



Doctoral Thesis

Monolithic Microwave Integrated Circuits Based on InP/GaAsSb Double Heterojunction Bipolar Transistors

Author(s):

Flückiger, Ralf

Publication Date:

2015

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010587280> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 22883

Monolithic Microwave Integrated Circuits Based on InP/GaAsSb Double Heterojunction Bipolar Transistors

A dissertation submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZÜRICH
(Dr. sc. ETH Zürich)

presented by

Ralf Flückiger

MSc, ETH Zürich

born on 27.08.1983

citizen of Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. C. R. Bolognesi, examiner

Dr. N. Weimann, co-examiner

2015

Abstract

(Ga,In)(As,Sb)-based InP double heterojunction bipolar transistors (DHBTs) exhibit excellent RF performance combined with a high power handling capability, making them strong candidates for applications in the millimeter- and sub-millimeter-wave frequency bands. Possible applications are found in the fields of communication, radar, spectroscopy, imaging and radio astronomy. In recent years, our group has successfully advanced the maturity of InP/GaAsSb DHBTs, reaching cutoff-frequencies f_T and f_{MAX} of 503 and 780 GHz simultaneously. Monolithic microwave integrated circuits (MMICs) are better-suited than single devices to assess and showcase the potential of this technology. Therefore, a MMIC process compatible with the existing device fabrication was developed during this work. All circuit elements including DHBTs, transmission lines, discontinuities, resistors and capacitors were characterized and modeled to be included in a complete and parametrized process design kit (PDK). An embedded inverted microstrip transmission line topology was chosen. This allows for dense circuits with a continuous ground plane covering the whole circuit area while suppressing parasitic modes up to at least 300 GHz when backside processing is performed. Backside processing consists of substrate thinning to 50 μm , through substrate via etching and backside metallization. Using the PDK developed in this work, two generations of circuits were designed and fabricated to prove the viability and accuracy of the MMIC process and PDK. The circuits include 1- and 2-stage amplifiers spanning the W- and G-bands, as well as oscillators from 50 to 200 GHz. The process and PDK developed in this work constitute an important first step towards integration of the promising Sb-based DHBt technology in millimeter- and sub-millimeter-wave applications.

Zusammenfassung

(Ga,In)(As,Sb)-basierte InP Doppel-Heteroübergang-Bipolartransistoren (DHBTs) weisen ein hervorragendes Hochfrequenzverhalten kombiniert mit einer guten Leistungstragfähigkeit vor, was sie zu einem starken Kandidaten für Anwendungen im Millimeter- und Submillimeter-Wellenbereich macht. Mögliche Anwendungen finden sich in den Feldern Kommunikation, Radar, Spektroskopie, Bildgebung und Radioastronomie. In den letzten Jahren hat unsere Gruppe erfolgreich die Reife der InP/GaAsSb DHBTs vorangebracht. Grenzfrequenzen von $f_T = 503$ GHz und $f_{MAX} = 780$ GHz wurden gleichzeitig erreicht. Monolithisch integrierte Mikrowellenschaltungen (MMICs) eignen sich besser um das Potential dieser Technologie zu evaluieren und demonstrieren als einzelne Transistoren. Aus diesem Grund wurde im Laufe dieser Arbeit ein MMIC-Prozess entwickelt der kompatibel zum bestehenden Transistor Fabrikationsprozess ist. Alle Schaltungselemente einschliesslich der DHBTs, Wellenleiter, Diskontinuitäten, Widerständen und Kapazitäten wurden charakterisiert und modelliert um in einem vollständigen und parametrisierten Prozessdesignkit (PDK) einbezogen zu werden. Für die Wellenleiter wurde eine eingebettete, invertierte Streifenleiter-Topologie gewählt. Dies erlaubt es dichte Schaltungen mit einer durchgängigen Massefläche zu fabrizieren, welche parasitäre Moden bis mindestens 300 GHz unterdrückt, sofern der Rückseitenprozess durchgeführt wird. Der Rückseitenprozess beinhaltet das herunterdünnen des Substrats auf $50 \mu\text{m}$, das Ätzen von Vias durch das Substrat und die Rückseitenmetallisierung. Unter Anwendung des PDK welches in dieser Arbeit entwickelt wurde, wurden zwei Generationen von Schaltungen entworfen und fabriziert um die Funktionsfähigkeit und Genauigkeit des MMIC Prozesses sowie des PDKs unter Beweis zu stellen. Die Schaltungen beinhalten 1- und 2-stufige Verstärker im W- und G-Frequenzband, sowie Oszillatoren von 50 bis 200 GHz. Der Prozess und das PDK welche in dieser Arbeit entwickelt wurden, stellen einen wichtigen ersten Schritt dar in Richtung Integration der Sb-basierten DHB Technology in Millimeter- und Submillimeterwellen Anwendungen.