

Pyroelektrische Infrarotsensoren in der Gerätetechnik

V. Norkus

Dresden, 04. November 2014



Gliederung

- 1 Einführung
- 2 Pyroelektrische Infrarotsensoren
- 3 Eigenschaften pyroelektrischer Sensoren
 - 3.1 Einelementsensoren
 - 3.2 Zeilensensoren
- 4 Sensoranwendungen in der Gerätetechnik
- 5 Zusammenfassung

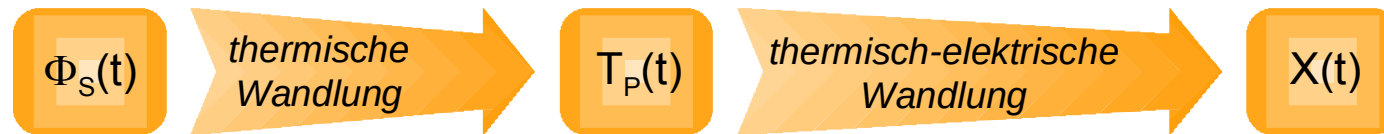


1 Einführung

- Gehören zur Gruppe der thermischen Infrarotsensoren
- Können bei Raumtemperatur betrieben werden
- Prinzipiell eine homogene spektrale Empfindlichkeit im Wellenlängenbereich von 800nm bis 25 μm
- Klein, robust und kostengünstig
- Anwendung in der Pyrometrie, Spektrometrie und Sicherheitstechnik
- Zunehmend Nachfrage nach hohem Signal-Rausch-Abstand



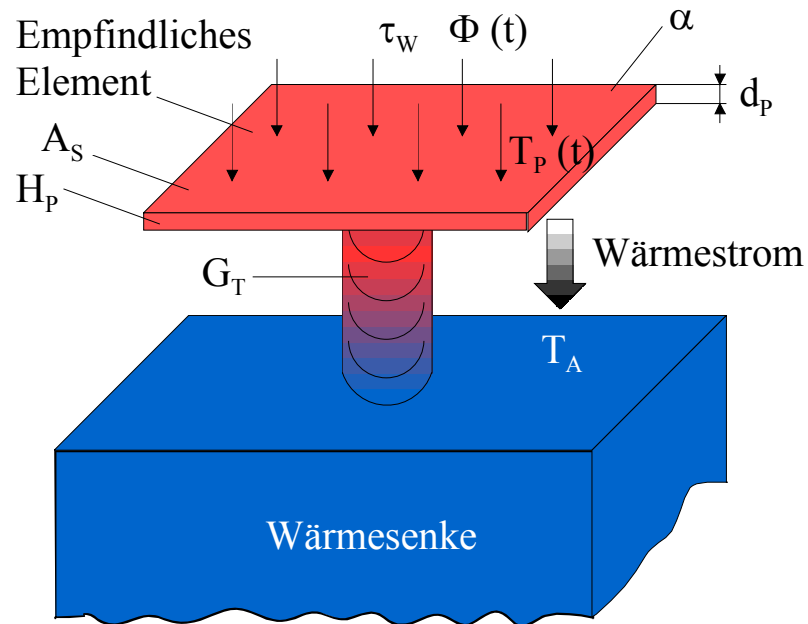
➤ Prinzipielle Funktionsweise thermischer Infrarotsensoren



- Absorption des Infrarotstrahlungsflusses
- Änderung der Temperatur im empfindlichen Element
- Änderung einer elektrisch auswertbaren Größe



➤ Thermische Einflussgrößen



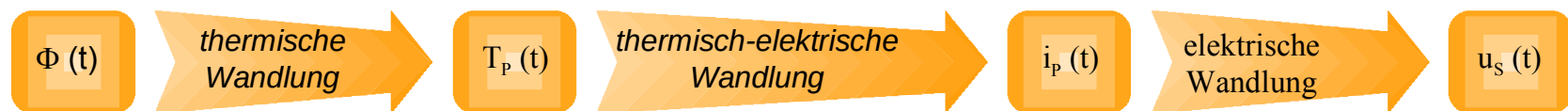
$\Phi(t)$	Einfallender Strahlungsfluss
τ_w	Fenstertransmissionsgrad
α	Absorptionsgrad
A_s	Empfindliche Fläche
d_p	Dicke empfindliches Element
$T_P(t)$	Temperatur empfindliches Element
H_p	Wärmekapazität
G_T	Wärmeleitwert
T_A	Umgebungstemperatur



