



<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G01S 17/89, 17/10</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/34235</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. Juli 1999 (08.07.99)</p>
---	------------------	--

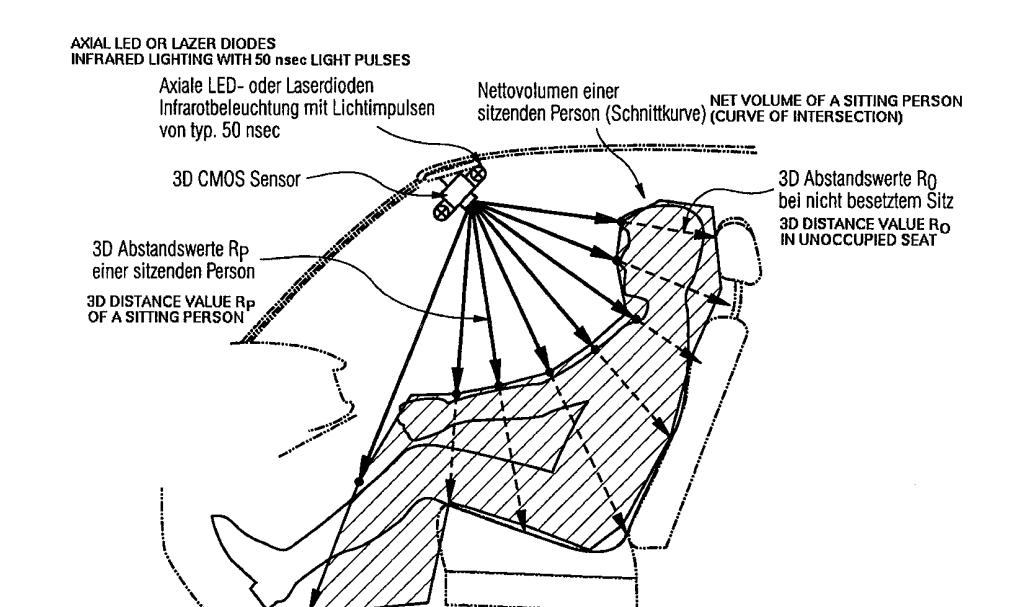
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/03344</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 14. November 1998 (14.11.98)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 197 57 595.1 23. Dezember 1997 (23.12.97) DE 198 33 207.6 23. Juli 1998 (23.07.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MENGEL, Peter [DE/DE]; Roggensteinallee 32, D-82223 Eichenau (DE). DOEMENS, Günter [DE/DE]; Eichenfeldstrasse 4, D-83607 Holzkirchen (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
--	--

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR RECORDING THREE-DIMENSIONAL DISTANCE-MEASURING IMAGES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR AUFNAHME EINES DREIDIMENSIONALEN ABSTANDSBILDES

(57) Abstract

The invention relates to a method and a device for generating three-dimensional distance-measuring images of spatial objects, wherein the objects are briefly exposed to a light, i.e. laser diodes. A high light sensitive sensor with pixel resolution and random reading and with an adjustable integration time for each pixel is used as image sensor. Highly reliable three-dimensional distance-measuring images at a maximum of 5 ms can be recorded by evaluating the backscattered laser pulses in two integration windows with different integration times and reporting via several laser pulses.



(57) Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung dreidimensionaler Abstandsbilder von räumlichen Objekten, wobei eine Kurzzeitbelichtung, beispielsweise durch Laserdioden des Objektes, durchgeführt wird. Als Bildsensor wird ein Sensor mit hoher Lichtempfindlichkeit eingesetzt, der pixelauflösend und wahlfrei auslesbar ist, sowie eine für jedes Pixel einstellbare Integrationszeit aufweist. Durch Auswertung der zurückgestreuten Laserimpulse in zwei Integrationsfenstern mit unterschiedlichen Integrationszeiten und durch Mittelung über mehrere Laserpulse lassen sich dreidimensionale Abstandsbilder mit hoher Zuverlässigkeit in beispielsweise maximal 5 ms aufnehmen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes von räumlichen Objekten.

10 Dreidimensional aufnehmende und verarbeitende Sensorsysteme gewinnen für verschiedenste Aufgabenstellungen in der industriellen Technik zunehmend an Bedeutung. Bekannte optische Radarsysteme, wie beispielsweise Laserradar basieren entweder auf dem Prinzip der Laserimpuls-Laufzeitmessung oder auf der
15 Bestimmung der Phasendifferenz von moduliertem Laserlicht zur Ableitung der Objektdistanz. Zum Aufbau eines dreidimensionalen bildgebenden Systemes sind zusätzliche mechanische Scaneinrichtungen erforderlich. Dies führt zu einem relativ teuren elektronischen und mechanischen Aufwand, der den Einsatz solcher dreidimensionalen Systeme auf wenige Spezialanwendungen beschränkt.
20

Es sind Verfahren bekannt, die eine CCD-Kamera (Charged Coupled Device) einsetzen, wobei für diese Halbleiterkameras die Fernseh(TV)- Norm herangezogen wird. Somit lassen sich
25 lediglich relativ lange Auslesezeiten erzielen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes, sowie eine
30 Vorrichtung dazu zur Verfügung zu stellen, womit ein schnelles und kostengünstiges Verfahren zur Gewinnung eines dreidimensionalen Abstandsbildes für räumliche Objekte ohne aufwendige mechanische Einrichtungen bereitgestellt wird.

35 Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die Merkmale des Anspruchs 1, 2 bzw. des Anspruches 23.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß unter Ein-
satz eines bildpunktauflösenden (pixelauflösenden) und wahl-
frei auslesbaren optoelektronischen Sensors, dessen Integra-
tionszeit punktweise einstellbar ist, eine extrem schnelle
5 Bildaufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes möglich
ist. Dazu wird das Objekt mit einem oder mehreren sehr kurzen
Lichtimpulsen beleuchtet, woraufhin Lichtimpulse der gleichen
Länge vom Objekt zurückgestreut werden. Diese zurückgestreu-
ten Lichtimpulse werden über eine entsprechende Optik auf den
10 optoelektronischen Chip geleitet. Aufgrund der unterschiedli-
chen Abstände unterschiedlicher Objektpunkte vom Sensor wer-
den mit jeweiligen Orten korrespondierende zurückgestreute
Lichtimpulse zu jeweils unterschiedlichen Zeiten am Sensor
ankommen. Für eine Abstandsmessung wird ein Zeitmeßfenster
15 geöffnet, dessen Zeitdauer einer vorbestimmbaren Integrati-
onszeit entspricht. Die Integrationszeit ist kleiner oder
gleich der Länge der ausgesandten und damit auch der Länge
der reflektierten Lichtimpulse. Somit ist sichergestellt, daß
am Ende der Integrationszeit ein einheitliches Abschneiden
20 der zurückgestreuten Lichtimpulse am Sensor erfolgt. Die
zeitverzögert eintreffenden Lichtimpulse je Bildpunktelement
werden hinten abgeschnitten, so daß aufgrund der unterschied-
lichen Ladungen im Raster des optoelektronischen Sensors die
unterschiedlichen Laufzeiten in Ladungsunterschiede umgesetzt
25 werden können. Daraus läßt sich ein dreidimensionales Ab-
standsbild errechnen.

Die Erfindung kann auch derart gestaltet sein, daß anstelle
eines Lichtimpulses mit definierter Länge lediglich ein
30 Lichtintensitätsanstieg mit steiler Flanke Verwendung findet,
der entsprechend am Sensor aufgenommen und ausgewertet wird.
Dadurch wird das Meßergebnis unabhängig vom Verlauf der ab-
fallenden Flanke des Lichtimpulses. Zum anderen kann der Ein-
fluß eines Dunkelstromes, der beispielsweise durch die Be-
35 triebswärme eines Sensorelementes erzeugt wird, sowie der An-
teil des Umgebungslichtes (Störlicht) exakt für jeden Bild-
punkt kompensiert werden. Durch insgesamt drei aufeinander-

folgende Messungen werden zunächst der Dunkelstrom und das Umgebungslicht erfaßt, danach werden in Zusammenhang mit einer Belichtung die vom Objekt reflektierten und am Sensor empfangenen Lichtmengen in Form des Sensorsignales integriert, was anschließend mit einer höheren Integrationszeit wiederholt wird. Daraus läßt sich durch entsprechende Interpolation die Laufzeit des Lichtes für jeden Objektpunkt ermitteln. Dies eröffnet die Verwendung von geringeren Lichtleistungen bei gleichzeitig genauer Messung der Laufzeit und damit der Entfernung zum Objekt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden mit einer sehr langen Integrationszeit sämtliche Lichtimpulse gleichzeitig mit der zuerst beschriebenen Messung oder zeitversetzt danach mit ihrer vollständigen Länge aufgenommen. Dies wird zur Normierung benutzt, so daß Unterschiede im Reflexionsverhalten des Objektes erkannt und ausgeglichen werden können.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen können den Unteransprüchen entnommen werden.

Die wesentlichen Vorteile der Erfindung liegen darin, daß beispielsweise mechanische Shutter entfallen. Es können extrem kurze Bildaufnahmezeiten realisiert werden. Der verwendete optoelektronische Sensor wird allgemein als CMOS-Sensor bezeichnet, wobei dies lediglich die technologische Bezeichnung des Halbleiterbauelementes ist. Mit einem derartigen Sensor lassen sich minimale Integrationszeiten von 50 bis 30 nsec realisieren (Jitter bei weniger als 0,1 %) . Die technische Entwicklung schreitet bei den Integrationszeiten noch voran.

Im folgenden werden anhand von schematischen Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben.

Figur 1 zeigt das Funktionsprinzip zur Erfassung eines dreidimensionalen Abstandsbildes mit einem CMOS-Sensor,

5 Figur 2 zeigt die schematische Darstellung einer zeitlichen Verschiebung zweier Lichtimpulse deren zugehörige Objektpunkte einen unterschiedlichen Abstand zum CMOS-Sensor besitzen, relativ zu Integrationsfenstern,

10 Figur 3 zeigt zwei Varianten des Sensors zur gleichzeitigen Erfassung von dreidimensionalen Abstandsbildern und Intensitäts- bzw. Grauwertbildern mit einem CMOS-Sensor,

15 Figur 4 zeigt die schematische Darstellung der Fahrzeuginnenraumüberwachung mit einem dreidimensionalen CMOS-Sensor.

Figur 5 zeigt die Entfernungsmessung mit integrierendem CMOS-Bildsensor, wobei das Signal der sendeseitigen Laserdiode und die empfangsseitigen Sensorsignale dargestellt sind,

20 Figur 6 zeigt die Entfernungsmessung mit integrierendem CMOS-Bildsensor, wobei in Figur 6a der sendeseitige Betrieb einer Laserdiode und in Figur 6b die durch fortlaufende Integration am Sensor erzielten Sensorsignale dargestellt sind,

25 Figur 7 zeigt in zeitlicher Korrelation die Zusammenhänge zwischen sendeseitiger Beleuchtung und empfangsseitiger Detektion eines Laserimpulses, wobei die in der Figur 7 unten dargestellten Meßsignale in Verbindung mit einer kurzen Integrationszeit und einer sehr langen Integrationszeit dargestellt werden,

30

Figur 8 zeigt in zeitlicher Korrelation die sende- und empfangsseitige Darstellung eines Laserimpulses, wobei auf die Beleuchtungssteuerung des Sensors bezogen zwei unterschiedliche kurze Integrationszeiten vorgesehen sind.

