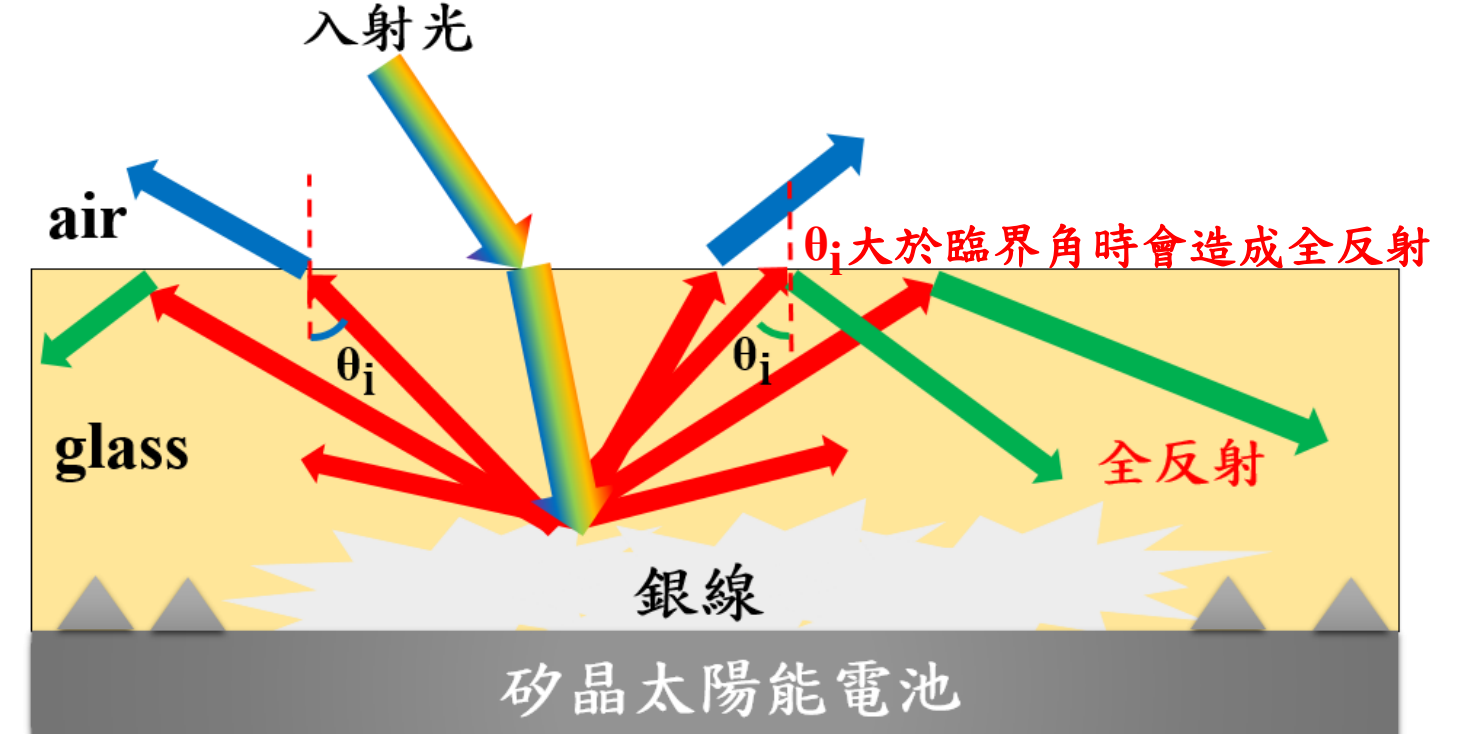


Fig.12 封裝後銀線反射率模型

#### 抗反射[400-1100nm]基板與製程窗口

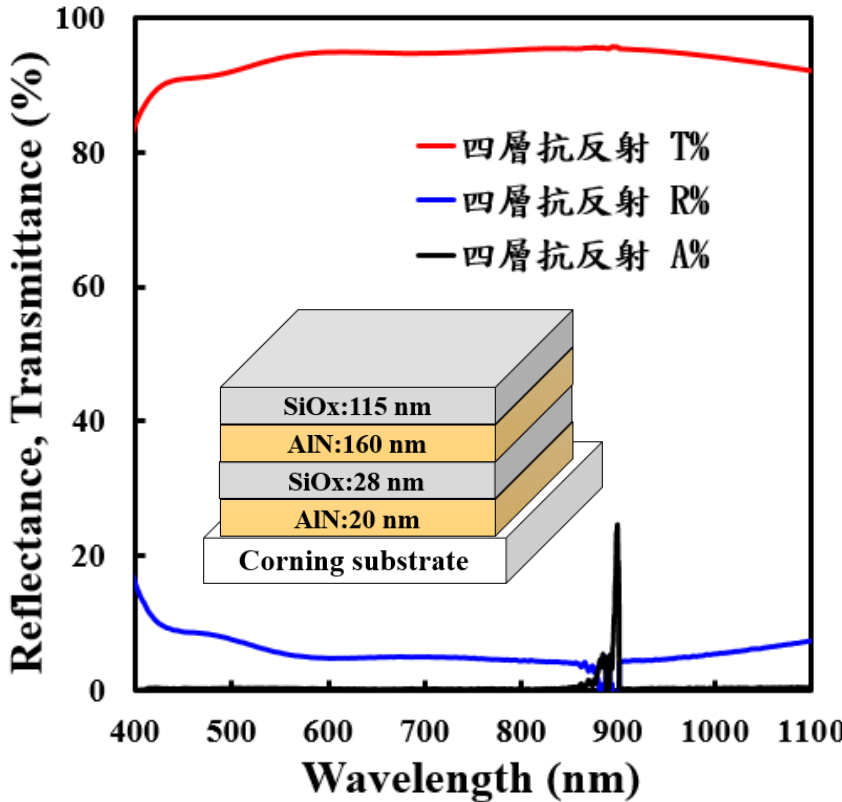


Fig.13 四層抗反射光譜圖

