

# Ultra-kompakter abbildender Sensor für Anwendungen im Automobil



Andreas Brückner



Jacques Duparré



Frank Wippermann



Antje Oelschläger



Peter Dannberg



Sylke Kleinle



Andreas Bräuer

Inspiziert durch das Prinzip des Facettenauges der Insekten wurde ein mikrooptisches Abbildungsobjektiv entwickelt, welches trotz seiner extrem flachen Bauform (0,3 mm Dicke) ein großes Gesichtsfeld (von max. 92°) erfasst. Dafür wird jeder Bildpixel aus dem jeweiligen Raumwinkelbereich durch eine Mikrolinse auf die zugeordnete Photodiode des Bildwandlers abgebildet (Abb. 1). Der entstehende bildgebende Sensor ist durch seine extreme Kompaktheit, das große Gesichtsfeld und der nahezu unbegrenzten Schärfentiefe gut für Anwendungen im Kraftfahrzeuginnenraum geeignet.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts X-FlaKsA wurde die Tauglichkeit des ultra-kompakten abbildenden Sensors für die kombinierte Anwendung zur Erkennung der Sitzbelegung sowie der Airbagsteuerung zusammen mit dem Partner Siemens CT untersucht.

Der Prototyp des Sensors baut auf einem eigens für das mehrkanalige Abbildungsprinzip entwickelten Bildwandler auf, der kleine Photodioden (Durchmesser 3 µm) mit vergleichsweise großem Mittenabstand (52,5 µm) besitzt. Zusammen mit dem künstlichen Facettenaugenobjektiv erreicht der Sensor ein Gesichtsfeld von 85° x 51° mit einer Bildauflösung von 144 x 96 Pixel bei einer Gesamtdicke von 1,1 mm des abgesetzten Sensorkopfs (Abb. 2). Um optimale Abbildungsergebnisse über ein derart großes Gesichtsfeld zu erlan-

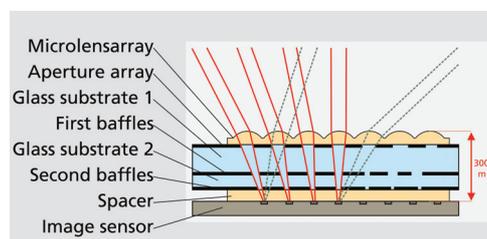
gen, wurde die Form der Mikrolinsen an den individuellen Einfallswinkel im jeweiligen Kanal angepasst (»gechirptes Mikrolinsenarray«). Des Weiteren wurden während des lithographischen Herstellungsprozesses mehrere Blendenarrays axial in das Objektiv integriert, um optisches Übersprechen zwischen den einzelnen Kanälen zu verhindern (Abb. 1).

Zum Zwecke der Airbagsteuerung muss der Abstand des Passagiers vom Cockpit unabhängig von Umfedeinflüssen (Tageslicht, Nacht, Bekleidung etc.) gemessen werden. Dafür wurde eine Differenzbildaufnahme mit gepulster IR-Laserbeleuchtung verwendet, die als vertikale Linie auf den Passagier abgebildet wird (Abb. 3). Der Rückreflex wird mit dem abbildenden Sensor unter einem Winkel  $\phi$  von einem lateral versetzten Ort aus erfasst (Abb. 4). Aus dieser Triangulation ergibt sich der Abstand der Person aus der Position der Laserlinie im aufgenommenen Bild. Die Sensorsteuerung wird mit dem Laserpuls synchronisiert, so dass zunächst ein Hintergrundbild ohne Laserlinie und danach ein Bild mit Laserreflex aufgenommen werden. Das Differenzbild enthält nur noch den Rückreflex der Laserlinie. Im Labormaßstab ließen sich somit Abstände bis 1 m Entfernung mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  cm bestimmen sowie Sitzbelegung und Sitzposition unterscheiden.

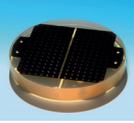
Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten (FKZ: 13N8796).

Abb. 1: Schematischer Aufbau eines ultra-kompakten abbildenden Sensors nach dem Prinzip des Facettenauges der Insekten.

Fig. 1: Schematic layout of an ultra-compact vision sensor inspired by the compound eye of insects.



# Ultra-compact vision sensor for automotive applications



Inspired by the principle of the compound eye of insects, a microoptical imaging system has been developed which exhibits a large field of view (max. 92°), although it is extremely thin (0.3 mm thickness). Each image pixel is imaged by one microlens from a specific angular cone onto the related photodiode of the image sensor (Fig. 1). The vision sensor thus formed is well suited for applications inside a car due to its extreme compactness, the large field of view and its nearly unlimited depth of field.

