

# Elektrokémiai folyamatok vizsgálata nanogravimetriával (Vezető polimerek, mikrokristályok, nanokompozitok, oszcillációk)

*Dr. Inzelt György*  
*egyetemi tanár*

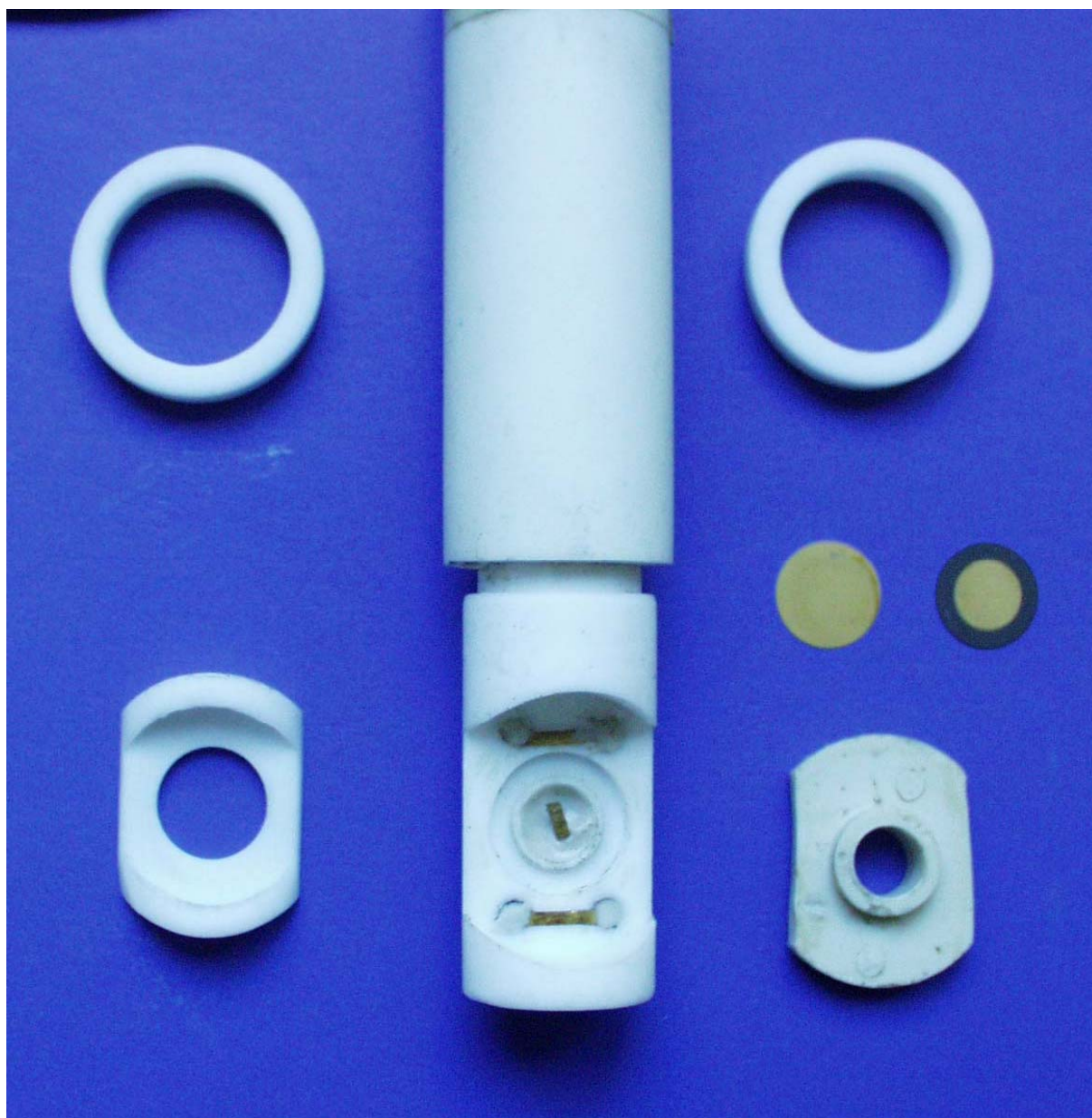






**Kvarckristály - nanomérleg**





# A frekvencia- és a tömegváltozás közti kapcsolat

$$\Delta f = - C_f \frac{\Delta m}{A}$$

$$C_f = 5,66 \times 10^7 \text{ Hz cm}^2\text{g}^{-1} \text{ (5 MHz)}$$

$$C_f = 22,64 \times 10^7 \text{ Hz cm}^2\text{g}^{-1} \text{ (10 MHz)}$$

$$C_f = \frac{2f_0^2}{\sqrt{\mu_k \rho_k}}$$

$$f_0 = \frac{v_{tr}}{2L_k}$$

$$\text{5 MHz-es kristály: } 18 \text{ ngcm}^{-2} = 1 \text{ Hz}$$

$$\text{10 MHz-es kristály: } 4,5 \text{ mgcm}^{-2} = 1 \text{ Hz}$$

$\Delta f$  – a frekvenciaváltozás

$C_f$  – integrális érzékenység

$\Delta m$  – tömegváltozás

$A$  – felület

$f_0$  – az alaprezgés frekvenciája

$\mu_k$  – a kvarc nyírási

rugalmassági modulusa

$\rho_k$  – a kvarc sűrűsége

$v_{tr}$  – a transzverzális

hangsebesség a kvarc-kristályban

$L_k$  – a kristálylapka vastagsága

Az általunk használt 10 MHz-es  $A = 0,4 \text{ cm}^2$  felületű kristály esetén  $1 \text{ Hz} = 1,76 \text{ ng}$ .

## A folyadékba-merítés hatása

$$\Delta f = - f_0^{3/2} \left( \frac{\rho_F \eta_F}{\pi \rho_k \mu_k} \right)^{1/2}$$

