

(ง่าจ)

ขอบเขตของงาน (Terms of Reference)

การจัดซื้อครุภัณฑ์

Electrochemical Nanosensor Fabrication System จำนวน 1 ชุด

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

คุณลักษณะทั่วไป

ชุดเครื่องมือสำหรับการพัฒนาต้นแบบเซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี ประกอบด้วย

(1) เครื่องมือสำหรับการผลิตขั้วไฟฟ้าพิมพ์สกรีน

(2) เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสัญญาณทางไฟฟ้าเคมีแบบต่างๆ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตขั้วไฟฟ้านั้นสามารถใช้ในการผลิตขั้วไฟฟ้าพิมพ์สกรีนได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานและลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ รวมทั้งมีกำลังการผลิตและความถูกต้องแม่นยำสูง โดยในส่วนของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าเคมีนั้น สามารถแบ่งคุณลักษณะจำเพาะของเครื่องมือที่ใช้เป็น 3 ประเภท คือ (1) ระบบการตรวจวัดที่ต้องการความละเอียดสูง (2) ระบบการตรวจวัดที่มีลักษณะเป็นเครื่องมือขนาดเล็ก (pocket size system) และ (3) ระบบที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการตรวจวัดแบบ multiplexing analysis (multi-potentiostat/ galvanostat) โดยเครื่องมือในการตรวจวัดแต่ละประเภทมีความจำเป็นต่อการนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมต่อการพัฒนาเซนเซอร์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ต้นแบบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ ต้นแบบเพื่อการตรวจวัดขั้นสูง (multiplexing analysis) เป็นต้น

ข้อกำหนดทั่วไป

1. สามารถจัดส่งและติดตั้งระบบหรือชุดเครื่องมือให้แล้วเสร็จภายใน 60 วันหลังจากการทำสัญญา
2. เครื่องมือทั้งหมดจะต้องเป็นเครื่องมือใหม่ที่ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน ยกเว้นการใช้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและคุณภาพของระบบ (product quality control) โดยผู้ผลิต
3. ผู้ขายต้องติดตั้งระบบและสอนการใช้งานเครื่องมือทั้งหมด
4. ผู้ขายต้องจัดหาคู่มือการใช้งานและการซ่อมบำรุงเป็นภาษาอังกฤษให้อย่างน้อย 1 ชุด สามารถใช้งานได้กับระบบไฟฟ้าในประเทศไทย

1. เครื่องมือสำหรับการผลิตขั้วไฟฟ้าพิมพ์สกรีน (Electrode Fabrication System)

ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตขั้วไฟฟ้าพิมพ์สกรีน (screen printing machine) และอุปกรณ์เสริมสำหรับการเตรียมหมึกที่ใช้ในการพิมพ์สกรีนโดยการสั่นด้วยคลื่นความถี่สูง (ultrasonic bath) โดยเครื่องมือหลักที่ใช้ในการพิมพ์สกรีน สามารถออกแบบลักษณะของขั้วไฟฟ้าจากการกำหนดลักษณะของสกรีนแม่แบบ (stencil pattern) มีความแม่นยำในการผลิตสูงสามารถควบคุมขนาดและความหนาของฟิล์มได้ในระดับไมครอนและสามารถใช้ได้กับหมึกพิมพ์ทั้งแบบนำไฟฟ้าและแบบที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เพื่อให้สามารถผลิตขั้วไฟฟ้าพิมพ์สกรีนในระบบ 3 ขั้วไฟฟ้า (3-electrodes system)

คุณลักษณะเฉพาะ

1.1. เครื่องผลิตขั้วไฟฟ้าพิมพ์สกรีน (screen printing machine)

1. สามารถใช้ในการพิมพ์สกรีน substrate ที่มีพื้นที่ในการพิมพ์สูงสุดไม่น้อยกว่า 18 x 18 นิ้ว (457 x 457 มิลลิเมตร)
2. สามารถใช้ในการพิมพ์สกรีน substrate ที่มีพื้นที่ขนาดเล็กที่สุดเท่ากับ 2 x 2 นิ้ว (50.8 x 50.8 มิลลิเมตร) หรือเล็กกว่า
3. สามารถใช้ได้กับ substrate ที่มีความหนาอยู่ในช่วง 0.2 มิลลิเมตร ถึง 5 มิลลิเมตรหรือกว้างกว่า
4. สามารถพิมพ์ลงบนแผ่นรองรับที่มีลักษณะพื้นผิวเรียบทั้งแบบโค้งงอได้และไม่ได้ (flexible and non-flexible substrates)
5. ต้องประกอบด้วย cameras alignment system เพื่อให้มีความแม่นยำของตำแหน่งการพิมพ์สูง
6. ระบบควบคุมต้องสามารถจัดเก็บฟังก์ชันการพิมพ์ เช่น ความเร็วและองศาในการปาด สามารถเลือกได้ที 45 หรือ 60 องศา เป็นอย่างน้อย เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการพิมพ์แบบต่อเนื่อง

