

## Nano4E

Integrated thermo-optically activated Nanosensors for environmental monitoring

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, Schlüsseltechnologien für nachhaltige Produktion Ausschreibung 2022	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.05.2023	<b>Projektende</b>	30.04.2026
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2026	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	Nanosensors, Chemical Sensors, Environmental Monitoring		

### Projektbeschreibung

Der chemische Nachweis von Gasen ist eine unerlässliche Notwendigkeit, um eine hohe Luftqualität sowohl im Innenbereich als auch in der Außenumgebung gewährleisten zu können. Da die Bevölkerung in Europa bis zu 90% ihrer Zeit in Innenräumen verbringt, ist die Luftqualitätsüberwachung in privaten Haushalten und Büros, in Fahrzeugen und Transportmitteln von besonderer Bedeutung. Da umweltverschmutzende Gase im Außenbereich auch die Luftqualität in Innenräumen signifikant beeinflussen, ist das Umweltmonitoring von großer Wichtigkeit, um eine hohe Luftqualität im Alltagsleben gewährleisten zu können.

In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche Arten von elektrischen Gassensoren entwickelt, die darauf beruhen, dass sich bei Anwesenheit bestimmter Gase die elektrische Leitfähigkeit ändert. Dabei haben sich die widerstandsbasierten Sensoren, bei denen gassensitive Metalloxide wie SnO<sub>2</sub>, ZnO, CuO, oder WO<sub>x</sub> eingesetzt werden, als bisher vielversprechendste Kandidaten herausgestellt. Obwohl hier im Hinblick auf Miniaturisierung und Leistungsbedarf beträchtliche Fortschritte erzielt wurden, können die derzeitigen Sensoren den Ansprüchen, die an smarte Sensorsysteme gestellt werden, nicht genügen: Das Ansprechverhalten ist langsam, der Stromverbrauch ziemlich hoch, die Sensoren weisen Querempfindlichkeiten auf und sind daher primär industriellen Anwendungen vorbehalten. Generell ist die mangelnde Selektivität die größte Problematik, weil MO<sub>x</sub> Materialien auf mehrere Gase gleichzeitig reagieren und damit nicht in der Lage sind, aus einem Gasgemisch eine einzelne Gaskomponente eindeutig zu detektieren.

Im Rahmen des Nano4E Projektes gehen wir diese enorme Herausforderung in der chemischen Sensorik mit einem völlig neuen Ansatz an. Unser Ziel ist die Entwicklung eines neuartigen chemischen Sensors, der völlig neue Maßstäbe im Selektivitäts- und Sensitivitätsverhalten setzt. Wir entwickeln einen thermo-optisch (TO) aktivierten Nanosensor, bei dem zum ersten Mal thermische und optische Gassensorprinzipien in ein einzelnes Sensorsystem integriert werden. Dabei werden die gasempfindlichen Nanomaterialien sowohl mit Wärme als auch mit Licht angeregt. Durch die Anwendung dieser dualen Anregungsarten - Wärme und Licht - und Verwendung schneller zeitlicher Modulation, eröffnen wir einen völlig neuen Parameterraum für chemische Sensoren, der noch nie erforscht wurde: Das Nano4E Sensorsystem ist in der Lage chemische Reaktionen von Gasmolekülen mit dem Nanomaterial spezifisch auslösen zu können und ermöglicht damit den dynamischen Nachweis von Gasen mit bisher unerreichter Selektivität und Sensitivität. Das wurde bis dato noch nicht erreicht, ist extrem ambitioniert und geht weit über den derzeitigen Stand der Dinge hinaus.

Die Entwicklung einer völlig neuen Klasse von integrierten TO Nanosensoren mittels einer stabilen und nachhaltigen Prozesskette schafft für die Forschungspartner Materials Center Leoben Forschung GmbH, Universität Barcelona, und Silicon Austria Labs einen erheblichen Wettbewerbsvorsprung. Die innovative heterogene Systemintegration, die Mikroheizplatten-Sensoren, Micro-LEDs, die Implementierung von Nanomaterialien, deren Funktionalisierung mittels Nanopartikel, sowie die 3D-Integration zu einem smarten Sensorsystem, stellt eine einzigartige, umfassende Expertise dar, die neue Geschäftschancen im Bereich der chemischen Sensorik für Umweltmonitoring eröffnet. Die Firmenpartner, UnravelTEC and SLOC GmbH, - beide hochinnovative KMUs - erwarten sich vom Nano4E Sensor neue technologische Lösungen für ihre jeweiligen Geschäftsfelder. UnravelTEC wird damit seine eigenen Aktivitäten im Bereich des Luftqualitätsmonitoring vorantreiben. Der Einsatz der TO Nanosensoren ermöglicht die gleichzeitige Detektion mehrerer Gase mit einem einzelnen Sensorsystem bei gleichzeitig stark reduzierter Baugröße, Kosten und Leistungsverbrauch. SLOC wird neue IoT-fähige Sensorlösungen im speziellen im Bereich Abfallwirtschaft vorantreiben, wobei der Nano4E Sensor für die Klassifizierung von Abfällen über Geruchserkennung, oder die Detektion potentiell gefährlicher Situationen verursacht durch ausgasende oder sogar brennende Batterien eingesetzt werden kann.

