



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 686 201 A5

51 Int. Cl.⁶: G 01 B 011/02
B 65 H 043/08
B 65 H 007/02
B 41 F 033/14

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00986/93

22 Anmeldungsdatum: 31.03.1993

24 Patent erteilt: 31.01.1996

45 Patentschrift
veröffentlicht: 31.01.1996

73 Inhaber:
Baumer Electric AG, Hummelstrasse 17,
8500 Frauenfeld (CH)

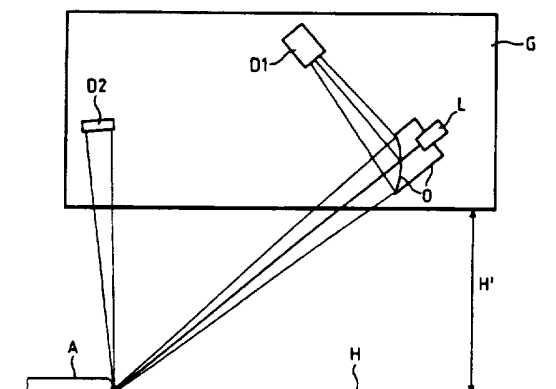
72 Erfinder:
Halter, Peter Urs, Frauenfeld (CH)

74 Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro, Hedwigsteig 6, Postfach 768,
8029 Zürich (CH)

54 Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen Erkennung und Auswertung von Kanten an Gegenständen.

57 Gemäss dem erfinderischen Verfahren tastet ein von einer Lichtquelle (L) ausgesandter, fokussierter Lichtstrahl (bspw. ein Laserstrahl) unter einem Winkel (typisch 40° bis 45°) die Arbeitsfläche (A) ab. Ein erster und ein zweiter Detektor (D1, D2) fangen das gestreute Licht aus der Arbeitsfläche auf. Der erste Detektor (D1) ist hinter einer fokussierenden Abbildungsoptik (O), bspw. ein Off-Axis Parabolspiegel angeordnet, die coaxial, also rings um den Laserstrahl, oder in Bezug zu einer Hauptarbeitsebene (H) unterhalb dem ausgesandten Lichtstrahl angeordnet ist. Der zweite Detektor (D2) ist ungefähr über dem durch das ausgesandte Licht auf der Hauptarbeitsebene erzeugten Lichtpunkt angeordnet. Das vom ersten Detektor (D1) gemessene Rückwärtsstreulicht wird also von diesem unter einem Winkel zur Hauptarbeitsebene empfangen, der gleich ist oder kleiner als der Winkel zwischen dem ausgesandten Licht und der Hauptarbeitsebene.

Die Vorrichtung gemäss Erfindung unterscheidet sich durch die Verwendung einer abbildenden Optik (O) und dadurch, dass einer der Detektoren so platziert ist, dass er rückwärtsgestreutes Messlicht entlang der Hauptachse des einfallenden Laserstrahles misst oder in einem Winkel der kleiner ist als der Winkel zwischen der Hauptachse des Laserstrahles und der Hauptarbeitsebene, was bei den bekannten Anordnungen nicht der Fall ist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum berührungslosen Erkennen und Auswerten von Kanten an einem Gegenstand oder Kanten von einer Vielzahl von Gegenständen.

Es ist bekannt, dass bei der Lichtstreuung an einer matten Oberfläche, beispielsweise an weissem Papier, die Intensität des gestreuten Lichtes vom Einfallswinkel des Lichtes und von der Beobachtungsrichtung des gestreuten Lichtes abhängig ist. Aus dieser Indikatrix kann abgeleitet werden, dass bei weissem Papier mit zwei Detektoren, die Streulicht von einem Lichtfleck auf dem Papier unter verschiedenen Winkeln empfangen, eine klare Entscheidung getroffen werden kann, ob das Papier eben auf der Unterlage liegt oder stark geneigt ist (Reflexionsspektroskopie, G. Kortüm 1969, Springer-Verlag, Berlin). Bei geeignet gewählten Winkeln ist dieses Phänomen im Falle einer leicht bis recht stark glänzenden Oberfläche ähnlich. Die Streulichtintensität in Reflexionsrichtung steigt stark an, während in den übrigen Richtungen die Intensität global abnimmt. Wird die Streulichtintensität in Funktion des Beobachtungswinkels aufgezeichnet, ergibt dies annähernd die Form eines Kreises mit einer Keule in Reflexionsrichtung. Das heisst mit anderen Worten, dass bei schief auf die Oberfläche treffendem Licht die Streulichtintensität in einem Richtungsbereich nahe der Reflexionsrichtung (Vorwärtsstreuung) grösser ist als die Streulichtintensität in einem Richtungsbereich nahe der Richtung des einfallenden Lichtes (Rückwärtsstreuung). Der Unterschied im Verhältnis der Lichtintensitäten der Rückwärts- und der Vorwärtsstreuung verstärkt sich dabei mit abnehmendem Winkel zwischen Oberfläche und einfallendem Licht. Für gewisse Beschaffenheiten der Oberfläche wird je nach dem eine Verschlechterung der Detektion im Vergleich zu weissem Papier eintreten, doch ist diese normalerweise klein. Nur in seltenen Fällen gibt es Oberflächen, die davon abweichen und zusätzlich zum Vorwärtsglanz in Reflexionsrichtung noch einen Rückwärtsglanz in Richtung Lichtstrahl aufweisen. Bei rohem oder bedrucktem Papier wird ein (störender) Rückwärtsglanz nicht auftreten.

Aus der EP 0 041 489 sind bspw. ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung dieser Art Reflexion mit einer Lichtquelle und mehreren Detektoren, mindestens drei, bekannt (eine Vorrichtung mit 2 Lichtquellen und 2 bis 3 Streulichtdetektoren, ist ausserdem in der WO-85/05206 beschrieben). Beide Geräte werden als Schuppenstromdetektoren zum berührungslosen Zählen von Druckprodukten eingesetzt und sind dementsprechend ausgestaltet. Als Lichtquelle bzw. zur Beleuchtung der Druckprodukte wird im ersteren exakt paralleles Laserlicht vorgeschlagen, mit welchem die zu messenden Objekte schräg beleuchtet werden, und eine Mehrzahl von lichtempfindlichen Detektoren, vorzugsweise drei Detektoren, zur möglichst umfassenden Messung des Streulichtes aus mehreren Richtungen zum möglichst fehlerfreien Zählen der Druckprodukte in einem Schuppenstrom. In der Regel wird ein

recht hoher Aufwand betrieben, um die nötige Zuverlässigkeit der Messung zu gewährleisten.

Sich überlappende Objekte werden gemäss dem obigen Stande der Technik als Schuppenstrom mit den Kanten (Bund) in Laufrichtung ausgerichtet auf einer Ebene vorbeigeführt und die Kanten der Objekte in einem spitzen Winkel zur Ebene schräg mit Laserlicht angestrahlt. Das von den Objekten gestreute Laserlicht wird mit mindestens zwei Messzellen gemessen, welche so positioniert sind, dass sie das Streulicht entlang mindestens zweier Ausbreitungsrichtungen mit verschiedenen Winkeln zur Ebene, auf der die Objekte gefördert werden, messen, wobei eine Messzelle in einem spitzen Winkel zur Ebene und von der Einstrahlrichtung des Lasers jenseits einer senkrechten Linie (durch den Lichtfleck des Lasers) auf diese Ebene angeordnet ist und die andere Messzelle zwischen der Ausbreitungsrichtung jenseits der senkrechten Linie und dem einfallenden Laserstrahl, wodurch beim Eintreten einer Objektkante in diesen Lichtstrahl im Vergleich zum rückgeworfenen Licht zur ersten Messzelle diese andere oder anderen Messzelle/n mehr Licht erhalten. Diese Anordnung ist mit ein Grund, warum mit zwei Detektoren und auch mangels einer ausreichenden guten Auflösung die nötige Mess-Sicherheit nicht erreicht werden kann, und deswegen versucht wird, zur Erhöhung der Information drei und mehr Detektoren einzusetzen.

Es ist Aufgabe der Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum berührungslosen hochauflösenden Erkennen und Auswerten von Kanten an einem oder einer Vielzahl von Gegenständen zu liefern, wobei zwei Detektoren und eine Lichtquelle verwendet wird.

Diese Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst, wie sie in den Ansprüchen 1 und 15 definiert ist.

Die Erfindung gemäss den Ansprüchen zeigt, wie man schon mit der Zwei-Detektoren-Technik mit nur einer Lichtquelle zu umfassenden Messresultaten durch Messung der Vorwärts- und Rückwärtsstreuung kommt, jedoch mit folgendem Unterschied zum obigen bekannten Stand der Technik.

