

【11】 證書號數：I940148

【45】 公告日：中華民國 115 (2026) 年 09 月 21 日

【51】 Int. Cl. : *H01M4/86 (2006.01)* *H01M4/88 (2006.01)*
H01M4/90 (2006.01) *H01M8/16 (2006.01)*

發明

全 40 頁

【54】 名 稱：發泡鎳電極、其製造方法及其應用於微生物燃料電池

【21】 申請案號：114121374 【22】 申請日：中華民國 114 (2025) 年 06 月 06 日

【72】 發明人：張世航 (TW) CHANG, SHIH-HANG；王筱喬 (TW) WANG, HSIAO-CHIAO

【71】 申請人：國立宜蘭大學 NATIONAL ILAN UNIVERSITY
宜蘭縣宜蘭市神農路一段 1 號

【74】 代理人：柯明憲

【56】 參考文獻：

TW 201328008A

審查人員：傅俊中

【57】 申請專利範圍

1. 一種發泡鎳電極，用於微生物燃料電池，其中，該發泡鎳電極係由一發泡鎳材料經酸化改質後而得，且該發泡鎳電極之水接觸角為 0° ；其中酸化係將該發泡鎳材料浸泡於一混合酸中，該混合酸係由醋酸、硝酸、鹽酸及去離子水混合而得。
2. 一種雙槽式微生物燃料電池，包含：
一陽極，為如請求項 1 所述的發泡鎳電極；
一陰極，為一碳棒；
一陽極電解液，包含活菌液；及
一陰極電解液，係為鐵氰化鉀、磷酸氫二鉀、去離子水的混合液。
3. 一種如請求項 2 的雙槽式微生物燃料電池，其中該活菌液中的活菌係選自一群組，包括硫還原地桿菌 (*Desulfuromonas acetoxidans*)、希瓦氏菌 (*Shewanella oneidensis*)、大腸桿菌 (*Escherichia coli*)、還鐵紅桿菌 (*Rhodospirillum rubrum*)、還金屬地桿菌 (*Geobacter metallireducens*)、腐敗希瓦氏菌 (*Shewanella putrefaciens*)、還硫地桿菌 (*Geobacter sulfurreducens*) 及嗜水氣單胞菌 (*Aeromonas hydrophila*)。
4. 一種如請求項 3 的雙槽式微生物燃料電池，其中該發泡鎳電極與該電解質之間的傳導阻抗 (Charge-transfer resistance, R_{CT}) 為 59.14 至 295.56。
5. 一種如請求項 4 的雙槽式微生物燃料電池，其中該發泡鎳電極與該電解質之間的傳導阻抗 (R_{CT}) 為 59.14 至 90.9。
6. 一種如請求項 3 的雙槽式微生物燃料電池，其中該雙槽式微生物燃料電池之功率密度 (Power density) 為 181.5 mW/m^2 至 714.5 mW/m^2 。
7. 一種如請求項 2 的雙槽式微生物燃料電池，其中該陰極電解液為鐵氰化鉀、磷酸氫二鉀與去離子水所構成之混合溶液，其中該混合溶液係將 6.38 克鐵氰化鉀 (potassium ferricyanide, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) 與 17.42 克磷酸氫二鉀 (dipotassium hydrogen phosphate, K_2HPO_4) 溶解於 200 毫升去離子水中調製而成。
8. 一種發泡鎳電極的製造方法，包含：
提供並清洗一發泡鎳材料；
混合醋酸、硝酸、鹽酸、去離子水，以獲得一混合酸；

(2)

將該發泡鎳材料浸泡於該混合酸中 3 秒至 60 分鐘，以獲取一發泡鎳電極。

9. 如請求項 8 的製造方法，其中該混合酸的配比為醋酸 36.75 vol%、硝酸 12.25vol%、鹽酸 1vol%、去離子水 50 vol%，其 pH 值為 0.26。
10. 如請求項 8 的製造方法，其中浸泡該混合酸的時間為 5 分鐘至 60 分鐘。

圖式簡單說明

圖 1 為本發明的一實施例之一種發泡鎳電極之製造方法流程圖。

圖 2 為本發明的一實施例之一種發泡鎳材料之能量散射 X 射線光譜 (EDS) 分析圖。

圖 3 為本發明的一實施例之一種雙槽式微生物燃料電池之結構示意圖。

圖 4A 為本發明的一實驗例之一種水接觸角量測結果圖，顯示比較例及經酸改質 3 秒、5 秒、10 秒與 30 秒之發泡鎳材料之測量結果。

圖 4B 為本發明的一實驗例之一種水接觸角量測結果圖，顯示比較例及經酸改質 0.75 分鐘、3 分鐘、30 分鐘與 60 分鐘之發泡鎳材料之測量結果。

圖 5 為本發明的一比較例之一種未經酸改質之發泡鎳材料之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 6 為本發明的第一實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 7 為本發明的第二實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 8 為本發明的第三實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 9 為本發明的第四實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 10 為本發明的第五實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 11 為本發明的第六實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 12 為本發明的第七實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 13 為本發明的第八實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 14 為本發明的第十實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 15 為本發明的第十一實驗例之一種發泡鎳電極之表面型態 SEM 影像，放大倍率為 100 倍、500 倍與 1000 倍。

圖 16A 為 X 射線光電子能譜 (XPS) 全能譜 (Survey) 疊圖，顯示比較例及實驗例 1、3 至 7 之發泡鎳電極於深度 0 奈米之結果。

圖 16B 為 X 射線光電子能譜 (XPS) 全能譜 (Survey) 疊圖，顯示比較例及實驗例 1、3 至 7 之發泡鎳電極於深度 10 奈米之結果。

圖 17A 為 Ni 2p 能階圖，顯示比較例及實驗例 1、3、4 之發泡鎳電極於深度 0 奈米與 10 奈米之 XPS 分析結果。

圖 17B 為 Ni 2p 能階圖，顯示實驗例 5 至 8 之發泡鎳電極於深度 0 奈米與 10 奈米之 XPS 分析結果。

圖 18A 為 O 1s 能階圖，顯示比較例及實驗例 1、3、4 之發泡鎳電極於深度 0 奈米與 10 奈米之 XPS 分析結果。

(3)

圖 18B 為 O 1s 能階圖，顯示實驗例 5 至 8 之發泡鎳電極於深度 0 奈米與 10 奈米之 XPS 分析結果。

圖 19 為功率密度的量測結果圖，顯示以比較例和實驗例 1-11 製成之微生物燃料電池的功率密度。

圖 20 為電荷轉移電阻 (R_{CT}) 變化趨勢圖，顯示以比較例和實驗例 1 至 11 製成之微生物燃料電池於 EIS 分析中之 R_{CT} 值。

圖 21A 為塔弗曲線圖，顯示以比較例和實驗例 1 至 11 製成之發泡鎳電極之電化學極化行為。

圖 21B 為塔弗極化電阻 (R_p) 變化趨勢圖，顯示以比較例和實驗例 1 至 11 製成之發泡鎳電極之 R_p 值的變化趨勢。

圖 22 為本發明的比較例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 23 為本發明之第一實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 24 為本發明之第二實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 25 為本發明之第三實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 26 為本發明之第四實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 27 為本發明之第五實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 28 為本發明之第六實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 29 為本發明之第七實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 29 為本發明之第七實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 30 為本發明之第八實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 31 為本發明之第九實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 32 為本發明之第十實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 33 為本發明之第十一實驗例製成的 DMFC 所測得之循環伏安圖。

圖 34 為電化學活性面積變化趨勢圖，顯示以比較例和實驗例 1 至 11 製成之發泡鎳電極於循環伏安法中所測得之結果。

圖 35 為氧化峰電流變化趨勢圖，顯示以比較例和實驗例 1 至 11 製成之發泡鎳電極之氧化峰變化情形。

圖 36 為還原峰電流變化趨勢圖，顯示以比較例和實驗例 1 至 11 製成之發泡鎳電極之還原峰變化情形。

(4)

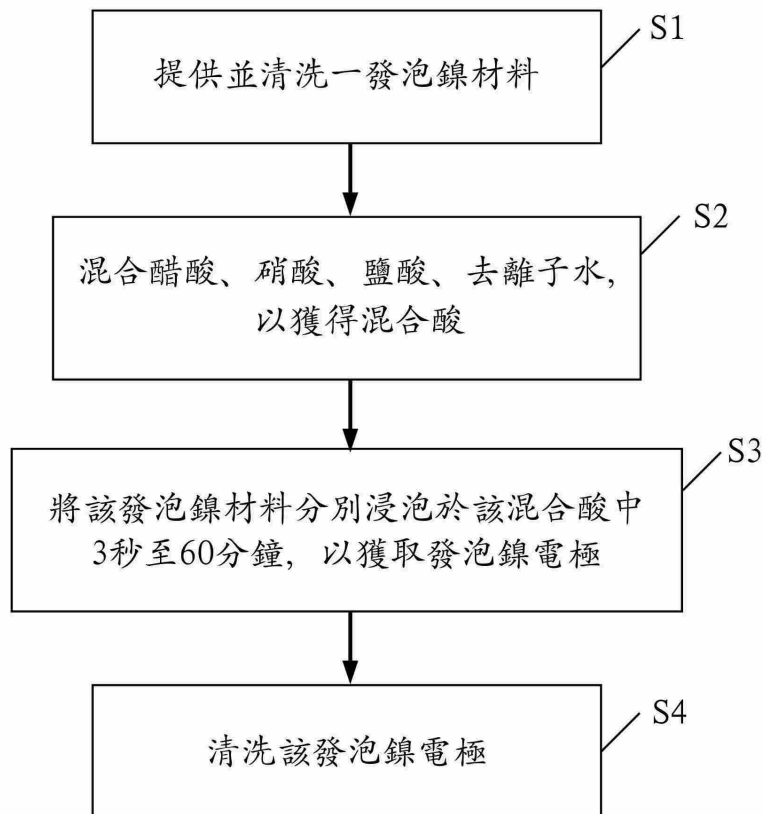


圖1

(5)

