

Strona czasopisma: <http://analit.agh.edu.pl/>

Własności katalityczne platyny w procesach elektrochemicznych zachodzących w materiale $\text{Ba}(\text{Ce}_{0,95}\text{Ti}_{0,05})_{0,9}\text{Y}_{0,1}\text{O}_3$

Platinum catalytic properties in electrochemical processes occurring in $\text{Ba}(\text{Ce}_{0,95}\text{Ti}_{0,05})_{0,9}\text{Y}_{0,1}\text{O}_3$ material

Karolina Lechwa^[a], Małgorzata Dziubaniuk^[a]

[a] AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

ABSTRAKT: Celem pracy było określenie własności katalitycznych platyny w procesach elektrochemicznych zachodzących w materiale $\text{Ba}(\text{Ce}_{0,95}\text{Ti}_{0,05})_{0,9}\text{Y}_{0,1}\text{O}_3$ metodą spektroskopii impedancyjnej (EIS) w różnych atmosferach, w przedziale temperatur 300°C do 700°C, w zakresie częstotliwości od 10^{-1} do 10^7 Hz. Ustalenie składu fazowego materiału było możliwe dzięki zastosowaniu metody rentgenografii dyfrakcyjnej (XRD). Scharakteryzowanie własności elektrycznych materiału, a dokładniej interpretacja mechanizmów przewodzenia była możliwa w oparciu o widma impedancyjne, do których dobrano układy zastępcze. Kolejnym etapem analizy wyników było sporządzenie wykresów Arrheniusa oraz obliczenie energii aktywacji procesów zachodzących w wysokich, średnich oraz niskich częstotliwościach metodą regresji liniowej. Uzyskane widma wraz z analizą pozwoliły na opisanie własności elektrycznych badanego materiału.

ABSTRACT: The aim of this work was characterisation of platinum catalytic properties in electrochemical processes occurring in $\text{Ba}(\text{Ce}_{0,95}\text{Ti}_{0,05})_{0,9}\text{Y}_{0,1}\text{O}_3$ material by means of Electrochemical Impedance Spectroscopy in different gas atmospheres in temperature range 300°C - 700°C, in frequencies range 10^{-1} - 10^7 Hz. Determination of phase composition was possible by use of X-Ray Diffraction Method (XRD). The characterization of materials electrical properties, in particular explanation of the conduction mechanisms, was performed based on impedance spectra with fitted equivalent circuits. The next step of analysis was preparation of Arrhenius plots and energies of activation calculation for the processes occurring in high, medium and low frequencies by means of linear regression. The analysis of obtained data allowed to describe electrical properties of the specimen.

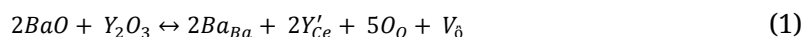
Słowa kluczowe: ceran baru, przewodnik protonowy, elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna (EIS)

1. Wstęp

Ceran baru to związek jonowy krystalizujący w układzie perowskitu CaTiO_3 . Własności elektrochemiczne materiałów, w skład których wchodzi BaCeO_3 , umożliwiają zastosowanie ich w konstrukcjach czujników gazu lub jako elektrolity w ogniwach paliwowych.

Ważnym czynnikiem wpływającym na właściwości elektryczne omawianej grupy materiałów są defekty sieciowe występujące samoistnie bądź też wymuszone poprzez domieszkowanie. Odpowiednia selekcja rodzaju, a także ilości domieszki może spowodować poprawę właściwości chemicznych oraz fizycznych materiałów.

Niedomieszkowany ceran baru wykazuje niskie przewodnictwo protonowe. Wprowadzenie trójwartościowej domieszki, powoduje znaczną poprawę własności elektrycznych. Jony takie jak Y^{3+} podstawiają czterowartościowe jony Ce^{4+} , co skutkuje powstaniem odpowiedniej ilości wakancji tlenowych zgodnie z warunkiem utrzymania elektrobojętności. Poniższe równanie przedstawia tworzenie wakancji tlenowych według notacji Krögera- Vinka [1]:



Dodatkową zaletą wprowadzenia domieszki itru w tym przypadku jest zmniejszenie wielkości ziaren spiekanych materiałów, co wpływa korzystnie na efektywność procesów elektrochemicznych w nich zachodzących [2]. Z drugiej strony domieszka jonów itru może się przyczyniać do spadku odporności na działanie czynników korozyjnych.

Zgodnie z doniesieniami literaturowymi umieszczenie domieszkowanego materiału w atmosferze zawierającej wodór bądź parę wodną prowadzi do powstania defektów protonowych. Biorąc pod uwagę małe rozmiary defektów protonowych można założyć, że przyłączają się one do jonów tlenowych tworząc grupy OH:



Wysoka wartość przewodnictwa protonowego w różnych atmosferach oraz temperaturach jest zdecydowanym walorem ceranów. Wykazują one jednak niedostatek odporności na działanie korozyjne CO₂ i H₂O. Ceran baru reaguje z dwutlenkiem węgla tworząc BaCO₃ i CeO₂, natomiast wilgoć zawarta w powietrzu powoduje powstanie faz Ba(OH)₂ i CeO₂.

Wprowadzając jony pierwiastków takich pierwiastków jak: Ti, In lub Sn zajmując położenie w podsieci kationu Ce⁴⁺ zmieniają właściwości elektryczne ceranu baru modyfikując jego przewodnictwo protonowe oraz wpływając na efektywność transportu jonów tlenu. W przypadku domieszkowania materiału tytanem następuje zmniejszenie przewodności jonowej, a tym samym makroskopowego przewodnictwa elektrycznego. Natomiast niewątpliwą zaletą wprowadzenia jonów tytanu jest znaczne zwiększenie odporności chemicznej na działanie dwutlenku węgla oraz pary wodnej. Tematem wielu prac badawczych było określenie optymalnego sposobu domieszkowania BaCeO₃ jednocześnie jonami tytanu oraz itru, tak aby uzyskana ceramika charakteryzowała się wysoką odpornością chemiczną i mechaniczną oraz wykazywała pożądane właściwości elektryczne. Wiele prac zostało również poświęconych na ustalenie metody oraz warunków preparatyki spieków z przedmiotowego materiału. W ich trakcie stwierdzono, że najlepszymi własnościami aplikacyjnymi odznacza się materiał o składzie Ba(Ce_{0,95}Ti_{0,05})_{0,9}Y_{0,1}O₃ przygotowany na drodze mechanosyntezy.