Ein Messprinzip, bei dem:

1. die Intensität des Streulichtes gemessen wird, einerseits unter einem Winkel zwischen Hauptarbeitsebene (Ebene, auf der die Gegenstände liegen) und detektiertem Streulicht der gleich (entlang dem vom Gerät ausgesandten Lichtstrahl) oder kleiner ist als der Winkel zwischen dem ausgesandten Licht und der Haupt-Arbeitsebene (bspw. ein Förderband) und andererseits in einer Region über dem möglichst kleinen Lichtfleck (Lichtpunkt zur Erhöhung der Auflösung), den das ausgesandte Licht auf der Hauptarbeitsebene erzeugt, also in einem Richtungsbereich im Gebiet der Senkrechten durch den Lichtfleck wahlweise mit geringer Neigung von dieser Senkrechten weg jenseits oder diesseits des einfallenden Lichtstrahles und

2. eine optische Einrichtung derart vorgesehen ist, dass ein Detektor geeigneter Grösse (evtl. mit vorgesetzter Maske) hinter einer fokussierenden Abbildungsoptik liegt (bspw. Off-Axis-Parabolspiegel, Linse), wodurch ein idealer Signalverlauf bei

Oberflächen (Arbeitsebene) bis zur Gehäusefront des Sensors (Anordnung von Lichtquelle, Detektoren etc. in einem Gehäuse) erreicht wird, was den Messbereich von der Auflagefläche der beobachteten Gegenstände (Haupt-Arbeitsebene) bis nahe zu den Fenstern in der Gehäusefront aufspannt, und

3. bei dem eine gemäss Erfindung vorgegebene Signalverarbeitung (bspw. Quotientensignal) durchgeführt wird, behebt die zum oben genannten Stand der Technik diskutierten Nachteile. Zu dieser Grundanordnung zusätzlich geschaltete Detektoren erweitern die Messung für spezielle Einsätze.

Eine gemäss Erfindung ausgestaltete Vorrichtung unterscheidet sich somit durch die Verwendung einer abbildenden Optik (Abbildungsoptik) für einen idealen Signalverlauf und einer den ausgesandten Lichtstrahl (vorzugsweise Laserlicht) fokussierenden Optik (Fokussierungsoptik), um den Lichtfleck so klein wie möglich, quasi zu einem Lichtpunkt zu machen, und dadurch, dass einer der Detektoren so platziert ist, dass er gestreutes Messlicht entlang der Hauptachse des einfallenden Laserstrahles misst oder in einem Winkel zur Hauptarbeitsebene, der kleiner ist als der Winkel zwischen der Hauptachse des ausgesandten Lichtes und dieser Ebene.

Ferner unterscheidet sich die Vorrichtung durch Mittel für eine spezielle Signalverarbeitung durch eine spezielle Synchrondetektion und Regelung durch Quotientenbildung. Die Anordnung eines Detektors mit einem Detektionswinkels (Winkel zwischen Streurichtung des detektierten Streulichtes und der Hauptarbeitsebene) gleich oder kleiner dem Einstrahlwinkel des Laserlichtes (Winkel zwischen von der Lichtquelle ausgesandtem Lichtstrahl und Hauptarbeitsebene) und die Verwendung einer abbildenden Optik sowie eines scharfen, hellen Lichtpunktes, stellen im gesamten wohl die wesentlichsten Unterschiede zum oben genannten Stand der Technik dar.

Eine Kante eines dünnen Objektes (bspw. eine Papierkante) hat makroskopisch gesehen (im Bereich von 1/100 mm) eine bis zu 90° gegenüber der Hauptarbeitsebene geneigte Oberfläche. Ist der Lichtfleck genügend klein, das heisst, vergleichbar mit der Objektdicke, so kann eine solch feine Kante als «geneigte Oberfläche» detektiert werden. Zusätzlich kann bei schief gegen die Hauptarbeitsebene gerichtetem Lichtstrahl ein flaches Objekt diesen Strahl für den einen der Detektoren abschatten, so dass das Intensitätsverhältnis in Vorwärts/Rückwärts-Richtung erniedrigt und die Objekterkennung damit erleichtert wird. Kann man den Lichtfleck genügend klein machen, dann lassen sich einzelne Papierkanten eines Papiers von 0,1 mm Dicke, auch wenn diese dicht auf der Hauptarbeitsebene aufliegen, noch problemlos erkennen.

Eine weitere beispielhafte Anordnung eines Detektors ist derart, dass der Lichtstrahl mehr oder weniger senkrecht auf die Hauptarbeitsebene gerichtet ist und dass Streulicht auf beiden Seiten des ausgesandten Strahles mit gleichen oder verschiedenen Winkeln zwischen detektiertem Streulicht und ausgesandtem Lichtstrahl detektiert wird.

Die Detektoranordnung gemäss Erfindung eignet

sich neben der allgemeinen Erkennung von Kanten an Objekten und der Auswertung von auf solche Kanten bezogenen Signalen auch zur Positionserkennung und zur Zählung von Objekten, die eine Kante besitzen. In der gezeigten Ausführungsform sind diese Objekte weniger als beispielsweise 80 mm vom Beobachtungsfenster des Sensors entfernt und können mit einer Geschwindigkeit von mehreren m/s vorbei bewegt werden. Die Objekte können relativ zur Hauptarbeitsebene leicht schiefe Oberflächen (angeschrägte Kanten) haben, handelt es sich um flache Objekte wie Papierblätter, so können Kanten bis 0,1 mm detektiert werden. Die Objekte können ein- oder vielfarbig sein und auch in einem bestimmten Ausmass Glanz aufweisen. Ferner dürfen sie auch geschuppt übereinanderliegen (Schuppenformation, Schuppenstrom).

Die Detektoranordnung funktioniert auf der Basis von Licht, in der Regel mit einem Laser, wobei für bestimmte Applikationen auch eine Leuchtdiode oder eine andere Lichtquelle verwendet werden kann.

Bei der Ausgestaltung als Schuppenstrom-Detektor sorgt (zusätzlich) eine schaltungstechnische Totzeitfunktion dafür, dass Doppelkanten wie bspw. der Vorfalz bei einem Falblatt, als nur eine Kante ausgewertet werden. Ferner werden mit weiteren geeigneten Massnahmen (Quotientensignalbildung) verschiedene Störungen, welche die Mess-Sicherheit beeinflussen können, unterdrückt.

In einer ersten Ausführungsform tastet ein fokussierter Laserstrahl unter einem Winkel (typisch 40°) die Oberflächen (Arbeitsebene) von auf der Hauptarbeitsebene liegenden Gegenständen ab. Zwei Detektoren fangen das von der Arbeitsebene gestreute Licht auf. Einer der Detektoren ist optisch hinter einer fokussierenden Abbildungsoptik (bspw. ein ablenkender Off-Axis Parabolspiegel) platziert, die koaxial, also rings um den ausgesandten Laserstrahl, oder sehr nahe beim ausgesandten Laserstrahl angeordnet ist. Der andere Detektor ist ungefähr über dem vom ausgesandten Licht auf der Hauptarbeitsebene gebildeten Lichtpunkt angeordnet.

In einer anderen Ausführungsform ist ein Detektor in der Nähe des Brennpunktes einer Abbildungsoptik (bspw. eine Linse) derart angeordnet, dass er Streulicht misst, das in einem flacheren Winkel zur Arbeitsebene abgestrahlt wird, als das von der Lichtquelle ausgesandte Licht, während der andere Detektor im wesentlichen senkrecht über dem Lichtfleck angeordnet ist.

Physikalische Betrachtungen zeigen, dass eine statische Signalauswertung möglich ist, das heisst, eine Auswertung, die unabhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit der Objekte ist. Sie zeigen ferner, dass das Verhältnis der von den beiden Detektoren gemessenen Lichtintensitäten, also der Quotient, die ausschlaggebende Grösse ist, nicht die Intensitätsdifferenz, wie sie im oben genannten Stand der Technik verwendet wird. Die Signalauswertung kann digital wie auch analog erfolgen. Der Quotient der von den beiden Detektoren gemessenen Intensitäten kann durch Division der beiden Messwerte direkt erhalten werden. Der Quotient kann auch gebildet werden dadurch, dass die Licht-

leistung der Lichtquelle derart geregelt wird, dass der eine der Detektoren, vorteilhafterweise der die Rückwärtsstreuung detektierende Detektor eine konstante Intensität misst. Dadurch liefert der andere Detektor direkt ein Quotientensignal. Da die Regelung der Lichtquelle starke Intensitätsunterschiede unter Umständen nicht schnell genug ausgleichen kann, ist es trotzdem vorteilhaft auch bei quasi konstantem Signal des einen Detektors die Division der Messsignale zur Erzeugung des Quotientensignales durchzuführen.

Damit die Auswertung des analogen Signals unabhängig von der Distanz zwischen der Detektoranordnung und den Gegenständen (Arbeitsebene), also unabhängig von der Objektdicke wird, ist es nötig, die Optik anzupassen. Für ein ebenes Objekt (nicht dessen Kante) in beliebiger Höhe (weniger als bspw. 80 mm unter einem Fenster im Gehäuse der Detektoranordnung darf das Intensitätsverhältnis R/V (rückwärts zu vorwärts gestreutes Licht) der beiden Detektoren nie grösser werden, als bei einem ebenen Objekt in der Hauptarbeitsebene (bspw. 80 mm unter dem Fenster im Gehäuse der Detektoranordnung). Zu diesem Zweck wird einer der Detektorköpfe vorzugsweise leicht geneigt und in das Gehäuse zurückverlegt und die vorgeschaltete Optik sowie der andere Detektorkopf entsprechend optimiert.

