

ДЕГРАДАЦИЯ НА ЕЛЕКТРОДНИ МАТЕРИАЛИ В УСЛОВИЯ НА ИМПУЛСНА ЕЛЕКТРОЛИЗА

The first system of musical notation for 'The Little Boat' consists of two staves. The upper staff is a treble clef with a key signature of one flat (B-flat). It contains a melody with a repeat sign at the end. The lower staff is a bass clef with a key signature of one flat, containing a bass line. The music is in 2/4 time.

[illegible][illegible]

1. 
2. 
3. 
4. 
5. 

7月11日, 2014

[illegible]

30%, 18% 70% Δ

$\leq$

$\leq$ 316L

2

2.1 Импулсна електролиза на вода

1970ñ1990 [1-10], 100%.

[11]. 250 A cm^{-2} , 3-4 [12].

[13-16], Shimizu [17].
 K. Nishizawa [18] reported that the critical current density of Bi_2Te_3 is 1.6 V , (1.23 V) , (0.4 V) , (0.1 V) at 4.2 K , 4.5 K , 5.5 K , and 6.5 K , respectively. Shimizu [19,20], Nishizawa [18], and Shimizu [17].

Vanags [21-26]. $\sqrt{A}$ ρ
(ρ)
/
H OH

$\leq$ [27-29], A [30] [31]. HHO, Santilli [27], A, HHO, A, [33]. HHO, A, HHO, A, $(H \times H)\tilde{n}O$, $\hat{o} \times \hat{o}$, A, $\hat{o}$, $\hat{A} \hat{o}$

Deakin [44]. 316SS 50% NaOH 140° C Ni/Fe 1.3 (56 at.% Ni), $\leq$ SAF 2205 AISI 304L (XPS) [45]. Sakashita Sato [46]. Mo, Cr_2O_3 CrO_3 .

2.2.2 NaOH XPS TiO_2 Ti_2O_3 TiO [47], KOH Ti(OH)_3 , $\text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, [48]. $\text{Ti(OH)}_3/\text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1 mol l⁻¹ KOH 5 mol l⁻¹ KOH Prusi Arsov [49] 1 KOH 3.6 60 nm, 5 KOH 36 105 nm -1.5V vs. SCE Lee [50] K_2TiO_3 KOH 10 M Huang Liu [52] NaOH (0.2 M) 4 M NaOH, Ti 80 °C 30 V 3 h, 2 M 4 M NaOH. Prusi [53]

2.2.3 Fujimoto [54-56] 304
 Fe^{2+} , Cr^{2+} , Cr^{3+} , Fe , Cr , Cr^{6+}
 Cr^{3+} , Cr , Fujimoto Shibata [57]
 Ti , $\text{Fe-22\%Ti}$, 0.1 M
 H_2SO_4 , Fe , Ti , Ti , Fe , $\text{Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr}$
 5 M NaOH , 60°C [58].

2.3 Изводи от литературния обзор

- $\leq$
- $\approx$

4.2 Електролизна клетка, материали и електролити

≤ 1 cm². AISI 316 L Ti (99+%) 1.

Табл. 1 Химичен състав на стоманата в тегл. %

Материал	C	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	S	P	Si	Mo
AISI 316L	0.015	16.5	0.26	—	1.73	10.5	0.002	0.01	0.54	2.55

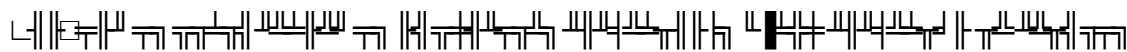
ΔOH. 24 72 0.5
(65 250 mA), (0.1-10 kHz) (1-99%).
I = 65 mA
U = 40 V.

4.3 Електрохимични измервания

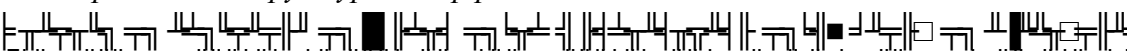
Autolab PGSTAT 30 (10 V), FRA2 (Eco Chemie, GPES 4.9 FRA 4.9. Ag/AgCl/3 M KCl (E=0.200 V). ((0.5 M H₃BO₃, 0.05 M Na₂B₄O₇·10H₂O, pH 7.4). 20±2 °C. ≤ 0.01 ñ 50 kHz 15 mV. 0.5 M K₄Fe(CN)₆ and 0.5 M K₃Fe(CN)₆ (1:1) 0-0.5 V 1 mV s⁻¹.

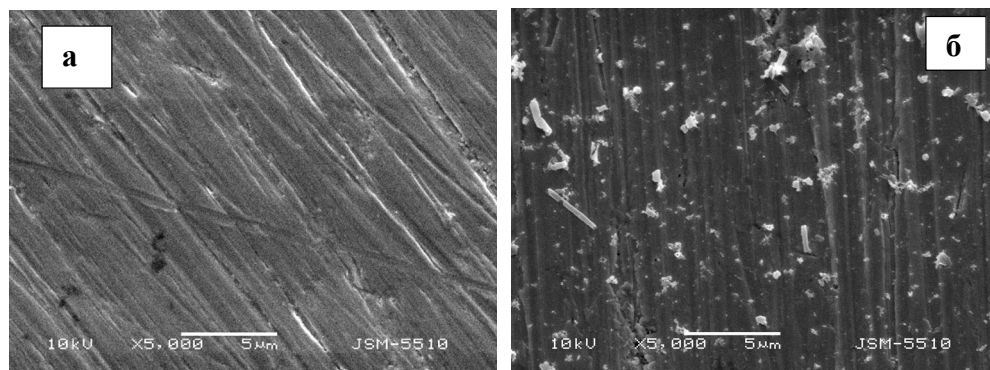
4.4 Физични методи на анализ

316L (XPS) ESCALAB Mark II (VG SCIENTIFIC) 10⁻⁷ Pa. 90°. Mg Kα (1253.6 eV), 20 eV. XPSPeak 4.1. JEOL JSMñ5510 5×10⁻⁶ Torr 10 kV 18 300 000 ≤

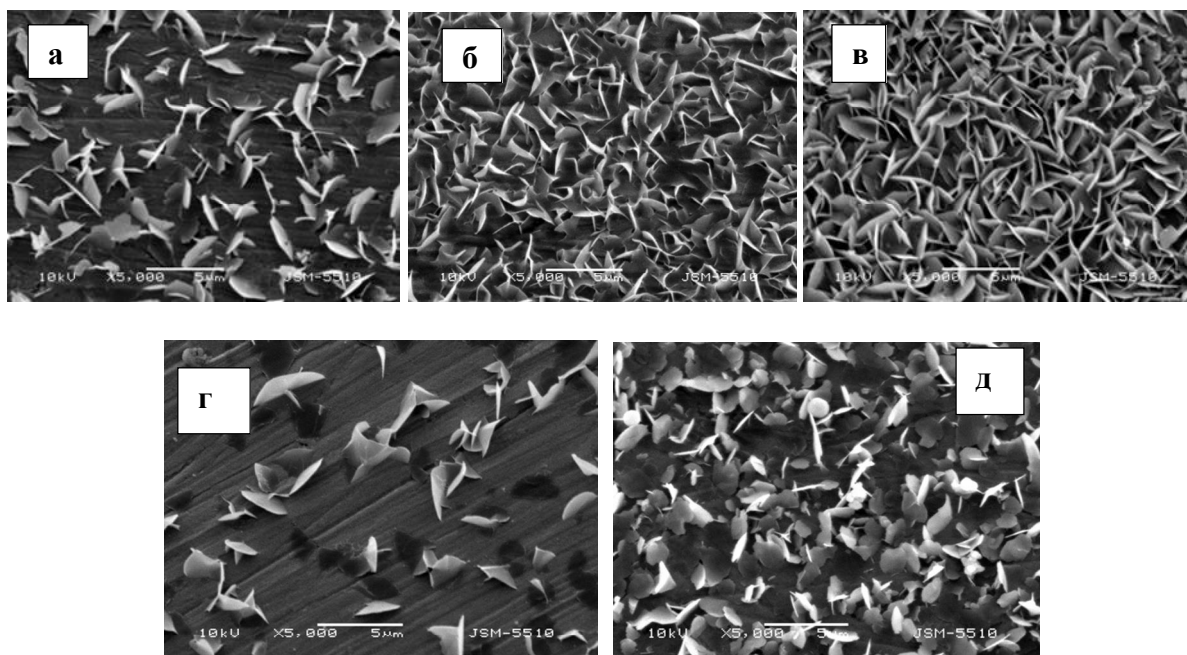
5  AISI 316L

5.1 Повърхностна структура и морфология

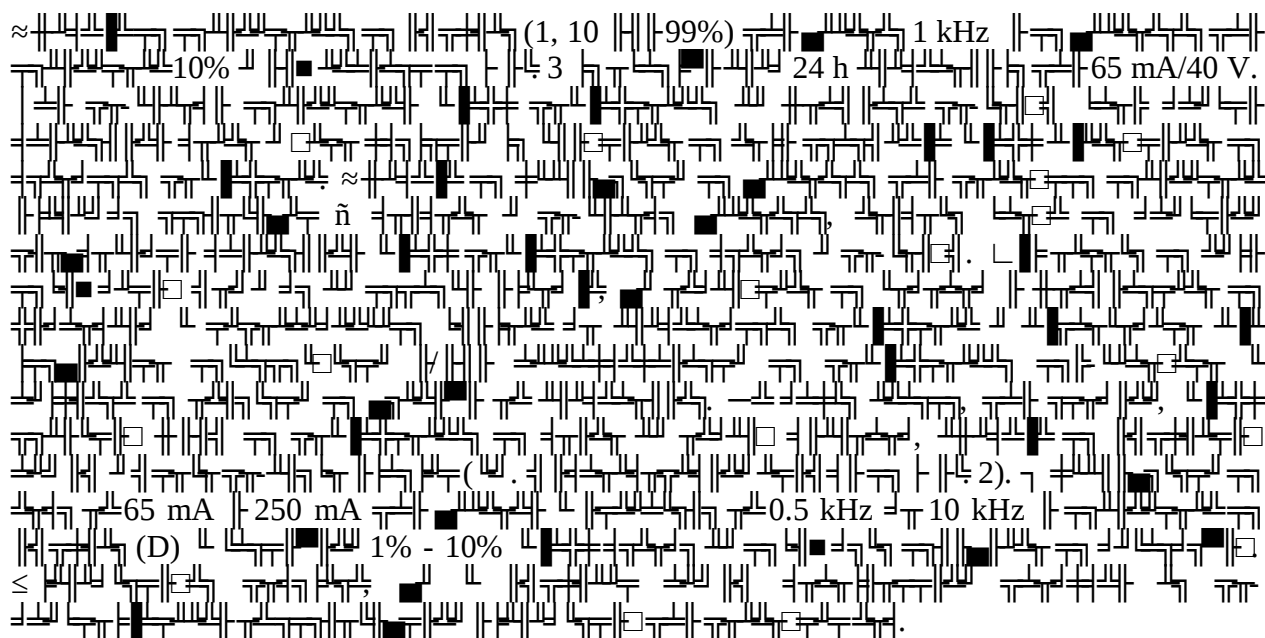
 (1-3).



Фиг. 2(а) Електронномикроскопски снимки на механично полиран образец (а) и анод (б) след 24 h електролиза при 65 mA/40V/1kHz и наситеност на импулса 10%. Разстояние между електродите 1 cm.



Фиг. 3 Електронномикроскопски снимки на катоди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V/1 kHz и наситености на импулса 1% (а), 10% (б) и 99% (в); (г,д) сравнение между катодите след 24 h електролиза при 65 mA/40 V/0.5 и 10 kHz при наситеност 10%.