Tematem niniejszych badań było określenie własności elektrycznych układu spiekane go materiału Ba(Ce_{0,95}Ti_{0,05})_{0,9}Y_{0,1}O₃ z platynowymi elektrodami pastowymi. Zastosowanie metalicznych elektrod ma dwa uzasadnienia. Metaliczna elektroda zapewnia kontakt z całą powierzchnią spieku, co pozwala na określenie własności elektrycznych materiału znacznie obniżając niepewności pomiarowe. Drugą zaletą jest fakt, że metaliczne elektrody działają jak katalizator procesów elektrochemicznych zachodzących pomiędzy materiałem a cząsteczkami gazu [3]. Jeśli chodzi o wybór platyny na materiał elektrodowy, to przede wszystkim wynika on z wysokiej rozpuszczalności wodoru w tym metalu, co powinno korzystnie wpływać na efektywność procesów zachodzących w punktach trójfazowych platyna-materiał ceramiczny-gazowy wodór. Liczne zastosowania platyny w urządzeniach elektrochemicznych wynikają również z jej wysokiej temperatury topnienia oraz odporności na kontakt z czynnikami chemicznymi.

2. Opis eksperymentu

Materiał o składzie Ba(Ce_{0,95}Ti_{0,05})_{0,9}Y_{0,1}O₃. Przygotowano zgodnie z opisem literaturowym [4]. W celu jego otrzymania odważono węglan baru BaCO₃ (99,7%) tlenek ceru CeO₂ (99,9%), tlenek tytanu TiO₂ (99,7%) firmy Aldrich Chemical Company, które wymieszano, a następnie przesypano do parowniczkowej. Wprowadzono wtedy roztwór azotanu (V) itru Y(NO₃)₃·6H₂O, a po wymieszaniu składników mieszaninę suszono w suszarce w temperaturze 80°C. Kolejnym etapem było przeniesienie mieszaniny do agatowego moździerza w celu rozdrobnienia. Preparat poddano

homogenizacji, a następnie wykonano z niego pastylkę na prasie o nacisku 1 tony. Tak przygotowany materiał kalcynowano przez 24 godziny w temperaturze 1200°C, po czym ponownie został rozdrobniony w moździerz agatowy oraz zmielony w młynie obrotowo-wibracyjnym w zawieszynie z bezwodnym alkoholem metylowym (99,98%). Preparat suszono w temperaturze 100°C przez 24h. Niewielką ilość proszku poddano badaniu XRD celem określenia składu fazowego. Z pozostałej części uformowano pastylki o średnicy 10 mm i grubości 2 mm za pomocą prasy hydraulicznej pod naciskiem 25 MPa oraz prasy izostatycznej pod naciskiem 250 MPa. Późniejszym etapem było ogrzewanie pastylek przez 12 godzin, aż do osiągnięcia temperatury 1200°C, w której to były spiekane przez 6 godzin. Jedną z pastylek poddano badaniu XRD. Następnie naniesiono jednostronnie pastę platynową C 3657 PT – CONDUCTORPASTE, która pełni funkcję kontaktową pomiędzy próbką a układem pomiarowym. Tak przygotowaną pastylkę ogrzewano przez godzinę od temperatury 20°C do 150°C, którą utrzymywano przez 20 minut. W ciągu kolejnych 3 godzin temperaturę stopniowo podwyższano do 850°C. Elektrode spiekano w 850°C przez 10 minut. Ostatnim etapem przygotowania materiału do badań było naniesienie szpatułką drugiej warstwy pasty platynowej oraz powtórzenie procesu wypalania.

Badania XRD prowadzono w temperaturze pokojowej dyfraktometrem rentgenowskim Philips Analytical, typ X'Pert PW-3710. Pomiary prowadzono przy użyciu promieniowania $\text{CuK}\alpha$ (lampa miedziowa) w zakresie kąta 2θ od 10° do 80° .

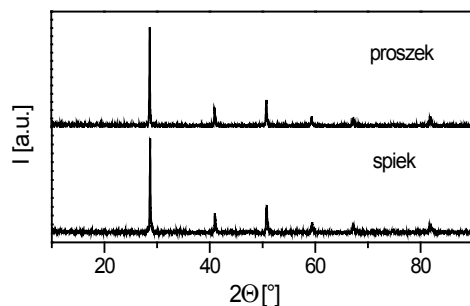
Badanie własności elektrycznych materiału przeprowadzono metodą spektroskopii impedancyjnej w temperaturze w zakresie 300 – 700°C w częstotliwościach od 10^{-1} do 10^7 Hz. Amplituda sinusoidalnego sygnału prądowego wynosiła 20 mV. Podczas pomiarów korzystano z analizatora częstotliwościowego firmy Solartron model FRA 1260 z dołączonym interfejsem dielektrycznym model 1296. Podczas opracowania wyników posłużono się programem Z'View wersja 2.2 Scribner Associates, Inc. Pomiary odbywały się w atmosferach o kontrolowanych składach, podczas ciągłego przepływu gazu 20 sccm utrzymywanego przy pomocy kontrolerów przepływu mas firmy MKS. W celu uzyskania atmosfery wzbogaconej w parę wodną przed wlotem gazu do komory pomiarowej zamontowano płuczkę z wodą destylowaną.

Kolejność serii pomiarowych była następująca:

- w powietrzu syntetycznym (cykle nr 1,2,3,4,5);
- w argonie (cykl nr 6);
- w 10% H_2 w argonie (cykle nr 7,8,9,10);
- w powietrzu syntetycznym z parą wodną (cykl nr 14);
- w 10% H_2 w argonie z parą wodną (cykl nr 15, 16, 17, 18, 19);
- w powietrzu syntetycznym (cykl nr 20).

