

POTENCIOSZTÁT a modern elektrokémia legfontosabb mérőeszköze

A potenciosztát fogalma még azok számára is, akik találkoztak ezzel műszerrel tanulmányaik során, egy különleges tudományos mérőeszköznek tűnik, amelyik csak a tudósok kis részének szükséges. Cikkünkben szeretnénk bemutatni, hogyan is fejlődött a potenciosztát az utóbbi években és hogyan tör utat a legdinamikusabban fejlődő iparágakban, olyanokban mint a nanotechnológia, akkumulátorok, üzemanyagcellák, napelemek, membrán technológia, biofizikai mérések, korrózió.

Mi az a potenciosztát?

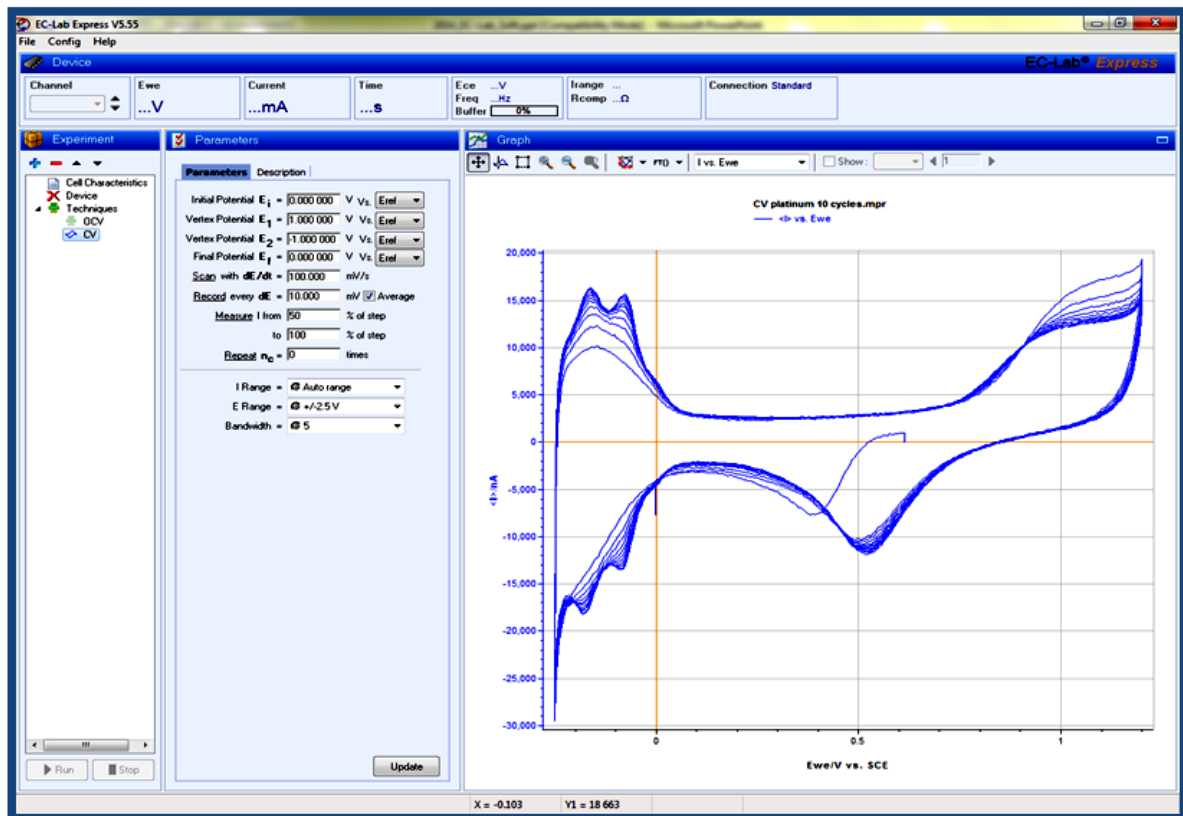
Potenciosztát az elektrokémiai műszerek közül minden bizonnyal a legfontosabb mérőműszer. A potenciosztát az elektrokémiai méréseknél elterjedt **három elektródás cellának** az elektródái között átfolyó áramot szükséges módon szabályozza, biztosítva egy adott program szerint az elektródapotenciál időbeli változását és a munkaelektrodán átfolyó áramnak a regisztrálását és az így kapott adatok feldolgozását.