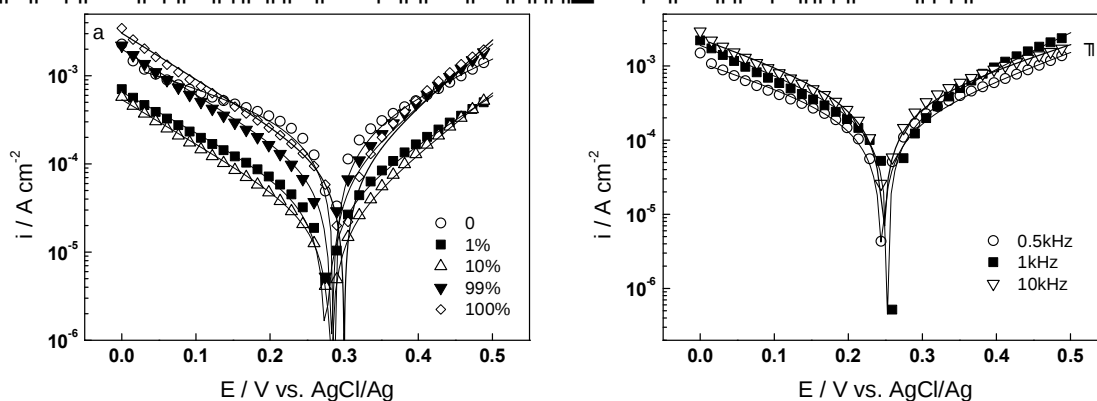
5.2 Електронна и йонна проводимост на повърхностните филми

5.2.1

(1, 10, 99%) 1 kHz 24 h 65 mA/40 V.
 10% 3
 65 mA 250 mA 0.5 kHz 10 kHz
 (D) 1% - 10%
 $\leq$
 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6/\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ (pH 7.3),
 Butler-Volmer

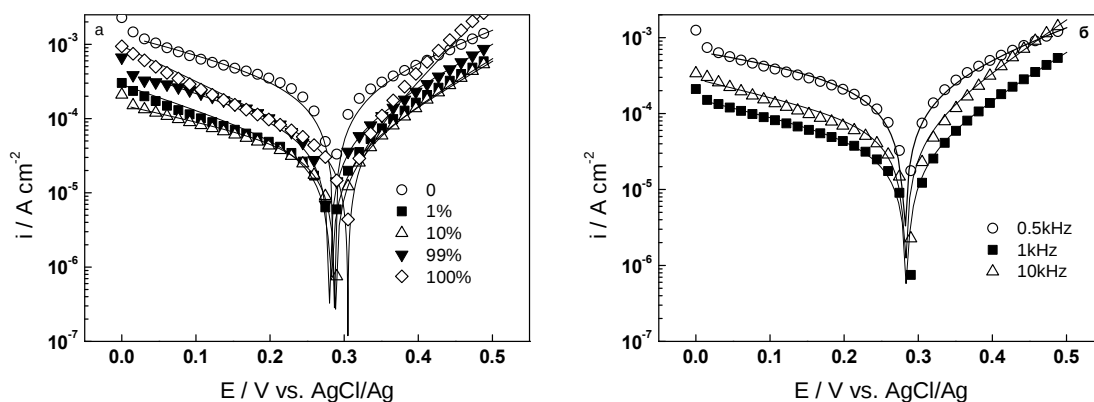
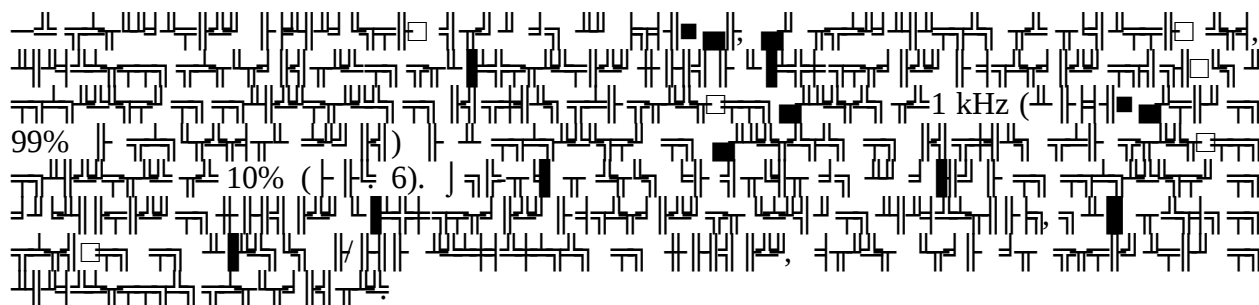
$$i = i_0 \left[\exp(b_a (E - E_{eq})) - \exp(-b_c (E - E_{eq})) \right] \quad (1)$$

i_0 , b_a , b_c ($b_a = \alpha F / RT$, $b_c = (1 - \alpha) F / RT$) E_{eq}
 (0.3 ± 0.02 V vs. AgCl/Ag). $\leq$ 4 5

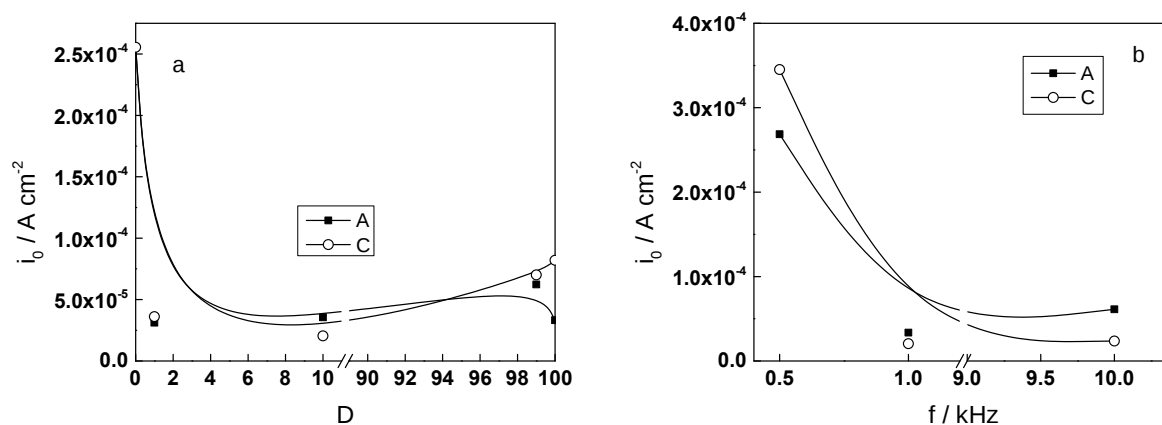


Фиг. 4. Влияние на наситеността на импулса (%) при постоянна честота от 1 kHz (а) и на честотата при постоянна наситеност на импулса 10% (б) върху волтаметрични зависимости на

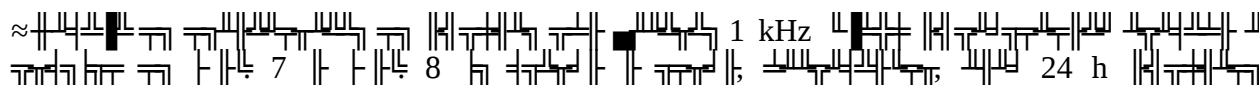
AISI 316L катоди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. 0 – неизползван образец, 100% – правотоков режим.

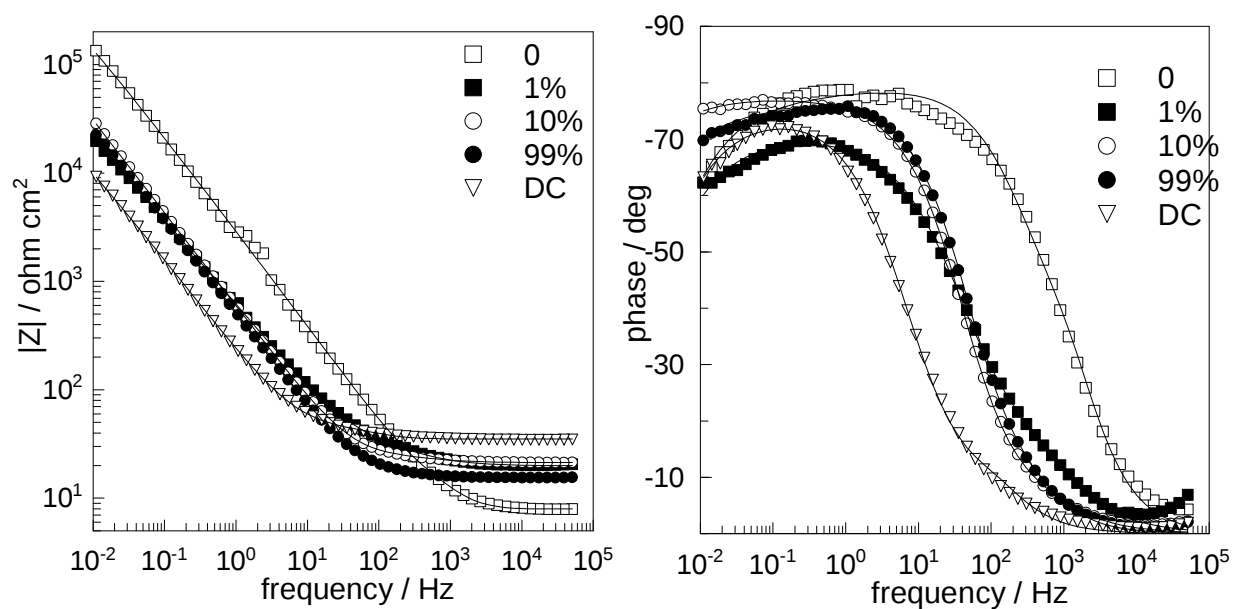
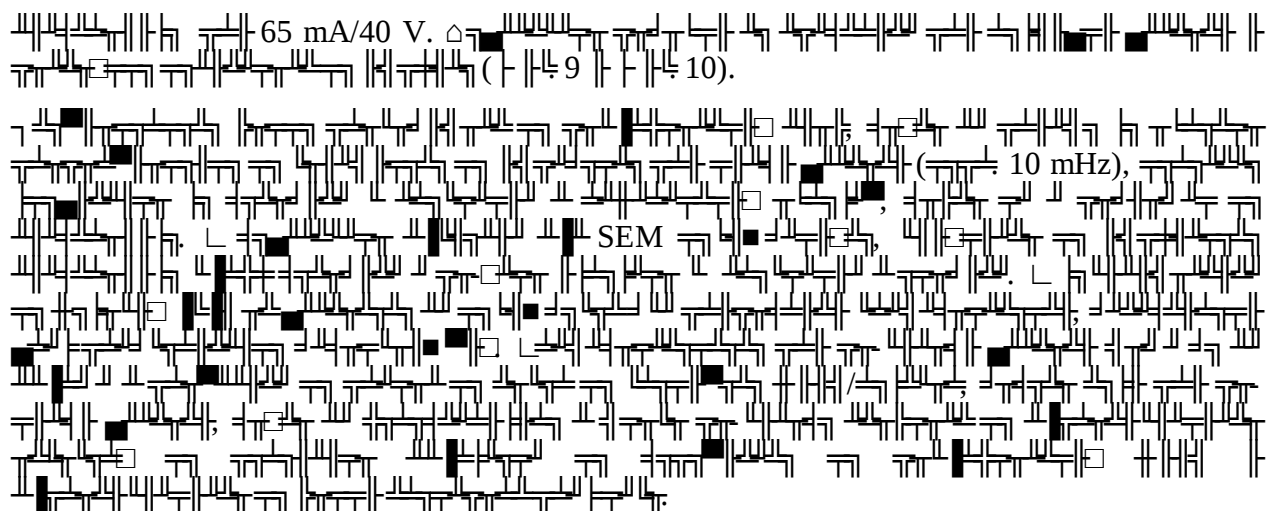


Фиг. 5. Влияние на наситеността на импулса (%) при постоянна честота от 1 kHz (а) и на честотата при постоянна наситеност на импулса 10% (б) върху волтаметрични зависимости на AISI 316L аноди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. 0 – референтен образец, 100% – правотоков режим.

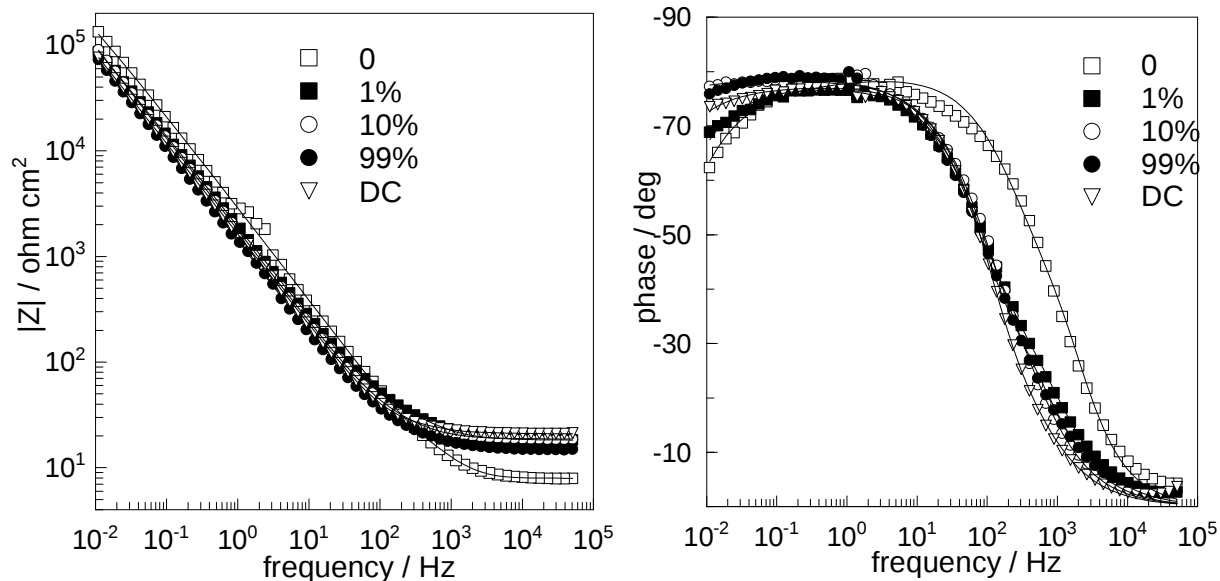


Фиг. 6 Сравнение между обменния ток за AISI 316 аноди и катоди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V при различни наситености на импулса при постоянна честота (1 kHz) (а) и при различни честоти и наситености на импулса 10% (б).