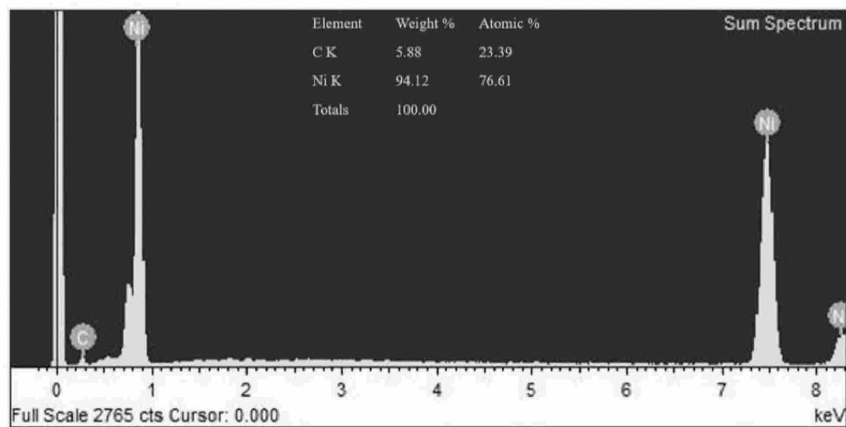


圖2

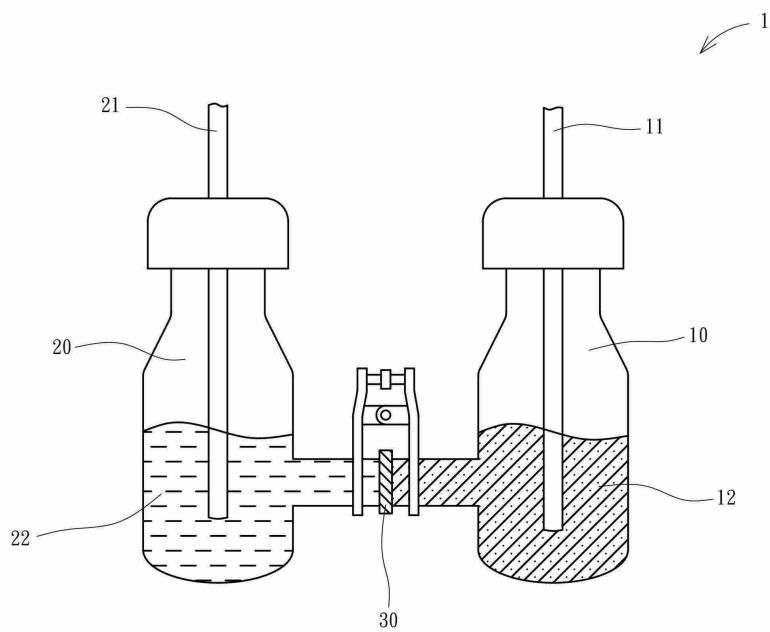


圖3

(6)

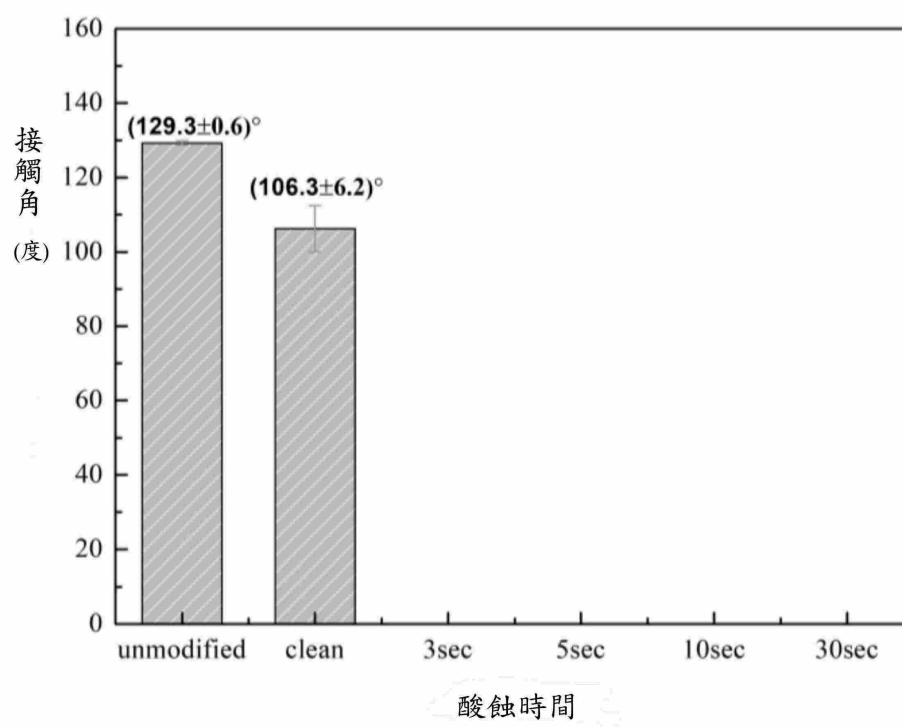


圖4A

(7)

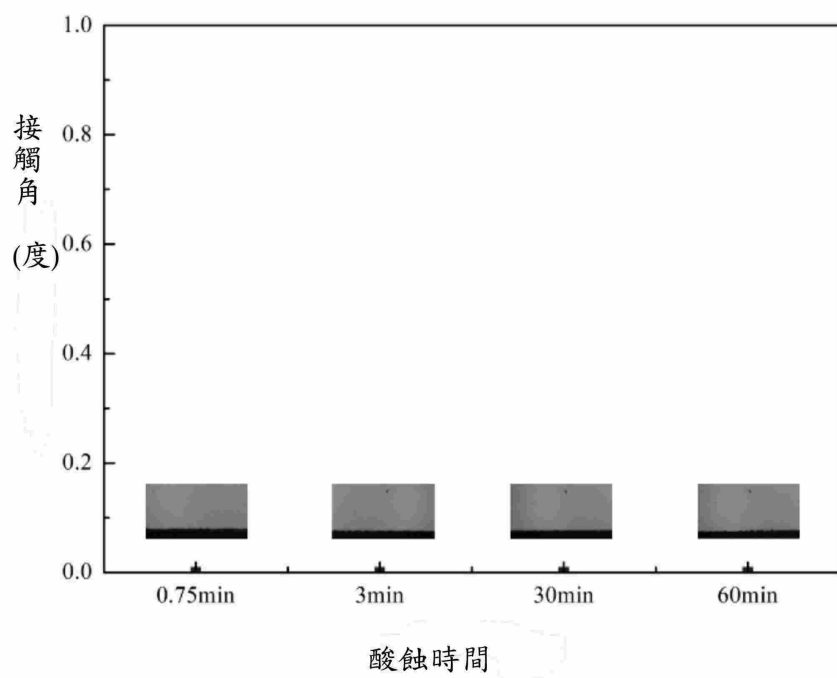
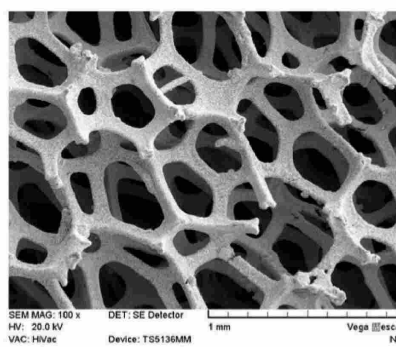
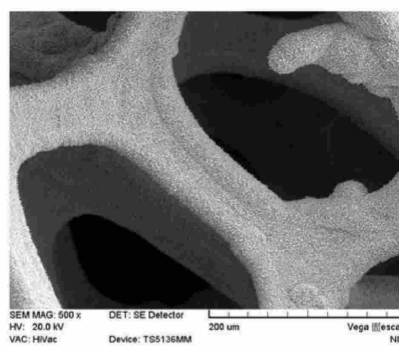


圖4B

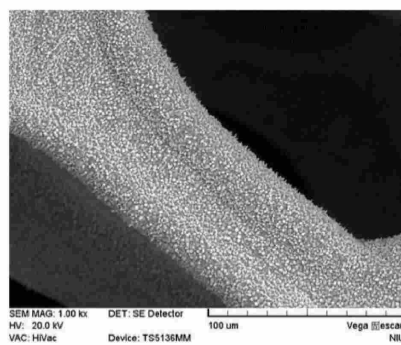
(8)



(a)



(b)



(c)

5

(9)

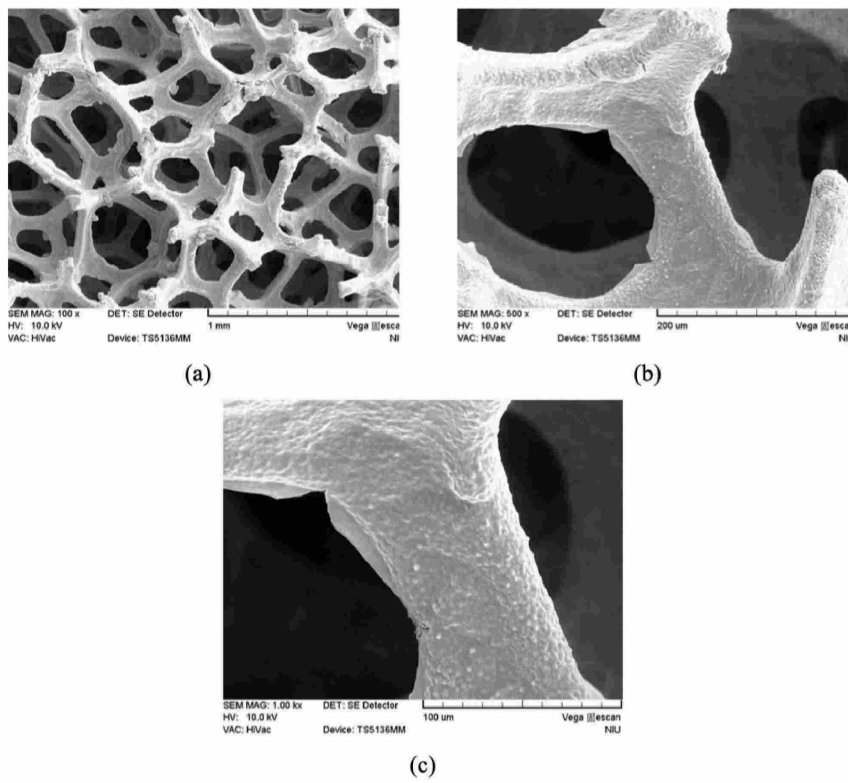


圖6

(10)

