



(10) **DE 10 2011 005 740 A1** 2012.09.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 005 740.4**

(22) Anmeldetag: **17.03.2011**

(43) Offenlegungstag: **20.09.2012**

(51) Int Cl.: **G01S 7/497 (2011.01)**

G01S 17/36 (2011.01)

G01S 7/481 (2006.01)

G01B 11/14 (2006.01)

G01C 3/00 (2006.01)

H01L 31/107 (2006.01)

G01S 17/08 (2011.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Eisele, Andreas, 70771, Leinfelden-Echterdingen, DE; Schmidtke, Bernd, 71229, Leonberg, DE; Schnitzer, Reiner, 72762, Reutlingen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

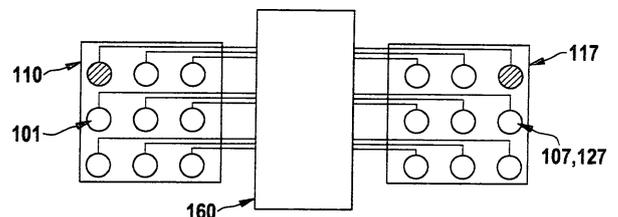
DE	198 04 050	A1
DE	10 2006 013 290	A1
US	7 301 608	B1
EP	2 017 651	A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Messvorrichtung zur Messung einer Entfernung zwischen der Messvorrichtung und einem Zielobjekt mit Hilfe optischer Messstrahlung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Messvorrichtung (10) zur optischen Messung einer Entfernung zu einem Zielobjekt (15), insbesondere ein handgehaltenes Messgerät, Die Erfindung betrifft eine solche Messvorrichtung (10) mit einer Sendeeinrichtung (12) zur Aussendung optischer Messstrahlung (13) auf ein Zielobjekt (15) hin; einer Empfangseinrichtung (14) mit einer Detektionsfläche (110) zur Detektion von von dem Zielobjekt (15) zurücklaufender optischer Messstrahlung (16), wobei die Detektionsfläche (110) eine Vielzahl von Pixeln (111) aufweist, wobei jedes Pixel (111) zumindest ein lichtempfindliches Element (101) aufweist, sowie mit einer Referenzeinrichtung mit einer Detektionsfläche zur Detektion einer vorrichtung-internen Referenzstrahlung. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass die Detektionsfläche (117) der Referenzeinrichtung eine Vielzahl von Pixeln (127) aufweist, wobei jedes Pixel (127) zumindest ein lichtempfindliches Element (107) aufweist



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft eine Messvorrichtung zur Messung einer Entfernung zwischen der Messvorrichtung und einem Zielobjekt mit Hilfe von optischer Messstrahlung.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Es sind optische Entfernungsmessgeräte bekannt, die einen zeitlich modulierten Lichtstrahl in Richtung auf ein Zielobjekt hin, dessen Abstand zu dem Messgerät ermittelt werden soll, ausrichten. Das von dem angepeilten Zielobjekt reflektierte oder gestreute, rücklaufende Licht wird von dem Gerät zumindest teilweise detektiert und zur Ermittlung der zu messenden Entfernung verwendet. Ein typischer Messbereich liegt dabei in einem Bereich von Entfernungen von wenigen Zentimetern bis zu mehreren 100 Metern.

[0003] Um die Entfernung zu dem Zielobjekt mit einem Lichtstrahl messen zu können, wird der Lichtstrahl beispielsweise in seiner Intensität zeitlich moduliert. Es können beispielsweise Lichtpulse ausgesendet werden und eine Laufzeit eines Lichtpulses von der Aussendung bis zur Detektion gemessen werden und daraus die Entfernung zu dem Zielobjekt errechnet werden. Hierzu müssen jedoch sehr kurze Lichtpulse ausgesendet werden und eine sehr schnelle Detektionselektronik verwendet werden, um ausreichend genaue Messergebnisse erhalten zu können. Alternativ kann ein Lichtstrahl in seiner Intensität zeitlich periodisch moduliert werden und eine Phasenverschiebung zwischen dem ausgesendeten und dem detektierten Lichtsignal verwendet werden, um die Laufzeit und damit die Entfernung zum Zielobjekt zu bestimmen. Das Prinzip der Laser-Entfernungsmessung ist allgemein unter der Bezeichnung „Time of Flight Ranging“ beispielsweise mit kontinuierlicher Modulation der Intensität des Laserstrahls bekannt.

[0004] Aus der DE 198 04 050 A1 ist ein Entfernungsmessgerät bekannt mit einer Laserdiode und einer Fotodiode zum Erzeugen bzw. Empfangen eines optischen Sende- bzw. Empfangsmesssignals. Zur Durchführung einer Kalibration des Entfernungsmessgeräts ist dieses mit einer verstellbaren reflektierenden Klappe versehen, die bei der Kalibration von einem Stellantrieb in einen optischen Pfad des Sendemesssignals verstellt wird, wodurch das Sendemesssignal umgelenkt und über eine Referenzstrecke auf die Fotodiode direkt gerichtet wird.

[0005] Aus der DE 10 2006 013 290 A1 ist eine Vorrichtung zur optischen Distanzmessung bekannt, bei der ein Detektor einer Empfangseinheit eine Mehrzahl von voneinander getrennten lichtempfindlichen

Flächen aufweist, die getrennt voneinander aktivierbar sind. Jede der lichtempfindlichen Flächen weist dabei eine Fotodiode, beispielsweise eine PIN-Diode oder eine APD (Avalanche Photo Diode), oder einen CCD-Chip als lichtempfindliches Element auf. Diese lichtempfindlichen Elemente ermitteln ein analoges Detektionssignal, das einer Intensität des empfangenen Lichtes entspricht. Die lichtempfindlichen Flächen können selektiv aktiviert werden und auf diese Weise zu einer Gesamtdetektionsfläche kombiniert werden, die einem von einer Lichtquelle beleuchteten Teilbereich der Detektorfläche möglichst gut angepasst sein kann, um auf diese Weise ein Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0006] Es kann ein Bedarf an einer Messvorrichtung zur optischen Entfernungsmessung bestehen, die, insbesondere im Vergleich zu den zuvor beschriebenen herkömmlichen Entfernungsmessgeräten, eine verbesserte Kalibrierung der Messvorrichtung zulässt, um so Laufzeitfehler als auch Laufzeitdriften zu kompensieren.

[0007] Ferner kann ein Bedarf an einer Entfernungsmessvorrichtung bestehen, die, insbesondere im Vergleich zu den zuvor beschriebenen herkömmlichen Entfernungsmessgeräten, die Realisierung einer möglichst kompakten Referenzeinheit zur Vermessung der vorrichtungsinternen Referenzstrecke zur Kalibrierung der Messvorrichtung.

[0008] Die erfindungsgemäße Messvorrichtung zur optischen Entfernungsmessung weist eine Sendeeinrichtung zur Aussendung optischer Messstrahlung auf ein Zielobjekt hin; eine Empfangseinrichtung mit einer Detektionsfläche zur Detektion von von dem Zielobjekt zurücklaufender optischer Messstrahlung, wobei die Detektionsfläche eine Vielzahl von Pixeln aufweist, wobei jedes Pixel mindestens ein lichtempfindliches Element aufweist. Des Weiteren weist die erfindungsgemäße Messvorrichtung zur optischen Entfernungsmessung eine Referenzeinrichtung mit einer Detektionsfläche zur Detektion einer vorrichtungsinternen Referenzstrahlung auf. Erfindungsgemäß besteht die Detektionsfläche der Referenzeinrichtung aus einer Vielzahl von Pixeln, wobei jedes dieser Pixel mindestens ein lichtempfindliches Element aufweist.

[0009] Der Ausdruck Pixel wird im Rahmen dieser Anmeldung synonym für den „Detektor“, das „Detektionselement“ oder auch das „lichtempfindliche Element“ selbst benutzt, wenn ein Pixel nur einen einzigen Detektor bzw. lichtempfindliches Element aufweist. Werden mehrere Detektoren oder lichtempfindliche Elemente zusammen ausgewertet, so bildet diese Mehrzahl ebenfalls ein Pixel im Sinne dieser Anmeldung. Dies ist unter der in der Anmeldung

gelegentlich verwendeten Formulierung „wobei jedes Pixel zumindest ein lichtempfindliches Element aufweist“ zu verstehen.

[0010] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird ein solches lichtempfindliches Element durch eine SPAD („single photon avalanche diode“) gebildet.

[0011] Eine SPAD ist ein lichtempfindliches Element, das abhängig von einer auftreffenden Lichtintensität ein digitales Detektionssignal liefert. Jedes der Pixel kann dabei direkt oder beispielsweise unter Zwischenschaltung eines Multiplexers, der dazu ausgelegt ist, Detektionssignale mehrerer Pixel selektiv weiterzuleiten, mit der Auswerteeinrichtung verbunden sein. Auf diese Weise kann zum Beispiel erreicht werden, dass Detektionssignale einzelner Pixel oder einer Gruppe von Pixeln unabhängig von Detektionssignalen anderer Pixel von der Auswerteeinrichtung ausgewertet werden können.

[0012] Eine SPAD kann die Eigenschaft aufweisen, dass sie nicht wie herkömmliche analog arbeitende lichtempfindliche Elemente ein von der auftreffenden Strahlung linear abhängiges Detektionssignal liefert, sondern mit jedem auftreffenden Photon ein einzelnes Signal erzeugt wird. Die SPAD ist nach dem Auftreffen eines Photons für eine gewisse Totzeit, die im Bereich von beispielsweise 1 bis 100 ns liegen kann, nicht erneut aktivierbar. Man spricht auch von einem paralyzierbaren Ansprechverhalten. Die Zählrate, mit der eine SPAD auftreffende Photonen zählen kann, ist somit nach oben hin durch die Totzeit begrenzt. Es kann daher vorteilhaft sein, anstatt einer einzigen großflächigen SPAD mehrere kleinere SPADs innerhalb eines Pixels vorzusehen und beispielsweise Detektionssignale von in einem einzelnen Pixel enthaltenen SPADs mit Hilfe eines Kombinerers zu kombinieren. Der Kombinerer kann hierbei beispielsweise in Form eines ODER-Gatters oder in Form eines Busses ausgestaltet sein. Auf diese Weise kann die von dem Pixel maximal erreichbare Photonenzählrate erhöht werden bzw., anders ausgedrückt, die Totzeit des Pixels zwischen einzelnen Detektionsereignissen verkürzt werden. Ferner kann zwischen einer SPAD und einem Kombinerer oder Bus ein Pulsverkürzer angeordnet sein, um ein von der SPAD generiertes digitales Signal zeitlich zu verkürzen und dadurch eine verkürzte Gesamtzeit und eine erhöhte Photonenzählrate des Systems zu ermöglichen.

[0013] Die Anzahl von SPADs oder die Fläche von SPADs, die in einem Pixel enthalten sind, kann abhängig vom Ort des Pixels innerhalb der Detektionsfläche der Empfangseinrichtung variabel ausgewählt sein. Beispielsweise kann bekannt sein, dass die von dem Zielobjekt zurücklaufende Messstrahlung abhängig vom Abstand des Zielobjekts von der Messvorrichtung an einer anderen Position und/oder mit einer anderen Querschnittsfläche auf die Detekti-

onsfläche der Empfangseinrichtung auftreffen kann. Die Anzahl bzw. die Fläche von SPADs innerhalb eines Pixels kann demnach ortsabhängig an die zu erwartende auftreffende Lichtintensität angepasst werden. Durch Anpassung der Flächen der SPADs und/oder Anzahl von SPADs innerhalb eines Pixels kann ein Dynamikbereich der Messvorrichtung optimiert werden. Durch Anpassung der Pixel-Flächen an eine Laserfleckgröße kann ein Signal-Rausch-Verhältnis optimiert werden.