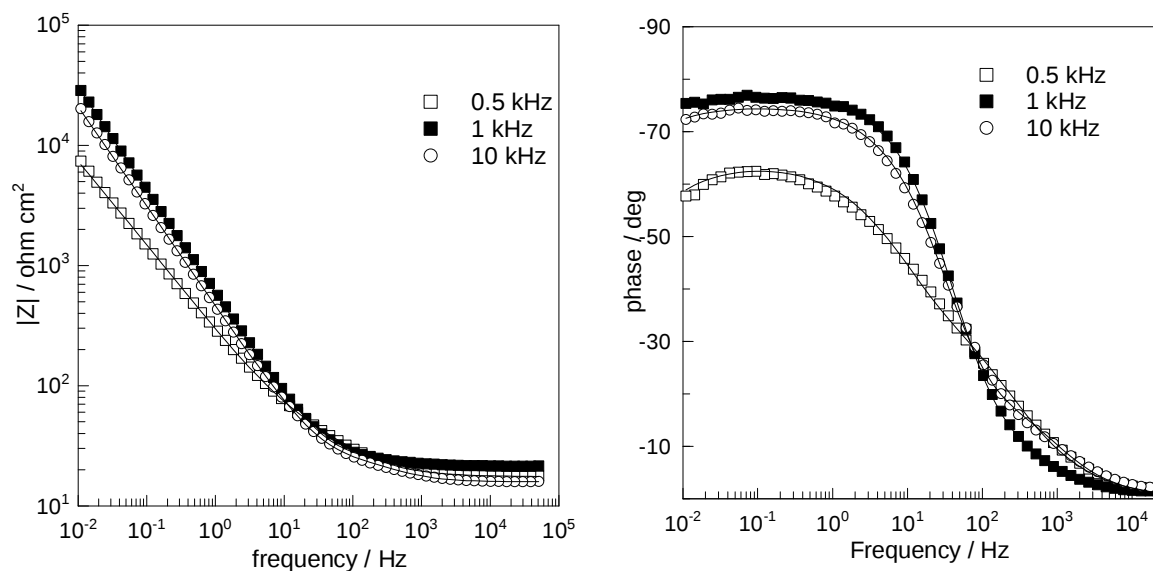




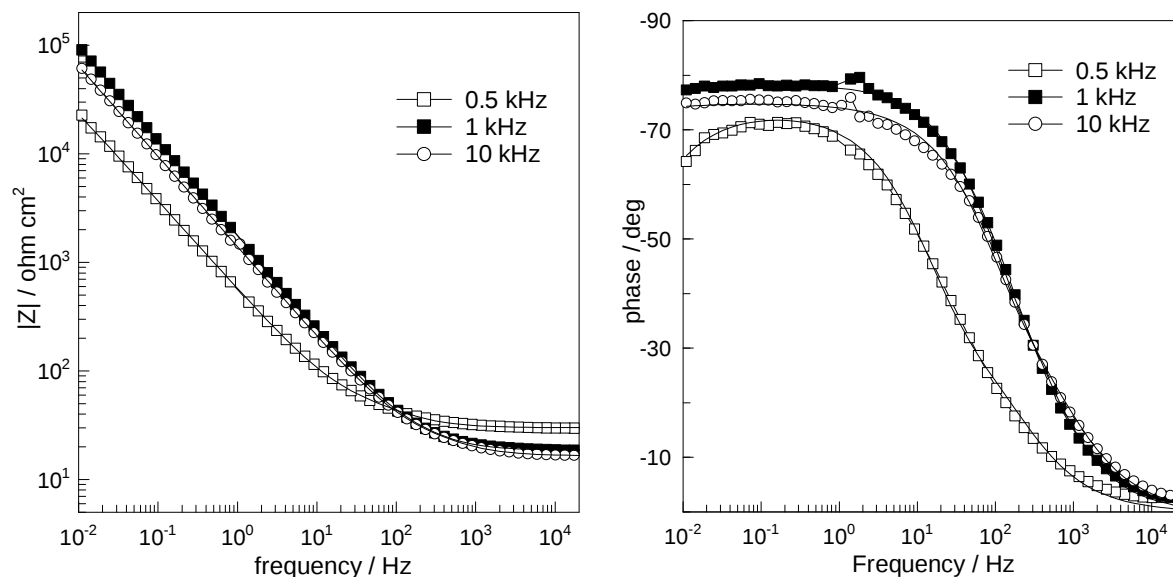
Фиг. 7 Влияние на наситеността на импулса при честота 1 kHz върху импедансните спектри на AISI 316L катоди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. Вляво - големина на импеданса спрямо честотата, вдясно - фазово отместване спрямо честотата. 0 - референтен образец, 100% - правотоков режим.



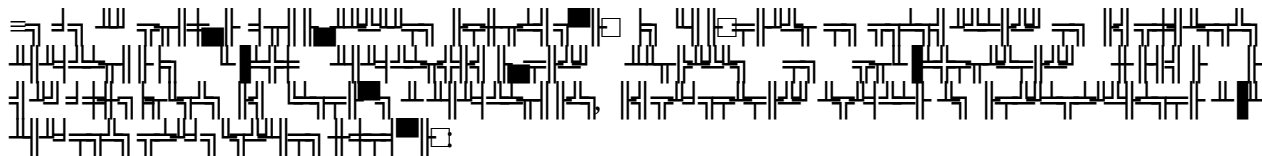
Фиг. 8 Влияние на наситеността на импулса при честота 1 kHz върху импедансните спектри на AISI 316L аноди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. Вляво - големина на импеданса спрямо честотата, вдясно - фазово отместване спрямо честотата. 0 - референтен образец, 100% - правотоков режим.



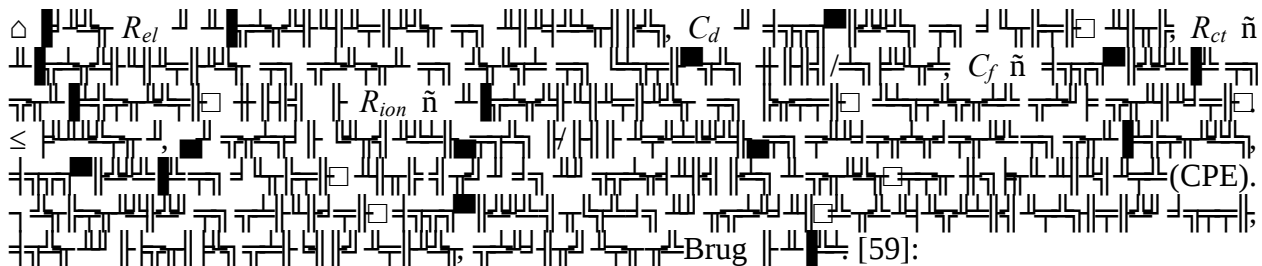
Фиг. 9 Влияние на честотата на импулса при наситеност 10% върху импедансните спектри на AISI 316L катоди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. Вляво - големина на импеданса спрямо честотата, вдясно - фазово отместване спрямо честотата.



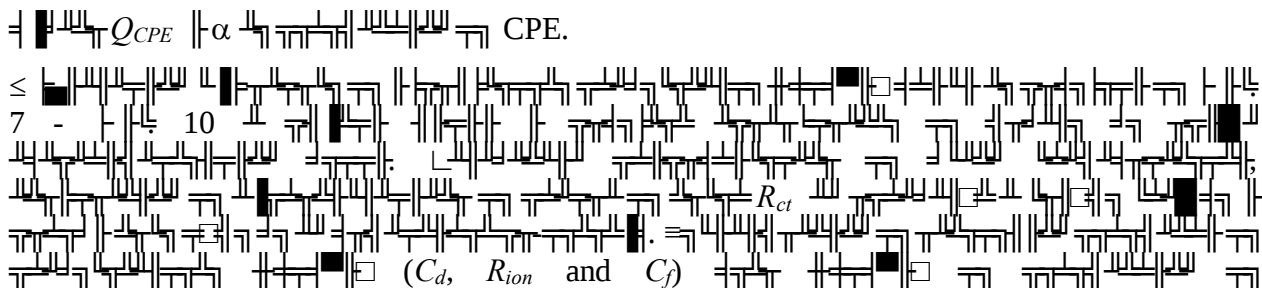
Фиг. 10 Влияние на честотата на импулса при наситеност 10% върху импедансните спектри на AISI 316L аноди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. Вляво - големина на импеданса спрямо честотата, вдясно - фазово отместване спрямо честотата.



$$Z = R_{el} + \frac{1}{j\omega C_d + R_{ct}^{-1} + \frac{1}{j\omega C_f + R_{ion}^{-1}}} \quad (2)$$



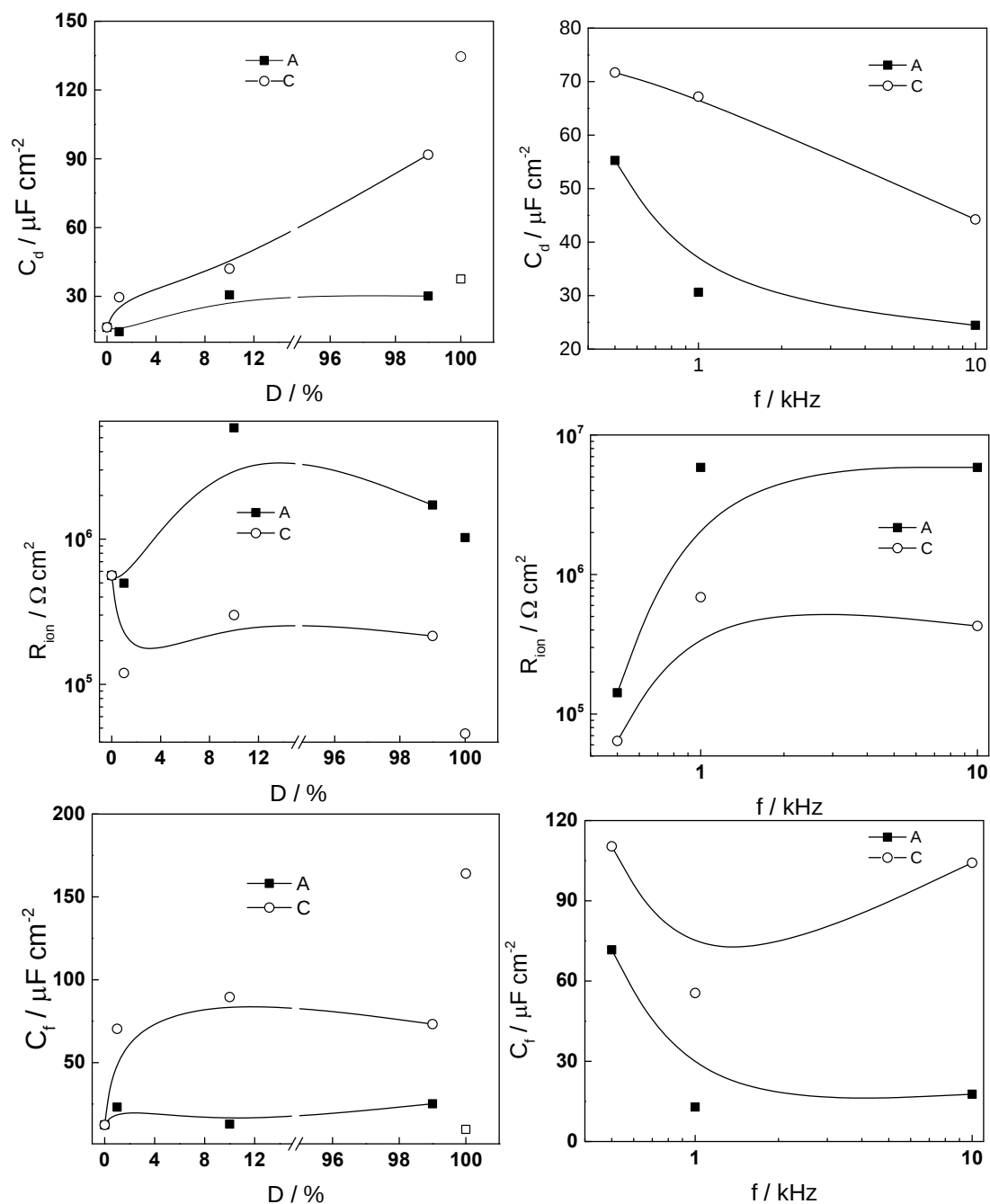
$$Q_{CPE}^{-1} = C_d^{1-\alpha} (R_{el}^{-1} + R_{ct}^{-1})^\alpha \quad (3)$$



התוצאות (הנתונים) הוצגו ב-24 h של $65 \text{ mA}/40 \text{ V}$ (11).

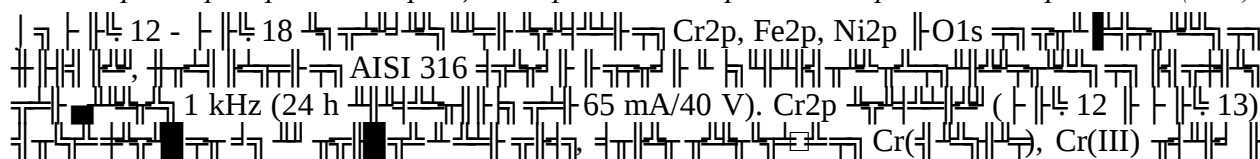
הנתונים הוצגו ב-24 h של $65 \text{ mA}/40 \text{ V}$ (11). SEM, $\approx$, C_d , C_f , n- type .

הנתונים הוצגו ב-24 h של $65 \text{ mA}/40 \text{ V}$ (11). SEM, $\approx$, C_d , C_f , n- type .