จัดทำโดย 1..... 2..... 3..... วันที่ 27 ม.ค. 2558
(นางสาววิวรรณ เหล่าเจริญสุข) (นายพิศิษฐ์ คำหน่อแก้ว) (นายไพศาล ชันชัยทิศ)

7. ระบบในการพิมพ์จะต้องมี stencil wiper แบบอัตโนมัติควบคู่กับ solvent dispenser เพื่อให้สามารถทำความสะอาดใบปาด (squeegee) ได้และมีความหนาของฟิล์มที่พิมพ์คงที่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการพิมพ์แต่ละครั้ง
8. ความแม่นยำในการพิมพ์ซ้ำ (repeatability) ต้องอยู่ในช่วง ± 12.5 ไมครอนหรือน้อยกว่า
9. การปรับแกน X-Y ต้องอยู่ในช่วงความละเอียด ± 12.5 ไมครอนหรือน้อยกว่า
10. การปรับแกน Z ต้องครอบคลุมช่วงความสูงตั้งแต่ 0-5 มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย
11. ใบปาด (Squeegee head) มีทั้งชนิดที่ใช้สำหรับ paste แบบ dual blades และที่ใช้สำหรับของเหลว แบบ rolling blade
12. Print head จะต้องมีการ feedback control เพื่อควบคุม balance ของใบปาด โดยการควบคุมแรงดันหรือแรงกดที่ใช้ในการพิมพ์
13. ความยาวของใบปาด (Blades) ต้องครอบคลุมความกว้างของการพิมพ์ไม่น้อยกว่า 18 นิ้ว (457 มิลลิเมตร)
14. ระยะทางในการปาดสูงสุด (maximum print stroke) ต้องไม่น้อยกว่า 18 นิ้ว (457 มิลลิเมตร)
15. ความเร็วในการพิมพ์ต้องสามารถปรับเปลี่ยนได้และครอบคลุมช่วงตั้งแต่ 0.1 – 10 นิ้ว ต่อวินาที (2.54-254 มิลลิเมตรต่อวินาที) เป็นอย่างน้อย
16. มีระบบ vacuum ที่ใช้ในการยึดจับซับสเตรท (substrate) ที่ใช้ในการพิมพ์
17. ต้องประกอบด้วย stencil ที่มีรูปแบบอย่างน้อย 10 แบบ
18. รับประกันคุณภาพ อย่างน้อย 2 ปี
19. ผู้ขายต้องมีบริการ service maintenances ภายในระยะเวลาอย่างน้อย 2 ปี แรกโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายของการบริการ
20. ผู้ขายต้องจัดหา air pump ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการใช้งานกับเครื่องพิมพ์ และดำเนินการจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการติดตั้งเครื่องมือทั้งหมด

1.2. เครื่องเตรียมหมึกพิมพ์โดยการสั่นที่คลื่นความถี่สูง (ultrasonic bath)

1. ความจุของอ่างอยู่ในช่วง 2.5-3.5 ลิตร
2. ขนาดของอ่างมีด้านกว้างและด้านยาว ไม่น้อยกว่า 12 และ 24 เซนติเมตร ตามลำดับ
3. คลื่นความถี่ในการสั่นในช่วง 35-40 kHz
4. สามารถตั้งเวลาในการทำงานได้ในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 30 นาทีหรือกว้างกว่า
5. สามารถตั้งอุณหภูมิในการทำงานได้ในช่วง 30 ถึง 80 องศาเซลเซียสหรือกว้างกว่า
6. มีระบบการทำ degas
7. คลื่นความถี่มีลักษณะเป็นแบบ standard sine-wave modulation
8. รับประกันคุณภาพ อย่างน้อย 1 ปี

2. เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าเคมี

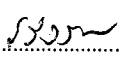


2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสัญญาณทางไฟฟ้าเคมีแบบความละเอียดสูง

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าแบบพกพาที่มีความละเอียดสูง สามารถควบคุมการทำงานแบบไร้สาย (wireless control) ผ่านระบบ Windows-based software โดยการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางสาย USB ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถทำการประมวลผลข้อมูลและแสดงผลการวิเคราะห์ได้ผ่านทางคอมพิวเตอร์