$\rho_F$  – a folyadék sűrűsége

$\eta_F$  – a folyadék viszkozitása

## Elektrokémiai összefüggések

$$\Delta m = \frac{Q}{nF} M$$

$Q$  – áthaladt töltés

$$\Gamma = \frac{Q}{nF A} \quad (\text{mol cm}^{-2})$$

$n$  – a cellareakció  
töltésszám-  
változása

$$\frac{\Delta m}{A} = \frac{QM}{nF A}$$

$M$  – relatív molekulatömeg

$$\frac{\Delta f}{C_f} = \frac{QM}{nF A}$$

$\Gamma$  – felületi  
többsétmennyiség

$$M = \frac{\Delta f nF A}{C_f Q}$$

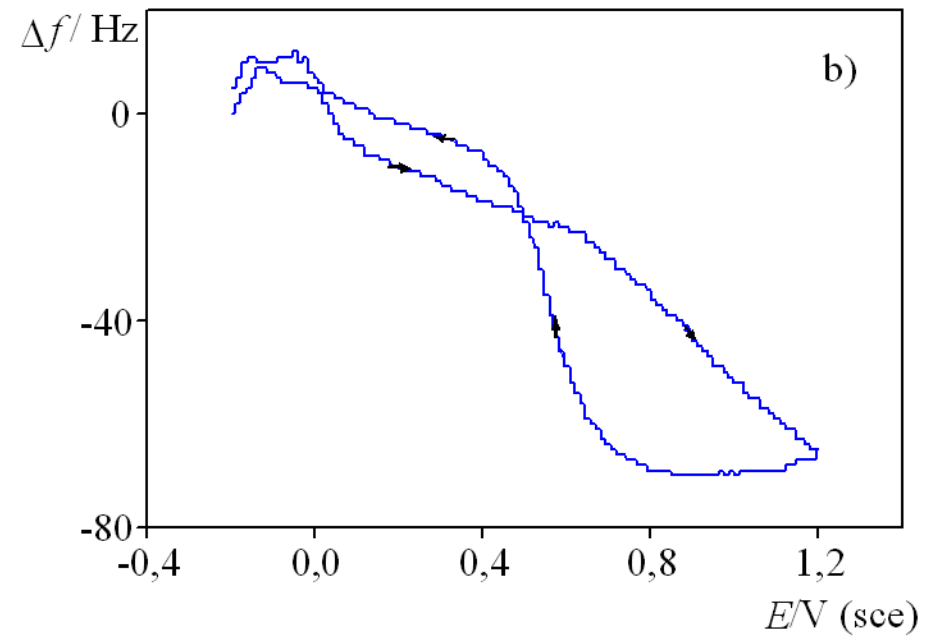
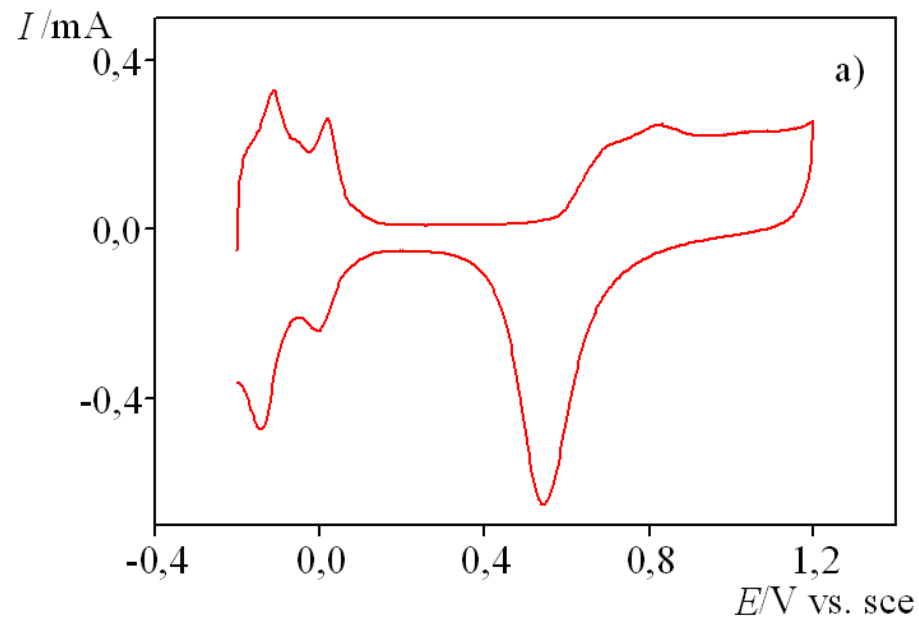
$A_r = f_r A_{\text{geom}}$

$f_r$  – érdességi tényező

# Platina

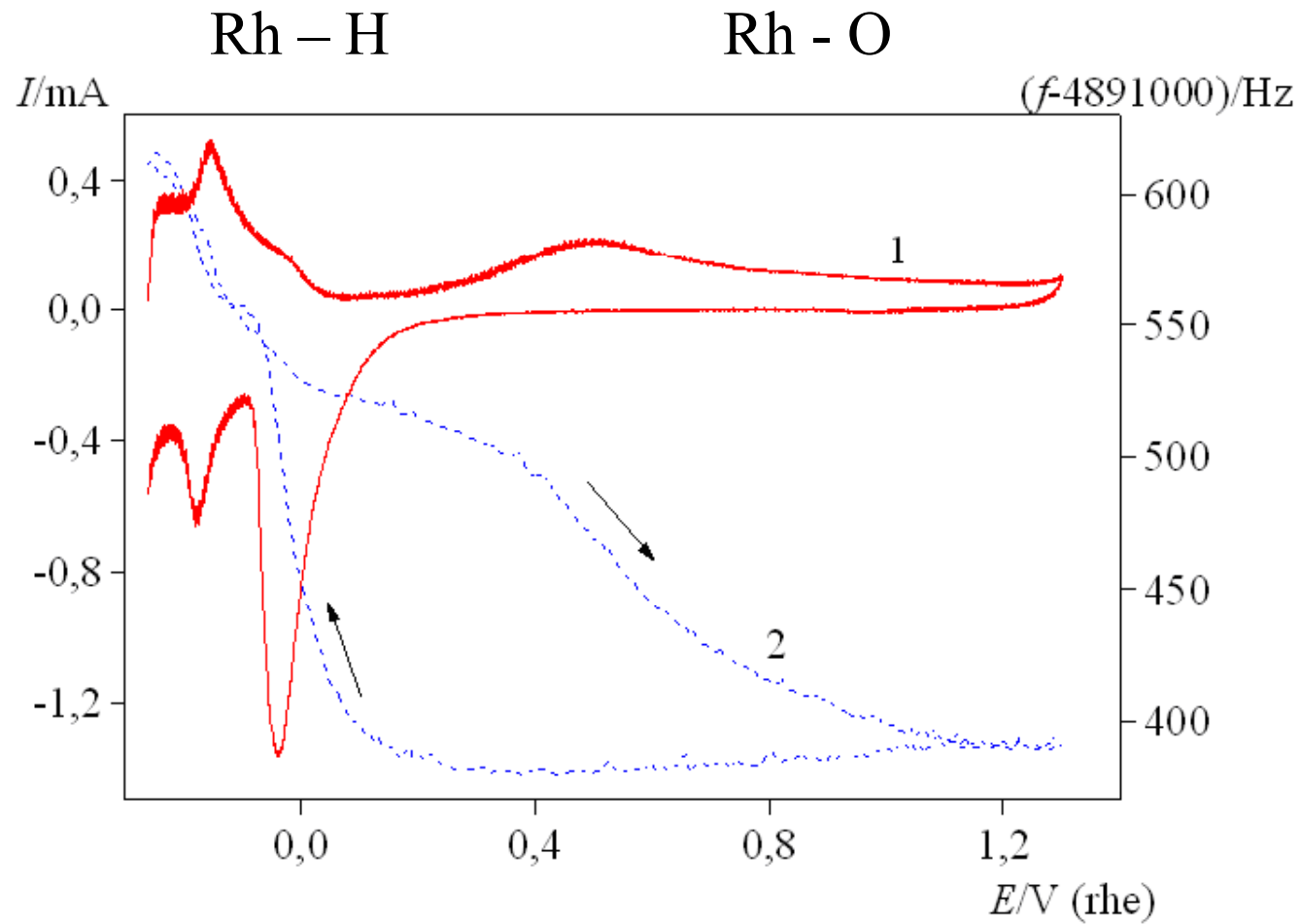
Pt – H

Pt - O



$1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4, \nu = 10 \text{ mV s}^{-1}$