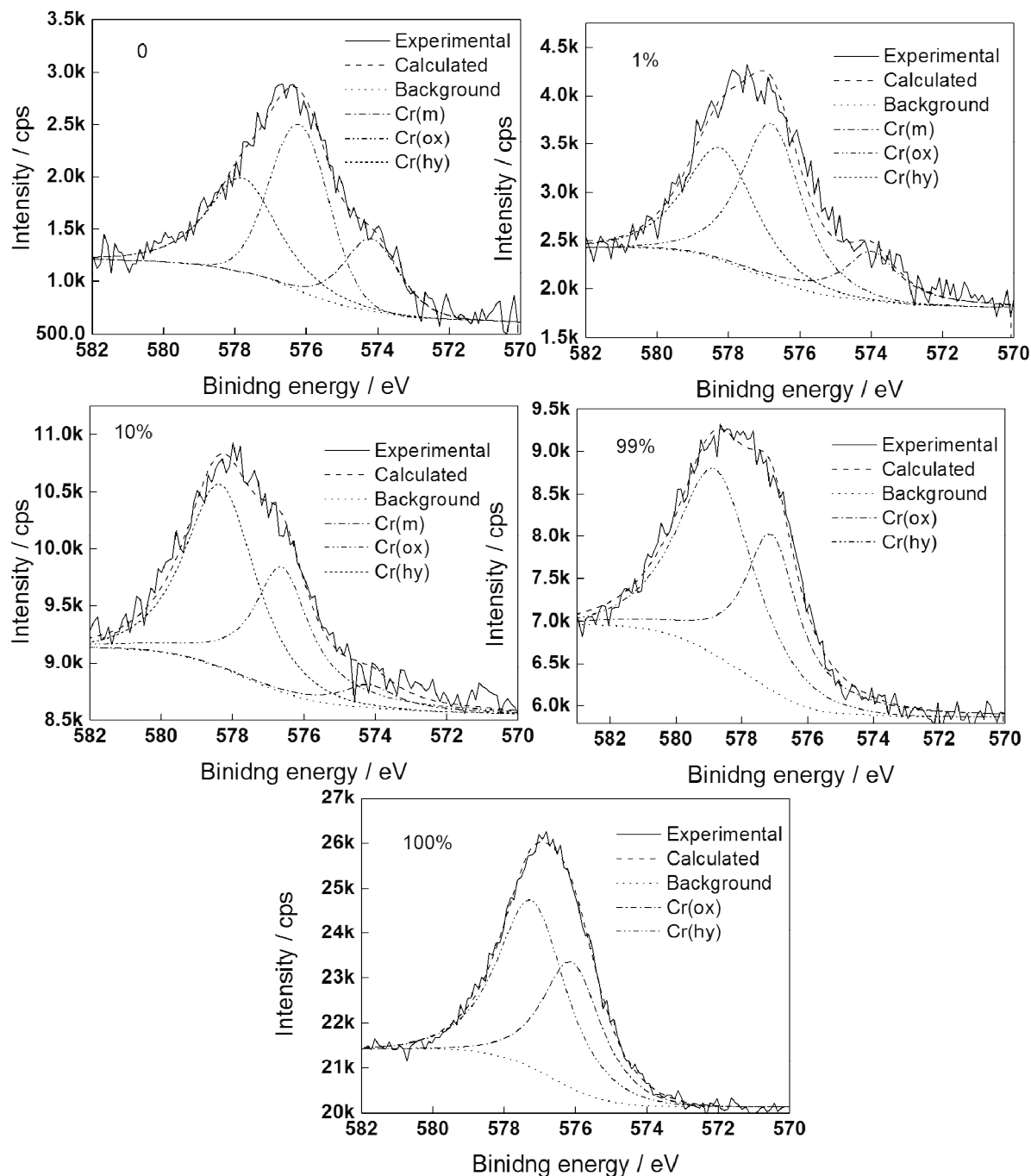


Фиг. 11. Капацитет на двойния слой (горе), поляризационно съпротивление (в средата) и капацитета на повърхностния филм (долу) за AISI 316 аноди и катоди след 24 h импулсна електролиза при различни наситености на импулса и постоянна честота 1 kHz (вляво) и различни честоти при наситеност 10% (вдясно).

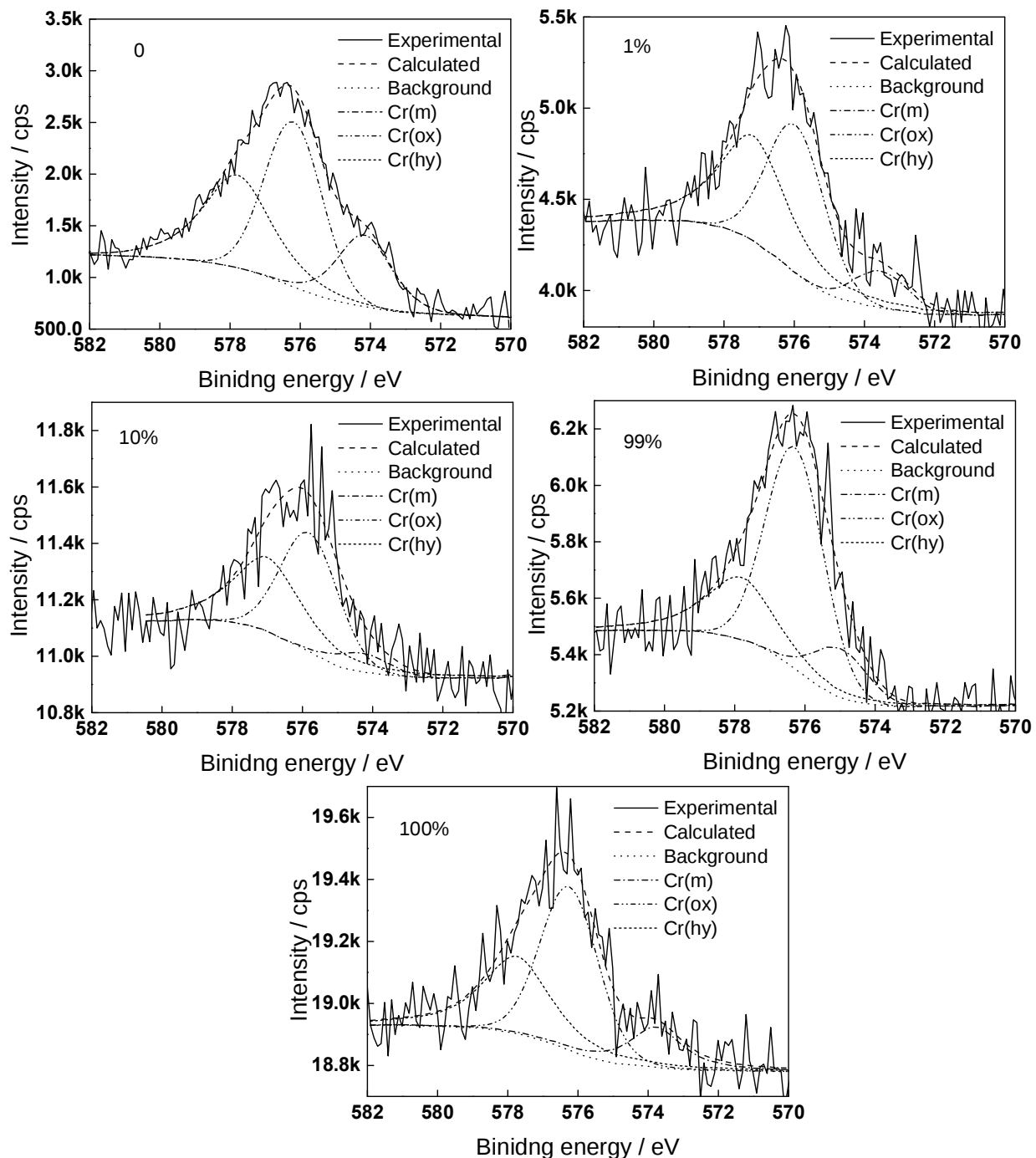
5.3 Характеризиране на образците с рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS)



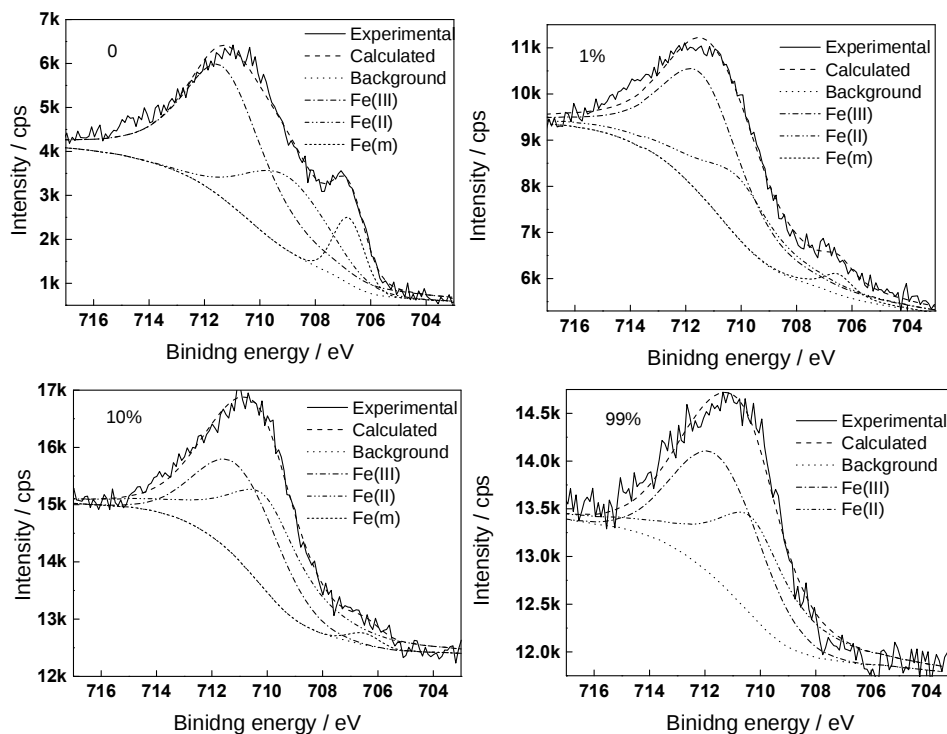
Cr(III) 10% 10 nm. Fe Fe2p (14 15). Fe(II) Fe(III) 16), Ni(OH)₂. Cr Fe 19. (Cr Fe), Cr(III) Fe(II) Fe(III). ≤ Cr Fe (20) 1 kHz. Cr Cr O1s (17 18), Cr2p, Fe2p Ni2p. 17 18 O1s Cr₂O₃, Cr(OH)₃, Fe₂O₃ Cr₂O₃, Fe₂O₃ Ni(OH)₂. O1s 20 (21). XP Cr2p, Fe2p Ni2p (20, 21). Cr(OH)₃ Cr₂O₃ Cr



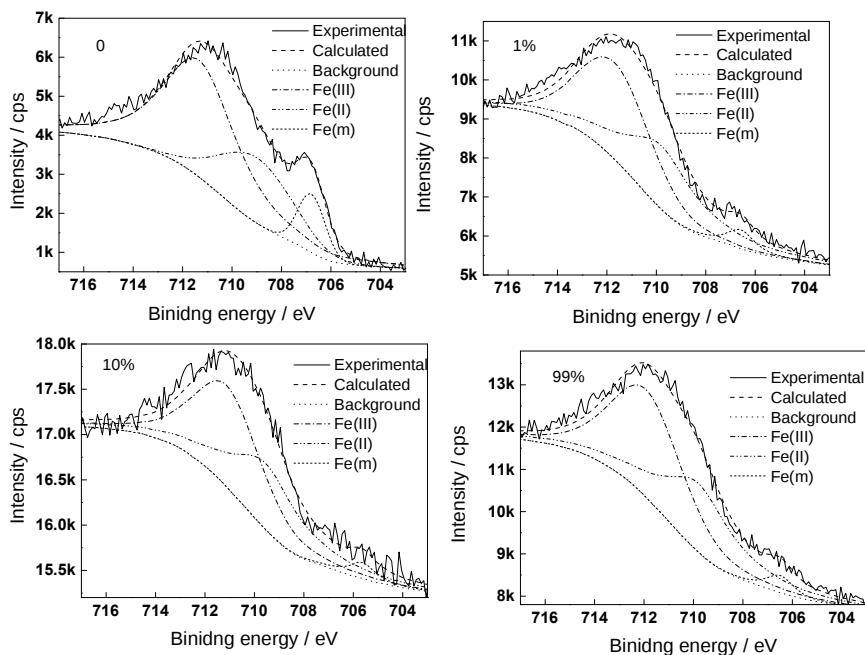
Фиг. 12. XР спектри на Cr_{2p} за филми формирани на повърхността на AISI 316 катоди след 24 h електролиза (65 mA / 40 V) за различни наситености при постоянна честота 1 kHz. 0 – референтен образец, 100% - постоянотоков режим.



Фиг. 13 XР спектри на Cr_{2p} за филми формирани на повърхността на AISI 316 аноди след 24 h електролиза (65 mA / 40 V) за различни наситености при постоянна честота 1 kHz. 0 – референтен образец, 100% - постоянотоков режим.



Фиг. 14. XР спектри на Fe_{2p} за филми формиращи на повърхността на AISI 316 катоди след 24 h електролиза (65 mA / 40 V) за различни наситености при постоянна честота 1 kHz. 0 – референтен образец.