3. Wyniki i dyskusja

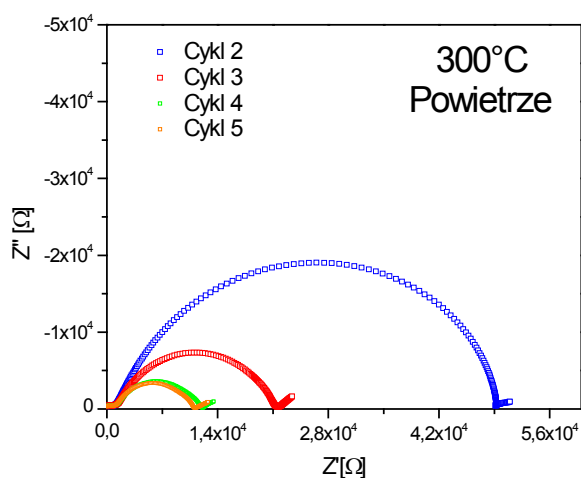
Rysunek 1 przedstawia rentgenogram proszku i spieku otrzymane metodą XRD. Metoda ta wykazała, że materiał przed i po spiekaniu jest jednofazowy i krystalizuje w układzie ortorombowym Pmcn.



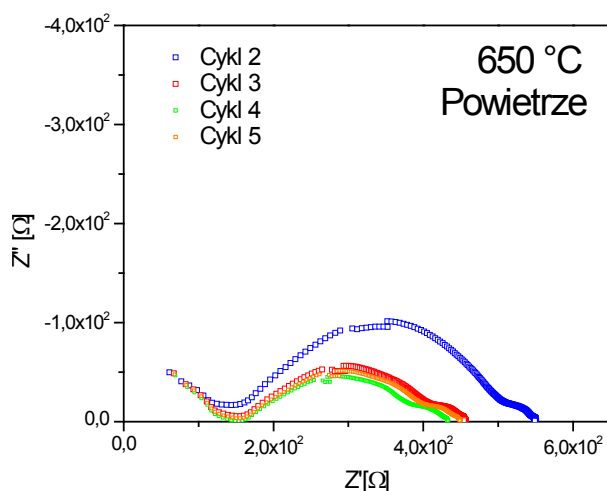
Rys.1 Dyfraktogramy rentgenowskie proszku oraz spieku badanego materiału.

Pastykę z wypalonymi elektrodami platynowymi umieszczono w układzie pomiarowym EIS. W każdej atmosferze dokonywano rejestracji widm począwszy od temperatury 300°C stopniowo ją podwyższając. Po skończonym cyklu pomiarowym układ studzono do temperatury 300°C . Podczas cyklu nr 1 wykonano pomiary próbne. Były one obarczone wysokimi zakłóceniami związanymi z dopasowaniem mechanicznym elektrod platynowych próbki do kontaktów układu pomiarowego. Dlatego też wyniki z tej serii nie zostały przedstawione. Każdorazowo przed rozpoczęciem następnej serii pomiarowej próbka pozostawała w pożądanej atmosferze przez kilkanaście godzin, aby zapewnić stabilizację warunków i procesów elektrochemicznych zachodzących w materiale oraz w układzie pomiarowym.

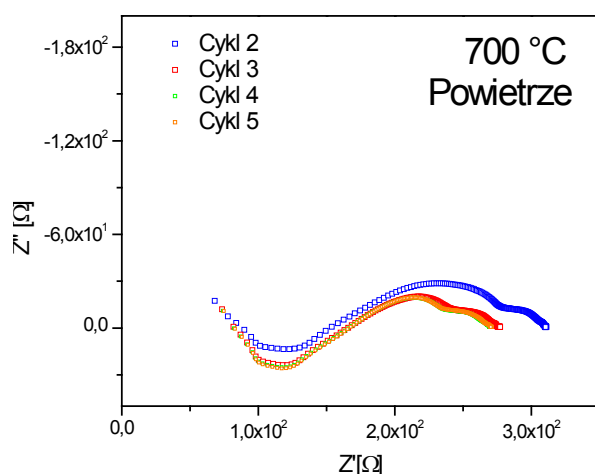
Na rysunkach nr 2, 3, 4 przedstawiono przykładowe wykresy Nyquist'a uzyskane w atmosferze powietrza syntetycznego (cykle nr 2, 3, 4, 5) w temperaturach 300°C , 650°C oraz 700°C .



Rys.2 Wykresy Nyquist'a dla cykli pomiarowych w powietrzu syntetycznym w 300°C .



Rys.3 Wykresy Nyquist'a dla cykli pomiarowych w powietrzu syntetycznym w 650°C.

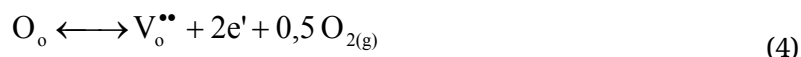


Rys.4 Wykresy Nyquist'a dla cykli pomiarowych w powietrzu syntetycznym w 700°C.

Stabilizacja widm następuje dopiero w 4 cyklu, po którym wyniki są powtarzalne. Wraz ze wzrostem temperatury obserwowana jest ewolucja kształtu widm. W temperaturach z zakresu 300 - 500°C widma składają się z małego półokręgu w wysokich częstotliwościach, większego półokręgu w średnich częstotliwościach oraz krótkiego fragmentu łuku w niskich częstotliwościach. Natomiast w temperaturach powyżej 550°C na wykresach Nyquist'a widoczny jest fragment łuku w wysokich częstotliwościach oraz dwa złączone półokręgi. Zgodnie z doniesieniami literaturowymi w niskich częstotliwościach przebieg widm determinowany jest przez zachowanie złącza elektrolit – elektroda, w średnich przez granice ziarn, w wysokich przez wnętrza ziarn materiału polikrystalicznego. Można stąd wywnioskować, że w niskich temperaturach przewodnictwo realizowane jest głównie we wnętrzach ziarn, a na własności układu nikły wpływ mają zjawiska na złączu między materiałem ceramicznym, a elektrodami metalicznymi. W temperaturach powyżej 550°C aktywowane zostaje przewodnictwo na granicach ziarn oraz na granicy faz wnosząc znacznie wyższy wkład do całkowitego przewodnictwa materiału w porównaniu z tym w niskich temperaturach.

