



LINE



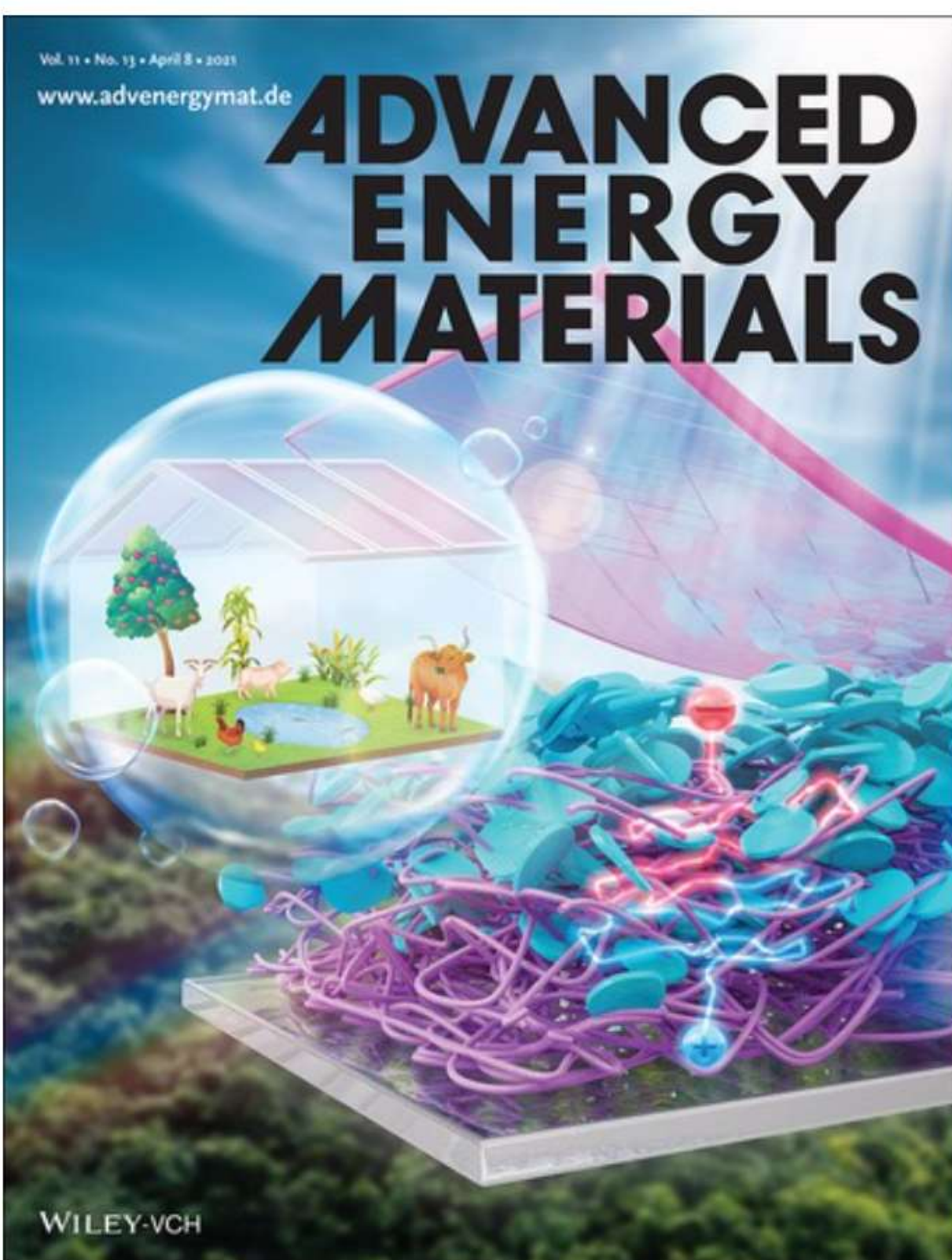
焦點新聞

韋光華教授團隊突破半透明有機太陽能電池效率，獲刊國際期刊《Advanced Energy Materials》



再生能源技術的發展已成為一個極為重要的研究領域，其中有機太陽能電池技術產生之元件具可撓之特性，並具有以印刷法製備大面積和使用低排碳生產技術及低材料成本之優點，近年來其光電能量轉換效率可達**18%**，已具發展為商業化技術的潛力。