Фиг. 15 XР спектри на Fe_{2p} за филми формиращи на повърхността на AISI 316 аноди след 24 h електролиза (65 mA / 40 V) за различни наситености при постоянна честота 1 kHz. 0 – референтен образец.

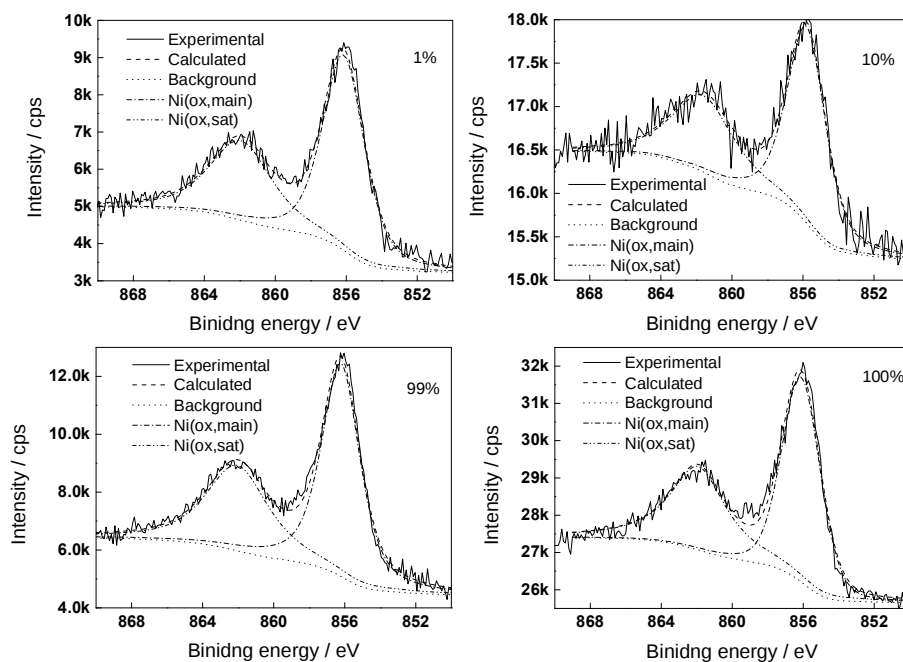


Fig. 16 XPS spectra of Ni 2p for films formed on the surface of AISI 316 anodes after 24 h electrolysis (65 mA / 40 V) for different saturations at a constant frequency of 1 kHz. 0 – reference sample, 100% – constant current mode.

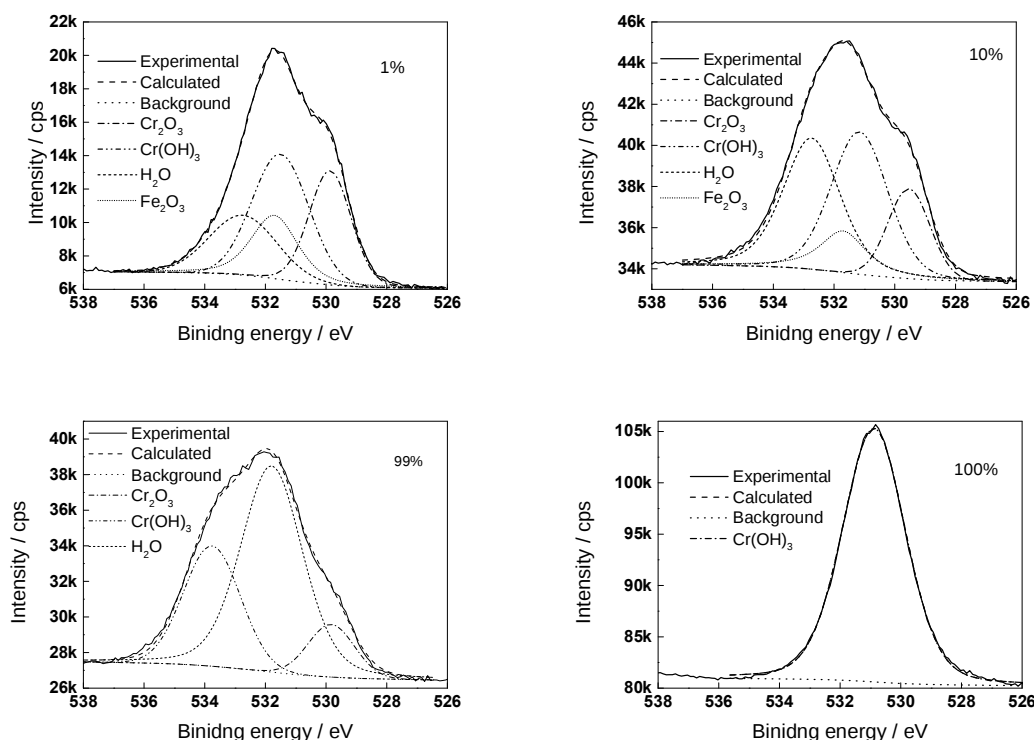
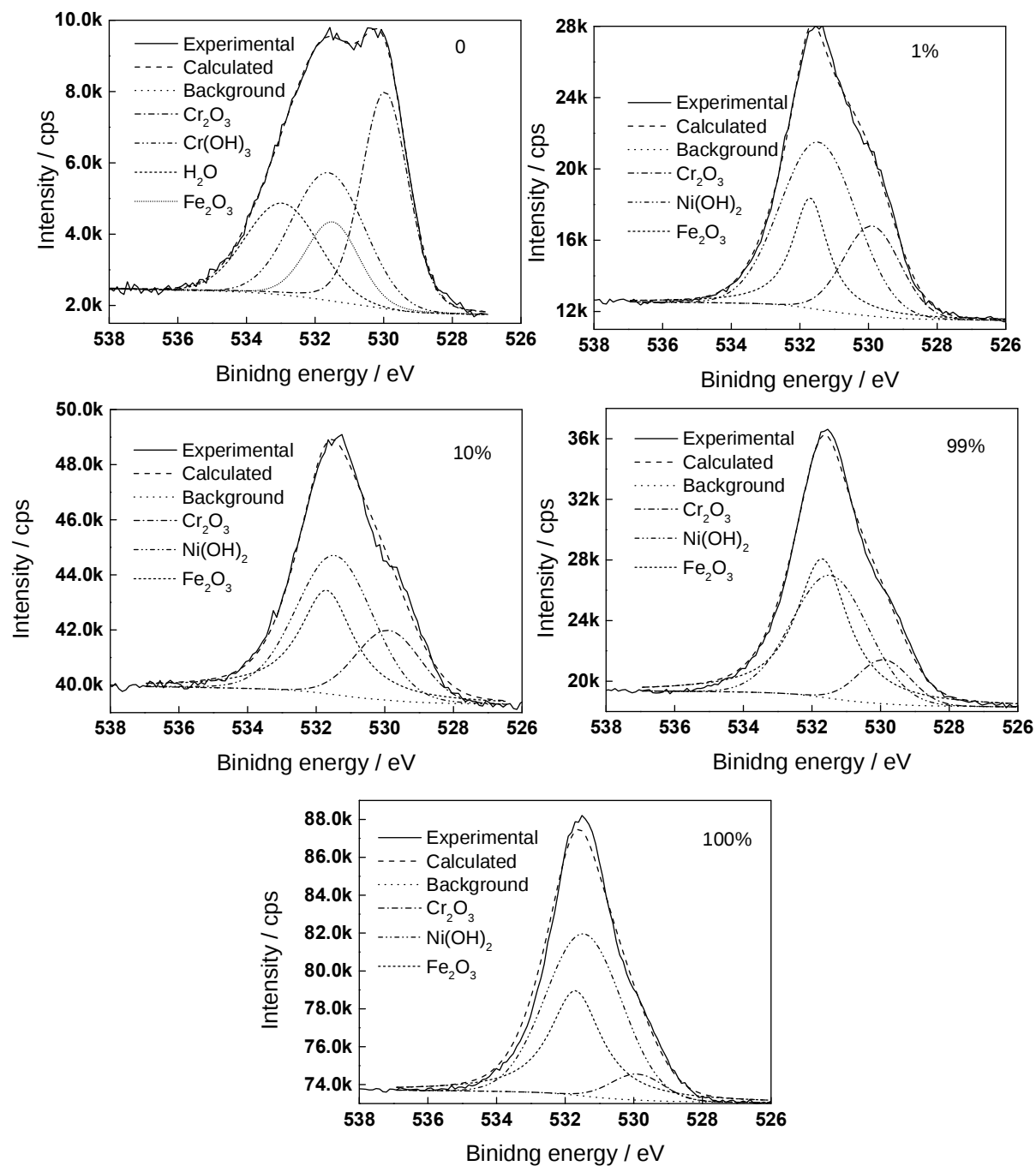
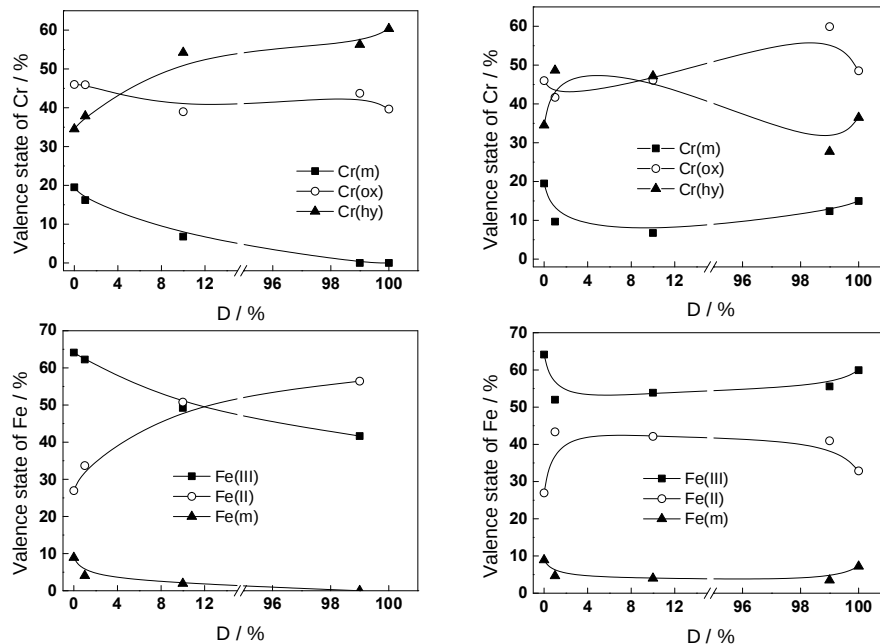


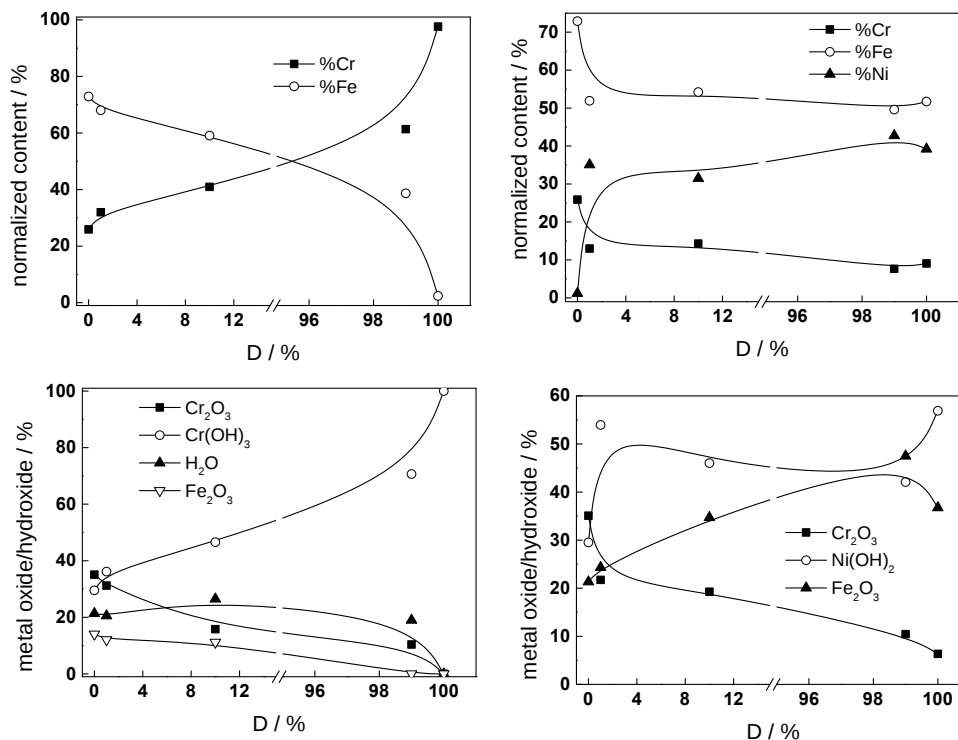
Fig. 17 XPS spectra of O 1s for films formed on the surface of AISI 316 cathodes after 24 h electrolysis (65 mA / 40 V) for different saturations at a constant frequency of 1 kHz. 0 – reference sample, 100% – constant current mode.



Фиг. 18 XPS спектри на O1s за филми формирани на повърхността на AISI 316 аноди след 24 h електролиза (65 mA / 40 V) за различни наситености при постоянна честота 1 kHz. 0 – референтен образец, 100% - постояннотоков режим.

