

## 圖目錄

圖 1-1 鎳氫電池之結構.....	4
圖 1-2 鎳/金屬氫化物電池充電反映機構示意圖.....	8
圖 1-3 典型的儲氫材料之 P-C-T 曲線.....	12
圖 1-4 線型(well-aligne) 奈米碳管[74].....	16
圖 1-5 添加不同碳材後的儲氫合金 SEM 圖 .....	19
圖 1-6 (a)經 HCl 酸洗後之儲氫合金, (b)未經酸洗之儲氫合金.....	21
圖 1-7 在熱 KOH 溶液中經不同浸泡時間下儲氫合金電極之充放電圈 數和電容量關係圖.....	21
圖 1-8 在熱 KOH 溶液中經不同浸泡時間下儲氫合金電極其充放電圈 數和交換電流密度關係圖.....	23
圖 1-9 經化學鍍銅修飾後儲氫合金之表面形態圖.....	28
圖 1-10 未鍍銅和鍍銅之儲氫合金電極在 $20 \text{ mA g}^{-1}$ 和 $200 \text{ mA g}^{-1}$ 下 之放電曲線圖.....	28
圖 1-11 經 HF 酸洗後極化學鍍銅修飾之儲氫合金表面形態圖.....	29
圖 1-12 儲氫合金經不同化學鍍方法修飾後之放電容量和充放電次數 關係圖.....	31
圖 1-13 電化學系統中在電極之等效電路圖.....	34

圖 1-14 本論文中之鎳/金屬氫化物電池所使用之等效電路圖.....	35
圖 1-15 電化學系統典型的等效電路圖.....	38
圖 1-16 簡單電化學系統之阻抗圖譜.....	40
圖 1-17 $L_{27}(3^{13})$ 直交表之實驗配置形式.....	48
圖 2-1 本論文實驗流程圖.....	62
圖 2-2 H 型參考電極結構示意圖.....	64
圖 2-3 製作儲氫合金負極片之導電基材發泡鎳網之尺寸與形狀.....	66
圖 2-4 測試電極與隔離膜之詳細組裝圖.....	68
圖 2-5 鎳/金屬氫化物電池(泛液型)組裝圖.....	69
圖 3-1 鎳/金屬氫化物電池在活化過程之充放電曲線.....	78
圖 3-2 鎳/金屬氫化物電池(cell 1)活化第一圈與第五圈之充放電曲 線.....	79
圖 3-3 鎳/金屬氫化物電池(cell 2)活化第一圈與第五圈之充放電曲 線.....	80
圖 3-4 未改質過金屬氫化物表面 SEM 圖.....	85
圖 3-5 表 3-2 中之 No.1 經化學鍍條件改質後金屬氫化物表面 SEM..	85
圖 3-6 表 3-2 中之 No.2 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖...	86
圖 3-7 表 3-2 中之 No.3 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖..	86
圖 3-8 表 3-2 中之 No.4 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖..	87

圖 3-9 表 3-2 中之 No.5 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖..	87
圖 3-10 表 3-2 中 No.6 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖...	88
圖 3-11 表 3-2 中 No.7 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖...	88
圖 3-12 表 3-2 中 No.8 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖...	89
圖 3-13 表 3-2 中 No.9 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖...	89
圖 3-14 表 3-2 中之 No.10 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖.....	90
圖 3-15 表 3-2 中之 No.11 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖.....	90
圖 3-16 表 3-2 中之 No.12 經化學鍍鎳修飾改質後金屬氫化物 SEM 圖.....	91
圖 3-17 表 3-2 中之 No.13 經化學鍍鎳條件改質之金屬氫化物 SEM 圖.....	91
圖 3-18 表 3-2 中之 No.14 經化學鍍鎳條件改質之金屬氫化物 SEM 圖.....	92
圖 3-19 表 3-2 中之 No.15 經化學鍍鎳條件改質後金屬氫化物 SEM 圖.....	92
圖 3-20 表 3-2 中之 No.16 經化學鍍鎳條件修飾後金屬氫化物 SEM 圖.....	93