A **potenciosztát úgy működik**, hogy a munka elektróda (ME) és a referencia elektróda (RE) között mért potenciált fixen tartja vagy megfelelő előre megadott szabály szerint változtatja és eközben a munkaelektroda (ME) és ellenelektroda (EE) között átfolyó áramot regisztrálja idő, elektródapotenciál, potenciálváltozás sebességének függvényében.

Az alábbi rajzon láthatjuk a potenciosztát ([SP-150 BioLogic potenciosztát](#)) csatlakoztatását egy elektrokémiai cellához (a megfelelő elektródák szín kódolva vannak).



A potenciosztát segítségével kivitelezhetőek különböző elektrokémiai mérések egy elektronokat vezető (fém vagy félvezető) elektróda felülete és egy ionvezető közeg (például, oldat vagy ionvezető membrán) között. Az alábbi ábrán egy tipikus ciklikus voltamperogrammot látunk, amelyet Pt elektródán regisztráltak savas oldatban.



Az elektrokémiában jártasoknak értelmezhető a grafikonon látható görbék, mivel a maximumok és minimumok egy adott oxidációs vagy redukációs folyamat mennyiségi paramétereit adják meg. Ezek a maximumok és minimumok arányosak az oldatban lévő oxidálódó vagy redukálódó anyag koncentrációjával. Ezért a potenciosztátok segítségével **elektroanalitikai koncentrációs méréseket** is lehet végezni. Tanulmányozva az extremumok változását a potenciál szkennelési sebességétől, megállapítható az adott elektrokémiai reakció sebessége. Elektrokémiai impedancia módszerrel (EIS) tanulmányozható az adott potenciálnál fellépő reakció paramétereit, a kémiai és elektrokémiai folyamatok mechanizmusa.

Potenciosztátok segítségével végzik a **korróziós méréseket**, amelyek során mennyiségileg meg tudják határozni az adott anyag korrózió sebességét az adott közegben, tanulmányozni különböző antikorróziós bevonatok hatékonyságát, stb.

Az elektrokémiai kutatások fejlődése, a potenciosztátok egyre szélesebb területeken való felhasználása, felgyorsította a műszerfejlesztéseket is. Megjelentek a többcsatornás potenciosztátok, a több elektródás csatlakoztatási lehetőségek, a potenciosztátok beépültek más egységekbe új egyedi tulajdonságokkal bíró műszerek jöttek így létre.

Milyen mérési paramétereket kell biztosítani egy potenciosztátnak?

Talán legegyszerűbb bemutatni a modern potenciosztátok lehetőségeit egy példán keresztül. Nézzük röviden mit tud a fenti képen látott [SP-150 potenciosztát](#).

Az SP-150 moduláris felépítésű, ezért lehetővé teszi a bővítést külső egységekkel, növelve a műszer lehetőségeit. Az alap potenciosztát paraméterei:

- Áramerősség határ: 10 μ A – 800 mA
- Felbontás : 760 pA vagy 76 fA a “Low current” opciós blokkal
- Cellafeszültség tartomány: \pm 10 V
- Potenciál felbontás: 5 μ V , opciós impedancia mérési lehetőség (EIS measurement) 10 μ Hz -től 1 MHz-ig).
- Adatgyűjtés ideje: 20 μ s az EC-Lab[®] Express programmal.
- Szinuszos hullám amplitúdó: 1 mV ÷ 1 V

Már ezek a paraméterek egymagukban nagyon lenyűgözőek, de az SP-150 a felhasználó döntése alapján bővíthető [elektrokémiai impedancia-spektroszkópiái \(EIS\)](#) mérési lehetőségekkel, **alacsony áramú rendszerek** mérési opciójával (1 nA skáláig) , külső erősítővel **nagy áramerősségű cellák** mérésére (booster 2, 5, 10, 20, 80, 100 A).