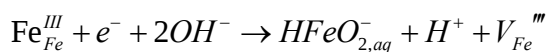
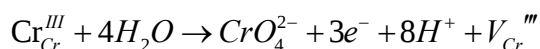
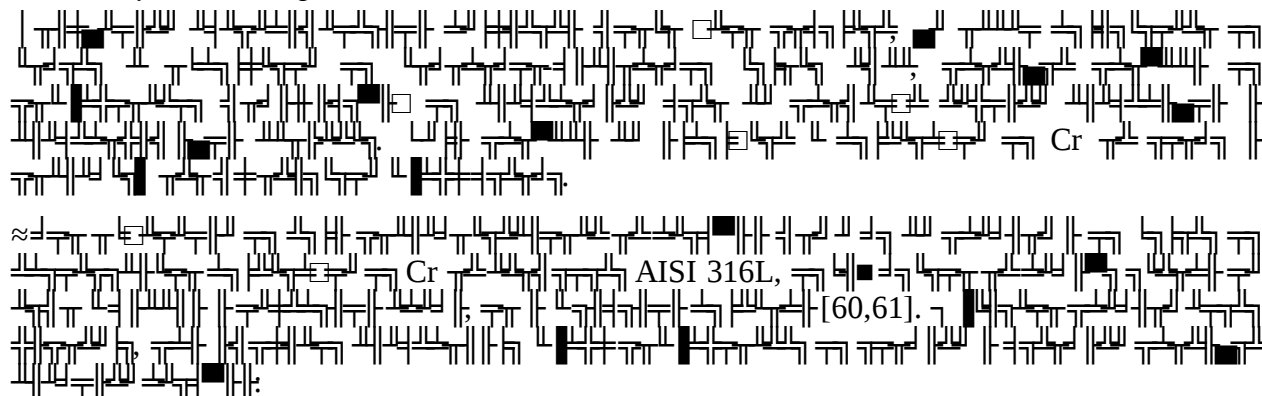


Фиг. 19. Зависимост на относителното съдържание на различните валентни състояния на Cr(горе) и Fe (долу) от наситеността на импулса при 1 kHz за филми върху AISI 316 катоди (ляво) и аноди (дясно).



Фиг. 20. (горе) Нормирано съдържание на метални компоненти в повърхностните филми върху AISI 316 катоди (вляво) и аноди (вдясно) в зависимост от наситеността на импулса при 1 kHz; (долу) разпределение на металните оксиди и хидроксида в повърхностните филми върху AISI 316 катоди (вляво) и аноди (вдясно) в зависимост от наситеността на импулса при 1 kHz.

5.4 Обща представа за катодните и анодни процеси, които протичат по време на импулсна електролиза



Cr(III) V_{Cr}''' Fe(III) (V_{Fe}''') Fe(II).

Cr(III) (20).

Cr(III) $Cr(OH)_3$ [61,62].
(20). $Cr(OH)_3$ XP (19).

AISI316L

(III)

10 nm,

XP

Cr

Fe

(6)

11)

6

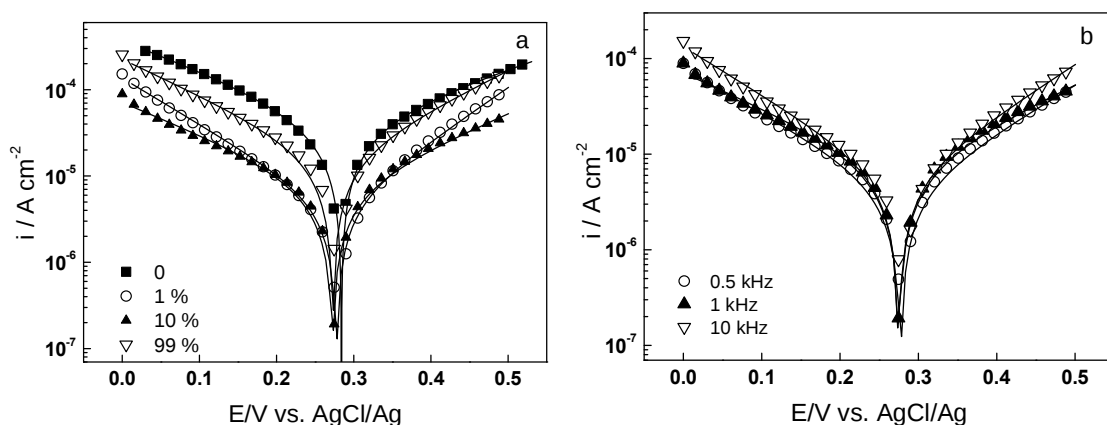
6.1 Електронна проводимост на повърхностния слой

24 h (pH 7.3) $K_3Fe(CN)_6/K_2Fe(CN)_6$ 21 22. ≤ Butler-Volmer (1). ≤ 21 22,

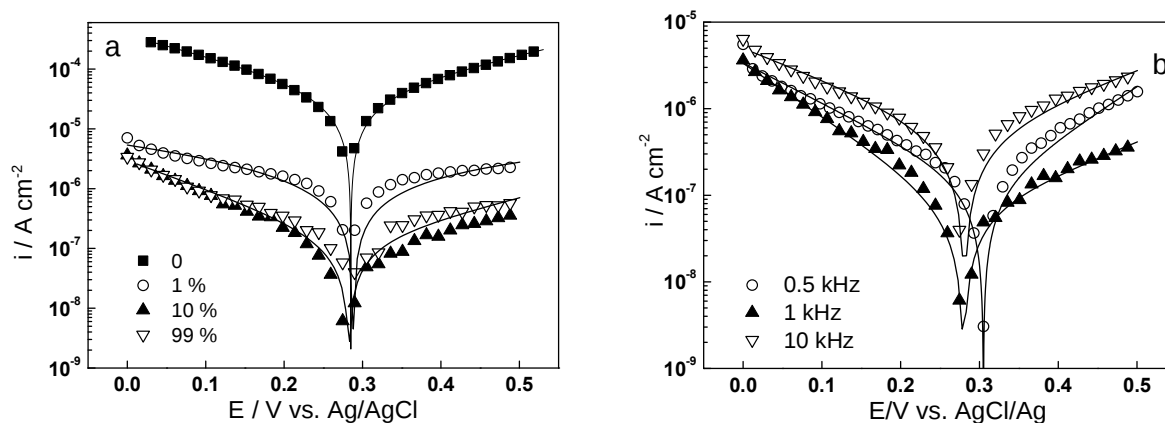
1 kHz (99% 10% (23). (b_a) 6 V⁻¹, (b_c) 10 V⁻¹, Ti 40 V⁻¹

~ (b)

23a). [63-65] (6)



Фиг. 21. Влияние на наситеността на импулса (%) при постоянна честота от 1 kHz (а) и на честотата при постоянна наситеност на импулса 10% (б) върху волтаметрични зависимости на Ti катоди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. 0 – референтен образец. Точки – експериментални резултати, линии – изчислени зависимости въз основа на уравнението на Butler-Volmer.

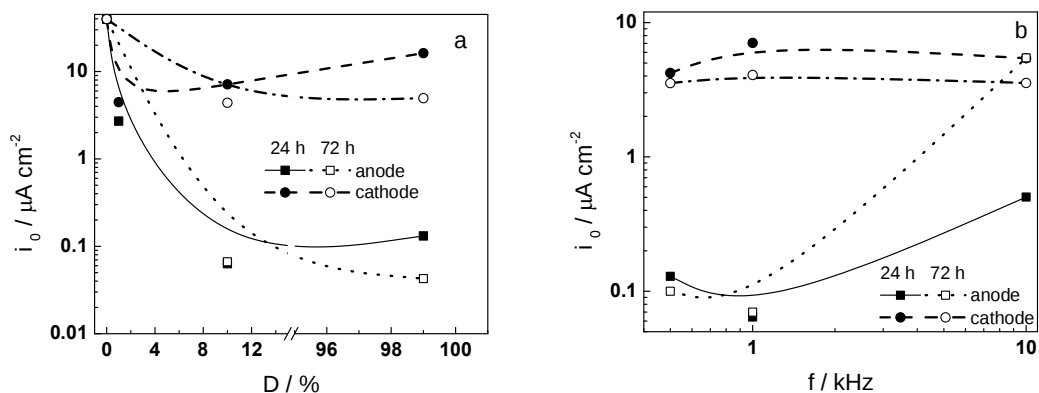


Фиг. 22. Влияние на наситеността на импулса (%) при постоянна честота от 1 kHz (а) и на честотата при постоянна наситеност на импулса 10% (б) върху волтаметрични зависимости на Ti аноди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. 0 – референтен образец. Точки – експериментални резултати, линии – изчислени зависимости въз основа на уравнението на Butler-Volmer.

$$i_0 = i_{0,L_0} e^{-\beta(L-L_0)} \quad (6)$$

i_{0,L_0} (L_0), L 10^8 cm^{-1} [65,66]).

7.9 nm [67], L , (6)
10-12 nm



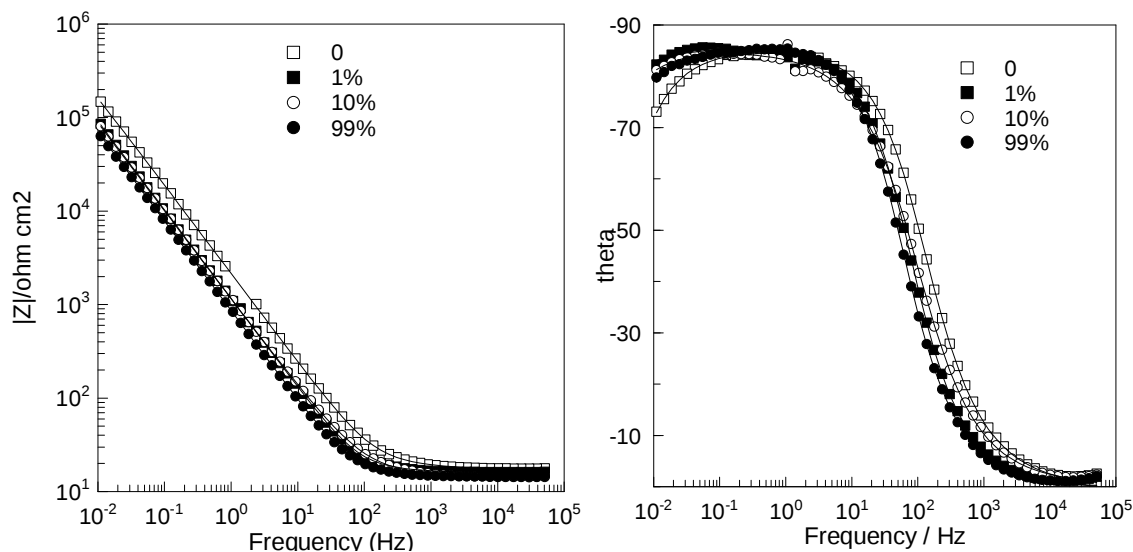
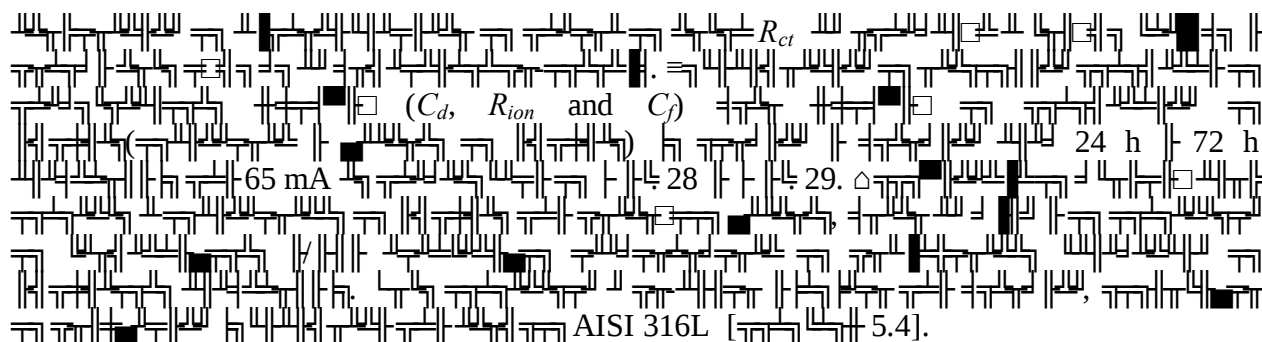
Фиг. 23. Сравнение между обменния ток за Ti анод и катод след 24 h и 72 h импулсна електролиза при 65 mA/40 V за различни наситености при честота 1 kHz (a) и при различни честоти и наситеност 10% (b).