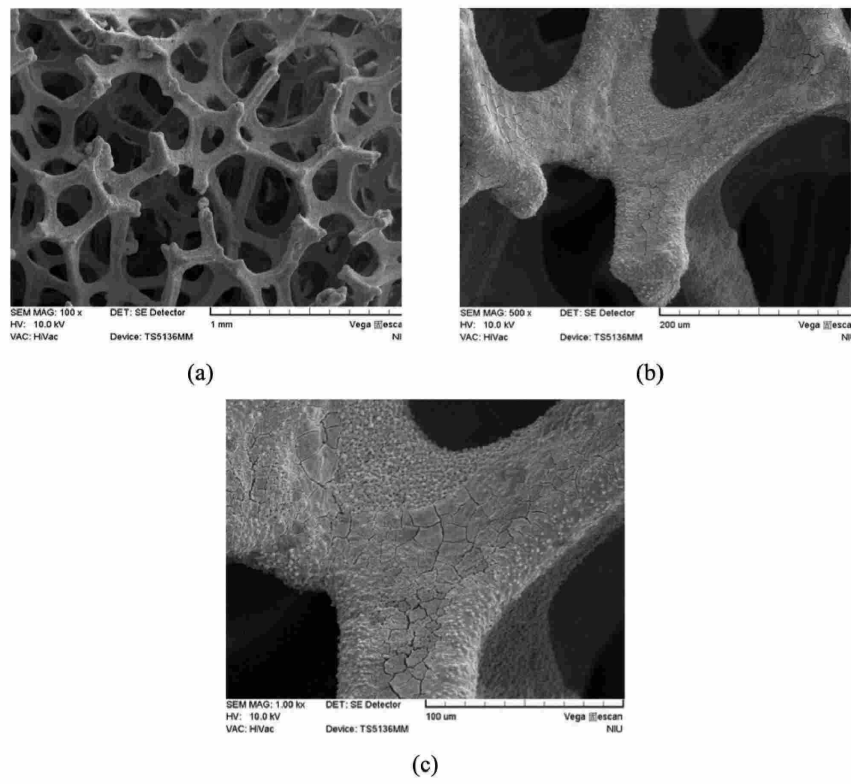
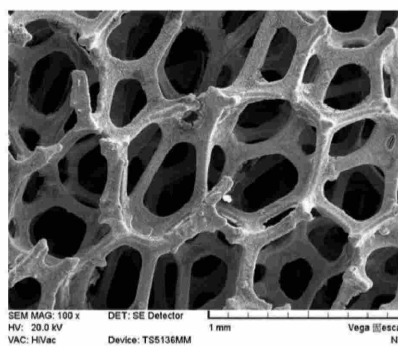
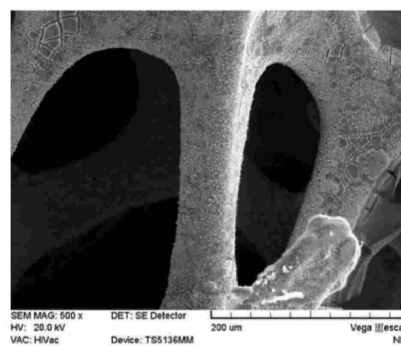


圖 7

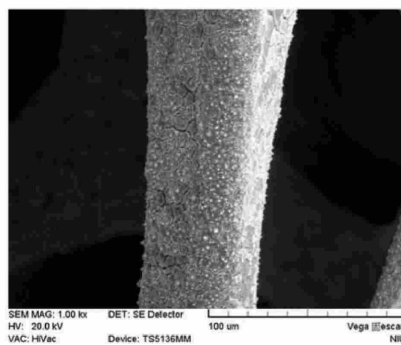
(11)



(a)



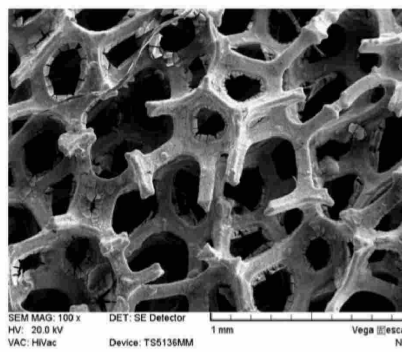
(b)



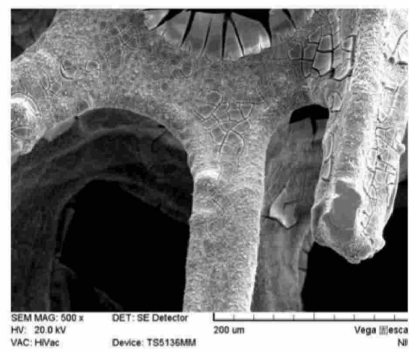
(c)

圖 8

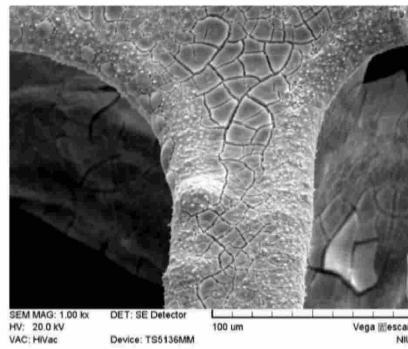
(12)



(a)



(b)



(c)

圖 9

(13)

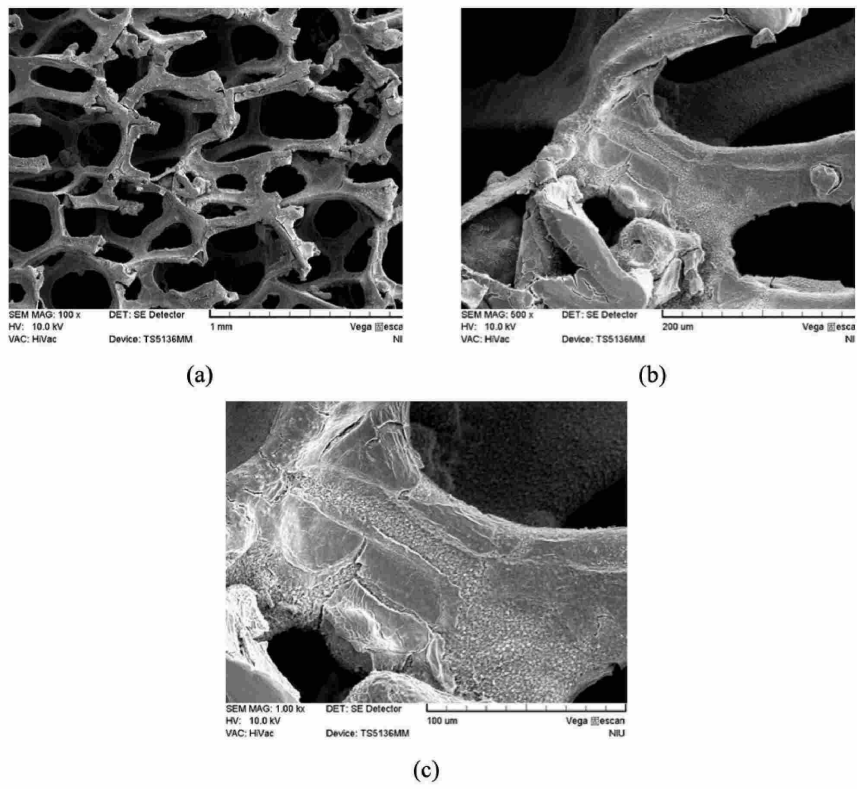


圖10

(14)

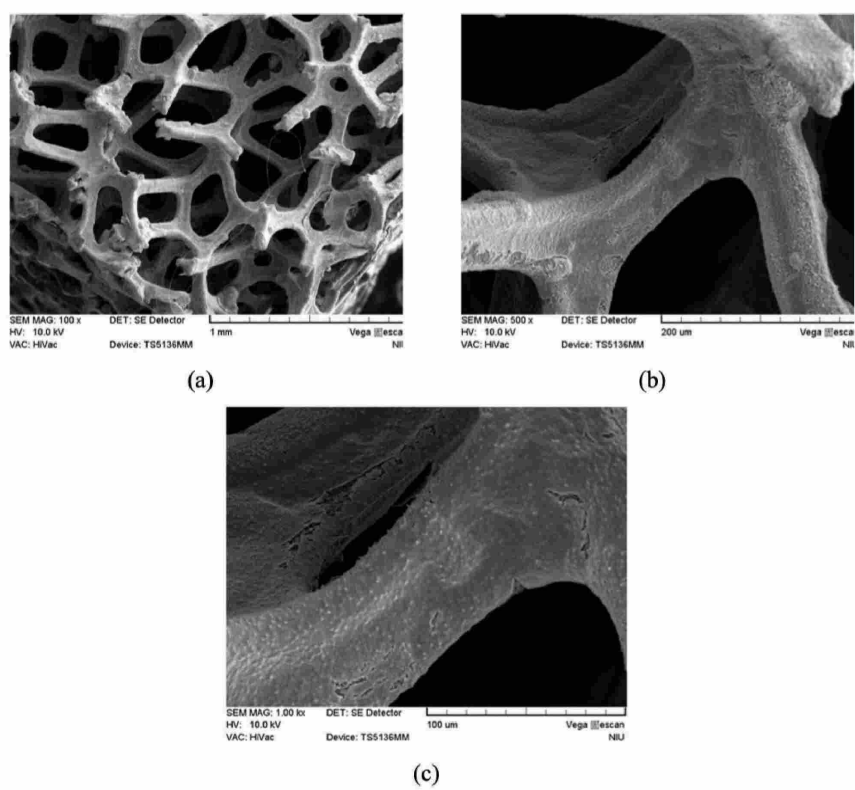


圖 11

(15)