2 Pyroelektrische Infrarotsensoren

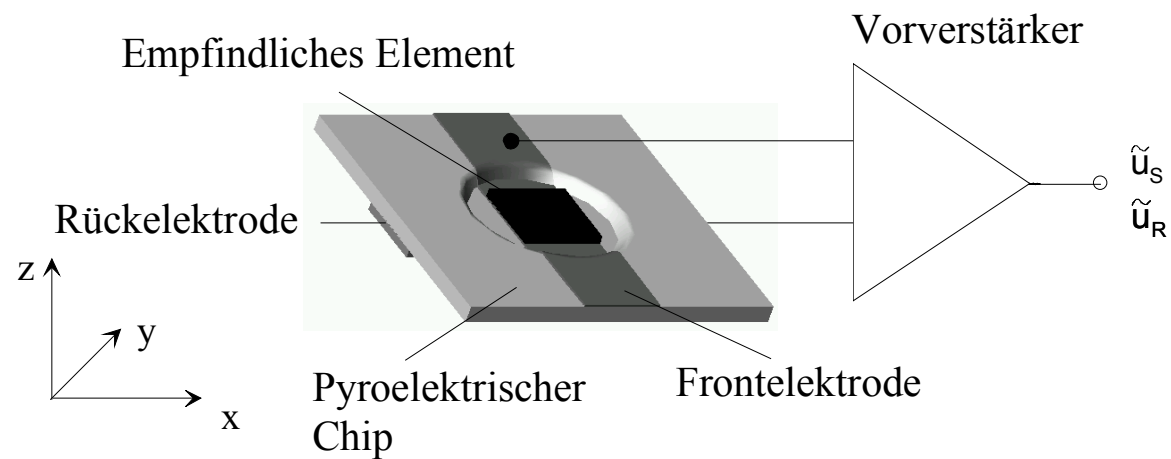
➤ Prinzipielle Funktionsweise

- Basieren auf dem pyroelektrischen Effekt
- Änderung der spontanen Polarisation bei Temperaturänderung in pyroelektrischen Materialien (LiTaO₃, TGS, PZT usw.)





➤ Prinzipieller Aufbau eines pyroelektrischen Sensors





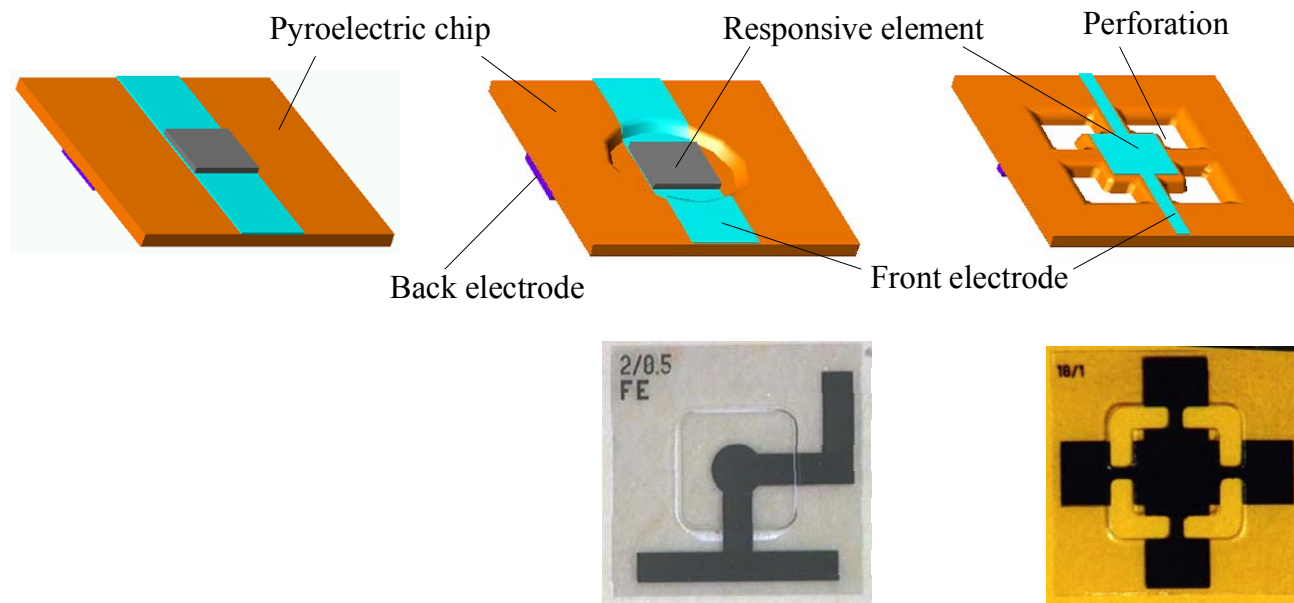
➤ Forderungen zur Sicherung eines hohen Signal-Rausch-Abstandes

- Sehr dünne empfindliche Elemente ($50\text{ }\mu\text{m} \rightarrow 20\text{ }\mu\text{m} \rightarrow 5\text{ }\mu\text{m}$)
- Hoher Absorptionsgrad α des empfindlichen Elementes
- Gute thermische Isolation des empfindlichen Elementes