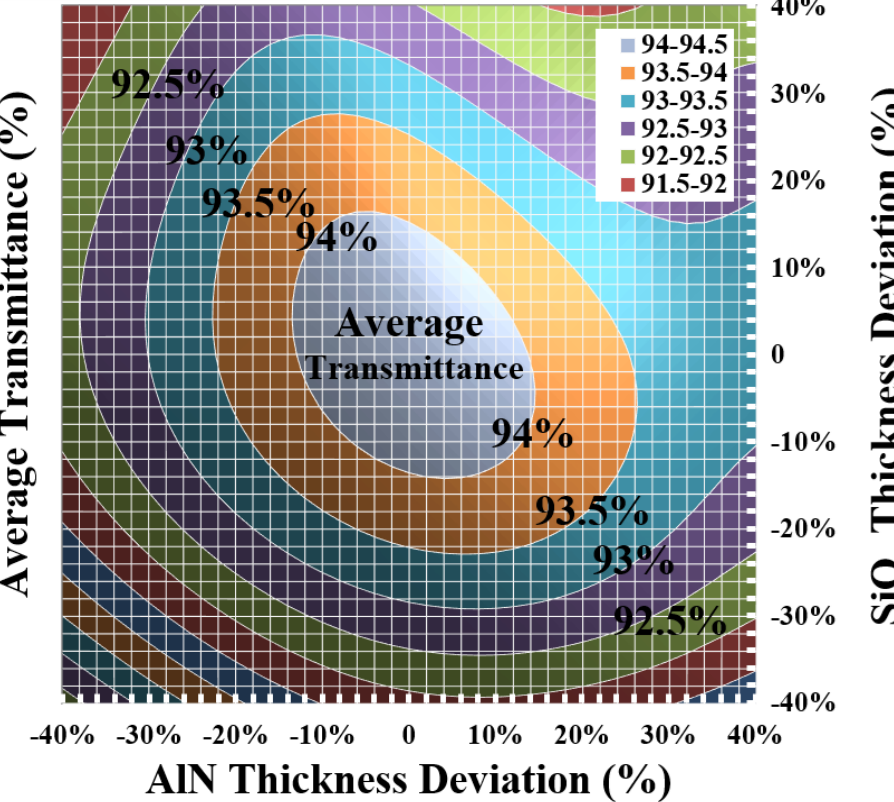


Fig.14 四層抗反射製程窗口設計

#### 量測手法

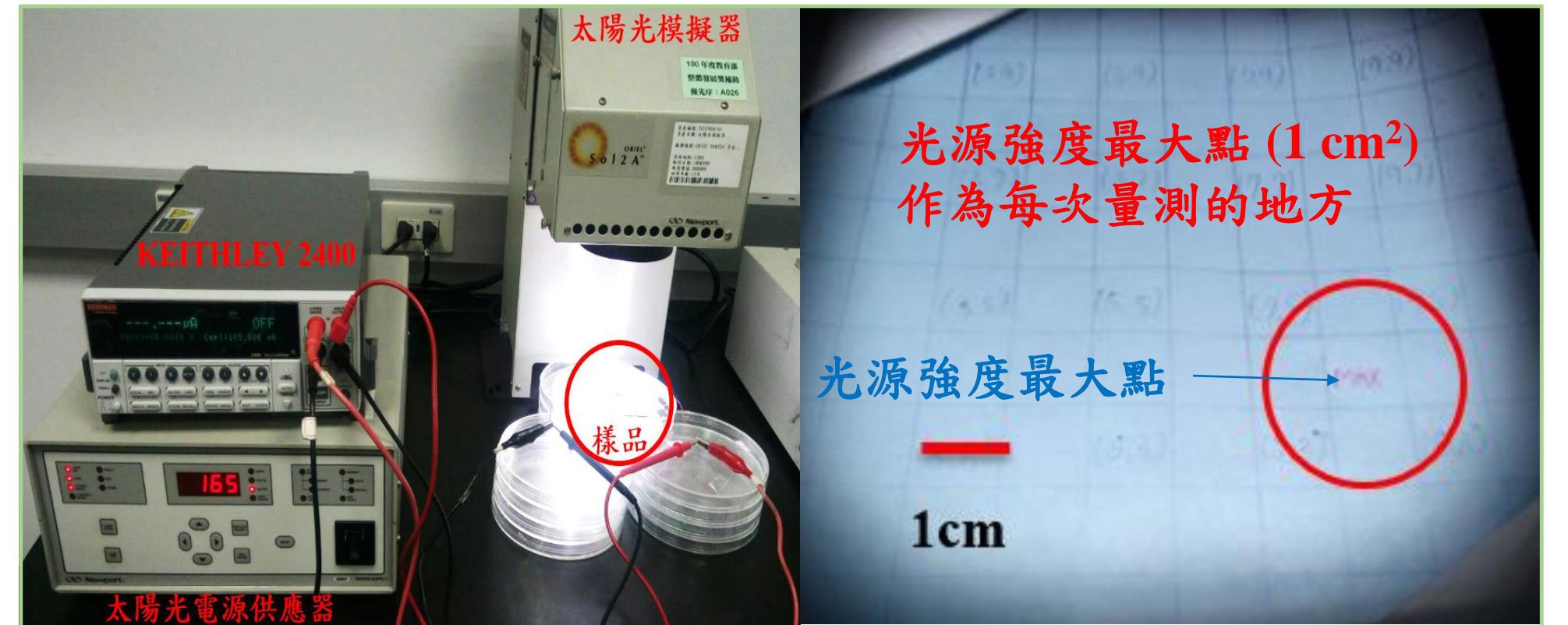


Fig.15 發電效率量測方式