[0014] Alternativer Weise können die lichtempfindlichen Elementen aber auch durch modulierte CCDs, CMOS-Pixel oder APDs oder PIN Dioden gebildet werden.

[0015] Die Sendeeinrichtung kann eine Lichtquelle, beispielsweise in Form einer LED, eines Lasers oder einer Laserdiode sein, die Licht zeitlich moduliert hin zu dem Zielobjekt aussendet. Die zeitliche Modulation kann hierbei kontinuierlich und/oder periodisch, beispielsweise sinusartig, erfolgen. Es können auch Pulszüge, beispielsweise nicht-periodisch wie z. B. in Form von sogenannten Pseudo-Noise-Pulsabfolgen ausgesendet werden.

[0016] Die Sendeeinrichtung und die Empfangseinrichtung sind vorzugsweise derart ausgelegt und aufeinander abgestimmt, dass von dem Zielobjekt zurücklaufende optische Messstrahlung unter normalen Messbedingungen, das heißt beispielsweise bei Messabständen von wenigen Zentimetern bis zu einigen 100 Metern, eine Mehrzahl von Pixeln bzw. Detektoren gleichzeitig beleuchtet werden. Die Tatsache, dass eine Mehrzahl von Pixeln gleichzeitig beleuchtet wird, soll hierbei jedoch nicht wie bei herkömmlichen 3D-Kameras dazu benutzt werden, ein Abbild des Zielobjektes bzw. eine räumliche Auflösung hinsichtlich der Entfernung zu einzelnen Teilbereichen auf einer Oberfläche des Zielobjektes zu detektieren, sondern soll, wie weiter unten noch detaillierter erläutert, unter anderem Vorteile hinsichtlich einer Detektionsempfindlichkeit und/oder einer Justagetoleranz ermöglichen. Die Entfernung zwischen der Messvorrichtung und dem Zielobjekt wird dabei basierend auf einer Auswertung von Detektionssignalen mehrerer Pixel, insbesondere mehrerer der gleichzeitig beleuchteten Pixel, ermittelt.

[0017] Die Sendeeinrichtung kann hierzu einen Messstrahl aussenden, dessen Querschnitt ausreichend groß ist, dass der von dem Zielobjekt zurücklaufende Anteil des Messstrahls stets eine Mehrzahl von Pixeln beleuchtet. Um die von dem Zielobjekt zurücklaufende Messstrahlung zu bündeln und auf die Detektionsfläche zu leiten, um auf diese Weise für ein ausreichend starkes Detektionssignal zu sorgen, kann innerhalb eines optischen Weges von der Sendeeinrichtung zu der Empfangseinrichtung eine einfache Optik, beispielsweise in Form einer oder meh-

rerer Linsen, vorgesehen sein. Diese einfache Optik kann kostensparend und aufwandsreduzierend als nicht-automatisch-fokussierende Optik („Fix-Fokus“) ausgestaltet sein. Da eine solche nicht-automatisch-fokussierende Optik mit fester Brennweite einen von dem Zielobjekt zurücklaufenden Messstrahl nur dann optimal, d. h. mit kleinstem Spot-Durchmesser, auf die Detektionsfläche der Empfangseinrichtung fokussieren kann, wenn sich das Zielobjekt in dem der Brennweite und Bildebene entsprechenden Objekt-Abstand zu der Messvorrichtung befindet, kann die Anzahl von Pixeln, die durch von dem Zielobjekt zurücklaufende Messstrahlung gleichzeitig beleuchtet werden, in Abhängigkeit von einem Abstand zwischen dem Zielobjekt und dem Messobjekt variieren. Beispielsweise kann die Optimierung des optischen Empfangssystems für den Empfang von Messstrahlung von weit entfernten Zielobjekten mit großem Objekt-Abstand bedeuten, dass Brennweite und Bild-Abstand so zu wählen sind, dass für den großen Objekt-Abstand die geometrische Abbildungsbedingung erreicht wird. Somit kann bei großer Entfernung der kleinste Spot-Durchmesser in der Bildebene erreicht werden („die Abbildung ist scharf“). Durch die Festlegung der Brennweite und Bildebene kann die Anzahl von Pixeln, die im Falle eines näher liegenden Zielobjektes beleuchtet werden, wesentlich größer sein als bei einem weit entfernten Zielobjekt. Bei einem näher liegenden Zielobjekt kann die zurücklaufende Messstrahlung nicht mehr scharf abgebildet werden, so dass der beleuchtete Bereich der Detektionsfläche entsprechend größer werden kann.

[0018] Auch die Referenzeinheit besitzt eine Detektionsfläche zur Detektion einer vorrichtungsinternen Referenzstrahlung auf, wobei die Detektionsfläche der Referenzeinheit aus eine Vielzahl von Pixeln besteht, wobei jedes dieser Pixel mindestens ein lichtempfindliches Element aufweist. Statt eines Referenzdetektors werden erfindungsgemäß mehrere Referenzdetektoren eingesetzt.

[0019] In vorteilhafter Weise ist jedem Pixel der Detektionsfläche der Empfangseinrichtung ein Pixel der Detektionsfläche der Referenzeinheit zugeordnet ist. Zu jedem Detektor der Ziel-Empfangseinrichtung wird ein passender Referenz-Detektor ausgewählt, welcher beispielsweise ähnliche Laufzeitfehler, beispielsweise Laufzeit-Drift über Temperatur, aufweist.

[0020] Die Pixel der Detektionsfläche der Empfangseinrichtung bilden in vorteilhafter Weise ein Empfangsarray und die Pixel der Detektionsfläche der Referenzeinheit ein Referenzarray.

[0021] In einer besonders vorteilhaften Ausführung sind das Empfangsarray und das Referenzarray gleich ausgebildet, so dass zwei identische Arrays benutzt werden. Der Begriff Array bezieht sich da-

bei auf die geometrische Anordnung der Pixel bzw. Detektorelemente auf der Detektionsfläche. In dieser Ausführungsform lassen sich die in ihrer Position entsprechenden Array-Elemente von Empfangsarray und Referenzarray einander zuordnen.

[0022] Die einzelnen Pixel (Detektoren) eines Detektor-Arrays können abhängig von ihrer Lage im Array unterschiedliche Leitungslängen und damit unterschiedliche Kapazitäten aufweisen, bis die Signale der Pixel das Array verlassen und ausgewertet werden können. Durch äußere Einflüsse, wie z. B. Temperatur, oder die Eigenerwärmung im Betrieb kann die Flankensteilheit der Bauelemente variieren. Bereits geringe Änderungen der Flankensteilheiten, die typischerweise im Bereich von einigen 10 ps/V liegen, könnten so Entfernungsfehler im mm-Bereich verursachen.

[0023] Die vorliegende Erfindung löst dieses Laufzeitproblem zwischen Ziel- und Referenzdetektor dadurch, dass für jeden Ziel-Detektor ein Referenzdetektor mit ähnlicher Laufzeitdrift herangezogen wird. Der Laufzeitfehler des Ziel-Detektors zu einem allgemeinen Referenzdetektor reduziert sich dadurch auf einen Laufzeitdrift-Unterschied zwischen Ziel- und zugehörigem Referenzdetektor.

[0024] Statt einem statischen Laufzeit-Offset, der beispielsweise in einer Look-up-Table hinterlegt werden könnte, werden mit der erfindungsgemäßen Lösung auch Laufzeit-Drifts (z. B. über Temperatur) reduziert.

[0025] Dies wird insbesondere auch durch einen symmetrischen Aufbau des Systems erreicht.

[0026] Alternativer Weise ist aber auch die Verwendung von nicht gleichen Arrayanordnungen von Empfangsarray und das Referenzarray möglich.

[0027] Eine besonders vorteilhafte und kompakte Ausgestaltung ergibt sich, wenn zwei – insbesondere identische – Arrays auf einem Chip implementiert sind, wobei dann eines zur Ziel- und eines zur Referenz-Messung genutzt wird.

[0028] Jedes der Pixel der Detektionsfläche von Empfangseinheit und/oder Referenzeinheit kann direkt oder beispielsweise unter Zwischenschaltung eines Multiplexers, der dazu ausgelegt ist, Detektionssignale mehrerer Pixel selektiv weiterzuleiten, mit einer Auswerteeinrichtung verbunden sein. Auf diese Weise kann zum Beispiel erreicht werden, dass Detektionssignale einzelner Pixel oder einer Gruppe von Pixeln unabhängig von Detektionssignalen anderer Pixel von der Auswerteeinrichtung ausgewertet werden können.

[0029] Da die Detektionssignale einzelner Pixel unabhängig voneinander ausgewertet können, können die Empfangseinrichtung und die Auswerteeinrichtung dazu ausgelegt werden, eine Entfernung zwischen der Messvorrichtung und dem Zielobjekt basierend auf einer Auswertung von Detektionssignalen ausschließlich von Pixeln, auf die Licht der von der Sendeeinrichtung beleuchteten Fläche des Zielobjektes rückgestrahlt wird, zu ermitteln. Mit anderen Worten kann die Auswerteeinrichtung beispielsweise zunächst in einer Vorabmessung ermitteln, welche der Pixel der Detektionsfläche tatsächlich Messstrahlung der Sendeeinrichtung empfangen und welche Pixel lediglich Hintergrundstrahlung detektieren, und kann anschließend für die tatsächliche Entfernungsbestimmung lediglich die Detektionssignale der von der Messstrahlung beleuchteten Pixel verwenden. Hierdurch kann ein Signal-Rausch-Verhältnis erheblich erhöht werden.

[0030] Um die Entfernung zwischen der Messvorrichtung und dem Zielobjekt ermitteln zu können, kann die Auswerteeinrichtung eine Mehrzahl an Entfernungsbestimmungseinrichtungen (teilweise auch als „Binning-Schema“ bekannt) aufweisen. Eine Entfernungsbestimmungseinrichtung kann dazu ausgelegt sein, Daten zu ermitteln, die mit der zu bestimmenden Entfernung zwischen der Messvorrichtung und dem Zielobjekt korrelieren und aus denen daher letztendlich die gewünschte Entfernung ermittelt werden kann. Beispielsweise kann eine Flugdauer von Messstrahlung zwischen einer Aussendung von der Sendeeinrichtung bis zu einer Detektion der von dem Zielobjekt zurücklaufenden Messstrahlung auf der Detektionsfläche zu ermittelt werden und daraus die gewünschte Entfernung bestimmt werden. Die Entfernungsbestimmungseinrichtung kann hierzu eine von der Sendeeinrichtung bereitgestellte Information über die zeitliche Modulation ausgesendeter Messstrahlung mit von der Empfangseinrichtung bereitgestellten Detektionssignalen vergleichen. Im Fall einer periodisch modulierten ausgesendeten Messstrahlung kann beispielsweise aus einem Phasenunterschied zwischen einem Aussendungssignal und einem Detektionssignal eine entsprechende Entfernung ermittelt werden.

