

Entwicklungstrends der elektronischen Mess- und Gerätetechnik aus Thüringen

**Branchenübergreifende Innovationen
vom Sensor bis zum System**

———— **IR-Sensoren für die Erde und den Weltraum** ————

Name des Unternehmens:

**Leibniz-Institut für Photonische Technologien
Albert-Einstein-Str. 9 07745 Jena**

Referent:

Andreas Ihring

Gliederung

Überblick Leibniz-IPHT und thermoelektrische Sensoren

Aufbau und Prinzip thermoelektrischer Sensoren

Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche

Entwicklungen und Ausblick

»elmug4future«

Online-Präsentation

Leibniz **ipht**
LEIBNIZ-INSTITUT für
PHOTONISCHE TECHNOLOGIEN

Überblick Leibniz-IPHT



Wissenschafts-Campus „Beutenberg“

Mitarbeiterstruktur (31.12.2019)

Gesamt: 401

Wissenschaftler: 161

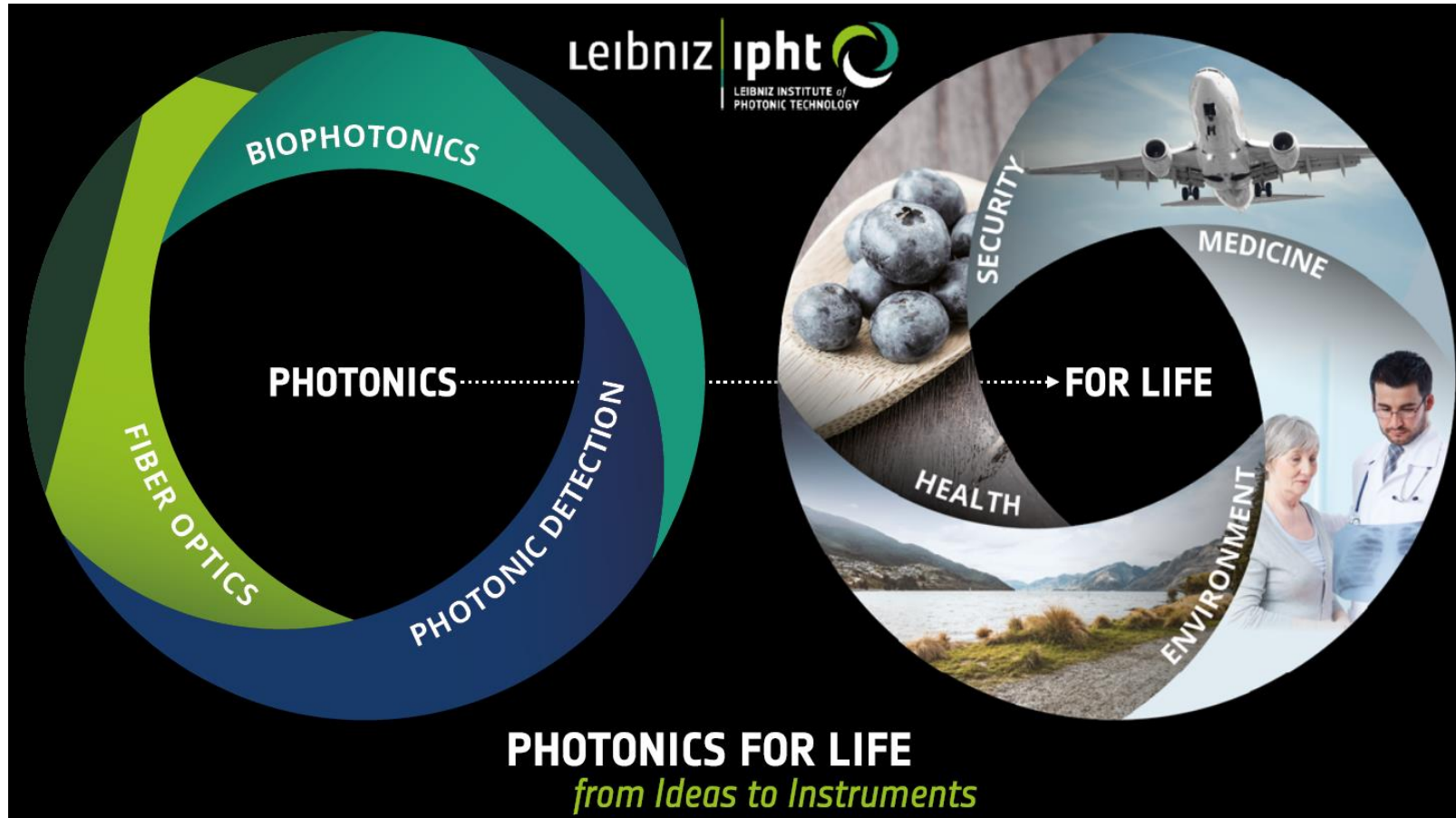
Doktoranden: 113

Mitarbeiter aus 36 Ländern

»elmug4future«

Online-Präsentation

Überblick Leibniz-IPHT - Forschungsschwerpunkte



global attention

IR-Sensoren für die Erde und den Weltraum

local competence

Überblick Leibniz-IPHT - Unsere Mission

**Photonische und biophotonische
Lösungen mit verbesserter**

- Auflösung,
- Sensitivität,
- Spezifität,
- Geschwindigkeit,
- Genauigkeit,
- Automatisierung
- ...