คุณลักษณะเฉพาะ

1. เครื่องมือตรวจวัดทางไฟฟ้าเคมี

- 1.1 เป็นทั้ง potentiostat และ galvanostat พร้อมทั้งสามารถทดสอบ impedance
- 1.2 สามารถทำงานได้ไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมงโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (battery operated handheld instrument)
- 1.3 มีจอแสดงสถานะของเครื่องมือ โดยแสดงผลค่าความต่างศักย์และกระแสที่ใช้ในการตรวจวัด (applied potential or current)
- 1.4 สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย USB cable เป็นอย่างน้อย

จัดทำโดย 1.  2.  3.  วันที่ 27 ม.ค. 2558
(นางสาววิวรรณ เหล่าเจริญสุข) (นายพิชิตส์ คำหน่อแก้ว) (นายไพศาล ชันชัยทิต)

- 1.5 สามารถตรวจวัดชุดเซนเซอร์ (sensor array) ที่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมีจำนวน 8 ชุดเป็นอย่างน้อย โดยเซลล์ไฟฟ้าแต่ละชุดประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าทำงาน (working electrode) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) และขั้วไฟฟ้าช่วย (counter electrode)
- 1.6 Potential range อยู่ในช่วง ± 2 V หรือกว้างกว่า
- 1.7 Compliance voltage อยู่ในช่วง ± 8 V หรือกว้างกว่า
- 1.8 DC-potential resolution ที่มีความละเอียดเท่ากับ 1 mV หรือดีกว่า (< 1 mV)
- 1.9 Pulse potential ครอบคลุมช่วง 1 mV ถึง 250 mV เป็นอย่างน้อย
- 1.10 สามารถกำหนดเวลาที่ใช้ในส่วน conditioning/deposition potential ในช่วง 0 ถึง 1600 วินาที หรือมากกว่า
- 1.11 Current ranges ครอบคลุมช่วง 1 nA ถึง 10 mA เป็นอย่างน้อยในระบบ potentiostat และ ครอบคลุมช่วง 1 μ A ถึง 1 mA เป็นอย่างน้อยในระบบ galvanostat
- 1.12 สามารถอ่านค่ากระแสที่ maximum current ในช่วง ± 10 mA หรือกว้างกว่า ในระบบ potentiostat
- 1.13 Current resolution ที่มีความละเอียดเท่ากับ 0.1% ของ current range หรือดีกว่า ($< 0.1\%$)
- 1.14 Scan rate ครอบคลุมช่วง 0.2 mV/s ถึง 5 V/s เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Cyclic voltammetry และ Linear sweep voltammetry
- 1.15 Scan rate ครอบคลุมช่วง 0.2 mV/s ถึง 50 mV/s เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Differential Pulse Voltammetry และ Normal Pulse Voltammetry
- 1.16 Pulse width ครอบคลุมช่วง 10 ms ถึง 300 ms เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Differential Pulse Voltammetry และ Normal Pulse Voltammetry
- 1.17 Square Wave Voltammetry Frequency อยู่ในช่วง 1 ถึง 400 Hz หรือกว้างกว่า
- 1.18 AC Voltammetry Frequency อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 250 Hz หรือกว้างกว่า
- 1.19 จำนวน cycles ในการทดลองสูงสุดที่ 20,000 รอบ เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Multistep Amperometry
- 1.20 ประกอบด้วยเทคนิคพื้นฐานดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย (Linear sweep voltammetry, Differential Pulse Voltammetry, Normal Pulse Voltammetry, Square Wave Voltammetry, ac voltammetry, Cyclic voltammetry, Pulsed Amperometric detection, Multistep Amperometry and Potentiometry, Open circuit potentiometry)
- 1.21 รับประกันคุณภาพอย่างน้อย 3 ปี

