

# 目錄

第一章 前言.....	1
1-1 研究緣起.....	1
1-2 研究目的與內容.....	2
1-2-1 研究目的.....	2
1-2-2 研究內容.....	3
第二章 文獻回顧.....	4
2-1 光觸媒相關文獻.....	4
2-2 光觸媒之製備相關文獻.....	5
2-2-1 溶膠凝膠法 (Sol-Gel).....	5
2-2-2 化學氣相沈積法 (Chemical Vapor Deposition, CVD) ...	8
2-2-3 液相沈積法 (Liquid Phase Deposition, LPD).....	9
2-3 光觸媒之改質相關文獻.....	10
2-3-1 添加貴重金屬.....	10
2-3-2 複合半導體光觸媒.....	11
2-3-3 摻雜過渡金屬.....	14
2-3-4 表面敏化.....	17
第三章 研究方法.....	18
3-1 藥品與實驗設備及儀器.....	18

3-1-1 實驗藥品.....	18
3-1-2 實驗設備及儀器.....	19
3-2 觸媒之製備方法.....	22
3-2-1 純 TiO <sub>2</sub> 光觸媒之製備.....	22
3-2-2 金屬改質型 TiO <sub>2</sub> 光觸媒之製備.....	24
3-3 實驗分析方法.....	26
3-3-1 熱分析儀 ( TGA/DSC ).....	26
3-3-2 感應耦合電漿原子放射光譜儀 ( ICP-AES ).....	26
3-3-3 比表面積分析儀 ( BET Surface Analyzer ).....	27
3-3-4 X-ray 繞射分析 ( XRD ).....	27
3-3-5 場發射掃描式電子顯微鏡/能量分散光譜儀 ( FE-SEM/EDS ).....	28
3-3-6 穿透式電子顯微鏡 ( TEM ).....	29
3-3-7 紫外-可見光光譜儀 ( UV-Vis Spectrophotometer ).....	29
3-3-8 X 光吸收光譜 ( XAS ).....	30
3-4 光催化活性測試.....	31
第四章 結果與討論.....	33
4-1 光觸媒性質之鑑定.....	33
4-1-1 TGA/DSC 分析.....	33

4-1-2 ICP-AES 分析 .....	36
4-1-3 BET 分析 .....	38
4-1-4 XRD 分析.....	40
4-1-5 FE-SEM/EDS 分析.....	43
4-1-6 TEM 分析.....	50
4-1-7 UV-Vis spectrum 分析.....	54
4-1-8 XAS 分析.....	56
4-2 亞甲基藍光催化實驗.....	61
4-2-1 揮發實驗.....	61
4-2-2 光分解實驗 .....	62
4-2-3 吸附實驗.....	63
4-2-4 亞甲基藍之可見光光催化降解實驗.....	65
第五章 結論與建議.....	67
5-1 結論.....	67
5-2 建議.....	68
參考文獻 .....	70

# 圖目錄

圖 2-1 複合半導體光觸媒激發後之電子轉移圖：(A)電子由受激發之半體體傳遞至未受激發之半導體，(B)兩種半導體皆被激發之電子傳遞圖 .....	13
圖 3-1 純 TiO <sub>2</sub> 光觸媒之製備流程圖.....	23
圖 3-2 金屬改質型 TiO <sub>2</sub> 光觸媒之製備流程圖.....	25
圖 3-3 可見光光化學反應器.....	31
圖 3-4 藍光燈管發光波長範圍.....	32
圖 3-5 亞甲基藍之紫外-可見光吸收圖譜.....	32
圖 4-1 Sol-Gel 法製備之純 TiO <sub>2</sub> 乾膠的 TGA/DSC 圖.....	35
圖 4-2 Sol-Gel 法製備之純 TiO <sub>2</sub> 觸媒 XRD 圖.....	41
圖 4-3 添加各種金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 光觸媒 XRD 圖譜:( a ) 0.1% Cu-TiO <sub>2</sub> ( b ) 0.5% Cu-TiO <sub>2</sub> ( c ) 0.1% Cr-TiO <sub>2</sub> ( d ) 0.5% Cr-TiO <sub>2</sub> ( e ) 0.1% Fe-TiO <sub>2</sub> ( f ) 0.5% Fe-TiO <sub>2</sub> .....	42
圖 4-4 Sol-Gel 法製備之純 TiO <sub>2</sub> 觸媒 SEM 圖 ( 放大倍率為 50,000 倍 ) .....	44
圖 4-5 Sol-Gel 法製備之純 TiO <sub>2</sub> 觸媒 SEM 圖( 放大倍率為 100,000 倍 ) .....	44
圖 4-6 添加金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 光觸媒 SEM 影像:( a ) 0.1% Cu-TiO <sub>2</sub> ( b ) 0.5% Cu-TiO <sub>2</sub> ( 放大倍率皆為 100,000 倍 ) .....	46

