

Einsatz von bidirektionalen Mikrodisplays in der Messtechnik

C. Großmann^{1/2}, F. Perske¹, S. Zwick¹, S. Riehemann¹, G. Notni¹ und A. Tünnermann^{1/2}

¹ Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena

² Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Angewandte Physik IAP, Jena

mailto: constanze.grossmann@iof.fraunhofer.de

Präsentiert wird ein Konzept eines optischen Messsystems basierend auf dem invers-konfokalen Prinzip. Hierbei werden neuartige opto-elektronische Bauelemente – sogenannte bidirektionale Sensorelemente – eingesetzt welche ein großes Potential zur Miniaturisierung von optischen Messsystemen versprechen.

1 Einleitung

Konventionelle optische Messsysteme basieren auf separater Projektions- und Kameratechnik. Dieser Ansatz ist charakteristisch durch die jeweiligen optisch-mechanischen Eigenschaften des gesamten Messsystems wie z.B. Auflösung, Genauigkeit, Energieaufwand und besonders des integrierten Bauvolumens. Hierbei sind der Miniaturisierung von komplexen optischen Messsystemen Grenzen gesetzt.

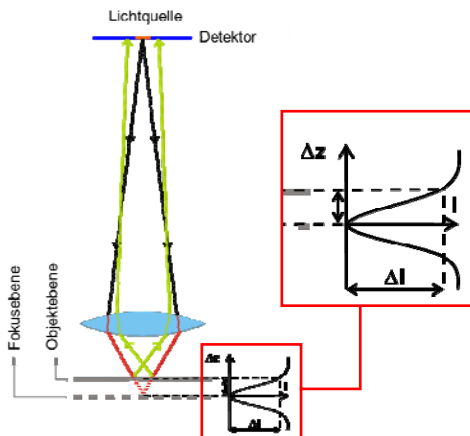


Abbildung 1: Invers-konfokales Sensorprinzip. [1]

Der Einsatz von neuartigen opto-elektronischen Bauelementen – sogenannten bidirektionalen Mikrodisplays (BiMiD) und bidirektionalen Sensorelementen – verspricht ein großes Potential zur Miniaturisierung bei gleichzeitiger Steigerung der Leistungsfähigkeit und eine neue Integrationstiefe. Diese Elemente ermöglichen die Kombination von Lichterzeugung (OLED-Mikrodisplay / LED) und Detektion (Photodiodenmatrix) auf einem äußerst kompakten Bauelement. Zusätzliche Integration von Beleuchtungstechnik, Optik- bzw. Elektronik-Komponenten werden in dem Messsystem nicht benötigt. Eine erste Anwendung soll ein Positionssensor basierend auf dem Prinzip eines „invers“-konfokalen Sensors darstellen (siehe Abbildung 1). Der Einsatz von bidirektionalen Sensorelementen ermöglicht auf Grund der Kombination von Licht-

quelle und Kamera in einem Chip einen kompakten invers-konfokalen Sensor. Systemkonzept sowie Realisierung werden vorgestellt.

2 Einsatz von bidirektionalen Mikrodisplay

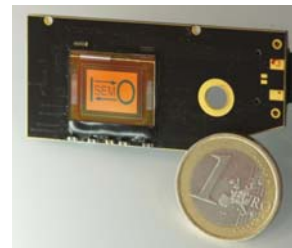


Abbildung 2: Aktives bidirektionales Mikrodisplay - BiMiD (Fraunhofer IPMS). [1]

Das bidirektionale OLED-Mikrodisplay (BiMiD) (siehe Abbildung 2) basiert auf der OLED-on-CMOS-Technologie. Hocheffiziente organische Leuchtdioden sind in einem Nachprozessierungsschritt auf die oberste Metallebene eines CMOS-Chips abgeschieden [3]. Eine Bildarstellungs- und eine Kamerafunktion sind in einem Siliziumchip integriert [2]. Dies bedeutet in jedem OLED-Pixel ist zusätzlich eine Photodiode (PD) zentral integriert. Im hier dargestellten BiMiD erfolgen die Emission der OLED und die Detektion der PD parallel und im gleichen Wellenlängenbereich [1]. Beim invers-konfokalen Prinzip sind Send- und Detektorflächen nebeneinander und in einer Sensorebene positioniert (siehe Abbildung 1). Das von den OLED-Pixeln emittierte Licht wird in die Fokusebene über eine Makrooptik abgebildet und die Rückreflexion bzw. die Rückstreuung von den integrierten Photodioden über die gleiche Optik detektiert. Befindet sich die Messebene direkt im Fokus des optischen Systems kann keine Energie detektiert werden, da das Licht der OLED-Pixel in sich selbst zurückreflektiert wird (siehe Abbildung 1). Bei axialer Verschiebung der Messebene ($\pm \Delta z$) wird der Lichtpunkt defokussiert auf das Objekt und damit auf den BiMiD-Chip abgebil-

det, so dass eine Intensität detektiert werden kann (siehe Intensitätskurve Abbildung 1). Für jeden Messpunkt wird das Messobjekt über einen Bereich Δz gescannt und das resultierende Intensitätssignal aufgenommen (siehe Abbildung 3). Die rückreflektierte Energie ist für jeden einzelnen Pixel über die Wegstrecke Δz dargestellt.

