

3D-Sensor bestehend aus zwei miniaturisierten Arraykameras und einem GOBO-Projektionssystem für autonomes Fahren

Jens Dunkel, Daniel Höhne, Matthias Heinze, Alexander Oberdörster, Christin Gassner, Andreas Reimann, Stefan Heist und Peter Kühmstedt

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena

[mailto: Jens.Dunkel@iof.fraunhofer.de](mailto:Jens.Dunkel@iof.fraunhofer.de)

Eine wesentliche Herausforderung bei der Entwicklung von autonom fahrenden Fahrzeugen ist die hochaufgelöste und vollständige Erfassung des Fahrzeuginnenraumes. Wir demonstrieren ein neuartiges Sensorsystem zu dessen dreidimensionaler Vermessung, welches erstmals zwei miniaturisierte Arraykameras mit einem GOBO-Projektor kombiniert.

1 Einführung

Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Automobilindustrie verfolgen das Ziel, neuartige Sensorsysteme zu entwickeln, welche zukünftig den Übergang von klassischen Fahrerassistenzsystemen hin zu völlig autonom fahrenden Fahrzeugen ermöglichen sollen. Damit verbunden ist die Realisierung von kompakter Sensorik zur hochaufgelösten und vollständigen dreidimensionalen Erfassung des Fahrzeuginnenraumes und der Fahrzeuginsassen. Die gewonnenen 3D-Informationen sollen Rückschlüsse auf das Befinden der Insassen in bestimmten Fahrsituationen ermöglichen, um nachfolgend den Fahrstil entsprechend anzupassen. Bisherige Ansätze basieren oftmals auf zweidimensionalen Bildinformationen klassischer Kamerasysteme und sind damit für diese Aufgabe nur bedingt geeignet. Zur dreidimensionalen Erfassung des Fahrzeuginnenraumes präsentieren wir ein neuartiges Multisensorsystem, welches erstmals das Prinzip der Arraykamera und der GOBO-Streifenprojektion miteinander kombiniert.

2 Systemdesign

Die Erzeugung der 3D-Daten basiert auf einem stereoskopischen Ansatz in Verbindung mit einer aktiven Musterprojektion im nahen Infrarot. Zur Aufnahme der Bilddaten dienen zwei miniaturisierte Arraykameras mit einem Gesichtsfeld von 70° (diagonal) und einer Blendenzahl von kleiner 3 [1]. Die Abbildungsoptik jeder Arraykamera ist den natürlichen Facettenaugen der Insekten technisch nachempfunden. Jeder Abbildungskanal überträgt nur einen Teil des gesamten Gesichtsfeldes, so dass auf dem Bildsensor eine entsprechende Anzahl von räumlich getrennten Teilbildern entsteht. Diese werden nachträglich durch Bildverarbeitungsalgorithmen unter Verwendung eines zuvor ermittelten intrinsischen Kalibrierdatensatzes zu einem Gesamtbild zusammengesetzt. Das Mikroobjektiv (Abb. 1 links) jeder Kamera besteht aus zwei Freiform-Mikrolin-

senarrays, welche auf einem lithografisch strukturierten Glassubstrat angeordnet sind. Jedes Freiformarray umfasst 15×9 einzelne Freiformsegmente mit einer Grundfläche von ca. $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$. Die Gesamtdicke der Abbildungsoptik beträgt dabei weniger als 2 mm. Eine notwendige Unterdrückung von optischem Übersprechen zwischen benachbarten Abbildungskanälen erfolgt durch eine dreidimensionale Blendenstruktur (Abb. 1 rechts), welche sich unmittelbar über dem CMOS-Bildsensor CMV 2000 des Herstellers CMOSIS befindet. Zur Projektion eines aperiodischen Sinusmusters wird ein miniaturisierter GOBO-Projektor verwendet [3].

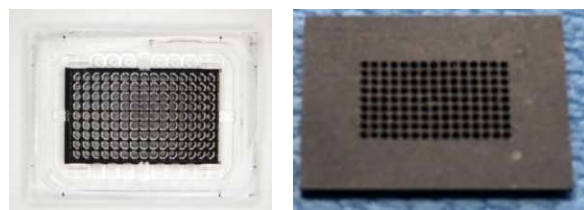


Abb. 1 Doppelseitiges Mikroobjektiv (links) und Blendenstruktur zur Unterdrückung von optischem Übersprechen (rechts).

