

Mehrdimensionale Objekterfassung mittels PMD-Sensorik

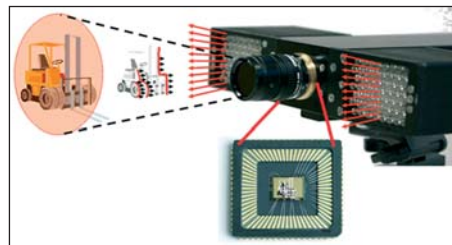
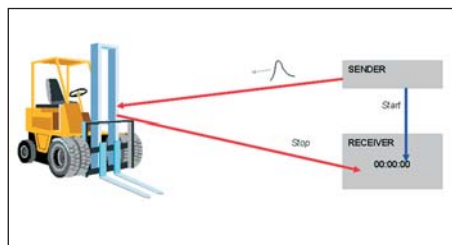
Photomischdetektoren, kurz PMD genannt, basieren auf dem Lichtlaufzeitprinzip und ermöglichen, ein dreidimensionales Abbild der realen Szene zu erstellen. Ohne komplexen Aufbau oder rechenintensive Algorithmen erfassen und ermitteln diese Halbleitersensoren direkt in jedem einzelnen Bildpunkt Helligkeiten und Entfernungen der beleuchteten Szene.

Bildverarbeitungssysteme, die heute bereits ein weites Feld von Applikationen abdecken, basieren auf Kameras, die entweder in CCD- oder CMOS-Technologie ausgeführt sind und Grauwert- bzw. Farbinformationen der Umgebung, also ein zweidimensionales Abbild der Umwelt, liefern. All diesen Systemen fehlt die Tiefeninformation als dritte Dimension zur vollständigen Rekonstruktion der Umgebung. Anstrengungen, eine dreidimensionale Tiefenkarte der Umgebung in Echtzeit aufzunehmen, wie z.B. über Scanner- oder Stereoverfahren, beanspruchen hohe Rechnerleistungen und sind damit teuer bzw. hinsichtlich der Echtzeitfähigkeit nur bedingt tauglich. Systeme nach dem Lichtlaufzeitprinzip bestehen aus einer Lichtquelle und einer Empfangseinheit. In der einfachsten Ausführungsform wird ein Lichtpuls ausgesendet, der von einem Objekt reflektiert und in der Empfangseinheit detektiert wird. Die Distanz zum Objekt wird über die Lichtgeschwindigkeit bzw. über die Laufzeit des Lichtpulses über die Messstrecke bestimmt. Die Anforderung an eine solche Zeitmessung erfordert höchste Präzision – zur Auflösung einer Distanz von 1 mm muss die Laufzeit mit einer Genauigkeit von 6,6 ps gemessen werden –, so dass mit herkömmlichen Komponenten Laufzeitmesssysteme nur mit hohem Aufwand und bislang nur als eindimensionale Messsysteme zu realisieren waren. Mit der Erweiterung solcher Systeme zu scannenden Verfahren ist es zwar ebenfalls möglich, die Umwelt dreidimensional zu erfassen, allerdings sind diese Systeme unflexibel, teuer und nicht echtzeitfähig.

Dieser bislang notwendige, kostenintensive Aufbau wird mit einem neuen Empfängerkonzept nach dem PMD-Prinzip deutlich vereinfacht, indem die aufwändige Empfangskette konventioneller Abstandsmesssysteme, bestehend aus Empfangsdiode, Verstärker, Bandpassfilter und elektronischem Mischer, in ein Empfangselement integriert wird, dem so genannten PMD-Pixel [1].

Wie in Abb. 1 dargestellt, können viele solcher Pixel als Array in einem Bildaufnehmer angeordnet werden, wobei über die Abbildungsoptik jedem PMD-Pixel ein Entfernungswert in der Szene zugeordnet wird und damit eine digitalisierte 3D-Punktwolke zur Verfügung steht. Ein PMD-Pixel kann in einem Standard CMOS-Herstellungsprozess gefertigt werden, so dass ein PMD-Bildaufnehmer sowohl von den technischen Möglichkeiten wie z. B. der Integration eines AD-Wandlers auf den Halbleiterchip oder

Lichts und den Grauwert des aktiven Lichtsignals als Maß für die reflektierte Signalstärke zur Verfügung. Dieser so genannte Amplitudenwert ermöglicht es, die Qualität der Messung für jedes einzelne Pixel, z. B. für nachgeschaltete Bildverarbeitungsalgorithmen, zu beurteilen. Ein besondere Eigenschaft von PMD-Bildaufnehmern ist die hohe Dynamik des Sensors von >120 dB, die durch eine intelligente Schaltung in jedem Pixel, die so genannte SBI-Schaltung (Suppression of Background Illumination), bereitgestellt wird. Insbesondere Sonnenlicht stellt an Systeme mit aktiver Beleuchtung hohe Anforderungen, denn dieses kann in vielen Fällen ein sehr viel höheres Signal als die aktive Beleuchtung im Sensor generieren. Für das Sensorsystem bedeutet dies: der Sensor kommt evtl. in Sättigung bzw. die Entfernungsauflösung verschlechtert sich. Durch das intelligente SBI-Verfahren ist es in einem PMD möglich, die aktive, modulierte Beleuchtung vom übrigen Umgebungslicht zu unterscheiden. In Abb. 2 ist das Prinzip dieses Verfahrens dargestellt. Zusammen mit weiteren Maßnahmen wie der optische Filterung des aktiven

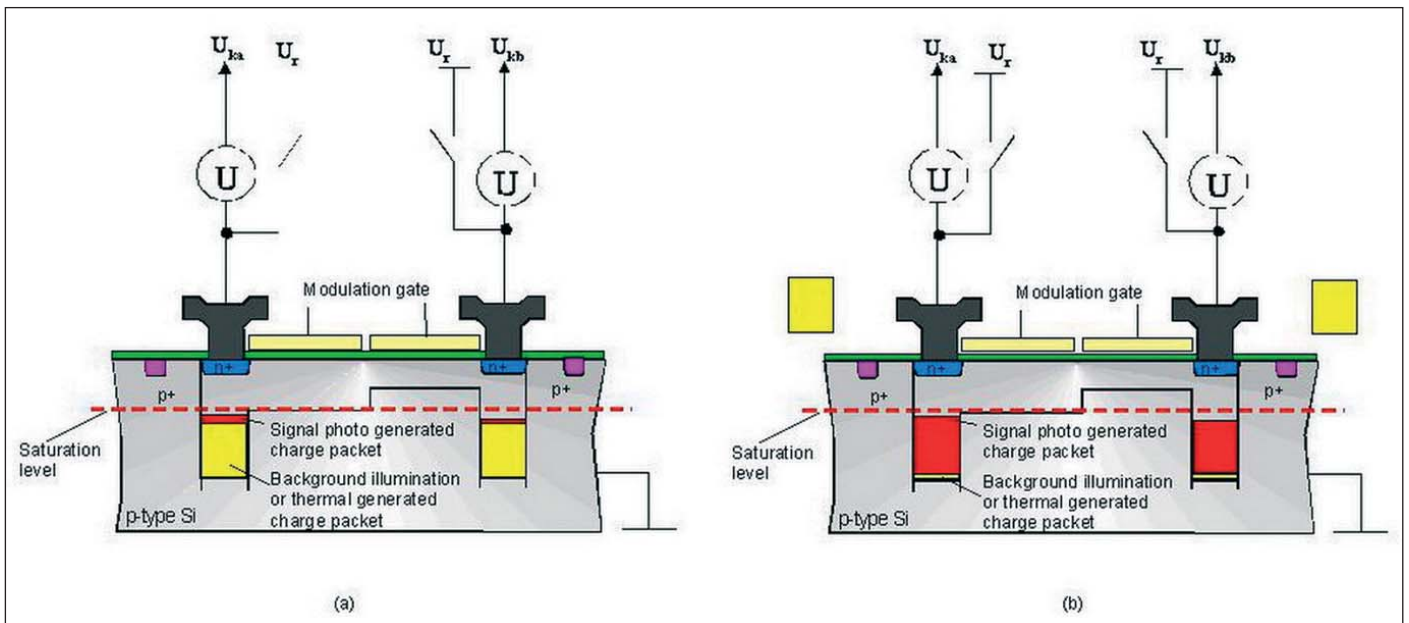


▲ **Abb. 1: Laufzeitentfernungsmessung: Prinzip und Erweiterung zu einer 3D-Kamera**

von Hochdynamik Pixelkonzepten als auch von den Herstellkosten vergleichbar mit einem konventionellen CMOS-Bildaufnehmer ist, der nur ein reines Grauwert- oder Farbbild liefert. Das »Smart Pixel«-Konzept der PMD-Sensoren stellt darüber hinaus neben der reinen Tiefeninformation auch den Grauwert des gesamten detektierten

Signals aus dem Umgebungslicht, der Burst-Überhöhung der Lichtquelle und einer Integrationszeitsteuerung ist eine PMD-Kamera quasi unempfindlich auch gegen extremste Fremdlichtverhältnisse.

Aus diesen Möglichkeiten der robusten, berührungslosen und kompakten Entfernungsmessung ergeben sich Applikatio-



▲ Abb. 2: Schematischer Aufbau eines PMD-Pixels und SBI-Funktionsprinzip

Abb. 2a: Die Speicherbereiche im Pixel sind fast völlig durch Fremdlicht generierte Ladungsträger gefüllt. Der für die Entfernungsmessung relevante Signalanteil ist folglich sehr klein. Durch diesen geringen Signalhub werden die Messergebnisse ungenauer, bzw. das Entfernungsruschen größer.

Da das Fremdlicht im Gegensatz zum aktiven Signal jedoch unkorreliert ist, werden dadurch durch die in das Pixel integrierte Korrelationseigenschaft an beiden Auslesedioden annähernd gleiche Anteile an Ladungsträgern generiert, d. h. es entsteht ein Gleichanteil, der auf beiden Ausgangskanälen identisch ist. Die SBI-Schaltung erkennt die durch unkorreliertes Licht entstandenen Ladungsträger infolge des entstehenden symmetrischen Gleichanteils beider Ausgangskanäle und entfernt sie.

Abb. 2b: Diese Abbildung zeigt den Einfluss der SBI-Schaltung und die Fähigkeit, mit dieser Schaltung auch Anwendungen mit hohen Fremdlichtanteilen (z. B. Sonnenlicht) gerecht zu werden. SBI unterdrückt jedoch nicht nur durch unkorreliertes Licht generierte Signalanteile, sondern z. B. auch durch thermische Effekte generierte Ladungsträger. Aus diesem Grund eignet sich die Kamera auch für den Einsatz unter erschwerten Temperaturbedingungen. [4]

nen in den verschiedensten Industriezweigen.

Ein breites Anwendungsspektrum bietet hier die Automobilindustrie. Bildgebende Systeme gehören zu den Schlüsselkomponenten für technische Sehsysteme, mit denen eine Erfassung des Fahrzeugumfeldes möglich ist. Mittels PMD-Sensorik können nun auch Abstandsinformationen zu Hindernissen oder vorausfahrenden Fahrzeugen ermittelt werden. [2]

Eine für solche Zwecke verwendete Kamera hat z. B. eine Auflösung von 64 x 16 Pixel und verfügt über eine aktive Hintergrundlichtunterdrückung (SBI), zur Gewährleistung der Funktionalität auch unter extremsten Lichtverhältnissen. Diese PMD-Kamera ist für Reichweiten bis zu 40 m Entfernung ausgelegt. [4]

Ein erstes Produkt für den Bereich der Automatisierungstechnik, ein 1D-Abstandsmesssystem, ist bereits am Markt verfügbar. Dieser Lasersensor dient zur millimetergenauen Abstandsmessung

bei Reichweiten bis 10 m. Die erste 3D-Kamera nach dem Laufzeitprinzip auf

Entwicklung in diese Richtung ist die Kombination einer PMD-Kamera mit



▲ Abb. 3: Überlagerung eines 2D-Grauwertbildes mit einem 3D-Tiefenbild

Produktniveau mit einer lateralen Auflösung von 64 x 48 Pixeln, zur Messung Volumen von Paketen oder anderen Objekten, wurde gerade auf der Hannover Messe 2006 vorgestellt.

Auch wenn für viele Applikationen die laterale Auflösung heutiger PMD-Kameras völlig ausreichend ist, ergibt sich immer wieder auch die Frage nach höher auflösenden PMD-Matrizen. Eine erste

konventionellen Grauwertkameradaten. Dabei werden in einem ersten Schritt die hochgenauen Bildinformationen der Grauwertkamera mit den Tiefeninformationen der PMD-Kamera überlagert und so ein detailgetreues Abbild der realen Szene aufgenommen. In Abb. 3 ist eine solche 3D-Tiefenkarte mit einem überlagerten Grauwertbild dargestellt. Diese Entwicklungen hin zu hochauf-

lösenden PMD-Kameras werden durch geförderte Projekte unterstützt. So wurde zu Beginn des Jahres am Zentrum für Sensorsysteme der Universität Siegen gemeinsam mit anderen Partnern ein DFG-Verbundprojekt in Höhe von 3 Mio. € gestartet, das sich diesem Thema annimmt. Darüber hinaus hat das BMBF schon in der Vergangenheit (Verbundprojekt »3D-SIAM«) und aktuell (Verbundprojekt »µCam«) die Weiterentwicklung der Technologie mit unterschiedlichen Schwerpunkten unterstützt. Ein weiteres durch das BMBF geförderte Vorhaben zum Thema autonome und mobile Robotik mit einem Gesamtvolumen von ca. 12 Mio. € steht kurz vor Projektbeginn.

Weitere Anwendungen sind z. B. in der Medizintechnik oder im Multimediabereich zu finden. Durch die direkt verfügbare 3D-Information sind PMD-Kameras u. a. als Eingabemedium z. B. zum Erkennen von Bewegungen und Gestiken, zur Positionsbestimmung und zur Erfassung von biometrischen Daten geeignet.

Bisher durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass die PMD-Technologie für kurze bis mittlere Entfernungsbereiche

großes Einsatzpotenzial aufweist, insbesondere auch durch ihre Robustheit gegenüber wechselnden Lichtverhältnissen sowie der Unempfindlichkeit gegenüber Hintergrundlicht. Die sehr gute Trennung von Objekt und Hintergrund ermöglicht in Verbindung mit 3D-Konturanalysen eine zuverlässige Detektion von Objekten. Schnelle Bildwiederholraten öffnen zudem den Weg für neue Sicherheits- und Assistenzfunktionen [2].

Autoren:

Dr. Thorsten Ringbeck, BU Systems
Bianca Hagebeuker, Produktmarketing
PMD Technologies GmbH
Am Eichenhang 50
57076 Siegen
Tel.: 02 71/23 85 38 800
Fax: 02 71/23 85 38 809
www.PMDTec.com

Literatur:

- [1] T. Möller, H. Kraft, J. Frey, M. Albrecht, R. Lange; Robust 3D Measurement with PMD Sensors; 1st Range Imaging Research Day; ETH Zürich; Schweiz 2005
- [2] B. Buxbaum, B. Hagebeuker; Dreidimensionale Umfeld-Erfassung; Elektronik Automotive 5/2005
- [3] H. Heinol, R. Schwarte; Photomischdetektor erfasst 3D-Bilder; Elektronik 1999, H. 12, S. 80ff
- [4] PMDTechnologies GmbH
www.PMDTec.com