

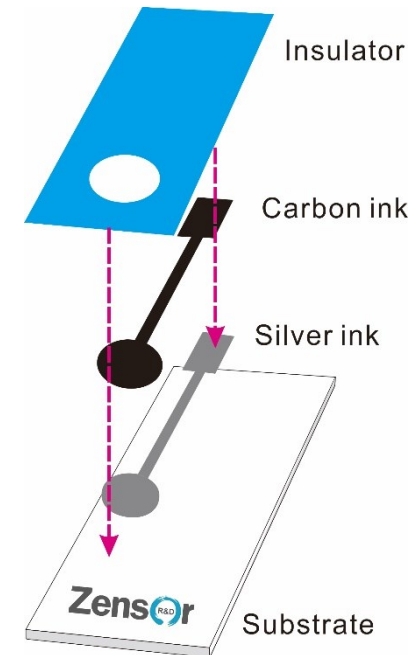
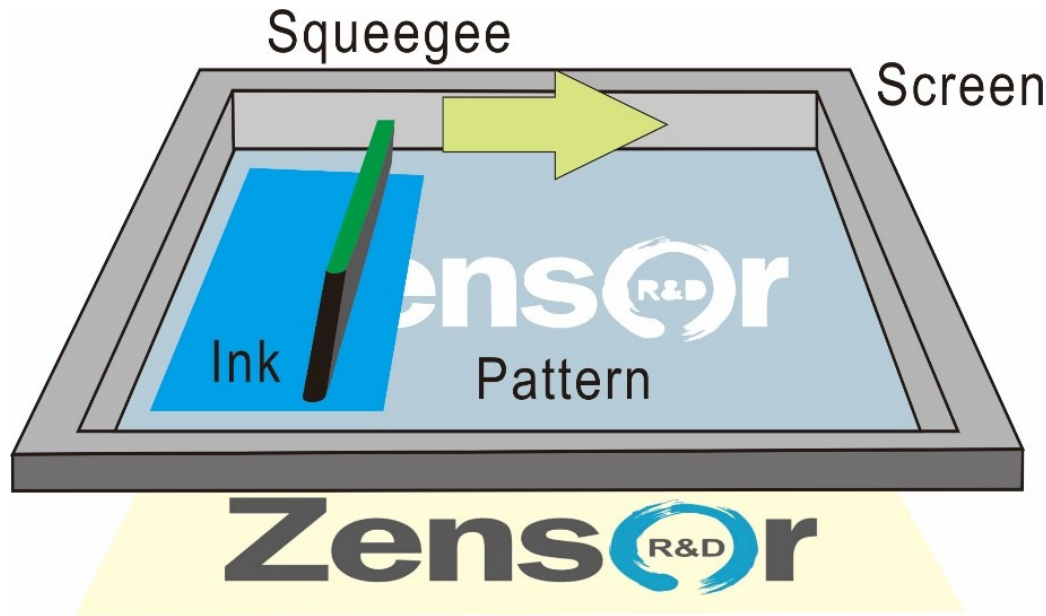