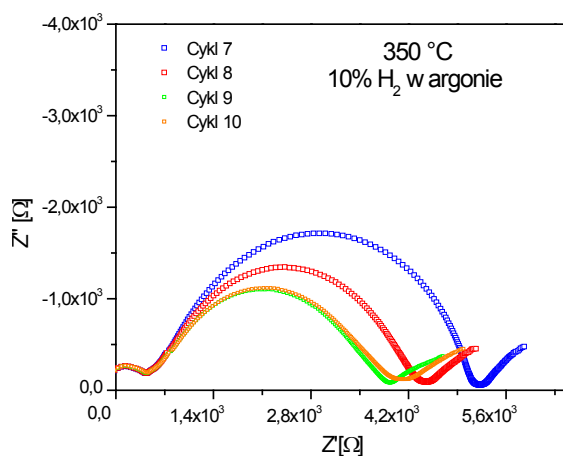
Wyniki uzyskane w atmosferze neutralnej argonu są jakościowo i ilościowo zbliżone do tych uzyskanych w powietrzu syntetycznym. Oznacza to, że stężenie tlenu ma pomijalnie mały wpływ na

przewodnictwo materiału. Nie potwierdzono tym samym opisywanego w literaturze zjawiska polegającego na generowaniu w materiale wolnych elektronów w atmosferze ubogiej w tlen [5]:

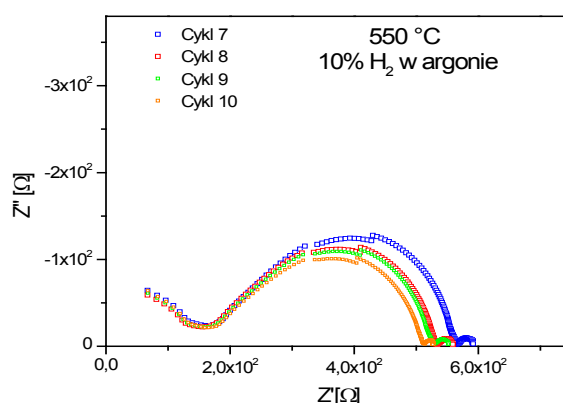


Powyższe wyniki świadczą o pomijalnie małym udziale elektronów, dziur elektronowych oraz anionów tlenowych w przewodnictwie całkowitym.

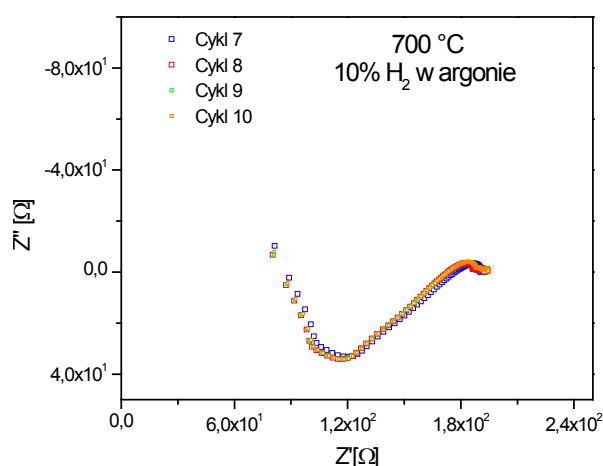
Na rysunkach nr 5, 6, 7 przedstawiono przykładowe dane uzyskane w atmosferze 10% H_2 w argonie w temperaturach 350°C, 550°C oraz 700°C (cykle nr 7, 8, 9, 10). Powtarzalne wyniki uzyskano w cyklu nr 9. W temperaturach 300 – 600°C kształt widm jest analogiczny do tych uzyskanych w powietrzu syntetycznym z tym, że począwszy od temperatury 500°C przewodnictwo na złączu elektrodowym ma znacznie większy wpływ na przewodnictwo całkowite w porównaniu z przypadkiem w atmosferze powietrza.



Rys.5 Wykresy Nyquist'a dla cykli pomiarowych w atmosferze bogatej w wodór w 350°C.



Rys.6 Wykresy Nyquist'a dla cykli pomiarowych w atmosferze bogatej w wodór w 400°C.



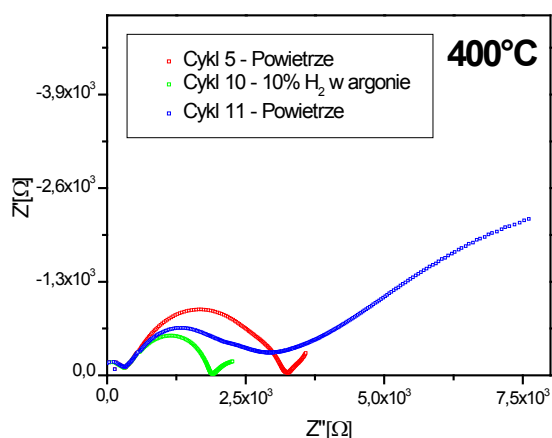
Rys.7 Wykresy Nyquist'a dla cykli pomiarowych w atmosferze bogatej w wodór w 700°C.