# Ródium

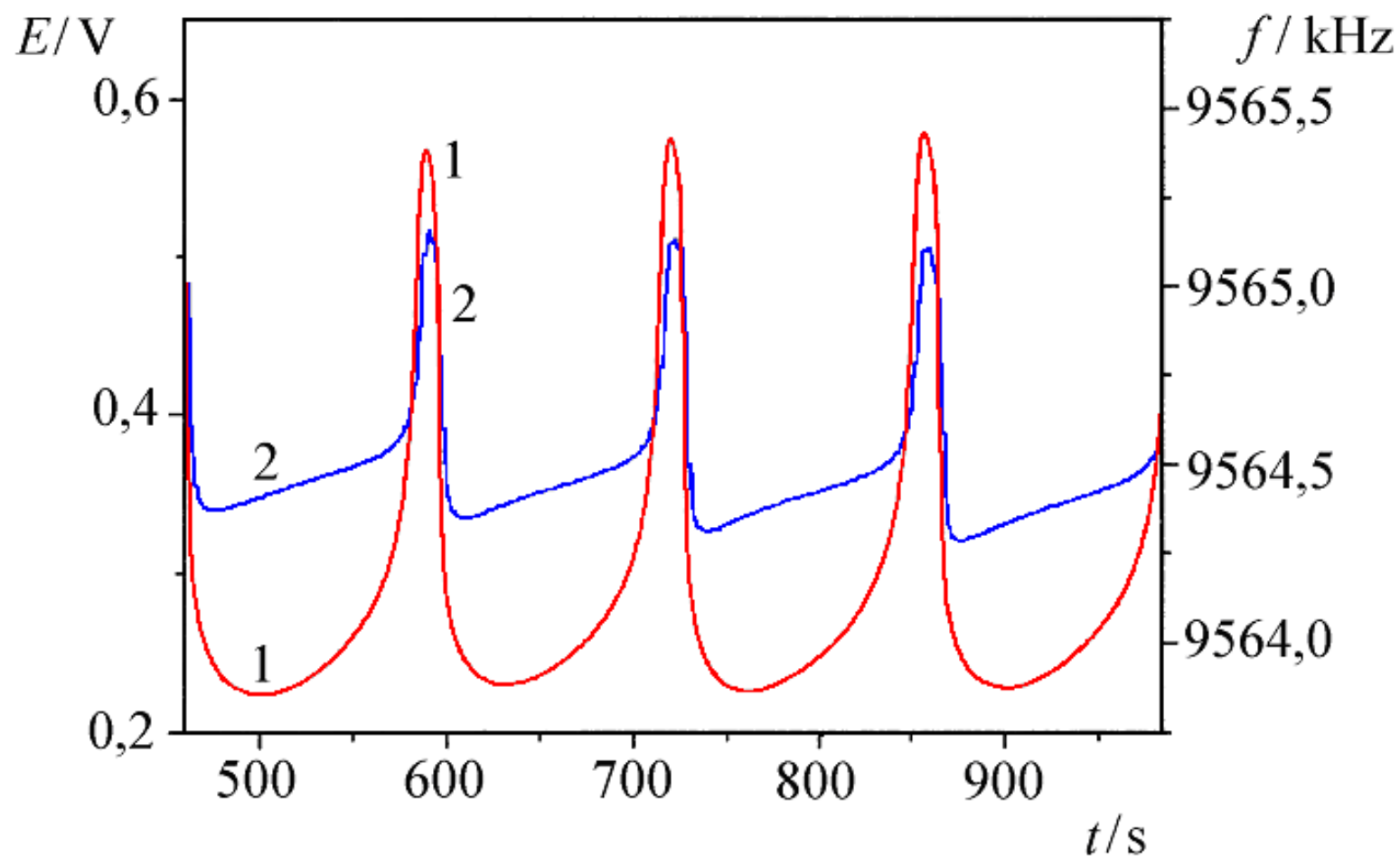


1 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,  $\nu = 5$  mV s<sup>-1</sup>



# Elektrokémiai oszcillációk

## A potenciál és a felületi tömeg változása

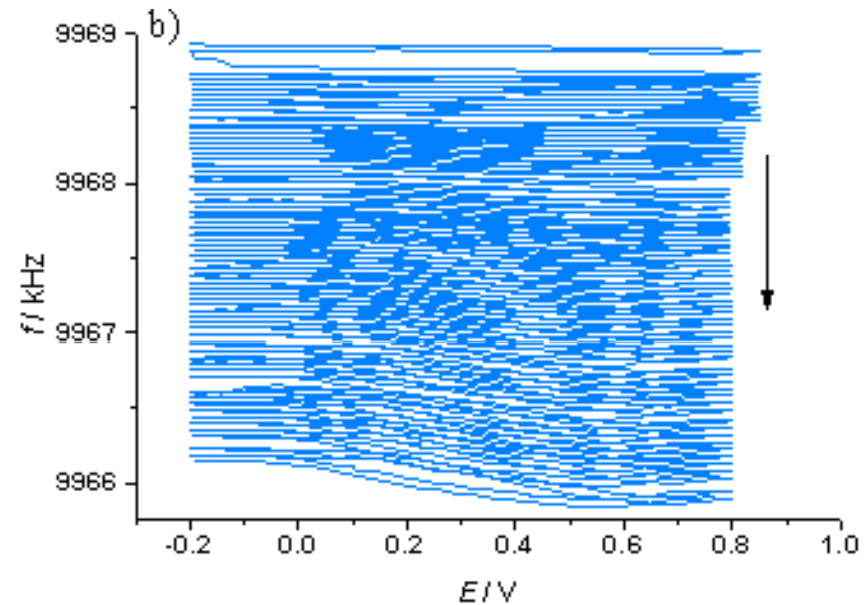
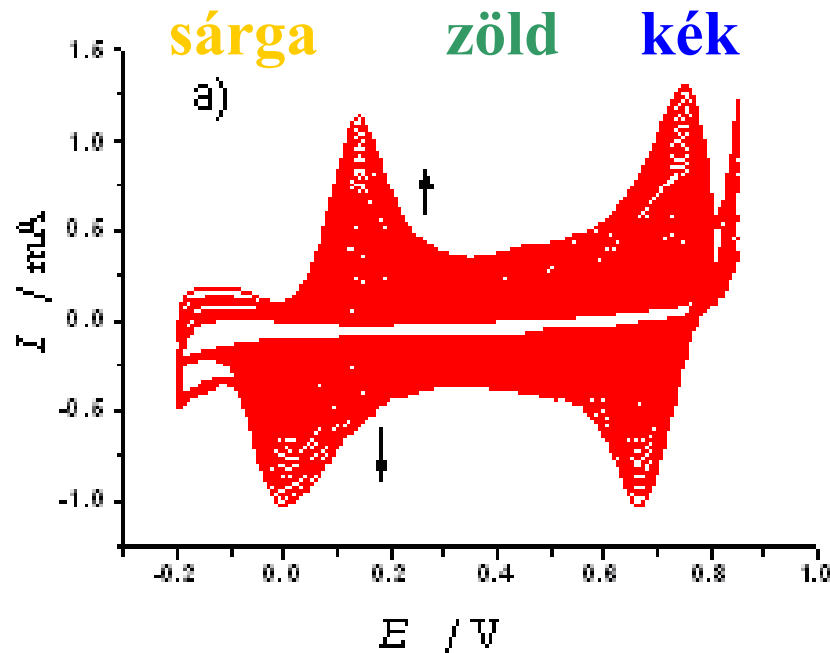


Platina

0,2 mol dm<sup>-3</sup> Hangyasav, 1 M HClO<sub>4</sub>,  $I = 0,2$  mA

# Polianilin

## Anilin elektropolimerizációja

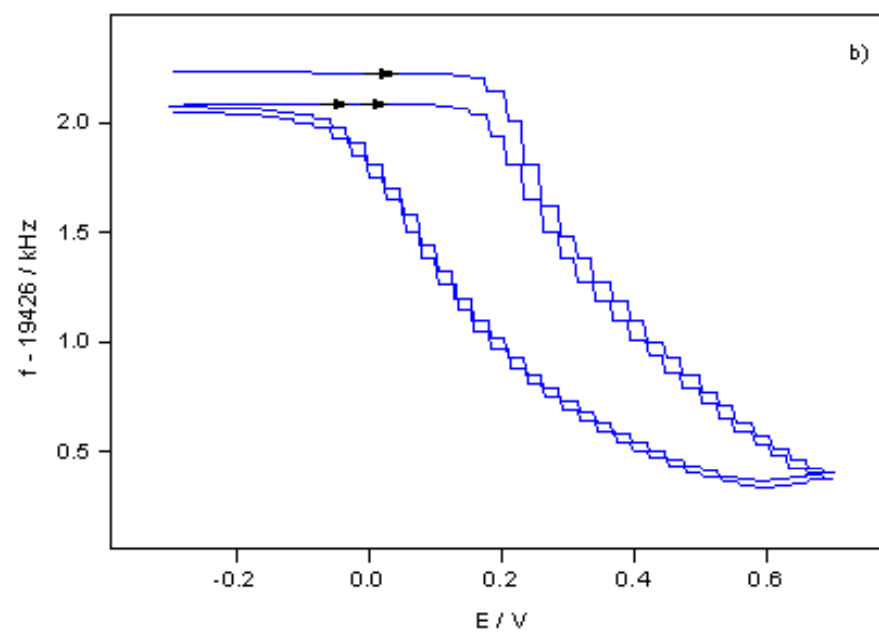
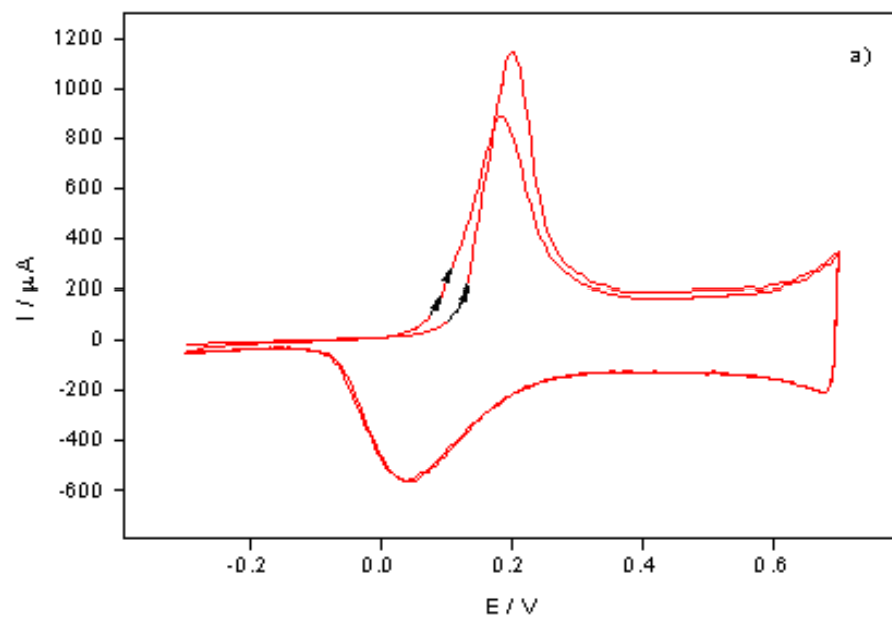


Anilin oxidatív elektropolimerizációja során kapott ciklikus voltammogramok és a frekvenciaváltozási görbék. (Anilinkoncentráció:  $0,2 \text{ mol dm}^{-3}$ , alapelektrolit:

**$1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HClO}_4$** . Polarizációsebesség:  $100 \text{ mV s}^{-1}$ . Platina munkaelektrod, kalomel referenciaelektrod.