### 研究成果

#### 實驗模擬值與樣品

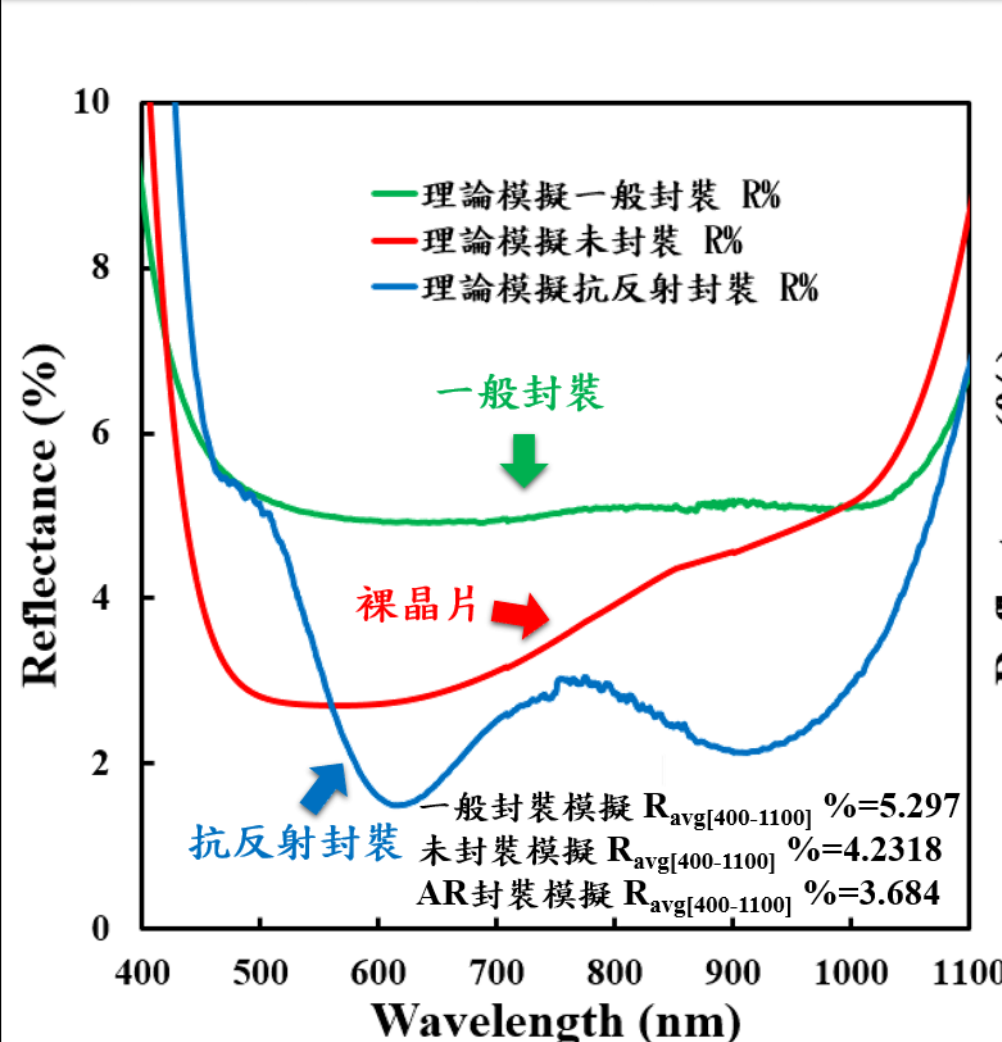


Fig.16 理論模擬封裝前後反射率

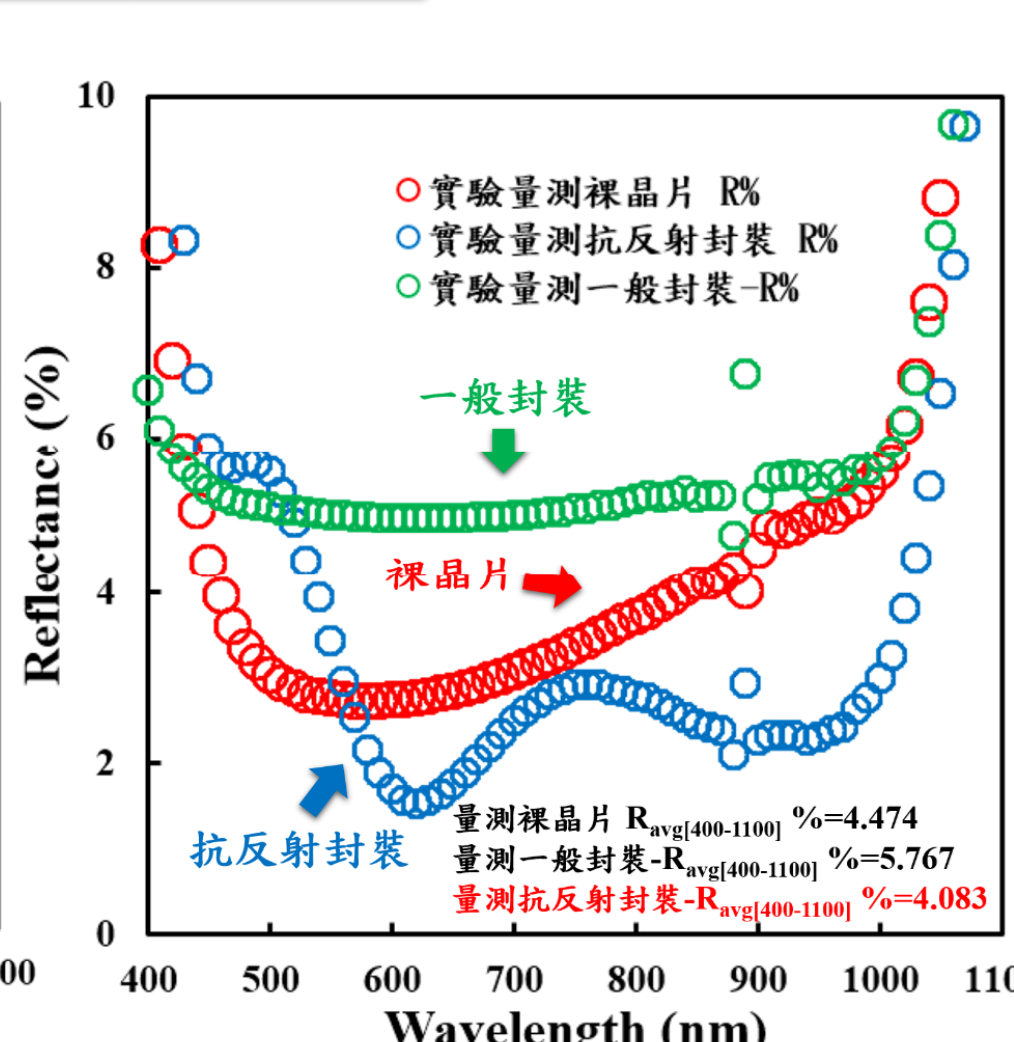


Fig.17 實驗量測封裝前後反射率