圖 3-21 依據表 3-2 化學鍍鎳修飾金屬氫化物時表面形成球狀沉澱 物之 SEM 圖及其 EDS 分析區域表 4-3 中之組別.....	96
圖 3-22 改變 pH 用量對 Co-P 鍍層型態的影響.....	99
圖 3-23 (a) 未修飾金屬氫化物 EDS 分析區域 (b)利用表 4-2 中 No.14 化學鍍修飾條件修飾所得金屬氫化物 EDS 分析區域 .....	101
圖 3-24 表 3-14 中 No.3、No.4、No.11 和 No.12 之 EDS 分析區域.	121
圖 3-25 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物電極循環伏安圖譜.....	124
圖 3-26 探討掃描速率和金屬氫化物電極電容量衰退實驗流程圖	126
圖 3-27 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物電極在活化一圈時循環伏 安.....	127
圖 3-28 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物電極在活化 5 圈時 0%DOD 時 循環伏安圖譜.....	128
圖 3-29 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物電極在活化 5 圈時 50%DOD 時 循環伏安圖譜.....	129
圖 3-30 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物電極在活化 5 圈時 80%DOD 時 循環伏安圖譜.....	130
圖 3-31 未經化學鍍修飾金屬氫化物在各活化狀態和不同 DOD 下之 $I_p$ vs. $v^{1/2}$ C 對電流對氫原子濃度乘以掃描速率平方根作	

圖.....	132
圖 3-32 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物在不同活化圈數及放電狀態下之阻抗圖譜.....	137
圖 3-33 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物電極在不同放電速率下之放電曲線.....	143
圖 3-34 未修飾電極、與經表 3-2 中 No.2 和 No.3 條件修飾之金屬氫化物在 2C 放電速率下之放電曲線.....	148
圖 3-35 未修飾電極、與經表 3-2 中 No.2 和 No.3 條件修飾之金屬氫化物在 4C 放電速率下之放電曲線.....	149
圖 3-36 未修飾電極、與經表 3-2 中 No.2 和 No.3 條件修飾之金屬氫化物在 7C 放電速率下之放電曲線.....	150
圖 3-37 未修飾電極、與經表 3-2 中 No.2 和 No.3 條件修飾之金屬氫化物在 10C 放電速率下之放電曲線.....	151
圖 3-38 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物與以表 3-2 中 No.2 和 No.3 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物以在 4C 充電速率下之充電曲線.....	163
圖 3-39 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物與以表 3-2 中 No.2 和 No.3 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物以在 12C 充電速率下之充電曲線.....	164

圖 3-40 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物與以表 3-2 中 No.2 和 No.3 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物以在 20C 充電速率下之充電曲線.....	165
圖 3-41 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物與以表 3-2 中 No.2 和 No.3 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物以在 28C 充電速率下之充電曲線.....	166
圖 3-42 未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物與以表 3-2 中 No.2 和 No.3 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物以在 30C 充電速率下之充電曲線.....	167
圖 3-43 Shi 等人以 1C 速率對鎳/金屬氫化物電池充放電時，以 GC 偵測電池內部氣體壓力變化圖.....	168
圖 3-44 以表 3-74 中 No.1、No.2 與 No.3 條件修飾所得之金屬氫化物表面 SEM 圖.....	201
圖 3-45 以表 3-74 中 No.4、No.5 與 No.6 條件修飾所得之之金屬氫化物表面 SEM 圖 .....	202
圖 3-46 以表 4-74 中 No.7、No.8 與 No.9 條件修飾所得之之金屬氫化物表面 SEM 圖 .....	203
圖 3-47 以表 4-74 中 No.10、No.11 與 No.12 條件修飾所得之金屬氫化物表面 SEM 圖.....	204

圖 3-48 以表 4-74 中 No.13、No.14 與 No.15 條件修飾所得之金屬氫 化物表面 SEM 圖.....	205
圖 3-49 以表 4-74 中 No.16、No.17 與 No.18 條件修飾所得之金屬氫 化物表面 SEM 圖.....	206
圖 3-50 以表 4-74 中 No.19、No.20 與 No.21 條件修飾所得之之金屬 氫化物表面 SEM 圖.....	207
圖 3-51 以表 4-74 中 No.22、No.23 與 No.24 條件修飾所得之金屬氫化 物表面 SEM 圖.....	208
圖 3-52 以表 4-74 中 No.25、No.26 與 No.27 條件修飾所得之金屬氫 化物表面 SEM 圖.....	209
圖 3-53 以三水準直交表之化學鍍修飾之金屬氫化物利用率回為回應值 之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子 A 與因子 B 之交互作用關係 圖.....	231
圖 3-54 以三水準直交表之化學鍍修飾之金屬氫化物利用率回為回應 值之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子 A 與因子 C 之交互作用關係 圖.....	232
圖 3-55 以三水準直交表之化學鍍修飾之金屬氫化物利用率回為回應 值之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子 B 與因子 C 之交互作用關係 圖.....	233

