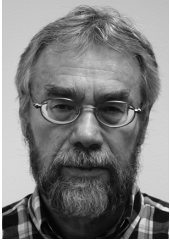


Kompakter IR-Sensor zur Richtungsbestimmung von Lichtsignalen



Martin Palme



Uwe Lippmann



Stefan Riehemann



Jürgen Krieg¹

¹ FGAN-FOM, Forschungsinstitut für Optronik und Mustererkennung, Ettlingen

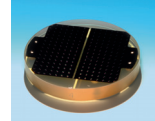
In einer Studie zur Entwicklung optischer Konfigurationen für kompakte NIR-Sensorsysteme bestand die Aufgabe, für einen vorgegebenen Winkelbereich die Zuordnung von Lichtsignalen zur Raumrichtung zu realisieren. Prinzipiell entspricht das einer anamorphotischen Abbildung (Objektschnittweite unendlich) eines Raumbereichs auf die IR-Empfängerzeile. Es wurden Ansätze für klassische Linsensysteme, nichtaxiale Spiegelsysteme und Mikrosysteme entwickelt und alternativ diskutiert. Zur technischen Realisierung wurde ein kompaktes nichtaxiales Spiegelsystem als ein Multifunktionselement zur Weiterbearbeitung ausgewählt.

In der in Abb. 1 dargestellten optischen Konfiguration tritt ein (quasi-) paralleles Bündel durch eine elliptische Blende (1) in das optische Material (Zeonex, PMMA oder ähnliches) ein und wird durch einen biconischen asphärischen Spiegel (2), einen Zylinderspiegel (3) und eine Zylinderlinse (4) auf die IR-Zeile (5) abgebildet. Die in Abb. 1 dargestellten einfallenden Bündel entsprechen vertikal einem Winkelbereich von 7° und werden entsprechend der Pixelhöhe integriert. Horizontal können parallele Bündel aus einem Winkelbereich von 45° einfallen, wobei die kleinste auflösbare Winkeldifferenz $0,5^\circ$ beträgt. Der spektrale Arbeitsbereich wird hier durch die Eigenschaften der Empfängerzeile und die Transmission des optischen Materials bestimmt.

Unter Berücksichtigung der geometrischen Randbedingungen der IR-Empfängerzeile und der Dimension des Multifunktionselements (Abb. 1) kann die erste konstruktive Bearbeitung erfolgen und einen Begriff von der Baugröße der Sensoreinheit schaffen (Abb. 2). Das charakterisierende Volumen für den optischen Sensor mit Gehäuse ist mit $21 \times 21 \times 15 \text{ mm}^3$ bestimmt. Das Gesamtvolumen, mit Berücksichtigung der Empfängerzeile, beträgt $64 \times 28 \times 26 \text{ mm}^3$.

Die angestrebte Kompaktheit zielt auf den Einsatz bekannter Herstellungstechnologien (Spritzgusstechnik), die kostengünstig hohe Stückzahlen zulassen. Zur experimentellen Sicherstellung der Funktion und zur Durchführung verschiedener Testmessungen ist jedoch eine Zwischenstufe notwendig, d. h. eine Realisierung von Prototypen als Freiformfläche mittels Ultrapräzisionstechnik (Diamantdrehen). Die Herstellung des kompakten Sensorsystems als monolithischer Block mit vier optisch relevanten asphärischen Funktionsflächen stellt, bedingt durch die geringen Toleranzen der Flächen und die nichtaxialen Positionen, für die Ultrapräzisionstechnik eine anspruchsvolle Aufgabe dar.

Compact IR sensor for detecting the direction of light signals



The objective of this study was the development of a compact near-infrared sensor system to detect light signals in a specified angular range and to determine the direction of the signals. This required an anamorphic imaging (with the object at infinity) of an angular range onto the IR line detector.

A variety of approaches were considered and different ideas were developed and discussed. These included classical lens systems, off-axis mirror systems as well as micro-optical solutions. For the technical realization a compact off-axis mirror system as multifunctional element was chosen (Fig. 1).