35

Es wird ein Verfahren zur seriellen oder gleichzeitigen Erfassung bzw. Erzeugung eines Intensitäts- und eines dreidimensionalen Abstandsbildes räumlicher Objekt mit einem optoelektronischen Sensor unter Kurzzeitbelichtung beschrieben.

5 Das Verfahren nutzt die Laufzeitunterschiede der von den dreidimensionalen Objekten zurückgestreuten Lichtimpulse bei der bildpunktsynchronen (pixelsynchronen) Detektion am Sensor innerhalb kurzer Integrationszeiten. Dabei wird ein CMOS-Sensor eingesetzt. Dieser Sensor besitzt eine Lichtempfindlichkeit von beispielsweise 1 mLux. Weiterhin weist er eine
10 hohe Intensitätsdynamik von bis zu 10^7 auf, einen wahlfreien Zugriff auf die einzelnen Bildpunkte (Pixel), sowie eine einstellbare Integrationszeit (Sample & Hold). Für die Messung der Ladungsmenge $Q(t)$ bei Belichtung am einzelnen Bildpunkt.

15

Gegenüber Verfahren die eine CCD-Kamera einsetzen, lassen sich besondere Vorteile erzielen, wie beispielsweise die parallele Erfassung von Intensitäts- und dreidimensionalen Bildern, sowie die Realisierung kurzer Bildaufnahmezeiten, die
20 deutlich unter den Auslesezeiten von CCD-Kameras liegen. Weiterhin benötigt der CMOS keine aufwendigen mechanischen Shutter und es müssen auch keine leistungsstarken Laserlichtquellen für die Kurzzeitbelichtung eingesetzt werden.

25 Das Verfahren ist insbesondere für die Erkennung von Personen und Bewegungsabläufen in der Raumüberwachung, beispielsweise Fahrzeuginnen/-außenüberwachung der Automatisierung von Krananlagen sowie der Navigation geeignet.

30 Die wesentlichen Funktionsmerkmale werden anhand von Figur 1 erläutert. Zunächst wird für die Beleuchtung der zu erfassenden räumlichen Objekte mit kurzen Lichtimpulsen beispielsweise <100 ns gesorgt. Die Beleuchtung kann mit Laserlicht, wie beispielsweise mit einer gepulsten Laserdiode oder mit
35 Lichtquellen, wie beispielsweise einer gepulsten LED-Diode erfolgen. Das Verfahren ist unabhängig vom Winkel der Beleuchtung, die nicht unbedingt zentral zur allgemeinen Detek-

tionsrichtung erfolgen muß. So ist beispielsweise auch bei koaxialer Beleuchtung und Detektion der Einsatz eines Ringlichtes denkbar. Die in Figur 1 dargestellte Anordnung dient nur zur schematischen Verdeutlichung des Funktionsprinzips.

5

Eine erste Bildaufnahme A wird mit einer kurzen Integrationszeit Δ_A am CMOS-Sensor verbunden. Die von den Objektpunkten G der dreidimensionalen Szene zurückgestreuten Lichtimpulse 3 der Länge Δ_L (< 100 nsec) werden an den zugehörigen Bildpunkten 9 des CMOS-Sensors innerhalb einer eingestellten kurzen Integrationszeit $\Delta_A \leq \Delta_L$ erfaßt. Durch einen elektronischen Triggerimpuls wird dabei ein fester zeitlicher Bezug zwischen ausgesandtem Lichtimpuls 2 und dem Öffnen des Integrationszeitfensters am CMOS-Sensor hergestellt. Aufgrund der Laufzeit des Lichtes ergibt sich je nach Objektabstand R eine unterschiedliche zeitliche Verschiebung

$$\tau = 2R / V_c \quad (V_c = \text{Lichtgeschwindigkeit})$$

zwischen ausgesandtem und am CMOS-Sensor detektierten Lichtimpuls. Die am Bildpunkt innerhalb der Integrationszeit Δ_A gemessene Ladung Q_A wird dadurch vom Abstand R zwischen Sensor und Objektpunkt G abhängig. Siehe hierzu Figur 2.

$$Q_A \propto I_0 * O_R (\Delta_L - (2R / V_C - t_D)) \quad (1)$$

I_0 Intensität des ausgesandten Lichtimpulses
 O_R Oberflächenreflexionskoeffizient am Objektpunkt G
 t_D Triggerpunktzeitverzögerung zwischen ausgesandtem Lichtimpuls und Start des Integrationsfensters am CMOS-Sensor

Für Objektpunkte G mit gleichem Oberflächenreflexionskoeffizienten O_R wird abhängig von ihrem Abstand R eine unterschiedliche Ladung Q_A am zugehörigen Bildpunkt des CMOS-Sensors gemessen. Damit werden kleine Laufzeitunterschiede

35

der Lichtimpulse in Ladungsänderungen Q_A transformiert, so daß eine integrierte Ladung für jeweils einen Objektpunkt G mit seinem jeweiligen Abstand $R_{(1,...)}$ stellvertretend ist. Diese können bei einem CMOS-Sensor sehr empfindlich und mit hoher
 5 Dynamik detektiert werden. Üblicherweise besitzen die Objekte einer dreidimensionalen Szene eine unterschiedliche Oberflächenreflexion.

Es wird daher zur Normierung des Abstandsbildes noch eine
 10 zweite Bildaufnahme Q_B durchgeführt, die nur von der Oberflächenreflexion der Objekte der dreidimensionalen Szene abhängig ist.

Die Durchführung einer zweiten Bildaufnahme B mit langer Integrationszeit Δ_B dient zur Normierung der Oberflächenreflexion der dreidimensionalen Szene, wobei im Prinzip das herkömmliche Intensitäts- oder Grauwertbild verwendet wird. Hierzu wird am CMOS-Sensor bei einer zweiten Bildaufnahme eine Integrationszeit Δ_B eingestellt, die sehr groß gegenüber
 20 der Länge eines Beleuchtungslichtimpulses ist; $\Delta_B \gg \Delta_L$ z. B. 1 Mikrosekunde. Jetzt werden alle zurückgestreuten Lichtimpulse 3 unabhängig von ihrer Laufzeit in vollem Umfang am CMOS-Sensor detektiert. Die an einem Bildpunkt gemessene Ladung Q_B gibt sich zu

25

$$Q_B \propto I_D \cdot O_R \cdot \Delta_L. \quad (2)$$

Das erhaltene Bild ist nur von der Beleuchtungsintensität I_0 , dem Oberflächenreflektions-Koeffizienten O_R des zugehörigen
 30 Objektpunktes, sowie der Lichtimpulslänge Δ_L abhängig.

Die Erzeugung des zweidimensionalen Abstandsbildes Q_R geschieht durch die Berechnung aus der Differenz und Normierung von Bildaufnahme A und B bzw. Q_A und Q_B

35

$$Q_R = (Q_A - Q_B) / Q_B \quad (3)$$

Aus Gleichung (1) und (2) folgt mit $t_d = 0$ die Gleichung

$$Q_R \propto -2R/(V_c * \Delta_L) \quad (4)$$

5 Dieser Wert kann nach Auslesen und Digitalisieren sowie zusätzlicher Skalierung für alle Bildpunkte direkt als Abstandsbild Q_R ausgegeben werden. Ist die Triggerverzögerungszeit t_d ungleich 0, so addiert sich zu allen Punkten des Abstandsbildes Q_R ein konstanter Offset

10

$$R_D = t_D / (V_c * \Delta_L) \quad (5)$$

R_D = Abstandswert bei t_D (Ladungsoffset)

15

Die gleichzeitige Aufnahme von Intensitäts- und dreidimensionalem Bild bezieht sich auf eine Ausführung einer örtlich und zeitlich parallelen Erfassung von Intensitäts- und Abstandswerten. Hierzu wird eine Chiparchitektur und pixelbezogene Integrationszeit derart gewählt, daß direkt benachbarte Pixel A und Pixel B entsprechend der Figur 3 auf dem CMOS-Sensor die zurückgestreuten Lichtimpulse 3 der dreidimensionalen Szene gleichzeitig mit kurzer Integrationszeit $\Delta_A \leq \Delta_L$ (für Pixel A) aufnehmen und mit langer Integrationszeit $\Delta_B \gg \Delta_L$ (für Pixel B) erfassen. Durch eine auf dem Chip integrierte elektronische Schaltung kann dann direkt das zweidimensionale Abstandsbild

20

25

$$Q_R = (Q_A - Q_B) / Q_B \quad (6)$$

30

der zugeordneten Pixel A und B berechnet und ausgegeben werden.

35

Figur 3 zeigt dazu schematisch zwei mögliche Anordnungen auf dem CMOS-Sensor für die parallele Erfassung von Intensitäts und dreidimensionalem Abstandsbild. Weitere Varianten hierzu sind möglich. Die gleichzeitige Erfassung von Intensitäts- und dreidimensionalem Abstandsbild ist besonders für die Analyse bewegter dreidimensionaler Szenen von Bedeutung, bei-

spielsweise die Erfassung von Personengestik oder die Objektverfolgung. Weitere besondere Kennzeichen der Erfindung sind:

5 - Falls erforderlich kann eine zusätzliche Normierung des dreidimensionalen Abstandsbildes bezüglich Umgebungslicht durchgeführt werden. Hierzu wird zunächst ohne Beleuchtung der dreidimensionalen Szene bzw. des Objekts die Ladung eines Bildpunktes mit kurzer und langer Integrationszeit erfaßt und von den mit Beleuchtung gemessenen Ladungen Q_A und Q_B abgezogen. Anschließend erfolgt die Berechnung des Abstandsbildes Q_R .