Für die Verwendung als Schuppenstromdetektor werden zusätzliche Massnahmen getroffen. Mit einer Totzeitfunktion, bspw. mit einem Pulszähler für Drehgeberpulse des Förderbandes, auf dem die abzutastenden Objekte gefördert werden, können Doppelkanten (z.B. der Vorfalz bei einem Falblatt) signaltechnisch als nur eine Kante verarbeitet werden. Alle Pulse innerhalb einer gewissen Zeit, oder innerhalb einer gewissen Distanz von einem ersten Puls werden unterdrückt.

Mit einem geeigneten Hintergrundsobjekt (weisses Papier, Alublech, Reflektorfolie) können weitere Störungen eliminiert werden. Bei Falblättern, die mit dem Falz oder Rücken vorne dem Laserstrahl entgegengeführt werden, können die Blattenden aufgeraut oder aufgebogen sein, auch wenn sie nicht von Folgeprodukten abgedeckt sind. Am Anfang und am Ende des Blattes wird dann eine Kante detektiert. Wird nun als Hintergrund eine Reflektorfolie eingesetzt, werden die Signalpegel so gekehrt, dass der Endpuls unterdrückt wird. Diese Umkehrung geschieht dadurch, dass die Folie viel mehr Licht in Rückwärtsrichtung streut, als normales Papier dies tut. Ein solches Signal wurde einer Papierkante entsprechen. Da dieses Signal konstant bleibt bis zur nächsten Papierkante, kann es mit digitaler Signalaufbereitung unterdrückt werden.

Eine andere Möglichkeit zur Unterdrückung der unerwünschten Detektion von Endkanten besteht darin, dass in der Vorrichtung ein dritter Detektor D3 (hier nicht gezeigt) angeordnet wird, der mit einem in oder unter der Hauptarbeitsebene liegenden, leicht geneigten Spiegel koordiniert ist. Liegt ein Produkt auf der Hauptarbeitsebene, ist der Spiegel bedeckt und trifft kein oder wenig Licht in den dritten Detektor. Liegt kein Produkt auf der Hauptarbeitsebene, reflektiert der Spiegel den aus-

gesandten Lichtstrahl in den dritten Detektor. Erhält der dritte Detektor unmittelbar nachdem eine Kante detektiert wurde, Licht, muss es sich um eine Hinterkante gehandelt haben, deren Zählung unterdrückt werden muss. Anstelle des Spiegels kann auch eine unter einer entsprechenden Öffnung in der Hauptarbeitsebene und von dieser beabstandet angeordnete Fläche verwendet werden, auf der der Lichtfleck liegt, wenn kein Gegenstand auf der Hauptarbeitsebene liegt. Der dritte Detektor ist dann derart angeordnet und mit einer abbildenden Optik versehen, dass er den Lichtfleck auf dieser Fläche «sieht».

Anhand der nachfolgend aufgeführten Figuren wird das oben diskutierte Prinzip insbesondere am Beispiel für die Anwendung als Schuppenstromdetektor diskutiert.

Fig. 1 zeigt einen typischen Signalverlauf eines gemäss Erfindung verarbeiteten analogen Signales. Die Höhe Null entspricht der Höhe des Beobachtungsfensters im Gehäuse der Detektoranordnung die schraffierten Bereiche stellen Zonen dar, in denen kein Mess-Signal liegen sollte,

Fig. 2 zeigt eine erste Anordnung von Lichtquelle und Detektoren über einer Arbeitsebene, bei welcher einer der Detektoren Rückwärtsstreulicht misst, das in einem Winkel rückstrahlt, der kleiner ist als der Winkel des auf die Arbeitsebene gerichteten Lichtstrahls und

Fig. 3 zeigt eine zweite Anordnung, bei der einer der Detektoren zum Lichtstrahl coaxial rückgestrahltes Licht misst,

Fig. 4 zeigt eine beispielsweise Schaltungsanordnung zur Auswertung der Signale aus den beiden Detektoren D1 und D2.

Fig. 5 zeigt eine beispielsweise Schaltung zur Ansteuerung der Lichtquelle, im vorliegenden Beispiel eine Laserdiode.

Fig. 6 zeigt einen Signalverlauf im Zusammenhang mit der Synchrondetektion der gepulsten Eingangsspannung.

Fig. 7 zeigt ein Detail aus der Signalverarbeitung im Zusammenhang mit der Synchrondetektion.

Fig. 8 zeigt eine beispielsweise Schaltung für die Divisionsstufe, wie sie in der Schaltung gemäss Fig. 4 verwendet wird.

Methodisch betrachtet, kann von einer Grundanordnung wie folgt ausgegangen werden:

A) Ein Lichtstrahl einer Strahlungsquelle wird gut fokussiert auf die Hauptarbeitsebene gerichtet und trifft unter einem beliebigen Winkel schräg auf dieser Ebene auf (allenfalls auch senkrecht), einen Lichtfleck oder Lichtpunkt erzeugend. Mindestens zwei Detektoren beobachten den auf der Hauptarbeitsebene oder einem darauf stehenden Objekt erzeugten Lichtfleck unter verschiedenen Winkeln, wobei folgende Bedingungen vorgegeben sind:

A1. der eine Detektor D1 ist (optisch) hinter einer Abbildungsoptik O (beispielsweise Linse oder Parabolspiegel) angeordnet, die den Lichtfleck auf der Arbeitsebene auf diesen Detektor abbildet. Detektor und Abbildungsoptik sind relativ zur Lichtquelle der-

art angeordnet, dass der Winkel zwischen dem von der Lichtquelle auf die Hauptarbeitsebene auftreffenden Licht und dem von der Hauptarbeitsebene (Lichtfleck) auf den Detektor treffende Licht möglichst klein ist (Fig. 2). Dieser Winkel verschwindet, wenn Strahlungsquelle und Abbildungsoptik (bzw. Detektor) koaxial angeordnet sind und der Strahl durch eine Öffnung in der Optik, bspw. im Parabolspiegel, geführt wird (Fig. 3).

A2. der andere Detektor D2 ist so angeordnet, dass der Zwischenwinkel zwischen dem von der Hauptarbeitsebene (Lichtfleck) auf den Detektor D1 bzw. auf den Detektor D2 treffenden Licht möglichst gross wird.

Bemerkung zu A. Die Lichtquelle kann somit unter einem mehr oder weniger flachen Winkel oder auch senkrecht auf die Hauptarbeitsebene strahlen. Ausgewertet wird das Quotientensignal ($D2/D1$) der beteiligten Detektoren, allenfalls der Kehrwert ($D1/D2$) davon.

B) Für die Erkennung feinsten Papierkanten werden zur oben dargestellten Grundanordnung die folgenden zusätzlichen Bedingungen erfüllt:

B1. Der Lichtfleck, den die Lichtquelle auf der Hauptarbeitsebene erzeugt, soll möglichst klein sein, das heisst, er soll Abmessungen haben, die der Höhe der kleinsten, noch zu detektierenden Kanten in etwa entsprechen. Dazu muss die Fokussierung der von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahlen optimiert werden.

B2. Die Lichtquelle strahlt mit Vorteil unter möglichst flachem Winkel auf die Hauptarbeitsebene (bspw. 40°), damit feine Objektkanten möglichst gut angestrahlt werden und nicht übersehen werden. Bei senkrechtem Lichteinfall und einer schön geschnittenen Papierkante kann dagegen nur die Abschattung des Lichtes ausgenützt werden und nicht auch noch die (variable) Abstrahlcharakteristik des Papiers in Funktion des Beleuchtungswinkels.

B3. Der zweite Detektor D2 misst das Streulicht vom Lichtpunkt unter möglichst grossem Winkel zum ersten Detektor D1, der nahe an der Lichtquelle (bzw. nahe am von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahl) angeordnet ist. Der zweite Detektor D2 wird in etwa senkrecht über dem Lichtfleck auf der Hauptarbeitsebene platziert oder noch weiter weg von der Lichtquelle, so dass er den Lichtfleck unter einem Winkel von 90° zur Hauptarbeitsebene beobachtet bzw. unter einem spitzen Winkel entgegengesetzt zur Lichtquelle beobachtet.

C) Für einen grossen Messbereich bei sehr kompakter Bauform des Sensors sind die folgenden zusätzlichen Massnahmen nötig:

C1. Erzeugung eines nicht allzu grossen Winkels zwischen dem vom Lichtfleck auf den ersten Detektor D1 treffenden Licht und dem vom Lichtfleck auf den zweiten Detektor D2 treffenden Licht, dadurch dass C2. entweder die Lichtquelle nicht allzu flach, unter Umständen in etwa senkrecht auf die Hauptarbeitsebene strahlt oder, bei ziemlich flachem Lichteinfall, der zweite Detektor D2 mehr oder weniger direkt über dem Lichtpunkt auf der Hauptarbeitsebene angeordnet ist.

Bemerkung zu C: unter einem Gerät (Sensor) mit kompakter Bauform wird ein solches verstanden, dessen Gehäusegrösse im Verhältnis zum Messbereich nicht gross ist.

D) Zur Vermeidung bzw. Reduktion eines Blindbereichs wird folgende Massnahme getroffen:

D1 Die Lichtquelle wird zwischen den beiden Detektoren platziert.

Bemerkung zu D: der Lichtfleck auf grossen Objekten, die bis knapp unter das Gehäuse des Sensors reichen, wird in dieser Anordnung vom zweiten Detektor D2 noch am besten erkannt. Dies ist wichtig, da der Sensor ein Signal abgibt, das einer Kante entsprechen würde, sobald der Detektor D2 nur noch wenig Licht erhält im Vergleich zu Detektor D1.

Fig. 1 zeigt nun einen Signalverlauf S eines analogen Divisionssignals (Signal des Detektors D2 dividiert durch Signal des Detektors D1, kurz $D2/D1$) für ein Objekt mit einer horizontalen Oberfläche von weissem Papier in Funktion der Höhe (A' in mm) dieser Oberfläche unter dem Sensor, wie er idealerweise aussehen sollte. Ausgegangen wird dabei von einem Wert des Signals für eine Objektoberfläche in Hauptarbeitsebene H, deren Höhe unter dem Sensor mit H' angegeben ist und welche in diesem Beispiel 80 mm beträgt. Man erkennt den asymptotischen Verlauf ausserhalb des optimierten Abstandes der Arbeitsfläche. Die schraffierten Flächen stellen Gebiete dar, die das Divisionssignal nicht berühren oder schneiden sollte, wobei auch diese Flächen nur typisch gezeichnet sind, sie sind Grenzgebiete. Dazwischen ist das Arbeitsgebiet. Bei einem umgekehrten Divisionssignal $(D2/D1)^{-1}$ muss für jeden Signalwert in Fig. 1 dessen Kehrwert $1/x$ genommen werden.

Die Vorteile eines solchen idealen Signalverlaufes sind folgende:

1) Abnahme der Kanten- und damit auch der Störeffindlichkeit gegenüber kleinen Unebenheiten der Objektoberflächen mit zunehmender Höhe über der Arbeitsfläche und

2) kein Blindbereich, das heisst, keine vermeintliche Kantenerkennung wenn ein Objekt nahe an den Sensor herankommt. Es könnte zu einer Mehrfachzählung des Objektes kommen, falls nach Ablauf der Totzeit das Objekt immer noch sehr nahe unter dem Sensor ist.

Weisses, horizontal angeordnetes Papier als Objektoberfläche gibt für alle Höhen ein typisches Signal. Für andere Oberflächen weicht das Signal nur unwesentlich nach unten ab (dies wäre z.B. eine Signalreduktion in der Grössenordnung von 30%). Bei glänzenden, horizontal angeordneten Oberflächen, kann das Signal massiv nach oben abweichen, was jedoch nicht stört. Aus diesen Gründen macht es Sinn, einen standardisierten Signalverlauf für weisses Papier vorzugeben.

Erreicht wird der Signalverlauf in Funktion der Höhe A' [mm] unter dem Sensor durch die geeignete Wahl der Abbildungs-Optik. Es spielen dabei

eine Anzahl interdependenter Faktoren eine Rolle, wie:

- die Brennweite der Abbildungsoptik vor dem Detektor D1
- die Distanz des Detektors D1 hinter der Abbildungsoptik
- die seitliche Positionierung des Detektors D1 hinter der Optik
- die Grösse und Form des Detektors D1 (das ist die Photodiodegrösse, falls nötig, die Grösse und Form einer vorgeschalteten Maske, die auch vor eine zusätzliche Linse geschaltet werden kann, um das Licht zur Photodiode nochmals zu bündeln)
- der Winkel zwischen dem vom Detektor D1 detektierten Streulicht und dem von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahl
- die Plazierung des Detektors D2 (Tiefe hinter dem Sensorfenster)
- seitliche Verwinkelung (Kippen) des Detektors D2 gegenüber der Sensorfront
- Beobachtungswinkel der beiden Detektoren in Bezug auf die Hauptarbeitsebene bzw. die Oberflächen der beobachteten Objekte.

Alle diese Faktoren müssen so aufeinander abgestimmt werden, dass der vorgegebene ideale Signalverlauf erreicht wird. Dabei bleibt einiges an konstruktiver Freiheit, wie dies gemacht wird. Dementsprechend wird hier nur ein rezeptartiges beispielsweise Vorgehen angegeben, nach dem eine Vorrichtung gemäss Erfindung berechnet und gebaut werden kann. Um einen optimalen Signalverlauf zu erhalten, müssen die obengenannten Faktoren durch Ausprobieren aufeinander abgestimmt werden (ausprobieren deswegen, weil beim Verstellen der Grösse eines Parameters sich die Werte der anderen Parameter ebenfalls ändern).

Fig. 2 zeigt eine beispielsweise Detektoranordnung (Sensor) gemäss Erfindung in einem Gehäuse G. Sie zeigt einen Laserkopf L mit Laserdiode und Linsen zur Fokussierung des Strahles. Der Laser strahlt unter einem Winkel (typisch 45°) auf die Hauptarbeitsebene H. Ein minimaler Strahldurchmesser wird durch Fokussieren des ausgesendeten Strahles auf die Hauptarbeitsebene H erreicht, die sich beim Abstand H' (bspw. 80 mm) unter dem Sensorfenster im Gehäuse G, das hier mit einem rechteckigen Rahmen angedeutet ist, befindet. Der Detektorkopf 1 ist hinter der Abbildungsoptik O (hier als einfache Linse dargestellt) angeordnet. Strahlungsquelle L und Detektor D1 sind sehr nahe beieinander angeordnet und zwar so, dass der Beobachtungswinkel des Detektors D1 relativ zur Hauptarbeitsebene H kleiner ist, als der entsprechende Winkel des ausgesandten Laserstrahls. Die Optik ist in Richtung des Laserstrahles gerichtet, der Detektorkopf D1 liegt ein wenig hinter der Brennebene der Optik. Dieser Detektorkopf D1 besteht bspw. aus einer Maske (horizontaler Schlitz mit seitlicher Begrenzung, das heisst, eine Rechtecköffnung), einer Linse zur Fokussierung des Lichtes, das durch die Maske fällt, und einer Photodiode geeigneter Grösse. Nimmt man Einschränkungen in Kauf, kann er auch nur aus einer Photodiode bestehen. Der

Detektorkopf D2 besteht aus einer grossflächigen Photodiode oder mehreren kleinen aneinandergereihten Photodioden und ist vom Lot durch den Lichtfleck leicht nach aussen, das heisst von der Lichtquelle weg geneigt. Für ein Objekt in der Hauptarbeitsebene H ist D2 dann ungefähr über dem Lichtpunkt angeordnet (im Moment ca. 10° gegenüber der Vertikalen geneigt und zwar entgegengesetzt zum Laserstrahl) und zwar in einem gewissen Abstand hinter dem Eintrittsfenster des Gehäuses G. Diese Anordnung ist nicht zwingend, gibt aber optimale Resultate bei einer massigen Sensorgrösse, was sich letztendlich auf den Preis auswirkt.

Fig. 3 zeigt eine andere Anordnung, bei welcher der eine der beiden Detektoren D1 das rückgestreute Licht coaxial zum ausgesandten Licht misst. Ein Laserkopf L mit Laserdiode und mit Linsen zur Fokussierung des Strahles (hier nicht abgebildet), strahlt unter einem Winkel von ca. 40° Licht auf die Hauptarbeitsebene H. Die Fokussierung ist so eingestellt, dass der minimale Strahldurchmesser ungefähr 80 mm unter dem Sensorgehäuse G erreicht wird, wo sich die Hauptarbeitsebene H befindet (siehe auch Fig. 1). Der das koaxiale Streulicht messende Detektorkopf D1 ist hinter einer Abbildungsoptik O, hier ein Off-Axis Parabolspiegel platziert, welcher coaxial rings um den ausgesandten Laserstrahl oder allenfalls sehr nahe dabei angeordnet ist. Die Abbildungsoptik «schaut» in Richtung des Laserstrahles. Die Front des Detektorkopfes D1 liegt vorzugsweise in der Brennebene der Abbildungsoptik. Der Detektor hat eine Maske vorgeschaltet, die aus einem horizontalen Schlitz mit seitlicher Begrenzung, also eine Rechtecköffnung aufweist. Ferner ist noch eine Linse zur Fokussierung des Lichtes, das durch die Maske fällt, nachgeschaltet. Im Detektorkopf D1 ist eine Photodiode von einer geeigneten Grösse angeordnet. Der Detektorkopf D2 weist eine einfache Photodiode auf, die mehr oder weniger grossflächig, typischerweise 5 x 5 mm, und, gleich wie in Fig. 2, leicht geneigt ist. Für ein Objekt in der Hauptarbeitsebene H ist sie ungefähr senkrecht über dem Lichtfleck angeordnet, und zwar in einem bestimmten Abstand hinter dem Eintrittsfenster. Die hier vorgeschlagene Anordnung gibt bei einer mässig grossen Sensorgrösse, was auch hier die Kostenfrage tangiert, optimale Resultate.

Für die hier gezeigten optischen Messanordnungen sind noch weitere optimierende Massnahmen vorteilhaft:

- Die Lichtquelle, hier eine Laserdiode, wird so geregelt, dass Detektor D1 immer gleich viel Licht erhält.

- Anstelle der im Blockschaltbild (Fig. 4) verwendeten Divisionsstufe, können logarithmische Verstärker eingesetzt werden, sodass nach einer Subtraktion der beiden Kanäle ein Signal entsteht, das dem Logarithmus des Quotienten entspricht.

- Für anwenderspezifische Ausführungen kann ein Mikroprozessor eingesetzt werden zur digitalen Signalauswertung, bspw. Doppelpulsunterdrückung bei Vorfall, etc., womit das Gerät bei neu auftretenden Problemen flexibler ist und leichter darauf eingestellt werden kann.

– Beim Einsatz als Schuppenstromdetektor werden Totzeitfunktionen zusätzlich um eine dynamische Totzeit ergänzt. Dabei wird laufend der mittlere zeitliche Kantenabstand ermittelt, zum Beispiel gemittelt über 5 bis 10 Kanten, und ca. 20% davon als Totzeit eingesetzt.

Fig. 4 zeigt nun eine beispielsweise Schaltung zur Auswertung der Signale aus den Detektoren D1 und D2. Die Signale aus den beiden Detektoren werden auf je einen Synchron-Verstärker SV mit Sample & Hold zur Unterdrückung von Fremdlicht geführt. Die beiden Verstärkerkanäle werden mit Hilfe eines Oszillators OS synchronisiert. Derselbe Oszillator taktet auch die Leistungsstufe LS, durch welche die Laserdiode L, das ist die Lichtquelle, gespeist wird. Über einen Regler RG steuert der Detektor D1, das ist der die Rückwärtsstreuung messende Detektor, die Intensität der Lichtquelle L. Ausserdem werden die Signale der beiden Detektorkanäle in einer Divisionsstufe DS zu einem Quotientensignal umgesetzt, welches in einem Schmitt-Trigger ST aufbereitet ein Zählsignal darstellt. Im Falle der Zählung eines am Gerät vorbeilaufenden Schuppenstromes (aber auch anderer geförderter Gegenstände mit Kanten), wird eine Totzeitfunktion TZ eingebaut. Diese funktioniert so, dass während einer einstellbaren Totzeit weitere von ST kommende Pulse, die wegen Doppel- oder Mehrfachkanten an einem Objekt entstehen, unterdrückt werden. Steht ein Drehgeber am Förderband zur Verfügung, so kann dieses Drehgebersignal TT verwendet werden, um die Totzeit mit der Fördergeschwindigkeit zu verknüpfen (synchronisieren). In diesem Fall wird an der Stelle einer einstellbaren Totzeit eine einstellbare Anzahl Drehgeberpulse abgezählt, während welcher Zeit weitere Pulse von ST her unterdrückt werden. Diese Funktion kann auch sehr günstig und flexibel mit einem Mikroprozessor gelöst werden. Das so konditionierte Signal wird schliesslich in einem weiteren Pulslängenformer PF aufbereitet und einer Ausgangsstufe AS zur weiteren Verwendung zugeführt.

Dieses Blockschaltbild stellt eine mögliche Auswertung des Streulichtes mit Einbezug von Information TT der Zuführung der Messgegenstände und mit einer Lichtsteuerung durch einen der Detektoren dar. Dies ist eine von mehreren Möglichkeiten zur Auswertung des V/R-Streulichtes aus der optischen Anordnung gemäss Erfindung. An Stelle der verwendeten Divisionsstufe DS, kann auch, wenn logarithmische Signale vorliegen, eine Subtraktion der beiden Kanäle durchgeführt werden.

Die Fig. 5 bis 8 zeigen spezielle Ausführungsformen der Laserdiodenansteuerung der Synchrondetektion und der Divisionsstufe, wie sie beispielsweise in der Schaltung gemäss Fig. 4 realisiert sein können. Es wird noch speziell auf die Quotientenbildung durch eine Regelschaltung, wie sie in der Gesamtschaltung enthalten ist, eingegangen.

Fig. 5 zeigt eine von einem Regler C gelieferte Steuerspannung, welche eine erste Konstantstromquelle CS1 für I_1 (über die gesamte Zeit) so einstellt, dass ein zur Spannung U_1 proportionaler Gleichstrom durch den Widerstand R oder über den elektronischen Schalter S fliesst. Ist der elektroni-

sche Schalter geschlossen, ist die Spannung über dem Widerstand R gleich Null, ist er geöffnet, ist die Spannung proportional zum Strom I_1 und somit auch zur Spannung U_1 . Die Spannung U_2 wird auf diese Weise zu einer gepulsten Rechteckspannung, deren Amplitude proportional zur Spannung U_1 ist. Die Spannung U_2 ihrerseits steuert eine zweite Konstantstromquelle CS2 für I_2 (während der Pulszeit), welche den für die Laserdiode L benötigten (gepulsten) Gleichstrom I_2 liefert. Der Schalter generiert in diesem Beispiel eine Laserpulsfrequenz von 60 KHz. Unterhalb 1 KHz werden Störungen nicht mehr ausreichend ausgeschlossen; die obere Grenze ist durch den Frequenzgang der Komponenten begrenzt (einige MHz sind heute schon denkbar).

Der Regler benötigt für ein schnelles Verhalten eine Rückführung, eine kontinuierliche Istgrösse, die nicht gepulst ist. Spannung und Strom U_2 bzw. I_2 liegen jedoch gepulst vor und müssten für diesen Zweck zuerst geglättet oder gesampelt werden, was im ersten Fall zu einer Verlangsamung des Systems oder im zweiten Fall zu erhöhtem Aufwand führen würde. Hingegen ist der Strom I_1 ein zum gepulsten Ausgangsstrom proportionaler Gleichstrom, der für die Rückführung, das heisst, als Istwert verwendet werden kann.

Um zu jedem Zeitpunkt eine möglichst genaue Messung der gepulsten Eingangsspannung sicherzustellen, wird mittels einer Sample & Hold-Schaltung (S&H) in einem definierten Zeitfenster Messwerte gespeichert und anschliessend verglichen. Um hochfrequente Störungen weitgehend auszuschalten, wird das Sampling über einen Filter geführt. Während der einen Messperiode werden die positiven, während der anderen die negativen Scheitelwerte der Analogspannung gemessen. Anschliessend werden die so gemessenen Werte voneinander subtrahiert. Auf diese Weise spielt die der Analogwechselspannung überlagerten Gleichspannung keine Rolle mehr und eventuell vorhandene niederfrequente Störungen wie 100 Hz Gleichlicht werden wirkungsvoll kompensiert.

Fig. 6 zeigt ein Zeitfenster für die Messung der Analogspannung. Während t_{on}/A sind der Eingang und Filter A miteinander verbunden. Dieses Filter speichert die positiven (und nur diese) Scheitelwerte. Auf gleiche Weise speichert Filter B, welches während t_{on}/B mit dem Filter B verbunden ist, die negativen (und nur diese) Scheitelwerte. Um einen möglichst genauen Scheitelwert zu sampeln, arbeitet die S & H-Schaltung nur über den hinteren (following) Teil der Pulse, das heisst, im zeitlich nachfolgenden, eingeschwungenen Teil des Rechtecksignals. So werden die Einschwingvorgänge nicht in die Messung einbezogen; es wird jeweils nur der stabile, eingeschwungene Wert gemessen. Fig. 7 zeigt das in den Kanal 1 der Schaltung mit den Analogschaltern und nachfolgenden Filtern eingehende Analogsignal mit überlagertem niederfrequenten Störsignal und das durch die Schaltung «gesäuberte» Ausgangssignal. Die Auswertung speichert obere Scheitelwerte in Kanal A und untere Scheitelwerte in Kanal B. Die Differenz A-B (Doppelpfeil) entspricht dem eingehenden Analogsi-

gnal und enthält jetzt aber kein niederfrequentes Störsignal mehr. Kanal 2 umfasst eine gleiche Schaltung wie Kanal 1 und bildet die Differenz C-D eines eingehenden Analogsignals.

Fig. 8 zeigt eine beispielsweise Divisionsstufe zur Bildung des Quotientensignals. Bei dem hier diskutierten System soll das Intensitätsverhältnis und nicht die Intensitätsdifferenz der beiden Kanäle ausgewertet werden. Das heisst, dass in der Schaltung gemäss Fig. 4 eine Divisionsstufe bzw. Divisions-schaltung nötig ist. Diese kann bspw. mittels eines Mikroprozessors digital, jedoch ebenso auf analoge Weise ausgeführt werden. Die in Fig. 8 dargestellte Schaltung basiert auf der mit analogen Schaltmitteln bewirkten Multiplikation mittels Logarithmierung, dann nachfolgender Addition bzw. Subtraktion und dann anschliessender Entlogarithmierung. Die resultierende Ausgangsspannung U_a ist wie folgt:

$$U_a = \frac{U_x \cdot U_y}{U_z}$$

wobei alle Spannungen auf U_{ref} bezogen sind.

