

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

第二名

091101

Fuel Cell 『電極』現場，誰看"氫"了誰？

學校名稱：國立苗栗高級農工職業學校

作者：	指導老師：
職二 湯惠文	邱宇捷
職二 陳桂梅	羅維真
職二 翁沁儀	

關鍵詞：極板材質、產氫效率、燃料電池

摘要

燃料電池電極板材質、觸媒材質、電解液與質子交換膜材質等改進是近年來研究重點。本研究著重電極板表面改質並探討其產氫性能。利用電鍍(鎳)、無電鍍(鎳、金、銀)極板改質並測試產氫效率、腐蝕電位、電流密度、電壓電流特性及電化學性質。另一研究將已表面改質及未表面改質不鏽鋼板組成直接甲醇燃料電池供測試評估。

研究發現，無電鍍鎳產氫效果最好，其次為無電鍍銀。表面結構分析中除鎳以外極板都相當平整，鎳上許多顆粒大大增加產氫面積。腐蝕試驗中雖無電鍍鎳腐蝕電流稍高，但整體來看，各極板腐蝕情形差異不大。另應用一簡單方法及裝置，能同時測定直接甲醇燃料電池效率、甲醇滲透速率、陽極板腐蝕速率與陰極板滲透甲醇電氧化電流密度。

關鍵詞：極板材質、產氫效率、燃料電池、腐蝕電位

壹、研究動機

在能源短缺的現今，尋求替代能源勢在必行，而氫氣為最佳的替代能源，雖然各式產氫方式包括加氫脫烷、加氫脫硫與加氫裂化等方式，由於環境保護的觀念下，以電解水產生氫氣為最環保的方法，因此對於電解水產氫的效率提升日趨重要，亦是各方領域研究重要課題。本實驗主要是要探討燃料電池中不同極版材質所產氫之效率，進而能讓世人有更好的選擇，本實驗的操作方法也能降低環境污染，增加人們的生活品質，給地球較好的衣服。

燃料電池由於其高效率低污染的特性，加上近年來技術創新突破，許多關於如何改進燃料電池的方法都如雨後春筍般的出現，所以我們決定要改變燃料電池之極板，進而與學校老師討論我們的動機，而與師長協力合作，除瞭解燃料電池之工作原理與相關理論知識外，更深入地探討極板的產氫量效率相關問題。

貳、研究目的

本實驗目的在於，瞭解燃料電池之極版材質對電解的效應，利用五種不同材(無電鍍金、無電鍍銀、無電鍍鎳、電鍍鎳、不鏽鋼)極板來測試產氫效率、腐蝕電位、電流密度、定電壓定電流特性等相關電化學性質。此些結果將有助於改進電解水來產生氫氣的效率。

本實驗的實驗目的有：

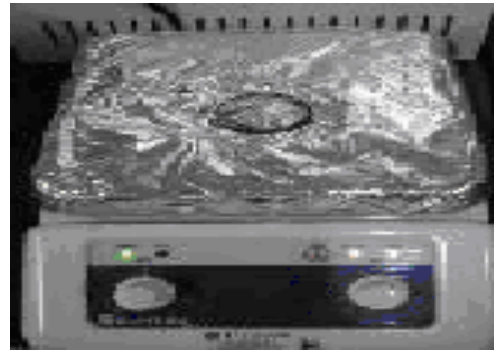
- 一、學習無電鍍與電鍍相關技巧與原理。
- 二、利用不同燃料電池之極板測試產氫效率之優劣。
- 三、利用不同燃料電池之極板的特性測試腐蝕電位與電流密度。
- 四、不同燃料電池之極板的成分分析。
- 五、不同燃料電池極板鍍物後表面結構分析。
- 六、測試不同燃料電池極板之定電壓與定電流，析氫時電流密度的比較。
- 七、應用一簡單方法與裝置，測定直接甲醇燃料電池效率、甲醇滲透速率、陽極板腐蝕速率與陰極板滲透甲醇之電氧化電流密度。

參、研究設備及器材

研究相關設備：



恆定電位儀(EG&G model 273A)



加熱攪拌器(SUNTEX SH-301)



超音波震盪機



場發射掃描式電子顯微鏡



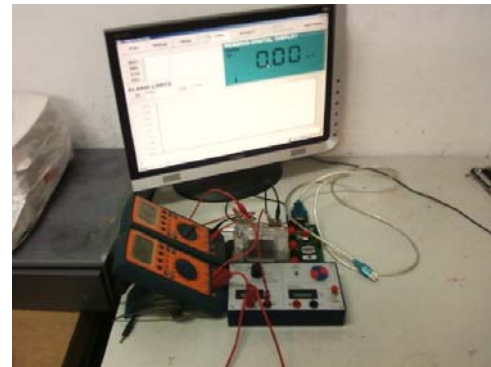
成分能量散佈光譜儀(EDS)



燃料電池電解槽實驗模組



恆定電位儀測試實驗



直接甲醇燃料電池性能測試裝置

研究所需器材：



丙酮溶液



50% 鹽酸溶液



敏化液



活化液



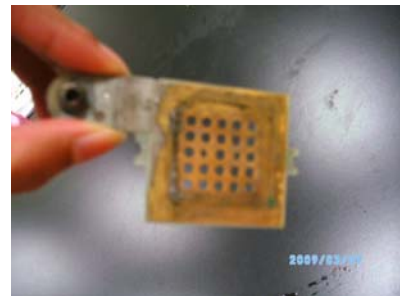
鍍鎳液(無電鍍)



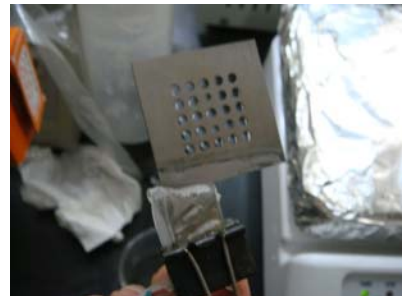
鍍銀液



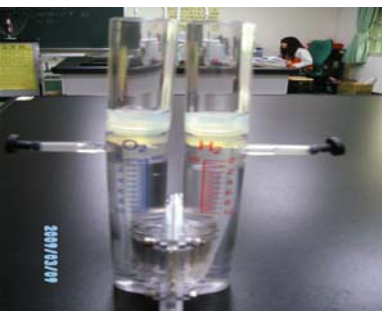
鍍金液



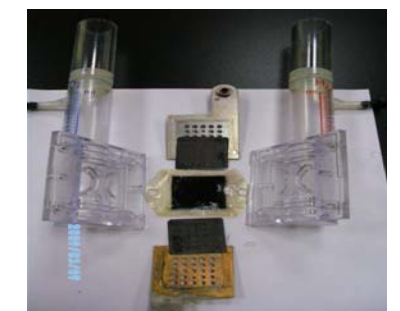
試片(鍍金)



試片(鍍鎳)



燃料電池電解槽實驗模組



電解槽實驗模組(分解)



不鏽鋼雙極板AISI 304

肆、研究過程或方法

4-1 燃料電池

二十一世紀是尋找替代性能源的世代，傳統的能源產生方式是將燃料燃燒加熱或水蒸氣，藉由高溫高壓之蒸氣將蒸氣推動發電機而產生電能。而最近幾年來，隨著可攜式3C電子產品日漸普及化，人們對於產品的功能需求與品質要求也越來越高，一旦需要較大的能量儲存時，勢必一定要增加電池本身的體積與重量，所以輕便型可攜式的燃料電池比較可能取代其他電池，如此一來有可能成為新一代的能源供應者。燃料電池具有低污染、噪音低、效率高、進料廣、用途多與免充電等多項特點。