Nietypowy przebieg widm w niskich częstotliwościach w temperaturach 650°C i 700°C oraz wysokie przewodnictwo może oznaczać zachodzenie reakcji w punktach trójfazowych gaz – metal – ceramika zgodnie z równaniem reakcji:

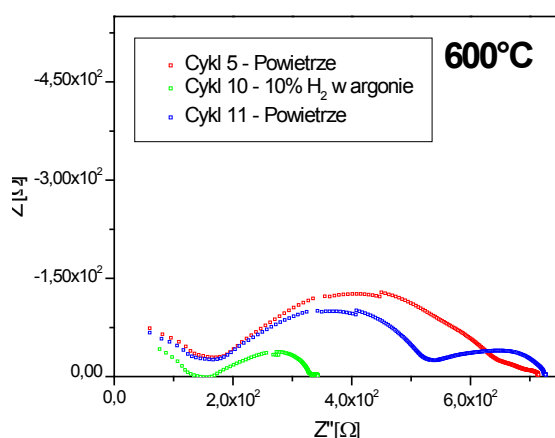


Gazowy wodór jest źródłem dodatkowych nośników protonowych, co się objawia wzrostem przewodnictwa.

Celem sprawdzenia odwracalności powyższych procesów zachodzących przy udziale wodoru, przeprowadzono powtórne pomiary w powietrzu syntetycznym. Przykładowe porównanie wyników z cyklu 5, 10 i 11 w temperaturach 400°C, 600°C i 700°C zawarto na rysunkach nr 8, 9, 10 odpowiednio.

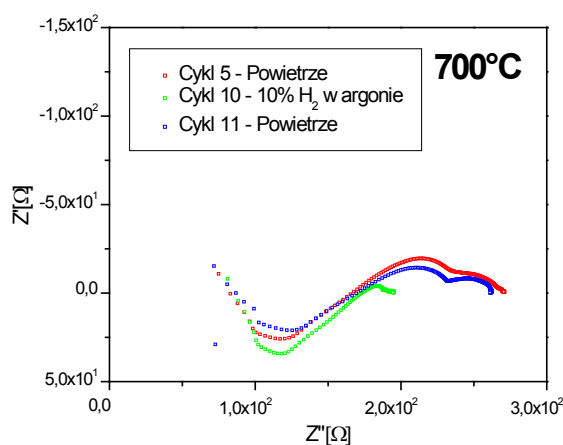


Rys.8 Wykresy Nyquist'a dla różnych atmosfer w 400°C.



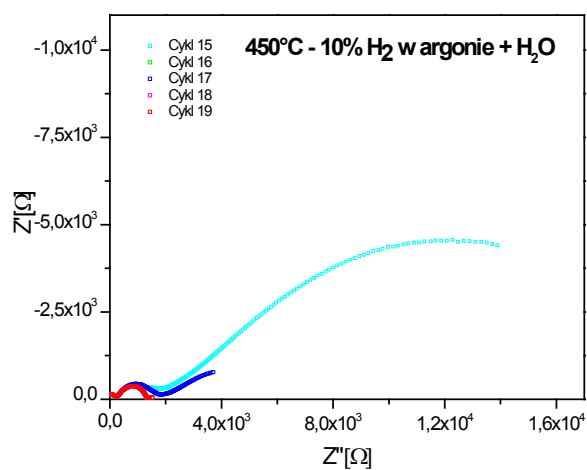
Rys.9 Wykresy Nyquist'a dla różnych atmosfer w 600°C.

W temperaturach 300 - 500°C w atmosferze powietrza po ekspozycji na atmosferę z wodorem zaobserwowano znaczny wzrost oporu złącz elektrodowych oraz niewielki wzrost przewodnictwa na granicach ziarn w porównaniu z w wynikami w powietrzu sprzed pomiarów z udziałem wodoru. Ponadto, wraz ze wzrostem temperatury wzrasta stopień odwracalności reakcji (1). W temperaturach 650 i 700°C obserwowany jest wysoki stopień odwracalności widma względem wodoru.

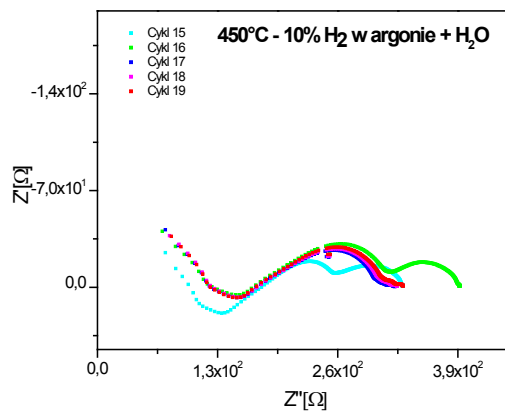


Rys.10 Wykresy Nyquist'a dla różnych atmosfer w 700°C.

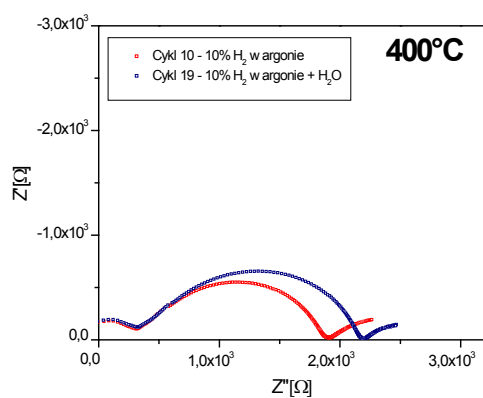
Widma uzyskane w powietrzu syntetycznym nasyconym parą wodną mają przebieg podobny do tych uzyskanych w suchym powietrzu. W kolejnych cyklach wykonano pomiary w atmosferze 10% H₂ w argonie w obecności pary wodnej. Rysunki nr 11 i 12 zawierają przykładowe widma z pięciu kolejnych cykli w temperaturach 450°C oraz 650°C. Stabilizację układu, o czym świadczą powtarzalne wyniki, uzyskano w cyklu nr 18. W cyklu pomiarowym nr 15 czyli wykonanym w początkowym etapie ekspozycji próbki na atmosferę bogatą w wodór i parę wodną następuje znaczny wzrost oporu w szczególności na złączu elektrodowym. Rysunki nr 13 i 14 zawierają porównanie widm uzyskanych w temperaturach 400°C i 600°C w cyklach nr 10 i 19. Obecność pary wodnej wpływa na nieznaczny wzrost oporu na granicach ziarn. Przeczy to zachodzeniu opisanej w literaturze reakcji (2), w efekcie której powinien być rejestrowany wzrost przewodnictwa elektrycznego materiału.



