ETH zürich

ETH Library

# CMOS microsystems for thermal presence detection

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**
Schneeberger, Niklaus Werner; Baltes, Henry

**Publication date:**
1998

**Permanent link:**
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-001992807

**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. 12675

# CMOS Microsystems for Thermal Presence Detection

A thesis submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
DOCTOR OF NATURAL SCIENCE

presented by

NIKLAUS WERNER SCHNEEBERGER
Dipl. Phys. ETH Zurich
Born December 24, 1967
Citizen of Schoren bei Langenthal, Bern, Switzerland

accepted on the recommendation of

PROF. DR. H. BALTES, examiner
DR. U. DILLNER, co-examiner
PROF. DR. O. PAUL, co-examiner

1998

Copyright © 1998 by Niklaus Schneeberger, Physical Electronics Laboratory
All rights reserved. All parts of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the written permission of the copyright holder, if properly referenced by name and institution.

# Abstract

In this thesis we report the development, fabrication, characterization, and modeling of thermoelectric infrared sensor microsystems. These devices are intended for the detection of the presence of persons by means of the emitted infrared radiation.

The presented microsystems consist of dedicated signal conditioning circuitry cointegrated on a chip with a pair or an array of sensors. The microsystem chips are fabricated in a commercial CMOS process. The sensor devices consist of thermopiles integrated in a thermally isolated structure made from the dielectric CMOS layers. Thermal isolation is achieved by removing silicon under the sensor structure using bulk-micromachining after completion of the industrial CMOS process. The sensor structure absorbs incident infrared radiation and therefore heats up. The resulting temperature increase is converted into an electrical signal by thermopiles. The thermopiles consist of two of the conducting CMOS layers, namely, $n^+$-polysilicon/aluminium, $p^+$-polysilicon/aluminium, or $n^+$-polysilicon/$p^+$-polysilicon. This approach allows mass production and cointegration of sensors and of state-of-the-art signal conditioning circuitry in a mature low-cost technology.

We fabricated devices with sizes of the sensitive area ranging from 0.015 $mm^2$ to 1.05 $mm^2$. Sensitivities of 45.8 V/W and normalized detectivities of 6.69 $10^7$ cm$\sqrt{Hz}$/W were achieved. Array microsystems with up to 240 pixels and an on-chip low-noise amplifier were fabricated and integrated in a demonstrator system for thermal imaging. With an array of 100 pixels we demonstrated a noise equivalent temperature difference of 715 mK on the target with a signal bandwidth of 50 Hz, and a frame rate of 0.49 Hz.

We developed models of the sensor performance using finite element analysis. Comparison of modeled and measured sensor performance shows a deviation of 21% in the worst case. These models allow the optimization of sensor designs for the intended application prior to fabrication.

# Zusammenfassung

Diese Dissertation befasst sich mit der Entwicklung, Herstellung, Charakterisierung und Modellierung von thermoelektrischen Infrarotsensor-Mikrosystemen. Diese Systeme detektieren die Anwesenheit von Personen anhand der emittierten Infrarot-Strahlung.

Die vorgestellten Mikrosysteme bestehen aus einem Sensor-Paar oder einem Sensor-Array das zusammen mit geeigneter Schaltungen zur Signalverarbeitung auf einem Chip integriert wurde. Die Chips mit den Mikrosystemen werden in einem kommerziellen CMOS-Prozess hergestellt. Die Sensoren bestehen aus Thermosäulen die in einer thermisch isolierten Struktur aus den dielektrischen Schichten des CMOS-Prozesses eingebettet sind. Thermische Isolation wird durch Mikrostrukturierung anschliessend an den CMOS-Prozess erreicht. Einfallende Infrarotstrahlung wird in der Sensorstruktur absorbiert die sich dadurch erwärmt. Der resultierende Temperaturanstieg wird durch die Thermosäulen in ein elektrisches Signal verwandelt. Die Thermosäulen bestehen aus einem Paar der elektrisch leitenden Dünnschichten des CMOS-Prozesses, nämlich $n^+$-Polysilizium/Aluminium, $p^+$-Polysilizium/Aluminium oder $n^+$-Polysilizium/$p^+$-Polysilizium. Diese Herstellungsmethode ermöglicht die Massenproduktion und Integration mit modernen Signalverarbeitunsschaltungen.

Die Sensoren haben eine sensitive Fläche von 0.015 $mm^2$ bis 1.05 $mm^2$. Es wurden Empfindlichkeiten bis 45.8 V/W und normalisierte Detektivitäten bis 6.69 $10^7$ cm$\sqrt{Hz}$/W erreicht. Sensor-Arrays mit bis zu 240 Pixeln und integrierter Verstärkerschaltung wurden hergestellt und in ein Wärmebild-Demonstrationssystem eingebaut. Mit einem Array von 100 Pixeln wurde eine rauschequivalente Temperaturdifferenz am Objekt von 715 mK bei einer Signalbandbreite von 50 Hz und einer Bildwiederholrate von 0.49 Hz erreicht.

Wir haben Finit-Element-Modelle der Sensoren zur Vorhersage der Empfindlichkeit entwickelt. Der Vergleich zwischen gemessener und simulierter Empfindlichkeit ergab im schlechtesten Fall 21% Abweichung. Diese Modelle ermöglichen eine Optimierung der Sensoren für die geplante Anwendung vor der Herstellung.