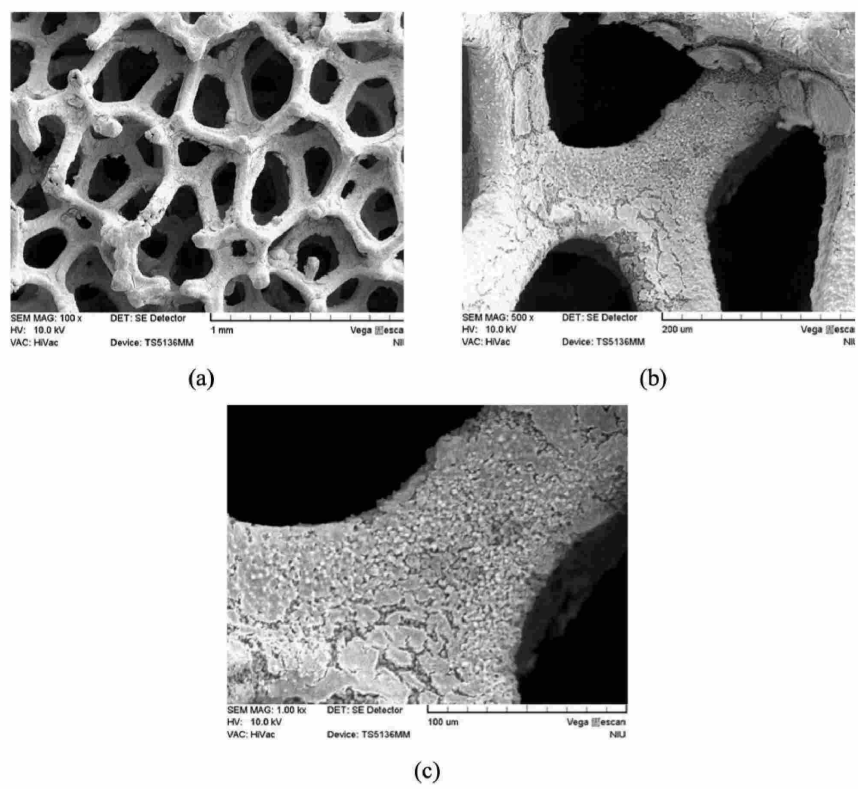


圖 12

(16)

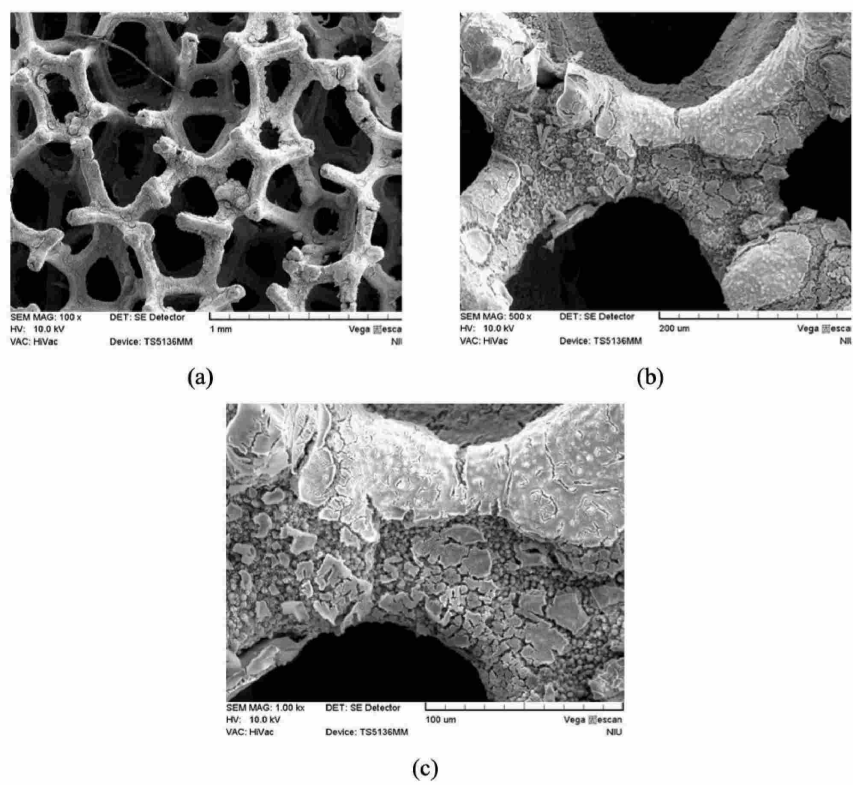
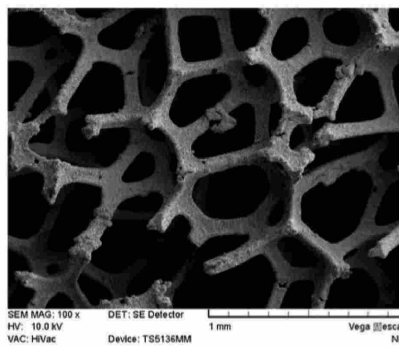
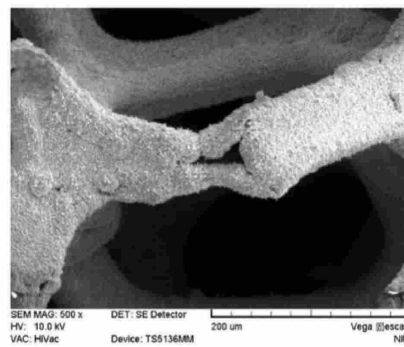


圖 13

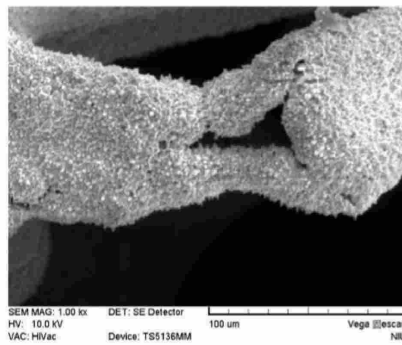
(17)



(a)



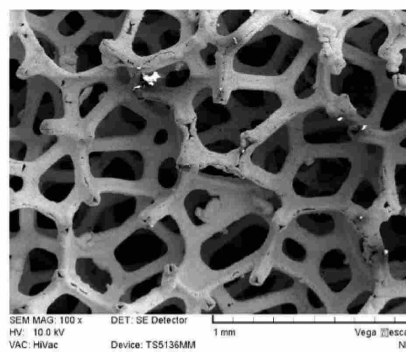
(b)



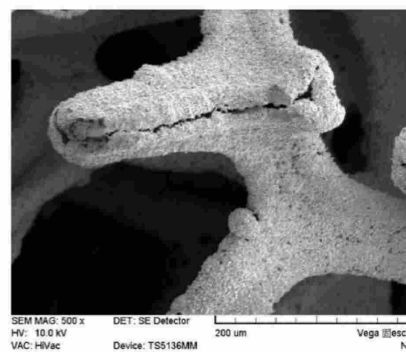
(c)

圖 14

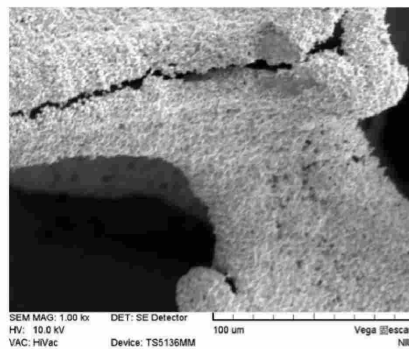
(18)



(a)



(b)



(c)

圖15

(19)