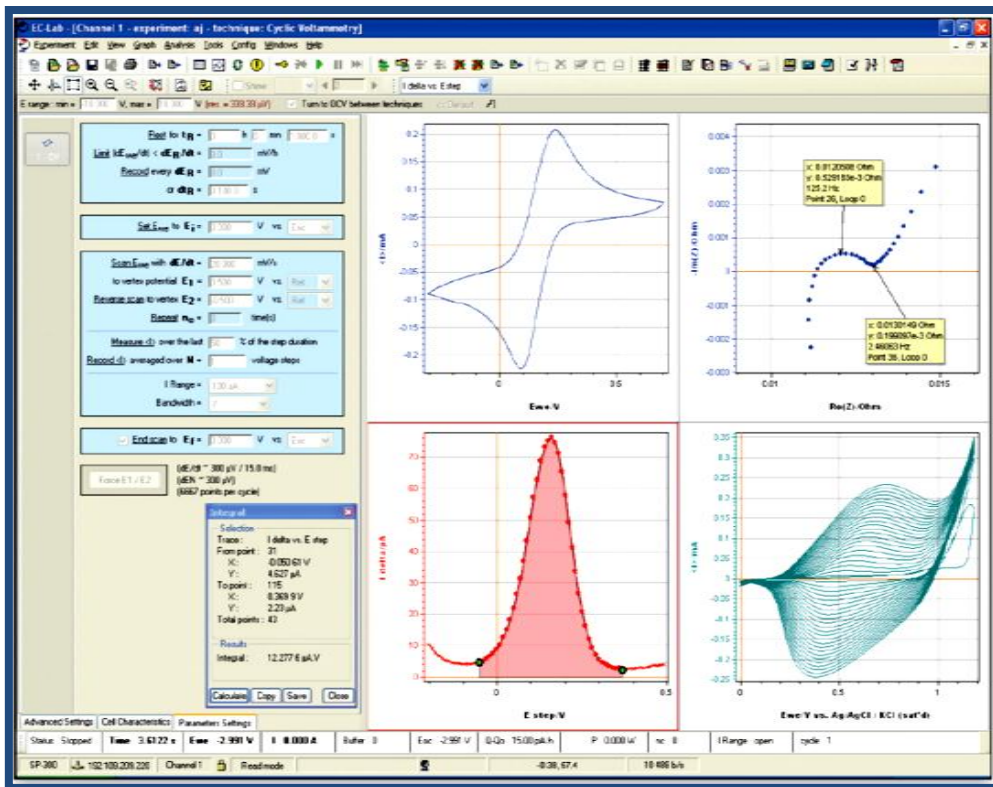
A potenciosztát vezérlése számítógépről az Express vagy EC-Lab[®] programokkal történik, amelynek segítségével több mint **70 különböző elektrokémiai módszer kivitelezhető**. Az eredmények elemzését beépített illesztő (fitting) programok segítik, amelyek a mai tudomány által igényelt legtöbb ilyen megoldást tartalmazza. Az **EIS modellezést 150 áramkör típus** közötti választással lehet könnyíteni, két típusú minimalizálási algoritmussal.

Az EC-Lab program lehetővé teszi a potenciosztáthoz csatlakoztatott **forgó korong elektród** és más kiegészítő eszköz (például, **kvarc kristály mikromérleg analizátor**) irányítását mérések közben.

Az EC-Lab program erőssége az egyszerű, könnyen megtanulható logikai felépítés, az eredmények kitűnő grafikai demonstrálása pedig **vizuális élménnyé teszi a potenciosztáttal való munkát**.

Több felhasználó részére hozzáférhető lehet a program és mindenki a saját adatait külön kezelheti. A program része a műszernek, nem kell külön licencet vásárolni rá. A frissítések letölthetőek megfelelő regisztráció után a BioLogic honlapon keresztül.

Az alábbi ábra bemutat egy oldalt a programból, illusztrálva a beállítási és elemzési lehetőségeket a mérések során.



