

Celem projektu jest opracowanie składu i warunków wytwarzania grupy nowych materiałów ceramicznych, które dzięki niskiej przenikalności elektrycznej, niskim stratom dielektrycznym oraz niskiej temperaturze wypalania, będą przydatne do otrzymywania innowacyjnych podłoży dla układów elektronicznych pracujących w bardzo wysokich częstotliwościach. Metoda LTCC/ULTCC (ceramika współwypalana w niskich/ultra niskich temperaturach) jest nowoczesną, a zarazem niedrogą technologią sprzyjającą zwiększeniu miniaturyzacji i integracji zaawansowanych podłoży i obudów w wyniku połączenia wielu elementów elektronicznych w jednym wielowarstwowym module. W technologii tej surowe (niewypalone) folie ceramiczne otrzymane tzw. metodą odlewania układu się w stos, laminuje i wypala wspólnie z naniesionymi metodą sitodruku warstwami przewodzącymi, zazwyczaj poniżej 960°C, która jest temperaturą topnienia Ag (LTCC) lub poniżej 660°C, które jest temperaturą topnienia Al (ULTCC).

Projekt koncentruje się na opracowaniu metodyki otrzymywania grupy nowych materiałów ceramicznych i surowych folii na ich bazie, przeznaczonych do wytwarzania technologią LTCC/ULTCC wielowarstwowymi podłoży mikrofalowych. Określona zostanie korelacja pomiędzy właściwościami dielektrycznymi, a składem wyjściowym oraz warunkami procesu, które kształtują skład fazowy i mikrostrukturę opracowanych podłoży. Cel ten będzie realizowany w oparciu o wyniki badań przy użyciu szeregu technik badawczych. Przy użyciu metody termogravimetrycznej i różnicowej analizy termicznej (DTA), pozwalających na określenie zmian masy i temperatury próbki podczas ogrzewania w szerokim zakresie temperatur, śledzony będzie przebieg reakcji związanych z wypalaniem organicznych składników folii, a także temperatury krystalizacji szkieł i topnienia materiałów ceramicznych. Przeprowadzenie badań za pomocą mikroskopu grzewczego, polegających na obserwacji rozmiarów i kształtu próbki w trakcie ogrzewania do wysokich temperatur (1000-1450°C) będzie pomocne dla ustalenia optymalnego profilu wypału. Kluczowe znaczenie dla uzyskania zwartych i pozbawionych deformacji podłoży ma poznanie optymalnych zakresów temperatur wypalania, właściwy dobór temperatur topnienia oraz zwilżalności i reaktywności stosowanych dodatków obniżających temperaturę spiekania. Konieczna będzie charakterystyka składu fazowego i struktury krystalicznej metodą dyfrakcji rentgenowskiej i spektroskopii w podczerwieni z transformatą Fouriera (FTIR) oraz składu pierwiastkowego i mikrostruktury (porowatości, wielkości ziaren, udziału faz krystalicznych, rozkładu domieszek) przy pomocy metody EDS i mikroskopii skaningowej. Badaniem o podstawowym znaczeniu będą pomiary właściwości dielektrycznych otrzymanych materiałów prowadzone w bardzo szerokim zakresie częstotliwości. W niższych częstotliwościach (Hz-MHz) będzie użyta metoda spektroskopii impedancyjnej (pomiar odpowiedzi elektrycznej na pobudzenie niewielkim zmiennym sygnałem elektrycznym), a w zakresie wysokich częstotliwości (GHz i THz) metoda transmisyjna (pomiar współczynników transmisji i odbicia padającej fali elektromagnetycznej). Dla najwyższej częstotliwości w zakresie THz do pomiarów dielektrycznych zastosowana będzie metoda TDS (spektroskopia w dziedzinie czasu), w której wykorzystywane są impulsy laserowe. Możliwości w zakresie bezpiecznego obrazowania w diagnostyce medycznej, nieniszczącej inspekcji układów elektronicznych, efektywnej pracy czujników w pyle, mgle stanowią wielką zaletę technologii terahercowej.

Dynamiczny rozwój telekomunikacji wymaga stałego wzrostu miniaturyzacji, stopnia integracji i częstotliwości pracy. Nowoczesne systemy komunikacji stosują sygnały bardzo wysokiej częstotliwości, rzędu GHz (10^9 Hz) i THz (10^{12} Hz) (odpowiadające mikrofalom i falom milimetrycznym). Obszerny zakres zastosowań tych systemów obejmuje: telefonię komórkową, radary, sieci komputerowe, systemy radiolokacji i nawigacji. Olbrzymi postęp w miniaturyzacji możliwy dzięki rozwojowi półprzewodnikowych układów scalonych jest często hamowany przez brak odpowiednich materiałów na podłoża układów. Zniekształcenia i opóźnienia sygnału w ścieżkach przewodzących i w obudowie mogą ograniczać dopuszczalną maksymalną częstotliwość pracy. Podstawowe znaczenie dla transmisji sygnałów o dużej szybkości ma użycie materiałów o niskiej przenikalności dielektrycznej i niskim współczynniku strat. Niska przenikalność dielektryczna podłoża umożliwia miniaturyzację dzięki zbliżeniu linii sygnałowych oraz zmniejszenie pasożytniczych pojemności, przesłuchów pomiędzy liniami, zniekształceń i opóźnień sygnału. Niski współczynnik strat, charakteryzujący straty energii rozpraszane w postaci ciepła, przyczynia się do ograniczenia zużycia energii, sprzyja miniaturyzacji i zwiększa selektywność częstotliwości. Bliski zera współczynnik temperaturowy częstotliwości rezonansowej ogranicza wpływ fluktuacji temperatury i zapewnia stabilizację częstotliwości. Znaczną redukcję kosztów podłoży można uzyskać dzięki obniżeniu temperatury spiekania (poniżej 960°C/660°C dla LTCC/ULTCC). Umożliwi to współwypalanie z tanimi warstwami na bazie Ag i Al. Równoczesne osiągnięcie w/w pożądanymi właściwościami materiałów podłożowych dzięki zastosowaniu innowacyjnych składników i technologii LTCC/ULTCC jest dużym wyzwaniem, niepodejmowanym dotąd w kraju i wpisującym się w aktualne potrzeby dynamicznie rozwijającej się elektroniki mikrofalowej. Poszerzenie pomiarów dielektrycznych badanych materiałów do zakresu THz stanowi nowość na skalę międzynarodową. Należy podkreślić przyjazny dla środowiska aspekt projektu związany z oszczędnością energii przy spiekaniu podłoży ULTCC oraz z nietoksycznością i niskotemperaturowym wypalaniem nowych składników organicznych planowanych do wykorzystania w procesie odlewania folii ceramicznych.