2. คอมพิวเตอร์ Notebook และโปรแกรมในการประมวลผลและควบคุม

- 2.1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีแกนประมวลผลไม่ต่ำกว่า 2 คอร์ สัญญาณนาฬิกาไม่ต่ำกว่า 2.0GHz หรือดีกว่า
- 2.2. มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาดไม่ต่ำกว่า 4GB แบบ DDR3 หรือดีกว่า
- 2.3. มีระบบการปฏิบัติการ Microsoft Windows 7 Professional และโปรแกรม Microsoft Office 2010 หรือดีกว่า ซึ่งมีลิขสิทธิ์การใช้งานถูกต้องตามกฎหมาย
- 2.4. มีหน่วยเก็บข้อมูลถาวรแบบติดตั้งในตัวเครื่อง (Hard disk) SATA ที่มีความจุไม่น้อยกว่า 500GB หรือดีกว่า
- 2.5. มีช่องต่อเครือข่าย (LAN) 10/100/1000 Mbps และ Wireless LAN ตามมาตรฐาน b/g หรือดีกว่า
- 2.6. Multi-document interface สามารถเปิดหลายหน้าต่างได้ในเวลาเดียวกัน
- 2.7. สามารถแสดงผลกราฟและคำนวณตำแหน่งพิกัด ความสูงของพิกัดและพื้นที่ใต้กราฟ แบบอัตโนมัติ
- 2.8. สามารถวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลโดยการเปรียบเทียบกับค่า Calibration curve
- 2.9. ผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งเพื่อออกแบบการทำงานของเทคนิคต่างๆ ได้เอง โดยไม่จำกัดเฉพาะคำสั่ง หรือเทคนิคที่เป็นพื้นฐานในการวัดของเครื่อง
- 2.10. สามารถ update โปรแกรมได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายภายในระยะเวลา 3 ปีแรกเป็นอย่างน้อย
- 2.11. รับประกันคุณภาพอุปกรณ์ทั้งหมด อย่างน้อย 1 ปี

จัดทำโดย

1.....

(นางสาววิวรรณ เหล่าเจริญสุข)

2.....

(นายพิศิษฐ์ คำหน่อแก้ว)

3.....

(นายไพศาล ชันชัยทิศ)

วันที่

27 ม.ค. 2558

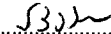
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสัญญาณทางไฟฟ้าเคมีขนาดเล็ก (pocket size potentiostat)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กและสามารถพกพาได้สะดวก ควบคุมการทำงานผ่านระบบ Windows-based software โดยการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางสาย USB ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถทำการประมวลผลข้อมูลและแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ผ่านทางคอมพิวเตอร์

1. เป็น potentiostat ที่มีขนาดเล็ก โดยมีความกว้างและความยาวน้อยกว่า 10 เซนติเมตรและความสูงน้อยกว่า 5 เซนติเมตร
2. สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย USB cable เป็นอย่างน้อย
3. สามารถตรวจวัดตัวอย่างจำนวน 8 ตัวอย่างในเวลาเดียวกันเป็นอย่างน้อย โดยมี interval time ไม่เกิน 0.5 วินาที
4. สามารถตรวจวัดชุดเซนเซอร์ (sensor array: 8X WE, 8X RE, 8X CE) ที่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมีจำนวน 8 ชุดเป็น อย่างน้อย โดยเซลล์ไฟฟ้าแต่ละชุดประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าทำงาน (working electrode, WE) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode, RE) และขั้วไฟฟ้าช่วย (counter electrode, CE)
5. สามารถตรวจวัดชุดเซนเซอร์ (sensor array: 8X WE, 1XRE, 1X CE) ที่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่มีขั้วไฟฟ้าทำงาน (working electrode) จำนวน 8 ขั้วเป็นอย่างน้อย โดยมีขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) และขั้วไฟฟ้าช่วย (counter electrode) อย่างละ 1 ขั้วเป็นขั้วร่วม
6. Potential range อยู่ในช่วง ± 2 V หรือกว้างกว่า
7. Compliance voltage อยู่ในช่วง ± 5 V หรือกว้างกว่า
8. DC-potential resolution ที่มีความละเอียดเท่ากับ 1 mV หรือดีกว่า (<1 mV)
9. Pulse potential ครอบคลุมช่วง 1 mV ถึง 250 mV เป็นอย่างน้อย
10. Current ranges ครอบคลุมช่วง 1 nA ถึง 100 μ A เป็นอย่างน้อย
11. สามารถอ่านค่ากระแสที่ maximum current ในช่วง ± 200 μ A หรือกว้างกว่า
12. Current resolution ที่มีความละเอียดเท่ากับ 0.1% ของ current range หรือดีกว่า ($<0.1\%$)
13. Scan rate ครอบคลุมช่วง 0.02 mV/s ถึง 5 V/s เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Cyclic voltammetry และ Linear sweep voltammetry
14. Scan rate ครอบคลุมช่วง 0.2 mV/s ถึง 50 mV/s เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Differential Pulse Voltammetry และ Normal Pulse Voltammetry
15. Pulse width ครอบคลุมช่วง 10 ms ถึง 300 ms เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Differential Pulse Voltammetry และ Normal Pulse Voltammetry
16. Square Wave Voltammetry Frequency อยู่ในช่วง 1 ถึง 250 Hz หรือกว้างกว่า
17. จำนวน cycles ในการทดลองสูงสุดที่ 20000 รอบ เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Multistep Amperometry
18. ประกอบด้วยเทคนิคพื้นฐานดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย (Linear sweep voltammetry, Differential Pulse Voltammetry, Normal Pulse Voltammetry, Square Wave Voltammetry, Cyclic voltammetry, Pulsed Amperometric detection, Multistep Amperometry, Open circuit potentiometry)
19. รับประกันคุณภาพอุปกรณ์ทั้งหมด อย่างน้อย 3 ปี

จัดทำโดย

1.