15 - Durch zeitliche Mittelung der Signale mehrerer Lichtimpulse kann eine Erhöhung der Empfindlichkeit des Verfahrens gegenüber dem Rauschen bei geringen zurückgestreuten Lichtintensitäten erreicht werden.

20 - Die Meßunsicherheit für die Abstandsbestimmung hängt vom Signal/Rauschverhalten des CMOS-Sensors ab. Erwartet wird das Laufzeitunterschiede zwischen 0,1 ns noch detektiert werden können. Daraus folgt eine Meßunsicherheit von weniger als 3 cm für die Abstandsbestimmung.

Die wesentlichen Verwendungen des beschriebenen Verfahrens und der beschriebenen Vorrichtung betreffen die Überwachung von Innenräumen, insbesondere in Fahrzeugen in Verbindung mit volumetrischen Auswerteverfahren. Die Aufgabe der optischen Innenraumüberwachung bei Fahrzeugen ist die Erkennung der Sitzbelegung, wie beispielsweise Personen, Kindersitz, sonstige Objekte, die Erfassung der Sitzposition von Personen sowie der Diebstahlschutz, d.h. das unzulässige Eindringen in das Fahrzeuginnere von außen. Die Erkennung von Personen und ihrer Sitzposition ist für die stufenweise Auslösung eines Airbaigs (smart Airbaig) von hoher sicherheitsrelevanter Bedeutung und muß im Kollisionsfall sehr zuverlässig und in kurzen Meßzeiten erfolgen. Die Erfindung erfüllt diese Anforderungen durch eine schnelle und zuverlässige Erzeugung eines dreidimensionalen Abstandsbildes Q_R im Fahrzeuginneren, wobei volumetrische Auswerteverfahren eingesetzt werden. Dabei

werden aus den Abstandswerten R in einem Raumwinkelement Ω die von Objekten 1 besetzten Nettovolumenanteile im Fahrzeuginnenraum als Differenz zu den Abstandswerten bei unbesetztem Fahrzeuginnenen bestimmt (siehe hierzu Fig. 4).

5

Das Verfahren und die Vorrichtung liefern weitere wesentliche Vorteile, wie:

- Schnelle, globale Erfassung der aktuellen Sitzbelegung durch Differenzbildung eines dreidimensionalen Abstandsbildes vom Fahrzeuginnenen ohne Objekte (dreidimensionales Referenzbild Q_{RO}) und dem aktuell auszuwertenden dreidimensionalen Abstandsbild mit einer Person oder einem sonstigen Objekt Q_{RP} auf einem Sitz. Dabei gilt für das Nettovolumen V_p der Sitzbelegung:

15

$$V_p = \int_{\Omega} R_0(\Omega) * dF - \int_{\Omega} R_p(\Omega) * dF \quad (7),$$

- wobei R_0 die Abstandswerte ohne Person bzw. sonstigem Objekt und R_p die Abstandswerte mit Person bzw. sonstigem Objekt auf dem Sitz sind und dF eine differenzielle Fläche bezeichnet.

20

- Die adaptive Ermittlung der Sitzbelegung aus der Berechnung der relativen Abstandsänderungen vor und nach dem Einsteigen einer Person ins Fahrzeug kann durchgeführt werden. Durch Anwendung regressiver und stochiastischer Auswerteverfahren kann die Zuverlässigkeit der Differenzbestimmung noch weitergesteigert werden.

25

- Die Größenbestimmung der erfaßten Objekte und globale Unterscheidung von Objekten über Volumen- Vergleichsklassen ist möglich.

30

- Räumliche Zuordnung von besetzten Volumenanteilen ist möglich .

35

- Bestimmung der räumlichen Extrempositionen (x,y,z) des besetzten Volumens im Innenraum für die Steuerung der Airbaig Auslösung kann bestimmt werden.

-Volumetrische Verfolgung von Bewegungsabläufen im Raum bei zeitlich aufeinanderfolgenden Bildaufnahmen und Differenzbildung. Erkennung von Personen und Gestik aus der Bewegungsanalyse.

Diese integrale Volumenbetrachtung ermöglicht eine globale Erfassung von Objekten und Positionen im Raum und ist nicht auf die Bestimmung von Merkmalen, wie beispielsweise Konturen, Ecken, Kanten im Bild zur Objekterkennung angewiesen. Die Auswertezeiten können für die dreidimensionale Bildaufnahme und volumetrische Auswertung unter 10 ms liegen.

Als Anwendungsgebiet des beschriebenen Verfahrens und der Vorrichtung kommt insbesondere ein Fahrzeuginnenraum infrage. Dabei wird für die dreidimensionale Bildaufnahme mit LED-Lichtimpulsen von beispielsweise 50 ns (Nanosekunden) ein Objekt belichtet. Die Integrationszeiten am CMOS-Sensor werden für die Bildaufnahme Q_A zu 50 ns und für die Bildaufnahme Q_B zu 0,5 μ s, gewählt. Die zu erfassende Szenendynamik im Fahrzeuginnenraum soll 200 : 1 betragen. Die Abstandswerte R sollen mit einer Meßunsicherheit <15cm (entsprechender Laufzeitunterschied eines Lichtimpulses = 1 ns) in einem Meßbereich bis 1,5 m (Laufzeit 10 ns) erfaßt werden.

Mit diesen Anforderungen wird am CMOS Sensor eine Intensitätsdynamik von (10 x 200 =) 2000 : 1 erforderlich. Die digitale Erfassung des dreidimensionalen Abstandsbildes Q_R wird damit durch einen 12 Bit A/D Wandler gewährleistet. Für eine Sensorortsauflösung von 50 x 50 Bildpunkten werden für die Bildaufnahmen A mit kurzer Integrationszeit und B mit langer Integrationszeit maximal 10^4 Ausleseoperationen notwendig, die bei Auslesefrequenzen, von beispielsweise 2 MHz zu einer gesamten Bildaufnahmezeit für das dreidimensionale Abstandsbild von maximal 5 ms führen. Die Berechnung der Differenzvolumina aus den 2500 Abstandswerten ist mit einem schnellen

Prozessor, wie beispielsweise einem Pentium mit 200 Mhz in weiteren 5 ms ohne Schwierigkeit ausführbar.

In Figur 4 wird ein Schema für eine Anwendung der Erfindung in Fahrzeuginnenräumen dargestellt. Die Pfeile mit gepunkteten Linien sind stellvertretend für einen nichtbelegten Sitz und die mit durchgezogenen Linien für einen mit einer Person belegten Sitz. Für die globale Objekterkennung und Positionsbestimmung wird der umhüllende Nettovolumenanteil aus den dreidimensionalen Abstandsdaten bei besetztem und bei unbesetztem Fahrzeug bestimmt. Das Nettovolumen V_p einer Person oder eines sonstigen Objektes auf einem Autositz berechnet sich nach Gleichung (7).

Das bisher beschriebene Verfahren zur Aufnahme eines Abstandsbildes beruht auf einem Differenzverfahren, wobei die Laufzeit $T_0 = U_p / U_{ges} * \Delta_A$ beträgt, wobei:

T_0 = Lichtlaufzeit, Δ_A = Integrationszeit,

U_{ges} = Meßsignal bei Δ_B minus Dunkelstromanteil bei Δ_B ,

U_p = U_{ges} minus (Meßsignalanteil bei Δ_A minus Dunkelstromanteil bei Δ_A).

Die weitere hauptsächliche Lösung der Erfindung, die in Figur 8 dargestellt wird, wertet die aufgenommenen Meßsignale am Sensor mittels eines Interpolationsverfahrens aus. Dabei ergibt sich die Laufzeit des Lichtes von der Lichtquelle über das Objekt bis zum Sensor durch den Schnittpunkt der Kurve des Meßsignales in Figur 8, geschnitten mit der Kurve des Dunkelstromanteiles. Für die Lichtlaufzeit gilt

$$T_0 = 2R / V_c ,$$

woraus sich der Abstandswert R ergibt.

Die bei zahlreichen industriellen Anwendungen der Bildverarbeitung notwendige dreidimensionale Bilddatenerfassung ist insbesondere für die automatische Überwachung von Räumen, beispielsweise Autoinnenraum, notwendig. An die Genauigkeit des Entfernungsbildes/Abstandsbildes werden nicht allzu hohe Anforderungen gestellt. Entfernungsbilder mit etwa 1000

Bildpunkten wären für eine Raumüberwachung in den meisten Fällen schon ausreichend. Übliche Triangulationsverfahren scheiden dabei aus Kostengründen, sowie wegen der großen notwendigen Meßbasis, aus.

5

Sowohl die Beleuchtungsart entsprechend Figur 7, als auch die Beleuchtungsart entsprechend Figur 8 lassen eine schnelle und kostengünstige Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes verwirklichen. Das Verfahren, bei dem über die Interpolation die Laufzeit des Lichtes, die zur Auswertung notwendig ist, für jeden Bildelementpunkt des Sensors 4 erzielt wird, ist beispielhaft in Figur 8 dargestellt. Hierin wird anstatt eines Lichtimpulses mit definierter Länge nur ein Lichtintensitätsanstieg mit steiler Flanke ausgewertet. Der am Sensor empfangene vom Objekt reflektierte Laserpuls wird durch zwei unterschiedliche Integrationszeiten abgeschnitten. Dadurch wird zum einen das Meßsignal unabhängig vom Verlauf der abfallenden Flanke des Lichtimpulses und zum anderen kann der Einfluß des Dunkelstromes, der beispielsweise durch die Betriebswärme eines Sensors entsteht, und des Umgebungslichtes exakt für jeden Bildpunkt kompensiert werden.