[0031] Prinzipiell kann eine einzige Entfernungsbestimmungseinrichtung für die Ermittlung einer Entfernung zwischen der Messvorrichtung und dem Zielobjekt genügen. Um die Anzahl von Entfernungsbestimmungseinrichtungen gering zu halten, kann es vorteilhaft sein, die Detektionssignale einzelner Pixel oder einer Gruppe von Pixeln zum Beispiel mit Hilfe eines Multiplexers nacheinander an eine Entfernungsbestimmungseinrichtung zu leiten. Aufgrund einer derart sequentiellen Verarbeitung von Detektionssignalen kann es zu einer Verlängerung einer Gesamtmessdauer kommen. Alternativ kann jedem der Pixel eine eigene Entfernungsbestimmungsein-

richtung zugeordnet sein. In diesem Fall kann aus jedem der Detektionssignale der Vielzahl von Pixeln jeweils eine Entfernung bestimmt werden, möglicherweise zeitlich parallel zueinander, und aus der Vielzahl von bestimmten Entfernungen kann schließlich beispielsweise durch Mittelung eine letztendlich zu bestimmende Entfernung zwischen der Vorrichtung und dem Zielobjekt ermittelt werden. Allerdings kann es hierzu notwendig sein, eine sehr große Anzahl von Entfernungsbestimmungseinrichtungen in der Messvorrichtung vorzusehen, was den Aufbau und die Fertigung der Messvorrichtung kompliziert gestalten kann.

[0032] Sozusagen als Mittelweg zwischen diesen beiden extremen Alternativen kann eine Mehrzahl von Pixeln mit einer Entfernungsbestimmungseinrichtung verbunden sein und die Entfernungsbestimmungseinrichtung kann dazu ausgelegt sein, die entfernungskorrelierten Daten basierend auf Detektionssignalen der Mehrzahl von Pixeln zu bestimmen. Die hier vorgeschlagene Auswerteeinrichtung weist daher eine Mehrzahl von Entfernungsbestimmungseinrichtungen auf und kann dazu ausgelegt sein, die Entfernung zwischen der Messvorrichtung und dem Zielobjekt basierend auf den von den Entfernungsbestimmungseinrichtungen bestimmten entfernungskorrelierten Daten zu bestimmen, beispielsweise durch Mittelwertbildung.

[0033] Durch Einsatz einer Mehrzahl an Entfernungsbestimmungseinrichtungen kann die Zeit, die für das Auffinden der Messstrahlung empfangenden Pixel benötigt wird, reduziert werden, da durch geschickt gewählte Auswahlalgorithmen variable Kombinationen von Pixeln parallel ausgewertet werden können.

[0034] Die Anzahl von lichtempfindlichen Elementen oder die Fläche der einzelnen lichtempfindlichen Elemente, die in einem Pixel enthalten sind, kann abhängig vom Ort des Pixels innerhalb der Detektionsfläche der Empfangseinrichtung und/oder Referenzeinheit variabel ausgewählt sein. Beispielsweise kann bekannt sein, dass die von dem Zielobjekt zurücklaufende Messstrahlung abhängig vom Abstand des Zielobjekts von der Messvorrichtung an einer anderen Position und/oder mit einer anderen Querschnittsfläche auf die Detektionsfläche der Empfangseinrichtung auftreffen kann. Die Anzahl bzw. die Fläche von lichtempfindlichen Elementen innerhalb eines Pixels kann demnach ortsabhängig an die zu erwartende auftreffende Lichtintensität angepasst werden. Durch Anpassung der Flächen und/oder Anzahl der lichtempfindlichen Elemente innerhalb eines Pixels kann ein Dynamikbereich der Messvorrichtung optimiert werden. Durch Anpassung der Pixel-Flächen an eine Laserfleckgröße kann ein Signal-Rausch-Verhältnis optimiert werden.

[0035] Wenn beispielsweise im Lichtweg zwischen der Sendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung eine nicht-automatisch-fokussierende Optik, die für weitentfernte Zielobjekte abbildend bzw. optimal fokussierend ausgelegt ist, angeordnet ist, kann für weit entfernte Zielobjekte die zurücklaufende Messstrahlung mit einem kleinen Fleck- bzw. Spot-Durchmesser fokussiert werden. Innerhalb eines solchen Bereiches der Detektionsfläche kann es vorteilhaft sein, dass jedes der Pixel lediglich ein einziges lichtempfindliches Element oder nur wenige lichtempfindliche Elemente enthält. Wenn mit einer solchen Fix-Fokus-Messvorrichtung näher liegende Zielobjekte anvisiert werden, kann die zurücklaufende Messstrahlung auf der Detektionsfläche nicht als kleiner Fleck fokussiert werden, sondern trifft eventuell defokussiert auf eine größere Teilfläche der Detektionsfläche. Insgesamt werden in diesem Fall dann mehr Pixel beleuchtet als im Fall eines weit entfernt liegende Zielobjektes. Daher kann es vorteilhaft sein, in Randbereichen des beleuchteten Teilbereiches der Detektionsfläche jeweils eine Mehrzahl von lichtempfindlichen Elementen zu einem einzelnen Pixel (oder „sub-array“ oder „cluster“) zusammenzufassen.

[0036] Beispielsweise können die Sendeeinrichtung und die Empfangseinrichtung nebeneinander entlang einer Parallaxenachse angeordnet sein. Solche sogenannte biaxiale Messsysteme können den Vorteil haben, dass keine aufwändige Strahlungsteilung zur Selektion des rücklaufenden Messstrahls notwendig ist. Der von der Sendeeinrichtung ausgestrahlte und von dem Zielobjekt zurücklaufende Messstrahl kann in diesem Fall je nach Entfernung des Zielobjektes an einer anderen Stelle entlang der Parallaxenachse auf die Detektionsfläche treffen und unterschiedliche Querschnitte aufweisen. In diesem Fall kann es vorteilhaft sein, die Anzahl von lichtempfindlichen Elementen, die in einem Pixel enthalten sind, abhängig vom Ort des Pixels entlang der Parallaxenachse zu variieren. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, die Anzahl von lichtempfindlichen Elementen, die in einem Pixel enthalten sind, in Pixeln nahe der Sendeeinrichtung kleiner zu wählen als in Pixeln entfernt von der Sendeeinrichtung.

[0037] Alternativ können die Sendeeinrichtung und die Empfangseinrichtung koaxial zueinander angeordnet sein. Bei einer solchen monoaxialen Messvorrichtung kann beispielsweise mit Hilfe semitransparenter Spiegel erreicht werden, dass das Zentrum des von der rücklaufenden Strahlung beleuchteten Bereichs der Detektionsfläche unabhängig von der Entfernung des Zielobjektes weitgehend orts-konstant bleibt. Allerdings kann der Querschnitt des beleuchteten Bereichs auf der Detektionsfläche weiterhin von der Entfernung des Zielobjektes abhängen. Bei weit entfernten Zielobjekten und einer Optik mit weiter Brennweite kann es zu einem kleinen beleuchteten Fleck kommen, bei näher liegenden Zielobjekten zu

einem größeren beleuchteten Fleck. Es kann vorteilhaft sein, die Anzahl von lichtempfindlichen Elementen, die in einem Pixel enthalten sind, in Pixeln nahe dem Zentrum der Detektionsfläche kleiner zu wählen als in Pixeln entfernt von dem Zentrum der Detektionsfläche.

[0038] Mögliche Aspekte, Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung wurden vorangehend mit Bezug auf einzelne Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Die Beschreibung, die zugehörigen Figuren sowie die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Ein Fachmann wird diese Merkmale, insbesondere auch die Merkmale verschiedener Ausführungsbeispiele, auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0039] Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung und darin enthaltene Teilaspekte mit Bezug auf die beigefügten Figuren beschrieben. Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabgetreu. Gleiche oder ähnliche Bezugszeichen in den Figuren bezeichnen gleiche oder ähnliche Elemente.

[0040] [Fig. 1](#) zeigt eine Messvorrichtung zur optischen Entfernungsmessung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0041] [Fig. 2](#) zeigt eine schematisierte Schaltung von zwei lichtempfindlichen Elementen, die mit einem Kombinerer verbunden sind, für eine Messvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0042] [Fig. 3](#) zeigt eine Draufsicht auf eine Detektionsfläche einer Empfangseinrichtung für eine Messvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0043] [Fig. 4](#) zeigt eine Draufsicht auf eine alternative Detektionsfläche einer Empfangseinrichtung für eine Messvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0044] [Fig. 5](#) zeigt ein einzelnes lichtempfindliches Element, das mit einer Entfernungsbestimmungseinrichtung verbunden ist.

[0045] [Fig. 6](#) zeigt zwei lichtempfindliche Elemente, die über einen Multiplexer mit einer Entfernungsbestimmungseinrichtung verbunden sind.

[0046] [Fig. 7](#) zeigt zwei Pixel mit jeweils 9 lichtempfindlichen Elementen, die über Kombinerer und Multiplexer mit einer Entfernungsbestimmungseinrichtung verbunden sind.

[0047] **Fig. 8** zeigt eine Detektionsfläche einer Empfangseinrichtung mit Pixeln, bei denen die Anzahl von in den Pixeln enthaltenen lichtempfindlichen Elementen ortsabhängig variiert und welche über Kombinierr und Multiplexer mit mehreren Entfernungseinstimmungseinrichtungen verbunden sind.

[0048] **Fig. 9** zeigt ein erfindungsgemäßes Ziel-Detektor-Array mit einem identischen Referenz-Detektor-Array, bestehend aus je 9 Pixeln mit jeweils einem lichtempfindlichen Element.

[0049] **Fig. 10** zeigt ein alternatives erfindungsgemäßes Ziel-Detektor-Array mit einem identischen Referenz-Detektor-Array, bestehend aus je 3 Pixeln mit jeweils mehreren lichtempfindlichen Elementen.

[0050] **Fig. 11** zeigt ein weiteres erfindungsgemäßes Ziel-Detektor-Array mit einem zu diesem unterschiedlichen Referenz-Detektor-Array, bestehend aus 9 bzw. 3 Pixeln mit jeweils einem lichtempfindlichen Element.

DETAILIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0051] In **Fig. 1** ist in schematischer Weise eine erfindungsgemäße Messvorrichtung **10** zur optischen Entfernungsmessung mit den wichtigsten Komponenten zur Beschreibung ihrer Funktion dargestellt.

[0052] Die Messvorrichtung **10** weist ein Gehäuse **11** auf, in dem eine Sendeeinrichtung **12** zur Aussendung optischer Messstrahlung **13** sowie eine Empfangseinrichtung **14** zur Detektion von von einem Zielobjekt **15** zurücklaufender Messstrahlung **16** angeordnet sind.

[0053] Die Sendeeinrichtung **12** beinhaltet eine Lichtquelle, die im dargestellten Ausführungsbeispiel durch eine Halbleiter-Laserdiode **18** realisiert ist. Die Laserdiode **18** sendet einen Laserstrahl **20** in Form eines für das menschliche Auge sichtbaren Lichtbündels **22** aus. Die Laserdiode **18** wird dazu über ein Steuergerät **24** betrieben, das durch eine entsprechende Elektronik eine zeitliche Modulation eines elektrischen Eingangssignals **19** der Laserdiode **18** erzeugt. Durch eine derartige Modulation des Diodenstromes lässt sich erreichen, dass die optische Messstrahlung **13**, welche zur Entfernungsmessung genutzt wird, ebenfalls in gewünschter Weise zeitlich in ihrer Intensität moduliert wird.

[0054] Das Laserstrahlbündel **20** durchläuft anschließend eine Kollimationsoptik **26** in Form eines Objektivs **28**, das in **Fig. 1** in vereinfachter Weise in Form einer einzelnen Linse dargestellt ist. Das Objektiv **28** befindet sich in diesem Ausführungsbeispiel optional auf einer Verstellmimik **32**, die prinzipiell eine Änderung der Position des Objektivs in allen

drei Raumrichtungen, beispielsweise zu Justagezwecken, ermöglicht. Alternativ kann die Kollimationsoptik **26** jedoch auch bereits Bestandteil der Laserdiode **18** sein bzw. fest mit dieser verbunden sein.