1 Hz frekvenciaváltozás  $2,25 \text{ ng}$  felületi tömegnövekedést jelent.)

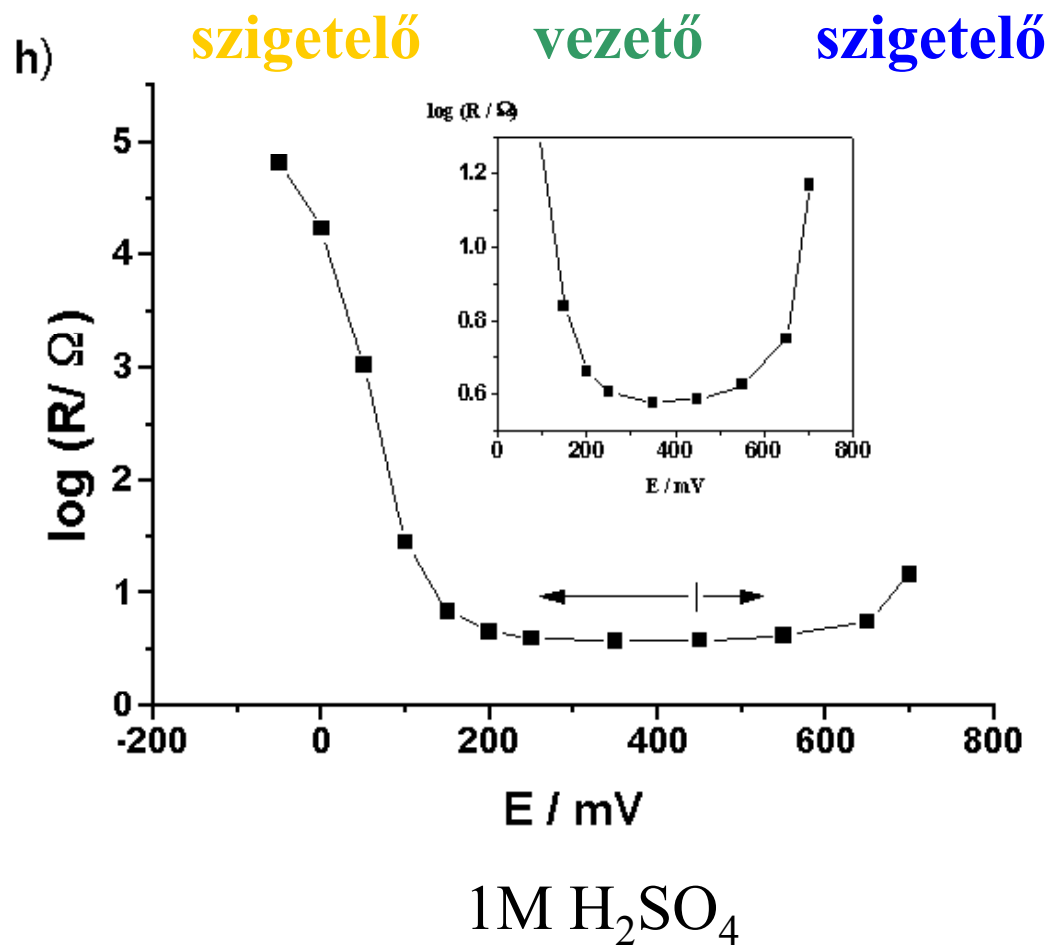
# Polianilin



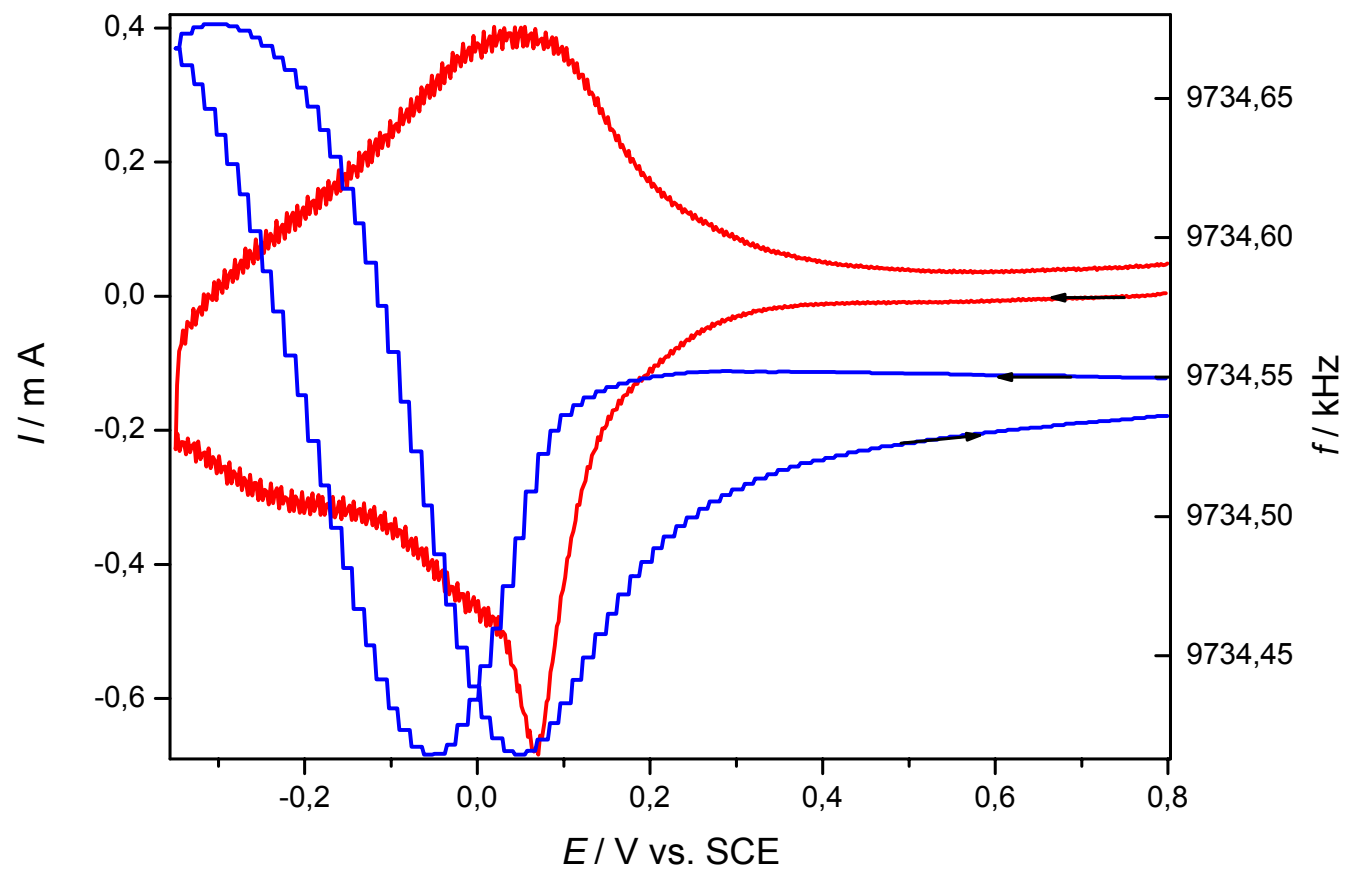
1 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,  $\nu = 100 \text{ mV s}^{-1}$