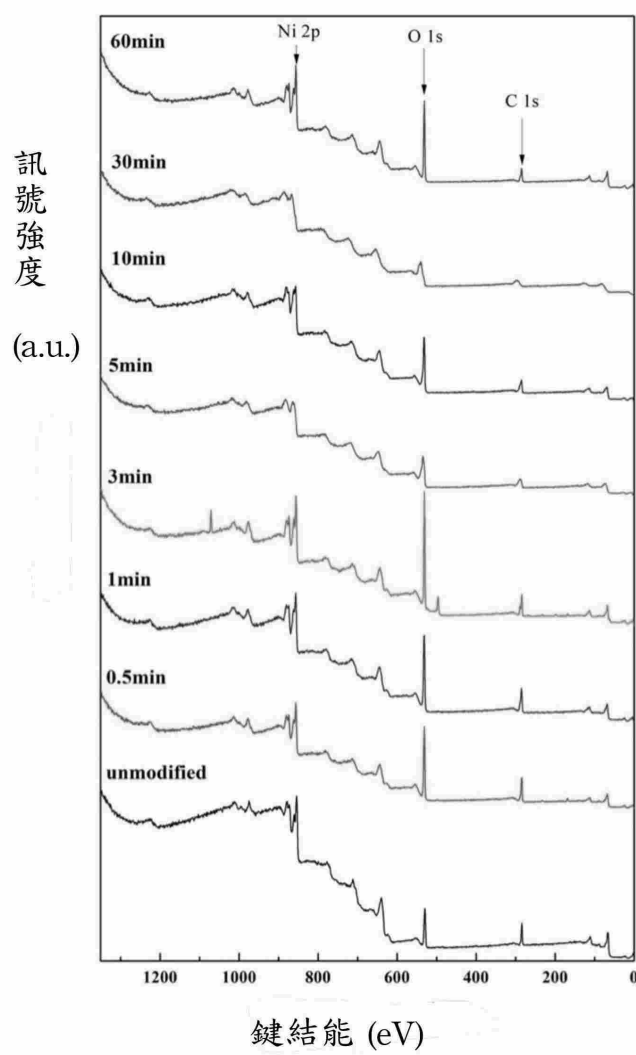


圖16A

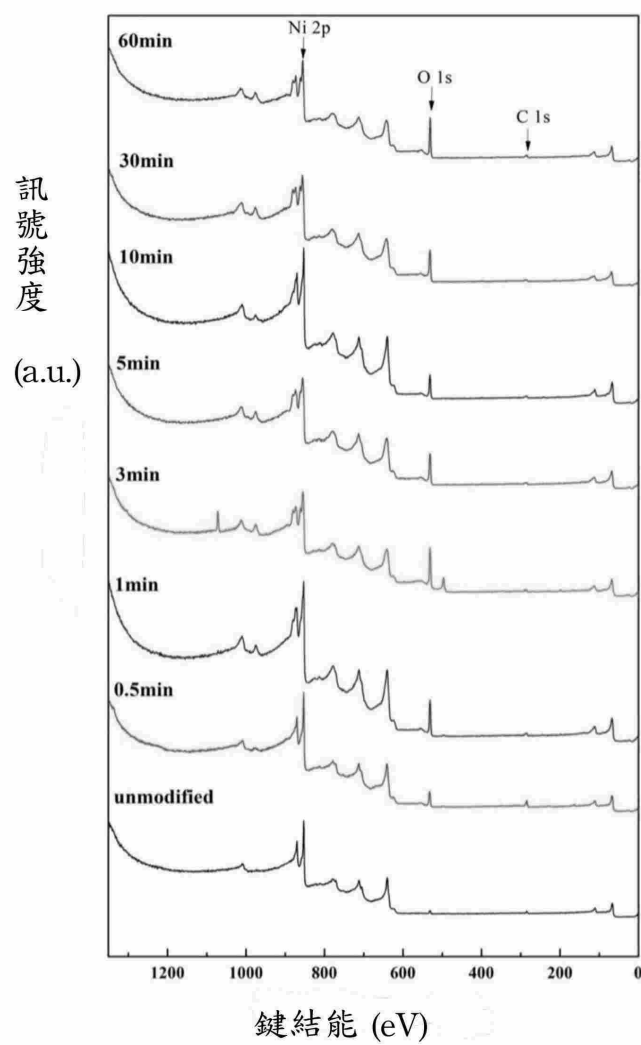


圖16B

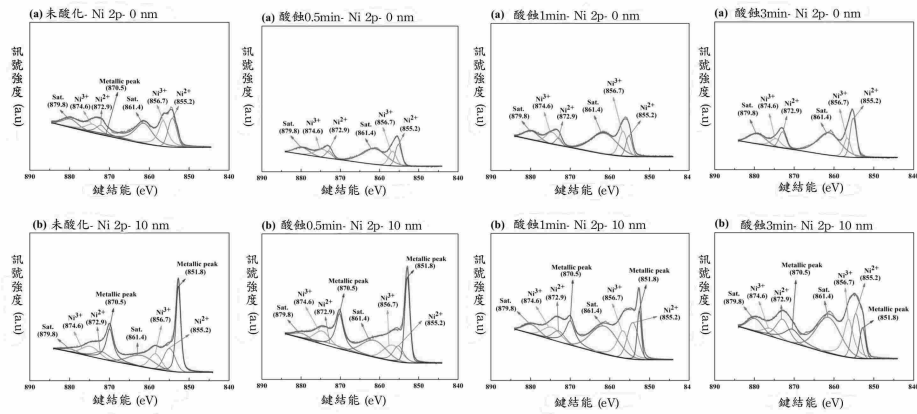


圖 17A

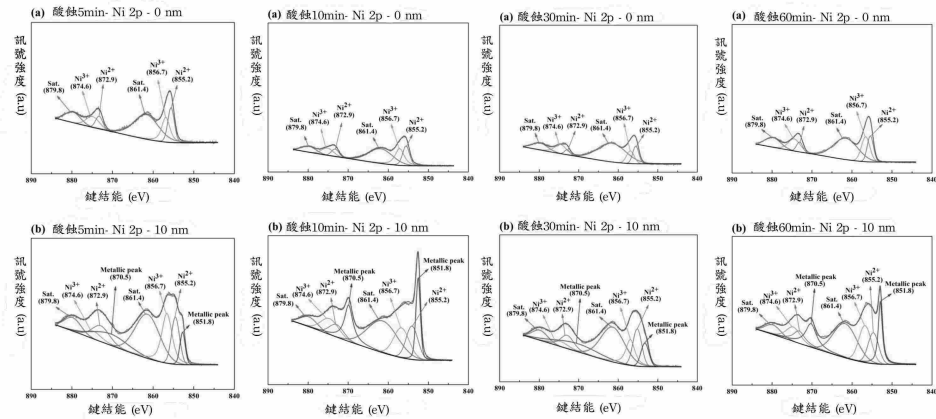


圖 17B

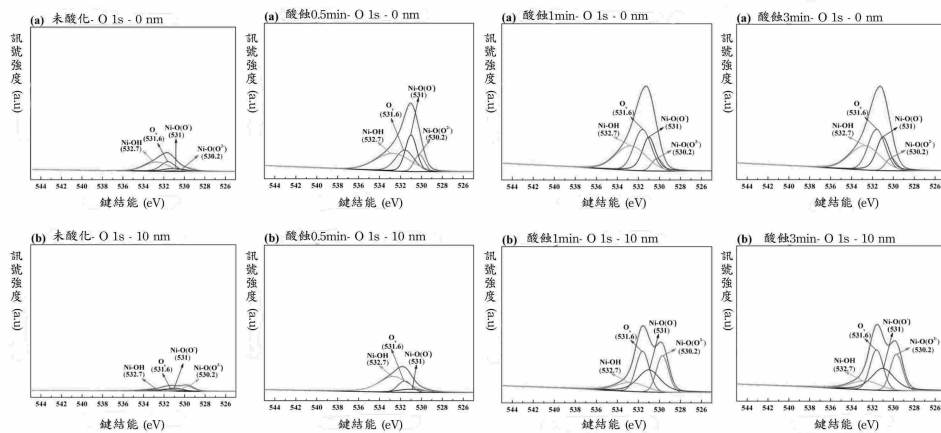


圖 18A

(22)

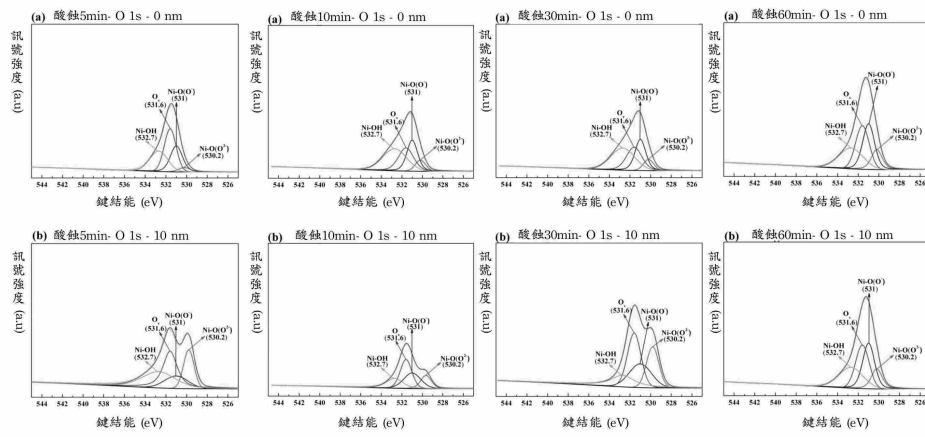


圖 18B

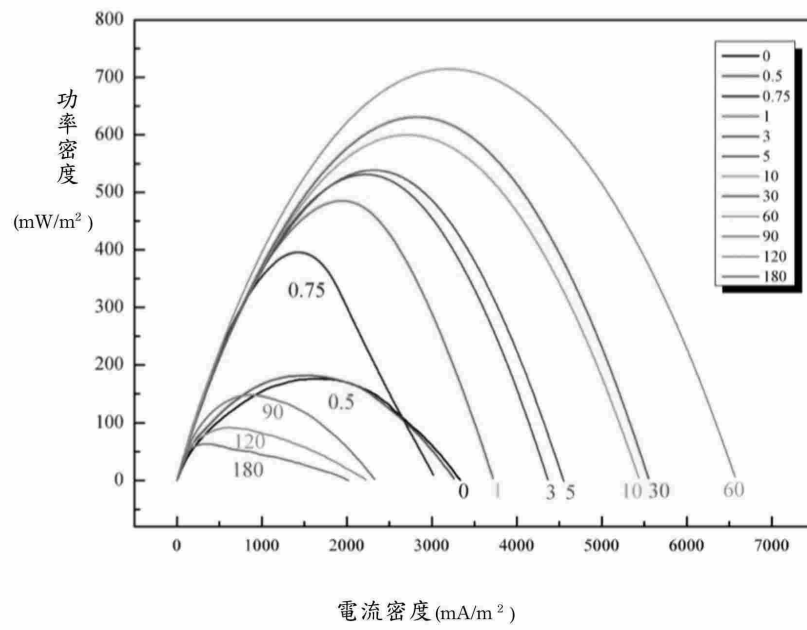


圖 19

(23)

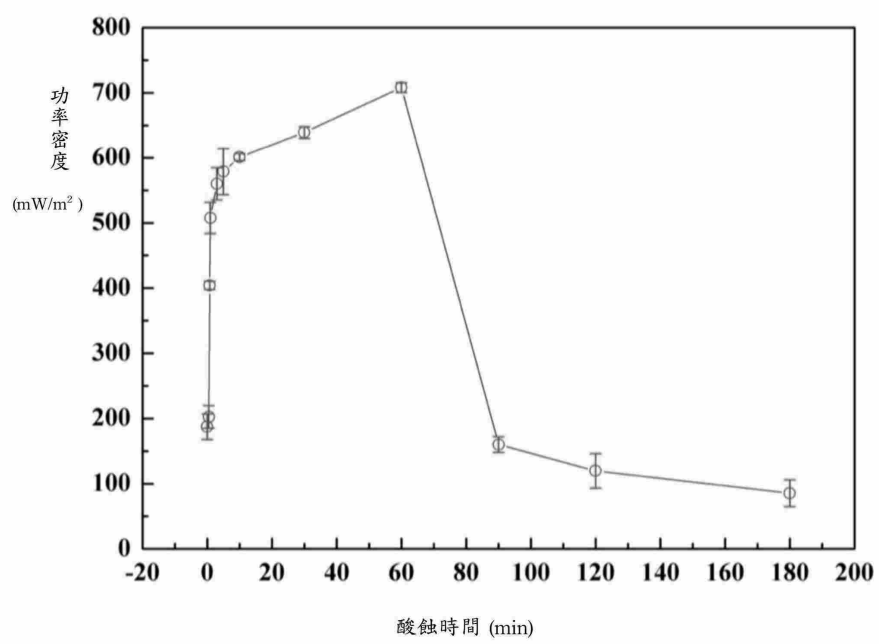


圖 20

(24)

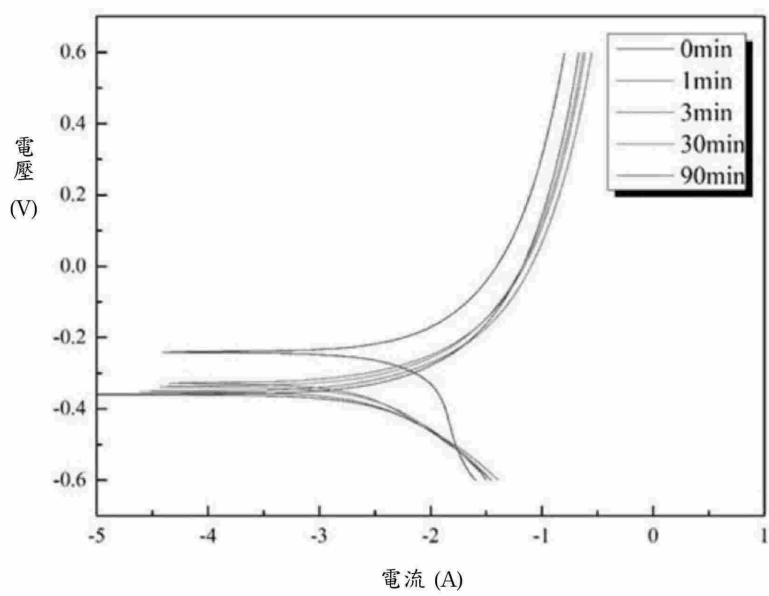


圖21A

(25)

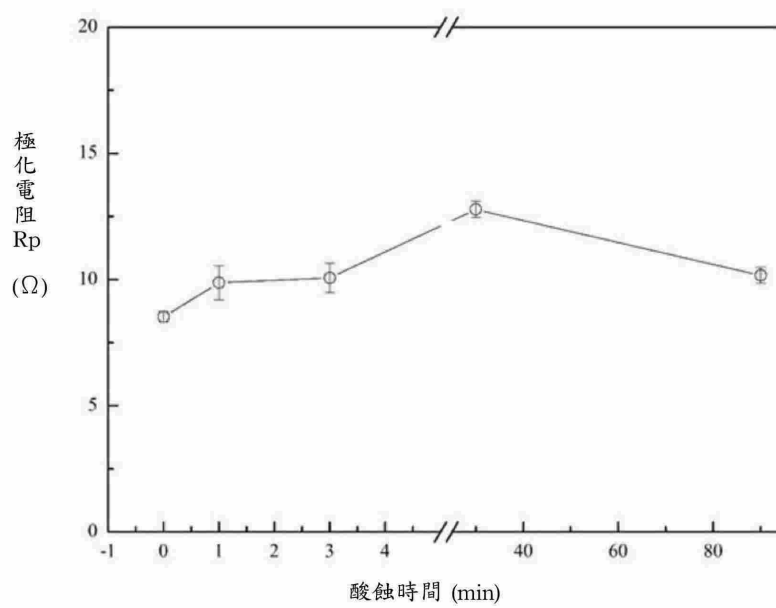


圖21B

(26)

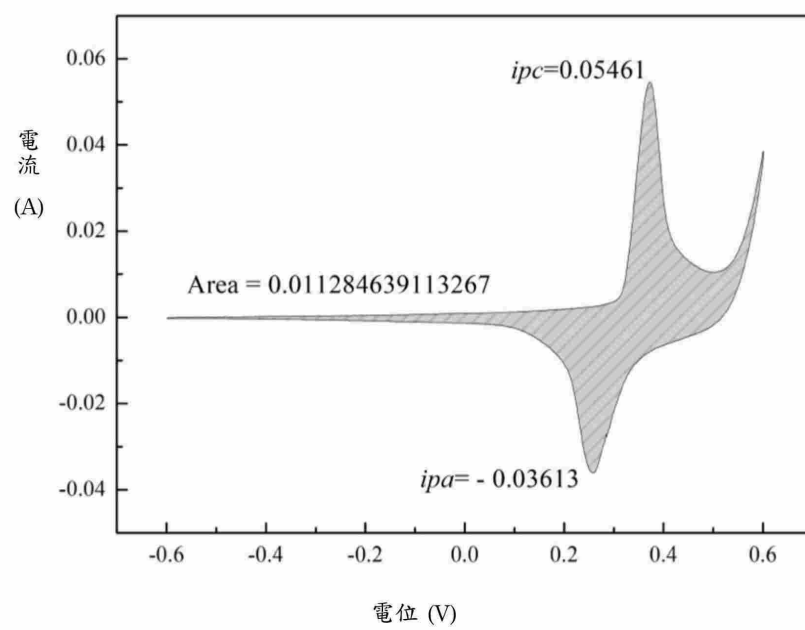


圖22

(27)

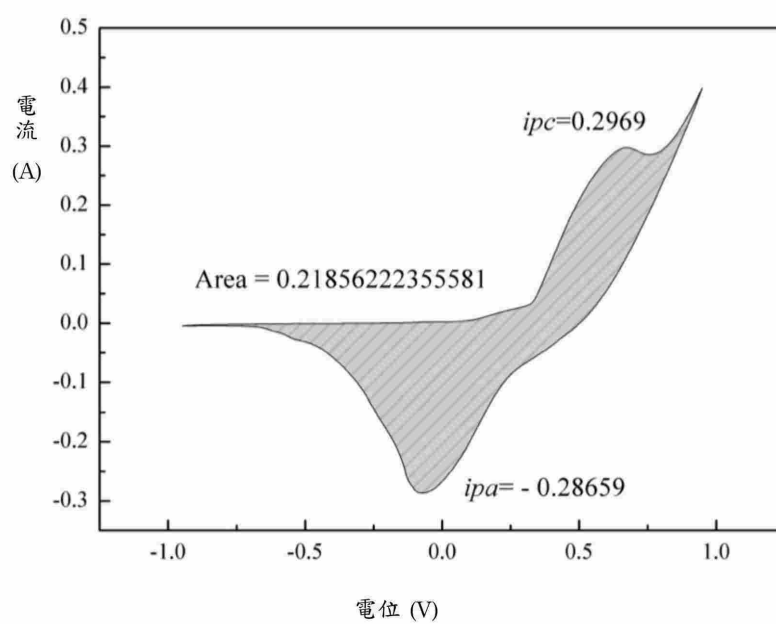


圖23

(28)

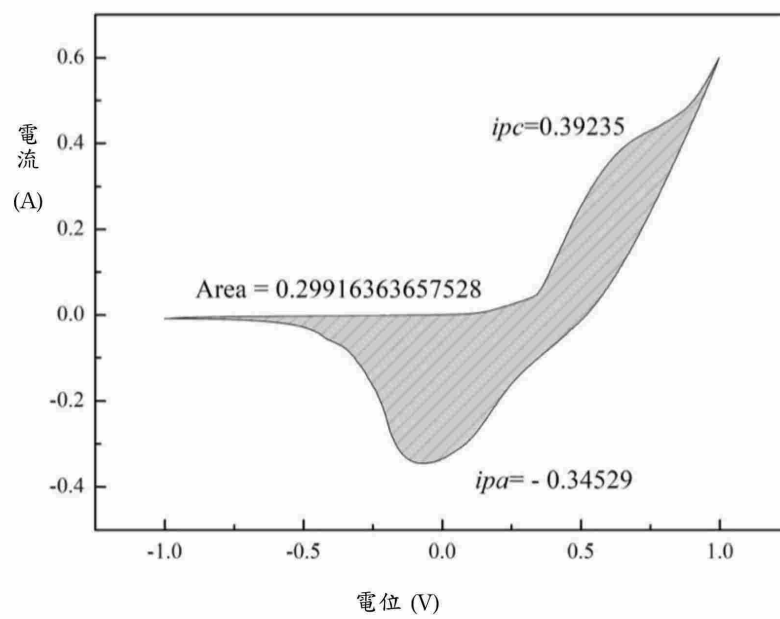


圖24

(29)

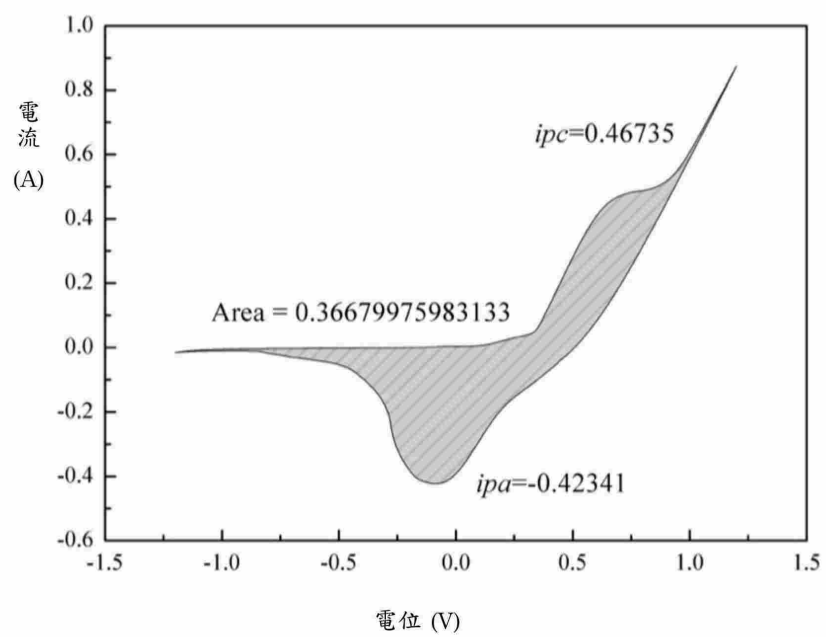


圖25

(30)

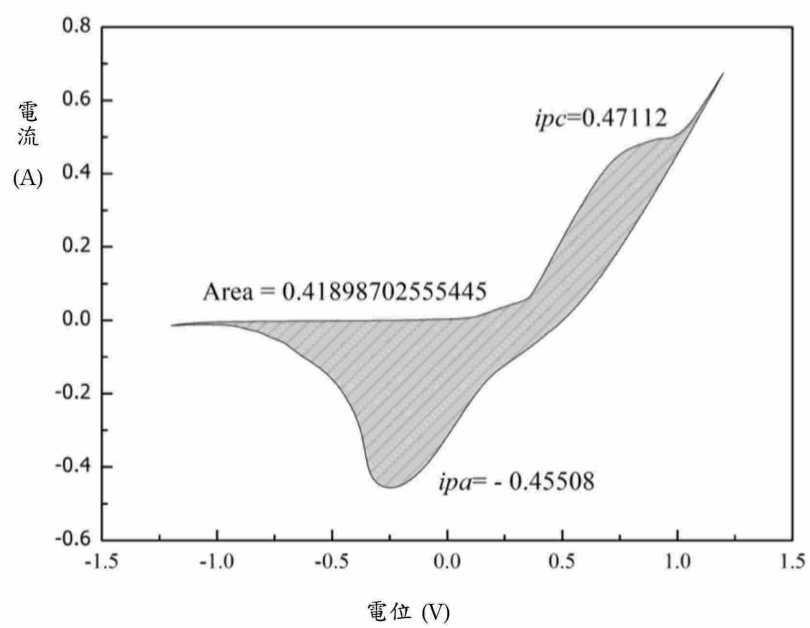


圖26

(31)

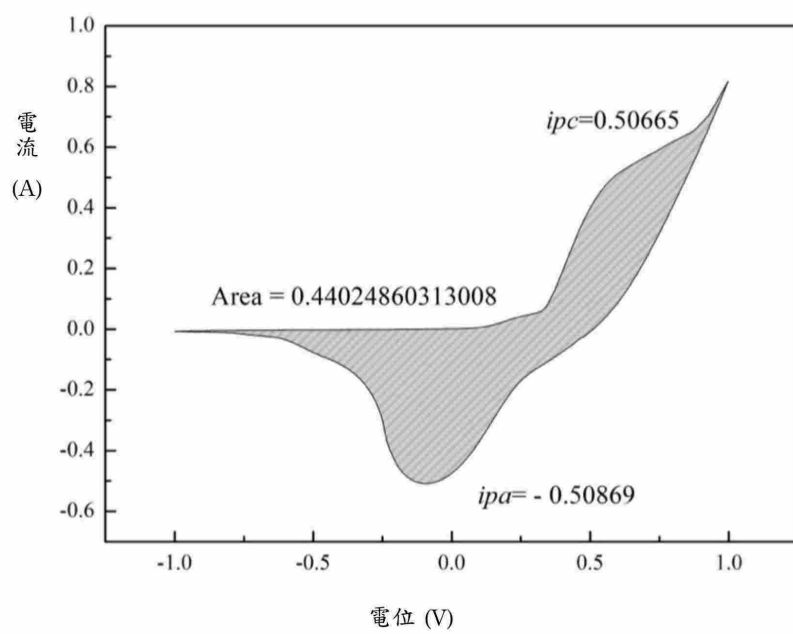


圖27

(32)

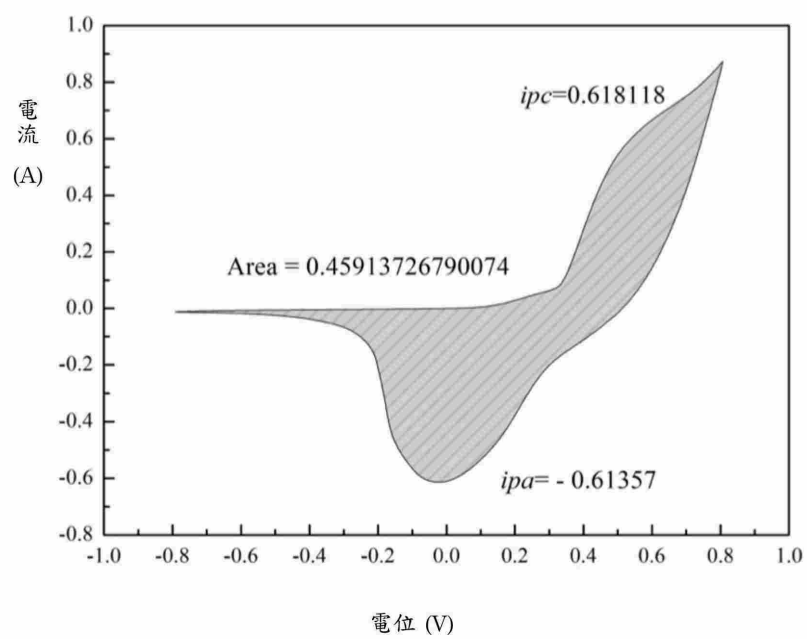


圖28

(33)

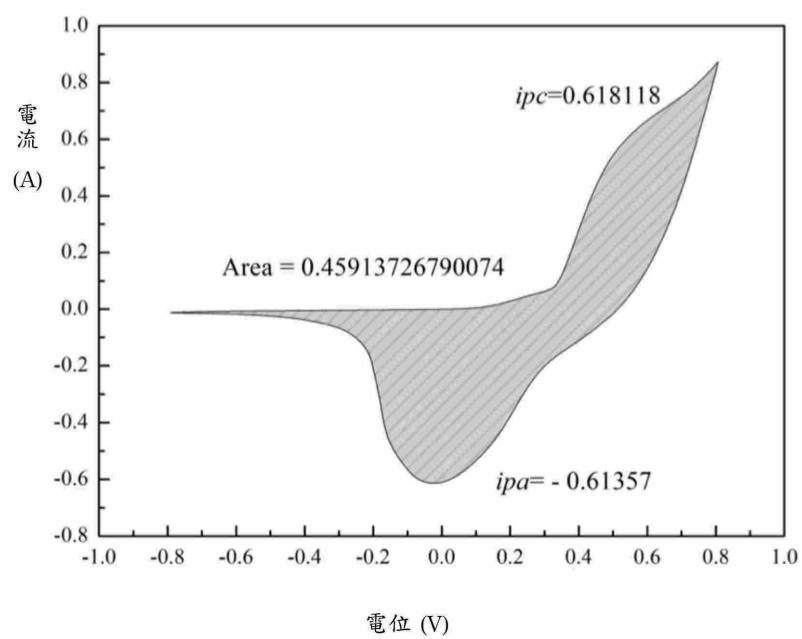


圖29

(34)

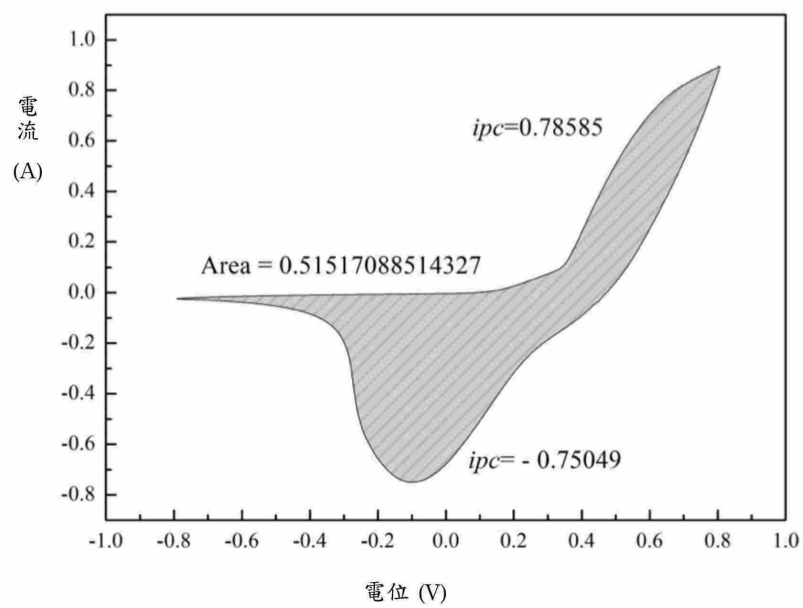


圖30

(35)

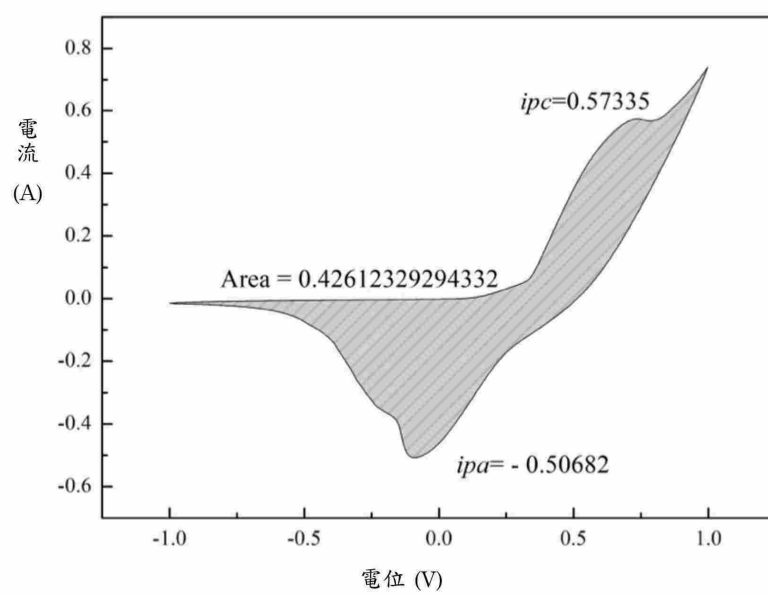


圖31

(36)

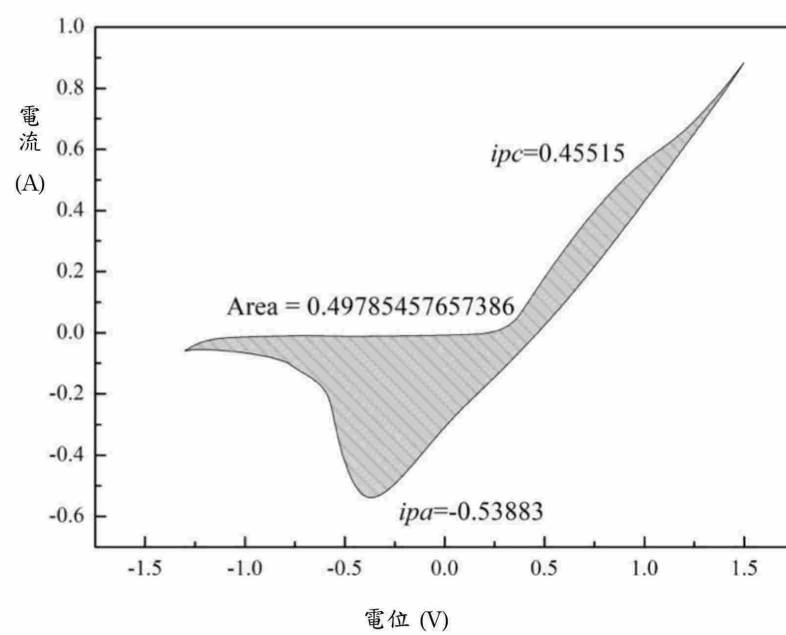


圖32

(37)

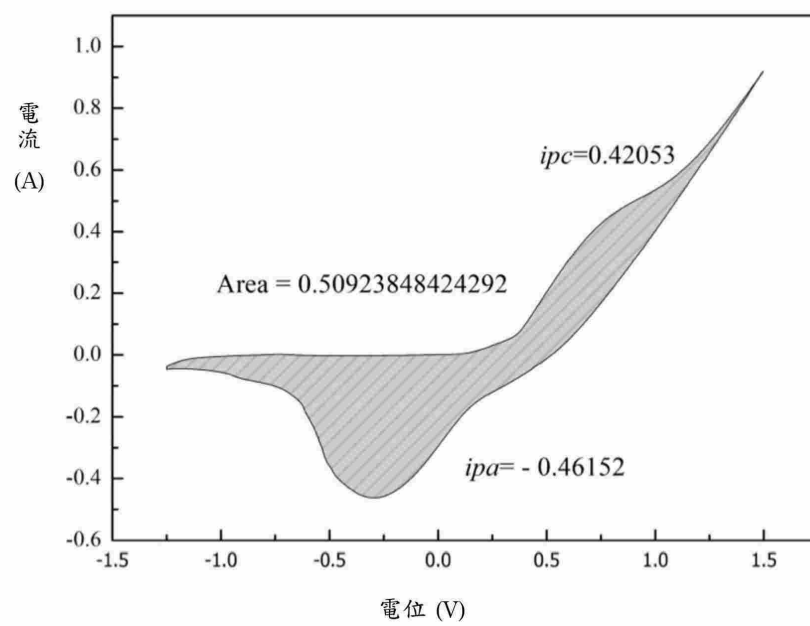


圖33

(38)

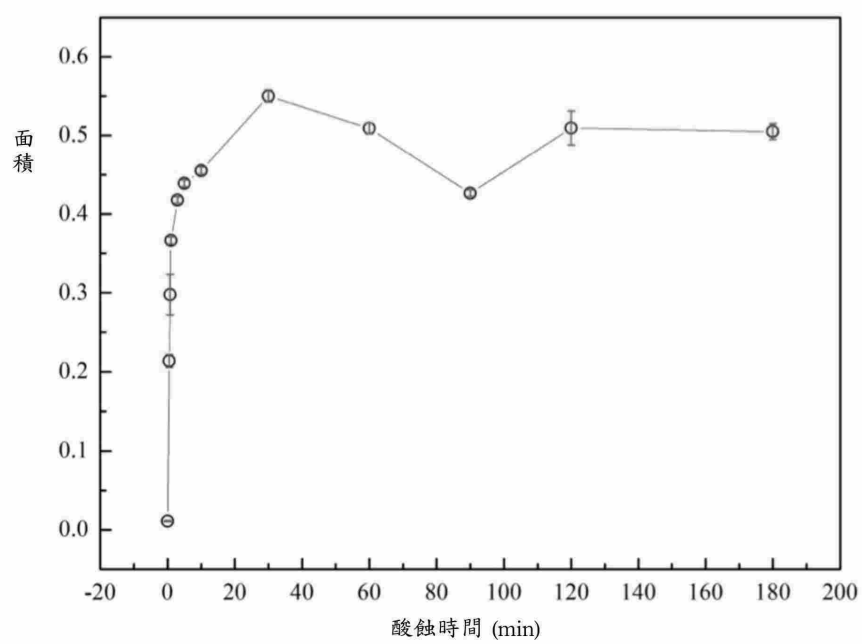


圖34

(39)

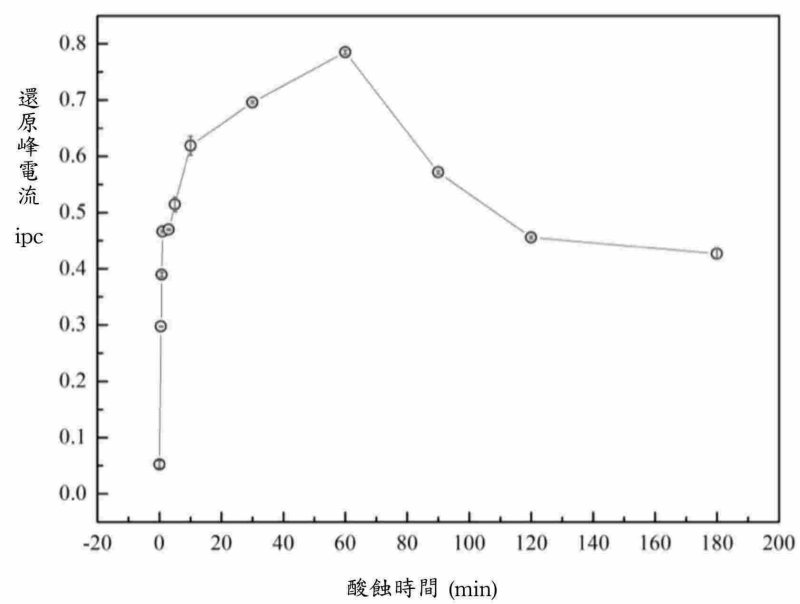


圖35

(40)

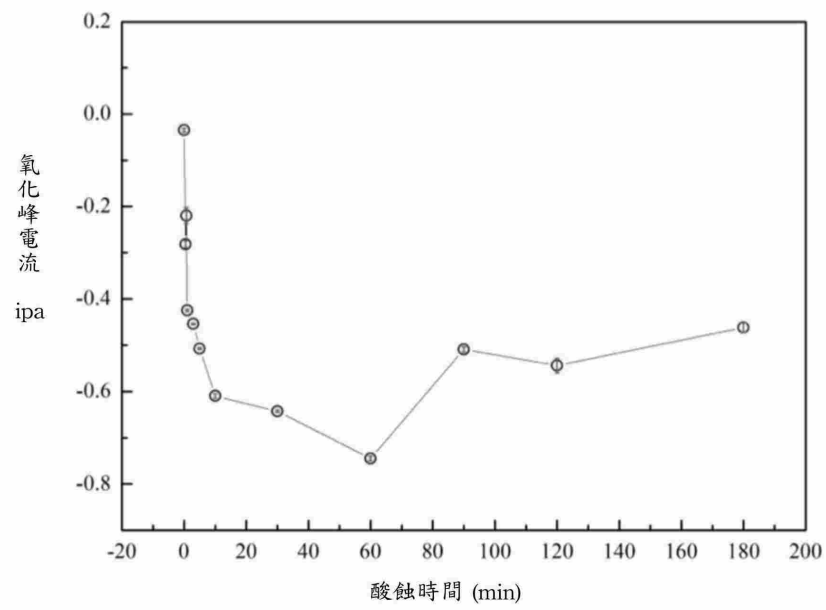


圖36