



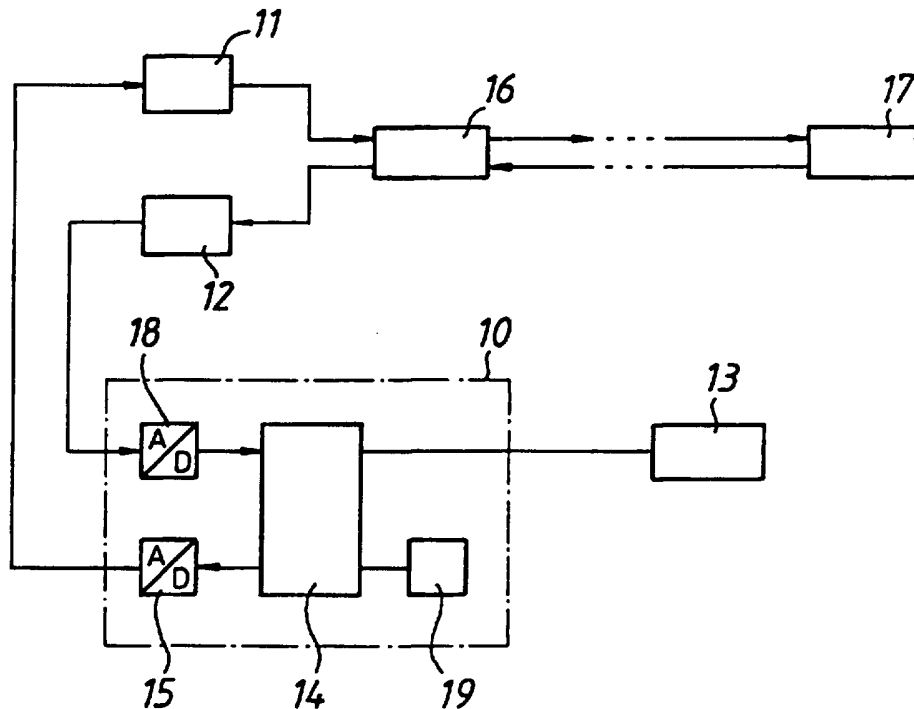
<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G01S 17/10</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 96/12203</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 25. April 1996 (25.04.96)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP95/03712 (22) Internationales Anmeldedatum: 21. September 1995 (21.09.95)  (30) Prioritätsdaten: P 44 36 447.4 13. Oktober 1994 (13.10.94) DE  (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LEICA AG [CH/CH]; Postfach, CH-9435 Heerbrugg (CH). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GÄCHTER, Bernhard [CH/CH]; Kapfstrasse 4b, CH-9436 Balgach (CH).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR THE ELECTRO-OPTICAL MEASUREMENT OF DISTANCE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ELEKTROOPTISCHEN ENTFERNMESUNG

(57) Abstract

A process and device are proposed for the electro-optical measurement of distance based on the pulse delay method. A number of individual light signal pulses are emitted at predetermined and differing intervals, so that after a number of measurement intervals which determine the measurement zone have elapsed, a pulse sequence is detected. Using mathematical estimation methods, the temporal position of the detected pulse sequence in relation to a reference pulse sequence can be determined and used to determine the delay time. By emitting individual pulses at long intervals and high peak power and subsequently combining them to form a pulse sequence, the accuracy of the distance measurement process is significantly improved.



### (57) Zusammenfassung

Das Verfahren zur elektrooptischen Entfernungsmessung arbeitet nach der Impulslaufzeitmethode. Es werden mehrere einzelne Strahlungsimpulssignale mit vorausbestimmtem unterschiedlichem Zeitabstand ausgesendet, sodaß nach Ablauf einer Anzahl von den Meßbereich bestimmenden Meßintervallen eine Impulsfolge detektiert wird. Unter Zuhilfenahme mathematischer Schätzverfahren läßt sich die zeitliche Lage der detektierten Impulsfolge im Vergleich zu einer Referenz-Impulsfolge bestimmen, aus der sich die Laufzeit ermitteln läßt. Durch die Aussendung einzelner Impulse in großem Abstand mit hoher Spitzenleistung und nachfolgender Zusammenführung zu einer Impulsfolge läßt sich die Genauigkeit der Entfernungsmessung erheblich vergrößern.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

### **Verfahren und Vorrichtung zur elektrooptischen Entfernungsmessung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur elektrooptischen Entfernungsmessung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Patentanspruch 8.

- 5 Aus der EP 0 312 524 B1 ist ein Verfahren zur elektrooptischen Entfernungsmessung nach der Impulslaufzeitmethode bekannt, bei dem einzelne Strahlungsimpulse periodisch von einem Sender ausgesendet und von einem Empfänger detektiert werden. Die detektierten Strahlungsimpulssignale (Echosignale) werden abgetastet, digitalisiert, periodenweise in einem Addierer
- 10 aufaddiert und dann in einem Speicher abgespeichert. Den Abtastwerten einer Periode wird jeweils ein Speicherplatz des Speichers zugeordnet. Mit Beginn jeder Aussendung eines Strahlungsimpulssignals werden die Abtastwerte der detektierten Strahlungsimpulssignale zu den bereits abgespeicherten Abtastwerten der in der vorherigen Periode detektierten
- 15 Strahlungsimpulssignale hinzuaddiert. Mit zunehmender Anzahl der Messungen bildet sich infolge der Aufaddierung der Abtastwerte ein Summenimpulssignal heraus, aus dessen zeitlicher Lage im Verhältnis zu dem Zeitpunkt der Impulsaussendung sich die Laufzeit des Strahlungsimpulssignals bestimmen läßt. Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß eine hohe Abtastrate notwendig
- 20 ist, um die genaue Lage des Echosignals zu ermitteln. Da die Abtastrate aus technischen Gründen begrenzt ist und darüber hinaus ein höhere Abtastrate einen größeren Speicher erforderte, steht nur eine bestimmte Anzahl von Abtastwerten je Impulssignal zur Auswertung zur Verfügung. Hierdurch können bei der Bestimmung der zeitlichen Lage des detektierten Impulssignals Fehler
- 25 auftreten, insbesondere dann, wenn die Form des Impulssignals durch äußere Einflüsse verändert wird.

- Weiterhin ist aus der DE 40 31 668 A1 ein Verfahren zur elektrooptischen Entfernungsmessung bekannt, bei dem periodisch eine Folge von einzelnen Lichtimpulsen ausgesendet wird. Das als Impulsfolge ausgesendete Signal ist ein bandbreitengespreiztes Signal, so daß die Dauer des ausgesendeten Signals wesentlich größer ist als die reziproke spektrale Bandbreite desselben. Nachdem eine Impulsfolge ausgesendet worden ist, wird die nächste Impulsfolge ausgesendet, wobei die detektierten Lichtsignale mit der Periode der Impulsfolge aufaddiert und gespeichert werden. Zur Bestimmung der Laufzeit müssen die ausgesendeten Impulsfolgen an zwei Meßobjekten reflektiert werden. Durch Anwendung eines Maximum-Likelihood-Algorithmus werden die beiden Laufzeiten der Impulsfolgen approximiert, so daß nach Ermittlung der Laufzeitdifferenz die Entfernung bestimmt werden kann. Nachteilig an diesem bekannten Verfahren ist, daß Sender, insbesondere Puls-Laserdioden, mit ca. 1000-fach höherer Spitzenleistung und vergleichbar durchschnittlicher Leistung zu CW-Laserdioden nicht verwendet werden können. Da bei Puls-Laserdioden eine vergleichsweise große Zeitspanne gewartet werden muß, bis der nächste Impuls ausgesendet werden kann, ist die Aussendung eines bandbreitengespreizten Signals nicht möglich.
- Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, so daß die Genauigkeit der Bestimmung der zeitlichen Lage des detektierten Impulssignals erhöht wird.
- Dieses Problem wird durch die in dem Patentanspruch 1 und Patentanspruch 8 aufgeführten Merkmale gelöst.

Die einzelnen Strahlungsimpulssignale werden jeweils um ein Verschiebungsintervall versetzt zu dem Beginn eines konstanten Impulsaussende-Intervalls ausgesendet. Das Impulsaussende-Intervall wird

bestimmt durch die Impulsrepositionszeit des Senders. Die Länge des Verschiebungsintervalls wird so gewählt, daß nach Aussendung einer bestimmten Anzahl von Einzelimpulssignalen eine gleiche Anzahl von jeweils  
5 um das entsprechende Verschiebungsintervall verschobenen Echosignalen, auf einer gedachten Zeitachse nebeneinanderliegend, gespeichert wird. Diese zeitlich versetzt abgespeicherten Echosignale stellen ein Impulsmuster dar, welches durch vorherige Wahl der Länge der Verschiebungsintervalle aufgeprägt werden kann. Nachdem ein aus einer gewünschten Anzahl von  
10 Echosignalen bestehendes Impulsmuster gebildet worden ist, wird die Messung wiederholt, so daß die Echosignale in der darauffolgenden Messung zu den bereits gespeicherten Echosignalen aufaddiert werden. Diese Messungen werden so lange wiederholt, bis sich die Echosignale von den Rauschsignalen in ausreichendem Maße abheben. Durch Vergleich mit einem vorgegebenen  
15 Referenzmuster kann die Laufzeit dann unter Anwendung geeigneter Rechenmethoden bestimmt werden.

Mit der Erfindung wird die Genauigkeit der Messung erhöht. Dadurch, daß die Dauer zwischen der Aussendung benachbarter Strahlungsimpulssignale mindestens einem Impulsaussende-Intervall entspricht, können die einzelnen  
20 Strahlungsimpulssignale eine hohe Spitzenleistung aufweisen. Nach Detektion der Echosignale liegt ein Impulsmuster vor, aus dessen zeitlicher Lage zu einem Referenzmuster die Laufzeit genau bestimmt werden kann. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Genauigkeit der Messung einerseits mit der Spitzenleistung des Senders und andererseits nur mit  $\sqrt{M}$  der Anzahl der  
25 detektierten Impulsmuster steigt. Somit steht ein Meßergebnis mit höherer Genauigkeit innerhalb des gleichen Meßzeitraums oder gleicher Genauigkeit in einem kürzeren Meßzeitraum zur Verfügung.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung wird das detektierte Echo-Impulsmuster durch zeitlich verzögerte Aussendung der einzelnen Strahlungsimpulssignale

erzeugt. Bezugspunkt für die zeitliche Verzögerung um jeweils ein Verschiebungsintervall bildet der Beginn eines Impulsaussende-Intervalls. Vorzugsweise weisen die Verschiebungsintervalle unterschiedliche Länge auf, wobei die Länge nach einem Zufallsmuster gebildet wird, so daß das detektierte Echomuster gleichermaßen zufallsverteilt ist.

Bildet das Impulsmuster eine m-Sequenz, so ist die Meßgenauigkeit besonders hoch, denn für m-Sequenzen ist die Autokorrelation eine Delta-Funktion.

Für die rechnerische Auswertung des Echomusters können mehrere bekannte Rechenmethoden angewendet werden. Zum einen kann das Echosignal mit einem Referenzimpulssignal korreliert werden. Zum anderen kann mit Hilfe geeigneter Schätzmethoden, wie z.B. der minimalen Varianz oder nach dem Maximum-Likelihood-Prinzip, die zeitliche Lage des Echosignals ermittelt werden, um daraus die gesuchte Laufzeit zu berechnen.

Für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens läßt sich vorteilhafterweise ein Impulslaser mit verhältnismäßig hoher Spitzenleistung einsetzen, beispielsweise mit einer Spitzenleistung von 5 bis 10 W. Hierdurch wird das Signal/Rausch-Verhältnis erhöht und zudem kann wegen der relativ großen Erholungszeit des Lasers ein großer Meßbereich abgedeckt werden. Dabei kann derjenige Zeitabschnitt des Meßbereichs, der je nach Anwendungsfall nicht relevant ist für die Messung, dazu genutzt werden, andere anfallende Rechenoperationen in dem Rechner durchführen zu lassen.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung besteht der Empfänger aus einem CCD-Baustein. In diesem werden die Echosignale in einer Mehrzahl von CCD-Speichern zwischengespeichert und aufaddiert. Das Summensignal kann dann am Ende der Messung der Signalverarbeitungseinheit zur Auswertung zugeführt werden.

Vorteilhafterweise läßt sich der CCD-Baustein in Ein-Chip-Bauweise einsetzen. Die Speicherfähigkeit läßt sich beliebig erweitern, wobei durch das Vorsehen weiterer CCD-Bausteine zusätzlich Bildinformationen über das Meßobjekt  
5 gewonnen und weiterverarbeitet werden können.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines bevorzugten Ausführungsbeispiels,

10 Fig. 2 ein Zeitdiagramm mit jeweils in einem Meßintervall ausgesendeten Strahlungsimpulssignalen und mit einem aus zeitlich versetzten Echoimpulssignalen bestehenden Summensignal,

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines weiteren Ausführungsbeispiels.

15 Nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 besteht die Vorrichtung zur Entfernungsmessung aus einer Signalverarbeitungseinheit 10, die mit einem Sender 11, einem Empfänger 12 und einer Anzeige 13 elektrisch gekoppelt ist. Die Signalverarbeitungseinheit 10 weist einen Signalprozessor 14 auf, der zu Beginn einer Entfernungsmessung ein Startsignal über einen  
20 Digital/Analog -Wandler 15 an den Sender 11 abgibt. Der Sender 11 besteht aus einem Laser, der einzelne Strahlungsimpulssignale hoher Leistung aussendet. Vorzugsweise liegt die Spitzenleistung des Lasers bei 5 bis 10 Watt.

Die vom Sender 11 ausgesendeten Strahlungsimpulssignale verlassen über ein Linsensystem 16 die Vorrichtung und treffen auf ein Meßobjekt 17, an dem sie  
25 reflektiert werden und nachfolgend von dem Empfänger 12 erfaßt werden. Die in dem Empfänger 12 detektierten Strahlungsimpulssignale werden als Echosignale einem Analog/Digital-Wandler 18 der Signalverarbeitungseinheit 10

zugeführt und nachfolgend in dem Signalprozessor 14 weiterverarbeitet. Ein Speicher 19 dient zur Abspeicherung der Meßergebnisse eines Meßintervalls. Dabei werden die Echosignale mit einer Abtastrate von ca. 40 MHz abgetastet.

5 Die hieraus innerhalb eines Meßintervalls gewonnenen Abtastwerte der Echosignale werden jeweils einem Speicherplatz in dem Speicher 19 zugeordnet. Das berechnete Meßergebnis wird dann in einer Anzeige 13 angezeigt.

Das Verfahren der Entfernungsmessung wird nachfolgend anhand der Fig. 2

10 beschrieben. Die Aussendung der einzelnen Strahlungsimpulssignale mittels des Senders 11 wird durch den Signalprozessor 14 gesteuert. Um das Signal/Rausch-Verhältnis zu vergrößern, werden nacheinander eine Vielzahl von Strahlungsimpulssignalen ausgesendet, wobei die detektierten Strahlungsimpulssignale aufaddiert werden und in dem Speicher 19

15 abgespeichert werden. Die Impulssignale werden als Einzelimpulssignale jeweils innerhalb eines Impulsaussende-Intervalls  $T_i$  ausgesendet. Die Dauer des Impulsaussende-Intervalls  $T_i$  entspricht der Repititionszeit des Senders 11. Das Meßintervall wird durch den vorbestimmten Meßbereich festgelegt. Um beispielsweise einen Meßbereich von 3000 Metern zu erhalten, entspricht das

20 Meßintervall einem Viertel der Dauer des Impulsaussende-Intervalls  $T_i$  bei einer Repititionszeit des Lasers von ca. 100  $\mu$ s. Die Aussendung der einzelnen Impulssignale wird durch den Signalprozessor 14 in der Art gesteuert, daß die Strahlungsimpulssignale nicht periodisch ausgesendet werden, sondern zeitlich versetzt zur Periode des Impulsaussende-Intervalls  $T_i$ . Erfolgt, wie in Fig. 2a

25 dargestellt, die Aussendung eines ersten Sendeimpulssignals zu Beginn eines Impulsaussende-Intervalls  $T_i$ , so wird das darauffolgende zweite Sendeimpulssignal um ein Verschiebungsintervall  $T_v$  zeitlich versetzt zum Beginn des zweiten Impulsaussende-Intervalls  $T_i$ , nämlich zum Zeitpunkt  $t_1$ , ausgesendet. Die zeitliche Verschiebung der Sendeimpulssignale setzt sich mit

30 jedem weiteren Impulsaussende-Intervall  $T_i$  fort, wobei die detektierten Signale

eines Impulsaussende-Intervalls  $T_1$  zu den in dem Speicher 19 abgespeicherten detektierten Signalen des vorhergehenden Impulsaussende-Intervall  $T_1$  aufaddiert werden.

- 5 Dadurch, daß die Dauer des Verschiebungsintervalls  $T_V$  größer als die Strahlungsimpulsdauer ist, wird verhindert, daß sich die Echosignale benachbarter Meßintervalle überlagern. Wie aus Fig. 2e) zu ersehen, wird nach Ablauf von vier Meßintervallen in dem Speicher 19 ein Echoimpulsmuster abgespeichert, wobei der Abstand der Echosignale von der Größe der
- 10 Verschiebungsintervalle  $T_V$  abhängen. Alternativ kann das Verschiebungsintervall  $T_V$  auch konstant gewählt werden. Es ergibt sich dann eine Summenimpulsfolge mit äquidistanten Impulsintervallen.

- Zur Erlangung eines resultierenden Impulsmusters führt der Signalprozessor 14 dem Sender 11 Startsignale zu, dessen zeitliche Abfolge programmierbar ist,
- 15 während die empfangenen Echosignale fortlaufend durch den A/D-Wandler 18 dem Signalprozessor 14 zur Verfügung stehen. Das zwischen dem Beginn zweier ausgesendeter Strahlungsimpulssignale entstehende Zeitintervall setzt sich aus der Dauer des Impulsaussende-Intervalls  $T_1$  und des Verschiebungsintervalls  $T_V$  zusammen. Wie in Fig. 2e) gezeigt, ergibt sich nach
- 20 Aussendung von vier Strahlungsimpulssignalen eine Impulsfolge, die ein bandbreitengespreiztes Signal darstellt, dessen Länge der Dauer von sieben Strahlungsimpulsen entspricht. Die Länge der resultierenden Impulssequenz kann beliebig verlängert werden. Nachdem eine zur Bildung einer gewünschten Impulsfolge entsprechende Anzahl von Strahlungsimpulssignalen ausgesendet
- 25 worden ist - gem. Fig. 2 sind vier Strahlungsimpulssignale ausgesendet worden - , beginnt die von dem Signalprozessor 14 gesteuerte zeitliche Abfolge der Aussendung von vorne. Diese zeitliche Abfolge der Aussendung wird sooft wiederholt, bis ein ausreichendes Signal/Rausch-Verhältnis gewährleistet ist.

Alternativ kann die Steuerung zur Bildung der gewünschten Impulsfolge derart ausgebildet sein, daß die Strahlungsimpulssignale vom Sender 11 periodisch mit dem Beginn des Impulsaussende-Intervalls  $T_1$  ausgesendet werden, während die Abtastung der Echosignale im A/D-Wandler 18 bereits um ein Verschiebungsintervall vorher beginnt. Dies kann durch programmgesteuertes Einlesen in einem Register des Signalprozessors 14 erreicht werden.

Zur Laufzeitbestimmung, aus der sich die Entfernung errechnen läßt, wird die resultierende Impulsfolge mit einer Referenzimpulsfolge verglichen. Vorzugsweise wird die Referenzimpulsfolge durch eine Eichmessung bestimmt, wobei der Abstand des Referenz-Meßobjekts zum Meßgerät annähernd Null ist. Nach bekannten mathematischen Schätzverfahren, beispielsweise unter Anwendung des aus der DE 40 31 668 A1 bekannten Maximum-Likelihood-Schätzalgorithmus oder der Methode der minimalen Varianz, kann nachfolgend die Laufzeit bestimmt werden. Alternativ kann die Laufzeit durch Korrelation der resultierenden Impulsfolge mit der Referenz-Impulsfolge bestimmt werden.

Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel besteht die Vorrichtung zur Entfernungsmessung aus einem analogen Empfänger, der in CCD-Technik aufgebaut ist. Der Empfänger besteht aus einem CCD-Baustein 22, der aus einem Foto-Detektor 23, einem diesem nachgeschalteten Verstärker 24 und einer Folge von analogen CCD-Speichern 25 besteht. In jedem analogen CCD-Speicher 25 kann die Datenmenge eines Meßintervalls gespeichert werden. Die CCD-Speicher 25 sind in einer Reihe angeordnet, wobei die benachbarten CCD-Speicher 25 mit einer der Anzahl der Daten je Meßintervall entsprechenden Zahl von Transfer-Gates zur Übertragung derselben verbunden sind. Nachdem die Daten des ersten gemessenen Meßintervalls in den Speicher 25a eingelesen worden sind, werden diese Daten während eines Auslesetaktes über die Transfer-Gates zu dem benachbarten CCD-Speicher 25b übertragen und dort gespeichert. Nach Ablauf eines weiteren Meßintervalls werden diese

Daten von dem CCD-Speicher 25b dem weiteren benachbarten CCD-Speicher übertragen. Nach einer bestimmten Anzahl von Meßintervallen werden die Daten in den Speicher 25n übertragen und in einem nachfolgenden Auslesetakt zu den neu detektierten Daten im CCD-Speicher 25a hinzuaddiert. Nach einer ausreichenden Anzahl von ausgesendeten Strahlungsimpulssignalen werden die detektierten Echosignale von dem CCD-Speicher 25n in einen A/D-Wandler 26 einer Signalverarbeitungseinheit 27 ausgelesen und in digitale Signale umgesetzt. Ein in der Signalverarbeitungseinheit 27 angeordneter Signalprozessor 28 dient in gleicher Weise wie im oben beschriebenen Ausführungsbeispiel einerseits zur Steuerung der ausgesendeten Strahlungsimpulssignale bzw. der empfangenen Echosignale und andererseits zur Ermittlung der Laufzeit mittels eines mathematischen Schätzverfahrens. Das gewonnene Meßergebnis kann nachfolgend in einer Anzeige 29 angezeigt werden. Über einen D/A-Wandler 30 wird das Startsignal des Signalprozessors 28 dem Sender 21 zugeführt. Die Steuerung der Aussendung der Strahlenimpulssignale erfolgt in gleicher Weise wie nach dem ersten Ausführungsbeispiel.

### Ansprüche

1. Verfahren zur elektrooptischen Entfernungsmessung nach der Impulslaufzeitmethode, wobei
  - a) Strahlungsimpulssignale jeweils innerhalb eines Impulsaussende-  
5 Intervalls ( $T_1$ ) von einem Sender (11,21) ausgesendet werden,
  - b) die an mindestens einem Meßobjekt (17) reflektierten Strahlungsimpulssignale (Echosignale) in einem Empfänger (12,22) detektiert und einer Signalverarbeitungseinheit (10,27) zugeführt werden, in der die detektierten Strahlungsimpulssignale abgetastet und in einem Speicher (19,25)  
10 abgespeichert werden,
  - c) die detektierten Strahlungsimpulssignale (Echosignale) zu den in den vorherigen Impulsaussende-Intervallen ( $T_1$ ) detektierten Strahlungsimpulssignalen (Echosignale) aufaddiert und nachfolgend als Summenimpulssignale abgespeichert werden,  
15 **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,**
  - d) daß die Strahlungsimpulssignale jeweils um ein Verschiebungsintervall ( $T_V$ ) zeitlich versetzt zu dem Beginn eines periodischen Impulsaussende-Intervalls ( $T_1$ ) ausgesendet und/oder abgetastet werden,
  - e) daß die Dauer des Verschiebungsintervalls ( $T_V$ ) mindestens der  
20 Strahlungsimpulsdauer entspricht,
  - f) daß aus der zeitlichen Lage der Summenimpulssignale nach einer bekannten Rechenmethode die Laufzeit des Strahlungsimpulssignals berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**,  
daß die Strahlungsimpulssignale mit Verschiebungsintervallen ( $T_V$ )  
unterschiedlicher Dauer ausgesendet und/oder abgetastet werden, so daß nach  
5 Ablauf von N Impulsaussende-Intervallen  $T_i$  ein aus N  
Strahlungsimpulssignalen bestehendes Impulsmuster abgespeichert ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**,  
daß das Impulsmuster eine pseudostochastische Folge darstellt, aus der durch  
Anwendung eines Schätzalgorithmus nach der maximum-likelihood-Methode  
10 oder nach der Methode der minimalen Varianz die Entfernung berechnet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, daß die Dauer der Verschiebungsintervalle ( $T_V$ )  
jeweils einem ganzzahligen Vielfachen der Strahlungsimpulsdauer entspricht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **d a d u r c h**  
15 **g e k e n n z e i c h n e t**, daß das Impulsmuster eine m-Sequenz bildet.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, daß die Folge der gespeicherten  
Summenimpulssignale mit einer vorgegebenen Referenzfolge von  
Impulssignalen korreliert wird, so daß der hieraus gewonnene Schätzwert ein  
20 Maß für die Entfernung darstellt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**,  
daß die Dauer der Verschiebungsintervalle ( $T_V$ ) konstant ist und jeweils einem  
ganzzahligen Vielfachen der Strahlungsimpulsdauer entspricht.
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit  
25 einem Sender (11,21), einem Empfänger (12,22), einer  
Signalverarbeitungseinheit (10,27) und einem Speicher (19,25), **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, daß der Empfänger (12,22) eine analoge

Speichereinheit (25) aufweist, in der die Echosignale sequentiell eingelesen, zwischengespeichert und nachfolgend zu einem Summensignal aufaddiert werden.

- 5 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß der Empfänger aus mindestens einem CCD-Baustein (22) besteht mit einem Fotodetektor zur Umsetzung des Echosignals in Signalladungen und mit mindestens zwei analogen Speichern (CCD-Speicher 25a,25b)) jeweils zur Speicherung eines jeweils einem Meßintervall (MI) zugeordneten Datensatzes.
- 10 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß die analogen Speicher jeweils als CCD-Bereiche ausgebildet sind und durch Transfer-Gates sequentiell miteinander verbunden sind zur Übertragung der gespeicherten Signalladungen auf einen benachbarten CCD-Bereich.

Fig. 1

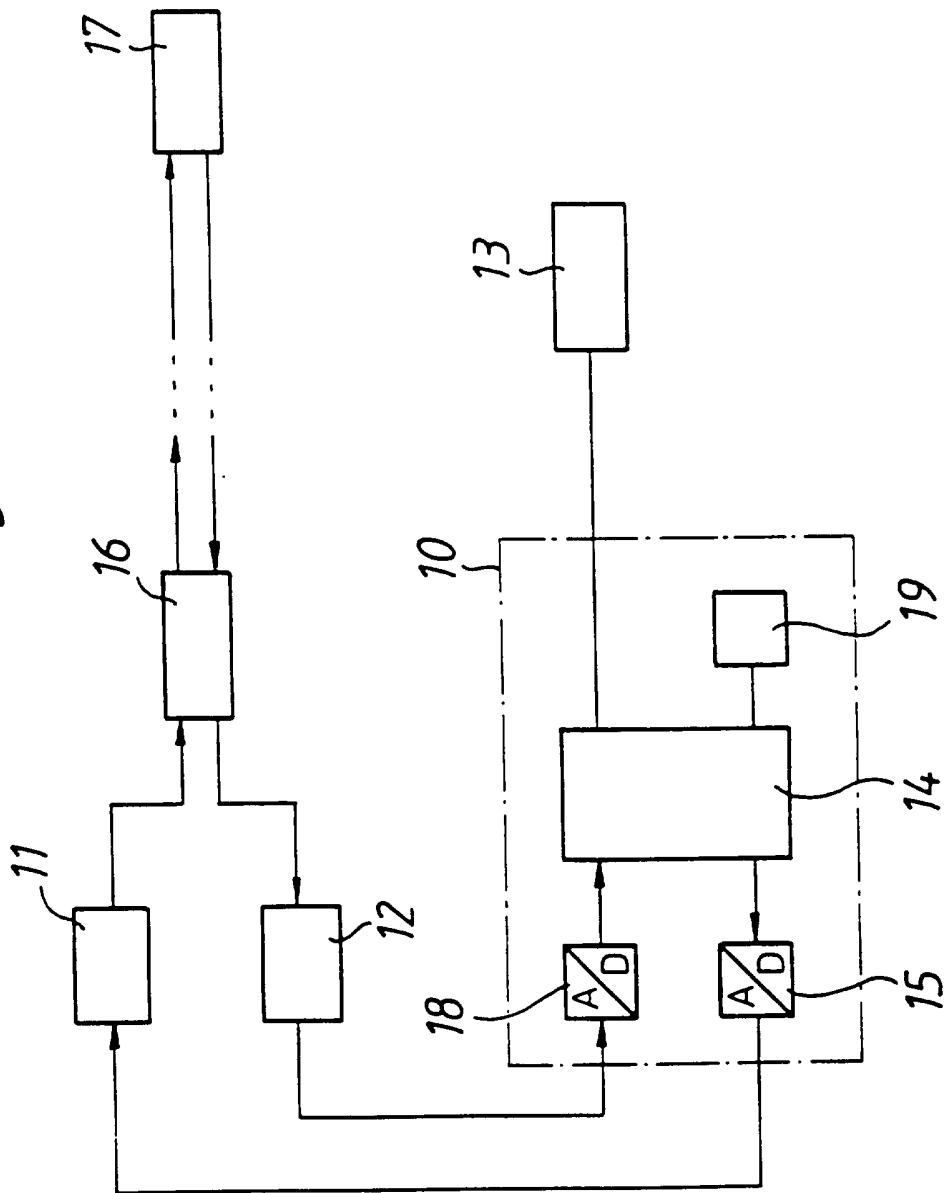


Fig.2

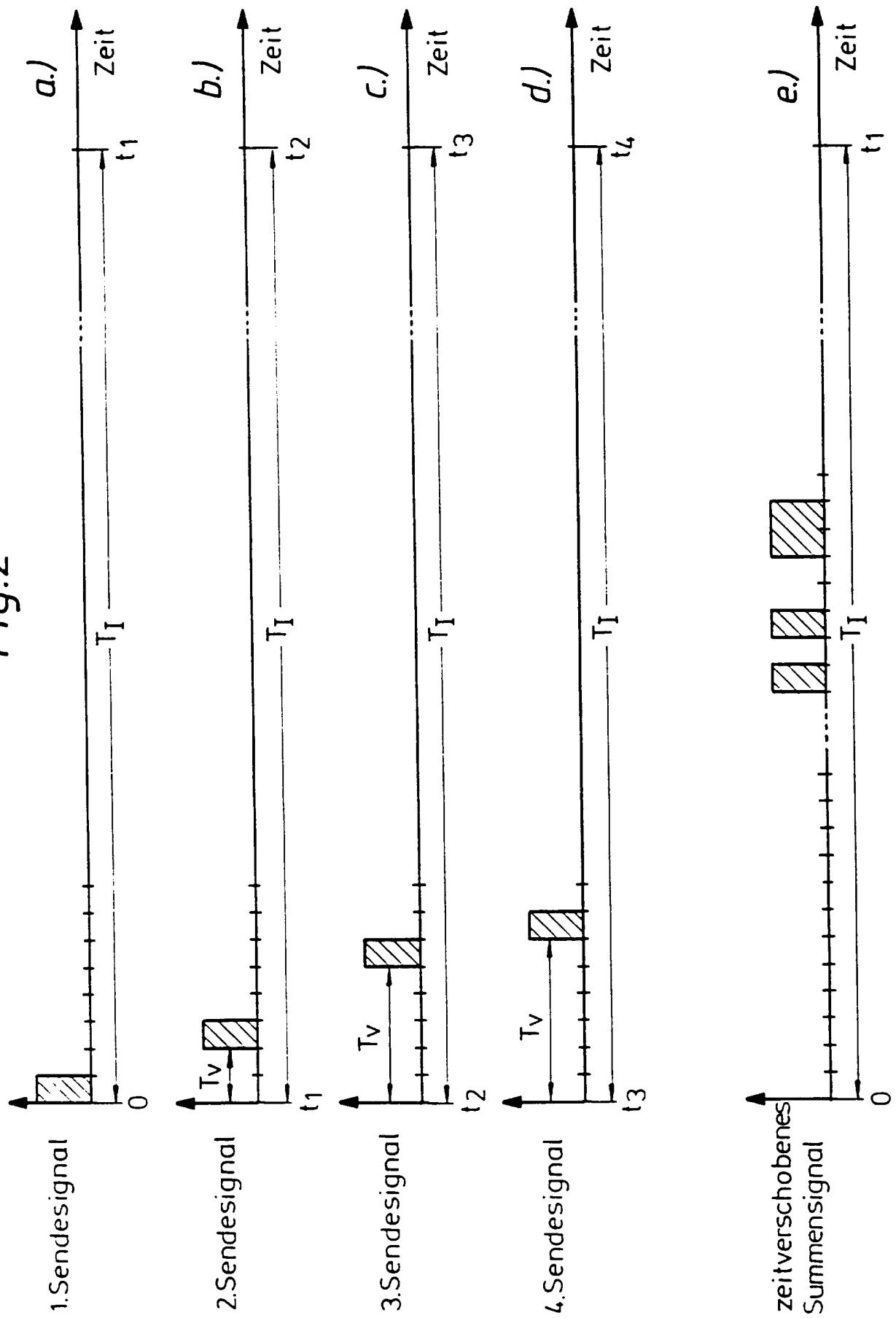
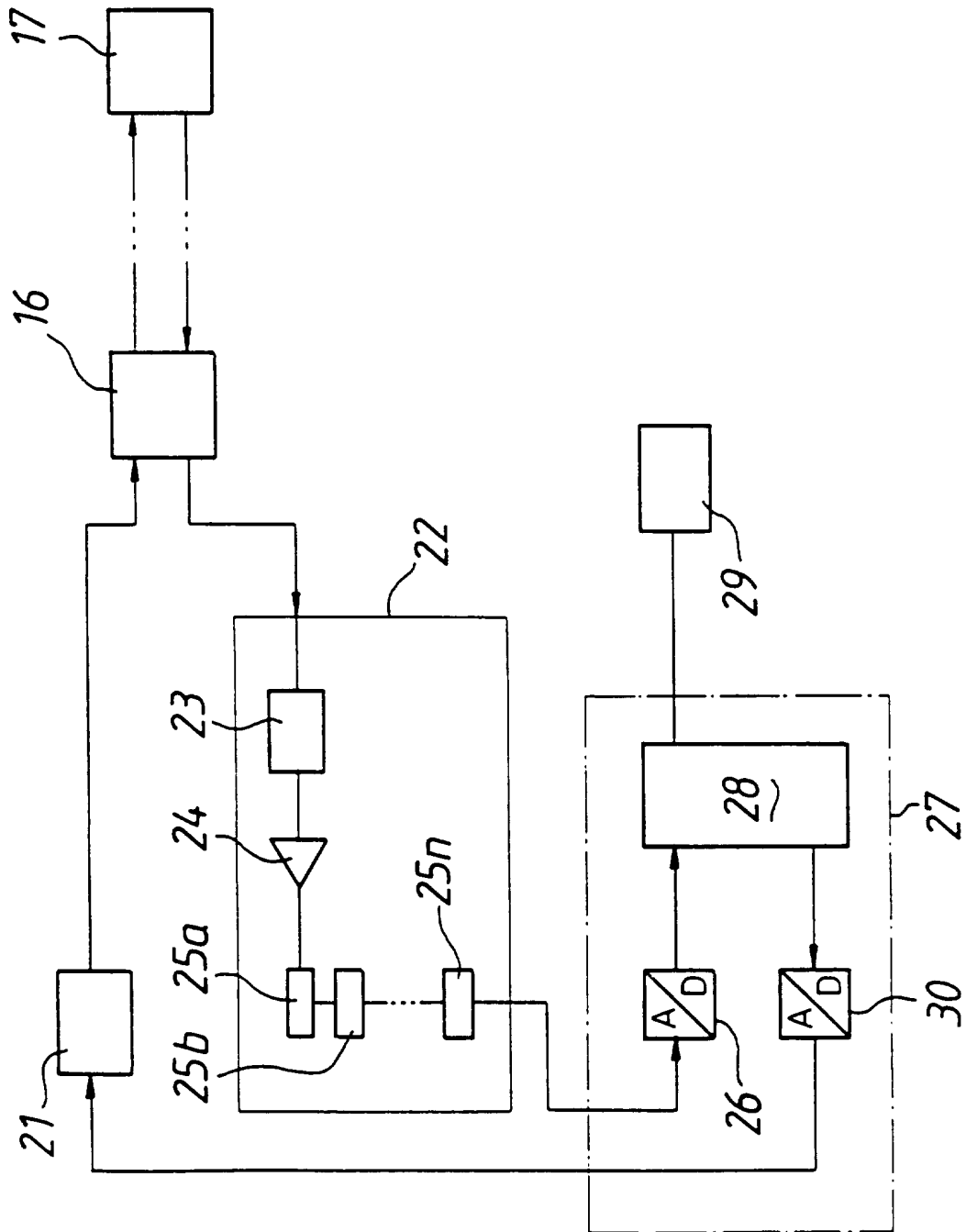


Fig.3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 95/03712

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 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

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	DE,A,40 31 668 (ZEISS CARL FA) 9 April 1992 cited in the application see page 3, line 19 - page 4, line 57; figures ---	1-10
A	WO,A,88 05922 (WILD HEERBRUGG AG) 11 August 1988 cited in the application see page 4 - page 8; figures ---	1,2,8
A	EP,A,0 437 417 (OPTAB OPTRONIKINNOVATION AB) 17 July 1991 see the whole document -----	1

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

9 January 1996

Date of mailing of the international search report

- 5. 02. 96

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

Devine, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP 95/03712

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A-4031668	09-04-92	NONE	
WO-A-8805922	11-08-88	EP-A, B 0312524	26-04-89
		SG-A- 63194	25-11-94
EP-A-0437417	17-07-91	SE-B- 465392	02-09-91
		SE-A- 9000103	13-07-91
		US-A- 5102219	07-04-92

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 95/03712

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 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

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	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE,A,40 31 668 (ZEISS CARL FA) 9.April 1992 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 3, Zeile 19 - Seite 4, Zeile 57; Abbildungen ---	1-10
A	WO,A,88 05922 (WILD HEERBRUGG AG) 11.August 1988 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 4 - Seite 8; Abbildungen ---	1,2,8
A	EP,A,0 437 417 (OPTAB OPTRONIKINNOVATION AB) 17.Juli 1991 siehe das ganze Dokument -----	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* 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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher 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: 9. Januar 1996

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts: - 5. 02. 96

Name und Postanschrift der Internationale 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: Devine, J

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

I. Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 95/03712

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A-4031668	09-04-92	KEINE	
WO-A-8805922	11-08-88	EP-A, B SG-A-	0312524 26-04-89 63194 25-11-94
EP-A-0437417	17-07-91	SE-B- SE-A- US-A-	465392 02-09-91 9000103 13-07-91 5102219 07-04-92