# Polianilin

## Az elektromos ellenállás potenciál függése



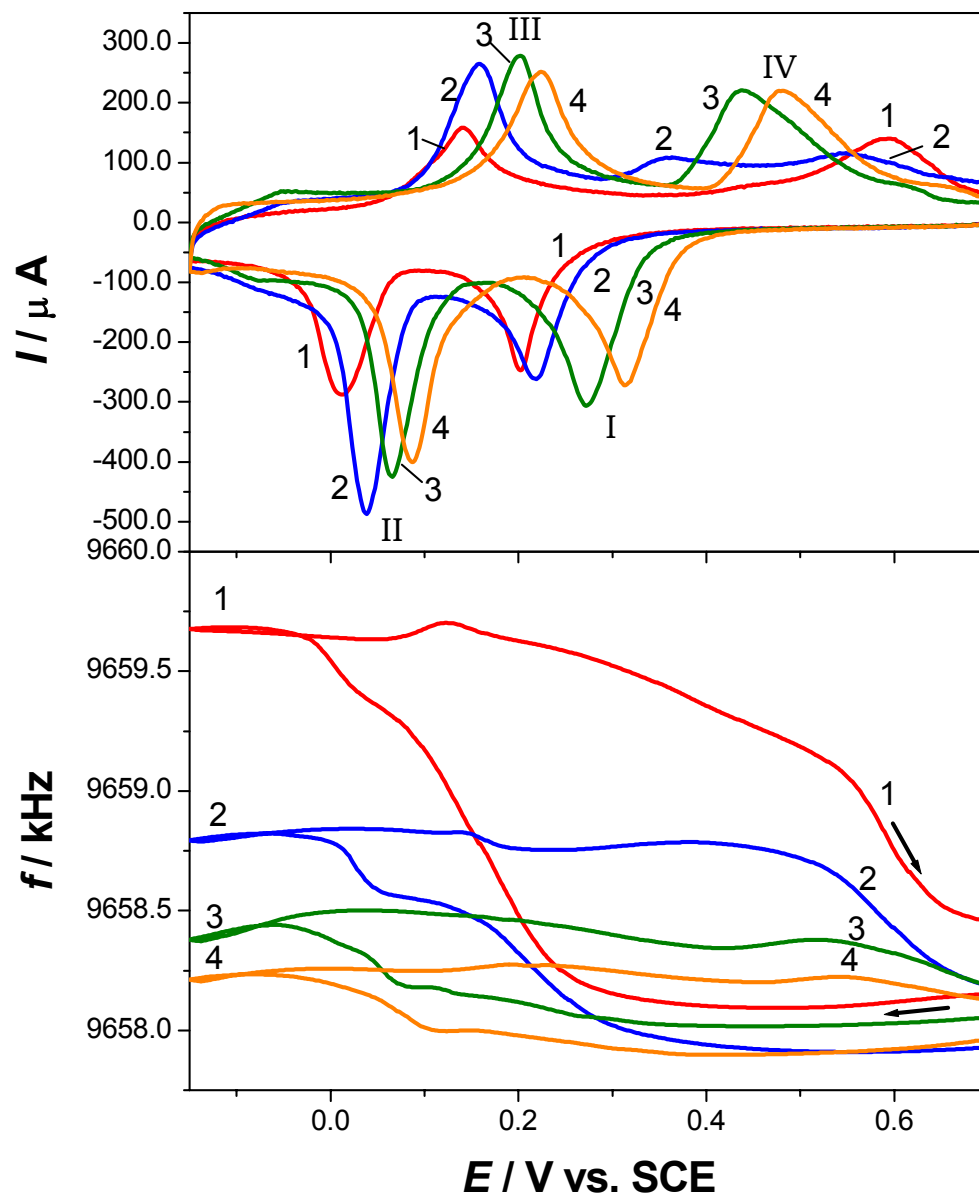
# poli(1-hidroxifenazin)



1 M HClO<sub>4</sub>,  $\nu = 50 \text{ mV s}^{-1}$



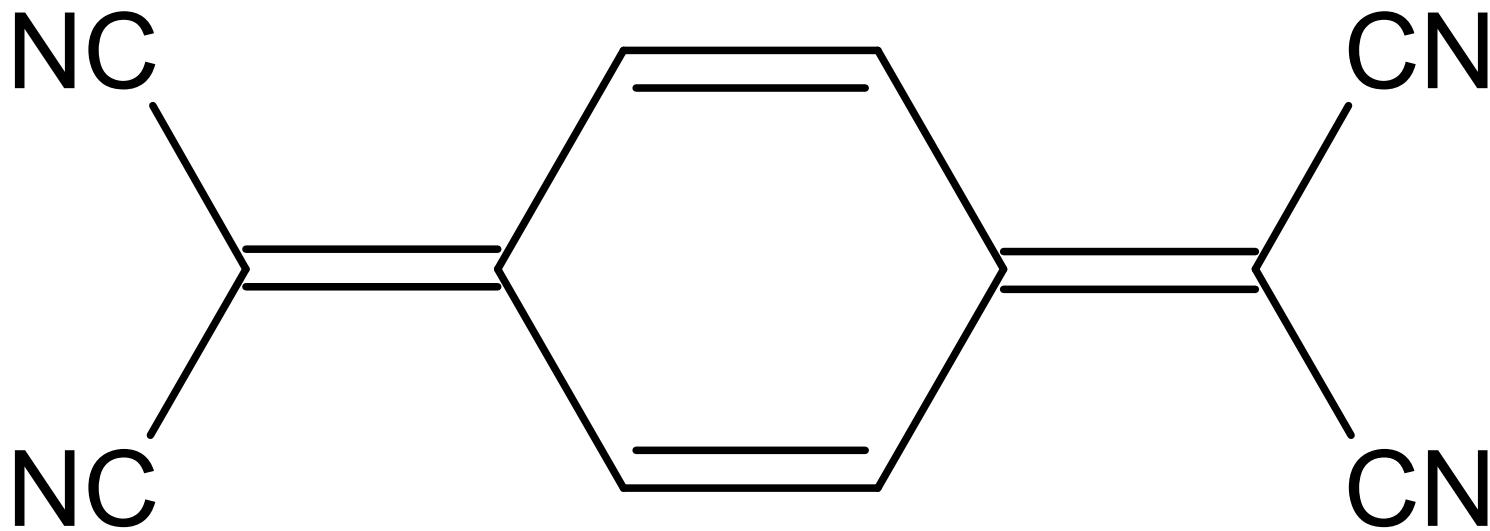
# Ru(III)Cl<sub>3</sub> mikrokristály



pH 1  
 0.1 mol dm<sup>-3</sup> HCl  
 + 0.1 mol dm<sup>-3</sup> MCl.  
 M<sup>+</sup> = (1) Li<sup>+</sup>, (2) K<sup>+</sup>, (3) Rb<sup>+</sup>,  
 (4) Cs<sup>+</sup>.  
 $\nu = 20 \text{ mV s}^{-1}$ .

# **Tetracián-kinodimetán mikrokristályok elektrokémiai viselkedése**

# A TCNQ szerkezete



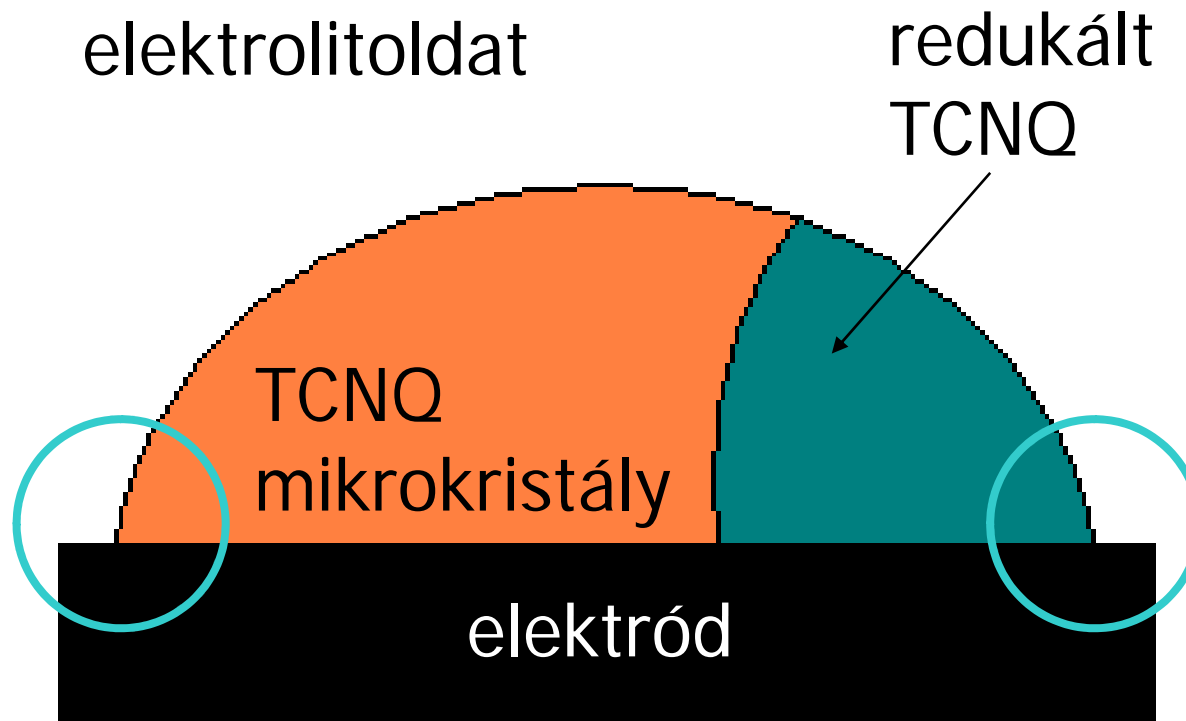
# A TCNQ:

- Kiváló elektronakceptor
- Töltésátviteli komplexek képzése
- Figyelemreméltó vezetési tulajdonságok
- Sokrétű alkalmazási terület



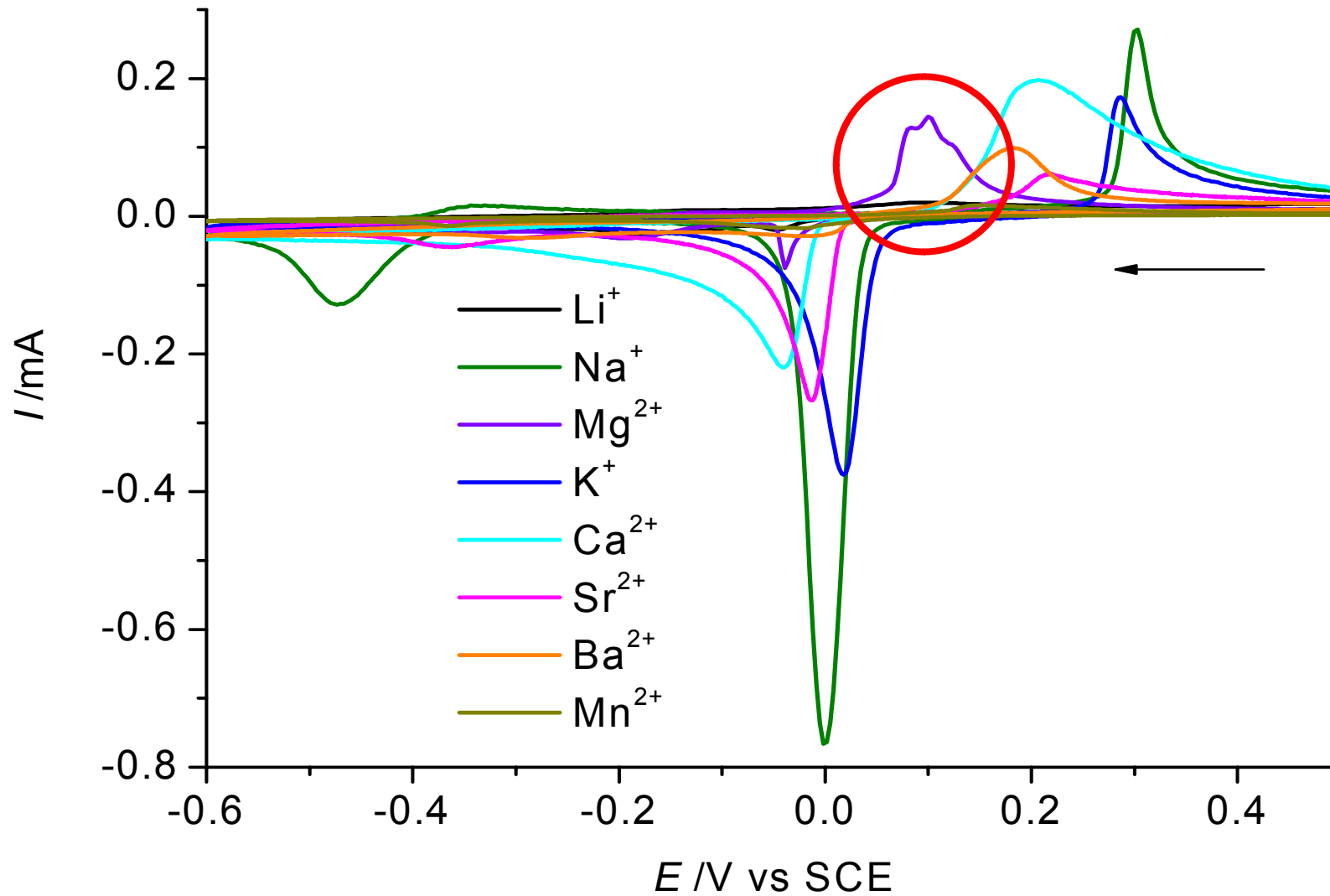
- Szilárd fázisú redoxiátalakulások
- Kationhatás