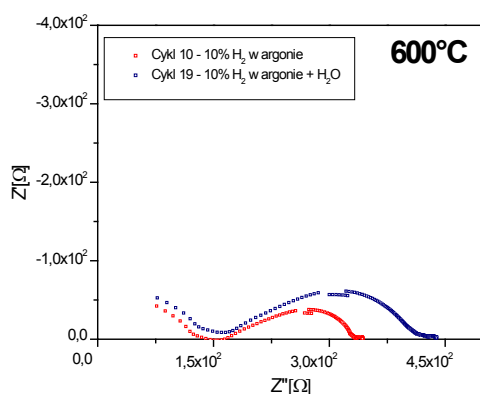
Rys.11 Wykresy Nyquist'a w atmosferze bogatej w wodór i parę wodną w 450°C.



Rys.12 Wykres Nyquist'a w atmosferze bogatej w wodór i parę wodną w 650°C.

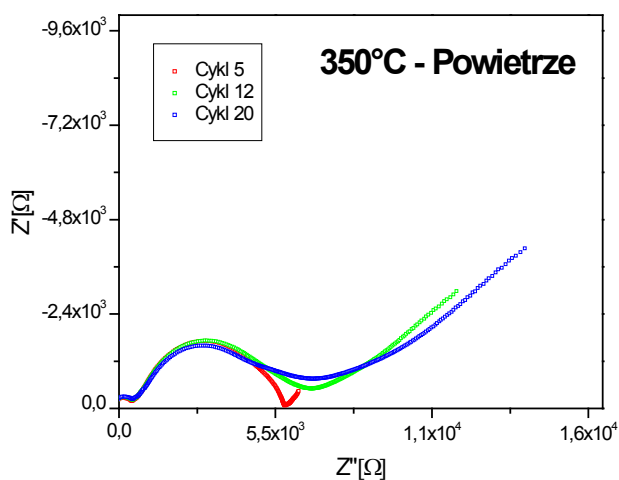


Rys.13 Wykresy Nyquist'a dla różnych atmosfer.

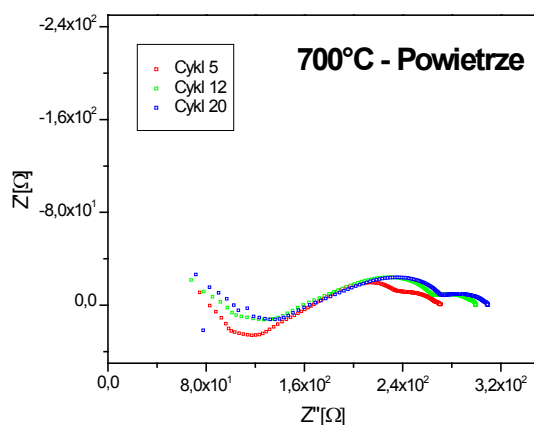


Rys.14 Wykresy Nyquist'a dla różnych atmosfer

Celem określenia wpływu starzenia na własności materiału porównano wyniki uzyskane w powietrzu syntetycznym w cyklach nr 5, 12 i 20. Przykładowe widma z temperatur 350°C i 700°C przedstawiono na rysunkach nr 15 i 16. W cyklach 12 i 20 widma mają zbliżony przebieg odbiegający od tego uzyskanego podczas cyklu 5. Oznacza to, że pierwsza ekspozycja na atmosferę bogatą w wodór spowodowała trwałe modyfikacje własności elektrycznych. Natomiast dalsze cykle pomiarowe nie wpłynęły znacząco na mierzone właściwości materiału.



Rys.15 Wykresy Nyquist'a dla cykli pomiarowych w powietrzu syntetycznym w 350°C.



Rys.16 Wykresy Nyquist'a dla cykli pomiarowych w powietrzu syntetycznym w 700°C.

Dokładniejszą analizę widm z cykli nr 5, 10, 14 i 15 przeprowadzono korzystając z metody dopasowania parametrów układów zastępczych. Na tej podstawie, po uwzględnieniu geometrii próbki, obliczono wartości przewodnictw właściwych dla poszczególnych fragmentów widm w niskich, średnich oraz wysokich częstotliwościach. Wyznaczono również wartości przewodnictw całkowitych. Przewodnictwo właściwe zgodnie z założeniami teoretycznymi zależy od temperatury w sposób następujący:

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{T} e^{-\frac{E_a}{kT}} \quad (7)$$

gdzie:

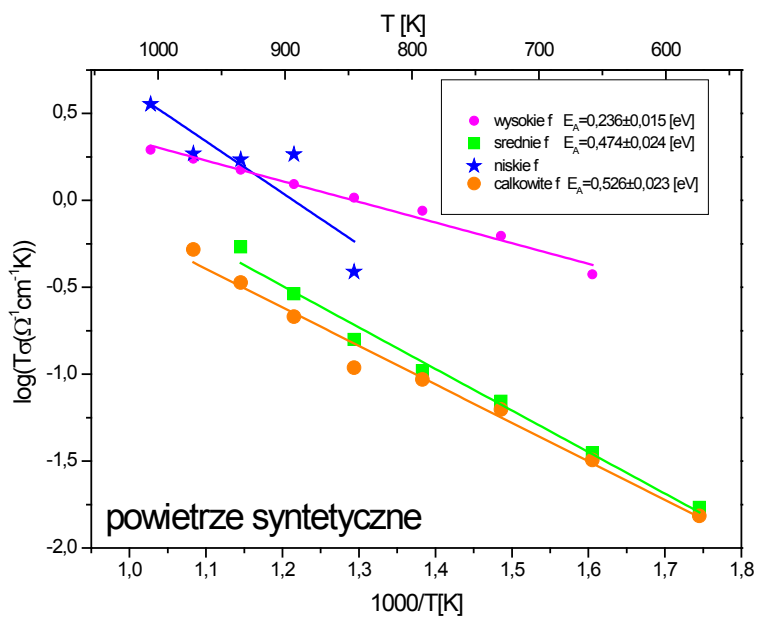
σ_0 – przewodnictwo właściwe elektrolitu,