In the optical configuration outlined in Fig. 1 a (quasi-)parallel beam of rays passes an elliptical aperture (1) and

enters the optical material fabricated of Zeonex, PMMA, or similar. The image is formed by a biconic aspherical mirror (2), a cylindrical mirror (3) and a cylindrical lens (4) on the IR line detector (5). The system shown in Fig. 1 accepts a vertical angular range of $\pm 7^\circ$ which is integrated over the pixel height. Horizontally, parallel beams can enter from an angular range of 45° . In this direction an angular resolution of about 0.5° can be achieved. The spectral working range is limited by the technical parameters of the line detector and the transmission of the optical materials.

Considering the geometrical dimension of the IR line detector and the optical multifunctional element (Fig. 1) a preliminary mechanical design of the system can be established including an estimate of the size of the system

(Fig. 2). The volume of the optical system is $21 \times 21 \times 15 \text{ mm}^3$. The entire volume including sensor and housing is $64 \times 28 \times 26 \text{ mm}^3$ (Fig. 2).

The aimed compactness of the system requires manufacturing techniques such as injection molding, to result in cost-effective production of a high number of optical systems. However, for a first prototype realization, the optical multifunctional element was realized via single point diamond turning. The monolithic block of the multifunctional element with its four optically relevant surfaces (3 aspheres), was a demanding task for the diamond turning process. Especially the small tolerances of the optical surfaces and their non-axial positions require a high manufacturing standard for this kind of optical element.

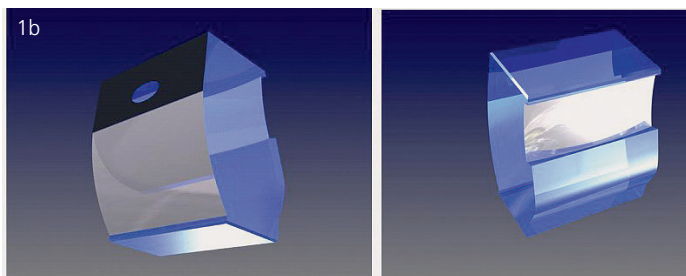
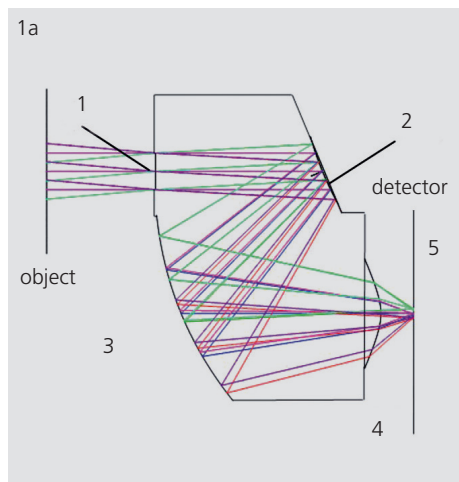


Abb. 1: Optischer Strahlengang (a) und Realisierung (3D-Skizzen) des beschriebenen Multifunktionselements (b).

Fig. 1: Optical ray-trace (a) and realization (3D plot) of the described multifunctional element (b).

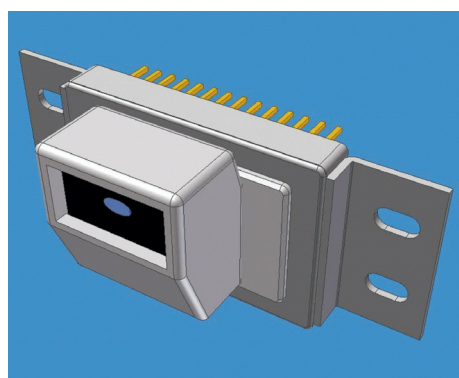


Abb. 2: Bild der Sensoreinheit bestehend aus optischem Multifunktionselement, IR-Empfängerzeile und Gehäuse.

Fig. 2: Image of the complete sensor system including optical multifunctional element, IR detector row and housing.