→ Entwicklung entsprechender Sensortechnologien am IFE



➤ Layouts pyroelektrischer Chips





3 Eigenschaften pyroelektrischer Sensoren

3.1 Einelementsensoren

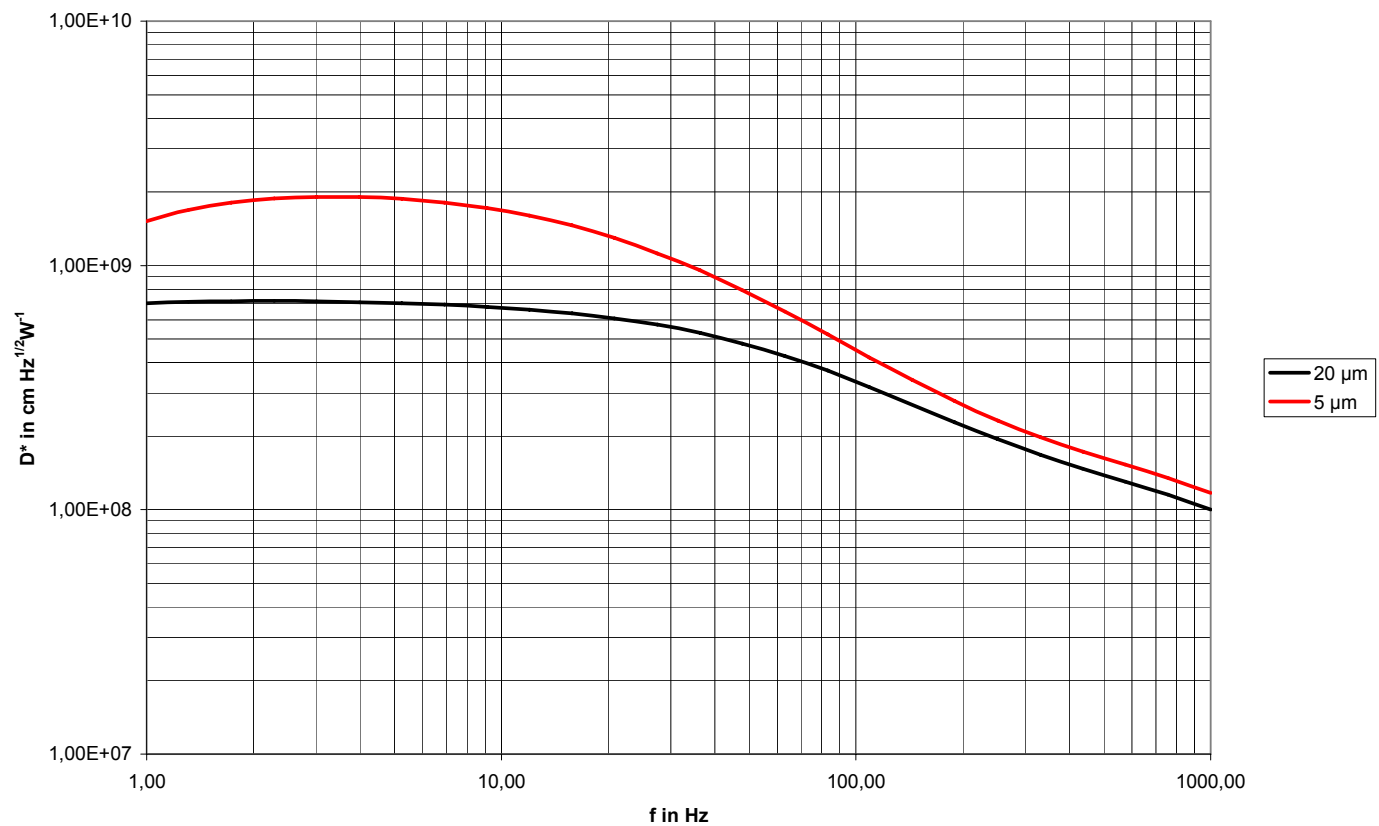
- Typische Eigenschaften von LiTaO_3 – Sensoren
(500 K, 10 Hz, 1 Hz, $\tau_F = 1$)

Type of sensor	LT	LT-I	LTS*	LTS*-I	LT-I	LTS*-I
d_p [μm]	20	5	20	5	5	5
A_s [mm^2]	2x2	2x2	2x2	2x2	1x1	1x1
S_V [V/W]	380	350	540	500	1200	1750
D^* [$\times 10^8 \text{ cm Hz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$]	5	8	8	12	8	12

* with metal black layer

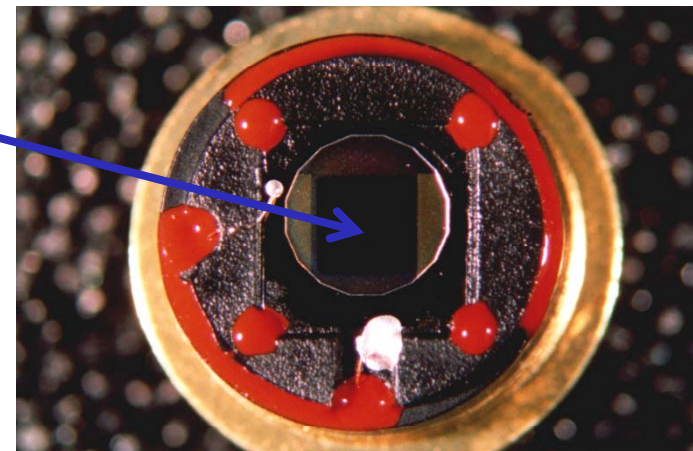
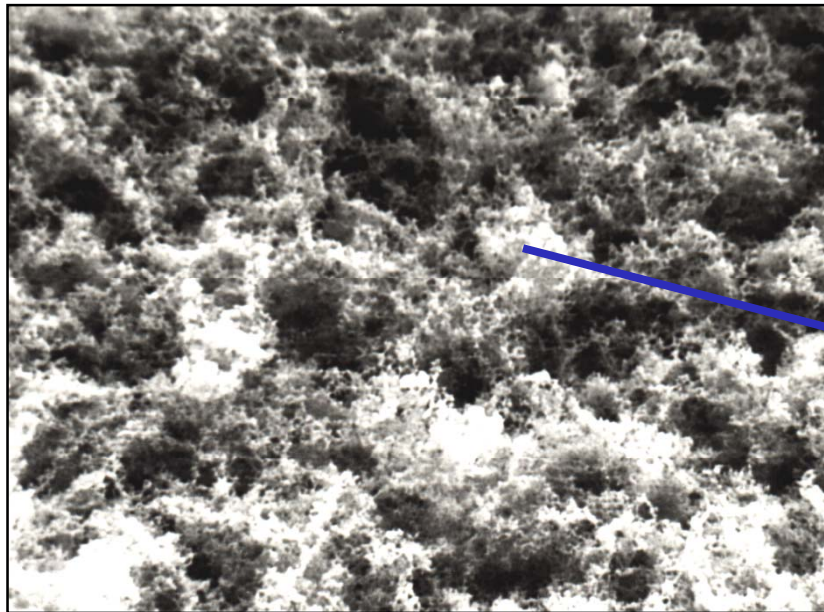


➤ Spezifische Detektivität von LiTaO_3 – Sensoren ($A_S = 2 \times 2 \text{ mm}^2$)