6.2 Йонна проводимост на повърхностния филм

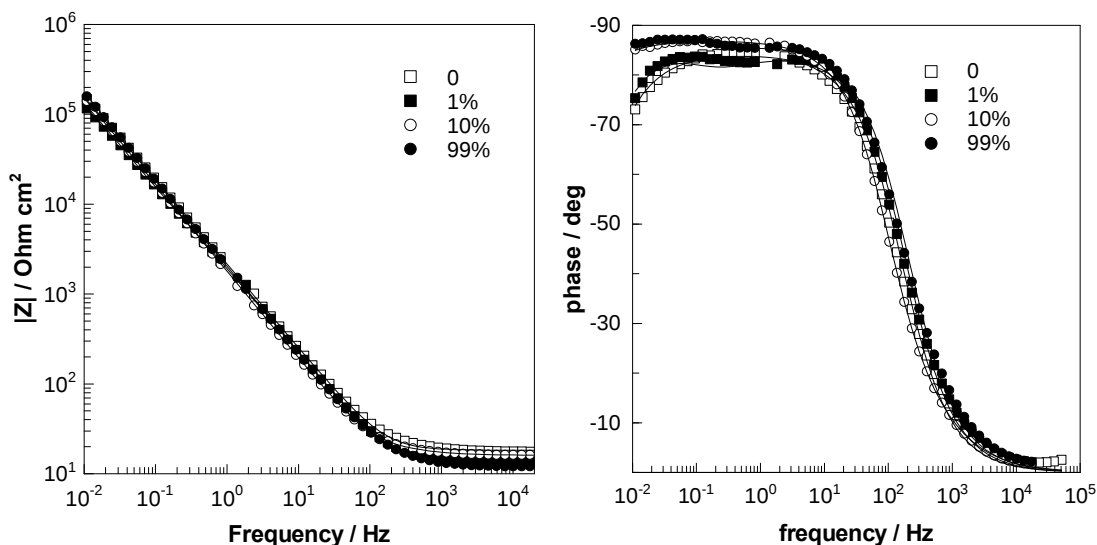
(pH 7.3). 1 kHz
24 - 25 h
65 mA. Δ
(26 - 27).

(2). $\leq$
(CPE). Δ
Brug et al. (3) [59].

$\leq$
24 - 27

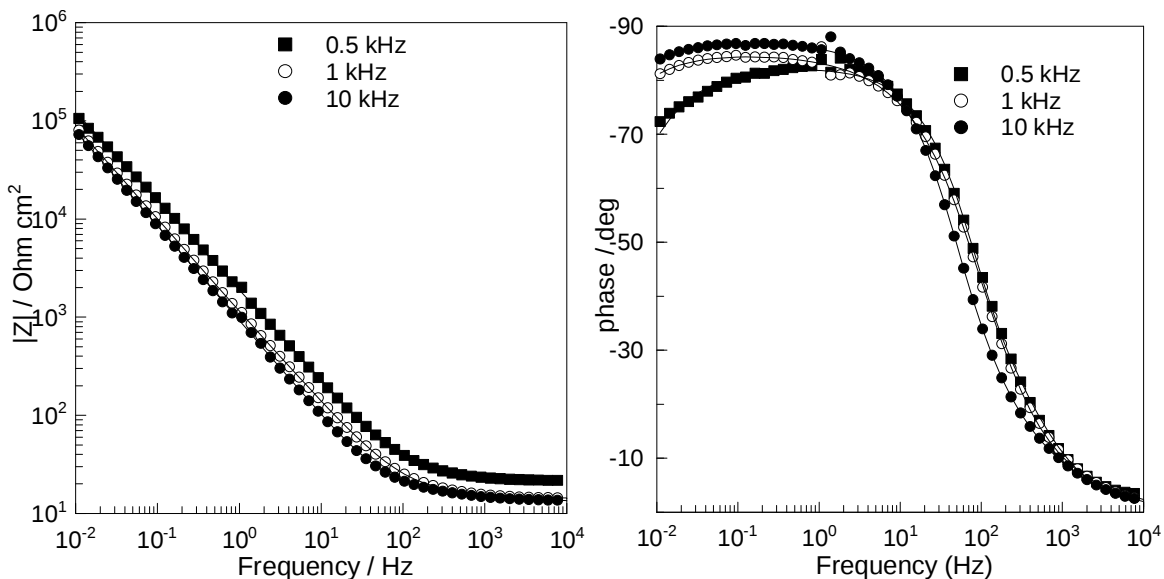


Фиг. 24 Влияние на наситеността на импулса при честота 1 kHz върху импедансните спектри на Ti катоди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. Вляво – големина на импеданса спрямо честотата, вдясно – фазово отместване спрямо честотата, 0 – референтен образец. Точки – експериментални данни, линии – изчислени криви.

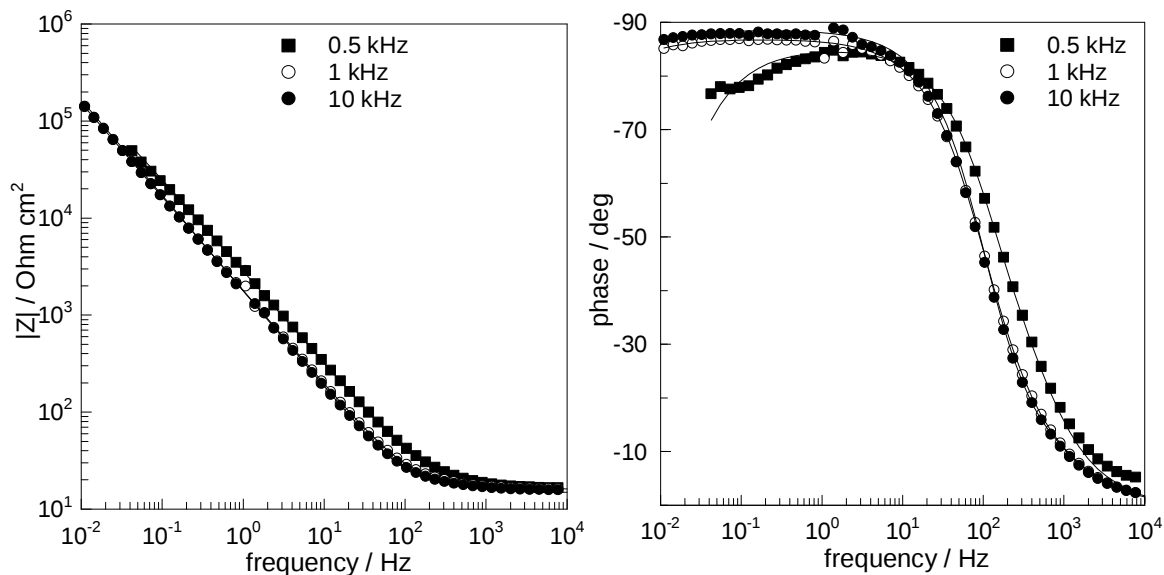


Фиг. 25 Влияние на наситеността на импулса при честота 1 kHz върху импедансните спектри на Ti аноди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. Вляво – големина на импеданса спрямо

честотата, вдясно – фазово отместване спрямо честотата, θ – референтен образец. Точки – експериментални данни, линии – изчислени криви.

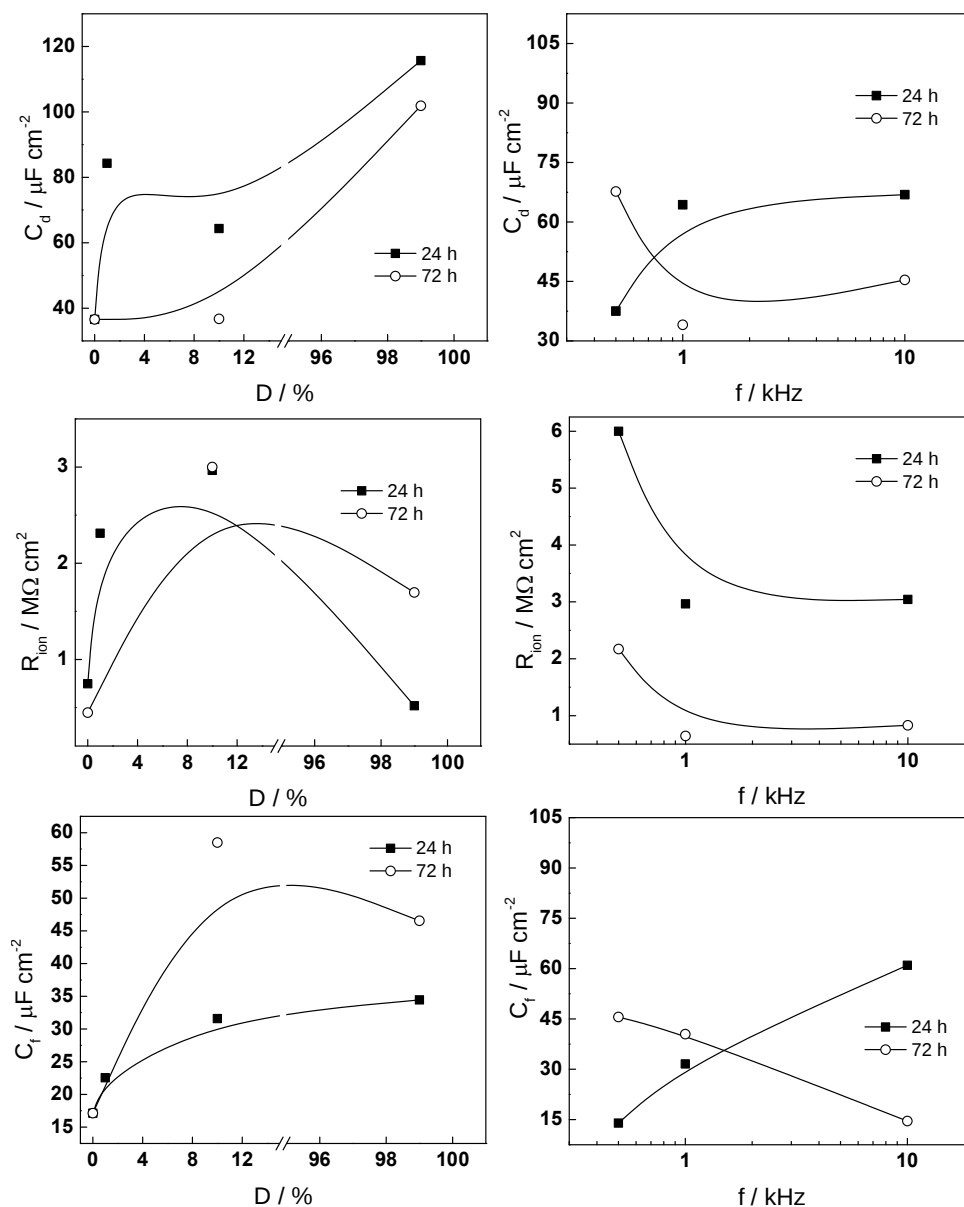
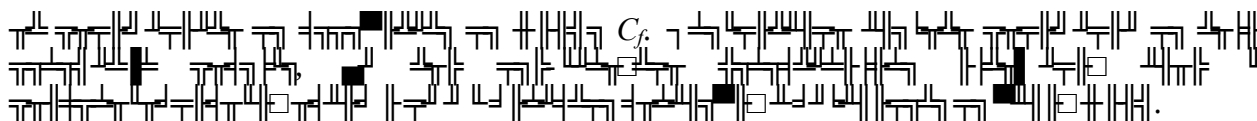


Фиг. 26 Влияние на честотата на импулса при наситеност 10% върху импедансните спектри на Ti катоди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. Вляво - големина на импеданса спрямо честотата, вдясно - фазово отместване спрямо честотата.

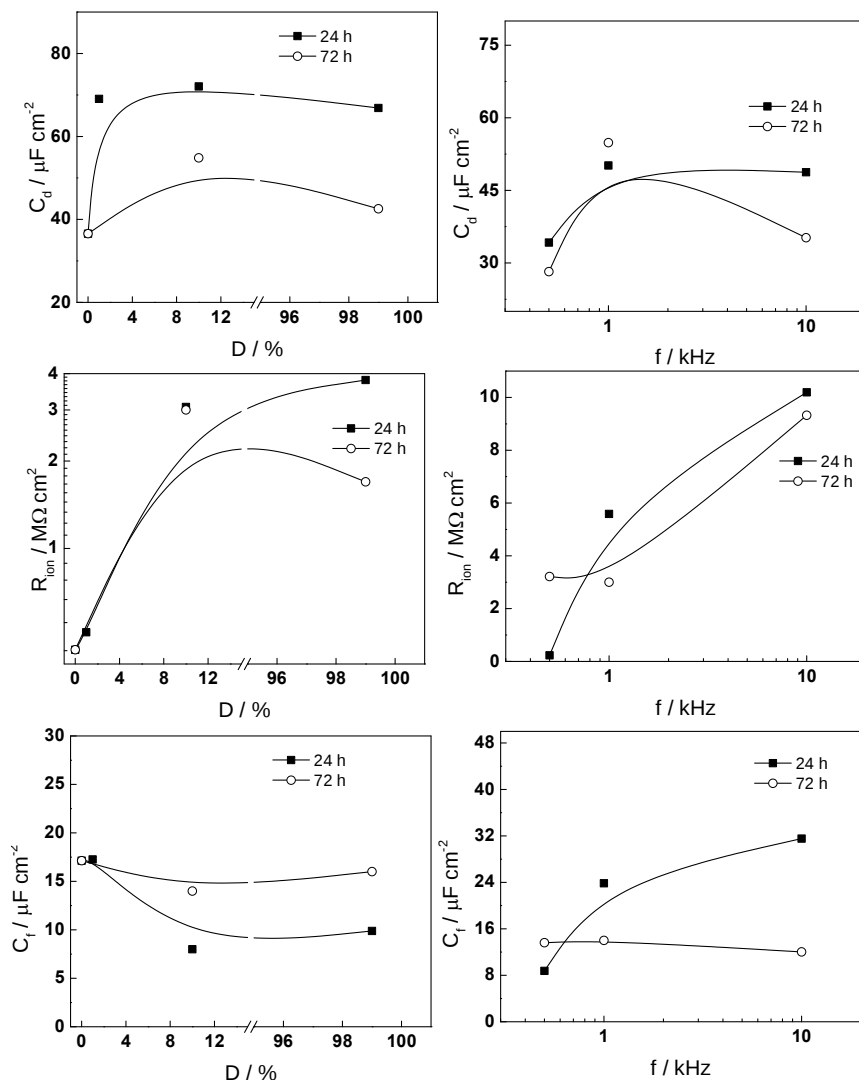


Фиг. 27 Влияние на честотата на импулса при наситеност 10% върху импедансните спектри на Ti аноди след 24 h електролиза при 65 mA/40 V. Вляво - големина на импеданса спрямо честотата, вдясно - фазово отместване спрямо честотата.