Die Spannung U_x erzeugt im Transistor T_1 einen Strom I_1 , der durch den Widerstand am Eingang des OP's (Operationsverstärker, Op-Amp) bestimmt ist, da die Spannung am Minus-Eingang des OP's im eingeregelter Zustand immer gleich der Referenzspannung U_{ref} ist. Da die Basis von Transistor T_1 auf U_{ref} liegt, steht am Emitter von Transistor T_1 immer eine zum Strom I_1 in logarithmischem Verhältnis stehende Spannung zur Verfügung. Dasselbe Prinzip gilt auch für die Spannung U_y . Die Spannung U_y erzeugt im Transistor T_3 einen Strom I_3 , die Basis von Transistor T_3 liegt jedoch am Emitterpotential von Transistor T_1 , was dazu führt, dass die Emitterspannung von Transistor T_3 proportional zur Summe der logarithmierten Ströme I_1 und I_3 ist. Dementsprechend liegt die logarithmierte Spannung von U_2 am Emitter von Transistor T_2 und ist auf die Referenzspannung U_{ref} bezogen.

Die Entlogarithmierungsstufe mit Transistor T_4 erhält als Eingangsspannung:

$$U_i = U_{E1} + U_{E3} - U_{E2}$$

Dies entspricht:

$$U_i = k_1 \cdot \ln\left(\frac{U_x}{U_T}\right) + k_2 \cdot \ln\left(\frac{U_y}{U_T}\right) - k_3 \cdot \ln\left(\frac{U_z}{U_T}\right)$$

Die Koeffizienten k_1 , k_2 , k_3 sind abhängig von den Eingangskennlinien der Transistoren und sind bei idealen Transistoren gleich. In der Praxis kann durch Verwendung von gematchten Transistoren, z.B. Transistorarrays oder Doppeltransistoren, eine weitgehende Übereinstimmung der Koeffizienten erreicht werden. Die Entlogarithmierungsstufe mit T_4 bildet

nun die Spannung U_a aus der Eingangsspannung U_i durch Wandeln der angelegten Basis-Emitter-Spannung in den so entstehenden Emitter- bzw. Kollektorstrom gemäss der Beziehung:

$$U_a = k_4 \cdot \exp \frac{U_i}{U_T}$$

Bei einem solchen, wie hier diskutierten Messprinzip, steuert eine Ausgangsgrösse (hier die Laserintensität) gemeinsam zwei Eingangsgrössen (hier die Empfangskanäle 1 und 2). Der Quotient U_1/U_2 wird nicht von der Laserintensität beeinflusst. Durch Konstanthalten des Nenners über die Laserintensität ist der Zähler immer proportional zum gesuchten Quotienten:

$$U_a = \frac{k \cdot U_1}{k \cdot U_2}$$

und damit:

$$U_a = k \cdot U_1 - \frac{U_1}{U_2}$$

Mit dem oben dargelegten Auswertesystem erhält man eine sehr gute Funktionsfähigkeit des Sensors.

Patentansprüche

1. Verfahren zum berührungslosen Erkennen und Auswerten von Kanten an Gegenständen mittels einer Lichtquelle (L), die einen Lichtstrahl gegen eine Hauptarbeitsebene (H) mit Gegenständen aussendet, und mindestens zwei Detektoren (D1, D2), bei welchem im wesentlichen die Vorwärts- und Rückwärtsstreuung vom Licht durch eine beleuchtete Oberfläche ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückwärtsstreulicht von der Hauptarbeitsebene (H) oder einer Arbeitsfläche (A) durch eine zwischengeschaltete Abbildungsoptik (O) auf einen zur Aufnahme des Rückwärtsstreulichtes vorgesehenen ersten Detektor (D1) geführt wird und dass die Signale der Erfassung des Rückwärtsstreulichtes unter Einbezug von Signalen aus einer Erfassung des Vorwärts-Streulichtes durch einen zweiten Detektor (D2) zu mit den Kanten korrelierbaren Ausgangssignalen verarbeitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen dem ersten Detektor (D1) erfassten Rückwärtsstreulicht und der Hauptarbeitsebene (H) im wesentlichen gleich gross oder kleiner ist als der Winkel zwischen der Hauptachse des ausgesendeten Lichtes und der Hauptarbeitsebene.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Detek-

tor (D2) so plaziert ist, dass der Winkel zwischen dem durch den zweiten Detektor (D2) erfassten Vorwärtsstreulicht und einer Senkrechten durch den vom ausgesendeten Lichtstrahl auf der Hauptarbeitsebene (H) erzeugten Lichtfleck von der Lichtquelle (L) weggeneigt geöffnet ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei schiefem Lichteinfall auf die Hauptarbeitsebene (H) der zweite Detektor (D2) zur Erfassung des Vorwärtsstreulichtes nahezu auf einer Senkrechten durch den Lichtfleck auf der Hauptarbeitsebene (H) plaziert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man die Lichtquelle (L) nahezu senkrecht auf die Hauptarbeitsebene (H) strahlen lässt und der erste Detektor (D1) auf der einen Seite des von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahles, der zweite Detektor (D2) auf der anderen Seite davon anordnet.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Licht zur Erzeugung von Streulicht zur Erhöhung der Auflösung fokussiert wird, derart, dass Gegenstände mit einem punktförmigen Lichtfleck beleuchtet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Signalwerten aus zwei Detektoren ein Quotient gebildet wird, der als Quotientensignal weiterverarbeitet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Quotientensignal durch Differenzbildung von logarithmischen Signalwerten erzeugt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Quotientensignal dadurch erzeugt wird, dass die Intensität der Lichtquelle so gesteuert wird, dass die von einem Detektor gemessene Lichtmenge konstant bleibt, und dass das Signal des anderen Detektors als Quotientensignal weiterverarbeitet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Signal des einen Detektors durch Regulierung der Lichtquelle konstant gehalten wird und dass zusätzlich die Signale der beiden Detektoren durch Division zu einem Quotientensignal vereinigt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Signale aus den Detektoren durch Synchronisieren zeitlich gekoppelt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Signale aus den beiden Detektoren oder ein daraus gebildetes Ausgangssignal durch ein weiteres, mit der Bewegung der Gegenstände relationiertes Signal (TT) verknüpft werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem dritten Detektor die Reflexion des ausgesandten Lichtstrahles an einem entsprechenden angeordneten Spiegel in einem normalerweise durch die Gegenstände bedeckten Bereiche der Hauptarbeitsebene registriert und dass das Messsignal dieses dritten Detektors zur Unterdrückung der Detektion von störenden Endkanten ausgewertet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem dritten Detektor und einer entsprechenden Abbildungsoptik eine Fläche unterhalb der Hauptarbeitsebene, die derart angeordnet ist, dass der Lichtfleck auf ihr liegt, wenn kein Gegenstand den Bereich abdeckt, überwacht und dass das Messsignal dieses dritten Detektors zur Unterdrückung der Detektion von störenden Endkanten ausgewertet wird.

15. Vorrichtung zum berührungslosen Erkennen von Kanten an Gegenständen mit einer Lichtquelle (L) und mindestens zwei Streulicht messenden Detektoren (D1, D2) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Anordnung von Lichtquelle (L) und Detektoren (D1, D2): die Lichtquelle ist so angeordnet, dass sie die Hauptarbeitsebene (H) oder darauf angeordnete Gegenstände beleuchtet, der erste Detektor (D1) ist so plaziert, dass er Rückwärtsstreulicht messen kann und der zweite Detektor (D2) ist so plaziert, dass er Vorwärtsstreulicht messen kann, wobei dem ersten Detektor (D1) eine Abbildungsoptik (O) zugeordnet ist, durch welche er Rückwärtsstreulicht empfängt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Detektor (D1) Rückwärtsstreulicht messen kann, das im gleichen oder in einem kleineren Winkel zur Hauptarbeitsebene rückstrahlt als die Einstrahlrichtung der Lichtquelle.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Rückwärtsstreulicht erfassende erste Detektor (D1) eine Abbildungsoptik (O) vorgeschaltet hat, welche für den Fall, dass Rückwärtsstreulicht coaxial zur Achse des Beleuchtungsstrahles gemessen wird, ein Off-Axis-Parabolspiegel oder für andere Fälle eine Linse ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass bei schiefem Lichteinfall auf die Hauptarbeitsebene zur Messung des Vorwärtsstreulichtes der zweite Detektor (D2) nahezu senkrecht über dem durch das ausgesandte Licht auf der Hauptarbeitsebene erzeugten Lichtfleck plaziert ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (L) so angeordnet ist, dass sie nahezu senkrecht auf die Gegenstände strahlt und dass der erste Detektor (D1) auf der einen Seite des von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahles, der zweite Detektor (D2) auf der anderen Seite angeordnet ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Mittel aufweist mit denen das Licht zur Erzeugung von Streulicht zur Erhöhung der Auflösung fokussiert wird, derart, dass Gegenstände mit einem punktförmigen Lichtfleck beleuchtet werden können.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass beide Signalfelder der Detektoren auf eine Schaltung (DS) führen, in der der Quotient der beiden Signale gebildet wird, der am Ausgang (AS) der Schaltung zur Weiterverarbeitung zur Verfügung steht.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuer-

einheit (OS, LS) vorgesehen ist, mit der die Intensität der Lichtquelle (L) mit Signalwerten aus einem der beiden Detektoren (D1) gesteuert wird.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass durch Einbezug einer synchronisierenden Schaltung, bspw. Mikroprozessor, Signale aus den Detektoren durch Synchronisieren zeitlich gekoppelt werden.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schaltung (TZ) vorgesehen ist, mit der ein weiteres Signal (TT) als Information über die Bewegung der Gegenstände mit den Signalen der Detektoren (D1, D2) oder deren Quotientensignal (DS) verknüpft wird.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen dritten Detektor und einen mit diesem kooperierenden Spiegel im Bereiche der Hauptarbeitsebene aufweist oder eine mit diesem kooperierende, abbildende Optik, die eine unter der Hauptarbeitsebene angeordnete Fläche abbildet.