PHOTONICS FOR LIFE
from Ideas to Instruments

.... für eine schnellere und genauere **medizinische Diagnostik**, für sichere **Medikamente**, für eine neue **Qualität** der **Lebensmittel-** und **Wasseranalytik** sowie für **innovative Sicherheitstechnik** und dient dazu, das Leben sicherer und gesünder zu machen.

»elmug4future«

Online-Präsentation

Leibniz **ipht**
LEIBNIZ-INSTITUT für
PHOTONISCHE TECHNOLOGIEN

Überblick Leibniz-IPHT - Kompetenzzentrum für Mikro- und Nanotechnologien

Neugründung Leibniz-KMNT 01.06.2019

Technologische Basis des IPHT - KMNT

Reinraumklasse: ISO 4

Fläche: 700m² verteilt auf 2 Etagen

Bereiche: Fotolithografie

Beschichtung / Ätzen

Nasschemie

Strukturanalyse



Nutzung: Leibniz - IPHT Institut für Photonische Technologien
IAP Institut für Angewandte Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena
IOF Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik

Überblick Leibniz-IPHT - Kompetenzzentrum für Mikro- und Nanotechnologien

Leibniz – IPHT - Kompetenzzentrum für Mikro- und Nanotechnologien

AG
IR-Sensorfertigung

Dr. Kay Dietrich

AG
Mikrosystem- und Nanotechnologien

Dr. Uwe Hübner

AG
Mikrostrukturanalytik

Dr. Jan Dellith



Thermoelektrische Sensoren

ungekühlt

Single-, Dual-Pixel

Multi-Pixel, 1D-Zeilen, 2D-Arrays

global attention

IR-Sensoren für die Erde und den Weltraum

Überblick Leibniz-IPHT - Kompetenzzentrum für Mikro- und Nanotechnologien

ungekühlte thermoelektrische Sensoren des Leibniz - IPHT - KMNT

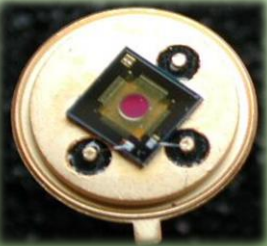
Temperatur

Gasdetektion /
Gaszusammensetzung

Mikropeltierkühler
Taupunkt

AC-DC
Thermokonverter

1-Kanal



nichtdispersiv

2-Kanal

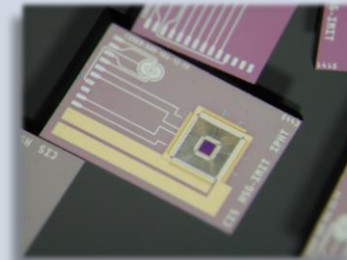
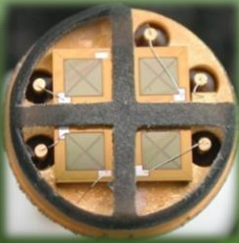


dispersiv

64-Kanal



4-Kanal

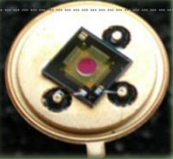
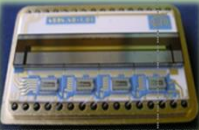
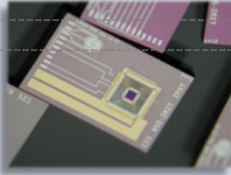
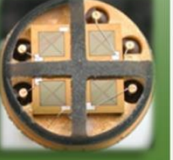


»elmug4future«

Online-Präsentation

Leibniz **ipht**
LEIBNIZ-INSTITUT für
PHOTONISCHE TECHNOLOGIEN

Überblick Leibniz-IPHT - Kompetenzzentrum für Mikro- und Nanotechnologien

ungekühlte thermoelektrische Sensoren des Leibniz - IPHT - KMNT				
Temperatur	Gasdetektion / Gaszusammensetzung		Mikropeltierkühler Taupunkt	AC-DC Thermokonverter
	nichtdispersiv	dispersiv		
1-Kanal 	2-Kanal 	64-Kanal 		
	4-Kanal 			