E_a – energia aktywacji,

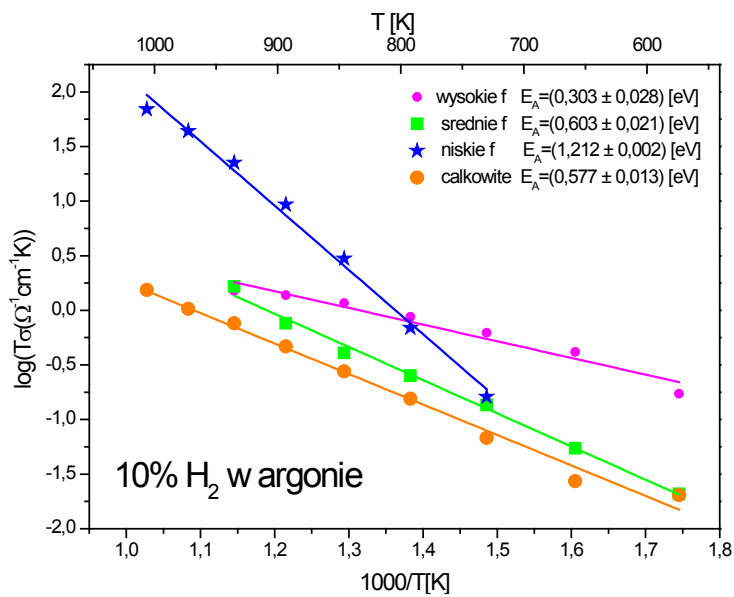
T – temperatura procesu w skali Kelvina,

k – stała Boltzmanna ($k = 8,617 \cdot 10^{-5}$ eV/K).

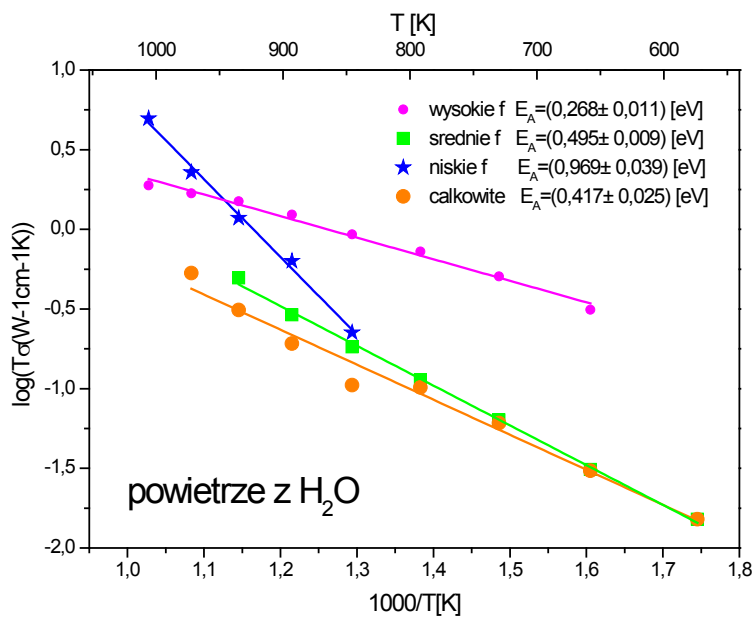
Wykresy Arrheniusa wraz z obliczonymi wartościami energii aktywacji uzyskane w czterech różnych atmosferach przedstawiono na rysunkach nr 17, 18, 19 i 20. Porównanie wykresów Arrheniusa dotyczące przewodnictw całkowitych zawarto na rysunku nr 21. Najwyższą wartością energii aktywacji charakteryzują się procesy, które mają wpływ na przebieg fragmentów widm w niskich częstotliwościach, czyli zachodzące na granicy faz platyna-ceramika. Świadczy to o korzystnym katalitycznym wpływie platyny na procesy zachodzące na złączu elektroda-materiał. Najniższą energią aktywacji odznaczają się procesy zachodzące we wnętrzach ziarn. Oznacza to, że nośniki w tym obszarze najtrudniej aktywować. W przypadku cykli nr 5, 10 i 14 wartość energii aktywacji przewodnictwa całkowitego jest determinowana przez właściwości granic międzyziarnowych. Odmiennie jest w cyklu nr 15, w którym to największy wpływ na wartość przewodnictwa całkowitego mają zjawiska zachodzące na złączu elektrolit-elektroda. Obecność pary wodnej podczas cyklu nr 15 wpływa w znaczący sposób na dodatkowe podwyższenie wartości energii aktywacji charakteryzującej wypadkowe procesy w próbce. Zjawiska te decydują o wysokiej wartości całkowitej energii aktywacji, przemawiając za zachodzeniem procesów elektrochemicznych pod wpływem pary wodnej w obecności wodoru. Biorąc pod uwagę dane z cykli pomiarowych nr 15-19 stwierdzono, iż są to procesy krótkotrwałe, zanikające po pewnym czasie ekspozycji próbki w omawianej atmosferze. Celem wyjaśnienia mechanizmów ujawnionych procesów należy przeprowadzić dalsze badania korzystając ze zmodyfikowanej metodologii bądź też wspierając się innymi technikami badawczymi.



