



(10) **DE 10 2016 222 995 B3** 2018.03.01

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 222 995.8**  
(22) Anmeldetag: **22.11.2016**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **01.03.2018**

(51) Int Cl.: **H04N 5/341 (2011.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Reiche, Martin, 71263 Weil der Stadt, DE; Braune, Thomas, 75365 Calw, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**US** **6 130 713** **A**  
**WO** **2008/ 061 268** **A1**

**BERMAK, Amine: A CMOS Imager with PFM/PWM Based Analog-to-Digital Converter. IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Phoenix-Scottsdale, AZ, USA, 26-29 May 2002, ISCAS 2002. Conference Proceedings, ISBN 0-7803-7448-7, pp. IV-53 - IV-56.**

**BERMAK, Amine; BOUZERDOUM, Abdesselam; ESHRAGHIAN, Kamran: A Digital**

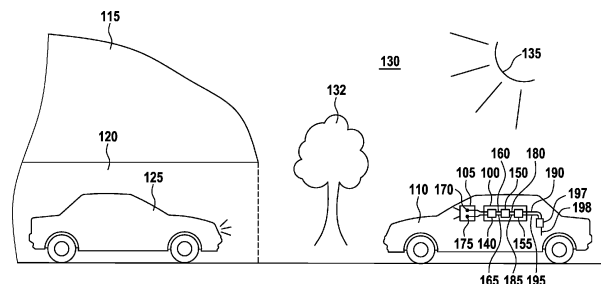
**Vision Sensor with Pixel Level Analog-to-Digital Converter. Proc. SPIE 4591, Electronics and Structures for MEMS II, (21 November 2001); pp. 353 - 358.**

**CHEN, Denis Guangyin; MATOLIN, Daniel; BERMAK, Amine; POSCH, Christoph: Pulse-Modulation Imaging - Review and Performance Analysis. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, Vol. 5, No. 1, February 2011, pp. 64 - 82.**

**KAVUSI, Sam; GHOSH, Kunal; EL GAMAL, Abbas: Architectures for High Dynamic Range, High Speed Image Sensor Readout Circuits. 2006 IFIP International Conference on Very Large Scale Integration, Nice, France, 16-18 October 2006. Conference Proceedings, ISBN 3-901882-19-7, pp. 36 - 41.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Auslesen und/oder Betreiben eines Lichtsensors**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (700) zum Auslesen eines Lichtsensors (105). Das Verfahren (700) umfasst den Schritt (710) des Bereitstellens eines Pixelwertes (160), wobei der Pixelwert (160) ein auf das Pixel (170) eingefallenes Licht repräsentiert, und wobei das Pixel (170) in Abhängigkeit von dem Entladungszustand des Pixels (170) zurückgesetzt wird.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer Vorrichtung nach Gattung der unabhängigen Ansprüche. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Computerprogramm.

**[0002]** Aktuelle active Pixel CMOS Imager fahren ein festes Schema zum Laden (Reset) und Auslesen von Imager-Photodioden. Dabei erfolgt das Wiederaufladen der Pixel unabhängig von ihrem zu diesem Reset-Zeitpunkt vorliegenden Ladungszustand. Es gibt also keinen individuellen Entscheider in jedem Pixel für diesen Vorgang.

**[0003]** Hierbei kann ein sequenzielles Abfahren von mehreren unterschiedlich langen Belichtungszeiten eines Pixels erfolgen. Die Belichtungszeit ist dabei der Zeitraum zwischen einem Reset und Read-out eines Pixels. Die Entladungswerte des Pixels aus den unterschiedlichen Belichtungszeiten werden zu einer gemeinsamen Zahl plausibilisiert, dafür können eine Vielzahl von Algorithmen verwendet werden. Das Verfahren ist u. a. als HDR bekannt.

**[0004]** Denkbar ist ferner das zeitgleiche gemeinsame Reset und Read-out aller Pixel (global shutter), das zeilenweise Reset/Read-out (Rolling Shutter) und der Random Access einzelner Pixel.

**[0005]** Auch kann die Veränderung der Steilheit (Sensitivity) der Pixel durch Veränderung der Kapazität (Dual Conversion Gain DGC) vorgenommen werden.

**[0006]** Dies passiert üblicherweise global für alle Pixel, es gibt also keine individuellen Steuerleitungen pro Pixel.

**[0007]** Auch können bimodale Beleuchtungsregelungen verwendet werden. Dabei werden von Frame zu Frame wechselweise komplette Registersettings zur Parametrierung der Imagereigenschaften ausgetauscht, z. B. passend zu einem Kontext „kurz belichtend“ mit wenig Eigenbewegung der Objekte über die Belichtungszeit versus „lang belichtend“ mit moderater Verschmierung der Objekte durch Eigenbewegung innerhalb der Belichtungszeit, aber erhöhter Empfindlichkeit. Ebenfalls sind langsame Regelungen der Kontexte über die Bedingung Tag/Nacht üblich.

**[0008]** Die Veröffentlichung „BERMAK, Amine; BOUZERDOUM, Abdesselam; ESHRAGHIAN, Kamran: A Digital Vision Sensor with Pixel Level Analog-to-Digital Converter. Proc. SPIE 4591, Electronics and Structures for MEMS II, (21. November 2001) ; pp. 353–358“ offenbart einen Analog-Digital-Wand-

ler zur Ermittlung einer Beleuchtung einer Fotodiode. Mittels eines Komparators wird ermittelt, wie oft sich die Fotodiode aufgrund von auf der Fotodiode eingehender Strahlung entlädt. Die Anzahl der Entladungen pro Zeiteinheit bzw. die Entladungsfrequenz wird anhand des Ausgangssignals des Komparators ermittelt. Anhand dieser Frequenz, welche proportional zu einem Fotostrom ist, wird die Beleuchtungsstärke der Fotodiode ermittelt.

**[0009]** Die Veröffentlichung "BERMAK, Amine: A CMOS Imager with PFM/PWM Based Analog-to-Digital Converter. IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Phoenix-Scottsdale, AZ, USA, 26–29 May 2002, ISCAS 2002. Conference Proceedings, ISBN 0-7803-7448-7, pp. IV-53–IV-56" offenbart ebenfalls einen Analog-Digital-Wandler zur Ermittlung einer Beleuchtung einer Fotodiode. Anhand eines Komparators wird auch hier eine Entladungsfrequenz ermittelt, wobei basierend auf einer Pulsweitenmodulation oder einer Pulsfrequenzmodulation eine Beleuchtungsintensität der Diode ermittelt wird.

**[0010]** Die US6130713A offenbart einen Analog-Digital-Wandler, welcher mittels eines als Komparator dienenden Schaltkreises umgesetzt ist. Auch in diesem Verfahren wird eine Beleuchtungsintensität einer Fotodiode anhand einer Anzahl an Resetvorgängen, in welchen der Ladungszustand der Fotodiode zurückgesetzt wird, durch den Komparator-Schaltkreis ermittelt.

**[0011]** Die Veröffentlichung „KAVUSI, Sam; GHOSH, Kunal; EL GAMAL, Abbas: Architectures for High Dynamic Range, High Speed Image Sensor Readout Circuits. 2006 IFIP International Conference on Very Large Scale Integration, Nice, France, 16–18 October 2006. Conference Proceedings, ISBN 3-901882-19-7, pp. 36–41“ offenbart ein Verfahren, bei welchem ein Integrator einer Fotodiode zurückgesetzt wird, sobald der mittels des Integrators integrierte Wert eines Fotostroms einen vordefinierten Schwellenwert überschreitet. Der integrierte Wert wird hierbei in zeitgleichen Abständen mit dem Schwellenwert verglichen, wobei der Ausgang des Integrators digitalisiert wird. Zur Bestimmung der Belichtung der Fotodiode wird in unregelmäßigen Abständen (siehe bspw. **Fig. 7**) der Wert des integrierten Fotostroms ausgelesen. Anhand des ausgelesenen Wertes und dem Zeitpunkt des letzten Zurücksetzens des Integrators wird die Belichtung der Fotodiode ermittelt.

## Offenbarung der Erfindung

**[0012]** Vor diesem Hintergrund werden mit dem hier vorgestellten Ansatz ein Verfahren, weiterhin eine Vorrichtung, die dieses Verfahren verwendet, sowie schließlich ein entsprechendes Computerprogramm

gemäß den Hauptansprüchen vorgestellt. Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im unabhängigen Anspruch angegebenen Vorrichtung möglich.

**[0013]** Es wird vorliegend ein Verfahren zum Auslesen und/oder Betreiben eines Lichtsensors, der zumindest ein Pixel aufweist, wobei das Verfahren den folgenden Schritt aufweist:

- Bereitstellen eines Pixelwertes, wobei der Pixelwert ein auf das Pixel eingefallenes Licht repräsentiert, und wobei das Pixel in Abhängigkeit von dem Entladungszustand des ersten Pixels zurückgesetzt wird.

**[0014]** Unter einem Pixel kann vorliegend eine Lichtsensitive Sensorzelle verstanden werden. Unter einem Pixelwert kann ein Parameter verstanden werden, der den Einfall von Licht auf das jeweils betreffende Pixel repräsentiert. Als Pixel werden hierbei kapazitive Elemente verwendet, die vor einer Messung aufgeladen (d. h. zurückgesetzt) werden und durch Einfall von Licht auf die Pixel entladen werden. Beispielsweise kann ein Pixel eine speziell ausgelegte Zelle eines CCD-Elementes sein. Entgegen dem Stand der Technik, bei dem mehrere Pixel gemeinsam zurückgesetzt werden, erfolgt bei dem hier vorgestellten Ansatz ein autonomes Zurücksetzen zumindest eines Pixels, d. h. Wiederaufladen der Kapazität eines oder mehrerer Pixel, in Abhängigkeit von dem Entladungszustand dieser einzelnen Pixel.

**[0015]** Der hier vorgestellte Ansatz basiert auf der Erkenntnis, dass ein sehr realitätsnahes Abbild der Umgebung durch einen Lichtsensor ermittelt werden kann, bei dem einzelne Pixel in Abhängigkeit von ihrem Entladungszustand zurückgesetzt werden. Auf diese Weise können sehr unterschiedliche Lichteinfallsszenarien auf unterschiedliche Teilbereiche des Lichtsensors schnell und eindeutig identifiziert werden.

**[0016]** Günstig ist eine Ausführungsform des hier vorgestellten Ansatzes, bei dem im Schritt des Bereitstellens ferner zumindest ein zweiter Pixelwert bereitgestellt wird, wobei der zweite Pixelwert ein auf ein zweites Pixel eingefallenes Licht repräsentiert und wobei das zweite Pixel in Abhängigkeit von dem Entladungszustand des zweiten Pixels zurückgesetzt wird. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass unterschiedliche Pixel je nach Entladungszustand auch autonom bzw. unabhängig voneinander zurückgesetzt werden können.

**[0017]** Technisch sehr einfach umsetzbar und zuverlässig arbeitend ist eine Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes, bei der im Schritt des Bereitstellens zum Bereitstellen des Pixelwertes ein Ladungszustand des Pixels mit einem vordefinierten

ersten Schwellwert verglichen wird und/oder wobei zum Bereitstellen des zweiten Pixelwertes ein Ladungszustand des zweiten Pixels mit einem vordefinierten zweiten Schwellwert verglichen wird. Beispielsweise können der Schwellwert und der zweite Schwellwert innerhalb eines Toleranzbereichs gleich sein. Beispielsweise kann der Schwellwert um nicht mehr als zehn Prozent vom zweiten Schwellwert abweichen. Auf diese Weise kann schnell und einfach ein Zurücksetzen des betreffenden Pixels in Abhängigkeit vom Entladungszustand ausgeführt werden.

**[0018]** Gemäß einer besonders günstigen Ausführungsform des hier vorgestellten Ansatzes kann im Schritt des Bereitstellens ferner das Auslesen des Pixelwertes nach einer vordefinierten Auslesezeitdauer erfolgen, insbesondere wobei die Auslesezeitdauer für das Auslesen von mehreren aufeinanderfolgend ausgelesenen Pixelwerten gleich ist. Hiedurch kann ein standardisierter Auslesealgorithmus verwendet werden, wobei die einzelnen Pixel unabhängig vom Auslesen sondern in Abhängigkeit von ihrem Entladungszustand zurückgesetzt werden können. Besonders vorteilhaft ist weiterhin, wenn das Auslesen von mehreren aufeinanderfolgenden zweiten Pixelwerten mit einer vordefinierten zweiten Auslesezeitdauer erfolgt, insbesondere wobei die zweite Auslesezeitdauer von der Auslesezeitdauer unterschiedlich ist. Dies ermöglicht vorteilhaft die Realisierung präzise Auslesung von unterschiedlich stark belichteten Bereichen eines Lichtsensors (d. h., die Pixel an unterschiedlichen Stellen des Lichtsensors) mit unterschiedlichen Belichtungsparametern wie hier der Auslesezeitdauer, wobei eine solche vorteilhafte Parametrierung beim Betrieb des Lichtsensors durch technisch sehr einfache Mittel implementiert werden kann. Von Vorteil ist weiterhin eine Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes, bei der im Schritt des Bereitstellens der Pixelwert unter Verwendung eines Impedanzwandlers und/oder eines Sample-and-Hold-Elementes bereitgestellt wird und/oder der zweite Pixelwert unter Verwendung eines zweiten Impedanzwandlers und/oder eines zweiten Sample-and-Hold-Elementes bereitgestellt wird. Eine solche Ausführungsform ist technisch einfach umsetzbar und verhindert oder minimiert eine Störung oder ein fehlerhaftes Auslesen der Pixel bei der Bestimmung der Pixelwerte.

**[0019]** Besonders flexibel einsetzbar ist eine Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes, bei der im Schritt des Einlesens ein Pixelwert von einem Pixel eingelesen wird, das in einer anderen Zeile oder einer anderen Spalte wie das zweite Pixel angeordnet ist, wobei der Lichtsensor matrixförmig angeordnete Pixel aufweist. Auch eine derartige Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes bietet den Vorteil, je nach Beleuchtungssituation einzelne Pixel auszulesen und somit die Beleuchtungssituation des Lichtsensors optimal zu erfassen.

**[0020]** Um Rückschlüsse auf ein Farbspektrum der lokalen Beleuchtung von unterschiedlichen Pixeln zu ermöglichen, kann gemäß einer anderen Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes im Schritt des Einlesens der Pixelwert von dem Pixel eingelesen wird und der zweite Pixelwert von dem zweiten Pixel eingelesen werden, wobei zumindest das erste oder zweite Pixel durch zumindest ein Farbfilter bedeckt ist, sodass auf das Pixel ein spektraler Lichtanteil einfällt, der sich von einem auf das zweite Pixel einfallenden spektralen Lichtanteil unterscheidet.

**[0021]** Besonders robust und störungsfrei arbeitend ist eine Ausführungsform des hier vorgestellten Ansatzes, das folgende weitere Schritte aufweist:

- Bilden eines Differenzwertes aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Pixelwerten, insbesondere wobei der Differenzwert einen zeitlichen Verlauf der Entladung des Pixels repräsentiert; und
- Erkennen eines Beleuchtungswertes für das erste Pixel unter Verwendung des Differenzwertes.

**[0022]** Unter einem Differenzwert kann vorliegend ein Wert verstanden werden, der unter Verwendung einer Differenz zwischen aufeinanderfolgenden Pixelwerten ermittelt wurde oder der einer solchen Differenz entspricht. Zur robusten und störungsarmen Erkennung einer Beleuchtungssituation des Lichtsensors wird somit ein zeitlicher Verlauf des Pixelwertes eines Pixels in der Form eines Differenzwertes verwendet, wodurch auch die Zurücksetzung der einzelnen Pixel zu unterschiedlichen Zeitpunkten eine hinreichende Berücksichtigung bei einer Signalauswertung finden kann.

**[0023]** Vorteilhaft ist eine Ausführungsform des hier vorgestellten Ansatzes, bei dem der Differenzwert als Quotient unter Verwendung einer Differenz zwischen zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Pixelwerten und einer Zeitdauer zwischen den zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Pixelwerten gebildet wird. Hierdurch wird eine besonders effiziente Auswertung des zeitlichen Belichtungsverlaufs des Pixels (also an einer bestimmten Stelle des Lichtsensors) ermöglicht.

**[0024]** Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform des hier vorgestellten Ansatzes, bei der im Schritt des Bildens ein zweiter Differenzwert aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden zweiten Pixelwerten gebildet wird, insbesondere wobei der zweite Differenzwert einen zeitlichen Verlauf der Entladung des zweiten Pixels repräsentiert, wobei im Schritt des Erkennens ein zweiter Beleuchtungswert unter Verwendung des zweiten Differenzwertes erkannt wird. Eine solche Ausführungsform des hier vorgestellten Ansatzes bietet den Vorteil, die Beleuchtungssituation des Lichteinfalls auf unterschied-

liche Bereiche des Lichtsensors miteinander vergleichen zu können.

**[0025]** Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des hier vorgestellten Ansatzes kann im Schritt des Erkennens eine stärkere Beleuchtung des (ersten) Pixels gegenüber dem zweiten Pixel erkannt werden, wenn der (erste) Differenzwert größer als der zweite Differenzwert ist und/oder eine schwächere Beleuchtung des (ersten) Pixels gegenüber dem zweiten Pixel erkannt werden, wenn der erste Differenzwert kleiner als der zweite Differenzwert ist. Eine solche Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes bietet den Vorteil einer technisch sehr einfachen Unterscheidung von unterschiedlichen Beleuchtungsszenarien auf das (erste) Pixel und/oder das zweite Pixel.

**[0026]** Günstig ist auch eine Ausführungsform des hier vorgestellten Ansatzes, bei der im Schritt des Bildens ein negativer (erster) Differenzwert und/oder zweiter Differenzwert für eine Verwendung im Schritt des Erkennens verworfen wird. Eine solche Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes bietet den Vorteil der Erkennung eines Zurücksetzens des betreffenden Pixels zwischen den Zeitpunkten der für die Bildung des Differenzwertes verwendeten Pixelwerte. Auf diese Weise kann ein Fehler bei dem Auslesen eines durch ein solches Zurücksetzen betroffenen Pixels vermieden werden.

**[0027]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes kann im Schritt des Erkennens ein rechteckförmiger Verlauf mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Differenzwerte als gepulste Beleuchtung des Pixels erkannt werden und/oder ein rechteckförmiger Verlauf mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender zweiter Differenzwerte als gepulste Beleuchtung des zweiten Pixels erkannt werden. Eine solche Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes bietet eine technisch einfache und zuverlässige Möglichkeit, eine gepulste Beleuchtung des jeweils betreffenden Pixels zu erkennen, auch wenn das betreffende Pixel in Abhängigkeit von seinem Entladungszustand zurückgesetzt wird.

**[0028]** Denkbar ist auch eine weitere Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes, bei der im Schritt des Erkennens ein Interpolieren von mehreren Differenzwerten erfolgt, um zumindest einen interpolierten Differenzwert zu erhalten und/oder ein Interpolieren von mehreren zweiten Differenzwerten erfolgt, um zumindest einen interpolierten zweiten Differenzwert zu erhalten, wobei der Beleuchtungswert des für das Pixel unter Verwendung des interpolierten Differenzwertes und/oder der zweite Beleuchtungswert für das zweite Pixel unter Verwendung des interpolierten zweiten Differenzwertes erkannt wird. Eine solche Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes bietet den Vorteil dass fehlerhafte Pixelwerte

oder Differenzwerte oder -quotienten (beispielsweise mit negativem Vorzeichen), die durch ein Zurücksetzen des Pixels verursacht wurden, durch das Interpolieren korrigiert oder kompensiert werden können. Hierdurch lässt sich eine für weitere Funktionalitäten optimierte Erkennung einer Beleuchtungssituation des Lichtsensors vornehmen.

**[0029]** Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Ansatzes, bei der im Schritt des Erkennens ein zeitlicher Verlauf des Differenzwerts ermittelt wird, um eine Veränderung des Beleuchtungswertes für das Pixel zu erkennen und/oder ein zeitlicher Verlauf des zweiten Differenzwerts ermittelt wird, um eine Veränderung des Beleuchtungswertes für das zweite Pixel zu erkennen. Auf diese Weise kann beispielsweise eine heller oder dunkler werdende Beleuchtung erkannt und/oder gegebenenfalls bei selbst leuchtenden Objekten auf deren Annäherungsprofil geschlossen werden.

**[0030]** Diese hier vorgestellten Ausführungsformen des Verfahrens können beispielsweise in Software oder Hardware oder in einer Mischform aus Software und Hardware beispielsweise in einem Steuergerät implementiert sein.

**[0031]** Der hier vorgestellte Ansatz schafft ferner eine Vorrichtung, die ausgebildet ist, um die Schritte einer Variante eines hier vorgestellten Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen, anzusteuern bzw. umzusetzen. Auch durch diese Ausführungsvariante der Erfindung in Form einer Vorrichtung kann die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden.

**[0032]** Hierzu kann die Vorrichtung zumindest eine Recheneinheit zum Verarbeiten von Signalen oder Daten, zumindest eine Speichereinheit zum Speichern von Signalen oder Daten, zumindest eine Schnittstelle zu einem Sensor oder einem Aktor zum Einlesen von Sensorsignalen von dem Sensor oder zum Ausgeben von Daten- oder Steuersignalen an den Aktor und/oder zumindest eine Kommunikationsschnittstelle zum Einlesen oder Ausgeben von Daten aufweisen, die in ein Kommunikationsprotokoll eingebettet sind. Die Recheneinheit kann beispielsweise ein Signalprozessor, ein Mikrocontroller oder dergleichen sein, wobei die Speichereinheit ein Flash-Speicher, ein EEPROM oder eine magnetische Speichereinheit sein kann. Die Kommunikationsschnittstelle kann ausgebildet sein, um Daten drahtlos und/oder leitungsgebunden einzulesen oder auszugeben, wobei eine Kommunikationsschnittstelle, die leitungsgebundene Daten einlesen oder ausgeben kann, diese Daten beispielsweise elektrisch oder optisch aus einer entsprechenden Datenübertragungsleitung einlesen oder in eine entsprechende Datenübertragungsleitung ausgeben kann.

**[0033]** Unter einer Vorrichtung kann vorliegend ein elektrisches Gerät verstanden werden, das Signale verarbeitet und in Abhängigkeit davon Steuer- und/oder Datensignale ausgibt. Die Vorrichtung kann eine Schnittstelle aufweisen, die hard- und/oder softwaremäßig ausgebildet sein kann. Bei einer hardwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen beispielsweise Teil eines sogenannten System-ASICs sein, der verschiedenste Funktionen der Vorrichtung beinhaltet. Es ist jedoch auch möglich, dass die Schnittstellen eigene, integrierte Schaltkreise sind oder zumindest teilweise aus diskreten Bauelementen bestehen. Bei einer softwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen Softwaremodule sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller neben anderen Softwaremodulen vorhanden sind.

**[0034]** Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt oder Computerprogramm mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger oder Speichermedium wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung, Umsetzung und/oder Ansteuerung der Schritte des Verfahrens nach einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, insbesondere wenn das Programmprodukt oder Programm auf einem Computer oder einer Vorrichtung ausgeführt wird.

**[0035]** Ausführungsbeispiele des hier vorgestellten Ansatzes sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

**[0036]** Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Szenarios, in der ein Ausführungsbeispiel der hier vorgestellte Erfindung vorteilhaft eingesetzt werden kann;

**[0037]** Fig. 2 ein schematisches Schaltbild eines Teilbereichs einer Einheit zum Bereitstellen zumindest eines Pixelwertes gemäß einem Ausführungsbeispiel;

**[0038]** Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Lichtsensors, der matrixförmig angeordnete Pixel aufweist;

**[0039]** Fig. 4 ein Diagramm, unter dessen Zuhilfenahme die Funktion der Vorrichtung zum Betreiben und/oder Auslesen des Lichtsensors gemäß einem Ausführungsbeispiel näher erläutert wird;

**[0040]** Fig. 5 ein Diagramm 500, in dem die in der Fig. 4 dargestellten Verläufe der Pixel-Ladezustände eines Pixel entsprechend den unterschiedlichen Beleuchtungsszenarien als Abtastwerte zu vordefinierten Abtastzeitpunkten;

**[0041]** Fig. 6 ein Diagramm, in dem der Verlauf von Differenzwerten für die unterschiedlichen Beleuchtungsszenarien dargestellt ist; und

**[0042]** Fig. 7 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel.

**[0043]** In der nachfolgenden Beschreibung günstiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

**[0044]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Szenarios, in der ein Ausführungsbeispiel der hier vorgestellte Erfindung vorteilhaft eingesetzt werden kann. Die Vorrichtung **100** zum Auslesen des Lichtsensors **105** gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist hierbei in einem Fahrzeug **110** angeordnet. Das Fahrzeug **110** fährt beispielsweise in Richtung eines Berges **115**, in dem sich ein Tunnel **120** befindet. Das im Tunnel **120** fahrende Fremdfahrzeug **125** fährt auf das Fahrzeug **110** zu, wobei dieses Fremdfahrzeug **125** aufgrund der Lichtverhältnisse in dem **120** selbst das Fahrlicht eingeschaltet hat. Ein Bereich **130** außerhalb des Tunnels **120**, beispielsweise der Baum **132**, wird von der hinter dem Fahrzeug **110** befindlichen Sonne **135** beleuchtet, sodass am Lichtsensor **105** sehr unterschiedliche Lichtverhältnisse der einzelnen Objekte wie beispielsweise dem Baum **132** oder Fremdfahrzeugs **125** im Tunnel **120** vorliegen.

**[0045]** Kameras bzw. Imager (= Bildsensoren) wie beispielsweise der Lichtsensor **105** sollten im Feld mit unterschiedlichen Helligkeitsbedingungen zu Recht kommen. Diese können zeitgleich in einem Frame auftreten. Das vorstehend genannte Szenario wäre ein Beispiel für solche unterschiedlichen Lichtverhältnisse: Eine Fahrzeug-Frontkamera wie der Lichtsensor **105** in hellem Tageslicht schaut mit einem Anteil ihres Bildes in einen unbeleuchteten Tunnel **120**. In diesem Tunnel **120** befindet sich ein entgegenkommendes Fahrzeug **125** mit aufgeblendeten Scheinwerfern. Um diese Szenerie zu erfassen ohne die Dynamikgrenzen des Imagers bzw. Lichtsensors **105** zu verletzen werden unterschiedliche Belichtungsstände in mehreren Frames notwendig. Dies geht zu Lasten der Latenz des Systems.

**[0046]** Ein weiteres nicht beherrschtes Szenario könnte beispielsweise in der Erfassung von Wechselverkehrszeichen bestehen, da Wechselverkehrszeichen mit gepulsten LEDs zur Darstellung wechselnder Anzeigesymbole arbeiten. Sowohl zur Verbesserung der Lebensdauer der einzelnen LEDs als auch der Reduzierung der Leistungsaufnahme werden die LEDs nicht nur gepulst,

sondern dies erfolgt segmentweise über Abschnitte der Gesamtanzeige. Auslegungen arbeiten z. B. mit 10 ms Repetition, 1 ms on-time, also einem Duty Cycle von 10%. Für den Menschen ist der gepulste Betrieb quasi unsichtbar, da seine Netzhaut mit einer Trägheit von 10–20 ms integriert. Für eine Kamera im Tageslicht verbieten sich Belichtungszeiten größer der LED-Repetition, da diese die hellen Bildabschnitte übersteuern. Selbst wenn durch Zufall in einer kürzeren Belichtungszeit LEDs im On-Zustand erfasst werden, so betrifft dies nur Segmentabschnitte des Wechselverkehrszeichens.

**[0047]** Um eine Verbesserung in für derartige Szenarien zu schaffen, biete der hier vorgestellte Ansatz eine Lösung, gemäß der sowohl unterschiedlich helle Objekte mit konstanter Beleuchtung ohne sequenziellen Wechsel der Imagereinstellungen zu erfassen als auch mit Objekten stark wechselnder Helligkeit (beispielsweise gepulst) innerhalb einer Framerate (typischerweise 30–40 ms) zu erfassen. Der hier vorgestellte Ansatz basiert dabei auf einem individuellen Automatismus in jedem Pixel, nicht aber mit einer globalen Ansteuerung aller Pixel(-zeilen) gemäß den Lösungen aus dem Stand der Technik ohne Berücksichtigung der individuellen Pixelbeleuchtung. Im Gegensatz zu dem hier vorgestellten Ansatz arbeiten die im Stand der Technik verwendeten Verfahren für einen gesamten Frame. Es gibt somit keinen individuellen Kontext pro Pixel anhand seiner individuellen Beleuchtungssituation.

**[0048]** Speziell wird mit dem hier vorgestellten Ansatz gemäß einem Ausführungsbeispiel eine Vorrichtung **100** zum Beitreiben eines Lichtsensors **105** vorgestellt, wie sie beispielhaft in der Fig. 1 dargestellt ist. Die Vorrichtung **100** weist eine Einheit **140** zum Bereitstellen, eine Einheit **150** zum Bilden und eine Einheit **155** zum Erkennen. In der Einheit **140** zum Bereitstellen wird ein (erster) Pixelwert **160** und ein zweiter Pixelwert **165** bereitgestellt, wobei der (erste) Pixelwert **160** ein auf ein (erstes) Pixel **170** des Lichtsensors **105** eingefallenes Licht repräsentiert und der zweite Pixelwert **165** ein auf ein zweites Pixel **175** des Lichtsensors **105** eingefallenes Licht repräsentiert. Das (erste) Pixel **170** und das zweite Pixel **175** werden hierbei je in Abhängigkeit von ihrem Entladungszustand durch die Einheit **145** zum Bereitstellen zurückgesetzt. In der Einheit **150** zum Bilden wird ein (erster) Differenzwert **180** aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden (ersten) Pixelwerten **160** und/oder ein zweiter Differenzwert **185** aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden zweiten Pixelwerten **165** gebildet, insbesondere wobei der (erste) Differenzwert **180** einen zeitlichen Verlauf der Entladung des (ersten) Pixels **170** repräsentiert und/oder der zweite Differenzwert **185** einen zeitlichen Verlauf der Entladung des zweiten Pixels **175** repräsentiert. In der Einheit **155** zum Erkennen wird eines (ersten) Beleuchtungswertes **190** für das (erste) Pixel **170** un-

ter Verwendung des (ersten) Differenzwerts **180** und/oder eines zweiten Beleuchtungswertes **195** für das zweite Pixel **175** unter Verwendung des zweiten Differenzwerts **195** erkannt. Der (erste) Beleuchtungswert **190** und/oder der zweite Beleuchtungswert **195** können dann beispielsweise zur Verarbeitung an eine Steuereinheit **197** geleitet werden, die beispielsweise eine Erkennung und/oder Zuordnung von Objekten oder Objekttypen zu den in von dem Lichtsensor **105** erkannten Mustern vornimmt und hierauf basierend beispielsweise Assistenzfunktionen wie eine Spurhaltefunktion oder eine Notausweichfunktion über ein Steuersignal **198** aktiviert.

**[0049]** Fig. 2 zeigt ein schematisches Schaltbild eines Teilbereichs einer Einheit **140** zum Bereitstellen zumindest eines Pixelwertes **160**. Die Einheit **140** umfasst eine mit einer Kapazität **200** parallelgeschaltete Fotodiode **210**, wobei die Kapazität **200** und die Fotodiode **210** zwischen einem Abgriffspunkt **225** und einem Masseanschluss **230** geschaltet sind. Der Abgriffspunkt **225** ist über einen Rücksetztransistor **235** (der beispielsweise als MOSFET-Transistor ausgebildet ist) mit einem Rücksetzanschluss **240** zum Einspeisen einer Rücksetzspannung  $V_{\text{reset}}$  zum Rücksetzen der Kapazität **200** verbunden. Der Abgriffspunkt **225** ist mit einem Steuereingang eines Spannungsfolger-Transistors **245** (der beispielsweise ebenfalls als MOSFET-Transistor ausgestaltet ist) verbunden, wobei ein Eingang des Spannungsfolger-Transistors **245** mit einem Ausleseanschluss **250** zum Auslesen einer Auslesespannung  $V_{\text{AA}}$  verbunden ist. Der Ausgang des Spannungsfolger-Transistors **245** ist über einen Zeilenzeiger-Transistor **255** mit einem ersten Anschluss eines Komparators **260** verbunden, der die am ersten Anschluss anliegende Spannung mit einem Schwellwert  $U_{\text{thresh}}$  vergleicht und ein entsprechendes Steuersignal Reset an den Rücksetztransistor **235** ausgibt. Optional kann das Steuersignal Reset noch durch ein Filter **265** gefiltert werden. Mit einem Auslesesignal Read kann der Zeilenzeiger-Transistor **260** durchgeschaltet werden. Ferner kann auch der erste Anschluss des Komparators **260** als Ausgangssignal Out mit einem Eingang eines Zeilen-Auslese-Analog-Digital-Wandlers **270** verbunden sein. Denkbar ist ferner eine Variante, in der der Ausgang des Spannungsfolger-Transistors **245** ohne eine Zwischenschaltung des Zeilenzeiger-Transistors **255** direkt mit dem ersten Anschluss des Komparators **260** verbunden ist und/oder der Abgriffspunkt **225** über einen Auslesetransistor **275** und eine Auslesekapazität **280** mit dem Ausleseanschluss **250** verbunden ist.

**[0050]** Die Grundlage vor den hier vorgestellten Ansatz kann in dem Vorsehen eines möglichst einfach implementierbaren Entscheiders in jedem oder für jedes Pixel gesehen werden. Statt eines zwangsföhrten Resets durch eine globale Ablaufsteuerung entscheidet der aktuelle Ladungszustand des Pixels

autonom, ob ein Reset notwendig ist. Der Ladungszustand der Fotodiode des Pixels kann durch einen Impedanzwandler hochohmig ausgelesen werden, ohne die Ladung selbst zu beeinflussen (Rückwirkungsfreiheit!). Die Realisierung des Impedanzwandlers erfolgt z. B. vorzugsweise durch eine Source Follower wie Stand der Technik in CMOS. Somit gibt es Zwischensamples des Entladeverlaufs ohne das weitere Entladen des Pixels durch ein global ausgelöstes Reset zu unterbrechen. Dies ist ein deutlicher Unterschied zu den state-of-the-art-Verfahren.

**[0051]** Der Ausgang des Impedanzwandlers liegt entweder fix oder geschaltet über einen Read-out-Transistor an einem Eingang eines Komparators. Am zweiten Eingang des Komparators liegt eine Referenzspannung  $U_{\text{Thresh}}$  als Definition der Entladungsgrenze. Wird diese Spannung unterschritten, so wird ein Reset-Transistor durchgeschaltet und die Kapazität der Fotodiode wieder aufgeladen. Wird der Ausgang des Impedanzwandlers direkt mit dem Eingang des Komparators verbunden, so soll für eine ausreichende Durchschaltzeit des Reset-Transistors gesorgt werden. Dazu kann beispielsweise ein nachgeführtes Monoflop vorsehen werden oder aber den Komparator als Schmitt-Trigger mit zeitbehafteter Hysterese (kapazitive Mitkopplung) realisiert werden. Wird der Ausgang des Read-Transistors mit dem Eingang des Komparators verbunden, so ist ein Reset nur zum Zeitpunkt des Read-out möglich und der Automat damit takt synchronisiert.

**[0052]** Ein wichtiger Aspekt des hier vorgestellten Ansatzes kann darin gesehen werden, dass der Zeitpunkt des Resets autonom im Pixel anhand intrinsischer Information und nicht durch eine übergeordnete Ablaufsteuerung erfolgt. Damit können hell beleuchtete Pixel **170** bzw. **175** anders reagieren als schwach beleuchtete oder gepulst beleuchtete Pixel.

**[0053]** Eine übergeordnete Ablaufsteuerung kann beispielsweise ähnlich dem bekannten Rolling-Shutter-Prinzip erfolgen. Es gibt eine Kette von Rowpointern. Zeigt ein Rowpointer auf eine Zeile, so ist in dieser für alle Pixel der Zeile des Read-Transistors durchgeschaltet und die entsprechenden Ausgänge der Impedanzwandler mit den S&Hs einer Zeile von AD-Wandlern verbunden. Es gibt allerdings keine Resetpointer wie vom klassischen Rolling-Shutter bekannt. Die Samplingperiode  $t_{\text{sample}}$  ist durch den Zeilenabstand der Rowpointer untereinander bestimmt.

**[0054]** Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Lichtsensors, der matrixförmig angeordnete Pixel aufweist. Hierbei wird in der Fig. 3 dargestellt, wie eine Ablaufsteuerung beim Auslesen des Lichtsensors arbeiten könnte. Die einzelnen Pixel, beispielsweise die Pixel **175** bzw. **175** sind zeilen- und spaltenweise im Lichtsensor angeordnet, wobei jedes der Pixel bei-

spielsweise mittels einer Einheit **140** entsprechend der **Fig. 2** ausgelesen werden kann bzw. einen Pixelwert bereitstellen kann. Es wird dabei ein Zeilenzeiger **300** zum Zeitpunkt  $i$  auf eine Zeile des Lichtsensors gerichtet, wobei nach einem zeitlichen Abstand  $t_{\text{Sample}}$  der Zeilenzeiger **300** zum Zeitpunkt  $i + 1$  auf eine nachfolgende Zeile gerichtet wird. Ist ein Zeilenzeiger **300** auf eine Zeile gerichtet, kann dies durch ein entsprechendes Signal Read, wie es beispielsweise an den Steuereingang des Zeilenzeiger-Transistors **255** angelegt wird, einem entsprechenden Pixel signalisiert werden. Hierdurch kann dann der Ausleseausgang Out mit einem Eingang  $\text{ADC}_j$  ( $1 \leq j \leq m$ ) eines Bus-Analog-Digital-Wandlers **270** beispielsweise entsprechend der Darstellung aus **Fig. 2**, verbunden werden, wobei andere Ausleseausgänge Out von Pixeln, die ebenfalls in der Zeile  $i$  des Lichtsensors angeordnet sind, an weitere Eingänge des Bus-Analog-Digital-Wandlers **270** angelegt werden. Hierdurch ist es möglich, zeilenweise die Pixel **170** bzw. **175** des Lichtsensors auszulesen, wobei jedes der Pixel beispielsweise unabhängig voneinander auf der Basis seines jeweiligen Entladungszustands zurückgesetzt wird.

**[0055]** Beispielsweise kann der Lichtsensor **105** die folgenden Parameter aufweisen:

Anzahl der Pixel:  $2000 \times 800$ , 1.6 MPx (einschließlich Darkpixel zum FPN Flatfielding)

Abtastfrequenz:  $f_{\text{px}} = 40$  MHz

Abtastzeitdauer des Auslesens einer Zeile:  $t_{\text{row}} = 2000/40$  MHz =  $50 \mu\text{s}$  (entspricht Aufenthaltsdauer eines Rowpointers auf einer Reihe, dann eine Zeile weiterrücken)

Abtastzeitdauer:  $t_{\text{s}} = 0.5$  ms (Sollvorgabe)

Zeilenabstand der Pointer:  $n = t_{\text{s}}/t_{\text{row}} = 10$

Framerate:  $1/(800 \cdot 50 \mu\text{s}) = 25$  frames/s

Quantisierung der Pixelwerte (DN): 2 Byte (incl. Gütekriterium)

Datentransferrate zu Companion, IP3 o. ä.:  $\text{TR} = 2 \text{ Byte/Px} \cdot 25 \text{ frames/s} \cdot 1.6 \text{ MPx/frame} = 80 \text{ MB/s}$

**[0056]** **Fig. 4** zeigt ein Diagramm **400**, unter dessen Zuhilfenahme die Funktion der Vorrichtung **100** zum Betreiben und/oder Auslesen des Lichtsensors **105** gemäß einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden soll. In der **Fig. 4** ist hierbei die Anzahl der Ladungsträger in den betreffenden Kapazitäten der Pixel des Lichtsensors **105** über die Zeit aufgetragen. Die in der **Fig. 4** dargestellten Zeitdiagramme, die der besseren Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit alle in dem Diagramm aus **Fig. 4** zusammengefasst sind, zeigen somit das Verhalten von Pixel-Ladezustände für

a) schwache konstante Beleuchtung mit Entladerate  $1.000 \text{ e-/ms}$  (Graf **410**)

b) mittlere konstante Beleuchtung mit Entladerate  $10.000 \text{ e-/ms}$  (Graf **420**)

c) hohe konstante Beleuchtung mit Entladerate  $100.000 \text{ e-/ms}$  (Graf **430**)

d) gepulste Beleuchtung mit  $10.000 \text{ e-/ms}$  während einer  $t_{\text{on}}$  von  $1 \text{ ms}$ , Periode von  $10 \text{ ms}$  (Graf **440**).

**[0057]** Zusätzlich wird mit dem Graf **450** beispielhaft dargestellt, zu welchen Zeitintervallen bei Wechselverkehrszeichen die entsprechenden LEDs dieser Zeichen eingeschaltet (hoher Signalpegel) oder ausgeschaltet (niedriger Signalpegel) sind. Die einzelnen Zeitpunkte der Abtastwerte (wobei die Abtastwerte den Pixelwerten gemäß der Beschreibung zur **Fig. 1** entsprechen) sind in dem Diagramm aus **Fig. 4** mit den Punktsymbolen **460** markiert.

**[0058]** Hierbei wird bei einem Zurücksetzen des Pixels eine Spannung von  $U_{\text{reset}} = 1 \text{ V}$  an das Pixel angelegt und hierdurch eine Ladung von ca.  $100.000$  Elektronen (auch mit der Bezeichnung  $e^-$  abgekürzt) in die Raumladungszone eingebracht. Bei einem unterschreiten einer Schwellenspannung von  $U_{\text{thresh}} = 0.2 \text{ V}$  bei einer Anzahl von Ladung von  $20.000 \text{ e}^-$  in der Raumladungszone wird ein erneutes Zurücksetzen vorgenommen. Diese Ladungszustände aus den Sample&Hold-Elementen werden z. B. alle  $0.5 \text{ ms}$  gesampelt und die Ladungszustände als digitale Werte (DN) abgelegt, die dann für die nachfolgenden Verarbeitungsschritte als Pixelwerte bezeichnet werden. Bei Bedarf, also bei Unterschreiten der Schwellenspannung, wird ein Reset bzw. ein Zurücksetzen durchgeführt.

**[0059]** **Fig. 5** zeigt ein Diagramm **500**, in dem die in der **Fig. 4** dargestellten Verläufe der Pixel-Ladezustände eines Pixel entsprechend den unterschiedlichen Beleuchtungsszenarien als Abtastwerte zu den Abtastzeitpunkten  $i$  im Zeitintervall  $0,5 \text{ ms}$  dargestellt sind.

**[0060]** Zwischen den sukzessiven Samples bzw. den Pixelwerten **160** bzw. **165** werden die Differenzenquotienten **170** bzw. **175** beispielsweise gemäß dem folgenden Zusammenhang

$$\text{Diff} = (\text{Sample}[i] - \text{Sample}[i + 1]) / (t[i + 1] - t[i])$$

gebildet, die die Entladung beschreiben. Hierbei beschreibt die Variable Diff den zu bildenden Differenzenquotienten, die Variable  $\text{Sample}[i]$  den Pixelwert zum Abtastpunkt  $i$ , die Variable  $\text{Sample}[i + 1]$  den Pixelwert zum auf den Abtastpunkt  $i$  unmittelbar folgenden Abtastpunkt  $i + 1$ , die Variable  $t[i]$  die Zeit zum Abtastpunkt  $i$  und die Variable  $t[i + 1]$  die Zeit auf den zum Abtastpunkt  $i$  unmittelbar folgenden Abtastpunkt  $i + 1$ .

**[0061]** Sind die Differenzenquotienten negativ, so werden sie verworfen, da ein Reset zwischen den sukzessiven Samples bzw. den Pixelwerten **160** bzw.



**165** stattgefunden hat. Dadurch entstehen „Resetlücken“ im Datenstrom, die fehlerhafte bzw. ungültige Differenzquotienten Diff enthalten würden. Die (beispielsweise gegeneinander plausibilisierten) Differenzenquotienten Diff beschreiben genau die Entladeraten der unterschiedlichen Beleuchtungen.

**[0062]** Fig. 6 zeigt ein Diagramm **600**, in dem der beispielhafte Verlauf von Differenzwerten Diff für die unterschiedlichen Beleuchtungsszenarien entsprechend den Grafen **410**, **420**, **430** und **440** dargestellt ist.

**[0063]** Für die gepulste Beleuchtung (entsprechend der Darstellung in den Fig. 4 bis Fig. 6 durch den Graf **440**) fällt der Differenzenquotient im Off-Zustand der LED auf Null bzw. auf das Entladenniveau des umgebenden Restlichts. Der rechteckige Verlauf des Differenzenquotienten Diff charakterisiert also eine gepulste Beleuchtung des entsprechenden Pixels. Schließlich wird der Verlauf des Differenzenquotienten zu einem Ausgabedatum zusammengefasst, welches beispielsweise den Beleuchtungswert **190** bzw. **192** repräsentiert, der für weitere Funktionen verwendet werden kann.

**[0064]** Es können weiterhin auch beispielsweise jeweils zwischen den Resetlücken Regressionsgeraden auf die Datenblöcke durch Interpolation von Pixelwerten und/oder Differenzenquotienten Diff gebildet werden. Dies reduziert das Rauschen des Ausgabedatums bzw. Beleuchtungswertes (Stichwort Grenzempfindlichkeit), setzt aber eine entsprechende Anzahl von Speicherzellen im Imager bzw. der Vorrichtung **100** zum Betreiben des Lichtsensors **105** voraus. Werden nur die Differenzenquotienten vor und nach einem Reset einem Zurücksetzen des Pixels verwendet, so entspricht das Rauschen den bekannten Verfahren bei gleichem Speicherbedarf.

**[0065]** Auch können gemäß besonders günstigen Ausführungsbeispielen weitere Features, Funktionalitäten oder Vorteile durch den hier vorgestellten Ansatz realisiert werden.

- Die Berechnung der Differenzenquotienten Diff entspricht einem CDS. Damit werden systematische Fehler des Read-Pfades (Reset und Feler durch einen AD-Wandler) genullt. Weder die Spannungen  $U_{Reset}$  (oder  $V_{Reset}$ ) noch  $U_{Thresh}$  ( $V_{thresh}$ ) unterliegen besonderen Genauigkeitsanforderungen. Ihre Differenz bestimmt nur den Dynamikbereich ohne Reset.
- Ein zeitgleiches initiales Reset der Pixel ist nicht notwendig. Sie schwingen sich autonom ein.
- Das Timing des Ausgabedatenstroms kann von der Ablaufsteuerung der Pixel und damit der Datenerfassung zeitlich entkoppelt und damit gegebenenfalls situationsabhängig adaptiert werden (z. B. schnellerer Zyklus in der Stadtfahrt). Ein solches Betreiben des Lichtsensors **105** setzt jedoch

einen entsprechend groß ausgelegten Speicher/Buffer voraus.

d) Es kann ein weiteres Gütekriterium mit übertragen werden, was den zeitlichen Verlauf der Differenzenquotienten Diff charakterisiert (beispielsweise wenn die zweite Ableitung der Differenzenquotienten gebildet wird). Damit kann beispielsweise eine heller oder dunkler werdende Beleuchtung beschreiben und gegebenenfalls bei selbstleuchtenden Objekten wie dem Fremdfahrzeug **125** im Tunnel **120** auf deren Annäherungsprofil geschlossen werden. Dies birgt also Potential für Objekttracking bzw. ein weiteres lokales Feature zur Bildung von Signaturen (Eingangsgroößen für Fluss etc.).

e) Es kann eine mögliche designbedingte systematische Nichtlinearität des Imager bzw. des Lichtsensors **105** bezüglich einer Sensitivität  $DN/e$  über den Dynamikbereich von  $U_{Reset}$  bis  $U_{Thresh}$  in der Berechnung der Differenzenquotienten mit ausgeglichen werden, z. B. über eine LUT (LUT = Look-Up-Table = Nachschlagetabelle).

f) Benachbarte Pixel eines Tupels können mit einem unterschiedlichen Farbfilter belegt sein (z. B. in der Abfolge RGGB). Die Differenzenquotienten Diff dieser benachbarten Pixel können untereinander in Bezug gesetzt werden und es lassen sich Rückschlüsse auf das Farbspektrum der lokalen Beleuchtung ziehen.

g) Die Möglichkeit der globalen Umsetzung der Sensitivität aller Pixel (DGC) bleibt erhalten.

h) Die Notwendigkeit mehrerer Belichtungsmodi (bimodale Regelung oder Ähnliches) kann gegebenenfalls entfallen.

i) Die Implementierung der zusätzlichen Pixel-Features (beispielsweise des Komparators) ist gut vereinbar mit der BSI-Technologie ohne Reduzierung der Eintrittsfläche der Fotodiode.

**[0066]** Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens **700** zum Auslesen und/oder Betreiben eines Lichtsensors, der zumindest ein erstes und ein zweites Pixel aufweist. Das Verfahren **700** umfasst einen Schritt **710** des Bereitstellens eines ersten Pixelwertes und eines zweiten Pixelwertes, wobei der erste Pixelwert ein auf das erste Pixel eingefallenes Licht repräsentiert und der zweite Pixelwert ein auf das zweite Pixel eingefallenes Licht repräsentiert, und wobei das erste Pixel in Abhängigkeit von dem Entladungszustand des ersten Pixels zurückgesetzt wird und wobei das zweite Pixel in Abhängigkeit von dem Entladungszustand des zweiten Pixels zurückgesetzt wird. Ferner umfasst das Verfahren **700** einen Schritt **720** des Bildens eines Differenzwertes aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Pixelwerten (und/oder eines zweiten Differenzwertes aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden zweiten Pixelwerten), insbesondere wobei der Differenzwert einen zeitlichen Verlauf der Entladung des Pi-

xels repräsentiert (und/oder der zweite Differenzwert einen zeitlichen Verlauf der Entladung des zweiten Pixels repräsentiert). Schließlich umfasst das Verfahren **700** einen Schritt **730** des Erkennens eines Beleuchtungswertes für das Pixel unter Verwendung des Differenzwerts (und/oder eines zweiten Beleuchtungswertes für das zweite Pixel unter Verwendung des zweiten Differenzwerts).

**[0067]** Umfasst ein Ausführungsbeispiel eine „und/oder“-Verknüpfung zwischen einem ersten Merkmal und einem zweiten Merkmal, so ist dies so zu lesen, dass das Ausführungsbeispiel gemäß einer Ausführungsform sowohl das erste Merkmal als auch das zweite Merkmal und gemäß einer weiteren Ausführungsform entweder nur das erste Merkmal oder nur das zweite Merkmal aufweist.

### Patentansprüche

1. Verfahren (**700**) zum Auslesen eines Lichtsensors (**105**), der zumindest ein Pixel (**170**) aufweist, wobei das Verfahren (**700**) die folgenden Schritte aufweist:

– Bereitstellen (**710**) von zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Pixelwerten (**160**), wobei die Pixelwerte (**160**) auf das Pixel (**170**) eingefallenes Licht repräsentieren, und wobei das Pixel (**170**) in Abhängigkeit von dem Entladungszustand des Pixels (**170**) zurückgesetzt wird und wobei der Pixelwert (**160**) unter Verwendung eines Impedanzwandlers und/oder eines Sample-and-Hold-Elementes bereitgestellt wird, gekennzeichnet durch die Schritte

– Bilden (**720**) eines Differenzwerts (Diff) aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Pixelwerten (**160**), wobei das Auslesen eines Pixelwerts nach einer vordefinierten Auslesezeit erfolgt, und wobei die Auslesezeitdauer für das Auslesen von mehreren aufeinanderfolgend ausgelesenen Pixelwerten gleich ist und wobei der Differenzwert einen zeitlichen Verlauf der Entladung des Pixels (**160**) repräsentiert; und  
– Erkennen (**730**) eines Beleuchtungswertes (**190**) für das Pixel (**170**) unter Verwendung des Differenzwerts (Diff).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt des Bereitstellens (**710**) ferner zumindest ein zweiter Pixelwert (**165**) bereitgestellt wird, wobei der zweite Pixelwert (**165**) ein auf ein zweites Pixel (**175**) eingefallenes Licht repräsentiert und wobei das zweite Pixel (**175**) in Abhängigkeit von dem Entladungszustand des zweiten Pixels (**175**) zurückgesetzt wird.

3. Verfahren (**700**) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt des Bereitstellens (**710**) des Pixelwertes (**160**) ein Ladungszustand des Pixels (**170**) mit einem vordefinierten Schwellwert ( $U_{thres}$ ) verglichen wird und/oder wobei zum Bereitstellen des zweiten Pixel-

wertes (**165**) ein Ladungszustand des zweiten Pixels (**175**) mit einem vordefinierten zweiten Schwellwert ( $U_{thres}$ ) verglichen wird, insbesondere wobei der Schwellwert ( $U_{thres}$ ) und der zweite Schwellwert ( $U_{thres}$ ) innerhalb eines Toleranzbereichs gleich sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt des Bildens (**710**) der Differenzwert als Quotient unter Verwendung einer Differenz zwischen zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Pixelwerten und einer Zeitdauer zwischen den zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Pixelwerten gebildet wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt des Bildens (**710**) ein zweiter Differenzwert aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden zweiten Pixelwerten (**175**) gebildet wird, insbesondere wobei der zweite Differenzwert einen zeitlichen Verlauf der Entladung des zweiten Pixels (**165**) repräsentiert, wobei im Schritt des Erkennens (**720**) ein zweiter Beleuchtungswert (**195**) unter Verwendung des zweiten Differenzwertes erkannt wird.

6. Verfahren (**700**) gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt des Erkennens (**730**) eine stärkere Beleuchtung des Pixels (**170**) gegenüber dem zweiten Pixel (**175**) erkannt wird, wenn der Differenzwert größer als der zweite Differenzwert ist und/oder dass eine schwächere Beleuchtung des Pixels (**170**) gegenüber dem zweiten Pixel (**175**) erkannt wird, wenn der Differenzwert kleiner als der zweite Differenzwert ist.

7. Verfahren (**700**) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt des Bildens (**720**) ein negativer und/oder zweiter Differenzwert für eine Verwendung im Schritt des Erkennens (**730**) verworfen wird.

8. Verfahren (**700**) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt des Erkennens (**730**) ein rechteckförmiger Verlauf mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Differenzwerte als gepulste Beleuchtung des Pixels (**170**) erkannt wird und/oder ein rechteckförmiger Verlauf mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender zweiter Differenzwerte als gepulste Beleuchtung des zweiten Pixels (**175**) erkannt wird.

9. Verfahren (**700**) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt des Erkennens (**730**) ein zeitlicher Verlauf des Differenzwerts ermittelt wird, um eine Veränderung des Beleuchtungswertes (**190**) für das Pixel (**170**) zu erkennen und/oder ein zeitlicher Verlauf des zweiten Differenzwerts ermittelt wird, um eine Veränderung des

Beleuchtungswertes (**195**) für das zweite Pixel (**175**) zu erkennen.

10. Vorrichtung (**100**), die eingerichtet ist, um Schritte des Verfahrens (**700**) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche in entsprechenden Einheiten (**140, 150, 155**) auszuführen.

11. Computerprogramm, das dazu eingerichtet ist, das Verfahren (**700**) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 9 auszuführen, umzusetzen und/oder anzusteuern.

12. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 11 gespeichert ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

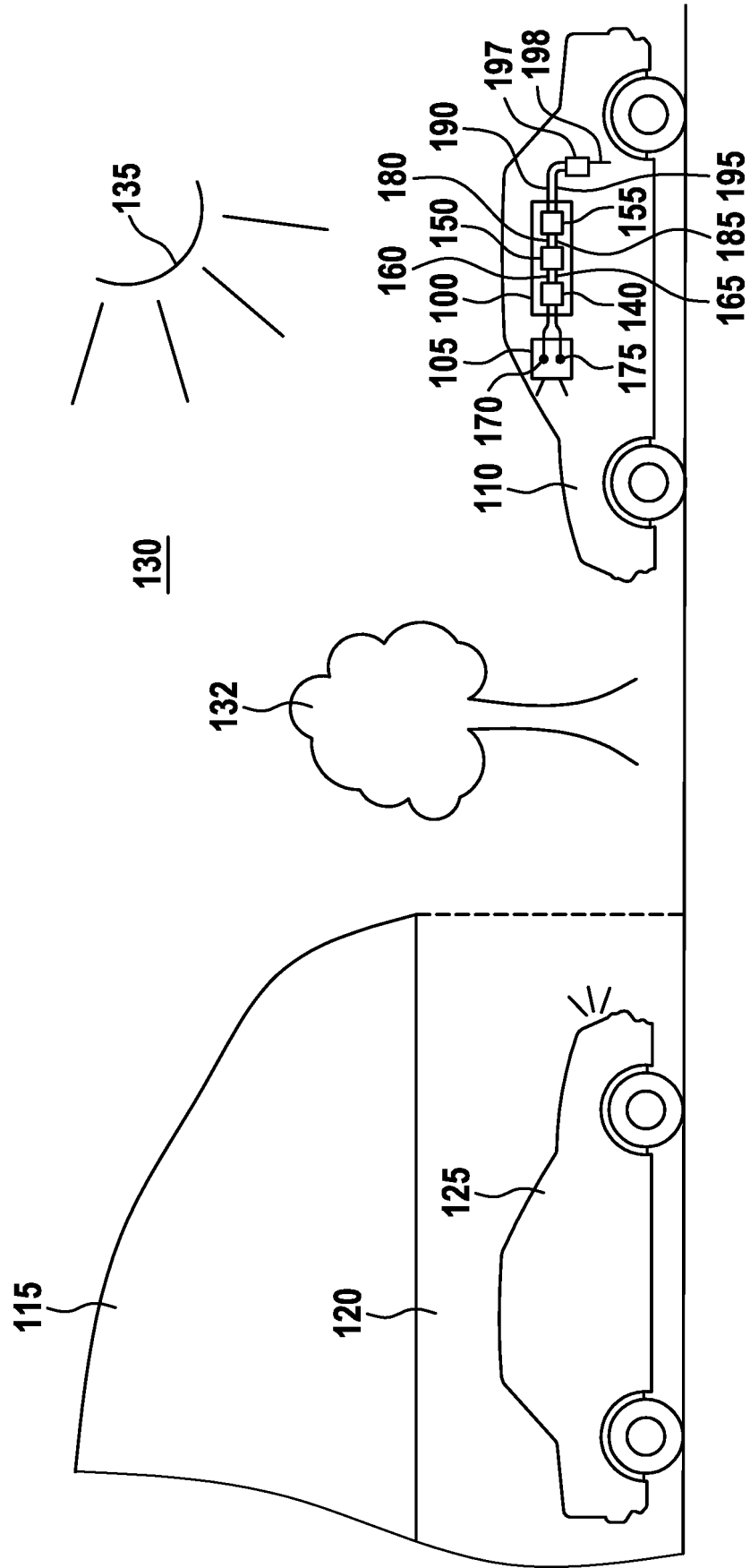


Fig. 2

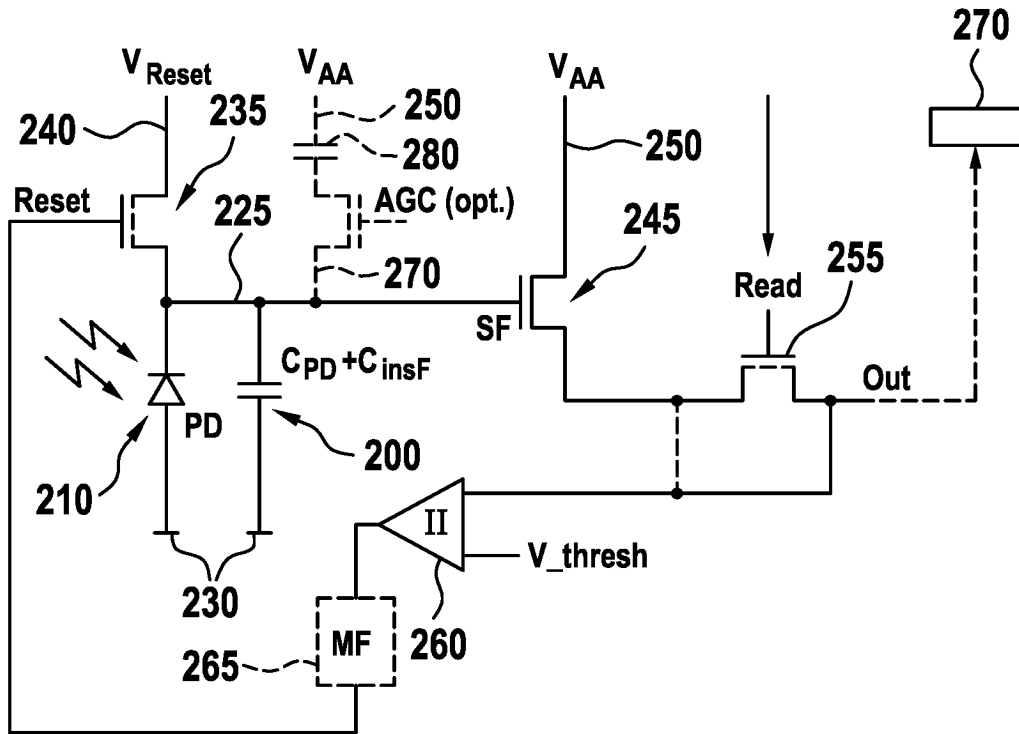


Fig. 3

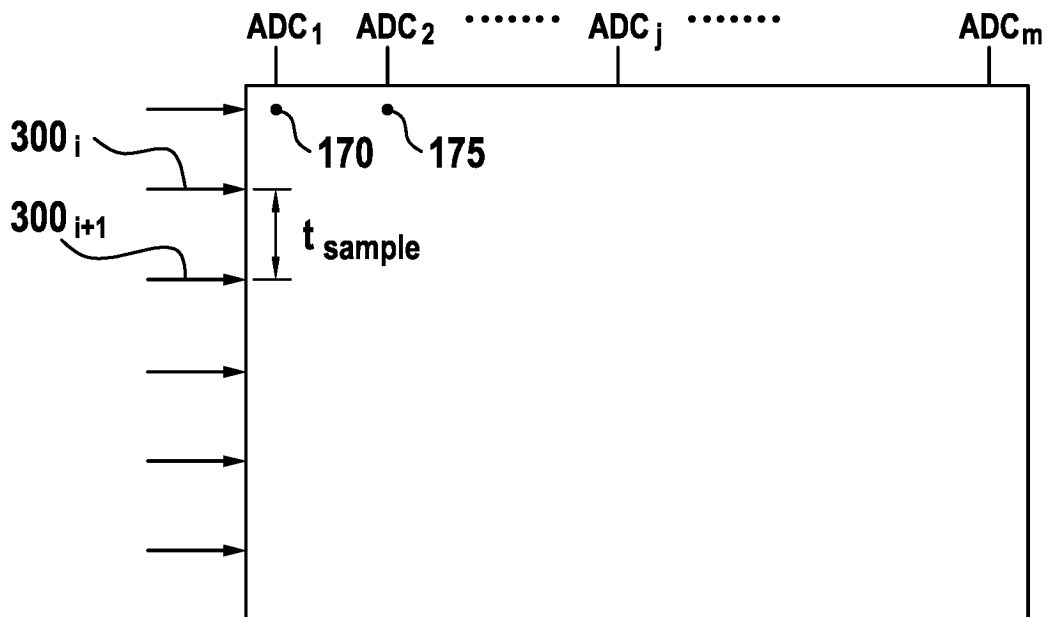


Fig. 4

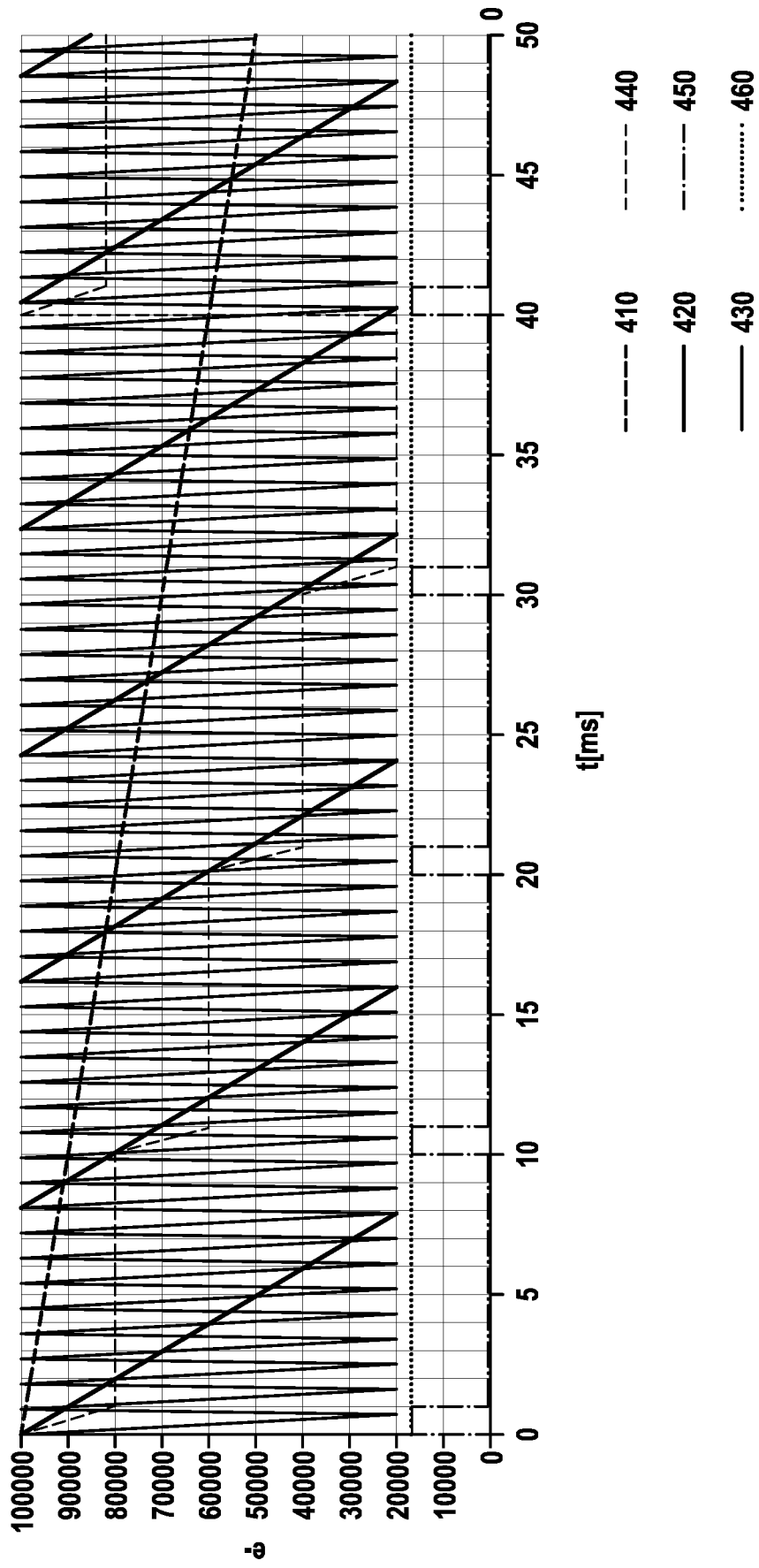


Fig. 5

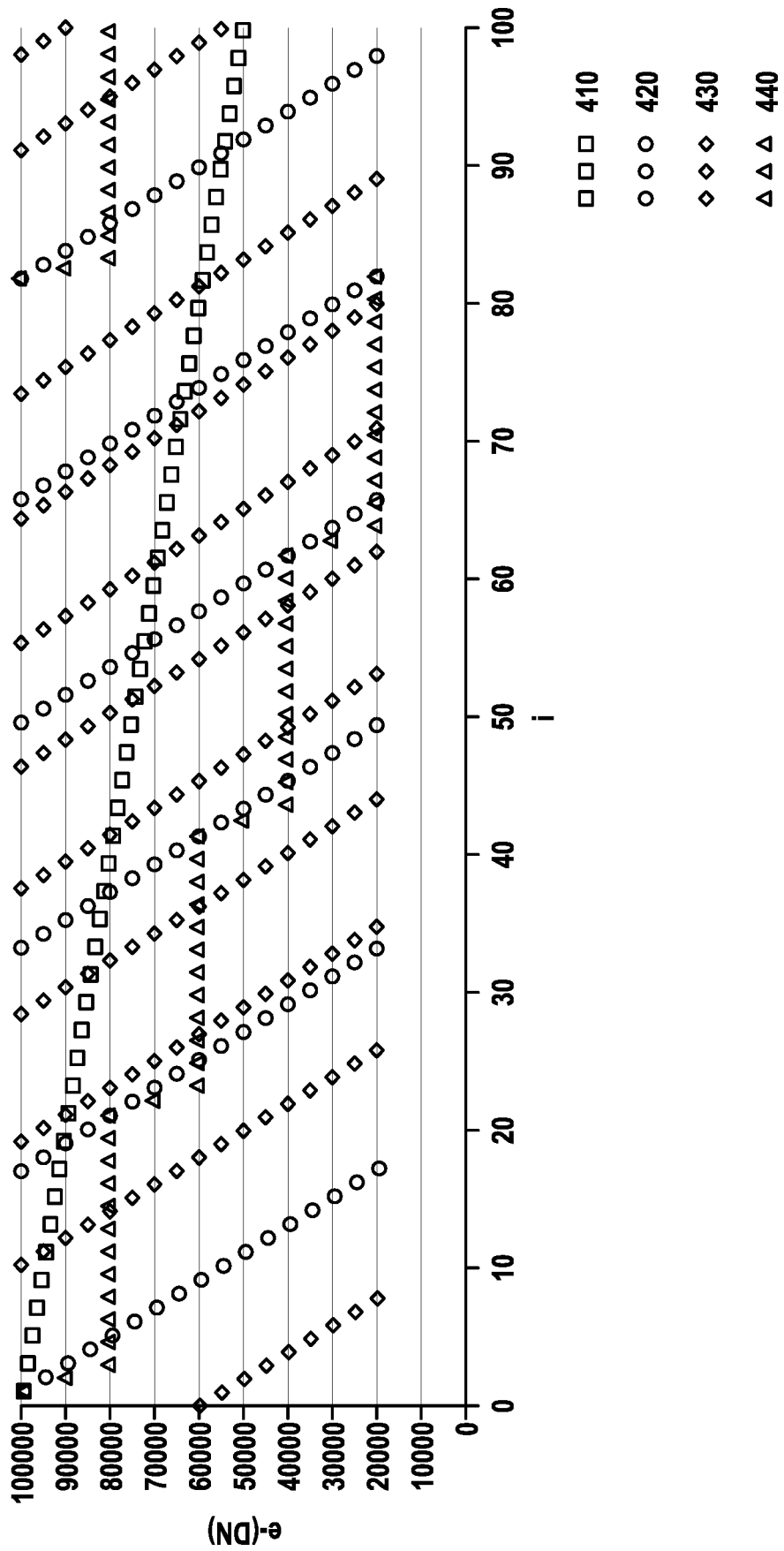
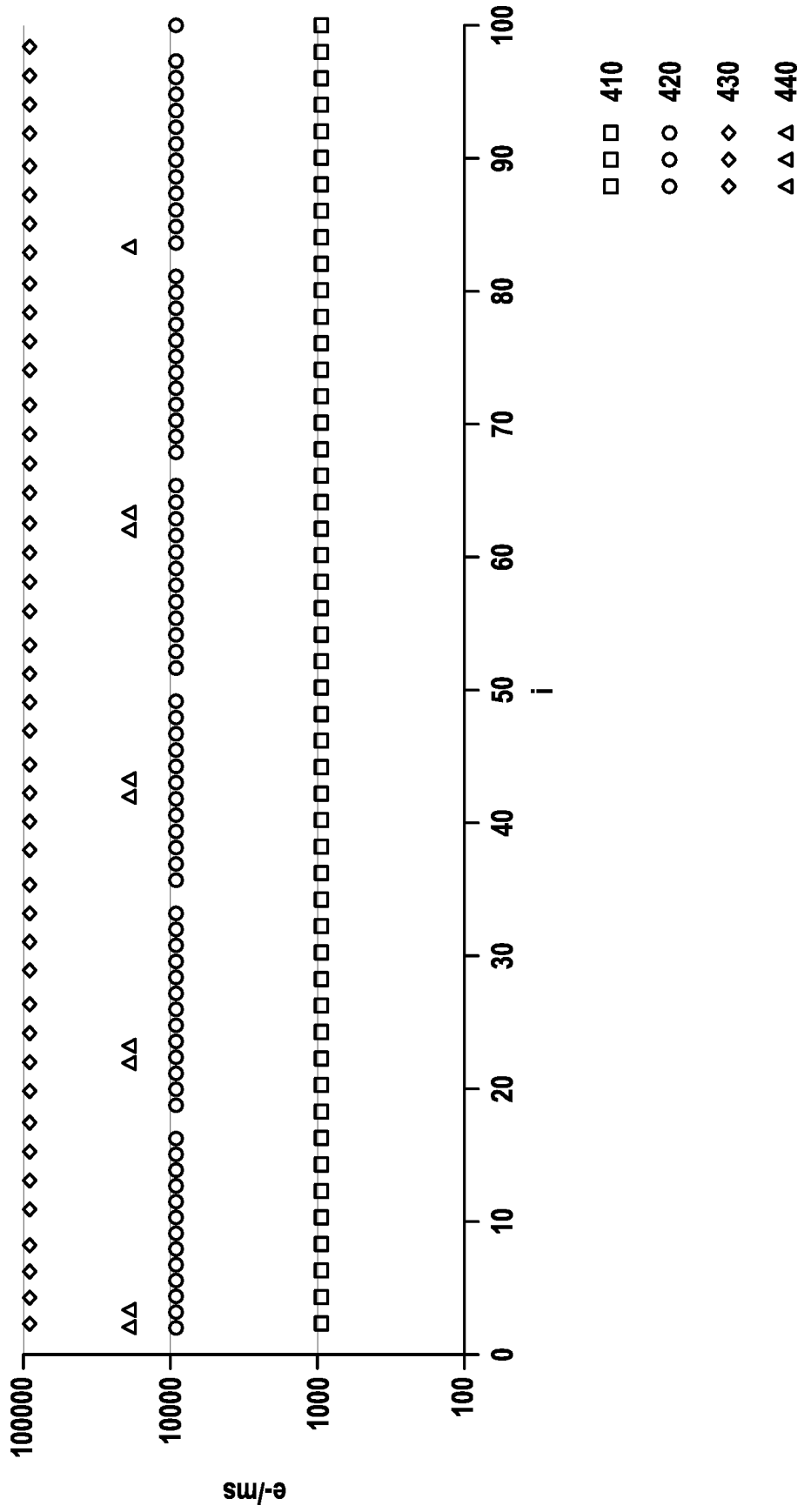


Fig. 6





**Fig. 7**