Projektpartner aus Industrie und
Forschung



global attention

IR-Sensoren für die Erde und den Weltraum

local competence

ELMUG

»elmug4future«

Online-Präsentation

Gliederung

Überblick Leibniz-IPHT und thermoelektrische Sensoren

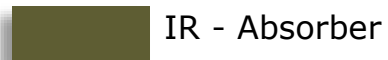
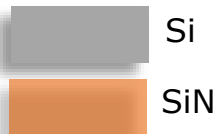
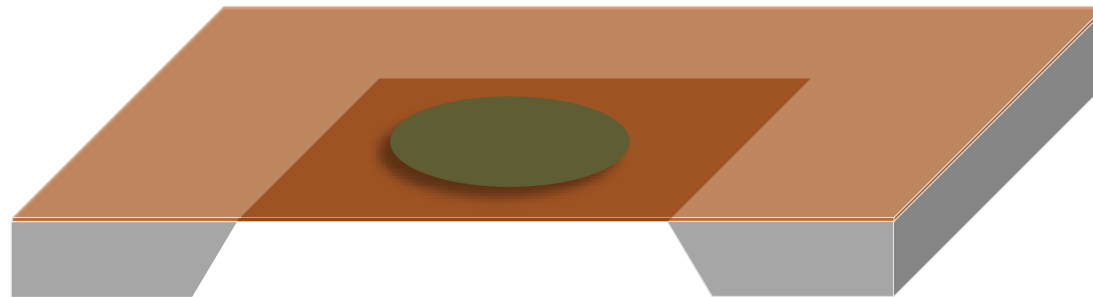
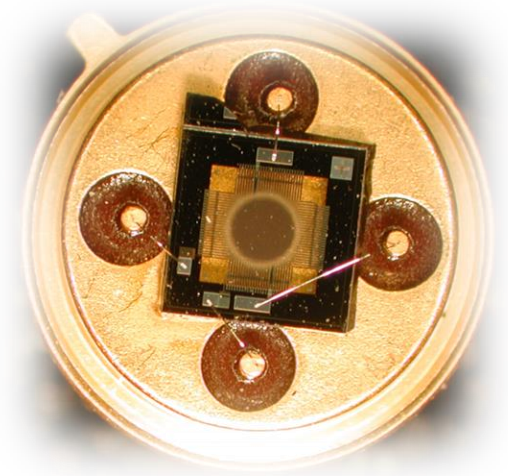
Aufbau und Prinzip thermoelektrischer Sensoren

Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche

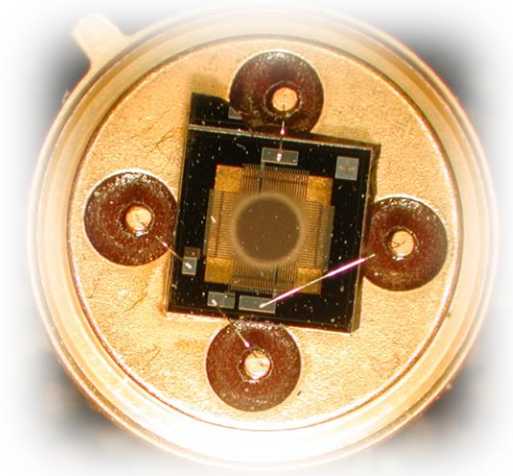
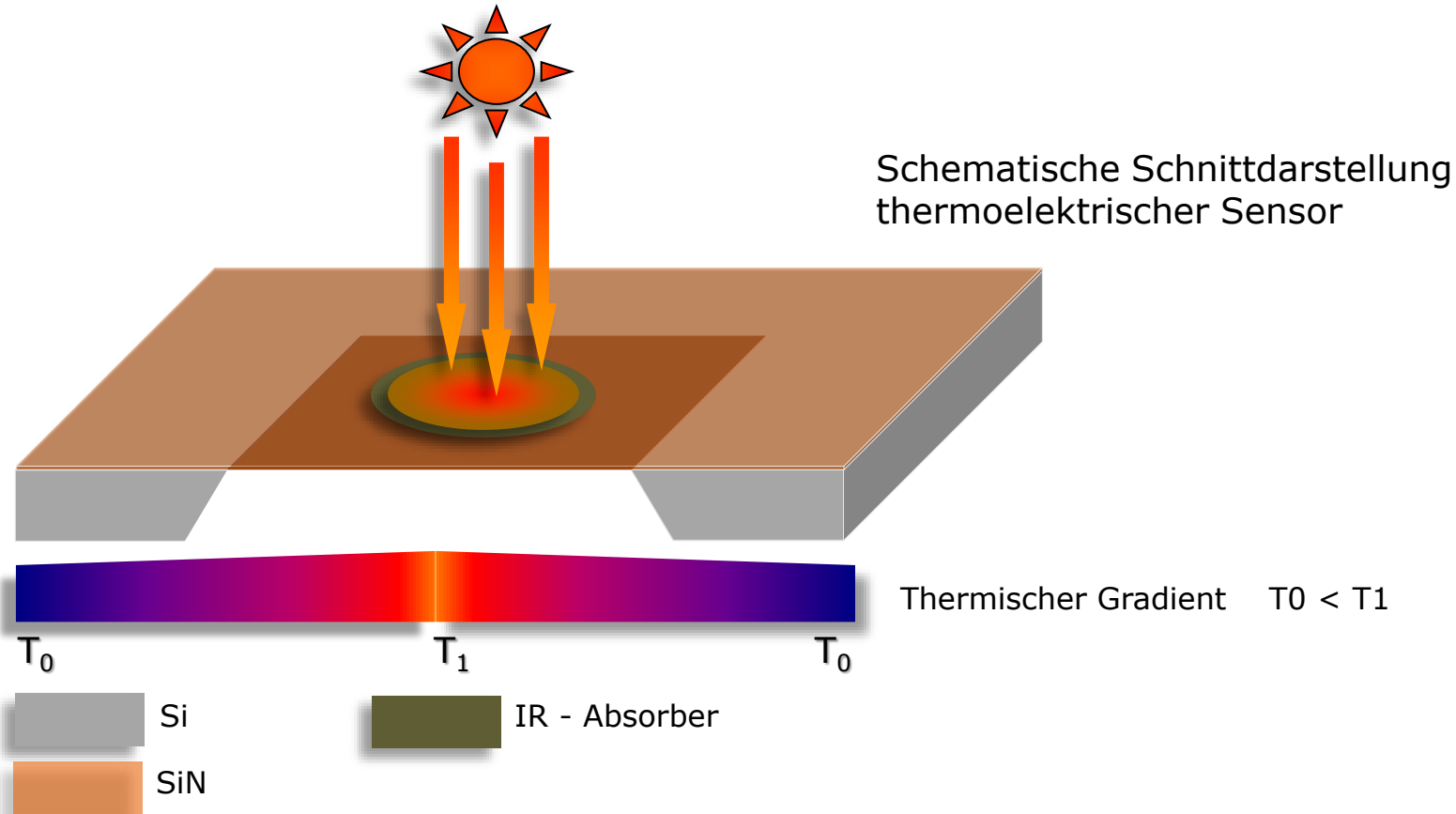
Entwicklungen und Ausblick