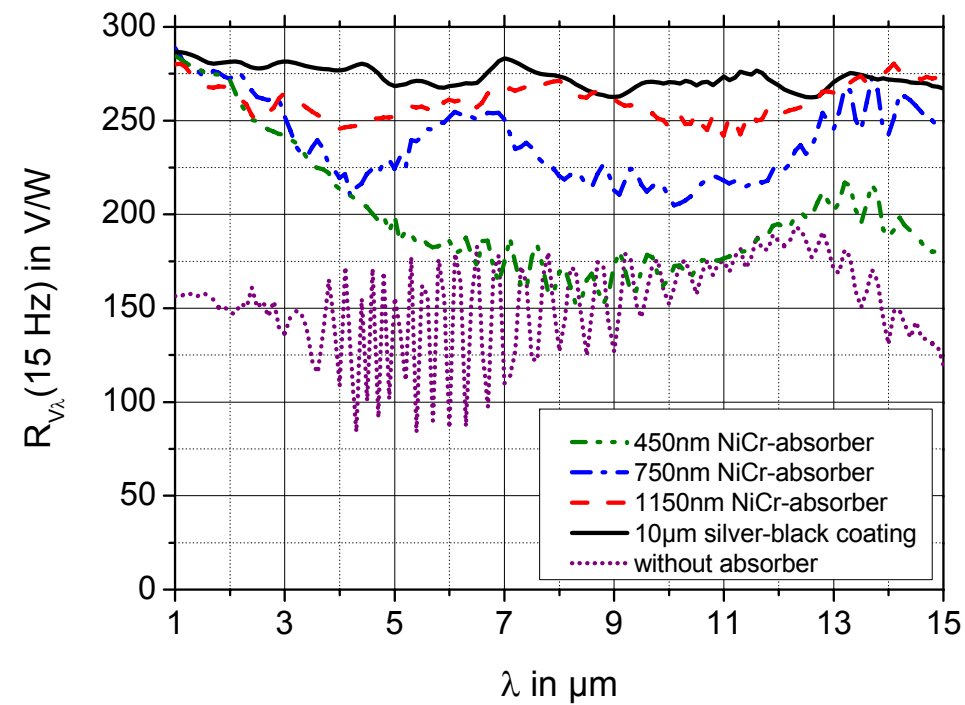


➤ Silber-Absorptionsschwarzsichten





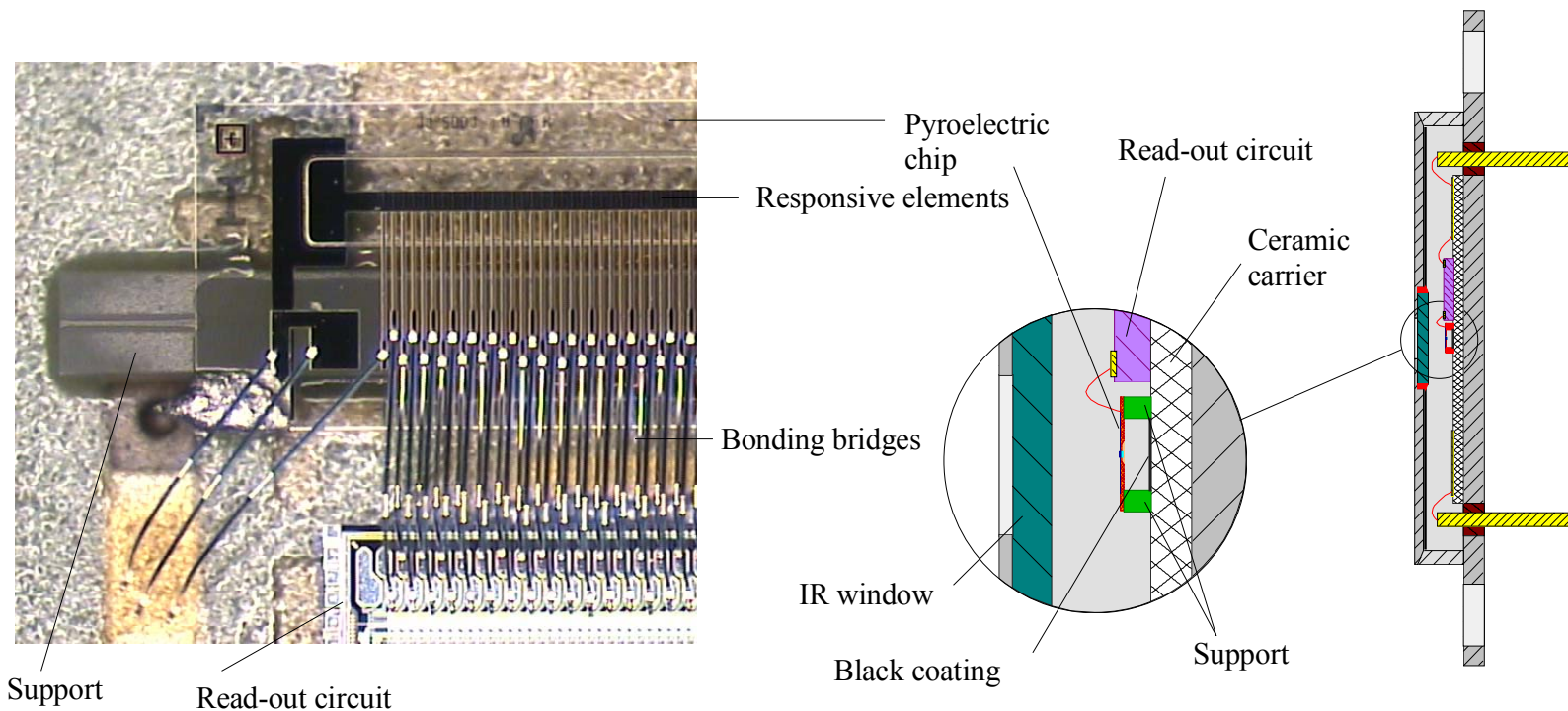
➤ Spektrale Empfindlichkeit von LiTaO_3 – Sensoren ($A_S = 2 \times 2 \text{ mm}^2$)