國立陽明交通大學材料科學與工程學系韋光華教授所領導的研究團隊，長期投入半透明有機太陽能電池之研究，近期採用連續塗佈（SD）新穎策略所製備半透明有機太陽能電池具有p-i-n主動層結構，所具有優點在於當增加元件之可見光穿透度時，可以同時保持元件之高光電轉換效率。其研究結果顯示所製備之半透明有機太陽能電池是在該領域目前光電能量轉換效率最高之元件，成果已發表於國際知名之科學期刊《Advanced Energy Materials》（journal impact factor: 29），並被選為期刊封面文章。該團隊目前也正積極著手研究利用此技術，應用於智能溫室。



半透明有機太陽能電池元件p-i-n主動層截面分子結構示意圖(藍色圓盤與紫色線條分別代表p-型高分子及n-型小分子)

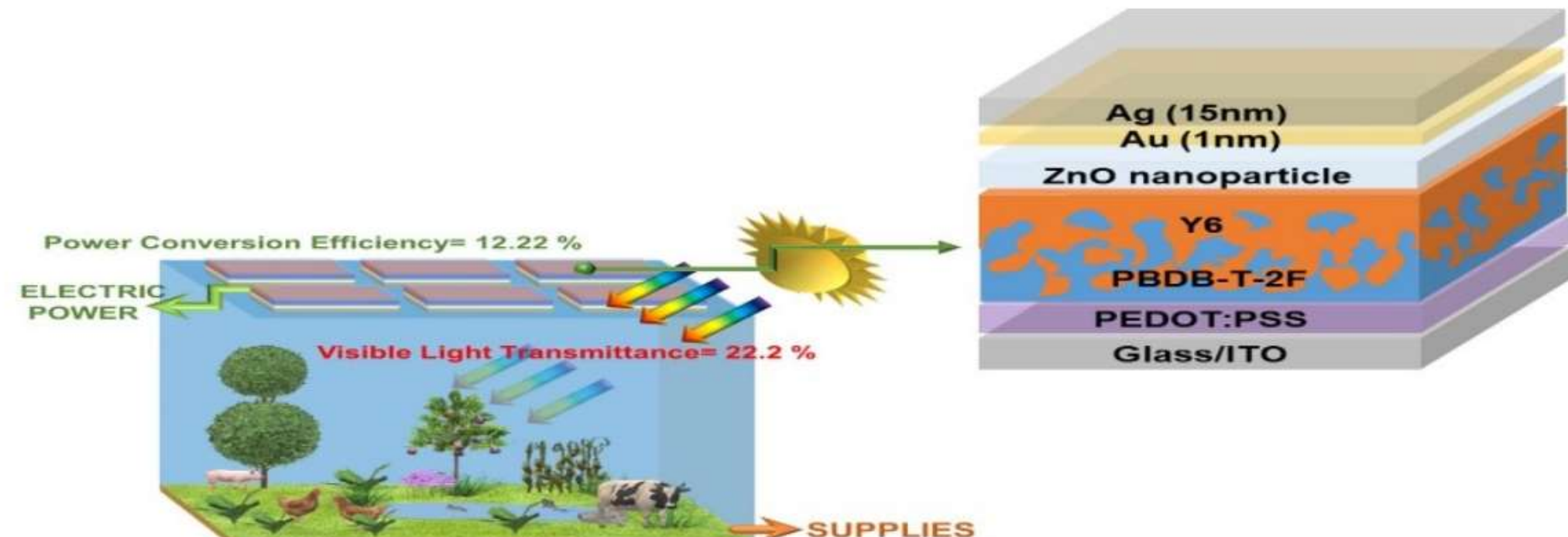
韋光華教授表示，在太陽光譜能量之分佈中，可見光與紅外光分別佔百分之四十七與五十一之能量，因此半透明有機太陽能電池元件模組應用於半透光之智能溫室之屋頂時，不但可利用透過之可見光以供溫室內植物進行光合作用來生長，也同時可利用被吸收之紅外光進行光電轉換產生電能。允許架設在溫室屋頂之半透光有機太陽能板同時以陽光能量產生電能及容許農作物的生長，以達到農業與電能共生目標。此外半透明有機太陽能板亦可用於各類建築物之玻璃窗上產生能源，也可望幫助解決逐漸惡化的氣候變遷問題。