Aufbau und Prinzip thermoelektrischer Sensoren

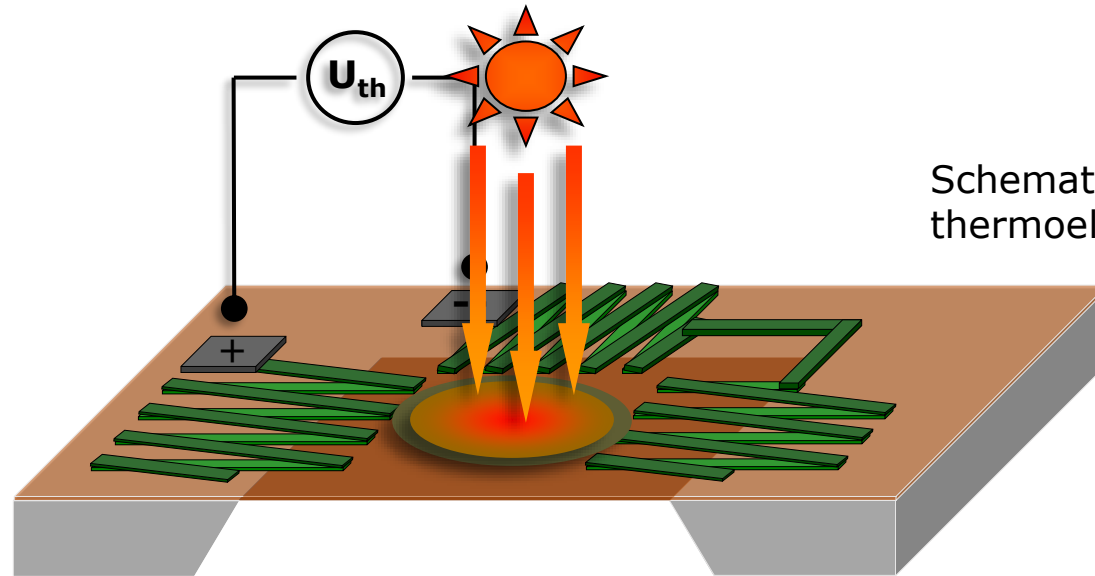
Schematische Schnittdarstellung
thermoelektrischer Sensor



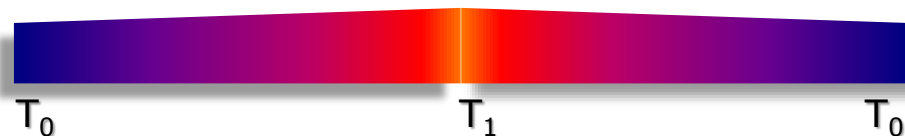
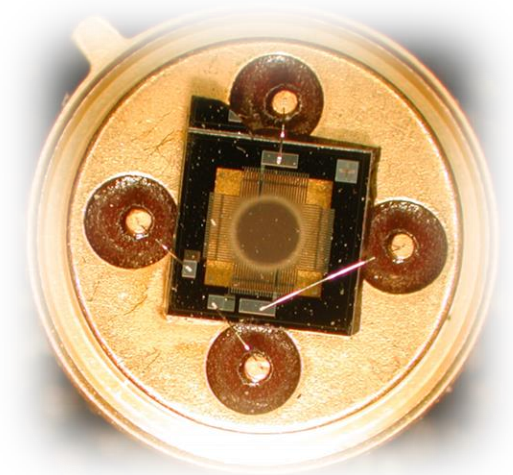
Aufbau und Prinzip thermoelektrischer Sensoren



