

第五章 結論與建議

5-1 結論

5-1-1 第一階段高頻電漿表面改質-結論

1. 以經高頻電漿法氮摻雜改質之二氧化鈦其較佳改質條件為電漿輸出功率(RF power)：300 W、改質溫度：400 °C、氮氣流量：700 sccm 及電漿照射時間：10 min，皆於可見光波長範圍 400 nm-450 nm 處具有相對較佳吸收度。
2. 在 XRD 的圖譜鑑定下，其本研究以 N₂ plasma 改質過程處理之二氧化鈦並無造成晶相結構的改變。
3. ESCA 分析圖譜得知，以 N₂ plasma 改質處理的二氧化鈦光觸媒具有微量 N₂ 元素存在；其由鍵結型態可推測得知其所形成的氮摻雜之二氧化鈦光觸媒係藉由 RF plasma 方式將氮分子游離進而摻雜鍵結於 TiO₂ 晶格中。
4. 進一步藉由氣相異丙醇進行光催化反應，可得知對於 Raw TiO₂ 和 N-doped TiO₂ 在紫外光光源下其對異丙醇的去除效率，其反應時間分別在 16 分鐘及 46 分鐘後皆達 100% 之去除效率，故可得知雖 N-doped TiO₂ 對異丙醇之降解效率略低於 Raw TiO₂，但仍然具有一定的降解效率。氮摻雜之二氧化鈦光觸媒與原始 ST-01 光觸媒在可見光照射下對異丙醇與中間生成物丙酮皆具有一定的降解作用，而對於此結果可能推測，在本研究對於在可見光吸收光譜圖中由於原始 ST-01 二氧化鈦光觸媒在可見光 455 nm-500 nm 波段下，具有較高的吸光度之原因，故因造成兩者皆在可見光的波段下具有相對程度的光催化活性。

5-1-2 第二階段以 RF-PECVD 技術製備二氧化鈦薄膜-結論

1. 對於以 RF-PECVD 技術於不同條件下沉積製程程序所生長的薄膜經 XRD 繞射儀進行晶相結構分析，其結果顯示不管在有鍛燒退火之氮環境下或是無鍛燒退火的條件下，其薄膜型態皆呈現非結晶質結構，故無法確切斷定此製程

程序下之薄膜為二氧化鈦光觸媒型態。

2. 藉由 FE-SEM 圖像中，可觀察到此製程下生成的薄膜其表面型態具有顆粒狀，然而表面呈現粗糙顆粒狀而非絕對平滑狀，將有助增加二氧化鈦薄膜之接觸面積；而薄膜表面顆粒與顆粒之間呈現細小緊密與均勻性的現象，此為 PECVD 製程技術別於一般薄膜製程之差異性；這些結構性質將提升薄膜材料本身之特性。對於沉基的時間與薄膜生長的厚度之關係在此研究上則呈現非線性趨勢，表示對於實際量化之應用可能仍待考量。
3. 藉由 ESCA 化學鍵結分析圖譜中，可獲得具有 TiO_2 以及氮的鍵結型態產生，但卻在 XRD 的晶相分析上，無發現 TiO_2 或是 TiN 的結晶相產生，表示此 PECVD 製程生長與經鍛燒退火處理後的薄膜型態依然呈現非結晶質結構，而只能由 ESCA 分析圖譜中推測可能為 $\text{TiO}_{2-x}\text{N}_x$ (titanium oxynitride)的觸媒；而此問題為本研究仍必需針對製程設計上再加以改進。
4. 在光觸媒薄膜分解亞甲基藍之光催化分析上，在搭配紫外光光源照射下，可明顯觀察到亞甲基藍具有分解效果，其雖在晶相分析上無法證實此薄膜為何種結晶型態之光觸媒，其薄膜在紫外光下具有分解亞甲基藍的能力，但在可見光光源下其效果不佳；藉由光催化分析可進一步推測此薄膜具有些微光催化能力。

5-2 建議

5-2-1 第一階段高頻電漿表面改質-建議

1. 對於以高頻電漿法，所改質處理的氮摻雜二氧化鈦，在 ESCA 分析圖譜得知，在 10 分鐘的 N_2 plasma 改質處理後其 N_2 元素含量只有 0.7% 存在；表示氮摻雜的含量較低，而在 Ihara 等人(2003)文獻提及要具有可光活性的光觸媒必須考慮氧缺位的重要性以及所摻雜氮的含量其為不可或缺因素，相對氮摻雜在部分氧缺位下亦是一個不可或缺的角色，因其扮演著阻止氧缺位再度被氧化，故若能先以氫電漿進行二氧化鈦還原處理，以獲取具有氧

缺位的結構後；在以氮電漿進行氮摻雜改質處理，使其樣品相對具有氧缺位與氮摻雜的型態，進而將可能提升可見光下光催化效能。

2. 由於在氣相異丙醇光催化反應實驗中，所使用的可見光光源其波長為 450-550 nm 之波段，而非單一波段之波長，故在對二氧化鈦光催化異丙醇降解之效果，可能較為不佳；因為在光學性質分析上，經改質處理的二氧化鈦其相對較佳吸收的波段是落於 400 nm-450 nm 處，故藉此推測之。
3. 由於此實驗所進行的光催化分析上為批次反應，其對於分解的異丙醇而言其為本實驗初步測試之處理污染物，故若為更進一步確定其改質處理後之二氧化鈦之分解效能，因將其應用於環境中其他有機污染物上，以連續式實驗測試其對其他物種的效能。

5-2-2 第二階段以 RF-PECVD 技術製備二氧化鈦薄膜-建議

在晶相結構分析中，一直無法鑑定出二氧化鈦銳鈦礦的晶相產生，表示薄膜型態為非結晶質結構；對於此實驗結果，建議應重新針對製程設計上再加以改良，不管是在於曝氣瓶氣密度之設計、傳輸管線長度之縮短以及抽氣管線的改良上，皆為考量改進的重點。