禪譜科技

## 2.1 網版印刷碳電極

## 2.1 網版印刷碳電極

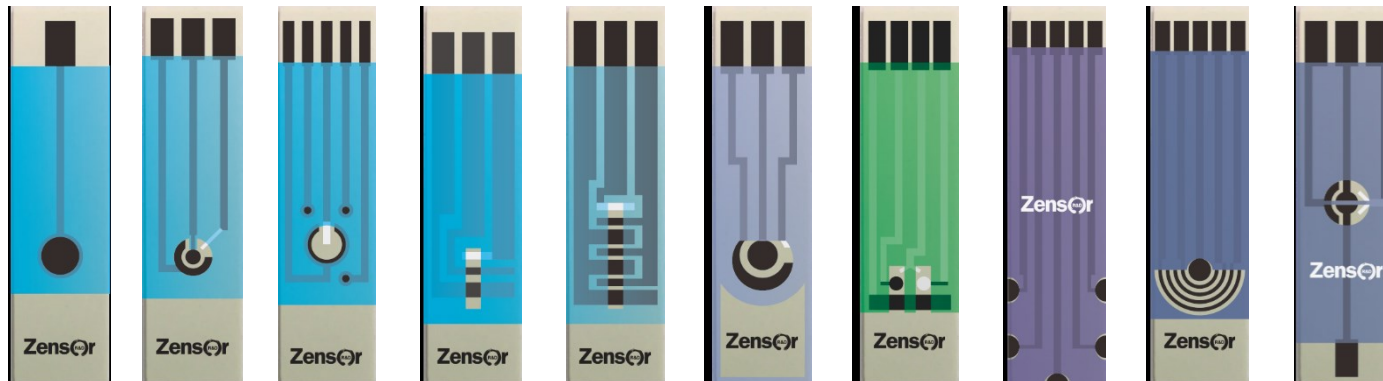
網版印刷碳電極是20世紀很重要的一項發明產品，在電分析化學領域中，此項產品改變了傳統拋光電極的實驗使用方式，從需要拋光到可拋棄式電極增進了研究速度與能量。網版印刷技術是利用一具有細微孔洞的網版，將油墨擠壓透過網版而印製在目標載體上，因此可設計特定形狀與大小，一般印製的油墨線寬介於 $100\text{ }\mu\text{m}$ 與數個毫米之間，厚度則最薄約為 $10\text{ }\mu\text{m}$ 。感測器領域中廣為應用的產品莫非血糖感測器不可，其供應著全世界最大的醫療器材市場以協助糖尿病患得以維持健康的身體狀態。除此之外，網版印刷碳電極也被廣泛應用開發在生物感測器、環境檢測、食品安全、免疫分析、醫藥檢測及光電產品等領域當中。



## 2.1.1 禪譜科技生產製造網版印刷碳電極

禪譜科技可依據客戶需求客製化設計生產多樣形式、大小、材質的網版印刷電極，並且具有良好的品質可讓研究人員安心且專心於研究開發，如圖所示，碳單電極、碳三電極、甚至碳多電極、方形電極、扇形電極皆由禪譜科技專為客戶量身訂製的網版印刷碳電極，電極表面積的控制、三電極間的距離設定、多電極的空間比例設計皆是重要的品質因素，因此禪譜科技的多年製造與設計經驗可提供使用者完美品質的網版印刷碳電極。