Aufbau und Prinzip thermoelektrischer Sensoren



Schematische Schnittdarstellung
thermoelektrischer Sensor



Thermischer Gradient $T_0 < T_1$

	Si		IR - Absorber
	SiN		 Thermoelemente
	Al oder Au		

Thermoelektrische Spannung

$$U_{th} = n (\alpha_A - \alpha_B) (T_1 - T_0)$$

n ... Anzahl Thermoelemente
 α ... Seebeck-Koeffizient [$\mu\text{V/K}$]
 T ... absolute Temperaturen [K]

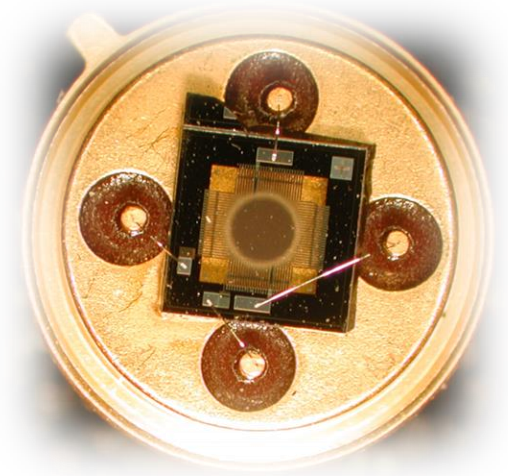
global attention

local competence

IR-Sensoren für die Erde und den Weltraum

Aufbau und Prinzip thermoelektrischer Sensoren

1. Thermoelektrische Materialien
hoher thermoelektrischer Effektivität
2. Membran-, Isolations- und Passivierungsschichten
geringer thermischer Leitfähigkeit
3. Hocheffiziente IR-Absorber für thermische Strahlung



Durch die Kombination der einzelnen Komponenten ist es möglich anwendungsorientierte maßgeschneiderte thermische Sensoren zur Verfügung zu stellen

hochempfindlich

zuverlässig

langzeitstabil

robust

global attention

ELMUG

local competence

IR-Sensoren für die Erde und den Weltraum

»elmug4future«

Online-Präsentation

Gliederung

Überblick Leibniz-IPHT und thermoelektrische Sensoren

Aufbau und Prinzip thermoelektrischer Sensoren

Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche

Entwicklungen und Ausblick

Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche – TS 80

Anzahl Thermoelemente: 80 Stck.
Aktive Absorberfläche: $0,2\text{mm}^2$ ($\varnothing 0,5\text{mm}$)
Widerstand: $12 - 28\text{k}\Omega$
Temperatureinsatzber.: $-20^\circ\text{C} - +70^\circ\text{C}$ (optional bis $+180^\circ\text{C}$)
Absorber: Interferenzabsorber (KW $3-5\mu\text{m}$, LW $8-14\mu\text{m}$)
Füllgase: N_2 , Kr, He, Ne, Xe, Ar

	N_2	Krypton
Empfindlichkeit [V/W]	230	400
DC Output @ $38\mu\text{W}/\text{mm}^2$ [mV]	1,7	2,9
Zeitkonstante [ms]	30...35	50...60
Detektivität (500K) [$\text{cm}/\text{Hz}^{1/2}\text{W}$]	$5,5 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^8$

Filterfenster: CaF_2 , Saphir, Silizium, Quarzglas, Bandpassfilter, ...

Einsatzbereich: berührungslose Temperaturmessung, NDIR Gasanalytik, Radiometrie



TS80 auf TO39 Sockel und hermetisch verschlossen

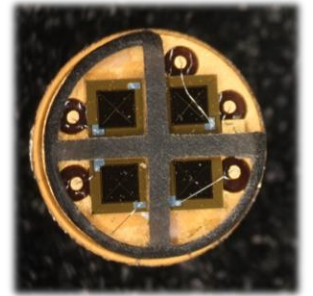
Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche – TS 4x200

Anzahl Thermoelemente: 4 x 200 Stck.
Aktive Absorberfläche: 1,44mm² (1,2 x 1,2mm)
Widerstand: 50 – 80kΩ
Temperatureinsatzber.: -20°C - +70°C
Absorber: Interferenzabsorber (KW 3-5μm, LW 8-14μm)
Füllgase: N₂, Kr, He, Ne, Xe, Ar

	N ₂
Empfindlichkeit [V/W]	86 – 90 (KW); 100-104 (LW)
DC Output @ 38μW/mm ² [mV]	4,3
Zeitkonstante [ms]	33
Detektivität (500K) [cm/Hz ^{1/2} W]	2,5*10 ⁸

Filterfenster: CaF₂, Saphir, Silizium, Quarzglas, Bandpassfilter, ...

