

Dissertation ETH No. 21267

**WAVEGUIDE-MOUNTED RF MEMS FOR  
MULTIFUNCTIONAL RF FRONT-ENDS**

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

DIMITRA PSYCHOGIOU

Dipl. El.-Eng. University of Patras, Greece

born on April 22, 1986

citizen of Greece

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Christian Hafner, examiner

Prof. Dr. Dimitrios Peroulis, co-examiner

Prof. Dr. Christofer Hierold, co-examiner

2013

## ABSTRACT

Recent advances in wireless communication architectures such as cognitive and software-defined radio call for transceivers architectures with multi-frequency and multi-standard operation. In order to fulfill the requirements of low cost, reduced complexity and high power efficiency, reconfigurable RF (Radio Frequency) components need to be designed. Radio Frequency Micro-Electro-Mechanical Systems (RF-MEMS) have attracted considerable attention for the realization of highly-integrated reconfigurable RF front-ends due to their advantageous operation over conventional solid state devices and are expected to be used in a large variety of applications ranging from wireless sensor networks and mobile handsets to radars and satellite applications.

In this dissertation, several design and implementation concepts that allow the realization of reconfigurable RF components are investigated. Presented topologies are based on widely tunable waveguide transmission lines using RF-MEMS as tuning elements. Taking into consideration that wireless communication systems cover a wide range of frequency bands, alternative implementation concepts for frequencies from as low as 150 MHz (VHF band) to as high as 110 GHz (W-band) are demonstrated. Design aspects such as low loss operation, multiple functionality, widely tunable response and small form factor are extensively discussed throughout this dissertation. Basic tuning concepts that examine the feasibility of RF-MEMS chip integration within a waveguide transmission line are reported. Advanced RF design methodologies that enable the realization of RF devices with multiple functionalities are investigated. A well-established microfabrication technology that is traditionally utilized for optical scanning micro-mirrors is investigated as an enabling technology for the realization of widely tunable millimeter-wave RF-front ends.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die neusten Entwicklungen in der Drahtloskommunikation wie cognitive radio und software defined radio sind auf Sender-/Empfängerarchitekturen angewiesen, welche mehrband und multistandardfähig sind. Um den zahlreichen Anforderungen wie niedrigem Stromverbrauch, Einfachheit und hoher Energieeffizienz gerecht zu werden, müssen rekonfigurierbare Radiofrequenzbauteile entwickelt werden. Wegen ihren Vorteilen gegenüber herkömmlichen Halbleiterbauelementen sind Radiofrequenz-Mikrosysteme (RF-MEMS) eine vielversprechende Technologie, die unter anderem für die Realisierung hochintegrierter und rekonfigurierbarer RF Frontends eingesetzt wird. Die Spanne möglicher Anwendungsgebiete von RF-MEMS ist sehr breit und reicht von drahtlosen Sensornetzwerken und Mobilfunkgeräten bis zur Radar- und Raumfahrttechnik.

In dieser Dissertation werden zahlreiche Design- und Implementationskonzepte für die Realisierung rekonfigurierbarer RF – Bauteile untersucht. Die vorgestellten Topologien basieren auf weit abstimmbaren Wellenleitern mit MEMS Abstimmeelementen. Da die für heutige Kommunikationssysteme benutzte Frequenzspanne sehr breit ist, werden verschiedene Konzepte für den Einsatz bei 150 MHz (VHF Band) bis hin zu 110 GHz (W-Band) vorgestellt. Wichtige Aspekte wie Dämpfung, Funktionalität, Abstimmbereich und Baugrösse werden dabei eingehend behandelt. Grundlegende Abstimmkonzepte für die Integration von RF-MEMS in Wellenleitern werden auf ihre Machbarkeit untersucht. Fortschrittliche Design-Methodologien für die Realisierung von RF-Elementen mit mehreren Funktionalitäten werden eruiert. Schliesslich wird untersucht, inwieweit ein etablierter Mikromechanik-Prozess für die Herstellung mikroskopischer Ablenkspiegeln auch für die Herstellung weit abstimmbarer Frontends im Bereich der Millimeterwellen eingesetzt werden kann.