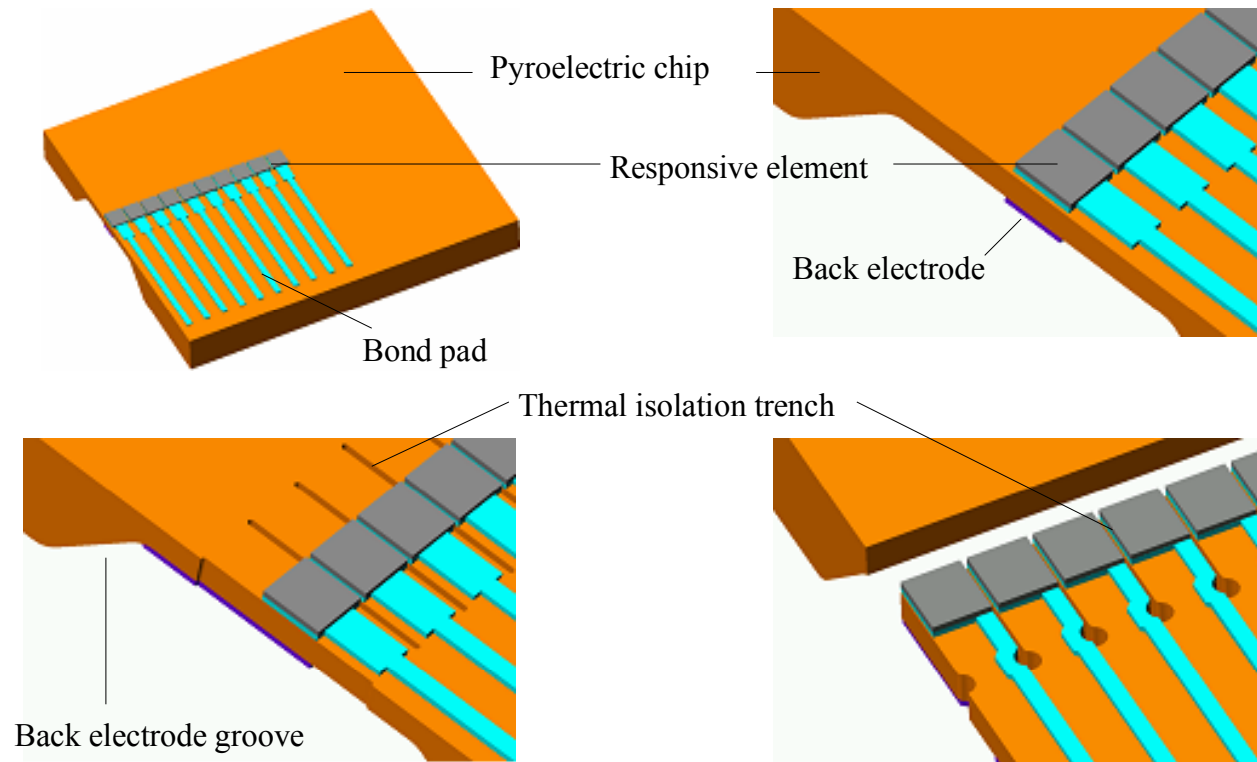
3.2 Zeilensensoren

➤ Schematischer Aufbau und technische Realisierung





➤ Zeilenchiplayouts





➤ Typische Konfigurationen von Zeilensensoren

Type	Number of elements	Pitch [μm]	Size of element [μm^2]
128LT	128	100	90 x 100
128LTI*	128	100	90 x 100
256LTI	256	50	42 x 100
128LT SP0.5	128	100	90 x 500
128LT SP1.0	128	100	90 x 1000
128LTI SP0.5	128	100	90 x 500
128LTI SP1.0	128	100	90 x 1000
256LTI SP0.5	256	50	42 x 500
256LTI SP1.0	256	50	42 x 1000