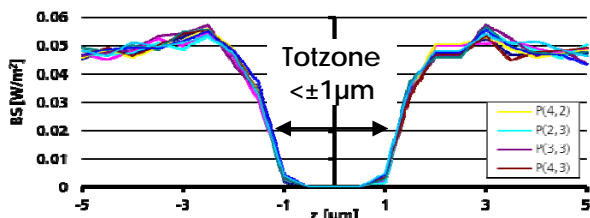


Abbildung 3: Simulierte Intensitätskurve – Auswertung Totzone BiMiD-Sensor. [1]

Die Bestimmung der Oberflächentopographie des Messobjektes erfolgt im Gegensatz zum konventionellen konfokalen Sensor über die Detektion eines Intensitätsminimums. Der Bereich des Intensitätsminimums (Totzone) definiert die Auflösung, d.h. die Positionsgenauigkeit, des Sensors. Der Einsatz von BiMiDs ermöglicht die äußerst kompakte Realisierung eines neuartigen konfokalen Punktsensors. Dieser ist durch die CMOS-Struktur auf einen kompakten scannenden Flächensensor, d.h. elektronisches Scannen, erweiterbar.

3 Einsatz von bidirektionalen Sensorelement

Am Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik (CiS) Erfurt werden opto-elektronische Sensorelement (PuLise) basierend auf LED-Lichtquelle und Photodiodenmatrix entwickelt (siehe Abbildung 4). Dieses Sensormodul besteht aus einer zentral positionierten LED und vier ringförmig angeordneten Photodioden. Wie im vorhergehenden Systembeispiel dargestellt, bildet die Lichtquelle, in diesem Fall die LED, einen Leuchtschot auf die zu vermessende Oberfläche ab. Die ringförmig angeordneten Photodioden detektieren die rückgestreute bzw. rückreflektierte Energie bei Δz -Verschiebung des Messobjektes. Die Positionsgenauigkeit des Abstandssensors spiegelt sich in der Auswertung der Totzone (minimale Energie) wieder. In der Abbildung 4b ist der prinzipielle Laboraufbau dargestellt. Links befindet sich ein Spiegel, welcher als Messobjekt dient. Dieser wird mittels einer Verschiebeeinheit in z-Richtung verschoben. Rechts ist der Sensor inkl. Optik positioniert. In Abbildung 5 ist die aufgenommene Intensitätskurve dargestellt. Auf Grund der internen Sensorschaltung besteht eine Vorspannung von 2,5 V. Bei Lichteintrag reduziert sich die Spannung ($0 V < V_{PD} < 2,5 V$). Bei dem realisierten Laboraufbau mit konventioneller Optik ergibt sich eine sehr geringe Positionsgenauigkeit, jedoch konnte anhand

dieses Beispiels die Funktionsweise des invers-konfokalen Sensors demonstriert werden.

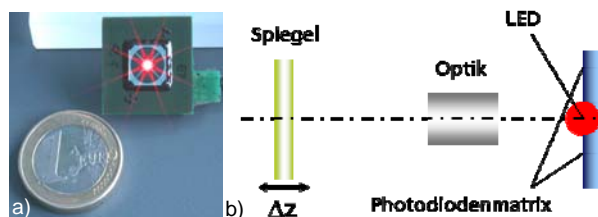


Abbildung 4: Opto-elektronische Sensorelement PuLise (CiS Forschungsinstitut) (a) – prinzipieller Messaufbau Positionssensor (b).

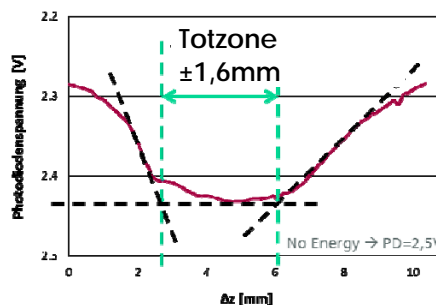


Abbildung 5: Messwerte Intensitätskurve – Auswertung Totzone PuLise-Sensor. [1]

4 Zusammenfassung

Es konnte anhand von zwei bidirektionalen Sensorelementen – bidirektionale OLED Mikrodisplay (Fraunhofer IPMS) und bidirektionale Sensorelement (CiS) - das Prinzip eines invers-konfokalen Sensors als Positionssensor theoretisch und in einem Laboraufbau experimentell nachgewiesen werden. Durch die Integration von Licht-/Bildquelle und einer Kamerafunktion auf einem Chip sind die Grenzen bezüglich einer weiteren Miniaturisierung von optischen Messsystemen herunter gesetzt. Daher besitzen diesen Bauelementen und deren Anwendungsszenarien ein großes Entwicklungspotential.

Literatur

- [1] C. Grossmann et al.: "Inverse Confocal Sensor based on a Bidirectional OLED Display", SID, 2011.
- [2] D. Kreye et al.: „Monolithische Integration von Organischen Leuchtdioden und Photodioden auf einem Chip für Sensorikanwendungen“, Fachtagung Entwicklung von Anlogschaltungen mit CAE Methoden, 2008.
- [3] B. Richter et al.: "Bidirectional OLED Microdisplays: Combining Display and Image Sensor Functionality into a Monolithic CMOS Chip", ISCC, 2011.