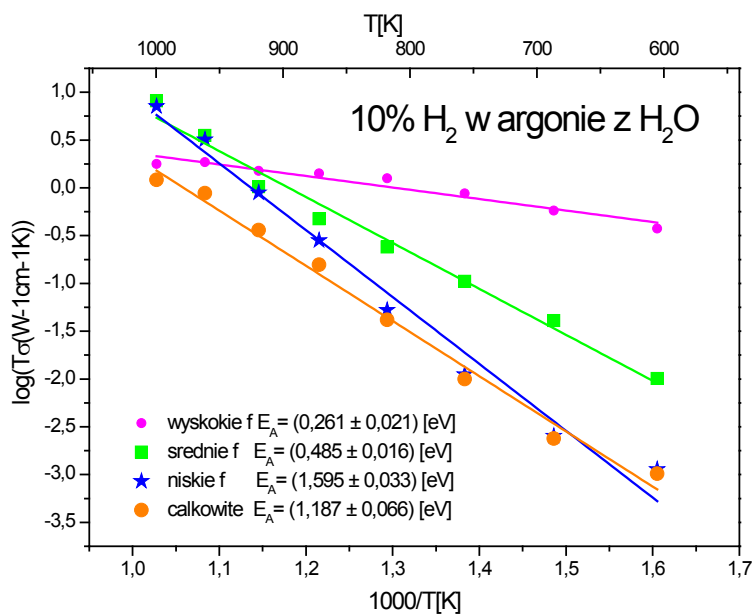
Rys.17 Wykresy Arrheniusa dla cyklu nr 5 w powietrzu syntetycznym.



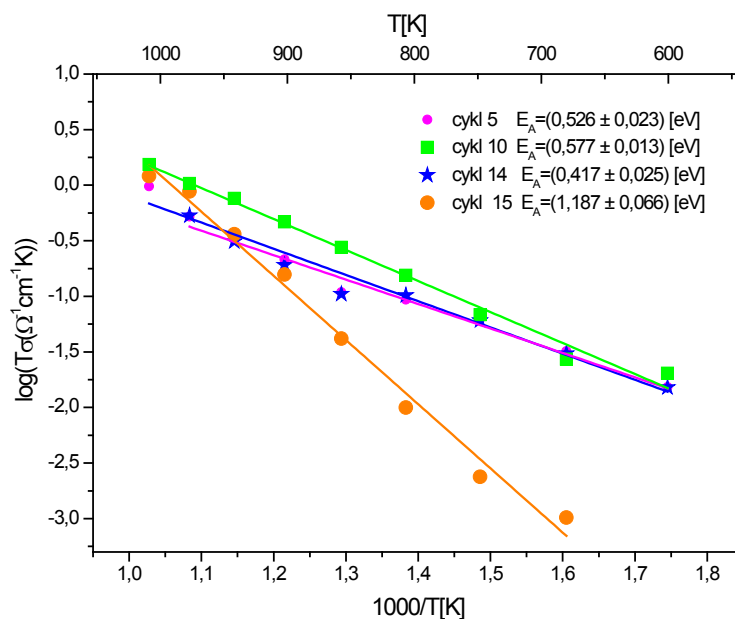
Rys.18 Wykresy Arrheniusa dla cyklu nr 10 w atmosferze 10% H₂ w argonie.



Rys.19 Wykresy Arrheniusa dla cyklu nr 14 w powietrzu z parą wodną.



Rys.20 Wykresy Arrheniusa dla cyklu nr 15 w atmosferze 10% H₂ w argonie z parą wodną.



Rys.21 Wykresy Arrheniusa dla przewodnictw całkowitych w cyklach nr 5, 10, 14 i 15.

4. Wyniki i dyskusja

Drogą mechanosyntezy uzyskano jednofazowe, odporne mechanicznie spieki o nominalnym składzie $\text{Ba}(\text{Ce}_{0,95}\text{Ti}_{0,05})_{0,9}\text{Y}_{0,1}\text{O}_3$. Wykazują one przewodnictwo protonowe. Pomiary wskazują na brak udziału elektronów, dziur elektronowych oraz jonów tlenkowych w przewodnictwie całkowitym materiału. W obecności elektrod platynowych przewodnictwo elektryczne materiału wzrasta w atmosferze bogatej w wodór. Jest to proces nieodwracalny w niższym temperaturach. W temperaturach 600-700°C zachodzące zjawiska są w znacznym stopniu odwracalne, determinując właściwości aplikacyjne materiału. Obecność pary w wodnej nie wpływa znacząco na właściwości materiału w powietrzu syntetycznym. Natomiast w przypadku atmosfery zawierającej wodór para wodna reagując w obecności platyny z ceramiką wywołuje zachodzenie krótkotrwałych procesów o trudnej do ustalenia naturze na podstawie omówionych wyników. Materiał wykazuje wysoką odporność chemiczną i mechaniczną na zmienne warunki temperatury i atmosfery. Tylko pierwsza ekspozycja na wodór wywołała częściowo nieodwracalne modyfikacje materiału. W następnych cyklach pomiarowych w powietrzu syntetycznym udowodniono stabilność fizyko-chemiczną spieku.

Literatura

- [1] P. Pasierb, E. Drożdż- Cieśla, R. Gajerski, S. Łabuś, S. Komornicki, M. Rękas: Chemical Stability of $\text{Ba}(\text{Ce}_{1-x}\text{Ti}_x)_{1-y}\text{Y}_y\text{O}_3$ proton- conducting solid electrolytes, „Journal of Thermal Analysis and Calorimetry”, Vol. 96 (2009) 2, 475- 480
- [2] Osiadły M., Pasierb P., Komornicki S.: $\text{BaCe}(\text{Ti},\text{Y})\text{O}_3$ – Ceramic Protonic Conductors for Hydrogen Purification, „Ceramic Materials” 2010, t.62, nr 3, s. 316-321
- [3] Pasierb P., Rękas M.: Elektrochemiczne pompy i separatory wodoru, „Materiały ceramiczne” 2009, t. 61, nr 3, s. 159- 172
- [4] Błach A., Pasierb P., Rękas M.: Elektrochemiczny sensor amoniaku, „Przegląd elektrochemiczny” 2010, t. 86, nr 10, s. 1-4
- [5] Pasierb P., Wierzbicka M., Rękas M.: „Electrochemical impedance spectroscopy of BaCeO_3 modified by Ti and Y”, 194, Journal of Power Sources (2009), 31-37