*- higher responsivity because of thinner elements



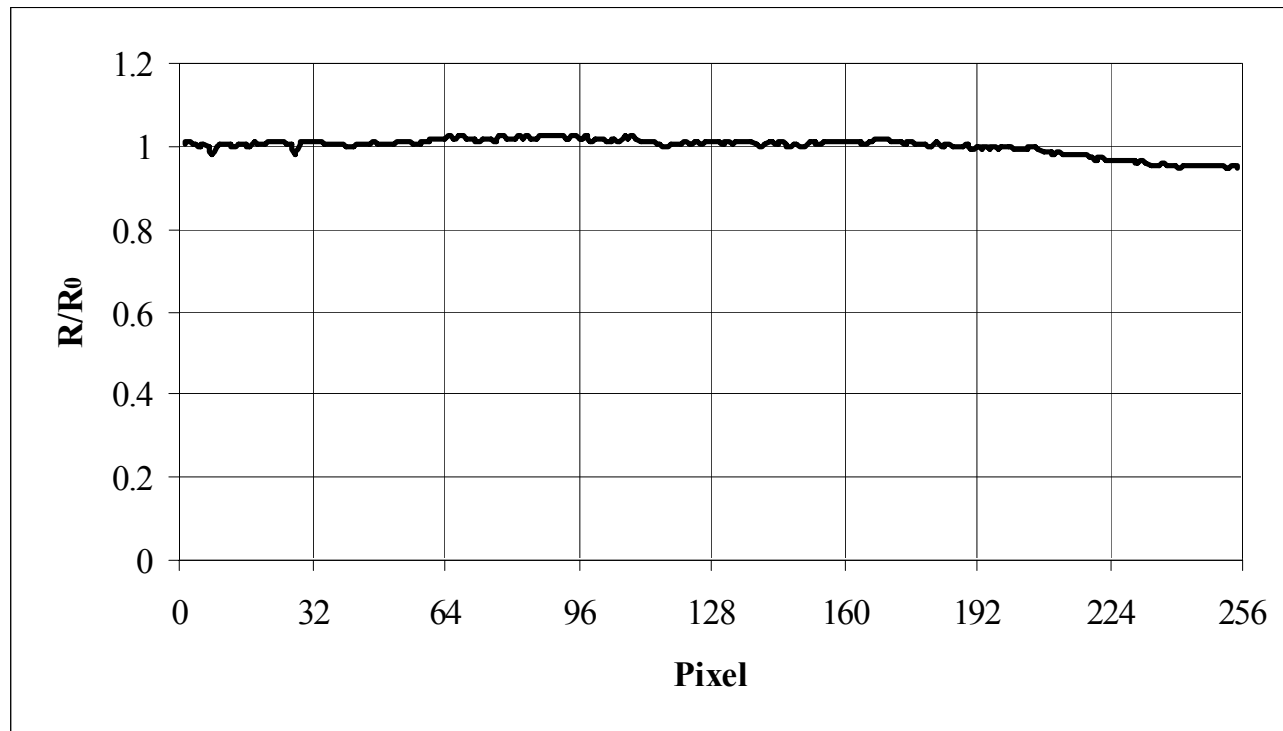
➤ Typische Eigenschaften von Zeilensensoren (128 Hz, RT)

Type of array	128LT	128LTI	256LTI	256LTI*
Size of elements [μm^2]	90 x 100	90 x 100	42x100	42x100
Pitch [μm]	100	100	50	50
Element thickness [μm]	20	5	5	3
Responsivity R_V [VW^{-1}]	230.000	540.000	620.000	1000.000
Variation R_V [%]	5	5	5	5
NEP [nW]	3	1.5	1.1	0.7
MTF (R = 3 lp/mm)	0.6	0.6	0.6	0.6

* - in development



➤ Typische Empfindlichkeitsverteilung, $dp = 5 \mu m$





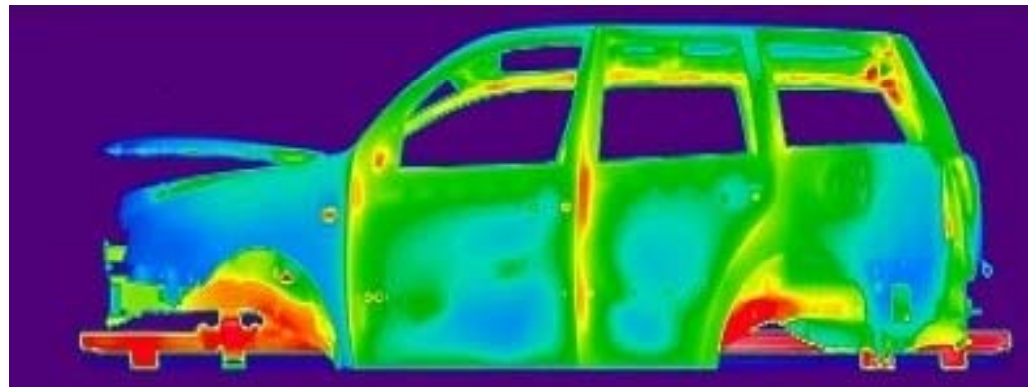
4 Sensoranwendungen in der Gerätetechnik

➤ Anwendung pyroelektrischer Sensoren :

- Geräte zur berührungslosen Temperaturmessung
- Spektrometer
- Gasanalysegeräte (z. B. CO₂, CO, Ozon, ...)
- Geräte zur Stofferkennung (Recycling, ...)
- Medizintechnik (Atemgaskontrolle, Blutzuckermessung, ...)
- Militärtechnik (Scharfschaltsysteme,)
- PIR-Bewegungsmelder (Sicherheitstechnik, Schalter,...)
- Brandmelder
- Wärmebildsysteme