4-2 電鍍膜技術

利用電解原理在物體表面鍍上一層均勻金屬薄膜的技術，稱為電鍍。電鍍是將鍍件做為陰極，浸於含欲鍍金屬離子之電解液中，另一端置適當陽極，通入直流電後，在鍍件表面析出金屬膜的表面處理。電鍍目的在於表面改質，提高附加經濟價值、提高表面硬度、增加耐磨耗性、增加抗蝕性與增加導電性等。

4-3 無電鍍膜技術

無電鍍 (Electroless Plating) 又稱為化學鍍 (Chemical Plating) 或者是自身催化電鍍 (Autocatalytic plating)。無電鍍是指在水溶液中金屬離子利用化學氧化還原反應使水溶液中欲鍍金屬離子還原，析鍍於欲鍍基材上，無電鍍法其驅動力為化學還原能力。其鍍液包括金屬鹽、還原劑、錯合劑、緩衝劑、促進劑與穩定劑等。

4-4 不鏽鋼

不鏽鋼含有鉻，使表面形成很薄的鉻膜，這個膜隔離開與鋼內侵入的氧氣起耐腐蝕的作用。為了保持不鏽鋼所固有的耐腐蝕性，鋼必須含有 12% 以上的鉻。不鏽鋼具有優異的耐蝕性、成型性、相容性以及很寬溫度範圍內的強韌性等優點。

成份	Fe	C	Ni	Cr	Si	Mn	P	S
AISI 304 (wt%)	Bal.	<0.08	8.00	18.00	<1.00	<2.00	<0.04	<0.03

表4-1 AISI 304不鏽鋼成分組成表

4-5 無電鍍鎳

無電鍍鎳的基本反應是應用還原析鍍原理，藉由還原劑的氧化釋出的電荷供給周圍的鎳離子，使鎳金屬還原沉澱在具有催化活性(如 VB 族至 V III B 族之過度元素)或是經過活化的基板表面上，可引發連鎖析度反應。

4-6 無電鍍金

由於 AISI 304 不鏽鋼本身自催化能力低，故利用 *SnCl* 敏化液進行敏化及 *PdCl* 活化液進行活化，使試片表面進行鈀(*Pd*)置換，得到一層鈀(*Pd*)置換層；此時先進行無電鍍鎳 30 秒，得到一薄鎳層後再進行鍍金，此鎳鍍層與鍍液中的金離子進行置換反應，金離子於是還原附著於 AISI 304 不鏽鋼表面，如此得到均勻光滑的無電鍍金層。

4-7 無電鍍銀

銀的沉積與無電鍍鎳或鍍銅不同，它是一種非自催化過程，銀的沉積發生在溶液本體中，由生成銀的膠體微粒凝聚而成的。另一種解釋為銀的沉積過程能有自催化作用，只是其自催化能力不強。其依據是銀在活化過的基材表面立即沉積，鍍浴只在 10~30 min 內穩定。

4-8 主要實驗流程

各項實驗方法與細節敘述於以下各節：

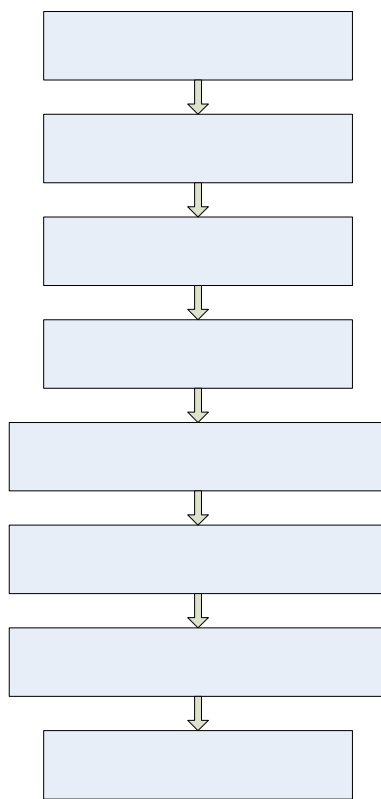


圖4-1 實驗流程圖

4-9 試片製作與前處理

鍍件在製造、加工、搬運、保存期間會有油脂、氧化物鏽皮、氫氧化物、灰塵等污物附著於鍍件表面，若不除去這些污物而進行無電鍍將得不到良好的鍍層。

- (1)脫脂：將試片置放於丙酮溶液中，以超音波震盪處理去除試片表面上油漬及微粒灰塵，試片表面乾淨對鍍層與試片附著性和均勻性有很大的影響。
- (2)酸洗：運用試片與鍍層之間的機械咬合關係，咬合的好與壞相對鍍層附著力(Adhesion)有很大的影響，為使鍍層的吸附能力更好，本研究以 50% 鹽酸和 10% 硫酸之水溶液為酸洗液。
- (3)敏化：敏化液組成為每升溶液中包含 10g SnCl_2 與 40ml HCl 。將酸洗清洗完成的試片浸置敏化液中。主要作用在於先在 AISI 304 不鏽鋼基材表面上沉積吸附 Sn^{2+} ，用來還原後續的 Pd^{2+} 形成 Pd^0 。
- (4)活化：使用 AISI 304 不鏽鋼因具有氧化膜存在其表面自催化能力不好，所以必須經過活化讓試片表面形成活性表面，不鏽鋼基材表面生成具催化能力之 Pd 催化層。

4-9-1無電鍍鎳

- (1)配置無電鍍鎳溶液
- (2)將鍍液放置加熱攪拌器並加熱至 75°C
- (3)將試片放入度亦再以磁石攪拌讓鎳離子平均分布在試片上
- (4)恆溫 75°C 並持續 10 分鐘
- (5)取出試片後以純水中洗乾淨

硫酸鎳($NiSO_4 \cdot 6H_2O$)	20g/L
琥珀酸鈉(Sodium Succinate)	16g/L
次磷酸鈉($NaH_2PO_2 \cdot H_2O$)	27g/L

表4-2 無電鍍鎳鍍液成分表

4-9-2無電鍍金

- (1)配置無電鍍金的溶液
- (2)將鍍液放置加熱攪拌器並加熱至 50 度
- (3)將試片放入鍍液再以磁石攪拌讓金離子平均分布在試片上
- (4)恆溫 50°C 並持續 10 分鐘 $KAu(CN)_2$
- (5)取出試片後以純水沖洗乾淨

氰化金鉀($KAu(CN)_2$)	0.86g/L
氰化鉀 (KCN)	6.5g/L
氫氧化鉀 (KOH)	11.3g/L
硼氫化鉀 (KBH_4)	10.8g/L

表4-3 無電鍍金鍍液成分表

4-9-3無電鍍銀

由於 AISI 304 不鏽鋼本身自催化能力低，故利用 $SnCl_2$ 敏化液進行敏化以及 $PdCl_2$ 活化液進行活化，使試片表面進行鈀(Pd)置換，得到一層鈀(Pd)置換層；進行無電鍍銀時，此鈀(Pd)置換層在與鍍液中的銀離子進行置換反應，銀離子於是還原附著於 AISI 304 不鏽鋼表面，如此得到均勻光滑的無電鍍銀層。