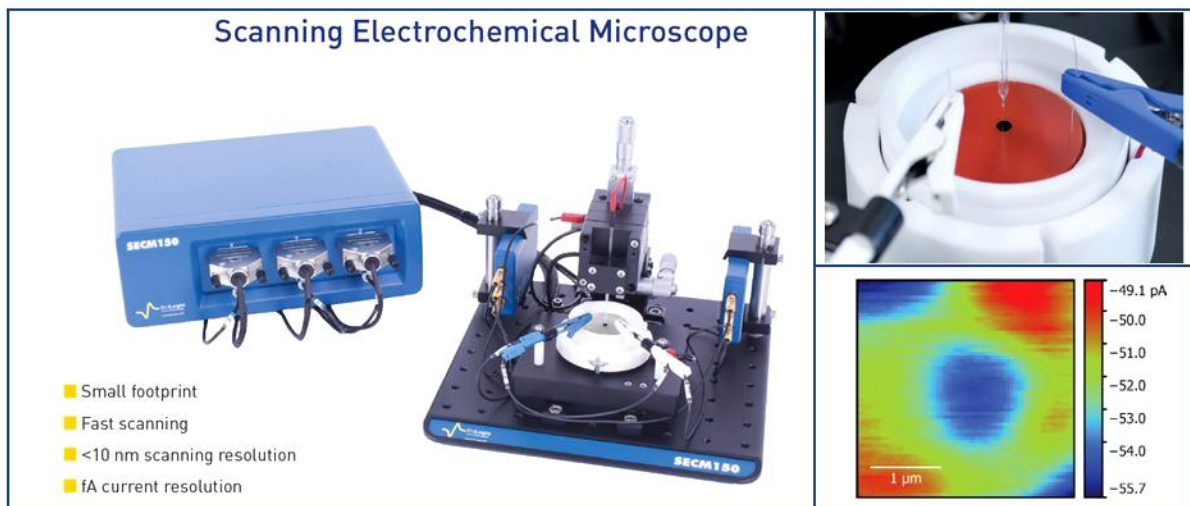
Potenciosztátok gyakorlati felhasználási területei.

A modern ipar már alkalmazza a tudomány vívmányait, így az elektrokémiai mérések által nyújtott újabb lehetőségeket is. Alább röviden megemlítünk néhány gyors tempóban fejlődő irányzat által generált igényt és új műszereket, amelyek a potenciosztátok beiktatásával jöttek létre.

[Nanotechnológia, szenzorok fejlesztése](#)

A nanotechnológia széleskörűen tör be több tudományos ágazatba és óriási sikereket ér el. Ha elektrokémiai módszerekkel végzünk méréseket egy kisméretű elektródával, akkor nagyon alacsony áramokat kell, nagyon pontosan regisztrálni a potenciosztátoknak. De akár **femto ampereket** is mérhetünk a legújabb technikával, ami eddig elérhetetlen lehetőségeket kínál a nanorészecskék tanulmányozásában. Az elektrokémiai impedancia spektroszkópia (EIS) módszerei alkalmazhatóak ultra alacsony áramoknál is és ezzel nanoszakozókat lehet tanulmányozni.

Az elektrokémiai fejlesztések még tovább mentek a nano irányban és már a modern szuper érzékeny potenciosztátok és a pásztázó mikroszkópok alapján kifejlesztették az [elektrokémiai pásztázó mikroszkópokat \(Scanning Electrochemical Microscope - SEM \)](#), amelyek felületi inhomogenitások kimutatására alkalmas oldatokban lévő elektródák felületén (alábbi ábra), vagyis a reális körülmények között, nem vákuumban, mint az elektron mikroszkóp esetében.



Akkumulátorok fejlesztése, tesztelése, teszttállomások

Az akkumulátorok fejlesztése nagyon felgyorsult az utóbbi években, mert egyre több akkumulátorra van szükség az iparban. Megjelentek az **elektromos járművek**, a napenergia, szélenergia tárolását akkumulátorokkal kell megoldani, a mobiltelefonok, hordozható eszközök egyre több akkumulátort igényelnek.

Potenciosztátokat alkalmaztak a mostanra elterjedt **Li-akkumulátorok** részeinek (elektródák, elektrolit, szeparátorok) a kidolgozására, a megfelelő konstrukciók optimalizálására, és tesztelésére a fejlesztések során, évekkel ezelőtt. Már akkor felmerült az igény a többcsatornás mérésekre, hogy párhuzamosan folyjanak a kísérletek, csökkentve az eredmények elérésének időtartamát.

Az első többcsatornás potenciosztát 1993-ban jelent meg (BioLogic) erre a célra. A rendszer előnye az volt, hogy nagyon gyorsan tudott átkapcsolni potenciosztatikus módból, galvanosztatikusbba, ami szükséges az akkumulátor tesztelése során. Ezt az elvet használják a modern többcsatornás potenciosztátok is.