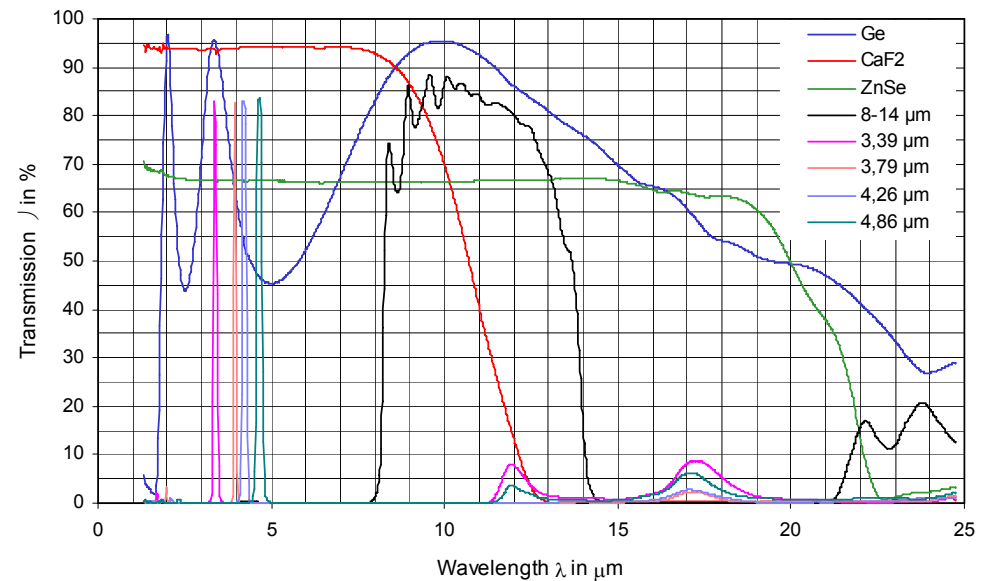
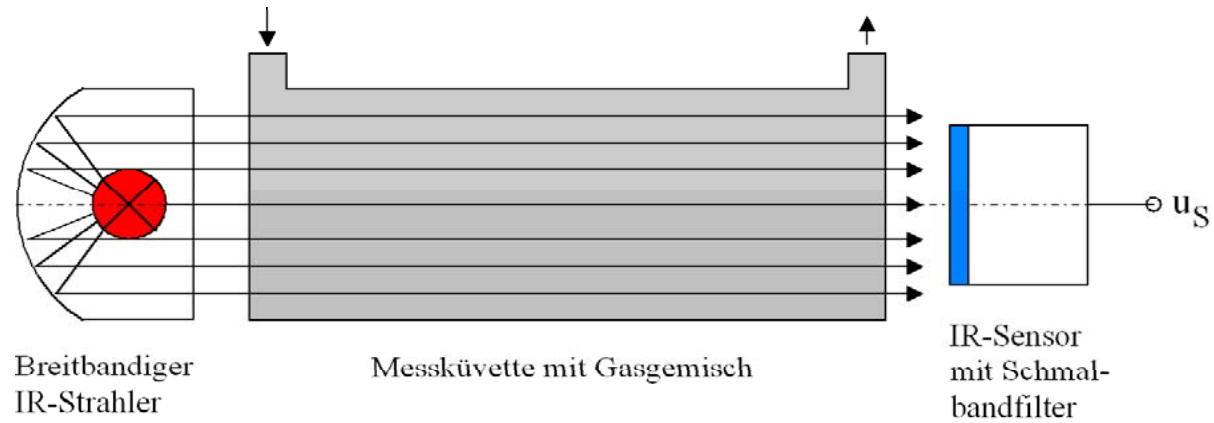