本研究之無電鍍銀的鍍液其成分組成如表(4-4)所示，其操作條件如下：

A 液		B 液	
硝酸銀($AgNO_3$)	3.5g	葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)	45g
氨水(NH_4OH)	適量	酒石酸($C_4H_6O_6$)	4g
氫氧化鈉($NaOH$)	2.5/100 ml	乙醇 C_2H_5OH	100 ml
D.I.WATER	60 ml	D.I.WATER	1L

表4-4 無電鍍銀鍍液成分表

4-10顯微組織觀察

使用場發射掃描式電子顯微鏡(Field emission Scanning electron microscope, FE-SEM)如圖(4-2)來觀察薄膜的表面形態。掃描式電子顯微鏡的原理與電視或電訊傳真照相頗相似。電子束之照射點在試片表面上掃描時，如果試片表面形狀、性質等狀況有所變化，即自試片所產

生的量子發生量也會隨之變化，最後可在陰極射線管(CRT)上得到試片表面之影像。



圖4-2 場發射掃描式電子顯微鏡

4-11成份能量散佈光譜量測

本實驗之初鍍薄膜成份由掃描式電子顯微鏡(Scanning electron microscopy, SEM)主機型號為 JEOL JSM-6360 掛載同型之 EDS，對試片做元素分析，觀察薄膜中之鎳、金、銀成份含量對薄膜的結構特性。



圖4-3 掃描式電子顯微鏡SEM與能量分佈光譜儀EDS

4-12 腐蝕性質量測

實驗中採用 EG&G 生產之 Flat Cell，電解液為 $0.5M H_2SO_4$ 水溶液，參考電極(Reference electrode)為 Ag/AgCl 電極，輔助電極(Counter electrode)為白金。進行動電位掃描前，先將試片與電解液穩定放置 10 分鐘，再進行掃描，掃描完成後得之極化曲線利用塔弗外插法得腐蝕電位及腐蝕電流。

4-13 電性及製氫效率分析

使用燃料電池電解槽實驗教學模組套件，進行水的電解試驗首先定電壓來測定極板的最大電流定電壓參數分別為 1V、1.5V、2V、2.5V 與 3V 以數位式直流電源供應器每個參數定電壓 10 分鐘，並以每 2 分鐘作一次紀錄，求得平均電流。定電流試驗同上，參數為 0.1A、0.3A、0.5、0.7A 與 0.9A 並利用法拉第電解定律來求得電解效率。

4-14 直接甲醇燃料電池(DMFC)性能測定方法

4-14-1 數學模式

根據經驗理論來分析直接甲醇燃料電池效率及 MEA 膜甲醇滲透速率以及雙極板陽極腐蝕速率和陰極甲醇電氧化電流密度，其方法是令反應面積及甲醇燃料的量不同，其他參數都相同，則電池性能方程式可簡化為(4-1)式：

$$M_T - M_o - M_T \times (1 - E_f) - R_c \times t \times A = 0 \quad (4-1)$$

燃料電池的效率 Ef 為(3-3)式：

$$E_f = \frac{M_o}{M_T - M_{co}} \times 100\% \quad (4-2)$$

甲醇電氧化反應莫耳數 M_o 為(3-4)式：

$$\int Idt = 6F(M_o - M_{co}) + 2FM_{om} \quad (4-3)$$

以上數學式符號定義如下：

M_T ：甲醇總量(mole)	R_c ：甲醇滲透速率(mole · cm ⁻² · Sec ⁻¹)
M_o ：甲醇在陽極之電氧化量(mole)	t ：電氧化反應時間(Sec)
M_{om} ：雙極板在陽極之金屬氧化腐蝕量(mole)	A ：電氧化反應面積(cm ²)
M_{co} ：甲醇滲透至陰極之未被電氧化量(mole)	I ：電流(mA)
E_f ：甲醇燃料電池效率(%)	F ：法拉第常數

依據方程式(4-1)可以使用 4 種不同狀態的方法來分析直接甲醇燃料電池之特性，其聯立線性方程式如(4-4)所示：

$$\begin{cases} M_{T1} - M_o - M_{T1} \times (1 - E_f) - R_c \times t_1 \times A_1 = 0 \\ M_{T2} - M_o - M_{T2} \times (1 - E_f) - R_c \times t_2 \times A_2 = 0 \\ M_{T3} - M_o - M_{T3} \times (1 - E_f) - R_c \times t_3 \times A_3 = 0 \\ M_{T4} - M_o - M_{T4} \times (1 - E_f) - R_c \times t_4 \times A_4 = 0 \end{cases} \quad (4-4)$$

在方程式(4-4)中除 E_f 及 R_c 之外，其它參數可以藉由實驗已知或測試得知，重新整理後即可獲得(4-5)式：

$$\begin{cases} M_{T1} \times E_f - R_c \times t_1 \times A_1 + \frac{M_{om}}{3} - M_{co} = \frac{\int_0^{t_1} I_1 dt}{6F} \\ M_{T2} \times E_f - R_c \times t_2 \times A_2 + \frac{M_{om}}{3} - M_{co} = \frac{\int_0^{t_2} I_2 dt}{6F} \\ M_{T3} \times E_f - R_c \times t_3 \times A_3 + \frac{M_{om}}{3} - M_{co} = \frac{\int_0^{t_3} I_3 dt}{6F} \\ M_{T4} \times E_f - R_c \times t_4 \times A_4 + \frac{M_{om}}{3} - M_{co} = \frac{\int_0^{t_4} I_4 dt}{6F} \end{cases} \quad (4-5)$$

在(4-5)式中，令反應面積及甲醇燃料的量不同且 $M_{om} = 0$ ，則(4-5)可以簡化成(4-6)式：

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{T1} \times E_f - R_C \times t_1 \times A_1 - M_{CO} = \frac{\int_0^{t_1} I_1 dt}{6F} \\ M_{T2} \times E_f - R_C \times t_2 \times A_2 - M_{CO} = \frac{\int_0^{t_2} I_2 dt}{6F} \\ M_{T3} \times E_f - R_C \times t_3 \times A_3 - M_{CO} = \frac{\int_0^{t_3} I_3 dt}{6F} \end{array} \right. \quad (4-6)$$

由(4-6)式聯立求解，則直接甲醇燃料電池效率和甲醇滲透速率以及陰極板之滲透甲醇的電氧化電流密度便可簡單的求出。

4-14-2 燃料電池(DMFC)性能測定方法

直接甲醇燃料電池效率、甲醇滲透速率與陰極板之滲透甲醇電氧化電流密度，其測試方法首先係將燃料電池連接到數位式電錶、電腦與可調式負載裝置。本實驗藉由 10% 甲醇做為燃料，並分別以 3 種不同甲醇含量來做測試。實施方法係將甲醇燃料注入燃料電池陽極端中，此時在負載狀態下，同時也會造成甲醇滲透至陰極而產生混合電位，而在這過程中所產生的暫態電流與電壓則由數位式電錶及電腦來監測並紀錄。這 DMFC 效率及甲醇滲透速率是取決於暫態電流來分析，此所有測試在室溫 25°C 與 1 大氣壓下進行。

伍、研究結果

5-1 電解製氫量測分析

5-1-1 定電流過電壓測試

在這發現無電鍍鎳在同樣條件下，經過無電鍍鎳的極板，遠比其他處理過的極板電壓高出許多，無電鍍銀為其次，反而無電鍍金的電壓最低，這可能是因為金是惰性金屬元素，而鎳為觸媒金屬活性較高。