A többcsatornás potenciosztátban akár 16 párhuzamos csatorna is működhet, amelyek lehetőségeit lehet párhuzamosan is alkalmazni, növelve a mérendő áramerősséget. Az utóbbi években már impedancia méréseket is el lehet végezni az akkumulátorokon, ami óriási előny a zárt rendszerű akkumulátorok tesztelésénél.

Az impedancia mérések gyorsabban adnak információt az akkumulátorokról, mint a klasszikus töltés/kisütés ciklusokban mért paraméterek. Az impedancia mérések váltóárammal történnek és nagyon széles frekvencia skálán : μHz -ől akár MHz -ig. Ezért is nevezik elektrokémiai impedancia spektroszkópiának (frekvencia spektrum). Az impedancia méréseknek köszönhetően lokalizálni lehet az esetleges hibák megjelenését (katód, anód , szeparátor, elektrolit), mivel a folyamatok nem egyforma sebességgel történnek az akkumulátor egyes részein és erről a megfelelő frekvencia árulkodik. Meg lehet határozni az

akkumulátor állapotát, megjósolni az élettartamát. Olyan eredmények ezek, amelyekről pár éve csak álmodoztak a mérnökök.

Az ilyen pozitív eredményeknek köszönhetően jelentek meg az akkumulátorokat ellenőrző **TESZT ÁLLOMÁSOK**, mint például a [BTS-815 sorozat](#).



Tüzelőanyag cellák , membrán technológia, elektrokatalizátorok, elektrodialízis

A potenciosztátok elengedhetetlenek a tüzelőanyag cellák (más néven üzemanyag cellák) fejlesztésénél. Hazánkban több helyen fejlesztenek üzemanyag cellákat, elektrokatalizátorokat (megemlítem az érdeklődőknek példaként az [MTA TTK Megújuló Energia Kutatócsoport](#) munkásságát, vagy a [Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület](#) publikációit).

A potenciosztátokon kívül, kifejlesztettek teljes teszt állomásokat , amelyek nem csak az elektródán történeteket méri, de irányítja a gázok adagolását, a számítógépes program közben mér , irányít, elemez minden adatot.



A modern potenciosztátok már nem csak a három elektródás elektrokémiai cellákat képesek kezelni, de a több elektródás membránnal ellátott cellákat is amelyekben a membránnal felosztott részekben külön munkaelektrodák, ellenelektrodák, referencia elektrodák vannak (mint egy tipikus **dialízis cellában**). Ilyen bonyolult mérésekkel külön megfigyelhetőek a **membránban** végbe menő folyamatok is nem csak a munkaelektroda elektrokémiai reakciója.

Más irányok, amelyekben a modern potenciosztátok elengedhetetlenek csak megemlítve:

- *napelemek fejlesztése, ellenőrzése;*
- *anyagkutatás (kerámiák, szenzorok, nanoméretű anyagok, polimerek, epoxi anyagok, ragasztók, folyékony kristályok, biológiai cellák, ferro elektromos anyagok, poláris folyadékok és más anyagok tanulmányozása elektrokémiai, impedanciai módszerekkel);*
- *spektroelektrokémiai, spektrokinetikai mérések: elektrokémiai redox reakciók, 3D struktúra változások, peptid-peptid, peptid-ligand kölcsönhatások, enzimatis és katalitikus reakciók tanulmányozása biofizikában, biokémiában, fotoszintézis és kémiai tudományágakban;*
- *klasszikus elektrokémiai mérések (ez minden mérés tudományos alapja),*
- *korróziós mérések.*

Összefoglaló

A potenciosztát a modern mérőeszközök egyik legkiemelkedőbb eszköze. A legutóbbi évek fejlesztésének eredményeként a potenciosztát más mérőeszközzel történő kombinálásával egy sor új eszköz jelent meg a piacon, amelyek a legdinamikusabban fejlődő ipari irányzatokat szolgálják, elősegítve az új eredmények elérését. Ilyenek az elektrokémiai pásztázó mikroszkóp, nagyáramú akkumulátorokat impedancia módszerrel ellenőrző tesztállomások, tüzelőanyag cellák tanulmányozására kifejlesztett teszt állomások, anyagkutatásban alkalmazott EIS rendszerek, spektroelektrokémiai és spektrokinetikai mérőrendszerek.

Kovács István,
kémiai tudományok kandidátusa,
Labornite Kft. ügyvezetője
www.labornite.hu