(นางสาววิวรรณ เหล่าเจริญสุข)

2.



(นายพิชิต คำหน่อแก้ว)

3.



(นายไพศาล ชันชัยทิศ)

วันที่

27 ม.ค. 2558

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสัญญาณทางไฟฟ้าเคมีแบบ multiplexing analysis (multi-channel potentiostat)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นโดยการรวมกันของ single channel potentiostat ทำให้สามารถตรวจวัดโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันได้ในเวลาเดียวกัน จึงเหมาะต่อการนำไปใช้ในการพัฒนาต้นแบบที่เป็นการตรวจวัดขั้นสูงในระบบ multiplexing analysis กล่าวคือ สามารถใช้เทคนิคที่เหมาะสมต่อการตรวจวัดโปรตีนหรือสารมากกว่า 1 ชนิดในตัวอย่างเดียวกันได้ สามารถควบคุมการทำงานผ่านระบบ Windows-based software โดยการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางสาย USB ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถทำการประมวลผลข้อมูลและแสดงผลการวิเคราะห์ได้ผ่านทางคอมพิวเตอร์

1. เป็น multi-channel potentiostat ที่ประกอบด้วยอย่างน้อย 8 independent potentiostats
2. สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย USB cable เป็นอย่างน้อย
3. สามารถควบคุมการทำงานของ potentiostat แต่ละตัวแยกกันผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์
4. สามารถควบคุมให้ multi-potentiostat ทำงานได้ใน 2 ระบบ คือ (1) ตรวจวัดด้วยเทคนิคเดียวกันทั้งหมดและเก็บข้อมูลเป็นไฟล์เดียวกัน หรือ (2) ตรวจวัดด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันในแต่ละ channel และเก็บข้อมูลเป็นไฟล์แยกกัน
5. Potential range อยู่ในช่วง ± 2 V หรือกว้างกว่า
6. Compliance voltage อยู่ในช่วง ± 4.5 V หรือกว้างกว่า
7. DC-potential resolution ที่มีความละเอียดเท่ากับ 1 mV หรือดีกว่า (< 1 mV)
8. Pulse potential ครอบคลุมช่วง 1 mV ถึง 250 mV เป็นอย่างน้อย
9. Current ranges ครอบคลุมช่วง 1 nA ถึง 10 mA เป็นอย่างน้อย
10. สามารถอ่านค่ากระแสที่ maximum current ในช่วง ± 15 mA หรือกว้างกว่า
11. Current resolution ที่มีความละเอียดเท่ากับ 0.1% ของ current range หรือดีกว่า ($< 0.1\%$)
12. Scan rate ครอบคลุมช่วง 0.02 mV/s ถึง 5 V/s เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Cyclic voltammetry และ Linear sweep voltammetry
13. Scan rate ครอบคลุมช่วง 0.2 mV/s ถึง 50 mV/s เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Differential Pulse Voltammetry และ Normal Pulse Voltammetry
14. Pulse width ครอบคลุมช่วง 10 ms ถึง 300 ms เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Differential Pulse Voltammetry และ Normal Pulse Voltammetry
15. Square Wave Voltammetry Frequency อยู่ในช่วง 1 ถึง 250 Hz หรือกว้างกว่า
16. จำนวน cycles ในการทดลองสูงสุดที่ 20000 รอบ เป็นอย่างน้อย สำหรับเทคนิค Multistep Amperometry
17. ประกอบด้วยเทคนิคพื้นฐานดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย (Linear sweep voltammetry, Differential Pulse Voltammetry, Normal Pulse Voltammetry, Square Wave Voltammetry, Cyclic voltammetry, Pulsed Amperometric detection, Multistep Amperometry and Potentiometry, Open circuit potentiometry)
18. รับประกันคุณภาพอุปกรณ์ทั้งหมด อย่างน้อย 3 ปี

จัดทำโดย 1.....

(นางสาววิวรรณ เหล่าเจริญสุข)

2.....

(นายพิศิษฐ์ คำหน่อแก้ว)

3.....

(นายไพศาล ชันชัยทิศ)

วันที่ 27 มี.ค. 2558