表5-1 定電流-電解過電壓

I, Amp E, Volt	0	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90
無電鍍鎳	0	2.31	3.85	3.14	3.87	4.91
無電鍍金	0	2.31	2.26	2.13	2.33	2.32
無電鍍銀	0	2.04	2.70	2.90	3.00	3.20
不鏽鋼	0	1.78	1.87	2.38	2.69	2.90
電鍍鎳	0	2.57	2.59	2.41	2.57	2.70

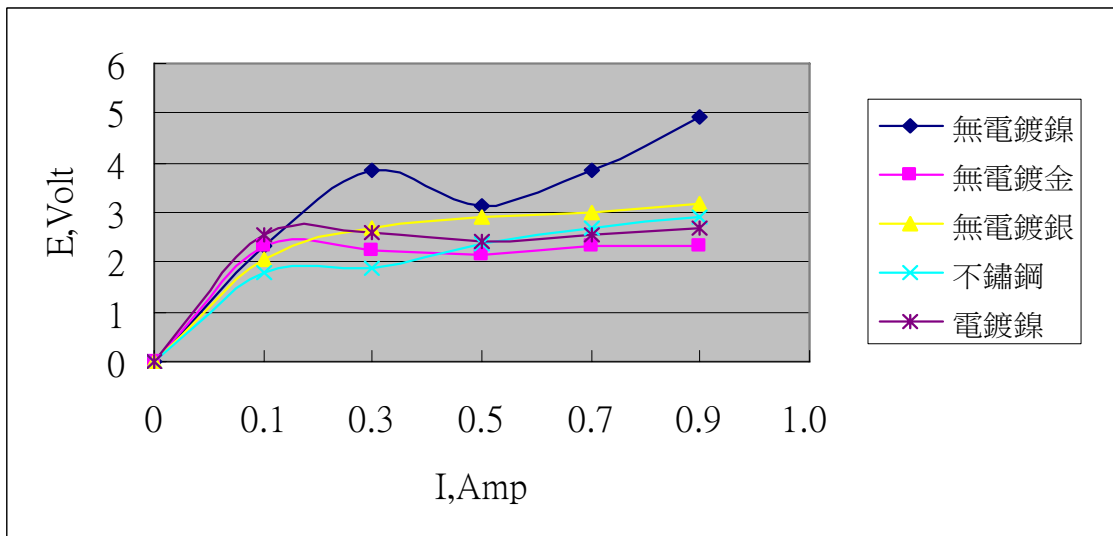


圖5-1 定電流-電解過電壓

5-1-2 定電流製氫量測

這張圖發現雖然無電鍍鎳以外的極板，大約在0.1A之前產氫的效果，都比無電鍍鎳好，但是隨著電流加大無電鍍鎳幾乎呈現性成長而其他極板全部趨於平緩，也就代表無電鍍鎳的產氫效果明顯比其他極板好。(實驗過程當中，若以面積來看，無電鍍鎳的產氫量亦較多)

表5-2 定電流-電解製氫量

V_{cc} \ I, Amp	0	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90
無電鍍鎳	0	0.5	2.0	4.0	5.0	6.0
無電鍍金	0	2.2	2.3	2.2	2.3	2.4
無電鍍銀	0	2	2.6	2.8	3	3.1
不鏽鋼	0	1.8	1.8	2.2	2.5	2.9
電鍍鎳	0	0.5	1	2	2.5	3.2

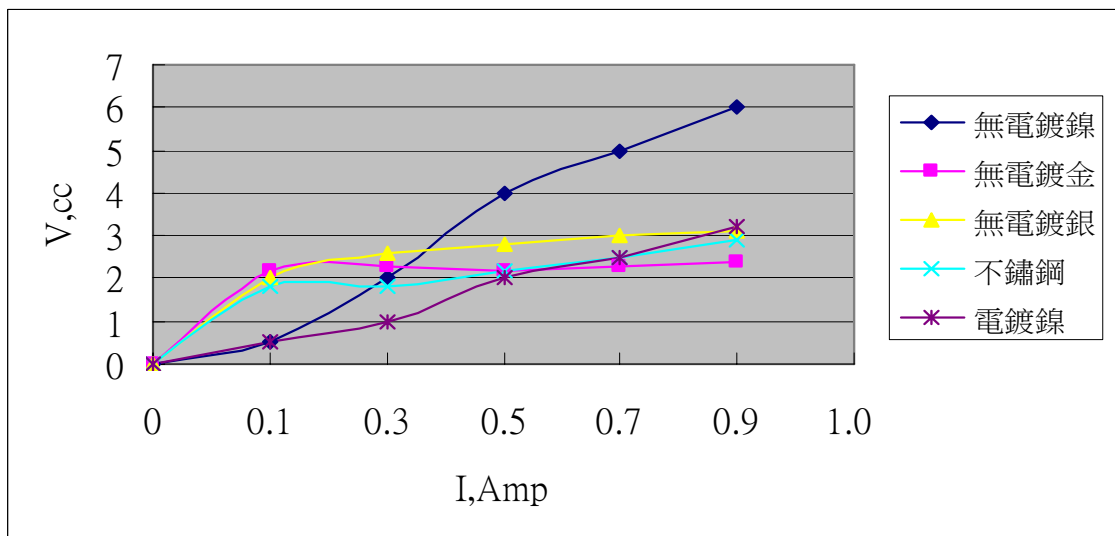


圖5-2 定電流-電解製氫量

5-1-3 定電壓電解製氫量測

無電鍍鎳的定電壓試驗中產生的氫氣量也是遠比其他經過不同處理的極板好太多。

表5-4 定電壓-電解製氫

V_{cc} \ E, Volt	0	1	1.5	2	2.5	3
無電鍍鎳	0	0.3	1.2	2.2	2.9	3.8
無電鍍金	0	0.6	1.1	1.7	2	2.1
無電鍍銀	0	1	1	1.8	2	2.1
不鏽鋼	0	0.1	0.1	0.3	0.8	2
電鍍鎳	0	0.5	1	1.6	2	2.3