Figur 5 zeigt die Entfernungsmessung mit integrierendem CMOS-Bildsensor. In dem Zeit t /Sensorspannung U -Diagramm ist zum einen die sendeseitig beleuchtende Laserdiode bzw. deren rechteckförmig ausgebildeter Lichtimpuls dargestellt. Darunter sind die empfangsseitig aufgenommenen Meßsignale dargestellt. Die durchgezogene Linie, die vom Ursprung des Koordinatensystems zu der Spannung U_d führt, ist die erste durchgeführte Messung und beinhaltet einen Dunkelstromanteil plus einen Fremdlichtanteil. U_d wird zur Integrationszeit T_2 , die größer als eine andere Integrationszeit T_1 ist, aufgenommen. Im Anschluß daran wird das Objekt 1 mit der Laserdiode beleuchtet, woraufhin zunächst in den einzelnen Bildpunkten nur die Dunkelströme verbunden mit dem Fremdlichtanteil integriert werden. Wenn aufgrund der Lichtlaufzeit T_0 zusätzliches Licht vom Objektpunkt G zurückgestreut wird, so steigt

das Meßsignal vom Zeitpunkt T_0 entsprechend der Helligkeit des jeweiligen Bildpunktes stärker an. Nach einer bestimmten Integrationszeit T_1 wird dann die Spannung U_1 für alle Bildpunkte ausgelesen und abgespeichert. Der gleiche Vorgang wiederholt sich nun mit der bereits aus der ersten Dunkelstrommessung bekannten Integrationszeit T_2 . T_1 beträgt beispielsweise 30 ns und T_2 beträgt beispielsweise 60 ns. An den Stellen, an denen das Meßsignal die Zeiten T_1 bzw. T_2 schneidet, was gleichbedeutend ist mit einem Abschneiden des empfangenen Lichtimpulses, ergibt sich der Punkt U_1 bzw. der Punkt U_2 . Es gilt die Beziehung $\Delta U = U_2 - U_1$. Die Lichtlaufzeit T_0 errechnet sich nach der Formel die in Figur 5 dargestellt ist. Verlängert man eine Gerade durch die Punkte U_2 und U_1 , so schneidet diese Gerade nach unten hin die Dunkelstrom darstellende Gerade zwischen dem Ursprung des Koordinatensystems und der Spannung U_D . Am Schnittpunkt kann die Lichtlaufzeit T_0 abgelesen werden. Sämtliche Werte für U_1 und U_2 bzw. ΔU werden ebenfalls für alle Bildpunkte ausgelesen und gespeichert. Aus den für jeden Bildpunkt abgespeicherten Spannungen U_D , U_1 , U_2 und ΔU in Verbindung mit den vorgegebenen Integrationszeiten T_1 und T_2 läßt sich eindeutig und exakt für jeden Bildpunkt die Laufzeit T_0 berechnen, auch wenn relativ hohe Dunkelstromanteile U_D vorliegen. Dabei gilt:

$$T_0 = U_1 \cdot \Delta T - \Delta U \cdot T_1 / (U_D \cdot \Delta T / T_2 - \Delta U).$$

Dies eröffnet die Verwendung von geringeren Lichtleistungen bei gleichzeitig genauer Messung der Laufzeit und damit der Entfernung zum Objekt.

30

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß zur Verringerung der aus Kostengründen meist kritischen Laserleistung eine mehrfache Wiederholung des oben beschriebenen Vorgangs in hintereinander geschieht, wobei sich die ergebenden Werte für U_1 , U_D , und ΔU erst am Ende der Mehrfachbelichtung von CMOS-Sensoren auslesen lassen und digitalisiert werden. Siehe hierzu die Figuren 6a und 6b. Eine analoge Mittelwertbildung

35

für die Mehrfachbelichtung auf dem CMOS-Sensor vermeidet auch die relativ langen Auslesezeiten bei einer späteren digitalen Mittelung. Eine adaptive Einstellung auf die jeweilige Reflektivität des Objektes im Hinblick auf die Optimierung des Signal-/Rauschverhältnisses der Meßwerte wird, dadurch erzielt, daß in wenigen Testbildern die Zahl der Belichtungen solange gesteigert wird, bis sich in einer gewissen Menge von Bildpunkten des Gesamtbildes eine Sättigung der Werte $n(U_1 + \Delta U)$ einstellt; mit n = Anzahl der Mehrfachbelichtungen.

10

Durch die beschriebenen Schritte wird ermöglicht, daß eine exakte Berechnung von der Lichtlaufzeit T_0 bei vorliegendem Dunkelstrom und Umgebungslicht möglich ist, daß das Auslesen des Signales vom CMOS-Sensor erst nach der Mehrfachbelichtung geschieht, woraufhin sich die Digitalisierung anschließt und daß eine adaptive Einstellung der Mehrfachbelichtung entsprechend der Objektreflektivität vorgenommen werden kann. Durch diese Maßnahmen kann eine bisher notwendige Laserleistung um den Faktor 10 bis 20 gesenkt werden bzw. die Genauigkeit erhöht werden.

15

20

Das in dem Bildsensor verwendete Sensorprinzip ist ein integrierendes Verfahren, beispielsweise auf der Basis einer $n^+ - p$ -Photodiode. Diese Photodiode ist Bestandteil eines elektronischen Kurzzeitintegrators, der weiterhin einen Kondensator und mehrere Transistoren aufweist. Die Verschaltung geschieht derart, daß sich beispielsweise die Kapazität des Kondensators in Abhängigkeit von dem auf die Photodiode einfallenden Licht entlädt. Dies wird über einen sog. Shutter-Transistor gesteuert. Im Anschluß daran wird beispielsweise das in dem Kondensator verbleibende Potential ausgelesen. Um eine synchronisierte Beleuchtung zu gewährleisten wird die Zeitsteuerung des elektronischen Kurzzeitintegrators ein sog. Strobe-Signal zur Ansteuerung einer Lichtquelle erzeugen. Für jedes Bildpunktelement des Sensors 4 wird ein derartiger elektronischer Kurzzeitintegrator (elektronischer Shutter) verwendet. Anstelle der am Ende einer Messung im Kondensator

25

30

35

verbleibenden Potential kann auch das bereits abgeführte Potential als Meßwert herangezogen werden.

In Figur 6a sind mehrere hintereinander geschaltete sendeseitige Laserimpulse dargestellt. In Figur 6b wird beispielhaft die Integrationszeit T_1 in Verbindung mit der jeweiligen Spannung U_1 und dem Dunkelstromanteil U_D dargestellt. Gleiches kann für T_2, U_2 und U_D aufgetragen werden. Es ergibt sich für jede Belichtung bzw. Mehrfachbelichtung ein Wert für die Lichtlaufzeit T_0 .

In der Gegenüberstellung der Figuren 7 und 8 ist zu erkennen, daß das Interpolationsverfahren entsprechend Figur 8 kürzere Beleuchtungszeiten aufweist. Die jeweils in der Mitte dargestellten Shutter-Zeiten von beispielsweise 30ns und 60 ns in Figur 8 und 60 ns in Verbindung mit einer sehr langen Laserimpulszeit in Figur 7 sollen die Integrationszeiten am Sensor festlegen. In der Figur 7 ist im oberen Teil das zeitliche Verhältnis zwischen der sendeseitigen Beleuchtung und dem empfangsseitigen Eintreffen des Laserimpulses dargestellt. Die in den Figuren 5 bis 8 jeweils dargestellten Ausführungsbeispiele weisen keine Triggerverzögerungszeit auf. Dies bedeutet, daß empfangsseitig mit dem Beginn des Sensorimpulses das Meßfenster geöffnet wird. Dies bedeutet für die Darstellung in Figur 7, daß der Kurzzeit-Shutter (60ns) den empfangenen Laserpuls, jeweils bezogen auf einen Objekt- bzw. Bildelementpunkt, bei der Zeit Δ_A abschneidet. Die Zeitdauer des Lichtimpulses ist sende- wie empfangsseitig Δ_L . Es wird deutlich, daß auf Grund von verschiedenen Lichtlaufzeiten der elektronische Kurzzeitintegrator am Sensor jeweils ein Potential als Meßwert liefern wird, daß in Abhängigkeit von der Laufzeit ab dem Zeitpunkt T_0 bis zum Ende von Δ_A aufintegriert wird. Die Integrationszeit Δ_B wird im Falle der Figur 7 zum Ausgleich von Reflektivitätsunterschieden am Objekt 1 verwendet. Dabei wird ein Dunkelstrom und Fremdlichtanteil ermittelt, der entsprechend vom Meßsignal abgezogen werden kann.

Die Figur 8 zeigt eine der Figur 7 entsprechende Darstellung, wobei der obere Teil identisch dem der Figur 7 ist. In der Mitte der Figur 8 werden zwei Kurzzeit-Shutterzeiten dargestellt. Diese werden in ähnlicher Weise wie in Figur 7 zum Abschneiden der am Sensor 4 eintreffenden Laserimpulse verwendet. Somit ergeben sich eine kürzere Integrationszeit T_1 und eine längere Integrationszeit T_2 . Das Meßsignal weist in den Figuren 7 und 8 einen Dunkelstrom und Fremdlichtanteil auf. Das Meßsignal ergibt sich somit aus der Addition des Photostromanteils zu dem Dunkelstrom und Fremdlichtanteil. Anders ausgedrückt kann der Photostromanteil ermittelt werden, indem vom Meßsignal der Dunkelstrom und Fremdlichtanteil angezogen wird. Die Lichtlaufzeit T_0 ergibt sich an der Stelle auf der Zeitachse an der das Meßsignal bei einem eingehenden reflektierten Lichtimpuls von dem normalen Verlauf des Dunkelstrom- und Fremdlichtanteils abweicht, weil der Photostromanteil nicht mehr Null ist. Die Auswertung, die die Lichtlaufzeit T_0 ergibt, ist in Zusammenhang mit Figur 5 beschrieben worden.

Zur deutlichen Reduzierung der Laserleistung ist vorgesehen, daß ein Meßobjekt seriell partiell beleuchtet wird. Beleuchtung und Auswertung geschehen gleichzeitig. Somit wird ein Objekt 1 partiell seriell beleuchtet und jeweils ausgewertet, wobei jeweils einer von mehreren Lichtquellen ein bestimmter Teil des Objektes 1 zugeordnet ist. Darüberhinaus kann die Anstiegszeit der Intensität einer Lichtquelle 10, beispielsweise eines Lasers, deutlich verkürzt werden, wie etwa auf 0,1 ns.