圖 3-56 以因子 A 為參數時，因子 B 與因子 C 對利用率之回應曲面關係圖.....	237
圖 3-57 以因子 B 為參數時，因子 A 與因子 C 對利用率之回應曲面關係圖.....	238
圖 3-58 以因子 C 為參數時，因子 A 與因子 B 對利用率之回應曲面關係圖.....	239
圖 3-59 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電時利用率為回應值之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子 A 與因子 B 之交互作用關係圖.....	251
圖 3-60 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電時利用率為回應值之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子 A 與因子 C 之交互作用關係圖.....	252
圖 3-61 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電時利用率為回應值之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子 B 與因子 C 之交互作用關係圖.....	253
圖 3-62 以因子 A 為參數時，因子 B 與因子 C 對 10C 放電時利用率之回應曲面關係圖.....	256



圖 3-63 以因子 B 為參數時，因子 A 與因子 C 對 10C 放電時利用率 之回應曲面關係圖.....	257
圖 3-64 以因子 C 為參數時，因子 A 與因子 B 對 10C 放電時利用率 之回應曲面關係圖.....	258
圖 3-65 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電 之瞬間放電功率為回應值之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子因子 A 與因子 B 之交互作用關係圖.....	273
圖 3-66 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電 之瞬間放電功率為回應值之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子因子 A 與因子 C 之交互作用關係圖.....	274
圖 3-67 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電 之瞬間放電功率為回應值之 $L_{27}(3^{13})$ 直交表實驗中因子因子 B 與因子 C 之交互作用關係圖.....	275
圖 3-68 以因子 A 為參數時，因子 B 與因子 C 對 10C 放電時電功率 之回應曲面關係圖.....	278
圖 3-69 以因子 B 為參數時，因子 B 與因子 C 對 10C 放電時電功率 之回應曲面關係圖.....	279
圖 3-70 以因子 C 為參數時，因子 A 與因子 B 對 10C 放電時電功率	

之回應曲面關係圖.....	280
圖 3-71 未經化學鍍鎳修飾、經表 3-2 中之 No.13 化學鍍條件修飾、 經表 3-76 中 No.16 之化學鍍鎳條件修飾、與經表 3-125 中 B 之化學鍍條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分析圖.....	292
圖 3-72. 表 3-132 中 No.1、No.2 與 No.16 之 EDS 分析位置.....	297
圖 A-1 經表 3-2 中 No.1 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	315
圖 A-2 經表 3-2 中 No.2 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	316
圖 A-3 經表 3-2 中 No.3 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	317
圖 A-4 經表 3-2 中 No.4 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	318
圖 A-5 經表 3-2 中 No.5 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	319
圖 A-6 經表 3-2 中 No.6 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	320
圖 A-7 經表 3-2 中 No.7 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	321

圖 A-8 經表 3-2 中 No.8 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	322
圖 A-9 經表 3-2 中 No.9 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗分 析圖.....	323
圖 A-10 經表 3-2 中 No.10 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗 分圖.....	324
圖 A-11 經表 3-2 中 No.11 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗 分圖.....	325
圖 A-12 經表 3-2 中 No.12 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗 分圖.....	326
圖 A-13 經表 3-2 中 No.13 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗 分圖.....	327
圖 A-14 經表 3-2 中 No.14 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗 分圖.....	328
圖 A-15 經表 3-2 中 No.15 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗 分圖.....	329
圖 A-16 經表 3-2 中 No.16 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物交流阻抗 分圖.....	330

圖 B-1 經表 3-2 中 No.1 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	331
圖 B-2 經表 3-2 中 No.2 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	332
圖 B-3 經表 3-2 中 No.3 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	333
圖 B-4 經表 3-2 中 No.4 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	334
圖 B-5 經表 3-2 中 No.5 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	335
圖 B-6 經表 3-2 中 No.6 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	336
圖 B-7 經表 3-2 中 No.7 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	337
圖 B-8 經表 3-2 中 No.8 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	338
圖 B-9 經表 3-2 中 No.9 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不同 放電速率下之放電曲線.....	339

圖 B-10 經表 3-2 中 No.10 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不 同放電速率下之放電曲線.....	340
圖 B-11 經表 3-2 中 No.11 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不 同放電速率下之放電曲線.....	341
圖 B-12 經表 3-2 中 No.12 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不 同放電速率下之放電曲線.....	342
圖 B-13 經表 3-2 中 No.13 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不 同放電速率下之放電曲線.....	343
圖 B-14 經表 3-2 中 No.14 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不 同放電速率下之放電曲線.....	344
圖 B-15 經表 3-2 中 No.15 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不 同放電速率下之放電曲線.....	345
圖 B-16 經表 3-2 中 No.16 化學鍍鎳條件修飾之金屬氫化物電極在不 同放電速率下之放電曲線.....	346