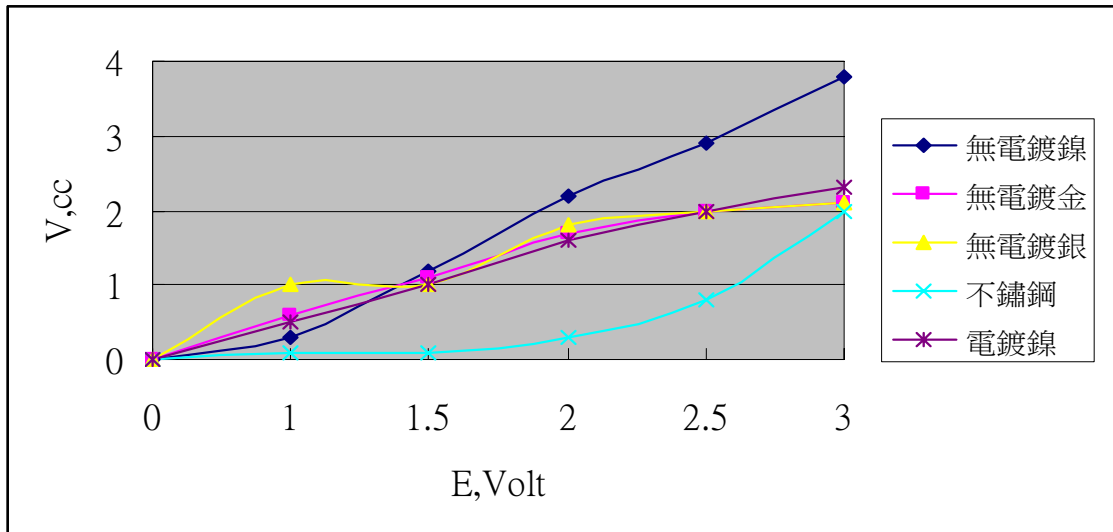


圖5-3 定電壓-電解製氫

5-2無電鍍層腐蝕性質分析

5-2-1無電鍍鎳層

由於質子交換膜燃料電池(PEMFC)經長時間運作後，高分子電解質膜會解離出離子，因此金屬雙極板的實用性必須經過抗蝕性的測試。經由腐蝕電化學測試，可得腐蝕電位(E_{corr})，與腐蝕電流密度(I_{corr})兩個量化數值，當腐蝕電位(E_{corr})值越高，即表示此材料的抗蝕性好；而腐蝕電流密度(I_{corr})值越小，則代表此材料腐蝕速率越慢；因此，最佳抗蝕的材料，需具有高腐蝕電位與低腐蝕電流密度。由極化曲線圖得知此腐蝕電位有往正(貴)電位移動之趨勢，如圖顯示AISI 304 不鏽鋼基材之腐蝕電位約為-0.25V，而腐蝕電流則為 10^{-6} nA/cm^2 。

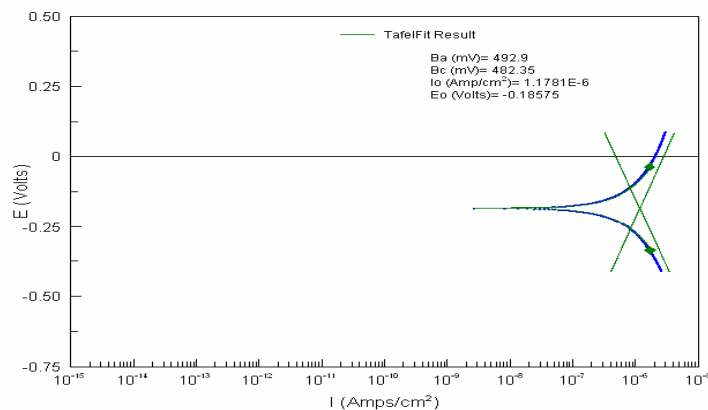


圖5-4 無電鍍鎳腐蝕電位

5-2-2無電鍍金層

由極化曲線圖得知腐蝕電位有往正(貴)電位移動之趨勢，如圖(5-5)顯示AISI 304 無電鍍金之腐蝕電位為 -0.125 mV ，而腐蝕電流則為 10^{-6} nA/cm^2 。

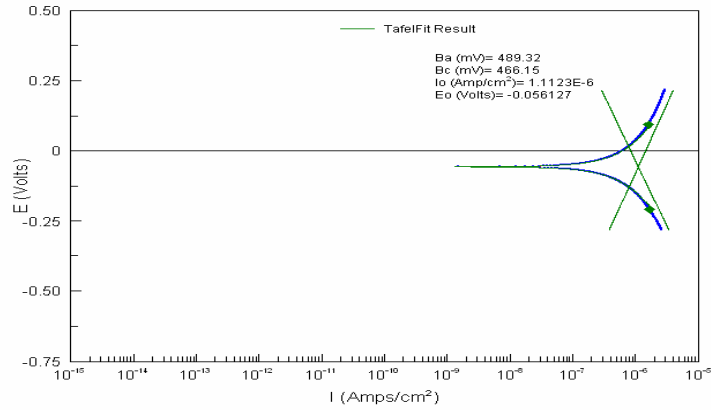


圖5-5 無電鍍金腐蝕電位

5-2-3無電鍍銀層

由極化曲線圖得知腐蝕電位有往正(貴)電位移動之趨勢，如圖(5-6)顯示AISI 304 無電鍍銀基材之腐蝕電位為 0.15 mV ，而腐蝕電流則為 10^{-6} nA/cm^2 。

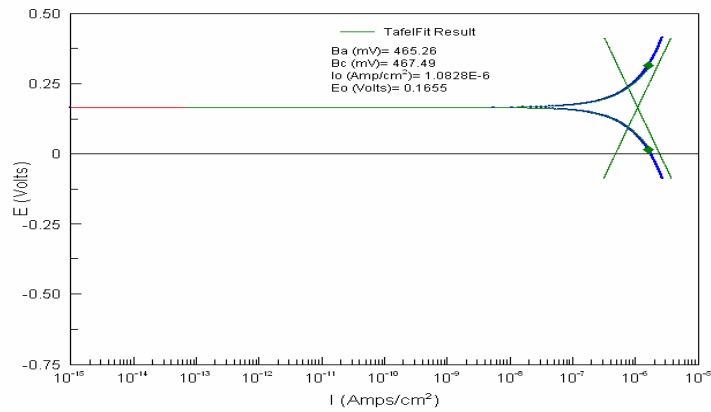


圖5-6 無電鍍銀腐蝕電位

5-2-4不鏽鋼

由極化曲線圖得知腐蝕電位有往正(貴)電位移動之趨勢，如圖(5-7)顯示AISI 304 無電鍍銀基材之腐蝕電位為 -0.01 mV ，而腐蝕電流則為 10^{-6} nA/cm^2 。

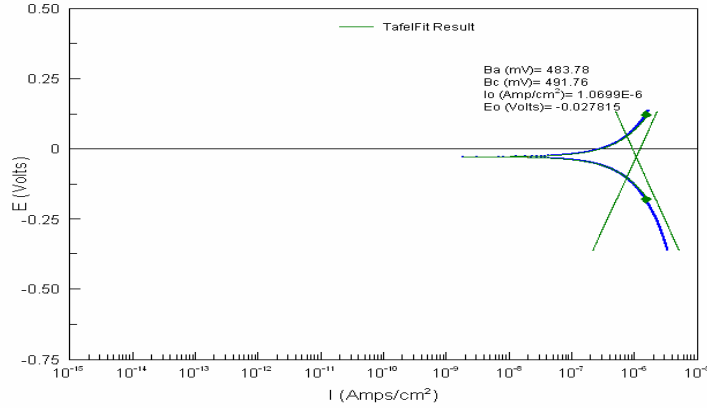


圖5-7 不鏽鋼腐蝕電位

5-2-5電鍍鎳

由極化曲線圖得知腐蝕電位有往正(貴)電位移動之趨勢，如圖(5-8)顯示AISI 304 無電鍍銀基材之腐蝕電位為 -0.35 mV ，而腐蝕電流則為 10^{-6} nA/cm^2 。

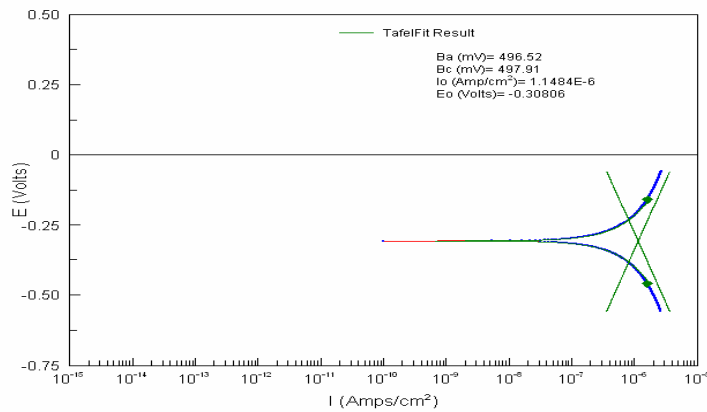
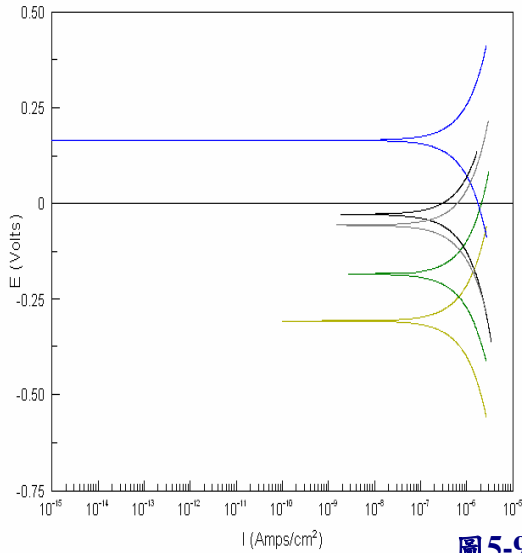


