

閱讀文章：A pH-value sensitive and self-powered  
photodetector based on an anthocyanin/ graphene  
heterojunction

奈米科技是研究和應用尺寸在奈米尺度（通常是 1 到 100 奈米之間）的物質和結構的科學與技術領域。奈米尺度的物質具有與其宏觀尺度不同的物理、化學和生物學特性，這使得奈米科技在各種領域中具有強大的應用潛力。

在這個科技日新月異的時代，科學發展迅速，人類的生活也因此方便不少，但這也為我們帶來許多環境問題，例如：資源枯竭、環境污染等，因此，近年來，許多科學家都致力於發展環境友善的能源、節能減碳的設備。

光偵測器（感測器），一種偵測光之元件，可以根據不同需求加以設計其材料與元件結構進行不同波長光之偵測，可偵測範圍從紅外線到紫外線，可應用於放射性環境污染檢測、化學感測、短距離與遠距離光通訊等。如果將各種奈米科技應用於光感測器上，想必會有許多創新的發現。

閱讀文獻<sup>[1]</sup>後得知，能自帶能源的光偵測器正被積極開發中，像是有國外的學者利用番茄汁當作光吸收層的材料，蕃茄汁中的維生素可起化學作用，使光能轉換為電能。

另一方面，pH 值對生物、環境檢測也是非常重要的指標。不同的 pH 檢測方法、感測器也逐漸被提出，例如依靠波長檢測搭配螢光材料的感測器，雖然它可以成功達到所需目的，但在量測的過程中，還是會使用到像光譜儀等的儀器，相當耗能。如果能開發自帶能源且可探測 pH 值的光學 pH 感測器<sup>[1]</sup>，可解決以上的問題。

綜合種種上述因素以及為解決環境污染問題，製作 pH-value sensitive and self-powered photodetector 的團隊<sup>[1]</sup>想到可利用花青素作為塗佈在感測器上薄膜的材料，花青素好取得且具有吸收範圍廣泛、高度敏感、生物相容性和化學穩定性等優點，這些益處使其成為一種理想的光感測器材料，再者，它具有讓光

能轉電能特性與 pH 高度敏感性，這使得光偵測器能夠實現自供電運作，無需外部電池或電源，達到節省能源的成效，同時也可檢測 pH 值，可謂一舉兩得。

除此之外，石墨烯在此感測器也扮演非常重要的角色。石墨烯屬於二維材料，同時也是奈米科技中應用廣泛的材料之一，可以用化學氣相沈積法分離出來。它被視為超級電容<sup>[2]</sup>：目前已知材料中石墨烯具有高的比表面積達  $2,630\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ，搭配其他多孔材料，則能藉由石墨烯的高比表面積及導電特性，將離子導出並於表面儲存電荷。也因此當花青素放在石墨烯上照光時，光子能夠被石墨烯吸收並產生電子-電洞對。這些電子和電洞對可以在石墨烯中自由移動，從而促進了電荷分離和輸運，提高了系統的電子遷移率和載子移動性。如不加石墨烯，這些電荷對可能會受到束縛而無法有效移動，導致電子和電洞的再結合，降低了系統的電荷輸運效率。

話說回來，我們在這個感測器上所用的奈米材料，要如何檢測呢？在文中<sup>[1]</sup>用到了掃描電子顯微鏡（SEM）與拉曼光譜儀，其實這兩種儀器也是奈米科技的範疇。掃描電子顯微鏡<sup>[5]</sup>利用高能的電子束照射到樣品表面或內部時，它會與樣品中的原子和分子相互作用所產生之訊號來鑑定微區域結構、微細結構、化學成份、化學鍵結和電子結構。這種相互作用導致一系列的信號產生，包括散射、吸收、發射和反射等。當量測極薄的材料時，例如石墨烯，在電子顯微鏡下看不到，就會使用拉曼光譜儀取得光譜，確認材料確實存在，且為目標所取之物，通常使用近紅外光作為激發光源，當電磁波穿過物質時，有一部分的電磁波會在物質表面產生反射，一部分會被穿透物質吸收，另外一部分的電磁波在物質的各個方向上，產生微弱的散射光。

除上述的檢測方式，在研究奈米科技中，不能不提到光激發量測，這是一個有力又無破壞的分析技術，透過電子躍遷產生的螢光光譜，我們能分析材料的摻雜雜質種類、能隙大小、化合物中的組成成分，或是奈米材料中之奈米量子點的尺寸、載子傳輸路徑與生命週期等訊息。

從這篇研究<sup>[1]</sup>可以看到奈米科技結合光感測器的成果，好奇它未來的發展，很期待看到它應用在各種工程之中。我認為除了花青素以外，或許葉綠素也很適合作為感測器上薄膜的材料，因為他非常好取得且擁有生物相容性，過程中也不會污染環境，用乙醇就可以萃取出來，最重要的是，具有將光能轉為電能的特性<sup>[7]</sup>，所以它或許也能作為 A pH-value sensitive and self-powered photodetector 的材料。

總而言之，奈米科技的發展為人類帶來了無盡的發展機會與挑戰，不管是製作樣本還是檢測樣品。從醫療保健到進近年討論熱烈的半導體產業——台積電一奈米晶片可以見識到，奈米技術的應用正在改變我們的生活方式和未來科學研究方向。然而，隨著這些技術的蓬勃發展，我們也必須密切關注潛在的風險和倫理問題。透過跨領域的合作和持續的研究，我們可以更好地了解 and 應對這些挑戰，確保奈米科技的發展能夠造福全人類，降低負面影響。

#### 參考資料

1. Chung Han Yang, Ming Che Lu, Hsia Yu Lin, Guan Zhang Lu, and Yang Fang Chen\*, "A pH-value sensitive and self-powered photodetector based on an anthocyanin/graphene heterojunction", J. Mater. Chem. C, 11, 4182-4187 (2023)
2. 高逢時 (2005)。奈米科技。科學雜誌，386 期。
3. 陳.,Yu-Min.(2015).懸空石墨烯之特性研究與應用.[http://ir.lib.ncu.edu.tw:88/thesis/view\\_etd.asp?URN=102323033102323033](http://ir.lib.ncu.edu.tw:88/thesis/view_etd.asp?URN=102323033102323033)
4. 拉曼光譜原理 | Raman Spectroscopy Principle (2022)。檢自 [https://www.rightek.com.tw/product\\_list/raman](https://www.rightek.com.tw/product_list/raman) 拉曼光譜儀分析原理/ (April 12,2024)。
5. 羅聖全。研發奈米科技的基本工具之一 電子顯微鏡介紹 - SEM。檢自 <https://www.google.com.tw/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.materialsnet.com.tw/DocDnld.aspx%3Fid%3D4322&ved=2ahUKEwiH-46h3buFAxV4hq8BHR7nDIsQFnoECBAQAaw&usg=AOvVaw10kqKXaAtodX9tkQfsvLIF> (April 12,2024)。
6. 第二章實驗原理與方法(Jun. 29, 2003)。檢自 <https://api.lib.ntnu.edu.tw:8443/server/api/core/bitstreams/f21b2a4e-2f0d-45c9-ab03-8ad0dd49e02c/content>(April 12, 2024)
7. 謝嘉民、賴一凡、林永昌、枋志堯 (2005)。光激發螢光量測的原理、架構及應用。科儀新知，第二十六卷第六期。

8. Christwardana, M., Septevani, A. A., & Yoshi, L. A. (2021). Sustainable electricity generation from photo-bioelectrochemical cell based on carbon nanotubes and chlorophyll anode. *Solar Energy*, 227, 217-223.