# Szilárd fázisú elektrokémia

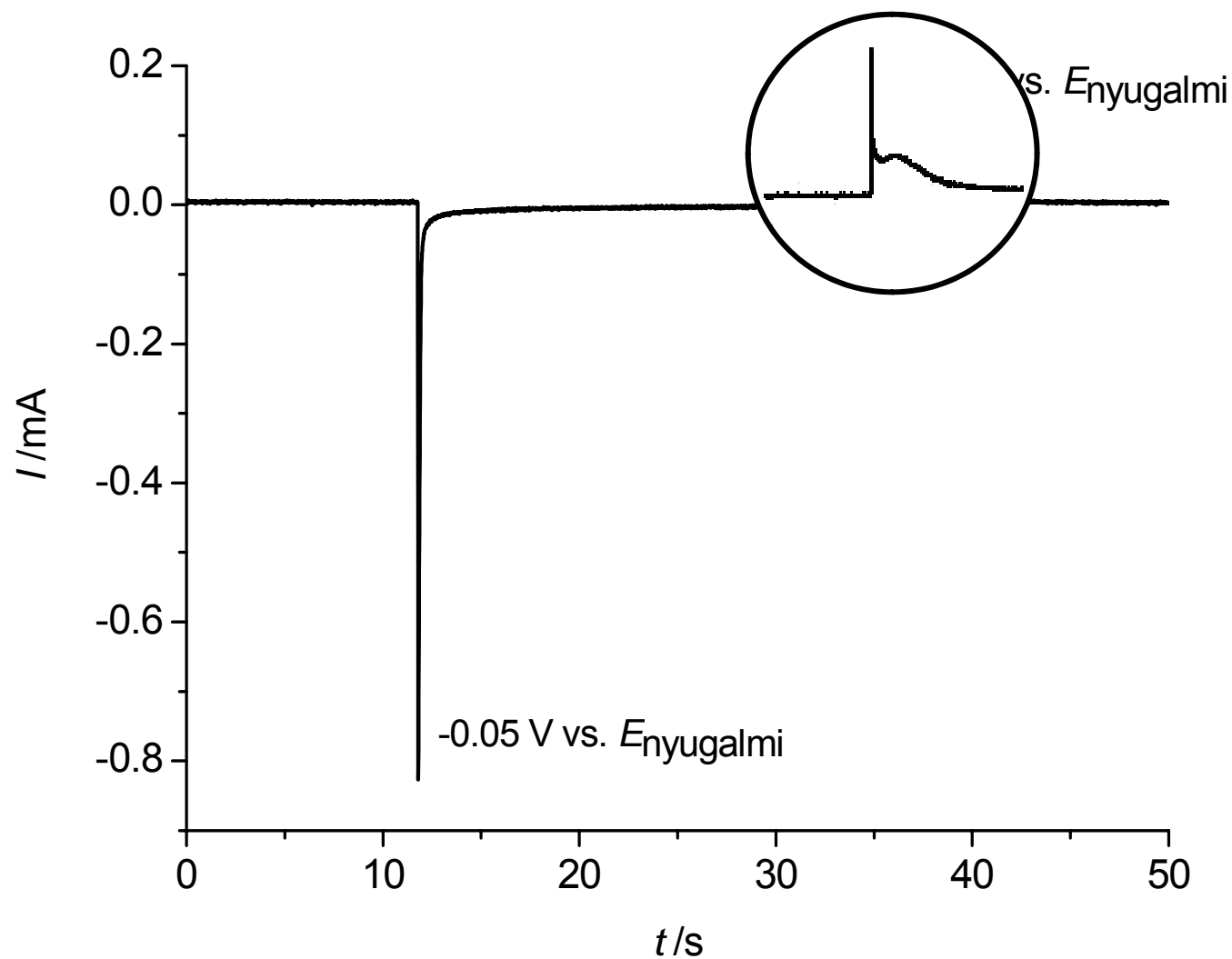


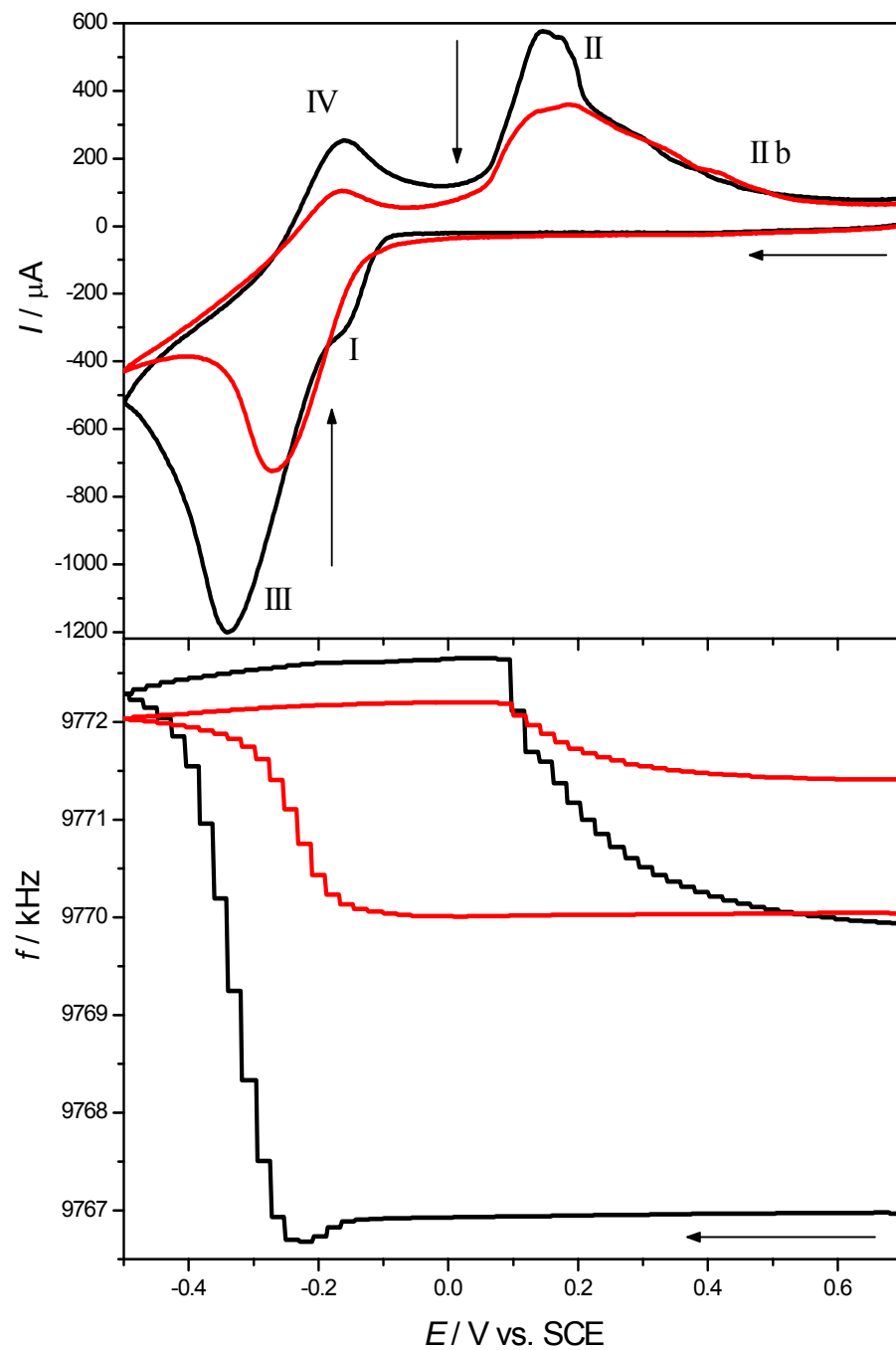


# Kationfüggés ( $\nu = 50 \text{ mV/s}$ )



# Gócképződéses mechanizmus igazolása 1M $\text{MgCl}_2$ -ban

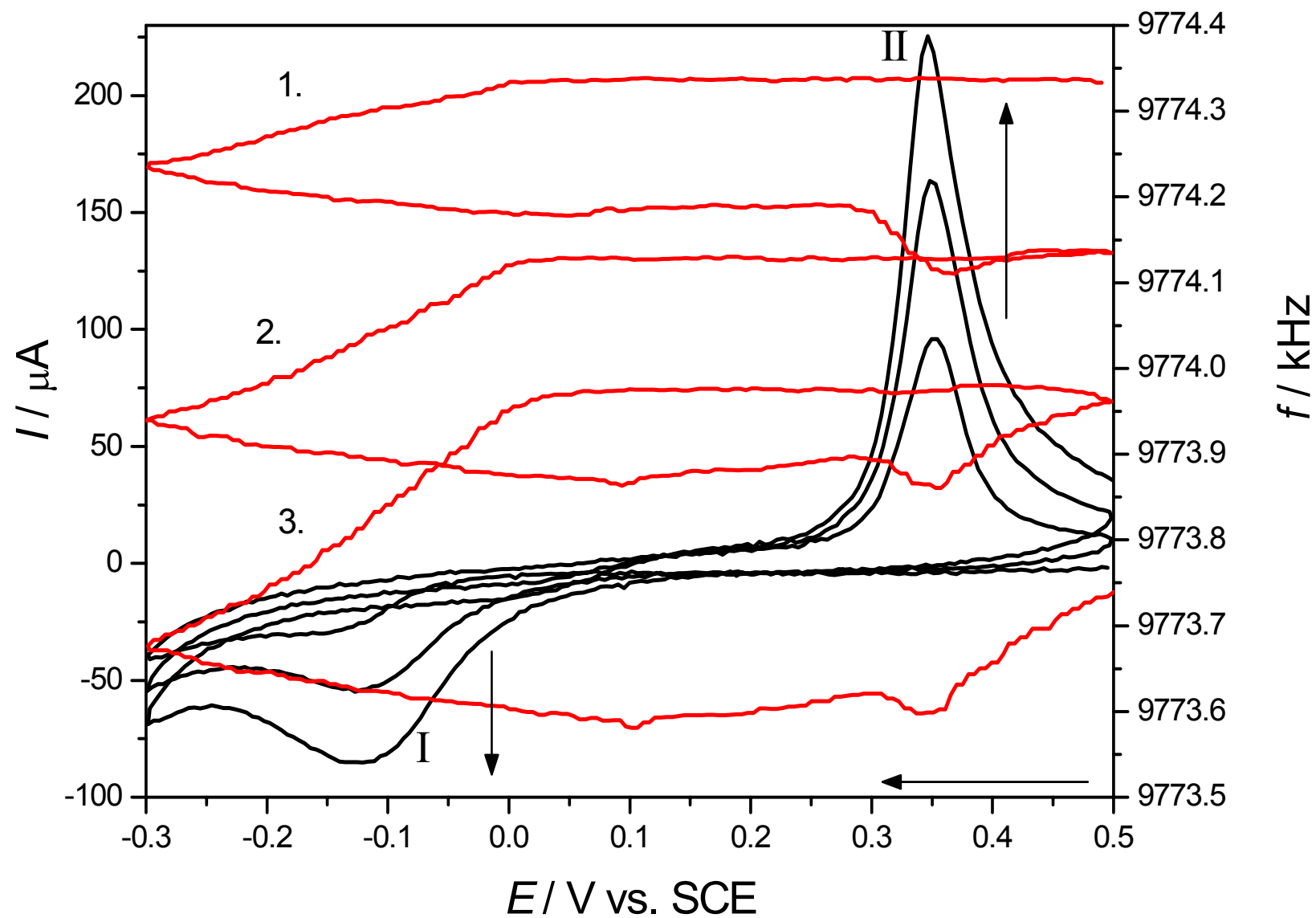




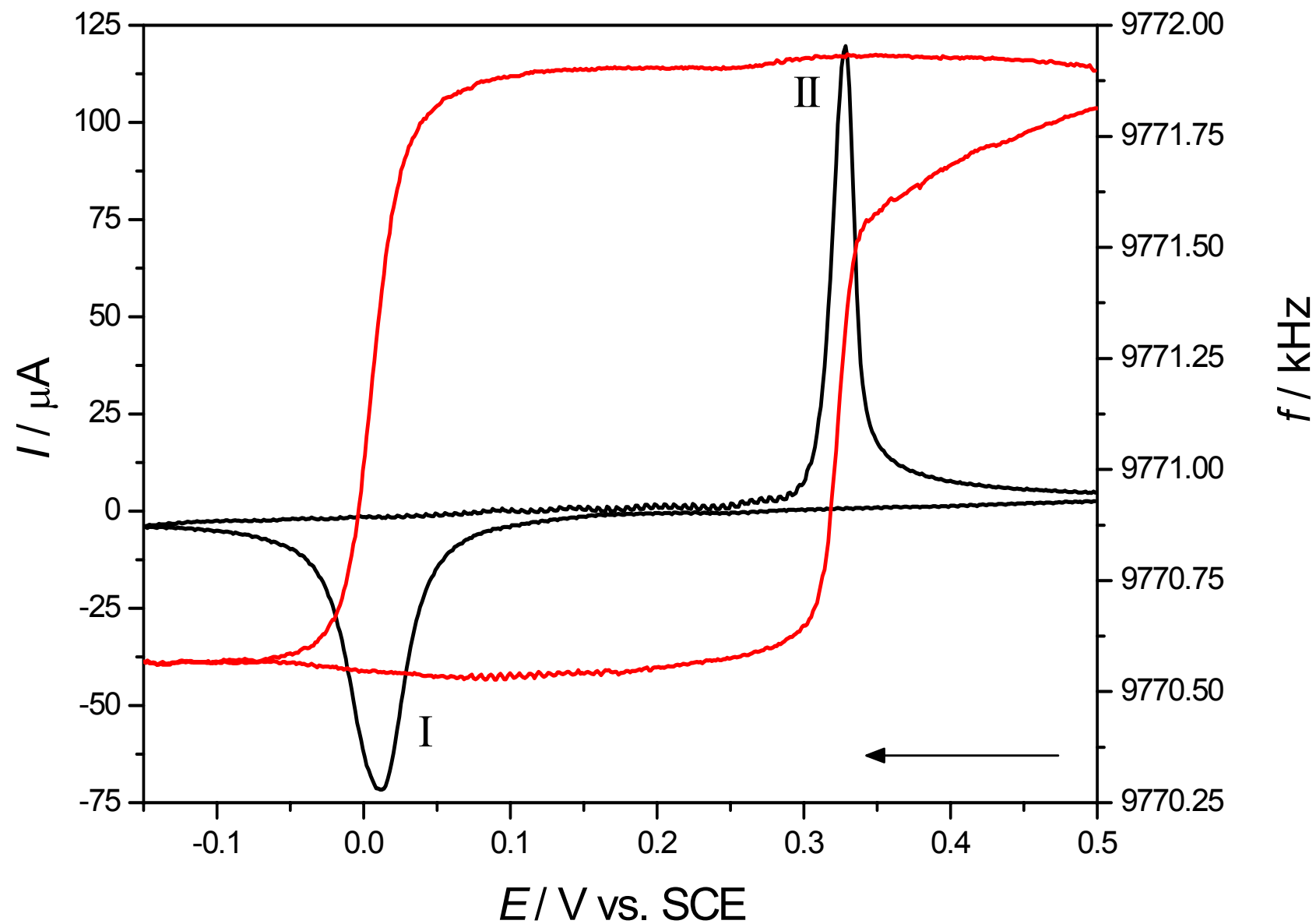
