

fazowy, początkowo indukcyjny, przekracza wartość 90° . Taki kąt fazowy oznacza, że rzeczywista część impedancji przyjmuje wtedy ujemne wartości. Tego typu układy generujące ujemną rezystancję są znane w elektrotechnice, jednak są one układami aktywnymi, dostarczającymi energię do układu. Nie mogą one egzystować samodzielnie, ale zawsze w połączeniu ze zwykłą rezystancją. Czyli istnienie kątów fazowych większych od 90° , oznaczałoby generowanie energii w nanokompozycie, co moim zdaniem jest trudne do wytłumaczenia. Autor pisze o opóźnieniu powrotnego przeskoiku elektronu nawet o $3/2\pi$, jednak w makroskali te czasy opóźnienia powinny się uśredniać nie wychodząc nigdy poza zakres kątów przesunięcia fazowego $\pm 90^\circ$.

Niemniej materiał o charakterystykach z rys. 6.18 uważam za bardzo interesujący, ponieważ pokazuje on możliwość wytwarzania elementów o charakterze indukcyjnym na bazie nanokompozytów. Charakterystyki rezystancji tego nanokompozytu w funkcji częstotliwości (rys. 6.19) wykazują maksima, podobnie jak impedancja równoległego obwodu rezonansowego, choć „rezonans” ten zachodzi przy kącie fazowym 90° . Sugerowałoby to możliwość zastosowania w układach filtrujących. Niestety, ta częstotliwość „rezonansowa” wykazuje dużą zmienność w funkcji temperatury.

Zebrane doświadczenia stały się bazą do przygotowania schematu zastępczego oddającego zależności częstotliwościowe. Model przygotowano dla nanokompozytu o zawartości fazy metalicznej $x=55,9$ at.% wygrzanego w temperaturze 498K, a zmierzonego przy 81K. Model ten oddaje dobrze charakterystyki częstotliwościowe kąta przesunięcia fazowego, pojemności modelu równoległego oraz konduktywności. Podobna struktura elektryczna mogłaby zostać użyta do modelowania właściwości innych nanokompozytów, jednak nie o takim składzie, dla którego charakterystyki są przedstawione na rys.6.18-6.21. Na rys. 6.24 pokazano zależność pojemności od częstotliwości. Zakładam, że chodzi tu nadal o pojemność w modelu równoległym RC. Podobnie jak wcześniej, pojemność ta w zakresie indukcyjnych kątów fazowych powinna być ujemna.

W rozdziale siódmym Autor zajmuje się wpływem obróbki termicznej na właściwości elektryczne badanych nanokompozytów. Przy małej zawartości tlenu i wysokiej zawartości fazy metalicznej uzyskano materiał charakteryzujący się w funkcji częstotliwości niewielkim kątem fazowym oraz stałą, nieznacznie rosnącą w funkcji temperatury, konduktywnością.

Dla materiału o dużej zawartości tlenu i zawartości fazy metalicznej 49,8 at.% zaobserwowano dla wysokich temperatur pomiarowych niewielki, pojemnościowy kąt fazowy, natomiast w niższych temperaturach znaczny kąt indukcyjny, przekraczający wartość 90° .

3. Uwagi ogólne

Do mocnych stron pracy zaliczam opanowanie technologii wytwarzania nanokompozytów $(\text{FeCoZr})_x(\text{PZT})_{(100-x)}$. Na ile jednak jest możliwe wykonanie próbki o z góry założonym składzie? Jaka jest powtarzalność parametrów próbek wykonanych w tych samych warunkach? Przy wprowadzeniu tej technologii do produkcji wielkoskalowej miałyby to zasadnicze znaczenie.

Mimo zastrzeżeń wymienionych przeze mnie wcześniej, za mocną stronę uważam również próby elektryczne materiałów, w tym zestawienie stanowiska pomiarowego.

Mocną stroną pracy jest dokładny przegląd literaturowy zagadnienia. Dowodzi on dobrej orientacji autora w stopniu zaawansowania podobnych rozwiązań u innych autorów.

Przedstawioną w rozprawie zawartość uważam za rozpoznanie niezwykle ciekawego i nowoczesnego problemu, jakim są nowe elementy elektroniczne. Prezentowana w pracy tematyka stwarza duże możliwości dalszej pracy naukowej.

4. Uwagi szczegółowe

Praca jest napisana w sposób bardzo staranny. Znalazłem w niej jedynie kilka błędów literowych. Poza pytaniami zadanymi wcześniej, oczekiwałbym ustosunkowania do:

- str. 97, pojęcie *rms* w polskiej terminologii istnieje jako *wartość skuteczna*;
- str. 97 na dole: jak została uwzględniona rezystancja przewodów pomiarowych w schemacie zastępczym?
- str. 106 u góry: *możliwość zastosowania nanokompozytów jako czynnych (aktywnych) elementów elektronicznych*. Czynne, bądź aktywne elementy to źródła, wzmacniacze. Autorowi chyba chodzi o elementy bierne, tj. rezystory o stałej wartości rezystancji.
- str. 110 na dole: przejście przebiegu kąta fazowego przez wartość 90° nie świadczy o występowaniu rezonansu prądów. Czy Autor potrafi podać przykład układu elektrycznego, który by się tym charakteryzował? Na rys. 7.6 takiemu przejściu towarzyszy spadek konduktywności materiału, ale nie można tego nazywać rezonansem.

4. Ocena ogólna i wnioski końcowe

Uważam przedstawioną rozprawę za bardzo wartościowy wkład do badań nad technologią i zastosowaniem materiałów nanokompozytowych w elektrotechnice. Rozprawa stanowi oryginalny wkład autora w rozwiązanie ważnego zagadnienia naukowego i mieści się w dyscyplinie *Elektrotechnika*.

Praca została napisana w sposób przejrzysty, a jej poziom edytorski nie budzi zastrzeżeń. Rysunki są czytelne i starannie objaśnione.

Stwierdzam, że cel rozprawy został osiągnięty, a Autor wykazał się wiedzą i umiejętnością samodzielnego rozwiązywania problemów naukowo-technicznych z dyscypliny elektrotechnika. Rozprawa doktorska mgr. inż. Oleksandra Boiko spełnia wymagania odnośnej Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Ze względu na nowatorski i interdyscyplinarny charakter rozwiązywanego zagadnienia, udział Doktoranta w patencie, wysoki poziom merytoryczny rozprawy oraz znaczący wkład Doktoranta w rozwój dyscypliny *Elektrotechnika*, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy.


/K.M.Gawrylczyk/