圖 4-7 添加金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 光觸媒 SEM 影像 : ( a ) 0.1% Cr-TiO <sub>2</sub> ( b ) 0.5% Cr-TiO <sub>2</sub> ( 放大倍率皆為 100,000 倍 ) .....	47
圖 4-8 添加金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 光觸媒 SEM 影像 : ( a ) 0.1% Fe-TiO <sub>2</sub> ( b ) 0.5% Fe-TiO <sub>2</sub> ( 放大倍率皆為 100,000 倍 ) .....	48
圖 4-9 添加金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 光觸媒 EDS 圖譜 : ( a ) 0.5% Cu-TiO <sub>2</sub> ( b ) 0.5% Cr-TiO <sub>2</sub> ( c ) 0.5% Fe-TiO <sub>2</sub> .....	49
圖 4-10 添加金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 光觸媒 TEM 影像 : ( a ) 0.1% Cu-TiO <sub>2</sub> ( b ) 0.5% Cu-TiO <sub>2</sub> ( 放大倍率皆為 200,000 倍 ) .....	51
圖 4-11 添加金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 光觸媒 TEM 影像 : ( a ) 0.1% Cr-TiO <sub>2</sub> ( b ) 0.5% Cr-TiO <sub>2</sub> ( 放大倍率皆為 200,000 倍 ) .....	52
圖 4-12 添加金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 光觸媒 TEM 影像 : ( a ) 0.1% Fe-TiO <sub>2</sub> ( b ) 0.5% Fe-TiO <sub>2</sub> ( 放大倍率皆為 200,000 倍 ) .....	53
圖 4-13 TiO <sub>2</sub> 觸媒之 UV-Vis 圖譜 : ...0.5% Cu-TiO <sub>2</sub> ; ---0.1% Cu-TiO <sub>2</sub> ; - SG-TiO <sub>2</sub> .....	55
圖 4-14 TiO <sub>2</sub> 觸媒之 UV-Vis 圖譜 : ...0.5% Cr-TiO <sub>2</sub> ; ---0.1% Cr-TiO <sub>2</sub> ; - SG-TiO <sub>2</sub> .....	55
圖 4-15 TiO <sub>2</sub> 觸媒之 UV-Vis 圖譜 : ...0.5% Fe-TiO <sub>2</sub> ; ---0.1% Fe-TiO <sub>2</sub> ; - SG-TiO <sub>2</sub> .....	56
圖 4-16 TiO <sub>2</sub> 觸媒樣品和鈦標準品之 Ti K-edge XANES 及其一次微分	

圖譜.....	58
圖 4-17 TiO <sub>2</sub> 觸媒樣品的 Ti <i>K</i> -edge EXAFS 之傅立葉轉換圖譜 .....	59
圖 4-18 亞甲基藍之揮發實驗圖.....	61
圖 4-19 亞甲基藍之藍光光分解實驗圖 .....	62
圖 4-20 添加銅金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 觸媒吸附實驗圖 .....	63
圖 4-21 添加鉻金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 觸媒吸附實驗圖 .....	64
圖 4-22 添加鐵金屬之改質 TiO <sub>2</sub> 觸媒吸附實驗圖 .....	64
圖 4-23 各種金屬改質觸媒光催化降解亞甲基藍之 C/C <sub>0</sub> - Time 圖	66

# 表目錄

表 4-1 Sol-Gel 法製備之純 $\text{TiO}_2$ 及經金屬改質之光觸媒所含的元素濃度 (mg/kg) .....	37
表 4-2 經金屬改質之 $\text{TiO}_2$ 光觸媒所含的金屬濃度及比例.....	37
表 4-3 經金屬改質前後之 $\text{TiO}_2$ 光觸媒的比表面積及粒徑大小.....	39
表 4-4 Scherrer formula 估算之 $\text{TiO}_2$ 觸媒晶粒大小 .....	43
表 4-5 $\text{TiO}_2$ 觸媒的原子結構參數 .....	60