Figur 9 zeigt schematisch eine Anordnung von drei Lichtquellen 10, die ein Objekt 1 jeweils in einem vorbestimmten Bereich 11 beleuchten. Der Sensor 4 empfängt die den partiellen Bereichen 11 auf dem Objekt 1 entsprechenden reflektierten Lichtanteile und verarbeitet sie weiter. Diese Ausgestaltung ermöglicht die Begrenzung beispielsweise der Laserleistung

einer Beleuchtungseinheit mit einem Laser. Die serielle Beleuchtung und Detektion ist kostengünstig realisierbar und durch bestimmte Normen vorgegebene maximale Laserleistungen werden problemlos unterschritten. Außerdem läßt sich begleitend dazu die Anstiegszeit der Laserintensität deutlich, beispielsweise auf 0,1 nsec, verkürzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes von räumlichen Objekten unter Einsatz eines bildpunktauflösenden optoelektronischen Sensors (4) mit an jedem Bildpunktelement (9) vorhandenem elektronischen Kurzzeitintegrator, wobei eine Integrationszeit einstellbar ist, bestehend aus folgenden Schritten:
- 5
- 10 - das Objekt (1) wird mit mindestens einem Lichtimpuls (2) vorgegebener Zeitdauer Δ_L beleuchtet,
- von Objektpunkten (G) zurückgestreute Lichtimpulse (3) werden an zugehörigen Bildpunkten des Sensors(4) innerhalb einer vorgegebenen kurzen Integrationszeit Δ_A , mit $\Delta_A \leq \Delta_L$,
15 erfaßt, wobei der Zeitpunkt für den Beginn der Integrationszeit Δ_A vor dem Eintreffen des ersten zurückgestreuten Lichtimpulses (3) liegt, der dem nächstliegenden Objektpunkt (G) entspricht,
- aus den entsprechend ihrer unterschiedlichen Laufzeiten resultierenden unterschiedlichen aufgenommenen Intensitäten
20 der zurückgestreuten Lichtimpulse (3) werden Abstandswerte ermittelt.
2. Verfahren zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes von räumlichen Objekten unter Einsatz eines bildpunktauflösenden optoelektronischen Sensors (4) mit an jedem Bildpunktelement (9) vorhandenem elektronischen Kurzzeitintegrator, wobei eine Integrationszeit einstellbar ist, bestehend aus folgenden Schritten:
- 25
- 30 - Aufnahme und Integration des einen Dunkelstrom und Umgebungslicht darstellenden Sensorsignales von dem Beginn der Aufnahme und Integration bis zu einer vorgegebenen Integrationszeit T_2 ,
- 35 - Beginn der Belichtung eines Objektes (1) durch eine Beleuchtungseinrichtung (5) zeitgleich mit dem Beginn der Aufnahme und der Integration des Sensorsignales am Sensor (4),

wobei innerhalb eines Lichtintensitätsanstieges des am Sensor (4) empfangenen Lichtes bis zu einer Integrationszeit T_1 integriert wird und T_1 kleiner ist als T_2 ,

- 5 - wiederholte Belichtung des Objektes (1) durch die Beleuchtungseinrichtung (5) mit zeitgleichem Beginn der Aufnahme und der Integration des Sensorsignales am Sensor (4), wobei innerhalb des Lichtintensitätsanstieges des am Sensor (4) empfangenen Lichtes bis zu der Integrationszeit T_2 integriert wird,
- 10 - zu den Zeitpunkten T_1 und T_2 wird für alle Bildpunkte der jeweils integrierte Wert des Sensorsignales ausgelesen und gespeichert und
- aus den gespeicherten Werten werden für jeden Bildpunkt die Laufzeit T_0 des Lichtes von der Beleuchtungseinrichtung
- 15 (5) über das Objekt (1) bis zum Sensor (4), sowie ein entsprechender Abstandswert, berechnet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, worin die einzelnen Verfahrensschritte zur Gewinnung eines Sensorsignales jeweils

20 mehrfach wiederholt werden, und die daraus resultierenden Signale für jeden einzelnen Bildpunkt integriert werden und sich erst in Anschluß an die Mehrfachbelichtung das Auslesen, Abspeichern und Auswerten der Sensorsignale anschließt.

25 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin abgespeicherte Werte digitalisiert werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, worin eine adaptive Einstellung auf die jeweilige Reflektivität eines

30 Objektes (1) dadurch geschieht, daß die Zahl der Mehrfachbelichtungen solange gesteigert wird, bis in einer vorgegebenen Menge von Bildpunkten des Gesamtbildes die integrierten Intensitätswerte bei T_1 und bei T_2 in die Nähe einer Sättigung kommen.

35

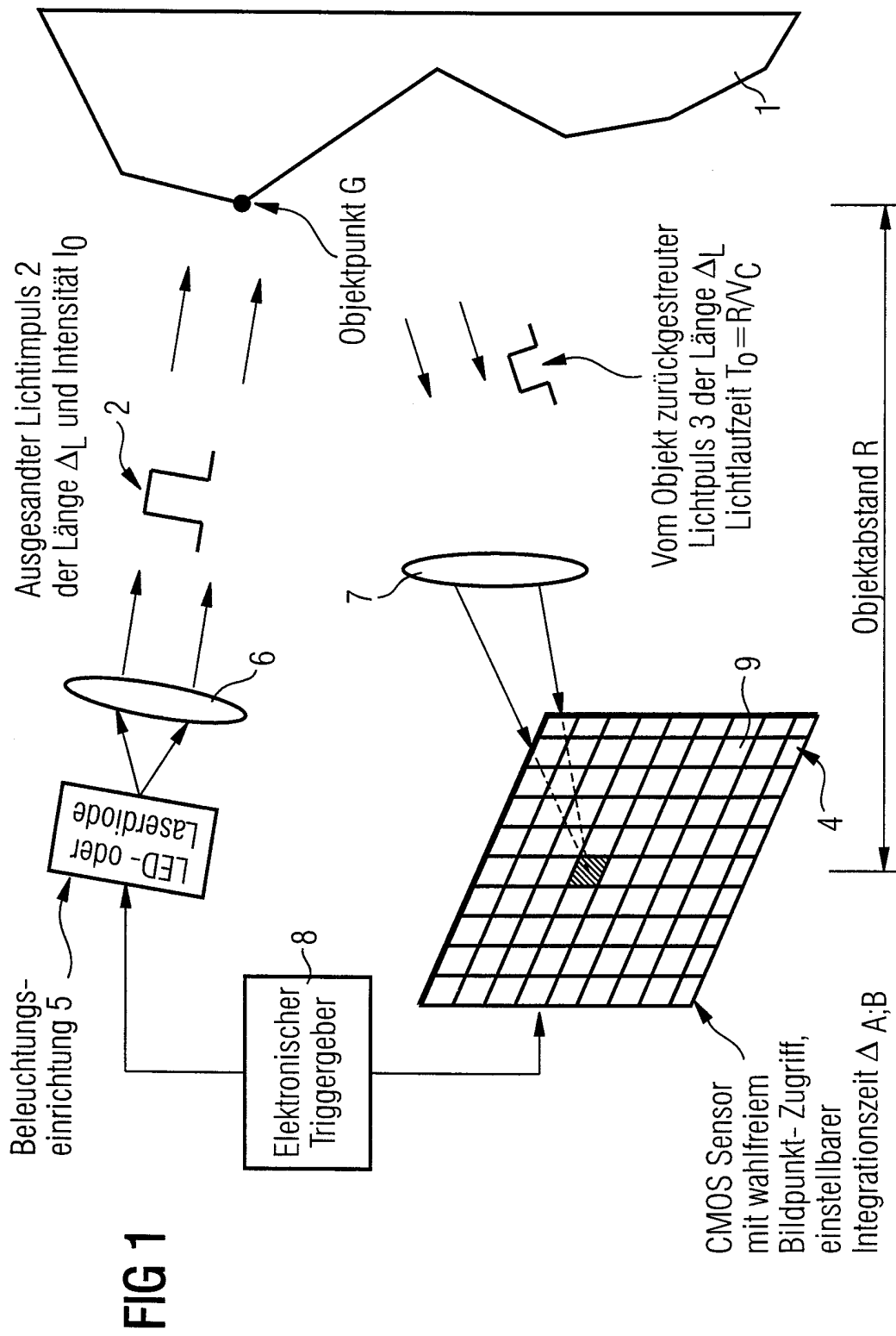
6. Verfahren nach Anspruch 5, worin die Zahl der Mehrfachbelichtungen oder die Intensität der Laserstrahlung solange ge-

steigert wird, bis für jeden einzelnen Bildpunkt des Gesamtbildes bei T_1 und bei T_2 die einzelnen integrierten Intensitätswerte in die Nähe einer Sättigung kommen.

- 5 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, worin das integrierte Sensorsignal im wahlfreien Bildpunktzugriff für jeden einzelnen Bildpunkt oder für ein Segment von Bildpunkten ausgelesen wird, wobei ein Segment eine Zeile des optoelektronischen Bildsensors sein kann.
- 10
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein räumliches Objekt (1) mittels mehrerer partiell das Objekt beleuchtender Lichtquellen (10) beleuchtet wird, diese Lichtquellen (10) seriell aktiviert werden und die Auswertung
- 15 entsprechend bei der jeweiligen Beleuchtung geschieht.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Integrationszeit bildpunktweise einstellbar ist.
- 20 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 9, worin zur gleichzeitigen oder nachfolgenden Normierung der Oberflächenreflexion des Objektes (1) zusätzlich sämtliche zurückgestreuten Lichtimpulse (3) mit einer langen Integrationszeit $\Delta_B \gg \Delta_L$ vollständig erfaßt werden.
- 25
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 10, worin der Beginn einer Integrationszeit $\Delta_A; \Delta_B$ mit einer Triggerimpulsverzögerung gegenüber dem Sendeimpuls verbunden ist.
- 30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 11, worin eine Integrationszeit Δ_A weniger als 100 ns beträgt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 12, worin eine Integrationszeit Δ_B ca. 1µs beträgt.
- 35
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine Lichtimpulslänge weniger, als 100 ns beträgt.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin zur gleichzeitigen Aufnahme eines dreidimensionalen Bildes und eines Grauwertbildes auf dem Sensor (4) zeilenweise unterschiedliche Integrationszeiten Δ_A bzw. Δ_B oder T_1 bzw. T_2 eingestellt werden.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin zur gleichzeitigen Aufnahme eines dreidimensionalen und eines Grauwertbildes auf dem Sensor (4) bildpunktweise unterschiedliche Integrationszeiten Δ_A bzw. Δ_B oder T_1 bzw. T_2 abwechselnd eingestellt werden.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin das Objekt (1) mit Lichtimpulsen eines Lasers oder einer gepulsten Leuchtdiode beleuchtet wird.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Sensor (4) wahlfrei auslesbar ist.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Sensor (4) ein CMOS Sensor ist.
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Entfernung vom Sensor (4) zu mindestens einem Punkt als Referenzabstand bekannt ist.
21. Verfahren nach Anspruch 20, worin beim Einsatz in einem Fahrzeug ein Referenzpunkt am Türrahmen positioniert ist.
22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine Erkennung von statischen Objekten und/oder von Bewegungsabläufen vorgenommen wird.
23. Verfahren nach Anspruch 22, worin Objekte überwacht werden, wie Gegenstände oder Personen in Räumen oder in Fahrzeugen.