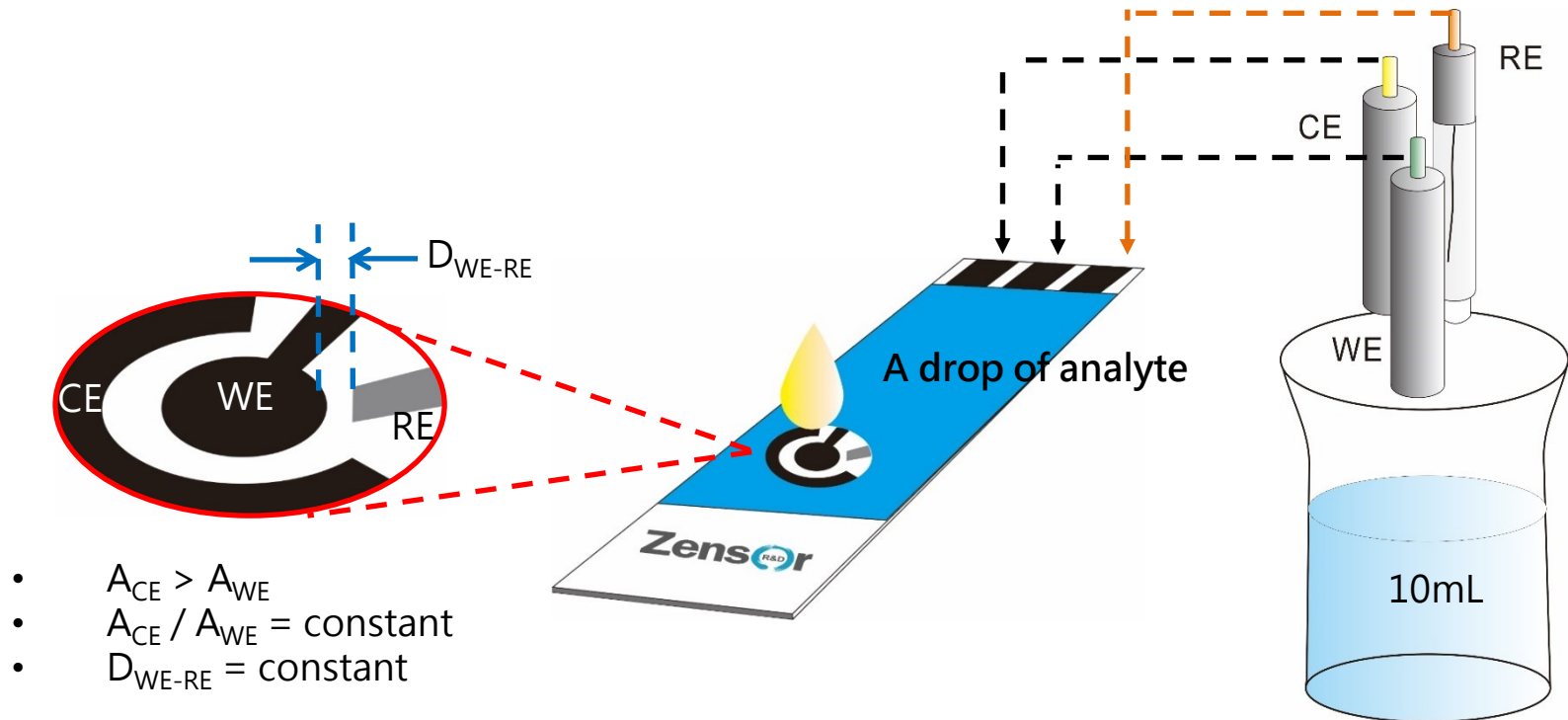
碳油墨是網版印刷碳電極扮演著核心的角色，其中碳粒的大小與型態、聚合接著劑的成分與比例及其他重要添加劑接影響印刷品質的好壞，唯有精準地控制比例與嚴格的製造要求才能造就出完美的產品。(1)



(1)Joseph Wang, Baomin Tian,a Valeberes. Nascimento and Lucio Angnes, Electrochimica Acta, Vol. 43, No. 23, pp. 3459-3465, 1998

## 2.1.2 網版印刷碳電極的品質表現

如何知道一支網版印刷碳電極是否品質良好是使用者必須知道了解的，其中我們必須考慮到活性工作電極面積(electroactive surface area of working electrode)、異質速率常數(heterogeneous rate constant)及氧化還原電位差(peak to peak separation of redox system)等重要性指標。網版印刷碳三電極取代了傳統三電極系統，大大減少了溶液使用量與電極間距控制問題，僅須利用網印技術即可製造出電極面積一致的三電極系統，可精準控制工作電極與參考電極間的距離、輔助電極面積控制，完整呈現一黃金比例。



## 2.2.3 工作電極活性面積

活性電極面積可藉由Randles-Sevcik方程式計算得出，採用的方法是掃描可逆氧化還原物質所得到的相關數據進行計算。由Banks教授所發表的文獻中得知，他們測試禪譜科技生產的網版印刷碳電極得到活性面積約為0.035 cm<sup>2</sup>，<sup>(1)</sup>活性面積越大，氧化還原訊號越大，對電化學分析的應用越好，因此各家廠商不以生產高活性面積的網版印刷碳電極為目標，但必須同時兼顧再現性良好的要求。