Das Nano4E Projekt könnte einen signifikanten Impuls für die österreichische Wirtschaft haben, da das Sensorsystem in Österreich hergestellt werden kann. Die gesamte Prozesskette kann durch österreichische Firmen abgedeckt werden, die Mitglieder im industriellen Beratungsgremium sind.

## **Abstract**

Chemical sensing of gaseous molecules has become a vital necessity for ensuring high air quality (AQ) both indoors as well as outdoors. Since people in Europe spend 90% of their time indoors, AQ monitoring is of tremendous importance for private homes and offices, for vehicles and transportation. Moreover, as outdoor polluting gases have a significant impact on AQ in houses and buildings, outdoor environmental monitoring is also key to ensure high AQ in our daily life.

Over the past decades, many variants of electric gas sensors, which rely on changes of electrical conductance due to the surrounding gas, have been developed. Among those, conductometric sensors based on gas sensitive metal oxide (MOx) semiconductors such as SnO<sub>2</sub>, ZnO, CuO, or WO<sub>x</sub> are the most promising candidates. Although there are considerable improvements in terms of miniaturization and power consumption, present gas sensors cannot fulfil the requirements for smart sensor systems: they have slow response time, high power consumption, exhibit cross sensitivities and are primarily dedicated to industrial applications. In general, low selectivity remains the biggest obstacle because MOx materials react with multiple target gases and are not capable to clearly measure a single gas component out of a gas mixture.

Within the Nano4E project, we are tackling this huge challenge with a ground-breaking new approach. The key objective is the development of a novel chemical sensor system, which sets new standards in terms of selectivity and sensitivity. We develop a thermo-optically (TO) activated nanosensor, which integrates for the very first time thermal and optical gas sensing principles into a single sensor system, where the gas sensitive nanomaterials are activated both by heat as well as by light. By applying this dual excitation mode - heat and light - and exploiting (fast) temporal modulation schemes, we open an entirely new parameter space for chemical sensors, which has never been explored before: the Nano4E sensor system is capable to specifically trigger chemical reactions of target molecules with the nanomaterials and will provide dynamic fingerprinting of gases with unprecedented selectivity and sensitivity. This has not been achieved before, is extremely ambitious and goes far beyond state-of-the art.

The development of an entirely new class of integrated TO nanosensors in a resilient and sustainable process chain create a significant competitive advantage for the research partners Materials Center Leoben Forschung GmbH, University Barcelona, and Silicon Austria Labs. The innovative heterogeneous system integration comprising the microhotplate devices,

microLEDs, implementation of nanomaterials, functionalization with NPs, 3D-integration to a smart sensor system, represents a unique, comprehensive know-how, which opens new business opportunities in the field of gas sensors for environmental monitoring. The company partners, UnravelTEC and SLOC GmbH - both of them highly innovative SMEs - are expecting new technological solutions enabled by the Nano4E sensor device for their individual business fields. UnravelTEC will further push the activities in the field of AQ monitoring. The implementation of TO nanosensors opens the capability for multi-gas sensing with a single device at strongly reduced size, cost, and power consumption. SLOC explores new IoT capable sensor solutions in particular in the field of waste management, where the Nano4E devices can be employed for sniffing different types of waste, or detecting potentially dangerous situations caused by outgassing, or even burning batteries.

The Nano4E project might have significant impact on Austria's economy because the integrated sensor system might be fabricated in Austria. The full processing chain can be covered by Austrian companies, who will be members of the industrial advisory board.

### **Projektkoordinator**

- Materials Center Leoben Forschung GmbH

### **Projektpartner**

- SLOC GmbH
- Silicon Austria Labs GmbH
- UnravelTEC OG
- Universitat de Barcelona Department of Electronic and Biomedical Engineering