然而在過去的半透明有機太陽能電池主動層中均沿用傳統之塊體異質（BHJ）主動層結構—將所有材料成份溶入同一溶劑中再經旋轉塗佈且溶劑揮發後經由相分離後成膜—為有機太陽能電池最普遍的主動層結構。在BHJ主動層的結構中，由於旋轉塗佈溶液形成主動層之過程本質上為自發性(spontaneous)相分離行為，以致於主動層中具有多重無朝向性之p-及n-型材料奈米區塊，來提供吸光及載子傳輸。此類BHJ主動層產生兩項問題：一、無法精確調控吸收太陽光譜能量中不同波長光之程度及二、無法避免對於電子和電洞在無朝向之奈米材料區塊間之界面產生再結合，更無法達成平衡的電子和電洞傳輸行為，而導致傳統之BHJ半透明有機太陽能電池無法同時提升透光度及元件能量轉換效率（一般僅能使用不同溶劑及材料比重及持溫條件來調控）。因此對於具有傳統BHJ主動層結構的半透明有機太陽能電池而言，光電轉換效率（PCE）和可見光穿透度（VLT）兩者間有嚴重互相抵換（trade-off）效應—具有一者增加則另一者減少之高連動性—在試圖製造同時具有高光電轉換效率和高可見光穿透度的半透明有機太陽能電池時，遇到了巨大的挑戰。

韋光華教授的團隊，採用連續塗佈（SD）新穎策略，以製備成半透明有機太陽能電池之p-i-n主動層結構。其可產生兩項影響：一、即分別以不同濃度之p-型高分子及n-型小分子溶液旋轉塗佈成膜，可精確控制高分子和小分子層之厚度—來減少吸可見光之高分子層厚度而同時維持吸紅外光之小分子層厚度—以增加元件可見光穿透度，因而元件在增加透明度時可以相對維持在高的光電轉換效率，二、於p-型高分子和n-型小分子之界面，透過在以動力學(kinetics)來控制兩者之相互擴散，可產生兩種材料之均勻混合層（i-型），此i-型層之厚度可達主動層厚度之百分四十。因而通過此連續塗佈策略，團隊可以獲得具類p-i-n三層之主動層結構，並讓p-型高分子層靠近陽極及n-型小分子層靠近陰極。此p-i-n主動層除了可以有效將吸光後所產生之激子（exciton）在i-層中解離成電洞及電子後，並能使分離後之電洞經p-層及電子經n-層分別經由專用傳輸通道傳至陽極及陰極，以大幅減少兩者再結合之可能性。因而在增加元件可見光穿透度時可以保持元件之高光電轉換效率。

此次其團隊發表於《Advanced Energy Materials》文章中所製成之以p-i-n主動層半透明有機太陽能電池，是目前已發表文獻中最高效率的元件，元件可見光透光度（Visible Light Transmission, VLT）在22.2%時，元件光電轉換效率可達12.2%，而以BHJ主動層結構之元件在VLT值為22%時，元件光電轉換效率僅達10%。這類具p-i-n主動層結構之半透明有機太陽能電池可以同時實現高效率和高可見光穿透度。

本項研究成果不僅提升國內半透明有機太陽能技術達世界一流水準及也展現了自行研發的實力，目前也正積極著手研究利用此技術，幫助智能農業達到更高之經濟效應。本研究之所有構想及元件製作及分析等工作均在國內完成。核心研究人員包括國立陽明交通大學材料科學與工程學系王皓正博士，林瑜哲博士，鄭皓文博士，博士生陳重豪和張斌，及碩士生林衡等。研究成果已於2021年4月刊登上國際知名之科學期刊《Advanced Energy Materials》。



左圖為置於溫室屋頂之半透明有機太陽能電池模組，右圖為元件結構包括ITO陽極，PEDOT:PSS電洞傳輸層，p-型高分子PBDB-T-2F，n-型Y6小分子，ZnO奈米顆粒電子傳輸層及金銀雙層陰極。