

# Streszczenie

Na przestrzeni ostatnich dwóch dekad jesteśmy świadkami rewolucji naukowo-technicznej, polegającej na miniaturyzacji oraz wielofunkcyjności wielu urządzeń technicznych, której dzieckiem jest m.in. sztuczna inteligencja, medycyna spersonalizowana, kryptografia kwantowa. Osiągnięcia te nie byłyby możliwe między innymi, bez prowadzonych od przeszło stu lat badań nad ferroelektrykami. Aby zbadać właściwości materiału, należy poznać jego odpowiedź na działanie różnych zewnętrznych czynników, takich jak temperatura, ciśnienie, naprężenia mechaniczne, pole elektryczne, pole magnetyczne i promieniowanie elektromagnetyczne. **Celem niniejszej pracy jest zbadanie wpływu temperatury oraz pola elektrycznego na właściwości monokrystalicznego tytanianu sodowo-bizmutowego  $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$  (NBT) oraz dostarczenie nowych informacji na temat stabilności faz krystalograficznych w poszczególnych zakresach temperaturowych. Równocześnie planuje się przeprowadzenie badań mających wskazać przyczyny stosunkowo wysokiego przewodnictwa elektrycznego NBT.**

Do realizacji tego zadania wykonano szereg różnorodnych, a zarazem komplementarnych i precyzyjnych pomiarów eksperymentalnych. Pozwoliły one stworzyć pełen obraz właściwości fizykochemicznych kryształu  $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$  wyhodowanego metodą Czochralskiego. Monokryształ w porównaniu z ceramiką spiekaną wykazuje mniejszą ilość defektów strukturalnych, jednorodność chemiczną przez co staje się wzorcem do analizy materiału doświadczalnego. Przeprowadzone badania ukierunkowane były na wyjaśnienie istniejących niejednoznaczności w piśmiennictwie naukowym dotyczących stabilności termicznej faz krystalograficznych oraz przyczyn wysokiego przewodnictwa elektrycznego. Ważnym aspektem badawczym jest analiza  $\epsilon$  ewolucji właściwości NBT zachodzących pod wpływem temperatury. Temperatura ma istotny wpływ na właściwości materiału, w szczególności elektryczne, mechaniczne i optyczne. Innym czynnikiem determinującym zachowanie NBT jest duża wrażliwość na zewnętrzne pole elektryczne, co czyni go ważnym dla nowoczesnych technologii w elektronice i optoelektronice. Praca składa się z trzech części: przeglądu literaturowego zawierającego wybrane elementy obecnego stanu wiedzy na temat ferroelektryków i NBT, części eksperymentalnej oraz podsumowania i wniosków.

W pierwszej części pracy zostały przedstawione dane literaturowe dotyczące badań właściwości materiałów ferroelektrycznych. Uwzględniono w niej również historię badań,

technologię otrzymywania monokryształów, strukturę krystaliczną oraz przemiany fazowe NBT.

W drugiej części pracy zaprezentowane zostały warunki przygotowania próbek do badań, w tym proces polaryzacji i wygrzewania. W badaniach wykorzystano próbki o wybranych kierunkach krystalograficznych (001) i (111). Badania przeprowadzono na próbkach niewygrzewanych i wygrzewanych w powietrzu przez jedną godzinę w temperaturze 630°C i 830°C. Do wybranych badań próbki spolaryzowano. W kolejnym kroku opisana została metodyka badań oraz wykorzystane urządzenia pomiarowe. Następnie zaprezentowano wyniki prac eksperymentalnych oraz ich analizę. Studium eksperymentalne obejmuje właściwości strukturalne, kalorymetryczne, dielektryczne, przewodnictwa stałoprądowego i zmiennoprądowego, optyczne, termoelektryczne, ferroelektryczne i mechaniczne. W większości przypadków wymienione badania zostały wykonane w funkcji temperatury, a wybrane także w funkcji częstotliwości (np. dielektryczne, elektryczne i mechaniczne).

Badania te pozwoliły ustalić m.in.:

- wpływ procesu przygotowania próbek do pomiaru, czyli ich wygrzewania oraz polaryzowania dla badanych właściwości,
- wpływ temperatury na właściwości strukturalne, termoelektryczne, ferroelektryczne i mechaniczne,
- wpływ pola elektrycznego na właściwości dielektryczne, przewodnictwo elektryczne oraz właściwości ferroelektryczne.

Znaczną uwagę poświęcono badaniom wpływu pola elektrycznego i temperatury na transport nośników ładunku elektrycznego w NBT. W tym celu wykonano badania charakterystyk prądowo-napięciowych, prądów depolaryzacji, przewodnictwa stałoprądowego i zmiennoprądowego oraz współczynnika Seebeck'a. Badania te uzupełniono analizą impedancji  $Z$  oraz modułu elektrycznego  $M$ .

W ferroelektrykach, badanie kolejności i charakteru przewodnictwa elektrycznego jest niezwykle ważne, ponieważ wpływa ono na inne właściwości, takie jak piezoelektryczność, piroelektryczność i na warunki polaryzacji tych materiałów. Ponadto zjawisko transportu nośników ładunków elektrycznych w NBT było rzadko badane.

Część eksperymentalną kończą badania właściwości mechanicznych, przeprowadzone po raz pierwszy dla monokrystalicznego NBT.

Trzecia część pracy zawiera podsumowanie efektów przeprowadzonych badań oraz wynikające z nich wnioski.