$c_{\text{LiCl}} = 0.5\text{M}; \nu = 50$   
**mV/s**



$c_{\text{LiCl}}=12\text{M}; \nu=20\text{ mV s}^{-1}$

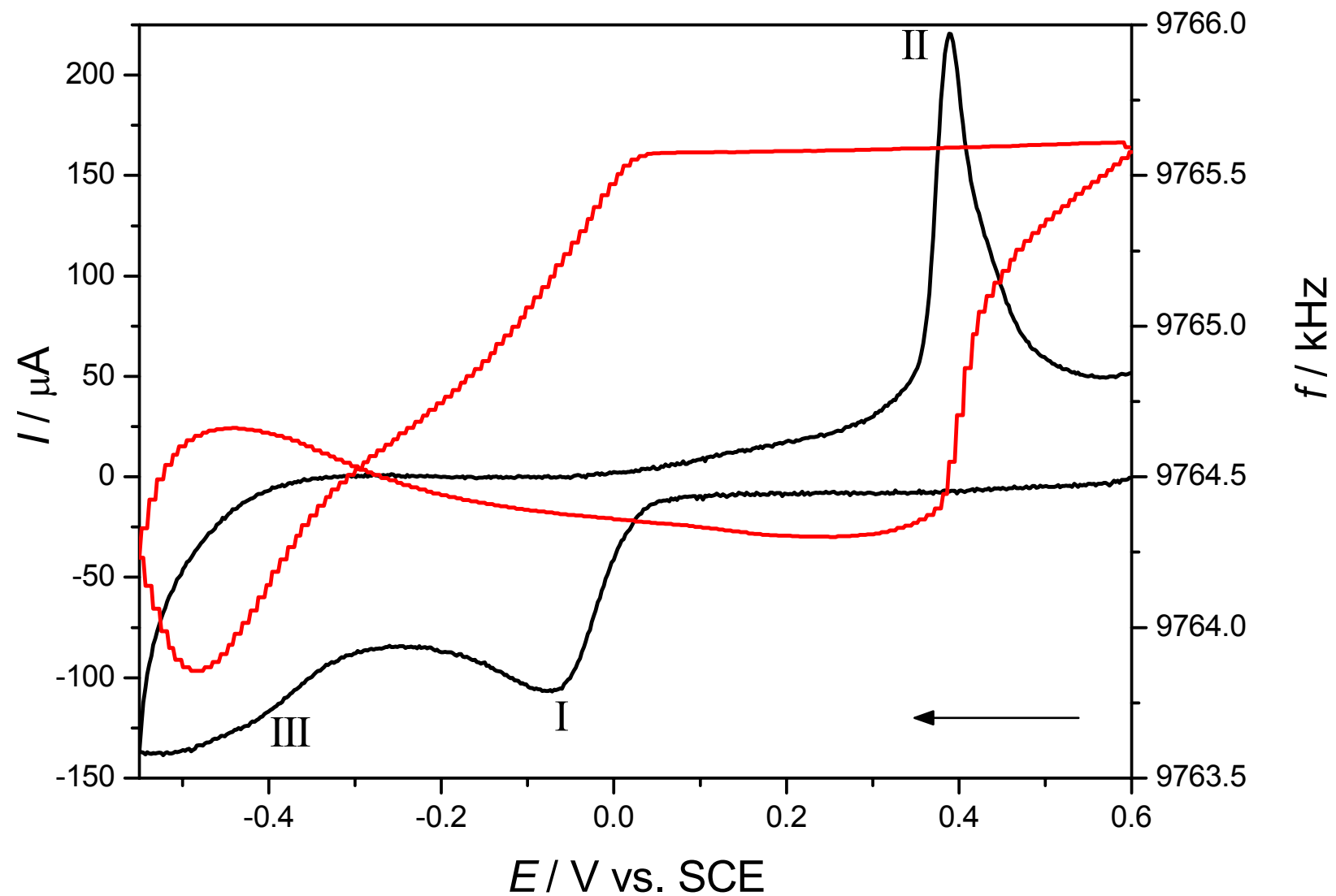


**$c_{\text{LiCl}}=12\text{M}; \nu=1\text{ mV/s}$**





$c_{\text{LiCl}}=12\text{M}, \nu=20\text{ mV/s}$



# Sebességfüggés 12M LiCl-ban

