

Postęp w dziedzinie nowych materiałów i technologii ich wytwarzania jest ważną częścią nieustannej walki o zminiaturyzowaną, lepiej zintegrowaną, szybszą, tańszą i bardziej przyjazną dla środowiska nowoczesną elektronikę. Proponowany projekt jest poświęcony konkretnemu tematowi, który jest kluczowy dla rozwoju technologii informacyjno-telekomunikacyjnych (TIK), w szczególności dla systemów telekomunikacyjnych 5G i 6G. Celem projektu jest opracowanie i szeroka charakterystyka nowych podłoży ceramicznych na bazie boranów, wolframianów i fosforanów, które są wykonalne w technologii ceramiki współwypalanej w ultra niskich temperaturach (ULTCC) i nadają się do zastosowań w zakresie niezmiernie wysokich częstotliwości terahercowych. Niski koszt, prostota, elastyczność projektowania, miniaturyzacja, możliwość integracji elementów pasywnych w jednym module wielowarstwowym oraz niezawodność to dobrze znane zalety technologii LTCC. Wersja ULTCC technologii LTCC pociąga za sobą dalsze obniżenie kosztów, zużycia energii i zanieczyszczenia środowiska podczas procesu wytwarzania, dzięki niższej temperaturze obróbki termicznej (poniżej 660°C) oraz współwypalaniu z tanimi warstwami przewodzącymi na bazie srebra i aluminium. Niedrogie i łatwo dostępne materiały wyjściowe oraz niewielki ciężar to dodatkowe ważne zalety ceramiek zawierających pierwiastki o niskim ciężarze atomowym (jak bor, lit), które planuje się opracować w ramach projektu.

Aby wykorzystać ogromny potencjał zastosowań promieniowania THz, obejmujący ultra-szybkie systemy łączności, systemy wojskowe i bezpieczeństwa, bezpieczne obrazowanie medyczne, badania nieniszczące, wykrywanie w trudnych warunkach (deszcz, pył, mgła) oraz nowatorskie urządzenia optoelektroniczne, konieczne jest opracowanie nowych materiałów i zebranie informacji o ich właściwościach dielektrycznych w szerokim paśmie częstotliwości terahercowych.

Projekt będzie się koncentrował na badaniu zależności między składem, strukturą i parametrami wytwarzania opracowanych materiałów, a pożądanymi właściwościami wytwarzanych podłoży ULTCC – ultra-niską temperaturą spiekania, niską i stabilną termicznie przenikalnością elektryczną oraz niskimi stratami dielektrycznymi. Niska przenikalność elektryczna jest korzystna dla zmniejszenia opóźnienia propagacji sygnału, przesłuchu między liniami sygnałowymi i rozmiaru urządzenia elektronicznego, niskie straty dielektryczne zmniejszą zużycie energii i poprawiają selektywność częstotliwości, a niski współczynnik temperaturowy przenikalności elektrycznej pozwala uniknąć wpływu wahań temperatury na częstotliwość pracy. Zastosowanych zostanie szereg dodatków w celu obniżenia temperatury spiekania i dopasowania współczynnika temperaturowego przenikalności elektrycznej do wartości bliskiej zeru.

Podłoża ULTCC będą wytwarzane w kilku etapach, obejmujących: syntezę materiałów w fazie stałej, przygotowanie gęstwy do odlewania taśm, odlewanie taśm, cięcie laserowe, sitodruk wewnętrznych warstw przewodzących i wypełnianie przelotek łączących elektrycznie warstwy w wielowarstwowej strukturze ULTCC, układanie w stos surowych arkuszy, laminowanie izostatyczne i współwypalanie taśm ceramicznych z elektrodami metalowymi.

Planowane jest wykonanie szeroko zakrojonych badań składu, właściwości termicznych, dielektrycznych i mechanicznych wytworzonych podłoży różnymi metodami. Optymalne warunki syntezy i spiekania oraz zachowanie podczas ogrzewania do 900°C dla materiałów niedomieszkowanych i domieszkowanych zostaną ustalone na podstawie różnicowej analizy termicznej, pomiarów termograwimetrycznych oraz obserwacji w mikroskopie grzewczym. Metoda dyfrakcji rentgenowskiej zostanie wykorzystana do zbadania składu fazowego i struktury krystalicznej opracowanych materiałów, a ich struktura elektronowa będzie modelowana za pomocą teorii funkcjonału gęstości (DFT). Skład i mikrostruktura ceramiki, w tym porowatość, wielkość ziaren, obecność faz krystalicznych i amorficznych, rozkład domieszek, będą badane za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej i spektroskopii z dyspersją energii. Optymalizacja jakości surowych taśm zostanie osiągnięta poprzez kontrolę rodzaju i proporcji składników organicznych gęstw, lepkości gęstw oraz warunków ich mieszania i odlewania.

Właściwości dielektryczne w szerokim zakresie terahercowym 0,1-3,5 THz będą badane za pomocą spektroskopii w dziedzinie czasu (TDS) w funkcji częstotliwości i temperatury. Te kluczowe dla realizacji celów projektu badania będą nowością na skalę międzynarodową. Dla wybranych podłoży zostaną przeprowadzone dodatkowe pomiary dielektryczne, termiczne i mechaniczne, obejmujące charakterystykę dielektryczną w zakresie gigaherców, współczynnik rozszerzalności cieplnej, przewodność cieplną, chropowatość, wytrzymałość na zginanie i twardość.