

書報討論課程之心得報告與延伸探討

<綠色科技與光電元件之發展應用>

國立聯合大學電子系 楊勝州博士 講座教授

2025/10/21

壹、概述

在全球氣候變遷與能源危機日益嚴峻的背景下，綠色科技(Green Technology)已成為推動永續發展的核心驅動力，是實現永續發展目標(SDGs)的核心策略之一。它不僅涉及能源轉型與碳排放控制，更涵蓋材料科學、智慧製造、建築工程、環境監測、循環經濟、數位永續與政策規劃等跨領域整合。

近年研究指出，綠色科技的效益評估應同時考慮能源效率(Energy Efficiency)、生命周期分析(Life Cycle Assessment, LCA)與社會環境影響(Social-LCA)等面向(Yuan et al., 2022)。這樣的多維度分析能幫助決策者在技術採用前預測其對碳足跡、土地利用與資源再生的長期效益。本次演講以「綠色科技與光電元件之開發應用」為主軸，讓我深刻體會到綠色科技並非單一技術的突破，而是一套系統性、跨領域的解決方案。

- 關鍵字：永續發展、能源轉型、再生能源、節能技術

貳、演講內容探討

一、綠色科技的需求背景

1. 全球能源挑戰

- 再生能源比例逐年上升，但仍受限於效率、儲能與成本。
- 工業、交通與城市照明仍是能源消耗大戶。
- 各國推動「淨零碳排」(Net-Zero)政策，使節能元件與綠色材料成為必然趨勢。

2. 綠色科技的核心角色

- 太陽能：降低對化石燃料依賴，減少碳排放。
- LED 與感測器：提升能源使用效率，減少浪費。
- 智慧電網與建築整合：透過光電材料與節能設計，實現能源最佳化。

二、綠色建築案例與啟發

1. 綠色魔法學校（MSGT）案例

- 節能設計：大煙囪自然通風、屋頂花園降溫。
- 光電整合：BIPV 太陽能模組、低反射透明導電膜。
- 成果：年用電強度僅 $40\text{--}43 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{年}$ ，碳足跡減少 51.7%。

2. 啟發

- 光電元件的效能不僅影響單一設備，而是整體建築能源系統的關鍵。
- 綠色建築的價值在於「設計 × 材料 × 系統」的協同作用。

三、太陽能技術比較與未來趨勢

類型	材料特性	效率	優點	缺點	未來應用潛力
單晶矽 (Monocrystalline)	高純度矽晶體	20–25%	高效率、壽命長	成本高	屋頂、BIPV
多晶矽 (Polycrystalline)	矽晶體多晶結構	15–20%	成本低、製程簡單	效率略低	大型電場
薄膜 (Thin-film, CdTe/CIGS)	半導體薄膜	10–15%	輕薄、柔性	壽命短	車頂、可彎曲建材
鈣鈦礦 (Perovskite)	新型晶體結構	15–30% (實驗室)	高效率潛力、透明化	穩定性差	未來建築整合
雙面板(Bifacial)	可吸收正面與背面光	20–30%	發電量提升 10–25%	需反射表面	大型地面電場

報告中提到的鈣鈦礦（Perovskite）太陽能電池，目前已成為全球研究熱點。其理論轉換效率可達 33%，甚至超越傳統矽基材料（NREL, 2024）。然而，其主要挑戰在於「濕度敏感性」與「鉛元素污染」。因此，最新研究正嘗試利用無鉛鈣鈦礦（Lead-free perovskites）或氧化物替代材料（如 SnO_2 、 CuSCN ）以提升穩定性與環保性（Zhao et al., 2023）。

此外，雙面發電模組（Bifacial PV）與透明光伏材料（Transparent Photovoltaics）在建築整合（BIPV）上的應用日益成熟，未來可能成為城市垂直發電的重要技術。

- 技術挑戰：鈣鈦礦的穩定性與環境耐受性仍待突破。
- 系統整合：未來研究應聚焦於「材料創新 × 系統模擬 × 智慧控制」。
- 循環經濟：太陽能板退役後的回收與再利用，將是綠色科技不可忽視的議題。