Einsatzbereich: berührungslose Temperaturmessung, NDIR Gasanalytik (Anästhesiegasdetektion)



TS4x200 auf
Sockel

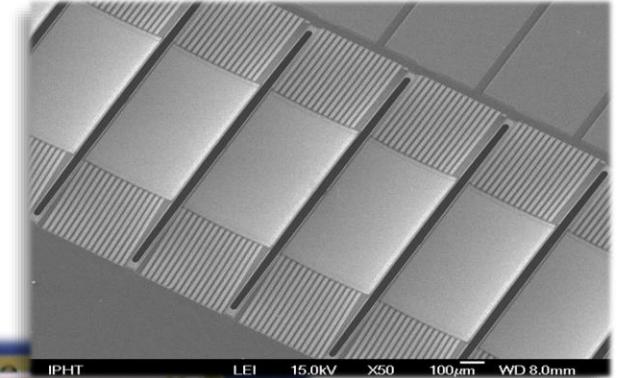
Modul für
Beatmungsgeräte

Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche – 1D Zeile ZS 64

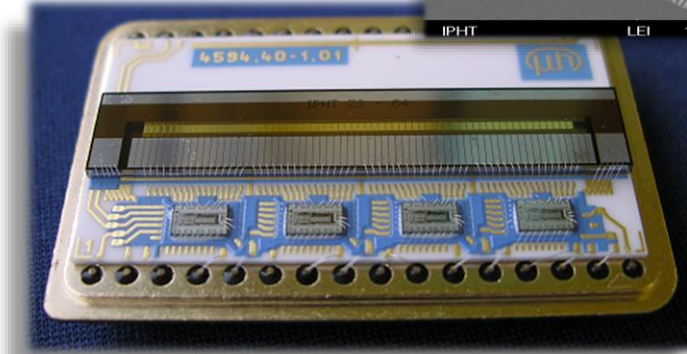
Anzahl Pixel:	64 (diskret; geschlitzte Membran)
Anzahl Thermoelemente:	30 Stck. je Pixel
Aktive Absorberfläche:	0,675mm ² (0,45 x 1,5mm)
Widerstand:	8,5 – 11,5 k Ω
Temperatureinsatzber.:	-20°C - +70°C
Absorber:	kolloidalen Ag-Ruß
Füllgase:	Xe, Vakuum

	Vakuum
Empfindlichkeit [V/W]	1,5
DC Output @ 38 μ W/mm ² [mV]	6,3
Zeitkonstante [ms]	100...120
Detektivität (500K) [cm/Hz ^{1/2} W]	1,6*10 ⁹
Filterfenster:	KRS5

Einsatzbereich: berührungslose Temperaturmessung, Gasanalytik , Spektroskopie



ZS64 Chipbereich
mit geschlitzten
Membranen



Montierter ZS64 Chip mit Multiplexern

Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche - Weltraumsensoren

- | | |
|-------------------|--|
| 1971/72 | Bolometerentwicklung
für Interkosmos-Fourier-Spektrometer |
| 30.06.1977 | „Erstes Globales Experiment“ des
„Globalen Atmosphärischen Forschungsprogramms“
→ Sensoren arbeiten noch heute! |
| 07.06.1983 | Venus 16 Erkundung der Venusatmosphäre und Messung der
Wärmestrahlung der Venus erstmals mit Spektrometer auf Bahn eines Satelliten |
| 02.03.2004 | Rosetta-Mission der ESA zum Kometen Tschurjumov-Gerrassimenko (gelandet 10.11.2014) |
| 06.08.2012 | NASA-Mission Mars-Rover Curiosity |
| 03.12.2014 | JAXA-Mission Hayabusa-2 MASCOT-Radiometer MARA |
| Juli 2016 | BepiColombo – Mission der ESA zum Merkur (Eintritt in den Orbit Januar 2024) |
| Okt. 2020 | AIDA – Einschlagsdetektor zur kalorimetrischen Messung von Partikelgrößen und Mikro-Meteoriten |
| Nov. 2021 | NASA-Mission zum Jupitermond Europa |



Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche – Mars Rover Curiosity

Lage der Sensoren

- **3 „TS 100“** im **REMS** (*Rover Environmental Monitoring Station*)
- breitbandiger Ag-Rußabsorber
- Hermetischer Verschluss mit Kr-Füllung

Was können die Sensoren?