- Pyrometrie, zeilenförmig
Zeilenkamarasystem PYROLINE 256, DIAS Infrared



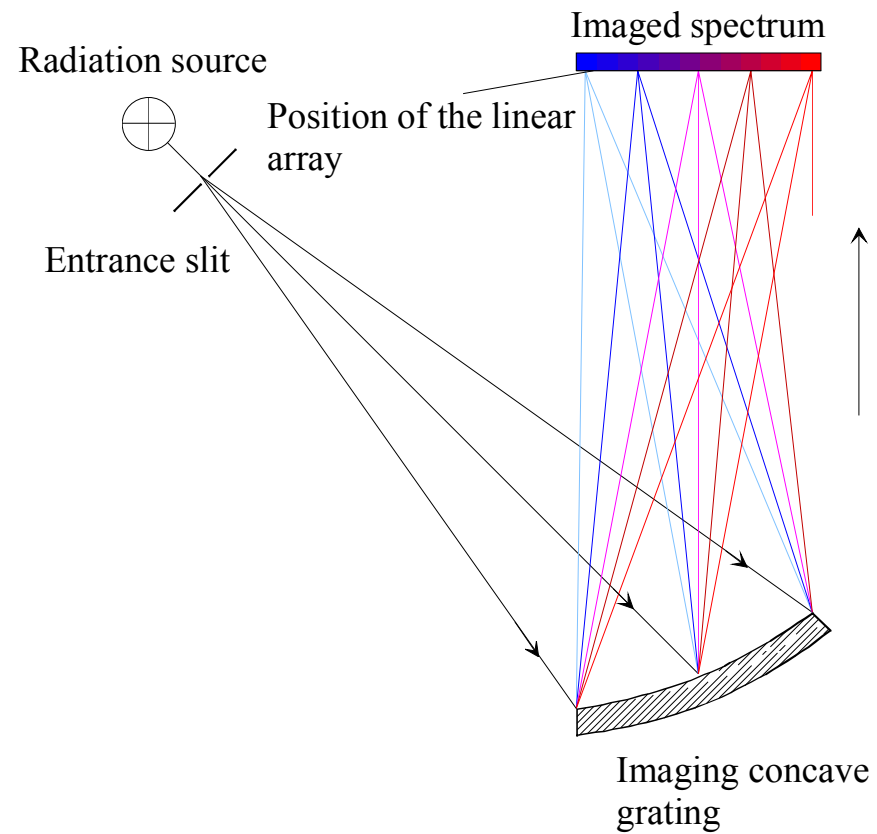


➤ Gasanalyse



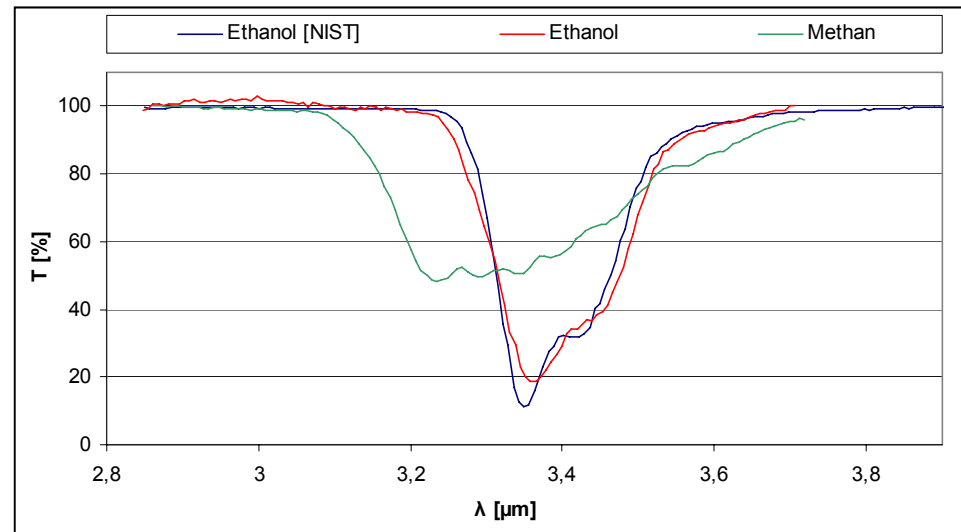
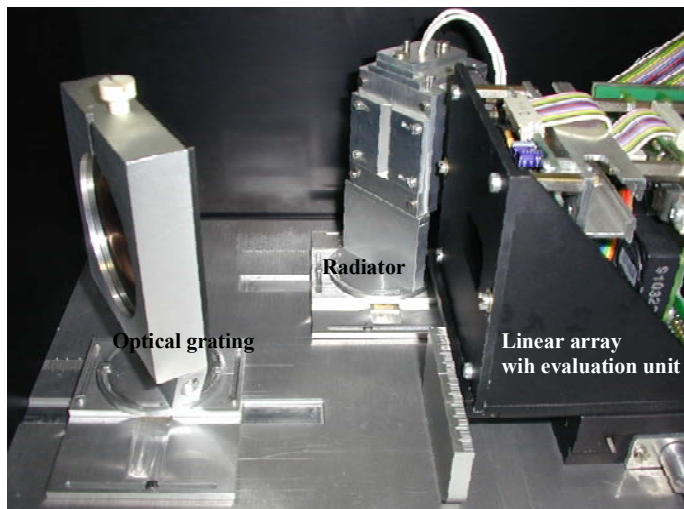


➤ Prinzip Gitterspektrometer



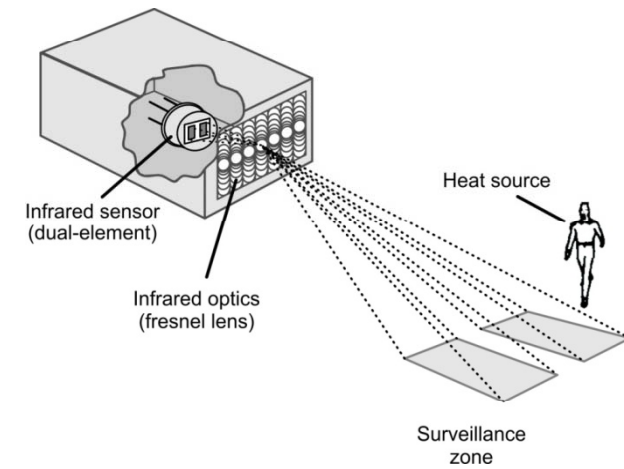


➤ Gitterspektrometer



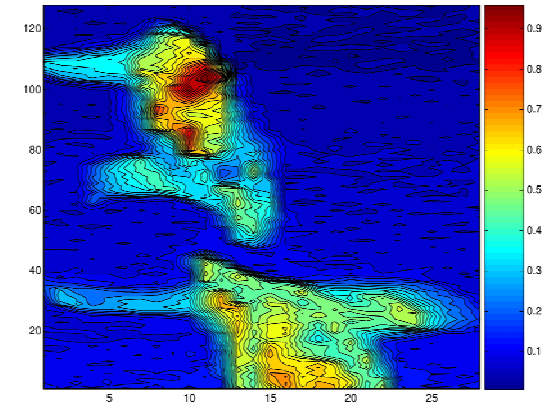
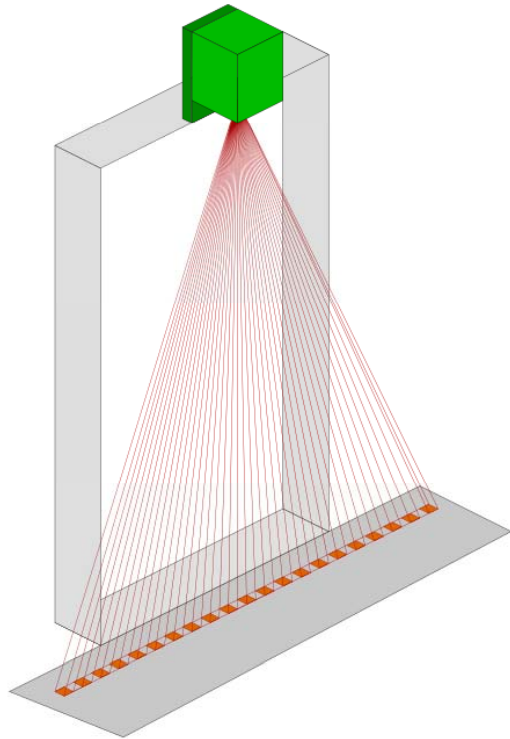


➤ PIR-Bewegungsmelder





➤ Anordnung eines Zeilensensormoduls zur Türraumdetektion





5 Zusammenfassung

- Entwicklung pyroelektrischer Infrarotsensoren am IFE
- Sensoren mit hohem Signal-Rausch-Abstand
- Flexible Sensortechnologie vorhanden
- Entwicklung anwenderspezifischer Sensoren bis zum Prototyp
- Fertigung der Sensoren bei DIAS Infrared GmbH