The suitability of the ultra-compact vision sensor for a combined application for monitoring the seat occupancy and airbag control has been investigated in the BMBF-funded project X-FlaKsA together with the partner Siemens CT.

The sensor prototype uses an image sensor array which has been customized for the purpose of multi channel imaging. It comprises small photodiodes (diameter 3 μm) on a large pitch (52.5 μm). When integrated with the artificial compound-eye objective, the sensor achieves a field of view of 85° x 51° with an image resolution of 144 x 96 pixels at an overall thickness of 1.1 mm at the sensor head (Fig. 2). The shape of the microlenses was tuned according to the specific angle of

incidence within the individual channel (“chirped microlens array”) in order to achieve optimal imaging properties for such a large field of view. Furthermore, several baffle arrays were axially integrated into the objective during the lithographic fabrication process to suppress optical cross talk between the individual channels (Fig. 1).

For controlling the airbag, the distance between the passenger and the cockpit has to be measured independently of the external influences (daylight, night, clothing etc.). To achieve this, the acquisition of a differential image with a pulsed IR-Laser illumination was used, whereby a line image of the laser is projected onto the passenger (Fig. 3). The back reflected beam is observed by the imaging sensor from an angle  $\phi$  at a laterally displaced position (Fig. 4). The distance to the person is derived from the position of the laser line within the captured image in this triangulation setup. As the sensor is triggered synchronously with the laser pulse, an image of the background is initially captured without laser line, followed by an image including the laser-reflection. The differential image contains only the back reflected laser line. In lab experiments, distances up to 1 m have been discriminated with an accuracy of  $\pm 1$  cm as well as the seat occupancy and seating position.

The authors acknowledge the financial support for the BMBF-funded project X-FlaKsA (FKZ: 13N8796).

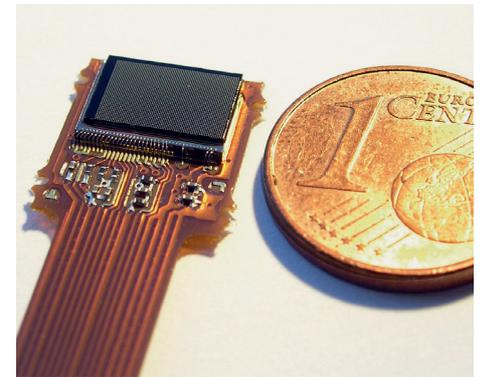


Abb. 2: Prototyp eines ultra-kompakten abbildenden Sensors für Automobilanwendungen.

Fig. 2: Prototype of an ultra-compact vision sensor for automotive applications.



Abb. 3: Aufnahme der gepulsten Laserlinienbeleuchtung im Labor-Testaufbau.

Fig. 3: Photo of the pulsed laser line illumination in lab test setup.

© Siemens CT

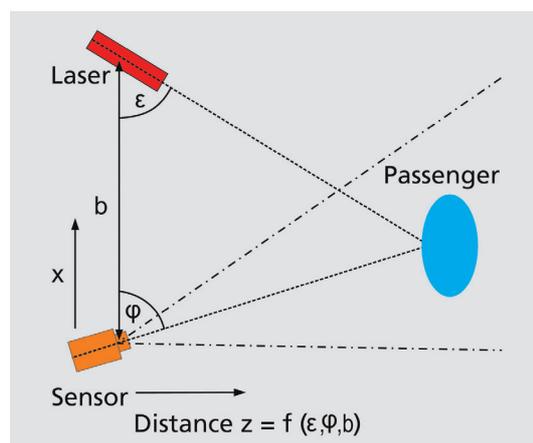
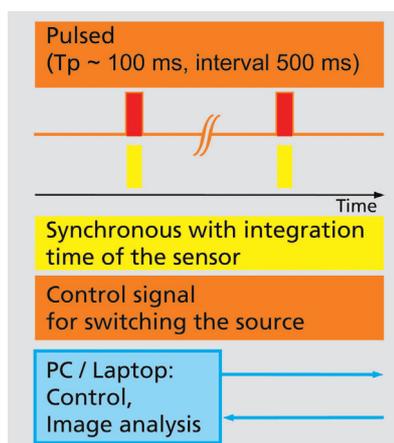


Abb. 4: Links: Schematische Darstellung der Synchronisierung zwischen Laser und Sensor. Rechts: Aufsicht auf den schematischen Aufbau zur Messung des Passagierabstandes durch Triangulation.

Fig. 4: Left: Synchronization scheme between laser and sensor. Right: Schematic top view on the setup for measuring the distance to the passenger by triangulation.