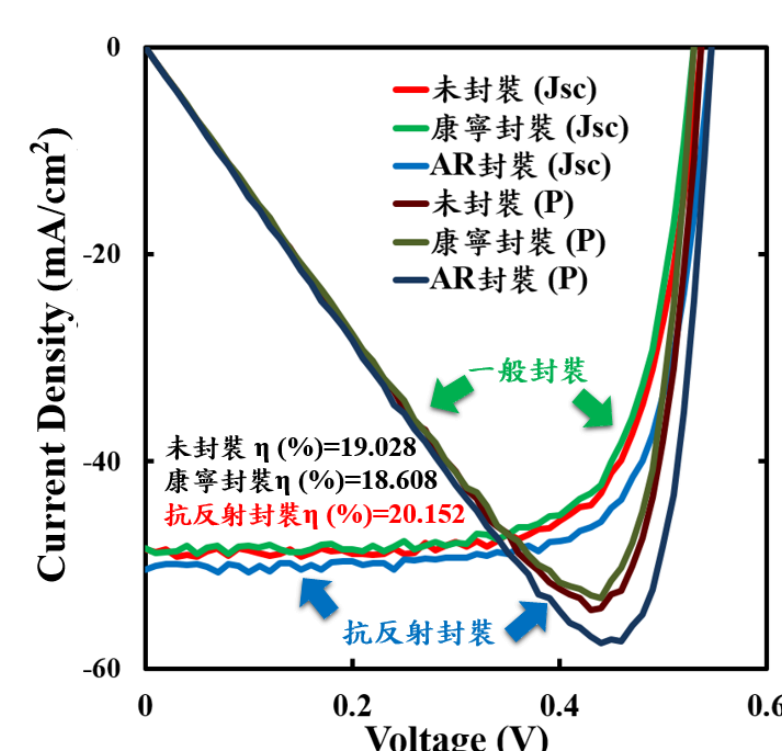


Fig.18 實驗量測封裝前後發電效率

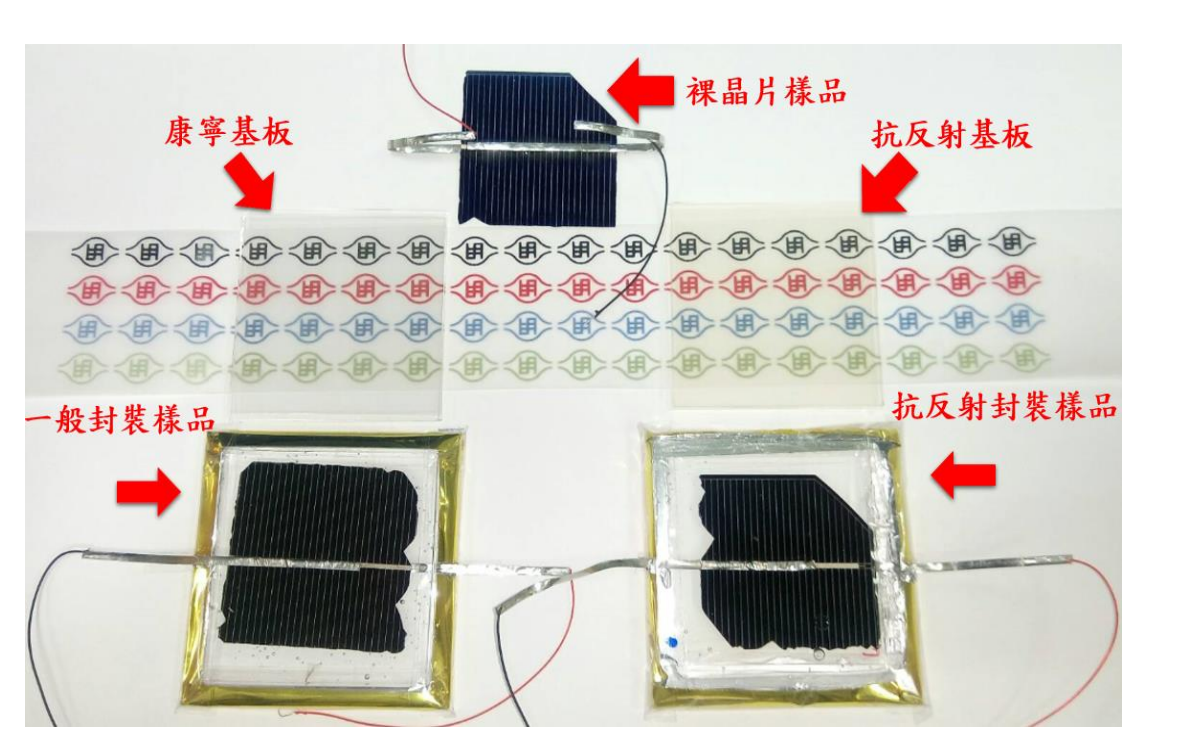


Fig.19 實驗樣品

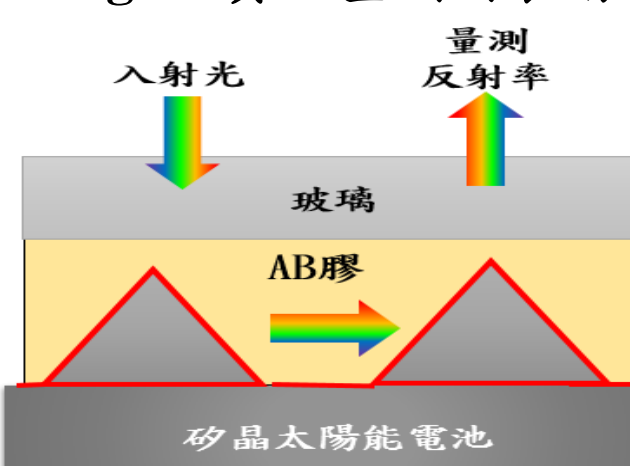