25

30

35

40

45

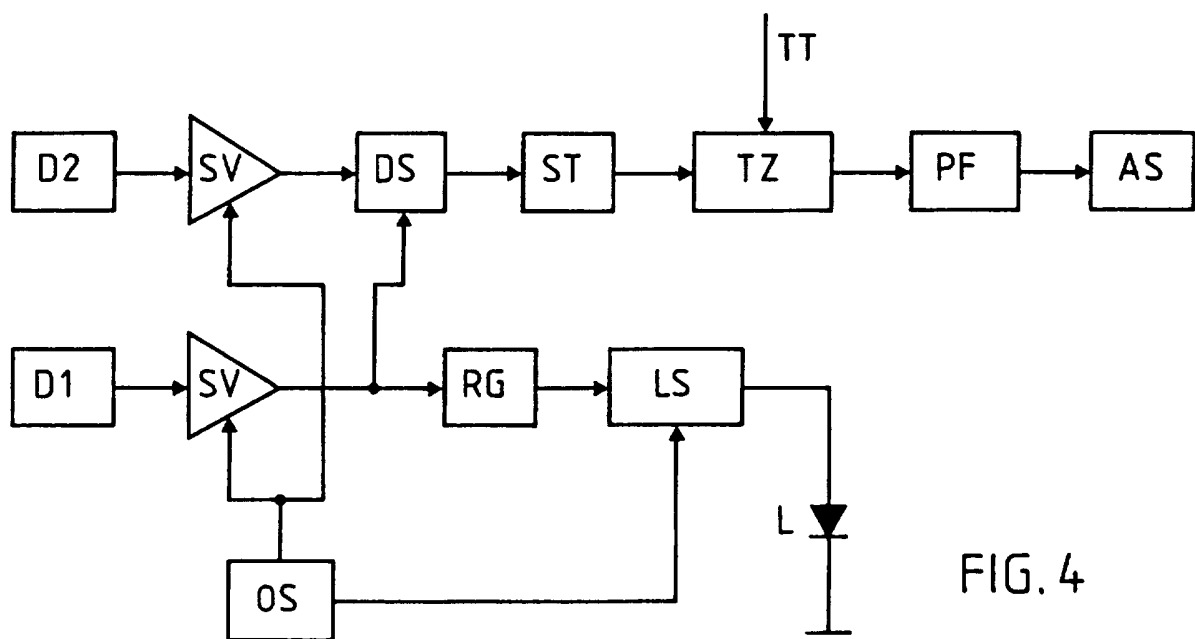
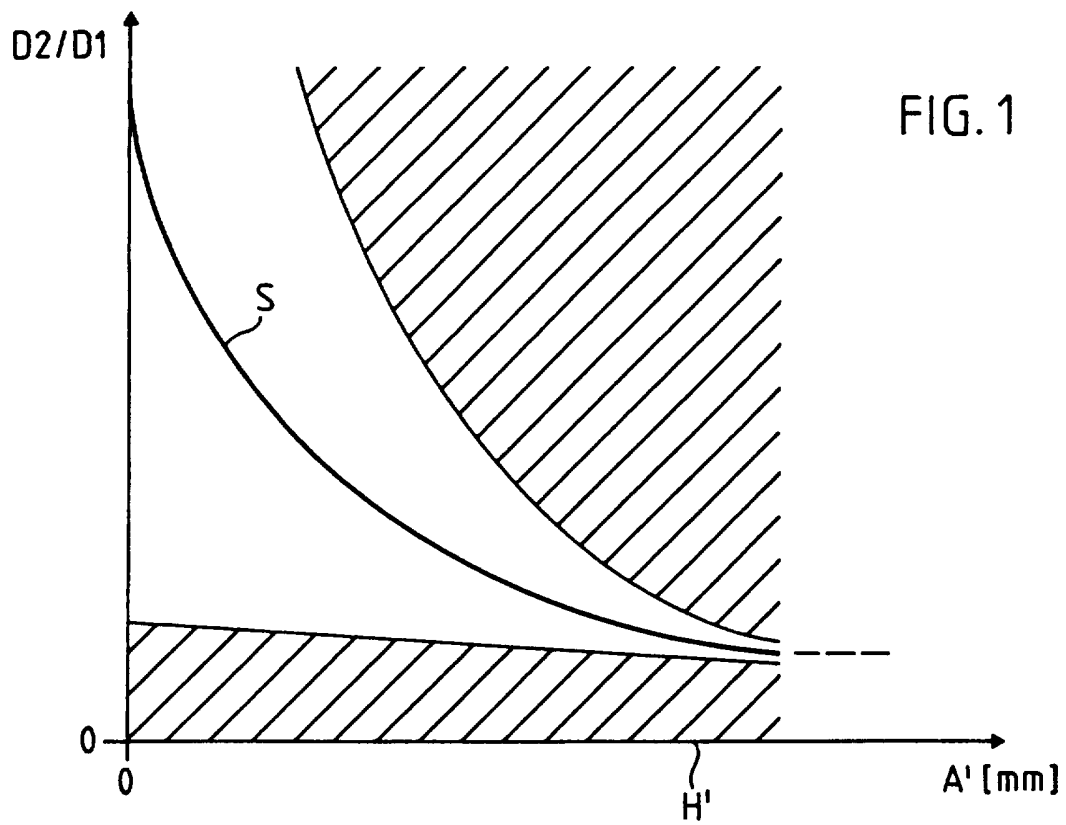
50