Фиг. 28. Сравнение между капацитета на двойния слой (горе), поляризационно съпротивление (в средата) и капацитета на повърхностния филм (долу) за Ti катоди след 24 и 72h импулсна електролиза при различни наситености на импулса и постоянна честота 1 kHz (вляво) и различни честоти при наситеност 10% (вдясно).



Фиг. 29 Сравнение между капацитета на двойния слой (горе), поляризационно съпротивление (в средата) и капацитета на повърхностния филм (долу) за Ti аноди след 24 и 72h импулсна електролиза при различни наситености на импулса и постоянна честота 1 kHz (вляво) и различни честоти при наситеност 10% (вдясно).

[68]:

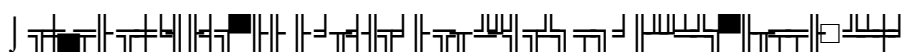
$$R_{ion} = \frac{RTa}{4F^2 D_o' (1-\alpha)} \frac{k_c}{k_g} e^{L/a} \quad (7)$$

a , D_o' , $\tilde{U}$, k_g , k_c , $\tilde{n}$, L

1. St. Horvath, Electrolysis apparatus. US Patent 3954592 (1976).
2. Y. Brown, Arc-assisted oxy/hydrogen welding, US Patent 4 081 656 (1978)
3. E. Spirig, Water decomposing apparatus. US Patent 4113601 (1978).
4. C.D. Themu, High voltage electrolytic cell. US Patent 4316787 (1980).
5. H.K. Puharich, Method & Apparatus for Splitting Water Molecules. US Patent 4,394,230 (1983).
6. S.A. Meyer, Electric pulse generator. US Patent 4613779 (1986).
7. S.A. Meyer, Gas generator voltage control circuit. US Patent 4798661 (1989).
8. S.A. Meyer, Process and apparatus for the production of fuel gas and the enhanced release of thermal energy from such gas. US Patent 5149407 (1992).
9. R.M. Santilli, Durable and efficient equipment for the production of a combustible and non-pollutant gas from underwater arcs and method therefore. US Patent 6183604 (2001).
10. S.B. Chambers, Method for producing orthohydrogen and/or parahydrogen. US Patent 6419815 (2002).
11. A.W. Bott, *Current Separations* 18 (2000) 125.
12. N. Ibl, J.Cl. Puippe, H. Angerer, *Surface Technology*, 6 (1978) 287.
13. A. H. Shaaban, *J. Electrochem. Soc.* 140(1993)2863.
14. T. Hirato, Y. Yamamoto, Y. Awakura, *Surface and Coatings Technology* 169/170 (2003) 135.
15. K. Kuroda, H. Shidu, R. Ichino, M. Okido, *Materials Transactions* 48 (2007) 328.
16. M.S. Chandrasekar, M. Pushpavanam, *Electrochimica Acta* 53 (2008) 3313.
17. N. Shimizu, S. Hotta, Sekiya T, O. Oda, *Journal of Applied Electrochemistry* 36 (2006) 419.
18. J. Nishizawa, T. Teriyaki, J. Shibata, *IEEE Trans. Electron Dev.* ED-22 (1975) 185.
19. N. Shimizu, K.-S. Lee, M. Yuri, Y. Ikeda, K. Murdock, Proc. 10th Symp. Static Induct. Dev. SSID-97-6 (1997) 29.
20. R. Hironaka, M. Watanabe, E. Hotta, A. Okino, M. Maeyama, K.-C. Ko, N. Shimizu, *IEEE Trans. Plasma Sci.* 28 (2000) 1524.
21. M. Vanags, J. Kleperis, G. Bajars, Water Electrolysis with Inductive Voltage Pulses, Chapter 2 in *Electrolysis*, Janis Kleperis (Ed.), ISBN: 978-953-51-0793-4, InTech, 2012.
22. M. Vanags, P. Shipkovs, J. Kleperis, G. Bajars, A. Lusiš, In *Selected Articles Of Hydrogen Phenomena*. Editors: T. Nejat Vezhboğlu, M. Oktay Alniak, J enay Yalçin; I.Basın: Ekim 2009, ISBN: 978-605-5936-23-5, p. 39.
23. M. Vanags, J. Kleperis, G. Bajars, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36 (2011) 1316.
24. M. Vanags, J. Kleperis, G. Bajars, *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, No 48 (2011) 34.
25. M. Vanags, J. Kleperis, G. Bajars, A. Lusiš, *Journal of Physics: Conference Series* 93 (2007) 012025.
26. M. Vanags, P. Aizpuriētis, G. Bajars, J. Kleperis, J. Klavins, *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology* 9 (113) (2012)21-27.
27. R. Santilli, *International Journal of Hydrogen Energy* 31 (2006) 1113.
28. J.M. Calo, *International Journal of Hydrogen Energy* 32 (2007) 1309.
29. J.V. Kadeisvili, *International Journal of Hydrogen Energy* 33 (2008) 918.

30. M.B. King, *Physics Procedia* 20(2011) 435.
31. Hung-Kuk Oh, *Journal of Materials Processing Technology* 95(1999)8.
32. R.M. Santilli, *International Journal of Hydrogen Energy* 28 (2003) 177.
33. R.M. Santilli, D.D. Shillady, *International Journal of Hydrogen Energy* 24(1999) 943.
34. R.M. Santilli, Foundations of hadronic chemistry with applications to new clean energies and fuels. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publisher; 2001.
35. K. Zeng, D. Zhang, *Progress in Energy and Combustion Science* 36(6) (2010) 307.
36. K. Mansouri, K. Ibrik, N. Bensalah, A. Abdel-Wahab, *Industrial and Engineering Chemistry Research* 50(23) (2011) 13362.
37. R.F. de Souza, G. Loget, J.C. Padilha, E.M.A. Martini, M.O. de Souza, *Electrochemistry Communications* 10 (2008) 1673.
38. N.≈. Hakiki, M. Da Cunha Belo, A.M.P. Simões, M.G.S. Ferreira, *Journal of Electrochemical Society* 145(1998) 3821.
39. M. Da Cunha Belo, N.E. Hakiki, M.G.S. Ferreira, *Electrochimica Acta* 44(1999) 2473.
40. N.E. Hakiki, S Boudin, B. Rondot, M. Da Cunha Belo, *Corrosion Science* 37(1995) 1809.
41. L. Freire, M.A. Catarino, M.I. Godinho, M.J. Ferreira, M.G.S. Ferreira, A.M.P. Simões, M.F. Montemor, *Cement & Concrete Composites* 34 (2012) 1075.
42. L. Freire, M.J. Carmezim, M.G.S. Ferreira, M.F. Montemor, *Electrochimica Acta* 55 (2010) 6174.
43. C.M. Abreu, M.J. Cristobal, R. Losada, X.R. Novoa, G. Pena, M.C. Perez, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 572 (2004) 335.
44. J. Deakin, Z. Dong, B. Lynch, R. C. Newman, *Corrosion Science* 46 (2004) 2117.
45. C.M. Abreu, M.J. Cristóbal, R. Losada, X.R. Nóvoa, G. Pena, M.C. Pérez, *Electrochimica Acta* 49 (2004) 3049.
46. M. Sakashita, N. Sato, in: R.P. Frankenthal, J. Kruger (Eds.), Passivity of Metals, Corrosion Monograph Series, The Electrochemical Society, Princeton, USA, 1978, p. 479.
47. M.Ibrahim, D.Pohgkao, M.Yoshimura, *Journal of Solid State Electrochemistry* 6 (2002) 341.
48. A. R. Prusi, L.D. Arsov, *Corrosion Science* 33 (1992) 153.
49. A. Prusi, L. Arsov, *Journal of Solid State Electrochemistry* 11(2007) 355.
50. P. Acevedo-Peña, G. Vázquez, D. Laverde, J. E. Pedraza-Rosas, I. González, *Journal of Solid State Electrochemistry* 14 (2010) 757.
51. S. Lee, M. Takai, H. Kim, K. Ishihara, *Current Applied Physics* 9 (2009) e266.
52. X. Huang, Z. Liu, *Surface & Coatings Technology* 232 (2013) 224.
53. A. Prusi, L. Arsov, B. Haran, B N. Popov, *Journal of The Electrochemical Society* 149 (2002) B491.
54. S. Fujimoto, T. Shibata, K. Wada, T. Tsutae, *Corrosion Science* 35 (1993) 147.
55. S. Fujimoto, S. Kawachi, T. Nishio, T. Shibata, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 473 (1999) 265.
56. S. Fujimoto, K. Tsujino, T. Shibata, *Electrochimica Acta* 47 (2001) 543.
57. S. Fujimoto, T. Shibata, *Electrochemistry* 67 (1999) 1156.
58. S. Fujimoto, V. Raman, H. Tsuchiya, *Journal of Physics: Conference Series* 165 (2009) 012007.

59. G. Brug, A. Van Den Eeden, M. Sluyters-Rehbach, J. Sluyters, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 176 (1984) 275.
60. N. Laycock, R. Newman, J. Stewart, *Corrosion Science* 37 (1995) 1637.
61. L. Eary, D. Rai, *Environmental Science and Technology* 22 (1988) 972.
62. M. Powell, R. W. Puls, S. K. Hightower, D.A. Sabatini, *Environmental Science and Technology* 29(1995) 1913.
63. J.W. Schultze, L. Elfental, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 204 (1986) 153.
64. J.W. Schultze, V.A. Macagno, *Electrochimica Acta* 31 (1986) 355.
65. M. Kamrunnagar, J.E. Bao, D.D. Macdonald, *Corrosion Science* 47 (2005) 3111.
66. T. P. Moffat, H. Yang, F.-R. F. Fan, A. J. Bard, *Journal of the Electrochemical Society* 139 (1992) 3158.
67. E. McCafferty, J.P. Wightman, *Applied Surface Science* 143 (1999) 92.
68. M. Bojinov, G. Fabricius, T. Laitinen, K. Mäkelä, T. Saario, G. Sundholm, *Electrochimica Acta* 46 (2001) 1339.



Научни публикации

1. D. Hristova, I. Betova, Tz. Tzvetkoff, **An electrochemical and surface analytical study of the degradation of electrode material during pulse electrolysis of water**, Proc. 10th International Symposium on Electrochemical Methods in Corrosion Research, Extended Abstract No. Th-22.
2. (a) D. Hristova, I. Betova, Tz. Tzvetkoff, **An electrochemical and analytical characterization of surface films on AISI 316 as electrode material for pulse electrolysis of water**, *International Journal of Hydrogen Energy* 38(2013)8232-8243 (DOI: 10.1016/j.ijhydene.2013.05.030); (b) D. Hristova, I. Betova, Tz. Tzvetkoff, **An electrochemical and analytical characterization of surface films on AISI 316 as electrode material for pulse electrolysis of water**, *E-Journal Mathematical Modeling and Computer Simulation* 2(4)(2014)5-22.
3. (a) D. Hristova, I. Betova, Tz. Tzvetkoff, **Ionic and electronic conductivity of the surface film on titanium during pulse electrolysis of water**, *Bulgarian Chemical Communications* 45(SE A) (2013)74-81 (DOI: 10.1016/j.bcc.2013.05.001); (b) Tz. Tzvetkoff, D. Hristova, I. Betova, **Ionic and electronic conductivity of the surface film on titanium during pulse electrolysis of water**, *E-Journal Mathematical Modeling and Computer Simulation* 2(4)(2014)28-29.

Доклади на научни конференции

1. D. Hristova, I. Betova, Tz. Tzvetkoff, **An electrochemical and surface analytical study of the degradation of electrode material during pulse electrolysis of water**, 10th International Symposium on Electrochemical Methods in Corrosion Research, Maragogi, Brazil, 2012, Th-22 (DOI: 10.1016/j.ijhydene.2013.05.030).
2. D. Hristova, I. Betova, Tz. Tzvetkoff, **Ionic and electronic conductivity of the surface film on titanium during pulse electrolysis of water**, Sofia Electrochemical Days 2012: December 10-13, 2012 (DOI: 10.1016/j.ijhydene.2013.05.030).
3. D. Hristova, I. Betova, Tz. Tzvetkoff, **An electrochemical and analytical characterization of surface films on AISI 316 as electrode material for pulse electrolysis of water**, 7th International Conference on Electrochemical Methods in Corrosion Research, Sofia, Bulgaria, 2013 (DOI: 10.1016/j.ijhydene.2013.05.030).
4. D. Hristova, I. Betova, Tz. Tzvetkoff, **An electrochemical and surface analytical study of the degradation of electrode material during pulse electrolysis of water**, 8th National Conference on Chemistry, Sofia, Bulgaria, 2014, 1-05 (DOI: 10.1016/j.ijhydene.2013.05.030).