

Abstract

This research focuses on the design, fabrication and RF characterization of AuSn flip-chip bump interconnects for sub-mm wave chip package applications. Flip-chip bonding is the most suitable interconnect scheme for the high-frequency range due to its low inductance. In this study, several experimental models have been designed by using coplanar waveguides (CPW) and stripline structures together with miniaturized eutectic AuSn bumps to investigate the mechanical and electrical characteristics of flip-chip interconnect in the high-frequency area. The first flip-chip module started from a simplified CPW-to-CPW structure, operating at frequencies up to 220 GHz. The second interconnect module was fabricated using a stripline-to-CPW structure, leading to the operating frequency of more than 250 GHz. The third flip-chip module was developed in form of a stripline-to-stripline interconnect, adding an optimum shielding system, which allowed operation at frequencies up to 500 GHz. All of the transmission lines (CPW, microstrip and stripline) were designed based on the optimum electromagnetic results obtained from the simulated 3D model. The 10 μm AuSn microbumps were fabricated using the evaporation technique and subsequent lift-off. After mounting the chip on the substrate using a flip-chip bonder, scattering parameter measurements were performed, characterizing the interconnect quality, using the on-wafer multi-line Thru-Reflect-Line (TRL) method. Finally, the novel flip-chip technology was implemented as a first demonstration of a packaging concept for MMICs using InP double-heterojunction bipolar transistors (DHBT).

Zusammenfassung

AuSn Bumps basierend auf der sogenannten Flip-Chip Technologie bieten aufgrund ihrer elektromagnetischen Eigenschaften vor allem im hohen Frequenzbereich eine interessante Möglichkeit als Verbindungsstruktur zwischen MMICs untereinander sowie zwischen MMIC und Trägersubstrat.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Design, Herstellung und der elektrisch-mechanischen Charakterisierung dreier Modellstrukturen, in denen Kombinationen aus koplanaren Wellenleitern und Stripline Strukturen mit eutektischen AuSn Bumps Anwendung fanden. Die Designs der Leitungen sind Resultat einer Optimierung in vorher durchgeführten 3D Simulationen. Die Fertigung der 10um AuSn Microbumps erfolgte mittels Elektronenstrahl-Evaporationsmethode und anschließendem Liftoff. Nach der Montierung der Bauteile auf einem AlN Trägersubstrat mit Hilfe eines Flip-Chip Bonders wurde die Qualität der Verbindung mit Hilfe der Streuparameter kontrolliert, die nach der TRL Methode (multi-line thru reflect line) auf Waferlevel gemessen wurden.

Das erste auf diese Art hergestellte Flip-Chip Modul basierte auf einer vereinfachten CPW-zu-CPW Struktur und erreichte eine Frequenz von bis zu 220 GHz. Das zweite Modell wurde als Stripline-zu-CPW gefertigt und konnte bis 250 GHz betrieben werden. Bei der dritten Teststruktur im Stripline-zu-Stripline Design wurde besonderes Augenmerk auf die Minimierung von Abstrahlverlusten sowie von Verlusten bedingt durch die Anregung höherer Feldmoden gelegt. Diese erlaubte schließlich den Betrieb bis zu einer Frequenz von 500 GHz. In einer ersten Machbarkeitsuntersuchung wurden Flip-Chip-Module mit InP-MMICs realisiert.