55

60

65

10



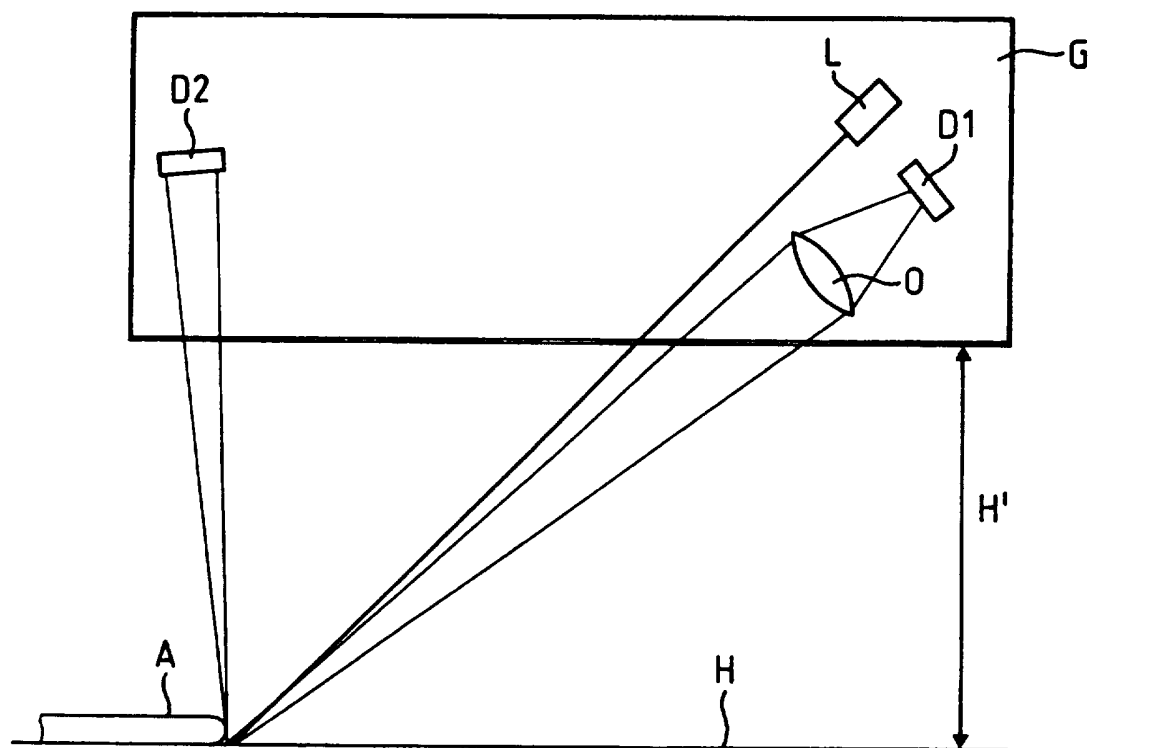


FIG. 2

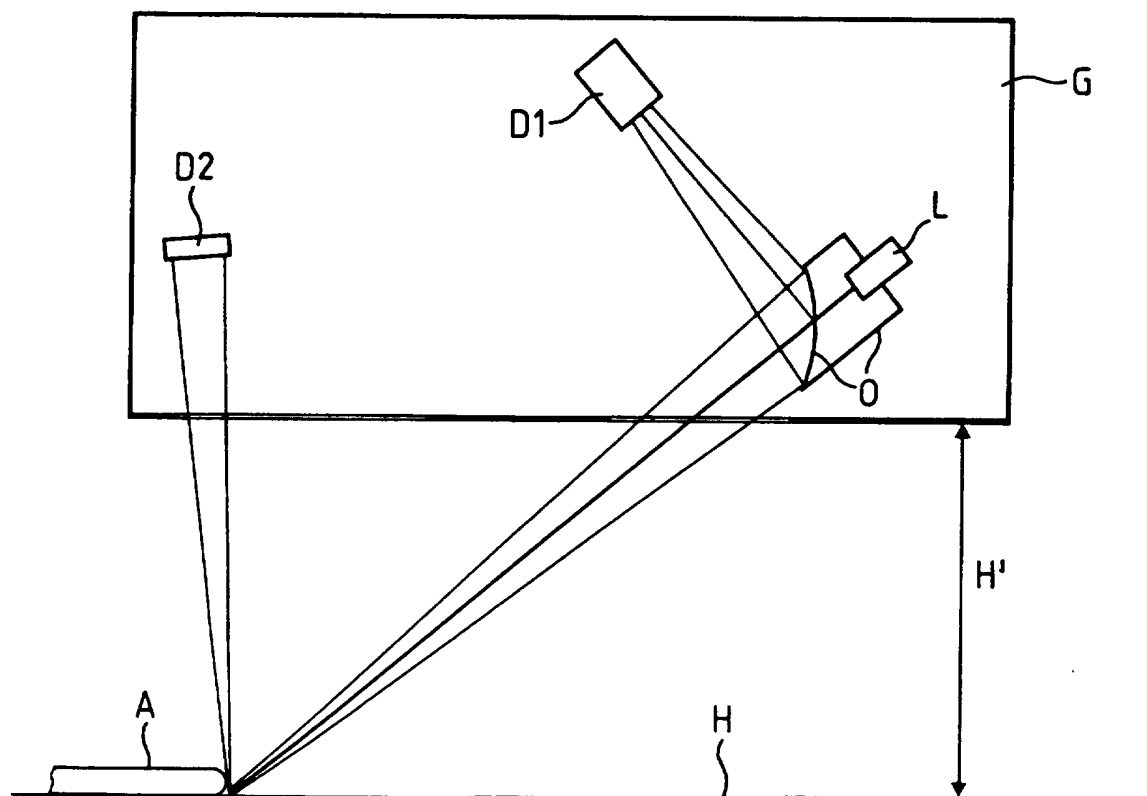
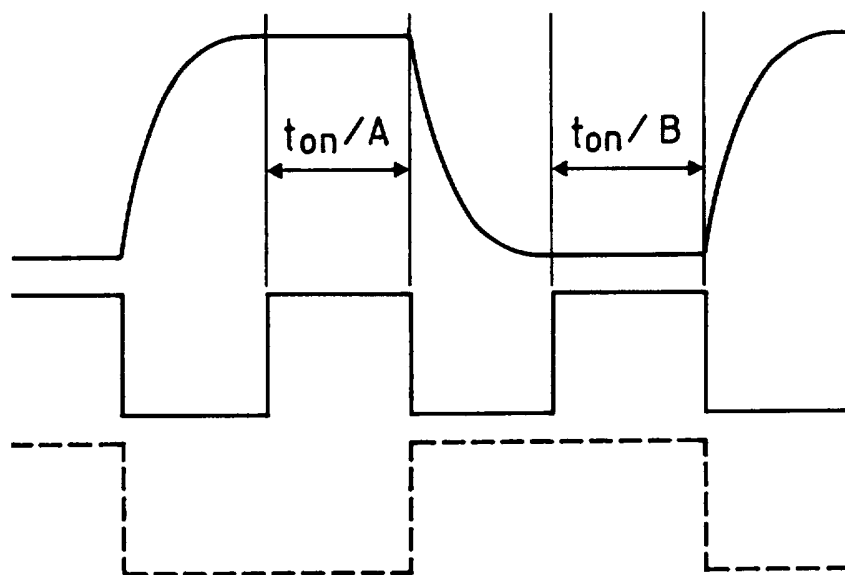
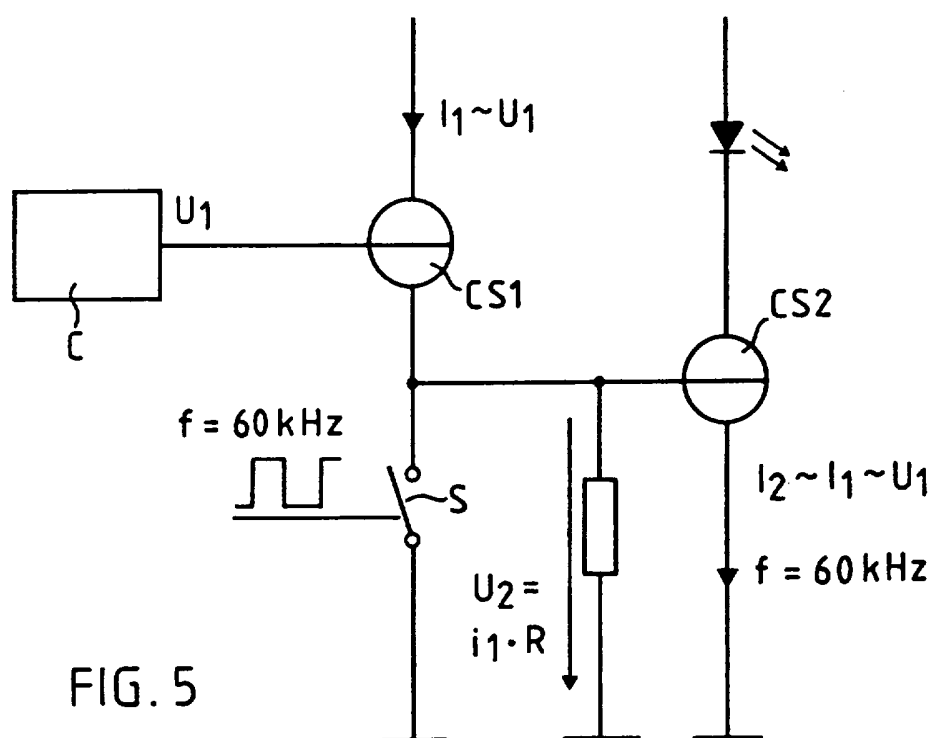


FIG. 3



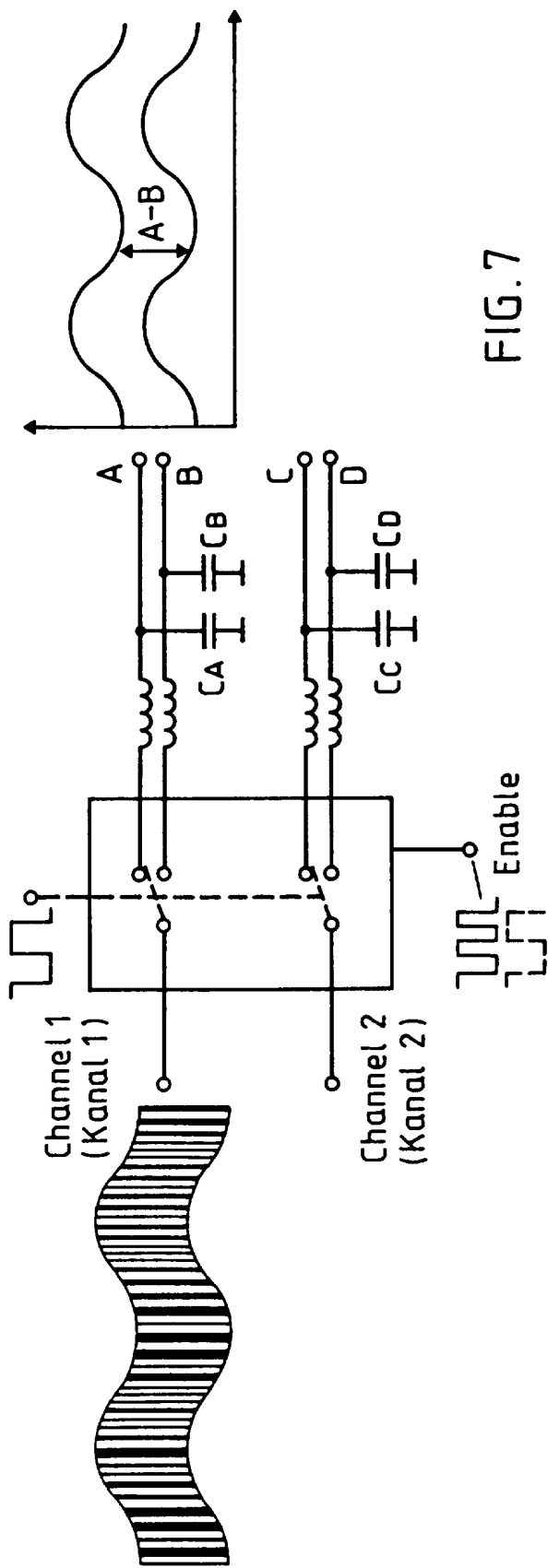


FIG. 7

FIG. 8

