

# Skandžio ir cerio oksidais stabilizuoto cirkonio oksido keramikų elektrinės savybės

## Electrical properties of scandia- and ceria-stabilized zirconia ceramics

Saulius Kazlauskas, Edvardas Kazakevičius, Algimantas Kežionis  
Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9/3, LT-10222 Vilnius  
[saulius.kazlauskas@ff.vu.lt](mailto:saulius.kazlauskas@ff.vu.lt)

Fluorito kristalinės struktūros deguonies jonų laidininkai yra naudojami kietųjų kūnų oksidų kuro elementuose, bei kituose elektrocheminiuose įtaisuose.

Skandžio oksidu stabilizuotas cirkonio oksidas yra vienas iš laidžiausių stabilizuoto cirkonio oksido junginių. Tačiau esant 9–13 mol%  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  koncentracijoms, šių medžiagų temperatūrai pasiekus mažiau 800-820 K, jose įvyksta struktūrinis fazinis virsmas iš romboedrinės į kubinę fazę [1]. Dėl struktūrinės fazės nestabilumo tokia medžiaga netinka praktiniams taikymams. Tačiau yra žinoma, kad šią medžiagą legiravus nedideliu kiekiu kitų oksidų, jos kubinę fazę galima išlaikyti iki kambario temperatūros [2]. Šiame darbe yra pristatomos 10 mol%  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  ir 1 mol%  $\text{CeO}_2$  stabilizuoto cirkonio oksido (10Sc1CeSZ) elektrinės savybės. Jos bus lyginamos su anksčiau ištirtu 10 mol%  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  stabilizuoto cirkonio oksido (10ScSZ) keramikų elektrinėmis savybėmis [1].

Keramikos iš 10Sc1CeSZ miltelių buvo sukepinamos 2h 1500 °C temperatūroje. Naudojant Rentgeno spindulių difrakcijos metodą nustatyta, kad pagamintos 10Sc1CeSZ keramikos kambario temperatūroje yra kubinės fazės. Jų elektrinių savybių tyrimai buvo atlikti matuojant pilnutinę kompleksinę varžą dažnių intervale nuo 1 Hz iki 10 GHz, 300-900 K temperatūrose [3].

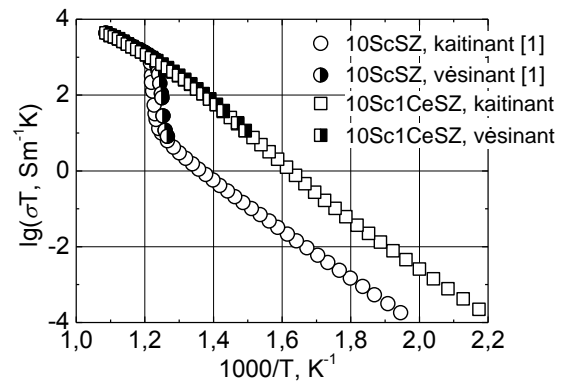
Dažninėse pilnutinės kompleksinės varžos priklausomybėse buvo stebėtos dispersijos, susijusios su krūvininkų relaksacija elektriniame lauke. Relaksacijos trukmės turi tam tikrą pasiskirstymą, kurio forma, plotis ir kitos savybės suteikia informacijos apie krūvininkų dinamiką medžiagoje. Rezultatų analizei buvo naudojamas specialus algoritmas, skirtas nustatyti krūvininkų relaksacijos trukmių pasiskirstymą (RTP) iš dažninių kompleksinės varžos priklausomybių. Krūvininkų RTP funkcija buvo randama skaitmeniškai sprendžiant integralinę lygtį [4]:

$$\frac{\tilde{z}(\omega)}{z_b} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) \cdot \frac{1-i\omega\tau}{1+\omega^2\tau^2} d \lg(\tau). \quad (1)$$

Čia  $f(\tau)$  yra ieškomoji RTP funkcija,  $\tilde{z}(\omega)$  - bandinio savitoji pilnutinė kompleksinė varža dažnyje  $\omega$ ,  $z_b$  - bandinio žemadažnė varža,  $\tau$  - relaksacijos trukmė,  $i$  - menamasis vienetas. Lygtis (1) yra vadinamasis nekorektiškasis uždavinys, kuris sprendžiamas uždedant papildomas (vadinamas reguliarizavimu) sąlygas. Tik labai tikslūs plačiajuosčiai  $\tilde{z}(\omega)$  matavimų duomenys leidžia surasti patikimą RTP funkcijos pavidalą.

Rezultatai parodė, kad 10ScSZ atveju krūvininkų RTP funkcija fazinio virsmo aplinkoje žymiai išplinta. O

10Sc1CeSZ atveju krūvininkų RTP augant temperatūrai tolydžiai ir monotoniškai siaurėja.



1 pav. Keramikų kristalinių laidumų priklausomybė nuo atvirkštinės temperatūros

Keramikų kristalinių laidumas buvo nustatytas iš savitosios varžos grafikų kompleksinėje plokštumoje  $\rho'' = f(\rho')$ . Kaip matyti iš 1 paveikslo, kaitinimo ir vėsinimo ciklų metu išmatuoti 10Sc1CeSZ keramikų kristaliniai laidumai sutampa. Kai tuo tarpu kristalinio laidumo priklausomybė nuo temperatūros 10ScSZ keramikoms turi histerezę. Taip pat matyti, kad visoms žemesnėms nei 820 K temperatūroms (kai 10ScSZ fazė yra romboedrinė) kristalinių 10Sc1CeSZ laidumas yra 10 ar daugiau kartų didesnis už 10ScSZ kristalinių laidumą. Taigi, šiuo atveju 1 mol%  $\text{CeO}_2$  pridėjimas į 10ScSZ sustabdo mažesnio laidumo romboedrinės fazės atsiradimą žemose temperatūrose.

*Reikšminiai žodžiai: pilnutinė kompleksinė varža, keramika, laidumas, relaksacijos trukmių pasiskirstymo funkcija.*

### Literatūra

- [1] S. Kazlauskas, A. Kežionis, E. Kazakevičius, A.F. Orliukas, *Electrochimica Acta* 134, 176-181 (2014).
- [2] O. Yamamoto, Y. Arati, Y. Takeda, N. Imanishi, Y. Mizutani, M. Kawai, *Solid State Ionics* 79(2), 137-142 (1995).
- [3] A. Kežionis, S. Kazlauskas, D. Petruilionis, A.F. Orliukas, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 62(10), 2456-2461 (2014).
- [4] S. Kazlauskas, A. Kežionis, T. Salkus, A.F. Orliukas, *Solid State Ionics* 231, 37 (2013).