圖5-8 電鍍鎳腐蝕電位

5-2-6 不鏽鋼和電鍍鎳和無電鍍鎳、金、銀鍍層腐蝕性質比較

綜合以上研究與討論，可以發現無電鍍沉積 $1\mu\text{m}$ 鍍鎳、金、銀鍍層試片有不同的抗蝕性。



電極	顏色	腐蝕電流 $I_c(10^{-6} \text{ Amp})$
無電鍍銀	藍色	1.1
不銹鋼	黑色	1.1
無電鍍金	銀色	1.1
無電鍍鎳	綠色	1.2
電鍍鎳	金色	1.1

圖5-9 各極板腐蝕電位比較

5-3 表面顯微結構分析

5-3-1 無電鍍金表面顯微結構分析

初鍍膜的FE-SEM圖，可觀察到其表面型態由很多圓形的微小顆粒所分佈而成，由圖可發現除了不均勻的分佈外，其膜顆粒有許多尚未成長完全；其形成原因是由於在無電鍍下金屬原子在沉積至基材的途中金屬離子發生置換反應，因而造成無電鍍原子的能量損失，導致其原子遷移率低而無法有效進行表面擴散並排列所致。

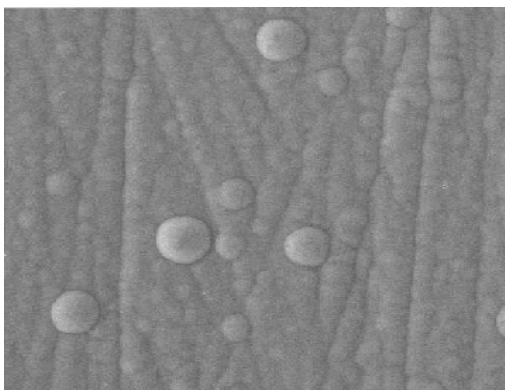


圖5-10 無電鍍金利用場發式SEM的表面圖

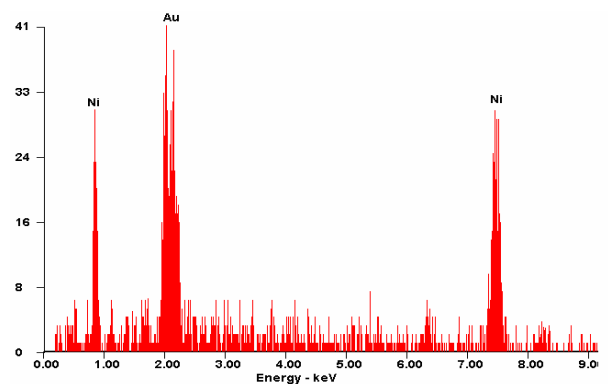


圖5-11 無電鍍金EDS成分分析

5-3-2無電鍍鎳表面顯微結構分析

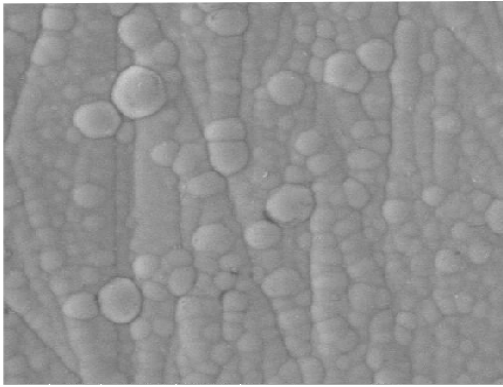


圖5-12 無電鍍鎳表面顯微結構分析

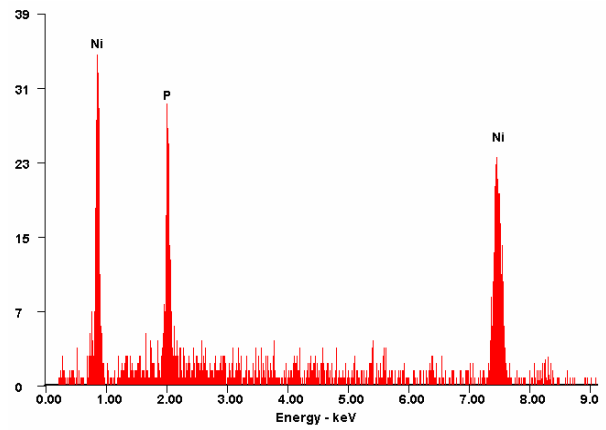


圖5-13 無電鍍鎳EDS成分分析

5-3-3無電鍍銀表面顯微結構分析



圖5-14 無電鍍銀表面顯微結構分析

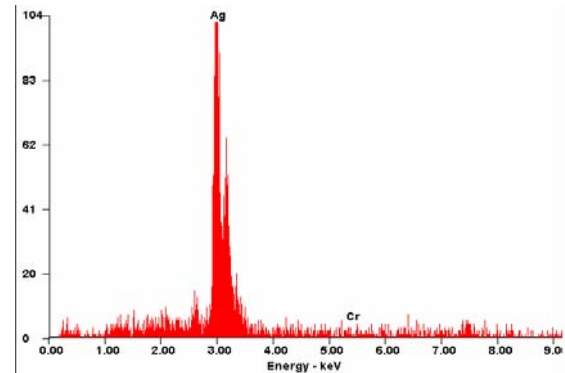


圖5-15 無電鍍銀EDS

5-3-4電鍍鎳表面顯微結構分析

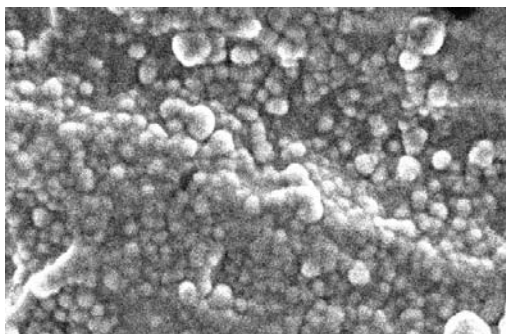


圖5-16 電鍍鎳表面顯微結構分析

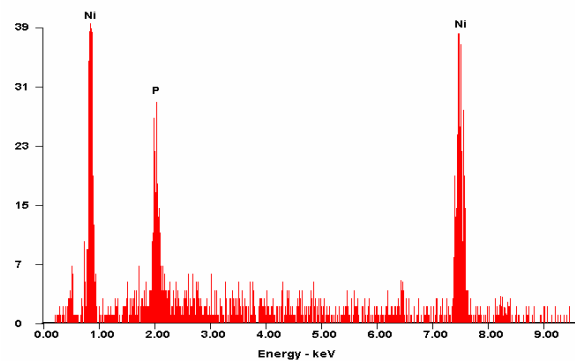


圖5-17 電鍍鎳EDS

5-3-5 不鏽鋼表面顯微結構分析

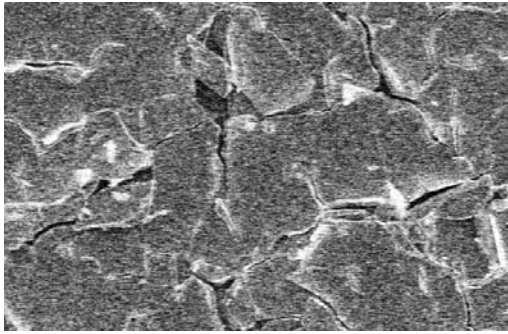


圖5-18 不鏽鋼表面顯微結構分析

5-4 燃料電池(DMFC)性能測試

5.4.1 無電鍍鎳

圖(5-19)與圖(5-20)分別為電壓-時間關係圖與電流-時間關係圖，表(5-5)為測定已知參數，套入(3-7)式則得聯立方程式如(5-1)式；求解得 E_f 為20.5%； R_c 為 $2.081E-09$ ($mole \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-1}$)； M_{co} 為0.00029 ($mole$)； M_{om} 為0。