[0055] Nach Durchlaufen des Objektivs **28** ergibt sich ein beispielsweise Amplitudenmoduliertes Signal der Messstrahlung **13** in Form eines nahezu parallelen Lichtbündels **37**, das sich entlang einer optischen Achse **38** der Sendeeinheit **12** ausbreitet.

[0056] In der Sendeeinrichtung **12** kann sich zudem noch eine vorzugsweise schaltbare Strahlumlenkung **40** befinden, die es gestattet, die Messstrahlung **13** ganz oder teilweise unter Umgehung des Zielobjektes **15** direkt, das heißt geräteintern, auf die Messvorrichtung **54** umzulenken. Auf diese Weise kann eine geräteinterne Referenzstrecke **42** erzeugt werden, die eine Kalibrierung bzw. einen Abgleich der Messvorrichtung gestattet. Das Messsignal dient in diesem Fall als Referenzstrahlung.

[0057] Wird mit der Messvorrichtung **10** eine Entfernungsmessung durchgeführt, verlässt die Messstrahlung **13** das Gehäuse **11** der Messvorrichtung durch ein optisches Fenster **44** in der Stirnwand **45** der Messvorrichtung **10**. Die Öffnung des optischen Fensters **44** kann beispielsweise durch einen Shutter **46** gesichert sein. Zur eigentlichen Messung wird die Messvorrichtung **10** dann auf ein Zielobjekt **15** hin ausgerichtet, dessen Entfernung **48** zur Messvorrichtung **10** ermittelt werden soll. Das an dem gewünschten Zielobjekt **15** reflektierte oder gestreute Signal **16** bildet zurücklaufende optische Messstrahlung **16** in Form eines zurücklaufenden Strahlenbündels **49** bzw. **50**, das zu einem gewissen Teil wieder in die Messvorrichtung **10** zurückgelangt.

[0058] Durch ein Eintrittsfenster **47** an der Stirnseite **45** der Messvorrichtung **10** wird die zurücklaufende Messstrahlung **16** in die Messvorrichtung **10** eingekoppelt und trifft dann, wie in **Fig. 1** dargestellt, auf eine Empfangsoptik **52**.

[0059] In **Fig. 1** sind exemplarisch zur Verdeutlichung zwei zurücklaufende Messstrahlenbündel **49** bzw. **50** für zwei unterschiedliche Zielobjektentfernungen **48** eingezeichnet. Für große Objektentfernungen, wobei groß als groß gegenüber der Brennweite der Empfangsoptik **52** interpretiert werden kann, fällt die vom Zielobjekt **15** zurücklaufende optische Messstrahlung **16** annähernd parallel zur optischen Achse **51** der Empfangseinrichtung **14** ein. Dieser Fall ist im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** durch das Messstrahlenbündel **49** repräsentiert. Mit kleiner werdender Objektentfernung wird die in die Messvorrichtung einfallende zurücklaufende Messstrahlung **16** aufgrund einer Parallaxe immer mehr gegenüber der optischen Achse **51** der Empfangseinrichtung **14** geneigt. Als Beispiel für ein solches rück-

laufendes Messstrahlenbündel im Nahbereich der Messvorrichtung ist in [Fig. 1](#) das Strahlenbündel **50** eingezeichnet.

[0060] Die Empfangsoptik **52**, die in [Fig. 1](#) ebenfalls nur schematisch durch eine einzelne Linse symbolisiert ist, fokussiert das Strahlenbündel der zurücklaufende Messstrahlung **16** auf die Detektionsfläche **66** eines in der Messeinrichtung **54** vorgesehenen Empfangsdetektors. Der Detektor weist zur Detektion der optischen Messstrahlung eine Vielzahl von Pixeln auf. Jedes der Pixel weist mindestens ein lichtempfindliches Element auf. Durch die auf der Detektionsfläche **66** vorgesehenen lichtempfindlichen Elemente, die einzeln oder in Gruppen zusammengefasst in Pixeln Matrix-artig angeordnet und mit einer Auswerteeinrichtung **36** verbunden sind, wird die einfallende zurücklaufende Messstrahlung **16** in ein elektrisches Signal **55** umgewandelt und der weiteren Auswertung in der Auswerteeinrichtung **36** zugeführt.

[0061] Die Messeinrichtung **54** ist zudem auch Bestandteil einer Referenzeinheit **137**. Dazu weist die Messeinheit **54** auch eine Detektionsfläche **117** zur Detektion eines Referenzsignals auf, welches über eine geräteinterne Referenzstrecke **42** auf die Messeinrichtung **54** und die Detektionsfläche **117** des Referenzdetektor geleitet werden kann. Der Detektor der Referenzeinheit weist zur Detektion der über den Referenzpfad **42** versendeten optischen Messstrahlung eine Vielzahl von Pixeln **127** auf. Jedes der Pixel **127** weist mindestens ein lichtempfindliches Element **107** auf. (Siehe hierzu insbesondere [Fig. 8](#) bis [Fig. 10](#)). Durch die in der Detektionsfläche **127** vorgesehenen lichtempfindlichen Elemente **107**, die einzeln oder in Gruppen zusammengefasst in Pixeln **127** Matrix-artig angeordnet und mit einer Auswerteeinrichtung **36** verbunden sind, wird die einfallende Referenzstrahlung in ein elektrisches Signal umgewandelt und der weiteren Auswertung in der Auswerteeinrichtung **36** zugeführt.

[0062] Die von einem einzelnen lichtempfindlichen Element oder einer Kombination von lichtempfindlichen Elementen generierten Detektionssignale können den in einer Auswerteeinrichtung **36** enthaltenen Entfernungsbestimmungseinrichtungen zugeführt werden.

[0063] Eine Entfernungsbestimmungseinrichtung kann die Detektionssignale aufsummieren und daraus ein Signal erzeugen, das einer zeitabhängigen Intensität des auf die jeweiligen lichtempfindlichen Elemente auftreffenden Lichtsignals bzw. der Lichtintensität entspricht. Indem dieses Signal in Relation zu einem Anregungssignal gesetzt wird, das den zeitlichen Verlauf der von der Sendeeinrichtung emittierten Photonenrate angibt, kann auf eine Photonenflugzeit von der Sendeeinrichtung hin zu dem Zielobjekt und wieder zurück zu der Empfangseinrichtung

geschlossen werden. Falls die Sendeeinrichtung das ausgesendete Licht beispielsweise sinusartig periodisch moduliert, kann eine Flugzeit aus einem Phasenunterschied zwischen der ausgesendeten und der detektierten Messstrahlung ermittelt werden.

[0064] [Fig. 2](#) zeigt zwei lichtempfindliche Elemente **101**, **101'**, deren Detektionssignale jeweils an ein ODER-Gatter **103** weitergeleitet werden. Das ODER-Gatter **103** wirkt als Kombinerer **104**, indem es sowohl Detektionssignale des ersten lichtempfindlichen Elements **101** als auch Detektionssignale des zweiten lichtempfindlichen Elements **101'** aufnimmt und an einem Ausgang **105** ein kombiniertes Signal dieser Eingangssignale ausgibt. Analog sind auch die lichtempfindlichen Elemente des Referenzdetektors aufgebaut. Die für die Empfangseinheit nachfolgend beschriebenen Funktionsweise und der Aufbau zur Messung von Entfernungsmesswerten gilt analog auch für die Referenzeinheit der Messvorrichtung.

[0065] Nachfolgend wird die Messmethode zuerst anhand der Empfangseinheit detailliert dargestellt, um dadurch den Aufbau und die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Referenzeinheit und deren Zusammenspiel mit der Empfangseinheit zu verdeutlichen.

[0066] [Fig. 3](#) zeigt schematisch eine Detektionsfläche **110** der Empfangseinheit für eine Laser-Entfernungsmessvorrichtung mit unkorrigierter Parallaxe. Hierbei sind kreisförmige Laserflecke **109** oder Laserspots, deren Durchmesser abhängig von einer Entfernung L zwischen der Messvorrichtung und dem Zielobjekt variiert, auf der Detektionsfläche **110** eingezeichnet. Es wurde hierbei eine ideale Linse mit einer Brennweite $f = 30$ mm, einem Durchmesser $d = 4$ mm und einer Parallaxe von 5 mm für den Fall optimaler Justage auf große Entfernungen angenommen. Die Laserstrahlung wurde dabei mit einer Divergenz von 1 mrad angenommen. Es ist bei dieser Ausgestaltung der Detektionsfläche **110** vorteilhaft, dass die Größe der Pixel **111** bzw. die Anzahl von lichtempfindlichen Elementen **101** innerhalb jeweiliger Pixel **111** entlang der Parallaxenachse **113** zunimmt. Die Detektionsfläche **110** ist Bestandteil der Messeinrichtung **54**. Die Parallaxenachse wird hierbei als die Schnittgerade zwischen einer Detektionsflächenebene und einer Ebene, die von der optischen Achse der Empfangsoptik und der Laserstrahlachse der Entfernungsmessvorrichtung aufgespannt wird, angenommen. Es ist zu erkennen, dass in einem ersten Bereich **114**, in dem der Laserfleck **109** auftritt, wenn der Laserstrahl von einem weit entfernten Zielobjekt zurückgestrahlt wird, kleine Pixel vorgesehen sind, die jeweils nur ein einziges lichtempfindliches Element enthalten. In einem Bereich **115**, in dem der Laserfleck **109'** auftritt, wenn das Zielobjekt etwa 0,5 bis 1 m entfernt ist, sind größere Pixel mit jeweils vier

lichtempfindlichen Elementen vorgesehen. In einem weiteren Bereich **116**, in dem der Laserfleck **109''** für den Fall sehr naher Zielobjekte auftrifft, sind besonders große Pixel mit 8 bzw. 16 lichtempfindlichen Elementen vorgesehen. Die Empfangsoptik ist dabei so optimiert, dass die bestmögliche Abbildungsqualität, das heißt der kleinstmögliche Laserfleckdurchmesser auf der Detektionsfläche, bei der größten Entfernung des Zielobjekts erreicht wird.

[0067] Bei großen Entfernungen ist der Laserfleck **109** aufgrund der scharfen Abbildung verhältnismäßig klein. Gleichzeitig ist die aus zurücklaufender Mess- und Hintergrundstrahlung zusammengesetzte Intensität des auftreffenden Lichtes aufgrund des geringen Anteils der Messstrahlung von dem weit Entfernten Zielobjekt verhältnismäßig gering. Bei näher positionierten Zielobjekten wird insgesamt mehr Messstrahlung vom Zielobjekt zurück zur Detektionsfläche **110** reflektiert bzw. gestreut. Gleichzeitig wird die Messstrahlung durch die Fix-Fokus-Empfangsoptik nicht mehr scharf auf die Detektionsfläche **110** abgebildet.

[0068] In Summe ergibt sich aus einer geometrischen Betrachtung für einen Laser-Entfernungsmesser mit leicht divergentem Laser-Strahl und Fix-Fokus-Empfangsoptik für den Anteil der empfangenen Laserstrahlung bei großen Entfernungen eine quadratisch über der Entfernung abfallende und bei geringen Entfernungen eine über der Entfernung konstante Licht-Intensität in der Detektorebene. Der Intensitätsanteil der Hintergrundstrahlung ist hingegen in erster Näherung entfernungsunabhängig.

[0069] Mit einer wie in **Fig. 3** dargestellten ortsabhängigen Ausgestaltung der Größe der in der Detektionsfläche **110** enthaltenen Pixel **101** kann zum einen erreicht werden, dass sowohl bei großen Entfernungen des Zielobjektes als auch bei kleinen Entfernungen des Zielobjektes ein Laserfleck **109** jeweils auf eine Mehrzahl von Pixeln **111** trifft und von diesen ausgewertet werden kann. Die Größe der aktiven Detektionsfläche kann dabei optimal an die Größe des Laserflecks angepasst und somit das Signal-Rausch-Verhältnis optimiert werden. Zum anderen kann mit einer solchen ortsabhängigen Ausgestaltung auch der Dynamik-Bereich der lichtempfindlichen Elemente optimal ausgenutzt werden, da die Lichtintensität des auftreffenden Lichtes (Laser- und Hintergrund-Anteil) bei großen Entfernungen geringer ist als bei kleinen Entfernungen. Bei den Detektorflächen, die nur bei geringen Entfernungen mit empfangener Messstrahlung beaufschlagt werden, kann daher die Fläche der einzelnen lichtempfindlichen Elemente reduziert werden. In den Detektorbereichen, in denen die Intensität der empfangenen Messstrahlung nahezu konstant bleibt, kann die Anzahl von in den einzelnen Pixeln **111** enthaltenen lichtempfindlichen Elementen **101** bei gleichbleiben-

der Fläche der lichtempfindlichen Elemente vergrößert werden.

[0070] **Fig. 4** zeigt eine Ausführungsform einer Detektionsfläche **110'** für einen koaxialen Laserentfernungsmesser oder einen Laserentfernungsmesser mit korrigierter Parallaxe. Eine solche Korrektur kann mit Hilfe eines Nahbereichselementes oder alternativer, bekannter Methoden erreicht werden. In einem solchen Fall dominiert im Wesentlichen der Abbildungsfehler durch die endliche Schärfentiefe der Empfangsoptik, so dass eine konzentrische Anordnung der Pixel gleicher Größe vorteilhaft ist. Ein von einem weit entfernten Zielobjekt zurücklaufender Laserstrahl wird gut fokussiert und erzeugt einen relativ kleinen Laserfleck **109** in der Nähe des Zentrums **122** der Detektionsfläche **110'**, das heißt in der Nähe des Durchstoßpunktes der optischen Achse der Empfangsoptik durch die Detektionsflächenebene. Ein von einem näher liegenden Zielobjekt zurücklaufender Laserstrahl erzeugt einen Laserfleck **109''** mit wesentlich größerem Durchmesser. Die Pixel **111** weisen in der Nähe des Zentrums **122** eine geringere Fläche und eine geringere Anzahl von darin enthaltenen lichtempfindlichen Elementen **101** auf als Entfernt vom Zentrum **122** der Detektionsfläche **110'**, das heißt am Rand der Detektionsfläche.

[0071] In den **Fig. 5** bis **Fig. 7** sind einzelne Elemente, wie sie zur Realisierung einer Empfangseinrichtung gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden, als Blockschema dargestellt. Analoge Ausgestaltungen gelten auch für die einzelnen Elemente der Referenzeinrichtung.

[0072] **Fig. 5** zeigt ein Pixel **111** mit einem einzelnen lichtempfindlichen Element **101**. Das Pixel ist mit einer Entfernungsbestimmungseinrichtung **130** verbunden.

[0073] **Fig. 6** zeigt zwei Pixel **111**, **111'** mit jeweils einem lichtempfindlichen Element **101**, **101'**. Die Pixel **111**, **111'** sind mit einem Multiplexer **140** verbunden, der die von den Pixeln **111**, **111'** gelieferten Detektionssignale selektiv an eine Entfernungsbestimmungseinrichtung **130** weiterleitet.

[0074] In **Fig. 7** ist eine Anordnung von zwei Pixeln **111**, **111'** mit jeweils neun lichtempfindlichen Elementen **101**, **101'** dargestellt. Die Detektionssignale von den einzelnen lichtempfindlichen Elementen **101**, **101'** werden, gegebenenfalls nach einer durch zusätzliche Verzögerungselemente **150**, **150'** bewirkten zeitlichen Verzögerung, jeweils an einen Kombinerer **160**, **160'** weitergeleitet. Die Verzögerung kann der Kompensation von Laufzeitunterschieden und damit der zeitlichen Synchronisation der lichtempfindlichen Elemente eines Pixels oder verschiedener Pixel dienen. In den Kombinerern **160**, **160'** werden die Detektionssignale miteinander kombiniert. Die kombi-

nierten Detektionssignale werden von den Kombiniern **160**, **160'** an einen Multiplexer **140** und von dort aus weiter an eine Entfernungsbestimmungseinrichtung **130** geleitet.

[0075] **Fig. 8** zeigt eine spezielle Ausführungsform für eine Entfernungsmessvorrichtung mit korrigierter Parallaxe unter Verwendung solcher Elemente für $N = 92$ Pixel **111**. Hierbei weisen 48 Pixel lediglich ein einzelnes lichtempfindliches Element auf, 24 Pixel weisen jeweils vier lichtempfindliche Elemente in einer 2×2 -Anordnung auf und 20 Pixel weisen jeweils 9 lichtempfindliche Elemente in einer 3×3 -Anordnung auf. Jedes Pixel **111** mit mehr als einem lichtempfindlichen Element **101** ist genau mit einem Kombiniern **160**, **160'** verbunden. Es gibt demnach 44 Kombiniern **160**. Die Ausgänge der Pixel **111** mit nur einem lichtempfindlichen Element bzw. der Kombiniern **160** sind mit Eingängen von K Multiplexern **140** verbunden. Die Ausgänge der Multiplexer **140** sind wiederum mit $M \geq 2$ Entfernungsbestimmungseinrichtungen **130** verbunden. Es gilt dabei weder notwendigerweise $M = K$ noch $M = N$. Exemplarisch sind die Verbindungen für drei Pixel **111** verschiedener Größe und Anzahl lichtempfindlicher Elemente dargestellt. Eine in **Fig. 11** schraffiert dargestellte Fläche gibt eine effektive Detektorfläche **170** an, die diejenigen Pixel **111** umfasst, die tatsächlich vom Laserlicht des Laserflecks **109** beleuchtet werden und anhand derer eine Entfernungsmessung zu dem Zielobjekt durchgeführt werden kann.

[0076] **Fig. 9** zeigt schematisch das Zusammenspiel von Empfangseinheit und Referenzeinheit. Die Empfangseinheit besitzt, wie oben beschrieben eine Detektionsfläche **110** mit einer Vielzahl von Pixeln **111**. Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 9** weist jedes Pixel **111** genau ein lichtempfindliches Element **101** auf. Die Pixel **111** sind in diesem Ausführungsbeispiel in Form einer 3×3 Matrix angeordnet ($m \times n = 3 \times 3$), dabei bezeichnet der erste Wert die jeweilige Zeile, der zweite Wert identifiziert die zugehörige Spalte des Arrays bzw. der Matrix. Das Pixel 1,1 in der oberen linken Ecke der Detektionsfläche (Orientierung hierbei wie in **Fig. 9** dargestellt) wird in diesem Ausführungsbeispiel für die Entfernungsmessung genutzt. Dem Entfernungsmesswert, der mit diesem Pixel ermittelt wird, wird ein Referenzmesswert zur Kalibrierung zugeordnet. Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 9** ist dies das lichtempfindliche Element 1,3 einer ebenfalls als 3×3 Matrix ausgeführten Referenzdetektor Anordnung ($l \times k = 3 \times 3$).

[0077] **Fig. 9** zeigt also ein System mit einem Ziel-Detektor-Array und einem gleichen Referenz-Detektor-Array. Für jeden Ziel-Detektor (lichtempfindliches Element) wird ein korrespondierender Referenz-Detektor (lichtempfindliches Element) ausgewählt. Insbesondere wird derjenige Referenzpixel gewählt, der in seinen Eigenschaften und der geometrischen An-

ordnung im Array dem jeweiligen Ziel-Messpixel entspricht. Auf diese Weise ist es möglich, das zugrundeliegende Problem der Laufzeitfehler oder auch einer Laufzeitdrift, zu kompensieren, wobei insbesondere auch Laufzeitfehler innerhalb einer Detektor-Anordnung berücksichtigt werden können.

[0078] Generell gilt: Die einzelnen Pixel bzw. lichtempfindlichen Elemente eines Detektor-Arrays können abhängig von ihrer Lage im Array unterschiedliche Leitungslängen und damit unterschiedliche Kapazitäten aufweisen, bis die Signale der Pixel das Array verlassen und ausgewertet werden können. Durch äußere Einflüsse, wie z. B. Temperatur, oder die Eigenerwärmung eines hierzu genutzten Chips (IC) im Betrieb kann die Flankensteilheit der Bauelemente auf dem Chip variieren. Bereits geringe Änderungen der Flankensteilheiten, die typischerweise im Bereich von einigen 10 ps/V liegen, können so Entfernungfehler im mm-Bereich verursachen.

[0079] Die vorliegende Erfindung löst dieses Laufzeitproblem zwischen Ziel- und Referenzdetektor dadurch, dass für jeden Ziel-Detektor (lichtempfindliches Element) ein Referenz-Detektor (lichtempfindliches Element) mit gleicher oder zumindest ähnlicher Laufzeitdrift herangezogen wird. Der Laufzeitfehler des Ziel-Detektors zu einem Referenzdetektor reduziert sich dadurch auf einen Laufzeitdrift-Unterschied zwischen Ziel- und zugehörigem Referenzdetektor. Statt einem statischen Laufzeit-Offset, der beispielsweise in einer Look-up-Table hinterlegt werden könnte, werden mit der erfindungsgemäßen Lösung auch Laufzeit-Driften (beispielsweise über der Temperatur) reduziert.

[0080] Dies wird insbesondere durch einen symmetrischen Aufbau des Systems, wie er in **Fig. 9** gezeigt ist, erreicht. Unter einem „symmetrischen Aufbau des Systems“ soll dabei insbesondere verstanden werden, dass die lichtempfindlichen Elemente (**101**) der Detektionsfläche (**110**) der Empfangseinrichtung ein Empfangsarray bilden und die lichtempfindlichen Elemente (**107**) der Detektionsfläche (**117**) der Referenzeinrichtung ein Referenzarray bilden, wobei das jeweilige Array matrixartig aufgebaut ist und beiden Matrizen die selbe Ordnung haben, also beide eine $m \times n$ Matrix darstellen.

[0081] Dies ist die Bedeutung der Aussage, dass das Empfangsarray und das Referenzarray gleich ausgebildet sind.

[0082] Die Ausführungsform der **Fig. 9** zeigt demnach ein System mit einem Ziel-Detektor-Array in Form einer 3×3 Matrix von lichtempfindlichen Elementen und identischem Referenz-Detektor-Array in Form einer 3×3 Matrix von lichtempfindlichen Elementen. Für jeden Ziel-Detektor (= lichtempfindliches Element) wird dabei ein korrespondierender Referenz-

renz-Detektor ausgewählt. In vorteilhafter Weise ist dabei die Detektionsfläche **110** der Empfangseinheit **14** und die Detektionsfläche **117** der Referenzeinheit auf einem gemeinsamen Chip implementiert. Die lichtempfindlichen Elemente der Anordnungen können dabei in vorteilhafter Weise insbesondere als SPADs (Single Photon Avalanche Diode) ausgebildet sein.

[0083] Eine SPAD kann die Eigenschaft aufweisen, dass sie nicht wie herkömmliche analog arbeitende lichtempfindliche Elemente ein von der auftretenden Strahlung linear abhängiges Detektionssignal liefert, sondern mit jedem auftretenden Photon ein einzelnes Signal erzeugt wird. Die SPAD ist nach dem Auftreffen eines Photons für eine gewisse Totzeit, die im Bereich von beispielsweise 1 bis 100 ns liegen kann, nicht erneut aktivierbar. Man spricht auch von einem paralyzierbaren Ansprechverhalten. Die Zählrate, mit der eine SPAD auftretende Photonen zählen kann, ist somit nach oben hin durch die Totzeit begrenzt. Es kann daher vorteilhaft sein, anstatt einer einzigen großflächigen SPAD mehrere kleinere SPADs innerhalb eines Pixels vorzusehen und beispielsweise Detektionssignale von in einem einzelnen Pixel enthaltenen SPADs mit Hilfe eines Kombinierers zu kombinieren. Der Kombinierer kann hierbei beispielsweise in Form eines ODER-Gatters oder in Form eines Busses ausgestaltet sein. Auf diese Weise kann die von dem Pixel maximal erreichbare Photonenzahlrate erhöht werden bzw., anders ausgedrückt, die Totzeit des Pixels zwischen einzelnen Detektionsereignissen verkürzt werden. Ferner kann zwischen einer SPAD und einem Kombinierer oder Bus ein Pulsverkürzer angeordnet sein, um ein von der SPAD generiertes digitales Signal zeitlich zu verkürzen und dadurch eine verkürzte Gesamtzeit und eine erhöhte Photonenzahlrate des Systems zu ermöglichen.

[0084] Die Anzahl von SPADs oder die Fläche von SPADs, die in einem Pixel enthalten sind, kann abhängig vom Ort des Pixels innerhalb der Detektionsfläche der Empfangseinrichtung variabel ausgewählt sein. Beispielsweise kann bekannt sein, dass die von dem Zielobjekt zurücklaufende Messstrahlung abhängig vom Abstand des Zielobjekts von der Messvorrichtung an einer anderen Position und/oder mit einer anderen Querschnittsfläche auf die Detektionsfläche der Empfangseinrichtung auftreffen kann. Die Anzahl bzw. die Fläche von SPADs innerhalb eines Pixels kann demnach ortsabhängig an die zu erwartende auftretende Lichtintensität angepasst werden. Durch Anpassung der Flächen der SPADs und/oder Anzahl von SPADs innerhalb eines Pixels kann ein Dynamikbereich der Messvorrichtung optimiert werden. Durch Anpassung der Pixel-Flächen an eine Laserfleckgröße kann ein Signal-Rausch-Verhältnis optimiert werden.

[0085] Im Ausführungsbeispiel der [Fig. 10](#) sind auf der Detektionsfläche **110** der Empfangseinheit **14**

und der Detektionsfläche **117** der Referenzeinheit jeweils drei Pixel ausgebildet. Ein erstes Pixel umfasst 4 lichtempfindliche Elemente in Form einer 2×2 Matrix, darüber hinaus gibt es noch ein Pixel mit drei lichtempfindlichen Elementen und ein Pixel mit zwei lichtempfindlichen Elementen. Dem zusammen geschalteten 2×2 Pixel auf der Zielmessseite entspricht ein analog angeordnetes 2×2 Pixel auf Seiten der Referenzeinheit. Zusammengeschaltet heißt in diesem Zusammenhang, dass eine parallele Messung mehrerer Ziel-Detektoren (lichtempfindlichen Elemente) vorgenommen wird, wie dies oben im Detail bei der Beschreibung der Empfangseinheit ausgeführt wurde. Im Ausführungsbeispiel der [Fig. 10](#) sind dabei auch auf dem Referenz-Detektor-Array die korrespondierenden Pixel ausgewählt, um entsprechende Driften zu minimieren.

[0086] Der Einsatz zweier identischer, symmetrisch aufgebauter Detektor-Arrays für Empfangseinheit und Referenzeinheit ist die bevorzugte Lösung, um zu jedem Ziel-Detektor einen Referenz-Detektor mit „identischen“ Eigenschaften auszuwählen.

[0087] Andere Anordnungen sind aber selbstverständlich ebenso möglich.

[0088] Die [Fig. 11](#) zeigt beispielsweise eine alternative, erfindungsgemäße Ausführungsform mit nicht symmetrischen Arrays. Auf der Ziel-Detektors Seite (Empfangseinheit) befindet sich wiederum eine 3×3 Matrix von 9 lichtempfindlichen Elementen, so wie sie auch im Zusammenhang mit [Fig. 9](#) beschrieben wurde. Auf der Referenzseite wird jedoch – im Unterschied zum Ausführungsbeispiel der [Fig. 9](#) – ein reduziertes Referenz – Detektor – Array mit lediglich 3 lichtempfindlichen Elementen in Form einer 1×3 Matrix verwendet. Um beispielsweise Chip-Fläche zu sparen, wird jeder Spalte der Ziel-Detektors Seite (Empfangseinheit) Matrix ist somit lediglich ein einzelnes Referenz – Detektor Element (= lichtempfindliches Element) zugeordnet. D. h. es wird nur eine Zeile des Referenz-Detektor-Array identisch mit dem Ziel-Detektor-Array aufgebaut.

[0089] Die Erfindung ist nicht auf die in den Ausführungsbeispielen gezeigten Anordnungen von lichtempfindlichen Elementen auf der Empfangs- bzw. Referenzseite beschränkt.

[0090] Alternativ ist es beispielsweise auch möglich, das Referenz-Array mit konzentrierten Elementen nachzubilden. Beispielsweise könnte ein Referenzdetektor schaltbar mit resistiven oder kapazitiven Elementen verbunden werden, um so die Leitungslängen und Lasten der jeweiligen Referenz-Detektoren nachzubilden.

[0091] Abschließend sollen Aspekte und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung noch einmal mit anderen Worten zusammengefasst werden:

Eine Ausführungsform der Erfindung beruht auf dem Kerngedanken, die Art der Anordnung einzelner lichtempfindlicher Elemente in Pixeln, deren Signale kombiniert werden, bevor sie einer zeitlichen Auswerteeinheit mit einer Mehrzahl an Entfernungseinstimmungseinrichtungen zur weiteren Auswertung zugeführt werden, in vorteilhafter Weise auszugestalten. Die Menge an lichtempfindlichen Elementen, deren Signale mittels eines Kombinierers zusammengefasst werden, bildet dabei ein Pixel. Die erfindungsgemäße Messvorrichtung weist dabei eine Empfangseinrichtung mit einer Detektionsfläche zur Detektion von einem Zielobjekt zurücklaufender optischer Messstrahlung auf, wobei die Detektionsfläche eine Vielzahl von Pixeln aufweist, wobei jedes Pixel zumindest ein lichtempfindliches Element aufweist. Darüber hinaus weist die erfindungsgemäße Messvorrichtung auch eine Referenzeinrichtung mit einer Detektionsfläche zur Detektion einer vorrichtungsinernen Referenzstrahlung auf wobei auch die Detektionsfläche der Referenzeinrichtung eine Vielzahl von Pixeln aufweist, wobei jedes Pixel zumindest ein lichtempfindliches Element aufweist. Die einzelnen Pixel können unabhängig voneinander betrieben werden. Insbesondere kann eine Phasen-Auswertung einer kontinuierlichen Welle oder alternativ eine Flugzeitauswertung eines Pulses für jedes einzelne Pixel ausgeführt werden.

[0092] Eine Kombination mehrerer lichtempfindlicher Elemente zu Pixeln kann räumlich derart ausgestaltet werden, dass das Signal-Rausch-Verhältnis sowohl bei großen als auch bei kleinen Entfernungen insbesondere unter starker Hintergrundbeleuchtung mit wenigen Entfernungseinstimmungseinrichtungen optimiert werden kann. Erreicht werden kann dies über eine über die Detektionsfläche ortsabhängige Anpassung der Größe der Pixel bzw. der Anzahl von lichtempfindlichen Elementen, die zu einem Pixel kombiniert werden.

[0093] Eine Detektionsfläche kann so groß dimensioniert sein, dass die Anforderungen an die Justage der Empfangsoptik verringert werden können. Außerdem kann der Einfluss optischer Abbildungsfehler, insbesondere der Fehler durch Defokussierung aufgrund zu geringer Schärfentiefe, minimiert werden. Dadurch können die Anforderungen an die optische Qualität der Empfangsoptik verringert werden.

[0094] Durch die direkte Zuordnung von Pixeln der Referenzeinheit zu Pixeln der Empfangseinheit lassen sich Laufzeitfehler und insbesondere Laufzeitdriften minimieren und die Messgenauigkeit erhöhen.

[0095] Ein weiterer Vorteil kann die Optimierung des Signal-Rausch-Verhältnisses insbesondere bei gro-

ßen Messentfernungen unter hohem Hintergrundlicht-Anteil sein. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die effektive Detektionsfläche bei allen Entfernungen optimal an die Größe des tatsächlich abgebildeten Lasermessflecks in der Detektionsebene angepasst, das heißt minimiert werden kann. Nach abgeschlossener Messung können gezielt die Signale von ausschließlich denjenigen einzelnen lichtempfindlichen Elementen bzw. Pixeln mit mehreren lichtempfindlichen Elementen ausgewertet werden, die tatsächlich Laserstrahlung empfangen. Dadurch kann die effektive Detektionsfläche reduziert und der Rauschbeitrag des Hintergrundlichtes minimiert werden, was gleichbedeutend mit einer Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses sein kann.

[0096] Ein weiterer Vorteil kann darin bestehen, dass aufgrund der Zusammenfassung mehrerer lichtempfindlicher Elemente innerhalb eines Pixels weniger Entfernungseinstimmungseinrichtungen als lichtempfindliche Elemente vorhanden sind benötigt werden. Dies kann eine benötigte Chipfläche einer integrierten Schaltung reduzieren. Insbesondere bei Laserentfernungsmessern, die in der Regel mit einer festen Brennweite arbeiten, kann dieser Vorteil eine wichtige Rolle spielen, da der Laserfleckdurchmesser dann in Abhängigkeit von der Entfernung des Zielobjekts variieren kann. **Fig. 6** verdeutlicht dies für ein System, bei dem der Parallaxen-Fehler nicht korrigiert ist. Um das Signal-Rausch-Verhältnis wie zuvor beschrieben durch Minimierung der effektiven Detektionsfläche zu optimieren, kann bei größeren Laserfleck-Durchmessern, das heißt in der Regel bei geringeren Entfernungen des Zielobjektes, dementsprechend auch nur eine geringere Auflösung des Detektors benötigt werden. Dieser Umstand lässt sich durch die ortsabhängige Kombination von lichtempfindlichen Elementen zu Pixeln ausnutzen.

[0097] Da die effektive Detektionsfläche, das heißt die Fläche, die in der Auswertung der Messung berücksichtigt wird, in der Regel kleiner ist als die gesamte Detektionsfläche, kann die Anzahl benötigter Entfernungseinstimmungseinrichtungen noch weiter reduziert werden, indem zusätzlich zur Kombination von lichtempfindlichen Elementen auch noch ein Multiplexen angewandt wird. Mit Hilfe vorläufiger Messungen können in diesem Fall die Laserstrahlung empfangenden Pixel zunächst identifiziert und anschließend für die eigentliche Messung auf die Entfernungseinstimmungseinrichtungen verteilt werden. Ist N die Gesamtzahl an Pixeln mit einer oder mehreren lichtempfindlichen Elementen und M die Anzahl der zur Auswertung zur Verfügung stehenden Entfernungseinstimmungseinrichtungen, dann müssen maximal aufgerundet N/M vorläufige Messungen zur Identifizierung durchgeführt werden. Die Messaufgabe kann daher mit wenigen Messungen, im Idealfall mit einer einzigen Messung, durchgeführt werden.