Fig.20 一般封裝示意圖

封裝模式	$R_{avg[400-1100]}$ %	$\eta$ (%)
未封裝	4.74	19.028
康寧封裝	5.76	18.608
抗反射封裝	4.08	20.152

實驗量測封裝前後反射率與發電效率

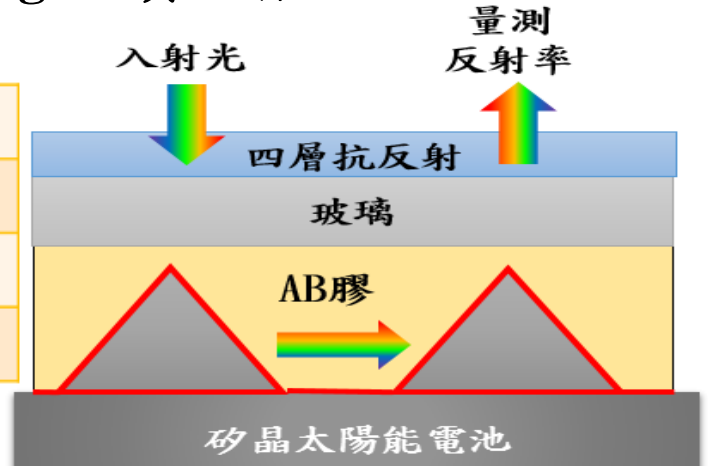


Fig.21 抗反射封裝示意圖

### 結論

1. 使用抗反射基板封裝可使封裝後矽晶太陽能電池得到比未封裝還要低的反射率。
2. 透過降低封裝後矽晶太陽能電池的反射率可提升封裝後太陽能電池的發電效率。