表5-5 無電鍍鎳已知參數

已知參數 狀態	M_T 甲醇總量(mole)	Q (Coul/cm ²)	T (sec)	A (cm ²)
鎳狀態1	0.0027	117.1	22680	1.373
鎳狀態2	0.0050	250.8	55080	2.55
鎳狀態3	0.0082	387.4	79920	4.32

$$\begin{cases} 0.0027E_f - 31139.64R_c - M_{co} = 0.000202 \\ 0.0050E_f - 140454R_c - M_{co} = 0.000433 \\ 0.0082E_f - 345254.4R_c - M_{co} = 0.000669 \end{cases} \quad (5-1)$$

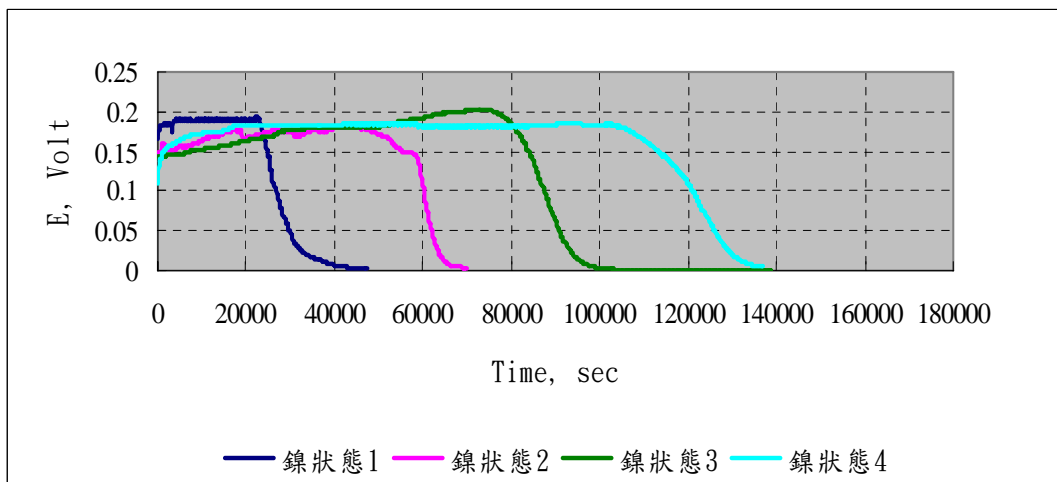


圖5-19 無電鍍鎳電壓-時間關係圖

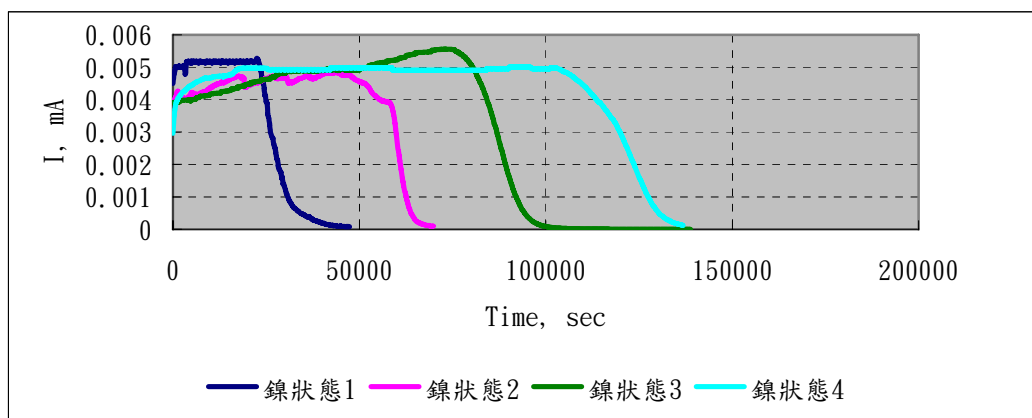


圖5-20 無電鍍鎳電流-時間關係圖

5.4.2 不鏽鋼

圖(5-21)與圖(5-22)分別為電壓-時間關係圖與電流-時間關係圖，表(5-6)為測定已知參數，套入(4-6)式則得聯立方程式如(5-2)式；求解得 E_f 為 17.8%； R_c 為 $2.8806E-09$ ($mole \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-1}$)； M_{co} 為 0.00032 ($mole$)； M_{oM} 為 0。

表5-6 不鏽鋼已知參數

狀態 \ 已知參數	M_T 甲醇總量(mole)	Q (Coul/cm ²)	T (sec)	A (cm ²)
不鏽鋼狀態1	0.0027	45.3	21240	1.373
不鏽鋼狀態2	0.0050	100.9	52560	2.55
不鏽鋼狀態3	0.0082	112.8	75600	4.32

$$\begin{cases} 0.0027E_f - 29162.52R_c - M_{CO} = 0.0000782 \\ 0.0050E_f - 134028R_c - M_{CO} = 0.000174 \\ 0.0082E_f - 326592R_c - M_{CO} = 0.000194 \end{cases} \quad (5-2)$$

