

Streszczenie

Rozprawa doktorska dotyczy analizy wpływu procesu montażu powierzchniowego na parametry termiczne tranzystorów, w szczególności MOSFET oraz IGBT. Celem pracy było określenie zależności pomiędzy właściwościami zastosowanych materiałów lutowniczych, warunkami procesu montażu, rodzajem podłoża oraz parametrami termicznymi przylutowanych struktur. Szczególną uwagę poświęcono rezystancji termicznej oraz efektywności odprowadzania ciepła.

W pracy przedstawiono zagadnienia dotyczące tranzystorów stosowanych we współczesnej elektronice, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu temperatury struktury półprzewodnikowej na ich trwałość i niezawodność. Omówiono również technologię montażu powierzchniowego oraz budowę i właściwości połączenia lutowanego. Na podstawie analizy aktualnego stanu wiedzy przedstawiono możliwości modyfikacji stopów lutowniczych z wykorzystaniem dodatków nanoproszków.

W ramach badań opracowano kompozytowe stopy lutownicze zawierające dodatki SiC, TiO₂ oraz Al₂O₃. Określono ich właściwości mechaniczne, zwilżalność oraz temperaturę topnienia. Wykonano połączenia lutowane tranzystorów MOSFET z wykorzystaniem kompozytowych stopów lutowniczych i przeprowadzono analizę ich parametrów termicznych, obecność pustek lutowniczych oraz budowę mikrostruktury. Podczas wykonywania badań wykorzystano m.in. mikroskopię elektronową SEM oraz analizę SIMS. Pozwoliło to określić zależności pomiędzy właściwościami i mikrostrukturą połączeń lutowanych, obecnością pustek a parametrami termicznymi tranzystorów.

Kolejnym etapem była analiza wpływu metody lutowania oraz profilu temperaturowego procesu montażu powierzchniowego na parametry termiczne tranzystorów IGBT. Przeanalizowano również wpływ rezystancji termicznej połączenia lutowanego oraz rodzaju podłoża, w tym FR4 i MCPCB, na efektywność odprowadzania ciepła z tranzystorów MOSFET. Badania uzupełniono o symulacje numeryczne metodą elementów skończonych (MES), których wyniki porównano z rezultatami badań eksperymentalnych.

Uzyskane wyniki pozwoliły określić kluczowe zależności pomiędzy właściwościami kompozytowych stopów lutowniczych, mikrostrukturą i powierzchnią pustek w połączeniach lutowanych, warunkami procesu montażu oraz parametrami termicznymi tranzystorów. Wyniki badań mogą stanowić podstawę do optymalizacji materiałów lutowniczych i procesów montażu powierzchniowego stosowanych w elektronice mocy.