- Berührungslose Temperaturmessung der Planetenoberfläche

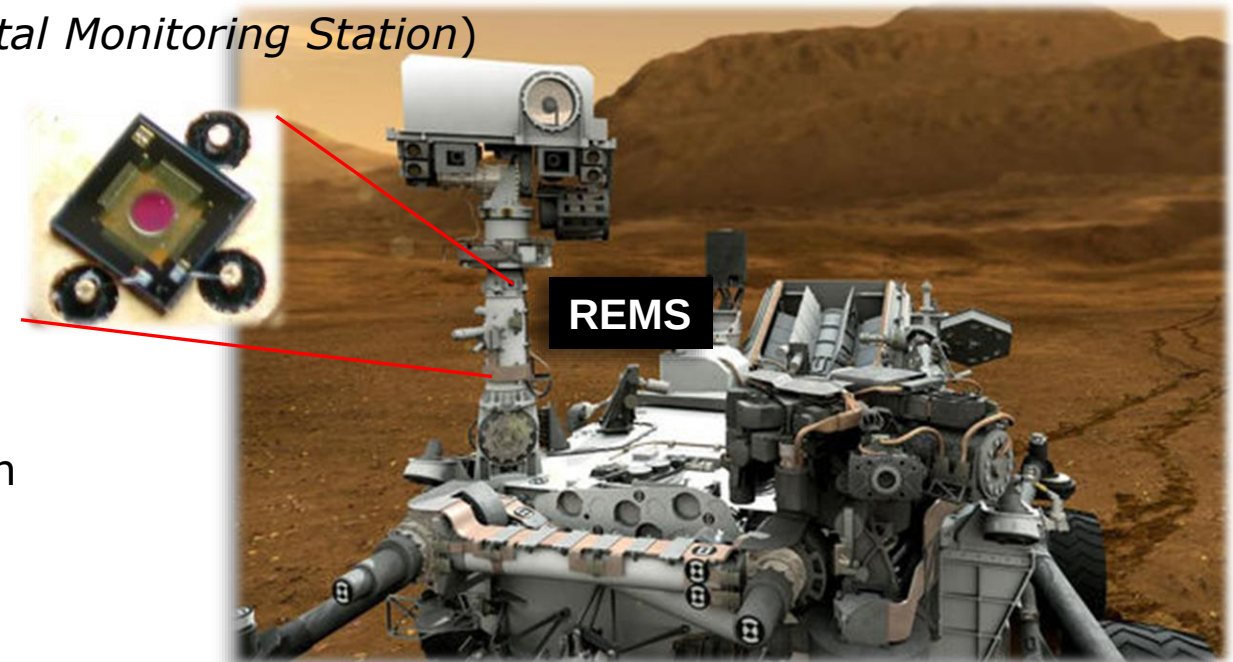
Was ist besonders?

- Funktionieren auch nach mehr als 7 Jahren im Weltraum noch
- Temperaturbereich: -130°C bis $+50^{\circ}\text{C}$

Wetterbericht

- <http://cab.inta-csic.es/remis/wp-content/plugins/marsweather-widget/widget.php>

Mars Rover Curiosity



»elmug4future«

Online-Präsentation

Gliederung

Überblick Leibniz-IPHT und thermoelektrische Sensoren

Aufbau und Prinzip thermoelektrischer Sensoren

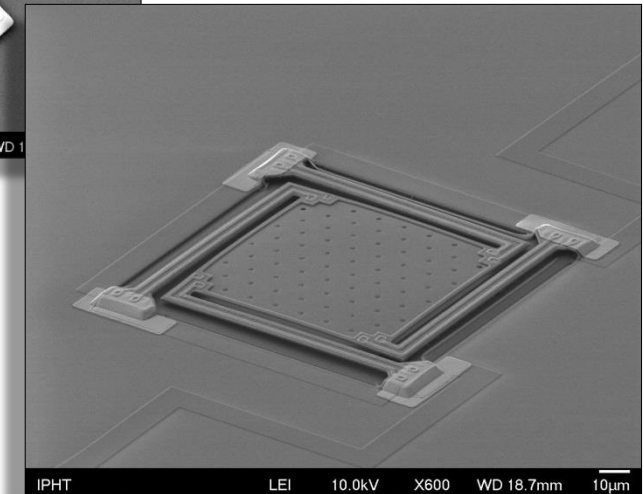
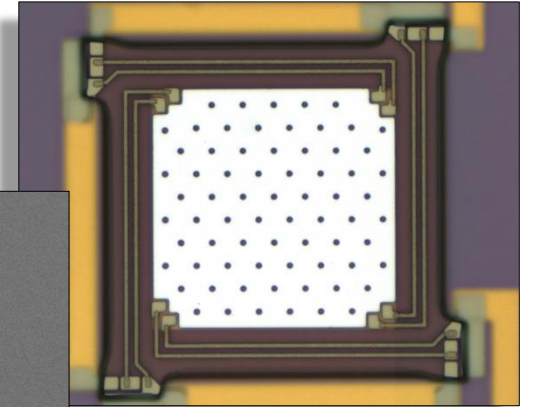
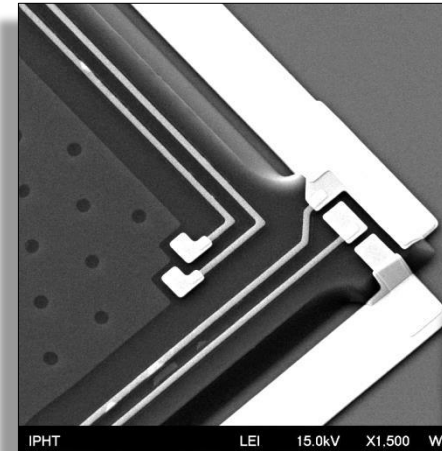
Beispiele aktueller Sensoren und Einsatzbereiche