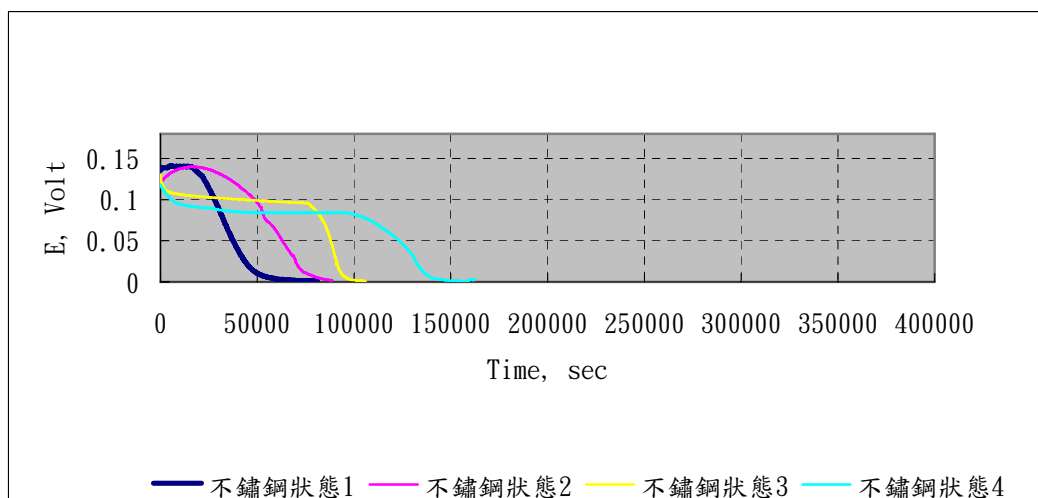


圖5-21 不鏽鋼電壓-時間關係圖

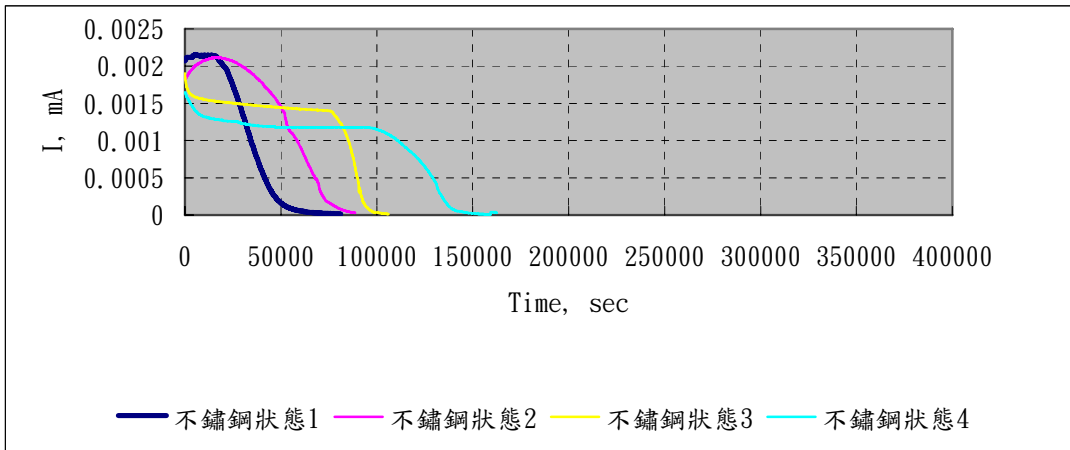


圖5-22 不鏽鋼電流-時間關係圖

陸、討論

- 一、電流效率是代表實際產生產物之量，因為電極板、電解液與導線本身都有電阻，整個過程也幾乎是不可逆的，可能會產出一些副產物或極化反應導致效率降低，所以電流效率高，產氫量也應該相對較多。
- 二、電鍍鎳鍍液與無電鍍鎳鍍液根據參考資料最佳經驗，電鍍鎳鍍液除硫酸鎳外另有氯化鎳與硼酸，無電鍍鎳鍍液除硫酸鎳外有次磷酸鈉與琥珀酸鈉。
- 三、目前常應用於燃料電池雙極板的材料為石墨雙極板，其耐腐蝕性強、良導電性，但由於石墨本身存在許多氣孔(Pore)的缺陷，必須施加緻密化處理(Densification)來達到雙極板氣密性的需求；由於緻密化處理製程須重複好幾個製程循環才可達到充分緻密的需求，不符合大量生產之時間成本、經濟價值與優良率。
- 四、目前欲普及化的燃料電池雙極板而言，除需具備高導電率、良好氣緻密性與化學穩定性外，重量和製造加工成本的降低也是重要的考量之一。
- 五、利用 AISI 304 不鏽鋼其成本低、易加工、機械強度大、氣緻密性高、良導熱性及電阻小的特性作為雙極板的材料，以取代價格昂貴、不易加工、機械性質差與氣緻密性較低的石墨雙極板。
- 六、鎳、金、銀金屬化合物因具有良好的抗氧化性、耐蝕性及導熱性、導電性，其性質相當符合雙極板的應用需求，因此選取作為鍍層材料並採用無電鍍製程技術來被覆鍍層，以不同製程與參數變化進行其高抗蝕性、低電阻性最佳化之研究，以達到雙極板高抗蝕性、低電阻的要求。

柒、結論

- 一、產氫試驗方面以無電鍍鎳的產氫效果最好，在效率方面也是以無電鍍鎳最佳，其次為無電鍍銀，而最差為電鍍鎳。
- 二、表面結構分析經場發射掃描式電子顯微鏡觀察發現除了無電鍍鎳以外的極板表面都很平整，而無電鍍鎳極板上有許多鍍膜小顆粒，大大增加了產氫面積與產氫效率。
- 三、腐蝕試驗方面，在同樣的腐蝕環境中，雖然無電鍍鎳的腐蝕電流稍高，但以整體來看，各極板的腐蝕情形其實差不多。
- 四、定電流過電壓測試中無電鍍鎳在同樣條件下，經過無電鍍鎳的極板，遠比其他處理過的極板電壓高出許多，無電鍍銀為其次，反而無電鍍金的電壓最低，這可能是因為金是惰性金屬元素，而鎳為觸媒金屬活性較高。
- 五、定電流製氫量測中無電鍍鎳以外極板，0.1A之前產氫效果比無電鍍鎳好，但是隨著電流加大無電鍍鎳幾乎呈現性成長而其他極板全部趨於平緩，也就代表無電鍍鎳的產氫效果明顯比其他極板好。
- 六、由燃料電池性能測定發現，已表面改質明顯比未表面改質之燃料電池性能佳，其甲醇燃料電池效率 E_f 為20.5%；甲醇滲透速率 R_c 為 $2.081E-09 (mole \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-1})$ ； M_{co} 為0.00029 (mole)； M_{oM} 為0。

捌、參考資料及其他

壹、中文部分

1. 毛宗強(2008)。氫能-21 世紀的綠色能源。台北縣：新文京。
2. 蕭裕正(2007)。認識綠色能源。台北市：高市環保局。
3. 衣寶廉(2005)。燃料電池-原理與應用。台北市：五南。
4. 華健，吳怡萱(2008)。再生能源概論。台北市：五南。
5. 馬承九(2008)。燃料電池札記。台北市：三民。
6. 電鍍鎳與無電鍍鎳實驗。楊聰仁教授編撰。材料基礎實驗(一)。
7. 腐蝕電化學分析。楊聰仁教授編撰。材料基礎實驗(二)。
8. 吳萬隆、黃寶鈿。簡易氫氧燃料電池的設計與教學應用。台南縣。
9. 黃朝榮、林修正(2003)。燃料電池的心臟-電極膜組。科學發展，367，26-29。
10. 許寧逸、顏溪成(2003)。由碳能朝向氫能的燃料電池。科學發展，367，6-11。
11. 黃寶鈿、李詩閔(2001)。簡易電解示範實驗裝置的改良與應用。科學教育月刊，237，65-69。
12. 蘇癸陽(2003)。實用電鍍理論與實際。台南市：復文書局。

貳、網路資源

一、中文部分

1. 燃料電池-維基百科-自由的百科全書
2. 電鍍文獻- <http://www.omega-hc.com/PLATING/plating.htm>

【評語】 091101

本作品將不鏽鋼板以電鍍及無電鍍法鍍上鎳、金或銀膜作為燃料電池的電極板，進行電解水產氫。實驗規劃包括鍍膜表面微結構觀察及成份分析，不同定電流或電壓電解水製氫。建議未來與目前常用燃料電池雙極板材料做性能比較分析，並尋求最佳無電鍍浴之配方。