24. Verfahren nach Anspruch 22, worin Fahrzeuge oder Krananlagen überwacht werden und/oder worin eine allgemeine Positionsbestimmung in einem Navigationssystem vorgenommen wird.
- 5
25. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, worin eine Sitzbelegung und/oder eine Sitzposition beispielsweise einer Person in einem Fahrzeug erkannt wird.
- 10
26. Vorrichtung zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandbildes, bestehend aus:
- einer Beleuchtungseinrichtung (5), die Lichtimpulse (2) über eine Optik (6) auf ein Objekt (1) sendet,
 - einem optoelektronischen Sensor (4) mit einer vorgeschalteten Optik (7), der die vom Objekt (1) zurückgestreuten
 - 15 Lichtimpulse (3) detektiert, wobei der Sensor (4) durch eine Vielzahl von Bildpunktelementen (9) bildpunktauflösend aufgebaut und wahlfrei auslesbar ist und eine Integrationszeit bildpunktweise einstellbar ist,
 - 20 - einer Triggereinrichtung (8) zur zeitlichen Abstimmung zwischen Beleuchtungseinrichtung (5) und Sensor (4),
 - einer Recheneinheit zur Berechnung eines dreidimensionalen Bildes aus entsprechenden Ladungen der Bildpunktelemente (9) des Sensors (4).
- 25
27. Vorrichtung nach Anspruch 26, worin an den Bildpunktelementen (9) des Sensors (4) zeilen- oder spaltenweise abwechselnd eine kurze Integrationszeit Δ_A bzw. T_1 und eine lange Integrationszeit Δ_B bzw. T_2 eingestellt ist.
- 30
28. Vorrichtung nach Anspruch 26, worin an den Bildpunktelementen (9) des Sensors (4) abwechselnd kurze und lange Integrationszeiten Δ_A bzw. Δ_B oder T_1 bzw. T_2 eingestellt sind.
- 35
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28, worin die Recheneinheit auf dem Sensor (4) angeordnet ist.



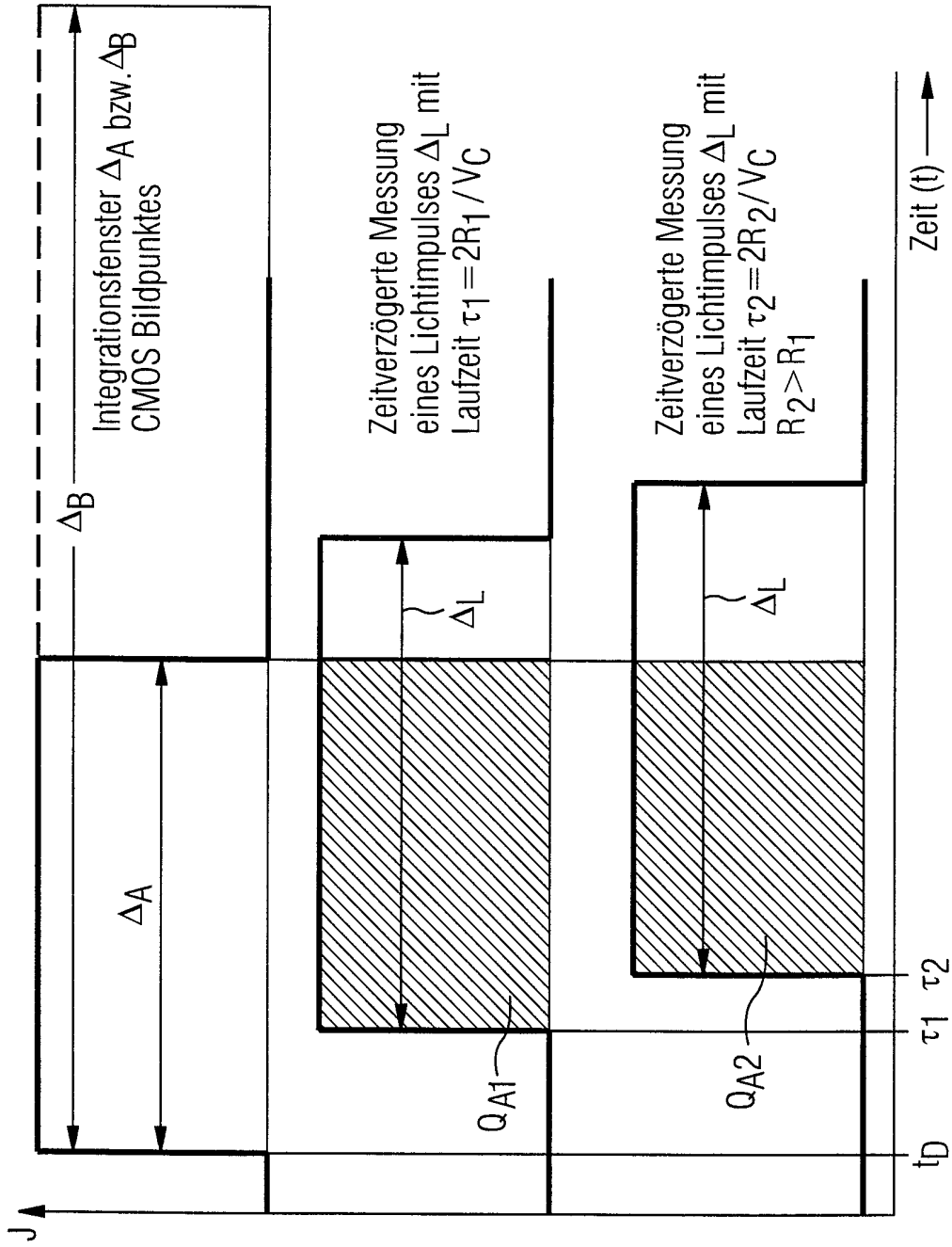
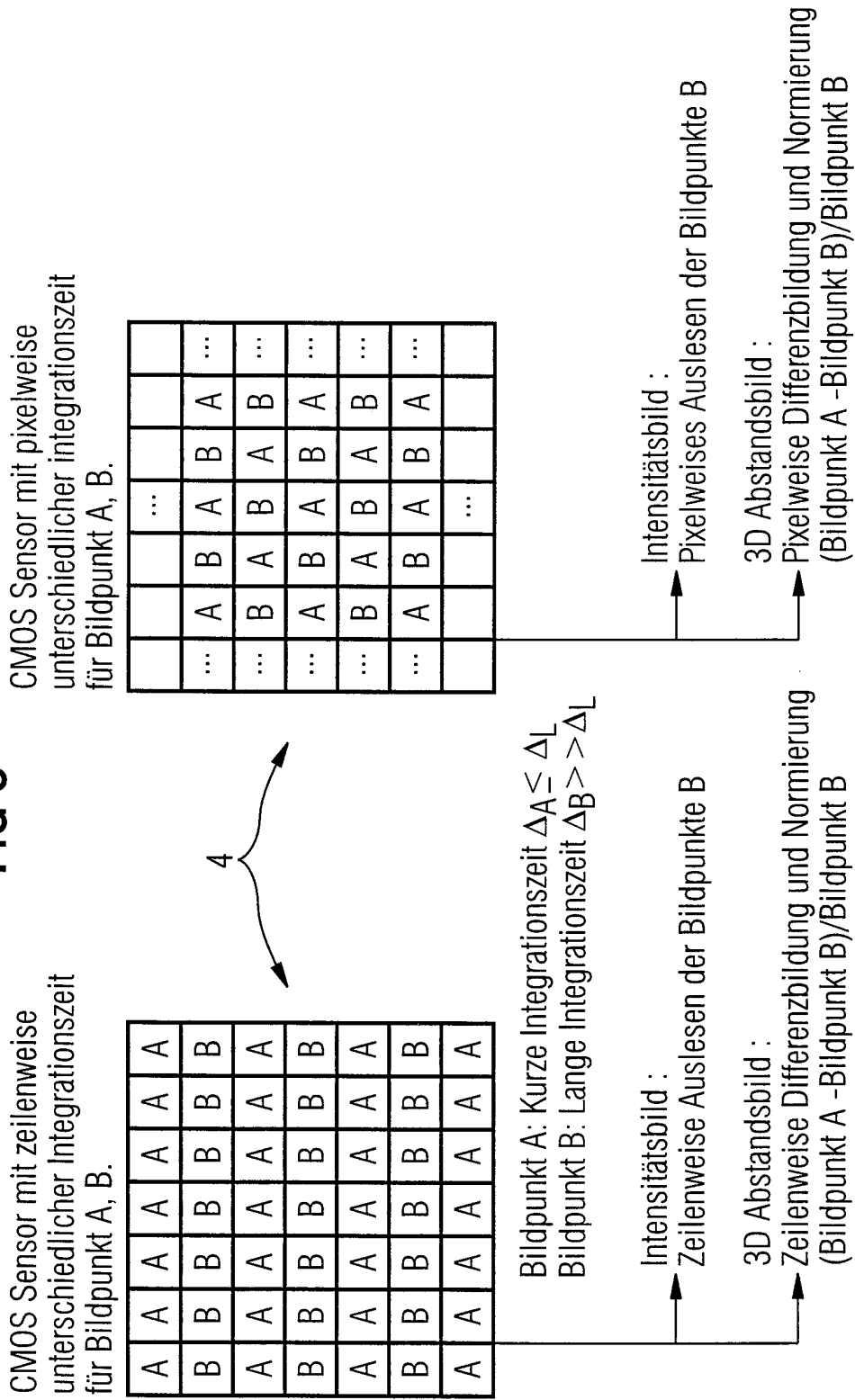


FIG 2

FIG 3



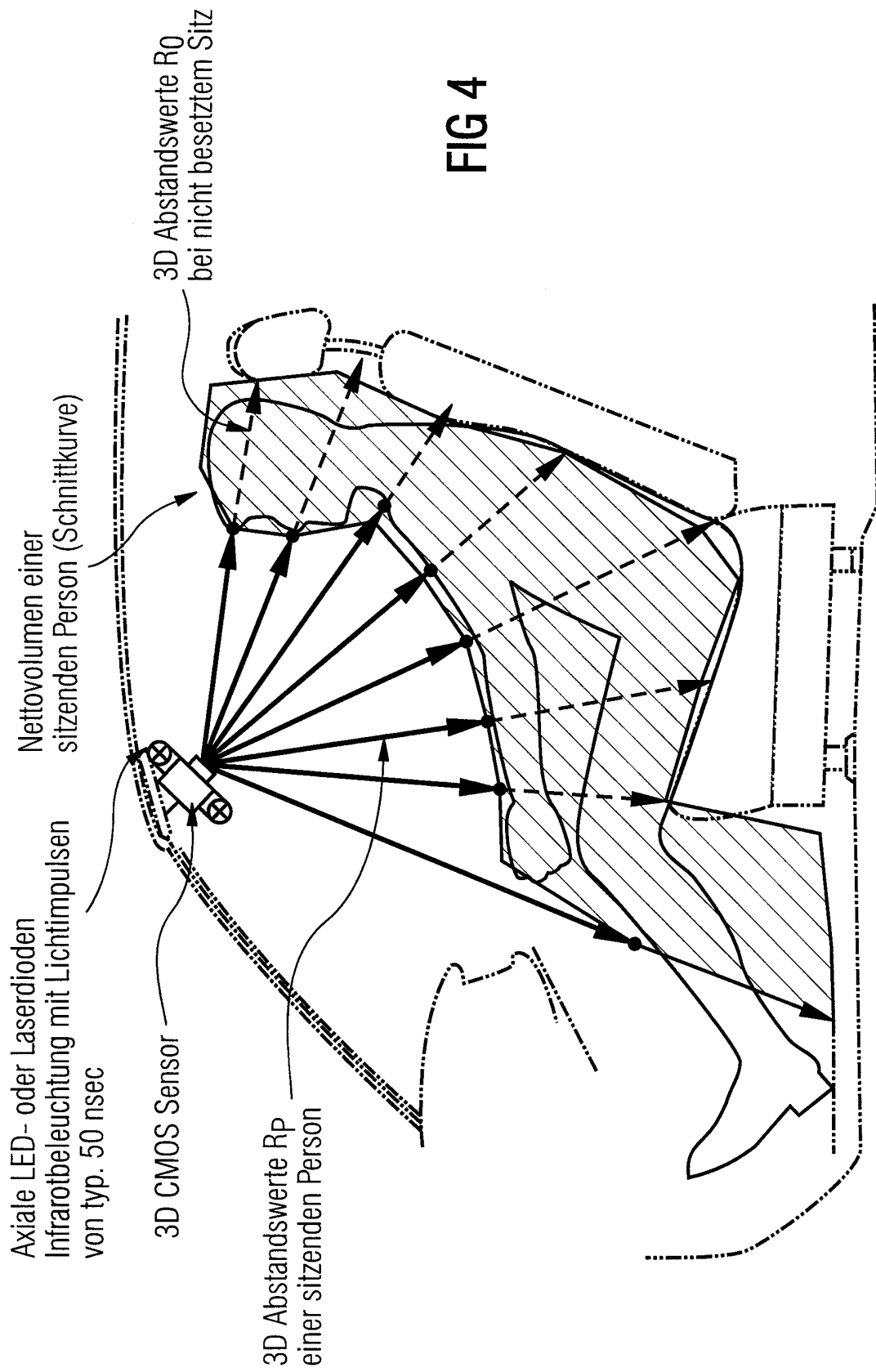


FIG 4

5/8

FIG 5

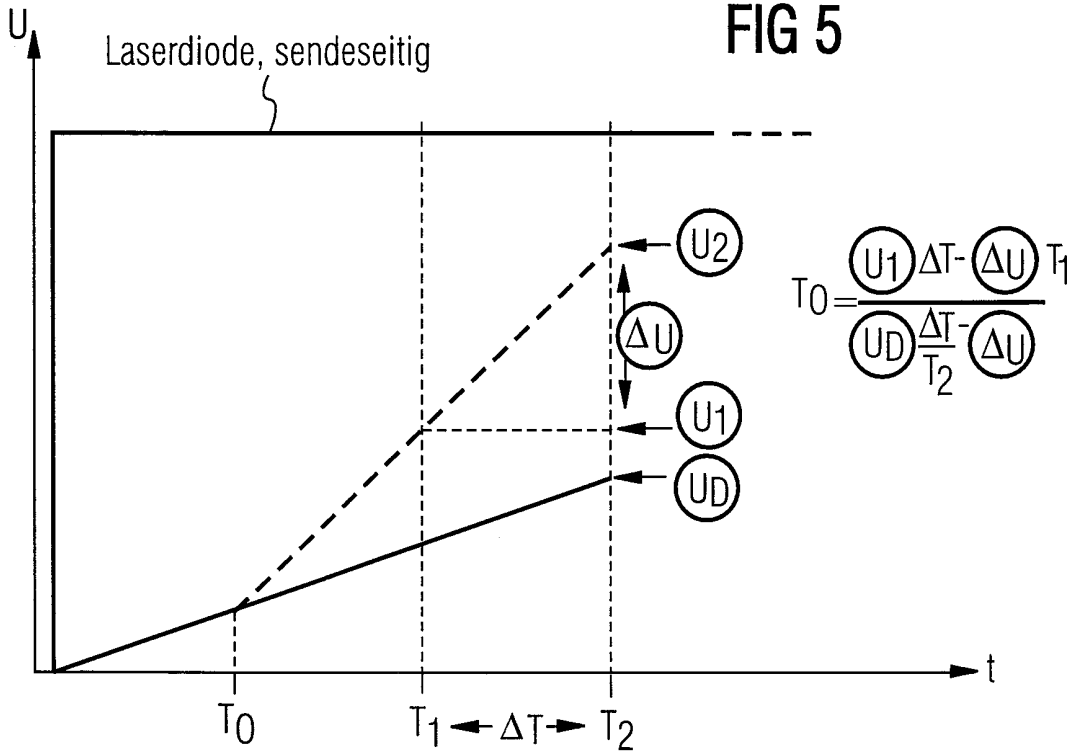


FIG 6A

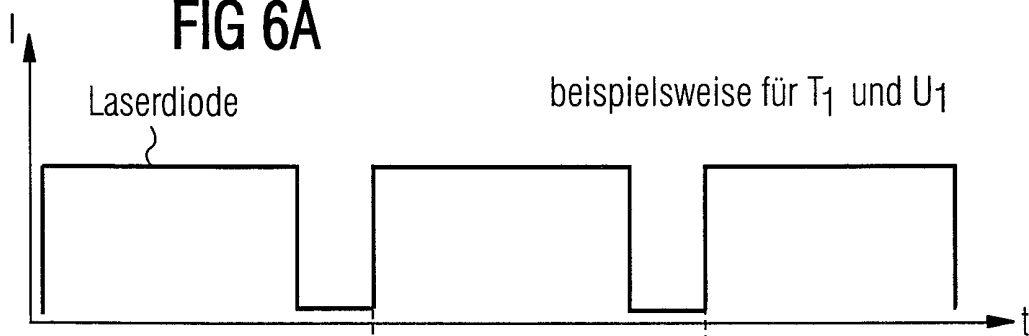


FIG 6B

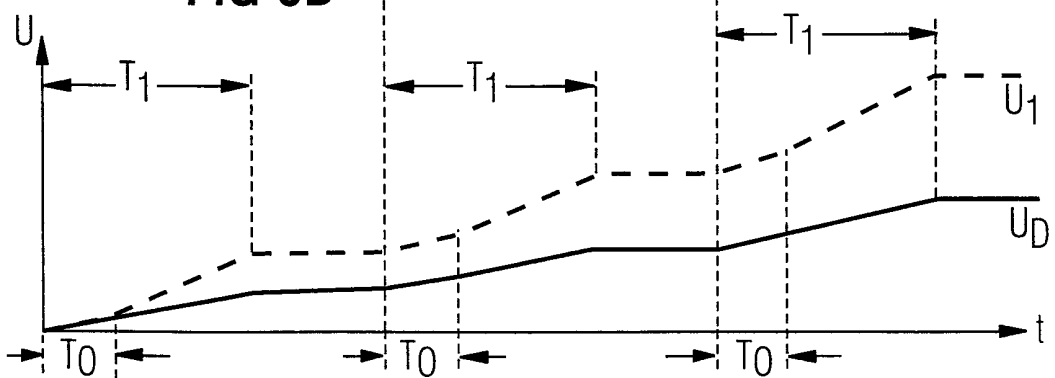


FIG 7

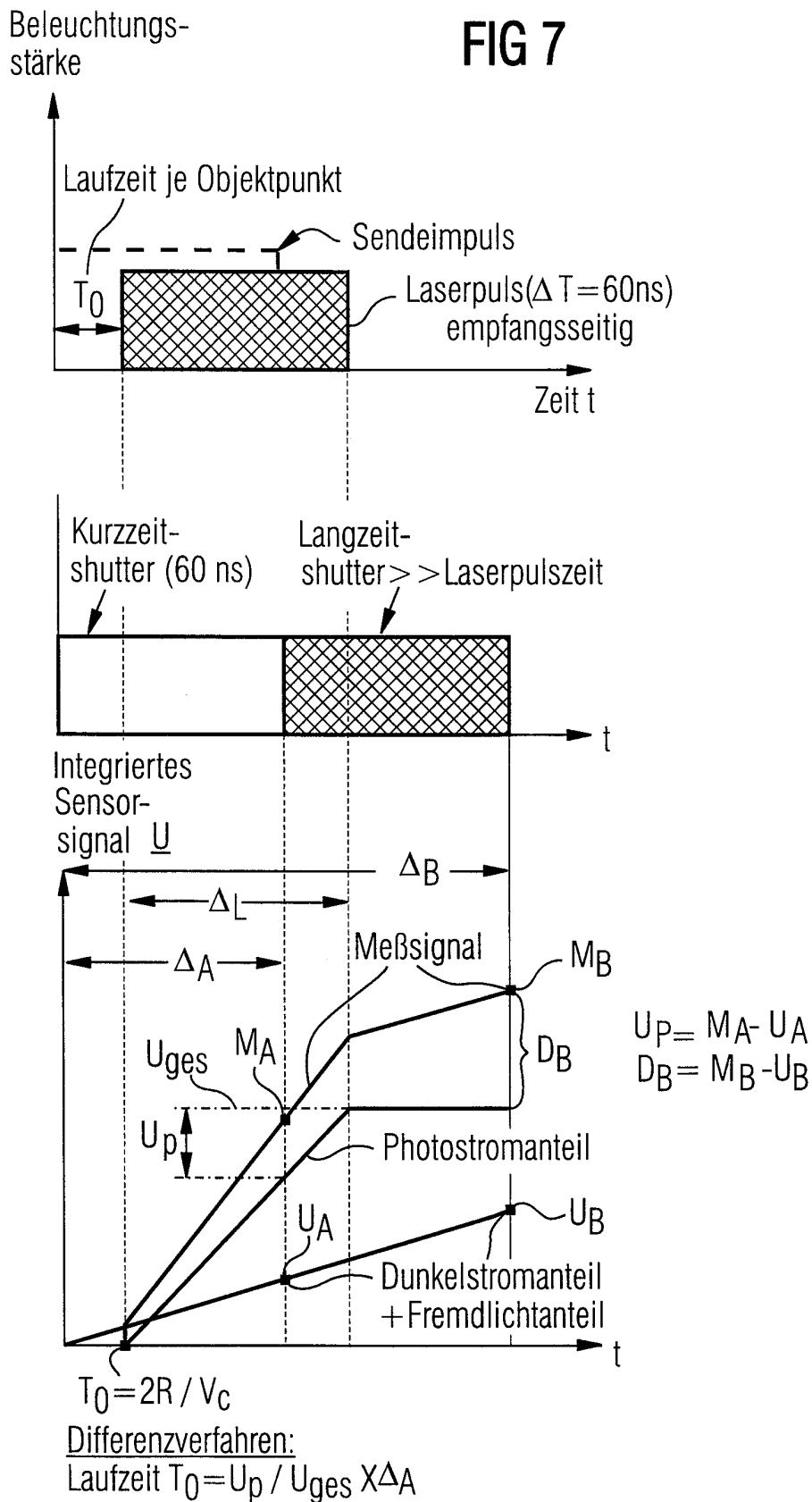
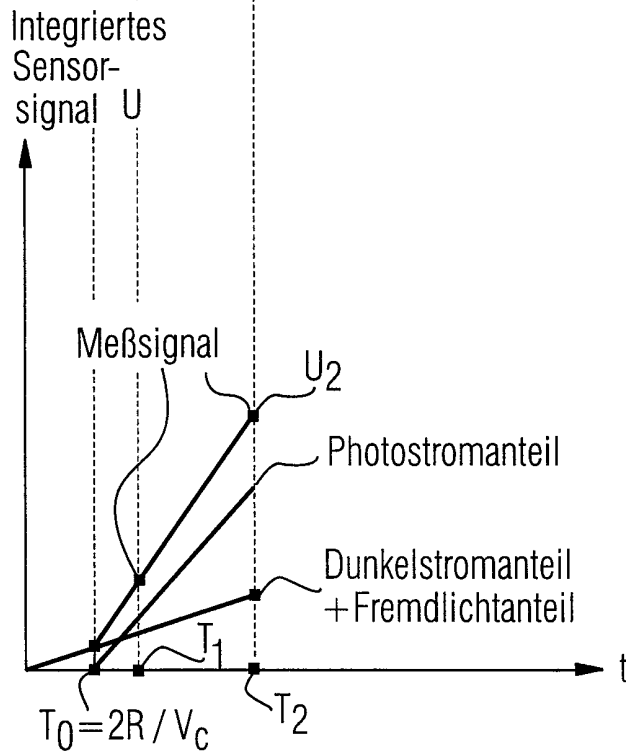
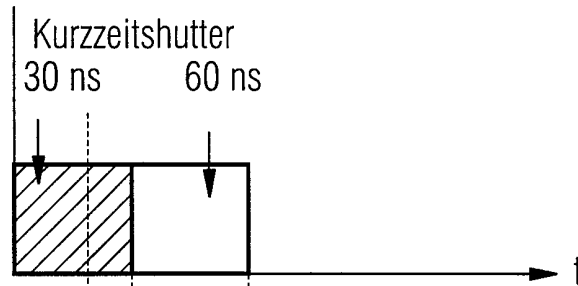
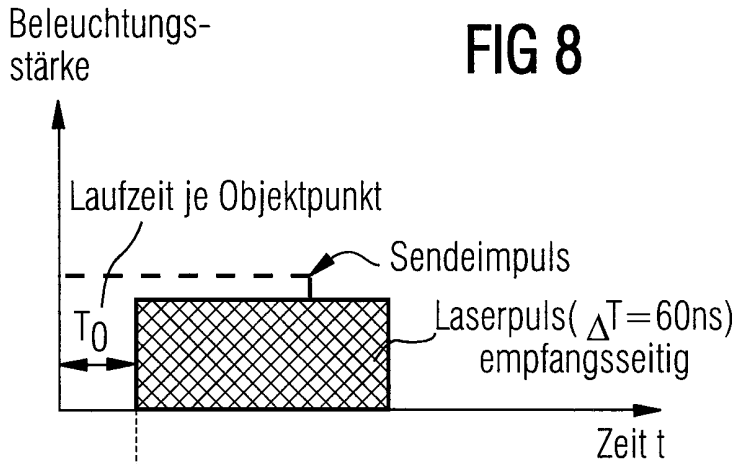
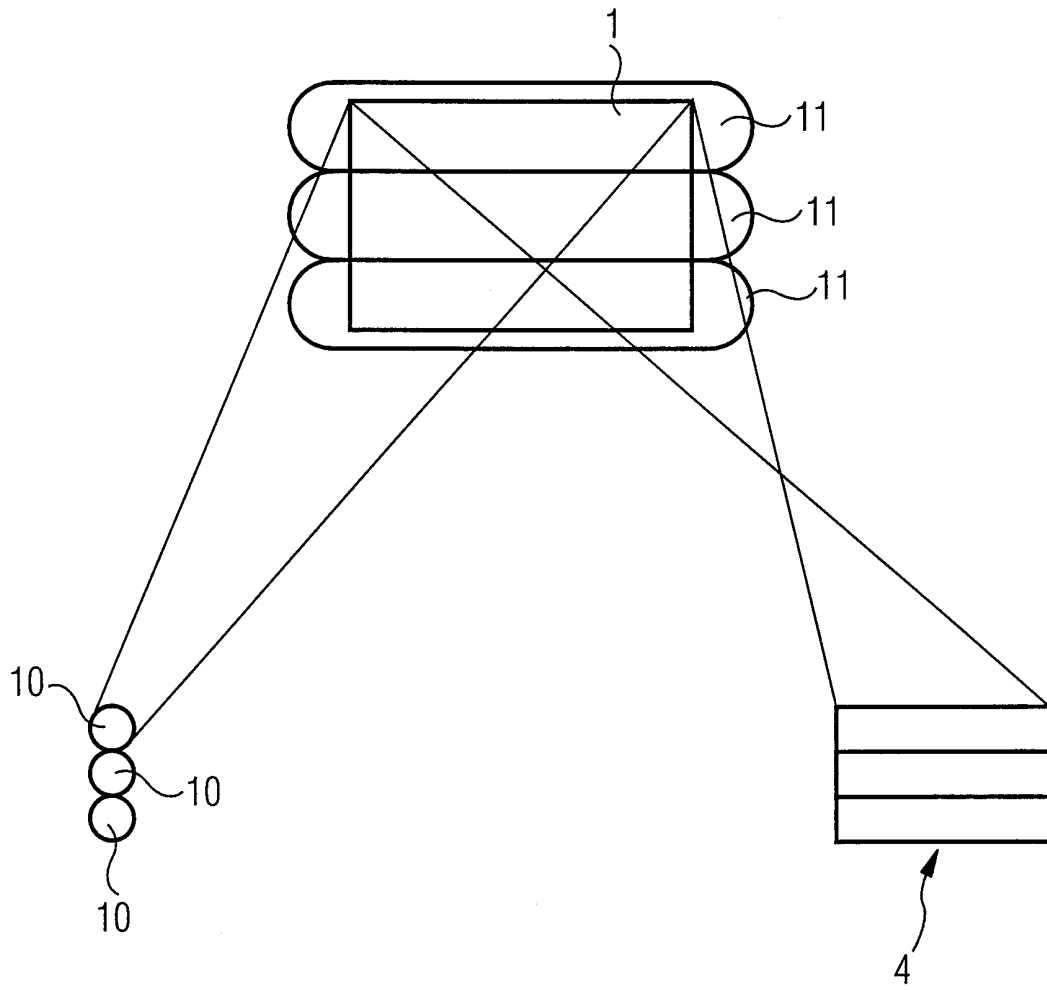


FIG 8



Interpolationsverfahren:
 Laufzeit $T_0 =$ Schnittpunkt aus Meßsignal mit Kurve für
 (Dunkelstrom + Umgebungslicht)

FIG 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/03344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 G01S17/89 G01S17/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01S G08B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 363 735 A (KAMAN AEROSPACE CORP) 18 April 1990 * Background of the Invention * see page 2, line 52 - page 3, line 10 see page 5, line 7 - line 31 * Video Processor * ----	1, 2, 26
A	EP 0 465 806 A (BALL CORP) 15 January 1992 see column 4, line 10 - column 6, line 8 see column 8, line 5 - line 45 ----	1, 2, 26
A	WO 97 11353 A (DAEDALUS ENTERPRISES INC ;WESOLOWICZ KARL G (US); DILWORTH DAVID S) 27 March 1997 see page 9, line 8 - line 28 -----	1, 2, 26

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 March 1999

Date of mailing of the international search report

08/04/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ó Donnabháin, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/03344

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0363735 A	18-04-1990	US 5013917 A	07-05-1991
		AU 626157 B	23-07-1992
		AU 4103789 A	26-04-1990
		CA 1332978 A	08-11-1994
		IL 91310 A	21-10-1994
		JP 2211782 A	23-08-1990
EP 0465806 A	15-01-1992	US 5056914 A	15-10-1991
		JP 5100028 A	23-04-1993
WO 9711353 A	27-03-1997	US 5793034 A	11-08-1998
		AU 7361896 A	09-04-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03344

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 G01S17/89 G01S17/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 6 G01S G08B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 363 735 A (KAMAN AEROSPACE CORP) 18. April 1990 * Background of the Invention * siehe Seite 2, Zeile 52 - Seite 3, Zeile 10 siehe Seite 5, Zeile 7 - Zeile 31 * Video Processor * ---	1,2,26
A	EP 0 465 806 A (BALL CORP) 15. Januar 1992 siehe Spalte 4, Zeile 10 - Spalte 6, Zeile 8 siehe Spalte 8, Zeile 5 - Zeile 45 ---	1,2,26
A	WO 97 11353 A (DAEDALUS ENTERPRISES INC ;WESOLOWICZ KARL G (US); DILWORTH DAVID S) 27. März 1997 siehe Seite 9, Zeile 8 - Zeile 28 -----	1,2,26

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. März 1999

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

08/04/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ó Donnabháin, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03344

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0363735 A	18-04-1990	US 5013917 A	07-05-1991
		AU 626157 B	23-07-1992
		AU 4103789 A	26-04-1990
		CA 1332978 A	08-11-1994
		IL 91310 A	21-10-1994
		JP 2211782 A	23-08-1990

EP 0465806 A	15-01-1992	US 5056914 A	15-10-1991
		JP 5100028 A	23-04-1993

WO 9711353 A	27-03-1997	US 5793034 A	11-08-1998
		AU 7361896 A	09-04-1997