[0098] Ein weiterer Vorteil kann darin liegen, dass einzelne Pixel unabhängig voneinander kalibriert werden können, zum Beispiel hinsichtlich eines Phasen-Offsets.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 19804050 A1 [[0004](#)]
- DE 102006013290 A1 [[0005](#)]

Patentansprüche

1. Messvorrichtung (10) zur optischen Entfernungsmessung, insbesondere handgehaltenes Messgerät zur Abstandsmessung, mit einer Sendeeinrichtung (12) zur Aussendung optischer Messstrahlung (13) auf ein Zielobjekt (15) hin; einer Empfangseinrichtung (14) mit einer Detektionsfläche (110) zur Detektion von von dem Zielobjekt (15) zurücklaufender optischer Messstrahlung (16), wobei die Detektionsfläche (110) eine Vielzahl von Pixeln (111) aufweist, wobei jedes Pixel (111) zumindest ein lichtempfindliches Element (101) aufweist, sowie mit einer Referenzeinrichtung (137) mit einer Detektionsfläche (117) zur Detektion einer vorrichtungsinternen Referenzstrahlung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Detektionsfläche (117) der Referenzeinrichtung (137) eine Vielzahl von Pixeln (127) aufweist, wobei jedes Pixel (127) zumindest ein lichtempfindliches Element (107) aufweist

2. Messvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass einem Pixel (111) der Detektionsfläche (110) der Empfangseinrichtung ein Pixel (127) der Detektionsfläche (117) der Referenzeinrichtung zugeordnet ist.

3. Messvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Pixel (111) der Detektionsfläche (110) der Empfangseinrichtung eine gleiche Anzahl lichtempfindlicher Elemente (101, 107) aufweist, wie ein Pixel (127) der Detektionsfläche (117) der Referenzeinrichtung (137).

4. Messvorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass einem lichtempfindlichen Element (101) der Detektionsfläche (110) der Empfangseinrichtung (14) ein lichtempfindliches Element (107) der Detektionsfläche (117) der Referenzeinrichtung (137) zugeordnet ist.

5. Messvorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtempfindlichen Elemente (101) der Detektionsfläche (110) der Empfangseinrichtung ein Empfangsarray bilden und die lichtempfindlichen Elemente (101) der Detektionsfläche (117) der Referenzeinrichtung ein Referenzarray bilden.

6. Messvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Empfangsarray als eine $n \times m$ Matrix ausgebildet ist und Referenzarray als $l \times k$ Matrix ausgebildet ist, wobei n , m , l , k ganze Zahlen sind

7. Messvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Empfangsarray und das Referenzarray gleich ausgebildet sind.

8. Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektionsfläche (110) der Empfangseinheit (14) und die Detektionsfläche (117) der Referenzeinheit auf einem gemeinsamen Chip implementiert sind.

9. Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Auswerteeinrichtung (36) mit einer Mehrzahl von Entfernungsbestimmungseinrichtungen vorgesehen ist.

10. Messvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (36) derart ausgelegt ist, dass zumindest einer der Mehrzahl von Entfernungsbestimmungseinrichtungen Detektionssignale einer Mehrzahl von Pixeln zugeleitet werden, auf Basis derer die jeweilige Entfernungsbestimmungseinrichtung Entfernungsdaten ermittelt.

11. Messvorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernungsbestimmungseinrichtungen (130) jeweils dazu ausgelegt sind, eine Flugdauer von Messstrahlung (13, 16) zwischen einer Aussendung von der Sendeeinrichtung (12) bis zu einer Detektion von von dem Zielobjekt (15) zurücklaufender Messstrahlung (16) zu ermitteln und daraus eine Entfernung zu bestimmen.

12. Messvorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernungsbestimmungseinrichtungen (130) jeweils dazu ausgelegt sind, eine Flugdauer von Referenzstrahlung (42) zwischen einer Aussendung von der Sendeeinrichtung (12) bis zu einer Detektion mittels der Referenzeinrichtung (137) zu ermitteln und daraus eine Referenzentfernung zu bestimmen.

13. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (36) dazu ausgelegt ist, die Entfernung (48) zwischen der Messvorrichtung (10) und dem Zielobjekt (15) basierend auf den von den Entfernungsbestimmungseinrichtungen (130) bestimmten Entfernungen zu bestimmen.

14. Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, die Sendeeinrichtung (12) und die Empfangseinrichtung (14) nebeneinander entlang einer Parallaxenachse (113) angeordnet sind und wobei die Anzahl von lichtempfindlichen Elementen (101), die in einem Pixel (111) enthalten sind, abhängig vom Ort entlang der Parallaxenachse (113) variiert.

15. Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinrichtung (14) und die Auswerteeinrichtung (36) dazu ausgelegt sind, dass Detektionssignale einzelner Pixel (111) unabhängig von Detektionssi-

gnalen anderer Pixel (**111**) von der Auswerteeinrichtung (**36**) ausgewertet werden können.

16. Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtempfindliche Elementen (**101**) der Detektionsfläche (**110**) der Empfangseinrichtung und/oder die lichtempfindliche Elementen (**107**) der Detektionsfläche (**117**) der Referenzeinrichtung (**137**) durch SPADs gebildet sind.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

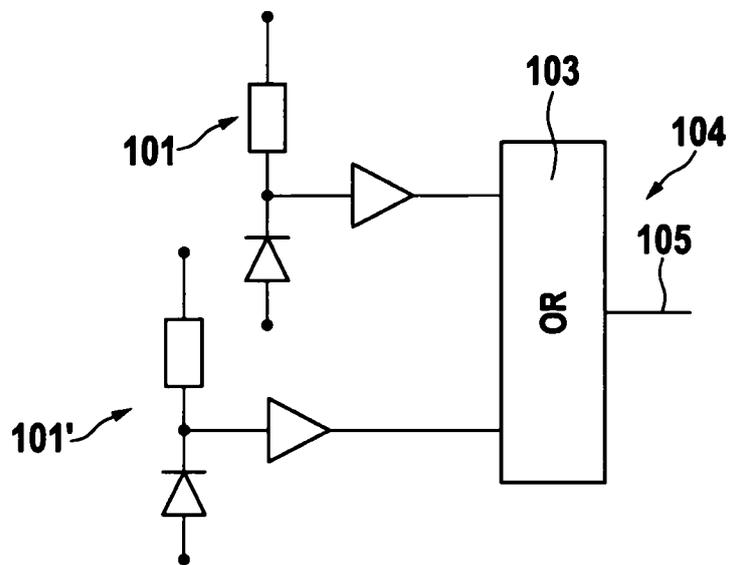


Fig. 2

Fig. 3

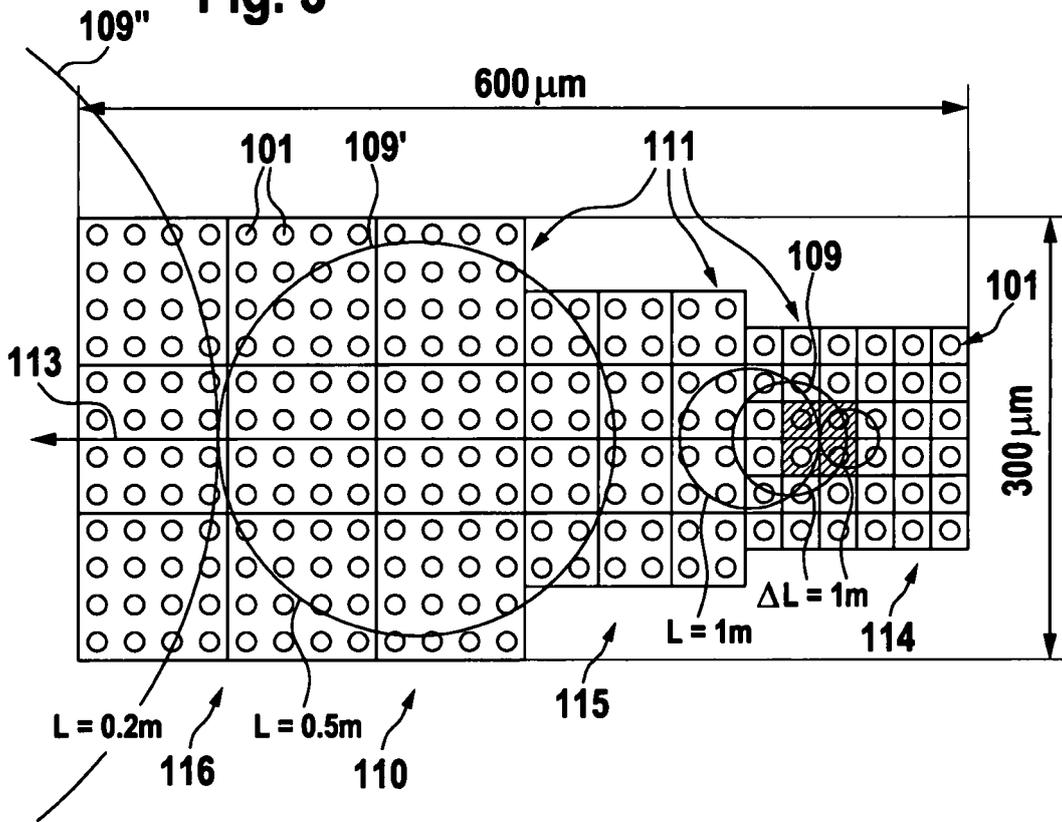
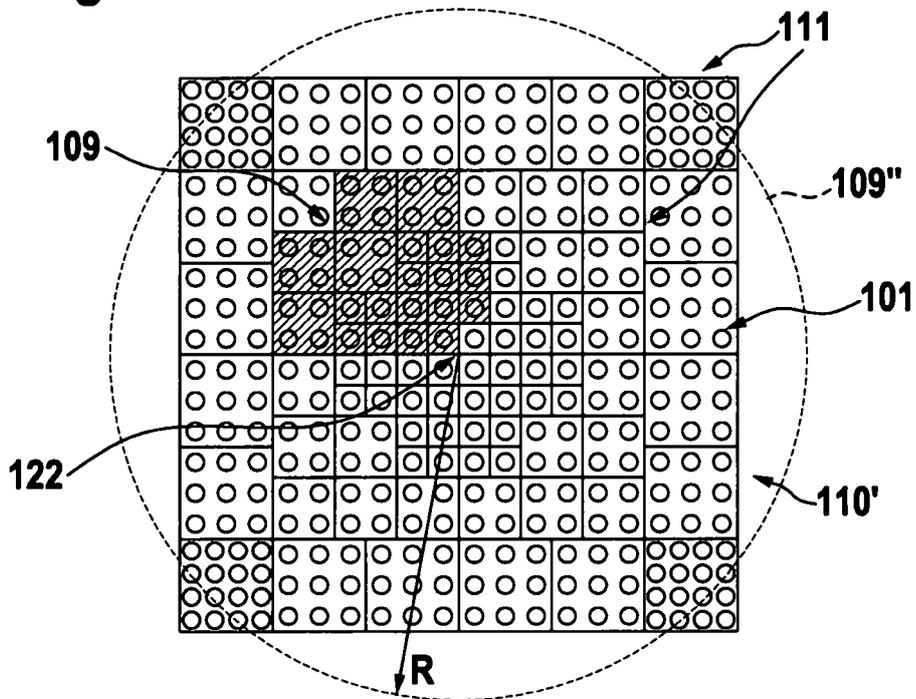