3 Herstellung der Kameramodule

Zur Fertigung der Mikroobjektive wurden die Verfahren der Ultrapräzisionsmikrozerspanung, der Binären Fotolithografie und der Step- und Repeat UV-Replikation in einer Prozesskette miteinander kombiniert [2]. Dieses Vorgehen ermöglicht es, doppel-seitige Mikroobjektive kostengünstig im Wafermaßstab herzustellen. Als Replikationsmaterial wurde ORMOCOMP© eingesetzt. Die Fertigung der dreidimensionalen Blendenstruktur zur Vermeidung von optischem Übersprechen erfolgte durch einen Polymerreaktionsguss. Die beiden gefertigten mikrooptischen Bauelemente wurden anschließend zusammen mit dem Bildsensor und einem Gehäuse zu einem Kameramodul zusammengefügt (Abb. 2 links). Abbildung 2 rechts zeigt das realisierte Sensorsystem bestehend aus zwei Arraykameras und dem GOBO-Projektionssystem.

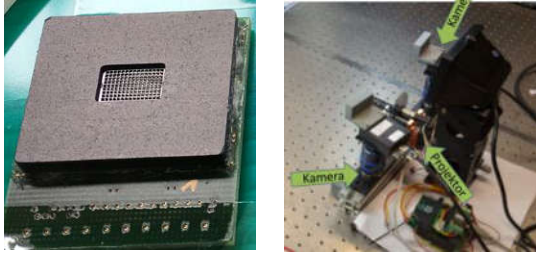


Abb. 2 Montiertes Arraykamera-Modul (links) und 3D-Sensorsystem (rechts).

4 Experimentelle Ergebnisse

Zur Berechnung einer Tiefenkarte werden zunächst die Rohbildinformationen beider Kameras (Abb. 3 oben) zu jeweils einem rekonstruierten Bild zusammengesetzt. Deutlich zu erkennen ist hier das auf das jeweilige Objekt projizierte aperiodische Sinusmuster. Dieses dient zur Bestimmung von korrespondierenden Punkten in beiden Kamerabildern, aus welchen anschließend die Tiefeninformation über angepasste stereoskopische Bildverarbeitungsalgorithmen ermittelt wird. Die so erzeugte Tiefenkarte (Abb. 4) erreicht eine Ortsauflösung von etwa VGA bei einer Tiefenauflösung von < 5 mm.

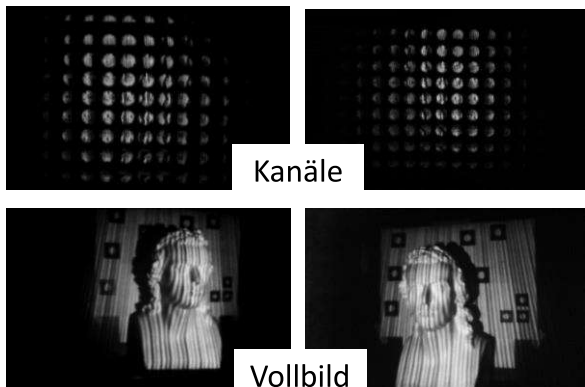


Abb. 3 Rohbilder (oben) und rekonstruierte Bilder (unten)

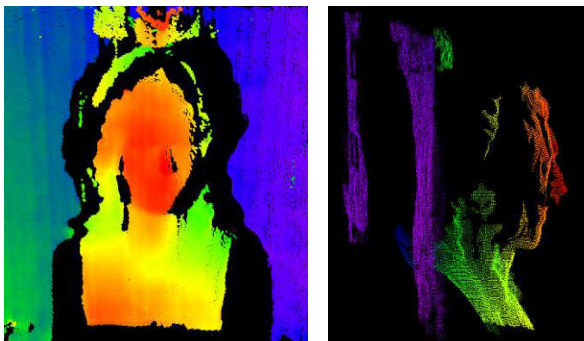


Abb. 4 Ermittelte Tiefenkarten.

5 Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung der Arbeiten innerhalb des Verbundvorhabens COMFYDrive im Rahmen der Forschungsinitiative 3Dsensation. Darüber hinaus gilt Dank der SQB GmbH, der AIM Micro Systems GmbH und der Fortech Software GmbH für Ihre Beiträge zur Realisierung des Sensormoduls.

Literatur

- [1] A. Brückner et al., "Ultra-thin wafer-level camera with 720p resolution using micro-optics", Proceedings of SPIE 9193, (2014)
- [2] J. Dunkel et al., "Fabrication of microoptical freeform arrays on wafer level for imaging applications", Optics Express 23 (25), (2015)
- [3] S. Heist et al., "Theoretical considerations on aperiodic sinusoidal fringes in comparison to phase-shifted sinusoidal fringes for high-speed three-dimensional shape measurement", Applied Optics 56 (8), (2015)