$$I_p = (2.65 \times 10^5) n^{3/2} A C D^{1/2} \nu^{1/2}$$

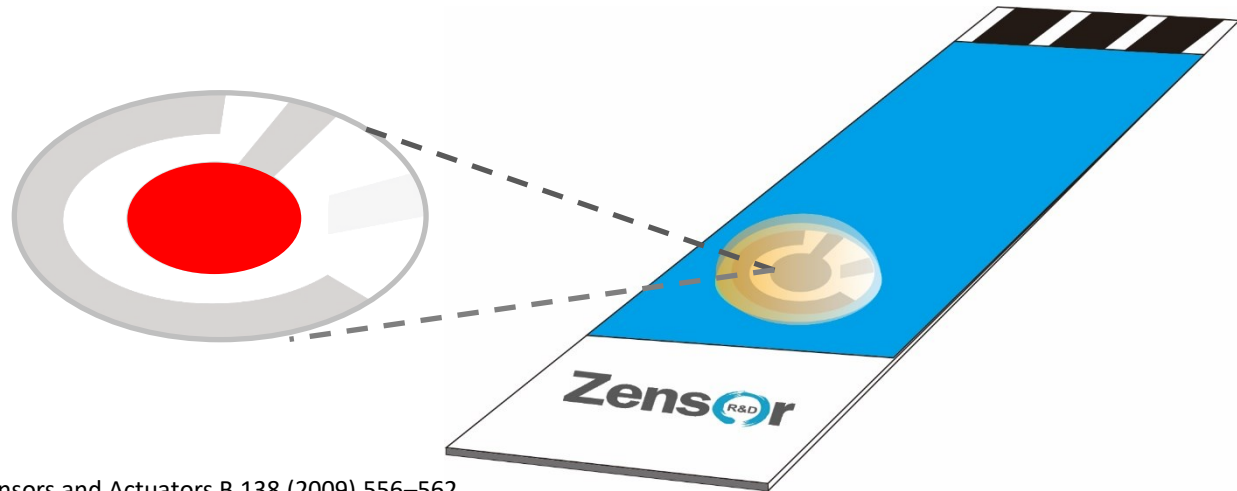
n 是氧化還原程序中的電子轉移數量

**A** 代表工作電極活性面積

D 是擴散係數

C 是分析物濃度

$\nu$  是掃描速率



### Reference

(1) Rashid O. Kadara, Norman Jenkinson, Craig E. Banks, Sensors and Actuators B 138 (2009) 556–562

(2) P. Zanello, Inorganic electrochemistry, theory, practice and application, RSC (2003).

## 2.1.4異質速率常數 ( $k^0$ )

異質速率常數可藉由Nicholson方法決定，方程式如下所示，電子轉移的標準速率常數是由氧化還原波峰與頻率所決定<sup>(1-4)</sup>，如同Banks教授所發表，禪譜科技生產的電極其異質速率常數約為 $2.5 \times 10^{-4}$ ，速率常數越大，轉移速率越快，因此具有高電子轉移速率。(4)

$$k^0 = \Psi \left[ D_0 \pi \nu \left( \frac{nF}{RT} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \left( \frac{D_R}{D^0} \right)^{\frac{\alpha}{2}}$$

$\Psi$  是動能參數

$D_0$  是赤血鹽的擴散係數( $7.6 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ )

$D_R$  是亞鐵氰化鉀的擴散係數( $6.3 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ )

$\alpha$  是轉移係數(0.5)

$R$  是氣體常數

$T$  是絕對溫度(K)

$n$  是電子轉移數

$F$  是法拉第常數

### Reference

(1)Morris, A.J. Killard, M.R. Symth, Anal. Lett. 36 (2003) 2021.,

(2)Nicholson, R. S. Anal. Chem. 1965, 37(11), 1351.

(3)R.N. Adams, Electrochemistry at Solid Electrodes, Marcel-Dekker, New York, 1969.

(4) Rashid O. Kadara, Norman Jenkinson, Craig E. Banks, Sensors and Actuators B 138 (2009) 556–562

## 2.1.5 氧化還原電位差( $\Delta E_p$ )

氧化還原電位差可用來計算電子轉移數目，一個電子的轉移造成的電位差( $\Delta E_p$ )理論上是59 mV，禪譜科技生產的網版印刷碳電極測試出來的電位差約為116 mV，是一個良好的可逆系統。但是電位差容易受到接著劑成分與其比例、烘烤製作溫度及保存條件等因素影響，因此精準地控制上述條件是必須的。當電位差約接近時59 mV，如下頁圖譜所示，其可逆性越好，因此可依此來判定電極好壞。(1,2)

$$\Delta E_p = E_{pa} - E_{pc} = 59 / n \text{ (mV)}$$

$E_{pa}$  是氧化電位

$E_{pc}$  是還原電位

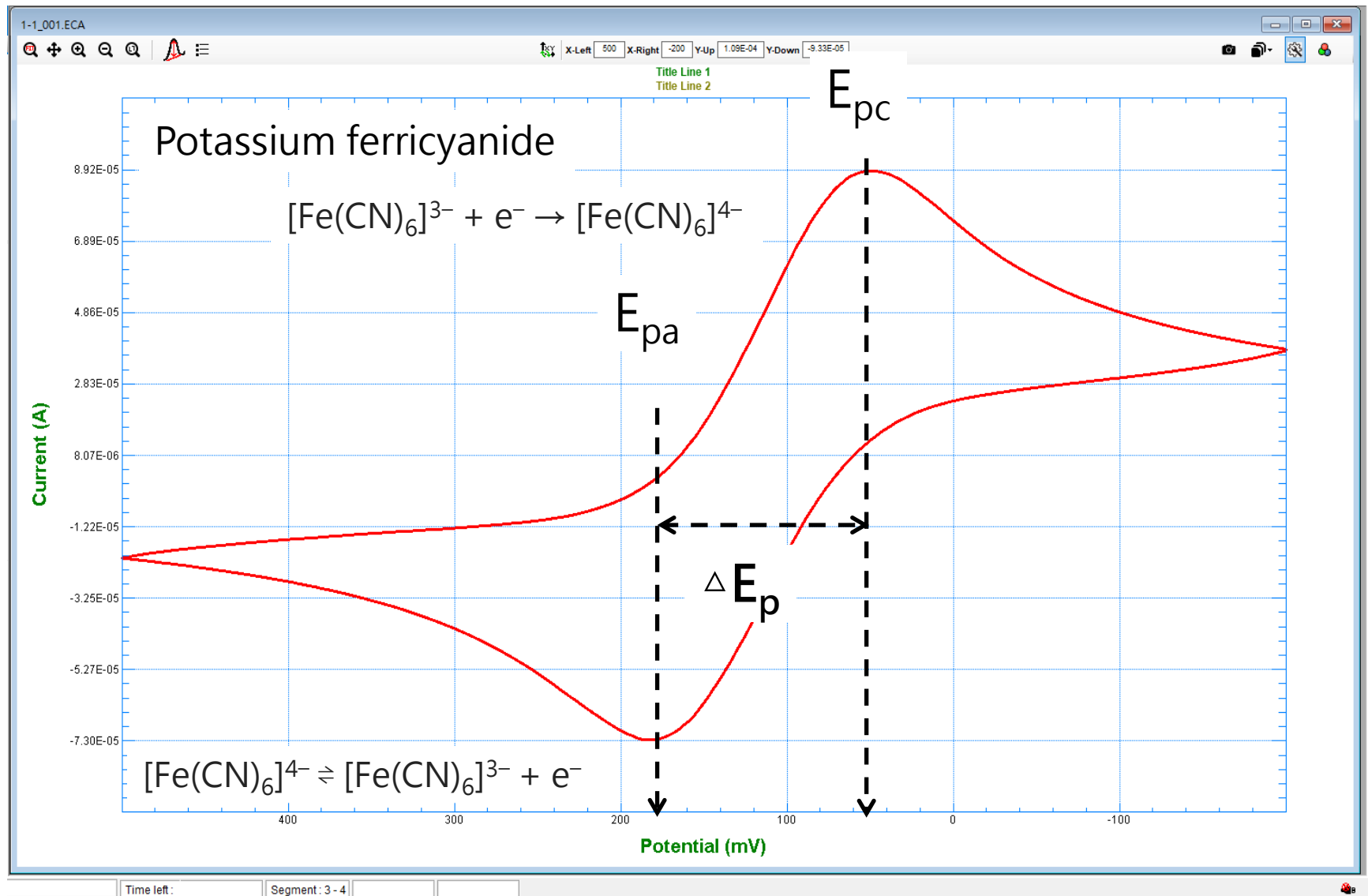
$n$  是電子轉移數目

### References

(1)Rashid O. Kadara, Norman Jenkinson, Craig E. Banks, Sensors and Actuators B 138 (2009) 556–562

(2)Joseph Wang, Analytical Electrochemistry 2<sup>nd</sup> ed., 2000

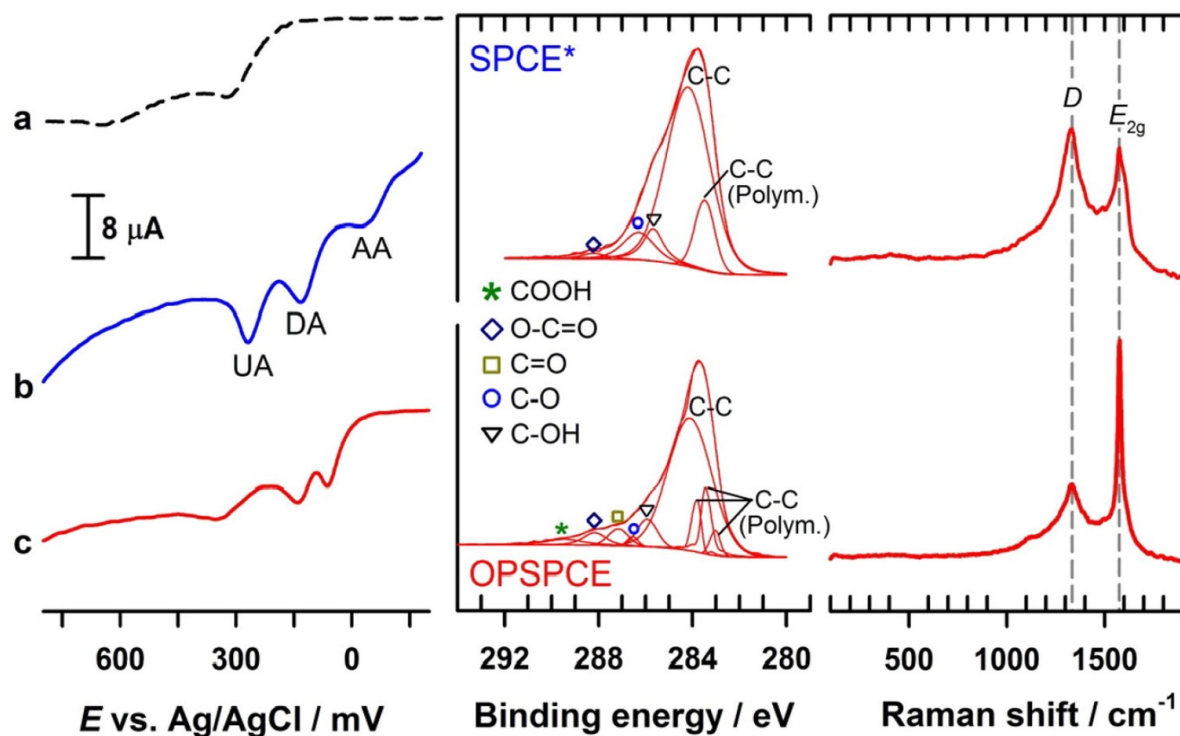
## 2.1.5 氧化還原電位差( $\Delta E_p$ )





## 2.1.6 電極表面官能基

在碳電極表面通常經過處理會形成氧化官能基，不管是電化學裕氧化或者是氧電漿轟擊表面皆會產生，處理過後的表面官能基於文獻中被發表具有影響工作碳電極的催化氧化能力，對某些分析物具有特殊的氧化能力與選擇性，官能基種類除了碳氫官能基之外還包含羥基、羰基、醛基、羧酸根等官能基，如下圖所示。(1-3)