Fig. 4



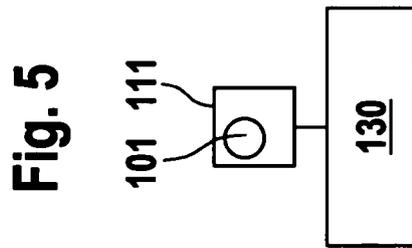
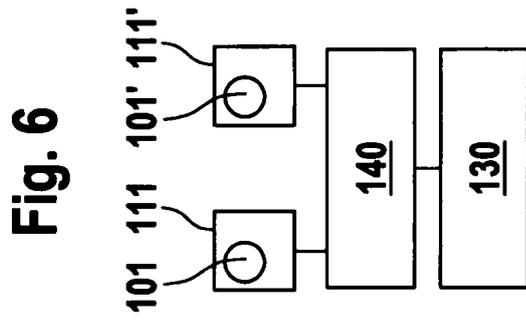
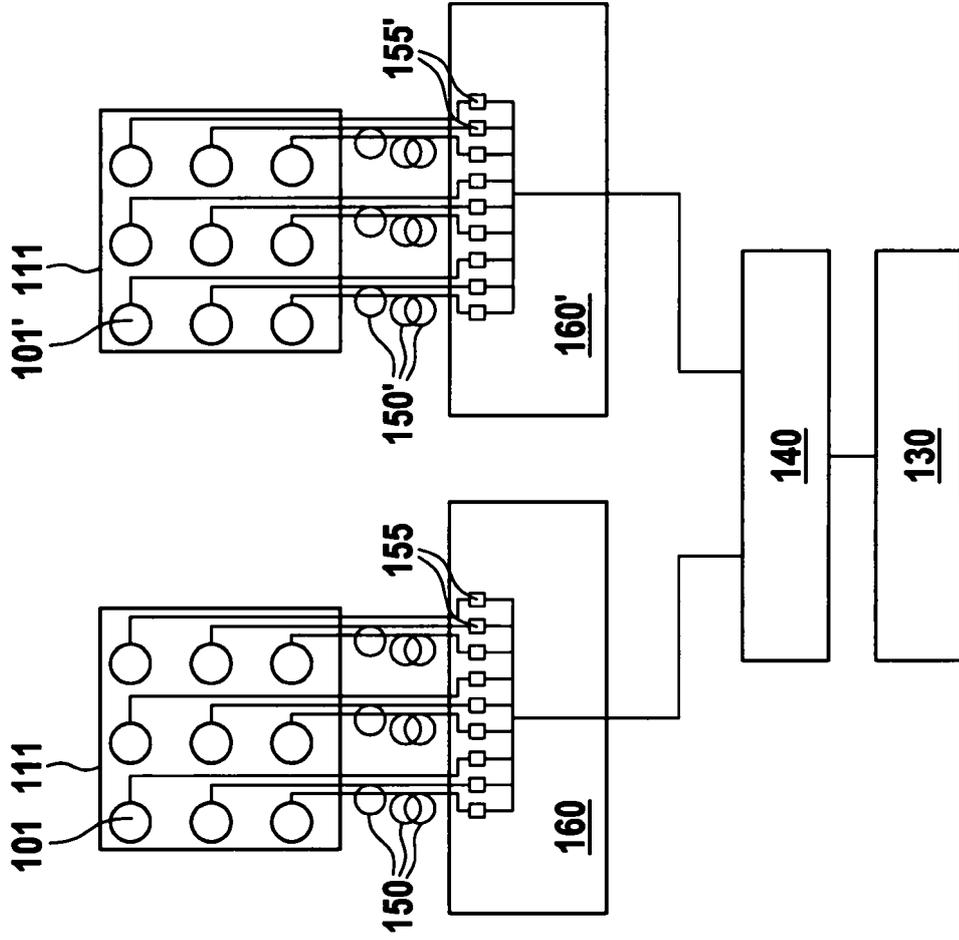
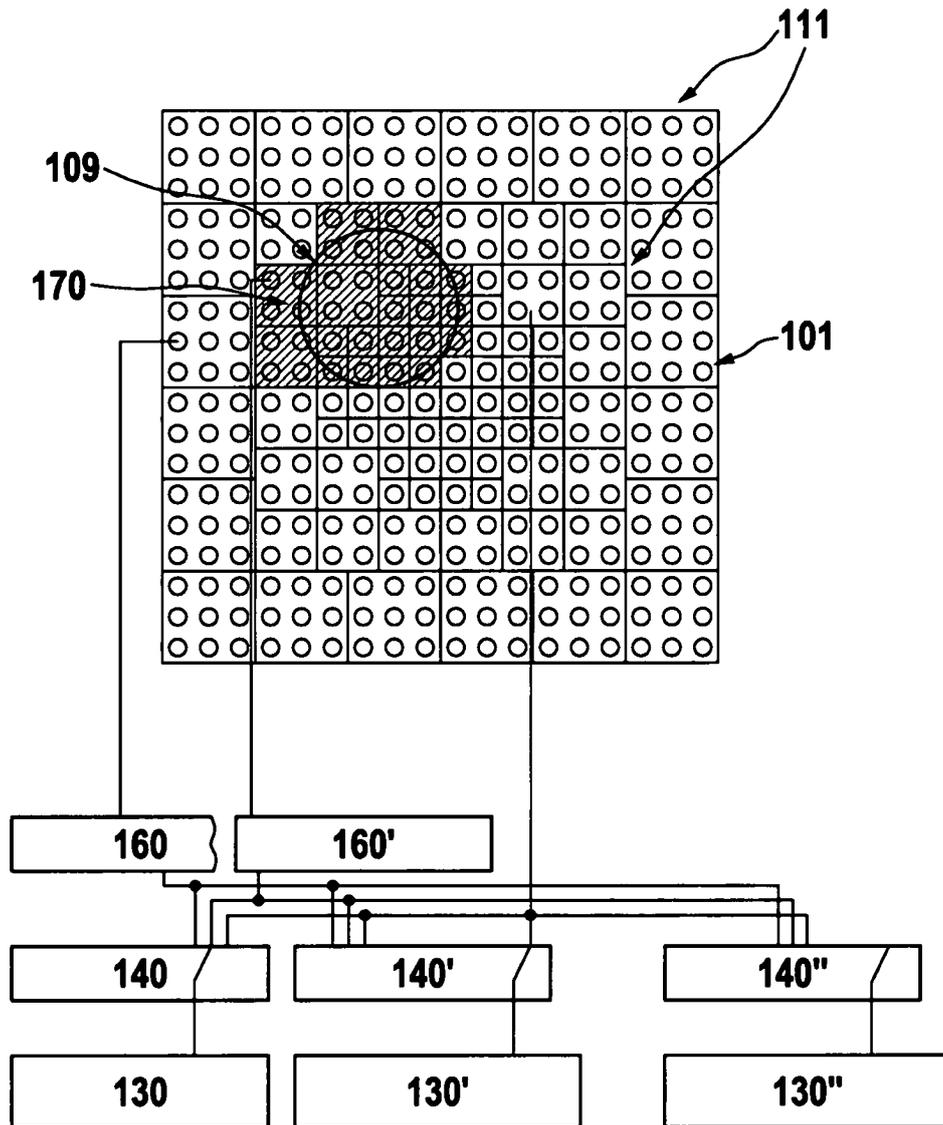


Fig. 8



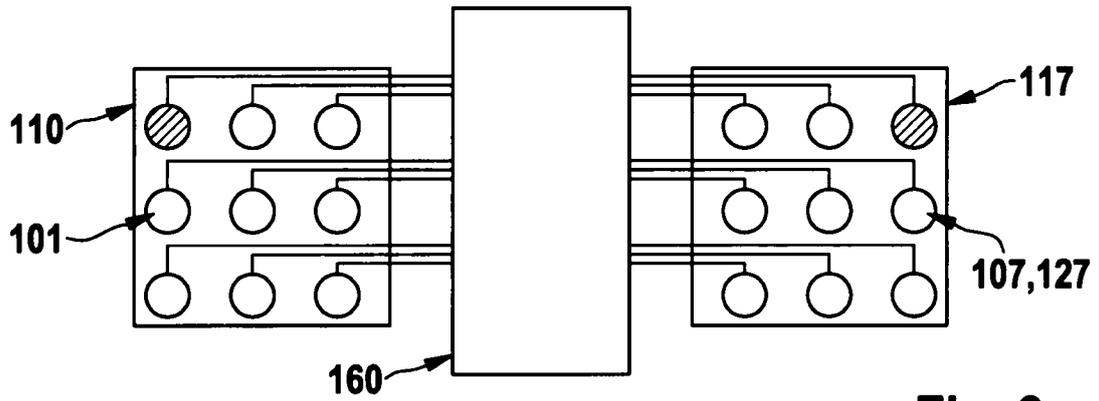


Fig. 9

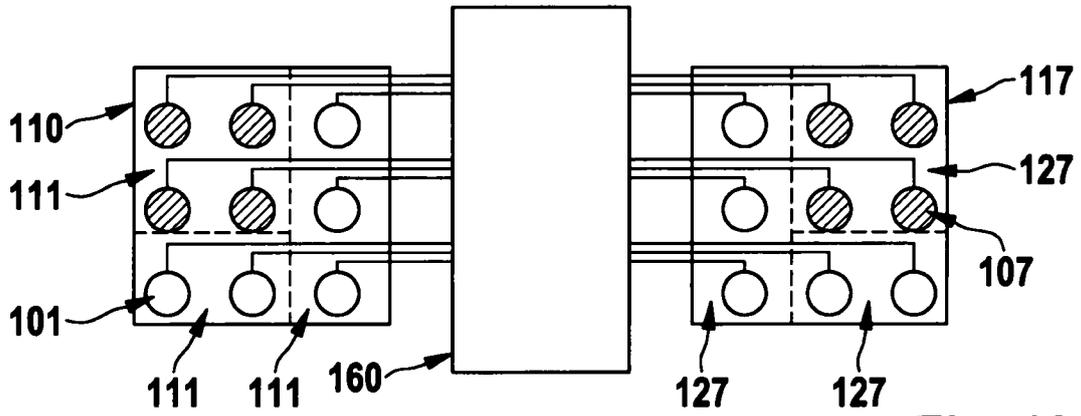


Fig. 10

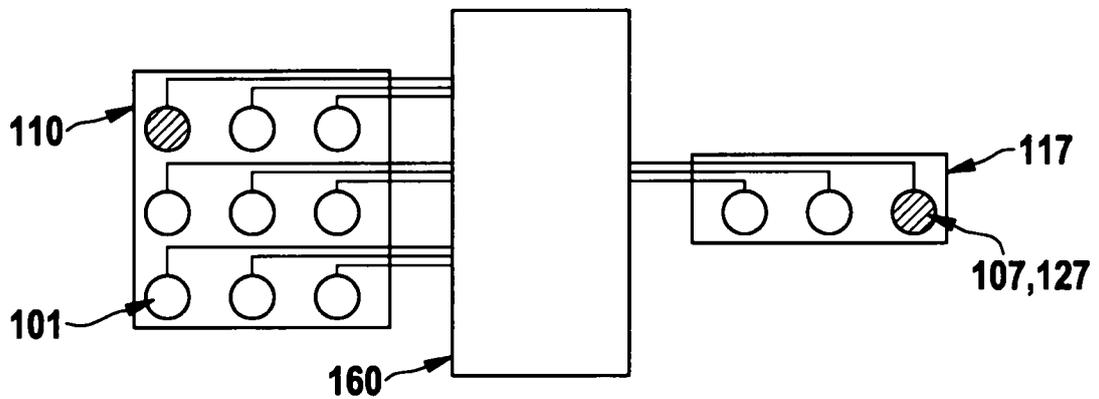


Fig. 11