四、綠色科技的延伸應用

1. 交通領域

- 電動車（EV）與氫能車的普及，需搭配再生能源供應與充電基礎建設。
- 智慧交通系統可降低城市碳排放與能源浪費。

2. 農業領域

- 智慧農業結合感測器與 AI，可精準控制灌溉與施肥，減少資源浪費。
- 太陽能農棚（Agri-PV）實現「發電 × 農業」雙重效益。

3. 工業領域

- 綠色製造（Green Manufacturing）強調低能耗、低污染與材料循環利用。
- AI 與 IoT 技術可即時監控能源使用，提升效率。

五、延伸探討與專業分析

➤ 能源管理的智慧化趨勢

綠色科技的效益評估應同時考慮能源效率、生命周期分析（LCA）與社會環境影響。例如，永續能源技術的發展不應僅關注技術面，更應以系統思維整合政策與社會層面。

光電材料創新如鈣鈦礦太陽能電池展現高效率潛力，但鉛元素污染與穩定性仍是挑戰。新研究嘗試使用無鉛鈣鈦礦與氧化物替代材料以提升環保性與穩定度。

AI 與 IoT 在能源管理中的應用已整合成為「智慧能源管理系統（Smart Energy Management Systems, SEMS）」的核心，透過即時數據分析與預測性控制，使建築能根據天氣、用電行為與電價自動調節能源分配，實現碳中和建築（Net-Zero Building）的目標（IEA, 2023）。這種智慧化管理不僅應用於建築領域，也延伸至交通與製造。例如，車網互聯（Vehicle-to-Grid, V2G）技術讓電動車在閒置時成為能源儲存單元，協助電網負載平衡，成為綠色交通與智慧電網的關鍵連結。

政策面上，歐盟的碳邊境調整機制與綠色新政，以及台灣的 2050 淨零路徑藍圖，皆推動綠能產業發展與再生能源普及。

➤ 綠色科技的社會與政策面推動

技術創新若缺乏政策與制度支持，難以形成規模效益。目前歐盟推行的「碳邊境調整機制（CBAM）」與「歐洲綠色新政（European Green Deal）」已明確要求產業導入低碳製程與綠能使用。相較之下，台灣近年也積極推動 2050 淨零排放路徑圖，其中以「再生能源發展條例」與「再生能源購電制度（Feed-in Tariff）」為基礎，促進民間與產業界的綠能投資（經濟部能源署, 2024）。

參、個人心得與展望

透過這次報告，我體認到綠色科技的本質不僅是科技創新，更是跨領域的系統整合。在研究與應用中，效率、耐久性與環境友善性應共同考量。我也意識到永續發展需要社會、政策與技術三者共同推動。

1. 跨領域整合的重要性：綠色科技的發展不僅是材料或單一技術的突破，而是系統性協同。
2. 效率與永續的平衡：研究不應只追求效率極限，更要考慮耐久性、成本與環境適應性。
3. 未來研究方向：
 - 材料創新（如高穩定性鈣鈦礦、可回收太陽能板）。
 - 智慧能源管理（AI 驅動的建築與電網控制）。
 - 循環經濟（退役元件的回收與再利用）。

肆、結論

在聆聽與撰寫這份報告的過程中，我逐漸理解到綠色科技不僅是能源問題的解方，更是實現永續發展的核心途徑。它的真正價值不僅在於技術創新，更在於跨領域的整合與系統性思維（Systems Thinking）的實踐。綠色建築中的光電元件、材料選擇與智慧控制雖屬不同領域，從建築、交通、農業到工業，皆能展現深遠影響，但唯有透過跨界協作與資料整合，才能讓整體能源效率最大化。未來的挑戰在於如何兼顧效率、成本與環境永續，並透過政策、技術與社會共識，推動綠色科技真正落地。同時，我也反思到永續發展並非「短期投資報酬」的議題，而是一場長期的社會變革。個人層面上，我認為學生與研究者應更多參與「技術倫理」、「資源回收設計」與「能源政策模擬」等面向的研究，才能將理論轉化為實際影響。

參考文獻

- International Energy Agency (IEA). (2023). Smart energy systems and intelligent efficiency technologies. OECD/IEA Publications.
- 經濟部能源署（2024）。2050 淨零排放路徑藍圖與能源轉型策略報告。台北：中華民國經濟部。
- National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2024). Best research-cell efficiencies chart. Retrieved from <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>
- Yuan, M., Li, H., & Zhang, K. (2022). Life cycle sustainability assessment of renewable energy systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 157, 112041.
- Zhao, Y., Kim, D. H., & Park, N. G. (2023). Advances in lead-free perovskite solar cells for environmentally friendly photovoltaics. Advanced Energy Materials, 13(15), 2203852.