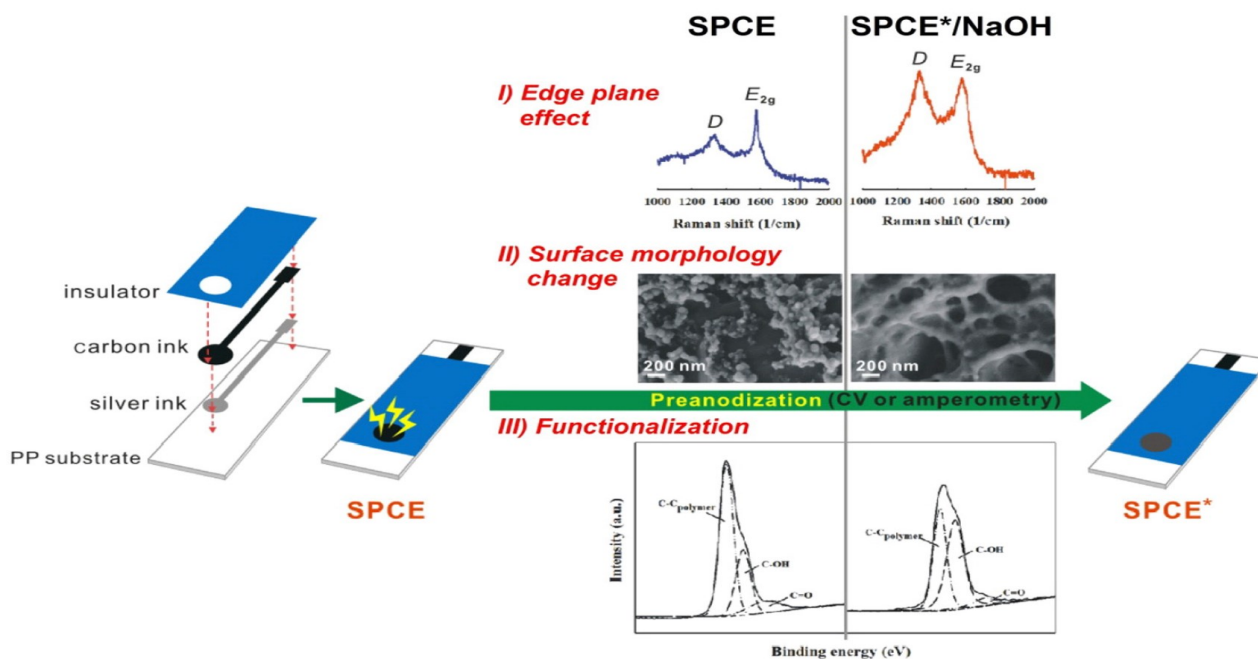


### References

- (1) Craig E. Banks, Trevor J. Davies, Gregory G. Wildgoose and Richard G. Compton, *Chem. Commun.*, 2005, 829–841
- (2) K. Sudhakara Prasad, Govindan Muthuraman, Jyh-Myng Zen, *Electrochemistry Communications* 10 (2008) 559–563
- (3) Natarajan Thiyagarajan, Jen-Lin Chang, Krishnan Senthilkumar, Jyh-Myng Zen, *Electrochemistry Communications* 38 (2014) 86–90

## 2.1.7 電極表面的邊緣平面結構

在Compton教授發表的文獻提到高規則結構的石墨烯表面有兩種主要結構，分別是邊緣結構(edge plane)與平面結構(basal plane)，兩者的電化學特性大相逕庭，平面結構很穩定，邊緣結構則具有高活性的催化能力。中興大學 曾志明教授及Prasad博士也發表證實其特殊催化特性，並由拉曼光譜證明經由電化學預氧化的網版印刷碳電極具有相同的邊緣結構並且可以藉由電化學處理控制其數量，使其產生邊緣結構而可以在中性環境中同步偵測DA、UA及AA，如下圖所示，這是一般電極無法做到的。(1-3)



### References

- (1) Craig E. Banks, Trevor J. Davies, Gregory G. Wildgoose and Richard G. Compton, Chem. Commun., 2005, 829–841
- (2) K. Sudhakara Prasad, Govindan Muthuraman, Jyh-Myng Zen, Electrochemistry Communications 10 (2008) 559–563
- (3) Natarajan Thiyagarajan, Jen-Lin Chang, Krishnan Senthilkumar, Jyh-Myng Zen, Electrochemistry Communications 38 (2014) 86–90