

以新穎電極光電化學降解水中含氯有機物 Photoelectrochemical degradation of chlorine-containing organic compounds in water by novel electrodes

彭彥彬(Yen-Ping Peng)^{1*}, 陳武興(Wu-Xing Chen)¹

¹ 國立中山大學環境工程研究所 yppeng@mail.nsysu.edu.tw

摘要

本研究以水熱法製備碳化氮複合二氧化鈦奈米管陣列(g-C₃N₄/Titanate nanotube arrays, g-C₃N₄/TNAs) Z 型光催化材料(z-scheme)，並應用於光電化學系統陽極降解水中含氯有機物。在合成方面二氧化鈦奈米管陣列使用陽極蝕刻法製備並在 450°C 下先行鍛燒形成銳鈦礦相，而碳化氮選用三聚氰胺粉末於高溫熱縮合製備，最後以水熱法將兩材料複合形成異質結構完成合成。研究中探討不同碳化氮濃度對材料之物化性質影響。使用 SEM、XRD、Uv-vis、XPS、光生電流(I-t)與電化學阻抗測試(EIS)等進行分析。SEM 顯示材料在水熱合成後，在奈米管上觀察到棉絮狀 g-C₃N₄，並且沒有破壞奈米管的排列。XRD 分析顯示在 25.3°、37.8°、48.0°及 54.0°出現驗證鍛燒後二氧化鈦銳鈦礦相形成，而在 27.5°出現 g-C₃N₄ 的繞射峰，證實 g-C₃N₄ 成功附著。UV-vis 分析顯示，TNAs 在 g-C₃N₄ 摻入之後，出現第兩段的吸收波，這是由於純 g-C₃N₄ 吸收波段比 TNAs 高的緣故，使原本吸收位於紫外光區域紅移到可見光波段，進而提升光吸收效率，其中 g-C₃N₄/TNAs-5 有最佳之吸收波段。XPS 中 N 元素分析顯示，C-NH_x 與 C-N=C 鍵存在，證實 g-C₃N₄ 附著在奈米管陣列上形成 Z 型異質結構。光電化學系統使用 13W 省電燈泡作為光源，光電流測試顯示 g-C₃N₄/TNAs-5 與 g-C₃N₄/TNAs-10 比 TNAs 光電流高出 36% 與 23%，與 Uv-vis 趨勢一致，電化學阻抗中 g-C₃N₄/TNAs-5 其半圓弧直徑最小，代表其材料中電阻最小使電荷轉移速率最佳，從前面光電流測試也獲得驗證。最後，在降解實驗中 g-C₃N₄/TNAs-5 降解含氯有機物速率較 TNAs 為快，實驗證實光電化學系統優於光解，因光電化學系統中光催化及電化學催化產生的協同效應，g-C₃N₄/TNAs-5 可以使 100 ppb 的含氯有機物在 240 分鐘內降解 76% 優於 TNAs 降解之 68%，並分析其副產物發現以氯仿(chloroform)、順-二氯乙烯(cis-DCE)、氯乙烯(VC)為主。為含氯有機物處理提供一現地科學可行之方法。

關鍵字：z-scheme 材料、二氧化鈦奈米管陣列、碳化氮、含氯有機物、光電化學

Keywords：z-scheme material, Titanium dioxide nanotube arrays, Carbon nitride, Chlorine-containing organic compounds, Photo-electrochemistry