



Doctoral Thesis

Packaging techniques for CMOS-based chemical and biochemical microsensors

Author(s):

Song, Wan Ho; Baltes, Henry

Publication Date:

2005

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004959108> →

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. 15987

PACKAGING TECHNIQUES FOR CMOS-BASED CHEMICAL AND BIOCHEMICAL MICROSENSORS

A thesis submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES

presented by
WAN HO SONG
DIPLOM.-ING. NATIONAL UNIVERSITY OF GENERAL SAN MARTIN (ARGENTINA)
BORN JUNE 3, 1971
CITIZEN OF KOREA

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. H. Baltes, examiner
Prof. Dr. O. Brand, co-examiner
Dr. J. Lichtenberg, co-examiner

2005

ABSTRACT

The focus of this thesis is on the design, implementation, and test of packaging techniques for industrial CMOS-based monolithic chemical and biochemical microsensors. These small and low-cost devices are the key components of miniaturized environmental monitoring and medical diagnostic systems. A pre-requisite for technical and commercial success of these sensors is a reliable, low-cost, and miniaturized packaging concept. However, packaging of sensors which require sample contact is challenging: the sensing elements need to be protected mechanically, the associated electronics needs to be protected mechanically and chemically, and still, the sample needs to have access to the sensor. This thesis describes the development of several new packaging techniques suitable for gas- and liquid-environment sensors.

For the packaging of chemical microsensors, existing IC packaging technologies were adapted to fulfill the specific requirements. Partial die-attach and glob-top techniques were developed to provide stress-free mounting of the delicate sensing structures and to protect circuitry and electrical interconnection while allowing gas access to the sensing areas for active-side-up packaging solutions. Alternatively, using a substrate with openings, the well-established flip-chip technique was adapted to package arrays of microsensors efficiently. The openings at the location of the sensing area allowed for protection of the electrical interconnection and the surrounding circuitry simultaneously using a polymer underfill encapsulant. A helium leakage of less than 6.3×10^{-10} atm·cc/s ^4He was measured after 250 cycles of thermal excursion between -40 °C and $+125$ °C satisfying the MIL-STD-883E standard test.

A low-cost soft polymer (thermally curable silicone) was successfully used to package a disposable biochemical microsensor where liquid handling was a key requirement. The package was fabricated by casting of the silicone into a precision-milled aluminum mold to form recesses for the chip and the sensing chamber. Two half flow cells were bonded together to form closed chamber and to protect the circuitry and the electrical interconnection. A single-stroke thermo-pneumatic pump was embedded in the package to handle the liquid sample without pulsations which may cause measurement noise. 70 s are needed to

fill a 2- μ L sensing chamber completely and multistep pumping schemes are possible for flexible fluid handling.

ZUSAMMENFASSUNG

Design, Implementation und Test von Aufbau- und Verbindungstechnologien (AVT) für monolithische, auf industriellen CMOS-Prozessen basierenden chemischen und biochemischen Mikrosensoren stehen im Mittelpunkt dieser Arbeit. Mikrosensoren sind kostengünstige Schlüsselkomponenten für chemische Analysensysteme im Umweltbereich und in der medizinischen Diagnostik. Dabei ist eine verlässliche, kostengünstige und ebenfalls miniaturisierbare AVT eine Grundvoraussetzung für den technologischen und wirtschaftlichen Erfolg dieser Sensoren. Die Aufbautechnik von Sensoren mit direktem Medienkontakt ist jedoch eine Herausforderung, da der Zugang der Probe zum Sensorelement gewährleistet sein muss, während die integrierte Elektronik zuverlässig geschützt bleiben muss. Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene, neue Aufbautechniken für Sensoren für die Gas- und Flüssigphase entwickelt.

Bestehende IC-Aufbautechnologien wurden für die AVT von chemischen Mikrosensoren im Hinblick auf die speziellen Bedürfnisse dieser Anwendung angepasst. Dazu wurde eine partielle Die-Attach- und Glob-Top-Technik entwickelt, mit der sich die fragilen Sensorstrukturen spannungsfrei befestigen lassen. Elektronik und elektrische Verbindungen werden hier zuverlässig geschützt, während die gasförmige Probe von vorne an den Sensor gelangen kann. Für den effizienten Aufbau von Sensorarrays wurde alternativ eine Flip-Chip-Methode entwickelt, bei der die einzelnen Sensoren auf einem perforierten Keramiksubstrat befestigt werden. Dabei gelangt das Messgas durch Öffnungen im Substrat an den Sensor, während die Elektronik und die elektrischen Verbindungen durch die Underfill-Vergussmasse geschützt werden. Dabei konnte eine Helium-Dichtheit von 6.3×10^{-10} atm·cc/s nach 250 Temperaturzyklen zwischen -40 °C und $+125$ °C erreicht werden, was die im MIL-STD-883E-Standard verlangten Grenzwerte deutlich erfüllt.

Ausserdem wurde ein Packaging-Konzept für Biosensoren entwickelt, das die Manipulation von flüssigen Proben erlaubt und aus einem kostengünstigen Silikon-Elastomer besteht. Die mikrofluidischen Komponenten mit Kanälen und Messkammern wurden durch Abformung von einer Aluminiumform gewonnen. Zwei Hälften umschliessen dann den Sensorchip, um ein geschlossenes System

zu bilden. Eine thermo-pneumatische Einzelhub-Mikropumpe wurde in das Gehäuse integriert, um die flüssige Probe kontinuierlich über den Sensor strömen zu lassen. 70 s werden benötigt, um die 2 μL fassende Messkammer komplett zu füllen. Für komplexere Prozesse sind ausserdem mehrstufige Pumpverfahren möglich.