Entwicklungen und Ausblick

Entwicklungen und Ausblick

Ersatz der konventionellen Bulk-Mikromechanik durch Oberflächen-Mikromechanik

- Erhöhung des Integrationslevels
- Entwicklung neuer Sensorkonzepte

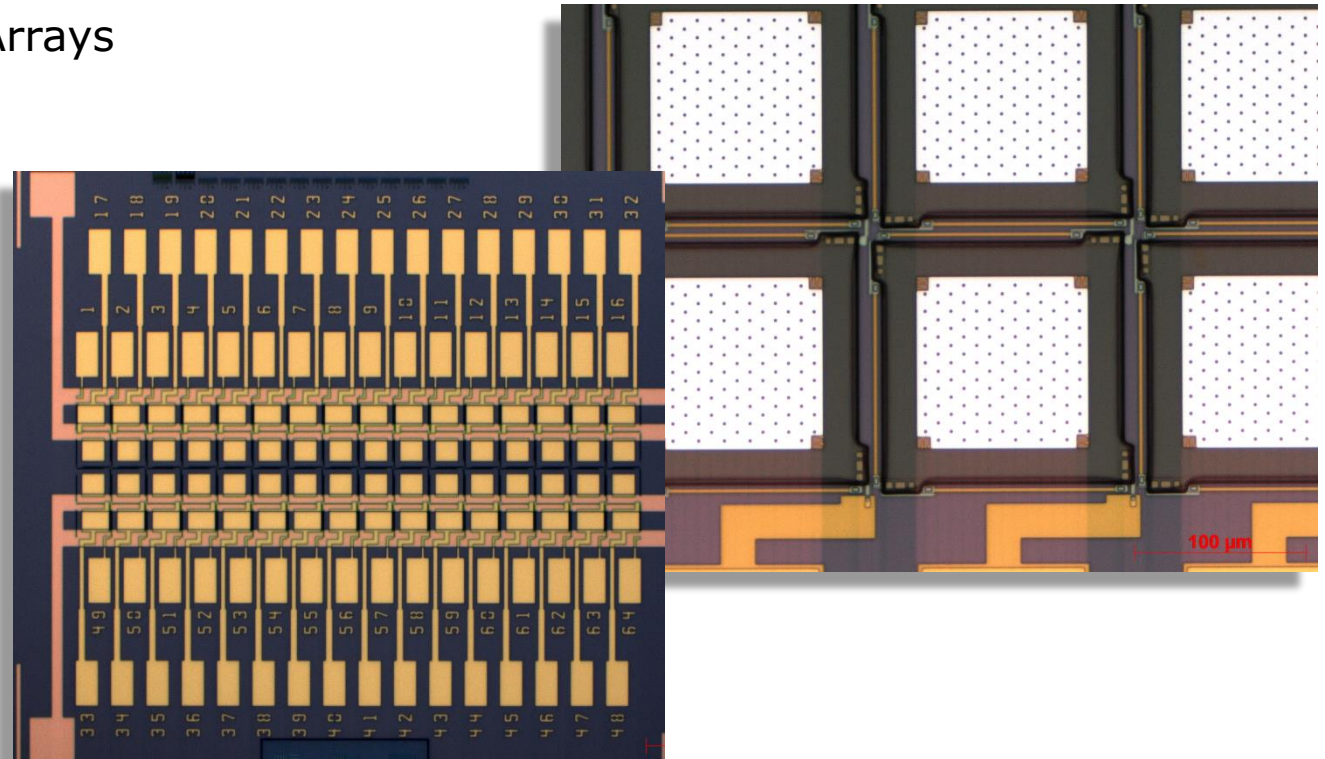


Freitragende Sensorstruktur
100 x 100µm Absorberfläche

Entwicklungen und Ausblick

Ersatz der konventionellen Bulk-Mikromechanik durch Oberflächen-Mikromechanik

- Mehrelementige Sensoren und Arrays
- TSV (Through Silicon Via)



IR-Sensoren für die Erde und den Weltraum

»elmug4future«

Online-Präsentation

Leibniz | ipht 
LEIBNIZ-INSTITUT für
PHOTONISCHE TECHNOLOGIEN



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit